

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' Γυμνασίου

Ομάδα συγγραφής:

Αντωνίου Νικόλαος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
Δημητριάδης Παναγιώτης, Δρ. Φυσικής Καθηγητής Λυκείου Ραφήνας
Καμπούρης Κωνσταντίνος, Φυσικός M.Sc, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου
Παπαμιχάλης Κωνσταντίνος, Δρ. Φυσικής Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ανατ. Αττικής
Παπατσιμπα Λαμπρινή, Δρ. Φυσικής Καθηγήτρια Π.Σ.Π.Α.
Χατζητσομπάνης Θεόφιλος, Εκπαιδευτικός, Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Συντονισμός της ομάδας στα πλαίσια του Π.Ι.:

Δούκας Χρήστος, Δρ. Συγκριτικής Παιδαγωγικής, Σύμβουλος Π.Ι.
Παληός Γεώργιος, Δρ. Φυσικής, Σύμβουλος Π.Ι.

Ομάδα κρίσης:

Τράκας Νικόλαος, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Καρανίκας Ιωάννης, Δρ. Διδακτικής Φυσικής, Σχολικός Σύμβουλος
Φιτσιάλης Γεώργιος, Φυσικός, Καθηγητής 65ου Γυμνασίου Αθηνών

Ο σχεδιασμός, η φωτογράφιση και η επιμέλεια των εικόνων έγινε από την συγγραφική ομάδα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε το ΣΕΓΑΣ και τον αθλητικό φωτορεπόρτερ Ευάγγελο Στόλη, για τις εικόνες των αθλητών που μας παραχώρησαν.

Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Ιωάννη Σαλβαρά, επίκ. Καθηγητή του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών για την συμβολή του στην έκδοση του παρόντος βιβλίου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο βιβλίο της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου, που έχεις μπροστά σου, συνεχίζεται ο διάλογος με σένα και τη Φύση, που άρχισε με το βιβλίο της Β' γυμνασίου. Πριν ανοίξεις το νέο σου βιβλίο, τώρα που έφθασες στην Τρίτη τάξη, σκέψου ότι ίσως θα έπρεπε το παλαιό σου βιβλίο της Β' Γυμνασίου να είναι γεμάτο από σημειώσεις και ερωτηματικά στο περιθώριο, γραμμένα με το χέρι σου, καθώς και εξηγήσεις στις απορίες σου που σου έδωσε ο καθηγητής σου. Μη ξεχνάς ότι το βιβλίο του μαθητή σε βοηθάει να κατανοήσεις το περιεχόμενο του μόνο όταν σε προσκαλεί σε μια επίμονη μελέτη και σου προκαλεί συνεχώς ερωτηματικά που προέρχονται από τη δική σου κριτική σκέψη. Ερωτηματικά που θα τα απαντήσεις σε συνεργασία με τον καθηγητή σου.

Το βιβλίο αυτό που έχεις στα χέρια σου έχει σκοπό να συμβάλλει στην ολοκλήρωση της βασικής παιδείας που προσφέρει η υποχρεωτική εκπαίδευση στους νεαρούς πολίτες της χώρας μας. Καταλαβαίνεις ότι η βασική γνώση της Ιστορίας είναι απαραίτητη, ώστε ο πολίτης να κατανοήσει τα χαρακτηριστικά της κοινωνίας που ζει με βάση τις κοινωνικές αλλαγές που έγιναν στο παρελθόν. Έτσι και η βασική γνώση των φυσικών επιστημών είναι απαραίτητη ώστε ο πολίτης να κατανοήσει τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος στο οποίο ζει σήμερα, με βάση τις αλλαγές που συντελέστηκαν στο παρελθόν σε ολόκληρο το σύμπαν.

Επιστήμονες ερευνητές και επιστήμονες που ασχολούνται με την εκπαίδευση έχουν συμφωνήσει ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο έχει διπλό σκοπό:

α) Να εξοικειώσει τους μαθητές και τις μαθήτριες με το πραγματικό περιεχόμενο και τις αιτίες των φαινομένων που συμβαίνουν στο φυσικό και τεχνολογικό τους περιβάλλον

β) Να καλλιεργήσει ορισμένες σημαντικές αξίες για τη ζωή των νέων ανθρώπων, όπως:

1. *Την προσήλωση στην αλήθεια:* Οι φυσικές επιστήμες με την αυστηρότητα που τις διακρίνει και τον πειραματικό έλεγχο που έχουν ως οδηγό, μπορούν να αναδείξουν αδιαμφισβήτητα στοιχεία αντικειμενικής αλήθειας, με οικουμενική αξία, και επομένως μπορούν να διδάξουν με πειστικότητα στους νέους ανθρώπους, την προσήλωση στο αληθινό.
2. *Την αίσθηση του μέτρου:* Επειδή η επιστημονική αλήθεια δεν βασίζεται απλώς σε ιδέες, αλλά επιβεβαιώνεται τελικά από τον πειραματικό έλεγχο, οι φυσικές επιστήμες διδάσκουν την επίμονη εργασία, την συνεχή αυτοκριτική, την ανωτερότητα του ανθρώπου να ομολογεί την άγνοια του και το σεβασμό του μέτρου ως στοιχείο προόδου και δημιουργικότητας.
3. *Την δημιουργική φαντασία:* Επειδή στις φυσικές επιστήμες υπάρχουν πάντοτε προβλήματα που περιμένουν τη λύση τους, στην διδασκαλία τους υπεισέρχεται διακριτικά το στοιχείο της εικασίας για ορισμένες δύσβατες περιοχές της επιστημονικής γνώσης (η γένεση του σύμπαντος, η προέλευση της ζωής, η πρώτη ύλη του σύμπαντος) αφήνοντας περιθώρια για την καλλιέργεια της δημιουργικής φαντασίας των νέων ανθρώπων.
4. *Την επικράτηση του ορθού λόγου:* Είναι σημαντικό χαρακτηριστικό των Φυσικών επιστημών η προσήλωση στον ορθολογισμό και την αυστηρότητα της σκέψης και της πράξης. Η διδασκαλία τους ενισχύει την ικανότητα των σκεπτόμενων ανθρώπων και σύρουν διαχωριστικές γραμμές ανάμεσα στην αντικειμενική πραγματικότητα και την ψευδαίσθηση από όπου και να προέρχεται.
5. *Την σημασία του διαλόγου:* Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών αναδεικνύει τη σημασία του επιχειρήματος σε έναν συνεχή διάλογο της σκέψης και της πράξης (της θεωρίας και του πειράματος). Η αυθαι-

ρεσία και η μονολιθικότητα της γνώμης του ενός εκτοπίζονται, στις φυσικές επιστήμες, από την πειθώ του επιχειρήματος που βασίζεται στον ορθό λόγο και την αυστηρότητα της επιστημονικής μεθόδου.

Επειδή η Φυσική είναι η επιστήμη που βασίζεται στην πειραματική μέθοδο, η γνώση των φυσικών φαινομένων ολοκληρώνεται στο εργαστήριο. Γίνεται φανερό επομένως ότι η διδασκαλία του μαθήματος θα πρέπει να συμπληρώνεται με σειρά πειραματικών εργασιών στο σχολείο, στα θέματα που επεξεργάζεται η ύλη του βιβλίου. Οι ρόλοι του βιβλίου και του εργαστηρίου είναι συμπληρωματικοί και το ένα δεν μπορεί να αντικαταστήσει το άλλο. Γι' αυτό το λόγο αποφεύγουμε τη λεπτομερή περιγραφή πειραμάτων στο βιβλίο του μαθητή και επιμένουμε στην εξήγηση των εμπειρικών φαινομένων, εισάγοντας σταδιακά τις βασικές έννοιες και τις βασικές αρχές της φυσικής.

Προσπαθούμε να αναδείξουμε την ενότητα που κυριαρχεί στη φύση και την οικονομία που υποκρύπτεται κάτω από την πολλαπλότητα και ποικιλία των φυσικών φαινομένων. Χρησιμοποιούμε, για τον σκοπό αυτό, ως ενοποιητικό στοιχείο, κατ' αρχήν την έννοια της ενέργειας και τελικά τις γενικές αρχές οργάνωσης της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο. Εισάγουμε μόνο τις αναγκαίες μορφές μαθηματικής διατύπωσης.

Ο τρόπος γραφής του βιβλίου στηρίχθηκε σε απλές παρατηρήσεις και εικόνες καθώς και στην προσδοκία ότι θα υπάρχει ένας συνεχής διάλογος ανάμεσα σε σένα και τον καθηγητή σου. Το κείμενο του βιβλίου συμπληρώνεται με εικόνες που θα σε βοηθήσουν να κατανοήσεις το περιεχόμενο του βιβλίου. Παράλληλα με τον κύριο κορμό του βιβλίου αναπτύσσονται θέματα με γενικούς τίτλους: «Δείτε και αυτό», «Κατάδυση στη Φυσική», «Μικρό εργαστήριο». Στη πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται θέματα γενικότερου ενδιαφέροντος για ελεύθερη μελέτη που αφορούν την ιστορία της Φυσικής, επιστημονικά παράδοξα, εφαρμογές της Φυσικής κ.α. Στη δεύτερη κατηγορία αναπτύσσονται θέματα που θα βοηθήσουν εσένα που έχεις την διάθεση να εμβαθύνεις σε ορισμένες σημαντικές έννοιες της Φυσικής. Στη τρίτη κατηγορία περιγράφονται απλές δραστηριότητες που μπορείς να πραγματοποιήσεις είτε στην αίθουσα διδασκαλίας, είτε σπίτι σου μόνος σου ή με τους συμμαθητές σου σε ομάδες.

Ελπίζουμε ότι το βιβλίο αυτό, μαζί με τον εργαστηριακό οδηγό, θα σου ανοίξει ένα νέο παράθυρο στη γνώση του κόσμου, θα σε κάνει να αγαπήσεις την Φυσική και να αντιληφθείς την αξία της ως στοιχείο του πολιτισμού μας.

Οι συγγραφείς

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	3
---------------	---

Ενότητα 1 Μηχανική

Κεφάλαιο 1 Κινήσεις

1.1 Θέση και απόσταση	10
1.2 Ταχύτητα	12
1.3 Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.....	17
1.4 Η ταχύτητα μεταβάλλεται. Επιτάχυνση.....	26
1.5 Ελεύθερη πτώση.....	40
Περίληψη.....	45

Κεφάλαιο 2 Δυνάμεις

2.1 Δυνάμεις.....	46
2.2 Η δύναμη ως διάνυσμα	49
2.3 Πρώτος νόμος του Νεύτωνα για την κίνηση	57
2.4 Δεύτερος νόμος του Νεύτωνα για την κίνηση.....	59
2.5 Βάρος και βαρυτική δύναμη	67
2.6 Τριβή.....	72
2.7 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα.....	79
Περίληψη.....	89

Κεφάλαιο 3 Πίεση

3.1 Πίεση	90
3.2 Πίεση των ρευστών. Υδροστατική	93
3.3 Ατμοσφαιρική πίεση.....	95
3.4 Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά.....	97
3.5 Άνοση - Πλεύση	107
Περίληψη.....	115

Κεφάλαιο 4 Έργο και ενέργεια

4.1 Έργο και ενέργεια	117
4.2 Μηχανική ενέργεια.....	120
4.3 Μορφές ενέργειας	133
4.4 Μετατροπές ενέργειας	135
4.5 Ισχύς.....	143
Περίληψη.....	149

Ενότητα 2

Κεφάλαιο 5 Ταλαντώσεις

5.1 Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση	154
5.2 Το απλό εκκρεμές	157
Περίληψη.....	161

Κεφάλαιο 6

Μηχανικά κύματα

6.1 Μηχανικά κύματα	162
6.2 Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος	166
6.3 Ήχος.....	171
6.4 Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου	175
Περίληψη.....	184

Ενότητα 3 Ηλεκτρομαγνητισμός

Κεφάλαιο 7

Το ηλεκτρικό ρεύμα

7.1 Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο-Η έννοια της διαφοράς δυναμικού.....	188
7.2 Το ηλεκτρικό ρεύμα	191
7.3 Ο νόμος του Ωμ-Αντίσταση.....	198
Περίληψη.....	221

Κεφάλαιο 8

Το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια

8.1 Μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική	222
8.2 Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος	229
Περίληψη.....	238

Κεφάλαιο 9

Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις

9.1 Μαγνητικό πεδίο	239
9.2 Η δύναμη Λαπλάς.....	243
Περίληψη.....	252

Κεφάλαιο 10

Το φαινόμενο της επαγωγής και το εναλλασσόμενο ρεύμα

10.1 Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή	253
10.2 Το εναλλασσόμενο ρεύμα	263
Περίληψη	276

Κεφάλαιο 11

Γεννήτριες και κινητήρες

11.1 Ηλεκτροκινητήρες	277
11.2 Γεννήτριες.....	278

Κεφάλαιο 12

Παραγωγή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας

12.1 Παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας	281
12.2 Μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας	282
12.3 Κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.....	284
Περίληψη	288

Ενότητα 4 Στοιχεία Ηλεκτρονικής

Κεφάλαιο 13

Ημιαγωγοί και εφαρμογές τους

13.1 Η μικροσκοπική δομή των ημιαγωγών.....291

13.2 Κρυσταλλοδίοδος.....294

Κεφάλαιο 14

Απλές λογικές πύλες

14.1 Λογικές πύλες και λογικά κυκλώματα300

Περίληψη311

Ενότητα 5 Στοιχεία δομής της ύλης

Κεφάλαιο 15

Πυρήνας και πυρηνικά φαινόμενα

15.1 Περιγραφή του πυρήνα314

15.2 Ραδιενέργεια.....316

15.3 Πυρηνικές αντιδράσεις323

Περίληψη.....336

Κεφάλαιο 16

Στοιχειώδη σωματίδια

16.1 Στοιχειώδη σωματίδια338

16.2 Θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις.....342

16.3 Δημιουργία του σύμπαντος345

Περίληψη.....350

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1** Κινήσεις
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2** Δυνάμεις
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3** Πίεση
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4** Έργο και ενέργεια

Μηχανική



Η ύλη σε ολόκληρο το σύμπαν βρίσκεται σε διαρκή κίνηση, συνεχώς μεταβάλλεται. Σ' αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τη σχέση μεταξύ της ύλης, της κίνησης και της αιτίας της δηλαδή της δύναμης.

Αρχικά, για την απλή περίπτωση της κίνησης σωματιδίου σε ευθεία γραμμή, εισάγουμε τις έννοιες της θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

Στη συνέχεια οι έννοιες της δύναμης και της μάζας μας δίνουν τη δυνατότητα να συνδέσουμε την κίνηση με την αιτία που την προκαλεί, μέσω των τριών νόμων κίνησης του Νεύτωνα.

Με κεντρικές έννοιες την πίεση και την άνωση μελετούμε τη συμπεριφορά των ρευστών (υγρών και ατμοσφαιρικού αέρα), που βρίσκονται σε ισορροπία.

Η ενότητα ολοκληρώνεται με αναφορά στην ενέργεια, που είναι μια από τις σπουδαιότερες έννοιες για όλες τις φυσικές επιστήμες. Όλες οι μεταβολές στη φύση συνδέονται με μεταφορά ενέργειας ή μετατροπή της από τη μια μορφή στην άλλη. Σε κάθε μετατροπή ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας. Τέλος με την έννοια της ενέργειας θα συνδέσουμε τις έννοιες του έργου και της ισχύος.



ΚΙΝΗΣΗ: Πόσο Μακριά και πόσο Γρήγορα



Εικόνα 1.1

Η κίνηση είναι γενικό χαρακτηριστικό της ύλης



Εικόνα 1.2

Ας σκεφτούμε μέσα από την εμπειρία και τις γνώσεις μας μερικές εκδηλώσεις του φαινομένου της κίνησης. Οι άνθρωποι περπατάνε, τρέχουν, κολυμπούν, οδηγούν ποδήλατα, αυτοκίνητα ή ταξιδεύουν με αεροπλάνα. 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 ο οποίος με τη σειρά του κινείται σε σχέση με τα δισεκατομμύρια των γαλαξιών του αχανούς Σύμπαντος.

Τα άτομα και τα μόρια κινούνται περισσότερο ή λιγότερο έντονα, στα στερεά, στα υγρά ή στα αέρια σώματα, ενώ μέσα σε κάθε άτομο τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα του.

Από τις πιο συναρπαστικές περιπτώσεις κίνησης που θα έχετε παρατηρήσει, είναι στους αγώνες στίβου οι δρόμοι ταχύτητας των εκατό και διακοσίων μέτρων. Οι δρομείς πρέπει να εκτιναχθούν από τους εφαιλτήρες και να αποκτήσουν τη μέγιστη δυνατή ταχύτητά τους στον μικρότερο δυνατό χρόνο. Μερικές φορές η κούρσα φαίνεται να τελειώνει πριν καν αρχίσει.

Φαίνεται λοιπόν ότι η κίνηση είναι γενικό χαρακτηριστικό της ύλης. Εμφανίζεται οπουδήποτε στο Σύμπαν. Από τους μακρινούς γαλαξίες μέχρι το εσωτερικό των μικροσκοπικών ατόμων. Είναι λοιπόν ενδιαφέρον να μελετήσουμε την κίνηση. Να οικοδομήσουμε τις έννοιες και τα φυσικά μεγέθη που χρειαζόμαστε για να περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά της.

Μπορούμε να περιγράψουμε την κίνηση χρησιμοποιώντας συνηθισμένες λέξεις και προτάσεις. Με αυτό τον τρόπο έχουν περιγραφεί οι κινήσεις που αναφέρονται σ' όλα τα προηγούμενα παραδείγματα. Ένας ακριβέστερος τρόπος περιγραφής χρησιμοποιεί τη γλώσσα των μαθηματικών. Τα φυσικά μεγέθη παριστάνονται με σύμβολα και οι σχέσεις τους με μαθηματικές εξισώσεις. Χρησιμοποιεί επίσης γραφικές παραστάσεις που ονομάζονται και διαγράμματα τα οποία δείχνουν πως αυτά τα μεγέθη μεταβάλλονται με το χρόνο.

Στις παραγράφους που ακολουθούν θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε το φαινόμενο της κίνησης και με τους τρεις τρόπους. Στόχος μας είναι η εισαγωγή και ο ακριβής προσδιορισμός των **εννοιών** εκείνων, **που είναι κοινές** σε κάθε μορφή κίνησης, όπως **θέση, ταχύτητα, και επιτάχυνση**.

Οι μαθηματικές σχέσεις που εκφράζουν τη μεταβολή των μεγεθών αυτών με χρόνο, καθορίζουν και το είδος της κάθε συγκεκριμένης κίνησης. Οι γραφικές τους παραστάσεις μας δίνουν με άμεσο τρόπο κάθε πληροφορία που σχετίζεται με την κίνηση που περιγράφουν.

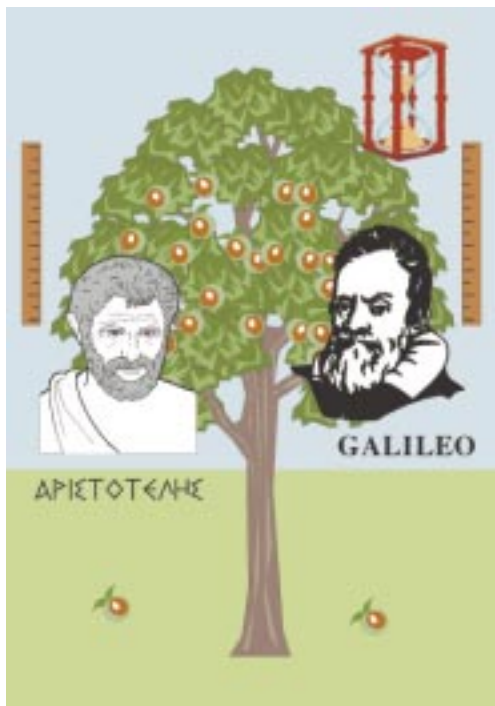


Εικόνα 1.3

Η κίνηση, όπως και κάθε φυσικό φαινόμενο, μπορεί να περιγραφεί με τη γλώσσα των μαθηματικών.

*Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη
γλώσσα των μαθηματικών*

ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ



Εικόνα 1.4

Ο Αριστοτέλης για να περιγράψει την κίνηση ενός σώματος χρησιμοποιούσε την έννοια της απόστασης από τη «φυσική» του θέση. Ο Γαλιλαίος ανέτρεψε την παραδοσιακή, αριστοτελική αντίληψη.



Εικόνα 1.5

Η θέση των αυτοκινήτων καθορίζεται από τη θέση των αντίστοιχων κουκίδων.

1.1 Θέση και απόσταση

Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι κάθε σώμα αποτελείται από τα στοιχεία γη, νερό, αέρας και φωτιά. Τα ποσοστά των στοιχείων αυτών σε κάθε σώμα καθορίζουν και τη «φυσική» του θέση στο σύμπαν. Τα σώματα έχουν τη τάση να κινούνται για να φτάσουν στη «φυσική» τους θέση. Για παράδειγμα η φυσική θέση μιας πέτρας είναι το έδαφος-γη. Έτσι η πέτρα κινείται δια μέσου του αέρα και του νερού για να φθάσει σ' αυτό.

Ο Γαλιλαίος ανέτρεψε την παραδοσιακή αντίληψη και πρόσθεσε ένα βασικό στοιχείο που έλειπε στην περιγραφή της κίνησης, το χρόνο. Τα δυο μεγέθη, μετατόπιση και χρόνος, αποτελούν τα θεμέλια για την οικοδόμηση των άλλων εννοιών που είναι απαραίτητες για την περιγραφή της κίνησης: της ταχύτητας και της επιτάχυνσης.

Περιγραφή της κίνησης

Για να απλουστεύσουμε τη μελέτη του φαινομένου της κίνησης θα υιοθετήσουμε μερικές παραδοχές. Έτσι, θα μπορέσουμε να απομακρύνουμε, κατ' αρχήν, μαθηματικές και άλλες δυσκολίες, που θα συσκοτίζουν τα σημεία της μελέτης μας:

Πρώτον θα ασχοληθούμε με την περιγραφή της κίνησης αγνοώντας την αιτία που την προκαλεί.

Δεύτερον, θα μελετήσουμε κυρίως **ευθύγραμμες κινήσεις, δηλαδή κινήσεις που πραγματοποιούνται σε ευθείες γραμμές.**

Τρίτον θα μελετήσουμε την κίνηση των σωμάτων αγνοώντας τις διατάσεις τους, θεωρώντας ότι δεν καταλαμβάνουν χώρο δηλ. θα τα δούμε σαν **υλικά σημεία**. Για παράδειγμα όταν περιγράφουμε την κίνηση ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη, τον αντιμετωπίζουμε σαν ένα υλικό σημείο.

Για να μελετήσουμε πώς κινείται ένα σώμα πρέπει να γνωρίζουμε που βρίσκεται κάθε χρονική στιγμή.

Που βρίσκεται κάποιο σώμα; Πώς θα προσδιορίσουμε τη θέση του; Στην εικόνα 1.5 δείχνονται δυο αυτοκίνητα Α και Β σ' ένα δρόμο. Που βρίσκεται το αυτοκίνητο Α; Αρκεί να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σημείου του, όπως η μικρή κόκκινη κουκίδα που φαίνεται στην εικόνα. Γι' αυτό το λόγο παρατήρησε ότι στην εικόνα έχει τοποθετηθεί μια κλίμακα.

Η θέση του αυτοκινήτου Α προσδιορίζεται σε σχέση με

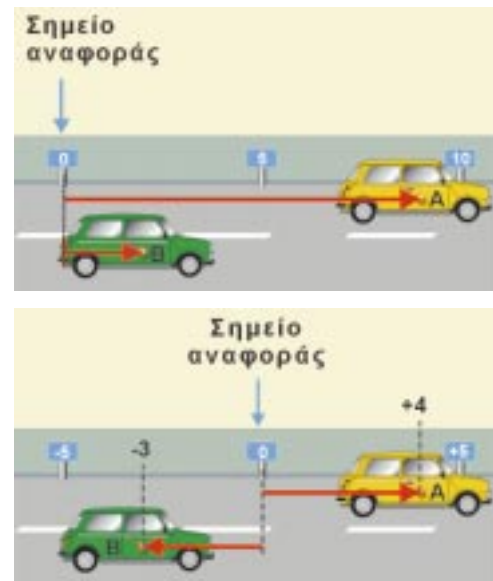
κάποιο άλλο σημείο της κλίμακας, όπως το μηδέν, που ονομάζεται **σημείο αναφοράς**. Στην εικόνα 1.5 διακρίνουμε ότι το Α βρίσκεται 4 μέτρα δεξιά από το μηδέν. Ποια είναι η θέση του αυτοκινήτου Β; Το Β βρίσκεται 3 μέτρα αριστερά από το 0.

Η επιλογή του μηδέν σαν σημείο αναφοράς δεν είναι η μοναδική δυνατή. Θα μπορούσαμε να είχαμε διαλέξει σαν σημείο αναφοράς κάποιο από τα δυο αυτοκίνητα, ή οποιοδήποτε άλλο σημείο της κλίμακας (εικόνα 1.6). Ωστε, η **θέση ενός αντικειμένου καθορίζεται από το πού βρίσκεται το αντικείμενο σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς**. Αν διαλέξουμε άλλο σημείο αναφοράς, θα μεταβληθεί και ο αριθμός που καθορίζει τη θέση των αυτοκινήτων Α, Β ή οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου. Θα χρησιμοποιούμε τα γράμματα x , y ή z για να συμβολίζουμε τη θέση.

Για τον καθορισμό της θέσης, εκτός από την απόσταση, απαιτείται και ο προσδιορισμός της κατεύθυνσης. Για παράδειγμα στην εικόνα 1.6 το σημείο Α βρίσκεται 4 μέτρα δεξιά από το μηδέν, ενώ το Β, 3 μέτρα αριστερά του. Αν και η κατεύθυνση μπορεί να καθορισθεί με όρους «δεξιά» και «αριστερά», είναι ευκολότερο να χρησιμοποιούμε τα πρόσημα + και -. Θετική (+) κατεύθυνση είναι αυτή που βρίσκεται δεξιά από το σημείο αναφοράς ενώ η αρνητική βρίσκεται αριστερά. Με αυτή τη σύμβαση η θέση του Α είναι +4 μέτρα και η θέση του Β είναι -3 μέτρα.

Αντίθετα, ο προσδιορισμός της απόστασης προϋποθέτει μόνο την μέτρηση κάποιου μήκους και όχι την κατεύθυνση. Έτσι, για παράδειγμα, λέμε ότι: η απόσταση του αυτοκινήτου Β από το 0 είναι 3 μέτρα, ενώ η θέση του αυτοκινήτου Β είναι -3 μέτρα ως προς το 0.

Μια απόσταση προσδιορίζεται πλήρως από έναν αριθμό και μια μονάδα μέτρησης. Ο αριθμός δηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης της απόστασης με τη μονάδα μέτρησης, και ονομάζεται μέτρο (της απόστασης). Τέτοιου είδους φυσικά μεγέθη, όπως η απόσταση, που προσδιορίζονται μόνο από το **μέτρο** τους, ονομάζονται **μονόμετρα**. Στην προηγούμενη τάξη έχουμε γνωρίσει μονόμετρα μεγέθη όπως ο χρόνος, η πυκνότητα και η θερμοκρασία. Αντίθετα ο προσδιορισμός της θέσης, εκτός από το **μέτρο**, απαιτεί και την **κατεύθυνση**. Ένα τέτοιο μέγεθος ονομάζεται **διανυσματικό**. Στη συνέχεια της μελέτης της Μηχανικής θα γνωρίσουμε και άλλα διανυσματικά μεγέθη.



Εικόνα 1.6

Από το σημείο αναφοράς μετράμε τις αποστάσεις των αυτοκινήτων. Η επιλογή του είναι διαφορετική στις δύο εικόνες.



Προσδιορισμός της θέσης σώματος

Ποιες πληροφορίες πρέπει να δώσεις σ' ένα συμμαθητή σου ώστε να τοποθετήσει τη γόμα σε μια συγκεκριμένη θέση στην αύλακα του θρανίου;

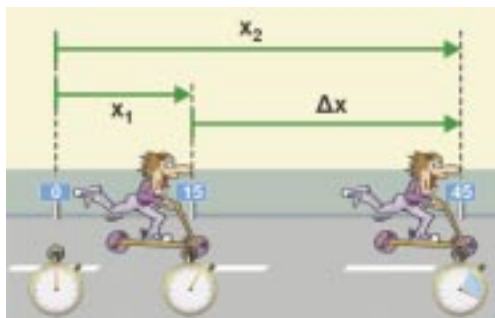


- Χρησιμοποιώντας μια μετροταινία ή ένα χάρακα προσδιόρισε τη θέση της γόμας σε σχέση με τις δυο άκρες του θρανίου σου Α και Β

Η γόμα βρίσκεται cm από το Α

Η γόμα βρίσκεται cm από το Β





Εικόνα 1.7

Τη χρονική στιγμή $t_1 = 5\text{s}$ ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_1 = 15\text{m}$. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 20\text{s}$ βρίσκεται στη θέση $x_2 = 45\text{m}$. Από τη στιγμή t_1 μέχρι τη στιγμή t_2 , μετατοπίστηκε κατά

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 45\text{m} - 15\text{m} = 30\text{m}$$

Ο Τοτός μετατοπίστηκε 30 μέτρα σε χρονικό διάστημα :

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 20\text{s} - 5\text{s} = 15\text{s}$$



Σημείο αναφοράς και μετατόπιση

- Χρησιμοποιώντας μια μετροταινία ή ένα χάρακα προσδιόρισε τη θέση x_1 της γόμας σε σχέση με: την άκρη Α του θρανίου σου και μετά σε σχέση με την άκρη Β.

Θέση της γόμας $x_1 = \dots\dots\dots \text{cm}$, από το Α

Θέση της γόμας $x_1' = \dots\dots\dots \text{cm}$, από το Β

- Μετατόπισε τη γόμα σε άλλο σημείο και προσδιόρισε τη νέα της θέση x_2 , ως προς τα άκρα Α και Β.

Θέση της γόμας $x_2 = \dots\dots\dots \text{cm}$, από το Α

Θέση της γόμας $x_2' = \dots\dots\dots \text{cm}$, από το Β

- Υπολόγισε τη μετατόπιση της γόμας με σημείο αναφοράς πρώτα το Α και έπειτα το Β.

$\Delta x = \dots\dots\dots \text{cm}$

$\Delta x' = \dots\dots\dots \text{cm}$

Τι συμπεραίνεις;

1.2 Ταχύτητα

Το πιο γνωστό από την καθημερινή χρήση της γλώσσας μας, φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει την κίνηση ενός σώματος είναι η **ταχύτητα**.

Τι εκφράζει όμως η ταχύτητα;

Στην καθημερινή γλώσσα, το μέτρο της ταχύτητας δείχνει πόσο γρήγορα ή πόσο αργά κινείται ένα αντικείμενο. Στη καθημερινή ζωή η έννοια της ταχύτητας χρησιμοποιείται με δυο διαφορετικούς τρόπους:

Ένας δρομέας είναι ταχύτερος από κάποιον άλλο, όταν μπορεί να διανύσει την ίδια απόσταση με αυτόν (π.χ. 100 μέτρα) σε μικρότερο χρόνο.

Ένας αυτοκινητόδρομος χαρακτηρίζεται σαν ταχείας κυκλοφορίας όταν επιτρέπει στους οδηγούς να διανύσουν μεγαλύτερη απόσταση (περισσότερα χιλιόμετρα) στον ίδιο χρόνο π.χ. σε μια ώρα συγκριτικά με έναν επαρχιακό δρόμο. Σε κάθε περίπτωση βλέπουμε ότι η **ταχύτητα** συνδέεται με δυο μεγέθη: *την απόσταση και το χρόνο*.

Στο επίπεδο της καθημερινής ζωής λέγοντας ταχύτητα εννοούμε το πηλίκο της συνολικής απόστασης που διήνυσε ένα σώμα σε ορισμένο χρόνο προς το χρόνο αυτό.

Για να περιγράψουμε όμως με μεγαλύτερη ακρίβεια την κίνηση ενός σώματος πρέπει να προσδιορίσουμε την έννοια της ταχύτητας με μεγαλύτερη προσοχή. Για παράδειγμα, προκειμένου να καθορίσουμε την κατεύθυνση της κίνησης ενός σώματος, αντί για την έννοια της απόστασης θα χρησιμοποιήσουμε την έννοια της μεταβολής της θέσης του.

Πως ορίζεται η ταχύτητα

Καθώς κινείται το αυτοκίνητο αλλάζει συνεχώς θέση, που καθορίζεται σε σχέση με κάποιο σημείο αναφοράς (Εικόνα 1.6). Η μεταβολή της θέσης ενός κινούμενου σώματος ονομάζεται συνήθως **μετατόπιση**. Για να βρούμε τη μετατόπιση ενός κινούμενου σώματος από μια χρονική στιγμή (t_1) μέχρι μια άλλη (t_2), αρκεί να γνωρίζουμε τη θέση του τις δυο αυτές στιγμές. Έτσι αν τη στιγμή t_1 βρίσκονταν στη θέση x_1 και τη στιγμή t_2 στη θέση x_2 , τότε η μετατόπιση του είναι ίση με $x_2 - x_1$ (εικόνα 1.7). Η μετατόπιση συμβολίζεται συνήθως με Δx .

Ώστε:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

Η μετατόπιση Δx , όπως και η θέση x , είναι ένα διανυσματικό μέγεθος.

Το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μεταξύ των δυο χρονικών στιγμών t_1 και t_2 συμβολίζεται με Δt και ισούται με:

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Ένα κινούμενο σώμα διανύει συγκεκριμένη απόσταση ή παρουσιάζει συγκεκριμένη μετατόπιση σε ορισμένο χρόνο. Η **ταχύτητά** του (\bar{u}) ορίζεται ως ο **λόγος της μετατόπισης ($\Delta \bar{x}$) δια του χρονικού διαστήματος (Δt)** μέσα στο οποίο πραγματοποιείται. Δηλαδή, στη γλώσσα των μαθηματικών γράφουμε:

$$\text{ταχύτητα} = \frac{\text{μετατόπιση}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

ή συμβολικά

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

Το σύμβολο Δ παριστάνει γενικά μεταβολή. Έτσι Δx σημαίνει μεταβολή θέσης (τελική θέση - αρχική θέση) δηλαδή μετατόπιση, ενώ Δt μεταβολή χρόνου, δηλαδή χρονικό διάστημα (τελική χρονική στιγμή - αρχική χρονική στιγμή). Εφόσον η μετατόπιση είναι διανυσματικό μέγεθος από τον ορισμό προκύπτει ότι και η ταχύτητα είναι επίσης διανυσματικό μέγεθος. Στη συνέχεια όμως αν δεν μελετάμε την κατεύθυνση αναφερόμαστε στο μέτρο της ταχύτητας.

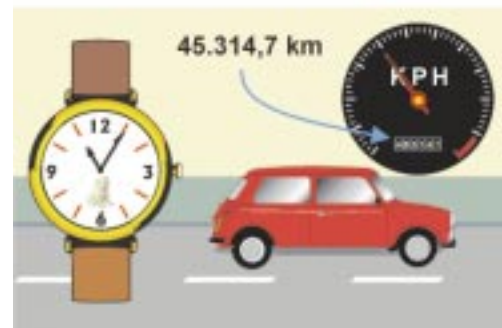
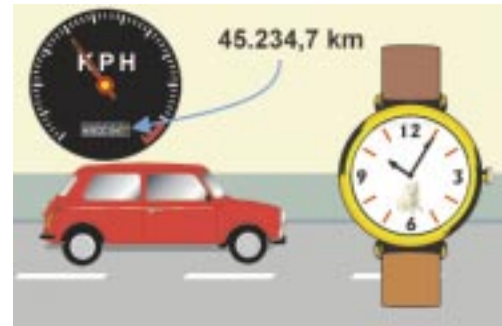
Με βάση τον παραπάνω ορισμό παρατήρησε ότι η τιμή της ταχύτητας στο παράδειγμα της εικόνας 1.7 ποικίλει από $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, στο χρονικό διάστημα μεταξύ 0 και 5 δευτερόλεπτων, μέχρι $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ μεταξύ 5 και 20 δευτερολέπτων.

Αν διανύσουμε μ' ένα αυτοκίνητο 90 χιλιόμετρα σε μια ώρα τότε λέμε ότι το μέτρο της **μέσης ταχύτητας** του οχήματος ήταν 90 χιλιόμετρα την (ανά) ώρα και γράφουμε $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Η διανυσματική ταχύτητα που έχει ένα κινούμενο σώμα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ονομάζεται **στιγμιαία ταχύτητα**. Η ένδειξη του ταχύμετρου ενός αυτοκινήτου αντιστοιχεί στο μέτρο αυτής της ταχύτητας. Αν κάποια στιγμή το ταχύμετρο δείχνει $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο μέτρο της στιγμιαίας ταχύτητας του αυτοκινήτου.

Τι σημαίνει όμως αυτή η τιμή;

Σημαίνει ότι αν το αυτοκίνητο συνέχιζε να κινείται με την ίδια σταθερή ταχύτητα επί μια ώρα τότε θα διένυε απόσταση 80 χιλιόμετρα. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια μιας δια-



Εικόνα 1.8

Το αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο.

Η μετατόπιση του σε μια ώρα είναι $45314,7 \text{ km} - 45224,7 \text{ km} = 90 \text{ km}$.

Η μέση ταχύτητά του είναι 90 km/h .



Μέση ταχύτητα

- Πάρε ένα χρονόμετρο και μια μετροταινία. Πήγαινε στην αυλή του σχολείου ή στο γήπεδο.
 - Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεσαι για να περπατήσεις 20 μέτρα.
- Υπολόγισε τη μέση ταχύτητα σου.
- Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεσαι για να διανύσεις την ίδια μετατόπιση τρέχοντας.

Ποια είναι τώρα η μέση ταχύτητα σου;



Εικόνα 1.9

Η μέση ταχύτητα του αεροπλάνου είναι 500km/h, ενώ του τρένου 100km/h.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	
$\frac{\text{km}}{\text{h}}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
40	$11 = \frac{40}{3,6}$
80	$22 = \frac{80}{3,6}$
100	$28 = \frac{100}{3,6}$
120	$33 = \frac{120}{3,6}$
Μπορούμε να μετατρέψουμε την ταχύτητα από $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ σε $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ διαιρώντας με το 3,6.	
Μπορείτε να αιτιολογήσετε γιατί;	



Εικόνα 1.10

Από τη παραπάνω φωτογραφία δεν είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε τη κατεύθυνση κίνησής του αεροπλάνου.

δρομής, συνήθως η στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου μεταβάλλεται. Έτσι στο παράδειγμα μας (εικόνα 1.8), η ένδειξη του ταχυμέτρου θα είναι άλλοτε μεγαλύτερη των $90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ και άλλοτε μικρότερη. Η μέση ταχύτητα δεν ταυτίζεται πάντοτε με την στιγμιαία.

Ένα κινούμενο σώμα έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από ένα άλλο όταν διανύει την ίδια μετατόπιση σε μικρότερο χρόνο. Ένα αεροπλάνο χρειάζεται περίπου μια ώρα για το ταξίδι Αθήνα - Θεσσαλονίκη, ενώ ένα τρένο καλύπτει την ίδια μετατόπιση σε 5 ώρες. Το αεροπλάνο έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από το τρένο.

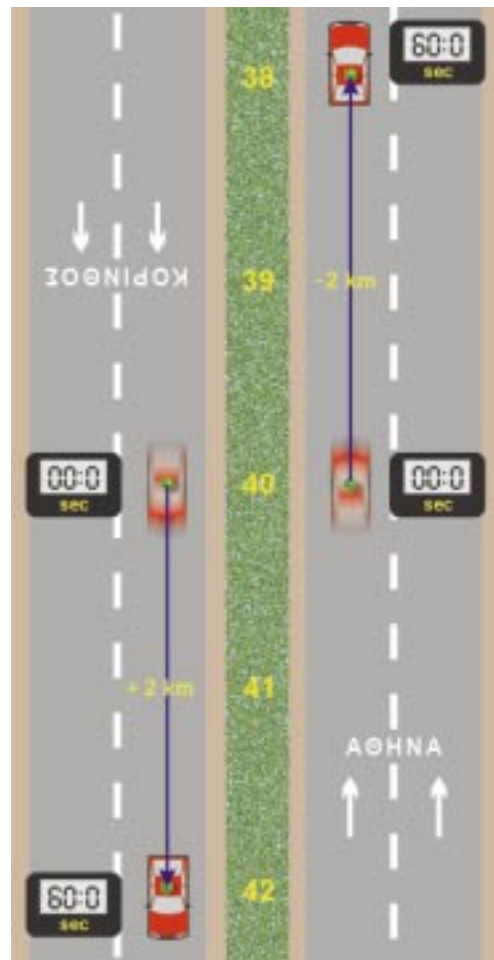
Για τα οχήματα το μέτρο της ταχύτητας εκφράζεται σε χιλιόμετρα ανά ώρα. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε τις βασικές μονάδες μετατόπισης και χρόνου, δηλαδή το μέτρο και το δευτερόλεπτο, οπότε η μονάδα ταχύτητας προκύπτει σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$). Η μέση ταχύτητα ενός δρομέα είναι περίπου $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Αντιστοιχεί σε $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Το διάνυσμα της ταχύτητας.

Το αεροπλάνο της εικόνας 1.10 κινείται με σταθερή ταχύτητα $500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Γνωρίζοντας αυτή την πληροφορία είναι δυνατόν να καθορίσουμε τον προσορισμό του αεροπλάνου; Όχι γιατί το αεροπλάνο μπορεί να κινείται προς οποιοδήποτε σημείο του ορίζοντα.

Γνωρίσαμε ότι η θέση ενός σώματος, που κινείται πάνω σε μια ευθεία, προσδιορίζεται από ένα θετικό ή αρνητικό αριθμό, ανάλογα με το αν το σώμα βρίσκεται προς τη μια ή την άλλη κατεύθυνση από κάποιο σημείο αναφοράς. Αντίστοιχα, και οι μεταβολές της θέσης, οι μετατοπίσεις, καθορίζονται επίσης από θετικούς ή αρνητικούς αριθμούς. Γενικά αν το σώμα κινείται προς μια κατεύθυνση, που την έχουμε ορίσει ως θετική, οι μετατοπίσεις είναι θετικές ενώ αν κινείται προς την αντίθετη είναι αρνητικές. Από την άλλη μεριά τα χρονικά διαστήματα είναι πάντοτε θετικά. Κανείς μέχρι τώρα δεν γνωρίζει το τρόπο που θα προκαλούσε την προς τα πίσω ροή του χρόνου! Άρα η ταχύτητα προκύπτει θετική ή αρνητική. Συνεπώς για να καθορισθεί πλήρως εκτός από το μέτρο της χρειάζεται και η κατεύθυνση.

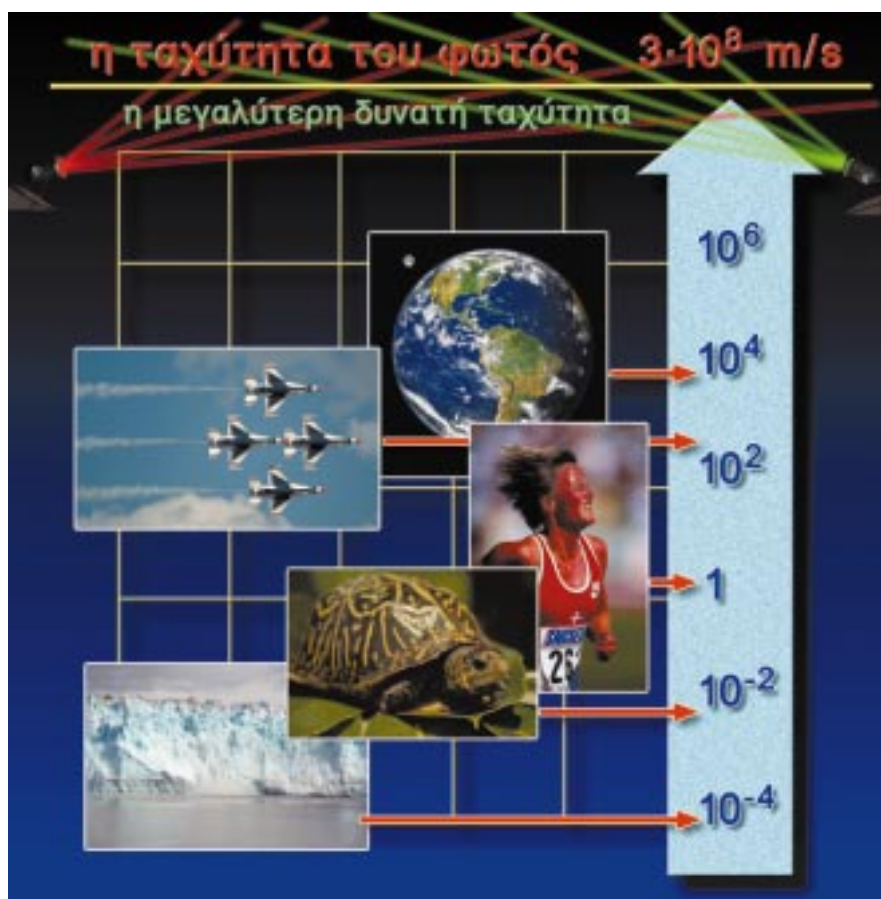
Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή του δρόμου ενώ το ταχύμετρο του δείχνει σταθερή ένδειξη (εικόνα 1.12). Το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό ενώ η κατεύθυνσή της διαρκώς μεταβάλλεται.



Θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο (χρονική στιγμή $t = 0$ s) όταν και τα δυο αυτοκίνητα διέρχονται από τον οδοδείκτη του 40^{ου} στο χιλιόμετρο.



Το ταχύμετρο του αυτοκινήτου δείχνει διαρκώς 60km/h. Ωστόσο η ταχύτητα του μεταβάλλεται!



Το φως κινείται γρηγορότερα από κάθε άλλο αντικείμενο στη φύση. Διανύει 300000km κάθε δευτερόλεπτο. Ένας παγετώνας μετατοπίζεται μόλις 0,1mm, στον ίδιο χρόνο.



Οι ιθαγενείς Καλαχάρι της Αφρικής κυνηγούν το πιο γρήγορο ζώο στη Γη το γατόπαρδο, που αναπτύσσει ταχύτητα κοντά στα $130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Πως όμως οι Καλαχάρι πιάνουν τον γατόπαρδο; Έχουν συνειδητοποιήσει ότι ένας άνθρωπος, που έχει τη δυνατότητα να κινείται με σταθερή ταχύτητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορεί να προλάβει ένα ζώο που κινείται ταχύτερα και το οποίο μπορεί να διατηρήσει τη μεγαλύτερη ταχύτητά του για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι οι Καλαχάρι καταδιώκουν τον γατόπαρδο τρέχοντας με μια ταχύτητα την οποία μπορούν να διατηρήσουν σχεδόν σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα, ο γατόπαρδος δεν μπορεί να διατηρήσει την μεγάλη ταχύτητά του για αρκετό χρονικό διάστημα. Όταν λοιπόν κουράζεται, οι Καλαχάρι μπορούν να τον πιάσουν.

1.3 Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Ένα αεριοθούμενο αεροπλάνο απογειώνεται και αρχίζει να πετάει σε σταθερό ύψος από την επιφάνεια του εδάφους.

Στην εικόνα 1.13 αναγράφονται οι θέσεις του αεροπλάνου τις διάφορες χρονικές στιγμές. Ως σημείο αναφοράς πήραμε τη θέση στην οποία το αεροπλάνο απέκτησε το σταθερό ύψος πτήσης. Για τη μέτρηση του χρόνου θέσαμε σε λειτουργία το χρονόμετρό μας (αρχή των χρόνων) τη χρονική στιγμή που σταθεροποιήθηκε το ύψος πτήσης.

Υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου σε κάθε δευτερόλεπτο. Διαπιστώνουμε ότι το μέτρο της κάθε δευτερόλεπτο είναι ίδιο και ίσο με $200 \frac{m}{s}$. Αυτό βέβαια προκύπτει από το γεγονός ότι σε κάθε δευτερόλεπτο η μετατόπιση του αεροπλάνου είναι ίση με 200m. Ας υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, για παράδειγμα 1,5 ή 2 δευτερόλεπτων. Πάλι προκύπτει η ίδια τιμή για τη μέση ταχύτητα: $200 \frac{m}{s}$.

Αν η μέση ταχύτητα ενός σώματος είναι η ίδια για όλα τα χρονικά διαστήματα τότε λέμε ότι το σώμα κινείται με **σταθερή ταχύτητα**. **Μια κίνηση στην οποία το μέτρο (τιμή) της ταχύτητας διατηρείται σταθερό ονομάζεται ομαλή κίνηση.**

Όταν η ταχύτητα είναι σταθερή, διαπιστώσαμε ότι το πηλίκο της μετατόπισης προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι πάντοτε σταθερό. Εξάλλου στο παράδειγμα μας, η ένδειξη t του χρονομέτρου είναι ίση με το χρονικό διάστημα Δt της κίνησης του σώματος από την αρχή των χρόνων. Στο χρόνο αυτό (t) το σώμα έχει μετατοπισθεί από το αρχικό σημείο αναφοράς κατά $\Delta x = x$, όπου x είναι η θέση του κατά τη χρονική στιγμή t .

Έτσι, για την ειδική περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, η ταχύτητα (u) του σώματος μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

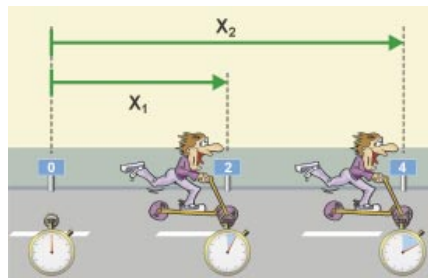
$$u = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x}{t} \quad \text{ή}$$

για $x_1=0$, οπότε η μετατόπιση συμπίπτει με τη θέση και $t_1=0$

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



Εικόνα 1.13 Σε ίσους χρόνους οι μετατοπίσεις του αεροπλάνου είναι ίσες



Εικόνα 1.14

Σε διπλάσιο χρόνο η μετατόπιση του Τοτού είναι διπλάσια. Ο Τοτός κινείται με σταθερή ταχύτητα. Η κίνηση του είναι ευθύγραμμη ομαλή



Μετατόπιση μπάλας

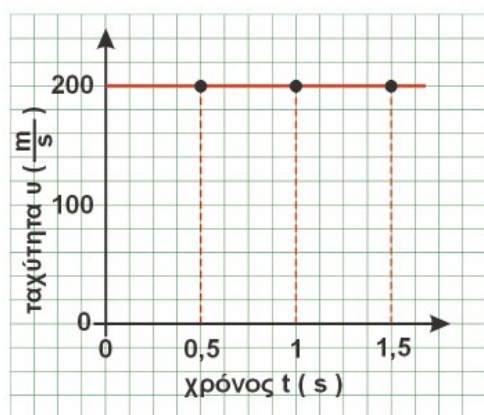
- Πηγαίνουμε σ' ένα χώρο με τσιμεντένιο δάπεδο. Σημειώνουμε: μια αφετηρία και τρία σημεία πάνω στη ίδια ευθεία που απέχουν 10, 15, 20 μέτρα από αυτή.
- Σχηματίζουμε τρεις ομάδες. Οι ομάδες θέτουν σε λειτουργία τα χρονόμετρα τους τη στιγμή που κάποιος κλωτσά μια μπάλα, από την αφετηρία. Κάθε ομάδα σταματά το χρονόμετρο της όταν η μπάλα περνάει αντίστοιχα από τα σημεία των 10, 15 και 20 μέτρων.
- Συμπλήρωσε τον πίνακα και υπολόγισε τη μέση ταχύτητα της μπάλας για κάθε μετατόπιση.

θέση σε m	χρόνος σε sec
10
15
20

- Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη μέση ταχύτητα της μπάλας κατά τα πρώτα 10 μέτρα της κίνησής της, για να προβλέψεις σε πόσο χρόνο θα διανύσει 30 μέτρα; Εξήγησε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2

Χρόνος σε sec	Ταχύτητα σε $\frac{m}{s}$
0	200
0,5	200
1	200
1,5	200
2	200



Εικόνα 1.15.

Το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

Νόμοι της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης

Όταν μελετάμε την κίνηση ενός σώματος, θέλουμε να γνωρίζουμε τη θέση και την ταχύτητά του κάθε χρονική στιγμή. Οι νόμοι της κίνησης περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο τα βασικά αυτά μεγέθη μεταβάλλονται με το χρόνο. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι και η χρήση διαγραμμάτων για την απεικόνιση της μεταβολής των μεγεθών σε σχέση με το χρόνο.

A. Νόμος της ταχύτητας

Είδαμε ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η ταχύτητα διατηρείται σταθερή:

$$u = \text{σταθερή}$$

Με βάση τις τιμές της εικόνας 1.13 και τη σχέση:

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

συμπληρώνουμε τον πίνακα 1.2, με την ταχύτητα του αεροπλάνου τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

Στη συνέχεια σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο. Βλέπουμε ότι το διάγραμμα της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο, είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου. Αυτό συμβαίνει, γενικότερα, σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.



Η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μιας φουσαλίδας.



- Γέμισε σχεδόν πλήρως γυάλινο σωλήνα μήκους 30cm με χρωματισμένο νερό και κλείσε καλά τις δυο άκρες του με πλαστελίνη (βλέπε φωτογραφία). Μέσα στο σωλήνα έχει σχηματιστεί μια φουσαλίδα. Οι μαύρες γραμμές απέχουν μεταξύ τους δυο εκατοστά.
- Τοποθέτησε το σωλήνα με μικρή κλίση πάνω στο θρανίο.
- Παρατήρησε την κίνηση της φουσαλίδας και μέτρησε με το ρολόι σου τους χρόνους στους οποίους η φουσαλίδα περνάει από κάθε χαραγή.



- Ξεκίνησε τις μετρήσεις σου τη στιγμή που η φυσαλίδα διέρχεται από τη δεύτερη χαραγή.
- Συμπλήρωσε τον διπλανό πίνακα
- Υπολόγισε την ταχύτητα κίνησης της φυσαλίδας μεταξύ 2^{ης} και 3^{ης}, 3^{ης} και 4^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} χαραγής.
- Τι συμπεραίνεις για το είδος της κίνησης της φυσαλίδας;

ΘΕΣΗ (cm)	ΧΡΟΝΟΣ

B. Νόμος της μετατόπισης

Ας επιστρέψουμε στην εξίσωση με την οποία υπολογίζουμε την ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και ας να τη λύσουμε ως προς τη μετατόπιση:

$$u = \frac{x}{t} \Leftrightarrow x = u \cdot t$$

Σ' αυτή τη σχέση η μετατόπιση ταυτίζεται με τη θέση.

Με δεδομένο ότι η ταχύτητα παραμένει σταθερή προκύπτει γενικά ότι **σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η μετατόπιση είναι ανάλογη με το χρόνο**. Πράγματι στο παράδειγμα που μελετάμε, το αεροπλάνο παρουσιάζει μετατόπιση 200m σε ένα δευτερόλεπτο, 400m (διπλάσια) σε δυο δευτερόλεπτα, 600m (τριπλάσια) σε τρία δευτερόλεπτα κ.λ.π.

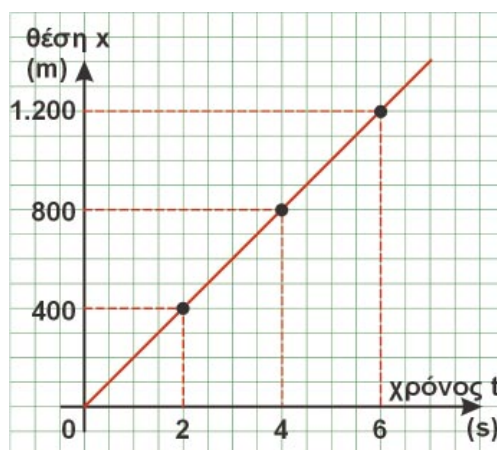
Από τις τιμές του πίνακα 1.3 μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο. Προσδιορίζουμε τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη τιμών χρόνου – θέσης. Παρατηρούμε ότι βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία γραμμή.

Το αποτέλεσμα αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με την εξίσωση: $x = u \cdot t$ από την οποία προκύπτει ότι η μετατόπιση συνδέεται γραμμικά με το χρόνο.

Γενικά, **σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε σχέση με το χρόνο είναι ευθεία γραμμή**.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3

Χρόνος σε s	Θέση σε m
0	0
1	200
2	400
3	600
4	800
5	1000



Εικόνα 1.16

Το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Το τρένο της εικόνας 1.9 σε ένα ευθύγραμμο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής μεταξύ Λαμίας και Λάρισας αναπτύσσει σταθερή ταχύτητα $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Αν η ευθύγραμμη κίνηση με σταθερή ταχύτητα διαρκεί $\frac{3}{4}$ της ώρας, πόση είναι η αντίστοιχη μετατόπιση του τρένου;

Δεδομένα

$$u = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$\Delta t = \frac{3}{4} \text{ h}$$

Ζητούμενα

$$\Delta x$$

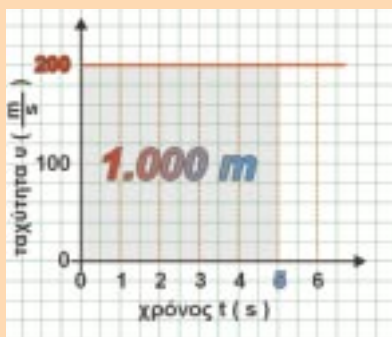
Βασική εξίσωση

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

Λύση

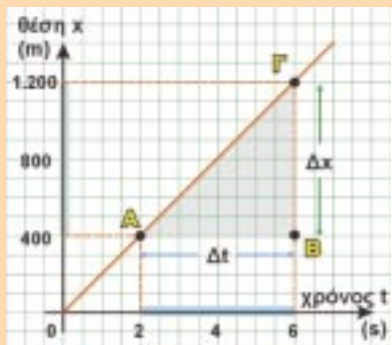
Το τρένο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Με εφαρμογή του νόμου της μετατόπισης έχουμε

$$\Delta x = u \cdot \Delta t \quad \Delta x = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 75 \text{ km}$$



Εικόνα 1.17

$$\text{Εμβαδόν } \text{OAB}\Gamma = (\text{O}\Gamma) \cdot (\text{O}\text{A}) = u \cdot \Delta t$$



Εικόνα 1.18

$$\text{Κλίση της ευθείας} = \frac{(\Gamma\text{B})}{(\text{A}\text{B})} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = u$$

Μέχρι τώρα διατυπώσαμε τους νόμους της κίνησης και αναζητήσαμε τη μορφή των αντίστοιχων διαγραμμάτων. Αντίστροφα εάν μας δώσουν ένα διάγραμμα ταχύτητας χρόνου ή θέσης - χρόνου και αναγνωρίσουμε τις παραπάνω μορφές μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή.



Μετατόπιση και διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου

Μελέτησε το διπλανό διάγραμμα της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο. Παρατήρησε ότι τα εμβαδά των σκιασμένων επιφανειών είναι αριθμητικά ίσα με τις μετατοπίσεις στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα.

Γενικά όταν έχουμε ένα διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου, το εμβαδόν της επιφάνειας μεταξύ της γραμμής που παριστάνει τη ταχύτητα και του άξονα του χρόνου, δίνει τη μετατόπιση στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Ταχύτητα και διάγραμμα θέσης - χρόνου.

Στο διπλανό διάγραμμα θέσης - χρόνου η μετατόπιση υπολογίζεται από την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δυο σημείων. Το χρονικό διάστημα είναι ίσο με την οριζόντια απόσταση. Ο λόγος της κατακόρυφης απόστασης προς την οριζόντια απόσταση δυο σημείων μιας γραμμής ονομάζεται κλίση της γραμμής. Στην εικόνα 1.18 προσδιορίζουμε τη κλίση της ευθείας χρησιμοποιώντας τα σημεία Α και Γ.

$$\begin{aligned} \text{κλίση} &= \frac{\text{κατακόρυφη απόσταση}}{\text{οριζόντια απόσταση}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \\ &= \frac{1200 - 400}{6 - 2} = \frac{800}{4} = 200 \end{aligned}$$

Επιβεβαιώνουμε λοιπόν ότι η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα θέσης - χρόνου ισούται με την ταχύτητα του αεροπλάνου.



Η κλίμακα Μποφόρ χρησιμοποιείται από τους μετεωρολόγους για να δηλώσουν τη ταχύτητα του ανέμου.

Άνεμος με ταχύτητα συγκρίσιμη με εκείνη ενός δρομέα ταχύτητας χαρακτηρίζεται μεγέθους 5.



Άνεμος με ταχύτητα όση του γατόπαρδου (περίπου $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) χαρακτηρίζεται μεγέθους 11, όπως μια ισχυρή θύελλα.

Η κλίμακα τερματίζεται στο 12 με ταχύτητες ανέμων ως $135 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, όπως αυτοί που πνέουν στη διάρκεια ενός τυφώνα.

Όμως έχουν καταγραφεί ταχύτητες ανέμων πολύ πάνω από το ανώτερο όριο της κλίμακας όπως $371 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ στο όρος Ουάσιγκτον στη πολιτεία του Νιού Χαμσάϊρ.





Κατάδυση στη Φυσική

Σχετικότητα και ταχύτητα

Φαντάσου ότι ταξιδεύεις με ένα μεγάλο πλοίο στο πέλαγος. Αν το πλοίο κινείται με σταθερή ταχύτητα δεν μπορείς να έχεις αντίληψη για το πόσο γρήγορα κινείται. Μπορείς ωστόσο να μετρήσεις την ταχύτητα που κινούνται οι επιβάτες προς τη πλώρη ή τη πρύμνη του πλοίου. Το ίδιο βέβαια μπορείς να κάνεις και όταν το πλοίο είναι αγκυροβολημένο στη προκυμαία.

Έστω ότι βρίσκεις ότι ένας επιβάτης κινείται με ταχύτητα $+2\frac{m}{s}$ ή $-2\frac{m}{s}$ ανάλογα με την κατεύθυνση της κίνησης του.

Έστω τώρα ότι βρίσκεται στη ξηρά ένας παρατηρητής που μπορεί να παρατηρεί τι γίνεται μέσα στο πλοίο. Αυτός θα περιέγραφε την κίνηση με ένα διαφορετικό τρόπο. Αν το πλοίο κινείται με ταχύτητα $10\frac{m}{s}$ τότε ο παρατηρητής καταγράφει για τον ίδιο επιβάτη ταχύτητα $12\frac{m}{s}$ ή $8\frac{m}{s}$.

Εσύ ή ο παρατηρητής από την ξηρά βρίσκει τη σωστή ταχύτητα;

Η απάντηση είναι και οι δύο. Όταν μετράμε τη θέση ή την ταχύτητα ενός σώματος πρέπει να καθορίζουμε το σύστημα αναφοράς μας. Όταν βρισκόμαστε στο πλοίο χρησιμοποιούμε ένα σύστημα αναφοράς σταθερά συνδεδεμένο με το πλοίο. Ο παρατηρητής στην ξηρά χρησιμοποιεί ένα σύστημα αναφοράς συνδεδεμένο με τη Γη. Βέβαια είναι γνωστό ότι η Γη κινείται. Στη πραγματικότητα δεν υπάρχει στο Σύμπαν κανένα σώμα που να διατηρείται ακίνητο. Άρα δεν υπάρχει απόλυτη κίνηση. Όλες οι κινήσεις είναι σχετικές ως προς τα σώματα τα οποία τα θεωρούμε ακίνητα.

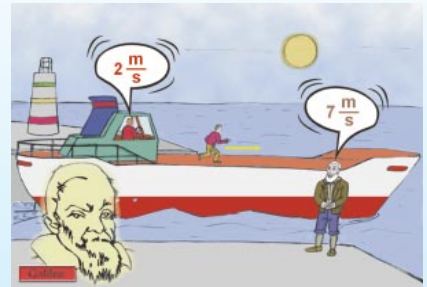
Ποιο σύστημα αναφοράς επιλέγουμε κάθε φορά για να μελετήσουμε μια κίνηση εξαρτάται από το φαινόμενο που μελετάμε. Όταν μελετάμε την κίνηση ενός αυτοκινήτου, ως σύστημα αναφοράς λαμβάνουμε τη Γη, που τη θεωρούμε ακίνητη. Για τη μελέτη της κίνησης των πλανητών ως σύστημα αναφοράς λαμβάνουμε τον Ήλιο, που τον θεωρούμε ακίνητο.

Γενικά όταν χρησιμοποιούμε διαφορετικά συστήματα αναφοράς, όπως το πλοίο ή τη Γη βρίσκουμε διαφορετικές ταχύτητες για τα σώματα.

Το 1905 ο Αλβέρτος Αϊνστάιν διατύπωσε την άποψη ότι ο κανόνας πρόσθεσης των ταχυτήτων δεν ισχύει για ταχύτητες που είναι ίσες με την ταχύτητα του φωτός. Δηλαδή, αν ένας άνθρωπος που βρίσκεται στο έδαφος και ένας επιβάτης ενός υπερηχητικού αεροπλάνου μετρήσουν την ταχύτητα του φωτός που εκπέμπεται από μια συγκεκριμένη λάμπα. Θα βρουν ακριβώς την ίδια τιμή: $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$!!



Το γεγονός αυτό, η σταθερότητα δηλαδή, της ταχύτητας του φωτός ανεξάρτητα από το σύστημα αναφοράς, υπήρξε ο θεμέλιος λίθος της θεωρίας της σχετικότητας του Αϊνστάιν.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Συμπλήρωσε το παρακάτω κείμενο:

Η θέση ενός αντικειμένου καθορίζεται σε σχέση με ένα Ένα μονόμετρο μέγεθος περιγράφεται πλήρως από το ενώ ένα διανυσματικό εκτός από το του απαιτεί και την του. Η ταχύτητα ορίζεται ως το πηλίκο της προς το αντίστοιχο Η κίνηση στην οποία το μέτρο της ταχύτητας διατηρείται σταθερό ονομάζεται

2. Ποια από τα παρακάτω μεγέθη είναι μονόμετρα και ποια διανυσματικά; α) θέση, β) απόσταση, γ) μετατόπιση, δ) χρονικό διάστημα, ε) ταχύτητα.

3. Διάλεξε τη σωστή απάντηση.

Η μονάδα της ταχύτητας είναι: α) $\frac{m}{s}$, β) $\frac{m^2}{s}$, γ) $\frac{m}{s^2}$, δ) $\frac{m^2}{s^2}$

Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:

A. η σχέση μεταξύ των μεγεθών ταχύτητα (u), μετατόπιση (Δx) και χρονικό διάστημα (Δt) είναι:

α) $u = \Delta x \Delta t$, β) $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, γ) $u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, δ) $\Delta x = u \Delta t$

B. Το διάγραμμα μετατόπισης (Δx)-χρόνου (t) είναι:

- α) ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των χρόνων
β) ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων
γ) τμήμα παραβολής

4. Δυο μαθητές περνάνε από την εξώπορτα του σχολείου την ίδια στιγμή και κατευθύνονται προς την είσοδο του σχολείου με σταθερές ταχύτητες, ο ένας βαδίζοντας και ο άλλος τρέχοντας. Κατασκεύασε στο ίδιο σύστημα αξόνων το διάγραμμα θέσης-χρόνου για τον καθένα.
5. Η μέση ταχύτητα ενός σώματος που κινείται ευθύγραμμα είναι μηδέν σε κάποιο χρονικό διάστημα. Τι μπορείς να πεις για τη μετατόπιση του και την ολική απόσταση που έχει διανύσει σε αυτό το χρονικό διάστημα;
6. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή ενός δρόμου. Είναι δυνατόν η διανυσματική ταχύτητα του να διατηρείται σταθερή; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
7. Αν το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου δείχνει ταχύτητα $40 \frac{km}{h}$, μπορείς να πεις ότι η ταχύτητα του διατηρείται σταθερή; Ναι, όχι και γιατί;
8. Αντιστοίχισε τις τιμές των ταχυτήτων της αριστερής στήλης στις περιπτώσεις κίνησης της δεξιάς στήλης :

$0,001 \frac{km}{h}$



$1000 \frac{km}{h}$



$5 \frac{km}{h}$



$30.000 \frac{km}{h}$



$100 \frac{km}{h}$



$300.000 \frac{km}{h}$



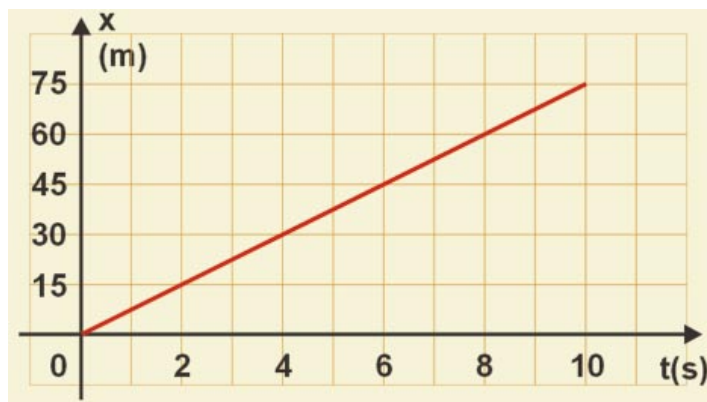
Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

1. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρεται σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

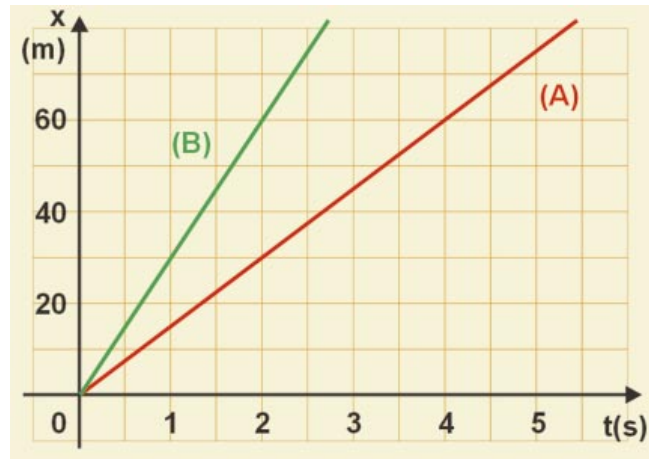
Χρόνος (t)	Μετατόπιση (Δx)	Ταχύτητα (υ)
s	m	$\frac{m}{s}$
5	200	
10		
	800	

Να συμπληρώσεις τις στήλες που λείπουν

2. Ο Χρήστος Κεντέρης στους Ολυμπιακούς αγώνες του Σίνδεϋ έτρεξε τη κούρσα των 200 m σε 19s.
 α) Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητα του.
 β) Αν κατόρθωνε να διατηρεί σταθερή την παραπάνω ταχύτητα σε πόσο χρόνο θα διάνυε τα 10km;
3. Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου $20 \frac{m}{s}$
 α) Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο
 β) Να υπολογίσεις τη μετατόπιση του αυτοκινήτου στο χρονικό διάστημα μεταξύ των χρονικών στιγμών $t_1 = 2s$ και του $t_2 = 5s$ της κίνησης με δυο τρόπους (από την εξίσωση και το διάγραμμα).
 γ) Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της θέσης του αυτοκινήτου (από το σημείο αφετηρίας) σε σχέση με το χρόνο.
4. Στη διπλανή εικόνα δίνεται το διάγραμμα της θέσης σε σχέση με το χρόνο ενός δρομέα σκυταλοδρομίας από τη στιγμή που παράλαβε τη σκυτάλη.
 α) Τι είδους κίνηση εκτελεί ο δρομέας;
 β) Πόση είναι η μετατόπιση του από τη χρονική στιγμή $t_1 = 2s$ μέχρι $t_2 = 6s$;
 γ) Ποια χρονική στιγμή βρέθηκε στη θέση 60m από τη στιγμή που παρέλαβε τη σκυτάλη;
 δ) Να υπολογίσεις την ταχύτητα του δρομέα.
 ε) Να κατασκευάσεις το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου για την κίνηση του δρομέα.



5. Στο διπλανό σχήμα απεικονίζεται με διαγράμματα θέσης - χρόνου η κίνηση δυο αυτοκινήτων σε ευθύγραμμο δρόμο. Ποιο από τα δυο αυτοκίνητα κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.



6. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με ταχύτητα $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ για 50s και με ταχύτητα $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ για τα επόμενα 100s.
- Πόση ήταν η μετατόπιση του αυτοκινήτου στο χρονικό διάστημα των 150s;
 - Πόση ήταν η μέση ταχύτητά του σε $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.
7. Ένας σκιέρ κινείται με μέση ταχύτητα $2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Σε πόσο χρονικό διανύει 4,5km;
8. *Χρόνος αντίδρασης*
Χρόνος αντίδρασης οδηγού ονομάζεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή που ο οδηγός θα αντιληφθεί ένα εμπόδιο στο δρόμο μέχρι τη στιγμή που θα πατήσει το φρένο. Για έναν οδηγό αυτό το χρονικό διάστημα είναι 1s. Αν υποθέσουμε ότι η ταχύτητα του αυτοκινήτου του διατηρείται σταθερή, να υπολογίσεις τη μετατόπιση του αυτοκινήτου κατά το χρόνο αντίδρασης, όταν το μέτρο της ταχύτητας με την οποία κινείται είναι:
- $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
 - $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
9. Δυο φίλοι αναχωρούν συγχρόνως με τα αυτοκίνητά τους από μια πόλη και δίδουν ραντεβού στα πρώτα διόδια που απέχουν 50km από το σημείο εκκίνησης. Το Α κινείται με ταχύτητα $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ και το Β με ταχύτητα $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Πόσο χρόνο θα περιμένει ο ένας οδηγός τον άλλο στο σημείο του ραντεβού;