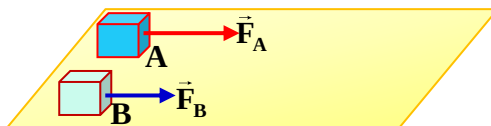


Δ.2 Κινητική Ενέργεια- Θεώρημα Μεταβολής Κινητικής Ενέργειας

4.23 (2ο-7969-B2)

Δυο κιβώτια Α και Β με ίσες μάζες βρίσκονται δίπλα – δίπλα και ακίνητα σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Τη χρονική στιγμή $t=0$ ασκούνται στα κιβώτια Α και Β



σταθερές οριζόντιες δυνάμεις $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ με μέτρα $F_A=F$ και $F_B=F/2$ αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τα δυο κιβώτια αρχίζουν να κινούνται ευθύγραμμα στο οριζόντιο επίπεδο και η επίδραση του αέρα είναι αμελητέα. Αν μετά από ίσες μετατοπίσεις από το σημείο εκκίνησης τους, τα κιβώτια Α και Β έχουν ταχύτητες με μέτρα v_A και v_B αντίστοιχα, τότε ισχύει:

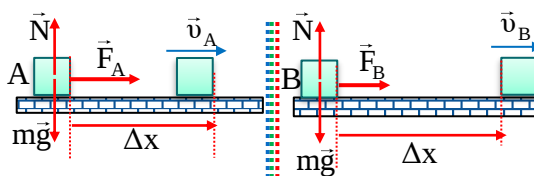
α. $v_A = v_B$

β. $v_A = v_B \sqrt{2}$

γ. $v_B = v_A \sqrt{2}$

Απάντηση

Οι μόνες δυνάμεις που ασκούνται στο άξονα κίνησης – και συνεπώς έχουν έργο – είναι οι $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ (σε κάθε σώμα ασκούνται το βάρος και η



δύναμη στήριξης που όμως ως κάθετες στην μετατόπιση δεν έχουν έργο) .

Εφαρμόζουμε για κάθε σώμα το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας,

$$\text{A: } \Delta K_A = W_{F_A} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_A^2 - 0 = F_A \Delta x \quad (1)$$

$$\text{B: } \Delta K_B = W_{F_B} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 = F_B \Delta x \quad (2)$$

Με διαίρεση κατά μέλη έχουμε,

$$\frac{\frac{1}{2} m v_A^2}{\frac{1}{2} m v_B^2} = \frac{F_A \Delta x}{F_B \Delta x} \Rightarrow \frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{F_A}{F_B} \Rightarrow$$

$$\frac{v_A^2}{v_B^2} = \frac{F}{F/2} \Rightarrow \frac{v_A^2}{v_B^2} = 2 \Rightarrow v_A = v_B \sqrt{2} \quad \text{Σωστή η πρόταση β.}$$

4.24 (2ο-7973-B1) Ένα όχημα κινείται ευθύγραμμα σε οριζόντιο δρόμο με αρχική ταχύτητα μέτρου 10m/s . Στο όχημα ασκούνται δυνάμεις και το μέτρο της ταχύτητας του μεταβάλλεται. Το ολικό έργο των δυνάμεων που απαιτείται για να αυξηθεί το μέτρο της ταχύτητας του οχήματος από 10m/s σε 20m/s , είναι ίσο με W_1 , ενώ για να αυξηθεί το μέτρο της ταχύτητας του οχήματος από 20m/s σε 30m/s , είναι ίσο με W_2 .

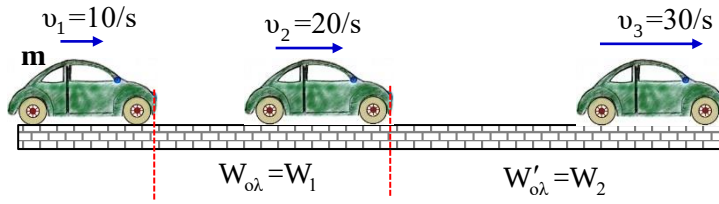
Για τα έργα W_1 και W_2 , ισχύει:

α. $W_1 = W_2$

β. $W_1 > W_2$

γ. $W_1 < W_2$

Απάντηση



Εφαρμόζουμε για το αυτοκίνητο και τις δύο φάσεις το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας.

1^η φάση: από ταχύτητα v_1 έως ταχύτητα v_2 ,

$$W_{\text{ολ}} = \Delta K_{12} \Rightarrow W_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \xrightarrow{\text{S.I.}}$$

$$W_1 = \frac{1}{2}m \cdot 20^2 - \frac{1}{2}m \cdot 10^2 \Rightarrow W_1 = 150m \text{ (S.I.) (1)}$$

2^η φάση από ταχύτητα v_2 έως ταχύτητα v_3 ,

$$W'_{\text{ολ}} = \Delta K_{23} \Rightarrow W_2 = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 \xrightarrow{\text{S.I.}} W_2 = \frac{1}{2}m \cdot 30^2 - \frac{1}{2}m \cdot 20^2$$

$$\Rightarrow W_2 = 250m \text{ (S.I.) (2)}$$

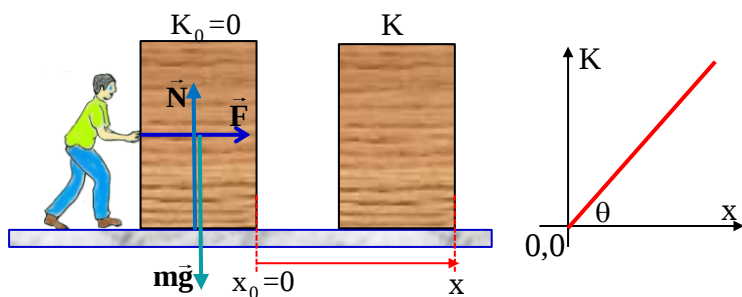
Από (1) και (2) φαίνεται ότι $W_1 < W_2$ και άρα **σωστή η πρόταση γ**

4.25 (2ο-7975-B2) Κιβώτιο βρίσκεται αρχικά ακίνητο σε λείο οριζόντιο δάπεδο στη θέση $x_0=0\text{m}$, ενός οριζόντιου άξονα $x'x$. Τη χρονική στιγμή $t=0\text{s}$ ένας εργάτης σπρώχνει και αρχίζει να κινεί το κιβώτιο ασκώντας σε αυτό σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου F .

α. Αν με x συμβολίσουμε τη θέση του κιβωτίου και με K την κινητική ενέργεια του κιβωτίου στη θέση αυτή, να προσδιορίσετε τη σχέση της κινητικής ενέργειας σε συνάρτηση με τη θέση του κιβωτίου.

β. Να κατασκευάσετε τη γραφική παράσταση της κινητικής ενέργειας K , σε συνάρτηση με τη θέση x .

Απάντηση



Η μόνη δύναμη που ασκείται στο άξονα κίνησης του κιβωτίου – και συνεπώς έχει έργο είναι η δύναμη $\vec{F}$. Στο κιβώτιο ασκούνται το βάρος του και η δύναμη στήριξης που όμως ως κάθετες στην μετατόπιση δεν έχουν έργο. Εφαρμόζουμε για το κιβώτιο το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας,

$$\Delta K = W_{\text{ολ}} \Rightarrow \Delta K = W_F \Rightarrow K - K_0 = F \Delta x \Rightarrow K - K_0 = F(x - x_0) \xrightarrow{K_0=0, x_0=0} K = F \cdot x \quad (1)$$

Η κινητική ενέργεια K που αποκτά το κιβώτιο σε μια θέση x , είναι ανάλογη της θέσης και η γραφική της παράσταση $K(x)$ αποδίδεται με την ευθεία σταθερής κλίσης του διαγράμματος.

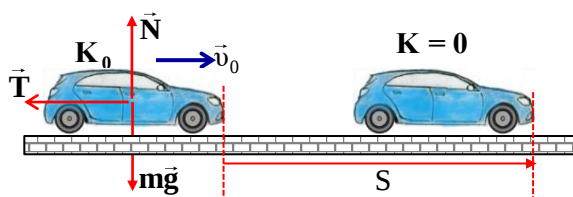
$$\text{Η κλίση εφ}\theta \text{ της } K(x) \text{ ισούται με τη δύναμη } F, \text{ εφ}\theta = \frac{\Delta K}{\Delta x} \Rightarrow \text{εφ}\theta = \frac{K_2 - K_1}{x_2 - x_1} \xrightarrow{(1)} \rightarrow$$

$$\text{εφ}\theta = \frac{Fx_2 - Fx_1}{x_2 - x_1} \Rightarrow \text{εφ}\theta = \frac{F(x_2 - x_1)}{x_2 - x_1} \Rightarrow \text{εφ}\theta = F$$

4.26 (2ο-7980-B2) Δύο αυτοκίνητα A_1 και A_2 με μάζες m_1 και m_2 αντίστοιχα (με $m_1 > m_2$), κινούνται σε ευθύγραμμο τραχύ δρόμο έχοντας την ίδια κινητική ενέργεια. Κάποια χρονική στιγμή οι οδηγοί εφαρμόζουν τα φρένα οπότε μπλοκάρουν τους τροχούς. Τότε ασκείται (συνολική) δύναμη τριβής ίδιου μέτρου και στα δύο αυτοκίνητα με αποτέλεσμα να σταματήσουν. Για τα διαστήματα S_1 και S_2 αντίστοιχα που διάνυσαν τα αυτοκίνητα A_1 και A_2 από τη στιγμή του φρεναρίσματος μέχρι να σταματήσουν ισχύει η σχέση:
α. $S_1 > S_2$ **β.** $S_2 > S_1$ **γ.** $S_1 = S_2$

Απάντηση

Τοποθετούμε τις δυνάμεις σε κάθε αυτοκίνητο και εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για κάθε αυτοκίνητο από τη στιγμή



του φρεναρίσματος μέχρι τον μηδενισμό της ταχύτητας. Για την εφαρμογή αυτή παρατηρούμε ότι μόνο η δύναμη της τριβής έχει έργο.

$$\text{Αυτοκίνητο } A_1: \Delta K = W_{\text{ολ}} \Rightarrow \Delta K = W_{\text{Τριβής}} \Rightarrow 0 - K_{01} = -T_1 S_1 \Rightarrow$$

$$K_{01} = T_1 S_1 \Rightarrow S_1 = K_{01} / T_1 \quad (1)$$

$$\text{Αυτοκίνητο } A_2: \Delta K = W_{\text{ολ}} \Rightarrow \Delta K = W_{\text{Τριβής}} \Rightarrow 0 - K_{02} = -T_1 S_1 \Rightarrow$$

$$K_{02} = T_1 S_1 \Rightarrow S_2 = K_{02} / T_2 \quad (2)$$

Από τις (1) και (2) και δεδομένου ότι $K_{01} = K_{02}$ και $T_1 = T_2$ έχουμε $S_1 = S_2$

Άρα σωστή η σχέση γ.

1° Σχόλιο: Η σχέση των μαζών $m_1 > m_2$ των δύο αυτοκινήτων – με βάση τα δεδομένα του προβλήματος- δεν απαιτείται για την λύση , καθώς δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα.

2° Σχόλιο: Η μάζα των αυτοκινήτων θα χρειαζόνταν αν δίνονταν ότι μεταξύ ελαστικών και δαπέδου υπάρχει ο ίδιος συντελεστής τριβής ολίσθησης, οπότε $T = \mu mg$ (...και όχι ότι έχουμε ίσα μέτρα τριβών...).

3° Σχόλιο: Το θέμα λύνεται και με εξισώσεις κινηματικής και δυναμικής, αλλά έχει αρκετή αλγεβρική επεξεργασία και δεν συνιστάται.

4.27 (2ο-7985-B1) Αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο. Σε δυο χρονικές στιγμές t_1 και t_2 το αυτοκίνητο έχει ταχύτητα με μέτρο v_1 και v_2 και κινητική ενέργεια K_1 και K_2 αντίστοιχα.

Αν για τα μέτρα των ταχυτήτων ισχύει, $v_2 = 2v_1$ τότε:

α. $K_2 = 2K_1$

β. $K_1 = 4K_2$

γ. $K_2 = 4K_1$

Απάντηση

Οι κινητικές ενέργειες του αυτοκινήτου στις δύο χρονικές στιγμές είναι,

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (1) \quad \text{και} \quad K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (2).$$

Από (1) και (2) με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε $\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} \xrightarrow{v_2=2v_1}$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{(2v_1)^2}{v_1^2} \Rightarrow K_2 = 4K_1.$$

Σωστή η σχέση γ.

4.28 (2ο-7987-B2) Ένα κιβώτιο βρίσκεται αρχικά ακίνητο σε λείο οριζόντιο δάπεδο στη θέση $x=0\text{ m}$ **ενός άξονα $x'x$** . Τη χρονική στιγμή $t=0\text{ s}$ ένας εργάτης σπρώχνει και κινεί το κιβώτιο ασκώντας σε αυτό σταθερή οριζόντια δύναμη και αυτό κινείται στον **άξονα $x'x$** . Αν με x συμβολίσουμε τη θέση **στον άξονα** και με K την κινητική ενέργεια του κιβωτίου σ' αυτή τη θέση, να συμπληρώσετε με δικαιολόγηση τα κενά στον πίνακα:

x	K
0	
$2x$	
	$3K$
$4x$	

Απάντηση

Σχόλιο: Πιο πρακτικός για απάντηση ο παρακάτω πίνακας .

Στην εκφώνηση με **κόκκινη γραφή** είναι ίδιες προσθήκες για καλύτερη κατανόηση του θέματος.

Η μόνη δύναμη που ασκείται στο άξονα κίνησης του κιβωτίου – και συνεπώς έχει έργο είναι η δύναμη $\vec{F}$. Στο κιβώτιο ασκούνται το βάρος του και η δύναμη στήριξης, που

Θέση (x)	Κινητική Ενέργεια (K)
0	
x	K
$2x$	
	$3K$
$4x$	

όμως ως κάθετες στην μετατόπιση δεν έχουν έργο. Εφαρμόζουμε για το κιβώτιο το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας,

$$\Delta K = W_{\text{ολ}} \Rightarrow \Delta K = W_F \Rightarrow K - K_0 = F\Delta x \Rightarrow K - K_0 = F(x - x_0) \xrightarrow{K_0=0, x_0=0} \mathbf{K = F \cdot x}$$

Παρατηρούμε ότι η κινητική ενέργεια K που αποκτά το κιβώτιο σε μια θέση x , είναι ανάλογη της θέσης. Με βάση αυτή τη παρατήρηση συμπληρώνεται ο πίνακας.

Θέση (x)	Κινητική Ενέργεια (K)
0	0
x	K
$2x$	$2K$
$3x$	$3K$
$4x$	$4K$

Η ανωτέρω άσκηση είναι ανάλογη με την 3.10 (2ο-7975-B2) και έχει πρόβλημα πρακτικής εφαρμογής. Δείτε τα γραφόμενα εκεί σχόλια!

4.30 (20-7993-B2) Σώμα που κινείται έχει κινητική ενέργεια ίση με 1 J. Αν το μέτρο της ταχύτητας του σώματος διπλασιαστεί τότε η κινητική του ενέργεια θα μεταβληθεί κατά:

α. 3 J

β. 4 J

γ. Δεν επαρκούν τα στοιχεία για να δοθεί απάντηση

Απάντηση

Οι κινητικές ενέργειες του αυτοκινήτου στις δύο θέσεις είναι,

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (1) \quad \text{και} \quad K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (2)$$

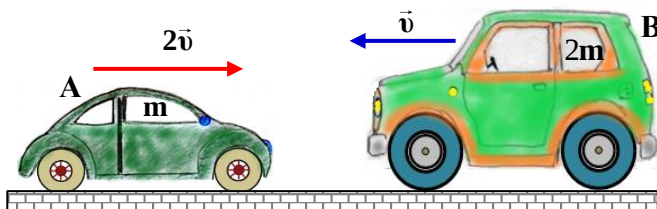
Από (1) και (2) με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε $\frac{K_2}{K_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_1^2} \xrightarrow{v_2=2v_1}$

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{(2v_1)^2}{v_1^2} \Rightarrow K_2 = 4K_1 \Rightarrow K_2 = 4J \quad \text{και} \quad \text{συνεπώς η μεταβολή της κινητικής}$$

ενέργειας είναι $\Delta K = K_2 - K_1 = 3J$

Άρα σωστή η σχέση α.

431 (2ο-7996-B2) Στο διπλανό σχήμα φαίνονται δύο αμαξάκια Α και Β με μάζες m και $2m$ αντίστοιχα. Αν τα αμαξάκια κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα



και το Α έχει ταχύτητα διπλάσιου μέτρου από του Β τότε:

- το αμαξάκι Α έχει διπλάσια κινητική ενέργεια από το αμαξάκι Β,
- το αμαξάκι Β έχει διπλάσια κινητική ενέργεια από το αμαξάκι Α ,
- τα δυο αμαξάκια έχουν ίσες κινητικές ενέργειες.

Απάντηση

Ας συμβολίσουμε με την μάζα και ταχύτητα των αυτοκινήτων Α και Β με $m_A = m$, $v_A = 2v$ και $m_B = 2m$, $v_B = v$.

Οι κινητικές ενέργειες των αυτοκινήτων είναι, $K_A = \frac{1}{2} m_A v_A^2 \Rightarrow K_A = \frac{1}{2} m (2v)^2$ (1)

και $K_B = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \Rightarrow K_B = \frac{1}{2} 2m v^2$ (2).

Από (1) και (2) με διαίρεση κατά μέλη βρίσκουμε $\frac{K_B}{K_A} = \frac{1/2 \cdot 2m v^2}{1/2 \cdot m (2v)^2} \Rightarrow \frac{K_B}{K_A} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow K_A = 2K_B$. **Άρα σωστή η σχέση α.**

ΣΧΕΤΙΚΑ ΔΥΣΚΟΛΗ

4.32 (2ο-7999-B1) Δύο μεταλλικές σφαίρες Σ_1 και Σ_2 , ίσης μάζας, βρίσκονται στο ίδιο ύψος πάνω από το έδαφος. Αφήνουμε τη σφαίρα Σ_1 να πέσει ελεύθερα ενώ ταυτόχρονα δίνουμε κατακόρυφη αρχική ταχύτητα v_0 με φορά προς τα κάτω στη σφαίρα Σ_2 .

Αν η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) είναι σταθερή, τότε:

- τα έργα που παράγουν τα βάρη των δύο σφαιρών μέχρι να φτάσουν στο έδαφος είναι ίσα.
- οι δύο σφαίρες φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος.
- οι δύο σφαίρες όταν φτάνουν στο έδαφος έχουν ίσες κινητικές ενέργειες.

Απάντηση

α. Σφαίρα Σ₁: $W_{B,1} = +mgh$ (1)

Σφαίρα Σ₂: $W_{B,2} = W_{\Delta E} + W_{E\Delta} + W_{EZ}$

$$\Rightarrow W_{B,2} = -mgh_1 + mgh_1 + mgh \Rightarrow$$

$$W_{B,2} = +mgh \quad (2)$$

Από (1) και (2) έχουμε $W_{B,1} = W_{B,2}$,

άρα **η πρόταση (α) είναι σωστή.**

...και **διαφορετικά ... Β ΛΥΣΗ**

Σφαίρα Σ₁: $W_{B,1} = -\Delta U_{A\Gamma} \Rightarrow$

$$W_{B,1} = -(U_{\Gamma} - U_A) \Rightarrow W_{B,1} = U_A - U_{\Gamma} \Rightarrow W_{B,1} = +mgh - 0 \Rightarrow W_{B,1} = +mgh$$

Σφαίρα Σ₂: $W_{B,2} = -\Delta U_{\Delta Z} \Rightarrow W_{B,2} = U_{\Delta} - U_Z \Rightarrow W_{B,2} = +mgh - 0 \Rightarrow W_{B,2} = +mgh$

β. Χρόνος καθόδου της Σ₁: $h = \frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2gh}{g}} \quad (3)$

Για το χρόνο καθόδου της Σ₂, γράφουμε τη χρονική εξίσωση θέσης $y(t)$ για το σύστημα αναφοράς του σχήματος $y(t) = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$. Όταν η σφαίρα φθάσει στο

δάπεδο $t = t_2$ και $y = -h$ οπότε $-h = v_0 t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2 \Rightarrow gt_2^2 - 2v_0 t_2 - 2h = 0$ που έχει λύσεις

$$t_2 = \frac{2v_0 \pm \sqrt{4v_0^2 + 8gh}}{2g} \quad \dots \text{δεκτή η } t_2 = \frac{2v_0 + 2\sqrt{v_0^2 + 2gh}}{2g} \quad \text{ή } t_2 = \frac{v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g} \quad (4)$$

Από (3) και (4) φαίνεται $t_2 > t_1$ [$\dots \sqrt{v_0^2 + 2gh} > \sqrt{2gh} \Rightarrow \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g} > \frac{\sqrt{2gh}}{g} \Rightarrow$

$$\frac{v_0}{g} + \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g} > \frac{\sqrt{2gh}}{g} \xrightarrow{3,4} t_2 > t_1].$$

Άρα **η πρόταση (β) είναι λανθασμένη.**

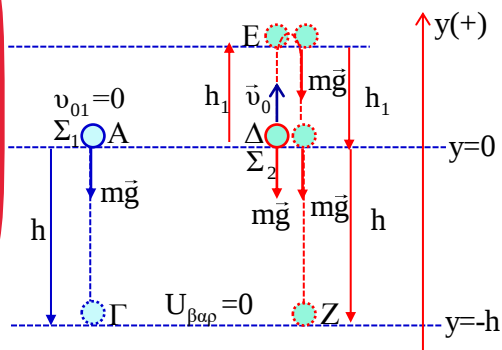
γ. Εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής κινητικής ενέργειας για κάθε σφαίρα.

Σφαίρα Σ₁: $\Delta K_{A \rightarrow \Gamma} = W_B \Rightarrow K_{1\Gamma} - 0 = +mgh \Rightarrow K_{1\Gamma} = mgh \quad (5)$

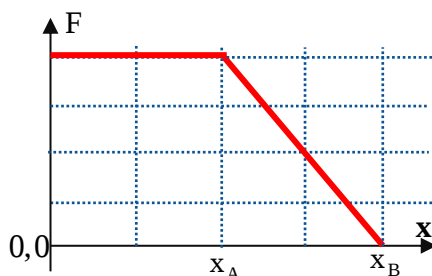
Σφαίρα Σ₂: $\Delta K_{\Delta \rightarrow Z} = W_B \Rightarrow K_{2Z} - \frac{1}{2}m_0^2 = +mgh \Rightarrow K_{2Z} = \frac{1}{2}m_0^2 + mgh \quad (6)$

Από τις (5) και (6) φαίνεται ότι $K_{2Z} > K_{1\Gamma}$

Άρα **η πρόταση (γ) είναι λανθασμένη.**



4.33 (2ο-8013-B2) Μικρό σώμα είναι αρχικά ακίνητο πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο και στη θέση $x_0=0$ ενός οριζόντιου άξονα $x'x$. Στο σώμα ασκείται οριζόντια δύναμη F η τιμή της οποίας μεταβάλλεται με τη θέση x του σώματος, όπως φαίνεται στο διάγραμμα .



Η κινητική ενέργεια του σώματος

- α. από τη θέση $x_0=0$ m έως τη θέση x_A παραμένει σταθερή,
- β. από τη θέση x_A έως τη θέση x_B μειώνεται,
- γ. από τη θέση $x_0=0$ m έως τη θέση x_B αυξάνεται .

Απάντηση

Επειδή το επίπεδο είναι λείο η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο κιβώτιο είναι μόνο η δύναμη $\vec{F}$, $\Sigma \vec{F} = \vec{F}$ και το σώμα από την ακινησία κινείται στην κατεύθυνση της $\vec{F}$, δηλαδή προς τα θετικά. Από διάγραμμα $F(x)$ και τον 2ο νόμο Newton $\Sigma F = ma$ συμπεραίνουμε ότι,

- από 0 έως x_A η συνισταμένη δύναμη και η επιτάχυνση έχουν σταθερές τιμές η κίνηση είναι **ομαλά επιταχυνόμενη** και η **ταχύτητα αυξάνεται** γραμμικά με το χρόνο. Αφού η ταχύτητα αυξάνεται προφανώς και η κινητική ενέργεια αυξάνεται.
- από x_A έως x_B το μέτρο της συνισταμένη δύναμης μειώνεται όπως και το μέτρο της επιτάχυνσης, αλλά είναι ομόρροπες της ταχύτητας ($\Sigma F > 0$, $a > 0$, $v > 0$) και συνεπώς η κίνηση είναι **επιταχυνόμενη** με μειούμενη επιτάχυνση. Η ταχύτητα **συνεχίζει να αυξάνεται** αλλά με μειούμενο ρυθμό. Εδώ αφού η ταχύτητα συνεχίζει να αυξάνεται προφανώς και η κινητική ενέργεια αυξάνεται.

Άρα η κινητική ενέργεια σε όλη την διαδρομή από x_A έως x_B συνεχώς αυξάνεται.

Άρα η πρόταση γ είναι σωστή.

4.34(2ο-8027-B1) Ένας αλεξιπτωτιστής πέφτει από το αεροπλάνο χωρίς αρχική ταχύτητα και αφού ανοίξει το αλεξίπτωτο κινούμενος για κάποιο χρονικό διάστημα με σταθερή ταχύτητα προσγειώνεται στο έδαφος. Αν συμβολίσουμε με W_B το έργο του βάρους του αλεξιπτωτιστή κατά τη διάρκεια της πτώσης του και K την κινητική ενέργεια του αλεξιπτωτιστή κατά τη προσγείωση του θα ισχύει:

α. $W_B > K$

β. $W_B = K$

γ. $W_B < K$

Απάντηση

Ο αλεξιπτωτιστής-αερόστατο μέχρι ανοίξει το αλεξίπτωτο έστω ότι κατέρχεται κατά h_1 , ενώ μετά το άνοιγμα του αεροστάτου και μέχρι να φθάσει στο έδαφος κινείται για h_2 . Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα αλεξιπτωτιστής-αερόστατο μέχρι ανοίξει το αλεξίπτωτο είναι το συνολικό βάρος $\vec{B} = m\vec{g}$, ενώ μετά το άνοιγμα του αεροστάτου είναι και η δύναμη $\vec{A}$ από τον αέρα στο αερόστατο που είναι αντίρροπη του βάρους $\vec{B} = m\vec{g}$.

Εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής κινητικής ενέργειας από την αρχή της πτώσης μέχρι το έδαφος ...

$$\Delta K = W_{ολ} \Rightarrow K_{τελική} - K_{αρχική} = W_B + W_A \Rightarrow$$

$$K - 0 = W_B - Ah_2 \Rightarrow W_B = K + Ah_2 \Rightarrow W_B > K$$

Άρα σωστή η πρόταση α.

