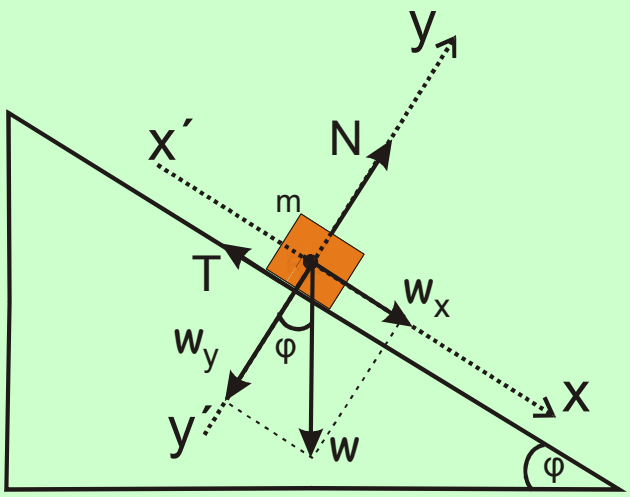
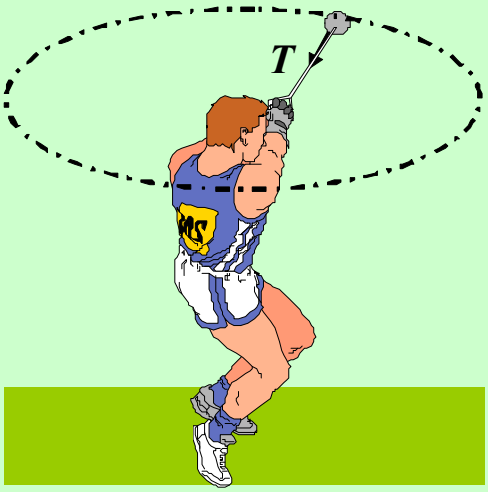
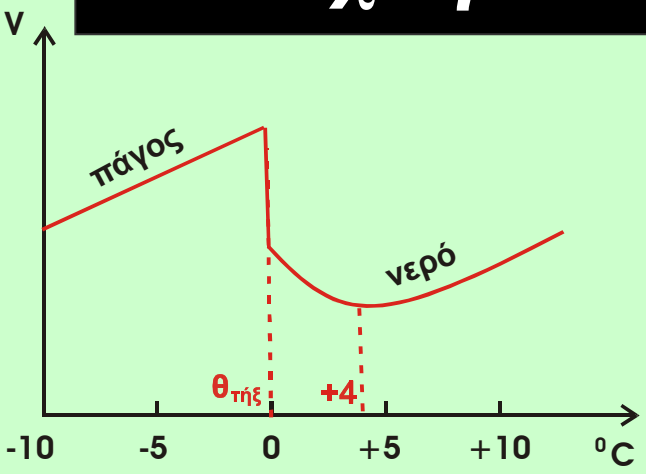
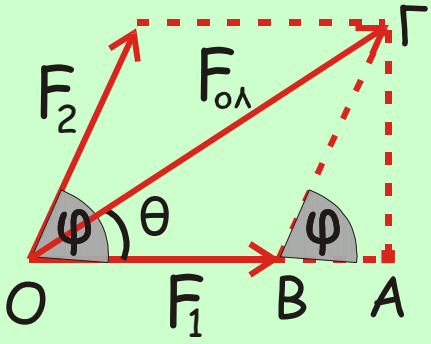




Μιχαήλ Π. Μιχαήλ





ΦΥΣΙΚΗ
Β΄ Γυμνασίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους

1. Τι ονομάζουμε φαινόμενα;

Τις διάφορες **μεταβολές** που συμβαίνουν γύρω μας στη φύση τις ονομάζουμε **φαινόμενα.**

Έτσι το χιόνι λιώνει, τα πετρώματα διαβρώνονται, τα λουλούδια ανθίζουν, οι άνθρωποι αναπτύσσονται, τα αυτοκίνητα κινούνται. Όλα αυτά είναι παραδείγματα φαινομένων που συμβαίνουν γύρω μας.

Τα φαινόμενα στα οποία δε μεταβάλλεται η σύσταση των σωμάτων που μετέχουν σ' αυτά ονομάζονται **φυσικά φαινόμενα**. Ενώ

Τα φαινόμενα στα οποία μεταβάλλεται η σύσταση των σωμάτων που μετέχουν σ' αυτά και προκύπτουν νέα σώματα με διαφορετική σύσταση από τα αρχικά ονομάζονται **χημικά φαινόμενα**.

Η πτώση μιας σφαίρας και ο βρασμός του νερού, ονομάζονται φυσικά φαινόμενα ενώ η καύση του ξύλου είναι ένα χημικό φαινόμενο.

2. Ποιες επιστήμες ονομάζονται φυσικές επιστήμες και ποιο είναι το αντικείμενο μελέτης αυτών των επιστημών;

Με την έρευνα και τη μελέτη των **μεταβολών** (είτε φυσικών είτε χημικών) που συμβαίνουν στη φύση ασχολούνται οι φυσικές επιστήμες: Η φυσική, η χημεία, η βιολογία, η γεωλογία, η μετεωρολογία, περιλαμβάνονται στις **φυσικές επιστήμες**.

3. Ποιος είναι ο ρόλος της Φυσικής σαν επιστήμη;

Η Φυσική αναζητά ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων που συμβαίνουν στο σύμπαν, και προσπαθεί να τα ερμηνεύσει.

Οι Φυσικοί πραγματοποιούν **πειράματα** με τα οποία ελέγχουν αν οι προτεινόμενες ερμηνείες είναι σωστές. Στόχος τους είναι να ανακαλύψουν τους βαθύτερους νόμους που κυβερνούν το φυσικό κόσμο και να τους διατυπώσουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, σαφήνεια και απλότητα. Έτσι, προσπαθούν να περιγράψουν **όλα τα φυσικά φαινόμενα** με **ένα ενιαίο σύνολο εννοιών**. Δυο τέτοιες βασικές έννοιες είναι η **ενέργεια** και η **αλληλεπίδραση,** οι οποίες μαζί με την αντίληψη που έχουμε για τη μικροσκοπική **δομή της ύλης,** μας βοηθούν στην πληρέστερη ερμηνεία των φαινομένων.

4. Η ενέργεια συνδέεται αναπόσπαστα με κάθε μεταβολή. Πότε λέμε ότι ένα σώμα περιέχει ενέργεια;

Λέμε ότι ένα σώμα **έχει ενέργεια** όταν μπορεί να προκαλέσει **μεταβολές**. Η ενέργεια εμφανίζεται με διάφορες μορφές και διατηρείται στις φυσικές μεταβολές. Για παράδειγμα, όταν ο άνεμος κινεί ένα ιστιοφόρο, μεταφέρεται ενέργεια από τον άνεμο στο ιστιοφόρο. Όση ποσότητα ενέργειας έχασε ο άνεμος ακριβώς τόση κέρδισε το ιστιοφόρο, έτσι ώστε η **συνολική ενέργεια** του ανέμου και του ιστιοφόρου **διατηρείται σταθερή.**

5. Αναφέρετε μερικές έννοιες που συνθέτουν το λεξιλόγιο της Φυσικής. Τι ονομάζουμε Νόμο στη Φυσική; Σε ποια γλώσσα διατυπώνονται οι Νόμοι στη Φυσική;

Τα φαινόμενα που μελετά η φυσική μπορούν να περιγραφούν με τη χρήση κάποιων κοινών, βασικών εννοιών. Όπως για παράδειγμα,

ο «χώρος»,
ο «χρόνος»,
η «κίνηση» των σωμάτων,
οι «αλληλεπιδράσεις» τους κτλ.

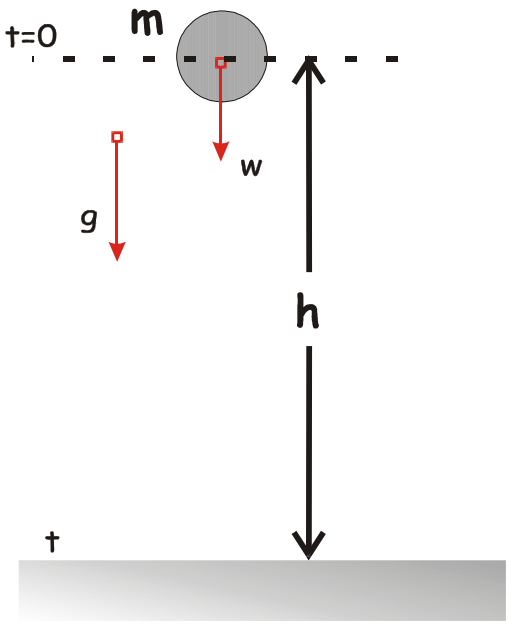
Αυτές συνθέτουν το λεξιλόγιο της γλώσσας της φυσικής.

Οι σχέσεις που συνδέουν τις έννοιες της φυσικής εκφράζονται με τους νόμους της φυσικής.

Η μεγάλη εξέλιξη της φυσικής ξεκίνησε το 17ο αιώνα, με την εισαγωγή του **πειράματος** στη μεθοδολογία της και τη διατύπωση των νόμων της στη **γλώσσα των μαθηματικών**, δηλαδή με τη χρήση **εξισώσεων** ή **γραφικών παραστάσεων.**

Τα μαθηματικά και το πείραμα συνετέλεσαν στην τεράστια ανάπτυξη της φυσικής.

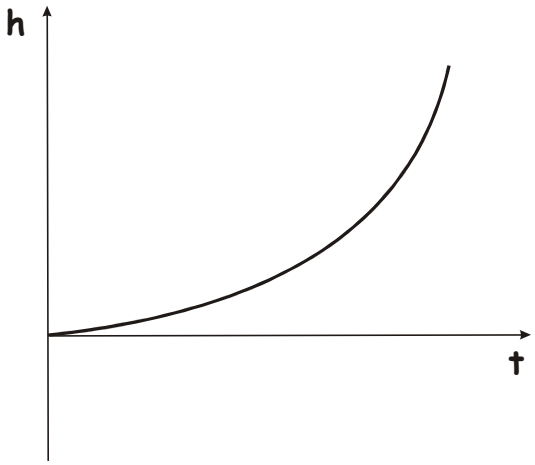
Έτσι π.χ ελεύθερη πτώση ονομάζουμε την κίνηση που κάνουν τα σώματα όταν ασκείται σ' αυτά μόνο το βάρος τους.
(η λέξη "βάρος", στη Φυσική εκφράζει τη δύναμη με την οποία η Γη έλκει ένα σώμα). Στο διπλανό σχήμα έχουμε ένα σώμα μάζας m που αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος h, με την επίδραση του βάρους του w, έχοντας την επιτάχυνση της βαρύτητας g. (Η δύναμη του βάρους συνδέεται με τη μάζα με τη μαθηματική σχέση w=m·g.)



Μια μαθηματική σχέση ή εξίσωση που περιγράφει το Νόμο της ελεύθερης πτώσης είναι η $\boldsymbol{h=\frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2}$ *που συνδέει τα φυσικά μεγέθη ύψος (h), χρόνο (t) και την επιτάχυνση της βαρύτητας (g). Η επιτάχυνση εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας.*

Με λέξεις μπορούμε να διατυπώσουμε τη παραπάνω σχέση του Νόμου της ελεύθερης πτώσης ως εξής: Το διάστημα (ύψος h) που διανύει ένα σώμα κατά την ελεύθερη πτώση, είναι ανάλογο του τετραγώνου του χρόνου κίνησής του.

Η παραπάνω μαθηματική εξίσωση αναπαριστάται με τη βοήθεια της παρακάτω γραφικής παράστασης.



Βλέπετε ότι για τη γραφική παράσταση χαράζουμε δυο άξονες κάθετους μεταξύ τους, από τους οποίους τον ένα τον ονομάζουμε άξονα των υψών h και τον άλλο άξονα των χρόνων t.

Ακόμη αν το διάγραμμά μας είναι ποσοτικό και όχι ποιοτικό, ορίζουμε πάνω στους άξονες κατάλληλες κλίμακες μέτρησης των φυσικών μεγεθών, εδώ του ύψους h και του χρόνου t.

Παρατηρείστε ότι η εξίσωση $\boldsymbol{h=\frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2}$ *έχει γραφική παράσταση που είναι* ***μια συνεχή καμπύλη*** *που στα μαθηματικά ονομάζεται* ***παραβολή****.*

6. Να αναφέρετε μερικά επιτεύγματα της Φυσικής που χαρακτηρίζουν το σύγχρονο πολιτισμό του ανθρώπου.

Πολλά επιτεύγματα που χαρακτηρίζουν το σύγχρονο πολιτισμό, όπως:

οι ραδιοεπικοινωνίες,
οι ηλεκτρονικές εφαρμογές (κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ά.),
η πυρηνική τεχνολογία,
τα διαστημικά ταξίδια

πραγματοποιήθηκαν χάρη στην ανάπτυξη της Φυσικής και γενικότερα των φυσικών επιστημών.

1.2 Η επιστημονική μέθοδος

1. Ποια είναι τα σημαντικότερα στοιχεία και τα μεθοδολογικά βήματα της επιστημονικής μεθόδου;

Τα σημαντικότερα στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου είναι:

η παρατήρηση,

η υπόθεση και

το πείραμα.

Στο πείραμα αναγκαία είναι **η μέτρηση μεγεθών** για την επιβεβαίωση ή διάψευση της υπόθεσης. Αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη τη διατύπωση ενός **Φυσικού Νόμου**.

*Κάθε σχέση που προκύπτει από την επεξεργασία των μετρήσεων και που συνδέει δυο ή περισσότερα φυσικά μεγέθη, **ονομάζεται φυσικός νόμος**.*

Οι φυσικοί , στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο, εργάζονται με μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα. Η μεθοδολογία αυτή ονομάζεται **επιστημονική μέθοδος.**

Παρατηρούν προσεκτικά ό,τι συμβαίνει γύρω τους.

Ταξινομούν τις παρατηρήσεις τους, αναζητώντας ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων και κάνουν αρχικές υποθέσεις.

Εκφράζουν τις παρατηρήσεις τους με τη βοήθεια **μετρήσιμων ποσοτήτων.**

Αναζητούν συσχετίσεις μεταξύ των ποσοτήτων τις οποίες προσπαθούν να εκφράσουν με τη βοήθεια των μαθηματικών.

Στη συνέχεια:

Διατυπώνουν υποθέσεις για να **ερμηνεύσουν** τις παραπάνω συσχετίσεις.

Με τη βοήθεια του **πειράματος** διαψεύδουν ή επαληθεύουν τις υποθέσεις κ**αι**

Καταλήγουν στη διατύπωση νέας υπόθεσης που αποτελεί το Φυσικό Νόμο.

Προσέξτε την καταλυτική δράση του πειράματος για την διατύπωση ενός Νόμου στη Φυσική. Η φυσική όμως είναι πειραματική επιστήμη. Η διατύπωση μιας φυσικής θεωρίας είναι μια διαδικασία, που αρχίζει και τελειώνει με την παρατήρηση και το πείραμα.

Πείραμα ονομάζουμε: τη μεθοδική αναπαραγωγή ενός φαινομένου με στόχο την εξακρίβωση της φύσης του, των αιτιών που το προκαλούν και των νόμων από τους οποίους διέπεται αυτό το φαινόμενο.

Ο τρόπος που εργάζονται οι επιστήμονες δεν εμπεριέχει πάντοτε όλα τα παραπάνω βήματα της επιστημονικής μεθόδου και με τη συγκεκριμένη σειρά. Πολλές φορές οι επιστήμονες ακολουθούν

τη διαίσθηση,

τη φαντασία και

την έμπνευσή τους, νοητικές λειτουργίες οι οποίες δεν υπακούουν πάντοτε σε κανόνες. Άλλες φορές

η τύχη παίζει σημαντικό ρόλο.

1.3 Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους

1. Ποια μεγέθη ονομάζονται φυσικά μεγέθη;

Τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φυσικού φαινομένου λέγονται **φυσικά μεγέθη.** Φυσικά μεγέθη είναι.

το μήκος,
το εμβαδόν,
ο όγκος,
ο χρόνος,
η ταχύτητα,
η μάζα,
η πυκνότητα.

2. Τι ονομάζουμε μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους;

Ονομάζουμε **τη σύγκρισή του** με ένα άλλο ομοειδές μέγεθος το οποίο ονομάζουμε **μονάδα μέτρησης**.

Ο αριθμός που προκύπτει από τη σύγκριση ονομάζεται αριθμητική τιμή του μεγέθους που μετρήθηκε.

Έτσι για να μετρήσουμε το μήκος ενός σώματος, το συγκρίνουμε με ορισμένο μήκος, το οποίο έπειτα από συμφωνία, θεωρούμε ως μονάδα μέτρησης, όπως για παράδειγμα είναι το 1 m. Αν προκύψει το μήκος του 15m τότε το 15 είναι η αριθμητική τιμή που προέκυψε μετά τη σύγκριση αυτή.

Η διαδικασία της μέτρησης μπορεί να είναι εύκολη, όπως όταν μετράς το μήκος του θρανίου, ή περίπλοκη, όπως η μέτρηση της απόστασης των πλανητών από τον ήλιο.

3. Ποια φυσικά μεγέθη ονομάζονται θεμελιώδη μεγέθη και ποιες μονάδες μέτρησης ονομάζονται θεμελιώδεις μονάδες; Να αναφέρετε παραδείγματα.

Μερικά φυσικά μεγέθη προκύπτουν **άμεσα** από τη διαίσθησή μας. Δεν ορίζονται με τη βοήθεια άλλων μεγεθών. Αυτά τα φυσικά μεγέθη ονομάζονται **θεμελιώδη.** Τέτοια φυσικά μεγέθη είναι

το μήκος,
ο χρόνος και
η μάζα.

Οι μονάδες μέτρησης των θεμελιωδών μεγεθών ορίζονται συμβατικά και ονομάζονται **θεμελιώδεις μονάδες.**

Το μέτρο (m),

το δευτερόλεπτο (s) και

το χιλιόγραμμο (kg)
είναι θεμελιώδεις μονάδες στη Μηχανική.

4. Ποια είναι θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του μήκους και ποια είναι τα υποπολλαπλάσια και πολλαπλάσια αυτής;

Η **θεμελιώδης μονάδα** μέτρησης **του μήκους** είναι το μέτρο (meter). Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη μετρώ και παριστάνεται με το γράμμα m.

Για τη μέτρηση μηκών **μικρότερων** του ενός μέτρου, χρησιμοποιούμε τα **υποπολλαπλάσιά του**:

Το 1 δεκάμετρο (1dm)

το εκατοστό (1cm),

το χιλιοστό (1mm) κ.ά.

Ισχύει:

1dm=0,1 m ή 1dm=10^{-1} m. Αυτό βέβαια σημαίνει ότι 1m=10dm.

Ακόμη:

1cm=0,01 m ή 1cm=10^{-2} m. Αυτό επίσης σημαίνει 1m=100=10^{2} cm.

Παρόμοια έχουμε και:

1mm=0,001 m ή 1cm=10^{-3} m. Ακόμη 1m=1.000=10^{3} mm.

Επίσης:

1μm (μικρόμετρο) είναι 1μm=10^{-6}m και

1nm (νανόμετρο) είναι 1nm=10^{-9}m.

Τέλος:

το 1Å (Άγκστρομ)= 10^{-10}m. 1Å είναι το τυπικό μέγεθος του ατόμου ενός χημικού στοιχείου.

Για τη μέτρηση μηκών **πολύ μεγαλύτερων** από το 1 m χρησιμοποιούμε τα **πολλαπλάσια του** μέτρου, όπως:

το ένα χιλιόμετρο (1km) με 1Km=1.000m=10^{3}m.

Αρχικά το ένα μέτρο ορίστηκε σαν το 1/10.000.000 της απόστασης από το Β. πόλο μέχρι τον Ισημερινό της Γης. Ή το 1/40.000.000 του μήκους της περιφέρειας ενός μεσημβρινού της Γης.

Το 1960 ορίστηκε ξανά το μέτρο ***ως η απόσταση που καταλαμβάνουν 1.650.763,75 μήκη κύματος ορισμένης ακτινοβολίας του αερίου κρυπτό ($_{86}$Kr) στο κενό.*** *Ενώ το 1983 ξανά ορίστηκε* ***ως η απόσταση που διανύει το φως στο κενό, στη διάρκεια 1/299.792.458 του δευτερολέπτου.***

Στη ναυτιλία σαν μονάδα μήκους χρησιμοποιείται το 1ναυτικό μίλι=1853 m.

Το υποδεκάμετρο, το πτυσσόμενο μέτρο, η μετροταινία κ.ά. είναι τα συνηθισμένα όργανα μέτρησης του μήκους.

Για να εξασφαλίσουμε ότι το 1 m θα αντιστοιχεί στο ίδιο μήκος για όλους τους ανθρώπους, κατασκευάσαμε ως **πρότυπο** μια ράβδο από ιριδιούχο λευκόχρυσο και χαράξαμε πάνω σε αυτή δυο εγκοπές. Την απόσταση μεταξύ των δυο εγκοπών την ονομάσαμε 1 μέτρο. Αυτό το πρότυπο μέτρο φυλάσσεται στο Μουσείο Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται στις Σέβρες κοντά στο Παρίσι.

Γενικά για να διευκολυνθούμε στις πράξεις τους, χρησιμοποιούμε τα πολλαπλάσια ή τα υποπολλαπλάσια των μονάδων τα οποία συνήθως εκφράζουν με δυνάμεις του 10. Οι εκθέτες των δυνάμεων αυτών είναι πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια του 3 . Πολλές φορές επίσης αντί για τις δυνάμεις του 10, χρησιμοποιούμε σύμβολα με γράμματα. Για παράδειγμα, το χίλιες φορές μεγαλύτερο (10^3) το παριστάνουμε με το k (kilo). Δηλαδή, τα 1000 m μπορούν να γραφούν 10^3 m ή 1 km. Παρόμοια το ένα χιλιοστό του μέτρου μπορεί να γραφεί ως 10^{-3} m ή 1 mm.

ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΜΕΓΕΘΩΝ		
Όνομα	**Σύμβολο**	**Σχέση**
Μίκρο	μ	$1/10000000=10^{-6}$
Χιλιοστό (μιλι)	m	$1/1000=10^{-3}$
Εκατοστό (σεντι)	c	$1/100=10^{-2}$
Δέκατο (ντεσι)	d	$1/10=10^{-1}$
	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ	
Χίλιο (κίλο)	k	$1000=10^{3}$
Μέγα	M	$10000000=10^{6}$

Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων με τα σύμβολά τους.

Στο διπλανό πίνακα φαίνονται τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων μαζί με τα σύμβολά τους.

5. Ποια φαινόμενα χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση του χρόνου; Ποια είναι η θεμελιώδη μονάδα μέτρησης του χρόνου;

Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιούμε **τα περιοδικά** φαινόμενα.

Περιοδικά ονομάζονται τα φαινόμενα τα οποία επαναλαμβάνονται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο σε ίσα χρονικά διαστήματα.

Ο χρόνος για να επαναληφθεί μια φορά το περιοδικό φαινόμενο ονομάζεται περίοδος (Τ) του φαινομένου.

Τέτοια φαινόμενα είναι:

η διαδοχή της ημέρας με τη νύχτα (ημερονύκτιο),
οι φάσεις της σελήνης,
οι κτύποι της καρδιάς ενός ανθρώπου,
η κίνηση του εκκρεμούς,
η μεταβολή της ενέργειας ορισμένων ατόμων.

Η θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του χρόνου είναι το δευτερόλεπτο (second ή σύντομα s).

Ορίζουμε το δευτερόλεπτο έτσι ώστε το ημερόνυκτο να διαρκεί **86.400 s**.

Άρα 1s= $\frac{1}{24\cdot 60\cdot 60}=\frac{1}{86.400}$ μιας μέσης ηλιακής ημέρας.

Ακόμη ισχύουν και:

1 ημερονύκτιο = 24 ώρες (h).

1 ώρα (h) = 60 λεπτά (min)=3.600 δευτερόλεπτα (s) ή 1s= $\frac{1}{3.600}$h.

1 λεπτό (min) = 60 δευτερόλεπτα (s) ή 1s= $\frac{1}{60}$min

Υποπολλαπλάσια του δευτερολέπτου είναι:

Το 1 μιλισεκόντ (1ms) όπου 1ms= $\frac{1}{1.000}$s=10^{-3} s, οπότε ισοδύναμα έχουμε 1s=1.000=10^3ms.

Το 1 μικροσεκόντ (1μs) όπου 1μs= $\frac{1}{1.000.000}$s=10^{-6} s, οπότε ισοδύναμα έχουμε 1s=1.000.000=10^6μs.

Το 1967 το δευτερόλεπτο ξαναορίστηκε με βάση το ρολόι καισίου, ως εξής:

1 δευτερόλεπτο είναι η χρονική διάρκεια μέσα στην οποία συμβαίνουν 9.192.631.770 καθορισμένες περιοδικές ενεργειακές μεταβολές στο άτομο του καισίου ($_{133}Cs$).

Τα όργανα μέτρησης του χρόνου ονομάζονται χρονόμετρα.

6. Τι ονομάζουμε μάζα των σωμάτων και ποια είναι η θεμελιώδης μονάδα που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση της;

Η μάζα είναι το μέτρο μιας ιδιότητας της ύλης που ονομάζεται **αδράνεια**.

Αδράνεια είναι η ιδιότητα των σωμάτων να «αντιστέκονται» σε κάθε μεταβολής της κινητικής τους κατάστασης (δηλαδή της ταχύτητάς τους).

Η εμπειρία μας δείχνει ότι όσο πιο δύσκολα ένα σώμα αρχίζει να κινείται ή σταματά, τόσο μεγαλύτερη είναι η αδράνειά του άρα και η μάζα του σώματος.

Η μάζα ενός σώματος εκφράζει την **ποσότητα της ύλης** που περιέχεται στο σώμα αυτό.

Η μάζα ενός σώματος παραμένει σταθερή οπουδήποτε και να βρίσκεται το σώμα (π.χ ένα σώμα θα έχει την ίδια μάζα και στη Γη αλλά και στη Σελήνη και ακόμα και στο κενό διάστημα).

Το βάρος ενός σώματος είναι δύναμη. Το βάρος και η μάζα του σώματος συνδέονται με τη σχέση $w=m \cdot g$.
Προσέξτε ότι το βάρος ενός σώματος μάζας m δεν παραμένει σταθερό από τόπο σε τόπο γιατί μεταβάλλεται η επιτάχυνση της βαρύτητας g.

Θεμελιώδης μονάδα μάζας είναι το χιλιόγραμμο (1 kg) .

Υποπολλαπλάσιο του 1 kg είναι:

το 1 g (γραμμάριο). Ισχύει,
1 kg = 1.000 $=10^3$ g ή 1g=0,001$=10^{-3}$Kg.

Ακόμη ως υποπολλαπλάσια χρησιμοποιούμε,

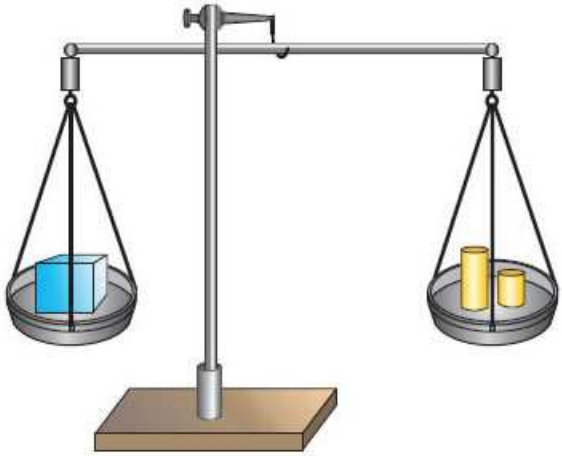
το 1μιλιγραμμάριο (μιλιγκράμ) (1mg) με $1mg=10^{-3}$ g και

το 1 μικρογραμμάριο (1μg) με $1μg=10^{-6}$ g.

Πολλαπλάσια του 1 Kg είναι:

ο 1 τόνος (1tn) με $1tn=1.000=10^{3}Kg$.

➢ Τη μάζα ενός σώματος τη μετράμε με το ζυγό, όπως είναι αυτός που φαίνεται στο σχήμα.



Έστω δύο σώματα με μάζες m_1 και m_2, που έχουν βάρη w_1 και w_2, στον ίδιο τόπο. Είναι:

$w_1 = m_1 \cdot g$ και

$w_2 = m_2 \cdot g$

Διαιρώντας τις σχέσεις αυτές κατά μέλη παίρνουμε:

$w_1/w_2 = m_1/ m_2$

Δηλαδή ο λόγος των βαρών δύο σωμάτων (στον ίδιο τόπο) ισούται με το λόγο των μαζών τους. Την ιδιότητα αυτή τη χρησιμοποιούμε για την εύρεση της μάζας ενός σώματος με το ζυγό, συγκρίνοντας το βάρος του με το βάρος των σταθμών.



➢ Το βάρος w ενός σώματος το μετράμε με το δυναμόμετρο ή ζυγό με ελατήριο. Η αρχή μέτρησης του βάρους σ' αυτή την περίπτωση στηρίζεται στην **ελαστική παραμόρφωση** που αυτή προκαλεί. Όταν από το ελατήριο κρεμάσουμε ένα σώμα, η επιμήκυνση εξαρτάται από το βάρος του σώματος αυτού. Διπλάσιο βάρος προκαλεί διπλάσια επιμήκυνση κ.λπ.

➢ 1kg είναι η μάζα ενός κυλίνδρου από φιδιούχο λευκόχρυσο που φυλάσσεται στο Μουσείο Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται στις Σέβρες κοντά στο Παρίσι.

7. Ποια μεγέθη ονομάζονται παράγωγα μεγέθη; Αναφέρετε μερικά παραδείγματα.

Τα μεγέθη που ορίζονται με απλές μαθηματικές σχέσεις από τα θεμελιώδη ονομάζονται **παράγωγα.**

Οι μονάδες τους μπορούν να εκφραστούν, με τις ίδιες απλές μαθηματικές σχέσεις, μέσω των μονάδων των θεμελιωδών μεγεθών και ονομάζονται **παράγωγες μονάδες.**

Παράγωγα μεγέθη είναι,
το εμβαδόν,
ο όγκος,
η πυκνότητα,
η ταχύτητα κτλ,.

Γενικά η μονάδα μέτρησης κάθε παράγωγου μεγέθους μπορεί πάντοτε να εκφραστεί ως συνάρτηση των μονάδων των θεμελιωδών μεγεθών από τα οποία ορίζονται.

8. Ποιες μονάδες μέτρησης του εμβαδού (Α) γνωρίζετε;

Μονάδα μέτρησης **εμβαδού** (συμβολικά Α) είναι το εμβαδόν της επιφάνειας ενός τετραγώνου με πλευρά 1 m. Η μονάδα μέτρησης του εμβαδού προκύπτει από τον ορισμό του.

Εμβαδόν τετραγώνου = μήκος πλευράς x μήκος πλευράς.

Αν τα μήκη των πλευρών μετρώνται σε m,
τότε: **μονάδα εμβαδού** = 1 m·1 m = 1 m^2.

Αυτή τη μονάδα την ονομάζουμε τετραγωνικό μέτρο (m^2). Βλέπουμε ότι **η μονάδα μέτρησης του εμβαδού εκφράζεται μέσω της θεμελιώδους μονάδας του μήκους.**

Ακόμη έχουμε ότι:

$1m^2=100cm\cdot100cm=10^4\ cm^2$.

$1m^2=1.000mm\cdot1000mm=10^6\ mm^2$.

Τα υποπολλαπλάσια των μονάδων εμβαδού προκύπτουν από τα αντίστοιχα υποπολλαπλάσια της μονάδας μήκους ως εξής:

$1dm^2 = (10^{-1}m)^2 = 10^{-2}m^2$,

$1cm^2 = (10^{-2}m)^2 = 10^{-4}m^2$,

$1mm^2 = (10^{-3}m)^2 = 10^{-6}m^2$

9. Τι ονομάζεται όγκος ενός σώματος; Ποιες μονάδες μέτρησης του όγκου (V) γνωρίζετε;

Όγκος ενός σώματος ονομάζεται ο χώρος που καταλαμβάνει ένα σώμα.

Βασική μονάδα μέτρησης όγκου ενός σώματος είναι το $1m^3$ (κυβικό μέτρο).

$1m^3$ είναι ο όγκος ενός κύβου που έχει ακμή ίση με 1m.

Υποπολλαπλάσια του όγκου είναι:

$1dm^3 = (10^{-1}m)^3 = 10^{-3}m^3$,

$1cm^3 = (10^{-2}m)^3 = 10^{-6}m^3$,

$1mm^3 = (10^{-3}m)^3 = 10^{-9}m^3$

Στο διεθνές εμπόριο έχει ορισθεί ως μονάδα μέτρησης του όγκου υγρών προϊόντων, π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο, αναψυκτικά κ.α., το ένα λίτρο (1L).

Ισχύει $1L=1dm^3$.

Το 1L είναι υποπολλαπλάσιο του $1m^3$.

Συγκεκριμένα:

$1L = 10^{-3}m^3$ γιατί $1m^3 = 1.000L=10^3L$.

ή $1L = 10^3cm^3$, και $1m^3 = 10^6\,cm^3$.

Υποπολλαπλάσιο του 1L είναι το $1mL = 10^{-3}L$ ή $1mL = 1cm^3$.

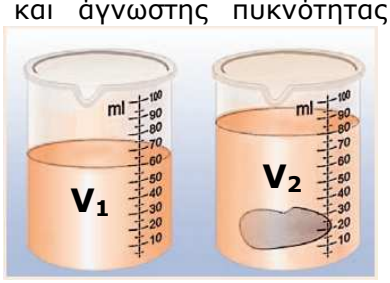
➢ Τα στερεά και τα υγρά θεωρούνται **ασυμπίεστα.** Δηλαδή ο όγκος τους παραμένει σταθερός ακόμη και αν μεταβληθεί το σχήμα τους. Αντίθετα τα αέρια είναι **συμπιεστά**.

➢ Ο όγκος στερεών σωμάτων απλού γεωμετρικού σχήματος, βρίσκεται με υπολογισμό.

➢ Ο όγκος κυλίνδρου ακτίνας r και ύψους h, ισούται με το γινόμενο του εμβαδού της βάσης (κύκλος) επί του ύψους του h. Δηλαδή: $V=\pi\cdot r^2\cdot h$.

➢ Ο όγκος σφαίρας ακτίνας rυπολογίζεται με τον τύπο: $V=\frac{4}{3}\pi\cdot r^3$.

➢ Ο όγκος σωμάτων ακανόνιστου σχήματος και άγνωστης πυκνότητας υπολογίζεται με την εξής μέθοδο: Σε ογκομετρικό κύλινδρο, ρίχνουμε νερό και μετράμε τον όγκο του έστω V_1. Κατόπιν βάζουμε στο κύλινδρο το σώμα και μετράμε τη νέα ένδειξη έστω V_2, στην κλίμακα του ογκομετρικού κυλίνδρου. Τότε ο ζητούμενος όγκος του στερεού είναι $V=V_2-V_1$.



9. Τι ονομάζουμε πυκνότητα ενός σώματος και τι εκφράζει αυτή; Πως ορίζεται αυτή; Πως υπολογίζεται και ποια είναι η μονάδα μέτρησής της;

*Η πυκνότητα (ρ) είναι ένα παράγωγο φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει το **υλικό** κάθε σώματος.*

Δεν χαρακτηρίζει, για παράδειγμα, μια σιδηροδοκό αλλά γενικά το σίδηρο. Έτσι, η πυκνότητα μιας σιδηροδοκού είναι ίδια με την πυκνότητα ενός πολύ μικρού κομματιού (ρινίσματος) σιδήρου.

*Η πυκνότητα **εκφράζει** τη μάζα του υλικού που περιέχεται σε μια μονάδα όγκου.*

*Η **πυκνότητα** ενός υλικού **ορίζεται** ως το πηλίκο που έχει ως αριθμητή τη μάζα σώματος από αυτό το υλικό και παρονομαστή τον όγκο του. Δηλαδή*

πυκνότητα = $\frac{μάζα}{όγκο}$, ή με σύμβολα: $\rho = \frac{m}{V}$

Για να υπολογίσουμε την πυκνότητα ενός υλικού, για παράδειγμα του αλουμινίου, αρκεί να διαιρέσουμε τη μάζα ενός σώματος από αλουμίνιο με τον όγκο του. Ένα κομμάτι αλουμινίου μάζας m=270 gr έχει όγκο V=100 cm^3. Επομένως, η πυκνότητα ρ του αλουμινίου είναι:

$$\rho = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκος}} = \frac{m}{V} = \frac{270\ g}{100\ cm^3} = 2,7\ \frac{g}{cm^3}$$

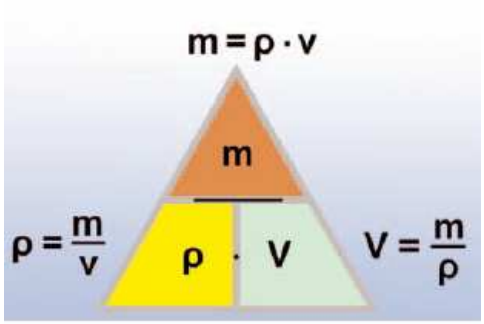
*Επειδή πυκνότητα εκφράζεται μέσω της μάζας και του όγκου, άρα είναι ένα **παράγωγο μέγεθος** τότε και η μονάδα της πυκνότητας μπορεί να εκφραστεί μέσω των **θεμελιωδών μονάδων της μάζας (kg) και του μήκους (m),** δηλαδή:*

$$\text{μονάδα πυκνότητας} = \frac{\text{μονάδα μάζας}}{\text{μονάδα όγκου}} = \frac{1\ kg}{1\ m^3}$$

➢ *Φυσικά χρησιμοποιώντας διαφορετικές μονάδες μέτρησης της μάζας και του όγκου ενός σώματος μπορούν να προκύψουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης της πυκνότητας του σώματος.*

Μάζα (m)	***Όγκος (V)***	***Πυκνότητα (ρ)***
1Kg	***$1m^3$***	***$1Kg/m^3$***
1g	***$1cm^3$***	***$1g/cm^3=10^3\ Kg/m^3$***
1g	***1mL***	***$1g/mL=1g/cm^3$***
1g	***1L***	***$1g/L=1Kg/m^3$***

➢ *Για να θυμάστε ευκολότερα: Όταν ξέρουμε δυο από τα μεγέθη ρ, m, V, μπορούμε να υπολογίσουμε το τρίτο με βάση το διπλανό σχήμα.*



➢ ***Φαινόμενη πυκνότητα*** *ενός σώματος είναι ο λόγος της μάζας του σώματος, προς το φαινόμενο όγκο του, δηλαδή τον όηκο που περιλαμβάνει και τα κενά, που υπάρχουν στη μάζα του σώματος, όπως οι πόροι οι κοιλότητες κ.ά.*

➢ *Αντίστοιχα* ***πραγματική πυκνότητα*** *είναι ο λόγος της μάζας του σώματος προς τον πραγματικό του όγκο, δηλαδή χωρίς τα κενά.*

Στα συμπαγή σώματα οι διαφορές ανάμεσα στην πραγματική και στη φαινόμενη πυκνότητα είναι πολύ μικρές. Στα πορώδη όμως υλικά για να υπολογίσουμε την πραγματική πυκνότητα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τον πραγματικό όγκο του σώματος χωρίς τα κενά των πόρων.

➢ *Η εξίσωση της πυκνότητας* $\rho = \frac{m}{V}$ δηλώνει την ισότητα μεταξύ των φυσικών μεγεθών των δυο μελών της εξίσωσης. Επειδή τα διάφορα φυσικά μεγέθη όπως εδώ η πυκνότητα (ρ) η μάζα (m) και ο όγκος (V), έχουν διαστάσεις, συμπεραίνουμε ότι θα πρέπει οι διαστάσεις του αριστερού μέρους της εξίσωσης να είναι οι ίδιες με τις διαστάσεις του δεξιού μέλους. Αν δε συμβαίνει αυτό τότε η εξίσωση δε μπορεί να είναι σωστή.

Αυτό είναι κάτι που ισχύει σε όλες τις εξισώσεις που περιγράφουν τους νόμους της φυσικής.

Έτσι οι διαστάσεις των φυσικών μεγεθών μας βοηθούν να ελέγξουμε αν μια εξίσωση της Φυσικής μπορεί να είναι σωστή.

Άρα η σημασία των διαστάσεων στη Φυσική είναι πολύ σημαντική.

10. Τι ονομάζουμε Διεθνές Σύστημα Μονάδων (System Internationale)

Το σύνολο των θεμελιωδών και των παραγώγων μονάδων αποτελεί ένα σύστημα μονάδων.

Ανάλογα με την εκλογή των θεμελιωδών μανάδων, δημιουργούνται τα διάφορα **συστήματα μονάδων.**

Σήμερα από όλες τις χώρες χρησιμοποιείται το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (System Internationale) S.I. Τα θεμελιώδη και ορισμένα παράγωγα μεγέθη στο SI φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ			
Θεμελιώδη μεγέθη	**Θεμελιώδεις μονάδες**	**Παράγωγα μεγέθη**	**Παράγωγες μονάδες**
Μήκος	1 μέτρο (1 m)	Εμβαδόν	1 m^2
Μάζα	1 χιλιόγραμμο (1 Kg)	Όγκος	1 m^3
Χρόνος	1 δευτερόλεπτο (1 s)	Πυκνότητα	1 $\frac{kg}{m^3}$
Θερμοκρασία	1 κέλβιν (1 K)		
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	1 αμπέρ (1 A)		
Ένταση ακτινοβολίας	1 καντέλλα (cd)		
Ποσότητα ύλης	1 γραμμομόριο (mol)		

➢ Το S.I σύστημα μονάδων ονομάζεται διαφορετικά και M.K.S ή M.K.S.A από τα αρχικά των μονάδων μέτρησης 1**m**, 1**K**g, 1**s** και 1**A** (για την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος)

➢ Άλλο συστήματα μονάδων είναι το C.G.S όπου μονάδα μέτρησης του μήκους είναι το 1**c**m, της μάζας είναι το 1**g** και του χρόνου το 1**s**.

- Στο S.I μονάδα μέτρησης της δύναμης είναι το 1N (1Νιούτον ή 1Newton) Άλλες μονάδες είναι το 1κιλοπόντ (1Kp)=9,81N.

- Στο C.G.S μονάδα μέτρησης της δύναμης 1δύνη (1dyn)=10^{-5}N.

Οι μονάδες 1Kp και 1dyn δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

- Η ταχύτητα υ, είναι ένα παράγωγο μέγεθος και για σταθερή τιμή ορίζεται από τη σχέση $\upsilon=\frac{x}{t}$, όπου x είναι η απόσταση που διανύει το κινούμενο σώμα και t είναι ο χρόνος που κινήθηκε αυτό. Η ταχύτητα λοιπόν είναι ένα παράγωγο φυσικό μέγεθος. Η μονάδα μέτρησής της στο S.I προκύπτει αν αντικαταστήσουμε όπου x το (1m) και όπου t το (1sec), που είναι οι αντίστοιχες μονάδες μέτρησής τους στο S.I. Άρα η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο S.I είναι το $\frac{1\text{m}}{1\text{s}}$ ή 1m/s.

- Στις αγγλοσαξονικές χώρες χρησιμοποιούνται

ως μονάδες μήκους:

1 ίντσα (1in)=2,54 cm
1πόδι (ft=foot)=12in=30,5cm
1γυάρδα (yd)=3πόδια=0,914m
1 αγγλικό μίλι (mile)=1609 m.

ως μονάδες όγκου:

1 British gallon=4,546 L
1 gallon (U.S)=3,785 L

ως μονάδες δύναμης:

1pound force= 453,6 p

ως μονάδες μάζας:

1ουγγιά (oz)=28,35 g
1 λίμπρα (lb=pound)=16 oz=453,6g.

Λυμένες ασκήσεις

1. Να βρείτε πόσα μέτρα (m) είναι τα:
α) 20 cm
β) 4 mm
γ) 5 Å
δ) 0,04 Km
ε) 15 dm
στ) 700 nm.

Λύση:

α) 20 cm=$20 \cdot 10^{-2}$ m=0,2 m.

β) 4 mm=$4 \cdot 10^{-3}$ m=0,004 m.

γ) 5 Å=$5 \cdot 10^{-10}$ m.

δ) 0,04 Km=$0,04 \cdot 10^{3}$ m=40 m.

ε) 15 dm=$15 \cdot 10^{-1}$ m=1,5 m.

στ) 700 nm=$700 \cdot 10^{-9}$ m=$7 \cdot 10^{-7}$ m.

2. Να βρείτε πόσα εκατοστά (cm) είναι τα:
α) 20 m
β) 4 μm
γ) 1,5 Å
δ) 0,002 Km
ε) 5 dm
στ) 400 nm.

Λύση:

α) 20 m=$20\cdot10^{2}$ cm=2.000 cm.

β) 4 μm=$4\cdot10^{-6}$ m=$4\cdot10^{-6}\cdot 10^{2}$ cm=$4\cdot10^{-4}$ cm.

γ) 1,5 Å=$1,5\cdot10^{-10}$ m=$1,5\cdot10^{-10}\cdot10^{2}$ cm=$1,5\cdot10^{-8}$ cm.

δ) 0,002 Km=$2\cdot10^{-3}\cdot10^{3}$ m=2 m=$2\cdot10^{2}$ cm=200 cm.

ε) 5 dm=$5\cdot10^{-1}$ m=$5\cdot10^{-1}\cdot10^{2}$ cm =50 cm.

στ) 400 nm=$400\cdot10^{-9}$ m=$4\cdot10^{-7}$ m=$4\cdot10^{-7}\cdot10^{2}$ cm=$4\cdot10^{-5}$ cm.

3. Να βρείτε πόσα νανόμετρα (nm) είναι τα:
α) 0,06 m
β) 2,5 cm
γ) 500 Å
δ) 0,002 mm
ε) 400 μm

Λύση:

α) 0,06 m=$6\cdot10^{-2}$ m=$6\cdot10^{-2}\cdot10^{9}$ nm =$6\cdot10^{7}$ nm.

β) 2,5 cm=$2,5\cdot10^{-2}$ m=$2,5\cdot10^{-2}\cdot10^{9}$ nm =$2,5\cdot10^{-7}$ nm.

γ) 500 Å=$500\cdot10^{-10}$ m=$5\cdot10^{-8}\cdot10^{9}$ cm=50 nm.

δ) 0,002 mm=$2\cdot10^{-3}\cdot10^{-3}$ m=$2\cdot10^{-6}$ m=$2\cdot10^{-6}\cdot10^{9}$ nm=$2\cdot10^{3}$ nm=2.000 nm.

ε) 400 μm=$400\cdot10^{-6}$ m=$4\cdot10^{-4}$ m=$4\cdot10^{-4}\cdot10^{9}$ nm=$4\cdot10^{5}$ nm.

4. Να συγκρίνετε τις αποστάσεις:
α) 0,08 m
β) 32,5 cm
γ) 200 mm

Λύση:

Θα μετατρέψουμε όλα τα μήκη στην ίδια μονάδα μέτρησης ώστε να μπορέσουμε να τα συγκρίνουμε. Αποφασίζουμε να τα μετατρέψουμε όλα σε cm. Τότε έχουμε:

α) 0,08 m$=8\cdot10^{-2}$ m$=6\cdot10^{-2}\cdot10^{2}$ cm $=6$ cm.

β) 32,5 cm.

γ) 200 mm$=2\cdot10^{2}\cdot10^{-1}$ cm$=20$ cm.

Άρα μεγαλύτερη απόσταση είναι τα 32,5 cm στη συνέχεια τα 200mm και τέλος τα 0,08m.

5. Μια σφαίρα έχει ακτίνα r=12 cm. Να βρείτε τότε σε μέτρα (m), το μήκος της περιφέρειας ενός μέγιστου κύκλου πάνω στην επιφάνεια της σφαίρας. Δίνεται π=3,14.

Λύση:

Ο μέγιστος κύκλος πάνω στη σφαίρα θα έχει ακτίνα όση είναι και η ακτίνα της σφαίρας. Το μήκος της περιφέρειας του κύκλου (s) δίνεται τότε από τη σχέση: $s=2\pi r=2\cdot3,14\cdot12\cdot10^{-2}=0,7536$ m. Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούμε τον αριθμό π να μην τον αντικαθιστούμε, οπότε το μήκος της περιφέρειας του μέγιστου κύκλου στην επιφάνεια της σφαίρας είναι τότε, $s=2\pi r=2\cdot\pi\cdot12\cdot10^{-2}$ ή $s=0,24\pi$ m.

6. Να βρείτε πόσα δευτερόλεπτα (s) είναι:
α) τα 20 min
β) οι 0,04 h
γ) 5 ms
δ) $18 \cdot 10^3$ μs.

Λύση:

α) 20 min=20·60 s=1.200 s.

β) 0,04 h=$4 \cdot 10^{-2} \cdot$3.600 s=4·36 s=144 s.

γ) 5 ms=$5 \cdot 10^{-3}$ s=0,005 s.

δ) $18 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}$ s=$18 \cdot 10^{-3}$ s=0,018 s.

7. Να βρείτε πόσες ώρες (h) είναι:
α) τα 90 min
β) τα 18 s
γ) τα 36 ns
δ) το $\frac{1}{8}$ της ημέρας (d).

Λύση:

α) 90 min=$90 \cdot \frac{1}{60}$ h=1,5 h.

β) 18 s=$18 \cdot \frac{1}{3.600}$ h=0,005 h=$5 \cdot 10^{-3}$ h.

γ) 36 ns=$36\cdot10^{-9}$ s=$36\cdot10^{-9}\cdot\frac{1}{3.600}$ h=$\frac{10^{-9}}{10^{2}}$ h=10^{-7} h.

δ) $\frac{1}{8}$ d=$\frac{1}{8}\cdot24$ h=3 h.

8. Αν η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου είναι υ=$108\frac{Km}{h}$, να τη μετατρέψετε σε $\frac{m}{s}$.

Λύση:

Για την ταχύτητα του αυτοκινήτου ισχύει υ=$108\frac{Km}{h}$=$108\ \frac{1.000\ \text{m}}{3.600\ \text{s}}=\frac{108\ \text{m}}{3,6\ \text{s}}$=

=30 $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

9. Να βρείτε πόσα χιλιόγραμμα ή κιλά (Kg) είναι:
α) οι 0,02 tn
β) τα 800 g
γ) τα $5\cdot10^{4}$ mg
δ) τα 0,04 μg.

Λύση:

α) 0,02 tn=$2\cdot10^{-2}\cdot10^{3}$ Kg=20 Kg.

β) 800 g=$800\cdot10^{-3}$ Kg=0,8 Kg.

γ) $5\cdot10^{4}$ mg=$5\cdot10^{4}\cdot10^{-3}$ g=50 g=$50\cdot10^{-3}$ Kg=$5\cdot10^{-2}$ Kg=0,05 Kg.

δ) 0,04 μg=$4\cdot10^{-2}\cdot10^{-6}$ g=$4\cdot10^{-8}\cdot10^{-3}$ Kg=$4\cdot10^{-11}$ Kg.

10. Δυο σώματα Α και Β ζυγίζουν αντίστοιχα m_A=0,4 tn και m_B=$8\cdot10^4$ g. Να συγκρίνετε τις μάζες των δυο σωμάτων.

Λύση:

Για τη μάζα του σώματος Α έχουμε m_A=0,4 tn =$4\cdot10^{-1}\cdot10^3$ Kg=400 Kg.

Παρόμοια για τη μάζα του δεύτερου σώματος Β έχουμε
m_B=$8\cdot10^4$ g =$8\cdot10^4\cdot10^{-3}$ Kg=80 Kg. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι $m_A>m_B$.

11. Δίνεται ότι η μάζα της Γης είναι $M_Γ$=$6\cdot10^{24}$ Kg και ότι η ακτίνα της είναι $R_Γ$=$64\cdot10^5$ m. Αν είναι γνωστό ότι η μάζα της Σελήνης είναι $M_Σ=\frac{M_Γ}{81}$ και ότι η ακτίνα της Σελήνης είναι $R_Σ=\frac{R_Γ}{3,6}$, τότε να υπολογίσετε τη μάζα της Σελήνης σε tn και την ακτίνα της Σελήνης σε Km.

Λύση:

Για τη μάζα της Σελήνης ισχύει $M_Σ=\frac{M_Γ}{81}$ ή $M_Σ=\frac{6\cdot10^{24}}{81}$ Kg ή $0,074\cdot10^{24}$ Kg ή $M_Σ=74\cdot10^{-3}\cdot10^{24}\cdot10^{-3}$ tn ή $M_Σ=74\cdot10^{18}$ tn.

Ακόμη για την ακτίνα της Σελήνης ισχύει $R_Σ=\frac{R_Γ}{3,6}$ ή $R_Σ=\frac{64\cdot10^5}{3,6}$ m ή
$R_Σ$= $17,8\cdot10^5$ m ή $R_Σ$= $17,8\cdot10^5\cdot10^{-3}$ Km ή $R_Σ$= $17,8\cdot10^2$ Km =1.780 Km.

12. Να μετατραπεί σε m^2 το εμβαδό:
α) $A=0,08\ Km^2$
β) $A=300\ cm^2$
γ) $A=12\cdot10^4\ mm^2$

Λύση:

α) Γνωρίζουμε ότι $1\ Km=10^3\ m$, οπότε
$1Km^2=1Km\cdot1Km=10^3\ m\cdot10^3\ m=10^6\ m^2$.
Τότε το εμβαδό Α θα είναι σε m^2:
$A=0,08\ Km^2=8\cdot10^{-2}\ 10^6\ m^2=8\cdot10^4\ m^2=80.000\ m^2$.

β) Γνωρίζουμε ότι $1\ cm=10^{-2}\ m$, οπότε
$1cm^2=1cm\cdot1cm=10^{-2}\ m\cdot10^{-2}\ m=10^{-4}\ m^2$.
Τότε το εμβαδό Α θα είναι σε m^2:
$A=300\ cm^2=3\cdot10^2\ 10^{-4}\ m^2=3\cdot10^{-2}\ m^2=0,03\ m^2$.

γ) Γνωρίζουμε ότι $1\ mm=10^{-3}\ m$, οπότε
$1mm^2=1mm\cdot1mm=10^{-3}\ m\cdot10^{-3}\ m=10^{-6}\ m^2$.
Τότε το εμβαδό Α θα είναι σε m^2:
$A=12\cdot10^4\ mm^2=12\cdot10^4\ 10^{-6}\ m^2=12\cdot10^{-2}\ m^2=0,12\ m^2$.

13. Ένα κυλινδρικό σύρμα έχει εμβαδό εγκάρσιας διατομής $A=4\pi\ mm^2$. Να βρεθεί η ακτίνα του σύρματος σε m.

Λύση:

Γνωρίζουμε ότι το εμβαδό Α της εγκάρσιας διατομής του σύρματος (εμβαδό κύκλου) δίνεται από τη σχέση $A=\pi\cdot r^2$ όπου r είναι η ακτίνα.

Ακόμη γνωρίζουμε ότι 1 mm=10^{-3} m, οπότε
1mm^2=1mm·1mm=10^{-3} m·10^{-3} m=10^{-6} m^2.
Τότε το εμβαδό Α θα είναι σε m^2:
Α=4π mm^2=4π·10^{-6} m^2.

Τότε έχουμε Α=π·r^2 ή 4π·10^{-6}=π·r^2 ή r^2=4·10^{-6} m^2 ή r=$\sqrt{4\cdot 10^{-6}\,\mathrm{m}^2}$ ή
r=2·10^{-3} m.

14. Μια ορθογώνια ξύλινη πλάκα έχει μήκος α=1,4 m και πλάτος β=80 cm. Να βρείτε το εμβαδό της πλάκας α) σε m^2, β) σε dm^2 και γ) σε mm^2.

Λύση:

Γνωρίζουμε ότι το εμβαδό Α της πλάκας δίνεται από τον τύπο που δίνει το εμβαδό του ορθογωνίου παραλληλογράμμου Α=α ·β.

α) Έτσι για α=1,4 m και β=80 cm =0,8 m έχουμε Α=α ·β ή Α=1,4 ·0,8=1,12 m^2.

β) Γνωρίζουμε ότι 1 m=10 dm, οπότε
1 m^2=1m·1m=10 dm·10 dm=10^2 dm^2. Οπότε το εμβαδό Α σε dm^2 θα είναι Α=1,12 m^2 ή Α=1,12·10^2 dm^2 ή Α=112 dm^2.

γ) Ακόμη γνωρίζουμε ότι 1 m=10^3 mm, οπότε
1m^2=1m·1m=10^3 mm·10^3 mm=10^6 mm^2. Οπότε το εμβαδό Α σε mm^2 θα είναι Α=1,12 m^2 ή Α=1,12·10^6 mm^2 ή Α=1.120.000 mm^2.

15. Να μετατραπεί σε L, ο όγκος:
α) V=8 m^3
β) V=4,48 mL
γ) V=$2\cdot10^4$ dm^3
δ) V=8.000 mm^3.

Λύση:

α) Γνωρίζουμε ότι 1m^3=10^3 L, οπότε ο όγκος V θα είναι σε L:
V=8 m^3=$8\cdot10^3$ L=8.000 L.

β) Γνωρίζουμε ότι 1 L=10^3 mL ή 1mL=10^{-3} L, οπότε ο όγκος V θα είναι σε L:
V=4,48 mL=$4,48\cdot10^{-3}$ L=0,00448 L.

γ) Γνωρίζουμε ότι 1 L=1 dm^3. Τότε ο όγκος V θα είναι σε L:
V=$2\cdot10^4$ dm^3=$2\cdot10^4$ L.

δ) Γνωρίζουμε ότι 1 mm=10^{-3} m, οπότε
1mm^3=1mm·1mm·1mm=10^{-3} m·10^{-3} m·10^{-3} m =10^{-9} m^3. Ακόμη γνωρίζουμε ότι 1m^3=10^3 L. Οπότε ο όγκος V θα είναι σε L:
V=8.000 mm^3 =$8\cdot10^3\cdot10^{-9}$ m^3=$8\cdot10^3\cdot10^{-9}\cdot10^3$ L=$8\cdot10^{-3}$ L=0,008 L.

16. Ένα στερεό σώμα έχει όγκο V=100 cm^3. Να υπολογίσετε τον όγκο του στερεού α) σε m^3 , β) σε L.

Λύση:

α) Γνωρίζουμε ότι 1 cm=10^{-2} m, οπότε
1cm^3=1cm·1cm·1cm=10^{-2} m·10^{-2} m·10^{-2} m =10^{-6} m^3. Οπότε ο όγκος V του σώματος σε m^3 θα είναι:
V=100 cm^3 =$10^2\cdot10^{-6}$ m^3=10^{-4} m^3.

Ακόμη γνωρίζουμε ότι 1m^3=10^3 L. Οπότε ο όγκος V θα είναι σε L:
V=10^{-4} m^3=$10^{-4}\cdot10^3$ L=10^{-1} L=0,1 L.

17. Η πυκνότητα του λαδιού είναι $\rho_\lambda=0,6\ g/cm^3$. Να μετατρέψετε την πυκνότητα αυτή σε
α) Kg/m^3.
β) g/L
γ) Kg/L.
δ) g/mL.

Λύση:

Η πυκνότητα του λαδιού είναι $\rho_\lambda=0,6\frac{g}{cm^3}$ οπότε έχουμε:

α) $0,6\frac{g}{cm^3}=0,6\frac{10^{-3}Kg}{10^{-6}m^3}=0,6\cdot10^3\frac{Kg}{m^3}=600\frac{Kg}{m^3}$.

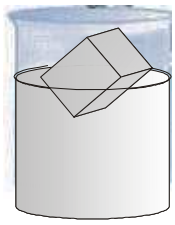
β) $0,6\frac{g}{cm^3}=0,6\frac{g}{10^{-3}L}=600\frac{g}{L}$.

γ) $0,6\frac{g}{cm^3}=0,6\frac{10^{-3}Kg}{10^{-3}L}=0,6\frac{Kg}{L}$.

Γνωρίζουμε πως $1cm^3=1mL$ οπότε η πυκνότητα του λαδιού είναι:

δ) $\rho_\lambda=0,6\frac{g}{cm^3}=0,6\frac{g}{mL}$.

18. Η πυκνότητα του πάγου είναι ρ_{π}=900 Kg/m^3. Ένα παγάκι μάζας m_{π}=4,95g επιπλέει μέσα σ' ένα ποτήρι με νερό.
α) Να υπολογιστεί ο όγκος που έχει το παγάκι.
β) Το παγάκι λιώνει. Ποια θα είναι η μάζα και ποιος ο όγκος του νερού που θα σχηματιστεί; Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1.000 Kg/m^3.



Λύση:

α) Η πυκνότητα του πάγου είναι $900\frac{Kg}{m^3}=900\frac{1000g}{10^6cm^3}=900\cdot10^{-3}\ \frac{g}{cm^3}=0,9\frac{g}{cm^3}$.

Για την πυκνότητα του πάγου ισχύει $\rho_{\pi}=\frac{m_{\pi}}{V_{\pi}}$ ή $V_{\pi}=\frac{m_{\pi}}{\rho_{\pi}}=\frac{4,95}{0,9}=5,5cm^3$.

β) Όταν το παγάκι θα λιώσει τότε η μάζα του νερού που θα σχηματιστεί θα είναι ίση με τη μάζα που είχε αρχικά το παγάκι. Άρα ισχύει $m_{\pi}=m_v$ ή m_v=4,95 g.

Από τον τύπο της πυκνότητας έχουμε m=ρ·V. Οπότε ισχύει $\rho_{\pi}\cdot V_{\pi}=\rho_v\cdot V_v$. (1)

Η πυκνότητα του νερού είναι $1.000\frac{Kg}{m^3}=1.000\frac{1000g}{10^6cm^3}=$

$=1.000\cdot10^{-3}\ \frac{g}{cm^3}=1\frac{g}{cm^3}$.

Τότε από τη σχέση (1) παίρνουμε:
Έχουμε $0,9\cdot5,5=1\cdot V_v$ ή V_v=4,95 cm^3.

19.Να εξετάσετε διαστατικά αν η εξίσωση V=A·υ·t είναι δυνατόν να είναι σωστή.

Λύση:

Για να είναι σωστή η εξίσωση θα πρέπει οι διαστάσεις του πρώτου και του δεύτερου μέλους στο ίδιο σύστημα μονάδων να είναι ίσες. Στο αριστερό μέλος της σχέσης που μας δίνεται έχουμε τον όγκο V που στο S.I έχει μονάδα μέτρησης το m^3. Στο δεύτερο μέλος της ισότητας και στο S.I έχουμε το εμβαδό Α με μονάδα μέτρησης το $1m^2$. Ακόμη η ταχύτητα έχει μονάδα μέτρησης το $1\frac{m}{s}$ και ο χρόνος t έχει μονάδα μέτρησης το 1s. Τότε στο δεύτερο μέλος της ισότητας έχουμε όσον αφορά τις διαστάσεις $1m^2 \cdot 1\frac{m}{s} \cdot 1s = 1m^3$. Καταλήγουμε λοιπόν και στο δεύτερο μέλος της ισότητας σε διαστάσεις όγκου. Οπότε η εξίσωση που μας δίνεται είναι δυνατό να είναι σωστή.

Ασκήσεις

Μήκος

1) Να βρείτε πόσα μέτρα (m) είναι τα:
α) 12 cm
β) 5 mm.

2) Να βρείτε πόσα εκατοστά (cm) είναι τα:
α) 2 m
β) 5 mm.
Γ) 5 Å
Δ) 10^{-3} Km.

3) Να βρείτε πόσα χιλιοστά (mm) είναι τα:
α) 5 c m
β) 2 nm.
γ) 10^{-9} m
δ) 0,0002 Km.

4) Να βρείτε πόσα μικρόμετρα (μm) είναι τα:
α) 2 cm
β) 2 mm.
γ) 2 nm.
δ) 2 Å
ε) 2 m
στ) 2 Km.

5) Να βρείτε πόσα νανόμετρα (nm) είναι τα:
α) 2 Å
β) 1 μm.
γ) 10^6 mm.
δ) 10^{-5} Km.
ε) 3 m

6) Να συγκρίνετε τις αποστάσεις
α) 5 m και $4 \cdot 10^{-3}$ Km
β) 2 Km και $4 \cdot 10^9$ μm.
γ) $2 \cdot 10^{-3}$ cm και 54 μm.
δ) 10^4 m και 10 Km.

7) Ένα κυλινδρικό σύρμα έχει διάμετρο 0,5 cm. Να υπολογίσετε την ακτίνα του σύρματος σε mm.

8) Αν η περιφέρεια ενός κύκλου έχει μήκος s=12 π cm, τότε να υπολογίσετε την ακτίνα του r σε mm. Δίνεται ότι η περιφέρεια κύκλου ακτίνας r δίνεται από τη σχέση s=2πr (π=3,14).

9) Η ακτίνα της Γης είναι $R_Γ$=6.400 Km. Να υπολογίσετε το μήκος αυτής σε m και σε cm.

Χρόνος

10) Να βρείτε πόσα δευτερόλεπτα (s) είναι:
α) οι 2 h
β) τα 500 ms
γ) τα 10^6 μs
δ) τα 10^{-2} ns
ε) το $\frac{1}{8}$ h (της ώρας)

στ) τα 12 min

ζ) το $\frac{1}{6}$ d (της ημέρας).

11) Να βρείτε πόσα λεπτά (min) είναι:
α) τα 5 s
β) τα 5 ms
γ) τα 5 μs
δ) τα 5 ns
ε) οι 5 h
στ) 5 d (ημέρες).

12) Να βρείτε πόσες ώρες (h) είναι:
α) τα 12 min
β) τα 12 s
γ) τα 8 μs.

13) Αν ο χρόνος αντίδρασης ενός οδηγού όταν πατάει φρένο είναι t=0,5 s, τότε να υπολογίσετε το χρόνο αυτό σε ms.

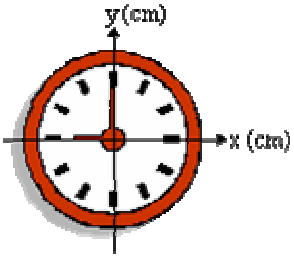
14) Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας για ένα σώμα που κάνει ελεύθερη πτώση είναι $g=10m/s^2$ τότε να μετατρέψετε την επιτάχυνση της βαρύτητας σε Km/h.

15) Τη στιγμή που ξεκινά ένας Μαραθωνοδρόμος, το χρονόμετρο δείχνει 1h 10 min 40s, ενώ τη στιγμή του τερματισμού το χρονόμετρο δείχνει 3h 56min 00s. Να βρείτε την επίδοση του Μαραθωνοδρόμου.

16) Τη στιγμή που ξεκινά ένας αθλητής να τρέχει το ρολόϊ του δείχνει 10h 10min 20sec ενώ τη στιγμή που τερματίζει δείχνει 12h 15min 15sec. Πόσο είναι το ρεκόρ του αθλητή σε s;

17) α) Ένα φυσικό φαινόμενο ξεκίνησε ακριβώς 3h πριν την ένδειξη του ρολογιού. Πόσα s και πόσα min πριν ξεκίνησε αυτό

β) Αν το μήκος του λεπτοδείκτη του συγκεκριμένου ρολογιού του σχήματος είναι 12cm και το μήκος του ωροδείκτη είναι 5cm. Να βρείτε το μήκος τους σε mm και nm.



18)Η περίοδος περιστροφής ενός δορυφόρου της γης είναι T=12h. Να εκφράσετε το χρόνο αυτό σε ημέρες (d) και σε λεπτά (min).

Μάζα

19) Να βρείτε πόσα χιλιόγραμμα ή κιλά (Kg) είναι:
α) οι 2,8 tn
β) τα 2.000 mg
γ) τα 1.250 g
δ) τα 10^6 μg.
ε) οι 0,0056 tn.

20) Τέσσερα σώματα έχουν αντίστοιχα μάζες m_1=0,3 Kg, m_2=600g, m_3=0,4·10^6mg και m_4=0,0002 tn. Να συγκρίνετε τις μάζες των τεσσάρων σωμάτων.

21) Δύο σώματα $Σ_1$ και $Σ_2$ έχουν μάζες m_1=0,025 Kg και m_2=140 g. Να συγκρίνετε τις αδράνειες των δυο σωμάτων.

22) Η μάζα της Γης είναι $M_Γ$=6·10^{24} Kg. Να υπολογίσετε τη μάζα αυτή σε g.

23) Αν η μάζα του πλανήτη Ερμή (M_E) του ηλιακού μας συστήματος, είναι M_E=4% $M_Γ$, όπου $M_Γ$ είναι η μάζα της Γης, τότε να υπολογίσετε τη μάζα του Ερμή σε tn. Δίνεται η μάζα της Γης $M_Γ$=6·10^{27} g.

Εμβαδό

24) Να μετατραπούν σε m^2 τα:
α) 0,02Km^2
β) 2.000 cm^2
γ) $4 \cdot 10^3$ mm^2.

25) Να μετατραπούν σε cm^2 τα:
α) 2,5 m^2
β) 10.000 mm^2
γ) 0,001 Km^2.

26) Ένα κυλινδρικό σχήμα έχει εμβαδό εγκάρσιας διατομής $A=\pi$ mm^2 . Να υπολογιστεί η ακτίνα του σε cm.

27) Μια ορθογώνια μαρμάρινη πλάκα έχει μήκος α=0,8m και πλάτος β=0,6 m. Να υπολογίσετε το εμβαδό της πλάκας σε cm^2.

28) Πόσο % είναι μεγαλύτερο το εμβαδό μιας ορθογώνιας πλάκας με διαστάσεις 0,2m Χ 120 cm από το εμβαδό μιας τετράγωνης πλάκας πλευράς α=1.500 cm.

Όγκος

29) Να μετατραπούν σε L τα:
α) 5 m^3
β) 224 mL
γ) 100 dm^3
δ) 10.000 cm^3.

30) Αν μια μπάλα ποδοσφαίρου έχει διάμετρο δ=22 cm, τότε να υπολογιστεί ο όγκος της σε L.

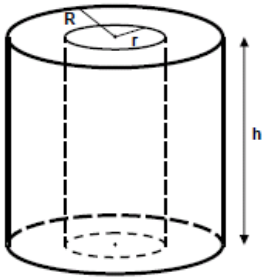
31) Ένας κύλινδρος έχει διάμετρο 20 mm και ύψος 50 cm. Να υπολογιστεί ο όγκος του σε cm^3.

32) Κύβος έχει ακμή α=250 mm. Να υπολογιστεί ο όγκος του σε m^3 και σε L.

33) Να συγκρίνετε τους όγκους: $V_1=2\cdot10^{-3}$ m^3, V_2= 4 L και $V_3=8\cdot10^3$ mL.

34) Αγοράζουμε ένα φύλλο χαλκού με διαστάσεις 0,8 m x 1m και μάζας 3,6 Kg. Αν κόψουμε απ' το φύλλο αυτό ένα κομμάτι με ακανόνιστο σχήμα του οποίου η μάζα είναι 90 g, τότε να υπολογίσετε το εμβαδό αυτού του κομματιού.

35) Από το εσωτερικό κυλίνδρου, που έχει ύψος h=20 cm και ακτίνα R=4 cm, αφαιρούμε πλήρως ένα ομοαξονικό κύλινδρο ακτίνας r=1,2 cm, (r < R), όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Αν η μάζα του κυλίνδρου είναι m=200 g, να υπολογίσετε σε Kg τη μάζα του κυλίνδρου που απέμεινε.



Πυκνότητα

36) Η πυκνότητα του οινοπνεύματος είναι ρ=0,8 g/cm^3. Να μετατρέψετε την πυκνότητα αυτή σε:
α) Kg/m^3
β) g/L
γ) Kg/L
δ) g/mL.

37) Η πυκνότητα του νερού είναι ρ=1.000 Kg/m^3. Να μετατρέψετε την πυκνότητα του νερού σε g/cm^3.

38) Σφαίρα έχει όγκο V=400 cm^3 και μάζα m=80 g. Να βρείτε την πυκνότητά της σε Kg/L.

39) Η ακτίνα της γης είναι $R=64\cdot10^5$ m και η μάζα της $M=6\cdot10^{24}$ Kg. Να υπολογίσετε τη μέση πυκνότητα της Γης.

40) Αν η μάζα του Ερμή είναι $M_E=0,04\ M_Γ$ όπου $M_Γ$ είναι η μάζα της Γης, και η πυκνότητά του είναι $ρ_E=0,69\ ρ_Γ$, όπου $ρ_Γ$ είναι η πυκνότητα της Γης, τότε να συγκρίνετε τους όγκους των δυο πλανητών,

41) Αν $M_Γ$ είναι η μάζα της Γης και $M_Σ$ είναι η μάζα της Σελήνης με $M_Γ=81\ M_Σ$, ενώ ακόμη $R_Γ$ είναι η ακτίνα της Γης και $R_Σ$ είναι η ακτίνα της Σελήνης, με $R_Γ=3,6\ R_Σ$, τότε να συγκρίνετε τη μέση πυκνότητα της Γης με τη μέση πυκνότητα της Σελήνης. Ποια είναι μεγαλύτερη;

42) Από μια σφαίρα ακτίνας R και όγκου V=4L, αφαιρούμε ένα σφαιρικό κομμάτι ακτίνας r= $\frac{R}{2}$. Αν η κούφια σφαίρα που σχηματίζεται έχει μάζα m=1 Kg, να υπολογίσετε την πυκνότητα του υλικού της σφαίρας.

43) Δυο σφαίρες Α και Β, από το ίδιο υλικό έχουν αντίστοιχα όγκους V_A και V_B με $V_A>V_B$. Τότε:
α) ποια σφαίρα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα;
β) ποια σφαίρα έχει μεγαλύτερη μάζα;

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Δυο βασικές έννοιες που μας βοηθούν στην πληρέστερη ερμηνεία των φαινομένων είναι η ενέργεια και η αλληλεπίδραση των σωμάτων . **( )**

2) Η χρήση μαθηματικών εξισώσεων ή γραφικών παραστάσεων, καθώς και το πείραμα συνετέλεσαν στην τεράστια ανάπτυξη της φυσικής. **( )**

3) Φυσικά είναι τα φαινόμενα στα οποία μεταβάλλεται η σύσταση των σωμάτων που συμμετέχουν σ' αυτά όπως είναι η έκρηξη της πυρίτιδας. **( )**

4) Λέμε ότι ένα σώμα έχει ενέργεια όταν μπορεί να προκαλέσει μεταβολές. **( )**

5) Ο χρόνος και η ταχύτητα είναι φυσικά μεγέθη. **( )**

6) Η μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα τόσο μικρότερη είναι η αδράνειά του. **( )**

7) 1 kg είναι η μάζα ενός κυλίνδρου από φιδιούχο λευκόχρυσο που φυλάσσεται στο Μουσείο Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται στις Σέβρες κοντά στο Παρίσι. **( )**

8) Το εμβαδόν, ο όγκος, η πυκνότητα, η ταχύτητα κτλ, είναι παράγωγα μεγέθη. **( )**

9) Η εξίσωση $u=\frac{V}{x\cdot t}$ είναι δυνατόν διαστατικά να είναι ορθή. (V=όγκος, x=διάστημα, t=χρόνος) . **( )**

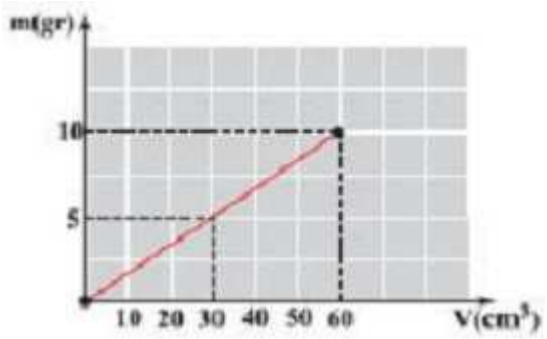
10) Για τη μέτρηση της μάζας ενός σώματος χρησιμοποιούμε το ζυγό ενώ για τη μέτρησης του βάρους του χρησιμοποιούμε το δυναμόμετρο. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Σε κάθε μεταβολή που συμβαίνει στη φύση,
α. η συνολική ενέργεια μειώνεται.
β. η συνολική ενέργεια αυξάνεται.
γ. η συνολική ενέργεια άλλες φορές μειώνεται και άλλες αυξάνεται.
δ. η συνολική ενέργεια διατηρείται σταθερή.

2) Τα φαινόμενα που μελετά η φυσική μπορούν να περιγραφούν με τη χρήση κάποιων κοινών, βασικών εννοιών. Όπως είναι,
α) ο χώρος.
β) ο χρόνος.
γ) η κίνηση των σωμάτων, και οι αλληλεπιδράσεις τους.
δ) όλα τα παραπάνω.

3) Η διπλανή γραφική παράσταση δείχνει:
α) ότι η μάζα m ενός σώματος μεταβάλλεται ανάλογα με τον όγκο του V.
β) ότι η μάζα m ενός σώματος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τον όγκο του V.
γ) ότι τη μάζα του σώματος τη μετράμε σε Kg και τον όγκο του σε mL.



δ) ότι η μάζα και ο όγκος δε συνδέονται με κάποια μαθηματική σχέση.

4) Θεμελιώδη φυσικά μεγέθη,
α) ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη που προκύπτουν άμεσα από τη διαίσθησή μας.
β)ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη που ορίζονται με τη βοήθεια άλλων μεγεθών.

γ) είναι το εμβαδό και ο όγκος.
δ) είναι ο χρόνος, η μάζα και η πυκνότητα.

5) Η θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του μήκους είναι,
α) το 1cm
β) το 1dm
γ) το 1m
δ) το 1Å.

6) Η κίνηση του εκκρεμούς,
α) είναι φυσικό φαινόμενο που πραγματοποιείται με τυχαίο τρόπο.
β) είναι χημικό φαινόμενο.
γ) είναι αδύνατο να περιγραφεί με μαθηματικές σχέσεις.
δ) είναι ένα φυσικό και περιοδικό φαινόμενο.

7) Το 1ns ισούται με:

α) 10^{-9} s
β) 10^{-6} s
γ) 10^{-12} s
δ) 10^{3} s.

8) Μονάδα μέτρησης της αδράνειας ενός σώματος στο S.I είναι:
α) ο 1tn.
β) το 1Kg.
γ) το 1g.
δ) το 1μg.

9) Το βάρος ενός σώματος συνδέεται με τη μάζα του με τη σχέση
Α)w=m·g
Β)w=m
Γ) w=m/g
Δ) w=g/m

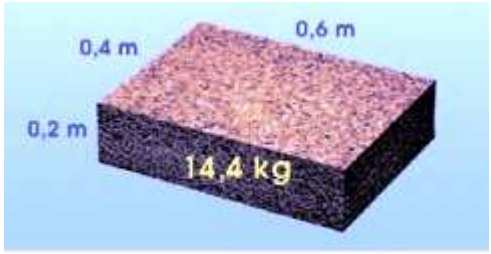
10) Ένα σώμα έχει μάζα m και βάρος w στην επιφάνεια της Γης. Τότε στην επιφάνεια της Σελήνης θα έχει μάζα m_{Σ} και βάρος w_{Σ} για τα οποία ισχύει,

α) $m_{\Sigma}=m$ και $w_{\Sigma}=w$.
β) $m_{\Sigma}>m$ και $w_{\Sigma}>w$.
γ) $m_{\Sigma}=m$ και $w_{\Sigma}<w$.
δ) $m_{\Sigma}<m$ και $w_{\Sigma}<w$.

11) Ο όγκος κυλίνδρου ακτίνας r=5cm και ύψους h=20cm, ισούται με
α) $V=500\ \pi\ m^3$.
β) $V=5\pi\cdot10^{-4}\ cm^3$.
γ) $V=500\ cm^3$.
δ) $V=500\ \pi\ cm^3$.

12) Ένα κομμάτι σιδήρου κόβεται σε τρία ίσα κομμάτια. Η πυκνότητα του κάθε κομματιού είναι:
α) το 1/3 εκείνης του αρχικού κομματιού.
β) τριπλάσια εκείνης του αρχικού κομματιού.
γ) διαφορετική για κάθε κομμάτι σιδήρου.
δ) η ίδια με εκείνη του αρχικού κομματιού.

13) Η πυκνότητα του σώματος του σχήματος είναι:
α) ρ=300.
β) ρ=14,4 Kg.
γ) $\rho=48\cdot10^{-3}\ g/L$.
δ) $\rho=300\ Kg/m^3$.



14) Ένα κομμάτι πλαστελίνης ακανόνιστου σχήματος βυθίζεται σε ογκομετρικό κύλινδρο και υπολογίζουμε τον όγκο του. Στη συνέχεια αλλάζουμε το σχήμα του κομματιού και επαναϋπολογίζουμε τον όγκο του. Ο καινούργιος όγκος της πλαστελίνης είναι:
α) Μεγαλύτερος.
β) Μικρότερος.
γ) Ο ίδιος γιατί τα στερεά είναι ασυμπίεστα.
δ) Τα στοιχεία δεν επαρκούν για να απαντήσουμε.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Τις διάφορες **μεταβολές** που συμβαίνουν γύρω μας στη φύση τις ονομάζουμε ……

2) Η πτώση ενός σώματος από κάποιο ύψος είναι …….. φαινόμενο.

3) Τα βασικά βήματα της επιστημονικής μεθόδου είναι η παρατήρηση,

η υπόθεση και το……..

4) Τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φυσικού φαινομένου λέγονται …… μεγέθη.

5) Ονομάζουμε μέτρηση ενός μεγέθους τη ……του με ένα άλλο ……..μέγεθος το οποίο ονομάζουμε …….. μέτρησης.
Ο αριθμός που προκύπτει από τη σύγκριση ονομάζεται ……..τιμή του μεγέθους.

6) Το 1Å ισούται με ……cm.

7) Περιοδικά ονομάζονται τα φαινόμενα που επαναλαμβάνονται ακριβώς το ίδιο σε …… χρονικά διαστήματα. Ο χρόνος για να επαναληφθεί μια φορά το περιοδικό φαινόμενο ονομάζεται …….. του φαινομένου.

8) Ο όγκος σφαίρας ακτίνας r υπολογίζεται με τον τύπο: V= ……..

Ενοτητα 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΙΝΗΣΕΙΣ

2.1 Περιγραφή της κίνησης

1. Πότε ένα σώμα κινείται; Τι ονομάζουμε κίνηση ενός αντικειμένου; Να αναφέρετε παραδείγματα κινήσεων.

Ένα σώμα κινείται όταν αλλάζει θέση ως προς ένα άλλο σώμα που θεωρείται ακίνητο (σύστημα αναφοράς).

Γενικά: «Κίνηση ενός αντικειμένου λέγεται η **χρονική αλλαγή** της θέσεώς του ως προς ένα σύστημα αναφοράς».

Έτσι η «ηρεμία» και η «κίνηση» είναι έννοιες που αποκτούν νόημα εφόσον σχετίζονται με ένα σύστημα αναφοράς.



Επομένως η κίνηση είναι **σχετική**, δηλαδή αναφέρεται ως προς ένα σημείο ή σώμα το οποίο **θεωρείται ακίνητο**.

Το ίδιο σώμα μπορεί να κινείται για κάποιον παρατηρητή και να παραμένει ακίνητο για κάποιον άλλο. Έτσι το αυτοκίνητο του σχήματος κινείται ως προς τον ακίνητο παρατηρητή ενώ ταυτόχρονα παραμένει ακίνητο για τον οδηγό του.

➢ Συνήθως, όταν μελετούμε την κίνηση των σωμάτων στο γήινο περιβάλλον μας, θεωρούμε ότι η γη είναι ακίνητη.

Η κίνηση είναι χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης. Εμφανίζεται από τους μακρινούς γαλαξίες μέχρι το εσωτερικό των μικροσκοπικών ατόμων.

Μπορούμε να πούμε πως η κίνηση είναι τρόπος ύπαρξης της ύλης.
Δεν υπάρχει ύλη που να παραμένει ακίνητη στο σύμπαν.
Έτσι:
Η γη κάθε μέρα εκτελεί μια πλήρη **περιστροφή** γύρω από τον εαυτό της και κάθε χρόνο μια **περιφορά** γύρω από τον ήλιο.

Ο ήλιος **περιφέρεται** γύρω από το κέντρο του γαλαξία μας. Τα δισεκατομμύρια γαλαξίες του αχανούς σύμπαντος απομακρύνονται μεταξύ τους και οι διαστάσεις του σύμπαντος αυξάνονται.

Στο μικρόκοσμο συμβαίνουν κινήσεις που δεν μπορούμε να τις αντιληφθούμε άμεσα. Αντιλαμβανόμαστε όμως τα αποτελέσματά τους. Όταν τα άτομα και τα μόρια **κινούνται** περισσότερο **έντονα**, στα στερεά, στα υγρά ή στα αέρια, **η θερμοκρασία των σωμάτων αυξάνεται**.

Όταν ηλεκτρόνια εκτελούν **προσανατολισμένη κίνηση** στα μέταλλα, δημιουργείται το **ηλεκτρικό ρεύμα**.

Όταν ηλεκτρόνια **πάλλονται** (ταλάντωση), στις κεραίες των ραδιοφωνικών σταθμών, παράγονται τα ραδιοφωνικά κύματα.

Μέσα σε κάθε άτομο τα ηλεκτρόνια **περιφέρονται** γύρω από τον πυρήνα του .

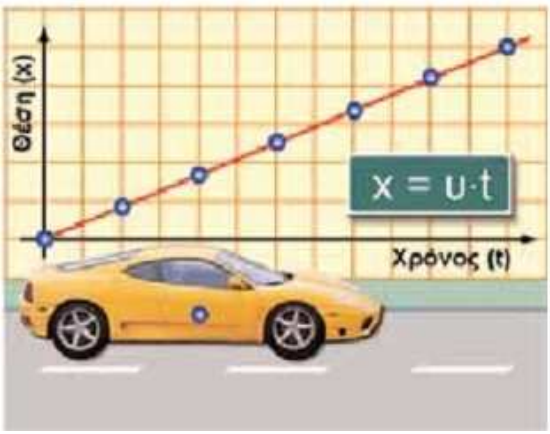
2. Τι χρειαζόμαστε για να περιγράψουμε μια κίνηση όσο πολύπλοκη και να είναι;

Για να περιγράψουμε την κίνηση ενός σώματος με ακρίβεια, πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να γνωρίζουμε πού βρίσκεται το σώμα. Για παράδειγμα, σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του αυτοκινήτου ή της γης ή του δορυφόρου των, οποίων την κίνηση μελετάμε.

Ο Γαλιλαίος μας δίδαξε ότι η περιγραφή της κίνησης μπορεί να γίνει σε μια ορισμένη γλώσσα η οποία περιέχει έννοιες όπως **ο χώρος**, **ο χρόνος** το **σύστημα αναφοράς η τροχιά** και το σημειακό αντικείμενο ή **υλικό σημείο**. Η γλώσσα αυτή περιέχει επίσης και στοιχεία των μαθηματικών.

Έτσι για να περιγράψουμε μια κίνηση χρειαζόμαστε έννοιες-φυσικά μεγέθη, όπως είναι:

η θέση,
η μετατόπιση,
το χρονικό διάστημα,
η διανυσματική ταχύτητα.



Στη γλώσσα των μαθηματικών τα παραπάνω φυσικά μεγέθη παριστάνονται με **σύμβολα** και οι σχέσεις μεταξύ τους με **μαθηματικές εξισώσεις**.

Επίσης χρησιμοποιούμε για την περιγραφή της κίνησης και τις **γραφικές παραστάσεις** που ονομάζονται και **διαγράμματα**, τα οποία αναπαριστούν πώς αυτά τα μεγέθη μεταβάλλονται π.χ με το χρόνο.
Το διπλανό διάγραμμα αναπαριστά με οπτικό τρόπο τη μεταβολή της ταχύτητας του αυτοκινήτου με το χρόνο.

Εφοδιασμένοι με τη γλώσσα της περιγραφής καταφεύγουμε στο πείραμα.

3. Ποιος κλάδος της φυσικής ονομάζεται κινηματική;

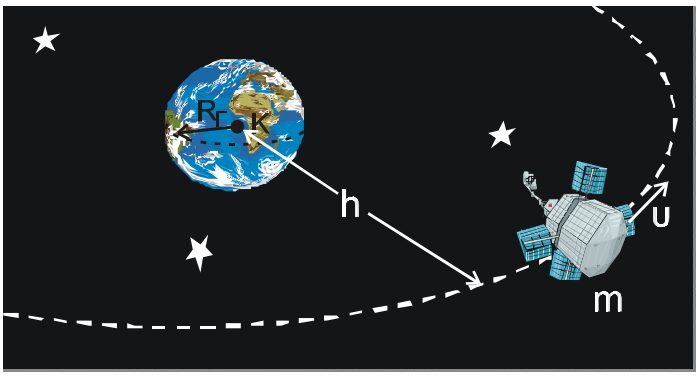
Ο κλάδος της φυσικής που ασχολείται με την περιγραφή της κίνησης αγνοώντας την **αιτία** που την προκαλεί ονομάζεται **κινηματική**.

4. Ποιά κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη;

Ευθύγραμμη κίνηση, ονομάζεται η κίνηση που πραγματοποιείται σε **ευθεία γραμμή.**

5. Τι ονομάζουμε υλικό σημείο (σημειακό αντικείμενο);

Ένα σώμα, ενώ έχει μάζα, μπορούμε να το θεωρήσουμε ως υλικό σημείο αν οι **διαστάσεις του** είναι **πολύ μικρότερες** από τις άλλες διαστάσεις που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φαινόμενου.



➢ Για παράδειγμα, όταν περιγράφουμε την κίνηση ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη, τον αντιμετωπίζουμε ως ένα κινούμενο υλικό σημείο που έχει μάζα (m), ίση με τη μάζα του δορυφόρου.

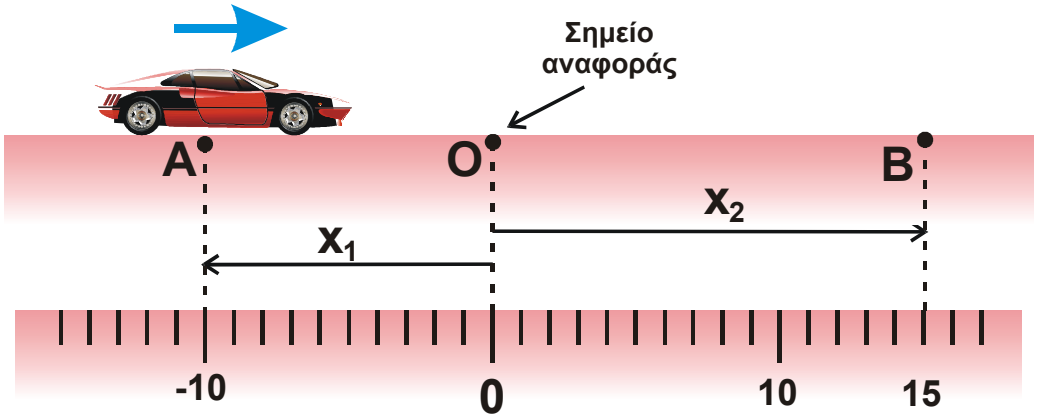
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το υποθετικό αντικείμενο που **έχει μάζα** αλλά **δεν έχει διαστάσεις ονομάζεται υλικό σημείο.**

Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι σημειακό αντικείμενο (σωμάτιο) είναι η αναπαράσταση (μοντέλο) ενός αντικειμένου με ένα σημείο.

6. Πως καθορίζεται η θέση ενός κινητού πάνω σε ευθεία γραμμή;

Η θέση καθορίζεται μ' **έναν αριθμό** (x) θετικό ή αρνητικό που δείχνει συγχρόνως **δυο** πράγματα,



α) την **απόσταση** και
β) την φορά σε σχέση με την αρχή δηλαδή την **κατεύθυνση** της θέσης.

Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, που βρίσκεται το αυτοκίνητο που φαίνεται στην εικόνα αρκεί να προσδιορίσουμε τη θέση του σημείου Α. Γι' αυτό το λόγο στην εικόνα έχει τοποθετηθεί μια **κλίμακα**, για παράδειγμα μια μετροταινία.

Την αρχή (Ο) που ονομάζεται **σημείο αναφοράς** την καθορίζουμε αυθαίρετα.

Ο αριθμός (x) που μας δείχνει τη θέση ονομάζεται **συντεταγμένη** (τετμημένη) του σημείου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα το αυτοκίνητο βρίσκεται στο σημείο Α με τετμημένη x_1=-10m. Άρα ξέρουμε ότι αρχικά το αυτοκίνητο απέχει 10m από την αρχή (Ο) προς τα αριστερά.

Όταν το αυτοκίνητο φτάσει στο σημείο Β τότε λέμε ότι η θέση του είναι x_2=15m, εννοώντας ότι απέχει από την αρχή (Ο) 15m προς τα δεξιά.

➢ Η επιλογή του 0 ως σημείου αναφοράς δεν είναι η μοναδική δυνατή.

Στο παράδειγμα της εικόνας, θα μπορούσαμε να είχαμε διαλέξει ως σημείο αναφοράς οποιοδήποτε άλλο σημείο της κλίμακας. Αν διαλέξουμε άλλο σημείο αναφοράς, θα μεταβληθεί και ο αριθμός που καθορίζει τη θέση του αυτοκινήτου.

Έτσι *η θέση ενός σώματος καθορίζεται πάντα σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς*.

Γενικά ένα πραγματικό αντικείμενο (στερεό σώμα) μπορεί καθώς κινείται να περιστρέφεται ή να ταλαντώνεται.
Η πιο απλή περίπτωση κίνησης είναι το σώμα να εκτελεί μόνο μεταφορική κίνηση (σωμάτιο).
Βέβαια η κίνηση μπορεί να πραγματοποιείται στο χώρο στο επίπεδο ή σε μια ευθεία.

*Στη μονοδιάστατη κίνηση δηλαδή την κίνηση που γίνεται πάνω σε μια ευθεία γραμμή, υπάρχουν όπως εύκολα μπορούμε να καταλάβουμε μόνο δυο δυνατές φορές για τη κίνηση του σώματος η **προς τα δεξιά** και **η προς τα αριστερά**.*

Όμως το αριστερά και το δεξιά είναι ένας αυθαίρετος τρόπος για την περιγραφή της κίνησης αφού εξαρτώνται από τη θέση του παρατηρητή.
Έτσι λοιπόν για την κίνηση στην ευθεία ορίζουμε ένα σημείο (Ο), σαν αρχή και ονομάζουμε την ευθεία από τη μια μεριά της θετική και από την άλλη αρνητική.
Το σημείο (Ο) ονομάζεται σημείο αναφοράς.

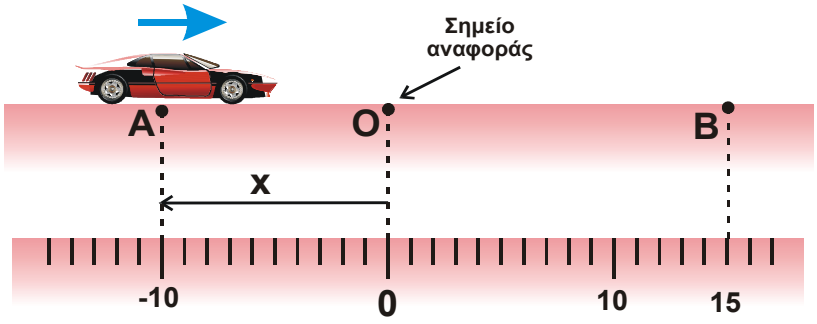
Τότε όμως η θέση x ενός κινητού θα καθορίζεται μ' έναν αριθμό θετικό ή αρνητικό που δείχνει συγχρόνως την απόσταση και τη φορά σε σχέση με την αρχή. Ο αριθμός που μας δείχνει τη θέση ονομάζεται συντεταγμένη (τετμημένη) του σημείου.

*Έτσι λοιπόν **θέση ή απομάκρυνση (x)** σημειακού αντικειμένου που βρίσκεται πάνω σε καθορισμένο άξονα, ονομάζεται **η τετμημένη** της θέσης του.*

7. Πότε η θέση ενός αντικειμένου που κινείται στον άξονα των x είναι θετική και πότε αρνητική;

Όταν το αντικείμενο βρίσκεται στο **θετικό ημιάξονα** η θέση του είναι **θετική** ενώ όταν βρίσκεται στον **αρνητικό ημιάξονα** η θέση του είναι **αρνητική**.

8. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ απόστασης και θέσης ενός σώματος που κινείται απάνω σε ευθεία γραμμή;



Το αυτοκίνητο του σχήματος λέμε ότι απέχει από την αρχή (Ο) **διάστημα** ή **απόσταση** s=10m, ενώ λέμε ότι βρίσκεται στη **θέση** x=-10m ως προς το 0.
Ο προσδιορισμός της απόστασης προϋποθέτει μόνο τη μέτρηση κάποιου μήκους και όχι την κατεύθυνση.

Έτσι λέμε ότι η **απόσταση (s)** είναι **μονόμετρο** μέγεθος ενώ η **θέση (x)** είναι **διανυσματικό** μέγεθος.

Η απόσταση είναι μήκος και επομένως προσδιορίζεται πλήρως από ένα **θετικό** αριθμό και **μια μονάδα μέτρησης**.

Το μέτρο (της απόστασης) (π.χ 10m) είναι ένας αριθμός που δηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης της συγκεκριμένης απόστασης με τη μονάδα μέτρησης (εδώ το 1m).

9. Ποια μεγέθη ονομάζονται μονόμετρα και ποια διανυσματικά;

Μονόμετρα ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη τα οποία προσδιορίζονται **μόνο από έναν αριθμό** (**το μέτρο τους**), που συνοδεύεται από τη μονάδα μέτρησής τους.
Μονόμετρα μεγέθη είναι ο χρόνος (t), η μάζα (m), ο όγκος (V), η πυκνότητα (ρ) και η θερμοκρασία (Τ).

Διανυσματικά ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη που για να καθοριστούν πλήρως εκτός από το **μέτρο τους** απαιτείται και η **κατεύθυνσή τους** (διεύθυνση και φορά).

Διεύθυνση είναι η ευθεία πάνω στην οποία βρίσκεται το διανυσματικό μέγεθος και
Φορά είναι ο προσανατολισμός του πάνω στην ευθεία.

Ένα διανυσματικό μέγεθος παριστάνεται με ένα βέλος. Το μήκος του βέλους είναι ανάλογο με το μέτρο του μεγέθους. Όσο πιο μεγάλο είναι το μέτρο τόσο μεγαλύτερο είναι και το μήκος του βέλους.

Διανυσματικά μεγέθη είναι η θέση ($\vec{x}$) η μετατόπιση ($\Delta\vec{x}$), ταχύτητα ($\vec{\upsilon}$), η επιτάχυνση ($\vec{\alpha}$) η δύναμη ($\vec{F}$), η ορμή ($\vec{p}$) κ.λπ.

10. Τι ονομάζουμε χρονική στιγμή και τι χρονικό διάστημα;

Η ένδειξη ενός ρολογιού ή χρονομέτρου ονομάζεται χρονική στιγμή και δεν έχει διάρκεια. Η χρονική στιγμή συμβολίζεται με το γράμμα **t** και μας δείχνει **πότε** έγινε ένα φαινόμενο. Ισχύει ότι $t \geq 0$. Δεν υπάρχει αρνητική χρονική στιγμή.

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δυο χρονικών στιγμών t_1 και t_2 συμβολίζεται με Δt και ισούται με: $\mathbf{\Delta t = t_2 - t_1}$.

Το χρονικό διάστημα μας δείχνει **πόσο διαρκεί** ένα φαινόμενο π.χ η κίνηση ενός αυτοκινήτου.

Η χρονική διάρκεια (**Δt)** μιας κίνησης προκύπτει ως μεταβολή του χρόνου κατά την εξέλιξη της κίνησης και υπολογίζεται με αφαίρεση της αρχικής $\mathbf{t_1}$ από την τελική χρονική στιγμή $\mathbf{t_2}$. Ισχύει $t_2 > t_1$ και άρα είναι $\Delta t > 0$. Αν $t_2 = t_1$ τότε μιλάμε για την ίδια χρονική στιγμή και άρα τότε η διάρκεια του φαινομένου είναι $\Delta t = 0$.

Τα σύμβολα t_1 και t_2 αναφέρονται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Το Δt είναι το χρονικό διάστημα (χρόνος) στη διάρκεια του οποίου εξελίσσεται ένα φαινόμενο.

** Η μεταβολή οποιουδήποτε φυσικού μεγέθους συμβολίζεται με το κεφαλαίο ελληνικό γράμμα Δ.**

11. Τι ονομάζεται μετατόπιση ενός σώματος και πως καθορίζεται η μετατόπιση για κίνηση πάνω σε ευθεία;

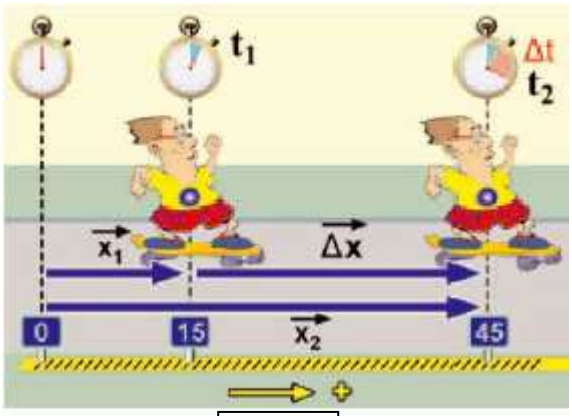
Η μεταβολή της θέσης ενός κινούμενου σώματος ονομάζεται **μετατόπιση**. Η μετατόπιση συμβολίζεται με Δx.

Η μετατόπιση καθορίζεται από την διαφορά της τελικής θέσης x_2 μείον την αρχική θέση x_1 δηλαδή,

$$\Delta x = x_2 - x_1.$$

Όπου τα x_1 και x_2 παριστάνουν τις συντεταγμένες της αρχικής και τελικής θέσεως του κινητού, ενώ το x_2-x_1 την αλγεβρική τιμή της μετατόπισης. Για το διάνυσμα της μετατόπισης $\Delta\vec{x}$ έχουμε:

$$\Delta\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$$

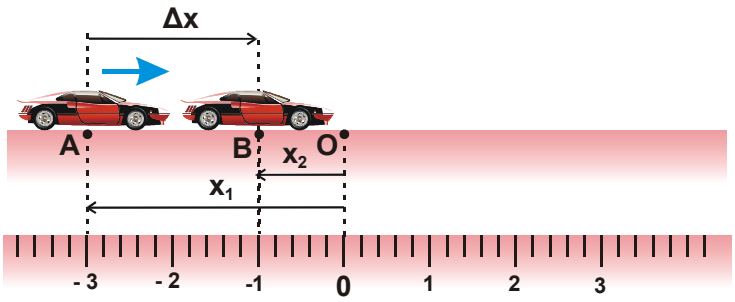


Τη χρονική στιγμή t_1=5 s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση x_1=+15 m. Τη χρονική στιγμή t_2=20 s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση x_2=+45 m. Η μετατόπιση του Τοτού είναι: $\Delta x = x_2 - x_1 = +45\ m - (+15\ m) = +30\ m$, δηλαδή κινήθηκε 30 μέτρα προς τα δεξιά σε χρονικό διάστημα: $\Delta t = t_2 - t_1 = 20\ s - 5\ s = 15\ s$.

Η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$, όπως και η θέση $\vec{x}$, είναι ένα διανυσματικό μέγεθος

12. Από τι εξαρτάται το πρόσημο της μετατόπισης σε μια ευθύγραμμη κίνηση;

Η μετατόπιση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική και το πρόσημό της εξαρτάται **μόνο** από **τη φορά (κατεύθυνση)** της κίνησης.



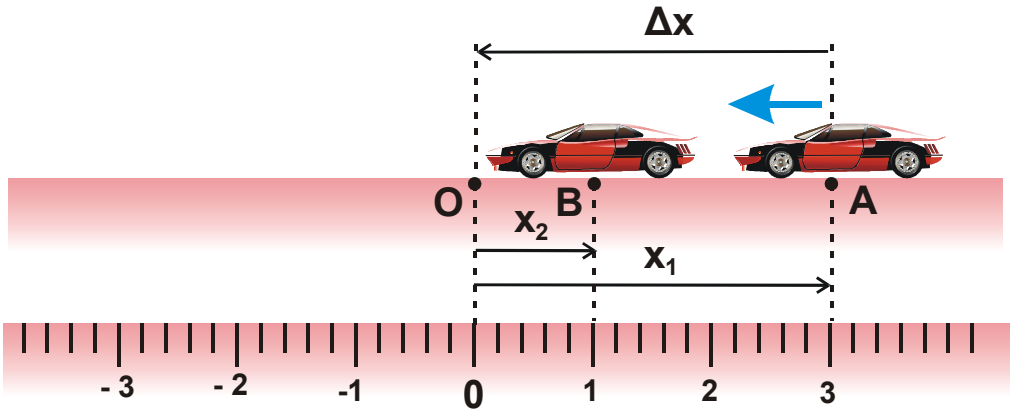
Δεν εξαρτάται από τη θέση που έγινε η μετατόπιση και ούτε από την αρχή της ευθείας των συντεταγμένων.

Έτσι για τη διαδρομή του αυτοκινήτου από τη θέση Α με x_1=-3m στη θέση Β με x_2=-1m η μετατόπισή του είναι $\Delta x=x_2-x_1=-1-(-3)=+2$m.

Το θετικό πρόσημο της μετατόπισης μας δείχνει τη **φορά** της κίνησης. Το αυτοκίνητο κινήθηκε προς το θετικό ημιάξονα +x, εδώ προς τα δεξιά. Προσέξτε ότι ενώ η μετατόπιση έγινε στον αρνητικό ημιάξονα –x (δηλαδή το αυτοκίνητο σε όλη τη διάρκεια της κίνησης από το Α στο Β έχει x<0), εντούτοις το πρόσημό της μετατόπισης είναι (+) και εξαρτάται μόνο από τη φορά δηλαδή **την κατεύθυνση** της κίνησης.

Στο παρακάτω σχήμα για τη διαδρομή του αυτοκινήτου από τη θέση Α με $x_1=+3m$ στη θέση Β με $x_2=+1m$ η μετατόπισή του είναι $\Delta x=x_2-x_1=1-(+3)=-2m$.

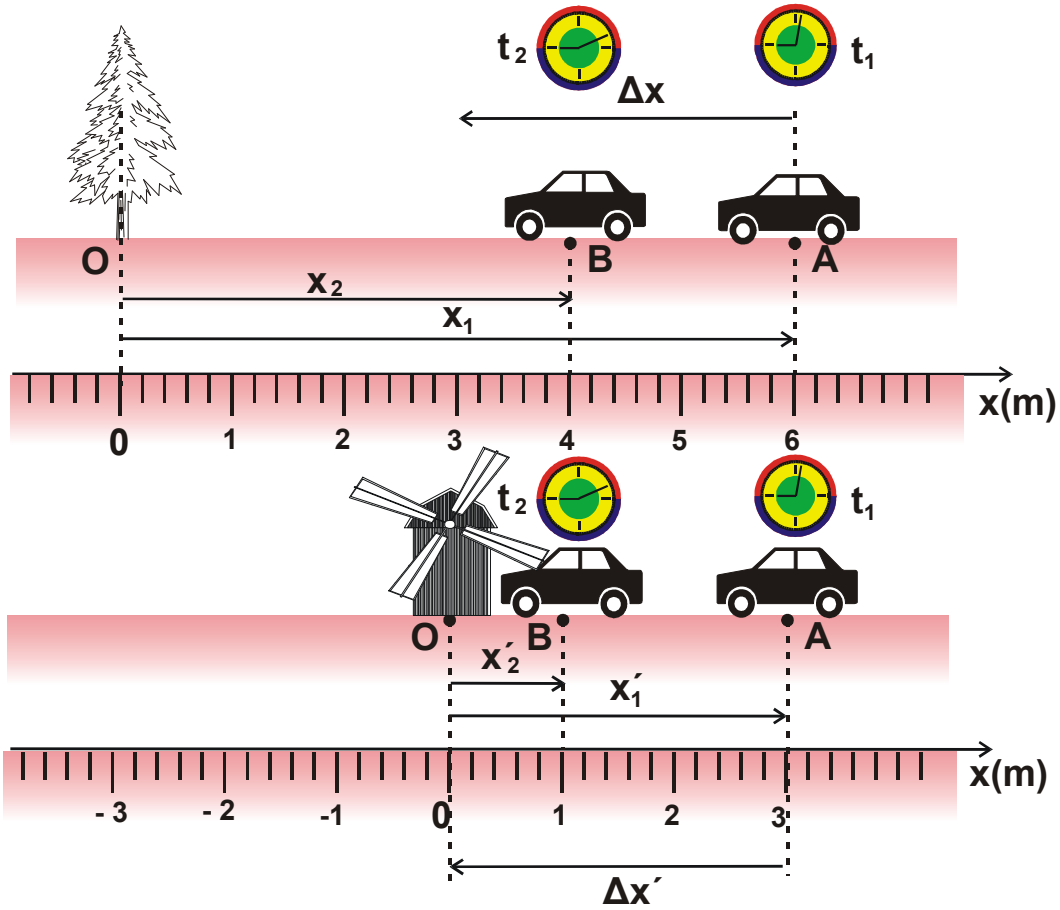
Το πρόσημο της μετατόπισης μας δείχνει τη **φορά** της κίνησης. Το αυτοκίνητο κινήθηκε προς τον αρνητικό ημιάξονα -x, εδώ προς τα αριστερά παρόλο που η



μετατόπιση έγινε στο θετικό ημιάξονα +x (δηλαδή το αυτοκίνητο σε όλη τη διάρκεια της κίνησης από το Α στο Β έχει x>0).

13. Να δείξετε ότι η μετατόπιση Δx είναι ανεξάρτητη από την επιλογή του σημείου αναφοράς.

Στο παρακάτω σχήμα αν επιλέξουμε σημείο αναφοράς το δέντρο η θέση του



αυτοκινήτου τη χρονική στιγμή t_1 είναι $x_1=6m$, ενώ τη χρονική στιγμή t_2 είναι $x_2=4m$. Άρα η μετατόπισή του είναι $\Delta x=x_2-x_1=4-6=-2m$.

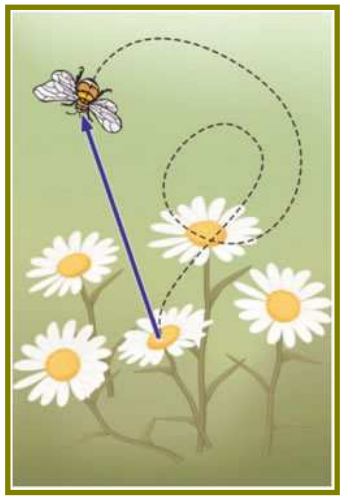
Αν όμως επιλέξουμε σημείο αναφοράς τον ανεμόμυλο η θέση του αυτοκινήτου τη χρονική στιγμή t_1 είναι $x_1'=3m$, ενώ τη χρονική στιγμή t_2 είναι $x_2'=1m$. Άρα η μετατόπισή του είναι $\Delta x=x_2-x_1=1-3=-2m$.

Η μετατόπιση και στις δυο περιπτώσεις είναι η ίδια και δεν εξαρτάται από την αρχή της ευθείας των συντεταγμένων, αλλά εξαρτάται μόνο από τη φορά δηλαδή **την κατεύθυνση** της κίνησης.

14. Τι ονομάζουμε τροχιά ενός κινητού και πόσα είδη τροχιάς έχουμε;

Όταν ένα υλικό σημείο κινείται, αλλάζει θέση.

Το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες περνάει ένα κινούμενο σώμα βρίσκονται πάνω σε μια γραμμή. Η γραμμή αυτή ονομάζεται τροχιά της κίνησης.



Έτσι η συνεχής καμπύλη που προκύπτει αν ενώσουμε όλα τα διαδοχικά σημεία από τα οποία περνάει το κινητό καθώς κινείται ονομάζεται **τροχιά** του κινητού

Σε μια **ευθύγραμμη κίνηση** η τροχιά του κινητού, είναι μια **ευθεία γραμμή.**

Υπάρχουν όμως και άλλες πιο σύνθετες κινήσεις στις οποίες η τροχιά είναι **καμπυλόγραμμη, κυκλική ή σπειροειδής.** Προκειμένου να σχεδιάσουμε την τροχιά ενός κινητού, θα πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του κάθε χρονική στιγμή.

Το μήκος της διαδρομής (**μήκος της τροχιάς s**) που κάνει η μέλισσα είναι διαφορετικό από την ευθύγραμμη απόσταση της αρχικής και τελικής της θέσης (μέτρο της μετατόπισης Δx).

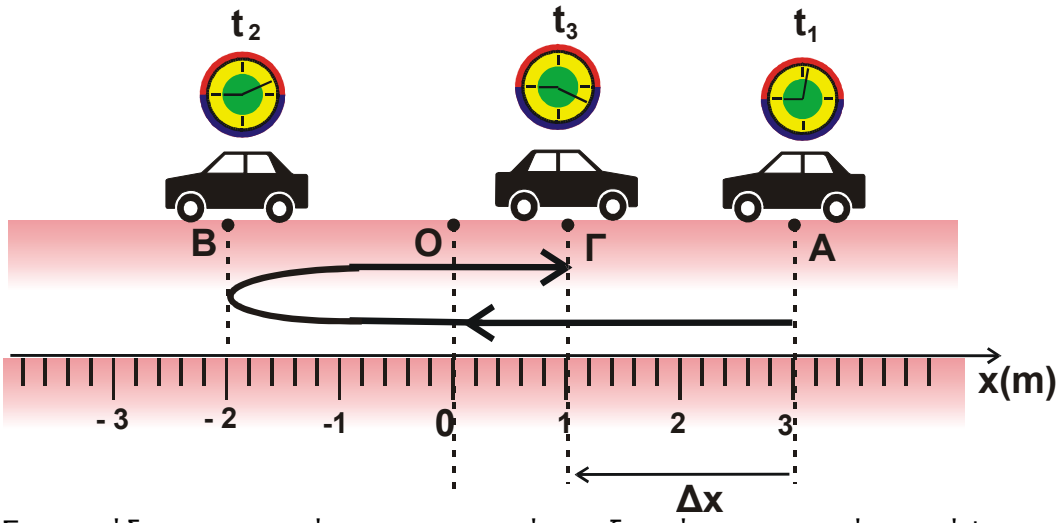
15. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ διαστήματος s και μετατόπισης Δx; Πότε το μέτρο της μετατόπισης είναι ίσο με το διάστημα που διανύει το κινητό;

Το διάστημα ταυτίζεται με το **συνολικό μήκος** της τροχιάς και είναι πάντα **θετικός αριθμός**. Ενώ η μετατόπιση είναι η διαφορά της τελικής θέσης x_2 μείον την αρχική θέση x_1 και παίρνει και θετικές και αρνητικές τιμές.

Έτσι

το **διάστημα** είναι **μονόμετρο μέγεθος** και παίρνει πάντα θετικές τιμές ενώ η **μετατόπιση** είναι **διανυσματικό μέγεθος** και παίρνει και θετικές και αρνητικές τιμές.

Το διάστημα που διανύει το κινητό είναι το ίδιο κατά μέτρο με την μετατόπιση μόνο όταν η κατεύθυνση της κίνησης διατηρείται σταθερή.



Στο παράδειγμα του σχήματος το αυτοκίνητο ξεκινάει τη χρονική στιγμή t_1 από τη θέση Α, τη χρονική στιγμή t_2 βρίσκεται στη θέση Β και τη χρονική στιγμή t_3 φτάνει στην τελική του θέση Γ. Τότε για την αρχική θέση Α έχουμε

$x_A=x_1=3m$ και για την τελική του θέση Γ είναι $x_Γ=x_2=1m$. Άρα η μετατόπιση του αυτοκινήτου είναι $Δx=x_2-x_1=1-3=-2m$.
Όμως το μήκος της διαδρομής του είναι
s=(ΑΟ)+(ΟΒ)+(ΒΟ)+(ΟΓ)=3+2+2+1=8m. Για τον υπολογισμό του διαστήματος (μήκος της διαδρομής) δε λαβαίνουμε υπόψη μας τη φορά της κίνησης αλλά μόνο την απόσταση που κάθε φορά διανύει. Η **απόσταση** είναι μήκος και είναι πάντα **θετικός αριθμός**.

Παρατηρήστε ακόμη πως για την διαδρομή ΑΟΒ, όπου η φορά της κίνησης δε μεταβάλλεται έχουμε s=(ΑΟ)+(ΟΒ)=3+2=5m και για τη μετατόπιση $Δx=x_2-x_1\Rightarrow Δx=-2-3=-5m$, δηλαδή είναι κατά απόλυτη τιμή ίση με το διάστημα δηλαδή το μήκος της διαδρομής.

Λυμένες ασκήσεις

1) Σώμα κινείται από τη θέση x_1=-15m στη θέση x_2=8m, κατά μήκος του άξονα των x. Ποια είναι η μετατόπιση του κινητού; Από τι εξαρτάται το πρόσημο της μετατόπισης;

Λύση:

Η μετατόπιση του σημειακού αντικειμένου δίνεται από τη σχέση $\Delta x=x_2-x_1$. Άρα στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε $\Delta x=8-(-15)=8+15=23m$.

Η μετατόπιση Δx μπορεί να είναι θετική ή αρνητική και το πρόσημό της εξαρτάται μόνο από τη φορά της κίνησης του αντικειμένου.

2) Ένα σημειακό αντικείμενο βρίσκεται στη θέση Α(-6cm) και μετατοπίζεται κατά α)Δx=+5cm και β)Δx=-5cm. Να βρείτε την τελική του θέση στις δυο περιπτώσεις.

Λύση:

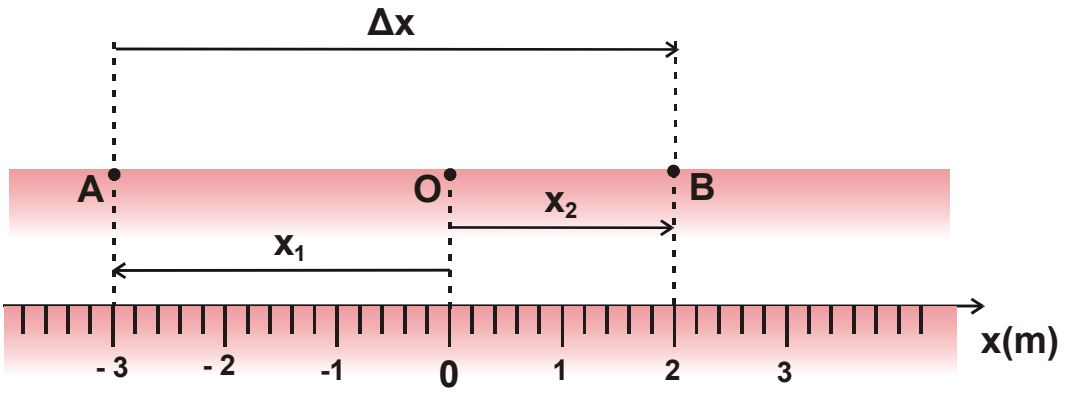
α) Για τη μετατόπιση του σημειακού αντικειμένου έχουμε $\Delta x=x_2-x_1$. Τότε για την τελική θέση του αντικειμένου ισχύει $x_2=\Delta x+x_1$. Άρα $x_2=5+(-6)=5-6=-1m$.

β) Παρόμοια έχουμε, $\Delta x=x_2-x_1$ και $x_2=\Delta x+x_1$. Άρα $x_2=-5+(-6)=-5-6=-11m$.

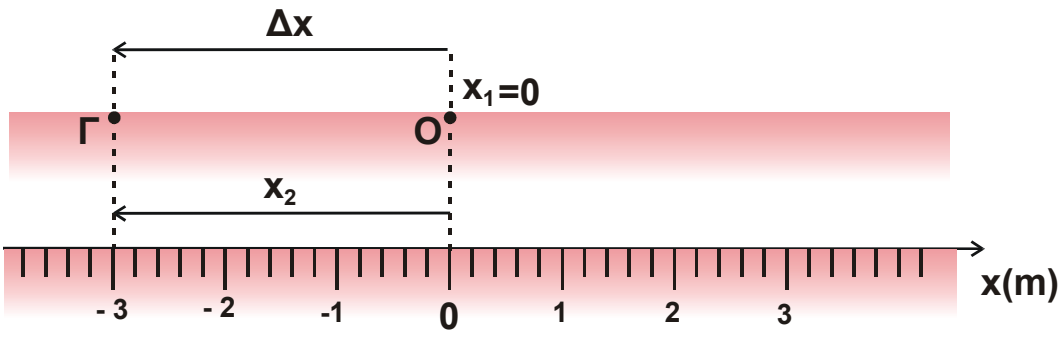
3)Να σχεδιάσετε τις παρακάτω μετατοπίσεις στον άξονα x΄x.
Α(-3m), Β(2m)
Ο(0m), Γ(-3m)

Λύση:

α) Για τη μετατόπιση του σημειακού αντικειμένου από τη θέση Α με τετμημένη x_1=-3m στη θέση Β με τετμημένη x_2=2m έχουμε $\Delta x=x_2-x_1$. Άρα $\Delta x=2-(-3)=2+3=5m$. Η μετατόπιση Δx είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα.



β) Παρόμοια έχουμε, ότι η μετατόπιση του σημειακού αντικειμένου από τη θέση Ο με τετμημένη x_1=0m στη θέση Γ με τετμημένη x_2=-3m έχουμε $\Delta x=x_2-x_1$. Άρα $\Delta x=-3-0=-3m$ και η μετατόπιση Δx είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα.



4) Να υπολογιστεί το άθροισμα δυο μετατοπίσεων $\Delta x_1=d_1=3m$ και $\Delta x_2=d_2=4m$ αν η μεταξύ τους γωνία είναι:
α) 0^0, β) 180^0

Λύση:

α) Αν οι μετατοπίσεις σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 0^0 τότε το σώμα μας (σημειακό αντικείμενο), μετατοπίζεται κατά $\Delta x_1=d_1=3m$ προς το θετικό ημιάξονα +x και στη συνέχεια μετατοπίζεται κατά $\Delta x_2=d_2=4m$ επίσης προς το θετικό ημιάξονα +x.
Τότε για τη συνολική μετατόπιση Δx του σημειακού αντικειμένου έχουμε
$\Delta x= \Delta x_1+ \Delta x_2$. Άρα $\Delta x=3+4=7m$.

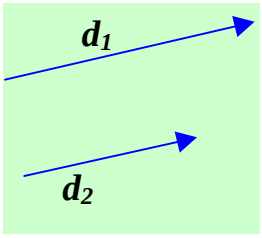
β) Αν όμως η γωνία που σχηματίζουν οι δυο μετατοπίσεις είναι 180^0,τότε αν το σημειακό αντικείμενο, μετατοπίζεται αρχικά κατά $\Delta x_1=d_1=3m$ προς το θετικό ημιάξονα +x στη συνέχεια μετατοπίζεται κατά $\Delta x_2=d_2=4m$ προς τον αρνητικό ημιάξονα -x.
Τότε για τη συνολική μετατόπιση Δx του σημειακού αντικειμένου έχουμε
$\Delta x= \Delta x_1- \Delta x_2$. Άρα $\Delta x=3-4=-1m$. Δηλαδή μετατοπίστηκε συνολικά κατά 1m προς τον αρνητικό ημιάξονα -x.

Αν όμως το σημειακό αντικείμενο, μετατοπίζεται αρχικά κατά $\Delta x_1=d_1=3m$ προς αρνητικό ημιάξονα -x και στη συνέχεια μετατοπίζεται κατά $\Delta x_2=d_2=4m$ προς τον το θετικό ημιάξονα +x.
Τότε για τη συνολική μετατόπιση Δx του σημειακού αντικειμένου έχουμε

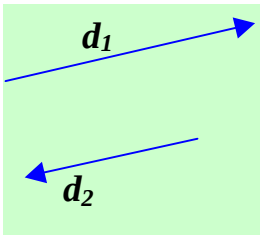
$\Delta x= \Delta x_1- \Delta x_2$. Άρα $\Delta x=-3+4=1m$. Δηλαδή μετατοπίστηκε συνολικά κατά 1m προς το θετικό ημιάξονα +x.

5) Να βρείτε το άθροισμα $\vec{d} = \vec{d}_1 + \vec{d}_2$ των παρακάτω μετατοπίσεων με μέτρα $d_1=20m$ και $d_2=15m$.

α)



β)



Λύση:

α) Οι μετατοπίσεις σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 0^0. Τότε για τη συνολική μετατόπιση Δx του σημειακού αντικειμένου έχουμε
$\Delta x= d_1+ d_2$. Άρα $\Delta x=20+15=35m$.

β) Η γωνία που σχηματίζουν οι δυο μετατοπίσεις είναι 180^0. Τότε για τη συνολική μετατόπιση Δx του σημειακού αντικειμένου έχουμε
$\Delta x= d_1- d_2$. Άρα $\Delta x=20-15=5m$ ή $\Delta x= d_2- d_1$. Άρα $\Delta x=15-20=-5m$.

6)Τη στιγμή που ξεκινά ένας αθλητής να τρέχει το ρολόι του δείχνει 9h 5min 20sec ενώ τη στιγμή που τερματίζει δείχνει 10h 12min 15sec. Πόσο είναι το ρεκόρ του αθλητή;

Λύση:

Η αρχική χρονική στιγμή (ένδειξη του ρολογιού) είναι t_1=9h 5min 20sec, ενώ η τελική χρονική στιγμή είναι t_2=10h 12min 15sec=10h 11min 75sec.

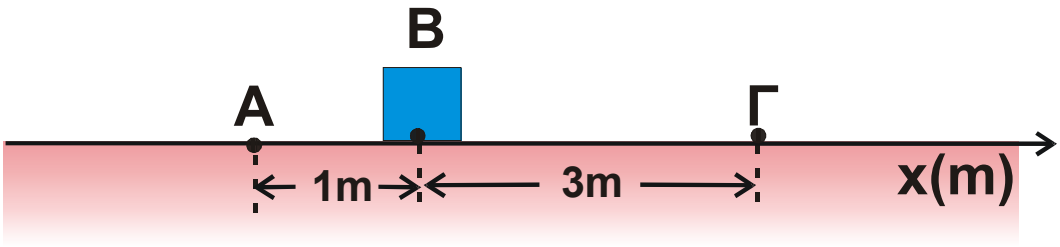
Άρα η χρονική διάρκεια της κίνησης του αθλητή (ρεκόρ του αθλητή) είναι $\Delta t=t_2-t_1$.
Τότε με αφαίρεση έχουμε Δt= 1h 6min 55sec.

Ασκήσεις

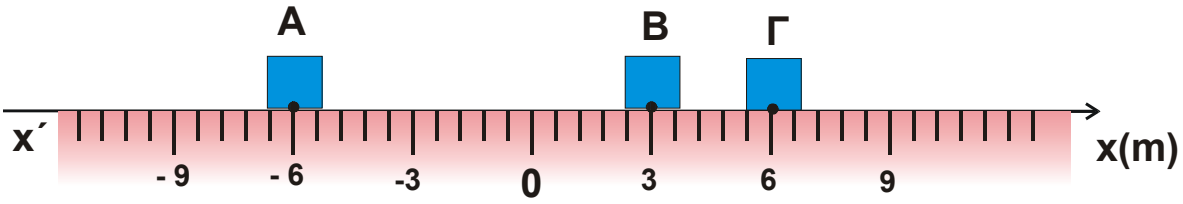
1) Να επινοήσετε κάποιο σύστημα αναφοράς μέσα στην τάξη και να καθορίσετε με βάση το σύστημα αυτό τη θέση δύο μαθητών.

2) Η απάντηση στο ερώτημα «πού βρίσκεται ένα αντικείμενο ή μια τοποθεσία;» εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς που θα επιλέξουμε. Να επιβεβαιώσετε ή να απορρίψετε τον παραπάνω ισχυρισμό.

3)Να καθορίσετε τη θέση του σώματος Β που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



4)Να βρείτε τη θέση των σωμάτων Α,Β,Γ που βρίσκονται πάνω στον άξονα xox΄ (σύστημα αναφοράς).



5)Σώμα κινείται από τη θέση x_1=-5m στη θέση x_2=2m, κατά μήκος του άξονα των x. Ποια είναι η μετατόπιση του κινητού; Από τι εξαρτάται το πρόσημο της μετατόπισης;

6)Ένα σημειακό αντικείμενο βρίσκεται πάνω στον άξονα x΄x στη θέση Α(-4cm) και μετατοπίζεται στη θέση Β(6cm). Να βρείτε τη μετατόπισή του.

7)Να βρείτε τη μετατόπιση ενός σημειακού αντικειμένου από τη θέση Α(-3m) στη θέση Β(-1m) και από τη θέση Γ(1m) στη θέση Δ(3m). Να συγκρίνετε τις δυο μετατοπίσεις.

8)Ένα σημειακό αντικείμενο βρίσκεται στη θέση Α(-5cm) και μετατοπίζεται κατά α)Δx=7cm και β)Δx=-7cm. Να βρείτε την τελική του θέση στις δυο περιπτώσεις.

9) Ένα σημειακό αντικείμενο βρίσκεται πάνω στον άξονα x΄x και στη θέση Α (-2cm). Το αντικείμενο ξεκινά τη χρονική στιγμή t_o = 3s, μετατοπίζεται κατά Δx = 5cm σε χρονικό διάστημα 5s και φθάνει στη θέση Β όπου παραμένει ακίνητο για χρονικό διάστημα 2s. Στη συνέχεια επιστρέφει στη θέση Α κινούμενο για χρονικό διάστημα 10s. Να βρείτε:
α) Τη συντεταγμένη της θέσης Β του αντικειμένου.
β) Τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες το αντικείμενο βρισκόταν στη θέση Α κατά τη διάρκεια της κίνησής του.

10) Ένας δρομέας των 100m ξεκινά από την αφετηρία τη χρονική στιγμή t = 0. Όταν περνάει από τις θέσεις 50m, 70m και 100m (τέρμα) το χρονόμετρο δείχνει αντίστοιχα 5,8s, 7,2s και 10,1s. Να βρείτε τα χρονικά διαστήματα που χρειάστηκε για να διανύσει τις διαδρομές από 50m ως 70m και από 70m ως 100m.

11) Σε ποια θέση, πάνω στον άξονα xx΄ πρέπει να βρίσκεται ένας πεζοπόρος ώστε να απέχει.



α) 50m από το δένδρο
β) 300m από το δένδρο
γ) 45m από τον ανεμόμυλο.

12) Τη στιγμή που ξεκινά ένας Μαραθωνοδρόμος, το χρονόμετρο δείχνει 1h 10min 40s, ενώ τη στιγμή του τερματισμού το χρονόμετρο δείχνει 3h 56min 00s. Να βρείτε την επίδοση του Μαραθωνοδρόμου.

13) Στον παρακάτω πίνακα ποιες μετατοπίσεις είναι ίσες;

	x_1(m)	x_2(m)
1	5	8
2	7	-2
3	-5	-2
4	15	12
5	0	2
6	-5	-8
7	-5	0

14)Όταν λέμε ότι απέχουμε 5m από το φίλο μας που βρίσκεται ακίνητος στην αυλή του σχολείου μας τότε η θέση μας είναι πλήρως καθορισμένη;

15)Η θέση ενός σημειακού αντικειμένου στο επίπεδο είναι Α(2cm, 4cm). Το αντικείμενο μετατοπίζεται αρχικά κατά -2 cm στον άξονα χ και στη συνέχεια κατά 6cm στον άξονα y. Να βρείτε τις συντεταγμένες της τελικής του θέσης.

16)Να υπολογιστεί το άθροισμα δυο μετατοπίσεων d_1=6m και d_2=8m αν η μεταξύ τους γωνία είναι:
α) 0^0, β) 180^0

17)Ένας άνθρωπος περπατά ακολουθώντας την παρακάτω διαδρομή:
3m βόρεια, στη συνέχεια 4m δυτικά και τέλος 6m νότια. Πόσο θα απέχει τελικά από τη θέση που ξεκίνησε;

18)Θεωρείστε τις μετατοπίσεις d_1=3m και d_2=4m. Δείξτε πως μπορούν αυτές να συνδυαστούν για να μας δώσουν συνισταμένη
α)7m
β)1m

19)Τι υπονοείται όταν ακούγεται στο ραδιόφωνο:
Ώρα Ελλάδος 22:00

20)Ένας δρομέας των 400m ξεκινά από την αφετηρία τη χρονική στιγμή t=0. Όταν περνά από τις θέσεις 50m, 150m 200m και400m το χρονόμετρο δείχνει 6sec, 20sec, 28sec και 62sec αντίστοιχα. Να βρείτε τα χρονικά διαστήματα που χρειάστηκε για να διανύσει τις διαδρομές από 50-150m και από 200-400m.

21)Τη στιγμή που ξεκινά ένας αθλητής να τρέχει το ρολόϊ του δείχνει 10h 10min 20sec ενώ τη στιγμή που τερματίζει δείχνει 12h 15min 15sec. Πόσο είναι το ρεκόρ του αθλητή;

22) Ένα σημειακό αντικείμενο βρίσκεται πάνω στον άξονα x΄x και στη θέση Α (-10cm). Το αντικείμενο ξεκινά τη χρονική στιγμή t_o = 5s, μετατοπίζεται κατά Δx = 20cm σε χρονικό διάστημα 4s και φθάνει στη θέση Β όπου παραμένει ακίνητο για χρονικό διάστημα 8s. Στη συνέχεια επιστρέφει στη θέση Α κινούμενο για χρονικό διάστημα 7s. Να βρείτε:

α) Τη συντεταγμένη της θέσης Β του αντικειμένου.
β) Τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες το αντικείμενο βρισκόταν στη θέση Α κατά τη διάρκεια της κίνησής του.

Ερωτήσεις θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Ευθύγραμμες είναι οι κινήσεις που πραγματοποιούνται σε ευθείες γραμμές. ( )

2) Η θέση ενός σώματος καθορίζεται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς. Η επιλογή του σημείου αναφοράς είναι αυστηρά καθορισμένη και είναι μια και μοναδική θέση πάνω στον άξονα κίνησης. ( )

3) Η κίνηση είναι έννοια σχετική, δηλαδή αναφέρεται ως προς ένα σημείο ή σώμα το οποίο θεωρείται ακίνητο. ( )

4) Η χρονική διάρκεια Δt ενός φαινομένου υπολογίζεται από τη σχέση $\Delta t=t_2-t_1$ και μπορεί να πάρει και αρνητικές τιμές. ( )

5)Για να καθορίσουμε τη θέση ενός αντικειμένου
Σε μια ευθεία χρειαζόμαστε έναν αριθμό, στο επίπεδο δυο αριθμούς και στο χώρο τέσσερις αριθμούς ( )

6)Το πρόσημο της μετατόπισης ενός σημειακού αντικειμένου εξαρτάται από τη φορά κίνησης. ( )

7) Δυο μετατοπίσεις είναι ίσες όταν έχουν το ίδιο μέτρο αλλά και την ίδια φορά (κατεύθυνση). ( )

8)Η θέση ενός αντικειμένου στον αρνητικό ημιάξονα είναι πάντα αρνητικός αριθμός. ( )

9)Το χρονόμετρο των αθλητών μετράει χρονικές στιγμές ( )

10)Ο προσδιορισμός της θέσης ενός αεροπλάνου χρειάζεται έναν αριθμό. ( )

11)Όταν μας ρωτούν πότε έγινε ένα γεγονός μας ζητούν χρονική διάρκεια. ( )

12)Όταν μας ρωτούν πόσο διαρκεί ένα φαινόμενο μας ζητούν να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες της αρχικής και τελικής του θέσης. ( )

13)Η χρονική διάρκεια συμβολίζεται σαν $\Delta t=t_2-t_1$. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1)Υλικό σημείο είναι το υποθετικό σώμα,
α) που έχει διαστάσεις αλλά δεν έχει μάζα,
β) που έχει μάζα αλλά δεν έχει διαστάσεις,
γ) που οι διαστάσεις του είναι πολύ μεγαλύτερες από τις άλλες διαστάσεις που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φαινόμενου,
δ) που προσεγγίζουμε με ένα στερεό.

2) Η απόσταση από το σημείο αναφοράς για ένα κινητό,
α) είναι μήκος και επομένως προσδιορίζεται πλήρως από ένα θετικό αριθμό και μια μονάδα μέτρησης.
β) είναι διανυσματικό μέγεθος και εξαρτάται από την κατεύθυνση της κίνησης,
γ) είναι ένας αριθμός θετικός ή αρνητικός που δηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης της με τη μονάδα μέτρησης της,
δ) ταυτίζεται κάθε χρονική στιγμή με τη θέση του κινητού.

3) Ένα σώμα κινείται όταν,
α) αλλάζει θέση ως προς οποιοδήποτε άλλο σώμα,
β) μετατοπίζεται,
γ) όλα τα υπόλοιπα είναι ακίνητα,
δ) αλλάζει θέση, σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς.

4) Η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$,
α) όπως και η θέση $\vec{x}$, είναι ένα διανυσματικό μέγεθος,
β) είναι ένα μονόμετρο μέγεθος,
γ) είναι ένα διανυσματικό μέγεθος, ενώ η θέση x είναι μονόμετρο μέγεθος,
δ) δίνεται από τη σχέση: $\Delta\vec{x}=x_2-x_1$.

5)Ένα σημειακό αντικείμενο που κινείται σε ευθεία έχει αρχική συντεταγμένη –5cm. Αν η μετατοπιστεί κατά –6cm η τελική του θέση θα έχει συντεταγμένη:
α)-6cm
β)11cm
γ)-11cm
δ)Τα στοιχεία είναι ελλιπή.

6)Ένα κινητό έχει αρχική θέση $x_0=2m$ και μετατοπίζεται αρχικά κατά $\Delta x_1=-5m$ και στη συνέχεια κατά $\Delta x_2=6m$. Η τελική του συντεταγμένη είναι:
α)-1m
β)1m
γ)3m
δ)τίποτα από τα παραπάνω

7)Το πρόσημο της μετατόπισης ενός αντικειμένου σε ευθεία γραμμή εξαρτάται:
α)Από την αρχή του συστήματος συντεταγμένων
β)Από τον ημιάξονα στον οποίο γίνεται η μετατόπιση
γ)Από τη φορά κίνησης του αντικειμένου
δ)Όλα τα παραπάνω.

8)Το χρονόμετρο απαντάει στην ερώτηση:
α)Πότε
β)Που
γ)Πόσο διαρκεί
δ)Πόσο μήκος έχει

9)Η φράση «Η θέση ενός σημειακού αντικειμένου είναι αρνητική» σημαίνει ότι:
α)Το αντικείμενο κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα
β) Το αντικείμενο βρίσκεται στον αρνητικό ημιάξονα
γ) Το αντικείμενο κινείται προς τον θετικό ημιάξονα

δ)Τίποτα από τα παραπάνω.

10) Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε:
α) Κάθε ευθεία ονομάζεται προσανατολισμένη.
β) Αν σε μια ευθεία θεωρήσουμε αυθαίρετα τη μια από τις δύο κατευθύνσεις σαν θετική, τότε η ευθεία αυτή ονομάζεται προσανατολισμένη.
γ) Δε μπορεί ποτέ μια ευθεία να είναι προσανατολισμένη.

11) Ένα σημειακό αντικείμενο που κινείται σε ευθεία, έχει συντεταγμένη 2cm. Αν αυτό μετατοπιστεί κατά 6cm, η τελική του συντεταγμένη (σε cm) θα είναι:
α) 6 γ) 4
β) 8 δ) τα στοιχεία είναι ελλιπή

12) Ένα κινητό που κινείται σε έναν άξονα με αρχική συντεταγμένη 3cm μετατοπίζεται κατά 10cm και μετά κατά - 24cm. Η τελική του συντεταγμένη σε cm είναι:
α) - 11 γ) - 14
β) 27 δ) τίποτα από τα παραπάνω

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Για να καθορίσουμε τη θέση ενός αυτοκινήτου πάνω στον ευθύ δρόμο, πρέπει, εκτός από την απόσταση, να δηλώσουμε αν βρίσκεται δεξιά ή αριστερά του σημείου αναφοράς. Δηλαδή, πρέπει να προσδιορίσουμε και την ……της θέσης.

2) Φυσικά μεγέθη όπως ο χρόνος, τα οποία προσδιορίζονται μόνο από έναν αριθμό (το μέτρο τους), ονομάζονται…… Τέτοια μεγέθη είναι ακόμη ο……., η ……..και η……. Αντίθετα, ο προσδιορισμός της θέσης, εκτός από το μέτρο, απαιτεί και την……. Ένα τέτοιο μέγεθος ονομάζεται……. Ένα ……..μέγεθος παριστάνεται με ένα βέλος.

3) Συνήθως, όταν μελετούμε την κίνηση των σωμάτων στο γήινο περιβάλλον μας, θεωρούμε ότι η ……..είναι ακίνητη.

4) Το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες περνάει ένα κινούμενο σώμα βρίσκονται πάνω σε μια γραμμή, που ονομάζεται ……της κίνησης.

5) Σε μια ευθύγραμμη κίνηση η τροχιά του κινητού, είναι μια …… γραμμή. Υπάρχουν όμως και άλλες πιο σύνθετες κινήσεις στις οποίες η τροχιά είναι καμπυλόγραμμη, …… ή……..

6)Για την κίνηση σημειακού αντικειμένου πάνω σε μια ευθεία το x είναι ……. αν το αντικείμενο βρίσκεται σε σημείο του αρνητικού ημιάξονα.

7)Για να απαντήσουμε στο ερώτημα …… πρέπει να προσδιορίσουμε μια χρονική στιγμή ενώ για να απαντήσουμε στο ερώτημα …… ……..πρέπει να μετρήσουμε μια χρονική διάρκεια.

8) Η απάντηση στο ερώτημα "πόσο απέχουν δύο σημεία;" δίνεται από το μέγεθος ..... . Για να μετρήσουμε ένα φυσικό μέγεθος το συγκρίνουμε με τη ..... μέτρησης.

9) Η αρχική θέση ενός κινητού που κινείται σε άξονα έχει συντεταγμένη 4cm. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

Μετατόπιση	8cm	- 2cm	- 6cm		
Τελική συντεταγμένη				0cm	9cm

2.2 Η έννοια της ταχύτητας

1. Τι ονομάζεται μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα;

Ορίζουμε ως μέση ταχύτητα ενός σώματος, το πηλίκο του **μήκους** της διαδρομής που διήνυσε ένα κινητό σε ορισμένο χρόνο (**χρονικό διάστημα**) προς το χρόνο αυτό. Δηλαδή ισχύει:

μέση ταχύτητα $=\frac{\text{μήκος της διαδρομής}}{\text{χρονικό διάστημα}}$ ή $υ_μ = \frac{s}{Δt}$. Για το Δt ισχύει ότι $Δt=t-t_0$.

Αν ως αρχή μέτρησης των χρόνων θεωρήσουμε τη χρονική στιγμή $t_0=0$ s τότε ισχύει ότι $Δt=t$. Για $Δt=t$ έχουμε $υ_μ=\frac{s}{t}$.

Η παραπάνω ταχύτητα ονομάζεται μέση **αριθμητική ταχύτητα** είναι μονόμετρο μέγεθος και είναι **πάντα θετική**.

2. Ποια είναι η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο Διεθνές Σύστημα μονάδων; Ποιες άλλες μονάδες μέτρησης της ταχύτητας γνωρίζετε;

Η ταχύτητα είναι **παράγωγο** μέγεθος και η μονάδα μέτρησής της στο S.I όπως προκύπτει από τη σχέση $υ_μ=\frac{s}{t}$ είναι το **1m/s**, δηλαδή το ένα μέτρο ανά δευτερόλεπτο.
Όμως και κάθε συνδυασμός μονάδων **μήκους** και **χρόνου** μπορεί να επιλεγεί ως μονάδα μέτρησης της μέσης ταχύτητας. Έτσι:

- το χιλιόμετρο ανά ώρα (**km/h**) ή
- το μίλι ανά ώρα (**mi/h**) ή
- και το εκατοστό ανά ώρα (ταχύτητα σαλιγκαριού) (**cm/h**) κτλ.

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονάδες ταχύτητας.

Παρατήρηση:

Για το 1Km/h ισχύει ότι $1\text{Km/h}=\frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}}=\frac{1}{3{,}6}$ m/s. Δηλαδή αν θέλουμε να μετατρέψουμε μια ταχύτητα που είναι εκφρασμένη σε Km/h σε m/s τότε θα

πρέπει να διαιρέσουμε την τιμή της ταχύτητας που μας δίνουν με το 3,6. Έτσι τα 108 Km/h είναι $\frac{108}{3,6}$ =30m/s.

Παρόμοια 1m/s $=\frac{\frac{1}{1000}\text{ Km}}{\frac{1}{3600}\text{ h}}=\frac{3600\text{ Km}}{1000\text{ h}}$=3,6 Km/h. Άρα το 1m/s είναι μεγαλύτερη μονάδα ταχύτητας από ότι το 1 Km/h.

3. Τι σημαίνει η έκφραση μέση ταχύτητα ίση με 90Km/h; Πότε ένα κινούμενο σώμα έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από ένα άλλο;

Αν διανύσουμε για παράδειγμα μ' ένα αυτοκίνητο 90 χιλιόμετρα σε μια ώρα, τότε λέμε ότι η **μέση ταχύτητα** του οχήματος είναι 90 χιλιόμετρα την (ανά) ώρα και γράφουμε **90 km/h**.

Ένα κινούμενο σώμα έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από ένα άλλο, όταν
- διανύει **την ίδια απόσταση** σε **μικρότερο χρόνο** ή όταν
- στον **ίδιο χρόνο** διανύει **μεγαλύτερη απόσταση.**



4. Ένα σώμα που κινείται, έχει πάντοτε την ίδια ταχύτητα;

Ένα σώμα που κινείται **δεν έχει** πάντοτε την **ίδια ταχύτητα**. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια λεωφόρο με ταχύτητα 50 km/h. Όταν το αυτοκίνητο σταματά στο κόκκινο φανάρι, η ταχύτητά του μηδενίζεται. Στη συνέχεια όταν αρχίζει να κινείται πάλι, εξαιτίας της έντονης κυκλοφορίας, φθάνει σταδιακά μόνο τα 30 km/h.

5. Πως ορίζεται η στιγμιαία ταχύτητα ενός σώματος;



Στιγμιαία ταχύτητα είναι η ταχύτητα του κινητού μια **ορισμένη χρονική στιγμή.**

- Η ένδειξη του ταχύμετρου του αυτοκινήτου είναι η στιγμιαία ταχύτητά του.

- Η μονάδα μέτρησης της στιγμιαίας ταχύτητας (όπως και της μέσης ταχύτητας) στο SI είναι **1m/s**.

6. Η στιγμιαία ταχύτητα και η μέση ταχύτητα σε μια κίνηση έχουν την ίδια τιμή (ταυτίζονται);

Στις περισσότερες κινήσεις, η στιγμιαία ταχύτητα δε διατηρείται σταθερή, έτσι γενικά είναι διαφορετική από τη μέση ταχύτητα η οποία έχει μια σταθερή τιμή.

Μόνο στην περίπτωση που το κινητό κινείται με **σταθερή ταχύτητα**, τότε η μέση και η στιγμιαία ταχύτητα του **ταυτίζονται**.

Όμως όταν ένας οδηγός σχεδιάζει ένα ταξίδι με αυτοκίνητο, ενδιαφέρεται για το **συνολικό χρονικό διάστημα** που απαιτείται για να διανύσει τη **συνολική διαδρομή** που αντιστοιχεί στο ταξίδι. Ενδιαφέρεται, λοιπόν για **τη μέση ταχύτητα** που μπορεί να αναπτύξει στη διάρκεια όλου του ταξιδιού. Η μέση ταχύτητα, επειδή αναφέρεται στη συνολική διαδρομή, **δε δίνει πληροφορίες** για τις **μεταβολές της στιγμιαίας ταχύτητας**, στη διάρκεια της διαδρομής.

Διανυσματική περιγραφή της ταχύτητας (η έννοια της ταχύτητας στη Φυσική).

3. Πως ορίζεται η μέση διανυσματική ταχύτητα ενός σώματος; Είναι μονόμετρο ή διανυσματικό μέγεθος; Από τι εξαρτάται το πρόσημό της;

Η **μέση διανυσματική ταχύτητα** στη Φυσική ορίζεται ως το πηλίκο της **μετατόπισης** του κινητού προς το αντίστοιχο **χρονικό διάστημα.**

Διανυσματική μέση ταχύτητα = $\frac{\text{μετατόπιση}}{\text{χρονικό διάστημα}}$ ή συμβολικά $\vec{\upsilon} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$ ή για το μέτρο της ισχύει $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

όπου $\Delta\vec{x} = \vec{x}_τ - \vec{x}_α$ και $\vec{x}_τ$ είναι η τελική θέση του κινητού και $\vec{x}_α$ η αρχική του θέση. Ακόμη έχουμε $\Delta t = t_τ - t_α$ με $t_τ$ και $t_α$ οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

Προσέξτε ότι:

- η διανυσματική μέση ταχύτητα ορίζεται όχι με βάση το μήκος της διαδρομής (s) που διανύει ένα κινητό και που είναι μονόμετρο μέγεθος, αλλά με βάση τη μετατόπισή του ($\Delta\vec{x}$) που είναι διανυσματικό μέγεθος.

- Η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι **διανυσματικό μέγεθος**. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της μετατόπισης.

- Από τον ορισμό της προκύπτει ότι οι μονάδες μέτρησης της μέσης διανυσματικής ταχύτητας είναι ίδιες με τις μονάδες της μέσης αριθμητικής ταχύτητας. Έτσι στο S.I η μονάδα μέτρησης της μέσης διανυσματικής ταχύτητας είναι το 1m/s.

- Για να παραστήσουμε με συμβολικό τρόπο τη διανυσματική ταχύτητα ενός σώματος, μπορούμε να χρησιμοποιούμε **ένα βέλος** που έχει μήκος ανάλογο του μέτρου της ταχύτητας και φορά που δείχνει τη φορά της κίνησης.

- Το **πρόσημο** της ταχύτητας εξαρτάται από το πρόσημο της **μετατόπισης** $\Delta\vec{x}$ αφού το Δt είναι πάντα θετικό.

Στην **ευθύγραμμη κίνηση** έστω πάνω στον άξονα x΄ox, η φορά της ταχύτητας προσδιορίζεται από το πρόσημό της. Αν η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$ είναι θετική τότε και η ταχύτητα είναι θετική (+) και το σώμα κινείται προς το θετικό

ημιάξονα +x. Αν όμως η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$ είναι αρνητική τότε και η ταχύτητα είναι αρνητική (-), και το σώμα κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα -x.

4. Πως ορίζεται η στιγμιαία διανυσματική ταχύτητα ενός σώματος;

Η διανυσματική ταχύτητα που έχει ένα κινούμενο σώμα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ονομάζεται **στιγμιαία ταχύτητα**.

- Για τον καθορισμό της διανυσματικής ταχύτητας ενός αεροπλάνου, πλοίου ή αυτοκινήτου και γενικά ενός σώματος που κινείται, εκτός από το ταχύμετρο που μας δείχνει το **μέτρο της**, χρειαζόμαστε και μια πυξίδα, με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να προσδιορίσουμε την **κατεύθυνσή της**.
- Η στιγμιαία ταχύτητα **παραμένει σταθερή** όταν παραμένει σταθερό και το **μέτρο** της αλλά **και η κατεύθυνσή** της. Αν μεταβληθεί είτε το μέτρο της ταχύτητας είτε η κατεύθυνσή της, είτε και τα δυο μαζί τότε λέμε ότι η ταχύτητα του σώματος μεταβλήθηκε.

- Στη Φυσική με τον όρο «ταχύτητα» εννοούμε τη στιγμιαία ταχύτητα και με τον όρο «μέση ταχύτητα» τη μέση διανυσματική ταχύτητα.

Λυμένες ασκήσεις

1) i)Πόσα m/sec είναι τα 108 Km/h;
ii) Πόσα Km/h είναι τα 20 m/sec;

Λύση:

i. $108\ \frac{km}{h} = 108\ \frac{1000}{3600}\ \frac{m}{sec} = \frac{108}{3,6}\ \frac{m}{sec} = 30$ m/s

ii. $20\ \frac{m}{sec} = 20\ \frac{\frac{1}{1000}}{\frac{1}{3600}}\ \frac{km}{h} = 20\ \frac{3600}{1000}\ \frac{km}{h} = 20\ .\ 3,6\ \frac{km}{h} = 72$ km/h.

Δηλαδή για να μετατρέψουμε τα km/h σε m/s διαιρούμαι με το 3,6 ενώ για να μετατρέψουμε τα m/s σε km/h πολλαπλασιάζουμε με το 3,6.

2)Η απόσταση του γαλαξία Ανδρομέδα από τη γη είναι $s=2.10^{19}$ Km. Πόσο χρόνο χρειάζεται το φώς για να φτάσει από τον γαλαξία στη γη; Θεωρείστε την ταχύτητα του φωτός ίση με $υ=3.10^8$m/s.

Λύση:

Επειδή η ταχύτητα του φωτός είναι **σταθερή** και για το κενό έχει τη μέγιστη τιμή $υ = c = 3.10^8$ m/s θα έχουμε:

$υ = \frac{s}{t} \Rightarrow t = \frac{s}{υ} \Rightarrow t = \frac{2.10^{19}.10^3}{3.10^8} \Rightarrow t = \frac{2}{3}\cdot 10^{14}$ s.

3) Ένα όχημα κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο και μετατοπίζεται κατά Δx_1= 3600 m σε χρόνο Δt_1=3min και κατά Δx_2= -600 m σε χρόνο Δt_2=2min.
α) Ποια είναι η μέση ταχύτητα του κινητού;
β) Ποια είναι η μέση διανυσματική του ταχύτητα;

Λύση:
α)Για τα πρώτα 3 min έχουμε Δx_1 = 3600 m άρα και s_1 = 3600 m όπου Δx_1 η μετατόπιση του κινητού και s_1 το διάστημα που διάνυσε. Για τα επόμενα 2 min έχουμε Δx_2 =- 600 m και s_2=600m αφού στο διάστημα δεν λαμβάνουμε υπόψη μας τη φορά της κίνησης δηλαδή το πρόσημο. Έτσι έχουμε $\Delta x_{ολ}=\Delta x_1+\Delta x_2$=3600-600=3000 m και $s=s_1+s_2$=3600+600=4200 m. Ακόμη είναι $\Delta t=\Delta t_1+\Delta t_2$=5min=5·60=300s.

Για τη μέση ταχύτητα έχουμε $υ_μ = \frac{s}{\Delta t} = \frac{4200}{300}$ = 14 m/s.

β) Για τη μέση διανυσματική ταχύτητα έχουμε : $υ = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow υ = \frac{3000}{300} \Rightarrow$

$\Rightarrow υ$ = 10 m/s.

4)α)Ένα κινητό κινείται με σταθερή ταχύτητα από τη θέση Α με x_0=-3m στη θέση Β με x=3m σε χρόνο Δt=0,2sec. Ποια είναι η μέση ταχύτητα του κινητού;
β) Στη θέση Β το κινητό παραμένει άλλα 0,2sec και στη συνέχεια κινείται και επιστρέφει στη θέση x_2=1m σε χρόνο Δt΄=0,4sec Ποια είναι η συνολική μέση διανυσματική ταχύτητα του κινητού στη διάρκεια της κίνησής του;

Λύση:

α) Για την μέση ταχύτητα του κινητού έχουμε :

$υ_μ = \frac{s}{t}$. Στη μέση (αριθμητική) ταχύτητα μας ενδιαφέρει το συνολικό διάστημα που διήνυσε το κινητό. Έτσι ξεκινώντας το κινητό από τη θέση x_o = -3 m και φτάνοντας στη θέση x = 3m, έχει διανύσει διάστημα s = 6 m.

Άρα έχουμε $υ_μ = \frac{s}{t} = \frac{6}{0,2}$ =30 m/s.

Προσέξτε ότι εδώ και για το μέτρο της μέσης διανυσματικής ταχύτητας του κινητού έχουμε:

$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{\Delta t} = \frac{3-(-3)}{0,2} = \frac{6}{0,2}$ = 30 m/s.

β) Για την μέση διανυσματική ταχύτητα του κινητού έχουμε $\vec{\upsilon} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$. Τότε το μέτρο της είναι $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = \frac{x_2 - x_0}{\Delta t_{ολ}} = \frac{1-(-3)}{0,8} = \frac{4}{0,8} \Rightarrow$ υ = 5m/s.

Όπου $\Delta t_{ολ}$ = 0,2 + 0,2 +0,4 = 0,8 sec.

Για την μέση αριθμητική ταχύτητα του κινητού έχουμε $\upsilon_μ = \frac{s_{ολ}}{t_{ολ}} = \frac{8}{0,8} \Rightarrow$

$\Rightarrow$ υ =10 m/s.

Προσέξετε, ότι στη μέση αριθμητική ταχύτητα μας ενδιαφέρει το συνολικό διάστημα που διήνυσε το κινητό. Έτσι ξεκινώντας το κινητό από τη θέση x_o = -3 m και φτάνοντας στη θέση x = 3m έχει διανύσει s_1 = 6 m . Ακόμη από τη θέση x =3 m έως x_2 = 1m κινείται άλλα 2 m δηλ. s_2 = 2m. Τελικά $s_{ολ}$ = 6 + 2 = 8 m.

5) Μαθητής ξεκινάει από το σπίτι του για το Σχολείο που απέχει απόσταση s=0,96Km απ' αυτό. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να φτάσει εκεί ήταν Δt_1=8min. Στο Σχολείο παρέμεινε για χρόνο Δt_2=12min και στη συνέχεια επειδή θυμήθηκε πως ξέχασε τις φόρμες του επέστρεψε πίσω στο σπίτι του σε Δt_3=4min.
α) Πόση είναι η μέση ταχύτητα του μαθητή για να φτάσει στο Σχολείο του;
β) Πόση είναι η μέση ταχύτητα για Δt=18min από τη στιγμή που ξεκίνησε να πάει στο Σχολείο του;
γ) Με πόση ταχύτητα επέστρεψε σπίτι του;
δ) Πόση είναι η μέση διανυσματική ταχύτητα του μαθητή για Δt=24min;

Λύση:

α) Η μέση ταχύτητα του μαθητή για να φτάσει στο σχολείο του είναι

$\upsilon_\mu = \frac{s}{\Delta t_1} \Rightarrow \upsilon_\mu = \frac{960}{8 \cdot 60} \Rightarrow \upsilon_\mu = \frac{960}{480} = 2$ m/s.

β) Μετά από χρόνο Δt = 18 min , ο μαθητής έχει φτάσει στο σχολείο μια και χρειάστηκε χρόνο Δt_1 = 8 min και παρέμεινε σ' αυτό για τα υπόλοιπα 10 min από τα συνολικά Δt_2 = 12 min που μας λέει η εκφώνηση. Έτσι στα 10 min δεν έχουμε επιπλέον μετατόπιση, που σημαίνει ότι για το συνολικό χρόνο $\Delta t_{ολ}$ = Δt = 18 min , έχουμε s = 960 m . Άρα $\upsilon\mu = \frac{s}{\Delta t} = \frac{960}{18 \cdot 60} \Rightarrow \upsilon\mu = \frac{960}{1080} =$
=0,88 m /s.

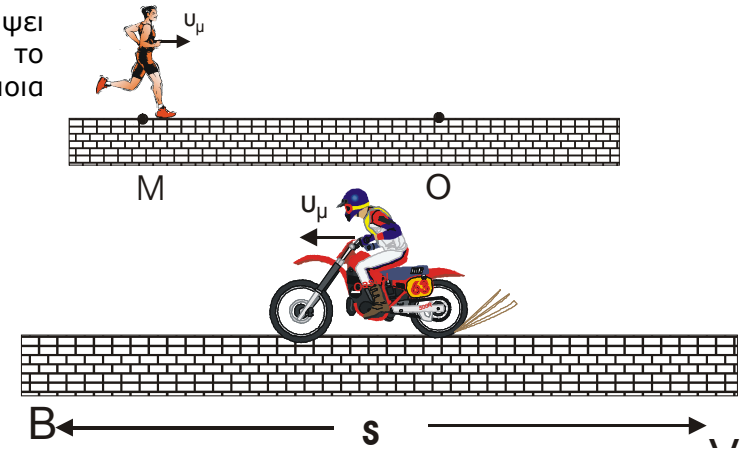
γ) Για την επιστροφή στο σπίτι του μαθητή έχουμε s = 960 m και
$\Delta t = \Delta t_3 = 4$ min .

Άρα $\upsilon_\mu = \frac{s}{\Delta t_3} \Rightarrow \upsilon_\mu = \frac{960}{4 \cdot 60} = \frac{960}{240} \Rightarrow \upsilon\mu = 4$ m/s .

δ) Σε χρόνο Δt = 24 min , ο μαθητής ξεκινώντας από το σπίτι του x_o=0, καταλήγει ξανά σ' αυτό x = 0 . Άρα η συνολική του μετατόπιση είναι μηδέν , $\Delta x = x - x_o = 0$. Τελικά $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$.Όπου υ η μέση διανυσματική του ταχύτητα για Δt=24 min.

Ασκήσεις

1) Ένας αθλητής ξεκινάει να καλύψει την απόσταση (ΜΟ)=s=200m. Αν το ρεκόρ του αθλητή είναι 20s τότε ποια είναι η μέση ταχύτητα του αθλητή;



2) Ο μοτοσικλετιστής του σχήματος ξεκινάει να πάει από την πόλη Α στην πόλη Β. Αν ο χρόνος που διήρκησε το ταξίδι του είναι Δt=30min και αυτός κινήθηκε με μέση ταχύτητα $υ_μ$=72Km/h, τότε να υπολογίσετε την απόσταση των δυο πόλεων Α και Β.

3)α)Σώμα κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο από τη θέση Α με x_0=-13m στη θέση Β με x_1=13m σε χρόνο $Δt_1$=0,2sec .Ποια είναι η μέση ταχύτητα του κινητού;
β) Στη θέση Β το κινητό παραμένει άλλα $Δt_2$=0,2sec και στη συνέχεια κινείται και επιστρέφει στη θέση x_2=11m σε χρόνο $Δt_3$=0,4sec. Ποια είναι η μέση διανυσματική ταχύτητα του κινητού;

4)Σε μια ευθύγραμμη κίνηση με μέση διανυσματική ταχύτητα σταθερού μέτρου υ=10m/s το κινητό βρίσκεται αρχικά στη θέση x_0=-10m.
α)Ποια είναι η μετατόπιση του τη χρονική στιγμή t=5sec και
β) Ποια θα είναι η θέση του κινητού εκείνη τη στιγμή;

5) Αν κινητό κινείται με μέση διανυσματική ταχύτητα υ=-72 Km/h και τη χρονική στιγμή t_0=0 βρίσκεται στη θέση x_0=120 m. Που θα βρίσκεται μετά από χρόνο t=0,3min;

6) Ποια ταχύτητα είναι μεγαλύτερη;
Τα 1260 Km/h ή τα 350m/s;

7) Η τροχαία σταματάει ένα αυτοκίνητο το οποίο έτρεχε με ταχύτητα 20m/s, ενώ το όριο ταχύτητας είναι τα 50 Km/h. Νομίζετε ότι ο οδηγός του αυτοκινήτου πρέπει να πληρώσει πρόστιμο ή όχι;

8)Η ταχύτητα του φωτός είναι $c=3.10^8$ m/s. Αν ο χρόνος για να φτάσει ένα ΗΛΜ σήμα από τη γη στη σελήνη, να ανακλαστεί σ' αυτή και να επιστέψει στη γη, είναι t=2sec, να υπολογιστεί η απόσταση της σελήνης από τη γη.

9)Τη στιγμή που πέφτει ένας κεραυνός μηδενίζουμε το χρονόμετρό μας. Αν ο χρόνος που περνάει μέχρι να ακούσουμε τον ήχο της βροντής είναι t=5sec, πόσο μακριά από μας έπεσε ο κεραυνός, δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου είναι $υ_{ηχ}$=340 m/sec;

10)Ένα κινητό μετατοπίζεται κατά $Δx_1$=2,4 Km σε χρόνο $Δt_1$=2min. Στη συνέχεια σταματάει για $Δt_2$=3min και έπειτα αρχίζει να κινείται και μετατοπίζεται κατά $Δx_2$=9000 m σε χρόνο $Δt_3$=5min. Ποια είναι η μέση ταχύτητα του κινητού;

11) Ένα τρένο τρέχει με μέση ταχύτητα $υ_1$=80 Km/h, για $Δt_1$=0,5h, ύστερα με $υ_2$=40 Km/h για $Δt_2$=0,6h και τέλος με $υ_3$=100 Km/h για $Δt_3$=0,9h.Να βρείτε το συνολικό διάστημα που διήνυσε κατά την κίνησή του.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Γενικά, το μήκος της διαδρομής που διανύει ένα σώμα είναι διαφορετικό από το μέτρο της μετατόπισης του. ( )

2) Η ταχύτητα είναι παράγωγο μέγεθος και η μονάδα μέτρησής της στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το 1 Km/h. ( )

3) Η ταχύτητα μεταβάλλεται μόνο όταν μεταβάλλεται το μέτρο της ( )

4) Στις περισσότερες κινήσεις, η στιγμιαία ταχύτητα δε διατηρείται σταθερή, έτσι γενικά είναι διαφορετική από τη μέση ταχύτητα. ( )

5) Αν ένα τρένο διέρχεται από το 40ό χιλιόμετρο του ταξιδιού του με σταθερή ταχύτητα 2km/min, τότε μπορούμε να προβλέψουμε τη θέση του μετά από 1min χωρίς να χρειαζόμαστε κάποια επιπλέον πληροφορία. ( )

6) Όταν η θέση ενός αντικειμένου πάνω στον άξονα x΄ox είναι θετικός αριθμός τότε το αντικείμενο βρίσκεται στον θετικό ημιάξονα αλλιώς βρίσκεται στον αρνητικό ημιάξονα. ( )

7)Αρνητική μετατόπιση σημαίνει ότι το αντικείμενο κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα x΄ox. ( )

8)Στο S.I μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι το 1Km/h. ( )

9)Η ταχύτητα είναι μονόμετρο μέγεθος. ( )

10)Η μέση ταχύτητα ενός σημειακού αντικειμένου δίνεται από τη σχέση $\upsilon_{\mu}=\frac{s}{\Delta t}$. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Ορίζουμε ως μέση ταχύτητα για ένα κινητό,
α) το φυσικό μέγεθος υ=s·t,
β) το φυσικό μέγεθος $t=\frac{s}{\upsilon}$,
γ) το πόσο γρήγορα ή αργά διανύει το κινητό μια συγκεκριμένη απόσταση,
δ) το πηλίκο του μήκους της διαδρομής που διήνυσε το κινητό σε ορισμένο χρόνο (χρονικό διάστημα) προς το χρόνο αυτό.

2) Ως μονάδες μέτρησης της ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν
α) το χιλιόμετρο ανά ώρα (km/h), το μίλι ανά ώρα (mi/h) και το εκατοστό ανά ώρα (ταχύτητα σαλιγκαριού) (cm/h),
β) το Km·s
γ) το 1s
δ) το 1m/s, το 1Km/h και το 1Km.

3) Η ταχύτητα του κινητού σε μια ορισμένη χρονική στιγμή λέγεται,
α) στιγμιαία ταχύτητα και μονάδα μέτρησης της στιγμιαίας ταχύτητας στο SI είναι m/s.
β) μέση ταχύτητα και ταυτίζεται με την ένδειξη του ταχύμετρου (κοντέρ).
γ) μέση διανυσματική ταχύτητα
δ) κάθε ταχύτητα που συνδέεται με το μήκος της διαδρομής και μετριέται σε Km/h.

4) Η μέση ταχύτητα,

α) παίρνει και αρνητικές τιμές.
β) είναι η ταχύτητα που έχει το κινητό σε όλη τη διάρκεια της διαδρομής.
γ) αναφέρεται στην αρχή και το τέλος της διαδρομής και γενικά μας δείχνει πως μεταβάλλεται η στιγμιαία ταχύτητα του κινητού.
δ) αναφέρεται στη συνολική διαδρομή, και δε δίνει πληροφορίες για τις μεταβολές της στιγμιαίας ταχύτητας, στη διάρκεια της διαδρομής.

5) Η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι περίπου,
α) 1200m/s
β) 4m/s
γ) 340m/s
δ) 133 Km/h.

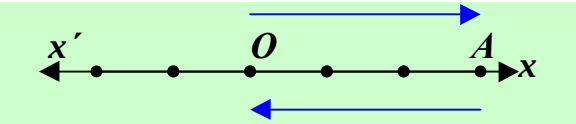
6)Η μετατόπιση ενός κινητού είναι
α) μονόμετρο μέγεθος
β) αριθμητικό μέγεθος
γ) διανυσματικό μέγεθος
δ)τίποτα από τα παραπάνω

7) Η μέση διανυσματική ταχύτητα
α) είναι μονόμετρο μέγεθος
β) είναι διανυσματικό μέγεθος και η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της μετατόπισης.
γ) παίρνει μόνο θετικές τιμές
δ) αναφέρεται στο συνολικό μήκος της διαδρομής όπως και η μέση ταχύτητα.

8) Θετική ταχύτητα στην ευθύγραμμη κίνηση σημαίνει ότι το κινητό
α) βρίσκεται στο θετικό ημιάξονα
β) κινείται προς το θετικό ημιάξονα
γ) κινείται είτε προς το θετικό είτε προς τον αρνητικό ημιάξονα
δ) κινείται προς την αρχή του συστήματος συντεταγμένων

9) Επιλέξτε τη σωστή απάντηση:
α)Η ταχύτητα 50Km/h είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα 50m/s
β)Το 1m/s είναι μικρότερο από το 1Km/h
γ)το 1m/s είναι ίσο με 3,6Km/h
δ)τίποτα από τα παραπάνω

10) Για ένα σώμα που κινείται κατά μήκος του άξονα των x και στη διαδρομή ΟΑΟ
α) Η μετατόπιση του είναι 0
β) το συνολικό διάστημα που διανύει είναι 0
γ) η ταχύτητα του είναι 0m/s
δ) Η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι διάφορη του μηδενός.



Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η ταχύτητα ενός σώματος συνδέεται με δυο μεγέθη: το ……της διαδρομής και το ……...

2) Αν διανύσουμε μ' ένα αυτοκίνητο 90 χιλιόμετρα σε μια ώρα, τότε λέμε ότι η μέση ταχύτητα του οχήματος ήταν 90 ……..

3) Όταν ένας οδηγός σχεδιάζει ένα ταξίδι με αυτοκίνητο, ενδιαφέρεται για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διανύσει τη συνολική διαδρομή που αντιστοιχεί στο ταξίδι. Ενδιαφέρεται, λοιπόν για τη …… ……..που μπορεί να αναπτύξει στη διάρκεια όλου του ταξιδιού.

4) Στην ευθύγραμμη κίνηση η φορά της ταχύτητας προσδιορίζεται από το …….. της.

5)Η αλγεβρική τιμή της θέσης ενός σημειακού αντικειμένου συμπίπτει με τη ……του σημείου στο οποίο βρίσκεται το αντικείμενο και εφόσον είναι θετική σημαίνει ότι το αντικείμενο βρίσκεται στο ……ημιάξονα.

6) Αν ένα σώμα κινείται στον άξονα x΄x και η μετατόπιση του είναι θετική αυτό σημαίνει ότι το αντικείμενο μετατοπίστηκε προς τη ……..κατεύθυνση του ……..

7)Η ταχύτητα είναι μια ποσότητα που δίνει απάντηση στα ερωτήματα πόσο …… κινείται ένα αντικείμενο αλλά και …… κατευθύνεται.

8)Στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I) η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι το ……

9)Εφόσον η μετατόπιση (μεταβολή θέσης) είναι μέγεθος ……..το πηλίκο της μετατόπισης προς τον χρόνο δηλαδή η μέση ……. ταχύτητα είναι και αυτή μέγεθος ……..

10)Ορίζουμε ως μέση διανυσματική ταχύτητα ένα …….μέγεθος με ……. το πηλίκο της μετατόπισης προς το χρόνο και με …… την κατεύθυνση της μετατόπισης.

11)Η εξίσωση ορισμού της μέσης διανυσματική ταχύτητας είναι …….

2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα

1. Ποια κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή;

Μια κίνηση στην οποία η ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με τη χρήση μαθηματικών σύμβολων γράφουμε:

$$\vec{\upsilon} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \text{σταθερή.}$$

- Σταθερή ταχύτητα σημαίνει ταχύτητα **σταθερού μέτρου**, αλλά και **σταθερής κατεύθυνσης**. Σ' αυτή την περίπτωση, η κίνηση γίνεται σε ευθεία γραμμή και προς σταθερή κατεύθυνση.
- Αν η μέση ταχύτητα ($\vec{\upsilon}_{\mu}$) είναι ίδια για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα (Δt), τότε **συμπίπτει με τη στιγμιαία ταχύτητα** και λέμε ότι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Δηλαδή στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η μέση και η στιγμιαία ταχύτητα ταυτίζονται.

- Μπορούμε ακόμη να πούμε πως

Ευθύγραμμη ομαλή ονομάζεται η κίνηση στην οποία το κινητό διανύει ίσες μετατοπίσεις σε ίσα χρονικά διαστήματα.

2. Πότε λέμε ότι η ταχύτητα ενός κινητού παραμένει σταθερή;

Η ταχύτητα παραμένει σταθερή όταν παραμένει σταθερή και η διεύθυνση και η φορά και το μέτρο της ταχύτητας.

3. Από τι εξαρτάται το πρόσημο της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

Είπαμε πως η ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ορίζεται ως το **σταθερό πηλίκο** της μετατόπισης του κινητού προς τη χρονική διάρκεια που απαιτήθηκε για τη μετατόπιση αυτή.

Για να βρούμε λοιπόν την ταχύτητα παίρνουμε τη μεταβολή της θέσεως Δx και τη διαιρούμε με το χρονικό διάστημα Δt που έγινε η μεταβολή.

Δηλαδή $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Το πρόσημο της ταχύτητας υ εξαρτάται από το πρόσημο της μετατόπισης Δx αφού το Δt είναι πάντα θετικό.

Από τη σχέση ορισμού της ταχύτητας, προκύπτει ότι η αλγεβρική της τιμή στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι:

$$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \text{σταθερή.}$$

- Αν η αλγεβρική τιμή της απομάκρυνσης αυξάνεται κατά την κίνηση ($x>x_0$), η ταχύτητα έχει θετική τιμή.
- Αν η αλγεβρική τιμή της απομάκρυνσης μειώνεται κατά την κίνηση ($x<x_0$), η ταχύτητα έχει αρνητική τιμή.

4. Ποια είναι η εξίσωση κίνησης στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

Από τον ορισμό της ταχύτητας έχουμε ότι: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, άρα

$$\Delta x = \upsilon \cdot \Delta t$$

- Αν υ=σταθερό, προκύπτει ότι σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση **οι μετατοπίσεις** είναι **ανάλογες** με τα **χρονικά διαστήματα** μέσα στα οποία πραγματοποιούνται.

Ακόμη από την εξίσωση ορισμού της ταχύτητας έχουμε ότι **υ=** $\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow$

$\Rightarrow \upsilon = \frac{x - x_0}{t - t_0} \Rightarrow x - x_0 = \upsilon(t - t_0)$ ή

$$\mathbf{x = x_0 + \upsilon \cdot (t - t_0)}.$$

Ακόμη αν $t_0=0$ τότε το χρονικό διάστημα $\Delta t = t - t_0 = t$ ταυτίζεται δηλαδή με τη χρονική στιγμή t. Τότε η παραπάνω εξίσωση $\mathbf{x = x_0 + \upsilon \cdot (t - t_0)}$ γίνεται:

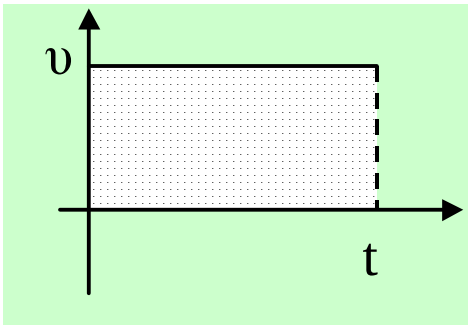
$$\mathbf{x = x_0 + \upsilon \cdot t} \quad \mathbf{(t_0 = 0)}$$

Ακόμη αν $x_0=0$ τότε η μετατόπιση $\Delta x = x - x_0$ ταυτίζεται με τη θέση x, δηλαδή $\Delta x = x$ και η σχέση $x = x_0 + \upsilon \cdot t$ παίρνει τη μορφή

$$\mathbf{x = \upsilon \cdot t} \quad \mathbf{(x_0 = 0)}$$

5. Να κατασκευαστεί το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου (για θετική ταχύτητα) στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Τι παριστάνει το εμβαδόν που περικλείεται από την καμπύλη της ταχύτητας - χρόνου και του άξονα του χρόνου;

Το διάγραμμα υ(t) για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση που είναι αυτό του σχήματος.

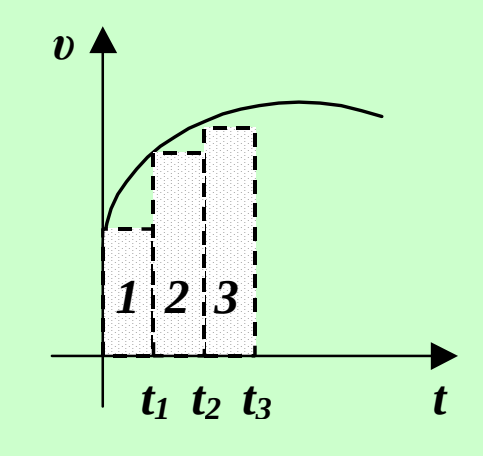


➢ Βλέπουμε ότι το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μια **ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου.** Αυτό συμβαίνει σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

➢ Τότε όμως το εμβαδόν του παραλληλογράμμου που σχηματίζεται είναι $E=υ\cdot Δt$, άρα το Ε μας δείχνει τη συνολική μετατόπιση του κινητού $Δx=υ\cdot Δt$.

Το συμπέρασμα αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί ισχύει για κάθε διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου.
Πώς όμως συμβαίνει αυτό;

Θεωρείστε την επιταχυνόμενη κίνηση ενός αυτοκινήτου που η ταχύτητά του μεταβάλλεται όπως στο σχήμα.



Τότε στο χρονικό διάστημα $Δt= t_3-0= t_3$ μπορούμε να προσεγγίσουμε το διάγραμμα με την κλιμακωτή καμπύλη του σχήματος. Ξεκινώντας δηλαδή το κινητό τη χρονική στιγμή t=0 έστω ότι δεν μεταβάλλεται η ταχύτητά του όπως μας δείχνει η πραγματική καμπύλη αλλά έστω ότι κινείται με σταθερή ταχύτητα. Τότε όμως το γραμμοσκιασμένο εμβαδόν (1) σύμφωνα με τα προηγούμενα είναι η μετατόπιση $Δx_1$ για $0\leq t< t_1$. Έστω τώρα ότι τη χρονική στιγμή t_1 το κινητό αποκτά την πραγματική του ταχύτητα με την οποία κινείται για $t_1 \leq t< t_2$ τότε το εμβαδό (2) είναι η $Δx_2$ κ.ο.κ. Το σημαντικό είναι να

παρατηρήσουμε πως όσο τα χρονικά διαστήματα Δt_1, Δt_2 κ.τ.λ γίνονται πολύ μικρά δηλαδή όπως λέμε όταν το Δt τείνει στο μηδέν ($\Delta t \to 0$) τα εμβαδά ΔΕ που περισσεύουν (δεν είναι γραμμοσκιασμένα) γίνονται πολύ μικρά δηλαδή τα εμβαδά αυτά τείνουν στο μηδέν ($\Delta E \to 0$).
Έτσι λοιπόν η σκιασμένη επιφάνεια γίνεται ουσιαστικά όλη η επιφάνεια που περικλείεται από την καμπύλη της ταχύτητας με το χρόνο και η οποία αποτελεί τη συνολική μετατόπιση.

- Εδώ θα πρέπει να παρατηρήσουμε πως αν το εμβαδό είναι αρνητικό δηλ. αν η καμπύλη βρίσκεται κάτω από τον άξονα των χρόνων τότε και η μετατόπιση είναι αρνητική.

- Τέλος θα πρέπει να προσέξουμε πως το εμβαδό που υπολογίζουμε είναι η μετατόπιση Δx. Για να βρούμε τη θέση x για το κινητό κάθε χρονική στιγμή θα πρέπει να γνωρίζουμε που βρισκόταν το κινητό τη χρονική στιγμή t_0 δηλαδή να γνωρίζουμε την αρχική του θέση x_0.

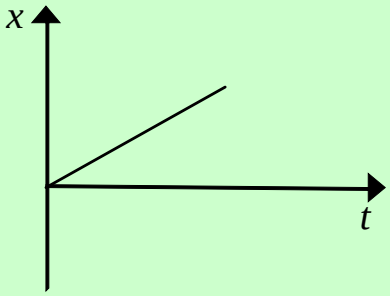
Τότε θα είναι $\Delta x = x - x_0 \Rightarrow x = x_0 + \Delta x$

Βέβαια αν τη χρονική στιγμή $t_0=0$ το κινητό είναι στη θέση $x_0=0$ τότε $\Delta x = x$ δηλαδή το εμβαδό θα μας δείχνει την τελική θέση x.

6. Αν η ταχύτητα είναι σταθερή και θετική τότε να σχεδιάσετε το διάγραμμα της θέσεως (x) του κινητού συναρτήσει με το χρόνο (t).

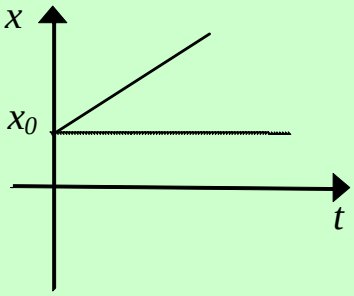
- Για να κατασκευάσουμε το διάγραμμα της θέσης (x) σε συνάρτηση με το χρόνο (t), δηλαδή το διάγραμμα x(t), προσδιορίζουμε τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη τιμών χρόνου-θέσης.
- Όλα τα σημεία βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία γραμμή.

Γενικά, **σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι ευθεία γραμμή.**
Έτσι για θετική ταχύτητα προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα θέσεως – χρόνου (x-t)



Ξεκινάει από το 0

$x=\upsilon \cdot t$

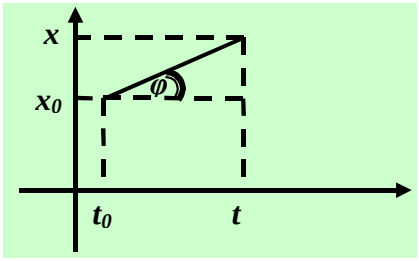


Ξεκινάει από το $x_0 \neq 0$

$x=x_0+\upsilon \cdot t$

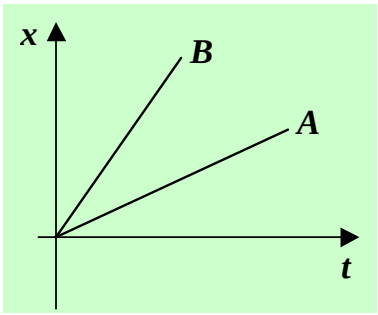
7. Αν η ταχύτητα είναι σταθερή η γραφική παράσταση της θέσεως του κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο είναι ευθεία γραμμή. Τι μας δείχνει η κλίση (εφφ), όπου φ η γωνία που σχηματίζει η Γ.Π της θέσεως με το χρόνο;

Αν πάρουμε δυο άξονες x-t (θέσεως χρόνου) τότε έχουμε την παρακάτω γραφική παράσταση.



Η εφφ=$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ όπου φ η γωνία που σχηματίζει η γραφική παράσταση της θέσεως με το χρόνο και μας δείχνει την κλίση της ευθείας δηλαδή πόσο απότομη είναι η ευθεία. Όμως και υ=$\frac{\Delta x}{\Delta t}$ άρα εφφ=υ. Δηλαδή το μέτρο της εφφ είναι ίσο με το μέτρο της ταχύτητας υ. Έτσι όσο πιο απότομη είναι η κλίση τόσο ποιο μεγάλη είναι και η ταχύτητα υ.

8. Αν για δυο κινητά Α και Β δίνεται το διπλανό διάγραμμα θέσεως – χρόνου τότε ποιο από τα δυο κινητά έχει μεγαλύτερη ταχύτητα;



Είπαμε πως όσο πιο απότομη είναι η κλίση στο διάγραμμα x(t) τόσο ποιο μεγάλη είναι και η ταχύτητα υ.
Επειδή η κλίση του διαγράμματος του κινητού Β είναι πιο απότομη από αυτή του κινητού Α για αυτό και η ταχύτητα του κινητού Β θα είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του Α δηλαδή ισχύει $υ_B>υ_A$.

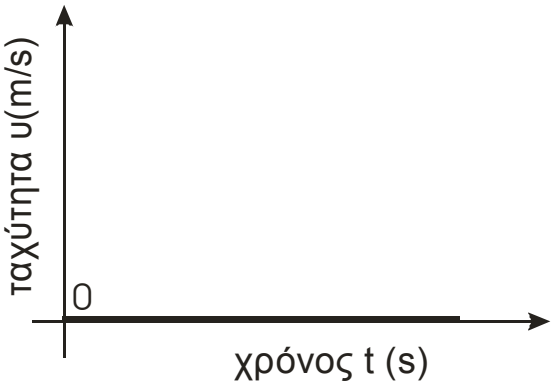
9. Να σχεδιάσετε τα διάγραμματα ταχύτητας – χρόνου και θέσεως – χρόνου για ένα κινητό που βρίσκεται σε ηρεμία δηλαδή έχει μηδενική ταχύτητα (υ=0).

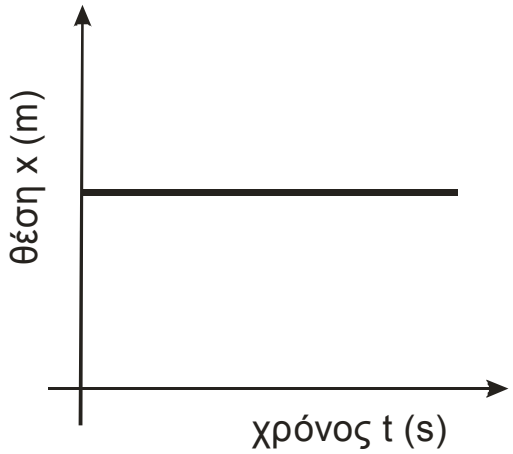
Σώμα σε ηρεμία

Η ακινησία ή η ηρεμία σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς μπορεί να θεωρηθεί ως ομαλή κίνηση με **ταχύτητα υ = 0**. Σ' αυτή την περίπτωση, το διάγραμμα της **ταχύτητας συμπίπτει με τον άξονα του χρόνου**.

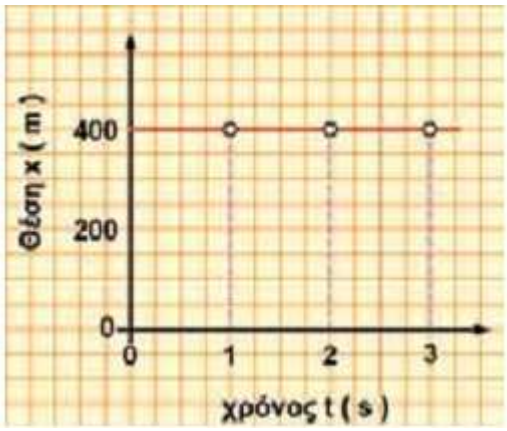
Όταν το σώμα είναι ακίνητο, η **θέση του είναι σταθερή**, οπότε το διάγραμμα θέσης-χρόνου είναι **ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα των χρόνων,**

Για ακινησία δηλαδή έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα.





Το διπλανό διάγραμμα θέσης-χρόνου αναφέρεται σε σώμα που παραμένει ακίνητο σε απόσταση 400 μ από την αφετηρία.



2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

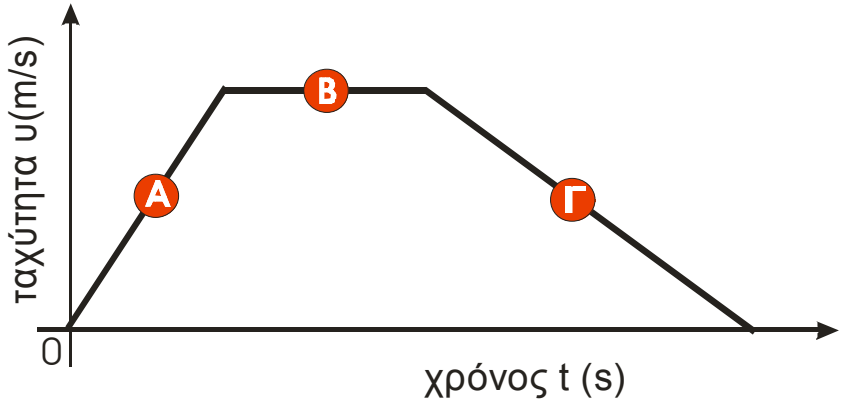
1. Πότε μια κίνηση ονομάζεται μεταβαλλόμενη;

Εάν το μέτρο της ταχύτητας ή η κατεύθυνση της ή και τα δυο μεταβάλλονται, τότε το διάνυσμα της ταχύτητας μεταβάλλεται και η κίνηση ονομάζεται μεταβαλλόμενη.

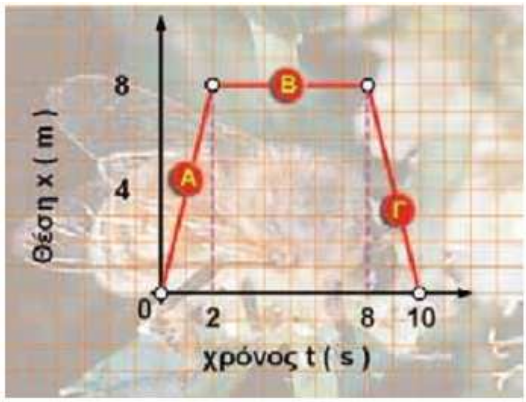
Διαγράμματα και κινήσεις

2. Να περιγράψετε το είδος της κίνησης ενός δρομέα σε αγώνα δρόμου από την αφετηρία του και μέχρι να σταματήσει στον τερματισμό όπως περιγράφεται από το διάγραμμα υ(t) που ακολουθεί.

Ο δρομέας ξεκινάει από την ηρεμία (υ = 0), η ταχύτητά του αρχικά αυξάνεται, (Α) στη συνέχεια σταθεροποιείται σε μια τιμή (Β) και κατόπιν αρχίζει να ελαττώνεται και τελικά μηδενίζεται (Γ), όταν ο δρομέας σταματάει να κινείται.



3. Από το διπλανό διάγραμμα θέσεως – χρόνου (x-t) για την ευθύγραμμη κίνηση ενός κινητού να κατασκευαστεί το αντίστοιχο διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου (υ-t) του κινητού.



Από το διάγραμμα x(t) βλέπουμε ότι το κινητό ξεκινά από τη θέση $x_0=0$ και κινούμενο με σταθερή ταχύτητα κατευθύνεται προς τη θέση x=8 m (τμήμα Α). Το ταξίδι της διαρκεί 2 s. Έτσι για

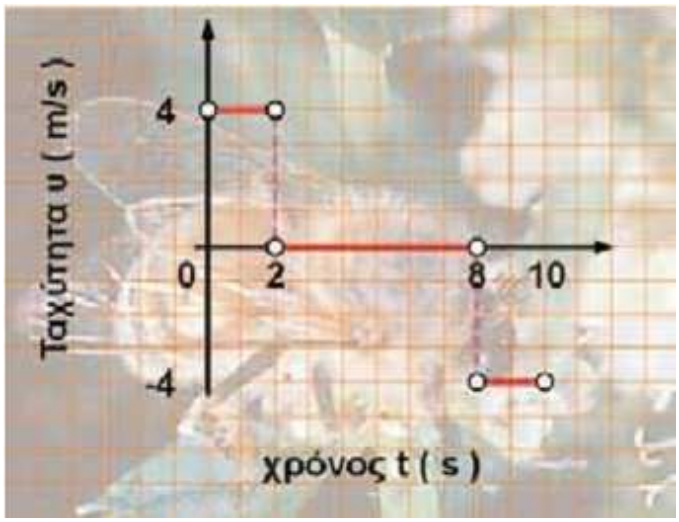
$0 \le t < 2$ s (τμήμα Α) έχουμε, $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8-0}{2-0} = \frac{8}{2} = 4 m/s$. Στη θέση x=8m το κινητό σταματά για 6 s (τμήμα Β).

Έτσι για $2 \le t < 8$ s (τμήμα Β) έχουμε, $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8-8}{8-2} = \frac{0}{6} = 0 m/s$.

Στη συνέχεια, κινούμενο με σταθερή ταχύτητα ίδιου μέτρου αλλά αντίθετης φοράς επιστρέφει στην αρχή $x_0=0$ (τμήμα Γ).

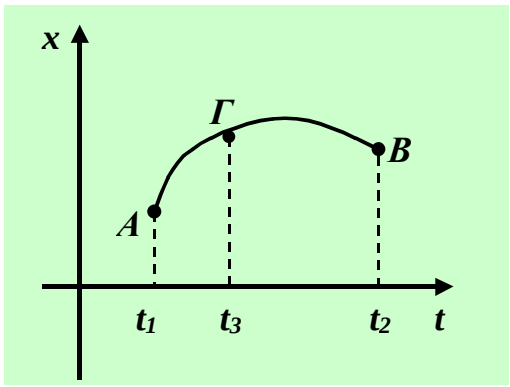
Έτσι για $8 \le t < 10$ s (τμήμα Γ) έχουμε, $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0-8}{10-8} = \frac{-8}{2} = -4 m/s$.

Τελικά προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα ταχύτητας χρόνου



4. Πως ορίζεται η στιγμιαία ταχύτητα και πως υπολογίζεται γεωμετρικά από το διάγραμμα x(t);

Αν η ταχύτητα υ δεν είναι σταθερή τότε η γραφική παράσταση x(t) δεν είναι ευθεία αλλά έστω η καμπύλη του σχήματος.



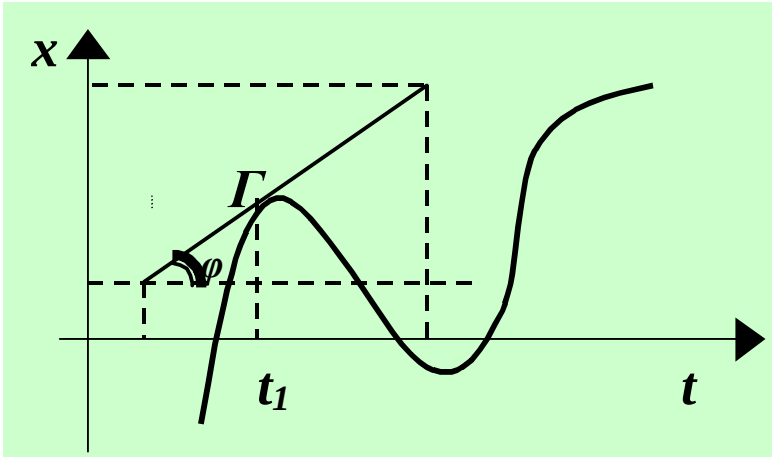
Τότε η στιγμιαία ταχύτητα είναι η σταθερή τιμή (όριο -λim) που παίρνει αυτή, όταν το χρονικό διάστημα Δt γίνει πολύ μικρό. Αυτό σημαίνει πως το $\Delta t=t_2-t_1$ τείνει στο 0 ή αλλιώς $\Delta t \to 0$ αυτό που στη καθημερινή ζωή έχουμε συνηθίσει να λέμε χρονική στιγμή. Τότε στη γλώσσα των μαθηματικών γράφουμε

$$\upsilon_{στιγμ} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Για να βρούμε τη $υ_{στιγμ}$ τη χρονική στιγμή t_3 θα πρέπει όπως είπαμε το Δt να γίνει πάρα πολύ μικρό ($Δt=t_2-t_1 \to 0$)δηλαδή αν το t_1 και το t_2 τα πάρω πολύ κοντά στο t_3 τότε πράγματι $Δt \to 0$. Προσέξτε πως τότε το καμπύλο τμήμα ΑΒ όσο το Α και το Β πλησιάζουν στο Γ τείνει να γίνει ευθύγραμμο τμήμα που έχει με την καμπύλη ΑΒ ένα κοινό σημείο το Γ. Είναι δηλαδή η εφαπτομένη στην καμπύλη ΑΒ στο σημείο Γ.

Τότε όμως αν υπολογίσουμε την κλίση της εφαπτομένης στο Γ αυτή θα είναι και η τιμή της σταθερής ταχύτητας τη χρονική στιγμή t_3.

Η στιγμιαία ταχύτητα κινητού που εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση με μεταβλητή ταχύτητα, είναι ίση με την κλίση της ευθείας που εφάπτεται στην γραφική παράσταση απομάκρυνσης – χρόνου, τη συγκεκριμένη στιγμή.



Έτσι για την τυχαία καμπύλη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα μπορούμε να υπολογίσουμε την στιγμιαία ταχύτητα του κινητού μια χρονική στιγμή t_1, αν φέρουμε την εφαπτομένη στην καμπύλη στο τυχαίο σημείο Γ και διαλέξουμε δυο «τυχαία» σημεία πάνω στην εφαπτομένη τα οποία έχουν γνωστές συντεταγμένες. Από τα σημεία αυτά φέρνουμε τις παράλληλες προς τους δυο άξονες και από το ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται υπολογίζουμε την **κλίση της εφαπτομένης** δηλαδή υπολογίζουμε τη **στιγμιαία ταχύτητα**.

Σαν επεξήγηση της διαδικασίας προσδιορισμού της στιγμιαίας ταχύτητας στη μια διάσταση θεωρούμε τον ακόλουθο πίνακα δεδομένων που πάρθηκε για

κίνηση στον άξονα των x. Οι τέσσερις πρώτες στήλες είναι πειραματικά δεδομένα. Το σώμα βρισκόταν στη θέση x_1 (100 cm από την αρχή $x_0=0$) τη στιγμή t_1 (1 sec) και στη θέση x_2 τη στιγμή t_2. Παίρνοντας διαφορετικές τιμές για το x_2 στις διαφορετικές αντίστοιχες τιμές t_2, βρίσκουμε.

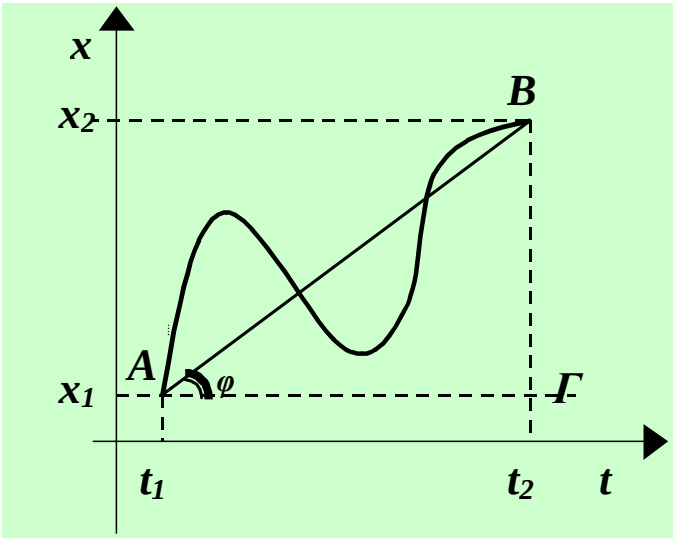
x_1 (cm)	t_1 (sec)	x_2 (cm)	t_2 (sec)	$\Delta x=x_2-x_1$ (cm)	$\Delta t=t_2-t_1$ (sec)	$\Delta x/\Delta t$ cm/sec
100	1	200	11	100	10	10
100	1	180	9,6	80	8,6	9,3
100	1	160	7,9	60	6,9	8,7
100	1	140	5,9	40	4,9	8,2
100	1	120	3,56	20	2,56	7,8
100	1	110	2,33	10	1,33	7,5
100	1	105	1,69	5	0,69	7,3
100	1	103	1,42	3	0,42	7,1
100	1	101	1,14	1	0,14	7,1

Φαίνεται στον πίνακα ότι καθώς διαλέγουμε τιμές του x_2 όλο κοντύτερα στο x_1, το Δt τείνει στο μηδέν ($\Delta t\to 0$) και ο λόγος $\Delta x/\Delta t$ τείνει στην οριακή τιμή των 7,1 cm/sec. Ακόμη αφού η υ είναι θετική έχει φορά προς τα δεξιά.

Συμπερασματικά $\upsilon_{στιγμ}= \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}$ δηλ. η στιγμιαία ταχύτητα δίνεται από το όριο $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ καθώς το Δt πλησιάζει το μηδέν.

Και για να την υπολογίσω γεωμετρικά παίρνω την εφαπτομένη στο συγκεκριμένο σημείο και υπολογίζω την κλίση της.

5. Πως ορίζεται η μέση διανυσματική ταχύτητα σε μια κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα και πως υπολογίζεται γραφικά;



Εκτός όμως από τη στιγμιαία ταχύτητα που είναι η ταχύτητα που έχει ένα κινητό σε μια χρονική στιγμή μπορούμε να ορίσουμε και τη μέση ταχύτητα.
Η μέση ταχύτητα είναι η σταθερή ταχύτητα, που θα άλλαζε τη θέση κατά Δx στο χρονικό διάστημα Δt και ορίζεται σαν $\upsilon_\mu = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Έστω ότι η γραφική παράσταση x(t) είναι η καμπύλη του σχήματος
Η μέση ταχύτητα για μετατόπιση του κινητού από το Α στο Β είναι όπως είπαμε η **σταθερή ταχύτητα** για να πάει το κινητό από το Α στο Β. Τότε όμως ξέρουμε πως για υ σταθερό το διάγραμμα x(t) είναι ευθεία. Έτσι

Αν ενώσουμε με ένα ευθύγραμμο τμήμα τα Α και Β και υπολογίσουμε την κλίση του ΑΒ τότε σύμφωνα μ΄ αυτά που ξέρουμε η κλίση αυτή είναι το μέτρο της υποθετικής σταθερής ταχύτητας που ονομάσαμε υ_μ.

Άρα από το σχήμα είναι $\varepsilon\varphi = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ έτσι και $\upsilon_\mu = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Συμπερασματικά πλέον και αφού έχουμε κατανοήσει τις έννοιες της στιγμιαίας και της μέσης ταχύτητας μπορούμε να παρατηρήσουμε πως

- η στιγμιαία ταχύτητα θα είναι ίση με τη μέση τις χρονικές στιγμές που η εφαπτομένη στη καμπύλη x(t) είναι παράλληλη στην ευθεία της μέσης ταχύτητας.

➢ **Ενώ ακόμη στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η στιγμιαία ταχύτητα είναι πάντοτε ίση με τη μέση ταχύτητα και ίση με τη σταθερή ταχύτητα της κίνησης.**

6. Σε ποια κίνηση η στιγμιαία ταχύτητα είναι πάντοτε ίση με την μέση ταχύτητα.

Μόνο στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

7. Σε ποια σημεία ενός διαγράμματος θέσεως χρόνου η στιγμιαία ταχύτητα είναι ίση με τη μέση ταχύτητα;

Η στιγμιαία ταχύτητα θα είναι ίση με τη μέση τις χρονικές στιγμές που η εφαπτομένη της καμπύλης (x - t) είναι παράλληλη με την γραμμή της μέσης ταχύτητας.

Λυμένες ασκήσεις

1) Ένα αυτοκίνητο πραγματοποιεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα υ=20 m/s.
α) Να υπολογιστεί το διάστημα που διανύει το αυτοκίνητο σε χρόνο Δt= 5min.
Β) Σε πόσο χρόνο το αυτοκίνητο θα διανύσει απόσταση Δx=3,6Km;

Λύση:

α) Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η ταχύτητα παραμένει σταθερή και ισχύει ότι $\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή $\Delta x=\upsilon\cdot\Delta t$, όπου Δx είναι η μετατόπιση του αυτοκινήτου σε χρόνο Δt. Για Δt=5min==5·60=300s, προκύπτει ότι Δx=20·300 ή Δx=6000m ή 6Km.
Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση όμως η φορά της ταχύτητας παραμένει σταθερή. Δηλαδή το διάστημα που διανύει το κινητό έχει το ίδιο μέτρο με την μετατόπιση του κινητού.
Κατά συνέπεια και το συνολικό διάστημα που διανύει το αυτοκίνητο σε χρόνο Δt= 5min είναι s=Δx=6Km.

β) Από τη σχέση $\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ προκύπτει ότι $\Delta t=\frac{\Delta x}{\upsilon}$, όπου Δx=3,6Km=3600m.

Τότε έχουμε $\Delta t=\frac{3600}{20}$=180s ή 3min.

2) Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα υ=-2m/s το κινητό βρίσκεται αρχικά στη θέση x_0=-10m. Πόση θα είναι η μετατόπιση του κινητού τη χρονική στιγμή t=15sec και ποια είναι τότε η τελική του θέση;

Λύση:

Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει ότι $\Delta x=u\cdot\Delta t=-2\cdot 15$ ή $\Delta x=-30m$. Άρα η μετατόπιση του κινητού είναι $\Delta x=30m$. Ακόμη έχουμε ότι $\Delta x=x-x_0$ ή $-30=x-(-10)$ ή $30=x+10$ ή $x=20m$. Δηλαδή το κινητό τη χρονική στιγμή $t=15s$ θα βρίσκεται στη θέση $x=20m$.

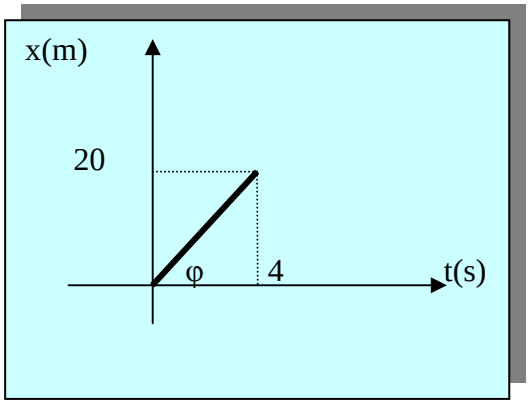
3) α)Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα από τη θέση Α με $x_0=-130$ m στη θέση Β με $x=130m$ σε χρόνο $\Delta t=20$ s. Ποια είναι η σταθερή ταχύτητα του κινητού;
β) Στη θέση Β το κινητό παραμένει άλλα 3 s και στη συνέχεια κινείται και επιστρέφει στη θέση $x_2=110m$ σε χρόνο 1 s. Ποια είναι η μέση (διανυσματική) ταχύτητα του κινητού;

Λύση:

α) Η μετατόπιση του κινητού είναι $\Delta x=x-x_0=130-(-130)=130+130=260m$.
Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει ότι $u=\frac{\Delta x}{\Delta t}$, όπου Δx είναι η μετατόπιση του αυτοκινήτου σε χρόνο Δt. Τότε έχουμε $u=\frac{260}{20}=13m/s$.

β) Σε χρόνο $\Delta t_1=20s$ το αυτοκίνητο μετατοπίστηκε κατά $\Delta x_1=260m$. Στη συνέχεια το αυτοκίνητο παραμένει ακίνητο για χρόνο $\Delta t_2=3$ s, οπότε είναι $\Delta x_2=0m$ και τέλος το αυτοκίνητο μετατοπίζεται κατά $\Delta x_3=x_2-x=110-130=$ $=-20m$ σε χρόνο $\Delta t_3=1s$.
Η συνολική μετατόπιση του αυτοκινήτου είναι:
$\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2+\Delta x_3=260-20=240m$. Ο συνολικός χρόνος κίνησης του αυτοκινήτου είναι $\Delta t=\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3=20+3+1$ ή $\Delta t=24s$. Τότε η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου στο χρονικό διάστημα των 24s υπολογίζεται από τη σχέση $u_\mu=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή $u_\mu=\frac{240}{24}$ ή $u_\mu=10$ m/s.

4) Από το διάγραμμα θέσεως χρόνου να υπολογιστεί η ταχύτητα του κινητού.



Λύση:

Η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου υπολογίζεται από τη σχέση $υ_μ=\frac{Δx}{Δt}$.

Από το διάγραμμα θέσεως χρόνου παρατηρούμε ότι $Δx=x-x_0=20-0=20m$ και $Δt=4-0=4s$.

Τότε είναι $υ_μ=\frac{Δx}{Δt}$ ή $υ_μ=\frac{20}{4}$ ή $υ_μ=5m/s$.

Για την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει η γραφική παράσταση της θέσης x του κινητού με το χρόνο t ισχύει $εφφ=\frac{απέναντι\ κάθετη}{προσκείμενη\ κάθετη}=\frac{20}{4}=5$.

Παρατηρούμε ότι η μέση ταχύτητα είναι κατά μέτρο ίση με την εφαπτομένη της γωνίας που σχηματίζει η γραφική παράσταση της θέσης x του κινητού με το χρόνο t.

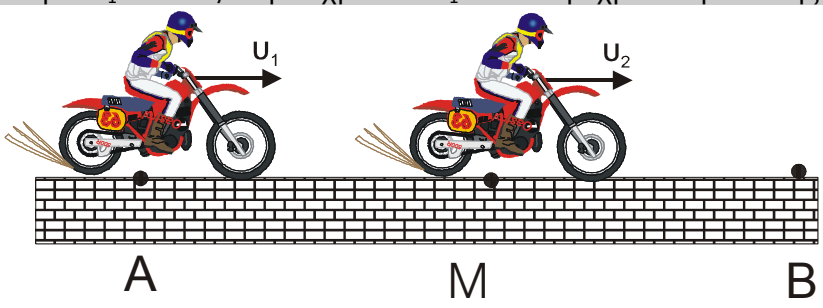
5) Αν κινητό κινείται με ταχύτητα $υ=-36$ Km/h και τη χρονική στιγμή $t_0=0$ βρίσκεται στη θέση $x_0=-20$ m.
α) Που θα βρίσκεται μετά από χρόνο t=0,1min;
β) Ποια είναι η μετατόπιση του κινητού τη χρονική στιγμή t=20s αν η κατεύθυνση της κίνησής του παραμένει σταθερή;

Λύση:

α) Γνωρίζουμε πως ισχύει $x = x_o + υ \cdot t$. Η σταθερή ταχύτητα του κινητού είναι κατά μέτρο 36 km/h ή $\frac{36}{3,6}$=10m/s. Επειδή η ταχύτητα είναι αρνητική το κινητό κινείται **προς** τον αρνητικό ημιάξονα της ευθείας των μετατοπίσεων και έχουμε :
$x = x_o + υ \cdot t \Rightarrow x = -20 -10 \cdot 0,1 \cdot 60 \Rightarrow x= -20 - 60 \Rightarrow x = - 80$ m.

β) Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει ότι $υ= \frac{\Delta x}{\Delta t}$, όπου Δx είναι η μετατόπιση του κινητού σε χρόνο Δt. Τότε έχουμε $Δx=υ·Δt$. Όμως $Δt=t=20$ s αφού $t_0=0$ s.
Τελικά έχουμε $Δx= -10·20=-200$m.

6) Ένας μοτοσικλετιστής ξεκινάει από την πόλη (Α) για να πάει στην πόλη (Β). Στην αρχή κινείται με $υ_1=84$Km/h για χρόνο $Δt_1=5$min μέχρι το μισό της διαδρομής. Στη συνέχεια διανύει την υπόλοιπη διαδρομή με $υ_2=140$Km/h.
Να βρεθούν:
α) η απόσταση των δυο πόλεων και
β) η μέση ταχύτητα του μοτοσικλετιστή.



Λύση:

α) Στην αρχή για το χρονικό διάστημα $Δt_1$ η ταχύτητα του μοτοσικλετιστή είναι σταθερή και ίση με $υ_1=84$Km/h. Τότε ισχύει ότι $υ_1= \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$, όπου $Δx_1$ είναι η μετατόπιση του μοτοσικλετιστή σε χρόνο $Δt_1$. Ισχύει ότι $Δt_1=5\text{min}=\frac{5}{60}=\frac{1}{12}$h.

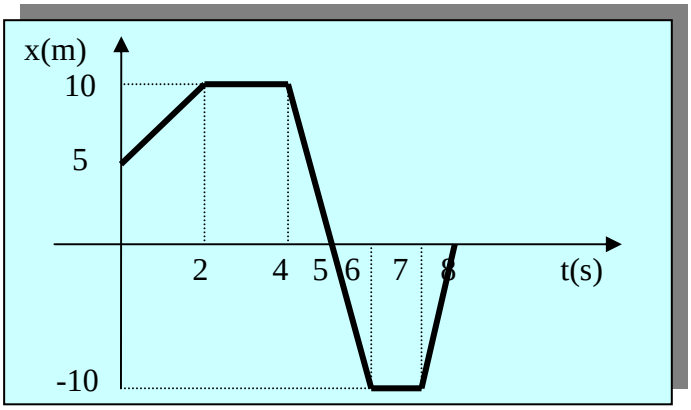
Τότε έχουμε $\Delta x_1=\upsilon_1\cdot\Delta t_1=84\cdot\frac{1}{12}=7$ Km. Όμως το διάστημα $s_1=\Delta x_1=7$ Km είναι το μέσον της διαδρομής. Άρα η απόσταση των δυο πόλεων θα είναι $s=2\cdot s_1=$ 14Km.

β) Στη συνέχεια ο μοτοσικλετιστής διανύει τα υπόλοιπα $\Delta x_2=\Delta x_1=7$Km, με ταχύτητα $\upsilon_2=140$Km/h. Άρα ο χρόνος που απαιτείται για αυτή την κίνηση είναι $\Delta t_2=\frac{\Delta x_2}{\upsilon_2}$ ή $\Delta t_2=\frac{7\ \text{Km}}{140\ \text{Km/h}}$ ή $\Delta t_2=0{,}05$ h ή $0{,}05\cdot 60=3$min.

Έτσι η συνολική μετατόπιση του μοτοσικλετιστή είναι $\Delta x=\Delta x_1+\Delta x_2=7+7=14$ Km. Ακόμη ο συνολικός χρόνος κίνησης του μοτοσικλετιστή είναι $\Delta t=\Delta t_1+\Delta t_2=5+3$ ή $\Delta t=8$ min ή $\frac{8}{60}$ h. Τότε η μέση ταχύτητα του μοτοσικλετιστή στο χρονικό διάστημα των $\frac{8}{60}=\frac{2}{15}$ h υπολογίζεται από τη σχέση $\upsilon_\mu=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή $\upsilon_\mu=\frac{14\ \text{Km}}{\frac{2}{15}\ \text{h}}$ ή

$\upsilon_\mu=\frac{14\cdot 15\ \text{Km}}{2\ \text{h}}=105$ Km/h.

7) Να υπολογιστεί η ταχύτητα του κινητού για κάθε χρονικό διάστημα Δt από το παρακάτω διάγραμμα θέσεως χρόνου και να γίνει η γραφική παράσταση της υ(t).



Λύση:

Για το χρονικό διάστημα από 0 έως 2 s από τον ορισμό της ταχύτητας παίρνουμε:

υ = $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = $\frac{10 - 5}{2}$ = 2,5 m/s. Παρόμοια για το χρονικό διάστημα

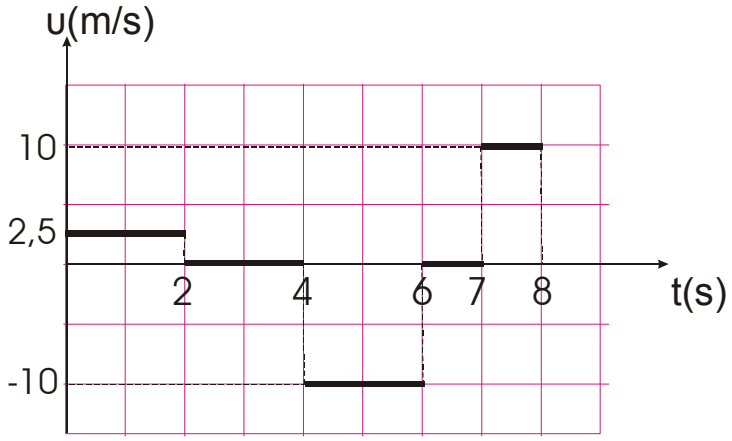
2 – 4 s έχουμε υ = $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = 0.

Ακολούθως από 4 – 6 s είναι

υ = $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = $\frac{-10 - 10}{2}$ = -10 m/s. Παρόμοια από 6 – 7 s έχουμε

υ = $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = 0 και τέλος από 7 – 8 s έχουμε υ = $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = $\frac{0 - (-10)}{1} = \frac{10}{1}$ = 10 m/s.

Έτσι το διάγραμμα ταχύτητας χρόνου είναι αυτό του διπλανού σχήματος.

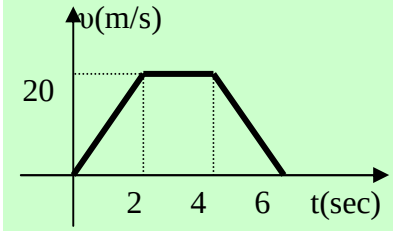


8) Η ταχύτητα για ένα κινητό που κινείται ευθύγραμμα μεταβάλλεται όπως στο σχήμα:

α) Πόση είναι η συνολική μετατόπιση του κινητού για Δt=6 s;

β)Πόση είναι η $υ_μ$ για Δt=4s από τη στιγμή που ξεκίνησε;

γ)Πόση είναι η στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή t=2,3 s;



δ) Να γίνει το διάγραμμα θέσης – χρόνου από 2 - 4 s, αν για t_0=0 s είναι x_0=0 m.

Λύση:

α) Η μετατόπιση του κινητού , υπολογίζεται από το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραφική παράσταση υ (t) και του άξονα των χρόνων (t) . Έτσι έχουμε να υπολογίσουμε το εμβαδό τραπεζίου. Δηλαδή $\Delta x_{ολ} = E_{τρ} = \frac{B+\beta}{2}$ υ = $= \frac{6+2}{2} \cdot 20$ ή $\Delta x_{ολ} = 80$ m.

β) Σε χρόνο $\Delta t_{ολ} = \Delta t = 4$ s όπως υπολογίζουμε από το εμβαδό μέχρι και τη χρονική στιγμή t = 4 s έχουμε $\Delta x = \frac{4+2}{2}$. 20 ή Δx = 60m .

Άρα $υ_μ = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{60}{4}$ ή $υ_μ = 15$ m/s.

γ) Από τη χρονική στιγμή t = 2 s μέχρι και τη χρονική στιγμή t = 4 s, το κινητό κινείται με σταθερή ταχύτητα υ = 20 m/s. Άρα και τη χρονική στιγμή t= 2,3 sec είναι υ=20 m/s = σταθερή.

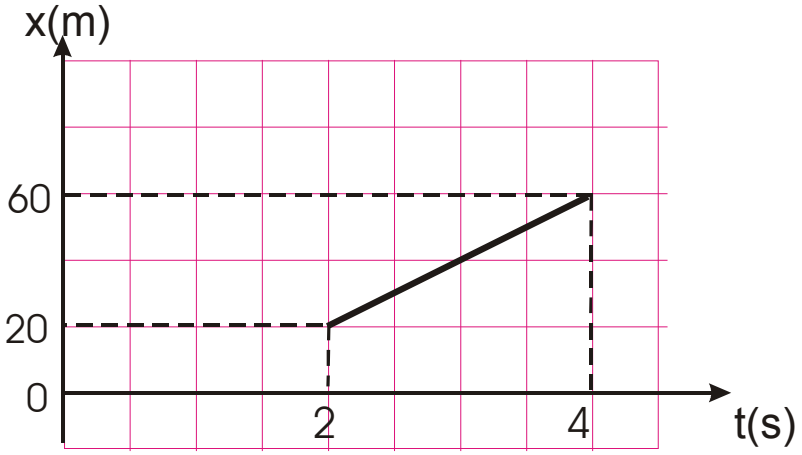
δ) Στο χρονικό διάστημα 0 -2 s όπως υπολογίζουμε από το εμβαδό του τριγώνου έχουμε $\Delta x = \frac{2 \cdot 20}{2}$ ή Δx=20m. Όμως ισχύει $\Delta x = x_1 - x_0$ ή $\Delta x = x_1$ αφού $x_0 = 0$m.

Άρα το κινητό ξεκινώντας από τη θέση $x_0 = 0$m έχει φτάσει τη χρονική στιγμή $t_1 = 2$ s στη θέση $x_1 = 20$m.

Στο χρονικό διάστημα 2 -4 s η ταχύτητα είναι σταθερή και ίση με υ=20m/s.

Άρα στο παραπάνω χρονικό διάστημα η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή και το διάγραμμα θέσης – χρόνου θα είναι μια ευθεία γραμμή. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 4$ s το κινητό έχει διανύσει συνολικά μετατόπιση Δx=60m και έχει βρεθεί στη θέση $x_2 = 60$m αφού $x_0 = 0$m.

Έτσι έχουμε το παρακάτω διάγραμμα x – t για το χρονικό διάστημα από 2 - 4 s.



9) Από τις άκρες Α και Β ενός ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ=120m, ξεκινούν ταυτόχρονα δυο κινητά με $υ_A$=10m/sec και $υ_B$=30m/sec με αντίθετες φορές.
α) Σε πόσο χρόνο θα συναντηθούν
β) Σε ποια απόσταση από το Α;



Λύση:
α) Σε ασκήσεις συνάντησης κινητών θα προσπαθούμε να βρίσκουμε κάποιο γνωστό άθροισμα ή κάποια γνωστή διαφορά στις μετατοπίσεις ή στους χρόνους. Κάποιες φορές μπορεί να έχουμε και κοινή μετατόπιση. Συνήθως ο χρόνος (όταν τα δυο κινητά ξεκινούν ταυτόχρονα), είναι κοινός.
Έστω λοιπόν ότι τα δύο κινητά συναντούνται στο σημείο Γ και το Α κινητό έχει μετατοπιστεί κατά x_A ενώ το Β κατά x_B.
Τότε $x_A + x_B = (AB)$ ή $υ_A t + υ_B t = (AB)$ ή $t\cdot(υ_A + υ_B) = (AB)$ ή

$t=\frac{(AB)}{\upsilon_A+\upsilon_B}$ ή $t=\frac{120}{40}$ ή t = 3 s. Τα δύο σώματα συναντούνται στο σημείο Γ σε χρόνο 3 s.

β) Η απόσταση από το Α είναι $x_A = u_A \cdot t = 10 \cdot 3 = 30$ m ενώ από το Β είναι $x_B = 120 - 30$ ή $x_B = 90$m.
Ή αλλιώς $x_B = u_B \cdot t = 30 \cdot 3 = 90$ m (από την εξίσωση κίνησης).

10) Αν η μετατόπιση για δυο κινητά που κινούνται στην ίδια ευθεία είναι $x_1=10 \cdot t$ και $x_2=20 \cdot t-200$ να βρείτε ποια χρονική στιγμή θα ανταμώσουν και σε πόση απόσταση από την αρχή Ο των συντεταγμένων;

Λύση:

Όταν τα δυο κινητά θα ανταμώσουν τότε θα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια θέση άρα θα πρέπει να έχουν την ίδια τετμημένη x.
Έτσι ισχύει $x_1=x_2$ ή $10 \cdot t=20 \cdot t-200$ ή $10 \cdot t=200$ ή t=20 s. Άρα τα δυο κινητά θα συναντηθούν τη χρονική στιγμή t=20 s. Τότε όμως είναι $x_1=10 \cdot t$ ή $x_1= 200$m. Παρόμοια είναι και $x_2=20 \cdot t-200$ ή $x_2=400-200$ ή $x_2=200$ m$=x_1$.
Δηλαδή η συνάντηση των δυο κινητών θα γίνει τη χρονική στιγμή t=20 s στη θέση x=200m, πάνω στον άξονα x΄ox που γίνεται η κίνηση των δυο κινητών.

11) Ένα φορτηγό αυτοκίνητο μήκους 20m που κινείται στην εθνική οδό, με σταθερή ταχύτητα u=20m/s, περνά από ένα τούνελ, μήκους s=400m.
α) Για πόσο χρόνο τμήματα του φορτηγού θα βρίσκονται μέσα στο τούνελ;
β) Για πόσο χρόνο θα βρίσκεται ολόκληρο το φορτηγό μέσα στο τούνελ;

Λύση:

α) Το συνολικό διάστημα που διανύει το φορτηγό μέχρι και το τελευταίο τμήμα του να βγει από το τούνελ, από τη στιγμή που αρχίζει να μπαίνει σ' αυτό είναι $x = s + \lambda$ όπου λ το μήκος του φορτηγού.

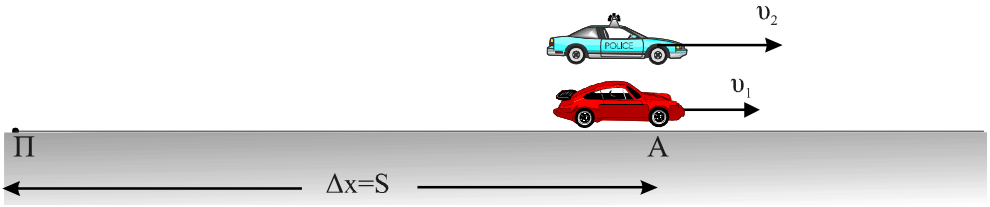
Έτσι έχουμε υ = $\frac{x}{t}$ ή υ = $\frac{s+\lambda}{t}$ ή t = $\frac{s+\lambda}{\upsilon}$ ή t = $\frac{400+20}{20}$ ή t = $\frac{420}{20}$ ή t = 21 s.

β) Για να βρίσκεται ολόκληρο το φορτηγό μέσα στο τούνελ θα πρέπει το συνολικό διάστημα που θα διανύσει το φορτηγό από τη στιγμή που θα βρεθεί ολόκληρο μέσα στο τούνελ, μέχρι τη στιγμή που θα αρχίσει να βγαίνει από αυτό να είναι s-ℓ. Έτσι έχουμε υ = $\frac{x}{t}$ ή υ = $\frac{s-l}{t}$ ή t = $\frac{s-l}{\upsilon}$ ή t = $\frac{400-20}{20}$ ή t = $\frac{380}{20} \Rightarrow$ t = 19 s.

12) Ένα αυτοκίνητο περνάει μπροστά από τον παρατηρητή Π, με σταθερή ταχύτητα υ_1=20m/s. Μετά από χρόνο Δt=10 s περνάει ένα περιπολικό με ταχύτητα υ_2=30m/s. Να βρείτε μετά από πόσο χρόνο θα συναντηθούν και σε πόση απόσταση από τον παρατηρητή Π;

Λύση:

Έστω ότι το περιπολικό και το αυτοκίνητο συναντιούνται στο σημείο Α που απέχει απόσταση s = Δx από τον παρατηρητή Π. Τότε το διάστημα αυτό για



το αυτοκίνητο είναι s = Δx = $\upsilon_1 \cdot t$ (1) . Για το περιπολικό όμως που πέρασε από τον παρατηρητή μετά από χρόνο Δt = 10 sec άρα διήνυσε την απόσταση Δx σε 10 sec λιγότερο από το αυτοκίνητο θα έχουμε
s = Δx = $\upsilon_2 \cdot (t-10)$ (2). Επειδή στις σχέσεις (1) και (2) τα πρώτα μέλη είναι ίσα θα έχουμε και $\upsilon_1 \cdot t = \upsilon_2 \cdot (t-10)$ ή $20 \cdot t = 30 \cdot (t-10)$ ή $2 \cdot t = 3t - 30$ ή
ή $3 \cdot t - 2 \cdot t = 30$ ή t = 30 s και Δx = s = $\upsilon_1 \cdot t = 20 \cdot 30 = 600$ m ή
Δx =s = $\upsilon_2 \cdot (t-10) = 30 \cdot 20 = 600$ m .

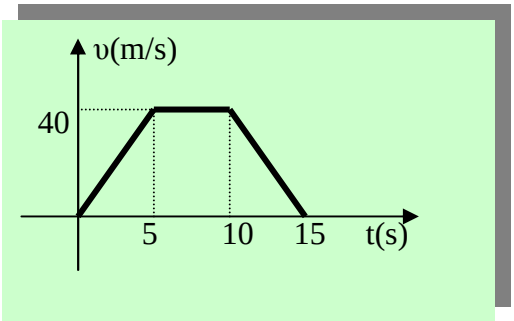
Ασκήσεις

1)Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με σταθερή ταχύτητα υ=10m/s το κινητό βρίσκεται αρχικά στη θέση x_0=-10m. Ποια θα είναι η θέση του κινητού τη χρονική στιγμή t=5sec και πόση είναι η μετατόπιση του;

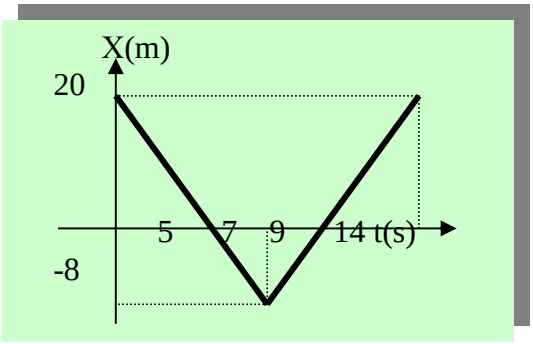
2) Αν κινητό κινείται με σταθερή ταχύτητα υ=-72 Km/h και τη χρονική στιγμή t_0=0 βρίσκεται στη θέση x_0=120 m που θα βρίσκεται μετά από χρόνο t=0,3min;

3)α)Σώμα μάζας m κινείται με σταθερή ταχύτητα από τη θέση Α με x_0=-3m στη θέση Β με x=3m σε χρόνο Δt=0,2s .Ποια είναι η σταθερή ταχύτητα του κινητού;

4)Η ταχύτητα για ένα κινητό που κινείται ευθύγραμμα μεταβάλλεται όπως στο σχήμα:
α) Πόση είναι η συνολική μετατόπιση του κινητού για Δt=15 s;
β)Πόση είναι η $υ_μ$ για Δt=10 s από τη στιγμή που ξεκίνησε;
γ)Πόση είναι η στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή t=5,75 s;

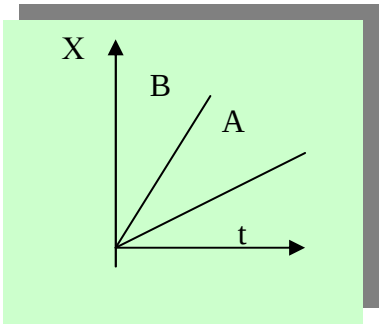


5)Η θέση για ένα κινητό που κινείται ευθύγραμμα μεταβάλλεται όπως στο σχήμα:
α)Πόση είναι η μετατόπισή του για Δt=7s;
β)Πόση είναι η $υ_μ$ για Δt=5s από τη στιγμή που ξεκίνησε;
γ)Πόση είναι η στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή t=5s;



γ)Πόση είναι η $υ_μ$ για Δt=14s
δ) Να γίνει η Γ.Π της υ(t) και να υπολογιστεί η συνολική μετατόπιση του κινητού.

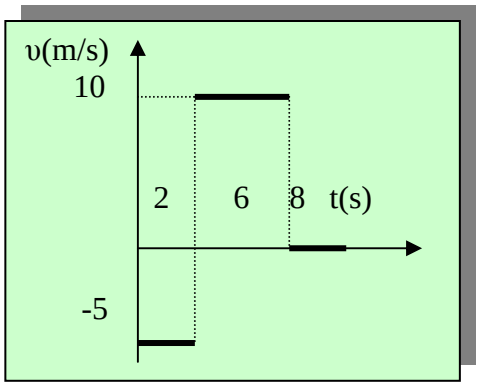
6)Ποιο από τα δύο κινητά του σχήματος κινείται γρηγορότερα;



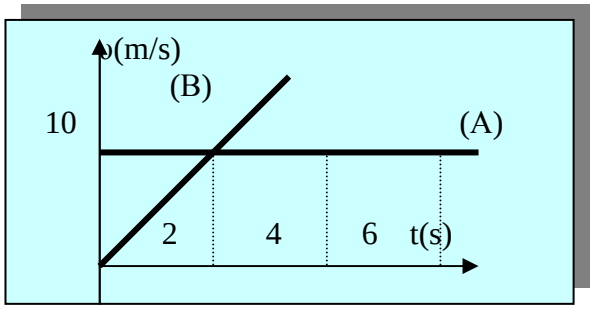
7)Από τις άκρες Α και Β ενός ευθυγράμμου τμήματος ΑΒ=140m ξεκινούν ταυτόχρονα δυο κινητά με $υ_A$=30m/sec και $υ_B$=40m/sec με αντίθετες φορές.
Α) Σε πόσο χρόνο θα συναντηθούν
Β)Σε ποια απόσταση από το Α;
Να απαντήσετε στα παραπάνω ερωτήματα αν τα δυο κινητά κινούνται με την ίδια φορά, έτσι ώστε κάποτε να συναντηθούν.

8)Δυο κινητά απέχουν απόσταση ΑΒ=210m. Από το Α ξεκινάει το κινητό με $υ_A$=30m/sec και ύστερα από Δt=5sec ξεκινάει το κινητό από τη θέση Β με $υ_B$=30m/sec, αντίθετης φοράς.
Μετά από πόσο χρόνο θα συναντηθούν από τη στιγμή που ξεκίνησε το Α και σε ποια απόσταση απ' αυτό;

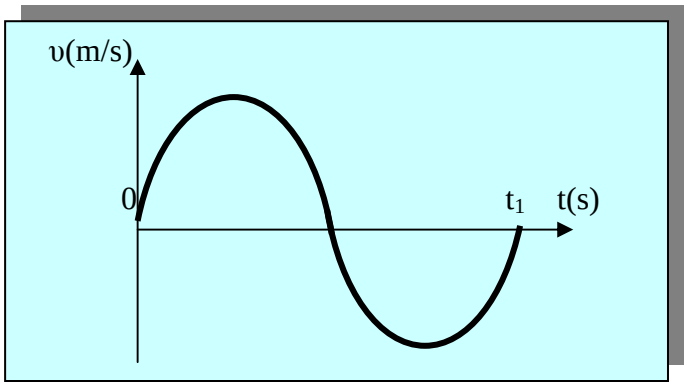
9) Το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου υ(t) για ένα κινητό είναι αυτό του διπλανού σχήματος. Να γίνει το διάγραμμα θέσεως – χρόνου x(t) αν για t_0=0 s είναι x_0=0m.



10)Για δυο κινητά (Α) και (Β) οι ταχύτητες μεταβάλλονται όπως στο σχήμα:
α) Ποια χρονική στιγμή έχουν την ίδια ταχύτητα;
β)Πόσο απέχουν τότε μεταξύ τους;



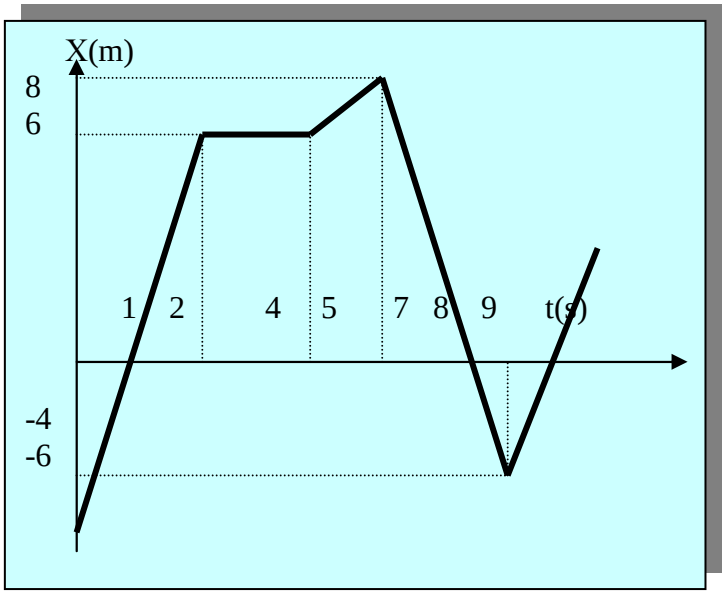
11) Για τη μεταβαλλόμενη κίνηση του διπλανού σχήματος και για το χρονικό διάστημα από 0 έως t_1 (s) ποια είναι η μέση ταχύτητα του κινητού**;**



12)Ένα σώμα κινείται στον άξονα των x έτσι, ώστε η θέση του κάθε στιγμή να δίνεται από τη σχέση $\mathbf{x=5t^2+1}$, x(m) , t(s). Υπολογίστε τη $υ_μ$ για

α) $t_1=2s$ & $t_2=3s$
β) $t_1=2s$ & $t_2=2,1s$
γ) $t_1=2s$ & $t_2=2,00001s$
δ) Μπορείτε να προβλέψετε τη στιγμιαία ταχύτητα τη χρονική στιγμή t=2s;

13) Η θέση ενός κινητού σαν συνάρτηση του χρόνου φαίνεται στο σχήμα. Δείξτε:
α) Σε ποια χρονικά διαστήματα η κίνηση γίνεται στη θετική και σε ποια στην αρνητική κατεύθυνση του άξονα x΄x;
β) Πότε το κινητό κινείται με σταθερή ταχύτητα και πότε ηρεμεί;
γ)Πότε το κινητό περνάει από την αρχή των αξόνων και
δ)Παραστήστε γραφικά την ταχύτητα σαν συνάρτηση του χρόνου.



14)Ένας αθλητής θέλει να διανύσει μια απόσταση s=3000m σε χρόνο t=8min. Για χρόνο t_1=6min τρέχει με σταθερή ταχύτητα υ=5m/s. Με πόση ταχύτητα πρέπει να τρέξει στη συνέχεια για να διανύσει την υπόλοιπη απόσταση σε 2 min;

15)Ένα αυτοκίνητο περνάει μπροστά από τον παρατηρητή Π, με σταθερή ταχύτητα $υ_1$=20m/s. Μετά από χρόνο Δt=10sec περνάει ένα περιπολικό με ταχύτητα $υ_2$=30m/s. Να βρείτε μετά από πόσο χρόνο θα συναντηθούν και σε πόση απόσταση από τον παρατηρητή Π;

16)Αν η μετατόπιση για δυο κινητά που κινούνται στην ίδια ευθεία είναι x_1=t και x_2=2t-6 να βρείτε ποια χρονική στιγμή θα ανταμώσουν και σε πόση απόσταση από την αρχή Ο των συντεταγμένων;

17)Δυο κινητά (Α) και (Β) που απέχουν απόσταση s=500m αρχίζουν να κινούνται με ταχύτητες $υ_A$=15m/s και $υ_B$=10m/s. Ένα τρίτο κινητό (Γ) που βρίσκεται μεταξύ των (Α) και (Β) ξεκινάει να κινείται ταυτόχρονα με ταχύτητα

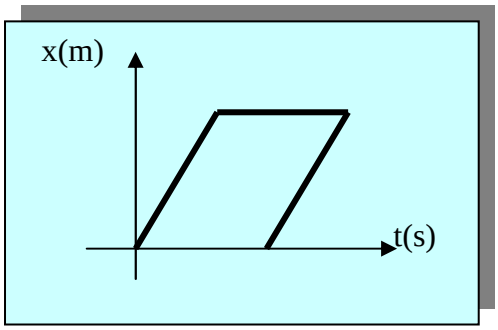
$υ_Γ$=50m/s από το (Α) στο (Β) και ξανά στο (Α), συνέχεια, μέχρι τα τρία σώματα να συναντηθούν. Πόσο διάστημα διήνυσε τότε κάθε κινητό αν τα (Α) και (Β)
α)κινούνται με αντίθετη φορά
β)κινούνται με την ίδια φορά;

18)Δυο ποδηλάτες ξεκινούν ταυτόχρονα από το ίδιο σημείο (Μ) και κινούνται αντίθετα κατά μήκος ευθύγραμμου δρόμου με ταχύτητες $υ_A$ και $υ_B$. Μετά από χρόνο t_1=150 s ο (Α) συναντά ένα φορτηγάκι που κινείται αντίθετα προς το (Μ) με σταθερή ταχύτητα $υ_1$=15m/s. Το φορτηγάκι σταματάει και παίρνει τον ποδηλάτη σε χρόνο Δt=50 s και επιστρέφουν μαζί στο (Μ) μετά από χρόνο t_2=100 s. Στη συνέχεια συναντούν το (Β) αφού διανύσουν απόσταση s=3000m από το (Μ). Να υπολογιστούν οι ταχύτητες $υ_A$ και $υ_B$ των δυο ποδηλατών.

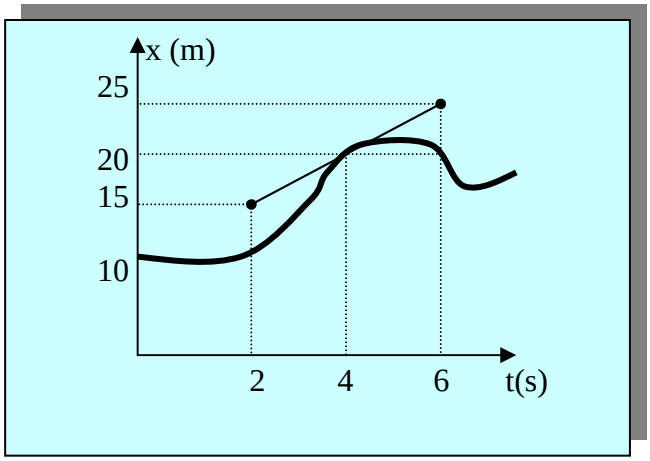
19)Δυο δρομείς ξεκινούν να τρέχουν από το ίδιο σημείο (Ο), με αντίθετες φορές σε ευθύγραμμο δρόμο, με διαφορά χρόνου Δt=5 s. Ο δρομέας (Α) συναντάει μετά από χρόνο t_1=50 s μοτοσικλέτα που κινείται αντίθετα προς το (Ο) με ταχύτητα $υ_1$=30m/s, η οποία φτάνει στο (Ο), μετά από χρόνο t_2=15sec. Στη συνέχεια και αφού διανύσει διάστημα s=600m, συναντάει τον (Β). Να υπολογιστούν οι ταχύτητες $υ_A$ και $υ_B$ των δυο δρομέων.

20)Ένας μοτοσικλετιστής ξεκινάει από την πόλη (Α) για να πάει στην πόλη (Β). Στην αρχή κινείται με $υ_1$=80Km/h μέχρι το μισό της διαδρομής και ύστερα διανύει την υπόλοιπη διαδρομή με $υ_2$=120Km/h. Έτσι φτάνει στην πόλη (Β) κατά 20min νωρίτερα απ' ότι θα έφτανε να κινούταν σε όλη τη διαδρομή με $υ_1$. Να βρεθούν:
α)η απόσταση των δυο πόλεων και
β)η μέση ταχύτητα του μοτοσικλετιστή.

21)Είναι δυνατόν η γραφική παράσταση της διαδρομής ενός αυτοκινήτου που δίνεται στο σχήμα, να παριστάνει πραγματική περίπτωση; Εξηγήστε.



22)α) Να βρείτε τη στιγμιαία ταχύτητα του κινητού τη χρονική στιγμή t=4 s.
β)Πόση είναι η μέση ταχύτητα για τα πρώτα 6 s της κίνησης;



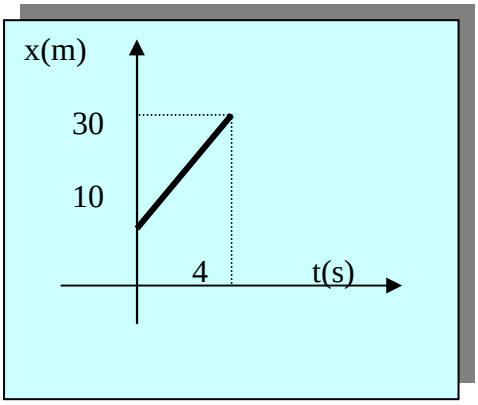
23)Ένα τρένο τρέχει με ταχύτητα $υ_1$=80 Km/h, για t_1=0,5h, ύστερα με $υ_2$=40 Km/h για t_2=0,6h και τέλος με $υ_3$=100 Km/h για t_1=0,9h.Να βρείτε τη μέση ταχύτητά του.

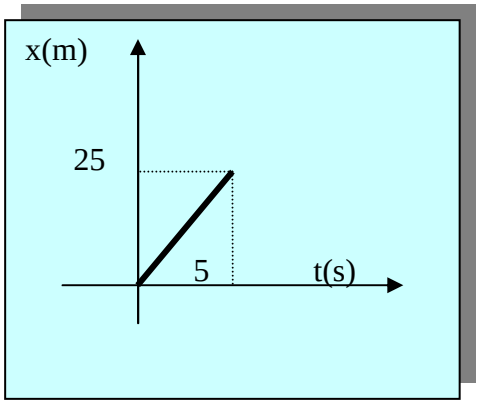
24)Ένας άνθρωπος πηγαίνει με σταθερή ταχύτητα υ ως τη γωνία του δρόμου, για να ταχυδρομήσει ένα γράμμα και επιστρέφει με την ίδια σταθερή ταχύτητα. Να σχεδιάσετε τα διαγράμματα της x(t) και της υ(t).

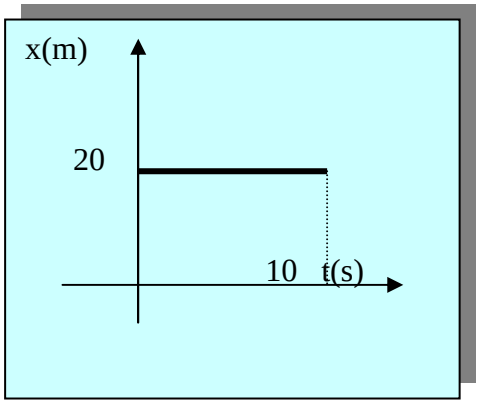
25)Αθλητής κινείται με σταθερή ταχύτητα υ κάθετη σε κατακόρυφο τοίχο. Τη στιγμή που απέχει απόσταση S απ' αυτόν πετάει ένα μπαλάκι με ταχύτητα $υ_1$=10m/sec το οποίο συγκρούεται ελαστικά με τον τοίχο και επιστρέφει σ'

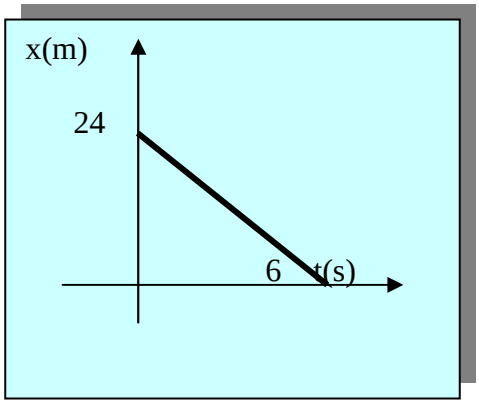
αυτόν, αφού ο αθλητής, έχει διανύσει τα $\frac{2}{3}$ της απόστασης S. Να βρείτε την ταχύτητα υ του αθλητή.

26)Από τα παρακάτω διαγράμματα θέσεως χρόνου να υπολογιστεί η ταχύτητα του κινητού και να κατασκευάσετε τα αντίστοιχα διαγράμματα ταχύτητας χρόνου υ(t).

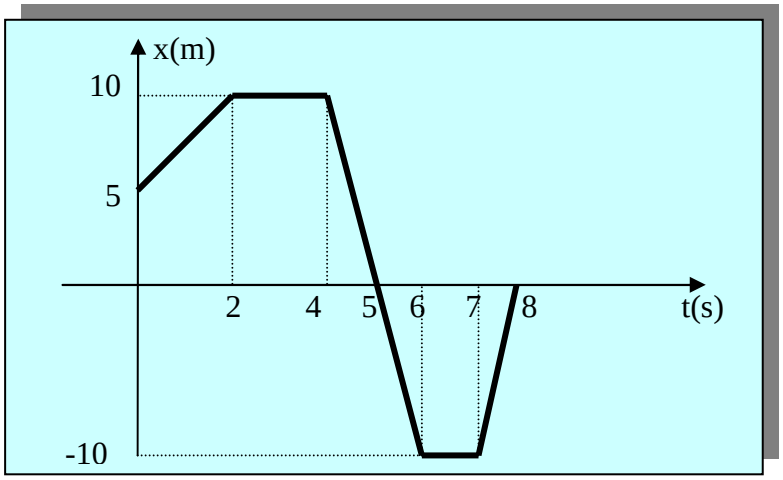




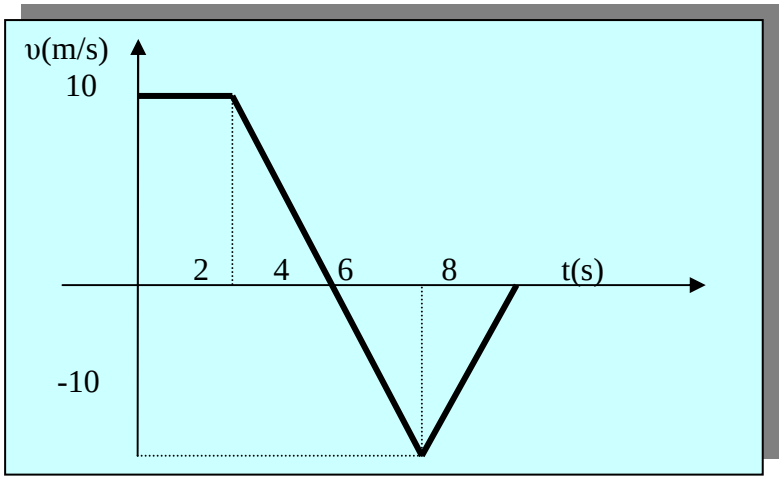




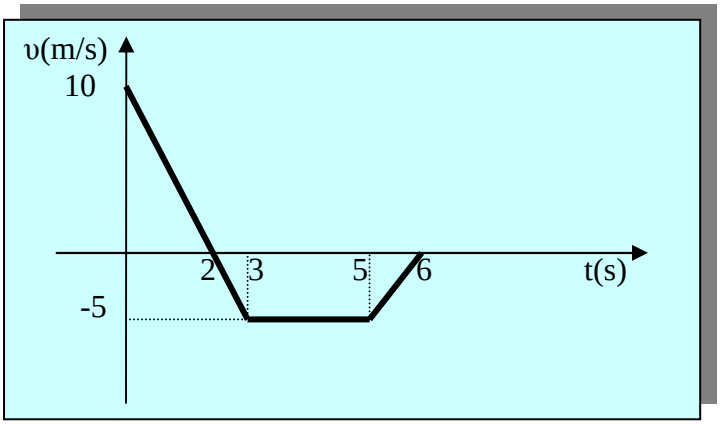
27)Να υπολογιστεί η ταχύτητα του κινητού για κάθε χρονικό διάστημα Δt από το παρακάτω διάγραμμα θέσεως χρόνου και να γίνει η γραφική παράσταση της υ(t).

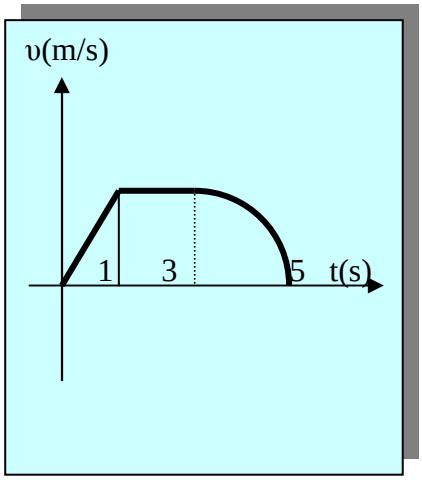


28)Να υπολογιστεί η συνολική μετατόπιση του κινητού από το παρακάτω διάγραμμα ταχύτητας χρόνου.



29) Να υπολογιστεί η συνολική μετατόπιση του κινητού από τα παρακάτω διαγράμματα ταχύτητας χρόνου.





30)Ένα φορτηγό αυτοκίνητο μήκους 10m που κινείται στην εθνική οδό, με σταθερή ταχύτητα υ=16m/s, περνά από ένα τούνελ, μήκους s=390m. Για πόσο χρόνο τμήματα του φορτηγού θα βρίσκονται μέσα στο τούνελ;

31)Ένα αυτοκίνητο μήκους s=4m περνά από γέφυρα μήκους λ=152m, με σταθερή ταχύτητα υ=13m/s. Πόσο χρόνο θα χρειαστεί το αυτοκίνητο για να περάσει από τη γέφυρα;

32)1.Ένα αυτοκίνητο μήκους λ_1=5m, κινείται στην εθνική οδό με σταθερή ταχύτητα $υ_1$=108Km/h και θέλει να προσπεράσει ένα λεωφορείο μήκους λ_2=20m, που κινείται στην ίδια διεύθυνση με σταθερή ταχύτητα $υ_2$=72Km/h. Πόσο χρόνο θα διαρκέσει η προσπέραση;
2. Στη συνέχεια καθώς κινείται στην εθνική βλέπει από απέναντι σε απόσταση S=125m, να έρχεται ένα όμοιο λεωφορείο, με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα. Για πόσο χρόνο οι επιβάτες του λεωφορείου που κάθονται στη γαλαρία, θα βλέπουν το αυτοκίνητο;

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Αν η μέση ταχύτητα ($\vec{u}_μ$) είναι ίδια για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα (Δt), τότε συμπίπτει με τη στιγμιαία ταχύτητα και λέμε ότι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα. **( )**

2)Κάθε κίνηση με σταθερή ταχύτητα υ λέγεται ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. **( )**

3)Η εξίσωση κίνησης στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι $x=ut^2$. **( )**

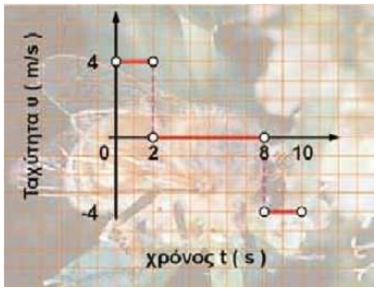
4)Η ταχύτητα ενός σημειακού αντικειμένου μια ορισμένη χρονική στιγμή της κίνησης ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της θέσης κατά τη στιγμή εκείνη. **( )**

5)Το μέτρο της ταχύτητας μας πληροφορεί για το πόσο γρήγορα ή αργά κινείται το αντικείμενο ενώ η κατεύθυνση μας πληροφορεί για το προς τα πού κινείται το αντικείμενο εκείνη τη στιγμή. **( )**

6)Η ταχύτητα μεταβάλλεται μόνο όταν αλλάζει το μέτρο της. **( )**

7) Η ακινησία ή η ηρεμία σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς μπορεί να θεωρηθεί ως ομαλή κίνηση με ταχύτητα υ = 0. Σ' αυτή την περίπτωση, το διάγραμμα της ταχύτητας συμπίπτει με τον άξονα του χρόνου. **( )**

8) Το διπλανό διάγραμμα ταχύτητας χρόνου αναφέρεται σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.
( )



Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1)Η εξίσωση κίνησης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι
α) x=υ·t
β)υ=σταθ.
γ)α=σταθ.
δ)x=υ·t^2

2)Το μέτρο της ταχύτητας ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση δίνεται από τη σχέση:
α) $υ_μ$= σταθερή
β) $υ_μ=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ = σταθερή
γ) $υ_μ=\lambda im_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t}$
δ) $υ_μ$=Δx·t

3)Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
α) η ταχύτητα του σώματος αυξάνεται
β) το μέτρο της ταχύτητας είναι σταθερό
γ) ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας είναι σταθερός
δ) υ=x·t

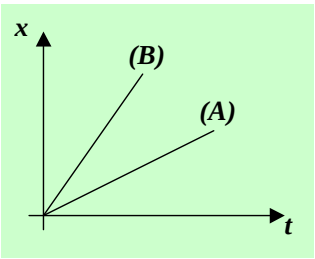
4)Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
α)Η γραφική παράσταση θέσεως χρόνου είναι μια ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων
β) Η γραφική παράσταση θέσεως χρόνου είναι μια ευθεία που μπορεί να περνάει ή όχι από την αρχή των αξόνων
γ) Σε οποιαδήποτε ίσα χρονικά διαστήματα οι επιμέρους μετατοπίσεις διαφέρουν
δ)Η γραφική παράσταση θέσεως χρόνου είναι μια παραβολή

5) Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι
α) μια ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου,
β) μια ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων,
γ) μια παραβολή,
δ)ένα σημείο.

6) Όταν το σώμα είναι ακίνητο,
α) η ταχύτητά του είναι σταθερή.
β) το διάγραμμα θέσης-χρόνου είναι ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα των χρόνων.
γ) το διάγραμμα θέσης-χρόνου συμπίπτει πάντα με τον άξονα του χρόνου.
δ) η μετατόπισή του είναι θετική.

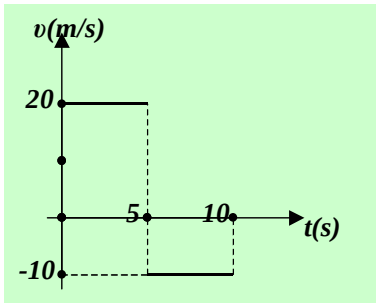
7)Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση
α) $\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t}$
β) $\upsilon=\Delta x.\Delta t$
γ) Η ταχύτητα είναι μονόμετρο μέγεθος
δ) Η ταχύτητα έχει μονάδα μέτρησης το 1Km/h στο S.I

8)α)Η ταχύτητα του κινητού Α είναι μεγαλύτερη απ' αυτή του Β
β) Η ταχύτητα του κινητού Β είναι μεγαλύτερη απ' αυτή του Α
γ)Δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τις ταχύτητες
δ)οι κινήσεις των Α και Β είναι μεταβαλλόμενες

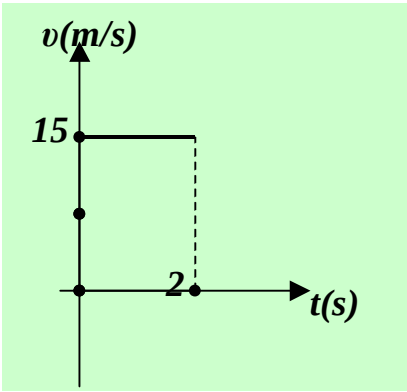


9)Αν ένα κινητό εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με x=-10+5t τότε
α) x_0=-10m υ=5m/s t_0=0
β) x_0=5m υ=-10m/s
γ) x_0=-10m $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$=5m/s^2
δ) x_0=-10m t_0=5s

10)Για ένα κινητό που εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση η ταχύτητα μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα:
α) Η συνολική μετατόπιση του κινητού είναι 0
β)Το κινητό κινείται αρχικά για 5s προς το θετικό ημιάξονα και στη συνέχεια για άλλα 5s κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα
γ) η μέση ταχύτητα του κινητού είναι 2,5m/s
δ)Αν x_0=0 τότε η τελική θέση του κινητού είναι x=100m.



11)Ένα κινητό εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση για την οποία η ταχύτητα μεταβάλλεται όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα:
α) Η κίνηση είναι μεταβαλλόμενη
β) Η συνολική μετατόπιση του κινητού είναι 30m
γ) η τελική θέση του κινητού είναι x=30m
δ)Το κινητό κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα



12)Κινητό κινείται ευθύγραμμα και ομαλά όταν:
α) υ=σταθ.
β) $\vec{\upsilon}$ =σταθ.
γ) x=σταθ.
δ) $\vec{x}$ =σταθ.

13)Η μετατόπιση ενός κινητού είναι:
α) μονόμετρο μέγεθος
β) αριθμητικό μέγεθος
γ) διανυσματικό μέγεθος
δ) τίποτα από τα παραπάνω

14) Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η μετατόπιση του κινητού είναι:
α) αντιστρόφως ανάλογη της ταχύτητας
β) ανάλογη της ταχύτητας
γ) ανάλογη με τη φορά της κίνησης
δ) αντιστρόφως ανάλογο του χρόνου κίνησης.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με τη χρήση μαθηματικών σύμβολων γράφουμε: $\vec{υ}$= ……=σταθερή

)Κάθε κίνηση με σταθερή ταχύτητα λέγεται …….. ……. …….

3)Σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα (x,t) θα είναι ……. ……..…..εφόσον η σχέση είναι πρωτοβάθμια.

4) Αν υ= σταθερό, προκύπτει ότι σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση οι μετατοπίσεις είναι …….με τα χρονικά διαστήματα μέσα στα οποία πραγματοποιούνται.

5)Η ταχύτητα ενός σημειακού αντικειμένου μια ορισμένη χρονική στιγμή της κίνησης ορίζεται ως ο ρυθμός …… της …….. εκείνη τη στιγμή . Υπολογίζεται από την τιμή στην οποία τείνει η μέση ταχύτητα όταν η χρονική διάρκεια μέτρησης τείνει στο …….

6) Η μετατόπιση ενός υλικού σημείου δίνεται από τη σχέση Δx=…….

7) Μια κίνηση ονομάζεται μεταβαλλόμενη αν είτε το ……είτε η ……..ή και τα δυο μεταβάλλονται.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΔΥΝΑΜΕΙΣ

3.1 Η έννοια της δύναμης

1. Πότε δυο σώματα αλληλεπιδρούν;

Δυο σώματα αλληλεπιδρούν, όταν **ασκούν δυνάμεις** το ένα στο άλλο. Όπως η κίνηση έτσι και η αλληλεπίδραση αποτελεί ένα γενικό χαρακτηριστικό της ύλης.

2. Τι ονομάζουμε δύναμη;

Δύναμη ονομάζουμε την αιτία που προκαλεί:

1. **μεταβολή στην ταχύτητα** των σωμάτων στα οποία ασκείται.

2. **παραμόρφωση** των σωμάτων στα οποία ασκείται.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

α. Οι δυνάμεις εμφανίζονται **πάντοτε ανά δυο** μεταξύ δυο σωμάτων. Αυτό είναι ένα *κοινό χαρακτηριστικό* όλων των δυνάμεων. Έτσι λέμε ότι δυο σώματα αλληλεπιδρούν. *Για παράδειγμα, το οδόστρωμα ασκεί δύναμη στα ελαστικά των αυτοκινήτων και τα ελαστικά στο οδόστρωμα, ο ήλιος στη γη και η γη στον ήλιο.*

β. Αυτό το οποίο αντιλαμβανόμαστε είναι **τα αποτελέσματα** των δυνάμεων και όχι τις ίδιες τις δυνάμεις. *Είναι λοιπόν φανερό ότι μια δύναμη γίνεται αισθητή από τα αποτελέσματα που προκαλεί.*

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

1. Δύναμη και αλλαγή της κινητικής κατάστασης:



α. Ένα παιδί μέσω ενός σχοινιού εξασκεί δύναμη σε μια ακίνητη βάρκα. Η βάρκα αρχίζει να κινείται, **η ταχύτητα της βάρκας *μεταβάλλεται (αυξάνεται)*.**

β. Αφήνουμε μια πέτρα από κάποιο ύψος να πέσει. Μόλις η πέτρα φθάσει στο έδαφος το έδαφος ασκεί δύναμη στην πέτρα και αυτή σταματά. **Η ταχύτητα της πέτρας *μεταβάλλεται (μειώνεται)*.**

γ. Ο τερματοφύλακας, για να αλλάξει την πορεία της μπάλας που κατευθύνεται προς το τέρμα του, χτυπάει τη μπάλα δυνατά με το χέρι του. Λέμε ότι το χέρι ασκεί δύναμη στην μπάλα και **η ταχύτητα της μπάλας *μεταβάλλεται*.**

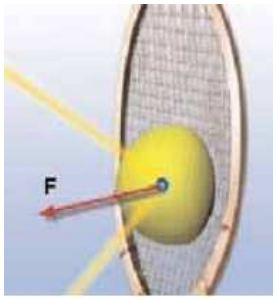
2. Δύναμη και παραμόρφωση των σωμάτων:

α. Όταν φυσάει ο άνεμος τότε ασκεί δύναμη στα πανιά και τα πανιά του ιστιοφόρου «φουσκώνουν»-**παραμορφώνονται**.

β. Κρατάμε στα χέρια μας ένα κομμάτι πλαστελίνης και το πιέζουμε. Το χέρι μας ασκεί δύναμη στην πλαστελίνη και η πλαστελίνη **παραμορφώνεται**.

γ. Τραβάμε ένα ελατήριο ασκώντας δύναμη με το χέρι μας και το επιμηκύνουμε. Το ελατήριο **παραμορφώνεται**.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:



1. Πολλές φορές μια δύναμη προκαλεί και τα δύο αποτελέσματα **ταυτόχρονα.** Για παράδειγμα, όταν χτυπάμε με τη ρακέτα ένα μπαλάκι του τένις, το μπαλάκι παραμορφώνεται και η ταχύτητα του μεταβάλλεται.

2.*Ποιες παραμορφώσεις σωμάτων ονομάζονται ελαστικές και ποιες πλαστικές;*

Πλαστικές *ονομάζονται οι παραμορφώσεις στις οποίες μεταβάλλεται μόνιμα το σχήμα του σώματος, ενώ*
ελαστικές *είναι οι παραμορφώσεις στις οποίες το σώμα παίρνει το αρχικό του σχήμα όταν πάψει να εξασκείται η αιτία που το έχει μεταβάλλει.*

3. Πως συμβολίζεται μια δύναμη; Και ποια είναι η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I;

Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα F. (Force)

Η μονάδα δύναμης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **1 N** (Newton-Νιούτον).

4. Τι μέγεθος είναι η δύναμη; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα;

Η δύναμη εκτός από μέτρο έχει και κατεύθυνση.

Έτσι το αποτέλεσμα μιας δύναμης (η μεταβολή της ταχύτητας ή η παραμόρφωση ενός σώματος) εξαρτάται όχι μόνο από το μέτρο της αλλά και από την κατεύθυνση στην οποία ασκείται η δύναμη. Επομένως, είναι **διανυσματικό μέγεθος** και θα την παριστάνουμε με ένα βέλος που έχει την κατεύθυνση της δύναμης.

Το **σημείο εφαρμογής** του διανύσματος που παριστάνει τη δύναμη, είναι το σημείο του σώματος, στο οποίο ασκείται. Αν ένα σώμα θεωρηθεί υλικό σημείο, τότε το σημείο εφαρμογής της δύναμης ταυτίζεται με αυτό.

Το **μέτρο της δύναμης** ισούται με το μήκος του διανύσματος, αν αυτό σχεδιαστεί με κατάλληλη κλίμακα. Εάν διαλέξουμε 1 cm να αντιστοιχεί σε 1 N, τότε η δύναμη 8 N παριστάνεται από διάνυσμα μήκους 8 cm. Άρα:

Η δύναμη είναι **διανυσματικό** μέγεθος και τα χαρακτηριστικά της γνωρίσματα είναι το **μέτρο**, η **διεύθυνση** και η **φορά (κατεύθυνση)** και το **σημείο εφαρμογής** της.

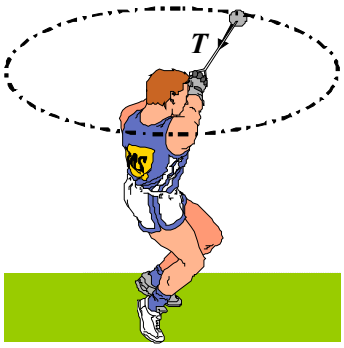
5. Από τι εξαρτάται το αποτέλεσμα μιας δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα;

Το αποτέλεσμα μιας δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα εξαρτάται τόσο από την **τιμή** της όσο και από την **κατεύθυνσή** της, καθώς και από τα **χαρακτηριστικά του σώματος**.

6. Ποιες κατηγορίες δυνάμεων γνωρίζετε;

Α. Δυνάμεις επαφής: Είναι οι δυνάμεις που ασκούνται κατά την επαφή δυο σωμάτων.

Τέτοιες είναι:
α. Οι δυνάμεις που ασκούν τα τεντωμένα σχοινιά ή νήματα και τα ελατήρια. Αυτή δύναμη ονομάζεται τάση (Τ) του σχοινιού ή του ελατηρίου. Τέτοια είναι η δύναμη που ασκεί ο αθλητής μέσω του νήματος στη σφαίρα του σχήματος.

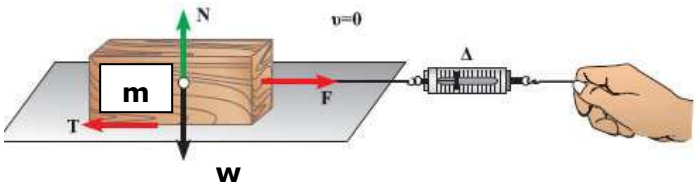


β. Οι δυνάμεις που ασκούνται κατά τη σύγκρουση δυο σωμάτων.

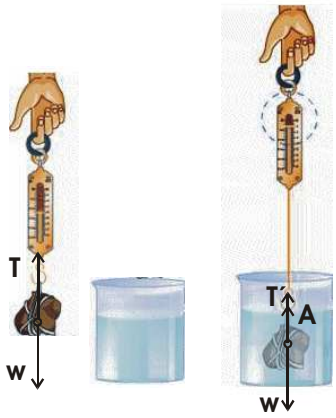


γ. Η κάθετη αντίδραση (N ή F_N) που ασκεί μια επιφάνεια πάνω σ' ένα σώμα που στηρίζεται σ' αυτή.

δ. Η δύναμη της τριβής (Τ).



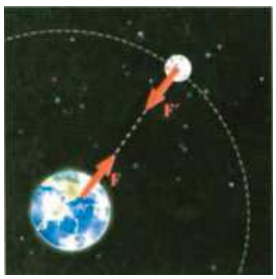
δ. Η δύναμη που ασκούν τα υγρά στα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει ή στα σώματα που βρίσκονται μέσα σε αυτά (άνωση Α).



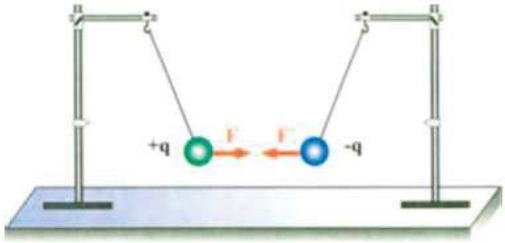
Οι δυνάμεις από επαφή που ασκούνται σε ένα σώμα είναι τόσες όσα είναι τα σώματα με τα οποία αυτό έρχεται σε επαφή.

Β. Δυνάμεις από απόσταση (επαγωγής)

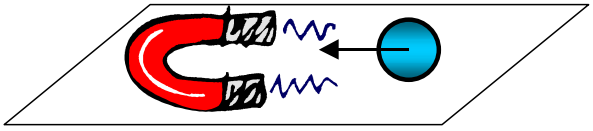
Τέτοιες είναι:
α. Η βαρυτική δύναμη ή βάρος ενός σώματος (w) . Στο διπλανό σχήμα «βλέπουμε» τη βαρυτική αλληλεπίδραση Γης - Σελήνης.



β. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ($F_{ηλ}$)
Στο διπλανό σχήμα δυο ηλεκτρικά φορτία έλκονται.



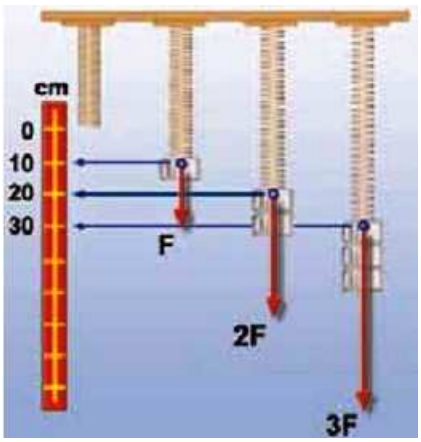
γ. Οι μαγνητικές δυνάμεις (F). Στο διπλανό σχήμα ο μαγνήτης έλκει τη μεταλλική σφαίρα από απόσταση.



7. Να αναφέρετε το νόμο του Hook για τις ελαστικές παραμορφώσεις.

«Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες προς τις αιτίες (δυνάμεις) που τις προκαλούν».

Έτσι εφαρμόζοντας **διπλάσια** και **τριπλάσια δύναμη** σ' ένα ελατήριο, η επιμήκυνση του ελατηρίου **διπλασιάζεται** και **τριπλασιάζεται**, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Αυτό σημαίνει ότι:

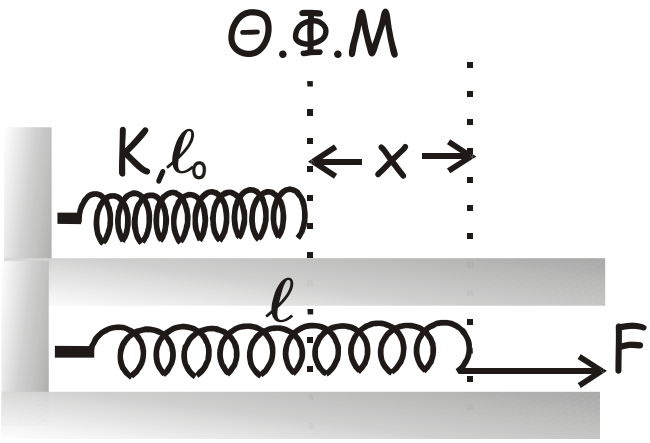


Η επιμήκυνση ενός ελατηρίου είναι ανάλογη με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό. Μαθηματικά η παραπάνω πρόταση διατυπώνεται με τη σχέση:

$F=K\cdot x$ (Νόμος του Hook)

Την παραπάνω ιδιότητα των ελατηρίων την εκμεταλλευόμαστε για την κατασκευή οργάνων μέτρησης δυνάμεων: των δυναμόμετρων

8. Τι παριστάνει το σύμβολο Κ στο νόμο του Hook;



Το σύμβολο Κ παριστάνει ένα μέγεθος χαρακτηριστικό της σκληρότητας του ελατηρίου που ονομάζεται «σταθερά του ελατηρίου». Έτσι όσο πιο **σκληρό** είναι ένα ελατήριο τόσο **μεγαλύτερη** είναι η σταθερά Κ, ενώ όσο πιο **μαλακό** είναι αυτό τόσο **μικρότερη** είναι η σταθερά του Κ.

Η σταθερά Κ εξαρτάται από τη φύση (υλικό) και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ελατηρίου (μήκος, πάχος κ.λπ.) και x είναι η μεταβολή του μήκους του Δℓ σε σχέση με το φυσικό μήκος ℓ_0 του ελατηρίου. Ισχύει $x=\Delta\ell=\ell-\ell_0$, όπου ℓ είναι το τελικό μήκος του ελατηρίου.

Φυσικό μήκος (ℓ_0)του ελατηρίου ονομάζουμε το μήκος που έχει το ελατήριο όταν είναι απαραμόρφωτο. Δηλαδή όταν δεν είναι ούτε επιμηκυμένο ούτε συμπιεσμένο.

Η μονάδα μέτρησης της σταθεράς Κ του ελατηρίου στο S.I είναι το 1N/m.

9. Πως μπορούμε να μετρήσουμε μια δύναμη με το νόμο του Hook;

Μπορούμε να πούμε ότι τα παραμορφωτικά αποτελέσματα των δυνάμεων μας βοηθούνε να τις υπολογίσουμε. Έτσι χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο ελατήριο μπορούμε να βασιστούμε στο νόμο του Hook για να κατασκευάσουμε ένα δυναμόμετρο. Στη συνέχεια το βαθμολογούμε βάση των επιμηκύνσεων που προκαλούν γνωστά βάρη, τα οποία κρεμάμε από το άκρο του. Έτσι με το

δυναμόμετρο που κατασκευάσαμε μπορούμε στη συνέχεια να υπολογίζουμε το μέτρο μιας άγνωστης δύναμης.

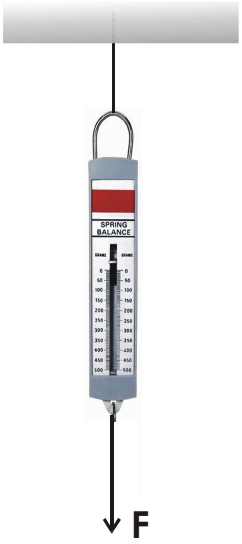
Λυμένες ασκήσεις

1. Σ' ένα δυναμόμετρο εξασκούμε διαδοχικά κατακόρυφες δυνάμεις (F) όπως φαίνεται στο σχήμα και αυτό επιμηκύνεται. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω ημισυμπληρωμένος πίνακας.

Επιμήκυνση x: (cm)	2		9	12	20
Δύναμη F: (N)		25			100

α) Να υπολογίσετε τη σταθερά Κ του ελατηρίου του δυναμόμετρου.
β) Να συμπληρώσετε τον πίνακα.
γ) Να κάνετε το διάγραμμα της δύναμης F που επιμηκύνει το δυναμόμετρο σε συνάρτηση με την επιμήκυνση x.
δ) Να υπολογίσετε την κλίση της γραφικής παράστασης. Τι παρατηρείτε;

Λύση:



α) Σύμφωνα με το Νόμο του Hook η επιμήκυνση ενός ελατηρίου είναι ανάλογη με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό δηλαδή ισχύει η σχέση: $F=K\cdot x$.
Από τις τιμές του πίνακα παρατηρούμε πως όταν στο δυναμόμετρο (ελατήριο) εξασκήσουμε δύναμη F=100N, τότε η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι x=20cm. Τότε έχουμε:

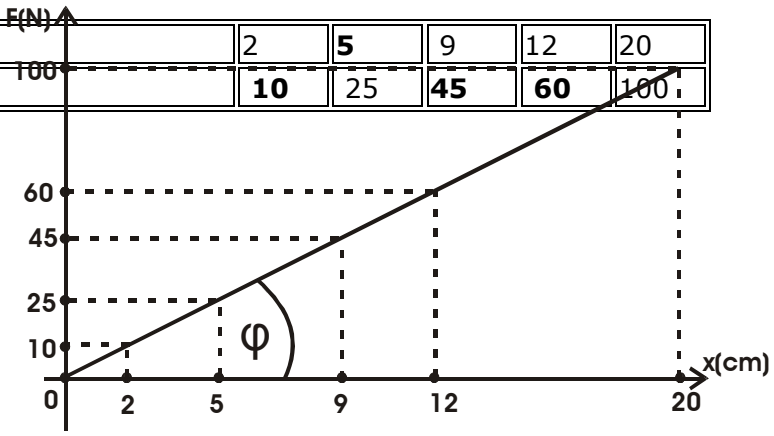
$F=K\cdot x$ ή $K=\frac{F}{x}=\frac{100}{20}=5N/cm$ ή $500N/m$.

β) Από το νόμο του Hook και για K=5N/cm έχουμε:
Για επιμήκυνση x=2 cm, δύναμη $F=K\cdot x=5\cdot 2=10N$.
Παρόμοια για επιμήκυνση x=9 cm, δύναμη $F=K\cdot x=5\cdot 9=45N$ και για x=12 cm, δύναμη $F=K\cdot x=5\cdot 12=60N$.

Ακόμη για δύναμη F=25N είναι $x=\frac{F}{K}=\frac{25}{5}=5cm$.

Τελικά προκύπτει ο παρακάτω συμπληρωμένος πίνακας.

Επιμήκυνση (cm)	2	**5**	9	12	20
Δύναμη F (N)	**10**	25	**45**	**60**	100



γ) Από τη σχέση που περιγράφει το νόμο του Hook, F=K·x συμπεραίνουμε ότι η δύναμη και η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ποσά ανάλογα, οπότε η γραφική παράσταση είναι μια ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων.

Έτσι προκύπτει το διάγραμμα F(x) που φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

δ) Επιλέγοντας ένα οποιοδήποτε ζευγάρι τιμών από τη γραφική παράσταση π.χ το x=12cm και F=60N προκύπτει ότι εφφ=$\frac{60}{12}$ =5. Παρατηρούμε ότι ακριβώς αυτή είναι και η τιμή της σταθεράς Κ του ελατηρίου. Άρα συμπεραίνουμε ότι

εφφ=$\frac{F}{x}$=K=5N/cm ή 500N/m.

2. Ένα ελατήριο επιμηκύνεται $x_1=5$ cm όταν ασκείται πάνω του μια δύναμη $F_1=20$ N.
α) Να βρείτε τη σταθερά Κ του ελατηρίου.
β) Πόσο θα επιμηκυνθεί αυτό αν του ασκηθεί η τριπλάσια δύναμη;
γ) Ποια δύναμη F_2 πρέπει να ασκηθεί ταυτόχρονα με την F_1 για να αυξηθεί το φυσικό μήκος του ελατηρίου κατά x=8 cm;

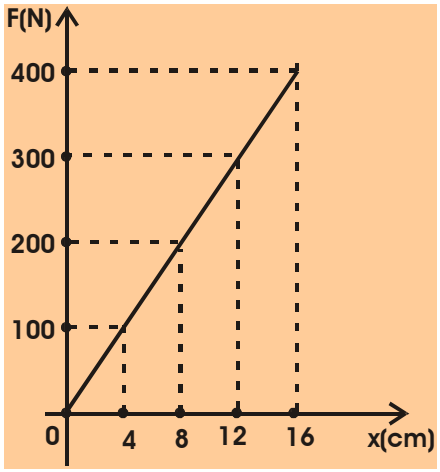
Λύση:

α) Σύμφωνα με το Νόμο του Hook ισχύει η σχέση: $F_1=K\cdot x_1$.
Όταν στο ελατήριο εξασκήσουμε δύναμη $F_1=20N$, τότε η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι $x_1=5cm$. Τότε έχουμε, $F=K\cdot x$ ή $K=\frac{F_1}{x_1}=\frac{20}{5}=4N/cm$ ή $400N/m$.

β) Για $F=3\cdot F_1=60N$ προκύπτει από το Νόμο του Hook ότι $x=\frac{F}{K}=\frac{60}{4}=15cm$.
Παρατηρούμε λοιπόν πως όταν τριπλασιάζεται η δύναμη τότε τριπλασιάζεται και η επιμήκυνση του ελατηρίου.

γ) Όταν στο ελατήριο ασκείται δύναμη $F_1=20N$ τότε αυτό επιμηκύνεται κατά $x_1=5cm$. Για να επιμηκυνθεί επιπλέον το ελατήριο κατά $x_2=x-x_1=8-5=3cm$, θα πρέπει να του ασκηθεί μια επιπλέον δύναμη $F_2=K\cdot x_2=400\cdot 0,03=12N$.

3. Το διάγραμμα του διπλανού σχήματος δείχνει πως μεταβάλλεται η επιμήκυνση ενός ελατηρίου σε συνάρτηση με τη δύναμη που ασκείται σε αυτό. Να υπολογίσετε:
α) Τη σταθερά Κ του ελατηρίου.
β) Την επιμήκυνση του ελατηρίου για F=340N.
γ) Τη δύναμη F για την οποία η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι 11cm.



Λύση:

α) Σύμφωνα με το Νόμο του Hook ισχύει η σχέση: F=K·x.
Όταν στο ελατήριο εξασκήσουμε δύναμη F=100N, τότε η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι x=4cm. Τότε έχουμε, F=K·x ή $K=\frac{F}{x}=\frac{100}{4}$=25N/cm ή 2.500N/m.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Και για οποιοδήποτε άλλο ζευγάρι τιμών δύναμης επιμήκυνσης (F,x) από το νόμο του Hook θα βρίσκαμε το ίδιο αποτέλεσμα για τη σταθερά Κ του ελατηρίου.

β) Για F=340N, έχουμε F=K·x ή $x=\frac{340}{25}$=13,6 cm.

γ) Για x=11 cm, έχουμε F=K·x ή F=25·11=275 N.

Ασκήσεις

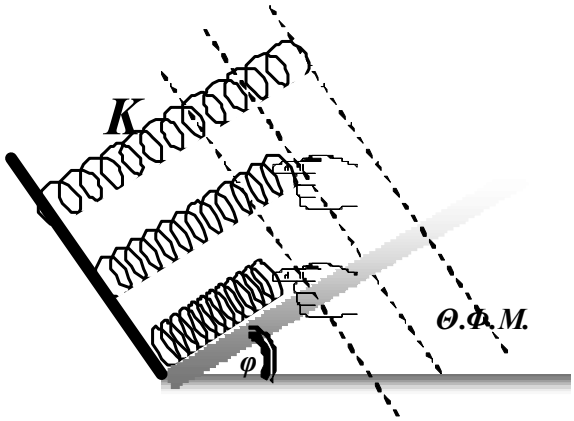
1) Σε ελατήριο σταθεράς K=160N/m και φυσικού μήκους λ_0=38cm, εξασκούμε μέγιστη δύναμη F_{max}=64N παράλληλη στον άξονα του ελατηρίου. Να υπολογίσετε:
α) Τη μέγιστη επιμήκυνση x_{max} του ελατηρίου και
β) το τελικό μήκος L του ελατηρίου.

2) Δυο οριζόντια ελατήρια με σταθερές K_1=800N/m και K_2=200N/m βρίσκονται αρχικά στις θέσεις φυσικού τους μήκους.
Να υπολογιστεί ο λόγος των επιμηκύνσεών τους αν ασκηθεί σε αυτά κατάλληλα η ίδια οριζόντια δύναμη F.

3) Οριζόντιο ελατήριο σταθεράς K=500N/m έχει φυσικό μήκος ℓ_0=15cm. Αν ασκήσουμε στο ελατήριο συνολική οριζόντια δύναμη F, τότε αυτό επιμηκύνεται και το μήκος του γίνεται ℓ=28cm. Να υπολογιστεί η δύναμη F.

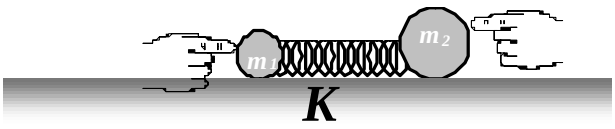
4) Ένα σώμα είναι δεμένο στη μια άκρη ελατηρίου σταθεράς K=600N/m. Στο σώμα ασκούμε δύναμη παράλληλη στον άξονα του ελατηρίου και συσπειρώνουμε το ελατήριο κατά x_1=0,2m. Να υπολογιστεί η δύναμη που ασκήσαμε στο σώμα. Για ποια δύναμη η συσπείρωση του ελατηρίου υποδιπλασιάζεται;

5) Ιδανικό ελατήριο σταθεράς k = 100 N/m, είναι στερεωμένο με το ένα του άκρο στη βάση λείου κεκλιμένου επιπέδου γωνίας κλίσεως φ = 30°. Ο άξονας του ελατηρίου είναι παράλληλος με τη διεύθυνση του κεκλιμένου επιπέδου. Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου ένας άνθρωπος εξασκεί δύναμη F_1 = 40 N, παράλληλη στο

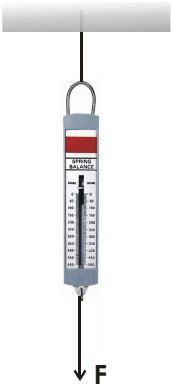


κεκλιμένο επίπεδο και το ελατήριο συσπειρώνεται κατά x_1.
Ποια συνολική δύναμη πρέπει να εξασκήσει ο άνθρωπος, για να προκαλέσει επιπλέον συσπείρωση του παραμορφωμένου ελατηρίου κατά $x_2 = 0,2$ m;

6) Στις δυο άκρες του οριζόντιου ελατηρίου του σχήματος είναι δεμένες δυο μάζες m_1 και m_2, ενώ η σταθερά του ελατηρίου είναι K=40N/m. Συσπειρώνουμε το ελατήριο μέγιστα κατά x=0,4m. Να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται από το κάθε χέρι στις δυο μάζες όταν το ελατήριο είναι μέγιστα συσπειρωμένο.



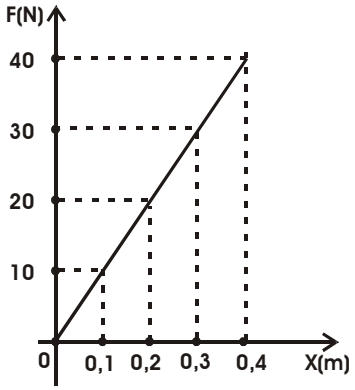
7) Στο δυναμόμετρο του σχήματος εξασκούμε διαδοχικά δυνάμεις (F) και αυτό επιμηκύνεται. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω ημισυμπληρωμένος πίνακας.



Επιμήκυνση: x(cm)	**0**	**5**	
Δύναμη: F(N)		**4**	**20**

α) Να υπολογίσετε τη σταθερά K του ελατηρίου του δυναμόμετρου.
β) Να συμπληρώσετε τον πίνακα.
γ) Να κάνετε το διάγραμμα της δύναμης F που επιμηκύνει το δυναμόμετρο σε συνάρτηση με την επιμήκυνση x.
δ) Να υπολογίσετε την κλίση της γραφικής παράστασης. Τι παρατηρείτε;

8) Το διάγραμμα του διπλανού σχήματος δείχνει πως μεταβάλλεται η επιμήκυνση ενός ελατηρίου σε συνάρτηση με τη συνολική δύναμη που ασκείται παράλληλα σε αυτό. Να υπολογίσετε:
α) Τη σταθερά K του ελατηρίου.
β) Την επιμήκυνση του ελατηρίου για F=22N.
γ) Τη δύναμη F για την οποία η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι 38,5cm.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Δυο σώματα αλληλεπιδρούν, όταν ασκούν δυνάμεις το ένα στο άλλο. Όπως η κίνηση έτσι και η αλληλεπίδραση αποτελεί ένα γενικό χαρακτηριστικό της ύλης. **( )**

2) Κάθε μεταβολή στην ταχύτητα οποιουδήποτε σώματος σημαίνει ότι ασκείται σε αυτό δύναμη *( )*

3) Μεταβολή στην κινητική κατάσταση ενός σώματος μπορεί να γίνει χωρίς κάποια επέμβαση ή επίδραση. ( )

3) Κάθε φορά που εκδηλώνεται αλλαγή της ταχύτητας σ' ένα αντικείμενο αυτό επιταχύνεται. *( )*

4) Μπορούμε να έχουμε μεταβολή στην ταχύτητα ενός σώματος χωρίς να εξασκείται σ' αυτό κάποια δύναμη. ( )

5) Η δύναμη περιγράφει την αλληλεπίδραση δυο σωμάτων. *( )*

6) Δύναμη λέγεται η αιτία οποιασδήποτε ταχύτητας. ( )

7) Δεν έχει νόημα να μιλάμε για την επίδραση ενός σώματος σε κάποιο άλλο αλλά μόνο για αλληλεπιδράσεις. ( )

8) Οι μεταβολές της ταχύτητας οφείλονται σε δυνάμεις ενώ οι παραμορφώσεις των σωμάτων όχι. ( )

9) Οι δυνάμεις προκαλούν παραμόρφωση των σωμάτων στα οποία ασκούνται. ( )

10) Ελαστικές παραμορφώσεις ονομάζονται οι παραμορφώσεις στις οποίες το σώμα αλλάζει μόνιμα το αρχικό του σχήμα. ( )

11) Οι παραμορφώσεις σαν αυτή της πλαστελίνης είναι πλαστικές. *( )*

12) Η εκδήλωση της ελαστικότητας ενός σώματος δεν εξαρτάται μόνο από το υλικό αλλά και από τη δύναμη που ασκούμε σ' αυτό. *( )*

13) Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι αντιστρόφως ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν. ( )

14) Όταν ένα μπαλάκι του τένις βρίσκεται σε επαφή με τη ρακέτα καθώς συγκρούεται μ' αυτή, τότε η ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι και αυτό α) παραμορφώνεται και β) μεταβάλλεται η ταχύτητα του. *( )*

15) Στο νόμο του Hook, $F=K\cdot x$, το K παριστάνει ένα μέγεθος χαρακτηριστικό της σκληρότητας του ελατηρίου και λέγεται σταθερά του ελατηρίου. *( )*

16) Τα όργανα με τα οποία μετράμε το μέτρο μιας δύναμης ονομάζονται δυναμόμετρα. *( )*

17) Τα παραμορφωτικά αποτελέσματα των δυνάμεων δεν μας εξυπηρετούν στο να τις μετρήσουμε. ( )

18) Δυο δυνάμεις με ίσα μέτρα $F_1=F_2=8N$ είναι ίσες. ( )

19) Η δύναμη είναι μέγεθος διανυσματικό, έχει δηλαδή δυο στοιχεία ταυτότητος, μέτρο και κατεύθυνση. *( )*

20) Οι δυνάμεις, οι μετατοπίσεις και οι ταχύτητες προστίθενται όλες με τον ίδιο τρόπο, γιατί είναι όλα μεγέθη διανυσματικά. *( )*

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Κάθε μεταβολή στην ταχύτητα σώματος σημαίνει ότι ασκείται σ' αυτό:
α) Σταθερή δύναμη
β) Μεταβλητή δύναμη
γ) Δύναμη
δ) Δεν ασκείται καμία δύναμη

2) Δύναμη λέγεται η αιτία οποιασδήποτε:
α) ταχύτητας.
β) μεταβολής της ταχύτητας Δυ.
γ) μετατόπισης.
δ) μεταβολής

3) Δυνάμεις επαφής χαρακτηρίζουμε τις δυνάμεις οι οποίες ασκούνται όταν ένα σώμα βρίσκεται σε επαφή με κάποιο άλλο. Παραδείγματα δυνάμεων επαφής είναι:
α) Το βάρος καθώς και οι δυνάμεις που ασκούν τα τεντωμένα σχοινιά ή τα ελατήρια σε σώματα.
β) Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των σωμάτων κατά τις συγκρούσεις τους.
γ) Η δύναμη της τριβής ανάμεσα σε δυο επιφάνειες και η ηλεκτρική δύναμη.
δ)) Η δύναμη που ασκούν τα υγρά στα τοιχώματα του δοχείου μέσα στο οποίο περιέχονται ή στα σώματα που είναι μέσα σ' αυτά καθώς και η μαγνητική δύναμη.

4) Ελαστικές παραμορφώσεις ονομάζονται οι παραμορφώσεις στις οποίες:
α)το σώμα τείνει να αποκτήσει το αρχικό του σχήμα
β)Το σώμα αλλάζει το σχήμα του μόνιμα
γ)Το σώμα αλλάζει τη σύστασή του
δ)Το σώμα αλλάζει την κινητική του κατάσταση.

5) Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι:

α) αντιστρόφως ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν
β) ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν
γ) ανάλογες με την αρχική κατάσταση του σώματος
δ) ανάλογες με τη σύσταση του σώματος.

5) Ο νόμος του Hook διατυπώνεται με τη σχέση:
α)K=F·x
β)x=F·K
γ)$F=\frac{K}{x}$
δ) F=K·x.

6) Δυο δυνάμεις με μέτρα 8N είναι:
α) ίσες
β) παράλληλες
γ) όμοιες
δ) Δεν φτάνουν τα στοιχεία για να απαντήσουμε.

7) Η δύναμη καθορίζεται πλήρως:
α) από το μέτρο της
β) από τη φορά της
γ) από το μέτρο την κατεύθυνσή και το σημείο εφαρμογής της
δ) από την κατεύθυνσή της.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Κάθε φορά που εκδηλώνεται αλλαγή της ταχύτητας ενός σώματος η αιτία είναι μια ……..……

2) Μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I είναι το ……..

3) Οι μεταβολές της …… και οι …….. των σωμάτων , είναι οι δυο κατηγορίες φαινομένων, που η εκδήλωσή τους σημαίνει ότι εξασκείται……...

4) Τις παραμορφώσεις σαν της πλαστελίνης τις ονομάζουμε ……..……,ενώ για τα αντικείμενα που εκδηλώνουν προσωρινή αλλαγή σχήματος οι παραμορφώσεις χαρακτηρίζονται……

5) Οι ελαστικές ……..……είναι …… με τις αιτίες που τις προκαλούν. Δηλαδή ισχύει η σχέση ……, όπου το Κ παριστάνει ένα μέγεθος χαρακτηριστικό της ……του ελατηρίου και ονομάζεται …… του ελατηρίου.

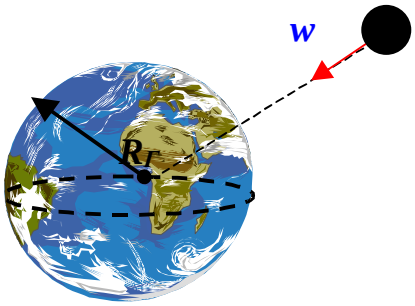
6) Κάθε δύναμη έχει τουλάχιστον ……. στοιχεία ταυτότητας, το ……. και την ……., είναι δηλαδή …… μέγεθος.

3.2 Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο. (Το βάρος w και η τριβή Τ).

Α. ΒΑΡΟΣ (W)

1. Τι ονομάζεται βάρος (w) ενός σώματος;

✓ Η ελκτική δύναμη που ασκεί η γη σε οποιοδήποτε σώμα , που βρίσκεται πάνω σε αυτή ή που ακόμα ανυψώνεται ή πέφτει ονομάζεται βάρος w (βαρυτική δύναμη). **Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι πάντα ελκτικές.**

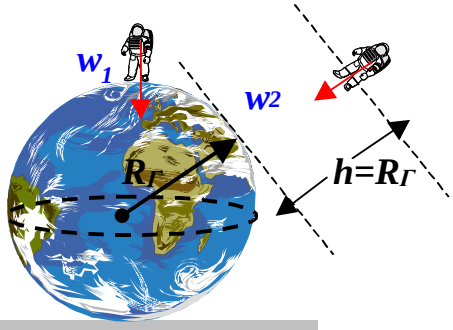


✓ Σε κάθε τόπο το βάρος w, έχει τη διεύθυνση της ακτίνας της γης και φορά προς το κέντρο της. Η διεύθυνση της ακτίνας της γης στο συγκεκριμένο τόπο ονομάζεται κατακόρυφος του τόπου.



✓ Το βάρος ενός σώματος ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος που βρίσκεται από την επιφάνεια του εδάφους.

Ένας αστροναύτης που βρίσκεται σε ύψος h ίσο με την ακτίνα της γης $R_Γ$, δηλαδή όταν $h=R_Γ=6.400Km$,

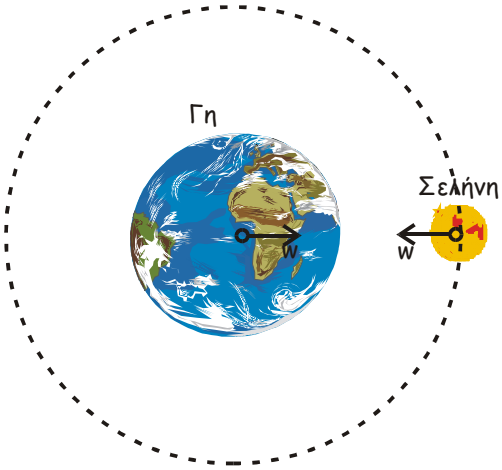


έχει βάρος w_2 ίσο με το 1/4 του βάρους του w_1 στην επιφάνεια της γης. Ισχύει δηλαδή $w_2=\frac{w_1}{4}$.

✓ Ένα σώμα στην επιφάνεια της σελήνης θα έχει «σεληνιακό» βάρος που θα οφείλεται στην έλξη της σελήνης. Το βάρος ενός σώματος στην επιφάνεια της σελήνης είναι περίπου το $\frac{1}{6}$ του βάρους του στην επιφάνεια της γης.

2. Μέχρι πού επεκτείνεται η δράση της βαρυτικής δύναμης της γης;

Ο Νεύτωνας (Newton), δέχτηκε ότι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί την πτώση ενός μήλου, ασκείται **και στη Σελήνη** και προκαλεί τη (σχεδόν) κυκλική κίνηση της γύρω από τη γη. Έτσι, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι βαρυτικές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ **όλων των σωμάτων στο σύμπαν**.

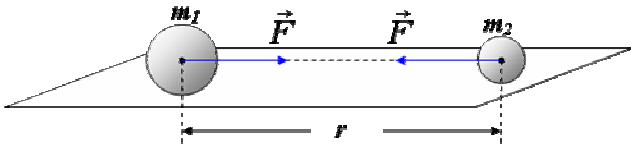


3. Να αναφέρετε το νόμο της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα.

Δυο οποιαδήποτε (σημειακά) αντικείμενα του σύμπαντος έλκονται από απόσταση με δύναμη ανάλογη προς το γινόμενο των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

Ο Νόμος της παγκόσμιας έλξης που πρότεινε ο Newton διατυπώνεται με τη σχέση:

$$F=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{r^2}$$



Το σύμβολο G παριστάνει μια φυσική ποσότητα με τιμή **ανεξάρτητη** από το υλικό που παρεμβάλλεται, ενώ εξαρτάται από το σύστημα μονάδων. Είναι μια ποσότητα, που έχει την ίδια τιμή ($G=6,67.10^{-11}N.m^2/kg^2$ στο S.I), για οποιεσδήποτε δυο μάζες σε οποιαδήποτε δυο σημεία του σύμπαντος και αν βρεθούν. Η ποσότητα αυτή λέγεται σταθερά της παγκόσμιας έλξης.

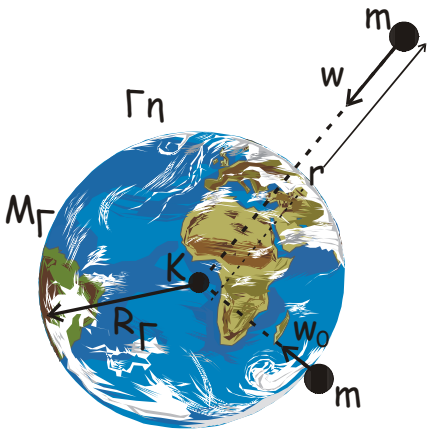
Η σταθερά της παγκόσμιας έλξης εκφράζει ότι, όταν δυο σώματα με μάζες 1Kg απέχουν μεταξύ τους απόσταση 1m, τότε η δύναμη που εξασκείται μεταξύ τους είναι $6,67.10^{-11}$N.

Η **διεύθυνση** της δύναμης είναι η διεύθυνση της ευθείας που συνδέει τα δυο σημειακά αντικείμενα, ενώ η **φορά** της είναι από τη m_1 προς τη m_2 και αντίστροφα.

4. Τι ονομάζεται βάρος των σωμάτων που βρίσκονται στο πεδίο βαρύτητας της γης; Με τι ισούται αυτό;

Πεδίο βαρύτητας της γης είναι ο χώρος στον οποίο η γη ασκεί δύναμη σε κάθε μάζα που βρίσκεται στο χώρο αυτό. Θεωρητικά απλώνεται μέχρι το άπειρο.

Η δύναμη της παγκόσμιας έλξης που ασκεί η Γη στα διάφορα σώματα ονομάζεται βάρος των σωμάτων.



Από το νόμο της παγκόσμιας έλξης για $m_1=M_Γ$ και για $m_2=m$, όπου $M_Γ$ είναι η μάζα της γης και m η μάζα του σώματος στο βαρυτικό πεδίο της Γης, που απέχει απόσταση r από το κέντρο της θα έχουμε

$$w=G\frac{M_\Gamma m}{r^2}$$

Στην ειδική περίπτωση που το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, είναι $r=R_Γ$, όπου $R_Γ$ είναι η ακτίνα της γης και τότε για το βάρος του σώματος έχουμε $\mathbf{w_0=G\frac{M_Γ m}{R_Γ^2}}$

Γενικά το βάρος w ενός σώματος στη γη, εξαρτάται από την **απόσταση r** του σημείου από το κέντρο του πλανήτη. Έτσι
Το βάρος ενός σώματος μάζας m, ελαττώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της Γης.

Άρα το μέτρο του βάρους ενός σώματος δηλαδή το μέτρο της βαρυτικής δύναμης που ασκεί η γη στο σώμα εξαρτάται:

α) Από το ύψος που βρίσκεται το σώμα από την επιφάνεια της γης και μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε απ' αυτή.

Στην κορυφή ενός πολύ ψηλού βουνού είναι μικρότερη από ότι στην επιφάνεια της θάλασσας στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος.
ΠΡΟΣΟΧΗ!
Στη σχέση $\mathbf{w=G\frac{M_Γ m}{r^2}}$ το r είναι η συνολική απόσταση από το **κέντρο της γης.**

β) Από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το σώμα.

Επειδή στους Πόλους η γη είναι πεπιεσμένη η ακτίνα της γης $R_Γ$ είναι μικρότερη και άρα η απόσταση r ενός σώματος που βρίσκεται στους πόλους της γης από το κέντρο της Κ, είναι μικρότερη από την αντίστοιχη στον Ισημερινό και άρα το βάρος του σώματος είναι μεγαλύτερο.

Έτσι καθώς μεταβαίνουμε από τον Ισημερινό της γης στους Πόλους της, και καθώς το γεωγραφικό πλάτος αυξάνεται, αυξάνεται και το βάρος του σώματος.

➢ Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μάζα m ενός σώματος είναι **σταθερή**, ενώ το βάρος του w, μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.

Β. ΤΡΙΒΗ (Τ)

5. Ποια δύναμη ονομάζεται τριβή;

Τριβή είναι η δύναμη που ασκείται **με επαφή** από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε επαφή και το **ένα κινείται** ή **τείνει να κινηθεί** σε σχέση με το άλλο.

Η διεύθυνση της τριβής είναι παράλληλη προς τις επιφάνειες που εφάπτονται και έχει τέτοια φορά ώστε να αντιστέκεται στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη.

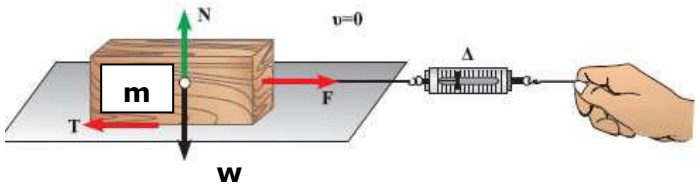
Η τριβή διακρίνεται σε στατική τριβή και σε τριβή ολίσθησης.

6. Τι ονομάζεται στατική τριβή και τι τριβή ολίσθησης;

Η στατική τριβή είναι η τριβή που εμφανίζεται μεταξύ δυο επιφανειών όταν προσπαθούμε να τις κινήσουμε και αυτές βρίσκονται σε σχετική ισορροπία δηλαδή όταν είναι ακίνητες η μία ως προς την άλλη (υ=0).

Όταν το σώμα παραμένει ακίνητο, η τριβή ονομάζεται στατική.

- Η στατική τριβή Τ, έχει μεταβλητό μέτρο και η μέγιστη τιμή της ονομάζεται **οριακή τριβή.**
- Είναι πάντα αντίθετη με τη δύναμη F, που τείνει να κινήσει το αντικείμενο και οφείλεται στις ανωμαλίες που παρουσιάζουν οι επιφάνειες του αντικειμένου και του επιπέδου που έρχονται σε επαφή.

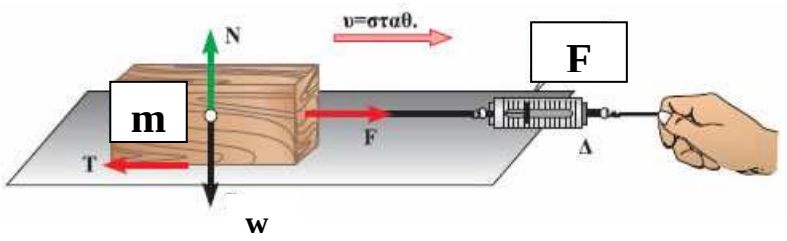


Η τριβή ολισθήσεως είναι η τριβή που εμφανίζεται μεταξύ δυο επιφανειών όταν βρίσκονται σε σχετική κίνηση δηλαδή όταν κινούνται η μία ως προς την

άλλη (υ≠0) και εκφράζει τη δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του αντικειμένου.

Όταν το σώμα ολισθαίνει μιλάμε για τριβή ολίσθησης.

- Η κατεύθυνσή της τριβής ολίσθησης Τ, είναι πάντα αντίθετη της κίνησης
- Η τριβή ολισθήσεως οφείλεται στις ανωμαλίες που παρουσιάζουν οι επιφάνειες του αντικειμένου και του επιπέδου που έρχονται σε επαφή.



7. Να αναφέρετε το νόμο της τριβής ολισθήσεως. Από ποια σχέση υπολογίζεται η τριβή;

Η τριβή ολίσθησης:
α. Είναι ανεξάρτητη του εμβαδού συνεπαφής.
β. Είναι ανεξάρτητη της σχετικής ταχύτητας των σωμάτων.
γ. Εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών επαφής και
δ. Είναι ανάλογη της κάθετης αντίδρασης Ν.

Ισχύει **$T=\mu \cdot N$**

Όπου **N** ή **F_N**, είναι το μέτρο της **κάθετης αντίδρασης** του επιπέδου στο σώμα και **μ** είναι ένα αδιάστατο μέγεθος (καθαρός αριθμός) που ονομάζεται **συντελεστής τριβής ολίσθησης** και εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών που έρχονται σε επαφή. Όσο πιο λεία είναι μια επιφάνεια τόσο πιο μικρό είναι το μ, ενώ όσο πιο τραχιά είναι τόσο μεγαλύτερο είναι το μ. Το μ παίρνει συνήθως θετικές τιμές μικρότερες του 1. Υπάρχουν όμως και υλικά όπως το καουτσούκ για τα οποία το μ είναι μεγαλύτερο του 1.

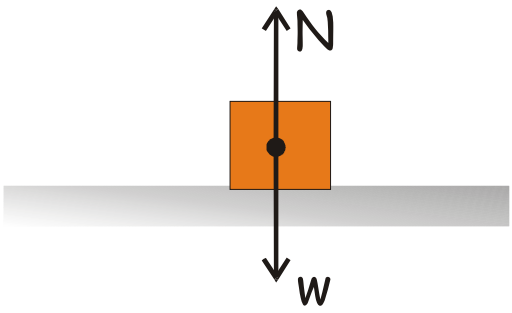
8. Πώς σχεδιάζουμε τις δυνάμεις;

Για να προσδιορίσουμε τον τρόπο που κινείται ένα σώμα, θα πρέπει να συνδέσουμε την κίνηση του (αποτέλεσμα) με την αιτία που την προκαλεί (δύναμη). Το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι να προσδιορίσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα που μελετάμε. Σ' ένα σώμα είναι δυνατόν να ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Για να σχεδιάσουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα, ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

Πρώτο: Επιλέγουμε το σώμα που μας ενδιαφέρει. Υπενθυμίζουμε ότι αντιμετωπίζουμε όλα τα σώματα ως υλικά σημεία.

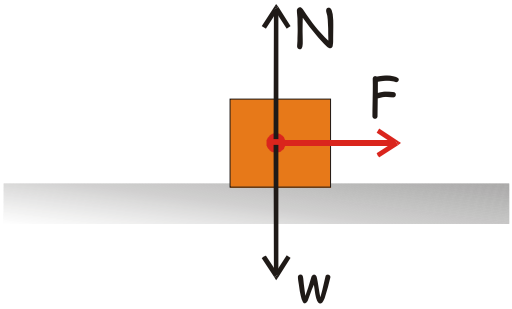
Δεύτερο: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις από απόσταση που ασκούνται στο σώμα, όπως για παράδειγμα το βάρος του.

Τρίτο: Εντοπίζουμε όλα τα υπόλοιπα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή. Κάθε ένα από αυτά του ασκεί δύναμη. Όπως είναι η επιφάνεια στην οποία στηρίζεται το σώμα.

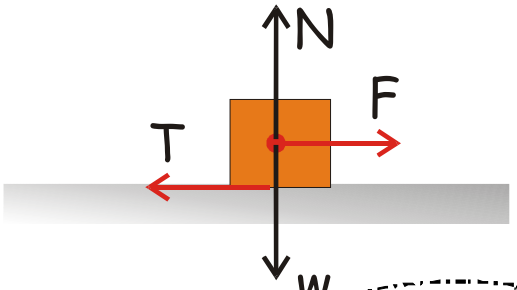


Αν το σώμα βρίσκεται σε επαφή με επιφάνεια και κινείται με την επίδραση μιας δύναμης F, υπάρχουν δυο περιπτώσεις:

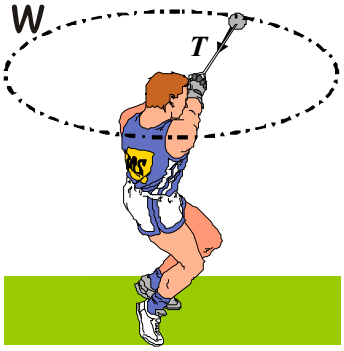
α) Η επιφάνεια να είναι λεία (δεν υπάρχουν τριβές), οπότε η δύναμη που ασκεί στο σώμα είναι κάθετη προς την επιφάνεια με φορά από την επιφάνεια προς το σώμα.



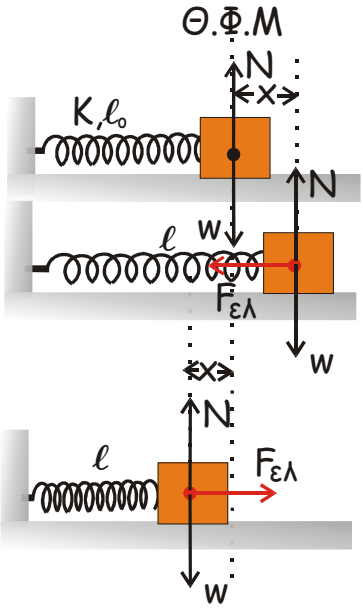
β) Η επιφάνεια να είναι τραχιά (υπάρχουν τριβές), οπότε εκτός από την κάθετη δύναμη N, η επιφάνεια ασκεί στο σώμα και τη δύναμη της τριβής Τ, έτσι ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος.



➢ Αν το σώμα είναι σε επαφή με νήμα ή σύρμα, τότε η δύναμη που ασκεί το νήμα έχει τη διεύθυνση του νήματος και φορά από το σώμα προς το νήμα. Το νήμα ασκεί δύναμη μόνον εφόσον είναι τεντωμένο. Η δύναμη αυτή ονομάζεται τάση (Τ) του νήματος.



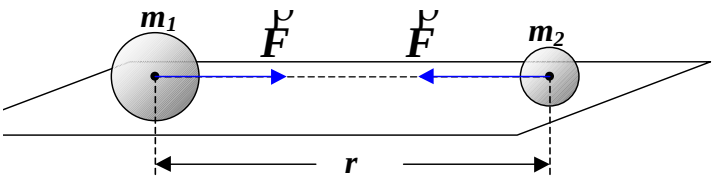
Αν το σώμα είναι σε επαφή με ελατήριο, τότε αυτό ασκεί δύναμη στο σώμα που έχει τη διεύθυνση του ελατηρίου και φορά τέτοια, ώστε να τείνει να επαναφέρει το ελατήριο προς το φυσικό του μήκος. Τα ελατήρια ασκούν δυνάμεις μόνον εφόσον είναι σε συμπίεση ή επιμήκυνση. Ελατήρια που έχουν το φυσικό τους μήκος δεν ασκούν δυνάμεις.



Θ.Φ.Μ: Θέση Φυσικού Μήκους.

Λυμένες ασκήσεις

1. Δυο μάζες m_1=50Kg και m_2=20Kg βρίσκονται σε απόσταση r=1m. Πόση είναι η δύναμη που ασκείται μεταξύ των μαζών; Γιατί δεν παρατηρούμε κίνηση των μαζών;
Δίνεται G=6,67·10^{-11}N·m^2/Kg^2.

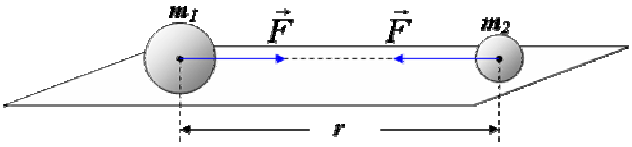


Λύση:

α) Σύμφωνα με το Νόμο της παγκόσμιας έλξη του Newton ισχύει:

$$F=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{r^2}$$

Όπου το σύμβολο G παριστάνει τη φυσική ποσότητα που λέγεται σταθερά της παγκόσμιας έλξης.

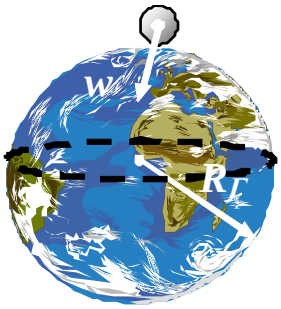


Η **διεύθυνση** της δύναμης είναι η διεύθυνση της ευθείας που συνδέει τα δυο σημειακά αντικείμενα, ενώ η **φορά** της είναι από τη m_1 προς τη m_2 και αντίστροφα. Τότε για το μέτρο της δύναμης F έχουμε:

$F=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{r^2}$ ή $F=6,67\cdot10^{-11}\cdot\frac{50\cdot20}{1}$ ή $F=6,67\cdot10^{-11}\cdot10^3$ ή $F=6,67\cdot10^{-8}$ N.

Παρατηρούμε ότι η δύναμη είναι πολύ μικρή για να υπερνικήσει τις πιθανές τριβές. Ακόμη όμως και όταν δεν υπάρχουν τριβές, λόγω της αδράνειας του σώματος μια τέτοια δύναμη δεν μπορεί να προκαλέσει σημαντική μεταβολή της ταχύτητας. *(Για την αδράνεια θα μιλήσουμε παρακάτω).*

2. Πόση είναι η δύναμη που ασκεί η γη σε ένα σώμα μάζας m=64Kg στην επιφάνειά της;
Δίνεται η ακτίνα της γης $R_Γ$=6400Km, η μάζα της $M_Γ=6\cdot10^{24}$Kg και $G=6,6710^{-11}N\cdot m^2/Kg^2$.



Λύση:

α) Σύμφωνα με το Νόμο της παγκόσμιας έλξη του Newton ισχύει:

$$F=G\cdot\frac{m_1\cdot m_2}{r^2}$$

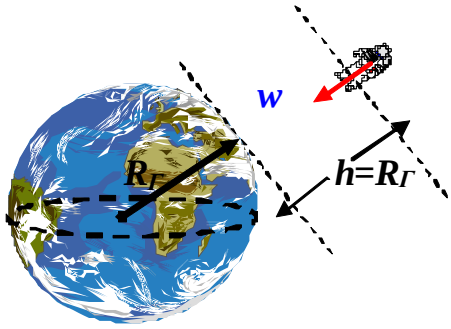
Τότε για $m_1=M_Γ$ και για $m_2=m$, όπου $M_Γ$ είναι η μάζα της γης και m η μάζα του σώματος στο βαρυτικό πεδίο της Γης, που απέχει απόσταση r από το κέντρο της θα έχουμε

$$\mathbf{w=G}\frac{\mathbf{M_Γ}m}{\mathbf{r^2}}$$

Στην ειδική περίπτωση που το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, ισχύει $r=R_Γ$, όπου $R_Γ$ είναι η ακτίνα της γης και τότε για το βάρος του σώματος έχουμε $\mathbf{w_0=G}\frac{\mathbf{M_Γ}m}{\mathbf{R_Γ^2}}$ ή $w_0=6,6710^{-11}\cdot\frac{6\cdot10^{24}\cdot64}{\left(64\cdot10^5\right)^2}$ ή $w_0=\frac{6,67\cdot6}{64}\cdot10^3$ ή

$w_0=0,625\cdot10^3$ ή $w_0=625$ N.

3. Πόσο βάρος w έχει ένας άνθρωπος μάζας m=80Kg σε ύψος $h=R_Γ$, από την επιφάνεια της γης; Δίνεται $G\cdot\frac{M_Γ}{R_Γ^2}=10m/s^2$.
Πόση είναι η μάζα του στο παραπάνω ύψος;



Λύση:

Σύμφωνα με το Νόμο της παγκόσμιας έλξη του Newton και για μάζα m, που απέχει απόσταση r από το κέντρο της γης θα έχουμε:

$w=G\frac{\mathbf{M_Γ}m}{\mathbf{r^2}}$. Όμως για την απόσταση r από το κέντρο της γης ισχύει $r=R_Γ+h=2R_Γ$. Τότε προκύπτει $w=G\cdot\frac{M_Γ\cdot m}{(2R_Γ)^2}$ ή $w=G\cdot\frac{M_Γ}{R_Γ^2}\cdot\frac{m}{4}$ ή

$w=10\cdot 20$ ή $w=200N$.

Η μάζα του σώματος παραμένει σταθερή και ίση με $m=80Kg$.

4. Αν το βάρος μια γυναίκας σε ύψος $h=R_Γ$ από την επιφάνειά της είναι $w=150N$ τότε πόσο είναι τότε το βάρος της,
α)Στην επιφάνεια της γης και
β)Σε απόσταση $20\ R_Γ$ από το κέντρο της γης;

Λύση:

α) Για ύψος h από την επιφάνεια της γης ισχύει, $w=G\frac{\mathbf{M_Γ}m}{\mathbf{r^2}}$ όπου η απόσταση r από το κέντρο της γης είναι $r=R_Γ+h=2R_Γ$.

Τότε προκύπτει $w=G\cdot\frac{M_Γ\cdot m}{(2R_Γ)^2}\cdot m$ ή $w=G\cdot\frac{M_Γ\cdot m}{4R_Γ^2}=150N$ (1).

Στην επιφάνεια της γης έχουμε $w_0=G\cdot\frac{M_Γ\cdot m}{R_Γ{}^2}$ (2).

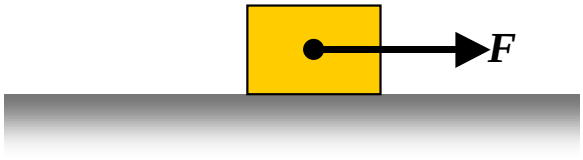
Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει $\frac{w}{w_0}=\frac{\frac{M_\Gamma\cdot m}{4R_\Gamma^2}}{\frac{M_\Gamma\cdot m}{R_\Gamma^2}}$ ή

$\frac{w}{w_0}=\frac{M_\Gamma\cdot m\cdot R_\Gamma^2}{M_\Gamma\cdot m\cdot 4R_\Gamma^2}$ ή $\frac{w}{w_0}=\frac{1}{4}$ ή $w_0=4w=4\cdot 150=600N$.

β) Σε απόσταση $r=20R_\Gamma$ από το κέντρο της γης έχουμε $w=G\cdot\frac{M_\Gamma\cdot m}{(20R_\Gamma)^2}\cdot m$ ή

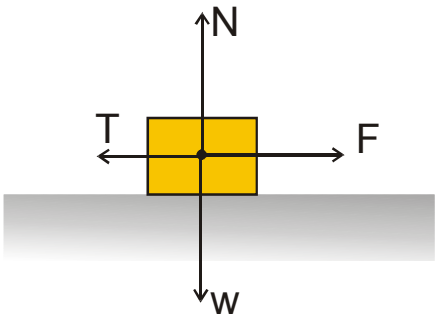
$w=G\cdot\frac{M_\Gamma\cdot m}{400R_\Gamma^2}=\frac{1}{400}\cdot G\cdot\frac{M_\Gamma\cdot m}{R_\Gamma{}^2}=\frac{1}{400}\cdot w_0$. Άρα έχουμε $w=\frac{w_0}{400}=\frac{600}{400}$ ή $w=1,5N$.

5. Το σώμα του σχήματος έχει βάρος w=300N και παρουσιάζει με το οριζόντιο επίπεδο συντελεστή τριβής ολίσθησης μ=0,2.



Αν εξασκήσουμε στο σώμα οριζόντια δύναμη F=90N αυτό ολισθαίνει. Τότε:
α)Να σχεδιαστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.
β)Να υπολογιστεί η τριβή ολίσθησης Τ που παρουσιάζει το σώμα με το οριζόντιο επίπεδο. Θεωρείστε N=w.

Λύση:



α) Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα φαίνονται στο διπλανό διάγραμμα. Υπάρχει λοιπόν το βάρος w του σώματος που είναι κατακόρυφο με φορά προς το κέντρο της γης. Η κάθετη αντίδραση Ν από το οριζόντιο επίπεδο στο σώμα που είναι κατακόρυφη με

φορά προς τα πάνω και η τριβή Τ που είναι οριζόντια με φορά αντίθετη από τη δύναμη F που κινεί το σώμα.

β) Για τον υπολογισμό της τριβής έχουμε $T=\mu \cdot N$ όπου το μ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης. Άρα προκύπτει $T=0,2 \cdot 300$ ή $T=60N$.
Παρατηρούμε πως $T<F$ και το σώμα ολισθαίνει με φορά προς τα δεξιά.

Τι ισχύει άραγε αν $T=F$ και $T>F$;

Ασκήσεις

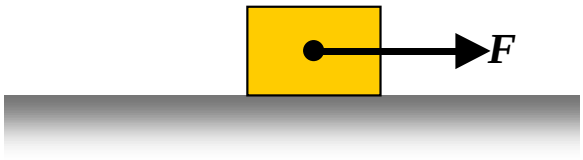
1) Πόση είναι η δύναμη που ασκεί η γη σε ένα σώμα μάζας m=40,96Kg στην επιφάνειά της;
Δίνεται η ακτίνα της γης $R_Γ$=6400Km, η μάζα της $M_Γ=6\cdot10^{24}$Kg και $G=6,6710^{-11}N\cdot m^2/Kg^2$.

2) Το βάρος ενός ανθρώπου στην επιφάνεια της γης είναι w_0=900N.
Να υπολογιστεί το βάρος του w σε ύψος $h=2R_Γ$ από την επιφάνεια της Γης.

3) Αν το w_0 στην επιφάνεια της γης είναι 100N, να υπολογιστεί το w σ' έναν άλλο πλανήτη που έχει μάζα ίση με τη μάζα της γης και ακτίνα τη μισή της ακτίνας της γης.

4) Αν η μάζα της Γης είναι $M_Γ=81M_Σ$, όπου $M_Σ$ είναι η μάζα της Σελήνης και η ακτίνα της Γης είναι $R_Γ=3,6R_Σ$, όπου $R_Σ$ είναι η ακτίνα της Σελήνης, τότε να υπολογίσετε το βάρος $w_Σ$ ενός σώματος στην επιφάνεια της Σελήνης, αν το βάρος του στην επιφάνεια της Γης είναι $w_Γ$=400N.

5) Το σώμα του σχήματος έχει βάρος w=100N και παρουσιάζει με το οριζόντιο επίπεδο συντελεστή τριβής ολίσθησης μ=0,5.
Αν εξασκήσουμε στο σώμα οριζόντια δύναμη F=55N αυτό ολισθαίνει. Τότε:
α)Να σχεδιαστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.
β)Να υπολογιστεί η τριβή ολίσθησης Τ που παρουσιάζει το σώμα με το οριζόντιο επίπεδο. Θεωρείστε N=w.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Οι δυνάμεις μεταξύ δύο μαγνητών είναι δυνάμεις από απόσταση ενώ το βάρος ενός σώματος είναι δύναμη επαφής. **( )**

2)Η μαθηματική διατύπωση του νόμου της παγκόσμιας έλξης είναι $F=G\frac{m_1 m_2}{R^2}$ ( )

3) Στην περίπτωση οριζόντιας στερεής επιφάνειας η τιμή της κάθετης αντίδρασης N είναι ίση με το βάρος w του σώματος, δηλαδή ισχύει N=w. (Σ)

4) Η διεύθυνση της ακτίνας της γης στο συγκεκριμένο τόπο ονομάζεται κατακόρυφος του τόπου **( )**

5) Όταν ένα σώμα είναι ακίνητο πάνω στο έδαφος τότε η δύναμη του βάρους του είναι μηδέν. ( )

6) Η τριβή ολίσθησης που δέχεται ένα σώμα είναι δύναμη από απόσταση. (Λ)

7) Για σώμα που βρίσκεται σε κεκλιμένο επίπεδο η κάθετη αντίδραση N από το κεκλιμένο επίπεδο στο σώμα, είναι μικρότερη από το βάρος του σώματος. ( )

8)Η στατική τριβή δεν είναι σταθερή αλλά αυξάνει καθώς αυξάνει η οριζόντια δύναμη που τείνει να κινήσει το σώμα και παίρνει τιμές $0 \le T_\sigma \le \mu_\sigma N$. ( )

9)Η τριβή ολίσθησης εμφανίζεται κατά την επαφή δυο αντικειμένων τα οποία αλληλοσυμπιέζονται ενώ βρίσκονται σε σχετική ισορροπία. *( )*

10)Η τριβή ολίσθησης είναι πάντα αντίθετη της ταχύτητας του σώματος. ( )

11)Η τριβή ολίσθησης εξαρτάται από τη σχετική ταχύτητα των σωμάτων ( )

12)Τόσο η τριβή ολίσθησης όσο και η στατική τριβή υπάρχουν μόνο εφόσον υπάρχει κάθετη δύναμη στήριξης. ( )

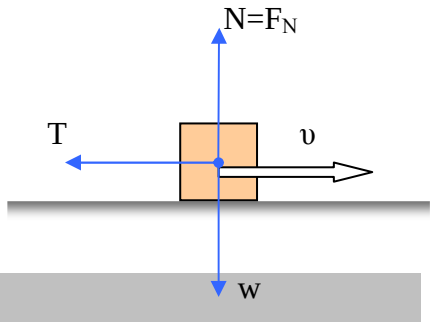
13)Όταν πατάμε φρένο και το αυτοκίνητο ολισθαίνει τότε το σταματάει η στατική τριβή. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1)Η δύναμη του βάρους είναι:
α) αντιστρόφως ανάλογη του r^2, από την επιφάνεια της γης
β) αντιστρόφως ανάλογη του r^2, από το κέντρο της γης
γ) ανάλογη της απόστασης από το κέντρο της γης
δ) αντιστρόφως ανάλογη της μάζας της γης.

2) Αν μεταφέρουμε ένα σώμα από την επιφάνεια της Γης σε ύψος 500m τότε
α) θα μεταβληθεί η μάζα του
β) θα μεταβληθεί το βάρος του
γ) θα μεταβληθούν και τα δύο
δ) δε θα μεταβληθεί ούτε η μάζα αλλά ούτε και το βάρος του.

3)Στο σώμα του σχήματος που κινείται με σταθερή ταχύτητα στο όχι λείο οριζόντιο επίπεδο ,είναι:
α) $T_{στατική}=\mu_{σ}\cdot N$
β) $T_{ολίσθησης}=\mu\cdot N$
γ) $T_{ολίθησης}=0$
δ) $T_{ολίσθησης}=w$



4)Υπεύθυνη για την κύλιση των τροχών ενός αυτοκινήτου είναι:
α) η στατική τριβή
β) η τριβή ολίσθησης
γ) άλλοτε η στατική τριβή και άλλοτε η τριβή ολίσθησης
δ) τίποτε από τα παραπάνω.

5) Πάνω σε ένα φύλλο χαρτί τοποθετούμε κάποιο νόμισμα και έλκουμε το φύλλο οριζόντια με το χέρι μας. Έτσι το νόμισμα κινείται μαζί με το χαρτί χωρίς να ολισθαίνει. Ποια δύναμη από αυτές που ασκούνται στο νόμισμα, το αναγκάζει να κινείται μαζί με το χαρτί;

α) Η δύναμη του χεριού μας.

β) Η τριβή ολίσθησης.

γ) Η στατική τριβή.

δ) Το βάρος του.

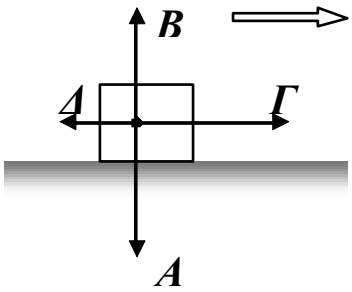
Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Δύο πλανήτες έχουν ίδια μάζα αλλά διαφορετική ακτίνα. Τότε η επιτάχυνση της βαρύτητας g, είναι μεγαλύτερη σ' αυτόν με τη ……..ακτίνα.

2) Από πειράματα που έγιναν στη σελήνη επιβεβαιώθηκε ότι το «σεληνιακό» βάρος ενός σώματος είναι περίπου ίσο με το ……του γήινου βάρους του, που έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της γης.

3) Η τριβή ολίσθησης δίνεται από τη σχέση …… όπου μ είναι ο …….. ……. ……και ο οποίος εξαρτάται από τη ……..των δυο επιφανειών επαφής και είναι …… μέγεθος.

4) Για το σώμα του διπλανού σχήματος που κινείται προς τα δεξιά, το βάρος του είναι το διάνυσμα……., η κάθετη αντίδραση είναι το διάνυσμα ……., η τριβή είναι το είναι το διάνυσμα…….. και η κινούσα δύναμη είναι το διάνυσμα…… .



Α, Β, Δ, Γ.

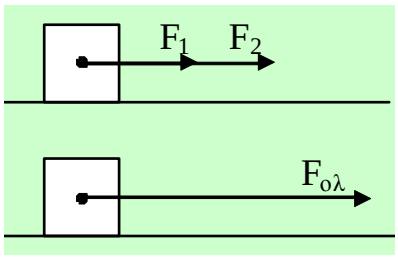
3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων

1. Τι ονομάζεται συνισταμένη δυο δυνάμεων;

Η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το σύνολο των επιμέρους δυνάμεων, δηλαδή η συνολική δύναμη, λέγεται **συνισταμένη**.

2. Πως υπολογίζεται η συνισταμένη δυο δυνάμεων;

Α. Εάν δυο δυνάμεις με μέτρα F_1 και F_2 έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά τότε η συνισταμένη τους έχει τη διεύθυνση και τη φορά των δυνάμεων αυτών και μέτρο

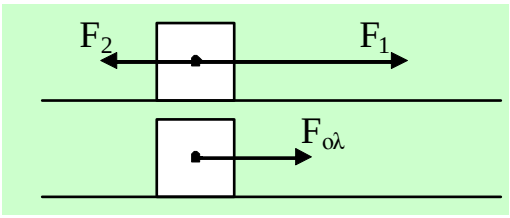


$$\mathbf{F_{ολ}=F_1 + F_2}$$

Η συνισταμένη δυο ομόρροπων δυνάμεων έχει:

- ίδιο σημείο εφαρμογής με τις δυο δυνάμεις
- ίδια διεύθυνση με τις δυο δυνάμεις
- ίδια φορά με τις δυο δυνάμεις,
- μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων των δυο δυνάμεων

Β. Εάν οι δυο δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά τότε η συνισταμένη τους έχει τη φορά της μεγαλύτερης και μέτρο



$$\mathbf{F_{ολ}=F_1 - F_2}$$

όπου $F_1 > F_2$.

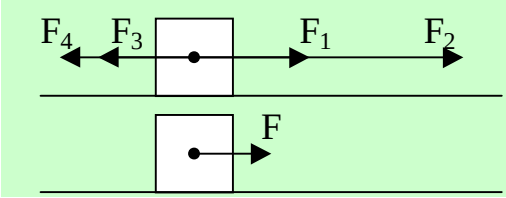
Η συνισταμένη δυο αντίρροπων δυνάμεων έχει:

- ίδιο σημείο εφαρμογής με τις δυο δυνάμεις
- ίδια διεύθυνση με τις δυο δυνάμεις
- ίδια φορά με τη μεγαλύτερη δύναμη,
- μέτρο ίσο με τη διαφορά των μέτρων των δυο δυνάμεων

Στην ειδική περίπτωση που οι αντίρροπες δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα, είναι δηλαδή **αντίθετες** τότε η συνισταμένη τους είναι μηδέν και τότε λέμε ότι το σώμα ισορροπεί.

✓ *Παράδειγμα*

Να βρεθεί η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα όπως φαίνεται στο σχήμα αν δίνονται F_1=10N. F_2=25N και F_3=12N, F_4=15N.



α΄ τρόπος.

Βρίσκουμε πρώτα τη συνισταμένη $F_{1,2}$ των F_1 και F_2, ύστερα τη συνισταμένη $F_{1,2,3}$ των $F_{1,2}$ και F_3 κ.ο.κ

Δηλαδή είναι $F_{1,2}=F_1+F_2=10+25=35N$

$F_{1,2,3}=F_{1,2}-F_3=35-12=23N$ και τέλος

$$\mathbf{F=F_{1,2,3}-F_4=23-15=8N}$$

Παρατηρούμε ότι η συνισταμένη είναι θετικός αριθμός άρα έχει φορά προς τα δεξιά την οποία θεωρήσαμε και θετική φορά.

Αν το αποτέλεσμα ήταν αρνητικός αριθμός τότε η συνισταμένη θα είχε αρνητική φορά δηλαδή εδώ προς τα αριστερά

β΄ τρόπος.

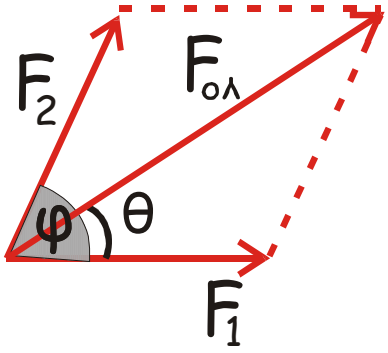
Βρίσκουμε πρώτα τη συνισταμένη $F_δ$, όλων των δυνάμεων που έχουν φορά προς τα δεξιά, στη συνέχεια τη συνισταμένη $F_α$, όλων των δυνάμεων με φορά προς τα αριστερά και στη συνέχεια αφαιρούμε τα μέτρα τους.

Δηλαδή είναι $F_δ=F_1+F_2=10+25=35N$

$F_α=F_3+F_4=12+15=27N$

$F=F_δ-F_α=35-27=8N$

3. Τι γνωρίζετε για τη σύνθεση δύο ή περισσοτέρων ομοεπίπεδων δυνάμεων;



Πειραματικά αποδεικνύεται ότι: «Δυο δυνάμεις που ασκούνται στο ίδιο σημείο, μπορούν να αντικατασταθούν από τρίτη, η οποία δίνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου, που σχηματίζεται από τις δυο αυτές δυνάμεις».

Η παραπάνω πρόταση είναι γνωστή σαν **Νόμος ή κανόνας του παραλληλογράμμου.**

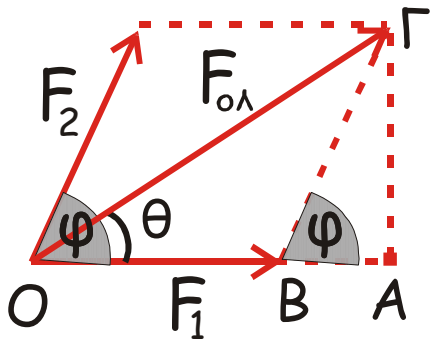
Γενικά λοιπόν η συνισταμένη δυο δυνάμεων ***με διαφορετικές διευθύνσεις*** παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που αυτές σχηματίζουν.

Έτσι, για να συνθέσουμε δυο δυνάμεις F_1 και F_2 με διαφορετικές διευθύνσεις, (εδώ οι δυο δυνάμεις σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία φ), όπως στο σχήμα, μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον κανόνα του παραλληλογράμμου.

Δηλαδή σχηματίζουμε το παραλληλόγραμμο που έχει πλευρές τα διανύσματα που παριστάνουν τις δυνάμεις. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου, που περνάει από την κοινή αρχή των διανυσμάτων, παριστάνει τη συνισταμένη $F_{ολ}$ των δυνάμεων. Το μέτρο της συνισταμένης καθορίζεται από το μήκος της διαγωνίου. Η διεύθυνση της προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μια από τις δυο δυνάμεις (π.χ εδώ η θ είναι η γωνία που σχηματίζει η συνισταμένη $F_{ολ}$ με την F_1). Η θ μπορεί να μετρηθεί με ένα μοιρογνωμόνιο.

Για να υπολογίσουμε το μέτρο του αθροίσματος δυο δυνάμεων μπορούμε να εφαρμόσουμε το «νόμο του συνημιτόνου» στο τρίγωνο ΟΒΓ, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τότε παίρνουμε τη σχέση:
$F_{ολ}^2=F_1^2+F_2^2-2F_1 \cdot F_2 \cdot συν(180^0-φ)$ ή $F_{ολ}^2=F_1^2+F_2^2+2F_1 \cdot F_2 \cdot συνφ$.

Έτσι για τον υπολογισμό **του μέτρου** της συνισταμένης δύναμης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη μαθηματική σχέση:

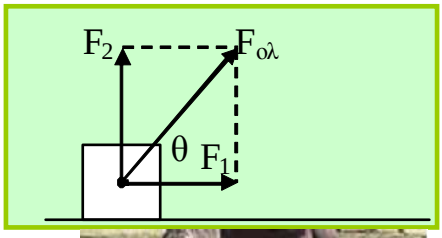


$F_{ολ}=\sqrt{F_1^2++F_2^2+2F_1F_2συνφ}$ όπου φ είναι η περιεχόμενη γωνία των δυο δυνάμεων που θέλουμε να βρούμε τη συνισταμένη τους.

Η διεύθυνση της $F_{ολ}$ καθορίζεται από τη γωνία θ, την οποία υπολογίζουμε ως εξής: Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΟΑΓ ισχύει $εφθ=\frac{ΓA}{OA}$ (1). Όμως ισχύει και $ΓA=F_2\cdot ημφ$ και $OA=OB+BA=F_1+F_2\cdot συνφ$. Με αντικατάσταση στον τύπο (1) πάιρνουμε υη σχέση $εφθ=\frac{F_2ημφ}{F_1+F_2συνφ}$, όπου θ είναι η γωνία που σχηματίζει η συνισταμένη δύναμη $F_{ολ}$ με τη δύναμη F_1.

Έτσι λοιπόν υπολογίσαμε και την **κατεύθυνση** της συνισταμένης δύναμης $\vec{F}$.

✔ Αν οι δυο δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους ($φ=90^0$), τότε απ' το πυθαγόρειο θεώρημα έχουμε: $\mathbf{F=}\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ με $εφθ=\frac{F_2}{F_1}$



4. Τι γνωρίζετε για τη δύναμη που ασκεί μια τραχιά επιφάνεια;

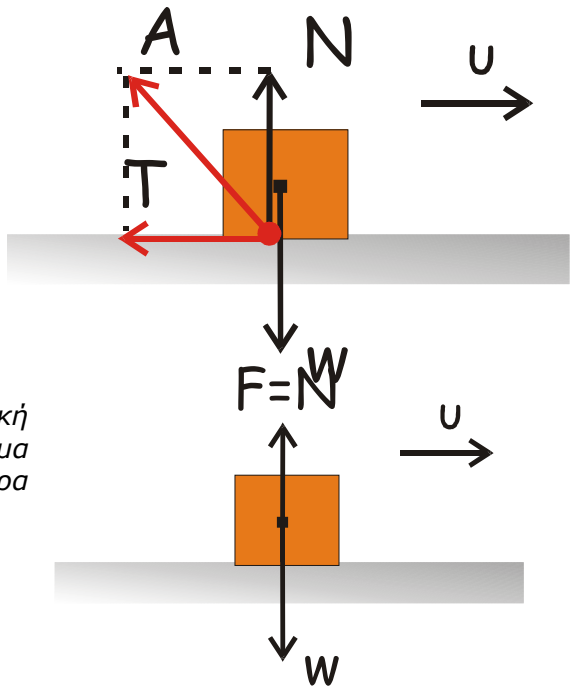


Μια τραχιά επιφάνεια ασκεί σ' ένα σώμα που κινείται (ή τείνει να κινηθεί επάνω της) την κάθετη στην επιφάνεια δύναμη $N=F_N$ και τη δύναμη της στατικής τριβής Τ. Προκειμένου να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται από την τραχιά επιφάνεια στο σώμα, θα πρέπει να

συνθέσουμε τις δυο αυτές δυνάμεις που είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους και επομένως ισχύει:

$$\mathbf{F^2 = F^2_N + T^2.}$$

Προσέξτε, η επιφάνεια ασκεί συνολικά **μια δύναμη** στο σώμα, την Α, που είναι η συνισταμένη της κάθετης αντίδρασης Ν και της τριβής Τ. Αυτή η συνισταμένη δύναμη Α είναι η συνολική αντίδραση που ασκεί η τραχιά επιφάνεια στο σώμα.

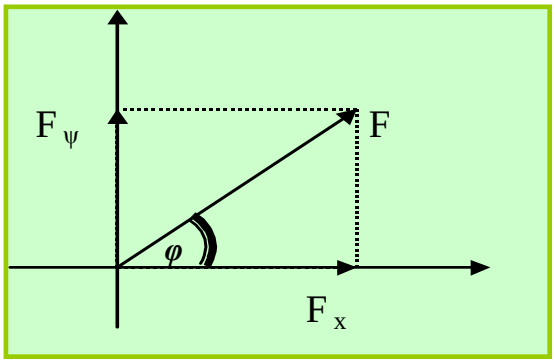


Αν η επιφάνεια είναι λεία τότε δεν υπάρχει τριβή και οπότε η συνολική δύναμη που ασκεί η επιφάνεια στο σώμα είναι η κάθετη αντίδραση Ν ή F_N.Άρα ισχύει **F=N.**

Ανάλυση στις διανυσματικές συνιστώσες

5. Τι ονομάζεται ανάλυση δύναμης σε διανυσματικές συνιστώσες;

Κάθε δύναμη μπορεί να αναλυθεί σε δυο επιμέρους δυνάμεις που λέγονται **συνιστώσες** και την έχουν συνισταμένη. Το πρόβλημα της ανάλυσης δύναμης σε συνιστώσες είναι **αόριστο**. Δηλαδή μπορούμε να αναλύσουμε τη δύναμη F σε συνιστώσες σε οποιοδήποτε σύστημα αξόνων. Συνήθως η ανάλυση γίνεται σε δυο διευθύνσεις **κάθετες** μεταξύ τους.



Στο διπλανό σχήμα δείχνεται μια δύναμη που η αρχή της βρίσκεται στην αρχή Ο του συστήματος συντεταγμένων. Οι ποσότητες F_x και F_y που σχηματίζονται αν φέρουμε από **το τέλος της F** παράλληλες στους άξονες ονομάζονται **διανυσματικές συνιστώσες**. *Είναι φανερό ότι, με τη σύνθεση τους θα πάρουμε, πάλι, σαν συνισταμένη τη δύναμη F.*

Οι F_x και F_y είναι οι αντίστοιχες δυνάμεις στους άξονες x και y. Παρατηρούμε ακόμη από το σχήμα μας πως $F_x=F\cdot συνφ$ και $F_y=F\cdot ημφ$ ενώ τα μέτρα των δυνάμεων συνδέονται με τη σχέση :

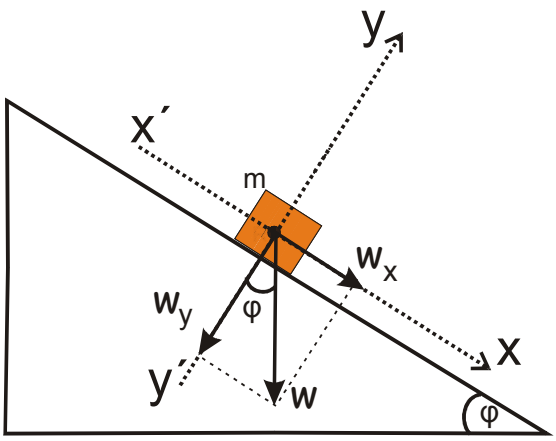
$$\mathbf{F=}\sqrt{F_x^2+F_y^2}\ \mathbf{.}$$

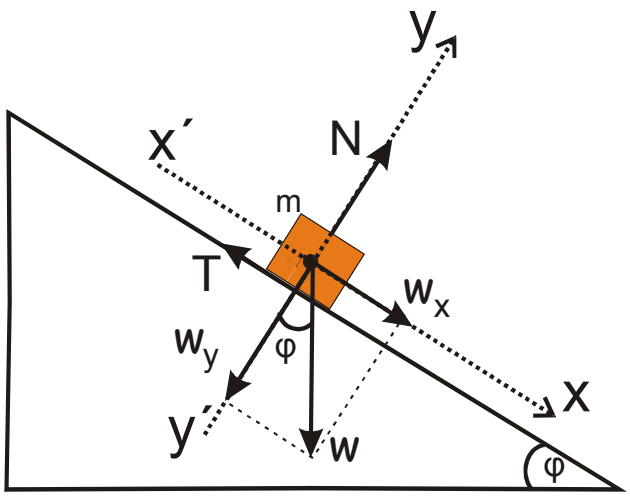
6. Ένα σώμα κινείται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Να αναλύσετε το βάρος του w σε διανυσματικές συνιστώσες; Ποιες άλλες δυνάμεις είναι δυνατό να ασκούνται στο σώμα;

Συνήθως, όταν μελετάμε την κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, παίρνουμε έναν άξονα xx΄ παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο και έναν άξονα yy΄ κάθετο σ' αυτό. Έτσι μπορούμε να αναλύσουμε το βάρος **W** σε:

i) Μια συνιστώσα $\mathbf{W_y}$ **κάθετη** και

ii) Μια συνιστώσα $\mathbf{W_x}$ **παράλληλη** στο κεκλιμένο επίπεδο.





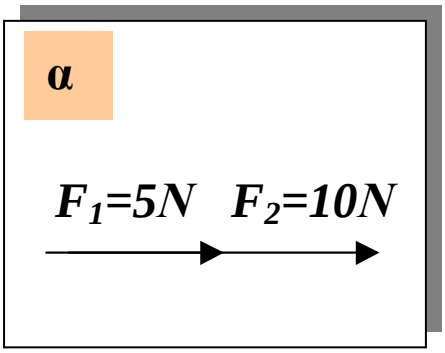
Άλλες δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι η κάθετη αντίδραση N από το κεκλιμένο επίπεδο και η τριβή T αν αυτό δεν είναι λείο.
Αν βέβαια το σώμα είναι ακίνητο τότε η T είναι η στατική τριβή. Αλλιώς η T είναι η τριβή ολίσθησης.

Ακόμη από τη γεωμετρία του σχήματος ισχύει $\mathbf{w_y=w\cdot συνφ}$ και $\mathbf{w_x=w\cdot ημφ.}$
Επίσης από το πυθαγόρειο θεώρημα έχουμε $\mathbf{w^2=w_x^2+w_y^2}$.

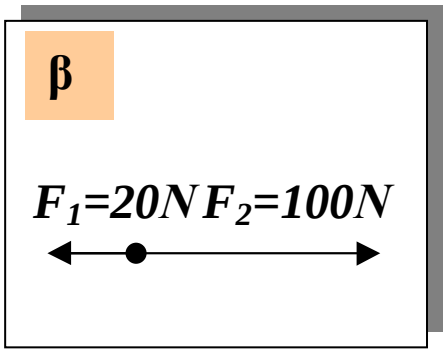
Λυμένες ασκήσεις

1. Να υπολογιστεί η συνισταμένη δύναμη στις παρακάτω περιπτώσεις.

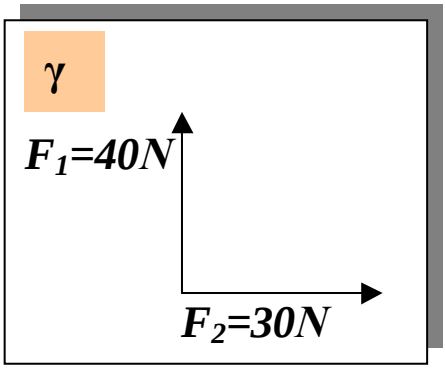
α



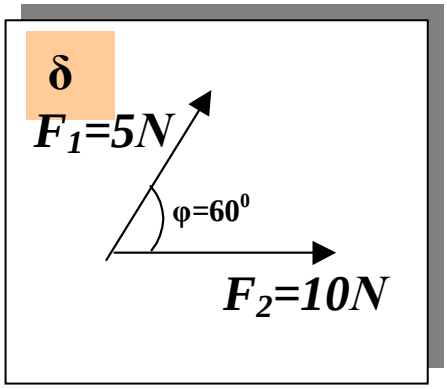
β



γ

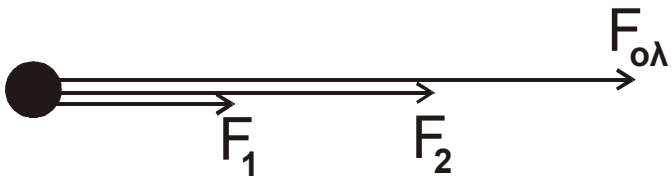


δ



Λύση:

α) Οι δυο δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση (διεύθυνση και φορά) είναι δηλαδή συγγραμμικές και ομόρροπες. Τότε η συνισταμένη τους έχει μέτρο $F_{ολ}=F_1 + F_2=5+10=15N$, ενώ έχει την ίδια κατεύθυνση των δυο συνιστωσών δυνάμεων.

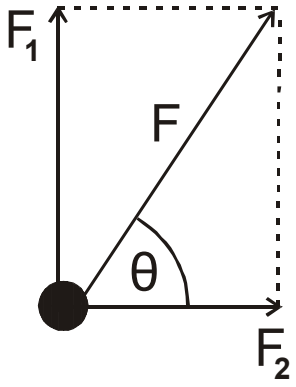


β) Οι δυο δυνάμεις έχουν την ίδια διεύθυνση αλλά αντίθετη φορά, είναι δηλαδή συγγραμμικές και αντίρροπες. Ακόμη είναι $F_2>F_1$. Τότε η συνισταμένη τους έχει μέτρο $F_{ολ}=F_2 - F_1=100-20=80N$, ενώ έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη απ' αυτές δηλαδή την F_2.



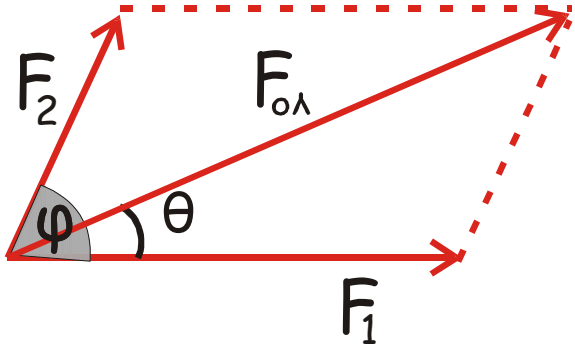
γ) Για να σχεδιάσουμε τη συνισταμένη δύναμη εφαρμόζουμε τον κανόνα του παραλληλογράμμου. Όταν οι δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους τότε σχηματίζεται ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Από το Πυθαγόρειο θεώρημα προκύπτει για το μέτρο της συνισταμένης δύναμης $F^2=F_1^2+F_2^2$ ή $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ **ή**

$F=\sqrt{40^2+30^2}$ ή $F=\sqrt{2.500}$ ή F=50N. Επειδή όμως η δύναμη F είναι διανυσματικό μέγεθος πρέπει να υπολογίσουμε εκτός από το μέτρο της και την κατεύθυνσή της. Έτσι η συνισταμένη δύναμη F σχηματίζει με την οριζόντια δύναμη F_2 γωνία θ με



εφθ= $\frac{F_1}{F_2}$ ή εφθ= $\frac{4}{3}$. Όταν όμως είναι γνωστός ένας τριγωνομετρικός αριθμός όπως η εφθ τότε η γωνία θ, άρα και η κατεύθυνση της δύναμης θεωρείται γνωστή.

δ) Γενικά όπως έχουμε μάθει η συνισταμένη δυο δυνάμεων ***με διαφορετικές διευθύνσεις*** παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που αυτές σχηματίζουν.
Έτσι, για να συνθέσουμε δυο δυνάμεις F_1 και F_2 με διαφορετικές διευθύνσεις, όπως στο σχήμα μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον κανόνα του **παραλληλογράμμου.**
Για να υπολογίσουμε το μέτρο του αθροίσματος χρησιμοποιούμε τη μαθηματική σχέση:



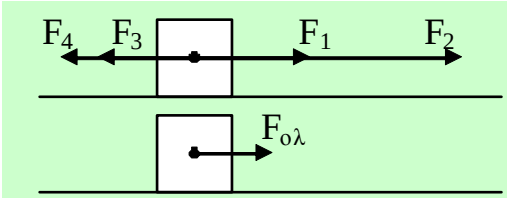
$F_{ολ}=\sqrt{F_1^2++F_2^2+2F_1F_2\sigma\upsilon\nu\varphi}$ όπου φ=60^0 είναι η περιεχόμενη γωνία με συν$60^0=\frac{1}{2}$. Άρα προκύπτει $F_{ολ}=\sqrt{5^2+10^2+2\cdot5\cdot10\cdot\sigma\upsilon\nu60^0}$ ή

$F_{ολ}=\sqrt{25+100+100\cdot\frac{1}{2}}$ ή $F=\sqrt{175}\,N.$

Ακόμη για να υπολογίσουμε την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης $\vec{F}_{ολ}$, από το σχήμα μας έχουμε εφθ=$\frac{F_2\eta\mu\varphi}{F_1+F_2\sigma\upsilon\nu\varphi}$, όπου θ είναι η γωνία που σχηματίζει η συνισταμένη δύναμη $F_{ολ}$ με τη δύναμη F_1.

Έτσι λοιπόν έχουμε εφθ= $\frac{10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}}{5+10\cdot\frac{1}{2}}$ ή εφθ= $\frac{5\sqrt{3}}{10}$ ή εφθ= $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

2. Να βρεθεί η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα που φαίνεται στο σχήμα, αν δίνονται F_1=80N, F_2=160N F_3=50N και F_4=70N.



Λύση:

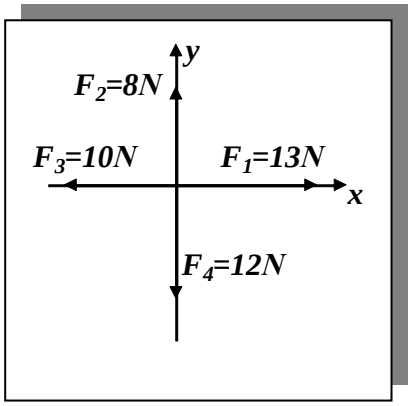
Βρίσκουμε πρώτα τη συνισταμένη $F_{1,2}$, των δυνάμεων που έχουν φορά προς τα δεξιά οπότε έχουμε $F_{1,2}= F_1+F_2= 240N$.

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη συνισταμένη $F_{3,4}$, των δυνάμεων με φορά προς τα αριστερά. Δηλαδή είναι $F_{3,4}=F_3+F_4=120N$.

Οι δυνάμεις $F_{1,2}$ και $F_{3,4}$ έχουν την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά, με $F_{1,2}>F_{3,4}$. Τότε η συνισταμένη τους θα έχει μέτρο

$F_{ολ} =F_{1,2}-F_{3,4}=240-120=120N$, ίδια διεύθυνση με τις συνιστώσες δυνάμεις και φορά προς τα δεξιά (αφού $F_{1,2}>F_{3,4}$).

3. Να υπολογιστεί η συνισταμένη των τεσσάρων δυνάμεων του σχήματος.

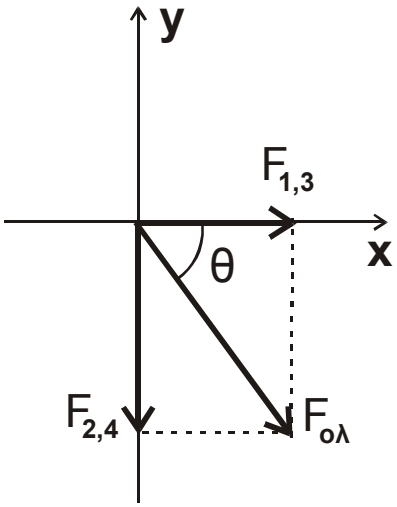


Λύση:

Βρίσκουμε πρώτα τη συνισταμένη $F_{1,3}$, των δυνάμεων που έχουν τη διεύθυνση του άξονα των x. Επειδή οι δυο δυνάμεις έχουν αντίθετες φορές έχουμε $F_{1,3}= F_1-F_3= 3N$, με φορά προς τα δεξιά (+x).

Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη συνισταμένη $F_{2,4}$, των δυνάμεων που έχουν τη διεύθυνση του άξονα των y. Επειδή οι δυο δυνάμεις έχουν και εδώ αντίθετες φορές έχουμε $F_{2,4}= F_4-F_2= 4N$, με φορά προς τα κάτω (-y).

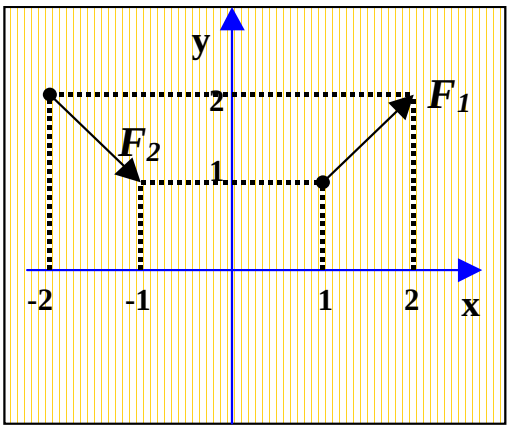
Τότε προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



Μ' αυτόν τον τρόπο τελικά αντικαταστήσαμε τις τέσσερις δυνάμεις με δυο μόνο που είναι κάθετες μεταξύ τους, τις $F_{1,3}$ και $F_{2,4}$.
Για να σχεδιάσουμε τη συνισταμένη δύναμη εφαρμόζουμε τον κανόνα του παραλληλογράμμου. Από το Πυθαγόρειο θεώρημα προκύπτει για το μέτρο της συνισταμένης δύναμης $F_{ολ}^2=F_{1,3}^2+F_{2,4}^2$ ή $F_{ολ}= \sqrt{F_{1,3}^2+F_{2,4}^2}$ **ή**

$F_{ολ}= \sqrt{3^2+4^2}$ ή $F= \sqrt{25}$ ή F=5N. Ακόμη η συνισταμένη δύναμη $F_{ολ}$ σχηματίζει με την οριζόντια δύναμη $F_{1,3}$ γωνία θ με εφθ= $\frac{F_{2,4}}{F_{1,3}}$ ή εφθ= $\frac{4}{3}$. Έτσι η κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα.

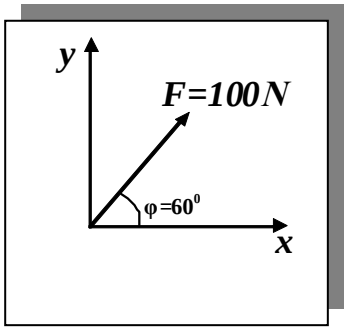
5. Να υπολογιστεί η συνισταμένη των δυνάμεων του σχήματος.



Λύση:

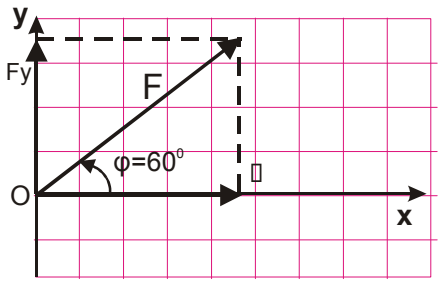
Από το σχήμα είναι F_{1x} = 2 – 1 = 1 N και F_{1y} = 2 – 1 = 1 N.
Όμοια F_{2x} = - 1 – (- 2) = - 1 + 2 = 1 N και F_{2y} = 1 – 2 = - 1 N .
Τότε $F_x = F_{1x} + F_{2x}$ = 1 + 1 = 2 N και $F_y = F_{1y} + F_{2y}$ = 1 – 1 = 0.
Άρα $F_{ολ} = \sqrt{Fx^2+Fy^2} = \sqrt{Fx^2}$ ή $F_{ολ} = F_x \Rightarrow F_{ολ}$ = 2 N. Δηλαδή η συνισταμένη δύναμη βρίσκεται πάνω στον άξονα των x και έχει φορά προς τα δεξιά.

6. Να αναλυθεί η δύναμη F σε διανυσματικές συνιστώσες. Δίνονται συν$30^0=\frac{\sqrt{3}}{2}$ και ημ$30^0=\frac{1}{2}$



Λύση:

Στο διπλανό σχήμα δείχνεται η δύναμη F που η αρχή της βρίσκεται στην αρχή Ο του συστήματος συντεταγμένων. Οι ποσότητες F_x και F_y που σχηματίζονται αν φέρουμε από το τέλος της F παράλληλες στους άξονες εείναι οι διανυσματικές συνιστώσες.



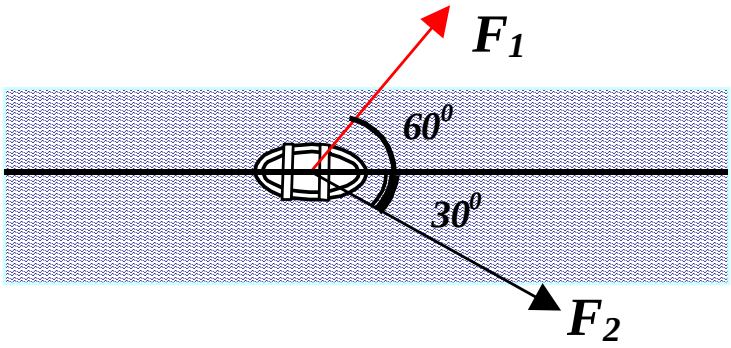
Είναι δηλαδή οι αντίστοιχες δυνάμεις στους άξονες x και y. Παρατηρούμε ακόμη από το σχήμα μας πως $F_x=F\cdot$συνφ και $F_y=F\cdot$ημφ. Έτσι έχουμε:

$F_x = F\cdot$ συν $60^o = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50$ N και $F_{1y} = F_1\cdot$ ημ $60^o = 100\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = 50\cdot\sqrt{3}$ N.

Ακόμη τα μέτρα των δυνάμεων συνδέονται με τη σχέση $F^2=F_x^2+F_y^2$ ή

F= $\sqrt{F_x^2+F_y^2}$ **=** $\sqrt{50^2+\left(50\cdot\sqrt{3}\right)^2}$ =100N, όπως ακριβώς το περιμέναμε.

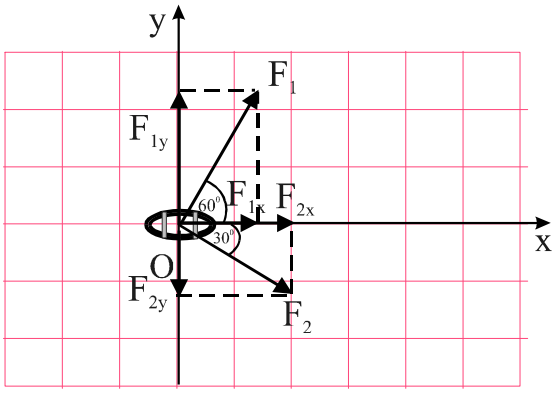
7. Δυο άντρες εξασκούν σε μια βάρκα δυνάμεις $F_1=300\sqrt{3}$ N και $F_2=300$N, όπως φαίνεται στο σχήμα. Να υπολογιστεί η δύναμη που πρέπει να εξασκεί ένα αγόρι για να κρατηθεί η βάρκα στη μέση του καναλιού.



Δίνονται ημ60^0=συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$ και ημ30^0=συν60^0=$\frac{1}{2}$.

Λύση:

Με ανάλυση σε διανυσματικές συνιστώσες έχουμε:



F_{1x} = F_1 . συν 60° = $300\cdot\sqrt{3}\,\frac{1}{2}$ =

=150 $\sqrt{3}$ N.

Ακόμη F_{1y} = F_1 · ημ 60° =

=$300\sqrt{3}\,\frac{\sqrt{3}}{2}$ =450 N.

Όμοια:

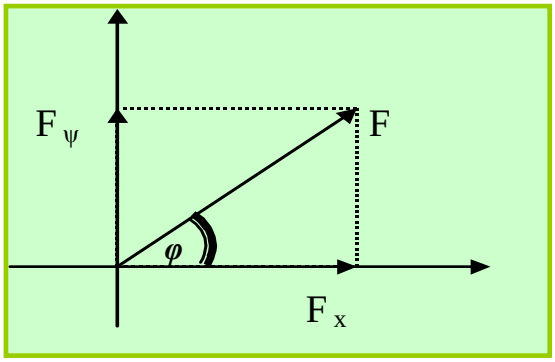
F_{2x} = F_2 ·συν 30° = $300\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$ =

=$150\cdot\sqrt{3}$ N.

Και F_{2y} = F_2 ·ημ 30° = $300\cdot\frac{1}{2}$ = 150 N.

Για να κρατηθεί η βάρκα στη μέση του καναλιού θα πρέπει $\Sigma F_y = 0$ άρα θα πρέπει η δύναμη του αγοριού να είναι $F = F_{1y} - F_{2y} = 300$ N, με φορά προς τα κάτω. Παρατηρούμε ακόμη ότι $\Sigma Fx = 300\cdot\sqrt{3} \neq 0$.

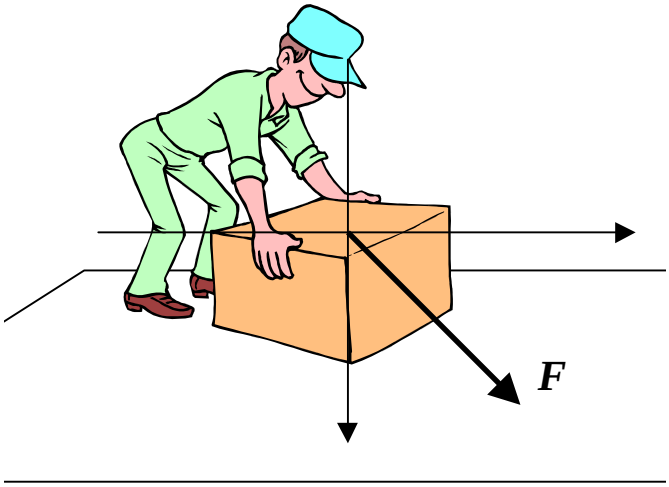
8. Αν οι διανυσματικές συνιστώσες της δύναμης F του σχήματος είναι F_x=90N και F_y=120N τότε να υπολογιστεί η δύναμη F.



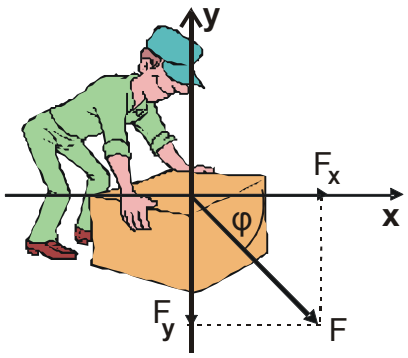
Λύση:

Ισχύει $F = \sqrt{Fx^2 + Fy^2} = \sqrt{90^2 + 120^2} \Rightarrow F = 150$ N με $\varepsilon\varphi\theta = \frac{Fy}{Fx} = \frac{4}{3}$.

9. Ένας εργάτης σπρώχνει ένα χάρτινο κιβώτιο κατά μήκος του δαπέδου, όπως φαίνεται στο σχήμα με δύναμη F=60N και με γωνία $\varphi=45^0$, προς τα κάτω. Να βρεθούν η οριζόντια και η κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης.



Λύση:



1ος τρόπος:
Επειδή η γωνία φ=45^0, το ορθογώνιο τρίγωνο που έχει πλευρές τις F_x, F_y και F είναι ισοσκελές. Άρα ισχύει F_x=F_y. Τότε από το Πυθαγόρειο θεώρημα προκύπτει:

$F^2=F_x^2+F_y^2$ ή $F^2=2F_x^2$ ή $F_x^2=\frac{F^2}{2}$ ή $F_x^2=\frac{60^2}{2}$ ή

$F_x=\frac{60}{\sqrt{2}}$ ή $F_x=\frac{60\cdot\sqrt{2}}{\sqrt{2}\cdot\sqrt{2}}$ ή $F_x=30\sqrt{2}$ N.

Άρα είναι F_x=F_y=$30\sqrt{2}$ N.

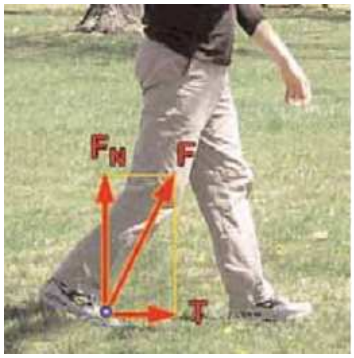
2ος τρόπος:

Ισχύει συν45^0=ημ45^0=$\frac{\sqrt{2}}{2}$. Τότε θα έχουμε:

F_x = F.συνφ = $60\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}$ = $30\sqrt{2}$ N.

και F_y = F·ημφ = $60\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=30\sqrt{2}$ N. Άρα είναι F_x=F_y=$30\sqrt{2}$ N.

10. Ο άνθρωπος του σχήματος μπορεί και βαδίζει με ασφάλεια γιατί η επιφάνεια είναι τραχιά. Αν η κάθετη δύναμη F_N που ασκείται από το έδαφος στον άνθρωπο είναι F_N=800N ενώ η στατική τριβή ανάμεσα στο πόδι του ανθρώπου και το έδαφος είναι T=400N, τότε να υπολογίσετε τη συνολική δύναμη που ασκεί το έδαφος στον άνθρωπο.



Λύση:

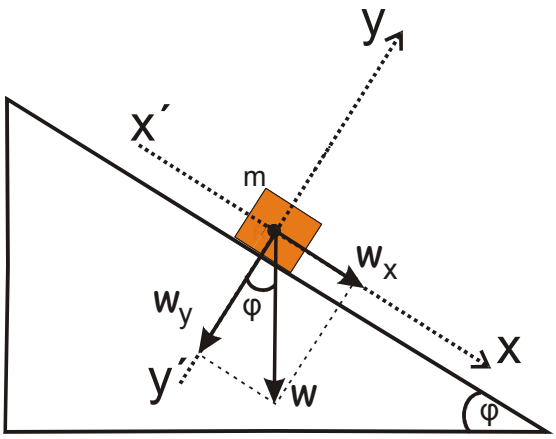
Γνωρίζουμε ότι μια τραχιά επιφάνεια ασκεί σ' ένα σώμα που κινείται (ή τείνει να κινηθεί επάνω της) την κάθετη στην επιφάνεια δύναμη $N=F_N$ και τη δύναμη της στατικής τριβής Τ. Οι δυο αυτές δυνάμεις είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους και επομένως ισχύει:

$F^2 = F^2_N + T^2$ ή $F=\sqrt{F_N^2+T^2}$ ή

$F=\sqrt{800^2+400^2}$ ή $F=400\cdot\sqrt{5}$ N με τη συνισταμένη δύναμη να σχηματίζει με το έδαφος γωνία φ με $\varepsilon\varphi=\frac{F_N}{T}=2$.

Προσέξτε, ότι η επιφάνεια ασκεί συνολικά **μια δύναμη** στο σώμα, την F, που είναι η συνισταμένη της κάθετης αντίδρασης F_N και της τριβής Τ. Αυτή η συνισταμένη δύναμη είναι η συνολική αντίδραση που ασκεί η τραχιά επιφάνεια στο σώμα.

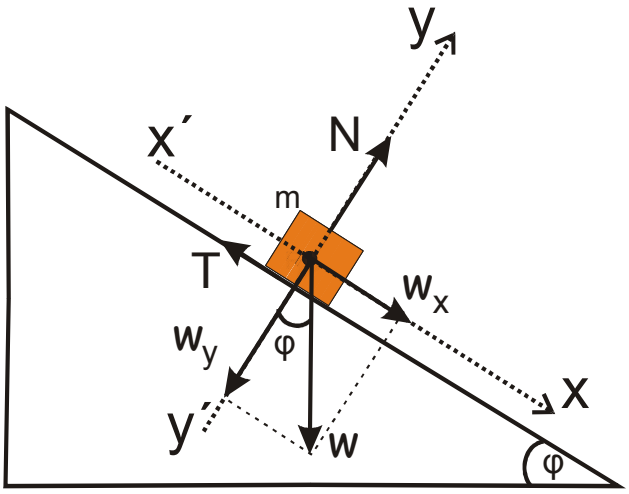
11. Ένα σώμα βάρους w=100N κινείται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης φ=45^0. Να αναλύσετε το βάρος του w σε διανυσματικές συνιστώσες στους άξονες xx΄ και yy΄. Ποιες άλλες δυνάμεις είναι δυνατό να ασκούνται στο σώμα;



Λύση:

1^{ος} τρόπος:

Ο άξονας xx΄ είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο και ο άξονας yy΄ είναι κάθετος σ' αυτό. Έτσι το βάρος w αναλύεται σε:
i) Μια συνιστώσα w_y κάθετη και
ii) Μια συνιστώσα w_x παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο.
Επειδή η γωνία φ=45^0, το ορθογώνιο τρίγωνο που έχει πλευρές τις w_x, w_y και w είναι ισοσκελές. Άρα ισχύει $w_x=w_y$. Τότε από το Πυθαγόρειο θεώρημα προκύπτει:



$w^2=w_x^2+w_y^2$ ή $w^2=2w_x^2$ ή $w_x^2=\frac{w^2}{2}$

ή $w_x^2=\frac{100^2}{2}$ ή

$w_x = \frac{100}{\sqrt{2}}$ ή $w_x = \frac{100 \cdot \sqrt{2}}{\sqrt{2 \cdot \sqrt{2}}}$ ή $w_x = 50\sqrt{2}$ N.

Άρα είναι $w_x = w_y = 50\sqrt{2}$ N.

2ος τρόπος:

Ισχύει συν45^0=ημ45^0= $\frac{\sqrt{2}}{2}$. Ακόμη από τη γεωμετρία του σχήματος ισχύει:

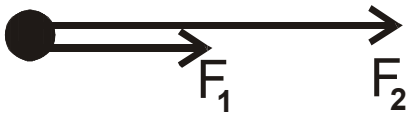
w_x = w.συνφ = $100 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 50\sqrt{2}$ N.

και w_y = w·ημφ = $100 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 50\sqrt{2}$ N. Άρα είναι $w_x = w_y = 50\sqrt{2}$ N.

Άλλες δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι η κάθετη αντίδραση Ν από το κεκλιμένο επίπεδο και η τριβή Τ αν αυτό δεν είναι λείο όπως φαίνεται στο σχήμα.
Αν βέβαια το σώμα είναι ακίνητο τότε η Τ είναι η στατική τριβή. Αλλιώς η Τ είναι η τριβή ολίσθησης.

Ασκήσεις

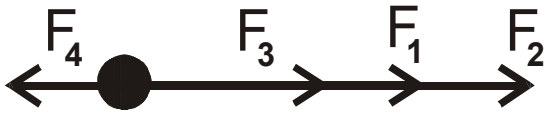
1) Αν F_1=170N και F_2=250N να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη.



2) Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη των δυο δυνάμεων F_1 και F_2 του σχήματος αν τα μέτρα τους είναι F_1=100N και F_2=80N. Τι ισχύει στην περίπτωση που τα μέτρα των δυνάμεων είναι ίσα;



3) Να υπολογιστεί η συνισταμένη των τεσσάρων δυνάμεων F_1=8N, F_2=10N, F_3=6N και F_4=4N.

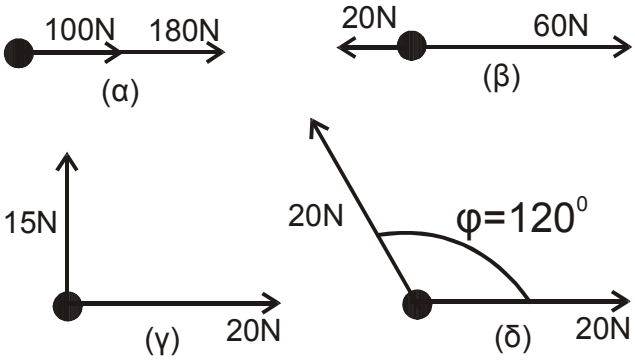


4) Αν F_1=100N, F_2=50N και F_3=150N, ποια είναι η συνισταμένη δύναμη;

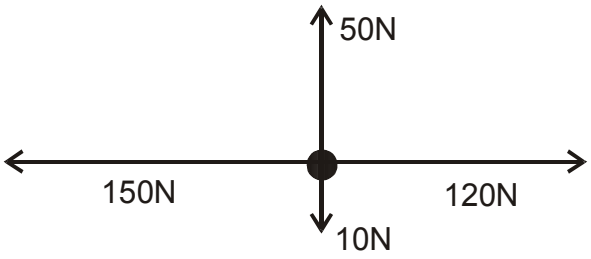


5) Να υπολογιστεί η συνισταμένη δύναμη σε καθεμία από τις περιπτώσεις (α) , (β), (γ), (δ).

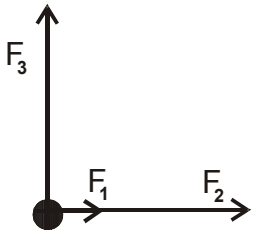
Δίνεται συν120^0=$-\frac{1}{2}$



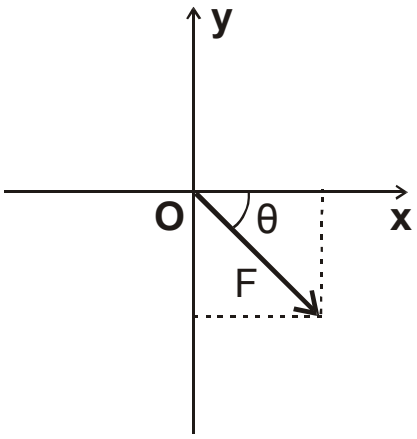
6) Να υπολογιστεί η συνισταμένη των τεσσάρων δυνάμεων του σχήματος.



7) Να υπολογιστεί η συνισταμένη των τριών δυνάμεων του σχήματος. Δίνεται $F_1=1N$ και $F_2=F_3=3N$.



8) Αν η δύναμη F του σχήματος έχει μέτρο F=240N τότε να αναλυθεί σε διανυσματικές συνιστώσες στο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων xoy. Δίνεται $\theta=45^0$.

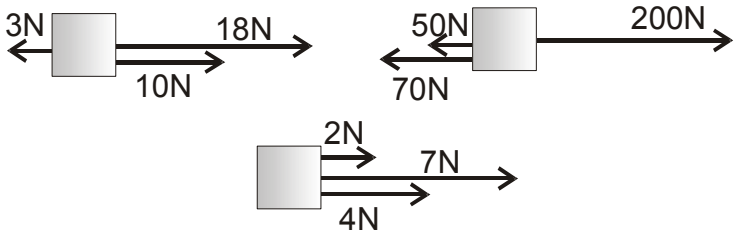


9) Έστω μια δύναμη F = 20N. Να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες F_1 και F_2, που είναι κάθετες μεταξύ τους και έχουν ίσες τιμές.

10) Δύο δυνάμεις F_1 = 4N και F_2 = 5N ασκούνται στο ίδιο υλικό σημείο και είναι κάθετες μεταξύ τους. Να βρεθεί η συνισταμένη δύναμη.

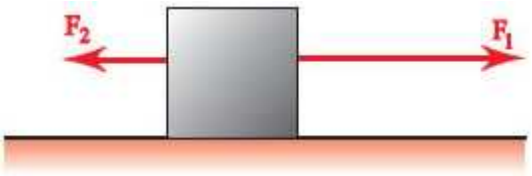
11) Δύο δυνάμεις με τιμές 8N και 15N ενεργούν σ' ένα σώμα.
Να βρείτε τη συνισταμένη τους αν οι διευθύνσεις τους σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία
α. 0^o
β. 90^0
γ. 180^o

12) Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα σώμα καθώς και οι δυνάμεις που δέχεται σε τρεις περιπτώσεις.
Να υπολογίσετε σε κάθε περίπτωση την συνισταμένη δύναμη σε τιμή και κατεύθυνση.

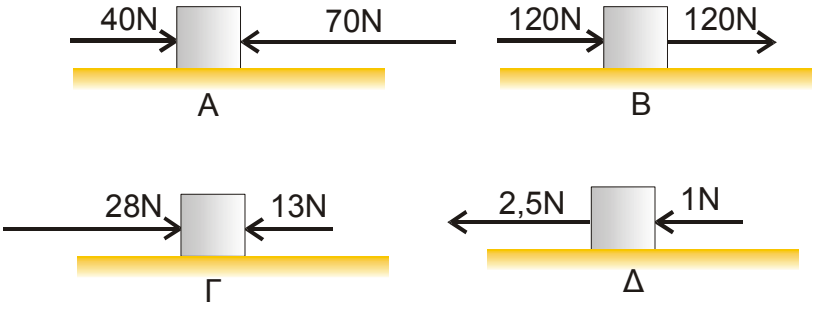


13) Μια δύναμη F = 180N να αναλυθεί σε δυο συνιστώσες, F_1 και F_2 που είναι:
α. συγγραμμικές ομόρροπες και $F_1 = 5F_2$
β. συγγραμμικές αντίρροπες και $F_1 = 3F_2$
γ. κάθετες μεταξύ τους και $F_1 = \frac{4}{3}F_2$.

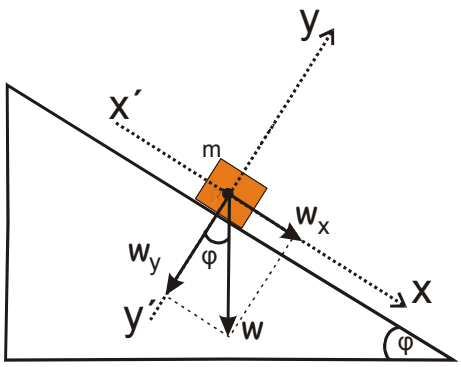
14) Στο σώμα που φαίνεται στην εικόνα ασκούνται οι δυνάμεις F_1 = 300N και F_2 = 80N. Γνωρίζουμε ακόμη ότι η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι μηδέν. Δέχεται το σώμα άλλη δύναμη εκτός των F_1 και F_2 στη διεύθυνση της κίνησής του; Αν ναι να την προσδιορίσετε.



15) Σ' ένα σώμα ασκούνται οι οριζόντιες δυνάμεις που φαίνονται στο σχήμα Να υπολογίσετε τη συνισταμένη που δέχεται το σώμα σε κάθε περίπτωση.



16) Ένα σώμα βάρους $w=300\sqrt{2}$ N κινείται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης $\varphi=45^0$. Να αναλύσετε το βάρος του w σε διανυσματικές συνιστώσες στους άξονες xx΄ και yy΄. Ποιες άλλες δυνάμεις είναι δυνατό να ασκούνται στο σώμα;



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1)Συνιστώσα λέγεται μια δύναμη που μπορεί να αντικαταστήσει ένα σύνολο δυνάμεων που ασκούνται σε ορισμένο σώμα. ( )

2)Η συνισταμένη δυο ή περισσοτέρων δυνάμεων προκαλεί στο σώμα το ίδιο μηχανικό αποτέλεσμα, που προκαλείται από το σύνολο των δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό. *( )*

3)Η διαδικασία αντικατάστασης δυο ή περισσοτέρων δυνάμεων από μια, που προκαλεί τα ίδια μηχανικά αποτελέσματα στο σώμα λέγεται σύνθεση. *( )*

4)Αν οι δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση η συνισταμένη τους έχει αντίθετη κατεύθυνση και μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους. ( )

5)Αν δυο δυνάμεις έχουν αντίθετη κατεύθυνση τότε η συνισταμένη τους έχει τη φορά της μεγαλύτερης. ( )

6)Η συνισταμένη δυο αντίθετων δυνάμεων που ασκούνται στο ίδιο σώμα είναι μηδέν. *( )*

7) Ο κανόνας του παραλληλογράμμου δεν μπορεί να εφαρμοστεί στη σύνθεση δυνάμεων ενώ εφαρμόζεται στη σύνθεση μετατοπίσεων. ( )

8)Ανάλυση δύναμης σε δυο συνιστώσες είναι η αντικατάστασή της από δυο δυνάμεις που προκαλούν στο ίδιο σώμα το ίδιο αποτέλεσμα. *( )*

9)Το πρόβλημα ανάλυσης δύναμης σε συνιστώσες είναι αόριστο. Μια ορισμένη λύση έχουμε αν μας δίνονται οι δυο διευθύνσεις. *( )*

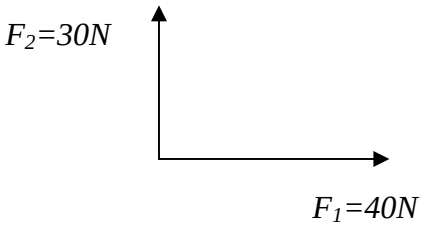
10)Σε ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων οι συνιστώσες είναι οι προβολές του διανύσματος της δύναμης. *( )*

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Η διαδικασία αντικατάστασης δυο ή περισσοτέρων δυνάμεων από μια που προκαλεί τα ίδια μηχανικά αποτελέσματα ονομάζεται :
α) ανάλυση
β) σύνθεση
γ) συνισταμένη
δ)συνιστώσα

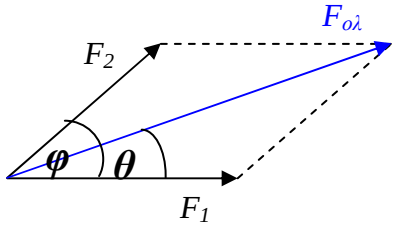
2) Η συνισταμένη δυο παράλληλων και ομόρροπων δυνάμεων F_1=50N και F_2=70N είναι:
α) 120N
β) 3500N
γ) 20N
δ) -20N

3) Το μέτρο της συνισταμένης του σχήματος είναι:
α) 70N
β) 10N
γ) 50N
δ) τίποτε από αυτά.



4) Η συνισταμένη δυο αντίθετων δυνάμεων που ασκούνται στο ίδιο σώμα είναι:
α) μηδέν
β) η ελάχιστη δυνατή
γ) η μέγιστη δυνατή
δ) τίποτε από τα παραπάνω

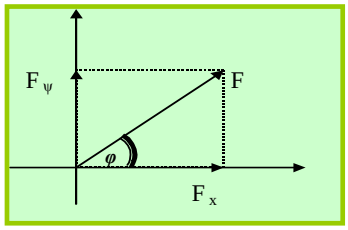
5) Η συνισταμένη των δυνάμεων του σχήματος είναι:
α)$F_{ολ}=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$
β) $F_{ολ}=F_1+F_2$



γ) $F_{ολ}=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\sigma\upsilon\nu\phi}$ με εφθ$=\dfrac{F_2\eta\mu\phi}{F_1+F_2\sigma\upsilon\nu\phi}$

δ) $F_{ολ}=\sqrt{F_1^2+F_2^2-2F_1F_2\sigma\upsilon\nu\phi}$

6) Οι συνιστώσες της F στους άξονες χ και ψ είναι αντίστοιχα:
α) $F_X=0$, $F_y=F$
β) $F_X=F\sigma\upsilon\nu\varphi$, $F_y=F\eta\mu\varphi$
γ) $F_X=F$, $F_y=0$
δ) $F_X=F_y=F\sigma\upsilon\nu\varphi$.



7) Δυο δυνάμεις 15N και 20N ασκούνται στο ίδιο σώμα. Πόση είναι η συνισταμένη δύναμη;
α)35N
β)5N
γ)25N
δ)Τα στοιχεία δεν επαρκούν για να υπολογίσω τη συνισταμένη.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε .....της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας).

2) ..... λέγεται μια δύναμη που μπορεί να αντικαταστήσει ..... ή περισσότερες..... και μπορεί να προκαλέσει στο σώμα το ίδιο ..... αποτέλεσμα. Η διαδικασία ονομάζεται .....δυνάμεων.

3) Αν δυο ή περισσότερες δυνάμεις έχουν την ίδια…… η συνισταμένη τους έχει την ίδια ……..μ' αυτές και μέτρο ίσο με το άθροισμα των …… τους.
Ενώ αν δυο δυνάμεις έχουν …….κατεύθυνση η συνισταμένη τους, έχει την κατεύθυνση της ……..και μέτρο ίσο με την απόλυτη ….……των μέτρων τους. Σ' αυτή την περίπτωση αν τα μέτρα είναι …… η συνισταμένη τους είναι ……..και οι δυνάμεις ονομάζονται αντίθετες.

4) Αν δυο δυνάμεις F_1και F_2 σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία φ τότε η συνισταμένη τους προσδιορίζεται με τον ……του ……και το μέτρο της συνισταμένης δύναμης δίνεται από τη σχέση $F_{ολ}$=……, ενώ η κλίση της συνισταμένης δίνεται από τη σχέση εφθ=……..όπου θ η γωνία που σχηματίζει η …….με την …….

5) Ανάλυση μιας δύναμης σε δυο …….. είναι η ……..της δύναμης από …….. δυνάμεις οι οποίες ασκούμενες στο ίδιο σώμα προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα.

3.4 Δύναμη και ισορροπία

1ος νόμος του Νεύτωνα

1. Τι ονομάζεται αδράνεια και ποιο είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος;

Αδράνεια ονομάζεται η τάση ενός σώματος να **αντιστέκεται** σε κάθε **μεταβολή** της κινητικής του κατάστασης (ταχύτητας).

Δηλαδή:

Κάθε σώμα έχει την τάση να κρατά σταθερή την κινητική του κατάσταση.

Το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος είναι η **μάζα** του σώματος.

Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του σώματος τόσο μεγαλύτερη είναι και η αδράνειά του.

2. Τι μας λέει ο νόμος του Γαλιλαίου για την αδράνεια ή ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα;

Ο Γαλιλαίος ισχυρίσθηκε ότι **ένα τέλεια λείο αντικείμενο πάνω σε μια επίσης τέλεια λεία οριζόντια επιφάνεια θα μπορούσε να κινείται επ' άπειρο σε ευθεία γραμμή**

Αργότερα ο Νεύτωνας χρησιμοποιώντας την έννοια της δύναμης διατύπωσε πιο ολοκληρωμένα την άποψη του Γαλιλαίου διατυπώνοντας τον **πρώτο του νόμο** ως εξής:

Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά (με σταθερή ταχύτητα), όταν δεν εξασκείται σε αυτό καμία δύναμη ή όταν εξασκούνται δυνάμεις που έχουν συνισταμένη μηδέν.

Δηλαδή ισχύει: Αν υ=0 ή $\vec{\upsilon}$ =σταθ. αν και μόνο αν $\vec{F}_{ολ}=\vec{0}$.

Π ρ ο σ έ ξ τ ε, ότι στον πρώτο νόμο δεν γίνεται διάκριση μεταξύ ενός σώματος ***σε ηρεμία*** *και ενός σώματος που κινείται* ***με σταθερή ταχύτητα****. Και οι δυο καταστάσεις είναι «φυσικές» όταν δεν υπάρχουν δυνάμεις.*

Π ρ ο σ έ ξ τ ε επίσης, ότι ο πρώτος νόμος δηλώνει ότι, καμία διαφορά δεν υπάρχει στην περίπτωση που ***δεν υπάρχουν δυνάμεις*** *και στην περίπτωση που υπάρχουν* ***δυνάμεις με συνισταμένη μηδέν****. Για παράδειγμα αν η δύναμη του χεριού μας πάνω στο βιβλίο εξουδετερώνει ακριβώς την τριβή που εξασκείται πάνω του, το βιβλίο θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα, σαν να μην εξασκείται καμία δύναμη.*

Αν θέλουμε να φωτίσουμε τα πιο σημαντικά σημεία του πρώτου νόμου της κίνησης θα προσέξουμε ότι:

1. ***Η αδράνεια είναι μια θεμελιακή ιδιότητα της ύλης.***
2. ***Η ισχύς του νόμου επεκτείνεται και στα ουράνια σώματα, είναι με άλλα λόγια ένας νόμος παγκόσμιος.***
3. ***Εισάγει μια ισοδυναμία ανάμεσα στις δυο καταστάσεις, την κατάσταση ακινησίας και την κατάσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης.***

3.5 Ισορροπία υλικού σημείου

1. Πότε ένα σώμα ισορροπεί;

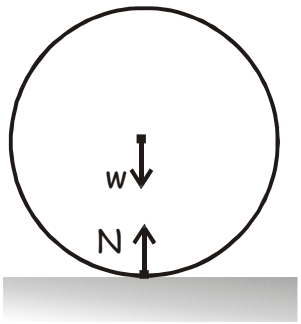
Λέμε ότι ένα σώμα που θεωρείται υλικό σημείο, ισορροπεί, όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Η συνθήκη ισορροπίας ενός υλικού σημείου σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton γράφεται:

$$\vec{F}_{ολικό}= 0.$$

2. Ποιες δυνάμεις ονομάζονται αντίθετες;

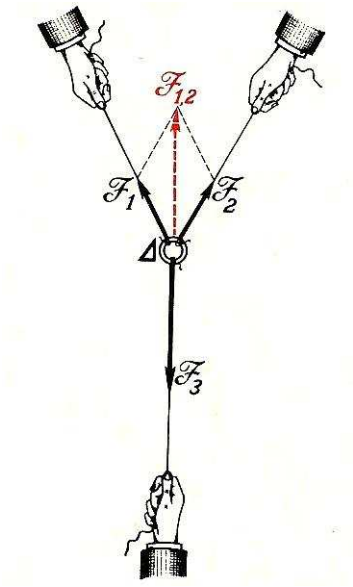
Δυο δυνάμεις που έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά, ονομάζονται αντίθετες. Αν οι δυο αυτές δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα (υλικό σημείο), τότε λέμε ότι ισορροπούν γιατί **η συνισταμένη δυο αντίθετων δυνάμεων είναι μηδέν.**



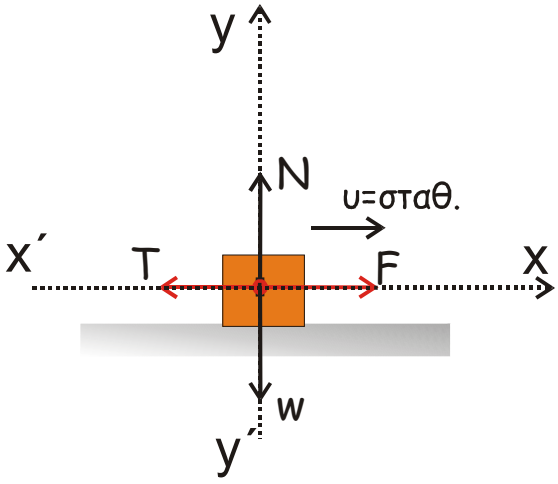
Στη σφαίρα του σχήματος που ηρεμεί πάνω στο οριζόντιο δάπεδο ασκούνται δύο δυνάμεις. Το βάρος της w που προέρχεται από την έλξη της Γης και η δύναμη Ν, την οποία ασκεί το δάπεδο που είναι σε επαφή με τη σφαίρα. Αφού η σφαίρα ισορροπεί, πρέπει οι δυο δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτή w και Ν μα είναι **αντίθετες** δηλαδή να έχουν συνισταμένη μηδέν.

3. Πότε ένα σώμα στο οποίο ασκούνται τρεις δυνάμεις ισορροπεί;

Έστω ότι στο ίδιο σημείο (δακτύλιο του σχήματος) ασκούνται τρεις δυνάμεις F_1, F_2 και F_3 που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (ομοεπίπεδες) και αυτό ισορροπεί.
Οι δυο δυνάμεις F_1 και F_2, μπορούν να αντικατασταθούν από τη συνισταμένη τους $F_{1,2}$, οπότε πλέον ασκούνται στο δακτύλιο δυο δυνάμεις η $F_{1,2}$ και η F_3. Για να έχουμε **ισορροπία**, πρέπει οι δυο αυτές δυνάμεις να είναι αντίθετες. Έτσι προκύπτει ότι για την ισορροπία τριών ομοεπίπεδων δυνάμεων που ασκούνται στο ίδιο σημείο, πρέπει η συνισταμένη των δυο να είναι αντίθετη με την τρίτη. Τότε έχουμε ότι η συνισταμένη και των τριών δυνάμεων μαζί είναι ίση με μηδέν και το σώμα ισορροπεί.



4. Στο σώμα του σχήματος ασκούνται τέσσερις δυνάμεις και το σώμα ισορροπεί σε οριζόντιο δάπεδο. Τι ισχύει σ' αυτή την περίπτωση για την ισορροπία του σώματος;



Όταν σ' ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις, το σώμα ισορροπεί όταν η συνισταμένη τους είναι μηδέν. Τότε όμως αυτό σημαίνει ότι και η συνισταμένη των δυνάμεων **σε οποιοδήποτε άξονα** είναι επίσης ίση με μηδέν.

Εδώ έχουμε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων χοy.

Για τις κάθετες συνιστώσες στους άξονες x και y θα ισχύει:

$$\mathbf{F_{ολx}=0} \text{ και } \mathbf{F_{ολy}=0.}$$

Αν το σώμα του σχήματος ισορροπεί σε οριζόντιο δάπεδο, ενώ το σπρώχνουμε με το χέρι μας ασκώντας σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου F. Τότε οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι:

Από απόσταση: το βάρος W, κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω.

Από επαφή: Η δύναμη F από το χέρι (τείνει να κινήσει το σώμα).

Από το δάπεδο (η κάθετη αντίδραση N με φορά από το δάπεδο προς το σώμα και η τριβή T που αντιτίθεται στην κίνηση).

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον οριζόντιο άξονα xx΄ έχουμε:

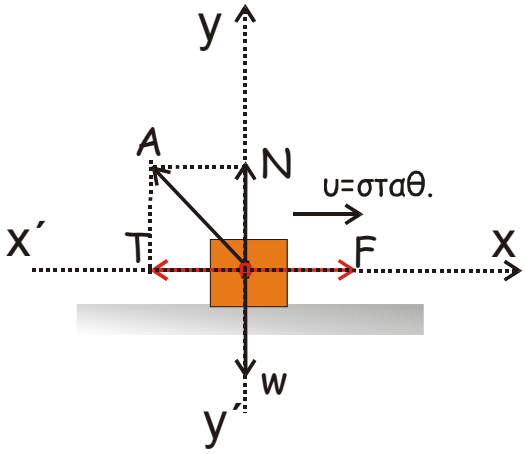
$$F_{ολx} = 0 \text{ ή } F - T = 0 \text{ ή } F = T$$

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα yy΄ έχουμε:

$$F_{ολ_y} = 0 \text{ ή } w - N = 0 \text{ ή } w = N$$

Η συνολική δύναμη Α (αντίδραση από το δάπεδο), που ασκεί το δάπεδο στο σώμα είναι η συνισταμένη των Ν και Τ. Δηλαδή ισχύει:

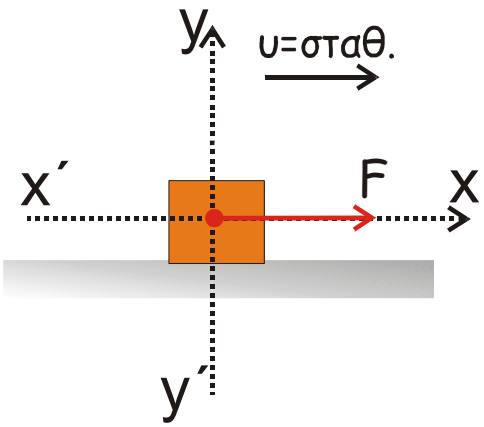
$$A^2 = T^2 + N^2.$$



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:
Την κάθετη αντίδραση Ν από το δάπεδο τη συμβολίζουμε και F_N.

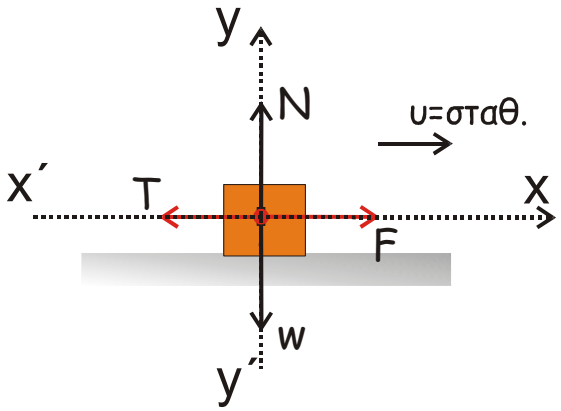
Λυμένες ασκήσεις

1. Σε σώμα που ζυγίζει w=140N και βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο εξασκείται οριζόντια δύναμη F=35N και το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα (ισορροπεί).
α) Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.
β) Να υπολογίσετε το συντελεστή τριβής ολίσθησης ανάμεσα στο σώμα και το οριζόντιο επίπεδο στήριξης.



Λύση:
α) Στο σώμα εκτός από τη δύναμη F (δύναμη επαφής) ασκείται και το βάρος του w (δύναμη από απόσταση). Ακόμη το σώμα βρίσκεται σε επαφή με το οριζόντιο δάπεδο, οπότε ασκούνται σ' αυτό από το δάπεδο η τριβή Τ που είναι οριζόντια με φορά αντίθετη της F που τείνει να κινήσει το σώμα και η κάθετη αντίδραση Ν.
Σύμφωνα με τον 1° Νόμο του Newton αφού το σώμα ισορροπεί ισχύει

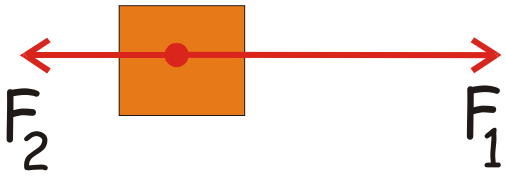
$$\vec{F}_{\text{ολικό}} = \vec{0}.$$



Από τη συνθήκη ισορροπίας στον οριζόντιο άξονα xx΄ έχουμε:
$F_{ολx}=0$ ή F-T=0 ή F=T ή T=35N.
Παρόμοια Από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα yy΄ έχουμε:
$F_{ολy}=0$ ή N-w=0 ή N=w ή N=140N.

β) Από το νόμο της τριβής ισχύει $T=\mu\cdot N$ ή $\mu=\frac{T}{N}=\frac{35}{140}$ ή μ=0,25.

2. Το σώμα που φαίνεται στην εικόνα ισορροπεί με την επίδραση τριών οριζόντιων δυνάμεων F_1, F_2 και F_3. Αν οι δυνάμεις F_1 και F_2 έχουν μέτρα F_1 = 80N και F_2 = 30N τότε να προσδιορίσετε το μέτρο και την κατεύθυνση της F_3.

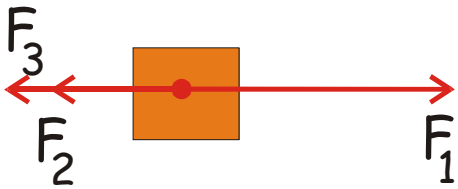


Λύση:

Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton αφού το σώμα ισορροπεί ισχύει

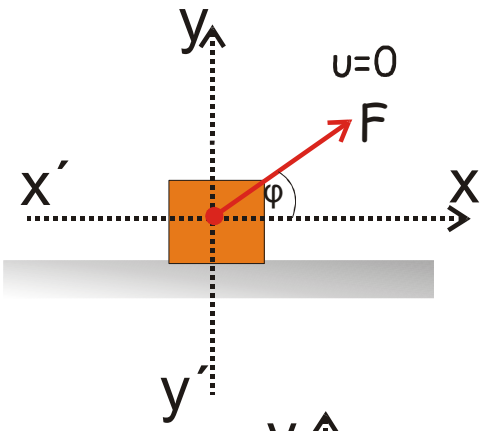
$$\vec{F}_{\text{ολικό}} = \vec{0}.$$

Οι δυνάμεις είναι οριζόντιες οπότε από τη συνθήκη ισορροπίας έχουμε:
$F_{ολ}=0$ ή $F_1-F_2+F_3=0$ ή $F_3=F_2-F_1$ ή $F_3=30-80=-50N$.
Θεωρήσαμε ότι η δύναμη F_3, έχει φορά προς τα δεξιά (θετικό ημιάξονα) και βρήκαμε ότι είναι $F_3=-50N$. Αυτό σημαίνει ότι η φορά της F_3 είναι προς τον αρνητικό ημιάξονα (εδώ προς τα αριστερά). Έτσι προκύπτει το διπλανό σχήμα.



Παρατηρείστε ότι η F_1 και η $F_{2,3}$ έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά (η συνισταμένη τους είναι μηδέν). Δυο τέτοιες δυνάμεις χαρακτηρίζονται ως **αντίθετες**.

3. Σε σώμα που ζυγίζει w=20N και βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο εξασκείται δύναμη F=10N που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ=30^0 και το σώμα ισορροπεί.
Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.
Δίνεται συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$ και ημ30^0=$\frac{1}{2}$.



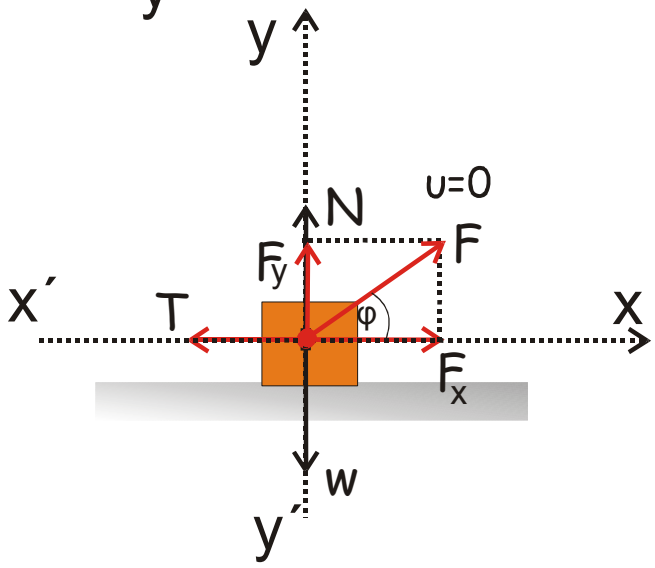
Λύση:

Όταν ένα ασώμα ισορροπεί (είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα), τότε η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό είναι μηδέν (1^{ος} Νόμος του Newton).

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι:

<u>Από απόσταση:</u> το βάρος W, κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω.

<u>Από επαφή:</u> Η δύναμη F που τείνει να κινήσει το σώμα.



Από το δάπεδο (η κάθετη N με φορά από το δάπεδο προς το σώμα και η στατική τριβή που αντιτίθεται στην κίνηση).

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον οριζόντιο άξονα έχουμε:

$$F_{ολx} = 0 \text{ ή } F_x - T = 0 \text{ ή } F_x = T \text{ ή } T=F\cdot συν30^0=10\cdot \frac{\sqrt{3}}{2}=5\cdot\sqrt{3}\,N$$

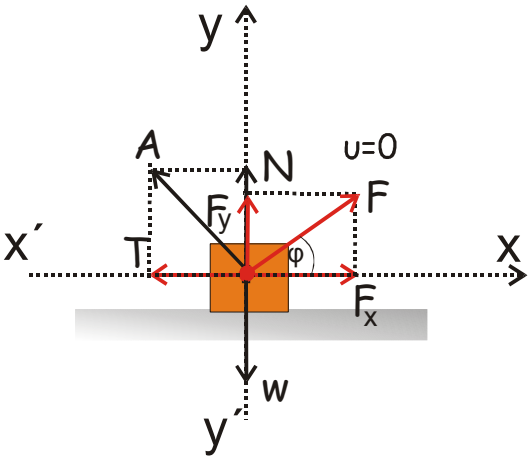
Από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα έχουμε:

$F_{ολ y} = 0$ ή $w - N - F_y = 0$ ή $N = w - F_y$ ή

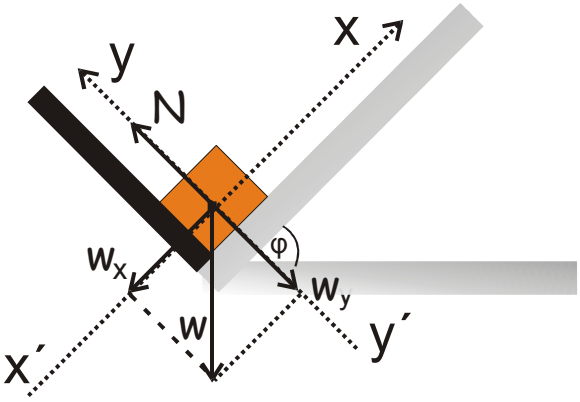
$N = w - F \cdot ημ30^0 = 20 - 10 \cdot \frac{1}{2}$ ή

$N = 15N$.

Η συνολική αντίδραση που ασκείται στο σώμα από το δάπεδο είναι $A^2 = T^2 + N^2 = 75 + 225$ ή $A^2 = 300$ ή $A = 10 \cdot \sqrt{3}\, N$.



4. Το σώμα του σχήματος ισορροπεί πάνω σ' ένα λείο κεκλιμένο επίπεδο. Το σώμα βρίσκεται σ' επαφή με το κεκλιμένο επίπεδο και ένα εμπόδιο που το εμποδίζει να ολισθήσει. Δίνεται το βάρος του σώματος w=100N. Τότε:
α) Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται στο σώμα από το κεκλιμένο επίπεδο και β) Η δύναμη που ασκείται στο σώμα απ' το εμπόδιο. Δίνεται η γωνία κλίσης του κεκλιμένου επιπέδου $φ=45^0$. Ακόμη ισχύει $ημ45^0 = συν45^0 = \frac{\sqrt{2}}{2}$.



Λύση:

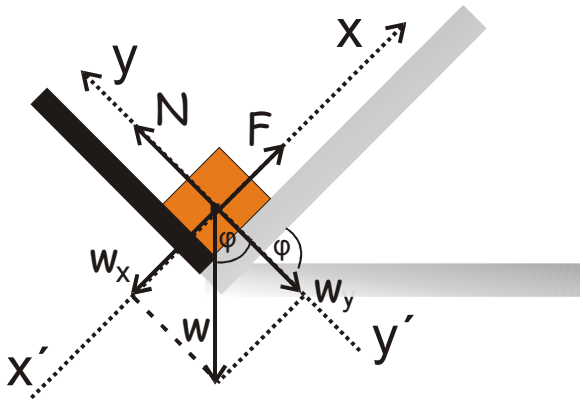
Στο σώμα ασκείται το βάρος του w (δύναμη **από απόσταση**). Ακόμη το σώμα βρίσκεται σε **επαφή** με το κεκλιμένο δάπεδο, το οποίο ασκεί στο σώμα την

κάθετη αντίδραση Ν. Τέλος το εμπόδιο ασκεί στο σώμα μία δύναμη επαφής F παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο πάνω στον άξονα xx΄, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Στο σχήμα φαίνεται η δύναμη F. Ακόμη φαίνεται πως έχουμε επιλέξει ως άξονα xx΄ τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο και ως άξονα yy΄ τον κάθετο στο κεκλιμένο επίπεδο. Τέλος η γωνία φ του κεκλιμένου επιπέδου είναι ίση με τη γωνία ου σχηματίζεται από το βάρος w και τον άξονα yy΄ γιατί είναι δυο οξείες γωνίες που έχουν τις πλευρές τους ανά μία κάθετες.

Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton αφού το σώμα ισορροπεί ισχύει

$$\vec{F}_{\text{ολικό}} = \vec{0}.$$

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα xx΄ τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε:
$F_{ολx}=0$ ή $F-w_x=0$ ή $F=w_x$ ή $F=w\cdot ημφ$ ή $F=100\cdot \frac{\sqrt{2}}{2}=50\sqrt{2}$ N.



Άρα η δύναμη F που ασκείται από το εμπόδιο στο σώμα είναι $F=50\sqrt{2}$ N.

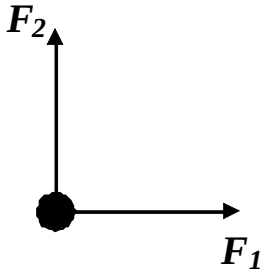
Παρόμοια Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα yy΄ έχουμε:

$F_{ολy}=0$ ή $N-w_y=0$ ή $N=w_y$ ή $N= w\cdot συνφ$ ή $N=100\cdot\frac{\sqrt{2}}{2}=50\sqrt{2}$ N. Άρα η κάθετη αντίδραση Ν που ασκεί το κεκλιμένο επίπεδο στο σώμα είναι $N=50\sqrt{2}$ N.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

Από το Πυθαγόρειο θεώρημα ισχύει $w^2=w_x^2+w_y^2=2\,w_x^2$ ή $w_x^2=\frac{w^2}{2}$ ή

$w_x=\frac{w\sqrt{2}}{2}$ ή $w_x=\frac{100\sqrt{2}}{2}$ ή $w_x=50\sqrt{2}$ N. Τότε και $w_y=w_x=50\sqrt{2}$ N.



5. Αν στο σώμα του σχήματος εξασκούνται οι κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις F_1=15N και F_2=20N, τότε να υπολογιστεί η δύναμη F_3, που πρέπει να ασκείται σε αυτό ώστε να ισορροπεί.

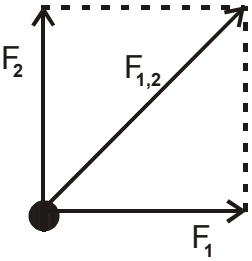
Λύση:

Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton αφού το σώμα ισορροπεί ισχύει

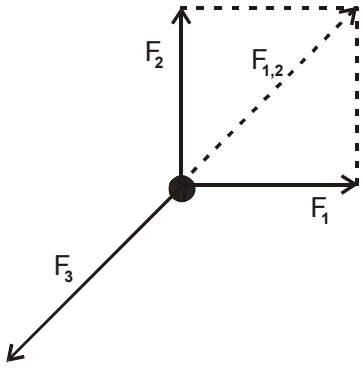
$$\vec{F}_{\text{ολικό}} = \vec{0}.$$

Βρίσκουμε τη συνισταμένη $F_{1,2}$ των δυνάμεων F_1 και F_2. Τότε για να είναι η συνολική συνισταμένη ίση με το μηδέν θα πρέπει η δύναμη F_3, να είναι αντίθετη (ίσο μέτρο και αντίθετη φορά) με την $F_{1,2}$.

Επειδή οι F_1 και F_2 είναι μεταξύ τους κάθετες για τη συνισταμένη τους ισχύει $F_{1,2}^2=F_1^2+F_2^2$ ή $F_{1,2}=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ ή $F_{1,2}=\sqrt{225+400}$ ή $F_{1,2}=\sqrt{625}$ ή $F_{1,2}$=25N με την κατεύθυνση που φαίνεται στο διπλανό σχήμα.
Τότε το μέτρο της F_3 είναι $F_3=F_{1,2}$=25N, ενώ η κατεύθυνση της F_3 είναι αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



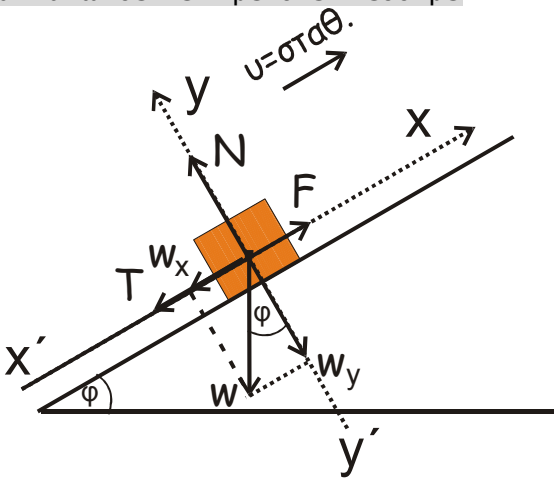
Δηλαδή για να ισορροπεί το σώμα ($F_{ολ}$=0), θα πρέπει η F_3 να είναι **αντίθετη** της $F_{1,2}$ που είναι η συνισταμένη των F_1 και F_2.



6. Το σώμα του σχήματος κινείται προς τα πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα υ και με την επίδραση της σταθερής δύναμης F. Να υπολογιστούν,
α) το βάρος του σώματος w,
β) η κάθετη αντίδραση N και
γ) η τριβή Τ.

Δίνονται: F=30N, φ=30^0,

ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μ=$\frac{\sqrt{3}}{2}$,συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$ και ημ30^0=$\frac{1}{2}$.



Λύση:

α) Στο σώμα ασκείται η δύναμη F, το βάρος του w, η κάθετη αντίδραση N και η τριβή ολίσθησης Τ. Έχουμε επιλέξει ως άξονα xx΄ τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο και ως άξονα yy΄ τον κάθετο στο κεκλιμένο επίπεδο. Τέλος η γωνία φ του κεκλιμένου επιπέδου είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζεται από το βάρος w και τον άξονα yy΄ γιατί είναι δυο οξείες γωνίες που έχουν τις πλευρές τους ανά μία κάθετες.

Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton αφού το σώμα ισορροπεί (υ=σταθερή) ισχύει:

$$\vec{F}_{\text{ολικό}} = \vec{0}.$$

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα xx΄ τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε:
$F_{ολx}$=0 ή F-w_x-T=0 ή F=w_x+T ή F=w·ημφ+μ·N (1), αφού γνωρίζουμε πως για την τριβή Τ ισχύει Τ=μ·N.

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα yy΄ έχουμε:
$F_{ολy}$=0 ή N-w_y=0 ή N=w_y ή N= w·συνφ (2). Από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ή F=w·ημφ+μ·w·συνφ (φ=30^0). Τότε με αντικατάσταση έχουμε

30=w·$\frac{1}{2}$+$\frac{\sqrt{3}}{2}$·w·$\frac{\sqrt{3}}{2}$ ή 30=$\frac{w}{2}$+$\frac{3w}{4}$ ή $\frac{5w}{4}$=30 ή w=$\frac{120}{5}$ ή w=24N.

β) Από τη σχέση (2) έχουμε ότι N=w·συνφ ή

N=24·$\frac{\sqrt{3}}{2}$ ή N=12$\sqrt{3}$ N.

γ) Για την τριβή ολίσθησης ισχύει T=μ·N= $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 12$\sqrt{3}$ ή T=18N.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

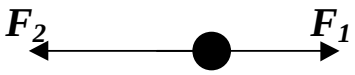
Ισχύει $F_{ολx}$=0 ή F-w_x-T=0 ή T=F-w_x, όπου w_x=w·ημ30^0=12N.
Τότε είναι T=30-12=18N.

Ασκήσεις

1)Το σώμα του σχήματος βάρους w=20N ισορροπεί με την επίδραση της οριζόντιας δύναμης F_1 .
Να υπολογιστεί η οριζόντια δύναμη F_2, που πρέπει να ασκείται στο σώμα ώστε αυτό να ισορροπεί. Ποιες άλλες δυνάμεις εξασκούνται στο σώμα;



2) Αν στο σώμα του σχήματος εξασκούνται οι δυνάμεις F_1=50N και F_2=120N, τότε να υπολογιστεί η οριζόντια δύναμη F_3, που πρέπει να ασκείται σε αυτό ώστε να ισορροπεί.

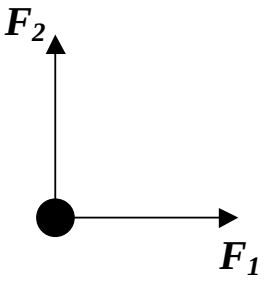


3) Αν F_1=100N και F_3=150N, να υπολογιστεί η δύναμη F_2 ,ώστε το σώμα
α) Να είναι ακίνητο.
β) Να κινείται με σταθερή ταχύτητα
i) προς τα δεξιά και
ii) προς τ' αριστερά.

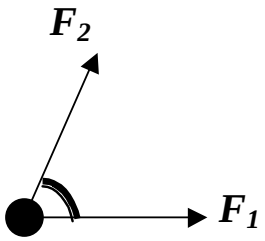


4)Αν στο σώμα του σχήματος εξασκούνται

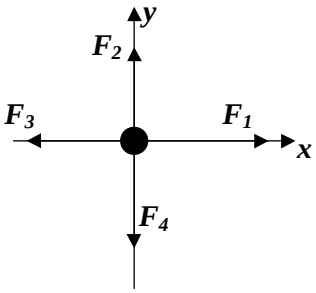
οι δυνάμεις F_1=12N και F_2=16N, τότε να υπολογιστεί η δύναμη F_3, που πρέπει να ασκείται σε αυτό ώστε να ισορροπεί.



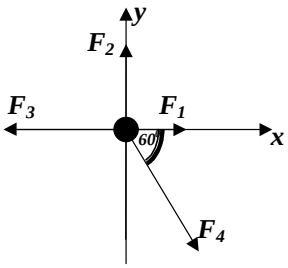
5) Αν στο σώμα του σχήματος εξασκούνται οι δυνάμεις $F_1=F_2=12N$,που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία $\varphi=60^0$ τότε να υπολογιστεί η δύναμη F_3 (μέτρο και κατεύθυνση), που πρέπει να ασκείται σε αυτό ώστε να ισορροπεί. Δίνεται $συν60^0=\frac{1}{2}$.



6)Αν το σώμα του σχήματος ισορροπεί και $F_1=50N$ και $F_2=30N$, τότε να υπολογιστούν οι δυνάμεις F_3 και F_4.

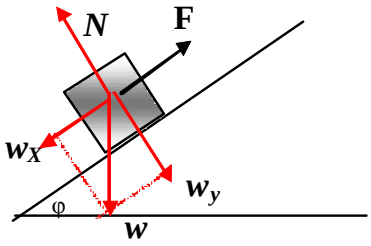


7)Αν $F_1=100N$ και $F_3=300N$ τότε να υπολογιστούν οι F_2 και F_4, ώστε το σώμα να ισορροπεί. Δίνονται $ημ60^0=\frac{\sqrt{3}}{2}$ και $συν60^0=\frac{1}{2}$.



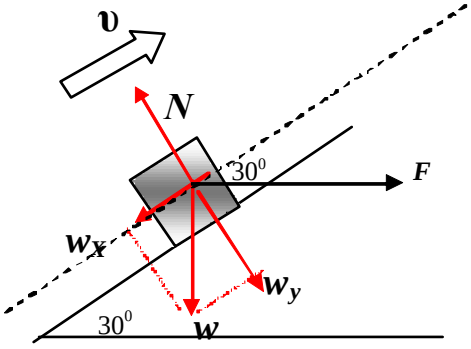
8)Αν το σώμα του σχήματος ισορροπεί πάνω σε λείο κεκλιμένο επίπεδο με την επίδραση της δύναμης F, τότε να υπολογιστεί το βάρος του w και η κάθετη αντίδραση N.

Δίνεται F=30N και $\varphi=30^0$. Ακόμη $ημ30^0=\frac{1}{2}$ και $συν30^0=\frac{\sqrt{3}}{2}$.

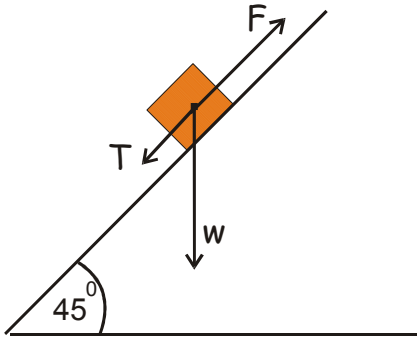


9) Αν το σώμα του σχήματος κινείται με σταθερή ταχύτητα υ=10m/s προς τα πάνω σε λείο κεκλιμένο επίπεδο, με την επίδραση σταθερής οριζόντιας δύναμης F=1000N. Τότε:
α) Να υπολογιστούν το βάρος του w και η κάθετη αντίδραση N.
β) Να υπολογιστεί η μετατόπιση του σώματος πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο σε χρόνο Δt=0,3s.

Δίνονται $ημ30^0=\frac{1}{2}$ και $συν30^0=\frac{\sqrt{3}}{2}$.



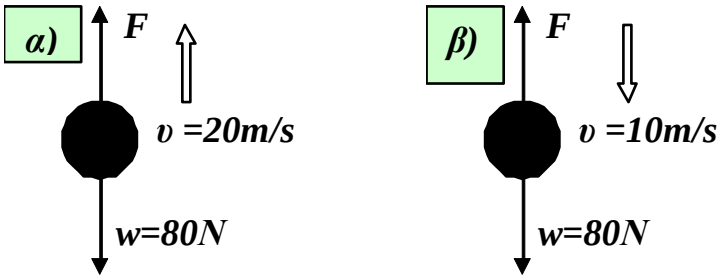
10)Το σώμα του σχήματος βάρους w=80N, παρουσιάζει τριβή T=10N, με το κεκλιμένο επίπεδο. Να υπολογιστούν:
α) Η δύναμη F η παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο αν θέλουμε το σώμα να ολισθαίνει προς τα πάνω με σταθερή ταχύτητα.
β) Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ του σώματος και του κεκλιμένου επιπέδου. Δίνονται $ημ45^0=$ $=συν45^0=$ 0,7.



11) Σε σώμα βάρους w=80N, που ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο δάπεδο, ασκείται κατακόρυφη δύναμη F=60N με φορά προς τα πάνω και το σώμα ισορροπεί. Πόση δύναμη εξασκεί το δάπεδο στο σώμα;

12)Σώμα βάρους w=200N, ηρεμεί σε οριζόντιο τραπέζι.
1.Πόση είναι η κάθετη αντίδραση του τραπεζιού στο σώμα;
2.Αν ασκήσουμε κατακόρυφη δύναμη F=100N με φορά προς τα κάτω, πόση γίνεται τότε η κάθετη αντίδραση του δαπέδου;

13)Να βρεθεί η δύναμη F σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις.



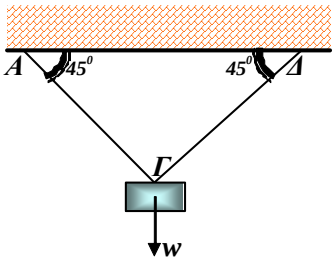
14)Ένα αυτοκίνητο μάζας m=1500Kg κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο. Αν η δύναμη του κινητήρα του είναι F=3000N να βρείτε τη συνολική αντίσταση που δέχεται αν κινείται α) με σταθερή ταχύτητα υ=10m/s και β) με σταθερή ταχύτητα υ=20m/s.

15)Ένα ασανσέρ έχει $w=10^4$N. Να βρείτε την τάση του συρματόσχοινου, αν το ασανσέρ 1.Ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα υ=2m/s και 2.Κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα υ=2m/s.

16) Σε ένα μικρό κινούμενο σώμα ασκούνται συνολικά τρεις σταθερές δυνάμεις. Οι δυο από αυτές έχουν την ίδια κατεύθυνση και μέτρα F_1=0,6N και F_2=1,1N αντίστοιχα. Η τρίτη έχει αντίθετη κατεύθυνση και μέτρο F_3=1,7N.Το σώμα μέσα σε τρία δευτερόλεπτα μετατοπίζεται ευθύγραμμα κατά 24m. Κατά πόσο θα μετατοπιστεί τα επόμενα 7sec;

17)Βαλίτσα w=400N, βρίσκεται πάνω σε ζυγαριά.
α) Να βρεθεί η ένδειξη της ζυγαριάς.
β) Να βρεθεί η ένδειξη της ζυγαριάς, όταν ένας άνθρωπος που στέκεται έξω από τη ζυγαριά, εξασκεί δύναμη F=100N προς τα πάνω.

18) Να υπολογιστούν οι τάσεις των σχοινιών ΑΓ και ΔΓ στα παρακάτω σχήματα αν το βάρος του σώματος είναι w=50N.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η τριβή που αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος. **( )**

2) Για να πετύχουμε μεγάλες ταχύτητες στα σύγχρονα μέσα μεταφοράς, προσπαθούμε να μειώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τη δύναμη της τριβής. ( )

3) Κατά την εφαρμογή της συνθήκης ισορροπίας, συχνά διευκολυνόμαστε με την ανάλυση κάποιων δυνάμεων σε δυο κάθετες συνιστώσες κατά τις διευθύνσεις x, y. Τότε, η συνθήκη ισορροπίας σύμφωνα με τον $1^{ο}$ Νόμο του Newton ισχύει χωριστά για κάθε διεύθυνση. Δηλαδή ισχύει

$$F_{ολx} = 0 \text{ και } F_{oly} = 0 \quad ( )$$

4) Για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα θα πρέπει να ασκείται σ' αυτό μια δύναμη. ( )

5)Η δύναμη δεν είναι αιτία κίνησης αλλά αιτία μεταβολής της κίνησης. ( )

6)Ένα σώμα μπορεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα, χωρίς να ασκείται σ' αυτό δύναμη. ( )

7)Αδράνεια είναι η ιδιότητα που έχουν όλα τα σώματα να αλλάζουν την κινητική τους κατάσταση. ( )

8)Ο Νόμος της αδράνειας δεν ισχύει για τα ουράνια σώματα. ( )

9)Όταν ένα σώμα ισορροπεί αυτό σημαίνει ότι είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα. ( )

10)Διαστημόπλοιο που εκτοξεύεται με σταθερή ταχύτητα στο διάστημα μπορεί να διατηρήσει την ταχύτητά του χωρίς να το προωθεί καμία δύναμη. ( )

11) Είναι αδύνατο να ασκούνται σ' ένα σώμα δυνάμεις και να μην εκδηλώνεται καμία μεταβολή στην κινητική του κατάσταση. ( )

12)Οι εξισώσεις $\Sigma F_x=0$ και $\Sigma F_y=0$, αποτελούν αναγκαία και ικανή συνθήκη για την ισορροπία ομοεπίπεδων δυνάμεων. ( ).

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Λέμε ότι ένα σώμα, που θεωρείται υλικό σημείο, ισορροπεί
α) όταν είναι ακίνητο.
β) όταν δεν ασκείται πάνω του καμία δύναμη.
γ) κινείται με σταθερή ταχύτητα.
δ) όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

2. Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά εφόσον:
α) δεν ασκείται σε αυτό δύναμη ή η συνολική (συνισταμένη) δύναμη που ασκείται πάνω του είναι μηδενική ($\vec{F}_{\text{ολικό}} = 0$).
β) ασκείται σ' αυτό μια σταθερή δύναμη ($\vec{F}_{\text{ολικό}} \neq 0$).
γ) ασκείται σ' αυτό η δύναμη της τριβής,
δ) ασκούνται ομόρροπες δυνάμεις ίδιου μέτρου.

3. Όταν ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα τότε η συνισταμένη δύναμη είναι:
α) σταθερή
β) μηδέν
γ) Παράλληλη στην ταχύτητα
δ) κάθετη στην ταχύτητα.

4. Σύμφωνα με τον Νεύτωνα η δύναμη είναι αιτία:
α) κίνησης
β) εμφάνισης τριβής
γ) μεταβολής της κίνησης
δ) τίποτα από τα παραπάνω

5) Αδράνεια είναι η ιδιότητα των σωμάτων:
α)να αλλάζουν την κινητική τους κατάσταση
β)να κινούνται με σταθερή ταχύτητα

γ)να παραμένουν ακίνητα
δ)να αντιστέκονται σε κάθε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης.

6) Για να κινείται ένα διαστημόπλοιο με σταθερή ταχύτητα στο διάστημα θα πρέπει:
α) να υπάρχει μια κινητήρια δύναμη
β) να μην εξασκείται καμία δύναμη
γ) να έχει καύσιμα αρκετά για το ταξίδι του
δ)τίποτα από τα παραπάνω.

7) Όταν σ' ένα σώμα εξασκούνται δυνάμεις τότε αυτό:
α) σίγουρα επιταχύνεται
β) σίγουρα ηρεμεί
γ) μπορεί και να επιταχύνεται και να ηρεμεί
δ) ισορροπεί.

8)Το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος είναι:
α) Το βάρος του (w)
β) Η μάζα του (m)
γ)Η επιτάχυνσή του (α)
δ)Η μεταβολή της ταχύτητάς του (Δυ).

9) Η αδράνεια ενός σώματος είναι:
α) μεγαλύτερη στη γη απ' ότι στη σελήνη
β) μεγαλύτερη στη σελήνη απ' ότι στη γη
γ) ελαττώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από τη γη
δ) σταθερή ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται το σώμα.

10)Ένας αστροναύτης κλωτσάει ένα βράχο στη σελήνη:
α)η δύναμη που εξασκεί ο βράχος στο πόδι του αστροναύτη είναι μικρότερη απ' ότι στη γη γιατί ο βράχος έχει μικρότερο βάρος
β) είναι η ίδια και στη γη και στη σελήνη γιατί η αδράνεια του σώματος παραμένει σταθερή
γ) ο αστροναύτης πονάει λιγότερο στη σελήνη απ' ότι στη γη
δ) όλα τα παραπάνω.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε …….της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας).

2. Αυτό που φαντάστηκε ο Γαλιλαίος και διατύπωσε ο Νεύτωνας ήταν ότι ένα σώμα μπορεί να κινείται με……..ταχύτητα, χωρίς να ασκείται σε αυτό κάποια ……

3. Ο νόμος της αδράνειας ή 1^{ος} Νόμος του Newton, εισάγει μια ισοδυναμία ανάμεσα στην κατάσταση …… και την ευθύγραμμη ……. Κίνηση.

4. Είναι δυνατόν να ασκούνται δυνάμεις σ' ένα σώμα και να μην εκδηλώνεται καμιά …… στην …….. κατάσταση του σώματος.
Για δυο δυνάμεις F_1 και F_2 που δεν προκαλούν καμία μεταβολή στην κινητική κατάσταση του σώματος ισχύει ……. δηλαδή το διανυσματικό τους άθροισμά τους είναι…….
Τότε όμως και το αλγεβρικό άθροισμα των δυνάμεων στον άξονα των xx΄ είναι ίσο με ……., και το ίδιο ισχύει στον αντίστοιχο άξονα των yy΄.

5. Βασιζόμενοι στο νόμο της αδράνειας να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

Η κατάσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης και η …….. είναι ισοδύναμες.

Μεταβολή στην κινητική κατάσταση ενός σώματος έχουμε όταν το $\vec{F}_{\text{ολικό}}$ είναι …… του ……..

3.6 Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας

$2^{ος}$ νόμος του Νεύτωνα

1. Με ποιο τρόπο συνδέεται η δύναμη με τη μεταβολή της ταχύτητας;

➢ Όσο **μεγαλύτερη είναι η δύναμη F**, που ασκείται σ' ένα σώμα που έχει ορισμένη μάζα m, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα του. Ή αλλιώς **στο ίδιο χρονικό διάστημα Δt** έχουμε **μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας Δυ** .

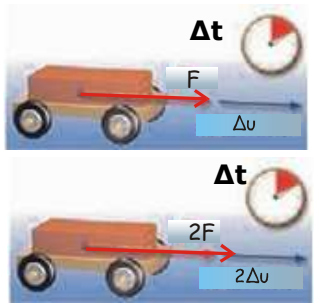
Η μεταβολή της ταχύτητας Δυ *ενός σώματος προς τον αντίστοιχο χρόνο Δt, (ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας) ονομάζεται επιτάχυνση α, του σώματος. Άρα ισχύει* $a=\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$.

➢ Η μεταβολή Δυ της ταχύτητας εξαρτάται επίσης από τη μάζα του σώματος. Όσο **μεγαλύτερη είναι η μάζα m**, τόσο **μικρότερη είναι η μεταβολή της ταχύτητας Δυ** που προκαλείται από την ίδια δύναμη, εφόσον αυτή ασκείται **για το ίδιο χρονικό διάστημα**.

Αυτό ισοδύναμη σημαίνει πως όσο **μεγαλύτερη είναι η μάζα** ενός σώματος, τόσο **δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα του**.

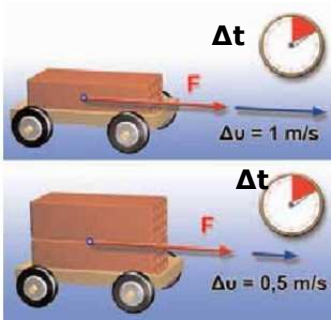
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας (επιτάχυνση), $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ είναι

α. Ανάλογος της **δύναμης F** δηλαδή, αν διπλασιάσουμε τη δύναμη διπλασιάζεται και η επιτάχυνση $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$. Εάν την τριπλασιάσουμε, τριπλασιάζεται.



και

β. Αντιστρόφως ανάλογος της **μάζας m** του σώματος. *Σε σώμα διπλάσιας μάζας η ίδια δύναμη προκαλεί τη μισή μεταβολή της ταχύτητας (Δυ) στον ίδιο χρόνο (Δt).*



Στη γλώσσα των μαθηματικών αυτό διατυπώνεται με τη σχέση: $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}=\frac{F}{m}$ ή $a=\frac{F}{m}$ ή F=m·α.

Η παραπάνω σχέση αποτελεί και τη μαθηματική διατύπωση του 2ου Νόμου του Newton.

2. Να διατυπώσετε το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα ή τη θεμελιώδη εξίσωση της δυναμικής.

Η ασκούμενη σε ένα σώμα δύναμη προκαλεί επιτάχυνση με την κατεύθυνση της δύναμης και μέτρο ίσο με το πηλίκο της δύναμης προς τη μάζα του σώματος.

$\vec{\alpha}=\frac{\vec{F}}{m}$ **ή** $\vec{F}$ **= m .** $\vec{\alpha}$ (διανυσματική σχέση) ή αλλιώς ισχύει η αλγεβρική σχέση F=m·α.

- Στην εξίσωση F=m.a θα πρέπει να προσέξουμε ότι η F είναι η **συνολική** δύναμη που εξασκείται στο σώμα. Οπότε έχουμε $F_{ολ}=m\cdot a$.
- Ο 2ος νόμος του Newton ισχύει και για κινούμενα σώματα.
- Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας (επιτάχυνση α) και η δύναμη F έχουν πάντοτε την ίδια κατεύθυνση αφού η μάζα m είναι πάντα θετική.
- Αν σ' ένα σώμα δεν ασκείται δύναμη, ή ασκούνται δυνάμεις με συνισταμένη μηδέν, δηλαδή είναι $F_{ολ} = 0$, τότε και η επιτάχυνση θα είναι μηδέν, δηλαδή

$a = 0$.

Αυτό σημαίνει ότι, αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι ίση με μηδέν, δεν αλλάζει η κινητική κατάσταση του σώματος. Έτσι το σώμα ηρεμεί, αν αρχικά ηρεμούσε, ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά αν αρχικά είχε ταχύτητα (1ος νόμος του Νεύτωνα). Δηλαδή ο $2^{ος}$ Νόμος του Newton εμπεριέχει και τον $1^{ο}$ του Νόμο.

- Αν σ' ένα σώμα ασκείται **σταθερή δύναμη**, τότε και **η επιτάχυνση** που αποκτά **είναι σταθερή**.
- Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι **μεταβαλλόμενη** τότε και η **επιτάχυνση** που αποκτά το σώμα θα είναι **μεταβαλλόμενη**.

3. Μάζα(m) - Βάρος (w) - Επιτάχυνση της βαρύτητας g.

✓ **Η μάζα (m)** ενός σώματος παραμένει η ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος και να μεταφερθεί αυτό. **Το βάρος (w)** όμως μεταβάλλεται.

✓ Η μάζα και το βάρος ενός σώματος συνδέονται με τη σχέση μέσω ενός μεγέθους που ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας (g) και μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.

Ισχύει: $\mathbf{w=m\cdot g}$.

Επιτάχυνση της βαρύτητας (g) σ' έναν τόπο ονομάζουμε το σταθερό πηλίκο του βάρους του σώματος προς τη μάζα του.

Δηλαδή ισχύει $g=\frac{w}{m}$.

Από το Νόμο της Παγκόσμιας έλξης και για την επιφάνεια της γης έχουμε

Έχουμε $\mathbf{w_0=G\cdot\frac{M_\Gamma m}{R_\Gamma^{\,2}}}$.

Τότε προκύπτει $g_0=\frac{w_0}{m}$ ή $g_0=\mathbf{G}\cdot\frac{M_\Gamma}{R_\Gamma^2}$. Το g_0 είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της γης. Παρατηρούμε ότι το g_0 είναι σταθερό και ίδιο για όλα τα σώματα ανεξάρτητα της μάζας τους m. Εξαρτάται μόνο από τη μάζα της γης (M_Γ) και την ακτίνα της (R_Γ).

Η τιμή του g_0 κοντά στην επιφάνεια της γης είναι περίπου **9,8 m/s^2.**

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:
Εξαιτίας της περιστροφής της γης το βάρος ενός σώματος είναι μικρότερο απ' αυτό που υπολογίζουμε από την παραπάνω σχέση w=m·g. Γι' αυτό και το g ονομάζεται «φαινόμενο g» και όχι πραγματικό. Η διαφορά αυτή μικραίνει καθώς μεταβαίνουμε από τον ισημερινό στους πόλους. Στους πόλους η διαφορά αυτή μηδενίζεται.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα που έχει ορισμένη μάζα, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα του. **( )**

2) Μεγάλη μάζα σημαίνει μεγάλη αδράνεια, δηλαδή μεγάλη αντίσταση και άρα μικρή μεταβολή στην ταχύτητα (για δεδομένη δύναμη). *( )*

3) Η μάζα του αστροναύτη Ώλτριν (Auldrin) όταν πάτησε το πόδι του στη Σελήνη έγινε το 1/6 της μάζας που είχε στη γη. ( )

4) Η δύναμη που ασκεί ο πυρήνας του ατόμου του Υδρογόνου στο ηλεκτρόνιο του, δεν μεταβάλλει την ταχύτητά του γιατί αυτή έχει σταθερό μέτρο. ( )

5) Ο λόγος των μαζών δυο σωμάτων είναι ανάλογος του λόγου των επιταχύνσεων που αποκτούν, υπό την επίδραση ίσων δυνάμεων δηλαδή: $\frac{m_1}{m_2}=\frac{\alpha_1}{\alpha_2}$. ( )

6) Σταθερή δύναμη προκαλεί σταθερό ρυθμό μεταβολής της ταχύτητα $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ (επιτάχυνση) ενός σώματος. ( )

7)Η μεταβολή της ταχύτητας ενός σώματος είναι ανάλογη με τη δύναμη που ασκείται σ’ αυτό και έχει πάντα την ίδια κατεύθυνση μ’ αυτή. ( )

8)Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα με την επίδραση σταθερής δύναμης δίνεται από τη σχέση $a=\frac{m}{F}$. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Σύμφωνα με τον 2ο Νόμο του Newton:
α) Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος , τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταβολή της ταχύτητας που προκαλείται από την ίδια δύναμη, στο ίδιο χρονικό διάστημα.
β) Όσο **μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σ' ένα** σώμα, τόσο **δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα του**.
γ) Ισχύει η σχέση $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}=\frac{F}{m}$ ή $a=\frac{F}{m}$ ή $F=m\cdot a$.
δ) Η ίδια δύναμη προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα σ' όλα τα σώματα ανεξάρτητα από τη μάζα τους.

2.
α) Η μάζα ενός σώματος παραμένει η ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος και αν μεταφερθεί αυτό. Το βάρος του, όμως, μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.
β) Και η μάζα και το βάρος ενός σώματος παραμένουν σταθερά.
γ) Το βάρος ενός σώματος παραμένει σταθερό ενώ η μάζα του μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.
δ)Το βάρος και η μάζα ενός σώματος συνδέονται με τη σχέση $m=w\cdot g$.

3. Σε σώμα διπλάσιας μάζας η ίδια δύναμη στον ίδιο χρόνο προκαλεί,
α. την ίδια μεταβολή της ταχύτητας
β. τη διπλάσια μεταβολή της ταχύτητας.
γ. μηδενική μεταβολή της ταχύτητας.

δ. τη μισή μεταβολή της ταχύτητας.

4) Όταν σ' ένα σώμα εξασκείται σταθερή δύναμη τότε:
α) Η επιτάχυνση ολοένα αυξάνει
β) Η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή
γ) Η επιτάχυνση είναι σταθερή
δ) Η ταχύτητα αυξάνει με μεταβαλλόμενο ρυθμό.

7) Το βάρος ενός σώματος στη γη είναι:
α) η φυσική τάση του σώματος να πέφτει στη γη
β) Η ελκτική δύναμη που ασκεί η γη στο σώμα
γ) Η ελκτική δύναμη που ασκεί το σώμα στη γη
δ) όλα τα παραπάνω.

8)Για το βάρος ενός σώματος ισχύει:
α)$w=m\cdot g$
β) $\vec{w}=m\cdot \vec{g}$
γ) $\vec{w}=m\cdot \vec{v}$
δ) $w=m\cdot a$

9) Ο $2^{ος}$ Νόμος του Newton δεν ισχύει:

α) για ταχύτητες που πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός.

β) στην περίπτωση της κίνησης των πλανητών.

γ) όταν υπάρχουν τριβές.

δ) στην περίπτωση της κυκλικής κίνησης.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί τη …….στην ταχύτητα των σωμάτων.

2. Η μάζα ενός σώματος είναι το μέτρο της ……..του, δηλαδή της αντίστασης που παρουσιάζει το σώμα στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης.
Όταν ένα φορτηγό είναι φορτωμένο σταματάει …….παρά όταν είναι άδειο. Η ταχύτητα του φορτηγού μπορεί να μεταβληθεί ……όταν αυτό είναι άδειο.

3. Η μάζα (m) ενός σώματος είναι ……μέγεθος, ενώ το βάρος του (w) είναι …….μέγεθος.

4. Με βάση τον 2^{ο} νόμο του Newton ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας δηλαδή η ……του σώματος, καθορίζεται τόσο από τη συνολική ……., όσο και από τη……..του σώματος.

5. Το βάρος w ενός σώματος μάζας m, είναι μια……..δύναμη την οποία ασκεί η ……στο σώμα. Σύμφωνα με τον 2^{ο} νόμο του Newton το βάρος w, ενός σώματος συνδέεται με τη μάζα του σύμφωνα με τη σχέση ……..

6. Συμπληρώστε τα κενά στον παρακάτω πίνακα:

Συνισταμένη δύναμη F (N)	Μάζα m(Kg)	Ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ (m/s^2)
20 προς τα δεξιά	2	
	5	6 προς τα κάτω
10 νότια		2 νότια

3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση

3ος νόμος του Νεύτωνα

1. Να αναφέρετε τον 3ο νόμο του Νεύτωνα ή Νόμο δράσης - αντίδρασης.

Όταν ένα σώμα Α εξασκεί μια δύναμη (δράση) σε ένα σώμα Β τότε και το Β εξασκεί στο Α μια ίση και αντίθετη δύναμη (αντίδραση).

$$\vec{F}_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$$

ή διαφορετικά σε **κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα και μια αντίδραση.**
Οι δυο δυνάμεις ασκούνται **ταυτόχρονα.**

Οι δύο δυνάμεις δράση και αντίδραση ασκούνται πάντα σε δυο **διαφορετικά σώματα.**



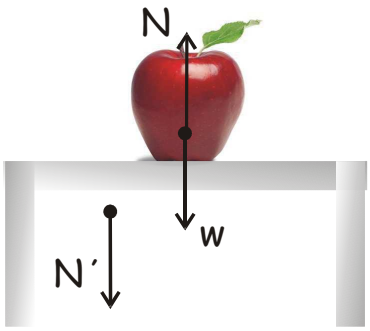
- ✓ Οι δυο δυνάμεις του 3ου νόμου του Newton εξασκούνται σε διαφορετικά σώματα και άρα δεν αλληλοεξουδετερώνονται.

Δεν μπορούμε δηλαδή να υπολογίσουμε τη συνισταμένη μιας δράσης και μιας αντίδρασης.

- ✓ Ο τρίτος νόμος αναφέρεται σε κάποια ιδιότητα όλων των δυνάμεων. Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται η δράση χωρίς την αντίστοιχη αντίδραση.
- ✓ Οι δυο δυνάμεις του 3ου νόμου του Newton ονομάζονται δράση-αντίδραση .
- ✓ Η δράση δεν είναι το αίτιο της αντίδρασης. Η δράση και η αντίδραση συνυπάρχουν. Δεν έχει σημασία ποια από τις δυο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν.
- ✓ Όταν μελετάμε την κίνηση ενός σώματος ενδιαφερόμαστε μόνο για τις δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό και όχι για τις δυνάμεις που ασκεί αυτό στα υπόλοιπα σώματα.

2. Να αναζητήσετε τα ζεύγη δράσης-αντίδρασης των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα μήλο, το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία πάνω στο τραπέζι.

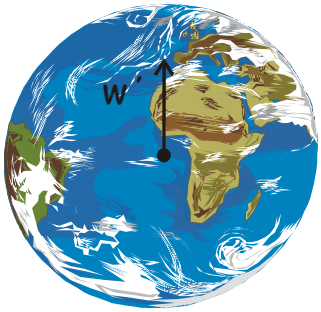
Στο μήλο ασκούνται δυο δυνάμεις. Το βάρος του (w) και η κάθετη αντίδραση (N).



Το βάρος (w) είναι η δύναμη που ασκεί η γη στο μήλο, ενώ την κάθετη δύναμη (N), την ασκεί το τραπέζι στο μήλο.

Εφαρμόζουμε τη σ συνθήκη ισορροπίας για το μήλο: η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο μήλο είναι μηδέν. Ισχύει N-w=0 ή N=w.

Δηλαδή το βάρος του μήλου (w) εξισορροπείται από την κάθετη δύναμη (N) που το τραπέζι ασκεί στο μήλο.



Οι δυνάμεις αυτές έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις. Ωστόσο, **δεν αποτελούν** ζεύγος δράση-αντίδραση. Η δράση και η αντίδραση πρέπει να εξασκούνται **σε διαφορετικά σώματα.**

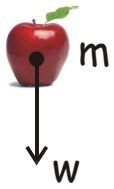
Έτσι η αντίδραση του βάρους w του μήλου είναι το w΄ δηλαδή η δύναμη που ασκεί το μήλο στη γη. Ισχύει w΄ = - w.

Παρόμοια η αντίδραση της δύναμης N που ασκεί το τραπέζι στο μήλο είναι η N΄ δηλαδή η δύναμη που ασκεί το μήλο στο τραπέζι. Ισχύει N΄ = - N.

Όμως ισχύει και N= w από τη συνθήκη ισορροπίας του μήλου, οπότε τελικά και η N΄ έχει το ίδιο μέτρο αλλά και την ίδια κατεύθυνση με το βάρος w του μήλου.

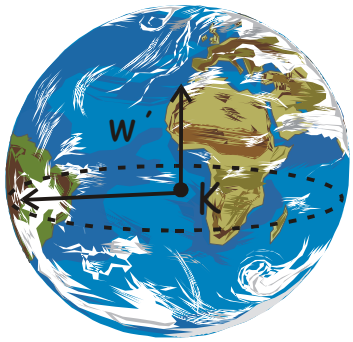
3. Γιατί η δύναμη που ασκεί το μήλο στη γη δεν προκαλεί την κίνηση της γης;

Όταν το μήλο πέφτει και κινείται προς το έδαφος οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα στο μήλο και τη γη, το **w και το w' έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες** κατευθύνσεις. Το βάρος w προκαλεί την κίνηση του μήλου.



Η μάζα (m) του μήλου όμως είναι **πολύ μικρότερη** από τη μάζα της γης. Επομένως, η αδράνεια του μήλου είναι πολύ μικρότερη της αδράνειας της γης.

Τότε όπως προκύπτει από το 2° Νόμο του Newton ισχύει $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}=\frac{F}{m}$.



Έτσι, η άσκηση δυνάμεων ίσου μέτρου (F), προκαλεί στον ίδιο χρόνο Δt, πολύ μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας Δυ, του μήλου γιατί αυτό έχει πολύ μικρότερη μάζα από τη γη. Η μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι τόσο πολύ μικρή (η μάζα της γης είναι πάρα πολύ μεγάλη), που δε γίνεται αντιληπτή. Έτσι, η γη πρακτικά παραμένει ακίνητη, ενώ το μήλο κινείται προς αυτή.

Δηλαδή η ίδια δύναμη δεν προκαλεί σ' όλα τα σώματα τα ίδια αποτελέσματα.

Το μήλο κινείται επειδή έχει μικρή αδράνεια. Η γη παραμένει ακίνητη επειδή έχει μεγάλη αδράνεια.

Εφαρμογές

Ποια δύναμη ανυψώνει το ελικόπτερο; Τα φτερά της έλικας, όταν γυρίζουν, σπρώχνουν προς τα κάτω τα μόρια του αέρα (δράση). Τα μόρια του αέρα ωθούν την έλικα προς τα πάνω (αντίδραση). Η προς τα πάνω συνολική δύναμη που ασκούν τα μόρια του αέρα στην έλικα, λέγεται δυναμική άνωση. Όταν η δυναμική άνωση εξισωθεί με το βάρος του ελικοπτέρου, αυτό μπορεί

να διατηρηθεί σε σταθερό ύψος. Όταν η δυναμική άνωση γίνει μεγαλύτερη του βάρους, το ελικόπτερο κινείται προς τα πάνω.

Ποια δύναμη ανυψώνει τα πουλιά; Όταν τα πουλιά πετούν τα φτερά τους παίρνουν τέτοιο σχήμα, ώστε να σπρώχνουν τον αέρα προς τα κάτω (δράση), οπότε ο αέρας τα σπρώχνει προς τα πάνω (αντίδραση).



Ποια δύναμη κινεί ή αλλάζει την πορεία των αεροπλάνων; Με ελαφρά κλίση τμήματος των φτερών του αεροπλάνου, ο αέρας που συναντά στρέφεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Έτσι, ο

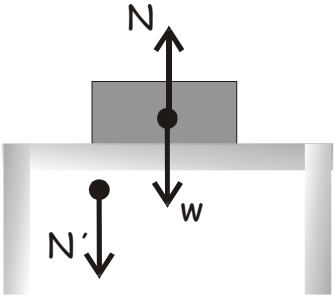
αέρας ασκεί δύναμη στο αεροπλάνο και το αναγκάζει να αλλάξει πορεία. Στα ελικοφόρα αεροπλάνα οι έλικες σπρώχνουν τον αέρα προς τα πίσω, οπότε ο αέρας τις σπρώχνει προς τα εμπρός. Στα αεριωθούμενα αεροπλάνα ο στροβιλοκινητήρας (τουρμπίνα) ρουφά αέρα από εμπρός και τον σπρώχνει προς τα πίσω. Αυτός με τη σειρά του σπρώχνει το αεροσκάφος μπροστά

Ποια δύναμη κινεί τα πλοία στη θάλασσα; Τα πλοία διαθέτουν την προπέλα, η οποία καθώς κινείται, σπρώχνει το νερό προς τα πίσω (δράση), οπότε το νερό τη σπρώχνει προς τα εμπρός (αντίδραση).

Λυμένες ασκήσεις

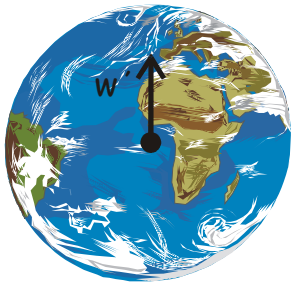
1. Σώμα ισορροπεί πάνω σε οριζόντιο τραπέζι. Αν το βάρος του σώματος είναι η δράση ποια είναι η αντίδραση του βάρους;

Λύση:



Όταν δυο σώματα αλληλεπιδρούν τότε σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωμάτων είναι **ίσες και αντίθετες.**

Επειδή το βάρος w είναι η δύναμη που ασκεί η γη στο σώμα τότε η αντίδραση του βάρους θα είναι η δύναμη w΄ που ασκεί το σώμα στη γη.



Προσέξτε ότι οι δύο δυνάμεις w και w΄, έχουν τη σχέση (δράση – αντίδραση) χωρίς να μας ενδιαφέρει ποια αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση. Η δράση δεν είναι το αίτιο της αντίδρασης. Απλώς οι δυο δυνάμεις συνυπάρχουν. Ακόμη πρέπει να προσέξουμε ότι οι δυο δυνάμεις ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Το w ασκείται από τη Γη στο σώμα πάνω στο τραπέζι και η w΄ ασκείται από το σώμα στη Γη.
Ακόμη βέβαια στο σώμα ασκείται η κάθετη αντίδραση N από το τραπέζι ΄(έστω δράση) οπότε τότε το σώμα ασκεί στο τραπέζι μια δύναμη ίση και αντίθετη τη N΄ (αντίδραση).
Βέβαια από την ισορροπία του σώματος και σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton ισχύει $F_{ολ}=0$ ή N-w=0 ή N=w. Τότε όμως σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton για το μέτρο της δύναμης w΄ ισχύει w΄=w και N΄=N. Άρα τα μέτρα όλων των δυνάμεων είναι ίσα.

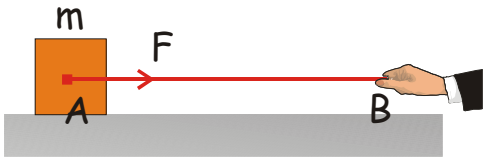
2. Αν δεχτούμε ότι η δράση και η αντίδραση είναι δυο δυνάμεις ίσες και αντίθετες και ότι πάντα για μια δράση υπάρχει και μια αντίδραση, τότε πως μπορούμε να εξηγήσουμε την κίνηση των σωμάτων αφού $F_{ολ}$ =0; Που υπάρχει λάθος στο συλλογισμό;

Λύση:

Έχουμε μάθει ότι δυο δυνάμεις που έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά, ονομάζονται αντίθετες.
Αν οι δυο αυτές δυνάμεις ασκούνται στο ίδιο σώμα (υλικό σημείο), τότε λέμε ότι ισορροπούν γιατί **η συνισταμένη δυο αντίθετων δυνάμεων είναι μηδέν.**

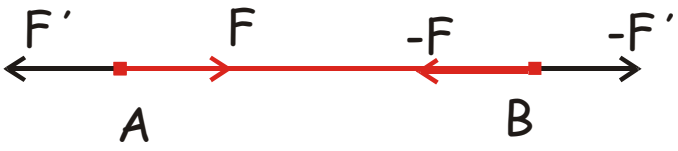
Η δράση και η αντίδραση είναι δυο αντίθετες δυνάμεις. Όμως δεν μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη μιας δράσης και μιας αντίδρασης γιατί εξασκούνται σε **διαφορετικά σώματα**. Οπότε η υπόθεση ότι $F_{ολ}$=0 είναι λανθασμένη.

3. Στο σώμα του σχήματος ασκούμε με το χέρι μας μέσω του αβαρούς νήματος τη δύναμη F (δράση). Να βρείτε και να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στις άκρες του νήματος, καθώς και τη δύναμη που ασκείται από το νήμα στο χέρι μας;



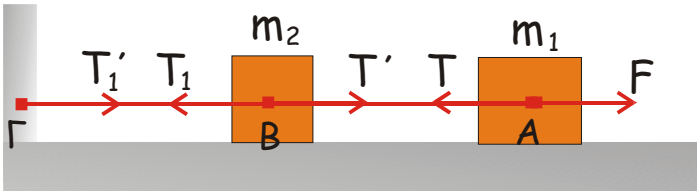
Λύση:

Το νήμα ασκεί με επαφή τη δύναμη F στο σώμα στο σημείο Α. Τότε σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton και το σώμα m. ασκεί στο σημείο επαφής στο νήμα μια δύναμη F΄ ίση και αντίθετη. Δηλαδή



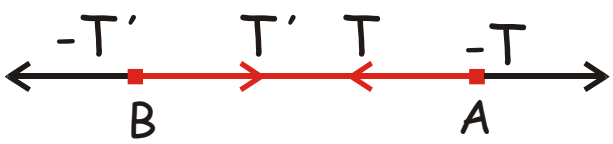
F΄=-F. Αν θεωρήσουμε το νήμα αβαρές τότε στο άκρο Β του νήματος που βρίσκεται στο χέρι μας θα ασκείται από το χέρι μας μια δύναμη –F΄ ίση και αντίθετη της F΄ ώστε αυτό να ισορροπεί. Δηλαδή –F΄=-F΄=F.Τότε όμως σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton και το νήμα θα ασκεί στο χέρι μας μια δύναμη αντίθετη της -F΄ δηλαδή ίση με –(-F΄)=F΄=-F.
Η –F είναι η δύναμη που ασκεί το νήμα στο χέρι. Όμως κατά τη μελέτη της κίνησης ενός σώματος μας ενδιαφέρουν μόνο οι δυνάμεις που εξασκούνται στο σώμα και όχι οι δυνάμεις που εξασκεί αυτό σε άλλα σώματα.

4. Το σύστημα των δύο σωμάτων m_1 και m_2 του σχήματος ισορροπεί με την επίδραση της δύναμης F=50N πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο.



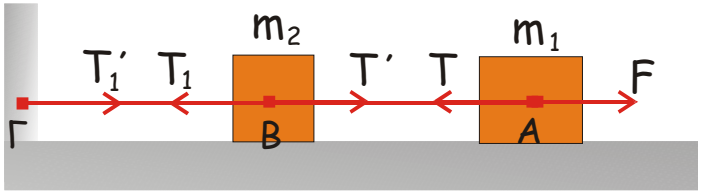
Αν δεχτούμε ότι τα νήματα ΑΒ και ΒΓ που συνδέουν τα δυο σώματα m_1 και m_2, καθώς και το σώμα m_2 με τον κατακόρυφο τοίχο αντίστοιχα, είναι αβαρή και συνεχώς τεντωμένα, τότε να υπολογίσετε τις τάσεις των νημάτων.

Λύση:



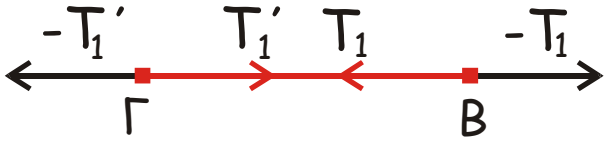
Από την ισορροπία της μάζας m_1 και από τον 1ο Νόμο του Newton έχουμε $F_{ολ}=0$ ή F=T=50N, όπου T είναι η δύναμη που ασκεί με επαφή το νήμα στο σώμα m_1. Η δύναμη T, που ασκεί το νήμα στο σώμα ονομάζεται **τάση** του νήματος. Η δύναμη T΄ είναι η δύναμη που ασκεί το νήμα στο δεύτερο σώμα m_2. Τότε όμως σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton ή αξίωμα δράσης – αντίδρασης στα άκρα του νήματος θα ασκούνται δυο δυνάμεις –T και –T΄ από τα σώματα m_1 και m_2 αντίστοιχα. Η –T είναι η αντίδραση της T και η -T΄ είναι η αντίδραση της T΄. Για την ισορροπία του αβαρούς νήματος θα ισχύει $F_{ολ}=0$ ή –T=-T΄ ή T=T΄.

Βλέπουμε λοιπόν ότι σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton ή αξίωμα δράσης – αντίδρασης αν το πρώτο σώμα εξασκεί μια δύναμη Τ΄ στο δεύτερο μέσω του αβαρούς νήματος, τότε και το δεύτερο θα εξασκεί στο πρώτο μια δύναμη Τ ίση και αντίθετη της Τ΄ . Έτσι για τα μέτρα των δυνάμεων Τ και Τ΄ θα ισχύει Τ = Τ΄=50Ν .



Από την ισορροπία της μάζας m_2 και από τον 1ο Νόμο του Newton έχουμε $F_{ολ}=0$ ή $T΄=T_1=50N$, όπου Τ΄ είναι η δύναμη που ασκεί με επαφή το νήμα ΑΒ στο σώμα m_2. Η δύναμη T_1 είναι η δύναμη που ασκεί με επαφή το δεύτερο νήμα ΒΓ στο σώμα m_2. Ακόμη το νήμα ΒΓ ασκεί και μια δύναμη $T_1΄$ στον τοίχο όπου είναι δεμένο.

Τότε όμως σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton στα άκρα του δεύτερου νήματος ΒΓ θα ασκούνται δυο δυνάμεις $-T_1$ και $-T_1΄$ από το m_2 και τον τοίχο αντίστοιχα. Η $-T_1$ είναι η αντίδραση της T_1 και η $-T_1΄$ είναι η αντίδραση της $T_1΄$.



Για την ισορροπία του αβαρούς νήματος ΒΓ θα ισχύει $F_{ολ}=0$ ή $-T_1=-T_1΄$ ή $T_1=T_1΄=50N$.

Βλέπουμε λοιπόν ότι σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton ή αξίωμα δράσης – αντίδρασης αν το δεύτερο σώμα m_2 εξασκεί μια δύναμη $T_1΄$ στον κατακόρυφο τοίχο μέσω του αβαρούς νήματος, τότε και τοίχος εξασκεί στο m_2 μια δύναμη T_1 ίση και αντίθετη της $T_1΄$. Έτσι για τα μέτρα των δυνάμεων T_1 και $T_1΄$ θα ισχύει $T_1 = T_1΄=50N$.

Βέβαια στις δυο μάζες ασκούνται και τα βάρη τους, καθώς και οι κάθετες αντιδράσεις από την οριζόντια επιφάνεια στήριξης, που όμως εδώ δεν επηρεάζουν τον υπολογισμό των τάσεων των νημάτων.

5. Αν δεχτούμε ότι σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα η δύναμη που ασκεί η γη σε ένα σώμα είναι ίση με τη δύναμη που ασκεί το σώμα στη γη, τότε γιατί πάντα πέφτει το σώμα στη γη και όχι το αντίθετο;

Λύση:

Σύμφωνα με το 2^{ο} Νόμο του Newton η μεταβολή Δυ της ταχύτητας ενός σώματος εξαρτάται από τη μάζα του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα m, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή της ταχύτητας Δυ που προκαλείται από την **ίδια** δύναμη F στο **ίδιο χρονικό διάστημα** Δt. Στη γλώσσα των μαθηματικών αυτό διατυπώνεται με τη σχέση: $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}=\frac{F}{m}$ (2^{ος} Νόμος του Newton).

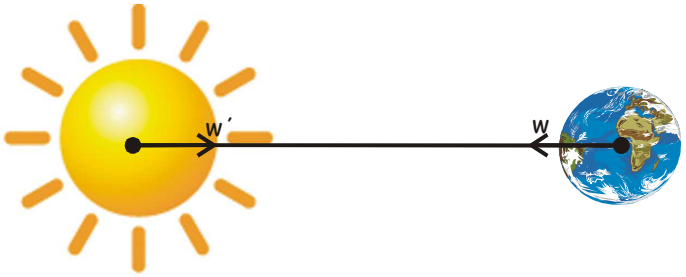
Αυτό ισοδύναμα σημαίνει πως όσο **μεγαλύτερη είναι η μάζα** ενός σώματος, τόσο **δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα του**.

Έτσι επειδή η μάζα της γης (αδράνεια), είναι πολύ μεγαλύτερη απ' αυτή του σώματος γι' αυτό πάντα πέφτει το σώμα στη γη και όχι το αντίθετο. Δηλαδή η ίδια δύναμη του βάρους, μεταβάλλει την ταχύτητα του σώματος ενώ δεν μπορεί να μεταβάλει την ταχύτητα της Γης. Η μεταβολή της ταχύτητας της Γης είναι αμελητέα εξαιτίας της πολύ μεγάλης μάζας της.

6. Στο σύστημα Ήλιος – Γη ποια δύναμη είναι μεγαλύτερη η δύναμη που ασκεί ο Ήλιος στη Γη ή το αντίθετο;

Λύση:

Σύμφωνα με τον 3^{ο} Νόμο του Newton οι δυνάμεις είναι ίσες κατά μέτρο και έχουν αντίθετη φορά. Έτσι ισχύει w=-w΄.

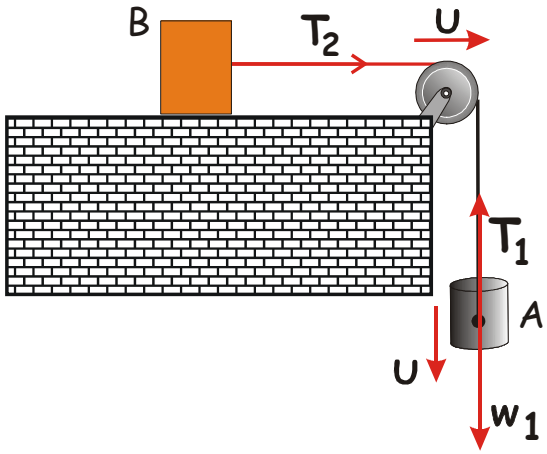


7. Στο σύστημα Γη – σώμα αν δεχτούμε ότι το βάρος του σώματος είναι w=100N μπορούμε τότε να δεχτούμε ότι και το βάρος της γης είναι 100N; Αυτό σημαίνει ότι και τα δυο σώματα έχουν την ίδια μάζα;

Λύση:

Ναι, μπορούμε να πούμε ότι και το βάρος της γης είναι 100N, αφού σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Newton οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δυο σωμάτων είναι ίσες και αντίθετες.
Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι και η μάζα της γης είναι ίση με τη μάζα του σώματος. Απλώς, επειδή η μάζα της γης είναι πολύ μεγαλύτερη , τότε σύμφωνα με τον 2ο Νόμο του Newton $\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \frac{F}{m}$, η επιτάχυνση που προκαλεί η ίδια δύναμη στη γη είναι πολύ μικρή και αυτό εξηγεί γιατί κινείται το σώμα προς τη γη.

8. Το σύστημα των δυο σωμάτων Α και Β του σχήματος, αποτελείται από τις μάζες m_1 και m_2. Αν η μάζα Α κινείται προς τα κάτω με σταθερή ταχύτητα υ, τότε:
α) Να υπολογίσετε τις τάσεις T_1 και T_2 των νημάτων.
β) Να υπολογίσετε την τριβή ανάμεσα στο σώμα Β και το οριζόντιο επίπεδο.
Θεωρείστε ότι η τροχαλία είναι αβαρής. Δίνονται: $m_1=m_2=10$ Kg και $g=10 m/s^2$.



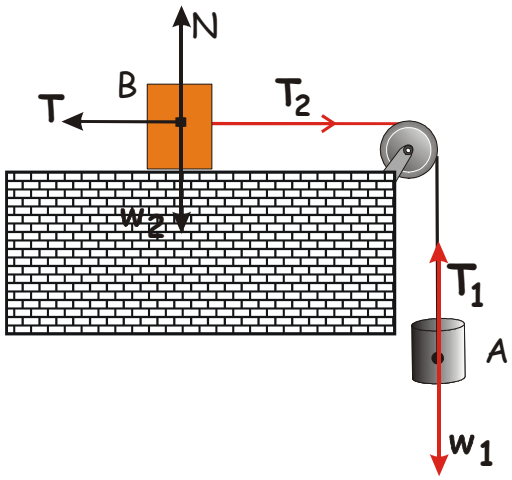
Λύση:

α) Στο σώμα Α που έχει βάρος $w_1=m_1 \cdot g=100N$, ασκούνται δυο δυνάμεις. Το βάρος του w_1 (ελκτική δύναμη της Γης που ασκείται από απόσταση) και η

τάση T_1 του νήματος που ασκείται μ' επαφή. Επειδή το σώμα ισορροπεί (κινείται με σταθερή ταχύτητα) θα ισχύει σύμφωνα με τον 1° Νόμο του Newton: $F_{ολ}=0$ ή $T_1-w_1=0$ ή $T_1=w_1=100N$.

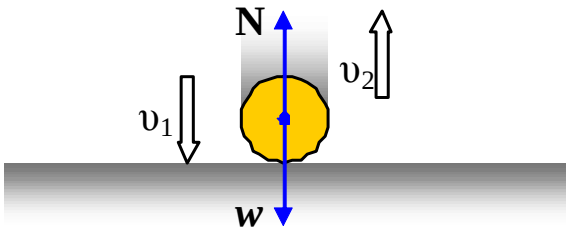
Η δύναμη T_1 είναι η δύναμη που ασκεί το σώμα Β στο σώμα Α μέσω του σχοινιού. Οπότε η αντίδρασή της θα είναι η δύναμη T_2, που ασκεί το σώμα Α μέσω του νήματος στο σώμα Β. Σύμφωνα με τον 3° Νόμο του Newton για τα μέτρα των δυνάμεων T_1 και T_2 ισχύει $T_1=T_2=100N$.

β) Στο σώμα Β και στην οριζόντια διεύθυνση ασκούνται δυο δυνάμεις. Η τάση T_2 του νήματος και η στατική τριβή Τ, ανάμεσα στη μάζα m_2 και το οριζόντιο επίπεδο στήριξης. Θεωρούμε ότι το νήμα παραμένει συνεχώς τεντωμένο και άρα και το σώμα Β κινείται κάθε στιγμή με σταθερή ταχύτητα. Τότε από τη συνθήκη ισορροπίας για το σώμα Β και σύμφωνα με τον 1° Νόμο του Newton έχουμε: $F_{ολ}=0$ ή $T_2-T=0$ ή $T=T_2=100N$.



Βέβαια στο σώμα Β, ασκούνται ακόμη το βάρος του w_2 (ελκτική δύναμη της Γης που ασκείται από απόσταση) με $w_2=m_2 \cdot g=100N$, και η κάθετη αντίδραση Ν από την επιφάνεια στήριξης. Από την ισορροπία του σώματος Β στον κατακόρυφο άξονα έχουμε 1ος Νόμος του Newton: $F_{ολy}=0$ ή $N-w_2=0$ ή $N=w_2=100N$.

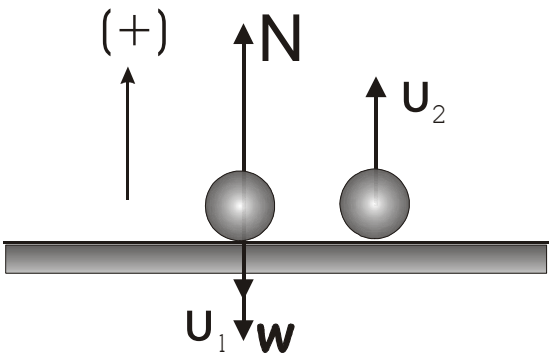
9. Το σώμα του σχήματος έχει μάζα m=5Kg και κινείται προς τα κάτω με ταχύτητα $υ_1=20m/s$. Το σώμα χτυπά στο οριζόντιο δάπεδο και αναπηδά με ταχύτητα $υ_2=10m/s$ ενώ η επαφή του με το δάπεδο διαρκεί Δt=0,1s. Τότε:
α) Ποια είναι η μεταβολή Δυ της ταχύτητας του σώματος;
β) Ποια είναι η μέση επιτάχυνση του σώματος;



γ) Πόση είναι η κάθετη δύναμη Ν που ασκεί το δάπεδο στο σώμα τη στιγμή της σύγκρουσης;
δ)Πόση είναι η κάθετη δύναμη που ασκεί το σώμα στο δάπεδο τη στιγμή της σύγκρουσης;

Λύση:

Για τη μεταβολή της ταχύτητας έχουμε $\Delta \vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_2 - \vec{\upsilon}_1$. Θεωρώντας θετική την προς τα πάνω φορά θα είναι Δυ = υ_2 – (-υ_1) ή Δυ = υ_2 + υ_1 ή Δυ =30 m/s με φορά προς τα πάνω .



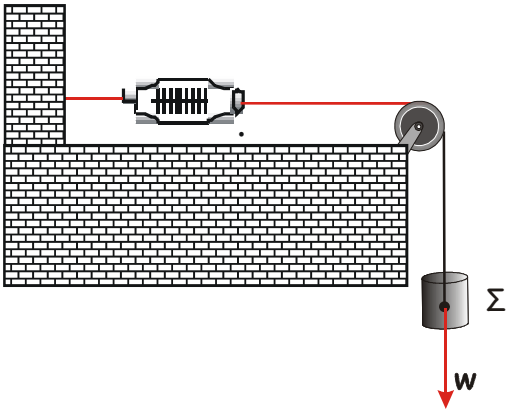
β) Ισχύει $\alpha = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{30}{0,1}$ ή

α = 300 m/s^2 με φορά προς τα πάνω.

γ) Σύμφωνα με το 2^ο Νόμο του Newton έχουμε:
$F_{ολ}$ =m·α ή N – w = m·α ή
N= w + m·α ή N= m (g + α) ή N = 5· (10 + 300) ή N= 5· 310 ή N = 1.550 N.

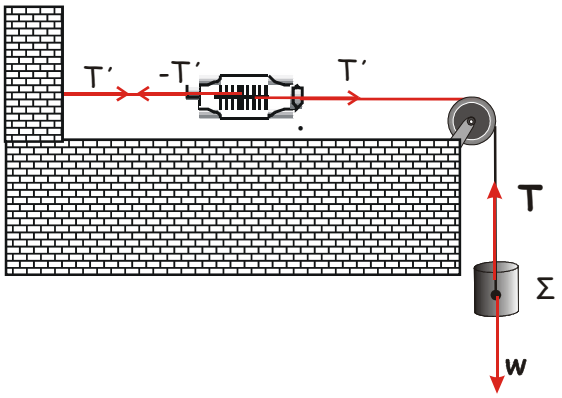
δ) Σύμφωνα με το αξίωμα δράσης – αντίδρασης η δύναμη που εξασκεί το σώμα στο δάπεδο τη στιγμή της σύγκρουσης είναι ίση με το Ν όμως έχει φορά προς τα κάτω δηλαδή N΄ = N = 1.550 N .

10. Αν το βάρος του σώματος του σώματος Σ του σχήματος είναι w=15N, τότε να υπολογιστεί η ένδειξη του δυναμομέτρου.



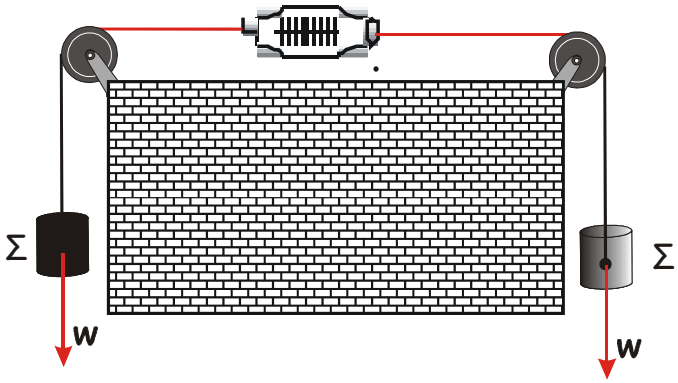
Λύση:

Στο σώμα Σ ασκούνται δυο δυνάμεις. Το βάρος του w=15N (ελκτική δύναμη της Γης που ασκείται από απόσταση) και η τάση Τ του νήματος που ασκείται μ' επαφή. Επειδή το σώμα ισορροπεί θα ισχύει σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton: $F_{ολ}=0$ ή T-w=0 ή T=w=15N.



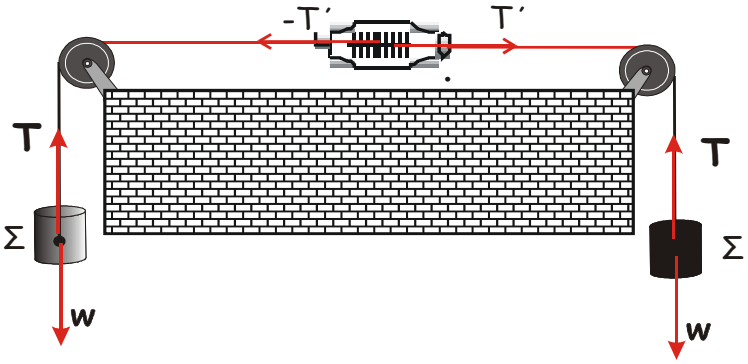
Η δύναμη Τ (τάση του νήματος) είναι η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο μέσω του αβαρούς νήματος, στο σώμα Σ. Τότε η αντίδραση Τ΄ της Τ είναι η δύναμη που ασκεί το σώμα Σ μέσω του νήματος στο δυναμόμετρο. Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton για τα μέτρα των δυνάμεων ισχύει Τ΄=Τ=15Ν. Η ένδειξη του δυναμομέτρου είναι όσο και το μέτρο της δύναμης Τ΄(στην πραγματικότητα η Τ΄ είναι η δύναμη $F_{ελ}$ της δύναμης του ελατηρίου του δυναμομέτρου, όπως αυτή υπολογίζεται από το νόμο του Hook) . Αφού το δυναμόμετρο ισορροπεί οριζόντια αυτό σημαίνει ότι στο άλλο άκρο του θα ασκείται μια δύναμη αντίθετη της Τ΄ η –Τ΄ η οποία ασκείται από τον κατακόρυφο τοίχο μέσω του νήματος στο ελατήριο. Τότε σύμφωνα με το αξίωμα Δράσης – αντίδρασης θα ασκείται και στον κατακόρυφο τοίχο μια δύναμη αντίθετη της –Τ΄ με μέτρο ίσο με Τ΄=15 Ν και τη φορά που φαίνεται στο σχήμα.

11. Αν το βάρος κάθε σώματος του σχήματος είναι w=25N να υπολογιστεί η ένδειξη του δυναμομέτρου.



Λύση:

Σε κάθε ένα σώμα Σ ασκούνται δυο δυνάμεις. Το βάρος του w=25N (ελκτική δύναμη της Γης που ασκείται από απόσταση) και η τάση Τ του νήματος που ασκείται μ' επαφή. Επειδή το κάθε σώμα ισορροπεί θα ισχύει σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton: $F_{ολ}=0$ ή T-w=0 ή T=w=25N.



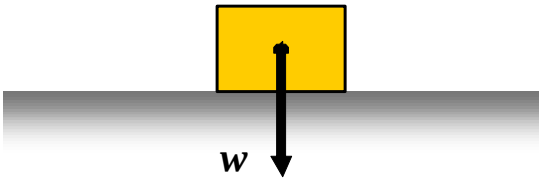
Τότε η αντίδραση Τ΄ και - Τ΄ της Τ είναι η δύναμη που ασκεί το κάθε σώμα Σ μέσω του νήματος στο δυναμόμετρο. Η ένδειξη του δυναμομέτρου είναι ίση με την τάση του κάθε νήματος δηλαδή όσο και το βάρος του κάθε σώματος . Άρα ένδειξη δυναμομέτρου = Τ = w = 25 Ν.

Ασκήσεις

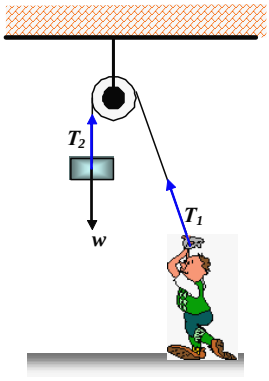
1) Το παιδί του σχήματος μέσω του σχοινιού εξασκεί δύναμη F (δράση) στη βάρκα. Να σχεδιάσετε τη δύναμη F΄(αντίδραση), που ασκείται από τη βάρκα μέσω του σχοινιού στο παιδί. Μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη των δυο αυτών δυνάμεων;



2) Αν το βάρος του σώματος του σχήματος είναι w=200N ποια είναι η δύναμη που εξασκεί το σώμα στο τραπέζι και ποια είναι η δύναμη που εξασκεί το τραπέζι σ' αυτό;



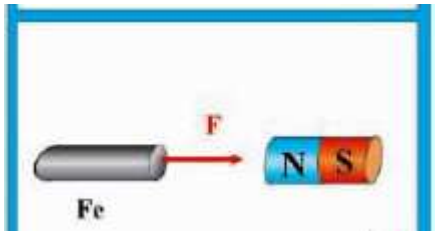
3)Αν το βάρος του σώματος του σχήματος που ισορροπεί είναι w=180N, τότε να υπολογιστούν οι δυνάμεις T_1 και T_2 που ασκούνται από το σχοινί στον άνθρωπο και το σώμα αντίστοιχα.



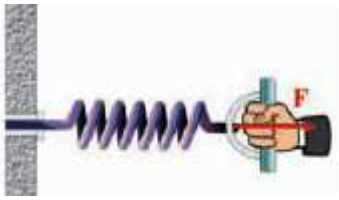
4) Ο μαθητής του σχήματος σπρώχνει το αυτοκίνητο ασκώντας σ' αυτό μια δύναμη F=200N. Ποια είναι τότε η δύναμη που ασκείται από το αυτοκίνητο στο μαθητή. Ποια είναι η συνισταμένη των δυο δυνάμεων;



5) Στο διπλανό σχήμα ποια δύναμη είναι μεγαλύτερη; Η δύναμη που ασκεί ο μαγνήτης στο μεταλλικό (σιδερένιο) αντικείμενο ή η δύναμη που ασκεί αυτό στον μαγνήτη; Εξηγείστε. Οι δυνάμεις αυτές εξασκούνται από το ένα σώμα στο άλλο με επαφή ή από απόσταση;

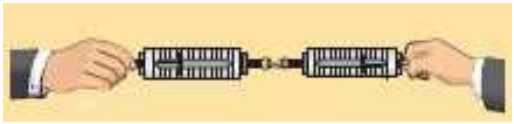


6) Αν το χέρι μας στο διπλανό σχήμα ασκεί δύναμη στο ελατήριο ίση με F=25 N, τότε να υπολογίσετε αφού τη σχεδιάσετε τη δύναμη που εξασκεί το ελατήριο στο χέρι μας.



7) Εξηγήστε γιατί μια βάρκα θα φύγει προς τα πίσω αν κάποιος πηδήξει από αυτήν στην προκυμαία.

8) Αν κρατήσουμε τα δύο διαφορετικά δυναμόμετρα του σχήματος τεντωμένα, τότε τι θα παρατηρήσουμε στις ενδείξεις των δυναμομέτρων. Είναι ίσες ή διαφορετικές; Εξηγείστε.

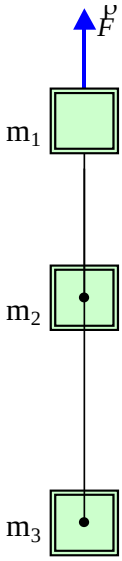


9) Ένα φορτηγό και ένα αυτοκίνητο συγκρούονται μετωπικά. Μεγαλύτερη δύναμη δρα πάνω στο αυτοκίνητο. Συμφωνείτε με αυτή την άποψη;

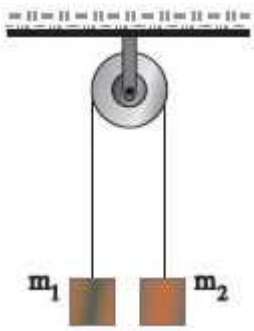
Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

10) Σε μια διελκυστίνδα είναι ένας γίγαντας και ένα παιδί. Ποιος από τους δύο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στον άλλο; Δικαιολογήστε την απάντηση σας. Ποιος νομίζετε ότι θα κινηθεί προς τον άλλο. Εξηγείστε.

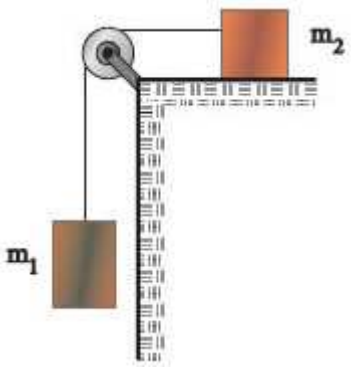
11)Αν για τις μάζες του διπλανού σχήματος ισχύει ότι $m_1=m_2=10Kg$ και $m_3=5Kg$, τότε:
α) Να υπολογιστεί η δύναμη F ώστε το σύστημα των τριών μαζών να κινείται προς τα πάνω με σταθερή ταχύτητα.
β) Να υπολογιστεί η τάση σε κάθε σχοινί.
Να θεωρήσετε ότι το $g=10m/s^2$.



12) Τα σώματα που φαίνονται στην εικόνα έχουν ίσες μάζες $m_1 = m_2 = 3kg$. Το σύστημα ισορροπεί.
α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται κάθε σώμα.
β. Να υπολογιστεί η τάση στα άκρα του νήματος.
Να θεωρήσετε ότι το $g=10m/s^2$.

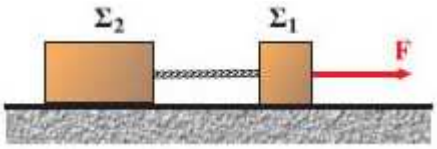


13) Τα σώματα της εικόνας έχουν μάζες m_1 =8Kg και m_2 = 10kg. Το σύστημα αφήνεται ελεύθερο και η m_1 κινείται προς τα κάτω με σταθερή ταχύτητα.



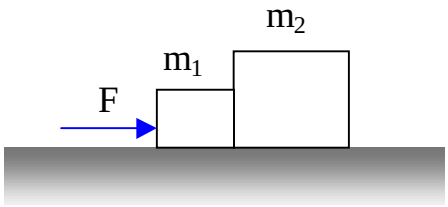
α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται κάθε σώμα.
β. Να εφαρμόσετε το 1° Νόμο του Newton για κάθε σώμα και να υπολογίσετε τα μέτρα όλων των δυνάμεων που ασκούνται σε κάθε σώμα.
γ. Να υπολογίσετε το συντελεστή τριβής ολίσθησης μ του σώματος μάζας m_2 με το δάπεδο.
Θεωρείστε τη μάζα της τροχαλίας αμελητέα και άρα να θεωρήσετε ότι και τα δύο σώματα δέχονται την ίδια τάση από το νήμα. Δίνεται: g = 10m/s^2.

14) Τα σώματα Σ_1 και Σ_2 έχουν αντίστοιχα βάρος w_1 = 50N και w_2 = 80N και έλκονται από μια σταθερή δύναμη F, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν το σύστημα κινείται με σταθερή ταχύτητα , να υπολογίσετε:



α. Τη δύναμη F.
β. Την τάση του νήματος που συνδέει τα δύο σώματα.
Δίνεται ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ των σωμάτων και του οριζόντιου επιπέδου κίνησης μ=0,1 και ότι g = 10m/s^2.

15) Στο σχήμα έχουμε δυο μάζες m_1=2Kg και m_2=8Kg, ενώ η δύναμη F που ασκείται στην m_1, είναι F=20N. Αν το σώμα m_1 δεν παρουσιάζει τριβή με το οριζόντιο επίπεδο τότε να υπολογιστεί η δύναμη που ασκεί η m_1 στη m_2, καθώς και η τριβή ολίσθησης ανάμεσα στο σώμα m_2 και το οριζόντιο επίπεδο. Θεωρείστε ότι το σύστημα των m_1 και m_2 κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1)Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα μια αντίθετη αντίδραση. **( )**

2) Οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα και δεν μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνισταμένη τους. **( )**

3) Η ελκτική δύναμη που εξασκεί ένας μαγνήτης σε μια καρφίτσα είναι μεγαλύτερη από αυτή που ασκεί η καρφίτσα στον μαγνήτη. ( )

4)Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα διατυπώνεται με τη σχέση $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ *( )*

5)Η δράση και η αντίδραση αλληλοεξουδετερώνονται δηλαδή η συνισταμένη τους είναι ίση με το μηδέν. (Λ)

6)Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει για όλα τα είδη των δυνάμεων. *( )*

7)Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει μόνο για τα σώματα που ισορροπούν και όχι γι' αυτά που επιταχύνονται. ( )

8)Οι δυο δυνάμεις που εμφανίζονται στον 3^{ο} νόμο του Νεύτωνα έχουν σχέση δράσης- αντίδρασης. *( )*

9)Το βάρος είναι μια δύναμη που ασκείται με επαφή. ( )

10)Χαρακτηριστικό παράδειγμα δύναμης επαφής είναι η δύναμη (τάση) που ασκεί ένα τεντωμένο νήμα στο σώμα στο οποίο έχει προσδεθεί. *( )*

11)Η δύναμη του ελατηρίου είναι δύναμη επαφής, ενώ η κάθετη δύναμη στήριξης, η τριβή , η μυϊκή δύναμη του ανθρώπου και η άνωση όχι. ( )

12)Οι ηλεκτρικές και οι μαγνητικές δυνάμεις είναι δυνάμεις από απόσταση. *( )*

13)Σήμερα πιστεύουμε ότι τα διάφορα σώματα του σύμπαντος αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με τα παρακάτω είδη αλληλεπιδράσεων: την ισχυρή και την ασθενή πυρηνική, την ηλεκτρομαγνητική και τη βαρυτική αλληλεπίδραση. *( )*

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Όταν βαδίζουμε, ασκούμε με το πόδι μας στο πάτωμα μια οριζόντια δύναμη προς τα πίσω. Τότε:
α) η δύναμη που μας κινεί είναι η τριβή ολίσθησης.
β) Το πάτωμα ασκεί στο πόδι μας μια δύναμη (δύναμη στατικής τριβής) προς τα εμπρός ίσου μέτρου.
γ) Το πάτωμα δεν ασκεί κάποια δύναμη στο πόδι μας.
δ) Η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε κάθε πόδι είναι μηδέν.

2. Το βάρος του μήλου (w) που ισορροπεί πάνω σε ένα τραπέζι εξισορροπείται από την κάθετη δύναμη (F_N) που το τραπέζι ασκεί στο μήλο.
α) Οι δυνάμεις αυτές έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις και άρα αποτελούν ζεύγος δράσης - αντίδρασης.
β) Οι δυνάμεις αυτές δεν αποτελούν ζεύγος δράση-αντίδραση, διότι προέρχονται από την αλληλεπίδραση του μήλου με δύο διαφορετικά σώματα.
γ) Το βάρος είναι η δύναμη που η γη ασκεί στο μήλο, ενώ την κάθετη δύναμη την ασκεί η γη στο τραπέζι .
δ) Η αντίδραση του βάρους του μήλου είναι η δύναμη που ασκεί το μήλο στο τραπέζι.

3) Όταν ένα σώμα (Α) εξασκεί δύναμη 2Ν σ' ένα σώμα (Β) μεγαλύτερης μάζας, τότε το (Β):
α)εξασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο (Α)
β)εξασκεί δύναμη –2Ν στο (Α)
γ)εξασκεί δύναμη 2Ν στο (Α)
δ)εξασκεί γενικά διαφορετική δύναμη στο (Α).

4)Η δράση και η αντίδραση:

α) έχουν συνισταμένη μηδέν
β) δεν έχουν συνισταμένη μηδέν γιατί εξασκούνται σε διαφορετικά σώματα
γ) Εφαρμόζονται στο ίδιο σώμα
δ) έχουν διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους.

5) Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει:
α)μόνο για τα σώματα στη γη
β)μόνο για τις βαρυτικές δυνάμεις
γ) για όλα τα είδη των δυνάμεων
δ)μόνο για τα ουράνια σώματα.

6) Ένα πορτοκάλι βάρους 2Ν πέφτει από το δέντρο του , τότε:
α) Η δύναμη που ασκεί το πορτοκάλι στη γη έχει μέτρο 2Ν
β)Η γη εξασκεί δύναμη στο πορτοκάλι μεγαλύτερη από 2Ν
γ)Δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τις δυο δυνάμεις
δ)Η δύναμη που ασκεί το πορτοκάλι στη γη είναι μικρότερη από 2Ν.

7) Όταν το βάρος ενός σώματος που ισορροπεί σ' ένα τραπέζι είναι η δράση , τότε η αντίδραση του βάρους είναι:
α)Η κάθετη δύναμη που ασκεί το τραπέζι στο σώμα
β)Η κάθετη δύναμη που ασκεί το σώμα στο τραπέζι
γ)Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα
δ) Η δύναμη που ασκεί το σώμα στη γη.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Σύμφωνα με τον τρίτο νόμος του Νεύτωνα:
Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο σώμα (……..), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και ……κατεύθυνσης στο πρώτο (……).

2. Όταν ένα μήλο πέφτει προς τη Γη, τότε, η αδράνεια του μήλου είναι πολύ ……της αδράνειας της Γης. Οι δυνάμεις που ασκούνται ανάμεσα στο μήλο και τη Γη είναι ……..Όμως, η άσκηση δυνάμεων ίσου μέτρου προκαλεί πολύ ……μεταβολή της ταχύτητας του μήλου από την αντίστοιχη της γης. Η μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι τόσο πολύ μικρή που δε γίνεται αντιληπτή. Έτσι, η γη παραμένει……...

3. Ένα άλογο τραβά ένα κάρο. Με βάση τον τρίτο νόμο του Newton η δύναμη την οποία ασκεί το άλογο στο κάρο είναι ……..και αντίθετη με αυτή που ασκεί το κάρο στο άλογο.

4. Ένας άνθρωπος που έχει βάρος 800N στέκεται ακίνητος στο έδαφος. Τότε η αντίδραση της δύναμης του εδάφους στον άνθρωπο ……..

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΙΕΣΗ

ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

4.1 Πίεση

1. Τι ονομάζουμε πίεση;

Πίεση ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$

Ή με μαθηματικά σύμβολα έχουμε $P = \frac{F_k}{A}$ όπου F_k είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού Α.

Γενικότερα, ***η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της.***

Συμπεράσματα

- Η παραμόρφωση μιας επιφάνειας **δεν εξαρτάται** μόνο από **τη δύναμη** που ασκείται σε αυτήν, αλλά **και από το εμβαδόν** της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη.
- Ο χιονοδρόμος φορώντας χιονοπέδιλα, τα οποία έχουν **μεγαλύτερη επιφάνεια** από τα κοινά παπούτσια, αν και δε μεταβάλλει τη δύναμη που

ασκεί στο χιόνι (έδαφος), παρόλα αυτά, προκαλεί σ' αυτό **μικρότερη παραμόρφωση.** Τότε λέμε ότι **η πίεση** στο χιόνι **είναι μικρότερη**. Δηλαδή **το πηλίκο του βάρους** δια **του εμβαδού της επιφάνειας** είναι μικρότερο αφού τώρα η επιφάνεια έχει μεγαλύτερο εμβαδό.

- Το ίδιο συμβαίνει και με τα φαρδιά λάστιχα των αυτοκινήτων. Όσο **πιο φαρδιά** είναι τα λάστιχα (μεγάλο εμβαδό Α), τόσο **μικρότερη** είναι και η πίεση που ασκείται στην άσφαλτο από αυτά.
- Αντίθετα υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες επιθυμούμε **η πίεση να είναι μεγάλη**. Αυτό επιτυγχάνεται αν κατανείμουμε **τη δύναμη σε όσο το δυνατό μικρότερη επιφάνεια**. Για παράδειγμα κάτι τέτοιο συμβαίνει στο μαχαίρι, ψαλίδι στις πινέζες, καρφιά κ.λ.π.

Μονάδες της πίεσης

2. Ποιες μονάδες μέτρησης της πίεσης γνωρίζετε;

Η πίεση είναι **παράγωγο μέγεθος**. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.), η μονάδα της δύναμης F είναι το 1N και του εμβαδού Α της επιφάνειας το $1m^2$. Άρα, η μονάδα της πίεσης θα είναι το $1\frac{N}{m^2}$. Η μονάδα αυτή λέγεται και Pascal (Πασκάλ) προς τιμή του Γάλλου μαθηματικού, φυσικού και φιλοσόφου Μπλαιζ Πασκάλ δηλαδή:

$$1\,P_a = 1\,\frac{N}{m^2}.$$

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και το **kPa (Κιλοπασκάλ)** που ισούται με **1.000 Pa δηλαδή ισχύει 1 kPa=1.000=10^3 Pa.**

Ακόμη ισχύει 1atm=10^5N/m^2=10^5Pa=76cmHg=760mmHg=760Torr.

Προκύπτει λοιπόν ότι **1 Torr=1mmHg**. Ακόμη στη Μετεωρολογία χρησιμοποιείται το 1 μιλιμπάρ (1mB) με 1mB=100Pa.

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Η δύναμη και η πίεση είναι **δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη**. Η δύναμη έχει κατεύθυνση, είναι διανυσματικό μέγεθος και μετριέται σε Ν, ενώ η πίεση δεν έχει κατεύθυνση, δεν είναι διανυσματικό μέγεθος (είναι μονόμετρο μέγεθος). **Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται κάθετα στη μονάδα επιφάνειας και μετριέται σε** $\frac{\mathbf{N}}{\mathbf{m}^2}$.

Πίεση των ρευστών

Το λάδι, το πετρέλαιο, το μέλι, ο αέρας είναι ρευστά. ***Ρευστά*** *ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Τα ρευστά σώματα επίσης* ***έχουν τη δυνατότητα να ρέουν****. Τα πιο κοινά ρευστά είναι το νερό και ο αέρας.*

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. Έτσι το νερό όταν βουτάμε σ' αυτό ή ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζουν τα τύμπανα των αυτιών μας.

Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται ***υδροστατική*** *πίεση.*

Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται ***ατμοσφαιρική*** *πίεση.*

Λυμένες ασκήσεις

1. Μια βελόνα πλεξίματος έχει μάζα m=100g και στερεώνεται κατακόρυφα με τη «μύτη» της σε οριζόντια επιφάνεια στήριξης. Αν το εμβαδό της «μύτης» της βελόνας είναι A=0,01mm^2 να υπολογιστεί η πίεση που ασκεί αυτή στην οριζόντια επιφάνεια.

Λύση:

Η βελόνα ασκεί στο οριζόντιο έδαφος συνολική κατακόρυφη δύναμη ίση με το βάρος της w=m·g=0,1·10=1N.
Τότε η πίεση που ασκείται από τη βελόνα στο έδαφος είναι $p=\frac{w}{A}=\frac{1}{0,01}$=100N/mm^2. Επειδή 1mm^2=10^{-6}m^2 η πίεση είναι και $p=\frac{100}{10^{-6}}$=10^{8}N/m^2=10^{8}Pa. Επίσης 1atm=10^{5}Pa οπότε p=1.000atm.

2. Ένα παιδί έχει βάρος w=700N και το εμβαδό του καθένα παπουτσιού του είναι A=175cm^2. Τότε:
α) Να υπολογιστεί η πίεση που ασκείται από το παιδί στο έδαφος. Πόση είναι η πίεση από το καθένα παπούτσι του; Τι γίνεται αν στηριχτεί στο ένα πόδι του;
β) Αν το δάπεδο στο οποίο περπατάει το παιδί αντέχει σε πίεση 5N/cm^2, τότε είναι δυνατό να αντέξει το πάτωμα;

Λύση:

α) Το παιδί ασκεί στο δάπεδο κατακόρυφη δύναμη ίση με το βάρος του w=700N.
Ακόμη το συνολικό εμβαδό βάσης είναι 2A=350 cm^2.
Τότε η πίεση που ασκείται στο έδαφος είναι $p=\frac{w}{2A}=\frac{700}{350\cdot10^{-4}}$=2·10^{4}N/m^2.

Το κάθε πόδι του παιδιού ασκεί στο έδαφος δύναμη $F=\frac{w}{2}=350N$ και τότε προκαλεί πίεση $p_1=\frac{\frac{w}{2}}{A}=\frac{F}{A}=\frac{350}{175}=2N/cm^2=2\cdot10^4N/m^2$.
Αν το παιδί στηριχτεί στο ένα πόδι του τότε είναι $p'=\frac{w}{A}=\frac{700}{175\cdot10^{-4}}=4\cdot10^4N/m^2$, δηλαδή η πίεση που ασκεί το παιδί στο έδαφος διπλασιάζεται.

β) Η πίεση στην οποία αντέχει το πάτωμα είναι $5N/cm^2=5\cdot10^4N/m^2$. Πράγματι λοιπόν το πάτωμα αντέχει σε κάθε περίπτωση.

3. Ένα σιδερένιο αντικείμενο έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με εμβαδό μεγάλης βάσης $A_1=20cm^2$ και μικρής βάσης $A_2=2cm^2$.Τότε να υπολογιστεί ο λόγος των πιέσεων που θα ασκούνται σε ένα οριζόντιο τραπέζι στήριξης, αν το αντικείμενο στηριχτεί πρώτα με τη μικρή και στη συνέχεια με τη μεγάλη του βάση.

Λύση:

Για την πίεση που ασκείται στο τραπέζι αν το αντικείμενο στηριχτεί με τη μεγάλη του βάση A_1 έχουμε $p_1=\frac{w}{A_1}$, ενώ αν στηριχτεί με τη μικρή του βάση A_2 έχουμε $p_2=\frac{w}{A_2}$. Ο λόγος των πιέσεων είναι τότε

$\frac{p_2}{p_1}=\frac{\frac{w}{A_2}}{\frac{w}{A_1}}=\frac{w\cdot A_1}{w\cdot A_2}=\frac{A_1}{A_2}=\frac{20}{2}=10$. Δηλαδή η πίεση που ασκείται στο έδαφος όταν το αντικείμενο στηριχτεί με τη μικρή του βάση είναι δεκαπλάσια από αυτή που ασκείται όταν στηρίζεται με τη μεγάλη του βάση.

4. Πάνω σε ένα τραπέζι βάρους w=500N βρίσκεται όρθιος ένας άνθρωπος μάζας m=70Kg. Το καθένα από τα τέσσερα πόδια του τραπεζιού έχει εμβαδό βάσης στήριξης $A=12cm^2$,
α) Πόση είναι η συνολική πίεση που ασκεί το τραπέζι με τον άνθρωπο στο οριζόντιο έδαφος;
β) Πόση είναι η πίεση που προκαλείται από το καθένα πόδι του τραπεζιού στο οριζόντιο έδαφος;
γ) Πόση είναι η πίεση που ασκείται από τον άνθρωπο στο τραπέζι, αν το καθένα πόδι του ανθρώπου έχει εμβαδό $A_α=200cm^2$; ($g=10m/s^2$).

Λύση:

α) Η συνολική κατακόρυφη δύναμη που ασκείται στο οριζόντιο έδαφος είναι ίση με το βάρος του παιδιού w_1 και του βάρους του τραπεζιού w, άρα $F_{ολ}=w+w_1$, όπου $w_1=m\cdot g=700N$. Έχουμε λοιπόν $F_{ολ}=500+700=1.200N$.

Ακόμη η συνολική βάση στήριξης έχει εμβαδό $A_{ολ}=4\cdot A=48cm^2=48\cdot 10^{-4}m^2$.

Τότε η πίεση που ασκείται στο έδαφος είναι $p=\frac{F_{ολ}}{A_{ολ}}=\frac{1.200}{48\cdot 10^{-4}}=25\cdot 10^4$ N/m^2.

β) Το καθένα πόδι του τραπεζιού ασκεί στο έδαφος κατακόρυφη δύναμη $F=\frac{F_{ολ}}{4}=300N$. Επομένως προκαλεί πίεση $p'=\frac{F}{A}=\frac{300}{12\cdot 10^{-4}}=25\cdot 10^4$ N/m^2.
Παρατηρούμε λοιπόν πως η ολική πίεση, είναι όση και η πίεση που ασκεί το καθένα πόδι του τραπεζιού στο έδαφος.

γ) Ο άνθρωπος ασκεί στο τραπέζι κατακόρυφη δύναμη ίση με το βάρος του $w_1=700N$.
Ακόμη το συνολικό εμβαδό βάσης στήριξης του ανθρώπου είναι $2A_α=400$ cm^2.
Τότε η πίεση που ασκείται στο τραπέζι από τον άνθρωπο είναι
$p_α=\frac{w_1}{2A_α}=\frac{700}{400}=1,75N/cm^2=1,75\cdot 10^4N/m^2$.

5. Ένα κουτί σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, έχει εμβαδό μεγάλης βάσης $A=35cm^2$. Η μάζα του κουτιού είναι m=140g
α) Πόση είναι η πίεση που ασκεί το κουτί στο οριζόντιο έδαφος;
β) Πόση είναι η πίεση που ασκείται ανά cm^2 από το κουτί έδαφος;

($g=10m/s^2$).

Λύση:

α) Για την πίεση που ασκείται στο έδαφος από το αντικείμενο έχουμε $p=\frac{w}{A}$ ή

$p=\frac{m\cdot g}{A}=\frac{140\cdot10^{-3}\cdot10}{35\cdot10^{-4}}=\frac{140}{35}\cdot10^2$ ή $p=400N/m^2$.

β) Αν θεωρήσουμε ότι το βάρος του κουτιού κατανέμεται ομοιόμορφα στη βάση του τότε τα 1,4N ασκούνται στα $A=35cm^2$, οπότε

w'; στο $A'=1cm^2$

$w'=\frac{1,4}{35}=0,04N.$

Οπότε $p'=\frac{w'}{A'}=\frac{0,04}{1}=0,04N/cm^2$ ή $0,04\cdot10^4\ N/m^2=400N/m^2$. Δηλαδή η πίεση είναι η ίδια με την ολική πίεση.

Ασκήσεις

Σε όλες τις ασκήσεις όπου χρειάζεται θεωρείστε $g=10m/s^2$.

1. Να υπολογιστεί σε N/cm^2 σε Pa και σε atm η πίεση που ασκεί ένας μεταλλικός κύλινδρος μάζας m=314g και ακτίνας βάσης r=5mm σε ένα οριζόντιο στήριγμα.

2.α) Αν ένας άνθρωπος έχει βάρος w=800N και εμβαδό του καθένα παπουτσιού του είναι $A=250cm^2$, τότε μπορεί να περπατήσει χωρίς να βουλιάξει πάνω σε χιονισμένο οριζόντιο έδαφος; Θεωρείστε ότι το χιόνι αντέχει σε πίεση $0,5N/cm^2$.
β) Ποιο είναι το ελάχιστο εμβαδό που πρέπει να έχουν τα χιονοπέδιλά του, ώστε ο άνθρωπος να ολισθαίνει στο χιόνι χωρίς να βουλιάζει;

3. Ένα κουτί σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου έχει διαστάσεις 8cmx5cmx2cm. Αν η μάζα του κουτιού είναι m=200g, τότε να υπολογιστεί η πίεση που ασκεί αυτό σε οριζόντιο δάπεδο αν τοποθετηθεί διαδοχικά πάνω σε αυτό με την καθεμιά από τις τρεις βάσεις του.

4. Ένα τραπέζι βάρους w=450N στηρίζεται με τρία πόδια εμβαδού βάσης στήριξης $A=15cm^2$ το καθένα. Τότε να υπολογιστούν
α) η ολική πίεση που ασκείται από το τραπέζι σε οριζόντιο έδαφος.
β) Η πίεση από το κάθε ένα πόδι του τραπεζιού στο οριζόντιο έδαφος.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1. Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος και έχει στο S.I μονάδα μέτρησης το 1N, ενώ η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος και έχει στο S.I μονάδα μέτρησης το $1N/m^2$**. ( )**

2. Το μέγιστο κενό που μπορούμε να πετύχουμε στο εργαστήριο έχει πίεση της τάξης των 10^{-12} Pa**. ( )**

3. Η πίεση είναι διανυσματικό μέγεθος ( )

4. Όταν πιέζουμε με το δάχτυλό μας μια πινέζα σε μια επιφάνεια τότε το δάκτυλό μας δέχεται μικρότερη δύναμη αλλά και μικρότερη πίεση απ' ότι η επιφάνεια στην οποία θέλουμε να καρφώσουμε την πινέζα. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη
α) όσο μικρότερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή
β) όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της,
γ) όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της
δ) όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν της.

2. 1 Pa είναι ίσο με
α) 1 atm

β) $1N/m^2$
γ) $1N/cm^2$
δ) 10^5 atm.

3. Για να κοπεί εύκολα μια επιφάνεια με ένα μαχαίρι, πρέπει
α) η επιφάνεια να δεχτεί μεγάλη πίεση.
β) η επιφάνεια να δεχτεί μεγάλη δύναμη.
γ) το μαχαίρι να έχει μεγάλη επιφάνεια.
δ) να ασκήσουμε μικρή δύναμη.

4. Αν διπλασιάσουμε τη δύναμη που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια, τότε η πίεση:
α) θα υποδιπλασιαστεί
β) θα παραμείνει σταθερή
γ) θα διπλασιαστεί
δ) θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί ανάλογα με τη φορά της δύναμης.

5. Αν το εμβαδό της επιφάνειας στην οποία ασκείται κάθετα μια δύναμη υποτριπλασιαστεί τότε η αρχική πίεση (p) γίνεται,
α) 3p
β) p/3
γ) 9p
δ) p.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Ο *αφρικανικός* ή *μαύρος* ρινόκερος έχει μάζα 1,4 τόνους και τα πέλματά του έχουν συνολικό εμβαδό $700cm^2$. Τότε η συνολική πίεση με την οποία πιέζει το έδαφος είναι …… N/cm^2.

2. Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται …….. στη μονάδα επιφάνειας και μετριέται στο S.I σε ……

3. Οι σχεδιαστές διαστημοπλοίων που προορίζονται να προσεδαφιστούν στη σελήνη ή σε άλλους πλανήτες τα εφοδιάζουν με ειδικά μαλακά πέλματα ……..εμβαδού ώστε να μη βυθίζονται σε άγνωστα εδάφη.

4. Ένα αντικείμενο έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου με εμβαδό μεγάλης βάσης A_1 και μικρής βάσης A_2.Τότε η πίεση που θα ασκείται σε ένα οριζόντιο τραπέζι στήριξης είναι μικρότερη αν το αντικείμενο τοποθετηθεί πάνω σε αυτό με τη βάση …….

4.2 Υδροστατική πίεση

1. Τι γνωρίζετε για την υδροστατική πίεση;

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.

Η μέτρηση της υδροστατικής πίεσης γίνεται με τα μανόμετρα.

Ένα υγρό που βρίσκεται μέσα σε δοχείο λόγω του βάρους του πιέζει τον πυθμένα του δοχείου.

Εφόσον το υγρό ισορροπεί, **η δύναμη** που ασκεί στον πυθμένα του δοχείου **ισούται με το βάρος του**. Επομένως, η πίεση σύμφωνα με τον ορισμό της είναι ίση με το πηλίκο του βάρους του υγρού προς το εμβαδόν του πυθμένα $p = \frac{W}{A}$.

Αν μεταφέρουμε ένα κλειστό δοχείο γεμάτο με νερό από την επιφάνεια της γης **στην επιφάνεια της σελήνης**, θα διαπιστώναμε ότι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του έχει τιμή περίπου **6 φορές μικρότερη** από την τιμή της στην επιφάνεια της γης. Αυτό συμβαίνει γιατί το βάρος του νερού στη σελήνη είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος του στη γη.

2. Να αναφέρετε το θεμελιώδη νόμο της υδροστατικής πίεσης.

α. Η υδροστατική πίεση των υγρών είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού των επιφανειών που βρίσκονται μέσα σε αυτά. **Τα υγρά ασκούν πίεση προς κάθε κατεύθυνση.**

β. Η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος (h).

γ. Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού (ρ).

δ. Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g).

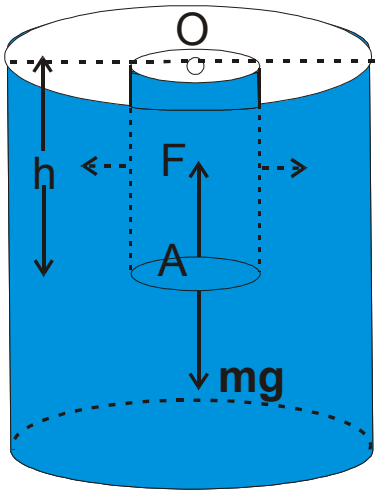
Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Νόμος της υδροστατικής πίεσης

p= ρ·g·h

ΑΠΟΔΕΙΞΗ του θεμελιώδη νόμου της υδροστατικής πίεσης:

Για να βρούμε την πίεση σ' ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί, σε βάθος h από την ελεύθερη επιφάνειά του θεωρούμε μια κατακόρυφη κυλινδρική στήλη από το υγρό βάσεως Α και ύψους h. Τότε το βάρος του υγρού είναι w=m·g με ρ=m/V άρα m=ρ·V=ρ·h·A οπότε w= ρ·V·g .



Στη βάση της κατακόρυφης στήλης του υγρού ασκούνται το βάρος του υγρού και η κατακόρυφη δύναμη του υπόλοιπου υγρού στη βάση της κατακόρυφης κυλινδρικής στήλης με φορά προς τα πάνω. Οι οριζόντιες δυνάμεις που ασκούνται στις παράπλευρες επιφάνειες της στήλης του υγρού αλληλοαναιρούνται.

Όμως αφού η κατακόρυφη στήλη του υγρού βρίσκεται σε ισορροπία θα πρέπει η δύναμη F που ασκεί το υγρό στην κάτω βάση να είναι ίση με το βάρος w.
Άρα F=w= ρ·V·g= ρ·h·A·g. Όμως η δύναμη F δίνεται και από τη σχέση F=p·A ή ρ·h·A·g=P·A ή p=ρ·g·h.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση **δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού.**

Ακόμη σε όλα τα σημεία οποιουδήποτε οριζόντιου επιπέδου, που θεωρείται μέσα στο υγρό, επικρατεί η ίδια υδροστατική πίεση, δεδομένου ότι όλα τα σημεία αυτά έχουν **το ίδιο υψόμετρο h.**

Γενικότερη διατύπωση του θεμελιώδη νόμου της υδροστατικής πίεσης.

Η υδροστατική πίεση που υπολογίζουμε με το θεμελιώδη νόμο της υδροστατικής πίεσης δίνεται από τη σχέση $p=\rho \cdot g \cdot h$, μόνο αν πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού η πίεση είναι ίση με μηδέν. Όταν όμως στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού επικρατεί πίεση εξωτερική ίση με $p_{εξ}$ τότε ο παραπάνω τύπος γράφεται ως εξής: $\mathbf{p=p_{εξ}+\rho \cdot g \cdot h}$

Αν η εξωτερική $p_{εξ}$ είναι ίση με την ατμοσφαιρική $p_{εξ}=p_{ατμ}$ τότε έχουμε $\mathbf{p=p_{ατμ}+\rho \cdot g \cdot h.}$

3. Ελεύθερη επιφάνεια υγρών που ισορροπούν- Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων.

Αρχή των συγκοινωνούντων *δοχείων*

Δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος δηλαδή στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο ακόμη και όταν το υγρό βρίσκεται σε διαφορετικά, αλλά συγκοινωνούντα δοχεία.

Αυτό σημαίνει ακόμη ότι η ελεύθερη επιφάνεια σε όλα τα δοχεία ανεξαρτήτου σχήματος θα βρίσκεται στο **ίδιο οριζόντιο επίπεδο**.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Η παραπάνω αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων ισχύει μόνο για υγρά που **ισορροπούν** και **όχι** για υγρά **που ρέουν**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Γεμίζουμε με υγρό μια σειρά από δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία συγκοινωνούν μέσω ενός σωλήνα Παρατηρούμε ότι σε όλα τα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του



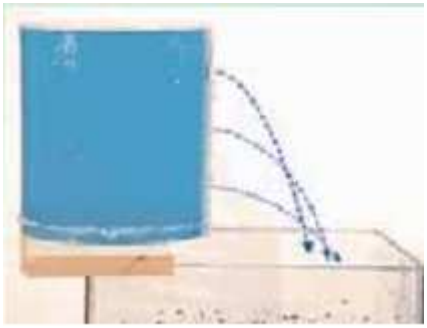
υγρού βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

Για να συμβαίνει αυτό, θα πρέπει σε όλα τα σημεία του να επικρατεί **η ίδια πίεση**. Αν σε κάποιο σημείο η πίεση ήταν διαφορετική, τότε θα ασκούνταν επιπλέον δύναμη που θα προκαλούσε την **κίνηση του υγρού**. Από το νόμο της υδροστατικής προκύπτει ότι αν σε κάποιο από τα δοχεία η στάθμη του υγρού ήταν σε μεγαλύτερο ύψος, η πίεση

Η αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων έχει πολλές εφαρμογές όπως

στην κατασκευή των δεξαμενών ύδρευσης των πόλεων. Οι δεξαμενές κατασκευάζονται στα ψηλότερα σημεία έτσι ώστε το νερό να μπορεί να φθάσει και στους ψηλότερους ορόφους των σπιτιών χωρίς να χρειάζεται αντλία.

Πειράματα – Δραστηριότητες



➢ Γεμίζουμε με νερό ένα πλαστικό δοχείο. Τοποθετούμε το δοχείο πάνω σ' ένα θρανίο, και κάτω από αυτό βάζουμε μια γυάλινο λεκάνη.

Με μια καρφίτσα ανοίγουμε τρύπες σε διάφορα σημεία του δοχείου.

Παρατηρούμε ότι απόσταση στην οποία εκτοξεύονται οι πίδακες του νερού στη λεκάνη είναι μεγαλύτερη για τις τρύπες που βρίσκονται κοντά στη βάση του πλαστικού δοχείου. Αυτό συμβαίνει γιατί στα μεγαλύτερα βάθη επικρατούν μεγαλύτερες υδροστατικές πιέσεις και άρα ασκούνται μεγαλύτερες δυνάμεις στους υδάτινους πίδακες της ίδιας διατομής.

Λυμένες ασκήσεις

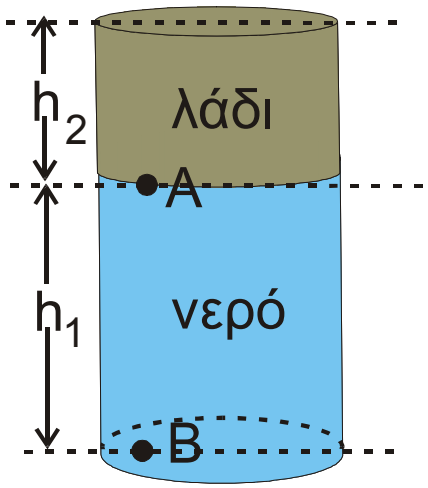
1. Να υπολογιστεί το ύψος μιας στήλης νερού αν η πίεση που ασκεί στη βάση της είναι $p=5\cdot10^3$ Pa. Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=10^3 Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

Η υδροστατική πίεση σ' ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί δίνεται από τη σχέση $p=\rho\cdot g\cdot h$, όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και h είναι το ύψος της στήλης του υγρού ή αλλιώς το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σημείο για το οποίο θέλουμε να υπολογίσουμε την πίεση, από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Τότε για την περίπτωση που το υγρό μας είναι το νερό έχουμε $p=\rho_v\cdot g\cdot h$ ή $h=\frac{p}{\rho\cdot g}$ ή

$h=\frac{5\cdot10^3}{10^3\cdot10}$ ή $h=0,5m$. Δηλαδή θα πρέπει το ύψος της υδάτινης στήλης να είναι $h=0,5m$ ή $50cm$.

2. Μέσα σ' ένα κυλινδρικό δοχείο βρίσκεται σε ισορροπία νερό σε ύψος h_1=20cm και λάδι πάνω από το νερό σε ύψος h_2=10cm , όπως φαίνεται στο σχήμα. Τότε:
α) Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση στη διαχωριστική επιφάνεια των δυο υγρών καθώς και στον πυθμένα του δοχείου,
β) Να κάνετε το ίδιο αν αντικατασταθεί το λάδι με νερό ίδιου ύψους,
γ) Τι ισχύει για τις παραπάνω πιέσεις αν χρησιμοποιήσουμε στενότερο δοχείο;
δ) Να υπολογίσετε τη δύναμη που οφείλεται στην υδροστατική πίεση στη βάση του δοχείου όταν αυτό περιέχει νερό και λάδι όπως αναφέρεται στο ερώτημα (α), αν το εμβαδό της βάσης του δοχείου είναι A=15cm^2.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1g/cm^3, η πυκνότητα του λαδιού ρ_λ=0,8 g/cm^3 και g=10m/s^2.



Λύση:

α) Η πυκνότητα του νερού σε μονάδες Διεθνούς Συστήματος Μονάδων είναι ρ_v= 1g/cm^3=1$\cdot \frac{10^{-3}\text{Kg}}{10^{-6}\text{m}^3}$=1.000Kg/m^3.

Παρόμοια για το λάδι είναι ρ_λ= 0,8g/cm^3=0,8$\cdot \frac{10^{-3}\text{Kg}}{10^{-6}\text{m}^3}$=800Kg/m^3.

Η υδροστατική πίεση στο σημείο Α που ανήκει στη διαχωριστική επιφάνεια των δυο υγρών και που οφείλεται στο λάδι είναι $p_A=\rho_\lambda \cdot g \cdot h_2$ ή $p_A=800 \cdot 10 \cdot 10^{-1}$ ή p_A=800 Pa.

Για τον πυθμένα του δοχείου θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την υδροστατική πίεση του νερού. Έτσι για την πίεση στο σημείο Β που είναι ένα σημείου του πυθμένα του δοχείου και από τη γενικότερη διατύπωση του θεμελιώδη Νόμου της υδροστατικής πίεσης ($p=p_{\varepsilon\xi}+\rho \cdot g \cdot h$), έχουμε $P_B=p_{\varepsilon\xi}+\rho_v \cdot g \cdot h_1$ ή $P_B=p_A+\rho_v \cdot g \cdot h_1$ ή P_B=800+1.000·10·0,2 ή P_B=800+2.000 ή p_B=2.800 Pa.

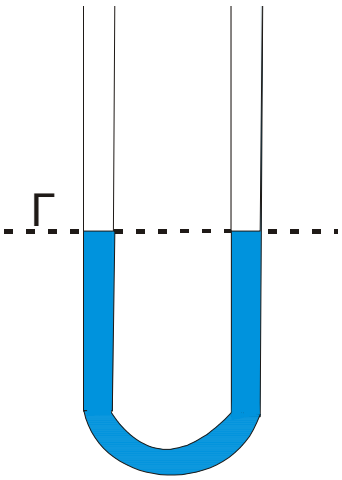
β) Αν αντικατασταθεί το λάδι με νερό ίσου ύψους, τότε η υδροστατική πίεση στο σημείο Α που ανήκει στη διαχωριστική επιφάνεια των δυο υγρών είναι $p_A=\rho_v \cdot g \cdot h_2$ ή $p_A=1.000 \cdot 10 \cdot 10^{-1}$ ή $p_A=1.000$ Pa.

Για την πίεση στο σημείο Β που είναι ένα σημείο του πυθμένα του δοχείου και από τη γενικότερη διατύπωση του θεμελιώδη Νόμου της υδροστατικής πίεσης ($p=p_{\varepsilon\xi}+\rho \cdot g \cdot h$), έχουμε
$P_B=p_{\varepsilon\xi}+\rho_v \cdot g \cdot h_1$ ή $P_B=p_A+\rho_v \cdot g \cdot h_1$ ή $P_B=1.000+1.000 \cdot 10 \cdot 0,2$ ή $P_B=1.000+2.000$ ή $p_B=3.000$ Pa.

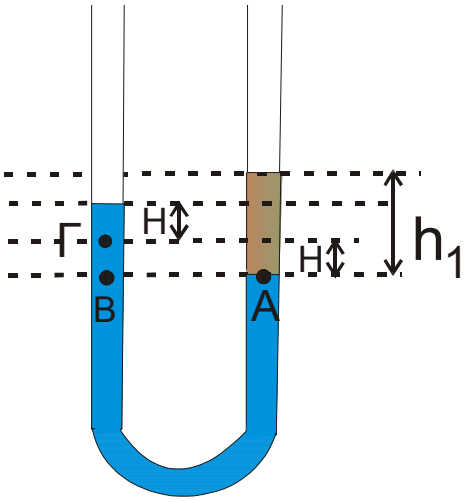
γ) Η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου και από το εμβαδό της βάσης του, αλλά μόνο από το ύψος h της στήλης του υγρού. Έτσι σε κάθε περίπτωση θα έχουμε την ίδια υδροστατική πίεση ανεξάρτητα από το σχήμα του δοχείου αρκεί να έχουμε το ίδιο ύψος h στήλης υγρού από την ελεύθερη επιφάνεια του δοχείου.

δ) Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε $p=\frac{F}{A}$ ή $F=p \cdot A$. Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου είναι από το ερώτημα (α), $p_B=2.800$ Pa. Τότε έχουμε $F=p \cdot A$ ή $F=2.800 \cdot 15 \cdot 10^{-4}=4,2$N.

3. Μέσα σ' ένα κυλινδρικό δοχείο σχήματος U σταθερής διατομής, ρίχνουμε νερό μέχρι του ίδιου οριζόντιου επιπέδου Γ, όπως φαίνεται στο σχήμα. Στη συνέχεια στο δεξιό σκέλος του δοχείου ρίχνουμε λάδι πάνω από το νερό, έτσι ώστε να σχηματιστεί στήλη λαδιού ύψους h_1=8cm. Τότε να βρεθεί μέχρι ποιού ύψους από την αρχική του θέση θα ανέλθει η ελεύθερη επιφάνεια του νερού στο αριστερό σκέλος του δοχείου. Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1g/cm^3, και η πυκνότητα του λαδιού ρ_λ=0,8 g/cm^3.



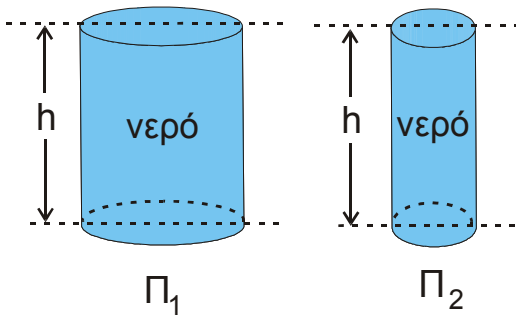
Λύση:



Αρχικά οι ελεύθερη επιφάνεια του νερού θα βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο Γ. Στη συνέχεια όταν θα προσθέσουμε λάδι οι ελεύθερες επιφάνειες του νερού και του λαδιού θα διαταχθούν όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Το ύψος Η στο οποίο θα ανέλθει το νερό στο αριστερό σκέλος του δοχείου θα είναι ίσο με το ύψος Η, κατά το οποίο θα κατέλθει η στάθμη του νερού στο δεξιό σκέλος. Ακόμη το ύψος της στήλης του λαδιού είναι h_1. Αφού το υγρό ισορροπεί τότε οι πιέσεις στα σημεία Α και Β που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο θα είναι ίσες. Άρα έχουμε $p_A=p_B$ ή $\rho_\lambda \cdot g \cdot h_1=\rho_v \cdot g \cdot 2H$ ή $H=\frac{\rho_\lambda \cdot h_1}{2\rho_v}$ ή

$H=\frac{0,8 \cdot 8}{2}$ ή H=3,2 cm.

4. Τα δυο ποτήρια $Π_1$ και $Π_2$ του διπλανού σχήματος έχουν το ίδιο ύψος h=14cm. Το εμβαδό του πυθμένα του ποτηριού $Π_1$ είναι $A_1=30cm^2$ και του ποτηριού $Π_2$ είναι $A_2=20cm^2$. Τότε:



α) Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση στον πυθμένα του κάθε ποτηριού,

β) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της υδροστατικής πίεσης (p) σε συνάρτηση με το βάθος (h) από την επιφάνεια του κάθε ποτηριού.

γ) Να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται λόγω της υδροστατικής πίεσης στον πυθμένα του κάθε ποτηριού. Να συγκρίνετε τις δυνάμεις αυτές με το βάρος του νερού στο κάθε δοχείο,

δ) Να παραστήσετε γραφικά στο ίδιο σύστημα αξόνων τη δύναμη (F) που ασκείται στον πυθμένα του κάθε ποτηριού σε συνάρτηση με το ύψος (h) της στήλης του νερού.

Δίνεται η πυκνότητα του νερού $ρ_v=10^3Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

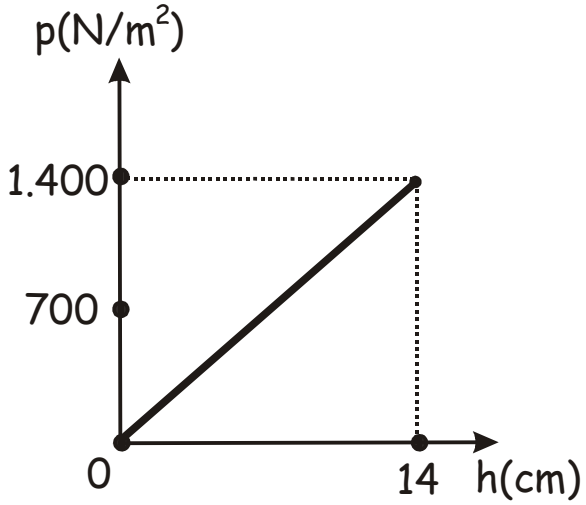
α) Η υδροστατική πίεση σ' ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί δίνεται από τη σχέση $p=ρ·g·h$, όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και h είναι το ύψος της στήλης του υγρού ή αλλιώς το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σημείο από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Τότε για την περίπτωση που το υγρό μας είναι το νερό έχουμε $p=ρ_v·g·h$ ή $p=10^3·10·0,14$ ή p=1.400 Pa.

Η πίεση είναι η ίδια και στα δυο ποτήρια ανεξάρτητα από τη διάμετρο (πάχος) του ποτηριού. Εξαρτάται μόνο από το ύψος h της στήλης του νερού.

β) Η υδροστατική πίεση σ' ένα σημείο ενός υγρού που ισορροπεί δίνεται από τη σχέση $p=\rho\cdot g\cdot h=10^3\cdot 10\cdot h=10^4\cdot h$, όπου h είναι το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σημείο από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Η συνάρτηση της πίεσης με το βάθος p(h) είναι της μορφής $y=a\cdot x$ οπότε η γραφική παράσταση θα είναι ευθεία που θα διέρχεται από την αρχή των αξόνων.

Για h=0 έχουμε p=0 ενώ για h=14cm=0,14m είναι $p=10^4\cdot h=10^4\cdot 0,14$ ή p=1.400 Pa ή 1.400 N/m^2.

Έτσι έχουμε τη γραφική παράσταση του διπλανού σχήματος.



γ) Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε $p=\frac{F}{A}$ ή $F=p\cdot A$. Για τη δύναμη που οφείλεται στην υδροστατική πίεση στον πυθμένα του ποτηριού Π_1 έχουμε $F_1=p\cdot A_1$ ή

$F_1=1.400\cdot 3\cdot 10^{-3}=4,2N$,

ενώ για τη δύναμη στο στον πυθμένα του ποτηριού Π_2 έχουμε $F_2=p\cdot A_2$ ή $F_2=1.400\cdot 2\cdot 10^{-3}=2,8N$. Άρα μεγαλύτερη δύναμη δέχεται ο πυθμένας με το μεγαλύτερο εμβαδό.

Ο όγκος του πρώτου ποτηριού είναι $V_1=A_1\cdot h=30cm^2\cdot 14cm=420\ cm^3$. Από τον τύπο της πυκνότητας ισχύει:

$\rho_v=\frac{m_1}{V_1}$ ή $m_1=\rho_v\cdot V_1$ ή $m_1=1g/cm^3\cdot 420cm^3=420$ g ή 0,42 Kg.

Τότε το βάρος του νερού στο ποτήρι Π_1 είναι $w_1=m_1\cdot g$ ή $w=0,42\cdot 10$ ή $w_1=4,2\ N=F_1$. Παρατηρούμε δηλαδή ότι η δύναμη F_1 που οφείλεται στην υδροστατική πίεση είναι ίση με το βάρος w_1 του νερού.

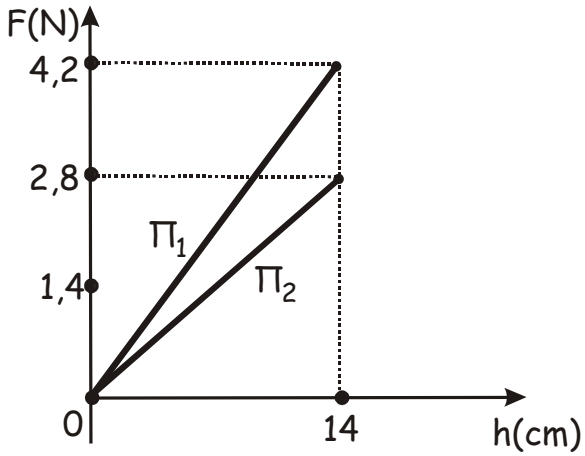
Παρόμοια ο όγκος του δεύτερου ποτηριού είναι $V_2=A_2\cdot h=20cm^2\cdot 14cm=280\ cm^3$. Από τον τύπο της πυκνότητας ισχύει:

$\rho_v = \frac{m_2}{V_2}$ ή $m_2=\rho_v \cdot V_2$ ή $m_2=1g/cm^3 \cdot 280cm^3=280$ g ή 0,28 Kg.

Τότε το βάρος του νερού στο ποτήρι Π_2 είναι $w_2=m_2 \cdot g$ ή $w_2=0,28 \cdot 10$ ή $w_2=2,8$ N$=F_2$. Παρατηρούμε δηλαδή ότι και σε αυτή την περίπτωση η δύναμη F_2 που οφείλεται στην υδροστατική πίεση είναι ίση με το βάρος w_2 του νερού.

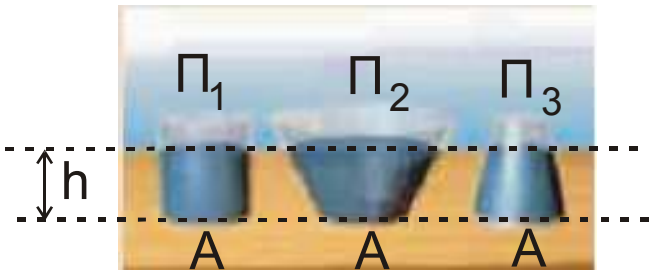
δ) Για τη δύναμη που ασκείται στον πάτο του ποτηριού Π_1 σε συνάρτηση με το ύψος της στήλης του νερού έχουμε $F_1=p \cdot A_1$ ή $F_1=\rho \cdot g \cdot h \cdot A_1$ ή $F_1=10^3 \cdot 10 \cdot h \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ ή $F_1=30 \cdot h$. Παρόμοια για το δεύτερο ποτήρι Π_2 έχουμε $F_2=p \cdot A_2$ ή $F_2=\rho \cdot g \cdot h \cdot A_2$ ή $F_2=10^3 \cdot 10 \cdot h \cdot 2 \cdot 10^{-3}$ ή $F_2=20 \cdot h$.

Οι συναρτήσεις στις οποίες καταλήγουμε είναι της μορφής $y=\alpha \cdot x$ οπότε οι γραφικές παραστάσεις θα είναι ευθείες που θα διέρχονται από την αρχή των αξόνων. Για h=0 έχουμε $F_1=F_2=0$N ενώ για h=14cm=0,14m είναι $F_1=30 \cdot 0,14=4,2$N και $F_2=20 \cdot 0,14=2,8$N. Έτσι έχουμε τις γραφικές παραστάσεις που φαίνονται στο διπλανό σχήμα.



5. Στη διπλανή εικόνα παριστάνονται τρία ποτήρια Π_1, Π_2 και Π_3 διαφορετικού σχήματος και ίδιας μάζας τα οποία περιέχουν νερό στο ίδιο ύψος h=10cm.

Τα εμβαδά των βάσεων των ποτηριών είναι ίσα και ίσα με $A=20cm^2$.



α) Να υπολογίσετε τις υδροστατικές πιέσεις στους πυθμένες των τριών ποτηριών.

β) Να υπολογίσετε τις δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των τριών ποτηριών και που οφείλονται στην υδροστατική πίεση.
γ) Να συγκρίνετε τις δυνάμεις που ασκούν τα δοχεία στο τραπέζι πάνω στο οποίο ισορροπούν.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=10^3 Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Η υδροστατική πίεση δίνεται από τη σχέση $p=\rho \cdot g \cdot h$. Τότε για την περίπτωση που το υγρό μας είναι το νερό και ισορροπεί έχουμε $p=\rho_v \cdot g \cdot h$ ή $p=10^3 \cdot 10 \cdot 0,1$ ή $p=1.000$ Pa.
Η πίεση είναι η ίδια και στα τρία ποτήρια ανεξάρτητα από τη διάμετρο (πάχος) τους και εξαρτάται μόνο από το ύψος h της στήλης του νερού.

β) Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε $p=\frac{F}{A}$ ή $F=p \cdot A$. Για τη δύναμη που οφείλεται στην υδροστατική πίεση στον πυθμένα των τριών ποτηριών έχουμε $F=p \cdot A$ ή $F=1.000 \cdot 2 \cdot 10^{-3}=2N$.
Οι δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των ποτηριών είναι ίσες.

γ) Ο όγκος του νερού του πρώτου ποτηριού είναι V_1 του $2^{ου}$ είναι V_2 και του $3^{ου}$ V_3. Από το σχήμα φαίνεται ότι $V_2>V_1>V_3$. Από τον τύπο της πυκνότητας ισχύει:

$\rho_v=\frac{m_1}{V_1}$ ή $m_1=\rho_v \cdot V_1$.

Τότε το βάρος του νερού στο ποτήρι Π_1 είναι $w_1=m_1 \cdot g$ ή $w_1=\rho_v \cdot V_1 \cdot g$. Παρόμοια έχουμε $w_2=\rho_v \cdot V_2 \cdot g$ και $w_3=\rho_v \cdot V_3 \cdot g$.
Όμως είπαμε πως $V_2>V_1>V_3$ άρα έχουμε και $w_2>w_1>w_3$. Τότε και το συνολικό βάρος του κάθε ποτηριού ($\text{βάρος}_{\text{ποτηριού}}+\text{βάρος}_{\text{νερού}}$) θα ακολουθεί την ίδια σχέση αφού τα ποτήρια χωρίς το νερό έχουν την ίδια μάζα.
Άρα και οι κάθετες αντιδράσεις που ασκεί το τραπέζι στο κάθε ποτήρι θα είναι κατά μέτρο όσο και το βάρος τους οπότε και οι δυνάμεις που ασκούν τα ποτήρια πάνω στο τραπέζι στο οποίο ισορροπούν θα είναι αντίστοιχα N_1, N_2 και N_3 με $N_2>N_1>N_3$.

Ο όγκος του πρώτου ποτηριού που είναι κυλινδρικό είναι $V_1=A\cdot h=20cm^2\cdot 10cm=200\ cm^3$. Από τον τύπο της πυκνότητας ισχύει:

$\rho_v=\frac{m_1}{V_1}$ ή $m_1=\rho_v\cdot V_1$ ή $m_1=1g/cm^3\cdot 200cm^3=200\ g$ ή 0, 2 Kg.

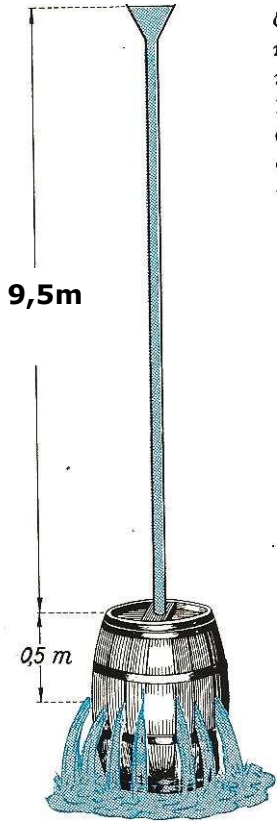
Τότε το βάρος του νερού στο ποτήρι Π_1 είναι $w_1=m_1\cdot g$ ή $w=0,2\cdot 10$ ή $w_1=2N=F$. Παρατηρούμε δηλαδή ότι η δύναμη F που οφείλεται στην υδροστατική πίεση είναι ίση με το βάρος w_1 του νερού.

Ο όγκος όμως του δεύτερου ποτηριού είναι $V_2>V_1$ οπότε το βάρος του νερού w_2 θα είναι μεγαλύτερο από το w_1 του νερού στο 1^o ποτήρι άρα σε αυτή την περίπτωση το βάρος του νερού είναι μεγαλύτερο από τη δύναμη F που οφείλεται στην υδροστατική πίεση.

Τέλος ο όγκος του τρίτου ποτηριού είναι $V_3<V_1$, οπότε το βάρος του νερού w_3 θα είναι μικρότερο από το w_1 του νερού στο 1^o ποτήρι άρα σε αυτή την περίπτωση το βάρος του νερού είναι μικρότερο από τη δύναμη F που οφείλεται στην υδροστατική πίεση. Αυτό είναι και το λεγόμενο **υδροστατικό παράδοξο.** *Δηλαδή **υδροστατικό παράδοξο** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υγρό που ισορροπεί, μπορεί να ασκεί στον πυθμένα του δοχείου του δύναμη **μεγαλύτερη** από το βάρος του.*

Το υδροστατικό παράδοξο

Τον 17ο αιώνα ο Πασκάλ (Pascal) πραγματοποίησε ένα πείραμα που έκανε μεγάλη εντύπωση και αναφέρεται συχνά ως παράδοξο της υδροστατικής.



Πήρε ένα κλειστό βαρέλι (**κάδος του Pascal**), που περιείχε 1000 kg νερού και άνοιξε στην πάνω επιφάνεια μια μικρή τρύπα. Στην τρύπα προσάρμοσε ένα λεπτό κατακόρυφο σωλήνα που είχε ύψος 9,5m. Προσθέτοντας μια μικρή ποσότητα νερού, ο σωλήνας γέμισε μέχρι την κορυφή. Τότε με μεγάλη έκπληξη είδε τα τοιχώματα του βαρελιού να ανοίγουν και το νερό να χύνεται έξω.

Πώς συνέβη αυτό;

Ας θεωρήσουμε μια μικρή επιφάνεια εμβαδού $A = 1\ cm^2$ του πλευρικού τοιχώματος του βαρελιού που βρίσκεται σε απόσταση $h = 0,5\ m$ από το πάνω μέρος του βαρελιού. Πριν από την τοποθέτηση του νερού στο σωλήνα, η πίεση του νερού στο τοίχωμα ήταν:

$p = \rho \cdot g \cdot h = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,5\ m = 5.000 \frac{N}{m^2}$ και η δύναμη σ' αυτό

$F = p \cdot A = 5.000 \frac{N}{m^2} \cdot 10^{-4}\ m^2 = 0,5\ N$. Όταν ο σωλήνας, μήκους 9,5 m, γεμίσει με νερό, η πίεση γίνεται:

$p' = \rho \cdot g \cdot h' = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot (9,5+0,5)\ m = 100.000 \frac{N}{m^2}$ και η δύναμη $F' = p' \cdot A = 100.000 \frac{N}{m^2} \cdot 10^{-4}\ m^2 = 10\ N$ δηλαδή, <u>είκοσι φορές μεγαλύτερη</u>. Γι' αυτό άνοιξε το τοίχωμα.

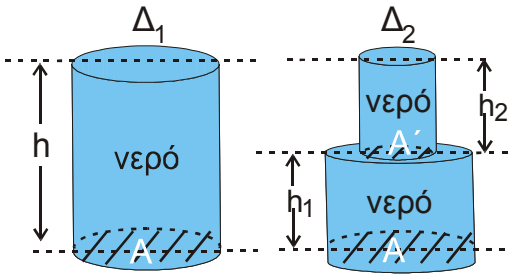
Ασκήσεις

1. Στα τοιχώματα ενός πλοίου και σε βάθος h=3m από την επιφάνεια της θάλασσας υπάρχει μια κυκλική ρωγμή ακτίνας R=10cm. Να υπολογιστεί η ελάχιστη δύναμη που πρέπει να ασκήσουμε κάθετα σ' ένα ξύλινο πώμα που τοποθετούμε στη ρωγμή, ώστε να εμποδίσουμε την εισροή του νερού.
Δίνεται η πυκνότητα του θαλασσινού νερού ρ_v=1.020 Kg/m^3 και g=10m/s^2.

2. Μια κλειστή δεξαμενή σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου έχει μήκος 4m πλάτος 2m και ύψος 0,5m. Αν γεμίσουμε τη δεξαμενή με νερό , τότε να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται στον πυθμένα της δεξαμενής . Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=10^{3}Kg/m^3 και g=10m/s^2.

3. Σ' ένα κλειστό βαρέλι περιέχεται κρασί. Κοντά στη βάση του βαρελιού, υπάρχει μια τρύπα εμβαδού A=2·10^{-4}m^2. Η απόσταση του κέντρου της τρύπας από την ελεύθερη επιφάνεια του κρασιού είναι h=50cm.
α) Να υπολογιστεί η ελάχιστη δύναμη που πρέπει να ασκήσουμε σε ένα ξύλινο πώμα, ώστε να κλείσουμε την τρύπα.
β) Στο κλειστό βαρέλι και στην πάνω του επιφάνεια ανοίγουμε μια πολύ μικρή τρύπα και προσαρμόζουμε έναν λεπτό κατακόρυφο σωλήνα ύψους h_1=2m. Τότε προσθέτοντας μια μικρή ποσότητα κρασιού, ο σωλήνας γεμίζει μέχρι την κορυφή του. Να υπολογιστεί η ελάχιστη δύναμη σ' αυτή την περίπτωση.
Δίνεται η πυκνότητα του κρασιού $\rho_κ$=10^{3}Kg/m^3 και g=10m/s^2.

4. Δίνονται τα δυο δοχεία Δ_1 και Δ_2 του σχήματος για τα οποία γνωρίζουμε ότι το πρώτο είναι ένα κυλινδρικό δοχείο με ύψος h=1m και εμβαδό βάσης A=40cm^2, ενώ το δεύτερο δοχείο αποτελείται από δυο επιμέρους κυλινδρικά δοχεία το ένα με ύψος h_1=h/2=0,5m και εμβαδό βάσης A=40cm^2, και το άλλο με ύψος h_2= h/2=0,5m και εμβαδό βάσης A΄=10cm^2. Τα δοχεία είναι γεμάτα με αποσταγμένο νερό. Τότε



α) Να υπολογιστεί η πίεση στον πυθμένα των δυο δοχείων,

β) Ποιο από τα δυο δοχεία περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού; Να υπολογίσετε το βάρος του νερού στα δυο δοχεία.
γ) Να υπολογιστεί η δύναμη που οφείλεται στην υδροστατική πίεση στον πυθμένα των δυο δοχείων. Σε ποιο από τα δυο δοχεία παρατηρείται το υδροστατικό παράδοξο; Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=10^3 Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.

5. Σ' ένα κυλινδρικό δοχείο περιέχεται υδράργυρος σε ύψος 5cm από τη βάση του.
α) Πόσο ύψος πρέπει να έχει το νερό σ' ένα δεύτερο όμοιο κυλινδρικό δοχείο, ώστε να προκαλεί την ίδια υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου με αυτή που προκαλείται από τον υδράργυρο;
β) Αν αναμείξουμε τα δυο υγρά σε ένα κυλινδρικό δοχείο της ίδιας εγκάρσιας διατομής και κατάλληλου ύψους, τότε να υπολογιστεί η συνολική υδροστατική πίεση που προκαλείται από τα δυο υγρά στον πυθμένα του δοχείου.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1g/cm^3$ η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ.}=13,6g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

6. Αν η πυκνότητα του πετρελαίου είναι $\rho_π=0,9\ g/cm^3$, τότε
α) να βρείτε τη σχέση που δίνει την υδροστατική πίεση του πετρελαίου που ασκείται στον πυθμένα της δεξαμενής που περιέχει το πετρέλαιο, σε συνάρτηση με το ύψος h, από τον πυθμένα.
β) Να παραστήσετε γραφικά την παραπάνω πίεση σε συνάρτηση με το ύψος h.
γ) Πόση είναι η υδροστατική πίεση στην ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής και πόση στον πυθμένα της δεξαμενής, όταν αυτή είναι γεμάτη πετρέλαιο; Δίνεται το ύψος της δεξαμενής H=1,4m.
δ) Πόσο πρέπει να κατέβει η στάθμη του πετρελαίου ώστε η υδροστατική πίεση στον πυθμένα της δεξαμενής να γίνει το $\frac{1}{4}$ της παραπάνω πίεσης; Δίνεται $g=10m/s^2$.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1. Τα όργανα με τα οποία μετράμε την υδροστατική πίεση ονομάζονται μανόμετρα**. ( )**

2. Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που είναι βυθισμένη στο υγρό. **( )**

3. Σε δυο διαφορετικά υγρά στο ίδιο βάθος η υδροστατική πίεση είναι η ίδια **( )**

4. Αν μέσα σε ένα ποτήρι με νερό αφήσουμε να βυθιστεί μια πέτρα τότε η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του ποτηριού αυξάνεται γιατί αυξάνεται το ύψος της στάθμης του νερού. ( ).

5. Μεταφέρουμε ένα δοχείο με νερό από την επιφάνεια της λίμνης Κερκίνης πάνω στην κορυφή του όρους Κερκίνη (Μπέλλες) Τότε η υδροστατική πίεση στον πάτο του δοχείου δε μεταβάλλεται. **( )**

6. Αισθανόμαστε την ίδια πίεση όταν κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθιστεί κατά ένα μέτρο είτε σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους. **( )**

7. Στα συγκοινωνούντα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού που ισορροπεί βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. **( )**

8. Ένα δοχείο έχει ύψος h και είναι γεμάτο με υγρό πυκνότητας 0,8g/cm^3. Στον ίδιο τόπο ένα δεύτερο δοχείο έχει το μισό ύψος και είναι γεμάτο με ένα δεύτερο υγρό. Αν η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δεύτερου δοχείου είναι 1,5 φορές μεγαλύτερη από την υδροστατική πίεση στον πυθμένα του πρώτου δοχείου, τότε η πυκνότητα του δεύτερου υγρού είναι 1,2 g/cm^3. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Ένα υγρό που βρίσκεται μέσα σε ανοικτό δοχείο λόγω του βάρους του w πιέζει τον πυθμένα του δοχείου που έχει εμβαδό Α. Τότε:

α) η συνολική πίεση στον πυθμένα του δοχείου ισούται με $p=\frac{w}{A}$.

β) η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου ισούται με $p=\frac{w}{A}$.

γ) η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου είναι όση και το βάρος w του υγρού.

δ) η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου είναι σταθερή και ανεξάρτητη του βάρους w του υγρού.

2. Η υδροστατική πίεση ενός υγρού που ισορροπεί,

α) εξαρτάται από τον όγκο του υγρού.

β) είναι σταθερή ανεξάρτητη από το βάθος.

γ) εξαρτάται από τον προσανατολισμό του σώματος σε συγκεκριμένο βάθος.

δ) αυξάνεται ανάλογα με το βάθος.

3. Παίρνουμε δυο δοχεία, ένα με καθαρό οινόπνευμα που έχει πυκνότητα $\rho_{οιν}$ = 800 $\frac{kg}{m^3}$ και ένα άλλο με αλατόνερο πυκνότητας $\rho_{αλατ}$ = 1600 $\frac{kg}{m^3}$. Τότε η υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος είναι,

α) διπλάσια στο αλατόνερο.

β) διπλάσια στο οινόπνευμα.

γ) η ίδια και στις δυο περιπτώσεις.

δ) τα στοιχεία δεν επαρκούν για να απαντήσουμε.

4. Σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής πίεσης ισχύει:

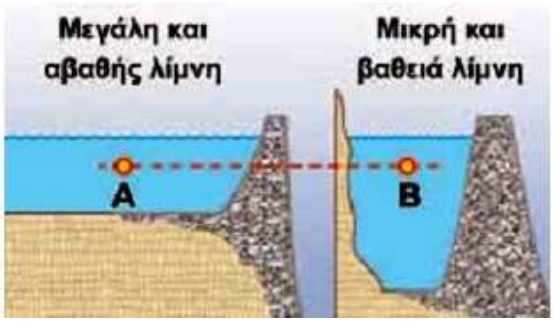
α) $p=\frac{\rho}{gh}$

β) $h=\frac{p}{\rho}$

γ) $p=F\cdot A$

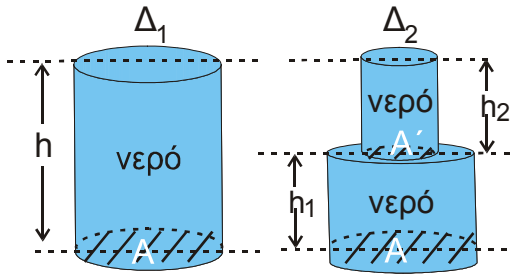
δ) $p=\rho\cdot g\cdot h$

5. Στα σημεία Α και Β που φαίνονται στην εικόνα



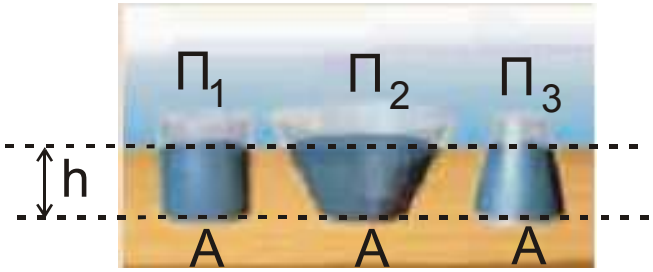
α) η πίεση του νερού είναι ίδια, διότι τα σημεία Α και Β βρίσκονται στο ίδιο βάθος,
β) η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη στο σημείο Α, γιατί ο όγκος του νερού είναι μεγαλύτερος,
γ) η πίεση του νερού είναι μεγαλύτερη στο σημείο Β, γιατί βρίσκεται πιο ψηλά από τον πυθμένα της λίμνης,
δ) Η δύναμη που ασκεί το νερό στο σημείο Α είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη που ασκεί στο σημείο Β γιατί ο όγκος του νερού στην αβαθή λίμνη είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ό,τι στη βαθιά λίμνη.

6. Τα δυο δοχεία Δ_1 και Δ_2 του σχήματος περιέχουν νερό της ίδιας πυκνότητας. Ακόμη ισχύει $h=h_1+h_2$. Τότε



α) μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου Δ_1.
β) μεγαλύτερη είναι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου Δ_2.
γ) και στα δυο δοχεία έχουμε την ίδια υδροστατική πίεση στον πυθμένα τους.
δ) η υδροστατική πίεση στον πυθμένα των δοχείων εξαρτάται από το σχήμα των δοχείων.

7. Στη διπλανή εικόνα παριστάνονται τρία ποτήρια $Π_1$, $Π_2$ και $Π_3$ διαφορετικού σχήματος και ίδιας μάζας τα οποία περιέχουν νερό στο ίδιο ύψος h.



Τα εμβαδά των βάσεων των ποτηριών είναι ίσα με Α. Τότε

α) Οι υδροστατικές πιέσεις στους πυθμένες των τριών ποτηριών είναι ίσες.

β) για τις δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των τριών ποτηριών και που οφείλονται στην υδροστατική πίεση ισχύει $F_1<F_2<F_3$.

γ) Οι δυνάμεις που ασκούν τα δοχεία στο τραπέζι πάνω στο οποίο ισορροπούν είναι ίσες.

δ) Το υδροστατικό παράδοξο ισχύει για το ποτήρι $Π_2$.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη ……..

2. Αν μεταφέρουμε ένα κλειστό δοχείο γεμάτο με νερό από την επιφάνεια της γης στην επιφάνεια της σελήνης, θα διαπιστώναμε ότι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του έχει τιμή περίπου 6 φορές ……..από την τιμή της στην επιφάνεια της γης. Αυτό συμβαίνει γιατί το βάρος του νερού στη σελήνη είναι 6 φορές ……από το βάρος του στη γη.

3. Τα υγρά ασκούν πίεση προς κάθε……..

4. Το φράγμα στο οποίο ασκείται μεγαλύτερη πίεση είναι εκείνο στο οποίο η λίμνη έχει ……βάθος. Άρα στη βάση αυτού του φράγματος ασκείται από το νερό ……..δύναμη. Συνεπώς το φράγμα αυτό κατασκευάζεται με …….. πάχος.

5. Στα αρτεσιανά φρέατα (πηγάδια) βρίσκει εφαρμογή η ……..των, …….. ……..

4.3 Ατμοσφαιρική πίεση

1. Τι γνωρίζετε για την ατμοσφαιρική πίεση;

Η γη περιβάλλεται από ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα αερίων που ονομάζεται ατμοσφαιρικός αέρας. **Ο αέρας** είναι διαφανής. **Έχει μάζα** και από τη γη ασκείται σε αυτόν η δύναμη του βάρους. Επομένως, όπως συμβαίνει με όλα τα ρευστά σώματα, ασκεί πίεση σε κάθε επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν.

Η πίεση αυτή που οφείλεται στον ατμοσφαιρικό αέρα ονομάζεται **ατμοσφαιρική πίεση**. Όπως ακριβώς η υδροστατική πίεση μιας κατακόρυφης στήλης νερού οφείλεται στο βάρος της, έτσι **και η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα** .

Τα αέρια έχουν λοιπόν βάρος και κατά συνέπεια τα ανώτερα στρώματα του αέρα, πιέζουν εξαιτίας του βάρους τους τα κατώτερα, με αποτέλεσμα στα στρώματα αυτά να έχουμε μεγαλύτερη πυκνότητα. Επομένως η πίεση θα μεταβάλλεται και στα αέρια με το ύψος, όπως συμβαίνει και στα υγρά, μόνο που ο τύπος που συνδέει την πίεση με το ύψος σε αυτή την περίπτωση είναι αρκετά πολύπλοκος.

Οι διαφορές της πίεσης που οφείλονται στη βαρύτητα, είναι μικρές, αν τις συγκρίνουμε με εκείνες των υγρών. Μόνο όταν οι διαφορές ύψους μέσα σε μια στήλη αέρα είναι αρκετά μεγάλες έχουμε σημαντική διαφορά στην πίεση.

Γενικά ισχύει πως **όσο αυξάνεται το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας, η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται.**

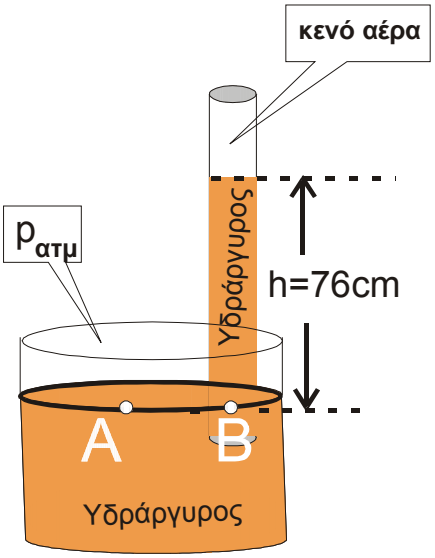
2. Πόση είναι και από τι εξαρτάται η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης;

Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας πιέζουν, λόγω του βάρους τους, τα κατώτερα με αποτέλεσμα η τιμή της πίεσης να είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια της θάλασσας. Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας ονομάζεται **πίεση μιας ατμόσφαιρας** (1 atm).

3. Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Να περιγράψετε το πείραμα του Torricelli.

Η ατμοσφαιρική πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά το 1643 από το μαθητή του Γαλιλαίου, το φυσικό Εβαγγελίστα Τορικέλι **(Torricelli).**

Ο Τορικέλι χρησιμοποίησε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους **ενός μέτρου** τον οποίο **γέμισε με υδράργυρο**. Στη συνέχεια τον αντέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη, η οποία επίσης περιείχε υδράργυρο όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Ο Τορικέλι παρατήρησε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα έφθασε περίπου στα **h=76 cm** αν το πείραμα γίνει στην επιφάνεια της θάλασσας υπό κανονικές μετεωρολογικές συνθήκες.



Ποια είναι όμως η δύναμη που συγκρατεί τον υδράργυρο σε αυτό το ύψος;

Το υγρό μέσα στο σωλήνα και τη λεκάνη ισορροπεί, άρα **σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων** θα ισχύει:

$$p_A = p_B$$

διότι τα Β, Α είναι σημεία **του ίδιου υγρού** και βρίσκονται στο **ίδιο οριζόντιο επίπεδο.** Όμως η πίεση στο Α ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση:

$$p_A = p_{atm}$$

Επομένως, η στήλη του υδραργύρου συγκρατείται από τη δύναμη που ασκείται, λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης, στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης .

Μέσα στο σωλήνα πάνω από τη στήλη του υδραργύρου δημιουργήθηκε κενό. Η πίεση στην επιφάνεια της στήλης είναι ίση με το μηδέν και συνεπώς η πίεση στο Β ισούται με την **υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου**:

$$p_B = p_{υδρ}.$$

Συμπεραίνουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με την πίεση που ασκεί στη βάση της στήλη υδραργύρου ύψους h. Όταν h=76 cm ή 760 mm, λέμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με 760 mmHg.

Την υδροστατική πίεση που ασκεί στήλη υδραργύρου ύψους 1mm την ονομάζουμε 1 Torr προς τιμή του Τορικέλι. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 760 Torr.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

- Αν επαναλάβουμε το πείραμα του Torricelli με σωλήνα **άλλης διαμέτρου** (παχύτερο ή στενότερο), θα βρούμε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου παραμένει αμετάβλητο και ίσο με 76cm.
- Αν ακόμη **ανυψώσουμε ή βυθίσουμε** το σωλήνα του Torricelli, ώστε να βρίσκεται λιγότερο ή περισσότερο βυθισμένος μέσα στη λεκάνη με τον υδράργυρο επίσης θα παρατηρήσουμε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου παραμένει αμετάβλητο και ίσο με 76cm.
- Η τιμή των 76cm παραμένει αμετάβλητη ακόμη και να ο σωλήνας βυθιστεί **υπό κλίση**.

*Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης ονομάζονται **βαρόμετρα**. Το πρώτο βαρόμετρο κατασκευάστηκε από τον Τορικέλι. Υπάρχουν δυο είδη βαρομέτρων τα **υδραργυρικά** και τα **μεταλλικά**.*

*Τα όργανα με τα οποία μετράμε την πίεση αερίων ή υγρών λέγονται **μανόμετρα**.*

4. Πώς υπολογίζουμε την ατμοσφαιρική πίεση;

Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου. Έτσι, για να την υπολογίσουμε, εφαρμόζουμε το νόμο της υδροστατικής πίεσης. Γνωρίζοντας ότι ο υδράργυρος έχει πυκνότητα $\rho=13.600\frac{kg}{m^3}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) έχει τιμή $g=9,8\frac{m}{s^2}$ μπορούμε να υπολογίσουμε την ατμοσφαιρική πίεση σε Pa (Πασκάλ).

Ώστε

$$p_{atm} = p_{υδρ} = \rho \cdot g \cdot h \text{ ή}$$

$$p_{atm} = 13.600\frac{kg}{m^3} \cdot 9,8\frac{m}{s^2} \cdot 0,76m \text{ ή}$$

$$p_{atm} = 101293P_a \text{ή}$$

περίπου 100.000 Pa. Η πίεση αυτή ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 atm):

1 atm = 100.000 Pa ή $1atm=10^5\,Pa=10^5 N/m^2$.

Τα πειράματα έδειξαν, ότι όταν ανεβαίνουμε από την επιφάνεια της θάλασσας κατά 10,5m, η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται κατά 1mmHg.

Το συμπέρασμα αυτό μπορούμε να το αποδείξουμε αν δεχτούμε ότι τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας έχουν πυκνότητα ρ=0,001293 $g/cm^3=1,293Kg/m^3$.

Τα 760mmHg είναι $1,01293\cdot10^5$ N/m^2, άρα το 1mmHg είναι $\frac{1,01293\cdot10^5}{760} N/m^2$.

Εξάλλου για την ατμοσφαιρική πίεση έχουμε $p=\rho \cdot g \cdot h$ άρα για να ελαττωθεί η ατμοσφαιρική πίεση κατά 1mmHg θα πρέπει να ανέλθουμε σε ύψος $h=\frac{p}{\rho g} =$

$= \frac{\frac{1,01293 \cdot 10^5}{760}}{1,293 \cdot 9,8} = \frac{133,28}{12,67} = 10,5m$. Ο παραπάνω νόμος όμως ισχύει μόνο για πολύ μικρές μεταβολές του ύψους, γιατί η πυκνότητα του αέρα δεν είναι σταθερή αλλά μειώνεται καθώς ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Ακόμη βέβαια θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι αρχικά τουλάχιστον καθώς ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερα υψόμετρα η θερμοκρασία ελαττώνεται κατά $0,5^0C$ – 1^0C για ανύψωση κατά 100m και άρα ο αέρας γίνεται πυκνότερος.

5. Τι γνωρίζετε για τις δυνάμεις που οφείλονται στην ατμοσφαιρική πίεση;

Όταν πίνουμε το χυμό μας με το καλαμάκι, τότε για να φθάσει η πορτοκαλάδα στο στόμα μας, ρουφάμε τον αέρα που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι.

Έτσι η πίεση πάνω από την επιφάνεια του χυμού μέσα στο καλαμάκι είναι **μικρότερη** από την πίεση που επικρατεί **στη βάση** του και **η οποία είναι ίση με την ατμοσφαιρική**. Η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης ανεβάζει το χυμό στο στόμα σου. Στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει αέρας, οι αστροναύτες δε θα μπορούσαν να πιουν με το καλαμάκι την πορτοκαλάδα τους.

6.Πόσο μεγάλες είναι οι δυνάμεις που ασκούνται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης;

Η επιφάνεια που έχει το στόμιο στο καλαμάκι είναι περίπου

$A= 0,2\ cm^2=2 \cdot 10^{-5}m^2$ τότε η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι $p=\frac{F}{A}$ ή $F=p \cdot A$ ή $F=10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-5}$ ή $F=2N$. Αντίστοιχα με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε ότι η δύναμη στην επιφάνεια του κουτιού της πορτοκαλάδας, η οποία έχει εμβαδόν περίπου $50\ cm^2=5 \cdot 10^{-3}m^2$, είναι $F=p \cdot A$ ή $F=10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ ή $F=500$ N.

Αυτές οι δυνάμεις πολύ μεγάλες και πάντως μπορούν να συνθλίψουν το κουτί του χυμού ή να συγκρατήσουν μια βεντούζα στον τοίχο.

Η δύναμη που ασκείται στο ανθρώπινο σώμα που έχει εμβαδόν μεταξύ ενός και δύο τετραγωνικών μέτρων είναι $F=p \cdot A$ ή $F=10^5 \cdot 1$ ή F=100.000 N.

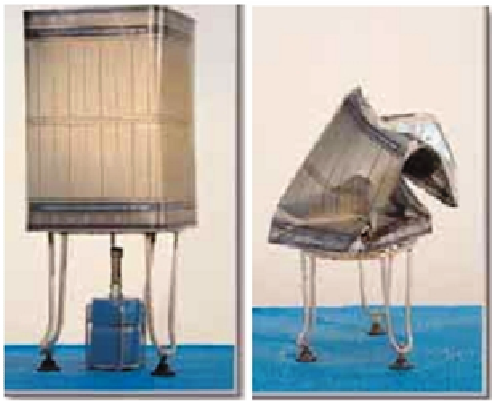
Η δύναμη αυτή θα μας συνέθλιβε, αν η πίεση στο εσωτερικό του σώματος μας δεν ήταν ίση με την ατμοσφαιρική. **Έτσι, η ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα μας λόγω της εσωτερικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι μηδέν**. Γι' αυτό το λόγο δεν αισθανόμαστε συνήθως την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν όμως ανέβουμε σε σχετικά μεγάλο ύψος, λόγω της μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης, αισθανόμαστε πόνο στα αυτιά μας.

Πειράματα – Δραστηριότητες



➢ Μ’ ένα καλαμάκι ρουφάμε τον αέρα μέσα από το κουτί, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τότε αυτό συνθλίβεται.
Αυτό συμβαίνει γιατί η εξωτερική πίεση (ατμοσφαιρική) είναι μεγαλύτερη από την πίεση στο εσωτερικό του κουτιού αφού έχουμε αφαιρέσει τον αέρα.

➢ Παρόμοια η βεντούζα παραμένει κολλημένη στον τοίχο. Πιέζοντας την αφαιρούμε τον αέρα μέσα από αυτήν, οπότε η πίεση της ατμόσφαιρας στο εξωτερικό της μέρος την κρατά προσκολλημένη στον τοίχο.



➢ Παίρνουμε ένα δοχείο από ψευδάργυρο (τσίγκινο) και βάζουμε στο εσωτερικό του λίγο νερό. Το τοποθετούμε πάνω σε μια εστία θέρμανσης, έχοντας το καπάκι του ανοικτό. Το νερό αρχίζει να βράζει και οι ατμοί που παράγονται, καθώς κινούνται προς τα πάνω, συμπαρασύρουν και ένα μέρος από τον ατμοσφαιρικό αέρα που υπήρχε στο εσωτερικό του. Μόλις εξαερωθεί όλη η ποσότητα του νερού, απομακρύνουμε το δοχείο από την εστία θέρμανσης, και κλείνουμε το καπάκι του. Βάζουμε το δοχείο κάτω από τη βρύση, οπότε ψύχεται απότομα. Το δοχείο συνθλίβεται. *Ποια δύναμη όμως προκαλεί τη σύνθλιψη του δοχείου;*

Η πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του δοχείου είναι μικρότερη από αυτή στο εξωτερικό. Αυτή η διαφορά της πίεσης προκαλεί και τη σύνθλιψή του.

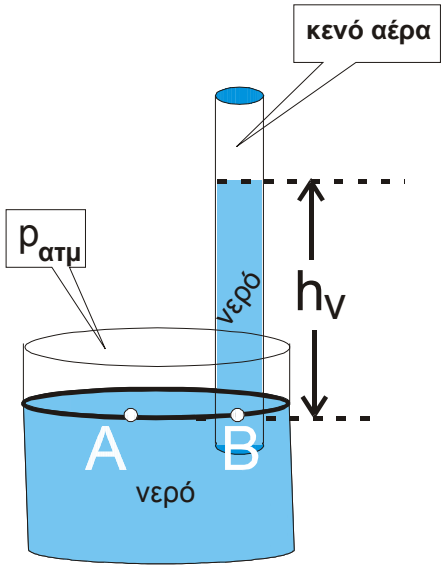
Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1. Αν επαναλάβουμε το πείραμα του Torricelli με νερό αντί για υδράργυρο τι θα παρατηρήσουμε και γιατί; Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1g/cm^3$, η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ}=13,6g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

Ο Τορικέλι χρησιμοποίησε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους 90cm περίπου τον οποίο γέμισε με υδράργυρο. Στη συνέχεια τον αντέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη, η οποία επίσης περιείχε υδράργυρο. Ο Τορικέλι παρατήρησε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα έφθασε περίπου στα $h_{υδρ}$ =76 cm, αν το πείραμα γίνονταν στην επιφάνεια της θάλασσας υπό κανονικές μετεωρολογικές συνθήκες, οπότε έχουμε $p_{atm}= p_{υδρ.}$ **(1)**



Αν τώρα μέσα στο σωλήνα και μέσα στη λεκάνη έχουμε νερό, τότε έστω ότι το ύψος της στήλης του νερού είναι h_v.

Το υγρό μέσα στο σωλήνα και τη λεκάνη ισορροπεί, άρα σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων θα ισχύει:

$$p_A=p_B$$

διότι τα Α, Β είναι σημεία του ίδιου υγρού και βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Όμως η πίεση στο Α ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση και η πίεση στο Β ισούται με την πίεση της στήλης του νερού. Άρα έχουμε

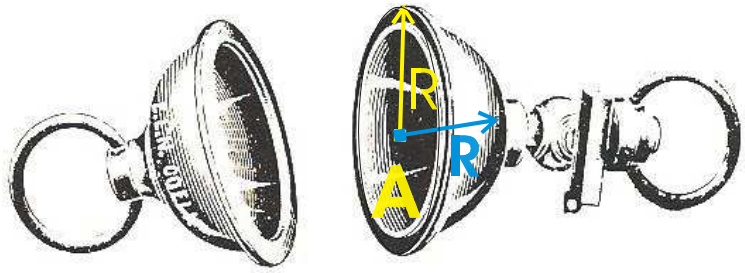
$$p_{atm} = p_v \quad \textbf{(2)}$$

Τότε από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει $p_{υδρ}= p_v$ ή $ρ_{υδρ}·g·h_{υδρ}= ρ_v·g·h_v$ ή $h_v= \frac{ρ_{υδρ}}{ρ_v}·h_{υδρ}$ ή $h_v= \frac{13,6}{1}·76$ ή h_v=1.033 cm ή h_v=10,33 m.

Επειδή λοιπόν η πυκνότητα του νερού είναι 13,6 φορές μικρότερη από την πυκνότητα του υδραργύρου γι' αυτό και το ύψος της στήλης του νερού είναι 13,6 φορές μεγαλύτερο από αυτό της στήλης του υδραργύρου.

2. Να υπολογίσετε τη δύναμη η οποία απαιτείται για να αποχωριστούν δυο ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου ακτίνας R=10cm. Δίνεται ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι p=1atm=10^5pa και ότι εντός των ημισφαιρίων δημιουργείται τέλειο κενό.
Να θεωρήσετε ακόμη ότι η δύναμη που ασκείται από τον αέρα στη σφαίρα, ισούται με τη δύναμη που ασκείται σε μια κυκλική επιφάνεια ίδιας ακτίνας.

Λύση:



Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε $p= \frac{F}{A}$ ή F=p·A αυτή είναι και η δύναμη που οφείλεται στην ατμοσφαιρική πίεση p και εξασκείται εξωτερικά στα δυο ημισφαίρια. Το Α είναι το εμβαδόν του κύκλου ακτίνας R όση δηλαδή είναι και η ακτίνα της σφαίρας.
Άρα $A=π·R^2=3,14·10^{-2}=0,0314$ m^2. Κατά συνέπεια για να αποχωριστούν τα δυο ημισφαίρια θα πρέπει να ασκήσουμε ελάχιστη δύναμη όση είναι και η F που οφείλεται στην ατμοσφαιρική πίεση.

Έτσι έχουμε F=p·A ή $F=10^5·0,0314$ ή F=3.140 N.

Παρατήρηση:

Επειδή όμως στο εσωτερικό των δυο ημισφαιρίων δεν μπορούμε να πετύχουμε το τέλειο κενό αλλά υπάρχει έστω και μια μικρή πίεση με τιμή 0,1atm για αυτό

και η συνολική πίεση που ασκείται από τον ατμοσφαιρικό αέρα στα δυο ημισφαίρια είναι $p_{ολ}=1\text{-}0,1=0,9$ atm$=0,9\cdot10^5$ pa.
Τότε έχουμε $F=p_{ολ}\cdot A$ ή $F=0,9\cdot10^5\cdot0,0314$ ή $F=3.140\cdot0,9=2.826$ N.

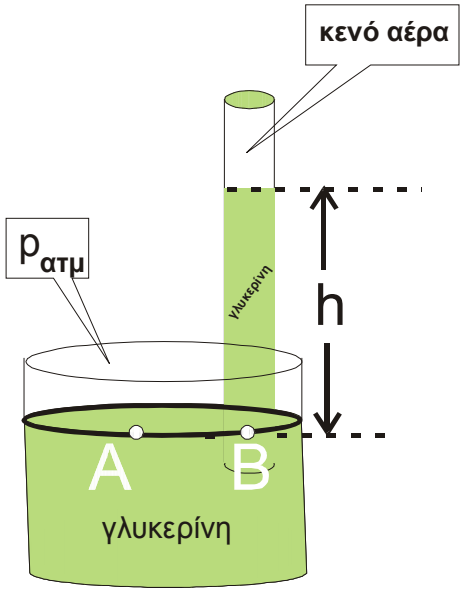
3. Εκτελούμε το πείραμα του Torricelli με γλυκερίνη αντί για υδράργυρο. Να βρείτε σε ποιο ύψος θα ανέλθει η γλυκερίνη μέσα στο σωλήνα του πειράματος. Δίνεται ότι η πυκνότητα της γλυκερίνης είναι $\rho_{γλ}=1,25g/cm^3$, η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ}=13,6g/cm^3$, $g=10m/s^2$ και ότι η ατμοσφαιρική πίεση στον τόπο του πειράματος είναι $p_{ατμ}=75cmHg$.

Λύση:

Από το πείραμα του Torricelli στον τόπο του πειράματος έχουμε

$p_{atm}= p_{υδρ}=\rho_{υδρ}\cdot g\cdot h_{υδρ}$ **(1)**

Αν τώρα μέσα στο σωλήνα και μέσα στη λεκάνη έχουμε γλυκερίνη, τότε έστω ότι το ύψος της στήλης της γλυκερίνης είναι h.



Σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων θα ισχύει:

Το υγρό μέσα στο σωλήνα και τη λεκάνη ισορροπεί, άρα σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων θα ισχύει: $p_A=p_B$, διότι τα Α, Β είναι σημεία του ίδιου υγρού και βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Όμως η πίεση στο Α ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση και η πίεση στο Β ισούται με την πίεση της στήλης της γλυκερίνης. Άρα έχουμε $p_{atm}=p_{γλ}=\rho_{γλ}\cdot g\cdot h$ **(2)**

Τότε από τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει $p_{υδρ}= p_{γλ}$ ή $\rho_{υδρ}\cdot g\cdot h_{υδρ}= \rho_{γλ}\cdot g\cdot h$ ή

h= $\frac{\rho_{υδρ}}{\rho_{γλ}}$ ·$h_{υδρ}$ ή h= $\frac{13,6}{1,25}$ ·75 ή h=816 cm ή h=8,16 m.

4. Στην κορυφή του Έβερεστ (8.848 m) η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_{ατμ}$ =0,35atm. Αν πραγματοποιήσουμε το πείραμα του Torricelli σε αυτό το ύψος, τότε να βρείτε το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα του πειράματος. Δίνεται ότι η πυκνότητα του υδραργύρου $ρ_{υδρ}$=13,6·10^3 Kg/m^3 και ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας σε αυτό το ύψος είναι g=9,8m/s^2.

Λύση:

Από το πείραμα του Torricelli στον τόπο του πειράματος έχουμε,

p_{atm}= $p_{υδρ}$=$ρ_{υδρ}$·g·$h_{υδρ}$.

Επειδή 1atm=10^{5}pa προκύπτει ότι $p_{ατμ}$=0,35·10^5 pa=35·10^3 pa.

Τότε $h_{υδρ}$ = $\frac{\rho_{ατμ}}{\rho_{υδρ}\cdot g}$ ή $h_{υδρ}$ = $\frac{35\cdot 10^3}{13,6\cdot 10^3\cdot 9,8}$ ή $h_{υδρ}$ = $\frac{35}{133,28}$ ή $h_{υδρ}$ = 0,26 m ή 26 cm.

Παρατηρούμε πως η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το ύψος, οπότε στην κορυφή του Έβερεστ είναι πολύ μικρότερη (περίπου το 1/3) απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας. Τότε όμως και το ύψος της στήλης του Hg είναι περίπου το 1/3 του ύψους που έχει στην επιφάνεια της θάλασσας.

5. Στο εξωτερικό ενός παραθύρου εμβαδού A=1m^2, επειδή φυσάει άνεμος η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με p_1=0,9·10^5 N/m^2. Αν στο εσωτερικό του παραθύρου μέσα στο δωμάτιο, η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με p_2=10^5 N/m^2, τότε να υπολογιστεί η συνολική δύναμη που ασκείται από την ατμόσφαιρα στο παράθυρο.

Λύση:

Η συνολική πίεση που ασκείται από τον ατμοσφαιρικό αέρα στο παράθυρο είναι $p_{ολ}= p_2-p_1=10^5-0,9\cdot10^5=10^4 N/m^2$ (pa).
Τότε έχουμε $F=p_{ολ}\cdot A$ ή $F=10^4$ N.

Ασκήσεις

1. Αν επαναλάβουμε το πείραμα του Torricelli με λάδι αντί για υδράργυρο τι θα παρατηρήσουμε και γιατί; Δίνεται η πυκνότητα του λαδιού $\rho_λ=0,8g/cm^3$, η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ}=13,6g/cm^3$, $g=10m/s^2$ και ότι η ατμοσφαιρική πίεση στον τόπο του πειράματος είναι $p_{ατμ}=60cmHg$.

2. Να υπολογίσετε τη δύναμη η οποία απαιτείται για να αποχωριστούν δυο ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου ακτίνας R=50cm. Δίνεται ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p=1atm=10^5pa$ και ότι εντός των ημισφαιρίων η πίεση είναι 0,1 atm.
Να θεωρήσετε ακόμη ότι η δύναμη που ασκείται από τον αέρα στη σφαίρα, ισούται με τη δύναμη που ασκείται σε μια κυκλική επιφάνεια ίδιας ακτίνας.

3. Στην κορυφή του Μύτικα στον Όλυμπο (2.917 m) η ατμοσφαιρική πίεση είναι $p_{ατμ}$ =0,7atm. Αν πραγματοποιήσουμε το πείραμα του Torricelli σε αυτό το ύψος, τότε να βρείτε το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα του πειράματος. Δίνεται ότι η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ}=13,6g/cm^3$ και ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας σε αυτό το ύψος είναι $g=9,8m/s^2$.

4. Στο εξωτερικό μέρος ενός παραθύρου, εμβαδού $A=2m^2$ η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με $p=10^5 N/m^2$, τότε να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται από την ατμόσφαιρα στο εξωτερικό μέρος του παραθύρου. Γιατί δε σπάει το παράθυρο;

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1. Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα**. ( )**

2. Η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται με το ύψος, οπότε στην κορυφή του Έβερεστ είναι πολύ μεγαλύτερη, απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας. **( )**

3. Στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει αέρας, οι αστροναύτες δε μπορούν να πιουν με το καλαμάκι την πορτοκαλάδα τους. **( ).**

4. Αν επαναλάβουμε το πείραμα του Torricelli με νερό αντί για υδράργυρο τότε θα παρατηρήσουμε ότι το ύψος της στήλης του νερού είναι το ίδιο, με το ύψος της στήλης του υδραργύρου. **( )**

5. $1atm=10^5$ Pa. **( )**

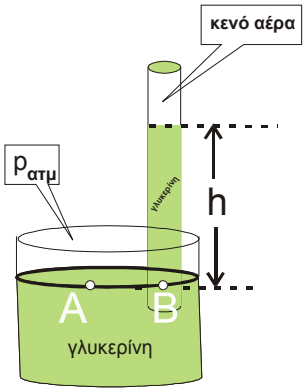
Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Στη σελήνη η ατμοσφαιρική πίεση:
α) είναι ίση με αυτή της γης.
β) είναι μηδέν γιατί δεν υπάρχει ατμόσφαιρα.
γ) είναι το 1/6 της ατμοσφαιρικής πίεσης της γης.
δ) είναι πολύ μεγάλη.

2. Αν επαναλάβουμε το πείραμα του Torricelli με σωλήνα μεγαλύτερης διαμέτρου (παχύτερο) στην επιφάνεια της θάλασσας, θα βρούμε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου:

α) είναι ίσο με 76cm.
β) μικρότερο από 76cm.
γ) μεγαλύτερο από 76cm.
δ) μεγαλύτερο ή μικρότερο από 76cm, ανάλογα με την κλίση με την οποία βυθίζεται ο σωλήνας.

3. Εκτελούμε το πείραμα του Torricelli με γλυκερίνη αντί για υδράργυρο όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τότε ισχύει:
α) $p_A<p_B$.
β) $p_A=\rho_{γλ}\cdot g\cdot h$
γ) $p_A>p_B$
δ) $p_B=\rho_{γλ}\cdot g\cdot h+p_{atm}$.



4. Εκτελούμε το πείραμα του Torricelli στην επιφάνεια της θάλασσας και στη συνέχεια στην κορυφή ενός βουνού. Τότε το ύψος της στήλης του Hg,
α) είναι το ίδιο και στις δυο περιπτώσεις και μικρότερο από 76cm.
β) είναι μεγαλύτερο στο βουνό.
γ) είναι μεγαλύτερο στην επιφάνεια της θάλασσας.
δ) είναι πάντα 76 cm.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ίση με ……..

2. Η ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα μας λόγω της εσωτερικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι……..

3. Ο Τορικέλι για το πείραμά του χρησιμοποίησε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους ενός μέτρου τον οποίο γέμισε με **.....**

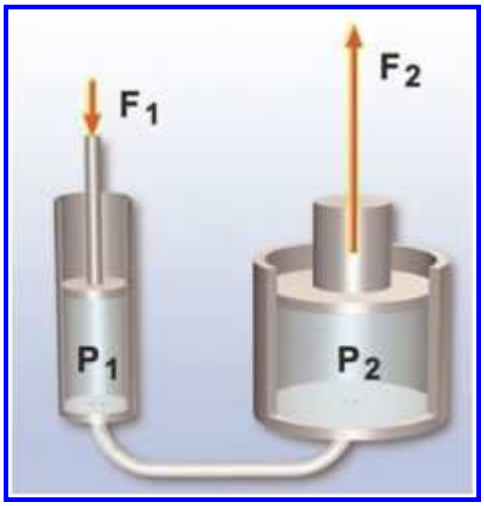
4. Εκτελούμε το πείραμα του Torricelli με οινόπνευμα ($\rho_{οιν}$=0,8g/cm^3) αντί για νερό (ρ_v=1g/cm^3). Τότε το μήκος του σωλήνα που θα χρειαστούμε είναι μεγαλύτερο όταν χρησιμοποιήσουμε ……..

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

4.4 Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά. Αρχή του Πασκάλ

1. Να αναφέρετε την αρχή του Pascal (Πασκάλ).

Αρχή του Pascal: Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού που **είναι ακίνητο,** προκαλεί **ίση** μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.



Δηλαδή η πίεση που προέρχεται από έμβολο **διαδίδεται αμετάβλητη** σε **όλα τα σημεία** του υγρού που ισορροπεί.

*Αυτή η πρόταση είναι γνωστή ως αρχή του Πασκάλ, από το όνομα του **Γάλλου** φυσικού Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) (1623-1662), που τη διατύπωσε για πρώτη φορά.*

Η εικόνα δείχνει τον τρόπο λειτουργίας μιας υδραυλικής αντλίας. Η δύναμη F_1 ασκείται στο έμβολο, που έχει εμβαδόν A_1. Έτσι στο υγρό της αντλίας (συνήθως λάδι) ασκείται, εκτός της ατμοσφαιρικής, πρόσθετη πίεση: $\mathbf{p_1 = \frac{F_1}{A_1}}$.

Επομένως, σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, το υγρό ασκεί στο έμβολο που έχει εμβαδόν A_2 πίεση p_2 ίση με την p_1. Το υγρό ασκεί στο έμβολο δύναμη F_2:

$$p_2 = p_1, \qquad \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}, \qquad F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 .$$

Αν το εμβαδόν του εμβόλου A_2 είναι διπλάσιο από το εμβαδόν του A_1, η δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο είναι διπλάσια της δύναμης που ασκούμε με το χέρι μας

Γενικά, η F_2 είναι τόσες φορές μεγαλύτερη από την F_1 όσες φορές είναι μεγαλύτερο το εμβαδόν του A_2 από το A_1.

Σημειώστε τη διαφορά μεταξύ πίεσης και δύναμης. Σε μια υδραυλική αντλία ή πιεστήριο **η πίεση διατηρείται σταθερή**, ενώ **η δύναμη πολλαπλασιάζεται**.

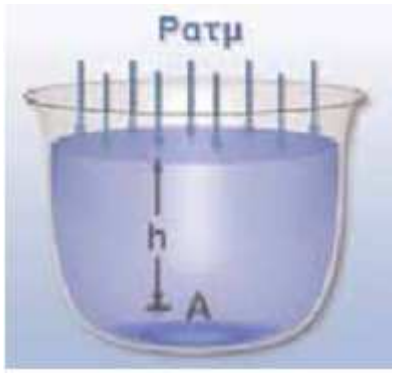
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

*Η πίεση μέσα σε ένα υγρό μπορεί να προέρχεται είτε **από τη βαρύτητα** είτε **από κάποιο έμβολο**, είτε **και από τα δυο μαζί**.*

*Η αρχή του Pascal βρίσκει εφαρμογή στο **υδραυλικό πιεστήριο** αλλά και στα **υδραυλικά φρένα** των αυτοκινήτων.*

2. Κάνοντας εφαρμογή της αρχής του Pascal να υπολογίσετε τη συνολική πίεση στον πυθμένα ενός ανοικτού δοχείου που περιέχει υγρό που ισορροπεί.

Στην επιφάνεια ενός υγρού ασκείται η ατμοσφαιρική πίεση. Σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, η πίεση αυτή μεταδίδεται **σε όλα τα σημεία του υγρού**. Εξ άλλου, σε κάθε σημείο του υγρού υπάρχει και η **υδροστατική πίεση**. Επομένως, **η συνολική πίεση** σε οποιοδήποτε σημείο του υγρού, που βρίσκεται **σε βάθος h** από την ελεύθερη επιφάνειά του, είναι ίση με το **άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης**. Συνεπώς η ο**λική πίεση** θα δίνεται από τη σχέση:

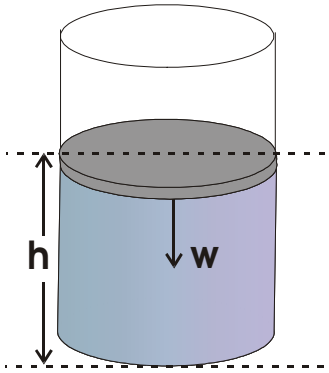


$$p_{\text{ολική}} = p_{\text{ατμοσφαιρική}} + \rho \cdot g \cdot h$$

Λυμένες ασκήσεις

1. Μέσα στο κυλινδρικό δοχείο του σχήματος υπάρχει νερό σε ισορροπία. Το ύψος του νερού μέσα στο δοχείο είναι h=15 cm. Το έμβολο έχει βάρος w=800N και η εγκάρσια διατομή του έχει εμβαδό $A=10cm^2$.Τότε:
Να υπολογίσετε την ολική πίεση στον πυθμένα του δοχείου.
Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $p_{ατμ}=10^5$ Pa, η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1.000$ Kg/m^3 και $g=10m/s^2$.

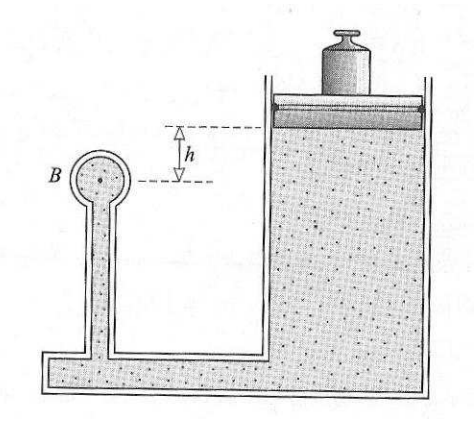
Λύση:



Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση που προέρχεται από το έμβολο καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση **διαδίδεται αμετάβλητη** σε **όλα τα σημεία** του υγρού που ισορροπεί.
Έτσι η συνολική πίεση στον πυθμένα του δοχείου είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης, της πίεσης που οφείλεται στο βάρος του εμβόλου καθώς και της υδροστατικής πίεσης σε ύψος h.
Όμως είναι $p_{ατμ}=10^5$ Pa. Ακόμη η πίεση που οφείλεται στο βάρος του εμβόλου είναι $p=\frac{F}{A}=\frac{w}{A}=\frac{800}{10\cdot10^{-4}}=8\cdot10^5$ Pa. Τέλος για την υδροστατική πίεση έχουμε $p_{υδρ}=\rho_v\cdot g\cdot h$ ή $p_{υδρ}=1.000\cdot10\cdot0,15=1.500=0,015\cdot10^5$ Pa.

Τελικά είναι $p=p_{ατμ}+\frac{w}{A}+p_{υδρ}=10^5+8\cdot10^5+0,015\cdot10^5=9,015\cdot10^5$ Pa.

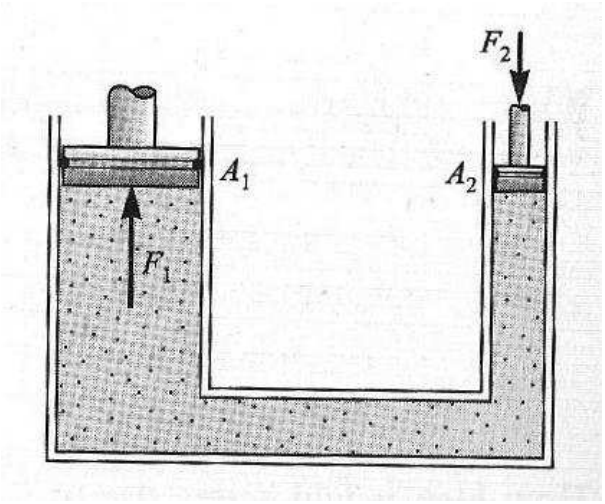
2. Μέσα στο κυλινδρικό δοχείο του σχήματος υπάρχει υδράργυρος σε ισορροπία. Το έμβολο έχει βάρος w=400N και η εγκάρσια διατομή του έχει εμβαδό A=20cm^2.Τότε:
α) Να υπολογίσετε την ολική πίεση στο σημείο Β.
β) Να υπολογίσετε την μανομετρική πίεση στο ίδιο σημείο.
Δίνεται το ύψος h=0,1m, η ατμοσφαιρική πίεση $p_{ατμ}=10^5$ Pa, η πυκνότητα του υδραργύρου $ρ_{υδρ}$=13,6 g/cm^3 και g=10m/s^2.



Λύση:

α) Η πυκνότητα του υδραργύρου σε μονάδες Διεθνούς Συστήματος Μονάδων είναι $ρ_{υδρ}$ = 13,6g/cm^3=13,6· $\frac{10^{-3}\text{Kg}}{10^{-6}\text{m}^3}$=13.600Kg/m^3.
Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση που προέρχεται από το έμβολο καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση **διαδίδεται αμετάβλητη** σε **όλα τα σημεία** του υγρού που ισορροπεί.
Έτσι η συνολική πίεση στο σημείο Β θα είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης, της πίεσης που οφείλεται στο βάρος του εμβόλου καθώς και της υδροστατικής πίεσης σε ύψος h.
Όμως είναι $p_{ατμ}=10^5$ Pa. Ακόμη η πίεση που οφείλεται στο βάρος του εμβόλου είναι $p=\frac{F}{A}=\frac{w}{A}=\frac{400}{20\cdot10^{-4}}=2\cdot10^5$ Pa. Τέλος για την υδροστατική πίεση έχουμε $p_{υδρ}=ρ_{υδρ}\cdot g\cdot h$ ή $p_{υδρ}=13.600\cdot10\cdot0,1=0,136\cdot10^5$ Pa.
Τελικά είναι $p_B=p_{ατμ}+\frac{w}{A}+p_{υδρ}=10^5+2\cdot10^5+0,136\cdot10^5=3,136\cdot10^5$ Pa.
β) Η μανομετρική πίεση δεν περιέχει την ατμοσφαιρική πίεση άρα είναι
$p_B=\frac{w}{A}+p_{υδρ}=2\cdot10^5+0,136\cdot10^5=2,136\cdot10^5$ Pa.

3. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα υδραυλικός ανυψωτήρας (αρχή) που χρησιμοποιείται για την ανύψωση των αυτοκινήτων. Το μικρό έμβολο έχει διατομή εμβαδού $4cm^2$, ενώ το μεγάλο έχει διατομή 200 cm^2. Τότε να υπολογιστεί η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε το μεγάλο να ανυψώσει ένα αυτοκίνητο βάρους 10.000 N



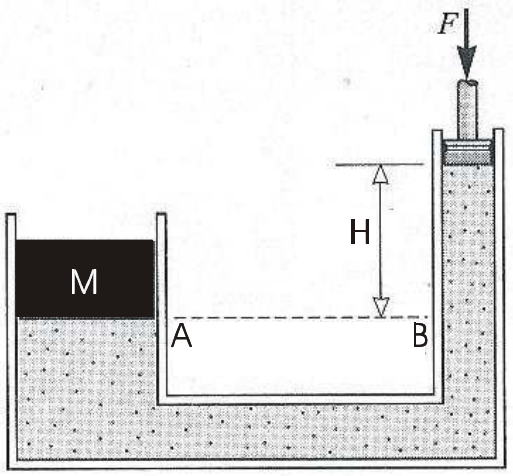
Λύση:

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal έχουμε ότι η πίεση που προκαλείται από το μικρό έμβολο διαδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του άρα είναι ίση με την πίεση που ασκείται από το μεγάλο έμβολο. Άρα έχουμε $p_1=p_2$ ή $\frac{F_1}{A_1}=\frac{F_2}{A_2}$.

Όμως η F_1 είναι ίση με το βάρος του αυτοκινήτου άρα έχουμε $F_1=10^4$N. Τότε από την προηγούμενη σχέση προκύπτει $F_2=\frac{A_2}{A_1}\cdot F_1$ ή $F_2=\frac{4}{200}\cdot 10^4$ ή

$F_2=\frac{10.000}{50}$ ή $F_2=200$N.

4. Στο διπλανό σχήμα το μεγάλο έμβολο έχει μάζα m=100Kg και έχει διατομή εμβαδού $A_1=200\ cm^2$, ενώ το μικρό έμβολο δεν έχει μάζα και έχει διατομή εμβαδού $A_2=20\ cm^2$. Το δοχείο είναι γεμάτο με λάδι με πυκνότητα $\rho_\lambda=0,8g/cm^3$. Τότε να υπολογιστεί η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε το σύστημα να ισορροπεί. Δίνεται H=0,5 m και $g=10m/s^2$.



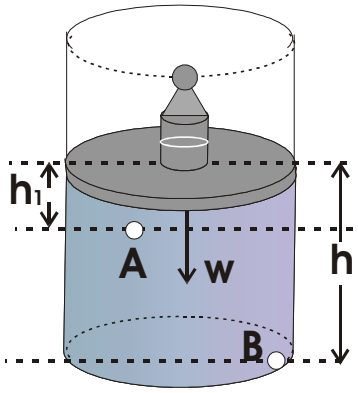
Λύση:

Το εμβαδό διατομής του μεγάλου εμβόλου είναι $A_1=200\ cm^2=$ $=200\cdot10^{-4}\ m^2=0,02\ m^2$. Για το μικρό έμβολο είναι $A_2=20\ cm^2=20\cdot10^{-4}$ $=0,002\ m^2$. Η πυκνότητα του λαδιού είναι $\rho_\lambda=0,8g/cm^3=$ 800 Kg/m^3.
Οι πιέσεις στα σημεία Α και Β που βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο είναι ίσες άρα ισχύει $p_A=p_B$. Η πίεση όμως στο σημείο Α είναι αυτή που οφείλεται στο βάρος του μεγάλου εμβόλου. Άρα $p_A=\frac{w}{A_1}=\frac{m\cdot g}{A_1}=\frac{1.000}{0,02}=50.000$ Pa.

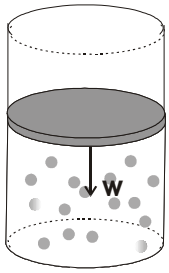
Σύμφωνα με την αρχή του Pascal έχουμε ότι η πίεση που προκαλείται από το μικρό έμβολο μεταφέρεται και στο σημείο Β. Τότε η συνολική πίεση στο σημείο Β είναι $p_B=\frac{F}{A_2}+\rho_\lambda\cdot g\cdot H=\frac{F}{0,002}+800\cdot10\cdot0,5=\frac{F}{0,002}+4.000$ Pa.
Την ατμοσφαιρική πίεση δε τη λάβαμε υπόψη μας αφού είναι η ίδια και στα δυο έμβολα.
Τελικά έχουμε $p_A=p_B$ ή $50.000=\frac{F}{0,002}+4.000$ ή $\frac{F}{0,002}=46.000$ ή
$F=46.000\cdot0,002$ ή F=92N.

Ασκήσεις

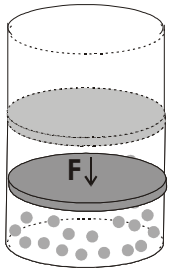
1) Το κυλινδρικό δοχείο του σχήματος περιέχει λάδι σε ύψος h=40cm. Το έμβολο έχει συνολικό βάρος w=50N και η εγκάρσια διατομή του είναι $A=250cm^2$. Τότε να υπολογιστούν,
α) Η ολική πίεση στο σημείο Α σε βάθος $h_1=10cm$ και
β) Η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του δοχείου. Δίνεται η πυκνότητα του λαδιού $\rho_\lambda=0,8\ g/cm^3$ η ατμοσφαιρική πίεση $p_{atm}=10^5Pa$ και $g=10m/s^2$.



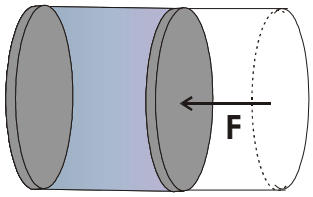
2) Το κυλινδρικό δοχείο του σχήματος περιέχει αέριο οξυγόνο. Το έμβολο έχει μάζα m=5Kg και αρχικά ισορροπεί.
α) Πόση είναι η πίεση του οξυγόνου μέσα στο δοχείο;



β) Αν ασκήσουμε εξωτερικά μια κατακόρυφη δύναμη προς τα κάτω πάνω στο έμβολο F=150N τότε ο όγκος του αερίου ελαττώνεται και το έμβολο ισορροπεί σε μια καινούργια θέση. Πόση γίνεται τότε η πίεση του αερίου μέσα στο δοχείο; Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $p_{atm}=10^5Pa$ το εμβαδό του εμβόλου $A=10^{-4}m^2$ και $g=10m/s^2$.

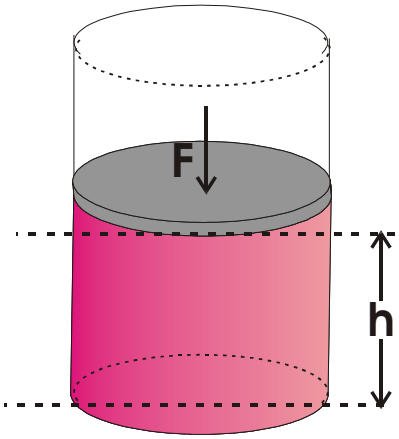


3) Το κυλινδρικό δοχείο του σχήματος περιέχει νερό.

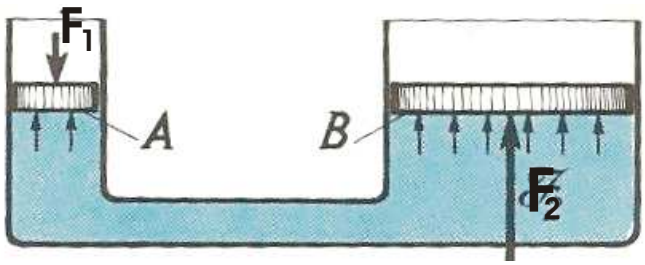


α) Αν εξασκήσουμε οριζόντια δύναμη F=200N, τότε να υπολογιστεί η ολική πίεση στον πυθμένα του δοχείου.
β) Πόση είναι η δύναμη που ασκείται στον πυθμένα του δοχείου;
Δίνεται το εμβαδό του εμβόλου $A=200cm^2$, και η ατμοσφαιρική πίεση $p_{atm}=10^5Pa$.

4) Μέσα στο κυλινδρικό δοχείο του σχήματος υπάρχει υδράργυρος σε ισορροπία. Το ύψος του υδραργύρου μέσα στο δοχείο είναι h=10 cm. Το έμβολο έχει βάρος w=200N και η εγκάρσια διατομή του έχει εμβαδό $A=300cm^2$.Αν εξασκήσουμε στο έμβολο εξωτερικά μία δύναμη F=100N όπως φαίνεται στο σχήμα τότε να υπολογίσετε την ολική δύναμη στον πυθμένα του δοχείου.
Δίνεται η ατμοσφαιρική πίεση $p_{ατμ}=10^5$ Pa, η πυκνότητα του υδραργύρου $\rho_{υδρ}=13.600$ Kg/m^3 και $g=10m/s^2$.



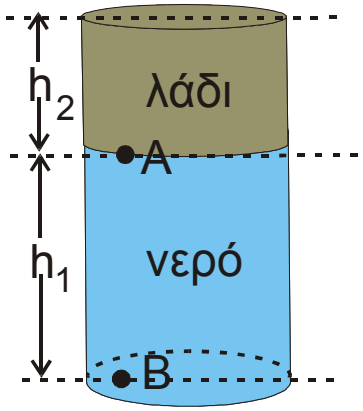
5) Στο υδραυλικό πιεστήριο του σχήματος στο μικρό έμβολο ασκούμε δύναμη $F_1=240N$. Αν το εμβαδό του μικρού εμβόλου του πιεστηρίου είναι $A_1=300cm^2$ και του μεγάλου είναι $A_2=0,12m^2$, τότε



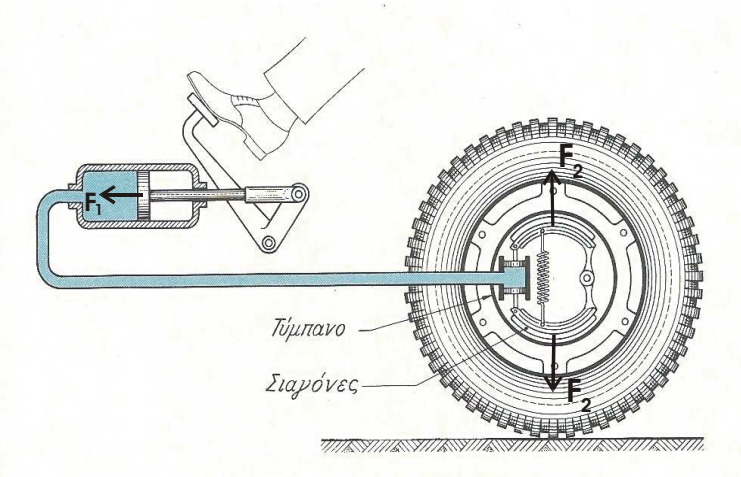
α) Να δείξετε ότι η πίεση στα σημεία Α και Β θα αυξηθεί κατά το ίδιο ποσό,
β) Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης F_2 που θα ασκήσει το υγρό στο μεγάλο έμβολο,

γ) Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης F_1 και της F_2 αν το μικρό έμβολο μετατοπιστεί κατά $\Delta x_1=10cm$. Πόσο θα μετατοπιστεί τότε το μεγάλο έμβολο; **** Η ερώτηση να απαντηθεί αφού διδαχτεί η έννοια του έργου W στο επόμενο κεφάλαιο.*

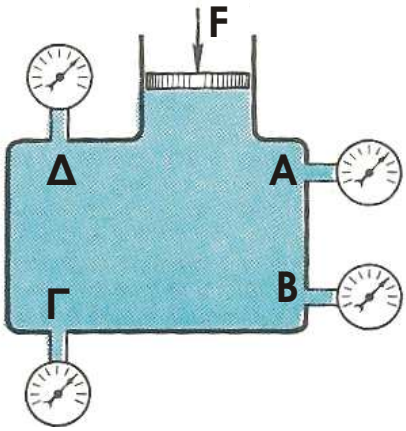
6) Μέσα σ' ένα κυλινδρικό δοχείο βρίσκεται σε ισορροπία νερό σε ύψος $h_1=20cm$ και λάδι πάνω από το νερό σε ύψος $h_2=10cm$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τότε να υπολογίσετε την ολική πίεση στη διαχωριστική επιφάνεια των δυο υγρών καθώς και στον πυθμένα του δοχείου.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1g/cm^3$, η πυκνότητα του λαδιού $\rho_\lambda=0,8\ g/cm^3$ η ατμοσφαιρική πίεση $p_{atm}=10^5Pa$ και $g=10m/s^2$.



7) Στο υδραυλικό σύστημα φρένων του σχήματος η επιφάνεια του μικρού εμβόλου (εκεί που πιέζει το πόδι μας) είναι τέσσερις φορές μικρότερη από την επιφάνεια των σιαγόνων (μεγάλο έμβολο) που βρίσκεται στη ρόδα του αυτοκινήτου. Αν το πόδι μας πιέσει το μικρό έμβολο με μια δύναμη $F_1=10N$, τότε να υπολογίσετε τη δύναμη F_2 που θα ασκηθεί στη ρόδα από το σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου.



8) Αν πιέσουμε το έμβολο του σχήματος με μια δύναμη F=10N, τότε να υπολογίσετε την αύξηση της πίεσης στα σημεία Α, Β, Γ και Δ του υγρού. Τι παρατηρείτε; Σε ποιο από τα παραπάνω σημεία πιστεύετε ότι είναι μεγαλύτερη η συνολική πίεση και γιατί; Δικαιολογείστε την απάντησή σας. Δίνεται το εμβαδό του εμβόλου $A=10cm^2$.



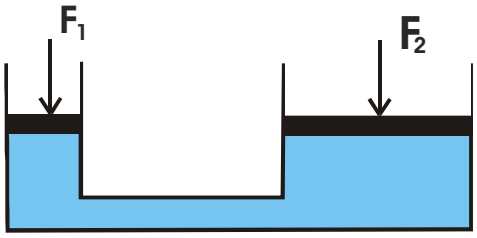
Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1. Στην αντλία του γρύλου που χρησιμοποιούμε για να ανυψώνουμε τα αυτοκίνητα, η πίεση που ασκούμε με το ένα έμβολο στο υγρό της αντλίας μεταδίδεται αναλλοίωτη στο μεγάλο έμβολο**. ( )**

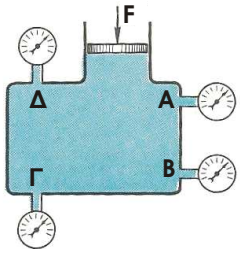
2. Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η δύναμη που ασκούμε σ' ένα υγρό που ισορροπεί, μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλα τα σημεία του. ( )

3. Αν τα έμβολα του σχήματος ισορροπούν τότε οι δυνάμεις F_1 και F_2 είναι ίσες. ( )



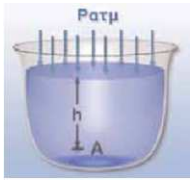
Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Αν πιέσουμε το έμβολο του σχήματος με μια δύναμη F, τότε:
α) η πίεση που ασκήσαμε στο υγρό μεταδόθηκε στα σημεία Α, Β, Γ, Δ αναλλοίωτη.
β) Η αύξηση της πίεσης είναι μεγαλύτερη στο σημείο Γ
γ) Η συνολική πίεση είναι μεγαλύτερη στο σημείο Δ



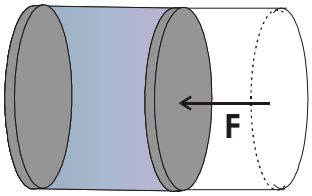
δ) δεν παρατηρούμε καμία μεταβολή της πίεσης.

2. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα δοχείο το οποίο περιέχει νερό σε ισορροπία. Τότε η συνολική πίεση στο σημείο Α στον πυθμένα του δοχείου είναι:



α) όση και η ατμοσφαιρική δηλαδή $p_A = p_{ατμοσφαιρική}$
β) όση και η υδροστατική δηλαδή $p_A = ρ \cdot g \cdot h$
γ) όση και στην επιφάνεια του δοχείου
δ) $p_A = p_{ατμοσφαιρική} + ρ \cdot g \cdot h$

3. Το οριζόντιο κυλινδρικό δοχείο του σχήματος περιέχει νερό. Αν εξασκήσουμε μια οριζόντια δύναμη F, τότε η δύναμη που ασκείται στον πυθμένα του δοχείου είναι:



α) ίση με F
β) μεγαλύτερη από F
γ) μικρότερη από F
δ) σταθερή και ίση με τη δύναμη που οφείλεται στην ατμοσφαιρική πίεση.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Στην επιφάνεια ενός υγρού ασκείται η …….. πίεση. Σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, η πίεση αυτή …… αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του υγρού.

2. Τα αεροζόλ περιέχουν ένα αέριο σε ……. πίεση που ονομάζεται προωθητικό. Η πίεση αυτή λόγω της αρχής του ……..μεταφέρεται στο υγρό που περιέχει το αεροζόλ και το εξαναγκάζει να ανέβει στο σωλήνα και να εκτοξευθεί με τη μορφή σταγονιδίων στην ατμόσφαιρα.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

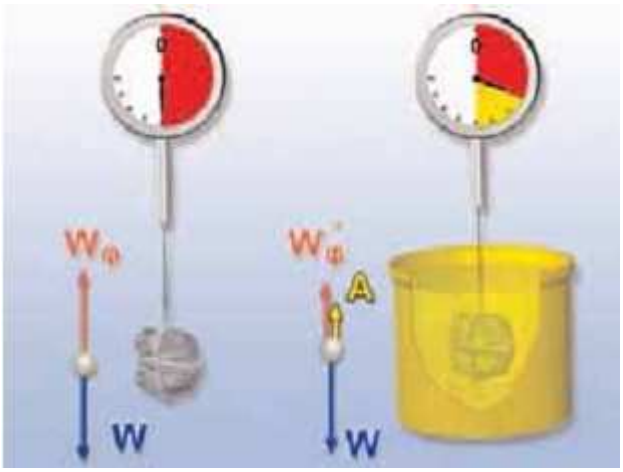
4.5 Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη

1. Τι ονομάζουμε άνωση;

Κάθε υγρό ασκεί δύναμη στα σώματα που βυθίζονται σε αυτό. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση (Α)**. Άνωση ασκείται και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα.

2. Γιατί το δυναμόμετρο δείχνει μικρότερη ένδειξη όταν η πέτρα είναι κρεμασμένη μέσα στο νερό;

Το βάρος της πέτρας, δηλαδή **η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί στην πέτρα, είναι η ίδια είτε η πέτρα βρίσκεται μέσα στο νερό είτε βρίσκεται στον αέρα.**



Το νερό ασκεί στην πέτρα μια δύναμη που την ονομάσαμε **άνωση: Α.** Η ένδειξη του δυναμομέτρου, $\mathbf{W_\varphi}$, είναι ίση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα. **Η πέτρα ισορροπεί**. Έτσι, όταν βρίσκεται στον αέρα, ισχύει:

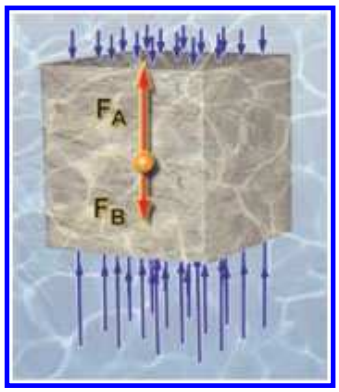
$$\mathbf{W_\varphi = W},$$

ενώ όταν είναι βυθισμένη στο νερό:

$W'_\varphi + A = W$, δηλαδή $\mathbf{W'_\varphi = W - A}$.

Επομένως, η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα προκύπτει ως η συνισταμένη του βάρους της πέτρας (W), που έχει φορά προς τα κάτω και της άνωσης Α, που έχει φορά προς τα επάνω.

2. Πού οφείλεται η άνωση;



Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, θεωρούμε έναν κύβο βυθισμένο σε υγρό.

Το υγρό ασκεί δύναμη στον κύβο η οποία **οφείλεται στην υδροστατική πίεση.** Έτσι, στην κάτω επιφάνεια του κύβου εμβαδού Α ασκείται δύναμη $F_A=p_A.A$ και στην επάνω $F_B=p_B.A$. Σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής, στην κάτω επιφάνεια του κύβου επικρατεί μεγαλύτερη πίεση απ' ό,τι στην επάνω, δηλαδή $p_A > p_B$ και επομένως **$F_A > F_B$.**

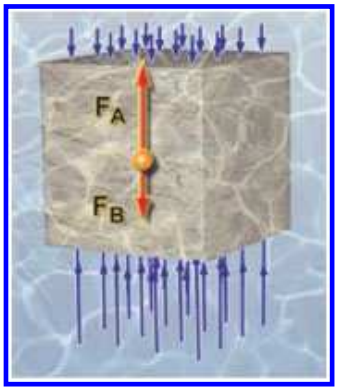
Άρα η άνωση Α, **οφείλεται στο βάρος του υγρού** και κατά συνέπεια στη διαφορετική υδροστατική πίεση στο πάνω και το κάτω μέρος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό.

Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκείται από το υγρό στον κύβο λόγω της υδροστατικής πίεσης **έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω**. Η συνισταμένη αυτή δύναμη είναι **η άνωση**.

*Το **κέντρο άνωσης**, δηλαδή το σημείο εφαρμογής της δύναμης της άνωσης είναι το κέντρο βάρους του εκτοπιζόμενου υγρού.*

*Η κατανομή όλων αυτών των δυνάμεων άρα η άνωση εξουδετερώνει το βάρος της υγρής μάζας που αντιστοιχεί στο χώρο που καταλάμβανε αυτή πριν βυθίσουμε τον κύβο. Άρα η άνωση οφείλει να έχει σημείο εφαρμογής το κέντρο μάζας της υγρής εκτοπιζόμενης μάζας. Όμως προσοχή η συνισταμένη οριζόντια πλευρική δύναμη ασκείται **στο κέντρο πίεσης,** το οποίο βρίσκεται σε βάθος που είναι ίσο με τα 2/3 του ύψους του βυθισμένου κομματιού του σώματος.*

3. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η άνωση;



Παίρνουμε δύο κομμάτια πλαστελίνης **ίδιου βάρους**. Στο ένα δίνουμε το σχήμα κύβου και στο άλλο σφαίρας και τα βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό στο **ίδιο βάθος**.

Μετράμε την άνωση στα δυο σώματα. Παρατηρούμε ότι **είναι ίδια**. Αντικαθιστούμε τη σφαίρα από πλαστελίνη με μεταλλική ίδιας ακτίνας και μετράμε τις δύο ανώσεις. Παρατηρούμε ότι είναι ίδιες.

✓ Συμπεραίνουμε **ότι η άνωση δεν εξαρτάται από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται.**

Βυθίζουμε το ένα από τα δύο σώματα σε μεγαλύτερο βάθος και παρατηρούμε ότι η άνωση δε μεταβάλλεται.

✓ Συμπεραίνουμε ότι, **εφόσον το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό, η άνωση είναι ανεξάρτητη του βάθους στο οποίο βρίσκεται.**

Αν βυθίσουμε πλήρως τα δυο κομμάτια πλαστελίνης σε δύο υγρά με διαφορετικές πυκνότητες,

✓ Διαπιστώνουμε **ότι το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στην πλαστελίνη μεγαλύτερη άνωση.**

Έχεις αναρωτηθεί γιατί επιπλέουμε πιο εύκολα στη θάλασσα απ' ό,τι σε μια λίμνη ή πισίνα (με «γλυκό» νερό); Μπορείς να απαντήσεις στο παραπάνω ερώτημα, αν γνωρίζεις ότι το αλατόνερο (νερό της θάλασσας) έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το καθαρό νερό (νερό της λίμνης).

Βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό δύο κύβους, έναν αλουμινένιο και ένα σιδερένιο ίδιου βάρους. Ο κύβος από αλουμίνιο έχει μεγαλύτερο όγκο. Διαπιστώνουμε ότι η άνωση που ασκείται στο σιδερένιο κύβο είναι μικρότερη, από αυτή που ασκείται στον αλουμινένιο. Βυθίζουμε σταδιακά τον έναν από τους κύβους στο υγρό.

✓ Συμπεραίνουμε **ότι η άνωση αυξάνεται, όταν αυξάνεται ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα, που βυθίζουμε σ' αυτό.**

ΠΡΟΣΟΧΗ:
Άνωση δέχεται κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε ένα υγρό, είτε είναι **μερικά βυθισμένο** σ' αυτό, είτε είναι **βυθισμένο εντελώς**.

4. Να αναφέρετε την αρχή του Αρχιμήδη.

Ο Αρχιμήδης συγκέντρωσε όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις και διατύπωσε μια πρόταση που είναι γνωστή ως αρχή του Αρχιμήδη:

Τα υγρά ασκούν δύναμη σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση, είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της **ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα**.

Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και για σώματα που βρίσκονται σε αέρια και διατυπώνεται στη γλώσσα των μαθηματικών ως εξής:

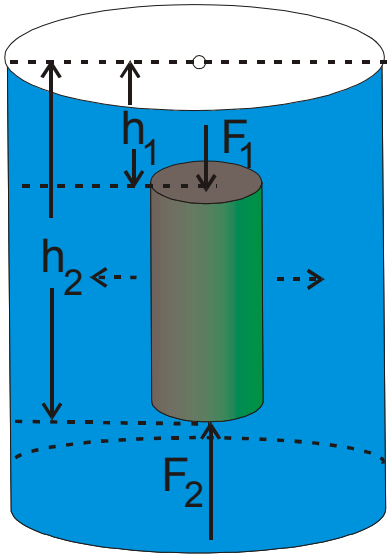
$$A = \rho_{\text{υγρού ή αερίου}} \cdot g \cdot V_{\text{βυθισμένο}}$$

Όπου:

A: η άνωση που ασκείται σε σώμα βυθισμένο σε υγρό (ή αέριο) πυκνότητας ρ και

$\mathbf{V}_{\text{βυθισμένο}}$: ο όγκος (ή το μέρος του όγκου) του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό (ή το αέριο).

Απόδειξη:

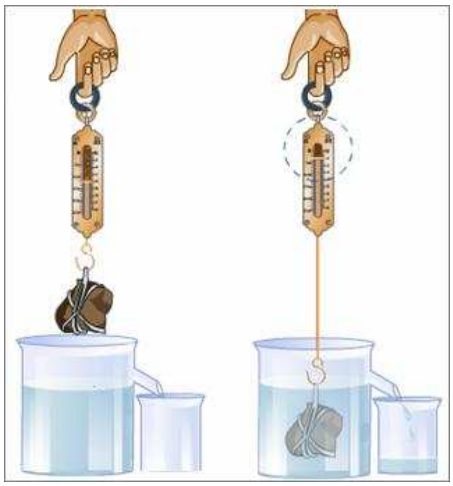


Έστω ότι βυθίζουμε ολόκληρο το κυλινδρικό σώμα του σχήματος μέσα στο δοχείο με το υγρό. Τότε στο σώμα ασκούνται λόγω των υδροστατικών πιέσεων, οι εξής δυνάμεις:

1. Οι δυνάμεις στην παράπλευρη επιφάνεια που αλληλοαναιρούνται (έχουν συνισταμένη μηδέν) και
2. οι δυνάμεις F_1 και F_2 στις δυο βάσεις που η καθεμία έχει εμβαδό S, που δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις $F_1=p_1 \cdot S$ ή $F_1=\rho \cdot g \cdot h_1 \cdot S$ για την πάνω βάση και παρόμοια για την κάτω βάση $F_2=p_2 \cdot S$ ή $F_2=\rho \cdot g \cdot h_2 \cdot S$. Η συνισταμένη δύναμη των F_1 και F_2 είναι η άνωση Α που ασκείται από το υγρό στο βυθισμένο σώμα. Άρα έχουμε $A=F_2-F_1= F_2=\rho \cdot g \cdot h_2 \cdot S- \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot S= \rho \cdot g \cdot (h_2-h_1) \cdot S$. Όμως h_2-h_1 είναι το ύψος του κυλινδρικού σώματος και τότε $\cdot (h_2-h_1) \cdot S$ είναι ο όγκος του σώματος που εδώ είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό. Άρα έχουμε $V=(h_2-h_1) \cdot S$. Τελικά είναι $A= \rho \cdot g \cdot (h_2-h_1) \cdot S= \rho \cdot g \cdot V$, όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού και V είναι ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό.

Για το βάρος του εκτοπιζόμενου (από το σώμα που βυθίζεται) υγρού ισχύει η σχέση $w=mg$. Όμως η πυκνότητα του υγρού είναι $\rho=\frac{m}{V}$ ή $m=\rho \cdot V$,όπου V είναι ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται . Όμως αυτός ο όγκος είναι ακριβώς ***ίσος με τον όγκο του σώματος*** *που βυθίζεται στο υγρό. Δηλαδή το σώμα «σπρώχνει» για να βυθιστεί τόσο όγκο ακριβώς από το υγρό, όσο είναι και ο όγκος του που βυθίζεται στο υγρό. Έτσι στην παραπάνω σχέση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το V του υγρού είναι ίσο με τον όγκο του σώματος που βυθίστηκε. Άρα $w= \rho \cdot V \cdot g$. Τότε όμως η άνωση είναι ακριβώς ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίστηκε από το σώμα, δηλαδή ισχύει $A=w= \rho \cdot V \cdot g$.*

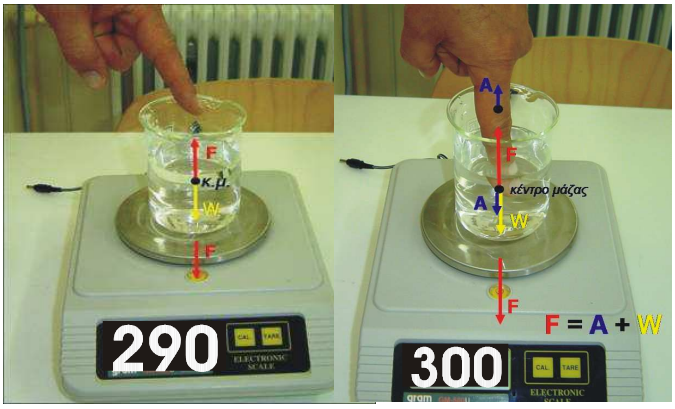
Πειραματική απόδειξη της Αρχής του Αρχιμήδη:



Από το άγκιστρο του δυναμόμετρου κρεμάμε ένα σώμα (π.χ μια πέτρα) και μετράμε το βάρος της π.χ 6N. Κατόπιν βυθίζουμε την πέτρα στο νερό και βρίσκουμε ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου ελαττώνεται και γίνεται έστω 4N. Άρα η άνωση είναι 6-4=2N. Συλλέγουμε το νερό που εκτοπίστηκε σ' ένα δοχείο και το ζυγίζουμε.
Βρίσκουμε τότε ότι το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού είναι w=2N. Δηλαδή βρήκαμε ότι ***η άνωση είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται.***

Αντίδραση στερεού βυθισμένου εντός υγρού.

Όταν ένα στερεό σώμα βυθιστεί ολόκληρο ή κατά ένα μέρος του μέσα σε ένα υγρό τότε δέχεται από αυτό μια κατακόρυφη δύναμη προς τα πάνω την άνωση. Τότε όμως σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton (αξίωμα δράσης – αντίδρασης) και το σώμα ασκεί στο υγρό μια ίση και αντίθετη δύναμη. Έτσι για παράδειγμα αν βυθίσουμε αργά το δάχτυλό μας μέσα σε ποτήρι με νερό που βρίσκεται πάνω σε μια ζυγαριά προσέχοντας να μην αγγίξουμε τα τοιχώματα του ποτηριού τότε η ένδειξη της ζυγαριάς θα αυξηθεί, δηλαδή θα δούμε τότε τη ζυγαριά να δείχνει μια μεγαλύτερη ένδειξη, τόση όση είναι και η άνωση που δέχεται το χέρι μας. Στην παραπάνω εικόνα η ένδειξη της ζυγαριάς είναι σε g. Παρατηρούμε πως αρχικά η συνολική μάζα πάνω στη ζυγαριά είναι 290 g ενώ



στη συνέχεια όταν βυθίζουμε το δάχτυλό μας γίνεται 300g. Αυτό σημαίνει ότι αρχικά η δύναμη F που ασκείται στη ζυγαριά (ένδειξη της ζυγαριάς) είναι F=w=m·g=0,29·10=2,9N. Στη συνέχεια όταν βυθίσουμε το δάχτυλό μας η ένδειξη της ζυγαριάς αντιστοιχεί σε μάζα 300g δηλαδή είναι F=0,3·10=3N. Όμως είναι F=w+A ή A=F-w=3-2,9=0,1N. Άρα η άνωση που δέχεται το δάχτυλό μας είναι A=0,1N.

Ο Αρχιμήδης ήταν διάσημος Έλληνας σοφός που έζησε στις Συρακούσες γύρω στο 250π.χ. Μελέτησε τους μοχλούς («δός μοι πα στω και ταν γαν κινήσω»), βρήκε την ισότητα μεταξύ της επιφάνειας μιας σφαίρας και της παράπλευρης επιφάνειας του περιγεγραμμένου κυλίνδρου, την τιμή του αριθμού π κ.λπ. Ο τύραννος των Συρακουσών Ιέρων ανάθεσε στον Αρχιμήδη να βρει, αν σε χρυσό στεφάνι είχε γίνει νοθεία με άργυρο. Το πρόβλημα αυτό το έλυσε απ' τις διαφορές του ειδικού βάρους των δυο μετάλλων. Λέγεται ότι, όταν διαπίστωσε την ισχύ της ομώνυμης αρχής, ενώ βρισκόταν μέσα στο λουτρό, βγήκε στους δρόμους φωνάζοντας «Εύρηκα! Εύρηκα!».

4.6 Πλεύση

1. Πότε ένα σώμα βυθίζεται και πότε επιπλέει;

Η σπουδαιότερη από τις εφαρμογές της ανώσεως είναι η πλεύση των σωμάτων.

Ας θεωρήσουμε ένα σώμα το οποίο είναι ολόκληρο βυθισμένο σ' ένα υγρό. Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις. Το βάρος του και η μέγιστη άνωση. Το βάρος τείνει να κινήσει το σώμα προς τον πυθμένα, ενώ η άνωση προς την επιφάνεια. Υπάρχουν **τρεις περιπτώσεις**:

1. Το βάρος (w) του σώματος να είναι μεγαλύτερο από την άνωση (A).

Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς τον πυθμένα. **Το σώμα βυθίζεται**. Αυτό συμβαίνει, όταν η πυκνότητα του σώματος είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού:

$$W>A, \text{ ή } m\cdot g > \rho_{υγρού}V\cdot g, \text{ ή } \rho_{σώματος}\cdot \cancel{V}\cdot \cancel{g} > \rho_{υγρού}\cancel{V}\cdot \cancel{g} \text{ ή}$$

$$\boldsymbol{\rho_{σώματος} > \rho_{υγρού}}$$

2. Η άνωση (Α) είναι ακριβώς ίση με το βάρος του σώματος. Τότε **το σώμα διατηρείται σε σταθερό βάθος και αιωρείται**, δηλαδή **ούτε βυθίζεται, ούτε αναδύεται**. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$W=A, \text{ ή } m\cdot g=\rho_{υγρού}V\cdot g, \text{ ή } \rho_{σώματος}\cdot \cancel{V}\cdot \cancel{g}=\rho_{υγρού}\cancel{V}\cdot \cancel{g} \text{ ή}$$

$$\boldsymbol{\rho_{σώματος} = \rho_{υγρού}}$$

3. Η μέγιστη άνωση (Α) είναι μεγαλύτερη από το βάρος (w) του σώματος. Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς την επιφάνεια. **Το σώμα κινείται προς την επιφάνεια και ένα μέρος του αναδύεται**. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$W<A, \text{ ή } m\cdot g<\rho_{υγρού}V\cdot g, \text{ ή } \rho_{σώματος}\cdot \cancel{V}\cdot \cancel{g}<\rho_{υγρού}\cancel{V}\cdot \cancel{g} \text{ ή}$$

$$\boldsymbol{\rho_{σώματος} < \rho_{υγρού}}$$

Καθώς μειώνεται όγκος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό, η άνωση που δέχεται ελαττώνεται. Σε κάποια θέση του σώματος η άνωση (Α') εξισώνεται με το βάρος του σώματος. Τότε, το σώμα επιπλέει:

Α'= W, Συνθήκη πλεύσης

Για να προβλέψουμε αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σ' ένα υγρό, συγκρίνουμε:

α) τη μέγιστη άνωση με το βάρος ή

β) τις πυκνότητες του σώματος και του υγρού.

Ένα σώμα επιπλέει όταν:

$$\boldsymbol{\rho_{σώματος} \leq \rho_{υγρού}}$$

Σύμφωνα με τη συνθήκη πλεύσης, αν αυξηθεί το βάρος ενός σώματος που επιπλέει σε υγρό, θα πρέπει να αυξηθεί και η άνωση. Επομένως, το σώμα θα πρέπει να βυθιστεί περισσότερο στο υγρό.

Αν θέλετε να επιπλέετε πιο εύκολα στο νερό, πρέπει να μειώσετε την πυκνότητά σας. Πώς; Αυξάνοντας τον όγκο ή μειώνοντας τη μάζα του σώματος σας. Επειδή είναι ιδιαίτερα δύσκολο να μειώσετε τη μάζα, χρησιμοποιείτε τα σωσίβια για να αυξήσετε τον όγκο σας. Τα σωσίβια έχουν μικρή μάζα και μεγάλο όγκο. Έτσι, όταν τα φοράμε, η «μέση» πυκνότητα του σώματος μας μειώνεται και επιπλέουμε ευκολότερα.

Ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Έτσι, μια συμπαγής σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό. Ωστόσο, μια κοίλη (κούφια) σιδερένια σφαίρα ίδιας μάζας μπορεί να επιπλέει. Η κοίλη σφαίρα με την ίδια μάζα έχει μεγαλύτερο όγκο κι επομένως μικρότερη «μέση» πυκνότητα. Για τον ίδιο λόγο τα πλοία που είναι κατασκευασμένα από λαμαρίνες επιπλέουν στη θάλασσα.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1.Μέσα σ' ένα δοχείο με νερό βυθίζουμε εξ' ολοκλήρου ένα χάλκινο και ένα αλουμινένιο σώμα του ίδιου όγκου $V=400cm^3$.
α) Να υπολογίσετε την άνωση που δέχεται κάθε σώμα όταν είναι βυθισμένο ολόκληρο μέσα στο νερό. Πόση είναι η άνωση αν βυθίσουμε το μισό όγκο του κάθε σώματος;
β) Να συγκρίνετε την άνωση που δέχεται κάθε σώμα αν το καθένα έχει μάζα 400 g και το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο νερό.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1g/cm^3$, η πυκνότητα του χαλκού $\rho_\chi=8,9g/cm^3$, η πυκνότητα του αλουμινίου $\rho_{\alpha\lambda}=2,7g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό δηλαδή ο όγκος του εκτοπιζόμενου υγρού είναι και στις δυο περιπτώσεις ο ίδιος. Άρα τα δυο σώματα δέχονται την ίδια άνωση όταν τα βυθίσουμε ολόκληρα μέσα στο νερό.

Είναι $\rho_v=1g/cm^3$ ή $\rho_v=1.000\ Kg/m^3$. Ακόμη είναι $V=400cm^3$ ή $V=400\cdot10^{-6}=4\cdot10^{-4}\ m^3$.

Η άνωση λοιπόν και στις δυο περιπτώσεις είναι $A=\rho_v\cdot g\cdot V$ ή $A=1.000\cdot10\cdot4\cdot10^{-4}$ ή $A=4N$.

Αν βυθίσουμε το μισό όγκο του κάθε σώματος τότε θα έχουμε $A' = \rho_v\cdot g\cdot\frac{V}{2}=\frac{A}{2}=2N$.

β) Από τον τύπο της πυκνότητας για το χάλκινο σώμα έχουμε ότι $\rho_\chi=\frac{m_\chi}{V_\chi}$ ή $V_\chi=\frac{m_\chi}{\rho_\chi}$. Παρόμοια για το αλουμινένιο σώμα είναι $V_{\alpha\lambda}=\frac{m_{\alpha\lambda}}{\rho_{\alpha\lambda}}$.

Τότε η άνωση που δέχεται το χάλκινο σώμα είναι $A_χ= ρ_v·g·V_χ$ (1) και η άνωση που δέχεται το αλουμινένιο σώμα είναι $A_{αλ}= ρ_v·g·V_{αλ}$ (2). Αν διαιρέσουμε κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει ότι $\frac{A_χ}{A_{αλ}}=\frac{V_χ}{V_{αλ}}$ ή $\frac{A_χ}{A_{αλ}}=\frac{\frac{m_χ}{ρ_χ}}{\frac{m_{αλ}}{ρ_{αλ}}}$ ή $\frac{A_χ}{A_{αλ}}=\frac{m_χ\cdot ρ_{αλ}}{m_{αλ}\cdot ρ_χ}$. Αφού $m_χ=m_{αλ}$ προκύπτει $\frac{A_χ}{A_{αλ}}=\frac{ρ_{αλ}}{ρ_χ}$ ή $\frac{A_χ}{A_{αλ}}=\frac{2,7}{8,9}$ ή $A_{αλ}=3,3·A_χ$.
Δηλαδή το αλουμινένιο σώμα δέχεται 3,3 φορές μεγαλύτερη άνωση από το χάλκινο ίσης μάζας σώμα.

2. Βυθίζουμε μια σιδερένια σφαίρα όγκου $V=80cm^3$ στο νερό και στη συνέχεια στο οινόπνευμα. Να υπολογίσετε την άνωση που δέχεται σε κάθε περίπτωση η σφαίρα. Πόσο % διαφέρουν αυτές;
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $ρ_v=1\ g/cm^3$, η πυκνότητα του οινοπνεύματος $ρ_{οιν}=0,8\ g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

Είναι $ρ_v=1g/cm^3$ ή $ρ_v=1.000\ Kg/m^3$ και $ρ_{οιν}=0,8\ g/cm^3$ ή $ρ_{οιν}=800\ Kg/m^3$
Ακόμη ο όγκος του σώματος είναι $V=80cm^3$ ή $V=80·10^{-6}=8·10^{-5}\ m^3$.

Η άνωση που δέχεται η σφαίρα όταν βυθίζεται ολόκληρη μέσα στο νερό είναι $A_v=ρ_v·g·V$ ή $A=1.000·10·8·10^{-5}$ ή $A_v=0,8N$.
Παρόμοια η άνωση που δέχεται η σφαίρα όταν βυθίζεται ολόκληρη μέσα στο οινόπνευμα είναι $A_{οιν}=ρ_{οιν}·g·V$ ή $A=800·10·8·10^{-5}$ ή $A_{οιν}=0,64N$.

Παρατηρούμε πως $\frac{A_v}{A_{οιν}}=\frac{0,8}{0,64}=1,25$. Άρα η άνωση που δέχεται η σφαίρα από το νερό είναι κατά 25% μεγαλύτερη από αυτή που δέχεται όταν βυθίζεται ολόκληρη μέσα στο οινόπνευμα.

3. Ένας ξύλινος κύβος μάζας m=400g και πυκνότητας ρ_ξ=0,5 g/cm^3 επιπλέει στο νερό.
α) Να βρείτε τον όγκο του ξύλινου κύβου,
β) Να υπολογίσετε τον όγκο του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό,
γ) Να βρείτε το % ποσοστό του όγκου του σώματος που είναι πάνω από το νερό.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1g/cm^3 και g=10m/s^2.

Λύση:

α) Από τον τύπο της πυκνότητας για το σώμα έχουμε ότι $\rho_\xi = \frac{m}{V}$ ή $V = \frac{m}{\rho_\xi}$ ή

$V = \frac{400}{0,5}$ =800 cm^3.

β) Το σώμα ισορροπεί οπότε από τη συνθήκη ισορροπίας και για την κατακόρυφη διεύθυνση ισχύει: w=A ή $m \cdot g = \rho_v \cdot V' \cdot g$, ή $\rho_\xi \cdot V \cdot \cancel{g} = \rho_v \cdot V' \cdot \cancel{g}$ όπου V΄ είναι ο όγκος του ξύλου που είναι βυθισμένος στο νερό. Τότε έχουμε

$V' = \frac{\rho_\xi}{\rho_v} \cdot V$ ή $V' = 0,5 \cdot 800$ ή V΄=400 cm^3.

γ) Όταν το ξύλινο σώμα επιπλέει τότε μόνο ο μισός του όγκος είναι βυθισμένος στο νερό ενώ ο υπόλοιπος βρίσκεται έξω από το νερό. Δηλαδή το 50% του σώματος βρίσκεται πάνω από το νερό.

4. Ένα ξύλινο σώμα είναι βυθισμένο κατά το 60% του όγκου του μέσα στο νερό και ισορροπεί. Αν η πυκνότητα του νερού είναι ρ_v=1.000 Kg/m^3, τότε να υπολογίσετε την πυκνότητα του ξύλου.

Λύση:

Το σώμα ισορροπεί οπότε από τη συνθήκη ισορροπίας και για την κατακόρυφη διεύθυνση ισχύει: $A=w$ ή $\rho_v \cdot V' \cdot g = m \cdot g$, ή $\rho_v \cdot V' \cdot \cancel{g} = \rho_\xi \cdot V \cdot \cancel{g}$ όπου

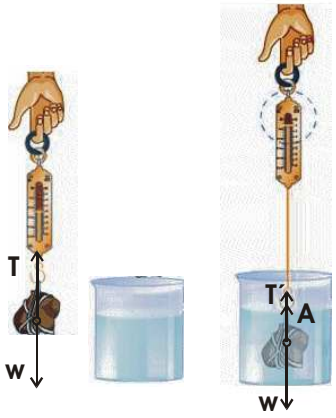
$V'=0,6V$ είναι ο όγκος του ξύλου που είναι βυθισμένος στο νερό. Τότε έχουμε

$\rho_\xi = \rho_v \cdot \frac{V'}{V}$ ή $\rho_\xi = 1.000 \cdot \frac{0,6\cancel{V}}{\cancel{V}}$ ή $\rho_\xi = 1.000 \cdot 0,6$ ή $\rho_\xi = 600\ Kg/m^3$.

5. Ένα σώμα αναρτάται από ένα λεπτό αβαρές νήμα σ' ένα δυναμόμετρο και τότε στον αέρα ζυγίζει 12N. Αν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο νερό τότε η ένδειξη του δυναμόμετρου γίνεται 10N.
α) Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα στον αέρα και στο νερό,
β) Να υπολογιστεί η τάση του νήματος όταν το σώμα βρίσκεται έξω από το νερό,
γ) Να υπολογιστεί η άνωση που δέχεται το σώμα μέσα στο νερό,
δ) Να υπολογιστούν ο όγκος και η πυκνότητα του σώματος,
ε) Αν η άνωση που δέχεται το σώμα όταν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο οινόπνευμα είναι 1,6N, τότε να υπολογίσετε την πυκνότητα του οινοπνεύματος.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1.000\ Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Όταν το σώμα βρίσκεται έξω από το νερό οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό είναι το βάρος του w και η τάση του νήματος Τ.
Μέσα στο νερό όμως ασκούνται το βάρος του w που είναι σταθερό και αμετάβλητο η καινούργια τάση του νήματος Τ' καθώς και η άνωση Α. Το μέτρο της τάσης του νήματος είναι κάθε φορά και η ένδειξη του δυναμόμετρου.



β) Έξω από το νερό και από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα έχουμε $\Sigma F=0$ ή $T-w=0$ ή $T=w=12N$.

γ) Μέσα στο νερό όμως η ένδειξη του δυναμόμετρου άρα η τάση του νήματος είναι Τ΄=10Ν. Τότε από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα έχουμε ΣF=0 ή Τ΄+Α-w=0 ή Α=w-Τ΄=12-10=2Ν.
δ) Ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό είναι ολόκληρος ο όγκος του σώματος. Τότε για την άνωση έχουμε $A=\rho_v \cdot g \cdot V$ οπότε προκύπτει
$V=\frac{A}{\rho_v \cdot g}$ ή $V=\frac{2}{1.000 \cdot 10}$ ή $V=2 \cdot 10^{-4} m^3$ ή $V=200\ cm^3$.

Για τη μάζα του σώματος από τη σχέση $w=m \cdot g$ προκύπτει $m=\frac{12}{10}=1,2Kg$ ή 1.200g.

Από τον τύπο της πυκνότητας για το σώμα έχουμε ότι $\rho=\frac{m}{V}$ ή $\rho=\frac{1.200}{200}$ ή . $\rho=6\ g/cm^3$ ή $\rho=6.000\ Kg/m^3$.

ε) Αν η άνωση που δέχεται το σώμα όταν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο οινόπνευμα είναι 1,6Ν, τότε για την άνωση έχουμε $A=\rho_{οιν} \cdot g \cdot V$ οπότε προκύπτει
$\rho_{οιν}=\frac{A}{V \cdot g}$ ή $\rho_{οιν}=\frac{1,6}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10}$ ή $\rho_{οιν}=\frac{1.600}{2}=800\ Kg/m^3$ ή $\rho_{οιν}=0,8g/cm^3$.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αν το σώμα έχει μικρότερη πυκνότητα από το υγρό τότε δεν μπορεί να βυθιστεί ολόκληρο μέσα σε αυτό αλλά θα επιπλέει βυθισμένο μόνο κατά ένα μέρος του.

6. Ένα χρυσό αντικείμενο έχει μάζα 50g. Υπάρχει όμως η υποψία ότι ο χρυσός είναι αναμεμειγμένος με ασήμι (άργυρο). Το σώμα αναρτάται από δυναμόμετρο και βυθίζεται ολόκληρο μέσα στο νερό και παρατηρούμε ότι η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι 0,47Ν. Να υπολογίσετε τη μάζα του ασημιού που περιέχεται στο αντικείμενο. Για τις πράξεις να θεωρήσετε ότι η πυκνότητα του χρυσού είναι $\rho_{χρ}=20g/cm^3$ και η πυκνότητα του αργύρου είναι $\rho_{αργ}=10g/cm^3$. Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

Για το βάρος του σώματος ισχύει $w=m\cdot g=50\cdot 10^{-3}\cdot 10=0,5N$. Η διαφορά των ενδείξεων του δυναμόμετρου στον αέρα και στο νερό είναι η άνωση που δέχεται αυτό. Τότε είναι $A=0,5-0,47=0,03N$.
Όμως τότε για την άνωση έχουμε $A=\rho_v\cdot g\cdot V$ οπότε προκύπτει
$V=\frac{A}{\rho_v\cdot g}$ ή $V=\frac{0,03}{1.000\cdot 10}$ ή $V=3\cdot 10^{-6}m^3$ ή $V=3\ cm^3$.
Όμως ο συνολικός όγκος V του αντικειμένου είναι $V=V_{\chi\rho}+V_{\alpha\rho\gamma}=3\ cm^3$ (1).
Από τον τύπο της πυκνότητας έχουμε ότι $\rho_{\chi\rho}=\frac{m_{\chi\rho}}{V_{\chi\rho}}$ ή $V_{\chi\rho}=\frac{m_{\chi\rho}}{\rho_{\chi\rho}}$ ή
$V_{\chi\rho}=\frac{m_{\chi\rho}}{20}\ cm^3$. Τη μάζα θα τη μετράμε σε g. Παρόμοια για τον άργυρο έχουμε ότι $\rho_{\alpha\rho\gamma}=\frac{m_{\alpha\rho\gamma}}{V_{\alpha\rho\gamma}}$ ή $V_{\alpha\rho\gamma}=\frac{m_{\alpha\rho\gamma}}{\rho_{\alpha\rho\gamma}}$ ή $V_{\alpha\rho\gamma}=\frac{m_{\alpha\rho\gamma}}{10}\ cm^3$. Από τη σχέση (1) προκύπτει τότε ότι $\frac{m_{\chi\rho}}{20}+\frac{m_{\alpha\rho\gamma}}{10}=3$ ή $m_{\chi\rho}+2m_{\alpha\rho\gamma}=60$ (2). Ακόμη για τη συνολική μάζα του αντικειμένου ισχύει $m=50g$ ή $m_{\chi\rho}+m_{\alpha\rho\gamma}=50$ ή $m_{\alpha\rho\gamma}=50-m_{\chi\rho}$ (3).
Τότε η σχέση (2) μέσω της (3) γίνεται $m_{\chi\rho}+2(50-m_{\chi\rho})=60$ ή $m_{\chi\rho}+100-2m_{\chi\rho}=60$ ή $m_{\chi\rho}=40g$. Τότε είναι $m_{\alpha\rho\gamma}=50-40$ ή $m_{\alpha\rho\gamma}=10g$. Άρα η «νοθεία» ήταν 10g.

7. Ένα ξύλινο κυλινδρικό σώμα έχει ύψος h=10cm και ισορροπεί με τον άξονά του κατακόρυφο μέσα σε λεκάνη με νερό. Πόσο είναι τότε βυθισμένο το σώμα μέσα στο νερό; Δίνεται η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_v=1g/cm^3$, η πυκνότητα του ξύλου $\rho_\xi=0,6\ g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:
Αφού το σώμα ισορροπεί τότε από τη συνθήκη ισορροπίας και για την κατακόρυφη διεύθυνση ισχύει: $A=w$ ή $\rho_v\cdot V'\cdot \cancel{g}=m\cdot \cancel{g}$ ή $\rho_v\cdot V'=\rho_\xi\cdot V$ όπου V' είναι ο όγκος του ξύλου που είναι βυθισμένος στο νερό και V είναι ο συνολικός όγκος του ξύλινου κυλινδρικού σώματος. Γνωρίζουμε ότι ο όγκος κυλίνδρου δίνεται από τη σχέση $V=h\cdot S$ όπου h είναι το ύψος του και S είναι το εμβαδό της βάσης του. Άρα έχουμε $\rho_v\cdot V'=\rho_\xi\cdot V$ ή $\rho_v\cdot h'\cdot \cancel{S}=\rho_\xi\cdot h\cdot \cancel{S}$

ή $\rho_v \cdot h' = \rho_\xi \cdot h$ ή $h' = \frac{\rho_\xi}{\rho_v} \cdot h$ ή $h' = \frac{0,6}{1} \cdot 10$ ή $h' = 6$ cm.

8. Ένα ξύλινο σώμα έχει όγκο $V=500cm^3$ και επιπλέει στο νερό. Ποιος είναι ο όγκος του σώματος που βρίσκεται έξω από το νερό; Δίνεται η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_v=1g/cm^3$, η πυκνότητα του ξύλου $\rho_\xi=0,7\ g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:
Από τη συνθήκη ισορροπίας του σώματος ισχύει, $A=w$ ή $\rho_v \cdot V' \cdot \cancel{g} = m \cdot \cancel{g}$ ή $\rho_v \cdot V' = \rho_\xi \cdot V$ ή $V' = \frac{\rho_\xi}{\rho_v} \cdot V$ όπου V' είναι ο όγκος του ξύλου που είναι βυθισμένος στο νερό και V είναι ο συνολικός όγκος του ξύλινου σώματος.
Τότε έχουμε $V' = \frac{0,7}{1} \cdot V$ ή $V' = 0,7 \cdot 500$ ή $V' = 350\ cm^3$. Άρα ο όγκος του σώματος που βρίσκεται έξω από το νερό είναι $500-350=150\ cm^3$.

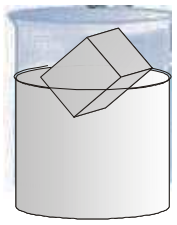
9. Ένα χάλκινο αντικείμενο μάζας $m=80g$ αναρτάται από ένα δυναμόμετρο. Όταν βυθιστεί εξ' ολοκλήρου μέσα σ' ένα υγρό ζυγίζει 0,72N. Υπολογίστε την πυκνότητα του υγρού. Δίνεται ότι η πυκνότητα του χαλκού είναι $\rho_\chi=9\ g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

Λύση:

Για το βάρος του σώματος ισχύει η σχέση $w=m \cdot g$ οπότε προκύπτει $w=80 \cdot 10^{-3} \cdot 10=0,8N$.
Η άνωση που δέχεται το σώμα δίνεται από τη διαφορά των δυο ενδείξεων του δυναμόμετρου άρα έχουμε $A=0,8-0,72=0,08N$.
Όμως η άνωση που δέχεται το σώμα όταν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο υγρό δίνεται από τη σχέση $A=\rho_u \cdot g \cdot V$. Για τον όγκο V του σώματος ισχύει $V=\frac{m}{\rho_\chi}$

οπότε προκύπτει $A=\rho_υ \cdot g \cdot \frac{m}{\rho_χ}$ ή $\rho_υ = \frac{A \cdot \rho_χ}{m \cdot g}$ ή $\rho_υ = \frac{0,08 \cdot 9}{0,08 \cdot 10}$ ή $\rho_υ = \frac{9}{10} = 0,9\ g/cm^3$ ή $900\ Kg/m^3$.

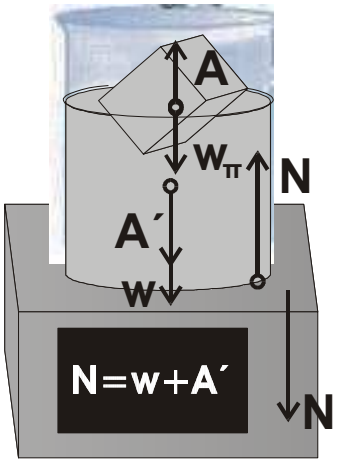
10. Η πυκνότητα του πάγου είναι $\rho_π=917\ Kg/m^3$. Ένα παγάκι επιπλέει μέσα σ' ένα ποτήρι γεμάτο με νερό.



α) Να υπολογιστεί το κλάσμα του όγκου του πάγου που βρίσκεται πάνω από το νερό.
β) Το παγάκι λιώνει. Θα μεταβληθεί η υδροστατική πίεση στον πάτο του ποτηριού; Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_ν=1.000\ Kg/m^3$.

Λύση:
α) Από τη συνθήκη ισορροπίας του σώματος ισχύει, $A=w$ ή $\rho_ν \cdot V' \cdot \cancel{g} = m \cdot \cancel{g}$ ή $\rho_ν \cdot V' = \rho_π \cdot V$ ή $V' = \frac{\rho_π}{\rho_ν} \cdot V$ όπου V' είναι ο όγκος του πάγου που είναι βυθισμένος στο νερό και V είναι ο συνολικός όγκος που έχει το παγάκι.

Τότε έχουμε $V' = \frac{917}{1.000} \cdot V$ ή $V' = 0,917V$. Τότε ο όγκος του πάγου που βρίσκεται έξω από το νερό είναι $V_{έξω}=V-V'=V-0,917V=0,083V$.



Για το ποσοστό του πάγου που βρίσκεται έξω από το νερό έχουμε, $α=\frac{V-V'}{V} \cdot 100\% = \frac{0,083\cancel{V}}{\cancel{V}} \cdot 100\% = 8,3\%$.

β) Όταν το παγάκι ισορροπεί είναι $A=w_π$ ή $\rho_ν \cdot g \cdot V' = m_π \cdot g$ (1). Όμως όταν το παγάκι θα λιώσει τότε η μάζα του νερού που θα σχηματιστεί θα είναι ίση με τη μάζα που είχε αρχικά το παγάκι. Άρα ισχύει $m_π=m_ν$ ή $\rho_π \cdot V = \rho_ν \cdot V_ν$. Τότε η σχέση (1) γίνεται $\rho_ν \cdot g \cdot V' = m_ν \cdot g$ ή $\rho_ν \cdot g \cdot V' = \rho_ν \cdot V_ν \cdot g$ ή $V' = V_ν$. Δηλαδή προκύπτει ότι το νερό που θα σχηματιστεί από το λιώσιμο του πάγου θα έχει όγκο $V_ν$, όσος ήταν και ο όγκος V' που είχε το βυθισμένο κομμάτι από το παγάκι. Οπότε δε μεταβάλλεται ο συνολικός όγκος και άρα δεν ανεβαίνει η στάθμη του νερού

μέσα στο ποτήρι. Άρα και η υδροστατική πίεση στον πάτο του ποτηριού παραμένει αμετάβλητη.

Αλλιώς όπως φαίνεται στο σχήμα το δοχείο με το νερό δέχεται μια δύναμη Α΄ που είναι η αντίδραση της άνωσης που ασκεί αυτό στο παγάκι. Έτσι η συνολική δύναμη που ασκείται στο ποτήρι είναι το συνολικό βάρος του ποτηριού με το νερό w η Α΄ καθώς και η αντίδραση από την επιφάνεια στήριξης Ν. Τότε είναι $N=w+A'=w+\rho_v \cdot g \cdot V'$ (2), τότε βέβαια και η συνολική δύναμη στην επιφάνεια στήριξης θα είναι ίση και αντίθετη.
Όταν το παγάκι λιώσει τότε η συνολική δύναμη στην επιφάνεια στήριξης δε θα αλλάξει και θα είναι $N=w+w_{\pi}$, όπου w_{π} είναι το βάρος που είχε το παγάκι.
Τότε ισχύει $N=w+m_{\pi} \cdot g$ (3)
Όμως η μάζα m_{π} που είχε αρχικά το παγάκι θα είναι ίση με τη μάζα του νερού που σχηματίστηκε όταν έλιωσε το παγάκι δηλαδή ισχύει $m_{\pi}=m_v$ ή $\rho_{\pi} \cdot V=\rho_v \cdot V_v$ (4). Τότε η σχέση (3) με τη βοήθεια της (4) γίνεται $N=w+\rho_v \cdot V_v \cdot g$ (5). Συγκρίνοντας τις σχέσεις (2) και (5) προκύπτει ότι $V'=V_v$. Δηλαδή όπως και προηγουμένως προκύπτει ότι το νερό που θα σχηματιστεί από το λιώσιμο του πάγου θα έχει όγκο V_v, όσος ήταν και ο όγκος V΄ που είχε το βυθισμένο κομμάτι από το παγάκι και άρα δεν ανεβαίνει η στάθμη του νερού μέσα στο ποτήρι και άρα η υδροστατική πίεση στον πάτο του δε μεταβάλλεται.

11. Να υπολογιστεί ο όγκος που πρέπει να έχει ένα μεγάλο μπαλόνι γεμάτο με αέριο Ήλιο πυκνότητας $\rho_{\eta\lambda\acute{\iota}ου}=0,18 Kg/m^3$ αν θέλουμε να σηκώσει ένα σώμα μάζας m=2,24 Kg.
Δίνεται η πυκνότητα του αέρα $\rho_{\alpha\acute{\varepsilon}\rho\alpha}=1,3 Kg/m^3$.

Λύση:
Για να σηκώσει το μπαλόνι το ζητούμενο βάρος θα πρέπει η άνωση από τον αέρα να εξισορροπήσει το συνολικό βάρος ($w_{ολ}$) του μπαλονιού με το αέριο Ήλιο και του σώματος μάζας m. Από τη συνθήκη ισορροπίας ισχύει, $A=w_{ολ}$ ή $A=w_1+w_2$ όπου $w_1=m \cdot g$ και $w_2=m_{\eta\lambda\acute{\iota}ου} \cdot g$. Τότε προκύπτει
$\rho_{\alpha\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \cdot g \cdot V= m \cdot g + m_{\eta\lambda\acute{\iota}ου} \cdot g$ ή $\rho_{\alpha\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \cdot g \cdot V= m \cdot g + \rho_{\eta\lambda\acute{\iota}ου} \cdot g \cdot V$ ή $\rho_{\alpha\acute{\varepsilon}\rho\alpha} \cdot V= m+\rho_{\eta\lambda\acute{\iota}ου} \cdot V$ ή
$1,3 \cdot V=2,24+0,18 \cdot V$ ή $1,12 \cdot V=2,24$ ή $V=\frac{2,24}{1,12}$ ή $V=2m^3$.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Θεωρήσαμε ότι η μάζα του μπαλονιού είναι περίπου ίση με τη μάζα του αερίου Ηλίου που περιέχει.

Ασκήσεις

1. Ένα αλουμινένιο σώμα έχει μάζα m=54g.
α) Να βρείτε τον όγκο του σώματος.
β) Στη συνέχεια το σώμα αναρτάται από ένα δυναμόμετρο μέσω ενός λεπτού και αβαρούς νήματος. Να υπολογιστεί η τάση του νήματος.
γ) Να υπολογιστεί η τάση του νήματος, όταν το σώμα βυθιστεί εξ' ολοκλήρου μέσα στο νερό. Δίνεται ότι η πυκνότητα του νερού είναι ρ_v=1.000 Kg/m^3,η πυκνότητα του αλουμινίου είναι $\rho_{αλ}$=2.700 Kg/m^3 και g=10m/s^2.

2. Μέσα σε αλατόνερο ισορροπεί βυθισμένο εξ' ολοκλήρου ένα αβγό μάζας m=45g. Αν η πυκνότητα του αλατόνερου είναι $\rho_{αλατ}$=1.200 Kg/m^3, τότε:
α) Να υπολογιστεί ο όγκος του αβγού.
β) Να υπολογίσετε τη δύναμη της άνωσης που δέχεται το αβγό από το αλατόνερο και να τη συγκρίνετε με το βάρος του.
γ) Αν προσθέσουμε επιπλέον αλάτι και η πυκνότητα του αλατόνερου γίνει 1,5 Kg/m^3, τότε να βρεθεί ο όγκος του αβγού που βρίσκεται έξω απ' το αλατόνερο.
δ) Αν αφήσουμε το αβγό σε ποτήρι με καθαρό νερό τότε να εξηγήσετε γιατί αυτό βυθίζεται. Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1.000 Kg/m^3 και g=10m/s^2.

3. Η μέση πυκνότητα του ανθρώπου είναι $\rho_{ανθρ}$=1,04 g/cm^3.
α) Αν ένας άντρας μάζας m=83,2 Kg βυθιστεί ολόκληρος σε μια πισίνα με καθαρό νερό τότε να υπολογιστεί το βάρος του καθώς και η άνωση που δέχεται από το νερό.
β) Αν ο άνθρωπος αυτός μπει σε πισίνα με αλατόνερο, πυκνότητας $\rho_{αλατ}$=1,2Kg/m^3, τότε να υπολογιστεί το ποσοστό του όγκου του σώματός του που βρίσκεται έξω από το νερό. Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ_v=1 g/cm^3 και g=10m/s^2.

4. Ένα κυλινδρικό σώμα μάζας m=54g και πυκνότητας ρ=2,7 g/cm^3, βυθίζεται εξ' ολοκλήρου μέσα σε ένα υγρό και τότε ζυγίζεται και βρίσκεται ίσο με w΄=0,38N. Να υπολογίσετε την άνωση που δέχεται αυτό καθώς και την πυκνότητα του υγρού. Δίνεται g=10m/s^2.

5. Ένα ξύλινο αντικείμενο πυκνότητας $\rho_{\xi}=0,8\ g/cm^3$ και όγκου $V=300cm^3$, ισορροπεί βυθισμένο κατά το ένα μέρος του σε νερό και κατά το υπόλοιπο μέρος του σε λάδι. Αν δίνεται ότι η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_v=1\ g/cm^3$ και ότι η πυκνότητα του λαδιού είναι $\rho_{\lambda}=0,6\ g/cm^3$, τότε να βρεθεί ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό και στο λάδι αντίστοιχα.

6. Μια σιδερένια σφαίρα όγκου 50 cm^3 ζυγίζει στον αέρα 3,2 Ν και όταν βυθιστεί ολόκληρη στο νερό ζυγίζει 2,8Ν. Τότε:
α) Να υπολογιστεί η επιτάχυνση της βαρύτητας g.
β) Να υπολογιστεί η μάζα και η πυκνότητα της σφαίρας. Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1.000\ Kg/m^3$.

7. Ένα σώμα αναρτάται από ένα λεπτό αβαρές νήμα σ' ένα δυναμόμετρο και τότε στον αέρα ζυγίζει 7Ν. Αν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο νερό τότε η ένδειξη του δυναμόμετρου γίνεται 4,5Ν.
α) Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα στον αέρα και στο νερό.
β) Να υπολογιστεί η τάση του νήματος όταν το σώμα βρίσκεται έξω από το νερό.
γ) Να υπολογιστεί η άνωση που δέχεται το σώμα μέσα στο νερό.
δ) Να υπολογιστούν ο όγκος και η πυκνότητα του σώματος.
ε) Να υπολογιστεί το βάρος του νερού που εκτοπίζεται όταν βυθιστεί μέσα σ' αυτό το σώμα.
Δίνεται η πυκνότητα του νερού $\rho_v=1.000\ Kg/m^3$ και $g=10m/s^2$.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1. Η δύναμη που μας εμποδίζει να βυθίσουμε ένα μπαλόνι στο νερό είναι η άνωση**. ( )**

2. Άνωση δεν ασκείται στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα. ( )

3. Μια πέτρα που είναι βυθισμένη μέσα στο νερό έχει μικρότερο βάρος απ' ό,τι όταν βρίσκεται έξω από αυτό. ( )

4. Δυο διαφορετικά σώματα έχουν την ίδια μάζα και βυθίζονται εξ' ολοκλήρου στο νερό. Τότε η άνωση είναι η ίδια και για τα δυο σώματα. ( )

5. Ένας ξύλινος κύβος επιπλέει στο νερό. Τότε η πυκνότητά του είναι ίση ή μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. ( )

6. Ένα σώμα αναρτάται από ένα λεπτό αβαρές νήμα σ' ένα δυναμόμετρο και στον αέρα ζυγίζει 8N. Αν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο νερό, τότε η ένδειξη του δυναμόμετρου γίνεται, 7N, άρα η άνωση που δέχεται το σώμα είναι 1N ( ).

7. Η άνωση εξαρτάται από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται. ( )

8. Στη σελήνη ένα σώμα δέχεται μικρότερη άνωση απ' ότι στη Γη. ( )

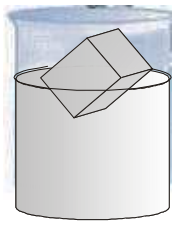
9. Μια συμπαγής και μια κούφια σιδερένια σφαίρα, έχουν τον ίδιο όγκο. Τότε η συμπαγής σφαίρα βυθίζεται γιατί έχει μεγαλύτερο βάρος. ( )

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1. Μέσα σ' ένα δοχείο με νερό βυθίζουμε ένα χάλκινο και ένα αλουμινένιο σώμα του ίδιου όγκου V. Τότε η άνωση που δέχεται κάθε σώμα όταν είναι βυθισμένο ολόκληρο μέσα στο νερό είναι:
α) η ίδια και για τα δυο σώματα αφού έχουν τον ίδιο όγκο.
β) μεγαλύτερη στο χάλκινο αντικείμενο επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα.
γ) μεγαλύτερη στο αλουμινένιο αντικείμενο επειδή έχει μικρότερη πυκνότητα.
δ) δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τις δυο δυνάμεις γιατί δεν γνωρίζουμε τις μάζες των δυο σωμάτων.

2. Ένα σώμα αναρτάται από ένα λεπτό αβαρές νήμα σ' ένα δυναμόμετρο και τότε στον αέρα ζυγίζει 7N. Αν το βυθίσουμε ολόκληρο μέσα στο νερό, τότε η ένδειξη του δυναμόμετρου γίνεται,
α) 10N
β) 7N
γ) 5N
δ) 0 N.

3. Ένα παγάκι επιπλέει μέσα σ' ένα ποτήρι γεμάτο με νερό. Το παγάκι λιώνει. Τότε:



α) αυξάνεται η στάθμη του νερού μέσα στο ποτήρι,
β) αυξάνεται υδροστατική πίεση στον πάτο του ποτηριού,
γ) δεν αυξάνεται ούτε η στάθμη του νερού μέσα στο ποτήρι, αλλά ούτε και η υδροστατική πίεση στον πάτο του ποτηριού,
δ) η μάζα του νερού που θα σχηματιστεί είναι ίση με τη μάζα που είχε αρχικά το νερό μέσα στο ποτήρι.

4. Όταν βυθίσουμε το ίδιο σώμα σε μεγαλύτερο βάθος, μέσα σε ένα υγρό τότε παρατηρούμε ότι η
α) άνωση δε μεταβάλλεται,
β) άνωση αυξάνεται,

γ) άνωση μειώνεται,
δ) άνωση μετά από κάποιο βάθος μηδενίζεται.

5. Το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στο ίδιο σώμα που είναι βυθισμένο ολόκληρο μέσα σ' αυτό,
α) μεγαλύτερη άνωση
β) μικρότερη άνωση
γ) την ίδια άνωση ανεξάρτητα από το υγρό.
δ) άνωση που εξαρτάται από τον όγκο του υγρού.

6. Η αρχή του Αρχιμήδη διατυπώνεται στη γλώσσα των μαθηματικών με τη σχέση:
α) $A=w_{\sigma\acute{\omega}\mu\alpha\tau\circ\varsigma}$
β) $A= \rho_{\upsilon\gamma\rho\circ\acute{\upsilon}} \cdot g \cdot h_{\sigma\acute{\omega}\mu\alpha\tau\circ\varsigma}$
γ) $A= \frac{\rho g}{V}$
δ) $A=\rho_{\upsilon\gamma\rho\circ\acute{\upsilon}} \cdot g \cdot V_{\beta\upsilon\theta\iota\sigma\mu\acute{\varepsilon}\nu\circ}$

7. Μια ξύλινη και μια σιδερένια σφαίρα έχουν την ίδια μάζα.
α) Η ξύλινη σφαίρα επιπλέει γιατί έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό.
β) Η σιδερένια σφαίρα βυθίζεται γιατί έχει μεγαλύτερο βάρος
γ) Η ξύλινη σφαίρα επιπλέει γιατί έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό.
δ) Η σιδερένια σφαίρα βυθίζεται γιατί δέχεται μικρότερη άνωση από την ξύλινη.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1. Αν βυθίσουμε μια μεταλλική σφαίρα πρώτα στο νερό και στη συνέχεια στο οινόπνευμα τότε η άνωση που δέχεται σε κάθε περίπτωση είναι ……

2. Αν βυθίσουμε ένα σώμα μέσα σε ένα υγρό τότε το …… του παραμένει σταθερό, ενώ η ένδειξη του δυναμόμετρου …….

3. Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται από ένα υγρό σ' ένα σώμα βυθισμένο μέσα σ' αυτό λόγω της υδροστατικής πίεσης, έχει ……διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η συνισταμένη αυτή δύναμη είναι η …… και οφείλεται στο ……. του υγρού.

4. Όταν αρχίζουμε να βυθίζουμε ένα σώμα μέσα σε ένα υγρό, τότε η άνωση αρχικά…….. Στη συνέχεια όταν ολόκληρο το σώμα βυθιστεί μέσα στο υγρό η άνωση γίνεται …….. ανεξάρτητη από το ……. στο οποίο βρίσκεται το σώμα.

5. Σύμφωνα με την Αρχή του Αρχιμήδη τα υγρά ασκούν δύναμη σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση, και ισούται με το του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα.

6. Το αερόπλοιο δεν πέφτει, γιατί ο αέρας ασκεί σ' αυτό ……..που εξουδετερώνει το βάρος του. Το πλοίο δε βυθίζεται, γιατί το νερό ασκεί σε αυτό …… που εξουδετερώνει το βάρος του.

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Ενέργεια

5.1 Έργο και Ενέργεια

1. Τι ονομάζουμε ενέργεια (Ε);

Η ρίζα της λέξης είναι αρχαιοελληνική από το εν (μέσα) και έργο, δηλαδή σημαίνει την εσωτερική ικανότητα κάποιου να παράγει έργο. Άρα ο ορισμός της ενέργειας **(Ε)** γίνεται μέσω του έργου. Άρα μπορούμε να πούμε ότι ένα σώμα περιέχει ενέργεια όταν μπορεί να παράγει έργο **(W)**.

Ενέργεια (Ε) ενός σώματος λέγεται το έργο (W), που μπορεί να δώσει ή να παράγει αυτό το σώμα.

Γενικά λοιπόν ένα σώμα περικλείει ενέργεια (Ε) όταν μπορεί να παράγει κάποιο έργο (W).

Λέμε ακόμη πως όταν η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο, ή μετατρέπεται από μια μορφή σε κάποια άλλη, μέσω του έργου **προκαλεί μεταβολές.**
Άρα ο υπολογισμός της ενέργειας που μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη ή μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο διευκολύνεται με την εισαγωγή ενός νέου φυσικού μεγέθους: του **έργου**.

➢ *Γενικά, η ύπαρξη της ενέργειας εκδηλώνεται, όταν αυτή μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη.*

2. Τι εκφράζει το έργο (W) μιας δύναμης; Πότε μια δύναμη παράγει έργο;

*Το έργο (W) μιας δύναμης εκφράζει **τη μεταφορά ενέργειας** (Ε) από ένα σώμα σε κάποιο άλλο ή **τη μετατροπή της** από μια μορφή σ' άλλη.*

Η μεταφερόμενη ενέργεια (Ε) ονομάζεται έργο (W).

Μια δύναμη παράγει έργο (W) όταν μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της.

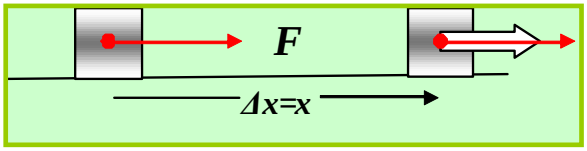
Σήμερα, με την έννοια του έργου περιγράφουμε τη μεταφορά ή τη μετατροπή της ενέργειας κατά τη δράση μιας δύναμης. Δηλαδή χρησιμοποιούμε το φυσικό μέγεθος **έργο** για να εκφράσουμε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από κάποιο σώμα σ' ένα άλλο.

Το 1829 ο Γάλλος φυσικός Κοριόλις αποκάλεσε ***το γινόμενο της δύναμης με τη μετατόπιση***, **έργο**.

Όταν ένας αθλητής ανυψώνει οποιοδήποτε σώμα, ασκείται σ' αυτό μια δύναμη τουλάχιστον ίση με το βάρος του. Λέμε ότι η δύναμη του αθλητή παράγει έργο πάνω στο σώμα, όσο το σώμα ανεβαίνει. Έτσι ενέργεια μεταφέρεται μέσω του έργου της δύναμης του αθλητή, από τον αθλητή στο σώμα. Όταν ο αθλητής κρατάει ακίνητη το σώμα σε κάποιο ύψος, η δύναμη δεν παράγει έργο. *Πάντως και στις δυο περιπτώσεις ο αθλητής* ***κουράζεται***.

3. Πως ορίζεται το έργο W μιας σταθερής δύναμης F, που έχει τη διεύθυνση και τη φορά της μετατόπισης;

Το γινόμενο της **δύναμης** επί την **μετατόπιση** του σημείου εφαρμογής της ονομάζεται έργο της δύναμης και δίνεται από τη σχέση:



$$W = F \cdot \Delta x$$

Το έργο W είναι **μονόμετρο μέγεθος** και η μονάδα μέτρησης του έργου και κατά συνέπεια της ενέργειας στο S.I. είναι το **1N·m=1Joule.**

4. Πότε μια δύναμη παράγει έργο 1J;

Έργο 1 Joule παράγει μια δύναμη 1N που ασκείται σε σώμα το οποίο μετατοπίζεται κατά 1m, κατά την κατεύθυνση της δύναμης.

1J= 1N·m

Ακόμη ισχύει **1KJ=10^{3}J** και **1MJ=10^{6}J.**

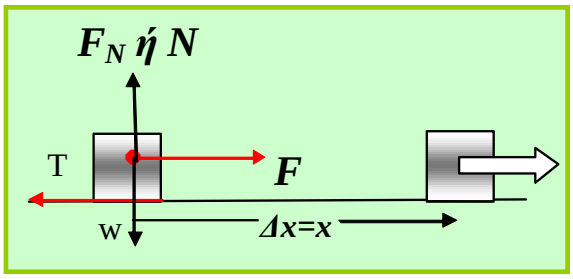
5. Πότε το έργο μιας δύναμης είναι θετικό ή παραγόμενο και πότε αρνητικό ή καταναλισκόμενο;

Όταν η δύναμη F έχει τη διεύθυνση και τη φορά της μετατόπισης x, τότε το έργο της δύναμης είναι θετικό W>0 αλλιώς το έργο είναι αρνητικό W<0.

Επίσης αν η δύναμη είναι **κάθετη** στη μετατόπιση είναι W=0 δηλαδή:

Μια δύναμη που είναι κάθετη στην μετατόπιση δεν παράγει έργο.

Γενικά λοιπόν το έργο μιας δύναμης μπορεί να είναι **θετικό, αρνητικό** ή **μηδέν**.



➢ **Είναι θετικό:** όταν η δύναμη F έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση Δx του σώματος.

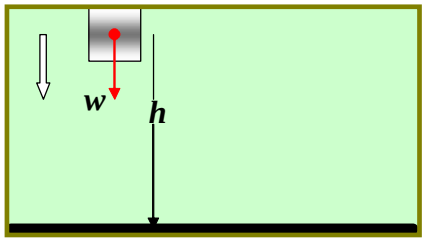
➢ **Είναι αρνητικό:** όταν η δύναμη έχει αντίθετη κατεύθυνση από τη μετατόπιση του σώματος. Δηλαδή, όταν η δύναμη αντιτίθεται στην κίνηση, όπως π.χ συμβαίνει με τη δύναμη της τριβής Τ.

➢ **Είναι μηδέν:** όταν η διεύθυνση της δύναμης είναι κάθετη στη διεύθυνση της μετατόπισης. Για παράδειγμα, για μια οριζόντια κίνηση το έργο του βάρους w ή της δύναμης στήριξης F_N ισούται με το μηδέν. Η δύναμη F παράγει έργο, ενώ οι F_N και w, όχι.

6. Πως υπολογίζεται το έργο τους βάρους ενός σώματος που κινείται κοντά στη γη;

α) Κατά την κατακόρυφη κίνηση ενός αντικειμένου προς τα κάτω το έργο του βάρους για μετατόπιση h θα είναι:

$W_w=w\cdot\Delta x=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$

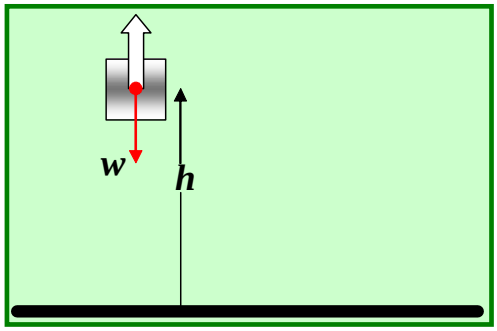


Προσέξτε ότι το έργο είναι θετικό γιατί η δύναμη και η μετατόπιση έχουν την ίδια φορά.

β)Κατά την κατακόρυφη κίνηση προς τα πάνω το έργο του βάρους θα είναι:

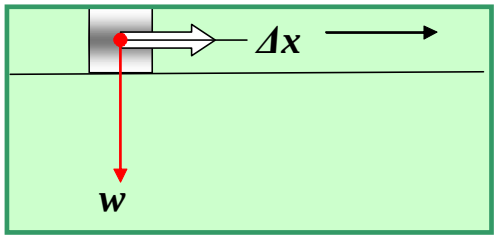
$$W_w=-w\cdot\Delta x=-w\cdot h=-m\cdot g\cdot h$$

Προσέξτε ότι το έργο είναι αρνητικό γιατί η δύναμη και η μετατόπιση έχουν αντίθετη φορά.

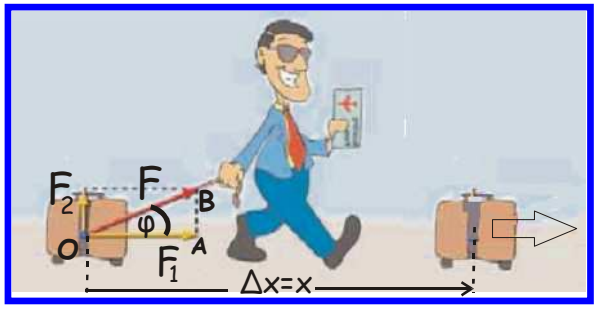


γ)Για οποιαδήποτε οριζόντια μετατόπιση το έργο του βάρους είναι μηδέν μια και τότε το βάρος είναι κάθετο στην μετατόπιση. Έτσι είναι:

$$W=0$$



7. Πόσο είναι το έργο σταθερής δύναμης όταν η δύναμη και η μετατόπιση δεν είναι παράλληλες;



Έστω ότι η δύναμη σχηματίζει γωνία φ με το οριζόντιο επίπεδο. Τότε όπως φαίνεται στο σχήμα μπορώ να αναλύσω τη δύναμη F σε δυο συνιστώσες την μια παράλληλη στην μετατόπιση και την άλλη κάθετη σ' αυτή. Επομένως $W_F=W_{F1}+W_{F2}$.Όμως γνωρίζουμε ότι μια δύναμη κάθετη στην μετατόπιση δεν παράγει έργο άρα $W_{F2}=0$ και τελικά προκύπτει $W_F=W_{F1}=F_1.\Delta x$. Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΟΑΒ ισχύει $συνφ=\frac{OA}{OB}=\frac{F_1}{F}$ ή $F_1=F\cdot συνφ$. Τελικά για το έργο της δύναμης προκύπτει η σχέση $W_F=F_1.\Delta x$ ή
$W_F= F\cdot\Delta x\cdot συνφ$. Πολλές φορές επειδή Δx=x γράφουμε και **$W_F= F\cdot x\cdot συνφ$**.

Αν η F_1 έχει την ίδια φορά με την μετατόπιση x τότε $W_F>0$ αλλιώς $W_F<0$.

Όπως αναφέραμε όταν η δύναμη F έχει τη διεύθυνση και τη φορά της μετατόπισης x, τότε W>0 αλλιώς W<0.
Αυτό για τη γωνία φ που σχηματίζει η δύναμη με τη μετατόπιση σημαίνει πως:

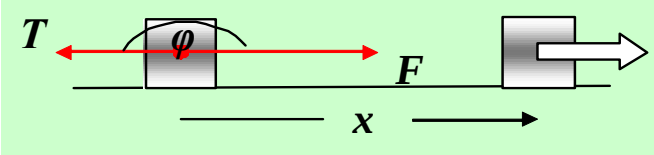
> ***Αν $0\le\varphi< 90^0$ τότε είναι $συνφ>0$ και άρα $W>0$, ενώ αν $90^0<\varphi\le 180^0$ τότε είναι $συνφ<0$ και άρα $W<0$.***

Επίσης παρατηρούμε πως αν $\varphi=90^0$ δηλαδή αν η δύναμη είναι κάθετη στη μετατόπιση είναι $συν90^0=0$ και άρα και W=0 δηλαδή πράγματι αν μια δύναμη είναι κάθετη στην μετατόπιση δεν παράγει έργο.
Παραδείγματα δύναμης που το έργο τους είναι μηδέν επειδή είναι κάθετες στη μετατόπιση είναι:

- *Η Τάση (Τ) του νήματος όταν ένα σώμα που είναι δεμένο σε νήμα κάνει κυκλική κίνηση, το βάρος ενός δορυφόρου που κάνει κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη κ.λπ.*

- *Η κάθετη αντίδραση (Ν), που δέχεται ένα σώμα όταν κινείται σε μια επιφάνεια από την επιφάνεια.*

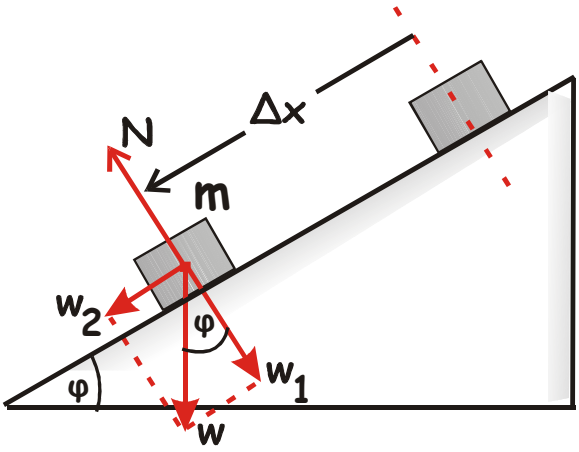
8. Τι γνωρίζετε για το έργο της τριβής ολίσθησης;



Το έργο της τριβής ολίσθησης για την κίνηση του σώματος που φαίνεται στο σχήμα είναι, $W_T=T\cdot x\cdot συνφ$ *ή* $W_T=T\cdot x\cdot συν180^0$*. Όμως ισχύει* $συν180^0=-1$*, άρα προκύπτει ότι:* $\boldsymbol{W_T=-T\cdot x}$ *. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το έργο της τριβής είναι αρνητικό.*

Το αρνητικό έργο, όπως είναι της τριβής, εκφράζει την ενέργεια που αφαιρείται από το σώμα. Ειδικότερα το έργο της τριβής εκφράζει την ενέργεια που μετατράπηκε τελικά σε **θερμότητα.**

9. Πόσο έργο παράγεται από το βάρος ενός σώματος, όταν αυτό κατεβαίνει σ' ένα κεκλιμένο ή πλάγιο επίπεδο;



Το βάρος w του σώματος που κινείται στο κεκλιμένο επίπεδο, είναι κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω. Για να υπολογίσουμε το έργο του βάρους του, πρέπει να το αναλύσουμε σε δύο συνιστώσες: μια κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο (w_1), άρα κάθετη και στη μετατόπιση Δx του σώματος και μια παράλληλη σε αυτό (w_2), άρα παράλληλη στη μετατόπιση Δx.

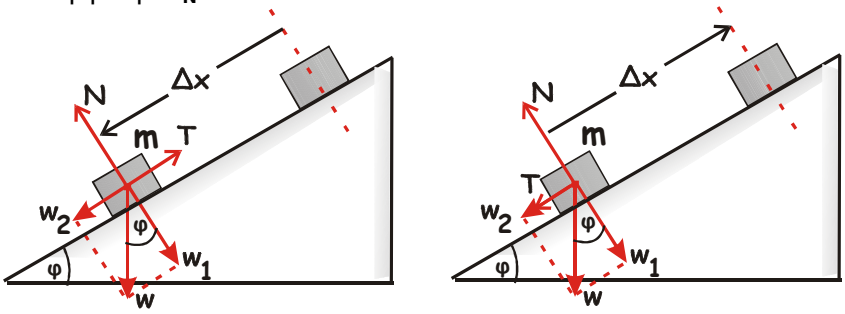
Τότε είναι $W_{w1}=0$ γιατί η συνιστώσα W_{W1} του βάρους είναι κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο δηλαδή είναι κάθετη στη μετατόπιση του σώματος και άρα δεν παράγει κάποιο έργο. Ακόμη για τη συνιστώσα του βάρους W_{W2} την παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο

δηλαδή την παράλληλη στη μετατόπιση Δx του σώματος έχουμε: $W_{w2}= w_2 \cdot Δx$.
Οπότε, σύμφωνα με τα προηγούμενα, το έργο (W_w) του βάρους του σώματος μάζας m κατά την κίνησή του στο κεκλιμένο επίπεδο προκύπτει:
$W_w = W_{w2}= w_2 \cdot Δx$. Ακόμη όμως για τις συνιστώσες του βάρους ισχύει $w_1=w\cdot συνφ$ και $w_2=w\cdot ημφ$, άρα προκύπτει και **$W_w =w\cdot Δx\cdot ημφ$.**

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

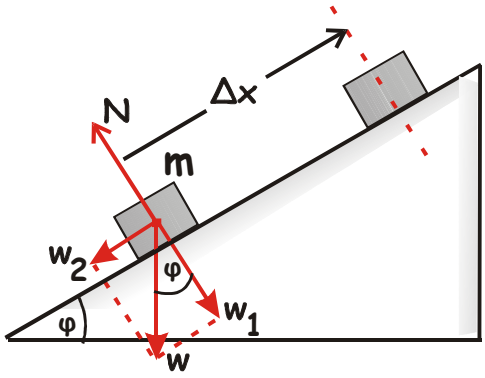
- Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θεωρήσαμε το κεκλιμένο επίπεδο λείο οπότε δεν υπάρχει τριβή. Η κάθετη αντίδραση Ν είναι κάθετη στη μετατόπιση οπότε και αυτή δεν παράγει κάποιο έργο ή **$W_N=0$**.

- Στην περίπτωση που υπάρχει και τριβή το έργο της τριβής είναι αρνητικό μια και η τριβή έχει αντίθετη φορά από τη μετατόπιση Δx. Άρα είναι **$W_T= -T\cdot Δx$**



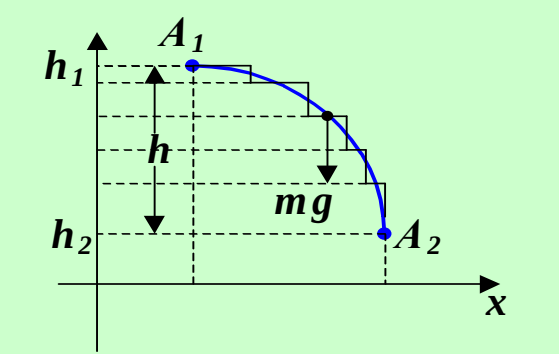
Παρατηρείστε ότι η φορά της τριβής αλλάζει ώστε να είναι πάντα αντίθετη στη μετατόπιση Δx. Άρα το έργο της τριβής ολίσθησης είναι πάντα αρνητικό!

- Κατά την άνοδο του σώματος στο κεκλιμένο επίπεδο η συνιστώσα του βάρους w_2 έχει αντίθετη φορά από τη μετατόπιση Δx άρα το έργο του βάρους κατά την άνοδο του σώματος είναι αρνητικό. Έτσι κατά την άνοδο του σώματος στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε:



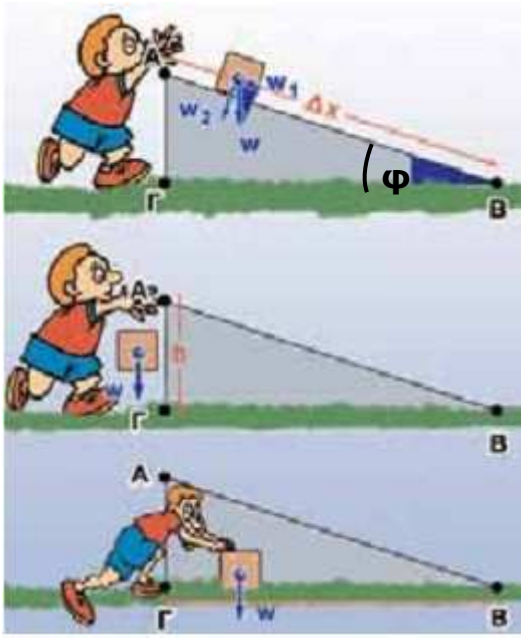
$$W_w = W_{w2}= -w_2 \cdot Δx$$

➢ Για μια τυχαία τέλος μετακίνηση ενός σώματος μεταξύ των θέσεων A_1 και A_2 μπορεί να θεωρηθεί ότι πραγματοποιείται με στοιχειώδεις οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις οπότε το έργο του βάρους υπολογίζεται ως άθροισμα των αντίστοιχων στοιχειωδών έργων.



Σε όλες όμως τις στοιχειώδεις οριζόντιες μετατοπίσεις το έργο του βάρους θα είναι μηδέν αφού βλέπουμε ότι το βάρος είναι κάθετο στη μετατόπιση. Έτσι έργο για το βάρος θα έχουμε μόνο για τις κατακόρυφες μετατοπίσεις που είναι παράλληλες στο βάρος. Το άθροισμα όμως όλων των κατακόρυφων μετατοπίσεων όπως φαίνεται στο σχήμα είναι h1-h2.
Έτσι για ο του βάρους θα έχουμε:
$W=w\cdot(h_1-h_2)=m\cdot g\cdot(h_1-h_2)=m\cdot g\cdot h$. Άρα για το έργο του βάρους μας ενδιαφέρει μόνο η **κατακόρυφη μετατόπιση** μεταξύ της αρχικής και τελικής θέσης του σώματος και **όχι η** συνολική του **μετατόπιση**. Δεν μας ενδιαφέρει δηλαδή η διαδρομή που ακολουθεί το σώμα.

10. Να δείξετε ότι το έργο του βάρους του σώματος του σχήματος, για μετατόπιση του σώματος από το σημείο Α στο σημείο Β δεν εξαρτάται από είδος της διαδρομής **(τη μετατόπιση** $\overrightarrow{AB}$**)** αλλά μόνο από τη διαφορά ύψους **μεταξύ** αρχικής και τελικής θέσης **(κατακόρυφη μετατόπιση** $\overrightarrow{A\Gamma}$**).**



Έστω ότι αφήνουμε το σώμα να ολισθήσει κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου (ΑΒ). Τότε το έργο του βάρους του σώματος είναι: $W_{w(AB)} = W_{w1} = w_1\cdot\Delta x = w_1\cdot(AB)$. Ακόμη όμως

για τις συνιστώσες του βάρους ισχύει $w_2=w\cdot συνφ$ και $w_1=w\cdot ημφ$, όπου φ= $\hat{AB\Gamma}$ είναι η γωνία κλίσεως του κεκλιμένου επιπέδου. Άρα προκύπτει και $W_{w(AB)} =w\cdot(AB)\cdot ημφ$. Ακόμη στο ορθογώνιο τρίγωνο ΑΓΒ έχουμε

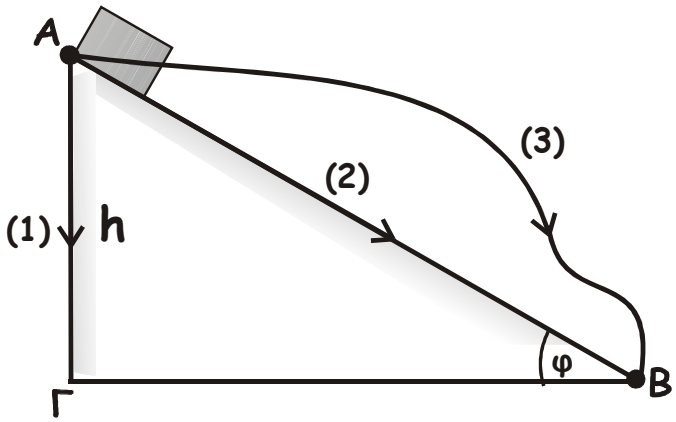
ημφ= $\frac{(A\Gamma)}{(AB)}$ ή (ΑΒ)·ημφ=(ΑΓ), άρα προκύπτει $W_{w(AB)} =w\cdot(A\Gamma)$

ή $W_{w(AB)} =w\cdot h$.

Έστω τώρα ότι αφήνουμε το σώμα να πέσει κατακόρυφα από το Α στο Γ και στη συνέχεια το σπρώχνουμε πάνω στο οριζόντιο επίπεδο από το Γ έως το Β.

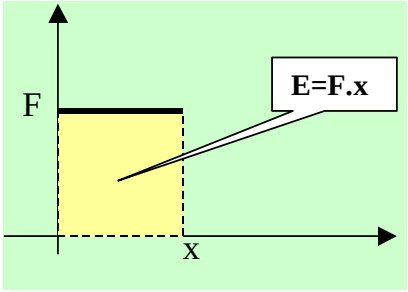
Τότε το έργο του βάρους $W_{w(A\Gamma)}=w\cdot(A\Gamma)=w\cdot h$. Ακόμη το έργο του βάρους για τη μετατόπιση του σώματος από το Γ στο Β είναι $W_{w(\Gamma B)}=0$ γιατί το βάρος w είναι κάθετο στη μετατόπιση ΓΒ. Τότε προκύπτει

$W_{w(A\Gamma B)}= W_{w(A\Gamma)}+ W_{w(\Gamma B)}= W_{w(A\Gamma)}= w\cdot(A\Gamma)=w\cdot h$. Δηλαδή πράγματι όποια διαδρομή και να ακολουθήσουμε για να πάμε από το σημείο Α στο σημείο Β το έργο του βάρους είναι $W_w=w\cdot h$ ανεξάρτητο της διαδρομής.



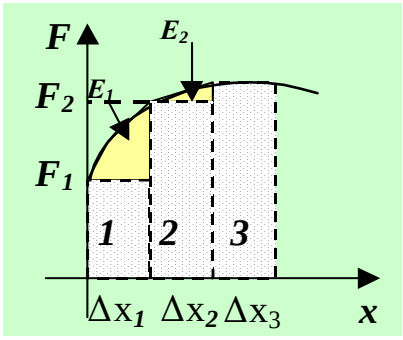
Στην πραγματικότητα όποια από τις διαδρομές (1), (2) και (3) και να ακολουθήσει το σώμα για να πάει από το Α στο Β το έργο του βάρους είναι πάντα Ww=w·h ανεξάρτητο της διαδρομής.
Ακόμη προσέξτε ότι αφού το $W_{w(AB)} =w\cdot h$ τότε το έργο του βάρους από το Β στο Α θα είναι $W_{w(BA)} =-w\cdot h$. Άρα το συνολικό έργο $W_{w(A\Gamma BA)} = W_{w(A\Gamma B)}+ W_{w(BA)} =$ $=w\cdot h -w\cdot h=0$. Δηλαδή το έργο του βάρους κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής (ΑΓΒΑ) είναι ίσο με μηδέν. Τέτοιες δυνάμεις ονομάζονται **συντηρητικές.**

11. Τι γνωρίζετε για το έργο μεταβλητής δύναμης;



- *Αν η δύναμη που μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της είναι σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση, τότε το έργο της είπαμε πως είναι F·x. Μια τέτοια δύναμη σε άξονες δύναμη – μετατόπιση παριστάνεται από μια ευθεία παράλληλη στον άξονα των μετατοπίσεων, όπως φαίνεται στο σχήμα.*

Τότε όμως το εμβαδό του σκιασμένου παραλληλογράμμου είναι F·x δηλαδή είναι ίσο αριθμητικά με το έργο της δύναμης.



- *Αν η δύναμη όμως έχει σταθερή κατεύθυνση αλλά το μέτρο της μεταβάλλεται, (είναι μεταβλητή), τότε η γραφική της παράσταση σε άξονες δύναμης – μετατόπισης, είναι μια τυχαία καμπύλη γραμμή. Τότε παίρνουμε τις πολύ μικρές μετατοπίσεις $Δx_1$, $Δx_2$,.... κ.λπ. Για αυτές τις πολύ μικρές μετατοπίσεις μπορούμε να θεωρήσουμε τη δύναμη σταθερή κατά μέτρο. Έτσι έχουμε $W_1=F_1·Δx_1$, $W_2=F_2·Δx_2$,..... και $W_{ολ}= F_1·Δx_1+ F_2·Δx_2+$..... Δηλαδή το συνολικό έργο ισούται με το γραμμοσκιασμένο εμβαδό (1+2+3).*

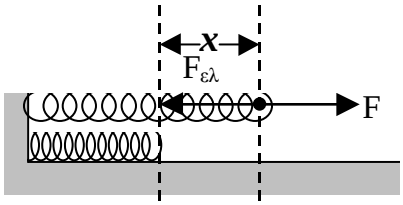
Παρατηρούμε όμως τότε ότι μας περισσεύουν τα μικρά τριγωνάκια του σχήματος. Αν όμως τα Δx γίνουν πολύ μικρά, δηλαδή αν τα Δx τείνουν στο 0, τότε και τα εμβαδά E_1 , E_2,.....τείνουν στο μηδέν.

Τελικά προκύπτει τότε, ότι το συνολικό εμβαδό που περικλείεται από την καμπύλη της δύναμης και τον άξονα των μετατοπίσεων x, θα μας δίνει το συνολικό έργο της δύναμης.

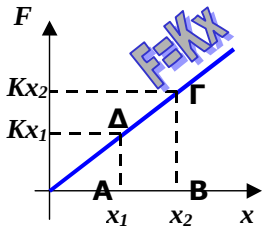
Συμπερασματικά λοιπόν, αν η δύναμη δεν είναι σταθερή, δεν μπορούμε να χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του έργου της τη σχέση F·x, αλλά θα κάνουμε πάντα γραφική παράσταση.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα μεταβλητής δύναμης είναι η δύναμη του ελατηρίου, για το μέτρο της οποίας σύμφωνα με τον κανόνα του Hook έχουμε F=K·x.

10. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης ελατηρίου $W_{Fελ}$.



Έστω ότι η δύναμη που παραμορφώνει το ελατήριο είναι F. Αν το ελατήριο επιμηκύνεται με σταθερή ταχύτητα τότε ισχύει $F=F_{ελ}$. Όμως από το νόμο του Hook για το μέτρο της δύναμης του ελατηρίου ισχύει $F_{ελ}=K·x$,άρα και $F=K·x$. Για τον υπολογισμό του έργου της F δεν μπορούμε να καταφύγουμε στο γινόμενο δύναμη επί μετατόπιση, γιατί το μέτρο της δύναμης δεν παραμένει σταθερό. Έτσι θα χρειαστεί να κάνουμε γραφική παράσταση, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Το έργο της δύναμης F για επιμήκυνση του ελατηρίου από τη θέση x_1 στη θέση x_2 (όπου τα x_1 και x_2 είναι η αρχική και τελική επιμήκυνση του ελατηρίου) θα είναι ίσο με το εμβαδό $E_{μβαδό}$ του τραπεζίου ΑΒΓΔ. Έχουμε λοιπόν:



$W_F = E_{μβαδό} = \frac{B+\beta}{2}\cdot\upsilon = \frac{K\cdot x_2 + K\cdot x_1}{2}\cdot(x_2-x_1)$ ή $W_F = \frac{1}{2}\cdot K\cdot(x_2^2-x_1^2)$ ή

$W_F = \frac{1}{2}K\cdot x_2^2 - \frac{1}{2}K\cdot x_1^2$.

Η σχέση αυτή ισχύει τόσο κατά την επιμήκυνση όσο και κατά τη συμπίεσή του.

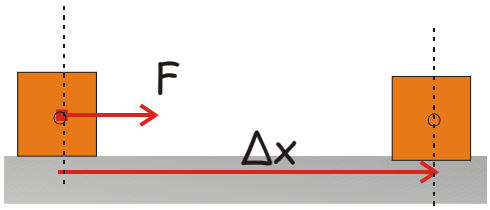
Βέβαια το έργο της δύναμης του ελατηρίου θα είναι αντίθετο απ' αυτό της F.

Άρα $W_{Fελ} = -W_F$ ή $\boldsymbol{W_{Fελ} = \frac{1}{2}Kx_1^2 - \frac{1}{2}Kx_2^2}$.

Αν το ελατήριο βρίσκεται αρχικά στη θέση φυσικού του μήκους άρα είναι $x_1=0$, τότε το έργο της δύναμης F που επιμηκύνει το ελατήριο για επιμήκυνση $x_2=x$, θα είναι $\boldsymbol{W_F = \frac{1}{2}Kx^2}$.

Λυμένες ασκήσεις

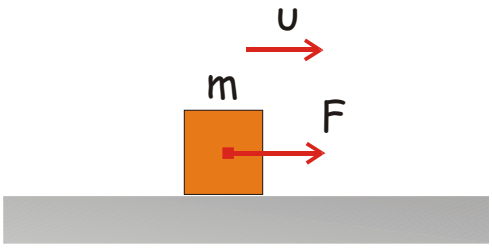
1. Να υπολογιστεί το έργο μιας δύναμης μέτρου F=10N, η οποία μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της κατά Δx = 4m.



Λύση:

Η δύναμη F έχει τη φορά της μετατόπισης Δx, οπότε το έργο της δίνεται από τη σχέση W=F·Δx και είναι W=10·4=40J

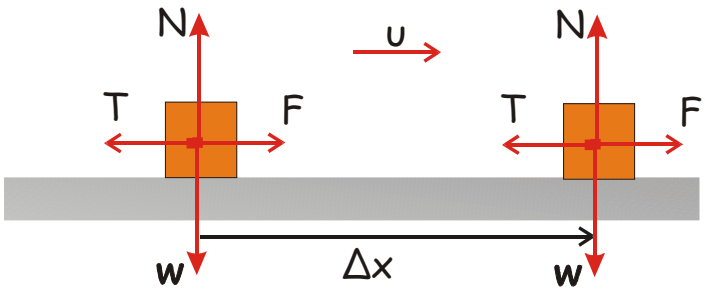
2. Σώμα μάζας m=5Kg κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση οριζόντιας δύναμης F=200N με σταθερή ταχύτητα υ. Να υπολογιστούν
α) Όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα και
β) τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα για μετατόπισή του κατά Δx=15m. Δίνεται g=10m/s^2.



Λύση:

αΑ) Στο σώμα ασκούνται οι παρακάτω δυνάμεις:

☑ **Το βάρος w** του σώματος με w=m·g=50N,



που είναι κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω.
☑ **Η κάθετη αντίδραση Ν,** από το οριζόντιο επίπεδο στήριξης που είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω
☑ **Η οριζόντια δύναμη F** και
☑ **Η τριβή ολίσθησης Τ**, από το οριζόντιο επίπεδο με φορά αντίθετη της κίνησης.

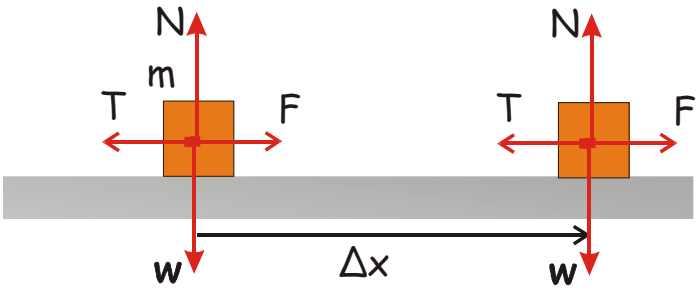
Από την ισορροπία του σώματος στην κατακόρυφη διεύθυνση έχουμε $F_{ολy}=0$ ή $N=w=50N$. Ακόμη από την ισορροπία το σώματος (κινείται με σταθερή ταχύτητα) στον οριζόντιο άξονα έχουμε $F_{ολx}=0$ ή $F=T=200N$.

β) Επειδή η δύναμη του βάρους w και της κάθετης αντίδρασης Ν είναι κάθετες στη μετατόπιση Δx του σώματος γι' αυτό το έργο τους είναι μηδέν δηλαδή ισχύει $Ww=W_N=0$.
Για το έργο της δύναμης F ισχύει $W_F=F\cdot\Delta x=200\cdot15=3000$ J.
Επειδή η δύναμη της τριβής Τ έχει αντίθετη φορά από τη μετατόπιση Δx το έργο της είναι αρνητικό ή καταναλισκόμενο και ισχύει
$W_T= - T\cdot\Delta x =-200\cdot15=-3000$ J.

3. Σώμα μάζας m=2Kg κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση οριζόντιας δύναμης F=30N. Αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ σώματος και επιπέδου είναι μ=0,2, να υπολογιστούν τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα για μετατόπισή του κατά Δx=0,5m.
Έχουμε ισορροπία του σώματος σ' αυτή την περίπτωση; Δίνεται $g=10m/s^2$.

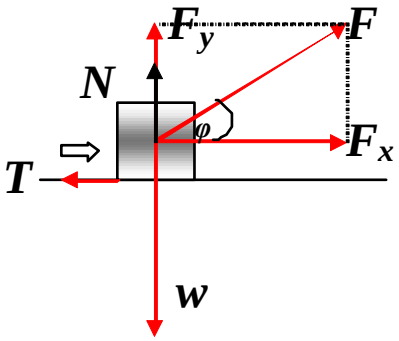
Λύση:

Το βάρος του σώματος είναι $w=m\cdot g=20N$. Από την ισορροπία του σώματος στην κατακόρυφη διεύθυνση έχουμε $F_{ολy}=0$ ή $N=w=50N$. Ακόμη γνωρίζουμε ότι για την τριβή ολίσθησης ισχύει $T=\mu\cdot N=0,2\cdot50=10N$.



Η δύναμη του βάρους w και η δύναμη της κάθετης αντίδρασης N είναι κάθετες στη μετατόπιση Δx του σώματος γι' αυτό το έργο τους είναι μηδέν, δηλαδή ισχύει Ww=0 και W_N=0.
Για το έργο της δύναμης F ισχύει W_F=F·Δx=30·0,5=15 J.
Για το έργο της τριβής ισχύει W_T= - T·Δx =-10·0,5=-5 J.
Παρατηρούμε ότι στον οριζόντιο άξονα είναι $F_{ολx}$=F-T=30-10=20N≠0. Άρα το σώμα δεν ισορροπεί αλλά η ταχύτητά του μεταβάλλεται.

4. Σώμα μάζας m=10Kg κινείται με σταθερή ταχύτητα σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση σταθερής δύναμης F=60N, που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ=60^0.
Να υπολογιστούν τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα για μετατόπιση του σώματος στο οριζόντιο επίπεδο κατά Δx=20m.
Δίνεται συν60^0=$\frac{1}{2}$.



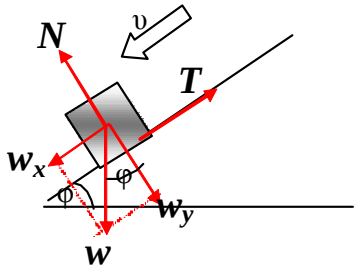
Λύση:

Για τον υπολογισμό του έργου της δύναμης F ισχύει W_F=F·Δx·συνφ=60·20·$\frac{1}{2}$=600 J. Ακόμη από την ισορροπία το σώματος (κινείται με σταθερή ταχύτητα) στον οριζόντιο άξονα έχουμε $F_{ολx}$=0 ή T=F_x=F·συνφ=60·$\frac{1}{2}$=30N. Τότε για το έργο της τριβής ισχύει
W_T= - T·Δx =-30·20=-600 J.

Η F_y συνιστώσα της δύναμης F δεν παράγει έργο γιατί είναι κάθετη στη μετατόπιση. Για τον ίδιο λόγο είναι μηδέν και το έργο του βάρους w αλλά και το έργο της κάθετης αντίδρασης N. Δηλαδή είναι και W_N=W_w=0.

Παρατηρείστε πως όταν το σώμα κινείται με **σταθερή** ταχύτητα το αλγεβρικό άθροισμα των έργων όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι μηδέν. Αλλιώς αν είναι διάφορο του μηδενός, η ταχύτητα του σώματος θα μεταβάλλεται.

5. Σώμα βάρους w=200N, ολισθαίνει προς τα κάτω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης φ=30^0 με σταθερή ταχύτητα.
α) Να υπολογιστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα και
β) Να υπολογιστούν τα έργα όλων των δυνάμεων για μετατόπιση του σώματος κατά Δx=5m, πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Δίνονται ημ30^0=$\frac{1}{2}$ και συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$.



Λύση:

α) Το σώμα ισορροπεί. Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα τον κάθετο στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε $F_{ολy}$=0 ή N=w_y. Για τη συνιστώσα w_y του βάρους του σώματος ισχύει w_y=w·συνφ=200·συν30^0=200·$\frac{\sqrt{3}}{2}$=100·$\sqrt{3}$ N. Οπότε προκύπτει και N=100·$\sqrt{3}$ N. Ακόμη από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε $F_{ολx}$=0 ή w_x=T. Για τη συνιστώσα w_x του βάρους του σώματος ισχύει w_x=w·ημφ=200·ημ30^0=200·$\frac{1}{2}$=100N. Άρα και T=100N.

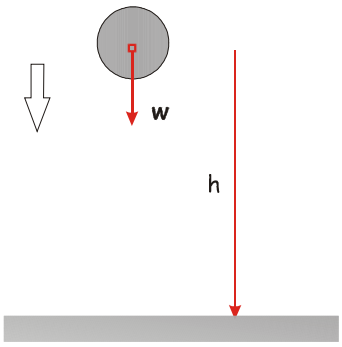
β) Επειδή η κάθετη αντίδραση N και η συνιστώσα w_y του βάρους είναι κάθετες στη μετατόπιση του σώματος για αυτό το έργο τους είναι μηδέν, δηλαδή ισχύει W_N=W_{wy}=0.
Για το έργο της συνιστώσας w_x του βάρους είναι Wwx=w_x·Δx= w·ημφ·Δx=
=100·5 =500 J. Άρα μπορούμε να πούμε ότι για κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο το συνολικό έργο του βάρους του σώματος είναι όσο και το έργο της w_x συνιστώσας του αφού η w_y δεν παράγει έργο.
Για το έργο της τριβής έχουμε W_T= - T·Δx =-100·5=-500 J.

6. Από ύψος h=3m, αφήνουμε να πέσει μια μπάλα m=200 g.
α) Πόσο είναι το έργο του βάρους στη μπάλα κατά την κάθοδο;
β) Υποθέστε ότι η μπάλα αφού χτυπήσει στο έδαφος ανεβαίνει σε ύψος h΄=0,8m. Πόσο είναι τότε το έργο του βάρους κατά την άνοδο; Δίνεται g=10m/s^2.

Λύση:

α) Κατά την κατακόρυφη κίνηση της μπάλας προς τα κάτω, το έργο του βάρους για μετατόπιση h θα είναι:
Ww=w·Δx=w·h=m·g·h=0,2·10·3=6 J.

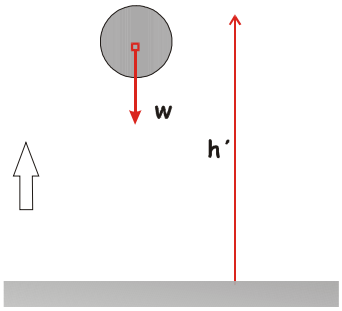
Προσέξτε ότι το έργο είναι θετικό γιατί η δύναμη και η μετατόπιση έχουν την ίδια φορά.



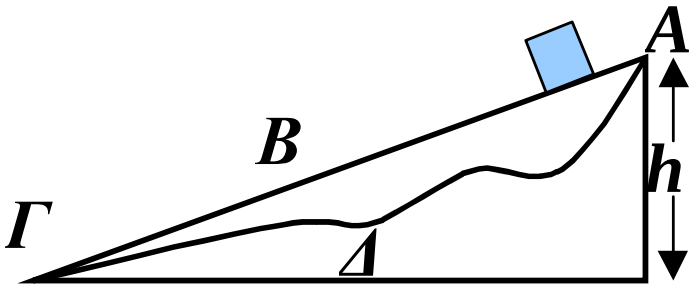
β)Κατά την κατακόρυφη κίνηση της μπάλας προς τα πάνω το έργο του βάρους θα είναι:

W_w=-w·Δx=-w·h΄=-m·g·h΄=-0,2·10·0,8 =-1,6 J.

Προσέξτε ότι το έργο είναι αρνητικό γιατί η δύναμη και η μετατόπιση έχουν αντίθετη φορά.



7. Σώμα μάζας m=1Kg ολισθαίνει με σταθερή ταχύτητα, τη μια φορά κατά μήκος της διαδρομής ΑΒΓ και τη δεύτερη φορά κατά μήκος της ΑΔΓ. Αν h=2m να υπολογιστεί το έργο του βάρους W_w και το έργο της τριβής ολίσθησης W_T στις δυο περιπτώσεις.
Είναι η τριβή συντηρητική δύναμη;
Δίνεται $g=10m/s^2$.



Λύση:

Για το έργο του βάρους μας ενδιαφέρει μόνο η **κατακόρυφη μετατόπιση** μεταξύ της αρχικής και τελικής θέσης του σώματος και **όχι η** συνολική του **μετατόπιση**. Δεν μας ενδιαφέρει δηλαδή η διαδρομή που ακολουθεί το σώμα. Έτσι για το έργο του βάρους ισχύει $W_w=m\cdot g\cdot h=20$ J.

Έτσι όποια από τις διαδρομές (ΑΒΓ), (ΑΔΓ) και να ακολουθήσει το σώμα για να πάει από το Α στο Γ το έργο του βάρους είναι πάντα Ww=w·h ανεξάρτητο της διαδρομής. Τέτοιες δυνάμεις ονομάζονται **συντηρητικές δυνάμεις.**

Αφού το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα αυτό σημαίνει πως το έργο της τριβής θα είναι αντίθετο του έργου του βάρους σε κάθε διαδρομή. Άρα το έργο της τριβής θα είναι $W_T=-20$ J και για τις δυο διαδρομές (ΑΒΓ) και (ΑΔΓ).

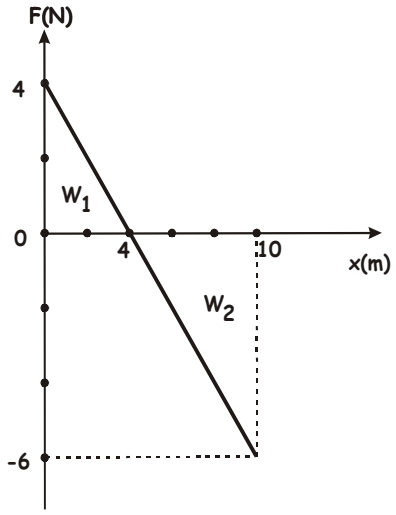
Ακόμη προσέξτε ότι αφού το $W_{w(ΑΒΓ)} = W_{w(ΑΔΓ)} =w\cdot h$ τότε το έργο του βάρους από το Γ στο Α θα είναι $W_{w(ΓΒΑ)} = W_{w(ΓΔΑ)} =-w\cdot h$. Άρα το συνολικό έργο του βάρους $W_{w(ολ)}$, κατά μήκος κάθε κλειστής διαδρομής (ΑΒΓΑ) και (ΑΔΓΑ) είναι ίσο με μηδέν. Δηλαδή ισχύει $W_{w(ολ)}=0$.
Για το έργο της τριβής όμως αν αντιστρέψουμε τη φορά διαγραφής και μετατοπίσουμε το σώμα από το σημείο Γ στο σημείο Α θα αντιστραφεί και η φορά της τριβής η οποία είναι πάντα αντίθετη της κίνησης με αποτέλεσμα το έργο της να είναι πάλι αρνητικό και ίσο με $W_T=-20$ J. Άρα το συνολικό έργο της τριβής κατά μήκος της κλειστής διαδρομής (ΑΒΓΑ) ή (ΑΔΓΑ) είναι ίσο με

-20-20=-40 J. Δηλαδή το συνολικό έργο της τριβής ολίσθησης $W_{Τ(ολ)}$ κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής είναι διαφορετικό του μηδενός. . Δηλαδή ισχύει $W_{Τ(ολ)}$=-40 J≠0.
Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η τριβή ολίσθησης είναι μη συντηρητική δύναμη.

8. Να βρείτε το έργο μιας δύναμης η οποία μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά x = 10m, κατά τη διεύθυνή της αν το μέτρο της είναι F=4-x. Θεωρείστε x_0=0m.

Λύση:

Αν μια δύναμη δεν είναι σταθερή, δεν μπορούμε να χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό του έργου της τη σχέση F·x, αλλά θα κάνουμε πάντα γραφική παράσταση. Επειδή η δύναμη δίνεται από τη σχέση F=4-x πρόκειται για μια εξίσωση $1^{ου}$ βαθμού άρα η γραφική της παράσταση είναι μια ευθεία γραμμή.
Χρειαζόμαστε λοιπόν, τουλάχιστον δυο σημεία για να χαράξουμε τη γραφική παράσταση. Για x=0 είναι F=4 N. Ακόμη για x=10m είναι F=-6N. Ακόμη παρατηρούμε πως η δύναμη μηδενίζεται όταν x=4m Έτσι προκύπτει η διπλανή γραφική παράσταση F(x).



Το έργο W_1 της δύναμης για μετατόπιση του σώματος κατά x=4m είναι ίσο με το εμβαδό του τριγώνου που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της δύναμης και του άξονα των x (για x=0 μέχρι x=4m). Άρα έχουμε $W_1=\frac{4\cdot 4}{2}$=8 J.

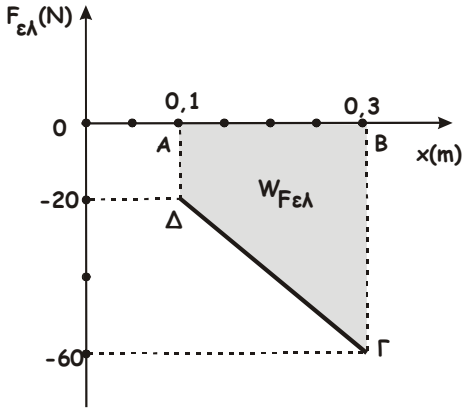
Ακόμη το έργο W_2 της δύναμης για μετατόπιση του σώματος από x=4m μέχρι x=10m είναι ίσο με το εμβαδό του τριγώνου που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της δύναμης και του άξονα των και από x=4m μέχρι x=10m. Άρα έχουμε $W_2=\frac{6\cdot(-6)}{2}$=-18 J. Τελικά για το συνολικό έργο της δύναμης F έχουμε $W=W_1+W_2$=8-18=-10 J.

9. Αβαρές ελατήριο φυσικού μήκους λ_0=0,2m, επιμηκύνεται από τη θέση που έχει μήκος λ_1=0,3m, στη θέση με μήκος λ_2=0,5m. Πόσο είναι το έργο της δύναμης του ελατηρίου για την παραπάνω επιμήκυνση; Δίνεται η σταθερά του ελατηρίου K=200N/m.

Λύση:

Η δύναμη του ελατηρίου είναι πάντα αντίθετη της παραμόρφωσης x του ελατηρίου. Έτσι από το νόμο του Hook λαβαίνοντας υπόψη μας και τη φορά για τη δύναμη του ελατηρίου ισχύει $F_{ελ}$=-K·x.

Παρατηρούμε ότι η δύναμη του ελατηρίου είναι μια μεταβλητή δύναμη. Για τον υπολογισμό του έργου της $F_{ελ}$ δεν μπορούμε να καταφύγουμε στο γινόμενο δύναμη επί μετατόπιση. Έτσι θα χρειαστεί να κάνουμε γραφική παράσταση.



Για την επιμήκυνση του ελατηρίου στην αρχική του θέση έχουμε $x_1=\lambda_1-\lambda_0$=0,1m. Τότε είναι $F_{ελ(1)}$=-K·x_1=-200·0,1=-20N. Για την επιμήκυνση του ελατηρίου στην τελική του θέση έχουμε $x_2=\lambda_2-\lambda_0$=0,3 m. Τότε είναι $F_{ελ(2)}$=-K·x_2=-200·0,3=-60N. Τότε προκύπτει η γραφική παράσταση $F_{ελ}$(x) όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.
Το έργο της δύναμης του ελατηρίου είναι τότε ίσο με το γραμμοσκιασμένο εμβαδό $E_{μβαδό}$ του τραπεζίου ΑΒΓΔ.

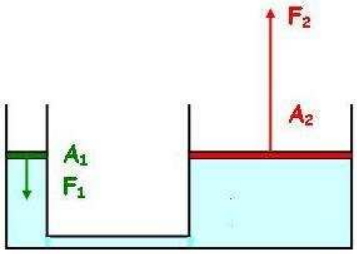
Έχουμε λοιπόν:

$W_{Fελ}= E_{μβαδό} = \frac{B+\beta}{2}\cdot\upsilon = \frac{-60-20}{2}\cdot(0,3-0,1)$ ή $W_{Fελ}$=-40·0,2=-8 J.

Βέβαια έχουμε πει ακόμη, πως το έργο της δύναμης του ελατηρίου δίνεται και από τη σχέση $W_{Fελ}=\frac{1}{2}\cdot K\cdot x_1^2-\frac{1}{2}\cdot K\cdot x_2^2$ οπότε έχουμε:

$W_{Fελ}=\frac{1}{2}\cdot K\cdot(x_1^2-x_2^2)=\frac{1}{2}\cdot 200\cdot(0,01-0,09)=100\cdot(-0,08)=-8J.$

10. Στο διπλανό σχήμα φαίνεται ένα υδραυλικός ανυψωτήρας που χρησιμοποιείται για την ανύψωση των αυτοκινήτων. Το μικρό έμβολο έχει διατομή εμβαδού $A_1=4cm^2$, ενώ το μεγάλο έχει διατομή $A_2=200\ cm^2$. Τότε



α) να υπολογιστεί η δύναμη F_1 που πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε το μεγάλο να ανυψώσει ένα αυτοκίνητο βάρους w=10.000 N.

β) Να υπολογίσετε τα έργα των δυο δυνάμεων F_1 και F_2 κατά την ανύψωση του αυτοκινήτου κατά 1cm.

Λύση:

α) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal έχουμε ότι η πίεση που προκαλείται από το μικρό έμβολο διαδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του άρα είναι ίση με την πίεση που ασκείται από το μεγάλο έμβολο. Άρα έχουμε $p_1=p_2$ ή $\frac{F_1}{A_1}=\frac{F_2}{A_2}$.

Όμως η F_2 είναι ίση με το βάρος του αυτοκινήτου άρα έχουμε $F_2=10^4$N. Τότε από την προηγούμενη σχέση προκύπτει $F_1=\frac{A_1}{A_2}\cdot F_2$ ή $F_1=\lambda\cdot F_2$ με

$\lambda=\frac{A_1}{A_2}=\frac{4}{200}=\frac{1}{50}$. Τελικά έχουμε $F_1=\frac{10.000}{50}$ ή $F_1=200$N.

β) Επειδή τα υγρά είναι ασυμπίεστα ο όγκος τους παραμένει σταθερός. Άρα αν το μικρό έμβολο κατέβει κατά Δx_1 τότε το μεγάλο θα ανέβει κατά Δx_2, ώστε ο όγκος ΔV_1 του υγρού που αντιστοιχεί στη μετατόπιση Δx_1 του μικρού εμβόλου να είναι ίσος με τον όγκο ΔV_2 του υγρού που αντιστοιχεί στην αντίστοιχη μετατόπιση Δx_2 του μεγάλου εμβόλου. Άρα ισχύει $\Delta V_1=\Delta V_2$. Όμως ισχύει και $\Delta V_1=A_1\cdot\Delta x_1$ και $\Delta V_2=A_2\cdot\Delta x_2$. Οπότε προκύπτει και $A_1\cdot\Delta x_1=A_2\cdot\Delta x_2$ ή

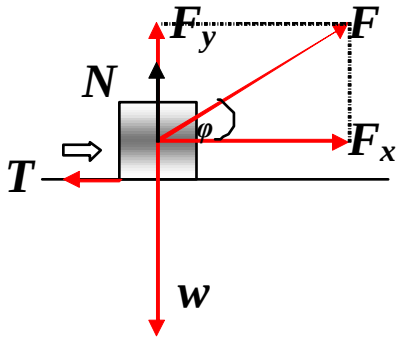
$\Delta x_2=\frac{A_1}{A_2}\Delta x_1$ ή $\Delta x_2=\lambda\cdot\Delta x_1$ με $\Delta x_2=1cm$ και $\lambda=\frac{1}{50}$. Άρα έχουμε $\Delta x_1=\frac{\Delta x_2}{\lambda}=50\cdot1=50$ cm. Τότε το έργο W_1 της δύναμης F_1 θα είναι $W_1=F_1\cdot\Delta x_1=200\cdot0,5=100$ J και το έργο W_2 της δύναμης F_2 θα είναι $W_2=F_2\cdot\Delta x_2=10.000\cdot0,01=100$ J . Παρατηρούμε ότι τα δυο έργα στο μικρό και το μεγάλο έμβολο είναι ίσα.

Ασκήσεις

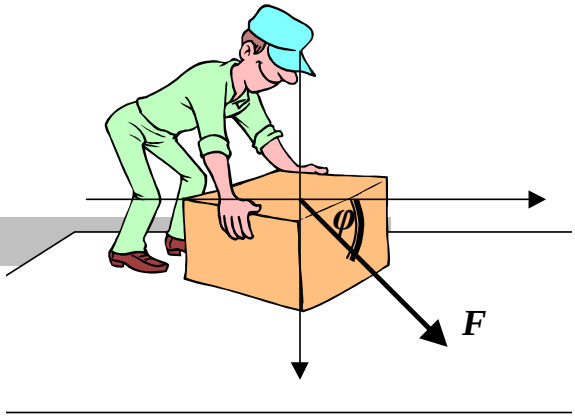
1) Να υπολογιστεί το έργο μιας δύναμης μέτρου F=80N, η οποία μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της κατά Δx =12 cm.

2) Σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα υ=10m/s. Αν στο σώμα εξασκείται οριζόντια δύναμη F=150N να υπολογιστεί το έργο της τριβής για μετατόπιση του σώματος κατά Δx=3m.

3)Σώμα μάζας m=10Kg κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με την επίδραση σταθερής δύναμης F=60N που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία $\varphi=30^0$.
Αν μ=0,5 να υπολογιστούν τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα για μετατόπιση του σώματος στο οριζόντιο επίπεδο κατά Δx=1,5m.
Δίνονται $\eta\mu30^0=\frac{1}{2}$, $\sigma\upsilon30^0=\frac{\sqrt{3}}{2}$ και $g=10m/s^2$.



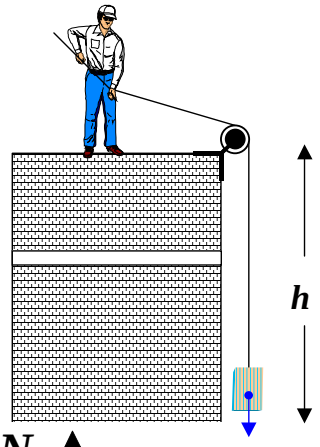
4) Ο εργάτης του σχήματος σπρώχνει το κιβώτιο με δύναμη F=10N όπως στο σχήμα. Αν $\varphi=60^0$, και τριβές δεν υπάρχουν να υπολογίσετε τα έργα όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο



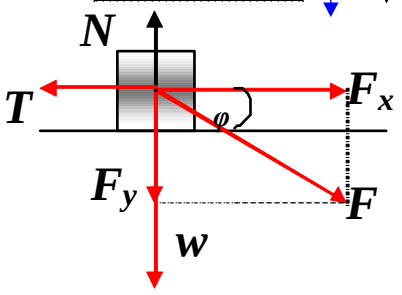
κιβώτιο για μετατόπιση του κιβωτίου κατά Δx=5m. Ποια είναι η χημική ενέργεια που ξόδεψε ο εργάτης; Δίνονται ημ60^0= $\frac{\sqrt{3}}{2}$ και συν60^0= $\frac{1}{2}$.

5) Ένας εργάτης ανυψώνει με σταθερή ταχύτητα ένα σώμα m=10Kg σε ύψος h=5m και το κρατά σε εκείνη τη θέση για 20sec. Πόσο έργο παράγει; Δίνεται g=10m/s^2.

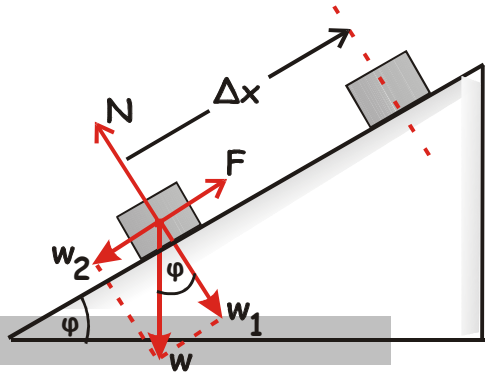
6) Ένας άνθρωπος τραβά σώμα μάζας m=60Kg σε ύψος h=20m όπως στο σχήμα.
α) Να υπολογιστεί το έργο του βάρους του σώματος κατά την ανύψωση του σώματος.
β) Πόσο είναι το έργο της τάσης του νήματος;
γ) Πόσο έργο πραγματοποιήθηκε από τον άνθρωπο;
Θεωρείστε ότι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα και αγνοείστε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητας του σώματος στην αρχή και το τέλος της κίνησης. Δίνεται g=10m/s^2.



7)Στο σώμα μάζας m=5Kg του σχήματος εξασκείται δύναμη F=50N, που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ=45^0, προς τα κάτω.
Αν μ=0,2 να υπολογίσετε το W_F και το έργο της τριβής W_T για μετατόπιση του σώματος κατά Δx=10m; Δίνονται ημ45^0=συν45^0= $\frac{\sqrt{2}}{2}$ και $\sqrt{2}$ =1,4.

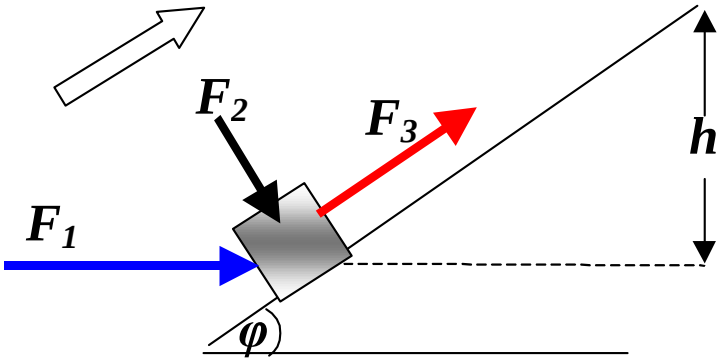


8) Σώμα βάρους w=40N, ολισθαίνει προς τα πάνω σε λείο κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης φ=30^0 με σταθερή ταχύτητα.
α) Να υπολογιστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα και
β) Να υπολογιστούν τα έργα όλων των δυνάμεων για μετατόπιση του σώματος κατά

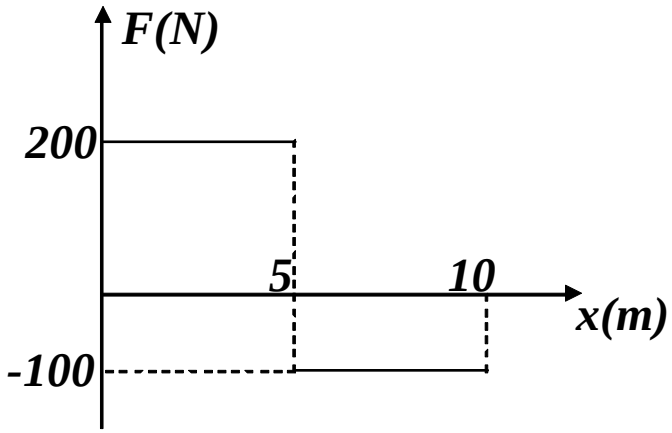


Δx=80cm, πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο. Δίνονται ημ30^0=$\frac{1}{2}$ και συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$.

9)Ένα σώμα βάρους w=50N κινείται προς τα πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο γωνίας κλίσης φ=30^0 υπό την επίδραση των τριών δυνάμεων του σχήματος. Αν η F_1 είναι οριζόντια με F_1=40N F_2 κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο με F_2=20N και F_3 παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο με F_3=30N. Υπολογίστε το έργο κάθε δύναμης καθώς το σώμα υψώθηκε κατά h=80cm.
Πόσο είναι τότε το έργο του βάρους του σώματος; Δίνονται ημ30^0=$\frac{1}{2}$ και συν30^0=$\frac{\sqrt{3}}{2}$.



10) Σε σώμα μάζας m εξασκείται η δύναμη του σχήματος. Να υπολογίσετε το έργο της F για μετατόπιση του σώματος κατά:
α) 5m και
β) 10m



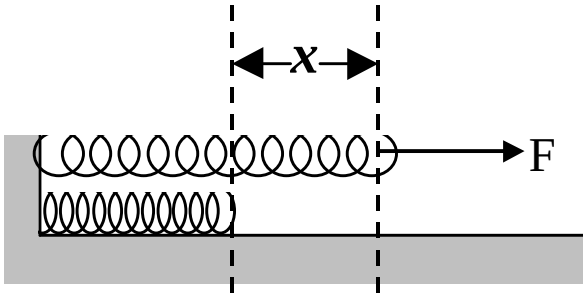
11) Άνθρωπος κινείται σε οριζόντιο δρόμο κουβαλώντας βαλίτσα εξασκώντας με το χέρι του κατακόρυφη προς τα πάνω δύναμη. Πόσο είναι το έργο της

κατακόρυφης αυτής δύναμης του ανθρώπου πάνω στη βαλίτσα; Γιατί ο άνθρωπος αισθάνεται κούραση για την προσπάθειά του αυτή;

12)Πόσο έργο παράγεται από το βάρος όταν δορυφόρος εκτελεί μισή περιφορά και πόσο όταν εκτελεί δυο περιφορές;

13)Σε σώμα μάζας m που κινείται στο οριζόντιο επίπεδο, μεταξύ των άλλων εξασκείται και μια οριζόντια δύναμη της μορφής F=10-2x. Να υπολογίσετε το έργο της δύναμης F για μετατόπιση του σώματος κατά i)x=4m και ii)x=10m. Δίνεται x_0=0 m.

14)Οριζόντιο ελατήριο σταθεράς K=500N/m βρίσκεται στη θέση φυσικού του μήκους. Πόσο έργο παράγει μια δύναμη για επιμήκυνση του ελατηρίου κατά x=0,5m, με σταθερή ταχύτητα; Πόσο είναι τότε το έργο της δύναμης του ελατηρίου;



Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Κάθε φορά που παράγεται έργο, δαπανάται ενέργεια ίση με το παραγόμενο έργο. **( )**

2) Μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα παράγει έργο ακόμη και αν το σώμα δεν κινείται. **( )**

3) Η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα και το έργο της δύναμης για μια μετατόπιση είναι μεγέθη διανυσματικά. **( )**

4) Το έργο του βάρους, κατά μήκος κλειστής διαδρομής, είναι ίσο με μηδέν. **( )**

5) ο έργο του βάρους ενός σώματος, κατά τη μετακίνησή του μεταξύ δύο θέσεων, δεν εξαρτάται από τη διαδρομή που ακολουθεί το σώμα αλλά μόνο από τις θέσεις αυτές. **( )**

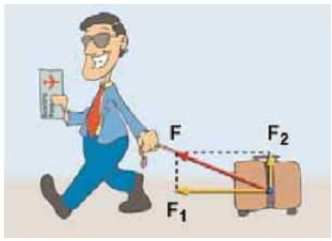
6) Στη διπλανή εικόνα όταν ο αθλητής κρατάει ακίνητη την μπάρα, η δύναμη που ασκεί ο αθλητής παράγει έργο και ο αθλητής κουράζεται. **( )**



7) Το έργο μιας σταθερής δύναμης, είναι σταθερό. **( )**

8) Το έργο μιας δύναμης μπορεί να είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν. **( )**

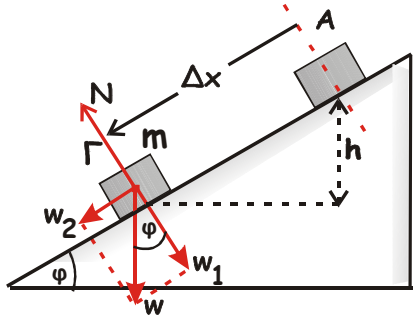
9) Σύρουμε τη βαλίτσα του σχήματος πάνω σε οριζόντιο έδαφος. Τότε το έργο που παράγει η δύναμη F που ασκούμε στη βαλίτσα για μετατόπιση Δx είναι ίσο με $W_F=F_1 \cdot \Delta x$, όπου F_1 είναι η οριζόντια συνιστώσα της δύναμης F. **( )**



10) Το έργο των βαρυτικών δυνάμεων είναι πάντα μηδέν. **( )**

11) Αν ένα σώμα ολισθαίνει σε κεκλιμένο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα, το έργο του βάρους του είναι μηδέν. **( )**

12) Το έργο του βάρους από το Α έως το Γ είναι $W_w=m \cdot g \cdot h$. **( )**

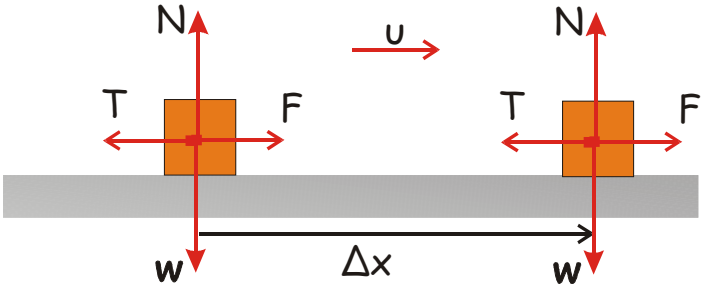


13) Η δύναμη του ελατηρίου είναι μια μεταβλητή δύναμη και για να υπολογίσουμε το έργο της πρέπει να κάνουμε γραφική παράσταση. **( )**

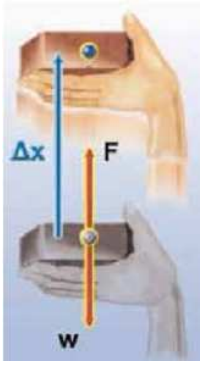
Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Το έργο μιας δύναμης, που μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της, είναι:
α) ίσο με το μηδέν, αν η δύναμη είναι σταθερή.
β) μονόμετρο μέγεθος.
γ) ίσο με τη μεταβολή της ενέργειας του σώματος.
δ) ανεξάρτητο από τη διαδρομή του σημείου εφαρμογής της.

2) Για το σώμα του σχήματος και για την οριζόντια μετατόπισή του Δx,



α) Το έργο της δύναμης F είναι αρνητικό.
β) Το έργο της τριβής Τ είναι μηδέν.
γ) Το έργο του βάρους είναι μηδέν γιατί η διεύθυνση της δύναμης του βάρους είναι κάθετη στη διεύθυνση της μετατόπισης.
δ) Ισχύουν όλα τα παραπάνω.



3) Ανεβάζουμε με σταθερή ταχύτητα με το χέρι μας το τούβλο του σχήματος βάρους w, κατά Δx. Η δύναμη F που ασκεί το χέρι μας έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση. Τότε:
α) Το έργο της F είναι μηδέν.
β) Ισχύει $W_F=F\cdot\Delta x= W_{w.}$
γ) Ισχύει $W_w=w\cdot\Delta x$.
δ) Ισχύει $W_w=-w\cdot\Delta x= -W_F$.

4) Μια δύναμη είναι συντηρητική όταν
Α) το έργο της είναι μεγαλύτερο του μηδενός.
Β) έχει σταθερό μέτρο.
Γ) το σώμα στο οποίο ασκείται διαγράφει κλειστή διαδρομή.
Δ) προκαλεί την ίδια μεταβολή στη κινητική ενέργεια ενός σώματος, κατά τη μεταφορά του από μια θέση Α σε μια θέση Β, ανεξάρτητα από την ακολουθούμενη διαδρομή.

5) Σώμα που αρχικά ηρεμεί δέχεται την επίδραση δύο αντίρροπων δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ διαφορετικού μέτρου. Το έργο της συνισταμένης δύναμης είναι
α. μεγαλύτερο από τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος.
β. ίσο με το συνολικό έργο των δύο δυνάμεων.
γ. ίσο με το γινόμενο των έργων των δύο δυνάμεων.

δ. μικρότερο από τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος.

6) Ένα σώμα μετατοπίζεται σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Το έργο του βάρους του σώματος είναι ίσο με μηδέν, διότι
α. το βάρος είναι δύναμη συντηρητική.
β. το βάρος εξουδετερώνεται από την αντίδραση του επιπέδου.
γ. το βάρος είναι κάθετο στη μετατόπιση.
δ. το επίπεδο είναι λείο.

7) Όταν ανυψώνεται οποιοδήποτε σώμα, ασκείται σ' αυτό μια δύναμη τουλάχιστον ίση με το βάρος του. Τότε:
α) Λέμε ότι η δύναμη παράγει έργο πάνω στο σώμα, όσο το σώμα ανυψώνεται.
β) Ακόμη και όταν το σώμα είναι ακίνητο παράγεται έργο.
γ) Παράγεται έργο μόνο όταν η ταχύτητα του σώματος αυξάνεται.
δ) Παράγεται έργο μόνο όταν το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

8) Το έργο βάρος ενός υποβρυχίου καθώς βυθίζεται κατακόρυφα είναι
α) μηδέν.
β) θετικό.
γ) αρνητικό.
δ) άλλες φορές θετικό και άλλες φορές αρνητικό.

9) Το έργο της οριζόντιας δύναμης $F=2 \cdot x$ που μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της κατά $x=5m$ ($x_0=0$) είναι:
α) 50 J.
β) 25 J.
γ) τα στοιχεία δεν επαρκούν για να απαντήσουμε.
δ) 10 J.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η ενέργεια εμφανίζεται με διάφορες……., μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, αλλά κατά τις μετατροπές της η συνολική ενέργεια …….

2) Με την έννοια του έργου περιγράφουμε τη …… ή τη ……..της ενέργειας κατά τη δράση μιας δύναμης.

3) Έργο 1 Joule παράγει δύναμη 1 Ν που ασκείται σε σώμα το οποίο μετατοπίζεται κατά……, κατά την …….της δύναμης.

4) Το έργο μιας δύναμης είναι αρνητικό όταν η δύναμη έχει αντίθετη ……..από τη μετατόπιση του σώματος και είναι ……. όταν η δύναμη είναι κάθετη στη μετατόπιση.

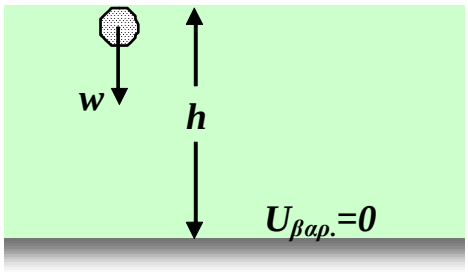
5) Το έργο του βάρους δεν εξαρτάται από τη μετατόπιση παρά μόνο από τη διαφορά …… μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης.

6) Αν ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο το έργο του βάρους του είναι……

5.2 Δυναμική-Κινητική ενέργεια. Δύο βασικές μορφές ενέργειας

1. Τι ονομάζουμε βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{βαρ.}$), ενός σώματος;

Βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{βαρ.}$), ενός σώματος βάρους w σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης, ονομάζουμε την ενέργεια που έχει το σώμα λόγω της **θέσης (h)** στην οποία βρίσκεται.

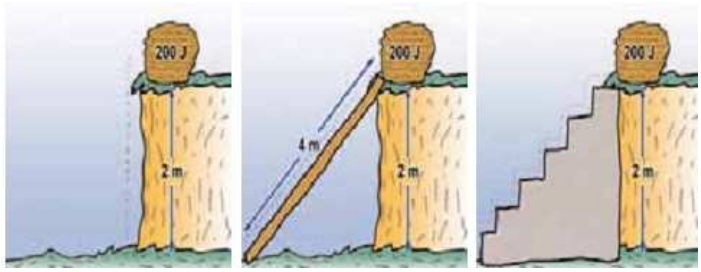


✓ Αποδεικνύεται πως ισχύει η σχέση:

$$U_{βαρ.}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$$

- *Η δυναμική ενέργεια εξαρτάται από το βάρος (w) του σώματος και από την απόστασή του (h) από τη Γη.*

✓ Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος είναι **ανεξάρτητη από τη διαδρομή (δρόμο)**, που ακολούθησε αυτό για να βρεθεί σε αυτό το ύψος.



Για παράδειγμα *ανεβάζουμε μια πέτρα βάρους w=100 N σε ύψος 2 m με τρεις τρόπους:*
(α) ασκώντας κατακόρυφη δύναμη 100 N,
β) σπρώχνοντάς τη με δύναμη 50 N σε ένα κεκλιμένο επίπεδο μήκους 4 m και
(γ) ανεβάζοντάς τη διαδοχικά σε 4 σκαλοπάτια ύψους 0,5 m το καθένα. Και στις τρεις περιπτώσεις το έργο του βάρους είναι το ίδιο. Η πέτρα απέκτησε βαρυτική δυναμική ενέργεια σε σχέση με το έδαφος $U_{βαρ.}=w\cdot h=100\cdot 2=200$ *J.*

✓ Η βαρυτική δυναμική ενέργεια αναφέρεται πάντα ως προς μια **οριζόντια** επιφάνεια (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας ή επίπεδο αναφοράς), όπου θεωρούμε ότι εκεί η δυναμική ενέργεια του σώματος είναι μηδέν. Το ίδιο σώμα μπορεί να έχει διαφορετικές δυναμικές ενέργειες, ανάλογα με το επίπεδο αναφοράς που επιλέγουμε για να μετρήσουμε ως προς αυτό τη δυναμική του ενέργεια.

✓ Εδώ έχουμε επιλέξει ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. *Η δυναμική ενέργεια του σώματος σ' αυτή την περίπτωση είναι θετική και το σώμα αυθόρμητα από μόνο του πηγαίνει στη θέση μηδενικής δυναμικής ενέργειας.*

✓ *Γενικά στις ασκήσεις η επιλογή του επίπεδου μηδενικής δυναμικής ενέργειας εξαρτάται από τις συνθήκες του προβλήματος και μπορεί να είναι η επιφάνεια της Γης, της θάλασσας του θρανίου κ.τ.λ*

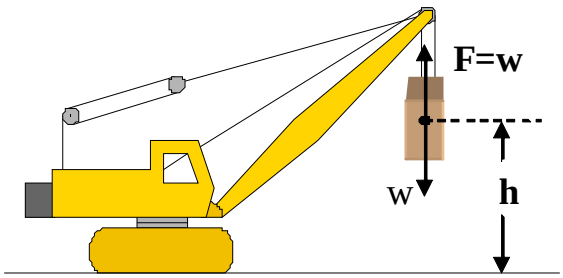
✓ *Συνήθως για λόγους πρακτικούς ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας, θεωρούμε την κατώτερη θέση του σώματος.*

✓ *Το ίδιο σώμα μάζας m, αν βρεθεί στο ίδιο ύψος πάνω από την επιφάνεια της σελήνης, έχει μικρότερη δυναμική ενέργεια γιατί έχει μικρότερο βάρος. Στη Σελήνη έχουμε* $w_{\Sigma}=m\cdot g_{\Sigma}$ *και άρα* $U_{βαρΣ.}=w_{\Sigma}\cdot h= m\cdot g_{\Sigma}\cdot h$. *Το* $g_{\Sigma}=1/6\ g_{Γ}$, *άρα και η δυναμική ενέργεια του ίδιου σώματος στο ίδιο ύψος στην επιφάνεια της Σελήνης είναι το 1/6 της αντίστοιχης δυναμικής ενέργειας στη Γη. Δηλαδή ισχύει* $U_{βαρΣ}=1/6\cdot U_{βαρΓ}$.

✓ Η βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{δυναμική}$) ενός σώματος, μπορεί να πάρει και **αρνητικές τιμές**. Π.χ αν θεωρήσουμε *ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας, την επιφάνεια του θρανίου, τότε ένα σώμα που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του θρανίου έχει αρνητική δυναμική ενέργεια. Τότε το σώμα δεν πηγαίνει αυθόρμητα από μόνο στη θέση μηδενικής δυναμικής ενέργειας αλλά πρέπει να δαπανήσουμε ενέργεια για να το ανεβάσουμε πάνω στο θρανίο.*

2. Πως υπολογίζεται η δυναμική ενέργεια βαρύτητας ($U_{δυναμική}=U_{βαρ}$).

Ένας γερανός ανυψώνει ένα κιβώτιο βάρους w=mg σε ύψος h από το έδαφος.
Αν το κιβώτιο ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα τότε η δύναμη **F** που ασκεί ο γερανός στο κιβώτιο είναι ίση με το βάρος του **w** δηλαδή **F=w**.



Για να υπολογίσουμε την ενέργεια που δίνει ο γερανός ώστε να βρεθεί το κιβώτιο από το έδαφος, στο συγκεκριμένο ύψος αρκεί να υπολογίσουμε το έργο της δύναμης **F** που ασκήθηκε στο κιβώτιο κατά την ανύψωση.

Έτσι θα έχουμε: $W_F=F\cdot h$.

Επειδή όμως όπως είπαμε είναι F=w θα έχουμε $\mathbf{W_F=w\cdot h}$**.** Για την ίδια όμως μετατόπιση το έργο του βάρους είναι αρνητικό γιατί το βάρος w έχει αντίθετη κατεύθυνση από τη μετατόπιση h. Άρα έχουμε $\mathbf{W_w=-w\cdot h}$. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το έργο της δύναμης F, που ανυψώνει το σώμα είναι το αντίθετο του έργου τους βάρους του σώματος για την ίδια ανύψωση. Έχουμε δηλαδή $W_F=-W_w=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$. Ακριβώς αυτή την ποσότητα $m\cdot g\cdot h$ είναι που την ονομάζουμε βαρυτική δυναμική ενέργεια U και ισχύει:

$$\mathbf{U_{βαρ.}=m\cdot g\cdot h}$$

Παρατηρούμε λοιπόν πως η βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{δυναμική}$) ενός σώματος είναι ίση με το έργο της δύναμης που το ανύψωσε.

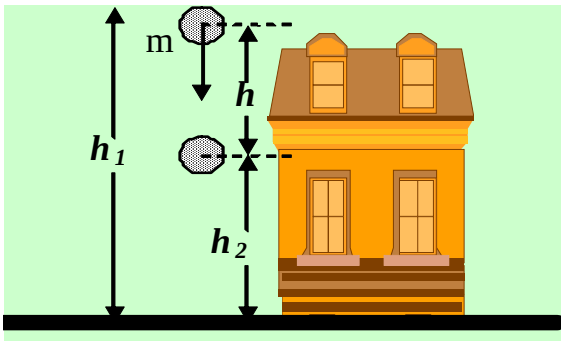
*Η ενέργεια αυτή είναι η ενέργεια που προσφέρθηκε από τον γερανό μέσω του έργου της δύναμης **F** και προέκυψε από την καύση του πετρελαίου (**χημική ενέργεια**), και κατά την ανύψωση του σώματος μετατράπηκε και αποθηκεύτηκε σ΄ αυτό μέσω του έργου του βάρους **w**, με τη μορφή **δυναμικής ενέργειας**. Δηλαδή $E_{χημική}=U_{(δυναμική)}=m\cdot g\cdot h$.*

3. Μπορούμε να ορίσουμε τη δυναμική ενέργεια για ένα μόνο σώμα ή είναι ενέργεια αλληλεπίδρασης;

*Η δυναμική ενέργεια σώματος - γης υπάρχει ακριβώς επειδή ανάμεσα στο σώμα και τη γη υπάρχει βαρυτική **αλληλεπίδραση**. Δηλαδή η δυναμική ενέργεια έχει νόημα και αναφέρεται μόνο σε σύστημα σωμάτων. Δεν μπορούμε να ορίσουμε δυναμική ενέργεια για ένα μόνο σώμα. Επειδή όμως η γη έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα από τα σώματα των οποίων εξετάζουμε την κίνηση και μένει πρακτικά ακίνητη, μπορούμε να λέμε ότι το σώμα βρίσκεται στο βαρυτικό πεδίο της γης και να αναφερόμαστε σε βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος.*

4. Πως υπολογίζεται το έργο βάρους με τη μεταβολή της δυναμικής ενέργεια βαρύτητας;

Έστω ότι το σώμα μάζας m του σχήματος, βρίσκεται αρχικά στην οροφή του κτιρίου σε ύψος h_1 και αφήνεται να πέσει ελεύθερα. Για μετατόπιση του σώματος μέχρι το ύψος h_2 η μεταβολή της δυναμικής του ενέργεια θα είναι:



$U_{αρχ}-U_{τελ}= m\cdot g\cdot h_1-m\cdot g\cdot h_2=m\cdot g\cdot(h_1-h_2)=m\cdot g\cdot h=W_B$.
Δηλαδή τελικά το έργο του βάρους του θα είναι $\mathbf{W_B= U_{αρχ}-U_{τελ}}$=
$=-(U_{τελ}- U_{αρχ})=-\Delta U$.

$$W_B=-\Delta U$$

- *Παρατηρείστε ότι το $m\cdot g\cdot h$ που συνήθως αναφέρεται ως δυναμική ενέργεια του σώματος είναι στην πραγματικότητα η διαφορά της δυναμικής ενέργειας $U_{αρχ}-U_{τελ}$ του συστήματος σώμα – Γη .*

5. Η δυναμική ενέργεια αφορά μόνο τις βαρυτικές αλληλεπιδράσεις;

Όχι. Η δυναμική ενέργεια επεκτείνεται και σε αλληλεπιδράσεις που δεν είναι βαρυτικές. Σε κάθε σύστημα σωμάτων, τα οποία αλληλεπιδρούν και οι αλληλεπιδράσεις περιγράφονται με **συντηρητικές δυνάμεις** δηλαδή με δυνάμεις που το έργο τους είναι ανεξάρτητο της διαδρομής για να πάει το σύστημα από τη θέση Α σε μια θέση Β αντιστοιχεί κάποια δυναμική ενέργεια..
Έτσι και ένα σύστημα δυο ηλεκτρικών φορτίων έχει δυναμική ενέργεια η οποία μάλιστα εξαρτάται από την μεταξύ τους απόσταση. Γενικά το έργο μιας τέτοιας δύναμης αλληλεπίδρασης θα είναι πάντα:

$$W_{F(1\to 2)}=U_1-U_2$$

δηλαδή ίσο με τη διαφορά της **αρχικής** και της **τελικής** δυναμικής ενέργειας.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε πως:

ένας πλανήτης που περιφέρεται γύρω από τον ήλιο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια λόγω της βαρυτικής ελκτικής δύναμης που ασκεί ο ήλιος στον πλανήτη. Αλλά και

ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια λόγω της ελκτικής ηλεκτρικής δύναμης που του ασκεί ο πυρήνας.

6. Τι ονομάζουμε δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης;

Δυναμική ενέργεια δεν έχει ένα σώμα μόνο λόγω της θέσης στην οποία βρίσκεται, αλλά και **λόγω της καταστάσεως** στην οποία βρίσκεται. Έτσι και

- μια τεντωμένη χορδή,
- ένα συμπιεσμένο ελατήριο ή επιμηκυμένο ελατήριο
- μια παραμορφωμένη μπάλα

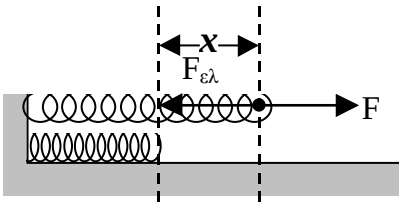
έχουν επίσης δυναμική ενέργεια.

Όμως αυτή τη δυναμική ενέργεια δεν την ονομάζουμε δυναμική ενέργεια βαρύτητας αλλά δυναμική ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης. ** Υπάρχει και η δυναμική ενέργεια μόνιμης ή πλαστικής παραμόρφωσης**

Σ' όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η παραμόρφωση είναι ελαστική, δηλαδή τα σώματα επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση όταν πάψει να ασκείται η δύναμη που τα παραμόρφωσε. Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελαστική παραμόρφωση, έχει δυναμική ενέργεια, που **εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσής του.** Η δυναμική ενέργεια καθενός από τα σώματα αυτά ισούται με **το έργο της δύναμης που τους ασκήθηκε για να τα παραμορφώσει**.

Η δυναμική ενέργεια *παραμόρφωσης ισούται με το* ***έργο της δύναμης*** *που τους ασκήθηκε για να τα παραμορφώσει.*

Τέτοια περίπτωση είναι και η περίπτωση του ιδανικού ελατηρίου του σχήματος. Έχουμε αποδείξει πως σε αυτή την περίπτωση, αν το ελατήριο βρίσκεται αρχικά στη θέση φυσικού του μήκους, το έργο της δύναμης F που επιμηκύνει το ελατήριο για επιμήκυνση x, είναι



$W_F=\frac{1}{2}Kx^2$. Άρα άμεσα συμπεραίνουμε πως ένα ελατήριο που έχει παραμορφωθεί κατά x, έχει ελαστική δυναμική ενέργεια $U_{ελ}=W_F=\frac{1}{2}Kx^2$. Ισχύει:

$$U_{ελ}=\frac{1}{2}Kx^2$$

Δυναμική ενέργεια λέγεται η ενέργεια, που έχει ένα σώμα, λόγω της θέσεως ή της καταστάσεως, στην οποία βρίσκεται.

Γενικά αν σε ένα σώμα ασκείται δύναμη, τότε **το έργο (W)** που του προσφέρουμε μέσω της δύναμης αυτής, αποθηκεύεται στο σώμα με τη μορφή δυναμικής ενέργειας ή αλλιώς λέμε ότι το σώμα έχει δυναμική ενέργεια που **εξαρτάται**:

α. από το μέγεθος της δύναμης,

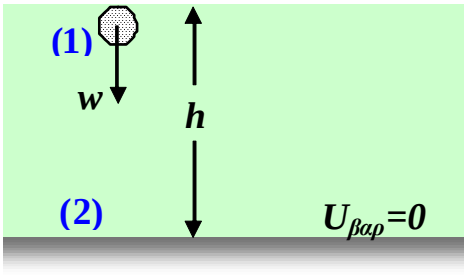
β. τη θέση ή την κατάσταση (παραμόρφωση) του σώματος ενώ

η δυναμική ενέργεια **δεν εξαρτάται** από τη διαδρομή (τροχιά) που ακολούθησε το σώμα για να φτάσει στη θέση ή την κατάσταση αυτή.

Η δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα μπορεί να **μετασχηματιστεί** σε άλλη μορφή ενέργειας ή να **μεταφερθεί** σε κάποιο άλλο σώμα με άλλη μορφή.

7. Σε τι μετατρέπεται η βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{βαρ.}$ όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος;

Το σώμα έχει αρχικά βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{βαρ.}=m\cdot g\cdot h$. Ακόμη το έργο της δύναμης του βάρους κατά την πτώση του σώματος είναι $W_w=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$. Δηλαδή κατά την πτώση του σώματος έχουμε δαπάνη ενέργειας ίση με το παραγόμενο

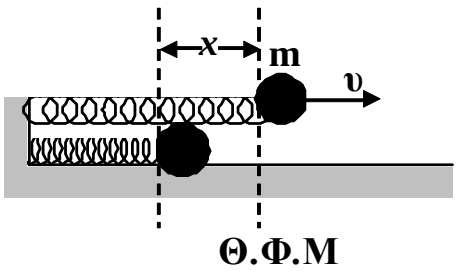


έργο $\mathbf{U_{βαρ.}=m\cdot g\cdot h=W_{w(1\rightarrow 2)}}$**.** Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος δεν έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ή $U_{βαρ.}=0$. *Στην περίπτωση αυτή έχουμε θεωρήσει ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το έδαφος θέση (2).*

Η ενέργεια αυτή δεν εξαφανίστηκε αλλά μετατράπηκε (μετασχηματίστηκε) σε άλλη μορφή.
Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος έχει αποκτήσει ταχύτητα υ. Στη Μηχανική η ενέργεια που έχει ένα σώμα λόγω της κινήσεώς του (ταχύτητας υ), ονομάζεται **κινητική ενέργεια (E_K)**. Άρα η βαρυτική δυναμική ενέργεια (**$U_{βαρ.}$**) μέσω του έργου του βάρους του σώματος **(W_w)** μετατράπηκε σε κινητική ενέργεια του σώματος **(E_K).**

8. Το οριζόντιο ελατήριο του σχήματος είναι συσπειρωμένο κατά x. Στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου ακουμπάμε ένα σώμα μάζας m και αφήνουμε το σύστημα ελεύθερο να κινηθεί. Σε τι μετατρέπεται η ελαστική δυναμική ενέργεια $U_{ελ.}$ του παραμορφωμένου ελατηρίου όταν το ελατήριο φτάσει στη θέση φυσικού του μήκους (Θ.Φ.Μ);

Στην περίπτωση του συσπειρωμένου αβαρούς ελατηρίου του σχήματος, όλη η δυναμική ενέργεια **($U_{ελ}$)** που έχει το ελατήριο όταν είναι συσπειρωμένο κατά x, **μεταφέρεται** στο σώμα μάζας m μέσω του έργου της δύναμης του ελατηρίου **($W_{Fελ}$)** και **μετατρέπεται** σε κινητική ενέργεια του σώματος **(E_K)** στη θέση φυσικού μήκους (Θ.Φ.Μ) του ελατηρίου.



ΠΡΟΣΟΧΗ: Σε μια ενδιάμεση θέση το σύστημα ελατήριο - σώμα (m) έχει και δυναμική και κινητική ενέργεια.

9. Ποια ενέργεια ονομάζεται κινητική ενέργεια (E_K);

Κινητική ονομάζεται η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται.

✓ Η κινητική ενέργεια ενός σώματος που κάνει μεταφορική κίνηση εξαρτάται από τη **μάζα** και την **ταχύτητα** του κινούμενου σώματος.
Τότε για την κινητική ενέργεια του σώματος ισχύει η σχέση:

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u^2.$$

✓ Όταν η ταχύτητα υ του σώματος είναι σταθερή, τότε σε διπλάσια μάζα αντιστοιχεί διπλάσια κινητική ενέργεια.

✓ Όταν η μάζα του σώματος είναι σταθερή, τότε σε διπλάσια ταχύτητα αντιστοιχεί τετραπλάσια κινητική ενέργεια.

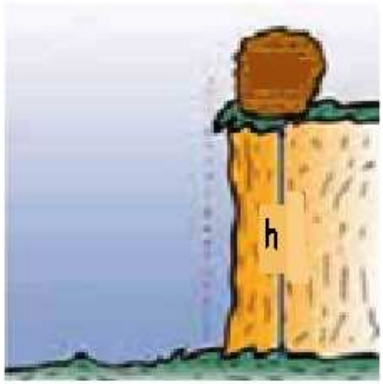
✓ Κινητική ενέργεια μπορεί να έχει ένα **μεταφερόμενο** αλλά και ένα **περιστρεφόμενο** σώμα. Στην περίπτωση του στρεφόμενου σώματος δεν ισχύει η παραπάνω σχέση για την κινητική ενέργεια.

✓ Μονάδα μέτρησης της κινητικής ενέργειας, αλλά και κάθε μορφής ενέργειας, όπως και του έργου στο S.I είναι το 1 Joule.

Λυμένες ασκήσεις

1. Από ύψος h=4m αφήνουμε να πέσει ένα σώμα βάρους w=30N . Πόση είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος ως προς το έδαφος;
α) Πόση είναι η δυναμική του ενέργεια ως προς ένα τραπέζι που έχει ύψος H=1,2m; Τι παρατηρείτε;
β) Ποια θα είναι η τελική δυναμική ενέργεια του σώματος ως προς το έδαφος και ως προς το τραπέζι;

Λύση:



α) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος εξαρτάται από το βάρος (w) του σώματος και από την απόστασή του (h) από τη επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας και ισχύει η σχέση: $U_{βαρ.}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$
Εδώ έχουμε επιλέξει ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. Η δυναμική ενέργεια του σώματος σ' αυτή την περίπτωση είναι θετική και το σώμα αυθόρμητα από μόνο του πηγαίνει στη θέση μηδενικής δυναμικής ενέργειας.
Έτσι είναι $U_{βαρ.}=w\cdot h=30\cdot 4=120$ J.

Η βαρυτική δυναμική ενέργεια αναφέρεται πάντα ως προς μια **οριζόντια** επιφάνεια (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας ή επίπεδο αναφοράς), όπου θεωρούμε ότι εκεί η δυναμική ενέργεια του σώματος είναι μηδέν. Έτσι αν επιλέξουμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας την επιφάνεια του τραπεζιού που απέχει από το έδαφος απόσταση 1,2 m, τότε το σώμα απέχει αρχικά απόσταση από την οριζόντια επιφάνεια του τραπεζιού ίση με
$h'=4-1,2=2,8$m. Τότε η αρχική δυναμική ενέργεια του σώματος ως προς το τραπέζι είναι $U_{βαρ.}=w\cdot h'=30\cdot 2,8=84$ J.

Παρατηρούμε πως το ίδιο σώμα μπορεί να έχει διαφορετικές δυναμικές ενέργειες, ανάλογα με το επίπεδο αναφοράς που επιλέγουμε για να μετρήσουμε ως προς αυτό τη δυναμική του ενέργεια.

β) Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος τότε θα έχει ως προς αυτό, τελική βαρυτική δυναμική ενέργεια ίση με μηδέν $U_{βαρ}=0$. Ως προς το τραπέζι όμως θα έχει τελική βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{βαρ}=-w\cdot H=-30\cdot 1,2=-36$ J.

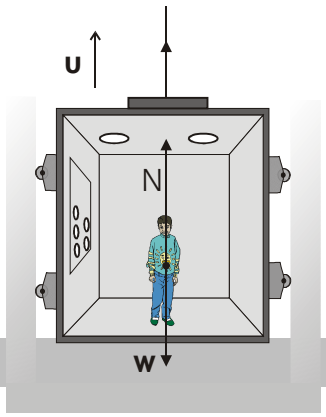
2. Ένας εργάτης μάζας m=85Kg βρίσκεται μέσα σε ασανσέρ και ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα υ, στον 10^o όροφο ουρανοξύστη που βρίσκεται σε ύψος h=30m από το έδαφος.
α) Πόση είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια του εργάτη σε εκείνο το ύψος;
β) Αν ο εργάτης ανέβαινε από τις σκάλες στον 10^o όροφο πόση θα ήταν τότε η δυναμική του ενέργεια σ' εκείνο τον όροφο;
γ) Πόσο είναι το έργο της κάθετης αντίδρασης N, που ασκείται από το πάτωμα του ασανσέρ στον εργάτη και
δ) Πόσο είναι το έργο του βάρους του εργάτη για την παραπάνω ανύψωση; Πως σχετίζεται το έργο του βάρους του εργάτη με τη μεταβολή της δυναμικής του ενέργειας; Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. Δίνεται $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ο εργάτης σε ύψος h=30m από το έδαφος (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας) είναι $U_{βαρ.}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h=85\cdot 10\cdot 30$ ή $U_{βαρ.}=25.500$ J.

β) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος είναι **ανεξάρτητη από τη διαδρομή (δρόμο)**, που ακολούθησε αυτό για να βρεθεί σε αυτό το ύψος. Έτσι και σ' αυτή την περίπτωση έχουμε την ίδια δυναμική ενέργεια ως προς το έδαφος ίση με $U_{βαρ.}=25.500$ J.

γ) Αφού το ασανσέρ ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα αυτό σημαίνει πως $F_{ολ}=0$ ή $N-w=0$ ή $N=w=m\cdot g=850N$. Τότε για το έργο της κάθετης αντίδρασης N ισχύει $W_N=N\cdot h=850\cdot 30=25.500$ J.



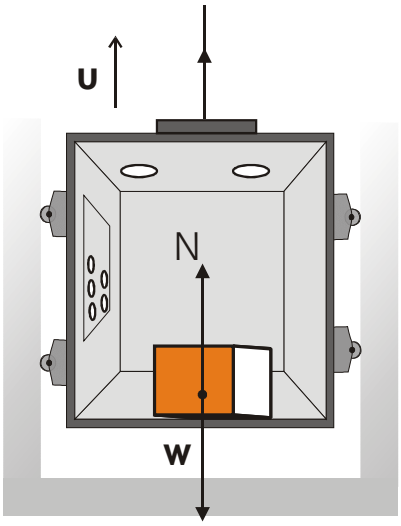
δ) Το έργο του βάρους του εργάτη για την παραπάνω ανύψωση είναι $W_w=-w\cdot h=-25.500$ J. Για τη μεταβολή της δυναμικής του ενέργειας έχουμε $\Delta U=U_{τελ}-U_{αρχ}=25.500-0=25.500$ J. Παρατηρούμε ότι το έργο του βάρους είναι το αντίθετο της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας του σώματος. Άρα ισχύει $W_W= - \Delta U$.

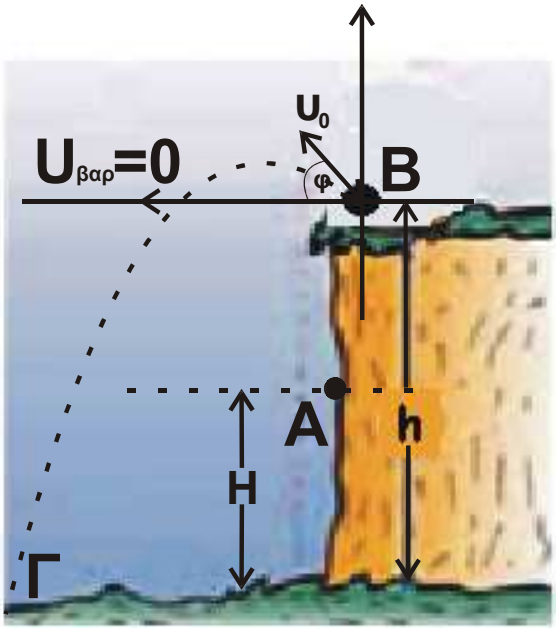
3. Τρεις εργάτες μεταφέρουν από τις σκάλες ενός κτιρίου ένα κιβώτιο μάζας m=100Kg στον 5^o όροφο που βρίσκεται σε ύψος h=15m από το έδαφος.
α) Πόση είναι η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του κιβωτίου για την παραπάνω ανύψωση;
β) Αν παραπάνω εργάτες μετέφεραν το κιβώτιο, με το ασανσέρ που κινείται προς τα πάνω με σταθερή ταχύτητα υ , πόσο θα ήταν το έργο της δύναμης του πατώματος του ασανσέρ στο κιβώτιο; Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. Δίνεται $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Για τη μεταβολή της δυναμικής του ενέργειας έχουμε $\Delta U=U_{τελ}-U_{αρχ}$, όπου $U_{υελ}=m\cdot g\cdot h=100\cdot 10\cdot 15= 15.000$ J.

γ) Αφού το ασανσέρ ανεβαίνει με σταθερή ταχύτητα αυτό σημαίνει πως $F_{ολ}=0$ ή $N-w=0$ ή $N=w=m\cdot g=1000$N. Τότε για το έργο της κάθετης αντίδρασης N ισχύει $W_N=N\cdot h=1000\cdot 15=15.000$ J.





4. Από ύψος h=2m ρίχνουμε προς τα πάνω μια πέτρα m=100 g με αρχική ταχύτητα $υ_0$=5m/s, που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ. Αν θεωρήσουμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο βολής, τότε:
α) Υπολογίστε τη δυναμική ενέργεια της πέτρας όταν φτάσει στο έδαφος.
β) Υπολογίστε το έργο του βάρους W_w της πέτρας κατά την κίνηση της.
γ)Πόσο θα ήταν το έργο του βάρους W_w, αν ρίχναμε την πέτρα με $υ_0$ και γωνία φ προς τα κάτω;
δ) Ποια είναι η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας ως προς το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο Α που βρίσκεται σε ύψος H=1m από το έδαφος; Πόση είναι τότε η τελική δυναμική ενέργεια της πέτρας;
ε)Υπολογίστε την αρχική κινητική ενέργεια της πέτρας. Πιστεύετε ότι η κινητική ενέργεια της πέτρας εξαρτάται από την επιλογή του επιπέδου μηδενικής δυναμικής ενέργειας;
Δίνεται g=10m/s^2.

Λύση:

α) Για την τελική δυναμική ενέργεια της πέτρας ισχύει:
$U_{τελ}$=-m·g·h=0,1·10·2= -2 J.

β) Το έργο του βάρους ενός σώματος, δεν εξαρτάται από το είδος της διαδρομής αλλά μόνο από τη διαφορά ύψους **μεταξύ** αρχικής και τελικής θέσης **(κατακόρυφη μετατόπιση h).**

Έτσι το έργο βάρους της πέτρας θα είναι Ww=m·g·h=2 J. Δηλαδή το έργο του βάρους είναι θετικό αφού η τελική θέση Γ βρίσκεται χαμηλότερα από την αρχική θέση Β.

γ) Και σε αυτή την περίπτωση το έργο του βάρους της πέτρας θα είναι Ww=m·g·h=2 J αφού το έργο του βάρους δε εξαρτάται από τη διαδρομή που ακολούθησε το σώμα για να πάει από την αρχική στην τελική του θέση.

δ) Η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας ως προς το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο Α που βρίσκεται σε ύψος Η=1m από το έδαφος θα είναι $U_{αρχ}$=w·(h-H)=m·g·(h-H)=1 J.

Ενώ η τελική δυναμική ενέργεια της πέτρας θα είναι
$U_{τελ}$= -w·H= -m·g·H= -1 J. Παρατηρείστε πως και σε αυτή την περίπτωση η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του σώματος είναι $ΔU=U_{τελ}-U_{αρχ}$=-1-1=-2 J δηλαδή είναι αντίθετη τυου έργου του βάρους της πέτρας που είναι 2J. Άρα ισχύει $ΔU=-W_w$.

ε) Η αρχική κινητική ενέργεια της πέτρας είναι $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot u_0^2$ ή $E_K=\frac{1}{2}\cdot 0,1\cdot 5^2$
ή E_K= 1,25 J. Η κινητική ενέργεια της πέτρας δεν εξαρτάται από την επιλογή του επιπέδου μηδενικής δυναμικής ενέργειας

5. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια ενός σώματος μάζας m=4Kg τη στιγμή που κινείται με ταχύτητα υ=36km/h. Αν η ταχύτητά του διπλασιαστεί τότε πόση είναι η μεταβολή $ΔE_K$ της κινητικής ενέργειας του σώματος; Ποια είναι η εκατοστιαία μεταβολή της κινητικής του ενέργειας;

Λύση:

Η ταχύτητα του σώματος στο S.I είναι υ=10m/s. Τότε είναι $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot u^2$ ή
$E_K=\frac{1}{2}\cdot 4\cdot 10^2$ ή E_K= 200 J. Αν η ταχύτητα του σώματος διπλασιαστεί και γίνει
υ΄=2υ=20m/s τότε η τελική κινητική ενέργεια του σώματος θα γίνει

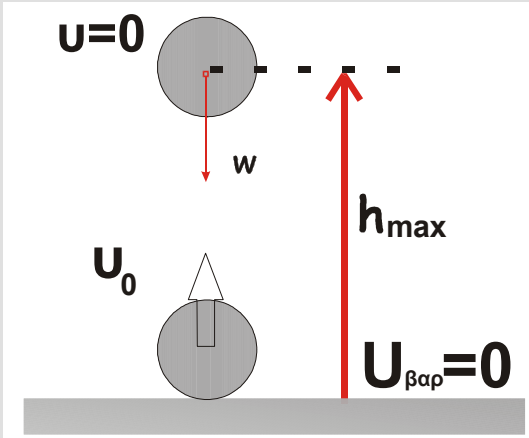
$E'_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot \upsilon'^2$ ή $E'_K = \frac{1}{2}\cdot 4\cdot 20^2$ ή E'_K= 800 J. Τότε για τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος έχουμε:

$\Delta E_K = E_{K\tau\varepsilon\lambda} - E_{K\alpha\rho\chi} = E'_K - E_K = 800-200 = 600$ J. Το θετικό πρόσημο της μεταβολής της κινητικής ενέργειας σημαίνει πως αυτή αυξήθηκε , όπως εύκολα διαπιστώνουμε.

Για την εκατοστιαία μεταβολή της κινητικής του ενέργειας σκεφτόμαστε ως εξής:
Όταν $E_{K\alpha\rho\chi}$=200 J η μεταβολή ΔE_K της κινητικής ενέργειας είναι 600 J
Όταν $E_{K\alpha\rho\chi}$=100 J η μεταβολή ΔE_K της κινητικής ενέργειας είναι α;

Έτσι προκύπτει $\alpha = \frac{\Delta E_K}{E_{K\alpha\rho\chi}}\cdot 100\% = \frac{600}{200}\cdot 100\% = 300\%$.

6. Από το έδαφος ρίχνουμε κατακόρυφα προς τα πάνω σώμα μάζας m=2Kg με αρχική ταχύτητα υ_0=10m/s.



α) Να υπολογιστεί η αρχική κινητική ενέργεια του σώματος.
β) Αν το μέγιστο ύψος που φτάνει το σώμα είναι h_{max}=5m, τότε να υπολογίσετε την τελική του δυναμική ενέργεια. Πόση είναι τότε η κινητική ενέργεια του σώματος; Τι παρατηρείτε;
γ) Πόσο είναι το έργο του βάρους W_w του σώματος στην άνοδο και πόσο στην κάθοδο του;
δ) Να σχεδιάσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας g, όταν το σώμα βρίσκεται στο μέγιστο ύψος.
ε) Πόσο είναι το συνολικό έργο του βάρους του σώματος κατά μήκος της κλειστής διαδρομής σημείο βολής→μέγιστο ύψος→σημείο βολής;
Πως χαρακτηρίζονται οι δυνάμεις αυτές;
Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. Δίνεται g=10m/s^2.

Λύση:

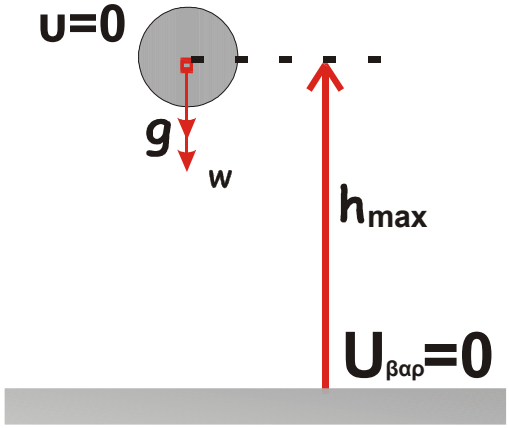
α) Για την αρχική κινητική ενέργεια του σώματος έχουμε, $E_K= \frac{1}{2}\cdot m\cdot \upsilon^2$ ή

$E_K= \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 10^2$ ή $E_K= 100$ J.

β) Η τελική δυναμική ενέργεια του σώματος ως προς το έδαφος είναι $U_{βαρ}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h=100$ J. Στο μέγιστο ύψος η ταχύτητα του σώματος είναι μηδέν. Αν δεν ήταν μηδέν τότε το σώμα θα ανέβαινε και άλλο ψηλά. Παρατηρούμε λοιπόν ότι στο μέγιστο ύψος όλη η κινητική ενέργεια του σώματος μετατράπηκε σε δυναμική.

γ) Στην άνοδο το έργο του βάρους είναι αρνητικό και ίσο με $W_w=-m\cdot g\cdot h=-100$ J, ενώ στην κάθοδο είναι θετικό και ίσο με $W_w=m\cdot g\cdot h=100$ J.

δ) Στο μέγιστο ύψος η επιτάχυνση της βαρύτητας g είναι κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω. Προσέξτε πως ενώ στο μέγιστο ύψος η ταχύτητα του σώματος είναι μηδέν (υ=0) η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι διάφορη του μηδενός με $g=10 m/s^2 \neq 0$.



ε) Το συνολικό έργο του βάρους του σώματος κατά μήκος της κλειστής διαδρομής σημείο βολής→μέγιστο ύψος→σημείο βολής είναι $W_{ολ}=-m\cdot g\cdot h+m\cdot g\cdot h=-100+100=0$. Τέτοιες δυνάμεις που το έργο τους κατά μήκος κλειστής διαδρομής είναι μηδέν χαρακτηρίζονται ως συντηρητικές δυνάμεις.

7. Δυο αυτοκίνητα με μάζες m_1=600Kg και m_2=1200Kg είναι αρχικά ακίνητα. Αν σε κάθε αυτοκίνητο εξασκήσουμε συνολική δύναμη F= $2,5.10^3$N για διάστημα Δx= 400m, τότε:
α) Τι σχέση έχουν τα έργα που παράγει η δύναμη σε κάθε αυτοκίνητο; Σε τι μετατρέπεται το έργο της δύναμης F που ασκείται στο κάθε αυτοκίνητο;
β) Πως συγκρίνονται οι ταχύτητές τους;

Λύση:

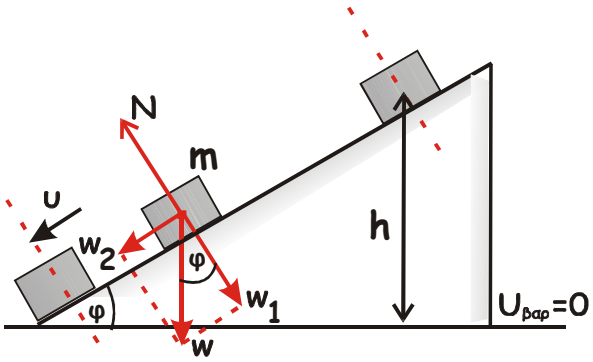
α) Για το κάθε αυτοκίνητο το έργο της δύναμης F είναι $W_F=F\cdot\Delta x=2,5\cdot10^3\cdot400$ ή

$W_F=2,5\cdot10^3\cdot400=10^6$J. Το έργο της δύναμης F σε κάθε αυτοκίνητο μετατρέπεται τελικά σε κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου. Άρα τα δυο αυτοκίνητα αποκτούν τελικά ίσες κινητικές ενέργειες $E_{K1}= E_{K2}= W_F=10^6$J.

β) Ισχύει $E_{K1}=\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot u_1^2$ και $E_{K2}=\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot u_2^2$. Οπότε προκύπτει $E_{K1}= E_{K2}$ ή

$\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot u_1^2=\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot u_2^2$ ή $\frac{\upsilon_1^2}{\upsilon_2^2}=\frac{m_2}{m_1}$ ή $\frac{\upsilon_1^2}{\upsilon_2^2}=\frac{1200}{600}=2$ ή $u_1^2=2\cdot u_2^2$ ή $u_1=u_2\cdot\sqrt{2}$.

8. Σώμα βάρους w=200N αφήνεται να ολισθήσει χωρίς τριβές κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου του σχήματος.



α) Πόση είναι η αρχική δυναμική ενέργεια του σώματος αν αρχικά απέχει από το οριζόντιο έδαφος (επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας) ύψος h=2,5m;
β) Σε τι μετατρέπεται η βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος όταν φτάσει στο έδαφος; Δίνεται g=10m/s^2.

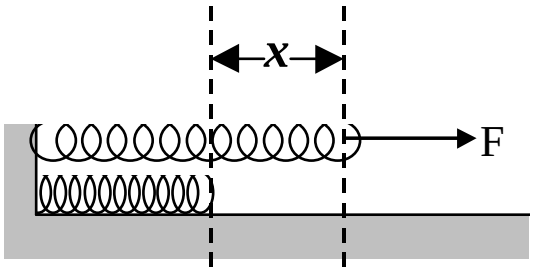
Λύση:

α) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα στο ύψος h δίνεται από τη σχέση: $U_{βαρ.}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$
Εδώ έχουμε επιλέξει ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος. Η δυναμική ενέργεια του σώματος σ' αυτή την περίπτωση είναι θετική και ίση με $U_{βαρ.}=w\cdot h=200\cdot 2,5=500$ J.

β) Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος δεν έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ή $U_{βαρ.}=0$. Στην περίπτωση αυτή έχουμε θεωρήσει ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το έδαφος.

Η ενέργεια αυτή δεν εξαφανίστηκε αλλά μετατράπηκε (μετασχηματίστηκε) σε άλλη μορφή.
Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος έχει αποκτήσει ταχύτητα υ. Άρα η βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{βαρ.}$) μέσω του έργου του βάρους του σώματος (W_w) μετατράπηκε σε κινητική ενέργεια του σώματος (E_K).
Έτσι όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος θα έχει κινητική ενέργεια ίση με τη δυναμική βαρυτική ενέργεια που είχε αρχικά. Άρα έχουμε $E_K= U_{βαρ.}=500$ J.

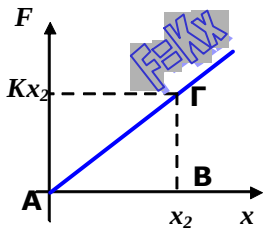
9. Οριζόντιο ελατήριο σταθεράς K=100N/m βρίσκεται στη θέση φυσικού του μήκους.
α) Ποια είναι αρχική δυναμική του ενέργεια;
β) Πόσο έργο παράγει μια δύναμη για επιμήκυνση του ελατηρίου κατά x=20 cm, με σταθερή ταχύτητα;
γ) Πόσο είναι τότε η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου;



Λύση:

α) Ένα ελατήριο που έχει παραμορφωθεί κατά x, έχει ελαστική δυναμική ενέργεια $U_{ελ}=\frac{1}{2}Kx^2$. Όταν το ελατήριο βρίσκεται στη θέση φυσικού του μήκους είναι x=0 άρα και η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου είναι $U_{ελ}=0$.

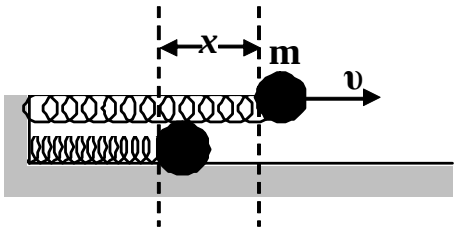
β) Αν το ελατήριο επιμηκύνεται με σταθερή ταχύτητα τότε ισχύει $F=F_{ελ}$. Όμως από το νόμο του Hook για το μέτρο της δύναμης του ελατηρίου ισχύει $F_{ελ}=K\cdot x$, άρα και $F=K\cdot x$. Για τον υπολογισμό του έργου της F κάνουμε γραφική παράσταση, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Το έργο της δύναμης F για επιμήκυνση του ελατηρίου από τη θέση $x_1=0$ στη θέση $x_2=x=0,2m$ (όπου τα x_1 και x_2 είναι η αρχική και τελική επιμήκυνση του ελατηρίου) θα είναι ίσο με το εμβαδό $E_{μβαδό}$ του τριγώνου ΑΒΓ. Έχουμε λοιπόν



$W_F=$ $E_{μβαδό}$ $=\frac{\beta\cdot\upsilon}{2}$ ή $W_F=\frac{1}{2}\cdot K\cdot x_2^2$ ή $W_F=\frac{1}{2}K\cdot x^2=\frac{1}{2}\cdot 100\cdot 0,2^2$ ή $W_F=2$ J.

γ) Στην περίπτωση που το ελατήριο έχει επιμηκυνθεί κατά x=0,2m έχει δυναμική ενέργεια $U_{ελ}=\frac{1}{2}Kx^2$ ή $U_{ελ}=\frac{1}{2}\cdot 100\cdot 0,2^2$ ή $U_{ελ}=W_F=2$ J. Βέβαια ξέρουμε πως τότε το έργο της δύναμης του ελατηρίου $F_{ελ}$ είναι το αντίθετο του έργου της δύναμης F. Άρα έχουμε $W_{Fελ}=-W=-2$ J. Ακόμη η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του ελατηρίου από $x_1=0$ σε $x_2=x$ είναι
$ΔU=U_{τελ}-U_{αρχ}=U_{τελ}=2$J. Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα πως το έργο της δύναμης του ελατηρίου είναι το αντίθετο της μεταβολής της ελαστικής δυναμικής του ενέργειας άρα $W_{Fελ}=-ΔU$.

10. Το ακίνητο σώμα του σχήματος, έχει μάζα m=2,5 kg και ακουμπά στο ελατήριο που έχει συσπειρωθεί κατά x=5 cm. Αφήνουμε το ελατήριο ελεύθερο.



Αν η σταθερά του ελατηρίου είναι K=1000 N/m και οι τριβές αμελητέες, να βρείτε:
α) Πόση είναι η αρχική δυναμική ενέργεια του ελατηρίου.
β) Πόση είναι η κινητική ενέργεια του σώματος, τη στιγμή που το ελατήριο αποκτά το φυσικό του μήκος;
γ) Πόση είναι τότε η ταχύτητα του σώματος;

Λύση:

α) Όταν το ελατήριο έχει συσπειρωθεί κατά x=0,05 m έχει ελαστική δυναμική ενέργεια $U_{ελ}=\frac{1}{2}Kx^2$ ή $U_{ελ}=\frac{1}{2}\cdot 1000\cdot 0,05^2$ ή $U_{ελ}=1,25$ J.

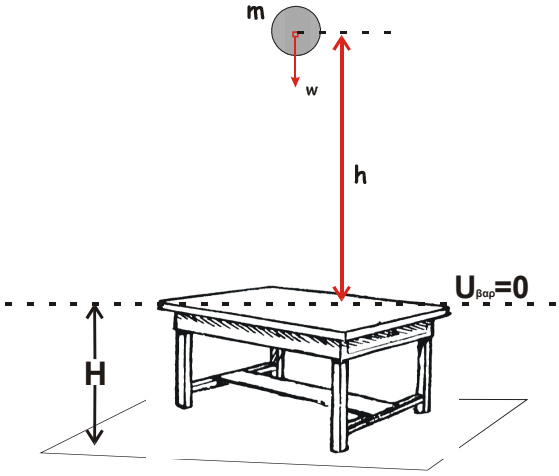
β) Στην περίπτωση του συσπειρωμένου αβαρούς ελατηρίου του σχήματος, όλη η δυναμική ενέργεια **($U_{ελ}$)** που έχει το ελατήριο όταν είναι συσπειρωμένο κατά x, **μεταφέρεται** στο σώμα μάζας m μέσω του έργου της δύναμης του ελατηρίου **($W_{Fελ}$)** και **μετατρέπεται** σε κινητική ενέργεια του σώματος **(E_K)** στη θέση φυσικού μήκους (Θ.Φ.Μ) του ελατηρίου. Άρα ισχύει $E_K=U_{ελ}=1,25$ J.

Βέβαια σε μια ενδιάμεση θέση το σύστημα ελατήριο - σώμα (m) έχει και δυναμική και κινητική ενέργεια.

γ) Για την κινητική ενέργεια του σώματος ισχύει $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot u^2$ ή $1,25=\frac{1}{2}\cdot 2,5\cdot u^2$ ή $u^2=1$ ή $u=1$m/s.

Ασκήσεις

1) Σώμα μάζας m=1Kg αφήνεται να πέσει από ύψος h=1,2m πάνω σ' ένα τραπέζι. Το τραπέζι έχει ύψος H=0,8m. Τότε:

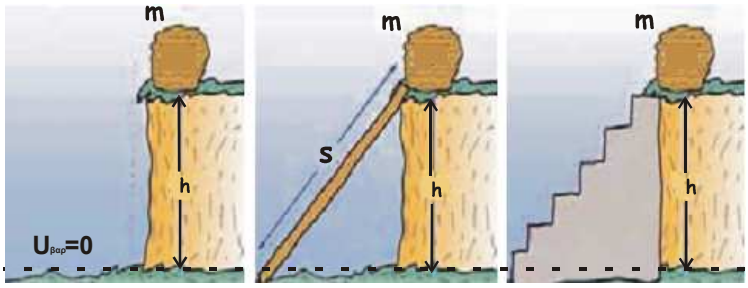


α) Να υπολογιστεί η αρχική βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος μάζας m, ως προς το επίπεδο του τραπεζιού και ως προς το έδαφος.

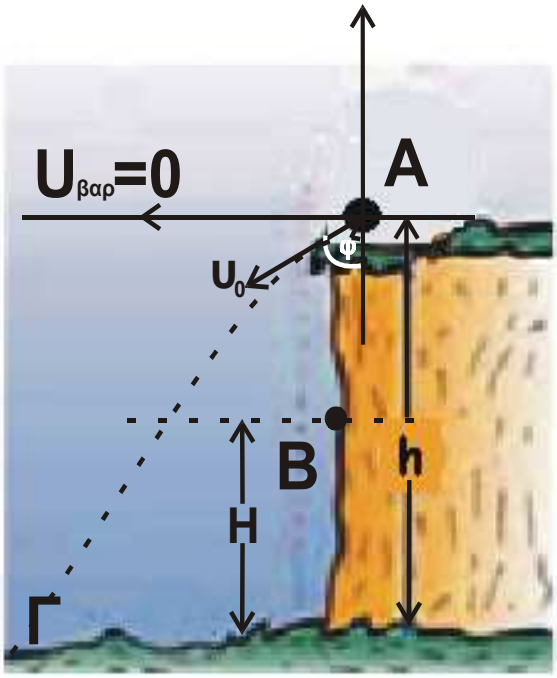
β) Αν το σώμα ισορροπήσει τελικά πάνω στο τραπέζι, να υπολογιστεί η τελική δυναμική του ενέργεια ως προς το έδαφος.

γ) Πόσο είναι το έργο του βάρους κατά την πτώση του σώματος και μέχρι να φτάσει στο τραπέζι; Ποια είναι τότε η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του σώματος όταν τη μετράμε ως προς το τραπέζι και ως προς το έδαφος; Τι παρατηρείτε; Δίνεται $g=10m/s^2$.

2) Ανεβάζουμε μια πέτρα βάρους w=50 N σε ύψος h=2,4 m με σταθερή ταχύτητα με τρεις τρόπους:
1) ασκώντας κατακόρυφη δύναμη F,
2) σπρώχνοντάς τη σε ένα κεκλιμένο επίπεδο μήκους s=4,8m και
3) ανεβάζοντάς τη διαδοχικά σε 6 σκαλοπάτια ύψους 0,4 m το καθένα. Τότε:
α) Να υπολογιστεί και στις τρεις περιπτώσεις το έργο του βάρους. Τι παρατηρείτε;



β) Να υπολογιστεί το έργο της δύναμης F.
γ) Να υπολογιστεί βαρυτική δυναμική ενέργεια που απέκτησε η πέτρα σε σχέση με το έδαφος.
δ) Πόση είναι η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας της πέτρας κάθε φορά που ανεβαίνει ένα σκαλοπάτι;
ε) Πόση είναι η δυναμική ενέργεια της πέτρας ως προς το έδαφος όταν θα έχει ανέβει 4 σκαλοπάτια;



3) Από ύψος h=5m και από το σημείο Α, ρίχνουμε προς τα κάτω μια πέτρα m=200 g με αρχική ταχύτητα $υ_0$=2m/s, που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ. Αν θεωρήσουμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο βολής Α, τότε:
α) Υπολογίστε το έργο του βάρους W_w της πέτρας κατά την κίνηση της και μέχρι να φτάσει στο έδαφος. Πιστεύετε ότι το έργο του βάρους W_w της πέτρας είναι διαφορετικό αν τη πετάξουμε με διαφορετικό μέτρο ταχύτητας;
β) Πόσο είναι το έργο του βάρους W_w, της πέτρας αν την πετάξουμε κατακόρυφα προς τα πάνω από το ίδιο σημείο Α ;
γ) Ποια είναι η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας ως προς το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο Β που βρίσκεται σε ύψος Η=2,5m από το έδαφος; Πόση είναι η τελική δυναμική ενέργεια της πέτρας ως προς το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από το σημείο Α;
δ)Υπολογίστε την αρχική κινητική ενέργεια της πέτρας. Πιστεύετε ότι η κινητική ενέργεια της πέτρας εξαρτάται από τη γωνία φ; Δίνεται g=10m/s^2.

4) Δυο αυτοκίνητα με μάζες m_1=500Kg και m_2=800Kg κινούνται με την ίδια οριζόντια σταθερή ταχύτητα υ.
α) Να συγκρίνετε τις κινητικές ενέργειες των δυο αυτοκινήτων.

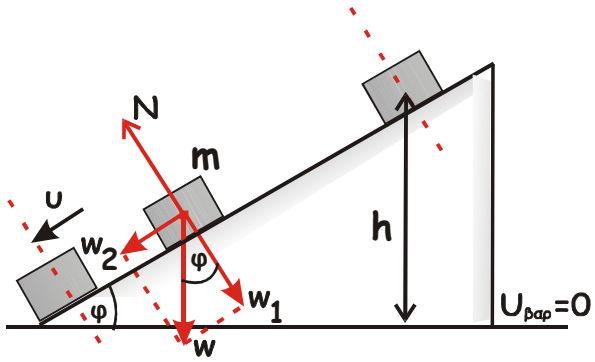
β) Αν εξασκήσουμε σ' αυτά την ίδια οριζόντια σταθερή δύναμη F, αντίθετη της κίνησης τότε να συγκρίνετε τα διαστήματα Δx_1 και Δx_2 που θα διανύσουν αυτά μέχρι να σταματήσουν. Τι παρατηρείτε;

5) α)Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια ενός σώματος μάζας m=200Kg τη στιγμή που κινείται με ταχύτητα υ=72km/h.
β) Αν η ταχύτητά του υποδιπλασιαστεί τότε πόση είναι η μεταβολή ΔE_K της κινητικής ενέργειας του σώματος; Ποια είναι η εκατοστιαία μεταβολή της κινητικής του ενέργειας;
γ) Ποια είναι η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος αν αλλάξει η φορά κίνησής του;

6) α) Μπορεί η κινητική ενέργεια ενός σώματος να πάρει αρνητικές τιμές; Τι πιστεύετε;
β) Η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι E_{K1}=800 J και η κινητική ενέργεια ενός δεύτερου σώματος που κινείται με αντίθετη φορά είναι E_{K2}=200 J. Ποια είναι τότε η συνολική κινητική ενέργεια του συστήματος των δυο σωμάτων;
γ) Αν ο λόγος των ταχυτήτων των δυο σωμάτων είναι $\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\frac{1}{5}$, τότε να υπολογιστεί ο λόγος των μαζών $\frac{m_1}{m_2}$ των δυο σωμάτων.

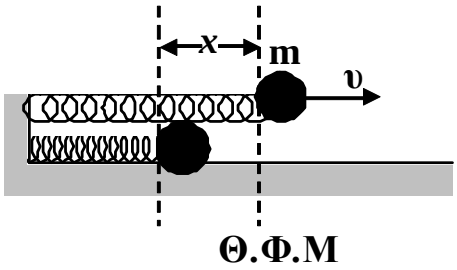
7) Οδηγός αυτοκινήτου που κινείται με σταθερή ταχύτητα υ_0=30m/s τη χρονική στιγμή t_0 αντιλαμβάνεται εμπόδιο και πατάει φρένο. Κάποια χρονική στιγμή t_1 η ταχύτητα του αυτοκινήτου γίνεται υ_1=20m/s. Τελικά τη χρονική στιγμή t_2 το αυτοκίνητο ακινητοποιείται. Ποια είναι μεταβολή της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου στα χρονικά διαστήματα t_0-t_1, t_1-t_2 και t_0-t_2; Δίνεται η μάζα του αυτοκινήτου m=0,8tn.

8) Σώμα βάρους w=120N αφήνεται να ολισθήσει χωρίς τριβές κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου του σχήματος.
α) Πόση είναι η αρχική δυναμική ενέργεια του σώματος αν αρχικά απέχει από το οριζόντιο έδαφος



(επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας) ύψος h=0,8m;
β) Σε τι μετατρέπεται η βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος όταν φτάσει στο έδαφος;
γ) Πόση είναι η ταχύτητα με την οποία το σώμα φτάνει στο έδαφος; Δίνεται $g=10m/s^2$.

9) Το ακίνητο σώμα του σχήματος, έχει μάζα m=500g και ακουμπά στο ιδανικό αβαρές ελατήριο, που έχει συσπειρωθεί κατά x=15 cm. Αφήνουμε το ελατήριο ελεύθερο.



Αν η σταθερά του ελατηρίου είναι K=200 N/m και οι τριβές αμελητέες, να βρείτε:
α) Πόση είναι η αρχική ελαστική δυναμική ενέργεια του ελατηρίου.
β) Πόση είναι η κινητική ενέργεια του σώματος, τη στιγμή που το ελατήριο αποκτά το φυσικό του μήκος;
γ) Πόση είναι τότε η ταχύτητα του σώματος;

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Ένα μήλο βάρους 1 N, όταν βρίσκεται σε ύψος 2m από την επιφάνεια της γης, έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ίση με 2 J, ενώ περιέχει και χημική ενέργεια. **( )**

2) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος, είναι ίση με το έργο της δύναμης που το ανύψωσε, αν η ταχύτητά του δε μεταβάλλεται. **( )**

3) Ένα κινούμενο σώμα έχει σταθερή μάζα m. Η κινητική του ενέργεια είναι ανάλογη με την ταχύτητά του και εξαρτάται από την κατεύθυνση της ταχύτητας. **( )**

4) Κατά την πτώση ενός σώματος η δυναμική του ενέργεια παραμένει σταθερή. **( )**

5) Η κινητική ενέργεια ενός σώματος δεν μπορεί να πάρει αρνητικές τιμές. **( )**

6) Η ταχύτητα και η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι διανυσματικά μεγέθη. **( )**

7) Η κινητική ενέργεια ενός συστήματος σωμάτων, είναι ίση με το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των σωμάτων του συστήματος. **( )**

8) Ένα σώμα που πέφτει κατακόρυφα μπορεί να έχει κινητική ενέργεια, αλλά δε μπορεί να έχει δυναμική ενέργεια. **( )**

9) Ένα αντικείμενο βάρους w βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης.

Τότε λέμε ότι το σύστημα Γη - αντικείμενο έχει δυναμική ενέργεια w·h, γιατί η δυναμική ενέργεια είναι ενέργεια αλληλεπίδρασης και αναφέρεται σε σύστημα σωμάτων. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα βάρους w σε κάποιο ύψος h,
α) είναι ανεξάρτητη από το δρόμο που ακολούθησε για να βρεθεί σ' αυτό το ύψος.
β) εξαρτάται από τη διαδρομή που ακολούθησε το σώμα για να βρεθεί στο ύψος h.
γ) είναι ίση με $U_{βαρ}$= -w·h.
δ) είναι ίση με το έργο του βάρους για την ανύψωση του σώματος στο παραπάνω ύψος δηλαδή ισχύει ΔU=W_w.

2) Σώμα ολισθαίνει από την κορυφή μέχρι τη βάση ενός λείου κεκλιμένου επιπέδου. Κατά την κίνησή του, η δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται σε
α. κινητική.
β. μηχανική.
γ. θερμική.
δ. χημική.

3) Μαθητής σπρώχνει ένα σώμα από τη βάση ενός μη λείου κεκλιμένου επιπέδου, προς τα πάνω, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα του σώματος. Η χημική ενέργεια που ξοδεύει ο μαθητής μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε
α. κινητική ενέργεια του σώματος.
β. δυναμική ενέργεια του σώματος.
γ. θερμότητα.
δ. όλες τις παραπάνω μορφές ενέργειας.

4) Αν η ταχύτητα ενός σώματος διπλασιαστεί, τότε η κινητική του ενέργεια.
α) τετραπλασιάζεται

β) διπλασιάζεται
γ) Παραμένει σταθερή
δ) υποτετραπλασιάζεται.

5) Αν ένα σώμα αφεθεί να κινηθεί σε λείο κεκλιμένο επίπεδο μόνο με την επίδραση του βάρους του, τότε το έργο του βάρους, είναι ίσο:
α) με τη μεταβολή της δυναμικής ενέργειας
β) με τη μείωση της κινητικής ενέργειας
γ) την ελάττωση της δυναμικής ενέργειας η οποία είναι ίση με την αύξηση της κινητικής του ενέργειας.
δ) με την αύξηση της θερμικής ενέργειας.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος είναι ……. του έργου του βάρους του για την παραπάνω ανύψωση.

2) Ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου έχει …….. δυναμική ενέργεια, λόγω της ελκτικής ……δύναμης που του ασκεί ο πυρήνας.

3) Κάθε σώμα που κινείται έχει και μια μορφή ενέργειας η οποία ονομάζεται ……ενέργεια.

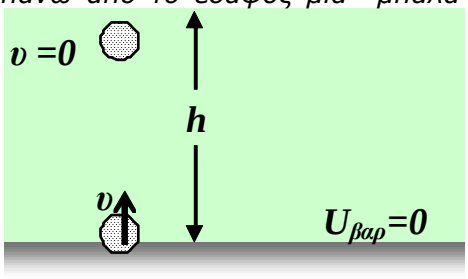
4) Όταν συσπειρώνουμε ένα ελατήριο, χημική ενέργεια του ανθρώπου μετατρέπεται σε ..... ενέργεια του ελατηρίου.

5) Η δυναμική ενέργεια ενός ελατηρίου δίνεται από τη σχέση $U = ½ Kx^2$. Το x εκφράζει την παραμόρφωση του ελατηρίου σε σχέση με το ……..του μήκος.

5.3 Η μηχανική ενέργεια και η διατήρηση της

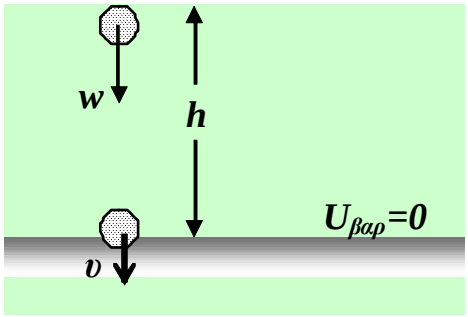
1. Μια μπάλα εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω από το οριζόντιο έδαφος. Να περιγράψετε τις ενεργειακές μεταβολές που έχουμε κατά την κίνηση της μπάλας του σχήματος στην άνοδο αλλά και την κάθοδο.

- *Αν εκτοξεύσουμε κατακόρυφα προς τα πάνω από το έδαφος μια μπάλα μάζας m και βάρους w, με αρχική ταχύτητα υ, τότε τη στιγμή της εκτόξευσης η μπάλα, έχει κινητική ενέργεια,* (έχουμε επιλέξει ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο έδαφος). *Καθώς όμως ανεβαίνει, μειώνεται η ταχύτητά της, συνεπώς και η κινητική της ενέργεια. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι το σώμα χάνει κινητική ενέργεια μέσω του έργου του βάρους* $W_w = -w \cdot h$. *Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται το ύψος της μπάλας από το έδαφος και επομένως αυξάνεται η βαρυτική δυναμική της ενέργεια . Κατά την* ***ανοδική*** *κίνηση της μπάλας,* ***η κινητική της ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική.***



- *Όταν η μπάλα φθάσει στο ανώτερο σημείο της τροχιάς, η ταχύτητά της μηδενίζεται στιγμιαία (υ=0), συνεπώς η μπάλα δεν έχει κινητική ενέργεια. Η δυναμική της ενέργεια όμως είναι μέγιστη.* ***Όλη η κινητική ενέργεια της μπάλας μετατράπηκε σε δυναμική.***

- *Στη συνέχεια η μπάλα αρχίζει να πέφτει κατακόρυφα προς τα κάτω, με την επίδραση του βάρους της w, όπως φαίνεται στο σχήμα. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι το σώμα κερδίζει κινητική ενέργεια σε βάρος της δυναμικής του ενέργειας μέσω του έργου του βάρους* $W_w = w \cdot h$. *Κατά την*



καθοδική *κίνηση της μπάλας λέμε ότι* ***έχουμε μετατροπή δυναμικής ενέργειας σε κινητική.***

- *Κατά την καθοδική κίνηση της μπάλας η ταχύτητά της αυξάνεται, επομένως και η κινητική της ενέργεια. Ταυτόχρονα όμως το ύψος από το έδαφος μειώνεται, συνεπώς μειώνεται και η δυναμική ενέργεια του σώματος.*

Συνοψίζοντας:

- *Καθώς η μπάλα ανεβαίνει, η κινητική της ενέργεια μειώνεται και η δυναμική της αυξάνεται. Όταν η μπάλα κατεβαίνει, η κινητική της ενέργεια αυξάνεται και η δυναμική της ενέργεια μειώνεται.*

- *Και στις δυο περιπτώσεις (άνοδο και κάθοδο) η μετατροπή της ενέργειας της μπάλας από κινητική σε δυναμική (ή αντίστροφα)* ***γίνεται μέσω του έργου του βάρους*** *της μπάλας.*

2. Ποια ενέργεια ονομάζεται μηχανική;

Το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας ενός σώματος ή συστήματος σωμάτων, ονομάζεται μηχανική ενέργεια του σώματος ή του συστήματος των σωμάτων ($E_{μηχανική}$).

$$E_{μηχανική} = U + E_K$$

3. Να αναφέρετε το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας.

Όταν σ' ένα σώμα ή σύστημα σωμάτων επιδρούν μόνο βαρυτικές, ηλεκτρικές ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης (συντηρητικές δυνάμεις), η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.

Μπορούμε να διατυπώσουμε το παραπάνω θεώρημα ή αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε) και ως εξής:

Κατά τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα, η μηχανική ενέργεια (δηλ., το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας) παραμένει σταθερή, εφόσον δεν έχουμε μετατροπές αυτής σε ενέργεια άλλης μορφής (π.χ., θερμότητα). Δηλαδή ισχύει:

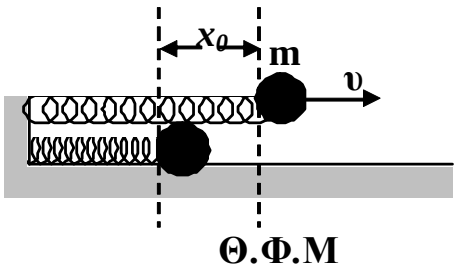
$$\textbf{Α.Δ.Μ.Ε: } E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}=\text{σταθερή} \text{ ή}$$

$$U_{αρχ}+E_{Καρχ} = U_{τελ}+E_{Κτελ}$$

Το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας είναι ειδική περίπτωση μιας γενικότατης αρχής της Φυσικής, που είναι γνωστή ως αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε).

➢ Έτσι κατά την κίνηση της μπάλας του 1ου ερωτήματος η μηχανική ενέργεια της μπάλας δε μεταβάλλεται κατά την κίνησή της αλλά παραμένει σταθερή, ισχύει δηλαδή η Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$=σταθερή ή $U_{αρχ}+E_{Καρχ} = U_{τελ}+E_{Κτελ}$.

➢ Ακόμη στην περίπτωση του συσπειρωμένου αβαρούς ελατηρίου του σχήματος όπου στο ελεύθερο άκρο του ακουμπάει μια μάζα m,



Αρχικά το ελατήριο είναι συσπειρωμένο μέγιστα κατά x_0 και έχει μέγιστη δυναμική ενέργεια, ενώ η κινητική του ενέργεια είναι μηδέν.

Σε μια ενδιάμεση θέση το σύστημα ελατήριο - σώμα (m), έχει και δυναμική και κινητική ενέργεια.

Τελικά τη στιγμή που η μπάλα χάνει την επαφή της με το ελατήριο (στη θέση φυσικού μήκους Θ.Φ.Μ) η μπάλα έχει μέγιστη κινητική ενέργεια ενώ η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου είναι μηδέν.
Σε κάθε περίπτωση όμως, το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας του συστήματος ελατήριο- μάζα m είναι το ίδιο δηλαδή παραμένει σταθερό. Δηλαδή ισχύει και σ' αυτήν την περίπτωση η Α.Δ.Μ.Ε:
$E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$=σταθερή ή $U_{αρχ}+E_{Καρχ} = U_{τελ}+E_{Κτελ}$.

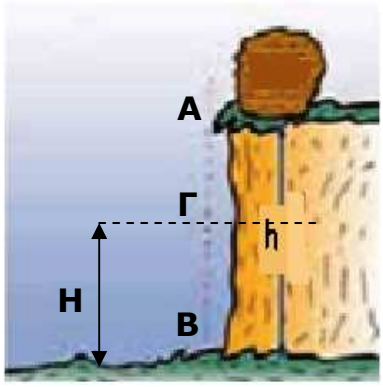
Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1. Από ύψος h=1,8m αφήνουμε να πέσει ένα σώμα μάζας m=5 Kg.
α) Πόση είναι η αρχική μηχανική ενέργεια του σώματος ως προς το έδαφος;
β) Με ποια ταχύτητα φτάνει το σώμα στο έδαφος;
γ) Πόση είναι η κινητική ενέργεια του σώματος όταν έχει μετατοπιστεί από την αρχική του θέση κατά Δx=0,8m; Θεωρείστε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι δίνεται $g=10m/s^2$.

Λύση:

α) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που το σώμα σε ύψος h από τη επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας είναι $U_{αρχ.}=w\cdot h=m\cdot g\cdot h=5\cdot 10\cdot 1,8=90$ J.
Επειδή το σώμα δεν έχει αρχική ταχύτητα (το σώμα ξεκινά από την ηρεμία) η αρχική του κινητική ενέργεια είναι μηδέν οπότε ισχύει $E_{Καρχ}=0$.
Το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας του σώματος, ονομάζεται μηχανική ενέργεια του σώματος και ισχύει $E_{μηχ(αρχ)}= U_{αρχ}+E_{Καρχ} =90+0=90$ J. Δηλαδή η αρχική μηχανική ενέργεια του σώματος στη θέση Α είναι όση και η δυναμική του ενέργεια.



β) Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος, όπου θεωρούμε ότι είναι το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας (επίπεδο αναφοράς), η τελική δυναμική ενέργεια του σώματος είναι μηδέν, δηλαδή έχουμε $U_{τελ}=0$.
Κατά τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα, η μηχανική ενέργεια (δηλ., το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας) παραμένει σταθερή, εφόσον δεν έχουμε μετατροπές αυτής σε ενέργεια άλλης μορφής (π.χ., θερμότητα). Δηλαδή για τις θέσεις Α και Β ισχύει: **Α.Δ.Μ.Ε:** $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Καρχ} = U_{τελ}+E_{Κτελ}$ ή
$90=0+ E_{Κτελ}$ ή $E_{Κτελ}=90$ J ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ^2 =90$ ή $\frac{1}{2}\cdot 5\cdot υ^2 =90$ ή $υ^2=36$ ή $υ=6m/s$.

γ) Όταν το σώμα μετατοπιστεί από την αρχική του θέση κατά Δx=0,8m τότε βρίσκεται από το έδαφος σε ύψος H=h-Δx=1m. Έτσι στη θέση Γ έχει δυναμική ενέργεια $U_{τελ}=m·g·H=50$ J. Επειδή στο σώμα ασκείται μόνο το βάρος του ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε) , οπότε μεταξύ της αρχικής θέσης Α και της τελικής θέσης Γ έχουμε:
Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Καρχ} = U_{τελ}+E_{Κτελ}$ ή $90=50+ E_{Κτελ}$ ή $E_{Κτελ}=90-50$ ή $E_{Κτελ}=40$ J.

2. Ένα σώμα μάζας m = 10kg συγκρατείται σε ύψος 20m από το έδαφος.
α) Πόση είναι η δυναμική ενέργεια του σώματος, στο ύψος h;
β) Αν αφήσουμε το σώμα ελεύθερο να πέσει, να παραστήσετε γραφικά στο ίδιο σύστημα αξόνων,
(i) τη δυναμική του ενέργεια
(ii) την κινητική του ενέργεια και
(iii) τη μηχανική ενέργεια σε συνάρτηση με το ύψος του από το έδαφος.
Δίνεται g = 10m/s^2.

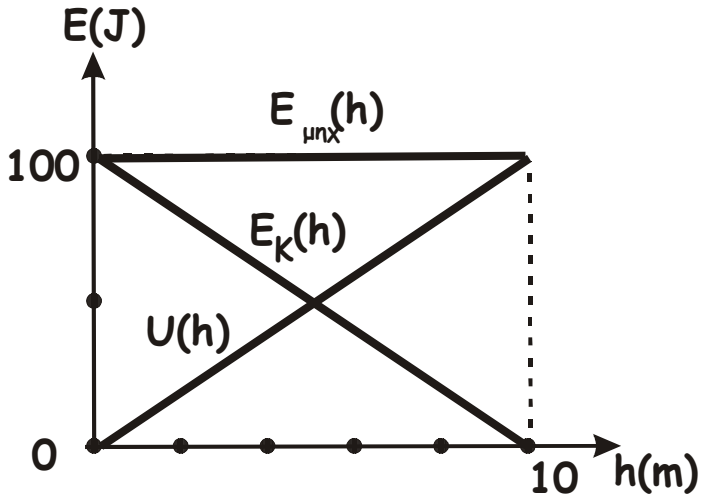
Λύση:

α) Το βάρος του σώματος είναι w=m·g=100N. Η δυναμική ενέργεια του σώματος σε ύψος 20 m θα είναι U=w·h=2000 J.
β)
i) Η δυναμική ενέργεια του σώματος σε συνάρτηση με το ύψος του από το έδαφος δίνεται από τη σχέση **U=w·h=100·h.** Η εξίσωση αυτή είναι 1^{ου} βαθμού ως προς το ύψος άρα η γραφική παράσταση είναι μια ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων. Για την κατασκευή της ευθείας χρειαζόμαστε τουλάχιστο δυο σημεία.

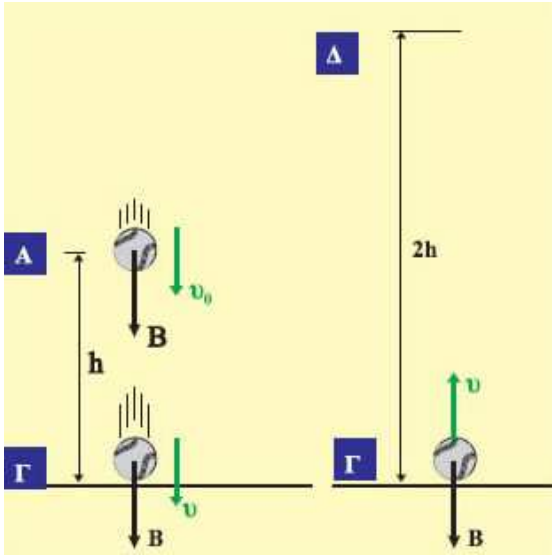
ii) Αρχικά το σώμα απέχει από το έδαφος h=20m οπότε έχει όπως είπαμε αρχική δυναμική ενέργεια $U_{αρχ}=100·20=2.000$ J. Η αρχική κινητική ενέργεια του σώματος είναι μηδέν δηλαδή $E_{Καρχ}=0$. Η αρχική Μηχανική ενέργεια του σώματος είναι $E_{μηχ}=U_{αρχ}+E_{Καρχ}=2.000$ J. Επειδή κατά τη διάρκεια της κίνησης του σώματος εξασκείται μόνο το βάρος του η Μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή (διατηρείται). Δηλαδή είναι $E_{μηχ}=2.000$ J=σταθερή. Γενικά για οποιαδήποτε θέση του σώματος ισχύει:
$U+E_K=2.000$ ή $E_K=2.000-U$ **ή $E_K=2.000-100·h$**. Η εξίσωση αυτή είναι 1^{ου} βαθμού ως προς το ύψος h, άρα η γραφική παράσταση είναι μια ευθεία γραμμή.

iii) Η ολική μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή και ίση με $E_{μηχ}$=2.000 J=σταθερή. Άρα η γραφική παράσταση είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα των μετατοπίσεων h.

Όταν το σώμα φτάσει στο έδαφος είναι h=0 οπότε η τελική βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος μηδενίζεται δηλαδή είναι $U_{τελ}$**=w·h ή** $U_{τελ}$=0 και η κινητική του ενέργεια γίνεται $\mathbf{E_K}$**=2.000-100·h=2.000 J**.
Τότε προκύπτει η παρακάτω γραφική παράσταση:



3. Με πόση αρχική ταχύτητα $υ_0$ πρέπει να ρίξουμε κατακόρυφα προς τα κάτω μια τελείως ελαστική μπάλα από ύψος h=5m, ώστε αναπηδώντας στο δάπεδο να φτάσει σε διπλάσιο ύψος από αυτό που αρχικά βρίσκονταν; Θεωρούμε τις αντιστάσεις του αέρα αμελητέες και την κρούση με το δάπεδο ελαστική. Δίνεται g = 10m/s^2.

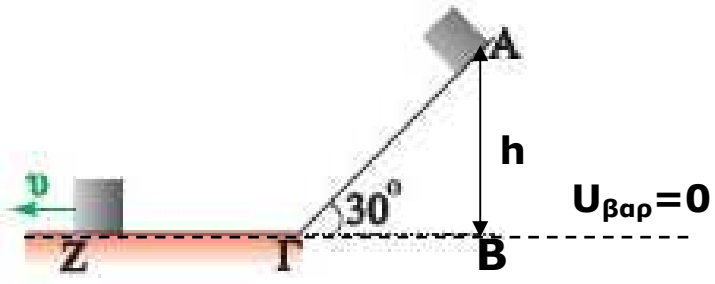


Λύση:
Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στις θέσεις (Α) και (Δ). Στη θέση Α η σφαίρα έχει κινητική ενέργεια $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2$ και δυναμική ενέργεια mgh, ενώ στη θέση Δ η κινητική ενέργεια είναι μηδέν και η δυναμική m·g·2h.
Από την Αρχή Διατήρησης της μηχανικής ενέργειας έχουμε:

$E_{(A)} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2 + m\cdot g\cdot h$ και $E_{(Δ)} = m\cdot g\cdot 2h$. Έτσι: $E_{(A)} = E_{(Δ)}$ ή

$\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2 + m\cdot g\cdot h = m\cdot g\cdot 2h$ και τελικά προκύπτει $υ_0^2 = 2gh$ ή $υ_0 = \sqrt{2gh}$ ή $υ_0$=10m/s.

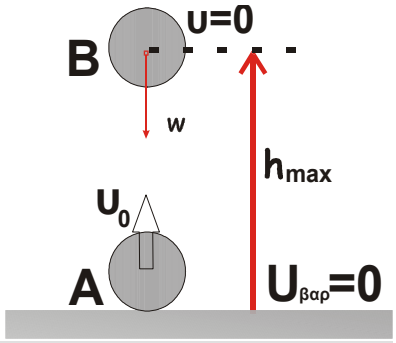
4. Ένα σώμα μάζας m=1 Kg, αφήνεται να κινηθεί κατά μήκος του λείου κεκλιμένου επιπέδου ΑΓ. Το σώμα μετά από τη διαδρομή ΑΓ εισέρχεται στο λείο οριζόντιο επίπεδο ΓΖ. Αν είναι ΑΓ =0,9m, να βρείτε την ταχύτητα με την οποία φτάνει το σώμα στο σημείο Ζ. Δίνεται g = 10m/s^2 και ημ30^0=0,5



Λύση:

Το σώμα στην αρχική του θέση Α, έχει μόνο βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{αρχ}$= =$U_{(Α)}$=w·h=m·g·h. Στο ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒΓ ισχύει ημ$30^0=\frac{(AB)}{(AΓ)}$ ή 0,5·(ΑΓ)=(ΑΒ) ή (ΑΒ)=0,5·0,9=0,45m ή h=0,45m. Τότε έχουμε $U_{(Α)}$=w·h=m·g·h=4,5 J. Η αρχική κινητική ενέργεια του σώματος στη θέση (Α) είναι μηδέν δηλαδή έχουμε $E_{Κ(Α)}$=0.
Αφού το κεκλιμένο επίπεδο είναι λείο η μόνη δύναμη που ασκείται στο σώμα και παράγει έργο, είναι το βάρος του και δεν έχουμε απώλεια μηχανικής ενέργειας.
Άρα ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε ή $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{(Α)}+E_{Κ(Α)} = U_{(Γ)}+E_{Κ(Γ)}$. Στη θέση (Γ) είναι $U_{(Γ)}$=0, οπότε προκύπτει 4,5= $E_{Κ(Γ)}$ ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_Γ^2$ =4,5 ή $υ_Γ^2$=9 ή $υ_Γ$=3 m/s.
Αφού το οριζόντιο επίπεδο ΓΖ είναι λείο αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα του σώματος κατά την κίνηση του σώματος στο οριζόντιο επίπεδο παραμένει σταθερή. Άρα είναι και $υ_Ζ=υ_Γ$=3 m/s.

5. Από το έδαφος ρίχνουμε κατακόρυφα προς τα πάνω σώμα μάζας m=2Kg με αρχική ταχύτητα $υ_0$=10m/s.
α) Να υπολογιστεί το μέγιστο ύψος h_{max} στο οποίο φτάνει το σώμα.
β) Να υπολογιστεί η μεταβολή της μηχανικής ενέργειας του σώματος.
γ) Να βρείτε σε ποια θέση η κινητική ενέργεια του σώματος έχει το $\frac{1}{4}$ της αρχικής της τιμής.



δ) Με ποια ταχύτητα φτάνει το σώμα στο έδαφος; Τι παρατηρείτε;
Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος, ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι g=10m/s^2.

Λύση:

α) Επειδή κατά τη διάρκεια της κίνησης του σώματος εξασκείται μόνο το βάρος του η Μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή (διατηρείται). Δηλαδή ισχύει,

Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Kαρχ} = U_{τελ}+E_{Kτελ}$ ή $U_{(A)}+E_{K(A)} = U_{(B)}+ E_{K(B)}$. Όμως η $U_{(A)}=0$ γιατί εκεί θεωρήσαμε το επίπεδο μηδενικής ενέργειας και $E_{K(B)}=0$ γιατί στο μέγιστο ύψος η ταχύτητα και άρα και η κινητική ενέργεια του σώματος μηδενίζεται στιγμιαία. Τότε έχουμε $E_{K(A)} = U_{(B)}$ αφού $U_{(A)}=0$ και $E_{K(B)}=0$ ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot \upsilon_0^2 = m\cdot g\cdot h_{max}$ ή $\upsilon_0^2=2\cdot g\cdot h_{max}$ ή $h_{max}= \frac{\upsilon_0^2}{2g} = \frac{100}{20} =5$ m

β) Η μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή άρα η μεταβολή της είναι μηδέν δηλαδή $ΔE_{μηχ}=0$.

γ) Έστω ότι σε μια θέση Γ που απέχει από το έδαφος απόσταση $h_Γ$ η κινητική ενέργεια του σώματος έχει το $\frac{1}{4}$ της αρχικής της τιμής δηλαδή είναι

$E_{K(Γ)}= \frac{1}{4} E_{K(A)}$. Τότε από την Α.Δ.Μ.Ε έχουμε:

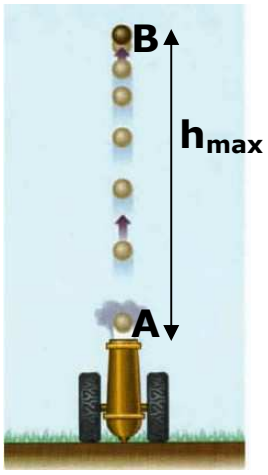
$E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Kαρχ} = U_{τελ}+E_{Kτελ}$ ή $U_{(A)}+E_{K(A)} = U_{(Γ)}+ E_{K(Γ)}$ ή

$0+E_{K(A)} = U_{(Γ)}+ \frac{1}{4} E_{K(A)}$ ή $U_{(Γ)}= E_{K(A)} - \frac{1}{4} E_{K(A)}$ ή $U_{(Γ)}= \frac{3}{4} E_{K(A)}$ ή

$m\cdot g\cdot h_Γ= \frac{3}{4}\cdot\frac{1}{2}\cdot m\cdot \upsilon_0^2$ ή $h_Γ= \frac{3\upsilon_0^2}{8g}$ ή $h_Γ= \frac{30}{8}$ ή $h_Γ=3,75$ m.

δ) από την Α.Δ.Μ.Ε προκύπτει ότι το σώμα θα επιστρέψει στην αρχική του θέση Α με την ίδια κινητική ενέργεια άρα και με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα. Άρα το σώμα θα επιστρέψει στο σημείο βολής Α με ταχύτητα μέτρου 10m/s αλλά όμως θα έχει αντίθετη φορά.
Βέβαια μόλις το σώμα συγκρουστεί με το δάπεδο το σώμα θα ακινητοποιηθεί. Έτσι όλη η κινητική του ενέργεια θα μετατραπεί σε θερμική ενέργεια του σώματος και του δαπέδου καθώς και σε ενέργεια παραμόρφωσης και ενέργεια ηχητικού κύματος.

6. Το βλήμα του σχήματος έχει μάζα m=2Kg και εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα $υ_0$=80m/s. Να βρείτε το μέγιστο ύψος στο οποίο θα ανέβει το βλήμα. Σε ποιο ύψος η δυναμική ενέργεια του βλήματος γίνεται ίση με την κινητική του ενέργεια; Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το σημείο βολής, ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι g=10m/s^2.



Λύση:

Κατά τη διάρκεια της κίνησης του βλήματος εξασκείται μόνο το βάρος του και η Μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή (διατηρείται). Δηλαδή ισχύει,

Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Kαρχ} = U_{τελ}+E_{Kτελ}$ ή $U_{(A)}+E_{K(A)} = U_{(B)}+ E_{K(B)}$. Όμως η $U_{(A)}=0$ γιατί εκεί θεωρήσαμε το επίπεδο μηδενικής ενέργειας και $E_{K(B)}=0$ γιατί στο μέγιστο ύψος η ταχύτητα και άρα και η κινητική ενέργεια του σώματος μηδενίζεται στιγμιαία. Τότε έχουμε $E_{K(A)} = U_{(B)}$ αφού

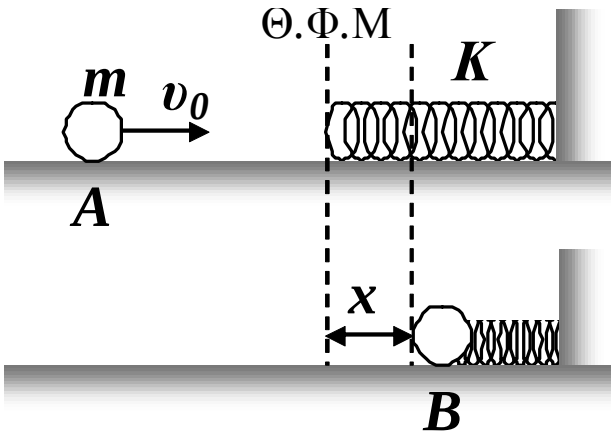
ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2 = m\cdot g\cdot h_{max}$ ή $υ_0^2=2\cdot g\cdot h_{max}$ ή $h_{max}= \frac{υ_0^2}{2g} = \frac{6.400}{20}=320$ m.

β) Η μηχανική ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή. Έστω ότι σε μια θέση Γ που απέχει από το έδαφος απόσταση $h_Γ$ η δυναμική ενέργεια του βλήματος γίνεται ίση με την κινητική του ενέργεια τότε έχουμε $U_{(Γ)}=E_{K(Γ)}$. Από την Α.Δ.Μ.Ε έχουμε:

$E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Kαρχ} = U_{τελ}+E_{Kτελ}$ ή $U_{(A)}+E_{K(A)} = U_{(Γ)}+ E_{K(Γ)}$ ή

$U_{(A)}+E_{K(A)} = 2U_{(Γ)}$ ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2 = 2m\cdot g\cdot h_Γ$ ή $υ_0^2=4\cdot g\cdot h_Γ$ ή $h_Γ= \frac{υ_0^2}{4g} = \frac{6.400}{40}=160$ m.

7. Σώμα μάζας m=2Kg ρίχνεται κατά τη διεύθυνση του άξονα οριζόντιου ελατηρίου σταθεράς K=200N/m με αρχική ταχύτητα $υ_0$=2m/s. Να βρείτε τη μέγιστη συσπείρωση του ελατηρίου αν δεν υπάρχουν τριβές.



Λύση:

Επειδή κατά τη διάρκεια της κίνησης του σώματος εξασκείται κατά τη διεύθυνση της κίνησής του μόνο η δύναμη του ελατηρίου (τριβές δεν υπάρχουν), η Μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή (διατηρείται). Δηλαδή ισχύει, η **Α.Δ.Μ.Ε. Έτσι έχουμε,** $E_{μηχ(αρχ)}=E_{μηχ(τελ)}$ ή $U_{αρχ}+E_{Kαρχ} = U_{τελ}+E_{Kτελ}$ ή $U_{(A)}+E_{K(A)} = U_{(B)}+ E_{K(B)}$. Όμως η $U_{(A)}=0$ γιατί όταν το σώμα μάζας m βρίσκεται στη θέση Α το ελατήριο βρίσκεται στη θέση φυσικού του μήκους (Θ.Φ.Μ) δηλαδή δεν είναι επιμηκυμένο ή συσπειρωμένο και $E_{K(B)}=0$ γιατί στη μέγιστη συσπείρωση x του ελατηρίου η ταχύτητα και άρα και η κινητική ενέργεια του σώματος μηδενίζεται στιγμιαία, ενώ η δυναμική ενέργεια του ελατηρίου γίνεται μέγιστη. Τότε έχουμε $E_{K(A)} = U_{(B)}$ αφού $U_{(A)}=0$ και $E_{K(B)}=0$ ή $\frac{1}{2}\cdot m\cdot υ_0^2 = \frac{1}{2}\cdot K\cdot x^2$ ή $m\cdot υ_0^2=K\cdot x^2$ ή $x= \frac{m\cdot υ_0^2}{K} = \frac{8}{200}$ =0,04m ή 4cm.

Ασκήσεις

1) Ένα σώμα αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος h = 0,8m. Με τι ταχύτητα φτάνει το σώμα στο έδαφος; Τι ενέργεια είχε το σώμα σε ύψος h και σε ποια μορφή μετατρέπεται τελικά αυτή; Δίνεται g = 10m/s^2.

2) Μια μπάλα έχει μάζα m = 0,2kg και αφήνεται από ύψος h_1 = 2m. Μόλις η μπάλα συγκρουστεί με το δάπεδο αναπηδά σε ύψος h_2 = 1,8m. Να βρείτε το ποσοστό της αρχικής μηχανικής ενέργειας της μπάλας που μετατράπηκε σε θερμότητα λόγω της σύγκρουσής της με το δάπεδο. Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος, ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι g=10m/s^2.

3) Ένας μαθητής πετάει μια πέτρα κατακόρυφα προς τα επάνω και το μέγιστο ύψος, που φτάνει αυτή από το σημείο βολής είναι h = 20m. Σε ποιο ύψος η κινητική ενέργεια της πέτρας είναι η μισή της αρχικής της; Θεωρείστε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.

4)Από ύψος h=8m πάνω από το έδαφος αφήνουμε να πέσει μια μπάλα m=200g
α)Πόσο είναι το έργο του βάρους στη μπάλα μέχρι να φτάσει σε ύψος h΄=3m από το έδαφος. Ποια είναι τότε η ταχύτητα της μπάλας;
β)Υποθέστε ότι η μπάλα αφού χτυπήσει στο έδαφος, λόγω κρούσης «χάνει» το 50% της μηχανικής της ενέργειας. Ποιο είναι το καινούργιο ύψος στο οποίο θα ανέβει η μπάλα; Θεωρείστε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι g=10m/s^2.

5) Από ύψος h=2,25m ρίχνουμε προς τα πάνω μια πέτρα m=100g με αρχική ταχύτητα $υ_0$=6m/s, που σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία φ.
α) Υπολογίστε την ταχύτητα υ με την οποία θα φτάσει η πέτρα στο έδαφος; Πόσο θα ήταν η ταχύτητα της πέτρας, αν τη ρίχναμε με αρχική ταχύτητα $υ_0$ και γωνία φ προς τα κάτω;
β) Ποια είναι η μηχανική ενέργεια της πέτρας κατά τη διάρκεια της κίνησης; Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος, ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι g=10m/s^2.

6) Από το έδαφος ρίχνουμε κατακόρυφα προς τα πάνω σώμα μάζας m=2Kg με $υ_0$=10m/s.

α)Να υπολογιστεί το μέγιστο ύψος που θα φτάσει το σώμα.
β) Σε ποιο ύψος η ταχύτητα του σώματος γίνεται η μισή της αρχικής;
γ) Πόση είναι η κινητική ενέργεια του σώματος σε ύψος ίσο με το $\frac{1}{5}$ του μέγιστου ύψους που φτάνει αυτό;
δ) Εξαρτάται η μηχανική ενέργεια του σώματος από το οριζόντιο επίπεδο που θεωρούμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας; Θεωρείστε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι $g=10m/s^2$.

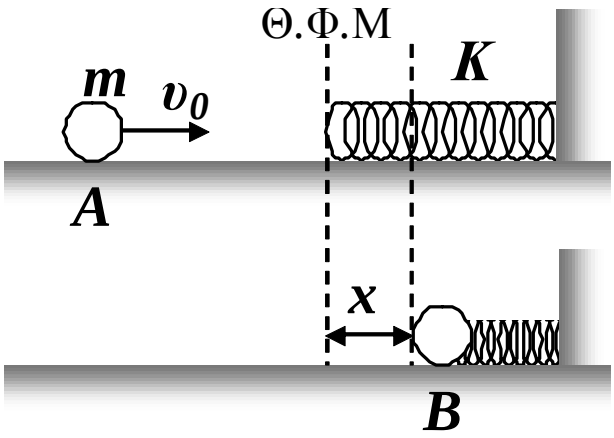
7) Μπάλα ρίχνεται οριζόντια από ύψος h=4m με αρχική ταχύτητα $υ_0$. Αν σε κάποιο σημείο της τροχιάς της σε ύψος $h'=0,25m$ η ταχύτητά της είναι υ=10m/s, τότε να υπολογίσετε την αρχική ταχύτητα $υ_o$ της μπάλας
β) Να βρείτε την ταχύτητα με την οποία η μπάλα φτάνει στο έδαφος. Θεωρείστε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος, ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και ότι $g=10m/s^2$.

8) Σώμα ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα $υ_0$ από ύψος h=15m και όταν φτάνει στο έδαφος χτυπάει με ταχύτητα διπλάσια της αρχικής. Ποια ήταν η αρχική ταχύτητα $υ_0$ του σώματος; Αντίσταση του αέρα δεν υπάρχει και θεωρείστε ότι $g=10m/s^2$.

9) Από ύψος h=45m από την επιφάνεια της γης αφήνεται να πέσει ένα σώμα που φτάνει στο έδαφος με ταχύτητα υ=25 m/s. Θεωρείτε ότι υπάρχει αντίσταση από τον αέρα. Δικαιολογείστε την απάντησή σας. Θεωρείστε ότι $g=10m/s^2$.

10) Σώμα μάζας m=20Kg αφήνεται να πέσει στην επιφάνεια της Σελήνης από ύψος h=3,2m και φτάνει στην επιφάνεια της με ταχύτητα υ=3,2 m/s.
α) Να υπολογίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Σελήνης.
β) Υπολογίστε τη δυναμική ενέργεια του σώματος στο ύψος h στη Σελήνη και στη Γη. Θεωρείστε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας κοντά στη Γη είναι $g=10m/s^2$.

11) Σώμα μάζας m=0,3Kg ρίχνεται κατά τη διεύθυνση του άξονα οριζόντιου ελατηρίου σταθεράς K=120N/m με αρχική ταχύτητα $υ_0$. Αν η μέγιστη συσπείρωση του ελατηρίου είναι x=0,6m να βρείτε την αρχική ταχύτητα $υ_0$ της μάζας m. Τριβές δεν υπάρχουν.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Κατά την πτώση ενός σώματος και αν η αντίσταση του αέρα θεωρηθεί αμελητέα η μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή. **( )**

2) Κατά τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα, ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε), εφόσον δεν έχουμε μετατροπές αυτής σε θερμότητα. **( )**

3) Αν ένα σώμα ολισθαίνει σε κεκλιμένο επίπεδο, η μηχανική του ενέργεια δε διατηρείται αν υπάρχει και τριβή ολίσθησης ανάμεσα στο σώμα και το κεκλιμένο επίπεδο. **( )**

4) Η αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε) εφαρμόζεται ακόμη και όταν υπάρχουν τριβές. **( )**

5) Αν η ταχύτητα ενός σώματος διπλασιαστεί, θα διπλασιαστεί και η δυναμική του ενέργεια**. ( )**

6) Όταν ένας τοξότης τεντώνει τη χορδή του τόξου, τότε το τόξο αποκτά δυναμική ενέργεια, η οποία προέρχεται από τη χημική ενέργεια του τοξότη. **( )**

7) Η μηχανική ενέργεια ενός συστήματος σωμάτων διατηρείται πάντα. **( )**

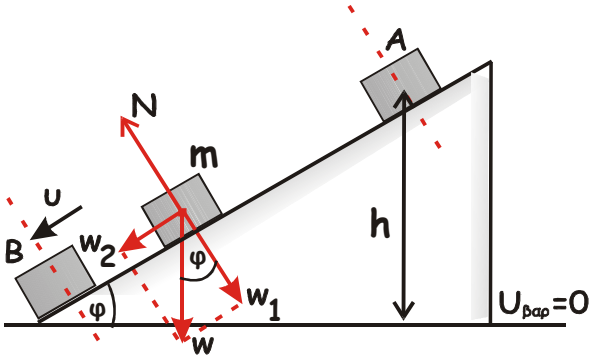
8) Αν αφήσουμε από το ίδιο ύψος ένα μικρό πετραδάκι και μια μεγάλη πέτρα, θα φθάσουν στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα, εφόσον δε λάβουμε υπόψη την αντίσταση του αέρα. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Δύο σώματα Α και Β με μάζες $m_A>m_B$ αφήνονται να πέσουν από το ίδιο ύψος, h στον ίδιο τόπο. Τη στιγμή που φθάνουν στο έδαφος και η αντίσταση του αέρα θεωρηθεί αμελητέα, ισχύει:
α. $υ_A>υ_B$.
β. $υ_A<υ_B$.
γ. $υ_A=υ_B$.
δ. $υ_A=-υ_B$.

2) Από ένα σημείο (Σ) που βρίσκεται σε ύψος h, ρίχνονται δύο σώματα Α και Β ίδιας μάζας $m_A=m_B$. Το ένα προς τα πάνω με κατακόρυφη ταχύτητα $υ_0$ και το άλλο οριζόντια με ταχύτητα ίσου μέτρου. Τότε οι ταχύτητες με τις οποίες φτάνουν τα σώματα στο οριζόντιο έδαφος είναι:
α. $υ_A>υ_B$.
β. $υ_A<υ_B$.
γ. $υ_A=υ_B$.
δ. $υ_A=-υ_B$.

3) Από το σημείο (Α) του λείου κεκλιμένου επιπέδου του σχήματος που βρίσκεται σε ύψος h, αφήνεται να ολισθήσει σώμα μάζας m. Όταν το σώμα φτάσει στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου στο σημείο Β θα έχει κινητική ενέργεια:
α. $E_K=m·g·h$.
β. $E_K=0$.
γ. $E_K=\frac{1}{2}·m·υ$.
δ. $E_K=-m·g·h$.



4) Ένα αντικείμενο βάρους w=30N βρίσκεται ακίνητο σε ύψος h=2m από το οριζόντιο έδαφος. Τότε το αντικείμενο αν θεωρήσουμε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος,
α) δεν μπορεί να έχει ενέργεια.
β) έχει κινητική ενέργεια E_K=60 J.
γ) έχει αρνητική δυναμική ενέργεια.
δ) έχει μηχανική ενέργεια $E_{μηχ}$=60 J.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η μετατροπή της κινητικής ενέργειας ενός σώματος σε βαρυτική δυναμική (ή αντίστροφα) γίνεται μέσω του έργου του ……..του σώματος.

2) Ένας αλεξιπτωτιστής πέφτει από κάποιο ύψος προς τη Γη με σταθερή ταχύτητα. Τότε η μηχανική του ενέργεια …….

3) Όταν σ' ένα σώμα ή σύστημα σωμάτων επιδρούν μόνο……., ……..ή δυνάμεις ……..παραμόρφωσης, η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.

4) Ένα σώμα αφήνεται να πέσει από κάποιο ύψος. Στο ανώτατο σημείο της τροχιάς του, η μηχανική του ενέργεια είναι 18 J. Θεωρώντας ίση με μηδέν τη δυναμική του ενέργεια στο κατώτατο σημείο της τροχιάς του, να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα τιμών ενέργειας, για τρία χαρακτηριστικά σημεία της κίνησης του σώματος. (Να θεωρήσετε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.)

Είδος ενέργειας	Ανώτατο	Ενδιάμεσο	Κατώτατο
Κινητική	α)	8 J	ζ) .....
Δυναμική	β)	δ)	η) .....
Μηχανική	γ)	ε)	θ) .....

5.4 Μορφές και μετατροπές ενέργειας

5.5 Διατήρηση της ενέργειας

5.6 Πηγές ενέργειας

1. Τι γνωρίζετε για τη χημική ενέργεια ($E_{χημ}$);

➢ **Οι έμβιοι οργανισμοί** καθώς και **οι τροφές** περικλείουν ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στα μόρια ορισμένων χημικών ενώσεων, όπως για παράδειγμα **της γλυκ**όζης. Η ενέργεια αυτή οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των ατόμων που σχηματίζουν τα μόρια των χημικών ενώσεων είναι δηλαδή δυναμική ενέργεια, η οποία ονομάζεται **χημική ενέργεια**. Ο οργανισμός των αθλητών ή γενικότερα του ανθρώπου προσλαμβάνει ενέργεια από τις τροφές. Με την «καύση» της γλυκόζης, η αποθηκευμένη χημική ενέργεια μεταφέρεται στους μυς, μετατρέπεται σε κινητική και έτσι προκαλείται η κίνηση των μυών.

➢ **Στα καύσιμα** όπως το πετρέλαιο, τη βενζίνη, το φυσικό αέριο κ.ά. υπάρχει αποθηκευμένη **χημική ενέργεια**. Στα αυτοκίνητα η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται αρχικά σε **θερμική** των καυσαερίων και στη συνέχεια σε **κινητική** ενέργεια του οχήματος.

➢ **Στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια** η **χημική** ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο καύσιμο υλικό (άνθρακα, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) μετατρέπεται σε **θερμική** και τελικά σε **ηλεκτρική**. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με καύση των χημικών ενώσεων.

➢ **Στα τρόλεϊ όμως και στα ηλεκτρικά τρένα** η **ηλεκτρική** ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική των οχημάτων.

➢ **Σε έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα** τον οποίο έχουμε συνδέσει με μια μπαταρία η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία μετατρέπεται αρχικά σε ηλεκτρική και στη συνέχεια σε θερμική και **φωτεινή** στο λαμπάκι.

2. Ποιες είναι οι δυο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας που υπάρχουν στη φύση;

Στη φύση ανάλογα με τις μεταβολές που παρατηρούμε γύρω μας μπορούμε να διακρίνουμε ποικίλες μορφές ενέργειας, όπως:

- μηχανική
- θερμική,
- ηλεκτρική,
- χημική,
- πυρηνική,
- ηχητική,
- φωτεινή,
- ακτινοβολίας

Γνωρίζουμε ότι η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια όπως τα μόρια, τα άτομα, τους πυρήνες και τα ηλεκτρόνια.

Σε κάθε σώμα αυτά βρίσκονται σε διαρκή αλληλεπίδραση ασκώντας δυνάμεις το ένα στο άλλο, δηλαδή έχουν **δυναμική ενέργεια**.

Επιπλέον, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των σωματιδίων είναι ότι βρίσκονται σε διαρκή κίνηση, δηλαδή έχουν **κινητική ενέργεια**.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η **κινητική και η δυναμική ενέργεια** αποτελούν τις δυο **θεμελιώδεις μορφές ενέργειας στο μικρόκοσμο**.

Όλες οι μορφές ενέργειας που μπορούμε να διακρίνουμε στον κόσμο που ζούμε **ανάγονται** τελικά **σε** αυτές τις **δύο**.

Για παράδειγμα,

Η θερμική ενέργεια: είναι **κινητική ενέργεια** που συνδέεται με την άτακτη κίνηση των μορίων ή των ατόμων της ύλης.

Η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος: είναι **κινητική ενέργεια** των ηλεκτρονίων.

Η χημική ενέργεια: είναι **δυναμική ενέργεια** που σχετίζεται με τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων ή των ατόμων.
Η πυρηνική ενέργεια: είναι η **δυναμική ενέργεια** που οφείλεται στις δυνάμεις μεταξύ των συστατικών του πυρήνα του ατόμου.

3. Μετατροπές ενέργειας

Κατ' αρχήν κάθε μορφή ενέργειας είναι δυνατόν να μετατραπεί σ' οποιαδήποτε άλλη.

Με την εφεύρεση των συσκευών-μηχανών ο άνθρωπος κατάφερε να πραγματοποιεί μετατροπές ενέργειας με ελεγχόμενο τρόπο, από μια μορφή σε άλλη και να χρησιμοποιεί προς όφελος του αυτές τις μετατροπές ενέργειας.

Ας σκεφθούμε μερικά παραδείγματα μηχανών από τη καθημερινή μας ζωή:

- ο κινητήρας του αυτοκινήτου: μετατρέπει τη χημική των καυσίμων αρχικά σε θερμική και στη συνέχεια σε κινητική,
- ο λαμπτήρας: μετατρέπει την ηλεκτρική σε φωτεινή,
- ο λύχνος του υγραερίου: μετατρέπει τη χημική σε θερμική,
- ο ηλεκτρικός ανεμιστήρας: μετατρέπει την ηλεκτρική σε κινητική.

4. Τι γνωρίζετε για την αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε).

Είτε πρόκειται για μελέτη ενός πολύπλοκου συστήματος σωμάτων όπως ένας γαλαξίας, είτε ενός απλού όπως μια κούνια, υπάρχει πάντοτε ένα μέγεθος που διατηρείται **σταθερό**: **η ενέργεια (Ε).**

Η ενέργεια είναι δυνατόν να **μεταφέρεται** από ένα σώμα σε άλλο ή να **μετατρέπεται** από μια μορφή σε άλλη, όμως **η συνολική της ποσότητα διατηρείται σταθερή.**

Η μελέτη των διάφορων μορφών ενέργειας και των μετασχηματισμών της από μια μορφή σε άλλη οδήγησε σε μια από τις γενικότερες αρχές της φυσικής, την αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε):

Η ενέργεια ποτέ δεν παράγεται από το μηδέν και ποτέ δεν εξαφανίζεται. Μπορεί να μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη, ή να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο αλλά η συνολική της ποσότητα παραμένει σταθερή.

Δηλαδή σε κάθε ενεργειακή μεταβολή η ενέργεια παραμένει σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι η αρχική ενέργεια ($E_{αρχ}$) ενός σώματος (ή συστήματος σωμάτων), είναι ίση με την τελική του ενέργεια ($E_{τελ}$). Ισχύει

$$\boldsymbol{Α.Δ.Ε: E_{αρχ}=E_{τελ}=σταθερή.}$$

5. Να αναφέρετε τις ενεργειακές μετατροπές που έχουμε όταν σπρώχνουμε μια κούνια και τη θέτουμε σε κίνηση. Πως εφαρμόζεται σ' αυτήν την περίπτωση η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας;

Αρχικά η χημική ενέργεια του σώματος μας μεταφέρεται μέσω του έργου της δύναμης που ασκούμε στην κούνια και αυτή αποκτά μηχανική ενέργεια. Δηλαδή η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια της κούνιας.

Αν στη συνέχεια αφήσουμε την κούνια να κινηθεί ελεύθερα, τότε μετά από λίγο σταματά.

Τι έγινε η μηχανική της ενέργεια;

Η μηχανική ενέργεια της κούνιας δεν εξαφανίσθηκε αφού η ολική ενέργεια πρέπει να διατηρείται και να παραμένει σταθερή. Μέσω του έργου των δυνάμεων της τριβής του αέρα με την κούνια, η μηχανική ενέργεια μετατράπηκε σε θερμική.

Ισχύει λοιπόν ότι: Η χημική ενέργεια που μεταφέρθηκε στην κούνια, η αρχική μηχανική ενέργεια της κούνιας και η θερμική ενέργεια που μεταφέρθηκε στον αέρα είναι ίσες δηλαδή, Α.Δ.Ε: $E_{αρχ}=E_{τελ}$=σταθερή ή

$$\mathbf{E_{χημ}=E_{μηχανική}=E_{θερμική}=σταθερή.}$$

6. Να αναφέρετε τις ενεργειακές μετατροπές που έχουμε κατά το ξεκίνημα και το σταμάτημα ενός αυτοκινήτου. Πως εφαρμόζεται σ' αυτήν την περίπτωση η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας;

Κατά την εκκίνηση του αυτοκινήτου **η χημική ενέργεια** των καυσίμων μετασχηματίζεται σε **κινητική ενέργεια** του αυτοκινήτου και σε **θερμική** του αέρα που μεταφέρεται σ' αυτόν μέσω των καυσαερίων και του νερού του ψυγείου του αυτοκινήτου. Το άθροισμα της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου και της θερμικής που μεταφέρθηκε στον αέρα και το νερό του ψυγείου είναι ίσο με τη χημική ενέργεια των καυσίμων δηλαδή

$$\mathbf{E_{χημ}=E_K+E_{(1)θερμική}.}$$

Όταν το αυτοκίνητο σταματά, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, που διαχέεται στο περιβάλλον, μέσω του έργου των δυνάμεων τριβής που ασκούνται στο αυτοκίνητο. $E_K=E_{(2)θερμική}$. Τελικά μπορούμε να πούμε ότι όλη η χημική ενέργεια της βενζίνης μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια δηλαδή Α.Δ.Ε: $E_{αρχ}=E_{τελ}$=σταθερή ή

$$\mathbf{E_{χημ}=E_{(1)θερμική}+ E_{(2)θερμική}=E_{θερμική}.}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: *Παρατηρούμε λοιπόν ότι η συνολική ποσότητα ενέργειας διατηρείται. Όμως κατά τη μετατροπή της ενέργειας σε θερμική λέμε ότι η ενέργεια* ***υποβαθμίζεται****. Δηλαδή μειώνεται η ικανότητά της για την παραγωγή ωφέλιμου μηχανικού έργου W.*

7. Πηγές ενέργειας

Η κύρια πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας είναι**:**

Α) ο Ήλιος. Στο εσωτερικό του ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε ενέργεια ακτινοβολίας.

Β) Η **βιομάζα** (το ξύλο, το ξυλοκάρβουνο, τα φυτικά υπολείμματα) είναι μια πηγή ενέργειας που οφείλεται στη φωτοσύνθεση των φυτών.

8. Συμβατικές πηγές ενέργειας

Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιούμε παγκόσμια προέρχεται **συμβατικές πηγές** ενέργειας όπως είναι τα **ορυκτά καύσιμα** (γαιάνθρακες, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) και το **ουράνιο**. Οι συμβατικές όμως αυτές πηγές ενέργειας παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα:

i) Πρώτο τα αποθέματά τους θα εξαντληθούν και

ii) Δεύτερο η χρήση τους συμβάλλει στη ρύπανση και την καταστροφή του περιβάλλοντος.

*Το ουράνιο και το θόριο λέγονται **πυρηνικά καύσιμα**, γιατί χρησιμοποιούνται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες με τελικό σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.*

9. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι:

Η ηλιακή ενέργεια

Ένα μικρό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στη γη μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τη θέρμανση του χώρου κτιρίων ή του νερού

(ηλιακός θερμοσίφωνας) ή για τη μετατροπή της σε ηλεκτρική μέσω των φωτοβολταϊκών κυττάρων

Η αιολική ενέργεια

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι αξιοποίησαν την κινητική ενέργεια του ανέμου (αιολική ενέργεια) στις μετακινήσεις τους με ιστιοφόρα και στο άλεσμα των δημητριακών με ανεμόμυλους. Οι ανεμόμυλοι μαζί με τους νερόμυλους συγκαταλέγονται στις πρώτες μηχανές που αντικατέστησαν τους μυς των ζώων και του ανθρώπου ως πηγές ενέργειας.

Η υδραυλική ενέργεια

Το 10% περίπου της ηλεκτρικής ενέργεια στην Ελλάδα προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Το νερό της τεχνητής λίμνης έχει δυναμική ενέργεια, η οποία μετασχηματίζεται σε κινητική καθώς αυτό πέφτει και τελικά μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική στη στροβιλογεννήτρια

Εκτός της δυναμικής ενέργειας των υδατοταμιευτήρων, υπάρχουν και άλλες μορφές υδραυλικής ενέργειας. Το νερό των θαλασσών, εξαιτίας των κυμάτων που δημιουργούνται από τους ανέμους, των ρευμάτων και των παλιρροιών, βρίσκεται σε διαρκή κίνηση.

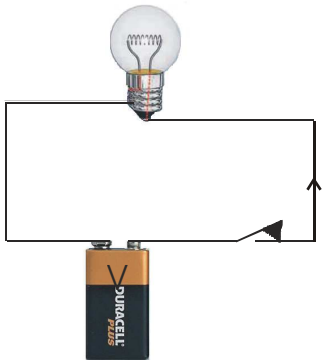
Η γεωθερμική ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια σχετίζεται με τη θερμική ενέργεια των υπόγειων πετρωμάτων ή των υπόγειων νερών. Προκειμένου να τη μετασχηματίσουμε σε άλλες μορφές, αξιοποιούμε τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα υπόγεια πετρώματα ή νερά και στην επιφάνεια της γης. Τα υπόγεια υλικά που έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες είναι πηγές θερμικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα είτε να μετασχηματιστεί σε ηλεκτρική ενέργεια.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θεωρούνται ανεξάντλητες.

Λυμένες ασκήσεις

1. Στο λαμπτήρα του σχήματος και για το χρόνο λειτουργίας του προσφέρθηκε ηλεκτρική ενέργεια $E_{ηλ}=9\cdot10^4$ J. Αν μόνο το 5% είναι η ωφέλιμη φωτεινή ενέργεια, τότε υπολογίστε τη θερμική ενέργεια που ελευθερώθηκε στο περιβάλλον καθώς και τη χημική ενέργεια της μπαταρίας που προσφέρθηκε στον ηλεκτρικό λαμπτήρα στον παραπάνω χρόνο.



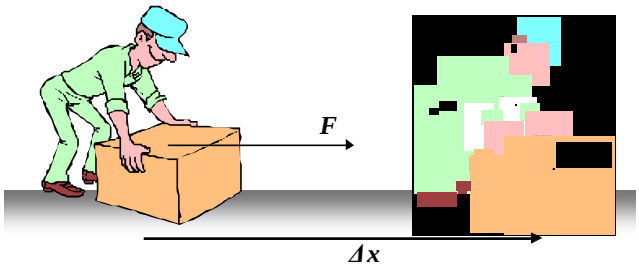
Λύση:

Στο λαμπτήρα η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και σε φωτεινή ενέργεια. Για τη φωτεινή ενέργεια της λάμπας έχουμε $E_{φωτ}=\frac{5}{100}\cdot E_{ηλ}$ ή

$E_{φωτ}=\frac{5}{100}\cdot9\cdot10^4$ ή $E_{φωτ}=4.500$ J. Άρα η θερμική ενέργεια θα είναι

$E_{θερμ}=E_{ηλ}-E_{φωτ}$ ή $E_{θερμ}=90.000-4.500=85.500$ J. Η θερμική ενέργεια αποτελεί το 95% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται στον ηλεκτρικό λαμπτήρα. Αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον τότε αυτή η θερμική ενέργεια μεταφέρεται με τη μορφή θερμότητας Q στο πειβάλλον.

Η μπαταρία μετασχηματίζει τη χημική της ενέργεια σε ηλεκτρική που προσφέρεται στο λαμπτήρα. Έτσι αφού η χημική ενέργεια της μπαταρίας είναι ίση με την ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται στη λάμπα έχουμε $E_{χημ}=E_{ηλ}=9\cdot10^4$ J.



2. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το κιβώτιο του διπλανού σχήματος το οποίο είναι αρχικά ακίνητο και βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Κάποια χρονική στιγμή ένας άνθρωπος εξασκεί στο κιβώτιο μια σταθερή δύναμη F=100N. Έτσι Έχουμε μεταφορά (προσφορά) ενέργειας από τον άνθρωπο στο κιβώτιο. Αν το κιβώτιο μετατοπιστεί κατά Δx=2m, τότε να υπολογιστούν:
α) Το έργο της δύναμης του ανθρώπου. Τι εκφράζει αυτό το έργο;
β) Πόση είναι η χημική ενέργεια που δαπάνησε ο εργάτης;
Σε τι μετατράπηκε τελικά η χημική ενέργεια του ανθρώπου;

Λύση:

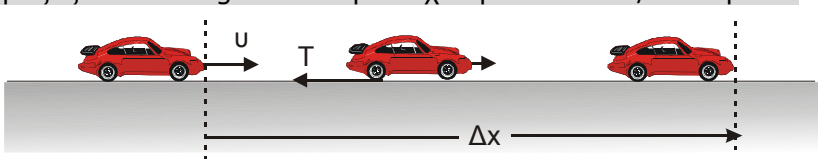
α) Το έργο της δύναμης του ανθρώπου είναι $W_F=F\cdot\Delta x$ ή $W_F=100\cdot 2=200$ J. Το έργο αυτό εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρθηκε από τον άνθρωπο στο κιβώτιο (μεταφορά ενέργειας μέσω του έργου της δύναμης).

β) Η παραπάνω μεταφερόμενη ενέργεια από τον άνθρωπο στο κιβώτιο είναι ίση με τη χημική ενέργεια που δαπάνησε αυτός. Άρα έχουμε $E_{χημ}= W_F=200$ J.

Όμως η ενέργεια αυτή μετατράπηκε στο κιβώτιο σε κινητική ενέργεια (μετατροπή ενέργειας μέσω του έργου της δύναμης).
Άρα $E_K= E_{χημ}= W_F=200$ J.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:
Στην περίπτωση που υπήρχε και τριβή τότε ένα μέρος της χημικής ενέργειας του ανθρώπου μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια μέσω του έργου της τριβής και το υπόλοιπο μέρος της ενέργειάς του γίνεται κινητική ενέργεια του κιβωτίου.

3. Ένα αυτοκίνητο μάζας m=800 kg κινείται με ταχύτητα υ=20 m/s. Ξαφνικά ο οδηγός πατάει φρένο και το αυτοκίνητο ολισθαίνει. Μεταξύ των τροχών του αυτοκινήτου και του οδοστρώματος αναπτύσσεται δύναμη τριβής ολίσθησης, το μέτρο της οποίας ισούται με Τ=8.000 Ν:



α) Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου πριν από το φρενάρισμα.
β) Σε ποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου; Το έργο ποιας δύναμης εκφράζει αυτή τη μετατροπή;
γ) Πόσο θα ολισθήσει το αυτοκίνητο μέχρι να σταματήσει;

Λύση:

α) Για την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου έχουμε $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot \upsilon^2$ ή $E_K=\frac{1}{2}\cdot 800\cdot 20^2$ ή $E_K=160.000$ J.

β) Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια (Q) μέσω του έργου της τριβής. Το έργο της τριβής είναι ίσο κατ' απόλυτη τιμή με αυτή τη θερμική ενέργεια. Δηλαδή έχουμε $Q=|W_T|$

γ) Η συνολική θερμική ενέργεια που παράγεται κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος είναι ίση με την αρχική του κινητική ενέργεια, αφού αυτό τελικά σταματά. Άρα $E_K= Q=|W_T|$. Όμως ισχύει $|W_T|=T\cdot\Delta x$, άρα προκύπτει $E_K=T\cdot\Delta x$ ή $\Delta x=\frac{E_K}{T}=\frac{160.000}{8.000}=20$m.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Τέτοιες δυνάμεις όπως είναι η τριβή ονομάζονται μη συντηρητικές, επειδή όταν ασκούνται σε κάποιο σώμα ελαττώνουν (δε συντηρούν) τη μηχανική του ενέργεια.

Ασκήσεις

1) Ένα αυτοκίνητο με μάζα m=1.000 Kg κινείται με ταχύτητα 20 m/s. Ξαφνικά το αυτοκίνητο πέφτει πάνω σε μια κολόνα ηλεκτροφωτισμού. Η κολόνα παραμένει ακίνητη και το αυτοκίνητο σταματάει.
α) Υπολόγισε την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου πριν τη σύγκρουση. Περίγραψε τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης.
β) Πόσο έργο παράχθηκε από τη δύναμη που ασκεί η κολόνα στο αυτοκίνητο;
γ) Αν δεχθούμε ότι κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης η κολόνα ασκεί στο αυτοκίνητο σταθερή δύναμη και το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου μετατοπίσθηκε (βούλιαξε) κατά 40 cm, να υπολογίσεις το μέτρο της.

2) Ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα ψυγείο μάζας m=50Kg σε απόσταση Δx=1,5 m μέχρι τον τοίχο της κουζίνας με σταθερή ταχύτητα υ. Αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ του ψυγείου και του πατώματος είναι μ=0,5 να υπολογίσετε:
α) το έργο που δαπάνησε ο άνθρωπος και
β) Σε τι μετατράπηκε η χημική ενέργεια του ανθρώπου σ' αυτή την προσπάθεια. Δίνεται $g=10m/s^2$.

3) Από ύψος h=10m αφήνουμε να πέσει μια μπάλα m=200g
Υποθέστε ότι η μπάλα αφού χτυπήσει στο έδαφος ανεβαίνει σε ύψος 8m.
α) Πόσο έργο παράχθηκε από τη δύναμη που εξάσκησε το πάτωμα στη μπάλα; Σε τι μετατράπηκε το έργο αυτό;
β) Ποια είναι η ταχύτητα της μπάλας ακριβώς πριν την κρούση και πόση ακριβώς μετά την κρούση με το πάτωμα; Δίνεται $g=10m/s^2$.

4) Σώμα μάζας m=20Kg κινείται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Κάποια στιγμή το σώμα έχει ταχύτητα $υ_0=3m/s$. Αν ο συντελεστής τριβής ολίσθησης ανάμεσα στο σώμα και το οριζόντιο επίπεδο είναι μ=0,1, να υπολογιστεί η ταχύτητα του σώματος αφού διανύσει απόσταση Δx=2,5m. Πόση είναι η θερμική ενέργεια κατά τη διάρκεια της κίνησης. Ποια είναι η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος; Τι παρατηρείτε; Δίνεται $g=10m/s^2$.

5) Σώμα ρίχνεται προς τα πάνω κατά μήκος κεκλιμένου επιπέδου $\varphi=30^0$ με $\upsilon_0=3m/s$. Αν $\mu=\frac{\sqrt{3}}{6}$, να υπολογίσετε το διάστημα Δx που θα διανύσει το σώμα μέχρι να σταματήσει στιγμιαία. Πόση είναι η απώλεια μηχανικής ενέργειας αν η μάζα του σώματος είναι m=2Kg; Δίνεται $g=10m/s^2$.

6) Σώμα μάζας m=0,2Kg πέφτει από ύψος h=5m πάνω σ' ένα σωρό άμμου. Αν το σώμα εισχωρεί κατά 5cm στην άμμο πριν σταματήσει να υπολογίσετε ποια σταθερή δύναμη εξάσκησε η άμμος στο σώμα. Δίνεται $g=10m/s^2$.

7) Η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου m=1200Kg αυξάνει από 36Km/h σε 108Km/h. Αν η δύναμη που ασκήθηκε από τον κινητήρα του αυτοκινήτου είναι F=2.400N, τότε να υπολογιστεί το έργο της δύναμης αυτής καθώς και η χημική ενέργεια που προσφέρθηκε από τη βενζίνη στο αυτοκίνητο. Πόση είναι τότε η μετατόπιση Δx του αυτοκινήτου; Τριβές και αντιστάσεις δεν υπάρχουν.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Στα αυτοκίνητα η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται αρχικά σε θερμική των καυσαερίων και στη συνέχεια σε κινητική ενέργεια του οχήματος. **( )**

2) Η ενέργεια που παίρνουμε από τις τροφές προέρχεται από τη δυναμική ενέργεια των ατόμων που σχηματίζουν τα μόριά τους. **( )**

3) Αν κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης, η ενέργεια που απαιτείται για το σπάσιμο των αρχικών δεσμών είναι μεγαλύτερη αυτής που ελευθερώνεται από τη δημιουργία των νέων δεσμών, τότε κατά τη χημική αντίδραση ελευθερώνεται ενέργεια. **( )**

4) Οι μηχανές μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη. **( )**

5) Ένα βενζινοκινητήρας μετατρέπει τη χημική ενέργεια των καυσίμων σε θερμική. **( )**

6) Σε μια ατομική βόμβα η πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική και θερμική. **( )**

7) Η ενέργεια μπορεί να εξαφανίζεται και να δημιουργείται από το μηδέν. **( )**

8) Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ανήκει και η ηλιακή ενέργεια, που θεωρείται ανεξάντλητη. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Στα καύσιμα όπως το πετρέλαιο, η βενζίνη, το φυσικό αέριο κ.ά. υπάρχει αποθηκευμένη.:
α. μηχανική ενέργεια.
β. ηλεκτρική ενέργεια.
γ. χημική ενέργεια.
δ. πυρηνική ενέργεια.

2) Σε έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα τον οποίο έχουμε συνδέσει με μια μπαταρία η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία μετατρέπεται:
α) κυρίως σε φωτεινή ενέργεια.
β) αποκλειστικά σε θερμική ενέργεια.
γ) αρχικά σε ηλεκτρική και στη συνέχεια σε θερμική και φωτεινή στο λαμπάκι.
δ) τελικά σε ηλεκτρική ενέργεια.

3) Η θερμική ενέργεια είναι:
α) η κινητική ενέργεια που συνδέεται με την άτακτη κίνηση των μορίων ή των ατόμων της ύλης.
β) η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων όταν εκτελούν προσανατολισμένη κίνηση.
γ) η δυναμική ενέργεια που σχετίζεται με τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων ή των ατόμων.
δ) η δυναμική ενέργεια που οφείλεται στις δυνάμεις μεταξύ των συστατικών του πυρήνα του ατόμου.

4) Στους μυς του ανθρώπου που πραγματοποιεί μια εργασία,
α) η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική.
β) η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.
γ) η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.
δ) η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική.

5) Η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα,
α) την ελάττωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας.
β) την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
γ) την μείωση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

δ) την παραγωγή ανεξάντλητης ποσότητας ενέργειας.

6) Στις συμβατικές μορφές ενέργειας περιλαμβάνονται,
α) μόνο τα ορυκτά καύσιμα.
β) η ηλιακή και αιολική ενέργεια.
γ) τα ορυκτά καύσιμα και η γεωθερμία.
δ) τα ορυκτά και τα πυρηνικά καύσιμα.

7) Στις ανεμογεννήτριες η
α) αιολική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε ηλεκτρική.
β) μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε υδραυλική.
γ) ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.
δ) ηλιακή και η αιολική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε μηχανική.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η δυναμική ενέργεια που οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των ατόμων που σχηματίζουν τα μόρια των χημικών ενώσεων ονομάζεται .....ενέργεια

2) Κατά τη καύση των χημικών ενώσεων η χημική ενέργεια μετατρέπεται σε .....

3) Η ..... και η ..... ενέργεια αποτελούν τις θεμελιώδεις μορφές ενέργειας στο μικρόκοσμο**.** Όλες οι μορφές ενέργειας που μπορούμε να διακρίνουμε στον κόσμο που ζούμε ανάγονται τελικά σε αυτές τις δύο.

4) Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης η ..... ενέργεια μετατρέπεται σε χημική.

5) Όταν ένα αυτοκίνητο που αρχικά κινείται στο δρόμο σταματά, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε……., που διαχέεται στο περιβάλλον, μέσω του έργου των δυνάμεων ……που ασκούνται στο αυτοκίνητο.

6) Η ενέργεια είναι δυνατόν να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο ή να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, όμως η συνολική της ποσότητα διατηρείται……..

7) Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα ορυκτά καύσιμα, στον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο οφείλεται στον……..

8) Η υδραυλική ενέργεια, είναι η ενέργεια των ……. εργοστασίων. Στα εργοστάσια αυτά η βαρυτική ……ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

9) Τα υπόγεια υλικά που έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από το περιβάλλον, είναι πηγές θερμικής ενέργειας που ονομάζεται, …….. και μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα, είτε να μετασχηματιστεί σε ηλεκτρική ενέργεια.

5.7 Απόδοση μιας μηχανής

5.8 Ισχύς

1. Πως ορίζεται η απόδοση μιας μηχανής;

Μια μηχανή ή συσκευή μετατρέπει ενέργεια από μια μορφή σε άλλη.

Κατά τη μετατροπή όμως της ενέργειας από τη μια μορφή σε άλλη, ενώ **η συνολική ενέργεια διατηρείται,** σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας, **η χρήσιμη (ωφέλιμη) ενέργεια** είναι πάντοτε **μικρότερη** της **ενέργειας που προσφέρεται** αρχικά.

Η προσφερόμενη ενέργεια ($\mathbf{E_{προσφερόμενη}}$), είναι ίση με το άθροισμα της χρήσιμης ή ωφέλιμης ενέργειας **(**$\mathbf{E_{χρήσιμη}}$) και της ενέργειας που διασκορπίζεται με τη μορφή θερμικής ενέργειας ($\mathbf{E_{θερμική}}$).

$$\mathbf{E_{προσφερόμενη}=E_{χρήσιμη}+E_{θερμική}}$$

Η απόδοση μιας μηχανής ορίζεται ως το πηλίκο της χρήσιμης προς την προσφερόμενη ενέργεια.

$$\mathbf{n=}\frac{E_{χρήσιμη}}{E_{προσφερόμενη}}$$

Όπως είπαμε όμως ισχύει πάντα $\mathbf{E_{χρήσιμη}<E_{προσφερόμενη}}$. Άρα το παραπάνω κλάσμα είναι μικρότερο της μονάδας, δηλαδή η απόδοση n μιας μηχανής είναι **πάντα** μικρότερη της μονάδας.

Συνήθως, η απόδοση εκφράζεται ως ποσοστό % δηλαδή εκφράζεται ως $\mathbf{n=}\frac{E_{χρήσιμη}}{E_{προσφερόμενη}}\cdot\mathbf{100\%}$ και είναι **πάντοτε** μικρότερη από 100%.

Για παράδειγμα σ' ένα λαμπτήρα πυράκτωσης μόνο το 5% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε χρήσιμη φωτεινή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο 95% απλώς θερμαίνει τον αέρα του δωματίου. Ο συντελεστής απόδοσης του λαμπτήρα πυράκτωσης είναι $n=\frac{E_{\chi\rho\acute{\eta}\sigma\iota\mu\eta}}{E_{\pi\rho o\sigma\phi\epsilon\rho\acute{o}\mu\epsilon\nu\eta}}=5\%$.

2. Πως ορίζεται η ισχύς (P);

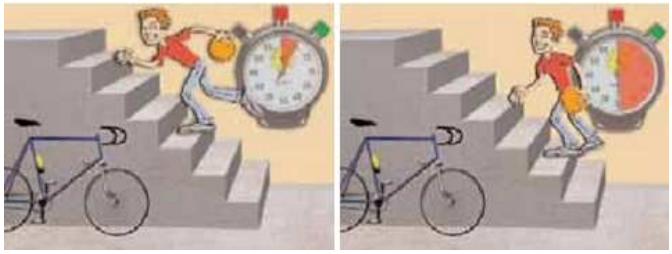
Η ισχύς είναι ένα **μονόμετρο** φυσικό μέγεθος που δείχνει πόσο **γρήγορα** παράγεται κάποιο έργο ή μετασχηματίζεται κάποια μορφή ενέργειας και ορίζεται ως το πηλίκο του έργου (W) που παράγεται ή της ενέργειας (E) που μετασχηματίζεται δια του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος Δt=t.

$$\text{Ισχύς}=\frac{\text{Έργο}}{\text{χρονικό διάστημα}}=\frac{\text{Ποσότητα ενέργειας που μετασχηματίζεται}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

$$P=\frac{W}{t}=\frac{E}{t}$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει πως η ισχύς μιας συσκευής ή μιας μηχανής είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο:

i) Περισσότερο έργο W παράγει ή περισσότερη ενέργεια E μετασχηματίζει σε ορισμένο χρονικό διάστημα Δt=t. Ή,
ii) Ισοδύναμα, η ισχύς είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερο χρονικό διάστημα Δt=t, απαιτείται για να παραχθεί ορισμένη ποσότητα έργου W, ή να μετασχηματιστεί ορισμένη ποσότητα ενέργειας E.



➢ Για παράδειγμα το έργο W που παράγεται όταν ανεβαίνουμε μια σκάλα τρέχοντας με σταθερή ταχύτητα σε μερικά δευτερόλεπτα (t_1) , είναι το ίδιο με αυτό που παράγεται όταν ανεβαίνουμε την ίδια σκάλα σε μερικά λεπτά (t_2), περπατώντας με σταθερή επίσης ταχύτητα. Για ανέβασμα το ίδιο ύψος h, ισχύει για το έργο της

δύναμης, W=w·h. Όμως $t_2>t_1$ άρα από τη σχέση **P=** $\frac{W}{t}$ συμπεραίνουμε $P_1>P_2$.
Άρα σε όσο μικρότερο χρονικό διάστημα παράγουμε κάποιο έργο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς της δύναμης που ασκούμε και τόσο περισσότερο κουραζόμαστε.

- Για σταθερή δύναμη ισχύει W=F·Δx, έτσι έχουμε $P=\frac{W}{t}=\frac{F.\Delta x}{\Delta t}=F\cdot\frac{.\Delta x}{\Delta t}=F\cdot u$.

Δηλαδή η ισχύς που προσφέρεται από μια δύναμη F σε ένα σώμα που κινείται με ταχύτητα υ, είναι εκείνη τη στιγμή, ανάλογη του μέτρου της δύναμης F και της ταχύτητας υ με την οποία κινείται το σώμα.

- Από τη σχέση $P=\frac{W}{t}$ προκύπτει W=P·t. Με τη βοήθεια του τύπου αυτού μπορούμε να υπολογίσουμε το έργο που παράγει μια μηχανή, γνωστής ισχύος P, όταν λειτουργεί επί ορισμένο χρόνο t.

3. Ποιες μονάδες ισχύος γνωρίζετε;

Η ισχύς P (Power) είναι μονόμετρο μέγεθος και η μονάδα μέτρησής του στο S.I. είναι το 1Watt=1Joule/sec.

4. Πότε μια μηχανή έχει ισχύ 1W;

Ισχύει $1W=\frac{1J}{1s}$, κατά συνέπεια μια μηχανή έχει ισχύ 1W, όταν παράγει έργο 1J σε χρόνο 1s. Τότε όμως προκύπτει και η σχέση 1J=1W·s.

Το 1W είναι σχετικά μικρή μονάδα ισχύος και συνήθως χρησιμοποιούνται πολλαπλάσιά του.

Έτσι άλλες μονάδες μέτρησης της ισχύος είναι**:**

1KW=1000W=10^3 W.
1MW=1.000.000=10^6 W.

Ακόμη για τους κινητήρες των αυτοκινήτων χρησιμοποιείται ως μονάδα ισχύος ο ίππος (1HP). Ισχύει 1HP =746 W.

Αν στον τύπο W=P·t βάλουμε P=1kW και t=1h, θα πάρουμε μια ακόμη μονάδα ενέργειας που ονομάζεται κιλοβατώρα (1kWh). Η μια κιλοβατώρα (1kWh), είναι το έργο, που παράγει μηχανή ισχύος 1 kW, όταν λειτουργήσει επί μια ώρα.

Κατά συνέπεια ισχύει: 1kWh=1000 Wh=1000W·1 h=1000W·3600s=3.600.000 W·s ή 1kWh=3.600.000 J.
ΠΡΟΣΟΧΗ: Το **1kW** είναι μονάδα **ισχύος** ενώ η **1kWh** είναι μονάδα **ενέργειας**.

Λυμένες ασκήσεις

1. Δύο μαθητές Α, Β, αρχίζουν να ανεβαίνουν τις σκάλες του σχολείου μεταβαίνοντας στην αίθουσα της τάξης τους η οποία βρίσκεται στον 2ο όροφο, που βρίσκεται σε ύψος h=8m από το έδαφος. Ο μαθητής Α έχει μάζα m_A=60kg και φθάνει στον 2ο όροφο σε t=1min. Ο μαθητής Β έχει μάζα m_B=80kg και φθάνει στον όροφο σε t=1min επίσης.
α) Ποιος από τους μαθητές έκανε μεγαλύτερο έργο;
β) Ποιος από τους μαθητές ανέπτυξε μεγαλύτερη ισχύ; Δίνεται g=10m/s^2.

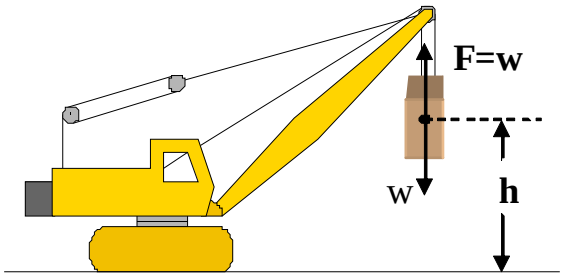
Λύση:

α) Το έργο που δαπάνησε ο κάθε μαθητής είναι ίσο με την τελική δυναμική του ενέργεια, αν παραλείψουμε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητάς τους κατά τη διάρκεια της κίνησής τους. Τότε το έργο που παρήχθει από το μαθητή Α είναι $W_A=U_A=m_A\cdot g\cdot h=60\cdot 10\cdot 8=4.800$ J. Παρόμοια το έργο που παρήχθει από το μαθητή Β είναι $W_B=U_B=m_B\cdot g\cdot h=80\cdot 10\cdot 8=6.400$ J. Οπότε ο μαθητής Β (ο βαρύτερος) παρήγαγε μεγαλύτερο έργο.

β) Η ισχύς είναι το **μονόμετρο** φυσικό μέγεθος που δείχνει πόσο **γρήγορα** παράγεται κάποιο έργο ή μετασχηματίζεται κάποια μορφή ενέργειας και ορίζεται ως το πηλίκο του έργου (W) που παράγεται ή της ενέργειας (Ε) που μετασχηματίζεται δια του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος Δt=t. Άρα για το μαθητή Α έχουμε, $P_A=\frac{W_A}{t}=\frac{4.800}{60}$=80 W. Παρόμοια για το μαθητή Β έχουμε, $P_B=\frac{W_B}{t}=\frac{6.400}{60}$=106,7 W. Άρα μεγαλύτερη ισχύ ανέπτυξε ο μαθητής Β που στον ίδιο χρόνο παρήγαγε μεγαλύτερο έργο.

2. Ένας γερανός ανεβάζει με σταθερή ταχύτητα ένα κιβώτιο μάζας m=400kg σε ύψος h = 12m. Αν η ανύψωση ολοκληρώθηκε σε χρόνο t = 2min, να βρείτε την ισχύ που απέδωσε ο γερανός. Αν η απόδοση του γερανού είναι n=0,3 (30%) να υπολογίσετε την χημική ενέργεια που ξοδεύτηκε από το καύσιμο του γερανού. Δίνεται g = 10m/s^2.

Λύση:

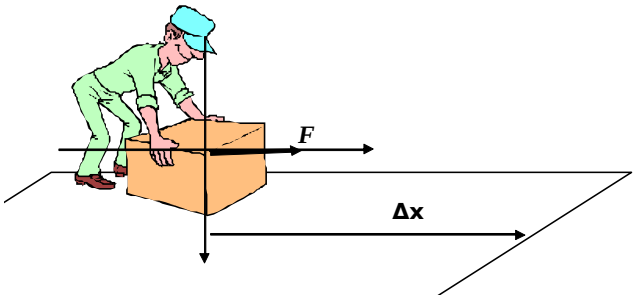


Αφού το κιβώτιο ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα ισχύει από τον 1^ο Νόμο του Newton $F_{ολ}=0$ ή $F=w=m\cdot g=4.000N$.
Τότε το έργο που παράγεται από τη δύναμη F που ασκεί ο γερανός για την παραπάνω ανύψωση είναι $W_F=F\cdot h$ ή $W_F=4.000\cdot 12$ ή $W_F=48.000$ J. Η ισχύς που απέδωσε ο γερανός δίνεται από τη σχέση, $P=\frac{W_F}{t}=\frac{48.000}{120}=400$ W.

Η απόδοση του γερανού ορίζεται ως το πηλίκο της χρήσιμης προς την προσφερόμενη ενέργεια δηλαδή έχουμε $\mathbf{n=\frac{E_{χρήσιμη}}{E_{προσφερόμενη}}}$

Η χρήσιμη ενέργεια είναι το έργο της δύναμη F που τελικά μετατρέπεται σε δυναμική ενέργεια του κιβωτίου. Άρα $E_{χρήσιμη}=W_F=48.000$ J. Η προσφερόμενη ενέργεια είναι η χημική ενέργεια από το καύσιμο που προσφέρεται στον κινητήρα και κινεί το γερανό. Άρα έχουμε $E_{προσφερόμενη}=\frac{E_{χρήσιμη}}{n}=\frac{48.000}{0,3}=160.000$ J.

3. Ο εργάτης του σχήματος σπρώχνει το κιβώτιο με σταθερή δύναμη F=10N και το σώμα μετατοπίζεται με σταθερή ταχύτητα υ=2m/s όπως στο σχήμα.
α) Να υπολογίσετε το έργο του εργάτη για μετατόπιση Δx=5m.
β) Ποια είναι η ισχύς του εργάτη;
γ) Να υπολογίσετε το ρυθμό με τον οποίο η προσφερόμενη στο σώμα ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.



Λύση:

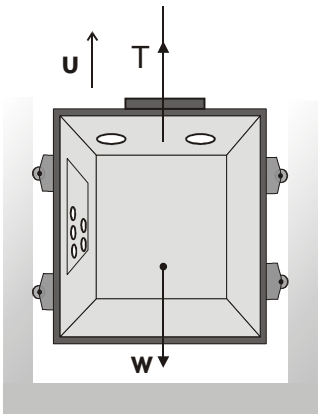
α) Για το έργο της σταθερής δύναμης F που ασκεί ο εργάτης έχουμε $W_F=F\cdot\Delta x=10\cdot5=50$ J.

β) Για τη σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται το κιβώτιο ισχύει $\upsilon=\frac{\Delta x}{t}$ ή $t=\frac{\Delta x}{\upsilon}=2{,}5$s. Τότε η ισχύς του εργάτη θα είναι $P=\frac{W_F}{t}=\frac{50}{2{,}5}=20$ W.
Βέβαια γνωρίζουμε πως για σταθερή δύναμη ισχύει $W=F\cdot\Delta x$, έτσι έχουμε $P=\frac{W}{t}=\frac{F.\Delta x}{\Delta t}=F\cdot\frac{.\Delta x}{\Delta t}=F\cdot\upsilon$.

Δηλαδή η ισχύς που προσφέρεται από τη δύναμη F στο κιβώτιο δίνεται και από τη σχέση $P=F\cdot\upsilon=10\cdot2=20$ W.

γ) Η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα μέσω του έργου της τριβής. Έτσι και ο ρυθμός με τον οποίο ή προσφερόμενη ενέργεια από τον εργάτη στο σώμα μετατρέπεται σε θερμότητα είναι ίσος με την ισχύ της τριβής. Από τον 1° Νόμο του Newton ισχύει $F_{ολ}=0$ ή $F-T=0$ ή $T=F=10$N. Τότε για την ισχύ της τριβής έχουμε $P_T=-T\cdot\upsilon=-10\cdot2=-20$ W.

4. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ασκεί δύναμη Τ=8.000 Ν σ' έναν ανελκυστήρα και τον ανυψώνει κατά h=16 m σε t=20 s.
α) Πόση είναι η ισχύς του κινητήρα; Εάν ο ανελκυστήρας ανέβαινε σε 32 s, θα άλλαζε το έργο; Θα άλλαζε η ισχύς του κινητήρα; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
β) Αν ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά ο κινητήρας του ανελκυστήρα είναι $E_{ηλεκτρική}$=160.000 J, να υπολογίσετε την απόδοση του ηλεκτρικού κινητήρα.



Λύση:

α) Για το έργο της σταθερής δύναμης Τ του ανελκυστήρα έχουμε $W_T=T\cdot h=$ $=8.000\cdot 16=128.000$ J. Τότε η ισχύς του κινητήρα είναι

$P=\frac{W_T}{t}=\frac{128.000}{20}$=6.400 W ή 6,4KW. Αν αλλάξει ο χρόνος που απαιτείται για να ανέβει ο ανελκυστήρας στο παραπάνω ύψος, τότε το έργο της δύναμης Τ του ανελκυστήρα δε μεταβάλλεται. Όμως θα παράγεται το ίδιο έργο σε μεγαλύτερο χρόνο, οπότε η ισχύς του κινητήρα τώρα είναι διαφορετική (μικρότερη) και ίση με $P=\frac{W_T}{t}=\frac{128.000}{32}$ =4.000 W ή 4KW.

β) Η απόδοση του ανελκυστήρα ορίζεται ως το πηλίκο της χρήσιμης προς την προσφερόμενη ενέργεια δηλαδή $\mathbf{n=\frac{E_{χρήσιμη}}{E_{προσφερόμενη}}}$

Η χρήσιμη ενέργεια είναι το έργο της δύναμη Τ. Άρα $E_{χρήσιμη}=W_T=128.000$ J. Η προσφερόμενη ενέργεια είναι η ηλεκτρική ενέργεια $E_{ηλεκτρική}$=160.000 J που προσφέρεται στον κινητήρα. Άρα έχουμε $\mathbf{n=}\frac{128.000}{160.000}$ =0,8 ή 80%.

5. Ένας καταρράκτης ύψους h=40m ρίχνει 200m^3 νερό κάθε sec. Να υπολογίσετε το έργο του βάρους σε κάθε μια ώρα πάνω στον καταρράκτη. Ποια είναι η ισχύς του καταρράκτη;
Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ=1.000Kgr/m^3. Δίνεται g=10m/s^2.

Λύση:

Σε μια ώρα πέφτει από τον καταρράκτη νερό όγκου V=200·3.600=72·10^4 m^3. Για τη πυκνότητα του νερού έχουμε ρ= $\frac{m}{V}$ ή m=ρ·V ή m=ρ·V=1.000·72·10^4 ή m=72·10^7 Kg. Τότε για το έργο του βάρους πάνω στον καταρράκτη είναι W_w=w·h ή W_w=m·g·h ή W_w=72·10^7·10·40 ή W_w=288·10^9 J. Για την ισχύ του καταρράκτη έχουμε: P= $\frac{W_w}{t}$ = $\frac{288\cdot10^9}{3.600}$ =8· 10^7 W ή 80 MW.

Ασκήσεις

1) Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα υ = 4m/s με την επίδραση οριζόντιας σταθερής δύναμης F = 40N. Να βρεθεί:
α) Το έργο της τριβής για μετατόπιση Δx = 5m.
β) Η προσφερόμενη ισχύς.
γ) Ο ρυθμός με τον οποίο η προσφερόμενη στο σώμα ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.

2) Κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος γυμναστικής ένας μαθητής μάζας m=70 kg αναρριχάται σε μια κατακόρυφο δοκό μήκους 4 m σε 5 s. Πόση είναι η μέση ισχύς του μαθητή στη διάρκεια της άσκησης; Δίνεται $g=10m/s^2$.

3) Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ασκεί δύναμη T=5.000 N σ' έναν ανελκυστήρα και τον ανυψώνει κατά h=10 m σε t=15 s. Πόση είναι η ισχύς του κινητήρα;
Αν η ηλεκτρική ενέργεια που προσφέρεται στον κινητήρα του ανελκυστήρα είναι $E_{ηλεκτρική}=10^4$ J ποια είναι η απόδοση του κινητήρα;

4) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα υ=72Km/h σε λείο οριζόντιο δρόμο. Στο αυτοκίνητο ασκείται από τον αέρα μια δύναμη αντίθετη με την κίνησή του A=5.000 N.
α) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο αυτοκίνητο κατά την οριζόντια διεύθυνση;
β) Πόση ενέργεια προσφέρει η μηχανή του αυτοκινήτου σε χρόνο 20 s;
δ) Πόση ισχύ αναπτύσσει η μηχανή του αυτοκινήτου, όταν κινείται με αυτή την ταχύτητα; Εξαρτάται η ισχύς του κινητήρα του αυτοκινήτου από το χρόνο κίνησής του;

5) Για να ανυψώσει ένας γερανός με σταθερή ταχύτητα, κατά h=30cm μια μαρμάρινη πλάκα, όγκου $V=2m^3$, απαιτείται χρόνος t=4min. Ποια είναι η ισχύς του γερανού; Δίνεται η πυκνότητα του μαρμάρου $ρ=2,8g/cm^3$ και $g=10m/s^2$.

6) Ανελκυστήρας έχει μαζί με το φορτίο του συνολικό βάρος w=15.000N. Ο ανελκυστήρας ξεκινάει από το ισόγειο του κτιρίου και ύστερα από χρόνο t=21 s περνάει από τον 4^o όροφο, που απέχει από το ισόγειο κατά h=15m, με ταχύτητα υ=8m/s. Να υπολογιστεί η ισχύς του κινητήρα του ανελκυστήρα. Δίνεται $g=10m/s^2$.

7) Για την άρδευση χωραφιού χρησιμοποιείται ηλεκτρική αντλία ισχύος p=2KW. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ αγροκτήματος και δεξαμενής νερού είναι h=25m και η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την άρδευση του χωραφιού είναι 100m^3.
α) Ποια είναι η δαπάνη για κάθε πότισμα του χωραφιού αν η απόδοση της ηλεκτρικής αντλίας είναι 40% και η απώλεια νερού από τη δεξαμενή μέχρι το χωράφι είναι 28%;
β) Σε πόσο χρόνο θα τελειώσει το πότισμα του χωραφιού με τη συγκεκριμένη αντλία;
Θεωρείστε ότι στη ΔΕΗ πληρώνουμε 0,18 ευρώ/KWh. Δίνεται ακόμη η πυκνότητα του νερού ρ=1.000 Kg/m^3 και g=10m/s^2.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Η απόδοση μιας μηχανής είναι ίση με το πηλίκο της ωφέλιμης ενέργειας προς την ενέργεια που η μηχανή απορροφά. **( )**

2) Η ωφέλιμη ενέργεια (φωτεινή) είναι μεγαλύτερη στο λαμπτήρα φθορισμού απ' ό,τι στο λαμπτήρα πυράκτωσης. **( )**

3) Η ισχύς μιας συσκευής ή μιας μηχανής είναι τόσο μικρότερη, όσο περισσότερο έργο παράγει σε ορισμένο χρονικό διάστημα. **( )**

4) 1 HP=746 W. **( )**

5) Μονάδα μέτρησης ισχύος στο S.I είναι το 1W. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Σ' ένα λαμπτήρα πυράκτωσης,
α. μόνο το 5% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε χρήσιμη φωτεινή ενέργεια.
β. το 95% είναι ηλεκτρική ενέργεια.
γ. το 5% της ηλεκτρικής ενέργειας απλώς θερμαίνει τον αέρα του δωματίου.
δ. το 100% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια.

2) Η απόδοση n μιας μηχανής είναι:
α) $n>1$

β) $n \leq 1$
γ) $n=0$
δ) πάντοτε μικρότερη της μονάδας.

3) Η ισχύς,
α) ορίζεται από τη σχέση $P=\frac{W}{t}$
β) είναι διανυσματικό μέγεθος
γ) έχει μονάδα μέτρησης τη μια βατώρα (1Wh)
δ) είναι ανάλογη με το χρόνο στον οποίο μια δύναμη παράγει έργο.

4) Η απόδοση μιας μηχανής είναι 0,3. Αυτό σημαίνει ότι
α. η ωφέλιμη ισχύς είναι το 70% της απορροφούμενης.
β. η ισχύς που χάνεται είναι το 30% της απορροφούμενης.
γ. η προσφερόμενη ενέργεια είναι το 70% της απορροφούμενης.
δ. η ωφέλιμη ισχύς είναι το 30% της απορροφούμενης.

5) Για μια πραγματική μηχανή που βρίσκεται σε λειτουργία
α. η προσφερόμενη σ' αυτήν ισχύς είναι μεγαλύτερη από την ισχύ που η μηχανή αποδίδει.
β. η προσφερόμενη σ' αυτήν ισχύς είναι μικρότερη από την ισχύ που η μηχανή αποδίδει.
γ. η προσφερόμενη σ' αυτήν ισχύς είναι ίση με την ισχύ που η μηχανή αποδίδει.
δ. η ενέργεια που "χάνεται" είναι πάντα μεγαλύτερη από την ενέργεια που η μηχανή αποδίδει.

6) Η ισχύς μιας δύναμης F=100N που ασκείται σε σώμα που κινείται με σταθερή ταχύτητα υ=3m/s είναι:
α) $p=F/\upsilon=33,3$ W.
β) $p=F\cdot\upsilon=300$ W.
γ) $p=F\cdot\Delta x= F\cdot\upsilon\cdot\Delta t=300\cdot\Delta t$, άρα ανάλογη του χρόνου κίνησης.
δ) ανεξάρτητη της δύναμης.

7) Το κόστος λειτουργίας ενός λαμπτήρα εξαρτάται,
α) από την ισχύ του.
β) το χρόνο που αυτός λειτουργεί.

γ) και από τα δύο.
δ) κανένα από τα δυο.

8) Το 1MW είναι ίσο με,
α) 10^3W
β) 10^{-6}W
γ) 10^6 J
δ) 10^6W.

9) Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα και σε χρόνο 8s διανύει απόσταση 160m. Αν η μηχανή του αυτοκινήτου ασκεί σταθερή δύναμη 2.000N, τότε η μέση ισχύς που αναπτύχθηκε είναι:
α) 320 KW
β) 40 KW
γ) 1280 W
δ) 100 W.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Κατά τη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή σε άλλη, ενώ η συνολική ενέργεια διατηρείται, η χρήσιμη (ωφέλιμη) είναι πάντοτε .....της ενέργειας που προσφέρεται αρχικά.

2) Το φυσικό μέγεθος που συνδέει το παραγόμενο έργο ή την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας με τον αντίστοιχο .....ονομάζεται ισχύς**.**

3) Η ισχύς ορίζεται ως το πηλίκο ..... που παράγει μια μηχανή σε χρόνο t δια του χρόνου αυτού.

4) Ένας ανεμιστήρας απορροφά 400 W και έχει συντελεστή απόδοσης 0,8. Η προσφερόμενη ισχύς είναι (α).....W, και η ωφέλιμη είναι (β)..... W.

5) Η 1 KWh είναι μονάδα μέτρησης ……. και είναι ίση με …… J.

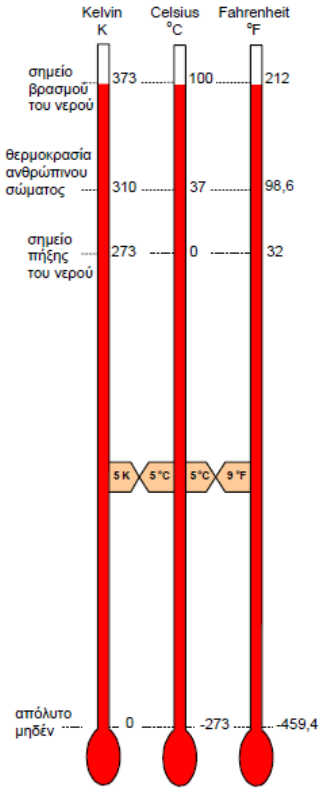
Ενοτητα 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Θερμότητα

6.1 Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

1. Ποιο φυσικό μέγεθος ονομάζουμε θερμοκρασία; Με ποια όργανα τη μετράμε;

Θερμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος με το οποίο περιγράφουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα.
Τη θερμοκρασία μπορούμε να τη μετρήσουμε **υποκειμενικά** με την αίσθηση της **αφής. Ακόμη όμως τ**η θερμοκρασία μπορούμε να τη μετρήσουμε **αντικειμενικά** με τα **θερμόμετρα**.



Τα θερμόμετρα είναι όργανα, που η λειτουργία τους στηρίζεται στη **μεταβολή** ορισμένων χαρακτηριστικών – ιδιοτήτων κάποιων υλικών, **όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία** τους.

Για να μετρήσουμε σωστά τη θερμοκρασία πρέπει το θερμόμετρο να είναι σε επαφή, μόνο με το σώμα που θερμομετρούμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του.

2. Ποιες κλίμακες μέτρησης της θερμοκρασίας γνωρίζετε;

Υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης της θερμοκρασίας.

Η πιο συνηθισμένη κλίμακα είναι η κλίμακα

Κελσίου (Celsius),

Σε κάποιες χώρες χρησιμοποιείται και η κλίμακα **Φαρενάιτ (Fahrenheit)**

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν και την κλίμακα **Κέλβιν (Kelvin).**

Αυτή που έχει καθιερωθεί στην Ευρώπη και χρησιμοποιείται τόσο στη επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή και τη βιομηχανία είναι η **εκατονταβάθμια** ή **κλίμακα Κελσίου.**

Το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου.

*Το **θερμοσκόπιο**, ήταν το πρώτο όργανο με το οποίο μπορούσαμε να εκτιμήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος. Δεν ονομάζεται θερμόμετρο, γιατί η κλίμακα που χρησιμοποιούσε είναι αυθαίρετη.*
Η σφαίρα που υπάρχει στην κορυφή είναι ο αισθητήρας. Καθώς θερμαίνεται ή ψύχεται, ο αέρας που περιέχεται σε αυτήν και το σωλήνα διαστέλλεται ή συστέλλεται και η επιφάνεια του υγρού κατεβαίνει ή ανεβαίνει αντίστοιχα.



3. Τι γνωρίζετε για την κλίμακα Κελσίου;

Για τη δημιουργία της κλίμακας ο **Σουηδός Κέλσιος** χρησιμοποίησε **δυο σταθερές** θερμοκρασίες. Βύθισε το υδραργυρικό θερμοσκόπιο του σε πάγο που λιώνει. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο μηδέν της κλίμακας Κελσίου.
Δηλαδή αυτή η θερμοκρασία αντιστοιχεί στους μηδέν βαθμούς Κελσίου (0^0 C).

Στη συνέχεια βύθισε το θερμοσκόπιο σε καθαρό νερό που βράζει σε πίεση μιας ατμόσφαιρας. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο 100. Δηλαδή αυτή η θερμοκρασία αντιστοιχεί στους εκατό βαθμούς Κελσίου (100^0 C).

Χωρίζοντας το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών αριθμών σε 100 ίσα τμήματα προέκυψε η κλίμακα. Σ' αυτή την κλίμακα καθένα από τα τμήματα αντιστοιχεί σε μεταβολή θερμοκρασίας **κατά ένα βαθμό Κελσίου** (1°C).

Ο Κέλσιος επέκτεινε την κλίμακά του για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 100 °C και για μικρότερες από 0°C. Οι τελευταίες εκφράζονται με **αρνητικούς αριθμούς.**

4. Τι γνωρίζετε για την κλίμακα Φαρενάιτ;

Το 1717 ο Γερμανός φυσικός και κατασκευαστής οργάνων Φαρενάιτ, επειδή **δεν ήθελε να χρησιμοποιεί αρνητικές θερμοκρασίες**, όρισε ως 0 τη χαμηλότερη θερμοκρασία που είχε πετύχει στο εργαστήριο του: τη θερμοκρασία ενός μείγματος ίσων ποσοτήτων από πάγο, νερό και θαλασσινό αλάτι. Τη θερμοκρασία του υγιούς ανθρώπινου σώματος την όρισε ως το 96 της κλίμακας και χώρισε το διάστημα μεταξύ των δυο αυτών αριθμών σε 96 ίσα τμήματα. Με βάση αυτές τις υποδιαιρέσεις, η κλίμακα μπορεί να επεκταθεί σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Έτσι, η θερμοκρασία στην οποία λιώνει ο πάγος ή που πήζει το καθαρό νερό αντιστοιχεί στους 32 βαθμούς Φαρενάιτ (32^0 F) και αυτή στην οποία βράζει το καθαρό νερό αντιστοιχεί στους 212^0 F.
Παρατηρούμε πως οι 100 ^{0}C αντιστοιχούν σε 212-32=180 ^{0} F. Οπότε ο 1 ^{0}C αντιστοιχεί σε 1,8 ^{0} F.

Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς της κλίμακας Κελσίου σε βαθμούς κλίμακας Φαρενάιτ, χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$T_F = 32° + 1{,}8 \cdot T_C$$

όπου T_F η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ και T_C η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

5. Τι γνωρίζετε για την απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών ή κλίμακα Κέλβιν;

Στην κλίμακα Κέλσιου όπως και στη Φαρενάιτ οι θερμοκρασίες αναφοράς 0 και 100 ορίζονται αυθαίρετα. Υπάρχει άραγε κλίμακα που να μη βασίζεται σε κάποιο αυθαίρετο σημείο αναφοράς; Τα πειράματα έδειξαν ότι κανένα υλικό δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από -273 °C. Έτσι, οι επιστήμονες αντιστοίχισαν το μηδέν μιας νέας κλίμακας θερμοκρασιών στους -273 °C η οποία είναι και **η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία** που μπορεί να υπάρξει στη φύση. Έτσι,

Οι επιστήμονες μετρούν τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας την κλίμακα Κέλβιν.

Ο "βαθμός" της είναι το Κέλβιν και συμβολίζεται με K.

Μεταβολή θερμοκρασίας κατά **ένα Κέλβιν** είναι ίση με μεταβολή θερμοκρασίας κατά **ένα βαθμό Κελσίου**. Άρα 1 ^{0}C αντιστοιχεί σε 1 K.

Η θερμοκρασία σε Κέλβιν **δεν είναι** όσο η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου. Όμως η **μεταβολή της θερμοκρασίας** σε Κέλβιν είναι όσο η μεταβολή της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου.

Το μηδέν αυτής της κλίμακας ονομάζεται **απόλυτο μηδέν** και η κλίμακα αυτή ονομάζεται απόλυτη κλίμακα ή κλίμακα Κέλβιν.

Η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές.

Η θερμοκρασία είναι **μονόμετρο μέγεθος** και η μονάδα της στο SI είναι το **1 K.**

Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς Κελσίου (T_C) σε βαθμούς Κέλβιν (T_K), χρησιμοποιούμε την αριθμητική σχέση:

$$T_K = T_C + 273$$

Δηλαδή για να μετατρέψουμε μια τιμή θερμοκρασίας της κλίμακας Κελσίου (T_C), στην αντίστοιχη τιμή θερμοκρασίας της κλίμακας Κέλβιν (TK), προσθέτουμε στην T_C το 273.

Έτσι, η θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος είναι 273 K και η θερμοκρασία που βράζει το νερό 373 K. Στη γη η μικρότερη θερμοκρασία αέρα που έχει παρατηρηθεί είναι 184 K (-89 °C) και η μεγαλύτερη 332 K (59 °C). Θερμοκρασίες που αγγίζουν το απόλυτο μηδέν, υπάρχουν στα πέρατα του διαστήματος και επιτυγχάνονται με τεχνητά μέσα στα γήινα επιστημονικά εργαστήρια. Θερμοκρασίες 20.000.000 K υπάρχουν στο εσωτερικό των αστέρων, όπως στον Ήλιο.

Λυμένες ασκήσεις

1. Σε πόσους ^{0}C αντιστοιχεί το μηδέν της κλίμακας Φαρενάιτ (Fahrenheit) και σε πόσους βαθμούς ^{0}C, αντιστοιχεί το 100 της ίδιας κλίμακας;

Λύση:

Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς της κλίμακας Κελσίου σε βαθμούς κλίμακας Φαρενάιτ, χρησιμοποιούμε τη σχέση: $T_F = 32 + 1,8 \cdot T_C$
όπου T_F η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ και T_C η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.

Τότε έχουμε $0= 32+ 1,8 \cdot T_C$ ή $1,8 \cdot T_C=-32$ ή $T_C= -\frac{32}{1,8}$ ή $T_C= -17,8\ ^0$C.

Ακόμη $100=32+ 1,8 \cdot T_C$ ή $1,8 \cdot T_C= 68$ ή $T_C= \frac{68}{1,8}$ ή $T_C= 37,8\ ^0$C.

Ο Fahrenheit πήρε σα μηδέν τη χαμηλότερη θερμοκρασία, που μπορούσε να πετύχει με ψυκτικά μίγματα (-17,8^{0}C) και σαν 100 τη θερμοκρασία υγιούς ανθρώπου κατά τι ψηλότερη (37,8 ^{0}C).

2. Κατά τη ρύθμιση ενός θερμομέτρου διαπιστώθηκε ότι από λάθος, το σημείο τήξεως του πάγου αντιστοιχεί στην ένδειξη +2 του θερμομέτρου και το σημείο ζέσεως του νερού στην ένδειξη +97. Ποια είναι η θερμοκρασία σε ^{0}C που αντιστοιχεί στην ένδειξη +28,6 του θερμομέτρου αυτού;

Λύση:

Οι 95 ^{0} της κλίμακας αυτής αντιστοιχούν σε 100 ^{0}C. Τότε ο 1^{0}C αντιστοιχεί σε 0,95 ^{0} της καινούργιας κλίμακας. Έχουμε «ανακαλύψει» μια καινούργια κλίμακα για την οποία ισχύει $T_X= 2+ 0,95 \cdot T_C$. Για $T_X= 28,6\ ^0$ προκύπτει $28,6= 2+ 0,95 \cdot T_C$ ή $26,6=0,95 \cdot T_C$ ή $T_C=\frac{26,6}{0,95}=28^0$C.

3. Το θερμόμετρο σε ένα δωμάτιο μάς δείχνει 17 ^{0}C. Ποια είναι η θερμοκρασία του αέρα του δωματίου μας σε Κέλβιν (K);

Λύση:

Η σχέση που συνδέει τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου με τη θερμοκρασία σε Κέλβιν είναι: $T_K = T_C + 273$
άρα: $T_K = (17+273)$ K ή $T_K = 290$ K
Άρα η θερμοκρασία του δωματίου είναι 290 K.

Ασκήσεις

1. Σε ποια θερμοκρασία οι ενδείξεις δυο διαφορετικών θερμομέτρων βαθμονομημένων σε βαθμούς Κελσίου και σε βαθμούς Φαρενάιτ είναι ίδιες;

2. Σε ένα θερμόμετρο οι ακραίες θερμοκρασίες είναι – 30 ^{0}C και 90 ^{0}C. Ποιες θα ήταν οι αντίστοιχες ενδείξεις σε ένα θερμόμετρο βαθμολογημένο σε βαθμούς Φαρενάιτ;

3. Να μετατρέψετε σε βαθμούς Κελσίου τις παρακάτω ενδείξεις της κλίμακας Φαρενάιτ: 86 ^{0}F, -4 ^{0}F, 212 ^{0}F.

4. Κάποια ημέρα η θερμοκρασία στην Αθήνα είναι 25 ^{0}C, ενώ την ίδια ώρα η θερμοκρασία στο Λονδίνο είναι 68 ^{0}F. Πόση είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δυο πόλεων στην κλίμακα Κελσίου και πόση στην κλίμακα Φαρενάιτ;

5. Κατά τη ρύθμιση ενός θερμομέτρου διαπιστώθηκε ότι από λάθος, το σημείο τήξεως του πάγου αντιστοιχεί στην ένδειξη +4 του θερμομέτρου και το σημείο ζέσεως του νερού στην ένδειξη +98. Ποια είναι η θερμοκρασία σε ^{0}C που αντιστοιχεί στην ένδειξη +13,4 του θερμομέτρου αυτού; (Απ: 10 ^{0}C)

6. Σε μια πόλη κάποια μέρα το μεσημέρι η θερμοκρασία είναι 300 K. Πιστεύετε ότι οι άνθρωποι της πόλης κυκλοφορούν με καλοκαιρινά ή με χειμωνιάτικα ρούχα;

7. Τα συνηθισμένα ιατρικά θερμόμετρα έχουν κλίμακα από 35 ^{0}C έως 42 ^{0}C. Ποια είναι η κλίμακά τους αν η βαθμολόγηση γίνει σε βαθμούς
α) Φαρενάιτ και
β) Κέλβιν;

8. Μια ημέρα, στις 12 το μεσημέρι, η θερμοκρασία στις Σέρρες ήταν 300 K, στην Καβάλα 26°C και στα Χανιά 77 F. Σε ποια πόλη η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη και σε ποια χαμηλότερη; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

9. Να μετατρέψεις τις παρακάτω θερμοκρασίες από την κλίμακα Κελσίου στις κλίμακες Φαρενάιτ και Κέλβιν:
α. θερμοκρασία δωματίου 15°C
β. ζεστή μέρα του καλοκαιριού 40°C
γ. κρύα μέρα του χειμώνα - 5°C.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Όταν ακουμπάμε με το χέρι μας το μεταλλικό πόμολο της ξύλινης πόρτας, το πόμολο μας φαίνεται πιο κρύο από την πόρτα γιατί έχουν διαφορετική θερμοκρασία. **( )**

2) Η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές. **( )**

3) Καθώς το σύμπαν διαστέλλεται η θερμοκρασία του ελαττώνεται συνεχώς. **( )**

4) Μπορεί να υπάρξει θερμοκρασία T_F=-508 ^{0}F **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Στο υδραργυρικό θερμόμετρο,
α. όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, το μήκος της στήλης του υδραργύρου μεγαλώνει.
β. όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, το μήκος της στήλης του υδραργύρου μικραίνει.
γ. δεν μεταβάλλεται καμία από τις ιδιότητες του υδραργύρου.
δ. η θερμοκρασία **διατηρείται πάντα σταθερή**.

2) Η θερμοκρασία σε μια περιοχή της Γης δεν μπορεί να είναι:
α) -25 ^{0}C
β) 400 K
γ) -280 K
δ) 32 ^{0} F

3) 1 ^{0}C,
α) είναι μεγαλύτερος από 1 K
β) αντιστοιχεί σε 1 K
γ) είναι μικρότερος από 1 K
δ) είναι περίπου ίσος με 1K.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Για να μετρήσουμε με αντικειμενικό τρόπο τη θερμοκρασία ενός σώματος, χρησιμοποιούμε τα ……..

2) Θερμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος με το οποίο περιγράφουμε πόσο ……ή ……είναι ένα σώμα.

3) Η μικρότερη θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει στη φύση είναι …….. K. Αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται απόλυτο …….

4) Οι 27 ^{0}C είναι …….. K και ……..^{0}F.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

6.2 Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας

1. Ποιο φυσικό μέγεθος ονομάζουμε θερμότητα;

Θερμότητα ονομάζουμε την **ενέργεια** που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της **διαφοράς θερμοκρασίας** μεταξύ των δυο σωμάτων.

Η **αυθόρμητη** μεταφορά θερμότητας γίνεται πάντα από το σώμα της μεγαλύτερης προς το σώμα της μικρότερης θερμοκρασίας. Τότε λέμε ότι υπάρχει **θερμική αλληλεπίδραση** μεταξύ των δυο σωμάτων.
Η θερμοκρασία του θερμότερου σώματος ελαττώνεται ενώ του ψυχρότερου αυξάνεται.

Η μεταφορά θερμότητας σταματάει μόλις εξισωθούν οι δυο θερμοκρασίες. Τότε λέμε ότι τα δύο σώματα βρίσκονται σε **θερμική ισορροπία**.

Αφού η θερμότητα είναι ποσότητα ενέργειας, η μονάδα μέτρησής της στο Διεθνές σύστημα μονάδων SI είναι το **1 joule (1 J).**

Πολλές φορές στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιείται ως μονάδα ενέργειας για τη θερμότητα και το 1 calorie (1 cal) ή θερμίδα. Αποδεικνύεται πειραματικά ότι η σχέση του 1 Joule με το 1 cal είναι: **1 cal = 4,2 j.**
Μια θερμίδα (1cal) είναι η θερμότητα, που χρειάζεται για να υψώσει τη θερμοκρασία 1g νερού κατά 1 ^{0}C (από τους 14,5^{0}C στους 15,5^{0}C).

Ακόμη χρησιμοποιούμε και τη 1 χιλιοθερμίδα (1Kcal) η οποία είναι:

1 Kcal=1000 cal

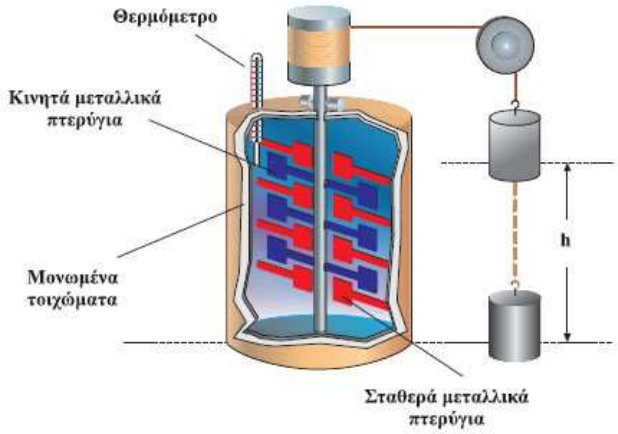
Προσοχή ! Μη συγχέετε τη θερμοκρασία με τη θερμότητα.

2. Είναι δυνατόν να έχουμε μεταβολή της θερμοκρασίας χωρίς μεταφορά θερμότητας;

Ναι είναι δυνατόν να έχουμε μεταβολή της θερμοκρασίας χωρίς μεταφορά θερμότητας, π.χ όταν δυο σώματα τρίβονται μεταξύ τους.

Πολλές θερμικές μεταβολές, όπως η μεταβολή της θερμοκρασίας, η θερμική διαστολή, η τήξη, ο βρασμός κτλ. οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας.

Υπάρχουν, όμως, αντίστοιχες μεταβολές οι οποίες δεν οφείλονται σε μεταφορά θερμότητας.



Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα δοχείο είναι δυνατόν να αυξηθεί λόγω της περιστροφής ενός αναδευτήρα. Συγχρόνως αυξάνεται και η θερμοκρασία του αναδευτήρα. Η πτώση του βαριδιού προκαλεί την περιστροφή του αναδευτήρα όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Όταν περιστρέφονται τα πτερύγια, μεταφέρεται ενέργεια στο νερό **μέσω έργου**. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Σε αυτό το πείραμα δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αναδευτήρα και του νερού, δε μεταφέρεται θερμότητα από το ένα στο άλλο. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από την περιστροφή του αναδευτήρα.

3. Πότε λέμε ότι δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή (αλληλεπίδραση) και πότε λέμε ότι έχουμε θερμική ισορροπία;

Λέμε ότι δυο σώματα βρίσκονται σε **θερμική αλληλεπίδραση ή επαφή** όταν είναι δυνατόν να μεταφερθεί θερμότητα από το ένα σώμα στο άλλο χωρίς να αλλάξει η φυσική κατάσταση των σωμάτων.

α) Θερμότητα μεταφέρεται (**ροή θερμότητας**) από ένα σώμα (Α) υψηλότερης θερμοκρασίας, προς ένα σώμα (Β) χαμηλότερης θερμοκρασίας.

β) Τότε η θερμοκρασία του σώματος Α μειώνεται, και του (Β) αυξάνεται. Έχουμε δηλαδή μεταβολή της θερμοκρασίας των σωμάτων τα οποία βρίσκονται σε θερμική αλληλεπίδραση (εφόσον αυτά δεν αλλάζουν φυσική κατάσταση).

Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η θερμοκρασία του (Β) γίνεται ίδια με τη θερμοκρασία του (Α). Η μεταφορά θερμότητας σταματάει. Λέμε τότε ότι το (Β) βρίσκεται σε **θερμική ισορροπία** με το (Α).

Εφαρμογή της θερμικής ισορροπίας έχουμε στη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος.
Για να τη μετρήσουμε σωστά, πρέπει το θερμόμετρο να βρίσκεται σε θερμική επαφή με το σώμα μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του. **Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία του σώματος όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με αυτό.**

6.3 Πως μετράμε τη θερμότητα

1. Όταν δύο σώματα βρίσκονται σε θερμική αλληλεπίδραση, μεταφέρεται θερμότητα από το ζεστό στο κρύο. Πώς μπορεί να μετρηθεί η θερμότητα που ανταλλάσσεται; Να αναφέρετε το νόμο της θερμιδομετρίας.

➢ Το ποσό θερμότητας (Q) που μεταφέρεται προς ή από ένα σώμα είναι ανάλογο με τη μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\theta$) του σώματος.

Έτσι, για διπλάσια αύξηση της θερμοκρασίας, απαιτείται η μεταφορά προς το σώμα διπλάσιας ποσότητας θερμότητας κτλ. Παρόμοια, για διπλάσια μείωση της θερμοκρασίας, απαιτείται να μεταφερθεί από το σώμα διπλάσια ποσότητα θερμότητας.

➢ Το ποσό θερμότητας (Q) που πρέπει να μεταφερθεί για μια δεδομένη μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\theta$) ενός σώματος είναι ανάλογο με τη μάζα (m) του σώματος.

Για παράδειγμα, για να αυξηθεί κατά 30°C η θερμοκρασία 2 kg νερού, απαιτείται διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 1 kg.

➢ Το ποσό θερμότητας (Q) που πρέπει να μεταφερθεί, ώστε να μεταβληθεί η θερμοκρασία ενός σώματος μάζας m κατά $\Delta\theta$, εξαρτάται και από το είδος του υλικού από το οποίο αποτελείται το σώμα.

Για παράδειγμα, για να μεταβληθεί κατά 30°C η θερμοκρασία ίσων μαζών λαδιού και νερού, χρειάζεται να μεταφερθεί στο λάδι περίπου η μισή ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο νερό.

Τα γενικά αυτά τα συμπεράσματα εκφράζονται στη γλώσσα των μαθηματικών με τη σχέση:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta_\theta$$

όπου με Q συμβολίζουμε την ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται από ή προς σώμα που έχει μάζα m, με $\Delta_\theta=\theta_2-\theta_1$, συμβολίζουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος σε Κέλβιν ή βαθμούς Κελσίου, ενώ η ποσότητα c είναι μια σταθερά, που εξαρτάται από το υλικό του σώματος και ονομάζεται **ειδική θερμότητα**. Η σχέση αυτή είναι γνωστή και ως **«νόμος της θερμιδομετρίας»**.

*Ο νόμος γράφεται και ως **Q = m·c·ΔT** όπου όπως είπαμε ΔT είναι η αντίστοιχη μεταβολή της θερμοκρασίας σε Κέλβιν ή βαθμούς Κελσίου. Επειδή δε μας ενδιαφέρει αν η μεταβολή της θερμοκρασίας μετριέται σε ^0C ή K για αυτό χρησιμοποιούμε το 1grad.*

2. Τι ονομάζουμε ειδική θερμότητα c κάποιου υλικού;

Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1°C ονομάζεται **ειδική θερμότητα** και **εξαρτάται από το υλικό του σώματος**. Συμβολίζεται με c και χαρακτηρίζει το κάθε υλικό.

Για να ορίσουμε τη μονάδα ειδικής θερμότητας, λύνουμε το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας $Q = m\cdot c\cdot\Delta_\theta$, ως προς c και έχουμε $c=\frac{Q}{m\cdot\Delta\theta}$.
Αν βάλουμε στην εξίσωση αυτή Q=1J, m=1Kg και $\Delta\theta=1\ ^0C$ (καλύτερα 1grad) διαπιστώνουμε ότι η μονάδα της ειδικής θερμότητας είναι το:

$$1\frac{J}{Kg\cdot{}^0C}\ \text{ή}\ 1\frac{J}{Kg\cdot grad}.$$

Ακόμα χρησιμοποιείται σαν μονάδα ειδικής θερμότητας και η $1\frac{cal}{g\cdot grad}$. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι ίση με $c=1\frac{cal}{g\cdot grad}$ όπως προκύπτει από τον ορισμό της μονάδας 1cal. Ακόμη επειδή 1cal=4,2 J μπορούμε να πούμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι ίση με $c=4,2\frac{J}{g\cdot grad}$ ή $c=4200\frac{J}{Kg\cdot grad}$

Έτσι, για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg νερού κατά 1°C, χρειάζεται θερμότητα 4200 J.

Η ειδική θερμότητα του πάγου είναι ίση με c= $0,5\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$ ή c= $2100\frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{grad}}$.

Αυτό σημαίνει πως για να αυξήσουμε τη θερμοκρασία 1 g πάγου κατά 1 ^{0}C, πρέπει να προσφέρουμε σε αυτό θερμότητα, ίση με 0,5 θερμίδες.

Στον πίνακα φαίνεται η ειδική θερμότητα κάποιων υλικών. Παρατηρούμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού έχει σχετικά μεγάλη τιμή. Επίσης, παρατηρούμε ότι το νερό έχει πολύ μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από την άμμο. Αυτό εξηγεί γιατί στην παραλία το νερό θερμαίνεται το πρωί πολύ αργότερα από την άμμο και το βράδυ, ψύχεται αντίστοιχα, πολύ αργότερα από αυτή.
Για τον ίδιο λόγο η θάλασσα διατηρείται σχετικά θερμή κατά το φθινόπωρο, με αποτέλεσμα το κλίμα των παραθαλάσσιων περιοχών να είναι ήπιο.

Ειδική θερμότητα *c*		
Υλικά	$\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	$\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{K}}$
Αλουμίνιο	900	0,215
Άμμος	800	0,192
Άργυρος	233	0,056
Βολφράμιο	134	0,032
Γρανίτης	790	0,19
Γυαλί	837	0,200
Λάδι	1970	0,473
Μάρμαρο	860	0,21
Μόλυβδος	128	0,031
Νερό	4186	1
Ξύλο	1700	0,41
Οινόπνευμα	2400	0,58
Πετρέλαιο	2132	0,51
Σίδηρος	448	0,107
Υδράργυρος	140	0,033
Χαλκός	387	0,092
Χρυσός	129	0,03
Χώμα	920	0,22

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

*Το γινόμενο **m·c** της μάζας ενός σώματος επί την ειδική θερμότητα του υλικού, του σώματος ονομάζεται **θερμοχωρητικότητα** του σώματος.*
Από το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας $Q = m\cdot c\cdot\Delta_\theta$, *έχουμε* $m\cdot c = \frac{Q}{\Delta\theta}$. *Άρα μονάδα θερμοχωρητικότητας είναι το:*

$$1\frac{\text{J}}{\text{grad}} \text{ ή } 1\frac{\text{cal}}{\text{grad}}.$$

*Άρα η θερμοχωρητικότητα εκφράζει το ποσό της θερμότητας που πρέπει να προσφέρουμε ώστε να ανεβεί η θερμοκρασία όλου του σώματος κατά 1 ^{0}C. Έτσι η θερμοχωρητικότητα είναι ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει ένα **δεδομένο σώμα** ενώ η ειδική θερμότητα αναφέρεται στο **υλικό** από το οποίο είναι κατασκευασμένο ένα σώμα.*

*Αποδεικνύεται ότι η ειδική θερμότητα ενός οποιουδήποτε στερεού προκύπτει αν διαιρέσουμε το 6 με τη σχετική ατομική του μάζα. (Νόμος των **Dulong – Pettit**).* $c=\frac{6}{Ar}(\frac{cal}{g\cdot grad})$*. Λέμε δηλαδή ότι όλα τα στερεά έχουν **την ίδια** θερμοχωρητικότητα **ανά γραμμοάτομο** (6 cal/γραμμοάτομο). Έτσι π.χ η ειδική θερμότητα του Al είναι:*

$c=\frac{6}{Ar}=\frac{6}{27}=0,22\frac{cal}{g\cdot grad}$ *που είναι περίπου η τιμή που φαίνεται στον παραπάνω πίνακα.*

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1. Μια ποσότητα νερού μάζας m=500g βρίσκεται σε θερμοκρασία θ_1=15 ^{0}C. Πόση θερμότητα Q, πρέπει να προσφέρουμε στην παραπάνω ποσότητα νερού, ώστε η θερμοκρασία της να αυξηθεί και να γίνει θ_2=35 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= $4200\frac{J}{Kg\cdot grad}$.

Λύση:

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού από 15 °C σε 35 °C είναι 20 °C. Με εφαρμογή του νόμου της θερμιδομετρίας, υπολογίζουμε το ζητούμενο ποσό θερμότητας: $Q = m\cdot c\cdot \Delta_\theta$ ή $Q = 0,5\cdot 4200 \cdot 20=42.000$ J ή 42KJ.

2. Αναμειγνύουμε μια ποσότητα νερού μάζας m_1=400 g και θερμοκρασίας θ_1=80 ^{0}C με μια δεύτερη ποσότητα νερού μάζας m_2=600 g και θερμοκρασίας θ_2=20 ^{0}C. Τότε:
α) Να βρεθεί η τελική θερμοκρασία του μίγματος που προκύπτει και
β) Να υπολογιστεί το ποσό της θερμότητας που μεταφέρθηκε αν η ειδική θερμότητα του νερού είναι c= $4200\frac{J}{Kg\cdot grad}$.

Λύση:

α) Το ποσό της θερμότητας Q_1 που έδωσε το σώμα που ψύχθηκε είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας Q_2 που έλαβε το σώμα που θερμάνθηκε. Άρα $Q_1=Q_2=Q$. Από το θεμελιώδη νόμο της θερμιδομετρίας, ισχύει $Q_1 = m_1\cdot c\cdot(\theta_1-\theta)$ και $Q_2 = m_2\cdot c\cdot(\theta-\theta_2)$. Τότε ισχύει $Q_1=Q_2$ ή $m_1\cdot c\cdot(\theta_1-\theta)= m_2\cdot c\cdot(\theta-\theta_2)$ ή $m_1\cdot(\theta_1-\theta)= m_2\cdot(\theta-\theta_2)$ ή $0,4\cdot(80-\theta)=0,6\cdot(\theta-20)$ ή $0,2\cdot(80-\theta)=0,3\cdot(\theta-20)$ ή $16-0,2\theta=0,3\theta-6$ ή $0,5\theta=22$ ή $\theta=44$ °C.

β) Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρθηκε μπορεί να υπολογιστεί είτε από τη σχέση $Q_1 = m_1\cdot c\cdot(\theta_1-\theta)$ είτε από την $Q_2 = m_2\cdot c\cdot(\theta-\theta_2)$.
Από την πρώτη σχέση , προκύπτει $Q_1 = 0,4\cdot 4200\cdot(80-44)$ ή

Q_1 = 0,4·4200·36 ή Q_1 = 60.480 J ή Q_1= Q_2=Q= 60,48 KJ.

3. Δυο ποσότητες m_A και m_B από ένα υγρό, βρίσκονται σε θερμοκρασίες 10 °C και 40 °C αντίστοιχα. Αν θέλουμε να σχηματίσουμε μίγμα θερμοκρασίας θ=30 °C , τότε να υπολογιστεί η αναλογία μαζών $\frac{m_A}{m_B}$ με την οποία πρέπει να αναμείξουμε τις δυο ποσότητες του υγρού.

Λύση:

α) Το ποσό της θερμότητας Q_1 που έδωσε το σώμα που ψύχθηκε είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας Q_2 που πήρε το σώμα που θερμάνθηκε. Άρα $Q_1=Q_2\Rightarrow$

$\Rightarrow m_A\cdot c\cdot(\theta-10) = m_B\cdot c\cdot(40-\theta)\Rightarrow \frac{m_A}{m_B}=\frac{40-\theta}{\theta-10}\Rightarrow \frac{m_A}{m_B}=\frac{40-30}{30-10}\Rightarrow \frac{m_A}{m_B}=\frac{10}{20}\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{m_A}{m_B}=\frac{1}{2}$.

4. Σε δοχείο με θερμομονωτικά τοιχώματα υπάρχει νερό μάζας m_1=1 kg και θερμοκρασίας θ_1=10 ^{0}C. Μέσα στο νερό ρίχνουμε ένα καυτό κομμάτι σίδηρου μάζας m_2=0, 4 kg και θερμοκρασίας θ_2. Μεταφέρεται θερμότητα από το σίδηρο στο νερό, μέχρι την επίτευξη θερμικής ισορροπίας. Η τελική θερμοκρασία στη θερμική ισορροπία βρέθηκε θ=22 ^{0}C. Οι ειδικές θερμότητες του νερού και του σίδηρου είναι: c_1= $4200\frac{J}{Kg\cdot grad}$ και c_2= $450\frac{J}{Kg\cdot grad}$, αντίστοιχα. Να βρεθούν:
α) Η θερμότητα που μεταφέρθηκε από το σίδηρο στο νερό, θεωρώντας ότι στα τοιχώματα του δοχείου δε μεταφέρεται θερμότητα.
β) Η μεταβολή Δθ της θερμοκρασίας του σιδήρου.
γ) Η θερμοκρασία θ_2 που είχε στην αρχή το κομμάτι του σιδήρου.

Λύση:

α) Η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού από 10 °C σε 22 °C είναι 12 °C. Με εφαρμογή του νόμου της θερμιδομετρίας, υπολογίζουμε το ζητούμενο ποσό θερμότητας:
$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta_\theta$, ή $Q_1 = 4200 \cdot 12 = 50400$ J

β) Το ποσό θερμότητας Q_1 που μεταφέρθηκε στο νερό θα είναι ίσο με το ποσό θερμότητας που μεταφέρθηκε από το σίδηρο, μια και δεν έχουμε μεταφορά θερμότητας προς τα τοιχώματα του δοχείου. (Αρχή διατήρησης της ενέργειας). Άρα ισχύει $Q_1 = Q_2$. Με εφαρμογή του νόμου της θερμιδομετρίας, μπορούμε να υπολογίσουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σιδήρου.

$$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q_2}{m_2 \cdot c_2} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q_1}{m_2 \cdot c_2} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{50400}{0{,}4 \cdot 450} \Rightarrow \Delta\theta = 280\ ^0C.$$

γ) Η θερμοκρασία του σιδήρου μειώθηκε κατά 280 ^{0}C , ενώ η τελική τιμή της θερμοκρασίας του είναι θ=22 ^{0}C. Άρα έχουμε $\Delta\theta = \theta_2 - \theta \Rightarrow \theta_2 = \theta + \Delta\theta \Rightarrow \theta_2 = 22 + 280 \Rightarrow \theta_2 = 302\ ^0C$.

Ασκήσεις

1. Να υπολογιστεί σε J και σε cal η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε σε νερό μάζας m=200g, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= $1\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$.

2. Να υπολογιστεί η μεταβολή της θερμοκρασίας ποσότητας νερού ίσης με m=0,4Kg, όταν προσφέρουμε σε αυτή θερμότητα Q=500 cal. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= $1\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$.

3. Αν η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε σε ελαιόλαδο μάζας m, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 5 ^{0}C είναι Q=985 J, τότε να υπολογιστεί η μάζα του λαδιού. Δίνεται η ειδική θερμότητα του λαδιού c_λ=$1970\frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{grad}}$.

4. Σε ένα δοχείο με θερμομονωτικά τοιχώματα που περιέχει νερό όγκου V=0,5L θερμοκρασίας θ_1=20 ^{0}C, βυθίζουμε ένα θερμαινόμενο κομμάτι αλουμινίου μάζας 125 g και θερμοκρασίας θ_2=80 ^{0}C. Αν η τελική θερμοκρασία στη θερμική ισορροπία είναι θ=23 ^{0}C, τότε να υπολογιστεί η ειδική θερμότητα του αλουμινίου. Δίνεται η πυκνότητα του νερού ρ=1kg/L και η ειδική θερμότητα του νερού c= $1\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$.

5. Σιδερένια σφαίρα κινείται με ταχύτητα υ=300 m/s και προσκρούει σε τοίχο, οπότε το 25% της κινητικής της ενέργειας δαπανάται κατά τη διάρκεια της κρούσης για την ανύψωση της θερμοκρασίας της. Αν η ειδική θερμότητα του σιδήρου είναι c_σ= $450\frac{\text{J}}{\text{Kg}\cdot\text{grad}}$, τότε να υπολογιστεί η ανύψωση της θερμοκρασίας της σφαίρας.

6. Στερεό αλουμίνιο έχει μάζα m_1=150g και άγνωστη ειδική θερμότητα c_1. Ένα θερμιδόμετρο (δοχείο με θερμικά μονωμένα τοιχώματα), έχει μάζα m_2=500g

και ειδική θερμότητα c_2=0,1 $\frac{cal}{g \cdot grad}$, ενώ το νερό που βρίσκεται μέσα σε αυτό έχει μάζα m_3=0,4Kg και έχει ειδική θερμότητα c_3=1 $\frac{cal}{g \cdot grad}$.

Αρχικά το δοχείο και το νερό βρίσκονται σε θερμική ισορροπία και έχουν θερμοκρασία θ=10 ^{0}C. Θερμαίνουμε το κομμάτι του αλουμινίου σε θερμοκρασία θ_1=80 ^{0}C και στη συνέχεια το βυθίζουμε στο θερμιδόμετρο. Όταν αποκατασταθεί η τελική θερμική ισορροπία τότε το σύστημα (δοχείο – νερό – αλουμίνιο) έχει θερμοκρασία $\theta_{τελ}$=15 ^{0}C με $\theta < \theta_{τελ} < \theta_1$. Τότε να υπολογιστεί η άγνωστη ειδική θερμότητα c_1 του αλουμινίου.

7. Αναμειγνύουμε 200g νερού θερμοκρασίας 80 ^{0}C με 300g νερού θερμοκρασίας 20 ^{0}C,
Α) Ποια είναι η τελική θερμοκρασία του νερού;
Β) Πόση θερμότητα «έχασε» το ζεστό νερό και πόση θερμότητα πήρε το κρύο νερό; Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= 1 $\frac{cal}{g \cdot grad}$.

8. Πόση θερμότητα απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία 180 g νερού κατά 10 ^{0}F; Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= 1 $\frac{cal}{g \cdot grad}$.

9. Η ειδική θερμότητα του σιδήρου είναι $c_σ$= 460 $\frac{J}{Kg \cdot grad}$ και του χαλκού είναι $c_χ$= 380 $\frac{J}{Kg \cdot grad}$. Αν προσφέρουμε σε ίσες μάζες σιδήρου και χαλκού ίσες θερμότητες και η αύξηση της θερμοκρασίας του σιδήρου είναι 38 ^{0}C, τότε πόση θα είναι η αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας του χαλκού;

10. Πόσο νερό θερμοκρασίας 15 ^{0}C και πόσο νερό θερμοκρασίας 40 ^{0}C πρέπει να αναμείξουμε, για να πάρουμε τελικά 1000g νερού θερμοκρασίας 20 ^{0}C;

11. Να υπολογιστεί η μάζα του μολύβδου που απορροφά την ίδια θερμότητα, για την ίδια ανύψωση της θερμοκρασίας με αυτή που απορροφά 1L νερό. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c= 4200 $\frac{joule}{Kg \cdot {}^0C}$ και του μολύβδου

$c_μ$= 140 $\frac{\text{joule}}{\text{Kg}\cdot{}^0\text{C}}$ και η πυκνότητα του νερού ρ=1kg/L.

12. Για να αυξηθεί η θερμοκρασία 0,4Kg σιδήρου κατά 10 ^{0}C απαιτείται θερμότητα 440 cal,

α) Να υπολογιστεί η ειδική θερμότητα του σιδήρου σε $\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$ και σε $\frac{\text{joule}}{\text{Kg}\cdot{}^0\text{C}}$.

β) Να υπολογιστεί η μεταβολή της θερμοκρασίας 500g σιδήρου όταν μεταφερθεί θερμότητα 4,62KJ από αυτόν στο περιβάλλον,

γ) Να υπολογιστεί η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 2Kg σιδήρου κατά 25 ^{0}C.

13. Αν για να θερμάνουμε μια ποσότητα νερού κατά 5 ^{0}C απαιτείται να προσφέρουμε σε αυτή ποσό θερμότητας Q_1=5Kcal, τότε αν θέλουμε να ψύξουμε την ίδια ποσότητα νερού κατά 15 ^{0}C, πόση θερμότητα πρέπει να αφαιρέσουμε;

14. Προσφέρουμε ένα ποσό θερμότητας σε 1 Kg νερό και αυτό θερμαίνεται κατά 20 ^{0}C. Αν προσφέρουμε το ίδιο ποσό θερμότητας σε 1 Kg χαλκού θερμοκρασίας 20 ^{0}C, τότε ποια θα είναι η τελική του θερμοκρασία; Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c_v= 4200 $\frac{\text{joule}}{\text{Kg}\cdot{}^0\text{C}}$ και του χαλκού $c_χ$= 400 $\frac{\text{joule}}{\text{Kg}\cdot{}^0\text{C}}$.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1)Η αυθόρμητη μεταφορά θερμότητας μεταξύ δυο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή σταματάει μόλις τα δυο σώματα βρεθούν σε θερμική ισορροπία. **( )**

2) 1 J=4,2 cal. **( )**

3) Η θερμοκρασία και η θερμότητα αποτελούν δυο διαφορετικές εκφράσεις του ίδιου φυσικού μεγέθους. **( )**

4) Όταν μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας σε κάποιο σώμα τότε και η μεταβολή της θερμοκρασίας του είναι διπλάσια. **( )**

5) Η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δυο σωμάτων ίδιας μάζας, δεν εξαρτάται από το είδος του υλικού των σωμάτων. **( )**

6) Το γινόμενο m·c ενός σώματος μάζας m και ειδικής θερμότητας c, ονομάζεται θερμοχωρητικότητα του σώματος. **( )**

7) Η ειδική θερμότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από ό,τι είναι στα συνηθισμένα υλικά. Αυτό σημαίνει ότι το νερό μεταφέρει προς το περιβάλλον ή απορροφά από το περιβάλλον μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από ένα συνηθισμένο υλικό για την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Η θερμότητα μεταφέρεται αυθόρμητα,
α. πάντα από το σώμα μικρότερης προς το σώμα μεγαλύτερης θερμοκρασίας.
β. μεταξύ δυο σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία.
γ. από ένα ψυχρό σε ένα θερμό σώμα.
δ. πάντα από το σώμα μεγαλύτερης προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας.

2) Η θερμότητα είναι μονόμετρο μέγεθος και η μονάδα μέτρησής της στο S.I είναι
α) 1 cal
β) 1 ^{0}C
γ) 1 K
δ) 1 J.

3) Αν η θερμοκρασία ενός σώματος Α είναι T_A=200 K και ενός σώματος Β είναι T_B=0 ^{0}C τότε έχουμε αυθόρμητη μεταφορά θερμότητας
α) από το σώμα Α στο σώμα Β.
β) από κανένα γιατί τα σώματα βρίσκονται σε θερμική ισορροπία.
γ) άλλες φορές από το Α και άλλες φορές από το Β ανάλογα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
δ) από το σώμα Β στο σώμα Α.

4) Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε διπλάσια μάζα νερού στον ίδιο χρόνο,
α) Πρέπει να μεταφέρουμε σ' αυτό διπλάσια ποσότητα θερμότητας.
β) Πρέπει να μεταφέρουμε σ' αυτό μισή ποσότητα θερμότητας.
γ) Πρέπει να μεταφέρουμε σ' αυτό σταθερή ποσότητα θερμότητας ίδια κάθε φορά.
δ) Πρέπει να μεταφέρουμε σ' αυτό τετραπλάσια ποσότητα θερμότητας.

5) για να αυξηθεί κατά 30°C η θερμοκρασία 2 kg νερού, απαιτείται

α) διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 1 kg
β) διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 4 kg
γ) διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 0,5 kg
δ) η μισή ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας 1 kg

6) Μονάδα μέτρησης της ειδικής θερμότητας ενός σώματος μπορεί να είναι:
α) το $1\frac{J}{Kg}$
β) το $1\frac{J}{grad}$
γ) το 1 J
δ) το $1\frac{J}{Kg\cdot {}^{0}C}$

7) Δυο σώματα Α και Β είναι κατασκευασμένα από το ίδιο υλικό. Αν $m_A = \frac{m_B}{2}$ τότε η θερμοχωρητικότητα,
α) του Α είναι διπλάσια της θερμοχωρητικότητας του Β.
β) του Α είναι ίση με τη θερμοχωρητικότητα του Β.
γ) του Β είναι διπλάσια της θερμοχωρητικότητας του Α.
δ) του Α είναι τετραπλάσια της θερμοχωρητικότητας του Β.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Θερμότητα ονομάζουμε την .....που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς .....μεταξύ των δυο σωμάτων.

2) Μια θερμίδα (1cal) είναι η θερμότητα, που χρειάζεται για να υψώσει τη θερμοκρασία 1g νερού κατά ……(από τους …….στους……).

3) Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία του σώματος όταν βρίσκεται σε θερμική …….με αυτό.

4) Η μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος είναι ανάλογη της ποσότητας της ……..που μεταφέρεται προς ή από αυτό. Έτσι, για διπλάσια μείωση της θερμοκρασίας, απαιτείται να μεταφερθεί από το σώμα ……..ποσότητα θερμότητας.

5) Η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1°C ονομάζεται ειδική ……και εξαρτάται από το …….του σώματος.

6.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος.

1. Δομικοί λίθοι στερεών υγρών και αερίων σωμάτων.

Οι **δομικοί λίθοι** ενός σώματος είναι τα μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία φτιάχνεται το σώμα.

Στα περισσότερα σώματα οι δομικοί λίθοι είναι:
τα μόρια, σε μερικά όμως μπορεί να είναι
τα άτομα ή και
τα ιόντα.

Αρχές της κινητικής θεωρίας της θερμότητας.

Η κινητική θεωρία της θερμότητας κάνει τις παρακάτω δυο παραδοχές:
1. Η ύλη αποτελείται από άτομα μόρια ή ιόντα και
2. Σε κάθε θερμοκρασία (εκτός από τη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός) τα άτομα μόρια ή ιόντα κινούνται (θερμική κίνηση) και μάλιστα η ενέργειά τους είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας τους.

Η άτακτη θερμική κίνηση των μορίων ονομάζεται και κίνηση **Brown** (Μπράουν).

Οι παραπάνω παραδοχές ισχύουν και για τις τρεις φάσεις της ύλης. Έτσι οι **μακροσκοπικές** ιδιότητες όλων των σωμάτων, αερίων υγρών και στερεών μπορούν να ερμηνευτούν με βάση τον τρόπο κίνησης των δομικών τους λίθων.

Αέρια:

Τα μόρια των αερίων κινούνται **ευθύγραμμα** και ισοταχώς προς κάθε κατεύθυνση, με μεγάλες ταχύτητες. Τα φανταζόμαστε σαν μικρές ελαστικές σφαίρες που αλληλεπιδρούν μόνο τη στιγμή που συγκρούονται, είτε μεταξύ τους, είτε με τα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει. Συνεπώς, τα μόρια των αερίων έχουν πρακτικά μόνο **κινητική ενέργεια** (ενέργεια λόγω θερμικής κίνησης ή θερμική ενέργεια).

Υγρά:

Τα μόρια των υγρών είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους. Έτσι τα υγρά έχουν **σταθερό όγκο**, αλλά **δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα**. Παίρνουν κάθε φορά το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει. Επίσης **ρέουν.** Φανταζόμαστε ότι στα υγρά οι δομικοί λίθοι κινούνται άτακτα «γλιστρώντας» ο ένας επάνω στον άλλο, διατηρώντας **σταθερές αποστάσεις,** αλλά οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης δεν μπορούν να τα κρατήσουν σε σταθερές θέσεις**.**

Στερεά:

Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και συγκεκριμένο όγκο. Οι δομικοί τους λίθοι είναι τοποθετημένοι σε καθορισμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα (ταλαντώνονται).
Τα μόρια των στερεών και των υγρών αλληλεπιδρούν συνεχώς. Άρα, εκτός από **κινητική ενέργεια** έχουν και **δυναμική ενέργεια**.

2. Δομικοί λίθοι και θερμοκρασία.

Η συνεχής, άτακτη κίνηση των δομικών λίθων συνδέεται στενά με τη θερμοκρασία ενός σώματος.

Έτσι, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία μιας ποσότητας αερίου, τόσο ταχύτερα κατά μέσο όρο κινούνται τα μόριά του.

Γενικά όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη μέση κινητική ενέργεια έχουν οι δομικοί του λίθοι λόγω της άτακτης κίνησής τους.

Δηλαδή μπορούμε να πούμε ότι: **Η θερμοκρασία ενός σώματος αποτελεί μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του**.

3. Γιατί μεταβάλλονται οι θερμοκρασίες δύο σωμάτων όταν έλθουν σε θερμική επαφή, με βάση τη θερμική κίνηση των δομικών λίθων τους;

Όταν έρχονται σε επαφή δύο σώματα **διαφορετικών θερμοκρασιών**, τα μόριά τους αλληλεπιδρούν με **τυχαίο τρόπο** και έτσι μεταφέρεται ενέργεια από τα μόρια μεγαλύτερης κινητικής ενέργειας στα μόρια μικρότερης κινητικής ενέργειας.

Ας θεωρήσουμε ότι ένας μεταλλικός κύλινδρος τοποθετείται μέσα σε δοχείο με καυτό νερό. Παρατηρούμε ότι ύστερα από ορισμένο χρονικό διάστημα οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων γίνονται ίσες.

α) Αρχικά επειδή η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη από του μετάλλου, οι δομικοί λίθοι του νερού έχουν **μεγαλύτερη κινητική ενέργεια** από τους δομικούς λίθους του μετάλλου (κινούνται εντονότερα).

β) Όταν ο κύλινδρος βυθιστεί στο νερό, οι δομικοί λίθοι του νερού **συγκρούονται** (αλληλεπιδρούν), με τους δομικούς λίθους του κυλίνδρου και **κινητική ενέργεια μεταφέρεται** από τους πρώτους στους δεύτερους. Έτσι, η θερμοκρασία του νερού ελαττώνεται και του μετάλλου αυξάνεται.

γ) **Η μεταφορά ενέργειας μεταξύ των δομικών λίθων μέσω συγκρούσεων** (**τ**υχαίων αλληλεπιδράσεων)**, αντιστοιχεί στην αυθόρμητη μεταφορά θερμότητας** από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας, προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας**.**

δ) Μετά από λίγο χρόνο, **η θερμοκρασία** του μεταλλικού κυλίνδρου γίνεται ίση με του νερού και **παραμένει σταθερή**. Δηλαδή, το μέταλλο βρίσκεται σε **θερμική ισορροπία** με το νερό.
Τότε, οι δομικοί λίθοι του μετάλλου έχουν την ίδια κινητική ενέργεια με τους δομικούς λίθους του νερού και **η μεταφορά θερμότητας** από το νερό στο μέταλλο **σταματά**.

4. Τι ονομάζουμε εσωτερική ενέργεια (U) ενός σώματος;

Η **κινητική** και **δυναμική** ενέργεια που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι, επειδή κινούνται άτακτα και επειδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους, ονομάζεται **εσωτερική ενέργεια του σώματος.**

Οι δομικοί λίθοι (μόρια) κάθε **αερίου** κινούνται ελεύθερα μακριά ο ένας από τον άλλο. Μεταξύ των δομικών λίθων μορίων ενός αερίου δεν ασκούνται δυνάμεις. Οι δομικοί λίθοι ενός αερίου **δεν αλληλεπιδρούν**. Άρα η εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι **μόνο η ολική κινητική ενέργεια** των μορίων του αφού δεν έχουμε δυναμική ενέργεια (ενέργεια αλληλεπίδρασης).

Οι δομικοί λίθοι ενός υγρού **αλληλεπιδρούν**, με αποτέλεσμα να συγκρατούνται μεταξύ τους και να δημιουργούν σταγόνες.

Οι δομικοί λίθοι ενός στερεού σώματος επίσης αλληλεπιδρούν, αλλά ισχυρότερα από ό,τι στα υγρά. Έτσι, στα στερεά συγκρατούνται σε καθορισμένες θέσεις, με αποτέλεσμα να συνθέτουν ένα σώμα με σταθερό όγκο και συγκεκριμένο σχήμα.

Επομένως **στα υγρά και στα στερεά** κάθε δομικός λίθος εκτός από **κινητική ενέργεια** έχει επίσης και **δυναμική ενέργεια** λόγω της αλληλεπίδρασής του με τους άλλους δομικούς λίθους. Άρα η εσωτερική ενέργεια στα υγρά και τα στερεά είναι το **άθροισμα της ολικής κινητικής ενέργειας των μορίων του και της δυναμικής ενέργειας αυτών.**

5. Τι ονομάζουμε θερμική ενέργεια ενός σώματος;

Το μέρος της εσωτερικής ενέργειας που οφείλεται μόνο στην άτακτη κίνηση των μορίων (κινητική ενέργεια) ονομάζεται **θερμική ενέργεια**. Η εσωτερική ενέργεια των αερίων είναι εξολοκλήρου θερμική ενέργεια, αφού τα μόρια των αερίων δεν έχουν δυναμική ενέργεια δηλαδή ενέργεια αλληλεπίδρασης.

Η θερμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία του και από τον αριθμό των μορίων του, άρα από τη μάζα του.

Άρα και η **εσωτερική ενέργεια** συγκεκριμένης ποσότητας αερίου εξαρτάται **μόνο από τη θερμοκρασία του.**

Ένα σώμα με μεγάλη μάζα είναι δυνατόν να έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα άλλο σώμα με μικρότερη μάζα, έστω και αν το δεύτερο έχει πολύ υψηλότερη θερμοκρασία. Έτσι, το νερό μιας λίμνης έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από το καυτό νερό που υπάρχει στο φλιτζάνι μας.

Επίσης για παράδειγμα, ένα παγάκι στην πορτοκαλάδα μας και ένα παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία. Κάθε δομικός λίθος στο παγόβουνο και στο παγάκι έχει την **ίδια μέση κινητική ενέργεια**. Ωστόσο, η συνολική κινητική ενέργεια των δομικών λίθων είναι διαφορετική για το παγάκι και το παγόβουνο: η θερμική ενέργεια του παγόβουνου είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη αφού έχει ασύγκριτα μεγαλύτερη μάζα.

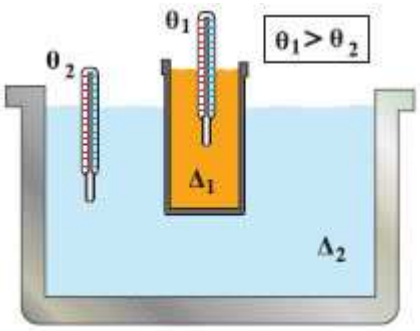
Σημείωση: Στα υγρά και στα στερεά, επειδή τα μόριά τους αλληλεπιδρούν, εκτός από την κινητική έχουν και δυναμική ενέργεια. Έτσι, στην περίπτωση των σωμάτων αυτών, **εσωτερική ενέργεια είναι το άθροισμα της ολικής κινητικής και της δυναμικής ενέργειας των δομικών τους λίθων. ($U=K_{ολ}+U_{δυναμική}$)**

Όταν υπολογίζουμε μόνο τη συνολική κινητική ενέργεια των δομικών λίθων την ονομάζουμε θερμική ενέργεια του σώματος και είναι μέρος της εσωτερικής του ενέργειας.

Θέρμανση ενός σώματος, σημαίνει **αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας** εις βάρος της εσωτερικής ενέργειας κάποιου άλλου σώματος, του οποίου η εσωτερική ενέργεια μειώνεται και συνεπώς αυτό ψύχεται.

6) Περιγράψτε τα φαινόμενα που συμβαίνουν όταν φέρουμε σε επαφή δυο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες. Ποια κατάσταση ονομάζεται κατάσταση θερμικής ισορροπίας;

➢ Η **αύξηση της εσωτερικής ενέργειας** του ενός σώματος και η ταυτόχρονη **μείωση της εσωτερικής ενέργειας** του άλλου, συνεχίζονται έως ότου αυτά αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία.
Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να τη διαπιστώσουμε πειραματικά με τη βοήθεια της διάταξης που φαίνεται στην εικόνα



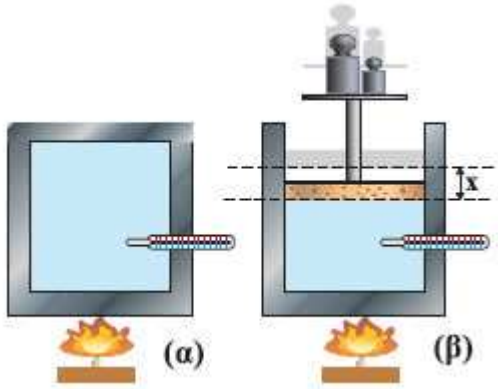
Πρόκειται για δυο δοχεία τα οποία περιέχουν νερό σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το μικρό δοχείο έχει μεταλλικά λεπτά τοιχώματα και περιέχει ζεστό νερό θερμοκρασίας θ_1 (σε ^oC). Το μεγάλο δοχείο έχει κρύο νερό θερμοκρασίας θ_2 (σε ^oC). Στα δύο δοχεία υπάρχουν θερμόμετρα με τα οποία μετράμε τις θερμοκρασίες του νερού των δυο δοχείων. Αρχικά οι θερμοκρασίες είναι θ_1 και θ_2. Στη συνέχεια η θερμοκρασία του νερού στο δοχείο Δ_1 μειώνεται ενώ αυξάνεται η θερμοκρασία στο δοχείο Δ_2. Η μεταβολή των θερμοκρασιών συνεχίζεται έως ότου το νερό στα δυο δοχεία αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία.

Όσο χρόνο οι θερμοκρασίες είναι διαφορετικές, γίνεται ανακατανομή στις εσωτερικές ενέργειες, το αποτέλεσμα της οποίας το ονομάζουμε "απορρόφηση θερμότητας" από το νερό στο δοχείο Δ_2. Όταν οι θερμοκρασίες γίνουν ίσες σταματά η ανακατανομή των εσωτερικών ενεργειών και τότε ούτε προσφέρεται ούτε απορροφάται θερμότητα.

Η κατάσταση αυτή ονομάζεται θερμική ισορροπία.

7. Να αναφέρετε την αρχή διατήρησης της ενέργειας στην περίπτωση που έχουμε μια μεταβολή ενός αερίου που γίνεται:
α) με σταθερό όγκο και
β) στην περίπτωση που ο όγκος μεταβάλλεται.

Εάν θερμάνουμε και τα δύο αέρια εξίσου, δηλαδή προσφέρουμε και στα δύο την ίδια ποσότητα θερμότητας θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα;



➢ **Στο πρώτο δοχείο** και με την προϋπόθεση πως αυτό διατηρεί τον **όγκο του σταθερό**, το αέριο θερμαίνεται χωρίς καμία μεταβολή στον όγκο του.

Αυτό σημαίνει πως η προσφερόμενη θερμότητα απορροφήθηκε εξολοκλήρου από τα μόρια του αερίου, τα οποία αύξησαν έτσι την κινητική τους ενέργεια, δηλαδή ότι αυξήθηκε η εσωτερική ενέργεια του αερίου.

Μπορούμε λοιπόν να διατυπώσουμε την αρχή διατήρησης της ενέργειας με την απλή εξίσωση:

Προσφερόμενη θερμότητα = αύξηση εσωτερικής ενέργειας αερίου

$$\mathbf{Q = \Delta U}$$

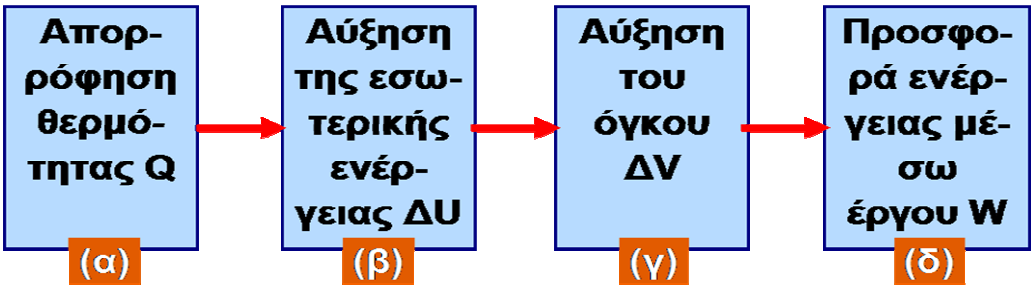
➢ **Στο δεύτερο δοχείο** η θερμοκρασία του αερίου αυξάνεται λιγότερο και διαστελλόμενο ανυψώνει σιγά - σιγά το έμβολο, βάρους w και εμβαδού Α, κατά μικρό ύψος x. Το γεγονός πως το έμβολο ισορροπεί και μετά τη διαστολή, σημαίνει πως η πίεση P του αερίου παρέμεινε σταθερή.

Αντίθετα λοιπόν με ότι συμβαίνει στο πρώτο δοχείο όπου η προσφερόμενη θερμότητα μετατράπηκε εξ' ολοκλήρου σε εσωτερική ενέργεια του αερίου, στο δεύτερο δοχείο η εξέλιξη είναι διαφορετική. Συγκεκριμένα η ανύψωση του εμβόλου κατά x, σημαίνει πως το αέριο διαστελλόμενο πρόσφερε ενέργεια ίση με το έργο της σταθερής δύναμης P·A, το οποίο είναι W = P·A·x και επειδή A·x = ΔV, προκύπτει:

$$W = P \cdot \Delta V$$

Στη σχέση αυτή, ΔV είναι η αύξηση του όγκου του αερίου κατά τη θέρμανσή του.
Αν λοιπόν αγνοήσουμε κάθε άλλη ενεργειακή μεταβολή, εκτός από τη θέρμανση του αερίου και την ανύψωση του εμβόλου, η διατήρηση της ενέργειας περιγράφεται από την εξίσωση:

Προσφερόμενη θερμότητα = αύξηση της εσωτερικής ενέργειας αερίου και ενέργεια απαιτούμενη για την ανύψωση του εμβόλου.



Η θερμότητα που απορροφήθηκε προκάλεσε αύξηση της εσωτερικής ενέργειας και παραγωγή έργου.

Η μαθηματική έκφραση της εξίσωσης αυτής είναι:

$$Q = \Delta U + W$$

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

1ος Θερμοδυναμικός Νόμος

Παρατήρηση:

- Η παραπάνω σχέση ονομάζεται και **πρώτος θερμοδυναμικός νόμος** και διατυπώθηκε πρώτη φορά από τον Γερμανό φυσικό και γιατρό Μάγιερ, το 1844. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Γερμανός φυσικός Κλαούζιους τον διατύπωσε με μεγαλύτερη σαφήνεια.

- Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος, εκφράζει την **αρχή διατήρησης της ενέργειας**

- Όπως το έργο W μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο λόγω άσκησης δύναμης, έτσι και

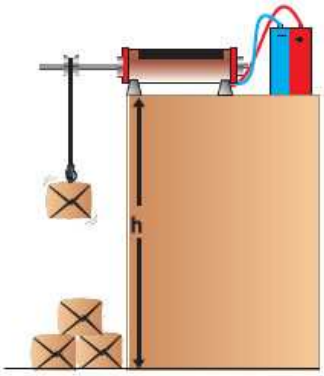
- η θερμότητα Q **μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.**

Παραδείγματος χάρη, καθώς ανυψώνουμε με το χέρι μας μια μεταλλική σφαίρα έχουμε μεταφορά ενέργειας W λόγω της δύναμης που της ασκούμε και μεταφορά ενέργειας Q λόγω διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στο χέρι μας και στη σφαίρα.

Η ενέργεια W εμφανίζεται ως μηχανική ενέργεια της σφαίρας, ενώ η ενέργεια Q ως αύξηση της εσωτερικής της ενέργειας, δηλαδή ως αύξηση της θερμοκρασίας της.

8. Τι ονομάζουμε μηχανή και πως μπορεί να παρασταθεί σχηματικά μια μηχανή;

Μηχανή ονομάζουμε κάθε διάταξη που μετατρέπει ενέργεια μιας μορφής σε κάποια άλλη μορφή.





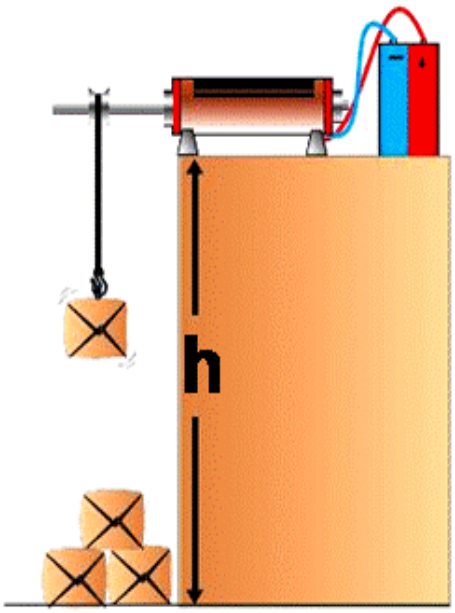
Σχηματικά, μια μηχανή π.χ. ο ηλεκτρικός κινητήρας, μπορεί να αναπαρασταθεί με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα .

Μια μηχανή (π.χ. ηλεκτρικός κινητήρας) απορροφά μια ποσότητα ενέργειας μορφής Α (ηλεκτρική) και μέσω έργου την αποδίδει υπό μορφή Β (μηχανική) στον αποδέκτη (σώμα που ανυψώνεται). Ταυτόχρονα λόγω τριβών στα κινούμενα εξαρτήματα του κινητήρα και αντιστάσεων παράγεται θερμότητα.

9. Πως ορίζεται ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής και τι εκφράζει αυτός;

➢ Ας θεωρήσουμε ένα κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια για να ανυψώσει σε ύψος h, τα κιβώτια που βρίσκονται στο έδαφος.

Για να ανυψώσει ο κινητήρας ένα κιβώτιο σε ύψος h απορροφά ενέργεια, έστω W_1, ενώ το σώμα αποκτά δυναμική ενέργεια W_2. Η ενέργεια W_2, όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, θα είναι μικρότερη από W_1 διότι υπάρχουν τριβές στα κινούμενα μέρη του κινητήρα και οι αγωγοί θερμαίνονται όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.



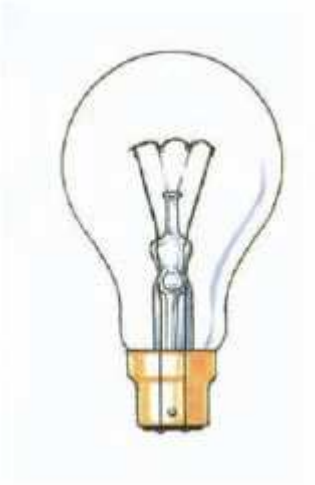
Η διαφορά W_1 - W_2 είναι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα.

Η ποσότητα W_1 - W_2 συνήθως αναφέρεται ως "απώλεια ενέργειας". Στη Φυσική και στην Τεχνολογία αντί για την απώλεια ενέργειας, δηλαδή το W_1 - W_2, χρησιμοποιούμε το πηλίκο W_2/W_1 το οποίο ονομάζεται απόδοση της μηχανής και εκφράζει: **το ποσοστό επί τοις εκατό της προσφερόμενης ενέργειας που μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο.**
Δηλαδή:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{ενέργεια που αποδίδεται}}{\text{ενέργεια που απορροφάται}} \cdot 100\%$$

Η έννοια της απόδοσης επεκτείνεται και σε άλλες περιπτώσεις στις οποίες μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε μια άλλη.

➢ Ας εξετάσουμε για παράδειγμα την ενεργειακή μετατροπή σ' έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα πυράκτωσης
Ο λαμπτήρας φωτοβολεί, όταν το νήμα, θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία, επειδή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και σε φωτεινή ενέργεια. Η απόδοση του λαμπτήρα θα είναι:
α = φωτεινή ενέργεια /ηλεκτρική ενέργεια ·100 %



Για ένα τυπικό λαμπτήρα πυρακτώσεως η απόδοση είναι μόλις 5%. Αυτό σημαίνει ότι το 95% της προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα!

10. Μπορούμε να κατασκευάσουμε μηχανές που να έχουν απόδοση 100%; Ποιο φαινόμενο ονομάζεται υποβάθμιση ενέργειας;

Σε οποιαδήποτε μηχανή το ωφέλιμο ποσό ενέργειας που παίρνουμε είναι μικρότερο από αυτό που δαπανήσαμε.

Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ποσών ενέργειας θα μετατραπεί σε άλλες μορφές, π.χ. θερμική.

Δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε μηχανές με απόδοση 100%. Δηλαδή δεν υπάρχουν μηχανές που να μετατρέπουν εξολοκλήρου την ποσότητα της ενέργειας με την οποία τις τροφοδοτούμε, στη μορφή ενέργειας που εμείς επιθυμούμε. **2ος Θερμοδυναμικός Νόμος**

➢ Αν και είναι δυνατό να κατασκευαστούν μηχανές με απόδοση περίπου 99% δεν υπάρχουν μηχανές με απόδοση 100%;

➢ Οι απώλειες της ενέργειας σε μια μηχανή είναι το ποσό της αρχικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα. Όμως η θερμότητα που παράγεται

από τη χρήση των μηχανών δεν μπορεί να αξιοποιηθεί. **Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται ως υποβάθμιση της ενέργειας.**

Έτσι μπορούμε να λέμε ότι πληρώνουμε το λογαριασμό της ΔΕΗ όχι επειδή "χαλάμε" ή "καίμε" ή "καταστρέφουμε" την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά επειδή την υποβαθμίζουμε σε θερμότητα η οποία δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.

11. Ποιες μηχανές ονομάζονται θερμικές;

Οι θερμικές μηχανές είναι οι μηχανές που μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανική ενέργεια ή έργο. Παραδείγματα τέτοιων μηχανών είναι: οι μηχανές των αυτοκινήτων, οι ατμολέβητες των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κτλ.

Η απόδοση κάθε θερμικής μηχανής είναι **μικρότερη της μονάδας**.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1. Ιδανικό αέριο απορροφά θερμότητα 80J ενώ ταυτόχρονα παράγει έργο 30J. Να υπολογίσετε τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

Λύση:

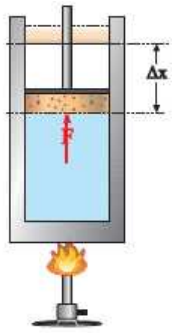
Σύμφωνα με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει Q = ΔU + W
Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος, εκφράζει την **αρχή διατήρησης της ενέργειας.** Το Q είναι η θερμότητα, δηλαδή η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, ενώ το W είναι το μηχανικό έργο και μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο λόγω της εξάσκησης κάποιας δύναμης.
Το ΔU είναι η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.
Τότε προκύπτει Q = ΔU + W ή 80=ΔU + 30 ή ΔU=80-30 ή ΔU=50J.

2. Ιδανικό αέριο απορροφά θερμότητα Q=180J και η εσωτερική του ενέργεια αυξάνεται κατά ΔU=40j. Να υπολογίσετε το έργο που παράγεται από το αέριο.

Λύση:

Από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει Q = ΔU + W ή 180=40 + W ή W=180-40 ή W=140J.

3. Στο κατακόρυφο κυλινδρικό δοχείο του σχήματος ισορροπεί στο πάνω μέρος του κινητό έμβολο εμβαδού $A=10cm^2$, ενώ το βάρος του είναι $w=100N$. Αν η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{ατμ}=10^5 N/m^2$, τότε:
α) Να υπολογιστεί η πίεση του αερίου μέσα στο δοχείο,
β) Αν θερμάνουμε το αέριο μέσα στο δοχείο προσφέροντάς του θερμότητα $Q=60j$ τότε αυτό μετατοπίζεται προς τα πάνω κατά $Δx=10cm$. Πόση είναι τότε η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου;



Λύση:

α) Όπως γνωρίζουμε η πίεση, P, ορίζεται από το πηλίκο της κάθετης δύναμης F, που ασκείται σε μια επιφάνεια, προς το εμβαδόν A της επιφάνειας αυτής.

Δηλαδή: $P=\frac{F}{A}$. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η πίεση που ασκεί το αέριο στο έμβολο είναι ίση με το άθροισμα της πίεσης που οφείλεται στη δύναμη του βάρους w του εμβόλου και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Έτσι έχουμε

$P= P_{atm}+ \frac{w}{A}$, όπου w είναι το βάρος του εμβόλου, A το εμβαδόν του εμβόλου και P_{atm} η ατμοσφαιρική πίεση.

Έτσι έχουμε $P= P_{atm}+ \frac{w}{A}$ ή $P= 10^5+\frac{100}{10^{-3}}$ ή $P= 10^5+10^5$ ή $P=2\cdot10^5\ N/m^2$.

β) Η ανύψωση του εμβόλου κατά Δx, σημαίνει πως το αέριο διαστελλόμενο πρόσφερε ενέργεια ίση με το έργο της σταθερής δύναμης F.

Όμως $P=\frac{F}{A}$ ή $F=P\cdot A$. Ακόμη είναι $W = F\cdot\Delta x$ ή $W = P\cdot A\cdot\Delta x$ και επειδή $A\cdot\Delta x = \Delta V$, όπου ΔV είναι ο όγκος του κυλίνδρου που αντιστοιχεί σε ύψος Δx δηλαδή είναι η αύξηση του όγκου του αερίου κατά τη θέρμανσή του. Έτσι είναι $\Delta V= A\cdot\Delta x=10^{-3}\cdot10^{-1}=10^{-4}m^3$.
Τότε προκύπτει $W = P\cdot\Delta V=2\cdot10^{5}\cdot10^{-4}$ ή $W =20$ J.
Αν λοιπόν αγνοήσουμε κάθε άλλη ενεργειακή μεταβολή, εκτός από τη θέρμανση του αερίου και την ανύψωση του εμβόλου, η διατήρηση της ενέργειας περιγράφεται από τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο $Q = \Delta U + W$, ή $\Delta U=Q-W$ ή $\Delta U=60-20$ ή $\Delta U=40$ J.

Ασκήσεις

1. Σε μια εκτόνωση μιας ποσότητας ιδανικού αερίου παράγεται μηχανικό έργο W=280j ενώ η εσωτερική του ενέργεια παραμένει σταθερή. Πόση είναι η θερμότητα Q που ανταλλάσει το αέριο με το περιβάλλον του; Προσφέρεται ή αφαιρείται η παραπάνω θερμότητα από το ιδανικό αέριο;

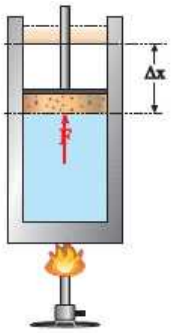
2. Σε μια εκτόνωση μιας ποσότητας ιδανικού αερίου παράγεται μηχανικό έργο W=1800j. Αν το αέριο κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβολής δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον τότε πόση είναι η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας; Θερμαίνεται ή ψύχεται το αέριο;

3. Ένα δοχείο σταθερού όγκου ψύχεται και η εσωτερική του ενέργεια ελαττώνεται κατά 100 j. Τότε:
α) Πόσο είναι το μηχανικό έργο του αερίου και
β) Πόση είναι η θερμότητα που αποβάλλεται από το αέριο στο περιβάλλον;

4. Πόση θερμότητα ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου - περιβάλλοντος σε μια διαδικασία κατά την οποία το παραγόμενο έργο είναι 50J και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι 30J;

5. Κατά τη συμπίεση ενός αερίου, η εσωτερική του ενέργεια διατηρείται σταθερή, ενώ στο αέριο μεταβιβάζεται ενέργεια μέσω έργου 50J. Πόση θερμότητα ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου και περιβάλλοντος;

6. Κατά τη θέρμανση αερίου μέσα σε δοχείο με έμβολο, μεταβιβάζεται στο αέριο θερμότητα 400J.
Η εσωτερική ενέργεια του αερίου μεταβάλλεται κατά 250J. Το αέριο ασκεί στο έμβολο σταθερή δύναμη 1.500N, όπως φαίνεται στην εικόνα. Πόσο θα μετακινηθεί το έμβολο;



7. Ένα σώμα μάζας m=1kg αφήνεται από ύψος h=5m, πέφτει σε άμμο και ακινητοποιείται.
α) Ποια είναι η ταχύτητα με την οποία φτάνει αυτό στο έδαφος;
Β) Πόσο αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος; Δίνεται $g=10m/s^2$ και ότι στο σώμα κατά την πτώση του επενεργεί μόνο το βάρος του.

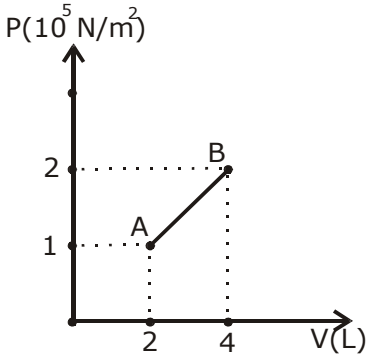
8. Ποσότητα ιδανικού αερίου βρίσκεται σε δοχείο όγκου $V_1=4L$. Το αέριο εκτονώνεται με σταθερή πίεση $P=10^5N/m^2$, μέχρι ο όγκος του να διπλασιαστεί.
α) Πόσο είναι το μηχανικό έργο W που παράγεται κατά τη διάρκεια της μεταβολής;
β) Αν η θερμότητα Q που προσφέρεται στο αέριο είναι Q=7500j τότε να υπολογιστεί η μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας

9. Μια ποσότητα ιδανικού αερίου συμπιέζεται με σταθερή πίεση $P=2\cdot10^5N/m^2$ από όγκο V_A σε $V_A/2$ με $V_A=4\cdot10^{-3}m^3$. Τότε:
α) Πόσο είναι το μηχανικό έργο που προσφέρεται στο αέριο;
β) Αν το αέριο καθώς συμπιέζεται και ψύχεται μεταβάλει την εσωτερική του ενέργεια κατά ΔU= -600 j, τότε πόση είναι η θερμότητα που φεύγει από το αέριο στο περιβάλλον;

10. Σε μια μεταβολή ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου η θερμοκρασία του Τ, παραμένει σταθερή ενώ προσφέρουμε σε αυτό μηχανικό έργο 420j. Τότε
α) ΔU=;
β) Q=;

11. Σε μια μεταβολή ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου δεν ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ του αερίου και του περιβάλλοντός του. Τότε για μεταβολή της εσωτερικής του ενέργειας κατά ΔU=100j, έχουμε συμπίεση ή εκτόνωση του αερίου;

12. Σε μια μεταβολή ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου η πίεση μεταβάλλεται με τον όγκο, όπως φαίνεται στο σχήμα: Τότε να υπολογιστεί το συνολικό μηχανικό έργο W, που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον.



Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Η συνεχής, άτακτη κίνηση των δομικών λίθων των σωμάτων συνδέεται με τη θερμοκρασία του σώματος. **( )**

2) Τα υγρά σώματα έχουν σταθερό όγκο αλλά και σταθερό σχήμα. **( )**

3) Ένα σώμα θερμοκρασίας 30 ^{0} C έχει δομικούς λίθους μεγαλύτερης κινητικής ενέργειας από ένα σώμα 40 ^{0} C. **( )**

4) Ηθερμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία αλλά και από τη μάζα του σώματος. **( )**

5) Στα αραιά αέρια, σ' αυτά δηλαδή που οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων θεωρούνται σχετικά μεγάλες, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ασκούνται δυνάμεις μόνο κατά τη διάρκεια των συγκρούσεων μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. **( )**

5) Ο κάθε δομικός λίθος στο παγάκι στην πορτοκαλάδα μας και σ’ ένα παγόβουνο έχουν την ίδια μέση κινητική ενέργεια. **( )**

6) ο 1^{ος} Θερμοδυναμικός νόμος εκφράζει την αρχή διατήρησης της μάζας. **( )**

7) Θέρμανση ενός σώματος, σημαίνει αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας. **( )**

8) Όταν οι θερμοκρασίες δυο σωμάτων σε επαφή γίνουν ίσες σταματά η ανακατανομή των εσωτερικών ενεργειών και τότε ούτε προσφέρεται ούτε απορροφάται θερμότητα. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται θερμική ισορροπία. **( )**

9) Η θερμότητα Q μετράει την ενέργεια που υπάρχει σε κάποιο σώμα, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. **( )**

10) Η μηχανική ενέργεια δεν μπορεί να μετατραπεί σε θερμότητα. **( )**

Μηχανή ονομάζουμε κάθε διάταξη που μετατρέπει ενέργεια μιας μορφής σε κάποια άλλη μορφή.

11) Δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε μηχανές με απόδοση 100%. **( )**

12) Οι απώλειες της ενέργειας σε μια μηχανή είναι το ποσό της αρχικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα. Όμως η θερμότητα που παράγεται από τη χρήση των μηχανών μπορεί να αξιοποιηθεί. Άρα λέμε ότι η ενέργεια δεν υποβαθμίζεται. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος,
α) τόσο μικρότερη κινητική ενέργεια έχουν οι δομικοί του λίθοι λόγω της άτακτης κίνησής τους.
β) τόσο μεγαλύτερη κινητική ενέργεια έχουν οι δομικοί του λίθοι λόγω της άτακτης κίνησής τους.
γ) η κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων είναι σταθερή και ανεξάρτητη της θερμοκρασίας.
δ) τόσο μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια έχουν οι δομικοί του λίθοι λόγω της άτακτης κίνησής τους.

2) Όταν οι δομικοί λίθοι δυο σωμάτων που έρχονται σε επαφή έχουν την ίδια κινητική ενέργεια τότε τα δύο σώματα,
α) έχουν αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία.

β) την ίδια εσωτερική ενέργεια.
γ) την ίδια θερμική ενέργεια.
δ) όλα τα παραπάνω.

3) Μεγαλύτερη θερμική ενέργεια,
α) έχει ο καυτό νερό στο φλιτζάνι μας.
β) έχει ο χλιαρό νερό μιας κατσαρόλας.
γ) έχει ο κρύο νερό μιας λίμνης.
δ) έχουν τα παγάκια στο ποτήρι μας.

4) Εσωτερική ενέργεια ενός αερίου είναι,
α) η ολική ταχύτητα των μορίων του.
β) η δυναμική ενέργεια των μορίων του.
γ) το άθροισμα της ολικής κινητικής και δυναμικής ενέργειας των μορίων του.
δ) μόνο η ολική κινητική ενέργεια των μορίων του.

5) Στην περίπτωση που η μεταβολή ενός αερίου γίνεται με σταθερό όγκο ισχύει:
α) $Q=0$
β) $\Delta U=0$
γ) $Q=W$
δ) $Q=\Delta U$.

6) Σύμφωνα με την κινητική θεωρία:
α) Τόσο τα άτομα όσο και τα μόρια έχουν δυο βασικά χαρακτηριστικά να βρίσκονται σε διαρκή άτακτη κίνηση και να αλληλεπιδρούν ασκώντας ελκτικές και απωστικές δυνάμεις.
β) Τα μόρια ενός σώματος έχουν μόνο κινητική ενέργεια,
γ) Τα μόρια ενός σώματος είναι ακίνητα
δ) Τα μόρια ενός σώματος έχουν μόνο δυναμική ενέργεια.

7) Η ταχύτητα των μορίων ενός αερίου
α) είναι ανάλογη του όγκου του
β) εξαρτάται από τη θερμοκρασίας στην οποία βρίσκεται
γ) δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου
δ) είναι σταθερή

8) Η εσωτερική ενέργεια των μορίων του ιδανικού αερίου
α) εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του
β) εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία για συγκεκριμένη ποσότητα αερίου

γ) αποδίδεται στη κινητική του ενέργεια, αλλά και στην αλληλεπίδραση και κατά συνέπεια τη δυναμική ενέργεια των μορίων του αερίου.
δ) εξαρτάται από το είδος του αερίου

9) Η μαθηματική έκφραση του $1^{ου}$ θερμοδυναμικού Νόμου είναι
α) $Q = \Delta U + W$
β) $Q = \Delta U - W$
γ) $\Delta U = Q + W$
δ) $Q = \Delta U = W$

10) Σε μια μεταβολή μιας ορισμένης ποσότητας ιδανικού αερίου που γίνεται με σταθερή πίεση ισχύει:
α) $W=P\cdot\Delta V$
β) $Q=P\cdot\Delta V$
γ) $\Delta U=P\cdot\Delta V$
δ) $Q = \Delta U$.

11) Σύμφωνα με τον $2^{ο}$ θερμοδυναμικό Νόμο
α) ισχύει $Q = \Delta U + W$
β) δεν μπορεί να κατασκευαστεί θερμική μηχανή με απόδοση 100% ή και μεγαλύτερη
γ) όλες οι μηχανές έχουν απόδοση μεγαλύτερη από 100%
δ) είναι εφικτή η κατασκευή του αεικίνητου.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η θερμοκρασία ενός σώματος αποτελεί μέτρο της μέσης …….. ενέργειας των μορίων του.

2) Τα μόρια του ζεστού νερού έχουν …….κινητική ενέργεια από τα μόρια του κρύου νερού.

3) Το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας που έχουν συνολικά οι δομικοί λίθοι, ενός σώματος, ονομάζεται ……..ενέργεια του σώματος.

4) Ο 1^{ος} θερμοδυναμικός νόμος εκφράζεται με τη μαθηματική εξίσωση Q=…….. και εκφράζει την αρχή διατήρησης της …….

5) Στην περίπτωση των αερίων θεωρούμε τα μόρια ως συμπαγείς …….. που κινούνται …… προς όλες τις κατευθύνσεις.
Στα αραιά αέρια, σ' αυτά δηλαδή που οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων θεωρούνται σχετικά μεγάλες, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ασκούνται δυνάμεις μόνο κατά τη διάρκεια των συγκρούσεων μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. Κατά συνέπεια η ενέργεια που έχουν τα μόρια είναι μόνο ……...

6) Στα στερεά δεν υπάρχει η άτακτη κίνηση των μορίων, αλλά σ' αυτά τα μόρια …….. γύρω από τη θέση ισορροπίας τους.

7) Η αύξηση της …….. σχετίζεται με την αύξηση της ταχύτητας των μορίων ενός σώματος.

8) Στα υγρά και στα στερεά, επειδή τα μόριά τους αλληλεπιδρούν, εκτός από την …… έχουν και …… ενέργεια. Έτσι, στην περίπτωση των σωμάτων αυτών, εσωτερική ενέργεια είναι το άθροισμα της

…….. και της …… ενέργειας των δομικών τους λίθων.

9) Όταν οι θερμοκρασίες δυο σωμάτων γίνουν ίσες σταματά η ανακατανομή των εσωτερικών ενεργειών και τότε ούτε προσφέρεται ούτε απορροφάται θερμότητα.
Η κατάσταση αυτή ονομάζεται …….. ισορροπία.

10) Μια μηχανή (π.χ. ηλεκτρικός κινητήρας) απορροφά μια ποσότητα ενέργειας μορφής Α (ηλεκτρική) και μέσω έργου την αποδίδει υπό μορφή Β (μηχανική) στον αποδέκτη (σώμα που ανυψώνεται). Ταυτόχρονα λόγω τριβών στα κινούμενα εξαρτήματα του κινητήρα και αντιστάσεων παράγεται ……..

11) Σε οποιαδήποτε μηχανή το ωφέλιμο ποσό ενέργειας που παίρνουμε είναι …….. από αυτό που δαπανήσαμε.
Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ποσών ενέργειας θα μετατραπεί σε άλλες μορφές, π.χ. θερμική.

12) Δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε μηχανές με απόδοση ……%. Δηλαδή δεν υπάρχουν μηχανές που να μετατρέπουν …….. την ποσότητα της ενέργειας με την οποία τις τροφοδοτούμε, στη μορφή ενέργειας που εμείς επιθυμούμε ($2^{ος}$ Θερμοδυναμικός Νόμος).

13) Η θερμότητα που παράγεται από τη χρήση των μηχανών δεν μπορεί να αξιοποιηθεί. Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται ως …….. της ενέργειας.

6.5 Θερμική διαστολή και συστολή.

1. Τι ονομάζουμε θερμική διαστολή και τι θερμική συστολή των σωμάτων;

Όλα σχεδόν τα σώματα στερεά, υγρά και αέρια, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους (θερμαίνονται), διαστέλλονται, αυξάνεται δηλαδή ο όγκος τους, ενώ όταν μειώνεται η θερμοκρασία τους (ψύχονται), συστέλλονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **θερμική διαστολή** και το αντίθετο της φαινόμενο, **συστολή**.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο θέρμανσης τα υλικά σώματα διαστέλλονται όταν αυξάνεται η θερμοκρασίας τους.

➢ Η διαστολή του σώματος κατά μία διάστασή του ονομάζεται **γραμμική διαστολή.**

Πειραματικά έχει βρεθεί ότι η διαστολή είναι:

➢ ανάλογη της θερμοκρασίας του σώματος, δεδομένο που αξιοποιείται στην κατασκευή των θερμομέτρων τα οποία περιέχουν υδράργυρο ή οινόπνευμα.

2. Τι ονομάζουμε γραμμική διαστολή των στερεών σωμάτων;

Οι γραμμικές διαστάσεις ενός στερεού σώματος είναι το μήκος, το πλάτος και το ύψος του. Η μεταβολή οποιασδήποτε γραμμικής διάστασης του στερεού, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του, λέγεται **γραμμική διαστολή**.

Όταν θερμάνουμε μια μεταλλική ράβδο ή ένα σύρμα, το μήκος τους αυξάνεται πολύ περισσότερο συγκριτικά με τις άλλες διαστάσεις τους. Η διαστολή αυτή ονομάζεται γραμμική διαστολή ή διαστολή κατά μήκος. Αν θερμάνουμε ράβδους από διαφορετικά υλικά και μετρήσουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας τους (Δθ) καθώς και την αντίστοιχη μεταβολή του μήκους τους (ΔL), διαπιστώνουμε ότι η μεταβολή του μήκους:

1. είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας (Δθ)

2. είναι ανάλογη με το αρχικό μήκος του σώματος (L_0)

3. εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ράβδος (a_L)

Οι παραπάνω παρατηρήσεις μπορούν να διατυπωθούν και με τη γλώσσα των μαθηματικών:

$$\Delta L = L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$$

Όπου:
ΔL η μεταβολή του μήκους,

Δθ η μεταβολή της θερμοκρασίας,

L_0 το αρχικό μήκος της ράβδου και

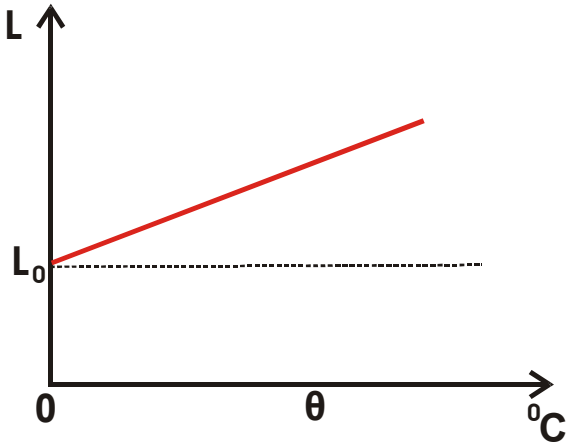
a_L **ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής** και εξαρτάται από **το υλικό** της ράβδου.

Το a_L δείχνει πόσο μεταβάλλεται το μήκος μιας ράβδου 1 m, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά 1°C.
Η μονάδα του συντελεστή γραμμικής διαστολής προκύπτει από την εξίσωση $\Delta L = L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$ αν λύσουμε ως προς a_L, οπότε παίρνουμε

$a_L = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta\theta}$. Επειδή η μεταβολή του μήκους ΔL, και το αρχικό μήκος L_0 της ράβδου μετριούνται με τις ίδιες μονάδες μέτρησης (π.χ σε m), έπεται ότι η μονάδα μέτρησης του **συντελεστή γραμμικής διαστολής είναι το $1\ K^{-1}$ ή $1\ {}^0C^{-1}$, ή γενικά το $1\ grad^{-1}$.**

Ακόμη προκύπτει από την εξίσωση $\Delta L = L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$ προκύπτει ότι $L - L_0 = L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$ ή $L = L_0 + L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$ ή $L = L_0(1 + a_L \cdot \Delta\theta)$. Αν βέβαια γνωρίζουμε το μήκος L_0 της ράβδου στους $\theta_0 = 0\ {}^0C$, τότε μπορούμε να γράφουμε $\Delta\theta = \theta - \theta_0 = \theta$ και η παραπάνω σχέση γίνεται $L = L_0(1 + a_L \cdot \theta)$.

Η σχέση $L=L_0(1+a_L \cdot \theta)$ είναι πρώτου βαθμού, οπότε παριστάνεται γραφικά με μια ευθεία γραμμή. Παρατηρείστε ότι για το ίδιο αρχικό μήκος L_0 αλλά για υλικό με μεγαλύτερο συντελεστή γραμμικής διαστολής η κλίση της ευθείας θα ήταν μεγαλύτερη. Βέβαια για $a_L=0$ προκύπτει μια οριζόντια γραμμή.



3. Τι γνωρίζετε για την επιφανειακή διαστολή και τι για τη διαστολή όγκου των στερεών σωμάτων;

Όταν θερμαίνεται μια μεταλλική ράβδος, δεν αλλάζει μόνο το μήκος της αλλά η διαστολή γίνεται ταυτόχρονα σε όλες τις διαστάσεις της. Αυξάνεται, δηλαδή, και το εμβαδόν των επιφανειών, αλλά και ο όγκος της ράβδου. Η αύξηση του εμβαδού της επιφάνειας ενός αντικειμένου, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του, ονομάζεται **επιφανειακή διαστολή.**
Στην περίπτωση που οι δυο διαστάσεις ενός σώματος (μήκος και πλάτος), είναι πολύ μεγαλύτερες από την τρίτη, το πάχος, τότε η θερμική διαστολή του πάχους είναι πολύ μικρότερη από τη θερμική διαστολή του πλάτους και του μήκους. Δηλαδή, οι δυο διαστάσεις αυξάνονται πολύ περισσότερο από την τρίτη. Η διαστολή αυτή είναι η επιφανειακή διαστολή.

Ανάλογα, η αύξηση του όγκου ενός στερεού αντικειμένου, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του, ονομάζεται **κυβική διαστολή ή διαστολή όγκου**.

Μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η θερμική διαστολή του όγκου ενός στερεού ή υγρού:

1. **είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (Δθ)**,
2. **είναι ανάλογη με τον αρχικό όγκο του (V_0)** και

3. εξαρτάται από είδος του υλικού του σώματος (α_v)

Τα παραπάνω συμπεράσματα ισχύουν τόσο για τα υγρά όσο και για τα στερεά σώματα και μπορούν να διατυπωθούν με μαθηματικά σύμβολα:

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\theta$$

Όπου:
ΔV είναι η μεταβολή του όγκου,
V_0 είναι ο αρχικός όγκος και
$\Delta\theta$ η μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος.

Το **α_v είναι ο συντελεστής διαστολής όγκου** (κυβικής διαστολής) του υλικού.
Ο α_v εξαρτάται από το υλικό και εκφράζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος με αρχικό όγκο 1 m^3 όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά 1°C.
Η μονάδα μέτρησης του **συντελεστή διαστολή όγκου του υλικού** είναι 1 K^{-1} ή 1 $(^oC)^{-1}$ ή $grad^{-1}$.

Η σχέση $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\theta$ γράφεται και $V - V_0 = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\theta$ ή $V = V_0 + V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\theta$
ή $V = V_0 \cdot (1 + \alpha_v \cdot \Delta\theta)$. Αν πάρουμε σαν αρχική θερμοκρασία τη $\theta_0 = 0\ ^0C$ τότε η σχέση γράφεται και $V = V_0 \cdot (1 + \alpha_v \cdot \theta)$.
Αποδεικνύεται ότι ι συντελεστής κυβικής διαστολής α_v είναι $\boldsymbol{\alpha_v = 3 \cdot \alpha_L}$.

Παρόμοια όπως στα στερεά έτσι και στα υγρά έχουμε αύξηση του όγκου τους κατά τη θέρμανσή τους. Και για τη διαστολή των υγρών ισχύει ότι

$$\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\theta.$$

όπου α_v είναι ο συντελεστής κυβικής διαστολής του υγρού.

Για το νερό ο συντελεστής κυβικής διαστολής από τους 4 ^0C και πάνω, είναι $\alpha_v = 21 \cdot 10^{-5}\ grad^{-1}$.

Τα υγρά όμως διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά.

Έτσι η διαστολή του όγκου του (υγρού) υδραργύρου είναι σχεδόν 8 φορές μεγαλύτερη από αυτή του γυαλιού. Στο θερμόμετρο υδραργύρου όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται τόσο ο όγκος του γυάλινου δοχείου, όπου βρίσκεται ο υδράργυρος, όσο και ο όγκος του υδραργύρου. Όμως καθώς ο

υδράργυρος διαστέλλεται πολύ περισσότερο, «ξεχειλίζει» από το γυάλινο δοχείο και ανεβαίνει στο λεπτό σωλήνα.

4. Τι γνωρίζετε για διαστολή των αερίων σωμάτων;

Στα στερεά και τα υγρά, η διαστολή λόγω θέρμανσης είναι σχεδόν, ανεξάρτητη από την πίεση. Στα αέρια όμως, προκειμένου να μελετήσουμε το αποτέλεσμα της θερμάνσεώς τους είναι απαραίτητο να καθορίσουμε τις συνθήκες πίεσης.

Αποδεικνύεται ότι όταν η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβάλλεται ενώ **η πίεση** του **διατηρείται σταθερή**, η αύξηση ή ελάττωση του όγκου του είναι ανάλογη με τον όγκο που έχει το αέριο στους 0°C και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.
Ο **Gay – Lussac** βρήκε πειραματικά ότι για σταθερή πίεση ισχύει η σχέση:

$$V_\theta = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

όπου α είναι μια σταθερά, η οποία λέγεται **θερμικός συντελεστής του όγκου υπό σταθερή πίεση.**

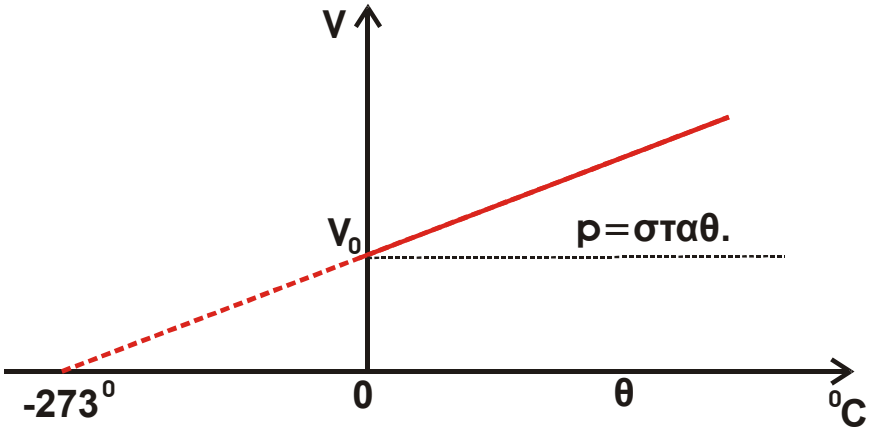
Σε αντίθεση όμως με τα στερεά και τα υγρά, η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου. Σε όλα τα αέρια, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C, χωρίς να αλλάξει η πίεσή τους, ο όγκος μεταβάλλεται κατά το 1/273 του όγκου που είχαν στους 0°C.
Έτσι για όλα τα αέρια η τιμή της σταθεράς α είναι

$\alpha = \frac{1}{273}\,\text{grad}^{-1} = 366 \cdot 10^{-5}\,\text{grad}^{-1}$.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:
Για τελική θερμοκρασία θ= -273 ^{0}C θεωρούμε ότι ο όγκος του αερίου έχει μηδενιστεί, δηλαδή ισχύει ότι V=0. Από τη σχέση $\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$, όπου V_0 είναι ο όγκος του αερίου στους 0^{0}C προκύπτει ότι $\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$ ή $V - V_0 = V_0 \cdot \alpha \cdot (-273)$ ή $-V_0 = -V_0 \cdot \alpha \cdot 273$ ή $\alpha = \frac{1}{273}\,\text{grad}^{-1}$.

Έτσι γενικά για τα αέρια ισχύει $\Delta V = \frac{V_0}{273} \cdot \Delta\theta$.

Η εξίσωση $V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$ είναι πρώτου βαθμού, και παριστάνεται με **ευθεία γραμμή** όπως φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα.



Αν συγκρίνουμε την τιμή $\alpha=\frac{1}{273}\text{grad}^{-1}$, προς τις τιμές των συντελεστών κυβικής διαστολής των στερεών και υγρών, βρίσκουμε ότι είναι **ασύγκριτα μεγαλύτερη από αυτές.**

5. Δυνάμεις κατά τη διαστολή και συστολή.

Κατά τη διαστολή η μεταβολή του μήκους ή του όγκου των σωμάτων είναι σχετικά μικρή, όταν όμως αυτή εμποδίζεται, εμφανίζονται έντονα μηχανικά φαινόμενα όπως το λύγισμα, το σπάσιμο κ.ά.

Κατά τη διαστολή οι δομικοί λίθοι επεκτείνονται στο χώρο κι η επέκταση αυτή εκδηλώνεται ως τεράστια δύναμη διαστολής. Έτσι, όταν απότομα γεμίσουμε ένα ποτήρι με καυτό νερό, το εσωτερικό τοίχωμα του ποτηριού θερμαίνεται αμέσως και η θερμοκρασία του γίνεται πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του εξωτερικού τοιχώματος. Το εσωτερικό τοίχωμα λοιπόν διαστέλλεται πιο έντονα από το εξωτερικό. Μία δύναμη από μέσα προς τα έξω προκαλεί ρωγμές στο ποτήρι. Γι' αυτό το λόγο, τα γυάλινα σκεύη που χρησιμοποιούνται για το ψήσιμο των φαγητών κατασκευάζονται από ειδικό πυρίμαχο γυαλί (pyrex). Η διαστολή αυτού του είδους του γυαλιού είναι πολύ μικρότερη συγκριτικά με εκείνη του κοινού γυαλιού γιατί έχει **μικρό συντελεστή διαστολής** και έτσι το σκεύος δεν κινδυνεύει με θραύση.

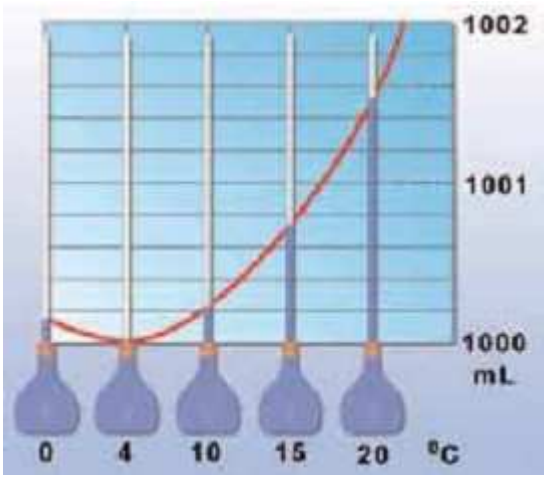
Κατά την **αύξηση της θερμοκρασίας των στερεών**, αναπτύσσονται **πολύ μεγάλες δυνάμεις**, αν εμποδιστεί η ελεύθερη διαστολή τους. Αυτές οι δυνάμεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στις σιδηροτροχιές

κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αρχικά το ενδεχόμενο αυτό αντιμετωπίστηκε με την ύπαρξη διάκενων μεταξύ των σιδηροτροχιών. Αυτά τα διάκενα προκαλούσαν ταλαντώσεις (σκαμπανεβάσματα) του τρένου και δημιουργούσαν δυσάρεστο αίσθημα στους επιβάτες. Σήμερα στα διάκενα τοποθετούν κατάλληλο υλικό που διαστέλλεται ελάχιστα.

Επίσης στις σιδερένιες γέφυρες, το ένα άκρο τους δε στερεώνεται ακλόνητα, αλλά είναι τοποθετημένο πάνω σε κυλιόμενους κυλίνδρους κ.ο.κ.

6. Τι γνωρίζετε για την ανωμαλία διαστολής του νερού;

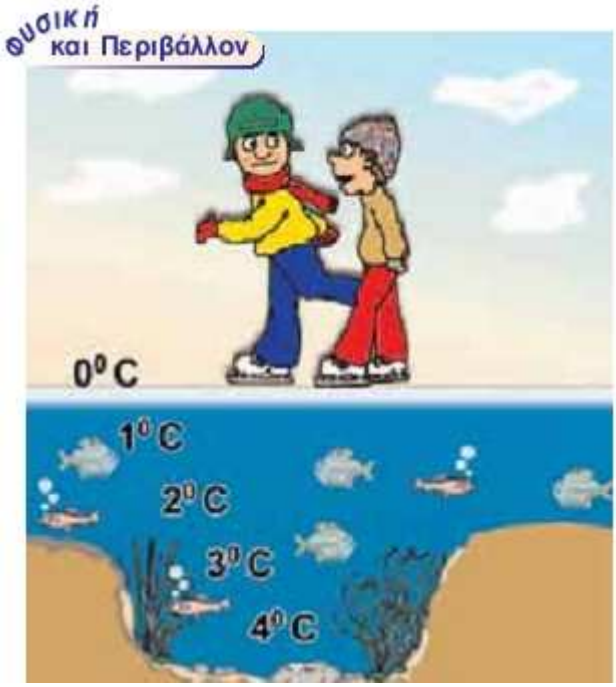
Στα περισσότερα υγρά **αύξηση της θερμοκρασίας** τους οδηγεί στη **διαστολή** τους, δηλαδή στην αύξηση του όγκου τους.
Το νερό όμως παρουσιάζει μια ιδιόμορφη συμπεριφορά.
Όταν θερμαίνεται από τους **0 °C έως 4 °C,** ο όγκος του ελαττώνεται (ανώμαλη **συστολή**), ενώ αν ψύχεται από τους 4 °C έως τους 0 °C, ο όγκος του αυξάνεται (ανώμαλη **διαστολή**) όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Πάνω από τους 4°C και μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού το νερό διαστέλλεται κανονικά.



Έτσι ο συντελεστής κυβικής διαστολής του νερού είναι **αρνητικός** μεταξύ των θερμοκρασιών 0 ^{0}C και 4 ^{0}C και είναι **θετικός** από τους 4 ^{0}C και πάνω.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι και η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία αφού ισχύει $\rho=\frac{m}{V}$.
Επειδή λοιπόν στους **4 °C** το νερό έχει το **μικρότερο δυνατό όγκο** θα έχει τη **μεγαλύτερη** δυνατή **πυκνότητα**.

Το φαινόμενο της ανώμαλης διαστολής του νερού έχει τεράστια **οικολογική σημασία.**
Μεταξύ δυο στρωμάτων νερού αυτό που έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα βυθίζεται. Ας δούμε τι συμβαίνει, όταν κατά τη διάρκεια του χειμώνα η θερμοκρασία της επιφάνειας του νερού ελαττώνεται.



Όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη των 4 °C, το νερό της επιφάνειας έχει μικρότερη πυκνότητα και η θερμοκρασία μειώνεται από την επιφάνεια προς τον πυθμένα. Όταν όμως η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος φθάσει στους 4 °C, αυτό το στρώμα ως πυκνότερο βυθίζεται προς τον πυθμένα. Το νερό μικρότερης θερμοκρασίας έχει μικρότερη πυκνότητα και επιπλέει. Η μεταβολή της θερμοκρασίας τώρα αντιστρέφεται. Τελικά μπορεί να σχηματισθεί πάγος στην επιφάνεια της λίμνης ή της θάλασσας, ενώ στο εσωτερικό η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη και μάλιστα 4 °C στον πυθμένα και το νερό διατηρείται στην υγρή μορφή.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Λυμένες ασκήσεις

1. Ένα χάλκινο σύρμα έχει μήκος L_0=1,2m στους 20 ^{0}C. Ποιο θα είναι το μήκος του σύρματος όταν αυτό θερμανθεί στους 120 ^{0}C και πόσο όταν ψυχθεί στους – 80 ^{0}C; Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του χαλκού $a_χ$=16·10^{-6} grad^{-1}($\frac{1}{^0C}$).

Λύση:

Όταν θερμάνουμε μια μεταλλική ράβδο ή ένα σύρμα, το μήκος τους αυξάνεται και η διαστολή αυτή ονομάζεται γραμμική διαστολή ή διαστολή κατά μήκος. Διαπιστώνουμε ότι η μεταβολή του μήκους του σύρματος δίνεται από τη σχέση $\Delta L = L_0 \cdot a_L \cdot \Delta\theta$ όπου $\Delta L = L - L_0$, είναι η μεταβολή του μήκους του σύρματος ή της ράβδου και L είναι το τελικό της μήκος. Δθ=120-20=100 ^{0}C είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, L_0=1,2m είναι το αρχικό μήκος του σύρματος ή της ράβδου και $a_L = a_χ$=16·10^{-6} grad^{-1} είναι ο συντελεστής της γραμμικής διαστολής που εξαρτάται από το υλικό του σύρματος.

Έτσι προκύπτει $\Delta L = L_0 \cdot a_χ \cdot \Delta\theta$ ή ΔL = 1,2·16·10^{-6}·100 ή ΔL =19,2·10^{-4}m ή ΔL =1,92·10^{-3}m=0,00192 m ή ΔL =1,92·mm. Οπότε $\Delta L = L - L_0$ ή $L = L_0 + \Delta L$ ή L=1,2+0,00192 =1,20192m.

Όταν ψύξουμε το παραπάνω σύρμα στους – 80 ^{0}C τότε έχουμε
Δθ=-80-20=-100 ^{0}C
$\Delta L = L_0 \cdot a_χ \cdot \Delta\theta$ ή ΔL = -1,2·16·10^{-6}·100 ή ΔL =-19,2·10^{-4}m ή
ΔL =-1,92·10^{-3}m=-0,00192 m ή ΔL =-1,92·mm. Οπότε $\Delta L = L - L_0$ ή $L = L_0 + \Delta L$ ή L=1,2-0,00192 =1,19808m.
Παρατηρούμε ότι έχουμε την ίδια κατά απόλυτη τιμή μεταβολή του μήκους του σύρματος ΔL.

2. Ένα δοχείο περιέχει αρχικά V_0= 100L νερού, σε θερμοκρασία θ_1=10 ^{0}C. Αν ο όγκος του νερού αυτού σε θερμοκρασία θ_2=50 ^{0}C αυξάνεται κατά 840 mL, τότε να υπολογιστεί για το νερό ο συντελεστής κυβικής διαστολής του.

Λύση:

Παρόμοια όπως στα στερεά έτσι και στα υγρά έχουμε αύξηση του όγκου τους κατά τη θέρμανσή τους. Και για τη διαστολή των υγρών ισχύει ότι $\Delta V=V_0\cdot a_v\cdot\Delta\theta$, όπου a_v είναι ο συντελεστής κυβικής διαστολής του υγρού.

Η μεταβολή του όγκου του νερού είναι ΔV=840 mL ή 0,84 L, ενώ έχουμε $\Delta\theta=\theta_2-\theta_1$=50-10=40 ^{0}C. Τότε από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι

$a_v=\frac{\Delta V}{V_0\cdot\Delta\theta}$ ή $a_v=\frac{0,84}{100\cdot 40}$ ή $a_v=\frac{0,84}{100\cdot 40}$ ή $a_v=21\cdot10^{-5}$ grad^{-1}.

Άρα για το νερό ο συντελεστής κυβικής διαστολής είναι $a_v=21\cdot10^{-5}$ grad^{-1}.

3. Μια μάζα αερίου μεθανίου έχει στους 0 ^{0}C όγκο V_0. Τότε σε ποια θερμοκρασία πρέπει να θερμάνουμε την παραπάνω ποσότητα μεθανίου με σταθερή πίεση ώστε ο όγκος του να διπλασιαστεί;

Λύση:

Όταν η θερμοκρασία ενός αερίου μεταβάλλεται ενώ η πίεση του διατηρείται σταθερή, η αύξηση ή ελάττωση του όγκου του είναι ανάλογη με τον όγκο V_0, που έχει το αέριο στους 0°C και με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του Δθ.

Ο Gay – Lussac βρήκε πειραματικά ότι για σταθερή πίεση ισχύει η σχέση:

$V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$ όπου α είναι μια σταθερά, η οποία λέγεται θερμικός συντελεστής του όγκου υπό σταθερή πίεση.

Σε αντίθεση όμως με τα στερεά και τα υγρά, για όλα τα αέρια η τιμή της σταθεράς α είναι σταθερή $\alpha=\frac{1}{273}\,grad^{-1}=366\cdot10^{-5}\,grad^{-1}$ και δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου.

Από τη σχέση $V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$ προκύπτει ότι $V_\theta=V_0+V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ ή $V_\theta-V_0=V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ ή $\Delta V=V_0\cdot\alpha\cdot\Delta\theta$, όπου V_0 είναι ο όγκος του αερίου στους 0^0C και $\alpha=\frac{1}{273}\,grad^{-1}$.

Έτσι γενικά για τα αέρια ισχύει $\Delta V=\frac{V_0}{273}\cdot\Delta\theta$.

Από τη σχέση $V_\theta=V_0+V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ με $V_\theta=2V_0$ προκύπτει ότι $2V_0=V_0+V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ ή $2V_0-V_0=V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ ή $V_0=V_0\cdot\alpha\cdot\theta$ ή $\alpha\cdot\theta=1$ ή $\theta=\frac{1}{\alpha}$ ή $\theta=273\ ^0\,C$.

4. Να δείξετε ότι ο Νόμος του Gay – Lussac μπορεί να γραφεί και σαν $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$, όπου V_1 είναι ο όγκος του αερίου σε θερμοκρασία T_1 και V_2 είναι ο όγκος του αερίου σε θερμοκρασία T_2, όταν η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή.

Λύση:

Ο Gay – Lussac βρήκε πειραματικά ότι για σταθερή πίεση ισχύει η σχέση: $V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$ όπου α είναι μια σταθερά, η οποία λέγεται θερμικός συντελεστής του όγκου υπό σταθερή πίεση και για όλα τα αέρια η τιμή της σταθεράς α είναι $\alpha=\frac{1}{273}\,grad^{-1}=366\cdot10^{-5}\,grad^{-1}$.

Τότε για τον όγκο V_1 του αερίου σε θερμοκρασία T_1 από τη σχέση $V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$ έχουμε $V_1=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta_1)$ και για τον όγκο V_2 του αερίου σε θερμοκρασία T_2 έχουμε $V_2=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta_2)$. Τότε με διαίρεση κατά μέλη των δυο σχέσεων προκύπτει $\frac{V_1}{V_2}=\frac{V_0(1+\alpha\cdot\theta_1)}{V_0(1+\alpha\cdot\theta_2)}$ ή $\frac{V_1}{V_2}=\frac{1+\frac{1}{273}\cdot(T_1-273)}{1+\frac{1}{273}\cdot(T_2-273)}$ ή

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{1+\frac{T_1}{273}-1}{1+\frac{T_2}{273}-1} \text{ ή } \frac{V_1}{V_2}=\frac{\frac{T_1}{273}}{\frac{T_2}{273}} \text{ ή } \frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2} \text{ ή } \frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}.$$

Ασκήσεις

1. Μια μεταλλική ράβδος βρίσκεται σε θερμοκρασία θ_1 και έχει το ίδιο μήκος με μια άλλη ράβδο από το ίδιο υλικό σε μια άλλη θερμοκρασία θ_2.
α) Αν μεταβάλλουμε τις παραπάνω θερμοκρασίες κατά το ίδιο ποσό Δθ, θα εξακολουθούν αυτές να έχουν το ίδιο μήκος;
β) Τι θα ίσχυε αν οι δυο ράβδοι ήταν κατασκευασμένες από διαφορετικό μέταλλο;

2. Μια χάλκινη ράβδος βαθμολογήθηκε σε cm σε θερμοκρασία 0 ^{0}C. Πόση γίνεται η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών χαραγών της ράβδου, όταν η θερμοκρασία της γίνει 80 ^{0}C; Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του χαλκού $a_χ=16\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.$(\frac{1}{^0C})$

3. Να υπολογιστεί η επιμήκυνση μιας σιδερένιας ράβδου μήκους ℓ_0=20cm, όταν αυτή θερμαίνεται από τους -10 ^{0}C στους 50 ^{0}C. Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του σιδήρου $a_σ=12\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.

4. Να υπολογιστεί το μήκος ενός νικελένιου σύρματος στους 20 ^{0}C αν το μήκος του στους 0 ^{0}C είναι L_0=1Km. Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του νικελίου $a_ν=13\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.

5. Μια σιδερένια ράβδος έχει μήκος 80 cm σε θερμοκρασία 10 ^{0}C. Σε ποια θερμοκρασία πρέπει να τη θερμάνουμε ώστε να επιμηκυνθεί κατά 1,92 mm; Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του σιδήρου $a_σ=12\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.

6. Μια ράβδος αλουμινίου έχει σε θερμοκρασία θ_1=12 ^{0}C μήκος 1m. Αν σε θερμοκρασία 52 ^{0}C έχει μήκος 1,001 m, τότε ποιος είναι ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του υλικού της ράβδου;

7. Μια σιδερένια σφαίρα έχει διάμετρο 40 mm στους 0 ^{0}C. Ποια είναι η διάμετρός της στους 200 ^{0}C; Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του σιδήρου $a_\sigma=12\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.

8. Σε θερμοκρασία 15 ^{0}C μια σιδερένια σφαίρα έχει διάμετρο 8,2 cm, ενώ στην ίδια θερμοκρασία ένας ορειχάλκινος δακτύλιος έχει διάμετρο 8 cm. Αν θερμάνουμε το σύστημα τότε σε ποια θερμοκρασία η σιδερένια σφαίρα, θα περάσει ίσα – ίσα από το δακτύλιο; Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του σιδήρου $a_\sigma=12\cdot10^{-6}$ grad^{-1} και ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του ορείχαλκου $a_{o\rho}=20\cdot10^{-6}$ grad^{-1}.

9. Μια γυάλινη ράβδος από pyrex έχει στους 0 ^{0}C μήκος 1m, ενώ όταν θερμανθεί σε θερμοκρασία 100 ^{0}C επιμηκύνεται κατά ΔL=0,4mm. Ποιος είναι ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του γυαλιού;

10. Ένα δοχείο περιέχει 1L νερό σε θερμοκρασία $\theta_1=15$ ^{0}C. Ποιος είναι ο όγκος του νερού αυτού σε θερμοκρασία $\theta_2=65$ ^{0}C; Για το νερό ο συντελεστής κυβικής διαστολής είναι $a_v=21\cdot10^{-5}$ grad^{-1}.

11. Μια δεξαμενή περιέχει $V_0=1000$L πετρέλαιο σε θερμοκρασία $\theta_1=10$ ^{0}C. Ποιος είναι ο όγκος του πετρελαίου στους $\theta_2=25$ ^{0}C; Δίνεται ο συντελεστής κυβικής διαστολής του πετρελαίου $a_\pi=96\cdot10^{-5}$ grad^{-1}.

12. Μια ποσότητα αερίου υδρογόνου έχει όγκο $V_0=400$cm^3 σε θερμοκρασία $T_1=273$ K. Αν θερμάνουμε το αέριο με σταθερή πίεση μέχρι τους $T_2=327,6$ K, τότε ποιος είναι ο τελικός όγκος του υδρογόνου;

13. Μια μάζα αερίου αζώτου έχει στους 27 ^{0}C όγκο V. Τότε σε ποια θερμοκρασία πρέπει να ψύξουμε την παραπάνω ποσότητα αζώτου με σταθερή πίεση ώστε ο όγκος του να υποδιπλασιαστεί;

14. Αν η πυκνότητα του υδραργύρου στους 0 ^{0}C είναι $\rho=13,6$ g/cm^3, τότε να υπολογιστεί η πυκνότητά του στους 20 ^{0}C. Για τον υδράργυρο ο συντελεστής κυβικής διαστολής του είναι $a_{υδ\rho}=18\cdot10^{-5}$ grad^{-1}.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Ένα καπάκι, που είναι συνήθως φτιαγμένο από σίδηρο ή αλουμίνιο, συστέλλεται περισσότερο από το γυάλινο βάζο γι' αυτό και σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου, όταν μπει στο ψυγείο όπου και ψύχεται. **( )**

2) Μία ράβδος αλουμινίου επιμηκύνεται 25 φορές περισσότερο από μία ράβδο από κράμα Invar για την ίδια μεταβολή στη θερμοκρασία τους. **( )**

3) Όταν ένα σώμα διαστέλλεται τότε αυξάνεται η μάζα του. **( )**

4) Όσο το μήκος μιας ράβδου είναι μεγαλύτερο, τόσο περισσότεροι δομικοί λίθοι παρεμβάλλονται μεταξύ των άκρων της. Επομένως, κατά τη διαστολή η συνολική απομάκρυνση των δομικών λίθων είναι μεγαλύτερη. **( )**

5) Αν γεμίσουμε ένα γυάλινο βάζο με λάδι και το θερμάνουμε, τότε δε διαστέλλεται το γυάλινο βάζο αλλά μόνο το λάδι μέσα σ' αυτό. **( )**

6) Τα στερεά διαστέλλονται περισσότερο από τα υγρά. **( )**

7) Για σταθερή πίεση ο όγκος των αερίων μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση $V_\theta=V_0\cdot(1+\alpha\cdot\theta)$. **( )**

8) Για όλα τα αέρια η τιμή της σταθεράς α (θερμικός συντελεστής υπό σταθερή πίεση) είναι $\alpha=\frac{1}{273}$ $grad^{-1}$. **( )**

9) 1 L πάγου στους 0 ^0C έχει μεγαλύτερο βάρος από 1 L νερό στους 4 ^0C. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Η μεταβολή του μήκους μιας ράβδου που θερμαίνεται,
α) είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας (Δθ).
β)είναι η υποδιπλάσια σε διπλάσια μεταβολή θερμοκρασίας.
γ) είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας.
δ) είναι ανεξάρτητη του υλικού της ράβδου.

2) Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής a_L ,
α) έχει μονάδα μέτρησης το 1K.
β) δεν εξαρτάται από το υλικό της ράβδου.
γ) δείχνει πόσο μεταβάλλεται το μήκος μιας ράβδου 1 m, όταν η θερμοκρασία της μεταβληθεί κατά 1°C.
δ)εξαρτάται από τη μάζα της ράβδου.

3) Αν διπλασιάσουμε τον αρχικό όγκο μιας χάλκινης σφαίρας από V_0 σε $2V_0$, τότε για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας της κατά $\Delta\theta=20\ ^0C$, έχουμε,
α) διπλάσια μεταβολή του όγκου της.
β) δεκαπλάσια μεταβολή του όγκου της.
γ) την ίδια μεταβολή όγκου.
δ) τη μισή μεταβολή του όγκου της.

4) Η μεταβολή του όγκου των αερίων,
α) δεν εξαρτάται από το είδος της μεταβολής που υφίσταται αυτό.
β) είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας.
γ) δεν εξαρτάται από τον αρχικό τους όγκο.
δ) δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου.

5) Οι δυνάμεις διαστολής,
α) είναι γενικά πολύ μικρές δυνάμεις και εμφανίζονται όταν εμποδίζεται η ελεύθερη διαστολή των σωμάτων.
β) αναπτύσσονται γενικά στα υλικά με μικρό συντελεστή διαστολής.
γ) είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στις σιδηροτροχιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.
δ) γίνονται πολύ εμφανείς σε σκεύη από πυρίμαχο γυαλί (pyrex).

6) Όταν το νερό θερμαίνεται από τους 0 ^{0}C στους 4 ^{0}C
α) ο όγκος του αυξάνεται.
β) ο όγκος του μειώνεται.
γ) η πυκνότητά του παραμένει σταθερή.
δ) η πυκνότητά του μειώνεται.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Σε δύο ράβδους από το ίδιο υλικό, που η μία έχει διπλάσιο μήκος από την άλλη, όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται εξίσου, η μεταβολή του μήκους της πρώτης είναι .....από τη μεταβολή του μήκους της δεύτερης.

2) Ο συντελεστής διαστολής όγκου (κυβικής διαστολής) α_V, εξαρτάται από το ..... του σώματος και εκφράζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος με αρχικό όγκο .....όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά 1°C.

3) Στο σίδηρο κάθε δομικός λίθος αλληλεπιδρά ισχυρότερα με τους γειτονικούς του από όσο οι δομικοί λίθοι του αλουμινίου. Επομένως, οι δομικοί λίθοι του σιδήρου απομακρύνονται .....μεταξύ τους απ' ό,τι εκείνοι του αλουμινίου.

4) Στα στερεά και τα υγρά, η συστολή τους λόγω ψύξης είναι σχεδόν ανεξάρτητη από την …….. τους.

5) Σε όλα τα αέρια, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C, χωρίς να αλλάξει η πίεσή τους, ο όγκος μεταβάλλεται κατά το ……..του όγκου που είχαν στους 0°C.

6) Στους 4 ^{0}C το νερό έχει το …… όγκο και τη …….. πυκνότητα.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

7.1 Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα

1. Ποιες είναι οι τρεις συνηθισμένες φυσικές καταστάσεις της ύλης; Είναι δυνατό η φυσική κατάσταση ενός σώματος να αλλάξει;

Οι τρεις συνηθισμένες φυσικές καταστάσεις της ύλης είναι,
η στερεή,
η υγρή και
η αέρια.

Η κατάσταση της ύλης ενός σώματος **είναι δυνατόν να αλλάξει**. Ένα στερεό σώμα μπορεί να μετατραπεί σε υγρό και αντίστροφα ή ένα υγρό σώμα σε αέριο και αντίστροφα.

Η φυσική κατάσταση ενός σώματος εξαρτάται από τις εξωτερικές συνθήκες **πίεσης και θερμοκρασίας**. Αν αυτές μεταβληθούν, μπορεί ένα στερεό σώμα να μετατραπεί σε υγρό και αντίστροφα. Παρόμοια ένα υγρό μπορεί να μετατραπεί σε αέριο ή ένα αέριο σε υγρό.

Είναι λοιπόν δυνατόν η κατάσταση των σωμάτων να αλλάζει. Αυτές οι αλλαγές ονομάζονται **αλλαγές κατάστασης**.

2. Ποιο φυσικό φαινόμενο ονομάζουμε τήξη και ποιο πήξη; Τι ονομάζουμε σημείο τήξης και τι σημείο πήξης ενός σώματος;

Τήξη: ονομάζουμε το φαινόμενο της μετατροπής ενός στερεού σε υγρό, ενώ **Πήξη:** ονομάζουμε το φαινόμενο της μετατροπής ενός υγρού σε στερεό.
Πρόκειται δηλαδή για το αντίστροφο φαινόμενο της τήξης.

- Τη **σταθερή** θερμοκρασία στην οποία λιώνει ένα στερεό την ονομάζουμε θερμοκρασία ή **σημείο τήξης** του στερεού. Το σημείο τήξης εξαρτάται από το υλικό.
- Τη **σταθερή** θερμοκρασία στην οποία στερεοποιείται ένα υγρό την ονομάζουμε θερμοκρασία ή **σημείο πήξης** του υγρού. Το σημείο πήξης εξαρτάται από το υλικό και είναι το ίδιο ακριβώς με το σημείο τήξης.
- Η θερμοκρασία τήξης ενός στερεού **συμπίπτει** με τη θερμοκρασία πήξης του, δηλαδή το σημείο πήξης και το σημείο τήξης ενός υλικού **ταυτίζονται**.
- Στα **άμορφα** υλικά (όπως τα μίγματα) , η μετατροπή της στερεής φάσης σε υγρή, δε γίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, αλλά σε μια περιοχή θερμοκρασιών. Τέτοιο παράδειγμα έχουμε στο γυαλί, το κερί κλπ.

3. Να αναφέρετε τους νόμους της τήξης και της πήξης ενός σώματος.

1. Κατά τη διάρκεια της τήξης ή της πήξης συνυπάρχουν και οι δυο καταστάσεις (φάσεις) της ύλης: η στερεή και η υγρή.

2. Κατά τη διάρκεια της τήξης ή της πήξης η θερμοκρασία του μείγματος στερεού-υγρού διατηρείται σταθερή και ίση με τη θερμοκρασία του σημείου τήξεως.

3. Κάθε καθαρό σώμα έχει τη δική του θερμοκρασία τήξης/πήξης που ονομάζεται σημείο τήξης ή πήξης, και χαρακτηρίζει το υλικό του σώματος. Είναι, όπως λέμε, μια **φυσική σταθερά του υλικού** του σώματος**.**

4. Περιγράψτε τα φαινόμενα της τήξης και πήξης του καθαρού νερού.

Τοποθετούμε τριμμένα παγάκια σ' ένα δοχείο και μέσα σε αυτά βυθίζουμε ένα θερμόμετρο και το τοποθετούμε σε εστία θέρμανσης όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Η θερμοκρασία του πάγου αρχίζει να αυξάνεται. Όταν φθάσει στους 0 °C, τότε ο πάγος αρχίζει να λιώνει, οπότε εμφανίζεται και νερό μέσα στο ποτήρι.



Παρατηρούμε ότι μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος, η θερμοκρασία του μείγματος νερού-πάγου **διατηρείται**

σταθερή στους 0 °C. Η θερμοκρασία αυτή ονομάζεται θερμοκρασία τήξης του πάγου. Μόλις λιώσει όλος ο

πάγος, η θερμοκρασία του νερού αρχίζει να αυξάνεται.



Τοποθετούμε ένα δοχείο με νερό μέσα σε μια λεκάνη με πάγο θερμοκρασίας -10 °C. Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού μειώνεται. Όταν φθάσει στους 0 °C, το νερό αρχίζει να γίνεται στερεό, δηλαδή πάγος. Αυτή η θερμοκρασία **διατηρείται σταθερή** μέχρι να γίνει πάγος όλο το νερό. Την ονομάζουμε **θερμοκρασία πήξης** του νερού.

Καθ' όλη τη διάρκεια της τήξης ή πήξης και όσο συνυπάρχουν το καθαρό νερό και ο πάγος ***η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.***

Το σημείο ***τήξεως μεταβάλλεται*** *όταν μεταβάλλεται η εξωτερική πίεση. Όμως για μικρές μεταβολές της πίεσης η μεταβολή του σημείου τήξεως είναι αμελητέα. Το σημείο τήξεως ενός υλικού σε πίεση 1atm ονομάζεται* ***κανονικό σημείο τήξεως.***

5. Ποιο φυσικό φαινόμενο ονομάζουμε βρασμό και ποιο υγροποίηση;

Βρασμός: ονομάζεται το φαινόμενο της μετατροπής ενός υγρού σε αέριο με τη μορφή φυσαλίδων που βγαίνουν από **όλη τη μάζα** του υγρού και γίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, ενώ
Υγροποίηση: ονομάζουμε τη μετάβαση από την αέρια στην υγρή φάση. Πρόκειται δηλαδή για το αντίστροφο φαινόμενο του βρασμού.

Ο βρασμός είναι μια περίπτωση ***εξαέρωσης****. Η εξαέρωση ενός υγρού μπορεί να γίνεται μόνο από την ελεύθερη επιφάνειά του οπότε το φαινόμενο*

*ονομάζεται **εξάτμιση** ή από ολόκληρη τη μάζα του υγρού οπότε ονομάζεται **βρασμός**.*
*Η εξάτμιση ενός υγρού γίνεται σε **οποιαδήποτε θερμοκρασία** ενώ ο βρασμός ενός υγρού (σε ορισμένη εξωτερική πίεση), γίνεται σε ορισμένη θερμοκρασία, χαρακτηριστική για κάθε υγρό που ονομάζεται θερμοκρασία βρασμού και αποτελεί μια **φυσική σταθερά του υγρού.***

6. Να αναφέρετε τους νόμους ζέσεως ή βρασμού.

1. Σε όλη τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία του υγρού διατηρείται **σταθερή** και την ονομάζουμε θερμοκρασία ζέσεως ή βρασμού.

2. Κάθε υγρό σε **δεδομένη εξωτερική πίεση** βράζει, σε διαφορετική θερμοκρασία. Η θερμοκρασία βρασμού είναι χαρακτηριστική για κάθε υγρό και αποτελεί μια **φυσική σταθερά** των καθαρών σωμάτων.

Παρατήρηση:

Όταν η εξωτερική πίεση γίνει μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας (1Atm), τότε η θερμοκρασία βρασμού ελαττώνεται. Έτσι το καθαρό νερό όταν βρίσκεται σε μεγάλα υψόμετρα (π.χ πάνω σε ένα βουνό), τότε βράζει σε θερμοκρασία σημαντικά μικρότερη από τους 100 ^{0}C.

Στην κορυφή του Ολύμπου (2.917 m), το νερό βράζει στους 90 ^{0}C.

Ενώ στην κορυφή του Έβερεστ (8.848m), όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 0,35 ατμόσφαιρες το σημείο βρασμού του νερού είναι 80°C.

Από την άλλη στη χύτρα ταχύτητας το νερό βράζει στους 120 °C, γιατί ο ατμός που εγκλωβίζεται ασκεί επιπλέον πίεση στην επιφάνεια του νερού.

7. Να περιγράψτε το φαινόμενο του βρασμού και της υγροποίησης του καθαρού νερού.



Γεμίζουμε ένα γυάλινο δοχείο νερό, το τοποθετούμε πάνω από μια εστία θέρμανσης και παρατηρούμε τι συμβαίνει μέσα στο δοχείο.

Αρχικά η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και παράγονται υδρατμοί με αργό ρυθμό από την **επιφάνεια** του νερού.

Όταν η θερμοκρασία φθάσει τους 100 ^{o}C (P=1 atm), εκδηλώνεται στο νερό μία έντονη αναταραχή. Οι υδρατμοί παράγονται γρήγορα και σχηματίζουν μεγάλες φυσαλίδες σε **όλο τον όγκο** του νερού. Το νερό βράζει.

Κατά τη διάρκεια του βρασμού συνυπάρχουν η υγρή και η αέρια κατάσταση. **Σε όλη τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή** και ίση με τη **θερμοκρασία βρασμού**.

Το αντίστροφο φαινόμενο του βρασμού λέγεται **υγροποίηση**. Οι υδρατμοί υγροποιούνται στους 100°C, δηλαδή σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία βρασμού.

Τριπλό σημείο του νερού: *Σε κάθε σώμα έτσι και στο νερό για ορισμένες τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας είναι δυνατό να συνυπάρχουν και οι τρεις φάσεις του (στερεή – υγρή – αέρια). Το συγκεκριμένο σημείο ονομάζεται τριπλό σημείο. Για το νερό το τριπλό του σημείο αντιστοιχεί σε θερμοκρασία* T_c*=0,01* ^{0}*C και πίεση P=4,58 Torr=4,58mmHg=6,03·10*$^{-3}$ *atm. Το τριπλό σημείο αποτελεί χαρακτηριστική ιδιότητα του κάθε σώματος.*

8. Τι ονομάζουμε θερμότητα τήξης και τι θερμότητα ζέσης ή βρασμού;

Η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα στερεό σώμα κατά την τήξη του, καταναλώνεται για τη μετατροπή του στερεού σε υγρό για αυτό και δεν αυξάνεται η θερμοκρασία του. Η θερμότητα αυτή είναι ανάλογη της μάζας του σώματος και εξαρτάται από το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα. Η θερμότητα αυτή δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{Q = L_T \cdot m}$$

όπου το
Q είναι η **θερμότητα τήξης** και εκφράζει τη **συνολική** ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο σώμα για να μετατραπεί **όλη η μάζα του m** σε υγρό **ίδιας** θερμοκρασίας.

Το L_T ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα τήξης** (ή ειδική θερμότητα τήξης) και εξαρτάται από το υλικό.
Η ονομασία «λανθάνουσα» προέρχεται από το ότι η θερμότητα τήξης δε γίνεται αντιληπτή με θερμόμετρο αφού κατά τη διάρκεια του φαινομένου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή,

Από τον παραπάνω τύπο προκύπτει πως για m=1Kg έχουμε $Q=L_T$. Άρα

το L_T εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την πλήρη τήξη 1 kg από το υλικό.

Το L_T ορίζεται σαν $L_T=\frac{Q}{m}$ και άρα έχει μονάδα μέτρησης στο S.I το $1\frac{J}{Kg}$.

Ακόμη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και το $1\frac{cal}{g}$.

Αντίστοιχα, η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται σε ένα υγρό σώμα κατά το βρασμό, είναι ανάλογη της μάζας του σώματος και εξαρτάται από το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα:

$$\mathbf{Q = L_B \cdot m}$$

όπου Q είναι η συνολική ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο σώμα για να μετατραπεί όλη η μάζα του m σε αέριο ίδιας θερμοκρασίας. Το L_B ονομάζεται **λανθάνουσα θερμότητα βρασμού** και εξαρτάται από το υλικό.

Το L_B εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την πλήρη εξαέρωση 1 kg από το υλικό.

9. Ποιο φαινόμενο ονομάζεται εξάχνωση; Να αναφέρετε παραδείγματα.

Εξάχνωση ονομάζουμε το φαινόμενο της απευθείας μετάβασης από τη στερεή στην αέρια φάση (φυσική κατάσταση), χωρίς προηγουμένως να μεσολαβήσει η υγρή φάση.

➢ Μέσα σ' ένα δοχείο από πορσελάνη θερμαίνουμε ήπια κρυστάλλους ιωδίου. Παρατηρούμε ότι το στερεό ιώδιο μετατρέπεται απευθείας σε αέριο χωρίς να περάσει από την υγρή κατάσταση.

➢ Ακόμη το στερεό διοξείδιο του άνθρακα (ξηρός πάγος) και οι κρύσταλλοι της ναφθαλίνης, μεταβαίνουν απευθείας από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Δηλαδή όπως λέμε εξαχνώνονται.

➢ Σε ξηρό περιβάλλον και με έντονη ηλιακή ακτινοβολία το χιόνι και ο πάγος επίσης εξαχνώνονται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν υδρατμοί βρεθούν σε ψυχρό αέρα, οπότε σχηματίζεται στερεό χιόνι.

10. Να αναφέρετε τα σκαλοπάτια των μεταβολών κατάστασης ενός σώματος.

Παίρνουμε 1 Kg H_2O (πάγου) αρχικής θερμοκρασίας -10 °C. Αρχίζουμε να προσφέρουμε θερμότητα σε αυτόν. Τότε έχουμε τα παρακάτω 5 σκαλοπάτια μεταβολής της κατάστασης του στερεού πάγου.

1. Αύξηση της θερμοκρασίας του πάγου από την αρχική θ_{π}=-10 °C στη θερμοκρασία τήξης θ_T=0 °C. Η θερμότητα που απορροφάται από τον πάγο είναι:

$$\mathbf{Q_{\pi} = c_{\pi} \cdot m \cdot (\theta_T - \theta_{\pi})}$$

2. Η θερμοκρασία του μείγματος του υγρού νερού και του πάγου διατηρείται σταθερή ίση με θ_T. Είναι το σκαλοπάτι της τήξης. Η θερμότητα είναι ίση με τη θερμότητα τήξης:

$$\mathbf{Q_T = m \cdot L_T}$$

3. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται από θ_T μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού θ_{β}. Η θερμότητα που απορροφάται από το νερό είναι:

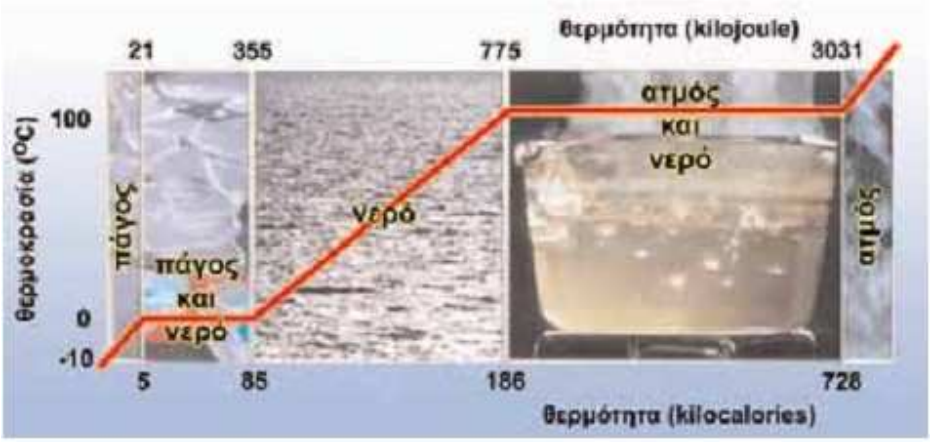
$$\mathbf{Q_v = c_v \cdot m \cdot (\theta_{\beta} - \theta_T)}$$

4. Η θερμοκρασία του μείγματος του νερού και των υδρατμών διατηρείται σταθερή και ίση με θ_β. Είναι το σκαλοπάτι του βρασμού. Η θερμότητα που απορροφά το νερό είναι ίση με τη θερμότητα βρασμού:

$$Q_\beta = m \cdot L_B$$

5. Η θερμοκρασία των υδρατμών αυξάνεται.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα σκαλοπάτια των μεταβολών κατάστασης του νερού.



Λυμένες ασκήσεις

1. Να υπολογιστεί η θερμότητα που αποβάλλεται στο περιβάλλον όταν 5 Kg νερού 0 ^{0}C μετατρέπονται σε ίση ποσότητα πάγου 0 ^{0}C. Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g=336J/g.

Λύση:

Για να μετατραπεί νερό 0 ^{0}C σε ίση ποσότητα πάγου 0 ^{0}C, τότε αποδίδει στο περιβάλλον θερμότητα που είναι ίση με τη θερμότητα τήξης του πάγου άρα ισχύει $Q=m\cdot L_T=5\cdot 10^3\cdot 336=1.680.000$J ή Q=1.680 KJ.

Κατά τη διάρκεια του φαινομένου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με 0 ^{0}C.

2. Να υπολογιστεί η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να μετατρέψουμε 200g νερού 100 ^{0}C, σε ίση ποσότητα υδρατμών 100 ^{0}C. Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού L_B=540 cal/g=2,268 KJ/g.

Λύση:

Για να μετατραπεί νερό 100 ^{0}C σε ίση ποσότητα υδρατμών 100 ^{0}C, τότε πρέπει να προσφέρουμε θερμότητα είναι ίση με τη θερμότητα βρασμού του νερού άρα ισχύει $Q=m\cdot L_B=200\cdot 2,268=453,6$ KJ.

Κατά τη διάρκεια του φαινομένου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με 100 ^{0}C.

3. Να υπολογιστεί η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να μετατρέψουμε 1g πάγου -10 ^{0}C, σε ίση ποσότητα νερού 45 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του πάγου c_{π}=0,5 cal/g·grad, η ειδική θερμότητα του νερού c_v=1 cal/g·grad και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g.

Λύση:

Η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να ανυψωθεί η θερμοκρασία του πάγου από τους -10 ^{0}C στους 0 ^{0}C είναι $Q_1=m\cdot c_π\cdot\Delta\theta$ ή $Q_1=1\cdot0,5\cdot[0-(-10)]$ ή $Q_1=0,5\cdot10$ ή $Q=5$ cal.
Η θερμότητα που να προσφέρουμε για να λιώσει ο πάγος των 0 ^{0}C και να γίνει νερό 0 ^{0}C είναι $Q_2=m\cdot L_T=1\cdot80$ ή $Q_2=80$ cal. Τέλος η θερμότητα που απαιτείται για να ανυψωθεί η θερμοκρασία του νερού από τους 0 ^{0}C στους 45 ^{0}C είναι $Q_3=m\cdot c_v\cdot\Delta\theta$ ή $Q_3=1\cdot1\cdot(45-0)$ ή $Q_3=45$ cal.

Έτσι η συνολική θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε είναι $Q=Q_1+Q_2+Q_3$ ή $Q=5+80+45$ ή $Q=130$ cal ή $130\cdot4,2=546$ J. (Ισχύει 1cal=4,2J).

4. Να υπολογιστεί η θερμότητα που μεταφέρεται στο περιβάλλον κατά τη μετατροπή 10g υδρατμών 100 ^{0}C, σε ίση ποσότητα πάγου 0 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού $c_v=1$ cal/g·grad, η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού $L_B=540$ cal/g και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου $L_T=80$ cal/g.

Λύση:

Για να μετατραπούν 10 g υδρατμών 100 ^{0}C σε ίση ποσότητα νερού 100 ^{0}C, τότε αποδίδεται στο περιβάλλον θερμότητα ίση με τη θερμότητα βρασμού του νερού άρα ισχύει $Q_1=m\cdot L_B=10\cdot540=5.400$ cal.

Στη συνέχεια για να ψύξουμε το νερό των 100 ^{0}C σε θερμοκρασία 0 ^{0}C θα πρέπει να αφαιρέσουμε θερμότητα $Q_2= m\cdot c_v\cdot\Delta\theta$ ή $Q_2=10\cdot1\cdot100$ ή $Q_2=1.000$ cal. *Στην πραγματικότητα η θερμότητα Q_2 είναι αρνητική. Αυτό ακριβώς σημαίνει ότι προσφέρεται από το νερό στο περιβάλλον.*

Τέλος για να μετατραπεί το νερό των 0 ^{0}C σε ίση ποσότητα πάγου 0 ^{0}C, αποδίδεται στο περιβάλλον θερμότητα που είναι ίση με τη θερμότητα τήξης του πάγου άρα ισχύει $Q_3=m\cdot L_T=10\cdot80=800$ cal.

Έτσι η συνολική θερμότητα που προσφέρεται στο περιβάλλον είναι $Q=Q_1+Q_2+Q_3$ ή $Q=5.400+1.000+800$ ή $Q=7.200$ cal ή 30,24 KJ.

5. Διαθέτουμε 100g πάγου μιας κάποιας αρχικής θερμοκρασίας θ_1 ^{0}C. Στην ποσότητα αυτή του πάγου προσφέρουμε συνολική θερμότητα Q=9.500 cal και τον μετατρέπουμε πλήρως σε νερό 0 ^{0}C. Να υπολογιστεί η αρχική θερμοκρασία θ_1 του πάγου. Δίνεται η ειδική θερμότητα του πάγου $c_π$=0,5 cal/g·grad και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g.

Λύση:

Η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να ανυψωθεί η θερμοκρασία του πάγου από τους θ_1 ^{0}C στους 0 ^{0}C είναι $Q_1=m\cdot c_π\cdot Δθ$ ή $Q_1=100\cdot 0,5\cdot Δθ$ ή $Q_1=50\cdot Δθ$ cal.
Η θερμότητα που να προσφέρουμε για να λιώσει ο πάγος των 0 ^{0}C και να γίνει νερό 0 ^{0}C είναι $Q_2=m\cdot L_T=100\cdot 80$ ή Q_2=8.000 cal.
Έτσι η συνολική θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε είναι $Q=Q_1+Q_2$ ή $9.500=50\cdot Δθ+8.000$ ή $50\cdot Δθ=1.500$ ή $Δθ=30$ ^{0}C ή $0-\theta_1=30$ ^{0}C ή $\theta_1=-30$ ^{0}C.

6. Μέσα σε δοχείο με ασήμαντη θερμοχωρητικότητα υπάρχουν 40 g πάγου θερμοκρασίας -18 ^{0}C.
Πόση μάζα νερού θα σχηματιστεί και πόσος πάγος θα περισσέψει αν προσφέρουμε συνολική θερμότητα Q=1.960 cal;
Δίνεται η ειδική θερμότητα του πάγου $c_π$=0,5 cal/g·grad και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g.

Λύση:

Η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να ανυψωθεί η θερμοκρασία του πάγου από τους -18 ^{0}C στους 0 ^{0}C είναι $Q_1=m\cdot c_π\cdot Δθ$ ή $Q_1=40\cdot 0,5\cdot 18$ ή Q_1=360 cal. Οπότε από τη συνολική θερμότητα Q που προσφέραμε απομένουν άλλα $Q_2=Q-Q_1=1.960-360=1.600$ cal. Με αυτή τη θερμότητα Q_2 υπολογίζουμε πόσα g πάγου 0 ^{0}C μπορούν να μετατραπούν σε νερό 0 ^{0}C.
Έχουμε λοιπόν $Q_2=m'\cdot L_T$ ή $m'=\frac{Q_2}{L_T}$ ή $m'=\frac{1.600}{80}$ ή m'=20 g πάγου.
Έτσι υπολογίσαμε ότι μόνο τα 20 g πάγου θα μετατραπούν σε ίσης μάζας νερό 0 ^{0}C. Τελικά θα περισσέψουν 20 g πάγου και θα έχουν σχηματιστεί 20 g νερό 0 ^{0}C.

7. Σε 250g νερό 100 ^{0}C, προσφέρουμε θερμότητα Q=140 cal. Θα αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού; Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού L_B=540 cal/g.

Λύση:

Για να μετατραπούν τα 250 g νερού 100 ^{0}C σε ίση ποσότητα υδρατμών 100 ^{0}C, πρέπει να προσφέρουμε θερμότητα ίση με τη θερμότητα βρασμού του νερού άρα ισχύει $Q_1=m\cdot L_B=250\cdot 540=135.000$ cal ή 135 Kcal.

Έτσι η θερμότητα που προσφέραμε δηλαδή τα 140 Kcal είχε σαν αποτέλεσμα να μετατραπεί ολόκληρη η ποσότητα του νερού σε υδρατμούς και επίσης προσφέραμε επιπλέον 5Kcal οπότε η θερμοκρασία των υδρατμών αυξήθηκε περαιτέρω.

8. Μέσα σε δοχείο περιέχονται 50g νερού και 50 g πάγου. Να υπολογιστεί η μάζα των υδρατμών 100 ^{0}C που πρέπει να διαβιβαστεί στο σύστημα ώστε να έχουμε τελικά νερό 20 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του νερού c_v=1 cal/g·grad, η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού L_B=540 cal/g και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g.

Λύση:

Αρχικά το νερό και ο πάγος βρίσκονται σε ισορροπία οπότε η κοινή θερμοκρασία τους είναι 0 ^{0}C. Τότε για να μετατραπεί ο πάγος σε νερό 0 ^{0}C πρέπει να προσφερθεί θερμότητα $Q_1=m\cdot L_T=50\cdot 80=4.000$ cal. Έτσι έχουμε τώρα συνολικά $m_{o\lambda}$= 50+50=100g νερό θερμοκρασίας 0 ^{0}C. Για να αυξηθεί η θερμοκρασία των 100 g νερού από του 0 στους 20 πρέπει να προσφερθεί θερμότητα $Q_2= m_{o\lambda}\cdot c_v\cdot\Delta\theta$ ή $Q_2= 100\cdot 1\cdot 20$ ή $Q_2= 2.000$ cal. Οπότε η συνολική θερμότητα που πρέπει να προσφερθεί είναι $Q=Q_1+Q_2=6.000$ cal.

Η θερμότητα αυτή θα πρέπει να προσφερθεί από τη μάζα m των υδρατμών.

Η θερμότητα που ελευθερώνεται όταν οι υδρατμοί υγροποιούνται και μετατρέπονται σε νερό 100 ^{0}C είναι $Q_3=m\cdot L_B=540\cdot m$ cal. Κατά την ψύξη της μάζας m του νερού από τους 100 ^{0}C στους 20 ^{0}C ελευθερώνεται θερμότητα $Q_4= m\cdot c_v\cdot\Delta\theta$ ή $Q_4= m\cdot 1\cdot(100-20)$ ή $Q_4= 80\cdot m$. Τότε θα πρέπει να ισχύει

$Q_1+Q_2=Q_3+Q_4$ ή $6.000=540\cdot m+80\cdot m$ ή $6.000=620\cdot m$ ή $m=\frac{6.000}{620}$ ή $m=9,67$ g υδρατμών.

Ασκήσεις

1. Να υπολογιστεί η θερμότητα σε Kcal και KJ, που προσφέρεται από το περιβάλλον όταν 1 Kg πάγου 0 ^{0}C μετατρέπονται σε ίση ποσότητα νερού 0 ^{0}C. Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου $L_T=80$ cal/g=336J/g.

2. Να υπολογιστεί η θερμότητα σε Kcal και KJ, που πρέπει να προσφέρουμε για να μετατρέψουμε 1Kg νερού 100 ^{0}C, σε ίση ποσότητα υδρατμών 100 ^{0}C. Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού $L_B=540$ cal/g=2,268 KJ/g.

3. Να υπολογιστεί η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να μετατρέψουμε 10g πάγου -20 ^{0}C, σε ίση ποσότητα υδρατμών 100 ^{0}C. Δίνεται η ειδική θερμότητα του πάγου $c_π=0,5$ cal/g·grad, η ειδική θερμότητα του νερού $c_v=1$ cal/g·grad, η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου $L_T=80$ cal/g και η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού $L_B=540$ cal/g.

4. Διαθέτουμε 80g πάγου μιας κάποιας αρχικής θερμοκρασίας $θ_1$ ^{0}C. Στην ποσότητα αυτή του πάγου προσφέρουμε συνολική θερμότητα Q=6.800 cal και τον μετατρέπουμε πλήρως σε νερό 0 ^{0}C. Να υπολογιστεί η αρχική θερμοκρασία $θ_1$ του πάγου. Δίνεται η ειδική θερμότητα του πάγου $c_π=0,5$ cal/g·grad και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου $L_T=80$ cal/g.

5. Μέσα σε δοχείο με ασήμαντη θερμοχωρητικότητα υπάρχουν 100 g πάγου θερμοκρασίας 0 ^{0}C.
Πόση μάζα νερού θα σχηματιστεί και πόσος πάγος θα περισσέψει αν προσφέρουμε συνολική θερμότητα Q=3.200 cal;
Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου $L_T=80$ cal/g.

6. Σε 200g πάγου 0 ^{0}C, προσφέρουμε θερμότητα Q=15.000 cal. Θα αυξηθεί η θερμοκρασία; Δίνεται η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου L_T=80 cal/g.

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Οι τρεις συνηθισμένες καταστάσεις της ύλης είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια. Η κατάσταση της ύλης ενός σώματος δεν είναι δυνατόν να αλλάξει. **( )**

2) Το χιόνι είναι νερό σε στερεά κατάσταση. **( )**

3) Η μετατροπή του στερεού σε υγρό, ή σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία η τήξη του, γίνεται με μεταβολή της θερμοκρασίας έως ότου μετατραπεί ολόκληρη η ποσότητα σε υγρό. **( )**

4) Κατά το βρασμό η θερμοκρασία του υγρού παραμένει σταθερή ενώ αυτό σταδιακά μετατρέπεται σε αέριο. **( )**

5) Η μονάδα της πίεσης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I. είναι η 1 atm.
( )

6) Κάθε υγρό βράζει, αλλά σε διαφορετική θερμοκρασία. Η θερμοκρασία βρασμού είναι μια φυσική σταθερά των καθαρών σωμάτων. **( )**

7) Το L_T ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα τήξης και δεν εξαρτάται από το υλικό. **( )**

8) Το σημείο τήξεως μεταβάλλεται όταν μεταβάλλεται η εξωτερική πίεση. **( )**

9) Τριπλό σημείο του νερού ονομάζουμε το σημείο στο οποίο συνυπάρχουν και οι τρεις φάσεις του. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Κατά τη διάρκεια της τήξης ή της πήξης,
α) η θερμοκρασία μεταβάλλεται.
β) δεν έχουμε καμία μεταφορά θερμότητας.
γ) σχηματίζονται φυσαλίδες αερίου.
δ) συνυπάρχουν και οι δυο καταστάσεις (φάσεις) της ύλης: η στερεά και η υγρή.

2) Κατά το βρασμό,
α) η θερμοκρασία του υγρού παραμένει σταθερή ενώ αυτό σταδιακά μετατρέπεται σε αέριο.
β) Η θερμοκρασία αυξάνεται.
γ) Η θερμοκρασία μειώνεται.
δ) Δεν έχουμε καμιά μετατροπή φάσης.

3) Η θερμοκρασία πήξης,
α) είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία τήξης
β) είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης
γ) συμπίπτει με τη θερμοκρασία τήξης.
δ) μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη θερμοκρασία τήξης.

4) Η θερμότητα που μεταφέρεται σε ένα στερεό σώμα κατά την τήξη του,
α) είναι αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του σώματος
β) δεν εξαρτάται από το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα:
γ) δίνεται από τη σχέση $Q = L_T \cdot m$,όπου Q είναι η συνολική ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στο σώμα για να μετατραπεί όλη η μάζα του m σε υγρό ίδιας θερμοκρασίας.
δ) ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα τήξης.

5) Για να λιώσει μια ποσότητα πάγου ίση με 30 g απαιτείται θερμότητα Q. Για να λιώσει μια ποσότητα πάγου ίση με 10 g απαιτείται θερμότητα
α) 3Q
β) Q/3
γ) Q

δ) 9Q.

6) Κατά τη διάρκεια της πήξης ενός σώματος έχουμε,
α) προσφορά θερμότητας στο σώμα.
β) αποβολή θερμότητας από το σώμα.
γ) δεν έχουμε καμία ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον.
δ) η θερμοκρασία του σώματος μειώνεται.

7) Η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού,
α) δεν εξαρτάται από το υλικό.
β) εκφράζει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για την πλήρη εξαέρωση όλου του υλικού.
γ) ορίζεται από τη σχέση $L_B = \frac{m}{Q}$.
δ) έχει μονάδα μέτρησης στο S.I το 1 $\frac{J}{Kg}$.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) α) Κατά τη θέρμανση ενός στερεού σώματος (π.χ πάγος) αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος μέχρις ότου αρχίσει η μετατροπή του σε ……...

β) Η μετατροπή του στερεού σε υγρό, ή σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία η ……. του, γίνεται χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία η οποία παραμένει …….. έως ότου μετατραπεί ολόκληρη η ποσότητα σε υγρό.
Στη συνέχεια αυξάνει η θερμοκρασία του υγρού και εμφανίζονται ατμοί στην επιφάνειά του, εμφανίζεται δηλαδή το φαινόμενο της …….. Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του υγρού σχηματίζονται φυσαλίδες στο εσωτερικό του των οποίων ο αριθμός διαρκώς αυξάνει.

γ) Όταν οι φυσαλίδες παράγονται από ολόκληρη τη μάζα του υγρού, σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία συμβαίνει το φαινόμενο του …….. Κατά τη διάρκεια του φαινομένου η θερμοκρασία του υγρού παραμένει σταθερή ενώ αυτό σταδιακά μετατρέπεται σε αέριο.

2) Κάθε καθαρό σώμα έχει τη δική του θερμοκρασία τήξης/πήξης, που χαρακτηρίζει το ……..του σώματος. Είναι, όπως λέμε, μια φυσική ……..του υλικού του σώματος.

3) Το αντίστροφο φαινόμενο του βρασμού λέγεται…….... Οι υδρατμοί υγροποιούνται στους 100°C, δηλαδή σε θερμοκρασία ίση με τη θερμοκρασία…….

4) Ο βρασμός είναι μια περίπτωση……... Η εξαέρωση ενός υγρού μπορεί να γίνεται μόνο από την ελεύθερη επιφάνειά του οπότε το φαινόμενο ονομάζεται ……ή από ολόκληρη τη μάζα του υγρού οπότε ονομάζεται……...

5) Το L_T ορίζεται σαν L_T=……. και άρα έχει μονάδα μέτρησης στο S.I το……...

$$\frac{Q}{m}, 1\frac{J}{Kg}$$

6) Εξάχνωση ονομάζουμε το φαινόμενο της απευθείας μετάβασης από τη ……στην ……..φάση (φυσική κατάσταση), χωρίς προηγουμένως να μεσολαβήσει η ……..φάση.

7.2 Μικροσκοπική μελέτη των αλλαγών κατάστασης

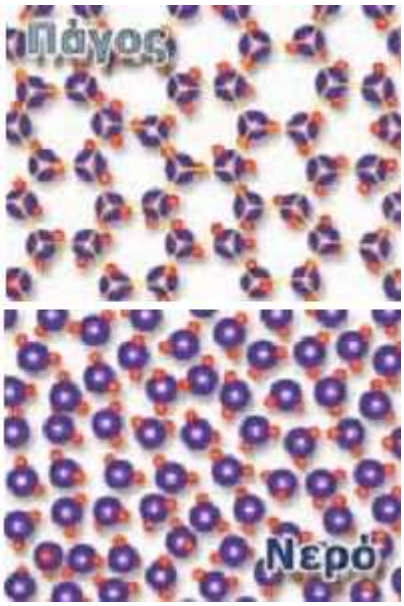
1. Πώς συμπεριφέρονται οι δομικοί λίθοι ενός στερεού και ενός υγρού σώματος ως προς την κίνησή τους όταν μεταφέρεται σε αυτό θερμότητα;

Σε κάθε θερμοκρασία (εκτός από τη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός) τα άτομα ή μόρια κινούνται (θερμική κίνηση) και μάλιστα η ενέργειά τους είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας τους.
Αυτό ισχύει και για τις τρεις φάσεις της ύλης.

ΣΤΕΡΕΟ ΣΩΜΑ:

Στα στερεά σώματα τα άτομα (ή μόρια) βρίσκονται σε ορισμένες θέσεις γύρω από τις οποίες ταλαντώνονται.

Αρχικά η μεταφερόμενη θερμότητα σ' ένα στερεό σώμα έχει σαν αποτέλεσμα **οι ταλαντώσεις των δομικών λίθων να γίνονται όλο και πιο έντονες** δηλαδή αυξάνεται η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος και επομένως **αυξάνεται και η θερμοκρασία του σώματος.**



Όταν όμως η θερμοκρασία φτάσει **στο σημείο τήξεως,** οι ταλαντώσεις είναι τόσο έντονες, ώστε οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν μπορούν να τα συγκρατήσουν πλέον στις θέσεις τους.
Το πλάτος της ταλάντωσης έχει γίνει πολύ μεγάλο και οι δομικοί λίθοι απομακρύνονται από την αρχική τους θέση και δεν επιστρέφουν πλέον σ' αυτή, αλλά κινούνται πέφτοντας ο ένας πάνω στον άλλο.

Τότε **οι δομικοί λίθοι αρχίζουν να «γλιστρούν»** ο ένας επάνω στον άλλο και **οι μεταξύ τους δυνάμεις μειώνονται**, οπότε μειώνεται κατά απόλυτη τιμή και η δυναμική ενέργεια αλληλεπίδρασης των δομικών λίθων: **το στερεό γίνεται υγρό,** όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την πήξη.

Επομένως με την απορρόφηση θερμότητας μειώνεται κατά απόλυτη τιμή η δυναμική ενέργεια χωρίς ωστόσο να μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια και άρα η θερμοκρασία του σώματος. Έτσι στη διάρκεια των αλλαγών φάσης η θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Αν όμως συνεχίσουμε περεταίρω τη θέρμανση οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται οι δομικοί λίθοι αυξάνονται οπότε τότε αυξάνεται και η θερμοκρασία του σώματος.

ΥΓΡΟ ΣΩΜΑ:

Όταν θερμότητα μεταφέρεται σε ένα υγρό, αρχικά αυξάνεται η κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων, οπότε οι κινήσεις τους γίνονται όλο και πιο έντονες, **η θερμοκρασία του υγρού αυξάνεται**.

Σε ορισμένη θερμοκρασία οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν μπορούν να τους συγκρατήσουν κοντά τον ένα στον άλλο, οπότε αρχίζουν να κινούνται ελεύθερα: **το υγρό γίνεται αέριο** όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Τότε, **η αλληλεπίδραση μεταξύ των δομικών λίθων έχει σχεδόν μηδενιστεί.** Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να **μηδενιστεί η δυναμική ενέργεια** μεταξύ των δομικών λίθων. Η αντίστροφη διαδικασία συμβαίνει κατά την υγροποίηση.



Κατά τη διάρκεια της τήξης ή του βρασμού, **οι δομικοί λίθοι του**

σώματος διατηρούνται αναλλοίωτοι.

Δε λιώνουν και δεν εξαερώνονται. Απλώς μεταβάλλεται ο τρόπος που κινούνται και αλληλεπιδρούν.

2. Γιατί κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή αν και στο σώμα μεταφέρεται θερμότητα;

Κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης αλλάζουν οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων (ατόμων μορίων ή ιόντων) των σωμάτων και κατά συνέπεια μεταβάλλεται η δυναμική τους ενέργεια. Έτσι ,

η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος **διατηρείται σταθερή**,

η δυναμική τους ενέργεια αλλάζει.

Η εσωτερική ενέργεια δίνεται από τη σχέση $\mathbf{U=K_{ολ}+U_{δυναμική}}$.

Στις αλλαγές φάσης, επομένως, **η εσωτερική ενέργεια (U) του σώματος μεταβάλλεται, επειδή μεταβάλλεται η συνολική δυναμική ενέργεια ($\mathbf{U_{δυναμική}}$) των δομικών λίθων,** αν και η θερμική, δηλαδή η κινητική ενέργεια ($\mathbf{K_{ολ}}$) του σώματος, μένει σταθερή.

Έτσι αφού δε μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια του σώματος, δεν μεταβάλλεται και η θερμοκρασία του σώματος.

*Στην πραγματικότητα δεν μπορούμε να γνωρίζουμε την εσωτερική ενέργεια ενός σώματος. Αυτό που μπορούμε να μετράμε **είναι η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας** ενός σώματος ή ενός συστήματος. Όμως η **εσωτερική ενέργεια** ενός σώματος **αυξάνετα**ι, όταν αυτό απορροφά από το εξωτερικό περιβάλλον μια ή περισσότερες μορφές ενέργειας όπως μηχανική, **θερμική,** ηλεκτρική κά.*

Έτσι καθώς μεταβαίνουμε από τη στερεή στην υγρή και στη συνέχεια στην αέρια φυσική κατάσταση, η εσωτερική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.

Για παράδειγμα,

- Το **νερό** θερμοκρασίας 0°C έχει **μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια** από ίση ποσότητα **πάγου** ίδιας θερμοκρασίας. Η διαφορά στην εσωτερική ενέργειά τους ισούται με τη θερμότητα τήξης που απορρόφησε.

- Επίσης για τον ίδιο λόγο, **υδρατμοί** στους 100 °C έχουν **μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια** από ίση ποσότητα **νερού** ίδιας θερμοκρασίας.

Ακόμη:

Κάθε **ένα μόριο** πρέπει να απορροφήσει ορισμένη ενέργεια για να αλλάξει ο τρόπος σύνδεσής του με τα υπόλοιπα. **Άρα, η θερμότητα τήξης ή βρασμού είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος:** διπλάσια μάζα πάγου (διπλάσιος αριθμός μορίων) χρειάζεται διπλάσια θερμότητα για να λιώσει.

Εξάλλου, επειδή οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων δεν είναι εξίσου ισχυρές στα διάφορα υλικά, η θερμότητα τήξης και βρασμού (για την ίδια μάζα) διαφέρει από υλικό σε υλικό. Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης, για παράδειγμα, του χαλκού είναι διπλάσια από του χρυσού.

Για το ίδιο υλικό η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού είναι πάντοτε μεγαλύτερη από τη θερμότητας τήξης δηλαδή η διαφορά των εσωτερικών ενεργειών στην $1^{η}$ περίπτωση είναι μικρότερη από ότι στη δεύτερη.

Συμπερασματικά λοιπόν ισχύει ότι:

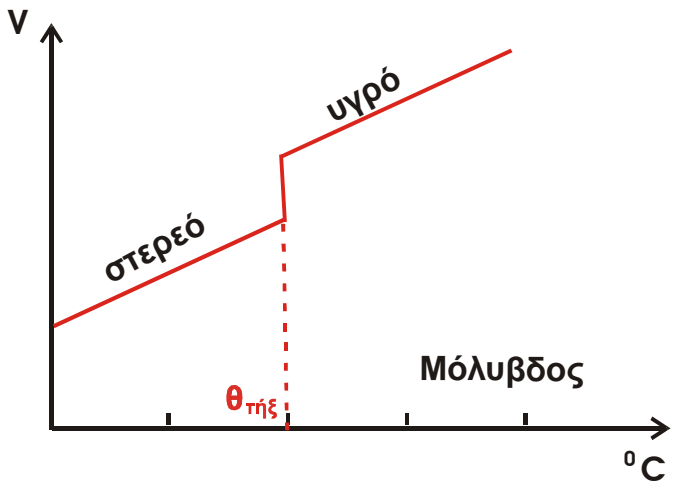
i) η θερμότητα εξαρτάται από τη μάζα του σώματος,

ii) η λανθάνουσα θερμότητα εξαρτάται από το υλικό του σώματος και

iii) η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού ενός σώματος είναι πάντα μεγαλύτερη από τη λανθάνουσα θερμότητα τήξης του.

3. Μεταβάλλεται η μάζα και όγκος κατά την τήξη;

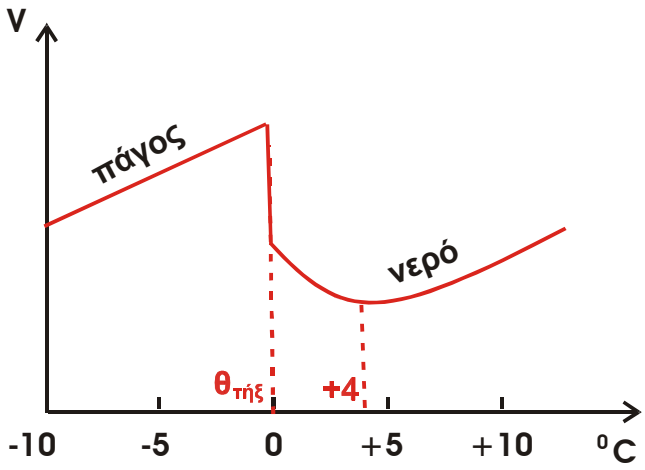
Σε κάθε αλλαγή φάσης είπαμε ότι η **θερμοκρασία του** για σταθερή πίεση **παραμένει σταθερή**. Όπως επίσης **σταθερή** παραμένει και η **μάζα** του σώματος. Όμως σε κάθε αλλαγή φάσης έχουμε **μεταβολή** του **όγκου** και της **πυκνότητας** του σώματος.



Στα περισσότερα υλικά ο όγκος **αυξάνεται κατά την τήξη** και **ελαττώνεται κατά την πήξη**. Για παράδειγμα, όταν το λάδι ή ο υγρός μόλυβδος στερεοποιείται, ο όγκος του ελαττώνεται.

Δεν ισχύουν όμως τα ίδια και για το νερό.

Το νερό που προκύπτει από την τήξη του πάγου έχει **ίδια μάζα**, αλλά **μικρότερο όγκο**.



Όταν ο πάγος τήκεται, ο όγκος του ελαττώνεται. Αντίθετα, όταν το νερό γίνεται πάγος στους 0 °C, ο όγκος του αυξάνεται. Στο διπλανό διάγραμμα φαίνεται πως μεταβάλλεται ο όγκος του νερού κατά τη θέρμανσή του από τους -10 στους +10 ^{0}C. Παρατηρούμε ότι κατά τη θέρμανση του νερού από τους 0 ^{0}C μέχρι τους +4 ^{0}C ο όγκος του ελαττώνεται αντί να αυξάνεται. Τότε όμως αυξάνεται η πυκνότητά του. Έτσι ο πάγος των 0 ^{0}C έχει μεγαλύτερο όγκο και άρα μικρότερη πυκνότητα από το νερό των 4 ^{0}C, και άρα ο πάγος επιπλέει στο νερό.

Η ελάττωση αυτή του όγκου του νερού από τους 0 ^{0}C στους +4 ^{0}C ονομάζεται ***ανωμαλία της διαστολής του νερού.***

Μετά τους 0 ^{0}C ο όγκος του νερού αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του.

Επομένως:

➢ **Κατά την τήξη ενός στερεού ή την πήξη ενός υγρού, η μάζα του διατηρείται σταθερή, ενώ ο όγκος του μεταβάλλεται.**

Ο πάγος έχει **μεγαλύτερο όγκο** από ίση μάζα νερού ίδιας θερμοκρασίας, οπότε έχει **μικρότερη πυκνότητα** από το νερό. Για αυτό το λόγο ένα γυάλινο μπουκάλι γεμάτο με νερό, όταν παγώσει στην κατάψυξη του ψυγείου μας, σπάει και τα παγάκια επιπλέουν στην πορτοκαλάδα μας.

4. Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε μικροσκοπικά την αύξηση του όγκου του νερού κατά την πήξη;

Στο νερό τα μόρια "γλιστρούν" το ένα πάνω στο άλλο ενώ βρίσκονται σχεδόν σε επαφή μεταξύ τους. Όταν το νερό γίνεται πάγος, **τα μόρια σχηματίζουν εξάγωνα,** οπότε ο **χώρος** που καταλαμβάνουν **αυξάνεται**.

Έτσι στο νερό των 0 °C παραμένουν ακόμη «μικροσκοπικοί κρύσταλλοι» πάγου. Από 0 °C μέχρι 4 °C, αυτοί οι «μικροσκοπικοί κρύσταλλοι» πάγου λιώνουν σιγά-σιγά. Έτσι, ο όγκος του νερού που προκύπτει από το λιώσιμο αυτών είναι μικρότερος. Στους 4 °C όλοι σχεδόν οι μικροκρύσταλλοι πάγου έχουν λιώσει. Άρα, από 0 °C μέχρι 4 °C ο όγκος του νερού ελαττώνεται. Αντίθετα κατά την ψύξη από 4 °C μέχρι 0 °C, ο όγκος του υγρού νερού αυξάνεται.

5. Πώς μπορούμε να μεταβάλλουμε το σημείο τήξης και το σημείο βρασμού ενός σώματος;

α) Επίδραση διαλυμένων ουσιών

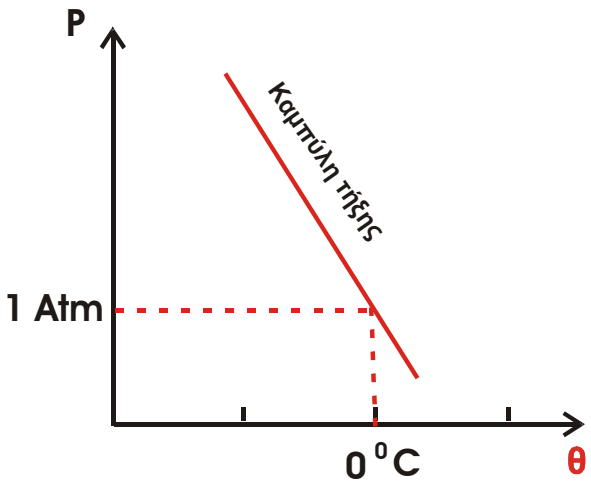
Όταν σε πάγο ρίξουμε αλάτι, μεταξύ των μορίων του πάγου παρεμβάλλονται κρυσταλλάκια αλατιού. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του πάγου λοιπόν εξασθενούν και ο πάγος λιώνει σε **χαμηλότερη θερμοκρασία** από 0 °C.

Έτσι το θαλασσινό νερό, που είναι μείγμα νερού και αλατιού, πήζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0 °C, η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε αλάτι.

Παρόμοια, αν στο νερό του ψυγείου του αυτοκινήτου προσθέσουμε κατάλληλο υγρό, το μείγμα πήζει στους -10 °C. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα ψύξης του κινητήρα προστατεύεται από την αύξηση του όγκου του νερού που θα συνέβαινε κατά την πήξη του.

β) Επίδραση της πίεσης στο σημείο τήξεως και βρασμού.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επίδραση της πίεσης στο σημείο τήξεως του πάγου. Παρατηρούμε ότι σε πίεση 1 atm ο πάγος λιώνει στους 0 °C ενώ όταν αυξάνεται η πίεση το σημείο τήξεως ελαττώνεται κάτω από τους 0 °C.



Όταν ο πάγος γίνεται νερό, τα μόρια πλησιάζουν μεταξύ τους. Αν συμπιέζουμε (αυξήσουμε την πίεση) τον πάγο, βοηθάμε, τα μόρια να πλησιάσουν μεταξύ τους και ο πάγος λιώνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0 °C.

Έτσι για παράδειγμα τα παγοπέδιλα που φορούν οι παγοδρόμοι καταλήγουν σε καμπύλες μεταλλικές λάμες, των οποίων η επιφάνεια είναι αρκετά μικρότερη από την επιφάνεια των επίπεδων πελμάτων. Συνεπώς, στον πάγο που βρίσκεται κάτω από τα παγοπέδιλα ασκείται **μεγάλη πίεση** με αποτέλεσμα **να**

λιώνει. Έτσι, μεταξύ των παγοπέδιλων και του πάγου σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα νερού.

Παρόμοια όσο η πίεση που ασκεί ο αέρας στο νερό είναι υψηλότερη, τόσο δυσκολότερα τα μόρια του νερού απομακρύνονται μεταξύ τους. Έτσι, το νερό βράζει σε υψηλότερη θερμοκρασία. Στη χύτρα ταχύτητας το νερό βράζει στους 120 °C, γιατί ο ατμός που εγκλωβίζεται ασκεί επιπλέον πίεση στην επιφάνεια του νερού.

7.3 Εξάτμιση και συμπύκνωση

1. Ο βρασμός είναι ο μοναδικός τρόπος με τον οποίο ένα υγρό γίνεται αέριο;

Ο βρασμός ανήκει σε ένα γενικότερο φαινόμενο που ονομάζεται εξαέρωση.

Εξαέρωση: Ονομάζουμε τη μετάβαση από την υγρή φάση στην αέρια, οπότε παράγονται ατμοί του υγρού.

Η εξαέρωση ενός υγρού μπορεί να γίνει με 2 τρόπους:

α) την **εξάτμιση** και
β) το **βρασμό**.

2. Τι ονομάζουμε εξάτμιση ενός υγρού;

Ορισμένα μόρια, όταν βρεθούν στην επιφάνεια του υγρού και κινούνται με **μεγάλη ταχύτητα**, καταφέρνουν να υπερνικήσουν την ελκτική δύναμη των υπόλοιπων και να διαφύγουν στο περιβάλλον (για παράδειγμα στον αέρα), τότε λέμε ότι το υγρό εξατμίζεται.

Εξάτμιση: Ονομάζουμε την εξαέρωση (μετατροπή υγρού σε αέριο), που γίνεται μόνο από την **ελεύθερη επιφάνεια** του υγρού και σε **οποιαδήποτε θερμοκρασία**.

- Ακόμη και στη διάρκεια του χειμώνα και στις πολικές περιοχές το νερό των λιμνών και των ωκεανών εξατμίζεται και έτσι δημιουργούνται τα σύννεφα και συντηρείται ο κύκλος του νερού. Δεν αντιλαμβανόμαστε άμεσα αυτή τη διαδικασία γιατί οι υδρατμοί, δηλαδή το νερό σε αέρια κατάσταση, είναι αόρατοι.
- Χάριν του φαινομένου της εξάτμισης, ο βρεγμένος δρόμος και τα απλωμένα ρούχα στεγνώνουν.

Κατά την εξάτμιση ενός υγρού πρέπει να προσφέρεται θερμότητα σε αυτό. Για παράδειγμα αν ρίξουμε λίγο οινόπνευμα στο χέρι μας το οινόπνευμα εξατμίζεται παίρνοντας θερμότητα από το χέρι μας, το οποίο έτσι ψύχεται.
Έχουμε λοιπόν ***ψύξη λόγω εξάτμισης****.*

3. Τι ονομάζουμε συμπύκνωση και πως μπορούμε να πετύχουμε συμπύκνωση ενός αερίου;

Συμπύκνωση: ονομάζουμε τη μετάβαση από την αέρια στην υγρή φάση σε θερμοκρασία **μικρότερη της θερμοκρασίας υγροποίησης**. Πρόκειται δηλαδή για φαινόμενο που είναι αντίστροφο από την εξάτμιση.

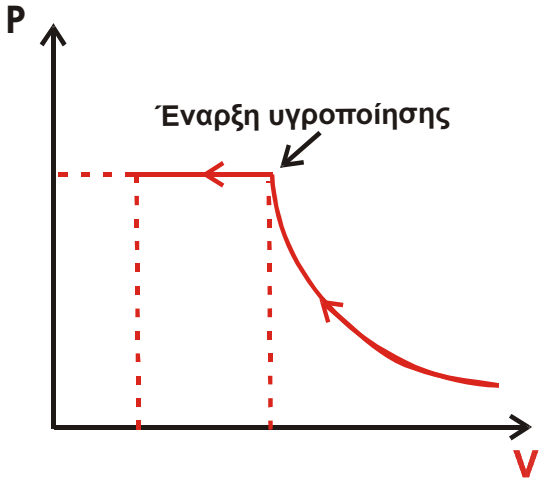
Συμπύκνωση – υγροποίηση μπορούμε να επιτύχουμε ή με **ψύξη** του αερίου ή με **συμπίεση** αυτού.

α) Συμπύκνωση με ψύξη:

Όταν εκπνέουμε μπροστά από ένα **ψυχρό τζάμι**, από τους αόρατους υδρατμούς της **θερμής ανάσας** μας σχηματίζονται σταγονίδια νερού. Δηλαδή ψύχονται οι υδρατμοί της αναπνοής μας και υγροποιούνται.

β) Συμπύκνωση με συμπίεση:

Είναι δυνατό αυξάνοντας την πίεση ενός αερίου που βρίσκεται σε ένα κλειστό δοχείο σταθερής θερμοκρασίας να ελαττώσουμε τον όγκο του. Μόλις ο όγκος του αερίου πάρει μια ορισμένη τιμή τότε με περαιτέρω συμπίεση παρατηρούμε ότι η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή ενώ ένα μέρος των ατμών του υγροποιείται.



➢ *Με συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σχηματίζονται* ***η ομίχλη*** *και* ***τα σύννεφα.***

➢ *Ενώ κατά την εξάτμιση θερμότητα μεταφέρεται από το περιβάλλον στο υγρό, κατά τη συμπύκνωση* ***θερμότητα μεταφέρεται*** *από τους* ***ατμούς στο περιβάλλον****. Γι' αυτό το λόγο όταν βρέχει ή χιονίζει η θερμοκρασία είναι πάντα λίγο πιο υψηλή.*

4. Τι ονομάζουμε ταχύτητα εξάτμισης και από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ταχύτητα εξάτμισης ενός υγρού;

Ταχύτητα εξάτμισης ονομάζουμε το πηλίκο της μάζας του υγρού που εξατμίζεται σε κάποιο χρόνο προς το χρόνο αυτό και εκφράζει το πόσο γρήγορα ή αργά εξατμίζεται ένα υγρό.

Η ταχύτητα εξάτμισης ενός υγρού εξαρτάται:

Α. Από την επιφάνεια του υγρού. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ενός υγρού, τόσο πιο γρήγορα εξατμίζεται.

Β. Από τη θερμοκρασία του υγρού. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός υγρού, τόσο εντονότερα κινούνται τα μόριά του και τόσο ευκολότερα διαφεύγουν από το υγρό.

Γ. Από την ύπαρξη ρευμάτων και την υγρασία του αέρα. Τα μόρια που διαφεύγουν, δεν εγκαταλείπουν οριστικά το υγρό. Συχνά, συγκρούονται με άλλα ίδια μόρια και επιστρέφουν στο υγρό. Με αυτό τον τρόπο η εξάτμιση γίνεται πιο αργά. Όταν λοιπόν ρεύμα αέρα παρασύρει μακριά από την επιφάνεια τα μόρια του υγρού που διαφεύγουν, η εξάτμιση γίνεται πιο γρήγορα.

Δ. Από το είδος του υγρού. Σε κάποια υγρά, όπως το οινόπνευμα, η βενζίνη και ο αιθέρας, οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι ασθενείς. Έτσι, τα μόριά τους εύκολα διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού. Τέτοια υγρά που εξατμίζονται γρήγορα ονομάζονται **πτητικά**.

➢ *Αμέσως μετά από ένα ζεστό μπάνιο, ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από το λουτήρα περιέχει πολύ περισσότερους υδρατμούς απ' ό,τι ο αέρας στον υπόλοιπο χώρο του δωματίου. Έτσι η εξάτμιση γίνεται πιο αργά. Όταν μετά το μπάνιο απομακρυνόμαστε από το χώρο του λουτήρα η εξάτμιση γίνεται πιο γρήγορα λόγω έλλειψης υδρατμών. Όμως για να γίνει η εξάτμιση του νερού από το σώμα μας αυτό απορροφά θερμότητα απ' το σώμα μας με αποτέλεσμα να κρυώνουμε.*

➢ *Κατά την εξάτμιση τα μόρια τα οποία έχουν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια άρα και μεγαλύτερη θερμοκρασία από τα υπόλοιπα διαφεύγουν, στο περιβάλλον με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του υγρού να ελαττώνεται. Η εξάτμιση λοιπόν είναι μια* ***διαδικασία ψύξης.***

Προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία του υγρού που απομένει, θα πρέπει θερμότητα να μεταφερθεί από το περιβάλλον σ' αυτό, όπως συμβαίνει και στο βρασμό. Μάλιστα ***η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη θερμότητα βρασμού.*** *Για την εξάτμιση του νερού από τα ρούχα, τις λίμνες ή τους ωκεανούς, η απαιτούμενη θερμότητα προέρχεται από τον ήλιο.*

- *Όταν ρίξουμε λίγο οινόπνευμα στο χέρι μας, αισθανόμαστε ψύχος. Πώς ερμηνεύεται αυτό το φαινόμενο; Καθώς το οινόπνευμα εξατμίζεται, η θερμοκρασία του ελαττώνεται και από το χέρι μας μεταφέρεται θερμότητα στο ψυχρότερο οινόπνευμα.*

- *Με συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας σχηματίζονται η ομίχλη και τα σύννεφα.*

- *Ενώ κατά την εξάτμιση θερμότητα μεταφέρεται από το περιβάλλον στο υγρό, κατά τη συμπύκνωση θερμότητα μεταφέρεται από τους ατμούς στο περιβάλλον. Γι' αυτό και είναι πάντα λίγο πιο υψηλή η θερμοκρασία όταν βρέχει ή χιονίζει παρά όταν δε συμβαίνει κάτι τέτοιο.*

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Κατά τη διάρκεια της τήξης ή του βρασμού, οι δομικοί λίθοι του σώματος διατηρούνται αναλλοίωτοι. Δε λιώνουν και δεν εξαερώνονται. Απλώς μεταβάλλεται ο τρόπος που κινούνται και αλληλεπιδρούν. **( )**

2) Το νερό θερμοκρασίας 0°C έχει μεγαλύτερη εσωτερική ενέργεια από ίση ποσότητα πάγου ίδιας θερμοκρασίας. Η διαφορά στην εσωτερική ενέργειά τους ισούται με τη θερμότητα τήξης δηλαδή τη θερμότητα που προσφέραμε για να λιώσει ο πάγος. **( )**

3) Όταν σε πάγο ρίξουμε αλάτι, μεταξύ των μορίων του πάγου παρεμβάλλονται κρυσταλλάκια αλατιού. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του πάγου λοιπόν εξασθενούν και ο πάγος λιώνει σε υψηλότερη θερμοκρασία από 0 °C. **( )**

4) Όταν αυξάνουμε την πίεση τότε ο πάγος λιώνει σε θερμοκρασία μικρότερη από 0 ^{0}C. **( )**

5) Ο βρασμός είναι ο μοναδικός τρόπος με τον οποίο ένα υγρό γίνεται αέριο. **( )**

6) Κατά τη διάρκεια του χειμώνα και στις πολικές περιοχές το νερό των λιμνών και των ωκεανών σταματάει να εξατμίζεται και έτσι δε συντηρείται ο κύκλος του νερού. **( )**

7) Όταν οι θερμοί υδρατμοί της ανάσας μας συναντούν το ψυχρό τζάμι, συμπυκνώνονται και σχηματίζονται σταγονίδια νερού. **( )**

8) Η θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη θερμότητα βρασμού. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης,
α) η δυναμική τους ενέργεια διατηρείται σταθερή.
β) η εσωτερική ενέργεια του σώματος μεταβάλλεται, επειδή μεταβάλλεται η συνολική δυναμική ενέργεια των δομικών λίθων.
γ)η εσωτερική ενέργεια του σώματος παραμένει σταθερή.
δ) η κινητική ενέργεια των δομικών λίθων του σώματος μεταβάλλεται.

2) Για το ίδιο υλικό η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού είναι πάντοτε,
α) ίση με τη θερμότητας τήξης.
β) μικρότερη από τη θερμότητας τήξης.
γ) μεγαλύτερη από τη θερμότητας τήξης.
δ) ανάλογη με τη μάζα του.

3) κατά τη θέρμανση του λαδιού,
α) Ο όγκος του μειώνεται.
β) Η πυκνότητά του μειώνεται.
γ) Η μάζα του αυξάνεται.
δ) Η πυκνότητα του παραμένει σταθερή.

4) Όταν το νερό ψύχεται και γίνεται πάγος στους 0 ^{0}C,
α) ο όγκος του αυξάνεται γι' αυτό το γυάλινο μπουκάλι που το περιέχει μπορεί να σπάσει.
β) ο όγκος του μειώνεται και η πυκνότητά του αυξάνεται.
γ) η μάζα του παραμένει σταθερή αλλά η πυκνότητά του αυξάνεται.
δ) η μάζα του αυξάνεται γι' αυτό το γυάλινο μπουκάλι που το περιέχει μπορεί να σπάσει.

5) Στη χύτρα ταχύτητας,

α) το νερό βράζει στους 120 °C, γιατί ο ατμός που εγκλωβίζεται ασκεί επιπλέον πίεση στην επιφάνεια του νερού.
β) το νερό βράζει στους 100 ^{0}C γιατί η θερμοκρασία βρασμού είναι σταθερή.
γ) όσο η πίεση που ασκεί ο αέρας στο νερό είναι υψηλότερη, τόσο δυσκολότερα τα μόρια του νερού απομακρύνονται μεταξύ τους. Έτσι, το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία .
Δ) το νερό βράζει στους 80 ^{0}C άρα βράζει γρηγορότερα.

6) Στην κορυφή του όρους Κερκίνη,
α) Η ατμοσφαιρική πίεση είναι μικρότερη άρα το φαγητό βράζει γρηγορότερα.
β) Η ατμοσφαιρική πίεση είναι μικρότερη, άρα το σημείο βρασμού του νερού είναι μικρότερο από 100 ^{0}C και άρα το φαγητό βράζει πιο αργά.
γ) το σημείο βρασμού του νερού είναι >100^0 C.
δ)το σημείο βρασμού του νερού είναι 100^0 C γιατί είναι ανεξάρτητο της εξωτερικής πίεσης.

7) Συμπύκνωση ενός αερίου μπορούμε να πετύχουμε,
α) μόνο με ψύξη αυτού.
β) μόνο με συμπίεση αυτού.
γ) και με ψύξη και με συμπίεση αυτού.
δ) εξαιρετικά δύσκολα και μόνο σε πολύ χαμηλές πιέσεις.

8) Η ταχύτητα εξάτμισης ενός υγρού εξαρτάται:
α. από την επιφάνεια του υγρού.
β. από τη θερμοκρασία και το είδος του υγρού.
γ. από την ύπαρξη ρευμάτων και την υγρασία του αέρα.
δ. από όλα τα παραπάνω.

9) Όταν βρέχει ή χιονίζει,
α) έχουμε συμπύκνωση οπότε θερμότητα μεταφέρεται από τους ατμούς στο περιβάλλον γι' αυτό και η θερμοκρασία είναι λίγο πιο υψηλή.
β) έχουμε εξάτμιση και η θερμοκρασία «πέφτει».
γ) θερμότητα μεταφέρεται από το περιβάλλον στις σταγόνες της βροχής ή το χιόνι.
δ) η θερμοκρασία δε μεταβάλλεται.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Η αλλαγή κατάστασης συνοδεύεται και από μεταβολή της ……..ενέργειας. Έτσι υδρατμοί στους 100 °C έχουν ……. ……. ενέργεια από ίση ποσότητα νερού ίδιας θερμοκρασίας.

2) Κατά την τήξη ενός στερεού ή την πήξη ενός υγρού, η μάζα του διατηρείται……., ενώ ο όγκος του……..

3) Ο πάγος έχει ……..όγκο από ίση μάζα νερού ίδιας θερμοκρασίας, οπότε έχει ……πυκνότητα από το νερό και συνεπώς θα επιπλέει στο νερό.

4) Η εξάτμιση ενός υγρού γίνεται μόνο από την ελεύθερη ……..του υγρού και σε ……θερμοκρασία.

5) Η εξάτμιση είναι μια διαδικασία ……..

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

8.1 Διάδοση θερμότητας με αγωγή

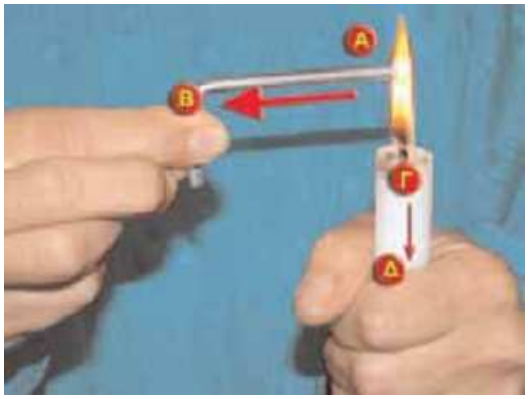
1. Με πόσους τρόπους διαδίδεται η θερμότητα;

Η θερμότητα διαδίδεται με τρεις τρόπους.
α) Με αγωγή
β) Με ρεύματα μεταφοράς και
γ) Με ακτινοβολία.

Διάδοση θερμότητας με αγωγή έχουμε και στις τρείς φυσικές καταστάσεις της ύλης στερεή, υγρή και αέρια. Διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς έχουμε μόνο στα ρευστά (υγρά και αέρια), ενώ διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία έχουμε διαμέσου διαφανών σωμάτων όπως ο αέρας το γυαλί κ.λ.π. αλλά ακόμη και διαμέσου **του κενού**. Γενικά διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία μπορούμε να έχουμε και στα στερεά και στα υγρά αλλά και στα αέρια σώματα.

2. Τι γνωρίζετε για τη διάδοση θερμότητας με αγωγή;

Κρατάμε με το ένα χέρι ένα αναμμένο κερί και με το άλλο το ένα άκρο μιας **μεταλλικής** βελόνας. Τοποθετούμε το άλλο άκρο της βελόνας πάνω από τη φλόγα ενός κεριού. Πολύ γρήγορα αισθανόμαστε το χέρι που κρατάει τη μεταλλική βελόνα να θερμαίνεται.



Γνωρίζουμε ότι η θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από περιοχές

υψηλής προς περιοχές χαμηλότερης θερμοκρασίας. Θερμότητα μεταφέρεται από τη φλόγα δια μέσου της ράβδου στο χέρι μας.

Ο τρόπος διάδοσης της θερμότητας από σημείο σε σημείο ενός στερεού και από περιοχές υψηλής προς περιοχές χαμηλότερης θερμοκρασίας, κατά τον οποίο δεν έχουμε μετακίνηση ύλης – μάζας, ονομάζεται **αγωγή της θερμότητας**.

Λέμε ότι **στο εσωτερικό ενός στερεού ή όταν δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή, η θερμότητα διαδίδεται με αγωγή**.

3. Ποια σώματα ονομάζονται θερμικοί αγωγοί ή καλοί αγωγοί της θερμότητας και ποια ονομάζονται θερμικοί μονωτές ή κακοί αγωγοί της θερμότητας;

Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται η θερμότητα δια μέσου ενός υλικού εξαρτάται από το **είδος** του υλικού.

Τα μέταλλα χαρακτηρίζονται ως «καλοί αγωγοί της θερμότητας» ή **θερμικοί αγωγοί.**
Ενώ άλλα στερεά σώματα όπως το ξύλο, το γυαλί, τα πλαστικά, το χαρτί, ο φελλός, η πολυστερίνη ή το λίπος στο σώμα μας, έχουν μικρή ή πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα

Αυτό σημαίνει ότι η θερμότητα διαδίδεται μέσα από αυτά πολύ αργά. Τα χαρακτηρίζουμε λοιπόν ως «κακούς» αγωγούς της θερμότητας ή αλλιώς λέμε ότι είναι **θερμικοί μονωτές**.
Γι' αυτό το λόγο, τα μαγειρικά σκεύη κατασκευάζονται από μέταλλο με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, ενώ οι λαβές τους από υλικό που είναι μονωτής

Τα περισσότερα **υγρά** εκτός από τον υδράργυρο (ο οποίος είναι μέταλλο), είναι **κακοί αγωγοί** της θερμότητας.

Εκτός από τα υγρά πολύ **κακοί αγωγοί** της θερμότητας είναι και τα **αέρια**.

4. Γιατί αισθανόμαστε πιο κρύο το μεταλλικό σκελετό ενός θρανίου από την ξύλινη επιφάνεια, παρόλο που και τα δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία;

Ο μεταλλικός σκελετός του θρανίου και η ξύλινη επιφάνειά του έχουν την ίδια θερμοκρασία. Τα **μέταλλα**, ωστόσο, **είναι καλύτεροι αγωγοί** της θερμότητας από το ξύλο.
Όταν πιάνουμε το μεταλλικό σκελετό, μεταφέρεται **γρήγορα** θερμότητα από το χέρι μας προς αυτό.
Αντίθετα, όταν πιάνουμε την ξύλινη επιφάνεια, η μεταφορά της θερμότητας γίνεται **πολύ πιο αργά** και η θερμοκρασία του χεριού μας παραμένει σχεδόν σταθερή.
Έτσι, λόγω **της διαφορετικής αγωγιμότητας** και όχι λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, ξεγελιόμαστε νομίζοντας ότι ο μεταλλικός σκελετός έχει μικρότερη θερμοκρασία από την ξύλινη επιφάνεια.

5. Πώς ερμηνεύεται η διάδοση της θερμότητας με αγωγή;

Οι δομικοί λίθοι ενός σώματος στην περιοχή που επικρατεί υψηλή θερμοκρασία, έχουν **μεγαλύτερη κινητική ενέργεια**. Συγκρούονται με τους γειτονικούς (της γύρω περιοχής που έχει μικρότερη θερμοκρασία) και μεταφέρουν σε αυτούς ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας. Αυτοί με τη σειρά τους μεταφέρουν ενέργεια στους γειτονικούς τους κτλ. Με τον τρόπο αυτό, μεταφέρεται ενέργεια δια μέσου του σώματος από περιοχές με υψηλότερη θερμοκρασία προς άλλες με χαμηλότερη.

Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται, μέχρι όλες οι περιοχές να αποκτήσουν **την ίδια θερμοκρασία.** Οι δομικοί λίθοι **δε μετακινούνται** από περιοχή σε περιοχή, όμως **ένα μέρος της ενέργειάς τους μεταφέρεται**. Αυτός ο τρόπος διάδοσης της θερμότητας είτε μέσα σε ένα σώμα είτε μεταξύ δύο σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή, ονομάζεται **διάδοση με αγωγή**.

6. Γιατί τα μέταλλα εμφανίζουν μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από άλλα στερεά υλικά;

Διάδοση θερμότητας με αγωγή γίνεται σε **όλα τα υλικά** μέσω των **συγκρούσεων** των δομικών τους λίθων. Η διαφορά προέρχεται από **το είδος των δομικών λίθων.**

Ενώ οι θερμικοί μονωτές αποτελούνται μόνο από μόρια, στους δομικούς λίθους των **μετάλλων** περιλαμβάνονται και **ηλεκτρόνια** που έχουν αποσπαστεί από τα άτομα, τα οποία ονομάζονται **ελεύθερα**.

Τα ηλεκτρόνια έχουν πολύ μικρότερη μάζα από τα μόρια ή τα άτομα και άρα είναι περισσότερο ευκίνητα. Με τις συγκρούσεις λοιπόν των **ελεύθερων ηλεκτρονίων** μεταξύ τους και με τα άτομα του μετάλλου, μεταφέρεται πιο γρήγορα η κινητική ενέργεια απ' ό,τι με τις συγκρούσεις μεταξύ ατόμων ή μορίων. Επομένως,

η ύπαρξη των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διάδοσης της θερμότητας με αγωγή στα μέταλλα.

8.2 Διάδοση θερμότητας με ρεύματα

1. Τι γνωρίζετε για τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς;

Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται κυρίως με ρεύματα μεταφοράς.

Κατά τη μεταφορά αυτή ποσότητες υγρού αερίου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή όπου και προκαλούν τη θέρμανσή της.

Όταν μια ποσότητα υγρού ή αερίου θερμαίνεται, τότε **διαστέλλεται**, οπότε η **πυκνότητά της μειώνεται**. Έτσι, κινείται προς τα πάνω και αντικαθίσταται από άλλη πυκνότερη και ψυχρότερη. Δημιουργούνται, λοιπόν, **ρεύματα μεταφοράς θερμότητας.**

Με τέτοια ρεύματα μεταφοράς νερού, θερμότητα μεταφέρεται από το λέβητα της κεντρικής θέρμανσης στα θερμαντικά σώματα. Στη συνέχεια, με ρεύματα μεταφοράς αέρα η θερμότητα διαδίδεται από το σώμα στο χώρο του δωματίου και ζεσταίνεται το δωμάτιό μας.

Ακόμη

Το φαγητό ψήνεται στην κατσαρόλα μας λόγω των ρευμάτων μεταφοράς του νερού, που δημιουργούνται καθώς αυτό συνεχώς θερμαίνεται.

Τα τρόφιμα ψύχονται στο θάλαμο του ψυγείου

Το σώμα μας θερμαίνεται με τη ροή του αίματος.

Αλλά διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς έχουμε και σε φαινόμενα μεγάλης κλίμακας όπως είναι

η κυκλοφορία του αέρα στην ατμόσφαιρα, που προκαλεί τους ανέμους και

η μετακίνηση τεράστιων ποσοτήτων νερού στους ωκεανούς με τα θαλάσσια ρεύματα που ξεκινούν από τις θερμές τροπικές περιοχές

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

➢ Γνωρίζουμε ότι όταν η θερμότητα διαδίδεται με αγωγή, **τα μόρια** του υλικού **δε μετακινούνται** από τη μια περιοχή στην άλλη.

Αντιθέτως, όταν δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς, ύλη, δηλαδή **μόρια**, **μετακινούνται** από μία περιοχή που έχει υψηλή θερμοκρασία προς μια ψυχρότερη. Αυτό συνεχίζεται μέχρι όλο το υγρό ή το αέριο να αποκτήσει **την ίδια θερμοκρασία**.

➢ Αν εμποδίσουμε την κυκλοφορία του αέρα γύρω από ένα ζεστό αντικείμενο, τότε σχεδόν μηδενίζεται η μεταφορά θερμότητας από αυτό, μέσω ρευμάτων μεταφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με την

επένδυση, λόγου χάρη, των σωλήνων μεταφοράς ζεστού νερού με θερμομονωτικά υλικά, με τα μάλλινα ρούχα στο σώμα μας, με τα φτερά και τα πούπουλα στα πουλιά κτλ. Αυτά τα υλικά παγιδεύουν μέσα σε μικρές κοιλότητες (πόρους), αέρα, αποτρέποντας τη δημιουργία ρευμάτων μεταφοράς. Για αυτό και τα μάλλινα ρούχα μας «ζεσταίνουν» το χειμώνα.

8.3 Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

1. Τι γνωρίζετε για τη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία;

Για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή ή ρεύματα μεταφοράς είναι απαραίτητη η παρουσία ύλης. Η θερμότητα όμως μπορεί να διαδίδεται και διαμέσου του *κενού*. Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας ονομάζεται **διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία**.

Η ακτινοβολία είναι μια **μορφή ενέργειας**, που διαδίδεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Η ακτινοβολία **μεταφέρει ενέργεια**.

Σώματα που φωτοβολούν εκπέμπουν ενέργεια ακτινοβολίας που περιλαμβάνει τόσο **φωτεινή ενέργεια** όσο και **θερμότητα**.

Όλα τα σώματα, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία τους, εκπέμπουν και απορροφούν ακτινοβολία. Υπάρχουν όμως διαφορές στο είδος και στην ισχύ της ακτινοβολούμενης ενέργειας. Σε θερμοκρασίες του γήινου περιβάλλοντος, τα σώματα εκπέμπουν ενέργεια ακτινοβολίας που περιλαμβάνει **κυρίως θερμότητα**. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από περίπου **500 °C** η ενέργεια ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα σώματα συμπεριλαμβάνει **και φωτεινή ενέργεια**.

Με αυτό τον τρόπο,

- Μεταφέρεται *θερμότητα από το αναμμένο τζάκι σε σώματα που βρίσκονται απέναντι του.*

(δε διαδίδεται με αγωγή, διότι ο αέρας του δωματίου είναι μονωτής, ούτε όμως με ρεύματα μεταφοράς, διότι το ζεστό ρεύμα αέρα δημιουργείται πάνω και όχι απέναντι από τα θερμαντικά σώματα).

- Μεταφέρεται θερμότητα από τον ήλιο στη γη μέσω του κενού διαστήματος.

- Αλλά και η σόμπα, η πλάκα του αναμμένου σίδερου σιδερώματος, το σώμα του καλοριφέρ, ακόμα και το ανθρώπινο σώμα ακτινοβολούν.

Από τα σώματα αυτά η διάδοση της θερμότητας γίνεται με ακτινοβολία, η οποία όμως δεν είναι ορατή. **Γενικά, μια ακτινοβολία μπορεί να είναι ορατή ή αόρατη.**

2. Τι γνωρίζετε για την εκπομπή και την απορρόφηση ακτινοβολίας;

Όλα τα σώματα **εκπέμπουν** διαρκώς προς το περιβάλλον τους θερμότητα με τη μορφή ακτινοβολίας. Συγχρόνως **απορροφούν** διαρκώς θερμότητα με τη μορφή ακτινοβολίας από το περιβάλλον τους.

Όταν **η θερμοκρασία του σώματος είναι ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος**, τότε η ενέργεια (θερμότητα) που ακτινοβολεί προς το περιβάλλον του κάθε δευτερόλεπτο, είναι ίση με την ενέργεια που απορροφά με ακτινοβολία από αυτό στον ίδιο χρόνο. Έτσι, η θερμική ενέργεια του σώματος, άρα και η θερμοκρασία του, διατηρείται σταθερή.

Όταν **η θερμοκρασία του σώματος είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος,** τότε ακτινοβολεί περισσότερη ενέργεια από όση απορροφά. Επομένως, η θερμική του ενέργεια, άρα και η θερμοκρασία του, ελαττώνεται. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρις ότου η θερμοκρασία του σώματος εξισωθεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης που φωτοβολεί, έχει σταθερή θερμοκρασία, μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα που τον περιβάλλει. Πώς συμβαίνει αυτό;

Για να διατηρείται η θερμοκρασία του λαμπτήρα σταθερή, στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει κάποια άλλη μορφή ενέργειας να μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια του λαμπτήρα. Η θερμική του ενέργεια διατηρείται σταθερή λόγω της **συνεχούς μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική**. Παρόμοια, ο πολύ θερμός ήλιος ακτινοβολεί διαρκώς ενέργεια προς το ψυχρό διάστημα και η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή. Αυτό συμβαίνει, διότι στο εσωτερικό του πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.

3. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η ποσότητα της ενέργειας που ακτινοβολεί ένα σώμα κάθε δευτερόλεπτο;

Το ποσό της ενέργειας που ένα σώμα ακτινοβολεί ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή **η ισχύς της ακτινοβολούμενης ενέργειας**, εξαρτάται από:

1. **Τη θερμοκρασία** του σώματος. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς της ακτινοβολούμενης ενέργειας
2. **Το εμβαδόν** της επιφάνειας του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνειά του σώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ισχύς της ακτινοβολούμενης ενέργειας.
3. **Την υφή της επιφάνειας**. Οι τραχιές επιφάνειες εκπέμπουν θερμότητα με ακτινοβολία εντονότερα από τις λείες.
4. **Το χρώμα της επιφάνειας** του σώματος. Οι σκουρόχρωμες επιφάνειες εκπέμπουν θερμότητα με ακτινοβολία εντονότερα από τις ανοιχτόχρωμες.

Από τους ίδιους παράγοντες και ακριβώς με τον ίδιο τρόπο εξαρτάται και η ισχύς της ενέργειας που απορροφάται από ένα σώμα. Γι' αυτό τις καλοκαιρινές ημέρες φοράμε συνήθως ανοιχτόχρωμα ρούχα, τα οποία απορροφούν μικρότερη ποσότητα θερμότητας που διαδίδεται από τον ήλιο.

4. Πως μεταφέρεται η ενέργεια ακτινοβολίας;

Η ενέργεια ακτινοβολίας μεταφέρεται με τα φωτόνια.

Κάθε φωτόνιο μεταφέρει ορισμένη ποσότητα ενέργειας. Η ενέργεια των φωτονίων μιας ακτινοβολίας καθορίζει και το είδος της. Για παράδειγμα, κάθε

φωτόνιο της φωτεινής ενέργειας έχει μεγαλύτερη ενέργεια από κάθε φωτόνιο της ενέργειας ακτινοβολίας με την οποία διαδίδεται η θερμότητα.

Τα σώματα εκπέμπουν διάφορα είδη ακτινοβολίας, δηλαδή εκπέμπουν μείγμα φωτονίων διαφορετικής ενέργειας. Όσο **υψηλότερη είναι η θερμοκρασία** ενός σώματος, τόσο **μεγαλύτερη και η ενέργεια των φωτονίων** που εκπέμπει.

Τα φωτόνια τα οποία, όταν απορροφώνται από το δέρμα μας, προκαλούν το αίσθημα της ζέστης, λέμε ότι ανήκουν στην υπέρυθρη ακτινοβολία.

Η θερμότητα διαδίδεται κυρίως με **την υπέρυθρη ακτινοβολία**.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

Ερωτήσεις Θεωρίας

Ερωτήσεις Σωστό - Λάθος

1) Η θερμότητα διαδίδεται άλλοτε από περιοχές υψηλότερης προς περιοχές χαμηλότερης θερμοκρασίας και άλλοτε το αντίθετο. **( )**

2) Όταν αφήνουμε ανοικτή την πόρτα του σπιτιού μας μια χειμωνιάτικη μέρα τότε μέσα στο ζεστό σπίτι μπαίνει «κρύο». **( )**

3) Τα μέταλλα έχουν μεγάλη θερμική αγωγιμότητα, ενώ τα πλαστικά πολύ μικρή. **( )**

4) Θέρμανση - ψύξη με αγωγή έχουμε στις περιπτώσεις που δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. **( )**

5) Κατά την επαφή δυο σωμάτων που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία μεταφέρεται θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία στο σώμα που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία. **( )**

6) Η ύπαρξη των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διάδοσης της θερμότητας με αγωγή στα μέταλλα. **( )**

7) Η ψύξη του φαγητού όταν "κλείσουμε το μάτι της κουζίνας" γίνεται με ρεύματα μεταφοράς. **( )**

8) Όταν δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς, μόρια, μετακινούνται από μία περιοχή που έχει υψηλή θερμοκρασία προς μια ψυχρότερη μέχρι όλο το υγρό ή το αέριο να αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία. **( )**

9) Τα σώματα που βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία ακτινοβολούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διάφορα μήκη κύματος. **( )**

10) Μια σκουρόχρωμη επιφάνεια θερμαίνεται πιο γρήγορα αλλά και ψύχεται πιο γρήγορα από μια ανοιχτόχρωμη επιφάνεια. **( )**

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

1) Όταν πιάνουμε το μεταλλικό σκελετό ενός τραπεζιού,
α) τότε μεταφέρεται αργά θερμοκρασία από το χέρι μας προς αυτό.
β) η μεταφορά της θερμότητας γίνεται πολύ αργά και η θερμοκρασία του χεριού μας παραμένει σχεδόν σταθερή.
γ) λόγω της μεγάλης αγωγιμότητας του μετάλλου μεταφέρεται γρήγορα θερμότητα από το χέρι μας προς αυτό.
δ) λόγω διαφορετικής θερμοκρασίας, ο μεταλλικός σκελετός έχει μικρότερη θερμοκρασία από την ξύλινη επιφάνεια του τραπεζιού.

2) Η Θέρμανση - ψύξη ενός σώματος γίνεται:
α) μόνο με αγωγή.
β) μόνο με ρεύματα μεταφοράς.
γ)μόνο με ακτινοβολία.
δ) με όλους τους παραπάνω τρόπους.

3) Κατά την επαφή δυο σωμάτων που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία:
α) μεταφέρεται θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία στο σώμα που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία.
β) έχουμε πάντα θερμική ισορροπία.
γ) δεν μεταφέρεται θερμότητα.
δ) μεταφέρεται αυθόρμητα θερμότητα από το ψυχρότερο στο θερμότερο σώμα.

4) Κάθε μάλλινο, πουλόβερ ή κουβέρτα,
α) είναι πηγή θερμότητας.

β) είναι μονωτής και εμποδίζει τη θερμική ενέργεια να διαφύγει πολύ γρήγορα προς το περιβάλλον.
γ) έχει μεγάλη αγωγιμότητα.
δ) απορροφά θερμότητα.

5) Στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης των πολυκατοικιών μεταφέρονται ποσά θερμότητας από το λέβητα του καλοριφέρ στα διαμερίσματα, μέσω του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων άρα έχουμε θέρμανση:
α) με ακτινοβολία.
β) με ρεύματα μεταφοράς.
γ) με αγωγή.
δ) με τίποτα από τα παραπάνω.

6) Κατά τη θέρμανση ή την ψύξη με ακτινοβολία,
α) απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διαμεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου.
β) η ενέργεια μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο χωρίς να έχουμε εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.
γ) τα σώματα δεν μπορούν να θερμανθούν με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
δ) χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η θέρμανση της γης από τον ήλιο μέσω της ορατής (φως) και της αόρατης, δηλαδή της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

7) Όταν η θερμοκρασία του σώματος είναι ίση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος,
α) τότε το σώμα δεν ακτινοβολεί ενέργεια.
β) τότε η ενέργεια (θερμότητα) που ακτινοβολεί το σώμα προς το περιβάλλον του κάθε δευτερόλεπτο, είναι ίση με την ενέργεια που απορροφά με ακτινοβολία από αυτό στον ίδιο χρόνο.
γ) η θερμική ενέργεια του σώματος, μειώνεται.
δ) το σώμα δεν διαθέτει ενέργεια.

8) Κατά τη λειτουργία του ηλεκτρικού λαμπτήρα πυράκτωσης τα σώματα που βρίσκονται γύρω από αυτόν θερμαίνονται διότι:
α) ο λαμπτήρας ακτινοβολεί φως.
β) ο λαμπτήρας βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα και τον θερμαίνει.

γ) ρεύματα μεταφοράς του αέρα μεταφέρουν τη θερμότητα στα ψυχρότερα μέρη του χώρου.
δ) με όλους τους παραπάνω τρόπους.



9) Ο κύριος στη φωτογραφία θερμαίνεται,
α) με ακτινοβολία.
β) με ρεύματα μεταφοράς.
γ) με αγωγή.
δ) δε θερμαίνεται.

10) Μεγαλύτερη ενέργεια έχουν,
α) τα κόκκινα φωτόνια.
β) τα μπλε φωτόνια.
γ) τα φωτόνια της υπέρυθρης ακτινοβολίας.
δ) κανένα από τα παραπάνω, γιατί η ενέργεια ακτινοβολίας δε μεταφέρεται με φωτόνια.

Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού

1) Το νερό, ο πάγος και το χιόνι σε σύγκριση με τα μέταλλα συμπεριφέρονται σαν .....

2) Θέρμανση - ψύξη με ..... έχουμε στις περιπτώσεις που δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Τότε θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται σε ..... θερμοκρασία μεταφέρεται στο σώμα που βρίσκεται σε ..... θερμοκρασία.

3) Στη Θέρμανση - ψύξη με μεταφορά, οι ζεστές αέριες μάζες, δηλαδή ο ζεστός άνεμος, προερχόμενος από μια περιοχή με .....

θερμοκρασία θερμαίνει μιαν άλλη που έχει …… θερμοκρασία. Με τον ίδιο επίσης τρόπο στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης των πολυκατοικιών μεταφέρονται ποσά …….. από το λέβητα του καλοριφέρ στα διαμερίσματα, μέσω του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων.

4) Τα μάλλινα ρούχα παγιδεύουν μέσα σε μικρές κοιλότητες (πόρους), αέρα, αποτρέποντας τη δημιουργία …… μεταφοράς. Για αυτό και τα μάλλινα ρούχα μας «ζεσταίνουν» το χειμώνα.

5) Για τη θέρμανση ή την ψύξη με ακτινοβολία δεν είναι προϋπόθεση η διαμεσολάβηση κάποιου …….. μέσου. Η ενέργεια μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο μέσω …… ακτινοβολίας ακόμα και στο κενό.

6) Η ενέργεια ακτινοβολίας περιλαμβάνει τόσο …….. ενέργεια όσο και ……...

7) Η θερμότητα διαδίδεται κυρίως με την …….. ακτινοβολία

Κεφαλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1) (Σ) 2) (Σ) 3) (Λ) 4) (Σ) 5) (Σ) 6) (Λ) 7) (Σ) 8) (Σ) 9) (Λ) 10) (Σ)

1) δ. 2) δ 3) α) 4) α) 5) γ) 6) δ) 7) α) 8) β) 9) Α) 10) γ) 11) δ) 12) δ) 13) δ) 14) γ)

1) φαινόμενα.
2) φυσικό
3) πείραμα
4) φυσικά
5) σύγκρισή, ομοειδές, μονάδα, αριθμητική
6) 10-8
7) ίσα, περίοδος
8) $\frac{4}{3}$ π·r3.

Ενοτητα 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΙΝΗΣΕΙΣ

2.1 Περιγραφή της κίνησης

1)) (Σ)2) (Λ)3) (Σ)4) (Λ) 5) (Λ)6) (Σ)7) (Σ)8) (Σ)9) (Σ)10) (Λ)11) (Λ)12) (Λ) 13) (Σ)

1)β) 2) α) 3) δ) 4) α) 5)γ) 6)γ)7) γ)8) α) 9)β) 10) β) 11)δ) 12) α)

1) κατεύθυνση
2) Μονόμετρα, όγκος, πυκνότητα, θερμοκρασία, κατεύθυνση, διανυσματικό, διανυσματικό.
3) Γη
4) τροχιά
5) Ευθεία, κυκλική, σπειροειδής
6) αρνητικό
7) πότε, πόσο διαρκεί
8) απόσταση, μονάδα
9) 12cm,2 cm,-2 cm,-4 cm,+5 cm.

2.2 Η έννοια της ταχύτητας

1) (Σ)2) (Λ)3) (Λ)4). (Σ)5) (Λ)6) (Σ)7) (Σ)8) (Λ)9) (Λ)10) (Σ)

1) δ) 2) α) 3) α) 4) δ) 5) γ) 6) γ) 7) β) 8) β) 9) γ)10) α)

1) μήκος, χρόνο
2) km/h
3) μέση ταχύτητα
4) πρόσημο
5) συντεταγμένη, θετικό
6) θετική, άξονα
7) γρήγορα, προς τα πού
8) 1m/s,
9) διανυσματικό, διανυσματική, διανυσματικό
10) διανυσματικό, μέτρο, κατεύθυνση
11) $\vec{\upsilon} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$

2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα
2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Σ)6) (Λ) 7) **(Σ)** 8) **(Λ)**

1) α)2)β) 3)β) 4)β) 5) α) 6) β) 7)α) 8) β) 9) α) 10)β)11)β) 12)β) 13)γ) 14) β)

1) $\frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$
2) ευθύγραμμη, ομαλή, κίνηση
3) ευθεία, γραμμή
4) ανάλογες
5) μεταβολής, μετατόπισης, μηδέν
6) x2-x1
7) μέτρο, κατεύθυνση

Ενοτητα 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΔΥΝΑΜΕΙΣ

3.1 Η έννοια της δύναμης

1) (Σ) 2) (Σ) 3) (Λ) 3) (Σ)4) (Λ)5) (Σ)6) (Λ)7) (Σ)8) (Λ)**9) (Σ)**10) (Λ)11) (Σ)12) (Σ)13) (Λ)14) (Σ)15) (Σ)16) (Σ)17) (Λ)18) (Λ)19) (Σ) 20) (Σ)

1) γ) 2) β) 3) β) 4) α)5) β) 5) δ) 6) δ) 7) γ)

1) δύναμη
2) 1N
3) Ταχύτητας, παραμορφώσεις, δύναμη
4) πλαστικές, ελαστικές
5) παραμορφώσεις, ανάλογες, F=k·x, σκληρότητας, σταθερά.
6) Δυο, μέτρο, κατεύθυνσή, διανυσματικό.

3.2 Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο. (Το βάρος w και η τριβή Τ).

1) (Λ)2) (Σ)3) (Σ)4) (Σ)5) (Λ)6) (Λ)7) (Σ)8) (Σ)9) (Λ)10) (Σ)11) (Λ)12) (Σ)13) (Λ)

1)β) 2) β) 3)β) 4) α) 5) γ)

1) μικρότερη
2) 1/6
3) Τ=μ·Ν, συντελεστής τριβής ολίσθησης, φύση, αδιάστατο.
4) Α, Β, Δ, Γ.

3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων

1) (Λ)2) (Σ)3) (Σ)4) (Λ)5) (Σ)6) (Σ)7) (Λ)8) (Σ)9) (Σ)10) (Σ)

1) β) 2) α) 3) γ) 4) α) 5) γ) 6) β) 7) δ)

1) μεταβολή
2) Συνισταμένη, δυο, μηχανικό, σύνθεση.
3) κατεύθυνση, κατεύθυνση , μέτρων, αντίθετη, μεγαλύτερης, διαφορά, ίσα, μηδέν.
4) Κανόνα, παραλληλογράμμου, $\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\sigma\upsilon\nu\phi}$, $\frac{F_2\eta\mu\phi}{F_1+F_2\sigma\upsilon\nu\phi}$, Fολ, F1.
5) συνιστώσες, αντικατάσταση, δυο,

3.4 Δύναμη και ισορροπία

1ος νόμος του Νεύτωνα

3.5 Ισορροπία υλικού σημείου

1) (Λ)2) (Σ)3) (Σ)4) (Λ)5) (Σ)6) (Σ)7) (Λ)8) (Λ)9) (Σ)10) (Σ)11) (Λ)12) (Σ).

1)**δ) 2.** α) 3. β) 4. γ) 5) δ) 6) β) 7) γ) 8)β) 9) δ) 10)β)

1. μεταβολή
2σταθερή, δύναμη
3. ακινησίας, ομαλή
4. μεταβολή, κινητική, $\vec{F}$ολικό = 0, μηδέν, μηδέν
5. ακινησία, διάφορο, μηδενός.

3.6 Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας

$2^{ος}$ νόμος του Νεύτωνα

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4). (Λ)5) (Λ)6) (Σ)7) (Σ)8) (Λ)

1. γ) 2. α) 3. δ. 4) γ) 7) β) 8)β)9) α)

1. μεταβολή
2. αδράνειας, δυσκολότερα, ευκολότερα
3. μονόμετρο, διανυσματικό
4. επιτάχυνση, δύναμη, μάζα
5. ελκτική, Γη, w=m·g
6. 10 m/s2, προς τα δεξιά, 30N προς τα κάτω, 5Kg.

3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση

$3^{ος}$ νόμος του Νεύτωνα

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Λ)6). (Σ)7) Λ)8) (Σ)9). (Λ)10) (Σ)11) (Λ)12) (Σ)13) (Σ)

1)β) 2. β) 3) β)4)β) 5) γ) 6) α) 7) δ)

1. δράση, αντίθετης , αντίδραση
2. μικρότερη, αντίθετες, μεγαλύτερη, ακίνητη
3. ίση
4. 800N

Ενοτητα 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΙΕΣΗ

ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

4.1 Πίεση

1. (Σ)2. (Σ)3. (Λ)4. (Λ)

1. γ) 2. β) 3. α) 4. γ) 5. α)

1. 20N/cm2
2. Κάθετα, $\frac{N}{m^2}$
3. Μεγάλου
4. Α1

4.2 Υδροστατική πίεση

1. (Σ)2. (Λ)3. (Λ)4. (Σ).5. (Λ)6. (Σ)7. (Σ)8. (Σ)

1. β) 2. δ) 3. α) 4. δ)5. α) 6. γ) 7. α)

1. βαρύτητα
2. μικρότερη, μικρότερο
3. κατεύθυνση
4. μεγαλύτερο, μεγαλύτερη, μεγαλύτερο

5. αρχή, συγκοινωνούντων, δοχείων.

4.3 Ατμοσφαιρική πίεση

1. (Σ)2. (Λ)3. (Σ).4. (Λ) 5. (Σ)

1. β) 2. α) 3. β) 4. γ)
……..

1. 1 atm.
2. μηδέν
3. υδράργυρο
4. οινόπνευμα

4.4 Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά. Αρχή του Πασκάλ

1. (Σ)2. (Λ)3. (Λ)

1. α) 2. δ) 3. β)

1. ατμοσφαιρική, μεταδίδεται
2. υψηλή, Pascal.

4.5 Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη

4.6 Πλεύση

1. (Σ)2. (Λ)3. (Λ) 4. Λ) 5. (Σ)6. (Σ).7. (Λ) 8. (Σ)9. (Σ)

1α) 2. γ) 3. γ) 4. α) 5. α) 6. δ) 7. α)

1. διαφορετική
2. βάρος, ελαττώνεται.
3. κατακόρυφη, άνωση, βάρος.
4. αυξάνεται, μέγιστη, βάθος
5. βάρος
6. άνωση, άνωση.

Ενοτητα 1: Μηχανική

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Ενέργεια

5.1 Έργο και Ενέργεια

1) (Σ)2) (Λ)3). (Λ)4). (Σ)5) (Σ) 6) (Λ)7) (Λ)8) (Σ) 9) (Σ)10) (Λ)11) (Λ)12) (Σ) 13) (Σ)

1) β) 2) γ) 3) δ) 4) Δ) 5) β. 6) γ7) α) 8) β) 9) β)
σε άλλη, αλλά κατά τις μετατροπές της η συνολική ενέργεια .....

1. μορφές, διατηρείται
2) μεταφορά, μετατροπή
3) 1 m, κατεύθυνση
4) κατεύθυνση, μηδέν.
5) ύψος
6) μηδέν

5.2 Δυναμική-Κινητική ενέργεια. Δύο βασικές μορφές ενέργειας

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Λ)5) (Σ)6) (Λ)7) (Σ)8) (Λ)9) (Σ)

1) α) 2) α. 3) δ. 4) α) 5) γ)

1) αντίθετη
2) ηλεκτρική, ηλεκτρικής
3) κινητική
4) ελαστική δυναμική,
5) φυσικό

5.3 Η μηχανική ενέργεια και η διατήρηση της

1) (Σ)2) (Σ) 3) Σ) 4) (Σ) 5) (Λ)6) (Σ)7) (Λ)8) (Σ)

1) γ. 2) γ. 3) α. 4) δ)

1)βάρους
2) μειώνεται
3) βαρυτικές, ηλεκτρικές, ελαστικής
4) α) 0, β) 18, γ)18, δ) 12, ε) 18, ζ)18, η) 0, θ)18.

5.4 Μορφές και μετατροπές ενέργειας

5.5 Διατήρηση της ενέργειας

5.6 Πηγές ενέργειας

1) (Σ)2) (Σ)3) Λ)4) (Σ)5) (Λ)6) (Σ)7) (Λ)8) (Σ)

1) γ. 2) γ) 3) α) 4) α) 5) β) 6) δ) 7) α)
1) Η δυναμική ενέργεια που οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των ατόμων που σχηματίζουν τα μόρια των χημικών ενώσεων ονομάζεται .....ενέργεια

1) χημική
2) θερμική
3) κινητική, δυναμική
4) ηλεκτρική
5) θερμική, τριβής
6) σταθερή
7) Ήλιο
8) υδροηλεκτρικών, δυναμική
9) γεωθερμική

5.7 Απόδοση μιας μηχανής

5.8 Ισχύς

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Σ)

1) α. 2) δ) 3) α) 4) δ. 5) α. 6) β) 7) γ) 8) δ) 9) β)

1) μικρότερη
2) χρόνο
3) του έργου
4) 400W, 320W
5) ενέργειας, 3.600.000

Ενοτητα 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Θερμότητα

6.1 Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας

1) (Λ)2) (Σ)3) (Σ)4) (Λ)

1) α. 2) γ) 3) β)

1) θερμόμετρα

2) ζεστό, κρύο
3) -273, μηδέν
4) 300, 80,6

6.2 Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας
6.3 Πως μετράμε τη θερμότητα

1) (Σ)2) (Λ)3) (Λ)4) (Σ) 5) (Λ)6) (Σ)7) (Σ)

1) δ. 2) δ) 3) δ) 4) α) 5) α) 6) δ) 7) γ)

1) ενέργεια, θερμοκρασίας
2) 1 ^{0}C, 14,5^{0}C, 15,5^{0}C
3) ισορροπία
4) θερμότητας, διπλάσια
5) θερμότητα, υλικό

6.4 Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος.

1) (Σ)2) (Λ)3) (Λ) 4) (Σ) 5) (Σ)5) (Σ)6) (Λ)7) (Λ)8) (Σ)9) (Λ)10) (Λ)11) (Σ)
12) (Λ)

1)β) 2) α) 3) γ) 4) δ) 5) δ) 6) α) 7) β) 8) β) 9) α) 10) α) 11) β)
1) Η θερμοκρασία ενός σώματος αποτελεί μέτρο της μέσης …….. ενέργειας των μορίων του.

1) κινητικής
2) μεγαλύτερη
3) εσωτερική
4) Q=ΔU+W, ενέργειας.
5) σφαίρες, άτακτα, κινητική
6) ταλαντώνονται
7) θερμοκρασίας
8) κινητική, δυναμική, κινητικής, δυναμικής
9) θερμική
10) θερμότητα
11) μικρότερο
12) 100, εξολοκλήρου
13) υποβάθμιση

6.5 Θερμική διαστολή και συστολή.

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Λ)6). (Λ)7) (Σ) 8)(Σ)9 (Λ)

1)α) 2) γ) 3) α) 4).δ 5) γ) 6) β)

1) διπλάσια
2) υλικό, 1 m3
3) δυσκολότερα
4) πίεσή
5) $\frac{1}{273}$
6) μικρότερο, μεγαλύτερη.

Ενοτητα 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

7.1 Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα

1) (Λ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Λ)6). (Σ)7) (Λ)8) Σ) 9) (Σ)

1) δ) 2) α) 3) γ) 4) γ) 5) β) 6) β) 7) δ)

1) υγρό, τήξη, σταθερή, εξάτμισης, βρασμού
2) υλικό, σταθερά
3) υγροποίηση, βρασμού
4) εξαέρωσης, εξάτμιση, βρασμός
5) $\frac{Q}{m}$,1 $\frac{J}{Kg}$
6) στερεή, αέρια, υγρή

7.2 Μικροσκοπική μελέτη των αλλαγών κατάστασης

7.3 Εξάτμιση και συμπύκνωση

1) (Σ)2) (Σ)3) (Λ)4) (Σ)5) (Λ)6) (Λ)7) Σ)8) (Σ)

1) β) 2) γ) 3) β) 4) α) 5) α) 6) β) 7) γ) 8) δ. 9) α)

1) εσωτερικής, μεγαλύτερη, εσωτερική
2) σταθερή, μεταβάλλεται
3) μεγαλύτερο, μικρότερη
4) επιφάνεια, οποιαδήποτε
5) ψύξης

Ενοτητα 2: Θερμότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

8.1 Διάδοση θερμότητας με αγωγή

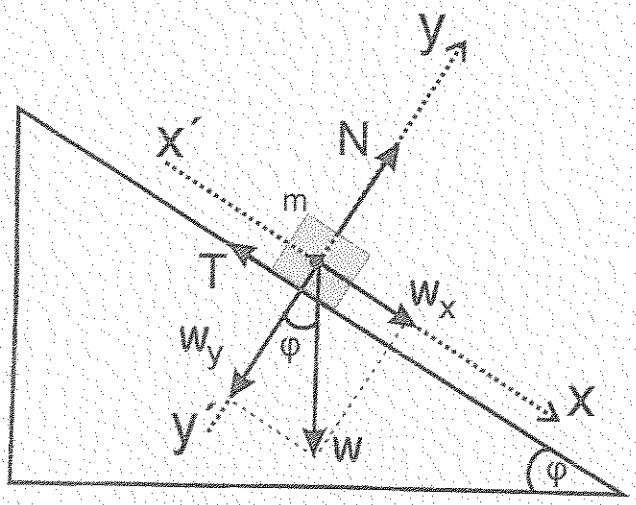
8.2 Διάδοση θερμότητας με ρεύματα

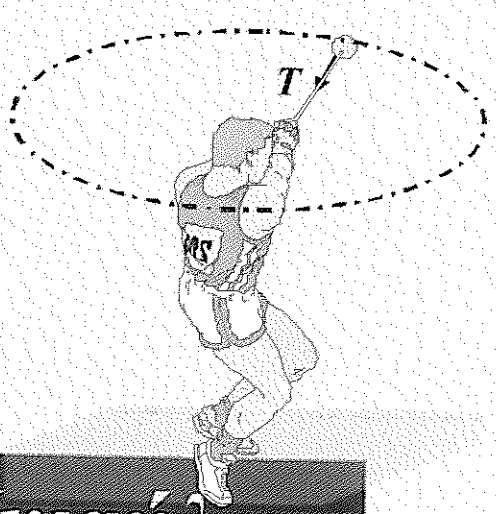
8.3 Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

1) (Λ)2) (Λ)3) (Σ)4) (Σ)5) (Σ)6) (Σ)7) (Λ)8) (Σ) 9) (Σ)10) (Σ)

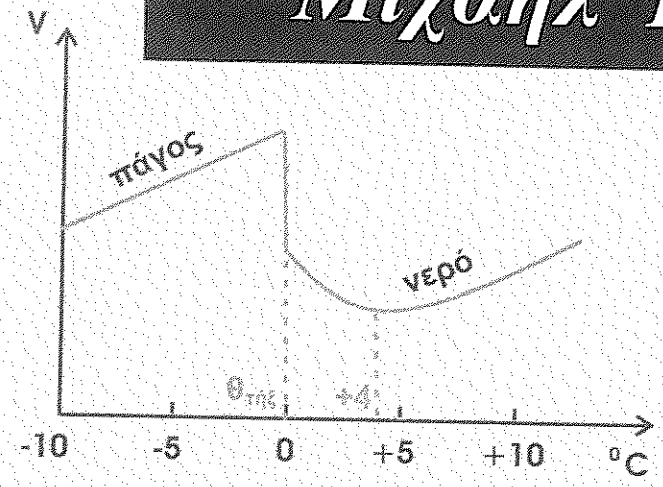
1) γ) 2) δ) 3) α) 4) β) 5) β) 6) δ) 7) β) 8) δ) 9) α) 10) β)

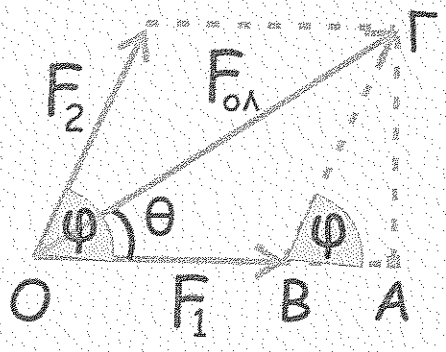
1) μονωτές
2) αγωγή, υψηλότερη, χαμηλότερη
3) υψηλή, χαμηλή, θερμότητας
4) ρευμάτων
5) υλικού, ηλεκτρομαγνητικής
6) φωτεινή, θερμότητα
7) υπέρυθρη





Μιχαήλ Π. Μιχαήλ





ΦΥΣΙΚΗ
Β΄ Γυμνασίου
Λύσεις των ασκήσεων του βιβλίου

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ασκήσεις

1) α) $12\,cm = 12 \cdot 10^{-2}\,m = 0,12\,m$

β) $5\,mm = 5 \cdot 10^{-3}\,m = 0,005\,m$

2α) $2\,m = 2 \cdot 10^{2}\,cm = 200\,cm$

β) $5\,mm = 5 \cdot 10^{-3}\,m = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{2}\,cm = 5 \cdot 10^{-1}\,cm = 0,5\,cm$

γ) $5\,Å = 5 \cdot 10^{-10}\,m = 5 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{2}\,cm = 5 \cdot 10^{-8}\,cm$

δ) $10^{-3}\,km = 10^{-3} \cdot 10^{3}\,m = 1\,m$

3α) $5\,cm = 5 \cdot 10^{-2}\,m = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{3}\,mm = 5 \cdot 10\,mm = 50\,mm$

β) $2\,nm = 2 \cdot 10^{-9}\,m = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{3}\,mm = 2 \cdot 10^{-6}\,mm$

γ) $10^{-9}\,m = 10^{-9} \cdot 10^{3}\,mm = 10^{-6}\,mm$

δ) $0,0002\,km = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{3}\,m = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{3}\,mm = 200\,mm.$

4α) $2\,cm = 2 \cdot 10^{-2}\,m = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{6}\,\mu m = 2 \cdot 10^{4}\,\mu m$

β) $2\,mm = 2 \cdot 10^{-3}\,m = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{6}\,\mu m = 2 \cdot 10^{3}\,\mu m$

γ) $2\,nm = 2 \cdot 10^{-9}\,m = 2 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{6}\,\mu m = 2 \cdot 10^{-3}\,\mu m$

δ) $2\,Å = 2 \cdot 10^{-10}\,m = 2 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{6}\,\mu m = 2 \cdot 10^{-4}\,\mu m$

ε) $2\,m = 2 \cdot 10^{6}\,\mu m$

στ) $2\,km = 2 \cdot 10^{3}\,m = 2 \cdot 10^{9} \cdot 10^{6}\,\mu m = 2 \cdot 10^{9}\,\mu m$

5) α) $2\text{Å} = 2 \cdot 10^{-10}\,m = 2 \cdot 10^{-10} \cdot 10^{9}\,nm = 0,2\,nm$

β) $1\mu m = 10^{-6}\,m = 10^{-6} \cdot 10^{9}\,nm = 10^{3}\,nm = 1.000\,nm$

γ) $10^{6}\,mm = 10^{6} \cdot 10^{-3}\,m = 10^{3} \cdot 10^{9}\,nm = 10^{12}\,nm$

δ) $10^{-5}\,km = 10^{-5} \cdot 10^{3}\,m = 10^{-2} \cdot 10^{9}\,nm = 10^{7}\,nm$

ε) $3\,m = 3 \cdot 10^{+9}\,nm.$

6) α) $5m$; $4 \cdot 10^{-3}\,km = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{3}\,m = 4\,m$ άρα $5m > 4 \cdot 10^{-3}\,km$

β) $2\,km = 2 \cdot 10^{3}\,m$; $4 \cdot 10^{9}\,\mu m = 4 \cdot 10^{9} \cdot 10^{-6}\,m = 4 \cdot 10^{3}\,m$

άρα $2\,km < 4 \cdot 10^{9}\,\mu m$

γ) $2 \cdot 10^{-3}\,cm = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}\,m = 2 \cdot 10^{-5}\,m$

; $54\,\mu m = 54 \cdot 10^{-6}\,m = 5,4 \cdot 10^{-5}\,m$

άρα $2 \cdot 10^{-3}\,cm < 54\,\mu m$

δ) $10^{4}\,m$; $10\,km = 10 \cdot 10^{3}\,m = 10^{4}\,m$ άρα $10^{4}\,m = 10\,km.$

7) Η διάμετρος (δ) είναι το διπλάσιο της ακτίνας (r).

Άρα $\delta = 2r$ ή $r = \frac{\delta}{2}$. Όμως $\delta = 0,5\,cm =$

$= 0,5 \cdot 10^{2}\,m = 0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{3}\,mm = 0,5 \cdot 10\,mm = 5\,mm$

Τότε $r = \frac{5}{2}$ ή $r = 2,5\,mm.$

8) Από τη σχέση $S = 2\pi r$ προκύπτει

$r = \frac{S}{2\pi} = \frac{12\pi}{2\pi}\,cm = 6\,cm$. Όμως $r = 6\,cm =$

$= 6 \cdot 10\,mm = 60\,mm$

9) $R_\Gamma = 6.400\,km = 6.400 \cdot 10^3\,m$ ή $64 \cdot 10^5\,m$

Άρα $R_\Gamma = 64 \cdot 10^5\,m = 64 \cdot 10^5 \cdot 10^2\,cm = 64 \cdot 10^7\,cm$.

10) α) $2h = 2 \cdot 3600\,s = 7.200\,s$

β) $500\,ms = 500 \cdot 10^{-3}\,s = 0,5\,s$

γ) $10^6\,\mu s = 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot s = 1\,s$

δ) $10^{-2}\,ns = 10^{-2} \cdot 10^{-9}\,s = 10^{-11}\,s$

ε) $\frac{1}{8}\,h = \frac{1}{8} \cdot 3600\,s = 450\,s$

στ) $12\,min = 12 \cdot 60\,s = 720\,s$

ζ) $\frac{1}{6}\,d = \frac{1}{6} \cdot 24\,h = 4 \cdot 3600\,s = 14.400\,s$

11) α) $5\,s = 5 \cdot \frac{1}{60}\,min = \frac{1}{12}\,min$

β) $5\,ms = 5 \cdot 10^{-3}\,s = 5 \cdot 10^{-3}\,\frac{1\,min}{60} = \frac{1}{12.000}\,min$

γ) $5\,\mu s = 5 \cdot 10^{-6}\,s = 5 \cdot 10^{-6}\,\frac{1\,min}{60} = \frac{1}{12.000.000}\,min$

δ) $5\,ns = 5 \cdot 10^{-9}\,s = 5 \cdot 10^{-9}\,\frac{1\,min}{60} = \frac{1}{12} \cdot 10^{-9}\,min$

ε) $5\,h = 5 \cdot 60\,min = 300\,min$

στ) $5\,d = 5 \cdot 24\,h = 120 \cdot 60\,min = 7.200\,min$

12) α) $12\,min = 12 \cdot \frac{1}{60}\,h = \frac{1}{5}\,h = 0,2\,h$

β) $12\,s = 12 \cdot \frac{1}{3600}\,h = \frac{1}{300}\,h$

γ) $8\,\mu s = 8 \cdot 10^{-6} \cdot s = 8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{3600}\,h = \frac{1}{450} \cdot 10^{-6}\,h$

13) $t = 0,5\,s = 0,5 \cdot 10^{3}\,ms = 500\,ms$

14) $g = 10\,\frac{m}{s^2} = 10 \cdot \frac{10^{-3}\,km}{\left(\frac{1}{3600}\,h\right)^2} = 10^{-2} \cdot 3600^2\,\frac{km}{h^2} =$

$= 1296 \cdot 10^{2}\,\frac{km}{h^2}$ ή $12,96 \cdot 10^{4}\,\frac{km}{h^2}$

15)

$$\begin{array}{r} 3\,h\ \ 55\,min\ \ 60\,sec \\ -\ 1\,h\ \ 10\,min\ \ 40\,sec \\ \hline 2\,h\ \ 45\,min\ \ 20\,sec \end{array}$$

Το ρεκόρ του Δροκέτ είναι:

16)

$$\begin{array}{r} 12\,h\ \ 11\,min\ \ 75\,sec \\ -\ 10\,h\ \ 10\,min\ \ 20\,sec \\ \hline 2\,h\ \ 4\,min\ \ 55\,sec \end{array}$$ ή

$2\,h = 2 \cdot 3600 = 7.200\,sec$

$4\,min = 4 \cdot 60 = 240\,sec$ Άρα το ρεκόρ του αθλητή είναι $7.200\,sec + 240\,sec + 55\,sec$

ή $7495\,s$

17) a) $3h = 3 \cdot 60 min = 180 min$

ni $180 min = 180 \cdot 60 s = 10.800 s$

b) $12 cm = 12 \cdot 10 mm = 120 mm$

$12 cm = 12 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{9} nm = 12 \cdot 10^{7} nm.$

$5 cm = 5 \cdot 10 mm = 50 mm$

$5 cm = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{9} nm = 5 \cdot 10^{7} nm$

18) $T = 12h = 12 \cdot \frac{1}{24} d = 0,5 d$

$T = 12h = 12 \cdot 60 min = 720 min$

19) a) $2,8 tn = 2,8 \cdot 10^{3} kg = 2.800 kg$

b) $2.000 mg = 2 \cdot 10^{3} \cdot 10^{-3} g = 2 \cdot 10^{-3} kg = 0,002 kg$

γ) $1250 g = 1250 \cdot 10^{-3} kg = 1,25 kg$

δ) $10^{6} kg = 10^{6} \cdot 10^{-6} g = 1 \cdot 10^{-3} kg = 0,001 kg$

ε) $0,0056 tn = 56 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{3} kg = 56 \cdot 10^{-1} kg = 5,6 kg$

20) $m_1 = 0,3 kg = 300 g$

$m_2 = 600 g$

$m_3 = 0,4 \cdot 10^{6} \cdot 10^{-3} g = 0,4 \cdot 10^{3} g = 400 g$

$m_4 = 0,0002 tn = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{3} kg = 2 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{3} g = 2 \cdot 10^{2} g =$

$= 200 g$

21) Μεγαλύτερη αδράνεια, έχει το σώμα με τη μεγαλύτερη μάζα. Το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος είναι η μάζα του.
Άρα $m_1 = 0,025\ kg = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3\ g = 25\ g$
$m_2 = 140\ g > m_1$. Δηλαδή το Σ2 έχει μεγαλύτερη αδράνεια από το Σ1.

22) $M_\Gamma = 6 \cdot 10^{24}\ kg = 6 \cdot 10^{24} \cdot 10^3\ g = 6 \cdot 10^{27}\ g$

23) $M_\Gamma = 6 \cdot 10^{27}\ g = 6 \cdot 10^{27} \cdot 10^{-3}\ kg = 6 \cdot 10^{24} \cdot 10^{-3}\ tn =$
$= 6 \cdot 10^{21}\ tn$.
Τότε $M_E = \frac{4}{100} \cdot 6 \cdot 10^{21} = 24 \cdot 10^{19}\ tn$.

24) α) $0,02\ km^2 = 2 \cdot 10^{-2} (10^3\ m)^2 = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^6\ m^2 =$
$= 2 \cdot 10^4\ m^2$

β) $2.000\ cm^2 = 2 \cdot 10^3 (10^{-2}\ m)^2 = 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-4}\ m^2 = 0,2\ m^2$

γ) $4 \cdot 10^3\ mm^2 = 4 \cdot 10^3 (10^{-3}\ m)^2 = 4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}\ m^2 = 4 \cdot 10^{-3}\ m^2 =$
$= 0,004\ m^2$.

25) α) $2,5\ m^2 = 2,5\ (10^2\ cm)^2 = 2,5 \cdot 10^4\ cm^2$

β) $10.000\ mm^2 = 10^4 (10^{-1}\ cm)^2 = 10^4 \cdot 10^{-2}\ cm^2 = 100\ cm^2$

γ) $0,001\ km^2 = 10^{-3} (10^5\ cm)^2 = 10^{-3} \cdot 10^{10}\ cm^2 = 10^7\ cm^2$

26) $A = \pi \cdot mm^2 = \pi \cdot (10^{-1} cm)^2 = 10^{-2} \pi cm^2 = \frac{\pi}{100} cm^2$

Όμως το εμβαδό της επιφάνειας διατομής του κυλινδρικού σώματος είναι $A = \pi r^2$ η'

$\frac{\pi}{100} cm^2 = \pi \cdot r^2$ η' $r^2 = \left(\frac{1}{10} cm\right)^2$ η' $r = \frac{1}{10} cm$ η'

$r = 0,1 cm.$

27) $E = a \cdot b = 0,8 \cdot 0,6 = 0,48 m^2$ η' $0,48 \cdot (10^2 cm)^2 =$

$= 0,48 \cdot 10^4 cm^2 = 4.800 cm^2.$

28) Το εμβαδό της ορθογώνιας πλάκας είναι

$E_{ορθ} = 20 cm \cdot 120 cm = 2400 cm^2$

Το εμβαδό της τετραγωνης πλάκας είναι

$E_{τετρ} = a^2 = 20^2 cm^2 = 400 cm^2$

- Το εμβαδό της ορθογώνιας πλάκας είναι μεγαλύτερο κατά $2.000 cm^2$ η' $\frac{2000}{400} \cdot 100\% = 500\%$ μεγαλύτερο.

- Βλέπαμε το εμβαδό της ορθογώνιας πλάκας είναι το $\frac{2400}{400} \cdot 100\% = 600\%$ του εμβαδού της τετραγωνης πλάκας.

29) α) $5\,m^3 = 5 \cdot 10^3\,\ell = 5.000\,\ell$

β) $224\,m\ell = 224 \cdot 10^{-3}\,\ell = 0,224\,\ell$

γ) $100\,dm^3 = 100\,\ell$

δ) $10.000\,cm^3 = 10^4 \cdot 10^{-3}\,\ell = 10\,\ell$

30) Η ακτίνα της μπάλας είναι $r = \frac{D}{2} = 11\,cm$.

Τότε ο όγκος της (όγκος σφαίρας) είναι

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (11\,cm)^3 =$$

$$= 4,18 \cdot 1331\,cm^3 = 5.563\,cm^3 \text{ ή } 5,563\,\ell$$

31) $V_K = \pi r^2 h = \pi (1\,cm)^2 \cdot 50\,cm = 50\pi\,cm^3$

ή $157\,cm^3$

32) $a = 0,25\,m$. Τότε $V = a^3 = (0,25\,m)^3 = 15,625 \cdot 10^{-3}\,m^3$

ή $V = 15,625\,\ell$

33) $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}\,m^3 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3\,\ell = 2\,\ell$

$V_2 = 4\,\ell$

$V_3 = 8 \cdot 10^3\,m\ell = 8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}\,\ell = 8\,\ell$

Άρα $V_3 > V_2 > V_1$

34) Το εμβαδό του χαλκινου φύλλου είναι $E_\varphi = 0,8 \cdot 1m^2 = 0,8m^2$

5 Δυνάμεις $m_\varphi = 3,6kg$ ή $3.600g$

Άρα τα $0,8m^2$ ζυγίζουν $3.600g$

E; $90g$

$$E = 0,8 \frac{9\cancel{0}}{36\cancel{0}} m^2 = \frac{0,8}{40} m^2 = \frac{1}{50} m^2$$

ή $\frac{1}{50} \cdot 10^4 cm^2 = 200 cm^2$

35) Ο όγκος του κυλίνδρου είναι $V_K = \pi R^2 h = 320\pi cm^3$ και είχε μάζα $m_K = 200g$.

Ο κυλινδρος ακτίνας $r = 1,2cm$ που αφαιρούμε είχε όγκο $V' = \pi r^2 h =$

$= 28,8\pi cm^3$. Άρα θα είχε μάζα

$m' = \frac{28,8\cancel{\pi}}{320\cancel{\pi}} \cdot 200 = 18g$. Τελικά ο κυλινδρος που απομένει (ο κούφιος κυλινδρος), είχε μάζα $m = m_K - m' = 200 - 18$ ή $m = 182g$

36) α) $\rho = 0,8 \frac{g}{cm^3} = 0,8 \frac{10^{-3} kg}{10^{-6} m^3} = 800 kg/m^3$

β) $\rho = 0,8 \frac{g}{cm^3} = 0,8 \frac{g}{10^{-3} l} = 800 \frac{g}{l}$

γ) $\rho = 0,8 \frac{g}{cm^3} = 0,8 \frac{10^{-3} kg}{10^{-3} l} = 0,8 \frac{kg}{l}$

δ) $\rho = 0,8 \frac{g}{cm^3} = 0,8 \frac{g}{ml}$. $(1 cm^3 = 1 ml)$

37) $\rho = 1.000 \frac{kg}{m^3} = 10^3 \frac{10^3 g}{10^6 cm^3} = 1 \frac{g}{cm^3}$

38) $\rho = \frac{m}{V} = \frac{800 g}{400 cm^3} = \frac{1}{5} \frac{10^{-3} kg}{10^{-3} l} = \frac{1}{5} \frac{kg}{l}$

$0,2 kg/l$

39) Ο όγκος της Γης είναι $V = \frac{4}{3} \pi R_Γ^3 =$

$= \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (64 \cdot 10^5 m)^3 =$

$= 10,975 \cdot 10^5 \cdot 10^{15} m^3 = 10,975 \cdot 10^{20} m^3$

Άρα $\rho = \frac{M}{V} = \frac{6 \cdot 10^{24} kg}{10,975\, 10^{20} m^3} = 5,47 \cdot 10^3 \frac{kg}{m^3}$

40) $\left.\begin{aligned} \rho_\Gamma &= \frac{M_\Gamma}{V_\Gamma} \\ \rho_E &= \frac{M_E}{V_E} \end{aligned}\right\}$ η' $\frac{\rho_\Gamma}{\rho_E} = \frac{\frac{M_\Gamma}{V_\Gamma}}{\frac{M_E}{V_E}}$ η'

η' $\frac{\rho_\Gamma}{\rho_E} = \frac{M_\Gamma \cdot V_E}{M_E \cdot V_\Gamma}$ η' $\frac{V_E}{V_\Gamma} = \frac{M_E}{M_\Gamma} \cdot \frac{\rho_\Gamma}{\rho_E}$ η'

$\frac{V_E}{V_\Gamma} = \frac{0,04 \cancel{M_\Gamma}}{\cancel{M_\Gamma}} \cdot \frac{\cancel{\rho_\Gamma}}{0,69 \cancel{\rho_\Gamma}} = \frac{0,04}{0,69} = \frac{4}{69}$

η' $\frac{V_\Gamma}{V_E} = \frac{69}{4} = 17,25$ η' $V_\Gamma = 17,25\, V_E$

Ο όγκος του Γη είναι περίπου 17 φορές ο όγκος του Ερμή.

41) $\rho_\Gamma = \frac{M_\Gamma}{V_\Gamma} = \frac{M_\Gamma}{\frac{4}{3}\pi R_\Gamma^3} = \frac{81 \cdot M_\Sigma}{\frac{4}{3}\pi (3,6 R_\Sigma)^3}$

η' $\rho_\Gamma = \frac{81 M_\Sigma}{\frac{4}{3}\pi R_\Sigma^3 \cdot 3,6^3} = \frac{81}{3,6^3} \frac{M_\Sigma}{V_\Sigma}$

η' $\rho_\Gamma = 1,73\, \rho_\Sigma$

42) Το βυθισμένο κομμάτι του σφαιριδίου έχει όγκο $V' = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3 =$

$= \frac{1}{8}\frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{8}\cdot V = \frac{4}{8} = 0,5\,\ell$

Έτσι η ποσότητα σφαίρας που προκύπτει έχει όγκου $V_K = V - V' = 4 - 0,5 = 3,5\,\ell$;

πυκνότητα $\rho = \frac{m}{V_K} = \frac{1400\,g}{3,5\,\ell} = 400\,\frac{g}{\ell}$

ή $400\,\frac{10^3\,kg}{10^3\,m^3} = 400\,\frac{kg}{m^3}$.

43) α) Αφού οι σφαίρες είναι από το ίδιο υλικό θα έχουν και την ίδια πυκνότητα ($\rho_A = \rho_B$)

β) Ισχύει $m_A = \rho_A V_A$ & $m_B = \rho_B V_B$

Επειδή $V_A > V_B$ και $\rho_A = \rho_B$ συμπεραίνουμε πως και $m_A > m_B$.

Κεφάλαιο 2. ΚΙΝΗΣΕΙΣ

2.1 Περιγραφή της κίνησης

Ασκήσεις

2) Η απάντηση εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς. Η θέση είναι έννοια σχετική και αναφέρεται πάντοτε, ως προς κάποιο σύστημα αναφοράς.

3) Το σώμα Β βρίσκεται 1m δεξιά του Α κι 3m αριστερά του Γ.

4) $x_A = -6\,m$

$x_B = 3\,m$

$x_\Gamma = 6\,m$

5) $\Delta x = x_2 - x_1 = 2 - (-5) = 2 + 5 = 7\,m$.

Το πρόσημο της μετατόπισης εξαρτάται κάθε από τη φορά της κίνησης. Εδώ η μετατόπιση είναι θετική (+7m). Άρα το σώμα κινείται προς τον θετικό ημιάξονα (εδώ προς τα δεξιά)

6) $\Delta x = x_B - x_A = 6 - (-4) = 6 + 4 = 10\,cm$

7) $\Delta x_1 = x_B - x_A = -1 + 3 = 2\,m$

$\Delta x_2 = x_\Delta - x_\Gamma = 2\,m$. Άρα $\Delta x_1 = \Delta x_2$.

Δυο μετατοπίσεις είναι ίσες όταν έχουν το ίδιο μέτρο, καθώς κι την ίδια κατεύθυνση (διεύθυνση και φορά).

8) α) $\Delta x = x_B - x_A$ ή $7 = x_B - (-5)$ ή $7 = x_B + 5$

ή $x_B = 7 - 5$ ή $x_B = 2\,cm.$

β) $\Delta x = x_\Gamma - x_A$ ή $-7 = x_\Gamma - (-5)$ ή $-7 = x_\Gamma + 5$

ή $x_\Gamma = -7 - 5$ ή $x_\Gamma = -12\,cm.$

9) α) $\Delta x = x_B - x_A$ ή $5 = x_B - (-2)$ ή $5 = x_B + 2$ ή

$x_B = 3\,cm$

β) Στη θέση Α το κινητό βρίσκεται
τη χρονική στιγμή $t_0 = 3\,s$ και τη
χρονική στιγμή $t = 3 + 5 + 2 + 10 = 20\,s$

10) $\Delta t_1 = 7,2 - 5,8 = 1,4\,sec$

$\Delta t_2 = 10,1 - 7,2 = 2,9\,sec$

11) α) $x = 150m$ ή $x = 250m$

β) $x = -100m$ ή $x = 500m$

γ) $x = -45m$ ή $x = 45m$

12)
$$\begin{array}{r} 3h\ 55min\ 60s \\ -\ 1h\ 10min\ 40s \\ \hline 2h\ 45min\ 20s \end{array}$$

13/ $\Delta x_1 = x_2 - x_1 = 3\,m$

$\Delta x_2 = -2 - 7 = -9\,m$

$\Delta x_3 = -2 + 5 = 3\,m$

$\Delta x_4 = 12 - 15 = -3\,m$

$\Delta x_5 = 2 - 0 = 2\,m$

$\Delta x_6 = -8 + 5 = -3\,m$

$\Delta x_7 = 5\,m$ Άρα ίσες είναι οι μετατοπίσεις

$\Delta x_1 = \Delta x_3$ & $\Delta x_4 = \Delta x_6$

14/ Όχι γιατί η θέση (x) είναι διανυσματικό μέγεθος. Πρέπει να καθορίσουμε και το προς τα πού;

15/ $\Delta x = x_B - x_A$ ή $-2 = x_B - 2$ ή $x_B = 0\,cm$

$\Delta y = y_B - y_A$ ή $6 = y_B - 4$ ή $y_B = 10\,cm$

Άρα η τελική θέση B είναι $B(0cm, 10cm)$.

16/ α) $\ell = \ell_1 + \ell_2 = 6 + 8 = 14\,m$

β) $d = \ell_1 - \ell_2 = 6 - 8 = -2\,m$ ή $d = \ell_2 - \ell_1 = 8 - 6 = 2\,m$

Στη δεύτερη περίπτωση η μετατόπιση d είχε πάντα τη φορά της μεγαλύτερης μετατόπισης (μεγαλύτερου μέτρου).

17) Ο άνδρωπος βρίσκεται σχεδόν 4m δυσκολα και 3m νόημα από εκείνον δεύτερο.

18) α) Αν οι μεταβολείς d_1 και d_2 έχουν την ίδια φορά ($\varphi = 0°$) τότε προκύπτει συνολική μεταβολή d με το μεγάλο μήκος (μέτρο)
Άρα $d = d_1 + d_2 = 3 + 4 = 7m$

β) Αν οι μεταβολείς d_1 και d_2 έχουν αντίθετη φορά ($\varphi = 180°$) τότε προκύπτει μεταβολή με το μικρότερο μήκος. Εδώ $d = d_2 - d_1 = 1m$.
Για οποιαδήποτε άλλη γωνία φ μεταξύ των μεταβολείων d_1 και d_2 προκύπτει μεταβολή με μέτρο $1 < d < 7m$

19) Ότι η χρονική διάρκεια Δt από τις 12:00 το βράδυ είναι $\Delta t = 22 - 12 = 10h$

20) $\Delta t_1 = 20 - 6 = 14s$
$\Delta t_2 = 62 - 28 = 34s$

21)
$$\begin{array}{r} 12h\ \ 14min\ \ 75sec \\ -\ 10h\ \ 10min\ \ 20sec \\ \hline 2h\ \ 4min\ \ 55sec \end{array}$$

22) a) $\Delta x = x_B - x_A$ ⇒ $20 = x_B + 10$ ⇒ $x_B = 10\,cm$

b) $t_0 = 5\,s$ e $t_1 = 5 + 4 + 8 + 7 = 24\,s$

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

2.2 Η έννοια της ταχύτητας
Ασκήσεις

Λύσεις των ασκήσεων

1) Ισχύει $υ_μ = \frac{s}{Δt}$ όπου s=200m και Δt=20s άρα έχουμε

$υ_μ = \frac{s}{Δt} = \frac{200}{20} = 10 m/s.$

2) Η ταχύτητα είναι 72Km/h$= \frac{72}{3,6} = 20$m/s και Δt=30min=30·60=1800s.

Ισχύει $υ_μ = \frac{s}{Δt} \Rightarrow s = υ_μ \cdot Δt \Rightarrow s = 20 \cdot 1800 \Rightarrow$ s=36000 m ή s=36Km.

3)α) Ισχύει $υ_μ = \frac{s}{Δt}$ όπου s=13+13=26m και $Δt=Δt_1=0,2$s άρα

$υ_μ = \frac{26}{0,2} = 130$ m /s.

β) $Δx=x_2-x_0=11-(-13)=24$m και $Δt=Δt_1+Δt_2+Δt_3=0,8$s

$υ = \frac{Δx}{Δt} = \frac{24}{0,8} = 30$m/s.

4)α) Γνωρίζουμε ότι για τη μέση διανυσματική ταχύτητα ισχύει $υ = \frac{Δx}{Δt} \Rightarrow$

$\Delta x = u \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta x = 10 \cdot 5 = 50m$. Επειδή η μετατόπιση είναι θετική , σημαίνει ότι το κινητό κινήθηκε προς τον θετικό ημιάξονα , της ευθείας των μετατοπίσεων .

β) Για την μετατόπιση Δx του κινητού έχουμε:
$\Delta x = x - x_o \Rightarrow 50 = x - (-10) \Rightarrow 50 = x + 10 \Rightarrow x = 50 - 10 \Rightarrow x = 40$ m .

5) Η σταθερή ταχύτητα του κινητού είναι κατά μέτρο 72 km/h ή $\frac{72}{3,6} = 20$ m/s. Επειδή η ταχύτητα είναι αρνητική το κινητό κινείται **προς** τον αρνητικό ημιάξονα της ευθείας των μετατοπίσεων και έχουμε :

$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = u \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta x = -20 \cdot 0,3 \cdot 60 = -360m.$

Για την μετατόπιση Δx του κινητού έχουμε: $\Delta x = x - x_o \Rightarrow x = x_0 + \Delta x \Rightarrow$
$\Rightarrow x = 120 - 360 \Rightarrow x = -240$ m.

6) $1260 \frac{km}{h} = \frac{1260}{3,6} \frac{m}{sec} = 350$ m/s άρα οι ταχύτητες είναι ίσες .

7) 20m/s = 20 . 3,6 = 72 km/h . Δηλαδή ο οδηγός του αυτοκινήτου έχει ξεπεράσει το όριο ταχύτητας και έτσι θα πρέπει να πληρώσει το πρόστιμο.

8)Επειδή ο συνολικός χρόνος είναι 2 sec, τότε ο χρόνος για να φτάσει το ηλεκτρομαγνητικό σήμα από τη γη στη σελήνη θα είναι μισός δηλ. t = 1 sec .

Έτσι για τη σταθερή ταχύτητα του φωτός θα έχουμε $c = u = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{s}{t} \Rightarrow$

$\Rightarrow s = u \cdot t = 3 \cdot 10^8$ m.

9) Επειδή η ταχύτητα του φωτός είναι πάρα πολύ μεγάλη τη στιγμή που βλέπουμε το φως από τον κεραυνό , εκείνη τη στιγμή αρχίζει να διαδίδεται και ο ήχος της βροντής με τη σταθερή ταχύτητα $u_{ηχ} = 340$ m/s . Έτσι είναι $u_{ηχ} = \frac{s}{t} \Rightarrow s = u_{ηχ} \cdot t \Rightarrow s = 340 \cdot 5 \Rightarrow S = 1700$ m ή 1,7 km.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ
Φυσικός

10) Για τα πρώτα 2 min θα έχουμε $\Delta x_1 = 2400m$
Για τα επόμενα 3 min είναι $\Delta x_2 = 0$ αφού το κινητό έχει σταματήσει . Τέλος για τα τελευταία 5 min έχουμε $\Delta x_3 = 9000$ m. Έτσι είναι $\Delta x_{ολ} = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = 11.400$ m ενώ $\Delta t = 2 + 3 + 5 = 10$ min $= 600$ sec. Τελικά έχουμε

$$υμ = \frac{s}{\Delta t} = \frac{11.400}{600} \Rightarrow υμ = 19 \text{ m/s ή } υμ = 68,4 \text{ km/h.}$$

11) Είναι $s_1 = u_1 \cdot \Delta t_1 = 80 \cdot 0,5 = 40$ km .
Όμοια $s_2 = u_2 \cdot \Delta t_2 = 40 \cdot 0,6 = 24$ km και
$s_3 = u_3 \cdot \Delta t_3 = 100 \cdot 0,9 = 90$ km άρα
$s = s_1 + s_2 + s_3 = 154$ km.

2.3 . Κίνηση με σταθερή ταχύτητα
2.4. Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

Ασκήσεις

1. Γνωρίζουμε ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση , η ταχύτητα είναι σταθερή και ισχύει για το μέτρο της $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή $\upsilon = \frac{x - x_0}{t - t_0}$ ή $x - x_o = \upsilon\,(t - t_o)$. Αν το t_o δεν μας το δίνουν ή δεν μας το ζητούν θα το θεωρούμε ίσο με το μηδέν ($t_o = 0$) .
Άρα ισχύει $x = x_o + \upsilon\, t$ ή $x = -10 + 10.5$ ή $x = -10 + 50$ ή $\mathbf{x = 40\ m}$.
Για την μετατόπιση Δx του κινητού έχουμε:
$\Delta x = x - x_o$ ή $\Delta x = 40 - (-10)$ ή $x = 40 + 10$ ή $\Delta x = 50\ m$. Επειδή η μετατόπιση είναι θετική , σημαίνει ότι το κινητό κινήθηκε προς τον θετικό ημιάξονα , της ευθείας των μετατοπίσεων .

Ακόμη η μετατόπιση Δx είναι δυνατό να υπολογιστεί και από τη σχέση $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή
ή $\Delta x = \upsilon \cdot \Delta t = \upsilon \cdot t$ ή $\Delta x = 10 \cdot 5 = 50m$.

2. Γνωρίζουμε πως ισχύει $x = x_o + \upsilon\ .\ t$. Η σταθερή ταχύτητα του κινητού είναι κατά μέτρο 72 km/h ή $\frac{72}{3,6} = 20\ m/s$. Επειδή η ταχύτητα είναι αρνητική το κινητό κινείται **προς** τον αρνητικό ημιάξονα της ευθείας των μετατοπίσεων και έχουμε :
$x = x_o + \upsilon \cdot t$ ή $x = 120 - 20 \cdot 0,3 \cdot 60$ ή $x = 120 - 360$ ή $x = -240\ m$.

3. Για την σταθερή ταχύτητα του κινητού στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση έχουμε :

$$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x - x_0}{\Delta t} = \frac{3 - (-3)}{0,2} = \frac{6}{0,2} = 30\ m/s.$$

4. α) Η μετατόπιση του κινητού , υπολογίζεται από το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραφική παράσταση $\upsilon\,(t)$ και του άξονα των χρόνων (t) . Έτσι έχουμε να υπολογίσουμε το εμβαδό τραπεζίου . Δηλαδή $\Delta x_{ολ} = E_{τρ} = \frac{B + \beta}{2}\,\upsilon = \frac{15 + 5}{2} \cdot 40$ ή $\Delta x_{ολ} = 400\ m$.

β) Σε χρόνο $\Delta t_{ολ} = \Delta t = 10\ s$ όπως υπολογίζουμε από το εμβαδό μέχρι και τη χρονική στιγμή $t = 10\ s$ έχουμε $\Delta x_{ολ} = \frac{10 + 5}{2} \cdot 40$ ή $\Delta x_{ολ} = 300m$. Άρα $\upsilon_\mu = \frac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = \frac{300}{10}$ ή
$\upsilon_\mu = 30\ m/s$.
γ) Από τη χρονική στιγμή $t = 5\ sec$ μέχρι και τη χρονική στιγμή $t = 10\ s$, το κινητό κινείται με σταθερή ταχύτητα $\upsilon = 40\ m/s$. Άρα για κάθε $t \in [5\ ,\ 10\ ]$ sec ή για $5 \le t \le 10\ s$ δηλαδή και τη χρονική στιγμή $t = 5,75\ s$ είναι $\upsilon = 40\ m/s = σταθ.$

5. α) Από το διάγραμμα θέσεως χρόνου, βλέπουμε πως για $t_o = 0$ είναι $x_o = 20\ m$, ενώ για $t = 7\ sec$ είναι $x = -8\ m$.

Έτσι $\Delta x = x - x_o = -8 - 20$ ή $\Delta x = -28\ m$.

β) Για $\Delta t = 5\ s$ είναι $\Delta x_{ολ} = \Delta x = x - x_o = 0 - 20 = -20\ m$

άρα $\upsilon_μ = \dfrac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = \dfrac{-20}{5} = -4\ m/s$ (Για $t = 5sec$ είναι $x = 0\ m$).

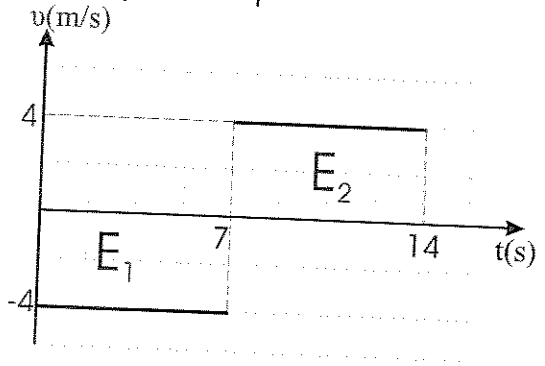
γ) Επειδή από 0 – 7 sec το διάγραμμα x (t) είναι ευθεία γραμμή συμπεραίνουμε πως το κινητό, κινείται με σταθερή ταχύτητα ίση με $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{-8-20}{7} = \dfrac{-28}{7}$ ή $\upsilon = -4\ m/s$. Έτσι κάθε χρονική στιγμή από 0 έως 7 s άρα και τη χρονική στιγμή $t = 5\ s$ η ταχύτητα του είναι $\upsilon = -4\ m/s$

Προσέξτε πως ενώ τη χρονική στιγμή $t = 5\ sec$ είναι $x = 0$ έχουμε $\upsilon = -4\ m/s \neq 0$.

δ) Για $\Delta t = 14\ s$ είναι $\Delta x_{ολ} = x - x_o = 20 - 20 = 0$. Άρα $\upsilon_μ = \dfrac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = 0$

ε) Από 0 - 7 s: $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{-28}{7} = -4\ m/s$

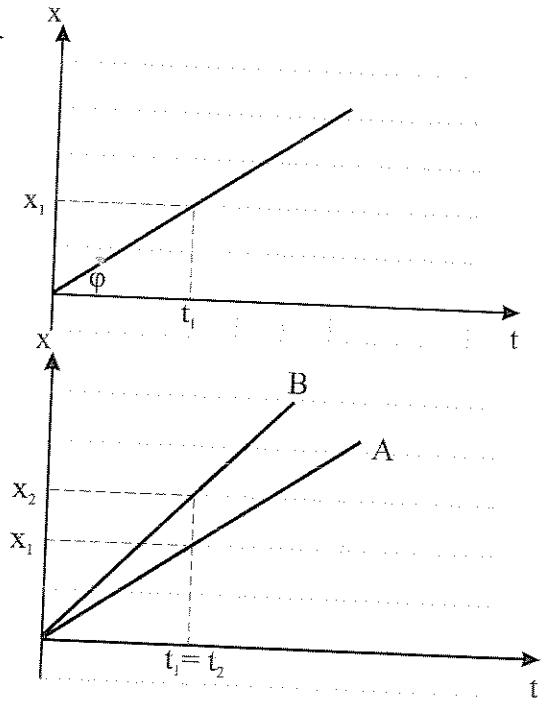
Από 7 - 14 s: $\upsilon = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{20-(-8)}{7-14} = \dfrac{28}{7} = 4\ m/s$. Έτσι η γραφική παράσταση υ (t) είναι η ακόλουθη:



Υπολογίζοντας το συνολικό εμβαδό $E_1 + E_2$ έχουμε $\Delta x_{ολ} = -4 \cdot 7 + 4 \cdot 7$ ή $\Delta x_{ολ} = 0$, κάτι που το έχουμε υπολογίσει ήδη από το διάγραμμα x(t) όπου για $t = 0$ είναι $x_o = 20\ m$ και για $t = 14\ s$ είναι $x = 20\ m$ επίσης. Άρα $\Delta x_{ολ} = 20 - 20$ ή $\Delta x_{ολ} = 0$.

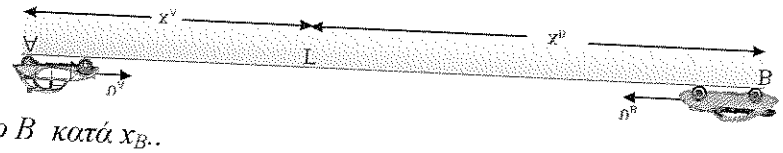
6 Σ' ένα διάγραμμα θέσεως χρόνου έχουμε $εφφ = \dfrac{x_1}{t_1} = \upsilon$. Δηλαδή η κλίση (κ) της ευθείας x(t) η αλλιώς η εφαπτομένη της γωνίας φ, $εφφ = κ$ έχει μέτρο ίσο με την ταχύτητα $εφφ = \upsilon$. Έτσι όσο πιο μεγάλη είναι η γωνία φ άρα και η κλίση της τόσο πιο μεγάλη θα είναι και η ταχύτητα ενός σώματος.

Επειδή για το κινητό Β στο διάγραμμα x(t) έχουμε μεγαλύτερη κλίση θα έχουμε και $\upsilon_B > \upsilon_A$. Αλλιώς μπορούμε να πούμε: $\upsilon_A = \dfrac{x_1}{t_1}$ και $\upsilon_B = \dfrac{x_2}{t_2}$ ή $\upsilon_A = \dfrac{x_1}{t}$ και



$v_B = \frac{x_2}{t}$. *Διαιρώντας κατά μέλη προκύπτει* $\frac{v_B}{v_A} = \frac{x_2}{x_1}$ *και επειδή από το σχήμα* $x_2 > x_1$ *θα έχουμε* $\frac{v_B}{v_A} > 1 \Rightarrow v_B > v_A$..

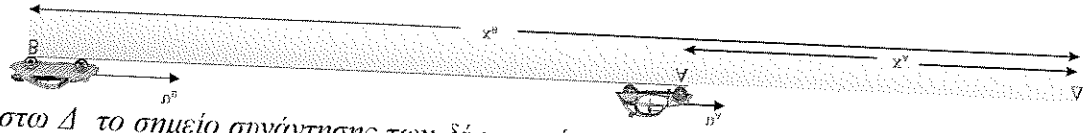
7. *Α) Σε ασκήσεις συνάντησης κινητών θα προσπαθούμε να βρίσκουμε κάποιο γνωστό άθροισμα ή κάποια γνωστή διαφορά στα διαστήματα ή στους χρόνους .Κάποιες φορές μπορεί να έχουμε και κοινή μετατόπιση . Συνήθως ο χρόνος (όταν τα δυο κινητά ξεκινούν ταυτόχρονα), είναι κοινός.*
Έστω λοιπόν στην άσκηση μας ότι τα δύο κινητά συναντούνται στο σημείο Γ και το Α κινητό έχει μετατοπιστεί κατά x_A *ενώ το Β κατά* x_B..



Τότε $x_A + x_B = (AB)$ *ή* $v_A \cdot t + v_B \cdot t = (AB)$ *ή* $t \cdot (v_A + v_B) = (AB)$ *ή* $t = \frac{(AB)}{v_A + v_B}$ *ή* $t = \frac{140}{70}$ *ή* $t = 2\ s$. *Τα δύο σώματα συναντούνται στο σημείο Γ σε χρόνο 2 s.*

Β) Η απόσταση από το Α είναι $x_A = v_A \cdot t = 30 \cdot 2 = 60\ m$ *ενώ από το Β είναι* $x_B = 140 - 60$ *ή* $x_B = 80m$. *Η* $x_B = v_B \cdot t = 40 \cdot 2 = 80\ m$ *(από την εξίσωση κίνησης).*

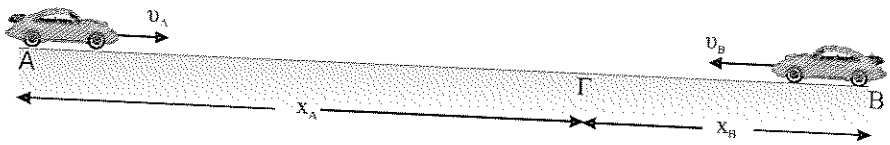
Γ) Αν κινούνται με την ίδια φορά και εφόσον το Α προπορεύεται του κινητού Β έχουμε το σχήμα.



Έστω Δ το σημείο συνάντησης των δύο σωμάτων . Τότε προκύπτει η γνωστή διαφορά $x_A - x_B = (A\ B)$ *ή* $v_B.t - v_A.t = (A\ B)$ *ή* $t \cdot (v_B - v_A) = (AB)$ *ή* $t = \frac{(AB)}{v_B - v_A}$ *ή* $t = \frac{140}{10} = 14\ s.$

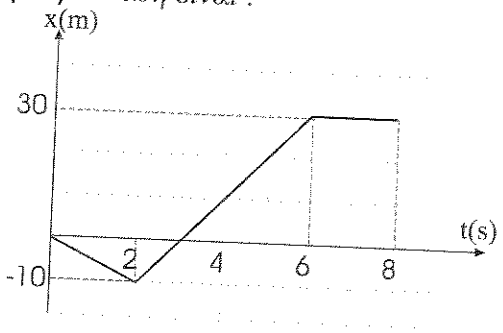
Τότε έχουμε $x_A = v_A \cdot t = 30 \cdot 14 = 420m$ *και* $x_B = v_B \cdot t = x_A + (AB) = 560m.$

8. *Ισχύει* $x_A + x_B = (A\ B)$.



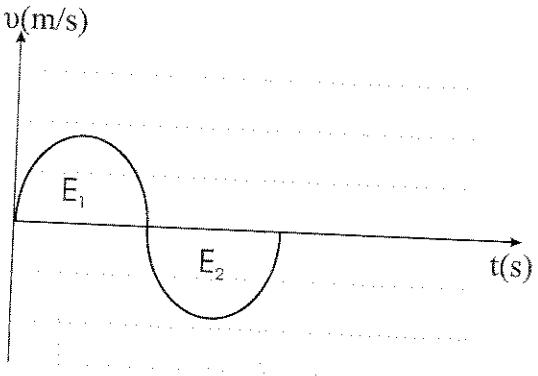
Όμως αν $x_A = v_A \cdot t$ *επειδή το κινητό Β ξεκινάει από* $\Delta t = 5s$ *αυτό σημαίνει ότι κινείται για 5s λιγότερο και έχουμε :*
$x_B = v_A(t - \Delta t)$. *Τελικά είναι* $x_A + x_B = (AB)$ *ή* $v_A \cdot t + v_B (t - \Delta t) = (AB)$ *ή* $30t + 30(t-5) = 210$ *ή* $t + t - 5 = 7$ *ή* $2t = 12$ *ή* $t = 6\ s$.
Δηλαδή τα δύο κινητά θα συναντηθούν μετά από χρόνο $t = 6\ s$ *από τη στιγμή που ξεκίνησε το Β . Ακόμη έχουμε* $x_A = v_A . t = 30 . 6 = 180\ m$ *και* $x_B = 210 - 180 = 30\ m$ *ή από την εξίσωση κίνησης* $x_B = v_B (t - 5) \Rightarrow \chi_B = 30\ (6-5)$ *ή* $x_B = 30\ m$.

9. *Για $t = 0$ είναι $x_o = 0$ m.*
Για $t = 2$ sec είναι $x_1 = x_o + \upsilon \cdot \Delta t$ ή $x_1 = 0 - 5 \cdot 2$ ή $x_1 = -10$ m
Για $t = 6$ sec είναι $x_2 = x_1 + \upsilon \cdot \Delta t$ ή $x_2 = -10 + 10 \cdot (6 - 2) = -10 + 40 = 30$m
Για $t = 8$ sec είναι $x_3 = x_2 + \upsilon \cdot \Delta t$ ή $x_3 = -30 + 0 \cdot (8 - 6) = 30$m.
Άρα η γραφική παράσταση είναι :



10. *α) Τα δύο κινητά έχουν ίσες ταχύτητας τη χρονική στιγμή που τέμνονται οι δύο ευθείες (Α) και (Β) δηλαδή τη χρονική στιγμή $t = 2$ s.*
β) Τη χρονική στιγμή $t = 2$ s το κινητό (Α) έχει μετατοπιστεί κατά $\Delta x_A = 2 \cdot 10 = 20$ m όπως υπολογίζεται από το εμβαδό του ορθογωνίου παραλληλογράμμου ενώ το κινητό (Β) έχει μετατοπιστεί κατά $\Delta x_B = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 = 10$ m. (από το εμβαδό τριγώνου).
Έτσι τα δυο κινητά απέχουν μεταξύ του κατά
$\Delta x = \Delta x_A - \Delta x_B = 20 - 10 = 10$ m . Το κινητό (Α) προπορεύεται κατά 10 m του κινητού Β. Αρκεί βέβαια τα δυο κινητά τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ να βρίσκονται στην ίδια θέση x_0.

11. *Η συνολική μετατόπιση του κινητού ισούται με το συνολικό εμβαδό $E_1 + E_2$. Όμως τα E_1 και E_2 είναι αντίθετα άρα.*
$\Delta x_{ολ} = E_1 + E_2 = E_1 - E_1 = 0$. Τότε είναι $\upsilon_μ = \frac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = 0$.



12. *α) Για $t_1 = 2$ sec είναι $x_1 = 21$ m*
για $t_2 = 3$ s είναι $x_2 = 46$ m άρα $\Delta x_{ολ} = x_2 - x_1 = 46 - 21 = 25$ m και
$\Delta t_{ολ} = t_2 - t_1 = 3 - 2 = 1$ s δηλαδή $\upsilon_μ = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25}{1} = 25$ m/s .
β) Για $t_1 = 2$ s είναι $x_1 = 21$ m και
για $t_2 = 2,1$ s είναι $x_2 = 23,05$ m άρα $\Delta x_{ολ} = x_2 - x_1 = 23,05 - 21 = 2,05$ m και
$\Delta t_{ολ} = t_2 - t_1 = 2,1 - 2 = 0,1$ s δηλαδή $\upsilon_μ = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{2,05}{0,1} = 20,5$ m/s.
γ) Για $t_1 = 2$ s είναι $x_1 = 21$ m και

για $t_2 = 2{,}00001\ s$ *είναι* $x_2 = 21{,}0002\ m$ *άρα* $\Delta x_{ολ} = x_2 - x_1$ *ή* $\Delta x_{ολ} = 21{,}0002 - 21 = 0{,}0002\ m$ *και* $\Delta t_{ολ} = t_2 - t_1$ *ή* $\Delta t_{ολ} = 2{,}00001 - 2 = 0{,}00001\ s$ *δηλαδή*

$$\upsilon_μ = \frac{\Delta x}{\Delta t} \text{ ή } \upsilon_μ = \frac{0{,}0002}{0{,}00001} \text{ ή } \upsilon_μ = 20\ m/s\ .$$

δ) Βλέπουμε δηλαδή πως όσο μικραίνει το Δt *και τείνει στο 0 τότε η ταχύτητα τείνει στα 20 m/s άρα προβλέπουμε πως η στιγμιαία ταχύτητα του κινητού τη χρονική στιγμή* $t = 2\ s$ *θα είναι ίση με* $\upsilon = 20\ m/s$.

13.

$$0 - 2\ s:\ \upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6-(-6)}{2} = \frac{12}{2} = 6\ m/s$$

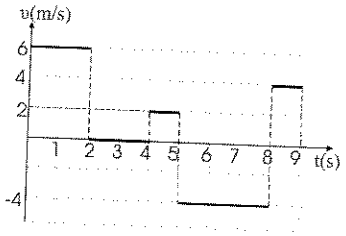
$$2 - 4\ s:\ \upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$$

$$4 - 5\ s:\ \upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8-6}{5-4} = 2\ m/s$$

$$5 - 8:\ \upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8-6}{8-5} = \frac{-12}{3} = -4\ m/s$$

$$8 - 9\ s:\ \upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0-(-4)}{1} = 4\ m/s$$

α) Προς την θετική κατεύθυνση κινείται το κινητό όταν η ταχύτητα του είναι θετική δηλαδή τα χρονικά διαστήματα από $0 - 2\ s$, $4 - 5\ s$, $8 - 9\ s$.
Προς την αρνητική κατεύθυνση θα κινείται όταν και η ταχύτητα του είναι αρνητική δηλαδή από $5 - 8\ s$.
β) Το κινητό ηρεμεί μόνο από $2 - 4\ s$. *Δηλαδή η ταχύτητα του κινητού είναι μηδέν (0) για* $2 \le t \le 4\ s$, *ενώ στα υπόλοιπα χρονικά διαστήματα κινείται με σταθερή ταχύτητα .*
γ) Από την αρχή των αξόνων θα περνά το κινητό όταν είναι $x = 0$. *Δηλαδή τις χρονικές στιγμές* $t = 1\ s$, $t = 7\ s$ *και* $t = 9\ s$.
δ)



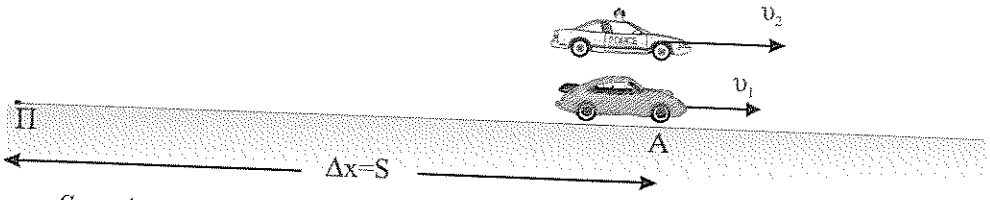
14. *Στα πρώτα 6 min ο αθλητής κινούμενος με σταθερή ταχύτητα* $\upsilon = 5\ min$ *διανύει απόσταση*

$\Delta x_1 = \upsilon \cdot t_1 = 5 \cdot 6 \cdot 60 = 1800\ m.$

Έτσι του απομένουν άλλα $\Delta x_2 = s - \Delta x_1 = 3000 - 1800 = 1200\ m$ *που θέλει να καλύψει σε χρόνο* $t_2 = 2\ min$ *κινούμενος με σταθερή ταχύτητα* υ_2 . *Άρα έχουμε* $\upsilon_2 = \frac{\Delta x_2}{t_2}$ *ή*

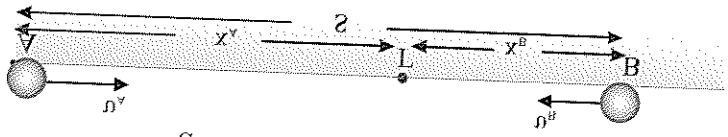
$$\text{ή } \upsilon_2 = \frac{1200}{2 \cdot 60} \text{ ή } \upsilon_2 = \frac{1200}{120} = 10\ m/s\ .$$

15. *Έστω ότι το περιπολικό και το αυτοκίνητο συναντιούνται στο σημείο Α που απέχει απόσταση $S = \Delta x$ από τον παρατηρητή Π. Τότε το διάστημα αυτό για το αυτοκίνητο είναι $\Delta x = v_1 t$ (1) . Για το περιπολικό όμως που πέρασε από τον παρατηρητή μετά από χρόνο $\Delta t = 10\ s$ άρα διήνυσε την απόσταση Δx σε $10\ s$ λιγότερο από το αυτοκίνητο θα έχουμε $\Delta x = v_2 (t - 10)$ (2) . Επειδή στις σχέσεις (1) και (2) τα πρώτα μέλη είναι ίσα θα έχουμε $v_1 \cdot t = v_2 (t - 10)$ ή $20\ t = 30\ (t - 10)$ ή $2t = 3t - 30$ ή $3t - 2t = 30$ ή $t = 30\ s$ και $\Delta x = v_1 \cdot t = 20 \cdot 30 = 600\ m$ ή $\Delta x = v_2 (t - 10) = 30 \cdot 20 = 600\ m$.*



16. *Για να συναντηθούν τα δυο κινητά θα πρέπει να βρεθούν στην ίδια θέση (τετμημένη) οπότε $x_1 = x_2$ ή $t = 2t - 6$ ή $t = 6\ s$.*
Τότε $x_1 = x_2 = 6\ m$.

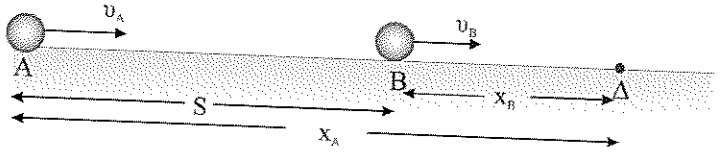
17. *α) Έστω ότι τα τρία σώματα θα συναντηθούν στο σημείο Γ. Τότε είναι $x_A + x_B = S$ ή*



$$v_A \cdot t + v_B \cdot t = S \text{ ή } (v_A + v_B) \cdot t = S \text{ ή } t = \frac{S}{v_A + v_B} \text{ ή } t = \frac{500}{25} \text{ ή } t = 200\ s.$$ *Άρα*

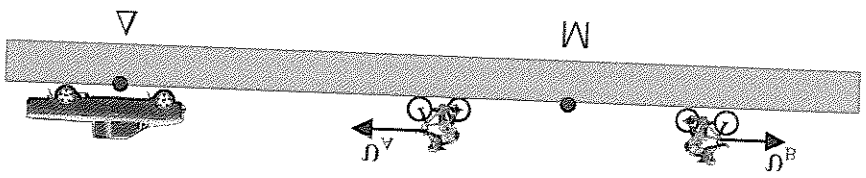
$x_A = v_A \cdot t = 15 \cdot 20 = 300\ m$
$x_B = v_B \cdot t = 10 \cdot 20 = 200\ m$
και $x_\Gamma = v_\Gamma \cdot t = 50 \cdot 20 = 1000\ m$

β) Από το σχήμα έχουμε
$x_A - x_B = S$ ή $v_A \cdot t - v_B \cdot t = S$ ή
$(v_A - v_B) \cdot t = S$ ή



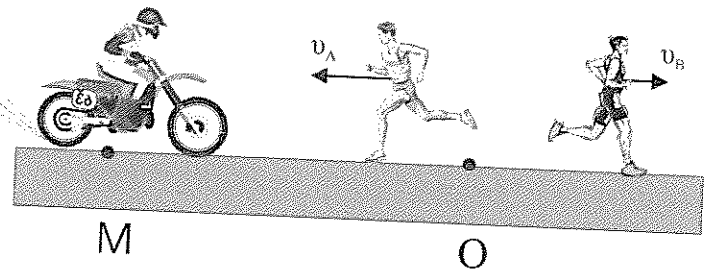
$$t = \frac{S}{v_A - v_B} \text{ ή } t = \frac{500}{5} \text{ ή}$$
$t = 100\ s.$
Άρα $x_A = v_A \cdot t = 15 \cdot 100 = 1500\ m$ ή km
$x_B = v_B \cdot t = 10 \cdot 100 = 1000\ m$ ή $1\ km$
και $x_\Gamma = v_\Gamma \cdot t = 50 \cdot 100 = 5000\ m$ ή $5\ km$

18. *Έστω ότι οι δυο ποδηλάτες ξεκινούν ταυτόχρονα από το σημείο Μ με σταθερές ταχύτητες v_A και v_B αντίστοιχα . Αν ο Α, ποδηλάτης συναντήσει το φορτηγάκι στο σημείο Δ τότε έχει περάσει χρόνος $t_1 = 150\ s$ ενώ η καθυστέρηση μέχρι το φορτηγάκι να πάρει τον ποδηλάτη Α είναι άλλα $\Delta t = 50\ s$.*



Τέλος το φορτηγάκι μαζί πλέον με τον ποδηλάτη διανύει την απόσταση (ΔΜ) κινούμενο με σταθερή ταχύτητα $υ_1 = 15\ m/s$ σε χρόνο $t_2 = 100\ s$.
Άρα $(ΔΜ) = υ_1 . t_2 = 15 \cdot 100 = 1500\ m$. Ο ποδηλάτης Α όμως διήνυσε την ίδια απόσταση (ΔΜ) σε χρόνο $t_1 = 150\ s$ άρα $υ_A = \frac{ΔΜ}{t_1} = \frac{1500}{150}$ ή $υ_A = 10m/s$.
Αφού το φορτηγάκι φτάσει στο Μ διανύει άλλα $s = 3000\ m$ μέχρι να συναντηθεί με τον ποδηλάτη Β και χρειάζεται χρόνο $t_3 = \frac{s}{υ_1} = \frac{3000}{15} = 200\ s$.
Έτσι ο ποδηλάτης Β έχει κινηθεί συνολικά για χρόνο
$t = t_1 + Δt + t_2 + t_3 = 150 + 50 + 100 + 200$ ή $t = 500\ s$ και έχει διανύσει από την αρχή Μ διάστημα $s = 3000m$. Έτσι για την ταχύτητα του Β έχουμε $υ_B = \frac{s}{t} = \frac{3000}{500}$ ή $υ_B = 6\ m/s$.

19. *Έστω ότι οι δύο δρομείς ξεκινούν από το σημείο Ο κινούμενοι αντίθετα με ταχύτητες $υ_A$ και $υ_B$ αντίστοιχα. Αν ο δρομέας Α συναντήσει την μοτοσικλέτα στο σημείο Μ μετά από χρόνο $t_1 = 50\ s$*



τότε ισχύει $υ_A = \frac{(OM)}{t_1}$ (1). Όμως η μοτοσικλέτα στη συνέχεια με τον αναβάτη πλέον διανύει την ίδια απόσταση (ΟΜ) σε χρόνο $t_2 = 15\ s$ κινούμενη με σταθερή ταχύτητα $υ_1 = 30m/s$. Άρα έχουμε $(OM) = υ_1 \cdot t_2 = 30 \cdot 15 = 450m$.
Τότε από την (1) έχουμε $υ_A = \frac{(OM)}{t_1} = \frac{450}{50}$ ή $υ_A = 9\ m/s$.
Στη συνέχεια αφού η μοτοσικλέτα κινούμενη με την ίδια σταθερή ταχύτητα $υ_1 = 30\ m/s$ διανύσει άλλα $s = 600\ m$ συναντάει τον (Β). Τότε όμως είναι $t_3 = \frac{s}{υ_1} = \frac{600}{30} = 20\ s$
Έτσι αν:

i. Ξεκίνησε πρώτος ο δρομέας Α τότε ο δρομέας Β θα κινηθεί για χρόνο $t_{ολ} = t_1 + t_2 + t_3 - Δt$ ή $t_{ολ} = 50 + 15 + 20 - 5$ ή $t_{ολ} = 80\ s$ και άρα είναι $υ_B = \frac{s}{t_{ολ}} = \frac{600}{80} = 7,5\ m/s$.

ii. Αν όμως ο δρομέας Α ξεκίνησε μετά από $Δt = 5\ sec$ τότε ο Β δρομέας κινήθηκε κατά $Δt = 5\ s$ περισσότερο από τον Α άρα $t_{ολ} = t_1 + t_2 + t_3 + Δt = 50 + 15 + 20 + 5$ ή $t_{ολ} = 90\ s$ και άρα είναι $υ_B = \frac{s}{t_{ολ}} = \frac{600}{90} = 6,67\ m/s$.

20. *α) Αν ο μοτοσικλετιστής κινούνταν συνέχεια με τη σταθερή ταχύτητα $υ_1$ θα διήνυε την απόσταση (ΑΒ) = S μεταξύ των δυο πόλεων έστω σε χρόνο t και θα ίσχυε $s = υ_1 . t$ (1)*

Τώρα διανύει τη μισή διαδρομή με ταχύτητα $υ_1$ και προφανώς χρειάζεται χρόνο $\frac{t}{2}$ ενώ το υπόλοιπο της διαδρομής το διανύει με σταθερή ταχύτητα $υ_2$ και χρειάζεται χρόνο κατά 20 min = $\frac{1}{3}h$ λιγότερο δηλαδή $\frac{t}{2} - \frac{1}{3}$. Έτσι είναι $s = υ_1 \frac{t}{2} + υ_2 (\frac{t}{2} - \frac{1}{3})$ (2)

Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε $υ_1 t = υ_1 \frac{t}{2} + υ_2 (\frac{t}{2} - \frac{1}{3}) \Rightarrow υ_1 \frac{t}{2} = υ_2 \frac{t}{2} - \frac{υ_2}{3}$ ή $80 \frac{t}{2} = 120 \frac{t}{2} - \frac{120}{3}$ ή $40t = 60t - 40$ ή $20t = 40$ ή $t = 2 h$.

Άρα (1) έχουμε $S = υ_1 \cdot t = 80 \cdot 2$ ή $S = 160 km$.

β) $υμ = \frac{S_{ολ}}{t_{ολ}}$ Όμως $t_{ολ} = 2 - \frac{1}{3} = \frac{5}{3} h$ άρα $υμ = \frac{160}{5/3} = \frac{160.3}{5} = 96 km/h$.

21. *Όχι δεν είναι δυνατόν, γιατί όπως φαίνεται από το διάγραμμα το κινητό κινείται προς τα πίσω στο χρόνο.*

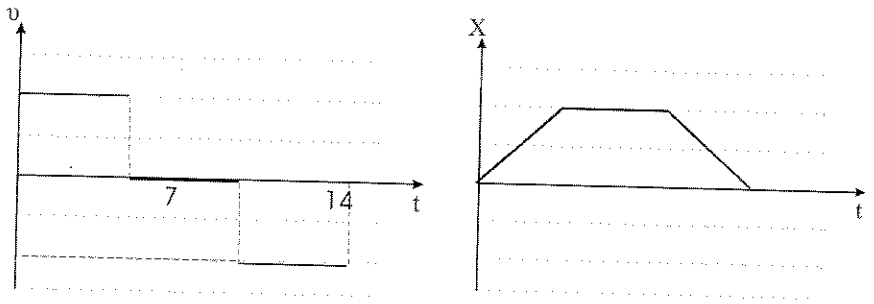
22. *α) Από την κλίση της εφαπτομένης τη χρονική στιγμή $t = 4 s$ έχουμε $εφφ = υ = \frac{25 - 15}{6 - 2} = \frac{10}{4} = 2,5 m/s$.*

β) $υμ = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ για $t = 0$ είναι $x_1 = 10 m$ και για $t = 6s$ είναι $x_2 = 20 m$. Άρα $\Delta x = x_2 - x_1 = 20 - 10 = 10 m$ και $υμ = \frac{10}{6} = \frac{5}{3} m/s$.

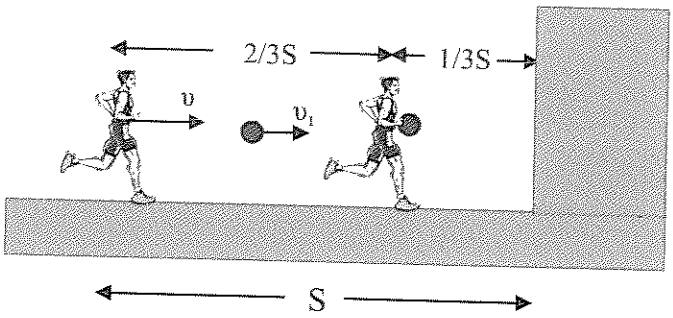
23. *Είναι $\Delta x_1 = υ_1 \cdot t_1 = 80 \cdot 0,5 = 40 km$.*
Όμοια $\Delta x_2 = υ_2 \cdot t_2 = 40 \cdot 0,6 = 24 km$ και
$\Delta x_3 = υ_3 \cdot t_3 = 100 \cdot 0,9 = 90 km$ άρα
$\Delta x_{ολ} = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = 154 km$ και $\Delta t_{ολ} = 2 h$.

Τελικά έχουμε $υμ = \frac{\Delta x_{ολ}}{\Delta t_{ολ}} = \frac{154}{2} = 77 km/h$.

24.



25. *Ο αθλητής έχει διανύσει τα* $\frac{2}{3}s$ *σε χρόνο t και ισχύει* $\frac{2}{3}s = \upsilon \cdot t$ *(1). Στον ίδιο χρόνο t όμως η η μπάλα έχει διανύσει απόσταση* $s + \frac{1}{3}s = \frac{4}{3}s$ *και ισχύει* $\frac{4}{3}s = \upsilon_1 \cdot t$ *(2) .*



Διαιρώντας τις σχέσεις (1) και (2) κατά μέλη θα έχουμε : $\frac{2}{4} = \frac{\upsilon}{\upsilon_1}$ *ή* $\frac{\upsilon}{\upsilon_1} = \frac{1}{2}$ *ή*

$\upsilon = \frac{\upsilon_1}{2} = \frac{10}{2}$ *ή* $\upsilon = 5\ m/s.$

26. *Από την κλίση του διαγράμματος θέσεως – χρόνου έχουμε:*

$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{30-10}{4} = \frac{20}{4} = m/s.$

$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{25-0}{5} = 5\ m/s.$

$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0\ m/s.$

$\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0-24}{6} = -4\ m/s.$

27.

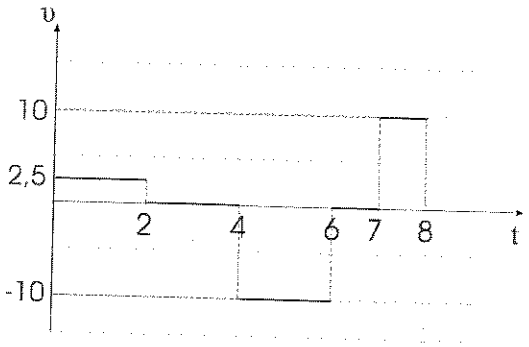
0 – 2 s: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10-5}{2} = 2,5\ m/s$

2 – 4 s: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$

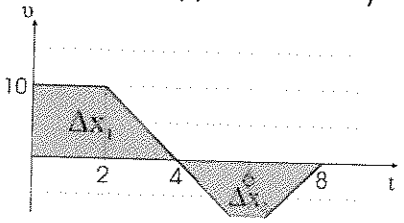
4 – 6 s: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-10-10}{2} = -10\ m/s$

6 – 7 s: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$

7 – 8 s: $\upsilon = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0-(-10)}{1} = \frac{10}{1} = 10\ m/s.$



28. *Τη συνολική μετατόπιση μπορούμε να την υπολογίσουμε από το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραφική παράσταση υ(t) και τον άξονα των χρόνων (t).*
Από το γραμμοσκιασμένο τραπέζιο έχουμε :



$\Delta x_1 = \frac{B+\beta}{2} \cdot \upsilon$ ή $\Delta x_1 = \frac{4+2}{2} \cdot 10 = 30\ m.$

Από το γραμμοσκιασμένο τρίγωνο έχουμε :

$\Delta x_1 = \frac{1}{2}\ \beta \cdot \upsilon = \frac{1}{2} \cdot 4\ (-10)$ ή $\Delta x_2 = -\ 20\ m$.

Άρα $\Delta x_{ολ} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 30 - 20 = 10\ m.$

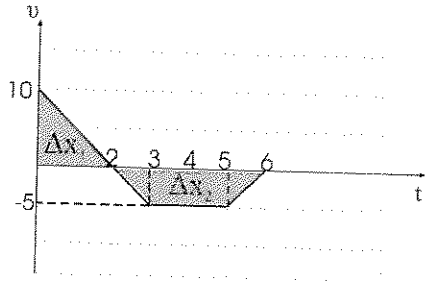
29.

Από το πρώτο διάγραμμα έχουμε :

$\Delta x_1 = \frac{1}{2}\ \beta \cdot \upsilon = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10 = 10\ m$

και $\Delta x_2 = \frac{B+\beta}{2} \cdot \upsilon = \frac{4+2}{2}(-5) = -\ 15\ m$

άρα $\Delta x_{ολ} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 10 - 15 = -\ 5\ m.$



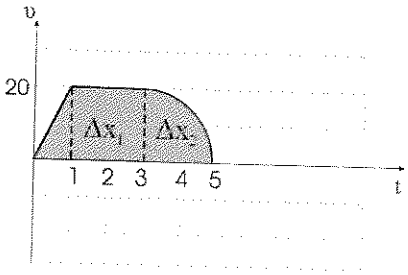
Από το δεύτερο διάγραμμα έχουμε :

$\Delta x_1 = \frac{B+\beta}{2} \cdot \upsilon = \frac{3+2}{2}\ 20 = 50\ m$ και από το τεταρτοκύκλιο,

$\Delta x_2 = \frac{\pi R^2}{4}$ ή $\Delta x_2 = \frac{\pi.R.R}{4} = \frac{\pi.2.20}{4} = 10 \cdot \pi =$

$= 10 \cdot 3{,}14 = 31{,}4\ m$

Άρα $\Delta x_{ολ} = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 50 + 31{,}4 = 81{,}4\ m.$



30. Το συνολικό διάστημα που διανύει το φορτηγό μέχρι και το τελευταίο τμήμα του να βγει από το τούνελ, από τη στιγμή που αρχίζει να μπαίνει σ' αυτό είναι $x = s + \ell$ όπου ℓ το μήκος του φορτηγού.

Έτσι έχουμε $\upsilon = \frac{x}{t} \Rightarrow \upsilon = \frac{s+\ell}{t}$ ή $t = \frac{s+\ell}{\upsilon}$ ή $t = \frac{400+20}{20}$ ή $t = \frac{420}{20}$ ή $t = 21\ s.$

31.

Παρόμοια $x = s + \ell$ και $t = \frac{s+\ell}{\upsilon} = \frac{4+152}{13}$ ή $t = \frac{156}{13}$ ή $t = 12\ s.$

32.

1. $S_{αυτ} - S_{λεωφ} = \ell_1 + \ell_2$ ή $\upsilon_1 . t - \upsilon_2 \cdot t = \ell_1 + \ell_2$ ή $t = \frac{\ell_1 + \ell_2}{\upsilon_1 - \upsilon_2}$ ή $t = 2{,}5\ s$.

2. $S_{αυτ} + S_{λεωφ} = S + \ell_1 + \ell_2$ ή $\upsilon_1 \cdot t + \upsilon_2 \cdot t = S + \ell_1 + \ell_2$ ή $t = \frac{S + \ell_1 + \ell_2}{\upsilon_1 - \upsilon_2}$ ή $t = 3\ s.$

Κεφάλαιο 3. Δυνάμεις

3.1 Η έννοια της δύναμης

Ασκήσεις

1) α) Σύμφωνα με το νόμο του Hook έχουμε

$F_{max} = k \cdot x_{max}$ η $x_{max} = \frac{64}{160} = 0,4\,m$ η $40\,cm$

β) $\ell = \ell_0 + x_{max} = 38 + 40 = 78\,cm.$

2) Ισχύει $F = k_1 x_1$

και $F = k_2 x_2$ τότε προκύπτει

$k_1 x_1 = k_2 x_2$ η $\frac{x_1}{x_2} = \frac{k_2}{k_1} = \frac{1}{4}$

3) Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι

$x = \ell - \ell_0 = 28 - 15 = 13\,cm$ η $0,13\,m$

Τότε σύμφωνα με το νόμο του Hook έχουμε

$F = k \cdot x$ η $F = 500 \cdot 0,13$ η $F = 65\,N.$

4) Ισχύει $F = k \cdot x_1 = 600 \cdot 0,2 = 120\,N$

Για συσπείρωση $x = \frac{x_1}{2}$ έχουμε $F' = kx = k\frac{x_1}{2}$

η $F' = \frac{F}{2}$ η $F' = 60\,N.$

5) Από το νόμο του Hook έχουμε

$F_1 = kx_1$ / Κινδύνη $(F_1 + F_2 = k(x_1 + x_2))$

$F_2 = kx_2$ τότε προκύπτει $k = \frac{F_1}{x_1}$

η $k =$ Από τη $F_2 = kx_2 = 100 \cdot 0,2 = 20\,N.$

5) Από το νόμο του Hook έχουμε

$F = kx_1$ με $x_1 = \frac{F}{k}$ με $x_1 = \frac{40}{100}$ με $x_1 = 0,4m$.

Αυόμενη ισχύει $F_{ολ} = k(x_1 + x_2)$

με $F_{ολ} = 100(0,4+0,2) = 100 \cdot 0,6 =$
$= 60 N.$

6) 

Από το νόμο του Hook

και για την κάθε δύναμη F ισχύει

$F = kx = 40 \cdot 0,4 = 16 N.$

7) α) Ισχύει $F = kx$ με $k = \frac{F}{x} = \frac{4}{0,05} = \frac{400}{5} = 80 N/m$

β) $x = \frac{F}{k} = \frac{20}{80} = 0,25m$ με $25cm$

ενώ για $x = 0_m$ είναι ς $F = k \cdot x = 0 N$

Άρα έχουμε

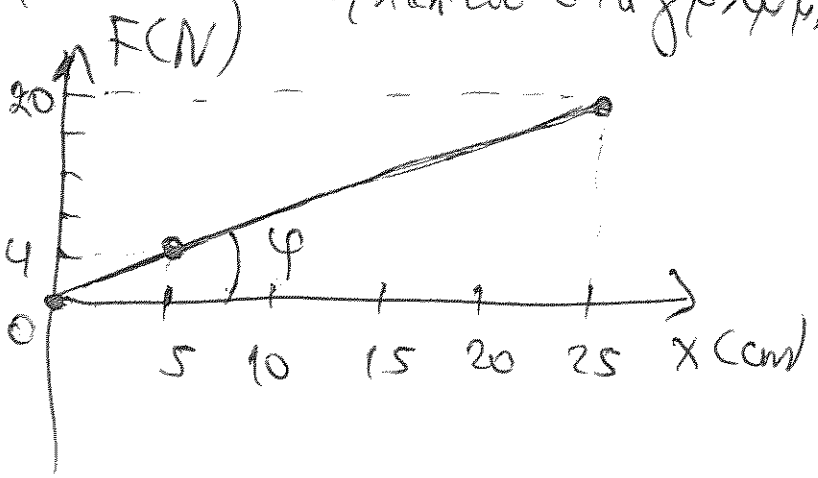
x(cm)	0	5	25
F(N)	0	4	20

γ) Η εξίσωση του νόμου του Hook, $F = kx$

με $F = 80 \cdot x$ είναι της μορφής $y = \alpha \cdot x$.

Οπότε προκύπτει για ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων. Άρα

έχουμε 20 πρακτήρια διάγραμμα F(x)



α) Επιλέγοντας ένα οποιοδήποτε ζεύγος τιμών από τη γραφική πρακτήρια π.χ το $x = 25cm$ και $F = 20N$ προκύπτει

$\varepsilon\varphi\varphi = \frac{20}{0,25} = 80$. Παρατηρούμε ότι η κλίση $\varepsilon\varphi\varphi$ είναι ίση με τη σταθερά K του ελατηρίου. Άρα $\varepsilon\varphi\varphi = K$.

β) α) Ισχύει $\varepsilon\varphi\varphi = \frac{10}{0,1} = 100$ άρα $K = 100N/m$

β) Από το νόμο του Hook, έχουμε

$x = \frac{F}{K} = \frac{22}{100} = 0,22m$ ή $22cm$.

γ) Παραμένει $F = K \cdot x = 100 \cdot 38,5 \cdot 10^{-2} = 38,5 N$.

3.2 Δυο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο. (Το βάρος W και η τριβή T)

Ασκήσεις

1) Σύμφωνα με το Νόμο της Παγκόσμιας έλξης του Newton ισχύει: $W = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2}$ ή

$$W = 6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot \frac{6\cdot 10^{24}\cdot 40{,}96}{64^2\cdot 10^6} = \frac{6{,}67\cdot 6\cdot 40{,}96}{40{,}96}\cdot\frac{10^{13}}{10^{12}} =$$

$$= 6{,}67\cdot 6 = 400{,}2\,N.$$

2) Για το βάρος του ανθρώπου στην επιφάνεια της Γης ισχύει $W_0 = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2}$ (1) ενώ σε ύψος $h = 2R_\Gamma$ από την επιφάνεια της Γης δηλ σε απόσταση $r = R_\Gamma + h = 3R_\Gamma$ από το κέντρο της Γης είχαμε $W = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{r^2} = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{9R_\Gamma^2}$ (2)

Αν διαιρέσουμε κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει $\frac{W_0}{W} = 9$ ή $W = \frac{W_0}{9} = \frac{900}{9}$ ή $W = 100\,N$.

3) Για την επιφάνεια της Γης από τον Νόμο της παγκόσμιας έλξης του Νεύτωνα, έχουμε:

$$w_0 = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2} = 100\,N$$

Για την επιφάνεια του πλανήτη έχουμε

$$w = G\frac{M_\Pi \cdot m}{R_\Pi^2} \quad \text{όπου} \quad M_\Pi = M_\Gamma \ \text{και} \ R_\Pi = \frac{R_\Gamma}{2}$$

Άρα προκύπτει $w = G\dfrac{M_\Gamma \cdot m}{\left(\frac{R_\Gamma}{2}\right)^2} = 4G\dfrac{M_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2} = 4 \cdot w_0$

$\pi\acute{\alpha}\nu\omega \ w = 4 \cdot 100 = 400\,N.$

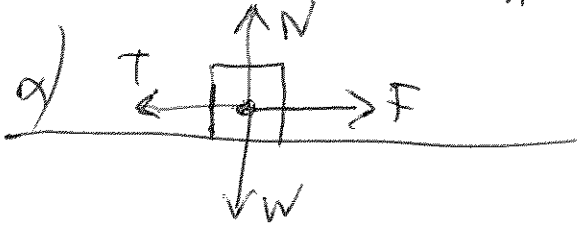
4) Για την επιφάνεια της Γης έχουμε

$$w_0 = \frac{GM_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2} = \frac{G \cdot 81 \cdot M_\Sigma \cdot m}{3{,}6^2 \cdot R_\Sigma^2} = \frac{81}{3{,}6^2}\frac{GM_\Sigma \cdot m}{R_\Sigma^2} =$$

$$= \frac{81}{3{,}6^2} w_\Sigma \quad \pi\acute{\alpha}\nu\omega \ w_0 = 6{,}25\, w_\Sigma \quad \pi\acute{\alpha}\nu\omega \ w_\Sigma = \frac{w_0}{6{,}25}$$

$\pi\acute{\alpha}\nu\omega \ w_\Sigma = 0{,}16\, w_0 \quad \pi\acute{\alpha}\nu\omega \ w_\Sigma = 0{,}16 \cdot 400 = 64\,N.$

5) α)



6) $N = w = 100\,N$. Τότε για τον συντελεστή τριβής, έχουμε

$$T = \mu \cdot N = 0{,}5 \cdot 100 = 50\,N.$$

Άρα $F > T$. Το σώμα κινήθηκε προς τα δεξιά!

3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων.

1) $F_{ολ} = F_1 + F_2 = 250 + 120 = 420\ N$, με φορά προς τα δεξιά.

2) $F_{ολ} = F_1 - F_2 = 100 - 80 = 20\ N$, με φορά προς τ' αριστερά.
(η φορά της μεγαλύτερης δύναμης).

Για $F_1 = F_2$ είναι $F_{ολ} = F_1 - F_2 = F_1 - F_1 = 0\ N$. Τότε λέμε ότι τα διάνυσμα ισορροπεί.

3) $F_{ολ} = F_1 + F_2 + F_3 - F_4 = 20\ N$, με φορά προς τα δεξιά.

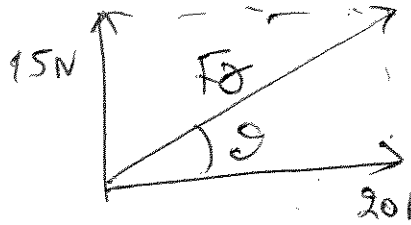
4) $F_{ολ} = F_1 + F_2 - F_3 = 0\ N$
(ή $F_{ολ} = F_3 - F_1 - F_2 = 0\ N$)

5) $F_α = 100 + 180 = 280\ N$.

$F_β = 60 - 20 = 40\ N$

$F_γ = \sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{400 + 225} = \sqrt{625} = 25\ N$

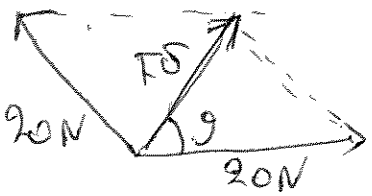
με $\varepsilon\varphi\vartheta = \frac{15}{20} = \frac{3}{4}$



$F_Σ = \sqrt{20^2 + 20^2 + 2 \cdot 20 \cdot 20\ συν 120^0} = \sqrt{2 \cdot 20^2 + 2 \cdot 20^2 (-\frac{1}{2})} =$

$= \sqrt{2 \cdot 20^2 - 20^2} = \sqrt{20^2} = 20\ N$

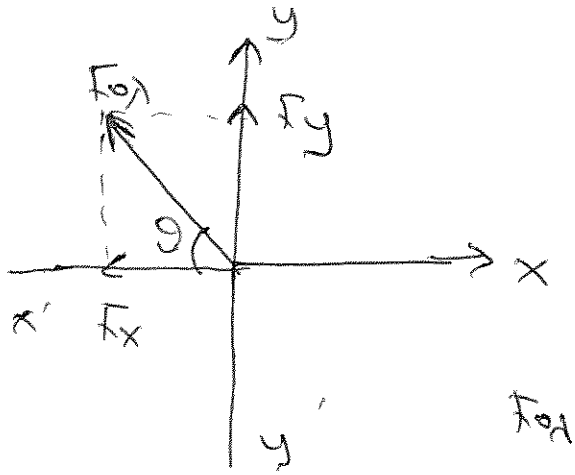
με $\vartheta = 60^0$.



Παρατηρείστε πως είναι δυνατόν οι συνιστώσες της δύναμης και η συνισταμένη να έχουν το ίδιο μέτρο εδώ 20 N.

6) Για τη συνισταμένη F_x των δυνάμεων στον οριζόντιο άξονα, έχουμε: $F_x = 150 - 120 = 30\,N$, με φορά προς τα αριστερά.

Παρόμοια για τη συνισταμένη F_y στον κατακόρυφο άξονα, έχουμε $F_y = 50 - 10 = 40\,N$, με φορά προς τα πάνω. Έτσι έχουμε το σχήμα



Από το ορθογώνιο τρίγωνο βρίσκουμε για το μέτρο της συνισταμένης δύναμης

$F_{ολ} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{2500} = 50N$

με $\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{40}{30} = \frac{4}{3}$.

$(\theta \simeq 53^\circ)$

7) Για τη συνισταμένη F_x έχουμε $F_x = F_1 + F_2 = 4N$

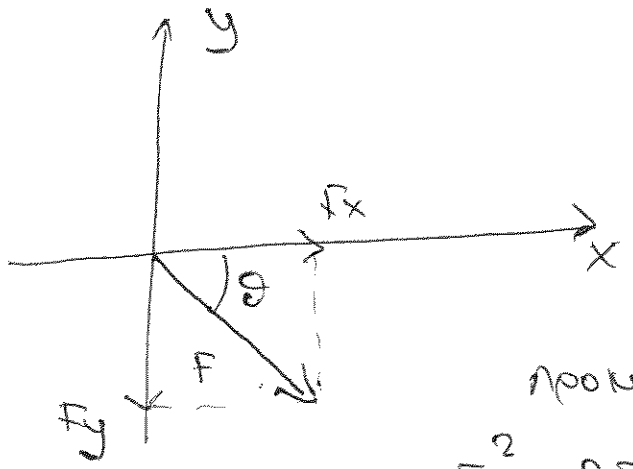
Ακόμη είναι $F_y = F_3 = 3\,N$.

Τότε το ορθογώνιο τρίγωνο δίνει

$F_{ολ} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{16+9} = \sqrt{25} = 5\,N$ με $\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{3}{4}$

$(\theta \simeq 37^\circ)$

8)



Επειδή η γωνία $\theta = 45^\circ$ ισχύει $F_x = F_y$. Τότε από το ορθογώνιο τρίγωνο προκύπτει: $F^2 = F_x^2 + F_y^2$ ή

$F^2 = 2F_x^2$ ή $F_x^2 = \frac{F^2}{2}$ ή $F_x = \frac{F\sqrt{2}}{2}$

ή $F_x = 120\sqrt{2}\ N = F_y$

Άλλη (2ος τρόπος)

Είναι $F_x = F \cdot \sigma\upsilon\nu 45^\circ = 240 \frac{\sqrt{2}}{2} = 120\sqrt{2}\ N$

& $F_y = F \cdot \eta\mu 45^\circ = 120\sqrt{2}\ N$. (Ισχύει $\eta\mu 45^\circ = \sigma\upsilon\nu 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$).

9) Από το ορθογώνιο τρίγωνο έχουμε

$F_x^2 + F_y^2 = F^2$ ή $2F_x^2 = F^2$ ή $F_x = \frac{F\sqrt{2}}{2} = 10\sqrt{2}\ N = F_y$.

10) $F_{o\lambda} = \sqrt{4^2 + 5^2} = \sqrt{16+25} = \sqrt{41}\ N$.

11) α) $F_\alpha = F_1 + F_2 = 23\ N$. Με φορά τη κοινή φορά των δυνάμεων

β) $F_\beta = \sqrt{8^2 + 15^2} = \sqrt{289} = 17\ N$ (μέτρο)

γ) $F_\gamma = F_2 - F_1 = 7\ N$ με φορά τη φορά της μεγαλύτερης δύναμης.

12) $F_1 = 10 + 18 - 3 = 25\,N$, προς τα δεξιά

$F_2 = 200 - 70 - 50 = 80\,N$, προς τα δεξιά

$F_3 = 2 + 7 + 4 = 13\,N$, προς τα δεξιά.

13) α) $F = F_1 + F_2 \Rightarrow 5F_2 + F_2 = 6F_2$ η'

$F_2 = \frac{F}{6} = \frac{180}{6} = 30\,N$ & $F_1 = 5 \cdot F_2 = 150\,N$.

β) $F = F_1 - F_2$ η' $F = 3F_2 - F_2$ η' $F = 2F_2$

η' $180 = 2 \cdot F_2$ η' $F_2 = 90\,N$ & $F_1 = 270\,N$

Η F έχει τη φορά της F_1 (και μεγαλύτερη)

γ) $F^2 = F_1^2 + F_2^2$ η' $F^2 = \left(\frac{4}{3}F_2\right)^2 + F_2^2$ η'

$F^2 = \frac{16}{9}F_2^2 + F_2^2$ η' $F^2 = \frac{25}{9}F_2^2$ η'

$F_2^2 = \frac{9}{25}F^2$ η' $F_2 = \frac{3}{5}F = \frac{3}{5} \cdot 180$ η' $F_2 = 108\,N$

Άρα είναι $F_1 = \frac{4}{3} \cdot 108 = 144\,N$.

14) $F_{ολ} = 0$ η' $F_1 - F_2 + F_3 = 0$ η' $F_3 = F_2 - F_1$

η' $F_3 = 80 - 300$ η' $F_3 = -220\,N$. Άρα το σώμα εξασκείται και τρίτη δύναμη F_3 με φορά προς τα αριστερά και μέτρο 220 N.

15) $F_A = 70 - 40 = 30\,N$, προς τα αριστερά

$F_B = 120 + 120 = 240\,N$, προς τα δεξιά

$F_\Gamma = 28 - 13 = 15\,N$, προς τα δεξιά

$F_\Delta = 2,5 + 1 = 3,5\,N$, προς τα αριστερά.

16) Ο αξονας χχ' είναι παράλληλος στο κεκλιμένο επίπεδο και ο αξονας yy' είναι κάθετος σ'αυτό. Έτσι το βάρος W αναλύεται σε μια συνιστώσα W_x παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο και μια συνιστώσα W_y κάθετη σ'αυτό. Επειδή $\varphi = 45°$ έχουμε $W_x = W_y$. Τότε από το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο έχουμε $W^2 = W_x^2 + W_y^2$ και $W_x = \frac{W\sqrt{2}}{2} = 300\,N = W_y$

Επίσης έχουμε ότι $W_x = W \eta\mu 45° = 300\sqrt{2}\frac{\sqrt{2}}{2} = 300\,N$

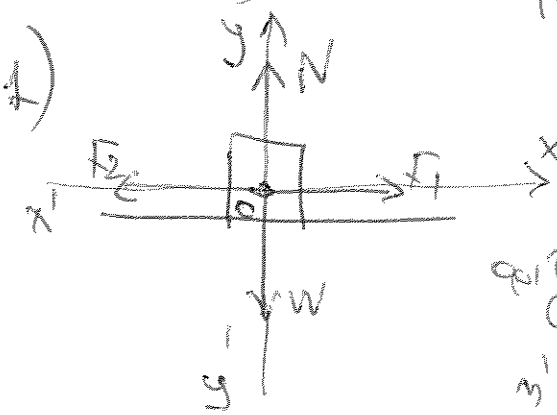
και $W_y = W \cdot \sigma\upsilon\nu 45° = 300\,N$.

Άλλες δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι η κάθετη αντίδραση N από το κεκλιμένο επίπεδο και η τριβή T αν αυτό δεν είναι λείο. Αν το σώμα ολισθαίνει η τριβή T είναι η τριβή ολίσθησης. Αν είναι ακίνητο τότε η τριβή T είναι η στατική τριβή, αναίρεση στο σώμα ίση το κεκλιμένο επίπεδο (επιφάνεια επαφής).

§ 3.4 Δυναμική ισορροπία

3.5 Ισορροπία υλικού σημείου

1)



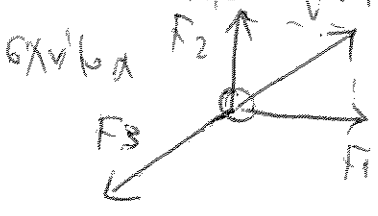
Από τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα και από την συνθήκη ισορροπίας όταν φορέας άξονας xx' έχουμε: $\Sigma F_x = 0$ ή $F_1 - F_2 = 0$ ή $F_2 = F_1 = 10\,N$.

Προβολή από την συνθήκη ισορροπίας όταν καταλήγουμε άξονα yy' έχουμε: $\Sigma F_y = 0$ ή $N - W = 0$ ή $N = W = 20\,N$.

2) Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα αφού το σώμα ισορροπεί ισχύει $\Sigma F = 0$ ή $F_1 + F_3 - F_2 = 0$ ή $F_3 = F_2 - F_1 = 20\,N$, με φορά προς τα δεξιά.

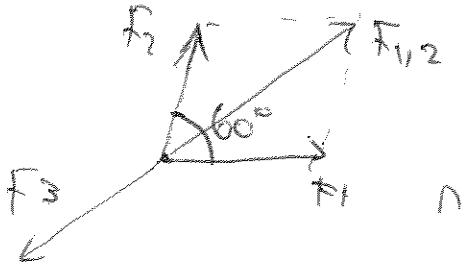
3) Σε κάθε περίπτωση ισχύει $\Sigma F = 0$ ή $F_3 - F_1 - F_2 = 0$ ή $F_2 = F_3 - F_1 = 150 - 100$ ή $F_2 = 50\,N$ (50 N είναι το μέτρο της F_2. Η φορά της είναι προς τ' αριστερά. Αυτό σημαίνει το $-F_2$ που πήραμε στην προηγούμενη άσκηση).

4) Από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε $\vec{\Sigma F} = \vec{0}$. Η συνισταμένη των F_1 & F_2 είναι, (Πυθαγόρειο θεώρημα) $F_{1,2}^2 = F_1^2 + F_2^2$ ή $F_{1,2} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ ή ή $F_{1,2} = \sqrt{144 + 256} = \sqrt{400}$ ή $F_{1,2} = 20\,N$. Άρα προκύπτει το σχήμα



Τώρα θα πρέπει η δύναμη F_3, να είναι αντίθετη της $F_{1,2}$. Όπως για το μέτρο της F_3, έχουμε $F_3 = F_{1,2} = 20\,N$, με φορά που φαίνεται στο σχήμα.

5)



Σύμφωνα με τον κανόνα του παραλληλογράμμου η συνισταμένη $F_{1,2}$ των F_1 & F_2 είναι $F_{1,2}=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\sigma\upsilon\nu 60^\circ}$ η'

$$F_{1,2}=\sqrt{2F_1^2+2F_1^2\frac{1}{2}}=\sqrt{3F_1^2}=F_1\sqrt{3}=12\sqrt{3}N$$

Τότε η F_3 θα αφετέρου στο ίδιο ευθύγραμμο τμήμα και θα έχει φορά αντίθετη της $F_{1,2}$ και μέτρο ίσο με αυτό της $F_{1,2}$. Άρα $F_3=12\sqrt{3}$ N. (Πολλές φορές το μέτρο του διανύσματος της $\vec{F}$ συμβολίζεται και $|\vec{F}|$. Άρα εδώ έχουμε $|\vec{F_3}|=12\sqrt{3}N$).

6) $F_{o\lambda}=0 \begin{cases} F_{o\lambda x}=0 \\ \text{&} \\ F_{o\lambda y}=0 \end{cases}$ η' $F_{o\lambda x}=0$ η' $F_1-F_3=0$ η' $F_3=F_1=50N$

& $F_{o\lambda y}=0$ η' $F_2-F_4=0$ η' $F_4=F_2=30N$.

7) Αναλύουμε τη δύναμη $\vec{F_4}$ σε διανυσματικές συνιστώσες $\vec{F_{4x}}$ & $\vec{F_{4y}}$. Τότε από τη συνθήκη ισορροπίας στον κάθε άξονα (1ος Νόμος του Newton), έχουμε $F_{o\lambda x}=0$ & $F_{o\lambda y}=0$. Όπου $F_{4x}=F_4\sigma\upsilon\nu 60^\circ=\frac{F_4}{2}$ &

$$F_{4y}=F_4\eta\mu 60^\circ=\frac{F_4\sqrt{3}}{2}$$

Τότε $F_{o\lambda x}=0$ η' $F_1+F_{4x}-F_3=0$ η' $\frac{F_4}{2}=F_3-F_1$ η'

$F_4=2\cdot(F_3-F_1)$ η' $F_4=2\cdot 200$ η' $F_4=400N$.

Άρα $F_{o\lambda y}=0$ η' $F_2-F_{4y}=0$ η' $F_2=F_4\frac{\sqrt{3}}{2}$ η' $F_2=200\sqrt{3}$ N.

8/ Επιλέγουμε ως άξονα xx' τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο και ως άξονα yy' τον κάθετο σ' αυτό.

Αφού η γωνία φ του κεκλιμένου επιπέδου, είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζουν το βάρος $\vec{W}$ και ο άξονας yy', (είναι δύο οξείες γωνίες που έχουν τις πλευρές τους ανά δύο κάθετες).

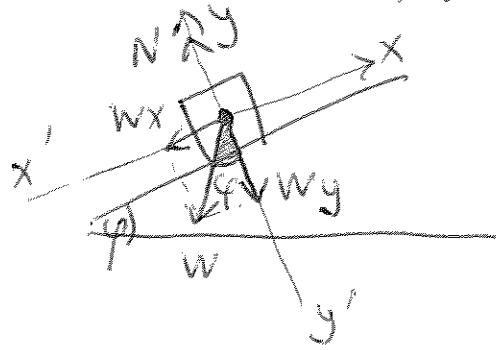
Τότε από τον 1ο Νόμο του Newton έχουμε

$$\Sigma F_{(1)}=0 \begin{cases} \Sigma F_{(1)x}=0 \\ \Sigma F_{(1)y}=0 \end{cases} \text{ η } F_{\phi x}=0 \text{ η } F-W_x=0 \text{ η}$$

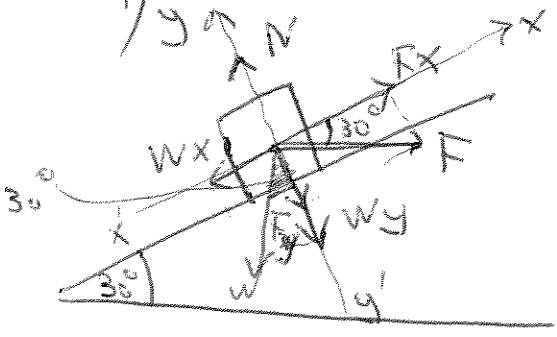
$F=W\eta\mu 30^\circ$ η $F=\frac{W}{2}$ η $W=2F=60\,N$.

Αφού και $\Sigma F_{(1)y}=0$ η $N-W_y=0$ η $N=W\cdot\sigma\upsilon 30^\circ$ η $N=60\frac{\sqrt{3}}{2}$ η

$N=30\sqrt{3}\,N$.



9) α) Παρόμοια



$\Sigma F_{(1)x}=0$ η $F_x=W_x$ η $F\sigma\upsilon 30^\circ=W\eta\mu 30^\circ$

η $1000\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}=W\cdot\frac{1}{2}$ η $W=1000\sqrt{3}\,N$

και $\Sigma F_{(1)y}=0$ η $N-F_y-W_y=0$ η

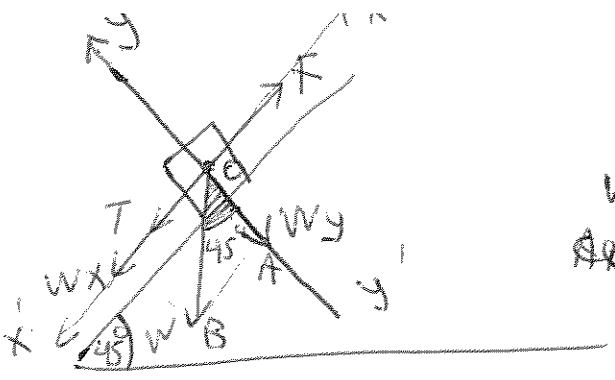
$N=F\cdot\eta\mu 30^\circ+W\cdot\sigma\upsilon 30^\circ$ η

$N=1000\cdot\frac{1}{2}+1000\sqrt{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}$ η $N=500+1500$ η $\underline{N=2.000\,N}$

β) Ισχύει για σταθερή ταχύτητα $\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t}$

η $\Delta x=\upsilon\cdot\Delta t=10\cdot 0,3$ η $\Delta x=3\,m$.

10) α)



Wx=Wy διότι το ορθογώνιο τρίγωνο ΑΒ

είναι και ισοσκελές. Άρα οι δύο κάθετες πλευρές του Wx και Wy είναι ίσες μεταξύ τους τότε από το πυθαγόρειο θεώρημα έχουμε. $W^2 = W_x^2 + W_y^2$ ή

$W^2 = 2W_x^2$ ή $W_x = \frac{W\sqrt{2}}{2}$ ή $W_x = 40\sqrt{2}\,N = W_y$

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα x'x (τον παράλληλο στο κεκλιμένο επίπεδο) έχουμε

$\Sigma F_{x'} = 0$ ή $F - W_x - T = 0$ ή $F = W_x + T$ ή $F = 40\sqrt{2} + 10$ ή

$F = 56 + 10$ ή $F = 66\,N$.

β) Από τη ισχύει και $\Sigma F_y = 0$ ή $N - W_y = 0$

ή $N = W_y$ ή $N = 40\sqrt{2}\,N$ ή $N = 56\,N$.

Όπως η τριβή ολίσθησης δίνεται από τον τύπο

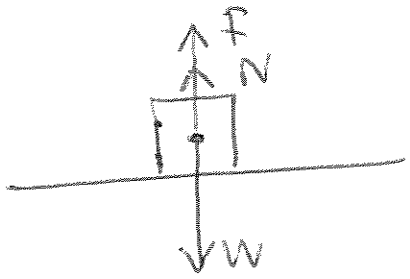
$T = \mu \cdot N$ άρα $\mu = \frac{T}{N} = \frac{10}{56}$ ή $\mu = 0,178$ (αδιάστατο μέγεθος).

Παρατήρηση: Βέβαια μπορούσαμε να συνθέσουμε τον βάρος

ισχύει $\overset{\text{και}}{W_x} = W\eta\mu 45^\circ = 80 \cdot 0,7 = 56\,N$

& $W_y = W\sigma\upsilon\nu 45^\circ = 80 \cdot 0,7 = 56\,N$

11)

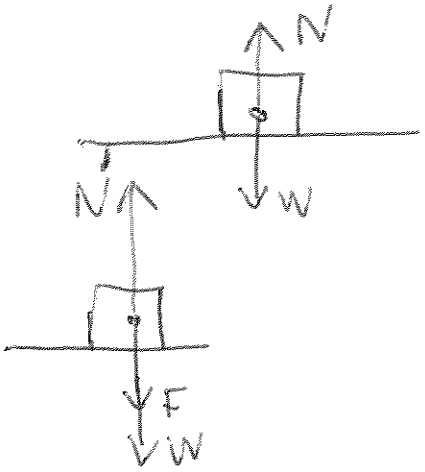


$\Sigma F_{y} = 0$ σημ $F + N - W = 0$ σημ

$N = W - F$ σημ $N = 80 - 60$

σημ $N = 20\ N$.

12)



1. $\Sigma F_{y} = 0$ σημ $N - W = 0$ σημ $N = W = 200N$.

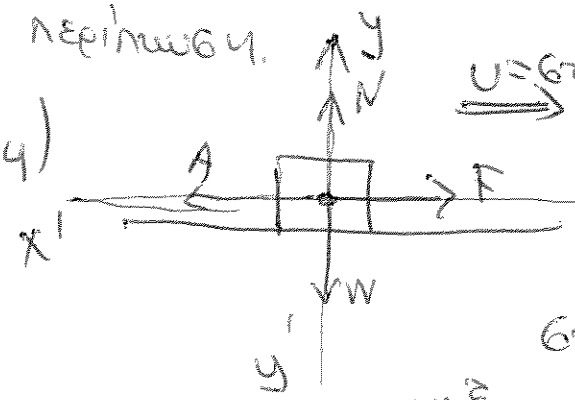
2. $\Sigma F_{y}' = 0$ σημ $N' - W - F = 0$ σημ

$N' = W + F$ σημ $N' = 300\ N$.

13) Εφόσον το σώμα σε κάθε περίπτωση κινείται με σταθερή ταχύτητα, αυτό σημαίνει πως ισορροπεί άρα ισχύει $\Sigma F_{y} = 0$ (1ος Νόμος του Newton).

Τότε προκύπτει $F - W = 0$ σημ $F = W = 60N$, σε κάθε περίπτωση.

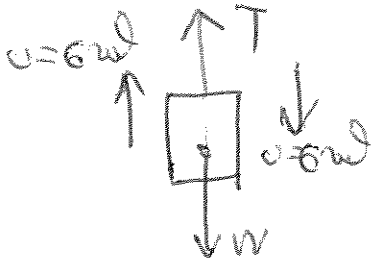
14)



Από τη θεμελιώδη ισορροπία $\Sigma F_{y} = 0$ προκύπτει ότι σε κάθε περίπτωση για σταθερή ταχύτητα (άρα ισορροπία) ανεξάρτητου του μέτρου της ταχύτητας ισχύει $F - A = 0$ σημ $A = F = 300\ N$.

15) $\Sigma F_{ολ}=0$ σημ $T-W=0$ σημ

$T=W=10^4$ N.



(Σε κάθε περίπτωση είχαμε ισορροπία)

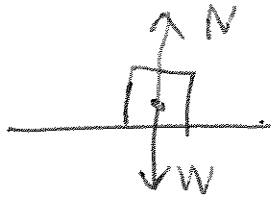
16) Ισχύει $F_{ολ}=F_1+F_2-F_3=0$ σημ $F_{ολ}=0$.

Άρα το σώμα ισορροπεί, δηλαδή είναι ακίνητο ή εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με ταχύτητα υ. Τότε ισχύει

$\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{24}{3}=8$ m/s. Άρα έχουμε και

$\Delta x'=\upsilon\,\Delta t'$ σημ $\Delta x'=8\cdot 7$ σημ $\Delta x'=56$m.

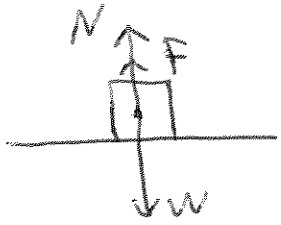
17) α) $\Sigma F_{ολ}=0$ σημ $N=W=400$ N



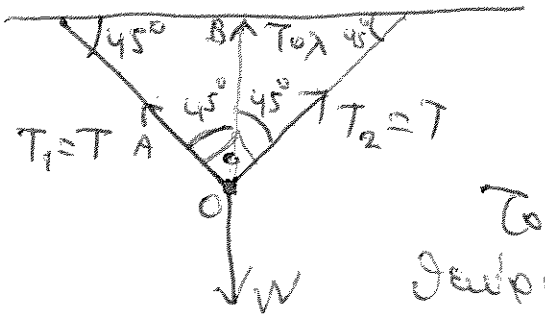
β) $\Sigma F_{ολ}=0$ σημ $F+N=W$ σημ

$N=W-f$ σημ $N=400-100$

σημ $N=300$ N.



18)



Το ορθογώνιο τρίγωνο ΔOAB είναι και ισοσκελές

Άρα $T_1=T_2=T$.

Τότε από το Πυθαγόρειο θεώρημα στο ΔOAB, έχουμε:

$T_{ολ}^2=T_1^2+T_2^2$ σημ $T_{ολ}^2=2T^2$ σημ $T_{ολ}=\sqrt{2T^2}$ σημ $T_{ολ}=T\cdot\sqrt{2}$

Αλλά η συνολική ισορροπία του σώματος (1ος Νόμος του Newton) είναι $F_{ολ}=0$ σημ $T_{ολ}-W=0$ σημ $T\sqrt{2}=W$ σημ $T=\frac{W\sqrt{2}}{2}$ σημ

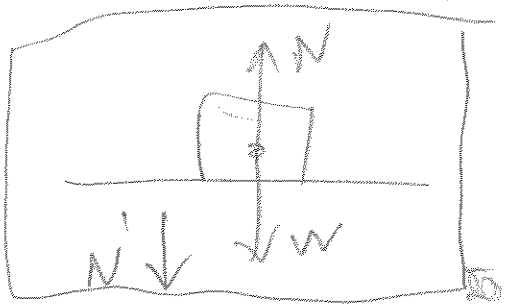
$T=25\sqrt{2}$ N.

Ασκήσεις 3.7 (Λύσεις)

Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις

1) Η δύναμη που ασκείται από τη βαρύτητα της Γης στο σώμα μας είναι το βάρος του. Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα (Δράση - αντίδραση) επειδή η δράση η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα δεν μπορούμε να καταργήσουμε τη βαρύτητα (βαρυτική αλληλεπίδραση).

2.



Από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα για την ισορροπία του σώματος έχουμε $\Sigma F = 0$ ή $W - N = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow N = W = 200\,N$. Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα η δύναμη που κάνει το σώμα στο χέρι μας και N' θα έχει το ίδιο μέτρο αλλά αντίθετη φορά.
$N' = N = W = 200\,N$.

3) Από την ισορροπία του σώματος έχουμε
$\Sigma F = 0$ ή $T_2 - W = 0$ ή $T_2 = W = 180\,N$.

Από τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε
$T_1 = T_2 = 180\,N$.

4) $F_1 = -F = -200\,N$. Δεν μπορούμε να καταργήσουμε τη βαρύτητα (δράση η αντίδραση).

5/ Ίσες γιατί δράση ενέργεια αντίδραση από το 3ο Νόμο του Newton.
Οι δύο δυνάμεις ασκούνται από διαφορετικά σώματα.

6/ Η δύναμη που ασκεί το χέρι μου έχει διπλάσιο μέτρο από τη δύναμη

7/ Διαφωνώ με το 3ο Νόμο του Newton. Οι δράσεις από τα πόδια μου στη βάρκα είναι δυνάμεις μη επαφής που εξασκεί η βάρκα στα πόδια μου. Έτσι η βάρκα δε κινείται με αντίθετη φορά.

8/ Οι ενέργειες είναι ίσες. Αφού τα σώματα ισορροπούν οι δυο δυνάμεις που ασκούνται από τα χέρια έχουν το ίδιο μέτρο η αντίθετη φορά. Έτσι και οι δυνάμεις που ασκούνται στα δυο δυναμόμετρα θα έχουν το ίδιο μέτρο.

9/ Όχι. Οι δυνάμεις είναι ίσες σύμφωνα με τον (3ο Νόμο του Newton)

10/ Οι δυνάμεις είναι ίσες σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton. Όμως επειδή το παιδί έχει πολύ μικρότερη μάζα, η ίδια δύναμη θα μεταβάλλει πιο εύκολα την ταχύτητα του, οπότε το παιδί θα κινηθεί προς τον τοίχο. Η ίδια δύναμη θα μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα του τοίχου που έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα.

11) α/ Για την ισορροπία του συστήματος των τριών μαζών από τον 2ο Νόμο του Newton, έχουμε $\Sigma F_{(y)} = 0$ η'

$F - W_{ολ} = 0$ η' $F = W_{ολ}$ η' $F = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot g$ η'

$F = 25 \cdot 10$ η' $\boxed{F = 250\,N}$

β/ Για τη μάζα m_1 έχουμε

$\Sigma F_{(y)} = 0$ η' $F - m_1 g - T_1 = 0$ η'

$T_1 = F - m_1 g$ η' $T_1 = 250 - 100$ η'

η' $T_1 = 150\,N$.

Όμως $\boxed{T_1' = T_1 = 150\,N}$

Από την ισορροπία της m_2 έχουμε:

$\Sigma F_{(y)} = 0$ η' $T_1' - T_2 - m_2 g = 0$ η'

$T_2 = T_1' - m_2 g$ η' $T_2 = 150 - 100$

η' $\boxed{T_2 = 50\,N}$

Όμως $\boxed{T_2' = T_2 = 50\,N}$.

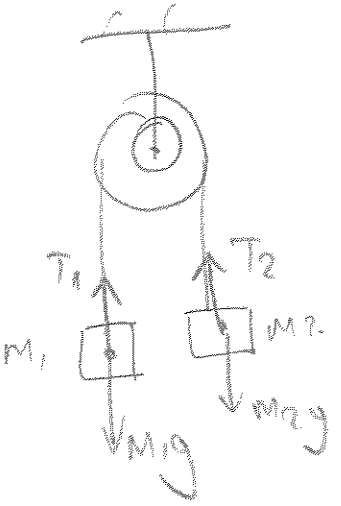
Από την ισορροπία της m_3 έχουμε:

$\Sigma F_{(y)} = 0$ η' $T_2' - m_3 g = 0$ η' $T_2' = m_3 g = 50\,N$

που προφανώς ισχύει.

12)

α)

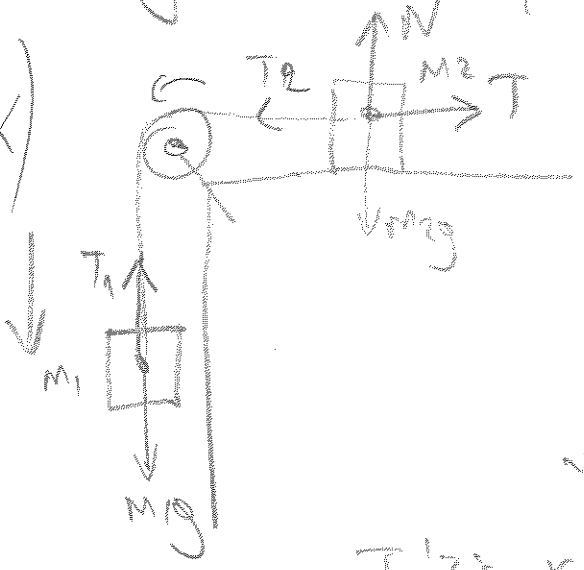


β) Από την ισορροπία του m_1 έχουμε $F_{ολ}=0$ και

$T_1 - m_1 g = 0$ και $T_1 = 30N$.

Προφανώς $T_2 = T_1 = m_2 g = 30N$.

13) α)



β) Από την ισορροπία του m_1 έχουμε (1ος Νόμος του Newton):

$F_{ολ}=0$ και $T_1 - m_1 g = 0$

και $T_1 = m_1 g = 80N$.

Τότε και η τάση T_2 του νήματος που δένεται στο σώμα M_2 σύμφωνα με τον 3ο νόμο του Newton έχει το ίδιο μέτρο άρα $T_2 = T_1 = 80N$.

- Από την ισορροπία του M_2 όταν κατακόρυφα άξονα έχουμε $F_{ολ}=0$ και $N - m_2 g = 0$

και $N = m_2 g = 100N$.

- Από την ισορροπία του m_1 όταν οριζόντιο άξονα, έχουμε $F_{ολ}=0$ και $T_2 - T = 0$ και

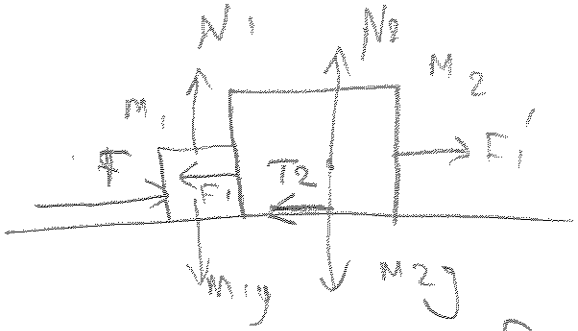
$T = T_2 = 80N$ όπου T είναι η οριακή οριζόντια δύναμη που δέχεται στο σώμα M_2 το οριζόντιο δάπεδο.

γ) $T = \mu N$ και $\mu = \frac{T}{N} = \frac{80}{100}$ και $\underline{\mu = 0,8}$

(4) α) $F_{ολ} = 0$ ή $F = T_{ολ}$ όπου $T_{ολ} = T_1 + T_2$
είναι η οριακή τριβή ολίσθησης ανάμεσα
στα δύο σώματα και το επίπεδο αντίστοιχα.
Οι τάσεις στα άκρα του νήματος δεν
επηρεάζουν την τιμή του οριακού
τους δύο μαζί.
Όπως $T_1 = \mu N_1 = \mu \cdot W_1 = 0{,}1 \cdot 50 = 5N$
& $T_2 = \mu N_2 = \mu W_2 = 0{,}1 \cdot 80 = 8N$.
Άρα $T_{ολ} = T_1 + T_2 = 13N$ & $F = T_{ολ} = 13N$

β) Από την ισορροπία του Σ_1 έχουμε
$F_{ολ} = 0$ ή $F - T - T_1 = 0$ ή $T = F - T_1$ ή
ή $T = 13 - 5$ ή $T = 8N$
όπου T είναι η τάση του νήματος
που αρχίζει στο Σ_1. Τότε ενήμερα
με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα και
η T' δηλαδή η τάση του νήματος
που αρχίζει στο Σ_2 είναι επίσης
$T' = 8N$.
Επομένως το Σ_2 έχουμε
$F_{ολ} = T' - T_2 = 8 - 8 = 0$ άρα το Σ_2
ισορροπεί (δηλ. κινείται με σταθερή ταχύτητα).

(5)



Στο σώμα των δυο σωμάτων ασκείται οριζόντια δύναμη F και η οριζόντια δύναμη T_2 λόγω σχοινιού από το σημείο επαφής. Το m_1 δεν παρουσιάζει οριζόντια κίνηση.

Τότε από τον 1ο Νόμο του Newton έχουμε για το σύστημα των δυο σωμάτων ότι για την οριζόντια κίνηση ότι $F_{ολ} = 0$ ή $F - T_2 = 0$ ή

$T_2 = F = 20\,N.$

Από την ισορροπία της m_2 στον οριζόντιο άξονα, έχουμε $F_{2ολ} = 0$ ή $F_1' - T_2 = 0$ ή

$F_1' = T_2 = 20\,N$, όπου F_1' είναι η δύναμη που ασκεί η m_1 στη m_2.

Σύμφωνα με τον αξίωμα δράσης-αντίδρασης τότε η $F_1 = F_1' = 20$ δύναμη που ασκείται όπου F_1 είναι η δύναμη που ασκείται από τη μάζα m_2 στη μάζα m_1.

Τότε για τη μάζα m_1 έχουμε οριζόντια ότι $F_{ολ} = F - F_1 = 20 - 20 = 0$ άρα

η μάζα m_1 ισορροπεί.

45) (2ος τρόπος):

Από την ισορροπία της M_1 έχουμε

$\Sigma F_1 = 0$ ή $F - T_1 = 0$ ή $T_1 = F = 20N$, όπου

T_1 είναι η δύναμη (εφαπτ.) που ασκείται από τη βίδα στο σώμα M_1.

Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Newton η M_1 ασκεί στο M_2 δύναμη T_1' ίση κι αντίθετη και $T_1' = T_1 = 20N$.

Όμως στο M_2 ασκείται οριζόντια και η οριζόντια δύναμη T_2.

Σύμφωνα από την ισορροπία της M_2 στον οριζόντιο άξονα έχουμε

$\Sigma F_2 = 0$ ή $T_1' - T_2 = 0$ ή $T_2 = T_1' = 20N$.

Κεφάλαιο 4. Πίεση

4.1 Πίεση

1) Το βάρος (W) του κυλίνδρου είναι $N = mg$

η' $W = 0,314 \cdot 10$ η' $W = 3,14\ N$

Το εμβαδό (A) της βάσης του κυλίνδρου είναι $A = \pi \cdot r^2 = 3,14 (5 \cdot 10^{-3})^2 = 78,5 \cdot 10^{-6}\ m^2$

Άρα η πίεση που ασκείται από τον σιδερένιο κύλινδρο στο οριζόντιο έδαφος είναι

$p = \frac{F_κ}{A}$ η' $p = \frac{W}{A} = \frac{3,14}{78,5} 10^6$ η' $p = 4 \cdot 10^4\ N/m^2$

η' $p = 4 \cdot 10^4 \frac{N}{10^4\ cm^2}$ η' $\boxed{p = 4\ N/cm^2}$

• $p = 4 \cdot 10^4\ N/m^2$ η' $\boxed{p = 4 \cdot 10^4\ Pa}$

• 1 atm 10^5 Pa

x; $4 \cdot 10^4$ Pa

$x = \frac{4 \cdot 10^4}{10^5}$ η' $x = 0,4\ atm$.

2) α/Ο Άνδρωπος ασκεί στο χιονισμένο οριζόντιο εδάφος κατακόρυφη δύναμη ίση με το βάρος του $W = 800\,N$

Αλλά το συνολικό εμβαδό βάσης είναι $2A = 500\,cm^2$

Άρα η πίεση που ασκεί στο έδαφος είναι $p = \frac{W}{2A} = \frac{800\,N}{500\,cm^2} = 1,6\,N/cm^2$

Η πίεση όμως οποία αντέχει το χιόνι είναι $0,5\,N/cm^2$. Άρα ο άνδρωπος βουλιάζει στο χιόνι.

β) Ισχύει $p = \frac{W}{A'}$ με $A' = \frac{W}{p} = \frac{800}{0,5}$ με $A' = 1600\,cm^2$. Είναι το συνολικό εμβαδό που πρέπει να έχουν τα χιονοπέδιλά του.

3) $A_1 = 8 \cdot 5 = 40\,cm^2$, $A_2 = 8 \cdot 2 = 16\,cm^2$

και $A_3 = 5 \cdot 2 = 10\,cm^2$

Αλλά $W = m \cdot g = 0{,}2 \cdot 10$ η' $W = 2\,N$.

Τότε $p_1 = \frac{W}{A_1} = \frac{2}{40 \cdot 10^{-4}} = 500\,N/m^2$ η' $500\,Pa$

$p_2 = \frac{W}{A_2} = \frac{2}{16 \cdot 10^{-4}} = 1250\,N/m^2 = 1250\,Pa$

$p_3 = \frac{W}{A_3} = \frac{2}{10^{-3}} = 2000\,N/m^2 = 2000\,Pa$.

4) α) Η κατακόρυφη δύναμη που ασκείται στο οριζόντιο εδάφος είναι ίση με το βάρος του τραπεζιού. Αλλά η ~~συν~~ δική ολικής $W = 450\,N$.

είχε συνολικό εμβαδό $A_{ολ} = 3A = 45\,cm^2$.

Τότε η ολική πίεση που ασκείται από το τραπέζι στο εδάφος είναι $p_{ολ} = \frac{F_\perp}{A_{ολ}} = \frac{W}{3A} = \frac{450}{45}$

η' $p_{ολ} = 10\,N/cm^2$.

β) Το καθένα πόδι του τραπεζιού ασκεί στο οριζόντιο εδάφος, δύναμη ίση με $F = \frac{W}{3}$ η' $F = \frac{450}{3} = 150\,N$. Τότε προκαλεί πίεση $p = \frac{F}{A} = \frac{150}{15} = 10\,N/cm^2$.

4.2 Υδροστατική πίεση.

1) Σε βάθος $h=3m$ η υδροστατική πίεση που ασκείται στο δαφνόσυκο είναι

$p = \rho_{υγ} \cdot g \cdot h = 1020 \cdot 10 \cdot 3 = 3,06 \cdot 10^4 N/m^2$

Τότε $F_{υγρού} = p \cdot A$ όπου $A = \pi R^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} m^2$

Τελικά έχουμε $F_{υγρού} = 3,06 \cdot 10^4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} = 9,6 \cdot 10^2$

η $F_{υγρού} = 960 N$. Δηλαδή αριθμητικά είναι και η ελάχιστη δύναμη που πρέπει να ασκήσουμε στο δάφνο πώμα. $F_{min} = F_{υγρού} = 960 N$

2) Η υδροστατική πίεση είναι $p = \rho_{υγ} \cdot g \cdot h$

η $p = 10^3 \cdot 10 \cdot 0,5$ η $p = 5 \cdot 10^3 Pa$.

Το εμβαδό της βάσης της δεξαμενής είναι

$A = \text{μήκος} \times \text{πλάτος} = 4 \cdot 2 = 8 m^2$

Τελικά για τη δύναμη F που ασκείται στον πυθμένα της δεξαμενής έχουμε $F = p \cdot A$

η $F = 5 \cdot 10^3 \cdot 8 = 4 \cdot 10^4 N$.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Για το βάρος του υγρού της δεξαμενής έχουμε $W = m \cdot g$ η $W = \rho \cdot V \cdot g$ η $W = 1000 \cdot 4 \cdot 10$

η $W = 4 \cdot 10^4 N$. Δηλαδή η δύναμη F που ασκείται στην υδροστατική πίεση είναι ακριβώς όσο και το βάρος W ($F = W$) του υγρού της δεξαμενής. Έχουμε όπως λένε πάλι !!

3) α) Ισχύει $p = \rho_κ g h = 10^3 \cdot 10 \cdot 0,5 = 5 \cdot 10^3$ Pa

και $F = p \cdot A = 5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$ η' $F = 1$ N.

β) Για την μανόμετρο υδροστατική πίεση στο πάτωμα στο ίδιο βάθος h, έχουμε:

$p' = \rho_κ g h_{ολ} = \rho_κ g (h + h_1) = 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 = 25 \cdot 10^3$ Pa

και $F' = p' A = 25 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 5$ N. Άρα η δύναμη μεγαλώνει.

4) α) $p = \rho \cdot g \cdot h = 10^3 \cdot 10 \cdot 1 = 10^4$ Pa η' 0,1 atm και στα δύο δοχεία.

β) ~~$V = A h = 40 cm^2 = 40 \cdot 10^{-4} m^3$ η $4 \cdot 10^{-3} m^3$~~

$V_1 = A \cdot h = 40 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 4 \cdot 10^{-3} m^3$ η' 4 l

$V_2 = A \frac{h}{2} = 2 \cdot 10^{-3} m^3$ και $V_2' = A' \cdot h_2 = A' \frac{h}{2} =$

$= 10^{-3} \cdot 5 m^3$

Άρα $V_{ολ} = V_2 + V_2' = 2,5 \cdot 10^{-3} m^3$ η' 2,5 l.

Τότε η μάζα του νερού στο δοχείο $Δ_1$ είναι $\rho_v = \frac{m_1}{V_1}$ η' $m_1 = \rho_v V_1 = 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ η' $m_1 = 4$ kg νερό.

Το βάρος του νερού στο δοχείο $Δ_1$ είναι $W_1 = m_1 g = 40$ N. Παρόμοια για το δεύτερο δοχείο $Δ_2$ έχουμε $m_2 = \rho_v \cdot V_2 = 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}$ η' $m_2 = 2,5$ kg νερό.

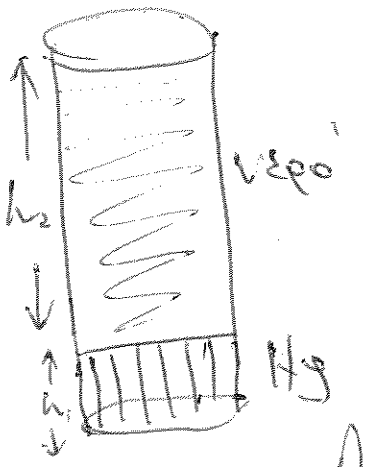
Το βάρος του νερού στο δοχείο $Δ_2$ είναι $W_2 = m_2 g = 25$ N

γ) Για τη δύναμη που ασκείται στην υδροστατική πίεση στον πυθμένα κάθε δοχείου έχουμε $F = p \cdot A = 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ κι' $F = 40\,N$ και στα δύο δοχεία.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι στο δεύτερο δοχείο Δ_2 η δύναμη F είναι μεγαλύτερη από το βάρος του νερού. Είναι $W_2 = 25\,N$ ενώ $F = 40\,N$ δηλαδή $F > W_2$. Άρα σ' αυτή την περίπτωση πληρούται το υδροστατικό παράδοξο.

5) α) Για την υδροστατική πίεση που ασκείται στον υδράργυρο ισχύει $p_{υδρ} = \rho_{υδρ} \cdot g \cdot h_{υδρ}$. Παρόμοια για την υδροστατική πίεση που ασκείται στο νερό έχουμε $p_ν = \rho_ν \cdot g \cdot h_ν$. Επειδή $p_{υδρ} = p_ν$ προκύπτει $\rho_{υδρ} \cdot g \cdot h_{υδρ} = \rho_ν \cdot g \cdot h_ν$ κι' $h_ν = \frac{\rho_{υδρ}}{\rho_ν} \cdot h_{υδρ}$ κι' $h_ν = 13,6 \cdot 5$ κι' $h_ν = 68\,cm$. Δηλαδή το ύψος στο οποίο ανεβαίνει το νερό είναι 13,6 φορές μεγαλύτερο από το ύψος στο οποίο ανεβαίνει ο υδράργυρος.

β) Αφού το κυλινδρικό δοχείο έχει την ίδια επιφάνεια βάσης για δύο υγρά θα ασκούνται στο ίδιο ύψος. Καθώς θα βρίσκεται ο υδράργυρος και πάνω από αυτόν θα βρίσκεται το νερό.



Όπως η υδροστατική πίεση που ασκείται σε ένα σημείο σε βάθος h από την επιφάνεια του νερού όπως h_2 είναι,

$P_v = \rho_v \cdot g \cdot h_2 = 10^3 \cdot 10 \cdot 68 \cdot 10^{-2} = 6.800$ Pa

Αντίστοιχα για την υδροστατική πίεση που ασκείται σε βάθος από την επιφάνεια του υδραργύρου όπως h_1 έχουμε, $P_{υδρ} = \rho_{υδρ} \cdot g \, h_1 = 13,6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-2} =$

$= 6,8 \cdot 10^3 = 6.800$ Pa $= P_v$.

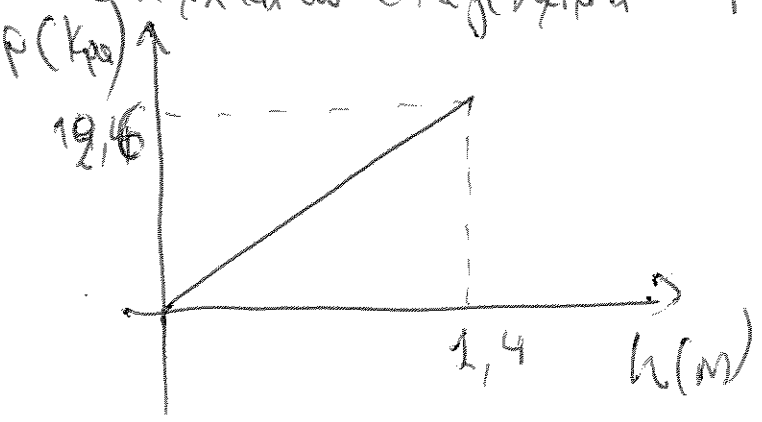
Άρα $P_{αρ} = P_v + P_{υδρ} = 2 \cdot 6.800 = 13.600$ Pa

β) α) Για την υδροστατική πίεση του περιέχεται στον πυθμένα της δεξαμενής έχουμε

$P = \rho_η \cdot g \cdot h = 900 \cdot 10 \cdot h$ ή $P = 9 \cdot 10^3 \, h$ ($\rho_η$)

ή $P = 9 \cdot h$ (kPa)

β) Η σχέση $P = 9 \cdot h$ (kPa) είναι της μορφής $y = \alpha \cdot x$, άρα πρόκειται για ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων. Έτσι έχουμε 2 χαρακτηριστικά διαγεγραμμένα $P(h)$



α) Στην ελεύθερη επιφάνεια του δεξαμενή ($h=0$) η υδροστατική πίεση είναι $p_{ατ}=0$.

Στον πυθμένα της δεξαμενής με $h=H=1,4\,m$ έχουμε $p_{πυθ}=\rho_{υ}\cdot g\cdot h=9\cdot 1,4=12,6\,kPa$.

β) Επειδή $p=\rho_{υ}\cdot g\cdot h$ αν υποτριπλασιαστεί η υδροστατική πίεση του πυθμένα όταν πυθμένας της δεξαμενής τώρα να το ύψος h' από τον πυθμένα της δεξαμενής υποτριπλασιάζεται και γίνεται $h'=\frac{h}{4}=\frac{1,4}{4}=0,35\,m$ ή $35\,cm$.

Το ύψος της στάθμης του περιεχόμενου υγρού είναι $H=140\,cm$. Τελική στάθμη $35\,cm$.

άρα αποστάθηκε κατά $\Delta h=140-35=\underline{105\,cm}$

$(\Delta h=\frac{3}{4}H)$

4.3 Ατμοσφαιρική πίεση.

1.) Από το πείραμα του Torricelli έχουμε ότι για την ατμοσφαιρική πίεση, ότι

$P_{ατμ} = P_{υδρ} = ρ_{υδρ} \cdot g \cdot h_{υδρ}$ (1) Αν χρησιμοποιήσουμε

υδράργυρο τότε για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης στον τόπο του πειράματος θα έχουμε

$P_{ατμ} = P_{λ} = ρ_{λ} \cdot g \cdot h_{λ}$ (2). Από τις σχέσεις (1) & (2)

προκύπτει $ρ_{υδρ} \cdot g \cdot h_{υδρ} = ρ_{λ} \cdot g \cdot h_{λ}$ ή

ή $h_{λ} = \frac{ρ_{υδρ}}{ρ_{λ}} h_{υδρ}$ ή $h_{λ} = \frac{13.6}{0,8} \cdot 60$ ή $h_{λ} = 1020\,cm$

ή $h_{λ} = 10,2\,m$.

2) Το εμβαδό του πηδαλίου του Μαγδεμβούργου είναι $A = πR^2 = 3,14 \cdot 0,25 = 0,785\,m^2$.

Η ολική πίεση που ασκείται στο εξωτερικό μέρος στα δύο ημισφαίρια βρίσκεται 2Ν από την πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα, στο εξωτερικό των ημισφαιρίων αφαιρέσουμε την πίεση στο εσωτερικό τους. Άρα έχουμε $P_{ολ} = 1 - 0,1 = 0,9\,atm$ ή $0,9 \cdot 10^5\,N/m^2$

Τότε έχουμε $P_{ολ} = \frac{F}{A}$ ή $F = P_{ολ} \cdot A$ ή $F = 0,9 \cdot 10^5 \cdot 0,785$ ή

$F = 70650\,N$ (Η δύναμη αυτή αντιστοιχεί σε βάρος σώματος μάζας 7,065 τν)

3) Ισχύει $P_{ατμ} = P_{υδρ} = ρ_{υδρ} \cdot g \cdot h$ η'

$h = \frac{P_{ατμ}}{ρ_{υδρ} \cdot g}$ η' $h = \frac{0,7 \cdot 10^5}{13,6 \cdot 9,8 \cdot 10^3}$ η'

$h = 0,525\,m$ η' $h = 52,5\,cm$

Το ύψος δηλαδή της στήλης του υδραργύρου στην περιοχή του Μόντε είναι 52,5 cm ενώ στην επιφάνεια της θάλασσας στην πλάκα Λιαθώρου είναι $h = 76\,cm$ Hg.

4) $F = P \cdot A = 10^5 \cdot 2 = 2 \cdot 10^5\,N$.

Όπως και μέσα στο δωμάτιο, εξασκείται και ίση και αντίθετη δύναμη. Οπότε έχουμε $F_{ολ} = 0$ και το πρόβλημα δε λύνεται. Αν όμως ~~σκεφτούμε~~ αφαιρέσουμε τον αέρα μέσα από το δωμάτιο, τότε το πρόβλημα λύνεται, προς τα μέσα.

4.4 Αρχή του Pascal

1) α) $P_A = P_{ατμ} + \frac{W}{A} + ρ_{υ} \cdot g \cdot h_1 = 10^5 + \frac{50}{250} 10^4 + 8 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 10^{-1} =$

$= 10^5 + 0,2 \cdot 10^4 + 8 \cdot 10^2 = 1,028 \cdot 10^5$ Pa

ή 1,028 atm.

β) Για την υδροστατική πίεση στο σημείο Β όλου πυθμένα του δοχείου έχουμε $P_{υδρ}^{B} = ρ_{υ} \cdot g \cdot h = 8 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 0,4 =$

$= 32 \cdot 10^2$ Pa $= 3.200$ Pa

2) α) Αφού το έμβολο ισορροπεί τότε θα πρέπει η πίεση του αερίου μέσα στο δοχείο να εξισορροπεί την ατμοσφαιρική πίεση αλλά και την πίεση που οφείλεται στο βάρος (W) του εμβόλου. Άρα έχουμε

$P_{εξ ισορρ} = P_{ατμ} + P_W = P_{ατμ} + \frac{W}{A} = P_{ατμ} + \frac{mg}{A}$

ή $P_{εξ ισορρ} = 10^5 + \frac{50}{10^{-4}} = 6 \cdot 10^5$ Pa ή 6 atm.

β) Τότε για την ισορροπία του εμβόλου έχουμε

$P_{εξ ισορρ}' = P_{ατμ} + P_W + P_F = P_{ατμ} + \frac{W}{A} + \frac{F}{A}$

ή $P_{εξ ισορρ}' = P_{ατμ} + \frac{mg+F}{A} = 10^5 + \frac{200}{10^{-4}} = 21 \cdot 10^5$ Pa (N/m^2)

ή $P_{εξ ισορρ}' = 21$ atm.

3) α) $p = \frac{F}{A} + p_{ατμ} = \frac{200}{200 \cdot 10^{-4}} + 10^5 = 1,1 \cdot 10^5$ Pa

ή 1,1 atm.

β) Για τη δύναμη που ασκείται στο πυθμένα του δοχείου (εσωτερική) έχουμε $F_{ολ} = P \cdot A = 1,1 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 2,2 \cdot 10^3$ N

ή $F_{ολ} = 2.200$ N

γ) Η ολική πίεση στο πυθμένα του δοχείου ισούται με το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης της πίεσης που οφείλεται στο βάρος W του εμβόλου της πίεσης που οφείλεται στη δύναμη F και της υδροστατικής πίεσης του υδραργύρου σε βάθος h. Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση που προσέρχεται από το έμβολο (εκτός του βάρους του), από τη δύναμη F πλευρά και η ατμοσφαιρική πίεση διαδίδονται αμετάβλητες σε όλα τα σημεία του υδραργύρου, όπου κατά βρίσκεται σε ισορροπία, όπως έχουμε εδώ. Άρα προκύπτει

$p_{ολ} = p_{ατμ} + \frac{W}{A} + \frac{F}{A} + \rho_{υδρ} \cdot g \cdot h$ ή

$p_{ολ} = p_{ατμ} + \frac{F+W}{A} + \rho_{υδρ} \cdot g \cdot h$ ή

$p_{ολ} = 10^5 + \frac{300}{300 \cdot 10^{-4}} + 13.600 \cdot 10 \cdot 0,1$ ή

$p_{ολ} = 10^5 + 10^4 + 1,36 \cdot 10^4 = 12,36 \cdot 10^4$ N/m²

Τελικά έχουμε $p_{ολ} = \frac{F_{ολ}}{A}$ ή $F_{ολ} = p_{ολ} \cdot A = 12,36 \cdot 10^4 \cdot 300 \cdot 10^{-4}$

ή $F_{ολ} = 3.708$ N.

5) α) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal, η πίεση διαδίδεται αμετάβλητη, σ' όλα τα σημεία του ρευστού που ισορροπεί.

Άρα αν ασκήσουμε την πίεση στο σημείο Α και $p_A = \frac{F_1}{A_1} = \frac{240}{300 \cdot 10^{-4}} = 8.000$ Pa τότε και στο σημείο Β θα ασκηθεί και το ίδιο πόσο δηλαδή θα έχουμε και $p_B = p_A = 8.000$ Pa (N/m^2)

β) Όπως $p_B = \frac{F_2}{A_2}$, άρα έχουμε $F_2 = p_B \cdot A_2$

η $F_2 = 8 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-2}$ η $F_2 = 960$ N

γ) $W_1 = F_1 \cdot \Delta x_1 = 240 \cdot 0,1 = 24$ J. Όπως το έργο της F_2 είναι ίσο με το έργο της F_1 (Α.Δ.Ε: Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας) άρα ισχύει

$W_2 = W_1$ η $F_2 \cdot \Delta x_2 = W_1$ η $\Delta x_2 = \frac{24}{960}$ η $\Delta x_2 = 0,025$ m

η $\Delta x_2 = 2,5$ cm. (Άρα σ' κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε απόσταση αντίστροφα)

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί και τη διατύπωση του Χρυσού κανόνα της Μηχανικής.

Βέβαια επειδή τα διαστήματα Δx_1 και Δx_2 διανύονται στον ίδιο χρόνο τότε έχουμε $v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t}$ και $v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t}$ και επειδή $\Delta x_2 < \Delta x_1$ προκύπτει και $v_1 < v_2$. Άρα μπορούμε να πούμε σ' κερδίζουμε σε δύναμη το χάνουμε σε ταχύτητα.

6) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal έχουμε: $P_A = P_{ατμ} + P_{υγρού} = P_{ατμ} + \rho_υ \cdot g \cdot h_2$

η' $P_A = 10^5 + 800 \cdot 10 \cdot 0,1 = 100,8 \cdot 10^3$ Pa.

Για τον πυθμένα του δοχείου προκύπτει

$P_B = P_A + P_{νερού} = P_A + \rho_ν \cdot g \cdot h_1 = 100,8 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 0,2$

η' $P_B = 102,8 \cdot 10^3$ Pa

7) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση (P_1) που ασκείται από το υγρό του υδραυλικού διατίθεται σε όλο το υγρό του κυλίνδρου. Άρα έχουμε $P_1 = P_2$ η' $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ η' $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$

η' $F_2 = \frac{4A_1}{A_1} F_1$ η' $F_2 = 40$ N.

8) α) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η αύξηση της πίεσης είναι η ίδια σε όλα τα σημεία. Οπότε $P_A = P_B = P_Γ = P_Δ = \frac{F}{A} = \frac{10}{10^{-3}} = 10^4$ Pa (N/m²)

η' 0,1 atm.

β) Η ολική πίεση είναι μεγαλύτερη στο σημείο Γ γιατί σε κάθε σημείο η ολική πίεση είναι $P_{ολ} = P_F + P_{υδρ} + P_{ατμ}$

η' $P_{ολ} = \frac{F}{A} + \rho_{υγρ} \cdot g \cdot h + P_{ατμ}$. Επειδή όμως το Γ βρίσκεται στο μεγαλύτερο βάθος h από τα υπόλοιπα σημεία (Α, Β, Δ) γι' αυτό στο σημείο Γ έχουμε και μεγαλύτερη ολική πίεση.

Ενότητα 4.5 & 4.6

Άνωση – Πλεύση – Αρχή του Αρχιμήδη

4) α) $\rho_{σ} = \frac{m}{V}$ ή $V = \frac{m}{\rho_{σ}} = \frac{54}{2,7}$ ή $V = 20 cm^3$ ή $2 \cdot 10^{-5} m^3$

β)



Από τη συνθήκη ισορροπίας, έχουμε
$\Sigma F = 0$ ή $T - W = 0$ ή $T = W = m \cdot g$
ή $T = 54 \cdot 10^{-3} \cdot 10$ ή $T = 0,54 N$

γ)



Η δύναμη της άνωσης (A) που δέχεται το σώμα όταν βυθίστε' ολόκληρο μέσα στο νερό είναι
$A = \rho_{υ} \cdot g \cdot V = 10^3 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-5}$ ή $A = 0,2 N$.

Τότε από τη συνθήκη ισορροπίας (1ος Νόμος του Νεύτωνα) προκύπτει $\Sigma F = 0$ ή $T' + A - W = 0$
ή $T = W - A = 0,54 - 0,2$ ή $T = 0,34 N$.

Άρα αληθώς δεν είναι και η ένδειξη του δυναμομέτρου.

2) α) Εφόσον το αθρό ισορροπεί ευθύγραμμο λείο δεν δέχεται αλκαλικό έχουμε

$\Sigma F=0$ ή $A-W=0$ ή $A=W$ ή $\rho_{υγ}\cdot g\cdot V_{βυθ}=m_{αθρ}\cdot g$

ή $\rho_{υγ}\cdot g\cdot V_{βυθ}=\rho_{αθρ}\cdot V_{αθρ}\cdot g$ ή $\rho_{αθρ}=\rho_{υγ}$

Άρα η πυκνότητα του αθρού είναι ίση με την πυκνότητα του αλκοόλ δηλαδή $\rho_{αθρ}=1200\,kg/m^3$.

β) $A=W=m\cdot g=45\cdot10^{-3}\cdot10=0,45\,N$.

Πράγματι ισχύει και $A=\rho_{υγ}\cdot g\cdot V_{βυθ}$

Όμως $\rho_{αθρ}=\frac{m}{V_{αθρ}}$ ή $V_{αθρ}=\frac{45}{1,2}=37,5\,cm^3$

Άρα $A=1.200\cdot10\cdot37,5\cdot10^{-6}$ ή $A=450\cdot10^{-3}\,N$

ή $A=0,45\,N$ (Πράγματι $A=W$)

γ) Από τη δεύτερη ισορροπία έχουμε $A=W=mg$

ή $A=45\cdot10^{-3}\cdot10$ ή $A=0,45\,N$.

Όμως $A=\rho_{υγ}\cdot g\cdot V'$ ή $V'=\frac{0,45}{1,5\cdot10^{3}\cdot10}$ ή

$V'=30\cdot10^{-6}\,m^3$ ή $V'=30\,cm^3$ (βυθισμένο)

Τότε ο όγκος του αθρού εξω από το αλκοόλ είναι $\Delta V=V-V'=37,5-30=7,5\,cm^3$.

β) Ισχύει $\rho_υ = 1\,kg/m^3$ και $\rho_{αβρα} = 1,2\,kg/m^3$.

Άρα $\rho_{αβρα} > \rho_υ$ άρα το αβρά βυθίζεται.

Άκαρη $W = mg = 0,45\,N$

$A = \rho_υ \cdot g \cdot V = 10^3 \cdot 37,5 \cdot 10^{-6} = 0,375\,N$.

Άρα $W > A$ οπότε το αβρά βυθίζεται.

γ) α) Ισχύει $\rho_α = \frac{m}{V}$ η $V = \frac{m}{\rho_α} = \frac{83,2}{1,04 \cdot 10^3}$

$V = 80 \cdot 10^{-3}\,m^3$ η $80\,l$

Τότε όταν ο άνθρωπος είναι ολόκληρος βυθισμένος στο νερό δέχεται άνωση ίση με

$A = \rho_υ \cdot g \cdot V = 10^3 \cdot 10 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 800\,N$

Όμως το βάρος του είναι $W = m \cdot g = 832\,N$.

Συνεπώς έχουμε $W > A$ οπότε καλά βυθίζεται.

δ) Η άνωση που δέχεται από το πλαστικό, όταν καλά ισορροπεί είναι ίση με το βάρος του.

Συνεπώς $A = W = 832\,N$.

Όμως $A = \rho_υ \cdot g \cdot V'$ η $V' = \frac{832}{1,2 \cdot 10^4}$ η $V' = 69,3 \cdot 10^{-3}\,m^3$

Οπότε το ποσοστό του ολόκληρου του ανθρώπου που βρίσκεται, έξω από το νερό είναι

$\alpha = \frac{\Delta V}{V} 100\% = \frac{80 - 69,3}{80} 100\% = \underline{13,375\%}$

4) Το βάρος του σώματος είναι $W = mg$

$\eta' \quad W = 54 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \quad \eta' \quad W = 0,54\,N.$

Από τη συνθήκη ισορροπίας του σώματος όταν βυθίζεται εξ' ολοκλήρου μέσα στο νερό έχουμε $\Sigma F = 0$ η'



$W' + A - W = 0 \quad \eta' \quad A = W - W'$

$\eta' \quad A = 0,54 - 0,38 \quad \eta' \quad A = 0,16\,N.$

Ο όγκος του σώματος υπολογίζεται από τον τύπο της πυκνότητας: $\rho = \frac{m}{V} \quad \eta' \quad V = \frac{m}{\rho}$

$\eta' \quad V = \frac{54}{2,7} \quad \eta' \quad V = 20\,cm^3. \quad \eta' \quad 20 \cdot 10^{-6}\,m^3$

Τότε η άνωση (A) που δέχεται το σώμα από το υγρό είναι: $A = \rho_u \cdot g \cdot V \quad \eta'$

$\rho_u = \frac{A}{g \cdot V} \quad \eta' \quad \rho_u = \frac{0,16}{10 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \quad \eta' \quad \rho_u = 800\,kg/m^3$

$\eta' \quad \rho_u = 0,8\,g/cm^3.$

5) Αν ο όγκος του σώματος που είναι βυθισμένος στο νερό είναι V_1 και στο λάδι είναι V_2 τότε η άνωση από το νερό είναι $A_1 = \rho_\nu \cdot g V_1$ και από το λάδι $A_2 = \rho_\lambda \cdot g V_2$. Άρα $A = A_1 + A_2$ (ολική άνωση)

το βάρος του ξύλου που είναι βυθισμένο στο νερό είναι: $W_1 = m_1 g = \rho_\xi g V_1$

Παρόμοια για το βάρος του ξύλου που είναι βυθισμένο στο λάδι είναι: $W_2 = m_2 g = \rho_\xi \cdot g \cdot V_2$

Τότε το βάρος του ξύλινου κυλίνδρου είναι $W = W_1 + W_2$. Από τη συνθήκη ισορροπίας έχουμε $\Sigma F = 0$ η' $A - W = 0$ η' $A = W$ η'

$A_1 + A_2 = W_1 + W_2$ η' $\rho_\nu g V_1 + \rho_\lambda g V_2 = \rho_\xi g V_1 + \rho_\xi g V_2$

η' $\rho_\nu V_1 + \rho_\lambda V_2 = \rho_\xi (V_1 + V_2)$ όμως $V_1 + V_2 = V$.

η' $V_1 + V_2 = 300\ cm^3$ Άρα έχουμε

$V_1 + 0,6 V_2 = 0,8 \cdot 300$ η' $V_1 + 0,6 V_2 = 240$ η'

$V_1 = 240 - 0,6 V_2$

Όμως $V_1 + V_2 = 300$ η' $240 - 0,6 V_2 + V_2 = 300$ η'

$0,4 V_2 = 60$ η' $\boxed{V_2 = 150\ cm^3}$ Τότε

Προκύπτει και $V_1 = V_2 = 150\ cm^3$

6) α) Ισχύει $A = W - W' = 3,2 - 2,8 = 0,4\,N$

Όμως $A = \rho_v \cdot g \cdot V$ και $g = \frac{A}{\rho_v \cdot V}$ και $g = \frac{0,4}{10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-6}}$

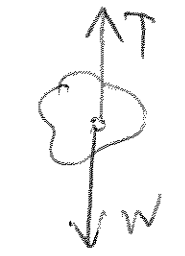
$g = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-2}}$ και $g = 8\,m/s^2$.

β) $W = m \cdot g$ και $m = \frac{W}{g}$ και $m = \frac{3,2}{8}$ και $m = 0,4\,kg$

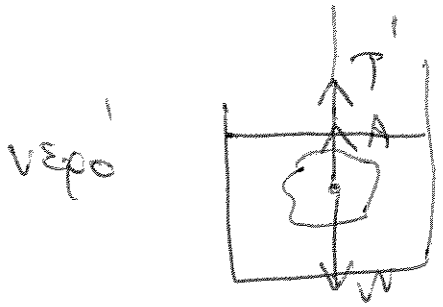
και $m = 400\,g$.

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{400}{50}$ και $\rho = 8\,g/cm^3$.

7) α) Στον αέρα



στο νερό



β) Έξω από το νερό από τη συνθήκη ισορροπίας είχαμε $\Sigma F = 0$ και $T - W = 0$ και $T = W = 7\,N$

γ) Μέσα στο νερό $\Sigma F = 0$ και $T' + A - W = 0$

και $A = W - T'$ όπου T' είναι η τάση του νήματος δηλαδή η ένδειξη του δυναμομέτρου, όταν το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο νερό. Άρα $T' = 4,5\,N$

Τότε είχαμε $A = 7 - 4,5$ και $A = 2,5\,N$

δ) $A = \rho_v \cdot g \cdot V$ και $V = \frac{2,5}{10^4}$ και $V = 2,5 \cdot 10^{-4}\,m^3$ και $V = 250\,cm^3$

~~Τότε το πρόβλημα~~

Για το βάρος του σώματος ισχύει $W = mg$ ή

$m = \frac{W}{g} = \frac{7}{10}$ ή $m = 0,7\ kg$ ή $700\ g$.

Τότε η πυκνότητα του σώματος είναι

$\rho_\Sigma = \frac{m}{V} = \frac{700\ g}{250\ cm^3}$ ή $\rho_\Sigma = 2,8\ g/cm^3$.

ε) Το βάρος του νερού που εκτοπίζεται από το σώμα είναι όσο και η άνωση.

Δηλαδή $W_v = A = 2,5\ N$

Επίσης ο όγκος του νερού που εκτοπίζεται είναι όσος και ο όγκος του σώματος δηλαδή

$V = 250\ cm^3 = V_v$. Τότε $\rho_v = \frac{m_v}{V_v}$ ή

$m_v = \rho_v \cdot V_v = 10^3 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 250 \cdot 10^{-3}\ kg$ ή $0,25\ kg$

Άρα $W_v = m_v \cdot g = 0,25 \cdot 10 = 2,5\ N = A$.

5.1 Έργο - Ενέργεια

Λύσεις των ασκήσεων.

1) $W_F = F \cdot \Delta x = 80 \cdot 0,12 = 9,6\ J$

2) $\Sigma F_{(x)} = 0$ ή $F = T$ ή $T = 150\ N$

Τότε $W_T = -T \cdot x = -150 \cdot 3 = -450\ J$

3) • $W_F = F \cdot \Delta x \cdot \sigma\upsilon\nu 30^\circ = 60 \cdot 1,5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 45\sqrt{3}\ J$

• $\Sigma F_{(y)} = 0$ ή $N + F_y - W = 0$ ή $N = W - F_y$ ή

$N = W - F \cdot \eta\mu\varphi = mg - F \cdot \eta\mu\varphi = 100 - 60 \cdot \frac{1}{2} = 100 - 30 = 70\ N.$

Τότε $T = \mu N = 0,5 \cdot 70 = 35\ N.$

Άρα $W_T = -T \cdot \Delta x = -35 \cdot 1,5 = -52,5\ J.$

• $W_N = W_W = 0.$

4) • $W_F = F \cdot \Delta x \cdot \sigma\upsilon\nu 60^\circ = 10 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} = 25\ J.$

• $W_W = W_N = 0$

Η κινητική ενέργεια του ανθρώπου είναι ίση με το έργο της δύναμης F, που εξασκήθηκε ο άνθρωπος στο κιβώτιο. Άρα έχουμε $E_{κιν} = W_F = 25\ J.$

5) Το έργο του εργάτη είναι $W = F \cdot h$

Όπως το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, άρα έχουμε $F = W = mg = 100\ N.$ Τότε είναι $W = 100 \cdot 5 = 500\ J.$

Όσο χρόνο το σώμα παραμένει ακίνητο, ο εργάτης δεν παράγει έργο. Εξασκεί όμως δύναμη και καταναλώνει κάποια ενέργεια για να εξουδετερώνει κάθε στιγμή τη δύναμη του βάρους.

Επίσης το έργο είναι ανεξάρτητο του χρόνου που απαιτείται για να μεταφέρουμε το κιβώτιο σε ύψος h. Έτσι υπάρχει ανάγκη να ορίσουμε ένα καινούργιο

φυσικό μέγεθος που ονομάζεται ισχύς (P).

6/α) Καθ' όλη το έργο του βάρους είναι αρνητικό, οπότε έχουμε $W_W = -W \cdot h = -m \cdot g \, h =$

$= -60 \cdot 10 \cdot 20 = -12.000 \, J.$

β/ Για το έργο της τάσης T, του νήματος έχουμε $W_T = T \cdot h$. Επειδή το σώμα ισορροπεί με σταθερή ταχύτητα είναι $\Sigma F_y = 0$ σημαίνει $T - W = 0$ σημαίνει $T = W = mg = 600 \, N$.

Άρα $W_T = 600 \cdot 20 = 12.000 \, J.$

γ/ Ο άνθρωπος ασκεί στο νήμα μια δύναμη F που είναι κατακόρυφη όπως και η τάση T, του νήματος. Αν το νήμα είναι μη ελαστικό και περνάει από τροχαλία 20 m τότε και ο άνθρωπος μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της δύναμης κατά $\Delta x = h = 20 \, m$. Τότε είναι $W_F = F \cdot \Delta x = 600 \cdot 20 = 12.000 \, J$. Το έργο αυτό είναι η χημική ενέργεια που ξόδεψε ο άνθρωπος).

7). $W_F = F \cdot \Delta x \cdot \sigma\upsilon\nu 45^\circ = 50 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 250\sqrt{2} \, J = 350 \, J.$

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον κατακόρυφο άξονα έχουμε $\Sigma F_y = 0$ σημαίνει $N - W - F_y = 0$ σημαίνει $N = W + F_y$

Όμως ισχύει $F^2 = F_x^2 + F_y^2 = 2F_x^2$ σημαίνει $F = F_x\sqrt{2}$ σημαίνει

$F_x = \frac{F}{\sqrt{2}} = \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 25\sqrt{2} \, (N) = F_y$. Άρα

$W = mg = 50 \, N$. Τότε $N = 50 + 25\sqrt{2} \, (N)$

σημαίνει $N = 50 + 25 \cdot 1,4 = 85 \, N$

Άρα $T = \mu N = 0,2 \cdot 85 = 17 \, N$

Άρα $W_T = -T \cdot \Delta x = -170 \, J$

8/ α/ Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα του ~~κεκλιμένου~~ κεκλιμένου επιπέδου έχουμε $F_{ολ_y} = 0$ ή $N - W_1 = 0$ ή $N = W_1$, όπου $W_1 = W\sigma\upsilon\nu\varphi$ ή $W_1 = 40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 20\sqrt{3}$ N. Άρα $N = 20\sqrt{3}$ N.

Από τη συνθήκη ισορροπίας στον άξονα του κεκλιμένου επιπέδου, έχουμε $F_{ολ_x} = 0$ ή $F = W_2$. Όπου $W_2 = W\eta\mu\varphi = 40 \cdot \frac{1}{2} = 20$N.

Άρα $F = 20$ N

β/ $W_F = F \cdot \Delta x = 20 \cdot 0,8 = 16$ J

$W_W = W_{W_1} + W_{W_2} = -W_2 \cdot \Delta x = -20 \cdot 0,8 = -16$ J.

$W_N = 0$ γιατί η κατεύθυνση αντίδρασης N, είναι κάθετη στη μετατόπιση Δx του σώματος

γ/ • $W_{F_2} = 0$ γιατί η F_2 είναι κάθετη στη μετατόπιση του σώματος.

• ~~Η συνισταμένη μετατόπιση του σώματος είναι~~

Η δύναμη F_1 σχηματίζει γωνία $\varphi = 30°$ με τη μετατόπιση του σώματος πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο άρα έχουμε $W_{F_1} = F_1 \cdot \Delta x \cdot \sigma\upsilon\nu 30°$

Αλλά είναι $\eta\mu 30° = \frac{h}{\Delta x}$ ή $\Delta x = \frac{h}{\eta\mu 30°}$

ή $\Delta x = 2h = 1,6$ m. Άρα $W_{F_1} = 40 \cdot 1,6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 32\sqrt{3}$ J.

• Αλλά είναι $W_{F_3} = F_3 \cdot \Delta x = 30 \cdot 1,6 = 48$ J

Τέλος $W_W = -W \cdot h = -50 \cdot 0,8 = -40$ J.

10) α) Από το εμβαδό στο διάγραμμα F(x) για μετατόπιση Δx = x = 5m έχουμε $W_{F_1} = 5 \cdot 200 = 1000 J$

β) Πληρότητα $W_{F_2} = -100 (10 - 5) = -500 J$. Άρα

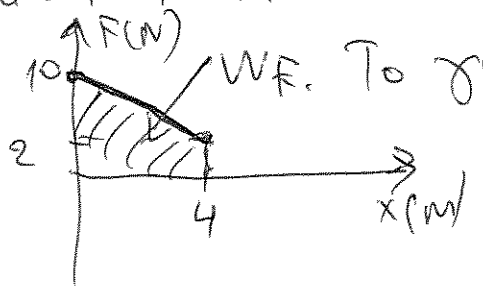
$$W_F = W_{F_1} + W_{F_2} = 1000 - 500 = 500 J.$$

11) $W = 0$, γιατί η δύναμη που ασκεί το χέρι του ανθρώπου πάνω στη βαλίτσα, είναι κάθετη στη μετατόπιση. Φαίνεται να υπάρχει το "παράδοξο" ότι παρ' όλο που το έργο του ανθρώπου είναι μηδέν, αυτός κουράζεται. Ο άνθρωπος κουράζεται και δαπανά χημική ενέργεια ώστε η δύναμη του να εξισορροπεί τη δύναμη του βάρους της βαλίτσας που επιμηκύνει τους μυς του. Αν η βαλίτσα κινούνταν πάνω σ' ένα τραπέζι κάποια κούραση δεν θα προκυρούνταν και κανένα έργο δεν θα παράγονταν.

12) Το έργο (W) του δρομέα είναι συνεχώς κάθετο στην ταχύτητα του δρομέα και άρα σε κάθε περίπτωση έχουμε $W_w = 0$.

13) Επειδή η δύναμη $F = 10 - 2x$ είναι μεταβλητή δηλαδή το μέτρο της μεταβάλλεται με την απόσταση x κάνουμε γραφική παράσταση.

α) Για $x = x_0 = 0$ m είναι $F = 10N$
Για $x = 4$m είναι $F = 2N$ Τότε έχουμε τη γραφική παράσταση



W_F. Το γραμμοσκιασμένο εμβαδό είναι $W_F = \frac{B+b}{2} \cdot \upsilon =$

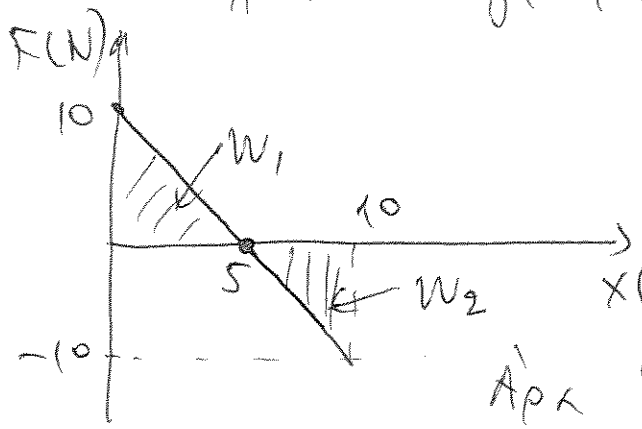
$$= \frac{10+2}{2} \cdot 4 = 24 J$$

13(ii) Για $x=x_0=0m$ είναι $F=10N$

Για $x=10m$ είναι $F=-10N$

Αλλά για $x=5m$ είναι $F=0N$.

Τότε έχουμε τη γραφική παράσταση.



Από το σχήμα είναι

$W_1 = \frac{B \cdot U}{2} = 25J$

& $W_2 = \frac{B \cdot U}{2} = \frac{5(-10)}{2} = -25J$

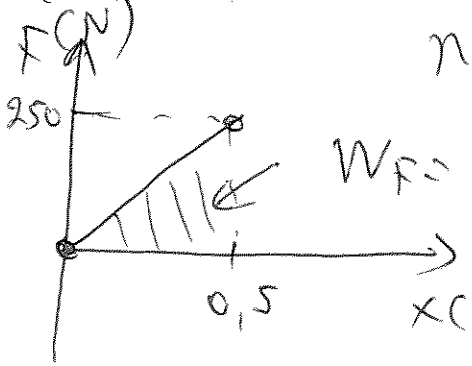
Άρα $W_F = W_1 + W_2 = 25 - 25 = 0J$.

14) Σύμφωνα με το νόμο του Hook είναι $F=Kx$ ή $F=500 \cdot x$ Η F είναι μια μεταβλητή δύναμη άρα για τον υπολογισμό του έργου της W καταφεύγουμε σε γραφική παράσταση.

Για τη δεδομένη φυσική κίνηση είναι $x=0$ & $F=0$

για $x=0,5m$ είναι $F=250N$

Τότε έχουμε



$W_F = \frac{B \cdot U}{2} = \frac{0,5 \cdot 250}{2} = 62,5J$

Αντίθετα είναι $W_{F\epsilon\lambda} = -W_F = -62,5J$.

Βέβαια για το έργο της δύναμης του ελατηρίου μπορούμε να έχουμε $W_{F\epsilon\lambda} = \frac{1}{2}kx_1^2 - \frac{1}{2}kx_2^2$ με

$x_1=0$ & $x_2=x=0,5m$ άρα $W_{F\epsilon\lambda} = -\frac{1}{2}kx^2 =$

$= -\frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 0,25 = -62,5J$.

ξ. 5.2 Λύσεις των ασκήσεων

1) α) $U_{βαρ}^{τραπέζι} = m.g.h = 12\,J.$

$U_{βαρ}^{έδαφος} = m.g(h+H) = 20\,J.$

β) $U'^{έδαφος}_{βαρ} = m.g\,H = 8\,J$

γ) $W_w = w.h = m.g\,h = 12\,J$

$\Delta U_{τραπέζι} = U_{τελ} - U_{αρχ} = 0 - 12 = -12\,J.$

$\Delta U_{έδαφος} = U'_{τελ} - U'_{αρχ} = 8 - 20 = -12\,J.$

Παρατηρούμε ότι έχουμε την ίδια μεταβολή της δυναμικής ενέργειας, ανεξάρτητα από το ποιο επίπεδο αναφοράς επιλέξουμε.

2) α) Το έργο του βάρους εξαρτάται μόνο από την κατακόρυφη μετατόπιση h και είναι ανεξάρτητο της διαδρομής. (Το βάρος είναι διατηρητική ή διατρητική δύναμη) Για την άνοδο το έργο του βάρους είναι αρνητικό, οπότε έχουμε $W_w = -w.h = -50.2,4 = -120\,J.$

β) Επειδή το σώμα κινείται στην 1η περίπτωση κατακόρυφα προς τα πάνω με σταθερή ταχύτητα, άρα σημαίνει ότι ισορροπεί. Τότε από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα, έχουμε

$F_{ολ} = 0$ ή $F - W = 0$ ή $F = W = 50N$. Τότε για το έργο της δύναμης F (που έχει την ίδια φορά με τη μετατόπιση h) έχουμε:

$$W_F = F \cdot h = 50 \cdot 2,4 = 120 J.$$

γ) $U_{βαρ} = W \cdot h = m \cdot g \cdot h = 120 J.$

δ) $\Delta U = U_{τελ} - U_{αρχ} = wh - wh' = w(h - h') =$
$= w \cdot H$

όπου H είναι το ύψος του κιβωτίου με $H = 0,4 m$. Άρα

$$\Delta U = 50 \cdot 0,4 = 20 J.$$

ε) Το συνολικό ύψος σ' αυτή την περίπτωση είναι $h_{ολ} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 m$. Άρα για τη συνολική ενέργεια της πέτρας σ' αυτή την περίπτωση έχουμε $U_{βαρ} = w \cdot h_{ολ} = 50 \cdot 1,6$

ή $U_{βαρ} = 80 J.$

3) α) $W_w = w \cdot h = m \cdot g \cdot h = 0,2 \cdot 10 \cdot 5 = 10\,J$. Σ2-(3)

Το έργο του βάρους εξαρτάται μόνο από το βάρος του σώματος και το ύψος h. Από το επίπεδο δυναμικής ενέργειας

Άρα είναι ανεξάρτητο του μέτρου της ταχύτητας!

β) Το έργο του βάρους είναι ανεξάρτητο από τη διαδρομή και εξαρτάται μόνο από την κατακόρυφη μετατόπιση μεταξύ της αρχικής και τελικής θέσης του σώματος. Άρα και στην περίπτωση είναι $W_w = m \cdot g \cdot h = 10\,J$.

γ) $U_{(B)}^{αρχ} = W(h-H) = m \cdot g (h-H) = 0,2 \cdot 10 \cdot 2,5 = 5\,J$.

Η τελική δυναμική ενέργεια του σώματος ως προς το Α είναι $U_{(A)}^{τελ} = -Wh =$

$= -m \cdot g h = -10\,J$.

δ) $K_{αρχ} = \frac{1}{2} m U_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 4 = 0,4\,J$

Η κινητική ενέργεια είναι μονόμετρο μέγεθος άρα εξαρτάται μόνο από το μέτρο της ταχύτητας και όχι από την κατεύθυνσή της. Άρα δεν εξαρτάται από τη γωνία φ.

4. α) $\left.\begin{aligned} E_{1κ} &= \frac{1}{2} m_1 υ^2 \\ E_{2κ} &= \frac{1}{2} m_2 υ^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{E_{1κ}}{E_{2κ}} = \frac{m_1}{m_2}$

η' $\frac{E_{1κ}}{E_{2κ}} = \frac{5}{8}$

β) Το έργο της δύναμης F είναι σε κάθε περίπτωση ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος διότι κατά μονάδα χρόνου είναι όσο και η αρχική του κινητική ενέργεια. Άρα ισχύει

$\left.\begin{aligned} E_{1κ} &= W_1 = F \cdot Δx_1 \\ E_{2κ} &= W_2 = F \cdot Δx_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{E_{1κ}}{E_{2κ}} = \frac{Δx_1}{Δx_2} = \frac{5}{8}.$

Παρατηρούμε ότι το σώμα με τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια χρειάζεται να διανύσει μεγαλύτερο διάστημα $Δx_2$ έτσι ώστε να σταματήσει.

Ισχύει $Δx_2 = \frac{8}{5} Δx_1$ η' $Δx_2 = 1,6 \cdot Δx_1$

5) α) $\upsilon = \frac{72}{3,6} = 20\ m/s$

Άρα $E_κ = \frac{1}{2} m\upsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 400 = 40.000\ J$

β) $\upsilon' = \frac{\upsilon}{2} = 10\ m/s$. Άρα $E_κ' = \frac{1}{2} m\upsilon'^2 =$

$= \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 100 = 10.000\ J$. Παρατηρούμε ότι η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου ελαττώθηκε.

Για την ακριβή μεταβολή της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου, έχουμε

$$\alpha = \frac{\Delta E_κ}{E_κ} 100\% = \frac{E_κ' - E_κ}{E_κ} 100\% =$$

$$= \frac{10^4 - 4 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4} 100\% = -\frac{3}{4} \cdot 100\% = -75\%.$$

Δηλαδή η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου ελαττώθηκε κατά 75%

γ) Η κινητική ενέργεια είναι βαθμωτό μέγεθος, άρα δε θα μεταβληθεί αν αλλάξει η φορά της ταχύτητας. Οπότε τότε είναι $\Delta E_κ = 0$.

6) α) Ισχύει $E_K = \frac{1}{2} m v^2$. Επειδή η κλίση του σώματος είναι λάθος, δεν μπορεί να λάβει χρονικές στιγμές

β) Η συνολική κινητική ενέργεια του συστήματος των δύο σωμάτων είναι

$E_{K_{ολ}} = E_{K_1} + E_{K_2} = 800 + 200 = 1000\,J$

γ) $\left.\begin{aligned} E_{K_1} &= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \\ E_{K_2} &= \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{E_{K_1}}{E_{K_2}} = \frac{m_1}{m_2} \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2$

m' $\quad \frac{800}{200} = \frac{m_1}{m_2} \frac{1}{25} \quad m'$

$4 = \frac{m_1}{m_2} \frac{1}{25} \quad m' \quad \boxed{\frac{m_1}{m_2} = 100}$

7) ~~$t_0 - t_1$: $\Delta E_K = 0$~~

Τη χρονική στιγμή t_0 είναι: $E_{0K} = \frac{1}{2} m v_0^2$

ή $E_{0K} = \frac{1}{2} \cdot 800 \cdot 900 = 36 \cdot 10^4 J$.

Τη χρονική στιγμή t_1 είναι: $E_{1K} = \frac{1}{2} m v_1^2$

ή $E_{1K} = \frac{1}{2} \cdot 800\ 400 = 16 \cdot 10^4 J$.

Ενώ τη χρονική στιγμή t_2 είναι $E_{2K} = 0$

Έτσι για $t_0 - t_1$: $\Delta E_{1K} = E_{1K} - E_{0K} = -20 \cdot 10^4 J$.

για $t_1 - t_2$: $\Delta E_{2K} = E_{2K} - E_{1K} = -16 \cdot 10^4 J$

για $t_0 - t_2$: $\Delta E_{3K} = E_{2K} - E_{0K} = -36 \cdot 10^4 J$

8). α) $U_{\varphi X} = W \cdot h = 120 \cdot 0,8 = 96 J$.

β) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος, μέσω του έργου του βάρους του μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια, όταν φτάνει στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου (επίπεδο μηδενικής βαρυτικής δυναμικής ενέργειας)

Άρα $E_K = U_{\varphi X} = W_W = 96 J$.

γ) Ισχύει $E_K = \frac{1}{2} m v^2$ ή $96 = \frac{1}{2} 12 v^2$

ή $96 = 6 \cdot v^2$ ή $v^2 = 16$ ή $\boxed{v = 4 m/s}$

($W = m \cdot g$ ή $120 = m \cdot 10$ ή $m = 12 kg$).

9) α) $U_{\text{ελ}} = \frac{1}{2} k \Delta x^2 = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 0,15^2 = 100 \cdot 0,0225 =$ (βλ)

$= 2,25\,J$

β) Όλη η ελαστική δυναμική ενέργεια του ελατηρίου, μέσω του έργου της δύναμης του ελατηρίου μετατράπηκε σε κινητική ενέργεια του σώματος, όταν αυτό βρίσκεται στη Θ.Φ.Μ του ελατηρίου.

Άρα $E_K = U_{\text{ελ}} = 2,25\,J$.

γ) Ισχύει $E_K = \frac{1}{2} m v^2$ η $2,25 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot v^2$

η $v^2 = 9$ η $\boxed{v = 3\,m/s.}$

Λύσεις §5.3

Η κινητική ενέργεια & η διατήρησή της

1) Στο σώμα εξασκείται μόνο το βάρος του οπότε ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε. Τότε έχουμε

$E_{κιν,αρχ}^{0} + U_{αρχ} = E_{κιν,τελ} + U_{τελ}^{0}$ ή $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ή

ή $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,8}$ ή $v = 4 m/s$.

Εδώ θεωρήσαμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το έδαφος. Στην πραγματικότητα αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η μεταβολή ΔU της δυναμικής ενέργειας του σώματος.

Σε όλες τις περιπτώσεις το σώμα έχει δυναμική ενέργεια (αυτή μπορεί να είναι και μηδέν) Τελικά αυτή μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του σώματος.

2) Αρχικά η μπάλα είχε κινητική ενέργεια

$E_{κιν,αρχ} = U_{αρχ} = mgh_1 = 0,2 \cdot 10 \cdot 2 = 4 J$

Τελικά είχε κινητική ενέργεια

$E_{κιν,τελ} = U_{τελ} = mgh_2 = 0,2 \cdot 10 \cdot 1,8 = 3,6 J$

Οπότε η κινητική ενέργεια μεταβλήθηκε κατά $\Delta E = E_{κιν,τελ} - E_{κιν,αρχ} = 3,6 - 4 = -0,4 J$

Το αποτέλεσμα μείωσης της κινητικής

ενέργειας είναι $\alpha = \frac{|\Delta E|}{E_{\text{αρχ}}} 100\% = \frac{0,4}{4} \cdot 100\% =$

$= 10\%.$

3) Θεωρούμε επίπεδο βαρυτικής δυναμικής ενέργειας το επίπεδο που περνάει από το ανώτερο σημείο διαδρομής (δηλαδή το σημείο που φεύγει η πέτρα από τον μηδενί). Τότε ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε: $E_{K\,\text{αρχ}} + U_{\text{αρχ}} = E_{K\,\text{τελ}} + U_{\text{τελ}}$

για το πέτρωμα όμως είναι $E_{K\,\text{αρχ}} = U_{\text{τελ}}$ ή $E_{K\,\text{αρχ}} = m \cdot g \cdot h$

Έστω ότι η κινητική ενέργεια του σώματος γίνεται ισούται με όταν h_1. Τότε αν παρούμε ξανά την Α.Δ.Μ.Ε θα έχουμε $E_{K\,\text{αρχ}} + U_{\text{αρχ}} = E'_{K\,\text{τελ}} + U'_{\text{τελ}}$ ή

$$E_{K\,\text{αρχ}} = \frac{E_{K\,\text{αρχ}}}{2} + U'_{\text{τελ}} \text{ ή}$$

$$\frac{E_{K\,\text{αρχ}}}{2} = U'_{\text{τελ}} \text{ ή } \frac{mgh}{2} = mgh_1$$

ή $h_1 = \frac{h}{2} = 10\,m.$

4/ α) $W_w = mg(h-h') =$

$= 0,2 \cdot 10 \cdot 5 = 10\,J.$

Ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε μεταξύ της θέσης που αφήνεται το σώμα και εκείνη το βάρος του. Άρα έχουμε

$\cancel{E_{κ\,αρχ}^{=0}} + U_{αρχ} = E_{κ\,τελ} + U_{τελ}$ ή

$\cancel{m}g h = \cancel{m}\frac{1}{2}\cancel{m}u^2 + \cancel{m}g h'$ ή

$80 = \frac{1}{2}u^2 + 30$ ή $\frac{1}{2}u^2 = 50$

ή $u^2 = 100$ ή $u = 10\,m/s.$

β) $E_{κιν\,αρχ} = U_{αρχ} = m \cdot g h = 0,2 \cdot 10 \cdot 8 = 16\,J$

Η ζητούμενη κινητική ενέργεια του σώματος μετά την πρώτη του επαφή με το έδαφος είναι

$E_{κιν}' = 0,5 \cdot 16 = 8\,J.$

Τότε στο μεγαλύτερο ύψος έχουμε μόνο δυναμική ενέργεια ίση με $8\,J$. Άρα

$U_{βαρ}' = E_{κιν}' \text{ ή } mgh' = 8 \text{ ή } h' = \frac{8}{2}$

ή $h' = 4m$

5) α) Η κινητική δύναμη που δέχεται το σώμα είναι η διαφορά της κινητικής του είναι το βάρος του. Άρα η μηχανική του ενέργεια διατηρείται.

Ισχύει δηλαδή η Α.Δ.Μ.Ε

η $E_{μηχ} + U_{μηχ} = E_{μηχ} + U_{εξ}$ η

$\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v^2$ η

$\frac{1}{2} \cdot 36 + 22,5 = \frac{1}{2} v^2$ η

$36 + 45 = v^2$ η $v^2 = 81$ η $\boxed{v = 9 m/s}$

Η κινητική ενέργεια δεν εξαρτάται από τη γωνία φ. Οπότε και σ' αυτή την περίπτωση η πέτρα θα φτάσει στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα

β) $E_{κιν}(\text{στο έδαφος}) = E_{κιν} = E_{μηχ} + U_{μηχ} =$

$= \frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 36 + 0,1 \cdot 10 \cdot 2,25 =$

$= 1,8 + 2,25 = 4,05$ Joule.

6)α) Ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε οπότε έχουμε

$E_{κ_{4χ}} + \cancel{U_{4χ}^{0}} = E_{κ_{2g}} + \cancel{U_{2g}^{0}}$ η'

$\frac{1}{2}\cancel{m}U_0^2 = \cancel{m}g\,h_{max}$ η' $h_{max} = \frac{U_0^2}{2g}$ η'

$h_{max} = \frac{100}{20}$ η' $h_{max} = 5m$

Επομένως το επίπεδο αναφοράς το θεωρούμε εδάφος

β) Από την Α.Δ.Μ.Ε και για $U = \frac{U_0}{2} = 5m/s$

έχουμε $E_{κ_{4χ}} + \cancel{U_{4χ}^{0}} = E_{κ_{2g}} + U_{2g}$ η'

$\frac{1}{2}\cancel{m}U_0^2 = \frac{1}{2}\cancel{m}U^2 + \cancel{m}g\,h$ η'

$\frac{1}{2}U_0^2 = \frac{1}{2}\frac{U_0^2}{4} + g\,h$ η'

η' $U_0^2 = \frac{U_0^2}{4} + 2g\,h$ η' $\frac{3U_0^2}{4} = 20.h$ η'

$h = \frac{3U_0^2}{80}$ η' $h = \frac{3.10\cancel{0}}{8\cancel{0}}$ η' $h = \frac{15}{4}$ η' $h = 3,75m$

γ) Για $h = \frac{1}{5}h_{max} = 1m$ και από την Α.Δ.Μ.Ε

θα έχουμε $E_{κ_{4χ}} + \cancel{U_{4χ}^{0}} = E_{κ_{2g}} + U_{2g}$ η'

$\frac{1}{2}mU_0^2 = E_{κ_{2g}} + mgh$ η' $\frac{1}{2}.2.100 = E_{κ_{2g}} + 20$

η' $E_{κ_{2g}} = 100 - 20$ η' $\boxed{E_{κ_{2g}} = 80J}$

δ) Ναι. Η μηχανική ενέργεια ενός σώματος είναι το άθροισμα της κινητικής & της δυναμικής ενέργειας. Όπως η δυναμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται από το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας, πάνω από το οποίο η μηχανική ενέργεια εξαρτάται από την επιλογή του επιπέδου αναφοράς

7) α) Από την Α.Δ.Μ.Ε έχουμε:

$E_{κ αρχ} + U_{αρχ} = E_{κ τελ} + U_{τελ}$ η'

$\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v^2 + mgh'$ η'

$\frac{1}{2} v_0^2 + 40 = \frac{1}{2} \cdot 100 + 2,5$ η'

$v_0^2 + 80 = 100 + 5$ η' $v_0^2 = 105 - 80$

η' $v_0^2 = 25$ η' $\boxed{v_0 = 5 m/s}$

β) Α.Δ.Μ.Ε: $E_{κ αρχ} + U_{αρχ} = E_{κ τελ} + U_{τελ}$ η'

η' $\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_{τελ}^2$

η' $\frac{1}{2} \cdot 25 + 40 = \frac{1}{2} v_{τελ}^2$ η'

η' $25 + 80 = v_{τελ}^2$ η' $v_{τελ} = \sqrt{105}$ m/s.

β) Α.Δ.Μ.Ε μ' $K_{αρχ} + U_{αρχ} = K_{τελ} + U_{τελ}$

μ' $\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}m(2v_0)^2$

μ' $\frac{1}{2}v_0^2 + gh = \frac{1}{2}4v_0^2$ μ' $v_0^2 + 2gh = 4v_0^2$

μ' $2gh = 3v_0^2$ μ'

δ' $h = \frac{3v_0^2}{2g}$

μ' $v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{3}}$ μ' $v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 15}{3}}$

μ' $v_0 = \sqrt{100}$ μ' $v_0 = 10 m/s$

γ) Η αρχική μηχανική ενέργεια του σώματος είναι $E_{μηχ}^{αρχ} = m \cdot g \cdot h = 450 J$

Η τελική μηχανική ενέργεια του σώματος είναι $E_{μηχ}^{τελ} = K_{τελ} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \cdot m\,625$

μ' $E_{μηχ}^{τελ} = 312,5 J < E_{μηχ}^{αρχ}$.

Άρα βλέπουμε πως η μηχανική ενέργεια του σώματος δε διατηρείται. Οπότε εκτός της δύναμης του βάρους, δρούν και άλλη δύναμη αντίστασης.

10) α) Από την Α.Δ.Μ.Ε προκύπτει

$\cancel{K_{αρχ}^{0}} + U_{αρχ} = K_{τελ} + \cancel{U_{τελ}^{0}}$ ή

$mgh = \frac{1}{2}mυ^2$ ή $g_Σ = \frac{υ^2}{2h}$

ή $g_Σ = \frac{3,2^2}{2 \cdot 3,2} = \frac{3,2}{2}$ ή $g_Σ = 1,6 m/s^2$.

β) $U_{(Γ)} = m \cdot g \cdot h = 20 \cdot 10 \cdot 3,2 = 640 J$

$U_{(ΣΕΛΗΝΗ)} = m \cdot g_Σ \cdot h = 20 \cdot 1,6 \cdot 3,2 =$

$= 102,4 J$

11) Αφού δεν υπάρχουν τριβές

ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε οπότε έχουμε

$\cancel{K_{αρχ}^{0}} + U_{αρχ} = K_{τελ} + \cancel{U_{τελ}^{0}}$ ή

ή $\frac{1}{2}mυ_0^2 = \frac{1}{2}kx^2$ ή $υ_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot x$

ή $υ_0 = \sqrt{\frac{120}{0,3}} \cdot 0,6$ ή $υ_0 = 20 \cdot 0,6$

ή $\boxed{υ_0 = 12 m/s}$

Ασ 5.4, 5.5, 5.6.

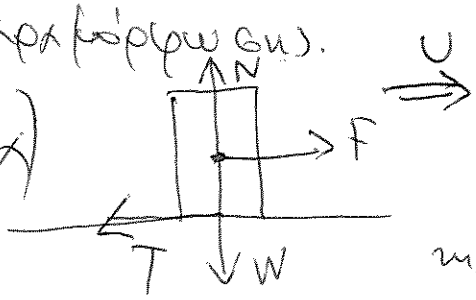
1) α) $E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot 1000 \cdot 400 = 200.000\,J$ ή $2\cdot 10^5\,J$.

β) Το έργο της δύναμης είναι ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου. Άρα $W_T = E_{κτελ} - E_{κ\,αρχ}$ όπου $E_{κτελ} = 0$ & $E_{καρχ} = E_K = 2\cdot 10^5\,J$. Επίσης έχουμε $W_T = 0 - 2\cdot 10^5$ ή $W_T = -2\cdot 10^5\,J$.

γ) Ισχύει $W_F = -F\cdot\Delta x$ όπου $\Delta x = 40\,cm = 0{,}4\,m$.

Τότε προκύπτει $-2\cdot 10^5 = -F\cdot 0{,}4$ ή $\boxed{F = 5\cdot 10^5\,N}$

Παρατήρηση: Το έργο της δύναμης F (W_F) εκφράζει την παροχή της ενέργειας που μεταφέρθηκε σε θερμική & ενέργεια κρούσης πλαστικοποίησης.

2) α) 

Στο γυρεύω, κατά τη διεύθυνση της κίνησής του κάθετα η δύναμη F από τον άνδρωπο και η δύναμη της τριβής οφείλονται μεταξύ του γυρεύω και του πατώματος. Από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα ($U = \text{σταθ}$) ισχύει $\Sigma F_{x} = 0$ ή $F = T = \mu N$. Ακόμη $\Sigma F_{y} = 0$ ή $N - W = 0$ ή $N = W = mg = 500\,N$. Τότε $F = 0{,}5\cdot 500$ ή $F = 250\,N$.

$W_F = F\cdot\Delta x = 250\cdot 1{,}5 = 375\,J$.

β) Η κινητική ενέργεια του κιβωτίου μεταφέρθηκε μέσω του έργου της τριβής σε θερμική ενέργεια. Άρα $E_{κιν} = W_F = |W_T| = Q_{θερμ} = 375\,J$.

3) α) Αρχικά η μπάλα είχε δυναμική ενέργεια όσο και η δυναμική της. Θεωρούμε ως επίπεδο αναφοράς το οριζόντιο έδαφος και έχουμε $U_{αρχ} = m \cdot g \cdot h = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 10$ J.

$U_{αρχ} = 20\,J$. Τελικά η μπάλα ανεβαίνει σε ύψος $h' = 8\,m$, οπότε αποκτά δυναμική ενέργεια $U_{τελ} = m g h' = 0{,}2 \cdot 10 \cdot 8 = 16\,J$.

Άρα η δυναμική ενέργεια μεταβλήθηκε κατά $\Delta U = U_{τελ} - U_{αρχ} = 16 - 20 = -4\,J$.

Τότε το έργο της δύναμης του μαγνήτη πάνω στη μπάλα είναι $W_F = \Delta U = -4\,J$.

Δηλαδή το W_F είναι ίσο με την απώλεια της κινητικής ενέργειας και εκφράζει το ποσό της κινητικής ενέργειας που μεταβιβάστηκε σε θερμική κατά τη διάρκεια της πρόσδεσης.

Παρατήρηση: Τέτοιες προσδέσεις στις οποίες μεταβιβάζεται η κινητική ενέργεια στο σώμα του μαγνήτη λέγονται, συνολικά, ανελαστικές.

Δεν προσδέσεις στις οποίες δεν παραμορφώνται μεταβιβάζεται η κινητική ενέργεια του συστήματος συνολικά λέγονται ελαστικές.

β) Α.Δ.Μ.Ε: $\cancel{E_{κ_{αρχ}}}^{0} + U_{αρχ} = E_{κτελ} + \cancel{U_{τελ}}^{0}$

σ' $mgh = \frac{1}{2}mυ^2$ σ' $υ = \sqrt{2gh}$ σ' $υ = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 10}$

σ' $υ = 10\sqrt{2}$ m/s. σ' $υ \simeq 14$ m/s

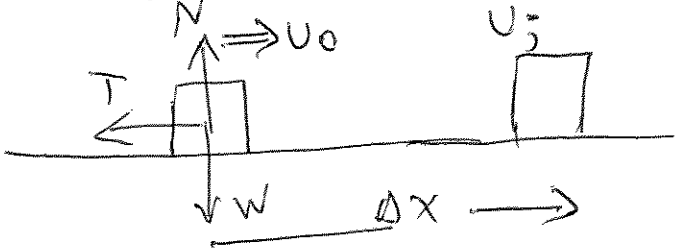
Κατ' αυτόν τον τρόπο το κομμάτι και ξανά το μέγιστο ύψος h' τώρα:

Α.Δ.Μ.Ε: $E_{κ_{αρχ}} + \cancel{U_{αρχ}}^{0} = \cancel{E_{κ_{τελ}}}^{0} + U_{τελ}$ σ'

$\frac{1}{2}mυ'^2 = mgh'$ σ' $υ' = \sqrt{2gh'}$ σ'

$υ' = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 8}$ σ' $υ' = 4\sqrt{10}$ m/s σ' $υ' \simeq 12{,}6$ m/s

γ)



Στη διάρκεια της κίνησης το έργο της τριβής

είναι $W_T = -T \cdot Δx$ όπου $T = μN = μ \cdot m \cdot g$ σ'

$T = 0{,}1 \cdot 20 \cdot 10$ σ' $T = 20$N.

Τότε $W_T = -20 \cdot 2{,}5 = -50$J. Το έργο της τριβής ισούται με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος που μετατράπηκε σε θερμική. Άρα η θερμική ενέργεια κατά τη διάρκεια της κίνησης είναι $E_{θερμ} = |W_T| = 50$ J. Η αρχική κινητική ενέργεια του σώματος είναι $E_{κ_{αρχ}} = \frac{1}{2}mυ_0^2$ σ' $E_{κ_{αρχ}} = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 9 = 90$J. Η τελική κινητική ενέργεια του σώματος είναι $E_{κ_{τελ}} = E_{κ_{αρχ}} - E_{θερμ}$

ώστε να ισχύει η Αρχή Διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε). Τότε προκύπτει

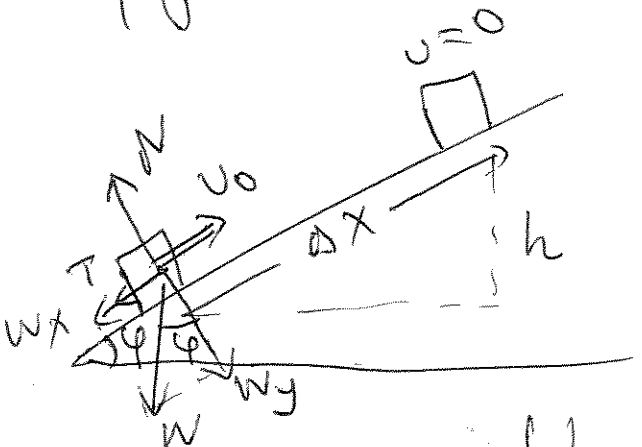
$E_{κ,2y} = 90 - 50 = 40$ J.

Αλλά $E_{κ,2y} = \frac{1}{2} m v^2$ η' $40 = \frac{1}{2} \cdot 20 v^2$

η' $v^2 = 4$ η' $\boxed{v = 2 m/s}$

Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος είναι ίση με το έργο της τριβής δηλαδή κατ' απόλυτη τιμή ίση με τη θερμική ενέργεια

5)



Αρχικά το σώμα είχε $E_{κ,Αρχ} = \frac{1}{2} m v_0^2$

και $U_{Αρχ} = 0$ Τελικά

είχε $E_{κ,2y} = 0$ και

$U_{2y} = mgh$ όπου

$ημφ = \frac{h}{Δx}$ η' $h = Δx \cdot ημ30° = \frac{Δx}{2}$ άρα

$U_{2y} = mg\frac{Δx}{2}$. Η απώλεια της μηχανικής ενέργειας του σώματος είναι ίση κατ' απόλυτη τιμή με το έργο της τριβής. Άρα $E_{θερμ} = |W_T| = T \cdot Δx$

Όμως $T = μN$ η' $T = μ \cdot w_y$ η' $T = μ w συν30°$ η'

$T = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot mg\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{mg}{4}$. Άρα $|W_T| = \frac{mg}{4} \cdot Δx$

Από την Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (Α.Δ.Ε) έχουμε:

$E_{μηχ} = E_{τελ}$ ή $E_{κιν} + U_{αρχ} = E_{κιν} + U_{τελ} + E_{θερμ}$

άρα $\frac{1}{2} m v_0^2 = mg\frac{\Delta x}{2} + \frac{mg}{4}\cdot\Delta x$ ή

ή $\frac{1}{2}\cdot 9 = 10\frac{\Delta x}{2} + \frac{10}{4}\cdot\Delta x$ ή

$18 = 20\Delta x + 10\Delta x$ ή $30\Delta x = 18$

ή $\Delta x = 0{,}6\,m$ ή $60\,cm$.

- Η απώλεια μηχανικής ενέργειας δε ίση με τη θερμική ενέργεια $E_{θερμ}$ είναι $\Delta E_{μηχ} = E_{θερμ} = |W_T| = \frac{mg}{4}\cdot\Delta x$

ή $\Delta E_{μηχ} = 1{,}5\cdot m$ ή $\boxed{\Delta E_{μηχ} = 3\,J}$

β) Η αρχική μηχανική ενέργεια του σώματος είναι $E_{μηχ}^{αρχ} = U_{αρχ} + K_{αρχ}^{\nearrow 0} = U_{αρχ} = m\cdot g\cdot h = 10\,J$

Τελική είναι $E_{μηχ}^{τελ} = 0$ όταν το σώμα ακινητοποιείται στο κάτω. Η μηχανική ενέργεια (κινητική ενέργεια) του σώματος μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια $E_{θερμ}$ λαστιχάκι, η δύναμη που ασκεί στο κάτω. Η μεταβολή αυτή μίσεια μέσω του έργου της δύναμης που άσκησε η κάτω στο σώμα. Ισχύει $E_{θερμ} = E_{μηχ}^{αρχ} - E_{μηχ}^{τελ} = 10\,J$

Δηλαδή έχουμε $\Delta E_{μηχ} = E_{θερμ} = |W_T| = T \cdot \Delta x$

-10-

Επομένως είναι $T = \frac{E_{θερμ}}{\Delta x} = \frac{10}{0,05}$ ή $T = 200\,N$

7) Το έργο της δύναμης T του κινητήρα είναι ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου. Για το αυτοκίνητο έχουμε $E_{κ_{αρχ}} = \frac{1}{2} m v_0^2$ με $v_0 = 36\,km/h = 10\,m/s$

Άρα $E_{κ_{αρχ}} = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 100 = 60.000\,J$

Ακόμη η τελική ταχύτητα του αυτοκινήτου είναι $v = 108\,km/h = 30\,m/s$. Άρα

$$E_{κ_{τελ}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 900 = 540.000\,J$$

Τότε είναι $W_T = \Delta E_κ = 540.000 - 60.000$

ή $W_T = 480.000\,J$.

Το W_T είναι ίσο με τη χημική ενέργεια του βενζίνης που προσφέρθηκε στο αυτοκίνητο και μετατράπηκε σε επιπλέον κινητική ενέργεια.

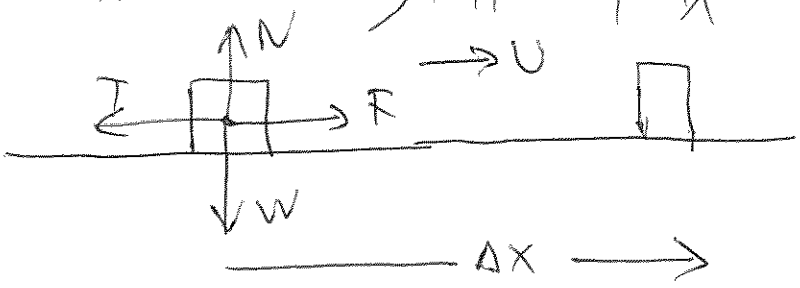
Για το W_T ισχύει $W_T = T \cdot \Delta x$ ή

$$\Delta x = \frac{W_T}{T} = \frac{480.000}{2.400} = 200\,m.$$

Λύσεις 5.7 & 5.8

Απόδοση & Ισχύς μηχανής

1. α)



Από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα για οριζόντια κατεύθυνση υ, έχουμε ΣFx=0 ή $F-T=0$ ή $T=F=40\,N$. Τότε είναι $W_T=-T\cdot\Delta x=-40\cdot 5$ ή

$W_T=-200\,J$.

β) Το προσφερόμενο έργο μέσω της δύναμης F είναι $W_F=F\cdot\Delta x=200\,J$. Τότε είναι

$P=\frac{W_F}{t}$. Ισχύει $v=\frac{\Delta x}{t}$ ή $t=\frac{\Delta x}{v}=\frac{5}{4}=1{,}25\,sec$.

Άρα $P=\frac{200}{1{,}25}=160\,W$. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε και τη σχέση $P=F\cdot v=40\cdot 4$ ή

$P=160\,W$.

γ) Η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και ειδικά σε θερμότητα (αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας) μέσω του έργου της τριβής. Ο ρυθμός αυτός είναι η ισχύς της τριβής.

Άρα $P_T=\frac{W_T}{t}=\frac{-200}{1{,}25}=-160\,W$.

Δηλαδή ο ρυθμός με τον οποίο προσφέρουμε ενέργεια μέσω του έργου της F είναι ίσος με το ρυθμό με τον οποίο αυτή μετατρέπεται σε θερμική

μέσω του έργου της τριβής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο ρυθμός με τον οποίο καταναλώνεται η μακροσκοπική ενέργεια σε κινητική να είναι μηδέν. Η ταχύτητα του σώματος παραμένει σταθερή. Γενικά ρυθμός με τον οποίο η μακροσκοπική ενέργεια μεταφέρεται σε κινητική είναι

$$P_{ολ} = \frac{\Delta E_K}{\Delta t} = \frac{W_{ολ}}{\Delta t} = \frac{F_{ολ} \cdot \Delta x}{\Delta t} = F_{ολ} \cdot v$$

Εδώ είναι $F_{ολ} = F - T = 0$ άρα $P_{ολ} = 0$.

2) Η δυναμική ενέργεια που αποκτά σε κάποια θέση ένα σώμα ίση με το έργο της δύναμης F που άσκησε αυτός. Η δύναμη F εφόσον δεν εμφανίζεται κινητική ενέργεια είναι ίση με το έργο W_F του σώματος.

Τότε για τη μέση ισχύ (θεωρούμε τη δύναμη F σταθερή) του σώματος ισχύει

$$P_μ = \frac{W_F}{t} = \frac{U_{αρ}}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{70 \cdot 10 \cdot 4}{5} \text{ W}$$

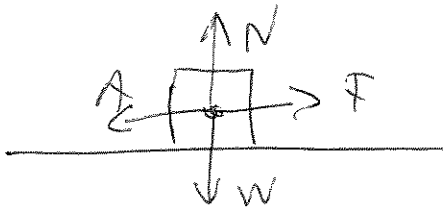
$$P_μ = 560 \text{ W}.$$

3) Το έργο της δύναμης T που κάνει ο κινητήρας μέσω του συρμαλοδρόμου στον ανελκυστήρα για ανύψωση κατά h είναι $W_T = T \cdot h = 5 \cdot 10^4 J$.

Τότε $P = \frac{W_T}{t} = \frac{5 \cdot 10^4}{15} = \frac{10^4}{3} W$

Για την απόδοση του ηλεκτρικού κινητήρα έχουμε $\eta = \frac{\text{Ωφέλιμη}}{\text{Προσφερόμενη}} = \frac{W_T}{\text{Ηλεκτρική}} = \frac{10^4}{3 \cdot 10^4} = \frac{1}{3}$

ή $\eta = 0,33$ ή 33%

4) α) 

Το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα οπότε

$\Sigma F_{x\,ολ} = 0$ ή $F - A = 0$ ή $F = A = 5.000 N$. Δηλαδή ο κινητήρας του ανελκυστήρα ασκεί στο κιβώτιο δύναμη $F = 5.000 N$.

β) Η μηχανή του ανελκυστήρα προσφέρει ενέργεια μέσω του έργου της F. Άρα $\text{Προσφερόμενη} = W_F = F \cdot \Delta x$. Όμως $\Delta x = v \cdot t$ όπου $v = 72 km/h = 20 m/s$ και $t = 20 sec$. Άρα

$\Delta x = 20 \cdot 20 = 400 m$ και $\text{Προσφερόμενη} = 5.000 \cdot 400 = 20 \cdot 10^5 J$ ή $2 MJ$.

γ) $P = \frac{W_F}{t} = \frac{2 \cdot 10^6}{20} = 10^5 W$ ή $134 HP$.

Η ισχύς του κινητήρα είναι ανεξάρτητη από τον χρόνο κίνησης του ανελκυστήρα.

5) Ισχύει $\rho = \frac{m}{V}$ η' $m = \rho \cdot V = 2.800 \frac{kg}{m^3} \cdot 2$

η' $m = 5.600\ kg$

Η δύναμη F που κάνει ο γερανός είναι ίση σε μέτρο με το βάρος του κιβωτίου.

$F = W = m \cdot g = 56 \cdot 10^3\ N$

Τότε είναι $W_F = F \cdot h = 56 \cdot 10^3 \cdot 0,3 = 16,8 \cdot 10^3\ J$.

Άρα $P = \frac{W_F}{t} = \frac{16,8 \cdot 10^3}{240} = 0,07 \cdot 10^3$ η'

70 W

6) Στον 4ο όροφο και σε ύψος $h = 15m$ ο ανελκυστήρας βρίσκεται σε φορτίο που έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια $U_{βαρ} = Wh =$

$= 15 \cdot 10^3 \cdot 15 = 225 \cdot 10^3\ J$ (ως προς το έδαφος).

Έχει όμως και κινητική ενέργεια.

$E_K = \frac{1}{2} m v^2$. Ισχύει $W = mg$ η' $m = 1500\ kg$.

Άρα $E_K = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 10^2 \cdot 64 = 48 \cdot 10^3\ J$.

Τότε το συνολικό προσφερόμενο έργο από τον κινητήρα στον ανελκυστήρα είναι $W = 225 \cdot 10^3 + 48 \cdot 10^3$

η' $W = 273 \cdot 10^3\ J$ Τότε είναι $P = \frac{W}{t} = \frac{273 \cdot 10^3}{21}$ η'

$P = 13 \cdot 10^3\ W$ η' **13 kW**

7) α) Επειδή έχουμε κατάληψη νερού 80%.
χωρίς διακοπές θα χρειαζόμαστε $128\ m^3$ νερού.

Ισχύει $\rho = \frac{m}{V}$ και $m = \rho \cdot V = 10^3 \cdot 128 = 128 \cdot 10^3\ Kg$ νερό

Η δυναμική ενέργεια της μονάδας του νερού
όταν βρίσκεται στη δεξαμενή, ως προς το
χωράφι είναι $U_{βαρ} = m \cdot g \cdot h = 128 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 25$

και $U_{βαρ} = 3200 \cdot 10^4 = 32 \cdot 10^6\ J$

Όπως η απόδοση μιας ηλεκτρικής αντλίας
είναι $\eta = \frac{Ωφέλιμη}{Εσωτερική} = \frac{U_{βαρ}}{E_{ηλ}}$ και $E_{ηλ} = \frac{U_{βαρ}}{\eta}$ όπου

$\eta = 0,4$. Άρα $E_{ηλ} = \frac{32 \cdot 10^6}{0,4} = 80 \cdot 10^6\ J$.

Όμως $1\ KWh = 3,6 \cdot 10^6\ J$
$x;\ 80 \cdot 10^6\ J$

$x = \frac{80}{3,6}\ KWh$. Το κόστος του λογαριασμού
είναι τότε $Κόστος = \frac{80}{3,6} \cdot 0,18 = 4\ €$

β) Για την ισχύ της ηλεκτρικής αντλίας
έχουμε $P = \frac{E_{ηλ}}{t}$ και $t = \frac{E_{ηλ}}{P} = \frac{80 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^3}$ και

$t = 4 \cdot 10^4 sec$ και $t = 11\ h$

Κεφάλαιο 6 Θερμοχημεία

6.1 Θερμόμετρα και μετρήσεις θερμοκρασίας

1) Η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ συνδέεται με τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου με τη σχέση $T_F = 32 + 1,8\,T_C$. Τότε για $T_F = T_C$ έχουμε

$32 + 1,8\,T_C = T_C$ ή $0,8\,T_C = -32$ ή $T_C = -\frac{32}{0,8}$

ή $T_C = -40\,^\circ C$

2) Ισχύει $T_F = 32 + 1,8\,T_C$

άρα έχουμε $T_F = 32 + 1,8(-30) = 32 - 48 = -18\,^\circ F$

και $T_F = 32 + 1,8(90) = 32 + 162 = 194\,^\circ F$

3) Ισχύει $T_F = 32 + 1,8\,T_C$ άρα έχουμε

$$T_C = \frac{T_F - 32}{1,8} \quad \text{ή} \quad T_C = \frac{86-32}{1,8} = 30\,^\circ C$$

$$T_C = \frac{-4-32}{1,8} = \frac{-36}{1,8} = -20\,^\circ C$$

$$T_C = \frac{212-32}{1,8} = 100\,^\circ C$$

4) Η θερμοκρασία στην Αθήνα είναι

$T_F = 32 + 1,8\,T_C = 32 + 1,8 \cdot 25 = 77\,^\circ F$

ενώ στο Λονδίνο έχουμε $T_F = 32 + 1,8\,T_C$

ή $68 = 32 + 1,8\,T_C$ ή $T_C = \frac{36}{1,8}$ ή $T_C = 20\,^\circ C$

Άρα $\Delta T_C = 25 - 20 = 5\,^\circ C$ (μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει η Αθήνα)

ή $\Delta T_F = 77 - 68 = 9\,^\circ F$

Προκύπτει ότι $\frac{\Delta T_F}{\Delta T_C} = \frac{9}{5} = 1,8$

5) Οι 94° βαθμοί ανάμεσα στα κλίματα (98-4=94) αντιστοιχούν σε 100 °C

Τότε ο 1°C αντιστοιχεί σε $\frac{94}{100} = 0,94°$ της κανονικής κλίμακας. Η κλίμακα που έχουμε ανακαλύψει ικανοποιεί τη σχέση

$T_x = 4 + 0,94 \cdot T_C$ Άρα για $T_x = 13,4°$

έχουμε $13,4 = 4 + 0,94\, T_C$ η'

$T_C = \frac{13,4-4}{0,94}$ η' $T_C = \frac{9,4}{0,94}$ η' $\underline{T_C = 10°C}$

6) Ισχύει $T_K = T_C + 273$ η' $300 = T_C + 273$

η' $T_C = 27°C$ άρα έχουμε καλοκαίρι.

7) α) $T_F = 32 + 1,8\, T_C$ άρα $T_{F_1} = 32 + 1,8 \cdot 35 = 95°F$

και $T_{F_2} = 32 + 1,8 \cdot 42 = 107,6°F$

β) $T_K = 273 + T_C$ η' $T_{K_1} = 273 + 35 = 308\ K$

και $T_{K_2} = 273 + 42 = 315\ K$.

8) Θα μετατρέψουμε όλες τις θερμοκρασίες στην ίδια κλίμακα (π.χ °C) ώστε να μπορούμε να τις συγκρίνουμε. Έτσι έχουμε $T_\Sigma = 273 + T_{C\Sigma}$ η'

$T_{C\Sigma} = 300 - 273 = 27°C$ (Σέρρες)

$T_{Fx} = 32 + 1,8\, T_{Cx}$ η' $T_{Cx} = \frac{77-32}{1,8}$ η' $T_{Cx} = 25°C$ (Χανιά)

Άρα $T_\Sigma > T_{CK} > T_{Cx}$

9) a) $T_K = 273 + T_C = 273 + 15 = 288\ K$

ou $T_F = 32 + 1,8 T_C = 32 + 1,8 \cdot 15 = 59\ °F$

b) $T_K = 273 + T_C = 273 + 40 = 313\ K$

ou $T_F = 32 + 1,8 T_C = 32 + 1,8 \cdot 40 = 104\ °F$

g) $T_K = 273 + T_C = 273 - 5 = 268\ K$

ou $T_F = 32 + 1,8 T_C = 32 - 1,8 \cdot 5 = 23\ °F.$

6.2 Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας
6.3 Πως μετράμε τη θερμότητα

1) Με εφαρμογή του θεμελιώδη νόμου της θερμιδομετρίας έχουμε: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ ή

$Q = 200 \cdot 1 = 200\ cal$ ή $0,2\ kcal$

Όμως 1 cal είναι 4,2 J
200 cal · x

$x = 840\ J$ ή $0,84\ kJ$.

2) Ισχύει $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ ή $\Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c}$

ή $\Delta\vartheta = \frac{500}{400 \cdot 1}$ ή $\Delta\vartheta = 1,25°C$

3) $Q = m \cdot c_\lambda \cdot \Delta\vartheta$ ή $m = \frac{Q}{c_\lambda \cdot \Delta\vartheta}$ ή $m = \frac{985}{1970 \cdot 5}$ ή

$m = 0,1\ kg$ ή $m = 100\ g$.

4) Η μάζα του νερού υπολογίζεται από τον όγκο της πυκνότητας, οπότε έχουμε $\rho = \frac{m_\nu}{V}$ ή $m_\nu = 0,5\ kg$ ή $m_\nu = 500\ g$. Το ποσό της θερμότητας Q_1 που μεταφέρθηκε στο νερό, θα είναι ίδιο με το ποσό της θερμότητας Q_2 που προσφέρθηκε από το καμίνι του αλουμινίου. $Q_1 = Q_2$ (Α.Δ.Ε)

Όμως $Q_1 = m_{νε} \cdot c \cdot \Delta\vartheta_1 = m_{νε} \cdot c (\vartheta - \vartheta_1)$

και $Q_2 = m_{αλ} \cdot c_{αλ} \Delta\vartheta_2 = m_{αλ} \cdot c_{αλ} (\vartheta_2 - \vartheta)$

$Q_1 = Q_2$ η' $m_{νε} \cdot c (\vartheta - \vartheta_1) = m_{αλ} \cdot c_{αλ} (\vartheta_2 - \vartheta)$ η'

$500\,g \cdot \frac{1\,cal}{g \cdot grad} \cdot 3\,grad = 125\,g\, c_{αλ}\, 57\,grad$ η'

$c_{αλ} = \frac{500 \cdot 3}{125 \cdot 57} \frac{cal}{g \cdot grad}$ η' $c_{αλ} = 0{,}21 \frac{cal}{g \cdot grad}$

5) Η κινητική ενέργεια της σφαίρας είναι

$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot 9 \cdot 10^4 = 45\,m\,10^3\,J$

Όμως $Q = \frac{25}{100} E_K = \frac{1}{4} \cdot 45\,m\,10^3 = \frac{45.000}{4} m\,J$

Με εφαρμογή του θερμιδομέτρου Νεύτωνα του θερμιδομέτρου έχουμε $Q = m c_θ \Delta\vartheta$ η' $\frac{45.000}{4} m = m \cdot 450 \Delta\vartheta$

η' $\Delta\vartheta = \frac{100}{4}$ η' $\Delta\vartheta = 25^\circ C$

6) Η θερμότητα που θα μεταφερθεί από το αλουμινένιο κομμάτι θα χωροφυλάει από το θερμιδόμετρο και από το νερό ώστε να ισχύει $Q_{απ} = Q_{θερμ} + Q_ν$ δηλαδή να ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (Α.Δ.Ε)

Τότε προκύπτει:

$m_1 c_1 (\vartheta_1 - \vartheta_{τελ}) = m_2 c_2 (\vartheta_{τελ} - \vartheta) + m_3 \cdot c_3 (\vartheta_{τελ} - \vartheta)$

$m' 150 \cdot c_1 (80 - 15) = 500 \cdot 0,1 (15 - 10) + 400 \cdot 1 (15 - 10)$

$m' 150 \cdot 65 \cdot c_1 = 250 + 2000\ m'$

$c_1 = \frac{2250}{150 \cdot 65}\ m' c_1 = \frac{15}{65}\ m' c_1 = 0,23 \frac{cal}{g \cdot grad}$

7) α) Το νερό που θερμάνθηκε έδωσε το ίδιο ποσό θερμότητας με το νερό που ψύχθηκε ίσο με το ποσό θερμότητας που πήρε το σώμα που θερμάνθηκε

Δηλ. $|Q_1| = |Q_2|$ ή $m_1 \cdot c_v (\vartheta_1 - \vartheta) = m_2 c_v (\vartheta - \vartheta_2)$

$m' 200 \cdot (80 - \vartheta) = 300 (\vartheta - 20)\ m'$

$160 - 2\vartheta = 3\vartheta - 60$ ή $5\vartheta = 220$ ή $\vartheta = 44°C$

β) $Q_1 = m_1 c_v (\vartheta_1 - \vartheta) = 200 (80 - 44) = 200 \cdot 36 =$
$= 7200\ cal$ ή $7,2\ kcal$.

Ομοίως $Q_2 = m_2 \cdot c_v (\vartheta - \vartheta_2) = 300 \cdot (44 - 20) =$
$= 300 \cdot 24 = 7200\ cal$ ή $7,2\ kcal$.

8) Ο 1°C αντιστοιχεί σε 1,8 °F

άρα οι 10 °F αντιστοιχούν σε

$\frac{10}{1,8}$ °C. δηλαδή $\Delta\vartheta = \frac{10}{1,8}$ °C

Τότε $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta = 180 \cdot 1 \cdot \frac{10}{1,8} =$

$= 1000$ cal ή 1 kcal.

9) Ισχύει $Q_6 = m_6 \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta_1$ και

$Q_x = m_x \cdot c_x \cdot \Delta\vartheta_2$ Όμως $Q_6 = Q_x$

άρα $m_6 \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta_1 = m_x \cdot c_x \cdot \Delta\vartheta_2$ ή

$\Delta\vartheta_2 = \frac{c_6}{c_x} \Delta\vartheta_1$ ή $\Delta\vartheta_2 = \frac{460}{380} \cdot 38$

ή $\Delta\vartheta_2 = 46°C$. Άρα η αρχική θερμοκρασία του χαλκού είναι 46°C ενώ ίδια μάζα νερού θέλουν 38°C για την ίδια προσφερόμενη θερμότητα.

10) Από την Α.Δ.Ε έχουμε $Q_1 = Q_2$

ή $m_1 \cdot c \cdot (\vartheta - \vartheta_1) = m_2 \cdot c \cdot (\vartheta_2 - \vartheta)$

ή $m_1 (20 - 15) = m_2 (40 - 20)$ ή

$5m_1 = 20m_2$ ή $m_1 = 4m_2$. Όμως $m_1 + m_2 = 1000$

ή $5m_2 = 1000$ ή $m_2 = 200$ g. Οπότε $m_1 = 800$ g.

11) Για το νερό από τον πίνακα της πυκνότητας έχουμε $\rho = \frac{m_v}{V}$ και $m_v = 1\,kg$. Για το νερό έχουμε $Q_v = m_v \cdot c_v \Delta\vartheta$, ενώ για το μόλυβδο είναι $Q_\mu = m_\mu \cdot c_\mu \Delta\vartheta$. Όμως $Q_v = Q_\mu$ και

$m_v \cdot c_v \cdot \Delta\vartheta = m_\mu \cdot c_\mu \cdot \Delta\vartheta$ και $m_\mu = \frac{c_v}{c_\mu} m_v$ και

$m_\mu = \frac{4200}{140} m_v$ και $m_\mu = 30 \cdot m_v$ και $m_\mu = 30 \cdot 1$

και $m_\mu = 30\,kg$.

12) α) $Q = m \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta$ και $c_6 = \frac{Q}{m \cdot \Delta\vartheta}$ και

$$c_6 = \frac{440\,cal}{400\,g \cdot 10^\circ C} = \frac{44}{400}\,\frac{cal}{g \cdot ^\circ C} = \frac{11}{100}\,\frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$$ και

$$c_6 = 0{,}11\,\frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$$ και

$$c_6 = 0{,}11\,\frac{4{,}2\,J}{10^{-3}\,kg \cdot ^\circ C}$$ και $$c_6 = 462\,\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

β) $Q = m \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta$ και $\Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c_6}$ και $\Delta\vartheta = \frac{4620}{0{,}5 \cdot 462}$ και

$\Delta\vartheta = 20^\circ C$

γ) $Q = m \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta = 2 \cdot 462 \cdot 25 = 23.100\,J$.

και $Q = m \cdot c_6 \cdot \Delta\vartheta = 2000 \cdot 0{,}11 \cdot 25 = 5.500\,cal$ και $5{,}5\,kcal$

Παρατήρηση: $\frac{23100\,J}{5500\,cal} = 4{,}2\,\frac{J}{cal}$ και $1\,cal = 4{,}2\,J$

13) Ιδιώς $Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta_1 = 5mc$

και $|Q_2| = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta_2 = 15mc = 3Q_1$

η' $|Q_2| = 15$ Kcal.

14) Ιδιώς $m_v \cdot c_v \cdot \Delta\vartheta = m_x \cdot c_x (\vartheta - 20)$ η'

$4200 \cdot 20 = 400 (\vartheta - 20)$ η'

$\vartheta - 20 = \frac{4200 \cdot 20}{400} = 42.5$ η'

$\vartheta - 20 = 210$ η' $\underline{\vartheta = 230\,^{\circ}C}$

6.4 Θερμοχωρητικότητα, θερμότητα και μικροσκοπικός

1) Από τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο (Α.Λ.Κ) έχουμε $Q = \Delta U + W$. Για μια συγκεκριμένη μεταβολή είναι $U = \text{σταθ}$ οπότε $\Delta U = 0$ άρα προκύπτει $Q = W$ οπότε $Q = 280\,J > 0$.

Παρατήρηση: Όταν $Q > 0$ τότε προσφέρεται θερμότητα από το περιβάλλον στο αέριο. Αν $Q < 0$ τότε χάνει το αντίστροφο, δηλαδή θερμότητα μεταφέρεται από το αέριο στο περιβάλλον. Ακόμη αν $W > 0$ τότε το αέριο που βρίσκεται μέσα στο δοχείο με το έμβολο επεκτείνεται (αυξάνεται ο όγκος του) και λέμε ότι το αέριο παράγει έργο. Αν $W < 0$ τότε προσφέρεται μηχανικό έργο στο αέριο, το οποίο δαπανάται (ελαττώνεται ο όγκος του). Για $Q = 0$ δεν έχουμε καμία ανταλλαγή θερμότητας, δηλαδή αυτό προσφέρεται καθόλα θερμότητα στο αέριο, αλλά αυτό "διαφεύγει" και από κανένα θερμότητα. Μια τέτοια μεταβολή ονομάζεται αδιαβατική. Για $W = 0$ δεν έχουμε αυτό εργάνωση αλλά αυτό και δαπάνη του αερίου. Ο όγκος του

δηλαδή παραμένει σταθερή δηλαδή δεν μεταβάλλεται
έχουμε $\Delta V = 0$. Μία τέτοια μεταβολή
ονομάζεται ισόχωρη μεταβολή.

2) Ισχύει $Q = \Delta U + W$. Για $Q = 0$ (αδιαβατική
μεταβολή) έχουμε $\Delta U = -W = -1800\,J < 0$.
Όμως η εσωτερική ενέργεια φιλτέου
ποσότητας αερίου, εξαρτάται μόνο από τη
θερμοκρασία του. Οπότε αφού η εσωτερική
ενέργεια ελαττώνεται ($\Delta U < 0$) σημαίνει
ότι και η θερμοκρασία του αερίου μειώνεται ($\Delta T < 0$)
άρα το αέριο ψύχεται.

3) α) Έχουμε $\Delta U = -100\,J$. Αφού το εσωτερικό
τοιχωμάτων είναι $W = 0$. ($\Delta V = 0$)

β) Το πρώτο θερμοδυναμικό νόμος $Q = \Delta U + W$
γράφεται ως εξής $Q = \Delta U$. Άρα έχουμε
$Q = -100\,J$. Επειδή $Q < 0$ σημαίνει
ότι θερμότητα αποβάλλεται από το αέριο στο
περιβάλλον.

4) Ισχύει $W=50J$ και $\Delta U=30J$. Τότε
$Q=\Delta U+W$ η $Q=80J$.

5) Ισχύει $\Delta U=0$ και $W=-50J$ άρα
το μηχανικό έργο δεν παράχθηκε από το αέριο
αλλά το προσφέραμε εμείς εξωτερικά κατά
συμπίεσή του. Τότε $Q=\Delta U+W$ η
$Q=-50J$ άρα θερμότητα διαφεύγει από
το αέριο προς το χώρο περιβάλλοντος.

6) Έχουμε $Q=400J$ και $\Delta U=250J$. Άρα
$Q=\Delta U+W$ η $W=400-250$ η $W=150J$
Όμως $W=F\cdot\Delta x$ η $\Delta x=\frac{W}{F}=\frac{150}{1500}$ η
$\Delta x=0,1m$ η $\Delta x=10cm$. Άρα το έμβολο
θα κινηθεί κατά $10cm$ (επάνω).

7) α) Από την Α.Δ.Μ.Ε έχουμε $U_{αρχ}+E_{κιν}^{0}=U_{τελ}^{0}+E_{κιν}$ η
$mgh=\frac{1}{2}mv^2$ η $v=\sqrt{2gh}$ η $v=\sqrt{100}$ η $v=10m/s$.

β) Τελικά όλη η μηχανική ενέργεια (εδώ η
κινητική ενέργεια) αμέσως πριν να συγκρουσθεί
το σώμα με το έδαφος, μετατράπηκε σε
θερμική ενέργεια του σώματος και σε
εσωτερική ενέργεια παραμόρφωσης. Άρα η

εσωτερική ενέργεια του συστήματος αυξήθηκε και ίσχυε $\Delta U = E_{\pi\varepsilon} = U_{\beta\rho} = m \cdot g \cdot h$

κι $\Delta U = 50\,J$. (Αγνοήσαμε εδώ και τις αντιστάσεις του αέρα).

8) α) $W = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1) = p(2V_1 - V_1) =$

$= p \cdot V_1 = 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 400\,J$

β) $Q = \Delta U + W$ κι $\Delta U = 7500 - 400$ κι

$\Delta U = 7100\,J$

9) α) $W = p \cdot \Delta V = p \cdot \left(\frac{V_A}{2} - V_A\right) = -p \cdot \frac{V_A}{2} =$

$= -\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{2} = -400\,J$

β) $Q = \Delta U + W$ κι $Q = -600 - 400$ κι $Q = -1000\,J$.

10) α) Η εσωτερική ενέργεια ορισμένης ποσότητας αερίου, εξαρτάται <u>μόνο</u> από τη θερμοκρασία του. Αφού η θερμοκρασία T παραμένει σταθερή λογό συμβαίνει, άρα και η εσωτερική του ενέργεια παραμένει σταθερή και δε μεταβάλλεται άρα $\Delta U = 0$

β) $Q = \Delta U + W$ κι $Q = W = 420\,J$

11) Ισχύει $Q=0$ (αδιαβατική μεταβολή).
Τότε $Q=\Delta U+W$ ή $0=\Delta U+W$ ή
$W=-\Delta U$ ή $W=-100\,J$. Επειδή
$W<0$ έχουμε συμπίεση του αερίου
(εξωτερικών δυνάμεων).

12) Το εμβαδόν που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της πίεσης (p) με τον όγκο των όγκων (V) ισούται με το μηχανικό έργο (W), που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον.
Άρα έχουμε $W=E_{τραπεζίου}=\frac{B+b}{2}\cdot\upsilon=\frac{2\cdot10^5+10^5}{2}\cdot2\cdot10^{-3}$
ή $W=3\cdot10^5\cdot10^{-3}$ ή $W=300\,J$.

6.5 Θερμική διαστολή και συστολή

1) α) Γνωρίζουμε ότι $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\theta$

Αφού οι δύο ράβδοι είναι κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό έχουν τον ίδιο συντελεστή γραμμικής διαστολής (α_L). Άρα έχουν το ίδιο χρώμα έτσι ώστε για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ θα έχουμε και την ίδια μεταβολή του μήκους τους ΔL άρα οι ράβδοι θα εξακολουθούν να έχουν το ίδιο μήκος

β) Αν όμως είναι κατασκευασμένες από διαφορετικό υλικό τότε θα έχουν διαφορετικό συντελεστή γραμμικής διαστολής. Κατά συνέπεια η ράβδος με το μεγαλύτερο συντελεστή γραμμικής διαστολής (α_L) θα μεταβάλλει περισσότερο το μήκος της (ΔL) για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\theta$). Άρα οι δύο ράβδοι μετά την θέρμανση δεν θα εξακολουθούν να έχουν το ίδιο μήκος (L). με $L = L_0 + \Delta L$

2) Ισχύει $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta$. Αν L_0 είναι το μήκος της ράβδου στους $0^\circ C$ τότε είναι $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0^\circ = \vartheta$ και η παραπάνω σχέση γράφεται $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \vartheta$ ή $L - L_0 = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \vartheta$

ή $L = L_0(1 + \alpha_L \cdot \vartheta)$ ή

$L = 1cm \cdot (1 + 16 \cdot 10^{-6} \cdot 80)$ ή

$L = 1 + 0,00128$ ή $L = 1,00128 cm$

3) $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta$ ή $\Delta L = 20 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 60$

ή $\Delta L = 0,0144 cm$.

Προσέξτε ότι το L_0 είναι το αρχικό μήκος της ράβδου στην αρχική θερμοκρασία $\vartheta_0 = -10^\circ C$

4) Ισχύει $L = L_0(1 + \alpha_L \cdot \vartheta)$ όπου εδώ το L_0 είναι το αρχικό μήκος σε αρχική θερμοκρασία $\vartheta_0 = 0^\circ C$

Τότε έχουμε $L = 1 + 13 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 1,00026 km$

ή $1000,26 m$

5) $\Delta L = L_0 \alpha_L \Delta\vartheta$ ή

$1,92 \cdot 10^{-3} = 80 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \Delta\vartheta$ ή

$$\Delta\vartheta = \frac{1,92 \cdot 10^{-3}}{960 \cdot 10^{-8}} = \frac{19200}{96} = 200^\circ C$$

Όμως $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$ ή $200 = \vartheta - 10$ ή $\vartheta = 210^\circ C$

6) Ισχύει $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta$ (β όλου)

$\Delta L = 1,001L - L = 0,001 m$. Τότε έχουμε

$0,001 L = \alpha_L \cdot 40$ ή $\alpha_L = \frac{10^{-3}}{40}$

ή $\alpha_L = 25 \cdot 10^{-6}\ grad^{-1}$

7) Θεω Αν το μήκος της διαμέτρου της σφαίρας είναι L τότε ισχύει $L = L_0(1 + \alpha \cdot \vartheta)$ ή

$L = 40 \cdot (1 + 12 \cdot 10^{-6} \cdot 200) = 40 \cdot 1,0024 = 40,096 mm$

8) Για τη σφαίρα έχουμε $\Delta L = L_0 \alpha_\sigma \Delta\vartheta$

ή $L_{\sigma\tau} - L_0 = L_0 \alpha_\sigma \Delta\vartheta$ ή $L_\sigma = L_0(1 + \alpha_\sigma \Delta\vartheta)$

Παρόμοια για τον φερμεϊκό δακτύλιο έχουμε $L_{op} = L_0'(1 + \alpha_{op} \Delta\vartheta)$. Για να περάσει η σφαίρα τότε-τότε από το δακτύλιο θα πρέπει η $L_{\sigma\tau}$ διάμετρος της σφαίρας να γίνει ίση με τη διάμετρο του δακτυλίου.

Άρα έχουμε $L_0 = L_{αρ}$ η'

$L_0(1+\alpha_0 \Delta\vartheta) = L_0'(1+\alpha_{αρ}\Delta\vartheta)$

η' $8,01(1+12\cdot10^{-6}\Delta\vartheta) = 8(1+20\cdot10^{-6}\Delta\vartheta)$ η'

$8,01 + 96,12\cdot10^{-6}\Delta\vartheta = 8 + 160\cdot10^{-6}\Delta\vartheta$ η'

$0,01 = 63,88\cdot10^{-6}\Delta\vartheta$ η' $\Delta\vartheta = \frac{10^{-2}}{63,88\cdot10^{-6}}$

η' $\Delta\vartheta = \frac{10.000}{63,88}$ η' $\Delta\vartheta = 156,5°C$

Όμως $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$ η' $\vartheta = \vartheta_0 + \Delta\vartheta$ η' $\vartheta = 15 + 156,5$

η' $\boxed{\vartheta = 171,5°C}$

9) Ισχύει $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \Delta\vartheta$ η' $\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta\vartheta}$ η'

$\alpha_L = \frac{4\cdot10^{-4}}{10^2}$ η' $\alpha_L = 4\cdot10^{-6}\,grad^{-1}$

10) Ισχύει $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_V \cdot \Delta\vartheta$ η'

$\Delta V = 21\cdot10^{-5}\cdot50 = 1050\cdot10^{-5}$ η' $0,0105\,l$ η' $10,5\,ml$

Οπότε ο όγκος του νερού γίνεται

$V = V_0 + \Delta V$ η' $V = 1 + 0,0105$ η' $V = 1,0105\,l$

η' $V = 1010,5\,ml$

11) $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \Delta\vartheta$ ή $\Delta V = 10^3 \cdot 96 \cdot 10^{-5} \cdot 15$ ή

$\Delta V = 14,4\ \ell$. Άρα $V = V_0 + \Delta V$ ή

$V = 1014,4\ \ell$ περιεχόμενο.

12) Για τα αέρια ισχύει $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\vartheta$

ή $\Delta V = V_0 \cdot \frac{1}{273} \cdot \Delta\vartheta$. Για όλα τα αέρια

η τιμή του συντελεστή α_v είναι

ίση με $\alpha_v = \frac{1}{273}\ grad^{-1}$, όταν η μέση διαμετρική

συστολή.

Οπότε έχουμε $\Delta V = 400 \cdot \frac{1}{273} \cdot 54,6$

ή $\Delta V = 80\ cm^3$. Άρα $V = V_0 + \Delta V$ ή $V = 400 + 80$

ή $V = 480\ cm^3$.

Παρατήρηση: Ο Νόμος του Gay-Lussac γράφεται

και ως $\frac{V_0}{T_1} = \frac{V}{T_2}$ ή $V = \frac{T_2}{T_1} V_0$ ή

$V = 1,2 \cdot 400$ ή $V = 480\ cm^3$.

13) Πρώτα θα βρούμε τον όγκο του αερίου στους 0°C έχουμε

$$\Delta V = \frac{V_0}{273}\Delta\vartheta \text{ και } V - V_0 = \frac{V_0}{273}\cdot 27$$

$$\text{και } V = V_0 + \frac{27V_0}{273} \text{ και } V = \frac{300}{273}V_0 \text{ και } V_0 = \frac{273}{300}V$$

Όταν $\Delta V' = \frac{V_0}{273}\Delta\vartheta'$ και $\frac{V}{2} = \frac{273\cdot V}{300\cdot 273}\Delta\vartheta'$ και

$$\text{και } \frac{1}{2} = \frac{1}{300}\Delta\vartheta' \text{ και } \Delta\vartheta' = \frac{-300}{2}$$

$$\Delta\vartheta' = -150^\circ C$$

Όμως $\Delta\vartheta' = \vartheta - \vartheta_0$ και $-150 = \vartheta - 27$ και

$$\vartheta = -150 + 27 \text{ και } \vartheta = -123^\circ C \text{ και } 150\,K.$$

Παρατήρηση

Τρόπος: Νόμος του Gay-Lussac

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ και } T_2 = \frac{V_2}{V_1}T_1 = \frac{T_1}{2} = \frac{300}{2} = 150K$$

$$\text{και } T_2 = 273 + \vartheta \text{ και } 150 = 273 + \vartheta$$

$$\text{και } \vartheta = 150 - 273 \text{ και } \underline{\vartheta = -123^\circ C}$$

14) Ισχύει $\Delta V = V_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta$ η'

$V = V_0(1+\alpha\vartheta)$. Από τη γνωστή

πυκνότητα ισχύει $\rho = \frac{m}{V}$ η'

$$\rho = \frac{m}{V_0(1+\alpha\vartheta)} \text{ η' } \rho = \frac{\rho_0}{1+\alpha\vartheta}$$

(θεωρήσαμε ότι $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$ είναι η πυκνότητα του υδραργύρου στους $0^\circ C$). Άρα

έχουμε $\rho = \frac{13,6}{1+18\cdot10^{-5}\cdot 20} = \frac{13,6}{2,0036}$ η' $\rho = 13,55\, g/cm^3$

Κεφάλαιο 7: Αλλαγές Κατάστασης

7.1 Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα

1) Πρέπει να προσφέρουμε θερμότητα ίση με τη θερμότητα πήξης του πάγου άρα ισχύει
$Q = m \cdot L_T = 1000 \cdot 80 = 80\,kcal$
ή $Q = 1000 \cdot 336 = 336\,kJ$ $(1cal = 4,2J)$

2) Ισχύει $Q = m \cdot L_B = 1000 \cdot 540 = 540\,kcal$
ή $540 \cdot 4,2 = 2268\,kJ$

3) $Q_1 = m \cdot c_n \cdot \Delta\vartheta = 10 \cdot 0,5 \cdot 20 = 100\,cal$.
Αυτή είναι η θερμότητα ώστε ο πάγος να θερμανθεί από τους $-20^\circ C$ στους $0^\circ C$

Στη συνέχεια η θερμότητα που πρέπει να προσφέρουμε για να λιώσει ο πάγος των $0^\circ C$ σε νερό $0^\circ C$ είναι $Q_2 = m \cdot L_T = 10 \cdot 80 = 800\,cal$

Στη συνέχεια το νερό θερμαίνεται από τους $0^\circ C$ στους $100^\circ C$ χωρητική θερμότητα $Q_3 = m \cdot c_\nu \cdot \Delta\vartheta = 10 \cdot 1 \cdot 100 = 1000\,cal$. Τέλος το νερό των $100^\circ C$ μετατρέπεται σε ατμούς $100^\circ C$ με λανθάνουσα θερμότητα $Q_4 = m \cdot L_B = 10 \cdot 540 = 5400\,cal$

Τελική προσθήκη $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$ η'

$Q = 100 + 800 + 1000 + 5400$

η' $Q = 7300$ cal

4) $Q_1 = m \cdot c_n \cdot \Delta\vartheta = 80 \cdot 0,5 \cdot \Delta\vartheta = 40\,\Delta\vartheta$ cal

$Q_2 = m \cdot L_τ = 80 \cdot 80 = 6400$ cal

Άρα ισχύει $Q_1 + Q_2 = Q$ η'

$40 \cdot \Delta\vartheta + 6400 = 6800$ η'

$40 \cdot \Delta\vartheta = 400$ η' $\Delta\vartheta = 10°C$ η' $\vartheta - \vartheta_1 = 10$

η' $0 - \vartheta_1 = 10$ η' $\underline{\vartheta_1 = -10\,°C}$

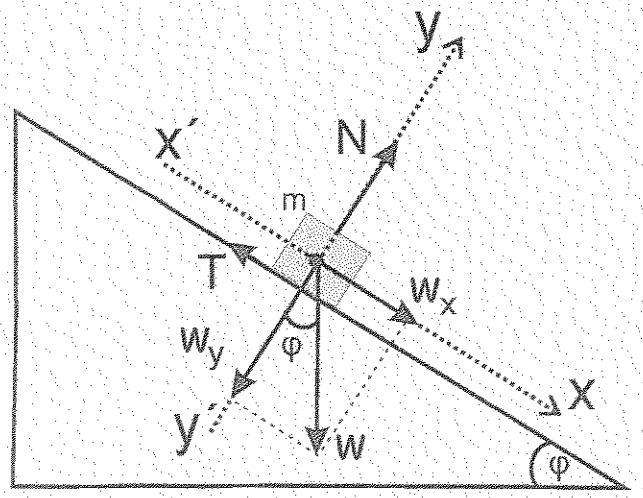
5) Για να μετατραπεί ολόκληρη η ποσότητα του πάγου (0°C) σε νερό 0°C πρέπει να προσφερθεί θερμότητα $Q_1 = m \cdot L_τ$ η'

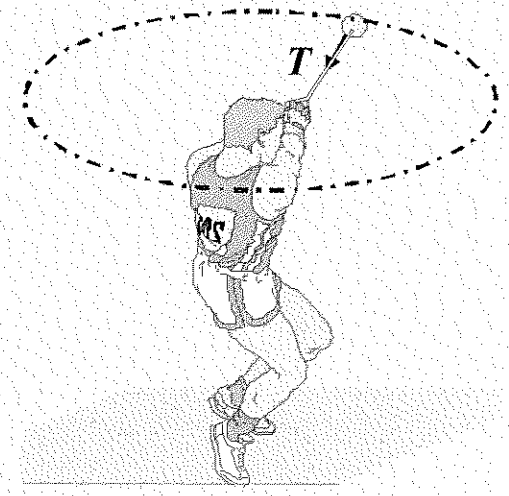
$Q_1 = 100 \cdot 80 = 8000$ cal. Όπως εμείς προσφέραμε ήδη $Q = 3200$ cal. Άρα ήδη ένα μέρος του πάγου θα μετατραπεί σε νερό στη θερμοκρασία 0°C. Έτσι έχουμε $Q = m' \cdot L_τ$ η' $m' = \frac{3200}{80}$ η' $m' = 40$ g πάγου θα μετατραπούν σε νερό 0°C.

Άρα θα περισσεύουν 60 g πάγου, ενώ θα σχηματισθούν 40 g νερού.

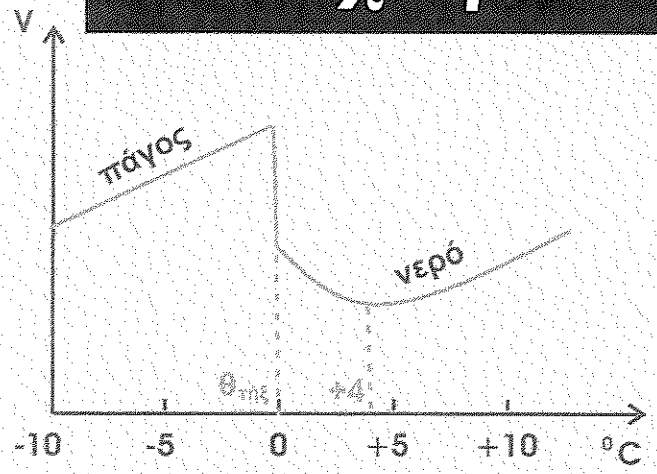
6) $Q = L_\tau \cdot m = 200 \cdot 80 = 16\,000$ cal

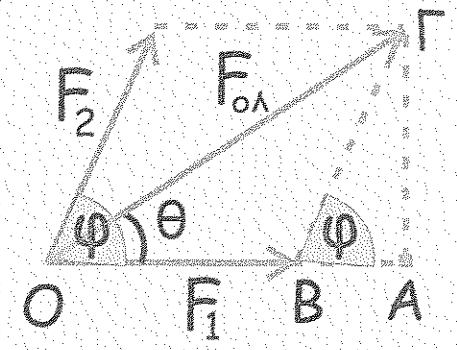
Άρα για να μεταχηκούν τα 200g πάγου σε νερό $0^\circ C$ πρέπει να προσφέρουμε 16.000 cal.
Όταν προσφέραμε 15.000 cal είχαμε χαλκό στη θερμιδομετρικό παραμένει στερεό και δεν ολοκληρώθηκε, παρόλο που προσφέραμε θερμότητα.





Μιχαήλ Π. Μιχαήλ





ΦΥΣΙΚΗ
Β΄ Γυμνασίου
Λύσεις των ασκήσεων του σχολικού βιβλίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ερωτήσεις

► **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) Η μελέτη της φυσικής είναι χρήσιμη σε διάφορες επιστήμες όπως:
Στη βιολογία,
χημεία,
αρχιτεκτονική,
ιατρική,
μουσική,
ζωγραφική κ.ά.

Σε όλες αυτές **τις επιστήμες** οι βασικές τους αρχές στηρίζονται σε έννοιες τις φυσικής.

Η μελέτη της φυσικής βοηθάει ακόμα να καταλάβουμε πώς λειτουργούν πολλές από τις συσκευές που χρησιμοποιούμε **στην καθημερινή μας ζωή**, όπως:

ο ηλεκτρονικός υπολογιστής
το tablet pc κτλ.
το κινητό τηλέφωνο,
η τηλεόραση,
το ηλεκτρικό ψυγείο,
ο φούρνος μικροκυμάτων,

Γνωρίζοντας βασικούς νόμους της φυσικής, διαμορφώνουμε μια **ολοκληρωμένη άποψη** για πολλά από τα θέματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες, όπως τι είναι:
το φαινόμενο του θερμοκηπίου,
πώς δημιουργούνται οι σεισμοί και αν είναι δυνατόν να τους προβλέψουμε,
τι είναι
η τρύπα του όζοντος,
η πυρηνική ενέργεια και ποιες είναι οι ειρηνικές χρήσεις της.
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
Το φως
Το Laser
Η αξονική τομογραφία και η τομογραφία P.E.T
Η σκοτεινή ύλη και η σκοτεινή ενέργεια
το σωματίδιο Higgs
οι μαύρες τρύπες
τα ταξίδια στο χρόνο
οι μακρινοί γαλαξίες

Οι νόμοι της Φυσικής απαντούν σε απορίες όπως πως σχηματίζεται το ουράνιο τόξο, γιατί βρέχει, πώς δημιουργούνται οι κεραυνοί και οι αστραπές, γιατί τα αστέρια λάμπουν στον ουρανό ή πώς οι δορυφόροι κινούνται γύρω από τη γη.

2) Τα σημαντικότερα στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου είναι:

η παρατήρηση,

η υπόθεση και

το πείραμα.

Στο πείραμα αναγκαία είναι **η μέτρηση μεγεθών** για την επιβεβαίωση ή διάψευση της υπόθεσης. Αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη τη διατύπωση ενός **Φυσικού Νόμου**.

Κάθε σχέση που προκύπτει από την επεξεργασία των μετρήσεων και που συνδέει δυο ή περισσότερα φυσικά μεγέθη, ***ονομάζεται φυσικός νόμος.***

Οι φυσικοί , στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο, εργάζονται με μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα. Η μεθοδολογία αυτή ονομάζεται **επιστημονική μέθοδος.**

Παρατηρούν προσεκτικά ό,τι συμβαίνει γύρω τους.

Ταξινομούν τις παρατηρήσεις τους, αναζητώντας ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων και κάνουν αρχικές υποθέσεις.

Εκφράζουν τις παρατηρήσεις τους με τη βοήθεια **μετρήσιμων ποσοτήτων.**

Αναζητούν συσχετίσεις μεταξύ των ποσοτήτων τις οποίες προσπαθούν να εκφράσουν με τη βοήθεια των μαθηματικών.

Στη συνέχεια:

Διατυπώνουν υποθέσεις για να **ερμηνεύσουν** τις παραπάνω συσχετίσεις.

Με τη βοήθεια του **πειράματος** διαψεύδουν ή επαληθεύουν τις υποθέσεις κ**αι**

Καταλήγουν στη διατύπωση νέας υπόθεσης που αποτελεί το Φυσικό Νόμο.

Προσέξτε την καταλυτική δράση του πειράματος για την διατύπωση ενός Νόμου στη Φυσική. Η φυσική όμως είναι πειραματική επιστήμη. Η διατύπωση μιας φυσικής θεωρίας είναι μια διαδικασία, που αρχίζει και τελειώνει με την παρατήρηση και το πείραμα.

Πείραμα *ονομάζουμε: τη μεθοδική αναπαραγωγή ενός φαινομένου με στόχο την εξακρίβωση της φύσης του, των αιτιών που το προκαλούν και των νόμων από τους οποίους διέπεται αυτό το φαινόμενο.*

3) Μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους ονομάζουμε **τη σύγκρισή του** με ένα άλλο ομοειδές μέγεθος το οποίο ονομάζουμε **μονάδα μέτρησης**.

Ο αριθμός που προκύπτει από τη σύγκριση ονομάζεται αριθμητική τιμή του μεγέθους που μετρήθηκε.

Τρία τέτοια φυσικά μεγέθη είναι:

το μήκος,
ο χρόνος και
η μάζα.

Οι αντίστοιχες μονάδες μέτρησής τους στο S.I είναι:
Το μέτρο (1m), το δευτερόλεπτο (1s) και το χιλιόγραμμο (1kg).

4) πηλίκο, αριθμητή, μάζα, πλανητικού, όγκο, $\frac{m}{V}$

5) i) Σωστή είναι η (γ). Η πυκνότητα χαρακτηρίζει το υλικό. Έτσι για το ίδιο υλικό θα είχαμε σε όλες τις ίδιες σωζήτες την ίδια πυκνότητα. Εξάλλου τα δύο ίσα κομμάτια φελλού είχαν μια μάζα, αλλά και το ίδιο όγκο. Οπότε αρχικά είναι $\rho = \frac{m}{V}$ ενώ τελικά για το καθε κομμάτι είχαμε $\rho' = \frac{\frac{m}{2}}{\frac{V}{2}} = \frac{m}{V} = \rho$.

ii) (γ)

iii) (α) Είναι $24h = 24 \cdot 3600 = 86.400 sec$

ή $864 \cdot 10^2 sec$.

Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και φτιάξε τετραπλευρα ανάλογα με τις εντολές που ακολουθούν:

1) Περίπου 50cm - 60cm. Το άνοιγμα των χεριών μας είναι περίπου ίσο με το ύψος μας.

2) Η διάμετρος ενός κέρματος δυο ευρώ είναι $\delta = 2,6$cm ή $\delta = 26$mm. Η περίμετρος ενός κύκλου (άρα και το κέρμα των δυο ευρώ) δίνεται από τον τύπο: $S = 2\pi r$ άρα $2r = \delta$

άρα $S = \delta \cdot \pi = 2,6 \cdot 3,14$ ή $S = 8,164$ cm

ή $S = 81,64$mm.

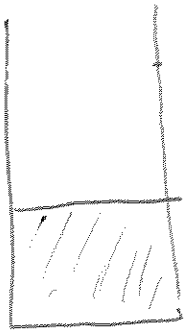
Η μέτρηση της διαμέτρου, μπορεί να γίνει μ' ένα χάρακα ή μ' ένα διαβητόμετρο.

3) Αν το δωμάτιό μας είχε παράλληλα σχήμα ορθογωνίου παραλληλογράμμου τότε το εμβαδόν του είναι $E = a \cdot b$ όπου a: μήκος και b: πλάτος

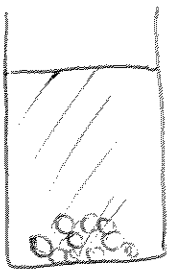
Για παράδειγμα αν το μήκος είναι $a = 4$m και το πλάτος είναι $b = 3$m έχουμε

$E = 4 \cdot 3 = 12\,m^2$.

4)



$V_1 = 100 ml$ και



$V_2 = 140 ml$

Γεμίζουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο με νερό, έστω π.χ στην ένδειξη $V_1 = 100 ml$. Στη συνέχεια αδειάζουμε το νερό με τα σκληρά μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο με το νερό. Τότε η παρατήρηση ένδειξη ήταν V_2 με V_2 έστω $V_2 = 140 ml$. Άρα ο συνολικός όγκος που είχαν τα σκληρά είναι $V = V_2 - V_1 = 40 ml$.

Αν δεν συνέχεια διαιρέσουμε με το πλήθος (αριθμό) των σκληρών, μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο που είχε το καθένα χωριστά. Αν π.χ το πλήθος τους είναι 200 σκληρά τότε έχουμε όγκος του καθενός: $V_1 = \frac{V}{200} = \frac{40}{200} =$

$= 0,2 ml$.

Ασκήσεις

1) Για να καμφθούμε τα εμβαδά των δύο επιφανειών θα πρέπει να έχουν την ίδια μονάδα μέτρησης

Όμως $65\,cm^2 = 65\,(10mm)^2 = 65 \cdot 10^2\,mm^2 = 6500\,mm^2 > 480\,mm^2$

Άρα η επιφάνεια της μύτης του κινητικού αμύλου είναι περίπου 13 φορές μεγαλύτερη.

Παρατήρηση: Θέλαμε θα μπορούσαμε να μετατρέψουμε τα $480\,mm^2$ σε cm^2, οπότε έχουμε

$$480\,mm^2 = 480 \cdot (10^{-1}cm)^2 = 480 \cdot 10^{-2}\,cm^2 = 4{,}8\,cm^2 < 65\,cm^2$$

2) $$t = \frac{1}{500}\,sec = \frac{1}{500} \cdot (10^6 \mu s) = 0{,}002 \cdot 10^6\,\mu s =$$

$$= 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6\,\mu s = 2 \cdot 10^3\,\mu s \text{ ή } \underline{2000\,\mu s}$$

Αλλιώς $$t = \frac{1}{500}\,sec = \frac{1}{500}\,(10^3\,ms) = \frac{10^3}{500}\,ms =$$

$$= \frac{1000}{500}\,ms \text{ ή } \underline{2\,ms}$$

3) Από τον πίνακα της πυκνότητας, υπολογίζουμε τις πυκνότητες των αντικειμένων που λύνατε, έτσι έχουμε:

Αντικείμενο	Μάζα (g)	Όγκος (cm^3)	Πυκνότητα (g/cm^3)	Υλικό
Κοσμήμα Α	26	2,5	10,4	Αργύρι
Είδος Α	40	4,8	8,3	Χαλκού
Κόσμημα Β	23	1,2	19,2	Χρυσού
Μαρτυρικό Θραύσμα	60	25,6	2,3	Κεραμικό
Είδος Β	64	9,2	7,0	Σιδήρου
Νόμισμα Α	110	15,0	7,3	Σιδήρου
Νόμισμα Β	31	3,6	8,6	Χαλκού
Νόμισμα Γ	68	8,1	8,4	Χαλκού

Από τις τιμές της πυκνότητας του πίνακα προσδιορίζουμε κατά προσέγγιση το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο κάθε αντικείμενο.

Βλέπουμε έτσι ότι οι τιμές της πυκνότητας που υπολογίσαμε είναι κατά προσέγγιση ίδιες με αυτές που δίνονται στον πίνακα που βρέθηκε.

Αυτό οφείλεται στο ότι λόγω διαφορών στις υπόλοιπες και ξένες προσμίξεις. Η ίδια πρώτη ύλη αντικειμένων μπορεί να είναι κατασκευασμένα από περισσότερα είδη υλικού. Αυτή μπορεί να περιγράψει αντικείμενα όπως τα κοσμήματα τα οποία είναι κατασκευασμένα από κράματα δηλαδή περισσότερα από ένα διαφορετικά μέταλλα σε διάφορες αναλογίες.

γ) Για την πυκνότητα γνωρίζουμε πως ισχύει η καθηγητική σχέση $\rho = \frac{m}{V}$. Όλα τα αντικείμενα που μας δίνουν είχαν σχήμα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδου οπότε για τον όγκο τους είχαμε $V =$ μήκος $\times$ πλάτος $\times$ ύψος

Έτσι το αντικείμενο που είχε μάζα $m_1 = 24\,kg$, είχε όγκο $V_1 = 0{,}2\,m \cdot 0{,}2\,m \cdot 0{,}3\,m = 0{,}012\,m^3$, ή $12 \cdot 10^3\,m^3$, οπότε η πυκνότητά του είναι $\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} = \frac{24\,kg}{0{,}012\,m^3} = 2000\,kg/m^3$

ή $2000\,\frac{10^3\,g}{10^6\,cm^3} = 2\,g/cm^3$

Πρόκειται για το αντικείμενο μάζας $m_2 = 77,2\,kg$

έχουμε $V_2 = 0,1m \cdot 0,1m \cdot 0,4m = 0,004m^3$ ή $4 \cdot 10^{-3}\,m^3$

Τότε $\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} = \frac{77,2\,kg}{4 \cdot 10^{-3}\,m^3} = 19300\,kg/m^3$

ή $19,3\,g/cm^3$

Τέλος για το αντικείμενο μάζας $m_3 = 14,4\,kg$

έχουμε $V_3 = 0,2m \cdot 0,4m \cdot 0,6m = 0,048\,m^3$ ή $48 \cdot 10^{-3}\,m^3$

Τότε $\rho_3 = \frac{m_3}{V_3} = \frac{14,4\,kg}{48 \cdot 10^{-3}\,m^3} = 300\,kg/m^3$ ή $0,3\,g/cm^3$.

5) • Για το ξύλο έχουμε $\rho = \frac{m}{V}$ ή $m = \rho \cdot V$

ή $m = 0,7\,\frac{g}{cm^3} \cdot 150\,cm^3 = 105\,g$

• Για το γυαλί: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{60g}{24\,cm^3} = 2,5\,g/cm^3$

• Για το χαλύβδι: $\rho = \frac{m}{V}$ ή $m = \rho \cdot V$ ή

$m = 8\,\frac{g}{cm^3} \cdot 20\,cm^3 = 160\,g$.

• Για την πολυστερίνη: $\rho = \frac{m}{V}$ ή

$\rho = \frac{73}{730\,cm^3}$ ή $\rho = 0,1\,g/cm^3$. Κοντά στο

• Για τον μόλυβδο: $\rho = \frac{m}{V}$ ή $V = \frac{m}{\rho}$ ή

$V = \frac{45,6\,g}{11,4\,g/cm^3}$ ή $V = 4\,cm^3$

Έτσι για συνδυασμούς των υλικών εδώ έχουμε:

Είδος υλικού	Μάζα (g)	Όγκος (cm^3)	Πυκνότητα (g/cm^3)
Ξύλο	105	150	0,7
Φυμί	60	24	2,5
Χαλκός	160	20	8
Πολυστερίνη	7	70	0,1
Μάρμαρο	45,6	4	11,4

6) Ο αρχικός όγκος του νερού όπως διαβάζουμε από την κλίμακα (cm) του ογκομετρικού δοχείου είναι αρχικά $V_{αρχ} = 60 ml$ και τελικά (αφού βυθιστεί η πέτρα) $V_{τελ} = 80 ml$. Τότε από τη διαφορά των δύο ενδείξεων, προκύπτει πως ο όγκος της πέτρας είναι

$$V = V_{τελ} - V_{αρχ} = 80 ml - 60 ml \text{ ή } V = 20 ml.$$

Ακόμη έχουμε βρήκει με ζυγό και υπολογίσαμε πως η μάζα της πέτρας είναι $m = 50 g$.

Έτσι η πυκνότητα του υλικού της πέτρας είναι $\rho = \frac{m}{V} = \frac{50 g}{20 ml} = 2,5 g/ml$ ή $2,5 g/cm^3$

ή $2500 kg/m^3$. Προσέξτε πως μη είναι εφικτό μια πυκνότητα πλησίον από το ίδιο υλικό θα είχε ένα πολύ διαλυτερο

μάζα και αυτή της πέτρας. (Βέβαια έχει και μεγαλύτερο όγκο). Δηλαδή η πυκνότητα καθορίζει το πλοίο του ωκεανού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Ερωτήσεις

▲ Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1 i) σημείο αναφοράς, φυσικό μέγεθος, μέτρο, διανυσματικό, βαθμωτό, ίσο, μέτρο.

ii) το σημείο, χρόνο, χρόνο, παραβγαίνω, 1m/s, μέτρο, δευτερόλεπτο, διανυσματική, $\frac{\text{μετατόπιση}}{\text{χρονικό διάστημα}}$, διανυσματική μετατόπιση.

iii) ευθεία, ευθεία, χρόνου.

2) • Μονόμετρα μεγέθη είναι τα:
απόσταση, χρονικό διάστημα $(S, \Delta t)$

• Διανυσματικά μεγέθη είναι τα:
θέση, μετατόπιση, ταχύτητα $(\vec{x}, \Delta\vec{x}, \vec{v})$

3) i) α. Ισχύει $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Τότε στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I) η μονάδα μέτρησης της μετατόπισης Δx είναι το 1m ενώ για χρονικό διάστημα Δt είναι το 1s. Άρα η μονάδα μέτρησης του μεγέθους της ταχύτητας (v) είναι το $1\ \frac{m}{s}$.

ii) (α) . Ισχύει $1\frac{km}{h} = \frac{1km}{3600s} =$

$= \frac{1}{3600}\frac{km}{s}$ ή $0,00027\frac{km}{s}$

Δηλ ο αριθμός μιας ταχύτητας σε $\frac{km}{s}$ είναι μικρότερος του αριθμού που αντιστοιχεί στο μέτρο της ταχύτητας σε km/h.

Π.χ ένα αυτοκίνητο που κινείται με ταχύτητα $72\frac{km}{h}$ έχει ταχύτητα $\frac{72}{3600}\frac{km}{s}$ ή $0,02\frac{km}{s}$

Προσέξτε όμως ότι τα $72\frac{km}{h}$ είναι ακριβώς το ίδιο με τα $0,02\frac{km}{s}$ πρόκειται δηλαδή για την <u>ίδια</u> ταχύτητα εκφρασμένη σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης.
Οι μονάδες μέτρησης στη Φυσική, έχουν πολύ μεγάλη σημασία.

iii) (β). $v = 30\frac{m}{s} = 30\frac{10^{-3}km}{\frac{1}{3600}h}$ ή

$v = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 3600\frac{km}{h}$ ή $v = 30 \cdot 3,6\frac{km}{h}$

ή $v = 108\,km/h$.

Προσπαθήστε πως πρέπει να μετατρέψουμε τα $\frac{m}{s}$ σε $\frac{km}{h}$ πολλαπλασιάζοντας με το 3,6

Αν θέλαμε, θέλαμε να μετατρέψουμε τα $\frac{km}{h}$ σε $\frac{m}{s}$ τότε θα διαιρούσαμε με το 3,6.

Άκόμη $v = 30\ \frac{m}{s} = 30\ \frac{m}{\frac{1}{60}min} = 1800\ \frac{m}{min}$

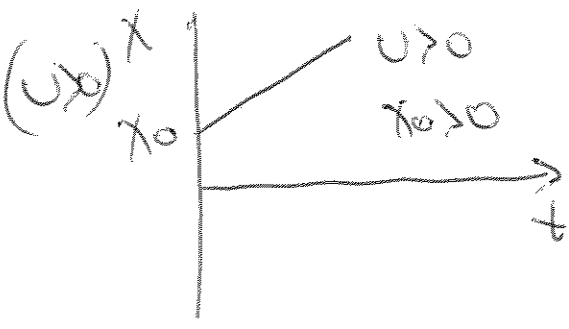
και όχι 108 m/min που μας δίνεται στην εκφώνηση.

(iv) (β) Από την εξίσωση φορέα του κινητού στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση έχουμε $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Άρα είναι $\Delta x = \Delta t \cdot v$ ή

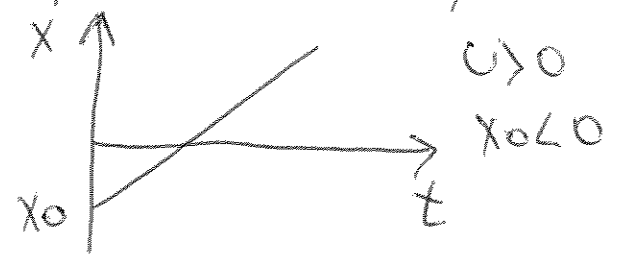
$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$$

v) (β) Ίσχύει από τον φορέα του κινητού, $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ότι $\Delta x = v\,\Delta t$ ή $x - x_0 = v(t - t_0)$. Για $t_0 = 0$ είναι $x = x_0 + v \cdot t$ δηλαδή προκύπτει μια εξίσωση της μορφής $y = \alpha + \beta \cdot x$

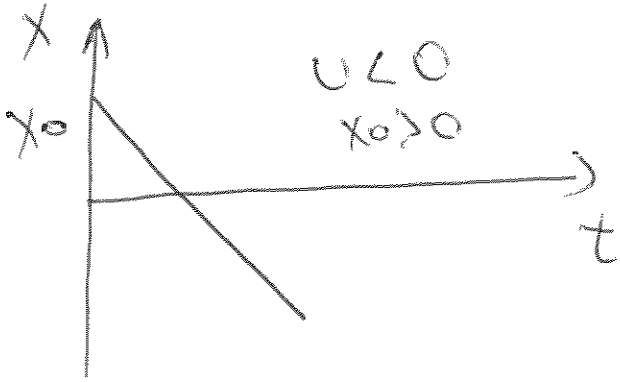
Η εξίσωση όμως αυτή παριστάνει μια ευθεία έτσι για το διάγραμμα $x(t)$ έχουμε για θετική ταχύτητα

(vi) 

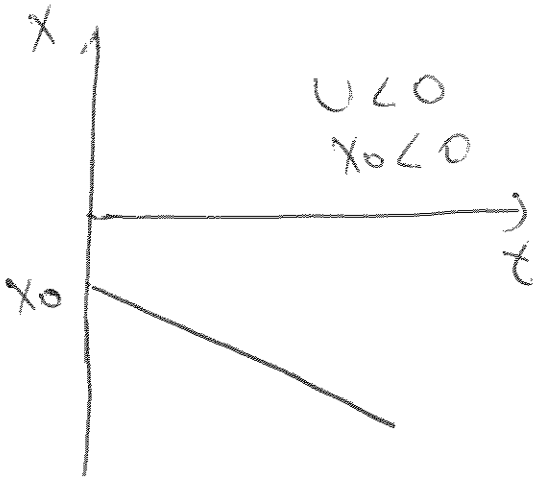
και για αρνητική ταχύτητα ⟹



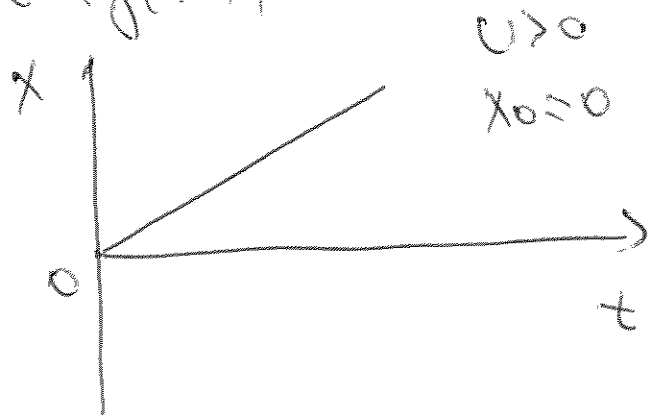
Προκύπτει το διάγραμμα



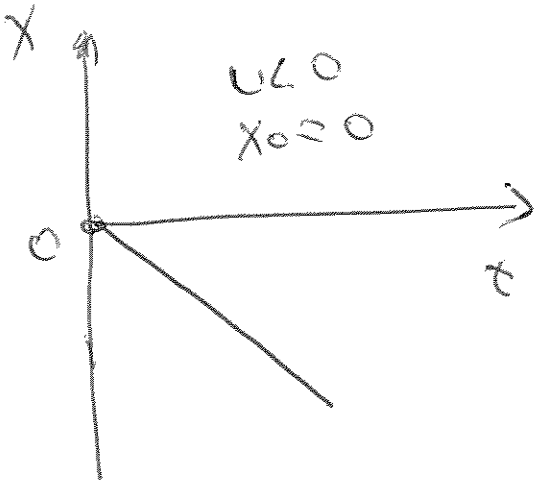
ή



Βλέπουμε ότι $x_0 = 0$ τότε προκύπτουν τα διαγράμματα



και



► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1) Όταν λέμε ότι η κίνηση είναι σχετική εννοούμε πως αναφέρεται ως προς ένα σημείο ή σώμα το οποίο θεωρείται ακίνητο . Συνήθως, όταν μελετούμε την κίνηση των σωμάτων στο γήινο περιβάλλον μας, θεωρούμε ότι η γη είναι ακίνητη.

Για παράδειγμα τα α δένδρα ως προς έναν νεαρό (σημείο αναφοράς) που βρίσκεται στο δρόμο, είναι ακίνητα. Τα ίδια δένδρα όμως ως προς τον οδηγό ενός αυτοκινήτου (σημείο αναφοράς), όταν το αυτοκίνητο κινείται, κινούνται.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι το ίδιο σώμα ως προς ένα σύστημα (ή σημείο αναφοράς) μπορεί να θεωρείται ακίνητο και το ίδιο σώμα ταυτόχρονα ως προς ένα δεύτερο σύστημα αναφοράς να θεωρείται πως κινείται.

Στο ερώτημα πάντως, ποια ταχύτητα είναι πραγματική η απάντηση είναι πως η κάθε μια είναι το ίδιο πραγματική.

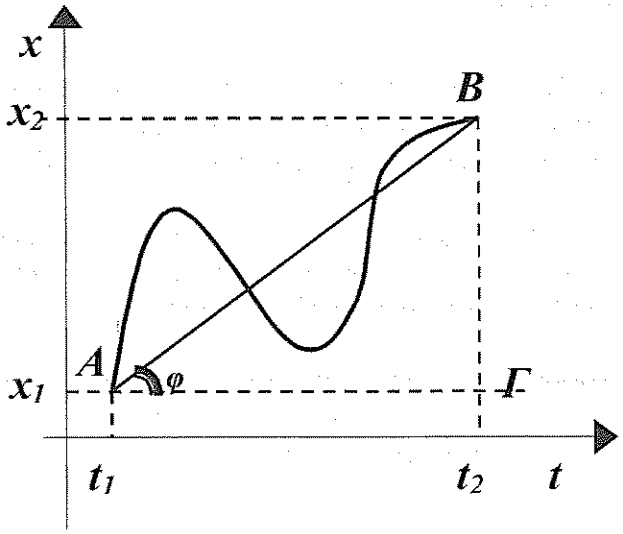
Δεν υπάρχει ένα «αληθινό», απόλυτο σύστημα αναφοράς.

Συστήματα αναφοράς που είναι ακίνητα ή κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά (δεν επιταχύνονται και ούτε περιστρέφονται), **ονομάζονται αδρανειακά συστήματα αναφοράς.**

Όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς είναι ισοδύναμα για τις μετρήσεις μας.
Δηλαδή ότι εξισώσεις έχουμε μάθει π.χ για την ταχύτητα θα ισχύουν σ' όλα τα συστήματα αναφοράς.
Αυτό όμως που είπαμε για την ταχύτητα ισχύει και για κάθε φυσική ποσότητα.
Γενικά δηλαδή μπορεί η ίδια φυσική ποσότητα να έχει διαφορετικές τιμές αν μετρηθεί από διαφορετικούς παρατηρητές οι σχέσεις όμως μεταξύ των μετρουμένων ποσοτήτων δηλαδή οι νόμοι της Φυσικής είναι οι ίδιοι για όλους τους παρατηρητές.
Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως διαλέγουμε πάντοτε ανάλογα με το πρόβλημά που αντιμετωπίζουμε αδρανειακό σύστημα αναφοράς το οποίο να απλουστεύει τις μετρήσεις μας.

2) Η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι η σταθερή ταχύτητα, που θα άλλαζε τη θέση κατά Δx στο χρονικό διάστημα Δt και ορίζεται σαν $\upsilon_{\mu}= \frac{\Delta x}{\Delta t}$ και υπολογίζεται γραφικά ως εξής:

Έστω πως η γραφική παράσταση θέσεως χρόνου x(t) είναι η καμπύλη του παρακάτω σχήματος



Η μέση ταχύτητα για μετατόπιση του κινητού από το Α στο Β είναι όπως είπαμε η σταθερή ταχύτητα για να πάει το κινητό από το Α στο Β. Τότε όμως ξέρουμε πως για σταθερή ταχύτητα υ το διάγραμμα x(t) είναι ευθεία. Έτσι αν ενώσουμε με ένα ευθύγραμμο τμήμα τα σημεία Α και Β (αρχική και τελική θέση) και υπολογίσουμε την κλίση του ΑΒ τότε σύμφωνα μ΄ αυτά που ξέρουμε η κλίση αυτή είναι το μέτρο της υποθετικής σταθερής ταχύτητας που ονομάσαμε μέση ταχύτητα ($υ_μ$).

Άρα από το σχήμα είναι $εφφ = \dfrac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ *έτσι και* $υ_μ = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$.

Συμπερασματικά :

Μέση διανυσματική ταχύτητα ενός κινητού ονομάζεται το πηλίκο της μετατόπισης του κινητού σε ορισμένη χρονική διάρκεια, προς αυτή τη χρονική διάρκεια.

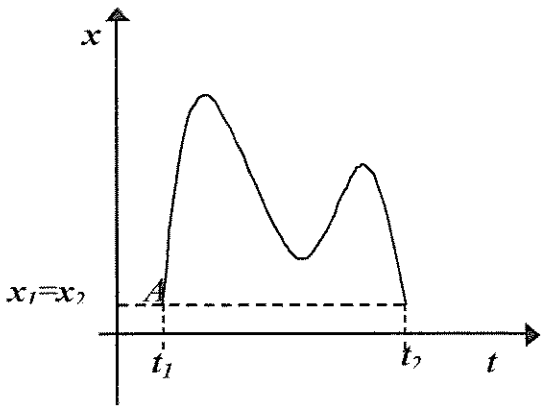
$$\textbf{Μέση διανυσματική ταχύτητα} = \frac{\textbf{Μετατόπιση του κινητού}}{\textbf{Χρονική διάρκεια της κίνησης}}$$

$$\vec{\upsilon}_\mu = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1}$$

Η μέση διανυσματική ταχύτητα έχει πάντα την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση αφού η χρονική διάρκεια Δt είναι πάντα θετική.

Όπως λοιπόν προκύπτει από τον ορισμό της μέσης διανυσματικής ταχύτητας για $\vec{\upsilon}_\mu = 0$ είναι και $\Delta\vec{x} = 0$.

Στο διάγραμμα x(t) αυτό σημαίνει πως έχουμε μια μετατόπιση παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου (t), όπως φαίνεται στο διάγραμμα.



Ενώ,

Μέση αριθμητική ταχύτητα ενός κινητού ονομάζεται το πηλίκο του διαστήματος που διέτρεξε το κινητό σε ορισμένη χρονική διάρκεια, προς αυτή τη χρονική διάρκεια.

$$\textit{Μέση αριθμητική ταχύτητα} = \frac{\textit{Διάστημα που διανήθηκε}}{\textit{Χρονική διάρκεια της κίνησης}}$$

$$\upsilon = \frac{s}{\Delta t}$$

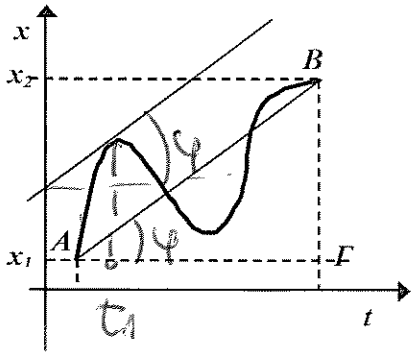
Η αριθμητική μέση ταχύτητα είναι βαθμωτό μέγεθος. Οι τιμές της είναι πάντα θετικές.

Έτσι ενώ η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι μηδέν η μέση αριθμητική ταχύτητα είναι διαφορετική από το μηδέν γιατί το συνολικό μήκος της διαδρομής (s) είναι διαφορετικό από το μηδέν όπως φαίνεται και στο διάγραμμα.

3) Στιγμιαία ταχύτητα είναι η ταχύτητα που έχει ένα κινητό σε κάθε μια χρονική στιγμή, ενώ μέση ταχύτητα είναι η σταθερή ταχύτητα που θα έπρεπε να έχει ένα υποθετικό κινητό, για να προκαλούσε την ίδια μετατόπιση στον ίδιο χρόνο με το πραγματικό κινητό.

Μόνο στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση **η στιγμιαία ταχύτητα είναι πάντοτε ίση με την μέση ταχύτητα**.

Η στιγμιαία ταχύτητα μια χρονική στιγμή (t_1), θα είναι ίση με τη μέση ταχύτητα του κινητού, τις χρονικές στιγμές που η εφαπτομένη της καμπύλης (x - t) τη χρονική στιγμή (t_1), είναι παράλληλη με την γραμμή της μέσης ταχύτητας.



4) Η ένδειξη του ταχυμέτρου του αυτοκινήτου ταυτίζεται με τη στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου τη στιγμή που κοιτάμε το ταχύμετρο.

5) Η ταχύτητα ($\vec{v}$) είναι διανυσματικό μέγεθος. Όταν το αυτοκίνητο κινείται σε μια ευθεία του δρόμου, αυτό σημαίνει ότι η κατεύθυνση της ταχύτητας δηλαδή η διεύθυνση και η φορά της, συνεχώς μεταβάλλονται. Άρα λοιπόν και αν το μέτρο της ταχύτητας του αυτοκινήτου δηλαδή η ένδειξη του ταχυμέτρου (taxímetro) είναι σταθερό η ταχύτητα δεν μπορεί να είναι σταθερή γιατί μεταβάλλεται συνεχώς η κατεύθυνσή της. Άρα η ταχύτητα $\vec{v}$ μπορεί να είναι σταθερή μόνο σε ευθύγραμμη κίνηση.

Σταθερή ταχύτητα σημαίνει σταθερό μέτρο αλλά και σταθερή κατεύθυνση.

6) Όταν το ταχυμέτρο του αυτοκινήτου δείχνει 60 km/h αυτό σημαίνει ότι το μέτρο (v) της ταχύτητας είναι σταθερό. Η ταχύτητα ($\vec{v}$) όμως μπορεί να μην είναι σταθερή αν μεταβάλλεται η κατεύθυνσή της. Π.χ αν το αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή η διεύθυνσή της είναι μια κάθετη γραμμή.

7) Η ταχύτητα ($\vec{v}$) ενός κινητού μεταβάλλεται αν μεταβάλλουμε το μέτρο της (v) ή την κατεύθυνσή της (διεύθυνση και φορά).

8) 0,04 km/h → σαλιγκάρι
3 km/h → άνθρωπος που βαδίζει
100 km/h → αυτοκίνητο
1200 km/h → αεροπλάνο
30.000 km/h → δορυφόροι
1.080.000.000 km/h → φως

Η ταχύτητα του φωτός θα ήταν η μεγαλύτερη ταχύτητα, που μπορεί να υπάρξει στη φύση. Ισχύει $v_c = 3 \cdot 10^8$ m/s (S.I)
Βέβαια ο δορυφόρος κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη με μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ότι έχει το αεροπλάνο.
Αρκετά μεγάλη είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου εδώ η ταχύτητα του ανθρώπου και η πιο μικρή ταχύτητα από τα πιο πάνω είναι του σαλιγκαριού.

Ασκήσεις

1) Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ Άρα

για $\Delta x = 150m$ και $\Delta t = 5sec$ έχουμε $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή

$v = \frac{150}{5}$ ή $v = 30m/s = 6χιλ/ή$.

Όπως στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η ταχύτητα παραμένει σταθερή. Άρα το λεωφορείο θα είναι $v = 30m/s$. Οπότε

για $\Delta t = 10s$ έχουμε $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή

$\Delta x = v \cdot \Delta t = 30 \cdot 10 = 300m$.

Τέλος για μετατόπιση $\Delta x = 900m$ έχουμε

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ή $\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{900}{30}$ ή $\Delta t = 30s$.

Άρα ο συμπληρωμένος πίνακας είναι

Χρόνος (t) (s)	Μετατόπιση (Δx) m	Ταχύτητα (v) m/s
5	150	30
10	300	30
30	900	30

2) α) Ισχύει $υ = \frac{Δx}{Δt}$ και $υ = \frac{200m}{20s}$ και $υ = 10 m/s$

Άρα έχουμε ότι $υ = 10 \frac{\frac{1}{10^3} km}{\frac{1}{3600} h}$ και $υ = 10 \cdot 3600 \cdot \frac{1}{10^3} \frac{km}{h}$

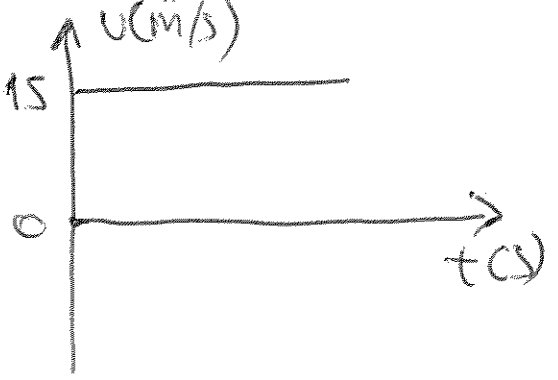
και $υ = 10 \cdot 3,6 \frac{km}{h}$ και $υ = 36 \frac{km}{h}$

β) Αν η ταχύτητα του κινητού ήταν σταθερή τότε έχουμε $υ = \frac{Δx}{Δt}$ και $Δt = \frac{Δx}{υ}$

και $Δt = \frac{5000 m}{10 m/s}$ και $Δt = 500 s$ και $Δt = \frac{500}{60} = \frac{50}{6} = 8,3 min$

3) α) Επειδή η ταχύτητα είναι σταθερή ($\vec{υ} = σταθ$) αυτό σημαίνει ότι και το μέτρο της ($υ$) είναι σταθερό και η κίνηση ισχύει $υ = 15 m/s = σταθερό$.

Άρα η γραφική παράσταση ταχύτητας – χρόνου, $υ(t)$ είναι μία ευθεία γραμμή, παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου. Δηλαδή έχουμε το παρακάτω σχήμα

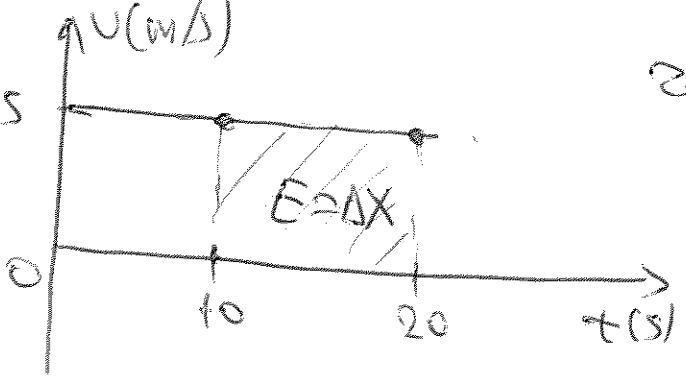


β) Έχουμε $\Delta t = t_2 - t_1 = 20 - 10 = 10\,s$

Άρα έχουμε $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ η' $\Delta x = v \cdot \Delta t$ η'

$\Delta x = 15 \cdot 10$ η' $\Delta x = 150\,m$

Βέβαια γνωρίζουμε πως σ' ένα διάγραμμα $v(t)$ το εμβαδό που περικλείεται από τη γραφική παράσταση της ταχύτητας και του άξονα του χρόνου είναι αριθμητικά ίσο με τη συνολική μετατόπιση του κινητού εκείνη τη χρονική στιγμή. $\xrightarrow{\text{Χρονική στιγμή}}$ $v(t) \xrightarrow{\text{Εμβαδό}} \Delta x$



Άρα έχουμε

Το γραμμοσκιασμένο εμβαδό είναι

$E = \Delta x = B \cdot v =$

$= (20-10) \cdot 15 =$

$= 10 \cdot 15 = 150\,m.$

γ) Ισχύει $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ η' $\Delta x = v \cdot \Delta t$ η'

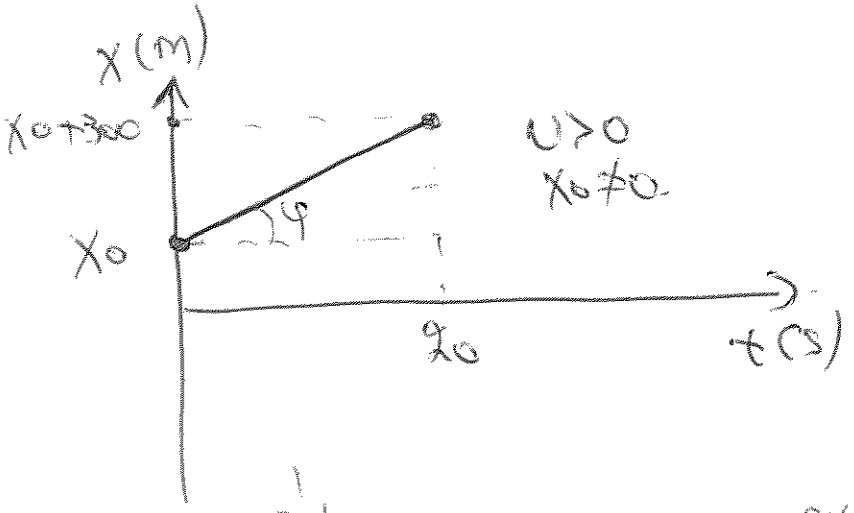
$x - x_0 = v(t - t_0)$. Για $t_0 = 0$ προκύπτει

η' $x = x_0 + v \cdot t$ $(y = \alpha + \beta x)$. Πρόκειται για τύπο της μορφής $y = \alpha + \beta x$ η' $x = x_0 + 15 \cdot t$

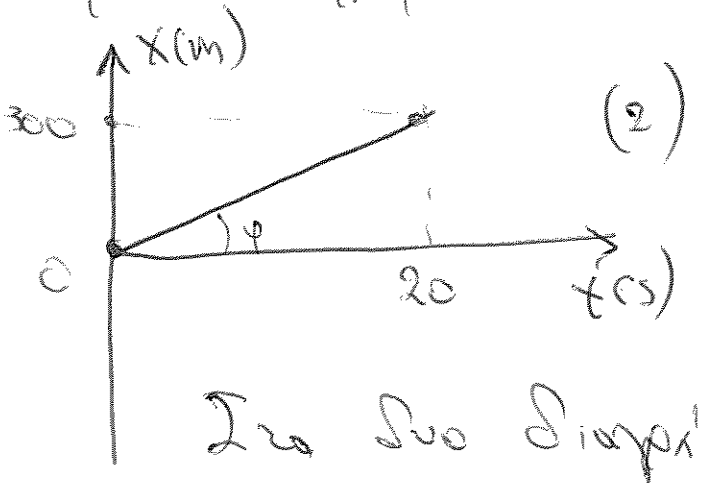
μιας ευθείας γραμμής. Για $t = 0$ είναι $x = x_0$

και για $t = 20\,s$ είναι $x = x_0 + 300\,m$ άρα

έχουμε τη γραφική παράσταση του σχήματος



Όταν $x_0 = 0$ η εξίσωση θέσεως – χρόνου $x(t)$ γίνεται $\boxed{x = 15 \cdot t}$ τότε προκύπτει ότι η ευθεία της μορφής $y = \alpha \cdot x$ άρα η γραφική παράσταση είναι μια ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων. Έτσι θα τότε έχουμε τη γραφική παράσταση του παρακάτω σχήματος)



Για $t = 0$ είναι $x = 0$
$t = 20s$ είναι $x = 300m$.

Στα δυο διαγράμματα η γωνία φ είναι η ίδια δηλαδή οι δύο ευθείες είναι παράλληλες μεταξύ τους. Προσέξτε ακόμη πως $\varepsilon\varphi = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \upsilon$. Άρα η είναι η κλίση διαγράμματος ταχύτητα – χρόνου, $\upsilon(t)$ η κλίση δηλαδή της εφφ της ευθείας είναι ίση με την ταχύτητα του κινητού

Άρα $x(t) \xrightarrow[\text{κλίση}]{\varepsilon\varphi} \upsilon$

4) α) Παρατηρούμε ότι το διάγραμμα θέσεως – χρόνου x(t) είναι μια ευθεία γραμμή που περνάει από την αρχή των αξόνων.
Όπως θ' είναι διάγραμμα θέσεως – χρόνου η κλίση της ευθείας θα δείχνει διάφορες χρονικές στιγμές ίσους με την ταχύτητα του κινητού. Παρατηρούμε ότι [illegible] η γωνία φ που σχηματίζει η ευθεία με τον άξονα του χρόνου (t) είναι οξεία. Τότε όπως θα είναι οξεία και πάντα δηλαδή η εφαπτομένη της γωνίας. Όπως γνωρίζουμε πως εφφ = υ. Άρα η ταχύτητα του δρομέα είναι θετική γιατί μέτρο. Όπως ο δρομέας κινείται πάνω σε ευθεία με θετική κατεύθυνση. Οπότε έχουμε θετική υ και η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή.

β) Τη χρονική στιγμή $t_1 = 3sec$ από το διάγραμμα x(t) βρίσκουμε ότι $x_1 = 22,5m$ και τη χρονική στιγμή $t_2 = 7sec$ είναι $x_2 = 52,5m$
Τότε έχουμε $\Delta x = x_2 - x_1 = 52,5 - 22,5$ η $\Delta x = 30m$

γ) Από το διάγραμμα x(t) βρίσκουμε πως για $x = 45m$ είναι $t = 6sec$.

6) Βέβαια η άσκηση θα μπορούσε να λυθεί πιο εύκολα αν από την αρχή βρίσκαμε την ταχύτητα του δρομέα.

Παρατηρούμε πως τη χρονική στιγμή $t=10$ sec είναι $x=75$ m. Όπως είχαμε και $t_0=0$ sec η $x_0=0$ m. Οπότε προκύπτει

$$v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x-x_0}{t-t_0}=\frac{75}{10} \text{ η } v=7,5 \text{ m/s} = \text{σταθερή}.$$

Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήγαμε για οποιοδήποτε ζευγάρι τιμών (x,t).

Παρατήρηση

- Για $v=7,5$ m/s ~~[illegible]~~ είχαμε

$v=\frac{x}{t}$ η $x=v\cdot t$ Τότε για $t_1=3$ sec η $x=7,5t$

προκύπτει $x_1=7,5\cdot 3$ η $x_1=22,5$ m

και για $t_2=7$ sec προκύπτει $x_2=7,5\cdot 7=52,5$ m.

- Από εκεί για $x=45$ m είχαμε $45=7,5\cdot t$ η

$$t=\frac{45}{7,5} \text{ η } \boxed{t=6 \text{ sec}}$$

5) Για τη μέση ταχύτητα του λεωφορείου ισχύει $u_μ = \frac{S}{\Delta t}$. Η οδική ταχύτητα (μέση ταχύτητα) του λεωφορείου είναι $u_μ = 5 m/s$ και το συνολικό μήκος της διαδρομής, δηλαδή το συνολικό διάστημα που διανύει το λεωφορείο είναι $S = 9 km$ ή $S = 9000 m$. Τότε έχουμε

$$\Delta t = \frac{S}{u_μ} \text{ ή } \Delta t = \frac{9000 m}{5 m/s} \text{ ή } \Delta t = 1800 sec$$

ή $\Delta t = \frac{1800}{60} = 30 min$ ή $\Delta t = \frac{30}{60} = 0,5 h$.

6) Έχουμε ένα διάγραμμα θέσεως - χρόνου, $x(t)$. Ο καλλιτέχνης αρχίνας δείχνει τη θέση του κάθε ενόχλησης. Παρατηρούμε λοιπόν πως και το παιδί (A) και ο ενήλικας (B) ξεκινούν από τη θέση $x_0 = 0 m$ και φτάνουν στη θέση $x = +60 m$. Άρα μετατοπίστηκαν κατά $\Delta x = x - x_0 = +60 m$. Επειδή και το παιδί και ο ενήλικας κινούνται ευθύγραμμα με σταθερό μέτρο ταχύτητας (σταθερή ταχύτητα) το μέτρο μετατόπισης Δx ταυτίζεται με το συνολικό διάστημα. Άρα $S = \Delta x = +60 m$.

Παρατηρείστε όμως

Αυτό το παιδί ξεκινά να τρέχει με χρονική στιγμή $t_0 = 0$ sec ενώ το άλλο ξεκινά <u>μετά</u> από $\Delta t = 4$ sec δηλαδή ξεκινά με χρονική στιγμή $t_0' = 4$ sec.

Για το χρονικό διάστημα 0 – 7 sec οι τιμές της θέσης x καθενός από τα χρονικά στιγμιότυπα για το παιδί (A) είναι μεγαλύτερες. Άρα κατά τις χρονικές στιγμές το παιδί βρίσκεται μπροστά από το άλλο του (προπορεύεται).

Η στιγμή της συνάντησης είναι η χρονική στιγμή $t = 7$ sec για την οποία ~~[illegible]~~ οι δύο φορείς τρέχουν για να συναντηθούν στην ίδια τιμή του x με $x = +30$ m. Άρα τα δύο παιδιά συναντήθηκαν μετά από 7 sec που έτρεχε το παιδί και 7 – 4 = 3 sec που έτρεχε το άλλο στη θέση $x = 30$ m από την αφετηρία.

Στη συνέχεια (μετά τη συνάντηση) επειδή $v_B > v_A$ (μεγαλύτερη κλίση) το δεύτερο επειδή ξεκίνησε με μεγαλύτερη ταχύτητα, προλαβαίνει το παιδί και η θέση του x θα είναι μεγαλύτερη

απ' αυτή που παιδιά την ίδια χρονική στιγμή!

7) Ισχύει $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ η' $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$ η'

$$\Delta t = \frac{10.000\,km}{1\,km/sec} = 10.000\,sec = 100 \text{ λεπτά}$$

8) α) Από το διάγραμμα θέσης - χρόνου, $x(t)$ προκύπτει ότι

$t_1 = 3\,s$ $x_1 = +3\,m$

$t_2 = 5\,s$ $x_2 = +3{,}5\,m$

$t_3 = 6\,s$ $x_3 = +1\,m$

$t_4 = 7\,s$ $x_4 = +1\,m$

$t_5 = 8\,s$ $x_5 = 0\,m$.

β) Τη χρονική στιγμή $t_0 = 1\,sec$ το τρενάκι βρίσκεται στη θέση $x_0 = +1\,m$ και τη χρονική στιγμή

$t_1 = 3\,s$ βρίσκεται στη θέση $x_1 = +3\,m$.

Άρα μετατοπίστηκε κατά $\Delta x = x_1 - x_0 = 3 - 1 = +2\,m$.

Παρατηρούμε, ότι η μετατόπισή του είναι θετική άρα κινείται προς τον θετικό ημιάξονα ($v > 0$)

Πράγματι για $t_2 = 5\,sec$ είναι $x_2 = +3{,}5\,m$ και για $t_3 = 6\,sec$ είναι $x_3 = +1\,m$, άρα έχουμε $\Delta x = x_3 - x_2 = 1 - 3{,}5 = -2{,}5\,m$ άρα κινείται προς τον αρνητικό ημιάξονα. ($v < 0$)

γ) Από το διάγραμμα $x(t)$, παρατηρούμε πως από $0-4,5$ s η θέση x αυξάνεται από $0-4$ m. Άρα το σημείο απομακρύνεται από την αφετηρία του. Ισχύει $\Delta x > 0$ οπότε έχουμε και $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} > 0$.

Προσέξτε, ότι το πρόσημο της ταχύτητας καθορίζεται μόνο από το πρόσημο της μεταβολής Δx αφού το Δt είναι πάντα θετικό, δηλαδή ισχύει $\Delta t > 0$ (δεν μπορούμε να πάμε πίσω στο χρόνο).

Όμως από τα 4,5 s μέχρι και τα 6 s έχουμε $\Delta x < 0$ οπότε και είναι και $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} < 0$. Άρα αλλάζει το πρόσημο της ταχύτητας και προφανώς και η φορά της κίνησης. Από 6-7 sec είναι $\Delta x = 0$ άρα και $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$, δηλαδή το σημείο ακινητοποιείται. Όπως πριν $\Delta t = 7-6 = 1$ sec. Στη συνέχεια από 7-8 sec έχουμε επίσης $\Delta x < 0$ και άρα $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} < 0$.

δ) Από 6-7 sec είπαμε πως η θέση και το σημείο είναι σταθερή και ίση με $x = +1$ m. Οπότε $\Delta x = 0$ και $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0$. Άρα το σημείο παραμένει

Αλλάζω για το χρωματικό διάστημα από 6.5 έως 7.5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Ερωτήσεις

► **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

1) i) ταχύτητα, παραμόρφωση

ii) βάρος, αλληλεπίδραση, διανυσματικό, βέλος

iii) επαφή, απόσταση

iv) συμβολή, δυνάμεων, δυναμόμετρων, SI (Νέυτων)

v) τριβή, επαφή, παράλληλη, αντιθετόκειται.

vi) βάρος, ελκτικές.

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης — Ισορροπία υλικού σημείου

2) i) (Λ) Η πρόταση είναι λανθασμένη.

Στην κάθετη κατεύθυνση δρουν δυο δυνάμεις και αυτό ισορροπεί. Οι δυνάμεις αυτές είναι η $F_1 = 3\,N$, η $F_2 = 4\,N$ και το βάρος του W. Η συνισταμένη των F_1 και F_2 είναι η $F_{ολ}$ με $F_{ολ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 5\,N$.

Όμως, αφού το σώμα ισορροπεί θα πρέπει η $F_{ολ}$ να είναι ίση με το βάρος W και να έχει αντίθετη φορά. Άρα έχουμε $F_{ολ} - W = 0$ ή $W = F_{ολ} = 5\,N$.

ii) Σωστές είναι οι προτάσεις (α) και (δ).
Όταν ένα σώμα ισορροπεί με την επίδραση τριών δυνάμεων τότε θα πρέπει η συνισταμένη όλων των δυνάμεων να είναι μηδέν δηλαδή ισχύει $F_{ολ} = 0$ και άρα θα πρέπει η συνισταμένη των δύο από τις να είναι αντίθετη της τρίτης δύναμης. δηλαδή να ισχύει $F_{1,2} = -F_3$
ή $F_{1,3} = -F_2$
ή $F_{2,3} = -F_1$.

3) Σωστή είναι η πρόταση (β).
Όπως και προηγουμένως για το σώμα ισορροπεί θα πρέπει $\vec{F}_{ολ} = 0$ ή $\vec{F}_{1,2} = -\vec{W}$
ή μας τα μέτρα τους ισχύει $F_{1,2} = W$
Όπως οι F_1 και F_2 είναι κάθετες μεταξύ τους τότε από το πυθαγόρειο θεώρημα έχουμε $F_{1,2}^2 = F_1^2 + F_2^2$ ή $F_{1,2}^2 = 3^2 + 4^2 = 25$ ή $F_{1,2} = \sqrt{25}$ ή $F_{1,2} = 5\,N$. Τότε έχουμε και $W = F_{1,2} = 5\,N$ με αντίθετη φορά.

4) αδράνεια, αμύνητο, σταθ/κή, αδρανειακ.

Δύναμη των ίσων βαθμών της ταχύτητας. Δύναμη των αλληλεπιδράσεων

5) Σωστές είναι οι προτάσεις (α) και (γ)

Η δράση και η αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Ακόμη γνωρίζουμε ότι η μεταβολή της ταχύτητας εξαρτάται και από τη μάζα του σώματος. και όχι μόνο από τη δύναμη που ασκείται επάνω. Μάλιστα για το ίδιο χρονικό διάστημα η αρχή μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος (ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας $\frac{\Delta U}{\Delta t}$) ισχύει $\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{F}{m}$. Έτσι γνωρίζουμε πως η δράση και η αντίδραση, έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά και ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Προκύπτει λοιπόν πως το σώμα που έχει μεγαλύτερη μάζα θα μεταβάλλει πιο αργά την ταχύτητα του έχει δηλαδή όπως λέμε εσωτερική αδράνεια επιταχύνεται σε. Πχ επιταχύνεται ισχύει ως $\frac{\Delta U}{\Delta t}$

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου για να δώσεις εκτενείς απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1) Ο Newton, δέχτηκε ότι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί π.χ. την πτώση ενός μήλου προς τη Γη είναι η ίδια μ' αυτή που χαιρέτισε στη Σελήνη και προκαλεί τη (σχεδόν) κυκλική κίνηση της σεληνης γύρω από τη Γη.

Γιατί όμως τότε δεν πέφτει και η σελήνη προς τη Γη;

Άρα κοινή αιτία όλων αυτών των φαινομένων είναι η βαρυτική δύναμη (w)

Η συγκεκριμένη περίπτωση είναι η βαρυτική δύναμη που ασκείται στη Γη.

Παρατήρηση: Η εξήγηση της βαρυτικής δύναμης από τη Γη στα διάφορα σώματα είναι διαδικασία δύο επιπέδων.

1ο: Θεωρούμε ότι γύρω από τη Γη και από το σώμα δημιουργείται ένα βαρυτικό πεδίο. και

2ο Τα δύο βαρυτικά πεδία των σωμάτων αλληλεπιδρούν ασκώντας δύναμη το ένα στο άλλο. Έτσι τις δυνάμεις αυτές ισχύει εκείνος το αξίωμα δράσης - αντίδρασης

όπως και ο 1ος και ο 2ος Νόμος του Newton.

Βαρυτικό πεδίο η πεδίο βαρύτητας π.χ της γης είναι αυτός στον οποίο η γη ασκεί δύναμη (το βάρος w) σε κάθε μάζα που βρίσκεται στο χώρο αυτό. Θεωρητικά το βαρυτικό πεδίο κάθε σώματος απλώνεται μέχρι το άπειρο.

2) Το γήινο βάρος (W_Γ) είναι η ελκτική δύναμη που ασκεί η γη στα σώματα που βρίσκονται μέσα στο βαρυτικό πεδίο της γης. Έτσι και ένα σώμα που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης ~~έχουμε~~ εξασκείται η δύναμη του βάρους του W με $W_\Gamma = G\frac{M_\Gamma \cdot m}{R_\Gamma^2}$

Όπου M_Γ: είναι η μάζα της γης
m: είναι η μάζα του σώματος
R_Γ: είναι η ακτίνα της γης.

Το G είναι η σταθερά της παγκοσμίου έλξης με τιμή $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\ N m^2/kg^2$ η ίδια για όλα τα σώματα παντού στο Σύμπαν. Άρα λοιπόν και ένα σώμα που βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης, θα δέχεται την ελκτική δύναμη της σελήνης (σεληνιακό βάρος) W_Σ.

Σ' αυτή την περίπτωση η το βάρος του ανθρώπου στην επιφάνεια της σελήνης θα έχουμε $W_\Sigma = G\frac{M_\Sigma \cdot m}{R_\Sigma^2}$ όπου

M_Σ: είναι η μάζα της σελήνης
m: είναι η μάζα του ανθρώπου
R_Σ: είναι η ακτίνα της σελήνης.

Υπολογίζεται ότι το βάρος του ίδιου ανθρώπου στην επιφάνεια της σελήνης είναι περίπου το 1/6 του βάρους που έχει στη γη. Δηλαδή ισχύει $W_\Sigma = \frac{1}{6}W_\Gamma$.

Προσοχή!! όμως. Η μάζα του ανθρώπου δε μεταβάλλεται και έχει πάντοτε την ίδια τιμή δηλαδή η μάζα (m) του ανθρώπου (ως μέτρο της αδράνειάς του) στη γη και στη σελήνη θα είχαμε $m_\Gamma = m_\Sigma = m$.

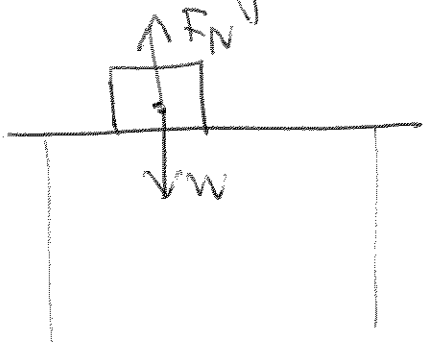
3) α) Τριβή είναι η δύναμη που μας βοηθάει να βαδίζουμε. Έτσι ανάμεσα στα παπούτσια μας και το έδαφος αναπτύσσεται τριβή (συγκεκριμένα στατική τριβή) που μας βοηθάει να σταματάμε και να μη γλιστράμε. Όσο πιο ομαλές είναι οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή τόσο μεγαλύτερη είναι και η τριβή για την ίδια κάθετη δύναμη.

β) Η δύναμη που ασκείται στην κίνηση της βάρκας είναι η τριβή (συγκεκριμένα τριβή ολίσθησης). Έτσι η τριβή μας βοηθάει να σταματήσουμε κάποιο πράγμα από το χέρι μας

γ) Η τριβή είναι χαρακτηριστική για την κίνηση ενός αυτοκινήτου. Ανάμεσα στα λάστιχα του αυτοκινήτου και την άσφαλτο αναπτύσσεται η δύναμη της τριβής.
Όταν επιβαίνουμε με το αυτοκίνητό μας μια στροφή η δύναμη που "τραβάει" το αυτοκίνητό μας προς τα μέσα για να μη βγούμε εκτός είναι η στατική τριβή ανάμεσα στα λάστιχα και την άσφαλτο. Όταν όμως πατάμε φρένο και το αυτοκίνητο αρχίζει να ολισθαίνει τότε η δύναμη που το επιβραδύνει μέχρι να σταματήσει είναι η τριβή ολίσθησης ανάμεσα στα λάστιχα και την άσφαλτο. Σε λίγες στιγμές θα επιστρέψουμε με βάση τη τριβή. Θέλουμε να σταματήσουμε λίγο πριν φορές βέβαια στην αρχή της τριβής.
Γι' αυτό και στις μηχανές των αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται πλάκες και υλικά για να μειώνουν τη τριβή ανάμεσα στα δίφορα μεταλλικά μέρη της μηχανής και να αποφεύγεται η φθορά τους.

Αλλιώς στον οριζόντιο που κινούνται υπάρχουν επίσης δυνάμεις κίνησης της τριβής. Όταν περπατάμε δεν ολισθαίνουμε την τριβή μεταξύ των σολών μας εδάφους των ποδιών. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει το τριβικό νερό στο τριβικό σύστημα που λειτουργεί ως λιπαντικό

4) Όταν η μπάλα είναι ακίνητη, τότε έχουμε:

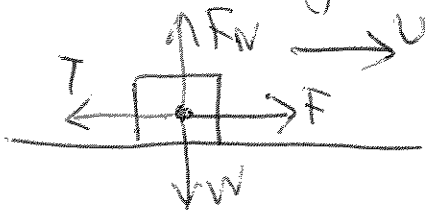


Δηλαδή στη μπάλα ασκούνται

α) Το βάρος της (w) που είναι δύναμη από ολόκληρη τη Γη στο κέντρο της

β) Η κάθετη αντίδραση (F_N) που είναι μια δύναμη επαφής που ασκείται από την επιφάνεια οποιοδήποτε (εδώ το οριζόντιο δάπεδο) πάνω στο σώμα. (Ισχύει $F_N = w$)

Όταν η μπάλα κινείται, τότε έχουμε:



α) Το βάρος w και την κάθετη αντίδραση FN όπως και προηγουμένως επίσης και

γ) τη δύναμη F που ασκείται με επαφή από το χέρι του παιδιού και

δ) την τριβή ολίσθησης T που ασκείται επίσης μια δύναμη επαφής και ασκείται

από το σημείο στο οποίο, ενώ έχει αντίθετη φορά από τη φορά κίνησης δηλαδή τη φορά της ταχύτητας. Σ' αυτή την περίπτωση το σημείο δέχεται δύο δυνάμεις επαφής στο σώμα. Τη κάθετη αντίδραση F_N και την τριβή ολίσθησης T.

Οι δύο αυτές δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους. Η συνισταμένη τους είναι η συνολική δύναμη ή αντίδραση (A) που δέχεται το σημείο στο οποίο.

5) Η συνισταμένη δύο δυνάμεων είναι μηδέν όταν είναι αντίθετες. Δηλαδή όταν έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετες φορές. Όμως εδώ οι δύο δυνάμεις έχουν διαφορετικά μέτρα, οπότε αποκλείεται η συνισταμένη τους να είναι μηδέν.



Αν πχ $F_1 > F_2$ τότε έχουμε $F_{ολ} = F_1 - F_2 \neq 0$. Δηλαδή είναι και η μικρότερη τιμή της συνισταμένης. Δηλαδή οι δύο δυνάμεις έχουν τη μικρότερη συνισταμένη όταν έχουν αντίθετες φορές, δηλαδή όταν σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 180°. Για κάθε άλλη γωνία $\varphi = 0°$ οι δυνάμεις έχουν την ίδια φορά και τότε η συνισταμένη τους θα έχει τη μεγαλύτερη τιμή $F_{ολ} = F_1 + F_2$.

Για κάθε άλλη γωνία εκτός από 0° ή 180° η συνισταμένη θα έχει μέτρο στο διάστημα $F_1 - F_2 < F_{ολ} < F_1 + F_2$.

6) Αν οι δύο δυνάμεις F_1 και F_2 που ασκούν τα παιδιά πάνω στο τιμόνι είναι συγγραμμικές και ομόρροπες

τότε η μεταξύ τους γωνία ή μεταξύ συνισταμένης τους είναι 0° και είχαμε $F_{ολ} = F_1 + F_2 = 400N + 300N$
$= 700N$. (ανάλογη συνέπεια)

Αν όμως οι δυνάμεις F_1 και F_2 είναι συγγραμμικές και αντίρροπες τότε για τη συνισταμένη τους είχαμε $F_{ολ} = F_1 - F_2 =$
$= 400N - 300N = 100N$. (ελάχιστη συνέπεια)
Όπως εδώ η συνισταμένη είναι $F_{ολ} = 500N$.
Άρα η γωνία μεταξύ των F_1 και F_2 είναι διάφορη των 0° και των 180°.

7) Όπως η (6).

Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων – Ισορροπία ύλικού σημείου

8)

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ	
Μάζα	**Βάρος**
1. Είναι το **μέτρο της αδράνειας** ενός σώματος	Είναι η **βαρυτική δύναμη** που ασκεί η γη στο σώμα
2. Είναι μονόμετρο μέγεθος	Είναι διανυσματικό μέγεθος
3. Παραμένει ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος	Αλλάζει από τόπο σε τόπο
4. Μονάδα είναι το 1 kg	Μονάδα είναι το 1 N

9) Γνωρίζουμε ότι η μάζα (m) ενός σώματος παραμένει σταθερή παντού όπου βρίσκεται το βάρος (w) από την οποία έχει ακριβώς εξαρτάται από την επιτάχυνση της βαρύτητας (w=m.g) δηλαδή μεταβάλλεται έτσι οι μάζες των αμαξιών θα πρέπει να συνδέονται με τη μάζα τους.

10 α) Όταν το αεροπλάνο κινηθεί τότε εξασκείται προς τα εμπρός μια δύναμη από τις μηχανές του, που το επιταχύνει. Τότε λόγω της ιδιότητας της αδράνειας τα σώματα τείνουν να διατηρήσουν την αρχική κινητική τους κατάσταση και συνέχουν προς τα πίσω). Μάλιστα οι πιο βαριοί επιβάτες θα συνέχουν πιο πολύ προς τα πίσω.

Έχουν διαγωνίσεις, άρα και διαγωνίσεις κάθετες. Δηλαδή κινούνται κάτω από την ίδια δύναμη περισσότερο από μια καμπύλη που ταυτίζονται.

Βέβαια σύμφωνα με τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα αν δεν ασκούμε καμία δύναμη σ' ένα σώμα άρα δηλαδή αν $F_{ολ} = 0$ τότε είναι και $\Delta U = 0$ η υ=σταθερή, δηλαδή το σώμα δε μεταβάλλει την ταχύτητά του παραμένει δηλαδή πρεμεί. Αυτή περιγράφει η ιδιότητα του σώματος ονομάζεται αδράνεια.

Από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα συμπεραίνουμε πως αν το σώμα κάτω από, αρχικά πρεμεί τότε για να μεταβάλλουμε την κατάστασή του (την ταχύτητά του) πρέπει να ασκούμε δύναμη. Γιατί αυτή περιγράφει η ιδιότητα ονομάζεται αδράνεια.

β) Πάνω στο λεωφορείο η δυναμή του φρενιρίσματος ο επιβάτης έχει μια ταχύτητα υ τότε ο 1ος Νόμος του Νεύτωνα λέει πως αν δεν ασκηθεί στον επιβάτη καμία δύναμη τότε αυτός δε μεταβάλλει την κατάστασή του παραμένει. Εξηγείται να έχει την ίδια ταχύτητα. Μόλις όμως ασκηθεί και δύναμη στο σώμα περιγράφει η ιδιότητα ονομάζεται αδράνεια.

όπως αυτή που ασκείται λόγω του φαινομένου
τότε λόγω της αδράνειας το σώμα του
επιβάλλει αντίσταση στη μεταβολή της
ταχύτητας. Μάζα δύο μεγεθών είναι
μικρή του, τόσο περισσότερο αντίσταση
στη μεταβολή της ταχύτητας θα έχει το
μικρότερη επιτάχυνση δέχεται.

β) Λόγω της αδράνειας οι επιβάτες
θέλουν να διατηρήσουν την αρχική τους
ταχύτητα (μηχανική ισορροπία) αρα 'συγκρούονται'
στην επιβράδυνση του χεριού και τα
σκοτώνουν
από τα χέρια μας

11) Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα
όταν η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που
ασκούνται σ'ένα σώμα είναι μηδέν τότε
το σώμα ισορροπεί. Δηλαδή είτε είναι
ακίνητο αν αρχικά δεν είχε καθόλου ταχύτητα, είτε
κινείται με μια σταθερή ταχύτητα. Άρα όταν $\Sigma F = 0$
πρώτο νόμο, δεν γίνεται διαφορά μεταξύ ενός
σώματος σε ηρεμία και ενός σώματος που
κινείται με σταθερή ταχύτητα. Και οι δύο
καταστάσεις είναι ισοδύναμες όταν δεν υπάρχουν
δυνάμεις, ή αν υπάρχουν έχουν συνισταμένη μηδέν
Έτσι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα, αν θα μπορούσε
μια ισοδύναμη διατύπωση θα ήταν δύο καταστάσεων

την κατάσταση ακινησίας και την κατάσταση ευθύγραμμης ομαλής κίνησης

Δύναμη της βαρύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

12) α) Τα πλοία διατέτουν την προτίμηση, η οποία καθώς περιστρέφεται, ωρωχνει το νερό προς τα πίσω ασκώντας σ' αυτό μια δύναμη F (δράση). Τότε και το νερό τη ωρωχνει προς τα εμπρός, (άρα και το πλοίο κινείται προς τα εμπρός) ασκώντας μια δύναμη - F (αντίδραση), ίδια και αντίθετη της F.

β) Τα φτερά της είπια, όταν πετάνε περιστρέφονται, ωρωχνουν προς τα κάτω τα μόρια του αέρα ασκώντας σ' αυτά μια δύναμη F (δράση). Οπότε και τα μόρια του αέρα ωθούν την είπια (άρα και το αεροπλάνο) προς τα πάνω ασκώντας μια δύναμη - F (αντίδραση). Προσέξτε ότι η δράση (F) και η αντίδραση (-F), ασκούνται σε διαφορετικά σώματα.

γ) Στα αεριωθούμενα αεροπλάνα ο αεροβλοκινητήρας (τουρμπίνα), ρουφά αέρα από εμπρός και τον ωρωχνει προς τα πίσω ασκώντας του δύναμη F (δράση). Τότε αυτός εξ ιση ωθεί του

Επρώχνε ταυτόχρονα το αεροκάλφος δύναμη αντίδρασης αντίδρασης - F (αντίδραση)!

Προσέξτε ότι οι δύο δυνάμεις η δράση (F) και η αντίδραση (-F), ασκούνται ταυτόχρονα στα δύο σώματα.

Αλλά δεν έχει σημασία ποιά από τις δύο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση. Αρκεί να διαπιστώσουμε πάντα ότι συνυπάρχουν.

13) Οι δύο δυνάμεις δράση και αντίδραση ασκούνται σε διαφορετικά σώματα και άρα δεν αλληλοεξουδετερώνονται. Η δύναμη F (δράση) που ασκεί το αλόγο στο κάρο, εφαρμόζεται στο κάρο, ενώ η αντίδραση (-F) που ασκεί το κάρο, εφαρμόζεται στο αλόγο. Όμως δεν μπορούμε να υπολογίσουμε την συνισταμένη μιας δράσης και μιας αντίδρασης αφού είπαμε ότι ασκούνται σε δύο διαφορετικά σώματα (το κάρο και το αλόγο). Οπότε, η υπόθεση ότι $F_{ολ} = 0$ είναι λάθος. Όταν λοιπόν μελετάμε την κίνηση ενός σώματος ενδιαφερόμαστε μόνο για τις δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό και όχι για τις δυνάμεις που ασκεί αυτό στα υπόλοιπα σώματα. Έτσι όταν μελετάμε την κίνηση του κάρου

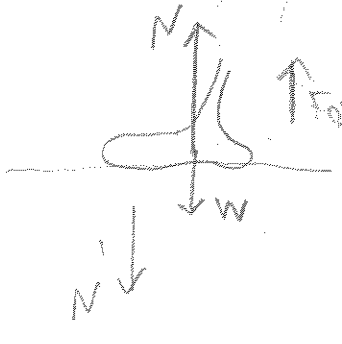
και ενδιαφέρουν οι δυνάμεις που ασκούνται
στο κιβώτιο και όχι οι δυνάμεις που ασκεί αυτό
στα χέρια ενώ λοιπόν η $-F$ που ασκεί αυτό
στο άτομο.

Στην πραγματικότητα στο κιβώτιο
κατά τη διεύθυνση της κίνησής του
ασκούνται η δύναμη (F) από το άτομο και
η στατική τριβή (T) από το έδαφος (δυνάμεις
επαφής). Προφανώς οι δύο αυτές δυνάμεις
έχουν συνισταμένη διάφορη του μηδενός

και $F_{ολ} = F - T \neq 0$ και γι' αυτό
κινείται το κιβώτιο και μετατοπίζεται.

Βέβαια στο κιβώτιο ασκούνται ακόμα το βάρος
του W (καταχώρυφη δύναμη από απόσταση)
και η κάθετη αντίδραση N από το
δρόμο (δύναμη επαφής).

14)



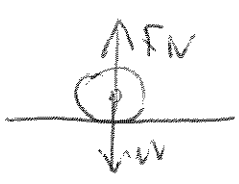
Όταν ο αθλητής πατά γερά
στο έδαφος, τότε δέχεται από
αυτό μια δύναμη N' (δράση)
κατακόρυφη
με φορά προς τα κάτω. Τότε
όπως και το έδαφος ασκεί στο
πόδι (πατούσα) του αθλητή μια κατακόρυφη
δύναμη N με φορά προς τα πάνω (αντίδραση)
Οι δυο δυνάμεις N και N' δείχνουν με τον
3ο νόμο του Νεύτωνα είναι ίσες και αντίθετες

δηλαδή ισχύει $N = -N'$

Τότε όμως στο πόδι του αθλητή ασκούνται δύο δυνάμεις. Η N καταλήγουμε με φορά προς τα πάνω (δύναμη επαφής) και το βάρος W του αθλητή καταλήγουμε με φορά προς τα κάτω (δύναμη από απόσταση).

Συμπέρασμα: Βάσει ορισμού η αντίδραση της N (αρά και της N') είναι η N ενώ το αντίδραση του βάρους είναι η συνισταμένη των δύο δυνάμεων στο πόδι του αθλητή ($F_{ολ} = N - W$), δηλαδή το αντίδραση της δύναμης ($F_{ολ}$) που ασκείται προς τα πάνω είναι η καταλήγουμε αλλά και το περισσότερο αυτού ασυγκίνησης.

15) Στο αθλητή του ασκούνται δύο δυνάμεις το βάρος του W (ελκτική δύναμη που άσκει η γη από απόσταση) και η κάθετη αντίδραση F_N (δύναμη από επαφή που άσκει το οριζόντιο πάτωμα στον αθλητή με φορά προς τα πάνω).



Επειδή έχουμε ισορροπία ισχύει

$F_{ολ} = 0$ ή $F_N = W$

Δηλαδή οι δυο δυνάμεις έχουν ίδια φύση και αντίθετη φορά. Έτσι όμως δεν αποτελούν ζεύγος δράσης – αντίδρασης. Γνωρίζουμε πως η δράση και η αντίδραση πρέπει να εξασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Έτσι η αντίδραση του βάρους θα είναι η δύναμη Β' που ασκεί ο μαθητής στη Γη και η αντίδραση της Fν είναι η κατακόρυφη δύναμη Β' προς τα κάτω που ασκεί ο μαθητής στα πόδια.

16) Είναι η εφαπτομένη 2 της θεωρίας

17) α) Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα οι δυο δυνάμεις είναι ίδιες και αντίθετες

β) Η ίδια δύναμη (F) δεν προκαλεί ίδια τα σώματα τα ίδια αποτελέσματα.

Όπως προκύπτει από τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα ισχύει $\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{F}{m}$ η $\Delta U = \frac{F}{m} \cdot \Delta t$.

Άρα αφού τα δυο οχήματα δέχονται την ίδια κατά μέτρο δύναμη F, στον ίδιο χρόνο Δt, τότε μεταβάλλουν με διαφορετικό ρυθμό τη ταχύτητα (ΔU), δηλαδή το ένα όχημα θα κινείται πιο γρήγορα. Άρα στο μικρό ΙΧ αυτοκίνητο απαιτείται μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας.

18) Οι επιταχύνσεις των δύο δυναμομέτρων είναι ίδιες. Αφού το σώμα ισορροπεί, οι δύο δυνάμεις που ασκούνται από το χέρι μας και από τον τοίχο, έχουν ίσο το ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά. Τότε σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Newton και οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των δύο δυναμομέτρων θα έχουν το ίδιο μέτρο άρα θα έχουμε ίδιες ενδείξεις. Επομένως είναι σωστός ο ισχυρισμός του φοιτητή.

Ασκήσεις

1) α) Σύμφωνα με το νόμο του Hook για τις ελαστικές παραμορφώσεις ισχύει

$F_1 = Kx_1$ η' $K = \frac{F_1}{x_1}$ η' $K = \frac{12}{3}$ η' $K = 4\ N/cm$.

Τότε έχουμε $F = K \cdot x$ η' $x = \frac{F}{K}$ η' $x = \frac{20}{4}$

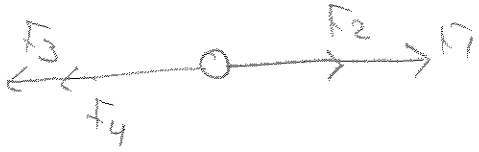
η' $x = 5\ cm$.

β) Πάλι από το νόμο του Hook, προκύπτει

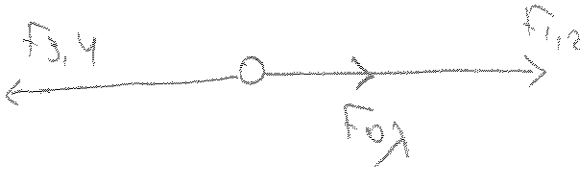
$F = Kx$ η' $F = 4 \cdot 10$ η' $F = 40\ N$.

2) Η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 που έχουν φορά προς τα δεξιά είναι $F_{1,2} = F_1 + F_2 = 60 + 115 = 175\,N$ με φορά προς τα δεξιά. Παρόμοια η συνισταμένη των F_3 και F_4 που έχουν αντίθετη κατεύθυνση είναι $F_{3,4} = F_3 + F_4 = 85 + 70 = 155\,N$ με φορά προς τα αριστερά.

Σχηματικά είναι



Τότε η οριακή συνισταμένη των δυνάμεων είναι



$F_{ολ} = F_{1,2} - F_{3,4} = 175 - 155$ η $F_{ολ} = 20\,N$ με φορά τη φορά της μεγαλύτερης δύναμης (εδώ των $F_{1,2}$) δηλ προς τα δεξιά.

3) α)



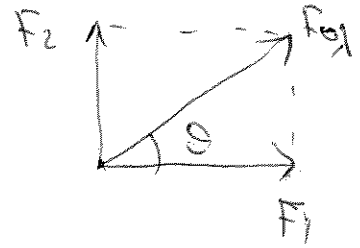
Ισχύει $F_{ολ} = F_1 + F_2 = 4 + 3 = 7\,N$ με φορά προς τα δεξιά

β)

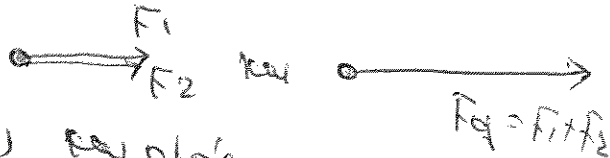


Ισχύει $F_{ολ} = F_1 - F_2 = 4 - 3 = 1\,N$ με φορά προς τα δεξιά, δηλαδή προς τη φορά της μεγαλύτερης δύναμης.

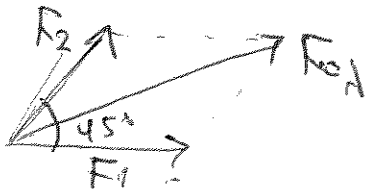
γ)

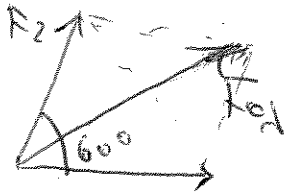


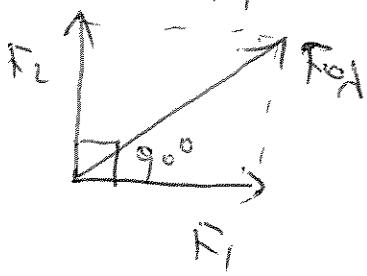
Σύμφωνα με τον κανόνα του παραλληλογράμμου σχεδιάζουμε την $F_{ολ}$. Τότε από το ορθογώνιο τρίγωνο προκύπτει $F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2$ η $F_{ολ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ η $F_{ολ} = \sqrt{16+9}$ η $F_{ολ} = \sqrt{25}$ η $F_{ολ} = 5\,N$ με $\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_2}{F_1} = \frac{3}{4}$

4) α) Αν $\hat{\varphi}=0°$ έχουμε: 

Οι δύο δυνάμεις είναι ομόρροπες και ίσες με $F_{ολ}=F_1+F_2=2F_1=2\cdot10=20\ N$.

β) Αν $\hat{\varphi}=45°$ έχουμε: 

γ) Αν $\hat{\varphi}=60°$ έχουμε: 

δ) Αν $\hat{\varphi}=90°$ έχουμε: 

Οι δύο δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους με $F_{ολ}=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$

οπ $F_{ολ}=\sqrt{2F_1^2}=F_1\sqrt{2}$

οπ $F_{ολ}=10\sqrt{2}\ N$

ε) Αν $\hat{\varphi}=180°$ έχουμε: 

Οι δυο δυνάμεις είναι αντίθετες και έχουμε $F_{ολ}=F_1-F_2=10-10=0\ N$

Σ' αυτή την περίπτωση λέμε ότι το σώμα ισορροπεί. Αλλιώς παρατηρούμε πως για $\hat{\varphi}=0°$ η συνισταμένη δύο δυνάμεων είχε μέγιστη τιμή $F_{ολ}=F_{ολ}^{max}=20\ N$. Στη συνέχεια και καθώς η γωνία αυξάνεται η $F_{ολ}$ μικραίνει

Και για γωνία $\varphi = 180^\circ$ παίρνω τη μικρότερη τιμή που μπορεί

$$F_{o\lambda} = F_{o\lambda}^{\text{μιν}} = 0$$

5)

Αν $\vec{F}_1$ τότε $-\vec{F}_1$

Αν $\vec{F}_2$ τότε $-\vec{F}_2$

Αν $\vec{F}_3$ τότε $-\vec{F}_3$

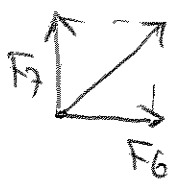
Οι συνιστώσες δυνάμεις έχουν το ίδιο μέτρο αλλά αντίθετη φορά!

Σύμφωνα με τον κανόνα του παραλληλογράμμου για τη συνισταμένη $F_{4,5}$ των F_4 και F_5 έχουμε το σχήμα:



είναι για τη συνισταμένη των F_4 και F_5 έχουμε το σχήμα:

με $F_{4,5} = \sqrt{F_4^2 + F_5^2 + 2F_4F_5\sigma\upsilon\nu\varphi}$

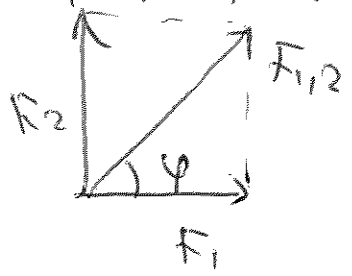


με $F_{6,7} = \sqrt{F_6^2 + F_7^2}$

6) Οι δυο δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους οπότε ισχύει $F_{1,2}^2 = F_1^2 + F_2^2$ η'

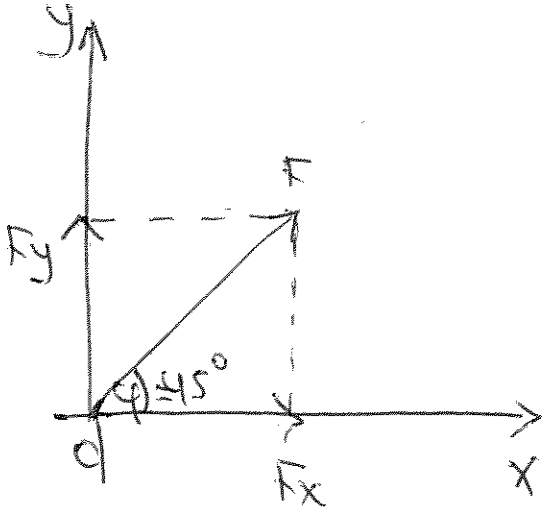
$F_{1,2} = \sqrt{6^2+8^2}$ η' $F_{1,2} = \sqrt{36+64}$ η' $F_{1,2} = \sqrt{100}$

η' $F_{1,2} = 10\,N$ όπως θα εχάμε



με $\varepsilon\varphi = \frac{F_2}{F_1} = \frac{4}{3}$ η' $\varphi \simeq 53°$.

7)



Στο διπλανό σχήμα φαίνεται και η δύναμη F που η άρση της βρίσκεται στην αρχή Ο του συστήματος συντεταγμένων.

Οι προβολές Fx και Fy σχηματίζουν με φέρουμε από το πέρας της F παράλληλες στους άξονες x και y. Τότε οι σχηματιζόμενες τομές των αξόνων παίρνουν τα μέτρα των Fx και Fy, δηλαδή είναι οι συνιστώσες δυνάμεις στους άξονες x και y. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται ορθογώνιες συνιστώσες.

Επειδή η γωνία $\varphi = 45°$ το ορθογώνιο τρίγωνο που έχει πλευρές τις Fx, Fy και F είναι ισοσκελές. Άρα ισχύει $Fx = Fy$.

Τότε από το πυθαγόρειο θεώρημα προκύπτει

$F^2 = F_x^2 + F_y^2$ και $F^2 = 2F_x^2$ και $F_x^2 = \frac{F^2}{2}$

και $F_x = \frac{F}{\sqrt{2}}$ και $F_x = \frac{F\sqrt{2}}{2}$

και $F_x = 25\sqrt{2}\,N = F_y$.

Πρακτικά: Ισχύει ότι $F_x = F \cdot \sigma\upsilon\nu 45^\circ$ και

$F_x = 50 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ και $F_x = 25\sqrt{2}\,N$

και $F_y = F\eta\mu 45^\circ$ και $F_y = 50 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$ και $F_y = 25\sqrt{2}\,N$

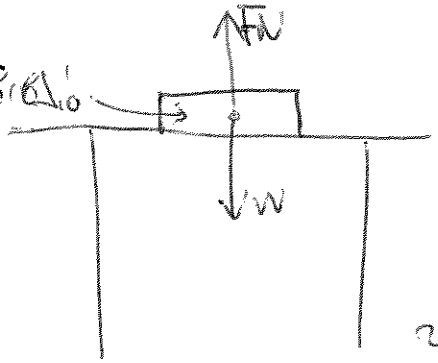
Άρα $F_x = F_y = 25\sqrt{2}\,N$.

β) Αφού το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα, αυτό σημαίνει ότι ισορροπεί.
(Προσοχή ισορροπία σημαίνει είτε $\upsilon = 0$ είτε $\upsilon =$ σταθερή)

Τότε σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα

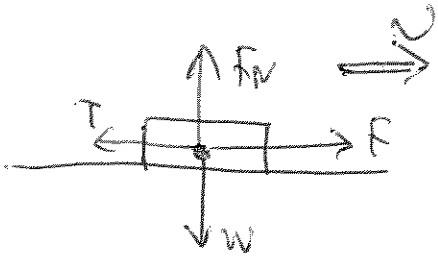
έχουμε $\boxed{\Sigma F = 0}$

9) α) Βιβλίο



Αρχικά πάνω στο βιβλίο ασκείται το βάρος του W (δύναμη από σύνδεση) και η κάθετη αντίδραση της FN από το τραπέζι.

Το βιβλίο ισορροπεί (πρακτικά ακίνητο). Τότε από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε $\Sigma F = 0$ και $F_N - W = 0$ και $F_N = W$
Άρα στο βιβλίο σημαίνει δύο αντίθετες δυνάμεις που ισορροπεί

β) 

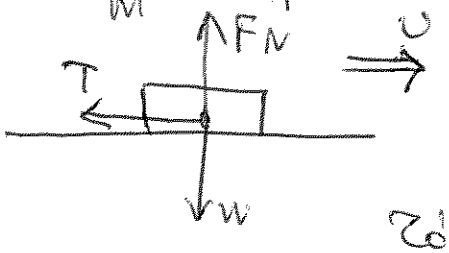
Όταν αφήνουμε στο βιβλίο δύναμη F μεγαλύτερη από την τριβή (δυναμική τριβή) αντίθετα στο βιβλίο και το τραπέζι, τότε έχουμε $F_{ολ_y} = 0$ ή $F_N - w = 0$ ή $F_N = w$ και

$F_{ολ_x} = F - T \neq 0$. Άρα είναι $F_{ολ} \neq 0$ οπότε
όπου T: τριβή ολίσθησης
αφού η συνισταμένη δύναμη είναι διάφορη του μηδενός αυτό μεταβάλλει την κίνηση του κατά μέτρο και κατεύθυνση (2ος Νόμος του Newton). Στην προηγούμενη ισχύει

$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F_{ολ}}{m}$ ή $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F-T}{m}$ Η ποσότητα $\frac{\Delta v}{\Delta t}$

καλείται επιτάχυνση του σώματος οπότε έχουμε

$a = \frac{F_{ολ}}{m}$ ή $F_{ολ} = m \cdot a$ ή $F - T = m \cdot a$.

γ) 

Όταν πάψει να ασκείται η δύναμη F του χεριού και άρα αφήσει μόνο η τριβή ολίσθησης που το επιβραδύνει (η τριβή είναι αντίθετη της ταχύτητας) και σταματά, τότε αυτή την περίπτωση είναι $F_{ολ} = T \neq 0$ και πάλι βάσει του 2ου Νόμου του Newton ισχύει

$T = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ή $T = m a$ (με $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} < 0$)

9) Το βιβλίο κινείται με σταθερή ταχύτητα άρα αρχικά έχει μια ταχύτητα και η δύναμη F του χεριού της είναι αντίθετη της τριβής T. Η αν το τραπέζι είναι απολύτως λείο ($T=0$) τότε για να αφεθεί η δύναμη F από το χέρι της ($F=0$) τότε είναι $F_{ολ} = F - T = 0$ οπότε βάσει με τον 1ο Νόμο του Newton, αυτό θα εξακολουθεί να κινείται με την ταχύτητα με την οποία "εκτοξεύτηκε" από το χέρι σας

10) Σωστή είναι η (γ). Ισχύει $F_{ολ} = F = 10\,N \neq 0$

Τότε σύμφωνα με τον 2ο Νόμο του Newton είναι $\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5\,m/s^2$ ή $\Delta U = 5 \cdot \Delta t$ ή

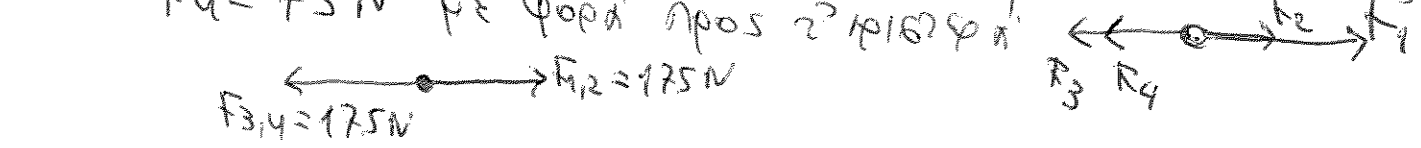
$U = 5 \cdot t$. Συμπεραίνουμε

λοιπόν πως καθώς ο χρόνος t αυξάνεται θα αυξάνεται και η ταχύτητα U του σώματος. Άρα το σώμα θα κινείται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

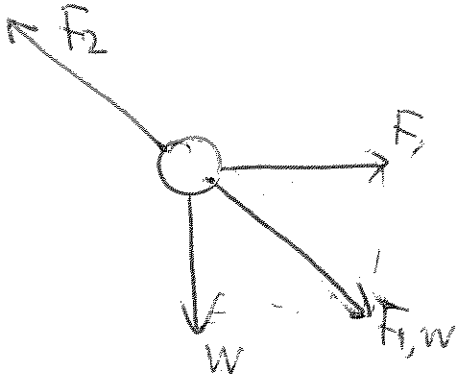
11) Αφού ο κρίκος ισορροπεί (είναι ακίνητος αρχικά) τότε σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Newton ισχύει $F_{ολ} = 0$ ή $F_1 + F_2 - F_3 - F_4 = 0$ ή

$125 + 50 = 100 + F_4$ ή $175 - 100 = F_4$ ή

$F_4 = 75\,N$ με φορά προς τα πίσω ή



12) Αφού ο κρίκος ισορροπεί υπό την επίδραση τριών δυνάμεων (F_1, F_2, w) τότε θα πρέπει η συνισταμένη των δύο απ' αυτές να είναι αντίθετη της τρίτης.



Η F_1 και το w είναι κάθετες μεταξύ τους. Τότε απ' το ορθογώνιο δεκάγωνο έχουμε

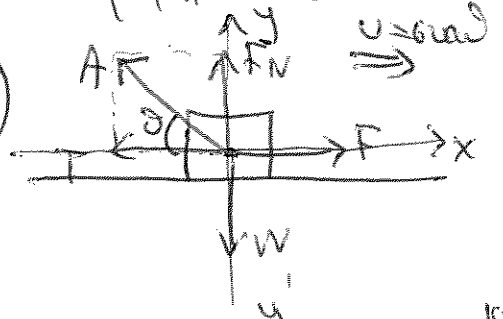
$F_{1,w}^2 = F_1^2 + w^2$ η' $F_{1,w} = \sqrt{F_1^2 + w^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64+36}$

η' $F_{1,w} = \sqrt{100}$ η' $F_{1,w} = 10N$.

Τότε θα πρέπει η F_2 να έχει το ίδιο μέτρο με την $F_{1,w}$ και αντίθετη φορά.

Οπότε το μέτρο της F_2 είναι $F_2 = F_{1,w} = 10N$ και η φορά της είναι αυτή του σχήματος

13) α)



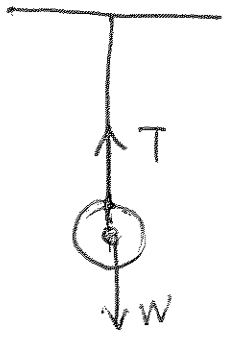
β) Σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα αφού το σώμα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά άρα ισορροπεί θα έχουμε $F_{ολ} = 0$. Τότε είναι και $F_{x ολ} = 0$ η' $F - T = 0$ η' $F = T = 80N$ και $F_{y ολ} = 0$ η' $F_N - w = 0$ η' $F_N = w$ η' $F_N = 200N$. Το σχήμα ορθογώνιο δάκεδο, άρα είναι και κάθετες δυνάμεις μεταξύ τους. Την τριβή $T = 80N$ και την κάθετη αντίδραση $F_N = 200N$.

Τότε σε το συθλητόρειο δεύτερα μπορούμε να αθροίσουμε την οριζ δύναμη (συνιδράση Α) που ασκεί το δάπεδο στο κιβώτιο. Έτσι έχουμε $A^2 = F_N^2 + T^2$ η'

$A = \sqrt{200^2 + 80^2}$ η' $A = 215\,N$ με εφθ $= \frac{F_N}{T}$ η'

εφθ $= \frac{200}{80} = 2,5$ η' $\theta \simeq 68^\circ$.

14)



α) Στη σφαίρα ασκείται το το βάρος της W (ελκτική δύναμη της γης) που είναι μια δύναμη από απόσταση και η τάση (δύναμη) του νήματος που είναι μια δύναμη επαφής καταλήγουν με αφ φορά προς τα πάνω. Επειδή το σώμα ισορροπεί τότε σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε $\Sigma_{ολ} = 0$ η' $T - W = 0$ η' $T = W = 5N$.

β) Το νήμα όμως βρίσκεται σε επαφή και με την οροφή, οπότε ασκεί και σ' αυτή μια δύναμη έστω T_1. Από την ισορροπία του νήματος έχουμε $\Sigma_{νήμ.} = 0$ η' $T - T_1 = 0$ η' $T_1 = T = 5N$. Όμως τότε σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα

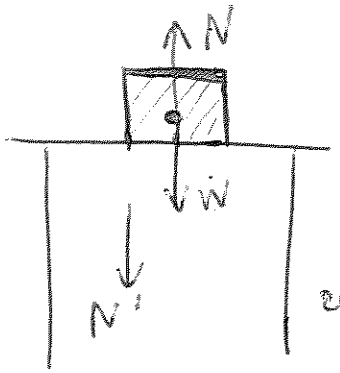


και η σφαίρα ασκεί στο νήμα μια δύναμη T' αντίθετη της T (καταλήγουν με φορά προς τα κάτω) αλλά και η οροφή ασκεί στο νήμα και μια δύναμη T_1' αντίθετη της T_1 (καταλήγουν με φορά προς τα πάνω

Στο σώμα οι δυνάμεις που ασκούνται είναι σχεδιάζονται ως εξής



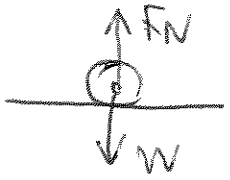
15)



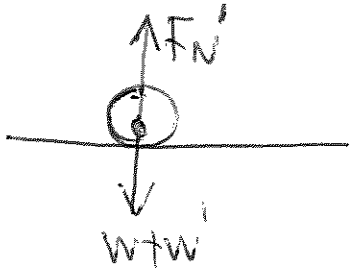
α) Από την συνθήκη ισορροπίας και από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα για το κιβώτιο έχουμε $F_{\text{συν}} = 0$ ή $N - W = 0$ ή $N = W = 20\,N$. Άρα στο κιβώτιο ασκούνται δύο αντίθετες δυνάμεις. Το βάρος του W από τη γη (δύναμη από απόσταση) και η κάθετη αντίδραση N (δύναμη σε επαφή) από το τραπέζι, που είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω.

β) Σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα (ζεύγος δράσης - αντίδρασης), στο τραπέζι ασκεί στο κιβώτιο δύναμη N (δράση) και το κιβώτιο θα ασκεί στο τραπέζι μία δύναμη N' (αντίδραση) αντίθετη της N. Ισχύει $N' = -N = -20\,N$

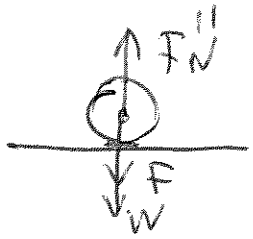
Άρα η N' έχει μέτρο $20\,N$ και είναι κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω.

16) α) 

Αφού το παιδί ισορροπεί πάνω στη ζυγαριά τότε από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε $\Sigma F = 0$ ή $F_N - W = 0$ ή $F_N = W = 40N$. Άρα η δύναμη F_N που ασκεί η ζυγαριά στο παιδί είναι $F_N = 40N$. κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω. Τότε όπως η ένδειξη της ζυγαριάς είναι όση και η F_N δηλαδή 40N.

β) 

Αν το παιδί έχει βάρος $W = 40N$ και το γατάκι $W' = 10N$ τότε από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα έχουμε $\Sigma F = 0$ ή $F_{N'} = W + W'$ ή $F_{N'} = 50N$ κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω. Τότε η δύναμη που ασκεί το παιδί με το γατάκι στη ζυγαριά είναι ίση και αντίθετη της $F_{N'}$ άρα έχει μέτρο 50N και άρα η ένδειξη της ζυγαριάς είναι 50N.

γ) 

1ο Νόμο του Νεύτωνα: $\Sigma F = 0$ ή $F_{N''} - F - W = 0$ ή $F_{N''} = F + W$ ή $F_{N''} = 60 + 40$ ή $F_{N''} = 100N$. Άρα η ζυγαριά ασκεί στο παιδί μια δύναμη $F_{N''}$ κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω, ίση με 100N. Τότε σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα το παιδί θα ασκεί στη ζυγαριά μία δύναμη -100N (κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω). Άρα η ένδειξη της ζυγαριάς είναι 100N.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΠΙΕΣΗ

Ερωτήσεις

► **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) – πηλίκο, κάθετα, εμβαδόν, σε $\frac{N}{m^2}$, Pascal (Πασκάλ)
– υδροστατική, βαρύτητα, ατμοσφαιρική, βάρος
α) βάθους, β) πυκνότητας, γ) επιτάχυνση (g), βαρύτητας.

2) (γ). Γνωρίζουμε πως για την πίεση ισχύει $p = \frac{F_\kappa}{A} = \frac{W}{A}$. Η κάθετη δύναμη είναι το βάρος W του σώματος. Το Α είναι το εμβαδό της επιφάνειας στην οποία ασκείται το βάρος. Έτσι αν αυξήσουμε την επιφάνεια χρησιμοποιώντας φαρδιές σανίδες (μεγαλύτερου εμβαδού Α) μειώνεται η πίεση. Σωστό είδαμε και δεν βαφτίζουμε σωστό. Άρα έχει δίκιο ο αδελφός που επιμένει να κοιμάται σε φαρδιές σανίδες

3) α. Σωστή είναι η (γ). Η υδροστατική πίεση είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού των επιφανειών που βρίσκονται μέσα σ' αυτό. Έτσι αν μιλάμε για προσανατολισμό της επιφάνειας μας μεβολών σε επιτάχυνση, δεν μεταβάλλεται η υδροστατική πίεση.

6. Σωστή είναι η (β).

Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της υδροστατικής πίεσης, ισχύει: $p = \rho \cdot g \cdot h$. Άρα αν διπλασιάσουμε το ύψος h τότε έχουμε $p' = \rho \cdot g \cdot 2h = 2\rho g h$ ή $p' = 2p$. Δηλαδή διπλασιάζεται και η υδροστατική πίεση, άρα και η ένδειξη του μανόμετρου. Προσοχή! πρέπει τα ρ και g να παραμείνουν σταθερά!

7. Σωστή είναι η (γ).

Σύμφωνα με το νόμο για την υδροστατική πίεση $p = \rho \cdot g h$ αν η πυκνότητα του υγρού υποδιπλασιαστεί & και γίνει $\rho' = \frac{\rho}{2}$ τότε έχουμε $p' = \rho' \cdot g h = \frac{\rho}{2} g h = \frac{1}{2} \rho g h$ ή $p' = \frac{1}{2} p$. Δηλαδή η υδροστατική πίεση υποδιπλασιάζεται και γίνεται η μισή.

8. Σωστή είναι η (γ).

Στην περιοχή του έβερεστ η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται. Τότε από τη σχέση

$p = \rho \cdot g h$ συμπεραίνουμε πως αφού η επιτάχυνση g της βαρύτητας μειώνεται, τότε θα μειώνεται και η υδροστατική πίεση που ασκεί το υγρό.

Παρατήρηση: Όλη την επιτάχυνση της βαρύτητας g

Ισχύει $g = \frac{GM}{r^2}$ όπου r είναι η απόσταση από το κέντρο της γης. Προχωρώντας προς τα πάνω απομακρυνόμαστε από το κέντρο της Γης, αυξάνεται το r, άρα η επιτάχυνση της βαρύτητας μικραίνει.

ε. Σωστή είναι η (α)

Γνωρίζουμε πως η υδροστατική πίεση, δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού. Έτσι όλα τα σημεία του ίδιου οριζόντιου επιπέδου, που ανήκει κι από την επιφάνεια του υγρού επηρεάζει η ίδια υδροστατική πίεση. Δηλαδή στο ίδιο βάθος (h) η υδροστατική πίεση που ασκεί το υγρό στην επιφάνεια του πυθμένα παραμένει ίδια.

4) → καταπόρριψη, τα πλοία, άντωση, βάρος, υγρού (ή αέριου περιβάλλοντος).

→ άντωση, βάρος

5) α. Λάθος. Το βάρος που ασκεί η μπάλα στο νερό είναι η ίδια είτε το σώμα βρίσκεται στον αέρα είναι βρίσκεται βυθισμένο μέσα στο νερό (ή άλλο υγρό). Εξάλλου η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη δίνεται από τη σχέση $W = m \cdot g$. Η μάζα (m) του σώματος

αλλά και η επιτάχυνση (g) της βαρύτητας δεν μεταβάλλονται όταν το σώμα βυθίζεται ή επαρεύνεται.

β. Σωστή. Γνωρίζουμε ότι η υδροστατική πίεση που δέχεται στην κάτω επιφάνεια του σώματος είναι $p_1 = \rho \cdot g h_1$, ενώ στην πάνω επιφάνειά του είναι $p_2 = \rho \cdot g h_2$ με $h_1 > h_2$. Τότε είναι και $p_1 > p_2$. Όμως και η δύναμη που δέχεται τότε στην κάτω επιφάνεια του σώματος είναι $F_1 = p_1 \cdot A$ ενώ στην πάνω επιφάνεια είναι $F_2 = p_2 \cdot A$ με $F_1 > F_2$.
Η άνωση είναι τότε $A = F_1 - F_2$. Πράγματι λοιπόν η άνωση οφείλεται στη διαφορά των υδροστατικών πιέσεων p_1 και p_2 και άρα στη διαφορά των δυνάμεων που F_1 και F_2.

γ. Σωστή. Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη για την άνωση ισχύει $A = \rho \cdot g \cdot V$. Από τη σχέση αυτή φαίνεται πως η άνωση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του βυθισμένου σώματος.

Δ. Λάθος. Ισχύει $A = e.g.V$ φαίνεται λογικό που η άλγεβρα εξαρτάται από το είδος του σχήματος, αφού είναι αναλογη της πυκνότητάς του.

Ε. Σωστή. Στο σύνολο Σιέρπινσκι με τη συνήθη τοπολογία, χωρίζουμε ότι ένα σωστό επιπέδου όταν η πυκνότητά του είναι μικρότερη ή ίση της πυκνότητας του σχήματος μέσα στο οποίο είναι διαισθητικό. Δηλαδή ισχύει $\text{Ραμμένο} \leq \text{Ρυχού}$. Αν έχουμε $\text{Ραμμένο} = \text{Ρυχού}$ τότε το σωστό αναρτάται μέσα στο σχήμα και ισορροπεί σε οποιοδήποτε βάθος. Αν $\text{Ραμμένο} < \text{Ρυχού}$. Τότε ένα μέρος του σωστού βρίσκεται έξω από το σχήμα, έτσι ώστε η άλγεβρα που δέχεται το διαισθητικό χωρίκα του να είναι ίση με το όριο του δηλαδή ισχύει $A' \cong W$ τότε να πληροποιείται και πάλι η συνήθης άλγεβρα του σωστού)

6) i) Σωστή. Εφόσον το μπαλόνι με το αέριο μένει ακινητοποιημένο ισχύει $A > W$ ή

Βαρέα. $\cancel{g}$. Ντεπλασέ > Μπαλόν. $\cancel{g}$ Όμως

Ρμπαλόν = $\frac{\text{Μπαλόν}}{\text{Ντεπλασέ}}$ ή $M_{\text{μπαλόν}} = \rho_{\text{μπαλόν}} \cdot V_{\text{ντεπλασέ}}$. Τότε

έχουμε Βαρέα. $\cancel{\text{Ντεπλασέ}}$ > Ρμπαλόν. $\cancel{\text{Ντεπλασέ}}$ ή

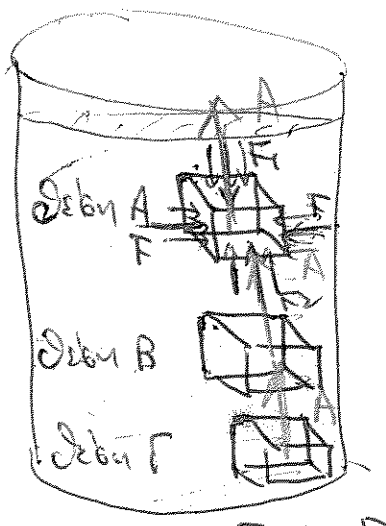
Ρμπαλόν < Βαρέα.

ii) Λάθος. Η άνωση οφείλεται στη διαφορά των πιέσεων που ασκεί ο αέρας που περιβάλλει το μπαλόνι εξωτερικά.

iii) Σωστή.

iv) Λάθος.

7)



i) Στο δοχείο βάλαμε νερό. Στη σφαίρα Α έχουμε σχεδιάσει τις δυνάμεις που ασκούνται από τον υγρό στο σιδερένιο κύβο. Οι δυνάμεις στις κατακόρυφες επιφάνειες του κύβου αλληλοαναιρούνται διότι έχουν αντίθετη κατεύθυνση.

Οι δυνάμεις F1 και F2 που ασκούνται στις δύο απέναντι βάσεις με $F_2 > F_1$ είναι συνισταμένη που είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω και είναι συνιλογική

η δύναμη που ασκείται Α. Αρχιμήδη

$A = F_2 - F_1$.

ii) Η άνωση (εφόσον το σώμα είναι εξ' ολοκλήρου βυθισμένο στο υγρό) είναι και στις τρεις θέσεις (Α, Β και Γ) η ίδια, με διεύθυνση κατακόρυφη, φορά προς τα πάνω και μέτρο που δίνεται από τη σχέση

$A = \rho_{υγρού} \cdot g \cdot V_{σώματος}$

iii) Α. Σωστή είναι η πρόταση (α)

Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της υδροστατικής πίεσης, ισχύει: $p = \rho \cdot g \cdot h$. Άρα όσο αυξάνεται το βάθος (h) του υγρού, η πίεση που υγρό είναι μεγαλύτερη.

Β. Σωστή είναι η πρόταση (γ).

Αν το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό, τότε η άνωση που δέχεται το σώμα από το υγρό είναι η ίδια και ίση με $A = \rho_{υγρού} \cdot g \cdot V_{σώματος}$, ανεξάρτητα από το βάθος του υγρού.

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και δώσε εξηγήσεις για τις εφαρμογές που ακολουθούν.

Υδροστατική και Ατμοσφαιρική πίεση — Μεταβολή των πιέσεων στα ρευστά.

1). Στη δεύτερη περίπτωση όταν το κουτί ακουμπά στην πλαστελίνη με τη μικρή επιφάνεια βουλιάζει περισσότερο.

Γνωρίζουμε πως για την πίεση που ασκεί το κουτί στην πλαστελίνη ισχύει $p = \frac{F_K}{A}$ ή $p = \frac{W}{A}$. Το βάρος του κουτιού δηλαδή η ελάχιστη δύναμη που ασκείται στην οριζόντια επιφάνεια της πλαστελίνης παραμένει σταθερή. Όταν όμως η επιφάνεια A είναι μικρή τότε η πίεση αυξάνεται και άρα το κουτί βουλιάζει περισσότερο.

2) Σύμφωνα με την αρχή του Pascal (Πασκάλ) στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των υδραυλικών αντλιών, ~~έχουμε~~ η πίεση διαδίδεται σε όλη τη μάζα του υγρού που ισορροπεί. Έχουμε λοιπόν $p_1 = p_2$ ή

$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ ή $F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$ Όπως $A_2 = 5 \cdot A_1$

άρα $F_2 = \frac{5 \cdot A_1}{A_1} \cdot F_1$ ή $F_2 = 5 \cdot F_1$. Δηλαδή

η F_2 είναι πενταπλάσια της F_1.

3) Γνωρίζουμε πως για τα υγρά ισχύει η σχέση $p = \frac{F_\kappa}{A}$. Άρα η πολυμόρφωση μιας επιφάνειας δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται σ' αυτή αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη.

Έτσι στις περιπτώσεις α, β, και γ θέλουμε να ασκείται μικρή πίεση για να πετυχαίνουμε όσο το δυνατό μικρότερη πολτοποίηση του εδάφους. Αυξάνουμε λοιπόν το εμβαδό άρα η καθέτη δύναμη (εδώ το βάρος) κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια και άρα η πίεση είναι μικρή.

Αντίθετα στις περιπτώσεις δ, ε και ζ η καθετη δύναμη κατανέμεται σε μικρή επιφάνεια άρα η πίεση είναι πολύ μεγάλη.

4) Οι υδροστατικές πιέσεις για το ίδιο βάθος h είναι ίσες. Έτσι έχουμε $P_{υδρ} = P_{ατμ}$ ή

$$P_{υδρ} = 10 \cdot P_{ατμ} \cdot g$$

5) α) Η υδροστατική πίεση είναι η πίεση που ασκεί ανεξάρτητα από το σχήμα του δοχείου το νερό που εξαρτάται μόνο από το ύψος h και το βάρος του νερού. Έτσι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα των τριών δοχείων είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης, άρα έχουμε $P = P_{ατμ} + P_{υδρ}$ ή

$P = P_{ατμ} + \rho \cdot g \cdot h$ εδώ και τα τρία δοχεία περιέχουν υγρό στο ίδιο ύψος h, άρα θα έχουν και την ίδια πίεση

β) Αν παρατηρούμε ότι τα εμβαδά των βάσεων των τριών δοχείων είναι ίδια, τότε έχουμε

$P_{υδρ} = \frac{F}{A}$ ή $F = P_{υδρ} \cdot A$ ή $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$.

Διαπιστώνουμε λοιπόν πως η δύναμη F που ασκείται στην υδροστατική πίεση και δηλαδή στον πυθμένα των δοχείων είναι ίδια.

γ) Στο πρώτο δοχείο η δύναμη F είναι
$F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$. Το βάρος του υγρού είναι
$W = m \cdot g$. Όμως $\rho = \frac{M}{V}$ κι $M = \rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot h$
άρα $W = \rho \cdot g \cdot h \cdot A = F$.

Στο δεύτερο δοχείο η δύναμη F είναι
επίσης $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$ Όμως ο όγκος V
του υγρού είναι μεγαλύτερος από $h \cdot A$
δηλαδή $V > h \cdot A$
άρα έχουμε $W = \rho \cdot g \cdot V > \rho \cdot g \, h \cdot A$
κι $W > F$.

Στο τρίτο δοχείο ο όγκος V του υγρού
είναι μικρότερος από $h \cdot A$ άρα $V < h A$
και $W = \rho \cdot g V < \rho \cdot g \cdot h \cdot A$ κι $W < F$.

Σε κάθε δοχείο κάτω από το πιστόνι
ασκείται μια σταθερή δύναμη N = βάρος δίσκου + βάρους νερού
όσο και το πιστόνι μένει ακίνητο σε κάθε
δοχείο μια δύναμη $N' = N$ με αντίθετη φορά.
Αν θεωρήσουμε ότι στα δοχεία έχουν το
ίδιο βάρος τότε έχουμε $N'_2 > N'_1 > N'_3$

Δηλαδή το πουρί με το περιεχόμενο όλο πάει στον βάρος υγρού θα πάει αρα και θα δέχεται μια κατακόρυφη δύναμη από το γαλεάζι. Προσέξτε ότι στο 3ο δοχείο η δύναμη F που ασκεί το υγρό στον πυθμένα του δοχείου είναι κατακόρυφη από το βάρος του W. Δηλαδή ισχύει F > W. Αυτό είναι και το λεγόμενο υδροστατικό παράδοξο.

6) α) Εφόσον έχουμε ισορροπία του κυβοειδούς πάει από τη βαλάντα τότε το περιεχόμενο δέχεται από τον κυβοειδή πάει που το περιβάλλει μια κατακόρυφη δύναμη $F = \rho_{\alpha\gamma} \cdot A$. Στο εσωτερικό του όμως η πίεση είναι μηδέν αφού δεν υπάρχει κυβοειδής πάει αρα εσωτερικά δεν ασκείται καθόλου δύναμη στο περιεχόμενο. Αυτή λοιπόν η δύναμη που οφείλεται στην κυβοειδή πίεση έχει σαν αποτέλεσμα το να καλπάζει το περιεχόμενο στο αέριο.

β) Αν καλπάζουμε το περιεχόμενο, τότε θα μπει κυβοειδής πάει στο εσωτερικό της βαλάντας. Τότε έχει η πίεση στο εσωτερικό της βαλάντας θα μπει

ίση με την ατμοσφαιρική πίεση στο εξωτερικό της. Έτσι στο περιστήλιο θα ασκούνται δυο αντίθετες δυνάμεις με αποτέλεσμα το περιστήλιο να ξεκολλήσει από το δέμα.

7) Η υδροστατική πίεση που οφείλεται στο νερό του λιμανιού είναι

$P_{υδρ} = ρ_υ \cdot g \cdot h$ π.χ για $h = 15cm$ είναι

$P_{υδρ} = 10^3 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 10^{-2} = 15 \cdot 10^2 = 1500\ N/m^2\ (Pa)$

Στο εξωτερικό όμως μέρος του φύλλου ασκείται η ατμοσφαιρική πίεση που είναι

$P_{ατμ} = 10^5 = 100.000\ N/m^2\ (Pa)$ Παρατηρούμε λοιπόν ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι πολύ μεγαλύτερη από την υδροστατική πίεση στο εσωτερικό του λιμανιού. Γι' αυτό το δόρυ το χρησιμοποιούμε κατασκευή στο λιμάνι.

Αν όμως περάσει κάποια μέρα στο λιμάνι τότε στο εξωτερικό του λιμανιού είναι

$P_{εξ} = P_{ατμ}$ ενώ στο εσωτερικό του είναι

$P_{εσ} = P_{ατμ} + ρ_υ g h$ άρα $P_{εσ} > P_{εξ}$ οπότε το νερό χύνεται.

8) α. Σωστή. Η άνωση που δέχονται δίνεται από τη σχέση $A = \rho_{υγρού} \cdot g \cdot V$
Το διαλαδινό νερό έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό της πισίνας άρα δέχονται μεγαλύτερη άνωση για τον ίδιο όγκο V του ευκάλυπτου και λόγω ότι είναι βυθισμένο στο νερό. Οπότε από τη σχέση $A = W$ ή $\rho_{υγρού} V = mg$ ή $V = \frac{mg}{\rho_{υγρού} g}$ ή $V = \frac{m}{\rho_{υγρού}}$ παρατηρούμε ότι επειδή η $\rho_{υγρού}$ είναι μεγαλύτερη για το διαλαδινό νερό ο όγκος V του ευκάλυπτου που είναι βυθισμένος στο νερό είναι μικρότερος για το διαλαδινό νερό. Άρα ισχύει καλύτερα.

β. Σωστή. Η πυκνότητα του αιθέριου ελαίου $\rho_{ελ}$ είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού. Ρυ δηλαδή $\rho_{ελ} > \rho_{υ}$ ή $\rho_{ελ} \cdot V \cdot g > \rho_{υ} V g$ ή $m_{ελ} \cdot g > A$ ή $W_{ελ} > A$ άρα το βάρος του ελαίου είναι μεγαλύτερο από την άνωση που η ελαία δεχόταν στο νερό. Τα λιπίδια ισχύουν για τον ίδιο λόγο επειδή $\rho_{λ} < \rho_{υ}$ ισχύει $W_{λ} < A$ άρα η άνωση

κινείται προς τα πάνω επιταχυνόμενο και είναι μέρος της αναβύσσου έχει νόημα σε κάποιο δεδομένη η άνωση που δέχεται το βυθισμένο κομμάτι της βύσσου (A' = W) οπότε σταματά και δεδομένη η ταχύτητα επιτρέπει.

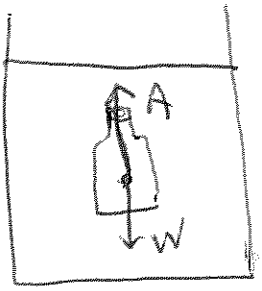
γ. Λάθος. Καθώς εισέρχεται η εξερχόμενη από τη δεξαμενή του υποβρυχίου μεταβάλλεται η μάζα του αέρα και η μέση πυκνότητα του $\rho = \frac{m}{V}$ (ο όγκος είναι σταθερός) Οπότε σταν

$\rho_{υποβρ} < \rho_{νερού}$ τότε το υποβρύχιο επιταχύνεται

σταν $\rho_{υποβρ} > \rho_{νερού}$ τότε επιβραδύνεται.

Για $\rho_{υποβρ} = \rho_{νερού}$ πραγματοποιείται η σταθερή ταχύτητα και το υποβρύχιο ισορροπεί σε οποιοδήποτε βάθος.

9) α)



Από τη σταθερή ταχύτητα ισχύει $A = W$ τότε έχουμε $F_{ολ} = A - W = 0$. Σ' αυτήν την περίπτωση έχουμε $A = W$ ή $\rho_υ g V = m_μ g$ ή $\rho_υ V = \rho_μ V$ ή $\rho_υ = \rho_μ$. Επομένως όμως δηλ η μέση πυκνότητα του κομματιού είναι πάντα σταθερή.

του νέφους που περιέχει.

β) Ισχύει $A = \rho_{ον}.g.V$ και $W = m_{μ}.g = \rho_{ν}.g.V$

όπως $\rho_{ον} < \rho_{ν}$ άρα $A < W$ οπότε το κουτάκι βυθίζεται και πνίγεται καταλήγοντας προς τα κάτω.

γ) Ισχύει $A = \rho_{αμαξιού}.g.V$ και $W = m_{μ}.g = \rho_{ν}.g.V$ όπως $\rho_{αμαξιού} > \rho_{ν}$ άρα $A > W$. Άρα το κουτάκι πνίγεται καταλήγοντας με φορά προς τα πάνω, ένα μέρος του αναδύεται. Έτσι βυθίζεται μέχρι η άνωση A' του εκτοπίζει το βάρος του κουτακιού που είναι βυθισμένο πνίγεται ίση με το βάρος του και πλέον ισορροπεί. Τότε ισχύει η βυθισμένη άνωση $A' = W$.

10) i) Όταν το πλοίο είναι φορτωμένο τότε ισχύει $A(α) = A(β)$ γιατί είναι βυθισμένος στο θαλασσινό νερό ο ίδιος όγκος λιό'το πλοίο. Όταν όμως ξεφορτώσει ο όγκος του πλοίου που είναι βυθισμένος στο υγρό γίνεται μικρότερος άρα και η άνωση μικραίνει ($A = ρ \cdot g V$) άρα και η δυναμή

ισχύει $A(γ) < A(α) = A(β)$

ii) Σωστή πρόταση είναι η (β)

Επειδή το πλοίο είναι φορτωμένο και στις δύο περιπτώσεις έχει το ίδιο βάρος W. Άρα από τη συνθήκη πλεύσης στον αέρα ισχύει $A_{αερ} = W$ ή $ρ_{θαλ.νερού} g V_1 = W$

Ενώ από τη συνθήκη πλεύσης στη λίμνη έχουμε $A_{λιμν.} = W$ ή $ρ_{λιμνης} g \cdot V_2 = W$

Από τις δύο σχέσεις προκύπτει

$ρ_{θαλ.νερού} \cdot g \cdot V_1 = ρ_{λιμνης} \cdot g \cdot V_2$ ή

$V_2 = \frac{ρ_{θαλ.νερού}}{ρ_{λιμνης}} V_1$ ή $V_2 = \frac{1030}{1000} V_1$ ή $V_2 = 1,03 V_1$

άρα τελικά ισχύει $V_2 > V_1$

(iii) α) Από τη δυναμική ισχύσης στον το
υγρό είναι φορτωμένο έχουμε $A_1 = W_1$. Όταν
το υγρό ξεφορτώθει το φορτίο του, παίρνει από
τη δυναμική ισχύσης έχουμε $A_2 = W_2$. Όμως
$W_2 < W_1$ άρα και $A_2 < A_1$. Άρα η ενεργή
δύναμη άνωσης ασκείται στο υγρό όταν
είναι φορτωμένο

β) Ισχύει $A_1 = \rho \cdot g \cdot V_1$ και $A_2 = \rho \cdot g \cdot V_2$
Όμως $A_1 > A_2$ άρα και $V_1 > V_2$ Άρα
το υγρό βυθίζεται περισσότερο στη θάλασσα
όταν είναι φορτωμένο.

11) α) Ισχύει ελάχιστο Ρυνολεύκλειος άρα
δ' λειά την περίπτωση το παγάκι επιπλέει
έχο σινοπνεύμα ποσό άρα δεν επιπλέει.

β) Όταν το παγάκι ισορροπεί στο πολύμη
με το νερό ισχύει $A = W_\pi$ η'

$\rho_v \cdot g \cdot V' = m_\pi \cdot g$ (1) όπου V' είναι ο όγκος του
βυθισμένου τμήματος από το παγάκι.

Όταν λιώσει το παγάκι τότε η μάζα του
νερού που θα σχηματιστεί θα είναι ίση με τη
μάζα που είχε αρχικά το παγάκι. Άρα ισχύει
$m_v = m_\pi$ η' $\rho_v V_v = \rho_\pi V$. Τότε
η σχέση (1) γίνεται $\rho_v \cdot g \cdot V' = m_\pi g$ η'

$\rho_v V' = \rho_\pi V$ η' ~~$\rho_v V' = \rho_\pi V_v$~~ η' $V_v = V'$

Δηλαδή ο όγκος V_v του νερού που θα σχηματιστεί
όταν λιώσει το παγάκι είναι ίσος με τον
όγκο V' που είχε αρχικά το βυθισμένο τμήμα του.
Όπότε δε μεταβάλλεται ο συνολικός όγκος που
άρα δεν μεταβάλλεται η στάθμη του νερού μέσα
στο ποτήρι, δηλ το νερό ~~που~~ που προέρχεται από
το παγάκι θα καταλάβει ακριβώς τον ίδιο όγκο
που καταλάμβανε το βυθισμένο τμήμα από το παγάκι

γ) Η πρόταση είναι σωστή.
Επειδή τα πλοία προέρχονται από τη θάλασσα συμπαίνει ότι ο όγκος του νερού που θα εκτοπιστεί από το πλοίο τους, θα προσεδεί στο νερό των ωκεανών με αποτέλεσμα να αυξηθεί η στάθμη τους

12) α) Από τη συνθήκη ισορροπίας ισχύει $F_{ολ} = 0$ ή $N - w_{σ} = 0$ ή $N = w_{σ}$. Όπου N είναι η κάθετη αντίδραση που ασκεί η βυθοφορίδα και $w_{σ}$ είναι το συνολικό βάρος των σωμάτων που βρίσκονται πάνω στη βυθοφορίδα. Εάν θεωρήσουμε και τη βυθοφορίδα ασκείται στη βυθοφορίδα δύναμη N' ίση και αντίθετη με την N. Δηλαδή N' είναι η ένδειξη της βυθοφορίδας. Άρα έχουμε $N' = N = w_{σ}$ ή $N' = 195 + 7$ ή $N' = 203\ N$

β) Εδώ το συνολικό βάρος $w_{σ}$ πάνω στη βυθοφορίδα είναι το βάρος του δοχείου με το νερό και το βάρος του υγρού. Άρα για την ένδειξη N' της βυθοφορίδας έχουμε $N' = w_{σ} = 195 + 2$ ή $N' = 197\ N$.

13) Μέσα στο δοχείο υπάρχουν τρία υγρά: ο υδράργυρος, το νερό και το λάδι. Ισχύει $\rho_{υδρ} > \rho_{ν} > \rho_{λ}$. Άρα στον πυθμένα του δοχείου θα υπάρχει ο υδράργυρος, πιο πάνω το νερό και τέλος πάνω από το νερό υπάρχει το λάδι.

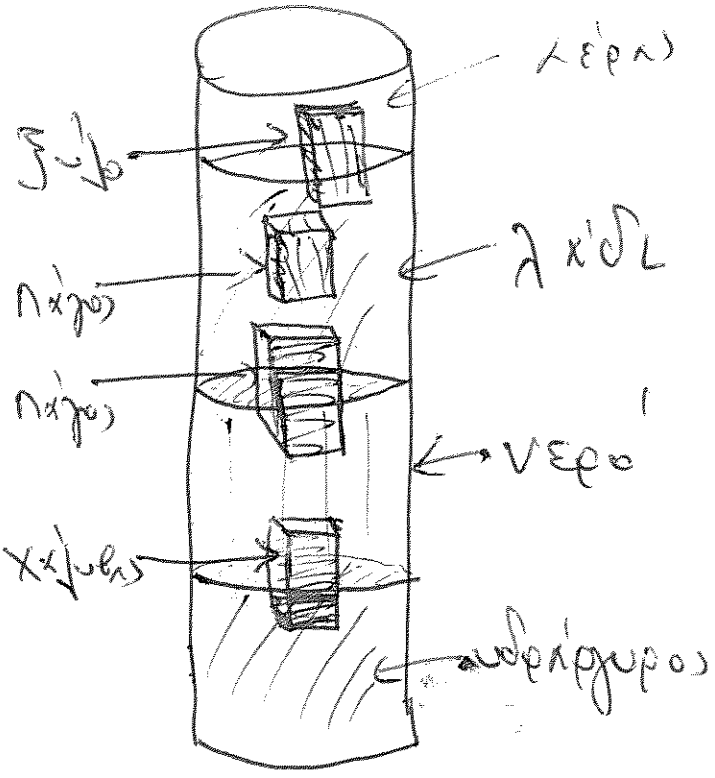
Ο χάλυβας έχει πυκνότητα $8\,g/cm^3$ άρα θα ισορροπήσει επιπλέοντας στον υδράργυρο ο οποίος έχει πυκνότητα $13\,g/cm^3$

Επειδή $\rho_{χάλυβα} < \rho_{υδραργύρου}$ ο χάλυβας βυθίζεται μέσα στον υδράργυρο, οπότε ένα μέρος του θα είναι βυθισμένο στον υδράργυρο και το υπόλοιπο θα είναι βυθισμένο στο νερό που βρίσκεται πάνω από τον υδράργυρο.

Παρόμοια ο πάγος έχει πυκνότητα $0,9\,g/cm^3$ που δηλαδή είναι και η πυκνότητα του λαδιού. Ισχύει $\rho_{πάγου} = \rho_{λαδιού}$. Άρα ο πάγος θα ισορροπεί επιπλέοντας είτε ολόκληρος βυθισμένος στο λάδι είτε επιπλέοντας πάνω ένα μέρος του βυθισμένος στο νερό και πάνω ένα μέρος στο λάδι.

Τέλος επειδή η πυκνότητα του ξύλου είναι $0,5\,g/cm^3$ αυτό σημαίνει ότι το

Γύρω θα ιδρυθούν λάκκοι στο λιβάδι έχουμε
ένα χωμάτινο διδιάμετρο μέσα σ' αυτό ενώ
το υπόλοιπο χωμάτινο που θα έχει αναδυθεί
και θα βρίσκεται έξω από το λιβάδι έτσι
προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



Ασκήσεις

1) Από τα διαγράμματα "βλέπαμε" ότι στην επιφάνεια της θάλασσας (υψόμετρο H=0 km) η ατμοσφαιρική πίεση είναι $P_{ατμ}$ = 100.000 Pa ή 1 atm.

Ακόμη στην κορυφή του Έβερεστ (υψόμετρο H=8 km) η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου $P'_{ατμ}$ = 40.000 Pa ή 0,4 atm.

Στην επιφάνεια της θάλασσας η συνολική πίεση ($P_{ολ}$) στον πυθμένα του δοχείου είναι ίση με το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης ($P_{ατμ}$) και της υδροστατικής πίεσης ($P_{υδρ}$). Άρα έχουμε

$P_{ολ} = P_{ατμ} + P_{υδρ}$ ή $P_{ολ} = P_{ατμ} + ρ.g.h$. όπου ρ: είναι η πυκνότητα του νερού, g: είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και h είναι το ύψος της στήλης του νερού στο ποτήρι.

Στην κορυφή του Έβερεστ είναι

$P'_{ολ} = P'_{ατμ} + P_{υδρ}$ ή $P'_{ολ} = P'_{ατμ} + ρ.g.h$. Δεχόμενοι ότι η πυκνότητα του νερού δε μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία και την πίεση, καθώς και ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας παραμένει επίσης σταθερή θα έχουμε για τη μεταβολή της πίεσης ότι:

$\Delta P = P_{\text{εξ}} - P_{\text{εσ}} = P_{\text{ατμ}} - P_{\text{αερ}} = 40.000 - 100.000 =$

$= -60.000$ Pa ή $-0,6$ ατμ.

Το αρνητικό πρόσημο, δηλώνει πως η πίεση στην επιφάνεια του δοχείου, μειώθηκε κατά 60.000 Pa ή 0,6 ατμ.

Παρατήρηση: Το βάθος $h = 50$cm, δεν χρειάστηκε για τους υπολογισμούς. Είναι βάθος του βυθίσματος.

2) Από τον ορισμό της πίεσης έχουμε

$P = \frac{F_\varepsilon}{A}$ όπου $F_\varepsilon = F + W$, όπου $F = 10$N είναι η κατακόρυφη δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος στο δάπεδο και W είναι το βάρος του κιβωτίου. Ισχύει $W = m \cdot g$. (Η άγνωση δεν μειώνει το βάρος του κιβωτίου!!)

Τότε είναι $F_\varepsilon = F = 10$N. Άρα το εμβαδόν της επιφάνειας του πυθμένα του κιβωτίου είναι $A = 0,08\,m^2$

ή $8 \cdot 10^{-2} (10^{-3}\,m)^2 = 8 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-6}\,m^2 = 8 \cdot 10^{-8}\,m^2$.

Έχουμε λοιπόν $P = \frac{10}{8 \cdot 10^{-8}} = 1,25 \cdot 10^8$ Pa (N/m^2)

ή 1250 ατμ

3) Το εμβαδό της επιφάνειας του
πώματος είναι $A = 100\,cm^2$ ή $100 \cdot 10^{-4} = 10^{-2}\,m^2$.
Το πώμα βρίσκεται σε βάθος $h = 3\,m$
Τότε η υδροστατική πίεση που ασκεί
το θαλασσινό νερό στο παραπάνω βάθος είναι

$$P_{υδρ} = \rho_{θαλ} \cdot g \cdot h$$

ή $P_{υδρ} = 1020 \cdot 10 \cdot 3 = 3{,}06 \cdot 10^4\,N/m^2$ ή $30.600\,N/m^2$

Η δύναμη που ασκεί τότε το θαλασσινό νερό είναι

$$F_{νερού} = P_{υδρ} \cdot A = 3{,}06 \cdot 10^4 \cdot 10^{-2} = 3{,}06 \cdot 10^2 = 306\,N$$

Αυτή ακριβώς είναι και η ελάχιστη δύναμη που
πρέπει να ασκήσουμε στο βύσμα ώστε
να εξουδετερώσουμε τη δύναμη που ασκεί το
θαλασσινό νερό. Άρα $F_{min} = F_{νερού} = 306\,N$.

4) α) Από το διαγράμμα τόπο της υδροστατικής
πίεσης έχουμε για την υδροστατική πίεση

$$P_{υδρ} = \rho_{θαλ} \cdot g \cdot h = 1020 \cdot 10 \cdot 50 = 5{,}1 \cdot 10^5\,N/m^2 \quad (P_α)$$

Δηλαδή για την πίεση ισχύει $P_{υδρ} = \frac{F_{νερού}}{A}$ ή

$$F_{νερού} = P_{υδρ} \cdot A = 5{,}1 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 51\,N.$$

β) Για την ολοφτική πίεση ισχύει $P_{ολ} = P_{ατμ} + P_{υδρ}$
Όμως $P_{ολ} = 5 \cdot P_{ατμ}$ Άρα έχουμε $5\,P_{ατμ} = P_{ατμ} + P_{υδρ}$

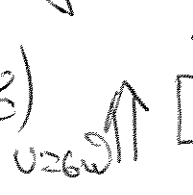
ή

8) α) Όταν το αγαλματίδιο βρίσκεται ολόκληρο βυθισμένο στο θαλασσινό νερό τότε έχουμε $A = \rho_{\text{θαλ}} \cdot g \cdot V$. Όμως $\rho_{\text{χαλκού}} = \frac{m}{V}$ ή $V = \frac{m}{\rho_{\text{χαλκού}}}$ όπου m είναι η μάζα του αγαλματιδίου. Άρα έχουμε

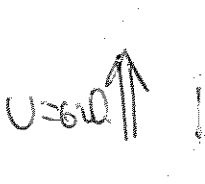
$$A = \rho_{\text{θαλ}} \cdot g \frac{m}{\rho_{\text{χαλκού}}} \text{ ή } A = \frac{\rho_{\text{θαλ}}}{\rho_{\text{χαλκού}}} W \quad (W = mg \text{ ή } W = 100\,N)$$

Τελικά $A = \frac{1020}{19300} \cdot 100$ ή $A = \frac{1020}{193} = 5{,}28\,N$.

β)



στερεό



Μέσα στο νερό οι δυνάμεις που ασκούνται στο αγαλματίδιο είναι το βάρος του W, η άνωση A και η τάση του καλωδίου

Αν το αγαλματίδιο ανασύρεται με σταθερή ταχύτητα τότε λέμε ότι ισορροπεί και άρα από τον 1ο Νόμο του Newton έχουμε $F_{\text{ολ}} = 0$ ή $T + A - W = 0$ ή

$$T = W - A \text{ ή } T = 100 - 5{,}28 \text{ ή } T = 94{,}72\,N.$$

γ) Έξω από το νερό στο αγαλματίδιο ασκείται το βάρος του W και η τάση T' του καλωδίου. Από τη συνθήκη ισορροπίας είναι $F_{\text{ολ}} = 0$ ή $T' - W = 0$ ή $T' = W$ ή $T' = 100\,N$.

9) Από τη συνθήκη πλεύσης για το παγόβουνο, έχουμε: $A = W$ ή

$\rho_{\theta\alpha\lambda} \cdot g \cdot V' = m g$ όπου V' είναι ο όγκος του παγόβουνου που είναι βυθισμένος στο θαλασσινό νερό. Για τη μάζα (m) του παγόβουνου ισχύει $m = \rho_{\pi\alpha\gamma} \cdot V$ όπου V είναι ο ολικός όγκος του παγόβουνου (αυτός που είναι βυθισμένος και αυτός που βρίσκεται έξω από την επιφάνεια της θάλασσας)

Άρα προκύπτει: $\rho_{\theta\alpha\lambda} \cdot V' = \rho_{\pi\alpha\gamma} V$ ή

$$V' = \frac{\rho_{\pi\alpha\gamma}}{\rho_{\theta\alpha\lambda}} V \text{ ή } V' = \frac{900}{1020} V \text{ ή } V' = \frac{90}{102} V$$

$$\text{ή } V' = \frac{30}{34} V \text{ ή } V' = \frac{15}{17} \cdot V$$

Επομένως τα $\frac{15}{17}$ του όγκου του παγόβουνου είναι βυθισμένα στη θάλασσα. Αρα θα έχουμε $\alpha = \frac{V'}{V} 100\%$

ή $\alpha = \frac{1500}{17}\%$ ή $\alpha = 88\%$ Δηλαδή περίπου το 88% του παγόβουνου είναι βυθισμένο, ενώ το 12% βρίσκεται έξω από το νερό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ερωτήσεις

► **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) μεταλλικό, διαιδικό, γυάλινο, μεταλλικό

$W = F \cdot \Delta x$, μονόμετρο, 1 Joule, μεταφορά, μεταφορά

2) Σωστή είναι η (α) 1 J.

3) i) βάρος, ύψος, βαρυτική δυναμική, μια οριζόντια επιφάνεια, ύψος, μηδέν, ανεξάρτητη

ii) ελαστική δυναμική, έργο, δεν εξαρτάται.

4) i) Σωστή απάντηση είναι η (δ).

Για την αρχική κινητική ενέργεια του πυροβόλου ισχύει $E_{κ(αρχ)} = \frac{1}{2} m v^2$. Η τελική του κινητική ενέργεια είναι $E_{κ(τελ)} = \frac{1}{2} \frac{M}{2} (2v)^2 = \frac{1}{2} \frac{M}{2} 4v^2 =$

$= 2 \cdot \frac{1}{2} m v^2 = 2 E_{κ(αρχ)}$.

ii) Σωστή απάντηση είναι η (γ)

Αρχικά το έργο (W) της δύναμης F που ασκήσαμε ώστε να παραμορφώσουμε (να τεντώσουμε όμοια) τη χορδή του τόξου, μετατράπηκε

σε ελαστική δυναμική ενέργεια ($U_{ελ}$), η δυναμική ενέργεια λόγω παραμόρφωσης της χορδής, και η οποία εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσης.

Στη συνέχεια η διαδικασία, η δυναμική ενέργεια που έχει η παραμορφωμένη χορδή, μεταφέρεται στο βέλος (παίζω) μέσω του έργου της δύναμης της παραμορφωμένης χορδής και μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια ($E_κ$) του βέλους. Μόλις η χορδή πάψει να είναι παραμορφωμένη (η τεντωμένη), τότε όλη η δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης έχει μετατραπεί σε κινητική ενέργεια. Τότε το βέλος εγκαταλείπει τη χορδή και κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του. (Θεωρούμε την αντίσταση του αέρα μηδενική). Τότε σταδιακά λόγω της βαρύτητας το βέλος κινείται με την επίδραση του βάρους του έχει σε κάθε σημείο βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{βαρ}$) και κινητική ($E_κ$). Αν το βέλος κινείται κατακόρυφα προς τα πάνω τότε όλη η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική στο μέγιστο ύψος. Αν όμως φύγει πλάγια από το τόξο τότε στο μέγιστο ύψος έχει και δυναμική και κινητική ενέργεια. Σε κάθε θέση που προσπίπτει στο έδαφος όμως όλη του η ενέργεια έχει μετατραπεί σε κινητική. Τελικά σε κάθε σύγκρουση με το έδαφος η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και ενέργεια λόγω παραμόρφωσης.

5) δυναμική, κινητική, ενέργεια, ενεργειακός, μηχανική, ενέργειας, ενεργείας, έργου, βαρυτικές, ηλεκτρικές, ελαστικής

6) Σωστή απάντηση είναι η (δ)

Καθώς η σφαίρα κινείται κατά μήκος της επιφάνειας διαδρομής (χωρίς τριβές), ξεκινώντας από το ανώτερο σημείο της τροχιάς του η κινητική του ενέργεια (E_K) αυξάνεται ενώ η δυναμική του ενέργεια ($U_{βαρ}$) μειώνεται. Η μεταφορά όμως της ενέργειας από δυναμική σε κινητική γίνεται λόγω του έργου του βάρους της σφαίρας έτσι το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής του ενέργειας, δηλαδή η μηχανική του ενέργεια ($E_{μηχ}$) διατηρείται σταθερή. Αυτή η πρόταση είναι η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε) που γράφεται ως εξής:

$E_{μηχ} = U_{βαρ} + E_K$ = σταθερή ή $E_{μηχ(αρχ)} = E_{μηχ(τελ)}$ ή

$U_{αρχ} + E_{κ αρχ} = U_{τελ} + E_{κ τελ}$.

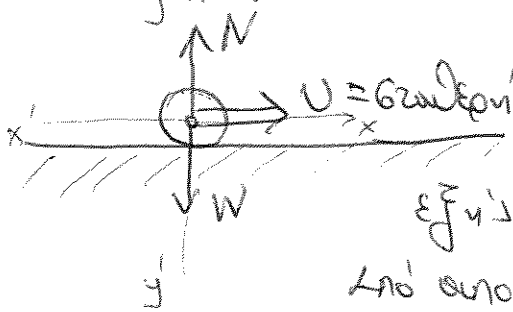
7) ενέργεια, κινητική, δυναμική, παράγεται, εξαφανίζεται, μεταφέρεται, μετατρέπεται.

8) μεταφορά, διατήρεται, μικρότερη, προσφέρεται, χαμένη (ή ωφέλιμη), προσφερόμενη (ή διαθέσιμη), $\frac{\text{Χαμένη}}{\text{Προσφερόμενη}}$, ισχύς.

9) Σωστή απάντηση είναι η (δ). Μονάδα ισχύος στο S.I είναι το 1W.

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε επεξηγηματικές απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν.

1)



Στην κατακόρυφη διεύθυνση yy' στον παγοδρόμο ασκούνται οι εξής δυνάμεις. Το βάρος του W (δύναμη από απόσταση, που ενεργεί η γη στον παγοδρόμο) και η κάθετη αντίδραση N ή F_N (δύναμη επαφής που ασκείται από την οριζόντια επιφάνεια της πίστας στον παγοδρόμο). Όπως ο παγοδρόμος ισορροπεί στον άξονα yy' (η ταχύτητά του στον άξονα αυτό είναι μηδέν), άρα από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα, έχουμε: $\Sigma F_{(y)} = 0$ ή $N - W = 0$ ή $N = W$. Παράλληλα στον οριζόντιο άξονα xx' δεν ασκείται καμία δύναμη, ο παγοδρόμος ισορροπεί (κινείται με σταθερή ταχύτητα) και εφαρμόζοντας τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα, έχουμε: $\Sigma F_{(x)} = 0$.

Τελικά η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στον παγοδρόμο είναι μηδέν ($\Sigma F = 0$). Τότε όμως και το έργο της συνισταμένης είναι $W_{\Sigma F} = \Sigma F \cdot \Delta x = 0$.

Παρατήρηση: Αν το έργο $W_{\Sigma F}$ ήταν μη μηδενικό δηλαδή αν $W_{\Sigma F} \neq 0$ τότε μεταβάλλεται η κινητική ενέργεια άρα και η ταχύτητα του παγοδρόμου. Ισχύει γενικά $W_{\Sigma F} = \Delta E_K$ δηλαδή το ολικό έργο των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα είναι ίσο με τη μεταβολή της κινητικής του ενέργειας. Το θεώρημα λέγεται θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας ή Θ.Μ.Κ.Ε.

2) Αφού η μπάρα ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα τότε η δύναμη F που ασκεί ο αρχιβρίσκης στη μπάρα είναι ίση με το βάρος της W δηλαδή ισχύει $F=W$. Τότε για το έργο της δύναμης F που ασκήθηκε στη μπάρα κατά την ανύψωσή της κατά h ισχύει $W_F = F \cdot \Delta x$ ή $W_F = F \cdot h$

Όπως ισχύει $F=W$, άρα έχουμε και $W_F = W \cdot h$

(Τότε αυτή ακριβώς η ποσότητα $W \cdot h$ ή mgh είναι και η βαρυτική δυναμική ενέργεια της μπάρας ως προς το οριζόντιο επίπεδο που περνά από τη θέση $h=0$). Έτσι

α) για $W_1 = 1100\,N$ και $h_1 = 1\,m$, έχουμε $W_1 = W_1 \cdot h_1 = 1100\,J$.

β) για $W_2 = 2200\,N$ και $h_2 = 1\,m$, έχουμε $W_2 = W_2 \cdot h_2 = 2200\,J$

γ) για $W_3 = 1100\,N$ και $h_3 = 2\,m$, έχουμε $W_3 = W_3 \cdot h_3 = 1100 \cdot 2 = 2200\,J$

δ) για $W_4 = 2200\,N$ και $h_4 = 2\,m$, έχουμε $W_4 = W_4 \cdot h_4 = 2200 \cdot 2 = 4400\,J$

Άρα ισχύει $W_4 > W_2 = W_3 > W_1$.

3) Το έργο στη σελήνη είναι μικρότερο από το αντίστοιχο έργο της δύναμης που ασκούμε στη γη. Αφού η πέτρα ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα, ισχύει $F=W$. Τότε έχουμε $W_F = F \cdot h = W \cdot h = m \cdot g \cdot h$

Για το έργο της δύναμης που ασκούμε στη γη, έχουμε $W_{F(γη)} = m \cdot g_γ \cdot h$ ενώ για τη σελήνη έχουμε $W_{F(σελήνη)} = m \cdot g_σ \cdot h$. Η μάζα του σώματος στη γη και

στη σελήνη πλησίον σωμάτων δεν μεταβάλλεται. Όμως τα επιταχύνσεων που βρίσκεται στην σελήνη (g_Σ) είναι μικρότερη και μάλιστα το $\frac{1}{6}$ της επιταχύνσεως που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης (g_Γ). Άρα ισχύει $g_\Sigma = \frac{1}{6} g_\Gamma$. Τότε είναι $W_{F(\sigma\varepsilon\lambda\eta\nu\eta)} = m \cdot g_\Sigma \cdot h =$

$$= m \cdot \frac{1}{6} g_\Gamma \cdot h = \frac{1}{6} \cdot m \cdot g_\Gamma \cdot h = \frac{1}{6} W_{F(\gamma\eta)}$$

Άρα ισχύει $W_{F(\sigma\varepsilon\lambda\eta\nu\eta)} = \frac{1}{6} W_{F(\gamma\eta)}$ δηλαδή

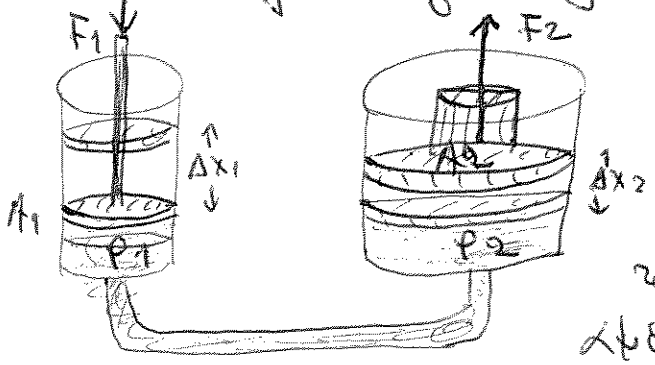
$W_{F(\sigma\varepsilon\lambda\eta\nu\eta)} < W_{F(\gamma\eta)}$ ή γενικά $W_{F(\sigma\varepsilon\lambda\eta\nu\eta)} \neq W_{F(\gamma\eta)}$

Διευκρίνιση: Ισχύει $W_{F(\gamma\eta)} = m \cdot g_\Gamma \cdot h = 1{,}5 \cdot g_\Gamma \cdot 2 =$

$= 3 \cdot g_\Gamma$

και $W_{F(\sigma\varepsilon\lambda\eta\nu\eta)} = \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot g_\Gamma = \frac{g_\Gamma}{2}$.

γ)



Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση p_1 που προκαλείται από το μικρό έμβολο, διαδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του υγρού άρα είναι ίση με την πίεση p_2 που ασκείται από το μεγάλο έμβολο. Άρα έχουμε $p_1 = p_2$ ή $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ ή $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$

Επειδή τα υγρά είναι ασυμπίεστα ο όγκος του συμπιεσμένου υγρού. Έτσι λοιπόν το μικρό έμβολο μετακινείται προς τα κάτω κατά Δx_1 το μεγάλο θα μετακινείται προς τα πάνω κατά Δx_2. Τότε ο όγκος ΔV_1 του υγρού που εκτοπίζεται στη μετακίνηση Δx_1 του μικρού εμβόλου να είναι ίσος με τον όγκο ΔV_2 του υγρού που εκτοπίζεται στη μετακίνηση του μεγάλου εμβόλου. Άρα ισχύει $\Delta V_1 = \Delta V_2$ ή $A_1 \cdot \Delta x_1 = A_2 \cdot \Delta x_2$ ή $\Delta x_2 = \frac{A_1}{A_2} \Delta x_1$

Τότε το έργο W_1 της δύναμης F_1 θα είναι

$W_1 = F_1 \cdot \Delta x_1$ και το έργο W_2 της δύναμης F_2 θα είναι $W_2 = F_2 \cdot \Delta x_2$ ή $W_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \Delta x_1$ ή

$W_2 = F_1 \cdot \Delta x_1 = W_1$.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα δύο έργα στο μικρό και το μεγάλο έμβολο είναι ίσα. Δηλαδή όλη η ενέργεια που προσφέρθηκε μέσω του W_1 στο μικρό έμβολο, μεταφέρθηκε μέσω του W_2 στο μεγάλο έμβολο, έτσι ώστε να ισχύει η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (ή Α.Δ.Ε).

Αφού ισχύει $A_2 > A_1$ άρα $F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1$ ή $F_2 > F_1$ ενώ $\Delta x_2 = \frac{A_1}{A_2} \Delta x_1$ ή $\Delta x_2 < \Delta x_1$. Άρα όταν περνάμε σε δύναμη το χάνουμε σε δρόμο (μετατόπιση) και το αντίστροφο. Αυτή η πρόταση ονομάζεται Χρυσός Κανόνας της Μηχανικής.

5) Τελικά όλη η κινητική ενέργεια της βολιδοκρίδας θα μετατραπεί σε θερμική ενέργεια και σε ενέργεια δόνησης παραμόρφωσης του ακτοπλοίου και της βολιδοκρίδας. Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η κινητική ενέργεια της βολιδοκρίδας τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η παραμόρφωση που θα υποστεί το ακτοπλοίο. Όμως η κινητική ενέργεια της βολιδοκρίδας δίνεται από τη σχέση $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ όπου m είναι η μάζα

και U η ταχύτητα του βολοδρόμου. Άρα σε μία πλαστική σύγκρουση ανάμεσα στη μπάλα m και στον βολοδρόμο. Όσο μεγαλύτερη είναι η μπάλα και όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του μεγαλύτερη είναι και η παραμόρφωση.

Δράση Αντίδραση: Στην προηγούμενη η παραμόρφωση είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη F που θα ασκηθεί στο αυτοκίνητο. Η δύναμη F είναι $F = m\frac{\Delta U}{\Delta t}$

Το γινόμενο m.U ορίζει ένα καινούργιο μέγεθος της δυναμικής που ονομάζεται ορμή (p) και ισχύει $p = m.U$

Άρα για τη μεταβολή της ορμής έχουμε

$\Delta p = m.\Delta U$, οπότε έχουμε $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

Επειδή η τελική ταχύτητα του βολοδρόμου είναι μηδέν, έχουμε $\Delta U = U$ άρα $\Delta p = m.U$

Παρατηρούμε λοιπόν πως όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα m και η ταχύτητα U του βολοδρόμου τόσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή της ορμής της Δp και τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη F ($F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$)

Παρατηρείστε όλως επίσης το μέτρο της δύναμης F εξαρτάται και από το χρόνο Δt που διαρκεί η σύγκρουση.

Το χρόνο αυτό που επιδιώξε το υλικό από το λοιπό είναι κατασκευασμένα το αυτοκίνητο και η βολοδρόμος. Όσο πιο μικρός είναι ο χρόνος Δt δηλαδή όσο πιο απότομη είναι η σύγκρουση τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη τόσο ισχυρότερη

είναι η επιτάχυνση. Οι κατασκευαστές των αυτοκινήτων προκειμένου να κατασκευάσουν τα αυτοκίνητα από υλικά που παραμορφώνονται εύκολα ώστε να αυξάνεται ο χρόνος επαφής Δt καθώς και η διάρκεια της επιτάχυνσης και να μειώνεται η μέγιστη δύναμη F που ασκείται κατά τη σύγκρουση.

6) Αρχικά η μπάλα κατά την αφετηρία της είχε μηχανική ενέργεια δυναμική κινητική (E_K) και δυναμική ($U_{βαρ}$). Στη μέγιστη δυναμική της ενέργεια την είχε η μπάλα στις άκρες της δίσκου, δηλαδή εκεί που άλλαζε τη μέγιστη κλίση ή από το σύνολο (επίπεδο συμφερά). ~~Στις [illegible] $U_{βαρ}$ = μ.φ.η στα~~ Είχαμε $U_{βαρ}$ = μ.φ.η άρα σε μέγιστο ύψος είναι το ίδιο μεγαλύτερο είναι και η δυναμική ενέργεια της μπάλας. Όπως σε μια ευθύγραμμη δίσκη η μπάλα είχε και κινητική και δυναμική ενέργεια ενώ στην χαμηλότερη θέση της τροχιάς της είναι $h=0$ (η αρχή μέτρου), οπότε $U_{βαρ}=0$ άρα εδώ η μηχανική της ενέργεια είχε μετατραπεί σε κινητική. Δηλαδή σ' αυτή τη θέση, η μπάλα είχε μέγιστη κινητική ενέργεια ($E_K=\frac{1}{2}mv^2$) άρα και μέγιστη ταχύτητα. Όπως αν κρίσουμε την μπάλα να κινηθεί ελεύθερα τότε μετά από λίγο σταματάει,

Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν και δυνάμεις τριβής που αντιστέκονται στην κίνηση της κούπας με αποτέλεσμα -100- η κινητική της ενέργεια σταδιακά να μειώνεται μέχρι να μετατραπεί σε θερμική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια της κούπας δεν διατηρείται σταθερή γιατί κατά τη διάρκεια της κίνησής της δέχεται μόνο το έργο της αλλά υπάρχουν και δυνάμεις τριβής όπως είπαμε

Μέσω δουλειάς του έργου των δυνάμεων της τριβής η κινητική ενέργεια μετατράπηκε σε θερμική. Ισχύει $E_{κινητική} \xrightarrow{W_T} E_{θερμική}$

δε $E_{κινητική} = E_{θερμική} = W_T$.

7) α) Τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι μας από ύψος h κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα v_0 έχει δυναμική ενέργεια $U_{βαρ} = m \cdot g \cdot h$ και κινητική ενέργεια $E_κ = \frac{1}{2} m v_0^2$.

Άρα έχει αρχικά συνολική μηχανική ενέργεια

$E_{αρχ} = mgh + \frac{1}{2} m v_0^2$. Στη συνέχεια και καθώς η μπάλα ανεβαίνει κατακόρυφα προς τα πάνω (ολοένα) η ταχύτητά της αρχίζει και η κινητική της ενέργεια μειώνεται ενώ η δυναμική της ενέργεια αυξάνεται (αφού αυξάνεται το ύψος h). Στο μέγιστο ύψος, η μπάλα έχει μόνο δυναμική ενέργεια. Αφού τότε η δυναμική ενέργεια της μπάλας έχει μέγιστη τιμή, ενώ η κινητική της ενέργεια μηδενίζεται αφού στο μέγιστο ύψος η ταχύτητα μηδενίζεται $v = 0$. (Αν $v \neq 0$ τότε η μπάλα δε θα βρίσκεται στο μέγιστο ύψος και θα συνεχίζει να ανεβαίνει).

Στη συνέχεια και κατά την πτώση η δυναμική ενέργεια της μπάλας μειώνεται, ενώ αυξάνεται η κινητική της ενέργεια. Τη στιγμή που η μπάλα φτάνει στο χέρι μας είχε δυναμική ενέργεια $U = mgh$ άρα ίση με την αρχική, ομοίως και η κινητική της ενέργεια θα είναι $E_K = \frac{1}{2}mv^2$ ίση με την αρχική. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως υεύο διαδοχικά μπάλα φτάνει στο χέρι μας με την ίδια κατά μέτρο ταχύτητα. Όπως η φορά της είναι προς τα κάτω. Τα προηγούμενα ισχύουν γιατί θεωρήσαμε πως ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε. Δηλαδή θεωρήσαμε ότι κατά τη διάρκεια της κίνησης της μπάλας από τη στιγμή που φεύγει από το χέρι μας και έρχεται να συναντήσει το έδαφος, δεχόταν μόνο το βάρος της. Δηλαδή θεωρήσαμε ότι δεν υπάρχουν αντιστάσεις και τριβές από τον αέρα.

β) ~~Όταν η μπάλα~~ Αρχικά η κινητική ενέργεια του σώματος και μεταμορφώνεται μέσω του έργου της δύναμης που ασκούμε στη χορδή του τόξου ~~κατά επιτάχυνση~~ και μετατρέπεται σε δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης της χορδής. Αν στη συνέχεια αφήσουμε τη χορδή ελεύθερη τότε όλη η αρχική δυναμική της ενέργεια μετατρέπεται πρώτα στη στιγμή που το βέλος αφήνει το τόξο σε κινητική ενέργεια του βέλους. Από την Α.Δ.Μ.Ε η κινητική ενέργεια του βέλους τη στιγμή που εγκαταλείπει το τόξο είναι

Ίση με την αρχική δυναμική ενέργεια εξαιτίας παραμόρφωσης του ελαστικού σχοινιού. Όμως σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας (Α.Δ.Ε) η αρχική δυναμική ενέργεια του σχοινιού είναι ίση με τη χημική ενέργεια που του προσφέρθηκε για να την εκτελούμε έργο ισχύουν: Α.Δ.Ε : Εχημ = Uελ

και Α.Δ.Μ.Ε: Uελ = Εκ = $\frac{1}{2} m v_0^2$.

γ) Η αρχική κινητική ενέργεια του αθλητή καθώς και η χημική ενέργεια που μετατράπηκε από τη δύναμη που άσκησε ο αθλητής στο κουτάρι μετατράπηκε σε δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης στο κουτάρι. Στη συνέχεια η δυναμική ενέργεια του κουταριού μετατράπηκε σε κινητική και δυναμική ενέργεια του αθλητή. Τη στιγμή που ο αθλητής φτάνει στο μέγιστο ύψος όλη η ενέργεια που προσφέρθηκε στον αθλητή μετατράπηκε σε μέγιστη βαρυτική δυναμική ενέργεια. Στη συνέχεια καθώς ο αθλητής κινείται προς τα κάτω η βαρυτική δυναμική του ενέργεια μετατράπηκε σε κινητική ενέργεια. Μόλις τη στιγμή που ο αθλητής χτυπάει στο στρώμα είχε τη μέγιστη κινητική του ενέργεια.

8) Αν σ' όλη τη διάρκεια της κίνησης η μόνη δύναμη που ασκείται στο βάρος είναι η δύναμη ελαστικής παραμόρφωσης από τη χορδή (το βάρος της οριζόντιας κίνησης δεν παράγει έργο), τότε ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε. (Αρχή Διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας). Δηλαδή η κινητική ενέργεια που έχει το βάρος τη στιγμή της εκτόξευσης είναι ίση με την αρχική δυναμική ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης της χορδής. Άρα έχουμε

$E_{κ} = U_{ελ} = 50\,J$.

Παρατήρηση: Ισχύει Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ}^{αρχ} = E_{μηχ}^{τελ}$ ή

$E_{κ}^{αρχ} + U_{αρχ} = E_{κ}^{τελ} + U_{τελ}$ ή $U_{αρχ} = E_{κ}^{τελ}$ ή

$E_{κ} = 50\,J$.

9) α) Στη φλαντζάρα η χημική της ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική

β) Στο ψυγείο η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και σε φωτεινή ενέργεια. Παρατήρηση: Η ωφέλιμη φωτεινή ενέργεια είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό της δαπανώμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

10) Στο καρδιακό αυτοκινητάκι αρχικά είναι αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης. Στο αυτοκινητάκι που δε λειτουργεί με μπαταρίες, αρχικά είναι αποθηκευμένη στις μπαταρίες του χημική ενέργεια.

Στη συνέχεια στο καρδιακό αυτοκινητάκι η ελαστική δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.

Ενώ στο αυτοκινητάκι με τις μπαταρίες η χημική του ενέργεια μετατρέπεται αρχικά σε ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια σε κινητική.

Τελικά η κινητική τους ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική λόγω των τριβών.

11) Το μπαλάκι του πίνγκ-πονγκ θα συγκρούεται ελαστικά με το πάτωμα. Αν δεν υπήρχαν επιπλέον αντιστάσεις (δυνάμεις απόσβεσης) αυτό θα επιστρέφει ανεβαίνοντας στην αρχική του θέση. Σ' αυτή την περίπτωση λέμε ότι ισχύει η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε). ~~Το μπαλάκι~~ Η σφαίρα από ηλεκτρόνια θα συγκρούεται με το πάτωμα και πολλές άλλες. Λέμε τότε ότι η κρούση είναι πλαστική. Δεν ισχύει η Α.Δ.Μ.Ε αφού όλη η κινητική ενέργεια της σφαίρας μετατράπηκε κατά την κρούση σε θερμική και σε ενέργεια δόνησης παραμόρφωσης. Όμως η συνολική θερμική ενέργεια ~~[illegible]~~ και η ενέργεια δόνησης παραμόρφωσης είναι ίση με την κινητική ενέργεια που είχε η σφαίρα ακριβώς πριν την κρούση, ώστε να ισχύει η Α.Δ.Ε

δηλαδή η αρχή διατήρησης της ενέργειας. Δηλαδή η ωσμωτική ενέργεια δεν εξαφανίζεται ή χάνεται και να μετατρέπεται και να μεταφέρεται, ώστε η ωσμωτική ποσότητα να παραμένει σταθερή.

12) Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου προέρχεται από τη χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στον οργανισμό του. Δηλ το αυτοκίνητο λέμε η κινητική του ενέργεια, προέρχεται από τη χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα καύσιμά του.

13) Κατά την κίνηση του αυτοκινήτου η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου και σε θερμική ενέργεια που μεταφέρεται μέσω των καυσαερίων στο περιβάλλον ισχύει $E_{χημ} = E_κ + E_{θερμική}$.

Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος μετατρέπεται σε θερμική (Q) μέσω του έργου των δυνάμεων τριβής που ασκούνται στο αυτοκίνητο. Δηλ έχουμε $E_κ = Q$. Τελικά προκύπτει $E_{χημ} = Q + E_{θερμική}$.

Δηλαδή όλη η χημική ενέργεια μετατράπηκε σε θερμική που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας με τη μορφή θερμότητας στο περιβάλλον. Η ωσμωτική ποσότητα ενέργειας διατηρείται, δηλαδή η αρχική θερμότητα είναι όση η χημική ενέργεια που απορρόφησε από τα καύσιμα. Όμως η θερμότητα έχει μειωμένη ικανότητα παραγωγής μηχανικού έργου. Λέμε δηλαδή ότι η ενέργεια υποβαθμίζεται

και η ηλεκτρονές της.

14) Η ενέργεια είναι κβαντισμένη όταν περιέχεται σε μη μορφή ελάχιστης δυνατής ενέργειας.

Αυτή προήλθε από τη μελέτη των ηλεκτρονίων δυνάμεων πάνω στα ηλεκτρόνια. Έτσι και κβαντική κατάσταση ενδεχομένως βιβλιοθήκη είτε περισσότερη ελάχιστη δυνατή ενέργεια, όπως ακριβώς όταν εμπλέξεται ένα ελατήριο η κατάσταση ένα κομμάτι δέντρου. Όταν ξεπεραστεί το όριο κινητικής του περιοχής εγκαταλείψει δυνατή διάρρηξη και το περιοχή επαναδημιουργείται διάρρηξη κανονικά προς τα πίσω όπως ακριβώς αν αφήναμε το κομμάτι δέντρου η το ελατήριο να κινηθεί ελεύθερα.

Απελευθερώνεται τόση ενέργεια που χρειάζεται για τη μετακίνηση των περιοχών στη νέα τους θέση και για τη δημιουργία δεσμικών πυρήνων, που διαδίδονται κανονικά προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τελικά είδαμε ότι η ελάχιστη δυνατή ενέργεια μεταφράστηκε σε κινητική ενέργεια των περιοχών και σε δυναμική ενέργεια των πυρήνων που δημιουργούνται στο εσωτερικό.

15) α) Από τον ορισμό της ισχύος έχουμε $P = \frac{W}{t}$ ή $W = P \cdot t$. Άρα $W_A = P_A \cdot t$ και $W_B = P_B \cdot t$. Όμως ισχύει $P_A > P_B$ άρα και $W_A > W_B$. Δηλαδή η μηχανή με τη μεγαλύτερη ισχύ, παράγει στον ίδιο χρόνο περισσότερο έργο.

β) Από τη $P = \frac{W}{t}$ ή $t = \frac{W}{P}$. Οπότε

$t_A = \frac{W}{P_A}$ και $t_B = \frac{W}{P_B}$. Παρατηρούμε λοιπόν πως η μηχανή Α που είχε τη μεγαλύτερη ισχύ ($P_A > P_B$) παράγει σε μικρότερο χρόνο ($t_A < t_B$) το ίδιο έργο με τη μηχανή Β.

Δηλαδή ο χρόνος (t) είναι αντιστρόφως ανάλογος της ισχύος για την παραγωγή συγκεκριμένου έργου (W) είναι αντιστρόφως ανάλογος της ισχύος (P).

16) Για την ισχύ του ηλεκτρικού ισχύει

$P = \frac{E_{ηλ}}{t}$ ή $E_{ηλ} = P \cdot t = 100 \cdot 10 \cdot 60$ ή $E_{ηλ} = 60.000\,J$.

Ενώ ωφέλιμη χρήσιμη φωτεινή ενέργεια λόγω $E_{χρήσ} = 12.000\,J$

Η υπόλοιπη ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταφέρεται με τη μορφή θερμότητας στον αέρα του δωματίου και τον θερμαίνει.

Στην περίπτωσή μας ισχύει ότι η Π.Ο.Ε δηλαδή $E_{\text{μη}} = E_{\text{θερμ}} + E_{\text{χρήσιμη}}$ ή $E_{\text{θερμ}} = E_{\text{μη}} - E_{\text{χρήσιμη}} =$ (108-4)

$= 60.000 - 12.000 =$

$= 48.000\,J.$

Παρατήρηση: Ο συντελεστής απόδοσης του συγκεκριμένου ηλεκτρικού είναι $\eta = \frac{E_{\text{χρήσιμη}}}{E_{\text{προσφερόμενη}}} \cdot 100\%$

ή $\eta = \frac{12.000}{60.000} 100\%$ ή $\eta = 20\%$

17) Έστω ότι η ισχύς του κινητήρα μας είναι 100 HP. Ισχύει πως $1\,HP = \frac{3}{4}\,kW$ ή

$1\,HP = \frac{3}{4} \cdot 1000\,W = 750\,W$

Τότε οι 100 HP είναι, $100\,HP = 100 \cdot 750 =$

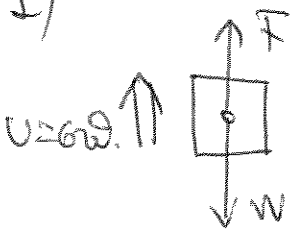
$= 75.000\,W$

Από τον πίνακα 5.3 του βιβλίου μας βρίσκουμε πως η ισχύς ενός αλόγου που καλπάζει είναι 1000W

Τότε ο αριθμός των αλόγων που πρέπει να καβαλήσουμε είναι, αριθμός αλόγων $= \frac{75.000}{1000} = 75.$

Άρα 75 άλογα δίνουν συνολική ισχύ 100 HP, όση δηλαδή είναι και η ισχύς του κινητήρα μας.

Ασκήσεις

1) 

Αφού το γυαλί ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα τότε η δύναμη F που ασκεί ο γερανός προς τα πάνω στο γυαλί είναι ίση με το βάρος του w. Ισχύει λοιπόν $F_{\text{ολ}}=0$ και $F-w=0$ και $F=w=m\cdot g=150\cdot 10=1500\,N$.

Τότε για το έργο της δύναμης F, έχουμε:
$W_F=F\cdot\Delta x=F\cdot h=1500\cdot 12=18.000\,J$.

2) Θεωρώντας πως ο φτερωτός ανεβαίνει στο βάρος με σταθερή ταχύτητα, έχουμε
$W=F\cdot\Delta x=w\cdot h=m\cdot g\cdot h$ και $m=\frac{w}{g\cdot h}$ και
$m=\frac{2800}{10\cdot 4}=\frac{280}{4}$ και $m=70\,kg$.

3) Αφού η πλάκα ανυψώνεται με σταθερή ταχύτητα τότε η δύναμη F που ασκεί ο πύργος Δημήλι είναι ίση με το βάρος της w. Από τη συνθήκη ισορροπίας (1ος Νόμος του Newton), έχουμε λοιπόν πως $F_{\text{ολ}}=0$ και $F-w=0$ και $F=w$. Τότε είναι
$W=F\cdot\Delta x=F\cdot h=w\cdot h=m\cdot g\cdot h=250\cdot 10\cdot 2{,}3\,J$
και $W=5750\,J$. Κατά την ανύψωση της πλάκας η δύναμη F του ανελκυστήρα και η μετατόπιση Δx της πλάκας έχουν την ίδια φορά (και τα δύο διανύσματα

έχουν φορά προς τα πάνω). Αυτό εξηγεί και το θετικό πρόσημο του έργου.

β) Όταν η μπάλα βρίσκεται ακίνητη πάνω από το κεφάλι του αδρανή η μετατόπιση Δx της μπάλας είναι μηδέν, $\Delta x = 0$. Άρα δεν παράγεται καθόλου έργο αφού $W = F \cdot \Delta x = 0$.

γ) Στην περίπτωση ο αδρανής ασκεί μια δύναμη F αντίθετη του βάρους w που είναι ακλόνητη και έχει φορά προς τα πάνω. Όπως η μετατόπιση Δx έχει φορά προς τα κάτω (επιλέξαμε έτσι αρχικά). Άρα η δύναμη F και η μετατόπιση Δx έχουν αντίθετη φορά, οπότε το έργο της δύναμης F είναι αρνητικό. Έτσι έχουμε $W = -F \cdot \Delta x$

και $W = -F \cdot h = -w \cdot h = -m \cdot g \cdot h = -5750\,J$.

δ) α) $U_{βαρ} = m \cdot g \cdot h = 2 \cdot 10 \cdot 2 = 40\,J$

β) $U_{βαρ} = mg(h - h') = 2 \cdot 10 (2 - 1{,}6) = 20 \cdot 0{,}4 = 8\,J$.

Παρατηρούμε λοιπόν πως η βαρυτική δυναμική ενέργεια εξαρτάται κάθε φορά από το επίπεδο που επιλέγουμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας ή επίπεδο αναφοράς. Προσέξτε πως πάλι το όχος για τον υπολογισμό της δυναμικής ενέργειας το υπολογίζουμε από το επίπεδο αναφοράς!

5) α) $\upsilon = 72 \frac{km}{h} = 72 \frac{1000 m}{3600 s} = \frac{72}{3,6} m/s$

η' $\upsilon = 20 m/s$. Τότε έχουμε

$E_K = \frac{1}{2} m \upsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 20^2 = 200.000 J$

β) Πρόκειται $\upsilon = 144 \frac{km}{h} = \frac{144}{3,6} = 40 m/s$. Τότε

έχουμε $E_K = \frac{1}{2} m \upsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 40^2 = 800.000 J$.

Παρατηρούμε πως ενώ η ταχύτητα του αυτοκινήτου διπλασιάστηκε, η κινητική του ενέργεια τετραπλασιάστηκε.

6) Ισχύει $E_K = \frac{1}{2} m \upsilon^2 = \frac{1}{2} \cdot 75 \cdot 2,29^2 = 196,65 J$

7) Θεωρούμε ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο πάτωμα. Τότε όταν αρχικά το βιβλίο βρίσκεται πάνω στο τραπέζι, έχει δυναμική ενέργεια $U_{αρχ} = m \cdot g \cdot h_1 = 1,2 \cdot 10 \cdot 0,75$

η' $U_{αρχ} = 9 J$. Όταν τελικά το βιβλίο βρεθεί πάνω στο ράφι έχει δυναμική ενέργεια

$U_{τελ} = m \cdot g \cdot h_2 = 1,2 \cdot 10 \cdot 2,25$ η' $U_{τελ} = 27 J$. Άρα η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του βιβλίου είναι $\Delta U = U_{τελ} - U_{αρχ} = 27 - 9$ η' $\Delta U = 18 J$

Προσοχή: α) Η ΔU είναι ανεξάρτητη από το επίπεδο αναφοράς β) Το έργο του βάρους για την ανύψωση του βιβλίου είναι $W_w = -\Delta U = -18 J$.

8) Η μηχανική ενέργεια είναι ίση με το άθροισμα της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας του αεροπλάνου. Άρα έχουμε

$E_{μηχ} = U_{βαρ} + E_κ = w \cdot h + \frac{1}{2} m v^2$ όπου

$w = mg$ ή $m = \frac{w}{g}$ άρα $E_{μηχ} = w \cdot h + \frac{1}{2} \frac{w}{g} v^2$. Με αντικατάσταση των τιμών προκύπτει

$$E_{μηχ} = 2,22 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^3 + \frac{1}{2} \frac{2,22\,10^6}{10} \cdot 300^2 =$$

$$= 2,22 \cdot 10^{10} + 7,104 \cdot 10^{10} = 9,324 \cdot 10^{10} J \text{ ή } 93240 MJ.$$

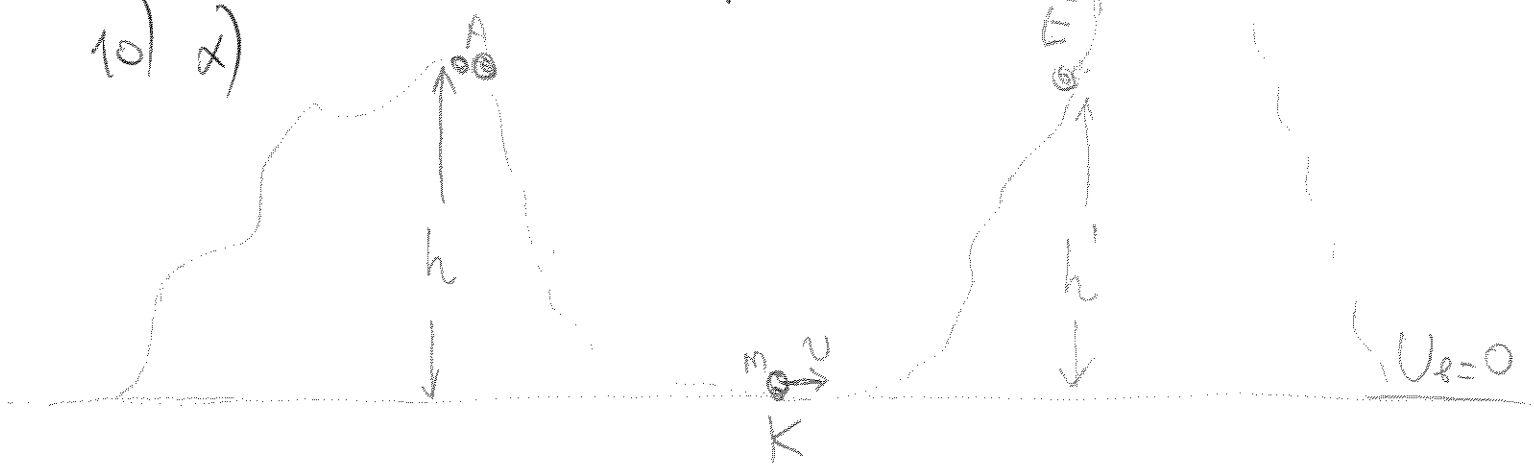
9)α) Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που είχε αρχικά η καλίκου ως προς το οριζόντιο επίπεδο που θεωρούμε ότι είναι το επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας είναι $U_{αρχ} = w \cdot h = m \cdot g \cdot h$. Αρχικά η καλίκου δεν είχε κινητική ενέργεια εφόσον θεωρούμε ότι ξεκινάει από την ηρεμία άρα έχουμε $E_{κ αρχ} = 0$. Όταν η καλίκου φτάνει στο έδαφος όπου $h = 0$, θα η τελική δυναμική της ενέργεια είναι θα είναι επίσης μηδέν, δηλαδή έχουμε $U_{τελ} = 0$. Αντίθετα λόγω της διάρκειας της πτώσης της καλίκου η δική της δύναμη που αντιτίθεται στην είναι το βάρος της (αγνοούμε από τον αέρα θεωρούντας αμελητέες). Άρα ισχύει η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε) οπότε έχουμε: Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ}^{(αρχ)} = E_{μηχ}^{(τελ)}$ ή $U_{αρχ} + E_{κ αρχ} = U_{τελ} + E_{κ τελ}$

ή $mg \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$ ή $v = \sqrt{2gh}$. Παρατηρούμε πως η ταχύτητα με την οποία φτάνει η μπάλα στο έδαφος είναι ανεξάρτητη της μάζας της. Άρα $v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 4} = \sqrt{80} = 4\sqrt{5}\ m/s$ ή $v = 8,94\ m/s$.

β) Έφτασαν και το βιβλίο και η μπάλα στο έδαφος από το ίδιο ύψος, φτάνει επίσης με ταχύτητα $v = \sqrt{2gh} = 4\sqrt{5}\ m/s$ στο έδαφος. Η ταχύτητα είναι πως είναι ανεξάρτητη της μάζας.

γ) Το μέτρο της ταχύτητας είναι $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$. Άρα βλέπουμε ότι εξαρτάται μόνο το ύψος h από το οποίο πέφτει ένα σώμα και όχι από το βάρος της περιοχής. Όπως και σ' αυτήν την περίπτωση ένα σώμα που πέφτει στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα. Έχουμε δηλαδή πάλι το ίδιο αποτέλεσμα.

10) α)



Κατά τη διάρκεια της κίνησης δεν υπάρχουν τριβές, οπότε η μόνη δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι το βάρος του, οπότε ισχύει η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε) που σημαίνει πως η μηχανική ενέργεια του σκιέρ κατά τη διάρκεια της κίνησής του διατηρείται σταθερή. Έστω λοιπόν πως ο σκιέρ ξεκινάει από τη θέση Α σε ύψος h από την οριζόντια επιφάνεια (επίπεδο αναφοράς). Τότε για να υπολογίσουμε την ταχύτητα υ με την οποία φτάνει ο σκιέρ στην κορυφή (σημείο Κ) έχουμε

Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ}^{αρχ} = E_{μηχ}^{τελ}$ ή $U_{αρχ} + \cancel{E_κ^{αρχ}}^{0} = \cancel{U_{τελ}}^{0} + E_κ^{τελ}$ ή

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \upsilon^2 \text{ ή } \upsilon = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 45}$$

$$\text{ή } \upsilon = \sqrt{900} \text{ ή } \upsilon = 30 m/s \text{ ή } \upsilon = 108 km/h$$

Παρατηρούμε πως η ταχύτητά του είναι ανεξάρτητη της μάζας του.

β) Και για την κίνηση του σκιέρ από το σημείο Κ στο σημείο Σ έχουμε,

Α.Δ.Μ.Ε: $E_{μηχ}^{αρχ} = E_{μηχ}^{τελ}$ ή $\frac{1}{2} m \upsilon^2 = mgh'$ ή $h' = \frac{\upsilon^2}{2g}$

ή $h' = \frac{900}{20}$ ή $h' = 45 m = h$. Παρατηρούμε λοιπόν πως εφόσον δεν υπάρχουν τριβές, ο σκιέρ ανεβαίνει στο ίδιο ύψος.

Παρατήρηση: Για τον υπολογισμό του ύψους h' βλέπουμε να πάρουμε Α.Δ.Μ.Ε και μεταξύ των θέσεων Α και Ε οπότε έχουμε

$E_{μηχ}^{αρχ} = E_{μηχ}^{τελ}$ ή $U_{αρχ} + \cancel{E_{κ}^{αρχ}}^{0} = U_{τελ} + \cancel{E_{κ}^{τελ}}^{0}$ ή

$\cancel{m}\cdot g\cdot h = \cancel{m}\cdot g\cdot h'$ ή $h' = h = 45\,m.$

11) α) Αρχικά ο βράχος έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ίση με $U = w\cdot h = m\cdot g\cdot h = 20\cdot 10\cdot 100\,J$ ή $U = 20.000\,J$ ως προς το πεδίο.

β) Από την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας έχουμε Α.Δ.Μ.Ε: $U_{αρχ} + \cancel{E_{κ}^{αρχ}}^{0} = \cancel{U_{τελ}}^{0} + E_{κ}^{τελ}$

ή $U_{αρχ} = E_{κ}^{τελ} = 20.000\,J$. Παρατηρούμε λοιπόν πως όλη η δυναμική ενέργεια του βράχου μετατράπηκε σε κινητική τη στιγμή που άκουμπάει στο πεδίο.

---

12) α) $E_κ = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\cdot 900\cdot 20^2 = 180.000\,J$

β) Η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου ελαττώνεται λόγω των φρεναρίσματος, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια (Q), μέσω του έργου της τριβής. Το έργο της τριβής είναι ίσο και αντίθετο με τη

μ' αυτήν τη θερμική ενέργεια. Δηλαδή
ισχύει $Q = E_K = |W_T|$

γ) Η συνολική θερμική ενέργεια Q που παράγεται κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος είναι ίση με την αρχική του κινητική ενέργεια δηλαδή $Q = E_K$. Όμως ισχύει $|W_T| = T \cdot \Delta x$ άρα προκύπτει

$$E_K = T \cdot \Delta x \text{ η } \Delta x = \frac{E_K}{T} = \frac{180.000}{9000} \text{ η } \Delta x = 20 m.$$

13) α) $E_K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 700 \cdot 30^2 = 315.000 J$ η $3,15 \cdot 10^5 J$.

β) Το έργο της δύναμης είναι ίσο με τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου. Άρα $W_F = E_{K\,τελ} - E_{K\,αρχ}$ όπου $E_{K\,τελ} = 0$ και $E_{K\,αρχ} = E_K = 3,15 \cdot 10^5 J$. Τελικά προκύπτει $W_F = 0 - 3,15 \cdot 10^5$ η $W_F = -3,15 \cdot 10^5 J$.
Το αρνητικό πρόσημο δικαιολογείται διότι η δύναμη F που ασκεί η πολύνα έχει αντίθετη φορά από τη μετατόπιση Δx του αυτοκινήτου. Βέβαια κατ' απόλυτη τιμή έχουμε $|W_F| = 3,15 \cdot 10^5 J$.

γ) Για το έργο σταθερής δύναμης ισχύει η σχέση $W_F = -F \cdot \Delta x$ ($\vec{F}$ και $\Delta\vec{x}$ έχουν αντίθετη φορά) άρα $-3,15 \cdot 10^5 = -F \cdot 0,4$ η
$F = 7,875 \cdot 10^5 N$ η $F = 787.500 N$.

(Ε)

14) Η χημική ενέργεια του μαθητή μετατρέπεται σε βαρυτική δυναμική ενέργεια ($U_{βρ}$) σ' όλο αυτό βρεθεί σε ύψος $h=3m$ από το οριζόντιο έδαφος. Άρα ισχύει $E=U_{βρ}=m.g.h=60.10.3=1800J$

Η μέση ισχύς του μαθητή είναι λοιπόν:

$$P=\frac{E}{t}=\frac{1800}{4} \text{ η } P=450W \text{ η } 0,45KW.$$

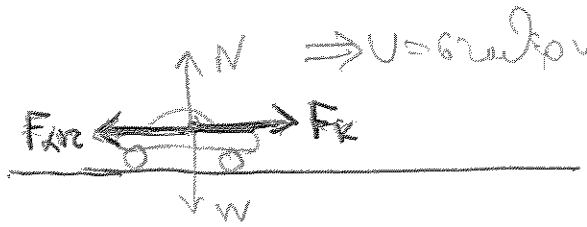
15) Για το έργο της σταθερής δύναμης του ανελκυστήρα έχουμε $W_F=F.\Delta x=F.h=$

$=100.000.15=1.500000J$ η 15.10^5J.

Άρα η ισχύς του ηλεκτρικού κινητήρα είναι

$$P=\frac{W_F}{t}=\frac{15.10^5}{30}=0,5.10^5W \text{ η } 50.000W \text{ η } 50KW$$

Αν αλλάξει ο χρόνος που απαιτείται για να ανέβει ο ανελκυστήρας στο προαλπινό ύψος, άρα το έργο της δύναμης F που ασκείται από τον ανελκυστήρα δε μεταβάλλεται. Όμως θα παράγεται το ίδιο έργο σε μικρότερο χρόνο, οπότε η ισχύς του κινητήρα είναι διαφορετική (μεγαλύτερη) και ίση με $P=\frac{W_F}{t'}=\frac{15.10^5}{20}=0,75.10^5W$ η $75000W$ η $75KW$

16α) 

Στην οριζόντια διεύθυνση δέχονται το αυτοκίνητο η δύναμη $F_κ$ από τον κινητήρα του και η δύναμη $F_{αντ}$ που είναι οι συνολικές αντιστάσεις από τον αέρα και την άσφαλτο που δέχονται το αυτοκίνητο. Επειδή το αυτοκίνητο ισορροπεί (κινείται με σταθερή ταχύτητα) από τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα ισχύει $F_{ολ}=0$ ή $F_κ - F_{αντ}=0$ ή $F_κ = F_{αντ} = 3000\,N$.

β) Για τη σταθερή ταχύτητα με την οποία κινείται το αυτοκίνητο ισχύει $υ=\frac{Δx}{t}$ ή $Δx = υ \cdot t = 30 \cdot 20$ ή $Δx = 600\,m$.

γ) Η χημική του αυτοκινήτου προσφέρει στο αυτοκίνητο μέσω της σταθερής δύναμης $F_κ$ ενέργεια που είναι ίση με το έργο της $F_κ$. Άρα ισχύει
$$E = W_{F_κ} = F_κ \cdot Δx = 3000\,N \cdot 600\,m = 18 \cdot 10^5\,J.$$

δ) Η ισχύς του κινητήρα του αυτοκινήτου είναι
$$P = \frac{E}{t} = \frac{18 \cdot 10^5}{20} = 9 \cdot 10^4\,W \text{ ή } 90000\,W \text{ ή } 90\,kW$$
Πρακτικά: Ισχύει και $P = \frac{E}{t} = \frac{W_{F_κ}}{t} = \frac{F_κ \cdot Δx}{t} = F_κ \cdot υ$ ή
$P = 3000 \cdot 30$ ή $P = 90.000\,W$ ή $P = 90\,kW$.

17) α) Ισχύει $U_{βαρ} = w \cdot h = m \cdot g \cdot h =$

$= 30.000 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 15$ η' $U_{βαρ} = 45 \cdot 10^8$ J

Αυτή είναι η δυναμική βαρυτική ενέργεια της λοβού της νερού που πέρτει σε ένα λεπτό ($t = 1 min = 60 s$).

β) Για την απόδοση του υδροηλεκτρικού σταθμού έχουμε $η = \frac{Ε_{χρήσιμη}}{Ε_{προσφερόμενη}}$ η' $η = \frac{Ε_{ηλεκτρική}}{U_{βαρ}}$

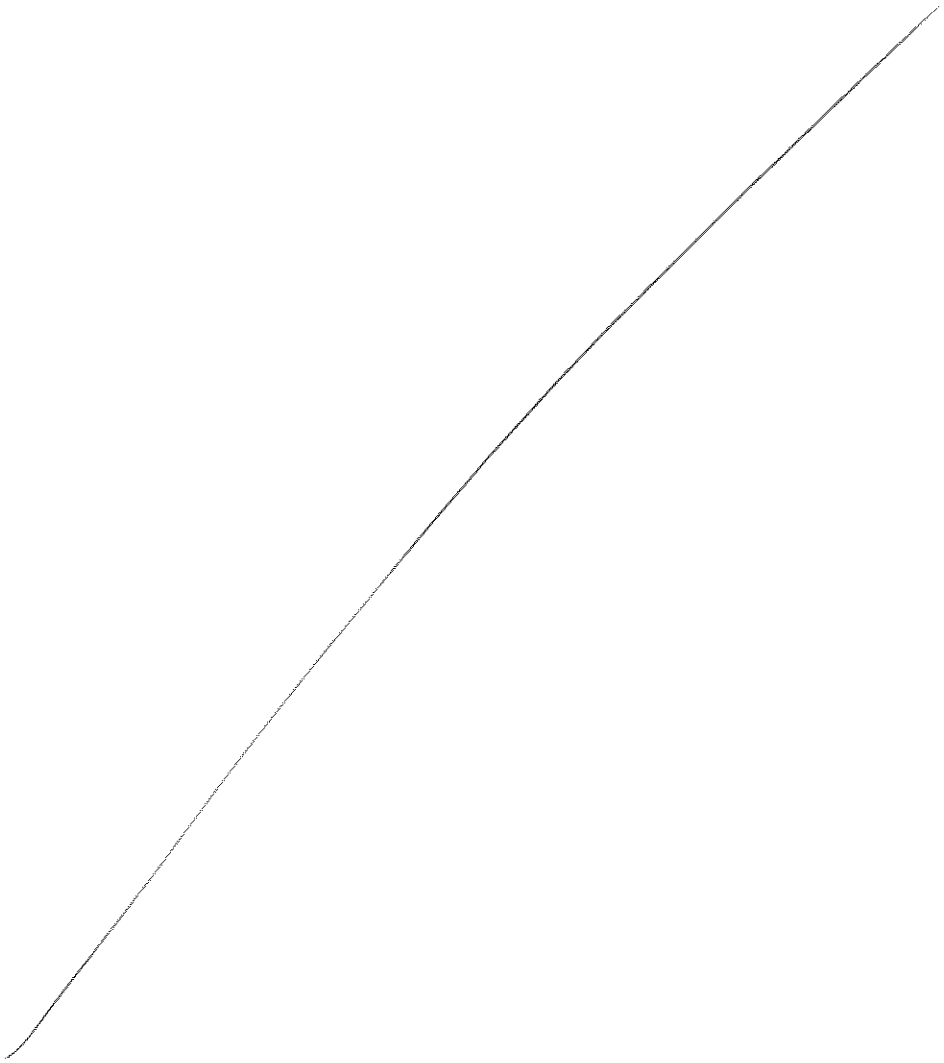
η' $\frac{60}{100} = \frac{Ε_{ηλεκτρική}}{45 \cdot 10^8}$ η' $Ε_{ηλεκτρική} = 0,6 \cdot 45 \cdot 10^8$

η' $Ε_{ηλεκτρική} = 27 \cdot 10^8$ J (ανά λεπτό).

γ) Για την ισχύ του σταθμού έχουμε

$P_{ηλ} = \frac{Ε_{ηλ}}{t} = \frac{27 \cdot 10^8}{60} = 0,45 \cdot 10^8$ W η' $45 \cdot 10^6$ W

η' 45 MW.



ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Ερωτήσεις

▶ **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) – Θ εφμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος με το οποίο περιγράφουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα.

– Για τη βαθμονόμηση του θερμομέτρου ο Σουηδός Κέλσιος χρησιμοποίησε δύο σταθερές θερμοκρασίες. ~~Τη θερμοκρασία των βραστών νερών~~

– Το 0 στην κλίμακα Κελσίου αντιστοιχεί στη θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος.

– Το μηδέν της κλίμακας Κέλβιν ονομάζεται απόλυτο μηδέν. Αντιστοιχεί στους −273 °C και είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει στη φύση.

– Τη θερμοκρασία ενός σώματος μπορούμε να τη μετρήσουμε υποκειμενικά με την αίσθηση της αφής αλλά και αντικειμενικά με ένα θερμόμετρο.

2) όργανα, θερμοκρασίας, βλάβουλομένων μέτρησης, κεφαλιού, φαρμακείο, πολύμετρο.

3) α) Σωστή

β) Λάθος. Τα συνηθισμένα ιατρικά θερμόμετρα έχουν κλίμακα από 35°C έως 42°C. Επομένως δεν μπορούν να μετρήσουν θερμοκρασίες μικρότερες από 35°C ή μεγαλύτερες από 42°C.

γ) Σωστή. Το 0 της κλίμακας Κέλβιν αντιστοιχεί στους -273 °C που είναι η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει στη φύση. Επομένως στην κλίμακα Κέλβιν δεν υπάρχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τους 0(K) οπότε η κλίμακα Κέλβιν έχει <u>μόνο</u> θετικές τιμές

ε) Σωστή. Ο 1°C αντιστοιχεί σε 1 K τότε όμως η μεταβολή της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κέλβιν είναι ίδια και η μεταβολή της θερμοκρασίας σε βαθμούς κελσίου.

Π.χ για θερμοκρασία ϑ_1 °C έχουμε $T_1 = 273 + \vartheta_1$ (K)
Παρόμοια για θερμοκρασία ϑ_2 °C έχουμε $T_2 = 273 + \vartheta_2$ (K)
Άρα $\Delta T = T_2 - T_1 = 273 + \vartheta_2 - 273 - \vartheta_1$ ή $\Delta T = \vartheta_2 - \vartheta_1 = \Delta\vartheta$.

4) - Θερμότητα ονομάζουμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σωμάτων.

- Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας που δεν μπορεί σε κάποιο σώμα αφού μεταφέρεται αποθηκεύεται από το σώμα της μεγαλύτερης προς το σώμα της μικρότερης θερμοκρασίας.

- Δυο σώματα ~~που βρίσκονται~~ σε επαφή λέμε ότι βρίσκονται σε θερμική ισορροπία όταν έχουν διαφορετική θερμοκρασία.

- Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία ενός σώματος, όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία μ' αυτό.

- Λέμε ότι δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή ή αλληλεπίδραση όταν είναι δυνατόν να μεταφερθεί θερμότητα από το ένα στο άλλο, χωρίς όμως να αλλάζει η φυσική κατάσταση των σωμάτων.

5) α) Ενέργεια, μεγαλύτερη, μικρότερη θερμοχωρίτης, εξίσωση, μεταφορά, θερμική, ίδια, θερμική.

β) θερμότητα, ειδική.

γ) Τα φαινόμενα (α), (β) και (δ).

α) Μεταφέρεται θερμότητα από το ζεστό χαλίκι στο περιβάλλον του (αέρας, χαλίκι).

β) Μεταφέρεται θερμότητα από το νερό και το θερμότερο αέρα στα χαλίκια.

γ) Μεταφέρεται ενέργεια μέσω του έργου της τριβής και η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Προσοχή εδώ η μεταφορά ενέργειας γίνεται λόγω του έργου της τριβής και όχι λόγω διαφοράς θερμοκρασίας αφού τα χάλια μας έχουν πάνω σχεδόν την ίδια θερμοκρασία.

δ) Μεταφέρεται θερμότητα από το ζεστό στο κρύο νερό, μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.

ε) Η κινητική ενέργεια της χαλαζόπετρας μετατρέπεται και μεταφέρεται σε θερμική ενέργεια της χαλαζόπετρας και του αέρα μέσω του έργου της τριβής. Εδώ λοιπόν έχουμε μεταφορά ενέργειας μέσω του έργου της τριβής και δεν εμφανίζεται θερμότητα

λόγω διαφορᾶς θερμοκρασίας αφού η
θερμαίνουσα τα το ψυχρό έχουν πάθε ενέργεια
την ίδια θερμοκρασία.
Όμως η θερμική ενέργεια που καταναλώνεται στα
δύο σώματα είναι δυνατόν να μεταβάλλεται
με τη μορφή θερμότητας στο περιβάλλον,
αρκεί να υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ
σωμάτων και το περιβάλλον.

7) - Οι δομικοί λίθοι ενός σώματος είναι τα
μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία
φτιάχνεται το σώμα. Στα αέρια πάθε
δομικός λίθος έχει μόνο κινητική ενέργεια.

- Στα αέρια το κάθε μόριό του
έχει μέση κινητική ενέργεια που εξαρτάται
μόνο από τη θερμοκρασία.
- Όταν θερμαίνουμε ένα αέριο με σταθερή
πίεση η κίνηση των μορίων του αερίου
γίνεται πιο έντονη και ο όγκος του
αερίου αυξάνεται. Το αντίθετο συμβαίνει όταν
ψύχουμε το αέριο.
- Η κίνηση των δομικών λίθων ενός υγρού
είναι άτακτη. Στα υγρά δηλαδή οι
δομικοί λίθοι, σχεδόν ο ένας πάνω στον
άλλο διατηρούνται σταθερές αποστάσεις αλλά όχι
σταθερές θέσεις.

έχει δηλαδή τα υγρά έχουν ωφελή όγκο, όπως το σχήμα του υγρού εξαρτάται κάθε φορά από το σχήμα του δοχείου που το περιέχει.

- Η κινητική και δυναμική ενέργεια που έχουν ανοφτικά οι δομικοί λίθοι, ενός ανώμαλου επειδή κινούνται ακατάστατα και επειδή ασκούνται δυνάμεις μεταξύ τους, ονομάζεται εσωτερική ενέργεια του ανώμαλου.

- Η κίνηση των δομικών λίθων εσερεού ανώμαλου είναι ακατάστατη και γίνεται γύρω από καθορισμένες θέσεις. Λέμε ότι οι δομικοί λίθοι των εσερεών ταλαντώνονται γύρω από μια θέση ισορροπίας

β) α) ισορροπία, θερμοκρασίες, κινητική, θερμότητα
β) θερμική, μέση κινητική.
γ) ενέργεια, άτακτα, δυνάμεις, εσωτερική.

γ) Σωστή είναι η πρόταση (γ).
Το μέρος της εσωτερικής ενέργειας που οφείλεται μόνο στην άτακτη κίνηση των μορίων (κινητική ενέργεια) ονομάζεται θερμική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια ενός ανώμαλου, εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία του όσο και από τον αριθμό των μορίων του, άρα από τη μάζα του.

10) α) Σωστή. Η θερμοκρασία ενός σώματος δεν εξαρτάται από τη συνολική του μάζα αλλά από τη μέση κινητική ενέργεια των ατόμων ~~των~~ των δομικών του λίθων. Δηλαδή η θερμοκρασία του σώματος συνδέεται με τη συνεχή άτακτη κίνηση των δομικών του λίθων.

β) Λάθος. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται τόσο από τη θερμοκρασία του όσο και από τον αριθμό των μορίων του, άρα από τη μάζα του.

γ) Σωστή. Αρκεί το σώμα με τη χαμηλή θερμοκρασία να είχε μεγαλύτερη μάζα από το σώμα της υψηλότερης θερμοκρασίας έτσι π.χ το νερό μιας λίμνης είχε περισσότερη θερμική ενέργεια από το καυτό νερό που υπάρχει στο φλιτζάνι μας αλλά είχε πολύ περισσότερα μεγαλύτερη μάζα.

δ) Λάθος. Η θερμότητα μετακινείται αυθόρμητα από ένα σώμα μεγαλύτερης θερμοκρασίας σ' ένα σώμα μικρότερης θερμοκρασίας. Η θερμική ενέργεια εξαρτάται και από τη μάζα του σώματος. Έτσι ένα σώμα μεγαλύτερης θερμικής ενέργειας μπορεί να βρίσκεται σε μικρότερη θερμοκρασία από κάποιο άλλο μικρότερης θερμοκρασίας, το οποίο όμως είχε πολύ μεγαλύτερη μάζα.

ε) Σωστή.

στ) Λάθος. Σε μια θερμική μηχανή η προσφερόμενη θερμότητα μετατρέπεται εν μέρει σε μηχανική ενέργεια ή έργο (W).

ζ) Λάθος. Η θερμική ενέργεια εξαρτάται όχι μόνο από τη θερμοκρασία, αλλά και από τη μάζα του σώματος. Έτσι π.χ ένα ποτήρι στη παραλία και ένα πλοίο έχουν την ίδια θερμοκρασία αλλά δεν έχουν την ίδια θερμική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια του πλοίου είναι αυξημένη μεγαλύτερη γιατί έχει αυξημένη μεγαλύτερη μάζα.

η) Σωστή. Συμφωνά με τον 1ο θερμοδυναμικό νόμο ισχύει ότι $Q = \Delta U + W$. Υπάρχει όμως και μεταβολή (ισοθερμη) στην οποία είναι $\Delta U = 0$ οπότε $Q = W$ άρα η προσφορά θερμότητας είναι δυνατό να μην προκαλέσει αύξηση της εσωτερικής ενέργειας, αλλά να έχουμε μόνο την παραγωγή μηχανικού έργου W.

11) - Αύξηση της θερμοκρασίας των διαφόρων σωμάτων (στερεών, υγρών, αερίων) προκαλεί κατά κανόνα αύξηση των διαστάσεών τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θερμική διαστολή.

- Αν τοποθετήσουμε ένα μαύρο βάζο στο ψυγείο τότε η θερμοκρασία του μειώνεται και το μεταλλικό καπάκι σφηνώνεται στο στόμιο του βάζου. Η θερμική συστολή που παθαίνει το καπάκι λέμε ότι είναι μεγαλύτερη απ' αυτή του βάζου.

- Η μεταβολή οποιασδήποτε γραμμικής διάστασης (μήκους, πλάτους, ύψους) όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του, λέγεται γραμμική διαστολή.

- Η αύξηση του όγκου ενός στερεού κανονικού όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του ονομάζεται κυβική διαστολή ή διαστολή όγκου.

12) διαστέλλονται, αυξάνεται, συστέλλονται, ελαττώνεται, περισσότερο, συστέλλεται.

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε επεξηγηματικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1) α. Ο θάλαμος συντήρησης ενός οικιακού ψυγείου έχει θερμοκρασία 2-4°C., αλλά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του ένα υδραργυρικό θερμόμετρο.

β. Η φυσιολογική θερμοκρασία του ανθρώπινου μας είναι περίπου 37°C. Όπως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το υδραργυρικό θερμόμετρο. Όμως πλέον προτιμούμε το θερμόμετρο οινοπνεύματος, που περιέχει οινόπνευμα, αντί του τοξικού υδραργύρου, είναι φθηνότερα και μπορούν να μετρήσουν θερμοκρασίες μέχρι τους -114°C.

γ. Μικρές φλόγες από σπίρτα ή αναμμένα τσιγάρα έχουν θερμοκρασίες μεταξύ 600-1000°C. Όπως για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της φλόγας ενός σπίρτου, θα χρησιμοποιήσουμε ένα ηλεκτρικό θερμόμετρο. Γενικά για τη μέτρηση πολύ υψηλών ή χαμηλών θερμοκρασιών χρησιμοποιούμε τα ηλεκτρικά θερμόμετρα, που η λειτουργία τους στηρίζεται στις ηλεκτρικές ιδιότητες ορισμένων υλικών. Όπως π.χ είναι η μεταβολή της ηλεκτρικής τους αντίστασης με τη θερμοκρασία.

Η λειτουργία του ενισχύεται στο θερμοηλεκτρικό φαινόμενο σύμφωνα με το οποίο μεταξύ δύο διαφορετικών μετάλλων που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία είναι δυνατόν να δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα ανάλογο της διαφοράς της θερμοκρασίας. Έτσι μετρώντας το ηλεκτρικό ρεύμα είναι δυνατό να υπολογίζουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος.

δ. Ο μέσος όρος των θερμοκρασιών που επικρατούν στο Βόρειο Πόλο είναι -34°C (ενώ στο Νότιο Πόλο αγγίζει τους -49°C). Άρα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στο Βόρειο Πόλο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ένα θερμόμετρο οινοπνεύματος.

ε. Ανάλογα με τον τύπο του κρασιού είναι δυνατόν η θερμοκρασία ε' είναι κρίσιμο να ξεπερνά τους 1000°C. Έτσι για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κρασιού είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρικό θερμόμετρο.

2) α) Η θερμοκρασία στον πυρήνα του Ήλιου κι' των αστέρων είναι της τάξης των 10^8 K. ~~Στο βιβλίο~~ Στο βιβλίο αναφέρεται πως είναι 2.10^8 K. Όμως η σχέση που συνδέει την μονάδα Κέλβιν με την μονάδα Κελσίου είναι $T_K = 273 + T_C$ η διαφορά τους είναι 273 βαθμοί εξαρετικά μικρή σε σχέση με το 2.10^8. Άρα δεν έχει σημασία σε ποια μονάδα αναφερόμαστε.

β) Η σχέση όμως που συνδέει τους βαθμούς Κελσίου, με τους βαθμούς μονάδας Φαρενάιτ είναι: $T_F = 32° + 1,8 \cdot T_C$. Έτσι αν θεωρήσουμε ότι η θερμοκρασία είναι 2.10^8 °C τότε προκύπτει $T_F = 32° + 1,8 \cdot 2.10^8$

κι' $T_F = 32° + 3,6.10^8$ κι' $T_F = 360.000.032$ °F.

Άρα σ' αυτή την περίπτωση η διαφορά των θερμοκρασιών είναι σημαντική, οπότε μια ενδιαφέρει η μονάδα στην οποία αναφέρεται η πραγματική τιμή της θερμοκρασίας.

3) Μετατρέπουμε όλες τις θερμοκρασίες σε βαθμούς Κελσίου. Οπότε όταν πάψει η θερμοκρασία είναι $T_K = T_{C_1} + 273$ ή $T_{C_1} = 310 - 273$ ή $T_{C_1} = 37\,^\circ C$.

Στο Βήμα είχαμε $T_{C_2} = 35^\circ C$ και όταν Εφαρμόσαμε τις Σύρου έχουμε

$T_F = 32^\circ + 1{,}8 \cdot T_{C_3}$ ή $-10 = 32^\circ + 1{,}8\, T_{C_3}$ ή

$T_{C_3} = \frac{-42}{1{,}8}$ ή $T_{C_3} = -23{,}3\,^\circ C$.

Προφανώς εδώ είμαστε σε Θεϊκά !!!!

4) Οι επιστήμονες ανιχνεύουν το μηδέν της κλίμακας Κέλβιν όπως $-273^\circ C$ που είναι και η χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει στη φύση. Το μηδέν της κλίμακας Κέλβιν ονομάζεται απόλυτο μηδέν, επειδή δεν μπορεί να υπάρξει θερμοκρασία, κάτω από αυτή. Έτσι η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές.

5) Η μικρότερη τιμή της κλίμακας Κελσίου είναι οι $-273\,^{\circ}C$, της κλίμακας Φαρενάιτ είναι η $T_F = 32^{\circ} + 1{,}8(-273^{\circ}) = -459{,}4\,^{\circ}F$ και της κλίμακας Κέλβιν είναι 0 K (το απόλυτο μηδέν).

6) α) Λάθος. Η θερμότητα Q που απορροφά για τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος δίνεται από το νόμο της θερμιδομετρίας δηλαδή ισχύει $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$. Άρα η θερμότητα Q είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας $\Delta\theta$ του σώματος, ανάλογη της μάζας m του σώματος, ενώ εξαρτάται και από το είδος του υλικού, από το οποίο αποτελείται το σώμα δηλαδή από την ειδική του θερμότητα. Προφανώς λοιπόν η Q δεν εξαρτάται από την αρχική θερμοκρασία του σώματος, αλλά από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.

β) Σωστή

γ) Σωστή για τους λόγους που προαναφέρθηκε.

δ) Σωστή αν αναφερόμαστε σε καλοί αέριο. Στα αέρια σώματα η τιμή της C, εξαρτάται από το αν η θέρμανση γίνεται με σταθερό πίεση ή σταθερό όγκο, δηλαδή από το είδος της μεταβολής

7) Τα σώματα βρίσκονται σε θερμική αλληλεπίδραση για τα πρώτα 2min, οπότε για $t \leq 2^{min}$, μεταφέρεται θερμότητα από το θερμότερο εδώ το Α στο ψυχρότερο εδώ το Β.

Για $t > 2min$ η μεταφορά θερμότητας σταμάτησε αφού τώρα τα σώματα απέκτησαν κοινή θερμοκρασία 25 °C, άρα πλέον βρίσκονται σε θερμική ισορροπία.

Παρατηρούσε επίσης πως το σώμα Α είχε αρχική θερμοκρασία 50 °C, ενώ το σώμα Β είχε 20°C. Η τελική θερμοκρασία των δύο σωμάτων στη θερμική ισορροπία είναι 25°C δηλαδή βρίσκεται μεταξύ των αρχικών θερμοκρασιών των δύο σωμάτων.

8). • Τα στερεά έχουν συγκεκριμένο σχήμα και συγκεκριμένο όγκο. Οι δομικοί τους λίθοι είναι τοποθετημένοι σε καθορισμένες θέσεις, γύρω από τις οποίες κινούνται πάλλονται (ταλαντώνονται).

• Τα υγρά έχουν σταθερό (συγκεκριμένο) όγκο, αλλά δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα. Παίρνουν κάθε φορά το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει. Στα υγρά οι δομικοί λίθοι κινούνται πάλλονται αλλά ταλαντώνεται ο ένας πάνω στον άλλο

διατηρούνται συνδρές συνοχικές (συνδρό σώμα), αλλά οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης δεν μπορούν να τα κρατήσουν σε συνδρές θέσεις (γιατί δεν έχουν συνδρό σχήμα).

- Τα αέρια δεν έχουν ούτε συγκεκριμένο σώμα αλλά ούτε και συγκεκριμένο σχήμα. Καταλαμβάνουν κάθε φορά τον όγκο του δοχείου που τα περιέχει. Στα αέρια οι δομικοί λίθοι (μόρια ή άτομα) κινούνται άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις (διαρκή κίνηση). Τα μόρια του αερίου τα φαντάζομαστε σαν μικρές ελαστικές σφαίρες που κινούνται ευθύγραμμα και ίσως προς κάθε κατεύθυνση, με μεγάλες ταχύτητες. Τα μόρια αλληλεπιδρούν μόνο τη στιγμή που συγκρούονται μεταξύ τους είτε με τα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει.

9) Ναι. Η θερμική ενέργεια ενός σώματος, εξαρτάται όχι μόνο από τη θερμοκρασία του αλλά και από τη μάζα του. Έτσι αν το κρύο νερό είχε πολύ μεγαλύτερη μάζα από το ζεστό, τότε είναι δυνατόν να έχει μεγαλύτερη θερμική ενέργεια από το ζεστό νερό.

10) α) Αέρια κατάσταση
β) Υγρή κατάσταση
γ) Στερεή κατάσταση.

11) i) α. Σωστή
β. Σωστή
γ. Λάθος
δ. Λάθος

ii) Σωστές είναι οι (β) και (γ)

iii) α. Λάθος. Το νερό όταν θερμαίνεται από τους 4 °C συστέλλεται. (Ανώμαλη συμπεριφορά του νερού).

β. Λάθος. Η αύξηση του μήκους της ράβδου δίνεται από τη σχέση $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\theta$. Άρα βλέπουμε πως εξαρτάται και από το υλικό της ράβδου μέσω του συντελεστή γραμμικής διαστολής α_L.

γ. Λάθος

δ. Σωστή. Και για στερεά και για υγρά συνήθως η διαστολή όγκου τους (κυβική διαστολή) δίνεται από τη σχέση $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_V \cdot \Delta\theta$ όμως οι αντίστοιχοι συντελεστές κυβικής διαστολής των υγρών (α_V) είναι περίπου δεκαπλάσιοι των στερεών σωμάτων. Άρα

τα υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά.

Ε. Λάθος. Η αύξηση του όγκου ενός υγρού εξαρτάται και από το είδος του υγρού.

6ε. Λάθος. Η μάζα κατά τη διάλυση ή τη διαλυμένων ουσιών παραμένει σταθερή.

12) Λόγω του φαινομένου της θερμικής διαστολής και συστολής αν η μεσαία μεταλλική μεταλλική βρεθεί σε διαφορετική θερμοκρασία από τους 20°C όπου αρχικά έγινε η βαθμονόμησή της το μήκος της θα είναι διαφορετικό.
Όπότε και η απόσταση μεταξύ των χαραγών της αρχικής βαθμολόγησης θα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από αυτή που έχουμε στους 20°C. Οπότε το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν είναι ακριβές.

13) Όταν το νερό θερμαίνεται από τους 0°C στους 4°C ο όγκος του ελαττώνεται (μειώνεται η διαλυμένη του νερού) άρα η πυκνότητά του $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$ αυξάνεται. (Η μάζα παραμένει σταθερή).
Άρα το νερό των 4°C έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό των 0°C. Τότε όπως ισχύει $m = \rho \cdot V$. Επομένως έχουμε 2l νερό 4°C και 2l νερό 0°C καταλήγουμε ότι το νερό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα θα είχε και μεγαλύτερη μάζα.

Άρα το νερό στους 4°C έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό στους 0°C, οπότε η πυκνότητα της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη όταν τοποθετούμε πάνω σε αυτή 2 l νερό 4°C.

14) Όταν το νερό θερμαίνεται από τους 0°C στους 4°C ο όγκος του ελαττώνεται (ανώμαλη διαστολή του νερού). Το φαινόμενο αυτό της ανώμαλης διαστολής η διαστολής του νερού έχει τεράστια οικολογική σημασία. Έτσι πάνω στην επιφάνεια μιας λίμνης η της θάλασσας είναι δυνατό να σχηματιστεί πάγος 0°C (ο οποίος αφού έχει μικρότερη πυκνότητα επιπλέει πάνω στο νερό), ενώ στο εσωτερικό η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη φτάνοντας στους 4°C, οπότε το νερό διατηρείται στη υγρή μορφή, διατηρώντας τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ύπαρξη ζωής στο εσωτερικό των λιμνών η θαλασσών.

15) α) Αν θερμαίνουμε τη σφαίρα αυτή διαστέλλεται αυξάνεται ο όγκος της οπότε δε χωρά πλέον να περάσει μέσα από το μεταλλικό δακτύλιο.

β) Αν θερμανθεί ο δακτύλιος τότε διαστέλλεται, αυξάνεται η διάμετρός του

και κατά συνέπεια η σφαίρα θα περνάει πιο εύκολα μέσα από τον δακτύλιο

γ) Αν θεωρήσουμε εξίσου και τα δύο, αν είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό τότε η σφαίρα θα εξακολουθεί, πάλι να διέρχεται από τον δακτύλιο. Αν όμως το μέταλλο της σφαίρας είναι διαφορετικό από αυτό του δακτυλιού, τότε είναι δυνατό μετά τη θέρμανσή τους είτε να μη περνάει καθόλου η σφαίρα μέσα από τον δακτύλιο είτε να περνάει ευκολότερα μέσα από αυτόν. Εξαρτάται από το συντελεστή κυβικής διαστολής (απ) των δυο μετάλλων.

Ασκήσεις

1) α) $T_F = 32^\circ + 1,8 \cdot T_C$

ή $T_F = 32^\circ + 1,8 \cdot 20 = 68^\circ F$

και $T_K = T_C + 273$ ή $T_K = 20 + 273 = 293\ K.$

β) Πλησμονία $T_F = 32^\circ + 1,8(-20^\circ) = -4^\circ F$

και $T_K = -20 + 273 = 253\ K$

γ) $T_F = 32^\circ + 1,8 \cdot 35^\circ = 95^\circ F$

και $T_K = 35 + 273 = 308\ K$

δ) $T_F = 32^\circ + 1,8(-3^\circ) = 26,6^\circ F$

και $T_K = -3 + 273 = 270\ K.$

2) $\Delta\vartheta$ (Ασήνας) $= \vartheta_2 - \vartheta_1 = 36 - 7 = 29\ ^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Καλαμάτας) $= \vartheta_2 - \vartheta_1 = 34 - 9 = 25^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Ηράκλειο) $= 34 - 10 = 24^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Ρόδος) $= 31 - 9 = 22^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Αγρίνιο) $= 29 - 8 = 21^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Ιωάννινα) $= 29 - 4 = 25^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Θεσ/νίκη) $= 30 - 3 = 27^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Νευροκόπι) $= 26 - (-2) = 28^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Καλαμπάκα) $= 29 - 2 = 27^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Φλώρινα) $= 28 - (-1) = 29\ ^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Αλμυρός) $= 31 - 4 = 27^\circ C$

$\Delta\vartheta$ (Λαμία) $= 35 - 7 = 28^\circ C$

3) Από το δεύτερο νόμο της θερμιδομετρίας έχουμε $Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$. Η μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος είναι $\Delta\vartheta = 30 - 20 = 10^\circ C$

Έτσι έχουμε $$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\vartheta} = \frac{500\,J}{0{,}5\,kg \cdot 10^\circ C} = 100\,\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$$

4) α) Από το διάγραμμα 6.1 (σελ 125 Σχ. βιβλίου) βρίσκουμε ότι $c_{\text{σιδ}} = c_{Fe} = 450\,J/kg \cdot ^\circ C$

Αρχικά η θερμοκρασία του σιδερένιου κύβου είναι ίση με τη θερμοκρασία βρασμού του νερού δηλαδή είναι $\vartheta_1 = 100^\circ C$. Τελικά έχουμε $\vartheta_2 = 20^\circ C$. Τότε είναι $\Delta\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_2 = 80^\circ C$

Θεωρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού του δοχείου δε μεταβάλλεται σημαντικά. Οπότε το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από το σιδερένιο κύβο στο περιβάλλον είναι

$$Q = m \cdot c_{Fe} \Delta\vartheta = 0{,}2\,kg \cdot 450\,\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 80^\circ C =$$

$$= 7200\,J.$$

Παρατήρηση: Υπολογίσαμε τη θερμότητα Q, καταλήγοντας σωστά. Κανονικά έχουμε $\Delta\vartheta = -80^\circ C$ οπότε είναι $Q = -7200\,J$. Ακριβώς αυτό το αρνητικό πρόσημο δικαιολογεί πως η θερμότητα μεταφέρθηκε από το σώμα στο περιβάλλον.

β) Το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται από τον κύβο (αρχική) θερμοκρασία $100^\circ C$ στο νερό μέχρι να αποκτήσουν κοινή θερμοκρασία $20^\circ C$

είναι $Q = m \cdot c_{Fe} \cdot \Delta\vartheta = 0{,}2\,kg \cdot 450 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot (100-20)°C =$

$= 7200\,J.$

Τότε όμως το νερό ~~κερδ~~ απορρόφησε το ίδιο ποσό θερμότητας πού αποδόθηκε από το σιδερένιο κύβο, οπότε ισχύει

$Q = m_v \cdot c_v \cdot \Delta\vartheta_v$, όπου $\Delta\vartheta_v = 20-0 = 20°C$

και $c_v = 4200 \frac{J}{kg \cdot °C}$. Τότε προκύπτει

$$m_v = \frac{Q}{c_v \cdot \Delta\vartheta_v} = \frac{7200\,J}{4200 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot 20°C} = 0{,}086\,kg \text{ ή } 86\,g \text{ νερό.}$$

5) α) Η αρχική θερμοκρασία του υγρού (νερού) είναι $\vartheta_0 = 20°C$.

β) Μετά από $\Delta t = 4\,min$ η θερμοκρασία του νερού είναι περίπου ίση με $\vartheta_1 = 40°C$.

γ) Από το διάγραμμα προκύπτει πως σε $\Delta t = 6\,min$ είναι $\vartheta_2 = 45°C$. Οπότε σε 6min η θερμοκρασία του νερού μεταβλήθηκε κατά $\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_0 = 45-20$ ή $\Delta\vartheta = 25°C$.

δ) Ισχύει: $Q = m_v \cdot c_v \cdot \Delta\vartheta = 1\,kg \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot 25°C$

ή $Q = 105.000\,J$ ή $Q = 105\,kJ$.

6) α) Με εφαρμογή του νόμου της θερμιδομετρίας έχουμε $Q = m_v \cdot c_v \cdot \Delta\vartheta$ η' $\Delta\vartheta = \frac{Q}{m_v \cdot c_v}$ η'

$$\Delta\vartheta = \frac{42000\ J}{2\ kg \cdot 4200 \frac{J}{kg \cdot °C}}$$ η' $\Delta\vartheta = 5°C$.

Άρα η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε κατά 5°C.

β) Ισχύει $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$ με $\vartheta_0 = 20°C$. Άρα έχουμε $5 = \vartheta - 20$ η' $\vartheta = 25°C$. Δηλαδή μετά τη θέρμανση, η θερμοκρασία του νερού έγινε 25°C.

7) Το ποσό της θερμότητας Q_1 που έδωσε το ζεστό νερό είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας Q_2 που απορρόφησε το κρύο νερό. Άρα ισχύει $Q_1 = Q_2$. Όμως από το θερμιδομετρικό νόμο της θερμιδομετρίας ισχύει $Q_1 = m_1 \cdot c \cdot (\vartheta_1 - \vartheta)$ όπου $\vartheta_1 = 90°C$ και ϑ είναι η τελική θερμοκρασία. Επίσης ισχύει $Q_2 = m_2 \cdot c \cdot (\vartheta - \vartheta_2)$ όπου $\vartheta_2 = 30°C$ (ισχύει $\vartheta_2 < \vartheta < \vartheta_1$). Τώρα έχουμε

$Q_1 = Q_2$ η' $m_1 \not{c} (\vartheta_1 - \vartheta) = m_2 \cdot \not{c} \cdot (\vartheta - \vartheta_2)$ η'

$200(90 - \vartheta) = 100(\vartheta - 30)$ η' $180 - 2\vartheta = \vartheta - 30$

η' $3\vartheta = 210$ η' $\vartheta = 70°C$.

8) Σωστή είναι η επιλογή (β).

Ισχύει $Q_A = m \cdot c_A \cdot \Delta\vartheta_A$ και $Q_B = m \cdot c_B \cdot \Delta\vartheta_B$.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε πως για την ίδια απορροφούμενη θερμότητα $Q_A = Q_B = Q$ η μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος (Α) είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του σώματος (Β), δηλαδή ισχύει $\Delta\vartheta_A > \Delta\vartheta_B$

η $\frac{Q}{m \cdot c_A} > \frac{Q}{m \cdot c_B}$ η $\frac{1}{c_A} > \frac{1}{c_B}$ η $c_A < c_B$.

9) Για τη γραμμική διαστολή της ράβδου ισχύει $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta$. Όπως $\Delta L = 1,8\,mm = 1,8 \cdot 10^{-3}\,m$ και $\Delta\vartheta = 200 - 0 = 200\,^\circ C$. Οπότε προκύπτει

$$\alpha_L = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta\vartheta} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 200} \text{ η } \alpha_L = 0,9 \cdot 10^{-6}\,^\circ C^{-1}.$$

$\alpha_L \approx 10^{-6}\,^\circ C^{-1}$. Από τον πίνακα 6.2 (σελ 131) συμπεραίνουμε πως πρόκειται για το κράμα invar.

* Το invar είναι κράμα Χάλυβα και Νικελίου, περιέχοντας 36% Ni. Από τον πίνακα 6.2 βλέπουμε ότι παρουσιάζει πολύ μικρό συντελεστή γραμμικής διαστολής. Χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή εμβολισμικών οργάνων υψηλής ακρίβειας.

Το αρχικό μήκος της ράβδου είναι $L_0 = 11,5$ m
Ο συντελεστής γραμμικής διαστολής του σιδήρου είναι $\alpha_L = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{°C}$

10) Τότε ισχύει $\Delta L = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta$ η' και $\Delta\vartheta = 1221 - 22 = 1199\,°C$

$$L - L_0 = L_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta\vartheta \text{ η' } L = L_0(1 + \alpha_L \cdot \Delta\vartheta) \text{ η'}$$

$$L = 11,5\,(1 + 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1199) \text{ η' } L = 11,5\,(1 + 0,01439)$$

η' $L = 11,665$ m.

11) Γνωρίζουμε πως τα υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τα στερεά. Έτσι για τον ίδιο αρχικό όγκο (V_0) και την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας ($\Delta\vartheta$) η θερμική διαστολή του όγκου του νερού είναι μεγαλύτερη από αυτή του αλουμινένιου κουτιού, οπότε έχουμε υπερχείλιση και το νερό χύνεται στο τραπέζι.

α) Για τη διαστολή όγκου των στερεών και υγρών ισχύει $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_V \cdot \Delta\vartheta$
η' $V - V_0 = V_0 \cdot \alpha_V \cdot \Delta\vartheta$ η' $V = V_0 + V_0 \cdot \alpha_V \cdot \Delta\vartheta$ η'
$V = V_0(1 + \alpha_V \cdot \Delta\vartheta)$. Ο αρχικός όγκος και για το κουτί και για το νερό είναι $V_0 = 354$ ml $= 354 \cdot 10^{-3}$ l η' $354 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}$ m^3 η' $354 \cdot 10^{-6}$ m^3.

Ο συντελεστής κυβικής διαστολής του αλουμινίου προκύπτει από το διάγραμμα 6.2 αφού παρατηρήσουμε το συντελεστή γραμμικής διαστολής του αλουμινίου ($\Delta\theta$) επί τρία. Η αριθμός από το διάγραμμα 6.3
Άρα $\alpha_{(αλουμινίου)} = 3 \cdot 25 \cdot 10^{-6} = 75 \cdot 10^{-6} \frac{1}{°C}$

Ο συντελεστής κυβικής διαστολής του νερού είναι $\theta_{(νερού)} = 210 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^oC}$.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας $\Delta\vartheta$ και για τα δύο σώματα είναι $\Delta\vartheta = 34 - 4 = 30^oC$

Τότε ο τελικός όγκος του αλουμινένιου κουτιού είναι $V_K = V_0(1 + \alpha_{αλουμινίου} \cdot \Delta\vartheta)$ m'

$$V_K = 354(1 + 75 \cdot 10^{-6} \cdot 30) = 354,8 \, ml$$

β) Ο τελικός όγκος του νερού μέσα στο κουτί γίνεται $V_v = V_0(1 + \alpha_{(νερού)} \cdot \Delta\vartheta)$ m'

$$V_v = 354 \cdot (1 + 210 \cdot 10^{-6} \cdot 30) = 356,23 \, ml.$$

γ) Οπότε ο όγκος του νερού που χύθηκε είναι

$$\Delta V = V_v - V_K = 356,23 - 354,8 \text{ m'}$$

$$\Delta V = 1,43 \, ml \text{ νερό}.$$

12) Από το διάγραμμα 6.4 έχουμε ότι ο συντελεστής κυβικής διαστολής της βενζίνης είναι $\alpha_v = 960 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ C}$

Αρχική είναι $V_0 = 15.000\ l$ ή $15.000 \cdot 10^{-3}\ m^3 = 15\ m^3$ και $\Delta\vartheta = 15^\circ C$. Για τη θερμική διαστολή των υγρών ισχύει $\Delta V = V_0 \cdot \alpha_v \cdot \Delta\vartheta$, οπότε προκύπτει $\Delta V = 15\ m^3 \cdot 960 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ C} \cdot 15\ ^\circ C$ ή

$$\Delta V = 0{,}216\ m^3 \text{ ή } \Delta V = 216\ l.$$

Άρα ο όγκος της βενζίνης αυξήθηκε κατά 216 l.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ερωτήσεις

▶ **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) α) στέρεη, στέρεη, θερμοκρασία, θερμότητα, θερμότητα.

β) υγρή, αέρια, θερμοκρασία, βρασμού, θερμότητα, θερμότητα.

γ) εξάτμιση

δ) θερμική, δυναμική, εσωτερική.

ε) υγρό, κρύο, μικρότερη, συμπύκνωση. (ή υγροποίηση).

2) Σωστές είναι οι προτάσεις (β), (γ) και (δ).

Καθώς η διάρκεια της κύρης του παγου, μεταφέρεται θερμότερο θερμότητα από το περιβάλλον (παρουσία ύδατος, αέρας) στα παγάκια.

Επίσης καθώς η διάρκεια της κύρης η θερμοκρασία ~~αέρας~~ του παγου παραμένει σταθερή και ίση με τη θερμοκρασία του σημείου κύρης. Όμως η θερμοκρασία της παρουσία ύδατος ελαττώνεται καθώς μεταφέρεται θερμότητα ($Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$) από αυτό προς τα παγάκια.

3) Σωστή είναι η απάντηση (γ).

Στην διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή και ίση με τη

Θερμοκρασία βρασμού (ή σημείο βρασμού) του νερού.
(Αν ο βρασμός γίνεται σε εξωτερική πίεση 1 atm τότε το σημείο βρασμού του νερού είναι 100°C, και ονομάζεται κανονικό σημείο βρασμού). Το σημείο βρασμού είναι μια φυσική σταθερά του υγρού του οποίου.
Η θερμότητα λοιπόν που προσφέρεται κατά τη διάρκεια του βρασμού, δεν ανεβάζει τη θερμοκρασία του. Απλώς καταναλώνεται για να μεταβληθεί το νερό σε αέριο. Έτσι γίνεται φανερό, πως αν αυξήσουμε τη θερμότητα που προσφέρουμε στο νερό ανά μονάδα χρόνου (ρυθμός με τον οποίο προσφέρεται η θερμότητα $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$), τότε απλώς και μόνο θα αυξηθεί το ποσό των υδρατμών που παράγονται ανά μονάδα χρόνου, χωρίς να αυξηθεί το σημείο βρασμού.

▲ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε επεξηγηματικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1 α) Όταν σε παγο ρίξουμε αλάτι, τότε μεταξύ των μορίων του πάγου παρεμβάλλονται κρυσταλλάκια αλατιού. Οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του πάγου ~~[illegible]~~ εξασθενούν και έτσι ο πάγος λιώνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0°C. Η θερμοκρασία λιωσίματος εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε αλάτι. Έτσι σκορπίζοντας αλάτι στους χιονισμένους δρόμους, όπου η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 0°C,

Ελαττώνουμε το ειδικό βάρος του πάγου, οπότε αυτός αρχίζει να λιώνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τους 0°C και έτσι ανελαμβάνουν οι δρόμοι.

β) Το θαλασσινό νερό είναι μίγμα νερού και αλατιού. Έτσι πήξη (πάγωνει) σε χαμηλότερη θερμοκρασία από 0°C, που είναι η θερμοκρασία πήξης του καθαρού νερού. Από την αρχή το νερό της λίμνης έχει μικρή περιεκτικότητα σε ξένες προσμίξεις οπότε θεωρούμε ότι πήγη (παγώνει) στους 0°C.

γ) Η ταχύτητα εξάτμισης ενός υγρού εξαρτάται από την επιφάνεια του υγρού. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια ενός υγρού, τόσο πιο γρήγορα εξατμίζεται. [illegible] τόσο πιο γρήγορα γίνεται. Γι' αυτό το λόγο αυτοί οι άνεμοι σερβίρουν το νερό τους σε πιατάκι που έχει μεγάλη επιφάνεια και όχι σε φλιτζάνι.

δ) Η εξάτμιση χαρακτηρίζουμε ότι είναι μια διαδικασία ψύξης. Όταν λοιπόν φυσάει κρύος αέρας εξατμίζεται πιο γρήγορα. Έτσι δροσίζουμε το βρεγμένο δάκτυλο λόγω την κατεύθυνση που φυσάει ο αέρας, αφού το νερό εξατμίζεται γρηγορότερα και δημιουργείται πιο έντονο αίσθημα ψύχους στο δάκτυλό μας.

ε) Όταν φυσάμε την καυτή σούπα στο πιάτο μας τα ρεύματα αέρα που δημιουργούμε, πλησιάζει μακριά από την επιφάνεια της κύριας του υγρού. Έτσι ελαττώνεται οι υδρατμοί πάνω από την καυτή σούπα και έτσι η εξάτμιση γίνεται πιο γρήγορα.

6ζ) Η αυξημένη υγρασία οφείλεται στην έντονη εξάτμιση που πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μεγάλη. Αυτό βέβαια επιβάλλει τα εξοκαμπτικά σε πλημμύρες περιοχές

3) Όταν οι υδρατμοί που υπάρχουν μέσα στο κατοικήνο έρχονται σε επαφή με τα ψυχρά τζάμια του παραθύρου, τότε γύρω τα δημιουργούνται (υγροποιούνται). Έτσι τα παράθυρα υγραίνουν και δείνουν από την εσωτερική τους πλευρά.

2) Σε μια χύτρα ταχύτητας ο ατμός που εκλυθείται κάνει επιπέδου πίεση (ατμοσφαιρική πίεση) στην επιφάνεια του νερού. Με την αύξηση όμως της πίεσης, αυξάνεται και το σημείο βρασμού του νερού, και γίνεται περίπου 120°C. Όμως σε υψηλότερη θερμοκρασία το φαγητό ~~έψεται~~ είναι έτοιμο, γρηγορότερα. Από την στιγμή στην κορυφή ενός βουνού ελαττώνεται η εξωτερική πίεση και το νερό βράζει σε θερμοκρασία μικρότερη από τους 100°C.

έχει στην κορυφή ενός γκρεμού βουνού απαιτείται περισσότερος χρόνος ώστε να μαγειρευτεί το φαγητό. Γι' αυτό το λόγο θα επιλέγαμε να μαγειρεύουμε σ' ένα χαμηλότερο μέρος, πλησίον του βουνού.

3) Αν στο νερό του ψυγείου του αυτοκινήτου προσθέσουμε επαρκή ποσό αντιψυκτικού, τότε το μείγμα παίρνει στους $-10^{\circ}C$ αντί των $0^{\circ}C$ στους οποίους παίρνει το μόνο καθαρό νερό. Με αυτόν τον τρόπο, το εσωτερικό ψυγείου του κινητήρα προστατεύεται από την πήξη του νερού που πιθανόν να προκαλούσε ζημιά στο ψυγείο του αυτοκινήτου.

4) Στο νερό τα μόρια συγκρατούνται το ένα πλάι στο άλλο, ενώ βρίσκονται σχεδόν σε επαφή μεταξύ τους. Όταν το υγρό νερό μετατρέπεται σε πάγο οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού αυξάνονται και τα μόρια πλέον βρίσκονται σε καθορισμένες θέσεις μέσα από τις οποίες ταλαντώνονται.

Στον στερεό πάγο τα μόρια του νερού εκτελούν εξάλλου, με αποτέλεσμα ο χώρος που καταλαμβάνουν να αυξάνεται. Ο πάγος όμως που σχηματίζεται από την πήξη του νερού έχει ίδια μάζα. Τότε όμως για την πυκνότητα του πάγου

ισχύει $\rho = \frac{M}{V}$. Όπως αφού ο όγκος του πάγου αυξήθηκε (η Μ είναι σταθερή), η πυκνότητά του ελαττώθηκε και έγινε μικρότερη από αυτή του νερού στην ίδια θερμοκρασία. Έτσι ο πάγος επιπλέει στο νερό.

5) Κατά τη διάρκεια της κρύας νύχτας χαρακτήρισα θερμότητα από το νερό με το οποίο είχαμε φτιάξει τα παγοκύβια στο ψυγείο, όπως και κατά γύρω. Όμως η ειδική θερμότητα πάγου του νερού είναι πολύ μεγάλη (η μεγαλύτερη από τα υλικά). Άρα το νερό χαρακτήρισε πολύ διάστημα σε πάγο και έτσι οι παγοκύβοι προστατεύονται από την παγωνιά. Το νερό θεωρείται καλός αγωγός της θερμότητας.

6) Κατά τη διάρκεια της αλλαγής της φυσικής κατάστασης ενός σώματος η μάζα του διατηρείται σταθερή και δεν μεταβάλλεται. Αν τοποθετήσουμε ένα ποτήρι με παγάκια πάνω σε μια ζυγαριά, θα παρατηρήσουμε ότι κατά τη διάρκεια του φαινομένου της τήξης των πάγων η ένδειξη της ζυγαριάς δε μεταβάλλεται. Αυτό σημαίνει ότι το νερό που σχηματίζεται έχει την ίδια μάζα με αυτή που είχε αρχικά ο πάγος. Βέβαια αν το νερό αρχίσει να εξατμίζεται, αφού επειδή οι υδρατμοί απομακρύνονται το χώρο του ποτηριού η ένδειξη της ζυγαριάς θα μειώνεται μικρότερη.

7) Όταν τα βραχύνυρουχα είναι αδιάβροχα, έχουμε υψηλή θερμοκρασία (ζεστό) νερό και φυσάει αέρας, τότε το φαινόμενο της εξάτμισης είναι πιο έντονο και τα ρούχα στεγνώνουν γρηγορότερα.

- Τα αδιάβροχα ρούχα έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια οπότε είναι μεγαλύτερη η εξάτμιση του νερού
- Σε υψηλή θερμοκρασία τα μόρια του νερού κινούνται ευκολότερα, έτσι οι υψηλές τιμές της θερμοκρασίας εξατμίζουν γρηγορότερα το νερό
- Τέλος τα μόρια του νερού που εξατμίζονται είναι δυνατόν να συγκρούονται με τα μόρια του αέρα που περιβάλλει το ρούχο να αφαίνουν ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας και έτσι να επιταχύνουν την εξάτμιση. Αν όμως φυσάει αέρας, τότε απομακρύνονται και εξατμίζονται φυσικά το νερό. (συναγωγός ταχύτητας) Έτσι η εξάτμιση γίνεται πιο γρήγορα.

8) Κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης των υδρατμών μεταφέρονται μεγάλα ποσά θερμότητας από τους υδρατμούς στο περιβάλλον και έτσι ο χώρος θερμαίνεται γρηγορότερα.

9) Με την κύρηση της πίσσας εξαφανίζεται το σημείο πήξεως του πάγου. Έτσι η θερμοκρασία των 0°C είναι μεγαλύτερη του σημείου πήξεως ώστε ο πάγος στα σημεία επαφής με το χέρι μας όλου η πίσσα είναι μεγάλη, δε μπορεί να διατηρηθεί σε στερεή κατάσταση και λιώνει.

10) Γνωρίζουμε ότι η εξάτμιση είναι μια διαδικασία ψύξης. Έτσι αν σκεπάσουμε το κρασάκι με μια υγρή πετσέτα και το αφήσουμε στον ήλιο, τότε το νερό της πετσέτας εξατμίζεται γρήγορα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μεταφέρεται γρήγορα θερμότητα από το κρασάκι προς τη βρεγμένη πετσέτα. Και έτσι η θερμοκρασία του εξατμιζόμενου γρήγορα και το κρασάκι κρυώνει.
Αν από την αρχή το βυθίσουμε στο κουβά με το δροσερό νερό η μεταφορά θερμότητας από το ζεστό κρασάκι στο κρύο νερό είναι χρονοβόρα. Συνεπώς ο παππούς του Σάββα είχε δίκιο.

11) Με το μηχανισμό της εφίδρωσης θερμαίνεται σωστά στο σώμα μας. Για την εξάτμισή του όμως απορροφά θερμότητα από το σώμα και με αποτέλεσμα το σώμα μας να ψύχεται και να διατηρεί μια θερμοκρασία κοντά στους 37°C, ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ξεπερνά τους 40°C.

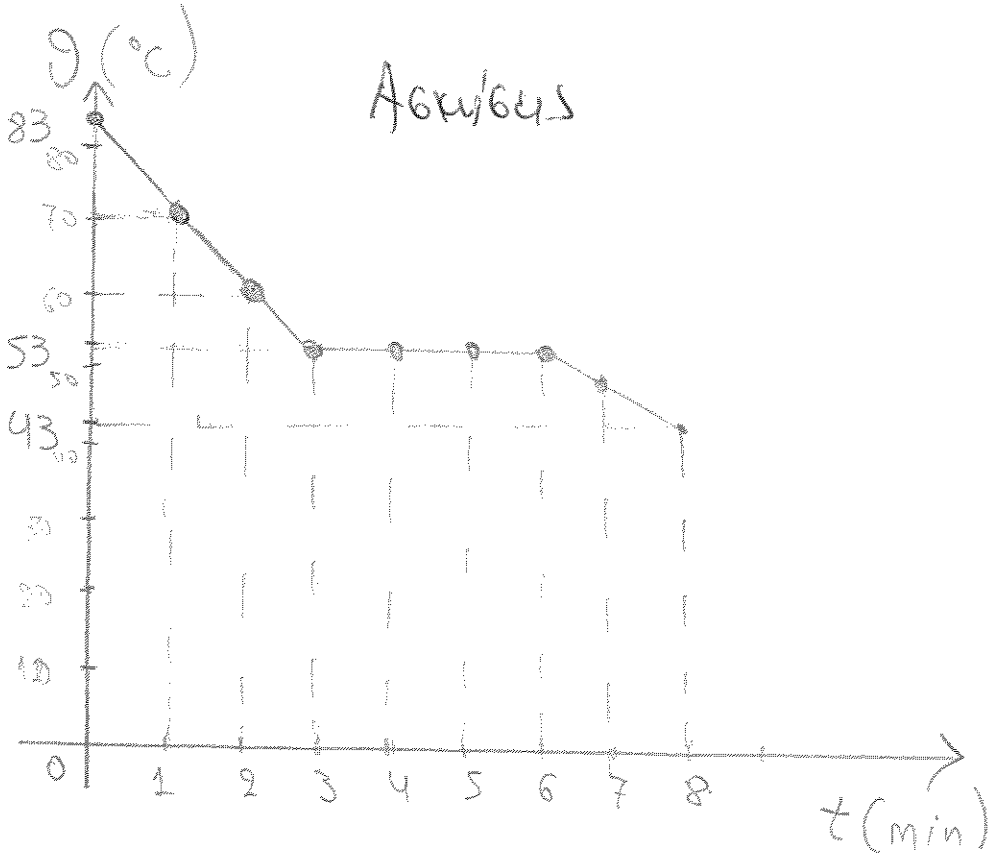
12) Οι υδρατμοί πάνω από το πληρόβουνο όπου επικρατεί χαμηλή θερμοκρασία, γύρω και υγροποιούνται. Οι συμπυκνωμένοι αυτοί υδρατμοί αποτελούν την ομίχλη που σχηματίζεται πάνω από το πληρόβουνο.

13) Στις εξωτερικές γυάλινες μονάδες του συστήματος κλιματισμού η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή. Έτσι οι υδρατμοί που έρχονται σε επαφή μ' αυτές συμπυκνώνονται και υγροποιούνται. Άρα το νερό που βλέπουμε να στάζει δεν προέρχεται από το εσωτερικό αυτών των μονάδων αλλά είναι ο συμπυκνωμένος ατμοσφαιρικός αέρας.

14) Το οινόπνευμα εξατμίζεται πολύ γρήγορα. Τέτοια υγρά ονομάζονται πτητικά.
Έτσι οι ατμοί του, εμπαγιάζουν το δίσκο του χυμού και γύρω πλέον τείνει προς το μέρος των σταγόνων.
Η εξάτμιση του οινοπνεύματος γίνεται πιο εύκολα (γρηγορότερα) αν φυσάμε πάνω από το δίσκο του χυμού που περιέχει το οινόπνευμα, ή αν θερμαίνουμε μ' ένα κερί το δίσκο που περιέχει το οινόπνευμα.

Ασκήσεις

1) α)



β) Αρχικά η θερμοκρασία του υγρού ελαττώνεται από τους 83°C στους 53°C. και σε χρόνο 3min. Στη συνέχεια και μέχρι τα 6min η θερμοκρασία του σώματος δε μεταβάλλεται, επομένως μεταβάλλεται θερμότητα. Αυτό συμβαίνει και πληρούνται σταθερή στους 53°C. Αυτό σημαίνει ότι είμαστε στο σημείο πήξεως και συνυπάρχουν η υγρή και η στερεή φάση του σώματος. Επίσης μετά τη χρονική στιγμή 6min έχει μεταφερθεί πλέον όλο το υγρό σε στερεό και συνεχίζεται η ψύξη του μέχρι και τη χρονική στιγμή 8min, οπότε η θερμοκρασία του έχει σταθεί στους 43°C. Πρόκειται για το φαινόμενο της πήξης ενός υγρού σώματος.

2) α) . Σε στερεή φάση βρίσκεται το νερό για το χρονικό διάστημα 0 μέχρι και 2 min οπότε η θερμοκρασία του είναι μικρότερη από τους 0°C.

. Σε υγρή φάση βρίσκεται το νερό για το χρονικό διάστημα 3 - 8 min

. Σε αέρια φάση βρίσκεται μόλις η θερμοκρασία γίνει μεγαλύτερη από τους 100°C δηλαδή μετά τη χρονική στιγμή $t = 20$ min

β) Στερεό και υγρό συνυπάρχουν κατά τη διάρκεια της τήξης, οπότε και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με 0°C. Αυτό ισχύει για το χρονικό διάστημα από 1 μέχρι 3 min. Παρόμοια υγρό και στερεό συνυπάρχουν κατά τη διάρκεια του βρασμού, οπότε και η θερμοκρασία είναι σταθερή και ίση με 100°C, δηλαδή για το χρονικό διάστημα από 8 μέχρι 20 min.

γ) Το χρονικό διάστημα που διήρκεσε η τήξη του πάγου είναι $\Delta t_1 = 3 - 1 = 2$ min, ενώ το χρονικό διάστημα που διήρκεσε ο βρασμός

είναι $\Delta t_2 = 20 - 8 = 12$ min.

β) Παρατηρούμε λοιπόν πως $\Delta t_2 > \Delta t_1$.
Η θερμότητα βρασμού του νερού είναι $Q_B = L_B \cdot m$ ενώ η θερμότητα τήξης είναι $Q_T = L_T \cdot m$ Όπως ενώ η μάζα του νερού κατά τη διάρκεια του λεκιάσματος παραμένει σταθερή (παγάκια μέχρι να εξατμιστούν πλήρως) η λανθάνουσα θερμότητα βρασμού του νερού είναι $L_B = 2256$ J/g ενώ η λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου είναι $L_T = 334$ J/g. Άρα η θερμότητα βρασμού είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα τήξης ($Q_B > Q_T$). Όμως εμείς διαπιστώνουμε ότι η διαδικασία γίνεται με σταθερό ρυθμό. Άρα για την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας θερμότητας απαιτείται και μεγαλύτερος χρόνος.

3) α) Η θερμότητα Q_1 για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 kg νερού από 0°C σε 100°C είναι: $Q_1 = 775 - 355$ ή $Q_1 = 420$ kJ ή $Q_1 = 186 - 85 = 101$ kcal

β) Η θερμότητα Q_2, για τη μετατροπή 1 kg πάγου 0°C σε νερό 0°C είναι: $Q_2 = 355 - 21 = 334$ kJ ή $Q_2 = 85 - 5 = 80$ kcal.

γ) Η θερμότητα Q_3, για το βρασμό 1 kg νερού, 100°C είναι: $Q_3 = 3031 - 775 = 2256$ kJ ή $Q_3 = 728 - 186$ ή $Q_3 = 542$ kcal. Άρα ισχύει $Q_2 < Q_1 < Q_3$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ερωτήσεις

▶ **Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:**

1) α) αγωγή, αγωγοί, μονωτές.

β) υγιής, θερμοκρασία, ρεύματα, υγρά, αέρια, στερεά.

γ) κενό, ακτινοβολία.

2) α) Οι θερμοκρασίες των δυο εφαπτόμενων είναι ίδες. Αλλιώς μεταφέρεται γενικότερα η θερμότητα μέσα από το μεταλλικό κομμάτι που είναι θερμικός αγωγός. Συνεπώς σωστή είναι η δεύτερη εκδοχή.

β) Σωστή είναι η πρώτη εκδοχή. Έχουμε μεταφορά θερμότητας με αγωγή διά μέσου του σώματος από το θερμό νερό στο κρύο χέρι μας.

▶ Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε επεξηγηματικές απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1) Διάχυση θερμότητας με αγωγή γίνεται στα υλικά, μέσω των συγκρούσεων των δομικών τους λίθων. Η διαφορά προέρχεται από το είδος των δομικών λίθων. Ενώ κοινοί οι θερμικοί μονωτές αποτελούνται

λάιο από ύφος, όπως δομικούς λίθους των μεσαίωνων περιλαμβάνονται και πλεγρούνια που έχουν αποσπαστεί από τα πλοία, τα οποία ονομάζονται εξεύθερα.

Τα πλεγρούνια έχουν πολύ μικρότερη μάζα από τα ύφια κι τα πλοία και άρα είναι περισσότερο ευκίνητα. Με τις συγκρούσεις λοιπόν των εξεύθερων πλεγρουνίων μεταξύ τους και με τα πλοία του μεσαίωνα, μεταφέρεται ορισμένη κινητική ενέργεια από ένα με τις συγκρούσεις μεταξύ πλοίων κι ύφων. Άρα η μεγάλη διαφορά των μεσαίωνων τα μεγάλα και θερμική αγωγιμότητα οφείλεται στην ύπαρξη των εξεύθερων πλεγρουνίων τους.

2) Με βάση τον πίνακα Β.1 η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 50. Βλέπουμε ότι λοιπόν τα είναι πολύ μικρές. Έτσι πλάνη που σχηματίζεται με χώμα και νερό θεωρείται μονωτής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μη μεταφέρεται θερμική μεγάλη ποσότητα θερμότητας από το εξωτερικό μέρος μέσα στο εσωτερικό του σπιτιού κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έτσι το σπίτι δεν ζεσταίνεται και το μεγάλο μέρος των τοίχων. Αντίθετα κατά τη διάρκεια της νύχτας που η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή, μια τους μέσους λόγους μεταφέρεται θερμότητα πολύ αργά από το

εσωτερικό του δωματίου προς το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι το δωμάτιο διατηρείται δροσό.

3) α) Ανάμεσα στα διάφορα σώματα εμποδίζεται πάρα πολύ η μεταφορά (διάδοση) της θερμότητας μέσα από τα σώματα γιατί δεν υπάρχει αέρας. Το αποτέλεσμα είναι το σπίτι να διατηρείται δροσό το καλοκαίρι και θερμό το χειμώνα.

β) Το χιόνι λειτουργεί ως μονωτής. Έτσι η διάδοση της θερμότητας από το θερμό έδαφος στην ψυχρή ατμόσφαιρα γίνεται πολύ δύσκολα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του εδάφους να διατηρείται σχετικά υψηλή και να αποφεύγεται η κατάψυξη των σωλήνων το χειμώνα.

γ) Στα μάλλινα ρούχα, εμπλουτίζεται αέρας ο οποίος λειτουργεί ως μονωτής. Έτσι περιορίζεται η μεταφορά θερμότητας από το σώμα στο κρύο περιβάλλον και αντιμετωπίζεται.

δ) Οι σκουρόχρωμες επιφάνειες απορροφούν καλύτερα τη θερμότητα σε σχέση με τις ανοιχτόχρωμες. Γιατί λοιπόν θέλουμε ο πλανήτης καλύτερα να απορροφά όσο το δυνατό μεγαλύτερα ποσά θερμότητας γι' αυτό είναι βαμμένος με λευκό χρώμα.

4) Τα πλάσματα και το χιόνι του φαγητού βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία που είναι η θερμοκρασία του δωματίου. Το σώμα μας έχει θερμοκρασία περίπου 37°C, μεγαλύτερη από αυτή του δωματίου. Όμως ένα πλάσμα έχει ψυχρότερη θερμική αγωγιμότητα από το χιόνι. Είναι δηλαδή καλύτερος θερμικός αγωγός. Έτσι η θερμότητα από το σώμα μας μεταφέρεται γρηγορότερα στα πλάσματα απ' ότι στο χιόνι. Γι' αυτό το λόγο μας φαίνεται ότι τα πλάσματα είναι κρύα.

Άρα η γευσιβολία μου δημιουργείται λόγω της διαφορετικής αγωγιμότητας και όχι λόγω της διαφορετικής θερμοκρασίας.

5) Το μέλι της γης επηρεάζεται από την ατμόσφαιρά της. Έτσι ένα μέρος της θερμότητας που παράγεται μέσα στη ατμόσφαιρα στο χειμερινό διάστημα. Τελικά υπάρχει ένα θερμικό ισοζύγιο μεταξύ της εισερχόμενης ακτινοβολίας από τον Ήλιο και της εκπεμπόμενης γήινης ακτινοβολίας, οπότε η μέση θερμοκρασία της γης διατηρείται σταθερή. Τα τελευταία 500.000 χρόνια η μέση θερμοκρασία της γης κυμαίνεται μεταξύ 19°C και 27°C. Αν δεν υπήρχαν τα αέρια της ατμόσφαιρας (αέρια θερμοκηπίου) που λειτουργούν

όπως το χυμένο περιβλήμα του θερμοκηπίου τότε η γη θα ήταν ένα παγωμένο σώμα περίπου −18°C. Τα αέρια αυτά της ατμόσφαιρας δεν επιτρέπουν επίσης την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται η γή να διαφύγει στο διάστημα.

Βέβαια με την αύξηση των αερίων που της ατμόσφαιρας που συγκρατούν την υπέρυθρη ακτινοβολία (όπως είναι π.χ το CO_2 που παράγεται από τις βιομηχανίες και από την καύση των ορυκτών στα αυτοκίνητα) μικραίνει να επιτρέπει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των πλανητών μας με σοβαρές κλιματικές επιπτώσεις.

6) α) Η χύτρα όπως και ο συλλέκτης της είναι κατασκευασμένη από μέταλλο που διαπερνάται πολύ εύκολα από τη θερμότητα. Έτσι η διαφορά θερμοκρασίας από την εσωτερική και χύτρα γίνεται με αγωγή.

β) Από τον συλλέκτη της χύτρας στο κρύο νερό η διάδοση θερμότητας γίνεται με αγωγή.

γ) Καθώς το νερό θερμαίνεται ψηφιάνει η πυκνότητά του και δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς.

Έτσι το βεβαρυμένο νερό βεταφέρεται σε ψυχρότερη περιοχή και προκαλεί τη θερμοκρασία. Έτσι όμως ~~ανακ~~ ο χώρος που κρύνει το βεβαρυμένο κυκλοφορεί από πάνω τα βαρύτερα νερά πυκνότερα και ψυχρότερα.

5) Από την επιφάνεια του νερού στον πάτο του περιβάλλοντος η θερμότητα μεταφέρεται με ρεύματα μεταφοράς σχετικά και με κινητικότητα το νερό ~~κυκλοφορεί~~ βρίσκεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία

6) Από τα θερμά τοιχώματα της χύτρας στο περιβάλλον η θερμότητα μεταφέρεται με κινητικότητα. Δε διακρίνεται με ρεύματα μεταφοράς, γιατί το βεβαρυμένο ρεύμα αέρα δημιουργείται πάνω και όχι μακριά από τα τοιχώματα της χύτρας.

7) Ο αέρας ~~που~~ που βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος θερμαίνεται με αγωγή.

Στη συνέχεια ο αέρας αυτός θερμαίνεται διαστέλλεται ~~και~~ ελαττώνεται η πυκνότητά του και έτσι κινείται προς τα πάνω, σε ψυχρότερες περιοχές. Έτσι όμως κυκλοφορεί από πάνω πυκνότερα και ψυχρότερα πιο κρύα αέρα. Δημιουργούνται λοιπόν ρεύματα μεταφοράς θερμότητας που θερμαίνουν αέρα σε ψηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιρας. Τέτοιος επειδή το έδαφος είναι θερμότερο (βρίσκεται σε ψηλότερη θερμοκρασία από τον αέρα) έχουμε και άλλους θερμότητας με κινητικότητα.