ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ
Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητης της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολικός Σύμβουλος του κλάδου ΠΕ4.
Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης, Επικουρος Καθηγητής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.
Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης, Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.
Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας, Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.
Γιώργος Β. Τιμόθεου, Φυσικός, Λυκειάρχης στο 2ο Λύκειο Αγ. Παρασκευής.

Οι συγγράφεις ευχαριστούν τον Ιωάννη Βαγιωνάκη, Φυσικό, για τη συμβολή του στη συγγραφή ασκήσεων και ερωτήσεων, για τις παρατηρήσεις και υποδείξεις του, καθώς και για τη βοήθειά του στην επιμέλεια έκδοσης.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ
Φλυτζάνης Νικόλαος (Πρόεδρος), Καθηγητής Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης .
Καλοψικάκης Εμμανουήλ, Φυσικός, τ. Σχολικός Σύμβουλος.
Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Φθιώτιδος.
Πάλλας Δήμος, Φυσικός, Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου Λαμίας.
Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ. Φυσικός, Σχολικός Σύμβουλος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ
Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Καθηγητές της Φυσικής που μας βοήθησαν στο έργο μας:
1. Την Σωτηρία Θεοδωρίδου για τη συμβολή της στις Λύσεις των Ασκήσεων, στις Περιλήψεις, στο Ευρετήριο και στο Γλωσσάρι.
2. Την Σοφία Ιωαννίδου για τη συμβολή της στη Λύση των ασκήσεων Α′ και Β′ Λυκείου.
3. Τον Κώστα Ζαχαριάδη και την Ταραώ Μπουγά για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους στο βιβλίο της Γ′ Λυκείου Γενικής Παιδείας.
4. Την Γεωργία Αγγελοπούλου για τις Ασκήσεις που πρότεινε να συμπεριληφθούν στα βιβλία.
5. Την Μαρία Σωτηράκου για τη συμβολή της στο Ευρετήριο.



Επιθυμούμε από τη θέση αυτή να ευχαριστήσουμε: την Ένωση Ελλήνων Φυσικών, τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Αθανάσιο Λαχανά, το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, τους συναδέλφους Γιώργο Σουβατζόγλου, Χρήστο Κωνσταντάκο, Γιάννη Γιαμάκη και Άγγελο Ελευθερίου και όλους τους συναδέλφους, για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους κατά τη διάρκεια της συγγραφής και την πολύμορφη βοήθεια που μας προσέφεραν.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας, η οποία δημιουργήθηκε με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ «Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» / Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2007-2013

Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν έγκρισης του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΒΛΑΧΟΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ
ΒΑΣΙΛΗΣ Α. ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΟΚΚΟΤΑΣ
ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΕΜ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΤΙΜΟΘΕΟΥ

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σημείωμα 7
Εισαγωγή 9
Απαραίτητες εισαγωγικές γνώσεις 14
Α. Οι έννοιες 14
Β. Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη 15
Γ. Το διεθνές σύστημα μονάδων S.I. 16
Δ. Διαστάσεις 19
Ε. Η έννοια του χρόνου 19
ΣΤ. Το μέγεθος των αντικειμένων και οι μονάδες μέτρησής τους 23
Ζ. Η μάζα και η πυκνότητα 26
Η. Η μεταβολή και ο ρυθμός μεταβολής 29
Θ. Γραφικές παραστάσεις 30

1.1 Ευθύγραμμη κίνηση 33
1.1.1 Ύλη και κίνηση 35
1.1.2 Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου 36
1.1.3 Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας 38
1.1.4 Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα 40
1.1.5 Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση 42
1.1.6 Η έννοια της μέσης ταχύτητας 48
1.1.7 Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας 49
1.1.8 Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση 50
1.1.9 Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση 52
Ένθετο: Το θεώρημα Merton 59
Περίληψη 61
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα 63

1.2 Δυναμική σε μία διάσταση 73
1.2.1 Η έννοια της δύναμης 75
Ένθετο: Ελαστική παραμόρφωση 76
1.2.2 Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων 77
1.2.3 Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα 82
1.2.4 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής 84
1.2.5 Η έννοια του βάρους 87
1.2.6 Η έννοια της μάζας 87
Ένθετο: Η αδρανειακή μάζα αλλάζει 89
1.2.7 Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων 89
1.2.8 Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων 91
Ένθετο: Η πειραματική μέθοδος 93
Ένθετο: Μήκος φρεναρίσματος και απόσταση ασφαλείας 94
Ένθετο: Οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι 96
Περίληψη 98
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα 101

1.3 Δυναμική στο επίπεδο 109
1.3.1 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος Δράσης - Αντίδρασης 111
1.3.2 Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση 112
1.3.3 Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο 114
1.3.4 Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες 115
1.3.5 Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων 117
1.3.6 Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων 118
1.3.7 Ο νόμος της τριβής 120
Ένθετο: Μείωση των τριβών στο ανθρώπινο σώμα 122
1.3.8 Οριζόντια βολή 123
1.3.9 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και σε αλγεβρική μορφή 127
1.3.10 Ομαλή κυκλική κίνηση 130
1.3.11 Κεντρομόλος δύναμη 134
1.3.12 Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης 136
Ένθετο: Από τον Αριστοτέλη στο Νεύτωνα 141
Ένθετο: Ντετερμινισμός ή χάος 144
Περίληψη 147
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα 151

2.1 Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας 161
2.1.1 Η έννοια του έργου ... 163
2.1.2 Έργο βάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας ... 166
2.1.3 Η δυναμική ενέργεια ... 169
2.1.4 Η μηχανική ενέργεια ... 172
2.1.5 Συντηρητικές (ή διατηρητικές) δυνάμεις ... 176
2.1.6 Η ισχύς ... 178
2.1.7 Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή ... 180
2.1.8 Η τριβή και η μηχανική ενέργεια ... 181
Ένθετο: Τι είναι η ενέργεια; ... 183
Περίληψη ... 187
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα ... 189

2.2 Διατήρηση της ολικής ενέργειας και υποβάθμιση της ενέργειας 197
Ας θυμηθούμε ότι ... 199
2.2.1 Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα ... 203
2.2.2 Ιδιότητες των αερίων ... 205
Ένθετο: Νόμος του Boyle ... 207
2.2.3 Εσωτερική ενέργεια ... 209
2.2.4 Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας ... 210
2.2.5 Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια ... 212
2.2.6 Μηχανές και ενέργεια ... 214
Ένθετο: Ο κινητήρας του αυτοκινήτου ... 215
2.2.7 Απόδοση μηχανής ... 216
2.2.8 Υποβάθμιση της ενέργειας ... 218
Ένθετο: Αεικίνητο ... 220
Ένθετο: Η εσωτερική ενέργεια της ατμόσφαιρας και ο καιρός ... 222
Περίληψη ... 226
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα ... 227

ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Εισαγωγικό κείμενο για το βιβλίο
Φυσική Α′ Τάξης Γενικού Λυκείου

Πρόλογος

Οι ενότητες

Εισαγωγικές έννοιες, Ευθύγραμμη κίνηση, Δυναμική σε μια διάσταση, Δυναμική στο επίπεδο, Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας, Διατήρηση της ολικής ενέργειας και υποβάθμιση της ενέργειας προέρχονται από το βιβλίο «Φυσική Γενικής Παιδείας Α′ Τάξης Ενιαίου Λυκείου», ΟΕΔΒ 2010, που έχει γραφεί από τους:

Ι. Βλάχο, Ι. Γραμματικάκη, Β. Καραπαναγιώτη, Π. Κόκκοτα, Π. Περιστερόπουλο και Γ. Τιμοθέου.

Εισαγωγή

Η επιστήμη παράγει και οργανώνει την ανθρώπινη γνώση. Με τον όρο **Φυσικές Επιστήμες** εννοούμε κυρίως τη μέθοδο που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να ανακαλύπτουν νέα πράγματα, και το σώμα της γνώσης που έχει προκύψει από τη μελέτη των φαινομένων που έχουν εξιχνιαστεί.

Οι επιστήμονες που ασχολούνται με τις Φυσικές Επιστήμες εργάζονται με σκοπό να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα που εκτυλίσσονται στο φυσικό περιβάλλον που είναι κυρίως ο πλανήτης Γη, αλλά και το σύμπαν ολόκληρο.

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) περιλαμβάνουν πολλούς κλάδους, όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Γεωλογία, κ.α. Ο διαχωρισμός των Φ.Ε. σε κλάδους έγινε για λόγους οργάνωσης της έρευνας και κρίνεται αποτελεσματικός. Η αλματώδης εξέλιξη των Φ.Ε. οδήγησε στην ανάπτυξη κλάδων μεγαλύτερης ειδίκευσης, όπως η Φυσικοχημεία, η Αστροφυσική, η Βιοφυσική, η Γεωφυσική κ.α. Αλλά στην αυγή του 21^{ου} αιώνα πληθαίνουν οι επιστήμονες που λένε ότι φτάσαμε στα όρια του διαχωρισμού και της ειδίκευσης.

Σήμερα, προωθούνται πολλά ερευνητικά προγράμματα με **διεπιστημονικό χαρακτήρα**, δηλαδή με τη συνεργασία επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων.

Η ιστορία των Φυσικών Επιστημών

Η εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών δεν ήταν ομοιόμορφη ούτε γραμμικά εξελισσόμενη στο χώρο και το χρόνο. Περίοδοι γοργής ανάπτυξης εναλλάσσονται με μακρύτερες περιόδους στασιμότητας, ακόμα και παρακμής.

Στην πορεία του χρόνου τα κέντρα επιστημονικής δραστηριότητας μετατοπίζονται αδιάκοπα, περισσότερο ακολουθώντας, παρά προπορευόμενα, τα κέντρα της εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας.

Η Βαβυλώνα, η Αίγυπτος, οι Ινδίες κ.α. υπήρξαν οι εστίες της αρχαίας επιστήμης. Η αρχαία Ελλάδα έγινε ο κοινός κληρονόμος τους, και σ' αυτή διαμορφώθηκε πρώτη φορά

από τους Φυσικούς φιλοσόφους η λογική και η πειραματική βάση της επιστήμης, όπως την ξέρουμε σήμερα. Η προοδευτική αυτή κίνηση της ανθρώπινης σκέψης ανακόπηκε την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Η αρχαία Ελληνική κληρονομιά διατηρήθηκε στο Βυζάντιο και από εκεί πέρασε στη μεσαιωνική Ευρώπη. Επίσης μεταφέρθηκε προς την ανατολή, Συρία, Περσία, Ινδίες, κ.α., και μέσα από τη σύνθεση που επέτυχαν οι Άραβες πέρασε στη μεσαιωνική Ευρώπη, όπου εξελισσόμενη οδήγησε στο μεγάλο ξέσπασμα της δημιουργικής δραστηριότητας τους επόμενους αιώνες, απ' όπου προέκυψε η νεώτερη επιστήμη και η επιστημονική και τεχνολογική επανάσταση του 20ου αιώνα.

Ο J. Bernal στο βιβλίο του "Η επιστήμη στην Ιστορία" γράφει: "*Τώρα πια είναι φανερό ότι, καθεμιά απ' αυτές τις μεγάλες περιόδους της επιστήμης, αντιστοιχεί σε μια περίοδο κοινωνικής και οικονομικής αλλαγής. Η επιστήμη των αρχαίων Ελλήνων αντανακλά την άνοδο και την παρακμή της κυριαρχούμενης από το χρήμα δουλοκτητικής εποχής του σιδήρου. Το μακρύ μεσοδιάστημα του Μεσαίωνα, σημαδεύει την ανάπτυξη και την αστάθεια της φεουδαρχικής οικονομίας. Η οικονομία της αγοράς και η νεώτερη επιστήμη γεννήθηκαν μέσα στο ίδιο κίνημα*".

Πρέπει να επισημάνουμε όμως ότι δεν υπάρχουν απλές ερμηνείες για τις φάσεις της επιστημονικής ανάπτυξης και ότι οι διασυνδέσεις ανάμεσα στους κοινωνικούς, τους τεχνολογικούς και τους επιστημονικούς παράγοντες είναι δύσκολο να ανακαλυφθούν.

Η σύγχρονη επιστήμη έχει τις ρίζες της στην Αρχαία Ελλάδα. Πράγματι, όπως γράφει ο Β. Φάρριγκτον στο βιβλίο του "Η επιστήμη στην αρχαία Ελλάδα":

"*Στο πρόσωπο του Στράτωνα συναντάμε τον αντιπρόσωπο του συστηματικού πειραματισμού που σημαίνει την αποκορύφωση της πειραματικής δουλειάς. Ο πειραματισμός αυτός που προηγουμένως μόνο συμπτωματικά συναντιέται στους Πυθαγόρειους, στον Εμπεδοκλή, στον Αναξαγόρα και στη σχολή Ιπποκράτη, τώρα αναπτύσσεται σε τέτοιο βαθμό που για την επίλυση εξειδικευμένων προβλημάτων κατασκευάζονται ειδικά όργανα και στηρίζεται στην καθαρά διατυπωμένη θέση, πως πρωταρχική σημασία έχει το πείραμα και όχι η λογική αφαίρεση*".

Επίσης αναφέρει: "*...ο ισχυρισμός ότι ο πειραματισμός, ως συστηματική θεωρία, ήταν άγνωστος στην αρχαιότητα και ότι είναι προϊόν της Αναγέννησης, είναι αστήρικτος, σύμφωνα με τις μελέτες που αναφέραμε και τα αποσπάσματα που παραθέσαμε και δεν είναι μοναδικά*".

Οι μέθοδοι των Φυσικών Επιστημών

Οι επιστήμονες, στην προσπάθειά τους να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα, χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους έρευνας. Συνήθως ξεκινούν από την παρατήρηση και μετά διατυπώνουν ερωτήσεις. Επειδή παρατηρούμε με τις αισθήσεις μας, είναι ανάγκη να εξασκηθούμε στη χρήση τους. Ο επιστήμονας έχοντας εντοπίσει το πρόβλημα και προετοιμαζόμενος για τη λύση του, διαθέτει ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου του για να βρει και να μελετήσει πληροφορίες, παρατηρήσεις και συμπεράσματα άλλων επιστημόνων, που σχετίζονται με το πρόβλημα που τον απασχολεί.

Η αναζήτηση γίνεται στα βιβλία, στα περιοδικά, στο διαδίκτυο (Internet) κ.τ.λ. Έτσι, θα μπορέσει να αναπτύξει μια **υπόθεση** (μια εικασία) για το πρόβλημά του, την οποία θα πρέπει να ελέγξει οργανώνοντας το κατάλληλο πείραμα. Αν με το πείραμα αυτό επιβεβαιώσει την υπόθεσή του, τότε αυτή θα εξελιχθεί σε **θεωρία, νόμο** ή **αρχή** που θα περιγράφει ή ερμηνεύει φυσικά φαινόμενα. Σε διαφορετική περίπτωση θα πρέπει να τροποποιήσει την υπόθεσή του και να οργανώσει τον επανέλεγχό της κ.ο.κ.

Η ανάπτυξη μιας υπόθεσης και ο έλεγχός της είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί φαντασία, διαφορετική από αυτή των καλλιτεχνών, αλλά και επινοητικότητα. Η μεγάλη δυσκολία είναι να φανταστεί ο επιστήμονας κάτι που δεν το έχει δει ποτέ, που να είναι συνεπές σε κάθε του λεπτομέρεια με όσα έχουν ήδη παρατηρηθεί και ταυτόχρονα διαφορετικό από όσες σκέψεις έχουν ήδη διατυπωθεί. Επιπλέον, η πρόταση πρέπει να διακρίνεται από σαφήνεια και απλότητα. Μπορεί όμως αργότερα να εμφανιστεί η ανάγκη αλλαγής της θεωρίας ή του νόμου, αν οι νόμοι δεν συμφωνούν με τις παρατηρήσεις - πειράματα.

Στη μελέτη πολλών φαινομένων, όπως για παράδειγμα η κίνηση των σωμάτων, η ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.λπ., θα σας δοθεί η ευκαιρία να ακολουθήσετε τη μέθοδο που αναφέραμε και να εξοικειωθείτε με αυτή. Όμως για να πειραματιστείτε και να οδηγηθείτε σε νόμους απαιτείται όχι μόνο ποιοτική ενασχόληση με το πρόβλημα, αλλά και ποσοτική, που προκύπτει από ακριβείς **μετρήσεις** με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων.

Ο Γαλιλαίος τον 16ο αιώνα είναι ο πρώτος που χρησιμοποίησε τη γλώσσα των μαθηματικών για να περιγράψει τις κινήσεις των σωμάτων. Γι' αυτό θεωρείται ο πρωτοπόρος της σύγχρονης Φυσικής Επιστήμης. Αυτός έλεγε χαρακτηριστικά: "*Η Φιλοσοφία (η Φυσική Επιστήμη θα λέγαμε σήμερα), είναι γραμμένη σ' αυτό το τεράστιο βιβλίο που στέκεται ανοικτό μπροστά στα μάτια μας. Δεν μπορούμε όμως να το διαβάσουμε αν δεν μάθουμε*

πρώτα τη γλώσσα και το αλφάβητο με το οποίο έχει γραφεί. Η γλώσσα του είναι τα μαθηματικά και το αλφάβητό του τα τρίγωνα, οι κύκλοι και τα άλλα γεωμετρικά σχήματα".

Τόνισε επίσης τον ουσιαστικό ρόλο της μέτρησης στην περιγραφή της φύσης και υπογράμμισε ότι "*πρέπει να περιορισθούμε σε ιδιότητες των σωμάτων και έννοιες που μπορούν να μετρηθούν*".

Η διαφορά της σύγχρονης Φυσικής Επιστήμης από την επιστήμη των Φυσικών Φιλοσόφων στην αρχαιότητα είναι ότι, η πρώτη συνδυάζει το πείραμα με τη γλώσσα των μαθηματικών. Έτσι, η έκφραση των φυσικών νόμων και θεωριών, δηλαδή η περιγραφή ή η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων γίνεται με μαθηματικούς όρους, εξισώσεις, κ.α.

Η μέθοδος που αναφέρθηκε ονομάζεται **πειραματική επαγωγική**. Μπορούμε όμως να ακολουθήσουμε και την αντίστροφη πορεία, δηλαδή θεωρητικά, στηριζόμενοι σε προηγούμενη γνώση, να παράγουμε καινούργια γνώση, η οποία βέβαια για να ισχύει απαιτεί την πειραματική της επαλήθευση. Η μέθοδος αυτή λέγεται **παραγωγική**. Για παράδειγμα, από το συνδυασμό των γνώσεών μας για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, μπορούμε να προβλέψουμε την κίνηση ενός σώματος που εκτοξεύεται με οριζόντια ταχύτητα.

Ο Φιλόσοφος P. Feyerabend στο έργο του "Ενάντια στη μέθοδο", γράφει: "*...μπορούμε να χρησιμοποιούμε υποθέσεις που αντιφάσκουν με επικυρωμένες θεωρίες ή και με γενικώς αποδεκτά πειραματικά αποτελέσματα. Μπορούμε να προάγουμε την επιστήμη με αντιεπαγωγικές ενέργειες*".

Δεν μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει ένας μόνο τρόπος για να λύσουμε ένα πρόβλημα ή μια μόνο επιστημονική μέθοδος. Εκτός από τις μεθόδους που αναφέραμε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τη λύση ενός προβλήματος και τη μέθοδο δοκιμής και λάθους. Αυτή είναι μια μέθοδος που ακολουθούν τα ζώα και τα μικρά παιδιά για να λύσουν τα προβλήματά τους. Οι επιστήμονες επίσης, μερικές φορές χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο για να λύσουν στοιχειώδη ή ειδικά προβλήματα. Παραδείγματος χάρη, αν ένας επιστήμονας θέλει να ελέγξει ποια βακτήρια επηρεάζονται από μια χημική ουσία, θα πρέπει να πειραματιστεί με πολλά τέτοια βακτήρια μέχρις ότου βρει αυτά που δεν επηρεάζονται από την παρουσία αυτής της χημικής ουσίας.

Η επιστημονική γνώση αναπτύσσεται και αλλάζει τόσο γρήγορα, έτσι ώστε μερικά πράγματα που θα μάθετε στο σχολείο μπορεί να μην ισχύουν μετά από κάποια χρόνια.

Δεν υπάρχει επιπλέον, καμία αυθεντία που να αποφασίζει ποια ιδέα είναι καλή.

Δεν είμαστε πια αναγκασμένοι να απευθυνόμαστε σε αυθεντίες για να μάθουμε κατά πόσο μια ιδέα είναι αληθινή ή όχι. Μπορούμε να διαβάσουμε το έργο της αυθεντίας και να δούμε εκεί τι προτείνει. Τη σχετική πρόταση μπορούμε να την υποβάλλουμε σε έλεγχο και να διαπιστώσουμε αν είναι αληθινή ή όχι. Κι αν δεν είναι αληθινή, τόσο το χειρότερο - έτσι οι "αυθεντίες" χάνουν κάτι από το "κύρος" τους.

R. Feynman

Τότε τι είναι εκείνο που κυρίως απομένει από τη μελέτη και την ενασχόληση με τις Φ.Ε;

Η απάντηση είναι η **μέθοδος**, ο τρόπος με τον οποίο παράγεται η καινούργια γνώση, ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζεται η φύση για να ερμηνευθεί και να περιγραφεί.

Επιστήμη, Τεχνολογία και Περιβάλλον

Ζούμε σε έναν κόσμο τεχνολογικών εφαρμογών που δε θα υπήρχε χωρίς τη γνώση που παράγουν οι θετικές επιστήμες. Έτσι για παράδειγμα, οι τροφές που τρώμε, τα ρούχα που φοράμε, ο λαμπτήρας φωτισμού, το αυτοκίνητο, η τηλεόραση, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, κ.α. δε θα υπήρχαν αν οι επιστήμονες δεν είχαν κάνει τις αντίστοιχες ανακαλύψεις και η τεχνολογία δεν τις είχε αξιοποιήσει.

Ποια είναι όμως η διαφορά μεταξύ της επιστήμης και της τεχνολογίας; Οι Φυσικές Επιστήμες περιγράφουν και ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα που εκτυλίσσονται γύρω μας, σ' όλο το σύμπαν. Η τεχνολογία χρησιμοποιεί τη γνώση που παράγουν οι Φυσικές Επιστήμες για να δημιουργήσει πρακτικά, χρήσιμα στην καθημερινή ζωή προϊόντα, όπως αυτά που προαναφέραμε, αλλά και να βελτιώσει τις υλικές συνθήκες ζωής (δρόμοι, αεροδρόμια, γέφυρες, θέρμανση κτιρίων, φάρμακα κ.α.). Επίσης, πολλές φορές με τον όρο τεχνολογία εννοούμε την ίδια τη διαδικασία με την οποία δημιουργούμε καινούργια πράγματα.

Οι Φ.Ε. και η τεχνολογία όμως στην προσπάθειά τους να βελτιώσουν τις υλικές συνθήκες ζωής των ανθρώπων και να παράγουν νέα καταναλωτικά προϊόντα δημιουργούν προβλήματα που για πρώτη φορά εμφανίζονται στον πλανήτη μας. Τα παραδείγματα που ακολουθούν είναι χαρακτηριστικά.

Η χρήση της πυρηνικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και για στρατιωτικούς σκοπούς, δημιουργεί **πυρηνικά απόβλητα**. Αυτά εκπέμπουν ακτινοβολία επικίνδυνη για τον άνθρωπο, γιατί δημιουργεί καρκινογενέσεις. Η αποθήκευση των πυρηνικών αποβλήτων είναι πολύ δύσκολη υπόθεση και πάντα υπάρχει ο κίνδυνος μόλυνσης του περιβάλλοντος. Επίσης, επειδή "απόλυτη" ασφάλεια δεν μπορεί να υπάρξει, πάντα ελλοχεύει ο κίνδυνος ενός πυρηνικού ατυχήματος με όλα τα δυσάρεστα επακόλουθα, όπως αυτό που συνέβη στο πυρηνικό εργοστάσιο στο Τσερνομπίλ στη Σοβιετική Ένωση.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που οφείλεται κυρίως

στην καύση άνθρακα και υδρογονανθράκων, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και είναι πιθανό να οδηγήσει στην τήξη των παγετώνων και την άνοδο της στάθμης των θαλασσών, με προφανείς καταστροφικές συνέπειες.

Η ελάττωση του πάχους της οζονόσφαιρας (του τμήματος της ατμόσφαιρας που περιέχει όζον, O_3), η **"τρύπα του όζοντος"** όπως λέμε, επιτρέπει στις υπεριώδεις ακτινοβολίες να φτάσουν στην επιφάνεια της Γης και να δημιουργήσουν δερματικές καρκινογενέσεις. Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν απασχολούν και κινητοποιούν τους πολίτες όλου του κόσμου, μέσω μη κυβερνητικών οργανώσεων, όπως η Greenpeace, κ.α. Επίσης κινητοποιούνται οι κυβερνήσεις που συνειδητοποιούν τον κίνδυνο και προσπαθούν να καταλήξουν σε συμφωνίες παγκόσμιες, όπως πρόσφατα στην παγκόσμια συνδιάσκεψη στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1998, ώστε να μην καταστραφεί η ζωή στον πλανήτη, αλλά και να αναπτυχθούν **νέες τεχνολογίες μη ρυπαίνουσες.**

Όλοι πλέον συνειδητοποίησαν ότι ο πλανήτης Γη είναι ένας "ζωντανός οργανισμός" που μας φιλοξενεί προσωρινά και πρέπει να τον παραδώσουμε "υγιή" στις επόμενες γενιές. Γι' αυτό η ανάπτυξη που επιδιώκουμε δεν πρέπει να έχει καταστρεπτικές συνέπειες για το περιβάλλον, πρέπει να είναι όπως έχει καθιερωθεί να λέμε **βιώσιμη** ή **αειφόρος ανάπτυξη**, δηλαδή ανάπτυξη που σέβεται το περιβάλλον και επιτρέπει την ύπαρξη και την ανάπτυξη των επόμενων γενεών.

Απαραίτητες εισαγωγικές γνώσεις

Α. Οι έννοιες

Για την περιγραφή και την ερμηνεία των φαινομένων, απαιτείται η δημιουργία κατάλληλων **εννοιών**. Παραδείγματος χάρη, αν κατασκευάσουμε ένα εκκρεμές και θελήσουμε να ερευνήσουμε ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το ρυθμό της ταλάντωσής του, έχουμε θέσει ένα ειδικό πρόβλημα.

Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό πρέπει να ορίσουμε τις έννοιες της περιόδου, της συχνότητας (που αναφέρονται σε φαινόμενα που επαναλαμβάνονται συνεχώς, όπως η ταλάντωση του εκκρεμούς), της μάζας, του ρυθμού, του μήκους και της γωνίας. Τις έννοιες αυτές θα χρησιμοποιήσουμε για να διατυπώσουμε τα συμπεράσματά μας. Θα μας δοθεί η ευκαιρία στη συνέχεια να προσεγγίσουμε τον τρόπο που "δημιουργούνται" οι έννοιες π.χ. της ταχύτητας, της επιτάχυνσης, της δύναμης, κ.α.

Σε πολλές περιπτώσεις οι λέξεις που χρησιμοποιούνται

για να εκφράσουν τις έννοιες στη Φυσική, έχουν διαφορετικό νόημα στην καθομιλουμένη γλώσσα, γεγονός που δημιουργεί **παρανοήσεις** στους μαθητές. Μπορούμε να αναφέρουμε ως παράδειγμα τη λέξη "έργο", η οποία στη Φυσική εκφράζει τη γνωστή μας έννοια που ορίζεται ως το γινόμενο της τιμής της δύναμης επί τη μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της.

Η ίδια λέξη στην καθημερινή ζωή έχει ποικίλα νοήματα ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιείται. Έτσι μιλάμε για έργο τέχνης, για σημαντικό έργο, καταστροφικό έργο κ.λπ.

Το ίδιο ισχύει και για τη λέξη "βάρος", όπου στη Φυσική εκφράζει τη δύναμη με την οποία η Γη έλκει ένα σώμα. Η λέξη βάρος στην καθημερινή ζωή έχει ποικίλα νοήματα, ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιείται. Λέμε π.χ. το βάρος της γνώμης του είναι μεγάλο, τα οικογενειακά βάρη, κ.τ.λ.

Β. Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη

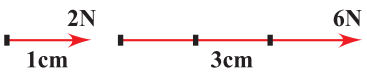
Υπάρχουν φυσικά μεγέθη που ορίζονται πλήρως, όταν δοθεί η αριθμητική τιμή τους και λέγονται **μονόμετρα.** Λέγοντας π.χ. ότι η πτώση μιας πέτρας διήρκεσε 10s κατανοούμε πλήρως τη διάρκεια της πτώσης. Μονόμετρα μεγέθη είναι ο χρόνος, η μάζα, η θερμοκρασία, η πυκνότητα, η ενέργεια, κ.τ.λ.

Υπάρχουν φυσικά μεγέθη όπως η μετατόπιση, η ταχύτητα, η δύναμη κ.α., που κλείνουν μέσα τους την έννοια της κατεύθυνσης. Τέτοια μεγέθη δεν μπορούν να περιγραφούν πλήρως από ένα μόνο αριθμό και τη μονάδα μέτρησης και ονομάζονται **διανυσματικά**.

Κάθε διανυσματικό μέγεθος έχει κατεύθυνση στο χώρο και μέτρο. Ως κατεύθυνση ενός διανυσματικού μεγέθους εννοούμε τη διεύθυνση και τη φορά του. Λέμε π.χ. ότι το βάρος αντικειμένου έχει κατακόρυφη διεύθυνση με φορά προς τα κάτω. **Μέτρο (ή τιμή)** του διανυσματικού μεγέθους είναι ο θετικός αριθμός, ο οποίος δείχνει πόσο μεγάλο είναι αυτό το μέγεθος. Π.χ. το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος ΑΒ δίνει το μέτρο της μετατόπισης αντικειμένου από τη θέση Α στη θέση Β.

Κάθε διανυσματικό μέγεθος παριστάνεται με ένα βέλος (διάνυσμα). Η ευθεία επάνω στην οποία βρίσκεται το βέλος καθορίζει τη διεύθυνση, η αιχμή του βέλους τη φορά και το μήκος του (σχεδιασμένο υπό κλίμακα) το μέτρο του.

Παραδείγματος χάρη, αν σε μήκος 1cm αντιστοιχίσουμε δύναμη 2N, τότε ένα διάνυσμα που συμβολίζει δύναμη και έχει μήκος 3cm θα έχει μέτρο 6N (Εικ. 1).



Εικόνα 1

Ένα διάνυσμα συμβολίζεται συνήθως με ένα μικρό ή κεφαλαίο γράμμα με ένα βελάκι από επάνω του, π.χ.

ταχύτητα $\vec{\upsilon}$
δύναμη $\vec{F}$

Το μέτρο διανυσματικού μεγέθους συμβολίζεται με το ίδιο γράμμα που χρησιμοποιούμε για το διάνυσμα αλλά χωρίς βελάκι.

Δύο διανύσματα είναι **ίσα**, αν έχουν το ίδιο μέτρο και την ίδια κατεύθυνση (Εικ. 2α). Μπορούμε τότε να γράψουμε:

$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ διανυσματική ισότητα
$F_1 = F_2$ ισότητα μέτρων

Δύο διανύσματα είναι **αντίθετα**, αν έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση (Εικ. 2β).

Μπορούμε τότε να γράψουμε:

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ διανυσματική ισότητα
$F_1 = F_2$ ισότητα μέτρων



Εικόνα 2α **Εικόνα 2β**

Γ. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I.

Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα οι επιστήμονες σε διάφορες χώρες του κόσμου χρησιμοποιούσαν διάφορα συστήματα μονάδων. Έτσι π.χ. στη Βρετανία μετρούσαν το μήκος σε ίντσες, ενώ στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες σε cm ή m. Όπως είναι ευνόητο, η κατάσταση αυτή δημιουργούσε δυσχέρειες στο διεθνές εμπόριο, γι' αυτό στα διάφορα διεθνή επιστημονικά συνέδρια ετίθετο το θέμα της χρησιμοποίησης σε όλες τις χώρες ενός ενιαίου συστήματος μονάδων.

Το 1960, στο συνέδριο Μέτρων και Σταθμών έγινε πρόταση όλες οι χώρες να χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα μονάδων, το οποίο γι' αυτό ονομάστηκε **Διεθνές Σύστημα Μονάδων SI** (International System of Units). Το διεθνές σύστημα μονάδων SI έχει επτά θεμελιώδεις μονάδες και χρησιμοποιείται τόσο στη Φυσική όσο και στη Χημεία. Στην Ελλάδα έγινε δεκτό νομοθετικά στις 30-03-1981 ως συμπλήρωμα του νόμου "περί μέτρων και σταθμών". Οι θεμελιώδεις μονάδες του συστήματος S.I. είναι:

1. **Το μέτρο (m):** Αρχικά ορίστηκε ως η απόσταση στους 0°C μεταξύ δύο χαραγών πάνω σε μια ράβδο από ιριδιούχο λευκόχρυσο, που φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων

και Σταθμών στις Σέβρες (κοντά στο Παρίσι). Αντίγραφα αυτού του προτύπου μέτρου στάλθηκαν στις διάφορες χώρες. Δυστυχώς όμως τα μεταλλικά πρότυπα αλλοιώνονται με την πάροδο του χρόνου με αποτέλεσμα το μήκος τους να υφίσταται μικρομεταβολές, που για την ακρίβεια που απαιτούν οι μετρήσεις της σύγχρονης επιστήμης, είναι σημαντικές. Για το λόγο αυτό το 1960 ορίστηκε ξανά το μέτρο **ως η απόσταση που καταλαμβάνουν 1.650.763,75 μήκη κύματος ορισμένης ακτινοβολίας του αερίου κρυπτό (Kr^{86}) στο κενό.** Ενώ το 1983 ξανά ορίστηκε **ως η απόσταση που διανύει το φως στο κενό, στη διάρκεια 1/299.792.458 του δευτερολέπτου.**

2. Το χιλιόγραμμο (kg): Είναι η μονάδα μάζας. Ισούται με τη μάζα του πρότυπου χιλιόγραμμου, που φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στις Σέβρες της Γαλλίας.

3. Το δευτερόλεπτο (s): Όπως γνωρίζουμε, η ημέρα διαιρείται σε 24 ώρες (h), κάθε ώρα σε 60 πρώτα λεπτά (min) και κάθε πρώτο σε 60 δευτερόλεπτα (s). Στο αστεροσκοπείο Greenwich υπάρχει ένας αριθμός ρολογιών ακριβείας τα οποία ελέγχονται καθημερινά με τη βοήθεια αστρονομικών παρατηρήσεων. Τα ρολόγια αυτά περιέχουν κρύσταλλο χαλαζία ο οποίος κάνει ταλαντώσεις. Τα ρολόγια του χαλαζία συγκρίνονται με **το ατομικό ρολόι καισίου**. Το ατομικό ρολόι καισίου δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας πομπός βραχέων κυμάτων (μήκος κύματος 3cm περίπου). Η συχνότητα εκπομπής εξαρτάται από τις ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν στο άτομο του καισίου και είναι πολύ σταθερή (το ρολόι του καισίου μένει πίσω 1s σε 3.000 χρόνια). Για το λόγο αυτό το 1967 το δευτερόλεπτο ξαναορίστηκε με βάση το ρολόι καισίου, ως εξής: **1 δευτερόλεπτο είναι η χρονική διάρκεια μέσα στην οποία συμβαίνουν 9.192.631.770 καθορισμένες περιοδικές ενεργειακές μεταβολές στο άτομο του καισίου (Cs^{133})**.

4. Το Ampere (A): Ένα Ampere είναι η σταθερή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο όταν διαρρέει δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους, αμελητέας διατομής, που απέχουν 1m και βρίσκονται στο κενό, ασκείται μεταξύ των αγωγών δύναμη $2 \cdot 10^{-7}$ N ανά μέτρο μήκους του αγωγού.

5. Ο βαθμός Kelvin (K): Ο βαθμός Kelvin με τον οποίο μετράμε τη θερμοκρασία ορίζεται ως το $\frac{1}{273,16}$ της θερμοκρασίας **του τριπλού σημείου του νερού**. (Τριπλό σημείο του νερού είναι η θερμοκρασία στην οποία συνυπάρχουν ο πάγος, το νερό και οι ατμοί του και είναι **273,16°K** ή **0°C**).

6. Η candela (cd): με την οποία μετράμε την ένταση μιας φωτεινής πηγής, είναι η ένταση της φωτοβολίας μιας επιφάνειας μελανού σώματος, εμβαδού $\frac{1}{600.000}m^2$ σε κάθετη πρόσπτωση των ακτινών, στη θερμοκρασία τήξεως του λευκόχρυσου (1.769°C) και σε πίεση 101.325Nm^{-2}.

7. Το mol: Είναι η ποσότητα υλικού που περιέχει τόσα στοιχειώδη σωμάτια όσα άτομα άνθρακα περιέχονται σε 0,012kg καθαρού άνθρακα -12(C^{12}), δηλαδή $N = 6,023 \cdot 10^{23}$. Τέτοια σωμάτια είναι τα μόρια, τα άτομα κ.τ.λ.

Προθέματα μονάδων του συστήματος S.I.

Υποπολλαπλάσια		Σύμβολο	Πολλαπλάσια		Σύμβολο
deci	10^{-1}	d	deka	10	da
centi	10^{-2}	c	hecto	10^2	h
milli	10^{-3}	m	kilo	10^3	k
micro	10^{-6}	μ	mega	10^6	M
nano	10^{-9}	n	giga	10^9	G
pico	10^{-12}	p	tera	10^{12}	T
femto	10^{-15}	f	peta	10^{15}	P
atto	10^{-18}	α	exa	10^{18}	E

Παραδείγματα:
Ισχύς: kilowatt (kW), Megawatt (MW), milliwatt (mW), microwatt (μW).
Χωρητικότητα πυκνωτή: microfarad (μF), Picofarad (pF)
Αντιστάσεις: kilohm (kΩ), megohm (MΩ)
Συχνότητα: kilohertz (kHz), Megahertz (MHz)
Χρόνος: millisecond (ms), microsecond (μs)
Μήκος: millimetre (mm), micrometre (μm), nanometre (nm).

Θεμελιώδεις μονάδες S.I.

Μέγεθος		Μονάδες	
Ονομασία	**Σύνηθες σύμβολο**	**Ονομασία**	**Σύμβολο**
μήκος	s, ℓ , d	μέτρο	m
μάζα	m	χιλιόγραμμο	kg
χρόνος	t	δευτερόλεπτο	s
ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	I	αμπέρ	A
θερμοκρασία	T	βαθμός Kelvin	K
ποσότητα ύλης	n	μολ (mol)	mol
φωτεινή ένταση	I_v	κηρίο (candela)	cd

Δ. Διαστάσεις

Κατά την εξέταση ενός μεγέθους είναι δυνατό οι μονάδες του ν' αποδοθούν κατά γενικότερο τρόπο, χωρίς να γίνεται ιδιαίτερη αναφορά προτύπου σύγκρισης. Έτσι π.χ. οι μονάδες της ταχύτητας (υ) μπορούν να εκφραστούν σύμφωνα με το σχήμα

$$[\text{μον. ταχύτητας}] = \left[\frac{\text{μον. μήκους}}{\text{μον. χρόνου}}\right]$$

Ή πιο απλά $[\upsilon] = \left[\frac{\text{μήκος}}{\text{χρόνος}}\right]$

Αν το μήκος παρασταθεί με το σύμβολο L και ο χρόνος με το σύμβολο T, τότε το παραπάνω σχήμα ανάγεται στην απλούστερη μορφή:

$[\upsilon] = \left[\frac{L}{T}\right]$ ή στην $[\upsilon] = \left[LT^{-1}\right]$ (εξίσωση διαστάσεων).

Εξ ορισμού χαρακτηρίζονται ως **διαστάσεις** ενός μεγέθους η σχέση που υπάρχει μεταξύ του δεδομένου μεγέθους και των θεμελιωδών.

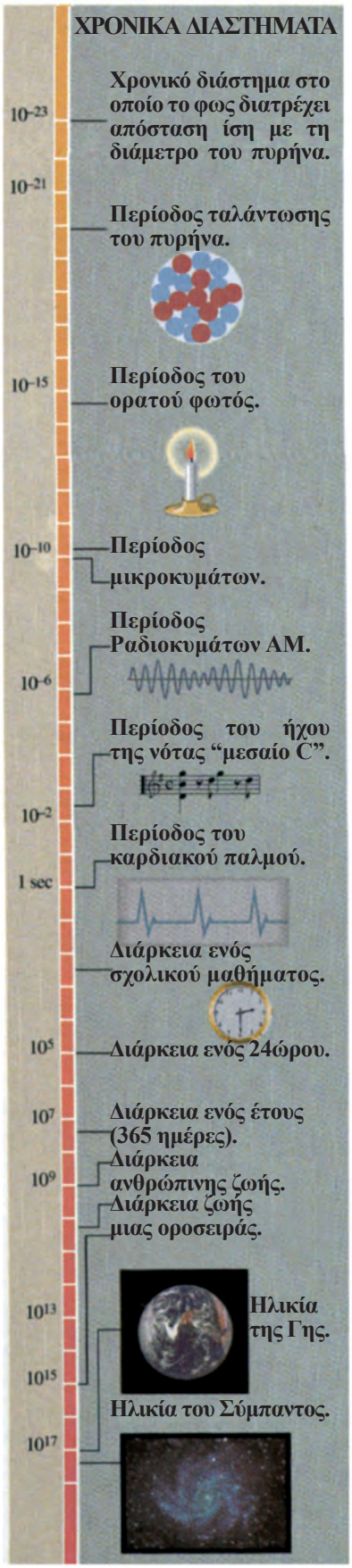
Η γνώση των διαστάσεων των φυσικών μεγεθών είναι χρήσιμη, διότι οι διαστάσεις επιτρέπουν την ποιοτική επαλήθευση της ορθότητας ενός τύπου, σύμφωνα με την αρχή ότι οι διαστάσεις στο πρώτο και στο δεύτερο μέλος πρέπει να είναι οι ίδιες.

Ε. Η έννοια του χρόνου

"...αντιλαμβανόμαστε το χρόνο μόνο όταν έχουμε έκδηλη κίνηση..., δε μετράμε μόνο την κίνηση με το χρόνο, αλλά και το χρόνο με την κίνηση, γιατί και τα δύο αυτά αλληλοορίζονται".

Αριστοτέλης "Τα Φυσικά"

Πριν 9.000 χρόνια περίπου οι άνθρωποι άρχισαν να καλλιεργούν τη γη. Η εμφάνιση της γεωργίας είχε ως προϋπόθεση τη συνειδητοποίηση του βασικότερου ρυθμού που επηρεάζει τη ζωή πάνω στον πλανήτη μας, την ετήσια εναλλαγή των εποχών. Επίσης η εναλλαγή μέρας - νύχτας, οι μεταβολές των ορατών άστρων, οι φάσεις της Σελήνης κάθε 29 ημέρες είχαν ήδη παρατηρηθεί από τη νεολιθική εποχή, δηλαδή ο άνθρωπος ήταν εξοικειωμένος με τους κοσμικούς ρυθμούς κίνησης - αλλαγής.



Χρονικά διαστήματα (σε δευτερόλεπτα), από το διάστημα στο οποίο το φως διατρέχει έναν πυρήνα έως την ηλικία του σύμπαντος.

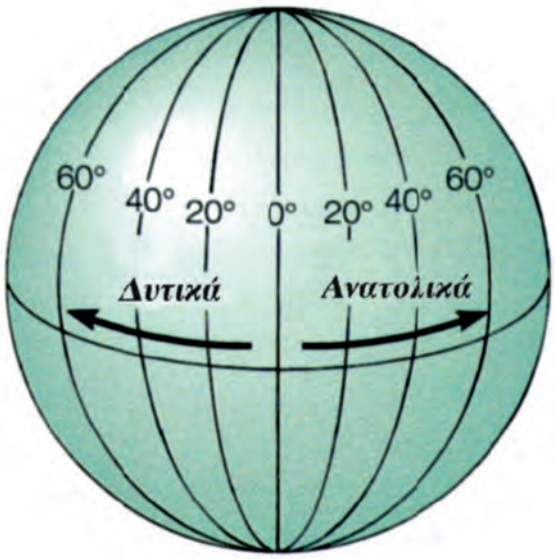
Η έννοια του χρόνου δημιουργήθηκε για να περιγράψει και να μετρήσει αυτούς τους κοσμικούς ρυθμούς που συνεχώς επαναλαμβάνονται.

Ο **άνθρωπος** συνειδητοποιεί το χρόνο παρακολουθώντας τις **μεταβολές** στον κόσμο που τον περιβάλλει. Η βιωματική αυτή αίσθηση της αέναης κίνησης όλων των κοσμικών στοιχείων δημιουργεί στο εγκεφαλικό κέντρο συναρμολόγησης και αξιολόγησης των πληροφοριών του έξω κόσμου (συνείδηση) την αίσθηση του χρόνου. Για να μπορέσει ο ανθρώπινος νους να επεξεργαστεί τις εντυπώσεις από τα γεγονότα που πέρασαν, έχει απόλυτη ανάγκη από μια βασική του λειτουργία, **τη μνήμη**.

Φυσικός ή αστρονομικός - αντικειμενικός χρόνος

Ο φυσικός χρόνος μπορεί να μετρηθεί σε σχέση με τις περιοδικές κινήσεις της Γης. Όπως γνωρίζετε η Γη περιστρέφεται γύρω από άξονα και η περίοδος περιστροφής της ορίζεται ως μια ημέρα. Η Γη επίσης περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο και η περίοδος περιφοράς της ορίζεται ως ένα έτος. Αυτές οι κινήσεις της Γης μας δίνουν τη δυνατότητα να μετρήσουμε το χρόνο και να ορίσουμε τις εποχές. Έτσι, για πολλούς αιώνες η αρχή της ημέρας εθεωρείτο η χρονική στιγμή κατά την οποία ο Ήλιος τέμνει μια φανταστική γραμμή στον ουρανό από το βορρά ως το νότο που περνάει από την κατακόρυφο ενός τόπου.

Αυτή η γραμμή λέγεται **μεσημβρινός** του τόπου.



Ο μεσημβρινός που περνάει από το Γκρίνουιτς, ορίστηκε ως αρχή μέτρησης των υπόλοιπων μεσημβρινών.

Το μέσο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο περασμάτων του Ήλιου από το μεσημβρινό ενός τόπου λέγεται μέση **ηλιακή ημέρα**.

Η διαίρεση του ενός έτους σε 12 μήνες, της ημέρας σε 24 ώρες, της ώρας σε 60 λεπτά, του λεπτού σε 60 δευτερόλεπτα, καθώς και η μέτρησή τους, έγινε σταδιακά στη διάρκεια χιλιετιών. Ξεκίνησε από τους Σουμέριους, Βαβυλώνιους, Αιγυπτίους, Έλληνες και έφτασε μέχρι τους Άραβες, τους Ευρωπαίους την εποχή της Αναγέννησης και μέχρι σήμερα με το παγκόσμιο ημερολόγιο και το ατομικό ρολόι καισίου.

Στην επιστήμη συνυπάρχουν δύο αντίθετες αντιλήψεις για το χρόνο, αυτή της **κλασικής Φυσικής** που δέχεται έναν παγκόσμιο ενιαίο χρόνο, ανεξάρτητο από τα πράγματα, που επιτρέπει τη μονοσήμαντη χρονομέτρηση των γεγονότων για όλα τα κινούμενα συστήματα και η άλλη της **ειδικής θεωρίας της σχετικότητας,** που αμφισβήτησε την παραπάνω ανθρωπομορφική έννοια του χρόνου. Σύμφωνα με την ειδική θεωρία της σχετικότητας, οι παρατηρητές που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα έχουν διαφορετικές απόψεις για τη χρονική διάρκεια των φαινομένων στα συστήματα αυτά.

Αποδείχτηκε έτσι, ότι η αντίληψη που έχουμε για το φυσικό κόσμο δεν είναι άλλο από μια ανθρωπόμορφη κατασκευή και αυτό που στα πλαίσια της άμεσης εμπειρίας ονομάζουμε χρόνο είναι συνέπεια των πολύ περιορισμένων δυνατοτήτων της φυσιολογίας μας.

Βιολογικός χρόνος

Ο **φυσικός - αστρονομικός χρόνος** διαφέρει από το **βιολογικό χρόνο** που μαζί με τον **ψυχολογικό χρόνο** αποτελούν τον **εσωτερικό χρόνο.** Ο βιολογικός αυτός χρόνος πηγάζει από τη ρυθμική εναλλαγή των ενδογενών λειτουργιών του κυττάρου, στην οποία οφείλεται τελικά και η ρύθμιση της προσαρμογής του οργανισμού στην περιοδικότητα του περιβάλλοντος.

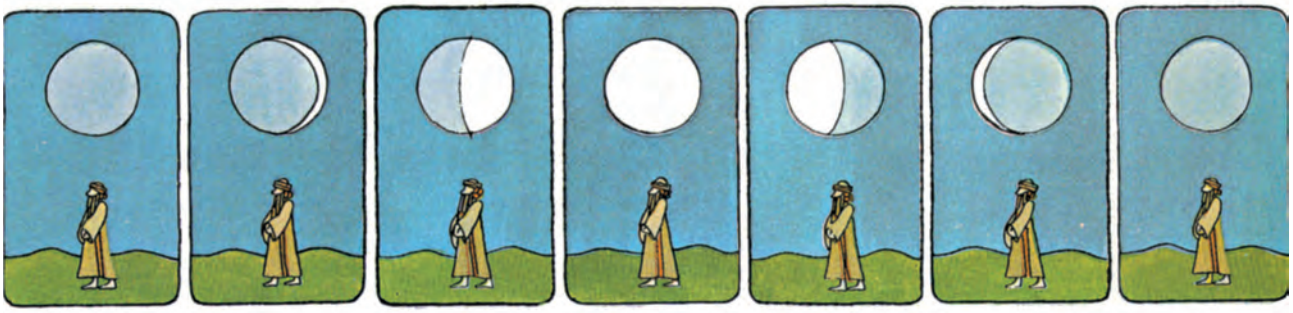
Ψυχολογικός ή υποκειμενικός (υπαρξιακός) χρόνος

Αν ο φυσικός χρόνος είναι ένας **ποσοτικός χρόνος,** ο ψυχολογικός χρόνος είναι **ποιοτικός,** με την έννοια ότι διαφέρει από άτομο σε άτομο και ακόμα, είναι διαφορετικός και στο ίδιο άτομο ανάλογα με τις συνθήκες της ζωής του, που επιδρούν στην ψυχική του διάθεση.

Ο ψυχολογικός χρόνος λοιπόν είναι υποκειμενικά ελαστικός και ανισοταχής.

Τα ρολόγια

Οι φάσεις της Σελήνης, η κλεψύδρα, το ηλιακό ρολόι (Εικ. α) χρησιμοποιήθηκαν για αρκετές χιλιετίες για τη μέτρηση του χρόνου. Επίσης το νερό χρησιμοποιήθηκε έως τον 17° αιώνα οπότε καθιερώθηκε το μηχανικό ρολόι το οποίο χρησιμοποιούσε το απλό εκκρεμές για τη μέτρηση του χρόνου.



Για τη διατήρηση της ταλάντωσης του εκκρεμούς χρησιμοποιούσαν ελατήρια και σύστημα με διάφορους τροχούς, εικόνα α.

Σήμερα χρησιμοποιούμε ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά ρολόγια (Εικ. α). Για μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιούμε ρολόγια με κρύσταλλο που ταλαντώνεται ή ατομικά ρολόγια καισίου (Εικ. α).



Εικόνα α

ΣΤ′. Το μέγεθος των αντικειμένων και οι μονάδες μέτρησής τους

Η έννοια του χώρου δημιουργήθηκε για να περιγραφούν οι κινήσεις των αντικειμένων, των ζώων και των ανθρώπων. Τα αντικείμενα που υπάρχουν και κινούνται στο χώρο έχουν μέγεθος που περιγράφεται από τις διαστάσεις τους. Για παράδειγμα ένα σχοινί περιγράφεται από το μήκος του (διότι κυριαρχεί μια διάσταση), το φύλλο ενός τετραδίου περιγράφεται από το εμβαδόν του ή από το μήκος και το πλάτος του (διότι κυριαρχούν δύο διαστάσεις), ένας κύβος περιγράφεται από τον όγκο του ή από το μήκος, το πλάτος και το ύψος του.

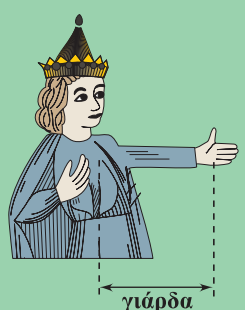
Ο προσδιορισμός της θέσης των αντικειμένων, της μεταξύ τους απόστασης και η σύγκριση του μεγέθους τους δημιούργησε την ανάγκη μέτρησης και οδήγησε στην κατασκευή μονάδων μήκους, εμβαδού και όγκου.

Στην αρχή οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν σαν μονάδες μέτρησης μέλη του σώματός τους, π.χ. πόδι, παλάμη, κ.α.

Σήμερα έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούμε για μονάδα μήκους το ένα μέτρο (1m) στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.).

Πολλαπλάσιο του 1m είναι το 1km = 10^3m
Υποπολλαπλάσια του 1m είναι:
1dm = 10^{-1}m, 1cm = 10^{-2}m, 1mm = 10^{-3}m
1μm = 10^{-6}m, 1nm = 10^{-9}m, 1Å = 10^{-10}m.

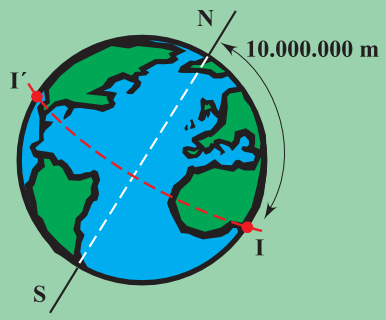
Σε παλαιότερες εποχές, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ποικίλες μονάδες μέτρησης του μήκους. Για τον καθορισμό αυτών των μονάδων, έπαιρναν ως βάση μήκη που σχετίζονταν με το ανθρώπινο σώμα. Έτσι, οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το πόδι, το βήμα, το στάδιο (600 πόδια) κ.α. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, χρησιμοποιούσαν τον πήχυ, που ήταν η απόσταση του αγκώνα έως το άκρο του μεσαίου δακτύλου. Αυτές οι μονάδες όμως, δεν είναι καλές γιατί διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο.



Στην Αγγλία ο βασιλιάς Ερρίκος Ι, επιδιώκοντας να καθιερώσει μία σταθερή μονάδα, όρισε ως μονάδα μετρήσεως την απόσταση από τη μύτη του έως τον αντίχειρα του τεντωμέ-



Μέγεθος (σε m) αντικειμένων από το πρωτόνιο έως το Σύμπαν.



N = Βόρειος Πόλος.
S = Νότιος Πόλος.
I΄I = Ισημερινός.

νου αριστερού χεριού του και την ονόμασε γιάρδα.

Μέχρι τα τέλη του 18ου αιώνα υπήρχε ποικιλία μονάδων μέτρησης του μήκους και αυτό δημιουργούσε σύγχυση. Αλλά η ανάπτυξη και η επέκταση του εμπορίου πέρα από τα στενά όρια ενός κράτους, καθώς και η γενικότερη επικοινωνία των ανθρώπων, κατέστησε αναγκαία την αναζήτηση μιας κοινής μονάδας μετρήσεως.

Έτσι, μετά τη Γαλλική Επανάσταση, μία ομάδα Γάλλων επιστημόνων, πρότεινε να ορισθεί η μονάδα μήκους με βάση τις διαστάσεις τη Γης. Συγκεκριμένα, προτάθηκε ως μονάδα μήκους το ένα δεκάκις εκατομμυριοστό της απόστασης του Βορείου Πόλου από τον Ισημερινό.

Τη μονάδα αυτή ονόμασαν μέτρο, από την ελληνική λέξη μετρώ (στα γαλλικά: metre, στα αγγλικά: meter).

Με βάση τον παραπάνω ορισμό της μονάδας του μήκους κατασκευάστηκε το **πρότυπο μέτρο**, το οποίο φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών.

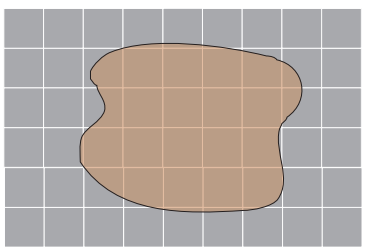
Οι μονάδες εμβαδού και όγκου προκύπτουν από τη μονάδα μήκους και είναι $1m^2$ και $1m^3$ αντίστοιχα. Τα υποπολλαπλάσια των μονάδων εμβαδού και όγκου προκύπτουν από τα αντίστοιχα υποπολλαπλάσια της μονάδας μήκους ως εξής:

$1dm^2 = (10^{-1}m)^2 = 10^{-2}m^2$, $1cm^2 = (10^{-2}m)^2 = 10^{-4}m^2$, $1mm^2 = (10^{-3}m)^2 = 10^{-6}m^2$

$1dm^3 = (10^{-1}m)^3 = 10^{-3}m^3$, $1cm^3 = (10^{-2}m)^3 = 10^{-6}m^3$, $1mm^3 = (10^{-3}m)^3 = 10^{-9}m^3$

Στο διεθνές εμπόριο έχει ορισθεί ως μονάδα μέτρησης του όγκου υγρών προϊόντων, π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο, αναψυκτικά κ.α., το ένα λίτρο (1L), το οποίο είναι υποπολλαπλάσιο του $1m^3$.

Συγκεκριμένα: $1L = 10^{-3}m^3$ ή $1L = 10^3cm^3$, διότι $1m^3 = 10^6cm^3$.
Υποπολλαπλάσιο του 1L είναι το $1mL = 10^{-3}L$ ή $1mL = 1cm^3$.

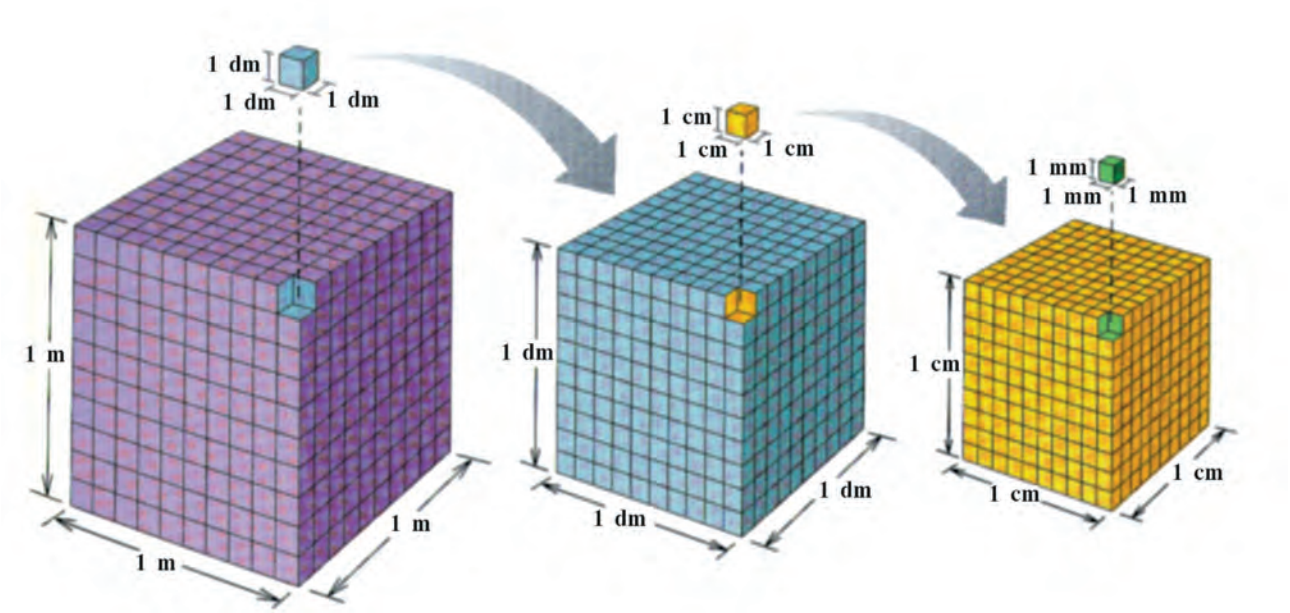


Εικόνα 3
Μετρώντας τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού $1cm^2$, υπολογίζουμε το εμβαδόν του σχήματος. Αν θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια μετράμε τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού $1mm^2$.

Υπολογισμός εμβαδού μιας επιφάνειας ακανόνιστου σχήματος

Πώς θα υπολογίσουμε το εμβαδόν μιας επιφάνειας που δεν έχει γεωμετρικό σχήμα; Για παράδειγμα της επιφάνειας που φαίνεται στην εικόνα 3;

Σ' αυτή την περίπτωση προφανώς δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε καμία σχέση υπολογισμού εμβαδού γεωμε-



τρικών σχημάτων. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το ειδικό χαρτί για γραφικές παραστάσεις που περιέχει τετράγωνα πλευράς 1cm (εμβαδού $1cm^2$) και πλευράς 1mm (εμβαδού $1mm^2$).

Υπολογισμός όγκου ενός μη γεωμετρικού σώματος

Για τον υπολογισμό του όγκου ενός μη γεωμετρικού σώματος το βυθίζουμε μέσα σε νερό που περιέχεται σε βαθμολογημένο δοχείο, π.χ. ογκομετρικό κύλινδρο, ποτήρι ζέσεως κ.α.

Έτσι μετρώντας τον αρχικό όγκο ($V_{αρχ}$) του νερού και τον τελικό όγκο του νερού ($V_{τελ}$) μετά τη βύθιση του σώματος, βρίσκουμε τον όγκο του σώματος:

$$V_{σώματος} = V_{τελ} - V_{αρχ}$$

Δραστηριότητα 1

Σχεδιάστε σε μιλλιμετρέ χαρτί μια μικρή επιφάνεια ακανόνιστου σχήματος, δικής σας επιλογής.

1) Εμβαδομετρήστε την επιφάνεια που σχεδιάσατε. Πόσα cm^2, mm^2 είναι περίπου;
2) Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω μετρήσεων και δώστε μια εξήγηση για τη διαφορά που παρατηρείτε.

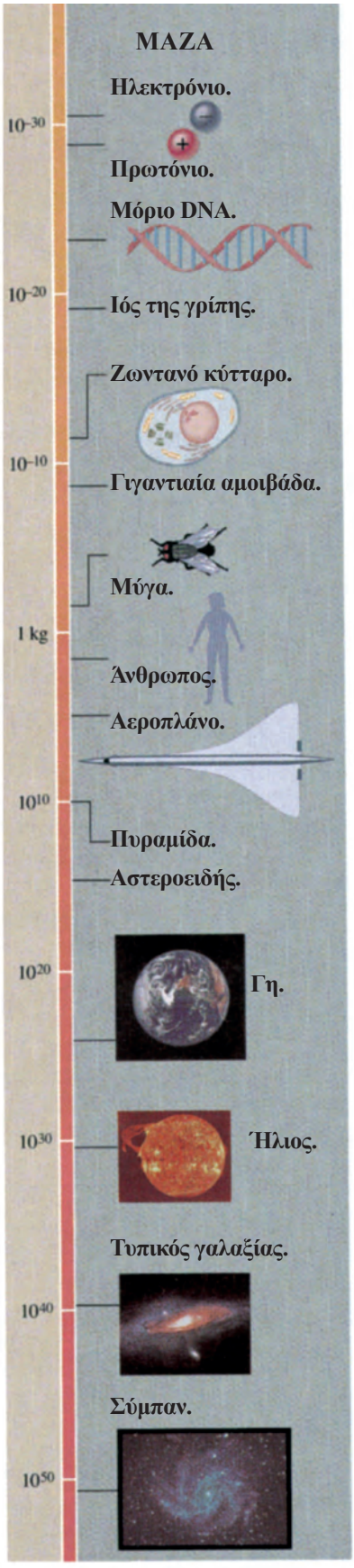
Δραστηριότητα 2

Ογκομετρήστε μια μικρή πέτρα ή ένα άλλο αντικείμενο μη γεωμετρικό:

1) με ογκομετρικό σωλήνα,
2) με ποτήρι ζέσεως,

και συγκρίνετε τα αποτελέσματα που βρήκατε.

Πού οφείλεται η διαφορά που παρατηρείτε;



Η μάζα (σε kg) διαφόρων αντικειμένων από το ηλεκτρόνιο έως το Σύμπαν.

Ζ. Η μάζα και η πυκνότητα

Η μάζα

Η μάζα ενός σώματος αποτελεί το μέτρο της αδράνειάς του, δηλαδή μας δείχνει το μέγεθος της αντίδρασης ενός σώματος στην προσπάθεια αλλαγής της κινητικής του κατάστασης.

Αναλυτικότερα, στην έννοια της μάζας θα αναφερθούμε στην παράγραφο 1.2.









Η μέτρηση της μάζας ενός σώματος γίνεται με το ζυγό.
Η μονάδα μάζας στο διεθνές σύστημα είναι το 1kg.
Υποπολλαπλάσιο του 1kg είναι το 1g = 10^{-3}kg.
Πολλαπλάσιο του 1kg είναι ο τόνος: 1tn = 10^{3}kg.

Η πυκνότητα

Κάθε σώμα έχει συγκεκριμένη μάζα και όγκο και μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα υλικά. Πολλές φορές θέλουμε να υπολογίσουμε ποιο σώμα αποτελείται από περισσότερο πυκνό υλικό.

Για παράδειγμα ένα ομογενές σώμα υλικού Α έχει μάζα 200g και όγκο $100cm^3$, ενώ ένα άλλο ομογενές σώμα υλικού Β έχει μάζα 400g και όγκο $800cm^3$. Ποιο υλικό είναι περισσότερο πυκνό;

Μπορούμε να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, αν γνωρίζουμε τη μάζα που περιέχεται στη μονάδα όγκου του υλικού (ή αν γνωρίζουμε τον όγκο που καταλαμβάνει μια μονάδα μάζας του υλικού). Η αναγωγή στη μονάδα όγκου, όπως γνωρίζουμε, γίνεται αν διαιρέσουμε τη μάζα του σώματος με τον όγκο του.

Δηλαδή: $\frac{200g}{100cm^3} = 2\frac{g}{cm^3}$, $\frac{400g}{800cm^3} = 0,5\frac{g}{cm^3}$

Άρα περισσότερο πυκνό είναι το υλικό Α, εφόσον στον ίδιο όγκο ($1cm^3$) περιέχεται στο υλικό Α μάζα 2g, ενώ στο υλικό Β μάζα 0,5g.

Το πηλίκο $\frac{m}{V}$ ονομάζεται πυκνότητα ενός υλικού που έχει μάζα m και όγκο V, συμβολίζεται με το γράμμα d, δηλαδή $d = \frac{m}{V}$ και δείχνει πόση μάζα σε g περιέχεται σε όγκο $1cm^3$.

Όπως προκύπτει από τον προηγούμενο ορισμό, αν γνωρίζουμε την πυκνότητα του υλικού από το οποίο αποτελείται ένα ομογενές σώμα, μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του αν μετρήσουμε τη μάζα του, ή τη μάζα του αν μετρήσουμε τον όγκο του.

Δραστηριότητα 1

Να υπολογίσετε την πυκνότητα της πορτοκαλάδας που περιέχεται μέσα σε μπουκάλι ή κουτί ενός λίτρου (1L), αφού προηγουμένως μετρήσετε τη μάζα της πορτοκαλάδας με ένα ζυγό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Πυκνότητες Υλικών

Υλικό	Πυκνότητα kg/m^3
Ατμοσφαιρικός αέρας (χωρίς υγρασία) σε 0°C	1,29
Φελιζόλ	$0,03 \cdot 10^3$
Φελός	$0,2 \cdot 10^3$
Βενζίνη	$0,88 \cdot 10^3$
Ελαιόλαδο	$0,92 \cdot 10^3$
Πάγος	$0,92 \cdot 10^3$
Νερό (0°C)	$0,99987 \cdot 10^3$
Νερό (3,98°C)	$1 \cdot 10^3$
Αίμα	$1,05 \cdot 10^3$
Ζάχαρη	$1,6 \cdot 10^3$
Γυαλί	$(2,4\text{-}2,8) \cdot 10^3$
Τσιμέντο	$(2,7\text{-}3) \cdot 10^3$
Διαμάντι	$(3,0\text{-}3,5) \cdot 10^3$
Αλουμίνιο	$2,7 \cdot 10^3$
Σελήνη (μέση πυκνότητα)	$3,34 \cdot 10^3$
Γη (μέση πυκνότητα)	$5,25 \cdot 10^3$
Σίδηρος	$7,9 \cdot 10^3$
Μόλυβδος	$11,3 \cdot 10^3$
Υδράργυρος	$13,6 \cdot 10^3$
Χρυσός	$19,3 \cdot 10^3$
Πυρήνας ατόμου	$\cong 10^8\text{-}10^{11}$
Άστρο νετρονίων	$\cong 10^{18}$

Η. Η μεταβολή και ο ρυθμός μεταβολής

Είναι γνωστό ότι τα φυσικά μεγέθη μεταβάλλονται, αυξάνονται ή μειώνονται.

Η μεταβολή των φυσικών μεγεθών παριστάνεται με το ελληνικό γράμμα δέλτα (Δ). Για παράδειγμα Δυ σημαίνει μεταβολή της ταχύτητας και είναι: $\Delta\upsilon = \upsilon - \upsilon_0$, όπου υ η τελική τιμή της ταχύτητας και υ_0 η αρχική τιμή της. Ομοίως: $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ κ.ο.κ.

Γενικά: **Μεταβολή ενός μεγέθους = τελική τιμή - αρχική τιμή του μεγέθους**.

Όμως η αύξηση ή η μείωση ενός μεγέθους μπορεί να γίνει αργά ή γρήγορα.

Παραδείγματος χάρη, η θερμοκρασία ενός σώματος μεταβάλλεται κατά $\Delta\theta = 10^oC$ σε $\Delta t = 10s$, ενώ, η θερμοκρασία ενός άλλου σώματος μεταβάλλεται κατά $\Delta\theta' = 20°C$ σε $\Delta t' = 16s$. Πώς θα βρούμε ποιου σώματος η θερμοκρασία αλλάζει γρηγορότερα;

Αν οι μεταβολές της θερμοκρασίας γίνονται μέσα στην ίδια χρονική διάρκεια Δt, π.χ. 10s, τότε η σύγκριση θα είναι εύκολη. Το ίδιο εύκολο είναι αν αναχθούμε στη μονάδα χρόνου το 1s. Αυτό γίνεται αν διαιρέσουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας Δθ με τη χρονική διάρκεια Δt, οπότε έχουμε:

$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{10^oC}{10s} = 1^oC/s$, δηλαδή σε 1s η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 1°C.

$\frac{\Delta\theta'}{\Delta t'} = \frac{20^oC}{16s} = 1,25^oC/s$, δηλαδή σε 1s η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 1,25°C.

Άρα η θερμοκρασία του δεύτερου σώματος αυξάνεται γρηγορότερα ή ο "ρυθμός μεταβολής" της είναι μεγαλύτερος όπως συνήθως λέμε.

Συνεπώς το πηλίκο $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ μας δίνει το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας.

Γενικεύοντας, το πηλίκο $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ της μεταβολής ενός φυσικού μεγέθους Φ διά της μεταβολής του χρόνου Δt, μας δίνει το ρυθμό μεταβολής του φυσικού μεγέθους Φ, δηλαδή το πόσο αλλάζει το μέγεθος αυτό σε 1s.

Αν το φυσικό μέγεθος αυξάνεται τότε $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0 > 0$ οπότε και ο ρυθμός μεταβολής είναι θετικός, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$.

Αν το φυσικό μέγεθος μειώνεται τότε $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_0 < 0$ οπότε και ο ρυθμός μεταβολής είναι αρνητικός, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$.

Σημείωση:

Με τον όρο διαφορά των τιμών ενός μεγέθους Χ, εννοούμε τη διαφορά της τελικής από την αρχική τιμή του μεγέθους, δηλαδή $X_{αρχ} - X_{τελ}$.

Θ. Γραφικές παραστάσεις

Για να κατασκευάσουμε μια γραφική παράσταση μιας συνάρτησης μας χρειάζεται ένας πίνακας τιμών. Ο πίνακας αυτός μπορεί να προέλθει είτε από πειραματικές μετρήσεις φυσικών μεγεθών, είτε από αυθαίρετες τιμές που δίνουμε στην ανεξάρτητη μεταβολή μέσα στο πεδίο ορισμού της, όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα α, β και γ. Μετά τη δημιουργία του πίνακα τιμών προχωρούμε στην κατασκευή και βαθμολόγηση των αξόνων x, y, σύμφωνα με τις τιμές που έχουν τα φυσικά μεγέθη.

Αν η συνάρτηση ή η σχέση είναι πρώτου βαθμού, η γραφική παράσταση θα είναι ευθεία γραμμή και αρκούν δύο σημεία για τον προσδιορισμό της.

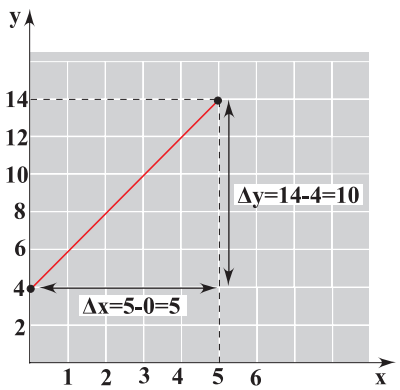
Αν η συνάρτηση είναι τριώνυμο δευτέρου βαθμού τότε η γραφική παράσταση είναι παραβολή.

Για παράδειγμα αναφέρουμε τις τρεις παρακάτω περιπτώσεις:

α) Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $y = 2x + 4$, $x \in [0,5]$ είναι:

Πίνακας τιμών

x	y
0	4
5	14



Εικόνα α

Ως **κλίση** της ευθείας ορίζεται το πηλίκο $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ που προκύπτει από το τρίγωνο της εικόνας α:

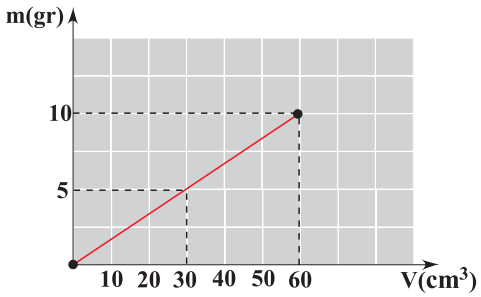
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10}{5} = 2.$$

και είναι ίση με τον συντελεστή του x της συνάρτησης $y = 2x + 4$.

β) Η γραφική παράσταση της σχέσης m = 6V είναι:

Πίνακας τιμών

m(gr)	V(cm³)
0	0
10	60



Εικόνα β

γ) Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $x = 2t + t^2$, $t \in [0,4]$ είναι η παρακάτω:

Μπορούμε να βρούμε την κλίση της καμπύλης όπως στην περίπτωση της ευθείας γραμμής;

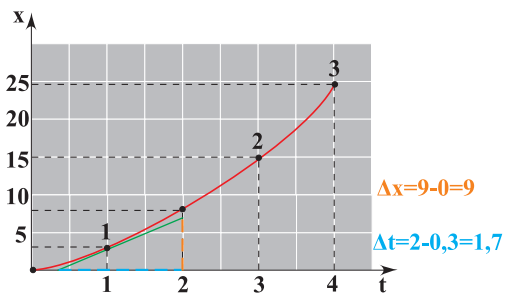
Μήπως η καμπύλη δεν έχει μια κλίση, αλλά κάθε σημείο της έχει τη δική του κλίση;

Πράγματι κάθε σημείο της έχει κλίση που βρίσκεται αν φέρουμε την εφαπτομένη της καμπύλης στο σημείο αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα γ, και φτιάξουμε ένα οποιοδήποτε ορθογώνιο τρίγωνο με υποτείνουσα τμήμα της εφαπτόμενης που φέραμε, π.χ. η κλίση του σημείου 1 είναι:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{9}{1,7} = 5,3.$$

Πίνακας τιμών

t	x
0	0
1	3
2	8
3	15
4	24



Εικόνα γ

Δραστηριότητα 1

Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας στην εικόνα 6.

Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης αυτής;

Δραστηριότητα 2

Ομοίως υπολογίστε την κλίση του σημείου 2 της εικόνας γ.

Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων

Με τις παρακάτω σκέψεις, θέλουμε να σας βοηθήσουμε στη μελέτη της θεωρίας και στη λύση προβλημάτων.

Η μελέτη ενός βιβλίου Φυσικής διαφέρει από τη μελέτη ενός άλλου βιβλίου π.χ. ενός μυθιστορήματος ή μιας ιστορίας, όπου οι λέξεις κυρίως περιγράφουν τα γεγονότα, τους χαρακτήρες κ.α. Αντίθετα στη Φυσική εκτός από τις λέξεις, η **φωτογραφία** και το **διάγραμμα** (γράφημα) αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο της θεωρίας, διότι η φωτογραφία αναπαριστά τα φυσικά φαινόμενα και το διάγραμμα κάνει παραστατικές, αφηρημένες έννοιες ή φαινόμενα που δεν μπορούμε να τα φωτογραφήσουμε.

Η δυσκολία στη λύση των προβλημάτων της Φυσικής δε βρίσκεται μόνο στους αριθμητικούς υπολογισμούς. Η σημαντικότερη δυσκολία είναι η **αντίληψη** του προβλήματος, δηλαδή ο σχηματισμός νοερών αναπαραστάσεων, η διάκριση των σημαντικών στοιχείων ή δεδομένων από τα επουσιώδη και η προσέγγιση της "καρδιάς" του προβλήματος με την υποβολή των κατάλληλων ερωτημάτων. Πολλοί επιφανείς Φυσικοί έχουν τονίσει ότι **κατανοείς** πραγματικά ένα πρόβλημα όταν μπορείς **διαισθητικά** να μαντεύεις την απάντηση πριν κάνεις υπολογισμούς. Αυτό μπορείτε να το κατορθώσετε αν αναπτύξετε τη φυσική σας διαίσθηση με εξάσκηση.

Για να αντιμετωπίσετε ένα πρόβλημα, πρέπει πρώτα απ' όλα να το διαβάσετε προσεκτικά δύο τρεις φορές και να το περιγράψετε σε γενικές γραμμές με λόγια και με σχήμα. Η **σχηματική αναπαράσταση** θα σας βοηθήσει να οργανώσετε τις πληροφορίες στο μυαλό σας και να προσεγγίσετε καλύτερα την καρδιά του προβλήματος. Επίσης πρέπει να εκτιμήσετε το αποτέλεσμα ποιοτικά, έτσι ώστε στο τέλος να μπορείτε να ελέγξετε το αποτέλεσμα που βρήκατε. Κατόπιν θα πρέπει να υποδιαιρέσετε το πρόβλημα σε απλούστερα προβλήματα **(ανάλυση)**, τα οποία θα προσπαθήσετε στη συνέχεια να αντιμετωπίσετε και να φτάσετε στην τελική λύση **(σύνθεση)**. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης είναι δημιουργικό να διερωτάστε: Ποιοι νόμοι, αρχές, θεωρίες συσχετίζουν τα μεγέθη που δίνονται; Ισχύουν αυτοί οι νόμοι στις συνθήκες του προβλήματος; Πόσα άγνωστα μεγέθη υπάρχουν και πόσες σχέσεις συνδέουν τα άγνωστα με τα γνωστά μεγέθη; Είναι σκόπιμο να διερευνάτε και να ελέγχετε το αποτέλεσμα που βρήκατε, αν είναι λογικό, αν συμφωνεί με τα δεδομένα της άσκησης, αν συμφωνεί με την πρόβλεψη που πιθανόν είχατε κάνει στην αρχή. Επίσης να ελέγχετε τις μονάδες που χρησιμοποιήσατε. Τέλος, πρέπει να μάθετε να διατυπώνετε γραπτά τον τρόπο σκέψης σας κατά τη λύση των προβλημάτων και όχι μόνο τα βήματα και τις αντίστοιχες εξισώσεις που χρησιμοποιείτε.



ΜΗΧΑΝΙΚΗ

1.1 Ευθύγραμμη κίνηση







Πώς θα μπορούσε να περιγραφεί η κίνηση ενός αγωνιστικού αυτοκινήτου; Πόσο γρήγορα κινείται η μπάλα που κλώτσησε ένας ποδοσφαιριστής; Απαντήσεις σε τέτοια ερωτήματα δίνει η **Κινηματική** η οποία περιγράφει τις κινήσεις των σωμάτων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε την **ευθύγραμμη κίνηση**, δηλαδή την κίνηση που γίνεται σε ευθεία γραμμή. Θα αναζητήσουμε τις σχέσεις μεταξύ ταχύτητας - χρόνου και θέσης - χρόνου, ώστε να μπορούμε σε κάθε χρονική στιγμή να προσδιορίζουμε τη θέση και την ταχύτητα ενός κινητού. Έτσι θα αποκτήσουμε τη δυνατότητα να απαντάμε σε ερωτήματα που εμφανίζονται στην καθημερινή μας ζωή και έχουν σχέση με την ταχύτητα, την επιτάχυνση, τη θέση ή το χρόνο κίνησης ενός κινητού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1.1 Ύλη και κίνηση....35
1.1.2 Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου....36
1.1.3 Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας....38
1.1.4 Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα....40
1.1.5 Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση....42
1.1.6 Η έννοια της μέσης ταχύτητας....48
1.1.7 Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας....49
1.1.8 Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση....50
1.1.9 Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση....52
Ένθετο: Το θεώρημα Merton....59
Περίληψη....61
Ερωτήσεις....63
Ασκήσεις-Προβλήματα....69

1.1.1 Ύλη και κίνηση

Μια χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης είναι η κίνηση, τόσο στα μικροσκοπικά σωμάτια (στο μικρόκοσμο), όσο και στα σώματα αισθητών διαστάσεων (στο μακρόκοσμο). Τα άτομα του ακίνητου βιβλίου που έχετε μπροστά σας ταλαντώνονται γύρω από μια θέση ισορροπίας. Τα στοιχειώδη σωμάτια από τα οποία αποτελείται το άτομο (ηλεκτρόνια, πρωτόνια κ.α.) κινούνται κι αυτά. Τα μόρια των ρευστών (υγρών και αερίων) βρίσκονται σε μία διαρκή άτακτη κίνηση.

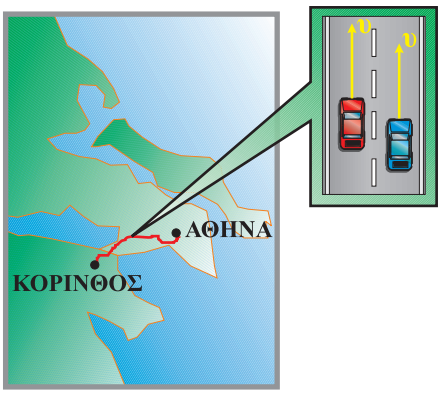
Αλλά και στο μακρόκοσμο η κίνηση είναι το χαρακτηριστικό γνώρισμα της ύλης. Τα σώματα που βρίσκονται πάνω στη Γη και φαίνονται ακίνητα, στην πραγματικότητα κινούνται, αφού συμμετέχουν στην περιστροφή της γύρω από τον άξονά της, αλλά και στην περιφορά της γύρω από τον ήλιο. Σε μεγαλύτερη κλίμακα ο ήλιος και οι πλανήτες κινούνται μέσα στο γαλαξία και όλοι οι γαλαξίες κινούνται αιώνια μέσα στο σύμπαν, εικόνα 1.1.1.



Εικόνα 1.1.1
Ο Γαλαξίας της Ανδρομέδας.

Δεν υπάρχει ύλη που να παραμένει ακίνητη στο σύμπαν ή περισσότερο φιλοσοφικά: η κίνηση είναι τρόπος ύπαρξης της ύλης.

Η κίνηση είναι έννοια σχετική, δηλαδή η περιγραφή της εξαρτάται από το σύστημα στο οποίο αναφερόμαστε. Παραδείγματος χάρη στον εθνικό δρόμο Αθηνών Κορίνθου, δύο αυτοκίνητα κινούνται πλάι-πλάι, χωρίς το ένα να προσπερνά το άλλο, εικόνα 1.1.2.



Εικόνα 1.1.2
Το ένα αυτοκίνητο είναι ακίνητο ως προς το άλλο.

Για έναν ακίνητο παρατηρητή που βρίσκεται στο δρόμο τα δύο αυτοκίνητα κινούνται με την ίδια ταχύτητα. Αντίθετα για ένα παρατηρητή που βρίσκεται στο ένα από τα δύο

αυτοκίνητα, το άλλο φαίνεται ότι παραμένει ακίνητο. Δηλαδή ένα σώμα θα λέμε ότι κινείται, όταν αλλάζει συνεχώς θέσεις, ως προς ένα παρατηρητή (σύστημα αναφοράς) που θεωρούμε ακίνητο.

Η τροχιά ενός σώματος που κινείται είναι το σύνολο των διαδοχικών θέσεων από τις οποίες διέρχεται το σώμα. Αν η τροχιά είναι ευθεία, τότε η κίνηση χαρακτηρίζεται ως **ευθύγραμμη**, ενώ αν είναι καμπύλη ως **καμπυλόγραμμη**.

1.1.2 Ο προσδιορισμός της θέσης ενός σωματίου

α. Η έννοια του σωματίου ή σημειακού αντικειμένου.

Πολλές φορές οι διαστάσεις των αντικειμένων, δε μας βοηθούν στη μελέτη της κίνησής τους. Για παράδειγμα στις ερωτήσεις "πού βρίσκεται κάποια χρονική στιγμή μια αμαξοστοιχία;", "πόσο μετατοπίστηκε ένα αυτοκίνητο;", δεν μπορούμε να απαντήσουμε, αν δεν αναφερθούμε σε κάποιο σημείο τους, (π.χ. την αρχή ή το τέλος τους). Αυτό μας οδήγησε στη σκέψη να θεωρούμε πολλές φορές τα αντικείμενα ως σωμάτια ή σημειακά αντικείμενα.



Εικόνα 1.1.3
Η αμαξοστοιχία μπορεί να θεωρηθεί σαν σωμάτιο.

Σωμάτιο η σημειακό αντικείμενο είναι η αναπαράσταση (μοντέλο) ενός αντικειμένου με ένα σημείο.

Έτσι, αν θεωρήσουμε την αμαξοστοιχία που φαίνεται στην εικόνα 1.1.3 σαν σωμάτιο, μπορούμε να πούμε ότι τη χρονική στιγμή π.χ. 10h, 15min, 10s πέρασε από το εικοστό χιλιόμετρό της διαδρομής Αθηνών - Κορινθου.

Στη συνέχεια, για λόγους απλότητας, τα σώματα των οποίων μελετάμε την κίνηση θα τα ονομάζουμε **κινητά ή σωμάτια** ανεξάρτητα από τις διαστάσεις τους.

β. Προσδιορισμός της θέσης σωματίου σε ευθεία γραμμή.

Στην καθημερινή μας ζωή, για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός αντικειμένου στο χώρο, χρησιμοποιούμε τις εκφράσεις "δίπλα στο...", "πάνω από...", "δεξιά από...", κ.α. Παραδείγματος χάρη "το ποτήρι βρίσκεται πάνω στο τραπέζι, δίπλα στο ανθοδοχείο". Δηλαδή, πάντα αναφερόμαστε σε κάποιο άλλο αντικείμενο.



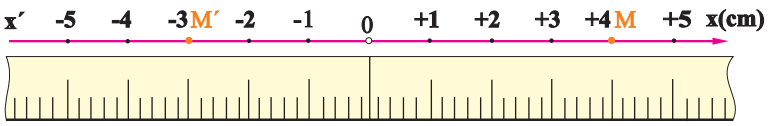
Έτσι και στη Φυσική, για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σωματίου, πρέπει να αναφερθούμε σε κάποιο σημείο, που το θεωρούμε ως σημείο αναφοράς.

Στη Φυσική όμως δεν αρκεί ο ποιοτικός προσδιορισμός της θέσης παραδείγματος χάρη, "δίπλα στο σημείο Ο". Απαιτείται ο ακριβής ποσοτικός προσδιορισμός της, που προκύπτει από μετρήσεις.

Για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σωματίου, που βρίσκεται ή κινείται σε ευθεία γραμμή, πρέπει να ορίσουμε ένα ση-

μείο αναφοράς ή αρχή, για τις μετρήσεις μας. Επίσης πρέπει να προσδιορίσουμε αν το σωμάτιο κινείται δεξιά ή αριστερά σε σχέση με την αρχή. Μπορούμε κατά σύμβαση να συμβολίσουμε το δεξιά με (+) και το αριστερά με (-).

Στην εικόνα 1.1.4 φαίνεται η ευθεία πάνω στην οποία μπορεί να κινείται ένα σωμάτιο, όπου η κίνηση μπορεί να γίνεται δεξιά ή αριστερά του σημείου Ο. Τοποθετούμε πάνω

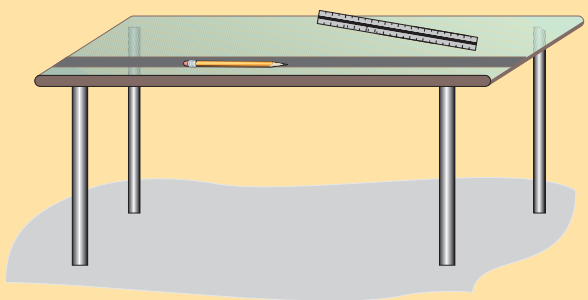


Εικόνα 1.1.4
Ένα σύστημα αναφοράς σε ευθεία γραμμή.

στην ευθεία δυο μετροταινίες με την αρχή τους στο Ο, μια δεξιά του και μια αριστερά του. Οι δύο μετροταινίες μαζί με το σημείο Ο (αρχή), αποτελούν το **σύστημα αναφοράς**. Η **θέση** του σωματίου στο συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς, προσδιορίζεται με έναν αριθμό, ο οποίος συμβολίζεται με το γράμμα x και ο οποίος μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές. Παραδείγματος χάρη, αν το σωμάτιο βρίσκεται στο σημείο Μ ή το σημείο Μ′, η θέση του θα είναι x = +4cm ή x = -3cm αντίστοιχα.

Δραστηριότητα

Τοποθετείστε ένα μολύβι, πάνω στο θρανίο σας όπως φαίνεται στην εικόνα. Ορίστε σημείο αναφοράς πάνω στην ευθεία που ορίζει το μολύβι και προσδιορίστε με τη βοήθεια ενός κανόνα τις θέσεις των άκρων του μολυβιού.



Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία ορίζοντας ως σημείο αναφοράς κάποιο σημείο του μολυβιού.

γ. Προσδιορισμός της θέσης στο επίπεδο.

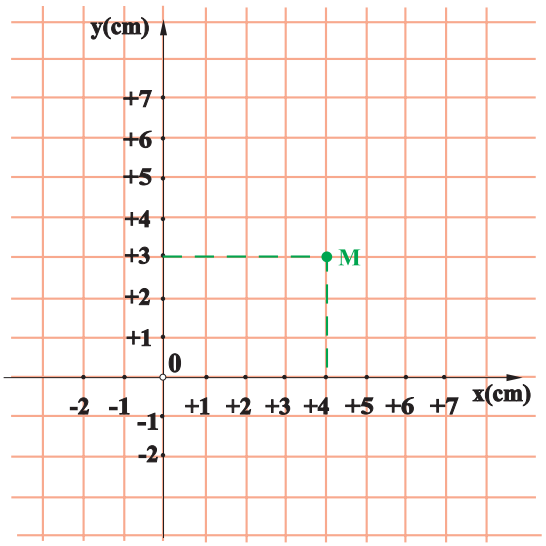
Για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σωματίου, που βρίσκεται στο επίπεδο, χρειάζονται δύο άξονες και, κατ' αντιστοιχία με τα παραπάνω, τέσσερις μετροταινίες και δύο με-

τρήσεις. Το σύστημα αναφοράς τώρα είναι ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων (λέγεται Καρτεσιανό, όπως γνωρίζουμε από τα Μαθηματικά).

Η θέση του σωματίου Μ, προσδιορίζεται με δύο αριθμούς **(x, y)** που ονομάζονται **συντεταγμένες** του Μ (Εικ. 1.1.5). Για να βρούμε παραδείγματος χάρη, τη θέση του σημείου Μ, φέρνουμε από αυτό κάθετες πάνω στους άξονες x, y. Τα ίχνη των καθέτων αυτών πάνω στους άξονες x, y, αντιστοιχούν στους αριθμούς 4 και 3. Το διατεταγμένο ζεύγος αριθμών (4, 3) αποτελεί τις συντεταγμένες του σημείου Μ, και προσδιορίζει τη θέση του στο επίπεδο.

Δραστηριότητα

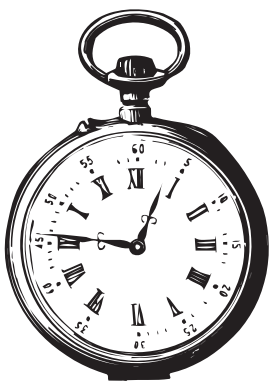
Προσδιορίστε τη θέση μιας γομολάστιχας που βρίσκεται πάνω στο θρανίο σας, επιλέγοντας ένα κατάλληλο κατά την κρίση σας ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.



Εικόνα 1.1.5
Προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου στο επίπεδο, με τη βοήθεια ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων.

1.1.3 Οι έννοιες της χρονικής στιγμής, του συμβάντος και της χρονικής διάρκειας

α. Χρονική στιγμή.

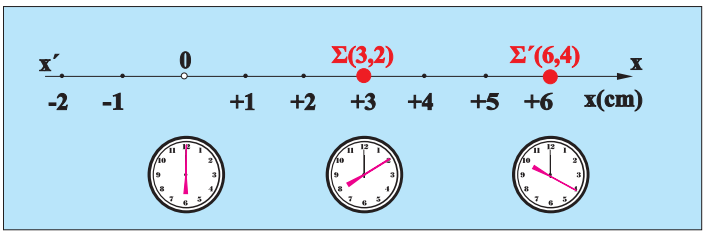


Πότε περνάει ένα κινητό από μια ορισμένη θέση; Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα χρειαζόμαστε ένα ρολόι ή ένα χρονόμετρο. Η ένδειξη του ρολογιού ή του χρονομέτρου μας λέει "το πότε" το κινητό πέρασε από τη συγκεκριμένη θέση και ονομάζεται χρονική στιγμή.

Η έννοια της χρονικής στιγμής στη Φυσική αντιστοιχεί στην ένδειξη του ρολογιού ή του χρονομέτρου και δεν έχει διάρκεια, αντίθετα με την καθημερινή ζωή όπου η έκφραση "περίμενε μια στιγμή", μπορεί να σημαίνει, περίμενε μερικά λεπτά ή ακόμη περισσότερο. Η χρονική στιγμή συμβολίζεται με το γράμμα t.

β. Το συμβάν (ή γεγονός).

Έστω ένα κινητό που κινείται σε ευθεία γραμμή και βρίσκεται στη θέση x = +3cm τη χρονική στιγμή t = 2s (Εικ. 1.1.6). Αυτό αποτελεί ένα συμβάν ή γεγονός και συμβολίζεται Σ (3cm, 2s) ή γενικά Σ (x, t). Η σύγκρουση δύο αυτοκινήτων που έγινε στο πεντηκοστό χιλιόμετρο της Εθνικής οδού Θεσσαλονίκης - Αλεξανδρούπολης στις εννέα και δέκα το πρωί της 10-8-98, είναι ένα γεγονός ή συμβάν (Εικ. 1.1.7).



Εικόνα 1.1.6



Εικόνα 1.1.7
Η σύγκρουση των αυτοκινήτων που έγινε σε μια συγκεκριμένη θέση και χρονική στιγμή είναι ένα συμβάν.

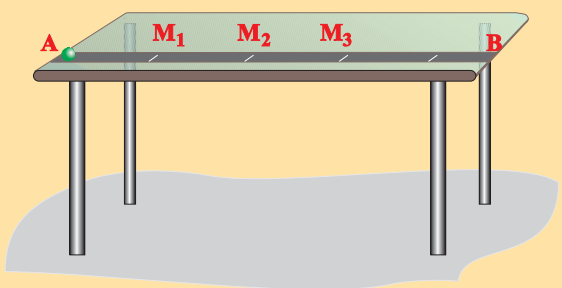
γ. Χρονική διάρκεια.

Ας υποθέσουμε πως ένα κινητό κινείται στον άξονα xx΄, (Εικ. 1.1.6) και διέρχεται από τις θέσεις $x_1 = +3cm$ και $x_2 = +6cm$ τις χρονικές στιγμές $t_1 = 2s$ και $t_2 = 4s$ αντίστοιχα. Η μεταβολή Δt των χρονικών στιγμών διέλευσης του κινητού από τις παραπάνω θέσεις, ονομάζεται **χρονική διάρκεια** της κίνησής του μεταξύ των θέσεων αυτών. Δηλαδή:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 4s - 2s \text{ ή } \Delta t = 2s.$$

Δραστηριότητα

Αναγκάστε μια μικρή σφαίρα να κινηθεί μέσα στο αυλάκι (θέση μολυβιών) που υπάρχει στο θρανίο σας. Κατά μήκος του αυλακιού σημειώστε τρία σημεία M_1, M_2, M_3, όπως φαίνεται στην εικόνα. Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:





Η σύγχρονη τεχνολογία χρησιμοποιείται στον ακριβή προσδιορισμό των χρονικών στιγμών που ένα σώμα διέρχεται από διάφορες θέσεις, καθώς κινείται πάνω σε ένα αεροδιάδρομο.

α) Προσδιορίστε τις θέσεις των σημείων M_1, M_2, M_3.
β) Ποιες χρονικές στιγμές η σφαίρα περνά από τα σημεία αυτά;

Σύμφωνα με όσα είπαμε στις προηγούμενες παραγράφους, προκύπτει, ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια μετροταινία που θα την τοποθετήσουμε πάνω στο θρανίο και θα είναι το σύστημα αναφοράς για να βρούμε τις θέσεις των σημείων M_1, M_2 και M_3. Επίσης χρειαζόμαστε και τρεις μαθητές παρατηρητές.

Ας ξεκινήσουμε: πρώτα ας βρούμε τις θέσεις των σημείων M_1, M_2 και M_3. Την αρχή της μετροταινίας, άρα και αρχή του συστήματος αναφοράς, μπορούμε να την τοποθετήσουμε είτε στο Α, είτε στο M_1, είτε σε κάποιο σημείο ανάμεσά τους, είτε σε κάποιο σημείο ανάμεσα στα Α και Β, είτε οπουδήποτε αλλού θέλουμε. Για λόγους ευκολίας όμως προτιμότερο είναι η αρχή να τοποθετηθεί στο σημείο M_1 που είναι το πρώτο σημείο (η αρχική θέση) που μας ενδιαφέρει.

Διαβάζουμε τους αριθμούς της μετροταινίας που συμπίπτουν με τα σημεία, και έτσι βρίσκουμε:

Θέση M_1: x_1 = ...cm
Θέση M_2: x_2 = ...cm
Θέση M_3: x_3 = ...cm

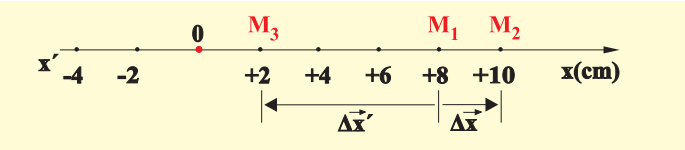
Στη συνέχεια οι τρεις μαθητές, που τοποθετούνται κοντά στα σημεία M_1, M_2 και M_3, ξεκινούν τα χρονόμετρά τους, όταν η σφαίρα ξεκινάει από το σημείο Α ή για ευκολία όταν η σφαίρα περνά από το M_1, και τα σταματούν μόλις η σφαίρα περνά από τα σημεία που τους αντιστοιχούν. Έτσι βρίσκουν:

Χρονική στιγμή t_1 = 0s δηλαδή ο πρώτος μαθητής (παρατηρητής) δε χρειάζεται.
Χρονική στιγμή t_2 = ...s.
Χρονική στιγμή t_3 = ...s.

Τελικά προκύπτουν τα ζεύγη τιμών, που περιγράφουν τα αντίστοιχα συμβάντα, καθώς η σφαίρα κινείται κατά μήκος της ευθείας ΑΒ.

1.1.4 Η μετατόπιση σωματίου πάνω σε άξονα

Ας θεωρήσουμε ένα σωμάτιο που κινείται στην ευθεία xx′, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1.8. Υποθέτουμε ότι το σωμάτιο μετακινήθηκε από ένα αρχικό σημείο M_1 σ' ένα άλλο σημείο M_2 των οποίων οι θέσεις είναι: x_1 = +8cm και x_2 = +10cm, αντίστοιχα.



Εικόνα 1.1.8
Η μετατόπιση είναι διάνυσμα.

Ορίζουμε ως μετατόπιση Δx του σωματίου πάνω στην ευθεία κίνησής του τη διαφορά $x_2 - x_1$.

Δηλαδή: $\Delta x = x_2 - x_1 = +10cm - 8cm = +2cm$.

Αν υποθέσουμε ότι το σωμάτιο μετακινήθηκε από το σημείο M_1 έως το σημείο M_3, του οποίου η θέση είναι $x_3 = +2cm$, τότε η μετατόπισή του θα είναι:

$$\Delta x' = x_3 - x_1 = +2cm - 8cm = -6cm.$$

Το πρόσημο (+) στην πρώτη μετατόπιση σημαίνει ότι το σωμάτιο μετακινήθηκε προς τα δεξιά, ενώ το πρόσημο (-) στη δεύτερη μετατόπιση σημαίνει ότι το σωμάτιο κινήθηκε προς τα αριστερά.

Η μετατόπιση είναι διάνυσμα που έχει αρχή την αρχική θέση του κινητού και τέλος την τελική του θέση.

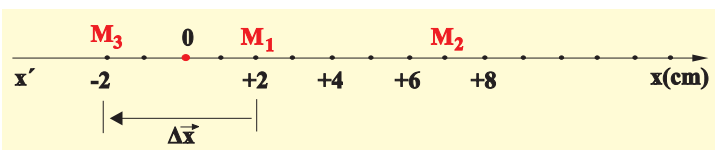
Έτσι στην πρώτη περίπτωση η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$ είναι το διάνυσμα με αρχή M_1, τέλος το σημείο M_2 και αλγεβρική τιμή $\Delta x = +2cm$. Ομοίως, στη δεύτερη περίπτωση η μετατόπιση $\Delta\vec{x}'$ είναι το διάνυσμα που έχει αρχή το σημείο M_1, τέλος το σημείο M_3 και αλγεβρική τιμή $\Delta x' = -6cm$ (Εικ. 1.1.8).

Σημείωση:

Μπορούμε να καθορίσουμε τη θέση ενός κινητού με ένα διάνυσμα $\vec{x}$, που έχει αρχή το σημείο αναφοράς (Ο) και τέλος το σημείο Μ στο οποίο βρίσκεται το κινητό. Στην περίπτωση αυτή η μετατόπιση $\Delta\vec{x}$ του κινητού από μια θέση $\vec{x}_1$ μέχρι μια άλλη θέση $\vec{x}_2$ ορίζεται ως:

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

Κατά τη διάρκεια μιας ευθύγραμμης κίνησης είναι δυνατόν η φορά της να αντιστραφεί. Παραδείγματος χάρη, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1.9, το κινητό ξεκινά από τη θέση $x_1 = +2cm$ και αφού φτάσει στη θέση +7cm επιστρέφει τελικά στη θέση $x_2 = -2cm$.



Εικόνα 1.1.9
Η μετατόπιση και το διάστημα (απόσταση) δεν ταυτίζονται όταν αλλάζει η φορά της κίνησης.

Ποια νομίζετε ότι είναι στην περίπτωση αυτή η μετατόπιση Δx του κινητού; Στη Φυσική, ανεξάρτητα από τη διαδρομή

Δραστηριότητα

Ένα λεωφορείο ξεκινά από την αφετηρία και αφού διανύσει διάστημα 4km επιστρέφει πάλι σ' αυτή ακολουθώντας την ίδια διαδρομή.

α) Ποιο είναι το συνολικό διάστημα που διάνυσε το λεωφορείο;

β) Ποια είναι η μετατόπισή του;

που ακολουθεί ένα κινητό για να υπολογίσουμε τη μετατόπισή του αφαιρούμε από την τελική θέση την αρχική. Δηλαδή: $\Delta x = x_2 - x_1$.

Έτσι στο παραπάνω παράδειγμα η ζητούμενη μετατόπιση είναι:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -2cm - 2cm \text{ ή}$$
$$\Delta x = -4cm$$

Αυτό σημαίνει ότι το κινητό μετατοπίστηκε κατά 4cm προς τα αριστερά.

Στην ίδια κίνηση το **διάστημα** (απόσταση) που διάνυσε το κινητό είναι s = 5cm + 7cm + 2cm = 14cm.

Δηλαδή το διάστημα δεν ταυτίζεται πάντοτε με τη μετατόπιση του κινητού.

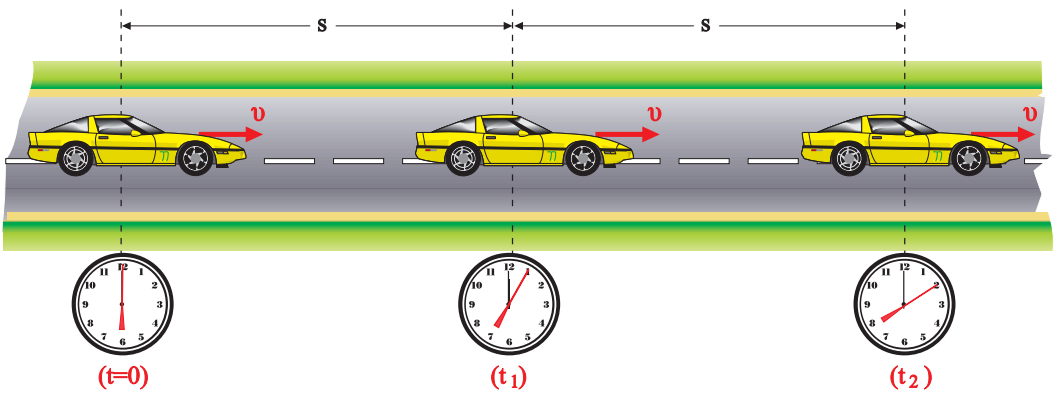
Γενικεύοντας τονίζουμε ότι, το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε ισχύει για όλες τις κινήσεις, εκτός από την ευθύγραμμη κίνηση σταθερής φοράς, όπου το διάστημα και η μετατόπιση ταυτίζονται.

Επιπλέον το διάστημα (απόσταση) είναι μέγεθος μονόμετρο, ενώ η μετατόπιση είναι μέγεθος διανυσματικό.

1.1.5 Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

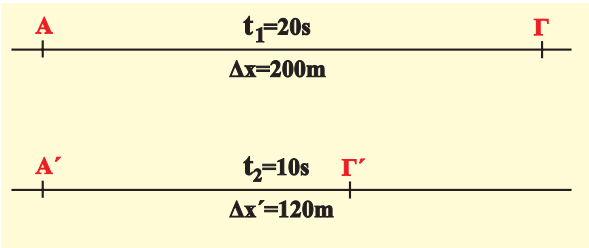
Για να περιγράψουμε τις κινήσεις και για να τις συγκρίνουμε μεταξύ τους, χρειαζόμαστε και άλλες έννοιες εκτός από τη θέση, τη χρονική στιγμή, τη μετατόπιση και τη χρονική διάρκεια. Παραδείγματος χάρη, πώς θα απαντήσουμε στο ερώτημα: από δύο αυτοκίνητα που κινούνται κατά μήκος μιας ευθείας οδού, έτσι ώστε το καθένα σε ίσα, πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, να διανύει ίσες μετατοπίσεις (Εικ. 1.1.10α), ποιο κινείται γρηγορότερα;

Ένας τρόπος να απαντήσουμε είναι να μετρήσουμε τη μετατόπιση και τη χρονική διάρκειά της για καθένα από τα δύο αυτοκίνητα και στη συνέχεια να κάνουμε τις αντίστοιχες συγκρίσεις. Είναι όμως αυτό αρκετό; Ας υποθέσουμε ότι το ένα αυτοκίνητο διανύει την απόσταση $\Delta x = A\Gamma = 200m$ σε χρόνο



Εικόνα 1.1.10α *Σε ίσους χρόνους το αυτοκίνητο διανύει ίσα διαστήματα.*

Δt = 20s, ενώ το δεύτερο διανύει την απόσταση Δx′ = Α′Γ′ = 120m σε χρόνο Δt′ = 10s (Εικ. 1.1.10β).



Εικόνα 1.1.10β
Τα δύο κινητά διανύουν τις αποστάσεις ΑΓ, Α′Γ′ σε διαφορετικούς χρόνους.

Η σύγκριση των μετατοπίσεων των δύο αυτοκινήτων και της αντίστοιχης χρονικής διάρκειας της κίνησής τους είναι δύσκολο να δώσει απάντηση στο ερώτημα.
Αν όμως αναχθούμε στην ίδια χρονική διάρκεια Δt, τότε η σύγκριση προφανώς θα είναι εύκολη, εφόσον η κίνηση στην οποία έχουμε μεγαλύτερη μετατόπιση, θα είναι γρηγορότερη. Έτσι επιλέγουμε χρονική διάρκεια Δt = 1s. Η αναγωγή γίνεται όπως γνωρίζουμε με διαίρεση της μετατόπισης Δx με την αντίστοιχη χρονική διάρκεια Δt.

Προκύπτει λοιπόν για κάθε αυτοκίνητο ότι:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{200\text{m}}{20\text{s}}=10\text{m/s} \quad \text{και} \quad \frac{\Delta x'}{\Delta t'}=\frac{120\text{m}}{10\text{s}}=12\text{m/s}.$$

Μερικοί μαθητές πιστεύουν, ότι η ταχύτητα είναι δύναμη που έχει ένα κινητό.
Ποια είναι η δική σου άποψη;

Δηλαδή το πρώτο αυτοκίνητο σε 1s μετατοπίζεται 10m, ενώ το δεύτερο σε 1s μετατοπίζεται 12m. Άρα το δεύτερο αυτοκίνητο κινείται γρηγορότερα από το πρώτο.

Η διαδικασία αυτή που ακολουθήσαμε μας οδηγεί στον ορισμό της έννοιας της ταχύτητας υ, ως το πηλίκο της μετατόπισης προς την αντίστοιχη χρονική διάρκεια. Δηλαδή:

$$\upsilon=\frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (1.1.1)$$

Έτσι μπορούμε να απαντάμε στην ερώτηση ποιο κινητό κινείται γρηγορότερα.

Για να απαντήσουμε και στο ερώτημα προς τα πού κινείται το κινητό, πρέπει να λάβουμε υπόψη, ότι η μετατόπιση είναι μέγεθος διανυσματικό $(\Delta\vec{x})$, άρα και η ταχύτητα θα είναι επίσης μέγεθος διανυσματικό. Δηλαδή:

$$\vec{\upsilon}=\frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} \qquad (1.1.2)$$

Η μονάδα της ταχύτητας στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι **1m/s**.

Η σχέση (1.1.2) δίνει την ταχύτητα στην ευθύγραμμη

ομαλή κίνηση, όπου η ταχύτητα $\vec{\upsilon}$ είναι σταθερή, με αποτέλεσμα σε ίσους χρόνους να διανύονται ίσες μετατοπίσεις.

Από την εξίσωση ορισμού της ταχύτητας προκύπτει ότι η μετατόπιση Δx είναι:

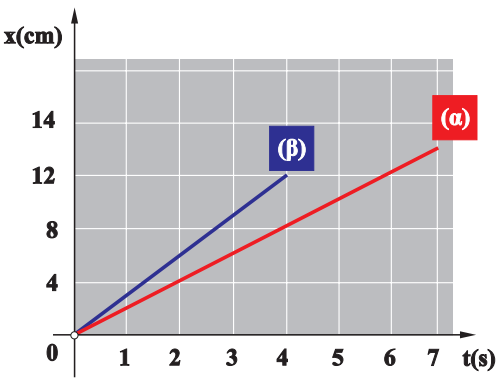
$$\Delta x = \upsilon \Delta t \quad \text{ή} \quad x = \upsilon t \qquad (1.1.3)$$

Η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση περιγράφεται με τη σχέση (1.1.3) με την οποία βρίσκουμε κάθε χρονική στιγμή τη μετατόπιση του κινητού, εφόσον γνωρίζουμε την ταχύτητά του. Η σχέση αυτή ονομάζεται **εξίσωση κίνησης**.

Εκτός από την αλγεβρική μελέτη με την εξίσωση κίνησης, η ευθύγραμμη ομαλή κίνηση μπορεί να μελετηθεί και γραφικά με τη βοήθεια του διαγράμματος της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο t.

Για να κατασκευάσουμε μια γραφική παράσταση, χρειαζόμαστε πειραματικές τιμές των φυσικών μεγεθών που θα παραστήσουμε, ή αν δεν έχουμε πειραματικές τιμές, πρέπει να γνωρίζουμε την αλγεβρική σχέση που συνδέει τα φυσικά μεγέθη, ώστε να συμπληρώσουμε πίνακα τιμών.

Παραδείγματος χάρη, ας υποθέσουμε ότι από την πειραματική μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης δύο κινητών, προέκυψε ο παρακάτω πίνακας τιμών και η αντίστοιχη γραφική παράσταση (Εικ. 1.1.11).



Εικόνα 1.1.11
Γραφική παράσταση των μετατοπίσεων των κινητών (α), (β), σε συνάρτηση με το χρόνο.

Πίνακας τιμών

t(s)	x_α(m)	x_β(m)
1	2	3
2	4	6
3	6	9
4	8	12
5	10	
6	12	
7	14	

Παρατηρούμε, ότι οι γραφικές παραστάσεις είναι ευθείες γραμμές, όπως ήταν αναμενόμενο, εφόσον η αλγεβρική σχέση μεταξύ των μεγεθών x, t είναι γραμμική, που όμως έχουν διαφορετική κλίση.

Το ερώτημα που τίθεται είναι:

Ποια είναι η φυσική σημασία των κλίσεων των δύο ευθειών που προέκυψαν από τη γραφική παράσταση των πειραματικών δεδομένων του πίνακα;

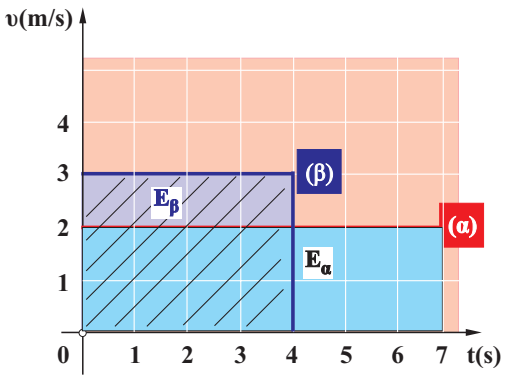
Επειδή η κλίση προκύπτει ως το πηλίκο της μετατόπισης διά του χρόνου $\frac{\Delta x}{\Delta t}$, με το οποίο πηλίκο έχουμε ορίσει την ταχύτητα, συμπεραίνουμε ότι:

Η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα της μετατόπισης σε συνάρτηση με το χρόνο δίνει την ταχύτητα στην ευθύγραμμη κίνηση.

Κλίση ευθείας α: $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{14m}{7s} = 2\frac{m}{s} = \upsilon_\alpha$

Κλίση ευθείας β: $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{12m}{4s} = 3\frac{m}{s} = \upsilon_\beta$

Αν παραστήσουμε γραφικά σε συνάρτηση με το χρόνο, τη σταθερή ταχύτητα $\upsilon_\alpha = 2m/s$ και $\upsilon_\beta = 3m/s$ των δύο κινητών, προκύπτουν οι ευθείες γραμμές (α) και (β) που φαίνονται στην εικόνα 1.1.12.



Εικόνα 1.1.12
Γραφική παράσταση της ταχύτητας των κινητών σε συνάρτηση με το χρόνο. Τα εμβαδά E_α (μπλε) και E_β (γραμμοσκιασμένο), δίνουν τις μετατοπίσεις των κινητών α, β, αντίστοιχα.

Οι ευθείες (α) και (β) είναι παράλληλες στον άξονα του χρόνου.

Υπολογίζοντας τα εμβαδά E_α και E_β μεταξύ των αντίστοιχων ευθειών (α), (β) και των αξόνων ταχύτητα - χρόνος, βρίσκουμε:

E_α = βάση · ύψος = 7s · 2m/s = 14m,

δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού α

και E_β = βάση · ύψος = 4s · 3m/s = 12m,

δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού β.

Μπορούμε λοιπόν από τη γραφική παράσταση υ = f(t) να υπολογίζουμε τη μετατόπιση Δx, βρίσκοντας το αντίστοιχο εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ των αξόνων υ, t και της ευθείας που παριστά την ταχύτητα.

Μερικοί μαθητές πιστεύουν, ότι αν δύο κινητά τα οποία κινούνται ευθύγραμμα ομαλά με διαφορετικές ταχύτητες, βρεθούν κάποια χρονική στιγμή το ένα δίπλα στο άλλο, έχουν την ίδια ταχύτητα.

Εσύ τι πιστεύεις; Συζητήστε στην ομάδα σας.

Εφαρμογή

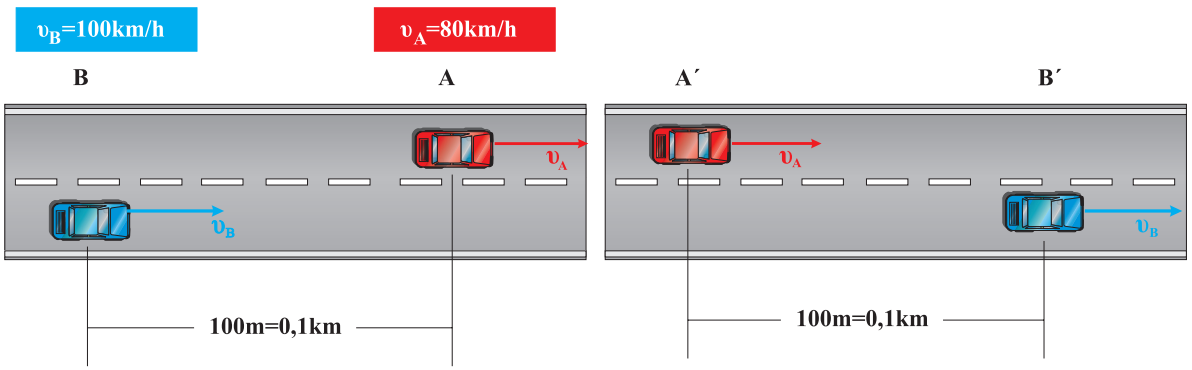
Δύο αυτοκίνητα Α, Β κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά σε ένα τμήμα της εθνικής οδού Πατρών-Πύργου με ταχύτητες 80km/h και 100km/h αντίστοιχα. Κάποια χρονική στιγμή το αυτοκίνητο Β απέχει από το προπορευόμενο αυτοκίνητο Α 100m και στη συνέχεια το προσπερνά.

α) Μετά από πόσο χρόνο τα αυτοκίνητα θα απέχουν πάλι 100m;

β) Πόσο θα έχει μετατοπιστεί κάθε αυτοκίνητο, όταν απέχουν πάλι 100m; Ο υπολογισμός να γίνει με την εξίσωση της κίνησης, αλλά και γραφικά.

Απάντηση:

α) Σχεδιάζουμε πρώτα τις αρχικές και τις τελικές θέσεις των αυτοκινήτων Α και Β, των οποίων οι μετατοπίσεις είναι $x_A = AA'$ και $x_B = BB'$ αντίστοιχα, εικόνα (α).



Εικόνα α

Η εξίσωση κίνησης για κάθε αυτοκίνητο είναι:

$$x_A = \upsilon_A t = AA' \qquad (1)$$

$$x_B = \upsilon_B t = BB' \qquad (2)$$

όπου: $\upsilon_A = 80\text{km/h}$ και $\upsilon_B = 100\text{km/h}$.

Από τις σχέσεις (1) και (2) με αφαίρεση κατά μέλη προκύπτει:

$$BB' - AA' = BA + A'B' = (\upsilon_B - \upsilon_A)t \text{ ή}$$

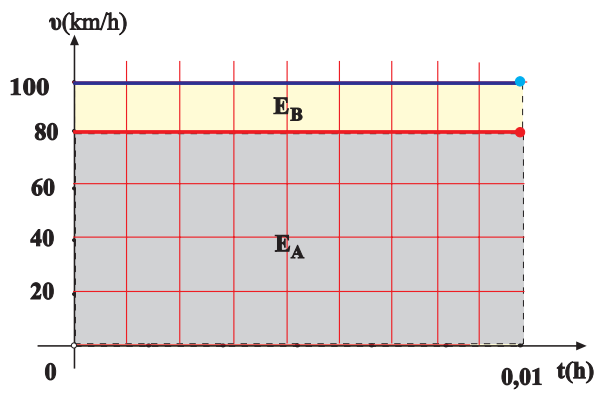
$$0{,}2\text{km} = (100\text{km/h} - 80\text{km/h})t$$

$$\text{ή } t = 0{,}01\text{h} = 36\text{s}$$

β) Από τις εξισώσεις κίνησης (1) και (2) με αντικατάσταση του χρόνου t βρίσκουμε:

$x_A = 80\text{km/h}\ 0{,}0\text{lh} = 0{,}8\text{km}$

$x_B = 100\text{km/h}\ 0{,}01\text{h} = 1\text{km}$



Εικόνα β

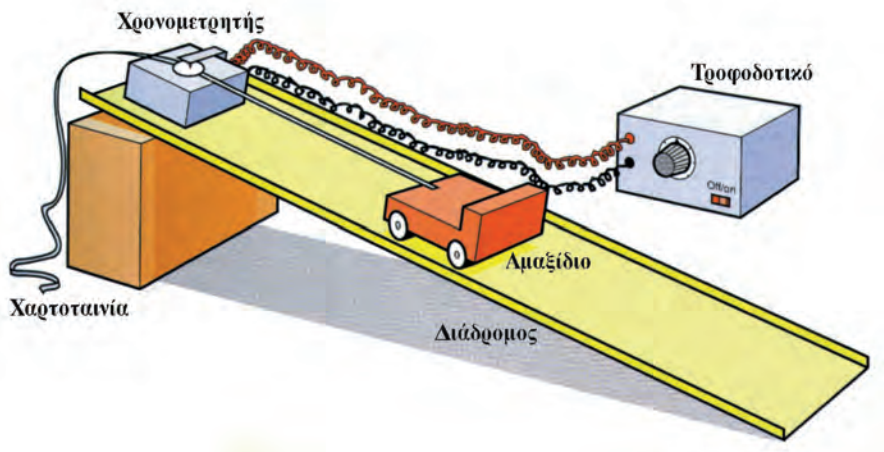
Ομοίως από τη γραφική παράσταση της εικόνας (β) υπολογίζουμε τα αντίστοιχα εμβαδά:

$E_A = 0{,}01\text{h} \cdot 80\text{km/h} = 0{,}8\text{km} = x_A$

$E_B = 0{,}01\text{h} \cdot 100\text{km/h} = 1\text{km} = x_B$

Μελέτη κίνησης με χρήση του ηλεκτρικού χρονομετρητή

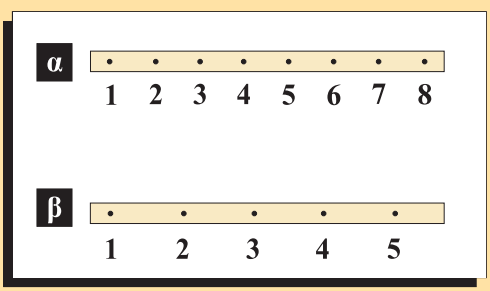
Μπορούμε να μελετήσουμε την ευθύγραμμη κίνηση ενός αντικειμένου, λόγου χάρη ενός μικρού αμαξιού, με τη βοήθεια του ηλεκτρικού χρονομετρητή που φαίνεται στην εικόνα.



Καθώς κινείται το αμαξάκι παρασύρει με την ίδια ταχύτητα τη χαρτοταινία που περνά διαμέσου του ηλεκτρικού χρονομετρητή. Ο κινητήρας του ηλεκτρικού χρονομετρητή περιστρέφεται με σταθερό σχεδόν αριθμό στροφών ανά μονάδα χρόνου: 50 στροφές σε κάθε δευτερόλεπτο. Σε κάθε περιστροφή του, γράφει επάνω στη χαρτοταινία μία κουκίδα. Το σταθερό χρόνο τ μεταξύ δύο διαδοχικών κουκίδων, μπορούμε να τον θεωρήσουμε ως μονάδα χρόνου (αντί του δευτερολέπτου) για πρακτικούς λόγους.

Δραστηριότητα

Οι χαρτοταινίες που φαίνονται στην εικόνα αναφέρονται σε δύο ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις δύο αμαξιδίων και προέκυψαν με τη βοήθεια του ηλεκτρικού χρονομετρητή.



α) Μετρήστε με ένα κανόνα τις μετατοπίσεις από την κουκίδα 1 έως την κουκίδα 2, από τη 2 έως την 3 κ.ο.κ και στις δύο χαρτοταινίες. Τι παρατηρείτε;
β) Υπολογίστε την ταχύτητα του κάθε αμαξιδίου. Ποιο κινείται γρηγορότερα;
γ) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της μετατόπισης σε συνάρτηση με το χρόνο για κάθε αμαξίδιο.

1.1.6 Η έννοια της μέσης ταχύτητας



Στην προηγούμενη παράγραφο μελετήσαμε την έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση όπου η ταχύτητα παραμένει σταθερή σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή της κίνησης. Διαπιστώσαμε, ότι η ταχύτητα δείχνει πόσο μετατοπίζεται ένα κινητό στην μονάδα του χρόνου και "προς τα πού" κινείται, ή διαφορετικά δείχνει το ρυθμό μεταβολής της θέσης ενός κινητού και την κατεύθυνση κίνησής του.

Στην καθημερινή ζωή όμως οι συνηθισμένες κινήσεις δεν είναι ευθύγραμμες ομαλές.

Πώς θα μελετήσουμε τις κινήσεις αυτές; Πώς θα απαντήσουμε στο ερώτημα: με τι ταχύτητα διανύει το αυτοκίνητο τη διαδρομή Αθήνα - Θεσσαλονίκη;

Στις "μη ομαλές" κινήσεις η ταχύτητα αλλάζει, δεν είναι η ίδια σε όλη τη χρονική διάρκεια της κίνησης. Δηλαδή το πηλίκο s/t παίρνει διαφορετικές τιμές κατά τη διάρκεια της μετατόπισης του αυτοκινήτου από την Αθήνα στη Θεσσαλονίκη.

Οι τιμές αυτές εξαρτώνται από το διάστημα s ή από το χρόνο t που θα επιλέξουμε. Παραδείγματος χάρη στο ευθύγραμμο τμήμα της εθνικής οδού στη Μαλακάσα μπορεί να είναι $\frac{s}{t} = 120\frac{km}{h}$.

Στην επόμενη όμως στροφή μπορεί να είναι $\frac{s}{t} = 80\frac{km}{h}$ κ.τ.λ.

Οπότε, για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα, πρέπει να "κατασκευάσουμε" μια νέα έννοια. Αυτή η νέα έννοια σχετίζεται με τη συνολική απόσταση που διανύει το αυτοκίνητο και τη συνολική χρονική διάρκεια κίνησής του.

Αν π.χ. η απόσταση Αθήνα - Θεσσαλονίκη είναι 513km και η χρονική διάρκεια του ταξιδιού είναι 5h, τότε το πηλίκο $\frac{s}{t} = 102,6\frac{km}{h}$, μας πληροφορεί για την απόσταση κατά μέσο όρο που διανύει το αυτοκίνητο σε κάθε ώρα ταξιδιού.

Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε **μέση ταχύτητα** του αυτοκινήτου και το συμβολίζουμε με $\bar{\upsilon}$ ή υ_μ. Δηλαδή:

$$\upsilon_\mu = \frac{s}{t} \qquad (1.1.4)$$

Η μέση ταχύτητα είναι μονόμετρο μέγεθος και μας δείχνει απλά με πόση "περίπου" ταχύτητα καλύφθηκε η διαδρομή Αθήνα - Θεσσαλονίκη ή ακριβέστερα μας δείχνει τη σταθερή ταχύτητα που έπρεπε να είχε το αυτοκίνητο για να καλύψει τη διαδρομή των 513km σε 5h.

Πολλές φορές αναφέρεται η μέση διανυσματική ταχύτητα, $\vec{\upsilon}_\mu$, η οποία ορίζεται από το πηλίκο $\frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$, όπου $\Delta\vec{x}$ η μετατόπιση και Δt ο αντίστοιχος χρόνος. Όμως η έννοια αυτή ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτού του βιβλίου.

Δραστηριότητα

Να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα ενός αυτοκινήτου, για τη διαδρομή Πάτρα - Αθήνα, το οποίο ξεκίνησε από την Πάτρα στις δέκα και μισή το πρωί, έκανε στάση μισή ώρα στην Κόρινθο και έφτασε στην Αθήνα στις μία το μεσημέρι.

Η απόσταση Πάτρα - Αθήνα είναι 210km.

1.1.7 Η έννοια της στιγμιαίας ταχύτητας

Στο ταξίδι από την Αθήνα στη Θεσσαλονίκη, όπως είπαμε στην προηγούμενη παράγραφο, η ταχύτητα του αυτοκινήτου δεν παραμένει σταθερή.

Η κίνηση αυτή που δεν είναι ούτε ευθύγραμμη ούτε ομαλή, ονομάζεται γενικά μεταβαλλόμενη κίνηση.

Υπολογίσαμε παραπάνω τη μέση ταχύτητα $υ_μ$ για όλο το ταξίδι από την Αθήνα στη Θεσσαλονίκη. Με όμοιο τρόπο μπορούμε να βρούμε τη μέση ταχύτητα $υ_μ$ από την Αθήνα στο Βόλο, τη μέση ταχύτητα σε ένα ευθύγραμμο τμήμα του εθνικού δρόμου ή τη μέση ταχύτητα σε ακόμη μικρότερη διαδρομή.

Ας φανταστούμε ότι από τη θέση του συνοδηγού παρακολουθούμε το ταχύμετρο (κοντέρ) του αυτοκινήτου σε ένα ευθύγραμμο τμήμα της εθνικής οδού (Εικ. 1.1.13). Παρατηρούμε ότι ο δείκτης του ταχύμετρου συνεχώς δείχνει διαφορετική ένδειξη. Με τη βοήθεια του χιλιομετρητή και ενός χρονομέτρου θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα $υ_μ$ για διάφορα διαστήματα τα οποία διανύει το αυτοκίνητο, με τον εξής τρόπο: Καταγράφουμε την ένδειξη του χιλιομετρητή s_1 και ταυτόχρονα θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο. Μετά από αρκετές εκατοντάδες μέτρα, σταματάμε τη λειτουργία του χρονομέτρου και καταγράφουμε την ένδειξή του (t), καθώς και την ένδειξη του χιλιομετρητή s_2, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής αυτής καταγράφουμε και μερικές ενδείξεις του ταχυμέτρου του αυτοκινήτου. Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για μικρότερα διαστήματα και καταγράφουμε τις μετρήσεις.



Εικόνα 1.1.13
Το ταχύμετρο του αυτοκινήτου δείχνει τη στιγμιαία ταχύτητά του.

ΠΙΝΑΚΑΣ

α/α	t(s)	$s = s_2 - s_1$(m)	$υ_μ$(m/s)	$υ_μ$(km/h)	υ ταχύμετρου (km/h)
1	50,20	1.800	35,85	129,1	134-125-140...
..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..
..	3,6	100	27,78	100,0	99-100-101

Παρατηρούμε, ότι όσο μικραίνει η χρονική διάρκεια κίνησης του αυτοκινήτου (και το διανυόμενο διάστημα), τόσο η υπολογιζόμενη από τις μετρήσεις μέση ταχύτητα προσεγγίζει την πραγματική ταχύτητα του αυτοκινήτου που δείχνει το κοντέρ. Αν η χρονική διάρκεια κίνησης του αυτοκινήτου γίνει πάρα πολύ μικρή, τότε η υπολογιζόμενη ταχύτητα λέγεται **στιγμιαία** και ταυτίζεται με αυτή που δείχνει το ταχύμετρο σε μία τυχαία χρονική στιγμή.

Επισημαίνουμε πως στην περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης η στιγμιαία και η μέση ταχύτητα συμπίπτουν.



Εικόνα 1.1.14
Η ταχύτητα των αθλητών τη στιγμή της φωτογράφησης είναι η στιγμιαία ταχύτητά τους.

1.1.8 Η έννοια της επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση

Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και δικύκλων, για να περιγράψουν τις δυνατότητες που έχουν αυτά, αναφέρουν σε πόσα δευτερόλεπτα "πιάνουν" τα 100km/h, ξεκινώντας από την ηρεμία, ή από κάποια άλλη ταχύτητα, για παράδειγμα 60km/h.

Παρατηρήστε το διπλανό πίνακα. Ποιο από τα αυτοκίνητα είναι το πιο "γρήγορο"; Ποιου αυτοκινήτου αλλάζει η ταχύτητα γρηγορότερα, ή ποιο έχει μεγαλύτερη **επιτάχυνση;** Διαπιστώνουμε ότι η μεταβολή της ταχύτητας για όλα τα αυτοκίνητα είναι ίδια:

$$\Delta\upsilon = \upsilon - \upsilon_0 = 100\text{km/h ή } \Delta\upsilon = 100 - 60 = 40\text{km/h},$$

ενώ η χρονική διάρκεια Δt για να επιτευχθεί αυτή η μεταβολή της ταχύτητας είναι διαφορετική για κάθε αυτοκίνητο.

Θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε τις επιταχύνσεις των αυτοκινήτων αν γνωρίζαμε την ταχύτητα που αποκτούν μέσα σε οποιοδήποτε χρόνο, ξεκινώντας από την ηρεμία, π.χ. σε Δt = 10s. Αντί να αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε χρόνο μπορούμε να συμφωνήσουμε να χρησιμοποιήσουμε Δt = 1s, δηλαδή να αναχθούμε στη μονάδα του χρόνου, διαιρώντας τη μεταβολή της ταχύτητας Δυ με τον αντίστοιχο χρόνο Δt.

Στη Φυσική, για να συγκρίνουμε τις επιταχύνσεις των κινητών, των οποίων η κίνηση δεν είναι ομαλή, εργαζόμαστε με τον προηγούμενο τρόπο, δηλαδή βρίσκουμε πόσο αλλάζει η ταχύτητα στη μονάδα του χρόνου, διαιρώντας τη μεταβολή της ταχύτητας με το χρόνο. Έτσι υπολογίζουμε την επιτάχυνση ή το ρυθμό με τον οποίο αλλάζει η ταχύτητα, όπως λέμε.

Το πηλίκο $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ το ονομάζουμε επιτάχυνση και το συμβολίζουμε με το γράμμα α, δηλαδή:

$$\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} \qquad (1.1.5)$$

Μονάδα επιτάχυνσης στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι το

$$\frac{1\text{m/s}}{\text{s}} = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

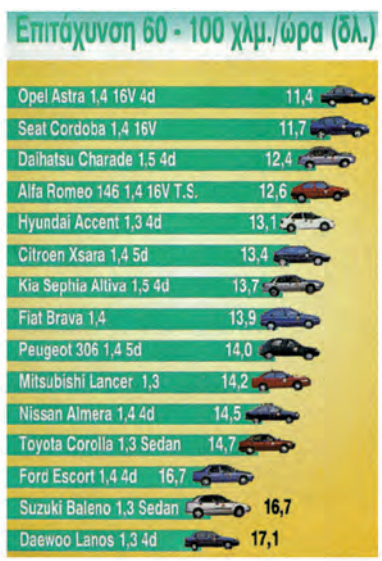
Στο κεφάλαιο αυτό θα περιοριστούμε **μόνο** στην περιγραφή κινήσεων που η ταχύτητά τους αλλάζει το ίδιο στη μονάδα του χρόνου ή αλλάζει όπως λέμε με σταθερό ρυθμό, δηλαδή σε κινήσεις στις οποίες η επιτάχυνση $\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ είναι σταθερή.

Για παράδειγμα αν α = 2m/s², τότε σε κάθε δευτερόλεπτο η ταχύτητα αλλάζει 2m/s.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1



ΠΙΝΑΚΑΣ 2

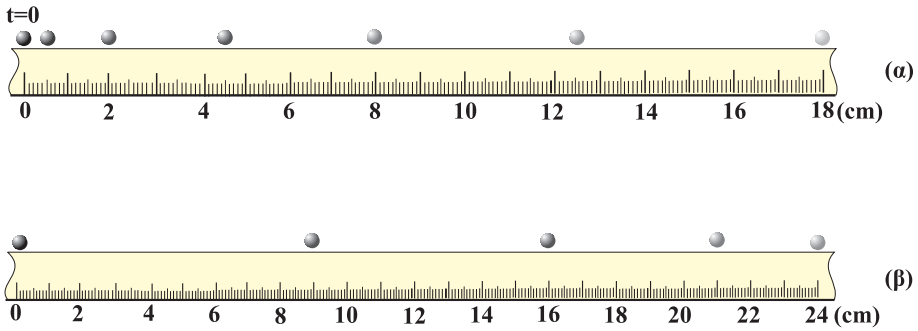


Τις κινήσεις αυτές τις ονομάζουμε ευθύγραμμες ομαλά μεταβαλλόμενες.

Στις κινήσεις αυτές διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

α) η ταχύτητα του κινητού αυξάνεται, οπότε η κίνηση ονομάζεται ομαλά επιταχυνόμενη.

β) η ταχύτητα του κινητού μειώνεται, οπότε η κίνηση ονομάζεται ομαλά επιβραδυνόμενη (Εικ. 1.1.15).



Εικόνα 1.1.15
Οι διαδοχικές θέσεις δύο σφαιρών σε ίσα χρονικά διαστήματα: α) επιταχυνόμενη κίνηση, β) επιβραδυνόμενη.

Μέχρι τώρα ασχοληθήκαμε με την τιμή της επιτάχυνσης, αλλά η ταχύτητα και η μεταβολή της ταχύτητας είναι διανύσματα, οπότε και η επιτάχυνση είναι διάνυσμα.

Ορίζουμε ως επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ σε μία ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, το διανυσματικό μέγεθος του οποίου η τιμή ισούται με το πηλίκο της μεταβολής $\Delta\vec{\upsilon}$ της ταχύτητας διά του χρόνου Δt στον οποίο γίνεται η μεταβολή αυτή. Στη γλώσσα των μαθηματικών μπορούμε να γράψουμε:

$$\vec{\alpha} = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t} \qquad (1.1.6)$$

Δραστηριότητα

α) Υπολογίστε τις επιταχύνσεις στις κινήσεις που φαίνονται στις στροβοσκοπικές φωτογραφίες της εικόνας 1.1.15. Θεωρήστε ότι $\Delta t = \frac{1}{50}\,s$.

β) Σχεδιάστε τις ταχύτητες και τις επιταχύνσεις σε δύο σημεία των κινήσεων.

Δραστηριότητα

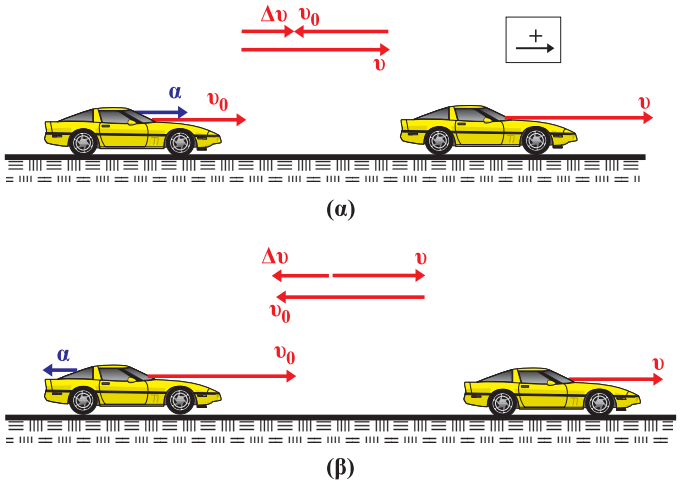
Υπολογίστε το πηλίκο $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ για μερικά από τα αυτοκίνητα του Πίνακα 1. Χρησιμοποιήστε ως μονάδα το $1\,\frac{km/s}{s}$. Συζητήστε τα αποτελέσματα στην ομάδα σας.

Η κατεύθυνση της επιτάχυνσης στις περιπτώσεις α, β, φαίνεται στην εικόνα 1.1.16, όπου παρατηρούμε ότι η επιτάχυνση έχει την ίδια κατεύθυνση με την ταχύτητα $\vec{\upsilon}$ στην ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και αντίθετη κατεύθυνση με αυτήν στην ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Πάντοτε όμως η κατεύ-

Μερικοί μαθητές ισχυρίζονται, ότι αν η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου είναι μηδέν, τότε και η επιτάχυνσή του πρέπει να είναι μηδέν.

Συζητήστε στην ομάδα σας αν αληθεύει ο ισχυρισμός αυτός.

θυνση της επιτάχυνσης $\vec{\alpha}$ είναι ίδια με την κατεύθυνση της μεταβολής της ταχύτητας $\Delta\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0$, εικόνα 1.1.16.



Εικόνα 1.1.16

α) Επιταχυνόμενη κίνηση: τα διανύσματα $\vec{\upsilon}_0, \vec{\upsilon}, \Delta\vec{\upsilon}, \vec{\alpha}$, έχουν την ίδια κατεύθυνση.

β) Επιβραδυνόμενη κίνηση: τα διανύσματα $\Delta\vec{\upsilon}, \vec{\alpha}$, έχουν αντίθετη κατεύθυνση με τα διανύσματα $\vec{\upsilon}_0, \vec{\upsilon}$.

1.1.9 Οι εξισώσεις προσδιορισμού της ταχύτητας και της θέσης ενός κινητού στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση

Για να περιγράψουμε μία ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να προσδιορίσουμε την ταχύτητα του κινητού και τη θέση του. Οι εξισώσεις που μας δίνουν τις πληροφορίες αυτές, λέγονται εξισώσεις της ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης και προκύπτουν ως εξής:

α) Η εξίσωση της ταχύτητας.

Από τον ορισμό της επιτάχυνσης $\vec{\alpha} = \dfrac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t}$ προκύπτει ότι η μεταβολή $\Delta\vec{\upsilon}$ της ταχύτητας στο χρόνο Δt είναι:

$$\Delta\vec{\upsilon} = \vec{\alpha}\Delta t$$

Αν τη χρονική στιγμή μηδέν, η ταχύτητα του κινητού είναι υ_0 (αρχική ταχύτητα) και τη χρονική στιγμή t είναι υ, τότε η μεταβολή $\Delta\vec{\upsilon}$ είναι:

$$\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0 = \vec{\alpha}(t - 0) \text{ ή } \vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_0 + \vec{\alpha}t .$$

Επειδή τα διανύσματα $\vec{\upsilon}_0$, $\vec{\upsilon}$, $\vec{\alpha}$ είναι συγγραμμικά στην ευθύγραμμη κίνηση, η πρόσθεσή τους ανάγεται σε αλγεβρική

πρόσθεση των τιμών τους. Μπορούμε λοιπόν να καθορίσουμε θετική και αρνητική φορά (Εικ. 1.1.16), και να οδηγηθούμε στην αλγεβρική μορφή των προηγούμενων εξισώσεων:

στην επιταχυνόμενη κίνηση: $\upsilon = \upsilon_0 + \alpha t$ (1.17)

στην επιβραδυνόμενη κίνηση: $\upsilon = \upsilon_0 - \alpha t$ (1.18)

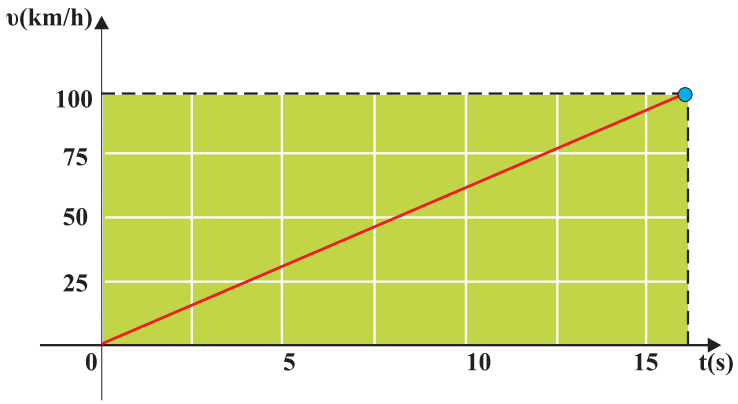
Αν η αρχική ταχύτητα είναι $\upsilon_0 = 0$ από τη σχέση (1.1.7) προκύπτει:

$$\upsilon = \alpha t \qquad (1.1.9)$$

Η εξίσωση της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο, είναι εξίσωση πρώτου βαθμού και μπορεί να παρασταθεί γραφικά σε διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου με ευθεία γραμμή. Π.χ. ας υποθέσουμε ότι το τελευταίο αυτοκίνητο του Πίνακα 1 της παραγράφου 1.1.8 επιταχύνεται ομαλά στο ευθύγραμμο τμήμα μιας πίστας αγώνων αυτοκινήτων από την ηρεμία και αποκτά ταχύτητα 100km/h σε 15,8s. Για να παραστήσουμε γραφικά την ταχύτητα σε σχέση με το χρόνο, αρκούν δύο σημεία, γιατί όπως είπαμε η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή. Αν πάρουμε την αρχική και την τελική ταχύτητα, έχουμε τη γραφική παράσταση που φαίνεται στην εικόνα 1.1.17.

Πίνακας 3

t(s)	υ(km/h)
0	0
15,8	100

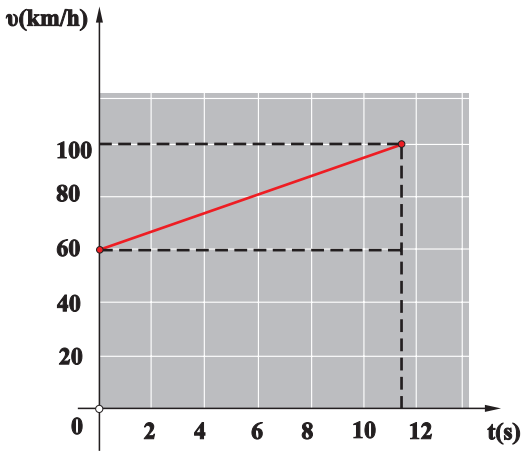


Εικόνα 1.1.17

Ας υποθέσουμε ότι το πρώτο αυτοκίνητο του Πίνακα 2 της παραγράφου 1.1.8 επιταχύνεται ομαλά σε ευθύγραμμο τμήμα της πίστας των αγώνων αυτοκινήτων με αρχική ταχύτητα 60km/h και τελική 100km/h σε χρόνο 11,4s. Όπως και προηγουμένως, παίρνουμε την αρχική και την τελική ταχύτητα, οπότε έχουμε τον πίνακα τιμών και τη γραφική παράσταση της εικόνας 1.1.18.

Πίνακας 4

t(s)	υ(km/h)
0	60
11,4	100



Εικόνα 1.1.18

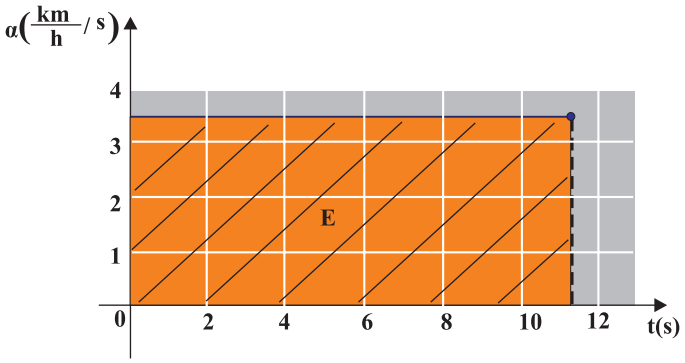
Τίθεται το ερώτημα: ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης της ευθείας της εικόνας 1.1.18;
Επειδή η κλίση προκύπτει ως το πηλίκο της μεταβολής της ταχύτητας με το χρόνο, $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$, με το οποίο έχουμε ορίσει την επιτάχυνση, συμπεραίνουμε ότι **η κλίση της ευθείας στο διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο, δίνει την επιτάχυνση** στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση.

Κλίση ευθείας: $\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \frac{40\text{km/h}}{11,4\text{s}} = 3,51\frac{\text{km/h}}{\text{s}} = \alpha$

Σημείωση:

Χρησιμοποιούμε τη μονάδα $\frac{km/h}{s}$*, διότι είναι πιο κοντά στην εμπειρία μας, δηλαδή καταλαβαίνουμε τι σημαίνει ότι η ταχύτητα άλλαξε σε 1s κατά 3,5km/h. Αν μετατρέψουμε τις μονάδες στο Διεθνές Σύστημα S.I., η επιτάχυνση γίνεται* $\frac{3,51\cdot\frac{1.000m}{3.600s}}{s} = 0,975m/s^2$.

Η γραφική παράσταση της σταθερής επιτάχυνσης στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση του αυτοκινήτου που μελετάμε, θα είναι ευθεία γραμμή, παράλληλη στον άξονα του χρόνου t, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.1.19.



Εικόνα 1.1.19

Ποια μπορεί να είναι η φυσική σημασία του γραμμοσκιασμένου εμβαδού της εικόνας 1.1.19; Το εμβαδόν μεταξύ της γραφικής παράστασης (ευθείας) και των αξόνων επιτάχυνσης και χρόνου είναι:

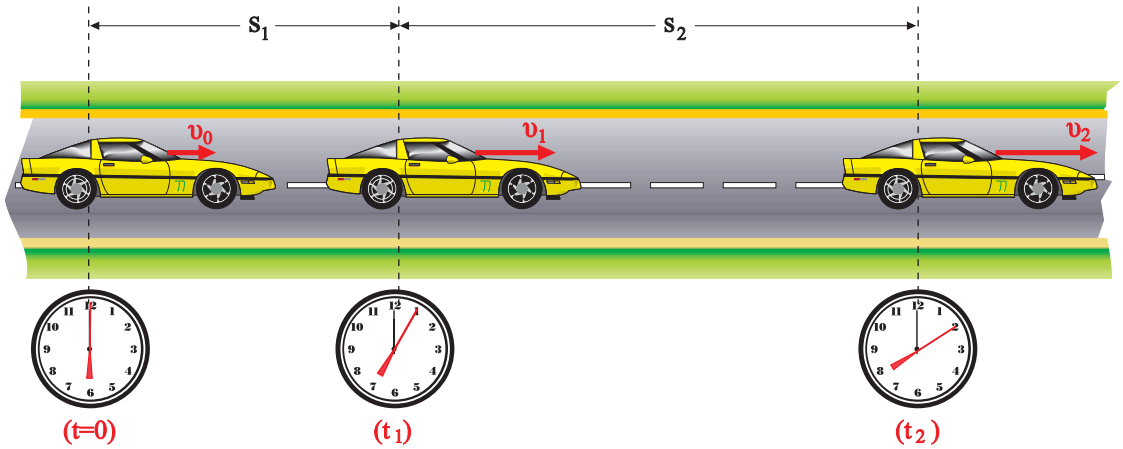
$$E = \text{βάση} \cdot \text{ύψος} = 3,51\frac{\text{km/h}}{\text{s}}11,4\text{s} = 40\text{km/h} = \upsilon$$

Παρατηρούμε ότι το εμβαδόν είναι αριθμητικά ίσο με τη μεταβολή της ταχύτητας κατά την χρονική διάρκεια των 11,4s της επιτάχυνσης του αυτοκινήτου. Άρα το εμβαδό, με-

ταξύ της ευθείας που αναπαριστά την επιτάχυνση σε συνάρτηση με το χρόνο, και των αξόνων επιτάχυνσης και χρόνου, είναι αριθμητικά ίσο με τη μεταβολή της ταχύτητας Δυ.

Ομοίως εργαζόμαστε για την κατασκευή των διαγραμμάτων της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο υ = f(t) και της επιτάχυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο α = f(t) στην περίπτωση της ομαλά επιβραδυνόμενης κίνησης.

β) Η εξίσωση της κίνησης.

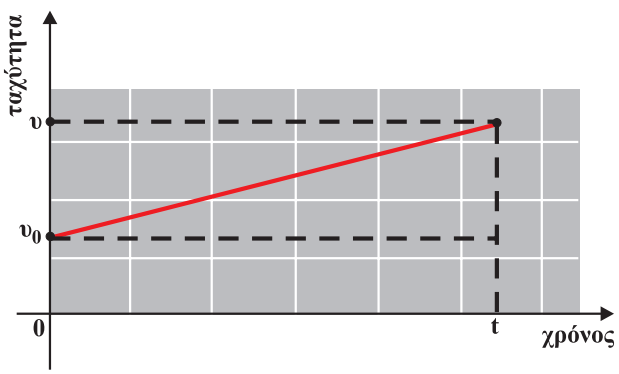


Το αυτοκίνητο εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση.

Η εξίσωση κίνησης, δηλαδή ο προσδιορισμός της θέσης ενός αντικειμένου, το οποίο επιταχύνεται ομαλά, σε συνάρτηση με το χρόνο, προκύπτει με γραφικό τρόπο από το διάγραμμα υ = f(t).

Στη μελέτη της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης, παράγραφος 1.1.5, είδαμε ότι το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ της γραμμής που παριστά την ταχύτητα και των αξόνων ταχύτητας και χρόνου είναι ίσο με τη μετατόπιση.

Ομοίως μπορεί να αποδειχθεί ότι το εμβαδόν του τραπεζίου που περικλείεται μεταξύ της γραμμής που παριστά την ταχύτητα και των αξόνων υ, t (Εικ. 1.1.20) είναι ίσο με τη μετατόπιση στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση. Οπότε, αν υπολογίσουμε το εμβαδόν, εικόνα 1.1.20, χρησι-



Εικόνα 1.1.20

μοποιώντας αντί των αριθμητικών τιμών, τα σύμβολα υ, $υ_0$, t, οδηγούμαστε στην εξίσωση για τη μετατόπιση Δx. Δηλαδή:

$$E_{τραπ} = \frac{\text{άθροισμα βάσεων}}{2} \cdot \text{ύψος} \quad \text{ή} \quad \Delta x = \frac{υ + υ_0}{2}(t - 0)$$

Αλλά γνωρίζουμε ότι η ταχύτητα είναι: $υ = υ_0 + αt$. Συνεπώς:

$$\Delta x = \frac{υ_0 + αt + υ_0}{2} t = \frac{2υ_0 t + αt^2}{2} \text{ ή } \Delta x = υ_0 t + \frac{1}{2}αt^2$$

και αν $x_0 = 0$, έχουμε:

$$x = υ_0 t + \frac{1}{2}αt^2 \qquad (1.1.10)$$

Ομοίως στην ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση προκύπτει ότι:

$$x = υ_0 t - \frac{1}{2}αt^2 \qquad (1.1.11)$$

Δραστηριότητα

Να παραστήσετε γραφικά τη σχέση ταχύτητας - χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

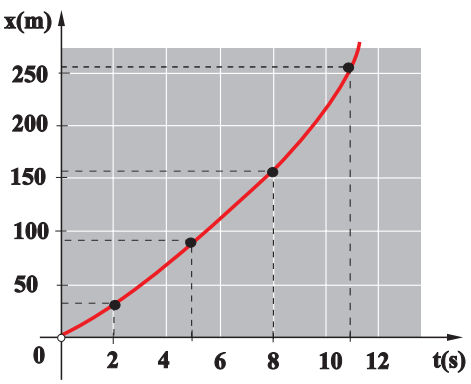
Από τη γραφική παράσταση να αποδείξετε τη σχέση 1.1.11.

Τίθεται το ερώτημα:

Η γραφική παράσταση της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση είναι ευθεία γραμμή ή καμπύλη;

Για να απαντήσουμε στο ερώτημα πρέπει να ελέγξουμε την εξίσωση κίνησης αν είναι πρώτου ή δεύτερου βαθμού ως προς t. Όπως προκύπτει από τη σχέση (1.1.11), η εξίσωση είναι δευτέρου βαθμού ως προς το χρόνο, άρα η γραφική παράσταση είναι καμπύλη γραμμή.

Για να τη σχεδιάσουμε, συμπληρώνουμε έναν πίνακα τιμών. Π.χ. στην περίπτωση του πρώτου αυτοκινήτου του πίνακα 2, από τα δεδομένα: αρχική ταχύτητα $υ_0 = 60\text{km/h} = 16{,}67\text{m/s}$, επιτάχυνση $α = 0{,}975\text{m/s}^2$, απαιτούμενος χρόνος για να αποκτήσει ταχύτητα $υ = 100\text{km/h}$, $t = 11{,}4\text{s}$ και την εξίσωση κίνησης $x = υ_0 t + \frac{1}{2}αt^2$, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας τιμών, και η αντίστοιχη γραφική παράσταση (Εικ. 1.1.21).



t(s)	x(m)
0	0
2	35,3
5	95,5
8	164,6
11,4	253,4

Εικόνα 1.1.21

Γραφική παράσταση του διαστήματος (θέσης) x σε συνάρτηση με τον χρόνο στην ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, με αρχική ταχύτητα.

Ομοίως εργαζόμαστε για την κατασκευή της γραφικής παράστασης της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο x = f(t), στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

Εφαρμογή 1

Θέλουμε να υπολογίσουμε τη μετατόπιση και το χρόνο που απαιτείται για να σταματήσει ένα αυτοκίνητο που έχει αρχική ταχύτητα $\upsilon_0 = 72\text{km/h}$, αν φρενάροντας αποκτά επιβράδυνση $\alpha = 10\text{m/s}^2$.

Στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι $\upsilon_0 = \frac{72.000\text{m}}{3.600\text{s}} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Γνωρίζουμε ότι η μετατόπιση και η ταχύτητα δίνονται από τις σχέσεις:

$$x = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}\alpha t^2 \qquad (1)$$

και

$$\upsilon = \upsilon_0 - \alpha t \qquad (2)$$

Η τελική ταχύτητα υ του αυτοκινήτου, εφόσον σταματά είναι υ = 0. Από τη σχέση (2) προκύπτει:

$$0 = \upsilon_0 - \alpha t \ \text{ ή } \ t = \frac{\upsilon_0}{\alpha} = \frac{20}{10}\text{s} = 2\text{s}\,.$$

Άρα ο χρόνος που απαιτείται για να σταματήσει το αυτοκίνητο είναι t = 2s.

Αντικαθιστώντας το χρόνο στη σχέση (1) προκύπτει:

$$x = 20\cdot 2 - \frac{1}{2}10\cdot 2^2\,\text{m} \ \text{ ή } \ x = 20\text{m}\,,$$

Δηλαδή το αυτοκίνητο θα μετατοπισθεί 20m έως ότου σταματήσει.

Εφαρμογή 2

Δύο αυτοκίνητα, κινούνται σε ευθύγραμμο τμήμα του εθνικού δρόμου Θεσσαλονίκης - Αλεξανδρούπολης με σταθερή ταχύτητα υ = 80km/h και απέχουν 30m. Κάποια στιγμή ο οδηγός του δεύτερου αυτοκινήτου αποφασίζει να προσπεράσει το προπορευόμενο αυτοκίνητο, που συνεχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Η κίνηση του δευτέρου αυτοκινήτου είναι ομαλά επιταχυνόμενη και η επιτάχυνση έχει τιμή $\alpha = 0,975\text{m/s}^2 = 3,51\frac{\text{km/h}}{\text{s}}$. Στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας έρχεται ένα άλλο αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή ταχύτητα $\upsilon_1 = 100\text{km/h}$ και απέχει από το δεύτερο αυτοκίνητο 400m.

Το μήκος των αυτοκινήτων είναι περίπου 4m.

Δραστηριότητα

Να υπολογίσετε πόσο θα μετατοπισθεί ώσπου να σταματήσει, το αυτοκίνητο της Εφαρμογής 1, αν έχει τη διπλάσια αρχική ταχύτητα και την ίδια επιβράδυνση.

Πόσες φορές θα αυξηθεί η μετατόπιση του αυτοκινήτου ώσπου να σταματήσει;

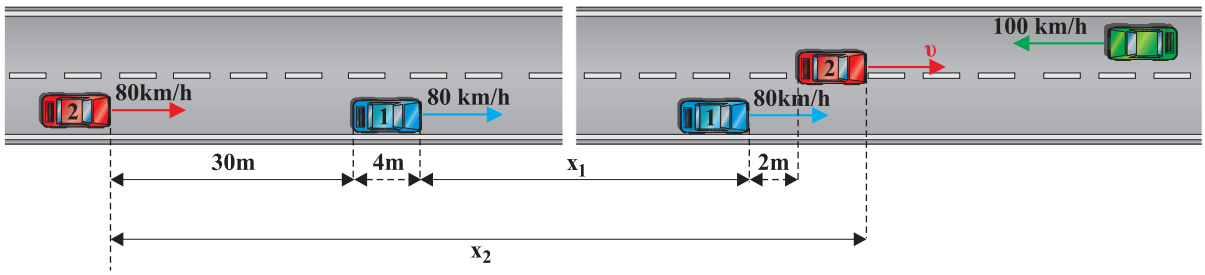
Θα υπολογίσουμε:

α) τη χρονική διάρκεια που απαιτείται για το προσπέρασμα, το οποίο θεωρούμε ότι ολοκληρώθηκε, όταν το αυτοκίνητο που προσπερνά βρίσκεται 2m μπροστά από το αυτοκίνητο που προσπέρασε.

β) τη μετατόπιση του κάθε αυτοκινήτου κατά τη διάρκεια του προσπεράσματος,

γ) την ταχύτητα που απέκτησε το δεύτερο αυτοκίνητο στο τέλος του προσπεράσματος,

δ) αν είναι ασφαλές το προσπέρασμα ή αν υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το αντίθετα κινούμενο αυτοκίνητο.



α) Το πρώτο αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα, άρα:

$$x_1 = \upsilon t \qquad (1)$$

Το δεύτερο αυτοκίνητο επιταχύνεται με σταθερή επιτάχυνση, συνεπώς η μετατόπισή του θα υπολογιστεί από τη σχέση:

$$x_2 = \upsilon t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \qquad (2)$$

Στην εικόνα φαίνεται ότι η διαφορά των μετατοπίσεων των αυτοκινήτων είναι:

$$x_2 - x_1 = (30 + 4 + 2 + 4)\,m = 40\,m\,.$$

Οπότε, από τις εξισώσεις (1), (2) με αφαίρεση προκύπτει:

$$x_2 - x_1 = \frac{1}{2}\alpha t^2 \;\; \text{ή} \;\; 40m = \frac{1}{2}\cdot 0{,}975\frac{m}{s^2}t^2 \;\; \text{ή} \;\; \mathbf{t = 9s}.$$

Δηλαδή ο απαιτούμενος χρόνος για την ολοκλήρωση του προσπεράσματος είναι 9s.

β) Από την εξίσωση (1) προκύπτει:

$$x_1 = 80km/h\cdot 9s \;\; \text{ή} \;\; x_1 = \frac{80.000m}{3.600s}\cdot 9s \;\; \text{ή} \;\; \mathbf{x_1 = 200m}.$$

Από την εξίσωση (2) προκύπτει:

$$x_2 = \frac{80.000m}{3.600s}\cdot 9s + \frac{1}{2}\cdot 0{,}975\frac{m}{s^2}(9s)^2 \;\; \text{ή}$$

$$x_2 = 200\text{m} + 39{,}5\text{m} = \mathbf{239{,}5m}.$$

γ) Το δεύτερο αυτοκίνητο επιταχύνεται, άρα η ταχύτητά του δίνεται από τη σχέση

$$\upsilon' = \upsilon + \alpha t \text{ ή } \upsilon' = 80\text{km/h} + 3{,}51\frac{\text{km/h}}{\text{s}} \cdot 9\text{s} \text{ ή } \boldsymbol{\upsilon' = 111{,}6\text{km/h}}.$$

δ) Στη χρονική διάρκεια του προσπεράσματος, το αυτοκίνητο που κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας μετατοπίστηκε κατά:

$$x = \upsilon_1 t = 100\text{km/h} \cdot 9\text{s} = \frac{100.000\text{m}}{3.600\text{s}} \cdot 9\text{s} \quad \text{ή} \quad x = 250\text{m}.$$

Η αρχική απόσταση μεταξύ του δεύτερου αυτοκινήτου και του αυτοκινήτου που κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας, δίνεται ότι είναι 400m. Βρήκαμε ότι $x_2 = 239{,}5\text{m}$ και $x = 250\text{m}$, δηλαδή το συνολικό διάστημα που διάνυσαν τα αντιθέτως κινούμενα αυτοκίνητα είναι $x_{ολ} = x + x_2$ ή $x_{ολ} = 489{,}5\text{m}$.

Αυτό σημαίνει ότι, πριν ολοκληρωθεί το προσπέρασμα τα αυτοκίνητα διασταυρώθηκαν με προφανή κίνδυνο σύγκρουσης.

Το θεώρημα Merton



Οι κινήσεις των σωμάτων μελετήθηκαν θεωρητικά τον 13° αιώνα, πολύ πριν από την εποχή του Γαλιλαίου (16ος αιώνας), ο οποίος θεωρείται ο θεμελιωτής της Φυσικής Επιστήμης όπως τη γνωρίζουμε εμείς σήμερα.

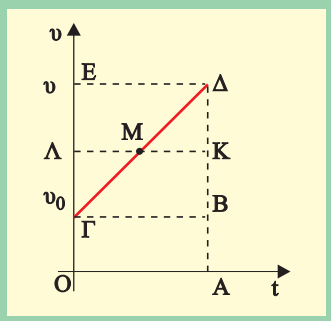
Ένα από τα αποτελέσματα των μελετών της περιόδου αυτής, που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στη διδασκαλία της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, είναι το "Θεώρημα της μέσης ταχύτητας". Το θεώρημα αυτό ονομάζεται και θεώρημα Merton, επειδή μελετήθηκε στο αντίστοιχο κολλέγιο της Οξφόρδης.

Με σύγχρονη ορολογία, το θεώρημα αναφέρεται σε μία κίνηση που είναι ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα υ_0, διαρκεί χρόνο t και έχει τελική ταχύτητα υ. Το θεώρημα ορίζει ότι, το διάστημα που διανύθηκε είναι το ίδιο με αυτό που θα διήνυε στον ίδιο χρόνο άλλο κινητό που θα είχε σταθερή ταχύτητα ίση με τη μέση τιμή των ταχυτήτων υ_0, υ.

Δηλαδή η απόσταση αυτή είναι:

$$s = \frac{(\upsilon_0 + \upsilon)}{2} t \, .$$

Ενδιαφέρον έχει η ιδιαίτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την απόδειξη του θεωρήματος από τον Oresme, στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού, στις αρχές του 14ου αιώνα. Ο Oresme σκέφτηκε ότι, εφόσον η ποσότητα $\upsilon_0 t$ είναι γινόμενο δύο αριθμών, μπορεί να παρασταθεί με το εμβαδόν ορθογώνιου παραλληλόγραμμου με πλευρές υ_0, t, όπως το ΟΑΒΓ στην εικόνα. Ομοίως, το υt θα είναι το εμβαδόν ΟΑΔΕ. Ο Oresme επίσης συμπέρανε ότι το εμβαδόν ΟΑΔΓ θα παριστάνει το διάστημα που διανύθηκε από το κινητό που έκανε την επιταχυνόμενη κίνηση.



Πράγματι, αν συνδεθούν τα μέσα των τμημάτων ΓΕ και ΒΔ με το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ, τα τρίγωνα ΓΛΜ και ΚΔΜ αποδεικνύεται ότι είναι ίσα. Συνεπώς, το εμβαδόν του τραπεζίου ΟΑΔΓ και του ορθογωνίου ΟΑΚΛ είναι ίσα. Όμως, το εμβαδόν ΟΑΚΛ αντιστοιχεί στο γινόμενο $\frac{\upsilon_0 + \upsilon}{2} t$, διότι η ΚΛ διέρχεται από τα μέσα των ΒΔ, ΓΕ και $\text{ΟΛ} = \upsilon_0 + \frac{\upsilon - \upsilon_0}{2} = \frac{\upsilon + \upsilon_0}{2}$.

Άρα το διάστημα που διανύεται με τη μέση ταχύτητα είναι ίσο με αυτό που διανύεται με ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για να περιγράψουμε μία κίνηση που γίνεται σε ευθεία γραμμή, χρειάζεται σε κάθε χρονική στιγμή να προσδιορίσουμε τη θέση του σωματίου ή κινητού. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ορίσουμε ένα **σημείο αναφοράς** που θα είναι η αρχή για τις μετρήσεις μας. Σε περίπτωση που το σωμάτιο κινείται σε επίπεδο, η θέση του προσδιορίζεται εφόσον ορισθεί σύστημα αναφοράς, που τώρα είναι ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Κατά την κίνησή του το κινητό αλλάζει θέσεις. Η **μετατόπιση** είναι διάνυσμα που έχει αρχή την αρχική θέση του κινητού και τέλος την τελική του θέση, ανεξάρτητα από τη διαδρομή του, και τιμή:

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

Όταν η κίνηση είναι **ευθύγραμμη ομαλή,** το κινητό διανύει ίσες μετατοπίσεις σε ίσους χρόνους, κινούμενο κατά την ίδια φορά. Η **ταχύτητα** στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι το διανυσματικό μέγεθος που προκύπτει ως το πηλίκο της μετατόπισης προς την αντίστοιχη χρονική διάρκεια, σύμφωνα με τον τύπο

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

και έχει μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα S.I. το 1m/s.

Στις **μη ομαλές κινήσεις** η ταχύτητα αλλάζει. Τότε χρησιμοποιούμε την έννοια της **μέσης ταχύτητας** που προκύπτει ως το πηλίκο της συνολικής απόστασης που διανύει το κινητό προς τη συνολική διάρκεια της κίνησής του με σχέση

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

με μονάδα μέτρησης ίδια με αυτήν της ταχύτητας.

Στην **ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση** η ταχύτητα του κινητού αλλάζει κατά το ίδιο ποσό στην μονάδα του χρόνου ή αλλάζει όπως λέμε με σταθερό ρυθμό. Στην κίνηση αυτή χρησιμοποιείται το διανυσματικό μέγεθος της **επιτάχυνσης** που ισούται με το πηλίκο της μεταβολής της ταχύτητας $\Delta\vec{\upsilon}$ δια του χρόνου Δt στον οποίο γίνεται η μεταβολή αυτή, και δίνεται από τη σχέση:

$$\vec{\alpha} = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t}$$

Η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι το $1m/s^2$.

Στην ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση οι εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση, είναι οι εξής:

$\upsilon = \upsilon_0 + \alpha t$: Εξίσωση ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

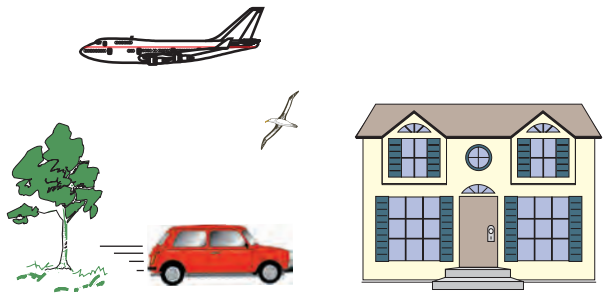
$\upsilon = \upsilon_0 - \alpha t$: Εξίσωση ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

$x = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$: Εξίσωση κίνησης στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

$x = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}\alpha t^2$: Εξίσωση κίνησης στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

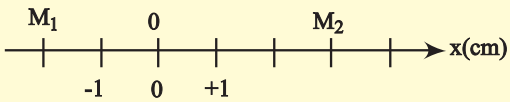
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε ποια από τα σώματα που φαίνονται στην εικόνα κινούνται
Α. Ως προς τη Γη.
Β. Ως προς το αυτοκίνητο.

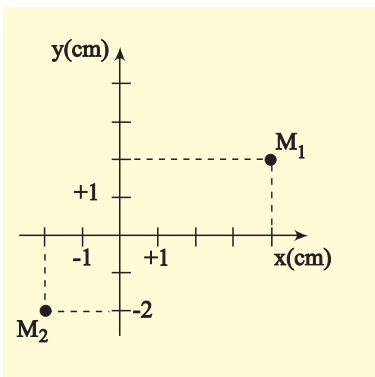


2. Τι ονομάζουμε τροχιά ενός κινητού; Πώς διακρίνονται οι κινήσεις με κριτήριο τη μορφή της τροχιάς του κινητού;

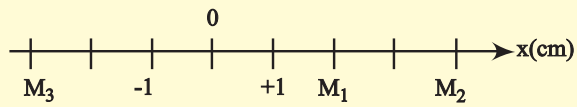
3. Να προσδιοριστεί η θέση των σημείων M_1 και M_2 της εικόνας.



4. Να προσδιοριστεί η θέση των σημείων M_1 και M_2 της εικόνας.



5. Ένα κινητό μετατοπίζεται από τη θέση M_1 στη θέση M_2. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της μετατόπισής του και να βρείτε την τιμή της. Πόσο είναι το διάστημα που διάνυσε το κινητό στη διαδρομή αυτή;



6. Το κινητό της προηγούμενης ερώτησης κάνει τη διαδρομή M_1-M_2-M_3. Να σχεδιάσετε το διάνυσμα της μετατόπισης του κινητού και να βρείτε την τιμή της. Υπολογίστε το διάστημα που διάνυσε το κινητό στη διαδρομή αυτή. Να συγκρίνετε τη μετατόπιση με το διάστημα.

7. Πότε χαρακτηρίζεται η κίνηση ενός σώματος ως ευθύγραμμη ομαλή; Από το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ποιο μέγεθος μπορεί να υπολογιστεί;

8. Ένας ποδηλάτης λέει σε ένα φίλο του: "Πήγα από την τοποθεσία Α στην τοποθεσία Β και διέτρεξα μία απόσταση ίση με την μετατόπισή μου". Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για το είδος της τροχιάς του ποδηλάτη;

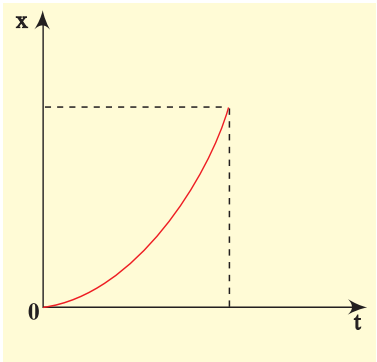
9. Να συγκρίνετε τις ταχύτητες 10m/s και 36km/h.

10. Σε ποια κίνηση ταυτίζονται η τιμή της μέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας;

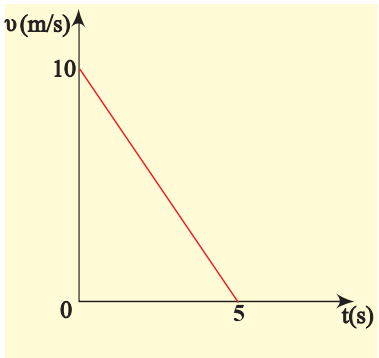
11. Πώς γίνεται ο υπολογισμός της επιτάχυνσης ενός κινητού, το οποίο κινείται ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενα, από το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου;

12. Ένας σκιέρ κινείται ευθύγραμμα σε οριζόντια πίστα και το διάγραμμα της θέσης του με το χρόνο φαίνεται στην εικόνα. Μπο-

ρούμε από το διάγραμμα να συμπεράνουμε ότι η ταχύτητα του σκιέρ αυξάνεται;

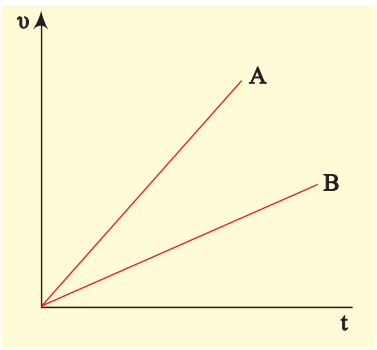


13. Δύο μαθητές Α και Β συζητούν για ένα θέμα Φυσικής. Ο μαθητής Α ρωτά τον Β. "Στην εικόνα φαίνεται το διάγραμμα της ταχύτητας ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο. Μπορούμε να υπολογίσουμε το διάστημα που διέτρεξε το κινητό, μέχρι να σταματήσει;"



Ο μαθητής Β αφού σκέφτηκε λίγο είπε: "Το διάστημα που διέτρεξε το κινητό είναι 25m". Να εξετάσετε την ορθότητα της απάντησης του μαθητή Β.

14. Στην εικόνα φαίνεται πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα δύο κινητών, που κινούνται ευθύγραμμα, σε συνάρτηση με το χρόνο.



Α. Να συγκρίνετε τις επιταχύνσεις των δυο κινητών.

Β. Ποιο από τα δύο κινητά διανύει μεγαλύτερη απόσταση στον ίδιο χρόνο κίνησης; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

15. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

Α. Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση εκτελεί ένα κινητό, όταν η τροχιά που διαγράφει είναι ..... και το διάνυσμά της ..... μένει σταθερό ως προς την τιμή και .....

Β. Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η μέση ταχύτητα είναι ..... με την τιμή της στιγμιαίας ταχύτητας.

Γ. Η επιτάχυνση ενός κινητού είναι μέγεθος ..... και η μονάδα της στο S.I. είναι το .....

16. Ένα όχημα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας.

t(s)	υ(m/s)	s(m)
0	0	0
1	2	
		4
	8	

17. Για τρία οχήματα που κάνουν ευθύγραμμη κίνηση, ομαλή ή ομαλά επιταχυνόμενη δίνεται ο παρακάτω πίνακας:

t(s)	**Α** υ(m/s)	**Β** υ(m/s)	**Γ** s(m)
0	4	2	0
1	4	4	5
2	4	6	10
3	4	8	15
4	4	10	20

Τι είδους κίνηση κάνει το κάθε όχημα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

18. Η θέση ενός κινητού που κινείται σε ένα επίπεδο, προσδιορίζεται κάθε στιγμή αν:

Α. Είναι γνωστές οι συντεταγμένες του κινητού (x,y) ως συναρτήσεις του χρόνου.

Β. Είναι γνωστό το διάστημα που διάνυσε το κινητό.

Γ. Είναι γνωστή η μέση ταχύτητα του κινητού.

19. Μία κίνηση λέγεται ευθύγραμμη ομαλή όταν:

Α. Το κινητό κινείται σε ευθεία γραμμή.

Β. Η επιτάχυνση του κινητού είναι σταθερή.

Γ. Το κινητό σε ίσους χρόνους διανύει ίσα διαστήματα.

Δ. Το κινητό κινείται σε ευθεία γραμμή και η ταχύτητά του είναι σταθερή.

20. Η έκφραση $1 m/s^2$ δηλώνει ότι:

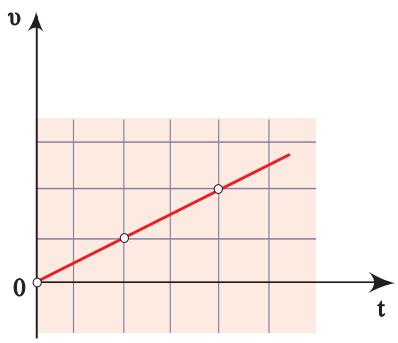
Α. Η απόσταση του κινητού μεταβάλλεται κατά 1m σε κάθε ένα δευτερόλεπτο.

Β. Το διάστημα του κινητού μεταβάλλεται κατά 1m σε κάθε ένα δευτερόλεπτο.

Γ. Η ταχύτητα του κινητού μεταβάλλεται κατά 1m/s σε κάθε ένα δευτερόλεπτο.

Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

21. Στην εικόνα φαίνεται πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο, σε μια ευθύγραμμη κίνηση.



Η κίνηση που κάνει το σώμα είναι:

Α. Ευθύγραμμη ομαλή.

Β. Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.

Γ. Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.

Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

22. Το διάστημα που διανύει ένα σώμα, αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο του χρόνου.

Η κίνηση που κάνει το σώμα είναι:

Α. Ευθύγραμμη ομαλή.

Β. Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς αρχική ταχύτητα.

Γ. Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.

Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

23. Η ταχύτητα ενός κινητού που κάνει ευθύγραμμη κίνηση ελαττώνεται μέχρι να μηδενιστεί. Μετά το κινητό συνεχίζει την κίνησή του σε αντίθετη κατεύθυνση.

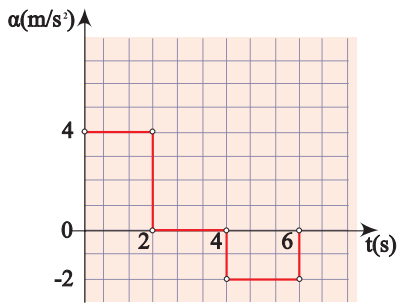
Να χαρακτηρίσετε με (Σ) τις σωστές και με (Λ) τις λάθος προτάσεις.

Α. Το διάστημα που διανύει το κινητό συνέχεια αυξάνεται.

Β. Το διάστημα που διανύει το κινητό αυξάνεται και όταν γυρίσει προς τα πίσω αρχίζει να μειώνεται.

Γ. Η μετατόπιση του κινητού συνέχεια αυξάνεται.

24. Στην εικόνα δίνεται το διάγραμμα επιτάχυνση - χρόνος, ενός οχήματος που ξεκινά από την ηρεμία και κινείται ευθύγραμμα για χρόνο t = 6s.



Να συμπληρωθούν τα κενά στις επόμενες προτάσεις με έναν από τους όρους:

"ευθύγραμμη ομαλή",
"ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη",
"ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη".

Α. Στο χρονικό διάστημα από 0-2s η κίνηση είναι .....

Β. Στο χρονικό διάστημα από 2s-4s η κίνηση είναι .....

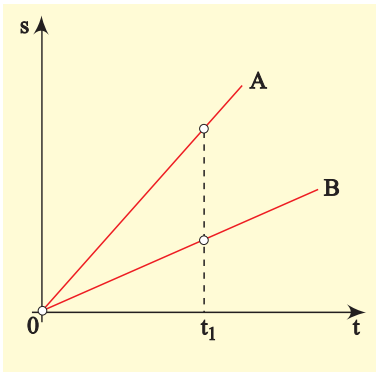
Γ. Στο χρονικό διάστημα από 4s-6s η κίνηση είναι .....

25. Να συμπληρωθούν τα κενά στις επόμενες προτάσεις:

Α. Σε διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για ένα κινητό, από το ..... του τμήματος μεταξύ γραφικής παράστασης και άξονα χρόνου, υπολογίζουμε τη θέση του κινητού.

Β. Σε ένα διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για ένα κινητό από την ..... της γραφικής παράστασης υπολογίζουμε την τιμή της επιτάχυνσης.

26. Στο διάγραμμα της εικόνας φαίνεται η γραφική παράσταση διαστήματος - χρόνου για δύο κινητά Α και Β. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;



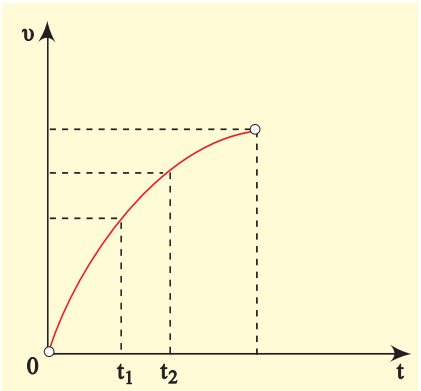
Α. Το κινητό Α έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το Β.

Β. Το κινητό Β έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από το Α.

Γ. Τα κινητά έχουν την ίδια ταχύτητα.

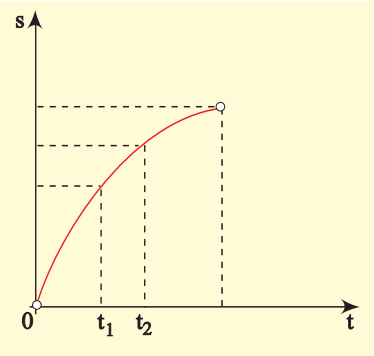
Δ. Τα κινητά δεν έχουν ταχύτητα.

27. Ένα αυτοκίνητο κάνει ευθύγραμμη κίνηση και η ταχύτητά του μεταβάλλεται όπως φαίνεται στην εικόνα.



Να δικαιολογήσετε γιατί η κίνηση δεν είναι ομαλά επιταχυνόμενη. Σε ποια από τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2 η επιτάχυνση του αυτοκινήτου είναι μεγαλύτερη;

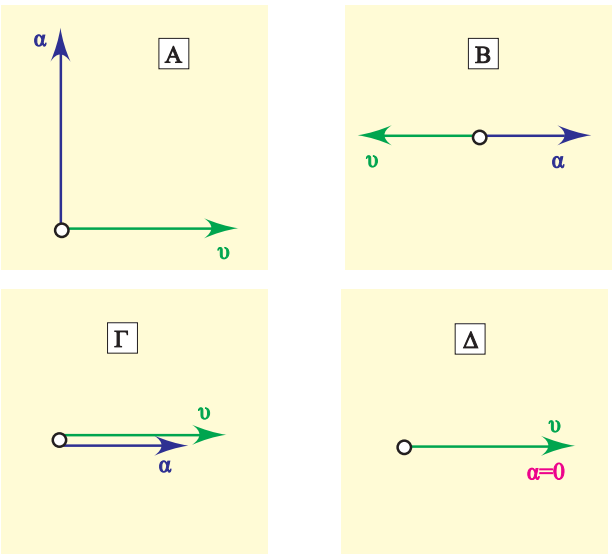
28. Ένα κινητό κάνει ευθύγραμμη κίνηση και το διάστημα που διανύει μεταβάλλεται όπως στην εικόνα.



Σε ποια από τις χρονικές στιγμές t_1 και t_2 η ταχύτητα του κινητού είναι μεγαλύτερη;

Να δικαιολογήσετε γιατί η κίνησή του δεν είναι ομαλή.

29. Ποιο από τα διαγράμματα της εικόνας ανταποκρίνεται σε ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση;

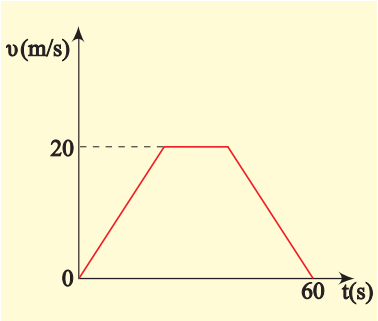


30. Στην εικόνα φαίνεται το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου, ενός αυτοκινήτου. Το εμβαδό του τραπεζίου αντιπροσωπεύει:

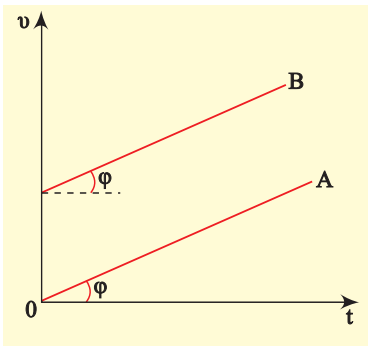
Α. Την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

Β. Την επιτάχυνση του αυτοκινήτου.

Γ. Το διανυόμενο διάστημα.
Δ. Δεν αντιπροσωπεύει τίποτα από αυτά.



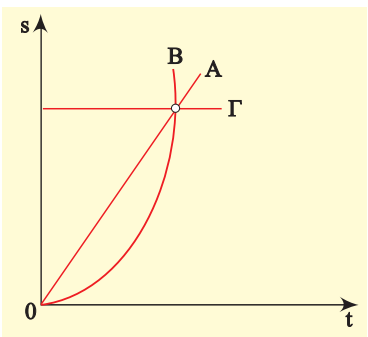
31. Στην εικόνα φαίνονται τα διαγράμματα ταχύτητας - χρόνου για δύο δρομείς που κινούνται ευθύγραμμα.



Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

Α. Οι δύο δρομείς κινούνται με την ίδια επιτάχυνση.
Β. Οι δύο δρομείς κινούνται με την ίδια ταχύτητα.
Γ. Οι δύο δρομείς κινούνται ο ένας δίπλα στον άλλο.
Δ. Στον ίδιο χρόνο διανύουν ίσες αποστάσεις.

32. Στην εικόνα φαίνονται τα διαγράμματα διαστήματος - χρόνου για τρία σώματα Α, Β και Γ που κινούνται ευθύγραμμα. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;



Α. Το σώμα Α κινείται με σταθερή επιτάχυνση, το σώμα Β κινείται με σταθερή ταχύτητα και το Γ είναι σταματημένο.
Β. Το σώμα Α κινείται με σταθερή ταχύτητα, το σώμα Β με σταθερή επιτάχυνση και το σώμα Γ είναι σταματημένο.
Γ. Το σώμα Α κινείται με σταθερή επιτάχυνση το σώμα Β είναι σταματημένο και το σώμα Γ με σταθερή ταχύτητα.

33. Το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου δείχνει:

Α. Την τιμή της στιγμιαίας ταχύτητας.
Β. Την τιμή της μέσης ταχύτητας.
Γ. Την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε τιμή και κατεύθυνση.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

34. Ο χιλιομετρητής ενός αυτοκινήτου δείχνει 24.532km. Η ένδειξη αυτή αντιπροσωπεύει:

Α. Τη συνολική μετατόπιση του αυτοκινήτου.
Β. Το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει το αυτοκίνητο.
Γ. Κατά μέσο όρο τη μετατόπιση του αυτοκινήτου.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

35. Να αντιστοιχίσετε τα φυσικά μεγέθη με τις μονάδες τους:

χρόνος	m/s^2
ταχύτητα	s
μετατόπιση	m/s
επιτάχυνση	m

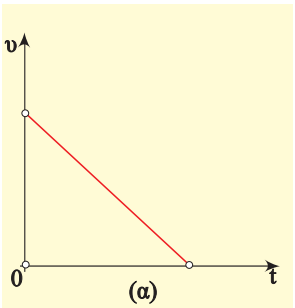
36. Να κατατάξετε τα παρακάτω φυσικά μεγέθη σε μονόμετρα και διανυσματικά.

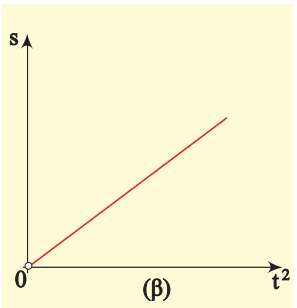
Χρόνος, ταχύτητα, μετατόπιση, επιτάχυνση, διάστημα.

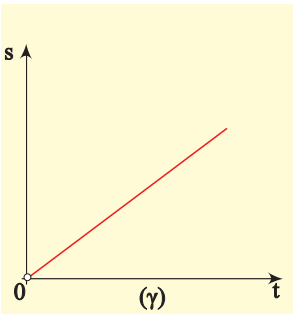
37. Να αντιστοιχίσετε τα είδη κινήσεων με τα διαγράμματα.

ευθύγραμμη ομαλή .....

ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη .....
ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη .....







38. Ένα αυτοκίνητο προσπερνά ένα άλλο. Τη χρονική στιγμή κατά την οποία τα δύο αυτοκίνητα βρίσκονται το ένα δίπλα στο άλλο:

Α. Η ταχύτητα του ενός είναι ίση με την ταχύτητα του άλλου.

Β. Οι ταχύτητές τους είναι διαφορετικές.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

39. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου φρενάρει όταν βλέπει να ανάβει το πορτοκαλί φως στο σηματοδότη ενός δρόμου:

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Η επιτάχυνση και η ταχύτητα έχουν αντίθετη φορά.

Β. Η επιτάχυνση και η ταχύτητα έχουν την ίδια φορά.

Γ. Η επιτάχυνση έχει ίδια φορά με τη μεταβολή της ταχύτητας.

Δ. Η επιτάχυνση έχει αντίθετη φορά με τη μεταβολή της ταχύτητας.

40. Χαρακτηρίστε τις παρακάτω προτάσεις αν είναι σωστές (Σ), ή λανθασμένες (Λ).

- Τη χρονική στιγμή που ξεκινά ένα ποδήλατο η ταχύτητά του είναι μηδέν.
- Τη χρονική στιγμή που ξεκινά ένα ποδήλατο η επιτάχυνσή του είναι μηδέν.
- Η ταχύτητα και η επιτάχυνση έχουν την ίδια διεύθυνση στην ευθύγραμμη κίνηση.
- Η ταχύτητα και η επιτάχυνση έχουν πάντοτε την ίδια φορά στην ευθύγραμμη κίνηση.

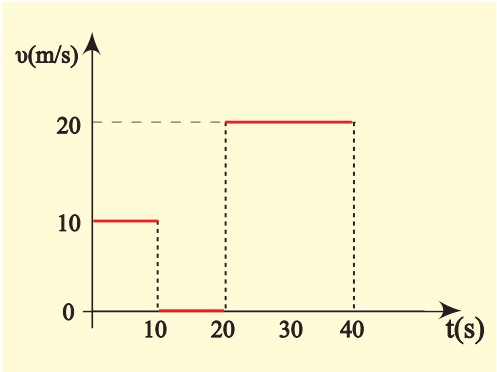
41. Να περιγράψετε ένα τουλάχιστον τρόπο, με τον οποίο μπορείτε να διαπιστώσετε το είδος της κίνησης ενός ποδηλάτου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα αυτοκίνητο διανύει απόσταση 120m σε χρόνο 4s με σταθερή ταχύτητα. Να υπολογίσετε την τιμή της ταχύτητας του αυτοκινήτου και να κάνετε τα διαγράμματα ταχύτητας - χρόνου και διαστήματος - χρόνου.

2. Μια ατμομηχανή έχει μήκος $\ell = 20$m, κινείται με ταχύτητα $\upsilon = 10$m/s και περνά μια γέφυρα μήκους $s = 1.980$m. Για πόσο χρόνο θα βρίσκεται τμήμα της ατμομηχανής πάνω στη γέφυρα;

3. Όχημα κάνει ευθύγραμμη κίνηση και το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου φαίνεται στην εικόνα.



Α. Να βρεθεί το συνολικό διάστημα που διανύει το όχημα.
Β. Ποια είναι η τιμή της μέσης ταχύτητας του οχήματος;
Γ. Να γίνει το διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

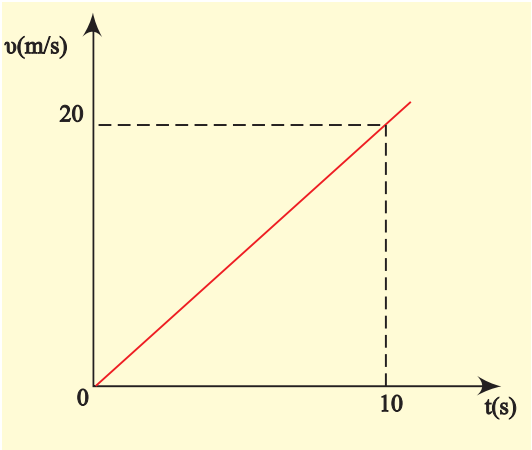
4. Δύο αυτοκίνητα ξεκινάνε ταυτόχρονα από τα σημεία Α και Β μιας ευθύγραμμης διαδρομής κινούμενα αντίθετα με σταθερές ταχύτητες $\upsilon_1 = 36$km/h και $\upsilon_2 = 54$km/h αντίστοιχα.
Α. Να βρεθεί μετά από πόσο χρόνο και σε ποιο σημείο θα συναντηθούν τα αυτοκίνητα, αν είναι ΑΒ = 1km.
Β. Να γίνουν τα διαγράμματα ταχύτητας - χρόνου και διαστήματος - χρόνου και για τα δύο κινητά σε κοινά συστήματα αξόνων.

5. Περιπολικό αρχίζει να καταδιώκει μοτοσυκλετιστή που βρίσκεται σε απόσταση $d = 500$m μπροστά από το περιπολικό. Το περιπολικό έχει σταθερή ταχύτητα $\upsilon_\pi = 30$m/s, ενώ ο μοτοσυκλετιστής κινείται με σταθερή ταχύτητα $\upsilon_M = 20$m/s.
Να βρεθούν:
Α. Ο χρόνος t που απαιτείται για να φτάσει το περιπολικό τον μοτοσυκλετιστή.
Β. Το διάστημα που θα διανύσει το περιπολικό στο χρόνο αυτό.

6. Η εξίσωση κίνησης ενός ποδηλάτη που κινείται σε ευθύγραμμη τροχιά είναι:
$x = 10t$ (x σε m, t σε s).
Να γίνει το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για την κίνηση αυτή, από $t = 0$ μέχρι $t = 5$s.
Να υπολογίσετε το διάστημα που διάνυσε ο ποδηλάτης σε 5s.

7. Ένας μοτοσυκλετιστής ξεκινά από την ηρεμία και κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή επιτάχυνση 2m/s^2.
Να υπολογιστούν:
Α. Η ταχύτητά του μετά από 15s.
Β. Η απόσταση που διάνυσε στο χρόνο αυτό.

8. Στην εικόνα φαίνεται το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου για ένα κινητό που κάνει ευθύγραμμη κίνηση.

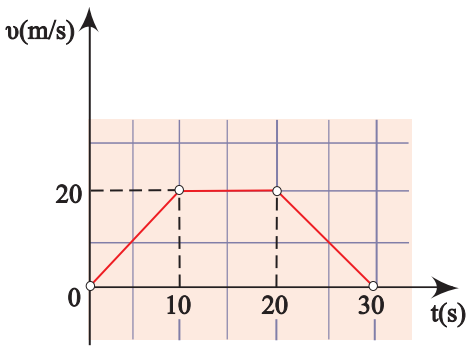


Να υπολογίσετε:

Α. Το διάστημα που διάνυσε το κινητό σε χρόνο 10s.

Β. Το διάστημα που διάνυσε το κινητό στο 2° δευτερόλεπτο της κίνησής του.

9. Η γραφική παράσταση της τιμής της ταχύτητας ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο, στα πρώτα 30s της κίνησής του δίνεται από το διάγραμμα της εικόνας.



Να υπολογιστούν:

Α. Το συνολικό διάστημα που διάνυσε το κινητό.

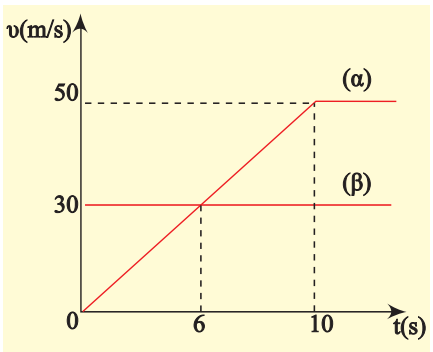
Β. Η τιμή της μέσης ταχύτητας του κινητού.

10. Η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου σε μια ευθύγραμμη κίνηση δίνεται από τη σχέση

$\upsilon = 8 + 2t$ (υ σε m/s, t σε s).

Να βρείτε το διάστημα που διάνυσε το αυτοκίνητο από τη χρονική στιγμή 2s μέχρι τη χρονική στιγμή 4s.

***11.** Δύο κινητά βρίσκονται στο ίδιο σημείο ευθύγραμμου δρόμου και ξεκινούν ταυτόχρονα. Στο διάγραμμα της εικόνας φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις ταχύτητας - χρόνου για τα δύο αυτά κινητά.



Να υπολογιστούν:

Α. Σε ποια χρονική στιγμή η ταχύτητα των κινητών έχει την ίδια τιμή;

Β. Στα 10s πόσα m προηγείται το κινητό β του κινητού α;

Γ. Σε ποια χρονική στιγμή συναντώνται τα κινητά;

12. Ένα αυτοκίνητο ξεκινά από την ηρεμία και κινείται με σταθερή επιτάχυνση. Για να περάσει από δύο σημεία Α και Β που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 200m$ χρειάζεται χρόνο 10s. Αν η ταχύτητα του αυτοκινήτου τη στιγμή που περνά από το σημείο Β είναι $\upsilon_B = 30m/s$ να βρεθούν:

Α. η ταχύτητά του όταν περνά από το σημείο Α και

Β. η επιτάχυνσή του.

***13.** Αυτοκίνητο κινείται σε οριζόντιο δρόμο με ταχύτητα μέτρου $\upsilon_0 = 72km/h$. Ξαφνικά σε απόσταση 50m ο οδηγός βλέπει εμπόδιο. Ο χρόνος αντίδρασης του οδηγού είναι $t_1 = 0,7s$ (ο χρόνος από τη στιγμή που βλέπει το εμπόδιο μέχρι να πατήσει το φρένο).

Να εξετάσετε αν αποφεύγεται η σύγκρουση του αυτοκινήτου με το εμπόδιο. Η επιβράδυνση που προκαλούν τα φρένα είναι $10m/s^2$.

14. Τρένο μήκους $\ell = 70m$ περνά από γέφυρα μήκους $s = 55m$. Το τρένο έχει αρχική ταχύτητα $\upsilon_0 = 20m/s$ και τη στιγμή που φτάνει στην γέφυρα αρχίζει να επιταχύνεται ομαλά με $\alpha = 2m/s^2$.

Να βρείτε επί πόσο χρόνο βρίσκεται τμήμα του τρένου πάνω στη γέφυρα.

15. Οι εξισώσεις κίνησης δύο οχημάτων τα οποία κινούνται κατά μήκος του προσανατολισμένου άξονα Ox είναι:

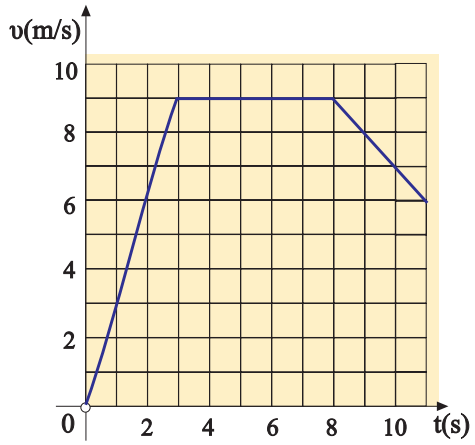
$x_1 = 10t$ και $x_2 = 4t^2$ στο S.I.

Α. Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή που τα κινητά συναντώνται.

Β. Να κατασκευάσετε τα διαγράμματα, ταχύτητας - χρόνου και διαστήματος - χρόνου.

16. Η κίνηση ενός δρομέα δίνεται προσεγγιστικά από το παρακάτω διά-

γραμμα ταχύτητας - χρόνου.



Να υπολογίσετε:

Α. Τη μέση ταχύτητα του δρομέα και

Β. Την επιτάχυνσή του, όπου η κίνηση είναι μεταβαλλόμενη.

17. Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα $υ_0 = 10m/s$ και ο οδηγός κάνοντας χρήση των φρένων προκαλεί στο αυτοκίνητο σταθερή επιβράδυνση $α = 2m/s^2$.

Α. Μετά από πόσο χρόνο η ταχύτητα του αυτοκινήτου θα υποδιπλασιαστεί και πόσο διάστημα θα έχει διανύσει στο χρόνο αυτό;

Β. Για πόσο χρόνο θα κινηθεί το αυτοκίνητο με τη σταθερή αυτή επιβράδυνση και πόσο διάστημα θα διανύσει;

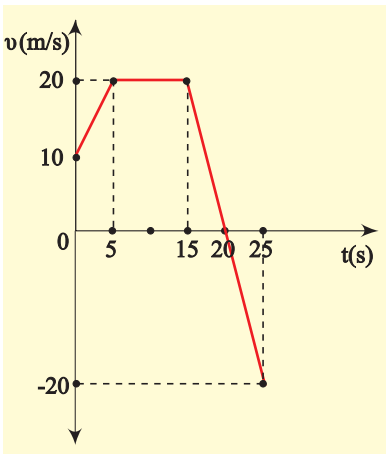
***18.** Ένα αυτοκίνητο και μια μοτοσυκλέτα είναι ακίνητα στην αρχή μιας αγωνιστικής πίστας. Το αυτοκίνητο ξεκινάει κινούμενο με σταθερή επιτάχυνση $α_1 = 1,6m/s^2$ και 4 δευτερόλεπτα κατόπιν, ξεκινάει ο μοτοσυκλετιστής ο οποίος καταδιώκει το αυτοκίνητο με σταθερή επιτάχυνση $α_2 = 2,5m/s^2$.

Α. Μετά από πόσο χρόνο, από το ξεκίνημα του αυτοκινήτου, ο μοτοσυκλετιστής θα φτάσει το αυτοκίνητο και τι διάστημα θα έχουν διανύσει μέχρι τότε;

Β. Πόση είναι η ταχύτητα κάθε οχήματος τη στιγμή της συνάντησης και πόση η μέση ταχύτητα με την οποία κινήθηκε μέχρι τότε το αυτοκίνητο;

Γ. Να κάνετε για το αυτοκίνητο τα διαγράμματα $υ = f(t)$ και $s = f(t)$.

19. Στο διάγραμμα αποδίδεται γραφικά η ταχύτητα ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο.



Α. Να περιγράψετε την κίνηση του κινητού έως τη χρονική στιγμή 25s.

Β. Να υπολογίσετε την επιτάχυνσή του, από τη χρονική στιγμή μηδέν έως τη χρονική στιγμή 5s.

Γ. Να υπολογίσετε το διάστημα που διανύει το κινητό και τη μετατόπισή του για τα 25s της κίνησής του.

Δ. Να βρείτε τη μέση ταχύτητα του κινητού στη διάρκεια των 25s.



1.2 Δυναμική σε μία διάσταση





Στο πρώτο κεφάλαιο αυτού του βιβλίου μάθαμε να περιγράφουμε απλές κινήσεις διαφόρων σωμάτων. Έτσι παραδείγματος χάρη, μάθαμε να υπολογίζουμε την ταχύτητα που πρέπει να έχει ένα αυτοκίνητο για να διατρέξει μία απόσταση, σε συγκεκριμένο χρόνο ή πόσο χρόνο χρειάζεται ένας δρομέας για να διανύσει τα 100m, αν θεωρήσουμε την κίνησή του ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.

Όμως το να περιγράφουμε κινήσεις χωρίς ταυτόχρονα να γνωρίζουμε τις αιτίες που τις προκαλούν δεν είναι αρκετό, γιατί δε θα έχουμε πλήρη γνώση των φαινομένων. Έτσι δε θα μπορούμε να ελέγξουμε και να προβλέψουμε τις κινήσεις που μπορούν να εκτελέσουν τα σώματα. Τα ταξίδια στο διάστημα παραδείγματος χάρη, θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθούν αν δε γνωρίζαμε λεπτομερώς πώς μπορούν να κινηθούν τα διαστημόπλοια.

Σ' αυτό και στο επόμενο κεφάλαιο, θα μελετήσουμε τις δυνάμεις που είναι τα αίτια που προκαλούν τις κινήσεις ή ακριβέστερα τις μεταβολές των κινήσεων των σωμάτων. Επίσης θα αναφερθούμε στο βάρος και τη μάζα των σωμάτων, στην ελεύθερη πτώση τους κ.τ.λ.

Η ενότητα της Φυσικής που μελετά τις δυνάμεις και τα αποτελέσματά τους, λέγεται **Δυναμική**.

Αρχικά θα μελετήσουμε τη σχέση της δύναμης με την κίνηση σε μία μόνο διάσταση, δηλαδή σε ευθεία γραμμή.

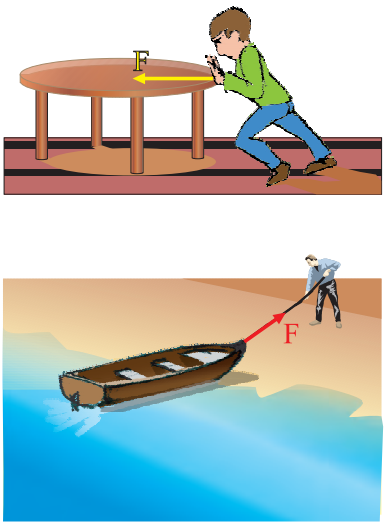
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.2.1 Η έννοια της δύναμης 75
Ένθετο: Ελαστική παραμόρφωση 76
1.2.2 Σύνθεση συγγραμικών δυνάμεων 77
1.2.3 Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα 82
1.2.4 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής 84
1.2.5 Η έννοια του βάρους 87
1.2.6 Η έννοια της μάζας 87
Ένθετο: Η αδρανειακή μάζα αλλάζει 89
1.2.7 Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων 89
1.2.8 Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων 91
Ένθετο: Η πειραματική μέθοδος 93
Ένθετο: Μήκος φρεναρίσματος και απόσταση ασφαλείας 94
Ένθετο: Οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι 96
Περίληψη 98
Ερωτήσεις 101
Ασκήσεις-Προβλήματα 107

1.2.1 Η έννοια της δύναμης

Όλοι οι άνθρωποι έχουν την εμπειρία της δύναμης. Ο καθένας μας έχει σπρώξει ή σύρει αντικείμενα. Για την ώθηση ή την έλξη αντικειμένων απαιτείται η άσκηση δύναμης (Εικ. 1.2.1).

Γενικότερα μια δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι δυνατό να το παραμορφώσει, να το σταματήσει όταν κινείται, να το κινήσει όταν είναι ακίνητο ή να του αλλάξει την κίνηση όταν κινείται.

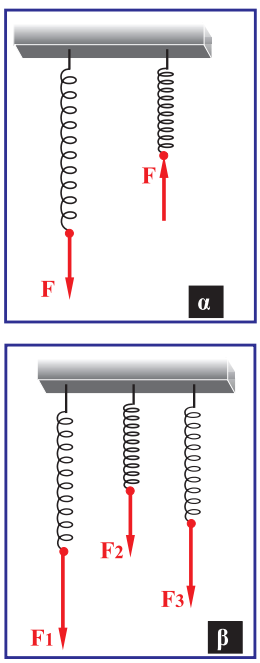


Εικόνα 1.2.1
Με τη δύναμη έλκουμε ή απωθούμε τα σώματα.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε εξ αρχής ότι για να ασκηθεί μία δύναμη σε ένα σώμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δεύτερου σώματος, που είναι είτε σε επαφή είτε σε κάποια απόσταση από το πρώτο. Η δύναμη είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο σωμάτων.

Πιο αναλυτικά όμως για το θέμα αυτό θα αναφερθούμε στις παραγράφους 1.3.1 και 1.3.2 του επόμενου κεφαλαίου.

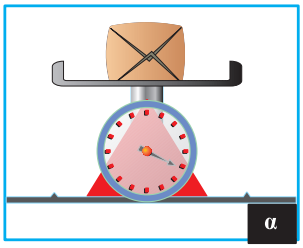
Το αποτέλεσμα μιας δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα, εξαρτάται τόσο από την τιμή της όσο και από την κατεύθυνσή της. Στην εικόνα 1.2.2α φαίνονται δυνάμεις ίδιου μέτρου αλλά διαφορετικής φοράς, που προκαλούν συσπείρωση και επιμήκυνση του ίδιου ελατηρίου αντίστοιχα, ενώ στην εικόνα 1.2.2β δυνάμεις ίδιας κατεύθυνσης διαφορετικού μέτρου να προκαλούν διαφορετική επιμήκυνση του ίδιου ελατηρίου.

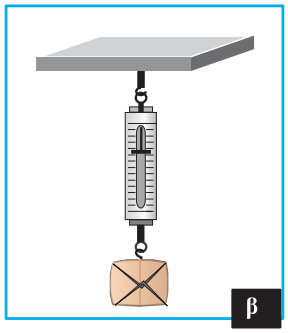


Εικόνα 1.2.2
Στην εικόνα α, οι δυνάμεις, παρόλο που έχουν το ίδιο μέτρο, προκαλούν διαφορετικά αποτελέσματα, γιατί έχουν διαφορετική φορά. Στην εικόνα β, δυνάμεις διαφορετικού μέτρου προκαλούν διαφορετικά αποτελέσματα.

Η δύναμη είναι **διανυσματικό μέγεθος** δηλαδή για τον προσδιορισμό της απαιτείται να γνωρίζουμε την κατεύθυνσή της (διεύθυνση και φορά) και την τιμή της. Η τιμή της δύναμης είναι το στοιχείο εκείνο που καθορίζει πόσο πολύ ή πόσο δυνατά η δύναμη σπρώχνει ή έλκει ένα σώμα.

Η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο Διεθνές Σύστημα (S.I.) είναι το 1Newton (Νιούτον) ή **1N**. Η ονομασία προέρχεται από το όνομα του Νεύτωνα (Newton). Τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται το 1N θα τον συναντήσουμε στη παράγραφο 1.2.4.





Εικόνα 1.2.3
α. Ζυγός ελατηρίου.
β. Δυναμόμετρο.

Μέτρηση της δύναμης

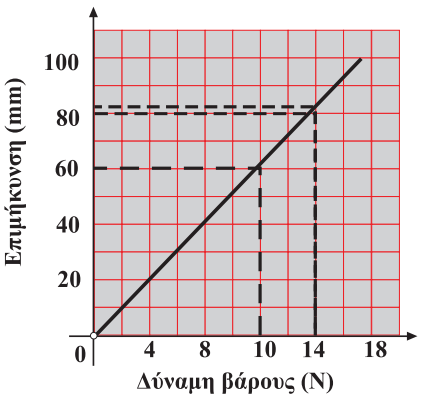
Μία δύναμη μπορεί να μετρηθεί με το ζυγό ελατηρίου (Εικ. 1.2.3α) ή με το δυναμόμετρο (Εικ. 1.2.3β).

Στο ζυγό με ελατήριο το ελατήριο είναι κλεισμένο για λόγους προστασίας μέσα σε κουτί και στο ένα άκρο του έχει στερεωμένο ένα δείκτη.

Η αρχή μέτρησης της δύναμης με τα παραπάνω όργανα στηρίζεται στην **ελαστική παραμόρφωση** που αυτή προκαλεί. Όταν από το ελατήριο κρεμάσουμε ένα σώμα, η επιμήκυνση εξαρτάται από το βάρος του σώματος αυτού. Διπλάσιο βάρος προκαλεί διπλάσια επιμήκυνση. Έτσι κρεμώντας διαφορετικά σώματα γνωστών βαρών και σημειώνοντας τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις είναι δυνατό να βαθμολογήσουμε το ελατήριο και να κατασκευάσουμε ένα δυναμόμετρο.

Εφαρμογή

Μέτρηση δύναμης.



Δύο κορίτσια αγόρασαν ένα πεπόνι και θέλουν να το ζυγίσουν. Δεν έχουν ζυγαριά αλλά ένα ελατήριο και ένα πακέτο ζάχαρη του ενός kg. Η σακούλα με τη ζάχαρη επιμηκύνει το ελατήριο 60mm. Το πεπόνι προκαλεί μια επιμήκυνση 84mm. Πόσο είναι το βάρος του;

Η μάζα της ζάχαρης είναι 1kg. Οπότε το βάρος της (η δύναμη της βαρύτητας πάνω της) είναι 10N.

Αυτή τεντώνει το ελατήριο κατά 60mm, άρα μπορούμε να σχεδιάσουμε μία γραφική παράσταση της δύναμης που επιμηκύνει το ελατήριο σε συνάρτηση με την επιμήκυνση.

Από το διάγραμμα αυτό μπορεί να υπολογιστεί η δύναμη, όταν κρέμεται το πεπόνι από το ελατήριο, η οποία είναι 14N. (Αυτό σημαίνει ότι η μάζα είναι 1,4kg).





Ελαστική παραμόρφωση

Η παραμόρφωση ενός σώματος λέγεται ελαστική όταν το σώμα επανέρχεται στην αρχική του μορφή, μόλις πάψει να ενεργεί σε αυτό η δύναμη που προκάλεσε την παραμόρφωσή του. Παραδείγματος χάρη, το κοντάρι του άλτη στη διπλανή εικόνα υφίσταται ελαστική παραμόρφωση.

Νόμος του Hooke.

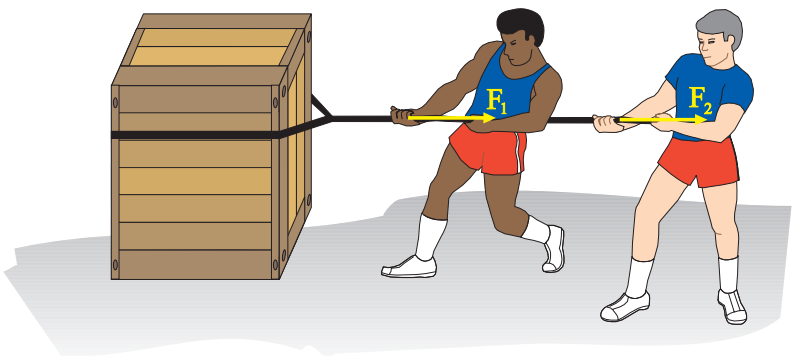
Ο νόμος του Hooke διατυπώνεται ως εξής:
"Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις δυνάμεις που τις προκάλεσαν".

Η μαθηματική έκφραση του νόμου του Hooke, για τα ελατήρια, είναι: $F = Kx$.

Η σταθερά K ονομάζεται σταθερά του ελατηρίου και εξαρτάται από τη φύση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του ελατηρίου (μήκος, πάχος κ.λπ.) και x η μεταβολή του μήκους του.

1.2.2 Σύνθεση συγγραμμικών δυνάμεων

Στην εικόνα 1.2.4 φαίνεται ένα κιβώτιο που προσπαθούν να το κινήσουν δύο άνθρωποι με τη βοήθεια σχοινιού. Θα ήταν δυνατόν άραγε οι δύο δυνάμεις που ασκούν οι άνθρωποι, να αντικατασταθούν με μια δύναμη, την οποία θα ασκούσε ίσως ένα όχημα και η οποία να έφερνε το ίδιο αποτέλεσμα με αυτές;
Η απάντηση είναι ναι.



Εικόνα 1.2.4
Οι δυνάμεις F_1 και F_2 μπορούν να αντικατασταθούν από μία δύναμη.

Γενικότερα, σε κάποιο σώμα που επενεργούν δύο ή περισσότερες δυνάμεις ταυτόχρονα, στο ίδιο σημείο του, υπάρχει μία δύναμη που μπορεί να αντικαταστήσει τις δυνάμεις αυτές και να επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα. Η δύναμη αυτή λέγεται **συνισταμένη** (πολλές φορές συμβολίζεται με ΣF) και οι δυνάμεις που αντικαθιστά λέγονται **συνιστώσες** της.

Τη διαδικασία που ακολουθούμε για τον προσδιορισμό της συνισταμένης δύναμης δύο ή περισσοτέρων δυνάμεων, που ενεργούν στο ίδιο σώμα, την ονομάζουμε **σύνθεση** δυνάμεων.

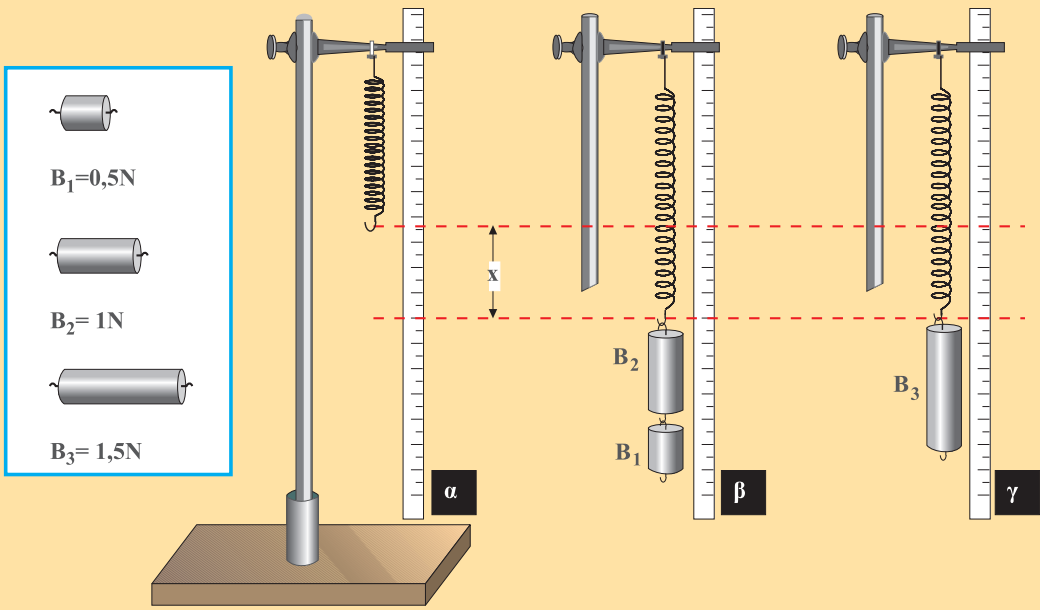
Επειδή η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος, οι δυνάμεις προστίθενται διανυσματικά. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε πώς βρίσκεται η συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων.

Δραστηριότητα

Σύνθεση δύο συγγραμμικών δυνάμεων.

α) Δυνάμεις της ίδιας κατεύθυνσης.

Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας 1α. Κρεμάστε από το άκρο του ελατηρίου δύο βαρίδια με βάρη $B_1 = 0,5N$ και $B_2 = 1N$ (Εικ. 1β). Μετρήστε την επιμήκυνση του ελατηρίου.



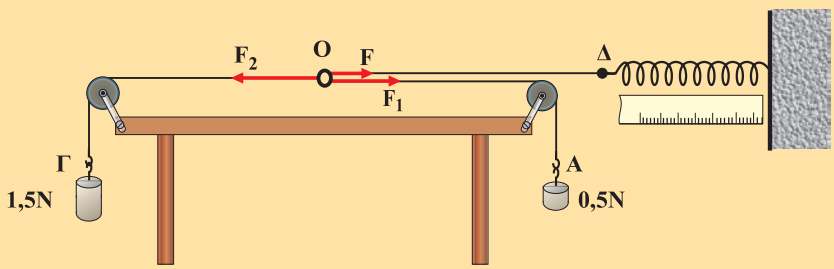
Εικόνα 1
Σύνθεση δύο δυνάμεων ίδιας κατεύθυνσης.

Αντικαταστήστε τα δύο βαρίδια με το βαρίδι B_3 που έχει βάρος 1,5N (Εικ. 1γ). Μετρήστε και πάλι την επιμήκυνση του ελατηρίου και συγκρίνετέ την με την προηγούμενη. Τι διαπιστώνετε; Τι συμπεραίνετε;

β) Δυνάμεις αντίθετης κατεύθυνσης.

Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας 2α. Οι δύο τροχαλίες σε πλαίσιο είναι στερεωμένες στο τραπέζι με τη βοήθεια σφιγκτήρων. Τα τρία άκρα των τριών νημάτων είναι ενωμένα σε ένα σημείο (Ο).

Τα άλλα άκρα των νημάτων έχουν θηλειές για να προσαρμόζονται σ' αυτές δυναμόμετρο και βαρίδια.

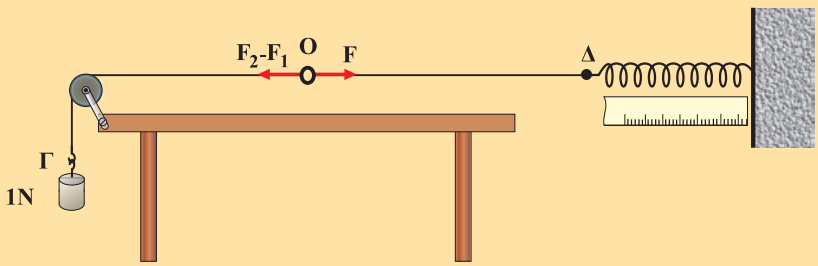


Εικόνα 2α
Σύνθεση δυνάμεων αντίθετης κατεύθυνσης.

Αναρτήστε από τις θηλειές Α και Γ δύο βαρίδια με βάρη 0,5N και 1,5N και ισορροπήστε το σημείο Ο τραβώντας το άκρο Δ με ελατήριο. Μετρήστε το μήκος του ελατηρίου.

Αφαιρέστε τα βαρίδια από τα άκρα Α και Γ και αναρτήστε στο Γ ένα βαρίδι, του οποίου το βάρος είναι ίσο με τη διαφορά των βαρών των δύο βαριδίων, δηλαδή 1N (Εικ. 2β). Μετρήστε πάλι το μήκος του ελατηρίου. Προκαλείται και στην περίπτωση αυτή η ίδια επιμήκυνση του ελατηρίου;

Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ F, F_2, F_1;



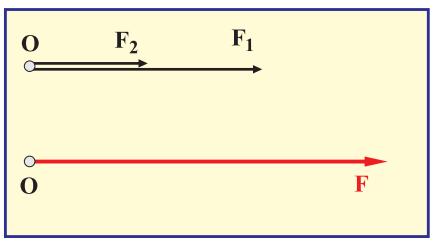
Εικόνα 2β

Από την παραπάνω δραστηριότητα προκύπτουν τα εξής:

1η) Περίπτωση: *Οι δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση.*

Αν δύο δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση η συνισταμένη τους (διανυσματικό άθροισμα) έχει τιμή ίση με το άθροισμα των τιμών των συνιστωσών δυνάμεων και φορά τη φορά τους (Εικ. 1.2.5).

$$F = F_1 + F_2 \qquad (1.2.1)$$

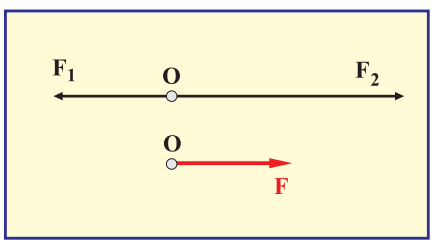


Εικόνα 1.2.5

2η) Περίπτωση: *Οι δυνάμεις έχουν αντίθετη κατεύθυνση.*

Η συνισταμένη δύο δυνάμεων που έχουν αντίθετη κατεύθυνση έχει τιμή ίση με τη διαφορά των τιμών των δυνάμεων και κατεύθυνση αυτή που αντιστοιχεί στη δύναμη με τη μεγαλύτερη τιμή (Εικ. 1.2.6):

$$F = F_2 - F_1 \qquad (1.2.2)$$



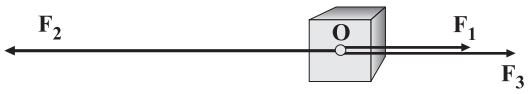
Εικόνα 1.2.6

Γενικότερα, για τη σύνθεση πολλών συγγραμμικών δυνάμεων που ασκούνται στο ίδιο σημείο ενός σώματος ακολουθούμε την παρακάτω διαδικασία:

Επιλέγουμε αυθαίρετα μια θετική φορά. Προσθέτουμε τα μέτρα των δυνάμεων με θετική φορά. Κατόπιν προσθέτουμε τα μέτρα των δυνάμεων με αρνητική φορά. Στη συνέχεια, αφαιρούμε από το άθροισμα των μέτρων των δυνάμεων με θετική φορά, το άθροισμα των μέτρων των δυνάμεων με αρνητική φορά. Αν το αποτέλεσμα είναι θετικός αριθμός η συνισταμένη έχει θετική φορά, ενώ αν είναι αρνητικός αριθμός η συνισταμένη έχει αρνητική φορά.

Παράδειγμα

Να βρεθεί η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα όπως φαίνεται στην εικόνα. Δίνονται: $F_1 = 10N$, $F_2 = 25N$ και $F_3 = 12N$.

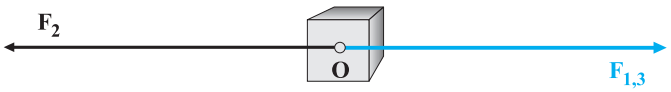


α′ τροπος.

Βρίσκουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_3, που έχει μέτρο:

$$F_{1,3} = F_1 + F_3 \text{ ή}$$

$$F_{1,3} = 10N + 12N = 22N$$

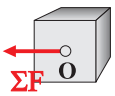


Η κατεύθυνση της δύναμης $F_{1,3}$ είναι ίδια με αυτή που έχουν οι δυνάμεις F_1 και F_3.

Βρίσκουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων $F_{1,3}$ και F_2, που έχει μέτρο:

$$\Sigma F = F_2 - F_{1,3} \text{ ή}$$

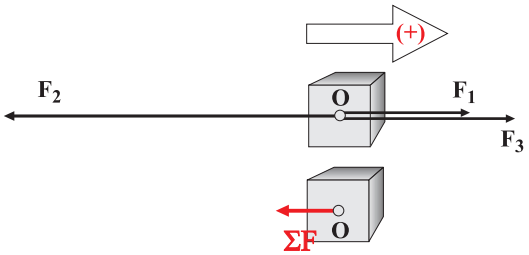
$$\Sigma F = 25N - 22N = 3N$$



Η κατεύθυνση της δύναμης F είναι ίδια με αυτή της δύναμης F_2.

β′ τρόπος.

Μπορούμε να εργαστούμε και ως εξής:



Επιλέγουμε ως θετική φορά τη φορά της δύναμης F_1. Τότε η συνισταμένη ΣF θα ισούται:

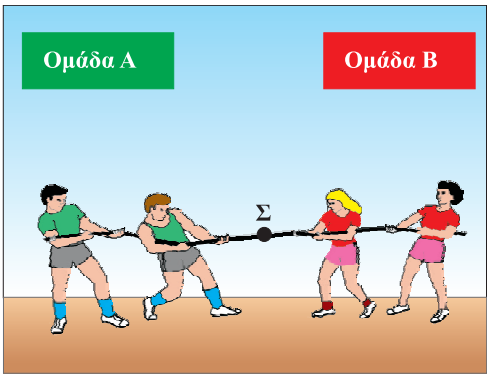
$$\Sigma F = F_1 - F_2 + F_3 \qquad \text{ή}$$

$$\Sigma F = 10N - 25N + 12N \qquad \text{ή} \qquad \Sigma F = -3N.$$

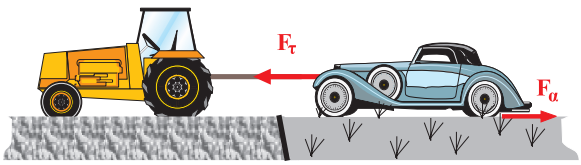
Η κατεύθυνση της δύναμης F είναι αντίθετη με τη φορά που επιλέξαμε ως θετική, δηλαδή έχει φορά ίδια με αυτή της δύναμης F_2.

Εφαρμογές

1) Δύο ομάδες παιδιών προσπαθούν να νικήσει η μία την άλλη στο παιγνίδι με το σχοινί (διελκυνστίδα). Παρόλο που στο σημείο Σ του σχοινιού ασκούνται δυνάμεις αυτό δε μετακινείται, διότι η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν.



2) Το Ι.Χ. αυτοκίνητο "κόλλησε" στη λάσπη και το τρακτέρ προσπαθεί να το βγάλει. Είναι φανερό ότι αν το μέτρο της δύναμης $F_τ$, που ασκεί το τρακτέρ είναι μεγαλύτερο από το μέτρο της δύναμης $F_α$, το αυτοκίνητο θα απομακρυνθεί από τη λάσπη.

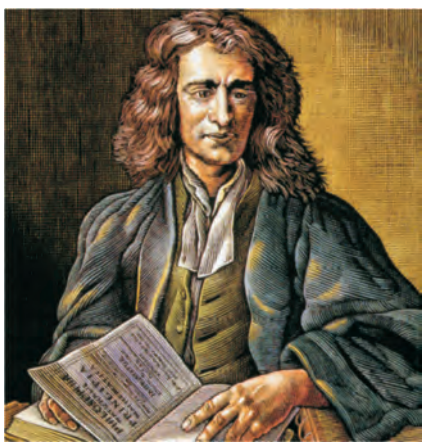


ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

Το 1687, ο Άγγλος Φυσικός και Μαθηματικός, Ισαάκ Νεύτων, δημοσίευσε τους νόμους της Μηχανικής, οι οποίοι διέπουν την κίνηση των σωμάτων και συσχετίζουν την κίνηση με τη δύναμη.

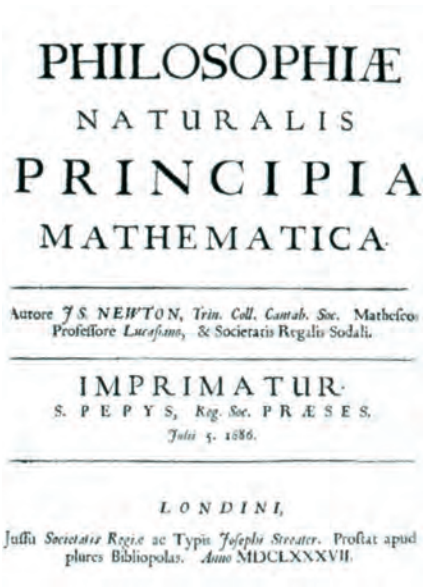
Οι νόμοι αυτοί ίσχυσαν αμετάβλητοι για περισσότερο από διακόσια χρόνια και επαληθεύτηκαν αναρίθμητες φορές. Η καθολική ισχύς τους αμφισβητήθηκε από τον Αϊνστάιν.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τους δύο πρώτους νόμους του Νεύτωνα, ο τρίτος νόμος θα μελετηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.



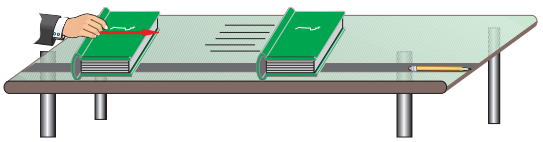
Isaac Newton (1642-1727).

1.2.3 Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
Autore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.
IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.
LONDINI,
Justu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Στο βιβλίο με τίτλο "Philosophia Naturalis Principia Mathematica", ο Νεύτωνας παρουσίασε τις απόψεις του για τη δύναμη και την κίνηση. Η μετάφραση του τίτλου του βιβλίου στα Ελληνικά είναι: "Μαθηματικές απαρχές της φυσικής Φιλοσοφίας".

Δώσε μια ώθηση στο βιβλίο σου πάνω στο θρανίο, εικόνα 1.2.7, και παρατήρησε τι θα συμβεί. Είναι βέβαιο ότι πριν το κάνεις γνωρίζεις από την εμπειρία σου την απάντηση. Το βιβλίο θα διανύσει μικρή απόσταση και θα σταματήσει. Αυτή η εμπειρία οδήγησε στο συμπέρασμα που διατύπωσε ο Αριστοτέλης και ίσχυσε ως το Μεσαίωνα, ότι η φυσική κατάσταση των σωμάτων είναι η ακινησία. Κατά την άποψη αυτή όλα τα αντικείμενα κινούνται μόνο εάν κάποια δύναμη προκαλεί την κίνησή τους. Δηλαδή είναι αδύνατο να κινείται ένα σώμα χωρίς να υπάρχει κάποια δύναμη που να δρα διαρκώς σε αυτό. Παρόλο που η απάντηση φαίνεται με πρώτη ματιά λογική, δεν είναι επιστημονικά αποδεκτή.



Εικόνα 1.2.7

Ας υποθέσουμε τώρα ότι σπρώχνεις το βιβλίο σου να γλιστρήσει πάνω σε ένα πολύ μεγάλο και πολύ καλά γυαλισμένο πάτωμα με την ίδια ώθηση. Το βιβλίο πάλι θα σταματήσει, αλλά αυτή τη φορά θα έχει κινηθεί για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Φαντάσου τώρα ότι το πάτωμα γίνεται μία τεράστια επίπεδη και τόσο καλά γυαλισμένη επιφάνεια που οι τριβές να είναι ασήμαντες. Δεν μπορούμε άραγε να υποθέσουμε ότι σε τέτοιες συνθήκες το βιβλίο θα εκινείτο συνεχώς;

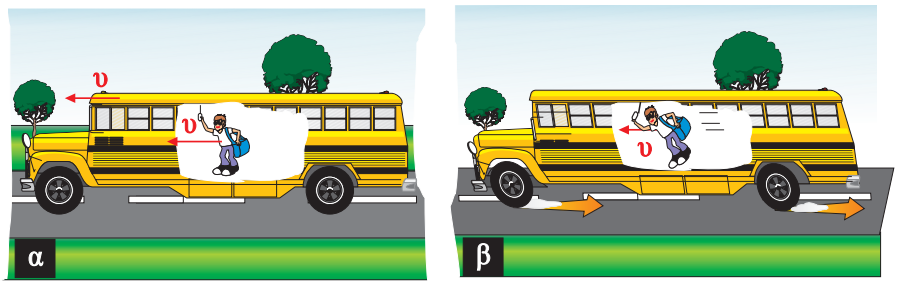
Ο Γαλιλαίος, ο οποίος ήταν ο πρώτος που έκανε τέτοια υποθετικά πειράματα, συμπέρανε ότι δεν οφείλεται στη φύση των σωμάτων να σταματάνε όταν τα θέσουμε σε κίνηση, αλλά τα σταματάει η τριβή. Αντιθέτως τα σώματα αντιστέκονται στη μεταβολή της ταχύτητάς τους. Η ιδιότητα που έχουν τα σώματα να αντιστέκονται στη μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης λέγεται **αδράνεια** ή **αδράνεια των σωμάτων** ή **αδράνεια της ύλης**.

Με την έκφραση "*μεταβολή της κινητικής κατάστασης*" εννοούμε το εξής:

Από κινητική άποψη ένα σώμα ή θα ηρεμεί ή θα κινείται. Αν ένα σώμα που αρχικά ηρεμεί τεθεί σε κίνηση η κινητική του κατάσταση μεταβάλλεται. Επίσης σ' ένα σώμα που κινείται, αν μεταβληθεί η ταχύτητά του τότε μεταβάλλεται και η κινητική του κατάσταση.

Ένα παράδειγμα που φαίνεται η αδράνεια των σωμάτων είναι το εξής: Ένα αυτοκίνητο κινούμενο με σταθερή ταχύτητα φρενάρει ξαφνικά, οπότε οι επιβάτες κινούνται προς τα εμπρός. Αυτό συμβαίνει γιατί οι επιβάτες κινούνται με την

ταχύτητα του αυτοκινήτου. Όταν αυτό φρενάρει (ασκείται μεγάλη δύναμη στο αυτοκίνητο από το οδόστρωμα), δεν υπάρχει μεγάλη δύναμη για να σταματήσει τους επιβάτες, οι οποίοι τείνουν να διατηρήσουν την κινητική τους κατάσταση και κινούνται προς τα εμπρός (Εικ. 1.2.8).



Εικόνα 1.2.8
Όταν το αυτοκίνητο φρενάρει απότομα, ο επιβάτης συνεχίζει να κινείται προς τα εμπρός.

Τα συμπεράσματα σχετικά με την αδράνεια της ύλης διατυπώνονται με σαφήνεια στον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, ως εξής:

Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε το σώμα ή ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.

Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα βρίσκει εφαρμογή στη σύγχρονη διαστημική. Όταν, παραδείγματος χάρη, ένα διαστημόπλοιο που κινείται μακριά από πλανήτες ή άλλα ουράνια σώματα, (άρα δεν δέχεται καμιά δύναμη από άλλα σώματα και επομένως έχει σταθερή ταχύτητα), χρειαστεί να αλλάξει την ταχύτητά του, χρησιμοποιεί κάποιο προωθητικό σύστημα. Όταν αποκτήσει την επιθυμητή ταχύτητα τότε μπορεί να κινείται με αυτή, λόγω αδράνειας, χωρίς να λειτουργούν οι προωθητικοί πύραυλοι.

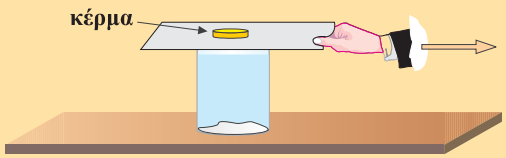
Ένας μαθητής ισχυρίζεται, ότι αδράνεια είναι η δύναμη η οποία διατηρεί την κίνηση των αντικειμένων.

Συμφωνείτε με αυτό τον ισχυρισμό;

Δραστηριότητα

Αδράνεια των σωμάτων.

1. Απλώστε στον πυθμένα ενός ποτηριού λίγο βαμβάκι.
2. Τοποθετήστε επάνω στο ποτήρι ένα φύλλο από χοντρό χαρτόνι και επάνω σ' αυτό μία μεταλλική σφαίρα (ή ένα κέρμα).
3. Σύρετε το χαρτόνι αργά, διατηρώντας το οριζόντιο. Τι παρατηρείτε;



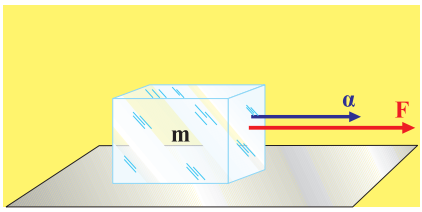
4. Τοποθετήστε πάλι το χαρτόνι με τη σφαίρα ή το κέρμα επάνω στο ποτήρι. Τραβήξτε απότομα το χαρτόνι. Τι συμβαίνει; Πώς ερμηνεύετε αυτό που παρατηρήσατε;

1.2.4 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής

Όπως είδαμε, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μελετά την περίπτωση που η συνισταμένη των δυνάμεων οι οποίες ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδέν. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, που λόγω της σπουδαιότητάς του στη μελέτη των κινήσεων, λέγεται και Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής, απαντά στο ερώτημα:

Τι συμβαίνει σε ένα σώμα, όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σ' αυτό δεν είναι μηδέν;

Ας κάνουμε το εξής υποθετικό πείραμα. Σε ένα καλά γυαλισμένο δάπεδο σπρώχνουμε με *σταθερή* δύναμη μια κολώνα πάγου (Εικ. 1.2.9). Βρίσκουμε ότι το σώμα κινείται με *σταθερή* επιτάχυνση.



Εικόνα 1.2.9

Διπλασιάζουμε τη δύναμη που ασκούμε στο σώμα και βρίσκουμε ότι και η επιτάχυνση διπλασιάζεται. Αν τριπλασιάσουμε τη δύναμη και η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα τριπλασιάζεται. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι: η δύναμη $\vec{F}$ που ασκείται σε ένα σώμα και η επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ που αποκτά αυτό είναι μεγέθη ανάλογα.

Μπορούμε λοιπόν να γράψουμε:

$$\vec{F} = m\vec{\alpha} \qquad (1.2.3)$$

Η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα και η δύναμη που ενεργεί σ' αυτό, έχουν σχέση αποτελέσματος - αιτίου. *Η κατεύθυνση της επιτάχυνσης είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης*. Για το λόγο αυτό, στους υπολογισμούς η σχέση αυτή γράφεται $F = m\alpha$.

Ο συντελεστής αναλογίας m της παραπάνω σχέσης $m = F/\alpha$ αποτελεί τον ορισμό για τη μάζα και ονομάζεται **μάζα αδράνειας** του σώματος ή απλά μάζα. Για την έννοια της μάζας θα μιλήσουμε αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο.

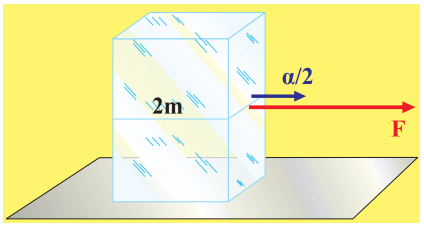
Αν στη σχέση $F = m\alpha$ θέσουμε $m = 1kg$ και $\alpha = 1m/s^2$ προκύπτει η μονάδα μέτρησης της δύναμης που ονομάζεται **1N**.

$$1N = 1kg\frac{m}{s^2}$$

Δηλαδή, 1N είναι η δύναμη που αν ενεργήσει σε σώμα μάζας 1kg του προσδίδει επιτάχυνση $1m/s^2$.

Από την ίδια σχέση (1.2.3) προκύπτει ότι *τα μεγέθη μάζα και επιτάχυνση είναι αντιστρόφως ανάλογα,* όταν η δύναμη είναι σταθερή. Πράγματι στο υποθετικό πείραμα με την κολώνα του πάγου υποθέτουμε, ότι πάνω στην κολώνα στερεώνουμε μια δεύτερη ίσης μάζας με την πρώτη. Αν σπρώξουμε με την ίδια δύναμη όπως προηγουμένως, θα βρούμε ότι η

επιτάχυνση που αποκτά το σύστημα έχει τιμή ίση με το 1/2 της προηγούμενης τιμής της (Εικ. 1.2.10). Αν προσθέσουμε και τρίτη κολώνα πάγου και σπρώξουμε με την ίδια σταθερή δύναμη η επιτάχυνση θα έχει τιμή ίση με το ένα 1/3 της αρχικής της.



Εικόνα 1.2.10

Μπορούμε λοιπόν να υποστηρίξουμε ότι *η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα με την επίδραση μιας σταθερής δύναμης είναι αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του σώματος.*

Η σχέση (1.2.3) ισχύει και όταν στο σώμα ασκούνται περισσότερες από μία δυνάμεις και γράφεται:

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{\alpha}$$

όπου $\Sigma\vec{F}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων.

Διερεύνηση της σχέσης $\vec{F} = m\vec{\alpha}$.

α. *Αν σ' ένα σώμα δεν ασκείται δύναμη, ή ασκούνται δυνάμεις με συνισταμένη μηδέν, δηλαδή είναι $\Sigma F = 0$, τότε και η επιτάχυνση θα είναι μηδέν, δηλαδή $\alpha = 0$.*

Αυτό σημαίνει ότι, αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι ίση με μηδέν, δεν αλλάζει η κινητική κατάσταση του σώματος. Έτσι το σώμα ηρεμεί, αν αρχικά ηρεμούσε, ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά αν αρχικά είχε ταχύτητα (1ος νόμος του Νεύτωνα).

β. *Αν σ' ένα σώμα ασκείται σταθερή δύναμη της ίδιας κατεύθυνσης με την ταχύτητά του, τότε και η επιτάχυνση που αποκτά είναι σταθερή και το σώμα εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Αν η δύναμη είναι αντίθετης κατεύθυνσης από την ταχύτητα η κίνηση είναι ομαλά επιβραδυνόμενη.*

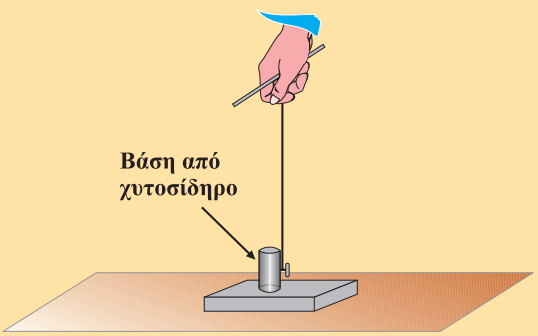
γ. *Αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μεταβαλλόμενη τότε και η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα θα είναι μεταβαλλόμενη.*

Μερικοί μαθητές πιστεύουν, ότι τα σώματα παύουν να κινούνται όταν παύσει να ασκείται σ' αυτά δύναμη.

Ποια είναι η δική σας άποψη;

Δραστηριότητα

1. Κόψτε νήμα μήκους 1m περίπου και δέστε το ένα άκρο του σε χυτοσιδερένια βάση (ή άλλο βαρύ σώμα) και το άλλο σε ένα ραβδάκι.
2. Σηκώστε τη χυτοσιδερένια βάση τραβώντας αργά προς τα επάνω το νήμα. Τι παρατηρείτε;
3. Επαναλάβετε τραβώντας απότομα το νήμα. Τι συμβαίνει; Εξηγήστε τη διαφορετική συμπεριφορά του χυτοσιδερένιου σώματος όταν προσπαθείτε να τη σηκώσετε τραβώντας το νήμα: α) σιγά - σιγά, β) απότομα.
4. Αναφέρετε μερικά παραδείγματα των αποτελεσμάτων της αδράνειας που συναντάτε στην καθημερινή σας ζωή.
5. Προσπαθήστε να δικαιολογήσετε τη χρήση της ζώνης ασφαλείας από τους επιβάτες αυτοκινήτων και αεροπλάνων.

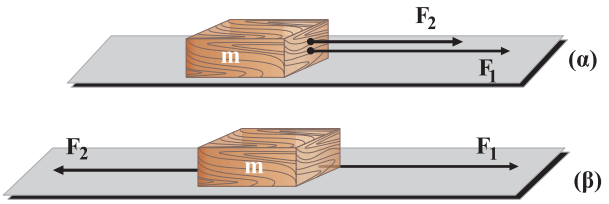


Παράδειγμα

Σε σώμα μάζας m = 1kg ασκούνται δύο δυνάμεις $F_1 = 4N$ και $F_2 = 3N$ που είναι:

α) ομόρροπες

β) αντίρροπες



Σε κάθε περίπτωση να σχεδιάσετε την επιτάχυνση του σώματος και να βρείτε το μέτρο της.

Επίσης να υπολογίσετε το διάστημα που θα διανύσει το σώμα σε χρόνο 2s, αν αρχικά αυτό ήταν ακίνητο.

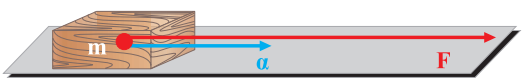
Απάντηση

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, η κατεύθυνση της επιτάχυνσης θα είναι ίδια με την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης, για κάθε περίπτωση. Η τιμή της θα βρεθεί από τη σχέση

$$\alpha = \frac{F}{m} \qquad (1)$$

Στην πρώτη περίπτωση το μέτρο της συνισταμένης F ισούται με:

$$F = F_1 + F_2 = 7N$$

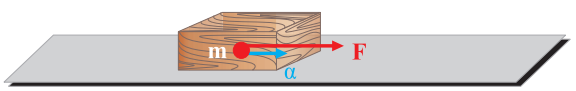


και με αντικατάσταση στη σχέση (1), προκύπτει ότι η επιτάχυνση έχει τιμή:

$$\alpha = 7m/s^2.$$

Στη δεύτερη περίπτωση που οι δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά το μέτρο της συνισταμένης τους έχει τιμή:

$$F = F_1 - F_2 = 1N$$



και με αντικατάσταση στη σχέση (1), προκύπτει ότι η επιτάχυνση έχει τιμή:

$$\alpha = 1m/s^2.$$

Το σώμα και στις δύο περιπτώσεις εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (α = σταθερή). Η σχέση που δίνει το διάστημα που διάνυσε το σώμα είναι:

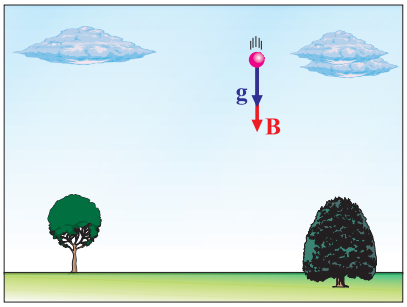
$$s = \frac{1}{2}\alpha t^2$$

Γνωρίζουμε τις τιμές του χρόνου και της επιτάχυνσης και με αντικατάσταση υπολογίζουμε το διάστημα που είναι s = 14m και s = 2m αντίστοιχα για κάθε περίπτωση.

1.2.5 Η έννοια του βάρους

Όπως γνωρίζουμε, αν αφήσουμε ένα σώμα να πέσει ελεύθερα, πέφτει με την επιτάχυνση της βαρύτητας g = 9,81m/s². Σύμφωνα με το Θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής, αφού το σώμα έχει επιτάχυνση θα ενεργεί σ' αυτό δύναμη $\vec{F} = m\vec{\alpha}$ ή $\vec{F} = m\vec{g}$, που έλκει το σώμα προς τη Γη. Τη δύναμη αυτή την ονομάζουμε **βάρος** του σώματος και τη συμβολίζουμε με $\vec{B}$, (Εικ. 1.2.11), δηλαδή:

$$\vec{B} = m\vec{g} \qquad (1.2.4)$$



Εικόνα 1.2.11

Σύμφωνα με τη σχέση αυτή σώμα μάζας 1kg έχει βάρος:

$$B = 1kg \cdot 9{,}81m/s^2 \text{ ή } B = 9{,}81N$$

Πολλές φορές για τη μέτρηση του βάρους χρησιμοποιείται ως μονάδα το κιλοπόντ (kp), γνωστό και ως χιλιόγραμμο βάρους, που είναι: 1kp = 9,81N.
Μια δύναμη είναι ίση με 1kp όταν ενεργεί σε μάζα 1kg και της προσδίδει επιτάχυνση α = g = 9,81m/s².

[Με την καθιέρωση του Διεθνούς Συστήματος μονάδων (S.I.) ως μονάδα δύναμης χρησιμοποιείται μόνο το 1N].

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η μάζα m ενός σώματος είναι σταθερή, ενώ το βάρος του μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο πάνω στην επιφάνεια της Γης. Επίσης το βάρος ενός σώματος μειώνεται με το υψόμετρο, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Δεν έχει νόημα να μιλάμε για το βάρος της Γης ή της Σελήνης ή οποιουδήποτε αστέρα, αλλά μόνο για τη μάζα τους.

1.2.6 Η έννοια της μάζας

Είδαμε ότι σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα τα σώματα έχουν την ιδιότητα να αντιστέκονται σε κάθε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης. Την ιδιότητα αυτή την ονομάσαμε αδράνεια. Μέτρο της αδράνειας ενός σώματος αποτελεί η μάζα του που λέγεται και **αδρανειακή μάζα**.

Ένα σώμα μεγάλης μάζας παρουσιάζει και μεγάλη αδράνεια γι' αυτό απαιτείται μεγάλη δύναμη προκειμένου να αποκτήσει ορισμένη επιτάχυνση, εικόνα 1.2.12.

Η αδρανειακή μάζα ενός σώματος υπολογίζεται από τη σχέση F = mα.

Για να μετρήσουμε τη μάζα αδράνειας ενός σώματος ασκούμε επάνω του δύναμη και μετράμε την επιτάχυνση που αποκτά.

Μπορούμε να υπολογίσουμε μια μάζα μετρώντας τη δύναμη βαρύτητας πάνω σ' αυτή, συγκρίνοντας τη βαρυτική έλξη που δέχεται με την έλξη που δέχεται κάποια άλλη πρότυπη μάζα.



Εικόνα 1.2.12
Από τα δύο αυτοκίνητα της εικόνας, ποιο μπορεί να κινηθεί ευκολότερα;

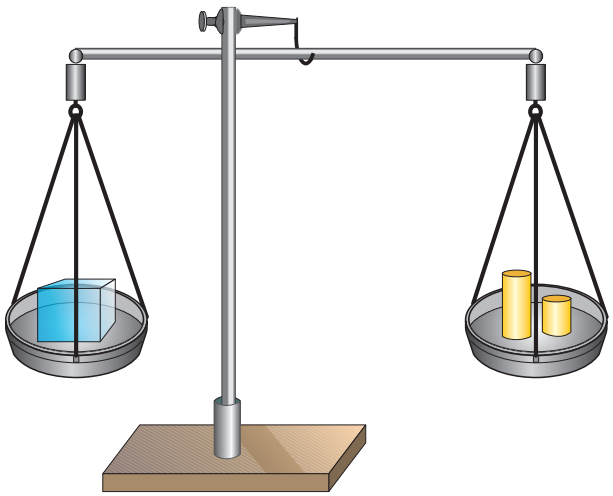
Έστω δύο σώματα με μάζες m_1 και m_2 που έχουν βάρη B_1 και B_2, στον ίδιο τόπο. Είναι:

$$B_1 = m_1 g \text{ και}$$
$$B_2 = m_2 g$$

Διαιρώντας τις σχέσεις αυτές κατά μέλη παίρνουμε:

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

Δηλαδή ο λόγος των βαρών δύο σωμάτων (στον ίδιο τόπο) ισούται με το λόγο των μαζών τους. Την ιδιότητα αυτή τη χρησιμοποιούμε για την εύρεση της μάζας ενός σώματος με το ζυγό, συγκρίνοντας το βάρος του με το βάρος των σταθμών (Εικ. 1.2.13).



Εικόνα 1.2.13
Μέτρηση μάζας με ζυγό.

Η μάζα που προκύπτει από τη μέτρηση της δύναμης βαρύτητας (βάρος) πάνω σ' αυτή, χωρίς τη χρήση επιτάχυνσης λέγεται **βαρυτική μάζα**.

Πειράματα που έγιναν έδειξαν ότι η βαρυτική και η αδρανειακή μάζα είναι ίσες. Το γεγονός αυτό αποτελεί μία σπουδαία ιδιότητα της ύλης που μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε την έννοια "μάζα" αδιακρίτως είτε πρόκειται για βαρυτική είτε για αδρανειακή μάζα.



Εικόνα 1.2.14
Πρότυπο χιλιόγραμμο μάζας.

Η μονάδα μέτρησης της μάζας είναι το **1kg**, που ισούται με τη μάζα του προτύπου χιλιογράμμου μάζας, το οποίο φυλάσσεται στο μουσείο Μέτρων και Σταθμών των Σεβρών της Γαλλίας (Εικ. 1.2.14).

Η αδρανειακή μάζα αλλάζει

Ενώ η βαρυτική μάζα ενός σώματος διατηρείται σταθερή, η αδρανειακή μάζα, σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, αυξάνεται όταν η ταχύτητα του σώματος πλησιάζει την ταχύτητα του φωτός, c = 300.000km/s. Αύξηση όμως της μάζας σημαίνει ότι, απαιτείται επιπλέον δύναμη για να συνεχίσει το σώμα να κινείται με την ίδια επιτάχυνση.

1.2.7 Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων

Αν από το ίδιο ύψος αφήσουμε να πέσουν ταυτόχρονα δύο σφαίρες με διαφορετικό βάρος ποια νομίζεις ότι θα φθάσει πρώτη στο έδαφος; Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα βαρύτερα σώματα φθάνουν γρηγορότερα στη Γη από τα ελαφρύτερα. Την αντίληψη αυτή είχε και η επιστήμη έως την Αναγέννηση, που ο Γαλιλαίος απέδειξε το λάθος αυτού του ισχυρισμού. Λένε ότι από τον πύργο της Πίζας άφησε να πέσουν ταυτόχρονα δύο μεταλλικές σφαίρες διαφορετικής μάζας και παρατήρησε ότι έφθασαν ταυτόχρονα στο έδαφος.

Λέμε ότι ένα σώμα κάνει ελεύθερη πτώση όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σε αυτό είναι το βάρος του, το οποίο θεωρείται σταθερό. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Η ελεύθερη πτώση, επακριβώς, πραγματοποιείται μόνο στο κενό.

Έχει αποδειχθεί ότι όταν αφήσουμε ένα μικρό σώμα να πέσει ελεύθερα, από μικρό ύψος από την επιφάνεια της Γης, πέφτει με κίνηση ομαλά επιταχυνόμενη. Η επιτάχυνση έχει μέση τιμή $g = 9{,}8 m/s^2$ σε γεωγραφικό πλάτος 45°.
Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται στην έλξη της Γης και ονομάζεται *επιτάχυνση της βαρύτητας*.

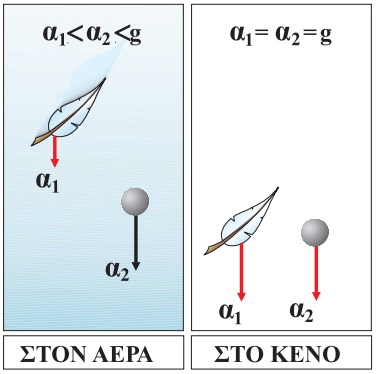
Όταν ένα σώμα πέφτει στον αέρα ή σε υγρό, παραδείγματος χάρη στο νερό, η αντίσταση του μέσου δε θεωρείται αμελητέα. Σ' αυτή την περίπτωση το σώμα αποκτά τελικά μία σταθερή ταχύτητα που λέγεται οριακή ταχύτητα. Στις περιπτώσεις αυτές που υπάρχει αντίσταση στην κίνηση η πτώση δεν είναι ελεύθερη.

Στη Φυσική είναι εύκολο να καταλήξει κανείς σε λανθασμένο συμπέρασμα από μία τυχαία παρατήρηση. Έτσι, αν από το ίδιο ύψος αφήσουμε να πέσουν την ίδια χρονική στιγμή ένα φτερό και μια μικρή σφαίρα από μόλυβδο, το φτερό θα πέσει πολύ βραδύτερα από τη σφαίρα.



Galileo Galilei (1564-1642). Θεμελιωτής της πειραματικής διαδικασίας στην περίοδο της Αναγέννησης. Ασχολήθηκε με τη Φυσική και την Αστρονομία.





Εικόνα 1.2.15
Πτώση σωμάτων.

Αυτό συμβαίνει γιατί η αντίσταση που προβάλλει ο αέρας στην κίνηση του φτερού (Εικ. 1.2.15) είναι πολύ πιο μεγάλη από ό,τι στη σφαίρα, με αποτέλεσμα το φτερό να πέσει πιο αργά. Αν η αντίσταση του αέρα ελαττωθεί πολύ, τότε και το φτερό πέφτει με τη ίδια επιτάχυνση που πέφτει και η σφαίρα. Λένε πως αυτό το απόδειξε πειραματικά ο Άγγλος Μπόιλ (Robert Boyle, 1627-1691) λίγο μετά το θάνατο του Γαλιλαίου. Με τη βοήθεια της αεραντλίας, την οποία ο ίδιος εφεύρε, αφαίρεσε τον αέρα από ένα γυάλινο σωλήνα, μέσα στον οποίο είχε τοποθετήσει ένα φτερό και μια μολύβδινη σφαίρα. Όταν αντέστρεψε το σωλήνα, το φτερό και η σφαίρα έπεσαν ταυτόχρονα. Στη συνέχεια ως "ελεύθερη πτώση" εννοούμε την πτώση, όταν οι αντιστάσεις του αέρα θεωρούνται αμελητέες και το βάρος σταθερό.



Εικόνα 1.2.16
Η αντίσταση του αέρα είναι πολύ πιο μεγάλη στο αλεξίπτωτο από ότι στον αθλητή ελεύθερης πτώσης.

Εξισώσεις ελεύθερης πτώσης

Αν στις σχέσεις που περιγράφουν την ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση θέσουμε $\upsilon_0 = 0$ και $\alpha = g$ παίρνουμε τις εξισώσεις:

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \qquad (1.2.5)$$

και

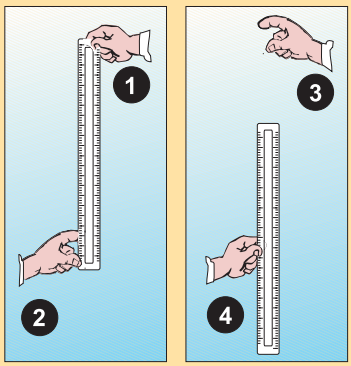
$$\upsilon = gt \qquad (1.2.6)$$

Οι σχέσεις αυτές περιγράφουν την ελεύθερη πτώση ενός σώματος, που αφήνεται από την ηρεμία. Από την εξίσωση του διαστήματος φαίνεται ότι, το διάστημα που διανύει ένα σώμα κατά την ελεύθερη πτώση, είναι ανάλογο του τετραγώνου του χρόνου, ενώ από την εξίσωση $\upsilon = gt$ φαίνεται ότι η τιμή της ταχύτητας είναι ανάλογη του χρόνου πτώσης.

Δραστηριότητα

Χρησιμοποιώντας ένα βαθμολογημένο κανόνα υπολογίστε το χρόνο αντίδρασής σας. Τι εννοούμε με την έκφραση "χρόνος αντίδρασης" θα αντιληφθείτε στη συνέχεια.

Δύο μαθητές πειραματίζονται, όπως δείχνουν οι εικόνες. Ο ένας κρατάει το βαθμολογημένο κανόνα κατακόρυφα από το ένα άκρο (θέση 1) και ο άλλος έχει το χέρι του κοντά στην ένδειξη μηδέν του κανόνα (θέση 2). Αμέσως όταν ο πρώτος αφήσει τον κανόνα να πέσει ελεύθερα (θέση 3) ο δεύτερος προσπαθεί να τον πιάσει (θέση 4). Ο χρόνος που μεσολαβεί αποτελεί το χρόνο αντίδρασης.



Στην εικόνα ο μαθητής πιάνει τον κανόνα στην ένδειξη 20. Μπορείτε να υπολογίσετε το χρόνο της αντίδρασής του; Δίνεται ότι $g = 10 m/s^2$.

Χρησιμοποιώντας βαθμολογημένους κανόνες πειραματισθείτε ανά δύο και υπολογίστε το χρόνο αντίδρασης του καθενός σας.

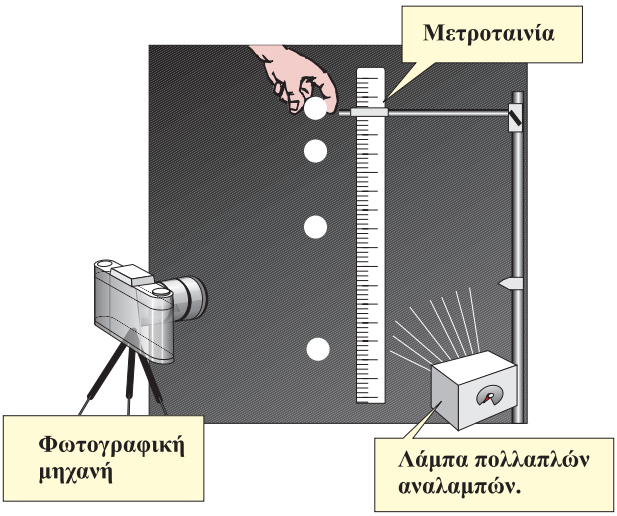
Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα της έρευνάς σας. Τι συμπέρασμα βγάλατε; Έχουν όλοι οι άνθρωποι τον ίδιο χρόνο αντίδρασης; Βρείτε άλλες περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε το χρόνο αντίδρασης.

1.2.8 Σύγχρονοι τρόποι μελέτης των κινήσεων

Ένας σύγχρονος τρόπος έρευνας των κινήσεων φαίνεται στην εικόνα 1.2.17. Σε ένα σκοτεινό δωμάτιο υπάρχουν:

1) Μια ειδική λάμπα (πολλαπλών αναλαμπών) που ανάβει και σβήνει με σταθερό ρυθμό φωτίζοντας το αντικείμενο του οποίου την κίνηση θέλουμε να μελετήσουμε.

2) Μια φωτογραφική μηχανή με το διάφραγμά της συνεχώς ανοικτό. Κάθε φορά που η λάμπα ανάβει, στο φιλμ της μηχανής αποτυπώνεται η εικόνα του αντικειμένου του οποίου μελετάμε την κίνηση. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται χρονοφωτογράφηση και έχει πολλές εφαρμογές όπως



Εικόνα 1.2.17
Χρονοφωτογράφηση της πτώσης μίας σφαίρας.

π.χ. στον αθλητισμό (Εικ. 1.2.18). Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα και την επιτάχυνση στην ελεύθερη πτώση όπως φαίνεται στην παρακάτω δραστηριότητα.



Εικόνα 1.2.18
Η χρονοφωτογράφηση χρησιμοποιείται στον αθλητισμό. Στην εικόνα φαίνονται διαδοχικά στιγμιότυπα από ένα άλμα. Μελετώντας τα στιγμιότυπα, ο αθλητής βελτιώνει την τεχνική του.

Δραστηριότητα



Μια σφαίρα του μπιλιάρδου αφήνεται να πέσει ελεύθερα δίπλα σε μία μετροταινία και φωτογραφίζεται η πτώση της με διαδοχικές φωτογραφίες που λαμβάνονται σε μικρά διαστήματα (π.χ. κάθε 1/30 του s).

Από την ανάλυση της φωτογραφίας της εικόνας προκύπτει πίνακας τιμών με δέκα διαφορετικές χρονικές στιγμές (1,2,...11) και μετρήσιμες μεταβολές διαστήματος (Δs).

ΠΙΝΑΚΑΣ

Αριθμός διαστήματος	Μετατόπιση Δs (cm)	Μέση ταχύτητα Δs/Δt=υ (cm/s)	Μεταβολή στη μέση ταχύτητα Δυ (cm/s)	Επιτάχυνση Δυ/Δt (m/s²)
1	7,70	231		
2	8,75	263	32	9,6
3	9,80			
4	10,85			
5	11,99			
6	13,09			
7	14,18			
8	15,22			
9	16,31			
10	17,45			
11	18,52			
			Μέση επιτάχυνση =	

Από τα διάφορα Δs και τη σταθερή διαφορά χρόνου (Δt = 1/30s) μεταξύ κάθε φωτογραφίας και της επομένης, προκύπτουν διάφορες τιμές για τη μέση ταχύτητα και την επιτάχυνση $\upsilon = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, $g = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t}$.

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του 1ου Δt = 1/30s η

σφαίρα πέφτει κατά Δs = 7,7cm, όπως φαίνεται από την ανάλυση της εικόνας. Έτσι, η μέση ταχύτητα θα είναι:

$$\upsilon_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \upsilon_1 = \frac{7,7}{0,033}\frac{cm}{s} = 231 cm/s.$$

Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του 2ου Δt = 1/30s, η σφαίρα πέφτει κατά Δs = 8,75cm. Είναι λοιπόν

$$\upsilon_2 = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad \upsilon_2 = 262,5 cm/s.$$

Από τη μεταβολή του μέτρου της ταχύτητας ($\Delta\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1$) και τη σταθερή μεταβολή χρόνου (Δt = 1/30s) προκύπτει η τιμή της επιτάχυνσης, που αντιστοιχεί στη μεταβολή αυτή, δηλαδή:

$$g = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad g = \frac{263 - 231}{0,033}\frac{cm/s}{s} \quad \text{ή} \quad g = 960 cm/s^2$$

Επαναλαμβάνοντας την ίδια εργασία μεταξύ των στιγμών 2 και 3, 3 και 4, 4 και 5 κ.ο.κ., να βρείτε τελικά ένα σύνολο τιμών από τις οποίες να υπολογίσετε το μέσο όρο της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Πρέπει όμως να τονίσουμε ότι, για τη μελέτη της πτώσης των σωμάτων επιλέγουμε μικρά διαστήματα, σ' ένα συνολικό μήκος που να μην υπερβαίνει τα 2m και σώματα μεγάλης πυκνότητας, ώστε να είναι πρακτικά αμελητέα η αντίσταση του αέρα. Οι αποκλίσεις των τιμών που βρήκατε από τη γνωστή τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας οφείλονται στα πειραματικά σφάλματα.

Η πειραματική μέθοδος



Σε αντίθεση με τον Αριστοτέλη, που βάσιζε τα συμπεράσματά του μόνο στο λογικό συλλογισμό, ο Γαλιλαίος κατέληγε σ' αυτά με βάση πειραματικά δεδομένα, λεπτομερειακές παρατηρήσεις και λογικές αιτιολογήσεις. Ο πειραματικός τρόπος έρευνας που θεμελίωσε ο Γαλιλαίος αποτελεί σήμερα το θεμέλιο των Φυσικών Επιστημών. Όμως αυτό δεν αποκλείει το να προηγείται σε πολλές περιπτώσεις ο καθαρά λογικός συλλογισμός και να ακολουθεί το πείραμα ως επιβεβαίωση. Έτσι παραδείγματος χάρη, στη θεμελίωση της σύγχρονης Πυρηνικής Φυσικής προηγήθηκαν οι λογικοί συλλογισμοί του Αϊνστάιν, σχετικά με την ισοδυναμία μάζας και ενέργειας (1905) και πέρασαν περίπου 40 χρόνια (1944) για να επιβεβαιωθεί, με την ατομική βόμβα, η σχετική θεωρία.





Σήμα Κ.Ο.Κ.

Μήκος φρεναρίσματος και απόσταση ασφαλείας

Σύμφωνα με τον κώδικα οδικής κυκλοφορίας, οι οδηγοί πρέπει να διατηρούν απόσταση ασφαλείας από το προπορευόμενο όχημα. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα οχήματα. Η απόσταση ασφαλείας είναι το άθροισμα δύο διαδοχικών διαστημάτων: α) αυτού που διανύει το όχημα στο χρονικό διάστημα μεταξύ της αισθητοποίησης του εμποδίου και της έναρξης της πέδησης (φρεναρίσματος) και β) του διαστήματος το οποίο διανύει έως ότου ακινητοποιηθεί. Το πρώτο ονομάζεται διάστημα αντίδρασης και το άλλο διάστημα πέδησης.

Το διάστημα αντίδρασης δεν οφείλεται στην αργοπορία του οδηγού να ενεργοποιήσει τα φρένα πατώντας το αντίστοιχο πεντάλ, αλλά στο βιολογικό χαρακτηριστικό του **χρόνου αντίδρασης**, δηλαδή το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να επεξεργαστεί ο εγκέφαλος το οπτικό ή το ακουστικό ερέθισμα, να σταλεί το νευρικό ερέθισμα στους αντίστοιχους μύες και αυτοί με τη σειρά τους να ολοκληρώσουν την αντίδρασή τους. Ο χρόνος αντίδρασης εξαρτάται από την καλή φυσική κατάσταση του οργανισμού και αυξάνεται σε περιπτώσεις κατανάλωσης αλκοόλ, λήψης φαρμάκων και υπνηλίας. Στο διάστημα αντίδρασης το όχημα κινείται με την ταχύτητα την οποία είχε τη στιγμή που δημιουργήθηκε το ερέθισμα στο νευρικό σύστημα του οδηγού, δηλαδή την αρχική ταχύτητα υ_0. Έτσι για το διάστημα αυτό ισχύει η σχέση:

$$s_\alpha = \upsilon_0 t_\alpha \qquad (\alpha)$$

όπου t_α ο χρόνος αντίδρασης.

Το διάστημα πέδησης (φρεναρίσματος) διανύεται από το όχημα με σταθερή επιβράδυνση, εφόσον ο οδηγός ασκεί σταθερή δύναμη στο πεντάλ. Για το διάστημα αυτό, όπως μπορεί να αποδειχθεί από τις εξισώσεις της επιβραδυνόμενης κίνησης, ισχύει η σχέση:

$$s = \frac{\upsilon_0^2}{2\alpha} \qquad (\beta)$$

όπου α είναι η επιβράδυνση του οχήματος.

Το διάστημα πέδησης είναι:

α) Αντιστρόφως ανάλογο προς την τιμή της επιβράδυνσης α η οποία εξαρτάται από την κατάσταση του οδοστρώματος (στεγνό ή βρεγμένο), την κατάσταση των ελαστικών (βαθμός φθοράς της επιφάνειας που εφάπτεται με το οδόστρωμα) και την αποτελεσματικότητα του συστήματος πέδησης, β) ανάλογο του τετραγώνου της αρχικής ταχύτητας υ_0.

Συνεπώς ένα όχημα που κινείται με αρχική ταχύτητα υ_0 θα ακινητοποιηθεί σε απόσταση:

$$s = \upsilon_0 t_\alpha + \frac{\upsilon_0^2}{2\alpha} \qquad (\gamma)$$

Επειδή οι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν το διάστημα ακινητοποίησης ενός οχήματος μεταβάλλονται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, την κατάσταση του οχήματος, τη φυσική κατάσταση του οδηγού, κ.α. η απόσταση ασφαλείας που προτείνεται από την Τροχαία είναι μεγαλύτερη από την απόσταση ακινητοποίησης.

Ο χρόνος αντίδρασης για έναν οδηγό σε καλή φυσική κατάσταση είναι περίπου 1s και έστω ότι η επιβράδυνση είναι $\alpha = 5\text{m/s}^2$. Με τη βοήθεια της προηγούμενης σχέσης μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση ακινητοποίησης ενός οχήματος που κινείται με ταχύτητα $\upsilon_0 = 72\text{km/h}$.

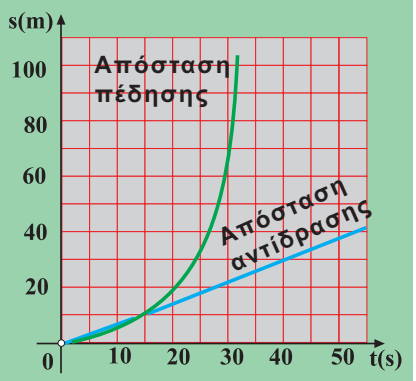
Αν μετατρέψουμε την ταχύτητα αυτή σε μονάδες του συστήματος S.I., δηλαδή σε m/s έχουμε:

$$\upsilon_0 = \frac{72 \cdot 1.000\text{m}}{3.600\text{s}} = 20\text{m/s}.$$

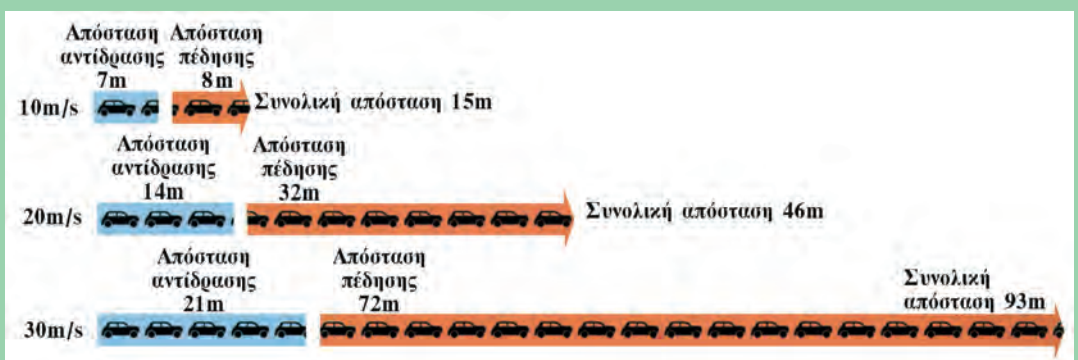
Αντικαθιστώντας στη σχέση (γ) προκύπτει ότι:

$$s = 20\text{m} + 40\text{m} = 60\text{m}.$$

Από τα αριθμητικά αυτά αποτελέσματα προκύπτει ότι το διάστημα της πέδησης ήταν διπλάσιο από το διάστημα αντίδρασης. Το συμπέρασμα αυτό δεν ισχύει για άλλες ταχύτητες. Αν επαναλάβουμε τη διαδικασία για άλλες τιμές ταχύτητας η σχέση μεταξύ των διαστημάτων αλλάζουν. Στην εικόνα 1 φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις των αποστάσεων αντίδρασης και των αποστάσεων πέδησης για οδηγό με φυσιολογικά αντανακλαστικά και στεγνό οδόστρωμα (επιβράδυνση $6{,}75\text{m/s}^2$). Από τη γραφική παράσταση προκύπτει ότι η απόσταση πέδησης είναι ανάλογη του τετραγώνου της αρχικής ταχύτητας του οχήματος.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Στην εικόνα 2 έχουν παρασταθεί τα διαστήματα αντίδρασης και πέδησης για τρεις τιμές ταχύτητας, με δεδο-

μένο ότι ο οδηγός έχει φυσιολογικά αντανακλαστικά, ο δρόμος είναι στεγνός, το σύστημα πέδησης και τα λάστιχα του αυτοκινήτου είναι εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή ενός οχήματος.

Από τα στοιχεία της εικόνας 2 προκύπτει ότι, υπό τις προϋποθέσεις που προαναφέραμε, η απόσταση ακινητοποίησης ενός οχήματος εξαρτάται κυρίως από την απόσταση πέδησης δηλαδή από την ταχύτητα του αυτοκινήτου τη στιγμή που υπέπεσε στην αντίληψη του οδηγού η αιτία η οποία του επιβάλλει να ακινητοποιήσει το όχημά του. Για το λόγο αυτό τόσο τα όρια ταχύτητας που αναγράφονται στις πινακίδες της τροχαίας όσο και οι κανονισμοί που αναφέρονται στην απόσταση ασφαλείας μεταξύ των οχημάτων πρέπει να τηρούνται από τους οδηγούς.

Οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι

Οι ζώνες ασφαλείας έχουν σχεδιαστεί να προστατεύουν τα άτομα που ταξιδεύουν με αυτοκίνητο όταν συμβεί ένα ατύχημα (Εικ. 1). Οι τραυματισμοί του οδηγού και των επιβατών οφείλονται στην απότομη επιβράδυνση του οχήματος. Όπως γνωρίζουμε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, κάθε κινούμενο σώμα τείνει να διατηρεί σταθερή την κινητική του κατάσταση. Την ιδιότητα αυτή την ονομάσαμε αδράνεια.



Εικόνα 1

Έτσι τα σώματα των επιβατών τείνουν να κινούνται προς τα εμπρός ενώ το όχημα επιβραδύνεται. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο οδηγός και ο επιβάτης του μπροστινού καθίσματος, να χτυπήσουν στο τιμόνι και στο παρμπρίζ του αυτοκινήτου αντίστοιχα.

Κατά την πρόσκρουση ενός αυτοκινήτου σε σταθερό εμπόδιο, π.χ. τοίχο, ο χρόνος στον οποίο το όχημα σταματάει είναι πολύ μικρός, συνήθως κλάσμα του δευτερολέπτου. Έτσι, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, $F = m\alpha$, ή $F = m\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$, η δύναμη F είναι πολύ μεγάλη και το αποτέλεσμα της σύγκρουσης πολύ σοβαρό. Σε πολλά αυτοκίνητα το εμπρόσθιο τμήμα έχει σχεδιαστεί να θραύεται ώστε ο χρόνος σύγκρουσης να γίνεται μεγαλύτερος. Ίσως για το λόγο αυτό οι προφυλακτήρες των αυτοκινήτων δεν είναι πλέον μεταλλικοί.

Ο αερόσακος είναι ένα σύστημα (Εικ. 2) σχεδιασμένο να φουσκώνει κατά τη σύγκρουση.

Έτσι, προστατεύονται τα σώματα των επιβατών από την πρόσκρουση στο τιμόνι και το παρμπρίζ του αυτοκινήτου και επιπλέον αυξάνει το χρόνο που το σώμα των επιβατών ακινητοποιείται.



Εικόνα 2

Ωστόσο, οι περισσότεροι τραυματισμοί των επιβατών δεν οφείλονται στην απότομη επιβράδυνση του οχήματος αλλά στο γεγονός ότι οι επιβάτες δεν φοράνε τις ζώνες ασφαλείας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Δυναμική ονομάζεται η ενότητα της Φυσικής που μελετά τις δυνάμεις και τα αποτελέσματά τους. Στη μία διάσταση μελετά τη σχέση της δύναμης με την κίνηση σε ευθεία γραμμή. Η δύναμη είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων. Μία δύναμη όταν ασκείται σ' ένα σώμα είναι δυνατό να το παραμορφώσει ή να του μεταβάλλει την κινητική του κατάσταση. **Η δύναμη είναι μέγεθος διανυσματικό** και έχει μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα το 1 Newton, $1N = 1kg\,m/s^2$.

Η μέτρηση της δύναμης γίνεται με το ζυγό ελατηρίου ή με το δυναμόμετρο και στηρίζεται στην ελαστική παραμόρφωση που προκαλεί η δύναμη όταν ασκηθεί σ' αυτό. Η **ελαστική παραμόρφωση** διέπεται από το **νόμο του Hooke** και διατυπώνεται ως εξής: "Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις δυνάμεις που τις προκαλούν". Ο νόμος του Hooke εκφράζεται με τη σχέση $F = k\,x$.

Όταν σε κάποιο σώμα ενεργούν δύο ή περισσότερες δυνάμεις ταυτόχρονα στο ίδιο σημείο, η δύναμη που μπορεί να τις αντικαταστήσει λέγεται **συνισταμένη** ΣF ή F, ενώ οι δυνάμεις που αντικαθιστά λέγονται **συνιστώσες** και η διαδικασία ονομάζεται σύνθεση. Για τη σύνθεση συγγραμμικών δυνάμεων F_1 και F_2 ίδιας φοράς ισχύει η σχέση:

$$F = F_1 + F_2$$

ενώ για δυνάμεις F_1, F_2 αντίθετης φοράς με $F_2 > F_1$:

$$F = F_2 - F_1.$$

Σύμφωνα με τον **πρώτο νόμο του Νεύτωνα**, αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα είναι μηδέν τότε αυτό ή ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα και ομαλά. Αντίθετα, όταν η συνισταμένη των δυνάμεων δεν είναι μηδέν, τότε σύμφωνα με τον **δεύτερο νόμο του Νεύτωνα**, που είναι ο **θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής**, το σώμα αποκτά επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ ανάλογη με την συνισταμένη δύναμη:

$$\vec{F} = m\vec{\alpha}$$

Η κατεύθυνση της επιτάχυνσης είναι ίδια με την κατεύθυνση της δύναμης.

Αδράνεια είναι η ιδιότητα που έχουν τα σώματα να αντιστέκονται στη μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης. Μέτρο της αδράνειας ενός σώματος αποτελεί η μάζα του που λέγεται και αδρανειακή μάζα.

Η **αδρανειακή μάζα** m προκύπτει από τη σχέση:

$$m = \frac{F}{\alpha}.$$

Βαρυτική μάζα λέγεται η μάζα που προκύπτει από τη μέτρηση της δύναμης της βαρύτητας πάνω σ' αυτή:

$$m = \frac{B}{g}.$$

Η βαρυτική και αδρανειακή μάζα είναι ίσες.

Ελεύθερη πτώση εκτελεί ένα σώμα όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σ' αυτό είναι το βάρος του, το οποίο θεωρείται σταθερό, ενώ θεωρείται αμελητέα η αντίσταση του αέρα. Οι εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης είναι:

Εξίσωση του διαστήματος $s = \frac{1}{2} g t^2$

Εξίσωση της ταχύτητας $\upsilon = g t$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε παραδείγματα από τα οποία να φαίνεται ότι η δύναμη είναι διανυσματικό φυσικό μέγεθος.

2. Περιγράψτε απλό πείραμα από το οποίο να φαίνεται ότι η συνισταμένη δύο ομόρροπων δυνάμεων έχει τιμή που είναι ίση με το άθροισμα των τιμών των δυνάμεων αυτών.

3. Περιγράψτε απλό πείραμα από το οποίο να φαίνεται ότι η συνισταμένη δύο αντίρροπων δυνάμεων έχει τιμή που είναι ίση με τη διαφορά των τιμών των δυνάμεων αυτών.

4. Ποια είναι η φορά της συνισταμένης δύο αντίρροπων δυνάμεων;

5. Ένα αυτοκίνητο κινούμενο με μεγάλη ταχύτητα προσκρούει σε ένα τοίχο. Οι επιβάτες του αυτοκινήτου κινούνται προς τα εμπρός.

Δώστε μια εξήγηση για το φαινόμενο.

6. Να εξηγήσετε τι εννοούμε με την έκφραση "ένα σώμα ισορροπεί".

7. Ποια σχέση εκφράζει τον 2° νόμο του Νεύτωνα; Να εξηγήσετε τα μεγέθη και να γράψετε τις μονάδες τους στο S.I.

8. Ένα σώμα που αρχικά ηρεμεί δέχεται σταθερή δύναμη (συνισταμένη). Συμφωνείτε με την άποψη ότι το σώμα αυτό κινείται ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

9. Ένα σώμα κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Τι συμπεραίνετε για την συνισταμένη δύναμη που δέχεται;

10. Μέσα στην τάξη ένας μαθητής αφήνει να πέσουν από το ίδιο ύψος ταυτόχρονα ένα φύλλο χαρτί και ένα μολύβι. Το μολύβι θα φτάσει πιο γρήγορα στο πάτωμα της τάξης. Ποια εξήγηση δίνετε για το φαινόμενο αυτό;

11. Πότε ένα σώμα λέμε ότι κάνει ελεύθερη πτώση; Με ποια προϋπόθεση θεωρούμε την κίνηση που κάνει ένα μπαλάκι που αφήνουμε να πέσει από κάποιο ύψος, ως ελεύθερη πτώση;

12. Να γράψετε τις σχέσεις που δίνουν την ταχύτητα και το διάστημα σε συνάρτηση με το χρόνο, στην ελεύθερη πτώση.

13. Ένα σώμα κάνει ελεύθερη πτώση. Να συμπληρώσετε τον πίνακα τιμών.
($g = 10 m/s^2$).

t(s)	υ(m/s)	s(m)
0	0	0
1		
		20
	40	

14. Να συμπληρώσετε με τους όρους: δύναμη, πλαστική, ελαστική, διανυσματικό μέγεθος, τα κενά στις επόμενες προτάσεις.

Α. Η δύναμη για να ορισθεί πλήρως χρειάζεται τιμή, διεύθυνση και φορά, δηλαδή είναι .....

Β. Η παραμόρφωση ενός ελατηρίου χαρακτηρίζεται ως .....

Γ. Η παραμόρφωση μιας πλαστελίνης χαρακτηρίζεται ως .....

Δ. Η ..... προκαλεί την παραμόρφωση ή τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης του σώματος στο οποίο ασκείται.

15. Να συμπληρώσετε τα κενά στις παρακάτω προτάσεις.

Α. Ένα σώμα το οποίο αρχικά ηρεμούσε εξακολουθεί να ηρεμεί αν η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται είναι .....

Β. Αδράνεια είναι η ιδιότητα των σωμάτων να τείνουν να διατηρήσουν την ..... τους κατάσταση.

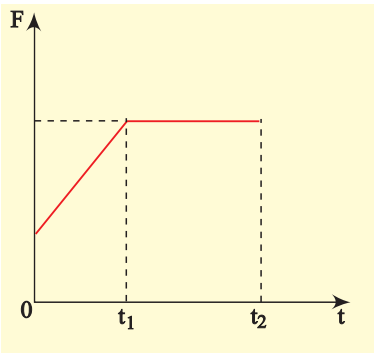
Γ. Το βάρος ενός σώματος..... από τόπο σε τόπο ενώ η μάζα του παραμένει.....

16. Να συμπληρώσετε τα κενά στις επόμενες προτάσεις.

Α. Μια δύναμη F που επενεργεί σε ένα σώμα, μπορεί να αναλυθεί σε συνιστώσες οι οποίες επιφέρουν το ίδιο ..... με τη δύναμη F.

Β. Η ελεύθερη πτώση ενός σώματος είναι κίνηση ..... ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς ..... ταχύτητα.

17. Μια μπάλα που αρχικά ηρεμούσε σε λείο οριζόντιο δάπεδο δέχεται οριζόντια δύναμη F. Στο διάγραμμα της εικόνας, φαίνεται πώς μεταβάλλεται η τιμή της δύναμης με το χρόνο.

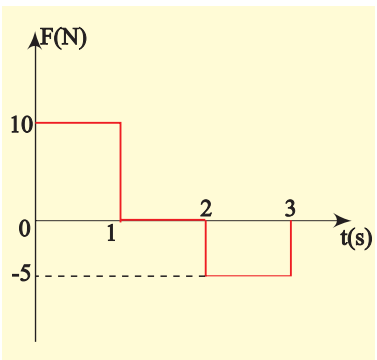


Να δικαιολογήσετε την ορθότητα των προτάσεων.

Α. Μέχρι τη στιγμή t_1 η μπάλα κάνει επιταχυνόμενη κίνηση.

Β. Από τη στιγμή t_1 μέχρι τη στιγμή t_2 η μπάλα κάνει κίνηση ομαλά επιταχυνόμενη.

18. Ένα σώμα που αρχικά ηρεμούσε σε λείο οριζόντιο δάπεδο δέχεται οριζόντια δύναμη F. Στο διάγραμμα της εικόνας, φαίνεται πώς μεταβάλλεται η τιμή της δύναμης με το χρόνο.



Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές προτάσεις και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες.

Α. Η κίνηση του σώματος είναι:
0 → 1s ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.
1s → 2s ευθύγραμμη ομαλή.
2s → 3s ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.

Β. Η κίνηση του σώματος είναι:
0 → 1s ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη.
1s → 2s το σώμα ηρεμεί.
2s → 3s το σώμα αρχίζει να κινείται προς τα πίσω.

19. Ένα σώμα πέφτει ελεύθερα από ύψος Η πάνω από το έδαφος. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) και με το γράμμα (Λ), τις σωστές και τις λάθος αντίστοιχα, προτάσεις. (Αντιστάσεις από τον αέρα παραλείπονται).

Α. Το σώμα κάνει ομαλή κίνηση.

Β. Το σώμα στην αρχή έχει επιτάχυνση μηδέν και ταχύτητα μηδέν.

Γ. Το σώμα κάνει κίνηση ευθύγραμμη με σταθερή επιτάχυνση ίση με g.

Δ. Το σώμα κάθε στιγμή βρίσκεται σε ύψος $h = \frac{1}{2}gt^2$ πάνω από το έδαφος.

20. Να χαρακτηρίσετε τις επόμενες προτάσεις με το γράμμα (Σ) αν είναι σωστές και με το γράμμα (Λ) αν είναι λάθος.

Α. Η αδράνεια είναι ιδιότητα χαρακτηριστική των στερεών σωμάτων.

Β. Ένα σώμα θα κινηθεί ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενα, αν η συνισταμένη των δυνάμεων που θα επενεργήσουν σ' αυτό είναι μηδέν.

Γ. Αν η συνισταμένη δύναμη που επενεργεί σ' ένα σώμα είναι σταθερή, τότε το σώμα θα κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

21. Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα σε οριζόντιο δάπεδο και επιταχύνεται για κάποιο χρονικό διάστημα. Μετά αρχίζει να επιβραδύνεται.

Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές προτάσεις και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες.

Α. Το σώμα αποκτά τη μέγιστη ταχύτητά του τη στιγμή που αρχίζει να επιβραδύνεται.
Β. Το σώμα δέχεται συνισταμένη δύναμη που είναι αρχικά ομόρροπη της κίνησης και μετά είναι αντίρροπη της κίνησης.
Γ. Η συνισταμένη δύναμη που δέχεται το σώμα είναι μηδέν όταν αποκτά τη μέγιστη ταχύτητά του.
Δ. Η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το σώμα είναι σταθερή.

22. Να χαρακτηρίσετε τις επόμενες προτάσεις με το γράμμα (Σ) αν είναι σωστές και με το γράμμα (Λ) αν είναι λάθος.
Α. Το βάρος ενός σώματος είναι διανυσματικό μέγεθος.
Β. Το βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο πάνω στην επιφάνεια της Γης.
Γ. Το βάρος ενός σώματος στον ίδιο τόπο μεταβάλλεται με το ύψος που βρίσκεται αυτό από την επιφάνεια της Γης.
Δ. Το βάρος ενός σώματος έχει μέτρο mg.

23. Ένα βαρύτερο σώμα έλκεται από τη Γη με δύναμη μεγαλύτερη από ένα ελαφρύτερο. Όταν τα αφήνουμε από το ίδιο ύψος φτάνουν ταυτόχρονα στην επιφάνεια της Γης (οι κινήσεις θεωρούμε ότι γίνονται μόνο υπό την επίδραση του βάρους των σωμάτων).

Να χαρακτηρίσετε τις επόμενες προτάσεις με το γράμμα (Σ) αν είναι σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες.
Α. Τα δύο σώματα έχουν κάθε στιγμή την ίδια επιτάχυνση (επιτάχυνση βαρύτητας).
Β. Τα δύο σώματα δέχονται διαφορετικές δυνάμεις, όμως έχουν κάθε στιγμή την ίδια ταχύτητα.
Γ. Τα δύο σώματα έχουν κάθε στιγμή την ίδια επιτάχυνση και ίσες ορμές και βρίσκονται στο ίδιο ύψος.

24. Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.

Ποια από τις πιο κάτω σχέσεις είναι σωστή;

Α. $F_{ολ} = m\,\alpha$ Β. $F_{ολ} = 0$
Γ. α = σταθερό Δ. $\upsilon = 0$

25. Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα υπό την επίδραση μίας δύναμης F, είναι:
Α. Ανάλογη του τετραγώνου της δύναμης F.
Β. Ανάλογη της δύναμης F.
Γ. Δεν εξαρτάται από τη δύναμη F.
Δ. Αντίστροφα ανάλογη της δύναμης F.

26. Η μονάδα 1 N ισούται με:

Α. $1\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ Β. $1\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Γ. 1 kgm Δ. $1\text{kg}\frac{\text{s}^2}{\text{m}}$

27. Η ταχύτητα ενός σώματος είναι σταθερή σε τιμή και κατεύθυνση όταν η συνολική δύναμη που ενεργεί σ' αυτό:
Α. Είναι σταθερή σε τιμή και κατεύθυνση.
Β. Είναι μηδενική.
Γ. Μεγαλώνει γραμμικά με το χρόνο.
Δ. Μικραίνει γραμμικά με το χρόνο.
Ε. Είναι ανάλογη του διαστήματος που διανύει το σώμα.

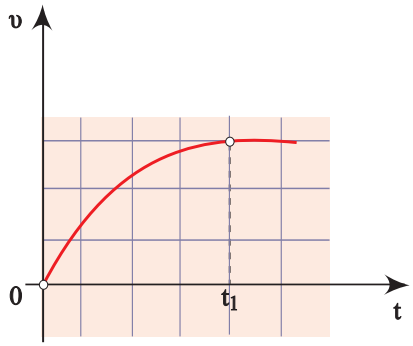
28. Ένα σώμα επιταχύνεται ομαλά όταν η δύναμη που το επιταχύνει είναι:
Α. Μηδενική.
Β. Σταθερή κατά μέτρο και κατεύθυνση.
Γ. Ανάλογη του διαστήματος που διανύει.
Δ. Αντιστρόφως ανάλογη του διαστήματος που διανύει.
Ε. Η τιμή της μεγαλώνει με σταθερό ρυθμό.

29. Ένα σώμα παύει να επιταχύνεται όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ' αυτό:
Α. Γίνει μηδέν.
Β. Πάρει την πιο μικρή τιμή της.
Γ. Πάρει την πιο μεγάλη τιμή της.
Δ. Γίνει κάθετη στη διεύθυνση της κίνησής του.

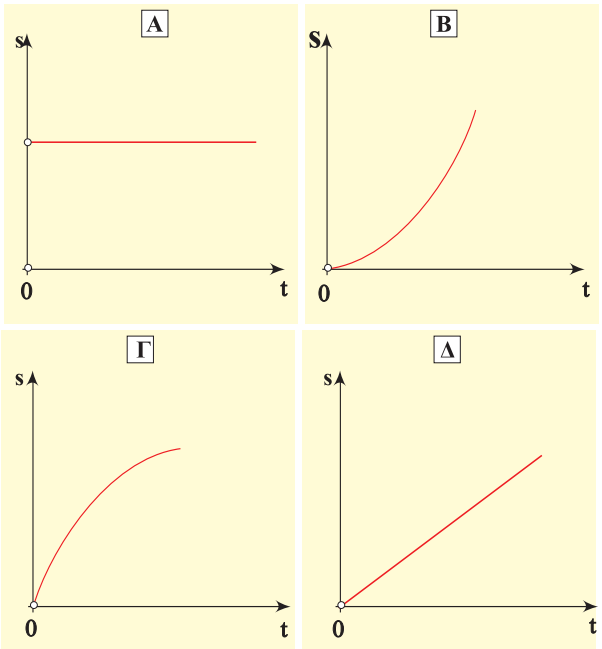
30. Η ταχύτητα ενός σώματος που το αφήνουμε να πέσει από σχετικά μικρό ύψος μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως φαίνεται στην εικόνα.

Η κίνηση που κάνει το σώμα είναι:

Α. Ελεύθερη πτώση.
Β. Κινείται υπό την επίδραση του βάρους του, και μίας ακόμη δύναμης ομόρροπης με το βάρος του.
Γ. Κινείται υπό την επίδραση του βάρους του και της αντίστασης του αέρα.
Δ. Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, μέχρι τη στιγμή t_1.

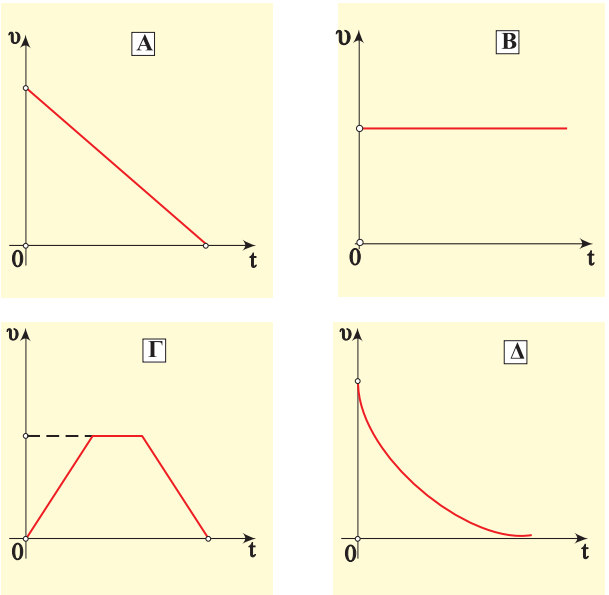


31. Σε ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα, του διαστήματος σε συνάρτηση με το χρόνο, φαίνεται ότι το σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση από μικρό ύψος;



32. Ένα σώμα μάζας m κινείται σε οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα υ και τη στιγμή t = 0 ασκείται σταθερή δύναμη F, αντίρροπη της ταχύτητας, μέχρι να σταματήσει το σώμα.

Ποιο από τα διαγράμματα δείχνει πώς μεταβάλλεται η τιμή της ταχύτητας του σώματος με το χρόνο;



33. Το αποτέλεσμα μιας δύναμης εξαρτάται:
Α. Από το σημείο εφαρμογής της.
Β. Από την κατεύθυνσή της.
Γ. Από την τιμή της.
Δ. Από όλα τα παραπάνω.

34. Να αντιστοιχίσετε σχέσεις με φαινόμενα.

Ισορροπία.	F = σταθερή
Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.	F = 0
Κίνηση ευθύγραμμη επιταχυνόμενη με μεταβλητή επιτάχυνση.	α ≠ σταθερή

35. Πετάμε ένα σώμα κατακόρυφα προς τα πάνω. Να σχεδιάσετε τα διανύσματα της επιτάχυνσης και της ταχύτητας του σώματος:

Α. Σε μια τυχαία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της ανόδου του.
Β Τη χρονική στιγμή που βρίσκεται στο ανώτατο σημείο της τροχιάς του.
Γ. Σε μια τυχαία χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της καθόδου του.

36. Ένας μαθητής πιστεύει ότι αδράνεια έχουν μόνο τα σώματα που βρίσκονται σε κίνηση, ενώ τα ακίνητα σώματα δεν έχουν.
Ποια είναι η δική σας άποψη;

37. Ρίχνουμε μια μπάλα κατακόρυφα προς τα πάνω. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στη μπάλα σε ένα τυχαίο σημείο της τροχιάς της όταν:
Α. Ανεβαίνει.
Β. Κατεβαίνει.
Γ. Τη χρονική στιγμή που βρίσκεται στο ανώτατο σημείο της τροχιάς της.

38. Αφήνουμε να πέσουν ταυτόχρονα δύο κέρματα, ένα των δέκα και ένα των εκατό δραχμών. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
Α. Τα δύο κέρματα πέφτουν ταυτόχρονα, διότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα.
Β Το κέρμα των εκατό δραχμών πέφτει πρώτο, διότι είναι βαρύτερο.
Γ. Τα δύο κέρματα πέφτουν ταυτόχρονα, διότι στο βαρύτερο ασκείται μεγαλύτερη δύναμη, αλλά αυτό έχει μεγαλύτερη μάζα και η επιτάχυνση

$$\alpha = \frac{F}{m} = \frac{B}{m} = g = \sigma\tau\alpha\theta.$$

Δ. Το κέρμα των δέκα δραχμών έχει μεγαλύτερη επιτάχυνση, διότι είναι ελαφρύτερο.

39. Στην ελεύθερη πτώση ενός σώματος:
Α. Η επιτάχυνση είναι σταθερή.
Β. Η ταχύτητα είναι σταθερή.
Γ. Η επιτάχυνση και η ταχύτητα είναι ίσες.
Δ. Η επιτάχυνση εξαρτάται από τη μάζα του.

Ποιες από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστές;

40. Μέσα σε αερόκενο σωλήνα αφήνουμε μια σφαίρα.
Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;



Α. Δεν υπάρχει βαρύτητα μέσα στον αερόκενο σωλήνα.
Β. Στη σφαίρα ασκείται μόνο το βάρος της, το οποίο την επιταχύνει.
Γ. Η αντίσταση του αέρα εμποδίζει τη σφαίρα να πέσει ελεύθερα.
Δ. Το βάρος ασκείται στη σφαίρα μόνο όταν την αφήσουμε να πέσει.

41. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
Α. Για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα πρέπει να ασκούνται πάνω του δυνάμεις, που έχουν συνισταμένη ίση με μηδέν.
Β. Όλα τα σώματα σταματούν να κινούνται όταν παύσουν να ασκούνται πάνω τους δυνάμεις.
Γ. Η αδράνεια είναι η δύναμη που διατηρεί την κίνηση των σωμάτων.
Δ. Δύο σώματα διαφορετικής μάζας που ηρεμούν, έχουν την ίδια αδράνεια.
Ε. Η μάζα των σωμάτων είναι το μέτρο της αδράνειάς τους.
ΣΤ. Τα σώματα έχουν αδράνεια μόνο όταν κινούνται.

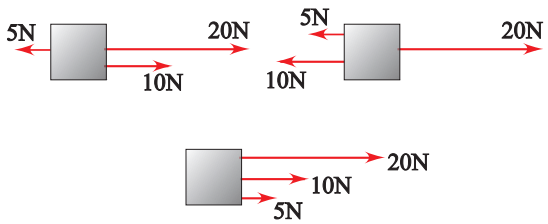
ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Δύο δυνάμεις με τιμές 80N και 60N ενεργούν στο ίδιο σημείο ενός σώματος.

Να βρείτε τη συνισταμένη τους αν οι διευθύνσεις τους σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία

Α. 0° Β. 180°

2. Στην εικόνα φαίνεται ένα σώμα και οι δυνάμεις που δέχεται σε τρεις περιπτώσεις.



Σε κάθε περίπτωση να υπολογίσετε την συνισταμένη δύναμη σε τιμή και κατεύθυνση.

3. Μια δύναμη F = 10N να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες, F_1 και F_2 που είναι:

Α. συγγραμμικές ομόρροπες και $F_1 = 4F_2$

Β. συγγραμμικές αντίρροπες και $F_1 = 3F_2$

4. Από ένα δυναμόμετρο κρεμάμε σώματα διαφορετικών βαρών.

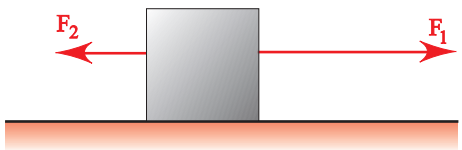
Α. Να συμπληρώσετε τον πίνακα.

Επιμήκυνση (cm)	5	8		15	20
Βάρος (N)			40		80

Β. Να κάνετε το διάγραμμα της δύναμης που επιμηκύνει το δυναμόμετρο σε συνάρτηση με την επιμήκυνση.

Γ. Να υπολογίσετε την κλίση της γραφικής παράστασης.

5. Το σώμα που φαίνεται στην εικόνα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Είναι γνωστό ότι $F_1 = 22N$ και $F_2 = 7N$. Το σώμα δέχεται άλλη δύναμη εκτός των F_1 και F_2 στη διεύθυνση της κίνησής του; Αν ναι να την προσδιορίσετε.

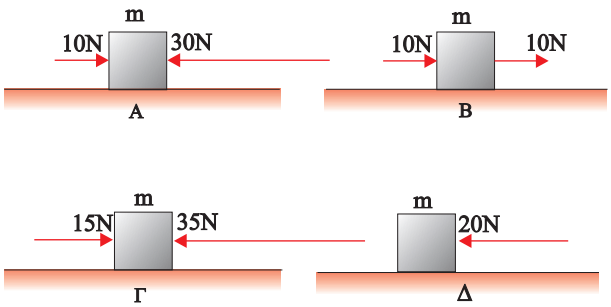


6. Ένα πιθηκάκι κρέμεται από το κλαδί ενός δέντρου και έχει βάρος 200N.

Να προσδιορίσετε τη δύναμη που δέχεται από το κλαδί του δένδρου.

7. Ένα σώμα ηρεμεί σε οριζόντιο δάπεδο. Στην εικόνα φαίνονται οι οριζόντιες δυνάμεις που δέχεται σε τέσσερις περιπτώσεις.

Να συγκρίνετε τις επιταχύνσεις του σώματος.



8. Ένα σώμα κινείται σε λείο οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα $\upsilon_1 = 10m/s$. Τη χρονική στιγμή t = 0 αρχίζει να ενεργεί πάνω στο σώμα δύναμη F, κατά τη διεύθυνση της ταχύτητας αλλά με αντίθετη φορά. Σε χρόνο t = 2s η τιμή της ταχύτητάς του γίνεται $\upsilon_2 = 5m/s$.

Να υπολογιστεί η τιμή της δύναμης F. Δίνεται η μάζα του σώματος m = 10kg.

9. Ένα σώμα μάζας m = 1kg κινείται σε οριζόντιο δάπεδο και η ταχύτητά του δίνεται από τη σχέση

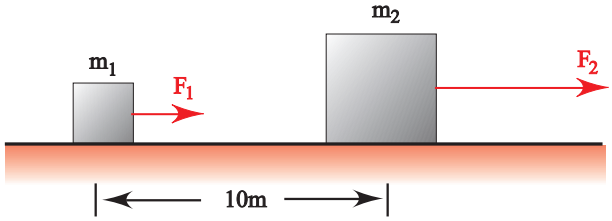
$$\upsilon = 4t \ (\upsilon \text{ σε } \frac{m}{s}, \ t \text{ σε } s)$$

Να βρείτε την τιμή της συνισταμένης δύναμης που δέχεται το σώμα.

10. Σώμα επιταχύνεται από 10m/s σε 14m/s μέσα σε χρόνο 2s. Η μάζα του σώματος είναι m = 5kg. Να βρεθεί η σταθερή δύναμη που επιταχύνει το σώμα.

***11.** Δύο σώματα με μάζες $m_1 = 1kg$ και $m_2 = 3kg$ ηρεμούν σε λείο οριζόντιο δάπεδο. Η μεταξύ τους απόσταση είναι 10m. Στα σώματα επενεργούν ταυτόχρονα ομόρροπες

δυνάμεις $F_1 = 4N$ και $F_2 = 15N$ αντίστοιχα όπως φαίνεται στην εικόνα.



A. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση κάθε σώματος.

B. Μετά από πόσο χρόνο το μάζας m_2 σώμα θα προηγείται του άλλου κατά 18m;

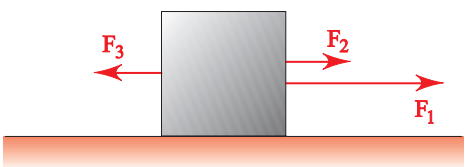
12. Σώμα μάζας $m = 20kg$ αρχικά ηρεμεί πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Τη χρονική στιγμή $t = 0$ αρχίζει να ενεργεί στο σώμα σταθερή οριζόντια δύναμη $F_1 = 20N$. Μετά από λίγο χρόνο καταργείται η δύναμη F_1 και την ίδια στιγμή αρχίζει να ενεργεί πάνω στο σώμα αντίρροπη δύναμη σταθερής τιμής $F_2 = 5N$ και το σώμα σταματά αφού διανύσει συνολικά διάστημα 40m.

Να υπολογίσετε:

A. Σε ποιο σημείο της διαδρομής άρχισε να ενεργεί η δύναμη F_2;

B. Πόση είναι η διάρκεια της κίνησης του σώματος, από τη στιγμή που ξεκίνησε μέχρι να μηδενιστεί η ταχύτητά του;

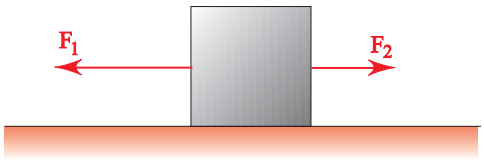
13. Στο σώμα της εικόνας ασκούνται οι δυνάμεις $F_1 = 6N$, $F_2 = 2N$ και F_3. Το σώμα αρχικά ηρεμεί και σε χρόνο 4s διανύει διάστημα 24m. Αν είναι γνωστό ότι η μάζα του σώματος είναι $m = 1kg$ και ότι το δάπεδο είναι λείο, να υπολογιστούν:



A. Η επιτάχυνση του σώματος.

B. Η τιμή της δύναμης F_3.

14. Στο σώμα που φαίνεται στην εικόνα, ασκούνται οι δυνάμεις F_1 και F_2. Όταν οι τιμές των δυνάμεων αυτών είναι: $F_1 = 40N$ και $F_2 = 20N$, το σώμα αποκτά επιτάχυνση $a = 0,3m/s^2$. Ποια επιτάχυνση θα έχει το σώμα όταν είναι: $F_1 = 40N$ και $F_2 = 0$;



15. Μία μπάλα αφήνεται να πέσει από την ταράτσα μιας πολυκατοικίας που έχει ύψος $h = 20m$. Πόσο χρόνο θα χρειαστεί η μπάλα για να φτάσει στο έδαφος;

Δίνεται ότι $g = 10m/s^2$.

***16.** Ένα πηγάδι έχει βάθος 180m. Από το χείλος του πηγαδιού αφήνουμε να πέσει ελεύθερα ένα σώμα Α και μετά από ένα δευτερόλεπτο αφήνουμε να πέσει ελεύθερα ένα άλλο σώμα Β.

Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $10m/s^2$, πόση θα είναι η απόσταση του σώματος Β από τον πυθμένα του πηγαδιού όταν σ' αυτόν θα φτάσει το σώμα Α;

***17.** Ένα αυτοκίνητο έχει μάζα $m = 4.000kg$ και κινείται σ' έναν ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα υ_0. Ξαφνικά ο οδηγός φρενάρει αναπτύσσοντας με σταθερή επιβραδύνουσα δύναμη $F = 2 \cdot 10^4 N$ και ακινητοποιεί το αυτοκίνητο μετά από διαδρομή $s = 40m$.

A. Να βρείτε την ταχύτητα υ_0 του αυτοκινήτου.

B. Να υπολογίσετε τη χρονική διάρκεια της επιβραδυνόμενης κίνησης.

Γ. Να κατασκευάσετε το διάγραμμα $\upsilon = f(t)$.

***18.** Από ένα σημείο που βρίσκεται σε ύψος $h = 45m$ αφήνουμε να πέσει ένα σώμα και ένα δευτερόλεπτο αργότερα ρίχνουμε από το ίδιο σημείο δεύτερο σώμα με αρχική ταχύτητα υ_0 τέτοια, ώστε τα δύο σώματα να φτάσουν στο έδαφος ταυτόχρονα.

A. Να βρείτε την ταχύτητα υ_0 και το χρόνο που χρειάζεται το δεύτερο σώμα για να φτάσει στο έδαφος.

B. Να κάνετε τα διαγράμματα $\upsilon = f(t)$ και $s = f(t)$ για το πρώτο σώμα.

Δίνεται ότι $g = 10m/s^2$.

1.3 Δυναμική στο επίπεδο







Στο προηγούμενο κεφάλαιο της Δυναμικής μάθαμε τους δύο πρώτους νόμους του Νεύτωνα, μιλήσαμε για τη δύναμη του βάρους, για τη μάζα των σωμάτων και μελετήσαμε την κίνηση ενός σώματος που αφήνεται να πέσει από κάποιο ύψος όταν ασκείται σ' αυτό μόνο το βάρος του.

Σ' αυτό το κεφάλαιο της Δυναμικής θα μελετήσουμε τη σχέση της δύναμης με την κίνηση ενός σώματος στο επίπεδο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.3.1 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος Δράσης - Αντίδρασης....111
1.3.2 Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση....112
1.3.3 Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο....114
1.3.4 Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες....115
1.3.5 Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων....117
1.3.6 Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων....118
1.3.7 Ο νόμος της τριβής....120
Ένθετο: Μείωση των τριβών στο ανθρώπινο σώμα....122
1.3.8 Οριζόντια βολή....123
1.3.9 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και σε αλγεβρική μορφή....127
1.3.10 Ομαλή κυκλική κίνηση....130
1.3.11 Κεντρομόλος δύναμη....134
1.3.12 Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης....136
Ένθετο: Από τον Αριστοτέλη στο Νεύτωνα....141
Ένθετο: Ντετερμινισμός ή χάος....144
Περίληψη....147
Ερωτήσεις....151
Ασκήσεις-Προβλήματα....157

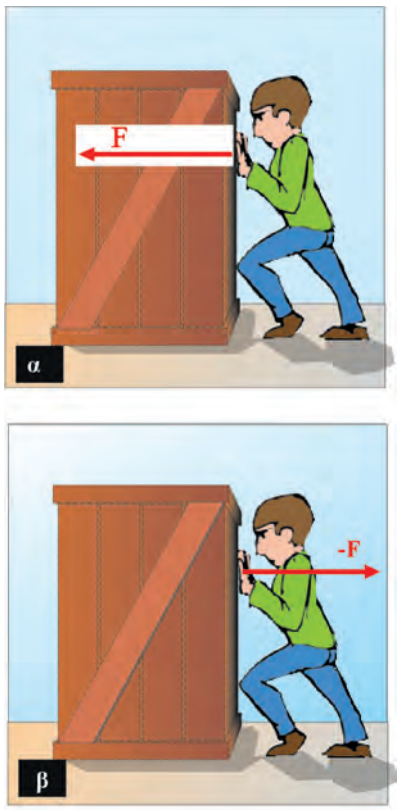
1.3.1 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος Δράσης - Αντίδρασης

Η έννοια της δύναμης *χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων*. Παραδείγματος χάρη σπρώχνουμε ένα κιβώτιο και αυτό επιταχύνεται, τραβάμε με το χέρι μας το ένα άκρο ελατηρίου του οποίου το άλλο είναι στερεωμένο και αυτό παραμορφώνεται. Και στα δύο παραδείγματα ένα σώμα αλληλεπιδρά με ένα άλλο. Ποιο σώμα ασκεί τη δύναμη και ποιο τη δέχεται;

Ο Νεύτωνας πίστευε ότι είναι το ίδιο να δεχθούμε ότι, είτε το πρώτο ασκεί δύναμη και το δεύτερο τη δέχεται ή το αντίστροφο. Δηλαδή:

"Όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν και το πρώτο ασκεί δύναμη $\vec{F}$ στο δεύτερο, τότε και το δεύτερο ασκεί αντίθετη δύναμη $-\vec{F}$ στο πρώτο".

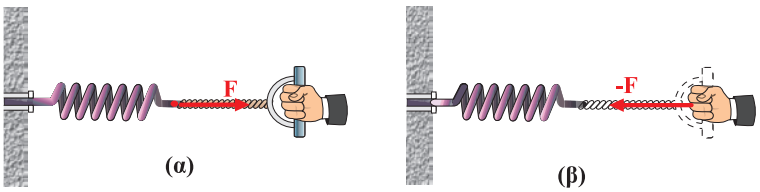
Η διατύπωση αυτή αποτελεί το νόμο **Δράσης - Αντίδρασης**.



Εικόνα 1.3.1

Στο παραπάνω παράδειγμα, όταν σπρώχνουμε το κιβώτιο με μια δύναμη $\vec{F}$ τότε αυτό ασκεί σ' εμάς δύναμη $-\vec{F}$ (Εικ. 1.3.1). Στο δεύτερο παράδειγμα όταν τραβάμε με το χέρι μας το ελατήριο με δύναμη $\vec{F}$, και το ελατήριο ασκεί στο χέρι μας δύναμη $-\vec{F}$ (Εικ. 1.3.2).

Εκείνο που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι οι δυνάμεις της Δράσης - Αντίδρασης ***ενεργούν σε διαφορετικά σώματα,*** επομένως δεν έχει νόημα να μιλάμε για συνισταμένη των δύο αυτών δυνάμεων.



Εικόνα 1.3.2

Σύμφωνα με το νόμο αυτό σε κάθε δράση αναπτύσσεται ίση αντίδραση. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι δεν είναι δυνατό να έχουμε την εμφάνιση μιας μόνης δύναμης, γιατί το σώμα στο οποίο αυτή ασκείται θα προκαλεί μια αντίδραση. Λέμε λοιπόν ότι **οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται κατά ζεύγη**.

Μερικοί μαθητές θεωρούν ότι, η ισορροπία ενός σώματος είναι συνέπεια του νόμου δράσης-αντίδρασης.

Συζητήστε στην ομάδα σας την άποψη αυτή και γράψτε τη δική σας άποψη.

Δραστηριότητα

Δράση και αντίδραση.

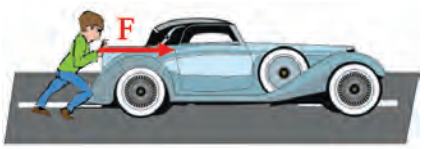
1. Κρατήστε (δύο από σας) τα δύο δυναμόμετρα τεντωμένα, όπως φαίνεται



στην εικόνα. Παρατηρήστε τις ενδείξεις των δυναμομέτρων.
2. Ποια είναι η σχέση μεταξύ δράσης και αντίδρασης όσον αφορά τη διεύθυνση, τη φορά και την τιμή;
3. Εξηγήστε γιατί μία βάρκα θα φύγει προς τα πίσω αν κάποιος πηδήξει από αυτήν στην προκυμαία.
4. Ένα αντικείμενο βάρους 10N ισορροπεί πάνω σε τραπέζι. Προσδιορίστε τη δύναμη που ασκεί το αντικείμενο στο τραπέζι (τιμή, διεύθυνση και φορά). Επίσης, προσδιορίστε τη δύναμη που ασκεί το τραπέζι πάνω στο αντικείμενο.

1.3.2 Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση

Όπως είδαμε, για να ασκηθεί μία δύναμη σε ένα σώμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δεύτερου σώματος, που είναι είτε σε επαφή, είτε σε κάποια απόσταση από το πρώτο σώμα και αλληλεπιδρά με αυτό.



Εικόνα 1.3.3

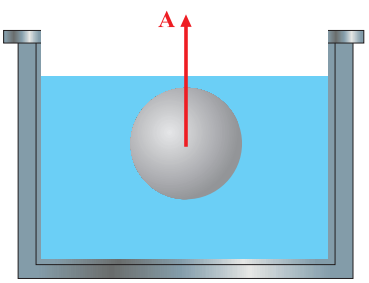
Όταν σπρώχνουμε ένα αντικείμενο, παραδείγματος χάρη ένα αυτοκίνητο (Εικ. 1.3.3) ασκούμε δύναμη σ' αυτό. Όταν επίσης τεντώνουμε ένα ελατήριο του οποίου το ένα άκρο είναι στερεωμένο και εμείς τραβάμε το ελεύθερο άκρο του (Εικ. 1.3.2), ασκούμε δύναμη. Όταν με ένα σχοινί τραβάμε μια βάρκα που είναι στη θάλασσα, ενώ εμείς είμαστε στην ξηρά ασκούμε δύναμη (Εικ. 1.3.3α). Το χαρακτηριστικό και των τριών περιπτώσεων είναι ότι υπάρχει επαφή. Οι δυνάμεις που ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία λέγονται **δυνάμεις από επαφή**.



Εικόνα 1.3.3α

Χαρακτηριστικές δυνάμεις επαφής πάνω σε ένα σώμα, που συναντάμε στα προβλήματα Μηχανικής είναι:

1. Η **τριβή**.
2. Η δύναμη που δέχεται το σώμα από τεντωμένο νήμα, στο άκρο του οποίου είναι δεμένο (λέγεται **τάση νήματος**).
3. Η **δύναμη ελατηρίου** που δέχεται το σώμα από παραμορφωμένο ελατήριο.
4. Η κάθετη δύναμη που ασκείται στο σώμα από την επιφάνεια στην οποία αυτό ισορροπεί.
5. Η **άνωση** που δέχεται ένα σώμα από το υγρό, μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο (Εικ. 1.3.4).
6. Η **αντίσταση** του αέρα που δέχεται ένα σώμα όταν κινείται.



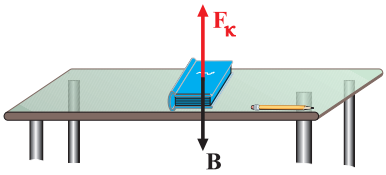
Εικόνα 1.3.4

Αντίθετα, οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ ηλεκτρικά φορτισμένων σωμάτων, οι δυνάμεις μεταξύ μαγνητών και οι

δυνάμεις λόγω βαρύτητας είναι **δυνάμεις από απόσταση**.

Σ' ένα σώμα είναι δυνατό να ασκούνται τόσο δυνάμεις από επαφή, όσο και από απόσταση.

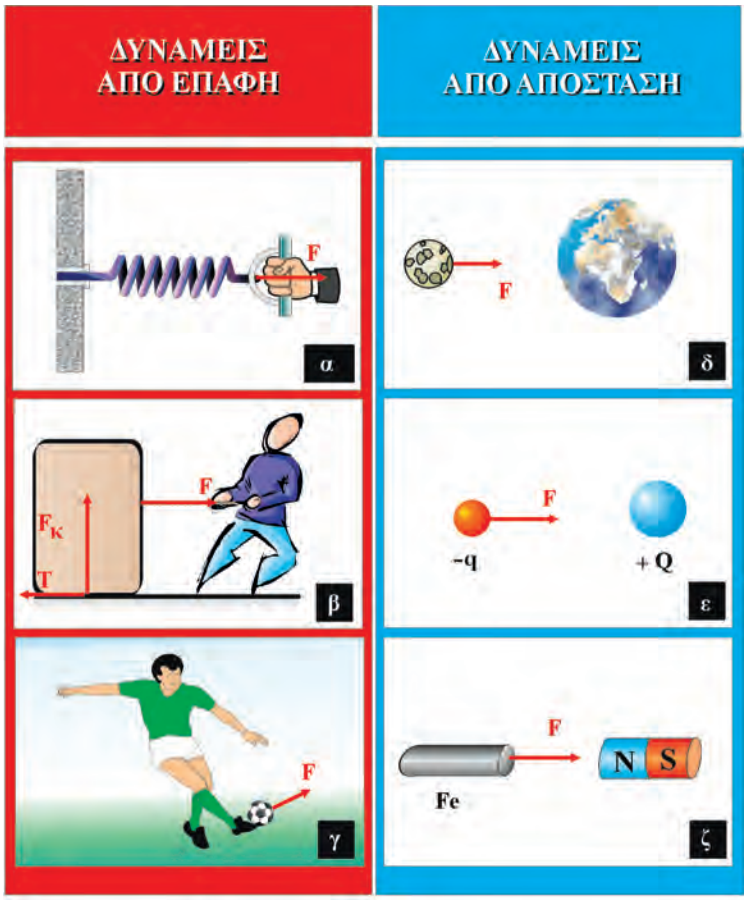
Παραδείγματος χάρη, στο βιβλίο που βρίσκεται στο θρανίο ασκείται το βάρος του, που είναι δύναμη από απόσταση και η δύναμη που προέρχεται από το θρανίο και είναι δύναμη από επαφή (Εικ. 1.3.5).



Εικόνα 1.3.5

Πολλές φορές στην επίλυση προβλημάτων είναι ανάγκη να σημειώσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα. Έχοντας υπόψη μας ότι οι δυνάμεις αυτές είναι δυνάμεις είτε από επαφή είτε από απόσταση, (Εικ. 1.3.6), μας είναι εύκολο να τις προσδιορίσουμε.

Οι δυνάμεις από επαφή που ασκούνται σε ένα σώμα είναι τόσες όσα είναι τα σώματα με τα οποία αυτό έρχεται σε επαφή.



Εικόνα 1.3.6
Εικόνες δυνάμεων από επαφή και από απόσταση.

Συζητείστε στην ομάδα σας το παρακάτω θέμα.

Κρατάμε στο χέρι μας μια κιμωλία. Ποιες δυνάμεις ασκούνται επάνω της; Ποια σώματα τις ασκούν;

Πετάμε την κιμωλία προς τα πάνω. Αν ρωτήσουμε ποιες δυνάμεις ασκούνται πάνω στην κιμωλία κατά την κίνησή της, κάποιοι μαθητές θα απαντήσουν ότι ασκούνται δύο δυνάμεις:

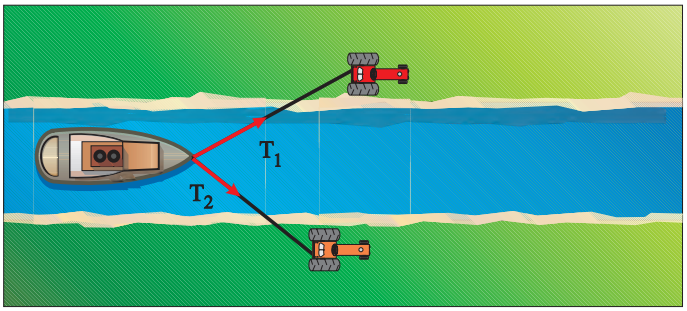
i) το βάρος και

ii) η δύναμη που δώσαμε όταν έφυγε από το χέρι μας.

Συμφωνείτε με αυτή την άποψη;

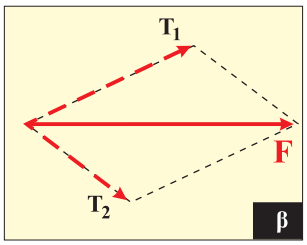
1.3.3 Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο

Στην εικόνα 1.3.7α φαίνεται ένα πλοιάριο που λόγω μηχανικής βλάβης κινείται στα νερά του ποταμού με τη βοήθεια δύο σχοινιών, τα οποία σύρουν οχήματα από τις όχθες.



Εικόνα 1.3.7α

Θα μπορούσε άραγε οι δύο δυνάμεις που ασκούν τα οχήματα, να ισοδυναμούν με μια δύναμη, την οποία θα ασκεί ένα άλλο σκάφος και η οποία να φέρει το ίδιο αποτέλεσμα με τις δύο δυνάμεις μαζί; Η απάντηση είναι ναι.

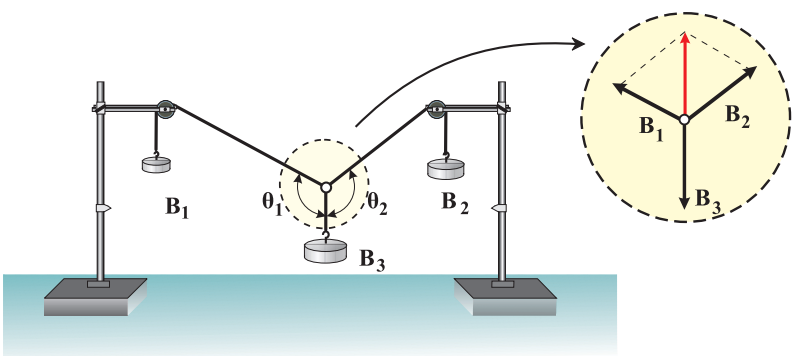


Εικόνα 1.3.7β
Προσδιορισμός συνισταμένης δύναμης F.

Στην εικόνα 1.3.7β με T_1 και T_2 έχουν σημειωθεί οι δυνάμεις *(τάσεις* των σχοινιών) που ασκούν τα οχήματα. Κατασκευάζουμε ένα παραλληλόγραμμο με πλευρές τις τάσεις T_1 και T_2 των σχοινιών. Η συνισταμένη τους συμβολίζεται με τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που περιέχεται μεταξύ των T_1 και T_2 (Εικ. 1.3.7β).

Στην εικόνα 1.3.8 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζεται το παραλληλόγραμμο των δυνάμεων στην τάξη με την βοήθεια δύο τροχαλιών και τριών γνωστών βαρών.

Η τάση σε κάθε νήμα οφείλεται στο βάρος που συγκροτείται είτε απευθείας είτε μέσω των τροχαλιών. Οι γωνίες θ_1 και θ_2 μεταξύ των νημάτων μετριούνται με το μοιρογνωμόνιο. Στη συνέχεια κατασκευάζεται υπό κλίμακα το πα-



Εικόνα 1.3.8
Διάταξη για τον σχεδιασμό του παραλληλογράμμου δυνάμεων.

Δραστηριότητα

Δίνονται τα βάρη $B_1 = 1,5N$, $B_2 = 2N$ και $B_3 = 2,5N$ των σωμάτων που φαίνονται στην εικόνα 1.3.8. Αφού κατασκευάσετε τη διάταξη, να κάνετε τις ακόλουθες δραστηριότητες:

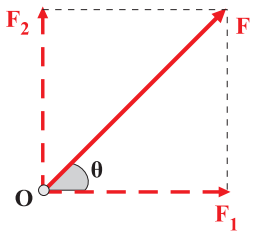
α) Μετρήστε με το μοιρογνωμόνιο τις γωνίες θ_1 και θ_2 που σχηματίζουν τα νήματα λόγω των βαρών.

β) Κατασκευάστε το παραλληλόγραμμο των δυνάμεων και προσδιορίστε το μέτρο και την κατεύθυνση της συνισταμένης. Αντιστοιχίστε 1N σε 4cm.

ραλληλόγραμμο στο οποίο τα διανύσματα B_1 και B_2 αντιπροσωπεύουν τις παρακείμενες πλευρές. Η συνισταμένη τους πρέπει να έχει και αντίθετη κατεύθυνση με το βάρος B_3, επειδή το σύστημα των τριών δυνάμεων ισορροπεί.

Σύνθεση δυνάμεων που σχηματίζουν γωνία 90°

Ας υποθέσουμε ότι σε ένα σημείο Ο ενεργούν δύο δυνάμεις F_1 και F_2 που σχηματίζουν γωνία 90° (Εικ. 1.3.9). Ζητάμε τον προσδιορισμό της συνισταμένης τους. Δηλαδή τον υπολογισμό της τιμής καθώς και την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης.



Εικόνα 1.3.9

Η κατεύθυνση της συνισταμένης θα προσδιοριστεί αν υπολογισθεί η γωνία θ που αυτή σχηματίζει με τη συνιστώσα F_1. Κατασκευάζοντας το παραλληλόγραμμο των δυνάμεων προκύπτει ότι η συνισταμένη είναι η υποτείνουσα ορθογωνίου τριγώνου του οποίου οι κάθετες πλευρές είναι οι δυνάμεις F_1 και F_2. Αν εφαρμόσουμε το Πυθαγόρειο θεώρημα βρίσκουμε την τιμή της που είναι:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \qquad (1.3.1)$$

Η γωνία θ προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_2}{F_1} \qquad (1.3.2)$$

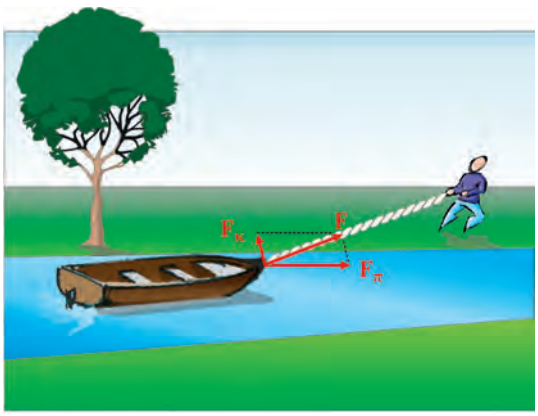
1.3.4 Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες

Όπως είναι δυνατό να συνθέσουμε δύο διανύσματα που έχουν κοινή αρχή και να τα αντικαταστήσουμε με ένα τρίτο διάνυσμα ισοδύναμο με αυτά, κατά αντίστοιχο τρόπο μπορούμε να αναλύσουμε ένα διάνυσμα σε δύο άλλα ισοδύναμα με αυτό. Το ερώτημα είναι "μπορούμε να αναλύσουμε και μια δύναμη σε συνιστώσες;"

Σύμφωνα με το προηγούμενο σκεπτικό η δύναμη ως διανυσματικό μέγεθος θα μπορεί να αναλυθεί σε συνιστώσες.

Η ανάγκη της ανάλυσης μίας δύναμης σε συνιστώσες φαίνεται από το εξής παράδειγμα.

Μια βάρκα σύρεται σε ένα κανάλι με τη βοήθεια σχοινιού από άνθρωπο που κινείται παράλληλα στο κανάλι (Εικ. 1.3.10). Για να κατανοήσουμε την κίνηση της βάρκας πρέπει να αναλύσουμε τη δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος σε δύο συνιστώσες. Μια παράλληλη, $F_Π$, προς το ρεύμα του ποταμού και μια κάθετη $F_Κ$ σ' αυτό. Η παράλληλη συνιστώσα, $F_Π$, κινεί τη βάρκα προς τα εμπρός ενώ η κάθετη



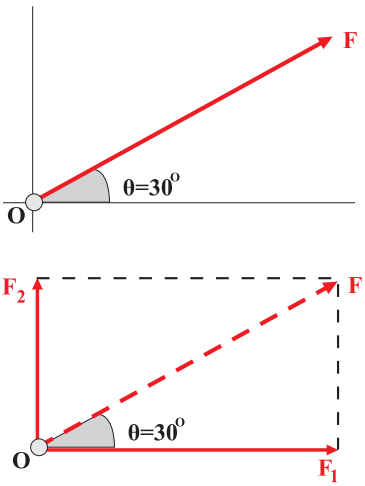
Εικόνα 1.3.10
Ανάλυση δύναμης σε δύο συνιστώσες.

την έλκει προς την ακτή.
Συνήθως αναλύουμε μια δύναμη σε δύο κάθετες συνιστώσες.

Παράδειγμα

Να αναλυθεί μια δύναμη F = 15N σε δυο συνιστώσες F_1 και F_2 κάθετες μεταξύ τους, εκ των οποίων η συνιστώσα F_1 είναι οριζόντια. Η γωνία θ που σχηματίζει η δύναμη F με την οριζόντια συνιστώσα είναι 30°.

Στην εικόνα φαίνεται η δύναμη F και οι δυο συνιστώσες της. Από την Τριγωνομετρία και συγκεκριμένα από τον ορισμό του συνημιτόνου και του ημιτόνου μιας γωνίας, προκύπτει:



$$\text{συν}\theta = \frac{F_1}{F} \quad \text{και} \quad \text{ημ}\theta = \frac{F_2}{F}$$

Επιλύοντας την πρώτη σχέση ως προς F_1 προκύπτει:

$$F_1 = F\ \text{συν}\theta$$

Με αντικατάσταση των τιμών F = 15N και θ = 30° παίρνουμε:

$$F_1 = 15\text{N}\ \text{συν}30° \qquad \text{ή}$$

$$F_1 = 15\frac{\sqrt{3}}{2}\text{N} = 12{,}75\text{N}$$

Εργαζόμενοι κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε τη συνιστώσα F_2.

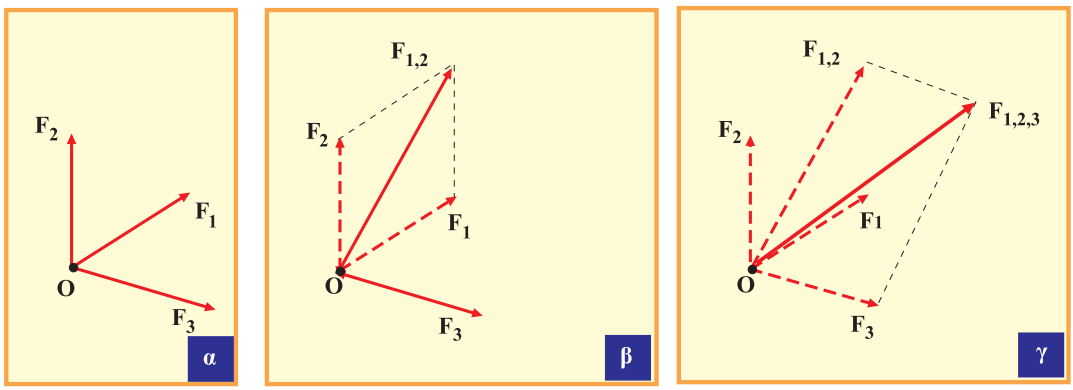
$$F_2 = F\ \text{ημ}\ 30° \ \text{ή}$$

$$F_2 = 15\text{N}\ \frac{1}{2} \ \text{ή}$$

$$F_2 = 7{,}5\text{N}$$

1.3.5 Σύνθεση πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων

Για να υπολογίσουμε τη συνισταμένη πολλών ομοεπιπέδων δυνάμεων που έχουν κοινό σημείο εφαρμογής, μπορούμε να βρούμε τη συνισταμένη των δύο πρώτων δυνάμεων με τη μέθοδο του παραλληλογράμμου και στη συνέχεια να συνθέσουμε τη δύναμη αυτή με την τρίτη δύναμη, τη νέα συνισταμένη με την τετάρτη, κ.ο.κ. μέχρι να τελειώσουν όλες οι δυνάμεις (Εικ. 1.3.11).



Εικόνα 1.3.11
Προσδιορισμός της συνισταμένης τριών ομοεπιπέδων δυνάμεων με τη μέθοδο του παραλληλογράμμου.

Η πορεία αυτή είναι συνήθως περίπλοκη και γι' αυτό δεν ενδείκνυται.

Συνήθως εργαζόμαστε ως εξής:
Σε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων, του οποίου η αρχή συμπίπτει με το σημείο εφαρμογής των ομοεπιπέδων δυνάμεων, αναλύουμε όλες τις δυνάμεις σε συνιστώσες. Παρατηρούμε τότε, ότι όλες οι συνιστώσες που βρίσκονται στον ίδιο άξονα, έχουν την ίδια ή αντίθετη κατεύθυνση και επομένως η πρόσθεσή τους είναι εύκολη. Με τον τρόπο αυτό καταλήγουμε στην σύνθεση δύο δυνάμεων καθέτων μεταξύ τους.

Αυτό θα φανεί αναλυτικά στο παράδειγμα που ακολουθεί. Για ευκολία ας θεωρήσουμε τρεις δυνάμεις F_1, F_2, F_3, που σχηματίζουν με τον άξονα των x γνωστές γωνίες θ_1, θ_2, θ_3 (Εικ. 1.3.12). Αναλύουμε κάθε δύναμη σε συνιστώσες στους άξονες x και y.

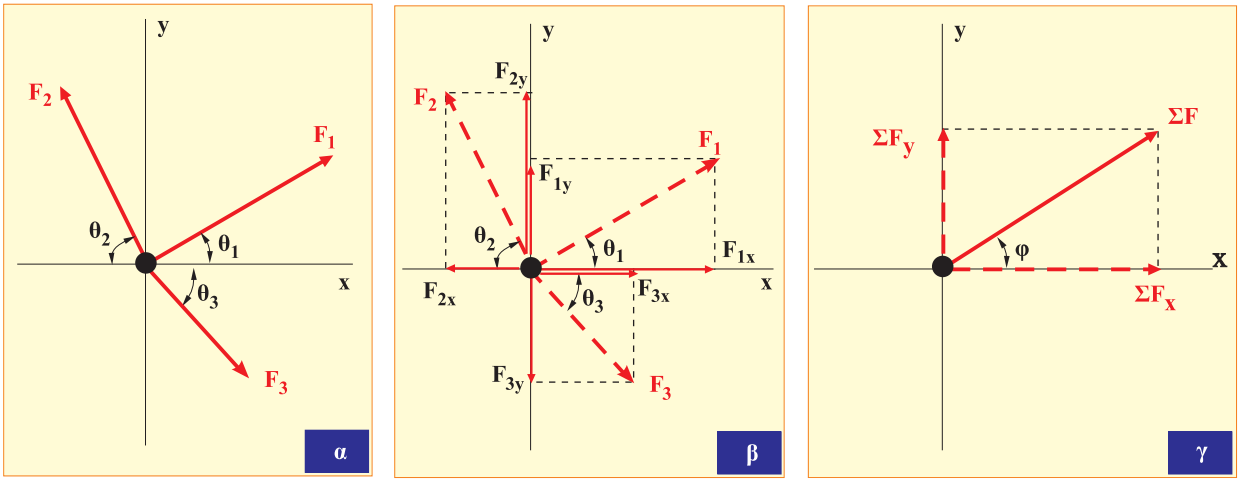
Η συνισταμένη των δυνάμεων στον x άξονα έχει τιμή:

$$\Sigma F_x = F_{1x} - F_{2x} + F_{3x}$$

Το ίδιο ισχύει και για τη συνισταμένη των δυνάμεων στον y άξονα:

$$\Sigma F_y = F_{1y} + F_{2y} - F_{3y}$$

Τα αθροίσματα αυτά είναι αλγεβρικά.



Εικόνα 1.3.12
Προσδιορισμός της συνισταμένης τριών ομοεπιπέδων δυνάμεων με ανάλυση σε συνιστώσες.

Τελικά, θα έχουμε:

$$\Sigma F = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} \qquad (1.3.3)$$

Η γωνία φ που σχηματίζει η συνισταμένη με τον άξονα των x προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\varepsilon\varphi\varphi = \frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x} \qquad (1.3.4)$$

1.3.6 Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων

Αν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις, που διέρχονται από το ίδιο σημείο, αυτό ισορροπεί, όταν η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν.

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο η συνισταμένη των δυνάμεων ανάγεται τελικά στη σύνθεση δύο δυνάμεων των ΣF_x και ΣF_y. Άρα θα πρέπει να ισχύει:

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases} \qquad (1.3.5)$$

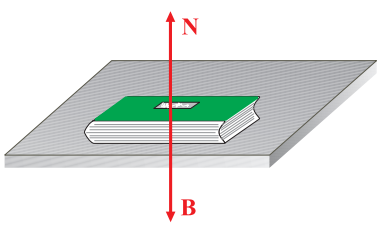
Τα αθροίσματα αυτά είναι αλγεβρικά και οι δυνάμεις είναι ομοεπίπεδες.

Μερικές περιπτώσεις

α. Ισορροπία σώματος υπό την επίδραση δύο δυνάμεων.

Σε ένα βιβλίο που ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο επίπεδο (Εικ. 1.3.13) ασκούνται δυνάμεις:

Το βάρος του Β και η δύναμη Ν του επιπέδου.

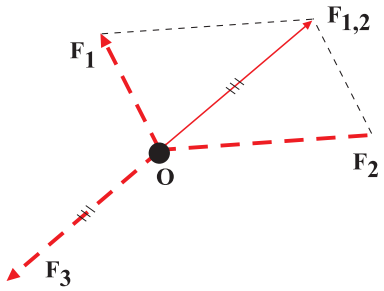


Εικόνα 1.3.13

Αφού το βιβλίο ισορροπεί θα ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \quad \text{ή}$$
$$B - N = 0 \quad \text{ή}$$
$$N = B$$

Δηλαδή η δύναμη από το επίπεδο και το βάρος το βιβλίου είναι *δυνάμεις αντίθετες*.



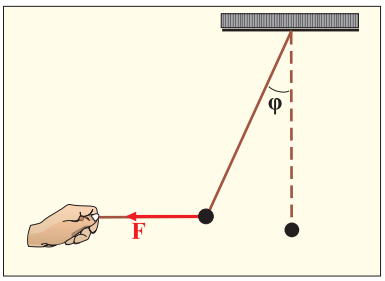
Εικόνα 1.3.14
Η F_3 και η $F_{1,2}$ είναι αντίθετες.

β. Ισορροπία σώματος υπό την επίδραση τριών δυνάμεων (ομοεπιπέδων).

Στην εικόνα 1.3.14, έχουμε τρεις ομοεπίπεδες δυνάμεις σε ισορροπία. Σύμφωνα με την παράγραφο 1.3.6 θα πρέπει η συνισταμένη των τριών δυνάμεων να είναι ίση με μηδέν. Δηλαδή η συνισταμένη των δύο να είναι αντίθετη της τρίτης.

Παράδειγμα

Σφαίρα βάρους B = 10N είναι δεμένη στην άκρη ενός σχοινιού που είναι στερεωμένο στην οροφή και ισορροπεί. Στη σφαίρα ασκούμε μια οριζόντια δύναμη F και τότε ισορροπεί σε νέα θέση, όπου το νήμα σχηματίζει γωνία φ (ημφ = 0,6 και συνφ = 0,8) με την κατακόρυφη.

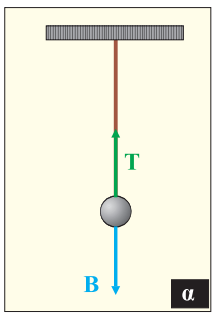


1) Να σχεδιαστούν οι δυνάμεις που ασκούνται στη σφαίρα πριν ασκηθεί η δύναμη F και να βρεθεί η συνισταμένη τους.

2) Να υπολογιστεί η δύναμη F καθώς επίσης και η δύναμη που ασκεί το νήμα στη σφαίρα, στη νέα θέση ισορροπίας.

Λύση

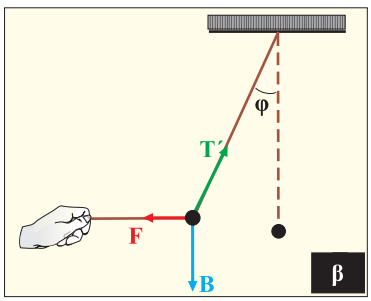
1) Στη σφαίρα ασκούνται δύο δυνάμεις:
το βάρος της λόγω της έλξης της Γης και
η δύναμη Τ που ασκεί το νήμα, την οποία ονομάζουμε τάση του νήματος.



Αφού η σφαίρα ισορροπεί, θα ισχύει:

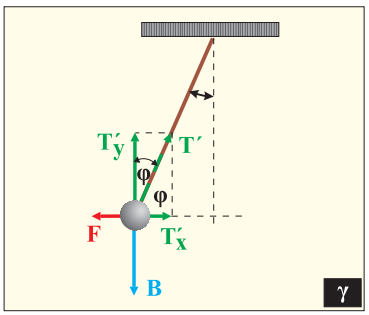
$$T = B$$
$$\text{άρα } T = 10N$$

2) Η σφαίρα ισορροπεί υπό την επίδραση τριών δυνάμεων B, T′ και F.



Αν αναλύσουμε την τάση του νήματος σε δύο συνιστώσες, από το σχήμα προκύπτει ότι:

$$T'_x = T'\eta\mu\varphi$$
$$T'_y = T'\sigma\upsilon\nu\varphi$$



Αφού η σφαίρα ισορροπεί, θα ισχύει:

$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$

Δηλαδή: $T' \sigma\upsilon\nu\varphi = B$ και
$F = T' \eta\mu\varphi$

Με αντικατάσταση παίρνουμε:

$$T' \cdot 0{,}8 = 10\ N \quad \text{ή} \quad T' = 12{,}5\ N$$
και $$F = 12{,}5\ N \cdot 0{,}6 \quad \text{ή} \quad F = 7{,}5\ N$$

1.3.7 Ο νόμος της τριβής

Έχετε δοκιμάσει να περπατήσετε σε γυαλισμένο πάτωμα ή σε παγωμένο δρόμο; Έχετε ακούσει ότι τα περισσότερα δυστυχήματα με αυτοκίνητα συμβαίνουν όταν οι δρόμοι είναι βρεγμένοι;

Στις παραπάνω περιπτώσεις υπάρχει κίνηση που όμως γίνεται σε ιδιόμορφες συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια πάνω στην οποία κινούνται τα σώματα. Το αίτιο που δυσκολεύει την κίνηση σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, είναι όπως ξέρουμε και από την εμπειρία μας, η ελάττωση των δυνάμεων της τριβής.

Όταν ένα σώμα ολισθαίνει (γλιστράει) πάνω σε μία επιφάνεια, υπάρχει μία δύναμη στο σώμα που αντιστέκεται στην κίνησή του.
Η δύναμη αυτή λέγεται **τριβή** ή **τριβή ολίσθησης**.
Τριβή εμφανίζεται επίσης όταν ένα σώμα κινείται μέσα σε ρευστό (στον αέρα ή σε υγρό). Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για αντίσταση αντί για τριβή.

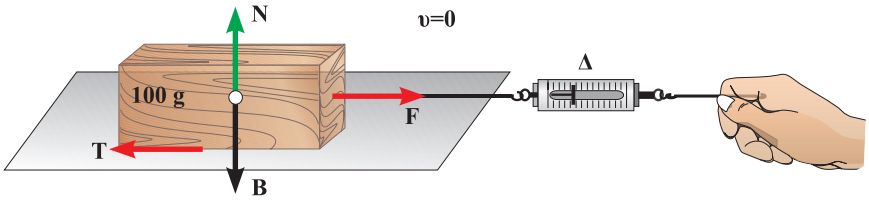
Η τριβή είναι μία πολύ σημαντική δύναμη γιατί επιτρέπει σε εμάς να περπατάμε, να κρατάμε αντικείμενα στα χέρια μας, στα τροχοφόρα οχήματα να κινούνται, κ.τ.λ. Η τριβή στα υγρά είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με αυτή μεταξύ δύο επιφανειών στερεών. Αυτός είναι ο λόγος που για την ελάττωση των τριβών μεταξύ δύο μεταλλικών επιφανειών χρησιμοποιούνται λάδια ως λιπαντικά. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία της χρήσης του αέρα υπό πίεση για την κίνηση σωμάτων πάνω σε λεπτό στρώμα αέρα οπότε η τριβή ελαττώνεται πολύ σημαντικά. Μπορεί κανείς να αναφέρει ως παράδειγμα την κίνηση του Hovercraft στην ξηρά και στη θάλασσα (Εικ. 1.3.15).



Εικόνα 1.3.15
Hovercraft.

Προκειμένου να μελετήσουμε ποσοτικά την τριβή εργαζόμαστε ως εξής (Εικ. 1.3.16):

Έστω ένα ξύλινο παραλληλεπίπεδο βάρους Β πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια. Στο παραλληλεπίπεδο ασκούνται δύο δυνάμεις, το βάρος του Β και η κάθετη δύναμη Ν από το επίπεδο. Η συνισταμένη των δύο δυνάμεων είναι μηδέν και το σώμα ισορροπεί.



Εικόνα 1.3.16

Όταν το σώμα παραμένει ακίνητο, η τριβή ονομάζεται στατική.

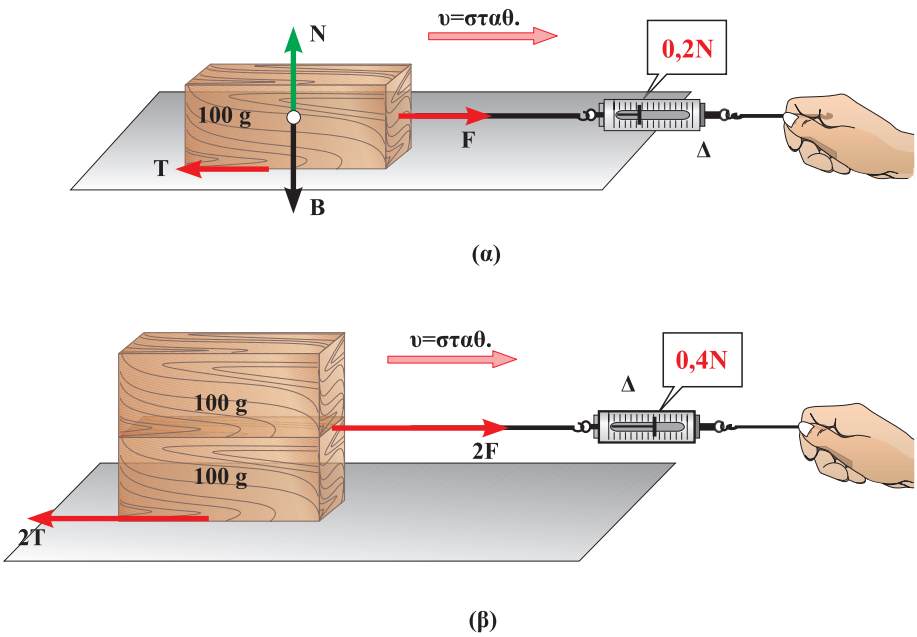
Με το δυναμόμετρο Δ εφαρμόζουμε μια μικρή οριζόντια δύναμη F και παρατηρούμε ότι το σώμα παραμένει ακίνητο. Αυτό φανερώνει ότι εκτός από τη δύναμη F που ασκούμε μέσω του δυναμομέτρου, υπάρχει και κάποια άλλη οριζόντια δύναμη που είναι αντίθετη της δύναμης F. Τη δύναμη αυτή τη συμβολίζουμε με Τ και εμφανίζεται στις διαχωριστικές επιφάνειες των δύο σωμάτων τα οποία εφάπτονται (ξύλινο παραλληλεπίπεδο και τραπέζι) και λέγεται **τριβή**.

Αν αυξήσουμε προοδευτικά το μέτρο της δύναμης F παρατηρούμε ότι το σώμα πάλι δεν κινείται, γεγονός που δείχνει ότι και η τιμή της δύναμης Τ αυξάνεται. Επειδή το σώμα παραμένει ακίνητο η δύναμη Τ ονομάζεται **στατική τριβή**.

Αν εξακολουθήσουμε να αυξάνουμε την τιμή της δύναμης F που ασκούμε στο σώμα, μέσω του δυναμομέτρου, θα παρατηρήσουμε ότι σε κάποια στιγμή το σώμα θα αρχίσει να γλιστράει (ολισθαίνει) πάνω στο επίπεδο. Η δύναμη της στατικής τριβής έχει πάρει τη μέγιστη τιμή και λέγεται **οριακή τριβή**.

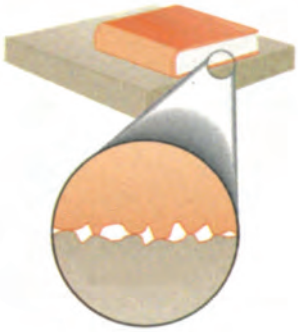
Το συμπέρασμα που βγαίνει είναι ότι η στατική τριβή δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά η τιμή της αυξάνεται από μηδέν μέχρι μια μέγιστη τιμή την οριακή τριβή.

Αν σύρουμε το παραλληλεπίπεδο (Εικ. 1.3.17α) έτσι ώστε να γλιστράει με σταθερή ταχύτητα παρατηρούμε ότι η ένδειξη του δυναμομέτρου γίνεται ελαφρώς μικρότερη της προηγούμενης τιμής της. Κατά συνέπεια και η δύναμη της τριβής που αντιστέκεται στην κίνηση (ολίσθηση) και λέγεται **τριβή ολίσθησης**, πρέπει να είναι μικρότερη της οριακής τριβής.



Εικόνα 1.3.17 *Όταν το σώμα ολισθαίνει μιλάμε για τριβή ολίσθησης.*

Αν επαναλάβουμε το πείραμα πολλές φορές, βάζοντας πάνω στο παραλληλεπίπεδο κάθε φορά και ένα διαφορετικό



βάρος (Εικ. 1.3.17β), βρίσκουμε ότι αυξάνονται ανάλογα με την κάθετη δύναμη (είναι πάντοτε N = B), τόσο η οριακή τριβή, όσο και η τριβή ολίσθησης.

Μπορούμε λοιπόν να γράψουμε για την τριβή ολίσθησης:

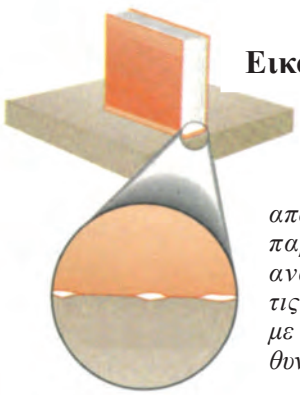
$$T = \mu N \qquad (1.3.6)$$

Στη σχέση (1.3.6), T είναι η τριβή ολίσθησης, μ ο συντελεστής που ονομάζουμε συντελεστή τριβής ολίσθησης και N η κάθετη δύναμη με την οποία συμπιέζονται οι επιφάνειες.

Η έκφραση T = μN αποτελεί την ποσοτική έκφραση του νόμου της τριβής ολίσθησης που διατυπώνεται ως εξής:

1. Η τριβή ολίσθησης έχει τιμή ανάλογη της κάθετης δύναμης N.

2. Ο συντελεστής αναλογίας μ λέγεται συντελεστής τριβής ολίσθησης και εκφράζει την εξάρτηση της τριβής ολίσθησης από τη φύση των επιφανειών που είναι σε επαφή, εικόνα 1.3.18.



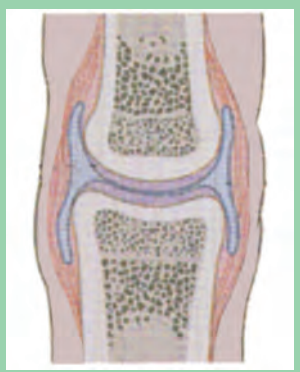
Εικόνα 1.3.18 *Ακόμα και οι επιφάνειες που φαίνονται απόλυτα λείες, παρουσιάζουν ανωμαλίες αν τις εξετάσουμε με ισχυρό μεγεθυντικό φακό.*

Επίσης πρέπει να αναφερθεί, ότι η τριβή ολίσθησης είναι ανεξάρτητη του εμβαδού των τριβομένων επιφανειών και ανεξάρτητη της ταχύτητας του ενός σώματος ως προς το άλλο, εφόσον η ταχύτητα δεν υπερβαίνει ορισμένο όριο.



Μείωση των τριβών στο ανθρώπινο σώμα

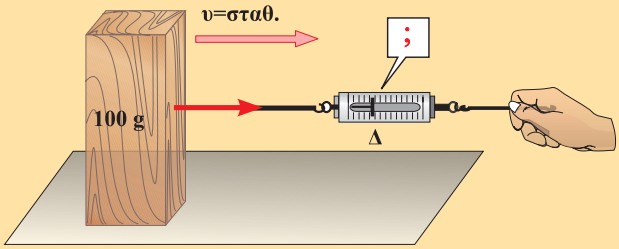
Στον οργανισμό του ανθρώπου υπάρχουν ειδικά συστήματα μείωσης της τριβής. Όταν περπατάμε δεν αισθανόμαστε την τριβή μεταξύ των οστών στις αρθρώσεις των ποδιών. Αυτό συμβαίνει γιατί το αρθρικό υγρό στον αρθρικό θύλακα λειτουργεί ως λιπαντικό (βλέπε εικόνα).



Όταν ο άνθρωπος είναι ακίνητος, το αρθρικό υγρό τείνει να απορροφηθεί με αποτέλεσμα να αυξάνεται η τριβή, γεγονός που επιτρέπει τη σταθερή στήριξη του σώματος. Μπορεί να πει κανείς ότι αυτό είναι ένα πολύ καλό παράδειγμα της βιολογικής μηχανικής που η φύση χρησιμοποιεί για τη στήριξη των ζωντανών οργανισμών. Μπορεί κανείς να αναφέρει και άλλα παραδείγματα χρησιμοποίησης ειδικών λιπαντικών στον οργανισμό του ανθρώπου. Παραδείγματος χάρη, για τη μείωση των τριβών των πνευμόνων και της καρδιάς ο οργανισμός χρησιμοποιεί ένα είδος βλένας. Για την κατάποση των στερεών τροφών και τη μείωση της τριβής στον οισοφάγο χρησιμοποιείται το σάλιο.

Δραστηριότητα

Πραγματοποιήστε το προηγούμενο πείραμα τοποθετώντας το ξύλινο παραλληλεπίπεδο πάνω στο τραπέζι με διαφορετική έδρα απ' ό,τι αρχικά, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Χρειάζεται να ασκηθεί, μέσω του δυναμομέτρου, η ίδια δύναμη F σε σχέση με πριν, ώστε το παραλληλεπίπεδο να κινείται με σταθερή ταχύτητα;

Μεταξύ των τριβομένων επιφανειών να βάλετε μικρή ποσότητα λιπαντικού (λάδι).

Για την ισοταχή κίνηση του παραλληλεπιπέδου η απαιτούμενη δύναμη είναι μικρότερη, ίση ή μεγαλύτερη σε σχέση με πριν;

Πολλοί μαθητές πιστεύουν, ότι η δύναμη της τριβής έχει κατεύθυνση πάντοτε αντίθετη της κατεύθυνσης της κίνησης του σώματος πάνω στο οποίο δρα.

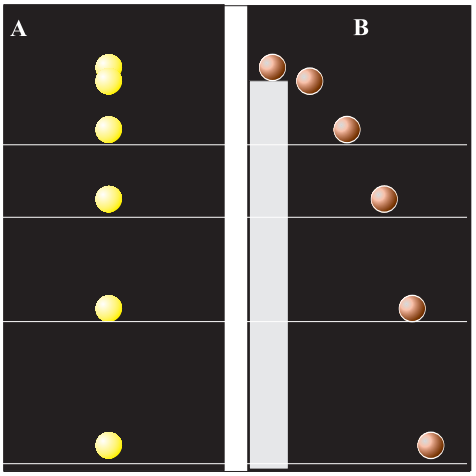
Συζητήστε το θέμα αυτό στην ομάδα σας και γράψτε την άποψή σας. (Στη συζήτησή σας να αναφερθείτε και στην περίπτωση της κίνησης ενός αυτοκινήτου ή ανθρώπου).

Συντελεστές τριβής ολίσθησης (προσεγγιστικές τιμές)

Υλικό	
Χάλυβας - Χάλυβας	0,57
Αλουμίνιο - Χάλυβας	0,47
Χαλκός - Χάλυβας	0,36
Ορείχαλκος - Χάλυβας	0,44
Ψευδάργυρος - Χυτοσίδηρος	0,21
Χαλκός - Χυτοσίδηρος	0,29
Γυαλί - Γυαλί	0,40
Χαλκός - Γυαλί	0,53
Τεφλόν - Τεφλόν	0,04
Τεφλόν - Χάλυβας	0,04
Καουτσούκ - Σκυρόδεμα (ξηρό)	0,8
Καουτσούκ - Σκυρόδεμα (υγρό)	0,25

1.3.8 Οριζόντια βολή

Χρησιμοποιώντας τη διάταξη μελέτης των κινήσεων την οποία περιγράψαμε στην παράγραφο 1.2.8, μπορούμε να μελετήσουμε την οριζόντια βολή. Από ένα ύψος αφήνουμε να πέσει ελεύθερα το αντικείμενο Α ξεκινώντας από την ηρεμία. Από το ίδιο ύψος ένα άλλο αντικείμενο Β αρχίζει να κινείται συγχρόνως με το αντικείμενο Α, αλλά τη στιγμή της εκκίνησης του δίνεται μια ώθηση προς τα δεξιά που προσδίδει στο σώμα οριζόντια ταχύτητα.

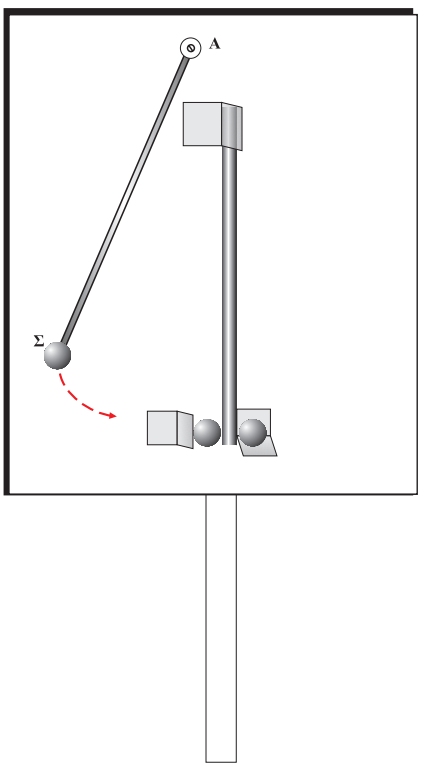


Εικόνα 1.3.19 *Χρονοφωτογραφίες α) ελεύθερη πτώση β) οριζόντια βολή.*

Τα αντικείμενα φωτογραφίζονται κατά τη διάρκεια της πτώσης με τον τρόπο που περιγράψαμε στην παράγραφο 1.2.8. Οι φωτογραφίες της κίνησης φαίνονται στην εικόνα 1.3.19. Τι παρατηρείτε για την κίνηση του αντικειμένου Β σε σχέση με την κίνηση του Α;

Από την εικόνα φαίνεται ότι τις ίδιες χρονικές στιγμές βρίσκονται στο ίδιο ύψος, δηλαδή έχουν διανύσει την ίδια κατακόρυφη απόσταση.

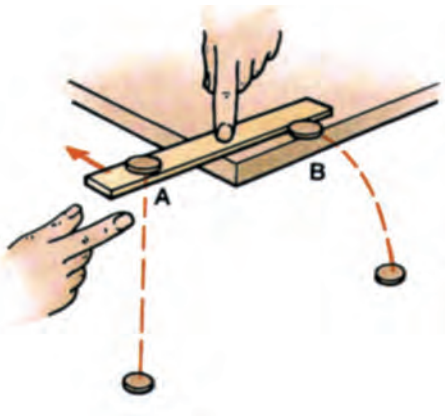
Το αντικείμενο Β ενώ πέφτει ταυτόχρονα μετατοπίζεται και οριζόντια. Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για την κίνηση του αντικειμένου Β; Από τη φωτογραφία φαίνεται ότι το αντικείμενο Β διανύει ίσα οριζόντια διαστήματα σε ίσους χρόνους. Η κίνηση που κάνει το αντικείμενο Β λέγεται **οριζόντια βολή.**



Δραστηριότητα 1

Σύγχρονες κινήσεις - Ανεξαρτησία κινήσεων.

1. Στερεώστε τη συσκευή συγχρόνων κινήσεων επάνω σε οριζόντια ράβδο, η οποία στηρίζεται επάνω σε ορθοστάτη.
2. Υψώστε τη μεταλλική σφαίρα Σ, ώστε το στέλεχος ΣΑ (το οποίο μπορεί να στρέφεται γύρω από το άλλο άκρο του Α) να γίνει περίπου οριζόντιο. Αφήστε ελεύθερη τη σφαίρα Σ.
3. Μετά τη σύγκρουση τι κίνηση θα κάνει καθεμία από τις δύο μεταλλικές σφαίρες που συγκροτούνται από τα ελάσματα; Ακούγεται ένας χτύπος; Δηλαδή φθάνουν ταυτόχρονα στο δάπεδο;
4. Η κίνηση της σφαίρας που εκτινάσσεται οριζόντια είναι απλή ή συνδυασμός άλλων κινήσεων; Αν ισχύει το δεύτερο, προσδιορίστε τις επιμέρους απλές κινήσεις από τις οποίες συντίθεται.



Δραστηριότητα 2

Κατακόρυφη και οριζόντια κίνηση.

1. Τοποθέτησε ένα πλαστικό χάρακα και δύο πανομοιότυπα νομίσματα όπως φαίνεται στην εικόνα.
2. Πίεσε το χάρακα στο μέσο του με το δείκτη του ενός χεριού και χτύπησε απότομα την άκρη του χάρακα με το δείκτη του άλλου. Με τον τρόπο αυτό, το νόμισμα Α ελευθερώνεται και πέφτει κατακόρυφα, ενώ το Β εκτινάσσεται οριζόντια με κάποια αρχική ταχύτητα.
3. Άκουσε τα νομίσματα καθώς χτυπούν στο δάπεδο.

i) Αν δεν υπήρχε η δύναμη της βαρύτητας τι κίνηση θα έκανε το νόμισμα Β μετά το χτύπημα από τον χάρακα; Αν δεν υπήρχε η αρχική οριζόντια ταχύτητα από το χτύπημα του χάρακα, τι κίνηση θα έκανε το νόμισμα Β, όταν θα αφηνόταν ελεύθερο από το ίδιο ύψος; Δικαιολόγησε τις απαντήσεις σου.
ii) Η κίνηση του νομίσματος Β είναι απλή ή συνδυασμός άλλων απλών κινήσεων; Αν συμβαίνει το δεύτερο, τότε ποιες είναι αυτές;
iii) Τα δύο νομίσματα αρχίζουν τις κινήσεις τους συγχρόνως. Μήπως επίσης φθάνουν συγχρόνως στο δάπεδο; Αν ναι, τότε τι συμπεραίνεις για τις (κατακόρυφες) επιταχύνσεις τους;

4. Η οριζόντια κίνηση του νομίσματος Β επηρεάζει την άλλη επιμέρους κίνησή του (την πτώση του κατά την κατακόρυφη διεύθυνση); Είναι ανεξάρτητη η μία κίνηση από την άλλη; Μπορούμε επομένως, όταν ασχολούμαστε με μία σύνθετη κίνηση σώματος, να μελετούμε ξεχωριστά τις επιμέρους απλές κινήσεις που τη συνθέτουν;

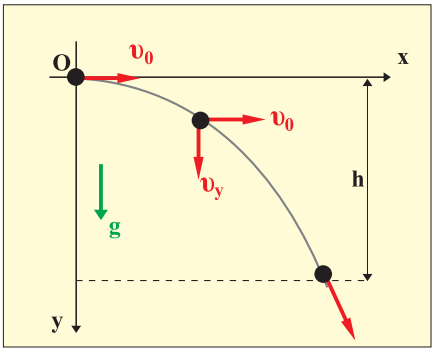
Συνοψίζοντας, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι **η οριζόντια βολή είναι σύνθετη κίνηση** που αποτελείται από δύο απλές κινήσεις, μία *κατακόρυφη* που είναι ελεύθερη πτώση και μία *οριζόντια* που είναι ευθύγραμμη ομαλή.
Οι δύο κινήσεις εξελίσσονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο που ορίζεται από την ταχύτητα του αντικειμένου Β.
Για να περιγράψουμε τις σύνθετες κινήσεις χρησιμοποιούμε **την αρχή ανεξαρτησίας (ή αρχή της επαλληλίας) των κινήσεων**, που διατυπώνεται ως εξής:

"Όταν ένα κινητό εκτελεί ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες κινήσεις, κάθε μία απ' αυτές εκτελείται εντελώς ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες και η θέση στην οποία φτάνει το κινητό μετά από χρόνο t, είναι η ίδια είτε οι κινήσεις εκτελούνται ταυτόχρονα, είτε εκτελούνται διαδοχικά, σε χρόνο t κάθε μία".

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας και της μετατόπισης, μετά από χρόνο t, γράφουμε το διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων ή των μετατοπίσεων αντίστοιχα, που θα είχε το κινητό, αν εκτελούσε κάθε μία κίνηση ανεξάρτητα και επί χρόνο t.
Δηλαδή:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_1 + \vec{\upsilon}_2 \quad \text{και} \quad \vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2 \qquad (1.3.7)$$

Ας επανέλθουμε στο αρχικό παράδειγμα για να μελετή-



Εικόνα 1.3.20

σουμε την κίνηση του αντικειμένου Β. Έστω h ότι είναι το ύψος από το οποίο βάλλεται οριζόντια με ταχύτητα υ_0, το αντικείμενο Β.

Εφαρμόζουμε την αρχή ανεξαρτησίας των κινήσεων σε σύστημα αξόνων Ox και Oy, όπως φαίνεται στην εικόνα 1.3.20.

Άξονας Ox: Η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή με ταχύτητα υ_0 και οι εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση κατά τη διεύθυνση **(x)** είναι:

$$\upsilon_x = \upsilon_0$$

$$x = \upsilon_0 t$$

Άξονας Oy: Η κίνηση είναι ελεύθερη πτώση που είναι κίνηση ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς αρχική ταχύτητα με επιτάχυνση $\vec{g}$.

Οι εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση κατά τη διεύθυνση (y) είναι:

$$\upsilon_y = g t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

Κάθε στιγμή η ταχύτητα του σώματος είναι: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_x + \vec{\upsilon}_y$.

Ο χρόνος κίνησης του σώματος βρίσκεται από την τελευταία σχέση, αν αντικαταστήσουμε όπου y = h.

Δηλαδή $h = \frac{1}{2} g t^2$ ή $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

Στο χρόνο αυτό το σώμα διάνυσε οριζόντια απόσταση ίση με:

$$x = \upsilon_0 t \qquad (1.3.8)$$

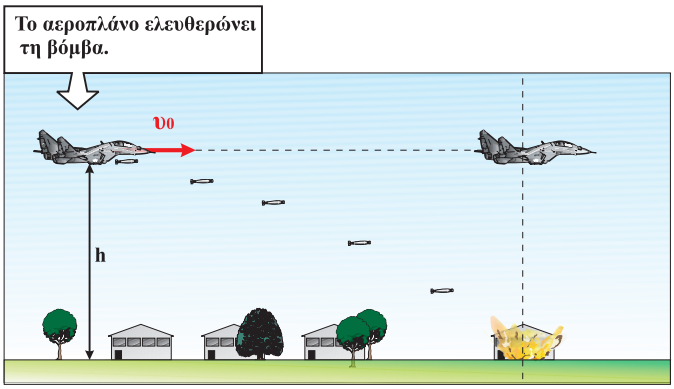
Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι δυο κινήσεις εκτελούνται από το σώμα Β, ανεξάρτητα η μία από την άλλη, είτε ταυτόχρονα είτε διαδοχικά. Κάθε μια κίνηση διαρκεί χρόνο.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad (1.3.9)$$

Παράδειγμα

Ας θεωρήσουμε ένα βομβαρδιστικό αεροπλάνο που κινεί σε ύψος h από το έδαφος με ταχύτητα υ_0. Η βόμβα βρίσκεται στο αεροπλάνο άρα τη στιγμή που αφήνεται να πέσει έχει την ίδια ταχύτητα με το αεροπλάνο. Ποιους παράγοντες πρέπει να λάβει υπόψη ο πιλότος ώστε η βόμβα να χτυπή-

σει το στόχο; Υποθέτουμε ότι δεν υπάρχει αντίσταση του αέρα.



Είναι προφανές ότι, οι παράγοντες που θα παίξουν καθοριστικό ρόλο, είναι το ύψος στο οποίο το αεροπλάνο πετά, η ταχύτητά του και η οριζόντια απόστασή του από το στόχο τη στιγμή που απελευθερώνει τη βόμβα.

Η κίνηση της βόμβας στον κατακόρυφο άξονα είναι ελεύθερη πτώση ($\upsilon = \upsilon_0$) και άρα ισχύει:

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

Στην εξίσωση αυτή ο μόνος άγνωστος είναι ο χρόνος κατά τον οποίο κινείται η βόμβα. Επομένως μπορεί να προσδιοριστεί. Επιπλέον η βόμβα κινείται οριζόντια με κίνηση ευθύγραμμη ομαλή επί χρόνο t, όσο δηλαδή διαρκεί η ελεύθερη πτώση της.

Το οριζόντιο διάστημα που θα διανύσει η βόμβα, προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$s = \upsilon_0 t$$

όπου υ_0 είναι η οριζόντια ταχύτητα της βόμβας, που είναι ίση με την ταχύτητα του αεροπλάνου τη στιγμή που αυτή απελευθερώνεται.

Συνεπώς, για να συναντήσει η βόμβα το στόχο, το αεροπλάνο πρέπει να την απελευθερώσει, όταν απέχει απ' αυτόν οριζόντια απόσταση $s = \upsilon_0 t$.

Τη χρονική στιγμή που η βόμβα βρίσκει το στόχο το αεροπλάνο βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφη (αεροπλάνο και βόμβα έχουν ίδια οριζόντια ταχύτητα άρα μετατοπίζονται το ίδιο στην οριζόντια διεύθυνση στον ίδιο χρόνο).

1.3.9 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα σε διανυσματική και σε αλγεβρική μορφή

Στην παράγραφο 1.2.4 του προηγούμενου κεφαλαίου μελετήσαμε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής $\vec{F} = m\vec{\alpha}$ και καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το αίτιο της επιτάχυνσης είναι η δύναμη. Στη σχέση που περιγράφει το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής, $\vec{F}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα (μπορούμε να γράφουμε και $\Sigma\vec{F}$). Έτσι, για να υπολογιστεί η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα πρέπει πρώτα να συνθέσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό.

Αν το σώμα δέχεται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις η σχέση $\vec{F} = m\vec{\alpha}$ ισοδυναμεί με τις σχέσεις:

$$\begin{cases} \Sigma F_x = m\alpha_x \\ \Sigma F_y = m\alpha_y \end{cases} \qquad (1.3.10)$$

όπου ΣF_x, ΣF_y, α_x και α_y είναι οι συνιστώσες της συνισταμένης δύναμης και της επιτάχυνσης σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων αντίστοιχα.

Παράδειγμα

Σώμα μάζας m = 10kg αρχίζει να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο επίπεδο όταν επιδράσει πάνω του δύναμη μέτρου F = 80N που σχηματίζει γωνία θ = 30° με το οριζόντιο επίπεδο. Να υπολογίσετε:

α) Το μέτρο της τριβής ολίσθησης.



β) Την επιτάχυνση που αποκτά το σώμα.

γ) Το διάστημα που διανύει το σώμα μετά από χρόνο t = 4s από τη στιγμή που εφαρμόζεται η δύναμη.

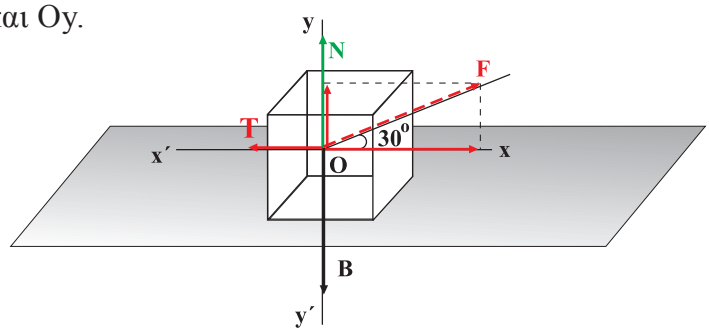
Δίνονται: g = 10m/s², μ = 0,25.

Απάντηση

α) i) Βρίσκουμε πρώτα τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα, οι οποίες είναι: το βάρος του B, η δύναμη F, η κάθετη δύναμη N από το οριζόντιο επίπεδο και η τριβή T.

ii) Θεωρούμε ότι τη χρονική στιγμή t = 0 το σώμα βρίσκεται στη θέση O.

Αναλύουμε τις δυνάμεις σε δύο συνιστώσες στους άξονες Ox και Oy.



iii) Στον οριζόντιο άξονα Ox ασκούνται δύο δυνάμεις, η τριβή T και η συνιστώσα F_x της δύναμης F. Είναι:

$$T = \mu N \qquad (1)$$

$$\text{και } F_x = F\sigma\upsilon\nu 30° \qquad (2)$$

Στον κατακόρυφο άξονα Oy ασκούνται τρεις δυνάμεις, το βάρος B, η δύναμη N και η συνιστώσα F_y της δύναμης F. Επειδή κατά τη διεύθυνση του άξονα Oy δεν υπάρχει κίνηση, η συνισταμένη των δυνάμεων κατά τη διεύθυνση αυτή θα είναι μηδέν και θα ισχύει:

$$N + F\eta\mu 30° - B = 0$$

$$\text{ή} \quad N = B - F\eta\mu 30° \qquad (3)$$

Από τις σχέσεις (1) και (3) υπολογίζεται η τιμή της τριβής T, αν αντικαταστήσουμε την τιμή της δύναμης N από τη σχέση (3) στη σχέση (1), και θέσουμε B = m g.

$$T = \mu (m g - F\eta\mu 30^o)$$

Οι τιμές των μεγεθών στο δεύτερο μέλος είναι γνωστές, άρα με αντικατάσταση προκύπτει:

$$T = 15N$$

β) Το σώμα κινείται κατά την οριζόντια διεύθυνση με φορά προς τα δεξιά. Η συνισταμένη των δυνάμεων κατά τον άξονα αυτόν θα ισούται με mα, δηλαδή:

$$F_x - T = m\,\alpha$$

Η τελευταία σχέση λόγω της σχέσης (2) γράφεται:

$$F\sigma\upsilon\nu 30° - T = m\,\alpha$$

Από τη σχέση αυτή υπολογίζεται η επιτάχυνση α.

$$\alpha = \frac{F\sigma\upsilon\nu 30° - T}{m}$$

Με αντικατάσταση προκύπτει η τιμή της επιτάχυνσης:

$$\alpha = 5{,}4 m/s^2$$

γ) Το σώμα εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και το διάστημα που διανύει σε χρόνο t δίνεται από τη σχέση:

$$s = \frac{1}{2}\alpha t^2$$

Με αντικατάσταση των τιμών μεγεθών α και t υπολογίζουμε το διάστημα:

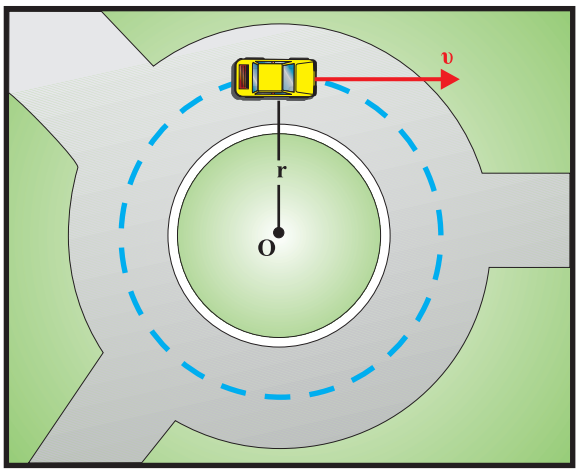
$$s = 43{,}4m.$$

1.3.10 Ομαλή κυκλική κίνηση

Ένα κινητό κάνει κυκλική κίνηση όταν η τροχιά που διαγράφει είναι περιφέρεια κύκλου (Εικ. 1.3.21). Η πιο απλή από τις κυκλικές κινήσεις είναι η **ομαλή κυκλική** (Εικ. 1.3.22).



Εικόνα 1.3.21
Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της με σταθερή περίοδο. Αν τοποθετήσουμε στο Βόρειο Πόλο μία φωτογραφική μηχανή, αυτή στη διάρκεια της νύχτας θα φωτογραφίσει τις τροχιές των άστρων. Όπως φαίνεται στη φωτογραφία, τα άστρα φαίνεται να κάνουν κυκλική κίνηση.



Εικόνα 1.3.22
Το αυτοκίνητο κινείται στην κυκλική πλατεία με σταθερή ταχύτητα.

Ομαλή χαρακτηρίζεται η κυκλική κίνηση ενός κινητού, όταν η τιμή της ταχύτητάς του παραμένει σταθερή.

Ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μια περιφορά, λέγεται **περίοδος** της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με **T**.

Ο αριθμός των περιφορών που εκτελεί το κινητό στη μονάδα του χρόνου λέγεται **συχνότητα** της κυκλικής κίνησης και συμβολίζεται με **f**.

Από τον ορισμό της συχνότητας προκύπτει ότι η περίοδος και η συχνότητα συνδέονται με τη σχέση:

$$f = \frac{1}{T} \qquad (1.3.11)$$

Μονάδα της συχνότητας είναι ο κύκλος ανά δευτερόλεπτο (c/s) που λέγεται **1Hz** (Χερτζ) προς τιμή του φυσικού Hertz που θεωρείται ένας από τους πρωτοπόρους στη μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

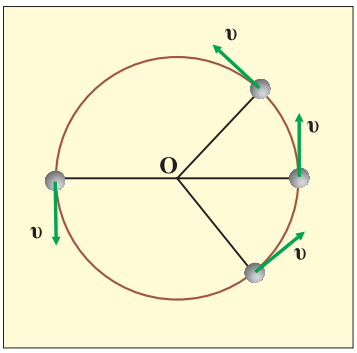
Πολλαπλάσια της μονάδας αυτής είναι: $1kHz = 10^3Hz$, $1MHz = 10^6Hz$, $1GHz = 10^9Hz$.

Η ομαλή κυκλική κίνηση είναι γνωστή σε όλους μας. Τέτοια κίνηση κάνει το άκρο του λεπτοδείκτη του ρολογιού, ένα σημείο του περιστρεφόμενου δίσκου στο πικάπ κ.τ.λ.

Η ομαλή κυκλική κίνηση εντάσσεται σε μια μεγάλη κατηγορία κινήσεων που λέγονται **περιοδικές**. Μια τέτοια κίνηση έχει το χαρακτηριστικό ότι επαναλαμβάνεται η ίδια στον ίδιο πάντα χρόνο που λέγεται περίοδος **(T)**.

Γραμμική ταχύτητα

Σύμφωνα με τον ορισμό της ομαλής κυκλικής κίνησης η τιμή της ταχύτητας του κινητού παραμένει σταθερή, ενώ η κατεύθυνσή της μεταβάλλεται συνεχώς, επειδή κάθε στιγμή είναι εφαπτόμενη στην τροχιά (Εικ. 1.3.23). Άρα τα διανυόμενα τόξα είναι ανάλογα των χρόνων στους οποίους διανύονται. Μπορούμε συνεπώς να γράψουμε:



Εικόνα 1.3.23

$$s = \upsilon\, t$$

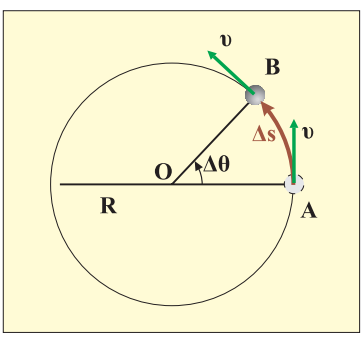
Επομένως το μέτρο της ταχύτητάς του, που ονομάζεται **γραμμική ταχύτητα** θα είναι:

$$\upsilon = \frac{s}{t}$$

Αν στον τελευταίο τύπο θέσουμε t = T, τότε το τόξο που θα διανύσει το κινητό θα έχει μήκος s = 2π R (το μήκος της περιφέρειας της κυκλικής τροχιάς), οπότε:

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} \qquad (1.3.12)$$

Ας υποθέσουμε ότι τη χρονική στιγμή t = 0 το κινητό βρίσκεται στη θέση Α και μετά από χρόνο t, κινούμενο κατά τη φορά που φαίνεται στην εικόνα 1.3.24, με γραμμική ταχύτητα υ, βρίσκεται στη θέση Β, έχοντας διανύσει το τόξο Δs. Η θέση του κινητού πάνω στην τροχιά του μπορεί να προσδιορισθεί, κάθε στιγμή, με δύο τρόπους (Εικ. 1.3.24):

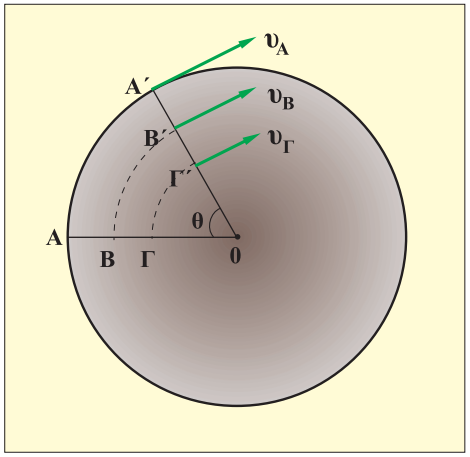


Εικόνα 1.3.24

1) Με τη μέτρηση του μήκους του τόξου ΑΒ (Δs = υ Δt).
2) Με τη μέτρηση της γωνίας $A\hat{O}B$ ($A\hat{O}B = \Delta\theta$) την οποία διαγράφει μια ακτίνα, που θεωρούμε ότι συνδέει κάθε στιγμή το κινητό με το κέντρο της τροχιάς του (επιβατική ακτίνα). Έτσι όταν το κινητό θα έχει "διανύσει" τόξο μήκους Δs η επιβατική ακτίνα θα έχει "διαγράψει" επίκεντρη γωνία Δθ.

Γωνιακή ταχύτητα

Ας θεωρήσουμε το σχήμα της εικόνας (Εικ. 1.3.25) όπου φαίνεται ένας δίσκος που περιστρέφεται και τα σημεία του κάνουν ομαλή κυκλική κίνηση. Έστω τρία σημεία Α, Β και

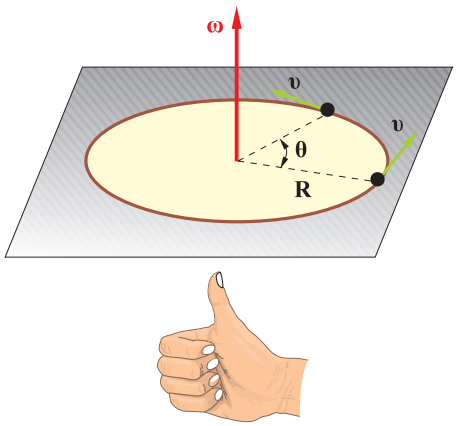


Εικόνα 1.3.25

Γ του δίσκου που βρίσκονται πάνω στην ίδια ακτίνα. Σε ένα μικρό χρονικό διάστημα, τα τρία σημεία βρίσκονται στις θέσεις Α′, Β′ και Γ′ αντίστοιχα και έχουν διαγράψει την ίδια γωνία θ. Ωστόσο τα μήκη των αντίστοιχων τόξων ΑΑ′, ΒΒ′, ΓΓ′ είναι διαφορετικά μεταξύ τους, γεγονός που σημαίνει ότι οι γραμμικές ταχύτητες των σημείων Α, Β, Γ, διαφέρουν (Εικ. 1.3.25).

Στην ομαλή κυκλική κίνηση λοιπόν, εκτός από την ταχύτητα (γραμμική) που δίνει το ρυθμό με τον οποίο διανύει το κινητό διαστήματα, χρειαζόμαστε και ένα άλλο μέγεθος που να δείχνει με τι ρυθμό η επιβατική ακτίνα διαγράφει γωνίες. Γι' αυτό ορίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος που λέγεται **γωνιακή ταχύτητα** και συμβολίζεται με **ω**.

Γωνιακή ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός κινητού, ονομάζουμε ένα διανυσματικό μέγεθος του οποίου:



Εικόνα 1.3.26

- Η τιμή είναι ίση με το σταθερό πηλίκο της γωνίας θ που διαγράφηκε από την επιβατική ακτίνα σε χρονικό διάστημα t διά του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος. Δηλαδή (Εικ. 1.3.26):

$$\omega = \frac{\theta}{\tau} \qquad (1.3.13)$$

- Η διεύθυνση είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς.

- Η φορά καθορίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού όπως στην εικόνα. Το διάνυσμα $\vec{\omega}$ έχει τη φορά, του αντίχειρα του δεξιού χεριού όταν η φορά περιστροφής του κινητού συμπίπτει με τη φορά των υπόλοιπων δακτύλων.

Στην ομαλή κυκλική κίνηση σε χρόνο μιας περιόδου Τ η επιβατική ακτίνα θα έχει διαγράψει γωνία 2π rad.
Άρα η σχέση (1.3.13) γράφεται:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \qquad (1.3.14)$$

Επειδή $\frac{1}{T} = f$ η σχέση (1.3.14) γράφεται: $\omega = 2\pi f$.

Μονάδα γωνιακής ταχύτητας

Ως μονάδα γωνιακής ταχύτητας, σύμφωνα με τη σχέση (1.3.13), χρησιμοποιούμε το ακτίνιο ανά δευτερόλεπτο (**1rad/s**).

Σχέση μεταξύ της γραμμικής και της γωνιακής ταχύτητας

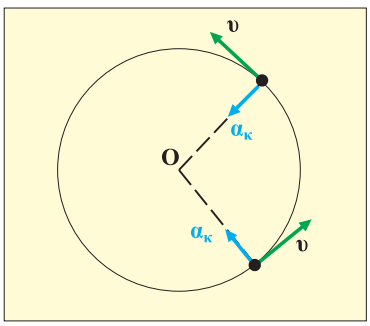
Για να βρούμε τη σχέση που συνδέει τη γραμμική με τη γωνιακή ταχύτητα αντικαθιστούμε στη σχέση (1.3.12) το πηλίκο 2π/T με το ω, οπότε προκύπτει

$$\upsilon = \omega R \qquad (1.3.15)$$

Η σχέση αυτή συνδέει τη γραμμική ταχύτητα με τη γωνιακή και με την ακτίνα της τροχιάς. Φαίνεται απ' αυτήν πως όλα τα σημεία ενός περιστρεφόμενου δίσκου (Εικ. 1.3.25), ενώ έχουν την ίδια γωνιακή ταχύτητα (ω), έχουν γραμμικές ταχύτητες (υ) η τιμή των οποίων είναι ανάλογη με την απόστασή τους από τον άξονα (κέντρο) περιστροφής.

Κεντρομόλος επιτάχυνση

Στην ομαλή κυκλική κίνηση η τιμή της ταχύτητας είναι σταθερή, όμως η διεύθυνση και η φορά αλλάζουν συνεχώς. Άρα το διάνυσμα της ταχύτητας αλλάζει με αποτέλεσμα να εμφανίζεται επιτάχυνση που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς (Εικ. 1.3.27) και λέγεται **κεντρομόλος επιτάχυνση $\alpha_κ$**.



Εικόνα 1.3.27

Αποδεικνύεται ότι το μέτρο της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha_κ = \frac{\upsilon^2}{R} \qquad (1.3.16)$$

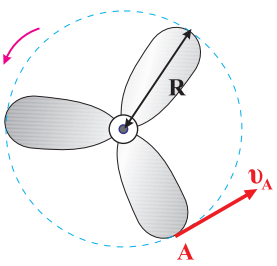
Δραστηριότητα

Ξεκινώντας από τη σχέση (1.3.16) και χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1.3.11), (1.3.14) και (1.3.15), να εκφράσετε την κεντρομόλο επιτάχυνση και με άλλες σχέσεις.

Παράδειγμα

Το άκρο (Α) του πτερυγίου ενός ανεμιστήρα στρέφεται με γραμμική ταχύτητα, 15m/s και η ακτίνα του έχει μήκος 60cm.

- Να υπολογιστούν: η περίοδος, η συχνότητα και η γωνιακή ταχύτητα.
- Να υπολογισθεί επίσης ποιο μήκος τόξου s θα έχει διανυθεί σε χρόνο ενός εκατοστού του δευτερολέπτου.



Απάντηση:

Από τη σχέση $\upsilon = \frac{2\pi R}{T}$ επιλύοντας ως προς την περίοδο T βρίσκουμε:

$$T = \frac{2\pi}{\upsilon} R \quad \text{ή} \quad T = 0{,}25s$$

Η σχέση μεταξύ συχνότητας και περιόδου είναι:

$$f = \frac{1}{T}.$$

Αντικαθιστώντας την περίοδο T με την τιμή της, βρίσκουμε την τιμή της συχνότητας.

$$f = \frac{1}{0{,}25s} \quad \text{ή} \quad f = 4Hz$$

Η γωνιακή ταχύτητα υπολογίζεται από τη σχέση: $\omega = 2\pi f$ από την οποία με αντικατάσταση έχουμε:

$$\omega = 6{,}28 \cdot 4 rad/s \text{ ή } \omega = 25{,}12 rad/s.$$

Το μήκος του τόξου που θα διανυθεί σε χρόνο $t = 0{,}01s$ θα υπολογιστεί από τη σχέση: $s = \upsilon t$.

Με αντικατάσταση έχουμε: $s = 15 \cdot 0{,}01m$ ή $s = 0{,}15m$.

1.3.11 Κεντρομόλος δύναμη

Οι κυκλικές και γενικά οι καμπυλόγραμμες κινήσεις είναι μια μεγάλη κατηγορία κινήσεων. Έχετε αναρωτηθεί ποιο είναι το αίτιό τους; Ποια είναι παραδείγματος χάρη η αιτία που κρατά σε τροχιά ένα τεχνητό δορυφόρο γύρω από την Γη; (Εικ. 1.3.28) Για ποιο λόγο η Τροχαία βάζει όριο ταχύτητας στις στροφές; Αυτά είναι μερικά από τα ερωτήματα στα οποία θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση στην παράγραφο αυτή.



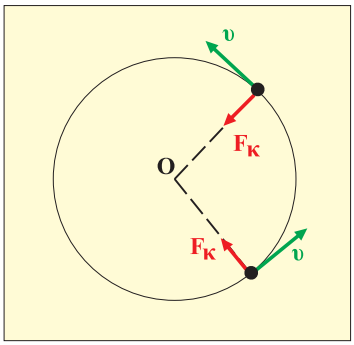
Εικόνα 1.3.28
Τεχνητός δορυφόρος σε τροχιά γύρω από τη Γη.

Οι δύο πρώτοι νόμοι του Νεύτωνα τους οποίους μελετήσαμε, μας επιτρέπουν να περιγράψουμε την κίνηση που κάνει ένα σώμα όταν γνωρίζουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν σ' αυτό, την αρχική θέση του καθώς και την αρχική του ταχύτητα. Έτσι αν σε ένα σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις, ή αν ασκούνται και έχουν συνισταμένη μηδέν, τότε σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα αυτό θα ηρεμεί ή θα κινείται με κίνηση ευθύγραμμη ομαλή.

Αν η συνισταμένη $\vec{F}$ των δυ-

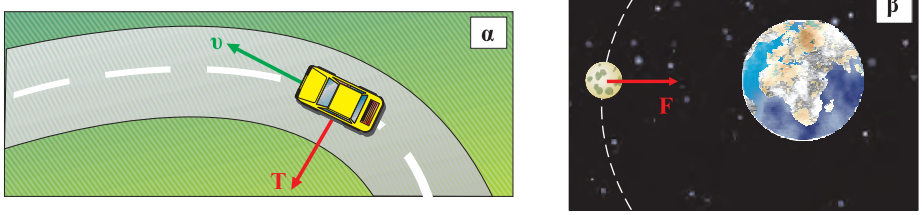
νάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα δεν είναι μηδέν, τότε σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα αυτό έχει επιτάχυνση $\vec{\alpha}$ ομόρροπη της δύναμης, που προσδιορίζεται από τη σχέση $\vec{F} = m\vec{\alpha}$, όπου m είναι η μάζα του σώματος.

Ας θεωρήσουμε την περίπτωση που ένα σώμα εκτελεί κυκλική κίνηση με ταχύτητα σταθερής τιμής. Επειδή η κατεύθυνση της ταχύτητας συνεχώς μεταβάλλεται, άρα υπάρχει επιτάχυνση (κεντρομόλος) και σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα στο σώμα ασκείται δύναμη. Η δύναμη αυτή έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και γι' αυτό λέγεται **κεντρομόλος δύναμη** (Εικ. 1.3.29).



Εικόνα 1.3.29

Η κεντρομόλος δύναμη είναι γενικά η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα κατά τη διεύθυνση της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς με φορά προς το κέντρο του κύκλου. Δεν πρόκειται για μια ακόμα δύναμη πάνω στο σώμα. Λέμε συνήθως ότι η συνισταμένη των δυνάμεων (κατά τη διεύθυνση της ακτίνας) *παίζει ρόλο κεντρομόλου δύναμης*.



Εικόνα 1.3.30

Δυνάμεις που δρουν ως κεντρομόλες: α) η τριβή, β) η βαρυτική έλξη F.

Την έννοια της κεντρομόλου δύναμης συναντάμε σε κάθε φαινόμενο που υπάρχει κυκλική κίνηση. Παραδείγματος χάρη, όταν ένα αυτοκίνητο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε ένα επίπεδο δρόμο, η κεντρομόλος δύναμη είναι η δύναμη τριβής (Εικ. 1.3.30α). Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη λόγω της ελκτικής δύναμης που δέχεται από αυτή. Η δύναμη αυτή παίζει τότε το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης (Εικ. 1.3.30β). Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου λόγω της ηλεκτρικής δύναμης Coulomb, που παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης.

Γενικά κάθε δύναμη που αναγκάζει ένα σώμα να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση λέγεται κεντρομόλος δύναμη.

Η κεντρομόλος επιτάχυνση έχει την ίδια κατεύθυνση με την κεντρομόλο δύναμη. Όπως είδαμε, η τιμή της κεντρομόλου επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση:

$$\alpha_κ = \frac{\upsilon^2}{R}$$

όπου υ είναι το μέτρο της ταχύτητας και R η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς. Έτσι η τιμή της κεντρομόλου δύναμης δίνεται από τη σχέση:

$$F = \frac{m\upsilon^2}{R} \qquad (1.3.17)$$

Δραστηριότητα

Αντικαταστήστε στη σχέση (1.3.17), τις σχέσεις:

$$\upsilon = \omega R \text{ και } \omega = 2\pi f$$

$$\text{ή } \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Σε ποιες σχέσεις για την τιμή της κεντρομόλου δύναμης καταλήξατε;

1.3.12 Μερικές περιπτώσεις κεντρομόλου δύναμης

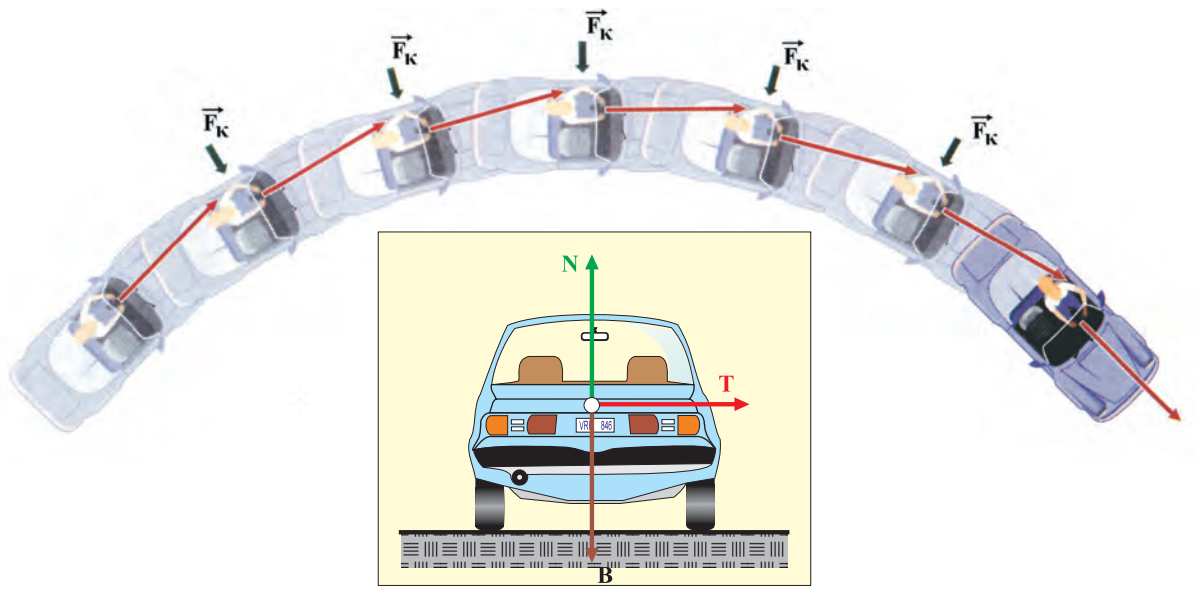
Α) Αν στο άκρο ενός νήματος (Εικ. 1.3.31) προσδέσουμε μια μικρή σφαίρα και τη θέσουμε με το χέρι μας σε ομαλή κυκλική κίνηση πάνω σε οριζόντιο επίπεδο, τότε η κεντρομόλος δύναμη που αναγκάζει τη σφαίρα να κινηθεί σε κυκλική τροχιά είναι η τάση του νήματος. Αν η σφαίρα περιφέρεται με ολοένα αυξανόμενη ταχύτητα, τότε σύμφωνα με τη σχέση (1.3.17) απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη, για να τη συγκρατήσει σε κυκλική τροχιά. Αν η δύναμη αυτή υπερβεί την τάση θραύσης του νήματος, τότε αυτό κόβεται και η σφαίρα κινείται ευθύγραμμα κατά την εφαπτομένη της τροχιάς στη θέση που κόπηκε το νήμα.



Εικόνα 1.3.31

Β) Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται σε κυκλική οριζόντια τροχιά κάνοντας ομαλή κυκλική κίνηση (Εικ. 1.3.32), η συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν επάνω του πρέπει να έχει φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς. Δηλαδή να είναι κεντρομόλος.

Στο αυτοκίνητο ενεργούν οι εξής δυνάμεις (Εικ. 1.3.32):



Εικόνα 1.3.32

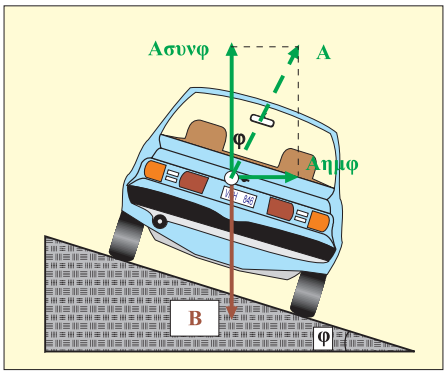
Το βάρος του $\vec{B}$, η κάθετη δύναμη $\vec{N}$ του εδάφους και η τριβή $\vec{T}$ (Η αντίσταση του αέρα παραλείπεται).



Οι δύο πρώτες δυνάμεις έχουν συνισταμένη μηδέν. Άρα η τριβή (στατική) που ασκείται από το έδαφος στους τροχούς πρέπει να έχει φορά προς το κέντρο της τροχιάς και να είναι οριζόντια, γιατί το αυτοκίνητο κινείται σε οριζόντιο επίπεδο.

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου τόσο μεγαλύτερη κεντρομόλος δύναμη απαιτείται για να περάσει με ασφάλεια τη στροφή. Αν λοιπόν είναι φθαρμένα τα λάστιχα ή είναι βρεγμένος ο δρόμος, η τριβή που αναπτύσσεται δεν είναι μεγάλη και δεν μπορεί να παίξει τον αναγκαίο ρόλο της κεντρομόλου με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να εκτραπεί.

Γ) Θεωρούμε ένα αυτοκίνητο, όπως στην εικόνα 1.3.33, που παίρνει στροφή πάνω σε κεκλιμένο ως προς το οριζόντιο επίπεδο δρόμο, όπως παραδείγματος χάρη σ' ένα αυτοκινητόδρομο μεγάλης ταχύτητας.



Εικόνα 1.3.33

Τίθεται το ερώτημα: πώς θα υπολογίσουμε την κλίση του δρόμου, ώστε να αναπτύσσεται η απαραίτητη κεντρομόλος δύναμη για την ασφαλή διέλευση των οχημάτων;

Αν, για ευκολία στους υπολογισμούς, θεωρήσουμε αμελητέα την τριβή, στο όχημα ασκούνται δύο δυνάμεις: το βάρος του Β και η κάθετη δύναμη (Α) από το οδόστρωμα.

Από το σχήμα προκύπτει:

$$\text{Ασυνφ} - \text{B} = 0 \quad \text{ή} \quad \text{Ασυνφ} = \text{B} \qquad (1),$$

γιατί στον κατακόρυφο άξονα δεν υπάρχει κίνηση.

Η οριζόντια δύναμη Αημφ αναγκάζει το όχημα να κινηθεί κυκλικά στη στροφή, δηλαδή είναι η απαραίτητη κεντρομόλος δύναμη.

Άρα μπορούμε να γράψουμε: $\text{Αημφ} = \dfrac{m\upsilon^2}{R}$ (2)

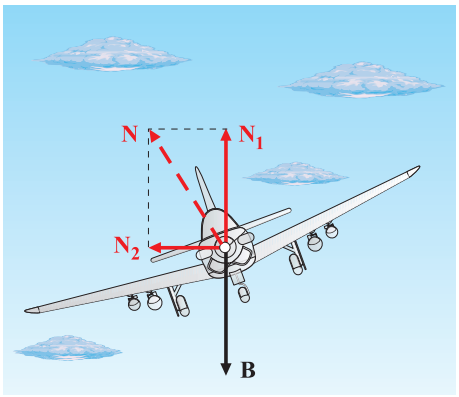
Από τις σχέσεις (1) και (2) αν τις διαιρέσουμε κατά μέλη, προκύπτει:

$$\frac{\text{Αημφ}}{\text{Ασυνφ}} = \frac{\frac{m\upsilon^2}{R}}{mg} \quad \text{ή} \quad \varepsilon\varphi\varphi = \frac{\upsilon^2}{Rg}$$

Από την τελευταία σχέση φαίνεται ότι για δοσμένη ακτίνα στροφής και ορισμένη κλίση του οδοστρώματος, η διέλευση είναι ασφαλής μόνο για ορισμένη τιμή της ταχύτητας. Αν ένα όχημα δοκιμάσει να περάσει από τη στροφή αυτή με μεγαλύτερη ταχύτητα από την ορισμένη, τότε θα ξεφύγει

από το δρόμο, γιατί η κεντρομόλος δύναμη που απαιτείται είναι μεγαλύτερη της συνιστώσας Αημφ.





Εικόνα 1.3.34



Το αυτοκίνητο κινείται στους δυο τροχούς, έχοντας εξασφαλίσει την απαραίτητη κεντρομόλο δύναμη.

Σε ειδικούς δρόμους που γίνονται αγώνες αυτοκινήτων η κλίση του δρόμου αυξάνει προοδευτικά. Έτσι ο οδηγός μπορεί να διαλέξει το μέρος του δρόμου από το οποίο θα περάσει ανάλογα με την ταχύτητα του αυτοκινήτου του.

Οι γραμμές του τρένου στις στροφές έχουν την εξωτερική σιδηροτροχιά υπερυψωμένη ώστε η αντίδραση να δίνει οριζόντια συνιστώσα προς το μέσα μέρος της στροφής, η οποία αποτελεί την κεντρομόλο δύναμη.

Δ) Όταν ένα αεροπλάνο πετάει σε οριζόντιο επίπεδο η ανυψωτική δύναμη N αντισταθμίζει το βάρος του B. Για να κάνει στροφή με την βοήθεια ειδικών πηδαλίων παίρνει ορισμένη κλίση (Εικ. 1.3.34) ώστε η ανυψωτική δύναμη N να αναλύεται σε δύο συνιστώσες, μια κατακόρυφη (N_1) και μια οριζόντια (N_2), από τις οποίες η συνιστώσα N_2 αποτελεί την κεντρομόλο που θα του επιτρέψει να κάνει τη στροφή.





Τριβή και αυτοκινητιστικά δυστυχήματα

Είναι βέβαιο πως, αν οι οδηγοί γνώριζαν τους νόμους της Δυναμικής και τους εφάρμοζαν, τότε τα δυστυχήματα θα περιορίζονταν σημαντικά.
Ποιες όμως είναι οι αιτίες των δυστυχημάτων; Γιατί τόσοι άνθρωποι, κυρίως νέοι, αφήνουν την τελευταία τους πνοή στην άσφαλτο;

Τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι οι αιτίες των δυστυχημάτων είναι η υπερβολική ταχύτητα, το βρεγμένο οδόστρωμα, η μεγάλη ταχύτητα στις στροφές, το αντικανονικό προσπέρασμα, η κατάσταση των φρένων, τα φθαρμένα λάστιχα, η κατάσταση του οδηγού (αλκοόλ, αϋπνία κ.λπ.).

Θα προσπαθήσουμε μέσα από παραδείγματα, να

δείξουμε την επίδραση του κάθε παράγοντα στα ατυχήματα.

Παράδειγμα 1

Ένα Ι.Χ. αυτοκίνητο που μαζί με το φορτίο του έχει μάζα 1.800kg κινείται στην εθνική οδό. Ξαφνικά ο οδηγός αντιλαμβάνεται ότι ο δρόμος έχει κλείσει από σταματημένα αυτοκίνητα και εφαρμόζει τα φρένα, με αποτέλεσμα οι τροχοί να μην περιστρέφονται. Τη στιγμή που ενεργοποιούνται, η απόσταση του αυτοκινήτου από το εμπόδιο είναι 150m. Ο συντελεστής τριβής μεταξύ των τροχών και του εδάφους είναι 0,2. Αν τη στιγμή που ο οδηγός εφαρμόζει τα φρένα η ταχύτητα του οχήματος είναι α) 144km/h β) 108km/h γ) 72km/h, να βρεθεί σε κάθε περίπτωση αν το όχημα θα πέσει επάνω στα σταματημένα αυτοκίνητα.

Απάντηση

Κατά τον κατακόρυφο άξονα ασκείται η αντίδραση N που είναι δύναμη από επαφή. Στο αυτοκίνητο ασκείται και το βάρος B που είναι δύναμη από απόσταση.

Η μόνη δύναμη που ασκείται στη διεύθυνση της κίνησης και επιβραδύνει το όχημα είναι η τριβή T.

Σύμφωνα με το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής έχουμε:

$$T = m\,\alpha$$

Επειδή $T = \mu N$ και $N = B$ προκύπτει ότι:

$$\mu\, m\, g = m\,\alpha \quad \text{ή}$$

$$\alpha = g\,\mu$$

Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι η επιβράδυνση είναι σταθερή επειδή ο συντελεστής τριβής είναι σταθερός. Θα ισχύουν οι σχέσεις της ομαλά επιβραδυνόμενης κίνησης, δηλαδή:

$$x = \upsilon_0\, t - \frac{1}{2}\alpha t^2 \qquad (1)$$

$$\upsilon = \upsilon_0 - \alpha\, t \qquad (2)$$

Όταν το όχημα σταματήσει ($\upsilon = 0$) τότε από τη σχέση (2) έχουμε:

$$\upsilon_0 = \alpha\, t \quad \text{ή} \quad t = \frac{\upsilon_0}{\alpha}\,.$$

Με αντικατάσταση του χρόνου αυτού στη σχέση (1) προκύπτει το μέγιστο διάστημα x_{max}.

$$x_{max} = \frac{\upsilon_0^{\,2}}{2g\mu}$$

Από τη σχέση αυτή προκύπτει ότι η ζητούμενη απόσταση είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας τη στιγμή που ο οδηγός εφαρμόζει τα φρένα και αντιστρόφως ανάλογη του συντελεστή τριβής ολίσθησης.

Περίπτωση α) Για $\upsilon_0 = 144\,km/h = \frac{144.000m}{3.600s} = 40m/s$.
Με αντικατάσταση προκύπτει:

$$x_{max} = (40^2/2)\cdot 10\cdot 0{,}2m \text{ ή } x_{max} = 400m.$$

Επειδή τα σταματημένα οχήματα είναι σε απόσταση 150m το Ι.Χ. αυτοκίνητο θα προσπέσει επάνω τους, και δεν μπορεί να αποφύγει τη σύγκρουση.

Περίπτωση β) Για υ_0 = 108km/h = 30m/s το απαιτούμενο διάστημα για να σταματήσει το Ι.Χ. αυτοκίνητο είναι

$$x_{max} = 225m.$$

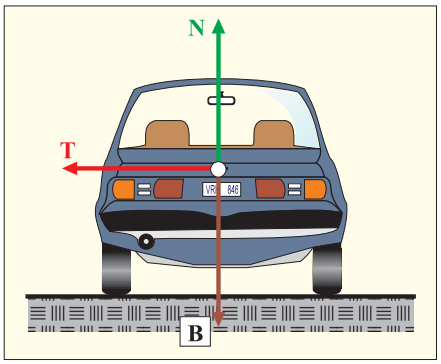
Άρα και στην περίπτωση αυτή δε θα αποφευχθεί η σύγκρουση.

Περίπτωση γ) υ_0 = 72km/h = 20m/s. Με αντικατάσταση προκύπτει: $x_{max} = (400/2)\cdot 10\cdot 0{,}2 = 100m$.

Στην περίπτωση αυτή το Ι.Χ. αυτοκίνητο θα σταματήσει 50m από τα σταματημένα οχήματα.

Από τις περιπτώσεις α και γ προκύπτει ότι, όταν η ταχύτητα είναι διπλάσια (από 72km/h έγινε 144km/h) το αντίστοιχο διάστημα που απαιτείται για να σταματήσει το όχημα είναι τετραπλάσιο.

Παράδειγμα 2



Ένα Ι.Χ. αυτοκίνητο μάζας 1.800kg, πρόκειται να πάρει στροφή ακτίνας 100m σε οριζόντιο δρόμο. Πόση πρέπει να είναι η μεγίστη ταχύτητά του για να περάσει τη στροφή με ασφάλεια; Δίνεται ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μ = 0,2.

Στην προκειμένη περίπτωση, αν το όχημα γλιστρήσει θα φύγει προς τα έξω. Συνεπώς η τριβή ως δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση θα έχει φορά προς το μέσα μέρος της στροφής. Άρα θα ενεργεί ως κεντρομόλος δύναμη και θα ισχύει:

$$T = F_{\kappa} \text{ ή}$$

$$\mu m g = \frac{m\upsilon^2}{R} \text{ ή}$$

$$\upsilon^2 = \mu g R \text{ ή}$$

$$\upsilon = \sqrt{\mu g R}$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των μ, g, R έχουμε:

$$\upsilon = \sqrt{0{,}2\cdot 10\cdot 100}\ m/s \text{ ή}$$

$$\upsilon = 10\sqrt{2}\ m/s \text{ ή}$$

$$\upsilon = 14{,}1\ m/s \text{ ή}$$

$$\upsilon = 50{,}8\ km/h.$$

Τι θα συμβεί αν ο οδηγός θελήσει να περάσει τη στροφή

με ταχύτητα μεγαλύτερη από την ευρεθείσα;

Είναι προφανές, ότι η απαιτούμενη κεντρομόλος δύναμη για να πάρει τη στροφή το όχημα θα είναι μεγαλύτερη. Συνεπώς θα απαιτηθεί μεγαλύτερη τριβή από την $T = \mu m g$. Επειδή αυτό δεν συμβαίνει, το αυτοκίνητο θα φύγει προς τα έξω στη στροφή.



α) Ελαστικά σε καλή κατάσταση. β) Φθαρμένα ελαστικά.

Δραστηριότητα

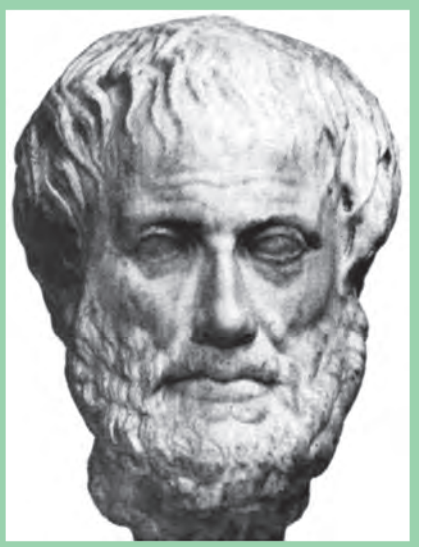
Εργαζόμενοι ανά δύο μπορείτε να ερευνήσετε την επίδραση που έχει:
α) το βρεγμένο οδόστρωμα και
β) τα φθαρμένα λάστιχα, όταν το Ι.Χ. αυτοκίνητο κινείται όπως περιγράφεται στα Παραδείγματα 1 και 2;

Να χρησιμοποιήσετε τις σχέσεις των Παραδειγμάτων 1 και 2. Τεκμηριώστε την άποψή σας σε γραπτό κείμενο 10-15 γραμμών.

Από τον Αριστοτέλη στο Νεύτωνα

Η κίνηση των σωμάτων απασχόλησε τους αρχαίους Έλληνες Φυσικούς Φιλοσόφους οι οποίοι πρότειναν διάφορες θεωρίες για την ερμηνεία τόσο της έναρξης μιας κίνησης όσο και της παύσης της. Από τις διάφορες αυτές θεωρίες σημαντικότερη είναι αυτή του Αριστοτέλη (389-322 π.Χ.) διότι επηρέασε τη σκέψη των επόμενων γενεών ως την περίοδο του Νεύτωνα (1642-1727 μ.Χ.) ο οποίος ανέπτυξε τη θεωρία που δεχόμαστε σήμερα. Αξίζει να γνωρίσουμε λοιπόν τη θεωρία του Αριστοτέλη, η οποία ήταν πειστική για 20 αιώνες και την οποία αποδέχθηκαν επιστήμονες όπως οι da Vinci, J. Buridan, R. Descartes, G. Gallileo που έζησαν πριν από το Νεύτωνα.

Ο Αριστοτέλης στο έργο του "περί ουρανού" θεωρεί ότι όλος ο κόσμος είναι φτιαγμένος από τέσσερα στοιχεία: "γη" - "νερό" - "αέρας" - "φωτιά", τα οποία έχουν σε διαφορετικό βαθμό τις ιδιότητες "βαρύ", "ελαφρύ", "ζεστό" και "κρύο". Τα στοιχεία "γη" και "νερό" έχουν την ιδιότητα να είναι βαριά ενώ ο αέρας και η φωτιά να είναι ελαφρά. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι τα στοιχεία "γη" και "νερό" έχουν τη φυσική τάση να κινούνται προς το κέντρο του κόσμου το οποίο σύμφωνα με τον ίδιο ήταν η Γη. Έτσι αν τα στοιχεία αυτά αφεθούν ελεύθερα και τίποτα δεν διακόψει την κίνησή τους θα κατευθυνθούν προς την επιφάνεια της γης. Αντίθετα τα στοιχεία "φωτιά" και "αέρας" έχουν τη φυσική τάση να κινούνται προς την



Αριστοτέλης (389-322 π.Χ.).

περιφέρεια του κόσμου, να απομακρύνονται δηλαδή από την επιφάνεια της Γης. Συνεπώς εφόσον όλα τα σώματα πάνω στη γη αποτελούνται από τα τέσσερα αυτά στοιχεία θα έχουν ανάλογα με το συνδυασμό των στοιχείων που τα αποτελούν τη φυσική τάση να κινούνται προς την επιφάνεια της Γης ή να απομακρύνονται από αυτήν. Για παράδειγμα, ένα ξύλο το οποίο αποτελείται κυρίως από το στοιχείο "γη" θα πέφτει προς την επιφάνεια της γης ενώ ο καπνός αποτελούμενος περισσότερο από το στοιχείο "αέρας" θα ανεβαίνει προς τον ουρανό. Η "φυσική", δηλαδή η ανεμπόδιστη κίνηση των σωμάτων, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη καθορίζεται από το συνδυασμό των στοιχείων από τα οποία αυτά αποτελούνται.

Υπάρχουν, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη και οι άλλες κινήσεις, αυτές που προκαλούνται από κάποια αιτία, και τις οποίες τις αποκαλεί "βίαιες". Τέτοιου είδους κίνηση κάνει μια πέτρα όταν την πετάμε, ένα βέλος όταν εκτοξεύεται από το τόξο, κ.α.

Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη "*οτιδήποτε κινείται, κινείται από κάτι άλλο*", άποψη που σημαίνει ότι η κίνηση ενός σώματος, αν κάποιος το εκτοξεύει, πρέπει να αποδοθεί σε κάποια αιτία. Η αιτία που έθεσε αρχικά σε κίνηση το σώμα, έθεσε ταυτόχρονα σε βίαιη κίνηση (παλινδρομική) τον αέρα ο οποίος το περιβάλλει. Καθώς ο αέρας δονείται ασκεί δύναμη πάνω στο σώμα και έτσι αυτό συνεχίζει να κινείται. Η παλινδρομική αυτή βίαιη κίνηση μεταδίδεται από το ένα στρώμα του αέρα στο άλλο συντηρώντας την κίνηση του σώματος. Η διάδοση της παλμικής αυτής κίνησης δεν γίνεται χωρίς απώλειες και έτσι μειώνεται βαθμιαία η ικανότητα του αέρα να κινεί το σώμα που εκτοξεύτηκε. Για το λόγο αυτό το σώμα σταδιακά πλησιάζει στη Γη στης οποίας την επιφάνεια τελικά θα πέσει. Εκτός από τη διάκριση σε "φυσικές" και "βίαιες" κινήσεις ο Αριστοτέλης διαχώρισε τις κινήσεις σε αυτές που γίνονται κοντά στην επιφάνεια της Γης και σε αυτές που κάνουν τα ουράνια σώματα, όπως η Σελήνη, οι πλανήτες και τα άστρα. Τα ουράνια σώματα, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, κινούνται ακατάπαυστα πάνω σε κυκλικές τροχιές γύρω από το κέντρο του κόσμου, τη Γη, σύμφωνα με τις απόψεις του. Η αιτία για αυτές τις κινήσεις ήταν το "πρώτο κινούν", η πρωταρχική δηλαδή αιτία της δημιουργίας του κόσμου.

Η διάκριση σε φυσικές και βίαιες κινήσεις εξακολούθησε να κυριαρχεί έως την περίοδο του Γαλιλαίου, ο οποίος διατύπωσε το νόμο της αδράνειας σύμφωνα

με τον οποίον "*εφόσον ένα σώμα κινείται χωρίς την επίδραση κάποιας δύναμης, θα συνεχίσει να κινείται αστα-μάτητα με σταθερή ταχύτητα*". Σύμφωνα με τη θεώρηση του Γαλιλαίου, ένα σώμα που εκτοξεύτηκε στον αέρα θα συνεχίσει να κινείται λόγω αδράνειας ενώ η δύναμη του βάρους θα προκαλέσει την καμπύλωση της τροχιάς και τελικά την πτώση του στο έδαφος. Με το νόμο της αδράνειας γίνεται ένα μεγάλο βήμα προς τη διαμόρφωση της έννοιας τη δύναμης όπως θα την καθορίσει ο Νεύτωνας. Παρά την πρόοδο που απετέλεσε η εισαγωγή της έννοιας της αδράνειας, η έννοια της δύναμης εξακολούθησε να είναι ασαφής και να συγχέεται με τη μυϊκή δύναμη, τη δύναμη της έκρηξης, την ικανότητα του τόξου να εκτοξεύει το βέλος, την προσπάθεια του εργάτη να ανυψώσει ένα βαρύ σώμα, κ.α.

Το έργο του Νεύτωνα δίνει στη δύναμη το νόημα που και σήμερα δεχόμαστε. Έτσι η δύναμη είναι η αιτία που αλλάζει την κινητική κατάσταση ενός σώματος ενώ η αδράνεια είναι η εγγενής φυσική δυσκολία για αυτήν την αλλαγή. Σύμφωνα με τον 1° νόμο, αν ένα σώμα κινείται και δεν ασκηθεί σε αυτό δύναμη, τότε θα συνεχίζει να κινείται με την ίδια ταχύτητα. Σύμφωνα με το 2° νόμο η αλλαγή της κινητικής κατάστασης, (ακινησία, κίνηση με συγκεκριμένη ταχύτητα) θα προκληθεί από μια δύναμη ή τη συνισταμένη πολλών δυνάμεων. Η δυσκολία να αλλάξει η κινητική κατάσταση ενός σώματος εξαρτάται τόσο από την αδράνεια (τη μάζα) του σώματος, όσο και από την αλλαγή που επιχειρούμε να προκαλέσουμε (το Δυ). Στο έργο του Νεύτωνα η αδράνεια υπεισέρχεται εκτός από τα φαινόμενα της κίνησης χωρίς την άσκηση δύναμης, και στα φαινόμενα της αλλαγής της κινητικής κατάστασης.

Ο 3ος νόμος του Νεύτωνα, προκάλεσε σημαντική αλλαγή στην ιδιότητα "βαρύ" με την οποία είχε προικίσει τα στοιχεία ο Αριστοτέλης. Το βάρος δεν αποτελεί μια ιδιότητα των σωμάτων αλλά είναι εκδήλωση της αμοιβαίας έλξης μεταξύ του οποιουδήποτε σώματος και της γης. Δεν είναι ένα ξεχωριστό είδος δύναμης αλλά μια δύναμη όπως οι άλλες, η οποία προκαλεί αλλαγή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων. Καταργώντας ο Νεύτωνας την ιδιαιτερότητα του βάρους κατάργησε και τη διάκριση των κινήσεων σε "φυσικές" και "βίαιες". Έτσι η μελέτη της κίνησης των σωμάτων γίνεται με ενιαίο τρόπο σύμφωνα με τους τρεις νόμους που αυτός πρότεινε. Επιπλέον, ο νόμος της παγκόσμιας έλξης μας επιτρέπει να έχουμε μια ενιαία περιγραφή της κίνησης των σωμάτων είτε αυτά κι-



Galileo Galilei (1564-1642).



Isaac Newton (1642-1727).

νούνται στη Γη είτε στο διάστημα.

Η σύγκριση των απόψεων του Αριστοτέλη και του Νεύτωνα για την κίνηση και τη δύναμη δείχνει ότι μεταξύ τους υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Η μετάβαση από τις απόψεις του Αριστοτέλη στις απόψεις του Νεύτωνα δεν ήταν ούτε απλή ούτε εύκολη. Για να γίνει έπρεπε να αλλάξουν ριζικά οι αντιλήψεις για το Σύμπαν, τα στοιχεία που το αποτελούν, τη μέθοδο με την οποία πρέπει να ερευνάται η φύση, οι απόψεις για το ποια ερωτήματα πρέπει να απασχολούν τους ερευνητές, το νόημα των λέξεων: δύναμη, κίνηση, βάρος, κ.α.

Ντετερμινισμός ή χάος



Η θεαματική άνοδος της επιστήμης οδήγησε πολλούς σκεπτόμενους ανθρώπους να πιστέψουν στην παγκόσμια ισχύ που εκείνη αξίωνε. Η όψη αυτή της πραγματικότητας οδήγησε τελικά στο συμπέρασμα, πως το κάθετι που συμβαίνει στο Σύμπαν είναι συνέπεια των κινήσεων κι αλληλεπιδράσεων των ατόμων.

Στη Νευτώνεια Φυσική, η κίνηση καθορίζεται πλήρως με ντετερμινιστικούς νόμους. Ήδη στις αρχές του 19ου αιώνα, ο Μαθηματικός-Φυσικός Πιέρ Σιμόν ντε Λαπλάς (Laplace) υπέθεσε πως, αν κάποιος μπορούσε να παρατηρήσει κάποια χρονική στιγμή όλα τα άτομα στο Σύμπαν και να καταγράψει τις κινήσεις τους, το μέλλον και το παρελθόν θα αποκαλύπτονταν. Αν το θέσουμε διαφορετικά, ολόκληρη η Ιστορία καθορίστηκε μέχρι την τελευταία λεπτομέρειά της όταν το Σύμπαν τέθηκε σε κίνηση. Η άνοδος και η πτώση των αυτοκρατοριών, το πάθος κάθε ξεχασμένης ερωτικής περιπέτειας δεν αντιπροσωπεύουν τίποτα περισσότερο από την αναπόφευκτη λειτουργία των νόμων της Φυσικής, το Σύμπαν προχωρά προς το αμετάβλητο πεπρωμένο του σαν ένα γιγαντιαίο ρολόι.

Τι περιθώρια ελευθερίας, όμως, άφηνε για σωτηρία και καταδίκη, γι' αγάπη και μίσος, όταν η πιο ασήμαντη απόφαση που θα μπορούσε να πάρει οποιοσδήποτε άνθρωπος είχε καθοριστεί πριν από περισσότερο από 10 δισεκατομμύρια χρόνια; Αυτό έδωσε στους ηθικούς στοχαστές του 19ου αιώνα αντικείμενο έρευνας. Αναμφισβήτητα, είναι ασύλληπτο ότι κάποιος θα μπορούσε πράγματι να φτάσει στην παντογνωσία που ζητούσε ο Λαπλάς. Αλλά το γεγονός ότι γενικά ήταν εφικτό θεωρήθηκε ως ένας "μεγαλοφυής" εφιάλτης.

Η Νευτώνια Φυσική αποτέλεσε ένα μοντέλο στο οποίο έπρεπε ν' αποβλέπει όλη η ανθρώπινη γνώση. Κα-

θώς ξεπρόβαλλαν οι κοινωνικές επιστήμες, έτειναν ν' απομακρύνονται από τις ανθρωπιστικές μελέτες από τις οποίες είχαν αναδυθεί. Οι κοινωνικοί στοχαστές εφάρμοζαν γενικούς νόμους για να εξηγήσουν την Ιστορία και την ανθρώπινη συμπεριφορά. Μερικοί, όπως ο Καρλ Μαρξ κι ο Σίγκμουντ Φρόυντ, επηρέασαν έντονα την Ιστορία.

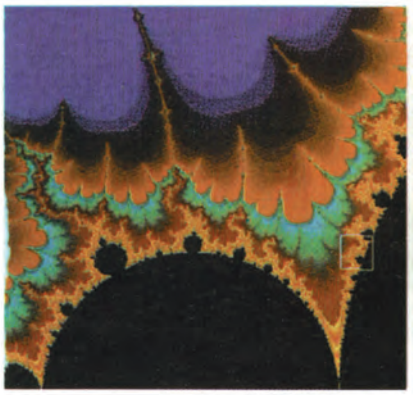
Είναι σημαντικό να θυμόμαστε πως η κοσμοθεωρία αυτή βασίζεται σ' ένα δίχως προηγούμενο επίτευγμα στην επιστήμη, που από τότε δεν έχει επαναληφθεί. Οι νόμοι του Κέπλερ, που αποδείχθηκαν από τον Νεύτωνα, περιέγραφαν προφανώς το ηλιακό σύστημα όπως υπήρχε στο παρελθόν κι όπως θα υπάρξει στο ατέρμονο μέλλον. Αλλά ο ίδιος ο Νεύτωνας γνώριζε ότι η ιστορία δεν έπρεπε να τελειώνει εκεί. Οι νόμοι του Κέπλερ εφαρμόζονται τέλεια μόνο σ' ένα ηλιακό σύστημα που υπόκειται μόνο στη βαρύτητα του Ήλιου. Δε συνυπολογίζονται οι δυνάμεις που οι πλανήτες, μέσω της βαρύτητάς τους, ασκούν ο *ένας στον άλλο*.

Υπάρχει ένας βασικός λόγος για την παράλειψη αυτή. *Δεν υπάρχει καμία απλή ακριβής μαθηματική επίλυση για την κίνηση περισσοτέρων από δύο αλληλεπιδρώντων σωμάτων*. Αυτό συνέβαινε την εποχή του Νεύτωνα και παραμένει έτσι μέχρι σήμερα. Οι νόμοι του Νεύτωνα ισχύουν γιατί ο Ήλιος είναι πολύ βαρύτερος από κάθε άλλον πλανήτη. Ο Δίας, ο μεγαλύτερος πλανήτης, είναι χίλιες φορές ελαφρύτερος από τον Ήλιο. Έτσι σε μια περίοδο χιλιάδων ετών, μεταφέρει στη Γη ορμή που ισοδυναμεί σε μέγεθος με τη βαρυτική επίδραση που ασκεί σε αυτήν ο Ήλιος σ' ένα χρόνο. Γι' αυτό δε θα προκαλούσε έκπληξη να παρατηρήσουμε σημαντικές αλλαγές στην τροχιά της Γης σε μια χρονική κλίμακα χιλιάδων χρόνων.

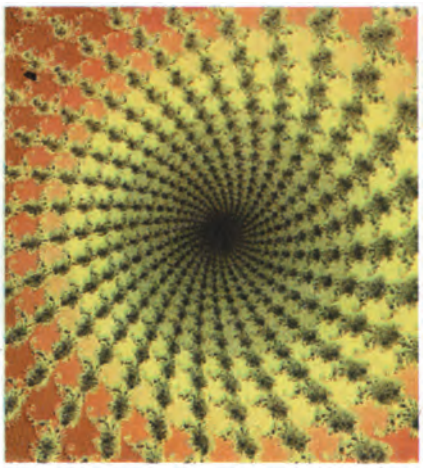
Ο Νεύτωνας εξέτασε το πρόβλημα αυτό και δεν του φάνηκε και τόσο ανησυχητικό. Ενδόμυχα, ελάχιστα αποδεχόνταν τον απόμακρο Θεό των θεϊστών φίλων του.

Προτιμώντας κάποια θεότητα της Παλαιάς Διαθήκης που είχε να κάνει με τον καθημερινό συντονισμό των δημιουργημάτων Του. Το ηλιακό σύστημα θα διατηρείτο σταθερό με την άμεση επέμβαση ενός φιλάνθρωπου Κυρίου.

Ο Λαπλάς απέδειξε αργότερα πως οι αμοιβαίες έλξεις των πλανητών τείνουν σ' ένα μέσο όρο και η σταθερότητα που φοβόνταν ο Νεύτωνας ανέρχεται σ' έναν αριθμό αργών, κυκλικών μεταβολών των πλανητικών τροχιών. Αλλά αυτά αποτελούσαν προσεγγιστικούς μόνο υπολογισμούς. Αργότερα, το 19° αιώνα, ο Ανρί Πουανκαρέ απηύθυνε το γενικό ερώτημα των αμοιβαίων







αλληλεπιδράσεων τριών ακριβώς σωμάτων και βρήκε πως μερικές διατάξεις ήταν πολύ ασταθείς. Μερικές, μη μετρήσιμες διαφορές στις αρχικές συνθήκες μπορούσαν να οδηγήσουν σε ριζικές διαφορές στα τελικά αποτελέσματα. Ομολογώντας πως η σκέψη και μόνο των περιπτώσεων αυτών τον αρρώσταινε, ο Πουανκαρέ εγκατέλειψε τη μελέτη αυτή.

Σήμερα, με τη βοήθεια υπολογιστών, έχουν βρεθεί αμέτρητα παραδείγματα μη προβλεψιμότητας. Μελέτες των πιο παθολογικών περιπτώσεων φέρουν όνομα *χάος*.

Στη δεκαετία του 1960, οι άνθρωποι που προέβλεπαν τις καιρικές συνθήκες στράφηκαν στους υπολογιστές ελπίζοντας σε μια απάντηση για καλύτερες προβλέψεις μακράς διαρκείας. Η ατμόσφαιρα υπάκουε σε φυσικούς νόμους που είχαν καλά κατανοηθεί, αλλά ήταν τόσο μεγάλη και πολύπλοκη που μόνο μια υπερυπολογιστική μηχανή θα μπορούσε να παρακολουθήσει τη μελλοντική της εξέλιξη. Στα κατοπινά χρόνια, η ισχύς των υπολογιστών αυξήθηκε περισσότερο από εκατό χιλιάδες φορές και οι δορυφόροι παρείχαν ακόμη πιο λεπτομερείς πληροφορίες για τον καιρό. Όμως, η προβλεψιμότητα του καιρού παραμένει περιορισμένη στο όριο των πέντε έως δέκα ημερών. Έχει ειπωθεί ότι κι ένα μόνο φτερούγισμα πεταλούδας σε μια ευαίσθητη περιοχή θα μπορούσε ίσως να καθορίσει κατά πόσο θα ξεσπάσει τυφώνας, ύστερα από εβδομάδες, χιλιάδες μίλια μακριά, σε μια πυκνοκατοικημένη περιοχή, ή θα αποβεί αβλαβής καθώς θα εξελιχθεί σε μια άγονη πεδιάδα.

Σήμερα, έχουμε συνειδητοποιήσει πως υπάρχουν όρια στη δυνατότητά μας να προβλέψουμε το μέλλον. Μερικά πράγματα, όπως οι πλανητικές κινήσεις, μπορούν να προβλεφθούν για χιλιετίες, άλλα για μερικές ώρες, μερικά μόνο για δέκατα του μικροδευτερολέπτου.

Ο εφιάλτης του ντετερμινισμού είναι ακριβώς αυτό που υποννοεί η ίδια η λέξη, ένα κακό όνειρο που έχει μικρή σχέση με την πραγματικότητα. Οποιοδήποτε μικρό σφάλμα στη γνώση μας για το παρόν μπορεί να οδηγήσει σε δραστικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο αντικρίζουμε το μέλλον.

Η κβαντική θεωρία έχει δείξει ότι ποτέ δεν ήταν δυνατό να έχουμε τέλεια γνώση του παρόντος. Το μέλλον, όπως καταλαβαίνουμε και με τη διαίσθησή μας, δε μας ανήκει για να το γνωρίζουμε.

Απόσπασμα από το βιβλίο:
"Φυσική για ποιητές"
του Robert March.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μελέτη της σχέσης της δύναμης με την κίνηση του σώματος. Οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται κατά ζεύγη. Σύμφωνα μάλιστα με το νόμο **Δράσης - Αντίδρασης**, όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν και το πρώτο ασκεί δύναμη $\vec{F}$ στο δεύτερο, τότε και το δεύτερο ασκεί αντίθετη δύναμη $-\vec{F}$ στο πρώτο. Οι δύο αυτές δυνάμεις ενεργούν σε διαφορετικά σώματα. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωμάτων πραγματοποιούνται είτε επειδή υπάρχει επαφή μεταξύ τους είτε επειδή καθένα απ' αυτά βρίσκεται στο πεδίο που δημιουργεί το άλλο. Αναφέρονται δε ως: α) **δυνάμεις από επαφή** και β) **δυνάμεις από απόσταση**.

Για να προσδιορίσουμε **τη συνισταμένη δύο δυνάμεων** χρησιμοποιούμε τον κανόνα του παραλληλογράμμου. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου που έχει πλευρές τις δύο δυνάμεις και περιέχεται μεταξύ τους είναι η συνισταμένη τους. Εφόσον δυνάμεις σχηματίζουν γωνία 90°, η τιμή της συνισταμένης τους δίνεται από τη σχέση:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

και η κατεύθυνσή της από τη σχέση $\varepsilon\varphi\theta = \frac{F_2}{F_1}$.

Για την **ανάλυση μιας δύναμης** σε συνιστώσες επιλέγουμε κατάλληλες διευθύνσεις και δημιουργούμε παραλληλόγραμμο προσδιορίζοντας, με παράλληλες προς τις γνωστές διευθύνσεις απ' το τέλος της δύναμης, τις δύο συνιστώσες δυνάμεις. Η σύνθεση πολλών ομοεπίπεδων δυνάμεων με κοινό σημείο εφαρμογής γίνεται με ανάλυση των δυνάμεων σε συνιστώσες. Οι συνιστώσες που βρίσκονται στον ίδιο άξονα έχουν ή ίδια ή αντίθετη κατεύθυνση και προστίθενται εύκολα. Τελικά καταλήγουμε στη σύνθεση δύο δυνάμεων κάθετων μεταξύ τους.

Για να ισορροπούν πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις που διέρχονται από το ίδιο σημείο, πρέπει η συνισταμένη τους να είναι μηδέν.

$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$

Στην ειδική περίπτωση της ισορροπίας σώματος με την επίδραση δύο δυνάμεων αυτές, πρέπει να είναι αντίθετες. Όταν όμως επιδρούν τρεις δυνάμεις πρέπει η συνισταμένη των δύο να είναι αντίθετη της τρίτης.

Όταν ένα σώμα γλιστράει πάνω σε μια επιφάνεια, υπάρχει μια δύναμη στο σώμα που αντιστέκεται στην κίνησή του, και λέγεται **τριβή ή τριβή ολίσθησης.** Ονομάζουμε **στατική τριβή** εκείνη τη δύναμη τριβής που εμφανίζεται όταν ένα σώμα δέχεται δύναμη και παρ' όλα αυτά παραμέ-

νει ακίνητο. Η δύναμη της στατικής τριβής δεν έχει σταθερή τιμή. Η μέγιστη τιμή της στατικής τριβής λέγεται **οριακή τριβή**. Η τριβή που αναπτύσσεται κατά την ολίσθηση λέγεται τριβή ολίσθησης και εκφράζεται ποσοτικά με τη σχέση: $T = \mu N$, όπου N η δύναμη που είναι κάθετη στην επιφάνεια επαφής.

Οριζόντια βολή είναι η σύνθετη επίπεδη κίνηση που αποτελείται από δύο απλές κινήσεις μια κατακόρυφη που είναι ελεύθερη πτώση και μια οριζόντια που είναι ευθύγραμμη ομαλή. Για να περιγράψουμε τις σύνθετες κινήσεις χρησιμοποιούμε την αρχή της **ανεξαρτησίας (ή αρχή της επαλληλίας)** των κινήσεων. Σύμφωνα με αυτή την αρχή όταν ένα κινητό εκτελεί ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες κινήσεις, κάθε μία απ' αυτές εκτελείται εντελώς ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες και η θέση στην οποία φθάνει το κινητό μετά από χρόνο t, είναι η ίδια είτε οι κινήσεις εκτελούνται ταυτόχρονα, είτε εκτελούνται διαδοχικά, σε χρόνο t η κάθε μία.

Από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, η σχέση $\vec{F} = m\vec{\alpha}$ ισοδυναμεί με τις σχέσεις:

$$\Sigma F_x = m\ \alpha_x$$
$$\Sigma F_y = m\ \alpha_y$$

όπου ΣF_x, ΣF_y, α_x και α_y είναι οι συνιστώσες της συνισταμένης δύναμης και της επιτάχυνσης σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων αντίστοιχα.

Ένα κινητό εκτελεί **ομαλή κυκλική κίνηση** όταν η τροχιά που διαγράφει είναι περιφέρεια κύκλου και η τιμή της ταχύτητάς του παραμένει σταθερή. Περίοδος της κυκλικής κίνησης (T) ονομάζεται ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μία περιστροφή, ενώ ο αριθμός των περιστροφών που εκτελεί το κινητό στη μονάδα του χρόνου λέγεται συχνότητα (f) της κυκλικής κίνησης. Η μεταξύ τους σχέση είναι:

$$f = \frac{1}{T}$$

Η **γραμμική ταχύτητα** στην ομαλή κυκλική κίνηση έχει σταθερή τιμή και μεταβαλλόμενη κατεύθυνση μια και είναι εφαπτόμενη στην τροχιά ενώ η τιμή της δίνεται από τη σχέση

$$\upsilon = \frac{s}{t} = \frac{2\pi R}{T}.$$

Στην ομαλή κυκλική κίνηση χρειάζεται η γνώση του ρυθμού με τον οποίο η επιβατική ακτίνα διαγράφει γωνίες γι' αυτό ορίζεται το διανυσματικό φυσικό μέγεθος που λέγεται **γωνιακή ταχύτητα** ($\vec{\omega}$). Η τιμή της είναι ίση με το σταθερό πηλίκο της γωνίας φ που διαγράφηκε από την επιβατική ακτίνα σε χρονικό διάστημα t δια του αντιστοίχου χρονικού διαστήματος. Δηλαδή:

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T}$$

με μονάδα μέτρησης το 1rad/s και με διάνυσμα κάθετο στο επίπεδο της τροχιάς στο κέντρο της και φορά που καθορίζεται από τον κανόνα του δεξιού χεριού.

Η σχέση μεταξύ γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας είναι: $\upsilon = \omega R$

Επειδή στην ομαλή κυκλική κίνηση το διάνυσμα της ταχύτητας μεταβάλλεται, εμφανίζεται επιτάχυνση που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και λέγεται **κεντρομόλος επιτάχυνση**. Δίνεται δε από τη σχέση:

$$\alpha_{\kappa} = \frac{\upsilon^2}{R}$$

Σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα επομένως, ασκείται δύναμη με κατεύθυνση επίσης προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και γι' αυτό λέγεται κεντρομόλος δύναμη.

$$F_{\kappa} = m\alpha_{\kappa} = m\frac{\upsilon^2}{R}$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ένα σώμα ηρεμεί πάνω σ' ένα τραπέζι. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης σώματος - τραπεζιού.

2. Το σώμα της προηγούμενης ερώτησης ποιες δυνάμεις δέχεται;
Να διακρίνετε ποια δύναμη είναι από επαφή και ποια από απόσταση.

3. Ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα κιβώτιο που βρίσκεται σε οριζόντιο δάπεδο.
Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ κιβωτίου - ανθρώπου.

4. Να αναφέρετε τρία είδη δυνάμεων που είναι δυνάμεις από απόσταση.

5. Ένα ποδήλατο και ένα αυτοκίνητο συγκρούονται μετωπικά. Μεγαλύτερη δύναμη δρα πάνω στο ποδήλατο. Συμφωνείτε με αυτή την άποψη;
Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

6. Να περιγράψετε τη διαδικασία υπολογισμού της συνισταμένης δύο δυνάμεων που είναι κάθετες μεταξύ τους.

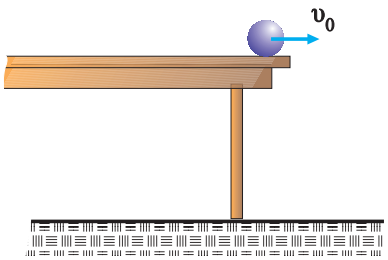
7. Ένα κιβώτιο βρίσκεται σε οριζόντιο δάπεδο και ηρεμεί. Για να ξεκινήσει το κιβώτιο απαιτείται να ασκηθεί σ' αυτό μια δύναμη οποιοσδήποτε τιμής.
Συμφωνείτε με την άποψη αυτή;

8. Η τριβή ολίσθησης που δέχεται ένα σώμα είναι δύναμη επαφής ή δύναμη από απόσταση;

9. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η δύναμη τριβής ολίσθησης που δέχεται ένα σώμα;

10. Με ποιο τρόπο μπορούμε να ελαττώσουμε τις δυνάμεις τριβής μεταξύ δύο σωμάτων;

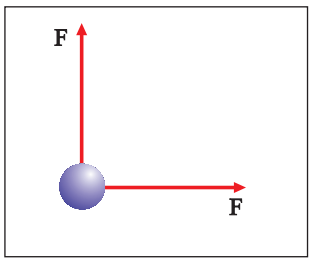
11. Μια σφαίρα ηρεμεί στην άκρη ενός τραπεζιού. Στη σφαίρα δίνεται ταχύτητα υ_0, όπως φαίνεται στην εικόνα. Να γράψετε τις εξισώσεις που περιγράφουν την κίνηση της σφαίρας και να εξηγήσετε πώς υπολογίζεται ο χρόνος που κάνει να πέσει η σφαίρα στο δάπεδο.



12. Η σφαίρα της προηγούμενης ερώτησης αποκτά αρχική ταχύτητα $2\upsilon_0$. Ο χρόνος πτώσης της σφαίρας θα αλλάξει σε σχέση με πριν;

13. Ένα αεροπλάνο ταξιδεύει παράλληλα προς το έδαφος. Από το αεροπλάνο αφήνεται μια βόμβα. Για ποιο λόγο η βόμβα δεν πέφτει κατακόρυφα;

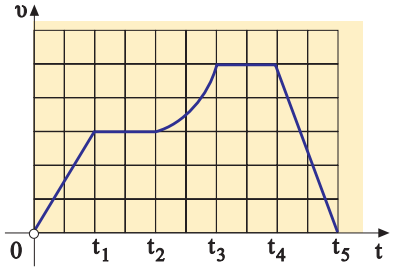
14. Μια σφαίρα μάζας m δέχεται δυνάμεις που είναι κάθετες με τιμή F η κάθε μια, όπως φαίνεται στην εικόνα.
Να σχεδιάσετε την επιτάχυνση που αποκτά η σφαίρα και να γράψετε τη σχέση από την οποία υπολογίζεται η τιμή της.



15. Ένα κιβώτιο ισορροπεί πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Να αναλύσετε τις δυνάμεις και να γράψετε τη συνθήκη ισορροπίας.

16. Ένα σωμάτιο ισορροπεί υπό την επίδραση τριών ομοεπιπέδων δυνάμεων.
Ποια συνθήκη πρέπει να ισχύει στην περίπτωση αυτή;

17. Παρατηρήστε τη γραφική παράσταση που φαίνεται στην εικόνα. Σε ποια χρονικά διαστήματα εφαρμόστηκε μια δύναμη πάνω στο σώμα;



18. Ένα αερόστατο αιωρείται σε σταθερό ύψος. Τι μπορούμε να πούμε για τις δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό και τη συνισταμένη τους;

19. Πότε η κίνηση ενός σώματος χαρακτηρίζεται ομαλή κυκλική;

20. Πώς ορίζεται η γωνιακή ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση;

21. Τα σημεία ενός δίσκου CD κάνουν ομαλή κυκλική κίνηση. Όλα τα σημεία του δίσκου CD έχουν την ίδια περίοδο; Έχουν και ίδιες ταχύτητες;

22. Να αποδείξετε τη σχέση που συνδέει τη γραμμική με τη γωνιακή ταχύτητα στην ομαλή κυκλική κίνηση.

23. Στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός αντικειμένου εμφανίζεται επιτάχυνση. Από ποια σχέση υπολογίζουμε την τιμή της;

Ποια είναι η κατεύθυνση της επιτάχυνσης του αντικειμένου;

24. Στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός αντικειμένου να εφαρμόσετε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής και να βγάλετε σχέση μεταξύ της δύναμης και της ταχύτητας.

25. Σε ποια από τις παρακάτω περιπτώσεις εφαρμόζουμε την αρχή της δράσης - αντίδρασης.

Α. Μόνο όταν τα σώματα ισορροπούν.
Β. Μόνο όταν τα σώματα είναι σε κίνηση.
Γ. Μόνο όταν δεν υπάρχει τριβή.
Δ. Σε οποιαδήποτε περίπτωση.

26. Ένας μαγνήτης τοποθετείται κοντά σε μια σιδερένια βίδα.

Τότε:

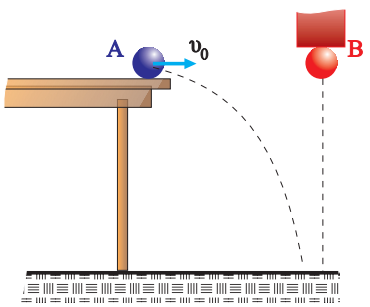
Α. Μόνο ο μαγνήτης ασκεί δύναμη στη βίδα.
Β. Μόνο η βίδα ασκεί δύναμη στο μαγνήτη.
Γ. Η βίδα ασκεί δύναμη στο μαγνήτη και ο μαγνήτης ασκεί αντίθετη δύναμη στη βίδα.

27. Όταν τοποθετήσουμε πάνω σε ένα τραπέζι ένα σιδερένιο σφαιρίδιο, κοντά σε ένα μεγάλο μαγνήτη, το σφαιρίδιο κινείται προς το μαγνήτη και όχι αντίστροφα. Αυτό συμβαίνει γιατί:

Α. Ο μαγνήτης ασκεί δύναμη και όχι το σφαιρίδιο.
Β. Το κάθε σώμα ασκεί δύναμη στο άλλο αλλά η δύναμη που δέχεται το σφαιρίδιο είναι μεγαλύτερη.
Γ. Το κάθε σώμα ασκεί στο άλλο δύναμη ίσης τιμής, αλλά ο μαγνήτης έχει μεγάλη μάζα και η δύναμη αυτή δεν μπορεί να τον κινήσει.

28. Στην εικόνα φαίνονται δύο πανομοιότυπες σφαίρες. Η σφαίρα Α αφήνει το τραπέζι την ίδια στιγμή που η σφαίρα Β αφήνει τον μαγνήτη.

Ποια σφαίρα φτάνει πρώτη στο πάτωμα;



Α. Φτάνει πρώτα η σφαίρα Β.
Β. Φτάνει πρώτα η σφαίρα Α.
Γ. Φτάνουν ταυτόχρονα.
Δ. Δεν μπορούμε να απαντήσουμε γιατί δεν γνωρίζουμε το ύψος.

29. Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο δάπεδο που δεν είναι λείο, με επιτάχυνση α.

Στο σώμα ασκείται σταθερή δύναμη F προς τα εμπρός.

Ποια σχέση περιγράφει το φαινόμενο;

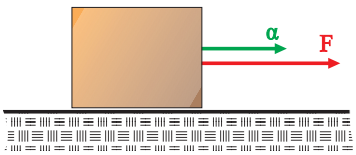
Α. F = m α.

Β. s = υt.

Γ. F - T = m α.

Δ. T = m α.

30. Ένα αντικείμενο σύρεται όπως φαίνεται στην εικόνα, με την επίδραση δύναμης F. Το αντικείμενο αποκτά επιτάχυνση α. Αν στο αντικείμενο ασκηθεί δύναμη 2F αυτό αποκτά επιτάχυνση 2α.



Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

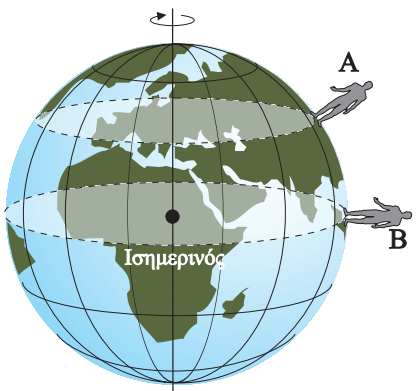
Α. Στο σώμα ασκείται τριβή.

Β. Στο σώμα δεν ασκείται τριβή.

Γ. F - T = m α.

Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

31. Θεωρούμε δύο ανθρώπους που βρίσκονται στα σημεία Α και Β, της γήινης επιφάνειας. Λόγω της περιστροφής της Γης εκτελούν μια περιστροφή σε 24h.



Ποιος από τους δύο έχει μεγαλύτερη ταχύτητα;

Α. Ο άνθρωπος που είναι στο σημείο Α.

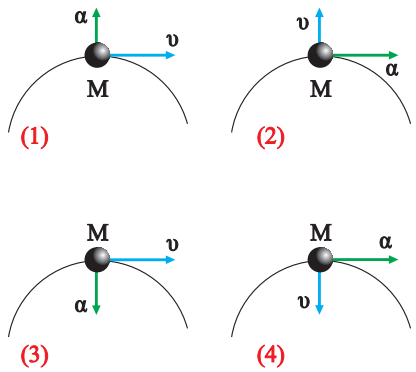
Β. Ο άνθρωπος που είναι στο σημείο Β.

Γ. Και οι δύο έχουν ίσες ταχύτητες.

Δ. Δεν μπορούμε να ξέρουμε με αυτά τα δεδομένα.

32. Ένα σημείο Μ κινείται πάνω σε μια περιφέρεια.

Ποιο από τα επόμενα σχήματα είναι σωστό;



33. Μια μοτοσυκλέτα κινείται σε κυκλική πίστα με ταχύτητα σταθερής τιμής. Όταν διπλασιαστεί η τιμή της ταχύτητας η κεντρομόλος επιτάχυνση, είναι:

Α. Ίδια.

Β. Διπλασιάζεται.

Γ. Υποδιπλασιάζεται.

Δ. Τετραπλασιάζεται.

34. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λάθος προτάσεις:

Α. Οι δυνάμεις μεταξύ δύο μαγνητών είναι δυνάμεις από απόσταση.

Β. Η τάση του νήματος είναι δύναμη επαφής.

Γ. Το βάρος ενός σώματος είναι δύναμη επαφής.

Δ. Η δύναμη της άνωσης είναι δύναμη από απόσταση.

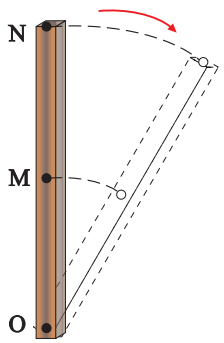
35. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις:

Α. Ένα σώμα βάλλεται οριζόντια από ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Η οριζόντια απόσταση που διανύει μέχρι να φτάσει στο έδαφος είναι ανάλογη της αρχικής ταχύτητας $υ_0$ που εκτοξεύεται.

Β. Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο δάπεδο με την επίδραση σταθερής οριζόντιας δύναμης F η επιτάχυνση του σώματος προσδιορίζεται από τη σχέση $α = \frac{F - T}{m}$.

Γ. Δύο δυνάμεις με τιμή F η καθεμία, είναι κάθετες μεταξύ τους.
Η τιμή της συνισταμένης δύναμης είναι $F_{ολ} = 2F$.

36. Η ράβδος που φαίνεται στην εικόνα περιστρέφεται γύρω από άξονα που περνά από το σημείο Ο και είναι κάθετος στο επίπεδο της σελίδας.



Ποιες από τις επόμενες σχέσεις είναι σωστές και ποιες λάθος;
Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

37. Ένα σώμα που ηρεμεί σε κεκλιμένο επίπεδο, σπρώχνεται και κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις:

Α. Η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται το σώμα είναι μηδέν.
Β. Το σώμα δεν δέχεται δύναμη τριβής.
Γ. Το σώμα έχει σταθερή επιτάχυνση.

38. Να συμπληρώσετε τα κενά στο κείμενο.

Α. Ο νόμος δράσης-αντίδρασης λέει ότι: "Αν ένα σώμα Α ασκεί …….. F σε ένα σώμα Β, τότε και το σώμα Β ασκεί …….. δύναμη στο σώμα Α". Οι δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται σε …….. σώματα, άρα δεν μπορούμε να μιλάμε για τη …….. τους.
Β. Ένα μικρό πακέτο αφήνεται από αεροπλάνο που πετά οριζόντια σε ύψος h. Τη στιγμή που αφήνεται το πακέτο αυτό έχει ταχύτητα ίδιας τιμής με τη ταχύτητα του …….. Η κίνηση του πακέτου μπορεί να θεωρηθεί ότι προέρχεται από τη σύνθεση δύο επιμέρους κινήσεων. Μια η οποία εξελίσσεται σε οριζόντια διεύθυνση και είναι …… και μια που εξελίσσεται σε κατακόρυφη διεύθυνση και είναι ……

39. Να συμπληρωθούν τα κενά στο παρακάτω κείμενο. Στην ομαλή κυκλική κίνηση ενός αντικειμένου εμφανίζεται …… επιτάχυνση. Η τιμή της επιτάχυνσης δίνεται από τη σχέση …… Η γραμμική ταχύτητα του αντικειμένου συνδέεται με τη γωνιακή του με τη σχέση …… Η τιμή της γραμμικής ταχύτητας παραμένει …… ενώ αλλάζει συνέχεια η …… της.

40. Στις παρακάτω προτάσεις να συμπληρωθούν τα κενά με τις λέξεις:
μεγαλύτερη, μικρότερη, σταθερή.

Α. Ο ωροδείκτης ενός ρολογιού έχει …… γωνιακή ταχύτητα από το λεπτοδείκτη.
Β. Η τιμή της ταχύτητας του άκρου του λεπτοδείκτη είναι ……
Γ. Ο λεπτοδείκτης έχει …… περίοδο από τον ωροδείκτη.

41. Στις παρακάτω σχέσεις, που αφορούν την ομαλή κυκλική κίνηση ενός σώματος, να συμπληρώσετε τα κενά με τα σύμβολα, υ, ω, f, R.

Α. $\upsilon = 2\pi f$..... Β. $T = \frac{1}{.....}$

Γ. $\upsilon =$ .....R Δ. $s =$ .....t

42. Να συμπληρωθούν τα κενά των παρακάτω σχέσεων.

Α. $F_κ = \frac{m}{R}$ Β. $\alpha = \frac{\upsilon^2}{.....}$

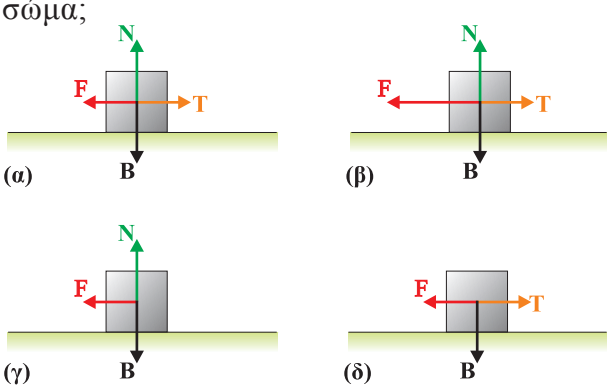
Γ. $\omega = \frac{\upsilon}{.....}$ Δ. $T = \mu$.....

43. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Η άσκηση δύναμης απαιτεί δύο σώματα.
Β. Το σώμα Α έχει δύναμη.
Γ. Το σώμα Α αποκτά δύναμη.
Δ. Το σώμα Α δέχεται δύναμη από το σώμα Β.
Ε. Το σώμα Β ασκεί δύναμη στο σώμα Α.

44. Ένα σώμα κινείται προς τα αριστερά με σταθερή ταχύτητα.

Ποια από τις παρακάτω εικόνες αναπαριστά σωστά τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα;



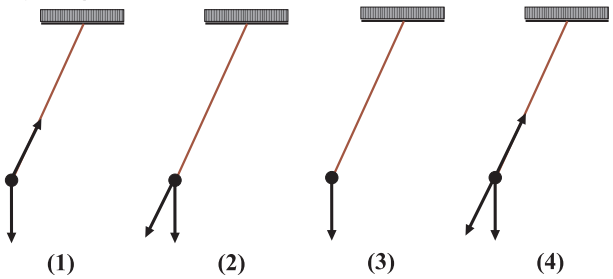
45. Σε μια διελκυστίνδα είναι ένας γίγαντας και ένα παιδί. Ποιος από τους δύο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στον άλλο;

Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
Α. Το παιδί.
Β. Ο γίγαντας.
Γ. Κανείς από τους δύο.

46. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου που κινείται σε ευθύγραμμο τμήμα ενός αυτοκινητόδρομου πατάει γκάζι, με αποτέλεσμα το αυτοκίνητο να αποκτήσει επιτάχυνση α.
Α. Το γινόμενο mα είναι ίσο με τη δύναμη της τριβής που επιταχύνει το αυτοκίνητο.
Β. Το γινόμενο mα είναι ίσο με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο αυτοκίνητο.
Γ. Το γινόμενο mα είναι ίσο με τη δύναμη του κινητήρα.

47. Ένα βιβλίο ισορροπεί πάνω σ' ένα θρανίο. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές.
Α. Η ισορροπία του είναι αποτέλεσμα του νόμου της δράσης-αντίδρασης.
Β. Το θρανίο δεν ασκεί δύναμη στο βιβλίο.
Γ. Το βιβλίο ισορροπεί, διότι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του είναι μηδέν.
Δ. Το βιβλίο ισορροπεί, διότι όλες οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω του είναι ίσες.

48. Σε ποιο από τα σχήματα της επόμενης εικόνας έχουν σχεδιαστεί σωστά οι δυνάμεις που ασκούνται στο σφαιρίδιο του εκκρεμούς; Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

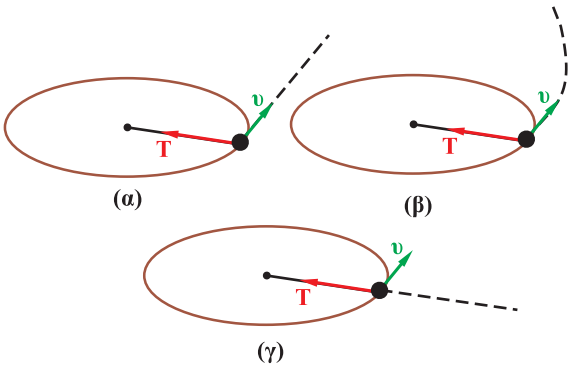


49. Ένας μαθητής ασκεί οριζόντια δύναμη σ' ένα μεγάλο κιβώτιο, που περιέχει όργανα Φυσικής και βρίσκεται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο αλλά αυτό δεν κινείται.
Α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο και να εξηγήσετε την ισορροπία του.
Β. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο μαθητή και να δώσετε μια ερμηνεία για την ισορροπία του.

50. Ένας άνθρωπος περπατά σε οριζόντιο δρόμο. Η δύναμη που τον κινεί είναι:
Α. Η δύναμη της τριβής που ασκείται στα πέλματα των ποδιών του.
Β. Η δύναμη των ποδιών του.
Γ. Η αντίδραση του εδάφους.
Δ. Η δύναμη που ασκεί στο έδαφος.

51. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
Α. Για να πραγματοποιήσει ένα σώμα κυκλική κίνηση δεν απαιτείται δύναμη.
Β. Ένα σώμα που εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση δεν επιταχύνεται.
Γ. Για να πραγματοποιήσει κυκλική κίνηση ένα σώμα πρέπει να ασκείται πάνω του κεντρομόλος δύναμη.

52. Το σφαιρίδιο της εικόνας περιφέρεται κυκλικά σε οριζόντιο επίπεδο λόγω της δύναμης που του ασκεί το νήμα. Αν κοπεί το νήμα, στη θέση που φαίνεται στις εικόνες, ποια εικόνα αναπαριστά την μετέπειτα τροχιά του σφαιριδίου;



53. Ένα σώμα επιταχύνεται με την επίδραση μιας δύναμης που για κάποιο λόγο αρχίζει να ελαττώνεται. Ένας μαθητής υποστηρίζει ότι αυτό θα προκαλέσει ελάττωση της επιτάχυνσης και κατά συνέπεια και στην ταχύτητα του σώματος.

Ποια είναι η δική σας άποψη;

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Έστω μια δύναμη F = 10N. Να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες F_1 και F_2, που είναι κάθετες μεταξύ τους και έχουν ίσες τιμές.

2. Δύο δυνάμεις F_1 = 4N και F_2 = 5N ασκούνται στο ίδιο σωμάτιο και είναι κάθετες μεταξύ τους. Να βρεθεί η δύναμη F_3 που πρέπει να ασκηθεί στο σωμάτιο, ώστε αυτό να ισορροπεί.

3. Στο ίδιο σημείο ενός σώματος μάζας 1kg ασκούνται δύο κάθετες μεταξύ τους δυνάμεις F_1 = 6N και F_2 = 8N.

Να προσδιορίσετε την επιτάχυνση που αποκτά το σώμα (μέτρο και κατεύθυνση).

4. Ένας αστροναύτης βρίσκεται στη Σελήνη, και αφήνει ένα σώμα από ύψος 7,2m που φτάνει στο έδαφος μετά από 3s.

Α. Πόση είναι η επιτάχυνση βαρύτητας στη Σελήνη;

Β. Αν ο αστροναύτης πετάξει το σώμα οριζόντια με ταχύτητα 12m/s από το ίδιο ύψος,

i) Πόσος χρόνος χρειάζεται μέχρι να φτάσει το σώμα στο έδαφος;

ii) Πόση οριζόντια απόσταση θα διανύσει μέχρι να φτάσει στο έδαφος;

5. Ένα αεροπλάνο πετά οριζόντια σε ύψος h = 500m με ταχύτητα 150m/s και αφήνει μια βόμβα.

Α. Να γράψετε τις εξισώσεις για την ταχύτητα και τη μετατόπιση που περιγράφουν την κίνηση της βόμβας.

Β. Αν ο χρόνος πτώσης της βόμβας είναι 10s, να υπολογίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας.

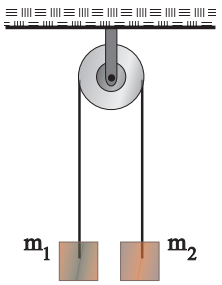
Γ. Να βρείτε το σημείο που βρίσκεται το αεροπλάνο όταν η βόμβα φτάνει στο έδαφος.

6. Τα σώματα που φαίνονται στην εικόνα έχουν μάζες m_1 = 3kg και m_2 = 1kg. Το σύστημα αφήνεται ελεύθερο από την ηρεμία.

Α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται κάθε σώμα και να εφαρμόσετε για το καθένα το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής.

Β. Να υπολογιστεί η επιτάχυνση του κάθε σώματος.

Γ. Να υπολογιστεί η τάση του νήματος. Να θεωρήσετε ότι και τα δύο σώματα δέχονται την ίδια τάση και ότι το g = 10m/s^2.



7. Ένα σώμα αφήνεται να γλιστρήσει από την κορυφή λείου κεκλιμένου επιπέδου, γωνίας κλίσης φ = 30°.

Α. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα και να εφαρμόσετε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής για την περίπτωση αυτή.

Β. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση με την οποία θα κινηθεί το σώμα.

***8.** Ελικόπτερο έχει μάζα M = 1.920kg και ο πιλότος μάζα m = 80kg. Το σύστημα ανυψώνεται κατακόρυφα με επιτάχυνση 2m/s^2.

Α. Να σχεδιαστούν οι δυνάμεις που δέχονται ο πιλότος και το ελικόπτερο.

Β. Να υπολογιστεί η ανυψωτική δύναμη που ασκείται στο ελικόπτερο.

Γ. Να υπολογιστεί η δύναμη που δέχεται ο πιλότος από το κάθισμα.

Δίνεται g = 10m/s^2.

***9.** Ένα κιβώτιο μάζας 5kg ηρεμεί σε οριζόντιο δάπεδο και δέχεται οριζόντια δύναμη F = 30N. Μετά από 10m έχει αποκτήσει ταχύτητα 10m/s.

Α. Να υπολογιστεί η τιμή της επιτάχυνσης του σώματος.

Β. Να δικαιολογήσετε γιατί υπάρχει δύναμη τριβής και να υπολογίσετε την τιμή της.

Γ. Να υπολογίσετε την τιμή του συντελεστή της τριβής ολίσθησης.
Δίνεται: $g = 10m/s^2$.

10. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου έχει μάζα 60kg και φορά τη ζώνη ασφαλείας. Το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα 30m/s πριν χτυπήσει σε τοίχο. Η ζώνη ασφαλείας επιτρέπει στον οδηγό να κινηθεί προς τα εμπρός, σε σχέση με την αρχική του θέση στο κάθισμα κατά 0,2m. Να υπολογίσετε:

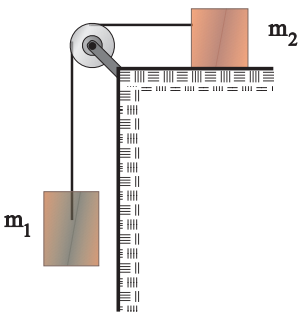
A. Την επιβράδυνση του οδηγού.
B. Τη δύναμη που δέχεται από τη ζώνη ασφαλείας.

11. Μια φορητή ντουλάπα έχει συνολικό βάρος 250N και μετακινείται με σταθερή ταχύτητα, όταν ασκείται σ' αυτή οριζόντια δύναμη 120N.

A. Να υπολογίσετε τον συντελεστή τριβής μεταξύ πατώματος και ντουλάπας.
B. Αν αδειάσουμε την ντουλάπα ώστε να μειωθεί το βάρος της στα 160N, πόση οριζόντια δύναμη πρέπει να ασκήσουμε για να κινηθεί με σταθερή ταχύτητα;

***12.** Τα σώματα της εικόνας έχουν μάζες $m_1 = 8kg$ και $m_2 = 12kg$. Ο συντελεστής τριβής του σώματος μάζας m_2 με το δάπεδο είναι 0,25. Το σύστημα αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί.

A. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται κάθε σώμα.
B. Να εφαρμόσετε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής για κάθε σώμα.
Γ. Να υπολογίσετε την τιμή της επιτάχυνσης με την οποία κινείται κάθε σώμα.
Δίνεται: $g = 10m/s^2$.



13. Ένα σώμα μάζας m = 1kg αφήνεται να ολισθήσει από την κορυφή ενός κεκλιμένου επιπέδου γωνίας κλίσης φ = 30°. Ο συντελεστής τριβής σώματος - δαπέδου είναι $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$.

A. Να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα.
B. Να υπολογίσετε τη δύναμη της τριβής.
Γ. Να υπολογίσετε το διάστημα που διανύει το σώμα σε 1s. Δίνεται:
$g = 10m/s^2$.

***14.** Ένα όχημα έχει λάστιχα διαμέτρου 0,8m. Βρείτε τη ταχύτητα και την κεντρομόλο επιτάχυνση ενός σημείου στο πέλμα του ελαστικού όταν το αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα 35m/s.

***15.** Υπολογίστε την ταχύτητα και την κεντρομόλο επιτάχυνση που οφείλεται στην περιστροφή της Γης, ενός αντικειμένου που βρίσκεται στον Ισημερινό της Γης. Δίνεται ότι η ακτίνα του Ισημερινού είναι 6.380km. Η περίοδος περιστροφής της Γης είναι T = 24h.

16. Ένα pulsar (ταχέως περιστρεφόμενο αστέρι νετρονίων) έχει διάμετρο 13,8km και περιστρέφεται με συχνότητα 8,5Hz. Υπολογίστε την ταχύτητα και την κεντρομόλο επιτάχυνση ενός σημείου που βρίσκεται στον Ισημερινό του αστεριού.

17. Ένας περιστρεφόμενος κάδος στεγνωτήρα λειτουργεί εκτελώντας 780 περιστροφές το λεπτό. Ο κάδος έχει διάμετρο 0,66m. Υπολογίστε:

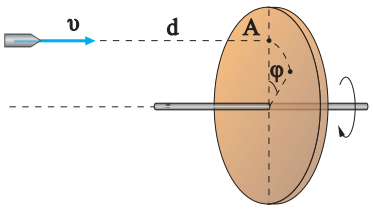
A. Την ταχύτητα ενός σημείου που βρίσκεται πάνω στο τοίχωμα του κάδου.
B. Την κεντρομόλο επιτάχυνση ενός σημείου του τοιχώματος.

***18.** Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα, γύρω από μια κυκλική πλατεία διαμέτρου 135,2m. Στην κίνηση αυτή η τριβή μεταξύ των τροχών και του οδοστρώματος, η οποία εμποδίζει την πλευρική ολίσθηση του αυτοκινήτου, λειτουργεί ως κεντρομόλος δύναμη. Εάν αυτή η τριβή δεν πρέπει να υπερβαίνει το 25% του βάρους του αυτοκινήτου, υπολογίστε τη μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινείται το αυτοκίνητο χωρίς να ολισθαίνει.
Δίνεται $g = 10m/s^2$.

19. Να βρεθούν η περίοδος του ωροδείκτη και η περίοδος του λεπτοδείκτη ενός ρολογιού. Κάποια στιγμή το ρολόι δείχνει 12 το μεσημέρι. Μετά από πόση ώρα οι δείκτες σχηματίζουν γωνία π/3 για πρώτη φορά;

20. Τη στιγμή που το βλήμα που φαίνεται στην εικόνα απέχει απόσταση d = 2m από το σημείο Α του δίσκου έχει ταχύτητα υ = 400m/s. Ο δίσκος περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω. Τη στιγμή που το βλήμα κτυπά στο δίσκο, το σημείο Α έχει περιστραφεί κατά γωνία φ = 45°.

Να βρείτε τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δίσκου.

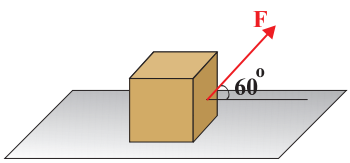


21. Δορυφόρος εκτελεί κυκλική κίνηση σε ύψος h = 6.400km από την επιφάνεια της Γης και έχει περίοδο 4h. Αν η ακτίνα της Γης είναι R = 6.400km, να υπολογιστούν

Α. Η ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου.

Β. Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δορυφόρου.

***22.** Ένα σώμα μάζας m = 10kg ηρεμεί σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Ασκούμε στο σώμα δύναμη F = 40N η οποία σχηματίζει γωνία 60° με το οριζόντιο επίπεδο.



Να υπολογίσετε:

Α. Τη δύναμη που δέχεται το σώμα από το οριζόντιο επίπεδο.

Β. Την ταχύτητα του σώματος μετά από 5s.

Γ. Την απόσταση που διανύει το σώμα κατά τη διάρκεια του πέμπτου δευτερόλεπτου της κίνησής του. Δίνεται g = 10m/s^2.

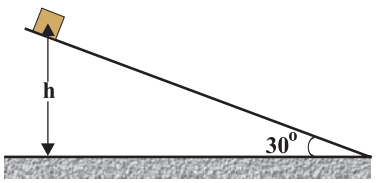
***23.** Υποθέστε ότι πρέπει να μετακινήσουμε ένα κιβώτιο βάρους 1.000N, το οποίο ισορροπεί πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ = 0,2.

Α. Ποια είναι η μικρότερη οριζόντια δύναμη που πρέπει να εφαρμόσουμε, ώστε να μετακινήσουμε το κιβώτιο;

Β. Αν εφαρμόσουμε οριζόντια δύναμη 500N με ποια επιτάχυνση θα κινηθεί το κιβώτιο;

Γ. Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για την μετακίνηση του κιβωτίου, κατά 24m με τη δύναμη των 500N; Ποια θα είναι τότε η ταχύτητα του κιβωτίου; Δίνεται g = 10m/s^2. (Να δεχθείτε ότι οριακή τριβή είναι ίση με την τριβή ολίσθησης).

***24.** Στην κορυφή Α ενός λείου κεκλιμένου επιπέδου ύψους h = 5m και γωνίας θ = 30°, αφήνουμε ένα σώμα μάζας m = 1kg.



Να υπολογίσετε:

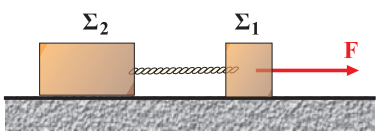
Α. Την αντίδραση που ασκείται στο σώμα από το κεκλιμένο επίπεδο.

Β. Την επιτάχυνση με την οποία κινείται το σώμα.

Γ. Το χρόνο κίνησης του σώματος στο κεκλιμένο επίπεδο και την ταχύτητα με την οποία φτάνει στη βάση του.

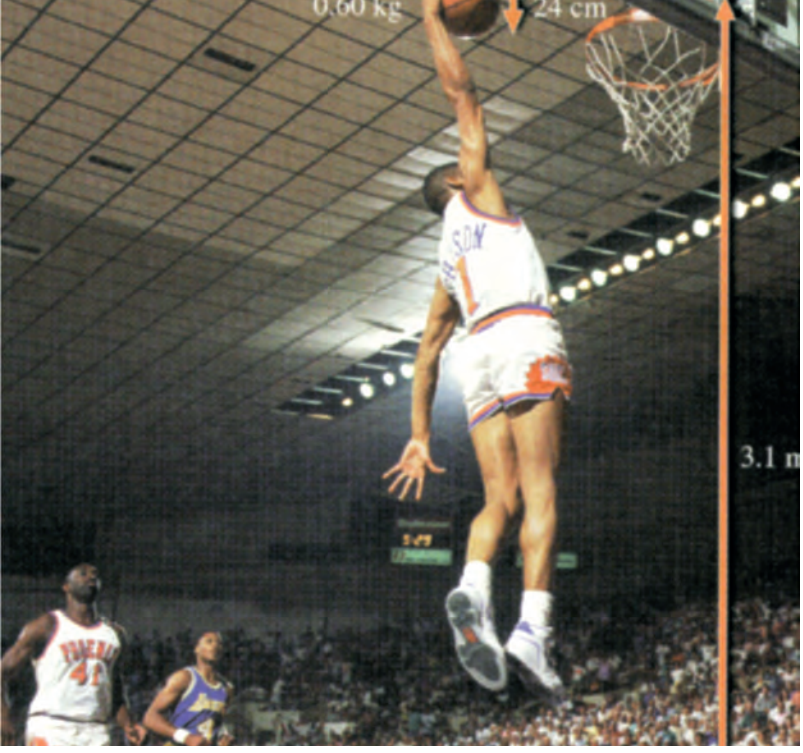
Δ. Την ταχύτητα με την οποία θα φτάσει το σώμα στη βάση του κεκλιμένου επιπέδου, αν η γωνία γίνει 45°. Δίνεται g = 10m/s^2.

***25.** Τα σώματα Σ_1 και Σ_2, έχουν αντίστοιχα βάρος B_1 = 200N και B_2 = 500N και έλκονται από μια σταθερή δύναμη F, όπως φαίνεται στην εικόνα. Αν η κοινή επιτάχυνση με την οποία κινούνται τα δύο σώματα είναι α = g/8, να υπολογίσετε:



Α. Τη δύναμη F.

Β. Την τάση του νήματος που συνδέει τα δύο σώματα. Δίνεται g = 10m/s^2.



2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας







Η έννοια της ενέργειας είναι συσχετισμένη με τις έννοιες της κίνησης και της δύναμης. Ο άνεμος και το ρεύμα του ποταμού ασκούν δυνάμεις στα σώματα που συναντούν στην πορεία τους και τα θέτουν σε κίνηση δίνοντάς τους κινητική ενέργεια. Η "δύναμη" του ανέμου μας είναι γνωστή στις περιπτώσεις που επιχειρούμε να μείνουμε ακίνητοι σε μια θέση, ενώ φυσάει δυνατός άνεμος. Η κινητική κατάσταση των σωμάτων και η θέση τους σχετικά με το έδαφος αλλάζουν υπό την επίδραση δυνάμεων, οι οποίες, εκτός από το νερό και τον άνεμο μπορεί να προέρχονται από ανθρώπους, ζώα ή μηχανές. Οι δράσεις εκείνες οι οποίες θέτουν τα σώματα σε κίνηση ή τους αλλάζουν θέση, σχετικά με το έδαφος, περιγράφονται με την έννοια του έργου μιας δύναμης. Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τις αλλαγές της κινητικής κατάστασης των σωμάτων ή της θέσης τους, σχετικά με το έδαφος, με τη βοήθεια των εννοιών του έργου και δύο από τις μορφές της ενέργειας: την κινητική και τη δυναμική. Με τη βοήθεια των εννοιών αυτών, εκτός από την περιγραφή των ενεργειακών ανταλλαγών μεταξύ του αιτίου που ασκεί τη δύναμη και του σώματος στο οποίο αυτή ασκείται, απλουστεύεται σημαντικά η περιγραφή των αποτελεσμάτων της δύναμης στο εν λόγω σώμα. Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε και το ρυθμό με τον οποίο γίνονται οι μετατροπές της ενέργειας με την εισαγωγή της έννοιας της ισχύος.

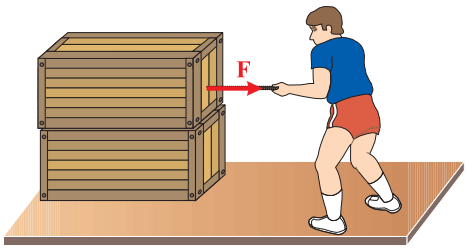
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.1.1 Η έννοια του έργου 163
2.1.2 Έργο βάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας 166
2.1.3 Η δυναμική ενέργεια 169
2.1.4 Η Μηχανική ενέργεια 172
2.1.5 Συντηρητικές (ή διατηρητικές) δυνάμεις 176
2.1.6 Η ισχύς 178
2.1.7 Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή 180
2.1.8 Η τριβή και η μηχανική ενέργεια 181
Ένθετο: Τι είναι η ενέργεια; 183
Περίληψη 187
Ερωτήσεις 189
Ασκήσεις - Προβλήματα 193

2.1.1 Η έννοια του έργου

Στην καθημερινή ζωή η λέξη "έργο" μπορεί να σημαίνει, έργο τέχνης, έργο διαμόρφωσης του εδάφους για ένα δρόμο, έργο κατασκευής ενός κτιρίου ή μίας γέφυρας, κ.τ.λ. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις με κάποιο τρόπο επιδράσαμε σε υλικά, αλλάζοντας τη μορφή ή τη θέση τους, ασκήσαμε δυνάμεις και χρησιμοποιήσαμε ενέργεια.

Τι σημαίνει όμως η λέξη έργο για τη Φυσική; Τι εκφράζει αυτή και πώς γίνεται ο υπολογισμός του έργου; Για να απαντήσουμε στα ερωτήματα αυτά ας μελετήσουμε μερικά παραδείγματα από την καθημερινή μας εμπειρία.



Εικόνα 2.1.1

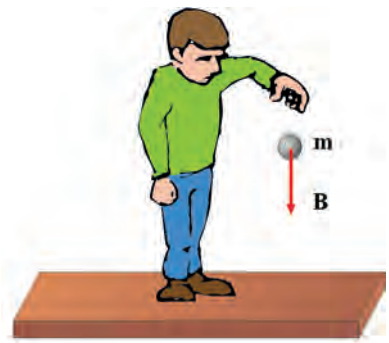
Ένας άνθρωπος τραβάει με σταθερή οριζόντια δύναμη F ένα κιβώτιο, που αρχικά ηρεμεί πάνω σε ένα λείο οριζόντιο επίπεδο (Εικ. 2.1.1). Η δύναμη προσδίδει στο σώμα επιτάχυνση με αποτέλεσμα το αρχικά ακίνητο σώμα να αποκτήσει ταχύτητα και κατά συνέπεια κινητική ενέργεια η οποία συνεχώς αυξάνεται. Στην περίπτωση αυτή λέμε πως έχουμε μεταφορά (προσφορά) ενέργειας από τον άνθρωπο στο κιβώτιο. Μεταφορά ενέργειας έχουμε επίσης από τον άνεμο, ο οποίος ασκώντας σταθερή δύναμη στα πανιά του ιστιοφόρου το επιταχύνει (Εικ. 2.1.2). Ένα σώμα μάζας m, αφήνεται να πέσει με την επίδραση του βάρους του (Εικ. 2.1.3). Λέμε πως το σώμα κερδίζει κινητική ενέργεια σε βάρος της δυναμικής του, ή καλύτερα ότι *συμβαίνει μετατροπή δυναμικής ενέργειας σε κινητική*.



Εικόνα 2.1.2

Οι επιστήμονες ανέκαθεν αναρωτιόνταν με ποιον τρόπο θα μπορούσαν να υπολογίζουν την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο, ή που μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη. Απάντηση στον προβληματισμό αυτό μπορεί να δοθεί με την εισαγωγή της έννοιας του έργου.

Συνήθως, όταν συμβαίνει μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας, εμφανίζεται δύναμη, η οποία μετακινεί το σημείο εφαρμογής της, (εξαίρεση έχουμε στην περίπτωση που ενέργεια μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας). Παραδείγματος χάρη η δύναμη από τον άνθρωπο και τον άνεμο στα δυο πρώτα παραδείγματα, ή το βάρος του σώματος στο τρίτο παράδειγμα. Το γινόμενο της δύναμης αυτής επί τη μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της είναι ακριβώς ίσο με την ενέργεια που έχει μεταφερθεί ή έχει μετατραπεί σε άλλη μορφή.



Εικόνα 2.1.3

Αυτό το γινόμενο της δύναμης F, που εμφανίζεται σε κάθε

μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας, επί τη μετατόπιση x του σημείου εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της, το ονομάζουμε ***έργο***.

Για το συμβολισμό του έργου χρησιμοποιούμε το πρώτο γράμμα της αντίστοιχης Αγγλικής λέξης (Work). Δηλαδή:

$$W = F\,x \qquad (2.1.1)$$

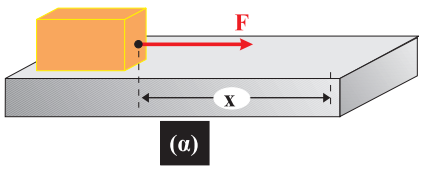
Η μονάδα μέτρησης του έργου και κατά συνέπεια και της ενέργειας στο Διεθνές Σύστημα S.I., όπως προκύπτει από τη σχέση (2.1.1) είναι **1N·m = 1Joule**.

Με βάση τα παραπάνω μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι:

Το έργο ως φυσικό μέγεθος εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή που μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη.

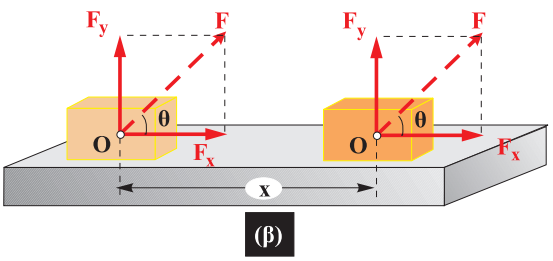
Για το έργο είναι χρήσιμο να επισημάνουμε τα εξής:

i) Η σχέση (2.1.1), χρησιμοποιείται μόνον όταν η δύναμη F είναι σταθερή και μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά την διεύθυνσή της (Εικ. 2.1.4α).



Εικόνα 2.1.4α

Στην περίπτωση που η δύναμη σχηματίζει γωνία θ με τη μετατόπιση, έργο παράγει η συνιστώσα F_x (Εικ. 2.1.4β).



Εικόνα 2.1.4β

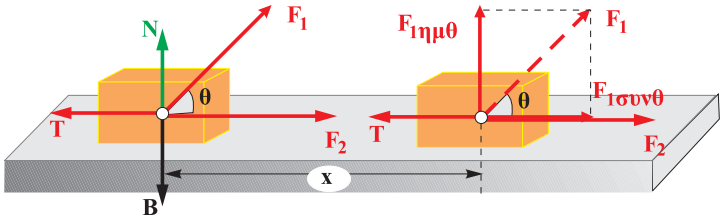
Δηλαδή:

$$W_F = F\,x\,\sigma\upsilon\nu\theta \qquad (2.1.2)$$

ii) Όπως προκύπτει από τη σχέση (2.1.2), το έργο μιας δύναμης, ανάλογα με το μέτρο της γωνίας θ μπορεί να είναι: θετικό ($0 \le \theta < 90°$), ή αρνητικό ($90° < \theta \le 180°$) ή και μηδέν ($\theta = 90°$, δηλαδή η δύναμη να είναι κάθετη στη μετατόπιση).

Στην πρώτη περίπτωση το έργο εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σώμα που ασκείται η δύναμη, ενώ στη δεύτερη εκφράζει την ενέργεια που αφαιρείται από το σώμα.

Παραδείγματος χάρη, στο αρχικά ακίνητο σώμα, που φαίνεται στην εικόνα 2.1.5, προσφέρθηκε ενέργεια $W_1 = F_1\,\sigma\upsilon\nu\theta\,x$



Εικόνα 2.1.5
Το έργο της συνιστώσας F_1ημθ είναι μηδέν.

και $W_2 = F_2x$, ενώ μέσω του έργου της τριβής του αφαιρέθηκε ενέργεια, διότι $W_3 = T\,x\,συν180^o = -Tx$. Η ενέργεια W_3 μετατρέπεται όπως θα μάθουμε αργότερα σε θερμότητα.

Έτσι η κινητική ενέργεια που τελικά θα έχει το σώμα είναι:

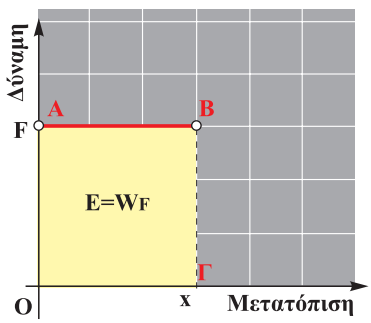
$$K = W_1 + W_2 + W_3$$

Παραδείγματα δύναμης, που το έργο τους είναι μηδέν επειδή είναι *κάθετες* στη μετατόπιση, είναι η κεντρομόλος δύναμη στην κυκλική κίνηση, και η κάθετη αντίδραση που δέχεται ένα σώμα, όταν κινείται πάνω σε μια επιφάνεια.

iii) Αν μια σταθερή δύναμη F μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της, το έργο της είναι, όπως έχουμε μάθει, Fx. Μία τέτοια δύναμη σε άξονες, δύναμη-μετατόπιση, παριστάνεται από μια ευθεία παράλληλη στον άξονα των μετατοπίσεων (Εικ. 2.1.6)

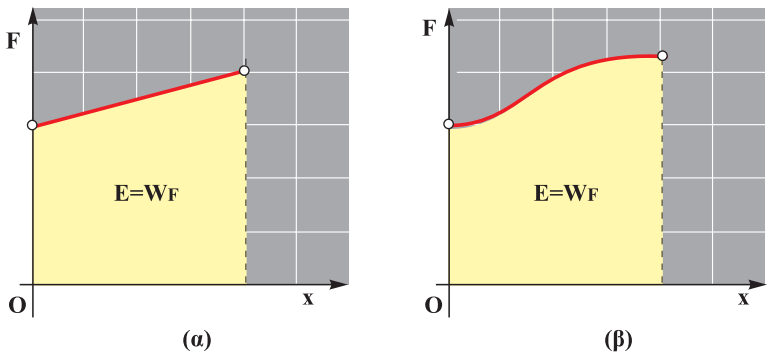
Για την τυχαία μετατόπιση x το εμβαδό του σκιασμένου παραλληλογράμμου είναι:

(Εμβαδόν) = (ΟΓ) (ΟΑ) = Fx



Εικόνα 2.1.6
Το έργο της σταθερής δύναμης F, είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδόν Ε.

Δηλαδή **το έργο της δύναμης είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδόν του παραλληλογράμμου,** που περικλείεται από τη γραμμή που αποδίδει τη δύναμη και τους αντίστοιχους άξονες, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.6. Στην περίπτωση που η τιμή της δύναμης δεν είναι σταθερή, το έργο της μπορεί να υπολογιστεί από το εμβαδόν του αντίστοιχου σχήματος, όπως φαίνεται στις εικόνες 2.1.7α και 2.1.7β.



Εικόνα 2.1.7
Το έργο μιας δύναμης μεταβλητού μέτρου υπολογίζεται από το εμβαδό Ε.



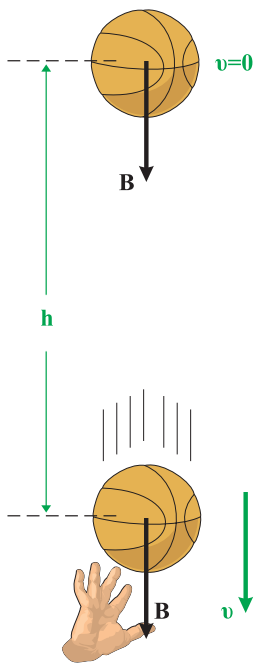
Εικόνα 2.1.8
Ο άνθρωπος δεν παράγει έργο.

iv) Η έννοια του έργου όπως την ορίσαμε δεν έχει καμία σχέση με τη λέξη έργο, όπως αυτή χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή, όπου μπορεί να σημαίνει πνευματική ή σωματική εργασία.

Στην εικόνα 2.1.8, ο άνθρωπος κρατώντας ακίνητο το κιβώτιο κουράζεται, κάνει έργο. Το έργο του όμως για τη Φυσική είναι μηδέν.

Αξίζει να επισημάνουμε πως το έργο δεν είναι μορφή ενέργειας. Ανάλογο του έργου και της ενέργειας είναι η επιταγή και το χρήμα. Όπως η τραπεζική επιταγή μετράει το χρήμα που μεταφέρεται από ένα λογαριασμό σε κάποιον άλλο χωρίς η ίδια να είναι χρήμα, έτσι και το έργο μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, χωρίς αυτό (το έργο) να είναι ενέργεια.

2.1.2 Έργο βάρους και μεταβολή της κινητικής ενέργειας



Εικόνα 2.1.9
Το έργο του βάρους είναι ίσο με την κινητική ενέργεια που αποκτά η μπάλα.

Ένας μαθητής ρίχνει κατακόρυφα προς τα πάνω μια μπάλα καλαθοσφαίρισης. Η μπάλα αφού φτάσει στο υψηλότερο σημείο της τροχιάς της επανέρχεται και συναντά το τεντωμένο χέρι του μαθητή, εικόνα 2.1.9.

Πόση κινητική ενέργεια έχει αποκτήσει η μπάλα κατά τη διάρκεια της πτώσης της και μέχρι τη στιγμή που συναντά το χέρι του μαθητή;

Πώς σχετίζεται η ενέργεια αυτή με το έργο του βάρους της μπάλας;

Για να απαντήσουμε στα ερωτήματα αυτά θα υπολογίσουμε πρώτα το έργο του βάρους χρησιμοποιώντας τη σχέση, $W = Fx\sigma\upsilon\nu\theta$ όπου $F = B$, $x = h$, $\theta = 0°$. Έτσι έχουμε:

$$W_B = Bh\sigma\upsilon\nu 0^\circ = Bh \qquad (\alpha)$$

Το βάρος είναι η μόνη δύναμη που δρα στη μπάλα, εφόσον θεωρούμε την αντίσταση του αέρα αμελητέα. Έτσι η κινητική ενέργεια που απέκτησε αυτή κατά την ελεύθερη πτώση της από το ανώτερο σημείο που έφτασε, μέχρι το χέρι του μαθητή, είναι ίση με το έργο του βάρους της. Ότι η κινητική ενέργεια του σώματος είναι ίση με το έργο του βάρους του προκύπτει ποσοτικά ως εξής:

Γνωρίζουμε ότι η ελεύθερη πτώση της μπάλας είναι κίνηση ομαλά επιταχυνόμενη με επιτάχυνση g και κατά συνέπεια ισχύουν οι εξισώσεις:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \qquad (\beta)$$

και $\upsilon = gt$ (γ)

Αν στη σχέση (α) αντικαταστήσουμε το ύψος h με την τιμή του από τη σχέση (β) και το βάρος Β από τη σχέση B = mg προκύπτει για το έργο:

$$W_B = Bh = mg\frac{1}{2}g\,t^2 = \frac{1}{2}mg^2t^2$$

Αλλά το γινόμενο gt, όπως φαίνεται από τη σχέση (γ), είναι η ταχύτητα υ της μπάλας. Έτσι για το έργο W_B προκύπτει:

$$W_B = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \qquad (2.1.3)$$

Η ποσότητα $\frac{1}{2}m\upsilon^2$ εκφράζει, όπως γνωρίζουμε, την κινητική ενέργεια (Κ). Συνεπώς η σχέση (2.1.3) μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$W_B = K \qquad (2.1.4)$$

Αν όμως λάβουμε υπόψη μας ότι η αρχική ταχύτητα του σώματος και κατά συνέπεια η αρχική του κινητική ενέργεια είναι μηδέν, η μεταβολή της κινητικής ενέργειας ΔΚ είναι:

$$\Delta K = K_{τελ} - K_{αρχ} = K$$

Έτσι η σχέση (2.1.4) γράφεται:

$$W_B = \Delta K \qquad (2.1.5)$$

Η σχέση αυτή εκφράζει, ότι η κινητική ενέργεια της μπάλας μεταβλήθηκε (αυξήθηκε) και ότι η μεταβολή της είναι ακριβώς ίση με το έργο του βάρους της.

Το συμπέρασμα αυτό μπορούμε να το γενικεύσουμε σ' οποιαδήποτε περίπτωση, όπου σ' ένα σώμα δρουν πολλές δυνάμεις και η κινητική του ενέργεια μεταβάλλεται, διατυπώνοντας την πρόταση:

"Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας ενός σώματος είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των έργων των δυνάμεων που δρουν πάνω του ή, ισοδύναμα, είναι ίση με το έργο της συνισταμένης δύναμης".

Δηλαδή:

$$\Delta K = \Sigma W_F = W_{F(ολ)} \qquad (2.1.6)$$

Την παραπάνω γενίκευση έχει επικρατήσει να την ονομάζουμε **"Θεώρημα της κινητικής ενέργειας"** ή **"Θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας"**.

Με το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας μπορούμε να υπολογίζουμε την κινητική ενέργεια ή την ταχύτητα ενός σώματος. Επίσης έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίζουμε το έργο μίας άγνωστης δύναμης ή μίας μεταβλητής δύναμης, όταν η σχέση (2.1.1) δεν ισχύει. Αρκεί για το σκοπό αυτό να γνωρίζουμε τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος στο οποίο δρα η δύναμη.



Ο ελέφαντας έχει κινητική ενέργεια περίπου 25.000Joule.

Εφαρμογή

Η μπάλα του μπάσκετ, στο παράδειγμα της προηγούμενης παραγράφου, έχει μάζα 1kg και ο μαθητής την έριξε 2m πάνω από την άκρη των δακτύλων του, εικόνα 2.2.9. Πόση κινητική ενέργεια έχει η μπάλα όταν επιστρέφει στο χέρι του μαθητή; Πόση είναι τότε η ταχύτητά της; Αν διπλασιασθεί το ύψος που πετά ο μαθητής τη μπάλα, διπλασιάζεται η κινητική ενέργεια και η ταχύτητά της;

Απάντηση

Σύμφωνα με το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας έχουμε:

$$\Delta K = W_B \text{ ή } K_{τελ} = m\,g\,h$$

και με αντικατάσταση των τιμών των μεγεθών m, g, h προκύπτει:

$$K_{τελ} = 20\text{Joule}.$$

Αλλά η κινητική ενέργεια είναι $K = \frac{1}{2}m\upsilon^2$ και με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$\upsilon = \sqrt{40}\,\frac{m}{s}$$

Ομοίως αν $h' = 2h = 4m$, έχουμε:

$$K'_{τελ} = W_B \quad \text{ή} \quad K'_{τελ} = m\,g\,h'$$

και με αντικατάσταση

$$K'_{τελ} = 40\text{Joule}.$$

Δηλαδή η κινητική ενέργεια διπλασιάστηκε. Επίσης είναι:

$$K'_{τελ} = \frac{1}{2}m\upsilon'^2$$

και με αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$\upsilon' = \sqrt{80}\,\frac{m}{s}$$

Από τη σύγκριση των ταχυτήτων υ και υ′ προκύπτει ότι:

$$\frac{\upsilon'}{\upsilon} = \frac{\sqrt{80}}{\sqrt{40}} = \sqrt{2}\,.$$

Δηλαδή η ταχύτητα δε διπλασιάστηκε, αλλά αυξήθηκε κατά $\sqrt{2} \approx 1,41$ φορές.

Δραστηριότητα

Δίνεται ο παρακάτω πίνακας:

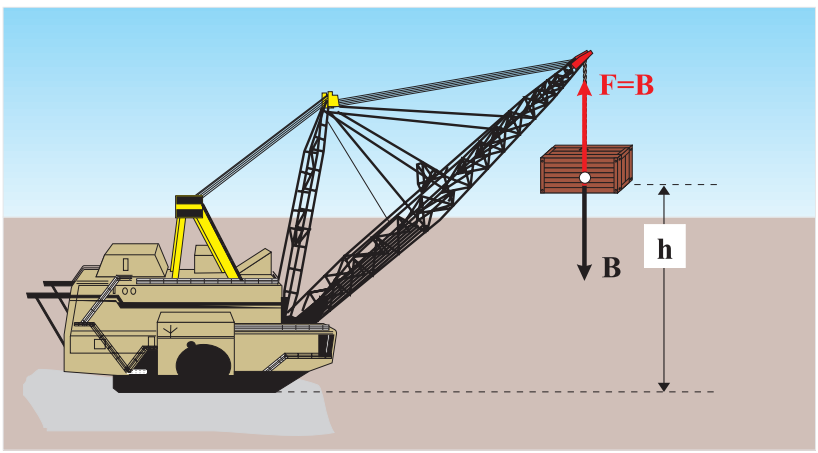
Σώμα	m(kg)	υ(m/s)	K(Joule)
Πετρελαιοφόρο	$18\cdot10^7$	—	$9\cdot10^9$
Αεριωθούμενο Boeing 747	—	200	$7\cdot10^9$
Αυτοκίνητο	10^3	30	—
Δρομέας 100m	80	—	$4\cdot10^3$
Σφαίρα όπλου	0,02	—	$4\cdot10^3$
Σταγόνα βροχής	—	0,4	$4\cdot10^{-5}$

α) Να συμπληρώσετε τον πίνακα.
β) Να βρείτε το ελάχιστο μήκος που πρέπει να έχει ο διάδρομος ενός αεροδρομίου, ώστε η προσγείωση του Boeing να είναι ασφαλής. Η συνολική επιβραδύνουσα δύναμη κατά την προσγείωση είναι $1{,}75 \cdot 10^6$N.
γ) Η μάζα του δρομέα είναι 4.000 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα της σφαίρας. Αφού η κινητική τους ενέργεια είναι ίση, γιατί δεν είναι και η ταχύτητα της σφαίρας 4.000 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα του δρομέα;
δ) Ο οδηγός κάνοντας χρήση των φρένων δημιουργεί μια σταθερή επιδραδύνουσα δύναμη $F = 5 \cdot 10^3$N.
Πόσος χρόνος απαιτείται για τον υποδιπλασιασμό της ταχύτητας του αυτοκινήτου;

2.1.3 Η δυναμική ενέργεια

Ένας γερανός (Εικ. 2.1.10), ανυψώνει σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης, ένα κιβώτιο μάζας m. Η δύναμη F που ασκεί ο γερανός στο κιβώτιο είναι ίση με το βάρος του B, δηλαδή το ανυψώνει με σταθερή ταχύτητα. Πόση είναι η ενέργεια που δίνει ο γερανός στο κιβώτιο; Ποια ενεργειακή μετατροπή συντελείται κατά την ανύψωση αυτή;

Πολλοί μαθητές ισχυρίζονται, ότι η κινητική και η δυναμική ενέργεια δεν έχουν σχέση με τους νόμους του Νεύτωνα.
Συζητήστε στην ομάδα σας και γράψτε την άποψή σας.



Εικόνα 2.1.10

Όπως έχουμε μάθει, η ενέργεια που μεταφέρεται σε ένα σώμα στο οποίο ασκείται δύναμη F, είναι ίση με το έργο της δύναμης αυτής. Έτσι για να υπολογίσουμε την ενέργεια που δίνει ο γερανός, αρκεί να υπολογίσουμε το έργο της δύναμης F που ασκεί στο κιβώτιο. Το έργο αυτό είναι $W_F = F\,h$. Επειδή όμως F = B, έπεται ότι:

$$W_F = B\,h \text{ ή } W_F = mgh \qquad (α)$$

Δηλαδή η ενέργεια που προσέφερε ο γερανός στο κιβώτιο μέσω του έργου της δύναμης F είναι mgh.

Την ποσότητα mgh την ονομάζουμε δυναμική βαρυτική ενέργεια ή απλά δυναμική ενέργεια του σώματος στο ύψος h και τη συμβολίζουμε με U. Δηλαδή ισχύει:

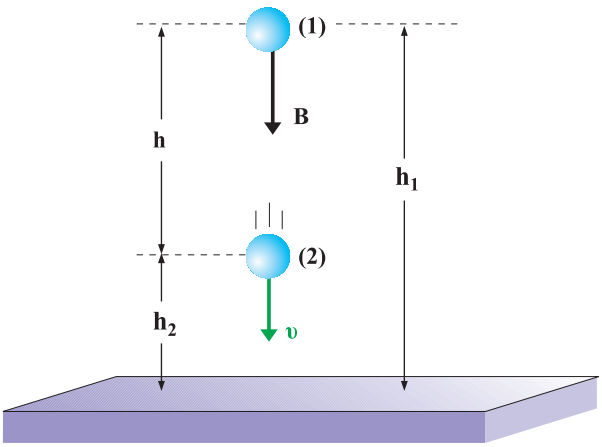
$$U = mgh \qquad (2.1.7)$$

Επομένως, ονομάζουμε δυναμική ενέργεια ενός σώματος σε ύψος h πάνω από την επιφάνεια της Γης, την ενέργεια που έχει το σώμα λόγω της θέσης του. Η ποσότητα mgh είναι στην πραγματικότητα η δυναμική ενέργεια του συστήματος σώμα-Γη. Συμβατικά όμως και για λόγους απλούστευσης μιλάμε μόνο για δυναμική ενέργεια του σώματος.

Μπορούμε λοιπόν τώρα να απαντήσουμε στο ερώτημα που έχουμε θέσει, ως εξής: Η χημική ενέργεια E_x που προέκυψε από την καύση του πετρελαίου, και με την προϋπόθεση πως οι απώλειες είναι αμελητέες, μεταφέρθηκε στο κιβώτιο μέσω του έργου της δύναμης F και μέσω του έργου του βάρους B, μετατράπηκε τελικά σε δυναμική ενέργεια. Δηλαδή:

$$E_x = U = m\,g\,h$$

Η δυναμική ενέργεια U είναι *αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του σώματος με τη Γη και η τιμή της εξαρτάται από την απόστασή του από αυτή*. Εκείνο όμως που μας ενδιαφέρει στη Φυσική δεν είναι η δυναμική ενέργεια αλλά οι διαφορές της. Πράγματι, ας θεωρήσουμε ένα σώμα μάζας m, που από μια θέση (1) ύψους h_1, κατέρχεται σε μια θέση (2) ύψους h_2 (Εικ. 2.1.11).



Εικόνα 2.1.11
Η διαφορά δυναμικής ενέργειας U_1-U_2 είναι ίση με $W_{B(1\to2)}$.

Η διαφορά της δυναμικής ενέργειας του σώματος από τη θέση (1) μέχρι τη θέση (2), λόγω της σχέσης (2.1.7) είναι:

$$U_1 - U_2 = mgh_1 - mgh_2 = mgh = W_{B(1\to 2)} \quad (2.1.8)$$

Αν συμφωνήσουμε να θεωρούμε τη δυναμική ενέργεια οποιουδήποτε σώματος στη θέση (2), ίση με μηδέν, τότε η σχέση (2.1.8) γράφεται:

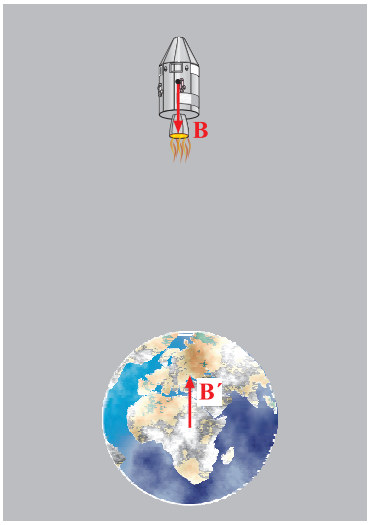
$$U_1 = mgh = W_{B(1\to 2)} \quad (2.1.9)$$

όπου h είναι η κατακόρυφη απόσταση της θέσης (2) από τη θέση (1). Βέβαια θα μπορούσε κανείς να αναρωτηθεί: ποιο θα είναι το σημείο αναφοράς (2) στο οποίο θα θεωρούμε τη δυναμική ενέργεια μηδέν; Από πού δηλαδή θα μετράμε το ύψος h;

Επειδή πάντα, όπως είπαμε, μας ενδιαφέρουν οι διαφορές της δυναμικής ενέργειας, η επιλογή του σημείου αναφοράς είναι δική μας και εξαρτάται από τις συνθήκες του προβλήματος. Αυτό μπορεί να είναι η επιφάνεια της Γης, η επιφάνεια της θάλασσας, το τραπέζι του σχολικού εργαστηρίου κ.τ.λ.

Συνήθως, για λόγους πρακτικούς, ως σημείο αναφοράς (h = 0) παίρνουμε την κατώτερη θέση του σώματος στο πρόβλημα που μελετάμε. Συνοψίζοντας μπορούμε να επισημάνουμε ότι: *η ποσότητα m g h συνήθως αναφέρεται ως η δυναμική ενέργεια ενός σώματος μάζας m σε ύψος h. Στην πραγματικότητα η ποσότητα αυτή είναι η διαφορά της δυναμικής ενέργειας του συστήματος σώμα - Γη, λόγω της μεταφοράς του σώματος από το ύψος h στο σημείο αναφοράς (U = 0).*

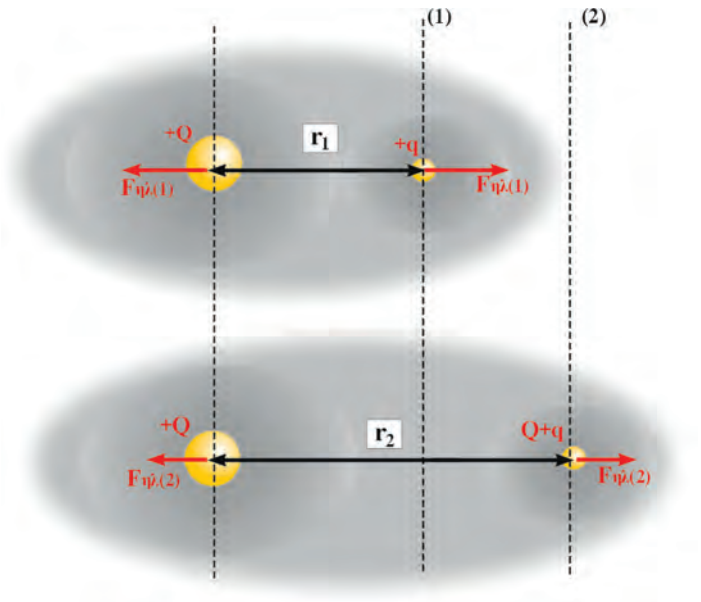
Τη δυναμική ενέργεια του συστήματος σώμα - Γη την αποδώσαμε στη δύναμη αλληλεπίδρασης, δηλαδή στο βάρος Β του σώματος (Εικ. 2.1.12).



Εικόνα 2.1.12
Η δυναμική ενέργεια του διαστημόπλοιου στην πραγματικότητα είναι η δυναμική ενέργεια του συστήματος Γη - διαστημόπλοιο.

Γενικεύοντας μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι, αν μεταξύ δύο σωμάτων υπάρχει αλληλεπίδραση F, παραδείγματος χάρη, βαρυτική ή ηλεκτρική, τότε: ορίζουμε ως αντίστοιχη διαφορά της δυναμικής ενέργειας του συστήματος σε μια φυσική μεταβολή, (π.χ. άπωση και απομάκρυνση δύο ομώνυμων φορτίων όπως στην εικόνα 2.1.13) το έργο της δύναμης αλληλεπίδρασης κατά τη μεταβολή αυτή. Δηλαδή:

$$U_1 - U_2 = W_{F(1\to 2)} \quad (2.1.10)$$



Εικόνα 2.1.13
Το φορτίο +Q είναι ακλόνητο, το φορτίο +q μετακινείται από τη θέση (1) στη θέση (2).
Τότε $U_1 - U_2 = W_{Fηλ(1\to 2)}$.

Δραστηριότητα

Πώς θα υπολογίσουμε τη διαφορά της δυναμικής ενέργειας του βιβλίου Φυσικής που έπεσε από το θρανίο στο δάπεδο της αίθουσας; Ποια φυσικά μεγέθη πρέπει να μετρήσουμε; Τι όργανα θα χρησιμοποιήσουμε;

Σε επόμενη τάξη θα δούμε πώς υπολογίζονται τα έργα των παραπάνω δυνάμεων αλληλεπίδρασης και οι αντίστοιχες διαφορές των δυναμικών ενεργειών.

Εφαρμογή

Στην περίπτωση του γερανού που αναφέραμε στην αρχή της παραγράφου, αν η μάζα του κιβωτίου είναι 1tn και το ύψος που το ανυψώνει ο γερανός είναι h = 10m, πώς θα υπολογίσουμε την ποσότητα του πετρελαίου που απαιτείται για την ανύψωση του κιβωτίου;

Γνωρίζουμε ότι ο γερανός λόγω απωλειών δίνει τη μισή από τη χημική ενέργεια του πετρελαίου στο κιβώτιο και ότι ένα λίτρο (1L) πετρελαίου όταν καεί αποδίδει $2{,}8\cdot10^6$Joule χημική ενέργεια. Δίνεται $g = 10\text{m/s}^2$.

Απάντηση

Η δυναμική ενέργεια του κιβωτίου θα είναι:

$U = mgh = 1.000\text{kg}\cdot10\dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}\cdot10\text{m} = 10^5\,\text{Joule}$. Λόγω απωλειών, η χημική ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε είναι: $2U = 2\cdot10^5\,\text{Joule}$.

Η ενέργεια αυτή προέρχεται από $\dfrac{2\cdot10^5\,\text{Joule}}{2{,}8\cdot10^6\,\text{Joule}} = 7{,}14\cdot10^{-2}\,\text{L}$ καυσίμου.

2.1.4 Η Μηχανική ενέργεια

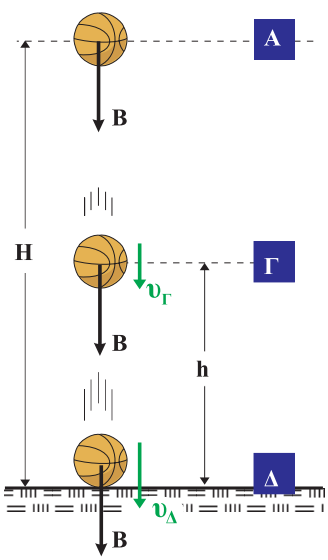
Ένας μαθητής αφήνει από ύψος Η μια ελαστική μπάλα να πέσει στο δάπεδο το οποίο θεωρούμε επίσης τελείως ελαστικό. Τι προβλέπετε ότι θα συμβεί; (η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα).

Επειδή η απώλεια ενέργειας της μπάλας είναι αμελητέα, αυτή θα αναπηδήσει ακριβώς στο ίδιο ύψος και το φαινόμενο θα επαναλαμβάνεται συνέχεια. Τι είδους ενέργεια έχει η μπάλα στις θέσεις (Α), (Γ), (Δ) της εικόνας 2.1.14; Στη θέση (Α) η μπάλα έχει μόνο δυναμική ενέργεια $U_A = mgH$, ενώ η κινητική της ενέργεια είναι μηδέν.

Στην τυχαία θέση (Γ) έχει τόσο δυναμική όσο και κινητική ενέργεια.

Η δυναμική ενέργεια είναι $U_\Gamma = mgh$ και η κινητική ενέργεια $K_\Gamma = \dfrac{1}{2}m\upsilon_\Gamma{}^2$.

Στη θέση (Δ) (στο δάπεδο), η μπάλα έχει μόνο κινητική



Εικόνα 2.1.14 *Η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.*

ενέργεια $K_\Delta = \frac{1}{2} m\upsilon_\Delta^2$, ενώ η δυναμική της ενέργεια είναι μηδέν.

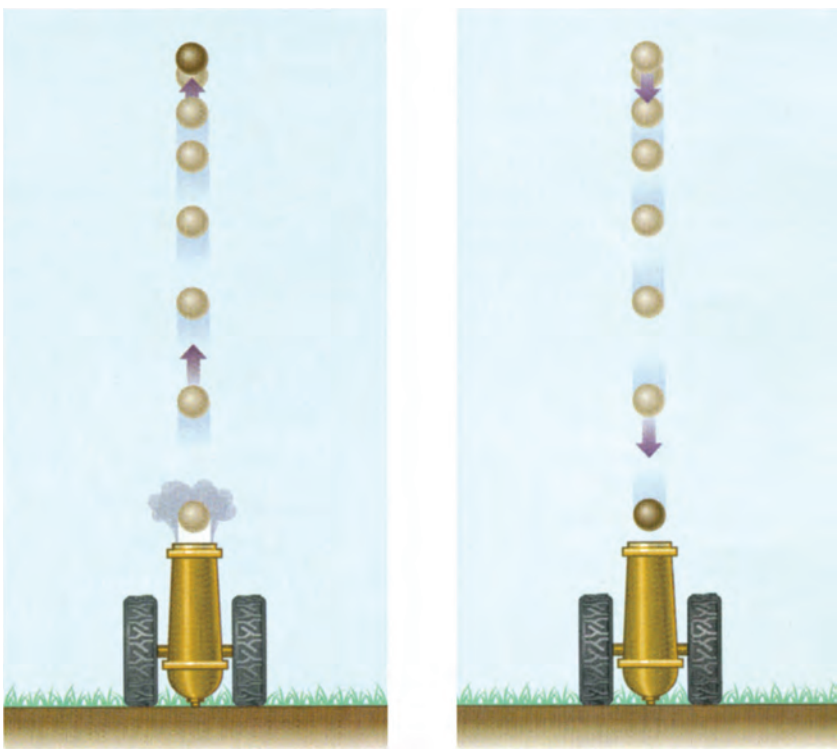
Παρατηρούμε λοιπόν, ότι κατά την κάθοδο της μπάλας η δυναμική της ενέργεια mgh (θέση Α) μετατράπηκε σε κινητική στη θέση (Δ) μέσω του έργου του βάρους.

Αντίθετα, αν η μπάλα ανεβαίνει η κινητική ενέργεια που έχει στη θέση (Δ) μετατρέπεται σε δυναμική στη θέση (Α). Στην τυχαία ενδιάμεση θέση (Γ) η μπάλα έχει κινητική και δυναμική ενέργεια.

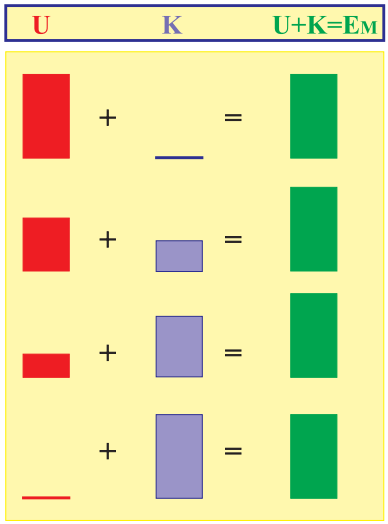
Το άθροισμα της κινητικής ενέργειας K και της δυναμικής ενέργειας U που έχει το σώμα σε οποιοδήποτε σημείο μεταξύ των θέσεων (Α) και (Δ) κατά την άνοδο ή την κάθοδό του, το ονομάζουμε ***Μηχανική* ενέργεια και το συμβολίζουμε με το γράμμα Ε.** Δηλαδή:

$$E = K + U \qquad (2.1.11)$$

Εφόσον το σώμα κινούμενο μεταξύ των θέσεων Α και Δ, ούτε κερδίζει, ούτε χάνει ενέργεια, με αποτέλεσμα η κίνησή του να επαναλαμβάνεται συνεχώς η ίδια, μπορούμε να υποστηρίξουμε, πως η μηχανική του ενέργεια Ε παραμένει σταθερή (διατηρείται) (Εικ. 2.1.15).



Εικόνα 2.1.15
Η αρχική E_K του βλήματος μετατρέπεται σταδιακά σε E_Δ μέχρις ότου μηδενιστεί στο μέγιστο ύψος. Αντίστροφα, η E_Δ μετατρέπεται σε E_K κατά την πτώση. Το σύνολο E_K+E_Δ μένει σταθερό.



Εικόνα 2.1.16
Η μείωση της U είναι ίση με την αύξηση της K.

Με άλλα λόγια μπορούμε να ισχυριστούμε, ότι όταν το σώμα κινείται προς τα κάτω, η δυναμική του ενέργεια U ελαττώνεται τόσο, όσο αυξάνεται η κινητική ενέργεια K, με αποτέλεσμα το άθροισμά τους να παραμένει σταθερό. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το σώμα ανεβαίνει από τη θέση (Δ) στη θέση (Α) (Εικ. 2.1.16).

Μπορούμε λοιπόν συνοψίζοντας να επισημάνουμε:

Αν ένα σώμα κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του η μηχανική του ενέργεια παραμένει συνεχώς σταθερή. Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιπτώσεις που δε θέλουμε ή δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους νόμους της κίνησης. Εκείνο όμως που την καθιστά περισσότερο χρήσιμη είναι το γεγονός πως αυτή ισχύει παντού και πάντοτε. Ο μόνος περιορισμός για την ισχύ της είναι να μην υπάρχουν τριβές και αντιστάσεις.

Ποσοτικά η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας μπορεί να προκύψει, αν χρησιμοποιήσουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας και τον ορισμό της δυναμικής ενέργειας στην απλή περίπτωση της ελεύθερης πτώσης, εικόνα 2.1.17. Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας μεταξύ των θέσεων (Α) και (Γ) είναι:

$$\Delta K_{A\to\Gamma} = W_{B(A\to\Gamma)} \qquad (1)$$

δηλαδή ίση με το έργο του βάρους για τη μετατόπιση ΑΓ.

Επίσης η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας μεταξύ των ίδιων θέσεων προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta U_{A\to\Gamma} = -(U_A - U_\Gamma) = - W_{B(A\to\Gamma)} \qquad (2)$$

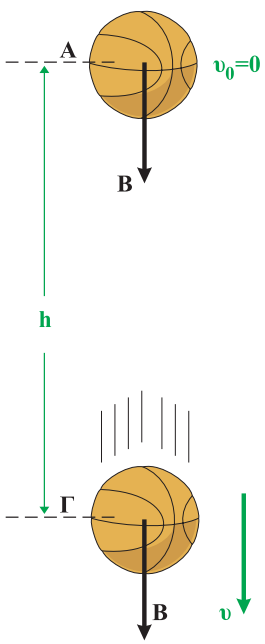
Προσθέτοντας κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) προκύπτει:

$$\Delta K + \Delta U = 0 \qquad (3)$$

Δηλαδή το άθροισμα της μεταβολής της κινητικής και της μεταβολής της δυναμικής ενέργειας είναι μηδέν.

Η φυσική σημασία της σχέσης (3) είναι ότι η μηχανική ενέργεια διατηρείται σταθερή, διότι:

$$K_\Gamma - K_A + U_\Gamma - U_A = 0 \quad \text{ή} \quad K_\Gamma + U_\Gamma = K_A + U_A$$



Εικόνα 2.1.17
Η μηχανική ενέργεια της μπάλας διατηρείται σταθερή.

Δραστηριότητα 1

Στο σχολικό εργαστήριο Φυσικής υπάρχει μια διάταξη που λέγεται τροχός Maxwell, βλέπε εικόνα α.

Αν περιελίξουμε το σχοινί γύρω από τα άκρα του άξονα του τροχού και τον αφήσουμε να κινηθεί, τι θα συμβεί;

Κάντε μια πρόβλεψη.

Κατόπιν αφήστε τον τροχό να κινηθεί, παρατηρήστε τι θα συμβεί και συζητήστε για να ερμηνεύσετε το φαινόμενο. Εργασθείτε όπως παραπάνω χρησιμοποιώντας το αμαξίδιο διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, που φαίνεται στην εικόνα β.

Ανυψώστε το σώμα, προβλέψτε τι θα συμβεί αν το αφήσετε να πέσει. Πραγματοποιήστε τη δραστηριότητα, παρατηρήστε, περιγράψτε, ερμηνεύστε τις παρατηρήσεις σας.



Εικόνα α



Εικόνα β

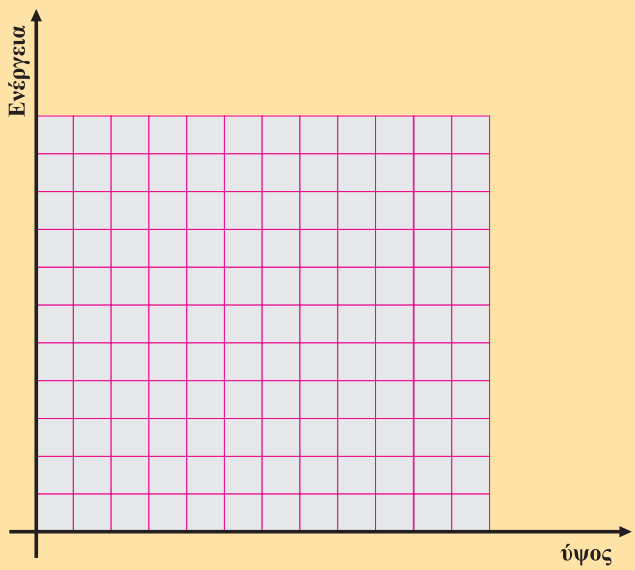
Δραστηριότητα 2

Ένα σώμα μάζας m = 1kg, αφήνεται να πέσει από ύψος h = 10m. Το σώμα κινείται με μόνη την επίδραση του βάρους του, που το θεωρούμε σταθερό.

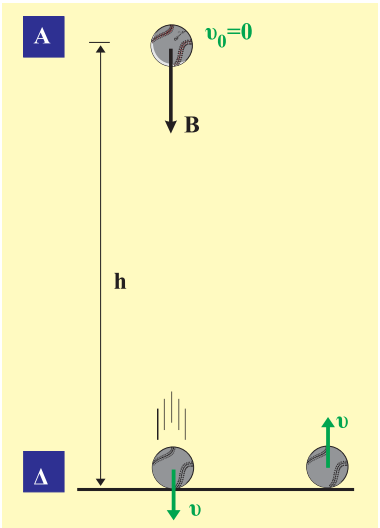
α) Να υπολογίσετε τη δυναμική ενέργεια του σώματος, όταν η απόστασή του από το δάπεδο είναι 10m, 8m, 5m και 2m.

β) Να χρησιμοποιήσετε την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας και να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια του σώματος στις ίδιες θέσεις.

γ) Να παραστήσετε στους ίδιους άξονες ενέργεια - ύψος τη δυναμική, την κινητική και τη μηχανική ενέργεια του σώματος. Να συγκρίνετε τα εμβαδά που εμφανίζονται στο διάγραμμά σας.



2.1.5 Συντηρητικές (ή διατηρητικές) δυνάμεις



Εικόνα 2.1.18
Το βάρος είναι συντηρητική δύναμη.

Μια μικρή ελαστική σφαίρα αφήνεται από τη θέση Α, στην οποία και επιστρέφει, αφού πρώτα συγκρουστεί ελαστικά με το δάπεδο στη θέση Δ (Εικ. 2.1.18). Αυτό σημαίνει ότι η μηχανική ενέργεια του σώματος παρέμεινε σταθερή, ή διαφορετικά ότι η δράση του βάρους δεν επηρέασε την μηχανική του ενέργεια. Με άλλα λόγια το έργο του βάρους Β στην κλειστή διαδρομή Α → Δ → Α είναι μηδέν.

Πράγματι, κατά την κάθοδο της σφαίρας το έργο του βάρους είναι $W_1 = Bh$. Κατά την άνοδο, επειδή η κατεύθυνση της μετατόπισης σχηματίζει γωνία 180° με την κατεύθυνση του βάρους (συν180° = -1) θα ισχύει $W_2 = -Bh$.

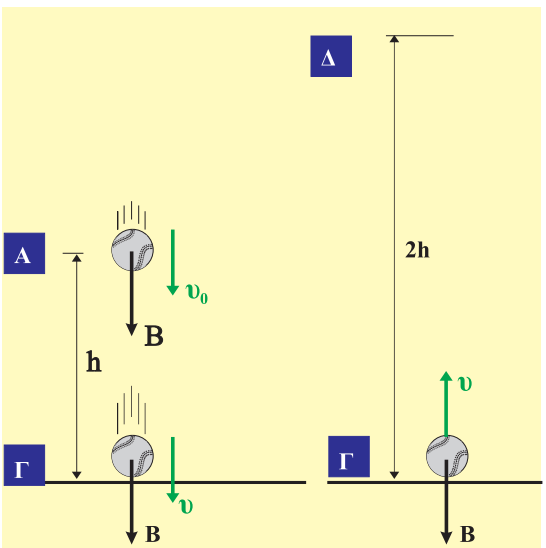
Έτσι το έργο του βάρους για την κλειστή διαδρομή Α → Δ → Α είναι:

$$W_{ολ} = W_1 + W_2 = Bh - Bh = 0$$

Τις δυνάμεις αυτές, όπως το βάρος, που το έργο τους κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής είναι μηδέν και κατά συνέπεια συντηρούν (διατηρούν) την ενέργεια του συστήματος στο οποίο δρουν, τις ονομάζουμε **συντηρητικές** ή **διατηρητικές δυνάμεις**. Εκτός από το βάρος, συντηρητικές δυνάμεις είναι οι βαρυτικές δυνάμεις, οι ηλεκτρικές δυνάμεις και οι δυνάμεις από παραμορφωμένα ελατήρια.

Γενικεύοντας μπορούμε να υποστηρίξουμε πως:
Η μηχανική ενέργεια ενός σώματος ή ενός συστήματος διατηρείται όταν οι δυνάμεις που δρουν σ' αυτό είναι όλες συντηρητικές.

Εφαρμογή



Με πόση αρχική ταχύτητα υ_0 πρέπει να ρίξουμε κατακόρυφα προς τα κάτω μια τελείως ελαστική μπάλα, ώστε αναπηδώντας στο δάπεδο να φτάσει σε διπλάσιο ύψος από αυτό που αρχικά βρίσκονταν; Θεωρούμε τις αντιστάσεις του αέρα αμελητέες και την κρούση με το δάπεδο ελαστική.

Απάντηση

Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στις θέσεις (Α) και (Δ). Στη θέση Α η σφαίρα έχει κινητική ενέργεια $\frac{1}{2}m\upsilon_0^2$ και δυναμική ενέργεια mgh, ενώ στη θέση Δ η κινητική ενέργεια είναι μηδέν και η δυναμική mg2h.

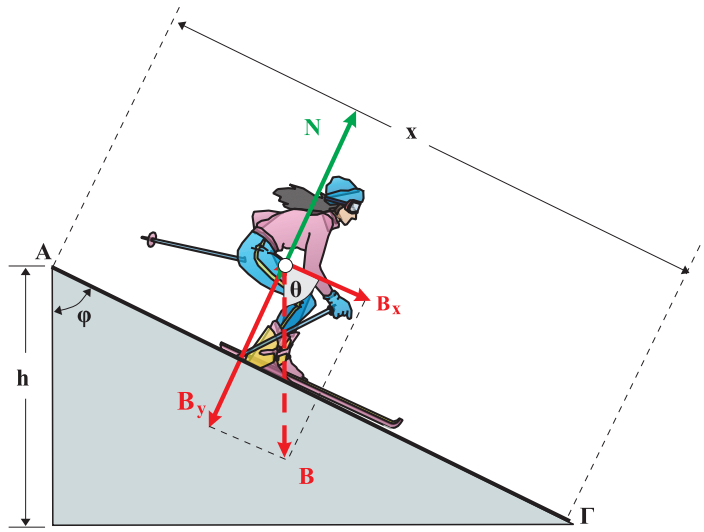
Δηλαδή: $E_{(A)} = \frac{1}{2}m\upsilon_0^2 + mgh$ και $E_{(\Delta)} = mg\,2h.$

Έτσι: $E_{(A)} = E_{(\Delta)}$ ή $\frac{1}{2}m\upsilon_0^2 + mgh = mg2h$

και τελικά $\upsilon_0^2 = 2gh$ ή $\upsilon_0 = \sqrt{2gh}$

Εφαρμογή

Ένας σκιέρ κατεβαίνει την πίστα ενός χιονοδρομικού κέντρου. Αν η υψομετρική διαφορά μεταξύ του σημείου Α που ξεκινά και του σημείου Γ που καταλήγει είναι 100m και ο σκιέρ μαζί με τα χιονοπέδιλα έχει μάζα 80kg, να υπολογίσετε το έργο του βάρους.



Απάντηση

Επειδή η κατεύθυνση του βάρους δεν συμπίπτει με την κατεύθυνση της μετατόπισης, το αναλύουμε στις συνιστώσες του B_x, B_y. Η συνιστώσα B_y δεν παράγει έργο. Κατά συνέπεια το έργο βάρους Β θα είναι:

$$W_B = W_{Bx} = B\sigma\upsilon\nu\theta x \qquad (1)$$

Όπως φαίνεται στην εικόνα, οι γωνίες φ και θ είναι ίσες, διότι έχουν τις πλευρές τους παράλληλες. Από τον ορισμό του συνημίτονου προκύπτει ότι:

$$\sigma\upsilon\nu\varphi = \frac{h}{x} \quad \text{ή} \quad x\sigma\upsilon\nu\theta = h$$

Αν την τιμή που βρήκαμε για την παράσταση $x\sigma\upsilon\nu\theta$ την αντικαταστήσουμε στη σχέση (1) προκύπτει:

$$W_B = B\sigma\upsilon\nu\theta\, x = Bh$$

και με αντικατάσταση: $W_B = mgh$ ή $W_B = 80.000\text{Joule}.$

Αν ο σκιέρ ακολουθούσε μια άλλη διαδρομή σε πίστα με διαφορετική κλίση, αλλά η υψομετρική διαφορά ήταν πάλι h = 100m, πόσο θα ήταν το έργο του βάρους στην περίπτωση αυτή;

Αν εργασθούμε ομοίως όπως παραπάνω προκύπτει ότι το W_B είναι πάλι $W_B = Bh = 80.000$Joule.

Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε, ότι το έργο του βάρους (που είναι συντηρητική δύναμη) δεν εξαρτάται από τη διαδρομή που κάνει ο σκιέρ, αλλά μόνο από την υψομετρική διαφορά της αρχικής και της τελικής θέσης. Γενικεύοντας μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι:

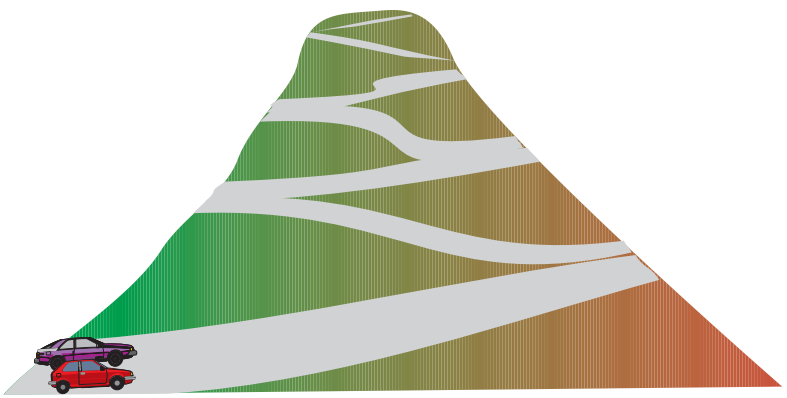
Το έργο των συντηρητικών δυνάμεων δεν εξαρτάται από την τροχιά αλλά μόνο από την αρχική και την τελική θέση του σώματος.

2.1.6 Η ισχύς

Στις καθημερινές μας δραστηριότητες χρησιμοποιούμε διάφορες μορφές ενέργειας όπως, ηλεκτρική, χημική, κ.α. Για παράδειγμα χρησιμοποιούμε ηλεκτρική ενέργεια για να θέσουμε σε κίνηση τον αέρα μέσω ενός ανεμιστήρα, για να αντλήσουμε νερό, για να ανυψώσουμε σώματα με έναν ανελκυστήρα, κ.α. Χρησιμοποιούμε επίσης τη χημική ενέργεια των καυσίμων για να κινηθούν τα αυτοκίνητα, τα αεροπλάνα κ.τ.λ.

Δύο αυτοκίνητα με ίση συνολική μάζα m (οδηγός και όχημα) ξεκινούν από τη βάση ενός ομαλού λόφου για να φθάσουν στην κορυφή του (Εικ. 2.1.19). Όταν θα φθάσουν εκεί θα έχουν αποκτήσει την ίδια ποσότητα δυναμικής ενέργειας mgH και έστω ότι οι κινητήρες τους θα έχουν κάνει ισόποσο έργο. Όμως ο κινητήρας του αυτοκινήτου που θα φθάσει πρώτο στην κορυφή θα έχει κάνει το ίδιο έργο σε μικρότερο χρόνο.

Το γεγονός αυτό στην επιστημονική ορολογία αποδίδεται



Εικόνα 2.1.19
Ο κινητήρας του αυτοκινήτου που φθάνει πρώτο στην κορυφή "έχει μεγαλύτερη ισχύ".

με τη φράση "ο κινητήρας έχει μεγαλύτερη ισχύ", ενώ στην καθομιλουμένη γλώσσα λέμε ότι "το αυτοκίνητο έχει μεγάλη μηχανή".

Η ισχύς ενός κινητήρα και γενικώτερα οποιασδήποτε μηχανής είναι το πηλίκο του έργου που παράγει, προς το χρονικό διάστημα στο οποίο αυτό παράγεται, δηλαδή η ισχύς εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο παράγει έργο ο κινητήρας.

Η ισχύς συμβολίζεται με το γράμμα P από την αγγλική λέξη Power. Αν μια μηχανή παράγει έργο W σε χρόνο t, τότε η ισχύς P θα είναι:

$$P = \frac{W}{t} \qquad (2.1.12)$$

Η μονάδα μέτρησης της ισχύος στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I.) είναι το

$$\mathbf{1Watt = 1\frac{Joule}{s}}.$$

Πολλές φορές στην πράξη χρησιμοποιούνται οι μονάδες $1kW = 10^3W$ και ο ίππος (HP) για τον οποίο ισχύει: $1HP = 745,7Watt$.

Επιπλέον, συχνά χρησιμοποιούνται και ακόμη μεγαλύτερες μονάδες όπως είναι το 1MW ($1MW = 10^6W$).

Αν θυμηθούμε ότι οι μηχανές μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε κάποια άλλη π.χ. από χημική των καυσίμων σε κινητική στο αυτοκίνητο, τότε μπορούμε να πούμε ότι η ισχύς είναι ο ρυθμός με τον οποίο μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε κάποια άλλη.

Ας θεωρήσουμε ένα σώμα που κινείται με σταθερή ταχύτητα υ (Εικ. 2.1.20), σε οριζόντιο επίπεδο. Επειδή η ταχύτητα είναι σταθερή, έπεται ότι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι μηδέν, δηλαδή F = T.

Αν εφαρμόσουμε τη σχέση (2.2.12) για το έργο δύναμης F, έχουμε:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fx}{t} \quad \text{και επειδή} \quad \upsilon = \frac{x}{t}$$

προκύπτει τελικά

$$P = F\upsilon \qquad (2.1.13)$$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται μερικές τιμές ισχύος.

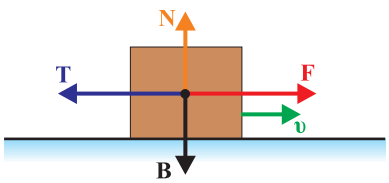
Ισχύς που εκπέμπεται από τον Ήλιο	$3,9 \cdot 10^{26}W$
Ισχύς μιας καταιγίδας	$2 \cdot 10^{13}W$
Ισχύς αεριωθούμενου Boeing 747	$2 \cdot 10^{8}W$
Ισχύς φρυγανιέρας	$1 \cdot 10^{3}W$
Μέγιστη ισχύς αθλητή	$2 \cdot 10^{2}W$
Ισχύς ηλεκτρικού λαμπτήρα	$1 \cdot 10^{2}W$
Ισχύς αγριομέλισσας που πετάει	$10^{-10}W$

Δραστηριότητα

Δύο μαθητές Α, Β, αρχίζουν να ανεβαίνουν τις σκάλες του σχολείου μεταβαίνοντας στην αίθουσα της τάξης τους η οποία βρίσκεται στον 3ο όροφο, που βρίσκεται σε ύψος 12m από το έδαφος. Ο μαθητής Α έχει μάζα 70Kg και φθάνει στον 3ο όροφο σε 2min. Ο μαθητής Β έχει μάζα 85kg και φθάνει στον όροφο σε 2min επίσης.

α) Ποιος από τους μαθητές έκανε μεγαλύτερο έργο;

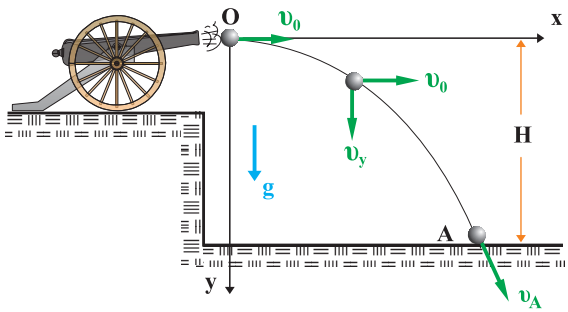
β) Ποιος από τους μαθητές ανέπτυξε μεγαλύτερη ισχύ;



Εικόνα 2.1.20

2.1.7 Η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή

Από ένα σημείο Ο, που βρίσκεται σε ύψος Η από το δάπεδο, εκτοξεύεται ένα βλήμα μάζας m με οριζόντια ταχύτητα υ_0 (Εικ. 2.1.21). Δεχόμαστε πως η μοναδική δύναμη που του ασκείται είναι το βάρος του Β. Όπως είναι γνωστό από την παράγραφο 1.3.8, το σώμα θα διαγράψει μια παραβολική τροχιά.



Εικόνα 2.1.21

Ζητούμε την τιμή της ταχύτητας υ_A με την οποία το σώμα φτάνει στο δάπεδο. Γνωρίζουμε πως σε κάθε σημείο της τροχιάς και κατά συνέπεια και στο (Α) η ταχύτητα του σώματος αναλύεται σε συνιστώσες υ_x και υ_y. Επειδή οι συνιστώσες αυτές είναι κάθετες μεταξύ τους θα ισχύει:

$$\upsilon_A = \sqrt{\upsilon_{x(A)}^2 + \upsilon_{y(A)}^2} \qquad (1)$$

Η κίνηση στον άξονα x είναι ομαλή και στον άξονα y ομαλά επιταχυνόμενη. Άρα για τις ταχύτητες υ_x και υ_y ισχύουν οι σχέσεις:

$$\upsilon_{x(A)} = \upsilon_0 \quad \text{και} \quad \upsilon_{y(A)} = gt_A .$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των υ_x, υ_y στην (3) παίρνουμε για την ταχύτητα υ_A:

$$\upsilon_A = \sqrt{\upsilon_0^2 + g^2 t_A{}^2} \qquad (2)$$

Για την κίνηση στον άξονα (y) ισχύει η σχέση:

$$H = \frac{1}{2} g t_A^2 \ \text{ή} \ t_A = \sqrt{\frac{2H}{g}} \qquad (3)$$

Έτσι από τις σχέσεις (2) και (3) βρίσκουμε για τη ζητούμενη ταχύτητα:

$$\upsilon_A = \sqrt{\upsilon_0^2 + 2gH} \qquad (4)$$

Ένας άλλος τρόπος για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του σώματος στο σημείο Α είναι ο εξής:

Επειδή η κίνηση του σώματος γίνεται μόνο με την επίδραση του βάρους του, το οποίο είναι δύναμη συντηρητική, θα πρέπει η μηχανική του ενέργεια να διατηρείται.

Συνεπώς για τη μηχανική ενέργεια του σώματος στις θέσεις Ο και Α μπορούμε να γράψουμε:

$$E_{(O)} = E_{(A)} \text{ ή } \frac{1}{2}m\upsilon_0^2 + mgH = \frac{1}{2}m\upsilon_A^2 \qquad (5)$$

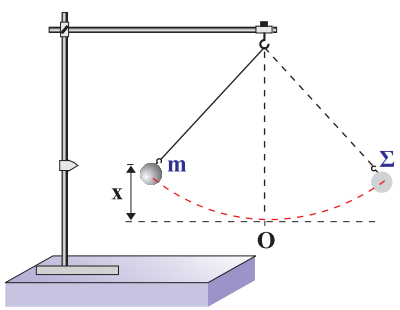
Από τη σχέση (5) επιλύοντας ως προς την ταχύτητα υ_A, βρίσκουμε τελικά:

$$\upsilon_A = \sqrt{\upsilon_0^2 + 2gH} \text{ δηλαδή την εξίσωση (4).}$$

Πρέπει να επισημάνουμε, πως η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας στην οριζόντια βολή, είναι μια πολύ χρήσιμη πρόταση. Με τη βοήθειά της μπορούμε ευκολότερα απ' ό,τι με τις εξισώσεις κίνησης, να αντιμετωπίζουμε προβλήματα μηχανικής, αρκεί να μην ζητείται ο χρόνος κίνησης.

2.1.8 Η τριβή και η μηχανική ενέργεια

Πολλές φορές για να απλουστεύσουμε τη μελέτη μιας κίνησης θεωρούμε την τριβή και την αντίσταση του αέρα ως αμελητέες δυνάμεις. Αυτό είναι μια ιδανική κατάσταση που στην πράξη δεν μπορεί να συμβεί. Κάτω όμως από αυτές τις συνθήκες, η μηχανική ενέργεια του σφαιριδίου του εκκρεμούς (Εικ. 2.1.22), παραμένει σταθερή και η κίνησή του επαναλαμβάνεται συνεχώς η ίδια. Ποια θα είναι όμως η κίνηση που θα κάνει το σφαιρίδιο του εκκρεμούς όταν αφεθεί ελεύθερο στο σημείο Σ κάτω από πραγματικές συνθήκες; Δηλαδή όταν η αντίσταση του αέρα δεν είναι αμελητέα;



Εικόνα 2.1.22

Από την εμπειρία μας γνωρίζουμε, πως το σφαιρίδιο θα κάνει μια παλινδρομική κίνηση γύρω από το σημείο Ο. Κάθε φορά θα ανυψώνεται λιγότερο και τελικά θα ισορροπήσει στο σημείο που αρχικά ισορροπούσε (Ο). Αυτό σημαίνει ότι το σφαιρίδιο χάνει συνεχώς μηχανική ενέργεια, μέχρι του τελικού μηδενισμού της. Για τον ίδιο λόγο, αν θέσουμε σε κίνηση ένα αντικείμενο πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια, αυτό λόγω της τριβής, μετά από λίγο θα σταματήσει. Δηλαδή η μηχανική του ενέργεια σταδιακά θα γίνει μηδέν. Το γεγονός, ότι στις πραγματικές συνθήκες κίνησης, η μηχανική ενέργεια δεν διατηρείται, είναι αποτέλεσμα των τριβών και των αντιστάσεων, δηλαδή δυνάμεων που είναι αντίθετες της κίνησης.

Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται μη συντηρητικές, επειδή όταν ασκούνται σε κάποιο σώμα ελαττώνουν (δε συντηρούν) τη μηχανική του ενέργεια.

Το έργο των μη συντηρητικών δυνάμεων εκφράζει την ποσότητα της μηχανικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα. Έτσι κάθε φορά, που λόγω τριβών η μηχανική ενέργεια ενός σώματος ελαττώνεται θα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας του.

Πράγματι, ας θεωρήσουμε ένα αυτοκίνητο μάζας m = 1.000kg, που κινείται στην εθνική οδό με ταχύτητα υ = 30m/s. Το αυτοκίνητο λόγω της ταχύτητάς του έχει κινητική ενέργεια

$$K = \frac{1}{2}m\upsilon^2 = 45.000\text{Joule}.$$

Αν ο οδηγός, φρενάροντας, το ακινητοποιήσει, θα παραχθεί λόγω τριβών θερμότητα ίση με 45.000Joule, που θα θερμάνει τους τροχούς του αυτοκινήτου, το δρόμο και τον αέρα.

Στο σημείο αυτό, πρέπει να επισημάνουμε ότι:

Ενώ η μηχανική ενέργεια ενός σώματος ή ενός συστήματος σωμάτων δε διατηρείται, όταν ασκούνται σε αυτό μη συντηρητικές δυνάμεις (τριβές, αντιστάσεις), η ορμή του διατηρείται.

Πράγματι, κατά την πλαστική κρούση των σωμάτων m_1 και m_2, (Εικ. 2.1.23), δημιουργείται ένα συσσωμάτωμα



Εικόνα 2.1.23

μάζας $(m_1 + m_2)$, που αμέσως μετά την κρούση έχει, έστω ταχύτητα V. Αν οι ταχύτητες πριν τη κρούση ήταν υ_1 και υ_2, τι μπορούμε να πούμε για την διατήρηση της ορμής και της κινητικής ενέργειας του συστήματος κατά την κρούση; Παρά

το γεγονός, πως κατά τη διάρκεια του φαινομένου, αναπτύσσονται ανάμεσα στα συγκρουόμενα σώματα δυνάμεις μη συντηρητικές, η ορμή διατηρείται.

Δηλαδή:

$$m_1\upsilon_1 - m_2\upsilon_2 = (m_1+m_2)V$$

Αντίθετα η μηχανική ενέργεια του συστήματος δε διατηρείται, αφού ένα μέρος της μετατρέπεται σε θερμότητα Q. Στην περίπτωση βέβαια αυτή, όπως και σε κάθε άλλη, διατηρείται η ολική ενέργεια του συστήματος. Δηλαδή:

$$\frac{1}{2}m_1\upsilon_1^2 + \frac{1}{2}m_2\upsilon_2^2 = \frac{1}{2}(m_1+m_2)V^2 + Q \cdot$$

Τι είναι η ενέργεια;



Η ενέργεια είναι ένα από τα περισσότερο συζητημένα θέματα στην εποχή μας γιατί από την αξιοποίησή της εξαρτάται η βιομηχανική και η οικονομική ανάπτυξη κάθε χώρας.



Τι είναι όμως η ενέργεια;

Είναι μάλλον δύσκολο να δώσουμε έναν ορισμό που να την περιγράφει ακριβώς. Η προσπάθεια να οριστεί η ενέργεια ξεκινάει από την ανάγκη των μηχανικών στα πρώτα χρόνια της βιομηχανικής επανάστασης να συγκρίνουν την αποδοτικότητα των νερόμυλων, των ατμομηχανών, των ηλεκτρικών κινητήρων κ.τ.λ.

Σύμφωνα με τις εμπειρίες τους η αποδοτικότητα μιας μηχανής ήταν τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο ήταν το γινόμενο του βάρους ενός σώματος επί την απόσταση που μπορούσε να μεταφέρει, ή να ανυψώσει η μηχανή το σώμα (έργο W). Έτσι όρισαν την ενέργεια σαν την ικανότητα παραγωγής έργου. Παρόλο, που ο ορισμός αυτός χρησιμοποιείται πολλές φορές ακόμη και σήμερα δε φαίνεται να είναι ικανοποιητικός. Οι προσπάθειες να οριστεί η ενέργεια συνεχίστηκαν με αποτέλεσμα να προκύψουν διάφοροι ακόμη ορισμοί. Παραδείγματος χάρη ενέργεια είναι η φυσική οντότητα που μπορεί να αλλάζει από μια μορφή σε μια άλλη ή ενέργεια είναι το αίτιο που προκαλεί την κίνηση όλων των πραγμάτων, όπως υποστήριξε ο Maxwell.



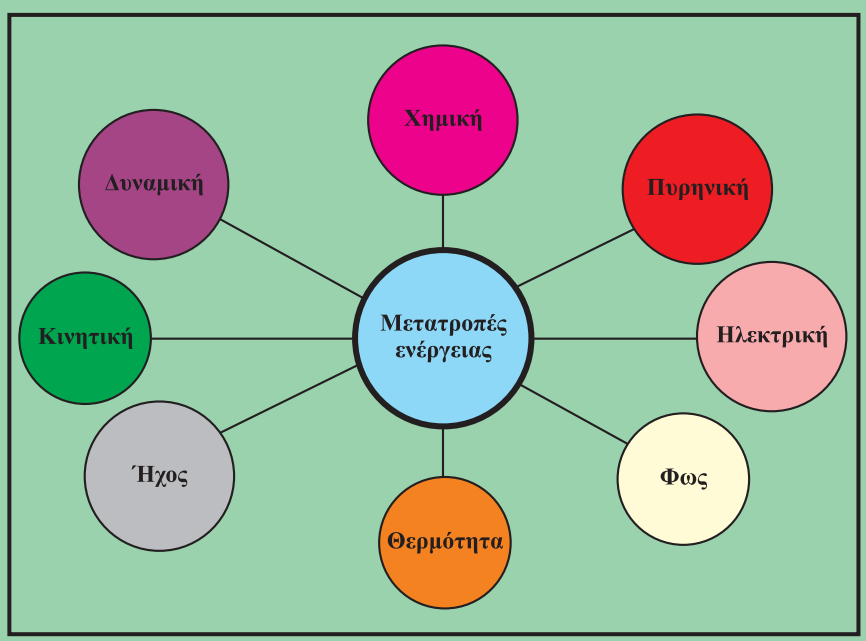
Πάντως κανένας από τους μέχρι σή-





μερα ορισμούς δε δίνει απάντηση στο ερώτημα τι είναι η ενέργεια. Περισσότερο χρήσιμο, από ένα ορισμό που μπορεί να προκαλέσει σύγχυση ή και να είναι ελλιπής, είναι να κατανοήσουμε το γεγονός ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της ενέργειας, χωρίς να είναι και απαραίτητο να την ορίζουμε. Μέσα από τη μελέτη και τη συζήτηση θεμάτων, όπως καύσιμα, μορφές ενέργειας, μετατροπές κτλ. θα εξοικειωθούμε με την έννοια της ενέργειας και θα οδηγηθούμε όλο και σε βαθύτερη κατανόησή της. Ένα απλό παράδειγμα που θα δανειστούμε από την καθημερινή μας ζωή μπορεί να ενισχύσει αυτή την άποψη.

Πράγματι ενώ όλοι μας γνωρίζουμε το περιεχόμενο και τη σημασία εννοιών, όπως π.χ. δικαιοσύνη, αγάπη, ευγένεια κ.τ.λ. δεν είναι εύκολο να συμφωνήσουμε σε έναν ορισμό αποδεκτό από όλους μας. Έτσι και στην περίπτωση της ενέργειας, δε φαίνεται να υπάρχει ένας ορισμός της καθολικά αποδεκτός, αλλά παρόλα αυτά η έννοιά της μπορεί να γίνεται κατανοητή. Όμως ενώ δεν μπορούμε να συμφωνήσουμε σε κάποιον ορισμό για την ενέργεια εκείνο που γίνεται από όλους αποδεκτό είναι το γεγονός ότι η ενέργεια διατηρείται ενώ μπορεί να αλλάζει μορφές.



Εκείνο που μπορεί να υποστηριχτεί είναι ότι κάθε ορισμός που δεν ξεκινάει από την ιδιότητα της ενέργειας να διατηρείται είναι λαθεμένος. Σε ενίσχυση όσων μέχρι τώρα έχουμε υποστηρίξει αναφέρουμε τα λόγια του Feynman από το βιβλίο του "Lectures on Physics" - (Vol I) που γράφει:

"Υπάρχει ένα γεγονός ή αν θέλετε ένας νόμος που διέπει όλα τα φυσικά φαινόμενα τα οποία είναι γνωστά μέχρι σήμερα. Δεν υπάρχει καμία γνωστή εξαίρεση σ' αυτόν τον νόμο και είναι ακριβής όσο γνωρίζουμε μέχρι τώρα. Ο νόμος αυτός ονομάζεται ***διατήρηση της ενέργειας*** *και αναφέρει ότι υπάρχει μια ορισμένη ποσότητα, την οποία καλούμε ενέργεια και η οποία διατηρείται στις πολύπλοκες αλλαγές που γίνονται στη φύση. Αυτή (η διατήρηση) είναι μια πολύ αφηρημένη ιδέα, επειδή είναι μια μαθηματική αρχή. Σύμφωνα μ' αυτή υπάρχει μια μαθηματική ποσότητα που δε μεταβάλλεται, όταν κάτι συμβαίνει. Δεν είναι η περιγραφή ενός μηχανισμού ή κάτι το συγκεκριμένο.* ***Είναι σπουδαίο να αντιληφθούμε ότι στη Φυσική σήμερα δεν έχουμε γνώση του τι είναι ενέργεια.*** *Η ενέργεια είναι κάτι το αφηρημένο, επειδή δε μας λέει το μηχανισμό, ή τις αιτίες για τους διάφορους τύπους που αντιστοιχούν στις διαφορετικές μορφές τις οποίες μπορεί να πάρει."*

Το έργο σε σχέση με την κούραση.

Το έργο μιας δύναμης όταν αυτή δε μετακινεί το σημείο εφαρμογής της είναι ίσο με μηδέν. Για παράδειγμα, ο αθλητής της άρσης βαρών, κρατώντας με τα χέρια του τα βάρη Β σε σταθερό ύψος, ασκεί δύναμη F = B που όμως το έργο της είναι μηδέν. Αυτό σημαίνει πως καμία ποσότητα ενέργειας δε μεταφέρεται από τον αθλητή στα βάρη. Πώς όμως μπορούμε να δικαιολογήσουμε το γεγονός, ότι ο αθλητής, παρόλο που δεν δαπανά ενέργεια, νιώθει έντονο το αίσθημα της κούρασης; Η απάντηση που ερμηνεύει την κόπωση του αθλητή αλλά και την ανάγκη του για ενέργεια την οποία παίρνει από τις τροφές, είναι η εξής:



Όταν οι μύες του αθλητή είναι διεγερμένοι, π.χ. τεντωμένοι, συμπιέζουν

τα αιμοφόρα αγγεία και έτσι προκαλούν ελάττωση στη ροή του αίματος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα χημικά προϊόντα της δραστηριότητας των μυών π.χ. γαλακτικό οξύ, να συσσωρεύονται και να μην απομακρύνονται από την ροή του αίματος γρήγορα. Αυτή ακριβώς η συσσώρευση των χημικών προϊόντων της δραστηριότητας των μυών, διεγείρει τα νεύρα να δώσουν την αίσθηση της κούρασης. Δηλαδή το αίσθημα της κούρασης είναι ένα έμμεσο αποτέλεσμα της ενεργοποίησης των μυών. Εξάλλου η συνεχής ανάγκη χημικής ενέργειας (η οποία ενέργεια προέρχεται από τις τροφές που καταναλώνουμε) όταν κρατάμε υψωμένο αλλά ακίνητο ένα σώμα, προκύπτει από το μηχανισμό της μυϊκής δραστηριότητας. Οι μυϊκές ίνες κατά τη διέγερσή τους απορροφούν χημική ενέργεια. Σε κάθε διεγερμένο μυ υπάρχουν μυϊκές ίνες σε διέγερση αλλά και σε χαλάρωση, ενώ κάθε ίνα περνάει διαδοχικά από την κατάσταση της διέγερσης στην κατάσταση της χαλάρωσης.

Κατά τη χαλάρωση κάθε ίνα αποδίδει πίσω την ενέργεια που απορρόφησε όταν διεγέρθηκε, όχι εξ ολοκλήρου με τη μορφή της χημικής ενέργειας αλλά και με τη μορφή της θερμότητας. Δηλαδή οι διεργασίες που συμβαίνουν στις ίνες των μυών κατά τη διέγερση δεν αντιστρέφονται κατά τη χαλάρωση.

Έτσι λοιπόν για να παραμένει ο μυς τεντωμένος πρέπει να απορροφά συνεχώς χημική ενέργεια η οποία προέρχεται από τις τροφές.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Όταν επιδρούμε σε υλικά αλλάζοντας τη μορφή ή τη θέση τους ασκούμε δυνάμεις και χρησιμοποιούμε ενέργεια. Το γινόμενο της σταθερής δύναμης, που μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της, επί τη μετατόπιση, το ονομάζουμε **έργο** και εμφανίζεται σε κάθε μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας.

$$W = Fx.$$

Η μονάδα μέτρησης στο Διεθνές Σύστημα είναι 1Nm = 1Joule. Το έργο είναι το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή που μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη.

Στην περίπτωση που η δύναμη σχηματίζει γωνία θ με τη μετατόπιση το έργο δίνεται από τη σχέση $W = F\sigma\upsilon\nu\theta\, x$.

Όταν ένα σώμα μάζας m αφήνεται να κινηθεί κατακόρυφα με την επίδραση του βάρους του, λέμε ότι συμβαίνει μετατροπή του έργου της δύναμης του βάρους σε κινητική ενέργεια. Το συμπέρασμα αυτό μπορούμε να το γενικεύσουμε σε οποιαδήποτε περίπτωση. Όταν σ' ένα σώμα δρουν πολλές δυνάμεις, τότε η κινητική του ενέργεια μεταβάλλεται σύμφωνα με το θεώρημα:

"Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας ενός σώματος είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των έργων των δυνάμεων που δρουν πάνω του ή ισοδύναμα είναι ίση με το έργο της συνισταμένης δύναμης", $\Delta K = \Sigma W_F$.

Η **δυναμική βαρυτική ενέργεια** ή απλά δυναμική ενέργεια ενός σώματος λέμε ότι είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με τη Γη και συμβολίζεται με U. Όταν ένα σώμα μάζας m βρίσκεται σε ύψος h η δυναμική του ενέργεια είναι:

$$U = mgh$$

Η **μηχανική ενέργεια** ενός σώματος συμβολίζεται με E και είναι το άθροισμα της κινητικής ενέργειας K και της δυναμικής U που έχει το σώμα σε οποιαδήποτε θέση της κίνησής του.

$$E = K + U.$$

Η μηχανική ενέργεια συστήματος σωμάτων διατηρείται σε εκείνες τις περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν τριβές και αντιστάσεις. **Συντηρητικές ή διατηρητικές δυνάμεις** ονομάζονται οι δυνάμεις εκείνες που το έργο τους κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής είναι μηδέν. Συνέπεια αυτού είναι να διατηρούν την ενέργεια του συστήματος στο οποίο δρουν σταθερή. Τέτοιες δυνάμεις είναι το βάρος, οι ηλεκτρικές δυ-

νάμεις ανάμεσα σε ηλεκτρικά φορτία, οι δυνάμεις από παραμορφωμένα ελατήρια και οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα σε μάζες. Οι συντηρητικές δυνάμεις έχουν την ιδιότητα το έργο τους να μην εξαρτάται από την τροχιά του σώματος αλλά μόνο από την αρχική και τελική θέση. **Μη συντηρητικές** ονομάζονται οι δυνάμεις οι οποίες, όταν ασκούνται σ' ένα σώμα ελαττώνουν (δεν συντηρούν) τη μηχανική του ενέργεια.

Η **ισχύς** είναι μονόμετρο μέγεθος και εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο κάθε συσκευή χρησιμοποιεί ενέργεια, δίνεται δε από τη σχέση:

$$P = W/t$$

Η μονάδα μέτρησης της ισχύος στο Διεθνές Σύστημα είναι το 1Joule/s = 1 Watt.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ένας μαθητής σπρώχνει το θρανίο ασκώντας του οριζόντια δύναμη και το μετακινεί πάνω στο μη λείο δάπεδο της αίθουσάς του. Πόσες δυνάμεις παράγουν έργο; Τι εκφράζει το έργο κάθε δύναμης;

2. Ένας δορυφόρος περιφέρεται γύρω από τη Γη με ταχύτητα, που η τιμή της παραμένει σταθερή. Πόσο νομίζετε ότι είναι το έργο του βάρους του (είναι η μοναδική δύναμη που ασκείται στο δορυφόρο), για μισή και πόσο για μια πλήρη περιστροφή;

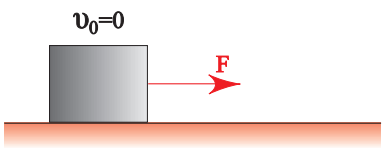
Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3. Ένα αντικείμενο, που συγκρατείται ακίνητο, αφήνεται να πέσει ελεύθερα. Να θεωρήσετε την αντίσταση του αέρα αμελητέα και να εξηγήσετε με λίγα λόγια, πώς εφαρμόζεται για το αντικείμενο η αρχή διατήρησης της ενέργειας. Να κάνετε το ίδιο, αν η αντίσταση από τον αέρα δεν θεωρείται αμελητέα.

4. Ένας αλεξιπτωτιστής πέφτει από το αεροπλάνο και αφού ανοίξει το αλεξίπτωτο, κινούμενος για κάποιο χρονικό διάστημα με σταθερή ταχύτητα, προσγειώνεται στο έδαφος. Στο χρονικό αυτό διάστημα διατηρείται ή όχι η μηχανική ενέργεια του αλεξιπτωτιστή;

5. Στην εικόνα φαίνεται ένα σώμα, το οποίο τίθεται σε κίνηση στο λείο οριζόντιο επίπεδο από μια σταθερή οριζόντια δύναμη F. Μετά από μετατόπιση κατά x, 2x, 3x, η κινητική ενέργεια του σώματος είναι K, 2K, 3K αντίστοιχα. Δηλαδή η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη της μετατόπισης.

Πώς το εξηγείτε αυτό;



6. Πότε μια δύναμη ονομάζεται συντηρητική; Να δώσετε δύο παραδείγματα συντηρητικών δυνάμεων.

7. Τι σημαίνει ότι ένας λαμπτήρας έχει ισχύ 100W; Το κόστος λειτουργίας ενός λαμπτήρα 100W εξαρτάται από την ισχύ του, το χρόνο που αυτός λειτουργεί, ή και από τα δύο;

8. Ένα σώμα μάζας m αφήνεται να πέσει από μικρό ύψος h. Αν η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα, να σχεδιαστούν στους ίδιους άξονες ενέργεια - ύψος, η κινητική, η δυναμική και η ολική ενέργεια του σώματος κατά την πτώση του.

9. Από ένα σημείο (Ο) που βρίσκεται σε ύψος h, ρίχνονται δύο σώματα ίδιας μάζας. Το ένα προς τα πάνω με κατακόρυφη ταχύτητα υ_0 και το άλλο οριζόντια με ταχύτητα ίσου μέτρου. Να συγκρίνετε τις ταχύτητες με τις οποίες φτάνουν τα σώματα στο οριζόντιο έδαφος και το έργο του βάρους καθ' ενός από το σημείο (Ο) έως το έδαφος.

10. Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται επιταχυνόμενο αυξάνει την κινητική του ενέργεια καταναλώνοντας καύσιμα. Έχει κατά την άποψή σας βάση ο ισχυρισμός πως όταν το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή χωρίς να αυξάνεται η κινητική του ενέργεια, δεν απαιτείται δαπάνη καυσίμων;

11. Να χαρακτηρίσετε με (Σ) τις σωστές και με (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις:

Α. Το έργο μιας σταθερής δύναμης, είναι σταθερό.

Β. Το έργο των βαρυτικών δυνάμεων είναι μηδέν.

Γ. Το έργο της συνισταμένης δύναμης σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση είναι πάντα μηδέν.

Δ. Αν η τιμή μιας δύναμης, η οποία επιβραδύνει ένα σώμα ελαττώνεται, θα ελαττώνεται και το έργο της.

Ε. Αν ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο το έργο του βάρους του είναι μηδέν.

ΣΤ. Το έργο της συνισταμένης δύναμης στην ομαλή κυκλική κίνηση είναι ανεξάρτητο από την ταχύτητα του σώματος.

12. Να χαρακτηρίσετε με (Σ) τις σωστές και με (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις.

Α. Αν ένα σώμα ολισθαίνει σε κεκλιμένο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα, το έργο του βάρους του είναι μηδέν.

Β. Το έργο των συντηρητικών δυνάμεων είναι μηδέν.

Γ. Αν η δύναμη που επιταχύνει ένα σώμα σε μια ευθύγραμμη κίνηση μειώνεται, η κινητική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.

Δ. Το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας και η διατήρηση της μηχανικής ενέργειας, δεν ισχύουν στην περίπτωση μη συντηρητικών δυνάμεων.

Ε. Δύο ίσες δυνάμεις ασκούνται σε δύο σώματα διαφορετικής μάζας, που κινούνται με την ίδια σταθερή ταχύτητα. Οι δυνάμεις προσφέρουν ή αφαιρούν στα σώματα ενέργεια με τον ίδιο ρυθμό.

13. Να χαρακτηρίσετε με (Σ) τις σωστές και με (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις.

Α. Η ταχύτητα και η κινητική ενέργεια ενός σώματος που κινείται σε οριζόντιο επίπεδο, αναλύονται σε δύο συνιστώσες η κάθε μία.

Β. Η ταχύτητα ενός σώματος μπορεί να μεταβάλλεται, αν το έργο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο σώμα είναι μηδέν.

Γ. Αν η ταχύτητα ενός σώματος διπλασιαστεί, θα διπλασιαστεί η ορμή και η κινητική του ενέργεια.

Δ. Η κινητική ενέργεια ενός συστήματος σωμάτων, είναι ίση με το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των σωμάτων του συστήματος.

Ε. Αν ένα σώμα αφεθεί να κινηθεί σε λείο κεκλιμένο επίπεδο μόνο με την επίδραση του βάρους του, τότε: Το έργο του βάρους, είναι ίσο με την ελάττωση της δυναμικής ενέργειας η οποία είναι ισόποση με την αύξηση της κινητικής του ενέργειας.

14. Να συνδέσετε με μια γραμμή τους όρους μονόμετρο μέγεθος ή διανυσματικό μέγεθος με τα αντίστοιχα μεγέθη:

μονόμετρο μέγεθος	μετατόπιση (x)
	απόσταση (s)
	κινητική ενέργεια (K)
	δύναμη (F)
διανυσματικό μέγεθος	έργο (W)
	δυναμική ενέργεια (U)

15. Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Το έργο του βάρους ενός υποβρυχίου καθώς βυθίζεται κατακόρυφα είναι μηδέν.

Β. Το έργο του βάρους σε μια κλειστή διαδρομή είναι μηδέν.

Γ. Η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα και το έργο της δύναμης για μια μετατόπιση είναι μεγέθη διανυσματικά.

Δ. Ένα σώμα που πέφτει κατακόρυφα μπορεί να έχει δυναμική ενέργεια, κινητική ενέργεια και έργο.

16. Η Σελήνη εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση γύρω από τη Γη με την επίδραση του βάρους της. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

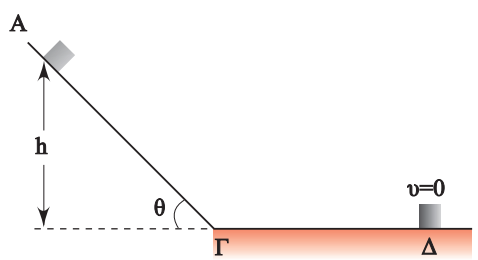
Α. Η ταχύτητα της Σελήνης είναι σταθερή.

Β. Η κινητική ενέργεια της Σελήνης είναι σταθερή.

Γ. Η ορμή της Σελήνης είναι μηδέν.

Δ. Το έργο της βαρυτικής έλξης της Γης στη Σελήνη για μια περιφορά είναι μηδέν.

17. Ένα σώμα μάζας m αφήνεται από το σημείο Α και κινείται κατά μήκος του λείου κεκλιμένου επιπέδου ΑΓ. Κατόπιν το σώμα κινείται στο οριζόντιο επίπεδο, όπου και τελικά σταματάει λόγω της τριβής, αφού διανύσει διαδρομή ΓΔ.

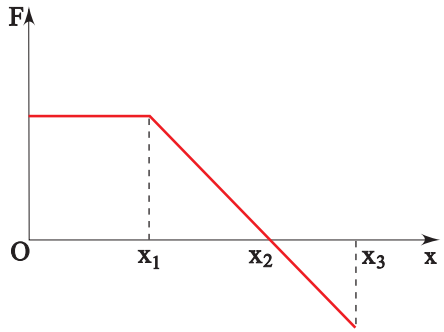


Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Το έργο του βάρους από το Α έως το Γ είναι mgh.
Β. Η κινητική ενέργεια του σώματος στο σημείο Γ είναι mgh.
Γ. Το έργο της τριβής από το Γ έως το Δ είναι mgh.
Δ. Το έργο της τριβής από το Α έως το Δ είναι mgh.
Ε. Το έργο του βάρους από το Α έως το Δ είναι mghημθ.

***18.** Ένα σώμα είναι ακίνητο σε λείο οριζόντιο επίπεδο.

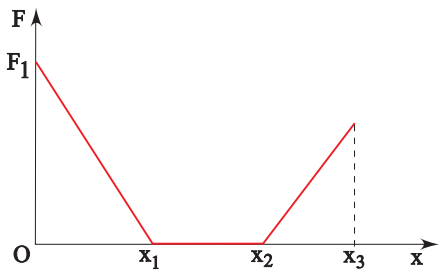
Ασκούμε στο σώμα οριζόντια δύναμη, που η τιμή της μεταβάλλεται, όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση.



Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;

Α. Από Ο έως x_1 η κινητική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.
Β. Από x_1 έως x_2 η κινητική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.
Γ. Από Ο έως x_1, στο σώμα προσφέρεται ενέργεια μέσω του έργου της δύναμης με σταθερό ρυθμό.
Δ. Από x_1 έως x_2 η κινητική ενέργεια του σώματος ελαττώνεται.

***19.** Σ' ένα σώμα που ηρεμεί σε λείο οριζόντιο επίπεδο ασκείται οριζόντια δύναμη που η τιμή της μεταβάλλεται όπως φαίνεται στη γραφική παράσταση.



Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή ή σωστές και γιατί.

Α. Η κινητική ενέργεια του σώματος είναι μέγιστη στη θέση x_3.
Β. Από τη θέση Ο έως τη θέση x_1, η κινητική ενέργεια του σώματος αυξάνεται.
Γ. Η κινητική ενέργεια του σώματος στη θέση x_1 είναι F_1x_1.
Δ. Η κινητική ενέργεια τους σώματος στη θέση x_1 είναι μικρότερη από την κινητική του ενέργεια στη θέση x_2.

20. Η μηχανική ενέργεια ενός συστήματος διατηρείται, αν στο σύστημα ασκούνται:

Α. Μόνο εσωτερικές δυνάμεις.
Β. Μόνο εξωτερικές δυνάμεις.
Γ. Μόνο συντηρητικές δυνάμεις.

***21.** Ένα μεταλλικό σφαιρίδιο κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω μέσα σ' ένα υγρό έχοντας, λόγω της αντίστασης του υγρού, σταθερή ταχύτητα υ = 0,05m/s. Αν $g = 10m/s^2$ και το σφαιρίδιο έχει μάζα 0,02kg, η ενέργεια που χάνει μέσα στο υγρό σε κάθε δευτερόλεπτο νομίζετε ότι είναι:

Α.	0,025mJ	Β.	1,3mJ
Γ.	10mJ	Δ.	8,2mJ

22. Ποιο από τα παρακάτω ζεύγη φυσικών μεγεθών αποτελείται από ένα μονόμετρο και ένα διανυσματικό μέγεθος;

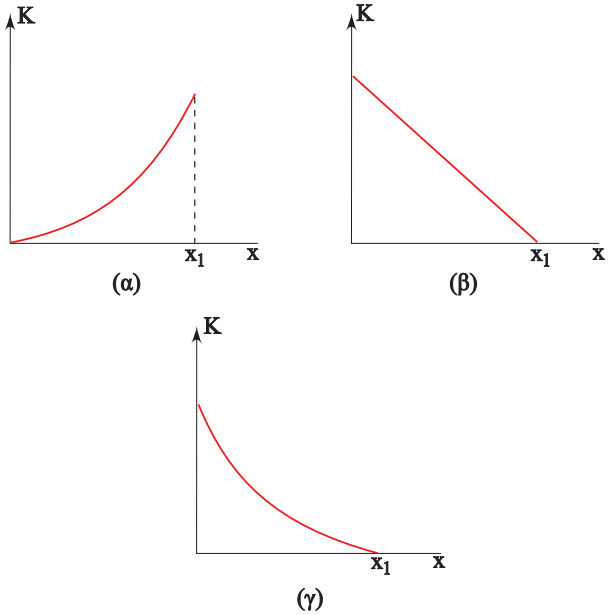
Α. Μετατόπιση, επιτάχυνση.
Β. Δυναμική ενέργεια, έργο.
Γ. Ταχύτητα, ισχύς.
Δ. Κινητική ενέργεια, δύναμη.
Ε. Ταχύτητα, ορμή.

***23.** Ένα αυτοκίνητο ξεκινώντας από την ηρεμία, επιταχύνεται ώστε να αποκτήσει ταχύτητα 20m/s σε χρόνο 10s. Αν η μάζα του αυτοκινήτου είναι 1.000kg, η μέση ισχύς που αναπτύχθηκε νομίζετε ότι είναι:

Α.	2 kW	Β.	5kW
Γ.	18kW	Δ.	20kW

24. Ένα σώμα ρίχνεται με οριζόντια ταχύτητα $υ_0$ πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα παρι-

στάνει την κινητική ενέργεια του σώματος σε συνάρτηση με τη μετατόπισή του;



25. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Ένα αντικείμενο που είναι ακίνητο δεν μπορεί να έχει ενέργεια.

Β. Μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα παράγει έργο ακόμη και αν το σώμα δεν κινείται.

Γ. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια είναι το μόνο είδος δυναμικής ενέργειας που εμφανίζεται στη φύση.

Δ. Ένα αντικείμενο το οποίο δεν κινείται μπορεί να έχει δυναμική ενέργεια.

Ε. Μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα δεν παράγει έργο, όταν το σώμα δεν κινείται, ή όταν η γωνία μεταξύ της δύναμης και της μετατόπισης είναι 90°.

26. Αν ένα αντικείμενο αφεθεί να πέσει ελεύθερα η βαρυτική δυναμική του ενέργεια μετατρέπεται:

Α. Ακαριαία σε κινητική ενέργεια.

Β. Σταδιακά σε κινητική ενέργεια.

Γ. Κατά ένα μέρος σε κινητική ενέργεια.

Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

Ποια από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστή;

27. Ένα αντικείμενο μάζας m βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης.

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή;

Α. Το αντικείμενο έχει δυναμική ενέργεια mgh.

Β. Η Γη έχει δυναμική ενέργεια mgh.

Γ. Το σύστημα Γη - αντικείμενο έχει δυναμική ενέργεια mgh.

Δ. Το αντικείμενο δεν έχει δυναμική ενέργεια.

28. Ένα κινητό έχει μάζα m και ταχύτητα υ.

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Ο θεμελιώδης νόμος της δυναμικής συσχετίζει τη δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα με τη μεταβολή της ορμής του.

Β. Το θεώρημα κινητικής ενέργειας συσχετίζει το έργο των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα με τη μεταβολή της κινητικής του ενέργειας.

Γ. Η διατήρηση της ορμής ενός συστήματος ισχύει όταν και η ενέργεια του συστήματος διατηρείται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα αυτοκίνητο κινείται στην εθνική οδό με σταθερή ταχύτητα υ = 30m/s. Αν η αντίσταση Α του αέρα δίνεται από τη σχέση Α = 4υ (Α σε Ν και υ σε m/s), να βρείτε το έργο της για μετατόπιση του αυτοκινήτου κατά 50m.

2. Ένα σώμα μάζας m = 10kg συγκρατείται σε ύψος h = 20m από το έδαφος.

Α. Πόση είναι η δυναμική ενέργεια του σώματος, στο ύψος h;

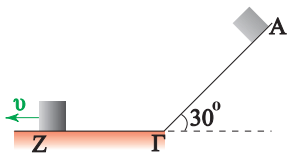
Β. Αν αφήσουμε το σώμα ελεύθερο να πέσει, να παραστήσετε γραφικά τη δυναμική του ενέργεια σε συνάρτηση με το ύψος του από το έδαφος.
Δίνεται g = 10m/s^2.

3. Ένα αυτοκίνητο μάζας m = 1.000kg κινείται με σταθερή ταχύτητα 15m/s. Αν ο οδηγός εφαρμόσει τα φρένα, στο αυτοκίνητο αναπτύσσεται μια δύναμη τριβής ίση με 7.500N. Να βρεθεί σε πόση απόσταση θα σταματήσει το αυτοκίνητο.

4. Ένα σώμα αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος h = 20m. Με τι ταχύτητα φτάνει το σώμα στο έδαφος; Τι ενέργεια είχε το σώμα σε ύψος h και σε ποια μορφή μετατρέπεται τελικά αυτή; Δίνεται g = 10m/s^2.

5. Ένας γερανός ανεβάζει με σταθερή ταχύτητα ένα κιβώτιο μάζας 2.000kg σε ύψος h = 60m. Αν η ανύψωση ολοκληρώθηκε σε χρόνο t = 2min, να βρείτε την ισχύ που απέδωσε ο γερανός. Δίνεται g = 10m/s^2.

6. Ένα σώμα αφήνεται να κινηθεί κατά μήκος του λείου κεκλιμένου επιπέδου. Το σώμα μετά από τη διαδρομή ΑΓ εισέρχεται στο οριζόντιο επίπεδο με το οποίο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ = 0,2. Αν είναι ΑΓ = ΓΖ = 6m, να βρείτε την ταχύτητα με την οποία φτάνει το σώμα στο σημείο Ζ.
Δίνεται g = 10m/s^2.



7. Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα υ = 4m/s με την επίδραση οριζόντιας σταθερής δύναμης F = 40N. Να βρεθεί:

Α. Το έργο της τριβής για μετατόπιση x = 5m.

Β. Ο ρυθμός με τον οποίο η προσφερόμενη στο σώμα ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα.

8. Μια μπάλα έχει μάζα m = 2kg και αφήνεται από ύψος h_1 = 20m. Μόλις η μπάλα συγκρουστεί με το δάπεδο αναπηδά σε ύψος h_2 = 18m. Να βρείτε το ποσοστό της αρχικής μηχανικής ενέργειας της μπάλας που μετατράπηκε σε θερμότητα λόγω της σύγκρουσής της με το δάπεδο. Δίνεται g = 10m/s^2.

9. Ένας μαθητής σπρώχνει ένα κιβώτιο μάζας m = 100kg πάνω σ' έναν οριζόντιο δρόμο με τον οποίο το κιβώτιο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ = 0,5. Πόση ενέργεια προσφέρει ο μαθητής στο κιβώτιο, αν το μετατοπίσει με σταθερή ταχύτητα, κατά 10m; (g = 10m/s^2).

10. Ένας αθλητής ανέβηκε τρέχοντας τα 300 σκαλοπάτια ενός πολυόροφου κτιρίου σε χρόνο 10min. Τα σκαλοπάτια έχουν ύψος 20cm. Αν η μάζα του αθλητή ήταν 80kg, να βρείτε:

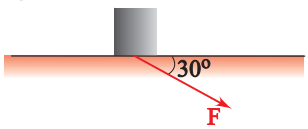
Α. Το έργο του βάρους του.

Β. Με ποιο ρυθμό αυξήθηκε η δυναμική ενέργεια του αθλητή (g = 10m/s^2).

11. Να βρείτε το έργο μιας δύναμης η οποία μετατοπίζει το σημείο εφαρμογής της κατά x = 10m, κατά τη διεύθυνσή της αν το μέτρο της είναι:

Α. F = 4N Β. F = (10-x)N

12. Σ' ένα σώμα μάζας m = 20kg, που ηρεμεί σε λείο οριζόντιο επίπεδο, ασκείται δύναμη F = 50N, υπό γωνία θ = 60°, όπως φαίνεται στην εικόνα.



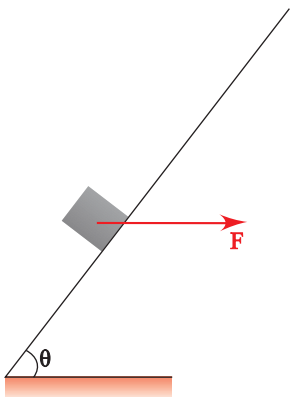
A. Πόσο είναι το έργο της δύναμης για μετατόπιση του σώματος κατά x = 10m;
B. Πόση είναι η ταχύτητα του σώματος όταν x = 10m;

13. Ένας μαθητής πετάει μια πέτρα κατακόρυφα προς τα επάνω και το μέγιστο ύψος, που φτάνει αυτή είναι h = 40m.
A. Σε ποιο ύψος η κινητική ενέργεια της πέτρας είναι η μισή της αρχικής της;
B. Σε ποιο ύψος η ορμή της πέτρας είναι η μισή της αρχικής της;

14. Ένα σώμα μάζας m = 4kg κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο με σταθερή ταχύτητα υ_0 = 10m/s. Από τη χρονική στιγμή t = 0, ασκούμε στο σώμα δύναμη F = 10N αντίθετης κατεύθυνσης με εκείνη της ταχύτητάς του.
Να βρεθεί:
A. Η ταχύτητα του σώματος μετά από διαδρομή x_1 = 7,2m.
B. Η απόσταση που θα διανύσει το σώμα μέχρι να μηδενιστεί στιγμιαία η ταχύτητά του.

***15.** Ένα σώμα μάζας m, είναι ακίνητο πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Ασκούμε στο σώμα οριζόντια δύναμη, που η τιμή της μεταβάλλεται σύμφωνα με τη σχέση F = 8 - x (x σε m, F σε N). Αν η ταχύτητα του σώματος μετά από μετακίνησή του κατά 10m είναι υ = 2m/s, να βρείτε τη μάζα m του σώματος.

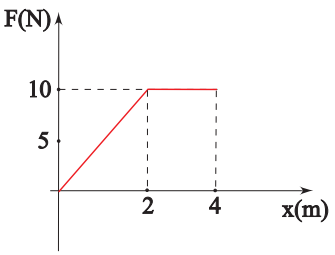
***16.** Ένα μικρό κιβώτιο με μάζα m = 5kg συγκρατείται ακίνητο πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο με το οποίο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ = 0,4 όπως φαίνεται στην εικόνα.



Αν αυξήσουμε την τιμή της δύναμης, ώστε να γίνει F = 100N το σώμα ολισθαίνει προς τα επάνω. Πόση ταχύτητα θα έχει μετά από μετατόπιση x = 5m;
Δίνεται ότι g = 10m/s^2, ημθ = 0,6, συνθ = 0,8 και ότι $\mu_{στmax} = \mu_{ολ}$.

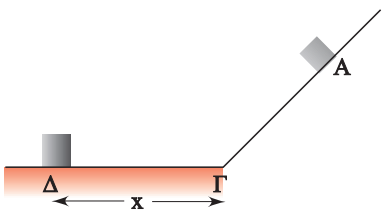
***17.** Μια μπάλα έχει μάζα m = 1kg και αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος H = 20m.
A. Με πόση ταχύτητα φτάνει η μπάλα στο έδαφος;
B. Η ελάττωση της δυναμικής ενέργειας της μπάλας δίνεται όπως γνωρίζουμε από το έργο του βάρους. Να εκφράσετε το ρυθμό μεταβολής της δυναμικής ενέργειας σε συνάρτηση με το χρόνο και να κάνετε το αντίστοιχο διάγραμμα. Δίνεται g = 10m/s^2.

18. Ένα κιβώτιο μάζας m = 2kg είναι ακίνητο, πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Υποθέστε ότι στο κιβώτιο ασκούμε οριζόντια δύναμη, που η τιμή της μεταβάλλεται όπως φαίνεται στην εικόνα.



Πόση είναι η ταχύτητα του κιβωτίου όταν η μετατόπισή του είναι 4m;

***19.** Το σώμα μάζας m = 2kg αφήνεται στο σημείο Α του λείου κεκλιμένου επιπέδου και μετά από διαδρομή x = 5m, σταματάει στο σημείο Δ του οριζόντιου επιπέδου με το οποίο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης μ = 0,6.



A. Με πόση ταχύτητα φτάνει το σώμα στο σημείο Γ;
B Πόση είναι η ελάχιστη ενέργεια που

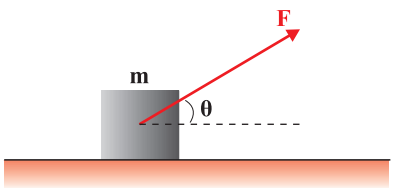
απαιτείται για να επαναφέρουμε το σώμα στο σημείο Α; Δίνεται $g = 10m/s^2$.

***20.** Ένα κρουαζιερόπλοιο με μάζα $m = 65 \cdot 10^7 kg$ αποπλέει από την αποβάθρα με τις μηχανές του να αποδίδουν ισχύ ίση με $44 \cdot 10^3 HP$. Αν η απώλεια ισχύος λόγω διαφόρων αιτιών, π.χ. τριβές ή ανατάραξη των νερών, ανέρχεται στο 50% και το σκάφος αποκτά ταχύτητα 32km/h σε χρόνο t, να βρείτε:

Α. Την κινητική ενέργεια του σκάφους τη χρονική στιγμή t.

Β. Το χρόνο t που χρειάσθηκε το σκάφος για να αποκτήσει την παραπάνω ταχύτητα.

***21.** Ένα σώμα μάζας $m = 2kg$ ισορροπεί σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο έχει $\mu = 0,25$. Ασκούμε στο σώμα δύναμη F, που η τιμή της μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη μετατόπιση x του σημείου εφαρμογής της, σύμφωνα με τη σχέση $F = 10 + 5x$ (x σε m, F σε N).



Να υπολογίσετε:

Α. Κατά πόσο θα μετακινηθεί το σώμα, πριν εγκαταλείψει το οριζόντιο επίπεδο;

Β. Την ταχύτητα του σώματος τη στιγμή που εγκαταλείπει το οριζόντιο επίπεδο.

Δίνεται: $ημθ = 0,8$, $συνθ = 0,6$ και $g = 10m/s^2$.

22. Ένα σώμα μάζας $m = 1kg$ ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Ασκούμε στο σώμα κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα επάνω, που η τιμή της είναι $F = 30 - x$ (x σε m, F σε N). Αν η δύναμη καταργείται αμέσως μετά το μηδενισμό της να υπολογίσετε:

Α. Το έργο της δύναμης.

Β. Τη μέγιστη ταχύτητα που αποκτά το σώμα ανεβαίνοντας.

Γ. Τη μέγιστη ανύψωση του σώματος.

Δ. Την ταχύτητα με την οποία το σώμα επιστρέφει στο οριζόντιο επίπεδο.

$(g = 10m/s^2)$.



2.2 Διατήρηση της ολικής ενέργειας και υποβάθμιση της ενέργειας



Στην καθημερινή ζωή χρησιμοποιούμε διάφορες μορφές ενέργειας για να θερμάνουμε ή να ψύξουμε σώματα, για να φωτίσουμε τους διάφορους χώρους, για να θέσουμε σε λειτουργία διάφορες συσκευές κ.λπ. Η θέρμανση και η ψύξη των σωμάτων αποτέλεσαν ένα πρόβλημα στην ιστορία της επιστήμης του οποίου η επίλυση έφερε σημαντικές αλλαγές στην τεχνολογία και την κοινωνία γενικότερα μέσα από επιτεύγματα όπως η ατμομηχανή και οι μηχανές εσωτερικής καύσης. Το θεωρητικό υπόβαθρο των σημαντικών αυτών επιτευγμάτων είναι η σωματιδιακή δομή της ύλης και οι δύο βασικές μορφές της ενέργειας: η κινητική και η δυναμική.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τη σχέση της θερμότητας με τη θερμοκρασία και με τις αλλαγές στην κινητική ενέργεια των δομικών λίθων των διαφόρων σωμάτων. Θα ερμηνεύσουμε τις ιδιότητες των αερίων (π.χ. σχέση πίεσης - όγκου) αναφερόμενοι στο πλήθος, στις ιδιότητες των μορίων και την κινητική τους ενέργεια.

Με τη βοήθεια της κινητικής θεωρίας της ύλης, μπορούμε να κατανοήσουμε τη μετατροπή των διαφόρων μορφών ενέργειας οι οποίες συμβαίνουν στις μηχανές, καθώς επίσης και την υποβάθμισή της, τη μετατροπή δηλαδή όλων των μορφών ενέργειας σε θερμότητα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ας θυμηθούμε ότι 199
2.2.1 Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα 203
2.2.2 Ιδιότητες των αερίων 205
Ένθετο: Νόμος του Boyle 207
2.2.3 Εσωτερική ενέργεια 209
2.2.4 Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας 210
2.2.5 Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια 212
2.2.6 Μηχανές και ενέργεια 214
Ένθετο: Ο κινητήρας του αυτοκινήτου 215
2.2.7 Απόδοση μηχανής 216
2.2.8 Υποβάθμισή της ενέργειας 218
Ένθετο: Αεικίνητο 220
Ένθετο: Η εσωτερική ενέργεια της ατμόσφαιρας και ο καιρός 222
Περίληψη 226
Ερωτήσεις 227
Ασκήσεις - Προβλήματα 231

Ας θυμηθούμε ότι...

Στην καθημερνή ζωή χρησιμοποιούμε διάφορους τρόπους για να θερμάνουμε ή να ψύξουμε τα υλικά σώματα. Οι τρόποι αυτοί, σύμφωνα με την επιστημονική άποψη είναι μόνο τρεις:

1 Θέρμανση/ψύξη με αγωγή.

Θέρμανση-ψύξη με αγωγή έχουμε στις περιπτώσεις που δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Τότε θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία μεταφέρεται στο σώμα που βρίσκεται σε χαμηλή θερμοκρασία. Με τον τρόπο αυτό π.χ. ερμηνεύεται γιατί θερμαίνεται το περιεχόμενο των μαγειρικών σκευών όταν τοποθετούνται στην εστία της ηλεκτρικής κουζίνας (μάτι της κουζίνας). Τα μαγειρικά σκεύη και το περιεχόμενό τους έχουν συνήθως τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ενώ στην ηλεκτρική εστία η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα. Με τον ίδιο τρόπο εξηγείται η ψύξη του φαγητού όταν "κλείσουμε το μάτι της κουζίνας". Το φαγητό και το μαγειρικό σκεύος βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία από ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας που τα περιβάλλει.

2 Θέρμανση/ψύξη με μεταφορά.

Θέρμανση-ψύξη με μεταφορά έχουμε στις περιπτώσεις όπου ένα ρευστό (υγρό ή αέριο) μεταφέρει θερμότητα από το σώμα που βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία σε αυτό που βρίσκεται σε χαμηλότερη. Με τον τρόπο αυτό οι ζεστές αέριες μάζες, δηλαδή ο ζεστός άνεμος, προερχόμενος από μια περιοχή με υψηλή θερμοκρασία θερμαίνει μιαν άλλη που έχει χαμηλή θερμοκρασία. Με τον ίδιο επίσης τρόπο στα συστήματα κεντρικής θέρμανσης των πολυκατοικιών μεταφέρονται ποσά θερμότητας από το λέβητα του καλοριφέρ στα διαμερίσματα, μέσω του νερού που κυκλοφορεί στο σύστημα σωληνώσεων.

3 Θέρμανση/ψύξη με ακτινοβολία.

Για τη θέρμανση ή την ψύξη με ακτινοβολία δεν είναι προϋπόθεση η διαμεσολάβηση κάποιου υλικού μέσου όπως στις δύο προηγούμενες. Η ενέργεια μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα σώματα που βρίσκονται σε υψηλότερη θερμοκρασία ακτι-

νοβολούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διάφορα μήκη κύματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η θέρμανση της γης από τον ήλιο μέσω της ορατής (φως) και της αόρατης, δηλαδή της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Οι τρεις αυτοί τρόποι θέρμανσης συνυπάρχουν σε όσα φαινόμενα παρατηρούμε στην καθημερινή μας ζωή, μιας και όλα τα σώματα βρίσκονται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος τα θερμαίνει ή τα ψύχει με τους δύο πρώτους τρόπους. Για παράδειγμα κατά τη λειτουργία του ηλεκτρικού λαμπτήρα πυράκτωσης τα σώματα που βρίσκονται γύρω από αυτόν θερμαίνονται διότι:

α) ο λαμπτήρας ακτινοβολεί φως,

β) ο λαμπτήρας βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα και τον θερμαίνει,

γ) ρεύματα μεταφοράς του αέρα μεταφέρουν τη θερμότητα στα ψυχρότερα μέρη του χώρου.

Διαστολή των σωμάτων.

Ανεξάρτητα από τον τρόπο θέρμανσης τα υλικά σώματα διαστέλλονται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Όταν μία διάσταση ενός σώματος είναι πολύ μεγάλη σε σύγκριση με τις άλλες (όπως στην περίπτωση μιας λεπτής και μεγάλου μήκους ράβδου) εξετάζουμε τη διαστολή του σώματος μόνο κατά τη διάσταση αυτή.

Η διαστολή του σώματος κατά μία διάστασή του ονομάζεται **γραμμική διαστολή**.

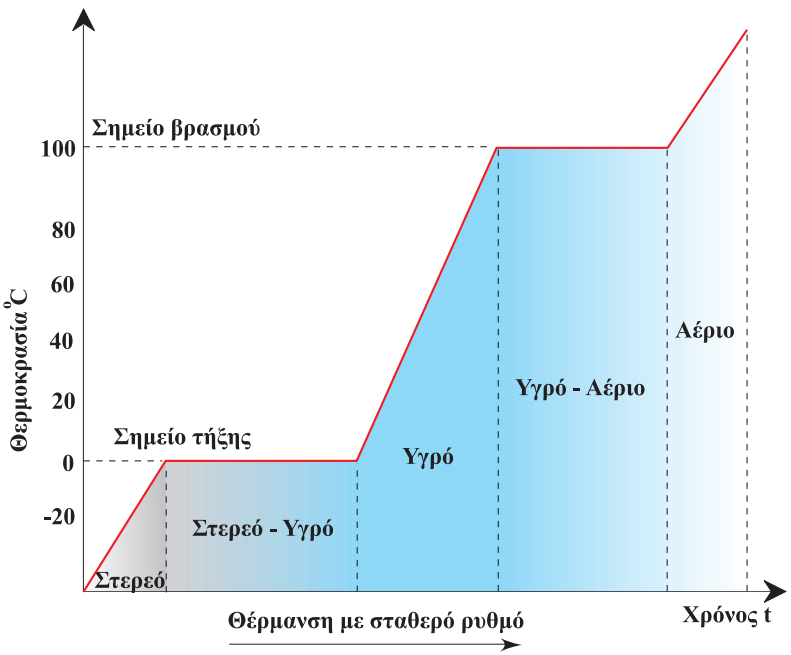
Πειραματικά έχει βρεθεί ότι η διαστολή είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του σώματος, δεδομένο που αξιοποιείται στην κατασκευή των θερμομέτρων τα οποία περιέχουν υδράργυρο ή οινόπνευμα. Στα θερμόμετρα της κλίμακας Κελσίου η τιμή 0°C αντιστοιχεί στην τήξη του πάγου ενώ η τιμή 100°C στο βρασμό του νερού σε κανονικές συνθήκες πίεσης, δηλαδή τη μία Ατμόσφαιρα (1atm) που επικρατεί στην επιφάνεια της θάλασσας. Το διάστημα μεταξύ αυτών των δύο θέσεων διαιρείται σε 98 ίσα τμήματα τα οποία αντιστοιχούν στις υπόλοιπες τιμές της κλίμακας Κελσίου. Η μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας είναι ο ένας βαθμός Κελσίου (1°C) που αντιστοιχεί σε μία από τις 100 υποδιαιρέσεις της κλίμακας που κατασκευάζεται με τον τρόπο που περιγράψαμε.

Αλλαγές φάσεων.

Τοποθετώντας ένα θερμόμετρο σε επαφή με ένα στερεό

ή μέσα σε ένα ρευστό π.χ. υγρό ή αέριο αυτό μετά από λίγο, λόγω επαφής, αποκτά τη θερμοκρασία του υλικού. Η διαστολή ή συστολή του υγρού που περιέχει το θερμόμετρο μας επιτρέπει να μετρήσουμε τη θερμοκρασία του υγρού ή του αερίου χρησιμοποιώντας την κλίμακα με την οποία το έχει εφοδιάσει ο κατασκευαστής του.

Με τη βοήθεια ενός θερμομέτρου μπορούμε να καταγράψουμε τις αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα σώμα, όπως σ' ένα στερεό. Έτσι θα παρακολουθήσουμε τη σταδιακή του μετατροπή αρχικά σε υγρό και στη συνέχεια σε αέριο ή σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία την **αλλαγή φάσης** από τη φάση του στερεού στη φάση του υγρού και από τη φάση του υγρού στην αέρια φάση. Στο διάγραμμα της εικόνας 1, φαίνονται οι αλλαγές φάσης ενός κομματιού πάγου από τη φάση του στερεού έως και την αέρια φάση.



Εικόνα 1

Στο διάγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι:

1. Κατά τη θέρμανση αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος μέχρις ότου αρχίσει η μετατροπή του σε υγρό.
2. Η μετατροπή του στερεού σε υγρό, ή σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία η **τήξη** του, γίνεται χωρίς να αυξηθεί η θερμοκρασία η οποία παραμένει σταθερή έως ότου μετατραπεί ολόκληρη η ποσότητα σε υγρό.
3. Στη συνέχεια αυξάνει η θερμοκρασία του υγρού και

εμφανίζονται ατμοί στην επιφάνειά του, εμφανίζεται δηλαδή το φαινόμενο της εξάτμισης. Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του υγρού σχηματίζονται φυσαλίδες στο εσωτερικό του των οποίων ο αριθμός διαρκώς αυξάνει.

4. Όταν οι φυσαλίδες παράγονται από ολόκληρη τη μάζα του υγρού, σύμφωνα με την επιστημονική ορολογία συμβαίνει το φαινόμενο του **βρασμού**. Κατά το βρασμό η θερμοκρασία του υγρού παραμένει σταθερή ενώ αυτό σταδιακά μετατρέπεται σε αέριο.
5. Αν το αέριο που παράγεται από την παραπάνω διαδικασία συλλεγεί σε κατάλληλα διαμορφωμένο δοχείο μπορούμε να αυξήσουμε ακόμα περισσότερο τη θερμοκρασία του. Η αντίστροφη πορεία, δηλαδή η σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας θα επαναφέρει το υλικό που βρίσκεται στην αέρια φάση στη φάση του υγρού, δηλαδή θα προκαλέσει την **υγροποίησή** του. Αν συνεχιστεί η μείωση της θερμοκρασίας τελικά το υγρό θα στερεοποιηθεί και το σώμα θα επανέλθει στη φάση του στερεού.

Οι παραπάνω αλλαγές καθώς επίσης και πολλά άλλα φαινόμενα επηρεάζονται από την πίεση. Για παράδειγμα η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας στο υγρό επηρεάζει τη θερμοκρασία βρασμού του νερού με αποτέλεσμα αυτή να είναι διαφορετική στην επιφάνεια της θάλασσας από ό,τι στην κορυφή ενός ψηλού βουνού.

Πίεση

Η **πίεση** συμβολίζεται με P, υπολογίζεται από το πηλίκο F/S, όπου F η κάθετα ασκούμενη δύναμη και S η επιφάνεια στην οποία αυτή ασκείται, δηλαδή P = F/S.

Η μονάδα της πίεσης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I. είναι το 1Pa (1 Πασκάλ, προς τιμήν του Γάλλου επιστήμονα Blaise Pascal). Το 1Pa είναι η πίεση μιας δύναμης 1 Νιούτον που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου. Επειδή η μονάδα 1Pa είναι πολύ μικρή, στην πράξη χρησιμοποιούνται πολλαπλάσιά της όπως το 1kPa (lkPa = 10^3Pa). Στην πράξη, χρησιμοποιείται επίσης η μονάδα 1atm (1 ατμόσφαιρα) η οποία αντιστοιχεί στην πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας. Η αντιστοιχία μεταξύ των δύο αυτών μονάδων είναι $1\text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,013 \cdot 10^5\,\text{Pa}$.

2.2.1 Η κινητική θεωρία της ύλης και η θερμότητα

Όλοι μας έχουμε εμπειρία των τρόπων με τους οποίους μπορούμε να θερμάνουμε ή να ψύξουμε ένα σώμα. Επίσης όλοι γνωρίζουμε τις αλλαγές που θα συμβούν λόγω θέρμανσης (τήξη, βρασμός, διαστολή) ή λόγω ψύξης (υγροποίηση, συστολή, πήξη). Τις αλλαγές αυτές (φυσικά φαινόμενα) τις περιγράφουμε χρησιμοποιώντας τις έννοιες της ***θερμότητας*** και της ***θερμοκρασίας***. Έτσι μπορούμε να συσχετίσουμε τη θέρμανση με την αύξηση της θερμοκρασίας και την ψύξη με την μείωση της θερμοκρασίας ή να λέμε ότι η θέρμανση γίνεται με προσφορά θερμότητας και η ψύξη με αφαίρεση θερμότητας από ένα σώμα. Αλλά τι ακριβώς είναι η θερμότητα και τι είναι η θερμοκρασία;

Τα ερωτήματα για τη φύση της θερμότητας και τη σχέση της με την ενέργεια, απασχόλησαν έντονα τους επιστήμονες του 17ου, 18ου και 19ου αιώνα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν σχετίζονται με τις εξελίξεις σε διάφορους τομείς, όπως η μελέτη των αερίων στη Φυσική, οι θεωρίες για τα άτομα και τα μόρια στη Χημεία, η κατασκευή των θερμικών μηχανών (ατμομηχανές) στην τεχνολογία κ.α.

Η συνεισφορά της Χημείας στην απάντηση των ερωτημάτων είναι ότι η ύλη οικοδομείται από άτομα τα οποία σχηματίζουν μόρια. Τόσο τα άτομα όσο και τα μόρια έχουν δυο βασικά χαρακτηριστικά: α) να κινούνται, β) να αλληλεπιδρούν ασκώντας ελκτικές και απωστικές δυνάμεις. Σύμφωνα με όσα αναφέραμε στις ενότητες 1.3 και 2.2, εφόσον τα μόρια κινούνται θα έχουν κινητική ενέργεια, ενώ για την αλλαγή της ταχύτητάς τους απαιτείται να ασκηθεί δύναμη. Επίσης, εφόσον τα μόρια ή τα άτομα αλληλεπιδρούν, έχουν δυναμική ενέργεια.

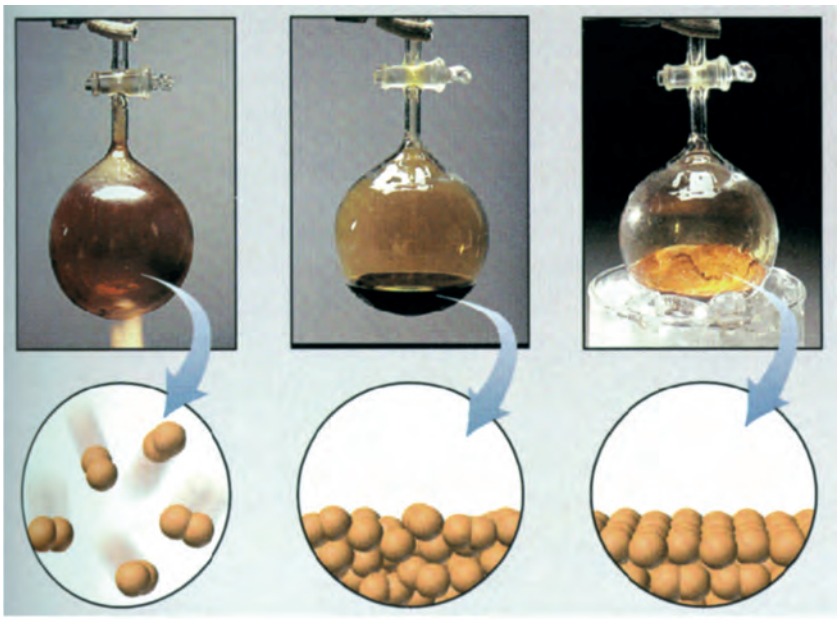
Στην περίπτωση των αερίων θεωρούμε τα μόρια ως συμπαγείς σφαίρες που κινούνται ατάκτως προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στα *αραιά* αέρια, σ' αυτά δηλαδή που οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων θεωρούνται σχετικά μεγάλες, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ασκούνται δυνάμεις μόνο κατά τη διάρκεια

των συγκρούσεων μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του δοχείου στο οποίο βρίσκονται. Κατά συνέπεια *η ενέργεια που έχουν τα μόρια είναι μόνο κινητική.*

Στις περιπτώσεις των πυκνών αερίων καθώς επίσης και στα υγρά, τα μόρια εκτός από κινητική ενέργεια, λόγω της άτακτης κίνησής τους, έχουν και δυναμική. Η δυναμική ενέργεια οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται διαρκώς μεταξύ τους και όχι μόνο κατά τη διάρκεια των κρούσεων. Στα στερεά δεν υπάρχει αυτή η άτακτη κίνηση των μορίων, αλλά σ' αυτά τα μόρια ταλαντώνονται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους.

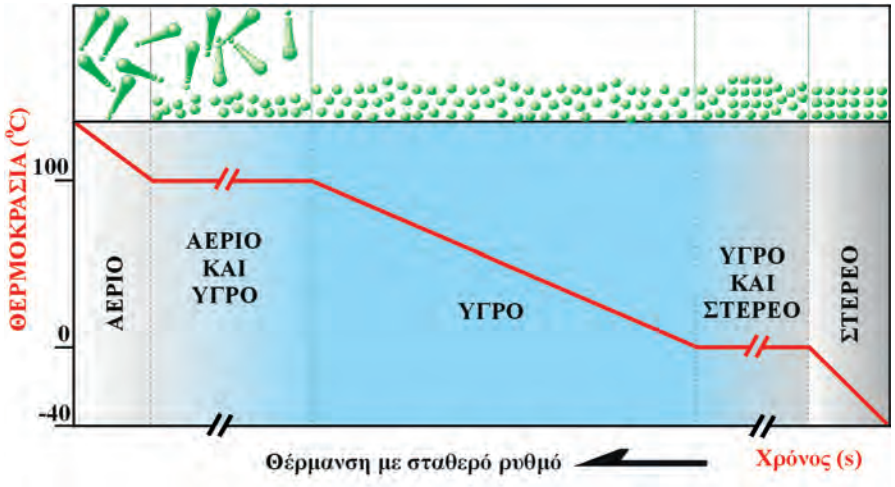
Στην εικόνα 2.2.1 έχουν αναπαρασταθεί ένα αέριο, ένα υγρό και ένα στερεό. Επίσης στην εικόνα 2.2.2 αναπαρίστανται οι αλλαγές κατάστασης ενός υλικού.



Εικόνα 2.2.1

Εκτός από τα αέρια και στα υγρά και στερεά τα μόρια ή τα άτομα κινούνται. Στην παραπάνω εικόνα δεν σημειώνεται η κίνηση αυτή.

Όπως φαίνεται στις εικόνες 2.2.1 και 2.2.2. τα μόρια των σωμάτων αναπαρίστανται με σφαιρίδια, ενώ η μεταξύ τους απόσταση αντιπροσωπεύει το κενό που υπάρχει μεταξύ των μορίων. Η κίνηση των μορίων δείχνεται με βέλη που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα ή με σκιές που δείχνουν τις προηγούμενες θέσεις τους. Πρέπει να τονίσουμε ότι τα χρώματα δεν αντιπροσωπεύουν το χρώμα των μορίων ούτε το μέγεθος των σφαιριδίων, το μέγεθος των μορίων. Πρόκειται για ζωγραφιές του σωματιδιακού προτύπου της ύλης που μας διευκολύνουν να κατανοήσουμε το μικρόκοσμο.



Εικόνα 2.2.2

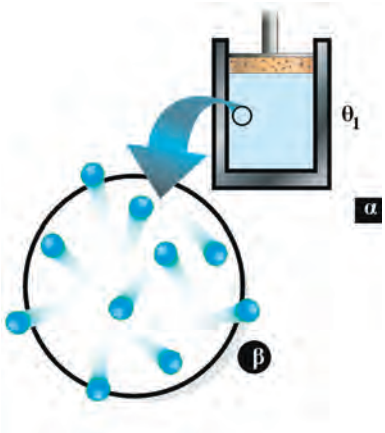
2.2.2 Ιδιότητες των αερίων

α) Η πίεση

Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε τις ιδιότητες των αερίων με τη βοήθεια της κινητικής θεωρίας της ύλης.

Το μεγάλο κενό μεταξύ των μορίων, που φαίνεται στην εικόνα 2.2.3β, είναι αναμενόμενο διότι η εμπειρία δείχνει ότι τα αέρια συμπιέζονται πολύ εύκολα.

Η εμπειρία μας αυτή εναρμονίζεται με τα πειραματικά ευρήματα σύμφωνα με τα οποία ο ατμοσφαιρικός αέρας μπορεί να συμπιεστεί, εικόνα 2.2.4. Με κατάλληλες διατάξεις ο αέρας μπορεί να συμπιεστεί στο 1/800 του αρχικού του όγκου προκειμένου να αποκτήσει συμπεριφορά υγρού.



Εικόνα 2.2.3

Εικόνα 2.2.3α
Φαίνεται ένας κύλινδρος που περιέχει ένα αέριο αεροστεγώς κλεισμένο με έμβολο βάρους Β. Το έμβολο μπορεί να κινείται χωρίς τριβές.

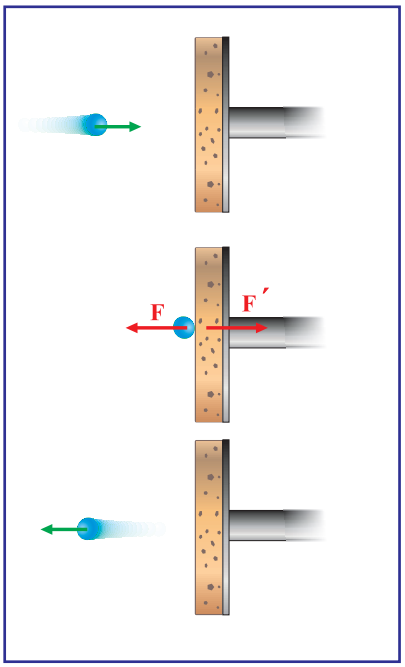
Εικόνα 2.2.3β
Έχει αναπαρασταθεί σε μεγέθυνση μέρος του αερίου της εικόνας 2.2.3α. Στην αναπαράσταση αυτή τα μόρια του αέριου συμβολίζονται με μπλε σφαιρίδια.



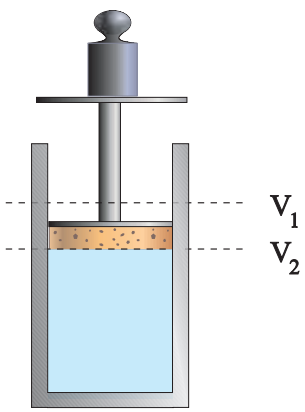
Εικόνα 2.2.4
Ο ατμοσφαιρικός αέρας και γενικά όλα τα αέρια είναι συμπιεστά.

Παρατηρούμε ότι παρά το μεγάλο κενό μεταξύ των μορίων, το αέριο που υπάρχει στον κύλινδρο "σηκώνει" το βάρος του εμβόλου.

Θα μας ήταν εύκολο να κατανοήσουμε αυτό που συμβαίνει, αν το βάρος του εμβόλου υποστηριζόταν από κάποιο υγρό, που είναι πρακτικά ασυμπίεστο, επειδή τα μόριά του είναι σε επαφή μεταξύ τους.



Εικόνα 2.2.5
Η δύναμη F από το έμβολο είναι αυτή που προκάλεσε την αλλαγή της ορμής του μορίου, ενώ στο έμβολο ασκήθηκε από το μόριο η δύναμη F΄.



Εικόνα 2.2.6

Πώς όμως μπορεί να στηρίξει ένα τόσο αραιό σώμα, όπως ο αέρας, το βάρος του εμβόλου;

Ας θεωρήσουμε ένα μόριο του αερίου το οποίο κινείται προς την επιφάνεια του εμβόλου και ανακλάται στην αντίθετη κατεύθυνση (Εικ. 2.2.5).

Αν σκεφτούμε ότι ακόμα και μια ελάχιστη ποσότητα αερίου π.χ. όση περιέχεται στο χώρο που καταλαμβάνει η κεφαλή μιας καρφίτσας, περιέχει 10^{17} μόρια, (δηλαδή 100.000 τρισεκατομμύρια) ο αριθμός των μορίων στον κύλινδρο είναι ασύλληπτα μεγάλος. Τα μόρια που υπάρχουν στο δοχείο συγκρούονται μεταξύ τους καθώς επίσης και με τα τοιχώματα του δοχείου. Συνεπώς κάθε χρονική στιγμή ένας αριθμός από το τεράστιο πλήθος των μορίων συγκρούεται με το έμβολο.

Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούν τα μόρια στο έμβολο, είναι υπεύθυνη για τη στήριξη του εμβόλου.

Τι άραγε θα συμβεί αν τοποθετήσουμε ένα σώμα βάρους Β πάνω στο έμβολο και αυξηθεί η πίεση που ασκείται στο αέριο; Αν πραγματοποιήσουμε το πείραμα θα διαπιστώσουμε ότι:

α) ο όγκος του αερίου γίνεται μικρότερος,

β) το έμβολο ισορροπεί πάλι (Εικ. 2.2.6).

Συνεπώς, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν τα μόρια στο έμβολο, συνολικά, εξισορροπεί την αυξημένη δύναμη που ωθεί το έμβολο προς τα κάτω. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί ως εξής:

Επειδή μειώθηκε ο όγκος του αερίου μίκρυναν οι διαδρομές που διανύουν τα μόρια μεταξύ δύο διαδοχικών συγκρούσεων με το έμβολο. Έτσι οι συγκρούσεις έγιναν συχνότερες και η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκείται στο έμβολο έγινε μεγαλύτερη.

Η ιδιότητα των αερίων να ασκούν δυνάμεις στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν περιγράφεται με την έννοια της **πίεσης**.

Όπως γνωρίζουμε η πίεση, P, ορίζεται από το πηλίκο της κάθετης δύναμης F, που ασκείται σε μια επιφάνεια, προς το εμβαδόν S της επιφάνειας αυτής. Δηλαδή: $P = \frac{F}{S}$.

Στα παραδείγματα που εξετάσαμε η πίεση που ασκεί το αέριο στο έμβολο είναι:

$$P = P_{atm} + \frac{B_{ολ}}{S}$$

όπου: $B_{ολ}$ το βάρος του σώματος και του εμβόλου, S το εμβαδόν του εμβόλου και P_{atm} η ατμοσφαιρική πίεση.

Πρέπει να τονίσουμε ότι λόγω της τυχαίας κίνησης των μορίων προς κάθε κατεύθυνση, η πίεση στο έμβολο είναι ίση με την πίεση στα τοιχώματα του κυλίνδρου και είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός των κρούσεων.

Νόμος του Boyle

Στην παράγραφο 2.2.2 μάθαμε ότι, αν ο όγκος ενός αερίου ελαττωθεί, έχουμε αύξηση των συγκρούσεων των μορίων του με τα τοιχώματα του δοχείου, δηλαδή αύξηση της πίεσης του αερίου. Αυτό αποτελεί μια ποιοτική ερμηνεία του πειραματικού νόμου του Boyle σύμφωνα με τον οποίο:

Υπό σταθερή θερμοκρασία το γινόμενο της πίεσης και του όγκου του αερίου είναι σταθερό.

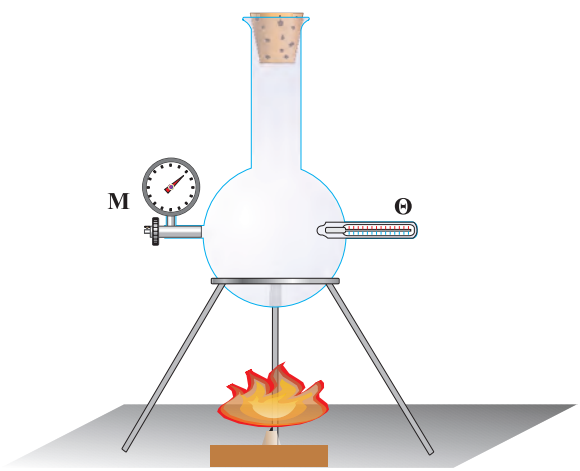
Δηλαδή: PV = σταθερό (για T = σταθερό).

β) Η θερμοκρασία

Στην εικόνα 2.2.7 έχουμε σχεδιάσει ένα κλειστό δοχείο μέσα στο οποίο υπάρχει αέριο. Το δοχείο είναι εφοδιασμένο με μανόμετρο M, που μετράει την πίεση και με θερμόμετρο Θ που μετράει τη θερμοκρασία.

Τι θα παρατηρήσουμε αν θερμάνουμε το αέριο και αυξηθεί η θερμοκρασία του;

Το πείραμα δείχνει ότι αυξάνεται η ένδει-

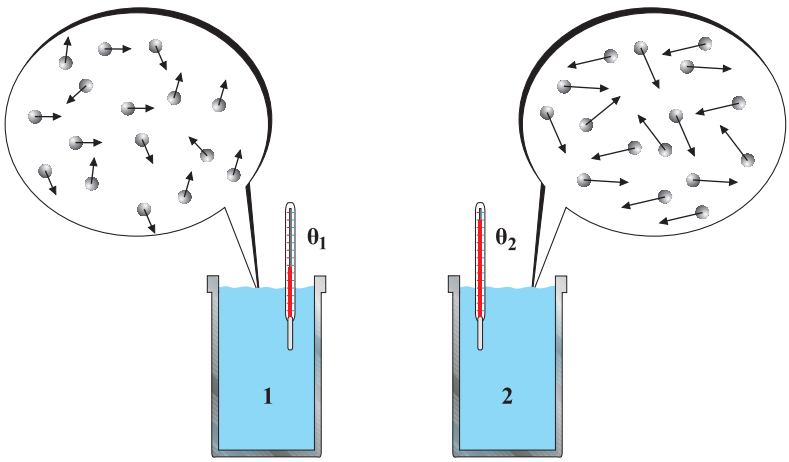


Εικόνα 2.2.7

ξη του μανομέτρου δηλαδή η πίεση του αερίου. Πώς μπορεί να ερμηνευθεί αυτή η μεταβολή με δεδομένο ότι ο όγκος του αερίου έμεινε πρακτικά αμετάβλητος;

Σύμφωνα με όσα αναφέραμε προηγουμένως για την ερμηνεία της πίεσης στα αέρια, είναι λογικό να δεχθούμε ότι αυξήθηκε η ταχύτητα των μορίων. Κατά συνέπεια, η έννοια της θερμοκρασίας είναι συνυφασμένη με την ταχύτητα των μορίων.

Έτσι η αύξηση της θερμοκρασίας σχετίζεται με την αύξηση της ταχύτητας των μορίων. Το λογικό αυτό συμπέρασμα ελέγχθηκε πειραματικά και βρέθηκε ότι είναι σωστό και ισχύει εκτός από τα αέρια στα υγρά (Εικ. 2.3.8) και στα στερεά ανεξάρτητα από το είδος των σωματιδίων που αυτά αποτελούνται, δηλαδή άτομα, ιόντα ή μόρια.



Εικόνα 2.2.8
Το δοχείο 1 περιέχει κρύο νερό και το δοχείο 2 ζεστό (δηλαδή $\theta_1<\theta_2$). Τα μόρια του νερού απεικονίζονται με σφαιρίδια και οι ταχύτητές τους με βέλη. Στο ζεστό νερό τα μόρια κινούνται με μεγαλύτερες ταχύτητες, οι οποίες παριστάνονται με βέλη μεγαλύτερου μήκους.

Ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ θερμοκρασίας και κίνησης των σωματίων από τα οποία αποτελούνται τα υλικά σώματα αποτέλεσε σημαντικό σταθμό στην ιστορία της Φυσικής.

2.2.3 Εσωτερική ενεργεία

Όπως είναι γνωστό, στα αέρια τα μόρια βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, με τις ταχύτητές τους και κατά συνέπεια τις κινητικές τους ενέργειες συνεχώς να μεταβάλλονται.

Ορίζουμε ως μέση κινητική ενέργεια $\bar{K}$ των μορίων του αερίου το άθροισμα των κινητικών ενεργειών K_1, K_2, ...K_N των μορίων του αερίου δια του πλήθους των N

Δηλαδή: $$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + ... + K_N}{N}$$

Στα αραιά μονοατομικά αέρια τα μόρια θεωρούνται ως σωμάτια, τα οποία μπορούν να έχουν, μόνο μεταφορική κίνηση. Αυτό σημαίνει πως η μέση κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου αυτού, είναι μεταφορική κινητική ενέργεια.

Εάν πολλαπλασιάσουμε τη μέση κινητική ενέργεια $\bar{K}$ των μορίων του αερίου λόγω της μεταφορικής τους κίνησης με το πλήθος τους N, προκύπτει η συνολική κινητική ενέργεια όλων των μορίων του αερίου.

Η ενέργεια αυτή ονομάζεται **εσωτερική ενέργεια U** και είναι αποτέλεσμα των θερμικών κινήσεων των μορίων του. Δηλαδή:

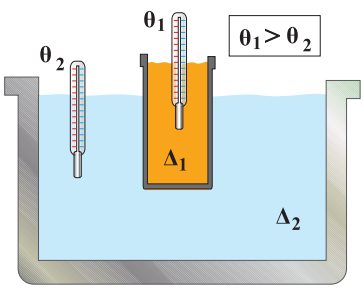
$$U = N\bar{K} \qquad (2.2.1)$$

Συνεπώς, η εσωτερική ενέργεια των αερίων αποδίδεται στη θερμική κίνηση των μορίων τους, αφού θεωρούμε την αλληλεπίδραση και κατά συνέπεια τη δυναμική ενέργεια, μηδέν. Επιπλέον, πρέπει να τη διακρίνουμε από οποιαδήποτε άλλη ενέργεια που είναι δυνατόν να έχει το αέριο. π.χ. ένεκα της κίνησης του δοχείου στο οποίο περιέχεται.

Σημείωση: Στα υγρά και στα στερεά, επειδή τα μόριά τους αλληλεπιδρούν, εκτός από την κινητική έχουν και δυναμική ενέργεια. Έτσι, στην περίπτωση των σωμάτων αυτών, εσωτερική ενέργεια είναι το άθροισμα της κινητικής και δυναμικής ενέργειας των δομικών τους λίθων. Όταν υπολογίζουμε μόνο τη συνολική κινητική ενέργεια των δομικών λίθων την ονομάζουμε θερμική ενέργεια του σώματος και είναι μέρος της εσωτερικής του ενέργειας.

Θέρμανση ενός σώματος, *σημαίνει αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας* εις βάρος της εσωτερικής ενέργειας κάποιου άλλου σώματος, του οποίου η εσωτερική ενέργεια μειώνεται και συνεπώς αυτό ψύχεται. Η αύξηση της εσωτερικής ενέργειας του ενός σώματος και η ταυτόχρονη μείωση της εσωτερικής ενέργειας του άλλου, συνεχίζονται έως ότου αυτά αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία.

Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να τη διαπιστώσουμε πειραματικά με τη βοήθεια της διάταξης που φαίνεται στην εικόνα 2.2.9. Πρόκειται για δύο δοχεία τα οποία περιέχουν νερό σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Το μικρό δοχείο έχει μεταλ-



Εικόνα 2.2.9

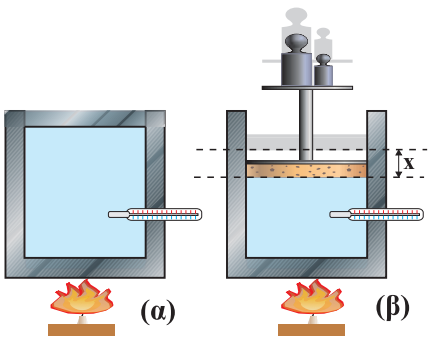
Μια μητέρα λέει στο παιδί της:
α) Κλείσε το ψυγείο, για να μην φύγει η ψύξη.
β) Κλείσε την πόρτα του σπιτιού για να μην μπει το κρύο.
Να σχολιάσετε τις προτάσεις αυτές.

λικά λεπτά τοιχώματα και περιέχει ζεστό νερό θερμοκρασίας θ_1 (σε °C). Το μεγάλο δοχείο έχει κρύο νερό θερμοκρασίας θ_2 (σε °C). Στα δύο δοχεία υπάρχουν θερμόμετρα με τα οποία μετράμε τις θερμοκρασίες του νερού των δυο δοχείων. Αρχικά οι θερμοκρασίες είναι θ_1 και θ_2. Στη συνέχεια η θερμοκρασία του νερού στο δοχείο Δ_1 μειώνεται ενώ αυξάνεται η θερμοκρασία στο δοχείο Δ_2. Η μεταβολή των θερμοκρασιών συνεχίζεται έως ότου το νερό στα δυο δοχεία αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία.

Όσο χρόνο οι θερμοκρασίες είναι διαφορετικές, γίνεται ανακατανομή στις εσωτερικές ενέργειες, το αποτέλεσμα της οποίας το ονομάζουμε "απορρόφηση θερμότητας" από το νερό στο δοχείο Δ_2. Όταν οι θερμοκρασίες γίνουν ίσες σταματά η ανακατανομή των εσωτερικών ενεργειών και τότε ούτε προσφέρεται ούτε απορροφάται θερμότητα.

Η κατάσταση αυτή ονομάζεται ***θερμική ισορροπία***.

2.2.4 Θερμότητα και διατήρηση της ολικής ενέργειας



Εικόνα 2.2.10

Παρόλο που πολλές φορές μέχρι τώρα σε προηγούμενα κεφάλαια αναφερθήκαμε στην αρχή διατήρησης της ενέργειας, σε καμία περίπτωση δε λάβαμε υπόψη μας την εσωτερική ενέργεια του αερίου. Στην εικόνα 2.2.10 φαίνονται δυο ίσες ποσότητες αερίου σε διαφορετικά δοχεία.

Εάν θερμάνουμε και τα δύο αέρια εξίσου, δηλαδή προσφέρουμε και στα δύο την ίδια ποσότητα θερμότητας θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα;

Στο πρώτο δοχείο και με την προϋπόθεση πως αυτό διατηρεί τον όγκο του σταθερό, το αέριο θερμαίνεται χωρίς καμία μεταβολή στον όγκο του. Αυτό σημαίνει πως η προσφερόμενη θερμότητα απορροφήθηκε εξολοκλήρου από τα μόρια του αερίου, τα οποία αύξησαν έτσι την κινητική τους ενέργεια, δηλαδή ότι αυξήθηκε η εσωτερική ενέργεια του αερίου. Μπορούμε λοιπόν να διατυπώσουμε την αρχή διατήρησης της ενέργειας με την απλή εξίσωση:

Προσφερόμενη θερμότητα = αύξηση εσωτερικής ενέργειας αερίου

ή $$Q = \Delta U \qquad (2.2.2)$$

Στο δεύτερο δοχείο η θερμοκρασία του αερίου αυξάνεται λιγότερο και διαστελλόμενο ανυψώνει σιγά - σιγά το έμβολο,

βάρους B και εμβαδού S, κατά μικρό ύψος x. Το γεγονός πως το έμβολο ισορροπεί και μετά τη διαστολή, σημαίνει πως η πίεση P του αερίου παρέμεινε σταθερή, ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη ισορροπίας:

$$PS = P_{atm}S + B$$

Αντίθετα λοιπόν με ό,τι συμβαίνει στο πρώτο δοχείο όπου η προσφερόμενη θερμότητα μετατράπηκε εξ' ολοκλήρου σε εσωτερική ενέργεια του αερίου, στο δεύτερο δοχείο η εξέλιξη είναι διαφορετική. Συγκεκριμένα η ανύψωση του εμβόλου κατά x, σημαίνει πως το αέριο διαστελλόμενο πρόσφερε ενέργεια ίση με το έργο της σταθερής δύναμης PS, το οποίο είναι W = PSx και επειδή Sx = ΔV, προκύπτει:

$$W = P\Delta V \qquad (2.2.3)$$

Στη σχέση (2.2.3), ΔV είναι η αύξηση του όγκου του αερίου κατά τη θέρμανσή του.

Αν λοιπόν αγνοήσουμε κάθε άλλη ενεργειακή μεταβολή, εκτός από τη θέρμανση του αερίου και την ανύψωση του εμβόλου, η διατήρηση της ενέργειας περιγράφεται από την εξίσωση:

Προσφερόμενη θερμότητα = αύξηση της εσωτερικής ενέργειας αερίου και ενέργεια απαιτούμενη για την ανύψωση του εμβόλου, εικόνα 2.2.11.



Εικόνα 2.2.11
Η θερμότητα που απορροφήθηκε προκάλεσε αύξηση της εσωτερικής ενέργειας και παραγωγή έργου.

Η μαθηματική έκφραση της εξίσωσης αυτής είναι:

$$Q = \Delta U + W \qquad (2.2.4)$$

Μέχρι τώρα κάθε φορά που αναφερόμαστε στη θερμότητα Q, θεωρούμε πως αυτή είναι μια μορφή ενέργειας όπως τόσες άλλες. Ωστόσο η άποψη αυτή μπορεί να εξυπηρετεί τη μελέτη μιας σειράς φαινομένων (και για το λόγο αυτό παραμένει σε χρήση) δε φαίνεται όμως πως είναι και ορθή.

Πράγματι αυτό που σήμερα αποδεχόμαστε για τη θερμότητα είναι πως αυτή ως φυσικό μέγεθος χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ποσότητας της ενέργειας που μετα-

Ένας μαθητής υποστηρίζει την παρακάτω άποψη:

Αν ένα αντικείμενο έχει υψηλή θερμοκρασία έχει και μεγάλη θερμότητα.

Ποια είναι η δική σας άποψη;

φέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Δηλαδή, όπως το έργο μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο λόγω άσκησης δύναμης, έτσι και η θερμότητα Q **μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.**



Benjamin Thompson, Count Rumford (1753-1814). Γεννήθηκε στην Αμερική αλλά εργάστηκε στην Ευρώπη. Ασχολήθηκε με την κατασκευή πολεμικών όπλων (κανονιών).

Παραδείγματος χάρη, καθώς ανυψώνουμε με το χέρι μας μια μεταλλική σφαίρα έχουμε μεταφορά ενέργειας W λόγω της δύναμης που της ασκούμε και μεταφορά ενέργειας Q λόγω διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στο χέρι μας και στη σφαίρα. Η ενέργεια W εμφανίζεται ως μηχανική ενέργεια της σφαίρας, ενώ η ενέργεια Q ως αύξηση της εσωτερικής της ενέργειας, δηλαδή ως αύξηση της θερμοκρασίας της.

2.2.5 Η θερμότητα και η μηχανική ενέργεια

Η πορεία της επιστήμης προς τη διατύπωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας δεν ήταν ούτε απλή ούτε εύκολη, καθώς έπρεπε να διευκρινιστεί η σημασία των μεγεθών, όπως η θερμότητα, το έργο και η σχέση εσωτερικής ενέργειας και θερμότητας. Στην πορεία αυτή υπήρξαν οι εξής σημαντικοί σταθμοί:



Julius Robert Mayer (1814-1878). Ιατρός γερμανικής καταγωγής, με μεγάλο ενδιαφέρον για τη φυσιολογία των οργανισμών. Κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η θερμότητα του σώματος των ζωντανών οργανισμών σχετίζεται με τη χημική ενέργεια των τροφών που αυτοί καταναλώνουν.

α) Η διαπίστωση που έκανε ο B. Thompson (Τόμσον) το 1799 ότι η θέρμανση δεν αυξάνει το βάρος των σωμάτων.

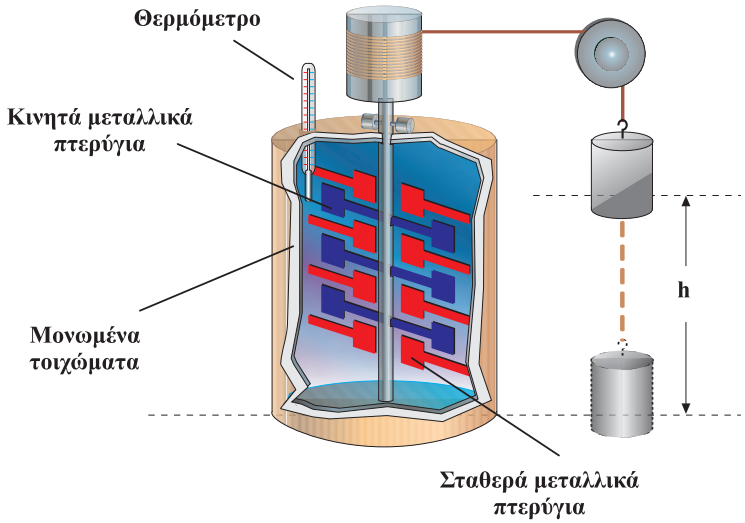
β) Η πρόταση του J.R. Mayer (Μάγιερ) το 1842 ότι, "η ενέργεια είναι αιτία των φαινομένων και ως τέτοια δεν μπορεί να πάψει να υπάρχει αλλά θα μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη, λειτουργώντας ως αιτία άλλων φαινομένων".

γ) Τα πειράματα του J.P. Joule (Τζάουλ) που θα αναφέρουμε παρακάτω, με τα οποία έδειξε ότι η μηχανική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε θερμότητα και προσδιόρισε την ποσοτική σχέση μεταξύ μηχανικής ενέργειας και θερμότητας. Ίσως φανεί παράξενο ή και απλοϊκό το επίτευγμα του Joule αλλά ήταν σημαντικό, γιατί την περίοδο εκείνη η μηχανική ενέργεια και η θερμότητα εθεωρούντο διαφορετικά μεγέθη και για τη μέτρησή τους χρησιμοποιούσαν διαφορετικές μονάδες. Η μονάδα θερμότητας ήταν το calorie (καλορί), μονάδα που χρησιμοποιούμε ακόμα και σήμερα. Ένα calorie (cal) είναι η ποσότητα της θερμότητας που απαιτεί-

ται προκειμένου να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου καθαρού νερού κατά 1ºC. Ακριβέστερα από τους 14,5°C στους 15,5ºC.

Η μονάδα μέτρησης της μηχανικής ενέργειας ήταν αυτή που χρησιμοποιούμε και σήμερα, το 1Joule = 1N1m, χωρίς να είχε τότε το σημερινό όνομα.

Ο Joule κατασκεύασε διάταξη που φαίνεται σχηματικά στην εικόνα 2.2.12.



Εικόνα 2.2.12

Αφήνοντας το σώμα να πέσει από γνωστό ύψος γνώριζε τη δυναμική του ενέργεια. Η ενέργεια αυτή έθετε σε κίνηση τα μεταλλικά πτερύγια τα οποία ανάδευαν το νερό. Έτσι πρόσθετε κινητική ενέργεια στα μόριά του, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του υγρού του οποίου γνώριζε τη μάζα. Μπορούσε επίσης, να υπολογίσει το ποσόν της θερμότητας Q που απορρόφησε το νερό με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σύμφωνα με τη γνωστή σχέση $Q = cm\Delta\theta$. Αφήνοντας το σώμα να πέσει αρκετές φορές υπολόγισε τη συνολική μηχανική ενέργεια W που μετατράπηκε σε θερμότητα. Για να προσδιορίσει τη σχέση μεταξύ θερμότητας και έργου υπολόγισε το λόγο Q/W και βρήκε ότι ήταν ίσος με 4,18. Το αποτέλεσμα αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα θερμότητας 1cal ισοδυναμεί με 4,18Joule. Επανέλαβε το πείραμα με διαφορετικά υγρά και με παραλλαγές της συσκευής. Τελικά προσδιόρισε ότι η τιμή 4,18 είναι σταθερή και ανεξάρτητη από τα υλικά και τις πειραματικές διατάξεις.



James Prescott Joule (1818-1889). Άγγλος Φυσικός, γόνος οικογένειας παραγωγών μπύρας. Ως μαθητής είχε δάσκαλο τον J.Dalton. Ασχολήθηκε συστηματικά με τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ του έργου μίας δύναμης και της θερμότητας.

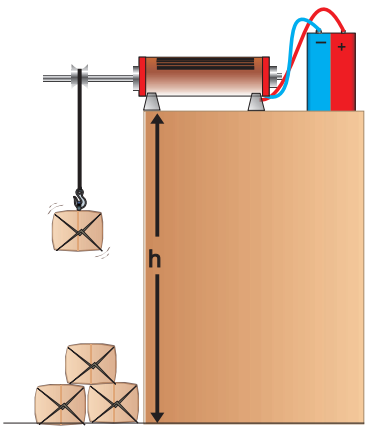
Παρόλο, που η μονάδα ενέργειας στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι το 1 Joule, χρησιμοποιούμε ακόμη και σήμερα ως μονάδα θερμότητας το cal και το παράγωγό του kcal, διότι είναι πιο κατάλληλη μονάδα σε διάφορους κλάδους όπως η θερμοδυναμική, η θερμοχημεία, η τεχνολογία καυσίμων κ.α.

2.2.6 Μηχανές και ενέργεια

Η ιστορία του ανθρώπου σχετίζεται άμεσα με τις προσπάθειές του να επιτύχει την παραγωγή έργου χωρίς ο ίδιος να κουράζεται. Έτσι εξημέρωσε ζώα για να εργάζονται εκείνα αντί γι' αυτόν, κατασκεύασε εργαλεία π.χ. τον τροχό, τον μοχλό, επινόησε διατάξεις για να αξιοποιήσει την ενέργεια του άνεμου (ιστιοφόρα, πλοία, ανεμόμυλους) ή του νερού (νερόμυλους) κ.τ.λ.

Σημαντικούς σταθμούς στην εξέλιξη της προσπάθειας για "λιγότερη κούραση" αποτέλεσαν οι ανακαλύψεις της ατμομηχανής, της μηχανής εσωτερικής καύσης και του ηλεκτρικού κινητήρα.

Σχηματικά, μια μηχανή π.χ. ο ηλεκτρικός κινητήρας, μπορεί να αναπαρασταθεί με τον τρόπο που φαίνεται στην εικόνα 2.2.13.

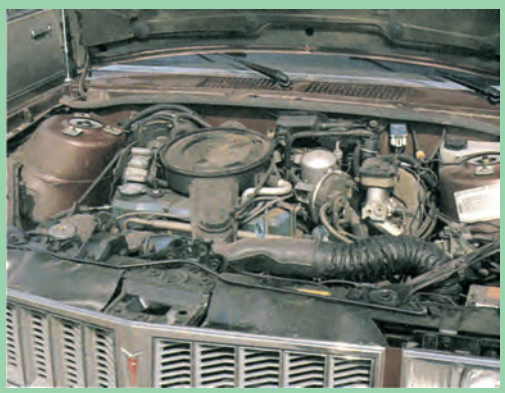


Εικόνα 2.2.13



Μια μηχανή (π.χ. ηλεκτρικός κινητήρας) απορροφά μια ποσότητα ενέργειας μορφής Α (ηλεκτρική) και μέσω έργου την αποδίδει υπό μορφή Β (μηχανική) στον αποδέκτη (σώμα που ανυψώνεται). Ταυτόχρονα λόγω τριβών στα κινούμενα εξαρτήματα του κινητήρα και αντιστάσεων παράγεται θερμότητα.

Ο κινητήρας του αυτοκινήτου



Ο κινητήρας ενός αυτοκινήτου είναι μια μηχανή η οποία χρησιμοποιεί χημική ενέργεια (δυναμική ενέργεια των ατόμων στα μόρια της βενζίνης), ενώ ο αποδέκτης του έργου είναι το ίδιο το αυτοκίνητο το οποίο αποκτά κινητική ενέργεια.

Στην εικόνα φαίνονται οι 4 φάσεις ενός κυλίνδρου σε ένα βενζινοκινητήρα.

Στη φάση Α, στον κύλινδρο εισάγεται το μείγμα αέρα - βενζίνης.

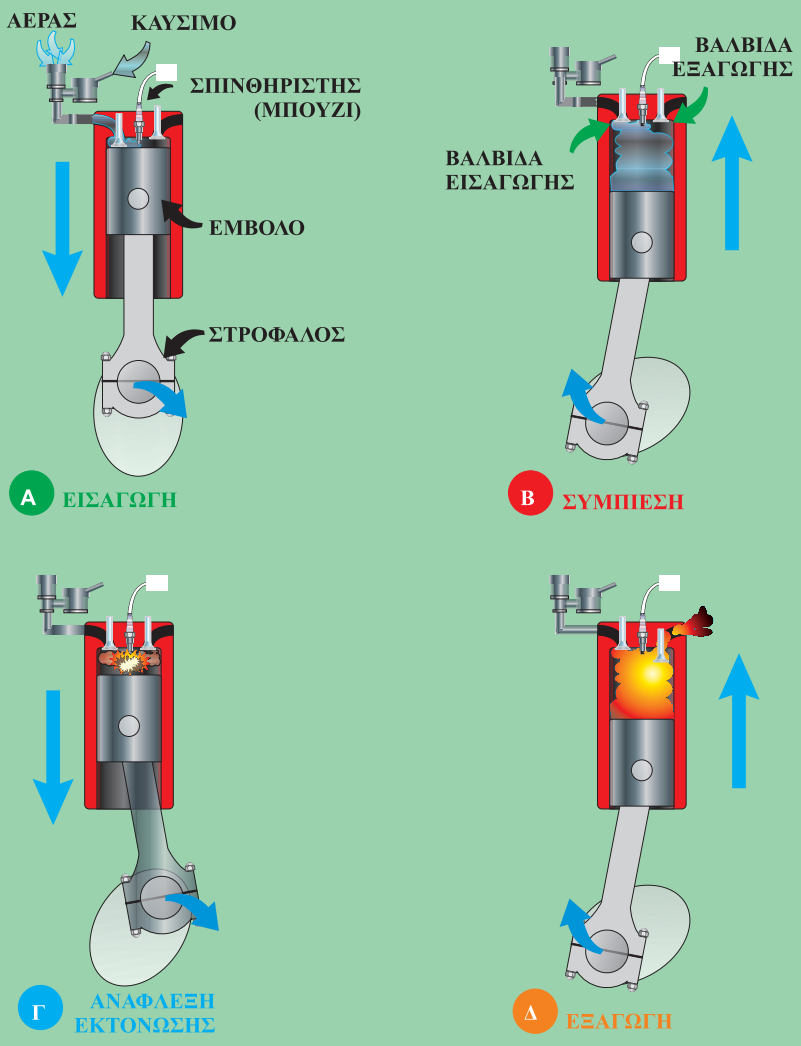
Στη φάση Β, το έμβολο συμπιέζει το μείγμα.

Στη φάση Γ, ο σπινθηριστής (μπουζί) παράγει σπινθήρα που προκαλεί ανάφλεξη στο μείγμα. Η ανάφλεξη προκαλεί απότομη αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς αύξηση της πίεσης στα καυσαέρια. Έτσι το έμβολο οπισθοχωρεί μετατρέποντας μέρος της ενέργειας των καυσαερίων σε έργο και τελικά σε κινητική ενέργεια του στροφάλου, (φάση Γ).

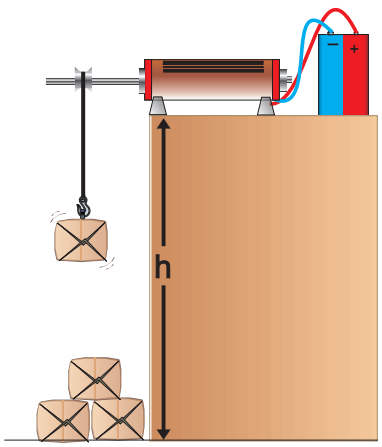
Τέλος στη φάση Δ, το έμβολο σπρώχνει τα καυσαέρια έξω από τον κύλινδρο, (φάση εξαγωγής).

Ο κύκλος αυτός των τεσσάρων φάσεων επαναλαμβάνεται συνεχώς και η χημική ενέργεια του καυσίμου μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και θερμότητα.

Γνωρίζουμε ότι κατά τη λειτουργία εκπέμπονται καυσαέρια τα οποία έχουν υψηλή θερμοκρασία. Συνεπώς και από αυτή τη μηχανή δεν αξιοποιείται πλήρως η ενέργεια που απορροφήθηκε.



2.2.7 Απόδοση μηχανής



Εικόνα 2.2.14

Ας θεωρήσουμε ένα κινητήρα ο οποίος χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια για να ανυψώσει σε ύψος h, τα κιβώτια που βρίσκονται σε έδαφος (Εικ. 2.2.14).

Για να ανυψώσει ο κινητήρας ένα κιβώτιο σε ύψος h απορροφά ενέργεια, έστω W_1, ενώ το σώμα αποκτά δυναμική ενέργεια W_2. Η ενέργεια W_2, όπως αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο, θα είναι μικρότερη από W_1 διότι υπάρχουν τριβές στα κινούμενα μέρη του κινητήρα και οι αγωγοί θερμαίνονται όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Η διαφορά W_1-W_2 είναι η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας η οποία μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Η ποσότητα W_1-W_2 συνήθως αναφέρεται ως "απώλεια ενέργειας". Στη Φυσική και στην Τεχνολογία αντί για την απώλεια ενέργειας, δηλαδή το W_1-W_2, χρησιμοποιούμε το πηλίκο W_2/W_1 το οποίο ονομάζεται απόδοση της μηχανής και εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό.

Δηλαδή:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{ενέργεια που αποδίδεται}}{\text{ενέργεια που απορροφάται}} \cdot 100\% \qquad (2.2.5)$$

Για παράδειγμα μια μηχανή με απόδοση 70% αν απορροφήσει 100Joule, θα αποδώσει 70Jou1e και 30Joule θα μετατραπούν σε άλλες μορφές ενέργειας π.χ. ήχος, θερμότητα. Η έννοια της απόδοσης επεκτείνεται και σε άλλες περιπτώσεις στις οποίες μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε μια άλλη.

Ας εξετάσουμε για παράδειγμα την ενεργειακή μετατροπή σ' έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα πυράκτωσης (Εικ. 2.2.15).

Ο λαμπτήρας φωτοβολεί, όταν το νήμα, θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία, επειδή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Συνεπώς η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και σε φωτεινή ενέργεια.



Εικόνα 2.2.15

Η απόδοση του λαμπτήρα θα είναι:

$$\alpha = \frac{\text{φωτεινή ενέργεια}}{\text{ηλεκτρική ενέργεια}} \cdot 100\%$$

Για ένα τυπικό λαμπτήρα πυρακτώσεως η απόδοση είναι μόλις 5%. Αυτό σημαίνει ότι το 95% της προσφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμότητα!

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι αποδόσεις διαφόρων συσκευών ή εξαρτημάτων.

Δραστηριότητα

Χρησιμοποίησε στοιχεία από τον πίνακα προκειμένου να απαντήσεις στα εξής ερωτήματα:

α) Πώς ερμηνεύεις την πρόταση της ΔΕΗ να αντικατασταθούν οι λαμπτήρες πυράκτωσης με λαμπτήρες φθορισμού;

β) Με βάση τις τιμές απόδοσης φαίνεται ότι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πλεονεκτούν έναντι αυτών που έχουν κινητήρες εσωτερικής καύσης.
Πώς το ερμηνεύεις αυτό;

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Προσεγγιστικές τιμές της απόδοσης διαφόρων μηχανών, συσκευών και εξαρτημάτων.

Είδος μηχανής	Μετατρέπει την ενέργεια από:	Απόδοση %
Ηλεκτρική γεννήτρια	Κινητική σε ηλεκτρική	70-99
Ηλεκτρικός κινητήρας	Ηλεκτρική σε κινητική	50-93
Ξηρό ηλεκτρικό στοιχείο	Χημική σε ηλεκτρική	90
Φούρνος υγραερίου οικιακής χρήσης	Χημική σε θερμική στο σώμα που θερμαίνεται	70-85
Πυραυλοκινητήρας υγρού καυσίμου	Χημική σε κινητική	47
Τουρμπινοκινητήρας ατμού	Θερμική σε κινητική	35-46
Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Χημική σε ηλεκτρική από λιγνίτη, άνθρακα	30-40
Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	Πυρηνική σε ηλεκτρική από πυρηνική ενέργεια	30-35
Τουρμπινοκινητήρας αεροπλάνου	Χημική σε κινητική	36
Laser στερεής κατάστασης	Ηλεκτρική σε φωτεινή	30
Μηχανή εσωτερικής καύσης π.χ. βενζινοκινητήρας	Χημική σε κινητική	20-30
Ηλιακό στοιχείο Αρσενικούχου γυαλιού	Φωτεινή σε ηλεκτρική	>20
Ηλιακό στοιχείο πυριτίου	Φωτεινή σε ηλεκτρική	12-16
Λάμπα φθορισμού	Ηλεκτρική σε φωτεινή	20
Λαμπτήρας πυράκτωσης	Ηλεκτρική σε φωτεινή	5
Ατμομηχανή	Θερμική σε κινητική	8

2.2.8 Υποβάθμιση της ενέργειας

Όπως είδαμε στην παράγραφο 2.2.7 όπου ορίσαμε την απόδοση των μηχανών, σε κάθε μετατροπή ενέργειας υπάρχουν απώλειες. Έτσι σε οποιαδήποτε μηχανή το ωφέλιμο ποσό ενέργειας που θα πάρουμε θα είναι μικρότερο από αυτό που θα δαπανήσουμε. Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ποσών ενέργειας θα μετατραπεί σε άλλες μορφές, π.χ. θερμική.



Θα μπορούσαμε άραγε να κατασκευάσουμε μηχανές με απόδοση 100%; Δηλαδή μηχανές που θα μετατρέπουν εξολοκλήρου την ποσότητα της ενέργειας με την οποία τις τροφοδοτούμε, στη μορφή ενέργειας που εμείς επιθυμούμε;

Τα στοιχεία του πίνακα της προηγούμενης παραγράφου μας δείχνουν ότι αυτό δεν έχει επιτευχθεί, αν και είναι δυνατό να κατασκευαστούν μηχανές με απόδοση περίπου 99%.

Γιατί όχι με απόδοση 100%;

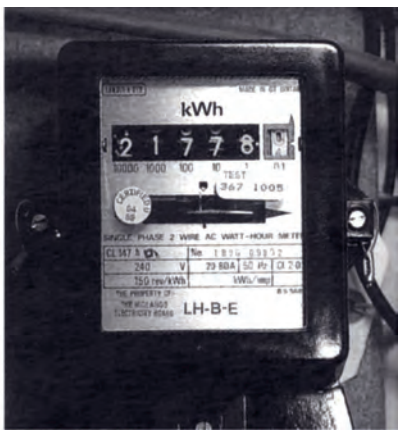
Θα υπέθετε κανείς ότι στο μέλλον μπορεί να υπάρξουν τέτοιες μηχανές. Σύμφωνα όμως με τους επιστήμονες, αυτό δεν μπορεί να συμβεί.

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, οι απώλειες της ενέργειας σε μια μηχανή είναι το ποσό της αρχικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα. Όμως η θερμότητα που παράγεται από τη χρήση των μηχανών μπορεί να αξιοποιηθεί.

Το γεγονός αυτό χαρακτηρίζεται ως **υποβάθμιση της ενέργειας.**



α) Πρώτη μέτρηση.

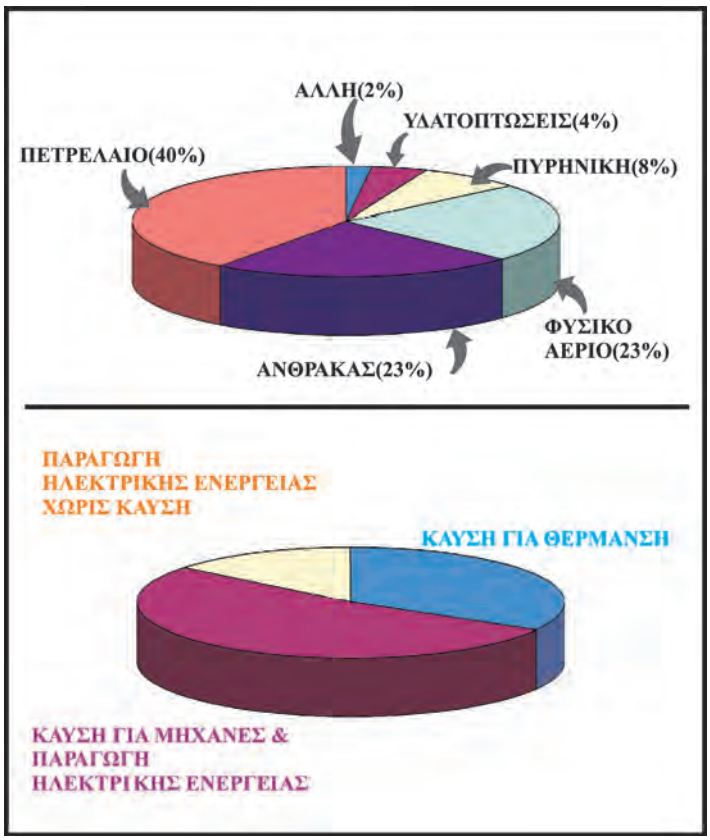


β) Μέτρηση μετά από μία εβδομάδα.

Έτσι μπορούμε να λέμε ότι πληρώνουμε το λογαριασμό της ΔΕΗ όχι επειδή "χαλάμε" ή "καίμε" ή "καταστρέφουμε" την ηλεκτρική ενέργεια, αλλά επειδή την υποβαθμίζουμε σε θερμότητα η οποία δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.

Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ανάγκες του ανθρώπου σε ενέργεια χρησιμοποιείται ενέργεια από διάφορες πηγές.

Στην εικόνα 2.2.16 φαίνονται οι διάφορες πηγές ενέργειας και οι ανάγκες που ικανοποιούνται μ' αυτές.



Εικόνα 2.2.16

Δραστηριότητα

ΙΣΧΥΣ - ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Για να πραγματοποιηθούν οι βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού (αναπνοή, κυκλοφορία του αίματος, κίνηση σπλάχνων, κ.α.) απαιτείται ενέργεια. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τη χημική ενέργεια των τροφών, μέσω μιας πολύπλοκης διαδικασίας που πραγματοποιείται στα κύτταρα.

Χρησιμοποιείστε τα δεδομένα του Πίνακα 2 στην ακόλουθη δραστηριότητα. Υπολογίστε κατά προσέγγιση τις ενεργειακές σας ανάγκες σε kcal για μια συνηθισμένη μέρα σας. Υπολογίστε την αντίστοιχη μέση ισχύ.

Σε ποιες μορφές ενέργειας μετατράπηκε η ενέργεια που πήρατε κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου;

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Ενέργεια (kcal) που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο σε διάφορες δραστηριότητες (οι τιμές είναι κατά προσέγγιση)

Βάρος σώματος / Η δραστηριότητα διαρκεί μία ώρα	45kg	68kg	90kg	113kg
Ύπνος	40	60	80	105
Καθισμένος	65	95	130	165
Όρθιος	70	100	140	170
Περίπατος στο πάρκο	130	195	260	320
Γρήγορο τρέξιμο	290	440	580	730

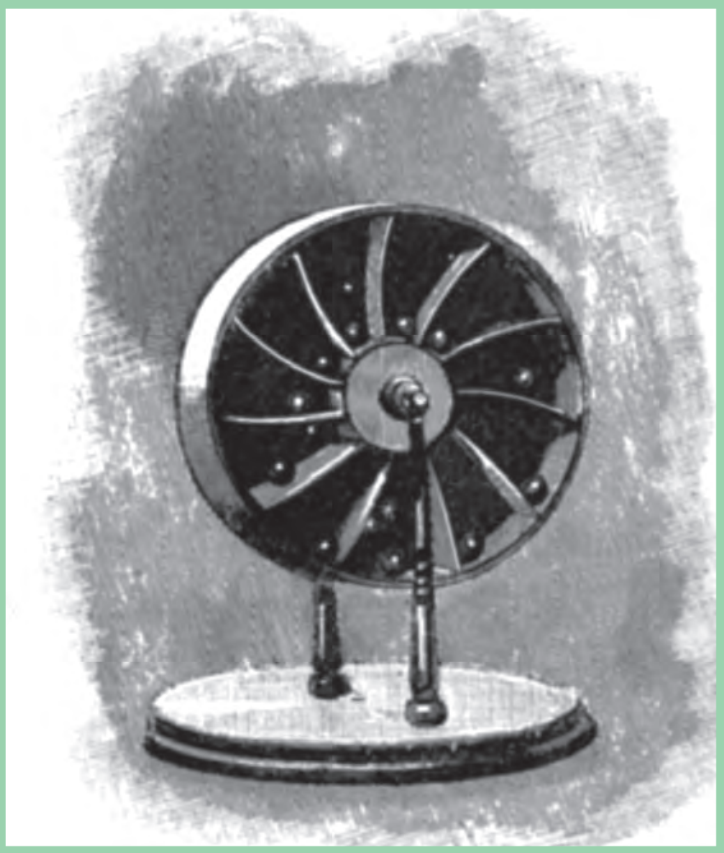
Αεικίνητο

Όλοι μας έχουμε την εμπειρία πως οποιοδήποτε σώμα και αν θέσουμε σε κίνηση, ανεξάρτητα από το είδος κίνησης, π.χ. βολή στον αέρα, ολίσθηση, κύλιση, κτλ., μετά από λίγο θα σταματήσει.

Αν χρησιμοποιήσουμε την έννοια της ενέργειας θα πούμε ότι η αρχική ενέργεια του σώματος (κινητική) μετατράπηκε μέσω του έργου των τριβών ή των αντιστάσεων σε θερμότητα.

Θα μπορούσε άραγε ένα σώμα να παραμείνει επ' άπειρο σε κίνηση;

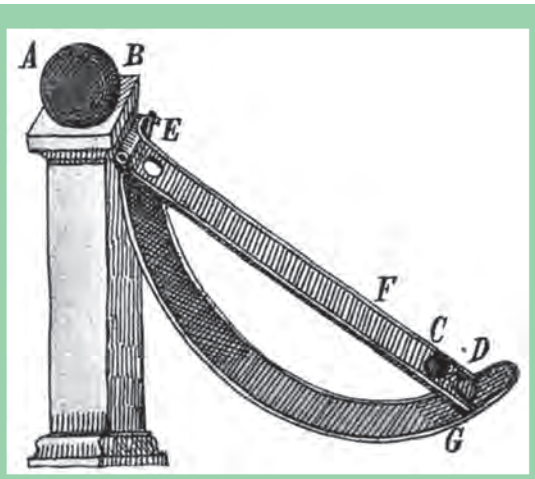
Πολλοί εφευρέτες προσπάθησαν να αντισταθμίσουν τις απώλειες λόγω τριβών προτείνοντας "έξυπνες" διατάξεις όπως αυτές στις εικόνες 1 και 2. Οι διατάξεις αυτές ονομάστηκαν αεικίνητα γιατί οι εφευρέτες τους πίστευαν ότι θα συνεχίζουν να κινούνται επ' άπειρο. Η διάταξη στην εικόνα 2 οφείλεται στον Ιταλό καθηγητή J. Taisnierus που έζησε το 16° αιώνα. Αυτός πίστευε ότι ο μαγνητισμός θα ήταν η λύση στο πρόβλημα της ακατάπαυστης κίνησης.



Εικόνα 1
Η δυναμική ενέργεια των μεταλλικών σφαιρών μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του τροχού.

Αν αφήναμε τη μεταλλική σφαίρα λίγο πιο κάτω από το σημείο Ε αυτή θα άρχιζε να κινείται λόγω βαρύτητας και αφού έπεφτε στην οπή D θα συνέχιζε την κίνησή της στην καμπύλη τροχιά ανεβαίνοντας κοντά στο σημείο απ' όπου ξεκίνησε, χωρίς να το φτάνει λόγω τριβών.

Αν τοποθετούσαμε ένα μαγνήτη στη βάση Β, τότε η έλξη του θα έδινε ενέργεια στην σφαίρα φέρνοντάς την πάλι στο σημείο Ε. Εκεί λόγω βαρύτητας η σφαίρα θα άρχιζε πάλι να κινείται και το φαινόμενο θα συνεχιζόταν ακατάπαυστα.

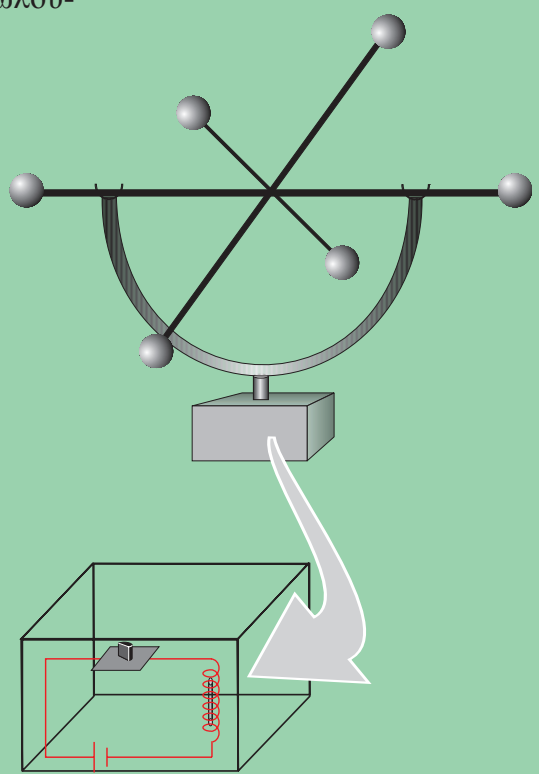


Εικόνα 2

Το πείραμα έδειξε ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί. Ο μαγνήτης ο οποίος υπερνικώντας τη βαρυτική έλξη θα ανέβαζε τη σφαίρα στο Ε, δεν θα την ελευθέρωνε όταν αυτή είχε ανέβει πάλι στο κεκλιμένο επίπεδο ED.

Εκατοντάδες εφευρέτες προσπάθησαν να κατασκευάσουν αεικίνητα, πλην όμως το πείραμα έδειχνε πάντα ότι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, μικρό ή μεγάλο, η κίνηση σταματούσε. Όσα αεικίνητα φάνηκε ότι λειτουργούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα, στο τέλος αποδείχθηκε ότι οι εφευρέτες είχαν κρύψει σε κάποιο εξάρτημα μια πηγή ενέργειας, συνήθως κάποιο συσσωρευτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέτοια "αεικίνητα" υπάρχουν και σήμερα και πωλούνται ως αξιοπερίεργα τεχνολογικά επιτεύγματα. Ένα από αυτά φαίνεται στην εικόνα 3. Αν εξετάσουμε το κουτί στο οποίο στηρίζεται θα βρούμε ότι περιέχει ένα συσσωρευτή ένα πηνίο και ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα. Το κινούμενο στέλεχος το οποίο βρίσκεται πάνω από το κουτί περιέχει έναν μαγνήτη. Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει στο πηνίο, το ηλεκτρονικό εξάρτημα επιτρέπει τη δίοδο του ηλεκτρικού ρεύματος και συνεπώς το πηνίο γίνεται ηλεκτρομαγνήτης. Έτσι έλκει το μαγνήτη δίνοντάς του επιπλέον κινητική ενέργεια. Όταν ο μαγνήτης βρίσκεται μακριά από το εξάρτημα ή είναι ακίνητος τότε το εξάρτημα λειτουργεί ως διακόπτης, παύει η δίοδος του ρεύματος από το πηνίο και η δαπάνη της ηλεκτρικής ενέργειας του συσσωρευτή. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται: α) η περιοδική προσφορά ενέργειας για να αντισταθμίζονται οι απώλειες που οφείλονται στις τριβές και β) οικονομία στην ηλεκτρική ενέργεια διότι το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα για μικρό χρονικό διάστημα σε κάθε ταλάντωση.



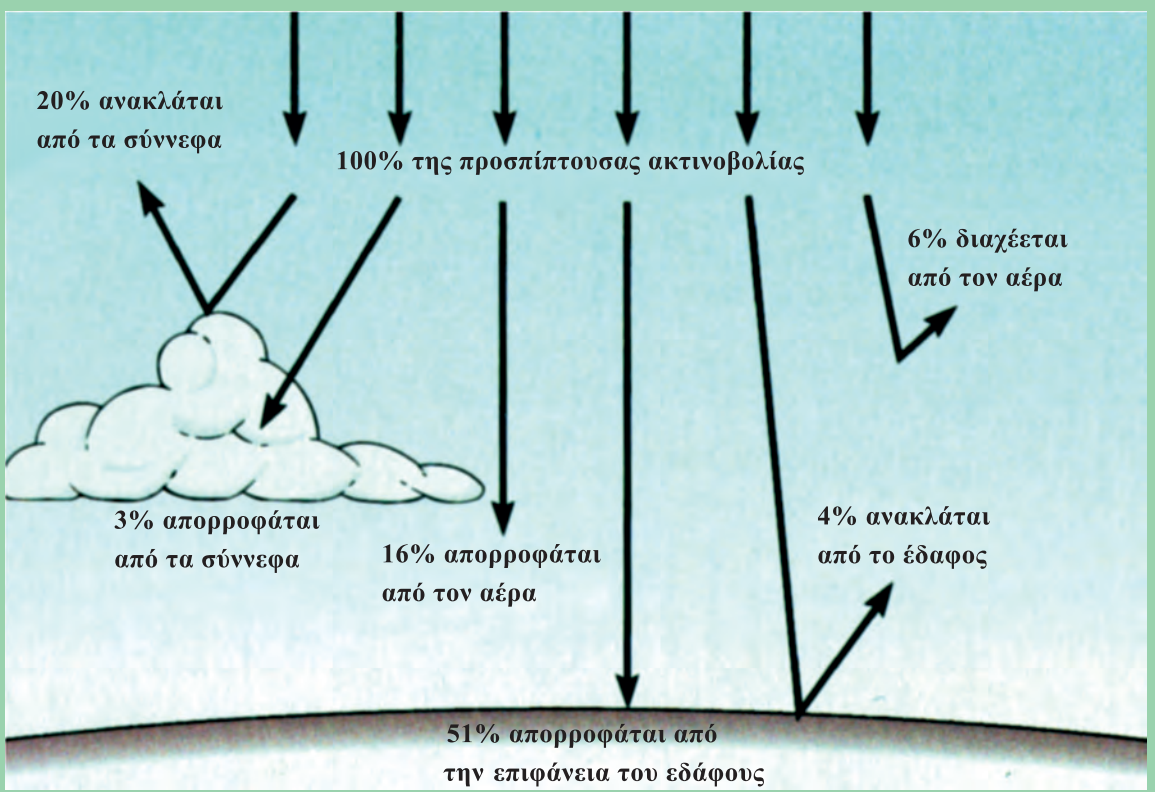
Εικόνα 3

Η εσωτερική ενέργεια της ατμόσφαιρας και ο καιρός

Οι περισσότεροι άνθρωποι συνηθίζουν να παρακολουθούν το δελτίο πρόγνωσης του καιρού και να προσαρμόζουν ανάλογα τις δραστηριότητές τους για την επόμενη μέρα. Έτσι γνωρίζουν αν πρόκειται να βρέξει, να αυξηθεί η θερμοκρασία, να φυσήξουν άνεμοι κτλ. Η αιτία των αλλαγών του καιρού και η δυνατότητα πρόβλεψής του απασχόλησαν τους ανθρώπους από την αρχαιότητα.

Σήμερα η επιστήμη της Μετεωρολογίας είναι σε θέση να κάνει αξιόπιστες προβλέψεις για τις αμέσως επόμενες ημέρες. Μπορούμε να περιγράψουμε τα καιρικά φαινόμενα αν κάνουμε αρκετές απλουστεύσεις οι οποίες θα μας στερήσουν τη δυνατότητα να εξηγήσουμε φαινόμενα όπως οι κυκλώνες ή η ανομβρία αλλά θα μας επιτρέψουν να κατανοήσουμε τους βασικούς μηχανισμούς οι οποίοι ευθύνονται για τα καιρικά φαινόμενα.

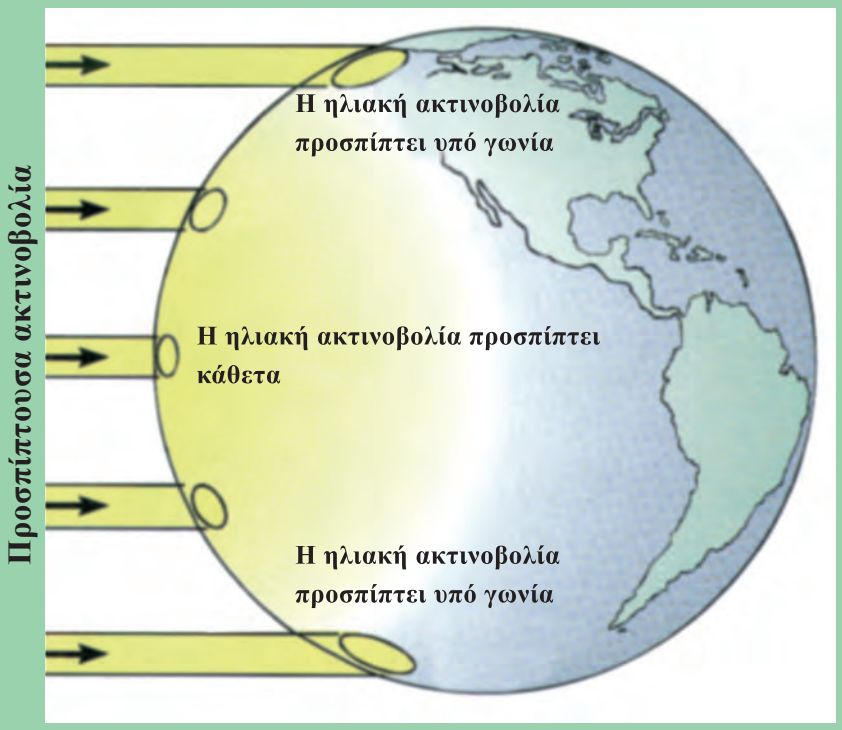
Στις περιγραφές μας θα χρησιμοποιήσουμε έννοιες τις οποίες συναντήσαμε σε αυτό το κεφάλαιο, όπως πίεση, θερμοκρασία, εσωτερική ενέργεια, θερμότητα, έργο και άλλες γνωστές από προηγούμενες τάξεις, όπως πυκνότητα, άνωση, εξάτμιση, υγροποίηση κτλ. Τρία είναι τα βασικά στοιχεία τα οποία εμπλέκονται στα καιρικά φαινόμενα:

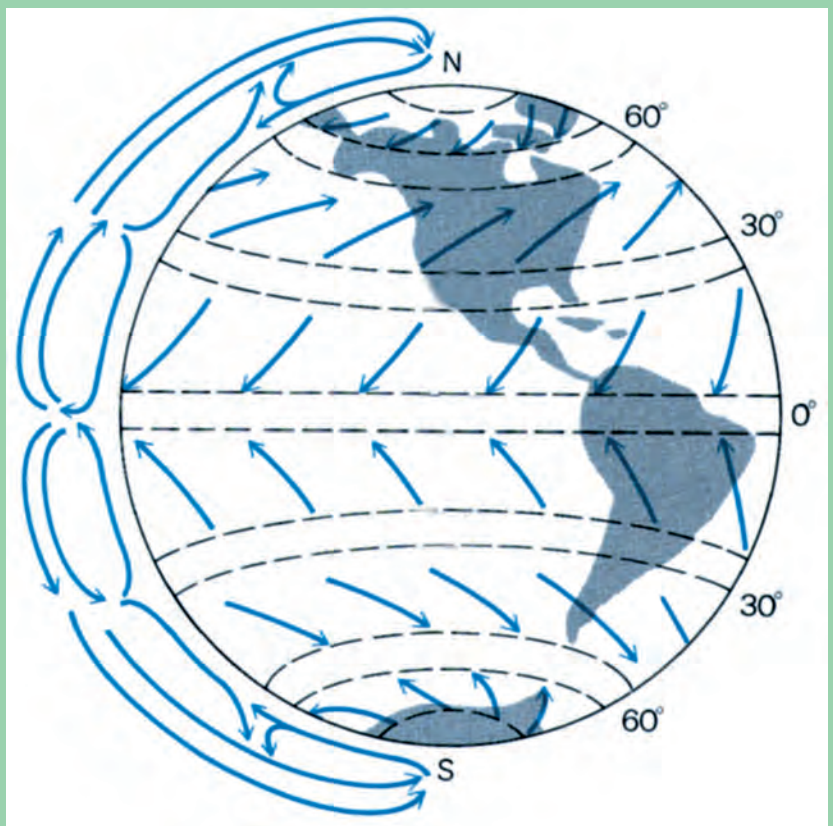


Α) Ο Ήλιος ο οποίος είναι μια τεράστια πηγή ενέργειας που θερμαίνει τη Γη. Η θέρμανση γίνεται με τις ακτινοβολίες που εκπέμπει και ειδικότερα με τρεις από αυτές: α) το ορατό φως, β) την αόρατη ακτινοβολία που ονομάζεται υπέρυθρη ακτινοβολία και γ) την επίσης αόρατη ακτινοβολία που ονομάζεται υπεριώδης ακτινοβολία.

Β) Η ατμόσφαιρα η οποία με τα αέρια που περιλαμβάνει, καθορίζει το βάθος στο οποίο θα φτάσουν οι διάφορες ακτινοβολίες και το αποτέλεσμα που αυτές θα επιφέρουν στα διάφορα συστατικά, όπως το O_2, το CO_2, το νερό, κ.α.

Γ) Η Γη η οποία έχει ένα συγκεκριμένο ανάγλυφο από όρη, ωκεανούς, πεδιάδες, κ.α. Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και ταυτόχρονα περιφέρεται γύρω από τον ήλιο. Ο άξονας περιστροφής της Γης παρουσιάζει κλίση 23,4° ως προς το επίπεδο της τροχιάς της με αποτέλεσμα να μη δέχονται το ίδιο ποσοστό ακτινοβολίας οι περιοχές που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη. Η Γη, ενώ δέχεται ακτινοβολία από τον ήλιο με αποτέλεσμα να θερμαίνεται, ταυτόχρονα εκπέμπει ακτινοβολία με αποτέλεσμα να ψύχεται. Έτσι διαμορφώνεται μια





Λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ πόλων και ισημερινού, δημιουργούνται ρεύματα αέρα, με φορά από τον ισημερινό προς τους πόλους. Επίσης, δημιουργούνται ζώνες υψηλής και χαμηλής πίεσης, οι οποίες προσδιορίζουν τη φορά των ανέμων σε κάθε ημισφαίριο. Λόγω της περιστροφής της Γης, τα ρεύματα εκτρέπονται προς διαφορετικές κατευθύνσεις στο βόρειο και το νότιο ημισφαίριο.

μέση τιμή θερμοκρασίας για όλο τον πλανήτη η οποία αλλάζει πολύ αργά και διαρκεί πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα προκαλώντας τεράστιες αλλαγές στο κλίμα της γης όπως π.χ. κατά την περίοδο των παγετώνων.

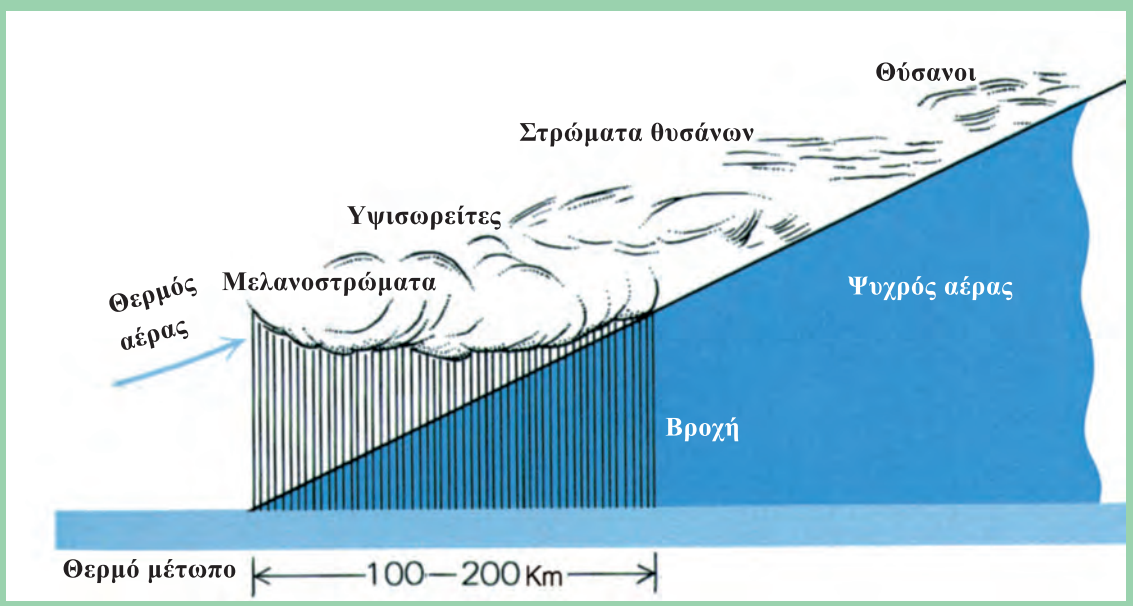
Η βασική επίδραση του ήλιου είναι η αύξηση της εσωτερικής ενέργειας της ατμόσφαιρας της Γης, η οποία όμως δεν είναι ούτε ομοιόμορφη, ούτε συμμετρική. Έτσι ανάλογα με τη γωνία με την οποία η ακτινοβολία προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης και με το χρονικό διάστημα για το οποίο αυτό συμβαίνει, προκαλείται ανάλογη αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Οι διαφορές της θερμοκρασίας στις διάφορες περιοχές της ατμόσφαιρας έχουν ως αποτέλεσμα να τίθενται σε κίνηση μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικού αέρα.

Οι κινήσεις αυτές είναι ανυψωτικές, σε περιοχές όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή και καθοδικές σε περιοχές όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλή.

Επίσης λόγω της περιστροφής της γης, οι αέριες μάζες τίθενται σε κυκλοτερή κίνηση σχηματίζοντας τεράστια ρεύματα αέρα τα οποία κινούνται μεταξύ περιοχών με διαφορετικές τιμές πίεσης και θερμοκρασίας.

Σε τοπικό επίπεδο τα ρεύματα αυτά κινούνται προς κατευθύνσεις οι οποίες προσδιορίζονται εκτός από τις διαφορές πίεσης και από τα στοιχεία του ανάγλυφου της Γης



όπως πεδιάδες, οροσειρές, ωκεανοί, κ.α.

Τα ρεύματα ατμοσφαιρικού αέρα τα οποία έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες και διαφορετικά ποσοστά υδρατμών, συνήθως αναφέρονται ως **μέτωπα**. Στις περιοχές όπου συναντιόνται τα μέτωπα συμβαίνουν αλλαγές στον καιρό και προκαλούνται φαινόμενα όπως βροχές, χιονοπτώσεις, καύσωνας, κ.τ.λ.

Τα ρεύματα αέρα, η εξάτμιση του νερού, η μεταφορά του αέρα και των υδρατμών από μια περιοχή σε άλλη απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας τα οποία προέρχονται από τον Ήλιο. Για να εκτιμήσουμε τα ποσά αυτά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα εξής δεδομένα:

1. Ο Ήλιος μετακινεί και συντηρεί σε διαρκή κίνηση 5.600.000.000.000.000 τόνους ατμοσφαιρικού αέρα.

2. Η ταχύτητα με την οποία γίνεται η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί να είναι ή πολύ μικρή ή πάρα πολύ μεγάλη. Έχουν όμως μετρηθεί και ταχύτητες έως και 600km/h.

3. Μετακινεί τεράστιες ποσότητες σκόνης που συχνά φθάνουν τα 500.000.000 τόνους.

4. Ανυψώνει και συντηρεί στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες νερού. Ένα συνηθισμένο σύννεφο περιέχει 100 έως 1000 τόνους νερού.

5. Η ενέργεια που εκλύεται σε μια καλοκαιρινή καταιγίδα είναι μεγαλύτερη από αυτή που ισοδυναμεί με 10 ατομικές βόμβες όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη Χιροσίμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Φαινόμενα όπως τήξη, βρασμός, διαστολή περιγράφονται με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

Η ύλη αποτελείται από άτομα και μόρια που έχουν δύο βασικά χαρακτηριστικά:

α) κινούνται και

β) αλληλεπιδρούν.

Άρα τα μόρια θα έχουν κινητική και δυναμική ενέργεια. Εφ' όσον πρόκειται όμως για αραιά αέρια η δυναμική τους ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Στην περίπτωση αυτή ορίζουμε την **εσωτερική ενέργεια** U με τη σχέση: $U = N\bar{K}$, όπου $\bar{K}$ η μέση κινητική ενέργεια των μορίων.

Η ιδιότητα των αερίων να ασκούν δυνάμεις στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιέχουν περιγράφεται με τη χρήση του φυσικού μεγέθους της πίεσης. Η **πίεση** είναι το μονόμετρο μέγεθος που ορίζεται από το πηλίκο της κάθετης δύναμης F, προς την επιφάνεια S, στην οποία αυτή ασκείται δηλαδή P = F/S με μονάδα μέτρησης στο διεθνές σύστημα $1N/m^2 = 1Pascal$.

Αν αυξήσουμε τη θερμοκρασία ενός αερίου αυξάνεται η πίεσή του. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση της ταχύτητας του κάθε μορίου του.

Αν Q ονομάσουμε το ποσό της θερμότητας που απορροφάται από ένα αέριο, ΔU η αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας και **W** το έργο, τότε ισχύει η σχέση Q = ΔU + W που περιγράφει την **αρχή διατήρησης της ενέργειας**.

Μια μηχανή που χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια απορροφά ενέργεια W_1 ενώ το έργο που παρέχει είναι W_2.

Το πηλίκο W_2/W_1 ονομάζεται **απόδοση** της μηχανής.

Δηλαδή:

$$\text{απόδοση} = \frac{\text{ενέργεια που αποδίδεται}}{\text{ενέργεια που απορροφάται}} \cdot 100\%$$

Ο ρυθμός με τον οποίο μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε κάποια άλλη, ονομάζεται **ισχύς** και συμβολίζεται με το **P**.

Έτσι αν μια ποσότητα ενέργειας **W** μετατρέπεται σε άλλη στη χρονική διάρκεια t, η ισχύς είναι $P = \frac{W}{t}$ με μονάδα μέτρησης στο S.I. το $1Watt = \frac{1Joule}{s}$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι μορφή ενέργειας έχουν τα μόρια των αραιών αερίων;
Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

2. Τι σημαίνει η έκφραση "τα αέρια είναι συμπιεστά";

3. Πώς ερμηνεύεται η πίεση που ασκεί ένα αέριο στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει;

4. Πού οφείλεται η δύναμη που "τεντώνει" τα τοιχώματα ενός μπαλονιού;

5. Με ένα απλό πείραμα να εξηγήσετε πώς φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι αύξηση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας αερίου συνεπάγεται αύξηση των ταχυτήτων των μορίων;

6. Τι ονομάζουμε εσωτερική ενέργεια μιας ποσότητας αερίου; Πώς εξηγείται ότι η εσωτερική ενέργεια μιας ποσότητας αερίου πρέπει να είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του;

7. Πώς σχετίζεται το μέγεθος θερμότητα με το μέγεθος εσωτερική ενέργεια;

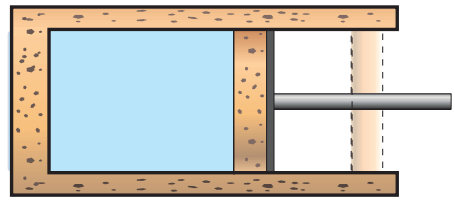
8. Να εξηγήσετε τον όρο "απορρόφηση θερμότητας" από ένα σώμα.

9. Πότε δυο σώματα λέμε ότι βρίσκονται σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας; Αναφέρατε ένα παράδειγμα στο οποίο να εξηγήσετε τη διαδικασία με την οποία δύο σώματα φτάνουν σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας.

10. Γράψτε τη σχέση που εκφράζει την αρχή διατήρησης της ενέργειας. Να εξηγήσετε τα μεγέθη που υπεισέρχονται στη σχέση αυτή.

11. Μια ποσότητα αερίου βρίσκεται σε δοχείο με αγώγιμα και ανένδοτα (σταθερά) τοιχώματα. Θερμαίνουμε το δοχείο.
Πώς εφαρμόζεται η αρχή διατήρησης της ενέργειας στην περίπτωση αυτή;

12. Ο κύλινδρος της εικόνας έχει μονωμένα τοιχώματα και περιέχει μια ποσότητα αερίου. Το έμβολο είναι μονωμένο και μπορεί να κινείται χωρίς τριβή.



Το έμβολο κινείται προς τα δεξιά λόγω της πίεσης του αερίου. Συμφωνείτε με την άποψη ότι μειώθηκε η εσωτερική ενέργεια του αερίου;

13. Ποιες μονάδες θερμότητας γνωρίζετε; Ποια είναι η σχέση μεταξύ τους;

14. Να κάνετε ένα απλό σχεδιάγραμμα με το οποίο να αναπαριστάνονται οι ενεργειακές μετατροπές μιας μηχανής.

15. Πώς ορίζεται η απόδοση μιας μηχανής; Τι εννοούμε όταν λέμε για παράδειγμα, ότι μια μηχανή έχει απόδοση 65%;

16. Πώς ερμηνεύετε την πρόταση της ΔΕΗ, να αντικατασταθούν οι λαμπτήρες πυράκτωσης με λαμπτήρες φθορισμού; Στην απάντησή σας, να λάβετε υπόψη τα στοιχεία του πίνακα με τις τιμές απόδοσης διαφόρων μηχανών και συσκευών.

17. Τι εννοούμε με τον όρο υποβάθμιση της ενέργειας; Αναφέρατε ένα παράδειγμα για να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

18. Σε μια μηχανή έχουμε πάντα απώλειες ενέργειας.
Α. Τι εννοούμε με τον όρο "απώλειες ενέργειας";
Β. Σε μια μηχανή εξακολουθεί να ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας;

19. Να συμπληρώσετε τα κενά στο παρακάτω κείμενο:

Τόσο τα μόρια όσο και τα άτομα έχουν δύο βασικά χαρακτηριστικά:

Α. Να …… και

Β. Να …… ασκώντας ελκτικές και απωστικές δυνάμεις. Στα αραιά αέρια οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων είναι σχετικά μεγάλες και κατά συνέπεια θεωρούμε ότι τα μόρια έχουν μόνο …….. ενέργεια.

20. Να συμπληρώσετε τα κενά στο παρακάτω κείμενο:

Α. Η πίεση που προκαλεί ένα αέριο στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει οφείλεται στις …….. που ασκούν τα μόρια του αερίου στα τοιχώματα του δοχείου κατά την πρόσκρουσή τους σε αυτά.

Β. Η θερμοκρασία εξαρτάται από το μέτρο της μέσης τιμής των …….. των μορίων ενός αερίου.

Γ. Εσωτερική ενέργεια μιας ποσότητας αερίου είναι η …… των μορίων του.

21. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις:

Α. Τα μόρια μιας ποσότητας αερίου έχουν μόνο κινητική ενέργεια αν το αέριο είναι αραιό.

Β. Η θερμότητα είναι το ποσό ενέργειας που περιέχει ένα σώμα.

Γ. Όταν δύο σώματα που βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία, έλθουν σε επαφή, τότε ποσό θερμότητας "ρέει" από το ένα στο άλλο.

22. Να χαρακτηρίσετε με το γράμμα (Σ) τις σωστές και με το γράμμα (Λ) τις λανθασμένες προτάσεις:

Α. Η σχέση: $Q = W + \Delta U$ αποτελεί την έκφραση της αρχής διατήρησης της ενέργειας για τις μεταβολές που υφίσταται ένα αέριο.

Β. Μονάδα κινητικής ενέργειας είναι το 1cal και είναι: 1cal = 4,18Joule.

Γ. Απόδοση 70% ενός ηλεκτροκινητήρα σημαίνει ότι 100Joule ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπονται σε 70Joule κινητικής ενέργειας.

Δ. Μια ποσότητα ενέργειας δεν χάνεται σε οποιαδήποτε μετατροπή της αλλά μπορεί να υποβαθμιστεί.

23. Η εσωτερική ενέργεια μιας ποσότητας ενός αραιού αερίου είναι:

Α. Το άθροισμα των δυναμικών ενεργειών των μορίων.

Β. Το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των μορίων.

Γ. Το άθροισμα των κινητικών και δυναμικών ενεργειών των μορίων.

24. Δύο αντικείμενα βρίσκονται απαραίτητα στην ίδια θερμοκρασία αν:

Α. Περιέχουν ίσες ποσότητες θερμότητας.

Β. Χάνουν θερμότητα με τον ίδιο ρυθμό.

Γ. Δεν συμβαίνει μεταφορά ενέργειας από το ένα στο άλλο όταν έρθουν σε επαφή.

Δ. Τα μόριά τους έχουν την ίδια ατομική δομή.

25. Κατά την πειραματική διαδικασία με τη συσκευή του Joule αφήνουμε ένα σώμα να πέσει από γνωστό ύψος και η δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται κατά 5J.

Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

Α. Στα πτερύγια μεταβιβάζεται ενέργεια 5J.

Β. Η εσωτερική ενέργεια του νερού μεγαλώνει κατά 5J.

Γ. Μειώθηκε η κινητική ενέργεια των μορίων του υγρού.

26. Με το ένα χέρι σας ακουμπήστε το μεταλλικό πόδι του θρανίου σας και με το άλλο ακουμπήστε το ξύλινο μέρος του.

Α. Ποιο από τα δύο μέρη του θρανίου αισθάνεστε να είναι πιο ψυχρό;

Β. Πώς εξηγείτε τη διαφορά που αισθάνεστε;

Γ. Η θερμοκρασία των μερών του θρανίου είναι ίδια με του περιβάλλοντος ή όχι;

27. Α. Αναμιγνύουμε το νερό δύο ποτηριών που περιέχουν ίσες ποσότητες νερού.

Οι θερμοκρασίες τους είναι 20°C και 60°C. Το νερό που θα προκύψει θα έχει θερμοκρασία:

i) 60°C
ii) 40°C
iii) 20°C
iv) 50°C

Β. Αν η ποσότητα του νερού θερμοκρασίας 20°C είναι διπλάσια από την ποσότητα του νερού θερμοκρασίας 60°C, να υπολογίσετε τη θερμοκρασία του νερού που θα προκύψει από την ανάμειξή τους.

28. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι λανθασμένες;

Α. Η ενέργεια "χάνεται" αν μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη.
Β. Η ενέργεια μπορεί να ανακυκλωθεί μετατρεπόμενη συνεχώς από μια μορφή σ' άλλη.
Γ. Η ενέργεια διατηρείται αν μετασχηματίζεται από μια μορφή σε άλλη.
Δ. Η ενέργεια υποβαθμίζεται κατά τη μετατροπή από μια μορφή σε άλλη και έτσι δεν μπορεί να ανακυκλώνεται συνεχώς.
Ε. Ένα αντικείμενο μπορεί μόνο να παίρνει ή να δίνει ενέργεια.

29. Ωθούμε ένα βιβλίο που βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο θρανίο. Το βιβλίο αρχίζει να κινείται και σχεδόν αμέσως σταματά, λόγω τριβών.

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Α. Η κινητική του ενέργεια μετατράπηκε σε θερμότητα.
Β. Αυξήθηκε η θερμότητα του βιβλίου και του τραπεζιού.
Γ. Αυξήθηκε η θερμοκρασία του βιβλίου και του τραπεζιού.

30. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με (Σ) αν είναι σωστές και με (Λ) αν είναι λανθασμένες.

Α. Κλείνουμε την πόρτα το χειμώνα για να μη μπει το κρύο.
Β. Τα αέρια μπορούν να συμπιεστούν μέχρι να αποκτήσουν μηδενικό όγκο.
Γ. Ένα αέριο έχει έργο W.
Δ. Ένα σύστημα έχει εσωτερική ενέργεια U.
Ε. Ένα υγρό έχει θερμοκρασία θ.
ΣΤ. Ένα στερεό έχει θερμότητα Q.

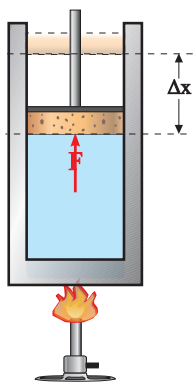
ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ιδανικό αέριο απορροφά θερμότητα 80J ενώ ταυτόχρονα παράγει έργο 30J. Να υπολογίσετε τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου.

2. Πόση θερμότητα ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου - περιβάλλοντος σε μια διαδικασία κατά την οποία το παραγόμενο έργο είναι 50J και η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου είναι 30J;

3. Κατά τη συμπίεση ενός αερίου, η εσωτερική του ενέργεια διατηρείται σταθερή, ενώ στο αέριο μεταβιβάζεται ενέργεια μέσω έργου 50J. Πόση θερμότητα ανταλλάσσεται μεταξύ αερίου και περιβάλλοντος;

4. Κατά τη θέρμανση αερίου μέσα σε δοχείο με έμβολο, μεταβιβάζεται στο αέριο θερμότητα 400J. Η εσωτερική ενέργεια του αερίου μεταβάλλεται κατά 250J. Το αέριο ασκεί στο έμβολο σταθερή δύναμη 1.500N, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Πόσο θα μετακινηθεί το έμβολο;

5. Ένα σώμα μάζας 0,8kg αφήνεται από ύψος 3m, πέφτει σε άμμο και ακινητοποιείται.

Πόσο αυξάνεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος;

Δίνεται $g = 10m/s^2$ και ότι στο σώμα κατά την πτώση του επενεργεί μόνο το βάρος του.

6. Έστω ότι θέλετε να μειώσετε το βάρος σας και κάποιος σας προτείνει να μειώσετε κατά 10% το ποσοστό θερμίδων στο καθημερινό σας διαιτολόγιο, διατηρώντας την ίδια καθημερινή σας δραστηριότητα. Λάβετε υπόψη ότι η καύση 1g λίπους αποδίδει 9,5kcal. Ας υποθέσουμε ότι με ένα κανονικό διαιτολόγιο 3.500kcal την ημέρα, το βάρος σας παραμένει σταθερό.
Σε πόσο χρόνο θα χάσετε 2kg;

7. Ένα αυτοκίνητο έχει μάζα 1.000kg και κινείται σε οριζόντιο δρόμο με σταθερή ταχύτητα 108km/h. Η συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του αυτοκινήτου είναι 450N.

Α. Πόση είναι η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου;

Β. Πόση ενέργεια απαιτείται για να διανύσει το αυτοκίνητο 1km με την ταχύτητα αυτή;

Γ. Ένα λίτρο βενζίνης όταν καεί αποδίδει $3 \cdot 10^7$Joule και ο κινητήρας του αυτοκινήτου έχει απόδοση 30%. Πόση απόσταση διανύει το αυτοκίνητο κινούμενο με 108km/h όταν καταναλώσει 1L βενζίνης;

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, Έρευνας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-22-0221
ISBN 978-960-06-4825-6

ΙΤΥΕ "ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ"
ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών & εκδόσεων

(01) 000000 0 22 0221 1