ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° ΚΙΝΗΣΗ

2.1 Περιγραφή της Κίνησης

1. Τι είναι η Κινηματική; Ποια κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη;

Κινηματική είναι ο κλάδος της Φυσικής που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη της κίνησης. Στην Κινηματική δεν μας ενδιαφέρουν τα αίτια της κίνησης παρά μόνο η περιγραφή και η μελέτη της κίνησης.
Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε μια ειδική κατηγορία κινήσεων, τις ευθύγραμμες κινήσεις.
Ευθύγραμμη κίνηση ονομάζεται μια κίνηση που εξελίσσεται σε ευθεία γραμμή.

2. Ποια μεγέθη ονομάζονται μονόμετρα και ποια διανυσματικά;

Μονόμετρα ονομάζονται τα μεγέθη τα οποία, για να τα προσδιορίσουμε πλήρως, αρκεί να γνωρίζουμε μόνο το μέτρο τους (δηλαδή έναν αριθμό και τη μονάδα μέτρησης).
Για παράδειγμα μονόμετρα φυσικά μεγέθη είναι η μάζα m, ο χρόνος t, η θερμοκρασία θ, ο όγκος V κ.α.
Διανυσματικά ονομάζονται τα μεγέθη τα οποία για να τα προσδιορίσουμε πλήρως, θα πρέπει εκτός από το μέτρο τους να γνωρίζουμε και την κατεύθυνση (δηλαδή τη διεύθυνση και τη φορά) τους. **Ένα διανυσματικό μέγεθος παριστάνεται μ' ένα βέλος**. Το μήκος του βέλους είναι ανάλογο με το μέτρο του φυσικού μεγέθους.
Για να προσδιορίσουμε την κατεύθυνση ενός διανυσματικού μεγέθους, χρειαζόμαστε δύο δεδομένα:
α) τη **διεύθυνση** του, δηλαδή την ευθεία πάνω στην οποία βρίσκεται το μέγεθος, και
β) τη **φορά** του, δηλαδή τον προσανατολισμό του πάνω στην ευθεία αυτή.
Για παράδειγμα διανυσματικά φυσικά μεγέθη είναι η θέση $\vec{x}$, η ταχύτητα $\vec{u}$, η δύναμη $\vec{F}$ κ.α.
Στα διανυσματικά μεγέθη, για να τα διακρίνουμε από τα μονόμετρα, γράφουμε ένα βελάκι πάνω από το σύμβολο του φυσικού μεγέθους.

3. Πότε ένα σώμα χαρακτηρίζεται σαν υλικό σημείο;

Για τη περιγραφή της κίνησης ενός σώματος και για την απλούστευση της μελέτης της κίνησης, συνήθως χρησιμοποιούμε την έννοια του υλικού σημείου.
Υλικό σημείο ονομάζεται κάθε αντικείμενο το οποίο σε σχέση με το περιβάλλον του έχει τόσο μικρές διαστάσεις, ώστε να μπορούμε να τις θεωρήσουμε ασήμαντες. Ένα υλικό σημείο έχει μάζα όχι όμως διαστάσεις.
Γενικότερα όμως, υλικό σημείο μπορούμε να χαρακτηρίσουμε κάθε σώμα, ανεξάρτητα από τις διαστάσεις του, όταν οι διαστάσεις δεν επηρεάζουν το φαινόμενο το οποίο μελετάμε. Στη μελέτη του ευθύγραμμων κινήσεων που θα κάνουμε στο κεφάλαιο αυτό θα θεωρούμε τα κινούμενα σώματα σαν υλικά σημεία.

4. Πως προσδιορίζεται η θέση ενός υλικού σημείου πάνω σε μια ευθεία;

Για να βρούμε τη θέση ενός σώματος (το οποίο θα θεωρούμε υλικό σημείο) πάνω σε μια ευθεία πρέπει να τοποθετήσουμε μια **κλίμακα** (μέτρο ή μεζούρα) πάνω στην ευθεία και να ορίσουμε ένα **σημείο αναφοράς** που θα είναι το **μηδέν** της κλίμακας. **Μια τέτοια ευθεία με σημείο αναφοράς και κλίμακα αποκαλείται συνήθως και άξονας ή προσανατολισμένη ευθεία.**

Η θέση ενός υλικού σημείου πάνω σε έναν άξονα καθορίζεται:

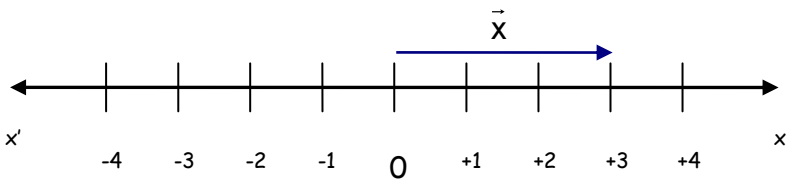
α) από την απόσταση του σώματος από το σημείο αναφοράς και

β) από την κατεύθυνση, δηλαδή από το αν είναι δεξιά ή αριστερά από το σημείο αναφοράς

Για να αποφεύγουμε το αριστερά και δεξιά χρησιμοποιούμε τα πρόσημα + και -. **Δεξιά του σημείου αναφοράς οι αριθμοί είναι θετικοί (+), ενώ αριστερά του σημείου αναφοράς οι αριθμοί είναι αρνητικοί (-). Κατά συνέπεια, όταν το κινητό είναι δεξιά του σημείου αναφοράς, η θέση του είναι θετική, ενώ όταν είναι αριστερά, θέση είναι αρνητική.**

Η **θέση** συμβολίζεται με $\vec{x}$ και όπως υποδεικνύει και το βέλος στο σύμβολο x, είναι μέγεθος **διανυσματικό**. Κατά συνέπεια δεν αρκεί να γνωρίζουμε μόνο την τιμή ου αντιστοιχεί στη θέση του σώματος αλλά πρέπει να σχεδιάσουμε και ένα βέλος (διάνυσμα) για τη θέση. **Το βέλος αυτό ονομάζεται διάνυσμα θέσης και έχει πάντοτε αρχή το σημείο αναφοράς και τέλος το σημείο που βρίσκεται το υλικό σημείο.**

Για παράδειγμα ας πούμε ότι ένα υλικό σημείο βρίσκεται στη θέση $\vec{x} = +3m$ πάνω σε μια προσανατολισμένη ευθεία. Δηλαδή το σώμα βρίσκεται στα δεξιά (θετικά) του άξονα και πάνω στην τιμή +3 ενώ το διάνυσμα της θέσης θα πρέπει να σχεδιαστεί όπως παρακάτω:



5. *Ποια διαφορά έχει η απόσταση από τη θέση ενός υλικού σημείου;*

Η θέση ενός υλικού σημείου πάνω σε έναν άξονα είναι ένα μέγεθος διανυσματικό και πρέπει να σχεδιάζουμε διάνυσμα (βελάκι) για αυτήν με τον τρόπο που προσδιορίσαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Η θέση μπορεί να πάρει είτε θετικές, είτε αρνητικές τιμές ανάλογα με το αν το σώμα που εξετάζουμε βρίσκεται στα δεξιά ή στα αριστερά του άξονα αντίστοιχα. **Αντίθετα η απόσταση είναι μονόμετρο μέγεθος και παίρνει μόνο θετικές τιμές και απλώς μας λέει πόσο απέχει το σώμα από το σημείο αναφοράς. Η απόσταση από το σημείο αναφοράς ισούται με την απόλυτη τιμή της θέσης του σώματος**. Στο παράδειγμα της προηγούμενης παραγράφου, το σώμα βρίσκεται στη θέση $\vec{x} = +3m$ (βλέπε και το αντίστοιχο βέλος) ενώ αν θέλουμε να αναφερθούμε στην απόσταση του, λέμε ότι απλώς απέχει 3m από το σημείο αναφοράς χωρίς να μας ενδιαφέρει αν είναι στα θετικά ή στα αρνητικά του άξονα.

6. *Τι είναι η μετατόπιση ενός σώματος στην ευθύγραμμη κίνηση;*

Η **μετατόπιση** ενός σώματος γενικά, **εκφράζει το πόσο και προς τα πού άλλαξε η θέση ενός σώματος**. Η μετατόπιση αφού μας λέει και προς τα που (κατεύθυνση) άλλαξε η θέση του σώματος **είναι μέγεθος διανυσματικό** και πρέπει να σχεδιάζουμε και για αυτήν βελάκι στα σχήματα μας. Η μετατόπιση συμβολίζεται με $\overrightarrow{\Delta x}$ και υπολογίζουμε την τιμή της από τη σχέση:

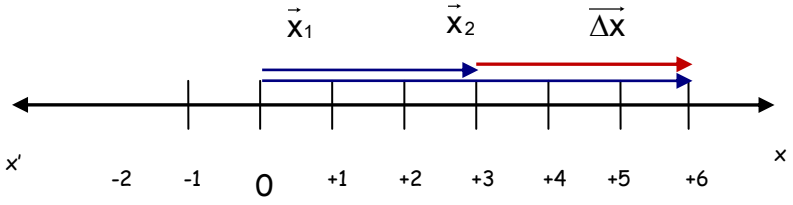
$$\Delta x = x_2 - x_1$$

μετατόπιση= τελική θέση σώματος – αρχική θέση σώματος

Προσοχή: Τα x_2 και x_1 στην παραπάνω σχέση τα βάζουμε με τα πρόσημα τους.
Το διάνυσμα της μετατόπισης είναι ένα βελάκι που πάντα ξεκινά από την αρχική θέση του σώματος και καταλήγει στην τελική θέση του σώματος.
Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε το σώμα της προηγούμενης παραγράφου, το οποίο αν και αρχικώς βρίσκεται στη θέση $\vec{x} = +3m$ τελικά μεταβαίνει στη θέση $\vec{x} = +6m$ τότε η μετατόπιση θα δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta x = +6m - (+3m)$$
$$\Delta x = +6m - 3m$$
$$\Delta x = +3m$$

Τα διανύσματα της αρχικής, της τελικής θέσης, καθώς και της μετατόπισης, φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Θετική μετατόπιση Δx σημαίνει ότι το σώμα μετατοπίζεται **προς τα θετικά (δεξιά)** στον άξονα.
Αρνητική μετατόπιση σημαίνει ότι το σώμα μετατοπίζεται **προς τα αρνητικά (αριστερά)** του άξονα.

Προσοχή:

- Η μετατόπιση με το πρόσημο της μας δείχνει **προς ποια πλευρά** του άξονα κινείται το σώμα και όχι σε ποιον άξονα κινείται το σώμα
- Το βελάκι **της μετατόπισης** το σχεδιάζουμε **από την αρχική μέχρι την τελική θέση του σώματος** ενώ το βελάκι ενός **διανύσματος θέσης** το σχεδιάζουμε **από το σημείο αναφοράς μέχρι τη θέση** στην οποία βρίσκεται το σώμα.
- Η μετατόπιση ενός σώματος είναι ανεξάρτητη από το ποιο σημείο έχουμε επιλέξει ως σημείο αναφοράς

7. Τι ονομάζεται τροχιά και τι μήκος της διαδρομής ενός σώματος;

Το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες περνάει ένα κινούμενο σώμα βρίσκονται πάνω σε μια γραμμή (όχι απαραίτητα ευθεία). Η νοητή αυτή γραμμή ονομάζεται τροχιά του σώματος.
Το **μήκος της διαδρομής** ενός κινητού είναι ίσο με το συνολικό μήκος της τροχιάς του σώματος. Το μήκος της διαδρομής ενός σώματος είναι πάντα θετικός αριθμός.

8. Τι ονομάζεται διάστημα της κίνησης ενός σώματος;

Το συνολικό μήκος της διαδρομής ενός κινητού δηλαδή το συνολικό μήκος της τροχιάς ενός σώματος ονομάζεται διάστημα και συνήθως συμβολίζεται με S. **Το διάστημα**, σε αντίθεση με τη μετατόπιση $\overrightarrow{\Delta x}$, είναι **μονόμετρο μέγεθος και είναι πάντα θετικός αριθμός.**

9. Τι είναι η χρονική στιγμή και τι το χρονικό διάστημα;

Η **χρονική στιγμή** ταυτίζεται με την ένδειξη του ρολογιού μας ή του χρονομέτρου μας κάθε φορά. Τη χρονική στιγμή στη φυσική τη συμβολίζουμε με t

Τη διαφορά Δt δύο χρονικών στιγμών

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

την ονομάζουμε **χρονικό διάστημα** (ή διάρκεια).

Προσοχή:

- Δεν έχει νόημα αρνητική χρονική στιγμή ή αρνητικό χρονικό διάστημα (ο χρόνος δυστυχώς κυλάει πάντα προς τα εμπρός...)

10. Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στις έννοιες μετατόπισης και του διαστήματος;

Μετατόπιση Δx	**Διάστημα S**
Μας δείχνει πόσο άλλαξε η θέση ενός σώματος και υπολογίζεται από τη σχέση $\Delta x = x_2 - x_1$	Ισούται με το συνολικό μήκος της διαδρομής που έκανε το σώμα
Διανυσματικό	Μονόμετρο
Θετικό ή αρνητικό	Πάντα θετικό

11. Ασκήσεις

1. Ποια από τα παρακάτω μεγέθη είναι μονόμετρα και ποια διανυσματικά:

Θέση	Μετατόπιση
Χρόνος	Πυκνότητα
Χρονικό διάστημα	Ταχύτητα
Μήκος διαδρομής	Όγκος
Δύναμη	Θερμοκρασία
Μάζα	Εμβαδόν

2. Ένα σώμα ξεκινάει από τη θέση $x_1 = -2m$ πηγαίνει στη θέση $x_2 = -4m$ και τελικά σταματά στη θέση $x_3 = +6m$.

   Η μετατόπιση του είναι:

   Α) +5m Β) +8m Γ)-4m Δ) +3m

   Το συνολικό διάστημα που έκανε το σώμα είναι:

   Α) +8m Β) +10m Γ)-12m Δ) +12m

3. Ένα κινητό κινείται ευθύγραμμα. Αρχικά βρίσκεται στη θέση x_1=+3m και τελικά στη θέση x_2=+5m. Να υπολογίσετε την μετατόπιση και το διάστημα που διάνυσε το σώμα. Να σχεδιάσετε σε άξονα τα διανύσματα θέσης και μετατόπισης.

4. Ένα κινητό κινείται ευθύγραμμα. Αρχικά βρίσκεται στη θέση x_1=+3m και τελικά στη θέση x_2=+1m. Να υπολογίσετε την μετατόπιση το διάστημα που διάνυσε το σώμα. Να σχεδιάσετε σε άξονα τα διανύσματα θέσης και μετατόπισης.

5. Ένα κινητό κινείται ευθύγραμμα. Αρχικά βρίσκεται στη θέση x_1=3m, μετά στη θέση x_2=5m και τελικά στη θέση x_3=-6m. Να υπολογίσετε την μετατόπιση το διάστημα που διάνυσε το σώμα. Να σχεδιάσετε σε άξονα τα διανύσματα θέσης και μετατόπισης.

2.2 Η έννοια της ταχύτητας

1. Η έννοια της ταχύτητας στην καθημερινή ζωή.

Η **ταχύτητα ενός σώματος** όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό από την καθημερινή μας ζωή **εκφράζει το πόσο γρήγορα κινείται ένα σώμα**, δηλαδή το πόσο γρήγορα διανύει αποστάσεις σε κάποιο χρονικό διάστημα. Έτσι όταν λέμε ότι ένα αυτοκίνητο τρέχει με ταχύτητα $100\frac{km}{h}$ ουσιαστικά λέμε ότι κινείται τόσο γρήγορα ώστε να κάνει μια απόσταση $100km$ σε μία ώρα. Ένα άλλο αυτοκίνητο που τρέχει, ας πούμε, με ταχύτητα $120\frac{km}{h}$ λέμε ότι κινείται πιο γρήγορα από το πρώτο αφού με την ταχύτητα την οποία έχει, διανύει $120km$ σε μία ώρα, δηλαδή στο ίδιο χρονικό διάστημα καλύπτει μεγαλύτερη απόσταση.

Η ταχύτητα λοιπόν είναι φυσικό μέγεθος το οποίο συνδέεται τόσο με το μήκος της διαδρομής που κάνει ένα σώμα όσο και με το χρόνο στον οποίο το σώμα έκανε τη διαδρομή αυτή και εκφράζει το πόσο γρήγορα κινείται ένα σώμα.

2. Η μέση αριθμητική ταχύτητα και η στιγμιαία ταχύτητα

Συνήθως **στην καθημερινή μας ζωή**, όταν αναφερόμαστε στην ταχύτητα ενός σώματος χρησιμοποιούμε την έννοια της **μέσης αριθμητικής ταχύτητας** η οποία **ορίζεται ως το πηλίκο του μήκους της διαδρομής που διανύει ένα κινητό σε ορισμένο χρονικό διάστημα ως προς το χρονικό διάστημα αυτό**.

$$\mu\varepsilon\sigma\eta \quad \tau\alpha\chi\upsilon\tau\eta\tau\alpha = \frac{\mu\eta\kappa o\varsigma \quad \delta\iota\alpha\delta\rho o\mu\eta\varsigma}{\chi\rho o\nu\iota\kappa o \quad \delta\iota\alpha\sigma\tau\eta\mu\alpha}$$

$$u_{\mu} = \frac{S}{\Delta t}$$

όπου S είναι το συνολικό μήκος της διαδρομής που έκανε το σώμα ή αλλιώς όπως λέγεται, το «διάστημα» που έκανε το σώμα και Δt είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο κινήθηκε το σώμα.

Η μέση αριθμητική ταχύτητα είναι μέγεθος μονόμετρο και είναι πάντα θετικός αριθμός.

Αν για παράδειγμα θέλουμε να υπολογίσουμε την μέση ταχύτητα ενός αυτοκινήτου που ξεκίνησε από την Ιεράπετρα με προορισμό το Ηράκλειο, χρειαζόμαστε δύο δεδομένα αφενός να γνωρίζουμε τη συνολική απόσταση που έκανε το αυτοκίνητο και αφετέρου να πρέπει να γνωρίζουμε το συνολικό χρόνο που χρειάστηκε το όχημα για να κάνει τη διαδρομή αυτή. Αν υποθέσουμε λοιπόν ότι η διαδρομή Ιεράπετρα-Ηράκλειο έχει συνολικό μήκος $S = 100km$ και ότι το αυτοκίνητο μας χρειάστηκε χρόνο $\Delta t = 2h$ για να καλύψει αυτή τη διαδρομή τότε για τον υπολογισμό της μέσης αριθμητικής του ταχύτητας εργαζόμαστε ως εξής

$$u_\mu = \frac{S}{\Delta t}$$
$$u_\mu = \frac{100km}{2h}$$
$$u_\mu = 50\frac{km}{h}$$

όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς την ταχύτητα τη μετράμε εδώ σε $\frac{km}{h}$ ενώ στο διεθνές σύστημα η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι το $1\frac{m}{s}$ και αυτή είναι η μονάδα μέτρησης που θα χρησιμοποιούμε συνήθως.
Ας επιστρέψουμε όμως στο παράδειγμα μας αφού το αυτοκίνητο μας έκανε τη διαδρομή των $100km$ Ιεράπετρα-Ηράκλειο σε $2h$ υπολογίσαμε τη μέση ταχύτητα του και τη βρήκαμε $u_\mu = 50\frac{km}{h}$ αυτό το αποτέλεσμα αποτελεί το μέση τιμή της ταχύτητας που είχε το σώμα κατά την κίνηση του. Η u_μ μας λέει λοιπόν κατά μέσο όρο το πόσο γρήγορα έτρεχε το αυτοκίνητο κατά την κίνηση του. Αυτό το αποτέλεσμα, όπως είναι εύκολο να αντιληφθείτε με βάση την καθημερινή εμπειρία δεν σημαίνει ότι το αυτοκίνητο είχε συνεχώς την ταχύτητα $u_\mu = 50\frac{km}{h}$ κατά τη διάρκεια της κίνησης του. Αντιθέτως, η ταχύτητα του σώματος συνεχώς μεταβάλλεται και κάθε χρονική στιγμή έχει διαφορετική τιμή. **Την ταχύτητα που έχει το σώμα σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή την ονομάζουμε στιγμιαία ταχύτητα.** Η **στιγμιαία ταχύτητα** δεν είναι τίποτα άλλο από την **ένδειξη του ταχύμετρου (κοντέρ)** του αυτοκινήτου μας κάθε στιγμή.

3. Η μέση διανυσματική ταχύτητα

Αντίθετα με την καθημερινή μας ζωή στην Φυσική και στις επιστήμες γενικότερα είμαστε πολύ πιο προσεκτικοί όταν αναφερόμαστε στην έννοια της ταχύτητας ενός σώματος. **Στη Φυσική** λοιπόν, για να προσδιορίσουμε **τη μέση ταχύτητα ή τη στιγμιαία ταχύτητα ενός σώματος** δεν μας αρκεί απλώς να βρούμε την αριθμητική τιμή της ταχύτητας του σώματος αλλά πρέπει **απαραιτήτως εκτός από το μέτρο, να προσδιορίσουμε και την κατεύθυνση της ταχύτητας**. Με άλλα λόγια **στη Φυσική χειριζόμαστε την ταχύτητα (είτε μέση είτε στιγμιαία) ως μέγεθος διανυσματικό** πράγμα που σημαίνει ότι για να προσδιορίσουμε πλήρως την ταχύτητα ενός σώματος, **θα πρέπει να γνωρίζουμε το μέτρο, τη διεύθυνση και τη φορά της ταχύτητας και επιπλέον στα σχήματα μας θα πρέπει να σχεδιάζουμε «βελάκι» για την ταχύτητα** όπως και για κάθε άλλο διανυσματικό μέγεθος άλλωστε. Έτσι **στη Φυσική** δεν χρησιμοποιούμε την έννοια της μέσης αριθμητικής ταχύτητας και της στιγμιαίας ταχύτητας όπως τις χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα μας αλλά **χρησιμοποιούμε τις έννοιες της μέσης διανυσματικής ταχύτητας και της στιγμιαίας διανυσματικής ταχύτητας.**

Ως **μέση διανυσματική ταχύτητα** ορίζουμε

$$\mu\varepsilon\sigma\eta \quad \delta\iota\alpha\nu\upsilon\sigma\mu\alpha\tau\iota\kappa\eta \quad \tau\alpha\chi\upsilon\tau\eta\tau\alpha = \frac{\mu\varepsilon\tau\alpha\tau o\pi\iota\sigma\eta}{\chi\rho o\nu\iota\kappa o \quad \delta\iota\alpha\sigma\tau\eta\mu\alpha}$$

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

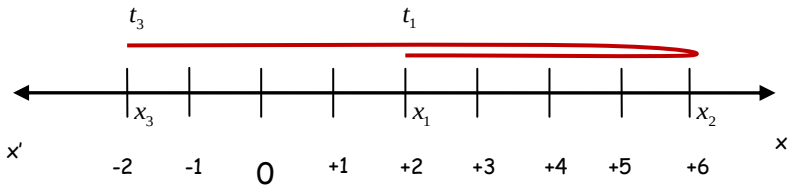
όπου $\overrightarrow{\Delta x}$ είναι η μετατόπιση του σώματος και Δt είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο κινήθηκε το σώμα.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τον τρόπο με τον οποίο είναι γραμμένες οι παραπάνω σχέσεις, **η μέση αριθμητική ταχύτητα και η μέση διανυσματική ταχύτητα δεν είναι γενικά ίδιες.**

Η μέση διανυσματική ταχύτητα συμπίπτει με την μέση αριθμητική ταχύτητα μόνο όταν το σώμα κινείται σε ευθεία γραμμή με σταθερή φορά.

Η διαφορά των δύο μεγεθών φαίνεται στην εφαρμογή που ακόλουθη.

Ας υποθέσουμε ότι ένα σώμα ξεκινά τη χρονική στιγμή $t_1 = 0s$ από τη θέση $x_1 = +2m$ και κινείται προς τα δεξιά μέχρι τη θέση $x_2 = +6m$ οπότε και αλλάζει φορά η κίνηση του και κινείται πλέον προς τα αριστερά και τη χρονική στιγμή $t_3 = 2s$ φτάνει τελικά στη θέση $x_3 = -2m$. Η κίνηση αυτή μπορεί να παρασταθεί στον άξονα x όπως φαίνεται παρακάτω



Για τον υπολογισμό της διανυσματικής ταχύτητας του σώματος εργαζόμαστε όπως παρακάτω. Αρχικά υπολογίζουμε τη μετατόπιση $\overrightarrow{\Delta x}$ του σώματος και το χρονικό διάστημα στο οποίο πραγματοποιήθηκε αυτή η μετατόπιση Δt. Έτσι προκύπτει

$$\Delta x = x_3 - x_1$$
$$\Delta x = -2m - (+2m)$$
$$\Delta x = -2m - 2m$$
$$\Delta x = -4m$$

όπου x_3 η τελική θέση του σώματος και x_1 η αρχική θέση του σώματος. Το αρνητικό πρόσημο στη μετατόπιση σημαίνει ότι το σώμα μετατοπίστηκε προς τα αρνητικά δηλαδή προς τα αριστερά. Επομένως μετατόπιση $\Delta x = -4m$ σημαίνει ότι το σώμα μετατοπίστηκε κατά $4m$ προς τα αριστερά. Για τον υπολογισμό του Δt εργαζόμαστε όπως παρακάτω

$$\Delta t = t_3 - t_1$$
$$\Delta t = 2s - 0s$$
$$\Delta t = 2s$$

όπου t_3 είναι η «τελική» χρονική στιγμή και t_1 η «αρχική» χρονική στιγμή της κίνησης του σώματος.

Για τον υπολογισμό της μέσης διανυσματικής ταχύτητας λοιπόν έχουμε

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$
$$u = -\frac{4}{2}\frac{m}{s}$$
$$u = -2\frac{m}{s}$$

Το αρνητικό πρόσημο της μέσης διανυσματικής ταχύτητας όπως και αυτό της μετατόπισης σημαίνει ότι το σώμα μετατοπίστηκε προς τα αριστερά.

Για τον υπολογισμό της μέσης αριθμητικής ταχύτητας τώρα θα εργαστούμε με βάση τη σχέση

$$u_\mu = \frac{S}{\Delta t}$$

όπου το S δεν είναι άλλο παρά το συνολικό μήκος της τροχιάς του σώματος (διάστημα). Για το υπολογισμό του μετράμε το συνολικό μήκος της διαδρομής του σώματος στο σχήμα μας. Το σώμα μας κινήθηκε αρχικά $4m$ προς τα δεξιά και έφτασε στη θέση x_2 στην συνέχεια άλλαξε φορά και κινήθηκε κατά $6m$ φτάνοντας έτσι στο σημείο αναφοράς και τέλος συνέχισε την πορεία του κατά $2m$ προς τα αριστερά φτάνοντας στην τελική του θέση x_3. Επομένως το συνολικό διάστημα που διάνυσε το σώμα είναι

$$S = 4m + 6m + 2m$$
$$S = 12m$$

Υπενθυμίζεται στο σημείο αυτό ότι **το διάστημα S είναι μονόμετρο μέγεθος, ισούται με το συνολικό μήκος της διαδρομής του σώματος και είναι πάντοτε θετικός αριθμός**. Ο υπολογισμός του χρονικού διαστήματος έχει γίνει προηγουμένως και θα χρησιμοποιήσουμε έτοιμο το αποτέλεσμα $\Delta t = 2s$ για τον υπολογισμό της μέσης αριθμητικής ταχύτητας. Έτσι τελικά έχουμε

$$u_\mu = \frac{S}{\Delta t}$$
$$u_\mu = \frac{12}{2}\frac{m}{s}$$
$$u_\mu = 6\frac{m}{s}$$

4. Ασκήσεις

1. Να βρεθούν οι παρακάτω ταχύτητες σε m/s.
α) 36km/h β) 72km/h γ) 108km/h

2. Να βρεθούν οι παρακάτω ταχύτητες σε km/h
α) 10m/s β) 15m/s γ) 40m/s

3. Ένα κινητό κινείται ευθύγραμμα. Τη χρονική στιγμή t_1=2s βρίσκεται στη θέση x_1=-3m και τη χρονική στιγμή t_2=5s στη θέση x_2=9m. Να υπολογίσετε την μετατόπιση και την ταχύτητά του. Να σχεδιάσετε σε άξονα τα διανύσματα θέσης και μετατόπισης.

4. Τη στιγμή που ξεκινά ένας αθλητής των 10000m το χρονόμετρο δείχνει 10h και 10min και 15s, ενώ τη στιγμή του τερματισμού δείχνει 10h και 51min και 55s. Να υπολογίσετε την μέση ταχύτητά του.

5. Δύο πόλεις Α και Β βρίσκονται πάνω στον ίδιο ευθύγραμμο δρόμο. Ένας ποδηλάτης φτάνει από την πόλη Α στην πόλη Β μέσα σε χρόνο Δt=40min αν κινηθεί με μέση ταχύτητα υ=10m/s. Να βρείτε (σε km) την απόσταση των δύο πόλεων.

6. Να συμπληρώσετε τα κενά:

Στην καθημερινή μας ζωή: Μέση ταχύτητα= ---------- ή $u_\mu = \frac{S}{\Delta t}$

Στη Φυσική: Μέση διανυσματική ταχύτητα= ---------- ή $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

Μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο S.I. είναι το .....

Στη Φυσική η στιγμιαία ταχύτητα είναι..... μέγεθος και περιλαμβάνει τόσο το..... όσο και την ..... της.

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

2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα

1. Ποια κίνηση ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή; Ποια είναι τα κυριότερα χαρακτηριστικά της;

Ένα σώμα κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση όταν κινείται με σταθερή ταχύτητα κατά μέτρο, διεύθυνση και φορά.

$$\vec{u} = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\eta$$

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της **ευθύγραμμης ομαλής κίνησης** είναι τα παρακάτω:

- Το σώμα διανύει **ίσες μετατοπίσεις** $\overrightarrow{\Delta x}$ **σε ίσα χρονικά διαστήματα** Δt
- Η **στιγμιαία ταχύτητα** του σώματος είναι **σταθερή και ίση με την ταχύτητα** $\vec{u}$ **της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης**
- Η **μέση αριθμητική ταχύτητα, η μέση διανυσματική ταχύτητα και η στιγμιαία ταχύτητα είναι σταθερές** και **ίσες με την ταχύτητα** u της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης
- Το **διάστημα** S και η **μετατόπιση** $\overrightarrow{\Delta x}$ του σώματος ταυτίζονται

2. Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση πότε ισχύει η σχέση $\Delta x = u \cdot \Delta t$;

Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η ταχύτητα $\vec{u} = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\eta$ οπότε από τον ορισμό της ταχύτητας έχουμε

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

$$\frac{u}{1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = u \cdot \Delta t$$

όπου Δx η τιμή της μετατόπισης του σώματος και Δt το χρονικό διάστημα της κίνησης του σώματος

Η σχέση $\Delta x = u \cdot \Delta t$ ισχύει γενικά σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και είναι ανεξάρτητη από ποια το σε ποια θέση βρισκόταν το σώμα όταν ξεκίνησε καθώς και από το ποια ήταν η χρονική στιγμή στο ξεκίνημα της κίνησης του.

3. Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση πότε ισχύει η σχέση $x = u \cdot t$;

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ισχύει γενικά σε κάθε περίπτωση η σχέση $\Delta x = u \cdot \Delta t$. Σε πολλές περιπτώσεις όμως το σώμα που κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ξεκινά τη χρονική στιγμή $t_0 = 0s$ από το σημείο αναφοράς, δηλαδή από τη θέση $x_0 = 0m$. Στις περιπτώσεις αυτές μπορούμε να μετασχηματίσουμε την σχέση $\Delta x = u \cdot \Delta t$ όπως παρακάτω

$$\Delta x = u \cdot \Delta t$$
$$x - x_0 = u \cdot (t - t_0)$$
$$x - 0 = u \cdot (t - 0)$$
$$x = u \cdot t$$

Η σχέση που προκύπτει τελικά

$$x = u \cdot t$$

ισχύει μόνο όταν η αρχική θέση του σώματος είναι το $x_0 = 0m$ και η χρονική στιγμή που ξεκινά το σώμα τη κίνηση του είναι η $t_0 = 0s$

4. Τι είναι οι εξισώσεις κίνησης και ποιες είναι οι εξισώσεις κίνησης για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;

Εξισώσεις κίνησης είναι οι μαθηματικές σχέσεις που ισχύουν σε μια κίνηση και μας **δείχνουν πως συνδέεται η ταχύτητα u και η θέση x του σώματος σε σχέση με το χρόνο t.**

Για την **ευθύγραμμη ομαλή κίνηση** οι εξισώσεις κίνησης είναι:

Εξίσωση κίνησης για την ταχύτητα:

$$u = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\eta$$

Εξίσωση κίνησης για τη θέση:

$$x = u \cdot t$$

Η σχέση αυτή δείχνει ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η θέση του σώματος είναι ανάλογη με το χρόνο.

Προσοχή: Πότε ισχύει η εξίσωση κίνησης για τη θέση με την παραπάνω μορφή;

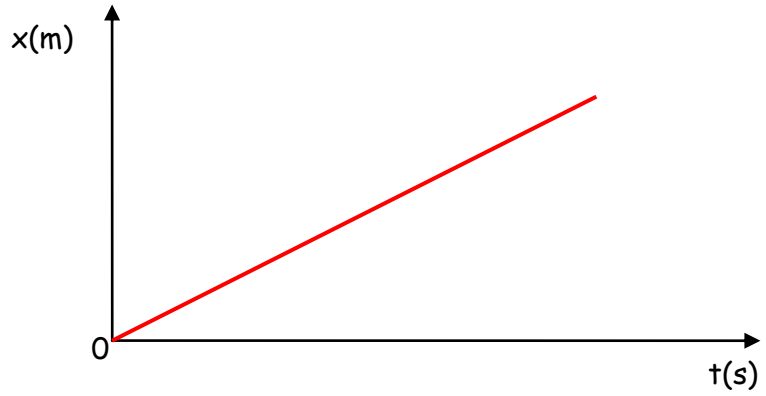
5. *Ποια μορφή έχουν τα διαγράμματα της κίνησης στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση;*

- Διάγραμμα **ταχύτητας** σε συνάρτηση με το **χρόνο**

Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο επειδή η $u = \sigma\tau\alpha\theta\varepsilon\rho\eta$ **είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα του χρόνου.**

- Διάγραμμα **θέσης** σε συνάρτηση με το **χρόνο**

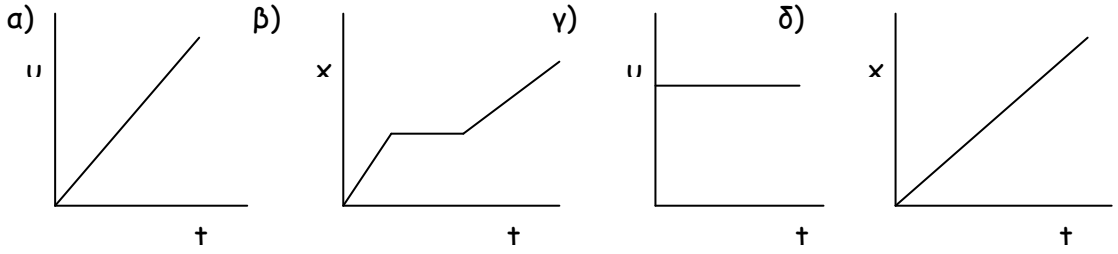
Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο για την εξίσωση της κίνησης $x = u \cdot t$ **είναι μια ευθεία η οποία ξεκινά από την αρχή των αξόνων.**



Προσοχή: Το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο έχει αυτή τη μορφή μόνο όταν η αρχική θέση του σώματος είναι το $x_0 = 0m$ και η χρονική στιγμή που ξεκινά το σώμα τη κίνηση του είναι η $t_0 = 0s$.

6. Ασκήσεις

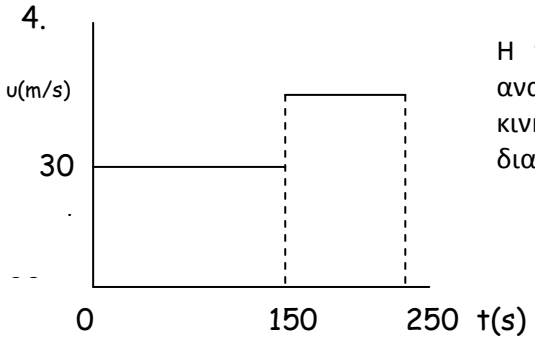
1. Τα επόμενα διαγράμματα αναφέρονται σε ευθύγραμμες κινήσεις. Ποια από τα διαγράμματα αναφέρονται σε κινήσεις με σταθερή ταχύτητα;



2. Ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα υ=72km/h.
α) Σε πόσο χρόνο διανύει απόσταση ίση με 1m;
β) Πόσα μέτρα διανύει σε χρόνο ίσο με 1s;

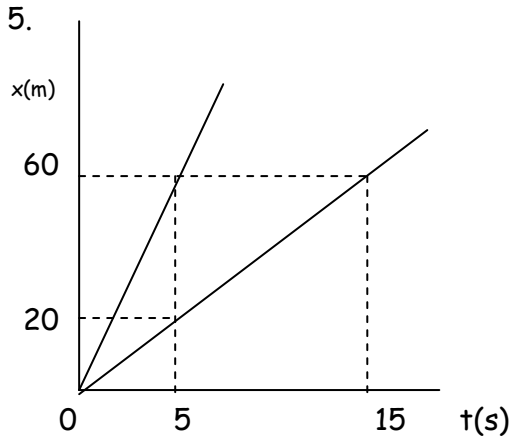
3. Ένα κινητό κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Σε χρονικό διάστημα Δt_1=5s μετατοπίζεται κατά Δx_1=20m. Να βρείτε τη μετατόπιση του κινητού για χρονικό διάστημα Δt_2=8s. Σε πόσο χρόνο το κινητό μετατοπίζεται κατά Δx_3=60m;

4.



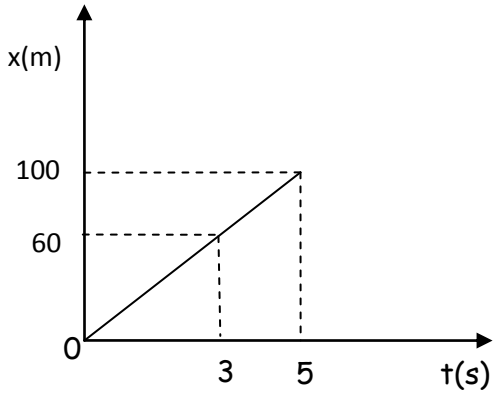
Η γραφική παράσταση του διπλανού σχήματος, αναφέρεται σε μια ευθύγραμμη κίνηση ενός κινητού. Να υπολογιστεί η συνολική απόσταση που διανύει το κινητό καθώς και η μέση ταχύτητά του.

5.

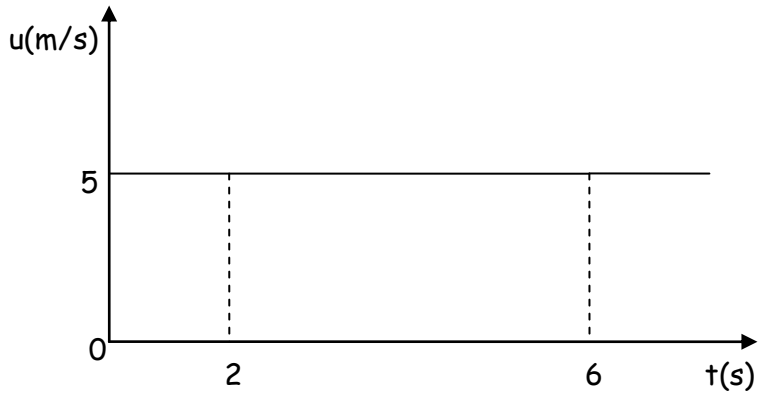


Στο διπλανό σχήμα απεικονίζεται με διαγράμματα θέσης – χρόνου η κίνηση δύο αυτοκινήτων σε ευθύγραμμο δρόμο. Ποιο από τα δύο αυτοκίνητα κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα; Πόσο γρηγορότερα; Σε t=15s πόση απόσταση έχει διατρέξει το αυτοκίνητο Α;

6. Από το διάγραμμα να υπολογίσετε την ταχύτητα του σώματος.



7. Από το διάγραμμα να υπολογίσετε την μετατόπιση του σώματος από τη χρονική στιγμή $t_1 = 2s$ έως την χρονική στιγμή $t_2 = 6s$

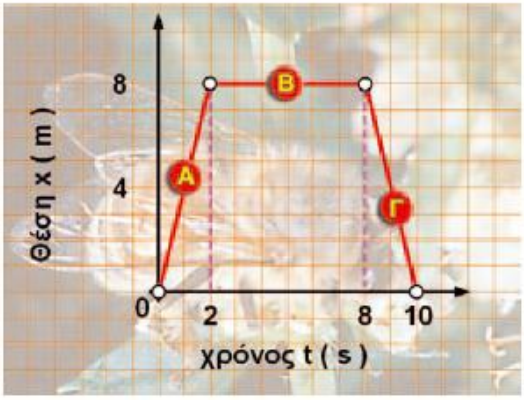


8. Ένα σώμα κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση να συμπληρώσετε τον πίνακα:

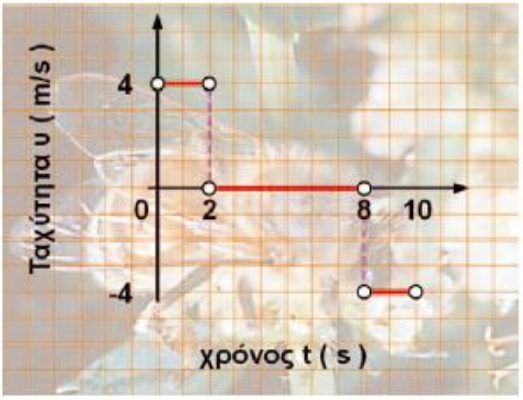
x(m)	t(s)	u(m/s)
20	4	
60		
	20	

2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι στην Φυσική όταν λέμε ότι η ταχύτητα είναι σταθερή, εννοούμε ότι η ταχύτητα παραμένει σταθερή τόσο κατά μέτρο όσο και κατά διεύθυνση και φορά. Αν αντίθετα μεταβληθεί **είτε το μέτρο της ταχύτητας, είτε η κατεύθυνση της ταχύτητας**, τότε λέμε ότι το σώμα κάνει **μεταβαλλόμενη κίνηση**. Έτσι όταν ο οδηγός ενός αυτοκινήτου πατάει γκάζι τότε αυξάνεται το μέτρο της ταχύτητας του οχήματος και η κίνηση χαρακτηρίζεται μεταβαλλόμενη. Αντίστοιχα αν ο οδηγός του οχήματος πατάει φρένο αντί γκάζι τότε η ταχύτητα του αυτοκινήτου ελαττώνεται και η κίνηση πάλι χαρακτηρίζεται μεταβαλλόμενη. Ακόμη όμως και στην περίπτωση που ένα αυτοκίνητο για παράδειγμα κινείται σε μια στροφή ενώ το κοντέρ του αυτοκινήτου δείχνει συνεχώς την ίδια ένδειξη, τότε **η κίνηση χαρακτηρίζεται ως μεταβαλλόμενη διότι η ταχύτητα μεταβάλλεται αφού αλλάζει η κατεύθυνση της λόγω της στροφής**. Στην πραγματικότητα οι συντριπτική πλειοψηφία των κινήσεων στη καθημερινότητα μας είναι μεταβαλλόμενες κινήσεις.



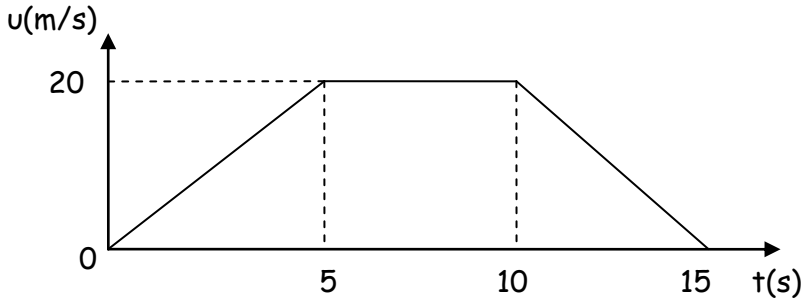
Εικόνα 2.27.
Το ταξίδι της μέλισσας
Η μέλισσα ξεκινά από την κηρήθρα της κινούμενη με σταθερή ταχύτητα και κατευθύνεται προς το πλησιέστερο άνθος που απέχει 8 m (τμήμα Α). Το ταξίδι της διαρκεί 2 s. Εκεί σταματά για 6 s και συλλέγει το νέκταρ (τμήμα Β). Στη συνέχεια, κινούμενη με ταχύτητα ίδιου μέτρου επιστρέφει στην κηρήθρα (τμήμα Γ).



Εικόνα 2.28.
Η ταχύτητα της μέλισσας
Μια μέλισσα κινείται ευθύγραμμα για 2 s και η μετατόπισή της από την κηρήθρα στο άνθος είναι Δx=+8 m. Επομένως η ταχύτητά της είναι: +4 m/s. Στη συνέχεια παραμένει ακίνητη στο άνθος, δηλαδή στη θέση x=+8 m για χρονικό διάστημα Δt=6 s και η ταχύτητά της είναι 0 m/s. Ακολούθως κινείται από το άνθος προς την κηρήθρα σε 2 s. Η μετατόπισή της τώρα είναι: Δx=−8 m και η ταχύτητά της: −4 m/s.

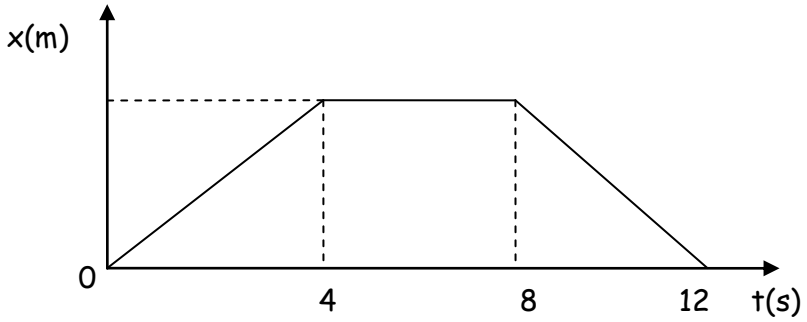
3. Ασκήσεις

1. Ένα όχημα κινείται ευθύγραμμα και το διάγραμμα της ταχύτητας του σε συνάρτηση με το χρόνο έχει τη μορφή:



Να περιγράψετε τη κίνηση του σώματος.

2. Ένα όχημα κινείται ευθύγραμμα και το διάγραμμα της μετατόπισης του σε συνάρτηση με το χρόνο έχει τη μορφή:



α) Να περιγράψετε τη κίνηση του σώματος.
β) Να κάνετε το διάγραμμα ταχύτητας- χρόνου για την παραπάνω κίνηση.
γ) Να βρείτε τη μέση διανυσματική ταχύτητα του σώματος.
δ) Να βρείτε τη μέση αριθμητική ταχύτητα του σώματος