

Εισαγωγή

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

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

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

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

Η ιστορία των Φυσικών Επιστημών

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

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

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

από τους Φυσικούς φιλοσόφους η λογική και η πειραματική βάση της επιστήμης, όπως την ξέρουμε σήμερα. Η προοδευτική αυτή κίνηση της ανθρώπινης σκέψης ανακόπηκε την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας. Η αρχαία Ελληνική κληρονομιά διατηρήθηκε στο Βυζάντιο και από εκεί πέρασε στη μεσαιωνική Ευρώπη. Επίσης μεταφέρθηκε προς την ανατολή, Συρία, Περσία, Ινδίες, κ.α., και μέσα από τη σύνθεση που επέτυχαν οι Άραβες πέρασε στη μεσαιωνική Ευρώπη, όπου εξελισσόμενη οδήγησε στο μεγάλο ξέσπασμα της δημιουργικής δραστηριότητας τους επόμενους αιώνες, απ' όπου προέκυψε η νεώτερη επιστήμη και η επιστημονική και τεχνολογική επανάσταση του 20^{ου} 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 αντανάκλα την άνοδο και την παρακμή της κυριαρχούμενης από το χρήμα δουλοκτητικής εποχής του σιδήρου. Το μακρύ μεσοδιάστημα του Μεσαίωνα, σηματοδεύει 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 16^ο 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 δέβεται για να ισχύει απαιτεί την πειραματική της επαλήθευση. Η μέθοδος αυτή λέγεται **παραγωγική**. Για παράδειγμα, από το συνδυασμό των γνώσεών μας για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, μπορούμε να προβλέψουμε την κίνηση ενός σώματος που εκτοξεύεται με οριζόντια ταχύτητα.

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

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

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

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

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

R. Feynman

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

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

Επιστήμη, Τεχνολογία και Περιβάλλον

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

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

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

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

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, που οφείλεται κυρίως

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

Η ελάττωση του πάχους της οζονόσφαιρας (του τμήματος της ατμόσφαιρας που περιέχει όζον, O_3), η **“τρύπα του όζοντος”** όπως λέμε, επιτρέπει στις υπεριώδεις ακτινοβολίες να φτάσουν στην επιφάνεια της Γης και να δημιουργήσουν δερματικές καρκινογενέσεις. Τα προβλήματα που αναφέρονταν 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 **διώσιμη 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 **παραινόσεις** 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.

B. 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 AB δίνει το μέτρο της μετατόπισης αντικειμένου από τη θέση A στη θέση B.

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

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



Εικόνα 1

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

ταχύτητα \vec{v}

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:

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

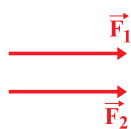
$$F_1 = F_2 \text{ ισότητα μέτρων}$$

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

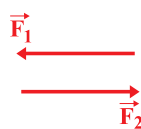
Μπορούμε τότε να γράψουμε:

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

$$F_1 = F_2 \text{ ισότητα μέτρων}$$



Εικόνα 2α



Εικόνα 2β

Γ. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I.

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

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

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

και Σταθμών στις Σέδρες (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 χιλιόγραμμα (kg): Είναι η μονάδα μάζας. Ισούται με τη μάζα του πρότυπου χιλιόγραμμου, που φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στις Σέδρες 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 αστροσκοπείο Greenwich υπάρχει ένας αριθμός ρολογιών ακριβείας τα οποία ελέγχονται καθημερινά με τη βοήθεια αστρονομικών παρατηρήσεων. Τα ρολόγια αυτά περιέχουν κρύσταλλο χαλαζία ο οποίος κάνει ταλαντώσεις. Τα ρολόγια του χαλαζία συγκρίνονται με **το ατομικό ρολόι καισίου**. Το ατομικό ρολόι καισίου δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας πομπός βραχέων κυμάτων (μήκος κύματος 3cm περίπου). Η συχνότητα εκπομπής εξαρτάται από τις ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν στο άτομο του καισίου και είναι πολύ σταθερή (το ρολόι του καισίου μένει πίσω 1s σε 3.000 χρόνια). Για το λόγο αυτό το 1967 το δευτερόλεπτο ξαναορίστηκε με βάση το ρολόι καισίου, ως εξής: **1 δευτερόλεπτο είναι η χρονική διάρκεια μέσα στην οποία συμβαίνουν 9.192.631.770 καθορισμένες περιοδικές ενεργειακές μεταβολές στο άτομο του καισίου (Cs^{133})**.

4. Το Ampere (A): Ένα Ampere είναι η σταθερή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο όταν διαρρέει δύο ευθύγραμμους παράλληλους αγωγούς απείρου μήκους, αμελητέας διατομής, που απέχουν 1m και βρίσκονται στο κενό, ασκείται μεταξύ των αγωγών δύναμη $2 \cdot 10^{-7} \text{N}$ 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 $\frac{1}{600.000} \text{m}^2$ σε κάθετη πρόσπτωση των ακτίνων, στη θερμοκρασία τήξεως του λευκόχρυσου (1.769°C) και σε πίεση 101.325Nm^{-2} .

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

Προθέματα μονάδων του συστήματος S.I.

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

Παραδείγματα:

Ισχύς: kilowatt (kW), Megawatt (MW), milliwatt (mW), microwatt (μW).

Χωρητικότητα πυκνωτή: microfarad (μF), Picofarad (pF)

Αντιστάσεις: kilohm ($\text{k}\Omega$), megohm ($\text{M}\Omega$)

Συχνότητα: kilohertz (kHz), Megahertz (MHz)

Χρόνος: millisecond (ms), microsecond (μs)

Μήκος: millimetre (mm), micrometre (μm), nanometre (nm).

Θεμελιώδεις μονάδες S.I.

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

Δ. Διαστάσεις

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

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

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

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

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

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

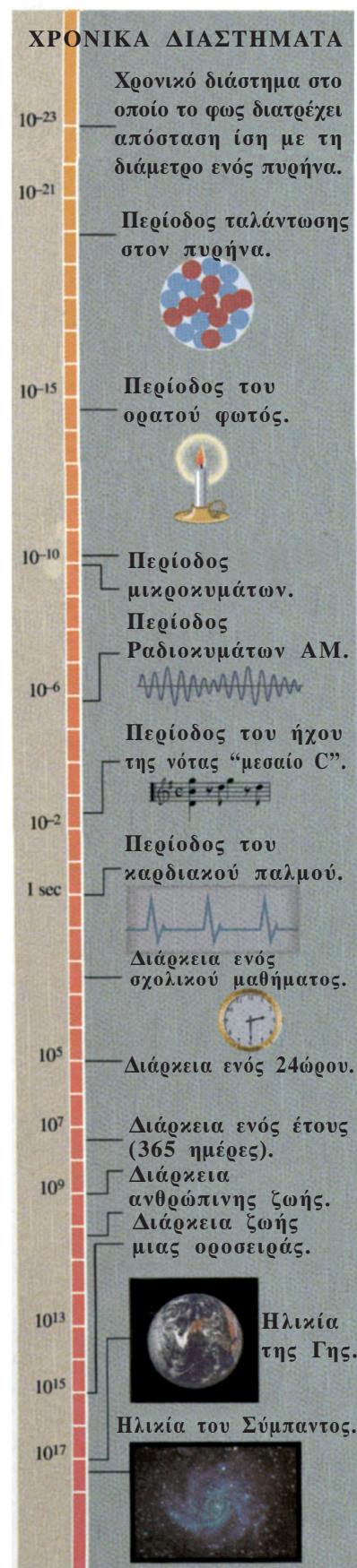
Η γνώση των διαστάσεων των φυσικών μεγεθών είναι χρήσιμη, διότι οι διαστάσεις επιτρέπουν την ποιοτική επαλήθευση της ορθότητας ενός τύπου, σύμφωνα με την αρχή ότι οι διαστάσεις στο πρώτο και στο δεύτερο μέλος πρέπει να είναι οι ίδιες.

Ε. Η έννοια του χρόνου

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

Αριστοτέλης “Τα Φυσικά”

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



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

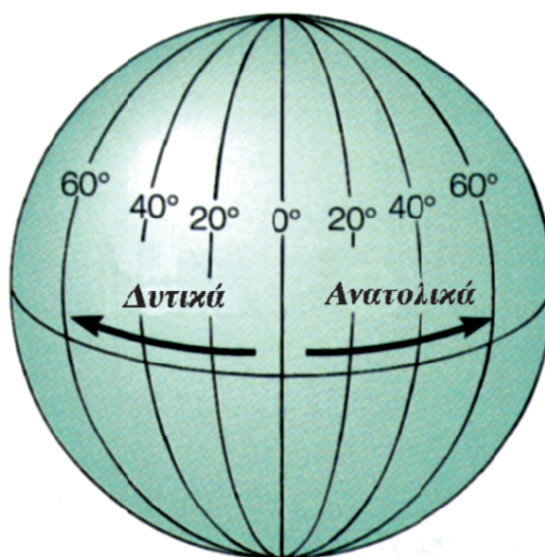
Η έννοια του χρόνου δημιουργήθηκε για να περιγράψει και να μετρήσει αυτούς τους κοσμικούς ρυθμούς που συνεχώς επαναλαμβάνονται.

Ο άνθρωπος συνειδητοποιεί το χρόνο παρακολουθώντας τις μεταβολές στον κόσμο που τον περιβάλλει. Η διωματική 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 άνθρωπος 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 Σουμερίους, 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

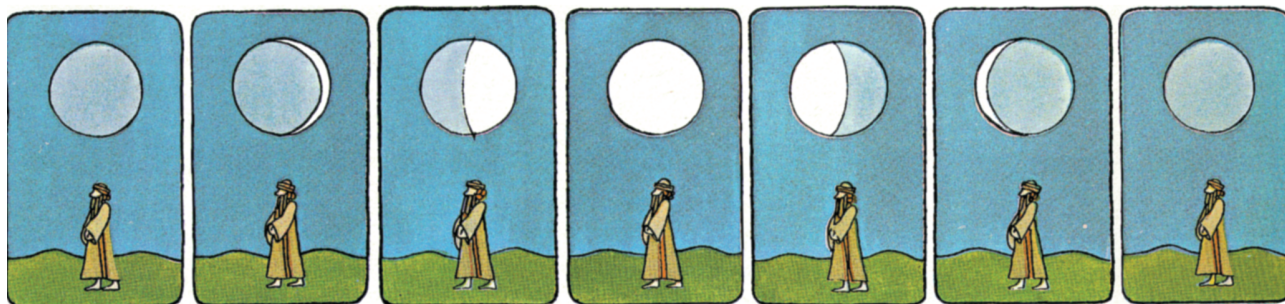
Αν ο φυσικός χρόνος είναι ένας **ποσοτικός χρόνος**, ο ψυχολογικός χρόνος είναι **ποιοτικός**, με την έννοια ότι διαφέρει από άτομο σε άτομο και ακόμα, είναι διαφορετικός και στο ίδιο άτομο ανάλογα με τις συνθήκες της ζωής του, που επιδρούν στην ψυχική του διάθεση.

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 χρησιμοποιή-



θηκε έως τον 17^ο 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 καυσίου (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 $1\text{km} = 10^3\text{m}$

Υποπολλαπλάσια του 1m είναι:

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

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



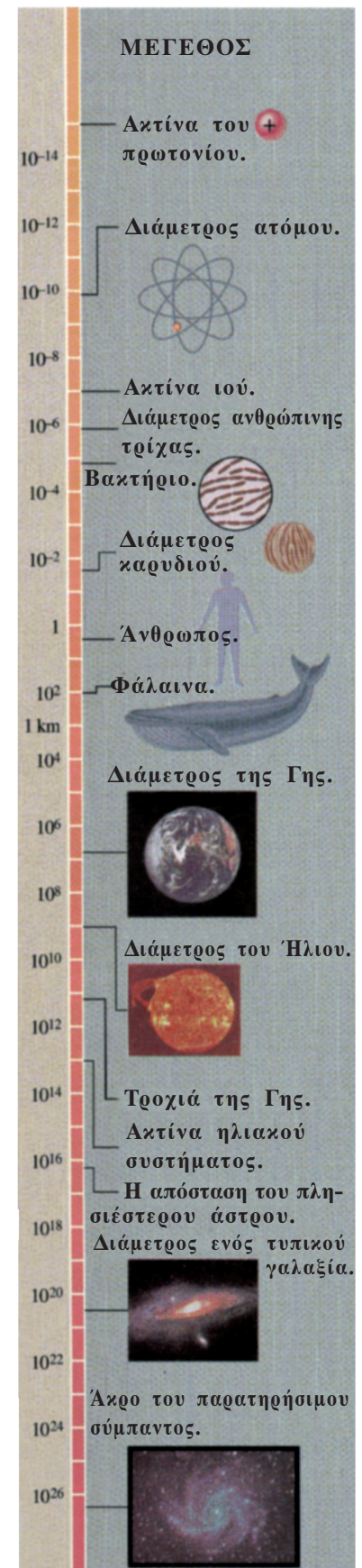
Σε παλαιότερες εποχές, οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν ποικίλες μονάδες μέτρησης του μήκους. Για τον καθορισμό αυτών των μονάδων, έπαιρναν ως βάση μήκη που σχετίζονταν με το ανθρώπινο σώμα. Έτσι, οι αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το πόδι, το βήμα, το στάδιο (600 πόδια) κ.α. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, χρησιμοποιούσαν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



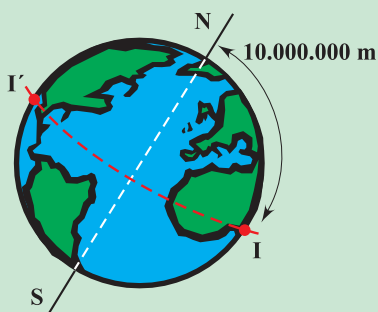
γάρδα

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 αντίχει-



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



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

ρα του τεντωμένου αριστερού χεριού του και την ονόμασε γιάρδα.

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

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

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

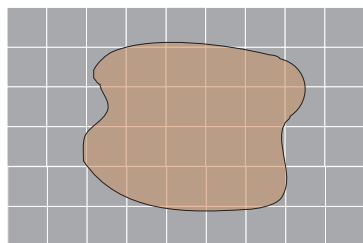
Με βάση τον παραπάνω ορισμό της μονάδας του μήκους κατασκευάστηκε το **πρότυπο μέτρο**, το οποίο φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών.

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

$$\begin{aligned} 1\text{dm}^2 &= (10^{-1}\text{m})^2 = 10^{-2}\text{m}^2, & 1\text{cm}^2 &= (10^{-2}\text{m})^2 = 10^{-4}\text{m}^2, \\ 1\text{mm}^2 &= (10^{-3}\text{m})^2 = 10^{-6}\text{m}^2 \\ 1\text{dm}^3 &= (10^{-1}\text{m})^3 = 10^{-3}\text{m}^3, & 1\text{cm}^3 &= (10^{-2}\text{m})^3 = 10^{-6}\text{m}^3, \\ 1\text{mm}^3 &= (10^{-3}\text{m})^3 = 10^{-9}\text{m}^3 \end{aligned}$$

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

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



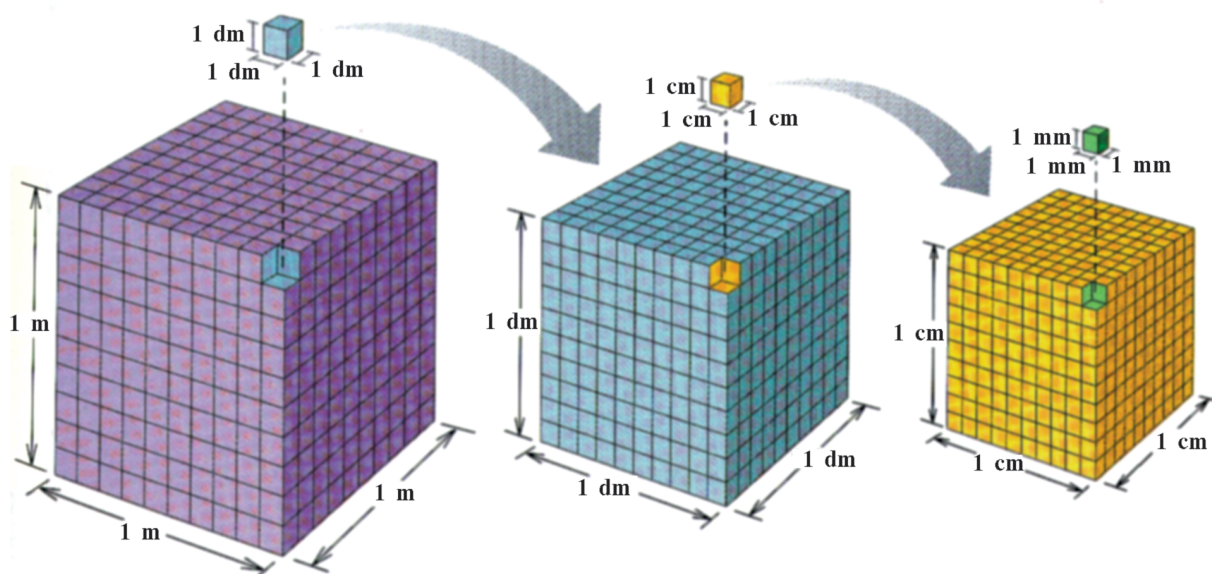
Εικόνα 3

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 1cm²) και πλευράς 1mm (εμβαδού 1mm²).

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

$$V_{\text{σώματος}} = V_{\text{τελ}} - V_{\text{αρχ}}$$

Δραστηριότητα 1

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

- 1) Εμβαδομετρήστε την επιφάνεια που σχεδιάσατε. Πόσα cm², mm² είναι περίπου;
- 2) Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δύο παραπάνω μετρήσεων και δώστε μια εξήγηση για τη διαφορά που παρατηρείτε.

Δραστηριότητα 2

Ογκομετρήστε μια μικρή πέτρα ή ένα άλλο αντικείμενο μη γεωμετρικό:

- 1) με ογκομετρικό σωλήνα,
 - 2) με ποτήρι ζέσεως,
- και συγκρίνετε τα αποτελέσματα που βρήκατε.

Πού οφείλεται η διαφορά που παρατηρείτε;



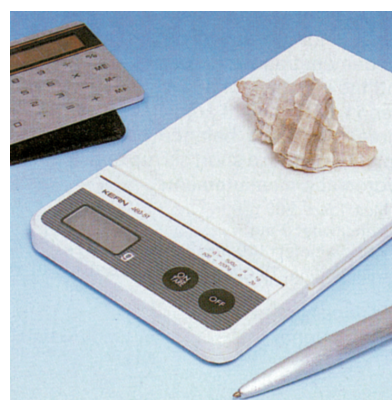
Η μάζα (σε kg) διαφόρων αντικειμένων από το ηλεκτρόνιο έως το Σύμπαν.

Ζ. Η μάζα και η πυκνότητα

Η μάζα

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

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



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

Η πυκνότητα

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

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

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

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

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

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

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

Δραστηριότητα 1

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Πυκνότητες Υλικών

Υλικό	Πυκνότητα kg/m^3
Ατμοσφαιρικός αέρας (χωρίς υγρασία) σε 0°C	1,29
Φελιζόλ	$0,03 \cdot 10^3$
Φελός	$0,2 \cdot 10^3$
Βενζίνη	$0,88 \cdot 10^3$
Ελαιόλαδο	$0,92 \cdot 10^3$
Πάγος	$0,92 \cdot 10^3$
Νερό (0°C)	$0,99987 \cdot 10^3$
Νερό ($3,98^\circ\text{C}$)	$1 \cdot 10^3$
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	$\cong 10^8 - 10^{11}$
Άστρο νετρονίων	$\cong 10^{18}$

Η. Η μεταβολή και ο ρυθμός μεταβολής

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

Η μεταβολή των φυσικών μεγεθών παριστάνεται με το ελληνικό γράμμα δέλτα (Δ). Για παράδειγμα Δv σημαίνει μεταβολή της ταχύτητας και είναι: $\Delta v = v - v_0$, όπου v η τελική τιμή της ταχύτητας και v_0 η αρχική τιμή της. Ομοίως: $\Delta \theta = \theta - \theta_0$ κ.ο.κ.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Σημείωση:

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

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.

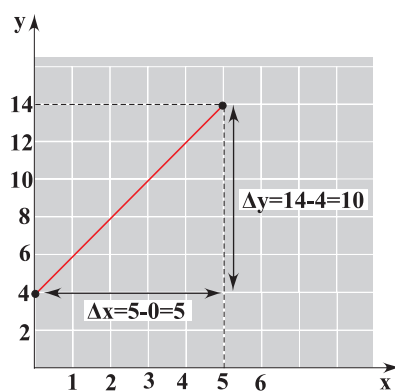
Αν η συνάρτηση είναι τριώνυμο δευτέρου βαθμού τότε η γραφική παράσταση είναι παραβολή.

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:

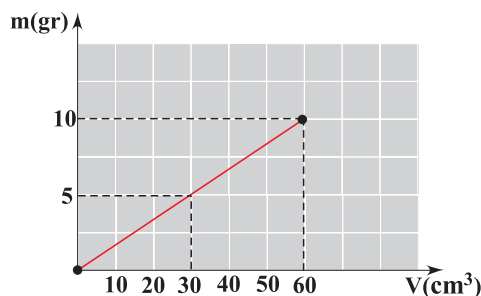
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10}{5} = 2.$$

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

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

Πίνακας τιμών

m(gr)	V(cm ³)
0	0
10	60



Εικόνα 6

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

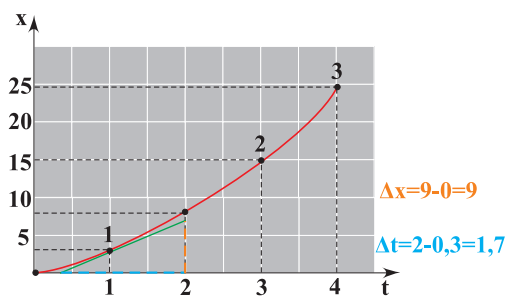
Μπορούμε να βρούμε την κλίση της καμπύλης όπως στην περίπτωση της ευθείας γραμμής;

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

Πράγματι κάθε σημείο της έχει κλίση που βρίσκεται αν φέρουμε την εφαπτομένη της καμπύλης στο σημείο αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα γ, και φτιάξουμε ένα οποιοδή-

Πίνακας τιμών

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



Εικόνα γ

ποτε ορθογώνιο τρίγωνο με υποτείνουσα τμήμα της εφαπτομένης που φέραμε, π.χ. η κλίση του σημείου 1 είναι:

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

Δραστηριότητα 1

Να υπολογίσετε την κλίση της ευθείας στην εικόνα 6.

Ποια είναι η φυσική σημασία της κλίσης αυτής;

Δραστηριότητα 2

Ομοίως υπολογίστε την κλίση του σημείου 2 της εικόνας γ.

Στρατηγική επίλυσης προβλημάτων

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

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

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

Για να αντιμετωπίσετε ένα πρόβλημα, πρέπει πρώτα απ’ όλα να το διαβάσετε προσεκτικά δύο τρεις φορές και να το περιγράψετε σε γενικές γραμμές με λόγια και με σχήμα. Η **σχηματική αναπαράσταση** θα σας βοηθήσει να οργανώσετε τις πληροφορίες στο μυαλό σας και να προσεγγίσετε καλύτερα την καρδιά του προβλήματος. Επίσης πρέπει να εκτιμήσετε το αποτέλεσμα ποιοτικά, έτσι ώστε στο τέλος να μπορείτε να ελέγξετε το αποτέλεσμα που βρήκατε. Κατόπιν θα πρέπει να υποδιαιρέσετε το πρόβλημα σε απλούστερα προβλήματα (**ανάλυση**), τα οποία θα προσπαθήσετε στη συνέχεια να αντιμετωπίσετε και να φτάσετε στην τελική λύση (**σύνθεση**). Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης είναι δημιουργικό να διερωτάστε: Ποιοι νόμοι, αρχές, θεωρίες σχετίζονται 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 δήματα και τις αντίστοιχες εξισώσεις που χρησιμοποιείτε.