

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΚΙΝΗΣΗ

1.1. ΚΙΝΗΣΗ

Η **μηχανική** είναι η μελέτη της κίνησης των αντικειμένων. Όταν περιγράφουμε την κίνηση ασχολούμαστε με το κομμάτι της μηχανικής που λέγεται **κινηματική**.

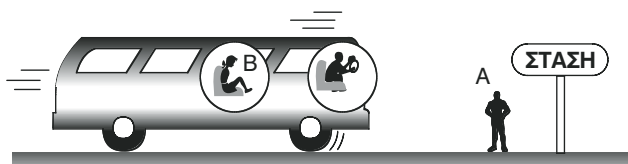
Η **κίνηση** αποτελεί μια χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης, είτε αναφερόμαστε στον μικρόκοσμο (σωματίδια με **μικροσκοπικές** διαστάσεις) είτε στον **μακρόκοσμο** (σώματα μεγάλων διαστάσεων) και περιγράφει τη συνεχή αλλαγή της θέσης ενός σώματος. Η κίνηση ενός σώματος στο χώρο μπορεί να συνοδεύεται από περιστροφές ή ταλαντώσεις του σώματος.

Κάθε μορφή ύλης βρίσκεται σε μια συνεχή κίνηση· στο Σύμπαν δεν υπάρχει απόλυτη ηρεμία. Τέτοια παραδείγματα είναι οι κινήσεις των πλανητών στο ηλιακό μας σύστημα, η κίνηση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα του ατόμου κ.τ.λ.

1.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

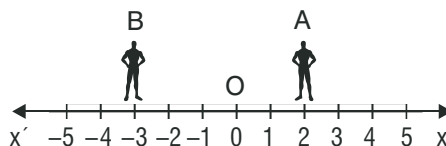
A) Σύστημα αναφοράς

Η κίνηση είναι έννοια **σχετική**. Εξαρτάται από τον **παρατηρητή** που την περιγράφει. Δύο παρατηρητές, κινούμενοι ο ένας σε σχέση με τον άλλο, περιγράφουν με διαφορετικό τρόπο την ίδια κίνηση. Για παράδειγμα, ένας παρατηρητής A που βρίσκεται στη στάση βλέπει τον οδηγό του λεωφορείου να κινείται μαζί με αυτό προς τη στάση, ενώ ένας παρατηρητής B από το κάθισμά του μέσα στο λεωφορείο, βλέπει τον οδηγό ακίνητο.



Για την περιγραφή μιας κίνησης είναι αναγκαία η εισαγωγή ενός «συστήματος παρακολούθησης», το οποίο ονομάζεται **σύστημα αναφοράς**. Ουσιαστικά, με το σύστημα αναφοράς γίνεται ο προσδιορισμός της **θέσης** ενός σώματος στο χώρο.

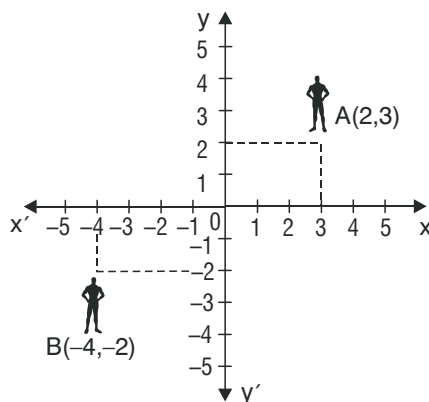
α) προσδιορισμός της θέσης στην ευθεία:



- i) επιλέγουμε ένα σημείο O ως αρχή πάνω στην ευθεία x' .
- ii) βαθμολογούμε τον άξονα με τις θετικές τιμές δεξιά του σημείου O και με τις αρνητικές τιμές αριστερά.
- iii) η θέση του σώματος στην ευθεία προσδιορίζεται από έναν αριθμό, η απόλυτη τιμή του οποίου εκφράζει την απόσταση του σώματος από την αρχή του άξονα (σημείο O) και το πρόσημό του, το αν βρίσκεται δεξιά (**θετικός ημιάξονας**) ή αριστερά (**αρνητικός ημιάξονας**) από την αρχή των αξόνων. Ο αριθμός αυτός ονομάζεται **συντεταγμένη** του σημείου του άξονα όπου βρίσκεται το σώμα.

Π.χ. στον παραπάνω άξονα, το **σώμα** στο σημείο A έχει συντεταγμένη $x_A = +2$, ενώ το σώμα στο σημείο B έχει συντεταγμένη $x_B = -3$.

β) προσδιορισμός της θέσης στο επίπεδο:



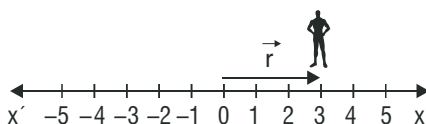
- i) επιλέγουμε ένα ορθοκανονικό σύστημα αξόνων x' και y' και θεωρούμε ότι το σημείο τομής τους είναι η αρχή και των δύο αξόνων (σημείο O).
- ii) βαθμολογούμε τους δύο άξονες όπως κάναμε και πριν, στον προσδιορισμό της θέσης στην ευθεία.
- iii) η θέση του σώματος στο επίπεδο, προσδιορίζεται από δύο συντεταγμένες (x,y) , την **τετμημένη** (x) που είναι η προβολή του σημείου που βρίσκεται το σώμα πάνω στον άξονα x' και την **τεταγμένη** (y) που είναι η προβολή του σημείου

ου που βρίσκεται το σώμα πάνω στον άξονα $y'y$.

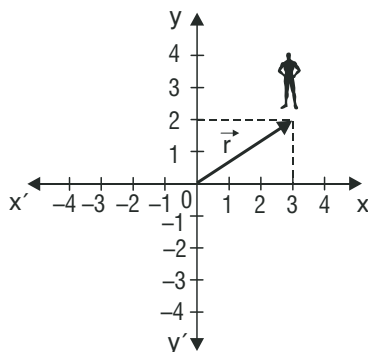
Π.χ., στο παραπάνω σύστημα αξόνων, το σώμα στο σημείο A έχει τετμημένη $x_A = +2$ και τεταγμένη $y_A = -3$. Δηλαδή η θέση του προσδιορίζεται από το σημείο A(2, 3). Αντίστοιχα, το σώμα στο σημείο B έχει τετμημένη $x_B = -4$ και τεταγμένη $y_B = -2$, δηλαδή η θέση του προσδιορίζεται από το σημείο B(-4, -2)

Διάνυσμα θέσης ενός σώματος ($\vec{r}$): είναι το διάνυσμα που για κάθε σύστημα αναφοράς, έχει ως αρχή την αρχή του συστήματος και ως πέρας τη θέση του σώματος.

Π.χ. α)



β)



B) Χρόνος (t)

Η έννοια του χρόνου είναι μια από τις σπουδαιότερες έννοιες στη φυσική. Εδώ θα μελετήσουμε τις έννοιες: χρονική στιγμή και χρονικό διάστημα.

- Η **χρονική στιγμή** προσδιορίζει το **πότε** συνέβη ένα γεγονός, αντιστοιχίζοντάς το με μια **συγκεκριμένη** ένδειξη ενός οργάνου μέτρησης του χρόνου (ρολογιού ή χρονομέτρου).
- Το **χρονικό διάστημα** προσδιορίζει τη **χρονική διάρκεια** ενός γεγονότος, δηλαδή αποτελείται από ένα **πλήθος** χρονικών στιγμών.

Π.χ. Ο κύριος Γιώργος φεύγει κάθε πρωί για τη δουλειά του στις 7.30 και

φτάνει στο γραφείο του στις 8.00. Οι δύο προηγούμενες χρονικές ενδείξεις αποτελούν **χρονικές στιγμές**, ενώ **χρονικό διάστημα** είναι η μισή ώρα (30') που μεσολάβησε για να πάει από το σπίτι του στη δουλειά του.

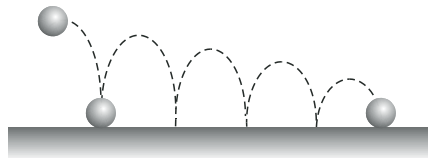
Σχόλια:

- 1) η χρονική στιγμή συμβολίζεται με το γράμμα t και δεν έχει διάρκεια.
- 2) το χρονικό διάστημα είναι η μεταβολή του χρόνου Δt , που ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ τελικής και αρχικής χρονικής στιγμής, $\Delta t = t_{\text{τελ}} - t_{\text{αρχ}}$.
- 3) επειδή ο χρόνος κυλάει πάντα προς τα μπρος ($t_{\text{τελ}} > t_{\text{αρχ}}$), το χρονικό διάστημα είναι πάντα θετικό ($\Delta t > 0$).

Γ) Διάστημα (S) - Μετατόπιση ($\Delta \vec{x}$)

Διάστημα S : είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που εκφράζει την συνολική απόσταση που διανύει ένα σώμα, κατά τη διάρκεια της κίνησης που πραγματοποιεί.

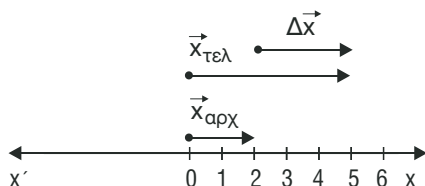
Καθώς κινείται ένα σώμα διέρχεται από ένα πλήθος σημείων, τα οποία αν ενωθούν σχηματίζουν την **τροχιά** του.



Με βάση την έννοια της τροχιάς, μπορούμε να ορίσουμε το διάστημα S ως το συνολικό μήκος της τροχιάς που διαγράφει ένα σώμα κατά τη διάρκεια της κίνησης που πραγματοποιεί.

Μετατόπιση $\Delta \vec{x}$: είναι το διάνυσμα που έχει ως αρχή την αρχική θέση του σώματος και ως πέρας την τελική του θέση, δηλαδή εκφράζει τη μεταβολή της θέσης του σώματος και ορίζεται ως $\Delta \vec{x} = \vec{x}_{\text{τελ}} - \vec{x}_{\text{αρχ}}$

Τα διανύσματα $\vec{x}_{\text{τελ}}$, $\vec{x}_{\text{αρχ}}$ είναι τα διανύσματα αρχικής και τελικής θέσης του σώματος αντίστοιχα.



Η μετατόπιση ως διανυσματικό φυσικό μέγεθος έχει:

α) **μέτρο**, που ισούται με $|\vec{\Delta x}| = |\vec{x}_{\text{τελ}} - \vec{x}_{\text{αρχ}}|$. Στην **ευθύγραμμη κίνηση**, ισχύει

$|\Delta x| = |x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}|$, αφού τα διανύσματα $\vec{x}_{\text{αρχ}}$, $\vec{x}_{\text{τελ}}$ είναι συγγραμμικά.

Π.χ. στο παραπάνω σχήμα το μέτρο της μετατόπισης θα είναι

$$|\vec{\Delta x}| = |5 - 2| = |3| = 3.$$

β) **διεύθυνση**, τη διεύθυνση του άξονα της κίνησης.

γ) φορά, την φορά της κίνησης του σώματος.

Σχόλια:

1) το διάστημα S επειδή εκφράζει την συνολική απόσταση που διανύει ένα σώμα, έχει **πάντα θετική τιμή**.

2) το μέτρο της μετατόπισης $|\Delta x|$, εκφράζει ουσιαστικά την απόσταση μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης του σώματος.

3) **αλγεβρική τιμή μετατόπισης Δx** : είναι η διαφορά μεταξύ των συντεταγμένων αρχικής και τελικής θέσης του σώματος, $\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}}$ και δεν έχει σταθερό πρόσημο. Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- **θετική αλγεβρική τιμή μετατόπισης ($\Delta x > 0$)**, δηλαδή $x_{\text{τελ}} > x_{\text{αρχ}}$, που σημαίνει ότι το σώμα κινείται:

α) προς τις θετικές τιμές του άξονα, όταν η κίνηση γίνεται πάνω σε άξονα.

β) προς την φορά που εμείς έχουμε επιλέξει ως θετική φορά κίνησης, όταν η κίνηση δε γίνεται πάνω σε άξονα.

- **αρνητική αλγεβρική τιμή μετατόπισης ($\Delta x < 0$)** δηλαδή $x_{\text{τελ}} < x_{\text{αρχ}}$, που σημαίνει ότι το σώμα κινείται:

α) προς τις αρνητικές τιμές του άξονα, όταν η κίνηση γίνεται πάνω σε άξονα.

β) προς την αντίθετη φορά από αυτήν που έχουμε επιλέξει ως θετική φορά κίνησης, όταν η κίνηση δε γίνεται πάνω σε άξονα.

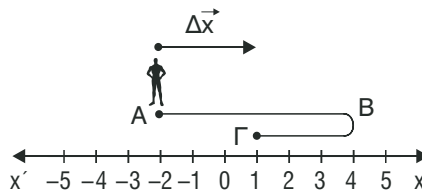
4) η μετατόπιση Δx **δεν εξαρτάται από το σημείο 0**, που έχουμε επιλέξει ως αρχή του άξονα αλλά μόνο από την αρχική και την τελική θέση του σώματος.

5) μετατόπιση και διάστημα έχουν την ίδια μονάδα μέτρησης που στο S.I είναι το **1m (μέτρο)**.

Διαφορές διαστήματος (S) - μετατόπισης ($\Delta\vec{x}$)	
Διάστημα (S)	Μετατόπιση ($\Delta\vec{x}$)
είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος	είναι διανυσματικό φυσικό μέγεθος
έχει πάντα θετική τιμή	μπορεί να έχει θετική ή αρνητική τιμή
εξαρτάται από τη διαδρομή που ακολουθεί το σώμα	είναι ανεξάρτητη από τη διαδρομή που ακολουθεί το σώμα και εξαρτάται μόνο από την αρχική και την τελική του θέση

► Η τιμή του διαστήματος S και της μετατόπισης $\Delta\vec{x}$ συμπίπτουν, όταν έχουμε ευθύγραμμη κίνηση σταθερής (θετικής) φοράς.

Παράδειγμα 1ο:



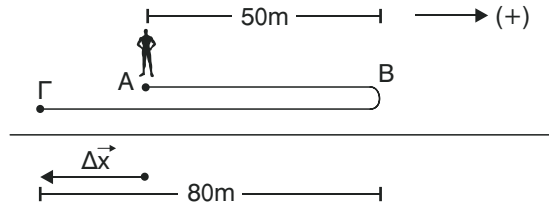
Το ανθρωπάκι στο παραπάνω σχήμα πραγματοποιεί τη διαδρομή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$. Το συνολικό διάστημα S που διανύει είναι:

$$S = (AB) + (B\Gamma) = 6 + 3 = 9$$

Όμως η μετατόπιση του $\Delta\vec{x}$ για την ίδια διαδρομή θα έχει **αλγεβρική τιμή**:

$$\Delta x = x_{\text{τελ}} - x_{\text{αρχ}} = x_{\Gamma} - x_A = 1 - (-2) = 3,$$

διεύθυνση τη διεύθυνση του άξονα $x'x$ και **φορά** προς τις τιμές του θετικού ημιάξονα Ox .

Παράδειγμα 2ο:

$$(AB) = 50 \text{ m.}$$

$$(B\Gamma) = 80 \text{ m.}$$

Επιλέγουμε ως θετική φορά κίνησης την προς τα δεξιά. Το ανθρωπάκι πραγματοποιεί τη διαδρομή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$. Το συνολικό διάστημα S που διανύει είναι:

$$S = (AB) + (B\Gamma) = (50 + 80)\text{m} = 130 \text{ m.}$$

Στην περίπτωση που **δεν έχουμε κίνηση πάνω σε άξονα**, η αλγεβρική τιμή της μετατόπισης υπολογίζεται ως εξής:

α) βρίσκουμε την **απόσταση** μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης του σώματος, δηλαδή το **μέτρο της μετατόπισης**.

β) το **πρόσημο** της αλγεβρικής τιμής είναι **θετικό (+)**, αν η συνολική κίνηση γίνεται προς τη θετική φορά κίνησης και **αρνητικό (-)**, αν η συνολική κίνηση γίνεται προς την αντίθετη φορά.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η αλγεβρική τιμή τη μετατόπισης θα είναι:

$$\Delta x = - [(B\Gamma) - (AB)] = - (80 - 50)\text{m} = - 30 \text{ m.}$$

► Το μείον πριν από την παρένθεση εκφράζει το ότι η συνολική κίνηση γίνεται αντίθετα της θετικής φοράς κίνησης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1.1 Συμπληρώστε με Σ (σωστό) ή Λ (λάθος) δίπλα από τις ακόλουθες προτάσεις:

- α) η κίνηση είναι ιδιότητα μόνο των στερεών σωμάτων. ☐
- β) δεν υπάρχει απόλυτη ηρεμία στο Σύμπαν. ☐
- γ) η κίνηση είναι έννοια σχετική. ☐
- δ) η περιγραφή της κίνησης δεν εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς. ☐
- ε) η θέση στο επίπεδο προσδιορίζεται από μία συντεταγμένη. ☐

1.2 Με ποιες από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

- α) ο χρόνος είναι διανυσματικό φυσικό μέγεθος.
- β) μονάδα μέτρησης του χρόνου στο S.I. είναι το 1 second.
- γ) το χρονικό διάστημα αποτελείται από ένα πλήθος χρονικών στιγμών.
- δ) το χρονικό διάστημα μπορεί να πάρει θετικές και αρνητικές τιμές.

1.3 Συμπληρώστε τα κενά του παρακάτω κειμένου με τις κατάλληλες λέξεις:

Η κίνηση είναι έννοια Η περιγραφή της κίνησης ενός σώματος γίνεται με τη χρήση ενός συστήματος, με τη βοήθεια του οποίου γίνεται ο προσδιορισμός της του σώματος στο χώρο.

Για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σώματος στην ευθεία χρησιμοποιούμε έναν Ο αριθμός που δίνει τη θέση του σώματος πάνω στον άξονα, ονομάζεται

1.4 Το διάνυσμα θέσης $\vec{r}$ ενός σώματος που κινείται πάνω σε άξονα έχει:

- α) ως αρχή το σημείο Ο του άξονα.
- β) ως αρχή την αρχική θέση του σώματος.
- γ) μέτρο που εκφράζει την απόσταση του σώματος από την αρχή του άξονα.
- δ) ως πέρας τη θέση του σώματος.

Με ποια από τις παραπάνω προτάσεις διαφωνείτε;

1.5 Συμπληρώστε τα κενά του παρακάτω κειμένου:

Η μετατόπιση είναι μέγεθος και εκφράζει τη της θέσης ενός σώματος. Το διάνυσμα της μετατόπισης έχει ως αρχή την θέση του σώματος και ως πέρας την του θέσης και ορίζεται από τη σχέση

Το διάστημα είναι μέγεθος και εκφράζει τη συνολική που διανύει ένα σώμα.

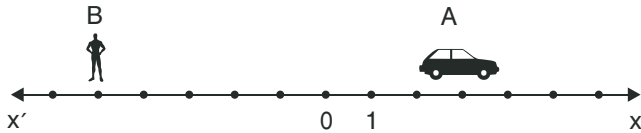
1.6 Αναφέρατε τις διαφορές διαστήματος (S) - μετατόπισης (Δx). Πότε συμπίπτουν οι τιμές των δύο φυσικών μεγεθών;**1.7 Αντιστοιχείστε τα στοιχεία της στήλης Α, με τα κατάλληλα στοιχεία της στήλης Β.**

στήλη Α

στήλη Β

- α) Διάστημα
- β) Μετατόπιση

- 1) δεν εξαρτάται από τη διαδρομή.
- 2) έχει πάντα θετική τιμή.
- 3) ισούται με το συνολικό μήκος της τροχιάς.
- 4) μπορεί να έχει αρνητική τιμή.

1.8

- α) Βρείτε τις συντεταγμένες θέσης των σωμάτων Α και Β πάνω στον άξονα x' .
- β) Ποιο είναι το διάστημα S που πρέπει να διανύσει το σώμα Β, για να φτάσει στο ακίνητο σώμα Α;

1.9 Αντιστοιχίστε τα στοιχεία της στήλης Α, με τα κατάλληλα στοιχεία της στήλης Β:

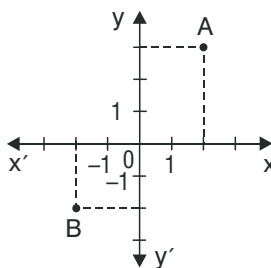
στήλη Α

στήλη Β

- | | |
|---------------------|---|
| α) χρονική στιγμή | 1) το μάθημα των ισπανικών ξεκινά στις 17.30. |
| β) χρονικό διάστημα | 2) το σφύριγμα της λήξης στο χθεσινό αγώνα δόθηκε στο 93'. |
| | 3) η διακοπή ρεύματος διήρκησε από τις 20.00 μέχρι τις 22.00. |
| | 4) για το ψήσιμο του φαγητού χρειάστηκαν 45'. |

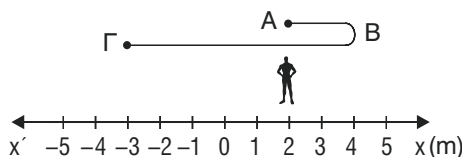
1.10 α) Στο παρακάτω σύστημα αξόνων, βρείτε τις συντεταγμένες των σημείων Α και Β.

β) Σχεδιάστε το διάνυσμα θέσης για ένα σώμα που βρίσκεται στο σημείο Α.



ΑΣΚΗΣΕΙΣ – ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

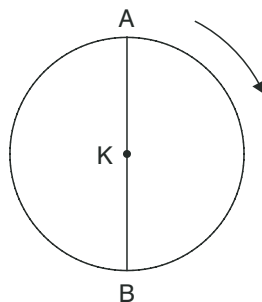
1.11 Δίνεται ο ακόλουθος άξονας κίνησης ενός σώματος:



Το σώμα πραγματοποιεί τη διαδρομή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$.

- Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της αρχικής θέσης του σώματος.
- Να υπολογίσετε το συνολικό διάστημα που διανύει το σώμα.
- Ποια είναι η αλγεβρική τιμή της μετατόπισης του σώματος στη διαδρομή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$; Σχεδιάστε το διάνυσμά της.

1.12 Το ευθύγραμμο τμήμα (AB) είναι η διάμετρος του κύκλου του σχήματος, ακτίνας $r = 20 \text{ cm}$. Ένα σώμα κινείται πάνω στην περιφέρεια του κύκλου όπως δείχνει το βέλος. Αν το σώμα ξεκινά από τη θέση A και έπειτα από τρισθήμισι περιστροφές καταλήγει στη θέση B, βρείτε:



- το συνολικό διάστημα που διανύει το σώμα.
- το μέτρο της μετατόπισης του σώματος για την συνολική κίνηση που πραγματοποιεί.

Δίνεται $\pi = 3,14$.

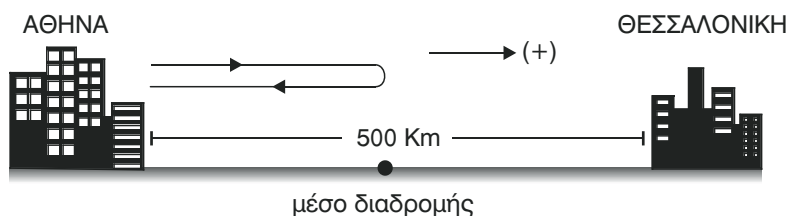
1.13 Στο κυνήγι του χαμένου θησαυρού, ο Indiana Jones ακολουθώντας τις οδηγίες του χάρτη θα πρέπει να κινηθεί από το σημείο που βρίσκεται, διαδοχικά: 300 m βόρεια, 150 m δυτικά, 120 m βόρεια, 500 m ανατολικά, 420 m νότια.

- Να υπολογίσετε το συνολικό διάστημα που θα διανύσει ο Indiana Jones.

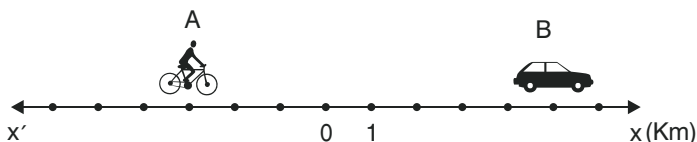
β) Να βρείτε το μέτρο της μετατόπισής του και να σχεδιάσετε το διάνυσμά της.

1.14 Ένα όχημα ξεκινάει από την Αθήνα με προορισμό τη Θεσσαλονίκη. Η απόσταση των δύο πόλεων είναι περίπου 500 Km (χιλιόμετρα). Στη μέση της διαδρομής, το όχημα σταματάει και γυρίζει προς την Αθήνα. Βρείτε την αλγεβρική τιμή της μετατόπισης και το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει το όχημα από την Αθήνα (σημείο εκκίνησης), όταν βρίσκεται:

- στο σημείο αναστροφής (μέσο της διαδρομής).
- στο σημείο επιστροφής (τελική θέση).



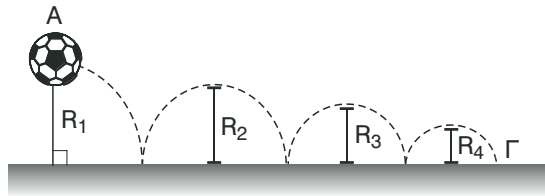
1.15 Ο ποδηλάτης και το αυτοκίνητο του προηγούμενου σχήματος, ξεκινούν ταυτόχρονα τη χρονική στιγμή $t_1 = 2 \text{ min}$ από τις θέσεις Α και Β, όπως δείχνει το σχήμα. Τα δύο οχήματα συναντώνται την χρονική στιγμή $t_2 = 7 \text{ min}$ στο σημείο Γ, που βρίσκεται στο μέσο της αρχικής μεταξύ τους απόστασης. Να βρείτε:



- το χρονικό διάστημα που πέρασε μέχρι να συναντηθούν ποδηλάτης και αυτοκίνητο.
- τη συντεταγμένη θέσης x_Γ του σημείου συνάντησής τους.
- την αλγεβρική τιμή της μετατόπισης κάθε οχήματος, μέχρι το σημείο συνάντησής τους.

1.16 Αν μια μπάλα ποδοσφαίρου διαγράφει την τροχιά που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, υπολογίστε:

- το διάστημα που διανύει και
- το μέτρο της μετατόπισής της, καθώς μετακινείται από τη θέση Α στη θέση Γ.



Δίνονται: $R_1 = 2R_2 = 3R_3 = 4R_4 = 12 \text{ cm}$.

1.17 Τρεις πόλεις A , B και Γ απέχουν μεταξύ τους: η πόλη A από την B 40 Km, η πόλη B από την Γ 12.500 Km και η πόλη A από την πόλη Γ 65 Km. Ένα φορτηγό πραγματοποιεί τη διαδρομή $A \rightarrow B \rightarrow \Gamma$ και τελικά επιστρέφει στην πόλη A . Να υπολογίσετε:

- τη συνολική απόσταση που διήνυσε το σώμα
- το μέτρο της μετατόπισής του
- το μέτρο της μετατόπισης του σώματος μέχρι τη θέση Γ .

1.3. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

Α) Ταχύτητα

Κατά τη διάρκεια της κίνησης ενός σώματος, δεν μας ενδιαφέρει μόνο η αλλαγή της θέσης του, αλλά και το πόσο γρήγορα αυτή πραγματοποιείται. Υπάρχει δηλαδή, μια σχέση εξάρτησης μεταξύ του πόσο γρήγορα ή αργά κινείται ένα σώμα, της μετατόπισής του και του αντίστοιχου χρόνου που απαιτείται γι' αυτήν.

Το φυσικό μέγεθος που εκφράζει το πόσο γρήγορα κινείται ένα σώμα είναι η ταχύτητα.

Ταχύτητα $\vec{u}$: είναι το διανυσματικό φυσικό μέγεθος που ορίζεται από το πηλίκο της μετατόπισης $\Delta\vec{x}$ ενός σώματος που πραγματοποιείται σε χρονικό διάστημα Δt , προς το χρονικό διάστημα Δt ,

$$u = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$