

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

1ος τόμος

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ / Ενέργεια 2.2.1 / Κατηγορία
Πράξεων 2.2.1.α: «Αναμόρφωση των προγραμμάτων
σπουδών και συγγραφή νέων εκπαιδευτικών πακέτων»**

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δημήτριος Βλάχος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ

Πρόεδρος του Παιδαγωγικού 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 Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου

Γεώργιος Κ. Παληός

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

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

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

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

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

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

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

Θεόφιλος Χατζητσομπάνης, Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπ/κός

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 Εκδοτική &
Εκτυπωτική Εταιρεία

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ

ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ

Ομάδα Εργασίας

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

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

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 μαθήτριά, 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 πανεπιστήμιου 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

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους

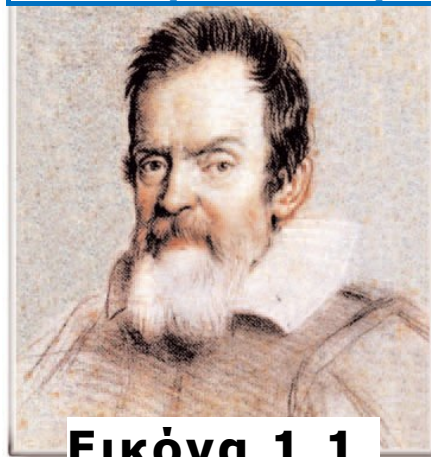
Όλα γύρω μας μεταβάλλονται: το χιόνι λιώνει, τα πετρώματα διαβρώνονται, τα λουλούδια ανθίζουν, οι άνθρωποι αναπτύσσονται, τα αυτοκίνητα κινούνται. Μεταβολές όπως αυτές ονομάζονται **φαινόμενα**. Με την έρευνα και τη μελέτη των μεταβολών που συμβαίνουν στη φύση ασχολούνται οι **φυσικές επιστήμες**: Η 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 ΠΕΙ
ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ

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».

**Εικόνα 1.1.**

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 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).



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.

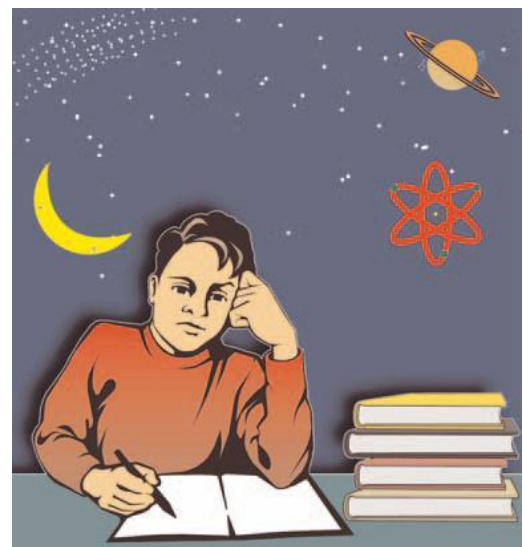
Οι φυσικοί αναζητούν ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων που συμβαίνουν στο σύμπαν, προσπαθούν να τα ερμηνεύσουν και πραγματοποιούν πειράματα με τα οποία ελέγχουν αν οι προτεινόμενες ερμηνείες είναι σωστές. Στόχος τους είναι να ανακαλύψουν τους βαθύτερους νόμους που κυβερνούν το φυσικό κόσμο και να τους διατυπώσουν με τη μεγαλύτερη 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 «επεκτείνουμε» 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 γαλαξίες. 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 ΒΙΒΛΙΟ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΓΡΑΜΜΕΝΟ
ΣΤΗ ΓΛΩΣΣΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ
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 παραστάσεων. 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).

Φυσική και Τεχνολογία



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 εξέλιξή τους;

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.

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.

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.

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 άφησε στο εργαστήριό του μικρές μπαλίτσες, από διαφορετικά υλικά, να πέφτουν σε κεκλιμένο επίπεδο και μετρούσε το χρόνο πτώσης.



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; Αναπαράγοντας 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.

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 ουρανίων. Συγχρόνως επινοήθηκε τρόπος αφαίρεσης του αέρα και επιβεβαιώθηκε πειραματικά η σύγχρονη 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 υπόθεσης. Αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται με τη γενίκευση της υπόθεσης 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.

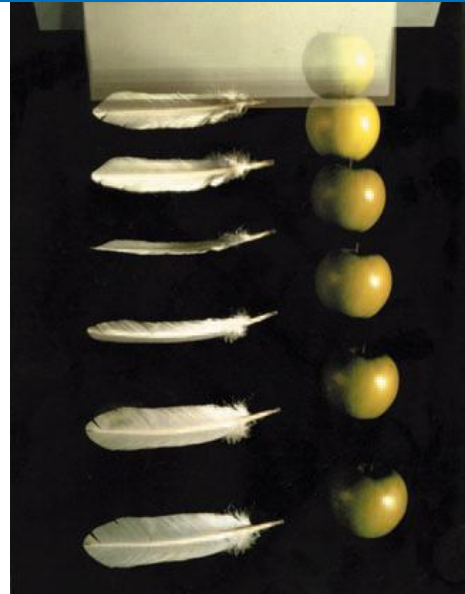
Τον 17ο αιώνα ο Ρόμπερτ Βούλ (Robert Boyle) κατάφερε να αφαιρέσει τον αέρα από ένα σωλήνα και πραγματοποίησε για πρώτη φορά το πείραμα πτώσης στο κενό ενός φτερού και ενός νομίσματος. Το κορίτσι της φωτογραφίας πραγματοποιεί ένα αντίστοιχο πείραμα.



Φυσική και Ιστορία

- 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**.

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.

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.

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



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

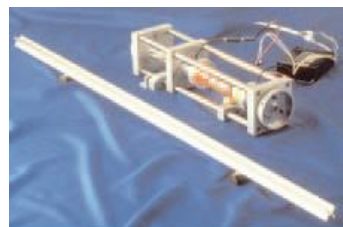
θεμελιωδών μεγεθών ορίζονται συμβατικά και ονομάζονται **θεμελιώδεις μονάδες**. Το μέτρο (m), το δευτερόλεπτο (s) και το χιλιόγραμμα (Kg) είναι θεμελιώδεις μονάδες στη Μηχανική.

Μέτρηση μήκους

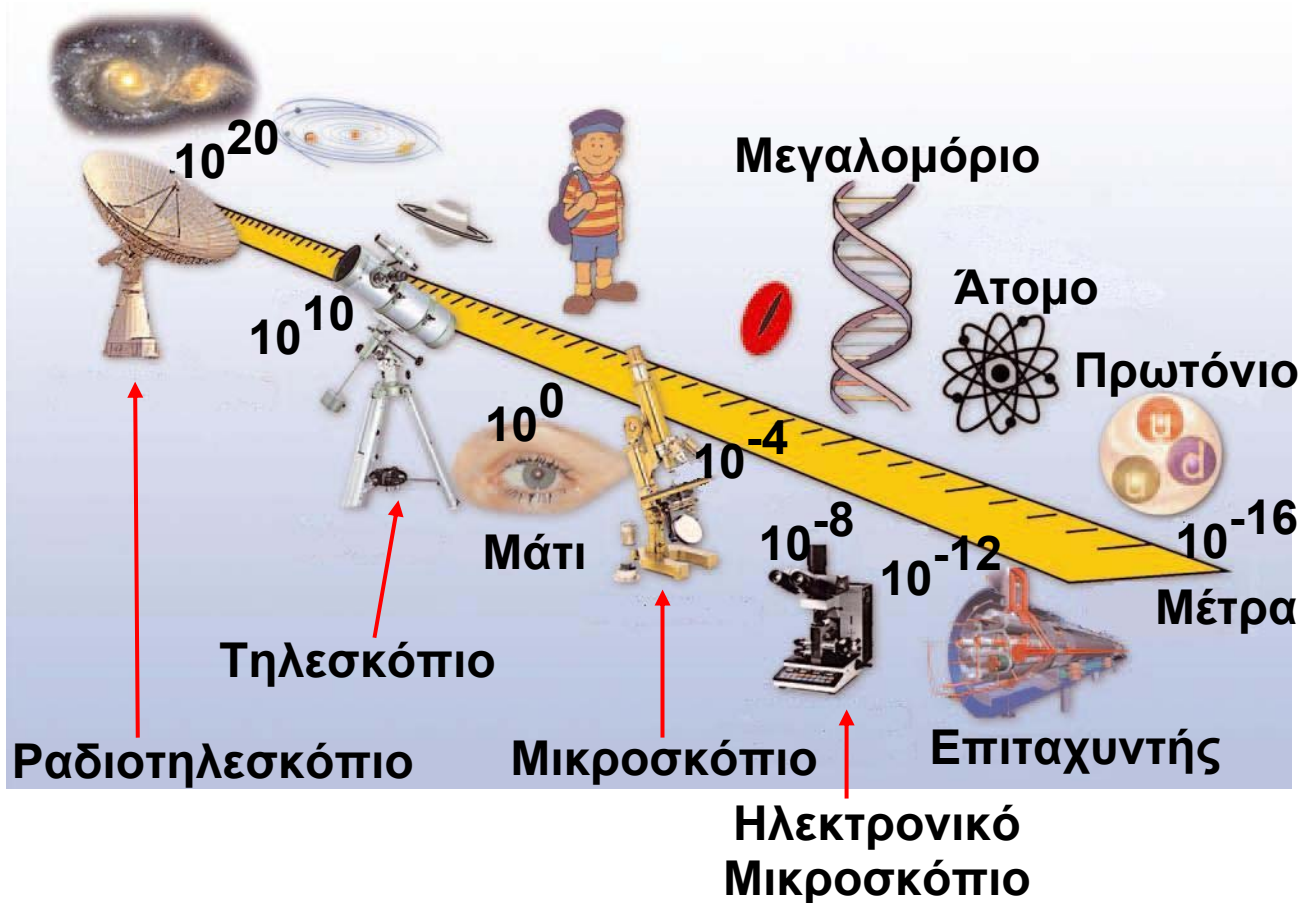
Η θεμελιώδης μονάδα μέτρησης του μήκους είναι το μέτρο (meter) (εικόνα 1.9). Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη μετρώ και παριστάνεται με το γράμμα m. Για τη μέτρηση μηκών μικρότερων του ενός μέτρου, χρησιμοποιούμε τα υποπολλαπλάσιά του: το εκατοστό (cm), το χιλιοστό (mm) κ.ά. Για τη μέτρηση 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 χαράξαμε πάνω σε αυτή δυο εγχοπές. Την απόσταση μεταξύ των δυο εγχοπών 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)

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	$2,0 \cdot 10^{-23}$

Θεμελιώδης μονάδα μάζας είναι το χιλιόγραμμο (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).

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	$4 \cdot 10^{-27}$



Εικόνα 1.11.

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



(α) Ζυγαριά ακριβείας - ζυγός ισορροπίας.



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

Εικόνα 1.12.

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 g, ενώ 1 cm^3 ξύλου έχει μάζα 0,7 g. Λέμε ότι η πυκνότητα του σιδήρου είναι 7,8 g ανά κυβικό εκατοστόμετρο, ενώ του ξύλου 0,7 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

$$\text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκο}} , \text{ ή με σύμβολα: } \rho = \frac{m}{V}$$

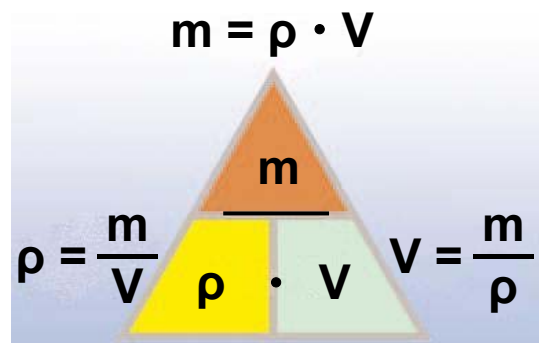
Η πυκνότητα εκφράζει τη μάζα του υλικού που περιέχεται σε μια μονάδα όγκου. Η πυκνότητα είναι χαρακτηριστικό του υλικού κάθε σώματος. Δεν χαρακτηρίζει, για παράδειγμα, μια σιδηροδοκό αλλά γενικά το σίδηρο. Έτσι, η πυκνότητα μιας σιδηροδοκού είναι ίδια με την πυκνότητα ενός πολύ μικρού κομματιού (ρινίσματος)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

$$\text{μονάδα πυκνότητας} = \frac{\text{μονάδα μάζας}}{\text{μονάδα όγκου}} = \frac{1 \text{ Kg.}}{1 \text{ m}^3}$$

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

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
Πάγος			920	0,92
	Πετρέλαιο		850	0,85
	Οινόπνευμα		800	0,80
Φελλός			240	0,24
		Αέρας	0,13	0,0013
		Άζωτο	0,03	0,0003

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 1.4.			
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)		
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	1 αμπέρ (1 A)		
Ένταση ακτινοβολίας	1 καντέλλα (cd)		
Ποσότητα ύλης	1 γραμμομόριο (mol)		

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 0,000 000 000 000 000 000 000 000 004 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	$1/10000000=10^{-6}$
Χιλιοστό (μili)	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 τον του. 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 .

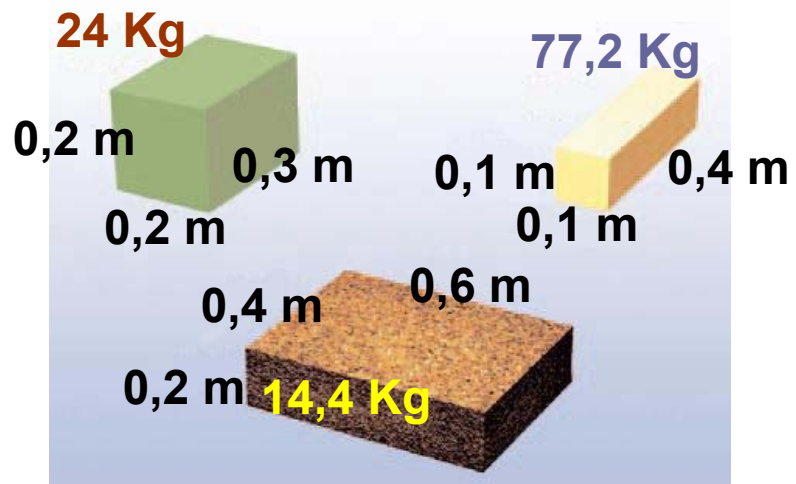
2. Ο εγκέφαλος σου χρειάζεται περίπου ένα πεντακοσιοστό του δευτερολέπτου για να αναγνωρίσει ένα οικείο αντικείμενο από τη στιγμή που φως που προέρχεται από αυτό φθάνει στο μάτι σου. Να εκφράσεις το παραπάνω χρονικό διάστημα σε μs και ms .

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

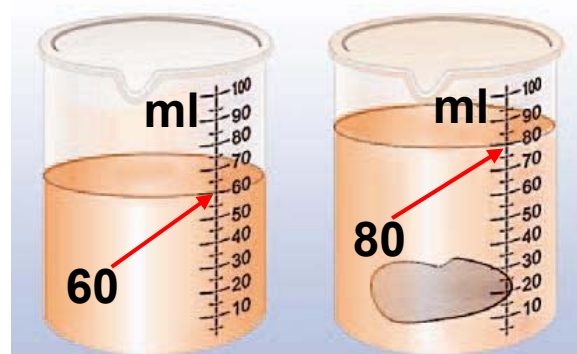
4. Υπολόγισε την πυκνότητα κάθε υλικού αντικειμένου που παριστάνεται στην παρακάτω εικόνα.



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 με-τρήσεις 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

Μέτρηση

Μάζα

Παρατήρηση

Θεωρία

Μήκος

Πυκνότητα

Υπόθεση

Φυσικό μέγεθος

Χρόνος

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

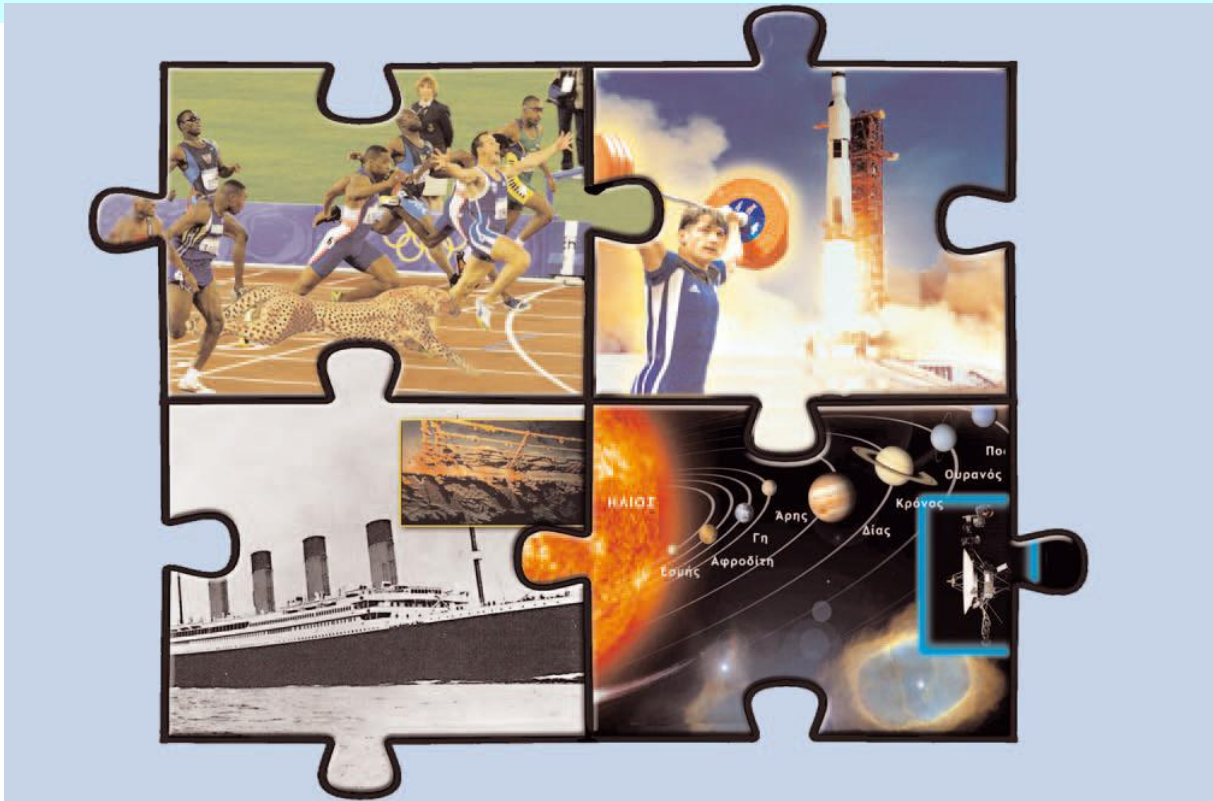
ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Κεφάλαιο 2 : ΚΙΝΗΣΗ

Κεφάλαιο 4 : ΠΙΕΣΗ

Κεφάλαιο 3 : ΔΥΝΑΜΗ

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.

ΚΙΝΗΣΕΙΣ

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. 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).

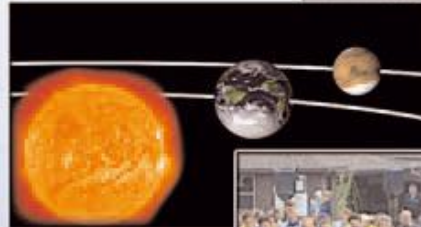
Εικόνα 2.1.

Η κίνηση είναι γενικό χαρακτηριστικό της ύλης.

οι γαλαξίες κινούνται

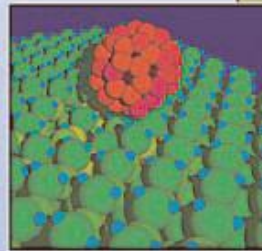


ο ήλιος κινείται



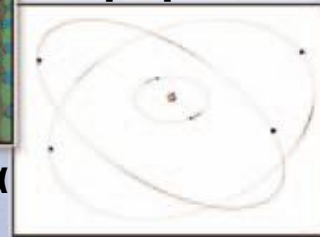
η γη κινείται

Οι αθλητές τρέχουν



τα μόρια, τα άτομα,

τα ηλεκτρόνια κινούνται



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 στηρίζομαστε στις κινήσεις των ηλεκτρονίων στο άτομο.

Φυσική και Ιστορία



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 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.

Φυσική και Τεχνολογία,
Αστρονομία και Χημεία

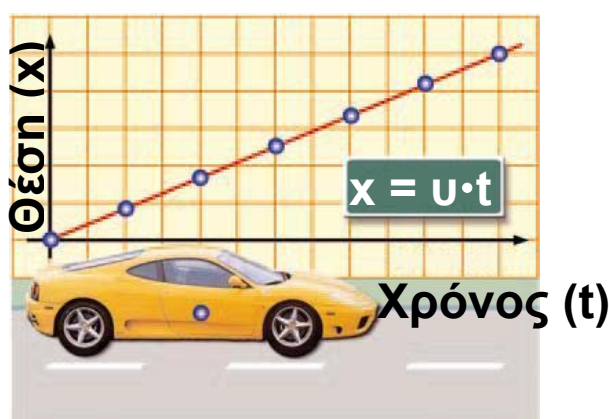
Εικόνα 2.3.
Διεθνής απόστολή στον Άρη (1996).

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 αποστολές και αφορούν τη σύσταση της ατμόσφαιρας του Άρη;



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.

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.

Θέση και χρονική στιγμή: πού και πότε

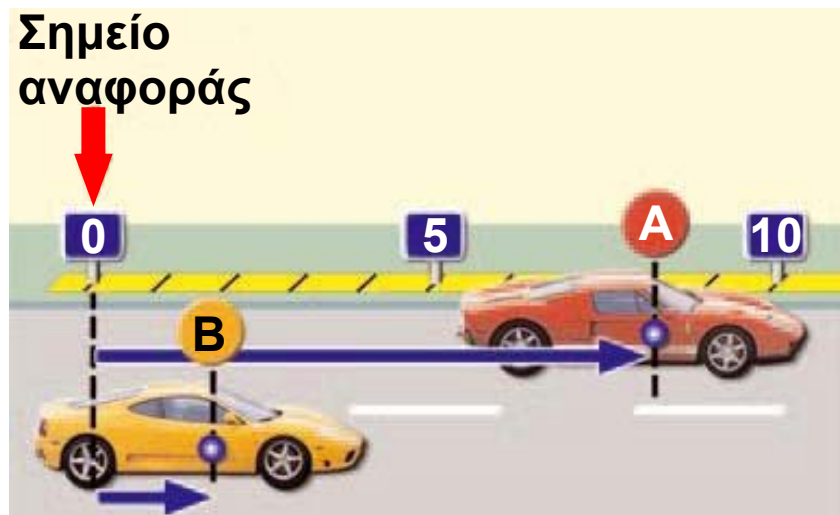
Για να περιγράψουμε την κίνηση ενός σώματος με ακρίβεια, πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να γνωρίζουμε πού βρίσκεται το σώμα. Για παράδειγμα, σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του αυτοκινήτου ή της γης ή του δορυφόρου των, οποίων την κίνηση μελετάμε.

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;

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.



Εικόνα 2.5.

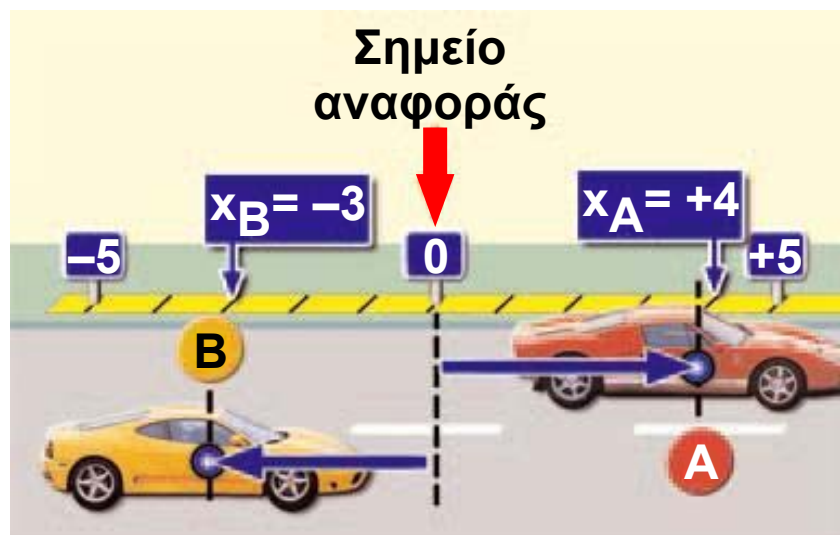
Τα αυτοκίνητα θεωρούνται υλικά σημεία. Η θέση τους καθορίζεται από τη θέση των αντίστοιχων κουκίδων.

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 $x_A = +4 \text{ m}$ και για το B $x_B = -3 \text{ m}$.

Εικόνα 2.6.

Η κατεύθυνση της θέσης καθορίζεται από τα αλγεβρικά πρόσημα.



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 οποιουδήποτε άλλου σώματος. Για παράδειγμα, στην εικόνα 2.6 αν διαλέξουμε ως σημείο αναφοράς το αυτοκίνητο B, τότε η θέση του A είναι $x_A = +7 \text{ m}$ και του B $x_B = 0 \text{ m}$.

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

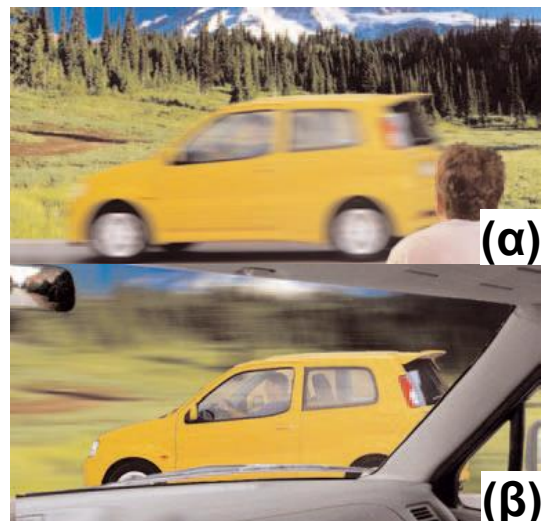
Φυσικά μεγέθη όπως ο χρόνος, τα οποία προσδιορίζονται μόνο από έναν αριθμό (το μέτρο τους), ονομάζονται μονόμετρα. Υπάρχουν και άλλα μονόμετρα μεγέθη όπως ο όγκος, η πυκνότητα και η θερμοκρασία. Αντίθετα, ο προσδιορισμός της θέσης, εκτός από το μέτρο, απαιτεί και την κατεύθυνση. Ένα τέτοιο μέγεθος ονομάζεται 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.

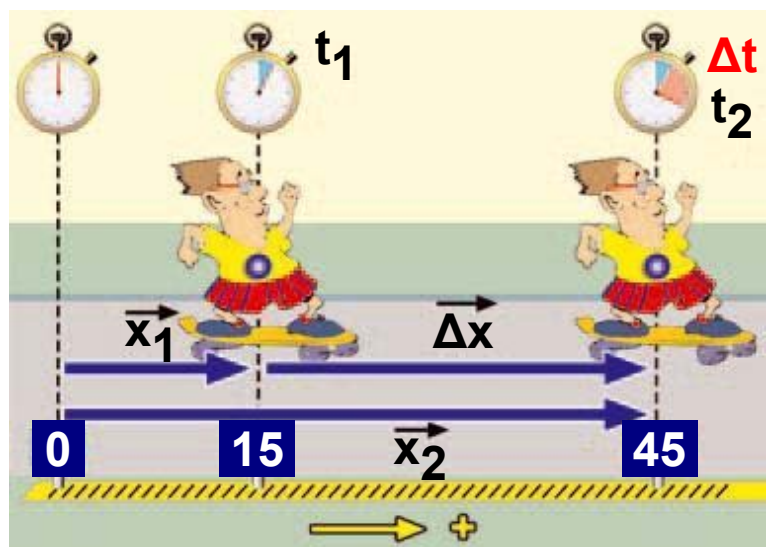
α) Τα δένδρα ως προς το νεαρό (σημείο αναφοράς) που βρίσκεται στο δρόμο, είναι ακίνητα.

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



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.



Εικόνα 2.8.

Τη χρονική στιγμή $t_1 = 5 \text{ s}$ ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_1 = +15 \text{ m}$. Τη χρονική στιγμή $t_2 = 20 \text{ s}$ ο Τοτός βρίσκεται στη θέση $x_2 = +45 \text{ m}$. 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: $\Delta t = t_2 - t_1 = 20 \text{ s} - 5 \text{ s} = 15 \text{ s}$.

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 Ο (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 $\vec{\Delta x}$ (γενικά με το γράμμα Δ συμβολίζουμε τη μεταβολή ενός μεγέθους) .

Επομένως:

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

Η μετατόπιση $\vec{\Delta x}$, 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 A είναι:

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

και του B:

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

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:

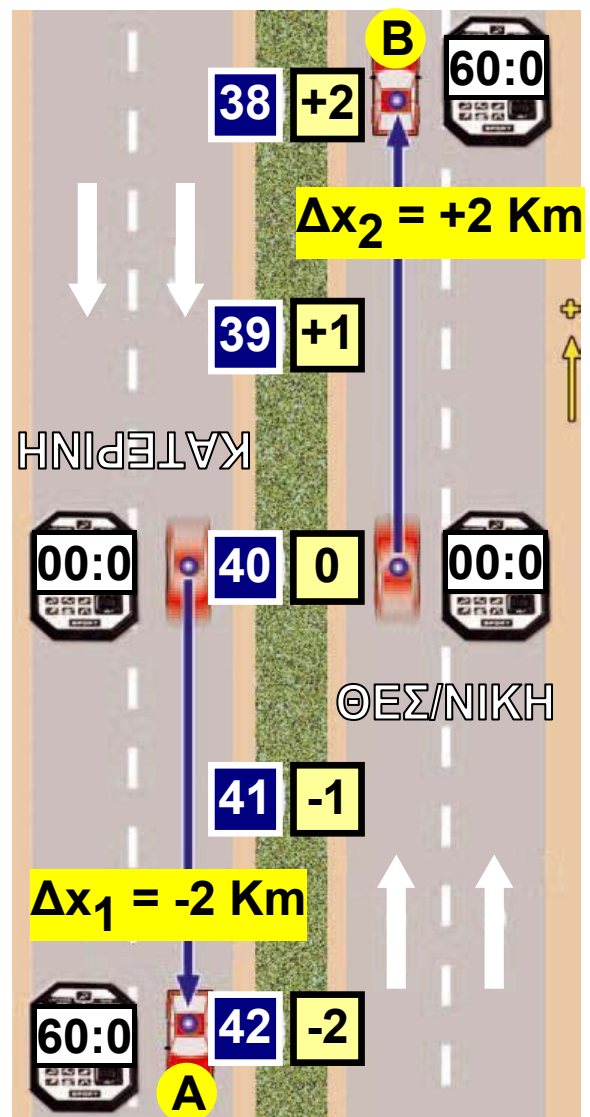
$$\Delta t = t_2 - t_1$$

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, Δx 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 $x'_1 = \dots\dots\dots \text{cm}$, από το B

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

▶ Υπολόγισε τη μετατόπιση της γόμας με σημείο αναφοράς το B:

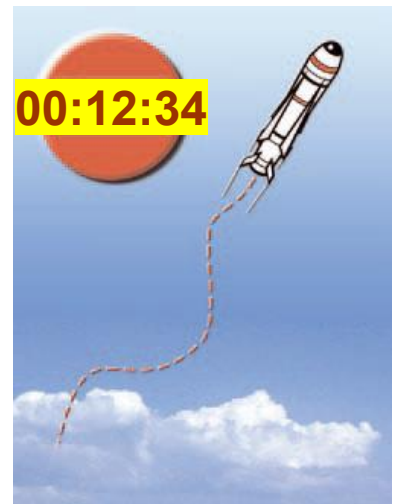
$\Delta x' = \dots\dots\dots \text{cm}$

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

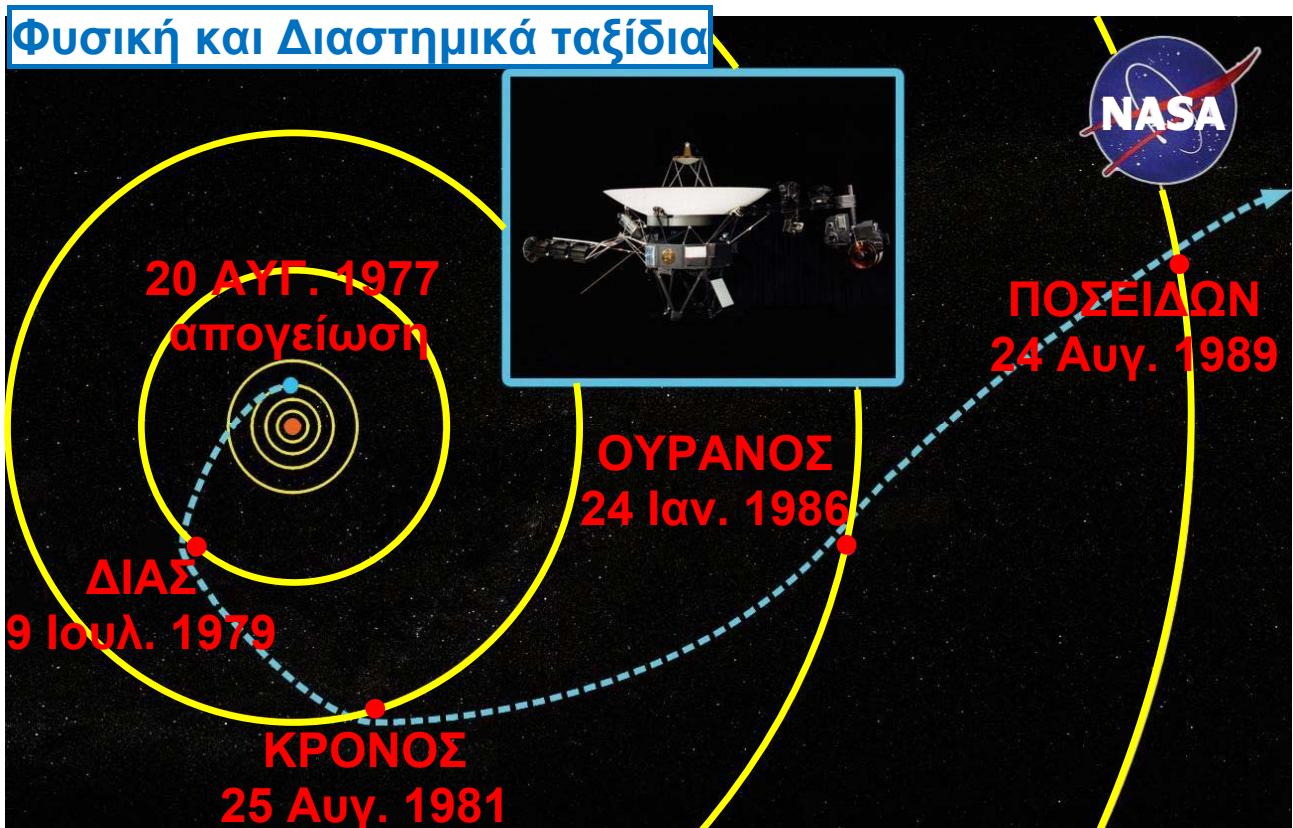
Η έννοια της τροχιάς

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.

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.

- 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 Α είναι ταχύτερος από κάποιον άλλον Β, όταν ο Α μπορεί να διανύσει την ίδια διαδρομή με τον Β (π.χ. 100 μέτρα) σε μικρότερο χρόνο (εικόνα 2.12). Επίσης, μεταξύ δυο οδηγών Α και Β 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.

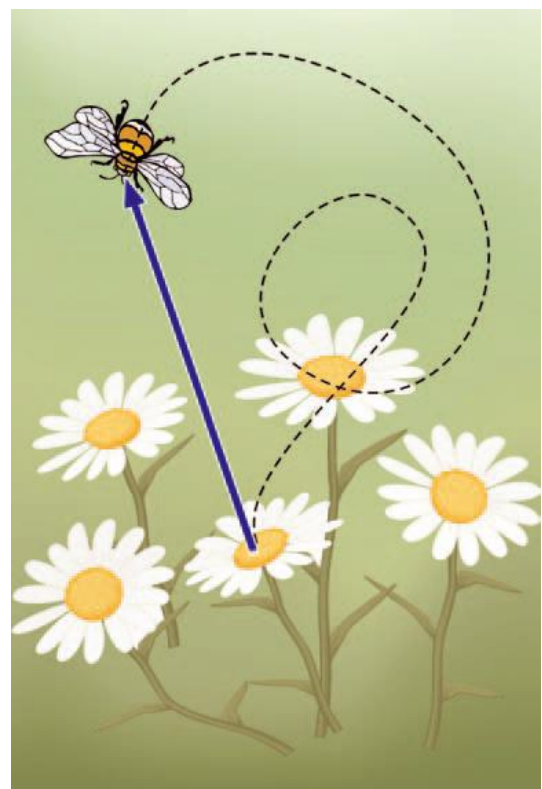


Μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα

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.

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

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

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 σύστημα 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.

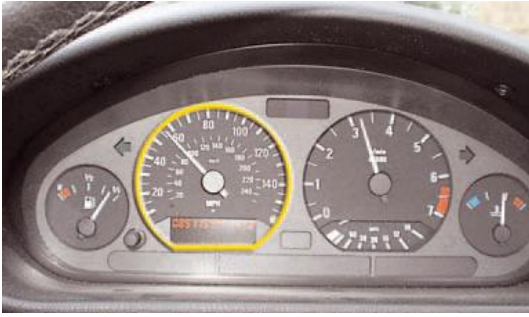
Δραστηριότητα

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 ορισμένη χρονική στιγμή λέγεται **στιγμιαία ταχύτητα**. Η μονάδα μέτρησης 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	$\frac{m}{s}$	$\frac{Km}{h}$
Περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη	1000	3.600 = 3,6 · 1.000
Ήχος στον αέρα	334	1.202,4 = 3,6 · 334
Σύνηθες επιβατικό αεροπλάνο	267	961,2 = 3,6 · 267
Γεράκι σε κατάδυση	37	133,2 = 3,6 · 37
Μέλισσα που πετά	5	18 = 3,6 · 5
Άνθρωπος που τρέχει	4	14,4 = 3,6 · 4

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

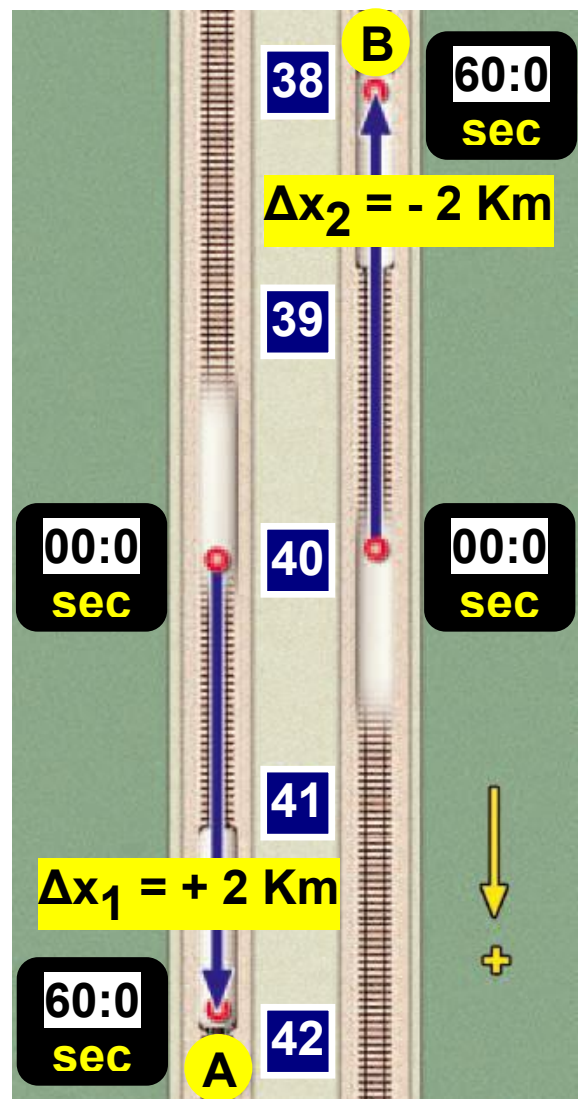
Διανυσματική περιγραφή της ταχύτητας (ή η έννοια της ταχύτητας στη φυσική)

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 $2 \frac{Km}{min}$ (εικόνα 2.16).

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

Εικόνα 2.16.

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

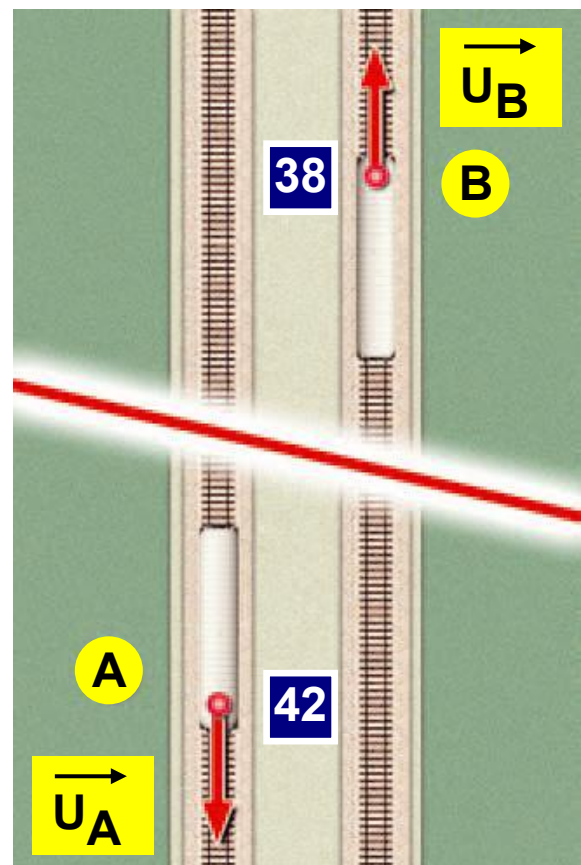
$$\text{διανυσματική μέση ταχύτητα} = \frac{\text{μετατόπιση}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

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

όπου $\vec{\Delta x} = \vec{x}_T - \vec{x}_\alpha$ με \vec{x}_T την τελική θέση του κινητού και \vec{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.



Εικόνα 2.17.

Η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και παριστάνεται με ένα βέλος.

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

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).

Ώστε, η μέση διανυσματική ταχύτητα του τρένου A είναι: $v_A = +2 \frac{\text{Km}}{\text{min}}$, ενώ του B: $v_B = -2 \frac{\text{Km}}{\text{min}}$.

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 $500 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$.



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,

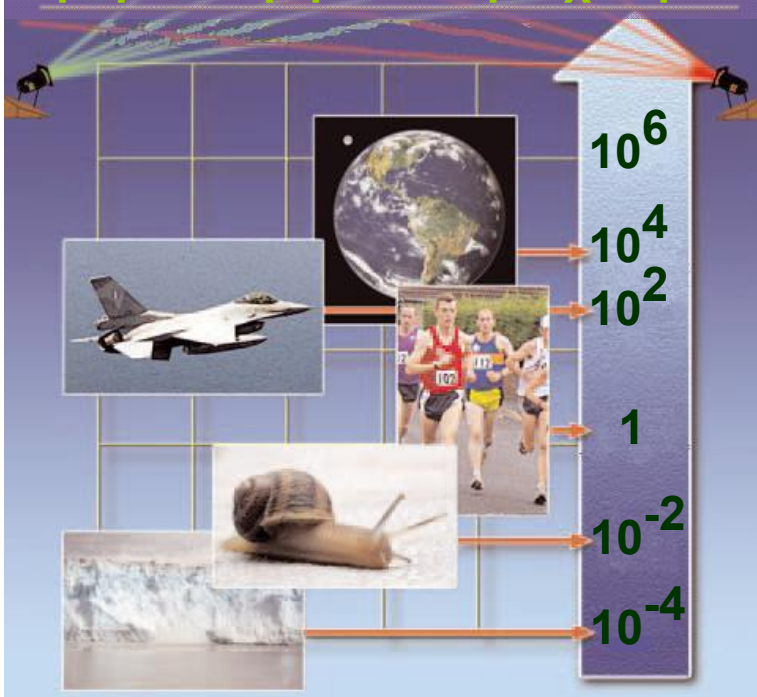
εκτός από το ταχύμετρο που μας δείχνει το μέτρο της, χρειαζόμαστε και μια πυξίδα, με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατεύθυνσή της.

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

Φυσική και Βιολογία, Αστρονομία και Τεχνολογία

Η ταχύτητα του φωτός $3 \cdot 10^8$ m/s

Η μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα

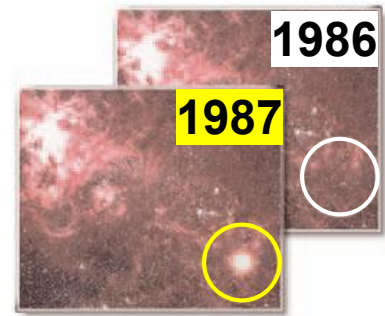


Η κλίμακα των ταχυτήτων στον κόσμο μας

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 περίπου** 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.

Αναζήτησε φωτογραφίες από τα πιο μακρινά σημεία του σύμπαντος. Ταξινόμησε τες 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;



Φυσική και Βιολογία

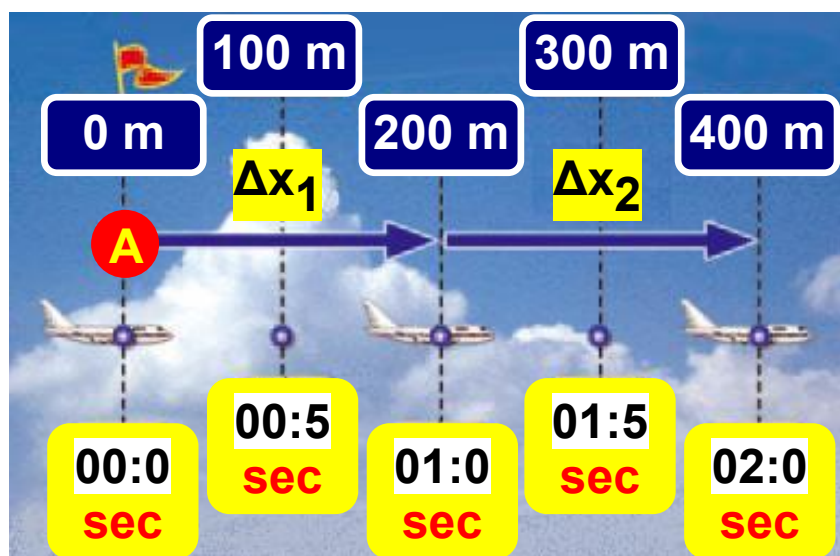
Γατόπαρδος: Το πιο γρήγορο ζώο στον πλανήτη μας

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, καταδιώκουν το γατόπαρδο τρέχοντας με μια ταχύτητα την οποία μπορούν να διατηρήσουν σχεδόν σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα 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.



Εικόνα 2.19.
Σε ίσους χρόνους
οι μετατοπίσεις του
αεροπλάνου είναι
ίσες.

Χρόνος σε δευτερόλεπτα (s)

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

Από 0 s - 1 s η μέση ταχύτητα είναι:

$$v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{+200\text{m} - 0\text{m}}{(1\text{ s} - 0\text{ s})} = +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Από 1 s - 2 s είναι:

$$v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t} = \frac{+400\text{m} - (+200\text{m})}{(2\text{ s} - 1\text{ s})} = +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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{v}_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

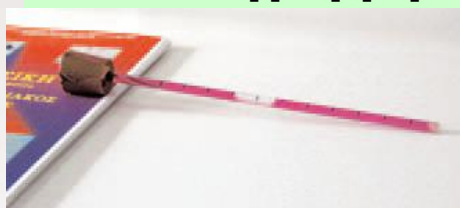
Με βάση τις τιμές της εικόνας 2.19 και τη σχέση 2.2, υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου για διάφορα χρονικά διαστήματα.

Μια κίνηση στην οποία η ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με τη χρήση μαθηματικών συμβόλων

ή συμβολικά: $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$ σταθερή (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 φουσαλίδας και μέτρησε με το ρολόι σου τις χρονικές στιγμές στις οποίες η φουσαλίδα περνάει από κάθε χαραγή.

▶ Ξεκίνησε τις μετρήσεις σου τη στιγμή που η φουσαλίδα διέρχεται από τη δεύτερη χαραγή.

▶ Συμπλήρωσε τον πίνακα:

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

▶ Τι συμπεραίνεις για το είδος της κίνησης της φουσαλίδας;

Θέση (cm)	Χρόνος

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:

$$u = \text{σταθερή}$$

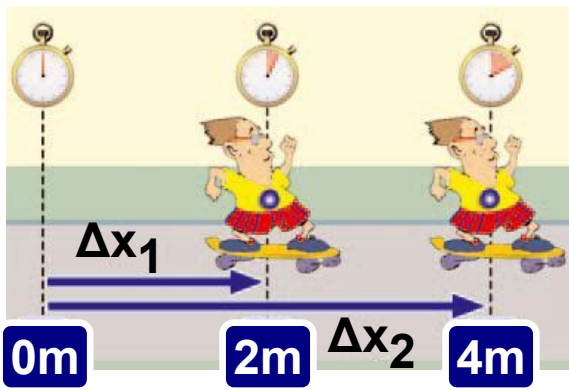
Με βάση τις τιμές του πίνακα 2.2 σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο. Βλέπουμε ότι το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μια ευθεία γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του χρόνου. Αυτό συμβαίνει σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

B. Μετατόπιση, θέση και χρόνος

Μάθαμε από τον ορισμό της ταχύτητας ότι:

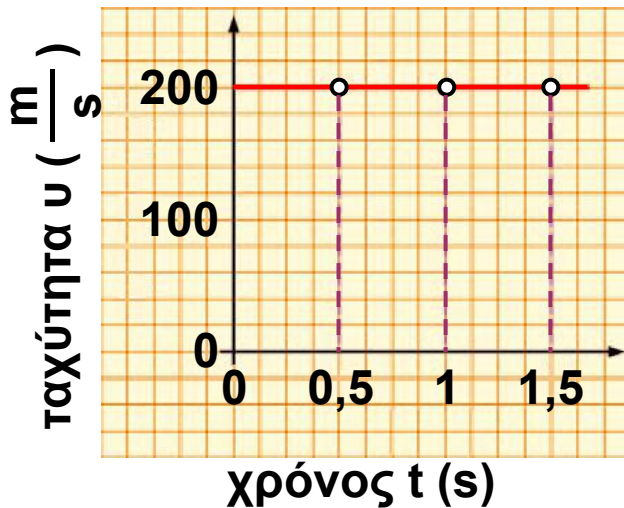
$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{άρα } \Delta x = u \cdot \Delta t \quad (2.4)$$

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 $x_0 = 0 \text{ m}$ ταυτίζεται με τη θέση:

$$\Delta x = x$$

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

$$\Delta t = t$$

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

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

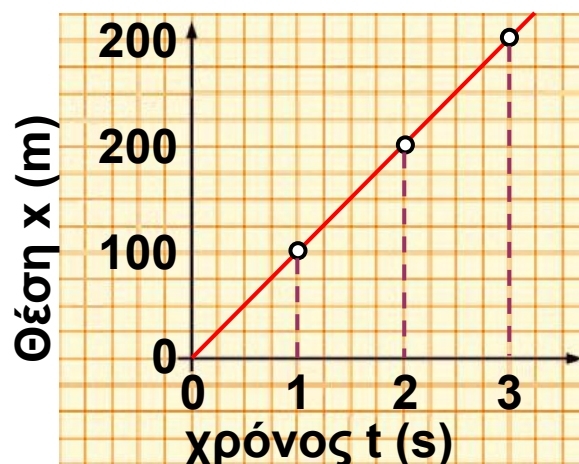
όπου x είναι η θέση που βρίσκεται το αεροπλάνο τη χρονική στιγμή t .

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.

Εικόνα 2.22.

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



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).

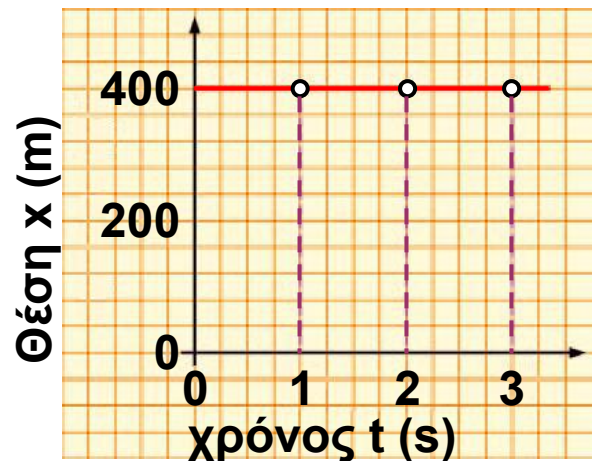
Γενικά, σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι ευθεία γραμμή.

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.



Δραστηριότητα

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

► 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

$$u = 100 \text{ Km/h}$$
$$\text{ή } u = 27,8 \text{ m/s}$$

$$\Delta x$$

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

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

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

$$\Delta x = 100 \text{ Km/h} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 75 \text{ Km} \text{ ή } \Delta x = 75.000 \text{ m.}$$

2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα



Εικόνα 2.24.

Τη στιγμή $t = 0$ s το αεροπλάνο αρχίζει να κινείται. Η ταχύτητά του είναι 0 m/s. Τη στιγμή $t = 15$ s η ταχύτητά του είναι 60 m/s.

Ένα αεροπλάνο βρίσκεται ακίνητο στην αρχή του διαδρόμου. Έχει μηδενική ταχύτητα. Όταν ο πιλότος παίρνει την εντολή απογείωσης από τον πύργο ελέγχου, θέτει σε λειτουργία τα όργανα του αεροσκάφους (εικόνα 2.24).

Στον πίνακα 2.4 καταγράφονται οι τιμές της ταχύτητας του αεροπλάνου σε διάφορες χρονικές στιγμές. Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα μεταβάλλεται.

Χρόνος t σε sec	Ταχύτητα u σε m/s
0	0
1	+4
2	+8
3	+12
4	+16
5	+20

Στην παραπάνω περίπτωση κίνησης το αεροπλάνο κινείται ευθύγραμμα και επομένως έχουμε μεταβολή μόνο στο μέτρο της ταχύτητας.

Είναι δυνατόν το μέτρο της ταχύτητας να είναι σταθερό, αλλά η κατεύθυνσή της να μεταβάλλεται;



Εικόνα 2.25.

Το αυτοκίνητο κινείται στην κυκλική πλατεία. Το ταχύμετρο του δείχνει διαρκώς 60 Km/h. Το μέτρο της ταχύ-τητας παραμένει σταθερό. Ωστόσο, η ταχύτητα του αυτοκινήτου μεταβάλλεται!

Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, όταν ένας κολυμβητής κάνει αναστροφή στην άκρη της πισίνας ή ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή του δρόμου, ενώ το ταχύμετρο του δείχνει σταθερή ένδειξη (εικόνα 2.25). Το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό, ενώ η κατεύθυνσή της διαρκώς μεταβάλλεται.

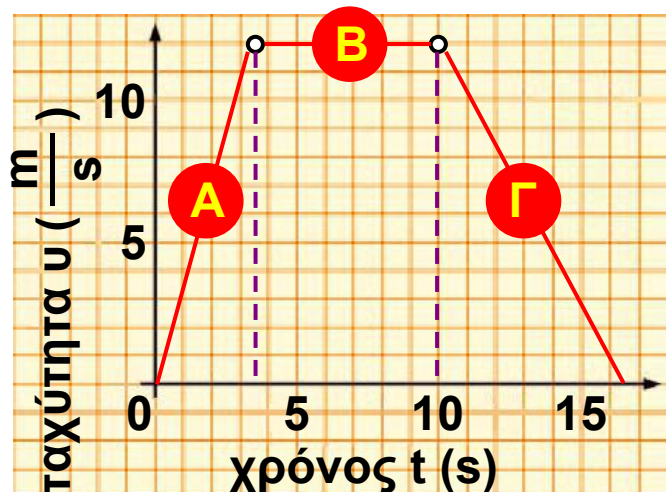
Εάν είτε το μέτρο είτε η κατεύθυνση ή και τα δυο μεταβάλλονται, τότε το διάνυσμα της ταχύτητας μεταβάλλεται και λέμε ότι η ταχύτητα με την οποία κινείται το σώμα είναι **μεταβαλλόμενη**. Γενικά, η ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η κατεύθυνσή της, όταν το σώμα σταματά ή ξεκινά, ή όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται το μέτρο της. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου χρησιμοποιεί τρεις μηχανισμούς προκειμένου να μεταβάλλει την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Ο πρώτος είναι το γκάζι, που χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί σταθερό ή για να αυξηθεί το μέτρο της ταχύτητας. Ο δεύτερος είναι το φρένο, για να μειωθεί το μέτρο της ταχύτητας. Ο τρίτος είναι το τιμόνι, με το οποίο μεταβάλλεται η κατεύθυνση της ταχύτητας.

Διαγράμματα και κινήσεις

Γνωρίζοντας το είδος της κίνησης ενός σώματος μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα ταχύτητας – χρόνου και θέσης – χρόνου. Όταν το κινητό εκτελεί διαδοχικά διαφορετικές κινήσεις, προκύπτει ένα σύνθετο διάγραμμα που αποτελείται από τα διαγράμματα των επιμέρους κινήσεων. Στο διάγραμμα της εικόνας 2.26, το κινητό ξεκινάει από την ηρεμία ($u = 0$), η ταχύτητά του αρχικά αυξάνεται, στη συνέχεια σταθεροποιείται σε μια τιμή (12 m/s) και κατόπιν αρχίζει να ελαττώνεται και τελικά μηδενίζεται, γεγονός που σημαίνει ότι το κινητό σταματάει. Αυτό το διάγραμμα θα μπορούσε να παραστήσει την κίνηση ενός δρομέα σε αγώνα δρόμου από την αφετηρία μέχρι να σταματήσει μετά τον τερματισμό.

Εικόνα 2.26
Η κούρσα των 100 μ.

Στο Παγκόσμιο πρωτάθλημα στίβου που πραγματοποιήθηκε το 1997 στην Αθήνα ο παγκόσμιος πρωταθλητής των 100 m Μώρις Γκρίν (Maurice Greene) ξεκινά τη χρονική στιγμή $t=0 \text{ s}$ και τα 3,5 πρώτα δευτερόλεπτα αυξάνει την ταχύτητά του (τμήμα Α). Στη συνέχεια, διατηρεί για περίπου 6.5 s σταθερή την ταχύτητά του (κινείται ευθύγραμμα και ομαλά) (τμήμα Β). Μετά το τέρμα της διαδρομής μειώνει την ταχύτητά του και σταματά (τμήμα Γ).



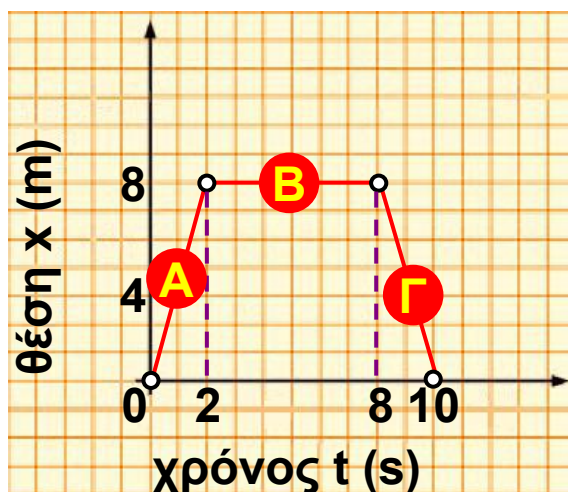
Αντίστροφα, από ένα διάγραμμα κίνησης μπορούμε να καθορίσουμε το είδος της κίνησης ή των κινήσεων στις οποίες συμμετέχει ένα σώμα. Για παράδειγμα, από

το διάγραμμα θέσης – χρόνου που παριστάνεται στην εικόνα 2.27 και περιγράφει την κίνηση μιας μέλισσας από την κηρήθρα προς το άνθος και αντίστροφα, προκύπτει ότι η μέλισσα κινείται με σταθερή ταχύτητα στη συνέχεια σταματά και τέλος αρχίζει να κινείται προς στην αντίθετη κατεύθυνση και επιστρέφει στο σημείο εκκίνησης. Το αντίστοιχο διάγραμμα ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο της μέλισσας παριστάνεται στο σχήμα 2.28.

Εικόνα 2.27.

Το ταξίδι της μέλισσας

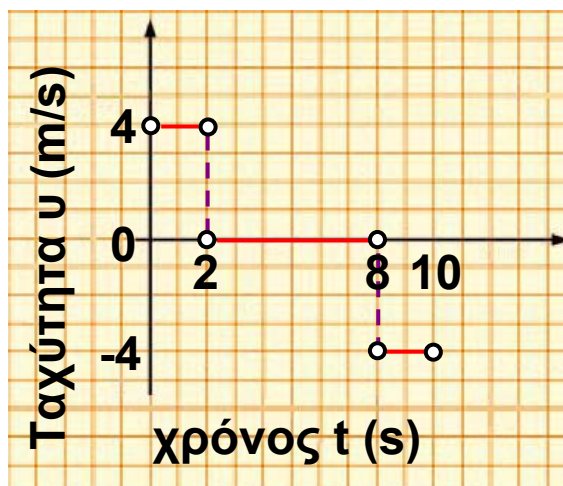
Η μέλισσα ξεκινά από την κηρήθρα της κινούμενη με σταθερή ταχύτητα και κατευθύνεται προς το πλησιέστερο άνθος που απέχει 8 μ (τμήμα Α). Το ταξίδι της διαρκεί 2 s. Εκεί σταματά για 6 s και συλλέγει το νέκταρ (τμήμα Β). Στη συνέχεια, κινούμενη με ταχύτητα ίδιου μέτρου επιστρέφει στην κηρήθρα (τμήμα Γ).



Εικόνα 2.28.

Η ταχύτητα της μέλισσας

Μια μέλισσα κινείται ευθύγραμμα για 2 s και η μετατόπισή της από την κηρήθρα στο άνθος είναι $\Delta x = +8$ m. Επομένως η ταχύτητά της είναι: $+4$ m/s. Στη συνέχεια παραμένει ακίνητη στο άνθος, δηλαδή στη θέση $x = +8$ μ για χρονικό διάστημα $\Delta t = 6$ s και η ταχύτητά της είναι 0 m/s. Ακολούθως κινείται από το άνθος προς την κηρήθρα σε 2 s. Η μετατόπισή της τώρα είναι: $\Delta x = -8$ m και η ταχύτητά της: -4 m/s.



Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ

Το 1805 ο Φράνσις Μποφόρ, ναύαρχος του βρετανικού πολεμικού ναυτικού, επινόησε την κλίμακα Μποφόρ και πρότεινε τη χρήση της ώστε να διευκολύνονται οι ναυτικοί στον προσδιορισμό της έντασης του ανέμου σε σχέση με τα αποτελέσματα που αυτός προκαλούσε στη θάλασσα. Αργότερα η κλίμακα αυτή υιοθετήθηκε από τη



Διεθνή Μετεωρολογική επιτροπή, αφού

προηγουμένως τροποποιήθηκε για να περιλαμβάνει και φαινόμενα της ξηράς.

Άνεμος με ταχύτητα συγκρίσιμη με εκείνη ενός δρομέα ταχύτητας (περίπου 9 m/s) χαρακτηρίζεται μεγέθους 5. Άνεμος αυτής της έντασης προκαλεί έντονο κυματισμό στη θάλασσα και αυτή χαρακτηρίζεται ως ταραγμένη.

- Αναζήτησε πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζεται η κλίμακα Μποφόρ και γίνεται η αντιστοίχισή της με τις μονάδες ταχύτητας στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI). Συμπλήρωσε τη 2η στήλη του παρακάτω πίνακα:

Ένταση του ανέμου στην κλίμακα Μποφόρ	
Ταχύτητα του ανέμου σε Km/h	
Αποτελέσματα στη θάλασσα	
Αποτελέσματα στην ξηρά	

- Τι είναι το ανεμόμετρο; Κατασκεύασε ένα ανεμόμετρο με απλά υλικά.



Άνεμος με ταχύτητα όση του γατόπαρδου (περίπου 105 km/h) χαρακτηρίζεται μεγέθους 11, όπως μια ισχυρή θύελλα. Η κλίμακα τερματίζεται στο 12 με ταχύτητες ανέμων ως 135 km/h, όπως αυτοί

που πνέουν στη διάρκεια ενός τυφώνα.

Όμως έχουν καταγραφεί ταχύτητες ανέμων πολύ πάνω από το ανώτερο όριο της κλίμακας, όπως 371 km/h στο όρος Ουάσιγκτον στην πολιτεία του Νιου Χαμσάιρ των Η.Π.Α.



► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

i. Η θέση ενός σώματος καθορίζεται σε σχέση με ένα Φυσικά μεγέθη τα οποία προσδιορίζονται μόνο από έναν αριθμό ονομάζονται Αντίθετα, τα μεγέθη (όπως η θέση) που ο προσδιορισμός τους εκτός από το, απαιτεί και την (κατεύθυνση) ονομάζονται συμβολίζονται με ένα και συμφωνούμε το μήκος του να είναι με το του μεγέθους.

ii. Στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή ορίζουμε ως μέση ταχύτητα του μήκους της διαδρομής που διήνυσε το ένα κινητό σε ορισμένο προς το αυτό. Η ταχύτητα είναι μέγεθος και η μονάδα της στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το, δηλαδή ανά Ορίζουμε τη μέση ταχύτητα με βάση τη μετατόπιση ενός κινητού.

Διανυσματική μέση ταχύτητα = $\frac{\text{.....}}{\text{.....}}$ διάστημα

Εφόσον η μετατόπιση είναι δια-νυσματικό μέγεθος, και η μέση ταχύτητα είναι επίσης διανυσματικό μέγεθος. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της

iii. Σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι γραμμή και το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μια γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του

2. Να χαρακτηρίσεις τα παρακάτω μεγέθη ως μονόμετρα ή διανυσματικά: α) θέση, β) απόσταση, γ) μετατόπιση, δ) χρονικό διάστημα, ε) ταχύτητα.

3. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

i. Η μονάδα της ταχύτητας είναι:

α) $\frac{m}{s}$ β) $\frac{m^2}{s}$ γ) $\frac{m}{s^2}$ δ) $\frac{m^2}{s^2}$

ii. Ένας αριθμός αντιστοιχεί στο μέτρο της ταχύτητας και δίδεται σε Km/h. Κατά τη μετατροπή του σε Km/s προκύπτει αριθμός ο οποίος είναι: α) πάντα μικρότερος, β) ο ίδιος, γ) μερικές φορές μικρότερος, δ) ποτέ μικρότερος, ε) τίποτε από όλα αυτά.

iii. Η ταχύτητα 30 m/s είναι ίση με α) 0,03 Km/h, β) 108 Km/h, γ) 108 m/min, δ) 18 Km/h, ε) καμία από τις παραπάνω.

iv. Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η σχέση μεταξύ των μεγεθών ταχύτητα (u), μετατόπιση (Δx) και χρονικό διάστημα (Δt) είναι:

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

v. Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα θέσης (x) - χρόνου (t) είναι:

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

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

1. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι η κίνηση είναι σχετική;
2. Η μέση ταχύτητα ενός σώματος που κινείται ευθύγραμμα είναι μηδέν σε κάποιο χρονικό διάστημα. Τι μπορείς να πεις για τη μετατόπισή του και το συνολικό μήκος της διαδρομής που έχει διανύσει σ' αυτό το χρονικό διάστημα;
3. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας;
4. Ποια ταχύτητα δείχνει το ταχύμετρο του αυτοκινήτου;
5. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή ενός δρόμου. Είναι δυνατόν η ταχύτητά του να διατηρείται σταθερή; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
6. Αν το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου δείχνει 60 Km/h, μπορείς να συμπεράνεις αν η ταχύτητά του διατηρείται σταθερή; Ναι, όχι και γιατί;
7. Με ποιους τρόπους μπορούμε να μεταβάλουμε τη στιγμιαία ταχύτητα ενός αυτοκινήτου;
8. Αντιστοίχισε τις τιμές των ταχυτήτων της αριστερής στήλης με τις περιπτώσεις κίνησης της δεξιάς στήλης του πίνακα 2.5.

Ταχύτητα σε Km/h	Σώμα που κινείται
0,04	Αυτοκίνητο
3	Αεροπλάνο
100	Σαλιγκάρι
1.200	Άνθρωπος που βαδίζει
30.000	Φως
1.080.000.000	Δορυφόρος

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

Χρόνος (t) s	Μετατόπιση (Δx) m	Ταχύτητα (u) m/sec
5	150	
10		
	900	

Να συμπληρώσεις τα κενά.

2. Ο Κώστας Κεντέρης στους Ολυμπιακούς αγώνες του Σίδνεϋ έτρεξε την κούρσα των 200 m σε σχεδόν 20 s.

α. Να υπολογίσεις τη μέση ταχύτητά του σε m/s και σε Km/h.

β. Αν κατόρθωνε να διατηρεί σταθερή την παραπάνω ταχύτητα, σε πόσο χρόνο θα διένυε τα 5 Km;

3. Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου 15 m/s.

α. Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο.

β. Να υπολογίσεις τη μετατόπιση του αυτοκινήτου στο χρονικό διάστημα μεταξύ των χρονικών στιγμών $t_1 = 10$ s και $t_2 = 20$ s της κίνησης.

γ. Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της θέσης του αυτοκινήτου (από το σημείο αφετηρίας) σε συνάρτηση με το χρόνο.

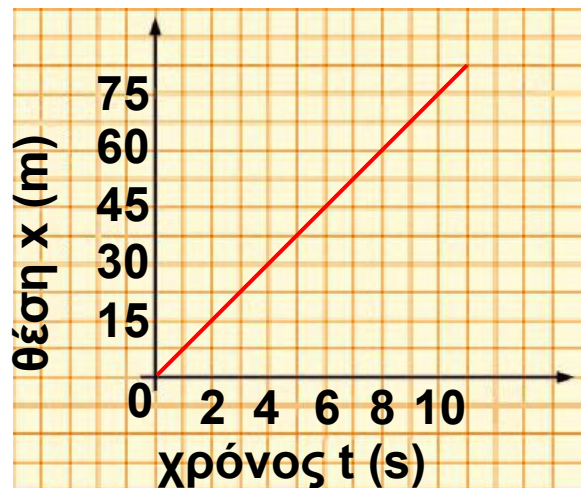
4. Στην εικόνα της επόμενης σελίδας δίνεται το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο ενός δρομέα σκυταλοδρομίας από τη στιγμή που παρέλαβε τη σκυτάλη.

α. Τι είδους κίνηση εκτελεί ο δρομέας;

β. Πόση είναι η μετατόπισή του από τη χρονική στιγμή $t_1 = 10 \text{ s}$ μέχρι $t_2 = 20 \text{ s}$;

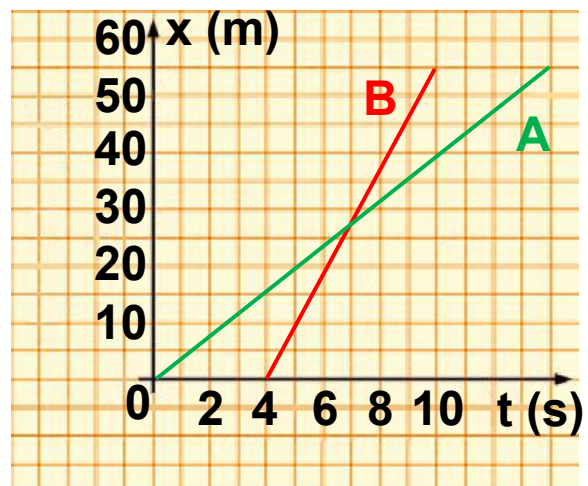
γ. Ποια χρονική στιγμή βρέθηκε στη θέση 45m από τη στιγμή που παρέλαβε τη σκυτάλη;

δ. Να υπολογίσεις την ταχύτητα του δρομέα.



5. Ένας ποδηλάτης κινείται με μέση ταχύτητα 5 m/s. Πόσο χρονικό διάστημα χρειάζεται για να διανύσει 9 Km;

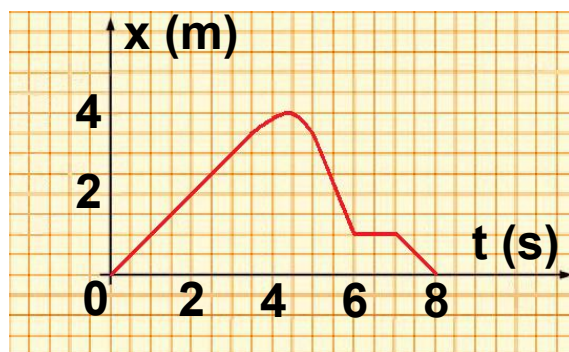
6. Στη διπλανή εικόνα φαίνεται το διάγραμμα θέσης – χρόνου σε έναν ευθύγραμμο αγώνα δρόμου μεταξύ του παιδιού και του σκύλου του. Η A γραμμή αντιστοιχεί στην κίνηση του παιδιού και η B του σκύλου.



Πόσο ήταν το μήκος της διαδρομής του αγώνα; Για πόσο χρονικό διάστημα το παιδί βρισκόταν μπροστά από το σκύλο του; Σε πόση απόσταση από την αφετηρία και ποια χρονική στιγμή συναντήθηκαν;

7. Οι ανθρωπολόγοι πιστεύουν ότι ο πρώτος άνθρωπος στον πλανήτη εμφανίστηκε στην Αφρική. Στη συνέχεια, ο άνθρωπος μετανάστευσε στις άλλες ηπείρους. Αν υποθέσουμε ότι μπορούσαν να μετακινηθούν ένα χιλιόμετρο το χρόνο και ότι η Βόρεια Ευρώπη απέχει από την Αφρική 10.000 Km, πόσοι αιώνες χρειάστηκαν για να φθάσουν οι άνθρωποι στη Β. Ευρώπη;

8. Ένα ηλεκτροκίνητο τρένακι / παιχνίδι κινείται κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής. Στο σχήμα παριστάνεται η θέση του τρένου σαν συνάρτηση του χρόνου.



α. Ποιες είναι οι θέσεις του τρένου τις χρονικές στιγμές: $t_1 = 3 \text{ s}$, $t_2 = 5 \text{ s}$, $t_3 = 6 \text{ s}$, $t_4 = 7 \text{ s}$, $t_5 = 8 \text{ s}$.

β. Να υπολογίσεις τη μετατόπιση του τρένου για τα χρονικά διαστήματα: $1 \text{ s} - 3 \text{ s}$ και $5 \text{ s} - 6 \text{ s}$.

γ. Η φορά κίνησης του τρένου παρέμεινε η ίδια ή μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της κίνησής του; Αν ναι, ποια χρονική στιγμή έγινε αυτό;

δ. Για ποιο χρονικό διάστημα το τρένο παρέμεινε ακίνητο;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η θέση ενός αντικείμενου καθορίζεται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς.
- Ένα μονόμετρο μέγεθος περιγράφεται από το μέτρο του, ενώ για την περιγραφή ενός διανυσματικού εκτός από το μέτρο του, απαιτείται και η κατεύθυνση.
- Η απόσταση είναι μονόμετρο μέγεθος, ενώ η θέση είναι διανυσματικό.
- Η ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα είναι μονόμετρο μέγεθος και ορίζεται ως το πηλίκο του μήκους της διαδρομής προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.
- Στη γλώσσα της φυσικής η μέση ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και ορίζεται ως το πηλίκο της μετατόπισης (μεταβολή της θέσης) προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

- Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ονομάζεται η κίνηση στην οποία το μέτρο και η κατεύθυνση της ταχύτητας διατηρούνται σταθερά.
- Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της μετατόπισης (θέσης) σε σχέση με το χρόνο είναι μια ευθεία γραμμή.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Σημείο αναφοράς	Μετατόπιση
Μονόμετρο μέγεθος	Χρονική στιγμή
Διανυσματικό μέγεθος	Χρονικό διάστημα
Θέση	Μέση ταχύτητα
Μήκος διαδρομής	Ομαλή κίνηση
Στιγμιαία ταχύτητα	Διάγραμμα: ταχύτητας-χρόνου
Διάγραμμα: θέσης-χρόνου	

μια μικρή ιστορία ...

Κατά τους θερινούς Ολυμπιακούς αγώνες του 2000 που διεξήχθησαν στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας, ο Πύρρος Δήμας αναδείχτηκε Ολυμπιονίκης στην κίνηση του αρασέ υπερνικώντας το βάρος της μπάρας, που είχε μάζα 250 kg, και ανυψώνοντάς την σε ύψος 2,3 m.



Πόσο ήταν το βάρος της μπάρας; Πόση δύναμη άσκησε σ' αυτή ο αθλητής, ώστε να καταφέρει να την ανυψώσει; Μελετώντας αυτό το κεφάλαιο, θα μάθεις να διακρίνεις τη μάζα από το βάρος της μπάρας, να σχεδιάζεις και να υπολογίζεις τις δυνάμεις που ασκούνται από ένα σώμα σε ένα άλλο. Θα συσχετίσεις τις δυνάμεις με τις κινήσεις που προκαλούν στα σώματα πάνω στα οποία ασκούνται. Επίσης, θα μάθεις πώς οι πύραυλοι υπερνικούν το βάρος τους και απομακρύνονται από τη γη ταξιδεύοντας σε διάφορες γωνιές του ηλιακού μας συστήματος.

ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ: ΔΥΟ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τις κινήσεις των σωμάτων. Αγνοήσαμε όμως την αιτία που προκαλεί τη μεταβολή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων.

Το επόμενο βήμα είναι να αναζητήσουμε την αιτία που καθορίζει εάν ένα σώμα ηρεμεί ή εκτελεί ένα ορισμένο είδος κίνησης. Αυτή η αναζήτηση οδηγεί στην εισαγωγή της έννοιας της **δύναμης** και γενικότερα της έννοιας της **αλληλεπίδρασης**. Δυο σώματα αλληλεπιδρούν, όταν ασκούν δυνάμεις το ένα στο άλλο. Όπως η κίνηση έτσι και η αλληλεπίδραση αποτελεί ένα γενικό χαρακτηριστικό της ύλης.

3.1 Η Έννοια της δύναμης

Για να καταλάβουμε την αιτία της κίνησης, πρέπει να γνωρίζουμε τον τρόπο με τον οποίο ένα σώμα επηρεάζει την κίνηση ενός άλλου. Με άλλα λόγια να μελετήσουμε τη δύναμη που το ένα σώμα ασκεί στο άλλο. Όμως τι είναι δύναμη; Αυτό το οποίο αντιλαμβανόμαστε είναι τα αποτελέσματα των δυνάμεων και όχι τις ίδιες τις δυνάμεις. Η απλούστερη αντίληψη που έχουμε για τη δύναμη είναι ότι σ' ένα σώμα ασκούμε δύναμη όταν το σπρώχνουμε ή το τραβάμε.

Δύναμη και κίνηση

Το παιδί που φαίνεται στην εικόνα 3.1 έχει δέσει με σκοινί μια ακίνητη βάρκα και την τραβάει προς την ξηρά. Η βάρκα αρχίζει να κινείται, η ταχύτητα της βάρκας μεταβάλλεται. Τότε λέμε ότι **το σκοινί ασκεί δύναμη στη βάρκα.**

Εικόνα 3.1.

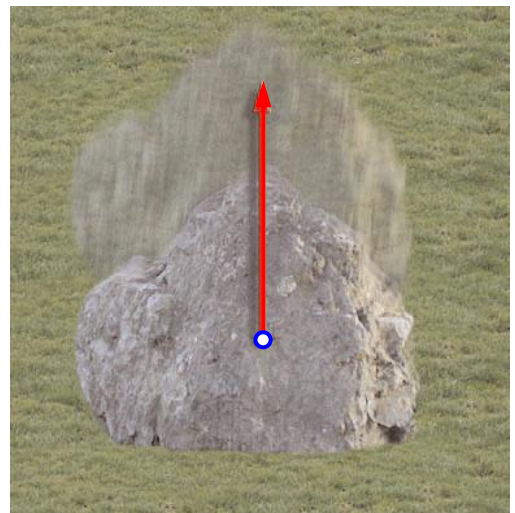
Η βάρκα αρχίζει να κινείται προς την ακτή. Το σκοινί ασκεί δύναμη στη βάρκα.



Αφήνουμε μια πέτρα από κάποιο ύψος να πέσει. Μόλις η πέτρα φθάσει στο έδαφος σταματά, η ταχύτητά της μεταβάλλεται. Τότε λέμε ότι **το έδαφος ασκεί δύναμη στην πέτρα (εικόνα 3.2).**

Εικόνα 3.2.

Η πέτρα σταματά. Το έδαφος ασκεί δύναμη στην πέτρα.



Ο τερματοφύλακας, για να αλλάξει την πορεία της μπάλας που κατευθύνεται προς το τέρμα του, θα πρέπει να τη χτυπήσει δυνατά με το χέρι του. Λέμε ότι **το χέρι ασκεί δύναμη στην μπάλα.**

Για να αλλάξουμε την πορεία στο μπαλάκι του τένις, πρέπει να το χτυπήσουμε με τη ρακέτα. Λέμε ότι **η ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι του τένις (εικόνα 3.3).** Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων, επομένως:

Οι δυνάμεις προκαλούν μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων στα οποία ασκούνται.



Εικόνα 3.3.

Η ρακέτα αλλάζει την πορεία της μπάλας. Η ρακέτα ασκεί δύναμη στην μπάλα.

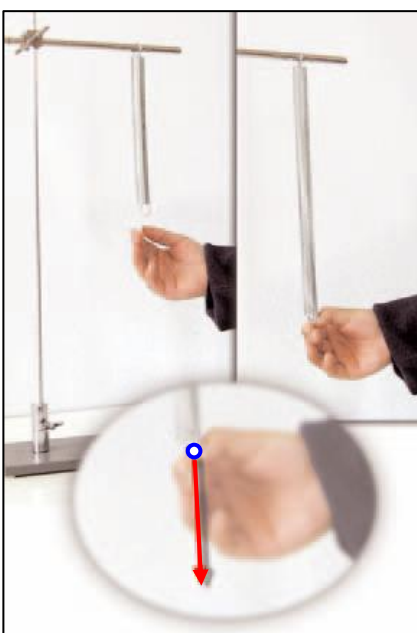
Δύναμη και παραμόρφωση

Οι δυνάμεις προκαλούν και άλλου είδους μεταβολές εκτός από μεταβολή της ταχύτητας των σωμάτων;

Όταν φυσάει ο άνεμος, τα πανιά του ιστιοφόρου «φουσκώνουν» – παραμορφώνονται. Λέμε ότι ο άνεμος ασκεί δύναμη στα πανιά.

Κρατάμε στα χέρια μας ένα κομμάτι πλαστελίνης και το πιέζουμε. Η πλαστελίνη παραμορφώνεται. Λέμε ότι το χέρι ασκεί δύναμη στην πλαστελίνη. Τραβάμε ένα ελατήριο και το επιμηκύνουμε. Το ελατήριο παραμορφώνεται. Λέμε ότι το χέρι μας ασκεί δύναμη στο ελατήριο (εικόνα 3.4). Επομένως:

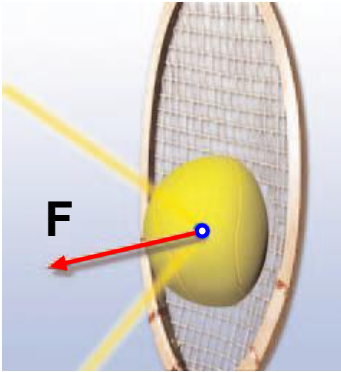
Οι δυνάμεις προκαλούν παραμόρφωση των σωμάτων στα οποία ασκούνται.



Εικόνα 3.4.

Το χέρι μας προκαλεί αύξηση του μήκους του ελατηρίου. Το χέρι ασκεί δύναμη στο ελατήριο.

Πολλές φορές μια δύναμη προκαλεί και τα δύο αποτελέσματα ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, όταν χτυπάμε με τη ρακέτα ένα μπαλάκι του τένις, το μπαλάκι παραμορφώνεται και η ταχύτητά του μεταβάλλεται (εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5.

Καθώς το μπαλάκι βρίσκεται σε επαφή με τη ρακέτα: α) παραμορφώνεται και β) μεταβάλλεται η ταχύτητά του. Η ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι.

Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις

Παρατήρησε ότι σε όλα τα προηγούμενα παραδείγματα η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα προέρχεται πάντοτε από κάποιο άλλο σώμα.

Στη φύση φαίνεται να υπάρχουν πολλές και διαφορετικές δυνάμεις. Έχουν άραγε όλες οι δυνάμεις κάποιο κοινό χαρακτηριστικό;

Η απάντηση σ' αυτό το ερώτημα δόθηκε πριν από 300 χρόνια περίπου από τον Νεύτωνα, ο οποίος υποστήριξε ότι δεν υπάρχουν κάποια σώματα που μόνο ασκούν δυνάμεις και κάποια άλλα που μόνο δέχονται την επίδραση δυνάμεων. Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ανά δύο μεταξύ δύο σωμάτων.

Σχηματικά μπορούμε να δείξουμε:

το **σώμα A** ασκεί δύναμη στο **σώμα B**

Αλλά ισχύει και το αντίστροφο.

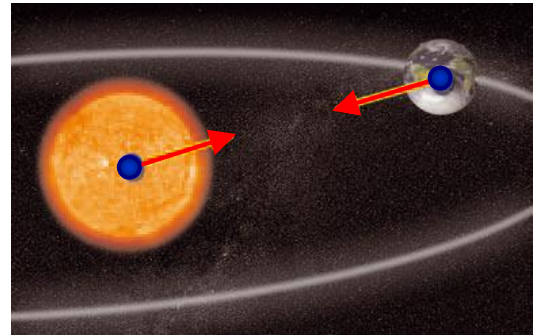
το **σώμα B** ασκεί δύναμη στο **σώμα A**

Για παράδειγμα, το οδόστρωμα ασκεί δύναμη στα ελαστικά των αυτοκινήτων και τα ελαστικά στο οδόστρωμα, ο ήλιος στη γη και η γη στον ήλιο.

Λέμε ότι τα σώματα αλληλεπιδρούν. Έτσι, δύο παιδιά που σπρώχνονται, δύο αυτοκίνητα που συγκρούονται, ο ήλιος και η γη που έλκονται, αλληλεπιδρούν (εικόνες 3.6 και 3.7).

Εικόνα 3.6.

Ο ήλιος και η γη αλληλεπιδρούν από απόσταση. Ο ήλιος ασκεί δύναμη στη γη αλλά και η γη ασκεί δύναμη στον ήλιο.



Εικόνα 3.7.

Το ένα αυτοκίνητο ασκεί δύναμη στο άλλο. Τα δύο αυτοκίνητα αλληλεπιδρούν.



Κατηγορίες δυνάμεων

Πότε ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο; Πώς μπορούμε να γνωρίζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα;

Για να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα, κατατάσσουμε τις δυνάμεις σε δυο κατηγορίες. Δυνάμεις που ασκούνται κατά την επαφή δύο σωμάτων (δυνάμεις επαφής) και δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση.

Δυνάμεις επαφής χαρακτηρίζουμε τις δυνάμεις οι οποίες ασκούνται όταν ένα σώμα βρίσκεται σε επαφή με κάποιο άλλο (εικόνα 3.8). Παραδείγματα δυνάμεων επαφής είναι:

α. Οι δυνάμεις που ασκούν τα τεντωμένα σχοινιά ή τα ελατήρια σε σώματα.

- β. Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων κατά τις συγκρούσεις τους.
- γ. Η δύναμη της τριβής ανάμεσα σε δυο επιφάνειες.
- δ. Η δύναμη που ασκούν τα υγρά στα τοιχώματα του δοχείου μέσα στο οποίο περιέχονται ή στα σώμα-τα που είναι μέσα σ' αυτά κτλ.

Εικόνα 3.8.

Ο βατήρας ασκεί δύναμη στον αθλητή από επαφή.



Δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση είναι:

- α. Η βαρυτική δύναμη, όπως για παράδειγμα η δύναμη που ασκεί η γη σε σώματα που δε βρίσκονται στην επιφάνειά της, όπως αλεξιπτωτιστές, αεροπλάνα ή δορυφόροι. Η δύναμη που ασκεί ο ήλιος στη γη (εικόνα 3.6).
- β. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις και
- γ. οι μαγνητικές δυνάμεις.

Μέτρηση της δύναμης

Γνωρίζουμε ότι οι φυσικοί, για να περιγράψουν ένα φαινόμενο, χρησιμοποιούν εκείνα τα μεγέθη τα οποία μπορούν να μετρήσουν.

Πώς μπορούμε να μετρήσουμε μια δύναμη; Για να συγκρίνουμε και να μετρήσουμε δυνάμεις, θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα που αυτές προκαλούν στα σώματα στα οποία ασκούνται. Για παράδειγμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραμόρφωση και συγκεκριμένα την επιμήκυνση την οποία μια δύναμη προκαλεί σ' ένα ελατήριο.

Αρχικά, θα πρέπει να βρούμε τη σχέση της επιμήκυνσης του ελατηρίου με τη δύναμη που την προκαλεί. Παρατήρησε την εικόνα 3.9. Στην περίπτωση (α), η δύναμη F προκαλεί επιμήκυνση 10 cm. Στη (β),

διπλάσια δύναμη ($2 \cdot F$) προκαλεί διπλάσια επιμήκυνση (20 cm). Στη (γ), τριπλάσια δύναμη ($3 \cdot F$) προκαλεί τριπλάσια επιμήκυνση (30 cm).

Γενικεύοντας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα που είχε ήδη διατυπώσει τον 17ο αιώνα ο Άγγλος φυσικός Ρόμπερτ Χουκ (Hook):

Η επιμήκυνση ενός ελατηρίου είναι ανάλογη με τη δύναμη που ασκείται σ' αυτό.

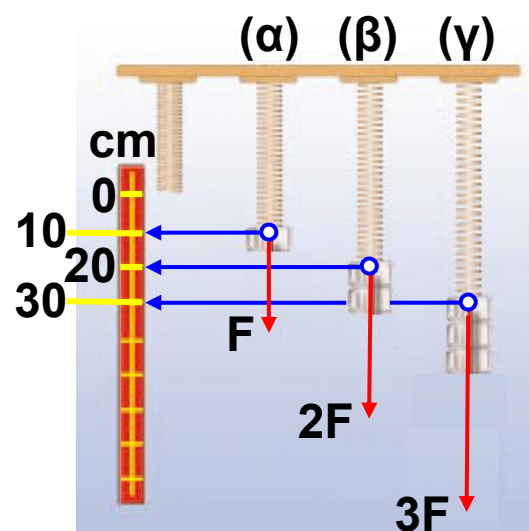
Την παραπάνω ιδιότητα των ελατηρίων την εκμεταλλευόμαστε στην κατασκευή οργάνων μέτρησης δυνάμεων: των **δυναμόμετρων** (εικόνα 3.10).

Η μονάδα δύναμης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται 1 N (Newton-Νιούτον).

Εικόνα 3.9.

Ο νόμος του Ηοοκ.

Εφαρμόζοντας διπλάσια και τριπλάσια δύναμη στο ελατήριο, η επιμήκυνσή του διπλασιάζεται και τριπλασιάζεται, αντίστοιχα. Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ανάλογη της δύναμης που την προκαλεί.



Εικόνα 3.10.

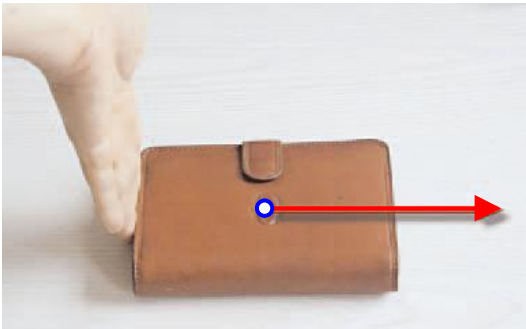
Δυναμόμετρο.

Η ένδειξή του ισούται με το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο σώμα μέσω του δυναμομέτρου.



Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης

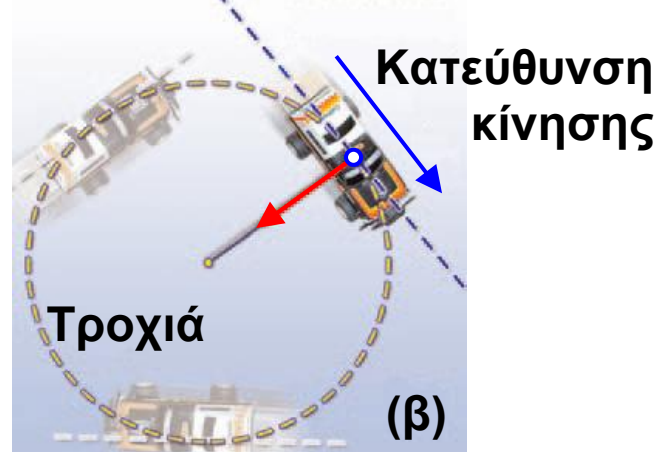
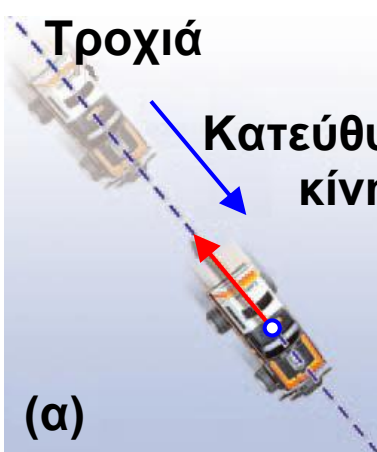
Στην εικόνα 3.11 εικονίζεται ένα χέρι που ασκεί δύναμη στην αρχικά ακίνητη κασετίνα σπρώχνοντάς την προς τα δεξιά. Η κασετίνα κινείται επίσης προς τα δεξιά. Αν την τραβήξουμε προς τα αριστερά, θα κινηθεί προς τα αριστερά.



Εικόνα 3.11.

Η κασετίνα είναι αρχικά ακίνητη. Η κατεύθυνση που θα κινηθεί εξαρτάται από την κατεύθυνση προς την οποία ασκούμε τη δύναμη.

Στην εικόνα 3.12 παριστάνεται ένα αυτοκινητάκι που κινείται με μπαταρίες (α) στο πίσω μέρος του παιχνιδιού δένεται νήμα, το άλλο άκρο το οποίου στερεώνεται στο δάπεδο. Θέτουμε το αυτοκινητάκι σε κίνηση, το νήμα τεντώνεται, ασκεί δύναμη στο αυτοκινητάκι το οποίο τελικά σταματά (εικόνα 3.12α). (β) Δένουμε το νήμα στο πλάι του παιχνιδιού, το τεντώνουμε και θέτουμε σε κίνηση το αυτοκινητάκι. Το αυτοκινητάκι εκτελεί κυκλική κίνηση (εικόνα 3.12β).

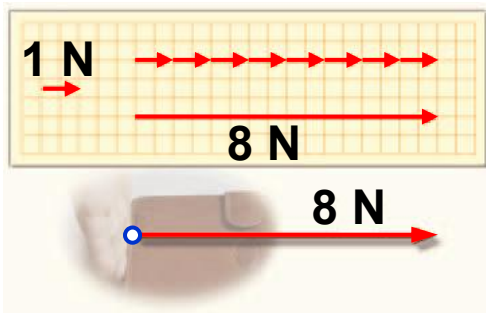


Εικόνα 3.12.

(α) Η δύναμη είναι αντίθετη με την κατεύθυνση της κίνησης. Το σώμα σταματά. (β) Η δύναμη είναι κάθετη στην κατεύθυνση της κίνησης. Το σώμα κινείται κυκλικά.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα της δύναμης (η μεταβολή της ταχύτητας) εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία ασκείται η δύναμη. Η δύναμη εκτός από μέτρο έχει και κατεύθυνση. Επομένως, είναι διανυσματικό μέγεθος και θα την παριστάνουμε με ένα βέλος που έχει την κατεύθυνση της δύναμης. Το σημείο εφαρμογής του διανύσματος που παριστάνει τη δύναμη, είναι το σημείο του σώματος, στο οποίο ασκείται. Αν ένα σώμα θεωρηθεί υλικό σημείο, τότε το σημείο εφαρμογής της δύναμης ταυτίζεται με αυτό.

Το μέτρο της δύναμης ισούται με το μήκος του διανύσματος, αν αυτό σχεδιαστεί με κατάλληλη κλίμακα. Εάν διαλέξουμε 1 cm να αντιστοιχεί σε 1 N, τότε η δύναμη 8 N παριστάνεται από διάνυσμα μήκους 8 cm (εικόνα 3.13).



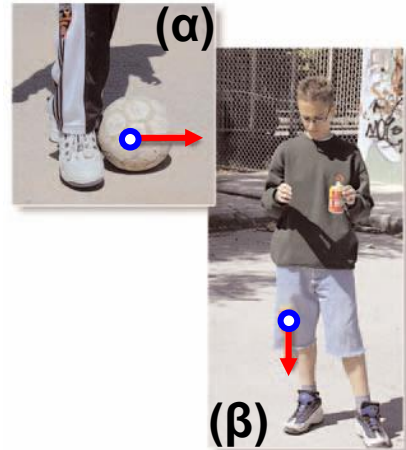
Εικόνα 3.13.

Η δύναμη που ασκούμε στην κασετίνα παριστάνεται με ένα διάνυσμα.

3.2 Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

Βαρυτική δύναμη

Επιστρέφοντας στο σπίτι από το σχολείο βλέπεις μια ακίνητη μπάλα στο δρόμο και της δίνεις μια δυνατή κλοτσιά (εικόνα 3.14α). Η μπάλα κινείται, η ταχύτητά της μεταβάλλεται, συνεπώς το πόδι σου ασκεί δύναμη στην μπάλα και προκαλεί την κίνησή της.



Εικόνα 3.14.

(α) Η ακίνητη μπάλα αρχίζει να κινείται.

(β) Το ακίνητο κουτί αρχίζει να κινείται προς την επιφάνεια της γης.

Σηκώνεις ένα κουτί σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους και το αφήνεις ελεύθερο (εικόνα 3.14β). Το κουτί δεν παραμένει ακίνητο, αλλά κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω. Η ταχύτητα του κουτιού μεταβάλλεται, άρα στο κουτί ασκείται δύναμη.

Ποια δύναμη προκαλεί την κίνηση του κουτιού;

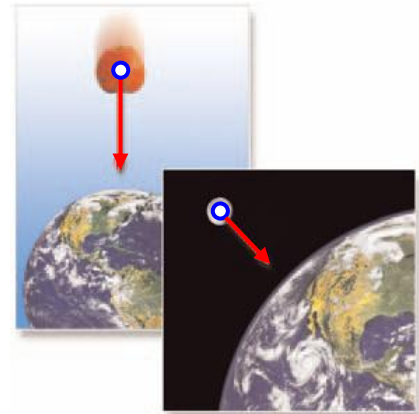
Την απάντηση στο παραπάνω ερώτημα έδωσε ο Νεύτωνας. Σύμφωνα με την παράδοση, ενώ καθόταν κάτω από μια μηλιά, είδε ένα μήλο να πέφτει στο έδαφος. Υπέθεσε τότε ότι η δύναμη που προκάλεσε την κίνηση του μήλου ασκείται από τη γη σ' αυτό. Αυτή τη δύναμη ο Νεύτωνας την ονόμασε (γήινο) βάρος του σώματος. Το βάρος είναι δύναμη και επομένως η μονάδα μέτρησής του στο SI είναι η μονάδα της δύναμης, δηλαδή το N.

Η γη ασκεί βαρυτική δύναμη σ' οποιοδήποτε σώμα, ανεξάρτητα αν αυτό βρίσκεται στο έδαφος, πέφτει ή ανυψώνεται. Η γη πάντοτε έλκει τα σώματα προς το κέντρο της. Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι πάντοτε ελκτικές.

Αλλά μέχρι πού επεκτείνεται η δράση της βαρυτικής δύναμης της γης;

Εικόνα 3.15.

Το μήλο κινείται προς την επιφάνεια της γης. Η σελήνη κινείται γύρω από τη γη. Στο μήλο και στη σελήνη ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις από τη γη.

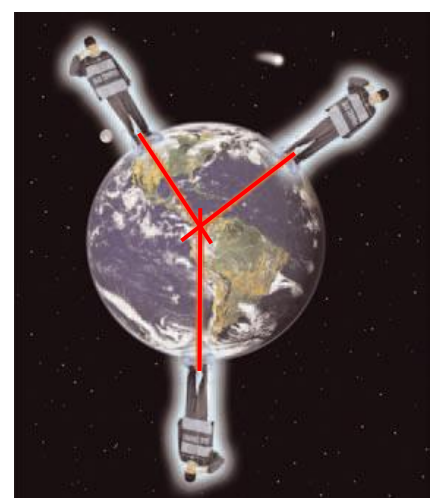


Ο Νεύτωνας δέχτηκε ότι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί την πτώση ενός μήλου, ασκείται και στη σελήνη και προκαλεί τη (σχεδόν) κυκλική κίνησή της γύρω από τη γη (εικόνα 3.15). Έτσι, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι βαρυτικές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ όλων των σωμάτων στο σύμπαν.

Σε κάθε τόπο το βάρος έχει τη διεύθυνση της ακτίνας της γης και φορά προς το κέντρο της. Η διεύθυνση της ακτίνας της γης στο συγκεκριμένο τόπο ονομάζεται **κατακόρυφος** του τόπου (εικόνα 3.16). Αισθητοποιείται με το νήμα της στάθμης. Θεωρώντας κάθε μικρή περιοχή της επιφάνειας της γης επίπεδη, το διάνυσμα του βάρους έχει διεύθυνση κάθετη σε αυτή και φορά προς τα κάτω.

Εικόνα 3.16.

Η κατακόρυφη κάθε τόπου έχει τη διεύθυνση της ακτίνας της γης και διέρχεται από το κέντρο της.



Το βάρος ενός σώματος ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος που βρίσκεται το σώμα από την επιφάνεια του εδάφους. Ένα παιδί που έχει βάρος 300 N στην επιφάνεια της θάλασσας, θα έχει βάρος περίπου 299 N στην κορυφή του Έβερεστ (εικόνα 3.17). Ένας αστροναύτης που βρίσκεται σε ύψος ίσο με την ακτίνα της γης, έχει βάρος ίσο με το $\frac{1}{4}$ του βάρους του στην επιφάνεια της γης.



Εικόνα 3.17.

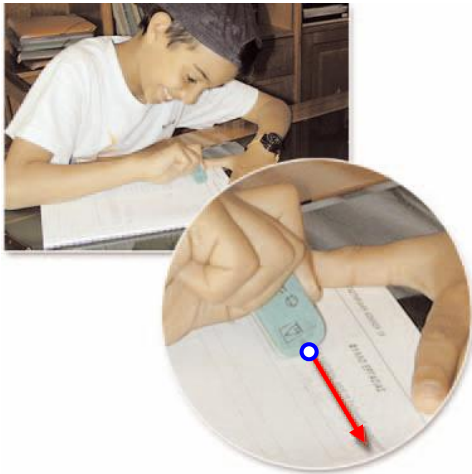
Η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από το κέντρο της. Στην κορυφή ενός πολύ ψηλού βουνού είναι μικρότερη από ότι στην επιφάνεια της θάλασσας στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος.

Αν ένα σώμα μεταφερθεί στην επιφάνεια της σελήνης, θα έχει βάρος;

Όταν το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης, η γήινη βαρυτική δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι πάρα πολύ μικρή συγκριτικά με τη σεληνιακή. Το σώμα θα έχει βάρος που οφείλεται στη βαρυτική έλξη της σελήνης. Από πειράματα που έγιναν στη σελήνη επιβεβαιώθηκε ότι το «σεληνιακό» βάρος ενός σώματος είναι περίπου ίσο με το $\frac{1}{6}$ του γήινου βάρους του, που έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της γης.

Τριβή

Σπρώξε το βιβλίο σου της Φυσικής πάνω στο θρανίο. Αυτό αρχίζει να κινείται και ύστερα από λίγο σταματά. Ποια δύναμη προκάλεσε το σταμάτημα του βιβλίου; Κίνησε τη γόμα σου πάνω στη σελίδα του τετραδίου σου (εικόνα 3.18). Ποια είναι η δύναμη που αισθάνεσαι να αντιστέκεται στην κίνηση της γόμας;

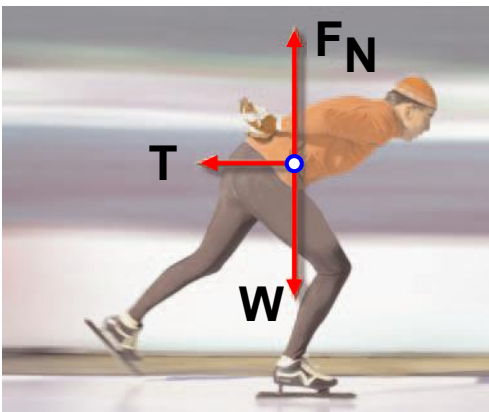


Εικόνα 3.18.

Η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση της γόμας είναι η τριβή. Η τριβή σε βοηθάει να σβήσεις κάποιο λάθος από το γραπτό σου.

Η δύναμη που ασκείται και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις και αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων του βιβλίου και της γόμας αντίστοιχα, ονομάζεται τριβή. Η τριβή είναι παρούσα σε κάθε κίνηση, που παρατηρούμε στην καθημερινή μας ζωή. Η τριβή έχει ένα διπλό ρόλο στη ζωή μας. Από τη μια αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων όπως στην κίνηση του έλκηθρου, του κολυμβητή και του αλεξιπτωτιστή που πέφτει στον αέρα. Από την άλλη, η τριβή είναι η δύναμη που μας βοηθάει να βαδίσουμε. Αν δεν υπήρχε τριβή, θα γλιστρούσαμε, όπως όταν προσπαθούμε να βαδίσουμε πάνω σε πάγο. Η τριβή είναι απαραίτητη για την κίνηση ενός αυτοκινήτου. Χωρίς αυτή, οι τροχοί του αυτοκινήτου θα περιστρέφονταν στην ίδια θέση και το όχημα δε θα κινούνταν.

Γενικά, η τριβή είναι η δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε επαφή και το ένα κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η διεύθυνση της τριβής είναι παράλληλη προς τις επιφάνειες που εφάπτονται και έχει φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη (εικόνα 3.19).



Εικόνα 3.19.

Στον παγοδρόμο ασκούνται δυνάμεις από δύο σώματα: Το βάρος (W), που ασκείται από απόσταση από τη γη. Και εφόσον υπάρχουν τριβές, οι δυνάμεις από το δάπεδο: η κάθετη στην επιφάνεια F_N και η τριβή T .

Πώς σχεδιάζουμε τις δυνάμεις

Για να προσδιορίσουμε τον τρόπο που κινείται ένα σώμα, θα πρέπει να συνδέσουμε την κίνησή του (αποτέλεσμα) με την αιτία που την προκαλεί (δύναμη). Το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι να προσδιορίσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα που μελετάμε. Σ' ένα σώμα είναι δυνατόν να ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Για να σχεδιάσουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα, ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

Πρώτο: Επιλέγουμε το σώμα που μας ενδιαφέρει. Υπενθυμίζουμε ότι αντιμετωπίζουμε όλα τα σώματα ως υλικά σημεία.

Δεύτερο: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις από απόσταση που ασκούνται στο σώμα, όπως για παράδειγμα το βάρος του.

Τρίτο: Εντοπίζουμε όλα τα υπόλοιπα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή. Κάθε ένα από αυτά του ασκεί δύναμη.

Αν το σώμα βρίσκεται σε επαφή με επιφάνεια, υπάρχουν δυο περιπτώσεις: α) Η επιφάνεια να είναι λεία (δεν υπάρχουν τριβές), οπότε η δύναμη που ασκεί στο σώμα είναι κάθετη προς την επιφάνεια με φορά από την επιφάνεια προς το σώμα. β) Η επιφάνεια να είναι τραχιά (υπάρχουν τριβές), οπότε εκτός από την κάθετη δύναμη, η επιφάνεια ασκεί στο σώμα και τη δύναμη της τριβής έτσι ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος (εικόνα 3.19).

Αν το σώμα είναι σε επαφή με νήμα ή σύρμα, τότε η δύναμη που ασκεί το νήμα έχει τη διεύθυνση του νήματος και φορά από το σώμα προς το νήμα. Το νήμα ασκεί δύναμη μόνον εφόσον είναι τεντωμένο (εικόνα 3.20).

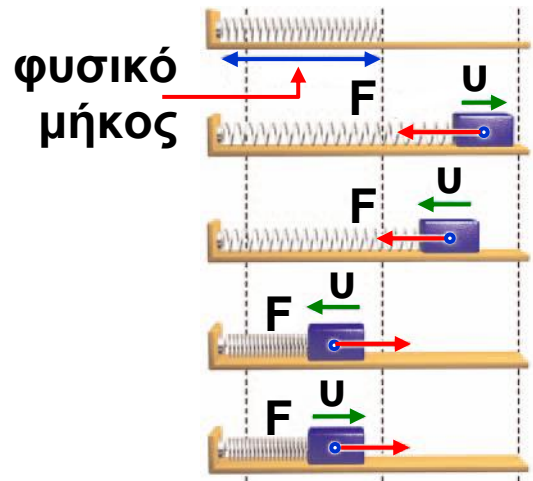
Εικόνα 3.20.

Το σύρμα είναι τεντωμένο και σε επαφή με τη σφύρα. Το σύρμα ασκεί δύναμη στη σφύρα. Ή το χέρι του σφυροβόλου, μέσω του σύρματος, ασκεί δύναμη στη σφύρα.



Αν το σώμα είναι σε επαφή με ελατήριο, τότε αυτό ασκεί δύναμη στο σώμα που έχει τη διεύθυνση του ελατηρίου και φορά τέτοια, ώστε να τείνει να επαναφέρει το ελατήριο προς το φυσικό του μήκος (εικόνα 3.21). Τα ελατήρια ασκούν δυνάμεις μόνον εφόσον είναι σε συμπίεση ή επιμήκυνση. Ελατήρια που έχουν το φυσικό τους μήκος δεν ασκούν δυνάμεις.

Εικόνα 3.21.
 Η δύναμη που ασκεί το ελατήριο στο σώμα τείνει να το επαναφέρει στο φυσικό του μήκος.



Παράδειγμα 3.1

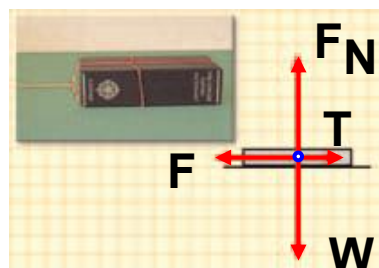
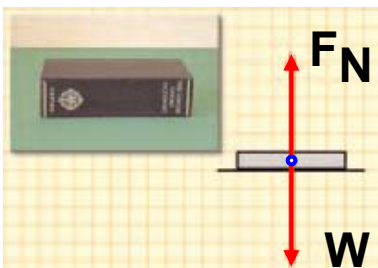
Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο της Φυσικής που βρίσκεται πάνω στο θρανίο σου. Δέσε το βιβλίο με ένα σχοινί και σύρε το πάνω στο θρανίο. Να σχεδιάσεις όλες τις δυνάμεις που ασκούνται τώρα στο βιβλίο.

Α. Σώμα στο οποίο σχεδιάζονται οι δυνάμεις: Το βιβλίο

Β. Δυνάμεις από απόσταση: Το βάρος W (ασκείται από τη γη)

Γ. Δυνάμεις από επαφή:

- Η δύναμη F από το νήμα (ασκείται από το νήμα)
- Η δύναμη από το θρανίο (υπάρχουν τριβές) – η τριβή T και κάθετη δύναμη F_N



3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων

Σύνθεση δυνάμεων - Συνισταμένη

Ομάδα Α

Εικόνα 3.22.

Οι μαθητές μέσω των σχοινιών ασκούν δυνάμεις στον κρίκο αμαξάκι προσπαθώντας να το τραβήξουν προς το μέρος τους.



Ομάδα Β

Στην εικόνα 3.22 παριστάνονται τέσσερις μαθητές που τραβούν έναν κρόκο. Κάθε μαθητής ασκεί με το χέρι του, μέσω του σχοινιού, μια δύναμη σ' αυτόν. Στα σώματα συχνά ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το σύνολο των επιμέρους δυνάμεων, δηλαδή η συνολική δύναμη, λέγεται **συνισταμένη**.

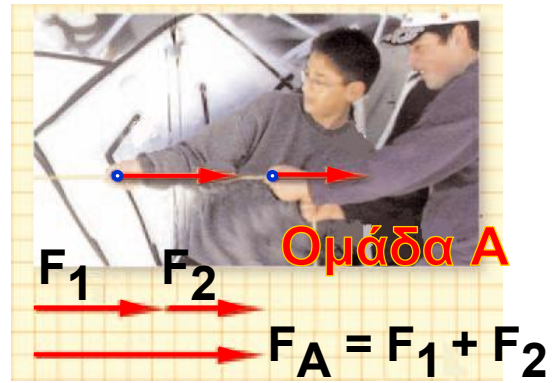
Σύνθεση δυνάμεων με την ίδια διεύθυνση

Πώς θα βρούμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται από τους μαθητές στον κρόκο που εικονίζεται στην εικόνα 3.22;

Αρχικά θα βρούμε τη συνολική δύναμη που ασκεί η κάθε ομάδα των μαθητών χωριστά και στη συνέχεια θα βρούμε τη συνολική δύναμη που ασκούν οι δυο ομάδες. Στην εικόνα 3.23 με F_1 , F_2 παριστάνουμε τις δυνάμεις που ασκούν οι μαθητές της δεξιάς ομάδας (Α ομάδα) και με F_A τη συνισταμένη τους. Στο σχήμα της εικόνας 3.23 παριστάνεται ο τρόπος με τον οποίο συνθέτουμε δυνάμεις που έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά, ώστε να προσδιορίσουμε τη συνολική δύναμη.

Εικόνα 3.23.

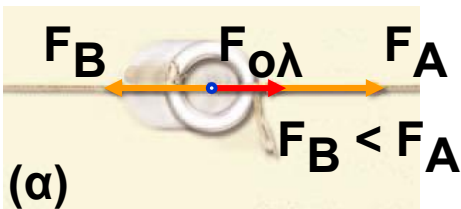
Οι μαθητές ασκούν δυο δυνάμεις ίδιας κατεύθυνσης μέσω του σχοινιού στον κρίκο. Το μέτρο της συνισταμένης είναι ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους.



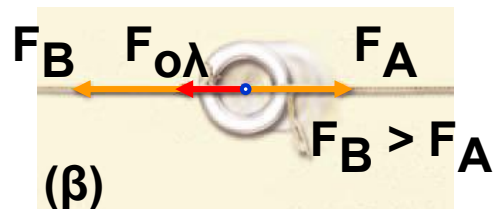
Εάν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1, F_2 κτλ., έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά, η συνισταμένη τους ($F_{ολ}$) έχει τη διεύθυνση και φορά των δυνάμεων και μέτρο:

$$F_{ολ} = F_A = F_1 + F_2$$

Στις εικόνες 3.24 και 3.25 με F_A, F_B παριστάνουμε τη συνισταμένη δύναμη που ασκεί κάθε μια από τις δυο ομάδες. Οι δυνάμεις αυτές έχουν αντίθετη φορά.



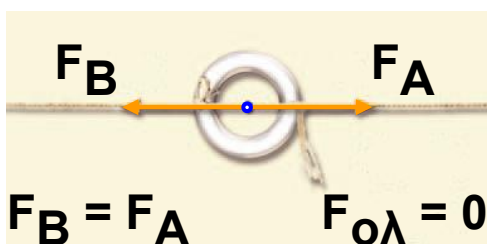
$$F_{ολ} = F_A - F_B$$



$$F_{ολ} = F_B - F_A$$

Εικόνα 3.24.

(α) Η δύναμη F_A που ασκεί η ομάδα Α, έχει μεγαλύτερο μέτρο από την F_B που ασκεί η ομάδα Β: Ο κρίκος κινείται προς τα δεξιά. (β) Η δύναμη F_A που ασκεί η ομάδα Α, έχει μικρότερο μέτρο από την F_B που ασκεί η ομάδα Β: Ο κρίκος κινείται προς τα αριστερά.



Εικόνα 3.25.

Οι δυο δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες φορές: Ο κρίκος παραμένει ακίνητος.

Εάν δυο δυνάμεις με μέτρα F_A και F_B έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη τους έχει τη φορά της μεγαλύτερης και μέτρο (εικόνα 3.24).

$$F_{ολ} = F_A - F_B$$

Στην ειδική περίπτωση που οι δυνάμεις έχουν και ίσα μέτρα, η συνισταμένη τους ισούται με το μηδέν. Δύο τέτοιες δυνάμεις λέγονται αντίθετες (εικόνα 3.25).

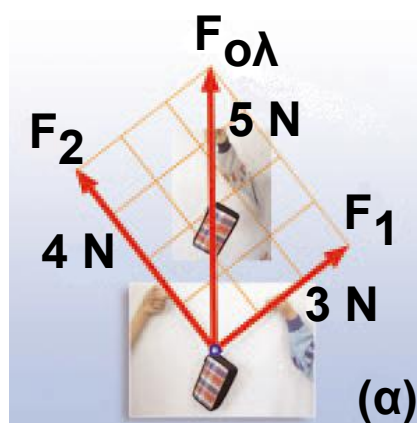
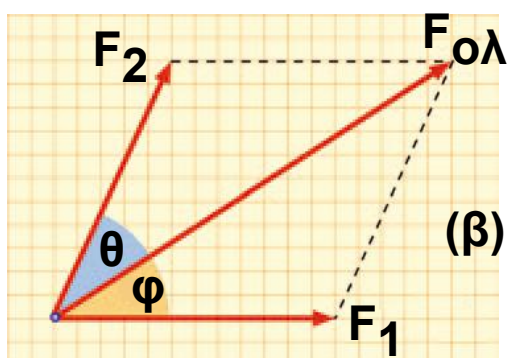
Σύνθεση δυνάμεων με διαφορετικές διευθύνσεις

Τρεις μαθητές πειραματίζονται σχετικά με τον τρόπο σύνθεσης δυνάμεων με διαφορετικές διευθύνσεις. Οι δύο από αυτούς δένουν μια κασετίνα στις άκρες δυο δυναμόμετρων. Κρατούν τα

δυναμόμετρα έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία 90° και ανασηκώνουν την κασετίνα (εικόνα 3.26). Διαβάζουν τις ενδείξεις των δυναμόμετρων, οι οποίες είναι 4 N και 3 N αντίστοιχα. Ο τρίτος μαθητής δένει την κασετίνα στην άκρη ενός δυναμόμετρου και την ανασηκώνει κρατώντας το δυναμόμετρο κατακόρυφο. Η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι 5 N. Οι μαθητές παρατηρούν ότι και στις δυο περιπτώσεις η κασετίνα παραμένει ακίνητη - ισορροπεί. Για να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους, υποθέτουν ότι η δύναμη που ασκεί ο τρίτος μαθητής είναι ίση με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν οι δυο άλλοι μαθητές (εικόνα 3.26). Σχεδιάζουν τις δυνάμεις των 3 N και 4 N, όπως παριστάνεται στην εικόνα 3.27α. Παρατηρούν ότι η διαγώνιος του παραλληλογράμμου που σχηματίζεται έχει μέτρο 5 N και είναι κατακόρυφη. Είναι δηλαδή ίση με τη συνισταμένη τους. Συμπεραίνουν ότι η συνισταμένη των δυο δυνάμεων παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που αυτές σχηματίζουν (εικόνα 3.27α).

Εικόνα 3.26.

Η δύναμη των 5 N που ασκεί ο τρίτος μαθητής προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις δυνάμεις που ασκούν οι άλλοι δύο μαζί. Έτσι λέμε ότι η συνισταμένη δύναμη των 3 N και 4 N που ασκούν οι δύο πρώτοι μαθητές, είναι ίση με τη δύναμη των 5 N που ασκεί ο τρίτος.



Εικόνα 3.27.

Η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που σχηματίζουν οι δυο δυνάμεις.

Γενικά, για να συνθέσουμε δυο δυνάμεις με διαφορετικές διευθύνσεις, σχηματίζουμε το παραλληλόγραμμο που έχει πλευρές τα διανύσματα που παριστάνουν τις δυνάμεις. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου, που περνάει από την κοινή αρχή των διανυσμάτων, παριστάνει τη συνισταμένη των δυνάμεων. Το μέτρο της συνισταμένης καθορίζεται από το μήκος της διαγωνίου. Η διεύθυνσή της προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μια από τις δυο δυνάμεις (φ ή θ , εικόνα 3.27β). Κάθε μια από αυτές τις γωνίες μπορεί να μετρηθεί με ένα μοιρογνωμόνιο.

Στην ειδική περίπτωση που οι δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους (εικόνα 3.27α), μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος της διαγωνίου εφαρμόζοντας το Πυθαγόρειο θεώρημα.

Έτσι βρίσκουμε ότι:

$$F_{O\Lambda}^2 = F_1^2 + F_2^2$$

Στο παράδειγμά μας, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν οι δυο μαθητές στην κασετίνα έχει μέτρο $F_{O\Lambda}$, που υπολογίζεται από την προηγούμενη σχέση:

$$F_{O\Lambda}^2 = (4 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2 \quad \text{ή} \quad F_{O\Lambda}^2 = 16 \text{ N}^2 + 9 \text{ N}^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{O\Lambda}^2 = 25 \text{ N}^2 \quad \text{ή} \quad F_{O\Lambda}^2 = 5^2 \text{ N}^2 \quad \text{ή} \quad F_{O\Lambda} = 5 \text{ N}$$

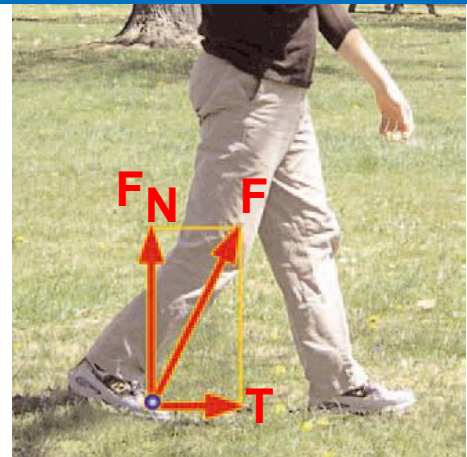
Δύναμη που ασκείται από τραχιά επιφάνεια

Μια τραχιά επιφάνεια ασκεί σ' ένα σώμα που κινείται (ή τείνει να κινηθεί επάνω της) την κάθετη στην επιφάνεια δύναμη και τη δύναμη της τριβής T . Προκειμένου να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται από την τραχιά επιφάνεια στο σώμα, θα πρέπει να συνθέσουμε τις δυο αυτές δυνάμεις που είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους και επομένως ισχύει: $F^2 = F_N^2 + T^2$. Προσέξτε, η επιφάνεια ασκεί μια δύναμη στο σώμα, την F , που είναι η συνισταμένη της κάθετης και της τριβής (εικόνα 3.28).

Εικόνα 3.28.

Φυσική και καθημερινή ζωή

Το έδαφος ασκεί στο πόδι μας: την τριβή T που είναι παράλληλη προς το έδαφος και μας σπρώχνει μπροστά και την κάθετη δύναμη F_N που είναι αντίθετη με το βάρος του σώματος. Η δύναμη που ασκεί το έδαφος στο πόδι μας F είναι η συνισταμένη των δυο αυτών δυνάμεων.

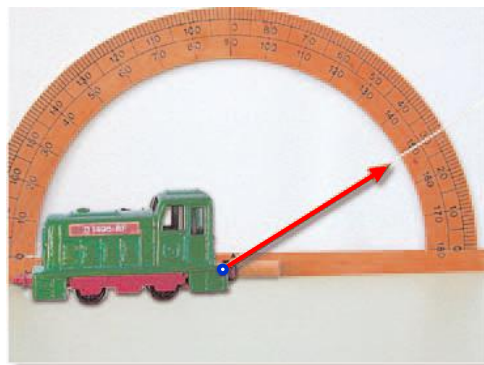


Ανάλυση δύναμης

Κάθε δύναμη μπορεί να αναλυθεί σε δυο επιμέρους δυνάμεις που λέγονται συνιστώσες και την έχουν συνισταμένη. Συνήθως η ανάλυση γίνεται σε δυο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους. Στην εικόνα 3.29 ένα μικρό αυτοκινητάκι τραβιέται με ένα σκοινί που σχηματίζει γωνία 30° με το οριζόντιο έδαφος. Μέσω του σκοινιού ασκείται στο αυτοκινητάκι δύναμη μέτρου $F = 12 \text{ N}$.

Εικόνα 3.29.

Το σκοινί ασκεί δύναμη στο αυτοκινητάκι, η διεύθυνση της οποίας συμπίπτει με αυτή του νήματος.

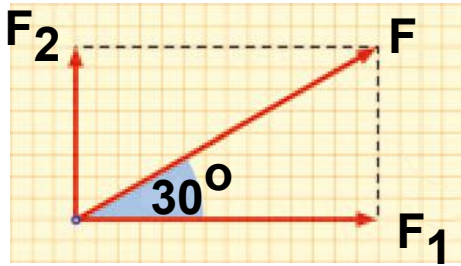


Για να αναλύσουμε τη δύναμη σε δυο κάθετες συνιστώσες, δηλαδή να βρούμε δυο δυνάμεις που θα προκαλούσαν τα ίδια αποτελέσματα με τη δύναμη F , ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

Σχεδιάζουμε δυο κάθετους άξονες, στην περίπτωση μας έναν οριζόντιο και έναν κατακόρυφο.

Η δύναμη F σχεδιάζεται με κατάλληλη κλίμακα και με διεύθυνση τέτοια ώστε να σχηματίζει γωνία 30° με τον οριζόντιο άξονα. Από το τέλος του διανύσματος που παριστάνει την F , φέρνουμε παράλληλες προς τους δυο άξονες. Τα σημεία τομής με τους άξονες καθορίζουν τα άκρα των διανυσμάτων της οριζόντιας και της κατακόρυφης συνιστώσας.

Μετρώντας τα μήκη των διανυσμάτων και χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα με την οποία σχεδιάσαμε την F , μπορούμε να προσδιορίσουμε τα μέτρα των συνιστωσών, F_1 και F_2 (εικόνα 3.30)

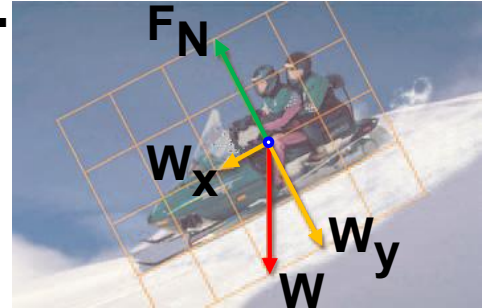


Εικόνα 3.30.
Η δύναμη F αναλύεται στις F_1 και F_2 .

Εικόνα 3.31.

Δυνάμεις σε κεκλιμένο επίπεδο.

Ανάλυση του βάρους ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Αν το επίπεδο είναι λείο, όπως για παράδειγμα η παγωμένη επιφάνεια μιας χιονοδρομικής πίστας, τότε από το επίπεδο ασκείται μόνο η κάθετη δύναμη F_N .



Ανάλυση δύναμης σε κεκλιμένο επίπεδο

Δεν υπάρχει γενικός κανόνας που να καθορίζει ότι οι διευθύνσεις στις οποίες γίνεται η ανάλυση των δυνάμεων πρέπει να είναι η κατακόρυφη και η οριζόντια. Για παράδειγμα, όταν μελετάμε την κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, μπορούμε να αναλύσουμε τις δυνάμεις σε μια διεύθυνση κάθετη και μια παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο (εικόνα 3.31).

Δραστηριότητα

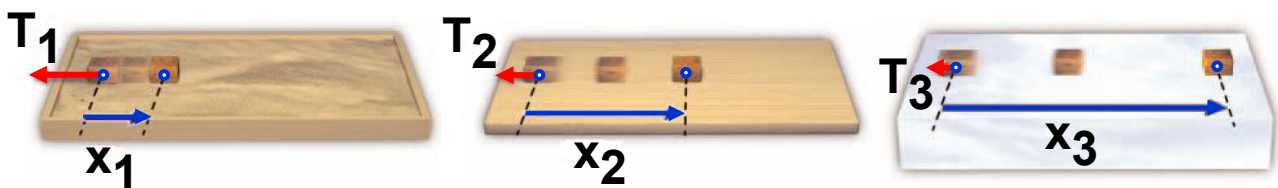
Διανύσματα δυνάμεων

- ▶ Δύο μαθητές της τάξης σου τραβάνε από τα δυο άκρα ένα σχοινί μήκους 10 μέτρων.
Το σχοινί φαίνεται να είναι ευθύγραμμο;
- ▶ Κάλεσε έναν από τους άλλους συμμαθητές σου να προσπαθήσει με το ένα δάχτυλο να σπρώξει το μέσο του σχοινιού.
- ▶ Μπορούν οι πρώτοι μαθητές να διατηρήσουν το σχοινί ευθύγραμμο;
- ▶ Προσπάθησε να δώσεις μια εξήγηση γι' αυτό που συμβαίνει.

3.4 Δύναμη και ισοροπία

Τοποθετούμε ένα ξύλινο κιβώτιο πάνω σε τραχύ έδαφος. Σπρώχνουμε το κιβώτιο προς τα εμπρός. Το κιβώτιο θα σταματήσει σχεδόν αμέσως μόλις αφήσουμε το χέρι μας. Το κιβώτιο σταματά γιατί ασκείται σ' αυτό η δύναμη της τριβής από το έδαφος που αντιτίθεται στην κίνησή του.

Εάν σπρώξουμε το κιβώτιο σε λείο ξύλινο πάτωμα, το κιβώτιο θα ολισθήσει περισσότερο. Η τριβή που ασκείται από το πάτωμα στο κιβώτιο είναι τώρα μικρότερη. Αν κάνουμε το ίδιο στην παγωμένη επιφάνεια ενός παγοδρομίου, το κιβώτιο θα μετακινηθεί πολύ περισσότερο. Η τριβή που ασκείται από την παγωμένη επιφάνεια σ' αυτό είναι τώρα ακόμα μικρότερη (εικόνα 3.32).



Εικόνα 3.32.

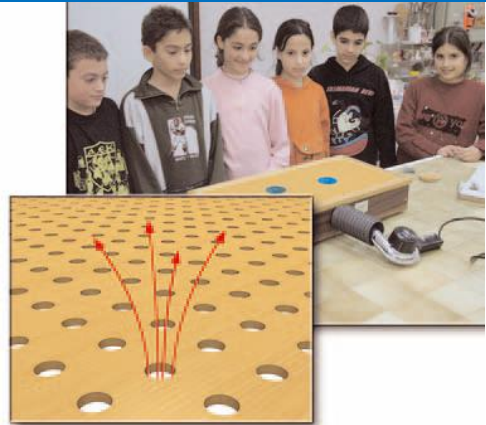
Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια, τόσο λιγότερο η τριβή αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος.

Αν τοποθετήσουμε ένα νόμισμα σε μια αεροτράπεζα (εικόνα 3.33), τότε από την τράπεζα δεν ασκείται δύναμη στο νόμισμα η οποία θα μπορούσε να ελαττώσει την ταχύτητά του.

Έτσι, αυτό ολισθαίνει με σχεδόν σταθερή ταχύτητα για μια μεγάλη απόσταση χωρίς κανένα πρόσθετο σπρώξιμο από εμάς.

Εικόνα 3.33.

Στην αεροτράπεζα διοχετεύουμε αέρα που βγαίνει από τις μικρές τρύπες που υπάρχουν στην επιφάνειά της. Μεταξύ του σώματος που κινείται και της τράπεζας δημιουργείται στρώμα αέρα. Έτσι μειώνουμε σημαντικά τη δύναμη της **τριβής**.



- Για να πετύχουμε μεγάλες ταχύτητες στα σύγχρονα μέσα μεταφοράς, προσπαθούμε να μειώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τη δύναμη της τριβής.
- Αναζήτησε το κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ των τρένων υψηλής ταχύτητας και της αεροτράπεζας.
- Γράψε ένα κείμενο για το πώς φαντάζεσαι ότι θα ήταν η ζωή και οι μεταφορές στην Ελλάδα, αν οι πρωτεύουσες των νομών της συνδέονταν με τρένα τέτοιων ταχυτήτων.

Ο Γαλιλαίος ισχυρίσθηκε ότι ένα τέλεια λείο αντικείμενο πάνω σε μια επίσης τέλεια λεία οριζόντια επιφάνεια θα μπορούσε να κινείται επ' άπειρο σε ευθεία γραμμή.

Υπάρχουν στη φύση τέλεια λείες επιφάνειες; Αν όχι, έχει νόημα ο ισχυρισμός του Γαλιλαίου;

Είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο ότι η δύναμη της τριβής είναι παρούσα σε κάθε κίνηση της καθημερινής μας ζωής. Φαίνεται λοιπόν ότι ο ισχυρισμός του Γαλιλαίου δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην καθημερινή μας εμπειρία. Αυτό όμως δεν είναι αλήθεια, γιατί μπορούμε να μη λάβουμε υπόψη μας τη δύναμη της τριβής όταν αυτή είναι πάρα πολύ μικρή ή όταν ασκείται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, όπως συμβαίνει στις απότομες κινήσεις.

Αργότερα ο Νεύτωνας χρησιμοποιώντας την έννοια της δύναμης διατύπωσε πιο ολοκληρωμένα την άποψη του Γαλιλαίου ως εξής:

Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά εφόσον δεν ασκείται σε αυτό δύναμη ή η συνολική (συνισταμένη) δύναμη που ασκείται πάνω του είναι μηδενική.

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα για την κίνηση των σωμάτων.

Η πρόταση αυτή του Νεύτωνα συνδέεται με μια ιδιότητα των σωμάτων που ονομάζεται αδράνεια.

Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας).

Δραστηριότητα

Αδράνεια, μια ιδιότητα της ύλης

- ▶ Πάρε ένα βιβλίο και βάλε πάνω του ένα κέρμα.
- ▶ Δίπλα στο βιβλίο και στο ύψος του κέρματος βάλε τη γόμα σου.
- ▶ Τράβηξε απότομα το βιβλίο οριζόντια. Τι παρατηρείς; Πώς το εξηγείς;
- ▶ Αν δεν τραβήξεις απότομα το βιβλίο, τι θα συμβεί; Πώς το εξηγείς;





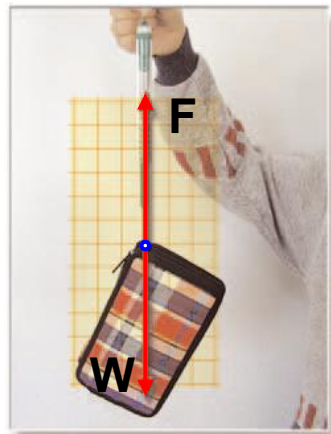
3.5 Ισορροπία υλικού σημείου

Ας θυμηθούμε το παράδειγμα με τους μαθητές που τραβούν με σκοινιά έναν κρίκο (παράγραφος 3.3). Είδαμε ότι αν η συνισταμένη των δυνάμεων που οι μαθητές ασκούν στον κρίκο είναι μηδέν, τότε αυτός θα παραμείνει ακίνητος. Με βάση αυτή την παρατήρηση, μπορούμε να πούμε ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα αποτελεί και τη διατύπωση της συνθήκης για την ισορροπία ενός υλικού σημείου.

Λέμε ότι ένα σώμα, που θεωρείται υλικό σημείο, ισορροπεί όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι ίση με το μηδέν. Συμβολικά, η συνθήκη ισορροπίας υλικού σημείου γράφεται:

$$\vec{F}_{\text{ολικο}} = 0$$

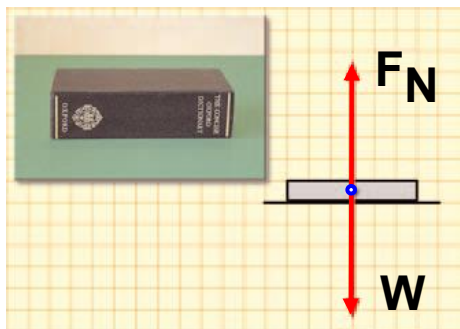
Στην εικόνα 3.34 η κασετίνα ισορροπεί διότι σε αυτή ασκούνται δυο αντίθετες δυνάμεις. Το βάρος, η δύναμη που ασκεί η γη από απόσταση και είναι ίση με 5 N και η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο, που είναι επίσης ίση με 5 N.



Εικόνα 3.34.

Στην κασετίνα ασκούνται δυο αντίθετες δυνάμεις. Η κασετίνα ισορροπεί.

Όταν ένα σώμα ισορροπεί, μπορούμε να εφαρμόσουμε τη συνθήκη ισορροπίας και να υπολογίσουμε κάποιες από τις άγνωστες δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό. Ένα βιβλίο βρίσκεται σε ηρεμία πάνω στο θρανίο σου (εικόνα 3.35). Το βάρος του βιβλίου, που είναι μια δύναμη από απόσταση, έχει μέτρο 10 N.



Εικόνα 3.35.

Το βιβλίο ισορροπεί. Οι δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό είναι αντίθετες.

Ασκείται άλλη δύναμη στο βιβλίο; Αν ναι, μπορούμε να την προσδιορίσουμε; Το βάρος του βιβλίου είναι μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα κάτω. Εφόσον το βιβλίο ισορροπεί, του ασκείται μια δύναμη επαφής από το θρανίο που είναι αντίθετη με το βάρος. Δηλαδή, είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω και έχει μέτρο ίσο με 10 N. Στο δυναμόμετρο που παριστάνεται στην εικόνα 3.10 ο κύβος ισορροπεί, διότι το ελατήριο ασκεί σ' αυτόν μια δύναμη αντίθετη με το βάρος του.

Ανάλυση δυνάμεων και ισορροπία

Κατά την εφαρμογή της συνθήκης ισορροπίας, συχνά διευκολυνόμαστε με την ανάλυση κάποιων δυνάμεων σε δυο κάθετες συνιστώ-σες κατά τις διευθύνσεις x, y . Τότε, η συνθήκη ισορροπίας ισχύει χωριστά για κάθε διεύθυνση.

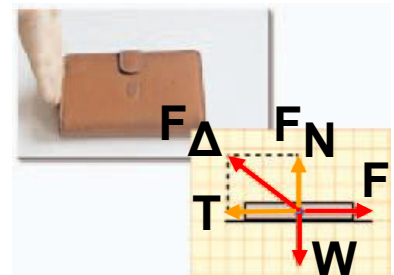
$$F_{ολx} = 0 \text{ και } F_{ολy} = 0$$

Η επιλογή των διευθύνσεων γίνεται βέβαια με κριτήριο να απαιτηθεί η ανάλυση όσο το δυνατόν λιγότερων δυνάμεων.

Παράδειγμα 3.2

Μια κασετίνα βάρους 3 N ηρεμεί σε οριζόντιο δάπεδο, ενώ τη σπρώχνουμε με το χέρι μας ασκώντας σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 4 N. Να υπολογιστούν τα μέτρα:

- α) της τριβής: T ,
- β) της κάθετης δύναμης που ασκεί το δάπεδο: F_N ,
- γ) της συνισταμένης δύναμης από το δάπεδο: F_{Δ}



Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$W = 3 \text{ N}, F = 4 \text{ N}$	α) F_N β) T γ) F_{Δ}	$F_{ολx} = 0$ $F_{ολy} = 0$

Λύση

Βήμα 1: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα:

Από απόσταση: το βάρος $W=3 \text{ N}$, κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω.

Από επαφή: Η δύναμη από το χέρι (τείνει να κινήσει την κασετίνα) $F = 4 \text{ N}$.

Από το δάπεδο (η κάθετη F_N με φορά από το δάπεδο προς το σώμα και η τριβή που αντιτίθεται στην κίνηση).

Βήμα 2: Υπολογίζουμε τα μέτρα των δυνάμεων:

A. Επιλέγουμε δυο κάθετες διευθύνσεις [την οριζόντια (x) και την κατακόρυφη (y)]

B. Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για τους δυο άξονες - Βασική εξίσωση:

$$F_{ολx} = 0 \quad F - T = 0 \quad F = T \quad T = 5 \text{ N}$$

$$F_{ολy} = 0 \quad W - F_N = 0 \quad W = F_N \quad F_N = 4 \text{ N}$$

Γ. Η δύναμη που ασκεί το δάπεδο είναι η συνισταμένη των F_N

$$F_{\Delta}^2 = T^2 + F_N^2, \quad F_{\Delta}^2 = (4 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2$$

$$F_{\Delta}^2 = 16 \text{ N}^2 + 9 \text{ N}^2, \quad F_{\Delta}^2 = 25 \text{ N}^2, \quad F_{\Delta} = 5 \text{ N}$$

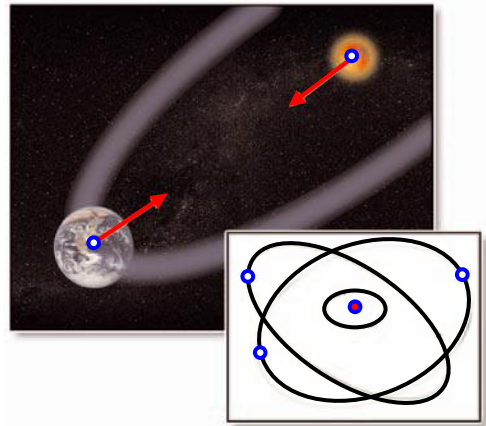
3.6 Δύναμη και μεταβολή δύναμης

Κατά την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο, η ταχύτητά της διαρκώς μεταβάλλεται. Η αιτία που προκαλεί τη μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι η ελκτική δύναμη που ασκεί ο ήλιος σ' αυτή (εικόνα 3.36). Πώς σχετίζεται η δύναμη που ασκεί ο ήλιος στη γη με τη μεταβολή της ταχύτητάς της;

Αντίστοιχα, ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα εξαιτίας της ελκτικής δύναμης που ασκείται σ' αυτό από τον πυρήνα (εικόνα 3.36). Ποια είναι η σχέση της κίνησης του ηλεκτρονίου με τη δύναμη που ασκεί ο πυρήνας σ' αυτό;

Εικόνα 3.36.

Η δύναμη που ασκεί ο πυρήνας στο ηλεκτρόνιο προκαλεί την κίνησή του γύρω απ' αυτόν. Η βαρυτική έλξη που ασκεί ο ήλιος στη γη, προκαλεί την περιφορά της γύρω του.



Εικόνα 3.37.

Ο Ισαάκ Νεύτων (1642-1727)

Φυσικός, μαθηματικός και αστρονόμος είναι κορυφαία φυσιογνωμία της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα. Το έργο του αναφέρεται στην Οπτική, Μηχανική και τα μαθηματικά. Στη Μηχανική διατύπωσε τους τρεις νόμους για την κίνηση των σωμάτων που αποτελούν τις βασικές αρχές για τη σύγχρονη φυσική. Επίσης διατύπωσε το νόμο της παγκόσμιας έλξης.

Φυσική και Ιστορία



Μια από τις σημαντικότερες κατακτήσεις της επιστήμης είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα καθορίζουν την κίνησή του. Στις επόμενες παραγράφους θα συζητήσουμε τη σχέση δύναμης και κίνησης και το νόμο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων, καθώς και εφαρμογές αυτών των νόμων στην καθημερινή ζωή.

Είδαμε ότι η δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων. Με ποιο τρόπο συνδέεται η δύναμη με τη μεταβολή της ταχύτητας;

Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα που έχει ορισμένη μάζα, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητά του.

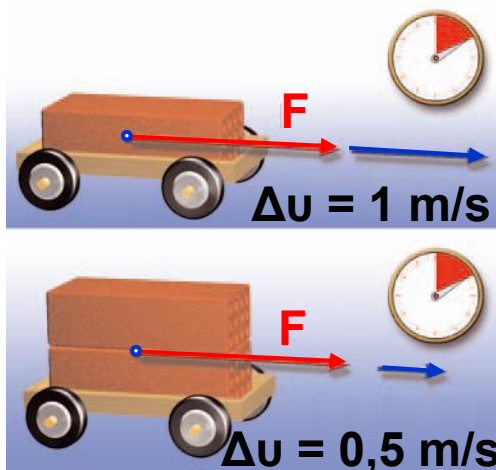
Ο Νεύτωνας διατύπωσε με σαφήνεια και ακρίβεια τη σχέση της δύναμης και της μεταβολής της ταχύτητας με τη βοήθεια μιας απλής μαθηματικής εξίσωσης γνωστής και ως «δεύτερος νόμος του Νεύτωνα» για την κίνηση. Το νόμο αυτό θα τον μελετήσετε σε μεγαλύτερη τάξη.

Η μάζα ανθίσταται στη μεταβολή της ταχύτητας

Αν αντικαταστήσουμε μια μπάλα του ποδοσφαίρου με μια μπάλα του μπάσκετ, ο ίδιος ποδοσφαιριστής ασκώντας την ίδια δύναμη κινεί δυσκολότερα την μπάλα του μπάσκετ.

Πώς εξηγείται αυτό;

Η μεταβολή της ταχύτητας εξαρτάται επίσης από τη μάζα του σώματος. Η μπάλα του μπάσκετ έχει μεγαλύτερη μάζα. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή της ταχύτητας που προκαλείται από την ίδια δύναμη, εφόσον αυτή ασκείται για το ίδιο χρονικό διάστημα (εικόνα 3.38).



Εικόνα 3.38.

Σε σώμα διπλάσιας μάζας η ίδια δύναμη προκαλεί τη μισή μεταβολή της ταχύτητας.

Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος, τόσο δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητά του.

Συνδυάζοντας την παραπάνω πρόταση με την έννοια της αδράνειας, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η μάζα ενός σώματος είναι το μέτρο της αδράνειάς του,

δηλαδή της αντίστασης που παρουσιάζει το σώμα στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης. Μεγάλη μάζα σημαίνει μεγάλη αδράνεια, δηλαδή μεγάλη αντίσταση και άρα μικρή μεταβολή στην ταχύτητα (για δεδομένη δύναμη). Όταν το φορτηγό είναι φορτωμένο σταματάει δυσκολότερα παρά όταν είναι άδειο. Η ταχύτητα του φορτηγού μπορεί να μεταβληθεί ευκολότερα όταν αυτό είναι άδειο.

Δραστηριότητα

Αδράνεια, μια ιδιότητα της ύλης

- ▶ Κρέμασε δυο κουτάκια αναψυκτικών με δυο νήματα ίσου μήκους, ένα γεμάτο και ένα άδειο.
- ▶ Άφησέ τα να ισορροπήσουν.
- ▶ Σκέψου με ποιο τρόπο μπορείς να διακρίνεις το άδειο από το γεμάτο κουτί, χωρίς να τα ακουμπήσεις



Μάζα και Βάρος

Πολλές φορές στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή οι έννοιες της μάζας και του βάρους συγχέονται. Αυτό είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο ότι η μέτρηση της μάζας ενός σώματος γίνεται μέσω του βάρους του. Ακόμα και όταν για τη μέτρηση της μάζας ενός σώματος χρησιμοποιούμε ζυγό ισορροπίας, το κάνουμε εξισώνοντας το βάρος του με το βάρος γνωστής μάζας. Επιπλέον χρησιμοποιούμε χωρίς διάκριση τη μονάδα κιλό και για τη μάζα και για το βάρος.

Για να διακρίνουμε με σαφήνεια τις δυο έννοιες, εντοπίζουμε τις βασικές διαφορές τους, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.	
ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ	
Μάζα	Βάρος
Είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος	Είναι η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη στο σώμα
Είναι μονόμετρο μέγεθος	Είναι διανυσματικό μέγεθος
Παραμένει ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος	Αλλάζει από τόπο σε τόπο
Μονάδα είναι το 1 kg	Μονάδα είναι το 1 N

Η μάζα ενός σώματος παραμένει η ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος και αν μεταφερθεί αυτό. Το βάρος του, όμως, μεταβάλλεται (εικόνα 3.39). Μια μπάλα του ποδοσφαίρου με μάζα 0,75 kg έχει βάρος 7,5 N στη γη, αλλά μόνο 1,25 N στη σελήνη. Κλοτσώντας όμως την μπάλα πάνω στην επιφάνεια της σελήνης, είναι εξίσου δύσκολο να την κινήσουμε όπως και στη γη, επειδή η μάζα της, της οποίας το μέτρο συνδέεται με την αδράνειά της, διατηρείται ίδια.

Η μάζα και το βάρος ενός σώματος συνδέονται μέσω ενός μεγέθους που ονομάζεται **επιτάχυνση της βαρύτητας (g)** και μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.

Ισχύει:

$$w = m \cdot g$$

ή διαφορετικά, σε κάθε τόπο το πηλίκο του βάρους ενός σώματος προς τη μάζα του είναι σταθερό και ίδιο για όλα τα σώματα. Η τιμή του g στην επιφάνεια της γης είναι περίπου $9,8 \text{ m/s}^2$.

Εικόνα 3.39.

Η μάζα του Άλτριν (Auldrin) δεν άλλαξε στη σελήνη. Το βάρος του όμως έγινε το 1/6 του βάρους που είχε στη γη.



3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση

Παρατηρώντας έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπεις τους κωπηλάτες να ασκούν με τα κουπιά δύναμη στο νερό και να το σπρώχνουν προς τα πίσω. Ποια δύναμη σπρώχνει τη βάρκα προς τα μπροστά; Πριν από περίπου 300 χρόνια ο Νεύτωνας διακήρυξε ότι στη φύση υπάρχει συμμετρία και ότι όλες οι δυνάμεις πρέπει να θεωρούνται ως δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ δυο σωμάτων. Έτσι οι κωπηλάτες αλληλεπιδρούν με το νερό: ασκούν με τα κουπιά δύναμη στο νερό με φορά προς τα πίσω και το νερό ασκεί δύναμη στα κουπιά προς τα εμπρός (εικόνα 3.40). Το ίδιο συμβαίνει και όταν κλοτσάμε την μπάλα, στο πόδι μας αισθανόμαστε τη δύναμη που ασκεί η μπάλα σε αυτό. Όσο πιο δυνατά σπρώχνουμε τον τοίχο προς μια κατεύθυνση, άλλο τόσο μας σπρώχνει και ο τοίχος προς την αντίθετη.

Εικόνα 3.40.

Το κουπί ασκεί δύναμη στο νερό και το νερό ασκεί δύναμη στο κουπί.



Γενικεύοντας τις παρατηρήσεις του, ο Νεύτωνας διατύπωσε την πρόταση που είναι γνωστή ως τρίτος νόμος του Νεύτωνα:

Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).

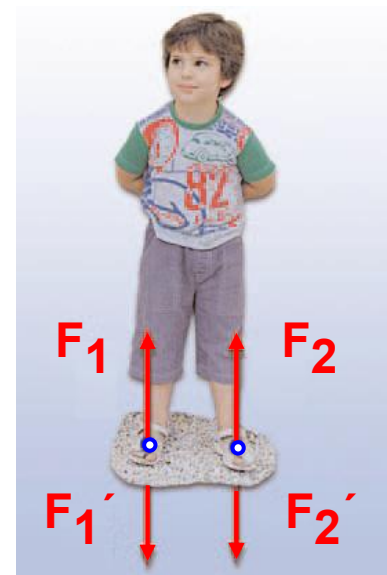
Ή διαφορετικά,

Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα μια αντίθετη αντίδραση.

Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται η δράση χωρίς την αντίστοιχη αντίδραση. Όταν στεκόμαστε όρθιοι, ασκούμε στο πάτωμα κατακόρυφη δύναμη προς τα κάτω και το πάτωμα ασκεί πάνω μας μια ίση δύναμη με φορά προς τα πάνω (εικόνα 3.41). Όταν βαδίζουμε, ασκούμε με το πόδι μας στο πάτωμα μια επιπλέον οριζόντια δύναμη προς τα πίσω. Το πάτωμα ασκεί στο πόδι μας μια δύναμη (δύναμη τριβής) προς τα εμπρός ίσου μέτρου (εικόνα 3.42). Όταν κολυμπάμε, αλληλεπιδρούμε με το νερό. Σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω και το νερό μας σπρώχνει μπροστά.

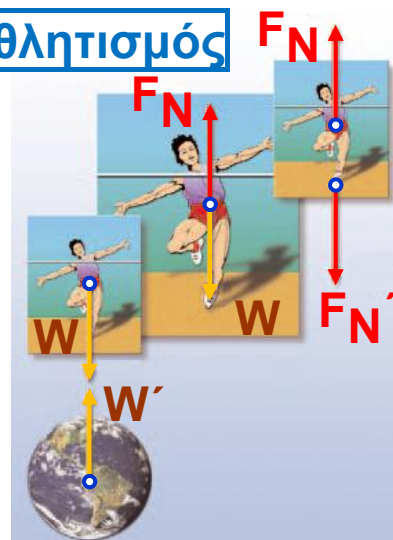
Εικόνα 3.41.

Το παιδί ασκεί δυνάμεις στο πάτωμα.
Το πάτωμα ασκεί δυνάμεις στο παιδί.



Εικόνα 3.42.

Ο άλτης του ύψους σπρώχνει το έδαφος προς τα κάτω και το έδαφος στον σπρώχνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι ο αθλητής υπερνικά τη βαρύτητα και μπορεί να ανέβει σε ύψος μέχρι και 2,4 m.

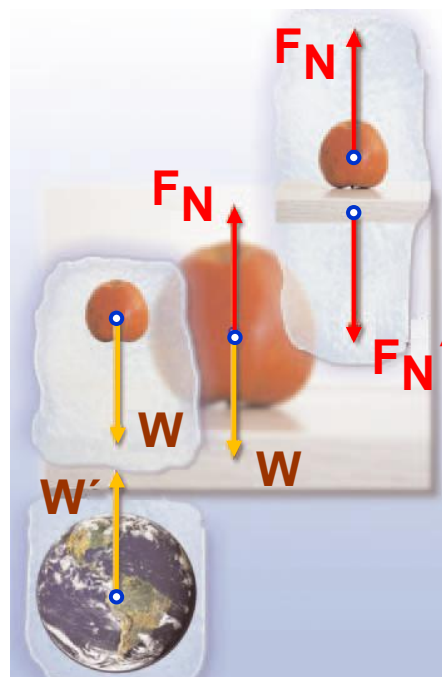


Δεν έχει σημασία ποια από τις δυο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Αυτό που είναι σημαντικό να θυμάστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Ας αναζητήσουμε τα ζεύγη δράσης – αντίδρασης των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα μήλο, το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία πάνω στο τραπέζι (εικόνα 3.43). Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για το μήλο: η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο μήλο είναι μηδέν. Το βάρος του μήλου (W) εξισορροπείται από την κάθετη δύναμη (F_N) που το τραπέζι ασκεί στο μήλο. Οι δυνάμεις αυτές έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις. Ωστόσο, δεν αποτελούν ζεύγος δράση – αντίδραση, διότι προέρχονται από την αλληλεπίδραση του μήλου με δύο διαφορετικά σώματα: Το βάρος είναι η δύναμη που η γη ασκεί στο μήλο, ενώ την κάθετη δύναμη την ασκεί το τραπέζι στο μήλο. Όταν δυο σώματα αλληλεπιδρούν, στο ένα ασκείται η δράση και στο άλλο η αντίδραση. Η δράση και η αντίδραση είναι δυνάμεις που ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα. Στην εικόνα 3.43 παριστάνονται τα σωστά ζεύγη δράσης – αντίδρασης.

Εικόνα 3.43.

Η γη ασκεί στο μήλο τη δύναμη του βάρους (W). Το μήλο ασκεί στη γη τη δύναμη (W'). Το τραπέζι ασκεί στο μήλο τη δύναμη F_N . Το μήλο ασκεί στο τραπέζι τη δύναμη F_N' . Οι δυνάμεις F_N και F_N' έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις.



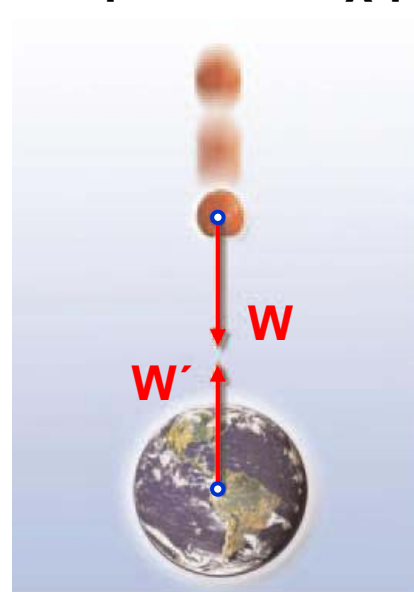
Ένα μήλο πέφτει από τη μηλιά και κινείται προς το έδαφος. Οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα στο μήλο και τη γη, το W και το W' έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις. Το βάρος W προκαλεί την κίνηση του μήλου.

Γιατί η δύναμη που ασκεί το μήλο στη γη δεν προκαλεί την κίνηση της γης;

Η μάζα του μήλου είναι πολύ μικρότερη από τη μάζα της γης. Επομένως, η αδράνεια του μήλου είναι πολύ μικρότερη της αδράνειας της γης. Έτσι, η άσκηση δυνάμεων ίσου μέτρου προκαλεί πολύ μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας του μήλου από την αντίστοιχη της γης. Η μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι τόσο πολύ μικρή που δε γίνεται αντιληπτή. Έτσι, η γη παραμένει ακίνητη, ενώ το μήλο κινείται προς αυτή (εικόνα 3.44).

Εικόνα 3.44.

Το μήλο κινείται επειδή έχει μικρή αδράνεια. Η γη παραμένει ακίνητη επειδή έχει μεγάλη αδράνεια.



Εφαρμογές

Ποια δύναμη ανυψώνει το ελικόπτερο; Τα φτερά της έλικας, όταν γυρίζουν, σπρώχνουν προς τα κάτω τα μόρια του αέρα (δράση). Τα μόρια του αέρα ωθούν την έλικα προς τα πάνω (αντίδραση). Η προς τα πάνω συνολική δύναμη που ασκούν τα μόρια του αέρα στην έλικα, λέγεται δυναμική άνωση. Όταν η δυναμική άνωση εξισωθεί με το βάρος του ελικοπτερού, αυτό μπορεί να διατηρηθεί σε σταθερό ύψος. Όταν η δυναμική άνωση γίνει μεγαλύτερη του βάρους, το ελικόπτερο κινείται προς τα πάνω.

Ποια δύναμη ανυψώνει τα πουλιά; Όταν τα πουλιά πετούν τα φτερά τους παίρνουν τέτοιο σχήμα, ώστε να σπρώχνουν τον αέρα προς τα κάτω (δράση), οπότε ο αέρας τα σπρώχνει προς τα πάνω (αντίδραση).

Ποια δύναμη κινεί ή αλλάζει την πορεία των αεροπλάνων; Με ελαφρά κλίση τμήματος των φτερών του αεροπλάνου, ο αέρας που συναντά στρέφεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Έτσι, ο αέρας ασκεί δύναμη στο αεροπλάνο και το αναγκάζει να αλλάξει πορεία. Στα ελικοφόρα αεροπλάνα οι έλικες σπρώχνουν τον αέρα προς τα πίσω, οπότε ο αέρας τις σπρώχνει προς τα εμπρός. Στα αεριωθούμενα αεροπλάνα ο στροβιλοκινητήρας (τουρμπίνα) ρουφά αέρα από εμπρός και τον σπρώχνει προς τα πίσω. Αυτός με τη σειρά του σπρώχνει το αεροσκάφος μπροστά (εικόνα 3.45).

Ποια δύναμη κινεί τα πλοία στη θάλασσα; Τα πλοία διαθέτουν την προπέλα, η οποία καθώς κινείται, σπρώχνει το νερό προς τα πίσω (δράση), οπότε το νερό τη σπρώχνει προς τα εμπρός (αντίδραση).

Ανάπτυξε τη διαίσθηση σου

Εικόνα 3.45.

Η κίνηση του αεροπλάνου μπορεί να ερμηνευτεί με τη βοήθεια της **δράσης-αντίδρασης**.



- Μπορείς να σκεφτείς με ποιο τρόπο θα μπορούσε να κινηθεί ένα αεροπλάνο στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει ατμόσφαιρα; Ποιο σώμα θα ασκεί τη δράση και ποιο την αντίδραση που κινεί το αεροπλάνο;
- Πώς κινούνται οι πύραυλοι έξω από την ατμόσφαιρα;

Πώς πετούν τα αποδημητικά πουλιά

Γιατί τα αποδημητικά πουλιά, όπως, π.χ. οι πελαργοί, πετούν σε σχηματισμό V; Η απάντηση μπορεί να δοθεί με απλή φυσική! Τα φτερά των πουλιών ωθούν τον αέρα προς τα κάτω. Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και ο αέρας σπρώχνει τα πουλιά προς τα πάνω. Αλλά δεν είναι μόνο αυτό. Ο αέρας που ωθείται, συναντά τον αέρα που βρίσκεται από κάτω και στροβιλίζεται προς τα πάνω. Το ανερχόμενο αυτό ρεύμα είναι ισχυρότερο προς την πλευρά του πουλιού. Ένα πουλί που ακολουθεί, παίρνει τέτοια θέση ώστε να κερδίσει επιπλέον ανύψωση από το ανοδικό ρεύμα που δημιουργήθηκε από το προηγούμενο και ούτω καθεξής. Το αποτέλεσμα είναι ένα σμήνος από πουλιά να πετάει σε σχηματισμό V.



► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

i. Οι δυνάμεις προκαλούν α) μεταβολή στην των σωμάτων β) την τους.

ii. Όλες οι δυνάμεις που εμφανίζονται στη φύση έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: εμφανίζονται πάντα ως μεταξύ δυο σωμάτων: λέμε ότι τα σώματα Η δύναμη είναι μέγεθος και παριστάνεται ως

iii. Για να μελετήσουμε τις δυνάμεις, τις κατατάσσουμε σε δυο κατηγορίες. Δυνάμεις που ασκούνται κατά την δύο σωμάτων και δυνάμεις που ασκούνται από

iv. Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι με τη δύναμη που ασκείται σ' αυτό. Την παραπάνω ιδιότητα των ελατηρίων την εκμεταλλευόμαστε στην κατασκευή οργάνων μέτρησης των Η μονάδα δύναμης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται

v. Η είναι η δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε και το ένα κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η διεύθυνση της τριβής είναι προς τις επιφάνειες που εφάπτονται και έχει φορά τέτοια ώστε να στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη.

vi. Η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη σ' ένα σώμα ονομάζεται (γήινο) του σώματος. Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι πάντοτε

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης - Ισορροπία υλικού σημείου

2. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενο τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

i. Η κασετίνα της εικόνας 3.27 ισορροπεί ενώ σ' αυτή ασκούνται τρεις δυνάμεις $F_1 = 5 \text{ N}$, $F_2 = 3 \text{ N}$ και $F_{ολ} = 5 \text{ N}$.

ii. Ένα υλικό σημείο ισορροπεί με την επίδραση τριών δυνάμεων όταν: (α) Η συνισταμένη των δυο δυνάμεων είναι αντίθετη της τρίτης. (β) Η συνισταμένη των δυο δυνάμεων είναι ίση με την τρίτη. (γ) Η συνισταμένη των δυο δυνάμεων έχει μέτρο διπλάσιο της τρίτης. (δ) Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων είναι μηδέν.

3. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση:

Στην εικόνα 3.27 η συνισταμένη των δυνάμεων 4 N και 3 N: (α) είναι ίση με το βάρος w της κασετίνας; (β) Είναι αντίθετη με το βάρος w της κασετίνας; (γ) Έχει μέτρο διπλάσιο του βάρους w της κασετίνας; (δ) Τίποτε από τα παραπάνω.

4. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές.

Η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης λέγεται [Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ή να κινείται ευθύγραμμα και εφόσον η συνολική δύναμη που ασκείται επάνω του είναι μηδενική]. Η μάζα είναι το μέτρο της ενός σώματος.

Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

5. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα ή τα γράμματα που αντιστοιχούν στις σωστές απαντήσεις:

(α) Η δράση και η αντίδραση έχουν ίσο μέτρο και αντίθετη φορά. (β) Η δράση και η αντίδραση ασκούνται στο ίδιο σώμα. (γ) Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα μια αντίδραση. (δ) Σε δυο σώματα στα οποία ασκούνται η δράση και η αντίδραση, αντίστοιχα, η ταχύτητά τους μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο.

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

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

1. Ποια είναι η κοινή αιτία που προκαλεί την πτώση ενός αντικειμένου προς τη γη και την κίνηση της σελήνης γύρω από τη γη;

2. Ένας συμμαθητής σου εκφράζει την άποψη: «Ένα σώμα έχει βάρος μόνο όταν βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της γης, ενώ δεν έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης». Συμφωνείς με την άποψή του; Να εξηγήσεις.

3. Να αναφέρεις τρία παραδείγματα εμφάνισης της δύναμης της τριβής σε κινήσεις που παρατηρούνται στην καθημερινή ζωή.

4. Μια γόμα βρίσκεται ακίνητη πάνω στο θρανίο σου. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στη γόμα και να αναφέρεις από ποιο σώμα ασκείται η κάθε μια. Να τις κατατάξεις σε δυνάμεις από επαφή και από απόσταση. Να κάνεις το ίδιο στην περίπτωση που κινείς τη γόμα προς μια κατεύθυνση πάνω στη σελίδα του τετραδίου σου προκειμένου να σβήσεις μια πρόταση.

- 5.** Δυο δυνάμεις με διαφορετικά μέτρα ασκούνται σ' ένα κιβώτιο. Είναι δυνατόν να προκύψει συνισταμένη δύναμη της οποίας το μέτρο να είναι ίσο με το μηδέν; Να δικαιολογήσεις την άποψή σου με ένα σχήμα.
- 6.** Δυο παιδιά σπρώχνουν ένα μπαούλο. Το ένα ασκεί δύναμη 400 N και το άλλο δύναμη 300 N. Η συνισταμένη δύναμη που προκύπτει είναι ίση με 500 N. Εξήγησε πώς μπορεί να συμβεί αυτό.
- 7.** Στην προηγούμενη ερώτηση, ποια είναι η μέγιστη τιμή της συνισταμένης δύναμης που μπορεί να εξασκηθεί από τα παιδιά στο μπαούλο; Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της συνισταμένης δύναμης;

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης - Ισορροπία υλικού σημείου

- 8.** Να αναφέρεις τέσσερις βασικές διαφορές ανάμεσα στη μάζα και το βάρος.
- 9.** Στις πρώτες δεκαετίες του 21ου αιώνα προβλέπεται ότι θα δημιουργηθούν οι πρώτες διαστημικές αποικίες. Οι τιμές των αγαθών πρέπει να συνδέονται με τη μάζα ή με το βάρος τους; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.
- 10.** Εξήγησε τα παρακάτω φαινόμενα εφαρμόζοντας τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα:
- α) Όταν ένα αεροπλάνο απογειώνεται, τα σώματα των επιβατών «πέφτουν προς τα πίσω».
 - β) Όταν ο οδηγός ενός λεωφορείου φρενάρει απότομα, ένας όρθιος επιβάτης «πέφτει μπροστά».
 - γ) Τινάζοντας τα βρεγμένα χέρια μας απομακρύνουμε τις σταγόνες από αυτά.
- 11.** Τι εννοούμε λέγοντας ότι η ισορροπία είναι ισοδύναμη με την κίνηση με σταθερή ταχύτητα;

Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

12. Με βάση τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα να ερμηνεύσεις την κίνηση: α) ενός πλοίου β) ενός ελικοπτήρου γ) ενός αεριωθούμενου αεροπλάνου.

13. Σύμφωνα με το μύθο, ένα άλογο γνώριζε τους νόμους του Νεύτωνα. Όταν του είπαν να σύρει ένα κάρο, αρνήθηκε απαντώντας: «εάν ασκήσω δύναμη στο κάρο προς τα εμπρός, τότε σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και το κάρο θα ασκήσει δύναμη ίσου μέτρου προς τα πίσω. Συνεπώς, η συνολική δύναμη θα είναι ίση με το μηδέν και σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα το κάρο θα παραμείνει ακίνητο». Τι θα απαντούσες σ' αυτό το μάλλον περίεργο άλογο;

14. Πώς εξηγείς το γεγονός ότι οι αθλητές των αλμάτων πατούν γερά στο έδαφος πριν από την πραγματοποίησή τους;,,

15. Ένα συμμαθητής σου στέκεται στο πάτωμα. Ποιες δυνάμεις του ασκούνται; Έχουν αυτές οι δυνάμεις ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις; Αποτελούν ζεύγος δράση-αντίδραση; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

16. Ένα μήλο ισορροπεί πάνω σε ένα οριζόντιο τραπέζι. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο μήλο; Ποια είναι τα ζεύγη των δυνάμεων δράση-αντίδραση;

17. Ένα μεγάλο φορτηγό και ένα μικρό ΙΧ αυτοκίνητο συγκρούονται μετωπικά. α) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούνται στα δυο



οχήματα κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. (β) Σε ποιο όχημα παρατηρείται μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας; Να αιτιολογήσεις τις απαντήσεις σου.

18. Ένας μαθητής συνδέει δύο δυναμόμετρα και κάνει το πείραμα που φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Από τις ενδείξεις των δυναμόμετρων και από τις κατευθύνσεις των δυνάμεων συμπεραίνει ότι ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Είναι σωστός ο συλλογισμός του; Ναι ή όχι και γιατί;



Ασκήσεις

ασκήσεις

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

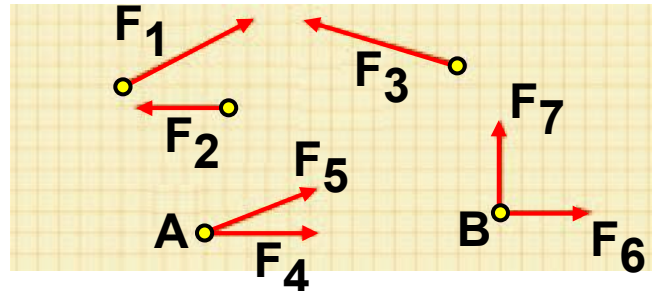
- Ένα ελατήριο επιμηκώνεται 3 cm όταν ασκείται πάνω του μια δύναμη 12 N.
(α) Πόσο θα επιμηκυνθεί αν του ασκηθεί δύναμη 20 N;
(β) Πόση δύναμη πρέπει να του ασκηθεί για να αυξηθεί το μήκος του κατά 10 cm;

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης - Ισορροπία υλικού σημείου

- Στην εικόνα 3.22 τα δυο παιδιά ασκούν δυνάμεις $F_1 = 60 \text{ N}$ και $F_2 = 115 \text{ N}$ με φορά προς τα δεξιά και τα άλλα δυο δυνάμεις $F_3 = 85 \text{ N}$ και $F_4 = 70 \text{ N}$ προς την αντίθετη κατεύθυνση. Πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων; Προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί ο κρίκος;
- Σ' έναν κρίκο συνδέονται δυο νήματα. Μέσω των νημάτων ασκούνται στον κρίκο δυο δυνάμεις με μέτρα $F_1 = 4 \text{ N}$ και $F_2 = 3 \text{ N}$. Πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον κρίκο, όταν οι δυο δυνάμεις έχουν:
(α) ίδια κατεύθυνση, (β) αντίθετη κατεύθυνση,
(γ) σχηματίζουν γωνία 90° ;

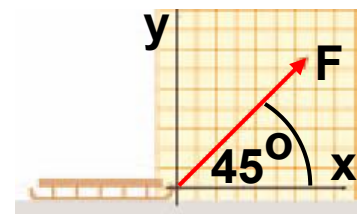
4. Δυο δυνάμεις F_1 και F_2 έχουν το ίδιο μέτρο 10 N. Να βρεθεί γραφικά η συνισταμένη τους, αν οι δυο δυνάμεις έχουν κοινό σημείο εφαρμογής και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία: (α) 0° (β) 45° (γ) 60° (δ) 90° (ε) 180° .

5. Στο παρακάτω σχήμα παριστάνονται επτά δυνάμεις. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που είναι αντίθετες στις F_1 , F_2 , F_3 . Οι δυνάμεις F_4 και F_5



έχουν σημείο εφαρμογής το A και οι δυνάμεις F_6 και F_7 έχουν σημείο εφαρμογής το B. Να βρεις γραφικά τη συνισταμένη τους και να υπολογίσεις το μέτρο της.

6. Σ' ένα αντικείμενο ασκούνται δυο δυνάμεις. Μια οριζόντια με μέτρο 6 N και μια κατακόρυφη με μέτρο 8 N. Να βρεις το μέτρο και τη διεύθυνση της συνισταμένης των δυο δυνάμεων.



7. Ένα μικρό έλκηθρο τραβιέται με ένα σκοινί που σχηματίζει γωνία 45° με το οριζόντιο έδαφος. Μέσω του σκοινιού ασκείται στο έλκηθρο μια δύναμη $F=50$ N. Να αναλύσεις την F σ' ένα σύστημα οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα. Να προσδιορίσεις γραφικά τα μέτρα των δυο συνιστωσών δυνάμεων.

8. Ένα αυτοκίνητο μάζας 1000 kg κινείται με σταθερή ταχύτητα 50 km/h. Ποιο είναι το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σ' αυτό;

9. Ένα βιβλίο Φυσικής είναι ακίνητο πάνω στο τραπέζι. Αν το σπρώξεις με το χέρι σου, γλιστράει πάνω στο τραπέζι και σταματάει.

α) Πώς εξηγείς ότι το βιβλίο παραμένει ακίνητο πριν ασκηθεί σε αυτό η δύναμη από το χέρι σου;

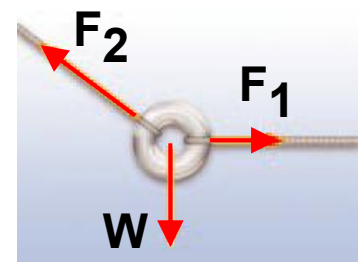
β) Γιατί το βιβλίο κινείται όταν το σπρώχνεις με το χέρι σου;

γ) Πώς εξηγείς ότι το βιβλίο τελικά θα σταματήσει, όταν πάψεις να το σπρώχνεις;

δ) Κάτω από ποιες συνθήκες το βιβλίο θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα;

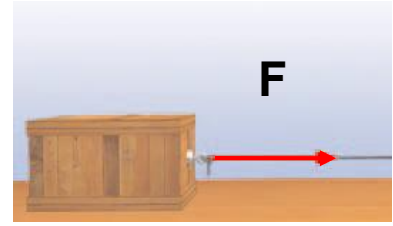
10. Ένα κουτί μάζας 2 kg βρίσκεται σε οριζόντιο δάπεδο χωρίς τριβές και του ασκείται μια σταθερή οριζόντια δύναμη F με μέτρο 10 N. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή: Το κουτί θα κινηθεί με (α) σταθερή ταχύτητα 5 m/s, (β) σταθερή ταχύτητα 20 m/s, (γ) μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

11. Στην εικόνα 3.22 τα δυο παιδιά προς τα δεξιά ασκούν δυνάμεις $F_1 = 125$ N και $F_2 = 50$ N, ενώ τα δυο παιδιά που τραβούν τα σχοινιά προς τα αριστερά, ασκούν δυνάμεις $F_3 = 100$ N και F_4 . Υπολόγισε το μέτρο της F_4 , αν ο κρίκος παραμένει ακίνητος.



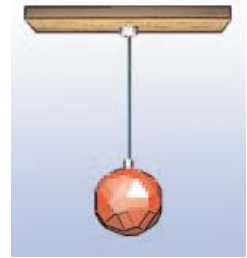
12. Ο κρίκος που παριστάνεται στο σχήμα είναι δεμένος με δυο νήματα και ισορροπεί. Αν η δύναμη του βάρους που ασκείται στον κρίκο έχει μέτρο 6 N και η δύναμη F_1 που ασκείται από το οριζόντιο νήμα έχει μέτρο 8 N, να προσδιοριστεί το μέτρο της δύναμης F_2 που ασκείται από το άλλο νήμα.

13. Με τη βοήθεια ενός σχοινιού ασκείται μια σταθερή οριζόντια δύναμη σε ένα κιβώτιο που κινείται ευθύγραμμα και ομαλά πάνω σε τραχύ οριζόντιο δάπεδο. Αν η δύναμη του βάρους που ασκείται στο κιβώτιο έχει μέτρο 200 N και η δύναμη της τριβής 80 N: (α) Να σχεδιάσεις όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο. (β) Υπολόγισε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το σκοινί και της συνισταμένης δύναμης που ασκεί το έδαφος.



Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

14. Από ένα νήμα κρεμάμε σφαίρα βάρους 5 N, όπως δείχνει η διπλανή εικόνα. Να σχεδιάσεις και να υπολογίσεις τα μέτρα των δυνάμεων, που ασκούνται: (α) στη σφαίρα, (β) στο νήμα.



15. Ένα κιβώτιο βάρους 20 N ισορροπεί πάνω σ' ένα τραπέζι. (α) Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο και να υπολογίσεις τα μέτρα τους. (β) Να υπολογίσεις το μέτρο της δύναμης που ασκεί το κιβώτιο στο τραπέζι και να τη σχεδιάσεις.

16. Ένα παιδί στο οποίο ασκείται βάρος μέτρου 40 N, στέκεται σε μια ζυγαριά μπάνιου. Η ζυγαριά αυτή είναι ουσιαστικά ένα δυναμόμετρο και είναι βαθμολογημένη σε N. (α) Ποιο είναι το μέτρο και ποια η κατεύθυνση της δύναμης που ασκεί η ζυγαριά στο παιδί; (β) Στη συνέχεια το παιδί παίρνει στα χέρια του ένα γατάκι βάρους 10 N. Ποια είναι τώρα η ένδειξη της ζυγαριάς; (γ) Αφού ο παιδί αφήσει το γατάκι, έρχεται ο πατέρας του και τον πιέζει στους ώμους προς τα κάτω με μια δύναμη μέτρου 60 N. Ποια είναι τώρα η ένδειξη της ζυγαριάς;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι δυνάμεις προκαλούν: (α) μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων ή και (β) την παραμόρφωσή τους.
- Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα ως ζεύγη κατά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωμάτων.
- Οι δυνάμεις διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: από επαφή και απόσταση.
- Οι δυνάμεις είναι διανυσματικά μεγέθη. Έχουν μέτρο και κατεύθυνση.
- Βάρος ονομάζεται η βαρυτική δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα από τη γη. Το βάρος αλλάζει από τόπο σε τόπο.
- Η τριβή είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση δυο σωμάτων, που βρίσκονται σε επαφή.
- Συνισταμένη είναι η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το σύνολο των επιμέρους δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα.
- Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητάς τους.
- Πρώτος νόμος του Νεύτωνα: «Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, εφόσον η συνολική δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι μηδέν».
- Ένα υλικό σημείο ισορροπεί όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι μηδέν.
- Μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Η μάζα κάθε σώματος είναι ίδια σε οποιοδήποτε μέρος του Σύμπαντος κι αν βρεθεί. Η μάζα ενός σώματος είναι μέγεθος διαφορετικό από το βάρος του.
- Τρίτος νόμος του Νεύτωνα: «Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ανά ζεύγη. Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο, τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί στο πρώτο δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς».

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

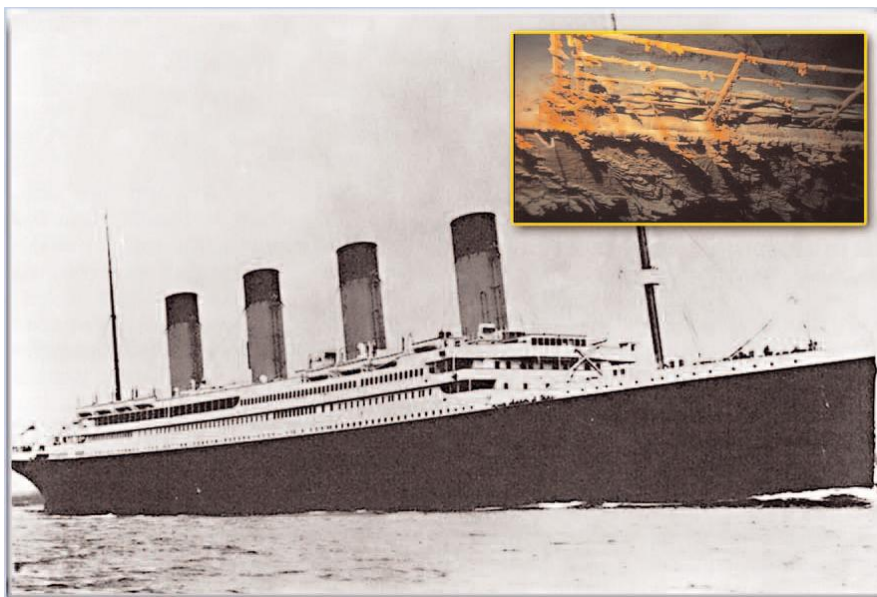
Δύναμη	Συνισταμένη
Πρώτος νόμος του Νεύτωνα	Μεταβολή ταχύτητας
Συνιστώσες	Δράση-Αντίδραση
Παραμόρφωση	Ισορροπία
Τρίτος νόμος του Νεύτωνα	Αλληλεπίδραση
Αδράνεια	Βαρυτική Δύναμη
Βάρος	

μια μικρή ιστορία ...

Το 1912 το πολυτελές υπερωκεάνιο Τιτανικός ξεκίνησε το παρθενικό του ταξίδι από τη Βρετανία προς την Αμερική. Μετά από πρόσκρουση σε παγόβουνο, το πλοίο βυθίστηκε νοτίως του Καναδά. Το ναυάγιο αυτό, το πιο πολύνεκρο στην ιστορία, στοίχισε τη ζωή σε 1520 άτομα.

Το 1985 το ναυάγιο του Τιτανικού ανακαλύφθηκε στο βυθό του ωκεανού σε βάθος περίπου 4.000 μέτρων με τη βοήθεια μη επανδρωμένου υποβρυχίου σκάφους.

Ο Τιτανικός είχε όγκο 137.000 m^3 και μάζα $46.000.000 \text{ kg}$. Μελετώντας αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε να προσδιορίζουμε την πίεση του νερού στο βάθος του ναυαγίου, τη δύναμη που ασκούσε το θαλάσσιο νερό στο πλοίο, ενώ αυτό έπλεε, καθώς επίσης πόσο μέρος του πλοίου ήταν βυθισμένο στο νερό.



Στο κεφάλαιο αυτό:

- θα προσεγγίσουμε τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης, της ατμοσφαιρικής πίεσης και της άνωσης.
- θα μελετήσουμε τη μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά, την αρχή του Αρχιμήδη για την άνωση και τη συνθήκη πλεύσης.

ΠΙΕΣΗ

ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Πολλές φορές θα έχεις προσπαθήσει να βαδίσεις πάνω σ' ένα παχύ στρώμα από χιόνι. Δυσκολεύεσαι, τα παπούτσια σου βουλιάζουν. Αντίθετα, παρατηρείς τους χιονοδρόμους να κινούνται με άνεση πάνω σ' αυτό φορώντας τα χιονοπέδιλά τους τα οποία έχουν φαρδιά πέλματα (εικόνα 4.1). Το ίδιο ένα μικρό επιβατηγό αυτοκίνητο βουλιάζει στη λάσπη ή στην άμμο, ενώ τα ειδικά αυτοκίνητα (τζιπ) τα οποία έχουν φαρδιά λάστιχα μπορούν να κινούνται με άνεση. Παρατηρώντας προσεκτικά τα παραπάνω φαινόμενα, διαπιστώνουμε ότι η παραμόρφωση μιας επιφάνειας δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται σε αυτήν, αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη.



Εικόνα 4.1.

Όταν ο χιονοδρόμος χρησιμοποιεί χιονοπέδιλα, τα πόδια του δε βυθίζονται στο χιόνι.

Αν καταδυθούμε μέσα στη θάλασσα, σε κάπως μεγάλο βάθος, ή αν ανέβουμε ένα βουνό, θα αισθανθούμε πόνο στα αυτιά. Τι προκαλεί αυτό τον πόνο; Για να περιγράψουμε φαινόμενα όπως αυτά, χρησιμοποιούμε την έννοια της πίεσης.

4.1 ΠΙΕΣΗ

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι οι δυνάμεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στα σώματα στα οποία ασκούνται. Ο χιονοδρόμος που φαίνεται στην εικόνα 4.1 είναι ακίνητος. Η δύναμη που ασκεί στο έδαφος ισούται με το βάρος του. Όμως το μέγεθος της παραμόρφωσης του χιονιού (δηλαδή το πόσο βουλιάζουν τα παπούτσια του στο χιόνι), εκτός από τη δύναμη, εξαρτάται και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία αυτή ασκείται. Ο χιονοδρόμος φορώντας χιονοπέδιλα, τα οποία έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τα κοινά παπούτσια, αν και δε μεταβάλλει τη δύναμη που ασκεί στο χιόνι (έδαφος), παρόλα αυτά, προκαλεί σ' αυτό μικρότερη παραμόρφωση. Τότε λέμε ότι η πίεση στο χιόνι είναι μικρότερη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φαρδιά λάστιχα των αυτοκινήτων (εικόνα 4.2).

Φυσική και Τεχνολογία



Εικόνα 4.2.

Τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μεγάλων φορτίων έχουν πολλά και φαρδιά ελαστικά. Με αυτό τον τρόπο αυξάνουν το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκούν τη δύναμη.

Τι είναι πίεση;

Πίεση ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$

Χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα γράφουμε:

$$\rho = \frac{F_K}{A} \quad (4.1)$$

όπου F_K είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού A .

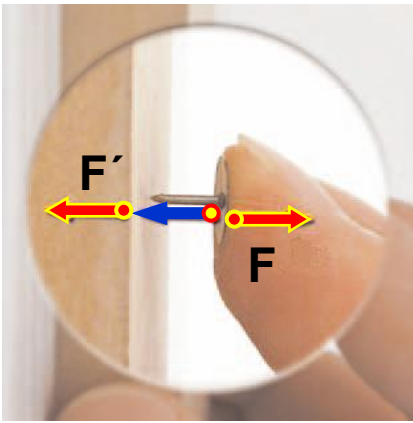
Ακόνισε το μυαλό σου



Εικόνα 4.3.

Ο φακίρης μπορεί να ξαπλώνει με άνεση πάνω στην επιφάνεια των καρφιών. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;

Κάθε φορά που χρειάζεται να κρεμάσεις μια ανακοίνωση στον αντίστοιχο πίνακα που υπάρχει στο σχολείο ή στο δωμάτιο σου χρησιμοποιείς πινέζες. Έχεις αναρωτηθεί γιατί; Αν όχι, ας σκεφτούμε μαζί με βάση τη σχέση 4.1. Με το χέρι σου ασκείς δύναμη στο κεφάλι της πινέζας. Όπως μάθαμε όμως στο προηγούμενο κεφάλαιο, το χέρι σου και η πινέζα αλληλεπιδρούν, επομένως και η πινέζα ασκεί στο χέρι σου αντίθετη δύναμη. Η πινέζα τελικά ασκεί δυο δυνάμεις. Μια στο δάκτυλο σου (F) και μια στον πίνακα (F'). Οι δυνάμεις αυτές έχουν σχεδόν ίσα μέτρα (εικόνα 4.4). Η επιφάνεια επαφής της πινέζας με το δάκτυλο σου (κεφάλι της πινέζας) A_K είναι περίπου 400 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια επαφής A_μ της πινέζας με τον πίνακα. Σύμφωνα με τη σχέση 4.1, η πίεση P_μ που δέχεται ο πίνακας από την πινέζα είναι 400 φορές μεγαλύτερη από την πίεση P_Δ που δέχεται το δάκτυλο σου. Γι' αυτό η πινέζα διεισδύει στον πίνακα και όχι στο δάκτυλο σου. Γενικότερα, η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της.



Εικόνα 4.4.

Η πινέζα ασκεί δυο δυνάμεις: (α) στο δάχτυλο: την F και (β) στον πίνακα: F' . $F = F'$. Η επιφάνεια επαφής πινέζας δάχτυλου είναι $A_{\text{κεφάλι}}$ και πινέζας-πίνακα είναι $A_{\text{μύτη}}$. Αλλά $A_{\text{κεφάλι}} = 400 A_{\text{μύτη}}$.

Επομένως:

$$p_{\kappa} = \frac{F}{A_{\text{κεφάλι}}} \text{ και } p_{\mu} = \frac{F}{A_{\text{μύτη}}} \quad \frac{p_{\mu}}{p_{\kappa}} = \frac{A_{\kappa}}{A_{\mu}} = 400$$

Μονάδες της πίεσης

Η πίεση είναι παράγωγο μέγεθος, επομένως οι μονάδες προκύπτουν από τον ορισμό της μέσω της σχέσης 4.1. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.), η μονάδα της δύναμης F είναι το N και του εμβαδού A της επιφάνειας το m^2 . Άρα, η μονάδα της πίεσης θα είναι το $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Η μονάδα αυτή λέγεται και Pascal (Πασκάλ) προς τιμή του Γάλλου μαθηματικού, φυσικού και φιλοσόφου Μπλαιζ Πασκάλ (εικόνα 4.5), δηλαδή:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και το kPa (Κιλοπασκάλ) που ισούται με 1000 Pa .

Εικόνα 4.5.



Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) 1623-1662

Μαθηματικός, φυσικός και φιλόσοφος που έζησε στη Γαλλία. Έγινε γνωστός κυρίως για τις μελέτες του στα μαθηματικά οι οποίες αφορούσαν τις πιθανότητες. Στη φυσική μελέτησε το έργο του Γαλιλαίου καθώς και του Τορικέλλι και δημοσίευσε πολλές σημαντικές εργασίες σε σχέση με τις ιδιότητες των ρευστών.

Πολλές φορές στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, συγχέουμε τη δύναμη με την πίεση. Στη φυσική πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί και να μη χρησιμοποιούμε το ένα μέγεθος αντί του άλλου. Η δύναμη και η πίεση είναι δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Η δύναμη έχει κατεύθυνση, είναι διανυσματικό μέγεθος και μετριέται σε N, ενώ η πίεση δεν έχει κατεύθυνση, δεν είναι διανυσματικό μέγεθος. Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται κάθετα στη μονάδα επιφάνειας και μετριέται σε $\frac{N}{m^2}$.

Δραστηριότητα

Πόση πίεση ασκείς όταν στέκεσαι στο έδαφος με τα δύο ή με το ένα πόδι;

- ▶ Υπολόγισε το βάρος σου σε N.
- ▶ Σημείωσε σ' ένα χαρτί το περίγραμμα του παπουτσιού σου.
- ▶ Σχεδίασε ένα ορθογώνιο που να έχει περίπου το ίδιο εμβαδόν με το περίγραμμα.
- ▶ Υπολόγισε το εμβαδόν του σε τετραγωνικά μέτρα.
- ▶ Με βάση τον ορισμό της πίεσης, βρες την πίεση που ασκείς στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.	
ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΠΙΕΣΗΣ	
Δύναμη	Πίεση
Διάνυσμα	Δεν είναι διάνυσμα
Μονάδες: N	Μονάδες: $\frac{N}{m^2}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.	
Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΑΣ	
Τόπος	Πίεση σε Pa
Κέντρο του Ήλιου	2×10^{16}
Κέντρο της Γης	4×10^{11}
Μέγιστο βάθος των ωκεανών	10^8
Πίεση στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης	9×10^6
Ψηλά τακούνια στο πάτημα	10^6
Λάστιχο αυτοκινήτου	2×10^5
Πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας	10^5
Στην κορυφή του Έβερεστ	3×10^4
Αρτηριακή πίεση	$1,6 \times 10^4$
Πίεση δυνατού ήχου	30
Πίεση ασθενούς ήχου	3×10^{-5}
Μέγιστο κενό (που πετύχαμε πειραματικά)	10^{-12}

Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και καθημερινή ζωή

Δύναμη και πίεση

Σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή επιδιώκουμε να έχουμε άλλοτε μικρές και άλλοτε μεγάλες πιέσεις. Ελέγχουμε την πίεση που δέχεται μια

επιφάνεια όχι μέσω της δύναμης που ασκούμε, αλλά κυρίως μέσω του εμβαδού της επιφάνειας επαφής.

Μικρή επιφάνεια επαφής -μεγάλη πίεση: το σώμα κόβεται

Για να κοπεί μια επιφάνεια, πρέπει να δεχτεί μεγάλη πίεση και όχι ν' ασκηθεί σ' αυτή μεγάλη δύναμη. Γι' αυτό τα μαχαίρια και τα ψαλίδια έχουν μικρή επιφάνεια, ώστε ν' ασκούν μεγάλες πιέσεις και να κόβουν εύκολα.



- ▶ Εκτίμησε το εμβαδόν της κόψης ενός ψαλιδιού, μετρώντας τις αντίστοιχες διαστάσεις του.
- ▶ Υπολόγισε την πίεση του ψαλιδιού σε ένα φύλλο χαρτί, αν η δύναμη που ασκείς σε αυτό καθώς το χρησιμοποιείς είναι 10 N.

Μεγάλη επιφάνεια-μικρή πίεση: δε βουλιάζει

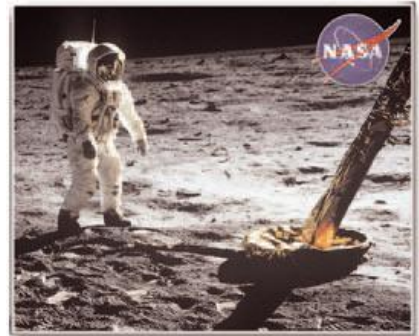
Τα βαριά οχήματα, όπως τα τανκς και οι μπουλντόζες, καθώς και τα βαριά ζώα, όπως τα παχύδερμα (ελέφαντες, ρινόκεροι, ιπποπόταμοι) για να μπορούν να κινούνται χωρίς να βουλιάζουν σε μαλακά λασπώδη εδάφη, θα πρέπει να ασκούν μικρές πιέσεις. Γι' αυτό τα τανκς και οι μπουλντόζες διαθέτουν ερπύστριες που αποτελούνται από μεγάλες μεταλλικές επιφάνειες, ενώ τα παχύδερμα πολύ μεγάλα πέλματα. Με αυτό τον τρόπο το βάρος κατανέμεται σε μεγάλη επιφάνεια επαφής και η πίεση στο έδαφος είναι πολύ μικρή.



- ▶ Αναζήτησε πληροφορίες για το βάρος και τις διαστάσεις του πέλματος ενός ρινόκερου.
- ▶ Υπολόγισε την πίεση που ασκεί στο έδαφος.

► Σύγκρινε τη με την πίεση που εσύ ασκείς στο έδαφος.

Οι σχεδιαστές διαστημοπλοίων που προορίζονται να προσεδαφιστούν στη σελήνη ή σε άλλους πλανήτες τα εφοδιάζουν με ειδικά μαλακά πέλματα μεγάλου εμβαδού ώστε να μη βυθίζονται σε άγνωστα εδάφη.



Πίεση των ρευστών

Το λάδι, το πετρέλαιο, το μέλι, ο αέρας είναι ρευστά. Ρευστά ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Τα ρευστά σώματα επίσης έχουν τη δυνατότητα να ρέουν. Τα πιο κοινά ρευστά είναι το νερό και ο αέρας.

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. Έτσι το νερό όταν βουτάμε σ' αυτό ή ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζουν τα τύμπανα των αυτιών μας (εικόνα 4.6). Η πίεση αυτή προκαλεί το αίσθημα του πόνου στα αυτιά μας όταν ανεβαίνουμε σε μεγάλο ύψος στην ατμόσφαιρα ή όταν καταδυόμαστε σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα. Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται υδροστατική πίεση. Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση.



Εικόνα 4.6.

Η πίεση του αέρα που αναπνέουν οι δύτες ρυθμίζεται κατάλληλα, ώστε να εξισορροπεί την υδροστατική πίεση του νερού.

Περιεχόμενα 1ου τόμου

Πρόλογος.....	5
---------------	---

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1. Οι φυσικές επιστήμες και η μεθοδολογία τους.....	8
1.2. Η επιστημονική μέθοδος.....	14
1.3. Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους.....	19

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Κεφάλαιο 2. Κινήσεις

ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ.....	39
2.1. Περιγραφή της κίνησης.....	41
2.2. Η έννοια της ταχύτητας.....	54
2.3. Κίνηση με σταθερή ταχύτητα.....	65
2.4. Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.....	73

Κεφάλαιο 3. Δυνάμεις

ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΠΙΔΡΑΣΗ: ΔΥΟ ΓΕΝΙΚΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ.....	87
3.1. Η έννοια δύναμη.....	87
3.2. Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο.....	96
3.3. Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων.....	103
3.4. Δύναμη και ισορροπία.....	110
3.5. Ισορροπία υλικού σημείου.....	113
3.6. Δύναμη και μεταβολή ταχύτητας.....	116
3.7. Δύναμη και αλληλεπίδραση.....	121

Κεφάλαιο 4. Πίεση

ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ:

ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.....	139
4.1. Πίεση.....	140

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη 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 οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.