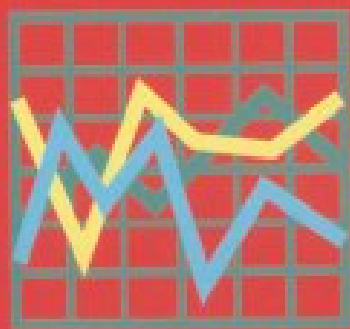


**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

ΦΥΣΙΚΗ

**Νικόλαος Αντωνίου
Παναγιώτης Δημητριάδης
Κωνσταντίνος Καμπούρης
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Τόμος 1ος

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

1ος τόμος

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων
σπουδών και συγγραφή νέων
εκπαιδευτικών πακέτων»**

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δημήτριος Γ. Βλάχος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ

Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου

Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου

Γεώργιος Κ. Παληός

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και
25% από εθνικούς πόρους.**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής
Πανεπιστημίου Αθηνών
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Λαμπρινή Παπασιμπα, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Αντώνιος Αντωνίου, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κωνσταντίνος Στεφανίδης,
Σχολικός Σύμβουλος
Αικατερίνη Πομόνη - Μανατάκη,
Αναπλ. καθηγήτρια Πανεπιστημίου
Πατρών (Τμήμα Φυσικής)

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,
Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός**

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαρία Αλιφεροπούλου, Φιλολόγος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ

ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ

**Γεώργιος Κ. Παληός,
Σύμβουλος του Π.Ι.**

ΕΞΩΦΥΛΛΟ

Ιωάννης Γουρζής, Ζωγράφος

ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

**ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,
Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ. Εταιρεία**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

**Ομάδα Εργασίας
Αποφ. 16158/6-11-06 και
75142/Γ6/11-7-07 ΥΠΕΠΘ**

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Νικόλαος Αντωνίου
Παναγιώτης Δημητριάδης
Κωνσταντίνος Καμπούρης
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:

Ελληνικά Γράμματα

ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Τόμος 1ος

Πρόλογος

Η διδασκαλία της φυσικής το Γυμνάσιο απευθύνεται σε σένα τον αυριανό πολίτη αυτής της χώρας ανεξαρτήτως αν στην ζωή σου ακολουθήσεις δρόμους και ασχολίες που απαιτούν ειδικές επιστημονικές και τεχνικές γνώσεις. Είναι χρέος του σχολείου να σε εφοδιάσει με τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται για να εξοικειωθείς με τον κόσμο στον οποίο ζεις, είτε αυτός είναι ο πολύπλοκος τεχνολογικός κόσμος του σύγχρονου τεχνικού πολιτισμού, είτε είναι ο αξιοθαύμαστος κόσμος της φυσικής πραγματικότητας, σε όλες τις κλίμακες οργάνωσης της ύλης, από τα γειτονικά μας φαινόμενα μέχρι την απεραντοσύνη του ολικού σύμπαντος.

**Επίσης είναι αξιοσημείωτο ότι
εσύ ο σημερινός μαθητής ή
σημερινή μαθήτρια, ως αυριανός
δημοκρατικός πολίτης θα κληθείς
με διάφορους τρόπους να λάβεις
μέρος στη λήψη αποφάσεων για
μεγάλα θέματα που σχετίζονται με
την ποιότητα της ζωής σου, όπως
είναι οι επιπτώσεις του φαινομένου
του θερμοκηπίου, της γενετικής
τροποποίησης των τροφίμων, της
χρήσης συμβατικών και νέων
πηγών ενέργειας,
περιλαμβανομένης και της
πυρηνικής. Για να έχεις ως πολίτης
σωστή στάση απέναντι σε όλα αυτά
τα σημαντικά ζητήματα που
αφορούν όλη την κοινωνία θα
πρέπει απαραίτητως να μπορείς να
καταλαβαίνεις τη βασική διαδικασία
με την οποία δημιουργείται,
ελέγχεται και τροποποιείται η**

επιστημονική γνώση. Έτσι θα είσαι σε θέση να κρίνεις μόνος σου την αξιοπιστία των πληροφοριών που δέχεσαι από το πολιτικό και κοινωνικό περιβάλλον σου.

Στον αιώνα μας η διδασκαλία της φυσικής στο γυμνάσιο δεν πρέπει να είναι, πλέον, η απαρχή συσσώρευσης ενός μεγάλου όγκου φαινομένων και φυσικών νόμων, συσκευασμένων προς απομνημόνευση. Οι μαθητές δεν χρειάζεται να αποτελούν τράπεζα μεγάλου όγκου πληροφοριών αφού τον ρόλο αυτό τον έχει αναλάβει πλέον η σύγχρονη τεχνολογία. Αυτό που καλείται να προσφέρει η διδασκαλία της φυσικής στο γυμνάσιο είναι η μεταφορά στους μαθητές του θαυμαστού και δημιουργικού τρόπου με τον οποίο η επιστημονική σκέψη διεισδύει

στον πυρήνα δύσκολων προβλημάτων που σχετίζονται με την κατανόηση της δομής και λειτουργίας του φυσικού κόσμου. Πώς είναι δυνατό, για παράδειγμα, από ένα μικρό αριθμό βασικών θεμελιωδών αρχών και εννοιών να μπορεί κάποιος να περιγράψει αλλά και να προβλέψει μια ευρύτατη κλάση φυσικών φαινομένων.

Αυτή η αρχή της οικονομίας που ρυθμίζει τη Φυσική επιστήμη οφείλει να καθοδηγεί και τη διδασκαλία της από τα πρώτα βήματα του σχολείου. Ως εκ τούτου οι μαθητές αναμένουν την συμμετοχή τους στον τρόπο αυτό προσέγγισης ο οποίος οδηγεί σε μια καθολική ενότητα των φυσικών διεργασιών και όχι στον θρυμματισμό τους. Στη διαδικασία

αυτής της μάθησης ο ρόλος του καθηγητή είναι αποφασιστικός.

Η συγγραφή του βιβλίου της φυσικής της Β' γυμνασίου που έχεις μπροστά σου έχει καθοδηγηθεί από τους παραπάνω προβληματισμούς και τις αντίστοιχες επιλογές.

Ειδικότερα για την ανάδειξη τα ενότητας των φυσικών φαινομένων και της οικονομίας που επικρατεί στην φύση έχουν υιοθετηθεί ως βασικές προτάσεις διδασκαλίας της φυσικής επιστήμης, έννοιες και αρχές όπως:

- Η έννοια του φυσικού συστήματος**
- Η αρχή διατήρησης της ενέργειας**
- Το πρότυπο της δομής της ύλης**
- Η σχέση μικροσκοπικών και μακροσκοπικών φαινομένων**

Το βιβλίο της φυσικής της Β' γυμνασίου αποτελείται από:

α. μια σύντομη Εισαγωγή στην ιστορία της επιστήμης και την επιστημονική μεθοδολογία, τα φυσικά μεγέθη και τις μονάδες μέτρησής τους.

β. Δύο ενότητες, τη Μηχανική που αποτελείται από τα κεφάλαια:

Κίνηση, Δύναμη, Πίεση, Ενέργεια και τη Θερμότητα που αποτελείται

από τα κεφάλαια: Θερμότητα, Αλλαγές κατάστασης, Διάδοση της θερμότητας.

Ελπίζουμε μελετώντας αυτό το βιβλίο να ανακαλύψεις τη φυσική που υπάρχει σε ό,τι κάνεις ή βλέπεις, να αντιληφθείς την μελέτη της φυσικής ως μια γοητευτική διαδικασία που σου ανοίγει ένα νέο παράθυρο στον κόσμο που σε περιβάλλει και τελικά να αγαπήσεις τη φυσική.

Στη διάρκεια της συγγραφής του βιβλίου είχαμε τη μεγάλη χαρά να συζητήσουμε με τον κ. Παύλο Λυκούδη πρώην κοσμήτορα και ομότιμο καθηγητή της σχολής πυρηνικής τεχνολογίας του πανεπιστημίου του Purdue των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και να λάβουμε υπόψη μας τις παρατηρήσεις του, τα σχόλια και τις προτάσεις του οι οποίες έχουν συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του βιβλίου. Επίσης στάθηκαν πολύτιμες για μας οι προτάσεις του για ορισμένα διαθεματικά σχέδια εργασίας.

Οι συγγραφείς

1.1 Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους

Όλα γύρω μας μεταβάλλονται: το χιόνι λιώνει, τα πετρώματα διαβρώνονται, τα λουλούδια ανθίζουν, οι άνθρωποι αναπτύσσονται, τα αυτοκίνητα κινούνται. Μεταβολές όπως αυτές ονομάζονται φαινόμενα. Με την έρευνα και τη μελέτη των μεταβολών που συμβαίνουν στη φύση ασχολούνται οι φυσικές επιστήμες: Η φυσική, η χημεία, η βιολογία, η γεωλογία, η μετεωρολογία, περιλαμβάνονται στις φυσικές επιστήμες.

Οι φυσικές επιστήμες είναι αναπόσπαστο κομμάτι του

ανθρώπινου πολιτισμού και αναπτύσσονται μαζί με αυτόν. Στη σύγχρονη εποχή οι άνθρωποι περιγράφουν τα φαινόμενα με μια κοινή γλώσσα, που έχουν διαμορφώσει με βάση τη λογική και την εμπειρία τους. Έτσι διαρκώς και σε μεγαλύτερο βαθμό, οι άνθρωποι κατανοούν τους μηχανισμούς λειτουργίας της φύσης, με αποτέλεσμα να μπορούν να προβλέπουν αλλά και να ελέγχουν τις μεταβολές της (φαινόμενα) ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες της ανθρώπινης κοινωνίας. Παράλληλα, οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της φύσης, σε συνδυασμό με το σύνολο της γνώσης που συσσωρεύτηκε ανά τους αιώνες επηρέασαν καθοριστικά τον τρόπο σκέψης στις σύγχρονες κοινωνίες.

ΤΑ ΠΑΝΤΑ ΡΕΙ ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ

Φυσική, μια θεμελιώδης επιστήμη

Γιατί είναι χρήσιμη η μελέτη της φυσικής;

Αν σχεδιάζεις να σπουδάσεις βιολογία, χημεία, αρχιτεκτονική, ιατρική, μουσική, ζωγραφική κ.ά. θα διαπιστώσεις ότι βασικές αρχές της φυσικής θα σε βοηθήσουν να κατανοήσεις πολλά από τα θέματα των σπουδών σου.

Η μελέτη της φυσικής θα σε βοηθήσει για παράδειγμα να καταλάβεις πώς λειτουργούν πολλές από τις συσκευές που χρησιμοποιείς στην καθημερινή σου ζωή, όπως ο φούρνος μικροκυμάτων, η τηλεόραση, το κινητό τηλέφωνο, το

ηλεκτρικό ψυγείο, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής κτλ.

Γνωρίζοντας βασικούς νόμους της φυσικής, διαμορφώνεις μια ολοκληρωμένη άποψη για πολλά από τα θέματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες, όπως τι είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, πώς δημιουργούνται οι σεισμοί και

Εικόνα 1.1.

Γαλιλαίος: Φυσικός που έζησε στην Ιταλία (1564-1642)

και θεωρείται από

τους θεμελιωτές της

επιστημονικής μεθόδου. Με τον

Γαλιλαίο αρχίζει μια νέα

περίοδος για τις επιστήμες που

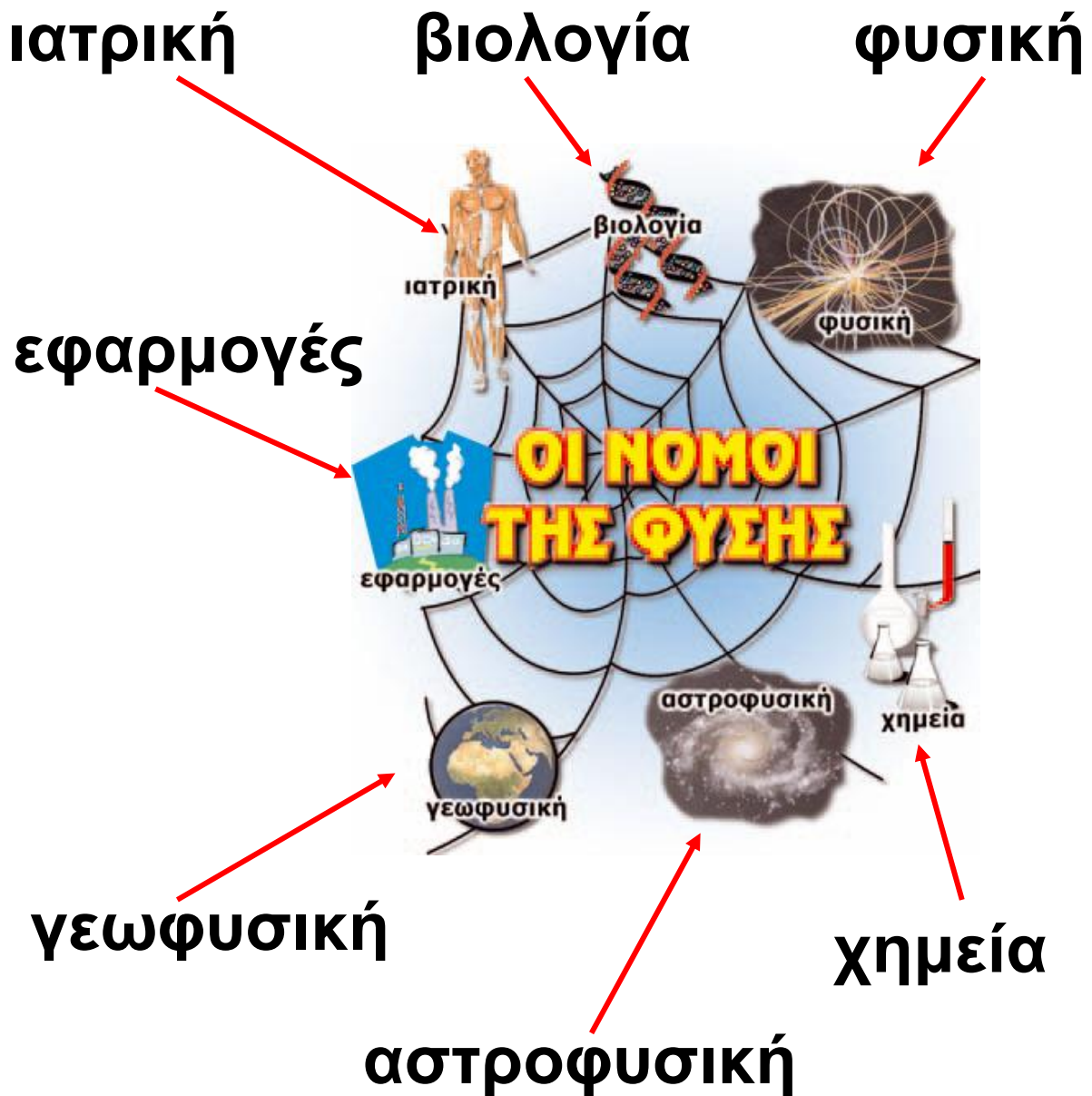
ονομάστηκε «επιστημονική

επανάσταση».



αν είναι δυνατόν να τους προβλέψουμε, τι είναι η τρύπα του όζοντος, η πυρηνική ενέργεια και ποιες είναι οι ειρηνικές χρήσεις της. Οι νόμοι της Φυσικής θα απαντήσουν στις απορίες πώς σχηματίζεται το ουράνιο τόξο, γιατί βρέχει, πώς δημιουργούνται οι κεραυνοί και οι αστραπές, γιατί τα αστέρια λάμπουν στον ουρανό ή πώς οι δορυφόροι κινούνται γύρω από τη γη (εικόνα 1.2).

Οι φυσικοί αναζητούν ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων που συμβαίνουν στο σύμπαν, προσπαθούν να τα ερμηνεύσουν και πραγματοποιούν πειράματα με τα οποία ελέγχουν αν οι προτεινόμενες ερμηνείες είναι σωστές. Στόχος τους είναι να ανακαλύψουν τους βαθύτερους νόμους που κυβερνούν το φυσικό κόσμο και να τους διατυπώσουν με τη μεγαλύτερη



Εικόνα 1.2.

Οι έννοιες και οι νόμοι των φυσικών επιστημών είναι τα θεμέλια για την κατανόηση του φυσικού περιβάλλοντος καθώς και για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων.

δυνατή ακρίβεια, σαφήνεια και απλότητα. Έτσι, προσπαθούν να περιγράψουν όλα τα φυσικά φαινόμενα με ένα ενιαίο σύνολο εννοιών. Δυο τέτοιες βασικές έννοιες είναι η ενέργεια και η αλληλεπίδραση, οι οποίες μαζί με την αντίληψη που έχουμε για τη μικροσκοπική δομή της ύλης, μας βοηθούν στην πληρέστερη ερμηνεία των φαινομένων.

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

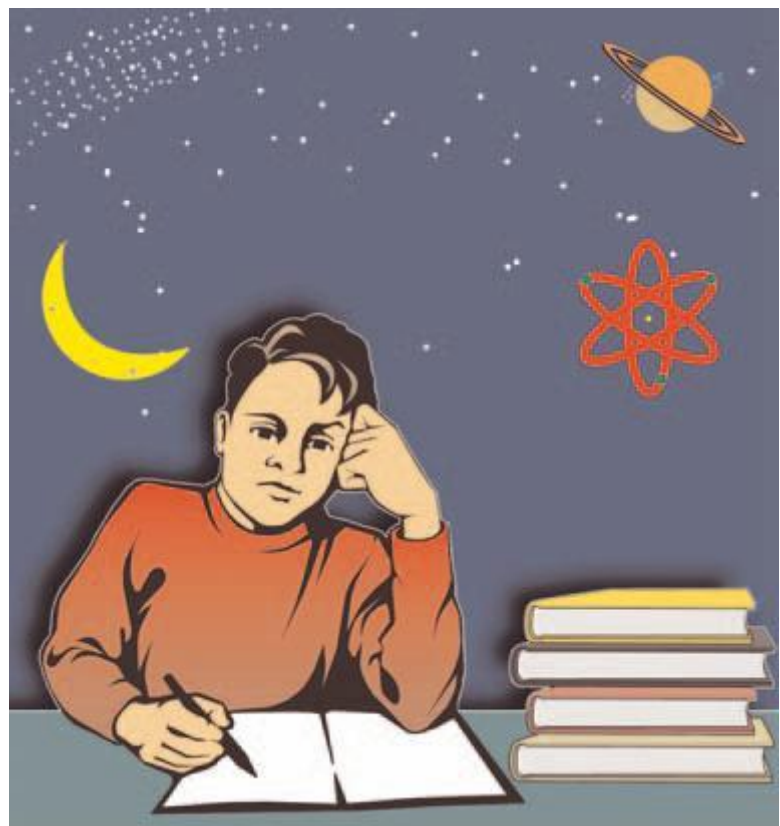
του ανέμου και του ιστιοφόρου διατηρείται σταθερή.

Με τη βοήθεια των αισθήσεων αντιλαμβανόμαστε τα υλικά σώματα που υπάρχουν γύρω μας. Με τη βοήθεια της φυσικής «επεκτείναμε» τις αισθήσεις μας και διαπιστώσαμε ότι τα σώματα αποτελούνται από ένα πλήθος μικροσκοπικών σωματιδίων. *Πόσα διαφορετικά είδη τέτοιων σωματιδίων υπάρχουν; Ποιες είναι οι ιδιότητές τους; Πώς αλληλεπιδρούν μεταξύ τους;* Ερωτήματα σαν αυτά απασχολούσαν τους φιλόσοφους από την αρχαιότητα. Σήμερα είναι από τα κύρια ερωτήματα στα οποία οι ερευνητές φυσικοί προσπαθούν να δώσουν απαντήσεις (εικόνα 1.3). Γενικά, η φυσική είναι η επιστήμη που μελετά τις ιδιότητες σωμάτων μικρών, όπως τα άτομα και μεγάλων όπως οι γα-

λαξίες. Μελετά το χώρο, το χρόνο, την ύλη και την ενέργεια καθώς και τον τρόπο που αυτά συσχετίζονται.

Εικόνα 1.3.

Με τη φυσική θα ταξιδέψεις από το άτομο μέχρι τα άκρα του σύμπαντος.



Η γλώσσα της φυσικής

Τα φαινόμενα που μελετά η φυσική μπορούν να περιγραφούν με τη χρήση κάποιων κοινών, βασικών εννοιών. Όπως για παράδειγμα, ο «χώρος», ο «χρόνος», η «κίνηση»

των σωμάτων, οι «αλληλεπιδράσεις» τους κτλ. Αυτές συνθέτουν το λεξιλόγιο της γλώσσας της φυσικής. Οι σχέσεις που συνδέουν τις έννοιες της φυσικής εκφράζονται με τους νόμους της φυσικής. Οι έννοιες και οι νόμοι της φυσικής χρησιμοποιούνται και στις άλλες φυσικές επιστήμες (εικόνα 1.2).

**Το βιβλίο της φύσης
είναι γραμμένο στη γλώσσα
των Μαθηματικών
ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ**

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

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

Φυσικές επιστήμες και τεχνολογία

Οι φυσικές επιστήμες σχετίζονται με την τεχνολογία. Αν και η τεχνολογία έχει μια αυτοδύναμη ανάπτυξη, αρκετές από τις σημαντικότερες εφαρμογές της προέκυψαν από την εξέλιξη των φυσικών επιστημών. Πολλά επιτεύγματα που χαρακτηρίζουν το σύγχρονο πολιτισμό, όπως οι ραδιοεπικοινωνίες, οι ηλεκτρονικές εφαρμογές (κατασκευή ηλεκτρονικών υπολογιστών κ.ά.), η πυρηνική τεχνολογία, τα διαστημικά ταξίδια πραγματοποιήθηκαν χάρη στην ανάπτυξη της φυσικής και γενικότερα των φυσικών επιστημών (εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4. Εφαρμογές της τεχνολογίας

Μπορείς να αναγνωρίσεις τα τεχνολογικά προϊόντα που παριστάνονται στην παραπάνω εικόνα; Σε ποιους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας χρησιμοποιούνται; Ποιοι κλάδοι των φυσικών επιστημών συμμετείχαν στην εξέλιξη τους;

Δραστηριότητα

Τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου και η ελεύθερη πτώση

- ↳ Σχίσε ένα φύλλο χαρτί στη μέση.
- ↳ Τσαλάκωσε το μισό έτσι ώστε να γίνει μια μικρή μπάλα.
- ↳ Κράτησε στο ένα χέρι το μισό φύλλο χαρτί και στο άλλο την μπαλίτσα.
- ↳ Άφησέ τα συγχρόνως ελεύθερα από το ίδιο ύψος.
- ↳ Τι παρατηρείς και πώς το εξηγείς;
- ↳ Πρόβλεψε τι θα συμβεί, αν αφήσεις να πέσουν ταυτόχρονα από το ίδιο ύψος ένα και τρία κέρματα συνδεδεμένα μαζί.
- ↳ Επαλήθευσε την πρόβλεψή σου.

1.2 Η επιστημονική μέθοδος

Οι φυσικοί παρατηρούν προσεκτικά ό,τι συμβαίνει γύρω τους και ταξινομούν τις παρατηρήσεις τους, αναζητώντας ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων. Δεν περιορίζονται όμως σ' αυτό: εκφράζουν τις παρατηρήσεις τους με τη βοήθεια μετρήσιμων ποσοτήτων. Αναζητούν συσχετίσεις μεταξύ των ποσοτήτων τις οποίες προσπαθούν να εκφράσουν με τη βοήθεια των μαθηματικών. Στη συνέχεια διατυπώνουν υποθέσεις για να ερμηνεύσουν τις παραπάνω συσχετίσεις. Με τη βοήθεια του πειράματος διαψεύδουν ή επαληθεύουν τις υποθέσεις. Δηλαδή οι φυσικοί, στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο, εργάζονται με μια συγκεκριμένη μεθοδολογία που.

περιλαμβάνει τα παραπάνω βήματα. Η μεθοδολογία αυτή ονομάζεται επιστημονική μέθοδος.

Η επιστημονική μέθοδος δεν είναι δημιούργημα ενός ανθρώπου, αλλά αναπτύχθηκε από πολλούς ερευνητές κατά τη διάρκεια πολλών αιώνων. Ο Γαλιλαίος, φυσικός που έζησε στην Ιταλία από το 1564 έως το 1642 θεωρείται πατέρας της επιστημονικής μεθόδου κυρίως εξαιτίας της μεθόδου που εφάρμοσε για τη μελέτη της πτώσης των σωμάτων:

Παρατήρηση – Ταξινόμηση – Αρχική υπόθεση

Ο μεγάλος Έλληνας φιλόσοφος Αριστοτέλης κάνοντας προσεκτικές παρατηρήσεις του τρόπου πτώσης των σωμάτων ισχυρίστηκε ότι τα βαρύτερα σώματα πέφτουν πιο γρήγορα.

Διάψευση της αρχικής υπόθεσης

Ο Γαλιλαίος αλλά και πολλοί άλλοι πριν από αυτόν προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν τον ισχυρισμό του Αριστοτέλη. Σύμφωνα με την παράδοση ο Γαλιλαίος άφησε να πέσουν από τον κεκλιμένο πύργο της Πίζας σφαίρες διαφορετικού βάρους. Οι μαθητές του παρατήρησαν ότι οι σφαίρες έφθαναν στο έδαφος σχεδόν ταυτόχρονα (εικόνα 1.5). Αυτό το αποτέλεσμα διέψευσε την άποψη του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων.

Το επαναστατικό βήμα: το πείραμα και η χρήση των μαθηματικών

Τότε ο Γαλιλαίος εφάρμοσε για πρώτη φορά την επιστημονική μέθοδο. Θεώρησε την άποψη του Αριστοτέλη ως υπόθεση, την αλήθεια της οποίας έπρεπε να ελέγξει. Με ποιο τρόπο; Αναπαρά-

γοντας το φαινόμενο της πτώσης κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες, δηλαδή με πείραμα. Από το ίδιο ύψος άφηνε διαφορετικά σώματα και μετρούσε το χρόνο που διαρκούσε η πτώση τους. Τα αποτελέσματα διέψευσαν την άποψη του Αριστοτέλη.

Εικόνα 1.5.

Δεν είναι βέβαιο ότι ο Γαλιλαίος πραγματοποίησε τα πειράματα για την πτώση των σωμάτων στον πύργο της Πίζας. Είναι όμως βέβαιο ότι άφηνε στο εργαστήριό του μικρές μπαλίτσες, από διαφορετικά υλικά, να πέφτουν σε κεκλιμένο επίπεδο και μετρούσε το χρόνο πτώσης.



Ερμηνεία του πειράματος: διατύπωση νέας υπόθεσης

Ο Γαλιλαίος για να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα του πειράματος υπέθεσε ότι όταν δεν υπάρχει αέρας, δηλαδή στο κενό, όλα τα σώματα φτάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος, όταν αφεθούν από το ίδιο ύψος.

Μάλιστα κατάφερε να διατυπώσει μια μαθηματική σχέση μεταξύ του ύψους και του χρόνου πτώσης.

Επαλήθευση Φυσικός νόμος

Αυτή την υπόθεση επιβεβαίωσε προσεκτικά στο εργαστήριο του μετά από πολλές μετρήσεις. Έτσι, η μαθηματική σχέση απέκτησε την ισχύ φυσικού νόμου.

Μερικές δεκαετίες αργότερα η υπόθεση του Γαλιλαίου εντάχθηκε στο πλαίσιο μιας καλά θεμελιωμένης και γενικής θεωρίας: της θεωρίας του Νεύτωνα για την κίνηση

**των σωμάτων, γήινων και ουρα-
νιων. Συγχρόνως επινοήθηκε τρό-
πος αφαίρεσης του αέρα και επι-
βεβαιώθηκε πειραματικά η σύγχρο-
νη πτώση των σωμάτων στο κενό
(εικόνα 1.6). Με το πέρασμα του
χρόνου οι πειραματικές τεχνικές
βελτιώθηκαν (εικόνα.1.7), όμως τα
αποτελέσματα των πειραμάτων
εξακολουθούν να επιβεβαιώνουν
την υπόθεση του Γαλιλαίου.**

**Τα σημαντικότερα στοιχεία της
επιστημονικής μεθόδου είναι: η
παρατήρηση, η υπόθεση και το
πείραμα. Στο πείραμα αναγκαία
είναι η μέτρηση μεγεθών για την
επιβεβαίωση ή διάψευση της υπό-
θεσης. Αυτή η διαδικασία ολοκλη-
ρώνεται με τη γενίκευση της υπό-
θεσης και τη διαμόρφωση μιας
θεωρίας. Στο πλαίσιο της θεωρίας
εμφανίζονται νέες προβλέψεις που**

πρέπει να ελεγχθούν με την παρατήρηση και το πείραμα.

Εικόνα 1.6.

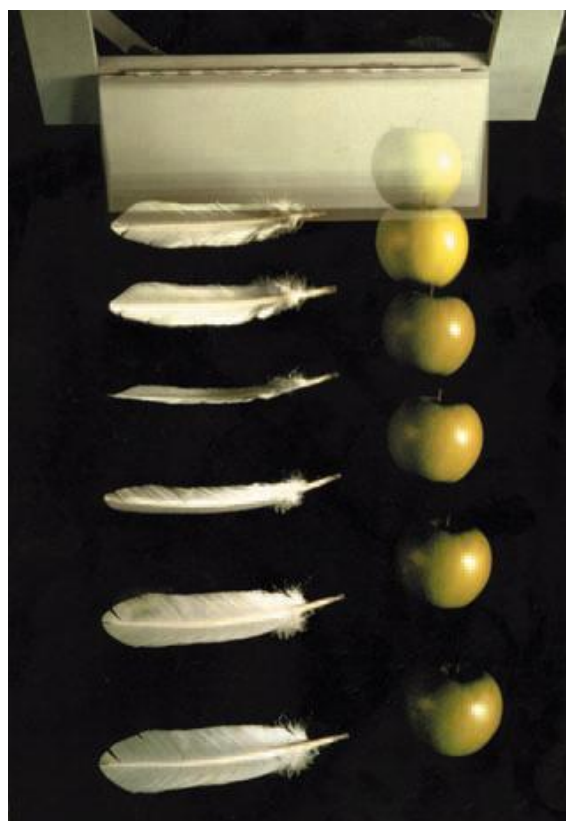
Τον 17ο αιώνα ο Ρόμπερτ Βούλ (Robert Boyle) κατάφερε να αφαιρέσει τον αέρα από ένα σωλήνα και πραγματοποίησε για πρώτη φορά το πείραμα



πτώσης στο κενό ενός φτερού και ενός νομίσματος. Το κορίτσι της φωτογραφίας πραγματοποιεί ένα αντίστοιχο πείραμα.

– Σκέψου σε ποιο ουράνιο σώμα που βρίσκεται κοντά στη γη μπορεί να πραγματοποιηθεί το πείραμα της πτώσης στο κενό.

– Αναζήτησε από διάφορες βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές πηγές αν πραγματοποιήθηκε τέτοιο πείραμα και κατάγραψε το χρονικό της υλοποίησής του.



Εικόνα 1.7.

Πτώση στο κενό. Στην εικόνα φαίνονται τα διαδοχικά στιγμιότυπα της πτώσης σε θάλαμο κενού ενός μήλου και ενός φτερού. Το πείραμα επαληθεύει την πρόβλεψη που έκανε ο Γαλιλαίος το 1638 ότι στο κενό όλα τα σώματα πέφτουν ταυτόχρονα.

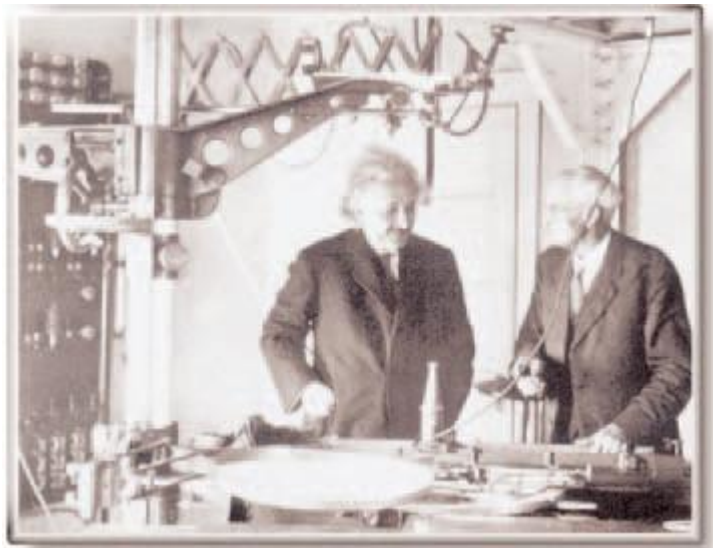
Η επιστημονική στάση

Οι επιστημονικές θεωρίες ελέγχονται και εξελίσσονται. Όταν δεν συμφωνούν με την παρατήρηση ή το πείραμα, τότε προσαρμόζονται ή αναθεωρούνται. Οι επιστήμονες αποδέχονται τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων και των πειραμάτων ακόμα και αν τα επιθυμούσαν διαφορετικά. Δεν υιοθετούν την αυθεντία και το δογματισμό.

Ο τρόπος που εργάζονται οι επιστήμονες δεν εμπεριέχει πάντοτε όλα τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου και με τη συγκεκριμένη σειρά. Πολλές φορές οι επιστήμονες ακολουθούν τη διαίσθηση, τη φαντασία και την έμπνευσή τους, νοητικές λειτουργίες οι οποίες δεν υπακούουν πάντοτε σε κανόνες. Άλλες φορές η τύχη παίζει σημαντικό ρόλο. Η φυσική όμως είναι

πειραματική επιστήμη. Η διατύπωση μιας φυσικής θεωρίας είναι μια διαδικασία, που αρχίζει και τελειώνει με την παρατήρηση και το πείραμα (εικόνα 1.8).

Εικόνα 1.8.
Ο έλεγχος για την ορθότητα των επιστημονικών θεωριών δεν σταματά ποτέ.



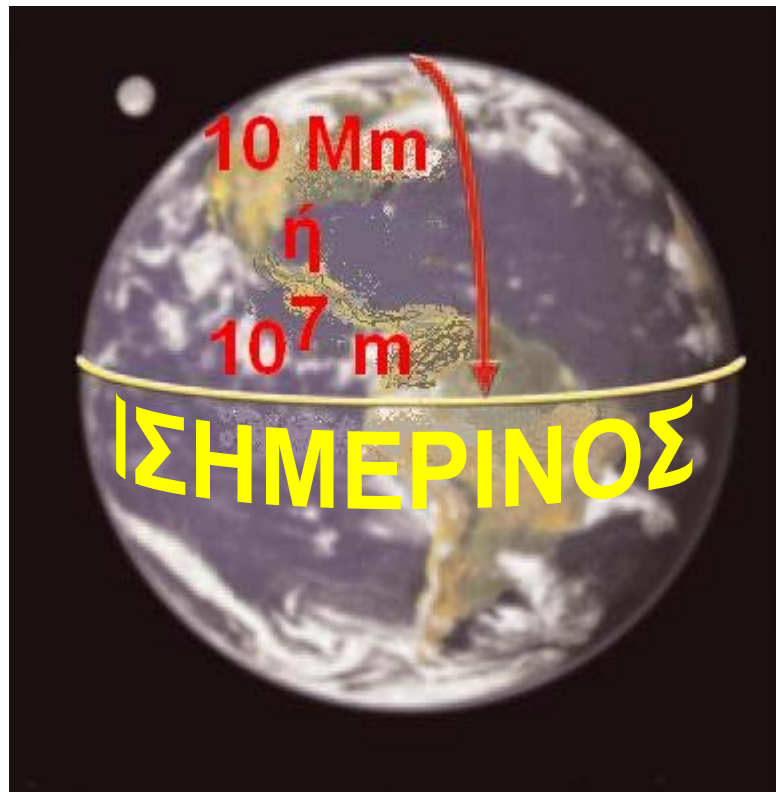
Ο Αϊνστάιν ενώ επισκέπτεται το αστεροσκοπείο του όρους Γουίλσον (Wilson), όπου για πρώτη φορά το 1920 παρατηρήθηκε η απομάκρυνση των γαλαξιών μεταξύ τους, με πολύ μεγάλες ταχύτητες. Το γεγονός αυτό επαλήθευε μια πρόβλεψη της θεωρίας του Αϊνστάιν.

1.3 Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους

Ιδιαίτερη σημασία για την έρευνα της φύσης έχουν τα **φυσικά μεγέθη** και οι **μετρήσεις**. Μέγεθος είναι κάθε ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί. Με τον όρο **μέτρηση** ονομάζουμε τη διαδικασία σύγκρισης ομοειδών μεγεθών. Για να μελετήσουμε ένα φαινόμενο, είναι ανάγκη να μετρήσουμε τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή του. Για παράδειγμα, προκειμένου να μελετήσουμε την πτώση των σωμάτων, είναι απαραίτητο να μετρήσουμε το χρόνο της κίνησης και το μήκος της διαδρομής που διανύουν τα σώματα καθώς πέφτουν. Τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φυσικού φαινομένου λέγονται **φυσικά**. Το μήκος, το εμβαδόν, ο όγκος, ο

χρόνος, η ταχύτητα, η μάζα, η πυκνότητα, είναι φυσικά μεγέθη.

Εικόνα 1.9. Μονάδες Μήκους



Για πάρα πολλούς αιώνες χρησιμοποιήθηκαν ως μονάδες μέτρησης του μήκους αποστάσεις που είχαν σχέση με το **ανθρώπινο σώμα¹**. Για παράδειγμα, ως μια ίντσα ορίσθηκε το πλάτος του αντίχειρα ενός άνδρα. Με την ανάπτυξη της επιστήμης, η οποία απαιτούσε μετρήσεις με μεγάλη ακρίβεια, αναδείχθηκε η αναγκαιότητα ακριβέστερου ορισμού της μονάδας μήκους. Αρχικά το ένα

μέτρο ορίστηκε έτσι ώστε η απόσταση από το Β. πόλο μέχρι τον Ισημερινό να προκύπτει ίση με 10.000 Km. Το 1 m ορίστηκε με ακρίβεια το 1983 ως το μήκος που διανύει το φως στο κενό σε χρόνο $1/299792458$ δευτερόλεπτα.

1.

Αναζήτησε πληροφορίες και κατάγραψε τις μονάδες μέτρησης του μήκους από τους αρχαίους Ανατολικούς λαούς μέχρι και το 18ο αιώνα

Για να μετρήσουμε ένα φυσικό μέγεθος, το συγκρίνουμε με άλλο ομοειδές, το οποίο ονομάζουμε μονάδα μέτρησης. Για να μετρήσουμε το μήκος ενός σώματος, το συγκρίνουμε με ορισμένο μήκος, το οποίο έπειτα από συμφωνία, θεωρούμε ως μονάδα μέτρησης, όπως για παράδειγμα είναι το 1 m (εικόνα 1.9). Η

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

Τα θεμελιώδη μεγέθη: Το μήκος, ο χρόνος και η μάζα

Μερικά φυσικά μεγέθη προκύπτουν άμεσα από τη διαίσθησή μας. Δεν ορίζονται με τη βοήθεια άλλων μεγεθών. Αυτά τα φυσικά μεγέθη ονομάζονται θεμελιώδη. Τέτοια φυσικά μεγέθη είναι το μήκος, ο χρόνος και η μάζα. Οι μονάδες μέτρησης των θεμελιωδών μεγεθών ορίζονται συμβατικά και ονομάζονται θεμελιώδεις μονάδες. Το μέτρο (m), το δευτερόλεπτο (s) και το χιλιόγραμμα (Kg) είναι θεμελιώδεις μονάδες στη Μηχανική.

Μέτρηση μήκους

Η θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του μήκους είναι το μέτρο (meter) (εικόνα 1.9). Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη μετρώ και παριστάνεται με το γράμμα m. Για τη μέτρηση μηκών μικρότερων του ενός μέτρου, χρησιμοποιούμε τα υποπολλαπλάσιά του: το εκατοστό (cm), το χιλιοστό (mm) κ.ά. Για τη μέτρηση μηκών πολύ μεγαλύτερων από το 1 m χρησιμοποιούμε τα πολλαπλάσια του μέτρου, όπως το ένα χιλιόμετρο (Km) κ.ά. (εικόνα 1.10). Το υποδεκάμετρο, το πτυσσόμενο μέτρο, η μετροταινία κ.ά. είναι τα συνηθισμένα όργανα μέτρησης του μήκους.

Η μονάδα μήκους: το 1 m

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



Μπορείς να σκεφτείς κάποια μειονεκτήματα της χρήσης της απόστασης των δύο χαραγών ως μονάδα μέτρησης του μήκους από όλες τις χώρες;



Εικόνα 1.10.

Η κλίμακα των μηκών στον κόσμο μας και όργανα με τα οποία τον αντιλαμβανόμαστε.

Μέτρηση του χρόνου

Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιούμε φαινόμενα τα οποία επαναλαμβάνονται με ίδιο τρόπο σε ίσα χρονικά διαστήματα (περιοδικά φαινόμενα). Τέτοια φαινόμενα είναι η διαδοχή της ημέρας με τη νύχτα (ημερονύκτιο), οι φάσεις της σελήνης, οι κτύποι της καρδιάς ενός ανθρώπου, η κίνηση του εκκρεμούς, η μεταβολή της ενέργειας ορισμένων ατόμων. Η θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του χρόνου είναι το δευτερόλεπτο (second ή σύντομα s). Ορίζουμε το δευτερόλεπτο έτσι ώστε το ημερόνυκτο να διαρκεί 86.400 s. Τα όργανα μέτρησης του χρόνου ονομάζονται χρονόμετρα.

Μάζα και μέτρησή της

Με τι συνδέεται η μάζα ενός σώματος; Ένας οδηγός φορτηγού γνωρίζει από την εμπειρία του ότι το φορτωμένο φορτηγό σταματά πολύ πιο δύσκολα από το άδειο. Είναι πιο δύσκολο να σπρώξεις ένα γεμάτο κιβώτιο σε μια πίστα από πάγο, ώστε να κινηθεί, παρά ένα άδειο. Λέμε ότι το φορτωμένο φορτηγό έχει μεγαλύτερη μάζα από το άδειο και το γεμάτο κιβώτιο από το άδειο. Η εμπειρία μας δείχνει ότι όσο πιο δύσκολα ένα σώμα αρχίζει να κινείται ή σταματά, τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του. Η μάζα φαίνεται να συνδέεται με την κίνηση. Η μάζα συνδέεται, επίσης, με την «ποσότητα της ύλης» που περιέχεται σε ένα σώμα. Πράγματι, όσο περισσότερη

ύλη περιέχεται σε κάποιο σώμα,
τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του.

1 ημερονύκτιο = 24 ώρες (H)

1 ώρα (H) = 60 λεπτά (min)

1 λεπτό (min) = 60 δευτερόλεπτα (s)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.

ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ

ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΩΝ σε s

Ηλικία Σύμπαντος	$4,0 \cdot 10^{17}$
Ηλικία γης	$1,3 \cdot 10^{17}$
Μέση διάρκεια της ζωής του ανθρώπου	$2,0 \cdot 10^9$
Περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο	$3,1 \cdot 10^7$
Περιφορά της γης γύρω από τον άξονά της	$8,6 \cdot 10^4$
Περιστροφή του μορίου	$2,0 \cdot 10^{-23}$

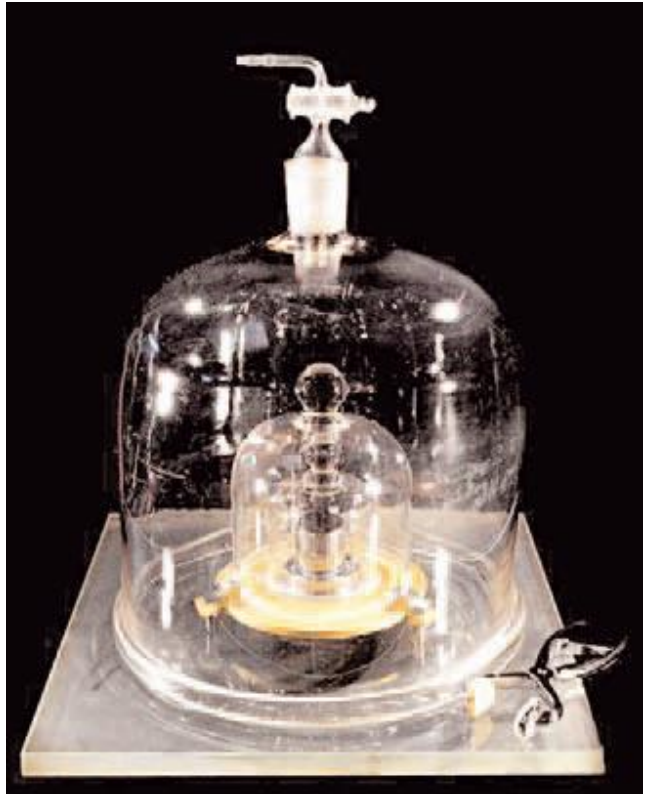
ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2.

ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΑΖΩΝ σε Kg

Σύμπαν	10^{52}
Γαλαξίας	$7 \cdot 10^{41}$
Ήλιος	$2 \cdot 10^{30}$
Γη	$6 \cdot 10^{24}$
Άνθρωπος	$7 \cdot 10^1$
Βάτραχος	$1 \cdot 10^{-1}$
Κουνούπι	$1 \cdot 10^{-5}$
Βακτήριο	$1 \cdot 10^{-15}$
Μόριο υδρογόνου	$4 \cdot 10^{-27}$

Θεμελιώδης μονάδα μάζας είναι το χιλιόγραμμα (1 Kg) (εικόνα 1.11). Υποπολλαπλάσιο του 1 Kg είναι το 1 g (γραμμάριο), (1 Kg = 1.000 g). Όργανα μέτρησης της μάζας είναι οι ζυγοί (ζυγαριές). Υπάρχουν διάφοροι τύποι ζυγών (εικόνα 1.12).

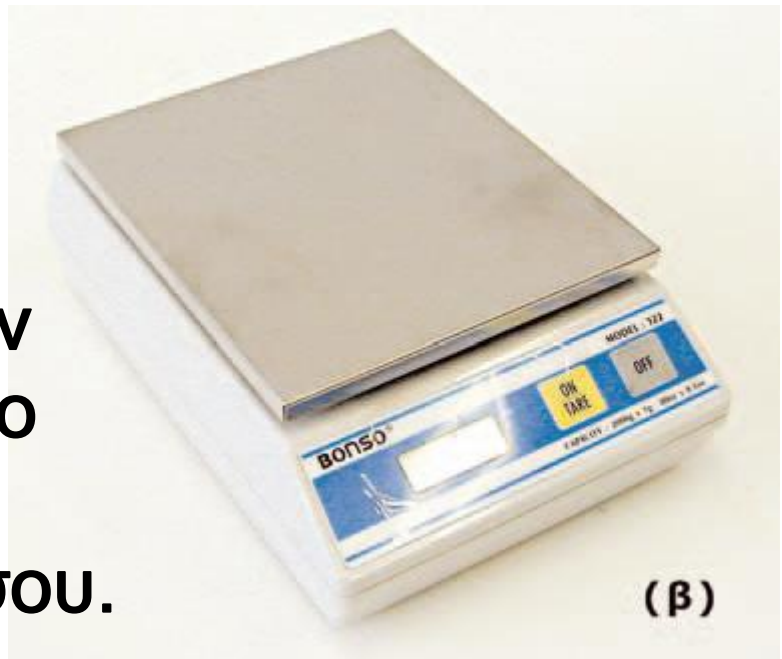
Εικόνα 1.11.
Το πρότυπο
χιλιόγραμμα
1 Kg είναι η μάζα
ενός κυλίνδρου
από ιριδιούχο
λευκόχρυσο που
φυλάσσεται
στο Μουσείο
Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται
στις Σέβρες κοντά στο Παρίσι.



Εικόνα 1.12.
(α) Ζυγαριά
ακριβείας -
ζυγός
ισορροπίας.



(β) Ηλεκτρονικός ζυγός - παρόμοιοι ζυγοί υπάρχουν στο εργαστήριο φυσικής του σχολείου σου.



Παράγωγα μεγέθη

Τα μεγέθη που ορίζονται με απλές μαθηματικές σχέσεις από τα θεμελιώδη ονομάζονται **παράγωγα**. Οι μονάδες τους μπορούν να εκφραστούν, με τις ίδιες απλές μαθηματικές σχέσεις, μέσω των μονάδων των θεμελιωδών μεγεθών και ονομάζονται **παράγωγες μονάδες**. Για παράδειγμα, το εμβαδόν, ο όγκος, η πυκνότητα, η ταχύτητα κτλ, είναι παράγωγα μεγέθη.

Μέτρηση εμβαδού

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

Εμβαδόν τετραγώνου = μήκος πλευράς x μήκος πλευράς.

Αν τα μήκη των πλευρών μετρώνται σε m, τότε:

$$\text{μονάδα εμβαδού} = 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ m}^2.$$

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

Μέτρηση όγκου

Μονάδα μέτρησης όγκου είναι ο όγκος κύβου ακμής 1 m. Η μονάδα

μέτρησής του προκύπτει από τον ορισμό του.

Όγκος κύβου = μήκος ακμής x μήκος ακμής x μήκος ακμής.

Αν τα μήκη των πλευρών μετρώνται σε m, τότε:

$$\text{μονάδα όγκου} = (1 \text{ m}) \cdot (1 \text{ m}) \cdot (1 \text{ m}) = 1 \text{ m}^3.$$

Αυτή τη μονάδα την ονομάζουμε κυβικό μέτρο (m^3). Βλέπουμε ότι η μονάδα μέτρησης του όγκου εκφράζεται μέσω της θεμελιώδους μονάδας του μήκους.

Μέτρηση της πυκνότητας

Ποιο είναι πιο βαρύ, ο σίδηρος ή το ξύλο; Πολλοί άνθρωποι νομίζουν ότι ο σίδηρος είναι βαρύτερος από το ξύλο, παρόλο που ένα καρφί είναι ελαφρύτερο από μία σανίδα. Για να απαντήσουμε σε αυτή την

ερώτηση, ζυγίζουμε ένα κομμάτι από σίδηρο και ένα κομμάτι από ξύλο, που έχουν τον ίδιο όγκο. Για παράδειγμα, 1 cm^3 σιδήρου έχει μάζα $7,8 \text{ g}$, ενώ 1 cm^3 ξύλου έχει μάζα $0,7 \text{ g}$. Λέμε ότι η **πυκνότητα** του σιδήρου είναι $7,8 \text{ g}$ ανά κυβικό εκατοστόμετρο, ενώ του ξύλου $0,7 \text{ g}$ ανά κυβικό εκατοστόμετρο. Ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το ξύλο.

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

$$\text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκο}}$$

$$\text{ή με σύμβολα: } \rho = \frac{m}{V}$$

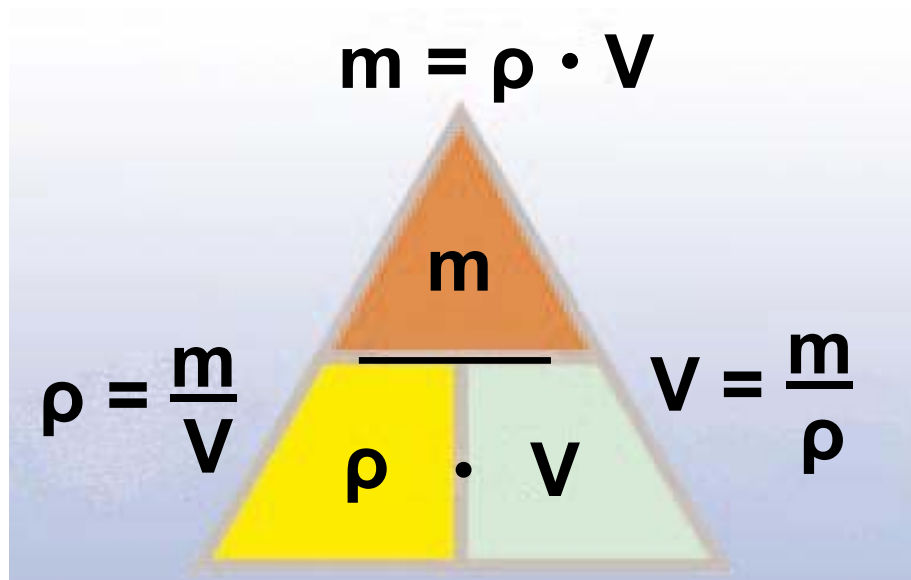
Η πυκνότητα εκφράζει τη μάζα του υλικού που περιέχεται σε μια μονάδα όγκου. Η πυκνότητα είναι χαρακτηριστικό του υλικού κάθε σώματος. Δεν χαρακτηρίζει, για παράδειγμα, μια σιδηροδοκό αλλά γενικά το σίδηρο. Έτσι, η πυκνότητα μιας σιδηροδοκού είναι ίδια με την πυκνότητα ενός πολύ μικρού κομματιού (ρινίσματος) σιδήρου.

Για να υπολογίσουμε την πυκνότητα ενός υλικού, για παράδειγμα του αλουμινίου, αρκεί να διαιρέσουμε τη μάζα ενός σώματος από αλουμίνιο με τον όγκο (εικόνα 1.13).

Ένα κομμάτι αλουμινίου μάζας $m=270\text{ g}$ έχει όγκο $V=100\text{ cm}^3$.

Επομένως, η πυκνότητα ρ του αλουμινίου είναι:

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



Εικόνα 1.13.

Για να θυμάστε ευκολότερα: Όταν ξέρουμε δυο από τα μεγέθη ρ , m , V , μπορούμε να υπολογίσουμε το τρίτο.

Η πυκνότητα εκφράζεται μέσω της μάζας και του όγκου. Επομένως, είναι ένα παράγωγο μέγεθος. Η μονάδα της πυκνότητας μπορεί να εκφραστεί μέσω των θεμελιωδών μονάδων της μάζας (Kg) και του μήκους (m), δηλαδή:

$$\begin{aligned} \text{μονάδα πυκνότητας} &= \\ &= \frac{\text{μονάδα μάζας}}{\text{μονάδα όγκου}} = \frac{1 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

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

Διεθνές Σύστημα Μονάδων (System Internationale)

Το σύνολο των θεμελιωδών και των παραγώγων μονάδων αποτελεί ένα σύστημα μονάδων. Σήμερα από όλες τις χώρες χρησιμοποιείται το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (System Internationale) S.I. Τα θεμελιώδη και ορισμένα παράγωγα μεγέθη στο SI φαίνονται στον πίνακα 1.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΤΕΡΕΑ	ΥΓΡΑ	ΑΕΡΙΑ	$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Χρυσός			19.300	19,30
	Υδράργυρος		13.600	13,60
Μόλυβδος			11.300	11,30
Χαλκός			8.900	8,90
Σίδηρος			7.800	7,80
Αλουμίνιο			2.700	2,70
Τούβλο			2.600	2,60
Γλυκερίνη			1.260	1,26
Νερό			1.000	1,00

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΣΤΕΡΕΑ	ΥΓΡΑ	ΑΕΡΙΑ	kg m ³	g cm ³
Πάχος	Πετρέλαιο	Οινόπνευμα	920	0,92
			850	0,85
Φαλός	Αέρας	Άζωτο	800	0,80
			240	0,24
			0,13	0,0013
			0,03	0,0003

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες	Παράγωγα μεγέθη	Παράγωγες μονάδες
Μήκος	1 μέτρο (1 m)	Εμβαδόν	1 m^2
Μάζα	1 χιλιόγραμμα (1 Kg)	Όγκος	1 m^3
Χρόνος	1 δευτερόλεπτο (1 s)	Πυκνότητα	$1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$
Θερμοκρασία	1 κέλβιν (1 K)		

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.			
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ			
Παράγωγοι μονάδες	Παράγωγα μειζήνη	Θεμελιώδεις μονάδες	Θεμελιώδη μειζήνη
		1 αμπέρ (1 A)	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος
		1 καντέλα	Ένταση ακτινοβολίας
		1 γράμμο- οιό (mol)	Ποσότητα ύλης

Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων

Συχνά οι επιστήμονες χρειάζεται να εργασθούν με πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες ποσότητες. Για παράδειγμα, η μάζα της γης είναι περίπου

6.000.000.000.000.000.000.000.000 Kg,

ενώ η μάζα ενός μορίου

0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 004 Kg.

Για να διευκολυνθούν στις πράξεις τους, χρησιμοποιούν τα πολλαπλάσια ή τα υποπολλαπλάσια των μονάδων τα οποία συνήθως εκφράζουν με δυνάμεις του 10. Οι εκθέτες των δυνάμεων αυτών είναι πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια του 3 (πίνακας 1.5).

Πολλές φορές επίσης αντί για τις δυνάμεις του 10, χρησιμοποιούμε σύμβολα με γράμματα. Για παράδειγμα, το χίλιες φορές μεγαλύτερο (10^3) το παριστάνουμε με το K (kilo). Δηλαδή, τα 1000 m μπορούν να γραφούν 10^3 m ή 1 Km. Παρόμοια το ένα χιλιοστό του μέτρου μπορεί να γραφεί ως 10^{-3} m ή 1 mm.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5.

ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΜΕΓΕΘΩΝ

Όνομα	Σύμβολο	Σχέση
Μίκρο	μ	$1/100000000=10^{-6}$
Χιλιοστό (μιλι)	m	$1/1000=10^{-3}$
Εκατοστό (σεντι)	c	$1/100=10^{-2}$
Δέκατο (ντεσι)	d	$1/10=10^{-1}$

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ

Χίλιο (κίλο)	k	$1000=10^3$
Μέγα	M	$10000000=10^6$

Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων με τα σύμβολά τους.

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Ανάφερε μερικούς λόγους για τους οποίους νομίζεις ότι είναι χρήσιμη η μελέτη της φυσικής.

2. Ανάφερε τα βασικά στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου. Τι είναι το πείραμα;

3. Τι είναι μέτρηση; Να αναφέρεις τρία παραδείγματα μεγεθών και τις μονάδες μέτρησής τους στο SI.

4. Να συμπληρωθούν οι προτάσεις έτσι ώστε να είναι επιστημονικά ορθές: Η πυκνότητα ενός υλικού ορίζεται ως το ΠΟΥ έχει ΤΗΝ ΤΟΥ σώματος από αυτό το υλικό και.....ΤΟΝΤΟΥ. Δηλαδή $\rho =$

5. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα με τη σωστή απάντηση:

i. Ένα κομμάτι φελλού κόβεται σε δυο ίσα κομμάτια. Η πυκνότητα του κάθε κομματιού είναι: α) Η μισή εκείνης του αρχικού κομματιού, β) Διπλάσια εκείνης του αρχικού κομματιού, γ) Η ίδια με εκείνη του αρχικού κομματιού.

ii. Η διάμετρος του ματιού σου είναι περίπου α) 5×10^{-10} m, β) $2,5 \times 10^2$ mm, γ) 2,5 cm δ) $2,5 \times 10^2$ cm, ε) καμία από τις παραπάνω.

iii. Ένα 24ωρο έχει περίπου α) 864×10^2 s, β) 8640 s γ) $1,44 \times 10^3$ s, δ) 9×10^4 s, ε) καμία από τις παραπάνω.

► **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:**

1. Πόσο μήκος νομίζεις ότι έχει το χέρι σου; Έλεγξε την απάντησή σου μετρώντας το. Ποιο νομίζεις ότι έχει μεγαλύτερο μήκος, το άνοιγμα των χεριών σου ή το σώμα σου; Μέτρησέ τα για να ελέγξεις την απάντησή σου.

2. Πόσο μήκος νομίζεις ότι έχει η διάμετρος ενός κέρματος δύο ευρώ; Έλεγξε την απάντησή σου μετρώντας τη. Κατόπιν, υπολόγισε το μήκος της περιμέτρου του κέρματος.

3. Πόσο νομίζεις ότι είναι το εμβαδόν του δωματίου σου; Να ελέγξεις την απάντησή σου μετρώντας τις διαστάσεις του και υπολογίζοντάς το.

4. Διαθέτεις έναν ογκομετρικό σωλήνα βαθμονομημένο σε cm^3 (mL) και ένα κουτί με σκάγια. Πώς μπορείς με αυτόν τον ογκομετρικό σωλήνα να προσδιορίσεις τον όγκο κάθε σκαγιού;

Ασκήσεις

ασκήσεις

1. Σε έναν άνθρωπο η επιφάνεια της μύτης του η οποία είναι ευαίσθητη στην ανίχνευση των οσμών είναι περίπου 480 mm^2 . Να συγκρίνεις το μέγεθος της παραπάνω επιφάνειας με το αντίστοιχο της μύτης ενός κυνηγετικού σκύλου το οποίο είναι περίπου 65 cm^2 .

2. Ο εγκέφαλος σου χρειάζεται περίπου ένα πεντακοσιοστό του δευτερολέπτου για να αναγνωρίσει

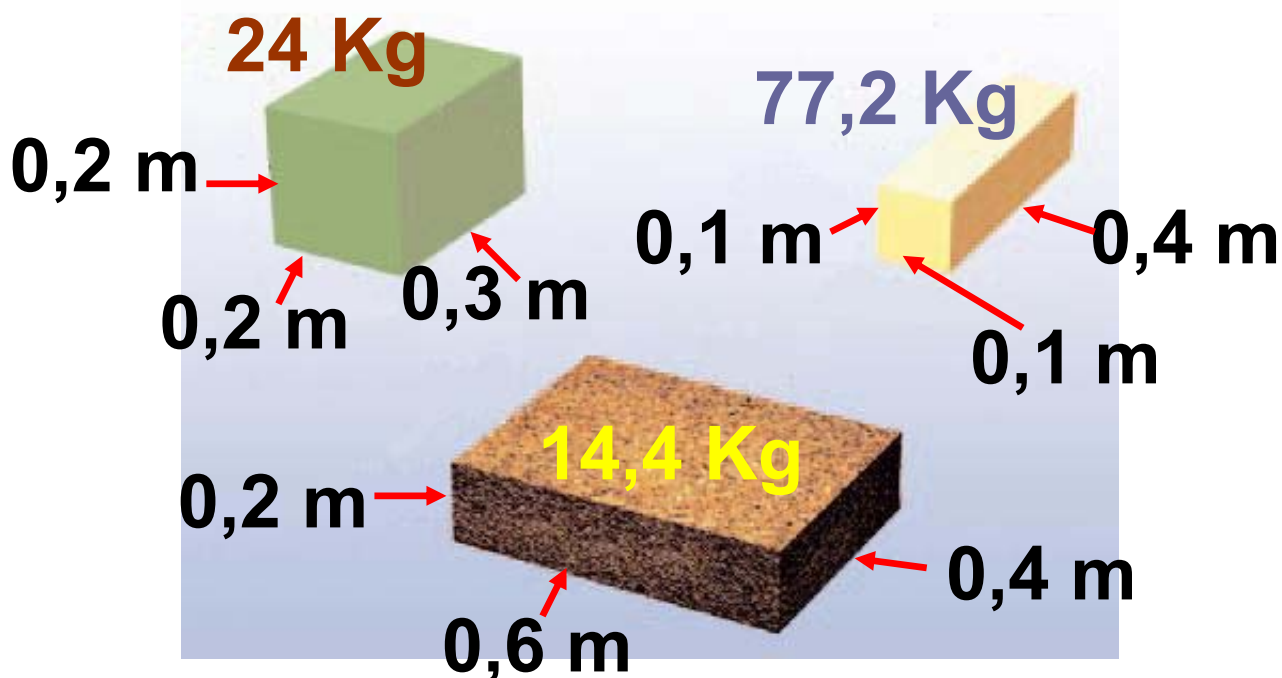
ένα οικείο αντικείμενο από τη στιγμή που φως που προέρχεται από αυτό φθάνει στο μάτι σου. Να εκφράσεις το παραπάνω χρονικό διάστημα σε μs και ms .

3. Σε αρχαιολογική ανασκαφή βρέθηκαν τα αντικείμενα που περιλαμβάνονται στην πρώτη στήλη του αριστερού πίνακα. Στη δεύτερη και τρίτη στήλη αναφέρονται, αντίστοιχα, η μάζα και ο όγκος κάθε αντικειμένου. Χρησιμοποιώντας τις τιμές της πυκνότητας που περιέχονται στο δεξιό πίνακα, προσδιόρισε το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο κάθε αντικείμενο. Γιατί με αυτή τη μέθοδο δεν μπορείς να είσαι απολύτως βέβαιος για το είδος του υλικού κατασκευής;

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΜΑΖΑ (g)	ΟΓΚΟΣ (cm³)
Κόσμημα _A	26	2,5
Ξίφος _A	40	4,8
Κόσμημα _B	23	1,2
Μαγειρικό σκεύος	60	25,6
Ξίφος _B	64	9,2
Νόμισμα _A	110	15,0
Νόμισμα _B	31	3,6
Νόμισμα _Γ	68	8,1

ΕΙΔΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (g/cm³)
Κεραμικό	2,3
Σίδηρος	7,0
Χαλκός	8,9
Ασήμι	10,5
Χρυσός	19,3

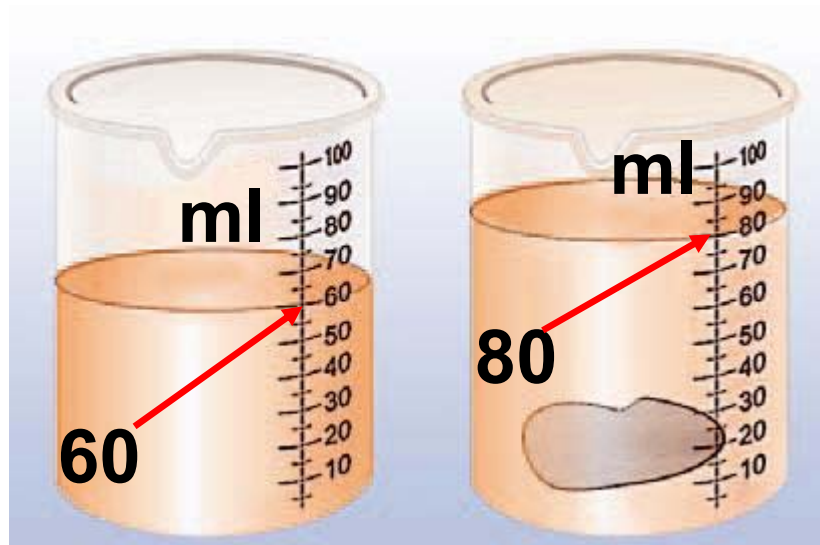
4. Υπολόγισε την πυκνότητα κάθε υλικού αντικειμένου που παριστάνεται στην παρακάτω εικόνα.



5. Συμπλήρωσε τον επόμενο πίνακα.

Είδος υλικού	Μάζα (g)	Όγκος (cm ³)	Πυκνότητα (g/ cm ³)
Ξύλο		150	0,7
Γυαλί	60	24	
Χάλυβας		20	8
Πολυστερίνη	7	70	
Μόλυβδος	45,6		11,4

6. Μια πέτρα ακανόνιστου σχήματος μάζας 50 g βυθίζεται μέσα σε σωλήνα με χρωματιστό νερό, οπότε η στάθμη του νερού ανεβαίνει όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Να βρεις την πυκνότητα του υλικού της πέτρας.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

□ Η Φυσική μελετά με ενιαίο τρόπο όλες τις φυσικές μεταβολές. Η φυσική σχετίζεται άμεσα με την τεχνολογία, η οποία καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο ζωής του σύγχρονου ανθρώπου.

□ Η επιστημονική επανάσταση ξεκινά τον 17ο αιώνα με τον Γαλιλαίο,

που εισάγει το πείραμα ως κυρίαρχο στοιχείο της επιστημονικής μεθόδου. Τα σημαντικότερα στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου είναι η παρατήρηση, η υπόθεση, το πείραμα, η γενίκευση και η πρόβλεψη νέων φαινομένων.

□ Για να μελετήσουμε πλήρως ένα φαινόμενο, πραγματοποιούμε μετρήσεις φυσικών μεγεθών. Μέτρηση λέγεται η σύγκριση ενός φυσικού μεγέθους με ένα άλλο ομοειδές που λαμβάνεται ως μονάδα.

□ Για κάθε φυσικό μέγεθος υιοθετήθηκε μια ορισμένη μονάδα. Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (5.1.) τα θεμελιώδη φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στη μηχανική και οι αντίστοιχες μονάδες τους είναι: α) Το μήκος με μονάδα το μέτρο. β) Ο χρόνος με μονάδα το δευτερόλεπτο. γ) Η μάζα με μονάδα το χιλιόγραμμα.

□ Τα φυσικά μεγέθη διακρίνονται σε θεμελιώδη και παράγωγα. Ένα παράγωγο μέγεθος είναι η πυκνότητα, που ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας ενός σώματος δια του όγκου του. Η πυκνότητα χαρακτηρίζει το υλικό κατασκευής ενός σώματος. Μονάδα πυκνότητας στο S.I. είναι το Kg/m^3 , που προκύπτει με συνδυασμό θεμελιωδών μονάδων, όπως συμβαίνει με όλες τις παράγωγες μονάδες.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Επιστημονική μέθοδος

Πείραμα

Παρατήρηση

Μήκος

Φυσικό μέγεθος

Μάζα

Μέτρηση

Θεωρία

Υπόθεση

Χρόνος

Πυκνότητα

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

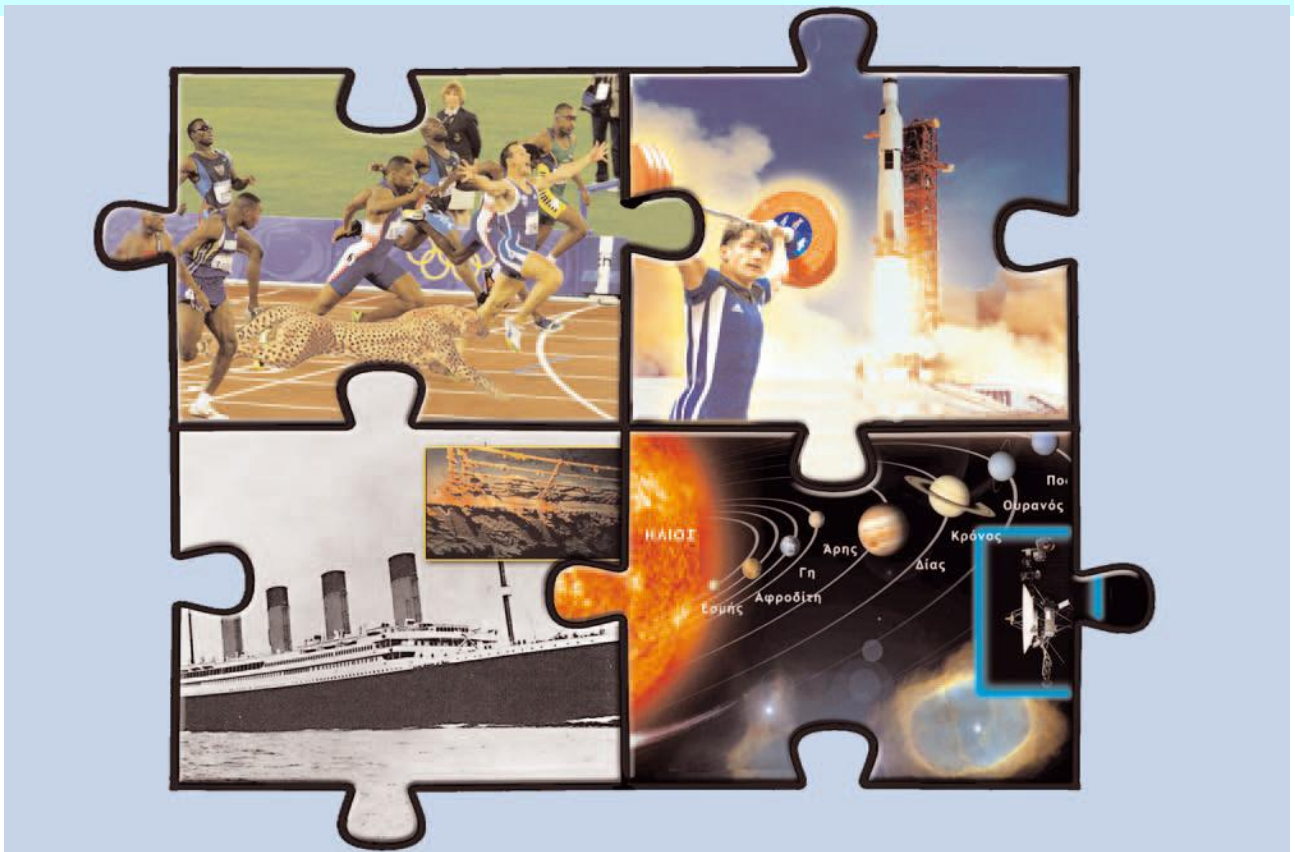
ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Κεφάλαιο 2 : ΚΙΝΗΣΗ

Κεφάλαιο 3 : ΔΥΝΑΜΗ

Κεφάλαιο 4 : ΠΙΕΣΗ

Κεφάλαιο 5 : ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Η ύλη σε ολόκληρο το σύμπαν βρίσκεται σε διαρκή κίνηση και αλλάζει συνεχώς μορφές. Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε κάποια στοιχεία που αφορούν την

κίνηση και την αιτία που την προκαλεί, δηλαδή τη δύναμη. Θα περιγράψουμε την πιο απλή περίπτωση της κίνησης: την κίνηση σε ευθεία γραμμή. Θα εισάγουμε τις έννοιες της *χρονικής στιγμής*, της *θέσης*, της *μετατόπισης*, της *μέσης* και της *στιγμιαίας ταχύτητας*. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε την έννοια της δύναμης και θα τη συνδέσουμε με την κίνηση και την αλληλεπίδραση. Θα γνωρίσουμε πώς συμπεριφέρονται τα ρευστά (υγρά και αέρια) όταν ισορροπούν, εισάγοντας τις έννοιες της *πίεσης* και της *άνωσης*. Θα ολοκληρώσουμε τη γνωριμία μας με τη μηχανική με αναφορά στην *ενέργεια* που είναι μια από τις θεμελιώδεις έννοιες για όλες τις φυσικές επιστήμες.

μια μικρή ιστορία...

Κατά τους θερινούς Ολυμπιακούς αγώνες που διεξήχθησαν στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας το 2000, ο Κώστας Κεντέρης κέρδισε στο δρόμο των 200 m με επίδοση 20,09 s. Ο αθλητής ξεκινώντας από την ηρεμία αύξησε σταδιακά την ταχύτητά του μέχρι να αποκτήσει μια μέγιστη



ταχύτητα με την οποία και τερμάτισε. Αν και δεν γνωρίζουμε την ταχύτητα του αθλητή κάθε χρονική στιγμή, μπορούμε να υπολογίσουμε μια μέση τιμή της ταχύτητάς του για όλη τη διαδρομή και να τη συγκρίνουμε με την ταχύτητα μιας λεοπάρδαλης ή ενός αυτοκινήτου.

Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα προσεγγίσεις τις έννοιες της θέσης, της μετατόπισης, της μέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας και της μεταβολής της ταχύτητας.**
- Θα εξοικειωθείς με τα διανυσματικά χαρακτηριστικά της ταχύτητας και την ομαλή κίνηση.**

ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ

Καθημερινά θα παρατηρείς γύρω σου το φαινόμενο της κίνησης. Τα παιδιά περπατούν, τρέχουν, κολυμπούν, οδηγούν ποδήλατα, τα πουλιά πετούν, το νερό κυλά στα ποτάμια. Πολλές φορές στο στάδιο ή στην τηλεόραση έχεις παρακολουθήσει αγώνες στίβου. Ένα από τα δημοφιλέστερα αγωνίσματα είναι οι αγώνες ταχύτητας των εκατό και διακοσίων μέτρων. Οι δρομείς επιδιώκουν να διανύσουν την αντίστοιχη διαδρομή στο μικρότερο δυνατό χρόνο (εικόνα 2.1).

Εκτός από τις κινήσεις που παρατηρούμε πάνω στη γη και στο διάστημα όλα τα ουράνια σώματα

κινούνται. Η γη κάθε μέρα εκτελεί μια πλήρη περιστροφή γύρω από τον εαυτό της και κάθε χρόνο μια περιφορά γύρω από τον ήλιο.

οι γαλαξίες
κινούνται



ο ήλιος
κινείται

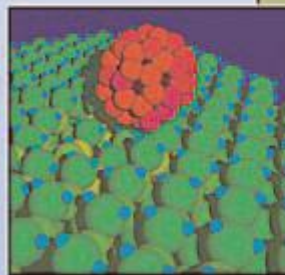
η γη
κινείται



Οι αθλητές
τρέχουν



τα μόρια,
τα άτομα,



τα ηλεκτρόνια
κινούνται



Εικόνα 2.1.

Η κίνηση είναι γενικό χαρακτηριστικό της ύλης.

Ο ήλιος περιφέρεται γύρω από το κέντρο του γαλαξία μας. Τα δισεκατομμύρια γαλαξίες του αχανούς σύμπαντος απομακρύνονται μεταξύ τους και οι διαστάσεις του σύμπαντος αυξάνονται (εικόνα 2.1).

Στο μικρόκοσμο συμβαίνουν κινήσεις που δεν μπορούμε να τις αντιληφθούμε άμεσα. Αντιλαμβανόμαστε όμως τα αποτελέσματά τους. Όταν τα άτομα και τα μόρια κινούνται περισσότερο έντονα, στα στερεά, στα υγρά ή στα αέρια, η θερμοκρασία των σωμάτων αυξάνεται. Όταν ηλεκτρόνια κινούνται με ορισμένο τρόπο στα μέταλλα, δημιουργείται το ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν ηλεκτρόνια πάλλονται στις κεραίες των ραδιοφωνικών σταθμών, παράγονται τα ραδιοφωνικά κύματα. Μέσα σε κάθε άτομο

τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα του (εικόνα. 2.1).

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

Ο άνθρωπος από την αρχαιότητα ακόμη μελέτησε την κίνηση των σωμάτων τόσο από έμφυτη περιέργεια όσο και από ανάγκη για τη βελτίωση της καθημερινής του ζωής (εικόνα 2.2). Παρατηρούσε την αλλαγή της θέσης των αστέρων στον ουράνιο θόλο για να προσανατολιστεί ή για να προσδιορίσει την έναρξη μιας εποχής, του χειμώνα, της άνοιξης κτλ. Είναι λοιπόν ενδιαφέρον να μελετήσουμε την κίνηση. Να οικοδομήσουμε τις έννοιες και τα φυσικά μεγέθη που

χρειαζόμαστε για να περιγράψουμε κάποια από τα χαρακτηριστικά της.

Εικόνα 2.2.

Οι Βαβυλώνιοι μελέτησαν την ετήσια και την ημερήσια



κίνηση του ήλιου και εφεύραν το ημερολόγιο και το ηλιακό ρολόι. Σήμερα για τη μέτρηση του χρόνου στηριζόμαστε στις κινήσεις των ηλεκτρονίων στο άτομο.

2.1 Περιγραφή της κίνησης

Πώς θα περιγράψουμε την κίνηση ενός αυτοκινήτου σε έναν αγώνα ταχύτητας; Την κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο; Την κίνηση ενός δορυφόρου; Πότε μπορούμε

να πούμε ότι η κίνηση ενός σώματος μας είναι γνωστή;

Εύκολα μπορούμε να αντιληφθούμε την κίνηση ενός σώματος αλλά δύσκολο είναι να την περιγράψουμε με ακρίβεια (εικόνα 2.3). Μπορούμε να περιγράψουμε την κίνηση χρησιμοποιώντας συνηθισμένες λέξεις και προτάσεις. 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 πώς αυτά τα μεγέθη μεταβάλλονται με το χρόνο (εικόνα 2.4).

Στις παραγράφους που ακολουθούν, θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε το φαινόμενο της

Εικόνα 2.3.

Διεθνής απόστο-
λή στον Άρη
(1996). Ρομπότ
εξερευνά την
επιφάνεια του
Άρη.



Για να μπορούν οι επιστήμονες να ελέγχουν την κίνηση του από τη γη, θα πρέπει να είναι σε θέση κατ' αρχήν να την περιγράψουν με ακρίβεια.

- Αναζήτησε πληροφορίες και κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ με θέμα το χρονικό των αποστολών από τη γη προς τον Άρη μέχρι σήμερα.

- Ποιες πληροφορίες έχουν αντληθεί από αυτές τις αποστο-
λές και αφορούν τη σύσταση
της ατμόσφαιρας του Άρη;

κίνησης και με τους τρεις τρόπους. Αρχικά θα περιγράψουμε την κίνηση με έννοιες που χρησιμοποιούνται στη γλώσσα της καθημερινής ζωής, όπως διαδρομή, χρόνος, ταχύτητα. Στόχος μας όμως είναι να εισάγουμε τις έννοιες που χρησιμοποιούνται στη γλώσσα της φυσικής: θέση, μετατόπιση, χρονικό διάστημα, διανυσματική ταχύτητα, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα πληρέστερης και ακριβέστερης περιγραφής των κινήσεων.

Για να απλουστεύσουμε τη μελέτη του φαινομένου της κίνησης, υιοθετούμε τις παρακάτω παραδοχές:

Πρώτο: θα ασχοληθούμε με την περιγραφή της κίνησης αγνοώντας την αιτία που την προκαλεί. Ο κλάδος της φυσικής που ασχολείται

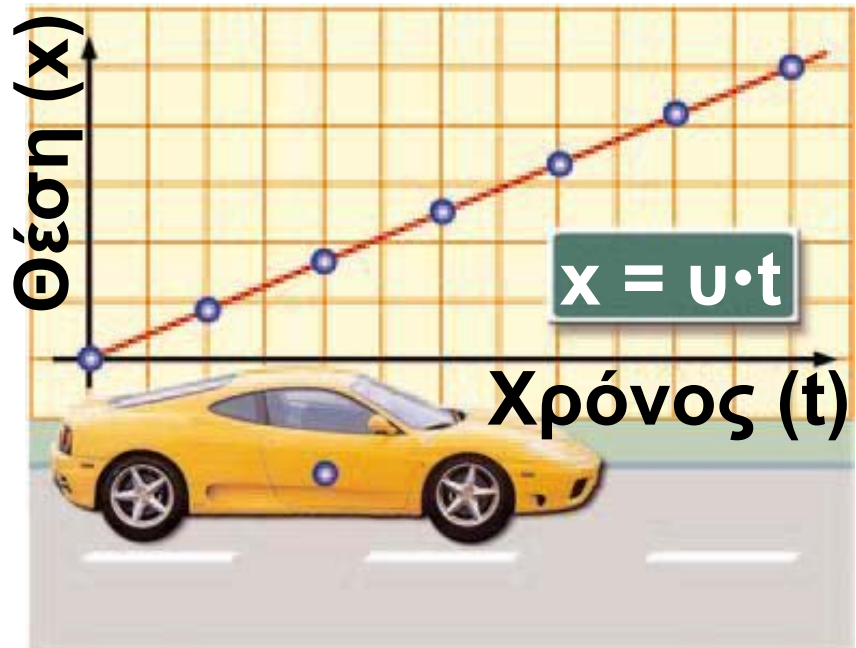
με την παραπάνω μελέτη ονομάζεται **κινηματική**.

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

Τρίτο: θα μελετήσουμε την **κίνηση σωμάτων (εικόνα 2.4)** χωρίς να λάβουμε υπόψη τις διαστάσεις τους. Θα τα αντιμετωπίσουμε ως **υλικά σημεία**. Ένα σώμα, ενώ έχει **μάζα**, μπορούμε να το θεωρήσουμε ως **υλικό σημείο** αν οι διαστάσεις του είναι πολύ μικρότερες από τις άλλες διαστάσεις που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή ενός φαινομένου. Για παράδειγμα, όταν περιγράφουμε την κίνηση ενός **δορυφόρου γύρω από τη Γη**, τον αντιμετωπίζουμε ως ένα **κινούμενο υλικό σημείο που έχει μάζα ίση με τη μάζα του δορυφόρου**.

Εικόνα 2.4.

Η κίνηση, όπως και κάθε φυσικό φαινόμενο, μπορεί να περιγραφεί



με τη γλώσσα των μαθηματικών: με χρήση εξισώσεων και διαγραμμάτων. Τα σώματα τα θεωρούμε ως υλικά σημεία και τα παριστάνουμε με μια κουκίδα.

Θέση και χρονική στιγμή: πού και πότε

Για να περιγράψουμε την κίνηση ενός σώματος με ακρίβεια, πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να γνωρίζουμε πού βρίσκεται το σώμα. Για παράδειγμα, σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να γνωρίζουμε τη

θέση του αυτοκινήτου ή της γης ή του δορυφόρου των, οποίων την κίνηση μελετάμε.

Θέση: πού βρίσκεται το σώμα

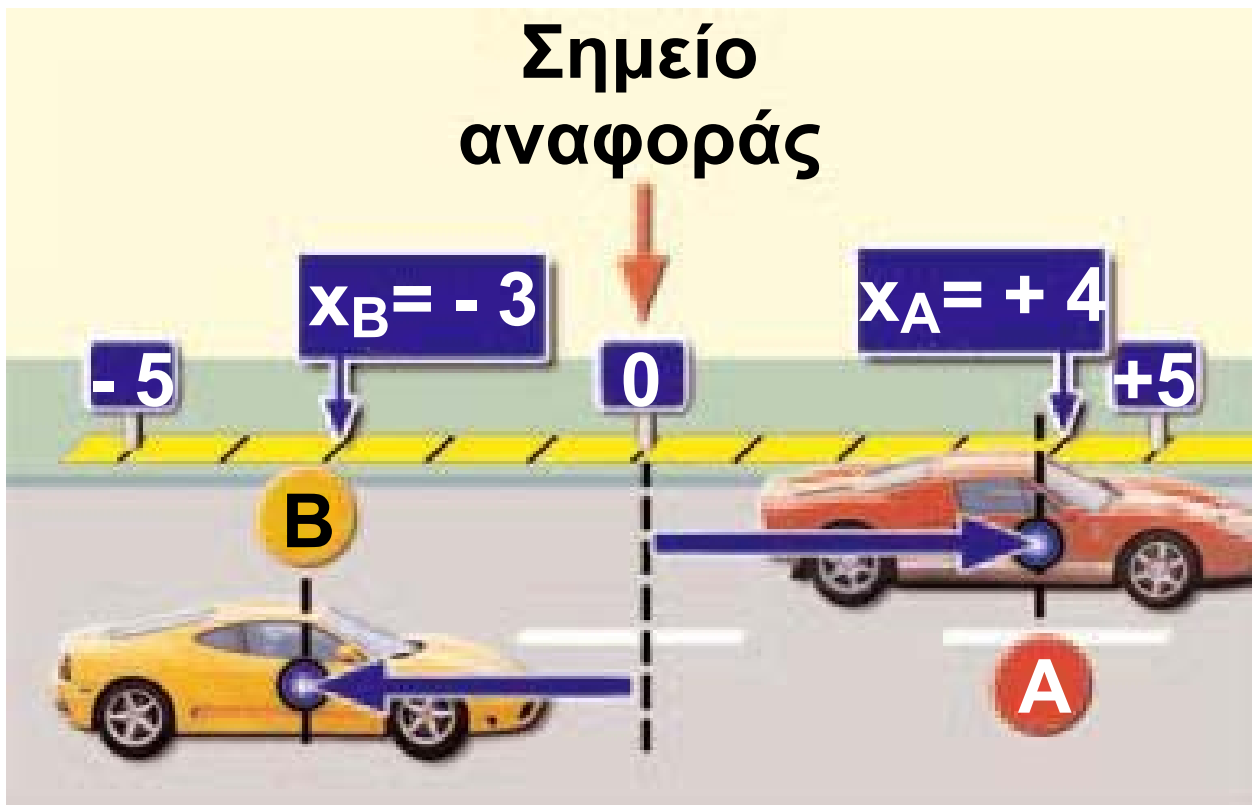
Πού βρίσκεται ένα σώμα; Πώς θα προσδιορίσουμε τη θέση του; Σ' έναν ευθύγραμμο δρόμο υπάρχουν δυο αυτοκίνητα A και B (εικόνα 2.5). Πού βρίσκεται το αυτοκίνητο A;

Σημείο αναφοράς



Εικόνα 2.5.

Τα αυτοκίνητα θεωρούνται υλικά σημεία. Η θέση τους καθορίζεται από τη θέση των αντίστοιχων κουκίδων.



Εικόνα 2.6.

Η κατεύθυνση της θέσης καθορίζεται από τα αλγεβρικά πρόσημα.

Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα, αρκεί να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σημείου του A, όπως η μπλε κουκίδα που φαίνεται στην εικόνα. Γι' αυτό το λόγο στην εικόνα έχει τοποθετηθεί μια κλίμακα, για παράδειγμα μια μετροταινία.

Για να προσδιορίσουμε τη θέση του αυτοκινήτου A, χρησιμοποιούμε κάποιο άλλο σημείο της κλίμακας, όπως το 0, που ονομάζεται σημείο αναφοράς. Στην εικόνα 2.5 διακρίνουμε ότι το A βρίσκεται 8 m δεξιά από το μηδέν. Ποια είναι η θέση του αυτοκινήτου B; Το B βρίσκεται 2 m δεξιά από το 0.

Διαπιστώνουμε ότι για να καθορίσουμε τη θέση κάθε αυτοκινήτου πάνω στον ευθύ δρόμο, πρέπει, εκτός από την απόσταση, να δηλώσουμε αν βρίσκεται δεξιά ή αριστερά του σημείου αναφοράς. Δηλαδή, πρέπει να προσδιορίσουμε και την κατεύθυνση της θέσης. Για παράδειγμα, στην εικόνα 2.6 το σημείο A βρίσκεται 4 m δεξιά από το μηδέν, ενώ το B βρίσκεται 3 m αριστερά του.

Η κατεύθυνση δεν μπορεί να καθοριστεί πάντα με τους όρους

«δεξιά» και «αριστερά». Για αυτό ζητάμε τη βοήθεια των μαθηματικών. Έτσι, για την κατεύθυνση χρησιμοποιούμε τα πρόσημα + και -. Στο παράδειγμα της εικόνας 2.6, ορίζουμε θετική (+) κάθε θέση που βρίσκεται δεξιά από το σημείο αναφοράς, ενώ αρνητική κάθε θέση που βρίσκεται αριστερά του. Με αυτή τη συμφωνία η θέση του A είναι +4 m και η θέση του B είναι -3 m. Για να συμβολίσουμε τη θέση χρησιμοποιούμε, συνήθως, το γράμμα x . Έτσι, για το αυτοκίνητο A της εικόνας 2.6 είναι $x_A = +4$ m και για το B $x_B = -3$ m.

Η θέση ενός σώματος καθορίζεται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς (εικόνα 2.6). Η επιλογή του 0 ως σημείου αναφοράς δεν είναι η μοναδική δυνατή. Στο παράδειγμα της εικόνας 2.6, θα μπορούσαμε να

είχαμε διαλέξει ως σημείο αναφοράς κάποιο από τα δυο αυτοκίνητα, ή οποιοδήποτε άλλο σημείο της κλίμακας. Αν διαλέξουμε άλλο σημείο αναφοράς, θα μεταβληθεί και ο αριθμός που καθορίζει τη θέση των αυτοκινήτων A και B ή ενός οποιοδήποτε άλλου σώματος. Για παράδειγμα, στην εικόνα 2.6 αν διαλέξουμε ως σημείο αναφοράς το αυτοκίνητο B, τότε η θέση του A είναι $x_A = +7$ m και του B $x_B = 0$ m.

Στην καθημερινή γλώσσα χρησιμοποιούμε συχνά την έννοια της απόστασης. Ο προσδιορισμός της απόστασης προϋποθέτει μόνο τη μέτρηση κάποιου μήκους και όχι την κατεύθυνση. Έτσι, για παράδειγμα, λέμε ότι: η απόσταση του αυτοκινήτου B από το 0 είναι 3 m, ενώ η θέση του αυτοκινήτου B είναι

-3 m ως προς το 0. Όμως μια απόσταση είναι μήκος και επομένως προσδιορίζεται πλήρως από ένα θετικό αριθμό και μια μονάδα μέτρησης. Ο αριθμός δηλώνει το αποτέλεσμα της σύγκρισης της απόστασης με τη μονάδα μέτρησης και ονομάζεται μέτρο (της απόστασης).

Δραστηριότητα

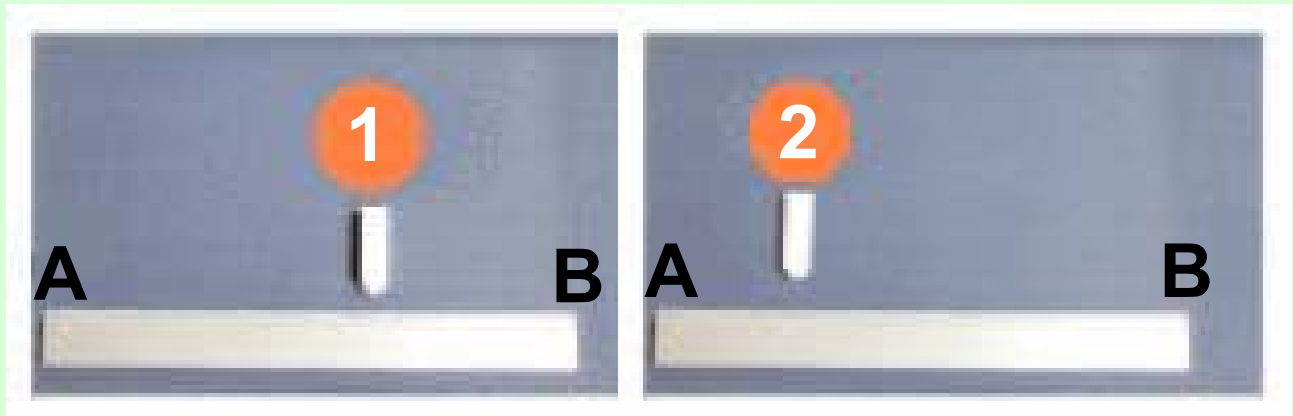
Προσδιορισμός της θέσης σώματος

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 1 της γόμας σε σχέση με τις δυο άκρες του θρανίου σου A και B.

Η γόμα βρίσκεται στη θέση $x_A = \text{----}$ cm από το A (σημείο αναφοράς)

Η γόμα βρίσκεται στη θέση $x_B = \text{----}$ cm από το B (σημείο αναφοράς).



► Μετατόπισε τη γόμα από τη θέση 1 στη θέση 2 του θρανίου

Η γόμα βρίσκεται $x'_A = \text{----}$ cm από το A (σημείο αναφοράς).

Η γόμα βρίσκεται $x'_B = \text{----}$ cm από το B (σημείο αναφοράς).

Ποιο είναι το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγεις;

Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη

Φυσικά μεγέθη όπως ο χρόνος, τα οποία προσδιορίζονται μόνο από έναν αριθμό (το μέτρο τους), ονομάζονται μονόμετρα. Υπάρχουν και άλλα μονόμετρα μεγέθη όπως ο όγκος, η πυκνότητα και η θερμοκρασία. Αντίθετα, ο προσδιορισμός της θέσης, εκτός από το μέτρο, απαιτεί και την κατεύθυνση. Ένα τέτοιο μέγεθος ονομάζεται διανυσματικό. Ένα διανυσματικό μέγεθος παριστάνεται με ένα βέλος. Συμφωνούμε το μήκος του βέλους να είναι ανάλογο με το μέτρο του μεγέθους (εικόνα 2.6). Για να προσδιορίσουμε την κατεύθυνση ενός διανυσματικού μεγέθους, χρειαζόμαστε δυο δεδομένα: α) τη διεύθυνσή του, δηλαδή την ευθεία πάνω στην οποία βρίσκεται και

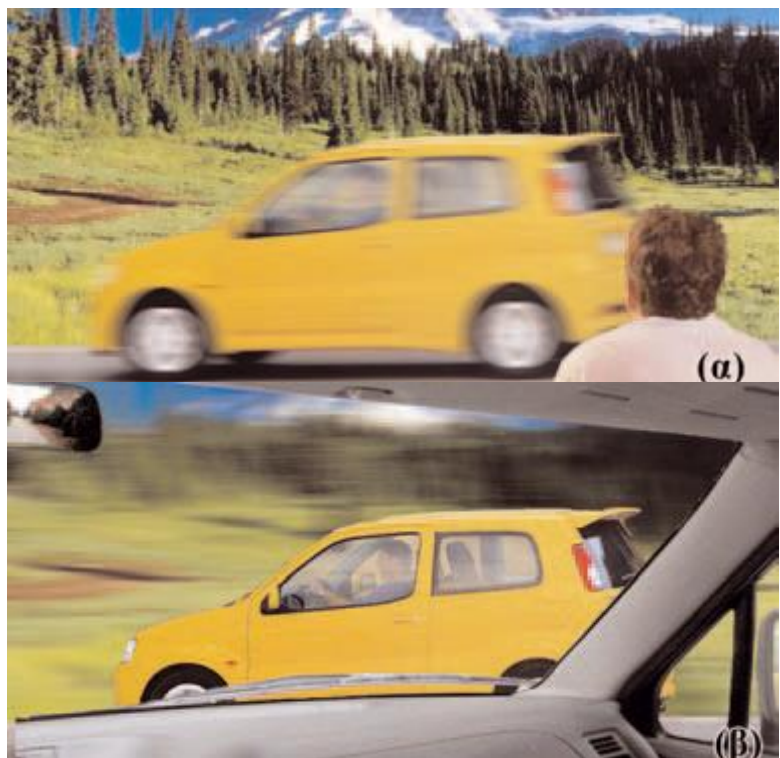
β) τη φορά του, δηλαδή τον προσανατολισμό του πάνω στην ευθεία αυτή. Για παράδειγμα η θέση συμβολίζεται με \vec{x} και παριστάνεται με βέλος (εικόνα 2.8). Στη συνέχεια της μελέτης της Μηχανικής θα γνωρίσουμε και άλλα διανυσματικά μεγέθη .

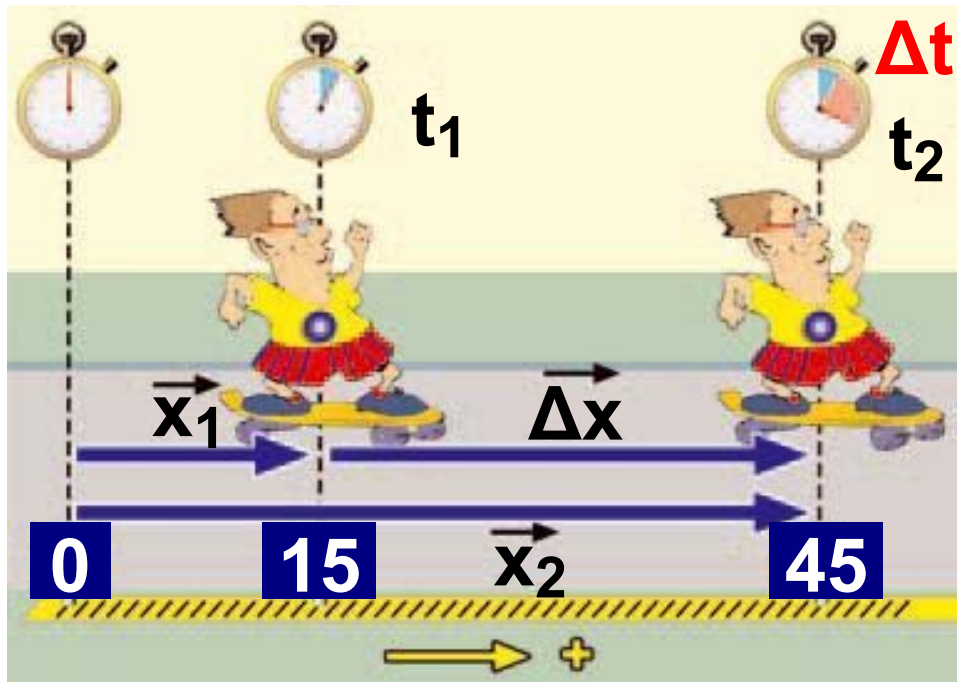
Εικόνα 2.7.

Η κίνηση είναι σχετική.

α) Τα δένδρα ως προς το νεαρό (σημείο αναφοράς) που βρίσκεται στο δρόμο, είναι ακίνητα.

β) Τα δένδρα ως προς τον οδηγό (σημείο αναφοράς), όταν το αυτοκίνητο κινείται, κινούνται.





Εικόνα 2.8.

Τη χρονική στιγμή $t_1=5$ s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_1=+15$ m. Τη χρονική στιγμή $t_2=20$ s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_2=+45$ m. Η μετατόπιση του Τοτού είναι:

$\Delta x = x_2 - x_1 = +45 \text{ m} - (+15 \text{ m}) = +30 \text{ m}$,
δηλαδή κινήθηκε 30 μέτρα προς τα δεξιά σε χρονικό διάστημα:

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

Πότε ένα σώμα κινείται

Αν το σώμα αλλάζει θέση, λέμε ότι κινείται. Κινείται όμως σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς. Η κίνηση επομένως είναι σχετική, δηλαδή αναφέρεται ως προς ένα σημείο ή σώμα το οποίο θεωρείται ακίνητο (εικόνα 2.7). Συνήθως, όταν μελετούμε την κίνηση των σωμάτων στο γήινο περιβάλλον μας, θεωρούμε ότι η γη είναι ακίνητη.

Χρονική στιγμή: πότε

Για να γνωρίζουμε πότε ο Τοτός στην εικόνα 2.8 βρίσκεται σε κάποια συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιούμε ένα χρονόμετρο. Συμφωνούμε να ξεκινήσουμε τη μέτρηση με το χρονόμετρο όταν ο Τοτός βρίσκεται στη θέση O (σημείο αναφοράς, θέση 0), οπότε το χρονόμετρο

δείχνει τη χρονική στιγμή $t=0$ s. Όταν ο Τοτός διέρχεται από τη θέση $x_1=+15$ m, το χρονόμετρο δείχνει 5 s, όταν διέρχεται από τη θέση $x_2=+45$ m, το χρονόμετρο δείχνει 20 s. Λέμε ότι τη χρονική στιγμή $t_1=5$ s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_1=+15$ m, ενώ τη χρονική στιγμή $t_2=20$ s ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_2=+45$ m. Γενικά, η ένδειξη ενός χρονομέτρου ονομάζεται χρονική στιγμή.

Μετατόπιση

Καθώς ο Τοτός κινείται (εικόνα 2.8), αλλάζει συνεχώς η θέση του. Η μεταβολή της θέσης ενός κινούμενου σώματος ονομάζεται μετατόπιση.

Για να βρούμε τη μετατόπιση ενός κινούμενου σώματος από μια χρονική στιγμή (t_1) μέχρι μια άλλη (t_2), αρκεί να γνωρίζουμε τις θέσεις του τις δυο αυτές στιγμές. Έτσι, αν τη στιγμή t_1 βρισκόταν στη θέση \vec{x}_1 , και τη στιγμή t_2 στη θέση \vec{x}_2 τότε η μετατόπισή του είναι ίση με $\vec{x}_2 - \vec{x}_1$ (εικόνα 2.8). Η μετατόπιση συμβολίζεται συνήθως με $\Delta\vec{x}$ (γενικά με το γράμμα Δ συμβολίζουμε τη μεταβολή ενός μεγέθους) .

Επομένως:

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

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

Στις ευθύγραμμες κινήσεις όπου η διεύθυνση του διανύσματος της θέσης είναι καθορισμένη, η φορά

της μετατόπισης προσδιορίζεται από το πρόσημο του Δx (έχοντας βέβαια επιλέξει κάποια φορά ως θετική), ενώ το μέτρο από την τιμή του. Στην εικόνα 2.8 η μετατόπιση του Τοτού έχει φορά προς τα δεξιά και μέτρο 30 m. Στην εικόνα 2.9, επιλέγουμε σημείο αναφοράς το 40ό χιλιόμετρο και θετική φορά προς τη Θεσσαλονίκη. Η μετατόπιση του αυτοκινήτου Α είναι:

$$\Delta x_1 = (-2 \text{ Km}) - (0 \text{ Km}) = -2 \text{ Km}$$

και του Β:

$$\Delta x_2 = (+2 \text{ Km}) - (0 \text{ Km}) = +2 \text{ Km}.$$

Και στις δυο περιπτώσεις το μέτρο της μετατόπισης είναι ίδιο, 2 Km, αλλά η κατεύθυνση και επομένως οι τελικές θέσεις των αυτοκινήτων είναι διαφορετικές.

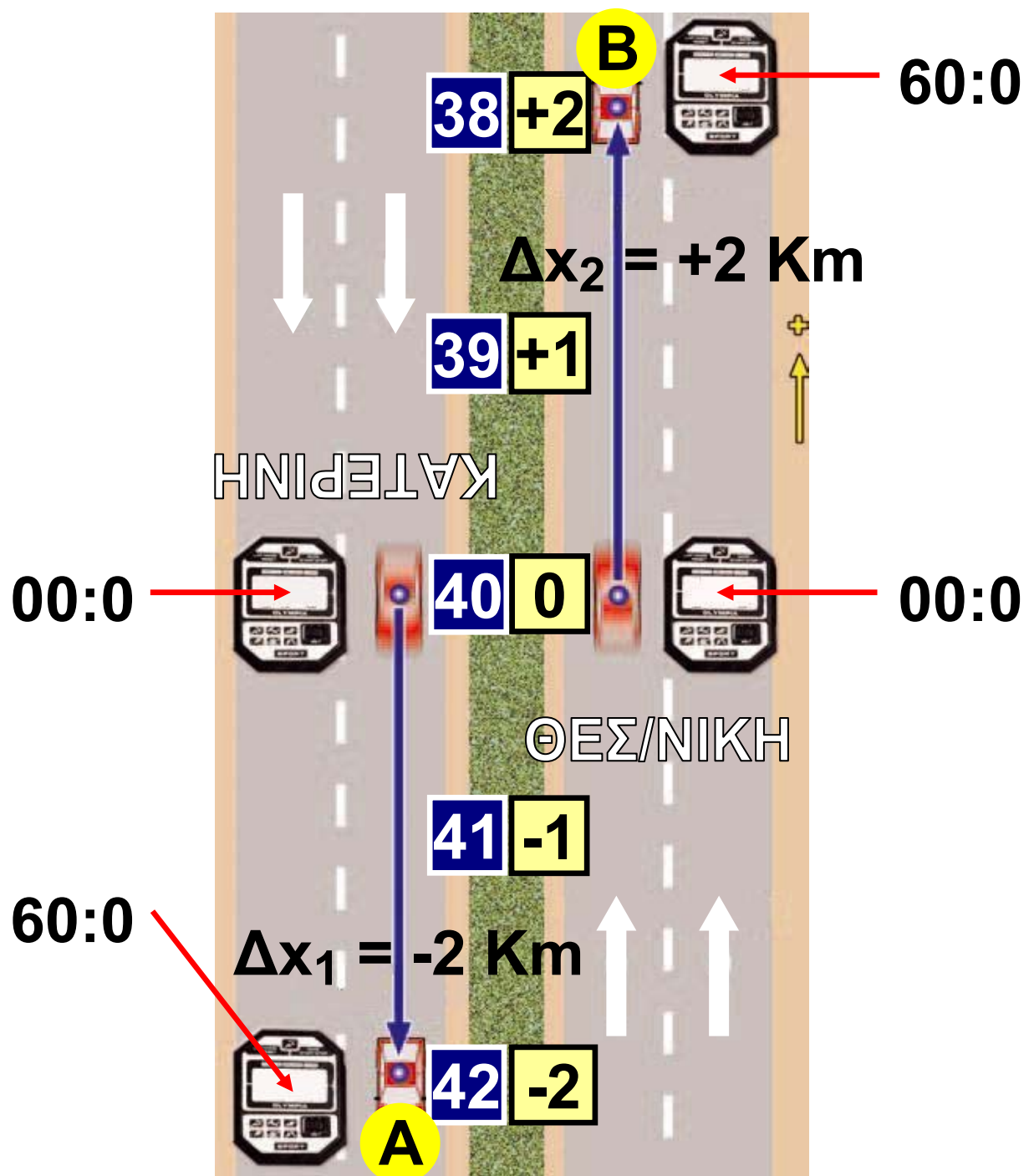
Χρονικό διάστημα

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

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

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

Το σύμβολο Δ παριστάνει γενικά μεταβολή. Έτσι, $\Delta \vec{x}$ σημαίνει μεταβολή θέσης (τελική θέση - αρχική θέση), δηλαδή μετατόπιση, ενώ Δt μεταβολή χρόνου, δηλαδή χρονικό διάστημα (τελική χρονική στιγμή - αρχική χρονική στιγμή). Σημείωσε ότι το Δx δεν είναι το γινόμενο του Δ και του x .



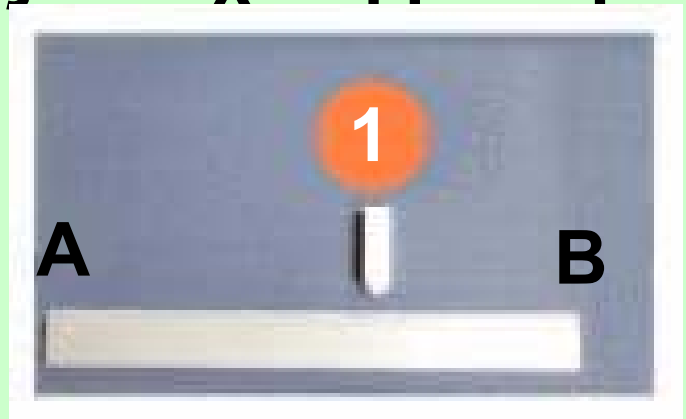
Εικόνα 2.9.

Ως αρχή μέτρησης του χρόνου επιλέχθηκε η χρονική στιγμή που τα δυο αυτοκίνητα βρίσκονταν στο 40ό Km. Τη χρονική στιγμή $t=60 \text{ s}$ το A βρέθηκε στο 42ο Km και το B στο 38ο Km.

Δραστηριότητα

Σημείο αναφοράς και μετατόπιση

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

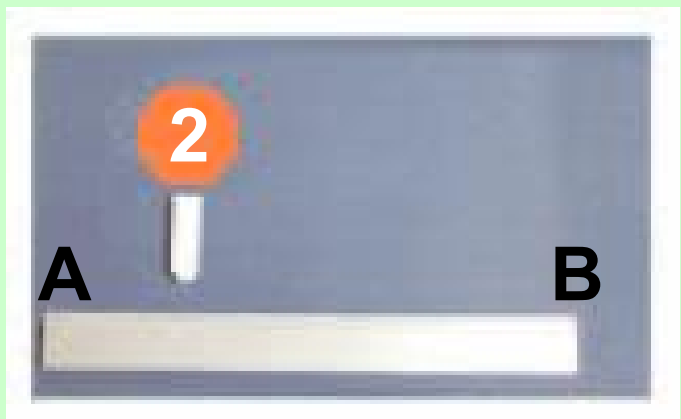


► Μετατόπισε τη γόμα και προσδιόρισε τη νέα της θέση x_2 , ως προς τα άκρα A και B.

► Συμπλήρωσε:

Θέση της γόμας
 $x_1 = \text{----cm}$, από
το A

Θέση της γόμας
 $x_2 = \text{----cm}$, από
το A



► Υπολόγισε τη μετατόπιση της γόμας με σημείο αναφοράς το A:
 $\Delta x = \dots\dots\dots\text{cm}$

Θέση της γόμας $x'_1 = \dots\dots\text{cm}$, από το B

Θέση της γόμας $x'_2 = \dots\dots\text{cm}$, από το B

► Υπολόγισε τη μετατόπιση της γόμας με σημείο αναφοράς το B:
 $\Delta x' = \dots\dots\dots\text{cm}$

► Να συγκρίνεις τη μετατόπιση που υπολόγισες με σημείο αναφοράς το A και τη μετατόπιση με σημείο αναφοράς το B. Τι συμπεραίνεις;

Η έννοια της τροχιάς

Όταν ένα υλικό σημείο κινείται, αλλάζει θέση. Στην εικόνα 2.10 έχουν σχεδιασθεί οι διαδοχικές θέσεις από τις οποίες πέρασε ο πύραυλος καθώς κινείται. Το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες περνάει ένα κινούμενο σώμα βρίσκονται πάνω σε μια γραμμή. Η γραμμή αυτή ονομάζεται τροχιά της κίνησης. Σε μια ευθύγραμμη κίνηση η τροχιά του κινητού, είναι μια ευθεία γραμμή. Υπάρχουν όμως και άλλες πιο σύνθετες κινήσεις στις οποίες η τροχιά είναι καμπυλόγραμμη, κυκλική ή σπειροειδής. Προκειμένου να σχεδιάσουμε την τροχιά ενός κινητού, θα πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του κάθε χρονική στιγμή.

Ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα της κλασικής μηχανικής είναι η θεωρητική πρόβλεψη της τροχιάς διαστημικών οχημάτων που ταξίδεψαν επί χρόνια μέχρι να φθάσουν στα όρια του ηλιακού μας συστήματος.

Εικόνα 2.10.
Η τροχιά του πυραύλου δεν είναι μια ευθεία γραμμή.



Εικόνα 2.11. →

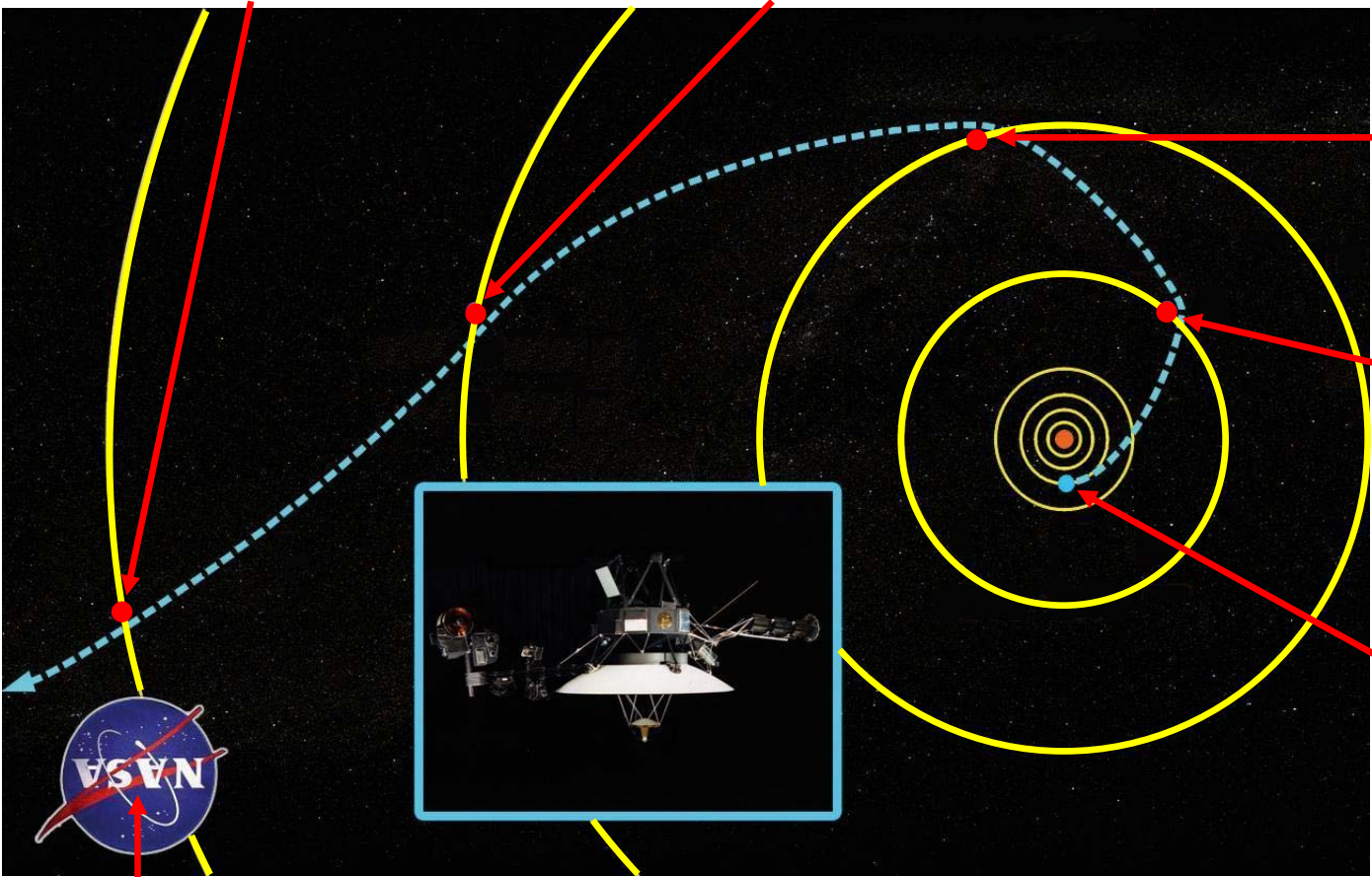
ΠΟΡΕΙΑΝ
24 Αυγ. 1989

ΟΥΡΑΝΟΣ
24 Ιαν. 1986

ΚΡΟΝΟΣ
25 Αυγ. 1981

ΔΙΑΣ
9 Ιουλ. 1979

απογείωση
20 ΑΥΓ. 1977



NASA

← ***Εικόνα 2.11.***

Οι επιστήμονες της NASA γνωρίζουν πολύ καλά τους νόμους της μηχανικής και μπορούν να προβλέψουν την τροχιά που θα ακολουθήσει ένα σώμα, αν εκτοξευθεί από την επιφάνεια της γης με ορισμένη ταχύτητα. Επίσης γνωρίζουν με ακρίβεια τις θέσεις των πλανητών κάθε χρονική στιγμή. Έτσι, εκτόξευσαν με την κατάλληλη ταχύτητα και την κατάλληλη χρονική στιγμή από την επιφάνεια της γης το **Βόγιατζερ δύο (Voyager II)**¹, ο οποίος κατά την πορεία του πέρασε πολύ κοντά από όλους τους εξωτερικούς πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος και μας έστειλε πολύ σημαντικές πληροφορίες.

1.

- Κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ με τις φωτογραφίες που έστειλε στη γη το Βόγιατζερ δύο, καθώς περνούσε πολύ κοντά από τους διάφορους πλανήτες.
- Κατάγραψε τις πληροφορίες που μπορείς να αντλήσεις από την κάθε φωτογραφία, όσον αφορά τους πλανήτες και τους δορυφόρους τους.
- Συμπλήρωσε την εικόνα του βιβλίου με την πορεία του διαστημόπλοιου μετά την 24 Αυγούστου 1989.

2.2 Η έννοια της ταχύτητας

Στην καθημερινή μας γλώσσα χρησιμοποιούμε την έννοια της ταχύτητας για να δείξουμε πόσο γρήγορα ή πόσο αργά κινείται ένα αντικείμενο. Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται με δυο διαφορετικούς τρόπους:

Λέμε ότι ένας δρομέας A είναι ταχύτερος από κάποιον άλλον B, όταν ο A μπορεί να διανύσει την ίδια διαδρομή με τον B (π.χ. 100 μέτρα) σε μικρότερο χρόνο (εικόνα 2.12). Επίσης, μεταξύ δυο οδηγών A και B που κινούνται σ' έναν αυτοκινητόδρομο, ταχύτερος είναι εκείνος, που στον ίδιο χρόνο διανύει διαδρομή μεγαλύτερου μήκους. Σε κάθε περίπτωση βλέπουμε ότι η ταχύτητα συνδέεται με δυο μεγέθη: το μήκος της διαδρομής και το χρόνο.

Στην καθημερινή γλώσσα η λέξη ταχύτητα χρησιμοποιείται με δυο έννοιες: της μέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας.

Εικόνα 2.12.

Στους Ολυμπιακούς αγώνες του 2000 στο Σίδνεϋ ο



Κώστας Κεντέρης ήταν ταχύτερος από τον δεύτερο στην κούρσα, διότι διήνυσε τα 200 μ σε 20,09 s, ενώ ο δεύτερος σε 20,14 s.

Μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα

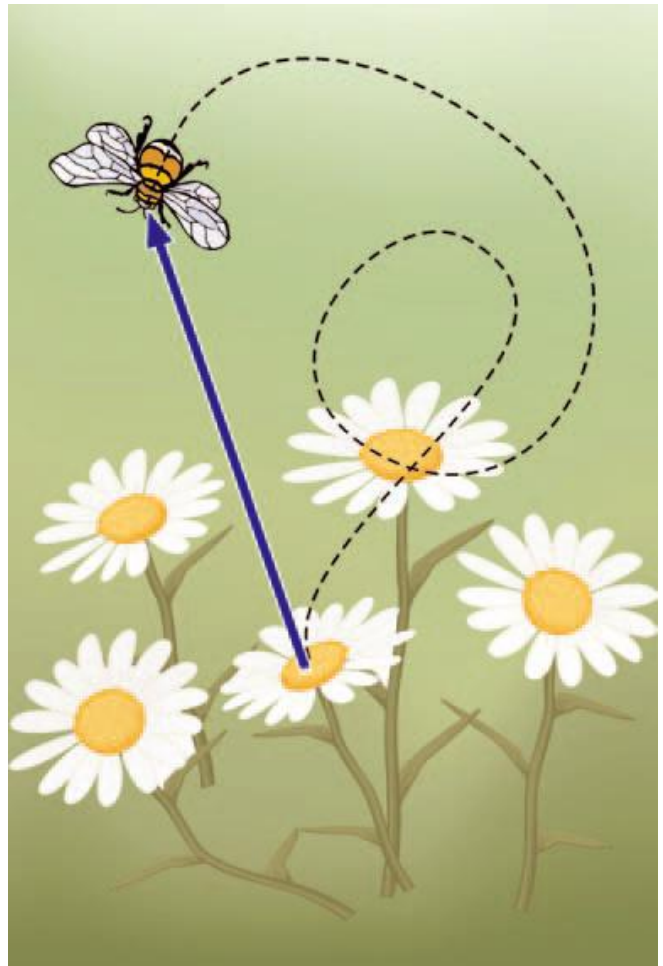
Σ' έναν αγώνα κολύμβησης 100 m, ο κολυμβητής διανύει δυο φορές το μήκος της πισίνας και επιστρέφει στο σημείο εκκίνησης. Σ' αυτή

την περίπτωση, το μήκος της διαδρομής που διήνυσε είναι $s = (50 \text{ m}) + (50 \text{ m})$ ή $s = 100 \text{ m}$. Γενικά, το μήκος της διαδρομής είναι διαφορετικό από το μέτρο της μετατόπισης (εικόνα 2.13).

Εικόνα 2.13.

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

Η μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα συνδέεται με το μήκος της διαδρομής.



Ορίζουμε μέση ταχύτητα το πηλίκο του μήκους της διαδρομής που διήνυσε ο κολυμβητής ή γενικότερα ένα κινητό σε ορισμένο χρόνο (χρονικό διάστημα) προς το χρόνο αυτό.

μέση
ταχύτητα = $\frac{\text{μήκος της διαδρομής}}{\text{χρονικό διάστημα}}$

$$v_{\mu} = \frac{s}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Όταν ως αρχή μέτρησης των χρόνων t_1 έχει επιλεγεί το 0 ($t_1=0$ s), τότε το Δt ταυτίζεται με το t_2 και συμβολίζουμε $\Delta t = t$, οπότε γράφουμε

$$v_{\mu} = \frac{s}{t}$$

Η ταχύτητα είναι παράγωγο μέγεθος και σύμφωνα με τη σχέση (2.1), η μονάδα της στο διεθνές σύ-

στημα μονάδων (SI) είναι το 1 m/s δηλαδή μέτρο ανά δευτερόλεπτο. Επιπλέον, κάθε συνδυασμός μονάδων μήκους και χρόνου μπορεί να επιλεγεί ως μονάδα μέτρησης της μέσης ταχύτητας. Έτσι το χιλιόμετρο ανά ώρα (Km/h) ή το μίλι ανά ώρα (mi/h) ή και το εκατοστό ανά ώρα (ταχύτητα σαλιγκαριού) (cm/h) κτλ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονάδες ταχύτητας.

Αν διανύσουμε μ' ένα αυτοκίνητο 90 χιλιόμετρα σε μια ώρα, τότε λέμε ότι η μέση ταχύτητα του οχήματος ήταν 90 χιλιόμετρα την (ανά) ώρα και γράφουμε 90 Km/h. Ένα κινούμενο σώμα έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από ένα άλλο, όταν διανύει την ίδια απόσταση σε μικρότερο χρόνο. Ένα επιβατικό τρένο χρειάζεται περίπου πέντε ώρες για το ταξίδι Αθήνα-Θεσσαλονίκη, ενώ

ένα εμπορικό καλύπτει την ίδια απόσταση σε 9 ώρες. Το επιβατηγό τρένο έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από το εμπορικό (εικόνα 2.14).



Εικόνα 2.14.

Δεχόμαστε ότι η σιδηροδρομική απόσταση Αθήνας-Θεσσαλονίκης είναι 500 Km. Η μέση ταχύτητα του επιβατηγού τρένου είναι 100 Km/h, ενώ του εμπορικού 58 Km/h.

Δραστηριότητα

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 ταχύτητά σου.
- ▶ Μέτρησε το χρόνο που χρειάζεσαι για να διανύσεις την ίδια απόσταση τρέχοντας.
- ▶ Ποια είναι τώρα η μέση ταχύτητά σου;

Στιγμιαία ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα

Ένα σώμα που κινείται δεν έχει πάντοτε την ίδια ταχύτητα. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια λεωφόρο με ταχύτητα

50 Km/h. Όταν το αυτοκίνητο σταματά στο κόκκινο φανάρι, η ταχύτητά του μηδενίζεται. Στη συνέχεια όταν αρχίζει να κινείται πάλι, εξαιτίας της έντονης κυκλοφορίας, φθάνει σταδιακά μόνο τα 30 Km/h.



Εικόνα 2.15.

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

Μπορούμε να μιλήσουμε για την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή κοιτάζοντας την ένδειξη του ταχύμετρου (κοντέρ) (εικόνα 2.15). Η ταχύτητα του κινητού σε μια ορι-

σμένη χρονική στιγμή λέγεται στιγμιαία ταχύτητα. Η μονάδα μετρησης της στιγμιαίας ταχύτητας στο SI είναι m/s.

Όταν ένας οδηγός σχεδιάζει ένα ταξίδι με αυτοκίνητο, ενδιαφέρεται για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διανύσει τη συνολική διαδρομή που αντιστοιχεί στο ταξίδι. Ενδιαφέρεται, λοιπόν για τη μέση ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει στη διάρκεια όλου του ταξιδιού. Η μέση ταχύτητα, επειδή αναφέρεται στη συνολική διαδρομή, δε δίνει πληροφορίες για τις μεταβολές της στιγμιαίας ταχύτητας, στη διάρκεια της διαδρομής. Στις περισσότερες κινήσεις, η στιγμιαία ταχύτητα δε διατηρείται σταθερή, έτσι γενικά είναι διαφορετική από τη μέση ταχύτητα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Αντικείμενο που κινείται	m/s	Km/h
Περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη	1000	$3.600 = 3,6 \cdot 1.000$
Ήχος στον αέρα	334	$1.202,4 = 3,6 \cdot 334$
Σύνηθες επιβατικό αεροπλάνο	267	$961,2 = 3,6 \cdot 267$
Γεράκι σε κατάδυση	37	$133,2 = 3,6 \cdot 37$
Μέλισσα που πετά	5	$18 = 3,6 \cdot 5$
Άνθρωπος που τρέχει	4	$14,4 = 3,6 \cdot 4$

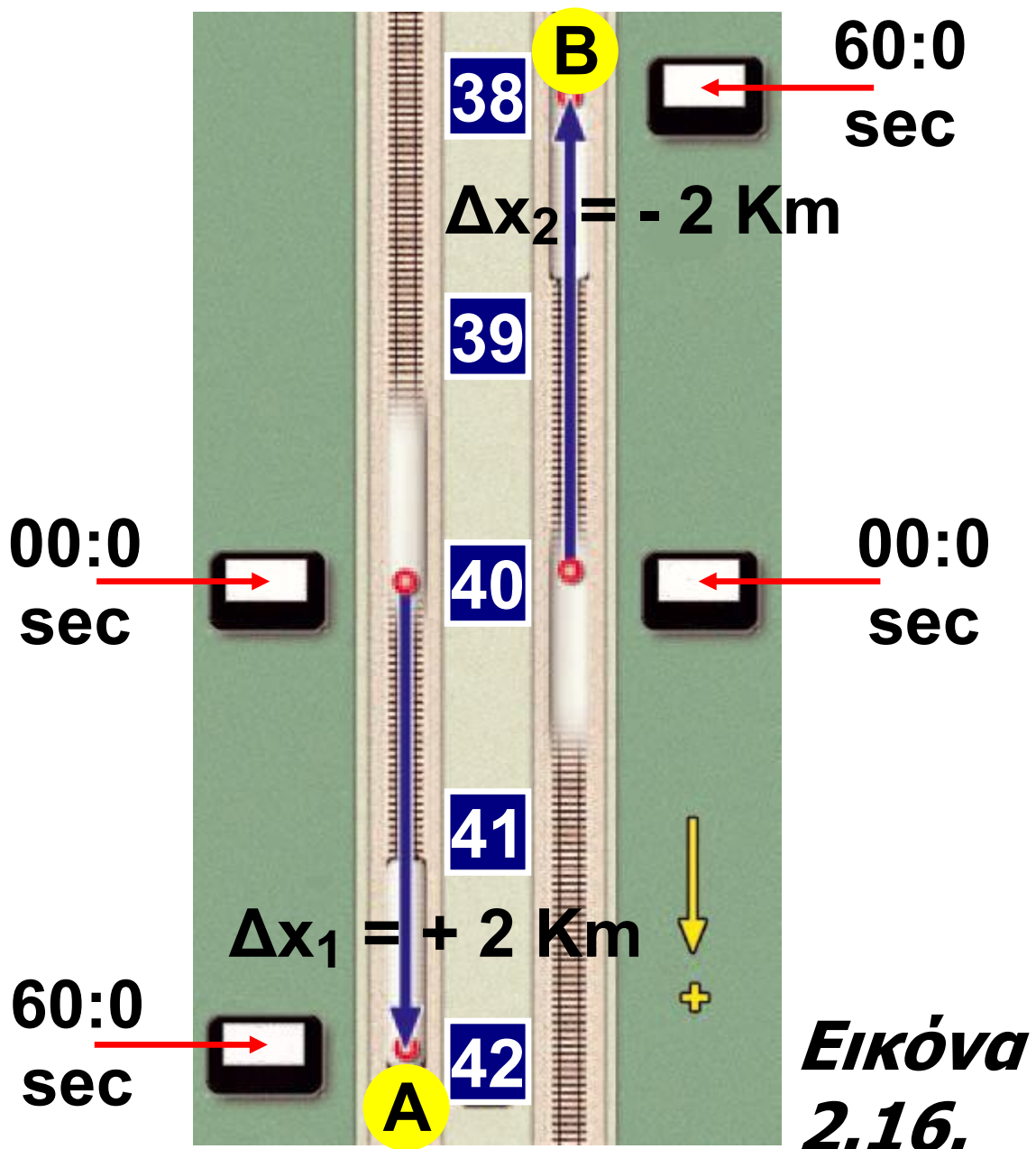
- Μπορούμε να μετατρέψουμε την ταχύτητα από...σε...διαιρώντας με το 3,6.

Μπορείς να το αιτιολογήσεις;

Διανυσματική περιγραφή της ταχύτητας (ή η έννοια της ταχύτητας στη φυσική)

Για να περιγράψουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την κίνηση ενός σώματος, πρέπει να προσδιορίσουμε την έννοια της ταχύτητας με μεγαλύτερη προσοχή. Για παράδειγμα, ένα τρένο κινείται πάνω σ' ένα ευθύγραμμο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής Θεσσαλονίκης-Κατερίνης, όπου η φορά προς την Κατερίνη έχει οριστεί ως θετική. Διέρχεται από το 40ό χιλιόμετρο κινούμενο με σταθερή ταχύτητα 2 Km/min (εικόνα 2.16).

Αρκεί μόνο αυτή η πληροφορία για να προβλέψουμε τη θέση του τρένου μετά από 1 min;



Θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο (χρονική στιγμή ($t_\alpha=0$ s) όταν και τα δυο τρένα διέρχονται από το 40ο χιλιόμετρο (τα τρένα έχουν την ίδια θέση). Ύστερα από 1 min (τη χρονική στιγμή ($t_\tau=1$ min) οι θέσεις τους είναι διαφορετικές.

Σε 1 min το τρένο διανύει 2 Km. Έτσι, αν κινείται προς την Κατερίνη, η μετατόπιση είναι θετική (+2 Km), και θα περάσει από το 42ο Km. Αν, αντίθετα, κινείται προς τη Θεσσαλονίκη, η μετατόπισή του είναι αρνητική (-2 Km) και θα περάσει από το 38ο Km. Για να προβλέψουμε τη θέση του τρένου μετά από 1 min, δεν αρκεί να γνωρίζουμε μόνο πόσο γρήγορα κινείται, δηλαδή το μέτρο της ταχύτητάς του (2 Km/min), αλλά και την κατεύθυνση της κίνησής του. Γι' αυτό το λόγο ορίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τη μέση διανυσματική ταχύτητα όχι με βάση το μήκος της διαδρομής που διανύει ένα κινητό, αλλά με βάση τη μετατόπισή του:

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

ή συμβολικά: $\vec{u} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ (2.2)

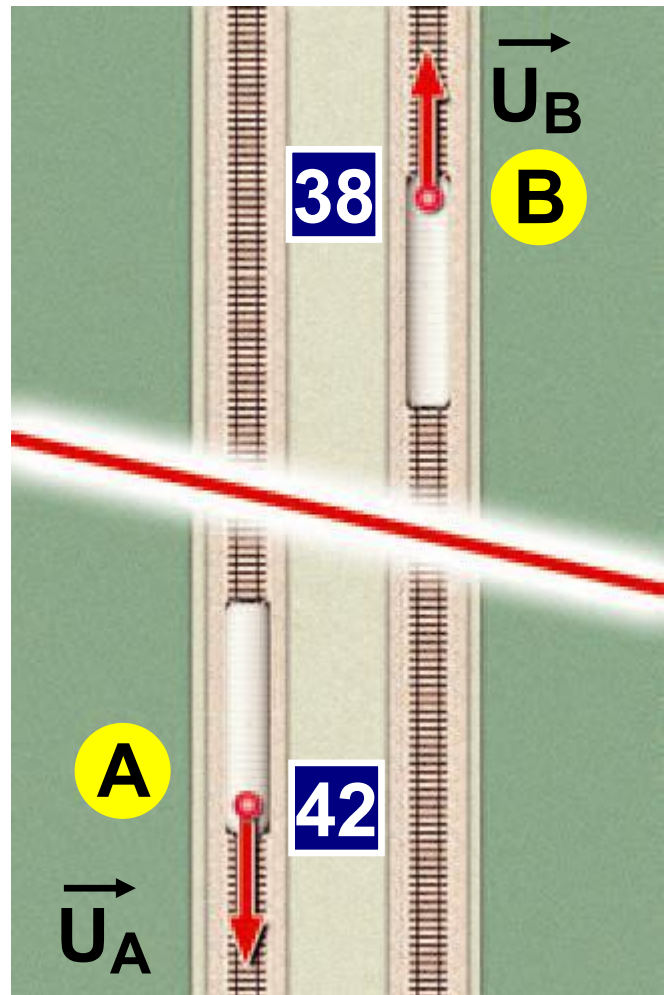
όπου $\Delta \vec{x} = \vec{x}_T - \vec{x}_\alpha$ με x_T την τελική θέση του κινητού και x_α την αρχική. $\Delta t = t_T - t_\alpha$ με t_T και t_α τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές. Η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της μετατόπισης.

Από τον ορισμό (σχέση 2.2) προκύπτει ότι οι μονάδες της μέσης διανυσματικής ταχύτητας είναι ίδιες με τις μονάδες της μέσης ταχύτητας.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.17, για να παραστήσουμε με συμβολικό τρόπο τη διανυσματική ταχύτητα ενός σώματος, μπορούμε να χρησιμοποιούμε ένα βέλος.

Στην ευθύγραμμη κίνηση η φορά της ταχύτητας προσδιορίζεται από το πρόσημό της.

Εικόνα 2.17.
Η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και παριστάνεται με ένα βέλος.



Στο παράδειγμά μας βέλη που κατευθύνονται προς την Κατερίνη δείχνουν θετικές ταχύτητες, ενώ βέλη που κατευθύνονται προς τη Θεσσαλονίκη δείχνουν αρνητικές ταχύτητες (εικόνα 2.17).

Ωστε, η μέση διανυσματική ταχύτητα του τρένου A είναι: $v_A = +2$ Km/min, ενώ του B: $v_B = -2$ Km/min.

Η διανυσματική ταχύτητα που έχει ένα κινούμενο σώμα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ονομάζεται **στιγμιαία ταχύτητα**. Με τη λέξη **στιγμιαία ταχύτητα** αναφερόμαστε σε δυο όρους, έναν από την καθημερινή ζωή και έναν από τη φυσική. Στην καθημερινή μας γλώσσα, με τη λέξη **στιγμιαία ταχύτητα** εννοούμε ό,τι δείχνει το ταχύμετρο. Στη γλώσσα της φυσικής, όμως, η **στιγμιαία ταχύτητα** είναι διανυσματικό μέγεθος και περιλαμβάνει τόσο το μέτρο της όσο και την κατεύθυνσή της.

Για παράδειγμα, το ταχύμετρο του αεροπλάνου που παριστάνεται στην εικόνα 2.18 δείχνει ότι κινείται με ταχύτητα 500 Km/h.

Εικόνα 2.18.

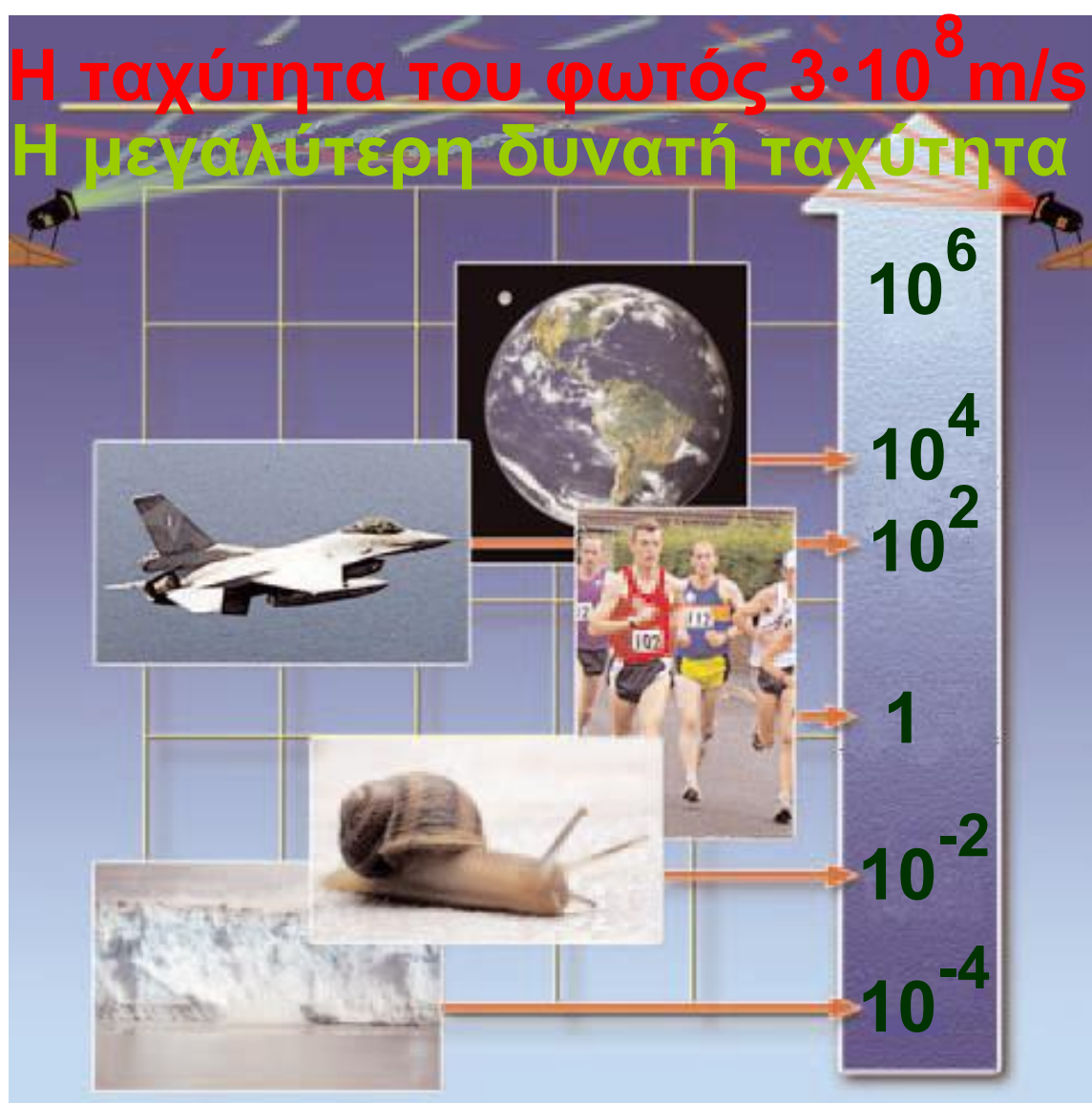
Η ταχύτητα του αεροπλάνου προσδιορίζεται από το ταχύμετρο και την πυξίδα του.



Γνωρίζοντας αυτή την πληροφορία είναι δυνατόν να καθορίσουμε τον προορισμό του αεροπλάνου; Όχι, διότι το αεροπλάνο μπορεί να κινείται προς οποιοδήποτε σημείο του ορίζοντα. Για τον καθορισμό της διανυσματικής ταχύτητας ενός αεροπλάνου, πλοίου ή αυτοκινήτου και γενικά ενός σώματος που κινείται, εκτός από το ταχύμετρο που μας δείχνει το μέτρο της, χρειαζόμαστε και μια πυξίδα, με τη βοήθεια

της οποίας μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατεύθυνσή της.

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



Η κλίμακα των ταχυτήτων στον κόσμο μας

Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το φως είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να κινηθεί κάθε άλλο σώμα στη φύση. Το φως διανύει περίπου 300.000 Km κάθε δευτερόλεπτο. Ένας παγετώνας, στον ίδιο χρόνο, μετατοπίζεται μόλις 0,1 mm. Το φως από τον ήλιο για να φθάσει στη γη χρειάζεται περίπου 8 min.



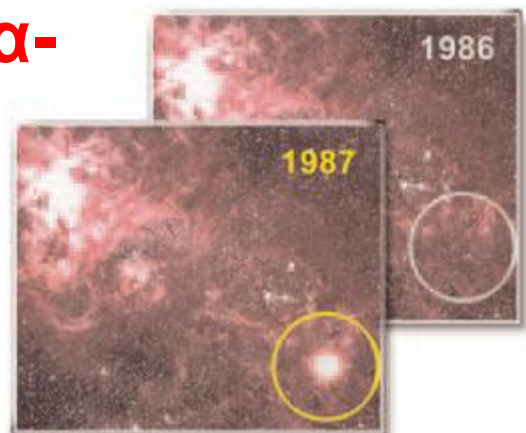
Υπολόγισε τη μέση απόσταση γης-ήλιου.

Τη νύχτα της 23ης Φεβρουαρίου του 1987 ο αστρονόμος Ίαν Σέλτον (Ian Shelton) φωτογράφησε με τη βοήθεια τηλεσκοπίου την έκρηξη ενός άστρου. Στη φωτογραφία φαίνεται η ίδια περιοχή του ουρανού πριν και μετά την έκρηξη. Αυτή

η έκρηξη είχε συμβεί 170.000 χρόνια περίπου¹ πριν από εκείνη τη νύχτα. Όλα αυτά τα χρόνια το φως ταξίδευε για να φθάσει σ' εμάς. Ταυτόχρονα ο άνθρωπος εξελισσόταν για να μπορεί να παγιδέψει αυτό το φως με τις συσκευές του! Αυτό το εκρηγνυόμενο άστρο το ονομάσαμε Supernova 1987A.

1.

Αναζήτησε φωτογραφίες από τα πιο μακρινά σημεία του σύμπαντος. Ταξινόμησε τις ανάλογα με την απόσταση από το γαλαξία μας. *Γιατί νομίζεις ότι αυτές οι φωτογραφίες μας δίνουν πληροφορίες για τη δημιουργία και την εξέλιξη του σύμπαντος*



Γατόπαρδος: Το πιο γρήγορο ζώο στον πλανήτη μας

Ο γατόπαρδος θεωρείται το πιο γρήγορο ζώο στη γη.



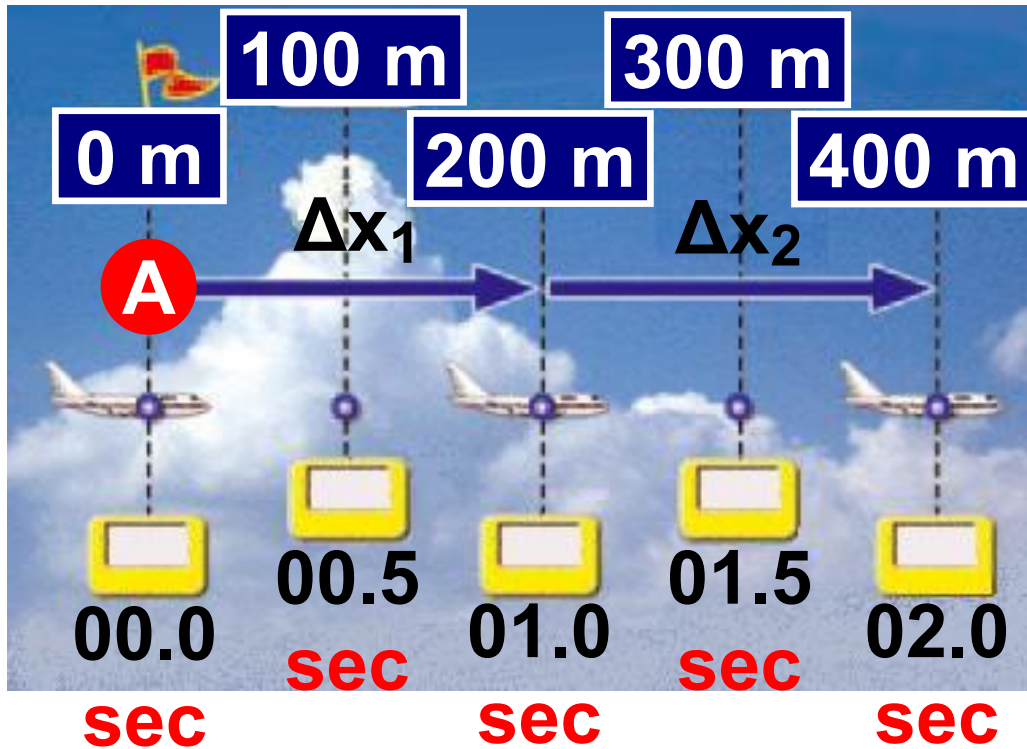
Αναπτύσσει ταχύτητα κοντά στα 105 Km/h, την οποία δεν μπορεί να διατηρήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι ιθαγενείς Καλαχάρι της Αφρικής κυνηγούν το γατόπαρδο και μπορούν να τον πιάσουν. Πώς γίνεται αυτό; Οι κάτοικοι της ερήμου έχουν συνειδητοποιήσει ότι ένας άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να κινείται με σταθερή ταχύτητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι ο γατόπαρδος. Έτσι, κατάδιώκουν το γατόπαρδο τρέχοντας με μια ταχύτητα την οποία μπορούν να διατηρήσουν σχεδόν σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα,

ο γατόπαρδος διατηρεί τη μεγάλη ταχύτητα του για μικρό χρονικό διάστημα. Έτσι, λοιπόν, όταν κουράζεται, ελαττώνει την ταχύτητά του και οι Καλαχάρι μπορούν να τον πιάσουν.

2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα

Ας μελετήσουμε την κίνηση ενός αεροπλάνου το οποίο πετάει σε σταθερό ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Θεωρούμε ως σημείο αναφοράς τη θέση A (εικόνα 2.19) στην οποία το αεροπλάνο απέκτησε το σταθερό ύψος πτήσης. Τη χρονική στιγμή που το αεροπλάνο βρίσκεται στο σημείο αναφοράς, θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο μας (αρχή των χρόνων). Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις θέσεις του αεροπλάνου τις διάφορες χρονικές στιγμές. Στην εικόνα

2.19 αναγράφονται οι θέσεις και οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές.



Χρόνος σε δευτερόλεπτα (s)

Εικόνα 2.19.

Σε ίσους χρόνους οι μετατοπίσεις του αεροπλάνου είναι ίσες.

Προσδιορίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου για κάθε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου.

Από 0 s - 1 s η μέση ταχύτητα είναι:

$$u_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{+200\text{m} - 0\text{m}}{(1\text{ s} - 0\text{ s})} = +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Από 1 s - 1 s είναι:

$$u_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t} = \frac{+400\text{m} - (+200\text{m})}{(2\text{ s} - 1\text{ s})} =$$
$$= +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Διαπιστώνουμε ότι είναι ίδια και ίση με +200 m/s.

Αν υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, για παράδειγμα 1,5 ή 2 δευτερολέπτων, προκύπτει πάλι η ίδια τιμή για τη μέση ταχύτητα: +200 m/s.

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

Σταθερή ταχύτητα σημαίνει ταχύτητα σταθερού μέτρου, δηλαδή στο παράδειγμά μας, το ταχύμετρο του αεροπλάνου θα δείχνει κάθε χρονική στιγμή 200 m/s, και σταθερής κατεύθυνσης. Σ' αυτή την περίπτωση, επομένως, η κίνηση γίνεται σε ευθεία γραμμή και προς σταθερή κατεύθυνση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.

Χρόνος σε sec	Ταχύτητα σε m/s
0	+200
0,5	+200
1	+200
1,5	+200
2	+200

Με βάση τις τιμές της εικόνας 2.19 και τη σχέση 2.2, υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου για διάφορα χρονικά διαστήματα.

Μια κίνηση στην οποία η ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με τη χρήση μαθηματικών συμβόλων γράφουμε: $\vec{u} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \text{σταθερή} \quad (2.3)$

Δραστηριότητα

Η ευθύγραμμη κίνηση μιας φουσαλίδας

► Γέμισε σχεδόν πλήρως ένα γυάλινο σωλήνα μήκους 30 cm με χρωματισμένο νερό και κλείσε καλά τις δυο άκρες του με πλαστελίνη (βλέπε φωτογραφία). Μέσα στο σωλήνα έχει σχηματιστεί μια φουσαλίδα. Σημείωσε μια κλίμακα μήκους στο σωλήνα. Οι διαδοχικές χαραγές της κλίμακας να απέχουν μεταξύ τους τέσσερα εκατοστά.



► Τοποθέτησε το σωλήνα με μικρή κλίση πάνω στο θρανίο.



► Παρατήρησε την κίνηση της φυσαλίδας και μέτρησε με το ρολόι σου τις χρονικές στιγμές στις οποίες η φυσαλίδα περνάει από κάθε χαραγή.

► Ξεκίνησε τις μετρήσεις σου τη στιγμή που η φυσαλίδα διέρχεται από τη δεύτερη χαραγή.

► Συμπλήρωσε τον πίνακα:

► Υπολόγισε τη μέση ταχύτητα με την οποία κινείται η φυσαλίδα μεταξύ 2ης και 3ης, 3ης και 4ης, 4ης και 5ης χαραγής.

Θέση (cm)	Χρόνος

► Τι συμπεραίνεις για το είδος της κίνησης της φυσαλίδας;

Εξισώσεις της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης

Όταν μελετάμε την κίνηση ενός σώματος, θέλουμε να γνωρίζουμε τη θέση και την ταχύτητα του κάθε χρονική στιγμή. Οι εξισώσεις 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. Ταχύτητα και χρόνος

Είδαμε ότι στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η ταχύτητα διατηρείται σταθερή επομένως ισχύει:

$$v = \text{σταθερή}$$

Με βάση τις τιμές του πίνακα 2.2 σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο. Βλέπουμε ότι το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου. Αυτό συμβαίνει σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

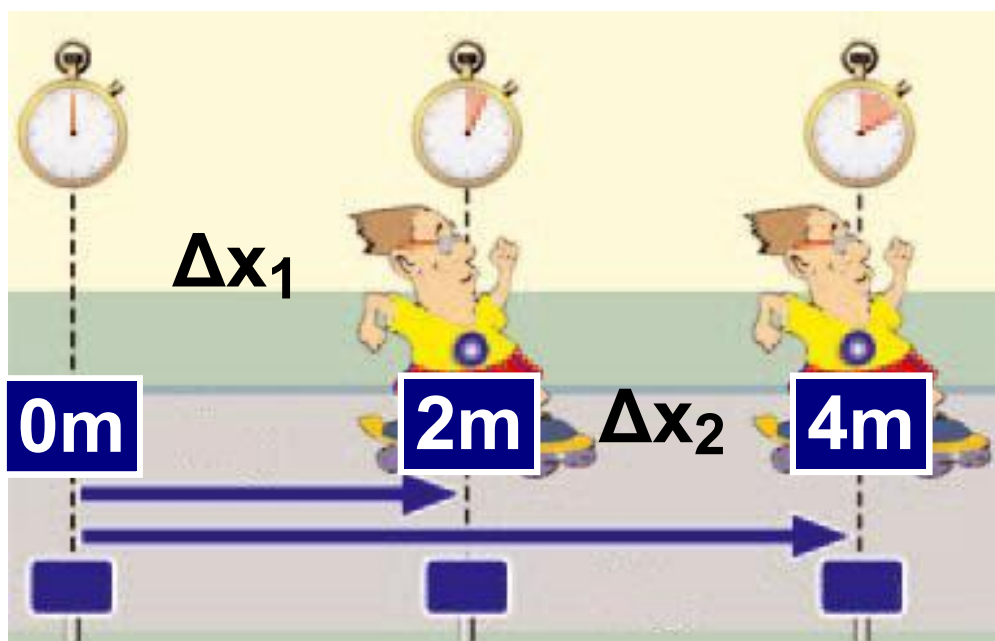
B. Μετατόπιση, θέση και χρόνος

Μάθαμε από τον ορισμό της ταχύτητας ότι:

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{άρα } \Delta x = u \cdot \Delta t \quad (2.4)$$

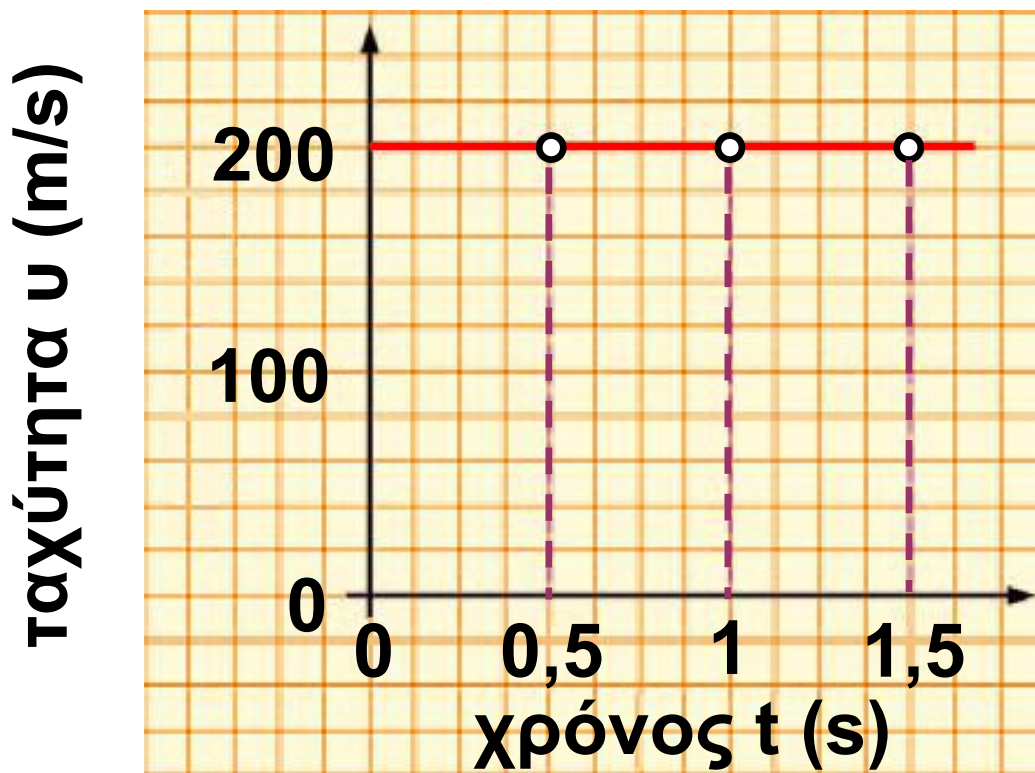
Αν $u = \text{σταθερό}$, προκύπτει ότι σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση οι μετατοπίσεις είναι ανάλογες με τα χρονικά διαστήματα μέσα στα οποία πραγματοποιούνται (εικόνα 2.20). Πράγματι και στο παράδειγμα

της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης του αεροπλάνου της εικόνας 2.19, παρουσιάζεται μετατόπιση 200 m σε ένα δευτερόλεπτο, 400 m (διπλάσια) σε δυο δευτερόλεπτα, 600 m (τριπλάσια) σε τρία δευτερόλεπτα κτλ.



Εικόνα 2.20.

Σε διπλάσιο χρονικό διάστημα η μετατόπιση του Τοτού είναι διπλάσια. Ο Τοτός κινείται με σταθερή ταχύτητα. Η κίνησή του είναι ευθύγραμμη ομαλή.



Εικόνα 2.21.

Το διάγραμμα της ταχύτητας του αεροπλάνου με το χρόνο στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

Πόση είναι η μετατόπιση του αεροπλάνου κατά το χρονικό διάστημα των πρώτων 0,5 s;

$$\Delta x = x - x_0 = +100 \text{ m} - 0 \text{ m} = +100 \text{ m}$$

Όμοια για τα πρώτα 1,5 s

$$\Delta x = x - x_0 = +300 \text{ m} - 0 \text{ m} = +300 \text{ m}$$

Παρατηρούμε ότι η μετατόπιση από το $x_0=0$ m ταυτίζεται με τη θέση:

$$\Delta x = x$$

Επίσης παρατηρούμε ότι το χρονικό διάστημα κίνησης Δt από τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$ s ταυτίζεται με τη χρονική στιγμή t :

$$\Delta t = t$$

Με βάση τα παραπάνω, η σχέση (2.4) παίρνει τη μορφή:

$$x = u \cdot t \quad (2.5)$$

όπου x είναι η θέση που βρίσκεται το αεροπλάνο τη χρονική στιγμή t .

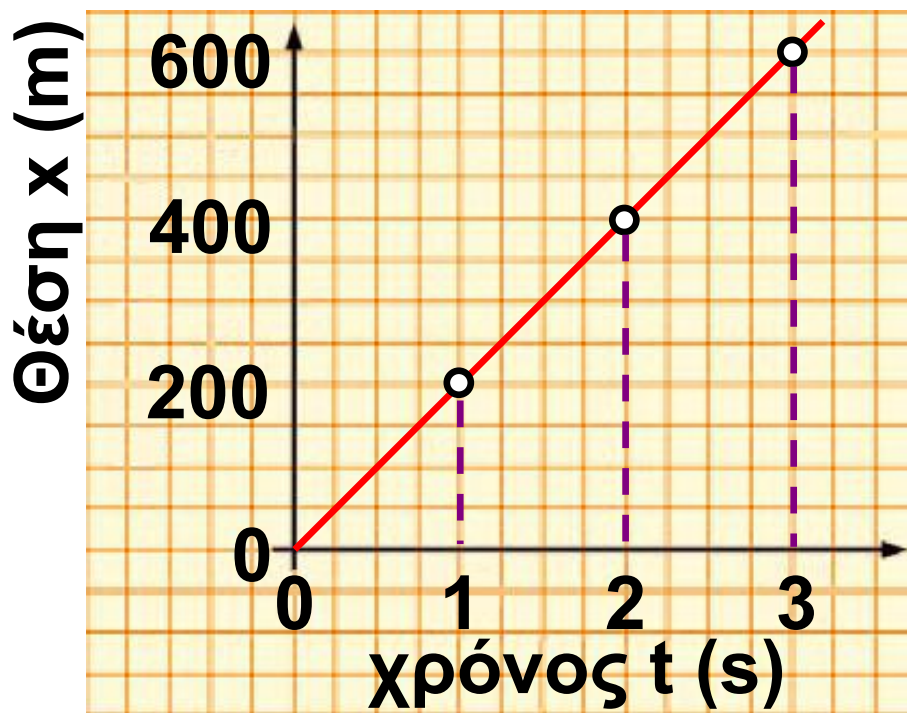
Από τις τιμές του πίνακα 2.3 μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο. Προσδιορίζουμε τα σημεία που αντιστοιχούν στα ζεύγη τιμών χρόνου-θέσης. Παρατηρούμε ότι βρίσκονται πάνω σε μια ευθεία γραμμή (εικόνα 2.22).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.

Χρόνος/χρονική στιγμή (t) σε s	Θέση (x) σε m
0	0
1	200
2	400
3	600
4	800
5	1000

Με βάση τη σχέση (2.5) μπορούμε να υπολογίσουμε τη θέση του αεροπλάνου κάθε χρονική στιγμή.

Γενικά, σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι ευθεία γραμμή.



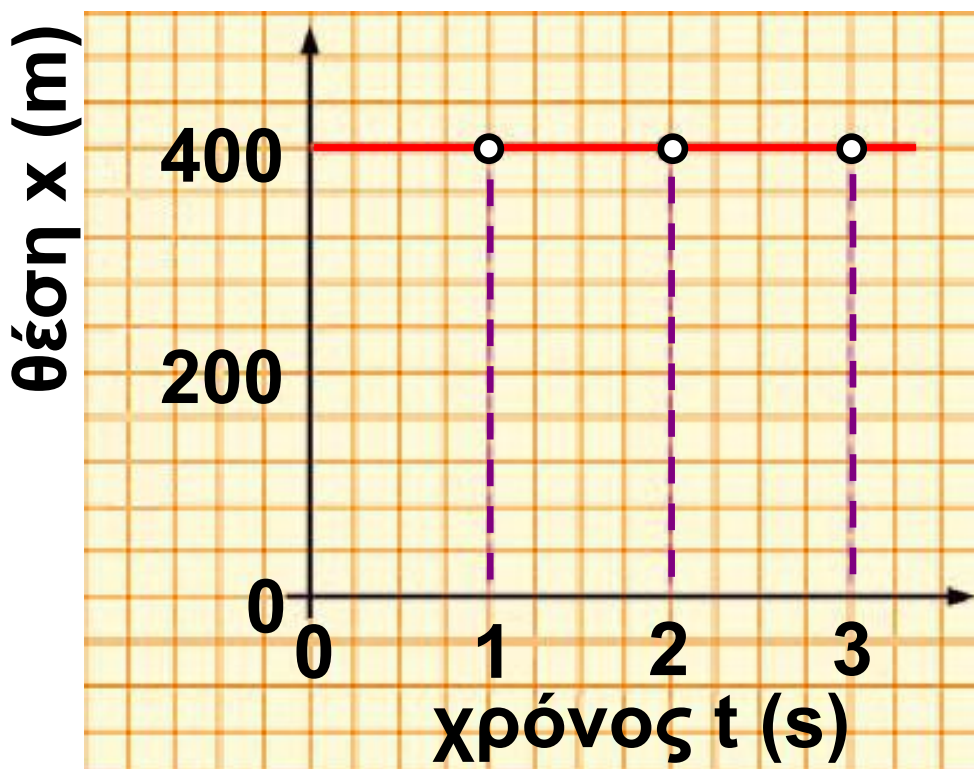
Εικόνα 2.22.

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

Σώμα σε ηρεμία

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

του είναι σταθερή, οπότε το διάγραμμα θέσης-χρόνου είναι ευθεία γραμμή παράλληλη με τον άξονα των χρόνων (εικόνα 2.23).



Εικόνα 2.23.

Διάγραμμα θέσης-χρόνου για σώμα που παραμένει ακίνητο σε απόσταση 400 m από την αφετηρία.

Η κίνηση της μπάλας

- ▶ Πήγαινε με τους συμμαθητές σου σ' ένα χώρο με επίπεδο δάπεδο. Σημειώστε: μια αφετηρία και τρία σημεία πάνω στη ίδια ευθεία που απέχουν 10, 20, 30 μέτρα από αυτή.
- ▶ Σχηματίστε τρεις ομάδες. Οι ομάδες θέτουν σε λειτουργία τα χρονόμετρά τους τη στιγμή που κάποιος ρίχνει μια μπάλα από την αφετηρία έτσι ώστε να περάσει και από τα τρία σημεία, πάνω στο δάπεδο. Κάθε ομάδα σταματά το χρονόμετρο της όταν η μπάλα περνάει αντίστοιχα από τα σημεία των 10, 20 και 30 μέτρων.
- ▶ Συμπλήρωσε το σχετικό πίνακα και υπολόγισε τη μέση ταχύτητα της μπάλας για κάθε μετατόπιση.

Θέση σε m	Χρόνος σε sec
10	
20	
30	

► Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη μέση ταχύτητα της μπάλας κατά τα πρώτα 10 μέτρα της κίνησής της, για να προβλέψεις σε πόσο χρόνο θα διανύσει 40 μέτρα; Εξήγησε.

Παράδειγμα 2.1

Ένα αυτοκίνητο αναπτύσσει σε ένα ευθύγραμμο τμήμα της Εγνατίας οδού μεταξύ Κοζάνης-Βέροιας σταθερή ταχύτητα 100 Km/h. Αν η ευθύγραμμη κίνηση με σταθερή ταχύτητα διαρκεί $\frac{3}{4}$ της ώρας, πόση είναι η αντίστοιχη μετατόπιση του αυτοκινήτου;

Δεδομένα

Ζητούμενα

Βασική
εξίσωση

$$u = 100 \text{ Km/h}$$

ή

$$u = 27,8 \text{ m/s}$$

Δx

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

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

Λύση

Βήμα 1: Εύρεση του είδους της κίνησης του αυτοκινήτου:
ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

Βήμα 2: Εφαρμογή της εξίσωσης για τη μετατόπιση

Βήμα 3: Αριθμητική αντικατάσταση

$$\Delta x = 100 \text{ Km/h} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 75 \text{ Km} \text{ ή}$$

$$\Delta x = 75.000 \text{ m.}$$

Περιεχόμενα 1ου τόμου

Πρόλογος 6

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

- 1.1. Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους..... 13
- 1.2. Η επιστημονική μέθοδος 26
- 1.3. Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους 36

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Κεφάλαιο 2. Κινήσεις

- ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ 76
- 2.1. Περιγραφή της κίνησης 80
- 2.2. Η έννοια της ταχύτητας..... 109
- 2.3. Κίνηση με σταθερή ταχύτητα..... 130

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7, του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α΄).



***Απαγορεύεται η αναπαραγωγή
οποιοδήποτε τμήματος αυτού του
βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα
(copyright), ή η χρήση του σε
οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή
άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.***

