ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

1ος τόμος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ
Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Παν/μίου Αθηνών.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ
Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολικός Σύμβουλος του κλάδου ΠΕ4.
Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης, Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών.
Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης, Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.
Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγητής της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Παν/μίου Αθηνών.
Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος, Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας, Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.
Γιώργος Β. Τιμοθέου, Φυσικός, Λυκειάρχης στο 2ο Λύκειο Αγ. Παρασκευής.

Οι συγγραφείς 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.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

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

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

1ος τόμος

Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

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 Ταρσώ 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.**

Οι συγγραφείς

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ
Ομάδα εργασίας του Υπουργείου Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Γελαστοπούλου Μαρία (ΙΕΠ)

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:
I. Βλάχο, I. Γραμματικάκη, B. Καραπαναγιώτη, Π. Κόκκοτα,
II. 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 21ου 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, στηριζό-

μενοι 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.

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

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.

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 τον όζοντος”** όπως λέμε, επιτρέπει στις υπεριώδης 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 πα-γκόσμια 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

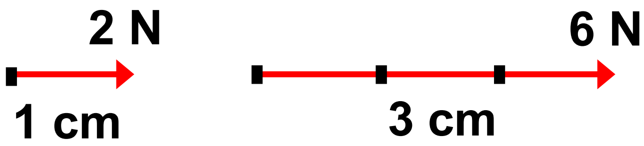
Υπάρχουν φυσικά μεγέθη που ορίζονται πλήρως, όταν δοθεί η αριθμητική τιμή τους και λέγονται **μονόμετρα**. Λέγοντας π.χ. ότι η πτώση μιας πέτρας διήρκεσε 10s κατανοούμε πλήρως τη διάρκεια της πτώσης. Μονόμετρα μεγέθη είναι ο χρόνος, η μάζα, η θερμοκρασία, η πυκνότητα, η ενέργεια, κ.τ.λ.

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.

Εικόνα 1



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).

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

ταχύτητα $\vec{υ}$

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:

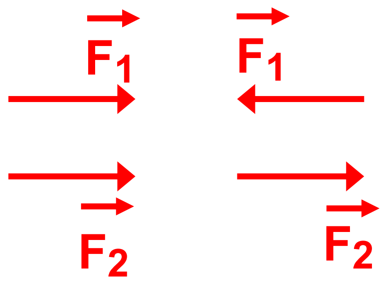
$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ διανυσματική ισότητα

$F_1 = F_2$ 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^{o} C μεταξύ δύο χαραγών πάνω σε μία 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 2.10^{-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 **$273,16^{\circ}$ 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 ακτίνων, στη θερμοκρασία τήξεως του λευκόχρυσου (1.769 ^oC) και σε πίεση 101.325 Nm^{-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 $N = 6{,}023.10^{23}$. 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).

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

Χωρητικότητα πυκνωτή: microfarad (μP),
Picofarad (pF)
Αντιστάσεις: kilohm (kΩ), megohm (MΩ)
Συχνότητα: kilohertz (kHz), Megahertz (MHz)
Χρόνος: millisecond (ms), microsecond μs)
Μήκος: millimetre (mm), micrometre (μm),
nanometre (nm).

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

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

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

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 άλληλοορίζονται".

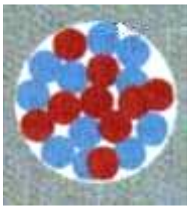
Αριστοτέλης "Τα Φυσικά"

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.

ΧΡΟΝΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ

10^{-23} — Χρονικό διάστημα στο οποίο το φως διατρέχει απόσταση ίση με τη διάμετρο ενός πυρήνα

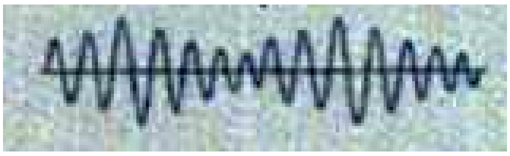
10^{-21} — Περίοδος ταλάντωσης στον πυρήνα



10^{-15} — Περίοδος του ορατού φωτός

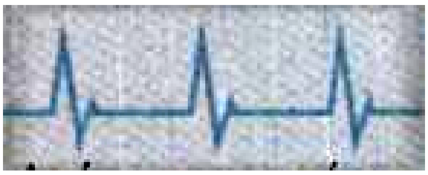
10^{-10} — Περίοδος μικροκυμάτων

10^{-6} — Περίοδος Ραδιο-κυμάτων ΑΜ.



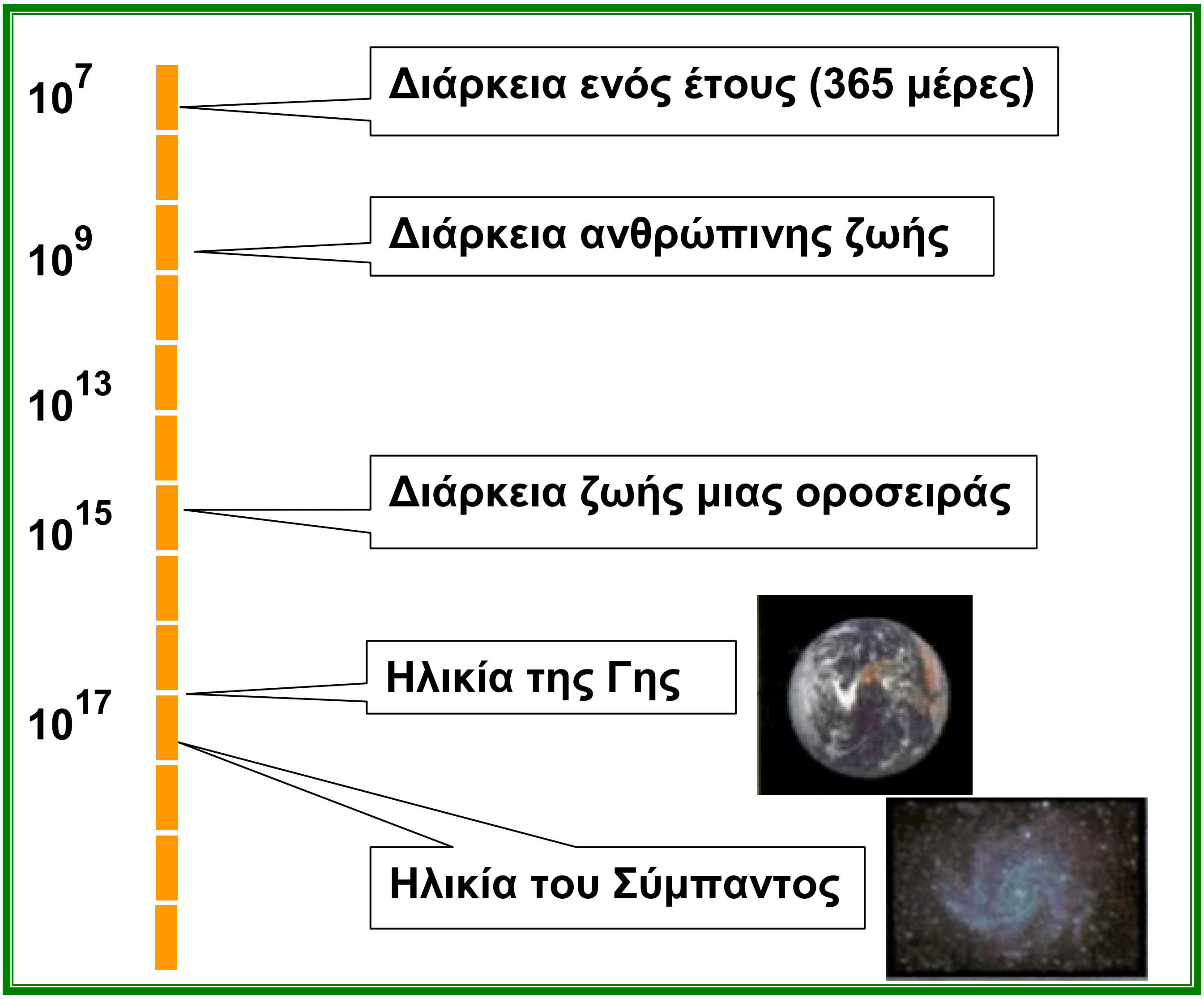
10^{-2} — Περίοδος του ήχου της νότας “μεσαίο C”.

1 sec — Περίοδος του καρδιακού παλμού



Διάρκεια ενός σχολικού μαθήματος

10^{5} — Διάρκεια ενός 24ώρου



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

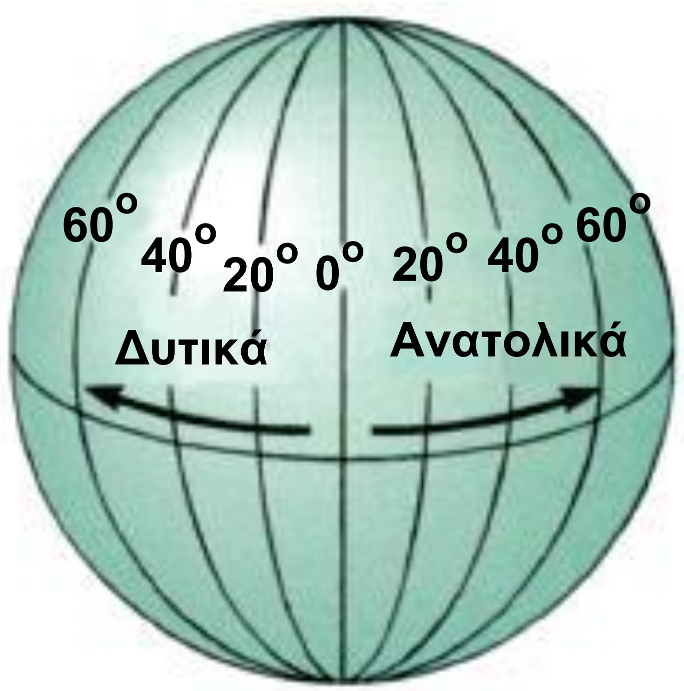
Η έννοια του χρόνου δημιουργήθηκε για να περιγράψει και να μετρήσει αυτούς τους κοσμικούς ρυθμούς που συνεχώς επαναλαμβάνονται.

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 17ο 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 $1km = 10^{3}$ m

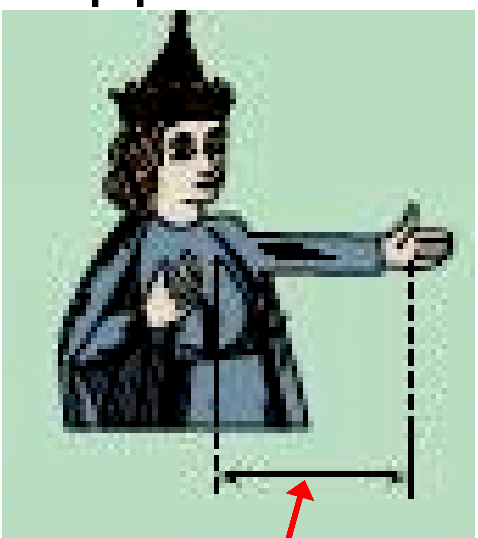
Υποπολλαπλάσια του 1 m είναι:

$1dm = 10^{-1}$ m, $1cm = 10^{-2}$ m, $1mm = 10^{-3}$ m,

$1\mu m = 10^{-6}$ m, $1nm = 10^{-9}$ m, $1A = 10^{-10}$ m.

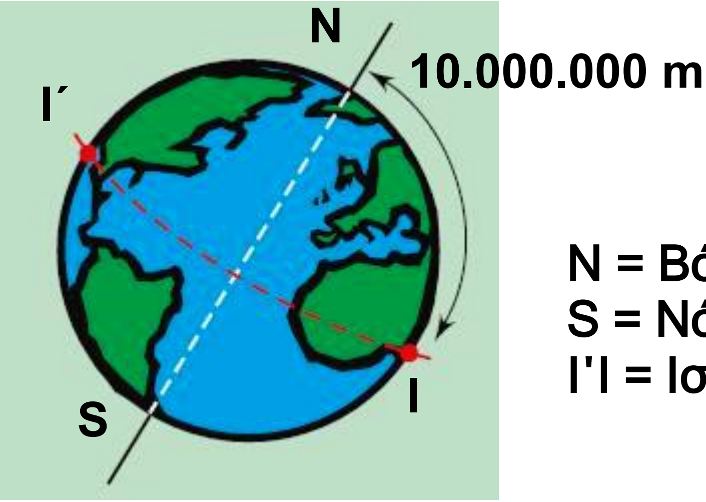
Σε παλαιότερες εποχές, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ποικίλες μονάδες μέτρησης του μήκους. Για τον καθορισμό αυτών των μονάδων, έπαιρναν ως βάρη μήκη που σχετίζονταν με το ανθρώπινο σώμα. Έτσι, οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το πόδι, το βήμα, το στάδιο (600 πόδια) κ.α. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, χρησιμοποιούσαν τον πήχη, 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 τεντωμένου αριστερού χεριού του και την ονόμασε γιάρδα.



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.

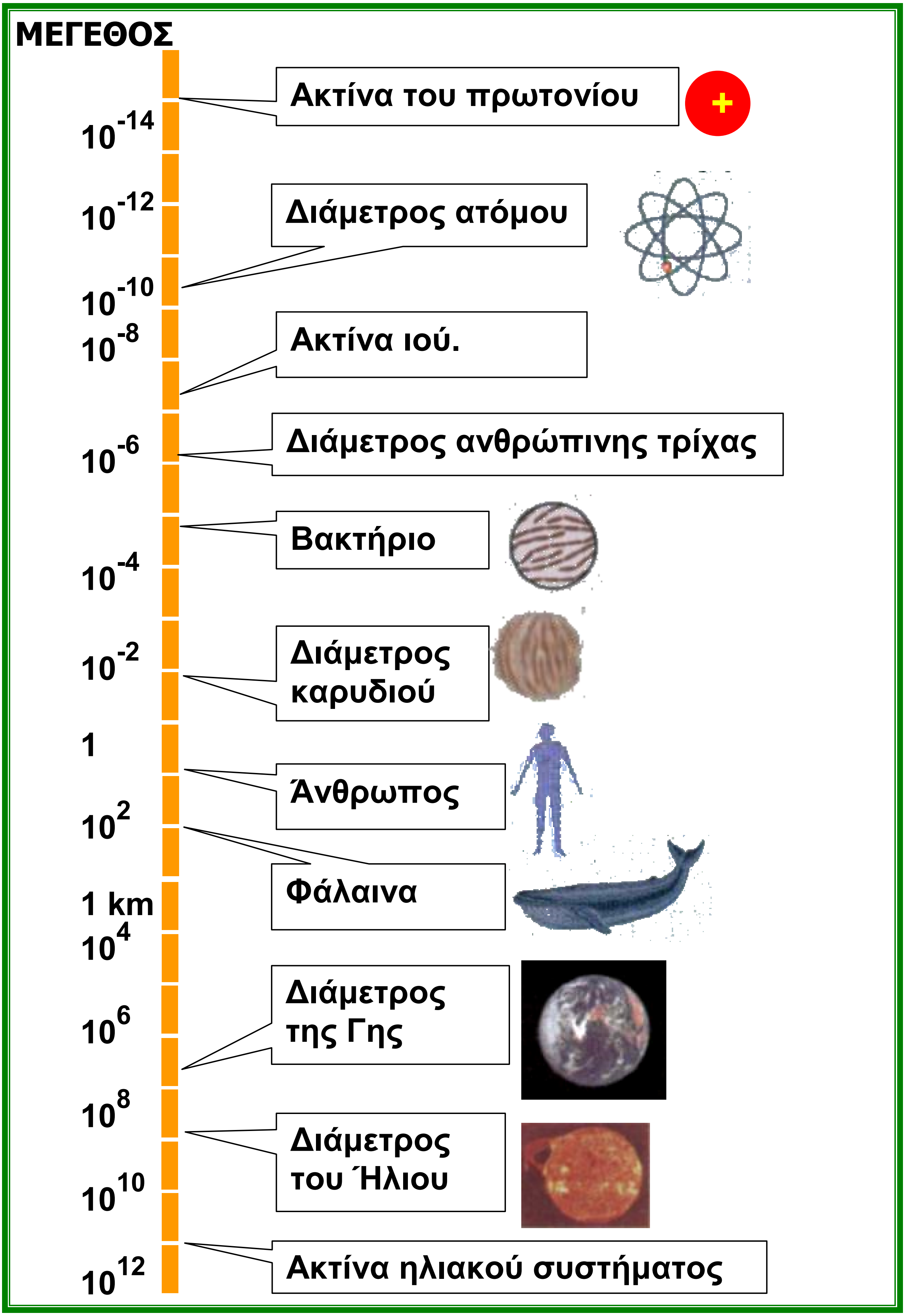


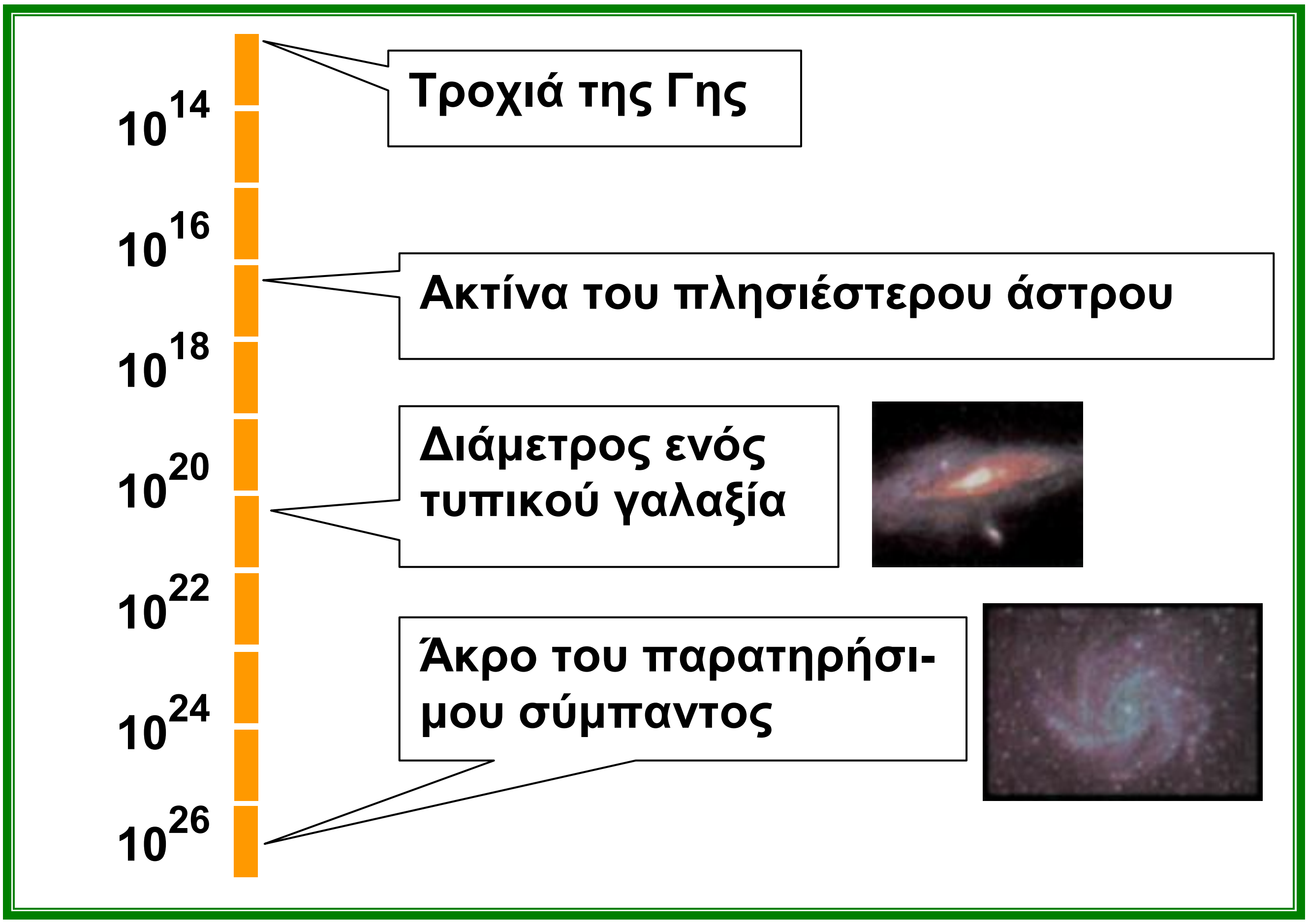
N = Βόρειος Πόλος
S = Νότιος Πόλος
I'I = Ισημερινός

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.


ΜΕΓΕΘΟΣ
10-14
10-12
10-10
10-8
10-6
10-4
10-2
1
102
1 km
104
106
108
1010
1012
Ακτίνα του πρωτονίου
+
Διάμετρος ατόμου
Ακτίνα ιού.
Διάμετρος ανθρώπινης τρίχας
Βακτήριο
Διάμετρος καρυδιού
Άνθρωπος
Φάλαινα
Διάμετρος της Γης
Διάμετρος του Ήλιου
Ακτίνα ηλιακού συστήματος



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

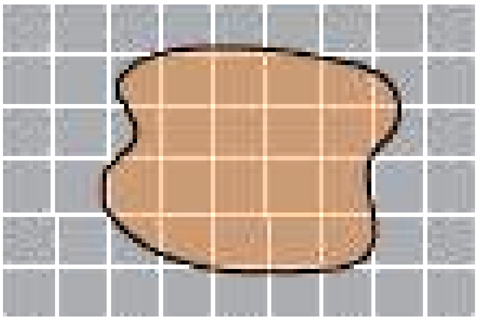
Οι μονάδες εμβαδού και όγκου προκύπτουν από τη μονάδα μήκους και είναι $1m^2$ και $1m^3$ αντίστοιχα. Τα υποπολλαπλάσια των μονάδων εμβαδού και όγκου προκύπτουν από τα αντίστοιχα υποπολλαπλάσια της μονάδας μήκους ως εξής:

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

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

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 $1\ m^3$.

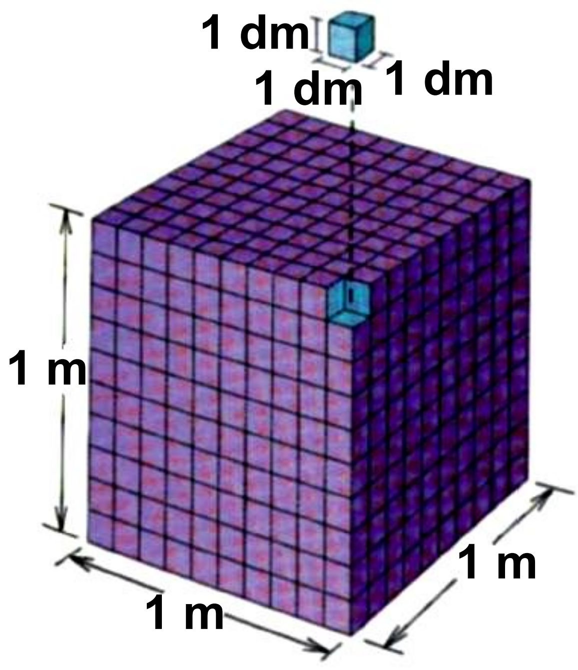
Συγκεκριμένα: 1L = 10^{-3} m^3 ή 1L = 10^3 cm^3, διότι 1 m^3 = 10^6 cm^3. Υποπολλαπλάσιο του 1L είναι το 1 mL = 10^{-3} L ή 1 mL = 1 cm^3.

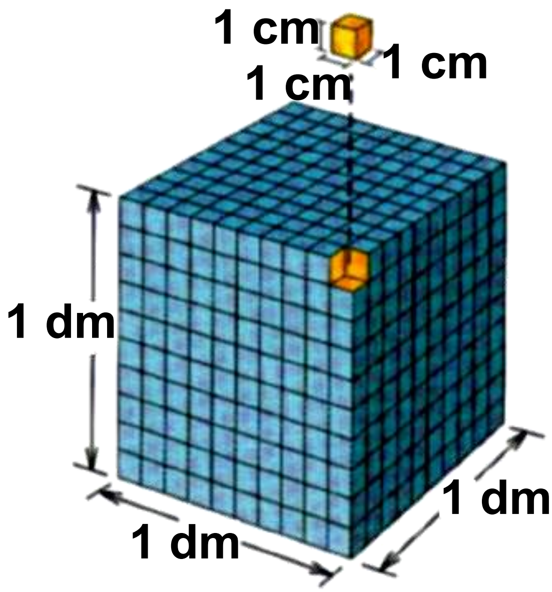


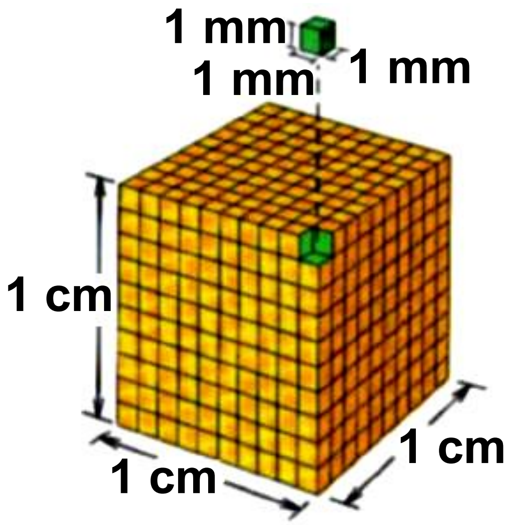
Εικόνα 3
Μετρώντας τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού 1cm^2, υπολογίζουμε το εμβαδόν του σχήματος. Αν θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια μετράμε τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού 1mm^2.

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 γεωμετρικών 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 περιέ-χεται 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;

Ζ. Η μάζα και η πυκνότητα

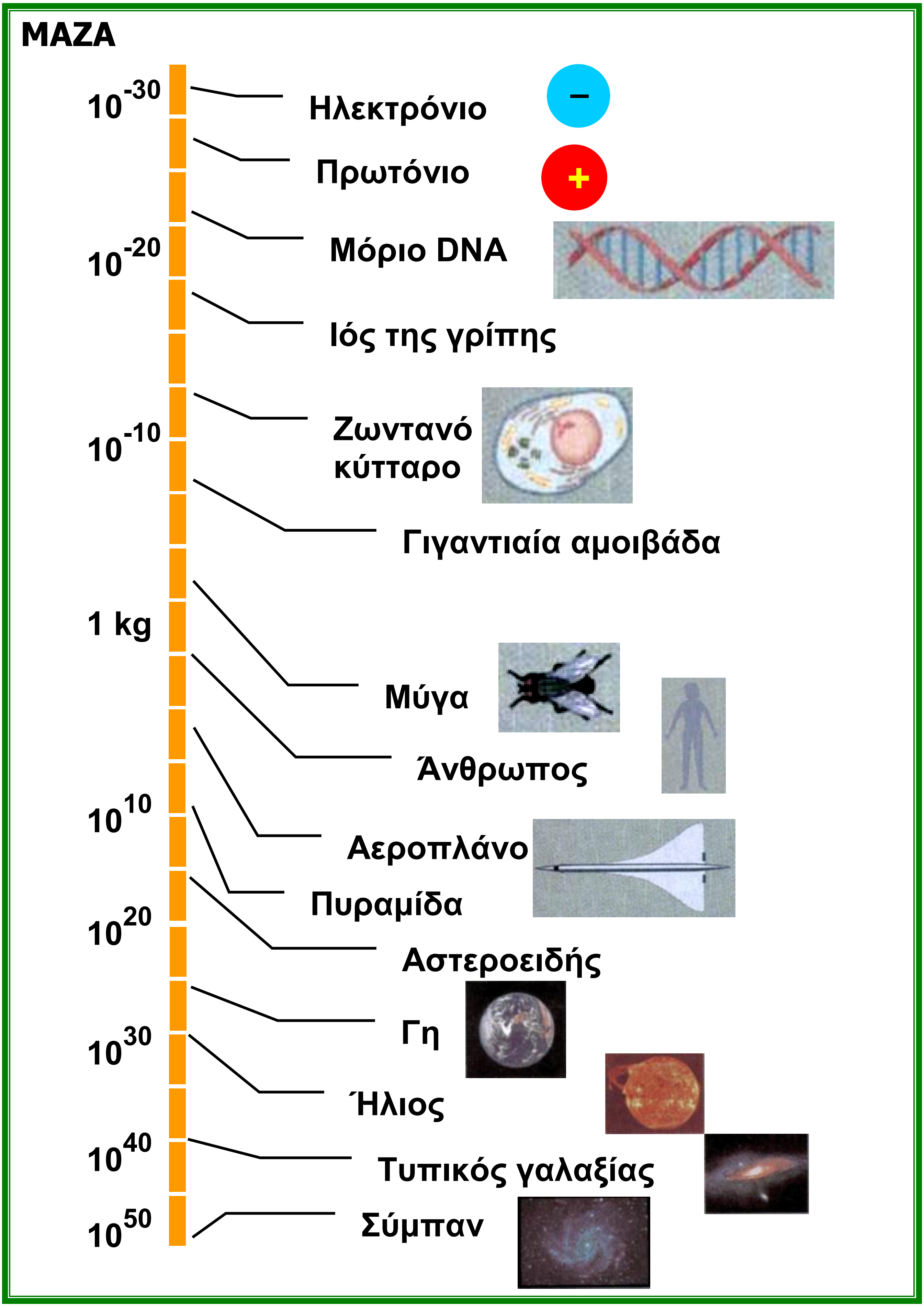
Η μάζα

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.

Στο σχήμα της επόμενης σελίδας φαίνεται η μάζα (σε kg) διαφόρων αντικειμένων από το ηλεκτρόνιο έως το Σύμπαν.


ΜΑΖΑ
10^{-30}
10^{-20}
10^{-10}
1 kg
10^{10}
10^{20}
10^{30}
10^{40}
10^{50}
Ηλεκτρόνιο
Πρωτόνιο
Μόριο DNA
Ιός της γρίπης
Ζωντανό κύτταρο
Γιγαντιαία αμοιβάδα
Μύγα
Άνθρωπος
Αεροπλάνο
Πυραμίδα
Αστεροειδής
Γη
Ήλιος
Τυπικός γαλαξίας
Σύμπαν

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 ομογε-νές 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 καταλαμβά-νει μια μονάδα μάζας του υλικού). Η αναγωγή στη μονάδα όγκου, όπως γνωρίζουμε, γίνεται αν διαιρέσουμε τη μάζα του σώματος με τον όγκο του.

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

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 $0^{o}C$	1,29
Φελιζόλ	$0,03 \cdot 10^3$
Φελλός	$0,2 \cdot 10^3$
Βενζίνη	$0,88 \cdot 10^3$
Ελαιόλαδο	$0,92 \cdot 10^3$
Πάγος	$0,92 \cdot 10^3$
Νερό ($0^{o}C$)	$0,99987 \cdot 10^3$
Νερό ($3,98^{o}C$)	$1 \cdot 10^3$
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)	$3,34 \cdot 10^3$

Υλικό	Πυκνότητα kg/m3
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	$\approx 10^8 \cdot 10^{11}$
Άστρο νετρονίων	$\approx 10^{18}$

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: $\Delta υ = υ - υ_o$, όπου υ η τελική τιμή της ταχύτητας και $υ_o$ η αρχική τιμή της. Ομοίως: $\Delta θ = θ - θ_o$ 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 $\Delta θ = 10\ ^oC$ σε $\Delta t = 10s$, ενώ, η θερμοκρασία ενός άλλου σώματος μεταβάλλεται κατά $\Delta θ' = 20\ ^oC$ σε $\Delta t' = 16s$. Πώς θα βρούμε ποιου σώματος η θερμοκρασία αλλάζει γρηγορότερα;

Αν οι μεταβολές της θερμοκρασίας γίνονται μέσα στην ίδια χρονική διάρκεια 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 οπότε έχουμε:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{10\ ^{o}C}{10\ s} = 1\ ^{o}C/s$$

δηλαδή σε 1s η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 1 ^{o}C.

$$\frac{\Delta\theta'}{\Delta t'} = \frac{20\ ^{o}C}{16\ s} = 1{,}25\ ^{o}C/s$$

δηλαδή σε 1s η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά 1,25 ^{o}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 $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_o > 0$ οπότε και ο ρυθμός μεταβολής είναι θετικός, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$.

Αν το φυσικό μέγεθος μειώνεται τότε $\Delta\Phi = \Phi - \Phi_o < 0$ 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.

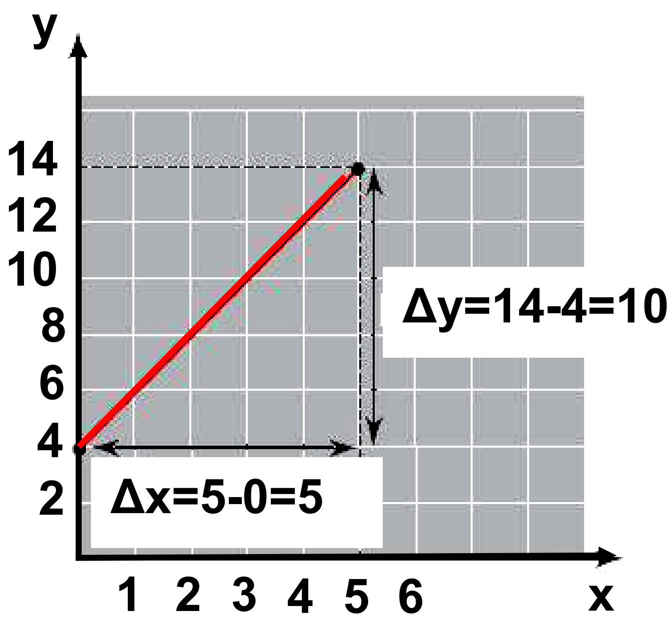
Αν η συνάρτηση είναι τριώνυμο δευτέρου βαθμού τότε η γραφική παράσταση είναι παραβολή.

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 5	4 14



Εικόνα α

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

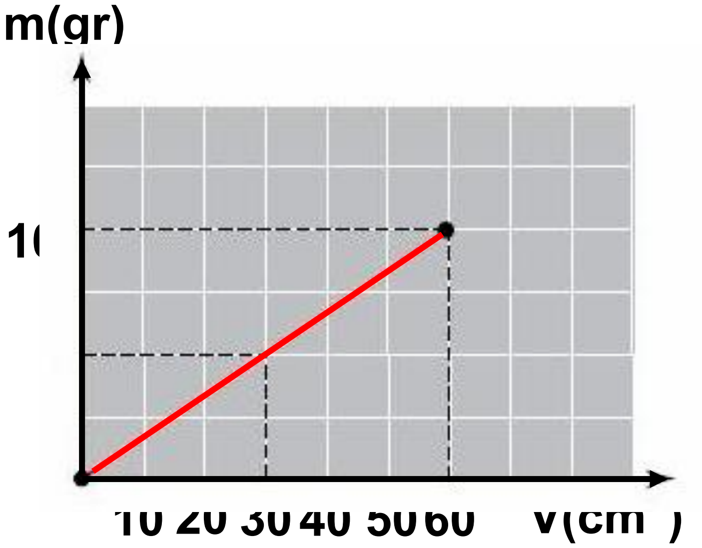
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10}{5} = 2.$$

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(cm^3)
0	0
10	60



Εικόνα β

Δραστηριότητα 1

Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας στην εικόνα β.
Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης αυτής;

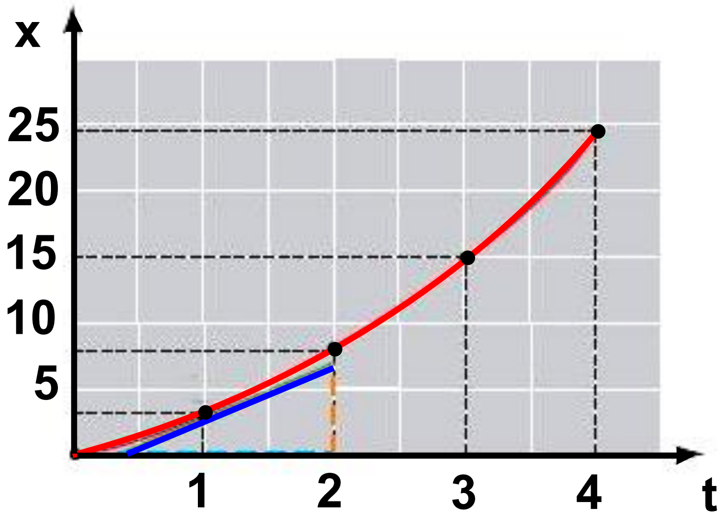
γ) Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $x = 2t + t^2$, $t \in [0,4]$ βρίσκεται στην επόμενη σελίδα:

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;

Πίνακας τιμών

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



$\Delta x = 9 - 0 = 9$

$\Delta t = 2 - 0{,}3 = 1{,}7$

Εικόνα γ

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:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{9}{1.7} = 5{,}3.$$

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

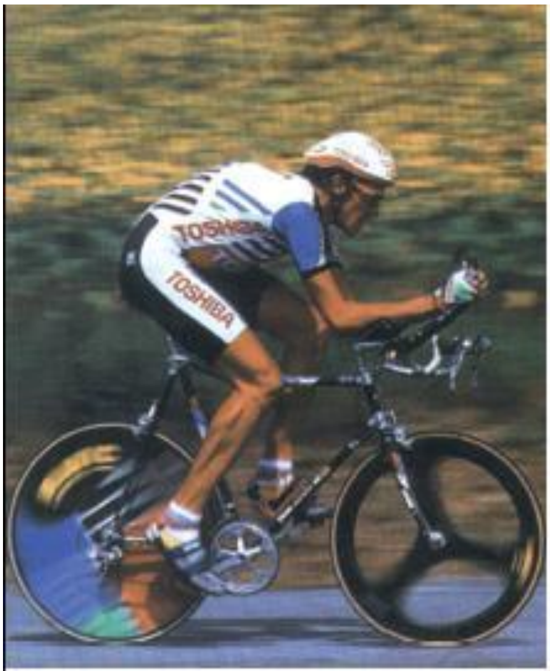
εκτός από τις λέξεις, η **φωτογραφία** και το **διάγραμμα** (γράφημα) αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο της θεωρίας, διότι η φωτογραφία αναπαριστά τα φυσικά φαινόμενα και το διάγραμμα κάνει παραστατικές, αφηρημένες έννοιες ή φαινόμενα που δεν μπορούμε να τα φωτογραφήσουμε.

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.

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.

1.1.1 Ύλη και κίνηση

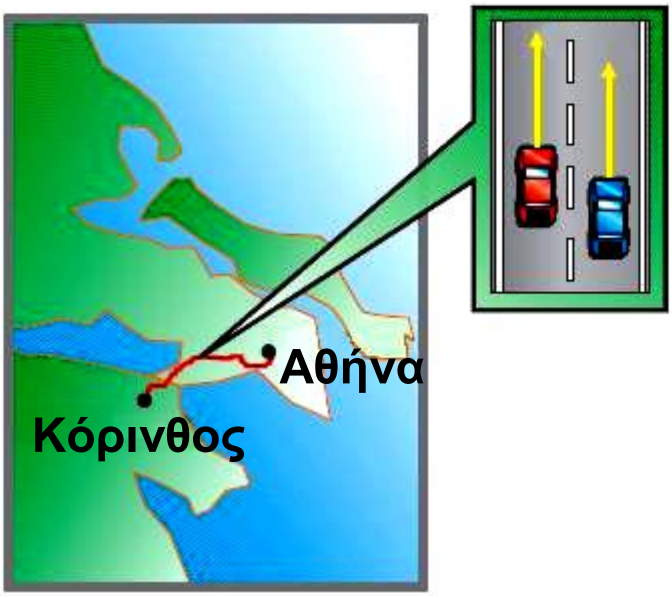
Μια χαρακτηριστική ιδιότητα της ύλης είναι η κίνηση, τόσο στα μικροσκοπικά σωμάτια (στο μικρόκοσμο), όσο και στα σώματα αισθητών διαστάσεων (στο μακρόκοσμο). Τα άτομα του ακίνητου βιβλίου που έχετε μπροστά σας ταλαντώνονται γύρω από μια θέση ισορροπίας. Τα στοιχειώδη σωμάτια από τα οποία αποτελείται 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.
Δεν υπάρχει, ύλη που να παραμένει ακίνητη στο σύμπαν ή περισσότερο φιλοσοφικά: η κίνηση είναι τρόπος ύπαρξης της ύλης.

Εικόνα 1.1.1
Ο γαλαξίας της Ανδρομέδας

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.

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

Εικόνα 1.1.3
Η αμαξοστοιχία μπορεί να θεωρηθεί σαν σωμάτιο.

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 χιλιόμετρο της διαδρομής Αθηνών - Κορίνθου.

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.

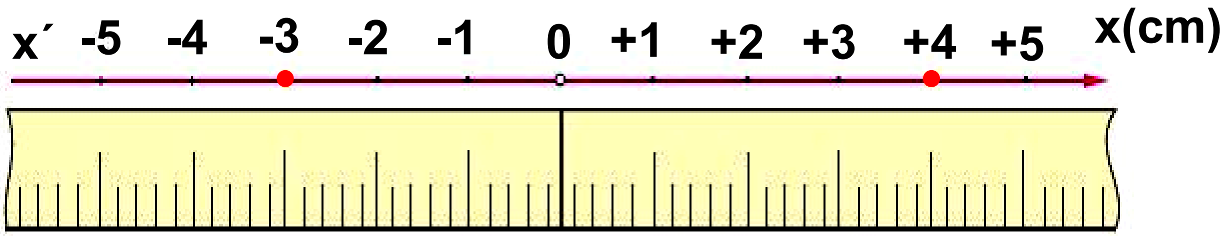
Έτσι και στη Φυσική, για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός σωματίου, πρέπει να αναφερθούμε σε κάποιο σημείο, που το θεωρούμε ως σημείο αναφοράς.

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 σημείο 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 στην ευθεία δυο μετροταινίες με την

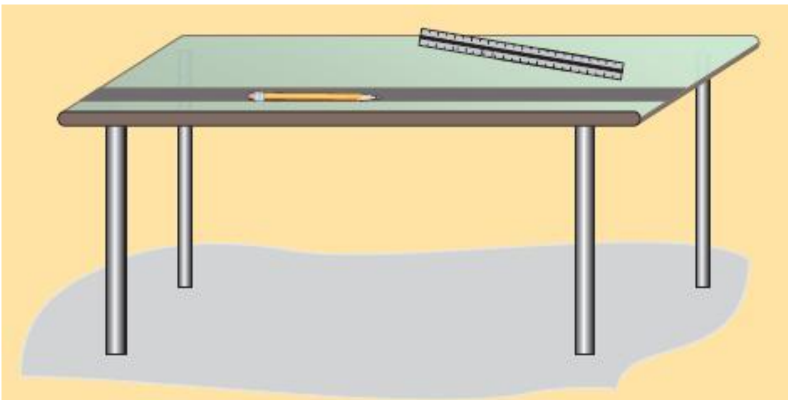
αρχή τους στο Ο, μια δεξιά του και μια αριστερά του. Οι δύο μετροταινίες μαζί με το σημείο Ο (αρχή), αποτελούν το **σύστημα αναφοράς. Η θέση** του σωματίου στο συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς, προσδιορίζεται με έναν αριθμό, ο οποίος συμβολίζεται με το γράμμα x και ο οποίος μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές 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.



Εικόνα 1.1.4
Ένα σύστημα αναφοράς σε ευθεία γραμμή.

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.

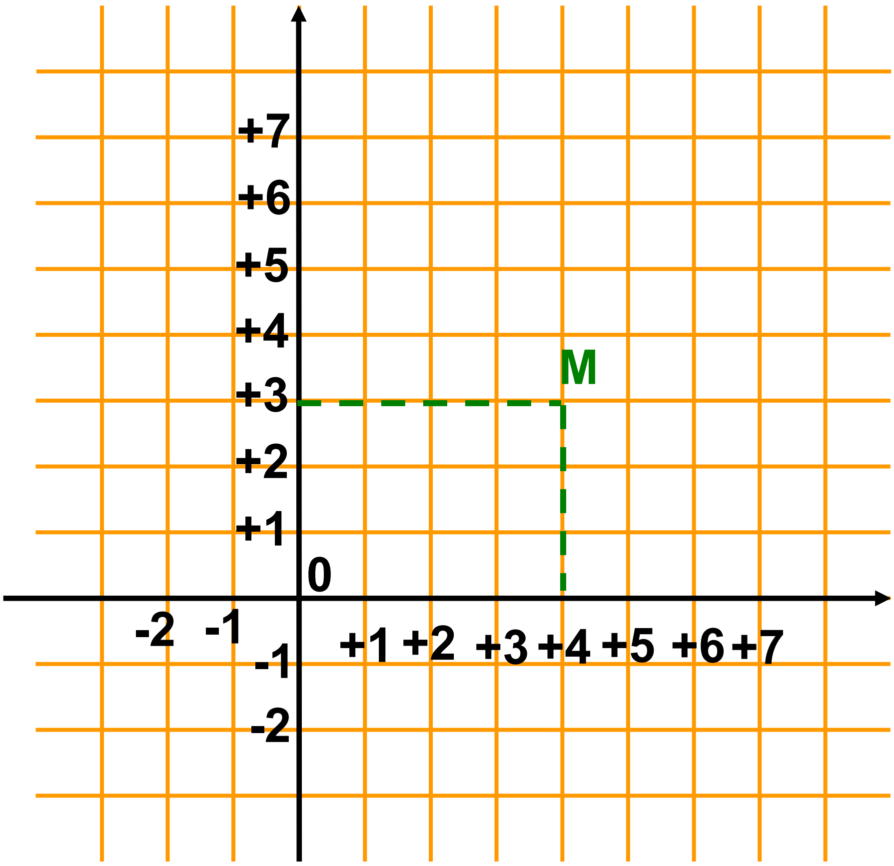


Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία ορίζοντας ως σημείο αναφοράς κάποιο σημείο του μολυβιού.

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 μετρήσεις. 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.



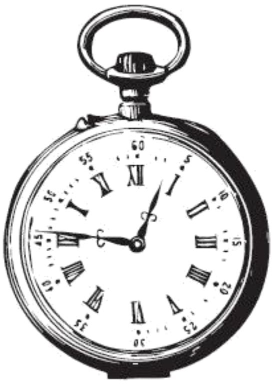
Εικόνα 1.1.5

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

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

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

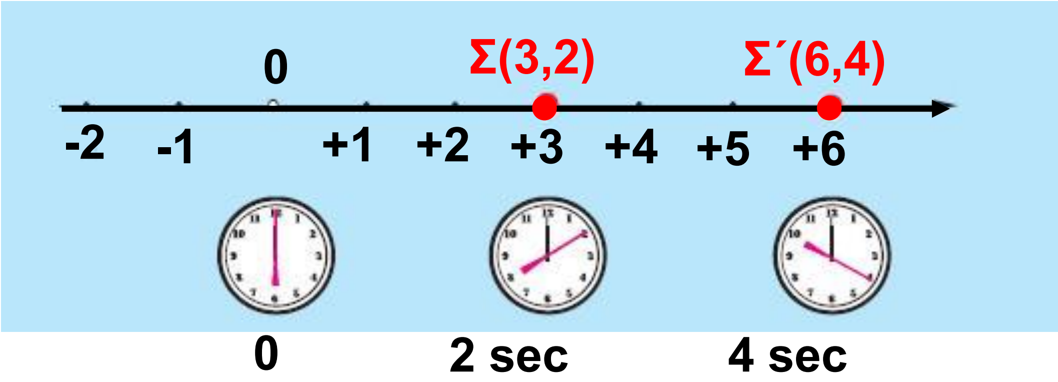
α. Χρονική στιγμή.



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

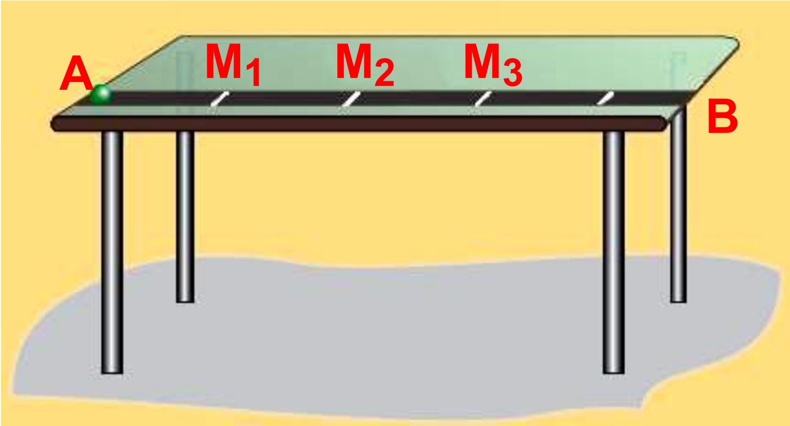
γ. Χρονική διάρκεια.

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:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 4s - 2s \quad ή \quad \Delta t = 2s.$$

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:



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, 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, 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.

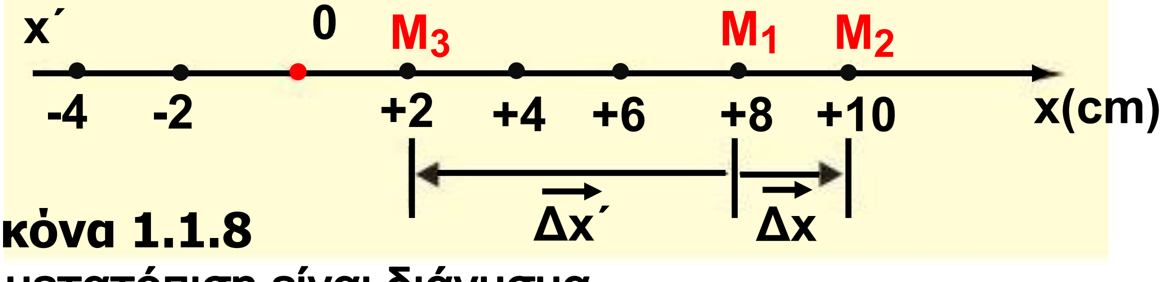
Χρονική στιγμή t_3 =...s.

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

Η σύγχρονη τεχνολογία χρησιμοποιείται στον ακριβή προσδιορισμό των χρονικών στιγμών που ένα σώμα διέρχεται από διάφορες θέσεις.

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

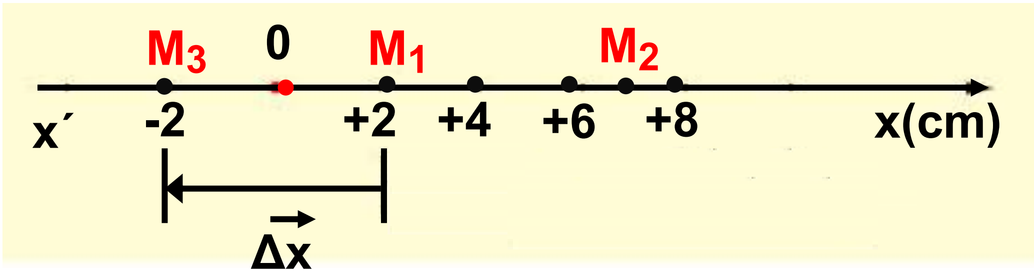
Σημείωση:

Μπορούμε να καθορίσουμε τη θέση ενός κινητού με ένα διάνυσμα x, που έχει αρχή το σημείο αναφοράς (Ο) και τέλος το σημείο Μ στο οποίο βρίσκεται το κινητό. Στην περίπτωση αυτή η μετατόπιση Δx του κινητού από μια θέση x_1 μέχρι μια άλλη θέση x_2 ορίζεται ως:

$$\vec{\Delta x} = \vec{x_2} - \vec{x_1}$$

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

Έτσι στο παραπάνω παράδειγμα η ζητούμενη μετατόπιση είναι:

$\Delta x = x_2 - x_1 = -2cm - 2cm$ 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.

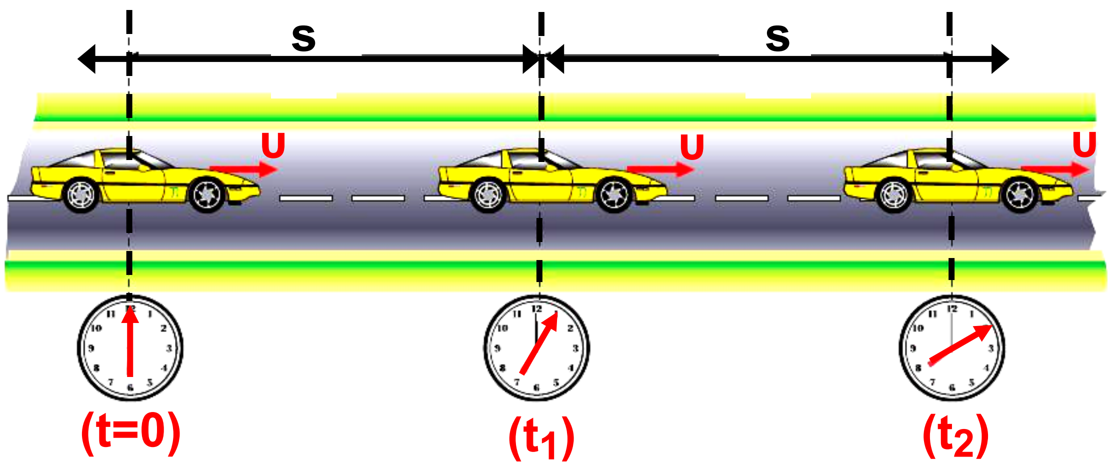
Γενικεύοντας τονίζουμε ότι, το συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε ισχύει για όλες τις κινήσεις, εκτός από την ευθύγραμμη κίνηση σταθερής φοράς, όπου το διάστημα και η μετατόπιση ταυτίζονται.

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

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;

1.1.5 Η έννοια της ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

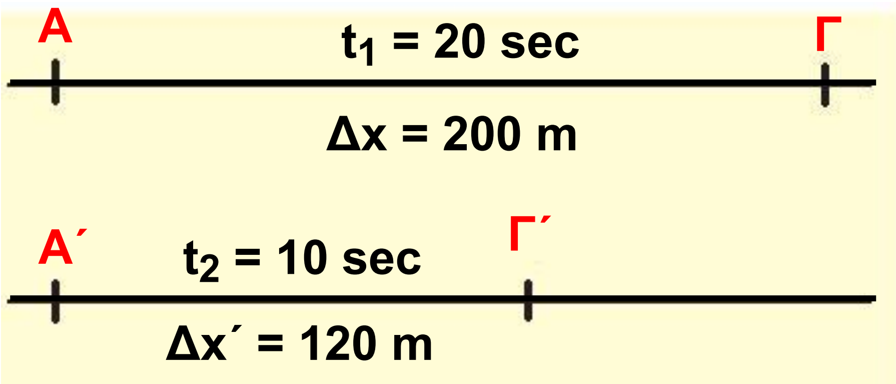
Για να περιγράψουμε τις κινήσεις και για να τις συγκρίνουμε μεταξύ τους, χρειαζόμαστε και άλλες έννοιες εκτός από τη θέση, τη χρονική στιγμή, τη μετατόπιση και τη χρονική διάρκεια. Παραδείγματος χάρη, πώς θα απαντήσουμε στο ερώτημα: από δύο αυτοκίνητα που κινούνται κατά μήκος μιας ευθείας οδού, έτσι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



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

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 Δx = ΑΓ = 200m σε χρόνο Δt = 20s, ενώ το δεύτερο διανύει την απόσταση $\Delta x'$ = Α΄Γ΄ = 120m σε χρόνο $\Delta t'$ = 10s (Εικ. 1.1.10β).

Η σύγκριση των μετατοπίσεων των δύο αυτοκινήτων και της αντίστοιχης χρονικής διάρκειας της κίνησής τους είναι δύσκολο να δώσει απάντηση στο ερώτημα.



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

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 = 1 sec. Η αναγωγή γίνεται όπως γνωρίζουμε με διαίρεση της μετατόπισης Δx με την αντίστοιχη χρονική διάρκεια Δt.

Προκύπτει λοιπόν για κάθε αυτοκίνητο ότι:

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

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 ($\overrightarrow{\Delta x}$), άρα και η ταχύτητα θα είναι επίσης μέγεθος διανυσματικό. Δηλαδή:

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

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 υ είναι σταθερή, με αποτέλεσμα σε ίσους χρόνους να διανύονται ίσες μετατοπίσεις.

Μερικοί μαθητές πιστεύουν, ότι η ταχύτητα είναι δύναμη που έχει ένα κινητό.

Ποια είναι η δική σου άποψη;

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

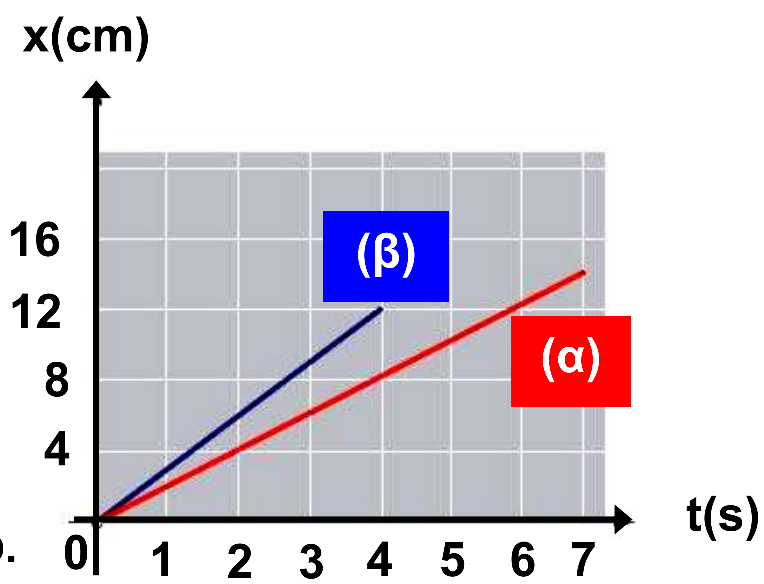
$$\Delta x = \upsilon \, \Delta t \quad \text{ή} \quad x = \upsilon \, t \qquad (1.1.3)$$

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 ταχύτητα 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;

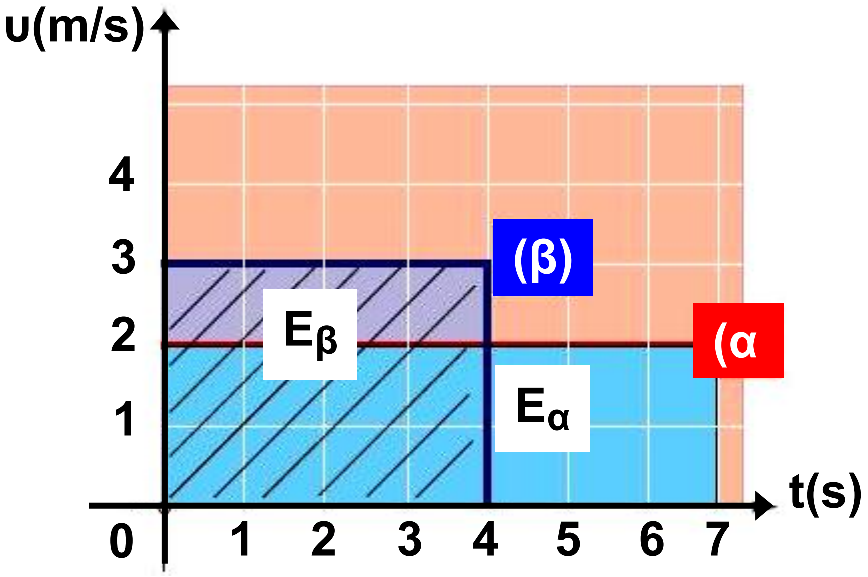
Επειδή η κλίση προκύπτει ως το πηλίκο της μετατόπισης διά του χρόνου $\frac{\Delta x}{\Delta t}$, με το οποίο πηλίκο έχουμε ορίσει την ταχύτητα, συμπεραίνουμε ότι:

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 $υ_α$ = 2m/s και $υ_β$ = 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 Εα (μπλε) και Ε6 (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:

$$E_α = βάση \cdot ύψος = 7s \cdot 2m/s = 14m,$$

δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού α και

$$Eβ = βάση \cdot ύψος = 4s \cdot 3m/s = 12m,$$

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.

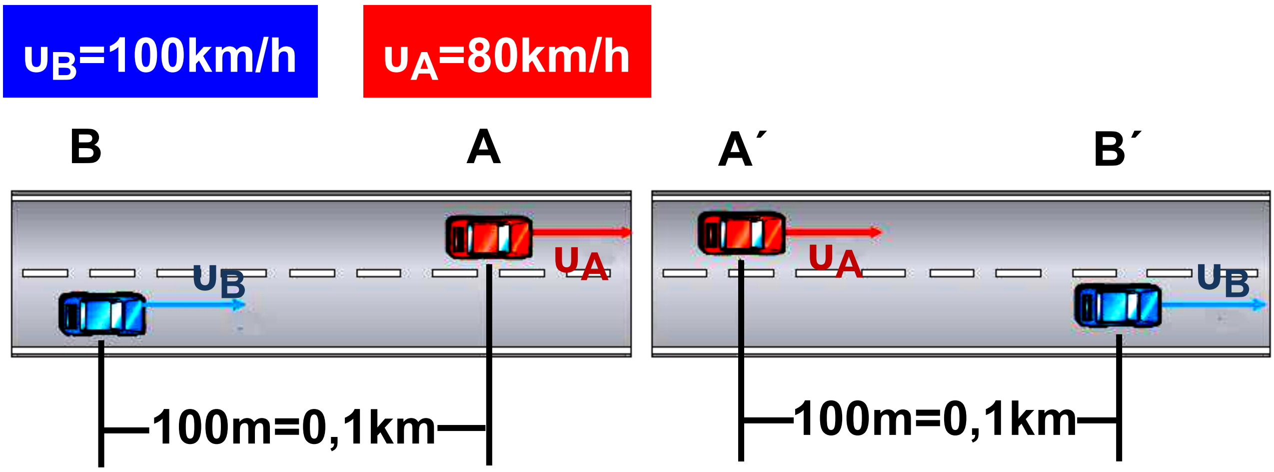
Εσύ τι πιστεύεις; Συζητήστε στην ομάδα σας.

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.



Εικόνα α

Απάντηση:

α) Σχεδιάζουμε πρώτα τις αρχικές και τις τελικές θέσεις των αυτοκινήτων Α και Β, των οποίων οι μετατοπίσεις είναι x_A=ΑΑ΄ και x_B=ΒΒ΄ αντίστοιχα, 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: υ_A=80km/h και υ_B=100km/h.

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

$$BB' - AA' = BA + A'B' = (\upsilon_B - \upsilon_A)\, t$$

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

$$\text{ή}\;\; t = 0{,}01h = 36s$$

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

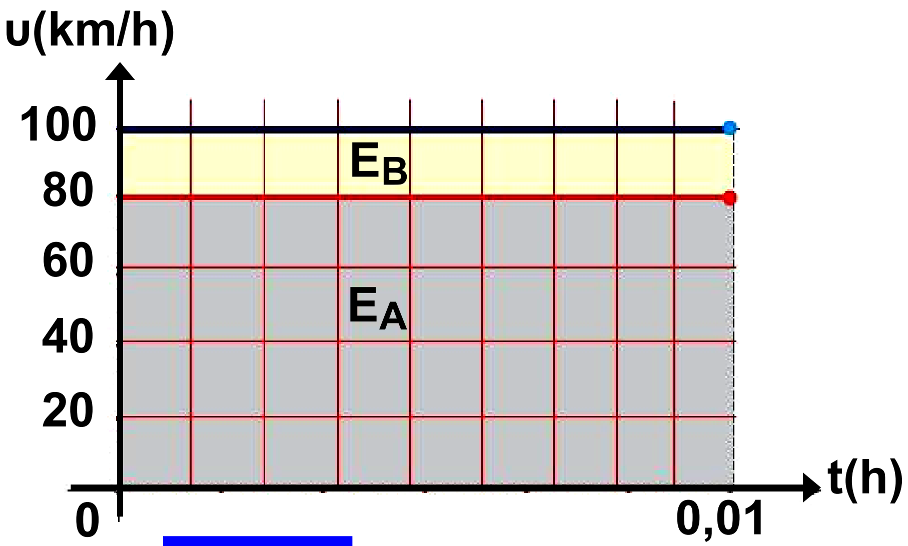
$$x_A = 80km/h \cdot 0{,}01h = 0{,}8km$$

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

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

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

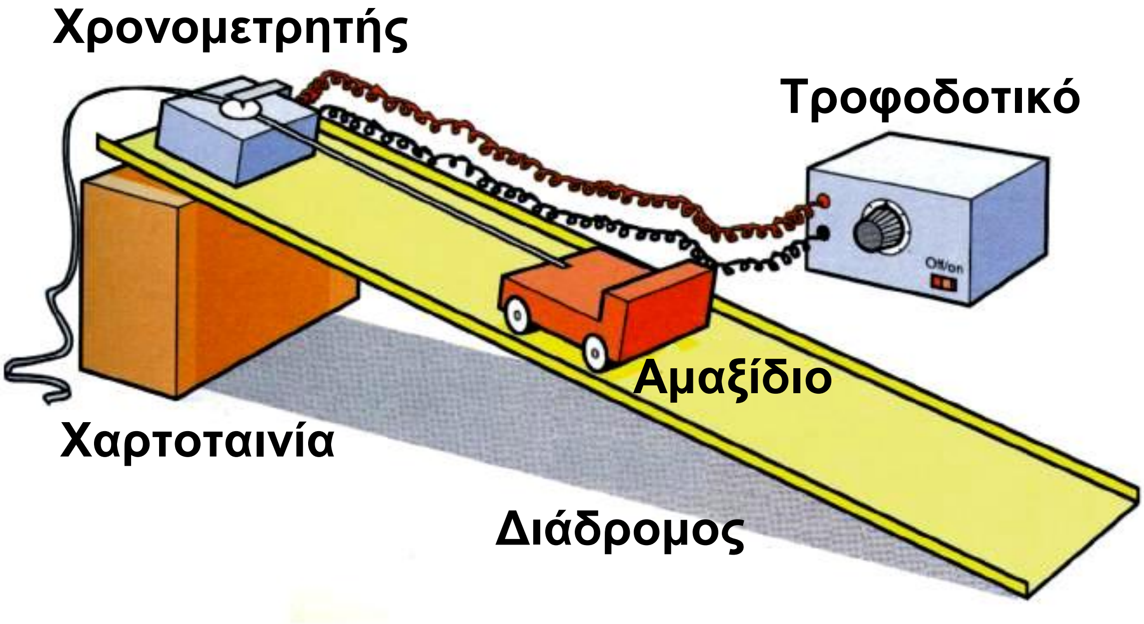
$$E_B = 0{,}01h \cdot 100km\,/\,h = 1km = x_B$$



Εικόνα β

Μελέτη κίνησης με χρήση του ηλεκτρικού χρονομετρητή

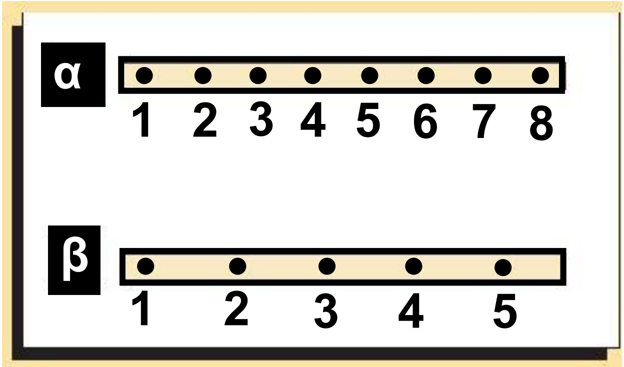
Μπορούμε να μελετήσουμε την ευθύγραμμη κίνηση ενός αντικειμένου, λόγου χάρη ενός μικρού αμαξιού, με τη βοήθεια του ηλεκτρικού χρονομετρητή που φαίνεται στην εικόνα.



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 υ 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 δεί-

χνει 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.

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

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.

ΠΙΝΑΚΑΣ

α/α	t(s)	s= =s_2-s_1(m)	$υ_μ$(m/s)	$υ_μ$(km/s)	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 τους πίνακες της επόμενης σελίδας. 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:

$\Delta υ = υ - υ_o = 100km/h$ ή $\Delta υ = 100\text{-}60 = 40km/h$, ενώ η χρονική διάρκεια Δt για να επιτευχθεί αυτή η μεταβολή της ταχύτητας είναι διαφορετική για κάθε αυτοκίνητο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Επιτάχυνση 0 - 100 χλμ/ώρα (δλ)	
Daihatsu Charade 1.5 4d	10,5
Seat Cordoba 1.4 16V	10,9
Opel Astra 1.4 16V 4d	11,9
Alfa Romeo 146 1.4 16V T.S.	12,2
Nissan Almera 1.4 4d	12,2
Suzuki Baleno 1.3 Sedan	12,5
Mitsubishi Lancer 1.3	12,6
Kia Shephia Altiva 1.5 4d	12,9
Hyundai Accent 1.3 4d	13,0
Toyota Corolla 1.3 Sedan	13,0
Citroen Xsara 1.4 5d	13,9
Fiat Brava 1.4	14,1
Peugeot 306 1.4 5d	14,2
Daewoo Lanos 1.3 4d	14,5
Ford Escort 1.4 4d	15,8

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Επιτάχυνση 60 - 100 χλμ/ώρα (δλ)	
Opel Astra 1.4 16V 4d	11,4
Seat Cordoba 1.4 16V	11,7
Daihatsu Charade 1.5 4d	12,4
Alfa Romeo 146 1.4 16V T.S.	12,6
Hyundai Accent 1.3 4d	13,1
Citroen Xsara 1.4 5d	13,4
Kia Shephia Altiva 1.5 4d	13,7
Fiat Brava 1.4	13,9
Peugeot 306 1.4 5d	14,0
Mitsubishi Lancer 1.3	14,2
Nissan Almera 1.4 4d	14,5
Toyota Corolla 1.3 Sedan	14,7
Ford Escort 1.4 4d	16,7
Suzuki Baleno 1.3 Sedan	16,7
Daewoo Lanos 1.3 4d	17,1

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 $\Delta t = 10s$. Αντί να αναφερόμαστε σε οποιοδήποτε χρόνο μπορούμε να συμφωνήσουμε να χρησιμοποιήσουμε $\Delta t = 1s$, δηλαδή να αναχθούμε στη μονάδα του χρόνου, διαιρώντας τη μεταβολή της ταχύτητας $\Delta\upsilon$ 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:

$$\boxed{\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}} \quad (1.1.5).$$

Μονάδα επιτάχυνσης στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι το $\frac{1m/s}{s} = \frac{1m}{s^2}$

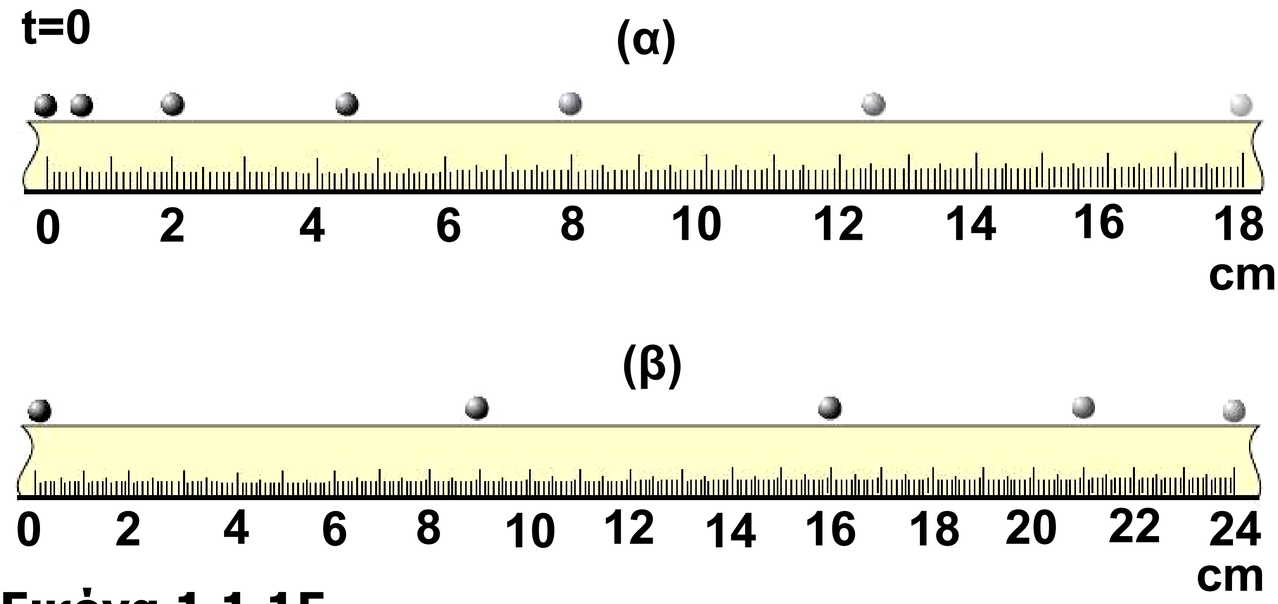
Στο κεφάλαιο αυτό θα περιοριστούμε μόνο στην περιγραφή κινήσεων που η ταχύτητά τους αλλάζει το ίδιο στη μονάδα του χρόνου ή αλλάζει όπως λέμε με σταθερό ρυθμό, δηλαδή σε κινήσεις στις οποίες η επιτάχυνση $\alpha = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$ είναι σταθερή. Για παράδειγμα αν $\alpha = 2\ m/s^2$, τότε σε κάθε δευτερόλεπτο η ταχύτητα αλλάζει 2m/s.

Τις κινήσεις αυτές τις ονομάζουμε ευθύγραμμες ομαλά μεταβαλλόμενες.

Στις κινήσεις αυτές διακρίνουμε δυο 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 $\vec{a}$ σε μια ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, το διανυσματικό μέγεθος του οποίου η τιμή ισούται με το πηλίκο της μεταβολής $\vec{\Delta \upsilon}$ 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 $\Delta t = 1/50$ s.

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

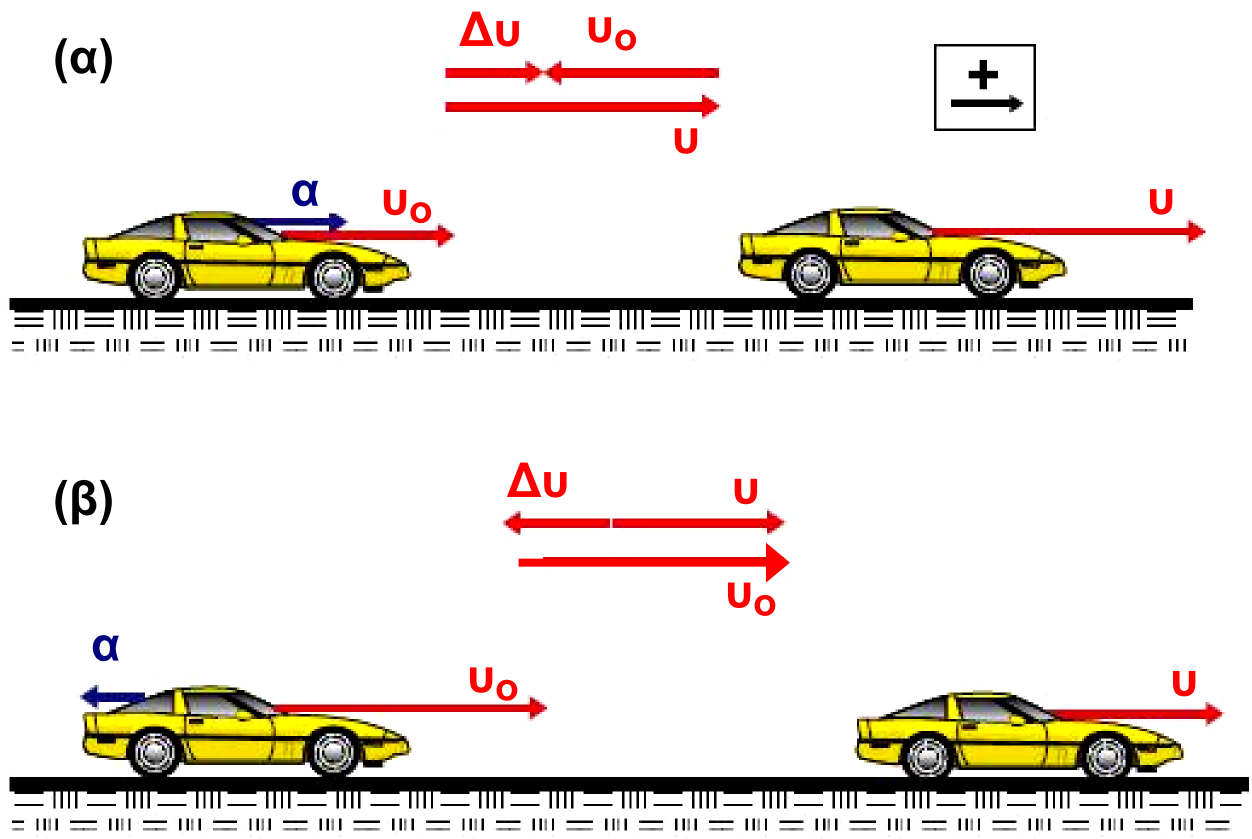
Δραστηριότητα

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.

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.

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



Εικόνα 1.1.16

α) Επιταχυνόμενη κίνηση: τα διανύσματα $\vec{υ}_o$, $\vec{υ}$, $\Delta\vec{υ}$, $\vec{α}$, έχουν την ίδια κατεύθυνση.

β) Επιβραδυνόμενη κίνηση: τα διανύσματα $\Delta\vec{υ}$, $\vec{α}$, έχουν αντίθετη κατεύθυνση με τα διανύσματα $\vec{υ}_o$, $\vec{υ}$.

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

Για να περιγράψουμε μια 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 $\vec{\alpha} = \frac{\Delta\vec{\upsilon}}{\Delta t}$ 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_o (αρχική ταχύτητα) και τη χρονική στιγμή t είναι υ, τότε η μεταβολή $\Delta\vec{\upsilon}$ είναι:

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

Επειδή τα διανύσματα $\vec{\upsilon}_o$, $\vec{\upsilon}$, $\vec{\alpha}$ 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: $\boxed{\upsilon = \upsilon_o + \alpha t}$ (1.1.7)

στην επιβραδυνόμενη κίνηση: $\boxed{\upsilon = \upsilon_o - \alpha t}$ (1.1.8)

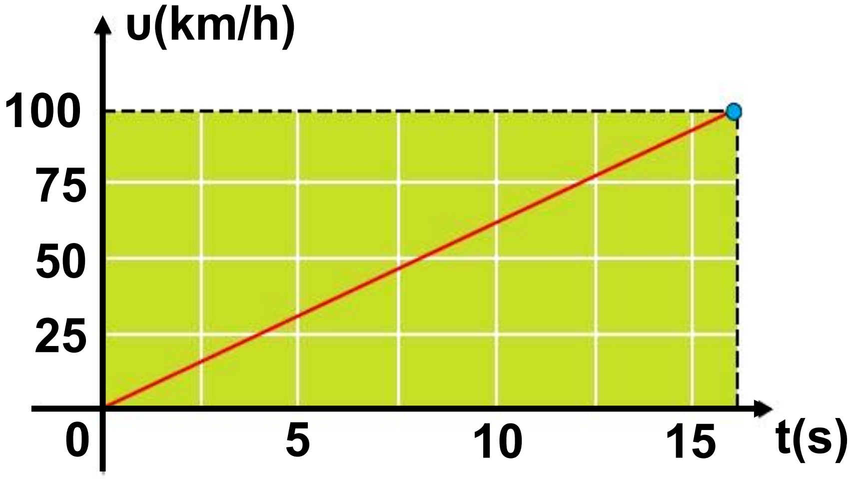
Αν η αρχική ταχύτητα είναι υ_o=0 από τη σχέση (1.1.7) προκύπτει:

$$\boxed{\upsilon = \alpha t} \qquad (1.1.9)$$

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

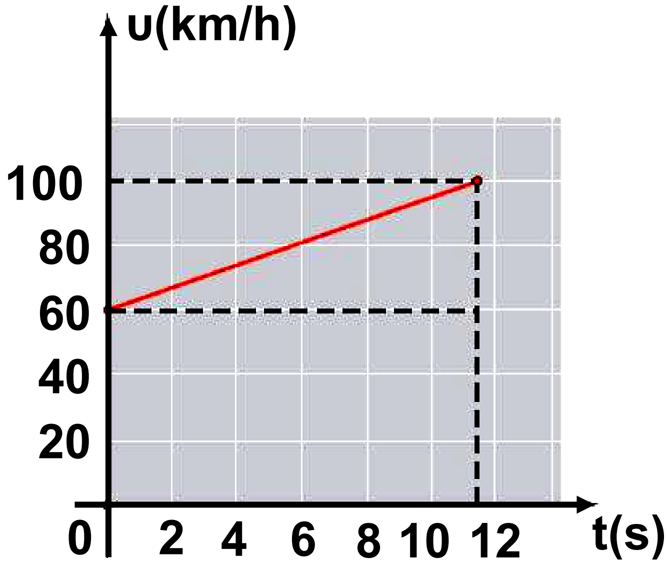


Εικόνα 1.1.17

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, $\frac{\Delta υ}{\Delta t}$, 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:

$$\frac{\Delta υ}{\Delta t} = \frac{40km/h}{11,4s} = 3,51\frac{km/h}{s} = α$$

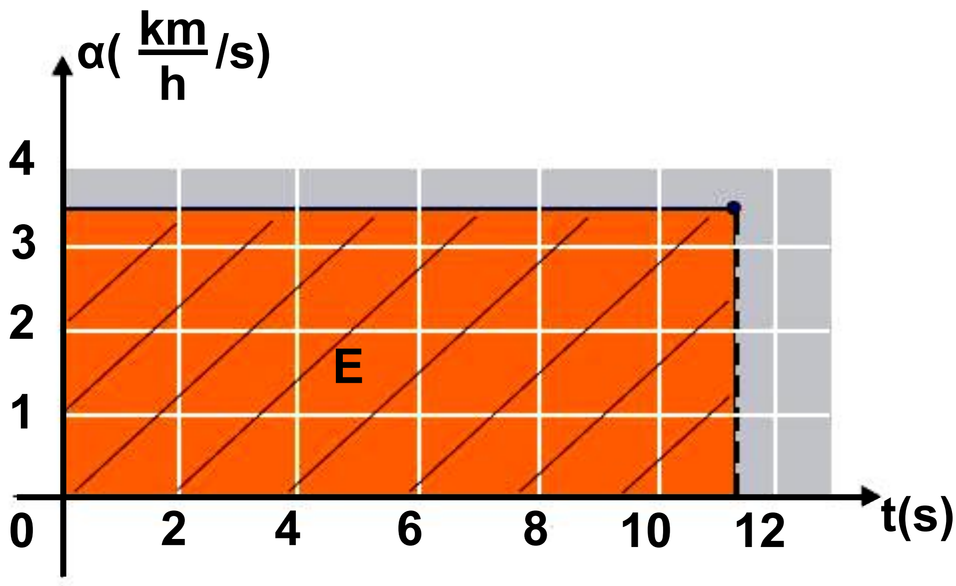
<u>Σημείωση:</u>

Χρησιμοποιούμε τη μονάδα διότι είναι πιο κοντά στην εμπειρία μας, δηλαδή καταλαβαίνουμε τι σημαίνει ότι η ταχύτητα άλλαξε σε 1s κατά 3,5 km/h. Αν μετατρέψουμε τις μονάδες στο Διεθνές Σύστημα S.I., η επιτάχυνση γίνεται

$$\frac{3,51 \cdot \frac{1.000m}{3.600s}}{s} = 0,975\ m/s^2$$

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.

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:



Εικόνα 1.1.19

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

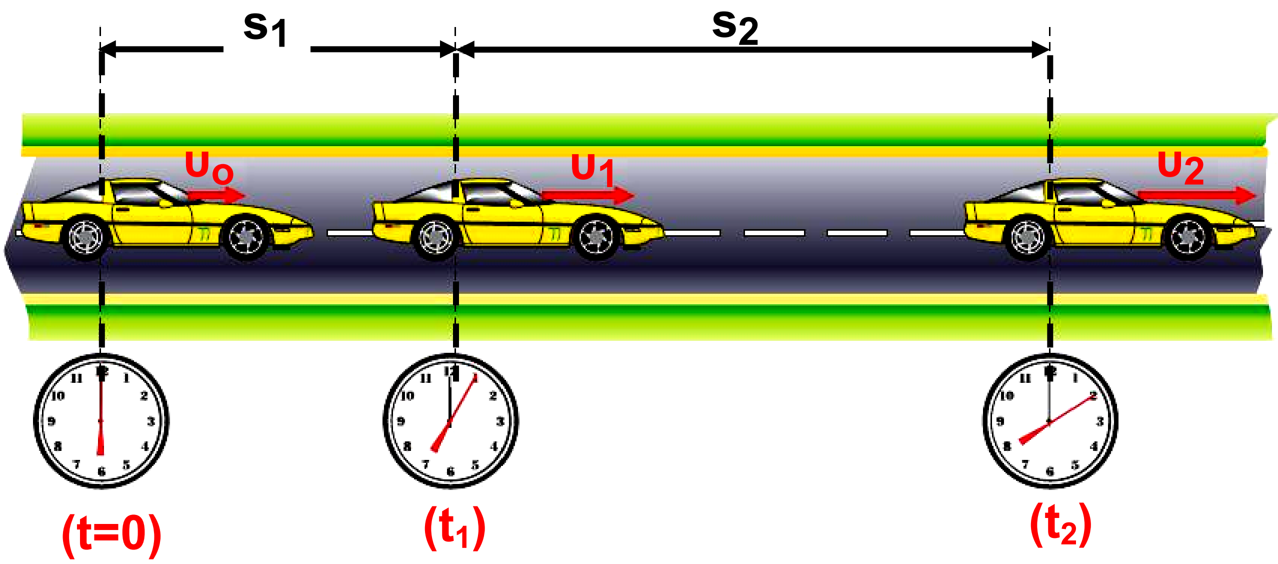
Παρατηρούμε ότι το εμβαδόν είναι αριθμητικά ίσο με τη μεταβολή της ταχύτητας κατά την χρονική διάρκεια των 11,4s της επιτάχυνσης του αυτοκινήτου. Άρα το εμβαδό, μεταξύ της ευθείας που αναπαριστά την επιτάχυνση σε συνάρτηση με το χρόνο, και των αξόνων επιτάχυνσης και χρόνου, είναι αριθμητικά ίσο με τη 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.

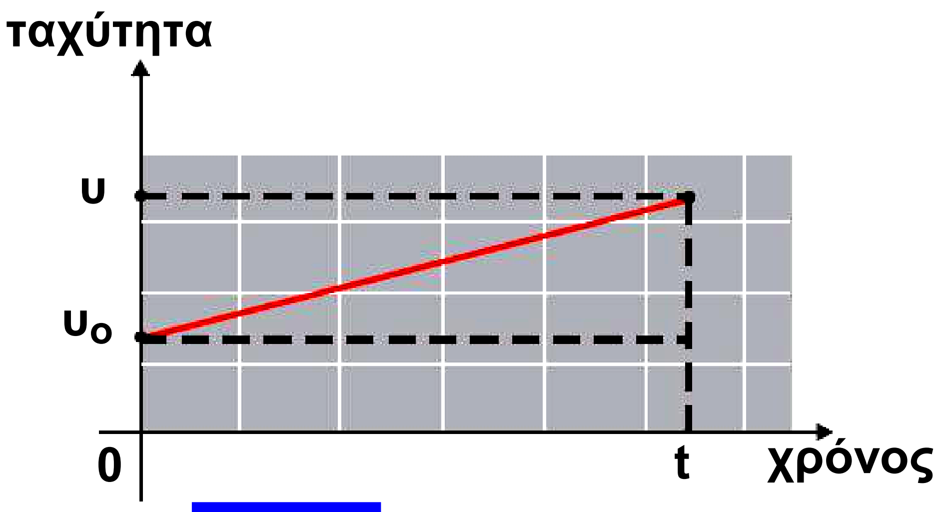
Η εξίσωση κίνησης, δηλαδή ο προσδιορισμός της θέσης ενός αντικειμένου, το οποίο επιταχύνεται ομαλά, σε συνάρτηση με το χρόνο, προκύπτει με γραφικό τρόπο από το διάγραμμα υ = f(t).

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.



Το αυτοκίνητο εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση.

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



Εικόνα 1.1.20

$$E_{\tau\rho\alpha\pi} = \frac{\text{άθροισμα βάσεων}}{2} \cdot \text{ύψος ή } \Delta x = \frac{\upsilon + \upsilon_0}{2}(t - 0)$$

Αλλά γνωρίζουμε ότι η ταχύτητα είναι: $\upsilon = \upsilon_o + \alpha t$.
Συνεπώς:

$$\Delta x = \frac{\upsilon_0 + \alpha t + \upsilon_0}{2} t = \frac{2\upsilon_0 + \alpha t^2}{2} \quad \text{ή} \quad \Delta x = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

και αν $x_o=0$, έχουμε:

$$\boxed{x = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2} \qquad (1.1.10)$$

Ομοίως στην ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση προκύπτει ότι:

$$\boxed{x = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}\alpha t^2} \qquad (1.1.11)$$

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:

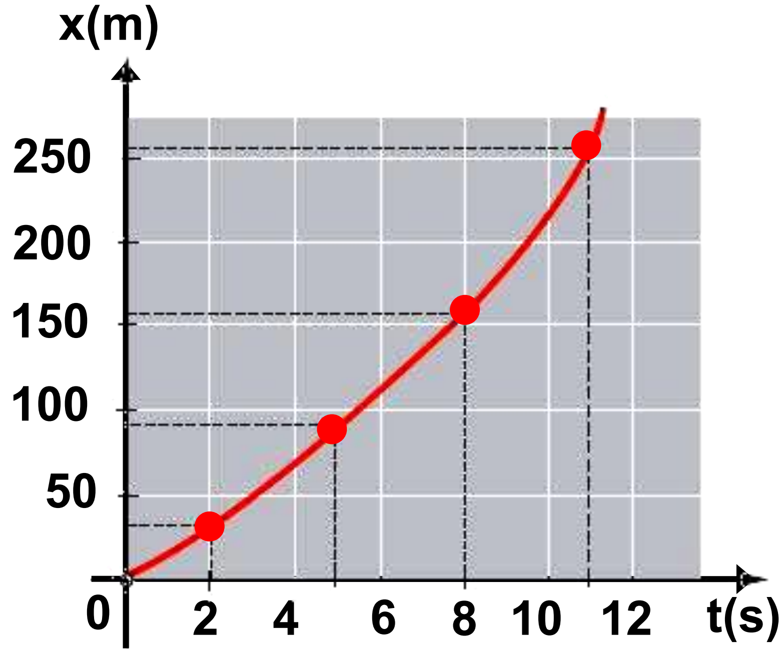
Η γραφική παράσταση της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση είναι ευθεία γραμμή ή καμπύλη;

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 $υ_o$=60km/h = 16,67m/s, επιτάχυνση α=0,975m/s^2, απαιτούμενος χρόνος για να αποκτήσει ταχύτητα υ=100km/h, t=11,4s και την εξίσωση κίνησης

$$x = υ_0 t + \frac{1}{2}αt^2$$

, προκύπτει ο πίνακας τιμών της προηγούμενης σελίδας, 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 $υ_ο$ = 72km/h, αν φρενάροντας αποκτά επιβράδυνση α =10m/s^2.

Στο Διεθνές Σύστημα S.I. είναι $υ_ο = \dfrac{72.000\ m}{3.600\ s} = 20\,\dfrac{m}{s}$.

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

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

και

$$υ = υ_ο - α\, t \qquad (2)$$

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

$$0 = υ_ο - α\, t \quad ή \quad t = \frac{υ_ο}{α} = \frac{20}{10}\ s = 2\ s.$$

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

Αντικαθιστώντας το χρόνο στη σχέση (1) προκύπτει:

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

Δηλαδή το αυτοκίνητο θα μετατοπισθεί 20m έως ότου σταματήσει.

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;

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 $α = 0{,}975\ m/s^2 = 3{,}51\ \frac{km/h}{s}$. Στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας έρχεται ένα άλλο αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή ταχύτητα $υ_1$ = 100 km/h και απέχει από το δεύτερο αυτοκίνητο 400m.

Το μήκος των αυτοκινήτων είναι περίπου 4m.

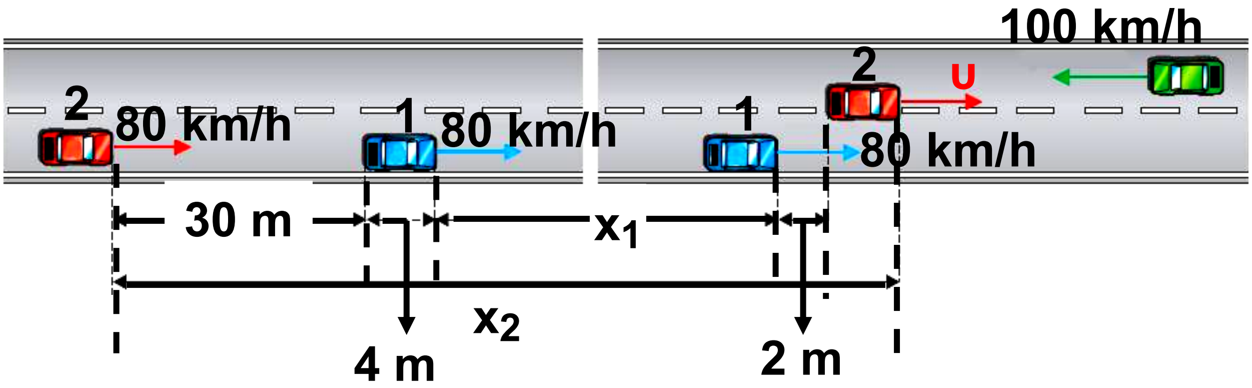
Θα υπολογίσουμε:

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:

$$x_1 = υ\,t \qquad (1)$$

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

$$x_2 = υt + \frac{1}{2}αt^2 \qquad (2)$$

Στην εικόνα της προηγούμενης σελίδας φαίνεται ότι η διαφορά των μετατοπίσεων των αυτοκινήτων είναι:

$x_2 - x_1 = (30 + 4 + 2 + 4)\text{m} = 40\text{m}.$

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

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

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

β) Από την εξίσωση (1) προκύπτει:

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

Από την εξίσωση (2) προκύπτει:

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

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

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

$$υ΄ = υ + αt \quad ή \quad υ΄ = 80\ km/h + 3{,}51\ \frac{km/h}{s} \cdot 9s$$

ή $υ΄ = 111{,}6 km/h$.

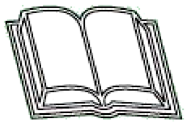
δ) Στη χρονική διάρκεια του προσπεράσματος, το αυτοκίνητο που κινείται στο αντίθετο ρεύμα κυκλοφορίας μετατοπίστηκε κατά:

$$x = υ_1\, t = 100 km/h \cdot 9s = \frac{100.000m}{3.600s} \cdot 9s \quad ή \quad x = 250m.$$

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

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

Το θεώρημα Merton



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

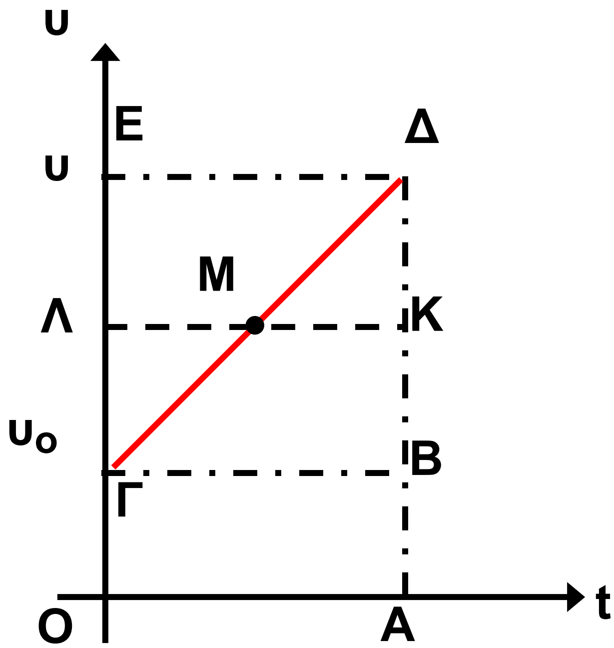
Ένα από τα αποτελέσματα των μελετών της περιόδου αυτής, που χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα στη διδασκαλία της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, είναι το “Θεώρημα της μέσης ταχύτητας”. Το θεώρημα αυτό ονομάζεται και θεώρημα Merton, επειδή μελετήθηκε στο αντίστοιχο κολλέγιο της Οξφόρδης.

Με σύγχρονη ορολογία, το θεώρημα αναφέρεται σε μία κίνηση που είναι ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα $υ_o$, 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 $υ_o$, υ.

Δηλαδή η απόσταση αυτή είναι:

$$s = \frac{(υ_o + υ)}{2} t.$$

Ενδιαφέρον έχει η ιδιαίτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την απόδειξη του θεωρήματος από τον Oresme, στο Πανεπιστήμιο του Παρισιού, στις αρχές του $14^{ου}$ αιώνα. Ο Oresme σκέφτηκε, ότι, εφόσον η ποσότητα $υ_o t$ είναι γινόμενο δύο αριθμών, μπορεί να παρασταθεί με το εμβαδόν ορθογώνιου παραλληλόγραμμου με πλευρές $υ_o$, 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, διότι η ΚΛ διέρχεται από τα μέσα των ΒΔ, ΓΕ

και $ΟΛ = υ_ο + \frac{(υ_ο - υ)}{2} = \frac{(υ_ο + υ)}{2}$.

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:

$$Δ\vec{x} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$$

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 1 m/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 1 m/s^2.

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

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

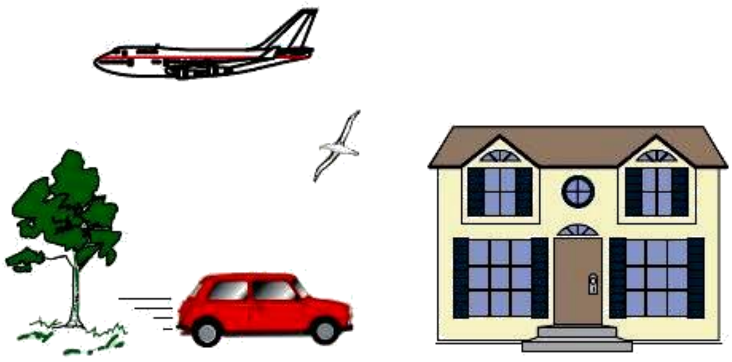
$\upsilon = \upsilon_o - \alpha t$: Εξίσωση ταχύτητας στην ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.

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

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

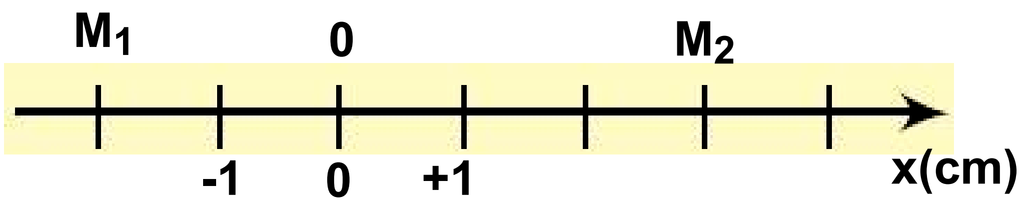
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

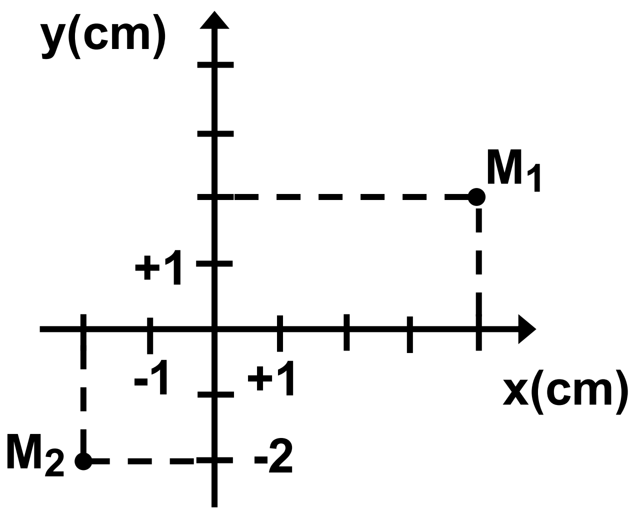


2. Τι ονομάζουμε τροχιά ενός κινητού; Πως διακρίνονται οι κινήσεις με κριτήριο τη μορφή της τροχιάς του κινητού;

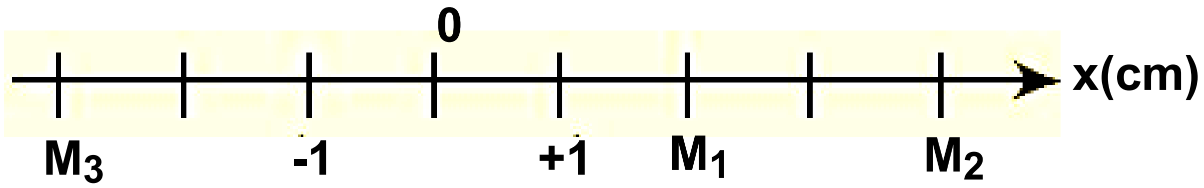
3. Να προσδιοριστεί η θέση των σημείων M_1 και M_2 της εικόνας.



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;

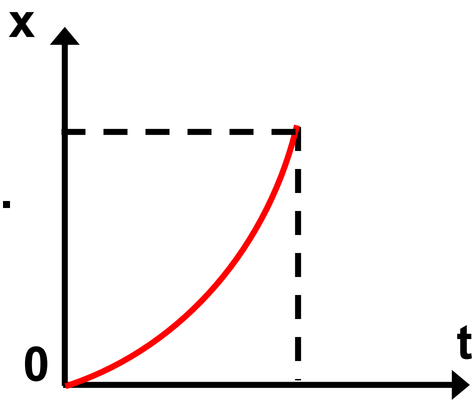
8. Ένας ποδηλάτης λέει σε ένα φίλο του: "Πήγα από την τοποθεσία Α στην τοποθεσία Β και διέτρεξα μια απόσταση ίση με την μετατόπισή μου". Τι μπορούμε να συμπεράνουμε για το είδος της τροχιάς του ποδηλάτη;

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

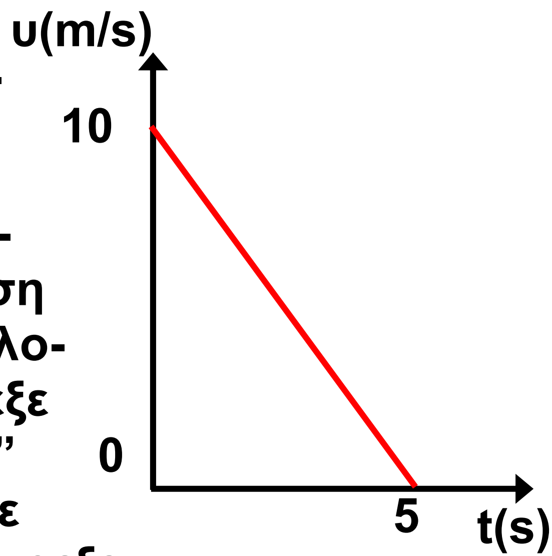
10. Σε ποια κίνηση ταυτίζονται η τιμή της μέσης και της στιγμιαίας ταχύτητας;

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. Μπορούμε 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 της επόμενης σελίδας φαίνεται το διάγραμμα της ταχύτητας ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο. Μπορούμε να υπολογίσουμε το διάστημα που διέτρεξε το κινητό, μέχρι να σταματήσει;"

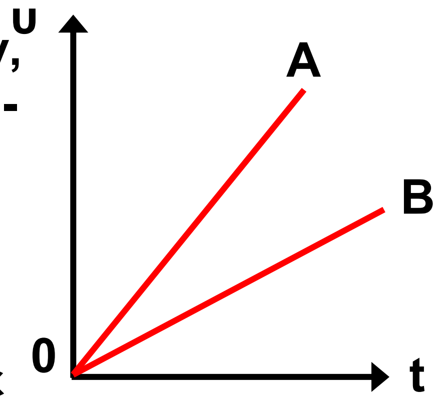


Ο μαθητής Β αφού σκέφτηκε λίγο είπε: "Το διάστημα που διέτρεξε το κινητό είναι 25m". Να εξετάσετε την ορθότητα της απάντησης του μαθητή Β.

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 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 πίνακας της επόμενης σελίδας.

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.

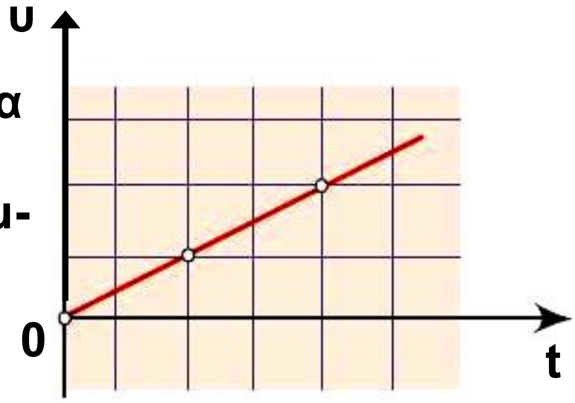
19. Μία κίνηση λέγεται ευθύγραμμη ομαλή όταν:

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 $1m/s^2$ 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 πως 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.

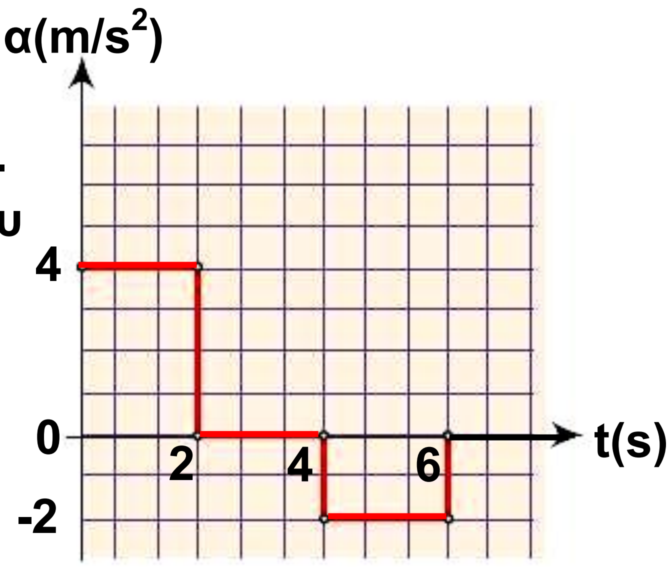
22. Το διάστημα που διανύει ένα σώμα, αυξάνεται ανάλογα με το τετράγωνο του χρόνου.
Η κίνηση που κάνει το σώμα είναι:
Α. Ευθύγραμμη ομαλή.
Β. Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη χωρίς αρχική ταχύτητα.
Γ. Ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

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 της επόμενης σελίδας 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
....

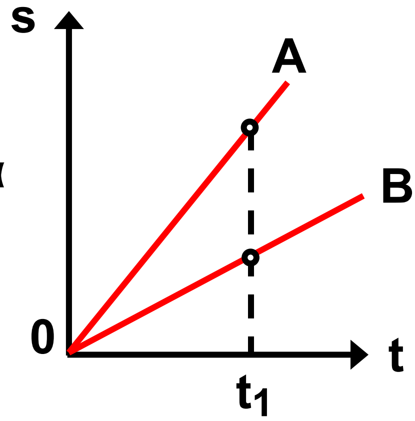
Β. Στο χρονικό διάστημα από 2s-4s η κίνηση είναι
....

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.



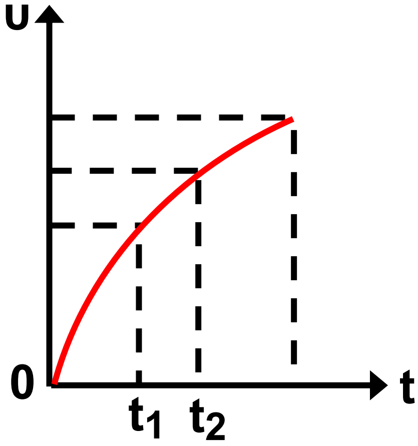
26. Στο διάγραμμα της εικόνας φαίνεται η γραφική παράσταση διαστήματος - χρόνου για δύο κινητά Α και Β. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

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.

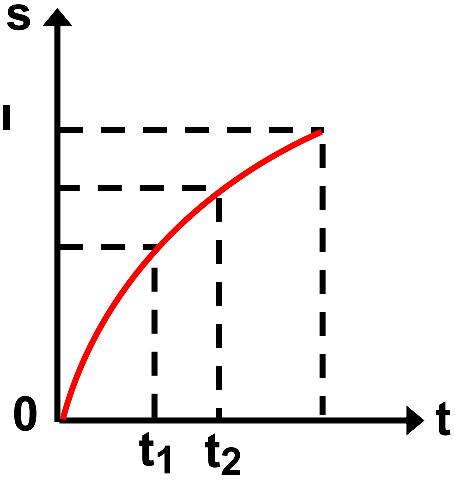
Δ. Τα κινητά δεν έχουν ταχύτητα.



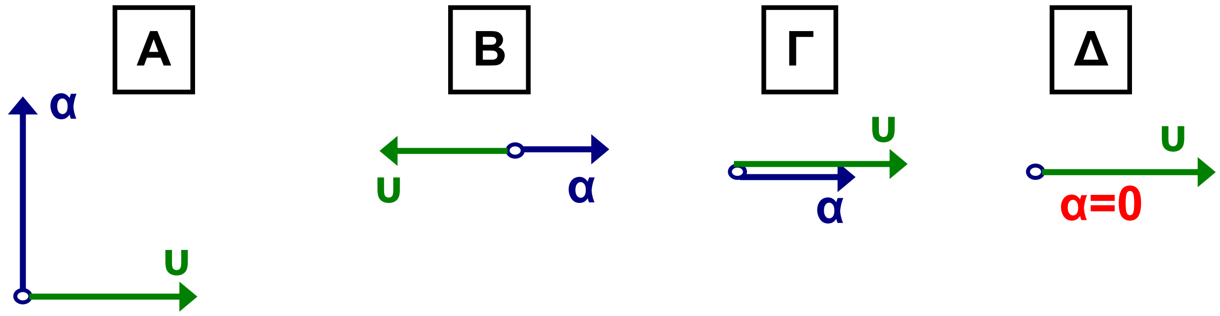
27. Ένα αυτοκίνητο κάνει ευθύγραμμη κίνηση και η ταχύτητά του μεταβάλλεται όπως φαίνεται στην εικόνα.
Να δικαιολογήσετε γιατί η κίνηση δεν είναι ομαλά επιταχυνόμενη.

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.

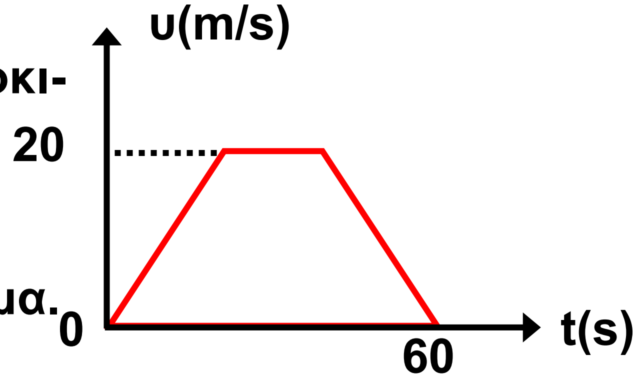


29. Ποιο από τα διαγράμματα της εικόνας ανταποκρίνεται σε ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κίνηση;

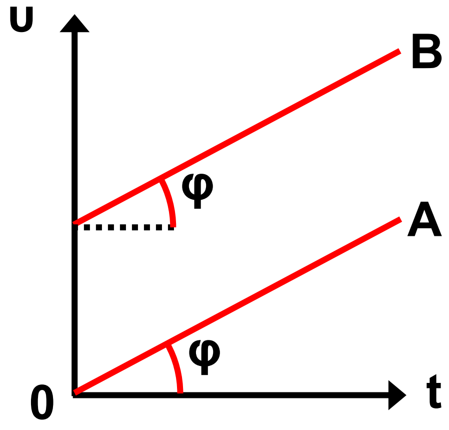


30. Στην εικόνα φαίνεται το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου, ενός αυτοκινήτου. Το εμβαδό του τραπεζίου αντιπροσωπεύει.

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;

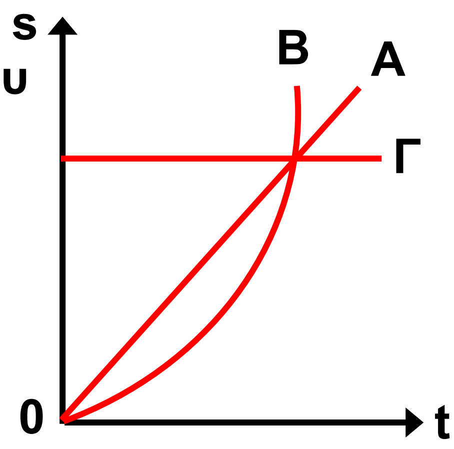
Α. Οι δύο δρομείς κινούνται με την ίδια επιτάχυνση.

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.

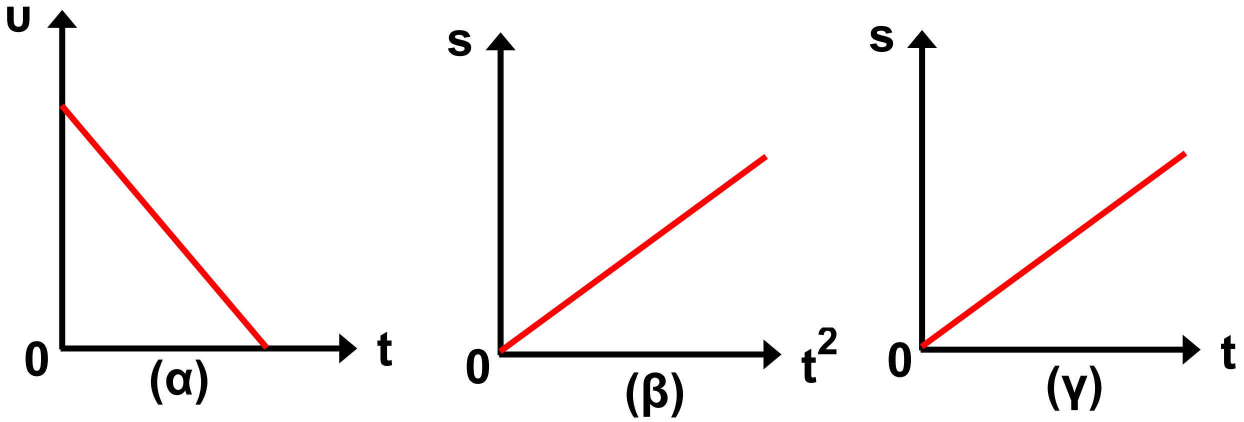
34. Ο χιλιομετρητής ενός αυτοκινήτου δείχνει 24.532km. Η ένδειξη αυτή αντιπροσωπεύει:
Α. Τη συνολική μετατόπιση του αυτοκινήτου.
Β. Το συνολικό διάστημα που έχει διανύσει το αυτοκίνητο.
Γ. Κατά μέσο όρο τη μετατόπιση του αυτοκινήτου.
Δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

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 της επόμενης σελίδας.
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 ταχύτητες 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.

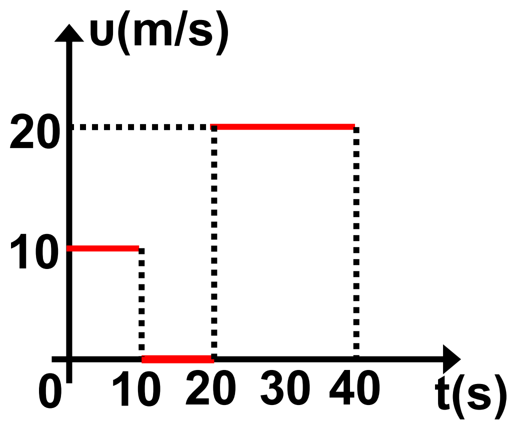
41. Να περιγράψετε ένα τουλάχιστον τρόπο, με τον οποίο μπορείτε να διαπιστώσετε το είδος της κίνησης ενός ποδηλάτου.

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 ℓ = 20m, κινείται με ταχύτητα υ = 10m/s και περνά μια γέφυρα μήκους s = 1.980m. 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 $υ_1$ = 36km/h και $υ_2$ = 54km/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 = 500m μπροστά από το περιπολικό. Το περιπολικό έχει σταθερή ταχύτητα $υ_{π}$ = 30m/s, ενώ ο μοτοσυκλετιστής κινείται με σταθερή ταχύτητα $υ_{M}$ =20m/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=5s.

Να υπολογίσετε το διάστημα που διάνυσε ο ποδηλάτης σε 5s.

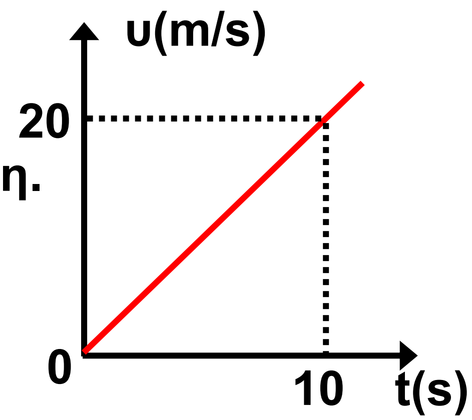
7. Ένας μοτοσυκλετιστής ξεκινά από την ηρεμία και κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή επιτάχυνση $2m/s^2$.

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.

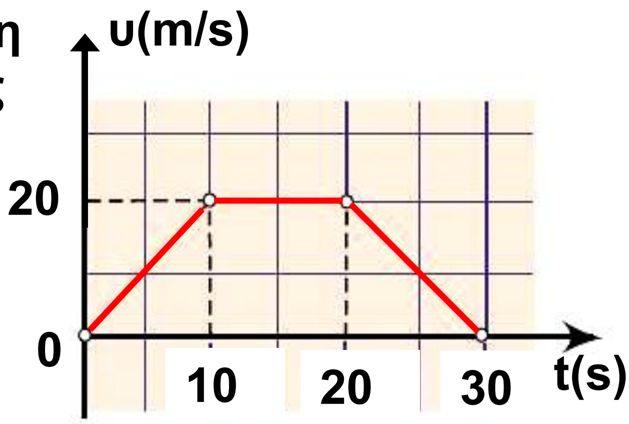


Να υπολογίσετε:

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

Β. Το διάστημα που διάνυσε το κινητό στο 2ο 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.

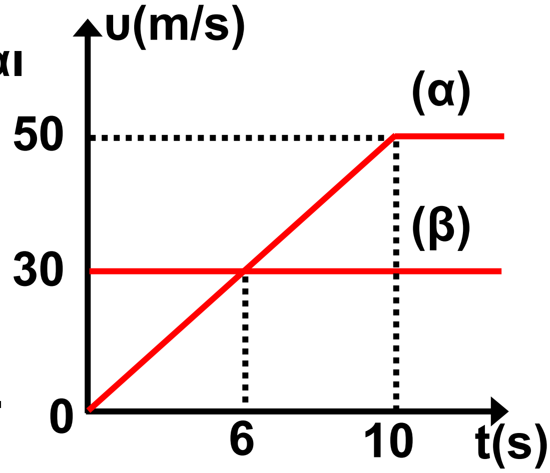
Β. Η τιμή της μέσης ταχύτητας του κινητού.

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

υ = 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 $υ_Β$ =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 $υ_ο$ = 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 ℓ = 70m περνά από γέφυρα μήκους s=55m. Το τρένο έχει αρχική ταχύτητα $υ_ο$ = 20m/s και τη στιγμή που φτάνει στην γέφυρα αρχίζει να επιταχύνεται ομαλά με α=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 Οx είναι:

x_1 =10t και x_2 =4t^2 στο S.I.

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

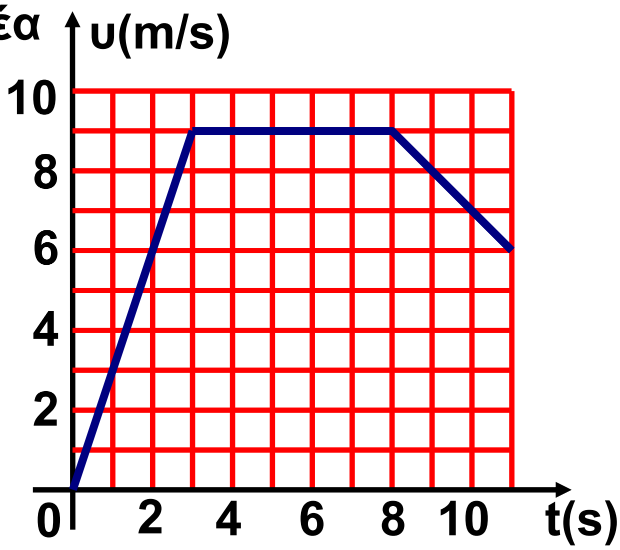
Β. Να κατασκευάσετε τα διαγράμματα, ταχύτητας - χρόνου και διαστήματος - χρόνου.

16. Η κίνηση ενός δρομέα των 100m δίνεται προσεγγιστικά από το διάγραμμα 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 $υ_ο$ =10m/s και ο οδηγός κάνοντας χρήση των φρένων προκαλεί στο αυτοκίνητο σταθερή επιβράδυνση $α = 2\ m/s^2$.

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 $α_1 = 1{,}6\ m/s^2$ και 4 δευτερόλεπτα κατόπιν, ξεκινάει ο μοτοσυκλετιστής ο οποίος καταδιώκει το αυτοκίνητο με σταθερή επιτάχυνση $α_2 = 2{,}5 m/s^2$.

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(0 και s = f(t).

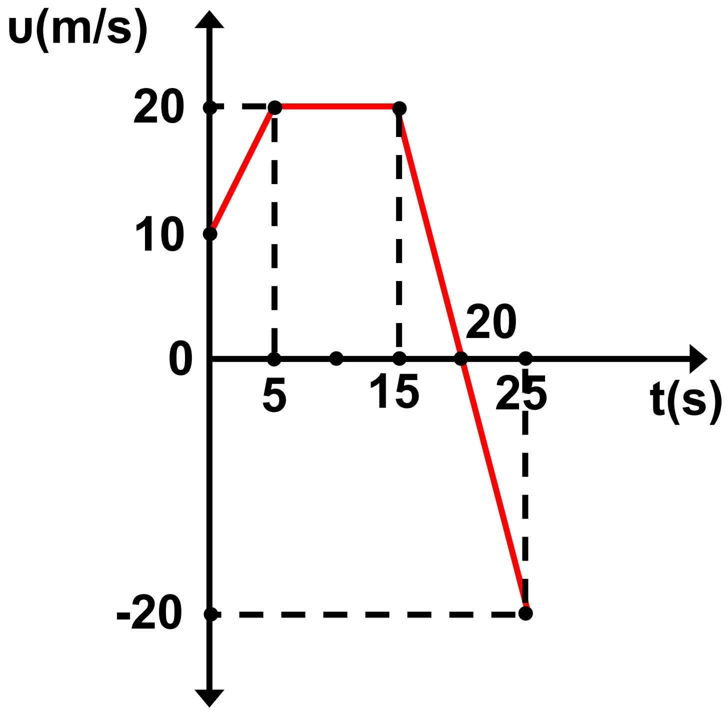
19. Στο διάγραμμα αποδίδεται γραφικά η ταχύτητα ενός κινητού σε συνάρτηση με το χρόνο.

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 μια 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 μια 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.

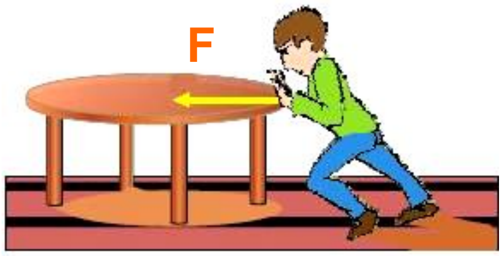
Σ' αυτό και στο επόμενο κεφάλαιο, θα μελετήσουμε τις δυνάμεις που είναι τα αίτια που προκαλούν τις κινήσεις ή ακριβέστερα τις μεταβολές των κινήσεων των σωμάτων. Επίσης θα αναφερθούμε στο βάρος και τη μάζα των σωμάτων, στην ελεύθερη πτώση τους κ.τ.λ.

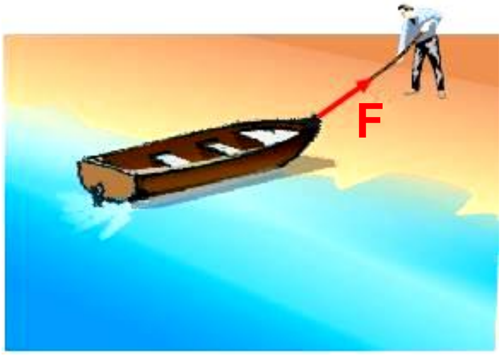
Η ενότητα της Φυσικής που μελετά τις δυνάμεις και τα αποτελέσματά τους, λέγεται **Δυναμική**.

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

1.2.1 Η έννοια της δύναμης

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





Εικόνα 1.2.1
Με τη δύναμη έλκουμε ή απωθού-με τα σώματα.

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.

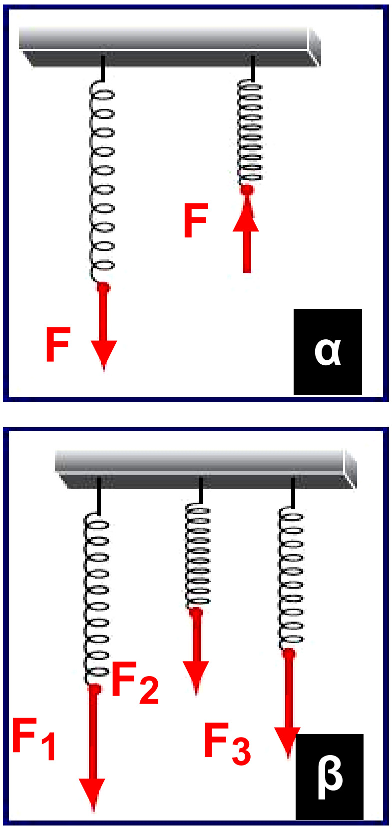
Είναι σημαντικό να τονίσουμε εξ’ αρχής ότι για να ασκηθεί μια δύναμη σε ένα σώμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δεύτερου σώματος, που είναι είτε σε επαφή είτε σε κάποια απόσταση από το πρώτο. Η δύναμη είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο σωμάτων.

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

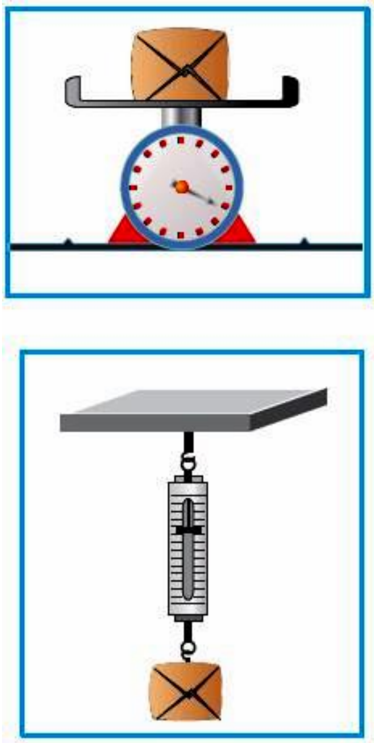
ελατηρίου αντίστοιχα, ενώ στην εικόνα 1.2.26 δυνάμεις ίδιας κατεύθυνσης διαφορετικού μέτρου να προκαλούν διαφορετική επιμήκυνση του ίδιου ελατηρίου.

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.



Εικόνα 1.2.2
Στην εικόνα α, οι δυνάμεις, παρόλο που έχουν το ίδιο μέτρο, προκαλούν διαφορετικά αποτελέσματα, γιατί έχουν διαφορετική φορά. Στην εικόνα 6, δυνάμεις διαφορετικού μέτρου προκαλούν διαφορετικά αποτελέσματα.

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

Μια δύναμη μπορεί να μετρηθεί με το ζυγό ελατηρίου (Εικ. 1.2.3α) ή με το δυναμόμετρο (Εικ. 1.2.36).

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.

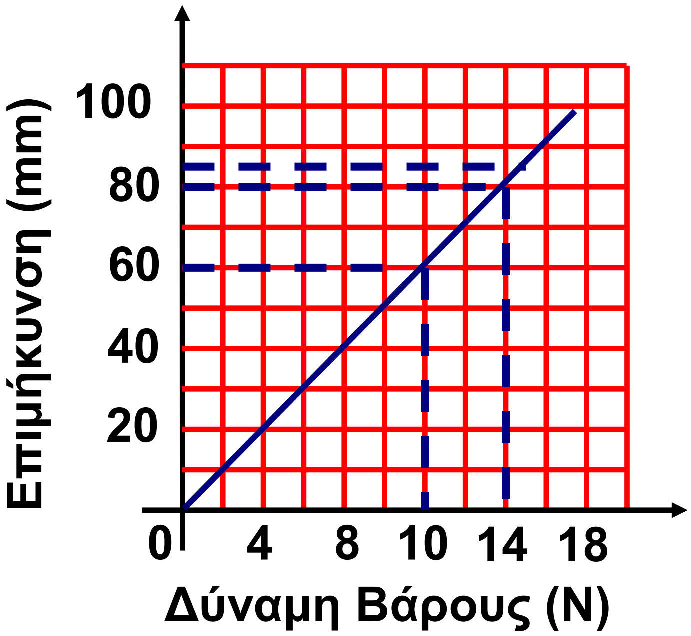
Εφαρμογή

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;

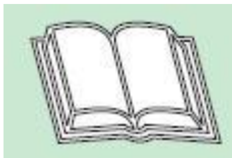
Η μάζα της ζάχαρης είναι 1kg. Οπότε το βάρος της (η δύναμη της βαρύτητας πάνω της) είναι 10N.

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.

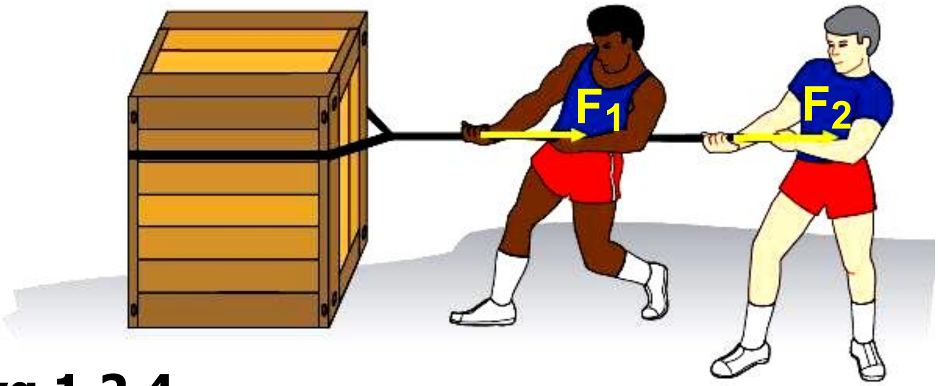
Ο νόμος του Hooke διατυπώνεται ως εξής:

“Οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις δυνάμεις που τις προκάλεσαν”.

Η μαθηματική έκφραση του νόμου του Hooke, για τα ελατήρια, είναι: F = K x.

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



Εικόνα 1.2.4

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

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.

Γενικότερα, σε κάποιο σώμα που επενεργούν δύο ή περισσότερες δυνάμεις ταυτόχρονα, στο ίδιο σημείο του, υπάρχει μια 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.

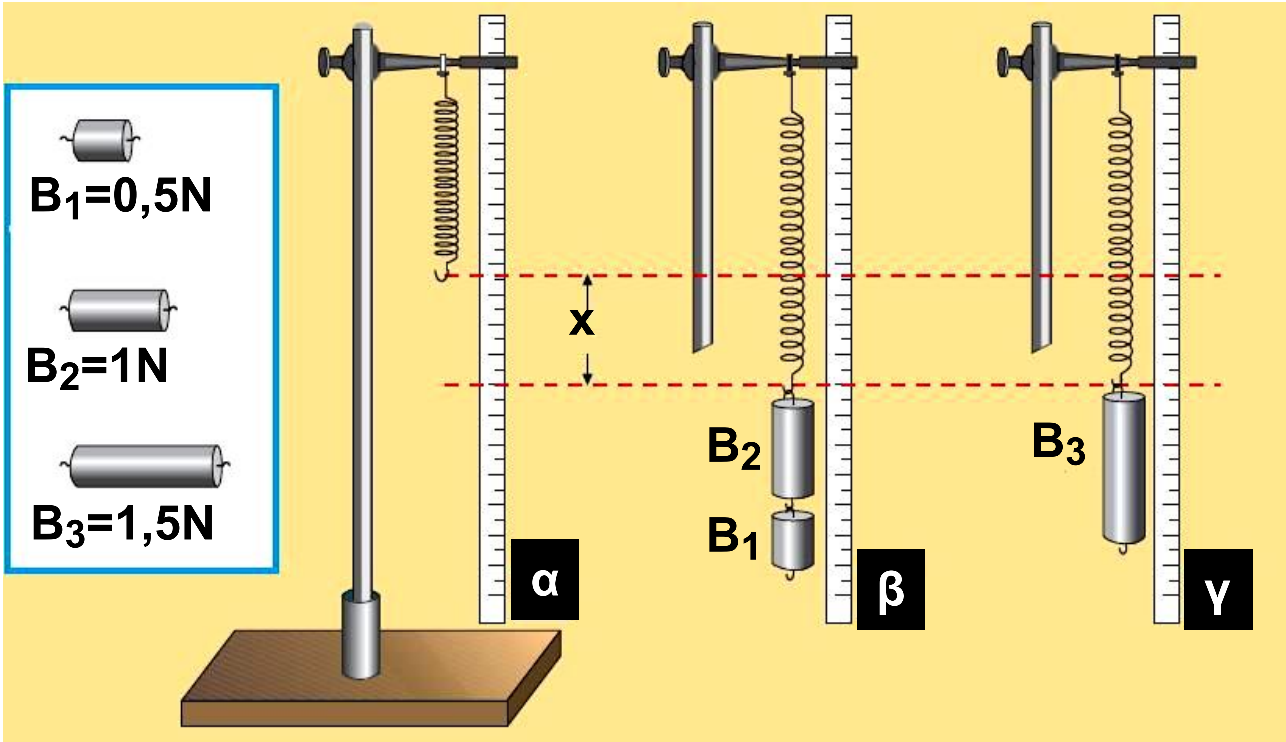
Επειδή η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος, οι δυνάμεις προστίθενται διανυσματικά. Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε πώς βρίσκεται η συνισταμένη συγγραμμικών δυνάμεων.

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.



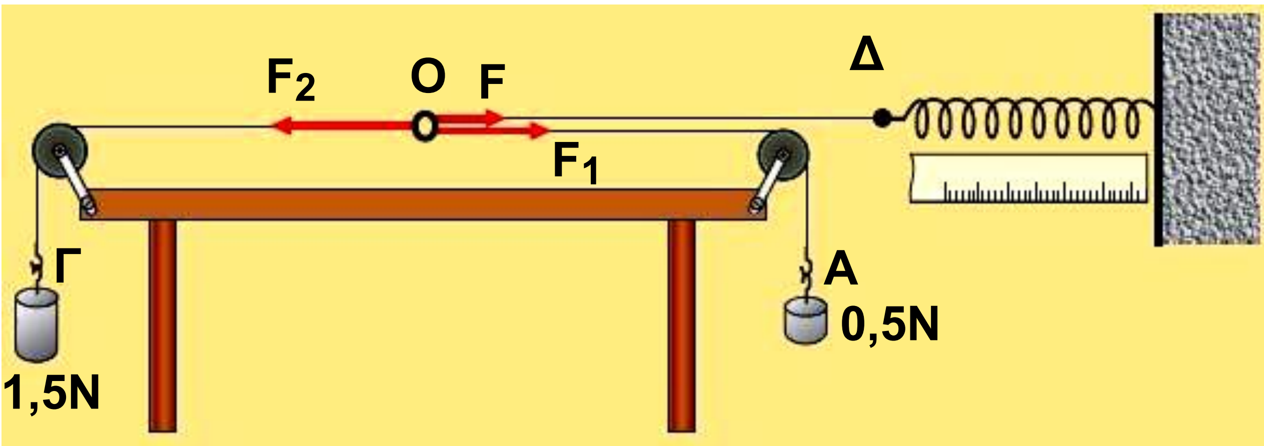
Εικόνα 1
Σύνθεση δύο δυνάμεων ίδιας κατεύθυνσης.

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

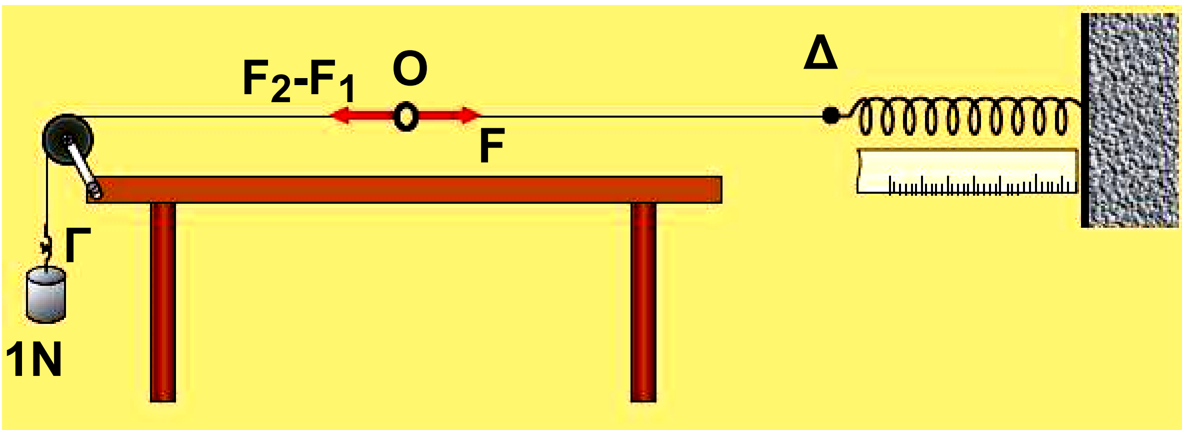
β) Δυνάμεις αντίθετης κατεύθυνσης.

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.



Εικόνα 2β

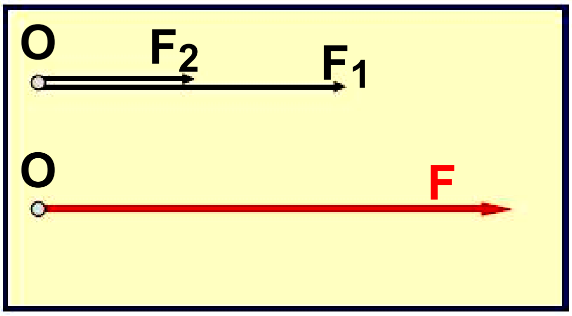
Αναρτήστε από τις θηλειές Α και Γ δύο βαρίδια με βάρη 0,5N και 1,5N και ισορροπήστε το σημείο Ο τραβώντας το άκρο Δ με ελατήριο. Μετρήστε το μήκος του ελατηρίου.

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;

Από την παραπάνω δραστηριότητα προκύπτουν τα εξής:

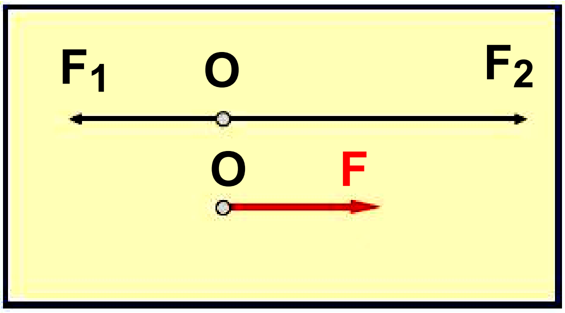
1η) Περίπτωση: Οι δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση.
Αν δύο δυνάμεις έχουν την ίδια κατεύθυνση η συνισταμένη τους (διανυσματικό άθροισμα) έχει τιμή ίση με το άθροισμα των τιμών των συνιστωσών δυνάμεων και φορά τη φορά τους (Εικ. 1.2.5).



Εικόνα 1.2.5

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

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):



Εικόνα 1.2.6

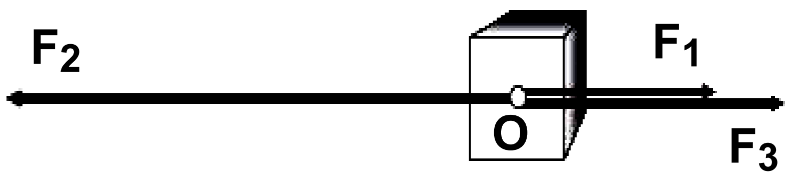
$$F = F_2 - F_1 \qquad (1.2.2)$$

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

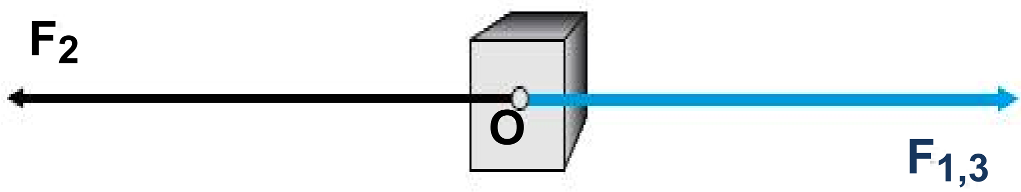
Να βρεθεί η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα όπως φαίνεται στην εικόνα. Δίνονται: $F_1 = 10N$, $F_2 = 25N$ και $F_3 = 12N$.



α΄ τρόπος.

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

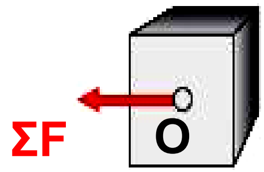
$$F_{1,3} = F_1 + F_3 \quad ή \quad F_{1,3} = 10N + 12N = 22N$$



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:

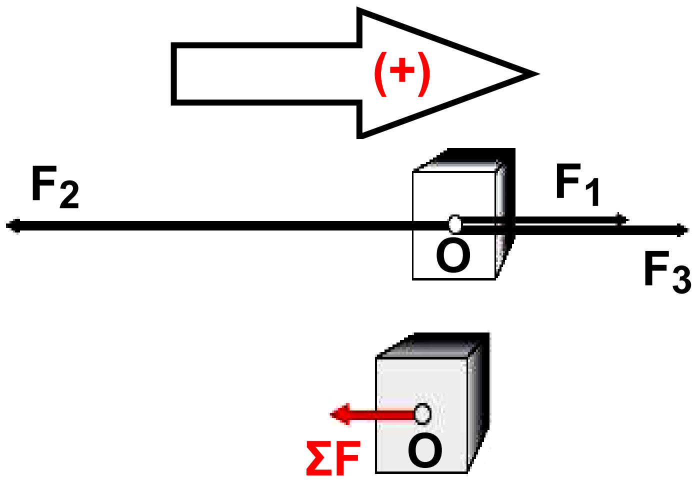
$$\Sigma F = F_2 - F_{1,3} \text{ ή}$$
$$\Sigma F = 25N - 22N = 3N$$



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

β' τρόπος.

Μπορούμε να εργαστούμε και ως εξής:



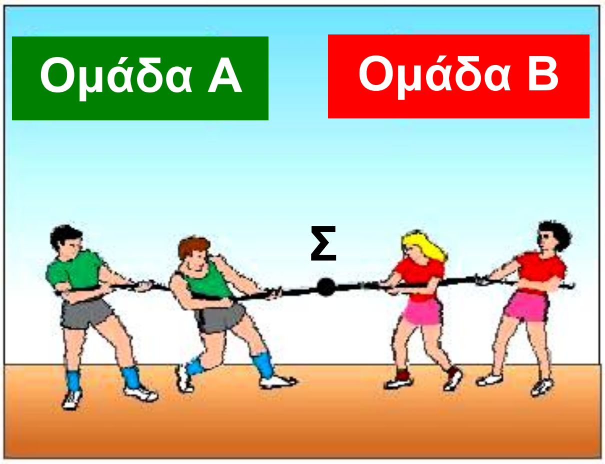
Επιλέγουμε ως θετική φορά τη φορά της δύναμης F_1. Τότε η συνισταμένη ΣF θα ισούται:

$$\Sigma F = F_1 - F_2 + F_3 \text{ ή}$$
$$\Sigma F = 10N - 25N + 12N \quad \text{ή} \quad \Sigma F = -3N.$$

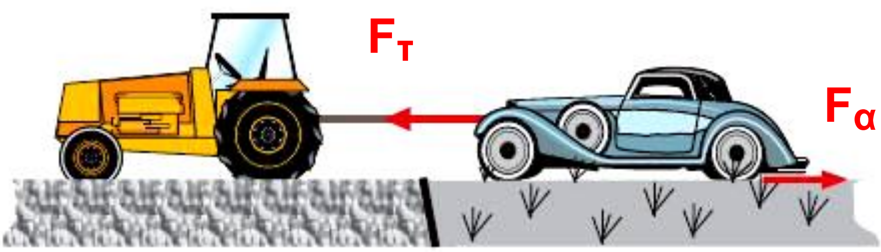
Η κατεύθυνση της δύναμης F είναι αντίθετη με τη φορά που επιλέξαμε ως θετική, δηλαδή έχει φορά ίδια με αυτή της δύναμης F_2.

Εφαρμογές

1) Δύο ομάδες παιδιών προσπαθούν να νικήσει η μία την άλλη στο παιγνίδι με το σχοινί (διελκυστίδα). 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_T, που ασκεί το τρακτέρ είναι μεγαλύτερο από το μέτρο της δύναμης $F_α$, το αυτοκίνητο θα απομακρυνθεί από τη λάσπη.

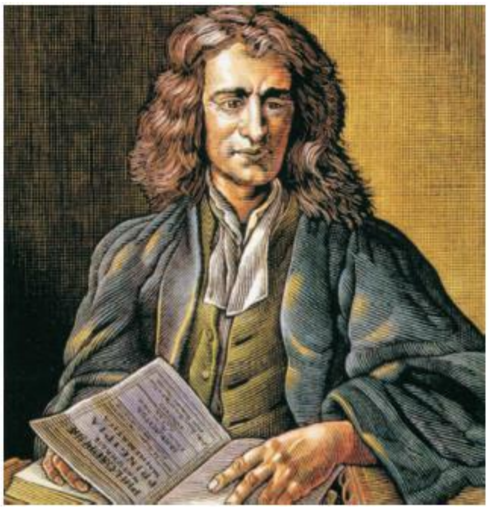


ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ

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.

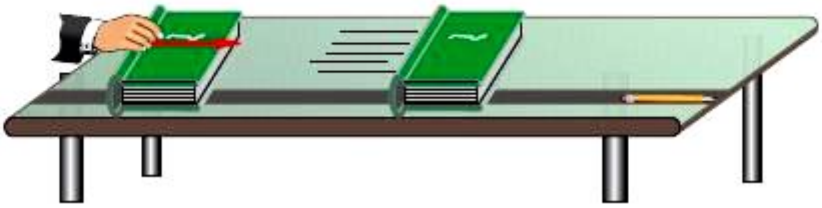
Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε τους δύο πρώτους νόμους του Νεύτωνα, ο τρίτος νόμος θα μελετηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.



Isaac Newton (1642-1727)

1.2.3 Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα

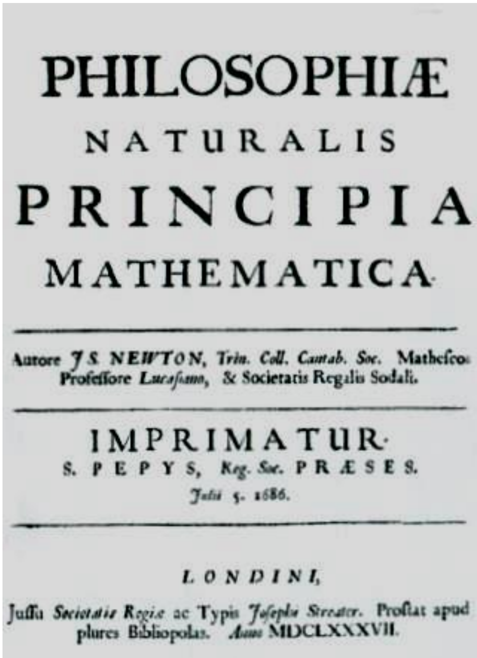
Δώσε μια ώθηση στο βιβλίο σου πάνω στο θρανίο, εικόνα 1.2.7, και παρατήρησε τι θα συμβεί. Είναι βέβαιο ότι πριν το κάνεις γνωρίζεις από την εμπειρία σου την απάντηση. Το βιβλίο θα διανύσει μικρή απόσταση και θα σταματήσει. Αυτή η εμπειρία οδήγησε στο συμπέρασμα που διατύπωσε ο Αριστοτέλης και ίσχυσε 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 μια 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;

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".



PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

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.

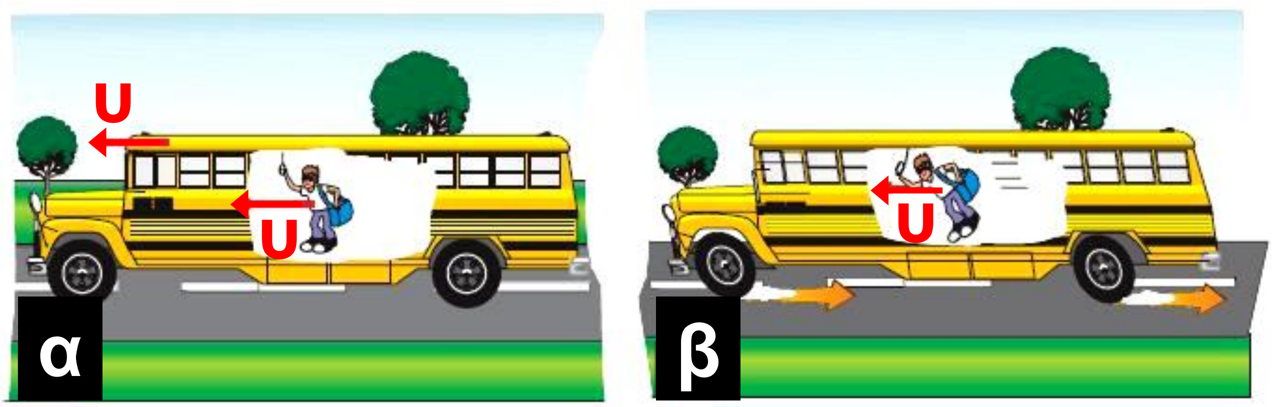
Με την έκφραση “μεταβολή της κινητικής κατάστασης” εννοούμε το εξής:

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).

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.



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

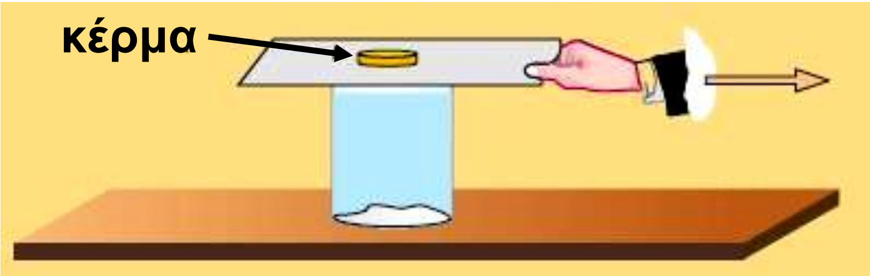
Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα βρίσκει εφαρμογή στη σύγχρονη διαστημική. Όταν, παραδείγματος χάρη, ένα διαστημόπλοιο που κινείται μακριά από πλανήτες ή άλλα ουράνια σώματα, (άρα δεν δέχεται καμιά δύναμη από άλλα σώματα και επομένως έχει σταθερή ταχύτητα), χρειαστεί να αλλάξει την ταχύτητά του, χρησιμοποιεί 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 μια μεταλλική σφαίρα (ή ένα κέρμα).

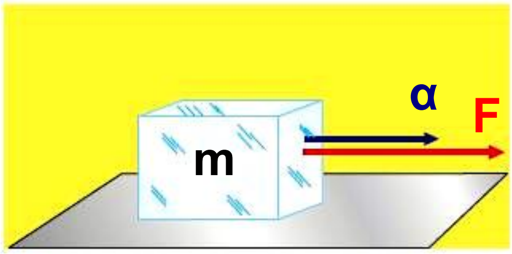


3. Σύρετε το χαρτόνι αργά, διατηρώντας το οριζόντιο. Τι παρατηρείτε;
4. Τοποθετήστε πάλι το χαρτόνι με τη σφαίρα ή το κέρμα επάνω στο ποτήρι. Τραβήξτε απότομα το χαρτόνι. Τι συμβαίνει; Πώς ερμηνεύετε αυτό που παρατηρήσατε;

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 σπουδαιότητας 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 α που αποκτά αυτό είναι μεγέθη ανάλογα. Μπορούμε λοιπόν να γράψουμε:

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

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 = mα.

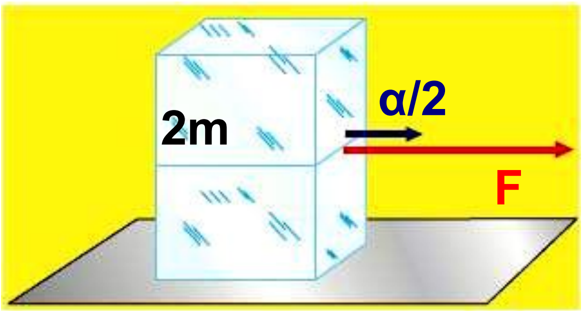
Ο συντελεστής αναλογίας m της παραπάνω σχέσης m = F/α αποτελεί τον ορισμό για τη μάζα και ονομάζεται **μάζα αδράνειας** του σώματος ή απλά μάζα. Για την έννοια της μάζας θα μιλήσουμε αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο.

Αν στη σχέση F = mα θέσουμε m = 1kg και α = $1m/s^2$ 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 σπρώξομε με την ίδια δύναμη όπως προηγουμένως, θα βρούμε ότι η επιτάχυνση που αποκτά το σύστημα έχει τιμή 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

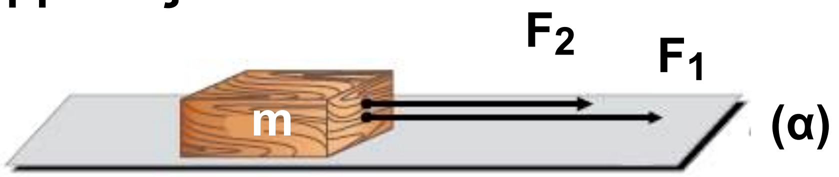
1. Κόψτε νήμα μήκους 1m περίπου και δέστε το ένα άκρο του σε χυτοσιδερένια βάση (ή άλλο βαρύ σώμα) και το άλλο σε ένα ραβδάκι.
2. Σηκώστε τη χυτοσιδερένια βάση τραβώντας αργά προς τα επάνω το νήμα. Τι παρατηρείτε;
3. Επαναλάβετε τραβώντας απότομα το νήμα. Τι συμβαίνει; Εξηγήστε τη διαφορετική συμπεριφορά 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.

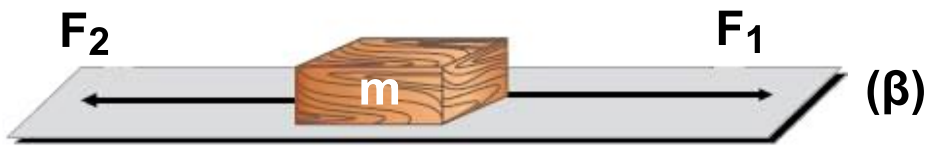
Παράδειγμα

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.

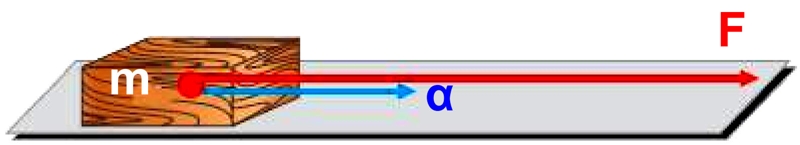
Απάντηση

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

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

Στην πρώτη περίπτωση το μέτρο της συνισταμένης F ισούται με:

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

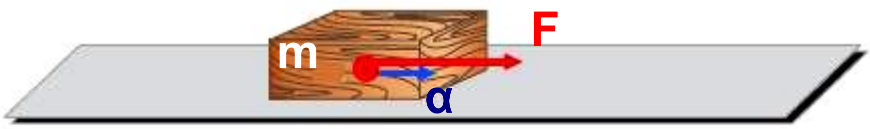


και με αντικατάσταση στη σχέση (1), προκύπτει ότι η επιτάχυνση έχει τιμή:

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

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 τον βάρους

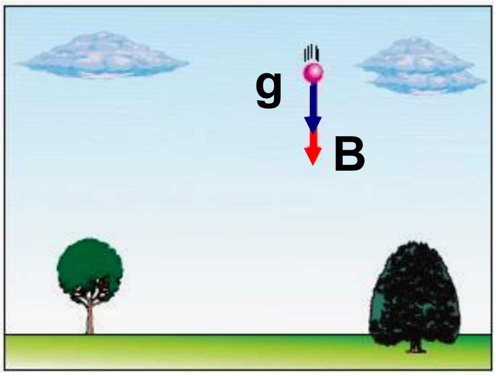
Όπως γνωρίζουμε, αν αφήσουμε ένα σώμα να πέσει ελεύθερα, πέφτει με την επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9{,}81\ m/s^2$. Σύμφωνα με το Θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής, αφού το σώμα έχει επιτάχυνση θα ενεργεί σ' αυτό δύναμη $\vec{F} = m\vec{a}$ ή $\vec{F} = m\vec{g}$, που έλκει το σώμα προς τη Γη. Τη δύναμη αυτή την ονομάζουμε **βάρος** του σώματος και τη συμβολίζουμε με $\vec{B}$, (Εικ. 1.2.11), δηλαδή:

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

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

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



Εικόνα 1.2.11

Μια δύναμη είναι ίση με 1kp όταν ενεργεί σε μάζα 1kg και της προσδίδει επιτάχυνση $\alpha = g = 9{,}81 m/s^2$.

[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 $F = m\alpha$.

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

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

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.

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

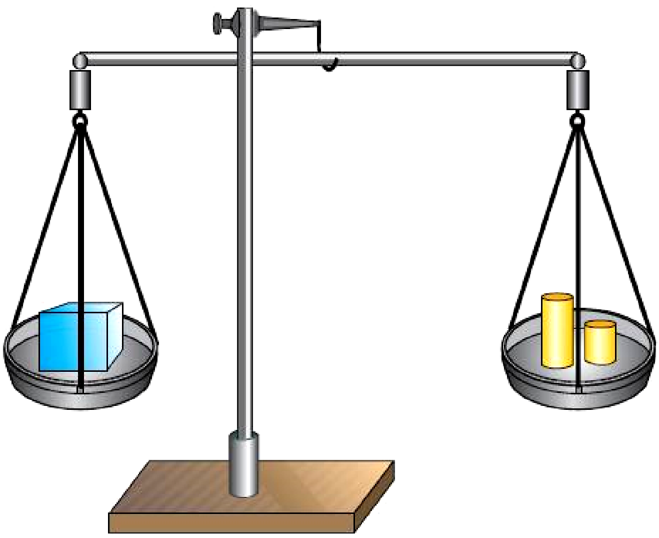
$$B_1 = m_1 g \quad \text{και}$$

$$B_2 = m_2 g$$

Διαιρώντας τις σχέσεις αυτές κατά μέλη παίρνουμε:

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

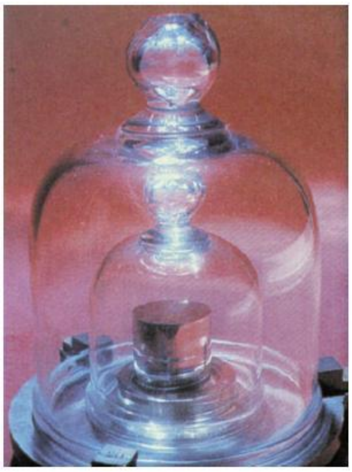
Δηλαδή ο λόγος των βαρών δύο σωμάτων (στον ίδιο τόπο) ισούται με το λόγο των μαζών τους. Την ιδιότητα αυτή τη χρησιμοποιούμε για την εύρεση της μάζας ενός σώματος με το ζυγό, συγκρίνοντας το βάρος του με το βάρος των σταθμών (Εικ. 1.2.13).



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 μια σπουδαία ιδιότητα της ύλης που μας επιτρέπει



να χρησιμοποιούμε την έννοια “μάζα” αδιακρίτως είτε πρόκειται για βαρυτική είτε για αδρανειακή μάζα.

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).

Εικόνα 1.2.14
Πρότυπο χιλιόγραμμο μάζας

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 = 300.000 km/s. Αύξηση όμως της μάζας σημαίνει ότι, απαιτείται επιπλέον δύναμη για να συνεχίσει το σώμα να κινείται με την ίδια επιτάχυνση.

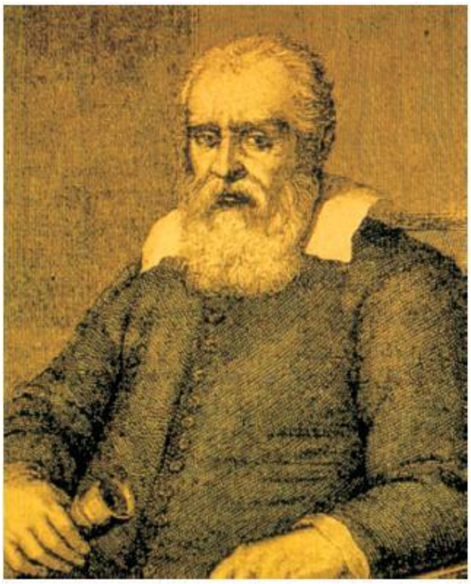
1.2.7 Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων

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.



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

Λέμε ότι ένα σώμα κάνει ελεύθερη πτώση όταν το αφήσουμε να πέσει από κάποιο ύψος και η μόνη δύναμη που ενεργεί σ’ 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 $g = 9{,}81 m/s^2$ σε γεωγραφικό πλάτος 45^o. Η επιτάχυνση αυτή οφείλεται στην έλξη της Γης και ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας.

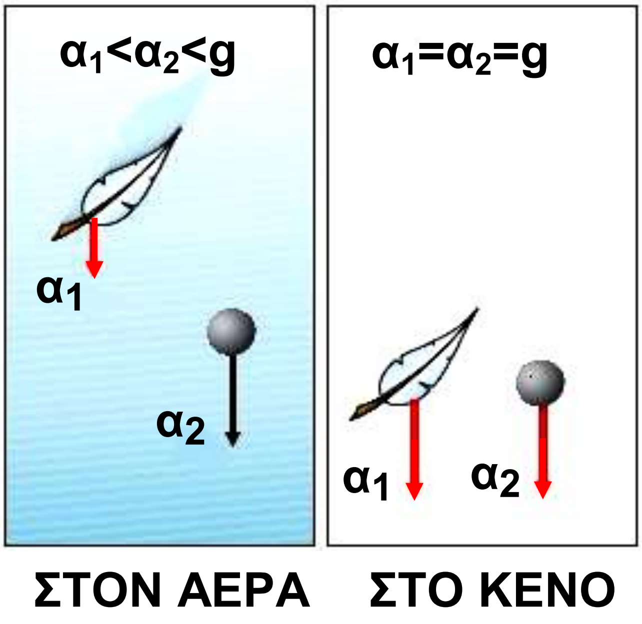

DIALOGO
DI
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO
DELLO STVDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO
GR.DVCA DI TOSCANA.
Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre sopra i due
MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;
Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali tanto per l'una, quanto per l'altra parte.
CON PRI VILEGI.

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 απόκτά τελικά μια 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 μια 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.

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 1.2.15
Πτώση σωμάτων

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 $υ_ο = 0$ και $α = g$ παίρνουμε τις εξισώσεις:

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

και

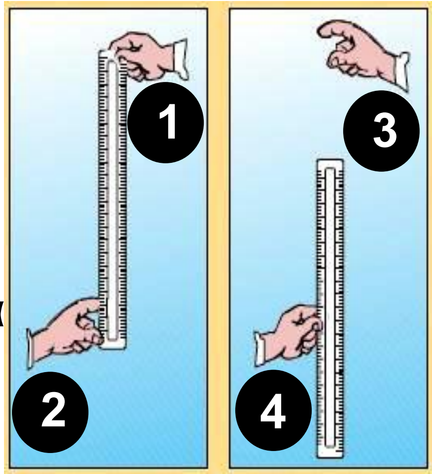
$$υ = g\,t \qquad (1.2.6)$$

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 $υ = g\,t$ φαίνεται ότι η τιμή της ταχύτητας είναι ανάλογη του χρόνου πτώσης.

Δραστηριότητα

Χρησιμοποιώντας ένα βαθμολογημένο κανόνα υπολογίστε το χρόνο αντίδρασης 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 αντίδρασης 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.

Περιεχόμενα 1ου τόμου