

Το Πείραμα και η Μέτρηση Φυσικών Μεγεθών

Η σύγχρονη Επιστήμη έχει στενά συνδεθεί με την πειραματική διαδικασία και τη μέτρηση.

Το παρόν μάθημα, έχει σκοπό να δώσει στους φοιτητές τη δυνατότητα να εμβαθύνουν περισσότερο στην επιστημονική μέθοδο και το πείραμα, ώστε να ξεκαθαρίσουν έννοιες και διαδικασίες που πιθανά δεν πρόφτασαν να εμπεδώσουν κατά τη διδασκαλία των εργαστηρίων που προσφέρονται στο πλαίσιο των υποχρεωτικών μαθημάτων των φυσικών επιστημών αναμένοντας να μπορούν να τα μετασχηματίζουν σε σχολική επιστήμη κατάλληλη για τους μαθητές τους.

Σε αυτό το πρώτο κεφάλαιο, θα ασχοληθούμε με θεμελιώδεις για την επιστήμη έννοιες όπως το φυσικό μέγεθος, τη μέτρηση, τα εργαλεία μέτρησης και τις μετρητικές διατάξεις, την επεξεργασία των μετρήσεων και τα σφάλματα και θα προβληματιστούμε για τον τρόπο που όλα αυτά μπορούμε να τα εντάξουμε στην εκπαίδευση μαθητών Δημοτικού.

Θα δώσουμε έμφαση στην διάκριση θεμελιωδών και παραγώγων μεγεθών καθώς και στον ορισμό των μονάδων και τις σχέσεις των μονάδων μεταξύ τους.

Ως άνθρωποι είμαστε μέρος της φύσης και ταυτόχρονα παρατηρούμε μελετάμε την φύση. Μας γεννιούνται συναισθήματα και κάνουμε απόπειρες να οργανώσουμε την πληροφορία που παίρνουμε με τις αισθήσεις μας και να την ερμηνεύσουμε. Η επιστήμη εξελίχτηκε μέσα από αυτή την δεύτερη διαδικασία παρόλο που στην πραγματικότητα καμιά διάσταση της ζωής δεν μπορεί να υπάρχει χωριστά και εντελώς δίχως την άλλη.

Έτσι, παρόλο που ο φόβος, ο θαυμασμός, η χαρά, ο θυμός, η ευχαρίστηση που μας γεννιούνται όταν παρατηρούμε την φύση είναι σημαντικά και δεν θα πρέπει να παραγνωρίζονται ειδικά κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, τίποτα από όλα δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της Επιστήμης, τίποτα από αυτά δεν ορίζεται ως φυσικό μέγεθος.

Ως φυσικό μέγεθος ορίζεται οτιδήποτε μπορεί να μετρηθεί. Έτσι δεν μπορεί να μετρηθεί ο φόβος μπροστά στην αστραπή, μπορεί όμως να μετρηθεί η ένταση του ήχου σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Δεν μπορεί να μετρηθεί η ευχαρίστηση που νοιώθουμε όταν παρατηρούμε μια λίμνη, μπορεί όμως να μετρηθεί το βάθος της λίμνης, η επιφάνεια του νερού, ο όγκος του νερού που περιέχει η λίμνη, η μάζα του νερού, η πυκνότητα του νερού, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο. Τα πρώτα, ο φόβος η ευχαρίστηση παρόλο που μπορεί να είναι ισχυρά κίνητρα για την μελέτη των φυσικών φαινομένων δεν είναι φυσικά μεγέθη ενώ τα δεύτερα, η ένταση του ήχου, το βάθος, ο όγκος, η μάζα, η πυκνότητα η περιεκτικότητα είναι φυσικά μεγέθη και γίνονται αντικείμενο επιστημονικής μελέτης για την καλύτερη κατανόηση των φυσικών φαινομένων.

Τα φυσικά μεγέθη διακρίνονται σε θεμελιώδη και παράγωγα.

Τα μεγέθη που δεν ορίζονται με τη βοήθεια άλλων μεγεθών αλλά προκύπτουν κατεθείαν από την διαίσθηση και την εμπειρία μας ορίζονται ως **θεμελιώδη**. Ενώ με την βοήθεια των θεμελιωδών μεγεθών ορίζονται και προκύπτουν τα **παράγωγα μεγέθη**. Για παράδειγμα το μήκος είναι θεμελιώδες μέγεθος ενώ το εμβαδό και ο όγκος προκύπτει αν μελετήσω το μέγεθος στις δύο ή στις τρεις διαστάσεις του χώρου. Η μάζα είναι θεμελιώδες μέγεθος ενώ η πυκνότητα ορίζεται σαν το πηλίκο της μάζας ενός αντικείμενου προς τον όγκο που καταλαμβάνει. Στο παραπάνω παράδειγμα της λίμνης ορίζοντας δύο θεμελιώδη μόνο μεγέθη την μάζα και το μήκος, δημιούργησα ένα σύστημα 5 μεγεθών (2 θεμελιώδη και τρία παράγωγα) με το οποίο μπορώ να μελετήσω το φυσικό αντικείμενο.

Όπως είπαμε, εκείνο που διακρίνει τα φυσικά μεγέθη είναι η δυνατότητα της μέτρησης.

Μετρηση είναι η σύγκριση ενός μεγέθους με ένα ομοειδές που θεωρείται «πρότυπο» και λέγεται **μονάδα μέτρησης**. Για παράδειγμα όταν μετράμε το μήκος ενός δρόμου συγκρίνουμε το μήκος αυτό με το μήκος της μονάδας μέτρησης (π.χ. μέτρο) ή όταν με ένα ζυγό ισορροπίας ζυγίζουμε μια σφαίρα, συγκρίνουμε (μέσω του βάρους που προκαλεί απόκλιση στο ζυγό) την μάζα της σφαίρας με την μάζα πρότυπων σταθμών (π.χ. Kg ή υποδιαιρέσεις του).

Εδώ θα πρέπει να επισημάνουμε ότι όπως τα παράγωγα μεγέθη προκύπτουν από τα θεμελιώδη με απλές μαθηματικές σχέσεις, έτσι και οι μονάδες τους προκύπτουν από τις αντίστοιχες μονάδες με τις ίδιες σχέσεις. Οι μονάδες αυτές ονομάζονται παράγωγες μονάδες. Αυτό γίνεται καλύτερα κατανοητό από τον παρακάτω πίνακα:

Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες (SI)	Παράγωγα μεγέθη	Ορισμός	Παράγωγες μονάδες
Μήκος	1 μέτρο (1 m)	Εμβαδόν τετραγώνου ¹	μήκος πλευράς * μήκος πλευράς	τετραγωνικό μέτρο (m ² =m*m)
		Όγκος κύβου ²	μήκος πλευράς * μήκος πλευράς * μήκος πλευράς	Κυβικό μέτρο (m ³ =m*m*m)
Μάζα	1 χιλιόγραμμα (1 Kg)	Πυκνότητα	Μάζα/όγκος	Kg/m ³
Χρόνος	1 δευτερόλεπτο (1 s)	ταχύτητα	Μήκος διανυθείσας απόστασης/χρόνος	m/s
		επιτάχυνση	Μεταβολή ταχύτητας / χρόνος	m/s ²

Στον παραπάνω πίνακα όλες οι μονάδες ανήκουν στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (System International) μια συλλογή μονάδων που επινοήθηκε και συμφωνήθηκε από την επιστημονική κοινότητα ώστε να πάψουν οι παρανοήσεις αλλά και να γίνονται πιο εύκολοι οι υπολογισμοί διάφορων μεγεθών.

Όσο αφορά τις παρανοήσεις που προέκυπταν αξίζει να αναφερθεί το παρακάτω παράδειγμα:

«Στις 15 Απριλίου του 1999 η κορεατική πτήση 6316 από Σαγκάη προς Σεούλ χάθηκε εξαιτίας της σύγχυσης του πληρώματος μεταξύ των οδηγιών του πύργου ελέγχου (σε μέτρα) και των μετρήσεων του υψόμετρου από τα όργανα του αεροπλάνου (σε πόδια). Τρία άτομα πλήρωμα και πέντε άτομα στο έδαφος σκοτώθηκαν. Τριάντα επτά άτομα τραυματίστηκαν.» (Καβουσανάκη 2011).

Όσον αφορά τη διευκόλυνση των πράξεων αυτό σημαίνει ότι αν όλα τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε σε έναν υπολογισμό εκφράζονται στο ίδιο σύστημα αρίθμησης (εδώ το SI) μπορούμε να κάνουμε τις πράξεις παραλείποντας τις μονάδες. Για παράδειγμα: Η σχέση $P_{υδρ}=d*g*h$ μας δείχνει την υδροστατική πίεση που ασκεί ένα υγρό πυκνότητας d σε οποιοδήποτε σώμα βυθιστεί σε βάθος h μέσα σε αυτό σε συγκεκριμένο τόπο (όπου η ένταση του βαρυτικού πεδίου είναι g). Αν θέλουμε τώρα να βρούμε την υδροστατική πίεση που μας ασκεί το νερό μιας λίμνης αν βουτήξουμε σε βάθος 2m όταν γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα του νερού είναι περίπου 1 g/cm^3 και το g είναι περίπου 10 m/s^2 αρκεί να μετατρέψουμε το 1 g/cm^3 σε Kg/m^3 και μετά να κάνουμε τον πολλαπλασιασμό χρησιμοποιώντας μόνο τους αριθμούς

¹ (κάθε επιφάνεια μπορεί να προσεγγιστεί ως άθροισμα στοιχειωδων τετραγώνων)

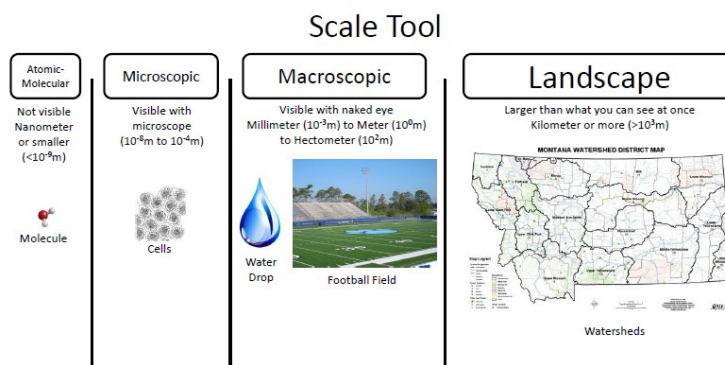
² κάθε όγκος μπορεί να προσεγγιστεί ως άθροισμα στοιχειωδων κύβων

χωρίς τις μονάδες. Το αποτέλεσμα θα είναι σε Pa που είναι η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο SI³.

Βέβαια όπως φαίνεται και στο παραπάνω παράδειγμα ακόμη και στο μάθημα της Φυσικής κάποιες φορές είναι πιο εύχρηστες μονάδες που δεν ανήκουν στο Διεθνές Σύστημα μοναδων. Αυτό δεν είναι κακό, αρκεί να φροντίζουμε να λαμβάνουμε υπόψη τις σχέσεις μεταξύ των μονάδων πριν κάνουμε υπολογισμούς ή να μετατρέπουμε όλα τα δεδομένα μας στο SI.

Αυτό όμως είναι ένα μεγάλο ζήτημα που θα το αντιμετωπίσουμε πρακτικά και θα το κατανοήσουμε κατά τη διάρκεια του μαθήματος.

Η ανάγκη αυτή για χρήση διαφορετικών μονάδων έχει σχέση και με τις κλίμακες στις οποίες εκδηλώνεται ή μελετάμε ένα φαινόμενο. Για παράδειγμα λέμε ότι το μήκος κύματος της κόκκινης ακτινοβολίας είναι 630–700 nm, ενώ η απόσταση Αθήνας Θεσσαλονίκης είναι 400 Km. Αρκούν μερικά λεπτά της ώρας για να παρατηρήσουμε την αντίδραση μιας ποσότητας υδροχλωρικού οξέος με τριμένο ανθρακικό άλας στον δοκιμαστικό σωλήνα, όμως χρειάστηκαν δεκαετίες για να παρατηρηθεί η οξίνιση των λιμνών και τους εδάφους από την όξινη βροχή.



(από τα διδακτικά εργαλεία του ιστότοπου <https://envlit.educ.msu.edu/>)

Ολοκληρώνοντας, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι όσο κι αν προσπαθήσουμε, ποτέ οι μετρήσεις μας δεν θα είναι τέλειες, πάντα θα υπάρχει κάποια αβεβαιότητα πάντα θα υπεισέρχονται τυχαία και συστηματικά σφάλματα. Για αυτό τον λόγο κάποιες φορές θα επαναλαμβάνουμε την μέτρηση ή το πείραμα αρκετές φορές. Δεν θα επεκταθούμε εδώ στην μελέτη της επεξεργασίας των δεδομένων και τον υπολογισμό των σφαλμάτων καθώς μπορείτε αυτά να τα μελετήσετε από τον οδηγό του εργαστηρίου του μαθήματος της Φυσικής.

Θα επισημάνουμε μόνο, ότι σημαντική βοήθεια κατά την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να μας προσφέρει η χρήση λογισμικού γενικής χρήσης (λογιστικών φύλων συνήθως) στον υπολογιστή. Χωρίς βέβαια να αποκλείουμε και την χρήση εξειδικευμένου λογισμικού αν αυτό υπάρχει.

Ακόμη θα αναφέρουμε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα **συστηματικού σφάλματος** που ίσως συναντήσουμε κάποιες φορές στα όργανα του εργαστηρίου μας και που συνήθως συναντάται στα σχολικά εργαστήρια. Κι αυτό είναι είναι το αποκαλούμενο σφάλμα του μηδενός. Δηλαδή, μπορεί για παράδειγμα μια ζυγαριά να μην δείχνει 0 όταν πάνω της δεν έχουμε τοποθετήσει καμία μάζα, ή μια γεννήτρια παροχής σταθερού ρεύματος να μην δείχνει 0 V όταν θα έπρεπε.

³ Θα πούμε δηλ: $1\text{g}/\text{cm}^3 = 0,001\text{Kg}/(0,01\text{m} * 0,01\text{m} * 0,01\text{m}) = 0,001\text{Kg}/\text{m}^3$. Οπότε η $\rho_{\text{υδρ}} = d * g * h = 0,001 * 10 * 2 \text{ Pa} = 0,02\text{Pa}$.

Αν το όργανο μπορεί να δεχτεί ρύθμιση (ζυγαριά) το εξαλείφουμε. Αν δεν μπορεί να ρυθμιστεί (όπως συνήθως συμβαίνει στις γεννήτριες) το αφαιρούμε. Για παράδειγμα αν η γεννήτρια δείχνει 1 V όταν θα έπρεπε να δείχνει 0, τότε θα θεωρούμε ότι παρέχει τάση 2V όταν δείχνει 3V.

Όπως φαίνεται παραπάνω σημαντικό ρόλο στην μέτρηση παίζουν τα εργαλεία ή οι μετρητικές διατάξεις που χρησιμοποιούμε καθώς τα χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν την ακρίβεια της μέτρησης (περισσότερα και γι αυτό έχει ο οδηγός εργαστηρίου Φυσικής).

Η επιλογή των κατάλληλων οργάνων και διατάξεων εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια που επιθυμούμε αλλά και από τον γενικότερο σχεδιασμό και τους στόχους του πειράματος.

Αν για παράδειγμα σκοπός μας είναι να μετρήσουμε την θερμοκρασία ενός δωματίου σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και για μικρό χρονικό διάστημα, ένα απλό αναλογικό θερμόμετρο είναι πιο εύχρηστο. Αν όμως θέλουμε να παρατηρήσουμε τις μεταβολές της θερμοκρασίας για ένα ολόκληρο εικοσιτετράωρο, τότε μια διάταξη με μικροελεγκτή που καταγράφει αυτόματα τις τιμές χωρίς να απαιτεί την φυσική μας παρουσία θα ήταν πιο κατάλληλη.

Με δεδομένο ότι τέτοιες διατάξεις δεν είναι πλέον ιδιαίτερα ακριβές, και επιπλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τη δημιουργία «έξυπνων κατασκευών» συνδέοντας έτσι τη φυσική με την τεχνολογία καλό είναι να εξοικειωθούμε με τη χρήση τους.

Η εξοικείωση τόσο με τις απλές αναλογικές συσκευές όσο και με τις ηλεκτρονικές μετρητικές διατάξεις θα μας δώσει και την ευκαιρία να κρίνουμε πότε και ποιες πρέπει να εισάγουμε κατά την εκτέλεση πειραμάτων στην τάξη.

Παρακάτω ακολουθεί το φύλλο εργασίας.

Βιβλιογραφία:

Καβουσανάκη Ελευθερία (2011). «Μεγέθη και Μονάδες. Ειδικά Θέματα Φυσικής» Σημειώσεις από την e class: Ελευθερία Καβουσανάκη. Ειδικά Θέματα Φυσικής. Ανακτήθηκε την Δευτέρα, 25 Φεβρουαρίου 2019 από <https://eclass.teicrete.gr/courses/GT118/>

Τρικαλινός Χ. (2014) «Εισαγωγή στη Θεωρία Σφαλμάτων» Ανακτήθηκε την Δευτέρα, 25 Φεβρουαρίου 2019 από <http://physlab.phys.uoa.gr/misc/errors/errors.pdf>

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπασιμίπα Λ. «ΦΥΣΙΚΗ Β' Γυμνασίου» διδακτικό εγχειρίδιο. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ ΑΘΗΝΑ. Ανακτήθηκε την Δευτέρα, 25 Φεβρουαρίου 2019 από <http://ebooks.edu.gr/new/course-main.php?course=DSGYM-B200>

“Blank Tools” Ανακτήθηκε την Δευτέρα, 25 Φεβρουαρίου 2019 από τα διδακτικά εργαλεία του ισότοπου <https://envlit.educ.msu.edu/>

Ευχαριστούμε για την βοήθεια στην διόρθωση τον Α. Χαλκίδη