ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

1ος τόμος

ΥΠΕΥΘ. ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦ. ΟΜΑΔΑΣ

Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγ. της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Παν/μίου Αθηνών.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας, Σχολ. 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, Καθηγ. 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 <u>Ιωάννη Βαγιωνάκη,</u> 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 Νικ. (Πρόεδρος), Καθηγ. Τμ. Φυσικής του Παν/μίου 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, Σχ. Σύμβουλος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Καθηγητές της Φυσικής που μας

βοήθησαν στο έργο μας:
1. Την Σωτηρία Θεοδωρίδου για τη συμβολή της στις Λύσεις των Ασκήσεων, στις Περιλήψεις, στο Ευρετήριο και στο Γλωσσάρι.
2. Την Σοφία Ιωαννίδου για τη συμβολή της στη Λύση των ασκήσεων Α΄ και Β΄ Λυκείου.
3. Τον Κώστα Ζαχαριάδη και την 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

<u>ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ</u>

Ομάδα Εργασίας Υπουργ. Παιδείας

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»

ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Εισαγωγικό κείμενο για το βιβλίο Φυσική Α΄ Τάξης Γενικού Λυκείου

Πρόλογος

Οι ενότητες

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

Ι. Βλάχο, Ι. Γραμματικάκη, Β. Καραπαναγιώτη, Π. Κόκκοτα,

ΙΙ. 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 Βιο-

λογία, 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 επιστημονι-

κούς 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 τροπο-

ποιήσει την υπόθεσή του και να οργανώσει τον επανέλεγχό της κ.ο.κ.

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

δεν συμφωνούν με τις παρατηρήσεις - πειράματα.

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

Ο Γαλιλαίος τον 16ο αιώνα είναι ο πρώτος που χρησιμοποίησε τη γλώσσα των μαθηματικών για να περιγράψει τις κινήσεις των σωμάτων. Γι' αυτό θεωρείται ο πρωτοπόρος της σύγχρονης Φυσικής

Επιστήμης. Αυτός έλεγε χαρακτηριστικά: “Η Φιλοσοφία (η Φυσική Επιστήμη θα λέγαμε σήμερα), είναι γραμμένη σ' αυτό το τεράστιο βιβλίο που στέκεται ανοικτό μπροστά στα μάτια μας. Δεν μπορούμε όμως να το διαβάσουμε αν δεν μάθουμε πρώτα τη γλώσσα και το αλφάβητο με το οποίο έχει γραφεί. Η γλώσσα του είναι τα μαθηματικά και το αλφάβητό του τα τρίγωνα, οι κύκλοι και τα άλλα γεωμετρικά σχήματα”.

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

Η διαφορά της σύγχρονης Φυσικής Επιστήμης από την επιστήμη των Φυσικών Φιλοσόφων στην αρχαιότητα είναι ότι, η πρώτη

συνδυάζει το πείραμα με τη γλώσσα των μαθηματικών. Έτσι, η έκφραση των φυσικών νόμων και θεωριών, δηλαδή η περιγραφή ή η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων γίνεται με μαθηματικούς όρους, εξισώσεις, κ.α.

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

μπορούμε να προβλέψουμε την κίνηση ενός σώματος που εκτοξεύεται με οριζόντια ταχύτητα.

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 θαλασσσών, 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 παγκόσμια συνδιάσκεψη στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1998, ώστε να μην καταστραφεί η ζωή στον πλανήτη, αλλά και να αναπτυχθούν νέες τεχνολογίες μη ρυπαίνουσες.

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

και επιτρέπει την ύπαρξη και την ανάπτυξη των επόμενων γενεών.

Απαραίτητες εισαγωγικές γνώσεις

Α. Οι έννοιες

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

Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό πρέπει να ορίσουμε τις έννοιες της περιόδου, της συχνότητας (που αναφέρονται σε φαινόμενα που επαναλαμβάνονται συνεχώς, όπως η ταλάντωση του εκκρε-

μούς), 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.

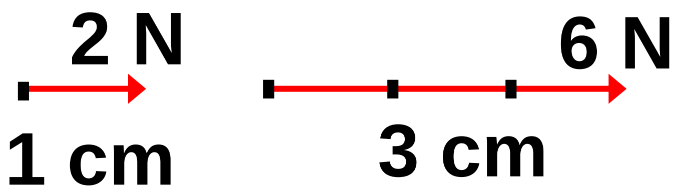
Β. Μονόμετρα και διανυσματικά μεγέθη

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 μηκος 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 $\vec{\upsilon}$

δύναμη $\vec{F}$

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

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

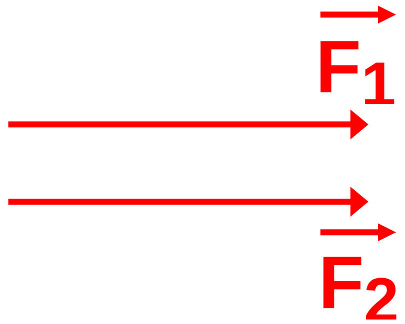
$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ διανυσματική ισότητα

$F_1 = F_2$ ισότητα μέτρων

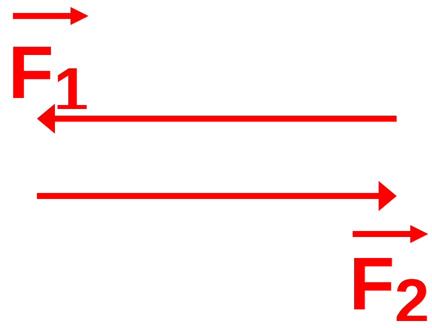
Δύο διανύσματα είναι αντίθετα, αν έχουν το ίδιο μέτρο και αντίθετη κατεύθυνση (Εικ. 2β). Μπορούμε τότε να γράψουμε:

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

$F_1 = F_2$ **ισότητα μέτρων**



Εικόνα 2α



Εικόνα 2β

Γ. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I.

Μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα οι επιστήμονες σε διάφορες χώρες του κόσμου χρησιμοποιούσαν διάφορα συστήματα μονάδων. Έτσι π.χ. στη Βρετανία μετρούσαν το μήκος σε ίντσες, ενώ στις άλλες ευρωπαϊκές χώρες σε cm ή m. Όπως είναι ευνόητο, η κατάσταση αυτή δημιουργούσε δυσχέρειες στο διεθνές εμπόριο, γι' αυτό στα διά-

φορα 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 μονά- -δων 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 χαλα-**

ζία 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 συμβαί-νουν 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 ηλεκτρι-κού ρεύματος το οποίο όταν διαρ-

ρέει 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° 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

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

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:

$$[υ] = \left[\frac{L}{T}\right] \quad \text{ή στην} \quad [υ] = \left[LT^{-1}\right]$$

(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"

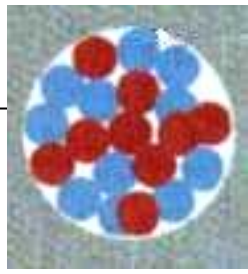
Πριν 9.000 χρόνια περίπου οι άνθρωποι άρχισαν να καλλιεργούν τη γη. Η εμφάνιση της γεωργίας είχε ως προϋπόθεση τη συνειδητοποίηση του βασικότερου ρυθμού που επηρεάζει τη ζωή πάνω στον πλανήτη μας, την ετήσια εναλλαγή των εποχών. Επίσης η εναλλαγή μέρας - νύχτας, οι μεταβολές των ορατών άστρων, οι φάσεις 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

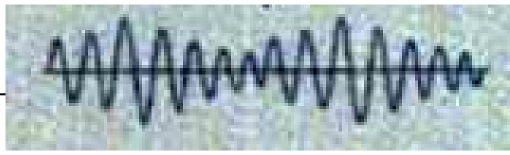


10^{-15} — Περίοδος του ορατού φωτός

10^{-10} — Περίοδος μικροκυμάτων

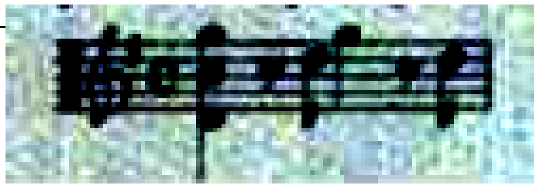
10^{-6}

Περίοδος Ραδιοκυμά-των AM.



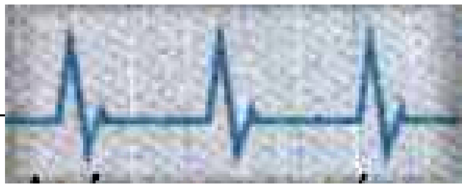
10^{-2}

Περίοδος του ήχου της νότας “μεσαίο C”.



1 sec

Περίοδος του καρδικού παλμού



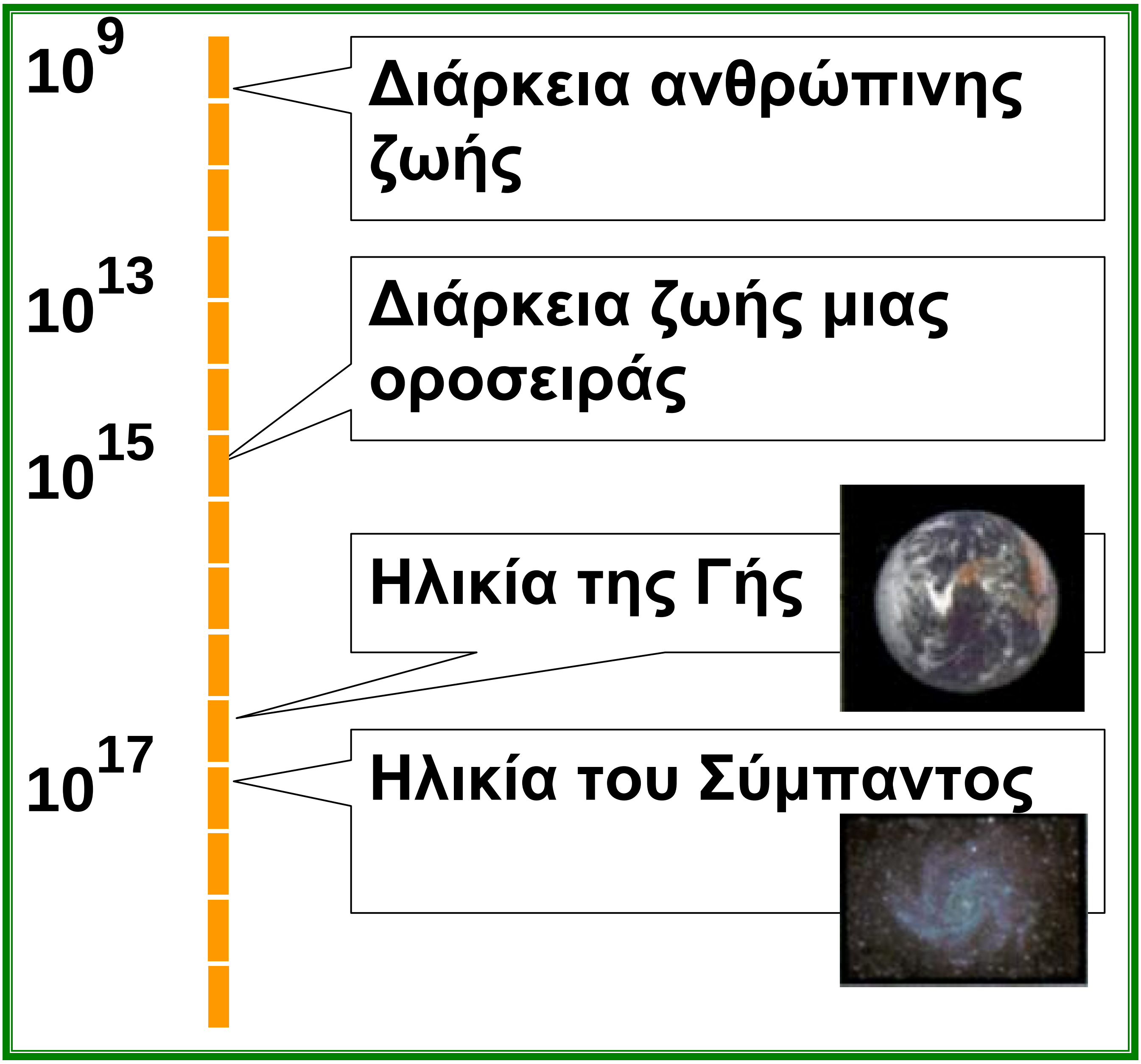
Διάρκεια ενός σχολικού μαθήματος

10^{5}

Διάρκεια ενός 24ώρου

10^{7}

Διάρκεια ενός έτους (365 μέρες)



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 σχε-

τικότητας, 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.

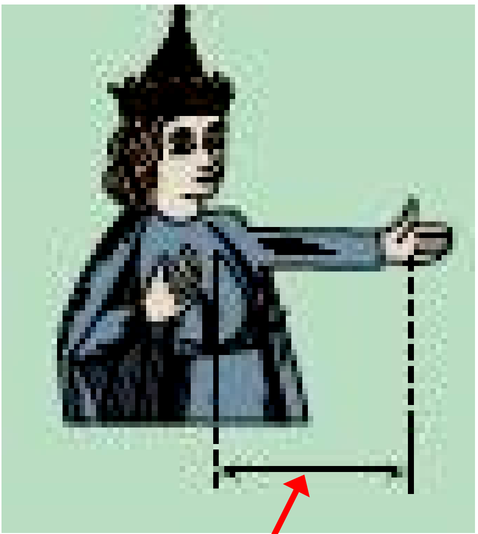
Στην αρχή οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν σαν μονάδες μέτρησης μέλη του σώματός τους, π.χ. πόδι, παλάμη, κ.α.

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:
$1dm = 10^{-1}\ m$, $1cm = 10^{-2}\ m$,
$1mm = 10^{-3}\ m$, $1\mu m = 10^{-6}\ m$,
$1nm = 10^{-9}\ m$, $1Å = 10^{-10}\ m$.

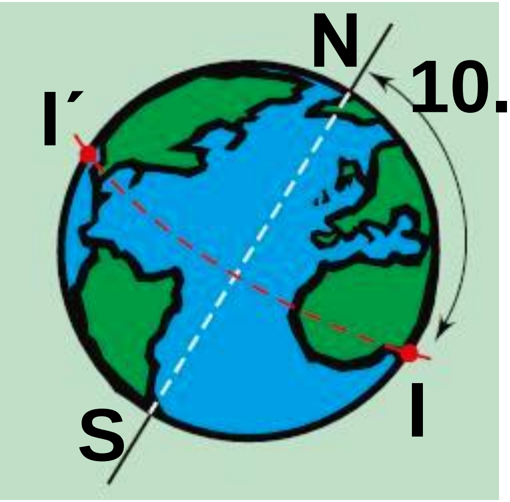
Σε παλαιότερες εποχές, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ποικίλες μονάδες μέτρησης του μήκους. Για τον καθορισμό αυτών των μονάδων, έπαιρναν ως βάρη μήκη που σχετίζονταν με το ανθρώπινο σώμα. Έτσι, οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το πόδι, το βήμα, το στάδιο (600 πόδια) κ.α. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, χρησιμοποιούσαν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



γιάρδα

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.

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

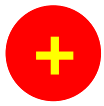
10^{-14}

10^{-12}

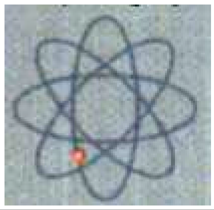
10^{-10}

10^{-8}

Ακτίνα του πρωτονίου



Διάμετρος ατόμου

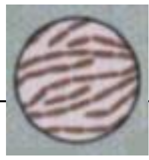


Ακτίνα ιού.

10^{-6}

Διάμετρος ανθρώπινης τρίχας

Βακτήριο



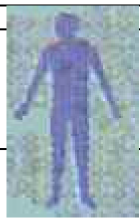
10^{-4}

10^{-2}

Διάμετρος καρυδιού

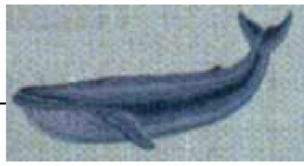
1

Άνθρωπος



10^{2}

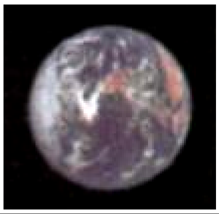
Φάλαινα



1 km

10^{4}

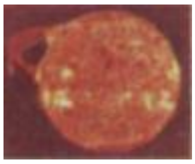
Διάμετρος της Γης



10^{6}

10^{8}

Διάμετρος του Ήλιου



10^{10}

Τροχιά της Γης

10^{12}

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 υποπολ-

λαπλάσια της μονάδας μήκους ως εξής:

$1dm^2 = (10^{-1}m)^2 = 10^{-2}\ m^2$,

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

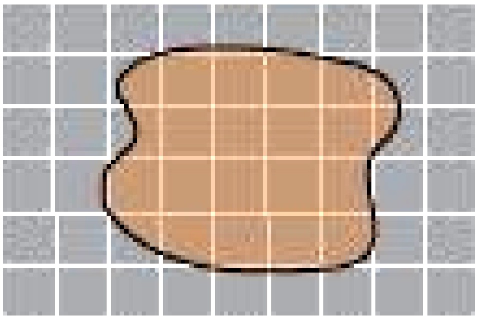
$1mm^2 = (10^{-3}m)^2 = 10^{-6}\ m^2$

$1dm^3 = (10^{-1}m)^3 = 10^{-3}\ m^3$,

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

$1mm^3 = (10^{-3}m)^3 = 10^{-9}\ m^3$

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 $1\ mL = 1\ cm^3$.



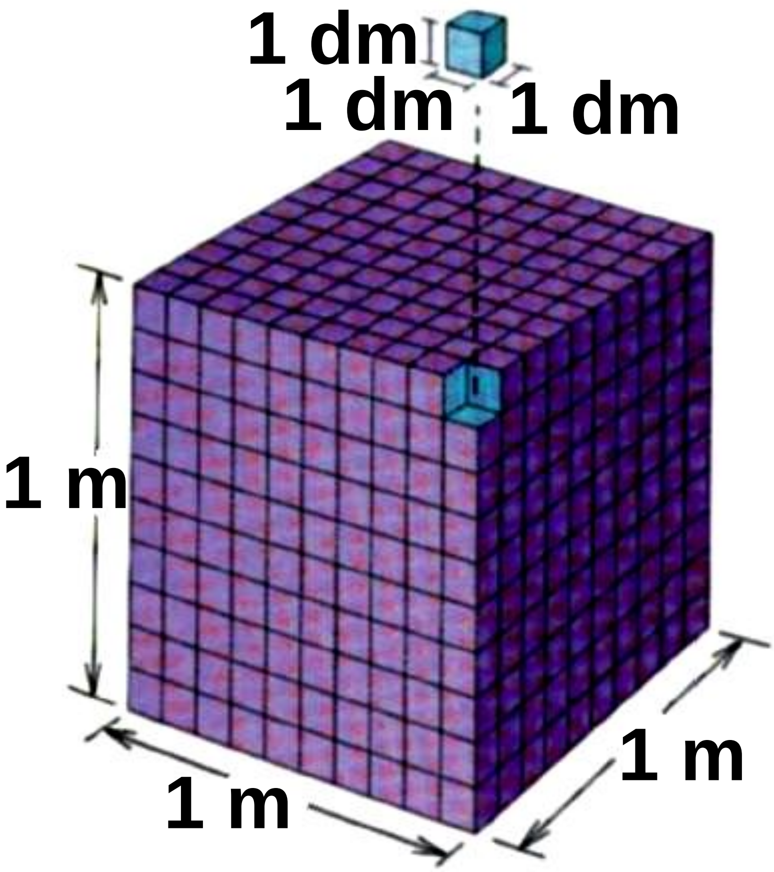
Εικόνα 3 Μετρώντας τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού 1cm2, υπολογίζουμε το εμβαδόν του σχήματος. Αν θέλουμε μεγαλύτερη ακρίβεια μετράμε τον αριθμό των τετραγώνων εμβαδού $1mm^2$.

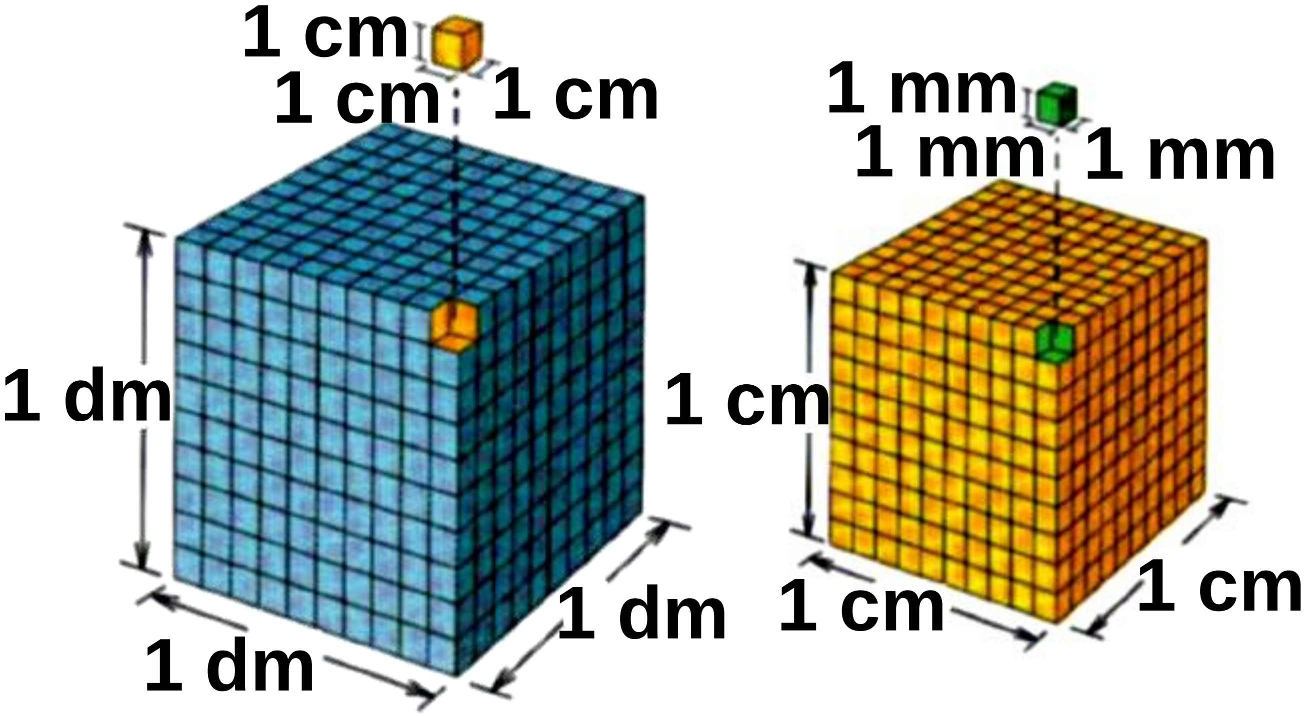
Υπολογισμός εμβαδού μιας επιφάνειας ακανόνιστου σχήματος

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 χρησιμο-

ποιήσουμε το ειδικό χαρτί για γραφικές παραστάσεις που περιέχει τετράγωνα πλευράς 1cm (εμβαδού $1cm^2$) και πλευράς 1mm (εμβαδού $1mm^2$).





Υπολογισμός όγκου ενός μη γεωμετρικού σώματος

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

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

$$V_{σώματος} = V_{τελ} - V_{αρχ}$$

Δραστηριότητα 1
Σχεδιάστε σε μιλλιμετρέ χαρτί μια μικρή επιφάνεια ακανόνιστου σχήματος, δικής σας επιλογής.
1) Εμβαδομετρήστε την επιφάνεια που σχεδιάσατε. Πόσα cm^2, mm^2 είναι περίπου;
2) Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω μετρήσεων και δώστε μια εξήγηση για τη διαφορά που παρατηρείτε.

Δραστηριότητα 2
Ογκομετρήστε μια μικρή πέτρα ή ένα άλλο αντικείμενο μη γεωμετρικό:
1) με ογκομετρικό σωλήνα,

2) με ποτήρι ζέσεως,
και συγκρίνετε τα αποτελέσματα που βρήκατε.
Πού οφείλεται η διαφορά που παρατηρείτε;

Ζ. Η μάζα και η πυκνότητα

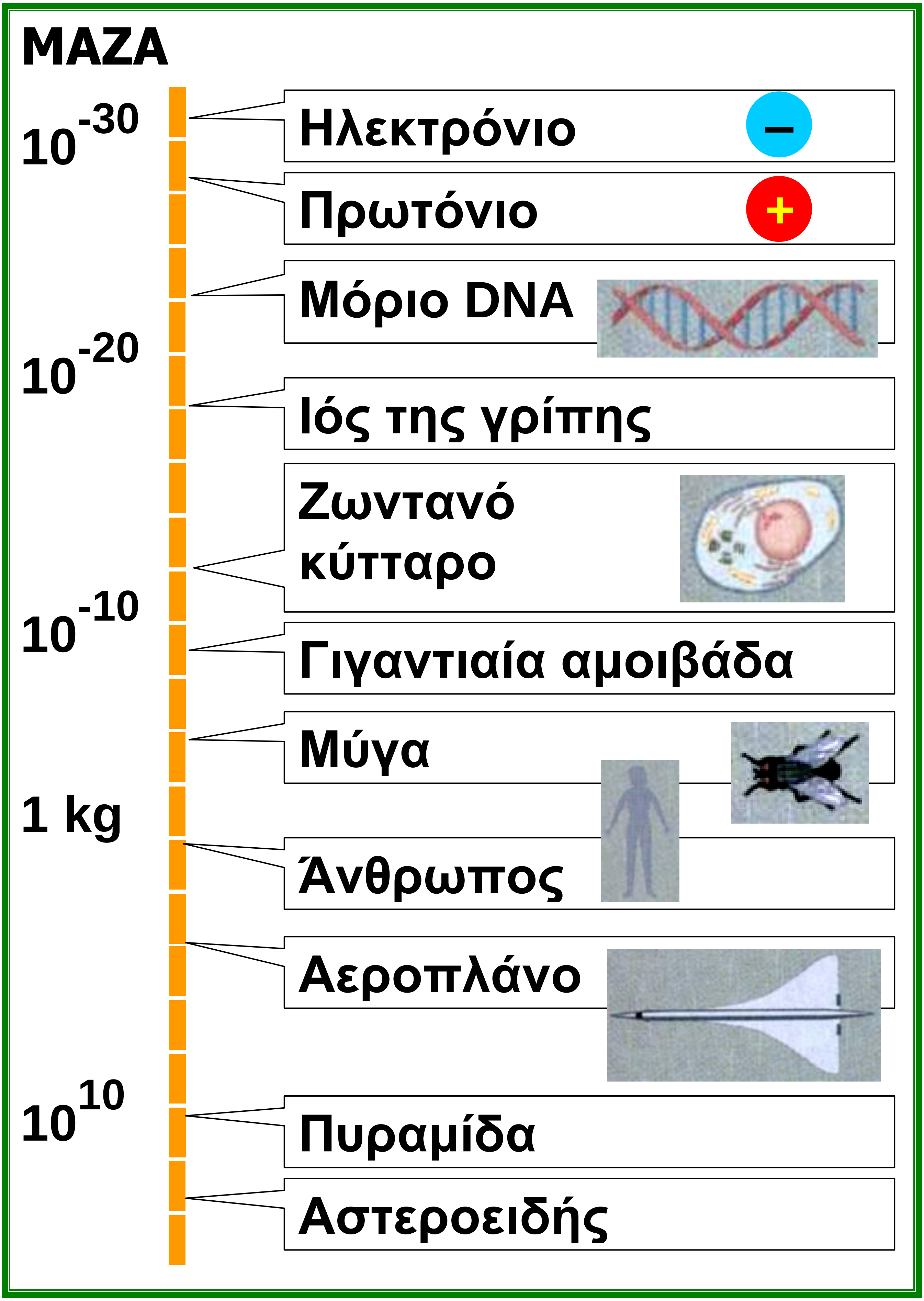
Η μάζα

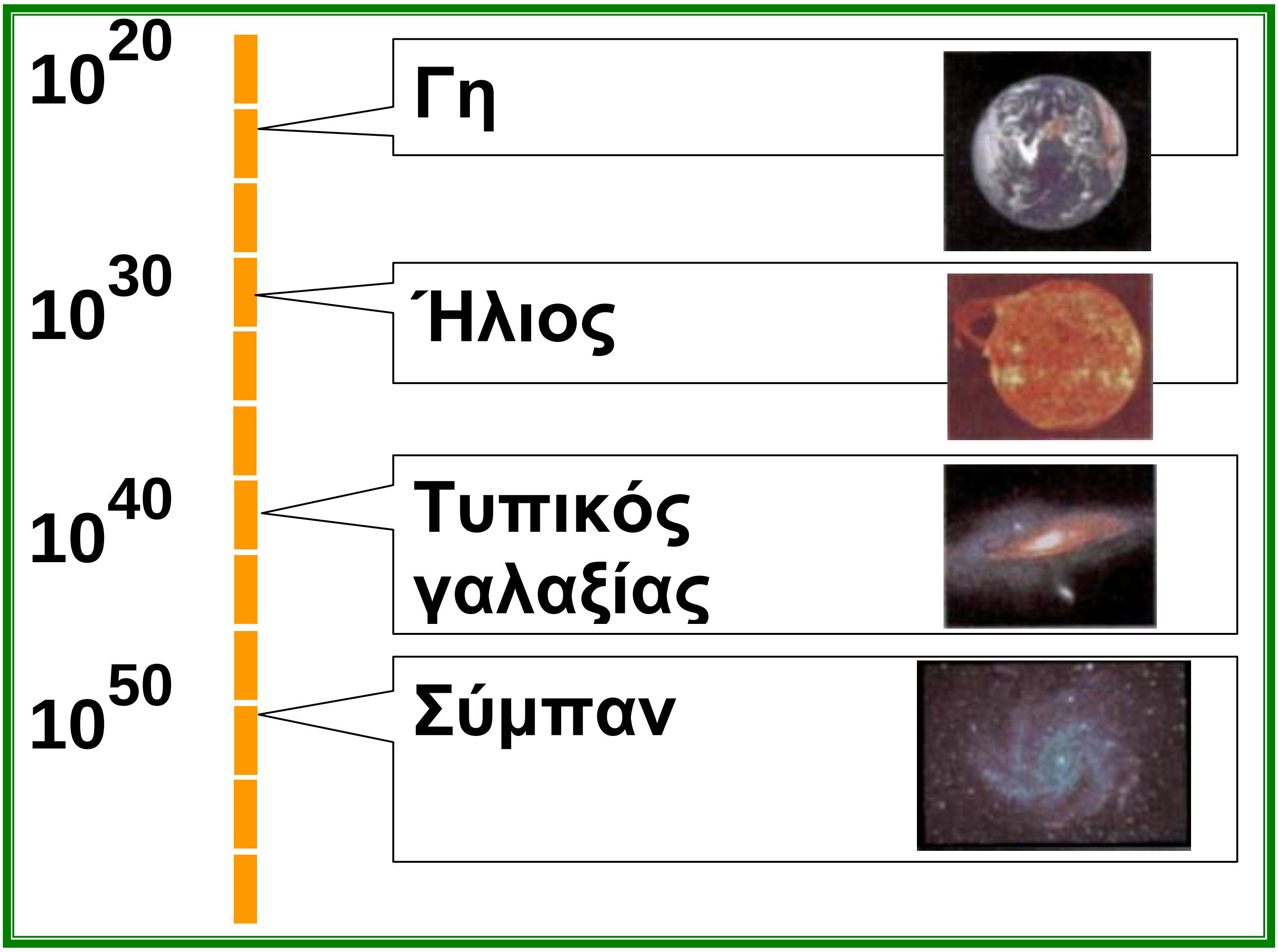
Η μάζα ενός σώματος αποτελεί το μέτρο της αδράνειάς του, δηλαδή μας δείχνει το μέγεθος της αντίδρασης ενός σώματος στην προσπάθεια αλλαγής της κινητικής του κατάστασης.

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: $1tn = 10^{3}kg$.


ΜΑΖΑ
10^{-30}
10^{-20}
10^{-10}
1 kg
10^{10}
Ηλεκτρόνιο
–
Πρωτόνιο
+
Μόριο DNA
Ιός της γρίπης
Ζωντανό κύτταρο
Γιγαντιαία αμοιβάδα
Μύγα
Άνθρωπος
Αεροπλάνο
Πυραμίδα
Αστεροειδής



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

Η πυκνότητα

Κάθε σώμα έχει συγκεκριμένη μάζα και όγκο και μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα υλικά. Πολλές φορές θέλουμε να υπο-

λογίσουμε ποιο σώμα αποτελείται από περισσότερο πυκνό υλικό.

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

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

Δηλαδή: $\dfrac{200g}{100\ cm^3} = 2\ \dfrac{g}{cm^3}$,

$$\frac{400g}{800\ cm^3} = 0{,}5\ \frac{g}{cm^3}$$

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^oC	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^oC)	**$0,99987 \cdot 10^3$**
Νερό ($3,98^o$C)	**$1 \cdot 10^3$**
Αίμα	**$1,05 \cdot 10^3$**
Ζάχαρη	**$1,6 \cdot 10^3$**
Γυαλί	**$(2,4-2,8) \cdot 10^3$**
Τσιμέντο	**$(2,7-3) \cdot 10^3$**
Διαμάντι	**$(3,0-3,5) \cdot 10^3$**
Αλουμίνιο	**$2,7 \cdot 10^3$**
Σελήνη (μέση πυκνότητα)	**$3,34 \cdot 10^3$**
Γη (μέση πυκνότητα)	**$5,25 \cdot 10^3$**
Σίδηρος	**$7,9 \cdot 10^3$**
Μόλυβδος	**$11,3 \cdot 10^3$**

Υδράργυρος	$13,6 \cdot 10^3$
Χρυσός	$19,3 \cdot 10^3$
Πυρήνας ατόμου	$\approx 10^8 \cdot 10^{11}$
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 Δθ = 10 ^{o}C σε Δt = 10s, ενώ, η θερμοκρασία ενός άλλου σώματος μεταβάλλεται κατά Δθ΄ = 20 ^{o}C σε Δt΄ = 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:

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

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

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

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, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$.

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

Θ. Γραφικές παραστάσεις

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

σύμφωνα με τις τιμές που έχουν τα φυσικά μεγέθη.

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

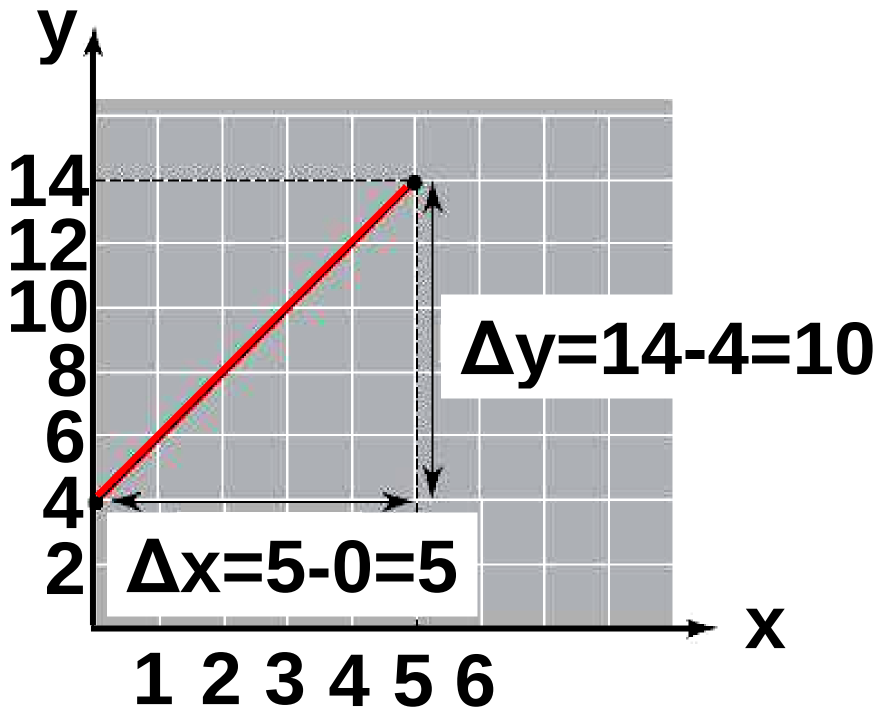
Αν η συνάρτηση είναι τριώνυμο δευτέρου βαθμού τότε η γραφική παράσταση είναι παραβολή.

Για παράδειγμα αναφέρουμε τις τρεις παρακάτω περιπτώσεις:

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

Πίνακας τιμών

x	y
0	4
5	14



Εικόνα α

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

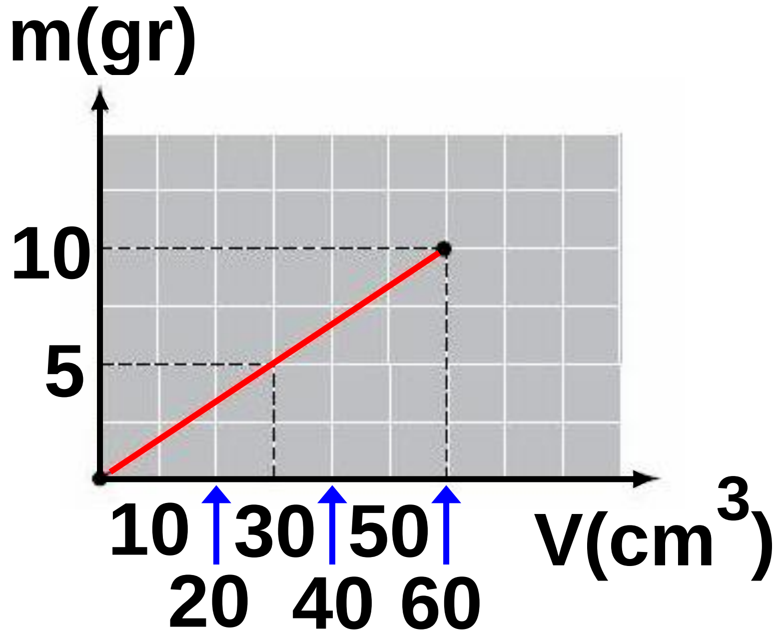
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10}{5} = 2.$$

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

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

Πίνακας Τιμών

m(gr)	$V(cm^3)$
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;

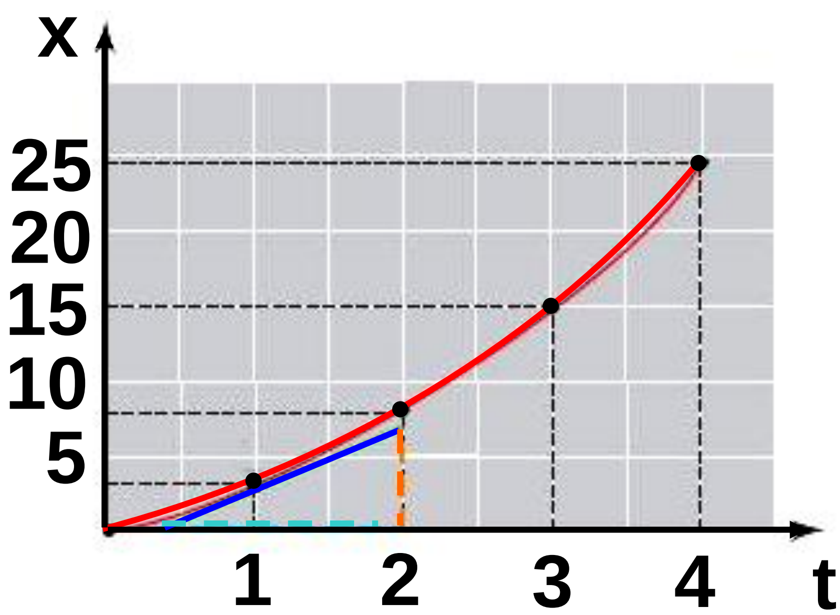
γ) Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $x = 2t + t^2$, $t \in [0,4]$ βρίσκεται στην επόμενη σελίδα:

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

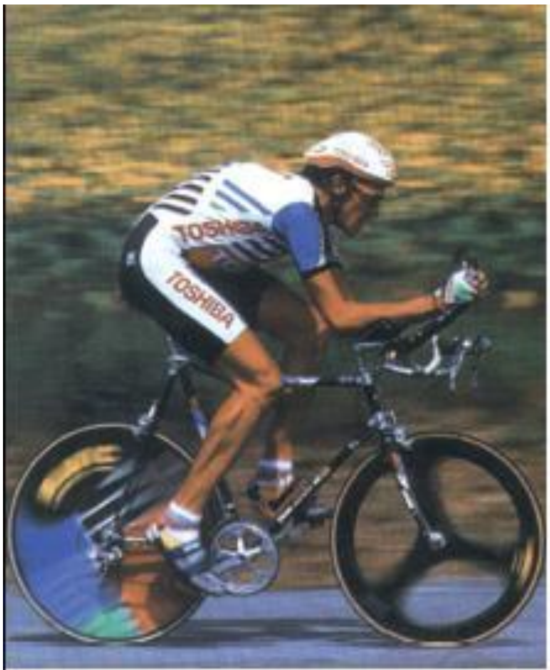
Φυσική εκτός από τις λέξεις, η **φωτογραφία** και το **διάγραμμα** (γράφημα) αποτελούν ουσιαστικό στοιχείο της θεωρίας, διότι η φωτογραφία αναπαριστά τα φυσικά φαινόμενα και το διάγραμμα κάνει παραστατικές, αφηρημένες έννοιες ή φαινόμενα που δεν μπορούμε να τα φωτογραφήσουμε.

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.

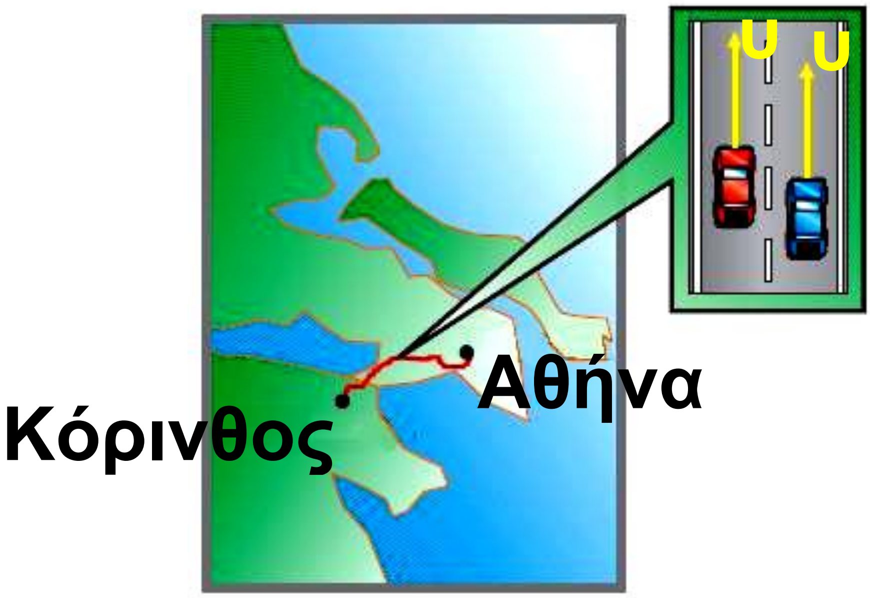
Αλλά και στο μακρόκοσμο η κίνηση είναι το χαρακτηριστικό γνώρισμα της ύλης. Τα σώματα που

βρίσκονται πάνω στη Γη και φαίνονται ακίνητα, στην πραγματικότητα κινούνται, αφού συμμετέχουν στην περιστροφή της γύρω από τον άξονα της, αλλά και στην περιφορά της γύρω από τον ήλιο. Σε μεγαλύτερη κλίμακα ο ήλιος και οι πλανήτες κινούνται μέσα στο γαλαξία και όλοι οι γαλαξίες κινούνται αιώνια μέσα στο σύμπαν, εικόνα 1.1.1.

Εικόνα 1.1.1
Ο γαλαξίας
της Ανδρομέδας

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

Η κίνηση είναι έννοια σχετική, δηλαδή η περιγραφή της εξαρτάται από το σύστημα στο οποίο αναφερόμαστε. Παραδείγματος χάρη στον εθνικό δρόμο Αθηνών Κορίνθου, δύο αυτοκίνητα κινούνται πλάιπλάι, 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 (μοντέ-

λο) 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.

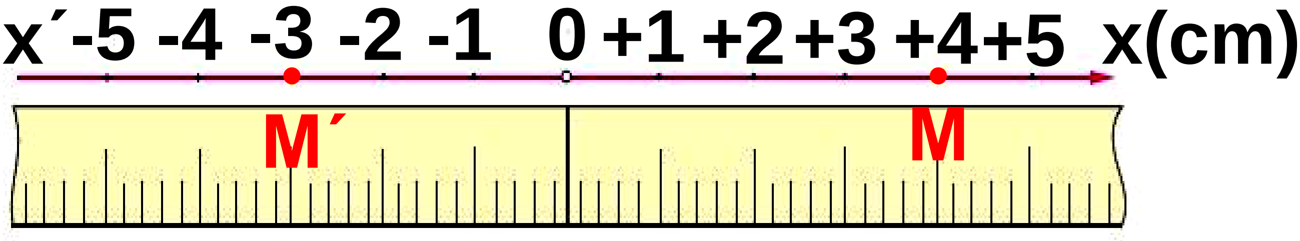
Στην καθημερινή μας ζωή, για να προσδιορίσουμε τη θέση ενός αντικειμένου στο χώρο, χρησιμοποιούμε τις εκφράσεις “δίπλα στο...”, “πάνω από...”, “δεξιά από...”, κ.α. Παραδείγματος χάρη "το ποτήρι βρίσκεται πάνω στο τραπέζι, δίπλα στο ανθοδοχείο". Δηλαδή, πάντα αναφερόμαστε σε κάποιο άλλο αντικείμενο.

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 (–).

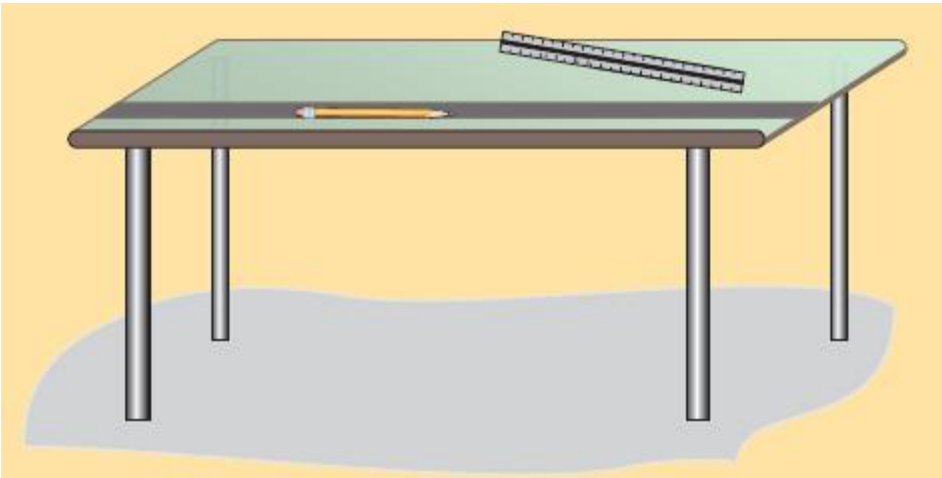
Στην εικόνα 1.1.4 φαίνεται η ευθεία πάνω στην οποία μπορεί να κινείται ένα σωμάτιο, όπου η κίνηση μπορεί να γίνεται δεξιά ή αριστερά του σημείου Ο. Τοποθετούμε πάνω στην ευθεία δυο μετροταινίες με την αρχή τους στο Ο, μια δεξιά του και μια αριστερά του. Οι δύο μετροταινίες μαζί με το σημείο Ο (αρχή), 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.

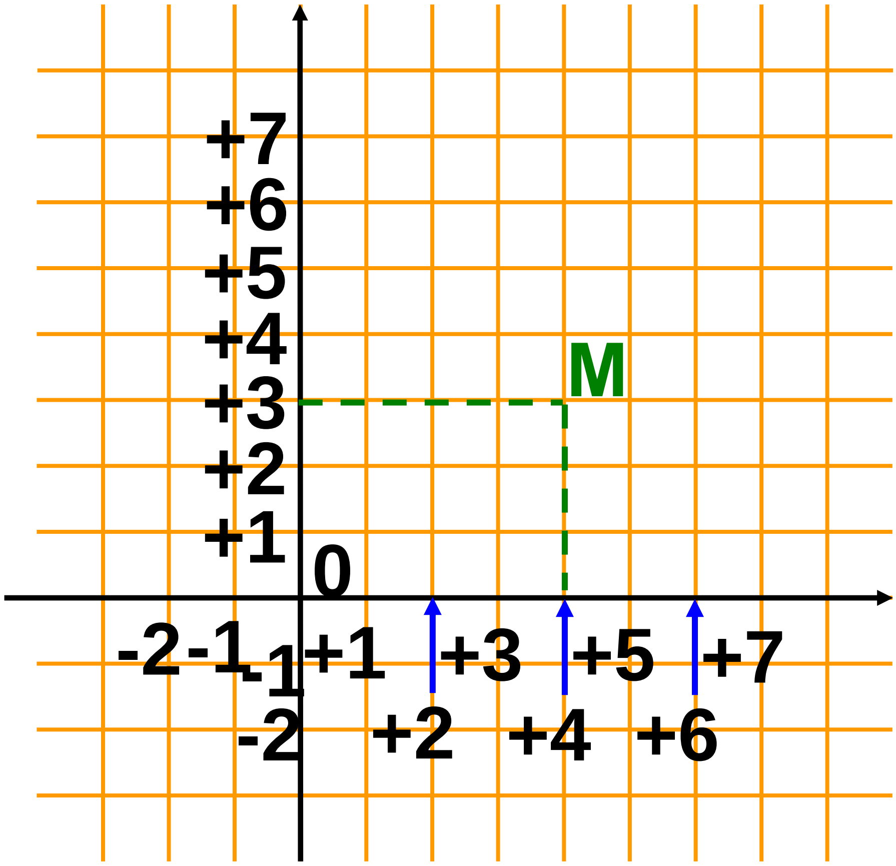


Να επαναλάβετε την ίδια διαδικασία ορίζοντας ως σημείο αναφοράς κάποιο σημείο του μολυβιού.

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.



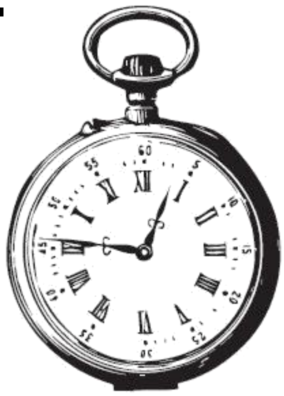
Εικόνα 1.1.5
Προσδιορισμός της θέσης ενός σημείου στο επίπεδο, με τη βοήθεια ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων.

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.

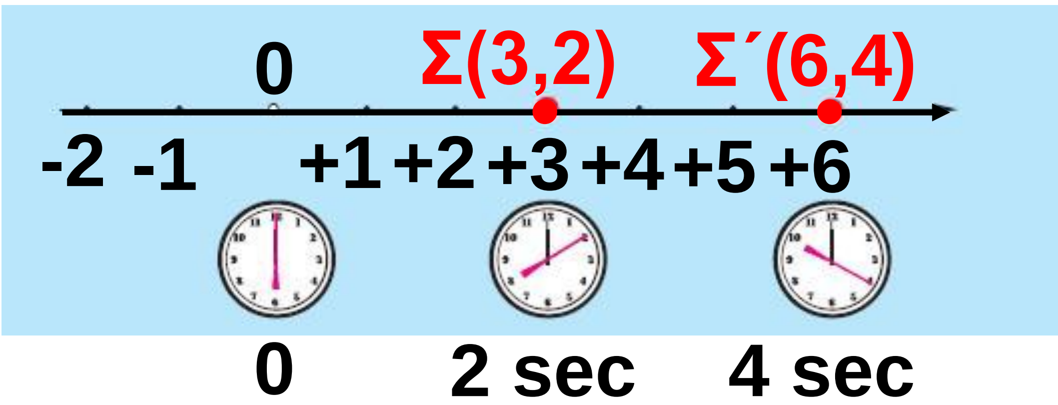
Πότε περνάει ένα κινητό από μια ορισμένη θέση; Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα χρειαζόμαστε ένα ρολόι ή ένα χρονόμετρο. Η ένδειξη του ρολογιού ή του χρονόμετρου μας λέει "το πότε" το κινητό πέρασε από τη συγκεκριμένη θέση και ονομάζεται χρονική στιγμή.



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



Εικόνα 1.1.6

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

γ. Χρονική διάρκεια.

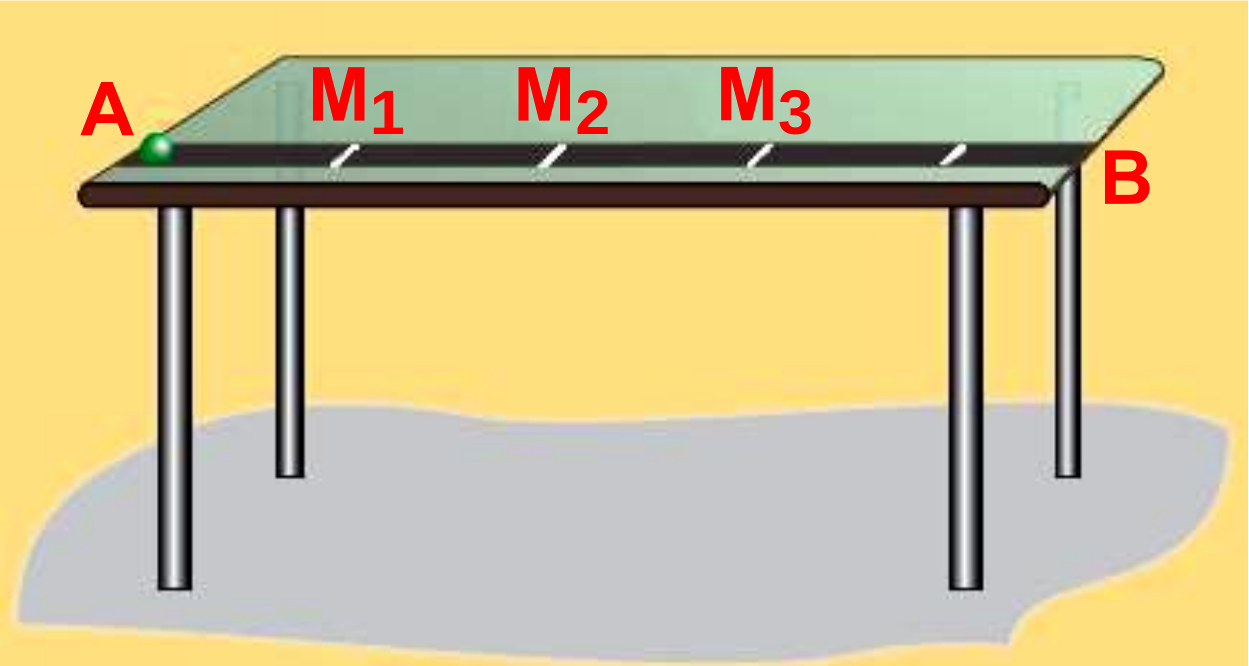
Ας υποθέσουμε πως ένα κινητό κινείται στον άξονα xx΄, (Εικ. 1.1.6) και διέρχεται από τις θέσεις x_1 = +3cm και x_2=+6cm τις χρονικές στιγμές t_1 = 2s και t_2 = 4s αντίστοιχα. Η μεταβολή Δt των χρονικών στιγμών διέλευσης του κινητού από τις παραπάνω θέσεις, ονομάζεται

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, 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.

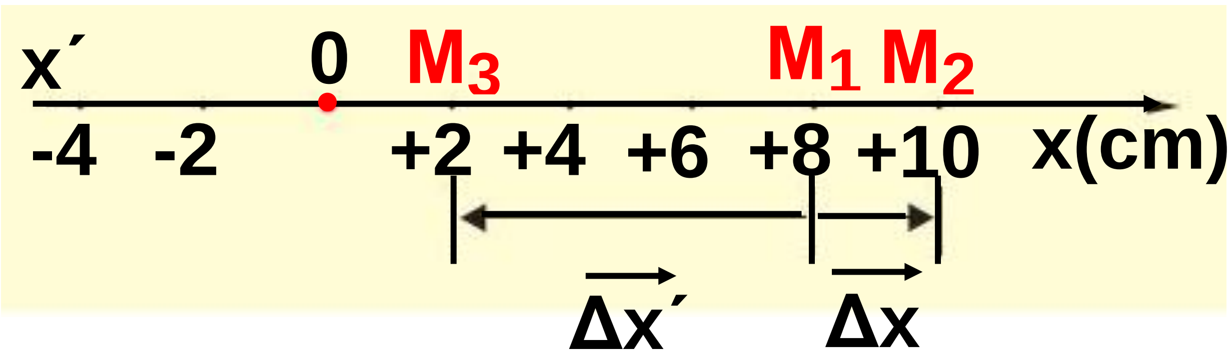
Χρονική στιγμή t_3 =...s.

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: $x_1 = +8\text{cm}$ και $x_2 = +10\text{cm}$, 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.

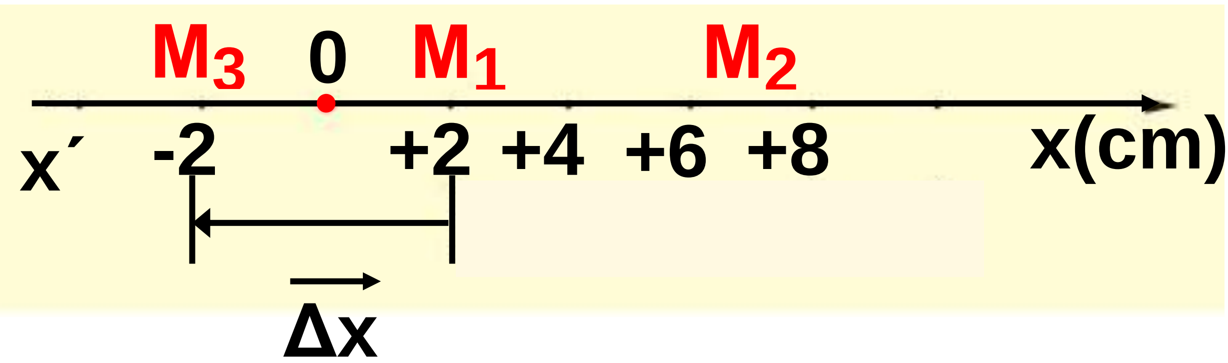
Έτσι στην πρώτη περίπτωση η μετατόπιση $\overrightarrow{\Delta x}$ είναι το διάνυσμα με αρχή M_1, τέλος το σημείο M_2 και αλγεβρική τιμή $\Delta x = +2cm$. Ομοίως, στη δεύτερη περίπτωση η μετατόπιση $\overrightarrow{\Delta x}'$ είναι το διάνυσμα που έχει αρχή το σημείο M_1, τέλος το σημείο M_3 και αλγεβρική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

Σημείωση:

Μπορούμε να καθορίσουμε τη θέση ενός κινητού με ένα διάνυσμα $\vec{x}$, που έχει αρχή το σημείο αναφοράς (O) και τέλος το σημείο Μ στο οποίο βρίσκεται το κινητό. Στην περίπτωση αυτή η μετατόπιση $\overrightarrow{\Delta x}$ του κινητού από μια θέση $\overrightarrow{x_1}$ μέχρι μια άλλη θέση $\overrightarrow{x_2}$ 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:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -2cm - 2cm \quad ή$$

$$\Delta x = -4cm$$

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;

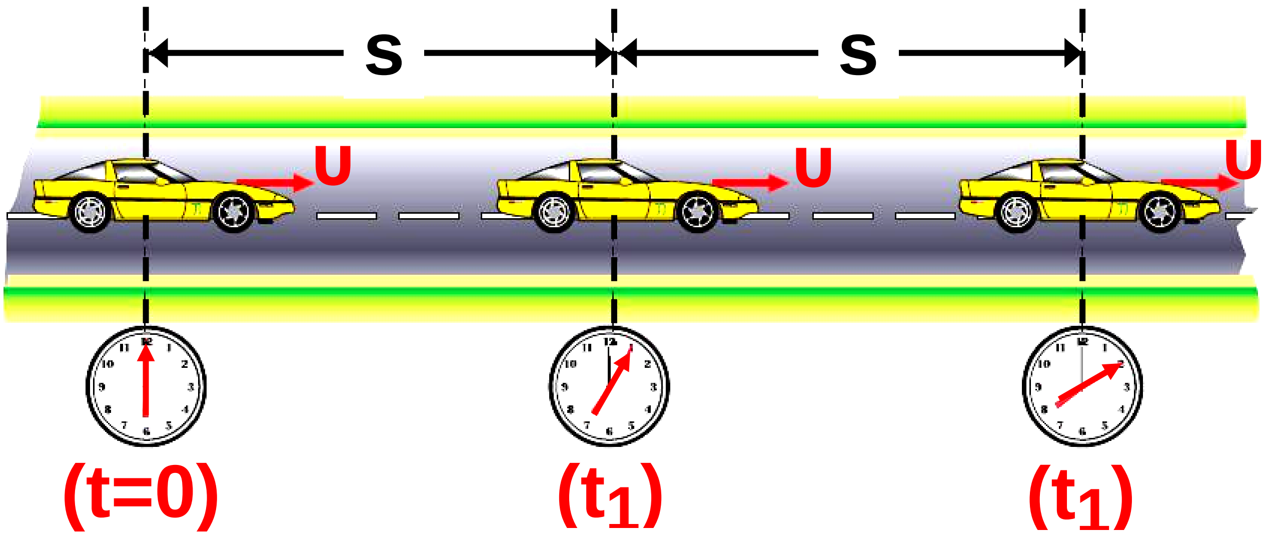
β) Ποια είναι η μετατόπισή του;

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;

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 αντί-

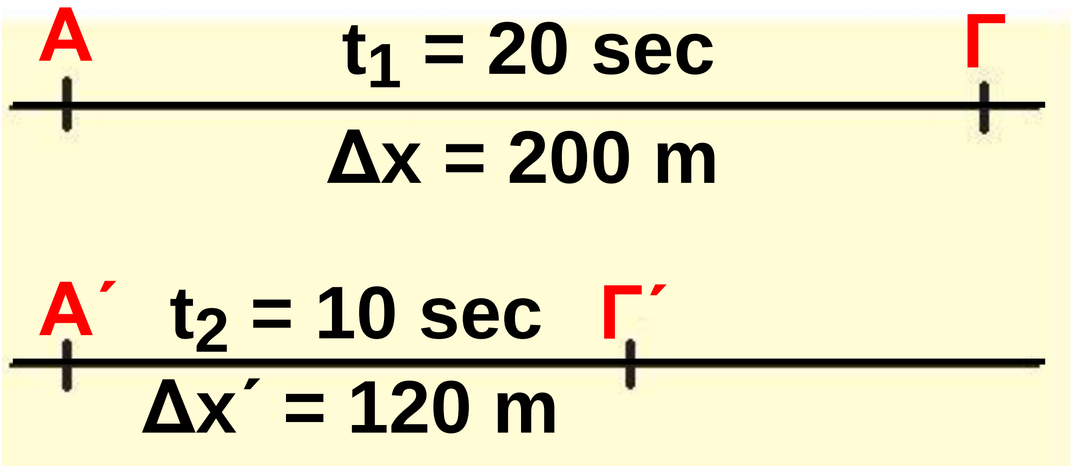
στοιχες συγκρίσεις. Είναι όμως αυτό αρκετό; Ας υποθέσουμε ότι το ένα αυτοκίνητο διανύει την απόσταση $\Delta x = \text{ΑΓ} = 200\text{m}$ σε χρόνο $\Delta t = 20\text{s}$, ενώ το δεύτερο διανύει την απόσταση $\Delta x' = \text{Α'Γ'} = 120\text{m}$ σε χρόνο $\Delta t' = 10\text{s}$ (Εικ. 1.1.10β).



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

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:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{200m}{20s} = 10\ m/s \quad \text{και}$$

$$\frac{\Delta x'}{\Delta t'} = \frac{120m}{10s} = 12\ m/s.$$

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

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

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

Η σχέση (1.1.2) δίνει την ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, όπου η ταχύτητα 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:

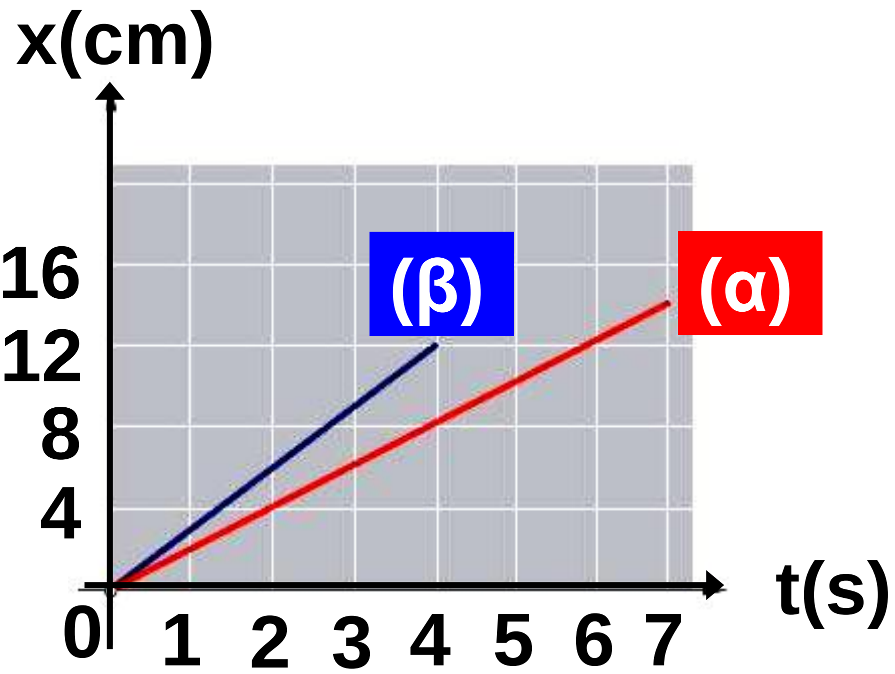
$$\Delta x = \upsilon\, \Delta t \quad ή \quad x = \upsilon\, t \qquad (1.1.3)$$

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.

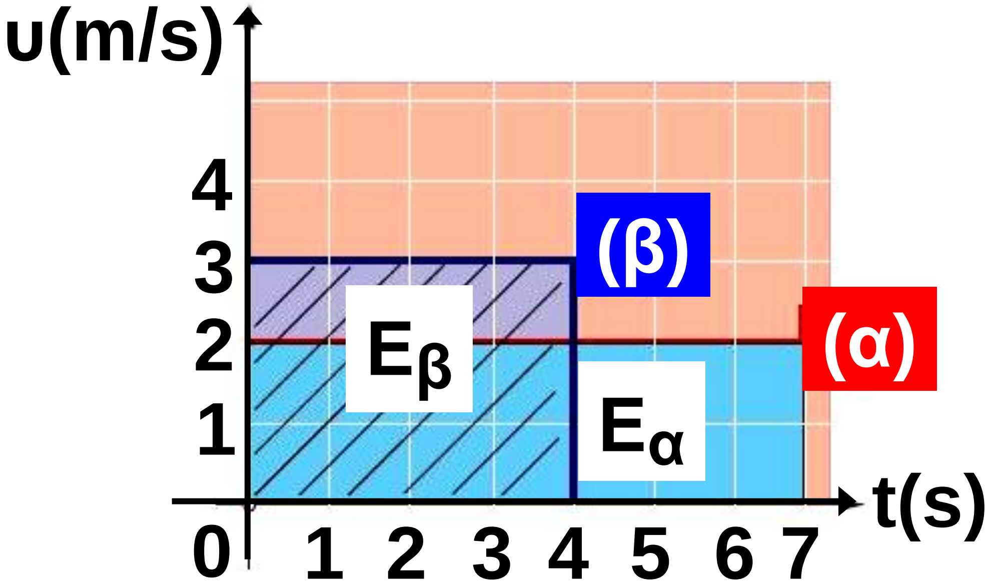
Κλίση ευθείας α: $\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{14m}{7s} = 2\,\frac{m}{s} =$
$= \upsilon_\alpha$

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 της επόμενης σελίδας.

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:



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.

$E_α$ = βάση • ύψος = 7s • 2m/s = = 14m, δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού α

και $E_β$ = βάση • ύψος = 4s • 3m/s = 12m, δηλαδή τη μετατόπιση του κινητού β.

Μπορούμε λοιπόν από τη γραφική παράσταση $υ = f(t)$ να υπολογίζουμε τη μετατόπιση $Δχ$, 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 τμή-

μα της εθνικής οδού Πατρών-Πύργου με ταχύτητες 80km/h και 100km/h αντίστοιχα. Κάποια χρονική στιγμή το αυτοκίνητο Β απέχει από το προπορευόμενο αυτοκίνητο Α 100m και στη συνέχεια το προσπερνά.

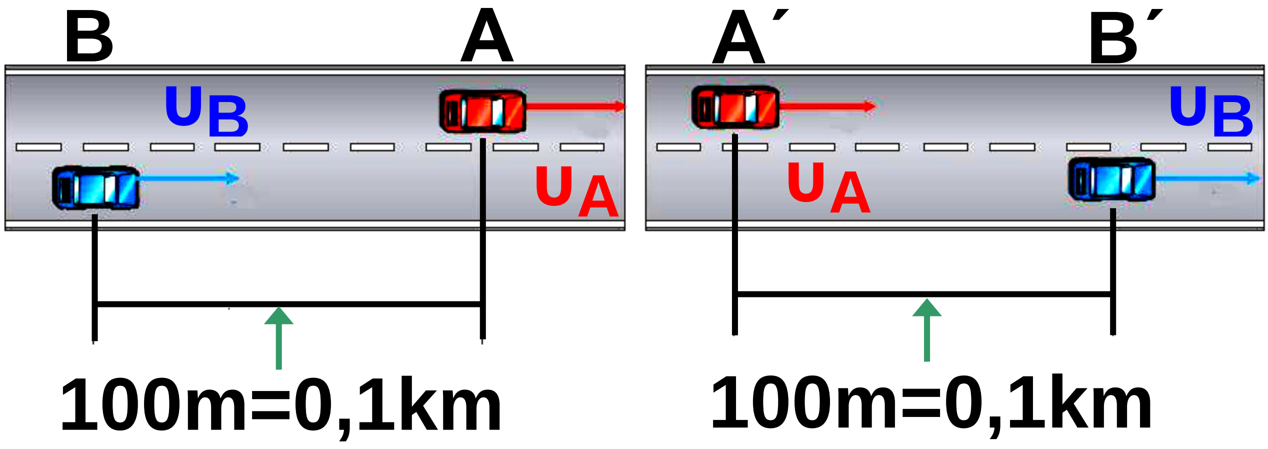
α) Μετά από πόσο χρόνο τα αυτοκίνητα θα απέχουν πάλι 100m;

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

Απάντηση:

α) Σχεδιάζουμε πρώτα τις αρχικές και τις τελικές θέσεις των αυτοκινήτων Α και Β, των οποίων οι μετατοπίσεις είναι x_A=ΑΑ΄ και x_B=ΒΒ΄ αντίστοιχα, εικόνα (α).

$υ_B$=100km/h $υ_A$=80km/h



Εικόνα α

Η εξίσωση κίνησης για κάθε αυτοκίνητο είναι:

$X_A = υ_A\, t = AA΄$ (1)

$X_B = υ_B\, t = BB΄$ (2)

όπου: $υ_A$=80km/h και $υ_B$=100km/h.

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

$BB΄ - AA΄ = BA + A΄B΄ = (υ_B - υ_A)\, t$

ή 0,2km = (100km/h - 80km/h) t

ή t = 0,01h = 36s

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

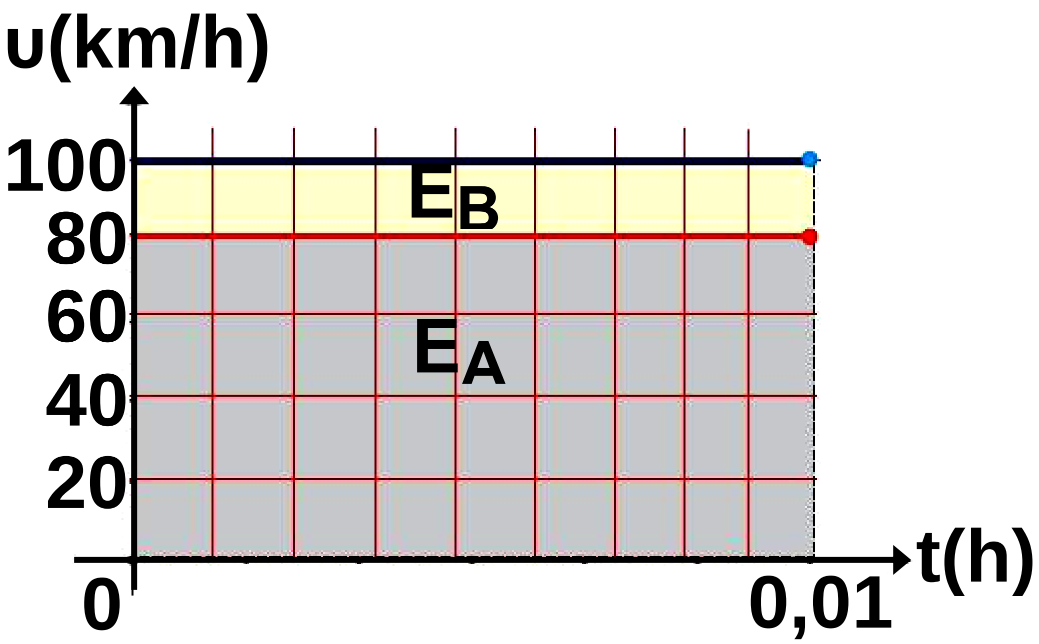
$x_A = 80km/h \cdot 0,01h = 0,8km$

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

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

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

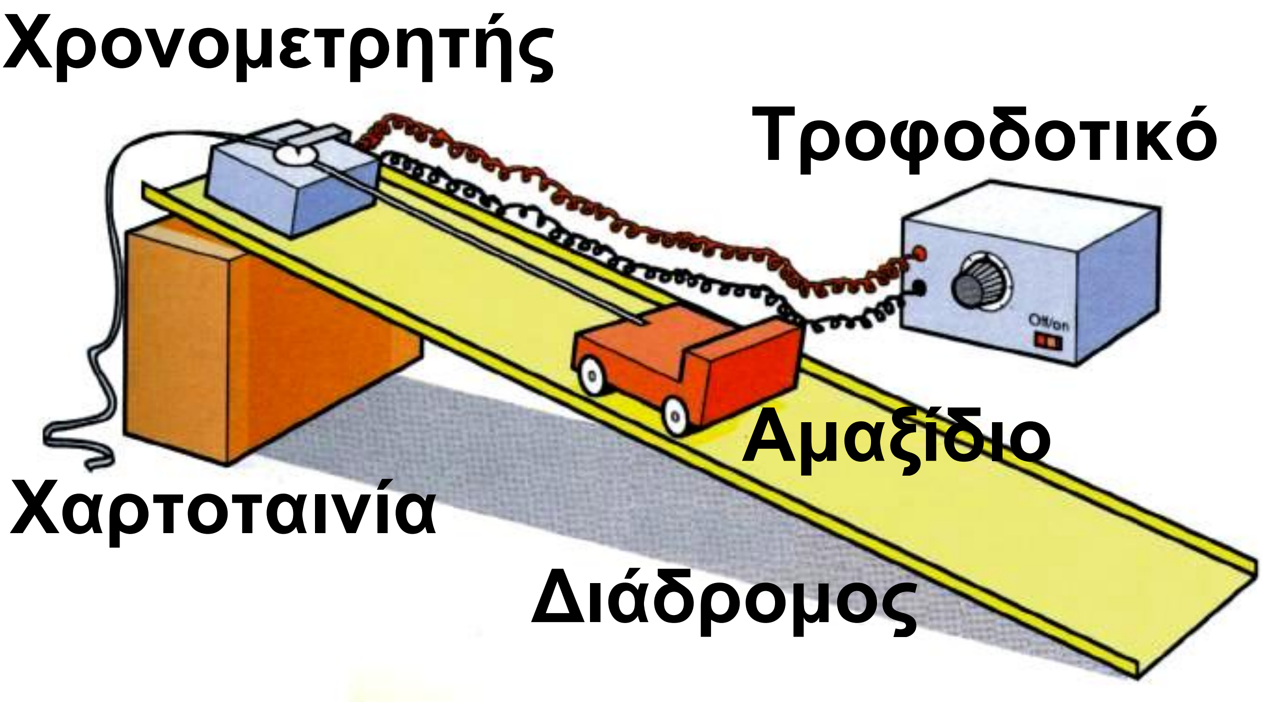
$E_B = 0,01h \cdot 100km / h = 1km = x_B$



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.



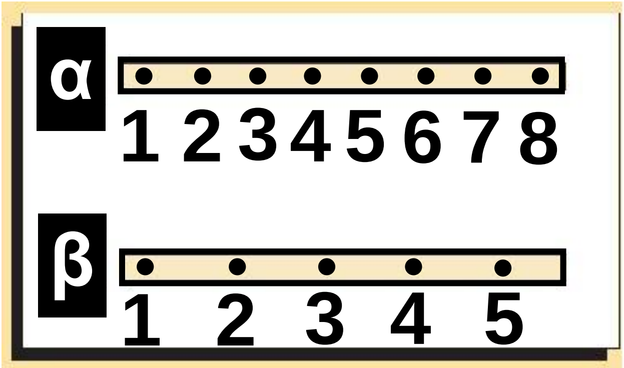
Καθώς κινείται το αμαξάκι παρασύρει με την ίδια ταχύτητα τη χαρτοταινία που περνά διαμέσου του ηλεκτρικού χρονομετρητή. Ο κινητήρας του ηλεκτρικού χρονομετρητή περιστρέφεται με σταθερό σχεδόν αριθμό στροφών ανά μονάδα χρόνου: 50 στροφές σε κάθε δευτερόλεπτο. Σε κάθε περιστροφή του, γράφει επάνω στη χαρτοταινία 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;

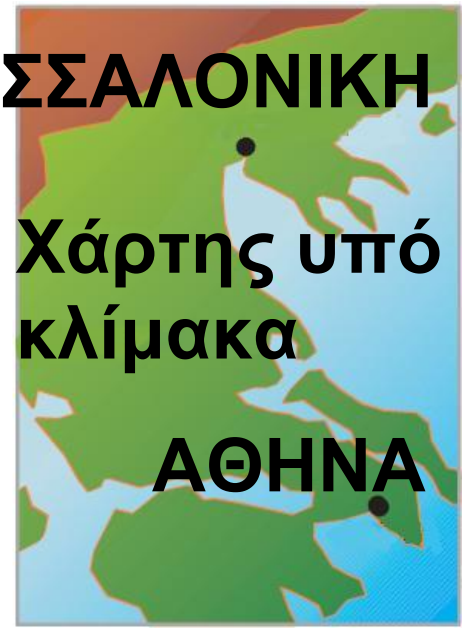


γ) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της μετατόπισης σε συνάρτηση με το χρόνο για κάθε αμαξίδιο.

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 αυτο-κίνητο σε κάθε ώρα ταξιδιού.

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

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

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

Πολλές φορές αναφέρεται η μέση διανυσματική ταχύτητα, $\vec{\upsilon_\mu}$, η οποία ορίζεται από το πηλίκο $\dfrac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$ 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 ταχύ-

τητα του αυτοκινήτου δεν παραμέ-νει 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 ταχύ-τητα 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

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

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.

Περιεχόμενα 1ου τόμου