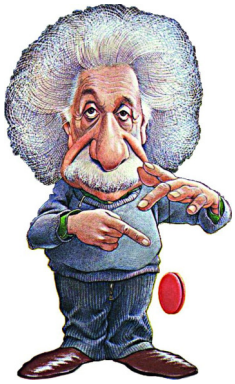
Σημειώσεις Φυσικής

Β΄ Γυμνασίου

Καραδάμογλου Ιωάννης



Πρότυπο Πειραματικό

Γυμνάσιο Ηρακλείου

2016–2017

ISBN 978-960-93-7108-7

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Ο στόχος. Αυτές οι σημειώσεις αποτελούν την προσπάθεια του εισηγητή ώστε το μάθημα της Φυσικής Β΄ γυμνασίου να μην αποτελέσει απλή παράθεση πληροφοριών, αλλά ένα ταξίδι στην διάρκεια του οποίου οι μαθητές θα ανακαλύψουν την γνώση μόνοι τους. Στόχος δηλαδή, είναι οι μαθητές να μυηθούν στον τρόπο σκέψης που οδηγεί στην ανακάλυψη της γνώσης. Αυτό, είναι μάλλον το πολυτιμότερο εφόδιο που έχει να προσφέρει το μάθημα της Φυσικής σε κάθε μαθητή, ότι πορεία και αν επιλέξει να ακολουθήσει στην ζωή του.

Η μέθοδος. Οι σημειώσεις αυτές δεν αποτελούν υποκατάστατο του βιβλίου. Αποτελούν ένα μεγάλο φύλλο εργασίας το οποίο καλούνται να συμπληρώσουν οι μαθητές κατά την διάρκεια του μαθήματος. Συμπληρώνοντας τα κενά κάθε ενότητας, συχνά με την βοήθεια κάποιου απλού πειράματος, οι μαθητές οδηγούνται μόνοι τους στα συμπεράσματα της ενότητας. Την θεωρία συμπληρώνουν ασκήσεις επιλεγμένες με σκοπό να προβάλουν τις συνέπειες των νόμων της Φυσικής στη ζωή μας, αλλά και να εξάψουν την φαντασία των μαθητών.

Η αρχή. Η πρώτη απόπειρα δημιουργίας των σημειώσεων έγινε την σχολική χρονιά 2012-13 στο Πρότυπο Πειραματικό Γυμνάσιο του Ηρακλείου. Οι ερωτήσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών αποτέλεσαν το σημαντικότερο κίνητρο στην προσπάθεια αυτή και πηγή ανατροφοδότησης για τις πολλές αλλαγές που έγιναν στην πορεία του μαθήματος.

Η συνέχεια. Οι σημειώσεις χρησιμοποιήθηκαν για δεύτερη φορά την σχολική χρονιά 2014-15 και 2016-17, με κριτές και πάλι τους μαθητές. Η ενεργή συμμετοχή τους στο μάθημα, οδήγησε σε πολλές αλλαγές σε μια προσπάθεια να εξηγηθούν καλύτερα κάποια από τα δύσκολα κομμάτια της ύλης, δίνοντας στις σημειώσεις την παρούσα μορφή τους.

Ευχαριστίες. Η διαμόρφωση του περιεχομένου των σημειώσεων αυτών, έγινε με βάση τα ενδιαφέροντα και τις απορίες των μαθητών στους οποίους διδάχθηκε το μάθημα. Γι΄ αυτό, **τους ευχαριστώ θερμά και τους αφιερώνω τις σημειώσεις αυτές.**

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή **1**

1.1 Γιατί ασχολούμαστε με την Φυσική; 1

1.2 Τα εργαλεία της Φυσικής 2

1.2.1 Ο νόμος των ελατηρίων 5

1.2.2 Θεμελιώδη φυσικά μεγέθη 6

1.2.3 Παράγωγα φυσικά μεγέθη 8

1.2.4 Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων 13

2 Κίνηση **18**

2.1 Τι είναι η κίνηση και γιατί μας ενδιαφέρει; 18

2.2 Μαθηματική περιγραφή της κίνησης. 19

2.2.1 Θέση – χρόνος. 19

2.2.2 Ταχύτητα. 22

2.2.3 Επιτάχυνση. 24

3 Δυναμική **26**

3.1 Δυνάμεις. Τι είναι; 27

3.1.1 Μέτρηση των δυνάμεων 28

3.1.2 Οι δυνάμεις ως διανύσματα. 28

3.2 Αποτελέσματα πολλών δυνάμεων. 29

3.3 Πότε και γιατί ασκούνται δυνάμεις σε ένα σώμα. 32

3.3.1 Το Βάρος. 33

3.3.2 Δυνάμεις εξ επαφής. 35

3.4 Οι νόμοι της κίνησης (Νόμοι του Νεύτωνα) 38

3.4.1 Πρώτος νόμος του Νεύτωνα. 38

3.4.2 Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα. 41

3.4.3 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. 44

4 Πίεση – Υδροστατική πίεση **48**

4.1 Πίεση και παραμόρφωση. 48

4.2 Η πίεση στα ρευστά. 50

4.3 Υδροστατική πίεση. 53

4.4 Συνέπειες υδροστατικής πίεσης. 55

4.4.1 Ατμοσφαιρική πίεση. 55

4.4.2 Άνωση. 57

4.4.3 Συγκοινωνούντα δοχεία. 59

5 Ενέργεια **60**
5.1 Ενέργεια. Τι είναι; 61
5.1.1 Βαρυτική δυναμική ενέργεια. 62
5.1.2 Κινητική ενέργεια. 63
5.2 Η αρχή διατήρησης της ενέργειας 65
5.3 Το μεγάλο νεκροταφείο ενέργειας 67
5.4 Η μεγάλη δεξαμενή ενέργειας της γειτονιάς 68

Βιβλιογραφία **71**

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γιατί ασχολούμαστε με την Φυσική;

Είναι στη φύση μας.

Η ανθρώπινη ιστορία δείχνει ότι ένα από τα βασικά ανθρώπινα ένστικτα είναι η αναζήτηση του αιτίου που προκαλεί κάθε μεταβολή στο περιβάλλον μας. Π.χ. κάθε πολιτισμός στην ιστορία της ανθρωπότητας, έχει επιχειρήσει να απαντήσει ερωτήματα όπως πώς δημιουργήθηκε ο κόσμος, πώς δημιουργήθηκε ο άνθρωπος, γιατί λάμπει ο ήλιος, τι είναι τα αστέρια, γιατί κινούνται τα ουράνια σώματα, γιατί εναλλάσσονται οι εποχές, κ.α. Η ανάγκη του ανθρώπου να καταλάβει τον κόσμο γύρω του τον οδήγησε στην ανάπτυξη των φυσικών επιστημών, δηλαδή της Φυσικής της Χημείας και της Βιολογίας. Η Φυσική είναι εκείνη η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη κάθε φαινομένου που συμβαίνει γύρω μας αφήνοντας όμως τα φαινόμενα που αφορούν τους ζωντανούς οργανισμούς στην Βιολογία και τα φαινόμενα που αφορούν τις μετατροπές της ύλης στην Χημεία.

Τεχνολογία, ποιότητα ζωής.

Χάρη στην ανάπτυξη των θετικών επιστημών μπορούμε σήμερα να αποκτήσουμε υλικά αγαθά που διευκολύνουν τη ζωή μας. Στην ανάπτυξη της φυσικής για παράδειγμα βασίζεται η κατασκευή τηλεοράσεων, ραδιοφώνων, κινητών τηλεφώνων και κάθε είδους ηλεκτρικής και ηλεκτρονικής συσκευής. Το ίδιο ισχύει και για τα αεροπλάνα, τα αυτοκίνητα και κάθε περίπλοκη μηχανική κατασκευή, αλλά και για ιατρικές διαγνωστικές συσκευές όπως αυτή της ακτινογραφίας, της αξονικής τομογραφίας, της μαγνητικής τομογραφίας του υπερηχογραφήματος κ.α. Η φυσική μάς επιτρέπει να γίνουμε μικροί μάγοι και να μπορούμε να κάνουμε προβλέψεις για το μέλλον, ώστε να πάρουμε κρίσιμες αποφάσεις για τη ζωή μας. Π.χ. μπορούμε να προβλέψουμε την εξέλιξη του κλίματος λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος, ώστε να αποφύγουμε μια οικολογική καταστροφή. Από την άλλη, η ίδια γνώση δίνει την δυνατότητα στον άνθρωπο να καταστρέψει τον πλανήτη πατώντας ένα κουμπί με την χρήση των πυρηνικών όπλων.[1]

Εξορθολογισμός του ανθρώπου.

Τέλος με την βοήθεια της Φυσικής έχουμε εμπεδώσει ότι για κάθε φαινόμενο που συμβαίνει γύρω μας υπάρχει κάποιο φυσικό αίτιο που το προκαλεί και όχι κάποια από τις μεταφυσικές φαντασιώσεις μας (μαγεία, μένταλιστ, κατάρες, άρες μάρες κουκουνάρες). Έτσι σήμερα ξέρουμε ότι όποιον χορό και να χορέψουμε δεν θα φέρει βροχή, ότι το μόνο πράγμα που οραματίζεται ένα μέντιουμ κοιτώντας μια γυάλινη σφαίρα είναι τα λεφτά που περιμένει να του δώσουμε, ότι ένας αστρολόγος μπορεί να μας πληροφορήσει για το μέλλον μας όσο και ένας ηλεκτρολόγος (δηλα-

[1] Η πυρηνικής βόμβα που έπεσε στην Χιροσίμα κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο προκάλεσε τον θάνατο περισσότερων από 150.000 ανθρώπων.

δή καθόλου) και τέλος ότι ο κόσμος μας καλώς δεν καταστράφηκε[2] το 2012, όπως δεν καταστράφηκε και το 2011, 10, 08, 07, 03, 01 και τις εκατοντάδες φορές[3] που το διακήρυτταν οι μανιακοί καταστροφολόγοι παλαιότερα.

1.2 Τα εργαλεία της Φυσικής

Τα εργαλεία. Αφού ο στόχος του Φυσικού είναι να κατανοήσει τα φυσικά φαινόμενα θα πρέπει πρώτα να τα παρατηρήσει και να τα καταγράψει με αντικειμενικό και ακριβή τρόπο. Η λεπτομερής παρατήρηση των φυσικών φαινομένων γίνεται με τα **πειράματα** και η ακριβής καταγραφή τους χρησιμοποιώντας τα **μαθηματικά** τα οποία αποτελούν τη γλώσσα της Φυσικής.

Εργαλείο Νο1: Τα πειράματα. Η χρησιμότητα των πειραμάτων σας είναι μάλλον προφανής. Το να προσπαθήσει κάποιος να κατανοήσει τη φύση χωρίς πειράματα (δηλαδή χωρίς να την παρατηρήσει) είναι το ίδιο μάταιο με το να προσπαθήσει κάποιος να περιγράψει τον καθηγητή Φυσικής σας χωρίς να τον έχει δει ποτέ. Μάλιστα οι Φυσικοί, όπως είδαμε και στην Α′ Γυμνασίου, δεν αρκούνται απλά να παρατηρήσουν ένα φυσικό φαινόμενο αλλά, χρησιμοποιώντας κατάλληλα όργανα, μετρούν τα φυσικά μεγέθη που σχετίζονται με το φαινόμενο, ώστε να το καταγράψουν και ποσοτικά. Για παράδειγμα οι Φυσικοί δεν αρκούνται να πουν πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα αλλά χρησιμοποιώντας θερμόμετρα μετρούν το φυσικό μέγεθος της θερμοκρασίας ώστε να έχουν ακριβή ποσοτικό προσδιορισμό του ζεστό ή κρύο. Μια που και φέτος θα μάθουμε και θα μετρήσουμε πολλά φυσικά μεγέθη ας θυμηθούμε τον ορισμό τους:

- Κάθε ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί σε ένα φυσικό φαινόμενο ονομάζεται **φυσικό μέγεθος**. Π.χ.: .....
- **Μέτρηση** ονομάζουμε την διαδικασία σύγκρισης ενός φυσικού μεγέθους με ένα όμοιο μέγεθος που ονομάζουμε **μονάδα μέτρησης**. Π.χ.: .....

Εργαλείο Νο2: Τα Μαθηματικά. Τα πειράματα λοιπόν μοιάζουν πολύ χρήσιμα, αλλά τα μαθηματικά πως κολλάνε με τη Φυσική; Όπως θα δούμε παρακάτω, οι Φυσικοί, για να κάνουν τη επίλυση των προβλημάτων τους ευκολότερη, «μεταφράζουν» όλα τα προβλήματα τους στην μαθηματική γλώσσα. Προτού «μεταφράσουμε» προβλήματα Φυσικής στην μαθηματική γλώσσα, ας δούμε πως μπορούμε να εφαρμόσουμε την διαδικασία της μετάφρασης σε καθημερινά προβλήματα όπως π.χ. την προετοιμασία του πρωινού μας. Ιδού:

Μεταφράζοντας ένα πρόβλημα στη μαθηματική γλώσσα.

▷ Ένας Φυσικός ανακαλύπτει ένα πρωί ότι το φρέσκο γάλα έχει τελειώσει και αποφασίζει να πιει συμπυκνωμένο γάλα (εβαπορέ). Πάνω στο κουτί βρίσκει τις οδηγίες παρασκευής οι οποίες αναφέρουν «Αδειάστε 100g συμπυκνωμένο γάλα σε ένα ποτήρι. Στην συνέχεια αναμείξτε το συμπυκνωμένο γάλα με διπλάσια ποσότητα νερού». Πόσο νερό πρέπει άραγε να συμπληρώσει στο ποτήρι;

Εσείς μπορεί να έχετε ήδη βρει την απάντηση, αλλά ο Φυσικός για να το λύσει θα ακολουθήσει τα τέσσερα παραδοσιακά βήματα των Φυσικών:

[2] http://www.nasa.gov/topics/earth/features/2012.html
[3] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_dates_predicted_for_apocalyptic_events

1ο βήμα: Εντοπισμός των φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με το πρόβλημα μας.

2ο βήμα: Συμβολισμός των φυσικών μεγεθών με κατάλληλα σύμβολα.

3ο βήμα: Εύρεση της μαθηματικής σχέσης που συνδέει τα φυσικά μεγέθη.

4ο βήμα: Αντικατάσταση των τιμών των γνωστών φυσικών μεγεθών στη μαθηματική σχέση και εύρεση της άγνωστης ποσότητας.

Ας δούμε πως θα εφαρμόσει ο Φυσικός τα τέσσερα αυτά βήματα για να φτιάξει το γάλα του.

Εντοπισμός των φυσικών μεγεθών.

1ο βήμα: Τα φυσικά μεγέθη που εμπλέκονται στην παρασκευή του γάλακτος είναι δύο: α) η μάζα του γάλακτος και β) η μάζα του νερού που πρέπει να αναμίξουμε με αυτό. Η μάζα του γάλακτος μας δίνεται από την εκφώνηση οπότε αποτελεί τα **δεδομένα** του προβλήματος, ενώ την μάζα του νερού την αναζητούμε οπότε αποτελεί τον **άγνωστο** του προβλήματος.

Βαφτίσια των φυσικών μεγεθών.

2ο βήμα: Για να κάνει εύκολους τους υπολογισμούς ο Φυσικός επιλέγει ένα βολικό σύμβολο για κάθε ένα από τα φυσικά μεγέθη. Εφόσον και τα δύο μεγέθη είναι μάζες, επιλέγει να τα συμβολίσει με το γράμμα m (από την Αγγλική λέξη mass) αλλά για να μην τα μπερδεύει μεταξύ τους, προσθέτει και κάποιον «δείκτη» για να τα ξεχωρίζει. Έτσι για τη μάζα του γάλακτος επιλέγει το σύμβολο m_γ και για τη μάζα του νερού το m_ν οπότε τα δεδομένα και ο άγνωστος του προβλήματος μεταφράζονται στην μαθηματική γλώσσα ως εξής:

$$\begin{array}{l} 100\text{g γάλα.} \\ \text{Πόσο νερό;} \end{array} \xrightarrow[\text{μαθηματική γλώσσα}]{\text{μετάφραση στη}} \begin{array}{l} m_\gamma = 100\text{g} \\ m_\nu = ; \end{array}$$

Η σχέση μεταξύ των φυσικών μεγεθών.

3ο βήμα: Ο Φυσικός προσπαθεί τώρα να βρει την μαθηματική σχέση που συνδέει τα φυσικά μεγέθη που σχετίζονται με το φαινόμενο. Στην περίπτωση μας η σχέση αυτή περιγράφεται στην εκφώνηση, οπότε ο Φυσικός δεν έχει παρά να μεταφράσει την εκφώνηση στη δική του γλώσσα:[4]

$$\begin{array}{l} \text{...αναμείξτε το γάλα με} \\ \text{διπλάσια ποσότητα νερού.} \end{array} \xrightarrow[\text{μαθηματική γλώσσα}]{\text{μετάφραση στη}} m_\nu = 2 \cdot m_\gamma$$

Μια τέτοια σχέση που συνδέει τα φυσικά μεγέθη του προβλήματος οι φυσικοί συνήθως την αποκαλούν **νόμο** του φαινομένου.

Αντικατάσταση των γνωστών δεδομένων στην σχέση.

4ο βήμα: Τώρα που ο Φυσικός έχει στα χέρια του τον «νόμο» δεν έχει παρά να αντικαταστήσει σε αυτόν την τιμή της m_γ για να βρει την άγνωστη ποσότητα m_ν.

$$m_\nu = 2 \cdot m_\gamma \xrightarrow{(m_\gamma = 100\text{g})} m_\nu = 2 \cdot 100\text{g} \Rightarrow m_\nu = 200\text{g}$$

Αν σας τρόμαξε η έκταση της παραπάνω λύσης δείτε πόσο σύντομη και κομψή είναι η λύση χωρίς τις εξηγήσεις:

[4] Συνήθως στην Φυσική δεν χρειάζεται να ανακαλύψουμε την μαθηματική σχέση που συνδέει τα φυσικά μεγέθη. Την έχει ήδη ανακαλύψει κάποιος άλλος Φυσικός και εμείς απλά την χρησιμοποιούμε.

Λύση

$m_\gamma = 100\text{g}$
$m_\nu =;$

$$m_\nu = 2 \cdot m_\gamma \Rightarrow m_\nu = 2 \cdot 100\text{g} \Rightarrow m_\nu = 200\text{g}$$

Στο εξής σε όλα τα προβλήματα που θα κληθούμε να λύσουμε θα ακολουθούμε πάντα τα τέσσερα αυτά βήματα, όπως φαίνεται στην παταπάνω λύση. Άρα θα πρέπει πάντα στην λύση μας σε κάποια γωνία να εμφανίζονται τα δεδομένα και ο άγνωστος, να ακολουθεί η μαθηματική σχέση που τα συνδέει μεταξύ τους, στην οποία στη συνέχεια θα γίνεται η αντικατάσταση των δεδομένων. Προσέξτε επίσης ότι ο Φυσικός δεν ξέχασε ότι **κάθε φυσικό μέγεθος που καταγράφει πρέπει πάντα να συνοδεύεται από τις μονάδες του**. Ας κάνουμε λίγη πρακτική στην μέθοδο των φυσικών με μερικές ασκήσεις.

Ασκήσεις

1. Ένας Φυσικός αποφασίζει να φτιάξει μαρμελάδα πορτοκάλι. Η συνταγή αρχίζει ως εξής: "Για να φτιάξετε μαρμελάδα πορτοκάλι θα χρειαστείτε $1{,}5$ κιλά πορτοκάλια και τα $2/3$ της ποσότητας των πορτοκαλιών ζάχαρη.". Ο Φυσικός θα πρέπει τώρα να υπολογίσει πόση ζάχαρη θα χρειαστεί.

   α) Γράψτε τα δεδομένα και τους αγνώστους στην μαθηματική γλώσσα.

   β) Ποια μαθηματική σχέση συνδέει την μάζα ζάχαρης και πορτοκαλιών.

   γ) Ποια ποσότητα ζάχαρης θα χρειαστεί τελικά;

   δ) Ποια ποσότητα ζάχαρης θα χρειαστεί για να φτιάξει μαρμελάδα με $4{,}5$ κιλά πορτοκάλια.

2. Ένας υπάλληλος σε ένα κατάστημα έκανε την συμφωνία ότι στο τέλος του μήνα θα παίρνει μισθό 700€ και σαν μπόνους το ένα δέκατο των κερδών του καταστήματος. Τον πρώτο μήνα το κατάστημα είχε κέρδη 3.000€ οπότε ο υπάλληλος πρέπει να υπολογίσει τι ποσό θα πάρει;

   α) Γράψτε τα δεδομένα και τους αγνώστους στην μαθηματική γλώσσα.

   β) Ποια μαθηματική σχέση συνδέει το ποσό που θα πληρωθεί με τον μισθό του και τα κέρδη του καταστήματος;

   γ) Τελικά ποιο είναι το ποσό που θα πάρει στο τέλος του μήνα;

3. Ένας μαθητής πάει να αγοράσει $3{,}5\text{kg}$ ντομάτες από την λαϊκή αγορά όπου πωλούνται σε τιμή 2€$/\text{kg}$ και θέλει να υπολογίσει τι ποσό θα πληρώσει.

   α) Γράψτε τα δεδομένα και τους αγνώστους στην μαθηματική γλώσσα.

   β) Ποια μαθηματική σχέση συνδέει την μάζα των ντοματών με το ποσό που θα πληρώσει;

   γ) Τι ποσό θα πληρώσει τελικά ο μαθητής;

4. Ένας φυσικός μετράει το πάχος και τον αριθμό των φύλλων του βιβλίου του και βρίσκει 1cm και 100 αντίστοιχα.

   α) Βαφτίστε και καταγράψτε τα φυσικά μεγέθη στην μαθηματική γλώσσα.

β) Ποια είναι η μαθηματική σχέση που συνδέει το πάχος π του ενός φύλλου με το πάχος του βιβλίου και το πλήθος των φύλλων του; (Θεωρείστε το πάχος του εξώφυλλου αμελητέο.)

γ) Υπολογίστε το πάχος ενός φύλλου του βιβλίου.

1.2.1 Ο νόμος των ελατηρίων

Ας συνδυάσουμε τώρα τα δύο εργαλεία της Φυσικής, το πείραμα και τα μαθηματικά, για να ανακαλύψουμε μόνοι μας έναν πραγματικό νόμο της Φυσικής.

Το πρώτο μας πείραμα. Όπως έχουμε ήδη δει στην Α΄ γυμνασίου όταν κρεμάσουμε ένα σώμα από ένα ελατήριο αυτό επιμηκύνεται. Ας επαναλάβουμε τώρα το περσινό πείραμα με τα σώματα και το ελατήριο με σκοπό να βρούμε την μαθηματική σχέση που μας λέει πως εξαρτάται η επιμήκυνση από την μάζα του σώματος που κρεμάμε. Θα προσπαθήσουμε δηλαδή να ανακαλύψουμε τον νόμο του ελατηρίου!

α) Ποια σύμβολα θα χρησιμοποιήσετε για να παραστήσετε τα φυσικά μεγέθη της επιμήκυνσης του ελατηρίου και της μάζας των σωμάτων που θα κρεμάσουμε; .....

β) Σε τι μονάδες θα μετρήσετε τα παραπάνω φυσικά μεγέθη; .....

γ) Συμπληρώστε στην πρώτη γραμμή του πίνακα που ακολουθεί τα σύμβολα και τις μονάδες της μάζας και της επιμήκυνσης αντίστοιχα.

δ) Κρεμάστε από το ελατήριο ένα σώμα, π.χ. μάζας $50\mathrm{g}$, μετρήστε την επιμήκυνση του ελατηρίου και καταγράψτε τις τιμές στην δεύτερη γραμμή του πίνακα.

ε) Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα για διαφορετικές μάζες π.χ. $100\mathrm{g}$, $150\mathrm{g}$, $200\mathrm{g}$ και καταγράψτε τις τιμές στον πίνακα.

στ) Υπολογίστε τον λόγο επιμήκυνσης προς μάζα l/m για κάθε ζεύγος των τιμών του πίνακα. .....
.....

ζ Κάποιος σας λέει ότι η επιμήκυνση του ελατηρίου περιγράφεται από τον νόμο $l = 0{,}025\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{g}} \cdot m$. Συμφωνείτε; .....

η) Μπορείτε να προβλέψετε ποια θα ήταν η επιμήκυνση του ελατηρίου εάν σε αυτό κρεμούσαμε μάζα $75\mathrm{g}$; .....

Ηθικό δίδαγμα. Το παραπάνω πείραμα αποτελεί κλασσικό παράδειγμα χρήσης των δύο εργαλείων της Φυσικής (πείραμα και μαθηματικά) για την μελέτη ενός φυσικού φαινομένου. Πραγματοποιήσαμε το πείραμα και κάναμε μετρήσεις, μεταφράζοντας έτσι το φαινόμενο στη μαθηματική γλώσσα. Αυτό μας επέτρεψε να εξαγάγουμε τη σχέση που συνδέει την επιμήκυνση με τη μάζα. Η σχέση αυτή αποτελεί τον φυσικό νόμο που περιγράφει το φαινόμενο και χάρη σε αυτόν μπορούμε να προβλέπουμε

την επιμήκυνση l που προκαλεί κάποια μάζα m χωρίς να πραγματοποιήσουμε το πείραμα!!! Έτσι ακριβώς όπως άλλοι νόμοι της φυσικής μας επιτρέπουν π.χ. να προβλέψουμε αν θα πέσει μια γέφυρα που χτίζουμε, ή μας επιτρέπουν να προβλέψουμε τι θα συμβεί στον Ήλιο μας σε μερικά δισεκατομμύρια χρόνια! Αυτή ακριβώς είναι άλλωστε η δουλειά της Φυσικής. Να προβλέπει το μέλλον!

Ασκήσεις

1. Χρησιμοποιήστε τον νόμο του ελατηρίου ώστε να υπολογίσετε ποια θα είναι η επιμήκυνση του ελατηρίου του πειράματος για μάζα 25 γραμμάρια;

2. Πιστεύετε ότι ο νόμος του ελατηρίου που βρήκατε ισχύει για όλα τα ελατήρια στον κόσμο; Τι πιστεύετε ότι θα άλλαζε στον νόμο που θα βρίσκαμε αν είχαμε χρησιμοποιήσει άλλο ελατήριο;

1.2.2 Θεμελιώδη φυσικά μεγέθη

Μήκος, μάζα, χρόνος.

Στο πείραμα με το ελατήριο που πραγματοποιήσαμε μετρήσαμε δύο βασικά φυσικά μεγέθη την μάζα και το μήκος. Τα δύο αυτά φυσικά μεγέθη τα συναντάμε παντού, αφού όλα τα σώματα γύρω μας έχουν μάζα αλλά και διαστάσεις. Άλλο ένα φυσικό μέγεθος με τεράστια σημασία στην ζωή μας είναι ο χρόνος. Τα τρία αυτά φυσικά μεγέθη ονομάζονται **θεμελιώδη φυσικά μεγέθη**.[5] Για να μπορούν οι Φυσικοί να ανταλλάσσουν εύκολα μετρήσεις και θεωρίες μαζεύτηκαν πολλοί μαζί (όπως τους αρέσει τακτικά να κάνουν) και συμφώνησαν να χρησιμοποιούν κοινές μονάδες και σύμβολα για τα μεγέθη αυτά. Ας δούμε λοιπόν τι σύμβολα και τι μονάδες[6] αποφάσισαν για κάθε ένα από αυτά καθώς και τον τρόπο μέτρησης και την φυσική τους σημασία:

Μήκος

- ▷ Σύμβολο: Στην Φυσική χρησιμοποιούμε διάφορα σύμβολα. Π.χ. με ... (από την λέξη length) όταν αναφερόμαστε σε μήκος, με ... (από την λέξη width) όταν αναφερόμαστε σε πλάτος, με ... (από την λέξη distance) όταν αναφερόμαστε σε απόσταση, με ... (από την λέξη height) όταν αναφερόμαστε σε ύψος κ.τ.λ.

- ▷ Μονάδες: Η μονάδα μέτρησης του μήκους προτιμούν οι φυσικοί είναι το ..... και συμβολίζεται με .... (από την λέξη meter)

- ▷ Όργανα μέτρησης: Το μέτρο, η μεζούρα, η μετροταινία, ο χάρακας κ.τ.λ.

- ▷ Φυσική σημασία: Διαστάσεις σωμάτων, απόσταση μεταξύ σωμάτων κ.τ.λ.

[5] Υπάρχουν και άλλα θεμελιώδη φυσικά μεγέθη αλλά δεν θα μας χρειαστούν ακόμα. Δείτε π.χ. τον πίνακα 1.4 σελ. 17 του σχολικού βιβλίου.

[6] Οι μονάδες που θα χρησιμοποιήσουμε στη σχολική Φυσική φέτος είναι αυτές που προτιμούν οι Φυσικοί παγκοσμίως. Για τον λόγο αυτό η συλλογή αυτή των μονάδων ονομάζεται Διεθνές Σύστημα S.I. (από την αγγλική ονομασία System International).

Μάζα

- ▷ Σύμβολο: Στη Φυσική το συμβολίζουμε πάντα με το γράμμα ... (από την λέξη mass).
- ▷ Μονάδες: Η μονάδα μέτρησης της μάζας που θα χρησιμοποιούμε στη Φυσική είναι το ..... και συμβολίζεται με ....
- ▷ Όργανα μέτρησης: Η ζυγαριά.
- ▷ Φυσική σημασία: Προσδιορίζει την ποσότητα της ύλης ενός σώματος. Όπως θα δούμε αργότερα η μάζα προσδιορίζει και το βάρος του σώματος, καθώς και την αντίσταση που παρουσιάζει ένα σώμα όταν προσπαθήσουμε να του μεταβάλουμε την ταχύτητα.

Χρόνος

- ▷ Σύμβολο: Στη Φυσική το συμβολίζουμε πάντα με το γράμμα t. (Μαντέψτε από ποια λέξη.)
- ▷ Μονάδες: Η μονάδα μέτρησης του χρόνου που θα χρησιμοποιούμε στη Φυσική είναι το ..... και συμβολίζεται με ....
- ▷ Όργανα μέτρησης: Το ρολόι, χρονόμετρο κ.τ.λ.
- ▷ Φυσική σημασία: Ας αρκεστούμε στην αίσθηση του χρόνου που έχουμε αποκομίσει από την καθημερινή μας ζωή.

Ασκήσεις

1. Ένας φυσικός μετράει το μήκος, το πλάτος, και τη μάζα του βιβλίου του και βρίσκει $30\mathrm{cm}$, $20\mathrm{cm}$ και $100\mathrm{g}$ αντίστοιχα.

   α) Βαφτίστε και καταγράψτε τα φυσικά μεγέθη που μέτρησε στην μαθηματική γλώσσα.

   β) Οι μονάδες που χρησιμοποίησε είναι σωστές;

   γ) Είναι οι αγαπημένες των Φυσικών;

2. Κάποιος σας λέει ότι ανακάλυψε μια καινούργια μέθοδο αδυνατίσματος. Παίρνουμε λέει ένα διαστημικό λεωφορείο και απομακρυνόμαστε από την Γη μέχρι να μειωθεί το βάρος μας.

   α) Πιστεύετε ότι θα μειωθεί το βάρος μας όταν θα απομακρυνθούμε από τη Γη;

   β) Θα γίνουμε πιο αδύνατοι με τον τρόπο αυτό;

3. Πάρτε ένα χρονόμετρο χειρός και ξεκινήστε το και σταματήστε το αμέσως όσο ποιο γρήγορα μπορείτε. Ποιο είναι το μικρότερο χρονικό διάστημα που καταγράψατε. Πιστεύετε ότι οι το χρονόμετρο χειρός είναι κατάλληλο για να χρονομετρήσουν οι Φυσικοί φαινόμενα διάρκειας $10^{-15}\mathrm{s}$ ($= 0{,}000000000000001\mathrm{s}$);

1.2.3 Παράγωγα φυσικά μεγέθη

Παράγωγα φυσικά μεγέθη.

Είδαμε μέχρι τώρα τρία μόνο θεμελιώδη φυσικά μεγέθη τον χρόνο, το μήκος και την μάζα. Όμως στην καθημερινή σας ζωή έχετε συναντήσει και πολλά άλλα φυσικά μεγέθη, όπως π.χ. την ταχύτητα του αυτοκινήτου, την πίεση του αέρα που βάζουμε στα λάστιχα του, τον όγκο του λαδιού που συμπληρώνουμε στον κινητήρα του, την ισχύς του κινητήρα του κ.τ.λ. Γιατί άραγε δεν τα συμπεριλάβαμε και αυτά στα θεμελιώδη φυσικά μεγέθη που αναφέραμε προηγουμένως; Ο λόγος είναι ότι αυτά, όπως και τα περισσότερα φυσικά μεγέθη, προκύπτουν από τα θεμελιώδη και γιαυτό τα ονομάζουμε **παράγωγα φυσικά μεγέθη**. Για να καταλάβουμε πως μπορεί ένα παράγωγο φυσικό μέγεθος να προκύψει από τα θεμελιώδη ας δούμε πως προκύπτουν τα φυσικά μεγέθη εμβαδόν, όγκο και πυκνότητα.

Το Εμβαδόν

Το φυσικό μέγεθος **εμβαδόν** το γνωρίζετε όλοι. Για παράδειγμα, για να εκτιμήσετε πόσο μεγάλο είναι το σπίτι που θέλετε να νοικιάσετε θα ρωτήσετε τον ιδιοκτήτη ποιο είναι το εμβαδόν του. Ή πάλι για να υπολογίσετε τι ποσότητα μπογιάς θα χρειαστείτε για να βάψετε το σπίτι σας θα χρειαστεί να υπολογίσετε το εμβαδόν των τοίχων του σπιτιού. Για αρχή θα ξεκινήσουμε με την απλή περίπτωση του εμβαδού του βιβλίου μας.

α) Μετρήστε το μήκος του βιβλίου σας: .....

β) Μετρήστε το πλάτος του βιβλίου σας: .....

γ) Ποια σχέση μας δίνει το εμβαδόν ενός ορθογώνιου παραλληλογράμμου; ...

δ) Υπολογίστε το εμβαδόν του βιβλίου σας: .....

ε) Σε τι μονάδες υπολογίσατε το εμβαδόν του βιβλίου σας; .....

στ) Από ποιο θεμελιώδες φυσικό μέγεθος προέκυψε το φυσικό μέγεθος του εμβαδού; ..... Το εμβαδόν είναι θεμελιώδες ή παράγωγο μέγεθος; .....

ζ) Αφού οι Φυσικοί προτιμούν σαν μονάδα μήκους το μέτρο m ποια μονάδα πιστεύετε ότι προτιμούν για το εμβαδόν; .....

η) Μπορείτε να σκεφτείτε άλλες μονάδες εμβαδού; .....

Ασκήσεις

1. Η αίθουσα σας στο σχολείο έχει μήκος 7 μέτρα και πλάτος 6 μέτρα. Ποιο είναι το εμβαδόν της αίθουσας σας;

2. Αν γνωρίζετε ότι το ύψος της παραπάνω αίθουσας είναι 3 μέτρα, πόσο είναι το συνολικό εμβαδόν των τοίχων της αίθουσας;

3. Εάν γνωρίζετε ότι η αίθουσα σας έχει εμβαδόν $42\mathrm{m}^2$ και το μήκος της είναι $7\mathrm{m}$, ποιο είναι το πλάτος της αίθουσας;

4. Το εμβαδόν A ενός κυκλικού δίσκου ακτίνας r δίνεται από την σχέση $A = \pi r^2$. Ποιο είναι το εμβαδόν ενός κυκλικού δίσκου ακτίνας $r = 2\mathrm{m}$. (Δίνεται $\pi \simeq 3{,}14$)

5. Το εμβαδόν A της επιφάνειας μιας σφαίρας ακτίνας r δίνεται από την σχέση $A = 4\pi r^2$. Ποιο είναι το εμβαδόν μιας σφαίρας ακτίνας $r = 2\mathrm{m}$. (Δίνεται $\pi \simeq 3{,}14$)

Ο Όγκος

Ένα δεύτερο φυσικό μέγεθος που όλοι γνωρίζετε είναι ο **όγκος**. Όταν θα ψάχνετε να αγοράσετε αυτοκίνητο για παράδειγμα σίγουρα θα σας απασχολήσει ο όγκος του χώρου αποσκευών του αυτοκινήτου. Ο όγκος ενός ψυγείου πάλι, θα αποτελέσει σημαντικό κριτήριο για να επιλέξετε καινούργιο ψυγείο. Ο όγκος ενός σώματος είναι το φυσικό μέγεθος που μας λέει πόσο χώρο καταλαμβάνει το σώμα αυτό. Και πάλι θα ξεκινήσουμε από τον όγκο του βιβλίου μας.

α) Μετρήστε το μήκος, το πλάτος και το πάχος του βιβλίου σας: .....

β) Ποια σχέση μας δίνει τον όγκο ενός ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου; .....

γ) Υπολογίστε τον όγκο του βιβλίου σας: .....

δ) Σε τι μονάδες υπολογίσατε τον όγκο του βιβλίου σας; .....

ε) Από ποιο θεμελιώδες φυσικό μέγεθος προέκυψε το φυσικό μέγεθος του όγκου; ..... Είναι θεμελιώδες ή παράγωγο φυσικό μέγεθος; .....

στ) Αφού οι Φυσικοί προτιμούν σαν μονάδα μήκους το μέτρο m ποια μονάδα θα προτιμούν για τον όγκο; .....

ζ) Μπορείτε να σκεφτείτε άλλες μονάδες όγκου; .....

η) Μπορείτε να σκεφτείτε μια μέθοδο για να μετρήσετε τον όγκο του νερού που περιέχεται σε ένα ποτήρι; Κάντε το!

θ) Μπορείτε να σκεφτείτε μια μέθοδο για να μετρήσετε τον όγκο μια γόμας; Κάντε το!

Ασκήσεις

1. Η αίθουσα σας στο σχολείο έχει μήκος $7\mathrm{m}$, πλάτος $6\mathrm{m}$ και ύψος $3\mathrm{m}$. Ποιος είναι ο όγκος της αίθουσας σας;

2. Αν γνωρίζετε ότι το εμβαδόν της αίθουσας είναι $42\mathrm{m}^2$ και έχει ύψος $3\mathrm{m}$ ποιος είναι ο όγκος της αίθουσας;

3. Μία αίθουσα έχει μήκος $7\mathrm{m}$, πλάτος $6\mathrm{m}$ και όγκο $126\mathrm{m}^3$. Ποιο είναι το ύψος της αίθουσας;

4. Ό όγκος μιας σφαίρας ακτίνας r δίνεται από την σχέση $V = 4\pi r^3/3$. Ποιος είναι ο όγκος μιας σφαίρας ακτίνας $r = 2\mathrm{m}$. (Δίνεται $\pi \simeq 3{,}14$)

Η Πυκνότητα

Η επιφάνεια και ο όγκος είναι δύο φυσικά μεγέθη που σίγουρα όλοι έχετε συναντήσει στην ζωή σας. Πολλές φορές όμως για να μελετήσουμε ένα φαινόμενο χρειάζεται να φτιάξουμε καινούργια φυσικά μεγέθη. Για παράδειγμα εάν ρίξουμε στο νερό ένα κομμάτι ξύλο μάζας $100\mathrm{g}$ και μια σιδερένια βίδα μάζας $10\mathrm{g}$ το «βαρύ» κομμάτι ξύλο επιπλέει ενώ το «ελαφρύ» κομμάτι σίδερο βουλιάζει! Άρα, σε αντίθεση με αυτό που πιστεύουν οι περισσότεροι άνθρωποι, η γνώση της μάζας ενός σώματος δεν αρκεί για να κρίνουμε εάν επιπλέει. Όπως θα δούμε στο τέταρτο κεφάλαιο το φυσικό μέγεθος που πρέπει να γνωρίζουμε για να συμπεράνουμε αν ένα σώμα επιπλέει είναι η **πυκνότητα** του σώματος.

Πριν να μελετήσουμε την πυκνότητα της φυσικής, ας ξεκινήσουμε με μερικές περιπτώσεις πυκνότητας που μας είναι πιο οικείες. Ένα απλό παράδειγμα είναι η πυκνότητα μαθητών σε μια τάξη η οποία είναι το φυσικό μέγεθος που μας περιγράφει πόσο ευρύχωρα ή στριμωγμένα κάθονται οι μαθητές στην τάξη αυτή.

Η πυκνότητα μαθητών.

Μία αίθουσα της Β′ γυμνασίου έχει εμβαδόν $A = 24\mathrm{m}^2$ και μέσα σε αυτήν βρίσκονται $N_\mu = 24$ μαθητές.

α) Αν στην αίθουσα έρθουν και οι μαθητές του διπλανού τμήματος. οπότε το πλήθος των μαθητών γίνει $N_\mu = 48$, κατά την γνώμη σας η πυκνότητα των μαθητών θα αυξηθεί η θα μειωθεί; .....

β) Αν στην συνέχεια οι 24 μαθητές του ενός τμήματος πάνε στο γυμναστήριο το οποίο έχει εμβαδόν $A = 240\mathrm{m}^2$, κατά την γνώμη σας η πυκνότητα των μαθητών θα αυξηθεί η θα μειωθεί; .....

γ) Από ποια φυσικά μεγέθη πιστεύετε ότι εξαρτάται η πυκνότητα μαθητών; ...
α) ....., β) .....

δ) Αν συμβολίσουμε με ρ_μ την πυκνότητα μαθητών στην αίθουσα ποια νομίζετε ότι θα είναι η μαθηματική σχέση που συνδέει την πυκνότητα ρ_μ, το πλήθος των μαθητών N_μ και το εμβαδόν A το οποίο καταλαμβάνουν;

$$\rho_\mu = \text{———}$$

ε) Χρησιμοποιήστε την παραπάνω σχέση για να υπολογίσετε την πυκνότητα των μαθητών στις περιπτώσεις που συζητήθηκαν παραπάνω:
$N_\mu = 24$, $A = 24\mathrm{m}^2$, $\rho_\mu =$ .....
$N_\mu = 48$, $A = 24\mathrm{m}^2$, $\rho_\mu =$ .....
$N_\mu = 24$, $A = 240\mathrm{m}^2$, $\rho_\mu =$ .....

Ασκήσεις

1. Το τμήμα B_1 ενός γυμνασίου έχει τριάντα μαθητές και εμβαδόν $30\mathrm{m}^2$. Ποια είναι η πυκνότητα μαθητών στην τάξη αυτή;

2. Επειδή το B_1 ήταν πολύ μεγάλο, κάποια στιγμή ο διευθυντής αποφάσισε να φτιάξει ένα τοίχο ώστε να χωρίσει το τμήμα B_1 σε δύο ίσα τμήματα B_2 και B_3.

   α) Ποια είναι η πυκνότητα μαθητών στο B_2;

β) Ποια είναι η πυκνότητα μαθητών στο B_3;

γ) Σε ποιο από τα τρία τμήματα πιστεύετε ότι οι μαθητές θα είναι πιο στριμωγμένοι;

δ) Σας φαίνεται λογικό που ενώ το τμήμα B_2 έχει διαφορετικό αριθμό μαθητών και εμβαδόν από το αρχικό B_1 έχουν την ίδια πυκνότητα;

3. Η γιαγιά σας έχει ένα τραπεζομάντιλο με 100 ισαπέχουσες μαύρες βούλες και εμβαδόν $1\mathrm{m}^2$.

   α) Ποια μαθηματική σχέση κατά την γνώμη σας ορίζει την πυκνότητα των βουλών ρ_β;

   β) Υπολογίστε την πυκνότητα των βουλών για το τραπεζομάντιλο αυτό.

4. Το εμβαδόν της Κρήτης είναι περίπου $8.000\mathrm{km}^2$ και κατοικείται από περίπου 600.000 κάτοικους. Ποια είναι η πυκνότητα κατοίκων της Κρήτης.

Η πυκνότητα μάζας.

Αν καταλάβαμε τα προηγούμενα, είμαστε έτοιμοι να προχωρήσουμε στην πυκνότητα μάζας ενός σώματος η οποία μας λέει πόσο «στριμωγμένη» είναι η μάζα στο σώμα αυτό. Ας δούμε μερικά παραδείγματα.

α) Ένας μηχανικός έχει στην αποθήκη του δύο σώματα ίδιου όγκου ενός λίτρου. Το ένα είναι φτιαγμένο από σίδερο και ζυγίζει $8\mathrm{kg}$ ενώ το δεύτερο από φελιζόλ και ζυγίζει $40\mathrm{g}$. Ποιο από τα δύο σώματα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα; .....

β) Δίπλα ακριβώς ο μηχανικός έχει και δύο σώματα ίδιας μάζας $40\mathrm{kg}$. Το ένα είναι φτιαγμένο από φελιζόλ και έχει όγκο $1\mathrm{m}^3$ ενώ το δεύτερο είναι φτιαγμένο από σίδερο και έχει όγκο $0{,}005\mathrm{m}^3$. Ποιο από τα δύο σώματα πιστεύετε ότι έχει μεγαλύτερη πυκνότητα μάζας; .....

γ) Από ποια φυσικά μεγέθη ενός σώματος πιστεύετε ότι θα εξαρτάται η πυκνότητα μάζας του σώματος; α)....., β).....

δ) Ποια σχέση πιστεύετε ότι θα δίνει την πυκνότητα μάζας ρ;

$$\boldsymbol{\rho} = \frac{\quad}{\quad} \tag{1.1}$$

Οι Φυσικοί για συντομία, αποκαλούν την πυκνότητα μάζας σκέτη πυκνότητα. Αυτό θα κάνουμε και εμείς στο εξής.

ε) Γεμίζουμε μια δεξαμενή όγκου $V = 1\mathrm{m}^3$ με νερό. Ζυγίζουμε την δεξαμενή και βρίσκουμε ότι περιέχει νερό μάζας $m = 1.000\mathrm{kg}$. Υπολογίστε την πυκνότητα του νερού. .....

στ) Ποιες είναι οι μονάδες πυκνότητας που προτιμούν οι Φυσικοί; .....

ζ) Μπορείτε να σκεφτείτε άλλες μονάδες πυκνότητας; .....

η) Ποια όργανα θα χρειαστούμε για να μετρήσουμε την πυκνότητα του νερού που βρίσκεται μέσα σε ένα ποτήρι; Κάντε το πείραμα και περιγράψτε την διαδικασία. .....
.....
.....

θ) Ποια όργανα θα χρειαστούμε για να μετρήσουμε την πυκνότητα ενός κομματιού πλαστελίνης; Κάντε το πείραμα και περιγράψτε την διαδικασία. .....
.....
.....

Ας δούμε μερικές ακόμα εφαρμογές για να κατανοήσουμε καλύτερα το φυσικό νόημα της πυκνότητας.

Εφαρμογές.

α) Αδειάζουμε την δεξαμενή της παραπάνω ερώτησης ε) μέχρι να μείνει μέσα το μισό νερό.
Ποιος είναι ο όγκος του νερού V_1 που έμεινε μέσα στη δεξαμενή; .....
Ποια είναι η μάζα του νερού m_1 που έμεινε μέσα στην δεξαμενή; .....
Ποια είναι η πυκνότητα του νερού που έμεινε μέσα στην δεξαμενή; .....
Συγκρίνετε με την πυκνότητα που υπολογίσατε στην γεμάτη δεξαμενή. .....

β) Ένας συμπαγής κύβος από αλουμίνιο έχει ακμή $\alpha = 1\mathrm{m}$ και μάζα $m = 2.700\mathrm{kg}$. Υπολογίστε την πυκνότητα του αλουμινίου. .....

γ) Κόβουμε τον παραπάνω αλουμινένιο κύβο σε τρία ίσα μέρη. Υπολογίστε την πυκνότητα του αλουμινίου σε ένα από τα τμήματα αυτά; .....
.....

δ) Μας δίνονται δύο συμπαγή σώματα Α και Β από αλουμίνιο. Το Α έχει σφαιρικό σχήμα και όγκο $V_A = 4\mathrm{m}^3$ ενώ το Β έχει κυβικό σχήμα και όγκο $V_B = 1\mathrm{m}^3$; Ποιο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα; .....

ε) Το οινόπνευμα έχει πυκνότητα $\rho = 800\mathrm{kg/m}^3$. Γεμίζουμε πλήρως μια δεξαμενή όγκου $V = 1{,}5\mathrm{m}^3$ με οινόπνευμα. Πόση είναι η μάζα του οινοπνεύματος της δεξαμενής; .....
.....

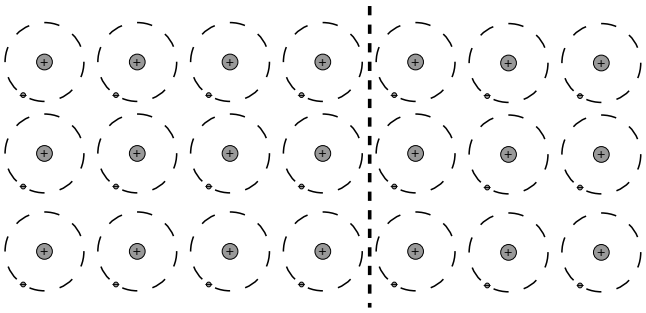
στ) Γεμίζουμε μια δεξαμενή με οινόπνευμα μάζας $m = 200\mathrm{kg}$. Πόσο όγκο καταλαμβάνει; ($\rho = 800\mathrm{kg/m}^3$).....
.....

Συμπεράσματα

Από τις παραπάνω εφαρμογές α), γ) και δ) διαπιστώσαμε ότι η πυκνότητα ενός σώματος δεν εξαρτάται ούτε από το σχήμα ούτε όμως και από τις διαστάσεις του σώματος! Η πυκνότητα κάθε σώματος εξαρτάται <u>μόνο από το υλικό</u> από το οποίο αποτελείται!! Αυτό μπορεί να φαίνεται παράδοξο αφού στην σχέση ορισμού της πυκνότητας $\rho = m/V$ εμφανίζεται τόσο η μάζα όσο και ο όγκος του σώματος τα οποία εξαρτώνται από τις διαστάσεις του σώματος. Ο λόγος τους όμως m/V όπως είδαμε δεν εξαρτάται από το μέγεθος!

Ατομική ερμηνεία.

Αυτό θα σας φανεί ακόμα πιο λογικό αν σκεφτείτε τούτο. Όπως ξέρετε όλα τα σώματα που μας περιβάλουν αποτελούνται από άτομα. Σε ένα κομμάτι από σίδερο για παράδειγμα τα άτομα είναι τοποθετημένα τακτικά το ένα δίπλα στο άλλο όπως ακριβώς και οι μαθητές σε μια τάξη του σχολείου. Αφού η πυκνότητα μας λέει πόσο στριμωγμένη είναι η μάζα, θα εξαρτάται από το πόσο πυκνά διατεταγμένα είναι τα άτομα και από το πόση μάζα έχει το κάθε άτομο. Αν τώρα κόψουμε το σιδερένιο κομμάτι σε δύο μέρη, ούτε η απόσταση μεταξύ των ατόμων, ούτε και η μάζα του κάθε ατόμου θα αλλάξει στο κάθε κομμάτι, οπότε και η πυκνότητα του κάθε κομματιού θα είναι ίδια με του αρχικού. Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που αν χωρίσουμε μια τάξη γεμάτη με μαθητές σε δύο ίσα μέρη οι πυκνότητα μαθητών δεν αλλάζει.



Σχήμα 1.1: Στο σχήμα παριστάνονται κάποια από τα άτομα που αποτελούν το σιδερένιο σώμα. Η πυκνότητα μάζας του σώματος, εξαρτάται από το πόσο πυκνά διατεταγμένα είναι τα άτομα και από το πόσο μεγάλη μάζα έχει το κάθε ατόμου. Αν κόψουμε το σώμα κατά μήκος της διακεκομμένης γραμμής, τα δύο κομμάτια θα αποτελούνται και πάλι από άτομα ίδιας μάζας και διατεταγμένα το ίδιο πυκνά, οπότε η πυκνότητα τους θα είναι η ίδια.

Ασκήσεις

1. Σας δίνεται ένα μπουκάλι οινόπνευμα. Ποια όργανα θα χρειαστείτε για να μετρήσετε την πυκνότητα του οινοπνεύματος; Περιγράψτε την διαδικασία.

2. Η σχολική σας αίθουσα έχει διαστάσεις $l = 7\mathrm{m}$, $w = 6\mathrm{m}$ και $h = 3\mathrm{m}$ και είναι γεμάτη με αέρα πυκνότητας περίπου $1{,}2\mathrm{kg/m^3}$. α) Ποιος είναι ο όγκος της αίθουσας; β) Πόση είναι η μάζα του αέρα που περιέχεται μέσα στην αίθουσα; γ) Πιστεύετε ότι μπορείτε να σηκώσετε τον αέρα που περιέχεται στην αίθουσα;

3. Ο υδράργυρος (Hg) είναι ένα από τα περίπου εκατό στοιχεία από τα οποία είναι φτιαγμένος ο κόσμος. Στις συνήθεις συνθήκες που επικρατούν σε ένα δωμάτιο είναι υγρό με πυκνότητα $\rho = 13{,}546\mathrm{kg/L}$ (όπου L το σύμβολο του λίτρου). Πόση μάζα έχει μια εξάδα μπουκάλια ($1{,}5\mathrm{L}$) του νερού γεμισμένα με υδράργυρο;

4. Πόσο όγκο καταλαμβάνουν $19{,}320\mathrm{kg}$ χρυσού; (Δίνεται η πυκνότητα του χρυσού $\rho = 19.320\mathrm{kg/m^3}$)

5. Ασκήσεις: 4, 5, 6 από την σελίδα 19 του βιβλίου.

1.2.4 Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων

Είδαμε ότι οι Φυσικοί, συμφώνησαν να χρησιμοποιούν συγκεκριμένες μονάδες μέτρησης π.χ. το μέτρο (m) για το μήκος, το κιλό (kg) για την μάζα, το δευτερόλεπτο (s) για τον χρόνο κ.τ.λ. Γιαυτό και εμείς προηγουμένως μετρήσαμε την αίθουσα με μονάδα μέτρησης τα μέτρα. Όμως μετρήσαμε το μήκος του βιβλίου μας με μονάδα μέτρησης το εκατοστό (cm), το οποίο είναι ένα υποπολλαπλάσιο του μέτρου, και μετράμε την απόσταση Ηράκλειο – Χανιά με μονάδα μέτρησης το χιλιόμετρο (km) το οποίο είναι ένα πολλαπλάσιο του μέτρου. Ας δούμε λοιπόν τι είναι τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια και γιατί τα χρησιμοποιούμε. Ξεκινάμε με τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του μέτρου m.

Παράδειγμα: Τα γνωστά μας cm και km

α) Σε ποιες μονάδες σας φαίνεται πιο βολική η απόσταση Ηρακλείου – Χανίων;

Α) $d = 14.000.000\text{cm}$ Β) $d = 140.000\text{m}$ Γ) $d = 140\text{km}$;

β) Θα προτιμήσετε τα cm ή τα km για την μέτρηση του στυλό σας; .....

γ) Ποια σχέση συνδέει το cm με το m: 1cm = ... m.. (Υποπολλαπλάσιο.)

δ) Ποια σχέση συνδέει το km με το m: 1km = ... m..... (Πολλαπλάσιο.)

ε) Το σύμβολο του cm και του km αποτελείται από <u>δύο γράμματα</u>. Τι δηλώνει το δεύτερο γράμμα; .....

στ) Τι δηλώνει το πρώτο γράμμα στο cm. .....

ζ) Τι δηλώνει το πρώτο γράμμα στο km. .....

η Υπάρχουν άραγε άλλα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του μέτρου; .....

Υποπολλαπλάσια και Πολλαπλάσια του μέτρου

Ονομασία	**Σύμβολο**	**Ορισμός**
μαϊκρομίτερ ή μικρόμετρο	μm	$1\mu\text{m} = 1/1.000.000\ \text{m} = 10^{-6}\text{m}$
μιλιμίτερ ή χιλιοστό	mm	$1\text{mm} = 1/1.000\ \text{m} = 10^{-3}\text{m}$
σεντιμίτερ ή εκατοστό	cm	$1\text{cm} = 1/100\ \text{m} = 10^{-2}\text{m}$
ντεσιμίτερ ή δεκατόμετρο	dm	$1\text{dm} = 1/10\ \text{m} = 10^{-1}\text{m}$
κιλομίτερ ή χιλιόμετρο	km	$1\text{km} = 1.000\,\text{m} = 10^{3}\text{m}$
μεγκαμίτερ ή μεγάμετρο	Mm	$1\text{Mm} = 1.000.000\,\text{m} = 10^{6}\text{m}$

Όπως ίσως υποπτεύεστε τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια χρησιμοποιούνται και για τις μονάδες μέτρησης της μάζας και του χρόνου αλλά και όλων των φυσικών μεγεθών. Ας τα δούμε μερικά παραδείγματα στις ασκήσεις που ακολουθούν.

Ασκήσεις

1. Με βάση τον παραπάνω πίνακα με τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του μέτρου συμπληρώστε τους παρακάτω πίνακες για τις μονάδες μέτρησης της μάζας και του χρόνου, όπως φαίνεται στα παραδείγματα.

Υποπολλαπλάσια και Πολλαπλάσια του γραμμαρίου

Ονομασία	**Σύμβολο**	**Ορισμός**
μαϊκρογκραμ ή μικρογραμμάριο		=
μιλιγκραμ	mg	$1\text{mg} = 1/1.000\,\text{g} = 10^{-3}\text{g}$
σεντιγκραμ		=
ντεσιγκραμ		=
κιλογκραμ ή χιλιόγραμμο		=
μεγκαγκραμ ή μεγαγραμμάριο		=

Υποπολλαπλάσια και Πολλαπλάσια του δευτερολέπτου

Ονομασία	Σύμβολο	Ορισμός
μαϊκροσέκοντ ή μικροδευτερόλεπτο	μs	$1\mu s = 1/1.000.000\,s = 10^{-6}s$
	ms	=
	cs	=
	ds	=
	ks	=
	Ms	=

Μετατροπές μονάδων.

Είδαμε ότι τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια είναι ιδιαίτερα βολικά για να μετράμε πολύ μεγάλα ή πολύ μικρά μεγέθη. Πως μπορούμε όμως να μετατρέψουμε π.χ. το μήκος $l = 27\text{cm}$ του βιβλίου μας από τα εκατοστά σε μέτρα; Ιδού:

Π.χ. από τα cm στα m.

α) Ποια σχέση δίνει τα cm σε m; .1cm.=.....m.....

β) Στη σχέση $l = 27\text{cm}$ αντικαταστήστε το σύμβολο cm με το ίσο του από την σχέση που βρήκατε στο ερώτημα α): l =.....

Ασκήσεις

1. Πόσα μέτρα είναι τα παρακάτω μήκη: α) $l_1 = 100\text{cm}$, β) $l_2 = 100\mu\text{m}$, γ) $l_3 = 1{,}3\text{km}$, δ) $l_4 = 0{,}0001\text{Mm}$.

2. Πόσα γραμμάρια είναι οι παρακάτω μάζες: α) $m_1 = 27\text{mg}$, β) $m_2 = 10.000\mu\text{g}$, γ) $m_3 = 3{,}1\text{Mg}$, δ) $m_4 = 621\text{kg}$.

Ας δούμε τώρα πως μπορούμε κάνουμε την αντίστροφη διαδικασία δηλαδή να μετατρέψουμε μια ποσότητα μετρημένη σε μέτρα m σε εκατοστά cm; Ας δούμε λοιπόν πόσα εκατοστά cm είναι το μήκος $l = 0{,}27\text{m}$ του βιβλίου μας.

Π.χ. από τα m στα cm.

α) Ποια σχέση συνδέει τα cm και m;..1cm =.....m.....

β) Λύστε την παραπάνω σχέση ως προς το m: .....

γ) Αντικαταστήστε το σύμβολο m στη σχέση $l = 0{,}27\text{m}$ με το ίσο του από την σχέση του ερωτήματος β): l =.....

Ασκήσεις

1. Πόσα cm είναι τα παρακάτω μήκη: α) 1m, β) 100m, γ) 0,01m.

2. Πόσα μιλιγκραμ mg είναι οι παρακάτω μάζες: α) $m_1 = 0{,}001\text{g}$, β) $m_2 = 1.000\text{g}$, γ) $m_3 = 111\text{g}$.

3. α) Πόσα dm^2 είναι ένα σώμα εμβαδού $A = 1\text{m}^2$; β) Σχεδιάστε ένα τετράγωνο πλευράς $L = 1\text{m}$ και ελέγξτε αν πράγματι χωράνε μέσα σε αυτό τόσα τετραγωνάκια διάστασης $l = 1\text{dm}$ όσα βρήκατε στο ερώτημα α).

4. Πόσα cm^2 είναι ένα σώμα εμβαδού $A = 1\text{m}^2$;

5. α) Πόσα dm^3 είναι ένα σώμα όγκου $V = 1\mathrm{m}^3$; β) Σχεδιάστε ένα κύβο πλευράς $L = 1\mathrm{m}$ και ελέγξτε αν πράγματι χωράνε μέσα σε αυτόν τόσα κυβάκια διάστασης $l = 1\mathrm{dm}$ όσα βρήκατε στο ερώτημα α).

6. Πόσα cm^3 είναι ένα σώμα όγκου $V = 1\mathrm{m}^3$;

7. Η πυκνότητα του νερού είναι $1.000\mathrm{kg/m}^3$. Πόση είναι η πυκνότητα αυτή σε $\mathrm{g/cm}^3$.

Κεφάλαιο 2

Κίνηση

2.1 Τι είναι η κίνηση και γιατί μας ενδιαφέρει;

Τι είναι η κίνηση;

Καθημερινά παρατηρούμε γύρω μας πολλά σώματα να κινούνται π.χ. τα αυτοκίνητα, οι συμμαθητές μας, η μπάλα που παίζουμε, το μολύβι πάνω στο χαρτί και πάρα πολλά άλλα. Παρότι μπορείτε όλοι με ευκολία να πείτε πότε ένα σώμα κινείται, μάλλον ποτέ μέχρι τώρα δεν έχετε αναζητήσει έναν ορισμό του τι ονομάζουμε κίνηση. Νομίζω ότι όλοι θα συμφωνήσετε στον ακόλουθο ορισμό:

- Λέμε ότι **ένα σώμα κινείται**, όταν η θέση του ως προς εμάς αλλάζει καθώς περνάει ο χρόνος.

Αντίστοιχα λέμε ότι **ένα σώμα είναι ακίνητο** όταν η θέση του ως προς εμάς παραμένει η ίδια. Ας δούμε ένα παράδειγμα.

Η σχετικότητα της κίνησης.

Ένας μαθητής της Β΄ γυμνασίου, ο Φίλιππος, καθώς περπατούσε στο πεζοδρόμιο πρόσεξε δύο συμμαθητές του, τον Δημήτρη και τον Μίνω, μέσα στο λεωφορείο που περνούσε εκείνη τη στιγμή από μπροστά του. Καθώς η θέση του Δημήτρη άλλαζε ως προς τον Φίλιππο συμπέρανε ότι ο Δημήτρης κινούνταν. Κατά την γνώμη όμως του Μίνου που βρισκόταν στο λεωφορείο ο Δημήτρης παρέμενε ακίνητος, αφού ως προς αυτόν ο Δημήτρης βρισκόταν διαρκώς στην ίδια θέση. Βλέπουμε δηλαδή ότι η κίνηση ενός σώματος είναι σχετική και εξαρτάται από τον παρατηρητή της κίνησης.

Ποια σώματα κινούνται;

Κάθε σώμα γύρω μας έχει την ικανότητα να κινείται. Μάλιστα ακόμα και τα σώματα που αποκαλούμε ακίνητα κινούνται και μάλιστα με τεράστιες ταχύτητες! Για παράδειγμα, την ώρα που καθόμαστε στην καρέκλα μας και διαβάζουμε Φυσική κινούμαστε, λόγω της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονα της, με ταχύτητα περίπου $1.000\mathrm{km/h}$ ενώ λόγω της περιστροφής της Γης γύρω από τον Ήλιο κινούμαστε με ταχύτητα περίπου $100.000\mathrm{km/h}$. Φυσικά και ο ήλιος γυρίζει γύρω από το κέντρο του γαλαξία με την σεβαστή ταχύτητα των περίπου $800.000\mathrm{km/h}$ ενώ και ο γαλαξίας κινείται στον χώρο[1] με ταχύτητα περίπου $2.000.000\mathrm{km/h}$. Μέχρι να ολοκληρώσετε το διάβασμα αυτής της παραγράφου έχετε μετακινηθεί αρκετές δεκάδες εκατομμύρια μέτρα!!! Την ίδια στιγμή κάθε μόριο του αέρα που σας περιβάλλει κινείται με περίπου $1.200\mathrm{km/h}$ και κάθε ηλεκτρόνιο των ατόμων από τα οποία αποτελείστε γυρίζει γύρω από τον πυρήνα με ταχύτητα περίπου $8.000.000\mathrm{km/h}$!!!

Φυσικά φαινόμενα και κίνηση.

Πάρα πολλά από τα φυσικά φαινόμενα που παρατηρούμε γύρω μας σχετίζονται με την κίνηση κάποιου σώματος. Π.χ. ο άνεμος και ο ήχος σχετίζονται με την κίνηση του αέρα, η εναλλαγή μέρας–νύχτας με την περιστροφή της Γης, η εναλλαγή

[1] Ως προς την κοσμική ακτινοβολία υποβάθρου.

των εποχών με την κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο, το ηλεκτρικό ρεύμα με την κίνηση ηλεκτρονίων μέσα στα καλώδια, κ.τ.λ. Άρα, για να καταλάβουμε κάποιο από αυτά τα φαινόμενα θα πρέπει να είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε γιατί και πως κινούνται τα σώματα. Δεν είναι λοιπόν τυχαίο ότι με την μελέτη της κίνησης έχουν ασχοληθεί κάποια από τα μεγαθήρια της ανθρώπινης διανόησης όπως ο Αριστοτέλης, ο Γαλιλαίος και ο Νεύτωνας.

Μα αφού αυτά τα ξέρουμε!

Οι περισσότεροι άνθρωποι νομίζουν ότι καταλαβαίνουν πως και γιατί κινούνται τα σώματα γύρω τους. Η αλήθεια όμως είναι ότι, παρότι καθημερινά οι άνθρωποι παρατηρούν πλήθος αντικειμένων που κινούνται γύρω τους, οι περισσότεροι έχουν τελείως λανθασμένη εικόνα για τους νόμους της κίνησης. Αν δεν με πιστεύετε επιχειρήστε να απαντήσετε τις παρακάτω απλές ερωτήσεις:[2]

α) Ποια σώματα πέφτουν ποιο γρήγορα τα βαριά ή τα ελαφριά; .....

β) Πόσα λίτρα καύσιμο καταναλώνει σε μια ώρα το διαστημόπλοιο Voyager I που ταξιδεύει στο διάστημα με σταθερή ταχύτητα $v \simeq 55.000\mathrm{km/h}$. .....

Για να είμαστε όμως σε θέση να ανακαλύψουμε τους νόμους της κίνησης που θα μας δώσουν απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα (αλλά και σε κάθε ερώτημα που αφορά την κίνηση), πρέπει να προηγηθεί ένας άλλος στόχος:

Ο σκοπός του κεφαλαίου.

▷ Να ανακαλύψουμε πως μπορούμε να καταγράψουμε την κίνηση ενός σώματος χρησιμοποιώντας την μαθηματική γλώσσα.

Όπως λοιπόν στο προηγούμενο κεφάλαιο γράψαμε στη μαθηματική γλώσσα ακόμα και συνταγές μαρμελάδας, έτσι σε αυτό το κεφάλαιο θα καταγράψουμε στη μαθηματική γλώσσα την κίνηση ενός σώματος. Θα πρέπει λοιπόν να βρούμε τα φυσικά μεγέθη που θα μας λένε <u>που βρίσκεται το σώμα</u> κάθε χρονική στιγμή, <u>πόσο γρήγορα κινείται</u>, και <u>πόσο γρήγορα αλλάζει η ταχύτητα του</u>. Ο στόχος αυτός μπορεί να μη μοιάζει ιδιαίτερα σημαντικός, αλλά είναι απαραίτητος για να πετύχουμε τον εξαιρετικά σημαντικό στόχο του επόμενου κεφαλαίου, δηλαδή να βρούμε τους νόμους που μας λένε πώς και γιατί κινούνται τα σώματα.

2.2 Μαθηματική περιγραφή της κίνησης.

Τα φυσικά μεγέθη που θα χρειαστούμε για την περιγραφή της κίνησης ενός σώματος είναι ο **χρόνος**, η **θέση**, η **ταχύτητα** και η **επιτάχυνση**. Για να δούμε πως μπορούμε να μετρήσουμε κάθε ένα από αυτά, ας αρχίσουμε μελετώντας μια απλή ευθύγραμμη κίνηση.[3] Συγκεκριμένα, θα μελετήσουμε την κίνηση ενός αντιπαθητικού καθηγητή (π.χ. του Φυσικού σας), ο οποίος την ώρα του μαθήματος διαρκώς πηγαινοέρχεται πάνω σε μια ευθεία γραμμή παράλληλη με τον πίνακα.

2.2.1 Θέση – χρόνος.

Η βόλτα του Φυσικού.

Στην εικόνα 2.1 που ακολουθεί, φαίνεται αυτό που βλέπουν οι μαθητές που βρίσκονται στην αίθουσα σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στις $08:20:00$ ο καθηγητής ξεκινάει από το σημείο Α αριστερά της έδρας και περπατάει προς τα

[2] Αν απαντήσετε λάθος μην ανησυχείτε. Οι άνθρωποι χρειάστηκαν μερικές χιλιάδες χρόνια για να βρουν τις σωστές απαντήσεις.

[3] Όπως πιθανότατα μαντέψατε **ευθύγραμμη κίνηση** ονομάζεται μια κίνηση στην οποία το σύνολο των σημείων από τα οποία διέρχεται το σώμα σχηματίζει ευθεία γραμμή.

δεξιά οπότε φτάνει στο σημείο Β στις $08:20:10$. Για αρχή, θα μετρήσουμε την θέση του καθηγητή τις δύο αυτές χρονικές στιγμές, αλλά προφανώς με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να μετρήσουμε την θέση του και κάθε άλλη χρονική στιγμή και άρα να καταγράψουμε την κίνηση κάθε χρονική στιγμή.

Σχήμα 2.1: Η θέση του καθηγητή μέσα στην αίθουσα στις $08:20:00$ και στις $08:20:10$.

Η μέθοδος. Πως μπορούμε όμως να μετρήσουμε και να καταγράψουμε τη θέση του καθηγητή στα σημεία Α και Β του σχήματος 2.1; Για να το πετύχουμε θα ακολουθήσουμε τα εξής τρία βήματα:

▷ **Βήμα 1ο:** Για να προσδιορίσουμε την θέση του καθηγητή, θα κολλήσουμε στο πάτωμα δύο μεζούρες κατά μήκος της ευθείας πάνω στην οποία κινείται.

α) Ποιο σημείο θα επιλέξουμε, για να κολλήσουμε την αρχή των μεζούρων;
.....

β) Το σημείο αυτό, ως προς το οποίο μετράμε την θέση, ονομάζεται .....
.....

▷ **Βήμα 2ο:** Εφόσον μας ενδιαφέρει μόνο η θέση του καθηγητή, μας βολεύει αντί να τον σκεφτόμαστε με χέρια, πόδια, μαλλιά κ.τ.λ. να τον σκεφτούμε σαν ένα πολύ μικρό σε διαστάσεις σώμα ίδιας μάζας, το οποίο βρίσκεται εκεί που είναι το "κέντρο μάζας[4]" του καθηγητή δηλαδή: → ▨

▷ **Βήμα 3ο:** Για την καταγραφή του χρόνου, αντί να κοιτάμε την ώρα στο ρολόι μας, θα χρησιμοποιήσουμε ένα χρονόμετρο το οποίο μηδενίζουμε την στιγμή που αρχίζουμε την μελέτη της κίνησης. Στην περίπτωσή μας στις $08:20:00$.

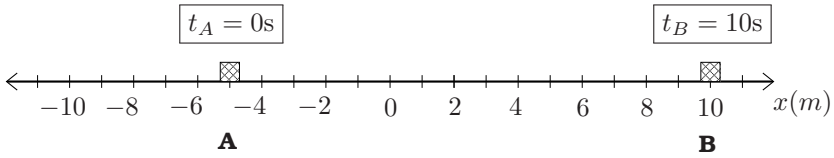
α) Ποια χρονική στιγμή t_A βρίσκεται ο καθηγητής στο σημείο Α σύμφωνα με την ένδειξη του χρονομέτρου; .....

β) Ποια χρονική στιγμή t_B βρίσκεται ο καθηγητής στο σημείο Β σύμφωνα με την ένδειξη του χρονομέτρου; .....

Πως βλέπει τον κόσμο ο Φυσικός. Όπως καταλαβαίνετε από τα βήματα που ακολουθήσαμε, ένας Φυσικός αντί της εικόνας 2.1 βλέπει[5] την ακόλουθη εικόνα 2.2 όπου αντί για μεζούρες βλέπει έναν άξονα, στην θέση του καθηγητή βλέπει ένα σχεδόν σημειακό σώμα, ενώ εγκατέλειψε το ρολόι και χρησιμοποιεί χρονόμετρο το οποίο μηδένισε όταν άρχισε να μελετάει την κίνηση.

[4]Το κέντρο μάζας του καθηγητή είναι το σημείο στο οποίο βρίσκεται κατά μέσο όρο η μάζα του.

[5]Μπορείτε να δείτε τι βλέπει ζωντανά στο `http://scratch.mit.edu/projects/gkara/2935220`



Σχήμα 2.2: Η θέση του καθηγητή μέσα στην αίθουσα (εικόνα 2.1) όπως όμως την βλέπει ένας Φυσικός.

Η κίνηση σε αριθμούς.

Για να δούμε αν μετά τα τρία αυτά βήματα η καταγραφή της θέσης του καθηγητή στην μαθηματική γλώσσα έγινε ευκολότερη:

α) Ποια **χρονική στιγμή** t_A βρίσκεται στο σημείο Α; .....

β) Ποια είναι η **θέση** του x_A εκείνη την στιγμή; .....

γ) Ποια **χρονική στιγμή** t_B βρίσκεται στο σημείο Β; .....

δ) Ποια είναι η **θέση** του x_B εκείνη την στιγμή; .....

ε) Πόσο **χρονικό διάστημα** $\Delta t = t_{\tau\epsilon\lambda} - t_{\alpha\rho\chi}$ χρειάστηκε ο καθηγητής για να πάει από το σημείο Α στο σημείο Β; .....

στ) Ποια είναι η **μετατόπιση** $\Delta x = x_{\tau\epsilon\lambda} - x_{\alpha\rho\chi}$ του καθηγητή κατά την κίνηση από το σημείο Α στο σημείο Β; .....

ζ) Ποιο είναι το **μήκος της διαδρομής** s που κάλυψε ο καθηγητής από το σημείο Α στο Β; .....

Ασκήσεις:

1. Ένας μαθητής προτείνει να επιλέξουμε ως σημείο αναφοράς το σημείο Α για να μελετήσουμε την παραπάνω κίνηση. Φτιάξτε το σχήμα και επαναλάβετε τα ερωτήματα α) έως ζ).

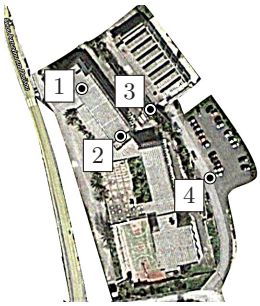
2. Ο παραπάνω ενοχλητικός καθηγητής Φυσικής βαρέθηκε να κάθεται στο σημείο Β, οπότε στις $08:21:00$ ξεκινάει από το σημείο Β του σχήματος 2.1 και στις $08:21:15$ φτάνει στο σημείο Α. Επιλέξτε το σημείο αναφοράς, την στιγμή μηδενισμού του χρονομέτρου, φτιάξτε το σχήμα για να μελετήσετε την κίνηση αυτή και απαντήστε τα ερωτήματα α) έως ζ).

3. Η διαδικασία που ακολουθήσατε για την καταγραφή της κίνησης του Φυσικού θα δούλευε αν η κίνηση δεν πραγματοποιούνταν πάνω σε ευθεία γραμμή; (Έχετε καμιά ιδέα τι θα έπρεπε να κάνουμε για να περιγράψουμε την κίνηση ενός καθηγητή που πηγαίνει παντού μέσα στην αίθουσα;)

4. Ένας καθηγητής του Πειραματικού γυμνασίου φεύγει από το B_3 και κατευθύνεται προς το αυτοκίνητο του περνώντας από τα σημεία 1 έως 4.

   α) Σχεδιάστε την τροχιά[α] του καθηγητή.

   β) Είναι η κίνηση του καθηγητή ευθύγραμμη;



[α] **Τροχιά** ονομάζουμε το σύνολο των διαδοχικών σημείων από τα οποία διέρχεται το σώμα κατά την κίνηση του.

Νενικήκαμεν!

Καταφέραμε με ένα χρονόμετρο και ένα μέτρο να περιγράψουμε στην γλώσσα

των μαθηματικών την θέση του Φυσικού. Μάλιστα προσδιορίσαμε και άλλα χρήσιμα μεγέθη όπως π.χ. το μήκος διαδρομής και το χρονικό διάστημα που διήρκεσε η κίνηση. Εκτός από αυτά όμως όλοι γνωρίζουμε και δύο άλλα φυσικά μεγέθη που σχετίζονται με την κίνηση: την **ταχύτητα** και την **επιτάχυνση**. Ας πάρουμε μια μικρή γεύση και από αυτά.

2.2.2 Ταχύτητα.

Την έννοια της ταχύτητας την έχετε όλοι συναντήσει πολλές φορές στην ζωή σας και σίγουρα την έχετε σχετίσει με το πόσο γρήγορα κινείται ένα σώμα. Οι Φυσικοί, φυσικά, δεν αρκέστηκαν στο να κρίνουν υποκειμενικά πόσο γρήγορα "μοιάζει" να κινείται ένα σώμα, αλλά όρισαν στην μαθηματική γλώσσα το φυσικό μέγεθος της ταχύτητας το οποίο προσδιορίζει ποσοτικά πόσο γρήγορα κινείται το σώμα. Ενώ λοιπόν αν γνωρίζουμε ότι ένα σώμα κινείται μπορούμε να συμπεραίνουμε απλά ότι αλλάζει η θέση του, αν επιπλέον γνωρίζουμε και την ταχύτητα του θα γνωρίζουμε και τον ρυθμό με τον οποίο αλλάζει η θέση του. Ας δούμε μερικά παραδείγματα για να καταλάβουμε τι ακριβώς είναι το φυσικό μέγεθος της ταχύτητας και πως μπορούμε να το υπολογίσουμε.

Σχέση ταχύτητας, χρόνου.

α) Δύο μαθητές, ο Φίλιππος και ο Δημήτρης, πηγαίνουν από το θρανίο τους έως τον πίνακα οπότε διανύουν απόσταση $s = 4\mathrm{m}$. Ο Φίλιππος ολοκλήρωσε την κίνηση αυτή σε χρονικό διάστημα $\Delta t_A = 4\mathrm{s}$ ενώ ο Δημήτρης σε $\Delta t_B = 2\mathrm{s}$. Ποιος από τους δύο πιστεύετε ότι κινήθηκε πιο γρήγορα; .....

Σχέση ταχύτητας, απόστασης.

β) Στην συνέχεια ο Φίλιππος και ο Δημήτρης περπάτησαν προς την πόρτα για χρονικό διάστημα $\Delta t = 2\mathrm{s}$. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα ο Φίλιππος διάνυσε απόσταση $s_A = 2\mathrm{m}$ ενώ ο Δημήτρης διάνυσε απόσταση $s_B = 4\mathrm{m}$. Ποιος από τους δύο πιστεύετε ότι κινήθηκε πιο γρήγορα; .....

Ορισμός της ταχύτητας.

γ) Κρίνοντας από τα παραπάνω παραδείγματα, από ποια φυσικά μεγέθη πιστεύετε ότι εξαρτάται η ταχύτητα; 1) ....., 2) .....
Ποια πιστεύετε ότι είναι η σχέση που μας δίνει την **μέση ταχύτητα** ενός σώματος το οποίο διανύει απόσταση s μέσα σε χρονικό διάστημα Δt;

$$v_\mu = \text{———} \tag{2.1}$$

Μονάδες.

δ) Υπολογίστε τις ταχύτητες των μαθητών στις εφαρμογές α) και β). Σε τι μονάδες βρήκατε την ταχύτητα; ..... Γνωρίζετε άλλες μονάδες μέτρησης της ταχύτητας; .....

Πειραματική μέτρηση.

ε) Ένας μαθητής περπατάει σε ευθεία γραμμή μέσα στην τάξη από την έδρα μέχρι την πόρτα. Ποια όργανα θα χρειαστείτε για να μετρήσετε την μέση του ταχύτητα κατά την κίνηση του αυτή; .....
Περιγράψτε την πειραματική διαδικασία για τον υπολογισμό της ταχύτητας.
.....
.....
.....

Στιγμιαία ταχύτητα.

στ) Η ταχύτητα που μετράει το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου είναι η μέση ταχύτητα για την οποία μιλήσαμε; ..... Πως ονομάζεται η ταχύτητα του ταχυμέτρου; ..... Πως συνδέεται η μέση ταχύτητα με την ταχύτητα του ταχύμετρου; .....

Η στιγμιαία ταχύτητα ως διάνυσμα.

ζ) Τα αυτοκίνητα Α και Β του σχήματος που ακολουθεί κινούνται στις κατευθύνσεις που δείχνουν τα βέλη ενώ τα κοντέρ τους έχουν ένδειξη $v_A = 50\text{km/h}$ και $v_B = 50\text{km/h}$ αντίστοιχα. Κατά την γνώμη σας έχουν την ίδια στιγμιαία ταχύτητα; .....

η) Για να προσδιορίσουμε πλήρως την στιγμιαία ταχύτητα ενός σώματος πρέπει να γνωρίζουμε

Α) Την τιμή[6] της ταχύτητας εκείνη τη στιγμή, δηλαδή το ..... της ταχύτητας.

Β) Την ευθεία πάνω στην οποία κινείται το σώμα εκείνη τη στιγμή, δηλαδή την ..... της ταχύτητας.

Γ) Την φορά κίνησης του σώματος πάνω στην ευθεία, δηλαδή την ..... της ταχύτητας.

Τα φυσικά μεγέθη όπως η ταχύτητα, που απαιτούν τις τρεις αυτές πληροφορίες για να προσδιοριστούν πλήρως τα ονομάζουμε[7] .....

Ασκήσεις:

1. Ένας άνθρωπος διένυσε απόσταση 200m μέσα σε 100 δευτερόλεπτα. Ποια ήταν η μέση ταχύτητα με την οποία κινήθηκε;

2. Ένα αυτοκίνητο ξεκίνησε από το Ηράκλειο στις $18:00:00$ και έφτασε στο Ρέθυμνο στις $19:00:00$. Αν η απόσταση Ηρακλείου – Ρεθύμνου είναι 79km

   α) Ποια ήταν η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου;

   β) Μπορείτε να υπολογίσετε ποια ήταν η μέγιστη και η ελάχιστη ταχύτητα του αυτοκινήτου στο ταξίδι αυτό;

3. Ένα αυτοκίνητο κινείται στην εθνική με σταθερή ταχύτητα για 10 λεπτά. Αν η ένδειξη του ταχύμετρου τα 10 αυτά λεπτά ήταν 100km/h

   α) Ποια ήταν η μέση ταχύτητα που είχε το αυτοκίνητο κατά την διάρκεια αυτών των 10 λεπτών;

4. Ένα αεροπλάνο κάνει μια πτήση διάρκειας μισής ώρας με μέση ταχύτητα $v_\mu = 800\text{km/h}$. Πόσο μήκος διαδρομής καλύπτει το αεροπλάνο στην πτήση αυτή;

5. Το διαστημόπλοιο Cassini–Huygens κινείται με ταχύτητα $v \simeq 50.000\text{km/h}$.

   α) Πόση απόσταση κάλυψε μέσα σε ένα εικοσιτετράωρο το διαστημόπλοιο.

   β) Αν το διαστημόπλοιο κινείται συνέχεια με την ταχύτητα αυτή πόσες ώρες θα χρειαστεί το διαστημόπλοιο για να καλύψει την απόσταση των περίπου $650.000.000\text{km}$ μέχρι τον Δία;

[6] Δηλαδή τον αριθμό και τις μονάδες της ταχύτητας π.χ. 50km/h, 30m/s.
[7] Περισσότερα για τα διανυσματικά μεγέθη στο επόμενο κεφάλαιο.

6. Η μεγαλύτερη ταχύτητα με την οποία μπορεί να κινηθεί οποιοδήποτε σώμα είναι η ταχύτητα του φωτός $v = 3 \cdot 10^8 \mathrm{m/s}$.

   α) Ποια απόσταση διανύει το φως μέσα σε 10 λεπτά;

   β) Αν η απόσταση της Γης από τον Ήλιο είναι $\simeq 150.000.000.000\mathrm{m}$ πόση ώρα χρειάζεται το φως για να φτάσει από τον Ήλιο στην Γη;

2.2.3 Επιτάχυνση.

Η επιτάχυνση είναι άλλο ένα φυσικό μέγεθος που όλοι έχουμε ακούσει στην καθημερινή μας ζωή. Η σημασία του φυσικού μεγέθους της επιτάχυνσης για την μελέτη της κίνησης είναι πολύ μεγάλη και θα εμβαθύνουμε σε αυτήν στο Λύκειο. Εδώ θα αρκεστούμε σε μια σύντομη περιγραφή με μερικά παραδείγματα.

α) Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθεία πορεία με το κοντέρ να δείχνει σταθερά $100\mathrm{km/h}$. Το αυτοκίνητο επιταχύνεται; .....

β) Ο οδηγός του παραπάνω αυτοκίνητου πατάει περισσότερο γκάζι οπότε η ένδειξη του κοντέρ αρχίζει να αυξάνεται. Το αυτοκίνητο επιταχύνεται; .....

γ) Ο οδηγός του παραπάνω αυτοκίνητου πατάει το φρένο οπότε η ένδειξη του κοντέρ αρχίζει να μειώνεται. Το αυτοκίνητο επιταχύνεται; .....

δ) Το αυτοκίνητο κινείται τώρα με ταχύτητα σταθερού μέτρου $v = 80\mathrm{km/h}$ όταν φτάνει στην πρώτη στροφή. Κατά την διάρκεια της στροφής, και ενώ η ένδειξη του κοντέρ παραμένει σταθερή, το αυτοκίνητο επιταχύνεται; .....
Γιατί; .....

Μετά τα παραπάνω νομίζω ότι μπορούμε να δώσουμε ένα πρόχειρο ορισμό του φυσικού μεγέθους της επιτάχυνσης, την οποία στο εξής θα συμβολίζουμε με το γράμμα α.

► Επιτάχυνση ονομάζουμε το φυσικό μέγεθος που ισούται με τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας.

Όπως καταλαβαίνετε λοιπόν, λέμε ότι ένα σώμα επιταχύνεται όταν η ταχύτητα του αλλάζει. Όσο πιο γρήγορα αλλάζει η ταχύτητα τόσο μεγαλύτερη η επιτάχυνση του σώματος. Μάλιστα, μια που η ταχύτητα είναι διανυσματικό φυσικό μέγεθος, ένα σώμα μπορεί να επιταχύνεται όχι μόνο όταν αλλάζει το μέτρο της ταχύτητας αλλά και όταν αλλάζει η κατεύθυνση της ταχύτητας. Περισσότερα για την επιτάχυνση στο λύκειο.

Κεφάλαιο 3

Δυναμική

Από την περιγραφή της κίνησης στην ερμηνεία.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο ανακαλύψαμε πως μπορούμε να καταγράψουμε μια κίνηση στη μαθηματική γλώσσα και είδαμε ότι για να το πετύχουμε χρειαζόμαστε τα φυσικά μεγέθη του χρόνου t, της θέσης x, της ταχύτητας v, και της επιτάχυνσης α. Ενώ όμως βρήκαμε πως μπορούμε να περιγράψουμε μια κίνηση στην μαθηματική γλώσσα, δεν είπαμε τίποτα για τους νόμους που μας λένε γιατί ξεκινούν ή σταματούν τα σώματα και γιατί ακολουθούν την τροχιά που παρατηρούμε και όχι κάποια άλλη.

Isaac Newton.

Στα ερωτήματα αυτά έδωσε απάντηση ο Isaac Newton[1] διατυπώνοντας τους τρεις νόμους του, οι οποίοι ερμηνεύουν πως και γιατί εξελίσσεται κάθε κίνηση που παρατηρούμε γύρω μας. Η σημασία των νόμων για την επιστήμη και την ζωή μας είναι τεράστια, αφού επιτρέπουν να κατανοήσουμε τα φαινόμενα που παρατηρούμε καθημερινά γύρω μας, αλλά και να σχεδιάσουμε σύνθετες κατασκευές που διευκολύνουν την καθημερινή μας ζωή. Για παράδειγμα, με την βοήθεια των νόμων αυτών μπορούμε να σχεδιάζουμε κτίρια, γέφυρες, αυτοκίνητα, αλλά και διαστημικά ταξίδια [2]

Οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα.

Αν λοιπόν πειστήκατε ότι οι τρεις νόμοι του Νεύτωνα είναι το πιο σημαντικό κομμάτι της σχολικής Φυσικής, ας δούμε με τι ασχολείται ο καθένας τους. Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μας λέει τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα όταν "το αφήνουμε στην ησυχία του", π.χ. μας λέει τι κίνηση θα κάνει το διαστημόπλοιο Voyager II τώρα που ταξιδεύει με σβηστές μηχανές λίγο έξω από το ηλιακό μας σύστημα. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα μας λέει τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα όταν κάποιος το "παρενοχλεί", π.χ. μας λέει τι κίνηση θα κάνει μια μπάλα που, ενώ άραζε αμέριμνη, την "παρενόχλησε" ένας ποδοσφαιριστής με μια δυνατή κλοτσιά. Ο τρίτος νόμος από την άλλη μας λέει πως θα μας εκδικηθεί ένα σώμα αν το "παρενοχλήσουμε", π.χ. μας λέει γιατί δεν είναι καλή ιδέα να κλωτσήσουμε ξυπόλυτοι μια πέτρα.

Μετρώντας την παρενόχληση.

Όπως μάλλον προσέξατε για να μιλήσουμε για τους νόμους του Νεύτωνα θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε τι ακριβώς εννοούμε όταν λέμε ότι "παρενοχλούμε" ένα σώμα. Για να το κάνουμε αυτό θα χρειαστούμε ένα φυσικό μέγεθος που προσδιορίζει ποσοτικά πόσο έντονα "παρενοχλούμε" ένα σώμα. Το φυσικό αυτό μέγεθος δεν είναι άλλο από την **δύναμη**.

---

[1] Isaac Newton (1642–1727): Άγγλος Φυσικός (καθώς και Μαθηματικός, Αστρονόμος, Φιλόσοφος, Αλχημιστής, ...). Θεωρείται από πολλούς ο επιστήμονας με την μεγαλύτερη επιρροή στην επιστήμη.

[2] Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας τους νόμους της κίνησης οι επιστήμονες της European Space Agency (ESA) κατάφεραν να προβλέψουν την ακριβή τροχιά του κομήτη 67P/Churyumov-Gerasimenko και να στείλουν στο κατόπι του το διαστημόπλοιο rosseta το οποίο κατάφερε, μετά από ταξίδι δέκα ετών, να τον προσεγγίσει!!! (`http://sci.esa.int/rosetta/`)

3.1 Δυνάμεις. Τι είναι;

Τα αποτελέσματα της μηδενικής δύναμης.

Την έννοια της δύναμης την έχετε ακούσει όλοι στην καθημερινή σας ζωή. Ξέρετε για παράδειγμα ότι, όταν σπρώξετε ένα σώμα με το χέρι σας, ασκείτε σε αυτό κάποια δύναμη η οποία προκαλεί σε αυτό κάποιες μεταβολές. Για να καταλάβουμε ποιες είναι οι μεταβολές που προκαλούνται σε ένα σώμα όταν του ασκείται μια δύναμη, θα χρειαστεί πρώτα να ανακαλύψουμε τι κάνει ένα σώμα όταν σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη. Ιδού ένα διαστημικό παράδειγμα.

▷ Το διαστημόπλοιο Voyager II, μετά από ταξίδι τριανταεφτά ετών, αυτή τη στιγμή περιπλανιέται κάπου έξω από το ηλιακό μας σύστημα μακριά από κάθε ουράνιο σώμα, με σβηστούς κινητήρες.

α) Τι ταχύτητα πιστεύετε ότι έχει το Voyager I σήμερα;[3] .....

β) Μέχρι πότε πιστεύετε ότι θα συνεχίσει την κίνηση αυτή; .....

Τώρα που είδαμε τι κάνει ένα σώμα όταν δεν του ασκείται καμία δύναμη, ας δούμε ποια είναι τα αποτελέσματα που προκαλούνται σε ένα σώμα όταν σε αυτό ασκείται μια δύναμη.

Τα αποτελέσματα των δυνάμεων.

α) Αφήνετε ένα σφουγγάρι ακίνητο πάνω στο θρανίο σας. Ξαφνικά το χτυπάτε προς τα δεξιά σας. Κατά τη γνώμη σας του ασκήσατε δύναμη; ..... Τι έπαθε η ταχύτητα του σφουγγαριού; .....

β) Σφίξτε το σφουγγάρι μέσα στο χέρι σας. Κατά τη γνώμη σας του ασκήσατε δύναμη; ..... Τι έπαθε το σφουγγάρι; .....

Μετά από τα παραδείγματα αυτά είμαστε σε θέση να δώσουμε ένα πρόχειρο ορισμό της δύναμης:

Ορισμός:

► **Δύναμη** είναι το αίτιο που προκαλεί την .....
ή/και την ..... ενός σώματος.

Σύμβολα, Μονάδες, Ορολογία.

Όπως και για κάθε φυσικό μέγεθος, έτσι και για την δύναμη, θα χρειαστούμε κάποιο γράμμα για να την συμβολίσουμε και κάποια μονάδα μέτρησης. Το σύμβολο που συνήθως προτιμούμε είναι το $\boldsymbol{F}$ (από την λέξη Force) ενώ η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιούμε ονομάζεται **Newton** (N). Έτσι αν για παράδειγμα ένας άνθρωπος σπρώξει ένα βιβλίο τότε οι Φυσικοί λένε ότι **ασκεί** στο βιβλίο μια δύναμη και αν το μέτρο της δύναμης ήταν $10\mathrm{N}$ θα γράψουμε $F = 10\mathrm{N}$.

Ασκήσεις:

1. Ένας μαθητής σπρώχνει ένα μπουκάλι με νερό προς τα δεξιά. Ποια από τις παρακάτω εκφράσεις πιστεύετε ότι χρησιμοποιούν οι Φυσικοί για να περιγράψουν το φαινόμενο;

   α) Ο μαθητής έσπρωξε το μπουκάλι προς τα δεξιά.

   β) Ο μαθητής άσκησε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.

   γ) Ο μαθητής έβαλε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.

   δ) Ο μαθητής επέβαλε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.

[3] Αναζητήστε πληροφορίες στο διαδίκτυο (NASA, Wikipedia....)

3.1.1 Μέτρηση των δυνάμεων

Μέτρηση Δύναμης.

Όπως έχουμε πει, αφού η δύναμη είναι φυσικό μέγεθος θα πρέπει να μπορούμε να το μετρήσουμε. Πώς μπορούμε άραγε να μετρήσουμε τις δυνάμεις; Αφού οι δυνάμεις γίνονται αντιληπτές μόνο από τα αποτελέσματα τους, για να τις μετρήσουμε θα πρέπει να μετρήσουμε τα αποτελέσματα τους, δηλαδή είτε την παραμόρφωση που προκαλούν σε ένα σώμα, είτε την επιτάχυνση που προκαλούν σε αυτό. Ο απλούστερος τρόπος μέτρησης δυνάμεων είναι η μέτρηση της παραμόρφωσης που προκαλούν όταν ασκούνται σε ελατήρια καθώς, για αυτά ισχύει ο **Νόμος του Hooke**:

Νόμος του Hooke.

► Η επιμήκυνση που προκαλεί μια δύναμη σε ένα ελατήριο είναι ανάλογη της δύναμης.

Αν ο νόμος του Hooke κάτι σας θυμίζει είναι γιατί τον έχουμε ήδη μελετήσει στο πρώτο μας πείραμα. Ας δούμε πως μπορούμε να τον εκμεταλλευτούμε για να μετρήσουμε μια δύναμη:

Μετρώντας δυνάμεις.

α) Ασκούμε δύναμη μέτρου $F_1 = 1\mathrm{N}$ σε ένα ελατήριο, οπότε αυτό επιμηκύνεται κατά $l_1 = 1{,}2\mathrm{cm}$. Στην συνέχεια ασκούμε στο ίδιο ελατήριο δύναμη μέτρου F_2, η οποία προκαλεί επιμήκυνση $l_2 = 2{,}4\mathrm{cm}$. Ποιο είναι το μέτρο της F_2; .

β) Ασκούμε δύναμη μέτρου $F_1 = 1\mathrm{N}$ σε ένα ελατήριο και αυτό επιμηκύνεται κατά $l_1 = 1{,}2\mathrm{cm}$. Στην συνέχεια ασκούμε δύναμη μέτρου $F_2 = 3\mathrm{N}$ στο ελατήριο. Ποια θα είναι η επιμήκυνση l_2 του ελατηρίου; .....

Τον νόμο του Hooke τον εκμεταλλευόμαστε για την κατασκευή των οργάνων που χρησιμοποιούμε για να μετράμε τις δυνάμεις, τα οποία ονομάζονται **δυναμόμετρα**. Το δυναμόμετρο δεν είναι τίποτα άλλο από ένα ελατήριο το οποίο συνοδεύεται από μια κλίμακα βαθμονομημένη σε Newton (N).

Ασκήσεις:

1. Ένας μαθητής επέλεξε ένα ελατήριο από το σχολικό εργαστήριο και κρέμασε σε αυτό ένα σώμα βάρους $F_1 = 2\mathrm{N}$, οπότε παρατήρησε ότι αυτό επιμηκύνθηκε κατά $l_1 = 3\mathrm{cm}$. Στην συνέχεια κρέμασε στο ίδιο ελατήριο ένα σώμα άγνωστου βάρους το οποίο προκάλεσε επιμήκυνση $l_2 = 15\mathrm{cm}$. Ποιο ήταν το μέτρο F_2 του άγνωστου βάρους;

2. Ένας δεύτερος μαθητής επέλεξε ένα άλλο ελατήριο από το εργαστήριο και ενώ κρέμασε το ίδιο σώμα βάρους $F_1 = 2\mathrm{N}$ παρατήρησε ότι αυτό επιμηκύνθηκε μόνο κατά $l_1 = 1{,}5\mathrm{cm}$. Πού πιστεύετε ότι οφείλεται η διαφορετική επιμήκυνση αυτού του ελατηρίου;

3.1.2 Οι δυνάμεις ως διανύσματα.

Δυνάμεις ως Διανύσματα.

Στα παραπάνω παραδείγματα καταφέραμε χρησιμοποιώντας τον νόμο του Hooke να μετρήσουμε πόσο "μεγάλη" είναι μια δύναμη. Αρκεί όμως να μας πούνε πόσο "μεγάλη" είναι μια δύναμη, π.χ. $F = 2\mathrm{N}$, για να προσδιορίσουμε τα αποτελέσματα που θα προκαλέσει αν ασκηθεί σε ένα σώμα; Και αν αυτό δεν αρκεί, τότε τι άλλες πληροφορίες πρέπει να γνωρίζουμε για μια δύναμη, για να υπολογίσουμε τα αποτελέσματα της; Για να δούμε.

Μέτρο, Διεύθυνση, Φορά.

α) Το σώμα του παρακάτω σχήματος είναι αρχικά ακίνητο, όταν ξαφνικά ένας μαθητής του ασκεί δύναμη F με **μέτρο** $F = 2\text{N}$. Προς τα που ενδέχεται να κινηθεί το σώμα; ..... Ο μαθητής λέει ότι άσκησε την δύναμη στην οριζόντια **διεύθυνση**. Μπορείτε να απαντήσετε τώρα; ..... Ο μαθητής μάς λέει επιπλέον ότι η **φορά** της δύναμης είναι προς τα δεξιά. Μπορείτε να απαντήσετε τώρα; ..... Σχεδιάστε την δύναμη F στο σχήμα.

β) Πώς ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη που για να τα προσδιορίσουμε χρειαζόμαστε το μέτρο, την διεύθυνση και την φορά τους; .....
Πότε θα λέμε ότι δύο δυνάμεις F_1 και F_2 είναι ίσες; .....
Πότε θα λέμε ότι δύο δυνάμεις F_1 και F_2 είναι αντίθετες; .....
Γνωρίζετε άλλα διανυσματικά φυσικά μεγέθη; Ποια; .....

Σχεδιάζοντας τις δυνάμεις.

γ) Στο σώμα του σχήματος ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις F_1 και F_2. Η F_1 έχει φορά προς τα δεξιά και μέτρο $F_1 = 20\text{N}$, ενώ η F_2 έχει φορά προς τα αριστερά και μέτρο $F_2 = 10\text{N}$. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. (Αρχή, κατεύθυνση, μήκος;) Πώς ονομάζεται το σημείο στο οποίο ασκείται μια δύναμη; .....

Ασκήσεις:

1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις F_1 και F_2 με φορά προς τα δεξιά, μια οριζόντια δύναμη F_3 προς τα αριστερά και μια κατακόρυφη δύναμη F_4 με φορά προς τα κάτω και με μέτρα $F_1 = 20\text{N}$, $F_2 = 10\text{N}$, $F_3 = 15\text{N}$ και $F_4 = 10\text{N}$ αντίστοιχα. Σχεδιάστε το σώμα και τις τέσσερις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.

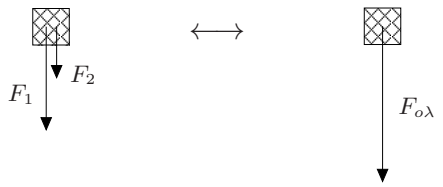
3.2 Αποτελέσματα πολλών δυνάμεων.

Τι θα συμβεί άραγε σε ένα σώμα, αν του ασκήσουμε περισσότερες από μια δυνάμεις; Είστε σε θέση για παράδειγμα να μαντέψετε προς τα πού ενδέχεται να κινηθεί το σώμα της προηγούμενης άσκησης εξαιτίας των δυνάμεων F_1, F_2, F_3 και F_4 που ασκούνται σε αυτό; Θα ξεκινήσουμε μελετώντας τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν ίδια διεύθυνση και φορά.

Δυνάμεις με ίδια διεύθυνση και φορά.

α) Κρεμάστε από ένα δυναμόμετρο δύο σώματα βάρους $F_1 = 2\text{N}$ και $F_2 = 1\text{N}$ αντίστοιχα. Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....

β) Συμφωνείτε ότι οι δύο δυνάμεις F_1 και F_2 προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα με μια δύναμη μέτρου $F_{o\lambda} = 3\text{N}$ με διεύθυνση και φορά ίδια με αυτή των F_1 και F_2; .....



γ) Πώς ονομάζεται η δύναμη $F_{o\lambda}$ που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις F_1 και F_2; ..... Ποια η διεύθυνση της $F_{o\lambda}$ σε σχέση

με τη διεύθυνση των F_1 και F_2 ..... Ποια η φορά της $F_{o\lambda}$ σε σχέση με τη φορά των F_1 και F_2 ..... Ποια σχέση συνδέει το μέτρο της $F_{o\lambda}$ με το μέτρο των F_1 και F_2 .....

Άρα, όταν σε ένα σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις F_1 και F_2 και θέλουμε να βρούμε τι αποτελέσματα θα προκαλέσουν, δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε τις δύο δυνάμεις F_1 και F_2 με την συνισταμένη τους $F_{o\lambda}$, καταλήγοντας έτσι σε ένα απλούστερο πρόβλημα με μία μόνο δύναμη!

Ασκήσεις:

1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις F_1 και F_2 με φορά προς τα κάτω και μέτρα $F_1 = 15\text{N}$ και $F_2 = 20\text{N}$. Βρείτε και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη των F_1 και F_2.

2. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις F_1 και F_2 με φορά προς τα αριστερά και μέτρα $F_1 = 5\text{N}$ και $F_2 = 15\text{N}$. Βρείτε και σχεδιάστε την συνισταμένη δύναμη των F_1 και F_2.

3. Σε ένα σώμα ασκούνται τρεις οριζόντιες δυνάμεις F_1, F_2 και F_3 με φορά προς τα δεξιά και μέτρα $F_1 = 5\text{N}$, $F_2 = 10\text{N}$ και $F_3 = 20\text{N}$. Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη των F_1, F_2 και F_3.

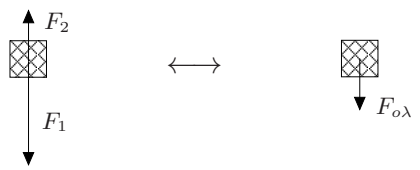
4. Δύο όμοια σώματα Α και Β είναι αρχικά ακίνητα. Στο σώμα Α ασκούνται δύο δυνάμεις F_1 και F_2 με κατεύθυνση προς τα αριστερά, ενώ στο δεύτερο ασκείται μια μόνο δύναμη $F_{o\lambda}$ ίση με την συνισταμένη των F_1 και F_2. Ποιο από τα δύο σώματα θα προσπεράσει το άλλο;

Ας δούμε τώρα τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν ίδια διεύθυνση αλλά αντίθετη φορά.

Δυνάμεις με ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά.

α) Κρεμάστε σε ένα δυναμόμετρο ένα σώμα βάρους $F_1 = 2\text{N}$ και στη συνέχεια ασκήστε στο άκρο του ελατηρίου μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα πάνω και μέτρο $F_2 = 1\text{N}$. Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....

β) Συμφωνείτε ότι οι δύο δυνάμεις F_1 και F_2 προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα με μια δύναμη μέτρου $F_{o\lambda} = 1\text{N}$ με διεύθυνση ίδια με τις F_1 και F_2 και φορά αυτήν της F_1; .....



γ) Πως ονομάζεται η δύναμη $F_{o\lambda}$ που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις F_1 και F_2; .....Ποια η διεύθυνση της $F_{o\lambda}$ σε σχέση με τη διεύθυνση των F_1 και F_2 ..... Ποια η φορά της $F_{o\lambda}$ σε σχέση με τη φορά των F_1 και F_2 .....Ποια σχέση συνδέει το μέτρο της $F_{o\lambda}$ με το μέτρο των F_1 και F_2 .....

Άρα, και στην περίπτωση που σε ένα σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις F_1 και F_2 αντίθετης φοράς, δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε τις δύο δυνάμεις με τη συνισταμένη τους δύναμη $F_{o\lambda}$, ώστε να απλοποιήσουμε το πρόβλημα.

Ασκήσεις:

1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις η F_1 με φορά προς τα πάνω και η και F_2 με φορά προς τα κάτω με μέτρα $F_1 = 15\text{N}$ και $F_2 = 20\text{N}$. Βρείτε και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη των F_1 και F_2.

2. Σε ένα σώμα ασκούνται τρεις οριζόντιες δυνάμεις οι F_1 και F_2 με φορά προς τα αριστερά και η F_3 με φορά προς τα δεξιά και μέτρα $F_1 = 5\text{N}$, $F_2 = 10\text{N}$ και $F_3 = 20\text{N}$. Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη των F_1, F_2 και F_3.

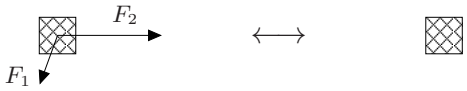
3. Σε ένα σώμα ασκούνται τέσσερις οριζόντιες δυνάμεις, οι F_1 και F_2 με φορά προς τα αριστερά και οι F_3 και F_4 με φορά προς τα δεξιά. Αν τα μέτρα των δυνάμεων είναι $F_1 = 5\text{N}$, $F_2 = 20\text{N}$, $F_3 = 15\text{N}$ και $F_4 = 10\text{N}$ ποια είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα;

Ας δούμε τώρα τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν διαφορετική διεύθυνση.

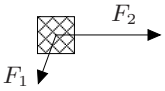
Δυνάμεις με διαφορετική διεύθυνση και φορά.

α) Ασκείστε σε ένα δυναμόμετρο δύο δυνάμεις $F_1 = 1\text{N}$ και $F_2 = 2\text{N}$ όπως φαίνεται στο σχήμα. Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....

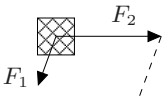
β) Σχεδιάστε μια δύναμη $F_{o\lambda}$ που πιστεύετε ότι, όταν δράσει μόνη της στο δυναμόμετρο, θα προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα με τις F_1 και F_2.



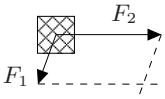
γ) Όπως καταλάβατε, η δύναμη $F_{o\lambda}$ που σχεδιάσατε δεν είναι άλλη από την συνισταμένη των F_1 και F_2. Ας δούμε όμως ποια είναι η μέθοδος που μας επιτρέπει να την υπολογίζουμε πάντα με ακρίβεια.



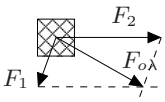
Βήμα 1ο Ξεκινάμε σχεδιάζοντας τις δύο δυνάμεις F_1 και F_2. Φροντίζουμε <u>να έχουν κοινή αρχή</u>.



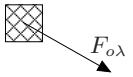
Βήμα 2ο <u>Από το άκρο της F_2</u> σχεδιάζουμε μια διακεκομμένη γραμμή <u>στην κατεύθυνση της F_1</u>.



Βήμα 3ο <u>Από το άκρο της F_1</u> σχεδιάζουμε μια διακεκομμένη γραμμή <u>στην κατεύθυνση της F_2.</u>



Βήμα 4ο Σχεδιάζουμε τη συνισταμένη $F_{o\lambda}$ των F_1 και F_2 με <u>αρχή την κοινή αρχή των F_1 και F_2</u> και <u>τέλος το σημείο τομής των διακεκομμένων γραμμών</u> που σχεδιάσαμε.



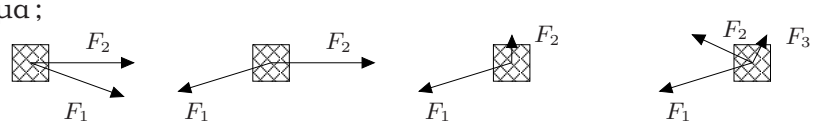
Βήμα 5ο Μπορούμε πλέον να ξεχάσουμε τις F_1 και F_2 αφού <u>η $F_{o\lambda}$ τις αντικαθιστά</u>. Καταφέραμε λοιπόν να απλοποιήσουμε το αρχικό μας πρόβλημα, πηγαίνοντας από ένα πρόβλημα με δύο δυνάμεις σε ένα με μία.

Ασκήσεις:

1. Στα σώματα του σχήματος που ακολουθεί, έχουν σχεδιαστεί όλες οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά.

α) Σχεδιάστε την συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά.

β) Αν τα σώματα είναι αρχικά ακίνητα προς τα που θα κινηθεί το κάθε σώμα;



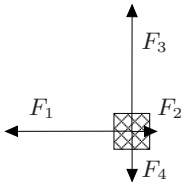
2. Σε ένα σώμα ασκούνται μία οριζόντια δύναμη F_1 προς τα δεξιά και μια δύναμη F_2 κατακόρυφη προς τα πάνω με μέτρα $F_1 = 4\text{N}$ και $F_2 = 3\text{N}$.

   α) Σχεδιάστε το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.

   β) Σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$.

   γ) Υπολογίστε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης $F_{o\lambda}$.

3. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις F_1, και F_2, και δύο κατακόρυφες F_3 και F_4 όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν τα μέτρα των δυνάμεων είναι $F_1 = 5\text{N}$, $F_2 = 1\text{N}$, $F_3 = 5\text{N}$, και $F_4 = 2\text{N}$:



   α) Υπολογίστε τη συνισταμένη F_{12} των δυνάμεων F_1 και F_2.

   β) Υπολογίστε τη συνισταμένη F_{34} των δυνάμεων F_3 και F_4.

   γ) Σχεδιάστε τη συνισταμένη $F_{o\lambda}$ των F_{12} και F_{34}.

   δ) Υπολογίστε το μέτρο της συνισταμένης $F_{o\lambda}$.

3.3 Πότε και γιατί ασκούνται δυνάμεις σε ένα σώμα.

Μέχρι τώρα είδαμε ποια είναι τα αποτελέσματα των δυνάμεων, ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους, πώς τις μετράμε, πώς τις σχεδιάζουμε και πως τις προσθέτουμε. Δεν είπαμε όμως πότε και γιατί ασκούνται δυνάμεις σε ένα σώμα. Για να το ανακαλύψουμε αυτό θα πρέπει να δούμε ποια είναι τα είδη των δυνάμεων που υπάρχουν στο σύμπαν μας.

Οι τέσσερις Θεμελιώδεις δυνάμεις.

Στον κόσμο μας υπάρχουν τέσσερα μόνο είδη δυνάμεων, οι **ισχυρές πυρηνικές**, οι **ασθενείς πυρηνικές**, οι **βαρυτικές** και οι **ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις**. Τα τέσσερα αυτά είδη ονομάζονται θεμελιώδεις δυνάμεις και όλες οι άλλες δυνάμεις που παρατηρούνται στον κόσμο μας προκύπτουν από αυτές! Ας δούμε ποιος είναι ο ρόλος κάθε μιας από τις θεμελιώδεις δυνάμεις στον κόσμο μας.

Ισχυρές και Ασθενείς πυρηνικές δυνάμεις.

Οι ισχυρές και οι ασθενείς πυρηνικές δυνάμεις, όπως δηλώνει και το όνομα τους, σχετίζονται κυρίως με την δημιουργία των πυρήνων των ατόμων και με φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στους πυρήνες. Χωρίς αυτές δεν θα υπήρχαν τα πρωτόνια και τα νετρόνια, άρα ούτε οι πυρήνες των ατόμων, άρα ούτε τα άτομα άρα και τίποτα που αποτελείται από αυτά, όπως π.χ. η Γη, τα ραδίκια, τα κατσίκια, εσείς και εγώ.

Βαρυτικές δυνάμεις.

Οι βαρυτικές δυνάμεις, από την άλλη, είναι οι ελκτικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο οποιονδήποτε σωμάτων έχουν μάζα (ή/και ενέργεια). Οι βαρυτικές δυνάμεις ευθύνονται για τη δημιουργία του πλανήτη μας και του Ήλιου, αλλά και την δημιουργία κάθε πλανήτη, λευκού νάνου, ερυθρού γίγαντα, αστέρα νετρονίων, μαύρης τρύπας, και κάθε γαλαξία στο σύμπαν. Όπως ίσως λοιπόν φαντάζεστε, χωρίς την βαρυτική δύναμη δεν θα είχαμε πλανήτη, οπότε ούτε τα ραδίκια, ούτε

τα κατσίκια και φυσικά ούτε και εμείς δεν θα είχαμε καμία ελπίδα δημιουργίας και επιβίωσης.

Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.

Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, από την άλλη, είναι οι δυνάμεις οι οποίες ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων τα οποία έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι η αιτία που τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια έλκονται από τα θετικά πρωτόνια, αναγκάζοντας τα έτσι να σχηματίσουν μαζί τα άτομα. Είναι επίσης ο λόγος που τα άτομα έλκονται μεταξύ τους σχηματίζοντας τα μόρια, δημιουργώντας έτσι την τεράστια ποικιλία ουσιών που βρίσκουμε στον κόσμο μας. Χωρίς τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις δεν θα υπήρχαν άτομα και μόρια, οπότε πάει και η Γη, πάνε και τα κατσίκια, πάνε και τα ραδίκια, και όλα.

Δυνάμεις της καθημερινής μας ζωής.

Τώρα που καταλάβαμε πώς οι τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις εξασφαλίζουν την ύπαρξη ραδικιών, κατσικιών και του κόσμου όλου, ας δούμε πως προκύπτουν από τις θεμελιώδεις δυνάμεις και οι δυνάμεις που παρατηρούμε να ασκούνται καθημερινά σε εμάς και σε κάθε σώμα γύρω μας. Όπως θα δούμε όλες οι δυνάμεις που παρατηρούμε καθημερινά γύρω μας οφείλονται είτε στις βαρυτικές, είτε στις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις. Για να καταλάβουμε το πως και το γιατί μας ασκούνται δυνάμεις, ας διηγηθούμε το περιπετειώδες πρωινό ξύπνημα ενός μαθητή της Β΄ Γυμνασίου.

Πρωινή διαφώτιση.

Την ώρα που κοιμόταν ένας μαθητής της Β΄ Γυμνασίου, έβλεπε εφιάλτη ότι βρισκόταν στο σχολείο και παρακολουθούσε το μάθημα της φυσικής. Ξαφνικά χτυπάει το ξυπνητήρι με αποτέλεσμα να τιναχτεί απότομα και να πέσει από το κρεβάτι. Κατά τη διάρκεια της πτώσης του ο μαθητής παρατήρησε ότι του ασκούνταν η δύναμη του βάρους η οποία τον ανάγκαζε να πέφτει προς τα κάτω. Ο μαθητής όσο και αν προσπάθησε δεν κατάφερε να βρει τρόπο να ασκήσει κάποια δύναμη για να επιβραδύνει την πτώση του παρά μόνο όταν τα χέρια του ακούμπησαν στο πάτωμα. Η εμπειρία του αυτή τον οδήγησε στην υπόθεση ότι ενώ η δύναμη του βάρους ασκείται στο σώμα του ακόμα και όταν αυτό δεν ακουμπάει πουθενά, για να του ασκηθεί κάποια άλλη δύναμη θα πρέπει να έρθει σε επαφή με κάποιο άλλο αντικείμενο.

Συμπεράσματα.

Κατά την διάρκεια του πρωινού του διαπίστωσε ότι η υπόθεση του αυτή έμοιαζε να ισχύει και για άλλα σώματα. Για παράδειγμα στο ψωμί ασκούνταν επίσης η δύναμη του βάρους, αλλά για να του ασκηθεί οποιαδήποτε άλλη δύναμη έπρεπε να έρθει σε επαφή με κάποιο άλλο αντικείμενο, π.χ. με το τραπέζι ή το μαχαίρι. Μετά από αυτές του τις παρατηρήσεις κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε σώμα γύρω του, μοιάζουν να είναι δύο ειδών:

α) Την δύναμη του βάρους που ασκείται σε όλα τα σώματα ακόμα και όταν αυτά δεν βρίσκονται σε επαφή με άλλα αντικείμενα.

β) Δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα μόνο όταν αυτά έρθουν σε επαφή με άλλα αντικείμενα.

Επειδή όμως ο μαθητής έμεινε με αρκετές απορίες, ας μελετήσουμε λίγο πιο προσεκτικά τη δύναμη του βάρους και τις δυνάμεις που ασκούνται εξ επαφής. Αξίζουν την προσοχή μας, αφού αυτές είναι οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την εξέλιξη κάθε κίνησης και κάθε φαινομένου που παρατηρούμε γύρω μας.

3.3.1 Το Βάρος.

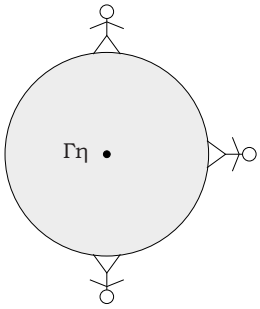
Όπως έχουμε ήδη δει, η βαρυτική δύναμη είναι η ελκτική δύναμη που ασκείται μεταξύ οποιονδήποτε δύο σωμάτων έχουν μάζα ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται σε

απόσταση. Το μέτρο της βαρυτικής δύναμης που ασκείται μεταξύ των δύο σωμάτων εξαρτάται από την μάζα των σωμάτων και από την μεταξύ τους απόσταση. Όπως μάλλον φαντάζεστε όσο μεγαλύτερες είναι οι μάζες των σωμάτων τόσο μεγαλύτερη είναι και η βαρυτική δύναμη που τους ασκείται, ενώ από την άλλη όσο μεγαλύτερη είναι η μεταξύ τους απόσταση τόσο μικρότερο γίνεται το μέτρο τους.

Ο λόγος που ποτέ δεν έχετε αισθανθεί τη βαρυτική δύναμη που σας ασκεί ο διπλανός σας, το θρανίο ή το μολύβι σας, είναι γιατί οι βαρυτικές δυνάμεις είναι εξαιρετικά μικρες για να γίνουν αισθητές. Για να γίνει αισθητή η βαρυτική δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο σωμάτων θα πρέπει αυτά να βρίσκονται σχετικά κοντά και τουλάχιστον το ένα από αυτά να έχει τεράστια μάζα. Όπως καταλαβαίνετε το μόνο σώμα το οποίο βρίσκεται πολύ κοντά μας και έχει τεράστια μάζα είναι ο πλανήτης μας, οπότε η βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη σε κάθε σώμα είναι η μόνη σημαντική βαρυτική δύναμη. Για τον λόγο αυτό την βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη σε ένα σώμα θα την αποκαλούμε βάρος του σώματος και θα χρησιμοποιούμε για αυτήν το σύμβολο, $\boldsymbol{w}$ (από το weight). Η δύναμη του βάρους έχει τεράστια σημασία στη ζωή μας. Ας δούμε ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της.

Χαρακτηριστικά του Βάρους.

α) Σχεδιάστε το βάρος των ανθρώπων του σχήματος. Ποιος ασκεί την δύναμη του βάρους στους ανθρώπους; ..... Ποια είναι η διεύθυνση του βάρους; ..... Ποια είναι η φορά του βάρους; ..... Από τι εξαρτάται το μέτρο του βάρους ενός σώματος; (1) ....., (2) .....



Το μέτρο του βάρους ενός σώματος μάζας $\boldsymbol{m}$ που βρίσκεται οπουδήποτε <u>πάνω στην επιφάνεια της Γης</u> δίνεται από την σχέση

$$\boldsymbol{w} = \qquad \cdot \tag{3.1}$$

όπου $\boldsymbol{g} \simeq \mathbf{10m/s^2}$ είναι μια σταθερά, η οποία ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας.[4] Σε τι μονάδες μετράμε το βάρος; .....

Βαρυτικές δυνάμεις γενικά.

β) Στη Σελήνη υπάρχει βάρος; ..... Η παραπάνω σχέση 3.1 θα μας δώσει σωστά το βάρος ενός αστροναύτη στη Σελήνη; ..... Το βάρος ενός σώματος στη Σελήνη θα είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο σε σχέση με το βάρος του στη Γη; ..... Εκτός της Γης και της Σελήνης ποια άλλα σώματα ασκούν βαρυτικές δυνάμεις; ..... Γιατί δεν γίνονται αντιληπτές; ..... Σε ποια σώματα ασκούνται οι βαρυτικές δυνάμεις; ..... Πότε οι βαρυτικές δυνάμεις είναι απωστικές; ..... Οι δυνάμεις σαν την βαρύτητα που μπορούν να ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους, ονομάζονται .....

Γιατί μας νοιάζει η βαρύτητα;

γ) Αναφέρετε μερικές αλλαγές που θα συμβούν στον κόσμο μας αν αύριο εξαφανιστεί η βαρυτική δύναμη. .....

[4] Η αλήθεια είναι ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g στον πλανήτη μας δεν είναι απόλυτα σταθερή αλλά εξαρτάται από το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρισκόμαστε. Κατά μέσο όρο ισούται με $g \simeq 9{,}8\mathrm{m/s^2}$ αλλά εμείς για ευκολία θα χρησιμοποιούμε την τιμή $g = 10\mathrm{m/s^2}$.

.....
.....
.....

Ασκήσεις:

1. Αφήνουμε ένα φτερό μάζας $m_\phi = 1\mathrm{g}$ και ένα τούβλο μάζας $m_\tau = 1\mathrm{kg}$ να πέσουν στη Γη.

   α) Υπολογίστε το μέτρο του βάρους των δύο σωμάτων.

   β) Σχεδιάστε τη Γη, τα σώματα και τις δυνάμεις του βάρους που ασκούνται σε αυτά.

2. Ο Φυσικός σας επιμένει ότι η Σελήνη πρακτικά δεν έχει ατμόσφαιρα. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

3. Ο Φυσικός σας λέει επίσης ότι ο Ήλιος δεν είναι στερεός σαν την Γη αλλά μια τεράστια μπάλα από αέρια. Γιατί δεν σκορπάει, λοιπόν, ο Ήλιος στο διάστημα;

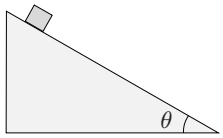
4. Αφήνουμε ένα φτερό μάζας $m_\phi = 1\mathrm{g}$ και ένα τούβλο μάζας $m_\tau = 1\mathrm{kg}$ να πέσουν στην Σελήνη.

   α) Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας στη Σελήνη είναι $g_\Sigma = 1{,}6\mathrm{m/s^2}$ υπολογίστε το μέτρο του βάρους των δύο σωμάτων.

   β) Σχεδιάστε τη Σελήνη, τα σώματα και τις δυνάμεις του βάρους που ασκούνται σε αυτά.

   γ) Αν τα δύο σώματα βρίσκονται αρχικά στο ίδιο ύψος, ποιο από τα δύο σώματα πιστεύετε ότι θα φτάσει πρώτο στο έδαφος;

5. Ένα σώμα μάζας $m = 10\mathrm{kg}$ βρίσκεται πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα. Υπολογίστε και σχεδιάστε το βάρος του σώματος; (Θεωρείστε ότι η βάση του κεκλιμένου επιπέδου είναι οριζόντια.)

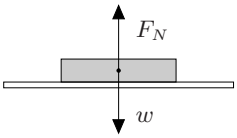


6. Ένας ορειβάτης μάζας $m = 100\mathrm{kg}$ ξεκινάει από την Αθήνα για να κατακτήσει το Έβερεστ. Ένας φίλος του ισχυρίζεται ότι δεν θα κουραστεί πολύ γιατί το βάρος του σε μεγάλο υψόμετρο θα είναι μικρότερο. Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας στην Αθήνα είναι $g_A = 9{,}8\mathrm{m/s^2}$ ενώ στην κορυφή του Έβερεστ είναι $g_E = 9{,}76\mathrm{m/s^2}$ ποια είναι η διαφορά του βάρους του ανθρώπου μεταξύ Αθήνας και κορυφής του Έβερεστ;

3.3.2 Δυνάμεις εξ επαφής.

Δυνάμεις εξ επαφής στην καθημερινή μας ζωή.

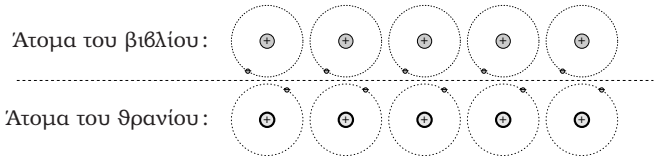
Όπως είπαμε, εκτός από την δύναμη του βάρους, που μόλις είδαμε, όλες οι άλλες δυνάμεις που ασκούνται σε κάποιο σώμα γύρω μας είναι δυνάμεις εξ επαφής, δηλαδή ασκούνται στο σώμα από τα άλλα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή. Για παράδειγμα, δυνάμεις εξ επαφής είναι οι δυνάμεις που ασκούμε σε ένα



μολύβι όταν το πιάνουμε για να γράψουμε, ή η δύναμη F_N που ασκεί το θρανίο του σχήματος στο βιβλίο που είναι ακουμπισμένο πάνω του, εμποδίζοντας έτσι το βάρος w να το ρίξει στο πάτωμα.

Πού οφείλονται οι δυνάμεις εξ επαφής;

Που οφείλονται όμως άραγε οι δυνάμεις εξ επαφής; Για να το ανακαλύψουμε θα πρέπει να εξετάσουμε την περιοχή επαφής των δύο σωμάτων σε ατομικό επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί. Όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.1,



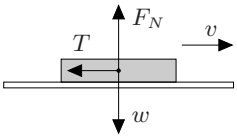
Σχήμα 3.1: Στο σχήμα παριστάνεται μια μεγέθυνση της περιοχής στην οποία το βιβλίο ακουμπάει στο θρανίο μας. Διακρίνονται κάποια από τα άτομα του θρανίου μας (κάτω) και του βιβλίου (πάνω).

στην περιοχή που το βιβλίο ακουμπάει στο θρανίο τα ηλεκτρόνια των ατόμων του θρανίου πλησιάζουν πολύ κοντά στα ηλεκτρόνια των ατόμων του βιβλίου. Επειδή όμως τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, όταν αυτά πλησιάσουν ασκούνται μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις. Η συνισταμένη όλων αυτών των ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκούνται στα άτομα του βιβλίου από τα άτομα του θρανίου δεν είναι άλλη παρά η δύναμη εξ επαφής F_N.

Η τριβή.

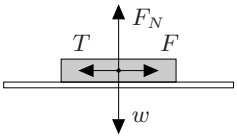
Συνήθως, οι δυνάμεις εξ επαφής είναι κάθετες στην επιφάνεια επαφής, όπως η δύναμη F_N που είδαμε προηγουμένως. Υπάρχει όμως μια περίπτωση δύναμης εξ επαφής που δεν είναι κάθετη, αλλά παράλληλη στην επιφάνεια επαφής. Είναι η γνωστή μας **τριβή**, την οποία θα συμβολίζουμε με T. Η τριβή είναι μια πολύ αντιδραστική δύναμη εξ επαφής, η οποία πάντα προσπαθεί να αποτρέψει την κίνηση ενός σώματος ως προς τα άλλα σώματα με τα οποία βρίσκεται σε επαφή.

Η τριβή σε σώμα που κινείται.



Για παράδειγμα, η τριβή δεν θέλει να αφήσει το βιβλίο μας να κινηθεί πάνω στο θρανίο με το οποίο βρίσκεται σε επαφή. Έτσι, αν σπρώξουμε το βιβλίο μας ώστε να κινηθεί πάνω στο θρανίο, μετά από λίγο αυτό ακινητοποιείται λόγω της τριβής που του ασκεί το θρανίο. Η τριβή έχει πάντα διεύθυνση παράλληλη στην επιφάνεια επαφής και φορά αντίθετη στην ταχύτητα, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Η τριβή σε σώμα που <u>δεν</u> κινείται!

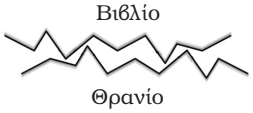


Μάλιστα η τριβή δεν ασκείται μόνο σε σώματα που κινούνται, αλλά και σε σώματα που είναι ακίνητα και <u>προσπαθούν</u> να κινηθούν. Π.χ. αν σπρώξουμε την έδρα ασκώντας μια μικρή οριζόντια δύναμη F παρατηρούμε ότι αυτή δεν κινείται. Ο λόγος είναι ότι μόλις αρχίζουμε να ασκούμε εμείς την δύναμη F, ασκείται στην έδρα και η τριβή με διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια επαφής και φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Μπορούμε λοιπόν τώρα να δώσουμε έναν ορισμό της τριβής:

► Τριβή είναι η δύναμη που αντιστέκεται στη σχετική κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων που εφάπτονται. Έχει <u>διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια επαφής</u> και <u>φορά τέτοια, ώστε να αντιστέκεται στην σχετική κίνηση των δύο σωμάτων</u>.

Που οφείλεται η τριβή;



Πού οφείλεται όμως η τριβή και πώς είναι τόσο έξυπνη που να μπορεί να επιλέγει την κατεύθυνση της, ώστε πάντα να αντιστέκεται στην κίνηση; Για να βρούμε την απάντηση, θα πρέπει και πάλι να κάνουμε μια μεγέθυνση στην περιοχή όπου το βιβλίο και το θρανίο εφάπτονται. Αν δούμε την επιφάνεια του βιβλίου ή του θρανίου σε μεγέθυνση θα διαπιστώσουμε ότι, όσο λεία και αν φαίνεται με το μάτι, η επιφάνεια τους είναι γεμάτη ανωμαλίες, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αυτές οι ανωμαλίες είναι που ευθύνονται για την εμφάνιση της τριβής, γι' αυτό και η τριβή μεταξύ δύο σωμάτων εξαρτάται από το υλικό τους.

Συμπέρασμα

Τελικά για να βρούμε ποιες δυνάμεις ασκούνται στα σώματα που βρίσκονται γύρω μας πρέπει να ακολουθήσουμε τα εξής βήματα. α) Ελέγχουμε αν το σώμα βρίσκεται κοντά σε κάποιο μεγάλο ουράνιο σώμα π.χ. τον πλανήτη μας. Αν βρίσκεται κοντά, τότε θα του ασκείται η δύναμη του βάρους προς το κέντρο του πλανήτη. β) Ελέγχουμε αν το σώμα ακουμπάει σε κάποιο άλλο σώμα. Εάν ακουμπάει τότε θα του ασκείται η δύναμη $\vec{F}_N$ με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια επαφής και φορά από το άλλο σώμα προς το σώμα που εξετάζουμε. γ) Υπολογίζουμε την συνισταμένη δύναμη των προηγούμενων δυνάμεων και αν ανακαλύψουμε ότι η συνισταμένη αυτή θέλει να κινήσει το σώμα σε σχέση με τα σώματα με τα οποία έρχεται σε επαφή, τότε θα του ασκείται και η δύναμη της τριβής με διεύθυνση παράλληλη στην επιφάνεια επαφής και φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση. Ας κάνουμε τώρα μερικές ασκήσεις για προπόνηση.

Ασκήσεις:

1. Βρείτε τρεις περιπτώσεις από την καθημερινή σας ζωή στις οποίες η τριβή είναι χρήσιμη και τρεις περιπτώσεις όπου η τριβή είναι ανεπιθύμητη. Θα θέλατε να εξαφανιστεί η δύναμη της τριβής από τον κόσμο μας;

2. Ένα διαστημόπλοιο κινείται στο διάστημα με σβηστούς κινητήρες. Ποιες δυνάμεις ασκούνται σε αυτό; Δικαιολογήστε.

3. Αφήνουμε ένα βιβλίο ακίνητο πάνω σε οριζόντιο θρανίο. Ποιες δυνάμεις θα ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.

4. Ανυψώνουμε το παραπάνω θρανίο από την μια του πλευρά κατά $h = 10\mathrm{cm}$. Ποιες δυνάμεις θα ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.

5. Ένας μαθητής σπρώχνει την έδρα ασκώντας της οριζόντια δύναμη $F = 10\mathrm{N}$ προς τα δεξιά. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στην έδρα; Σχεδιάστε τις.

6. Ένα αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα $v = 100\mathrm{km/h}$ προς τα δεξιά. Ποιες δυνάμεις ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.

7. Όπως γνωρίζουμε ένα αυτοκίνητο δυσκολεύεται να ξεκινήσει ή να σταματήσει πάνω στον πάγο. Γιατί;

8. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου πατάει φρένο για να σταματήσει. Σχεδιάστε την τριβή που ασκείται στο αυτοκίνητο από το έδαφος;

9. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου πατάει γκάζι, για να επιταχύνει. Σχεδιάστε την τριβή που ασκείται στο αυτοκίνητο από το έδαφος.

3.4 Οι νόμοι της κίνησης (Νόμοι του Νεύτωνα)

Επιτέλους φτάσαμε στους νόμους που διαφημίζουμε δύο κεφάλαια τώρα. Θυμηθείτε ότι ο κύριος λόγος που μιλήσαμε για τις έννοιες θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση και δύναμη ήταν για να μπορέσουμε να διατυπώσουμε τους πολυπόθητους νόμους που διέπουν την κίνηση, δηλαδή τους νόμους του Νεύτωνα. Θα αρχίσουμε με τον απλούστερο από τους τρεις νόμους[5], γνωστό ως πρώτο νόμο του Νεύτωνα.

3.4.1 Πρώτος νόμος του Νεύτωνα.

Όπως έχουμε ήδη πει στην εισαγωγή, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μάς λέει τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα αν το αφήσουμε στην ησυχία του, αν π.χ. σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη. Αυτό το ερώτημα το έχουμε ήδη απαντήσει στην πρώτη άσκηση του κεφαλαίου. Για να θυμηθούμε πού είχαμε καταλήξει.

α) Ποια είναι η δύναμη που ασκείται στο διαστημόπλοιο Voyager I, τώρα που βρίσκεται έξω από το ηλιακό μας σύστημα, μακριά από κάθε ουράνιο σώμα; .....

β) Σύμφωνα με την έρευνα σας, ποια είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται σήμερα; .....

γ) Πότε υπολογίζετε ότι θα σταματήσει το Voyager I; .....

Αν νομίζετε ότι η εμμονή του Voyager I να διατηρεί την ταχύτητα του σταθερή αποτελεί την εξαίρεση και όχι τον κανόνα, σκεφτείτε ότι το ίδιο ακριβώς κάνουν όλα τα ουράνια σώματα. Για παράδειγμα ο Ήλιος μας κινείται μέσα στον Γαλαξία μας με ταχύτητα $\simeq 800.000\mathrm{km/h}$ εδώ και αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια, ενώ ταυτόχρονα ο Γαλαξίας μας κινείται με ταχύτητα μερικών εκατομμυρίων χιλιομέτρων την ώρα! Αν όλα αυτά τα σώματα είχαν φωνή να μιλήσουν, θα μας διαβεβαίωναν ότι, αν τα αφήσουμε στην ησυχία τους, αυτά **θέλουν** να διατηρήσουν την ταχύτητα τους σταθερή για πάντα!

Αυτό ακριβώς μας λέει και ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα που ακολουθεί:

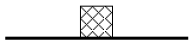
1ος Νόμος του Νεύτωνα.

► Ένα σώμα παραμένει ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα, αν και μόνο αν σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη ή η συνισταμένη δύναμη ισούται με μηδέν.

Αν και ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μοιάζει πολύ απλός, είναι από τους πιο δύσπεπτους της σχολικής Φυσικής. Οι περισσότεροι άνθρωποι θεωρούν, λανθασμένα, ότι για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται να είναι μη μηδενική και να έχει κατεύθυνση αυτήν της κίνησης. Ας εφαρμόσουμε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα σε μερικά παραδείγματα κίνησης από την καθημερινή μας ζωής.

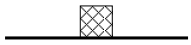
Εφαρμογές 1ου νόμου.

α) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν και το αυτοκίνητο είναι αρχικά ακίνητο, ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t = 10\mathrm{s}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{min}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{h}$; .....

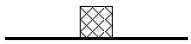


[5] Ο Νεύτωνας διατύπωσε τους τρεις νόμους του το 1687 στο έργο Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica .

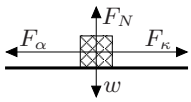
β) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν και το αυτοκίνητο αρχικά κινείται με ταχύτητα $v = 100\mathrm{km/h}$, ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t = 10\mathrm{s}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{min}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{h}$; .....



γ) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν, ποια είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου; .....



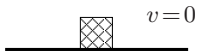
δ) Στο αυτοκίνητο του σχήματος ασκούνται η δύναμη F_κ προς τα εμπρός, η δύναμη F_α προς τα πίσω, η δύναμη του βάρους w και η δύναμη F_N προς τα πάνω.



i) Ποια είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου; .....

ii) Αν το αυτοκίνητο αρχικά κινείται με ταχύτητα $v = 100\mathrm{km/h}$, ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα $\Delta t = 10\mathrm{s}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{min}$; ..... Μετά από $\Delta t = 10\mathrm{h}$; .....

ε) Ένα αυτοκίνητο είναι παρκαρισμένο σε οριζόντιο δρόμο, οπότε έχει σταθερή ταχύτητα $v = 0$.

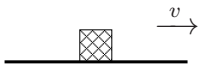


i) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται σε αυτό; .....

ii) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. .....

iii) Τι σχέση έχουν μεταξύ τους; .....

στ) Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ίσιο και οριζόντιο δρόμο, με το κοντέρ του σταθερά στην ένδειξη $v = 100\mathrm{km/h}$. Για να διατηρήσει την ταχύτητα αμετάβλητη ο οδηγός πατάει σταθερά το γκάζι, ώστε να ασκείται στο όχημα δύναμη F_κ στην κατεύθυνση της ταχύτητας.



i) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται σε αυτό; .....

ii) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. .....

iii) Τι σχέση έχουν μεταξύ τους; .....

vi) Για να κινείται το αυτοκίνητο με σταθερή ταχύτητα, ο οδηγός πρέπει να πατάει διαρκώς το γκάζι. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα; .....
.....

Μετά από τόσες εφαρμογές ας δούμε ένα video για να χαλαρώσουμε λιγάκι (`http://esamultimedia.esa.int/multimedia/ESA_project_zero_gravity/ESA1_eng.mp4`). Αν πάλι μετά από όλα αυτά ακόμα δεν πειστήκατε ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει, κάντε το πείραμα με τον αεροδιάδρομο.

Όπως είδαμε, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μάς λέει ότι όλα τα σώματα, αν τα αφήσουμε στην ησυχία τους, δηλαδή $F_{o\lambda} = 0$, δεν θέλουν να αλλάξουν την ταχύτητα τους ποτέ. Είναι δηλαδή αδρανή[6] και άβουλα, αφού ποτέ δεν παίρνουν

[6]Σύμφωνα με λεξικό της νεοελληνικής, αδρανής είναι: «Αυτός που αντιμετωπίζει τα πράγματα παθητικά, που δεν ενεργεί και δεν αντιδρά σε προκλήσεις στο περιβάλλον του.»

πρωτοβουλία να αλλάξουν μόνα τους την ταχύτητα τους. Την ιδιότητα αυτή των σωμάτων την ονομάζουμε αδράνεια:

Αδράνεια. ► Αδράνεια ονομάζουμε την ιδιότητα των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητας τους.

Στην παράγραφο αυτή ασχοληθήκαμε μόνο με σώματα στα οποία η συνισταμένη δύναμη που τους ασκείται είναι μηδέν, οπότε αυτά είτε είναι ακίνητα είτε κινούνται με σταθερή ταχύτητα. Τα σώματα αυτά λέμε ότι βρίσκονται σε ισορροπία, δηλαδή:

Ισορροπία. ► Λέμε ότι ένα σώμα ισορροπεί όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Ασκήσεις:

1. Κάποιος συμμαθητής σας ισχυρίζεται ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει μόνο στο διάστημα. Συμφωνείτε;

2. Ένας φίλος σας δεν φοράει ποτέ ζώνη ασφαλείας στο αυτοκίνητο. Χρησιμοποιήστε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα για να του εξηγήσετε γιατί αυτό είναι εξαιρετικά ανόητο!

3. Το διαστημόπλοιο Voyager I εκτοξεύθηκε από τον πλανήτη μας το 1977. Από τότε ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη από $50.000\mathrm{km/h}$ και πρόσφατα πέρασε τα όρια του ηλιακού μας συστήματος![7] Ο Φυσικός σας ισχυρίζεται ότι τα καύσιμα που έχει καταναλώσει μετά την απογείωση του είναι ελάχιστα. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

4. Τα τελευταία πέντε δισεκατομμύρια χρόνια η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο με ταχύτητα περίπου $100.000\mathrm{km/h}$. Μπορείτε να εξηγήσετε πως μπορεί να κινείται με τόσο μεγάλη ταχύτητα για τόσο μεγάλο διάστημα χωρίς να διαθέτει μηχανή;

5. Ένα αυτοκίνητο διαγράφει μια στροφή στην εθνική οδό Ηρακλείου–Χανίων με την ένδειξη του κοντέρ να παραμένει σταθερά στο $v = 100\mathrm{km/h}$. Κάποιος ισχυρίζεται ότι κατά την διάρκεια της στροφής η συνολική δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο δεν είναι μηδέν. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε; Δικαιολογήστε την απάντηση σας.

6. Κάποιος ισχυρίζεται ότι μπορούμε να διατυπώσουμε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα και ως εξής: «Ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα αν και μόνο αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό ισούται με μηδέν.» Είναι αυτή η διατύπωση ισοδύναμη με αυτήν που χρησιμοποιήσαμε εμείς;

7. Σε ποια από τα παρακάτω σώματα η συνολική δύναμη που ασκείται είναι μηδέν;

   α) Σε ένα αεροπλάνο που κινείται σε ευθύγραμμη πορεία με σταθερή ταχύτητα $900\mathrm{km/h}$.

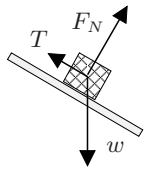
[7] Βρίσκεται σήμερα σε τόσο μεγάλη απόσταση που το σήμα του χρειάζεται περισσότερα από 16 λεπτά για να φτάσει σε εμάς!!!

β) Σε ένα παρκαρισμένο αυτοκίνητο.

γ) Σε ένα τρενάκι που κινείται σε κυκλική τροχιά με ταχύτητα σταθερού μέτρου $2\mathrm{km/h}$.

δ) Σε έναν άνθρωπο μέσα σε ένα ασανσέρ που κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα.

ε) Σε ένα βιβλίο που βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα κεκλιμένο θρανίο υπό κλίση, όπως φαίνεται στο σχήμα.

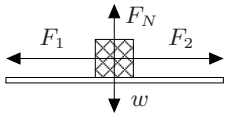


8. Στα σχήματα που ακολουθούν εμφανίζονται τρία σώματα και οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά.

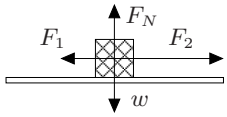
α) Ποια από αυτά πιστεύετε ότι έχουν σταθερή ταχύτητα;

β) Ποια από αυτά πιστεύετε ότι είναι (και παραμένουν) ακίνητα;

γ) Ποια από αυτά βρίσκονται σε ισορροπία;

α) 

β)

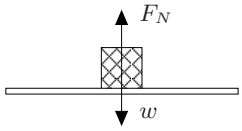
γ) 

9. Ένα βιβλίο μάζας $2\mathrm{kg}$ κινείται πάνω σε ένα απόλυτα λείο τραπέζι χωρίς τριβές ενώ του ασκείται οριζόντια δύναμη F με μέτρο $10\mathrm{N}$. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι το κουτί θα κινηθεί με

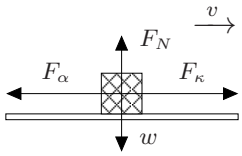
α) σταθερή ταχύτητα $20\mathrm{m/s}$ β) σταθερή ταχύτητα $2\mathrm{m/s}$

γ) σταθερή ταχύτητα $10\mathrm{m/s}$ δ) μεταβαλλόμενη ταχύτητα

10. Το αυτοκίνητο του σχήματος είναι παρκαρισμένο στην άκρη του δρόμου. Αν το βάρος του αυτοκινήτου w έχει μέτρο $w = 10.000\mathrm{N}$ α) υπολογίστε το μέτρο της κάθετης δύναμης F_N που ασκεί ο δρόμος στο αυτοκίνητο. β) Το αυτοκίνητο ισορροπεί;



11. Το αυτοκίνητο του σχήματος κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 100\mathrm{km/h}$ σε ευθύγραμμη πορεία. Αν η αντίσταση F_α έχει μέτρο $F_\alpha = 800\mathrm{N}$ α) υπολογίστε το μέτρο της δύναμης F_κ που οφείλεται στον κινητήρα. β) Το αυτοκίνητο ισορροπεί;



3.4.2 Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα.

Όπως είδαμε ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μας λέει πώς θα κινηθεί ένα σώμα μόνο όταν «το αφήνουμε στην ησυχία του», δηλαδή όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται είναι μηδέν. Τι κίνηση όμως κάνουν τα σώματα, όταν σε αυτά η συνισταμένη δύναμη δεν είναι μηδενική; Αφού όταν $F_{o\lambda} = 0$, η ταχύτητα του σώματος παραμένει σταθερή, όταν $F_{o\lambda} \neq 0$, η ταχύτητα του θα μεταβάλλεται, δηλαδή το σώμα θα επιταχύνεται. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα που θα εξετάσουμε εδώ, μας λέει πώς και πόσο θα επιταχυνθεί ένα σώμα όταν $F_{o\lambda} \neq 0$.[8]

[8] Θυμηθείτε ότι επιτάχυνση είναι το φυσικό μέγεθος που μας λέει πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος. Σύμβολο το γράμμα α και οι μονάδες που χρησιμοποιούμε τα $\mathrm{m/s^2}$.

Πριν να αποκαλύψουμε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, ας δούμε αν μπορούμε με απλά πειράματα να ανακαλύψουμε μόνοι μας από τι εξαρτάται η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα, όταν σε αυτό ασκείται μη μηδενική συνισταμένη δύναμη.

Πείραμα 1ο. Ακουμπήστε ένα καπάκι από στυλό στην παλάμη σας.

α) Χτυπήστε το ελαφρά με τον δείκτη του άλλου χεριού σας. Επιταχύνθηκε; ..

β) Επαναλάβετε το πείραμα, αλλά αυτή την φορά χτυπήστε το καπάκι με όλη σας την δύναμη. Η επιτάχυνση που απέκτησε τώρα το σώμα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη; .....

Το πρώτο μας πείραμα μας οδηγεί στο παρακάτω (προφανές) συμπέρασμα:

▷ **<u>Συμπέρασμα 1:</u>** Η επιτάχυνση που προκαλείται σε ένα σώμα εξαρτάται από την συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται σε αυτό. Όσο μεγαλύτερη είναι η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$ τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιτάχυνση που προκαλεί στο σώμα.

Πείραμα 2ο. Ακουμπήστε ένα βιβλίο στην παλάμη σας και χτυπήστε το με όλη σας την δύναμη με τον δείκτη του άλλου χεριού σας. (Προσοχή πονάει!)

α) Η επιτάχυνση που απέκτησε το βιβλίο είναι ίδια, μικρότερη ή μεγαλύτερη σε σχέση με το καπάκι; .....
.....

Το δεύτερο μας πείραμα μας οδηγεί στο παρακάτω συμπέρασμα:

▷ **<u>Συμπέρασμα 2:</u>** Η επιτάχυνση που προκαλεί μια δύναμη σε ένα σώμα εξαρτάται από την μάζα του σώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του σώματος τόσο δυσκολότερα μεταβάλλεται η ταχύτητα του, δηλαδή τόσο μικρότερη είναι η επιτάχυνση που προκαλείται σε αυτό.

Τώρα που ανακαλύψαμε από τι εξαρτάται η επιτάχυνση ενός σώματος ας δούμε τι περισσότερο έχει να μας πει ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα για το θέμα.

2ος Νόμος του Νεύτωνα.

► Η επιτάχυνση α που αποκτά ένα σώμα στο οποίο ασκούνται δυνάμεις με συνισταμένη $F_{o\lambda}$, είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης $F_{o\lambda}$ και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας m του σώματος.

$$\boldsymbol{\alpha = \frac{F_{o\lambda}}{m}} \tag{3.2}$$

Ας κάνουμε μια εφαρμογή ώστε να καταλάβουμε τι μας λέει ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.

Εφαρμογές 2ου νόμου. Ένα αυτοκίνητο συνολικής μάζας $m = 1.000\text{kg}$ κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 30\text{m/s}$. Κάποια στιγμή ο οδηγός αποφασίζει να προσπεράσει οπότε πατάει περισσότερο γκάζι. Αν κατά την προσπέραση η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο είναι $F_{o\lambda} = 500N$:

α) Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα τι επιτάχυνση αποκτά το αυτοκίνητο; .....

β) Ο οδηγός, θέλοντας να ολοκληρώσει γρήγορα την προσπέραση, πατάει τέρμα το γκάζι, οπότε η συνισταμένη δύναμη γίνεται $F_{o\lambda} = 1.000N$. Ποια θα είναι η επιτάχυνση του αυτοκινήτου τώρα; .....

γ) Ποια θα ήταν η επιτάχυνση του αυτοκινήτου αν η μάζα του ήταν $m = 2.000\text{kg}$; .....

δ) Μετά από λίγο ο οδηγός πατάει δυνατά το φρένο οπότε το αυτοκίνητο αποκτά επιβράδυνση[9] $\alpha = 10\text{m/s}^2$. Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται στο αυτοκίνητο κατά το φρενάρισμα; Σχεδιάστε την. .....

Τα λεφτά μας πίσω!

Σίγουρα μετά από τόση διαφήμιση που έχουμε κάνει στον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, αυτή η σύντομη εισαγωγή θα σας έχει αφήσει απόλυτα απογοητευμένους. Ενώ σας είχαμε τάξει ότι με τον δεύτερο νόμο θα μπορείτε να προβλέψετε πως θα εξελιχθεί κάθε κίνηση γύρω σας, να σχεδιάσετε γέφυρες και μηχανές, ακόμα και να στείλετε έναν άνθρωπο στο διάστημα, για την ώρα το μόνο που μοιάζει να μπορεί να μας πει είναι πόσο θα επιταχυνθεί ένα σώμα. Η αλήθεια είναι ότι για να μπορέσετε να πετύχετε τους παραπάνω στόχους, θα πρέπει να εμβαθύνετε αρκετά περισσότερο τόσο στη Φυσική όσο και στα Μαθηματικά. Λίγη υπομονή, λοιπόν, μέχρι την πρώτη λυκείου, όπου θα περάσετε σχεδόν όλη την χρονιά, εμβαθύνοντας στα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν την κίνηση και στις συνέπειες των νόμων του Νεύτωνα!

Ασκήσεις:

1. Σε μια σπορ μηχανή κατά την πλήρη επιτάχυνση η συνισταμένη δύναμη που της ασκείται είναι $F_{o\lambda} = 2.100\text{N}$. Αν η συνολική μάζα μηχανής και αναβάτη είναι $m = 300\text{kg}$ ποια είναι η επιτάχυνση που θα αποκτήσει το σύστημα μηχανής–αναβάτη;

2. Ο οδηγός της παραπάνω μηχανής ανοίγει κάποια στιγμή το γκάζι, οπότε η μηχανή αποκτά επιτάχυνση $\alpha = 3\text{m/s}^2$. Ποια είναι η συνολική δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται σε αυτήν;

3. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί μια μηχανή επιτυγχάνει πολύ μεγαλύτερη επιτάχυνσή σε σχέση με ένα αυτοκίνητο ίδιας ισχύος;

4. Μια μητέρα, όταν ταξιδεύει με το αυτοκίνητο, προτιμάει να κρατάει το ενός έτους μωρό της στην αγκαλιά αντί να το τοποθετεί στο ειδικό καθισματάκι. Λέει ότι αν τρακάρει το αυτοκίνητο θα το κρατήσει σφιχτά στην αγκαλιά της ώστε να μην χτυπήσει. Αν η μάζα του μωρού είναι $m = 10\text{kg}$ και η επιβράδυνση που αποκτά το αυτοκίνητο σε μια σφοδρή μετωπική πρόσκρουση είναι $\alpha = 1.000m/s^2$:

   α) Αν η ίδια φοράει ζώνη, πόση δύναμη πρέπει να ασκήσει στο μωρό ώστε να το κρατήσει στην αγκαλιά της.

   β) Πόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που βρήκατε σε σχέση με το βάρος του μωρού;

[9] Όταν η ταχύτητα του σώματος αντί να αυξάνεται μειώνεται, τότε συνήθως λέμε ο κόσμος λέει ότι το σώμα επιβραδύνεται. Η επιβράδυνση αποτελεί και αυτή περίπτωση του φυσικού μεγέθους της επιτάχυνσης, γι' αυτό και οι φυσικοί χρησιμοποιούν το ίδιο σύμβολο και τις ίδιες μονάδες.

γ) Τι θα συμβεί αν δεν φοράει ζώνη ούτε η μητέρα;

5. Ένα αυτοκίνητο μάζας $m = 1.000\text{kg}$ κατά την διάρκεια της πρόσκρουσης του σε έναν βράχο υπόκειται επιβράδυνση $\alpha = 1.000\text{m/s}^2$.

   α) Αν ο οδηγός φοράει ζώνη και έχει μάζα $m = 100\text{kg}$, ποια είναι η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda,o}$ που του ασκείται κατά την πρόσκρουση;

   β) Πόσες φορές μεγαλύτερη από το βάρος του οδηγού είναι η δύναμη αυτή;

   γ) Ένας φίλος σας ισχυρίζεται ότι μπορεί να αντέξει την πρόσκρουση χωρίς να φοράει ζώνη άμα πιαστεί από το τιμόνι. Τον πιστεύετε;

6. Αδειάζουμε μια αίθουσα από τον αέρα και κρατάμε σε ύψος $h = 1\text{m}$ από το έδαφος δύο σώματα μάζας $m_1 = 1\text{kg}$ και $m_2 = 10\text{kg}$. Κάποια στιγμή αφήνουμε τα δύο σώματα να πέσουν ελεύθερα.

   α) Ποιο είναι το βάρος του πρώτου σώματος;

   β) Ποια είναι η επιτάχυνση του πρώτου σώματος;

   γ) Επαναλάβετε τον υπολογισμό α) και β) για το δεύτερο σώμα.

   δ) Ποιο από τα δύο σώματα πιστεύετε ότι θα φτάσει πρώτο στο έδαφος;

7. Ένα πολεμικό αεροπλάνο κατά την διάρκεια των ελιγμών μιας αερομαχίας επιτυγχάνει τεράστιες επιταχύνσεις, που στιγμιαία φτάνουν τα $\alpha = 90m/s^2$.

   α) Πόση δύναμη ασκείται σε έναν πιλότο μάζας $m = 100\text{kg}$ εκείνη την στιγμή;

   β) Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η δύναμη αυτή από το βάρος του πιλότου;

8. Κάποια στιγμή ο αναβάτης της μηχανής ανοίγει το γκάζι οπότε η μηχανή αποκτά επιτάχυνση $\alpha = 5\text{m/s}^2$. Αν η μάζα της μηχανής είναι $m_\mu = 200\text{kg}$ και η μάζα του αναβάτη είναι $m_\alpha = 100\text{kg}$

   α) Ποια είναι η συνολική δύναμη $F_{o\lambda,\mu}$ που ασκείται στη μηχανή κατά την επιτάχυνση;

   β) Ποια είναι η συνολική δύναμη $F_{o\lambda,\alpha}$ που ασκείται στον άνθρωπο κατά την επιτάχυνση;

   γ) Ποια είναι η συνολική δύναμη $F_{o\lambda}$ που ασκείται στον άνθρωπο και τη μηχανή μαζί;

9. Κάποιος ισχυρίζεται ότι ο δεύτερος νόμος περιέχει τον πρώτο! Λέει ότι μια που ο πρώτος νόμος ασχολείται με την κίνηση στην περίπτωση που $F_{o\lambda} = 0$ δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε $F_{o\lambda} = 0$ στον δεύτερο νόμο και παίρνουμε τον πρώτο. Συμφωνείτε;

3.4.3 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Ο πρώτος και ο δεύτερος νόμος που μόλις είδαμε, μας λένε τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα ανάλογα με τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα, όπως θα δούμε, δεν εξετάζει τα αποτελέσματα που προκαλούν οι δυνάμεις όταν ασκούνται σε ένα σώμα, αλλά μας λέει ότι αν ασκήσουμε μια δύναμη σε ένα

σώμα τότε αυτό θα μας εκδικηθεί. Για να καταλάβουμε τι ακριβώς σημαίνει αυτό, ας κάνουμε ένα πείραμα.

Πείραμα 1ο. Ασκείστε δύναμη στον μηρό σας πιέζοντας τον δυνατά με το δάχτυλό σας.

α) Πονάει ο μηρός σας;..... Πονάει το δάχτυλό σας; .....

β) Γιατί πονάει το δάχτυλό σας αφού εσείς ασκείτε τη δύναμη στον μηρό σας; ..

γ) Πονάει το δάχτυλο σας, όταν πιέσετε δυνατά το θρανίο σας; .....

Μάλλον θα συμφωνήσετε λοιπόν ότι όταν ένα σώμα (π.χ. το δάχτυλο σας) ασκεί μια δύναμη σε ένα δεύτερο σώμα (π.χ. το θρανίο σας), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη στο πρώτο, δηλαδή οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη.

Ποια είναι όμως η σχέση που συνδέει τις δύο αυτές δυνάμεις; Ας τις μετρήσουμε για να το ανακαλύψουμε.

Πείραμα 2ο. Κρατήστε ένα δυναμόμετρο στο χέρι σας και δώστε άλλο ένα στον διπλανό σας. Ενώστε τους γάντζους και τραβήξτε ώστε να ασκήσετε δύναμη στο δυναμόμετρο του διπλανού σας και άρα, σύμφωνα με το προηγούμενο συμπέρασμα μας, να ασκήσει και αυτός δύναμη στο δικό σας.

α) Συγκρίνετε την ένδειξη των δύο δυναμόμετρων. .....

β) Πώς σχετίζεται η διεύθυνση των δύο δυνάμεων; .....

γ) Πώς σχετίζεται η φορά των δύο δυνάμεων; .....

Ο τρίτος νόμος δεν είναι παρά το σύνολο των συμπερασμάτων που βγάλαμε από τα δύο μας πειράματα:

3ος νόμος του Νεύτωνα.

► Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).

Ας κάνουμε μια εφαρμογή για να καταλάβουμε καλύτερα τον τρίτο νόμο.

Εφαρμογή 3ου νόμου. Μια Rolls Royce μάζας $m_R = 2.500\text{kg}$ πέφτει πάνω σε ένα παρκαρισμένο μηχανάκι μάζας $m_\mu = 100\text{kg}$.

α) Το αυτοκίνητο ασκεί δύναμη στο μηχανάκι; ..... Σχεδιάστε την.

β) Το μηχανάκι ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο; ..... Σχεδιάστε την.

γ) Ποιο από τα δύο δέχτηκε μεγαλύτερη δύναμη; .....

δ) Ποια δύναμη θα βαφτίσετε δράση και ποια αντίδραση; .....

ε) Αφού η δύναμη που ασκείται στο μηχανάκι (δράση) συνοδεύεται και από μια αντίθετη δύναμη (αντίδραση) μήπως αυτές οι δύο εξουδετερώνονται ($F_{o\lambda} = 0$) και τελικά δεν προκαλούν κανένα αποτέλεσμα; .....
.....

Ασκήσεις:

1. Ένας συμμαθητής σας λέει ότι αν ισχύει ο τρίτος νόμος τότε δεν θα μπορούσαμε να σπρώξουμε κανένα σώμα. Γιατί λέει αφού για κάθε δύναμη που ασκούμε (δράση) ασκείται και μια ακριβώς αντίθετη (αντίδραση) τότε η συνισταμένη τους θα είναι πάντα μηδέν και δεν θα προκαλείται κανένα αποτέλεσμα. Συμφωνείτε;

2. Ένας άνθρωπος στέκεται πάνω στη Γη. Σχεδιάστε τη Γη και τον άνθρωπο.

   α) Ποιο σώμα ασκεί την δύναμη του βάρους στον άνθρωπο; Σχεδιάστε το βάρος του.

   β) Σε ποιο σώμα θα ασκείται η αντίδραση του βάρους του ανθρώπου; Σχεδιάστε την.

3. Σχεδιάστε τον Ήλιο με τη Γη γύρω του. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκεί ο Ήλιος στη Γη καθώς και τις δυνάμεις που ασκεί η Γη στον Ήλιο.

4. Ένας αστροναύτης έχει βγει εκτός του διαστημικού σταθμού και κάνει επισκευές. Κάποια στιγμή σπρώχνει τον διαστημικό σταθμό μακρυά του.

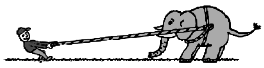
   α) Θα κινηθεί ο διαστημικός σταθμός;

   β) Θα κινηθεί ο αστροναύτης; Γιατί;

   γ) Ποιος πιστεύετε ότι θα κινηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα;

5. Ένας μαθητής της Β΄ Γυμνασίου αποφασίζει να κάνει ένα διαγωνισμό δύναμης με έναν Αφρικανικό ελέφαντα μάζας έξι τόνων, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ισχυρίζεται μάλιστα ότι θα ασκήσει στον ελέφαντα δύναμη ίδιου μέτρου με αυτήν που θα ασκήσει και ο ελέφαντας σε αυτόν.

   α) Συμφωνείται με τον ισχυρισμό του συμμαθητή σας;

   β) Ποιος περιμένετε να κερδίσει τον διαγωνισμό; (Γιατί;)

6. Την στιγμή που ένας άνθρωπος μάζας $m = 100\text{kg}$ αναπηδά πάνω στη Γη, η συνισταμένη δύναμη $F_{o\lambda,\alpha}$ που ασκείται σε αυτόν από τη Γη, έχει μέτρο περίπου $F_{o\lambda,\alpha} = 1.000\text{N}$ με κατεύθυνση προς τα πάνω.

   α) Ποια είναι η επιτάχυνση του ανθρώπου προς τα πάνω;

   β) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος στη Γη;

   γ) Αν η Γη έχει μάζα $m_\Gamma = 10^{25}\text{kg} = 10.000.000.000.000.000.000.000.000\text{kg}$, ποια είναι η επιτάχυνση της Γης προς τα κάτω;

   δ) Γιατί η επιτάχυνση της Γης δεν γίνεται αντιληπτή;

7. Ένα βιβλίο βρίσκεται ακίνητο πάνω σε κεκλιμένο θρανίο.

   α) Σχεδιάστε το θρανίο, το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

   β) Σχεδιάστε το θρανίο, το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται στο θρανίο.

Κεφάλαιο 4

Πίεση – Υδροστατική πίεση

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε ότι όταν ασκείται μια δύναμη σε ένα σώμα μπορεί να προκαλέσει την παραμόρφωση ή/και την επιτάχυνση του. Για την επιτάχυνση που θα προκαλέσει μια δύναμη μας πληροφορεί ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, όμως για την παραμόρφωση που θα προκαλέσει δεν είπαμε και πολλά. Στο κεφάλαιο αυτό θα ξεκινήσουμε μελετώντας μερικούς παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η παραμόρφωση που προκαλεί μια δύναμη σε ένα σώμα. Για να πετύχουμε τον σκοπό μας θα χρειαστούμε ένα καινούργιο φυσικό μέγεθος, την πίεση, με τη βοήθεια της οποίας θα καταλάβουμε γιατί π.χ. ένα μαχαίρι κόβει καλύτερα από έναν χάρακα, γιατί οι νταλίκες έχουν πολλές ρόδες, γιατί ο ελέφαντας έχει τεράστιες πατούσες κ.τ.λ.

Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου θα δούμε ότι η πίεση είναι το κατάλληλο φυσικό μέγεθος που θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε φαινόμενα που σχετίζονται με υγρά και αέρια, όπως π.χ. γιατί τα σώματα είναι ελαφρύτερα μέσα στο νερό, γιατί μερικά επιπλέουν, γιατί κολλάνε οι βεντούζες χωρίς κόλλα, γιατί τα υποβρύχια συνθλίβονται σε μεγάλο βάθος κ.τ.λ. Ας αρχίσουμε με τον ορισμό της πίεσης και τη σχέση της με την παραμόρφωση των σωμάτων.

4.1 Πίεση και παραμόρφωση.

Έχουμε ήδη δει ότι, όταν αγγίζουμε ένα σώμα, του ασκούμε μια δύναμη εξ επαφής η οποία προκαλεί παραμόρφωση στο σώμα. Το μέγεθος της παραμόρφωσης εξαρτάται από το υλικό του σώματος στο οποίο ασκούμε τη δύναμη, π.χ. όταν σπρώχνουμε με το δάχτυλο την παλάμη μας αυτή παραμορφώνεται αρκετά, ενώ όταν σπρώξουμε με το δάχτυλο το θρανίο η παραμόρφωση του είναι τόσο μικρή που δύσκολα γίνεται αντιληπτή.

Η παραμόρφωση εξαρτάται προφανώς από το μέτρο της δύναμης που ασκούμε, αφού όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη με την οποία πιέζετε την παλάμη σας με το δάχτυλό σας τόσο μεγαλύτερο είναι το βαθούλωμα που δημιουργείτε σε αυτήν. Μήπως όμως η παραμόρφωση που προκαλείται εξαρτάται και από κάτι άλλο που μας διαφεύγει; Ας κάνουμε ένα πείραμα για να το ανακαλύψουμε.

Πείραμα. Κρατήστε το στυλό σας οριζόντιο ανάμεσα στα χέρια σας με το μυτερό άκρο του να ακουμπάει στην παλάμη του δεξιού σας χεριού και το άλλο άκρο στην άλλη παλάμη. Πιέστε δυνατά και με τα δύο σας χέρια διατηρώντας το στυλό ακίνητο.

α) Ποια είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στο στυλό; .....

β) Ποιο χέρι ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στο στυλό; .....

γ) Τελικά η τοπική παραμόρφωση που προκαλείται στα χέρια μας (και ο πόνος) εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που τους εφαρμόζεται; .....

δ) Ποιο είναι το χαρακτηριστικό του μυτερού άκρου του στυλό το οποίο ευθύνεται για τη μεγαλύτερη παραμόρφωση (και τον πόνο); .....

Το πείραμα μας οδηγεί στα παρακάτω συμπεράσματα:

▷ **Συμπεράσματα:** Η (τοπική) παραμόρφωση που προκαλείται σε ένα σώμα εξαρτάται τόσο από τη ..... που του ασκείται όσο και από την ..... στην οποία του ασκείται. Όσο μεγαλύτερη η δύναμη τόσο μεγαλύτερη η παραμόρφωση, ενώ όσο μεγαλύτερη η επιφάνεια τόσο μικρότερη η παραμόρφωση που προκαλείται.

Το παραπάνω συμπέρασμα οδήγησε τους φυσικούς στον ορισμό ενός καινούργιου φυσικού μεγέθους το οποίο συνδυάζει τη δύναμη και την επιφάνεια με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχετίζεται άμεσα με την τοπική παραμόρφωση που προκαλείται. Το όνομα αυτού **πίεση**.

Ορισμός της πίεσης.

► Πίεση $\boldsymbol{p}$ ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης $\boldsymbol{F_N}$ που ασκείται <u>κάθετα</u> σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν $\boldsymbol{A}$ της επιφάνειας αυτής.

$$\boldsymbol{p} = \frac{\qquad}{\qquad} \tag{4.1}$$

Μονάδες. Από την παραπάνω σχέση 4.1 μπορούμε να βρούμε ότι οι μονάδες της πίεσης είναι / . Τη μονάδα αυτή για λόγους συντομίας την ονομάζουμε Pascal[1] και τη συμβολίζουμε με το σύμβολο Pa οπότε $\mathrm{Pa} = N/m^2$. Κατάλληλη μονάδα πίεσης είναι φυσικά και οποιαδήποτε μονάδα δύναμης διαιρεμένη με οποιαδήποτε μονάδα εμβαδού π.χ. $\mathrm{N/cm^2}$, $\mathrm{N/mm^2}$ κ.τ.λ.

Παρατήρηση. Η πίεση **<u>ΔΕΝ</u>** <u>είναι διανυσματικό μέγεθος</u>.[2] Αυτό θα φανεί καλύτερα παρακάτω όταν μελετήσουμε την πίεση που εμφανίζεται στα ρευστά.

Ας κάνουμε μια εφαρμογή για να καταλάβουμε πως η πίεση σχετίζεται με την τοπική παραμόρφωση που προκαλείται σε ένα σώμα.

Εφαρμογή: Μια τυπική πινέζα έχει κεφαλή εμβαδού περίπου $A_\kappa = 1\mathrm{cm}^2$ και μύτη εμβαδού $A_\mu = 0{,}001\mathrm{cm}^2$. Ένας μαθητής προσπαθεί να καρφώσει μια πινέζα σε ένα ξύλινο αντικείμενο με το χέρι ασκώντας σε αυτήν κάθετη δύναμη $F_N = 50\mathrm{N}$.

α) Ποια είναι η πίεση που δέχεται το χέρι από την κεφαλή της πινέζας; .....

β) Ποια είναι η πίεση που δέχεται ο τοίχος από τη μύτη της πινέζας; .....

γ) Γιατί καρφώνουμε τις πινέζες πιέζοντας την κεφαλή και όχι τη μύτη; .....
.....

Η πίεση στη ζωή μας. Όπως είδαμε στο παραπάνω παράδειγμα, σε κάποιες δραστηριότητες της καθη-

[1] Προς τιμήν του Γάλλου Μαθηματικού, Φυσικού και Φιλόσοφου Μπλαίζ Πασκάλ (1623-1662) ο οποίος προσέφερε πολλά στη μελέτη των ρευστών.

[2] Τα φυσικά μεγέθη που δεν είναι διανυσματικά όπως η πίεση, η μάζα, ο χρόνος κ.τ.λ. ονομάζονται βαθμωτά ή μονόμετρα.

μερινής μας ζωής θέλουμε να πετύχουμε μεγάλες παραμορφώσεις, οπότε προσπαθούμε να μεγιστοποιήσουμε την πίεση, ενώ άλλοτε προσπαθούμε να τη μειώσουμε. Ας βρούμε μερικές.

α) Αναφέρετε παραδείγματα στα οποία επιδιώκουμε τη μεγιστοποίηση της πίεσης. .....
.....

β) Αναφέρετε παραδείγματα στα οποία επιδιώκουμε την ελαχιστοποίηση της πίεσης. .....
.....

Ασκήσεις:

1. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί η τοπική παραμόρφωση που προκαλείται σε ένα σώμα από μια δύναμη εξαρτάται και από την επιφάνεια στην οποία αυτή εφαρμόζεται; (Θεωρήστε ότι τα άτομα που αποτελούν το σώμα είναι μπάλες συνδεδεμένες μεταξύ τους με σκληρά ελατήρια.)

2. Πως εξηγείτε ότι οι φακίρηδες μπορούν και ξαπλώνουν πάνω σε ένα κρεβάτι φτιαγμένο από χιλιάδες καρφιά; Πιστεύετε ότι θα αισθάνονται πιο άνετα σε ένα κρεβάτι με λίγα ή με πολλά καρφιά;

3. Μπορείτε να σκεφτείτε πως καταφέρνει ένα κράνος να προστατέψει το κεφάλι μας στην περίπτωση που πέσουμε πάνω σε μια πέτρα;

4. Γιατί ένα μαχαίρι κόβει περισσότερο από έναν χάρακα; Τι συμβαίνει όταν το μαχαίρι στομώνει;

5. Ένας ελέφαντας έχει μάζα περίπου έξι τόνων ενώ το εμβαδόν κάθε πέλματος είναι περίπου $A_\pi = 0{,}15\mathrm{m}^2$.

   α) Ποιο είναι το βάρος του ελέφαντα;

   β) Ποια είναι η δύναμη που ασκεί κάθε πέλμα στη Γη;

   γ) Ποια είναι η πίεση που προκαλεί το πέλμα του στη Γη;

   δ) Γιατί άραγε η φύση προίκισε όλα τα βαριά ζώα με πέλματα μεγάλου εμβαδού;

6. Μέσα στα οχηματαγωγά πλοία, όπως και σε κάποιους δρόμους, υπάρχει περιορισμός στο μέγιστο βάρος ανά άξονα που μπορεί να έχει ένα όχημα όπως φαίνεται στην πινακίδα του Κ.Ο.Κ στο διπλανό σχήμα. Γιατί απασχολεί τους κατασκευαστές δρόμων (και πλοίων) το βάρος ανά άξονα;

4.2 Η πίεση στα ρευστά.

Τι είναι τα ρευστά;

Στο υπόλοιπο του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε με φαινόμενα που παρατηρούνται σε υγρά και σε αέρια, τα οποία λόγω κάποιων κοινών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν θα τα αποκαλούμε στο εξής ρευστά.

► **Ρευστά** ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο τοποθετούνται.

Και η πίεση που κολλάει;

Επειδή τα υγρά και τα αέρια είναι εύπλαστα δίνουν την εντύπωση ότι δεν μπορούν να ασκήσουν μεγάλες δυνάμεις και πιέσεις. Αν, για παράδειγμα, πιέσουμε με το δάχτυλο μας την επιφάνεια του νερού που ηρεμεί μέσα σε ένα ποτήρι, αυτό υποχωρεί με ελάχιστη πίεση. Θα δούμε όμως ότι τα ρευστά σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να ασκήσουν τεράστιες δυνάμεις και μάλιστα ότι και αυτή τη στιγμή που διαβάζετε Φυσική, σας ασκούν τεράστιες δυνάμεις και ας μην τις καταλαβαίνετε.

Ρευστά ακίνητα και περιορισμένα.

Μια από τις περιπτώσεις στην οποία τα ρευστά μπορούν να ασκήσουν τεράστιες δυνάμεις και πιέσεις είναι όταν αυτά βρίσκονται ακίνητα και περιορισμένα μέσα σε κάποιο δοχείο όπως π.χ. όταν τα έχουμε περιορίσει μέσα σε κάποια σύριγγα. Ας ξεκινήσουμε πραγματοποιώντας μερικά απλά πειράματα με μια σύριγγα γεμάτη με νερό για να ανακαλύψουμε αν πράγματι τα ακίνητα και περιορισμένα ρευστά μπορούν να εμφανίσουν πίεση και να ασκήσουν δυνάμεις.[3]

Πείραμα 1ο.

α) Γεμίστε μια σύριγγα με νερό, κλείστε το στόμιο με το χέρι σας και πιέστε με όλη σας τη δύναμη το έμβολο. Ασκεί δύναμη το νερό στο έμβολο; .....

▷ **Συμπέρασμα 1:** Τα ρευστά μπορούν να ασκούν δυνάμεις. Ενίοτε και πολύ μεγάλες!

Πείραμα 2ο.

β) Ελευθερώστε το στόμιο της σύριγγας και πιέστε το έμβολο. Σε ποια κατεύθυνση πιστεύετε ότι ασκεί δυνάμεις το νερό στην περιοχή του στόμιου; .... Κλείστε το στόμιο της σύριγγας και επαναλάβετε το πείραμα, αυτή τη φορά όμως με μια σύριγγα η οποία έχει μια οπή στα πλαϊνά της τοιχώματα. Σε ποια κατεύθυνση πιστεύετε ότι ασκεί δυνάμεις το νερό στην περιοχή της οπής; . .

▷ **Συμπέρασμα 2:** Τα ρευστά ασκούν δυνάμεις κάθετα σε κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκονται σε επαφή!

Πείραμα 3ο.

γ) Αν το έμβολο στο πρώτο πείραμα έχει εμβαδόν $A = 2\text{cm}^2$ και εμείς του ασκήσαμε δύναμη $F = 10\text{N}$, πόση πίεση προκαλέσαμε στο νερό; .....

▷ **Συμπέρασμα 3:** Στα ρευστά μπορεί να υπάρχει πίεση.

Πείραμα 4ο.

δ) Πιέστε το έμβολο στη μια σύριγγα του υδραυλικού πιεστηρίου. Σε ποια σημεία του νερού πιστεύετε ότι δημιουργήθηκε πίεση; .....

▷ **Συμπέρασμα 4:** Η πίεση που ασκούμε σε ένα σημείο του ρευστού προκαλεί αύξηση της πίεσης σε κάθε σημείο του.

Πείραμα 5ο.

ε) Συγκρίνετε τη δύναμη που πρέπει να ασκήσετε στο κάθε έμβολο του υδραυλικού πιεστηρίου έτσι ώστε το νερό να ισορροπήσει. Πιστεύετε ότι η δύναμη που ασκείτε στο νερό μεταφέρεται αυτούσια σε κάθε σημείο του; ..... Μήπως όμως η πίεση που προκαλέσατε στο νερό μεταφέρεται αυτούσια σε κάθε σημείο του; .....

▷ **Συμπέρασμα 5:** Η πίεση που ασκούμε σε ένα σημείο του ρευστού προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε κάθε σημείο του.

[3] Στην παράγραφο αυτή θα αγνοήσουμε την πίεση που, όπως θα δούμε παρακάτω, προκαλεί η βαρύτητα. Φανταστείτε λοιπόν για την ώρα ότι κάνετε τα παρακάτω πειράματα στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS).

Το τελευταίο συμπέρασμα είναι γνωστό και ως αρχή του Πασκάλ

Η αρχή του Πασκάλ.

► Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού που είναι ακίνητο, προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.

Όπως μας λέει ο νόμος του Πασκάλ και όπως διαπιστώσαμε από το πείραμα με το υδραυλικό πιεστήριο, δεν είναι η δύναμη που ασκείται στο ρευστό το φυσικό μέγεθος που μας βολεύει για να περιγράψουμε την κατάσταση του αλλά η πίεση. Η ιδιότητα των υδραυλικών πιεστηρίων να πολλαπλασιάζουν τη δύναμη που ασκούμε στο μικρό έμβολο έχει πάρα πολλές εφαρμογές π.χ. στις πρέσες στη βιομηχανία, στους εκσκαφείς, στους γρύλους που σηκώνουν αυτοκίνητα κ.τ.λ. Ας κάνουμε μια εφαρμογή για να καταλάβουμε πως λειτουργεί.

Εφαρμογή: Υδραυλικό πιεστήριο.

Το υδραυλικό πιεστήριο του σχήματος αποτελείται από δύο ανισομεγέθεις σύριγγες. Η μικρότερη έχει έμβολο εμβαδού $A_1 = 1\text{cm}^2$ ενώ η μεγαλύτερη έχει εμβαδόν $A_2 = 10\text{cm}^2$. Αν ασκήσουμε στο μικρότερο από τα δύο έμβολα δύναμη $F_1 = 10\text{N}$ υπολογίστε:

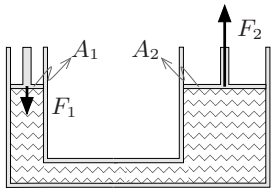
α) Ποια είναι η πίεση του νερού στη μικρή σύριγγα; .....

β) Ποια είναι η πίεση του νερού στη μεγάλη σύριγγα; .....

γ) Ποια είναι η δύναμη που ασκείται στο μεγάλο έμβολο; .....

Για να βρούμε τη λύση στη παραπάνω εφαρμογή, στο βήμα β) χρησιμοποιήσαμε την αρχή του Πασκάλ. Με τη βοήθεια της, μπορούμε εύκολα να γενικέψουμε το παραπάνω αποτέλεσμα για έμβολα οποιονδήποτε διαστάσεων. Έστω λοιπόν ότι το ένα έμβολο έχει εμβαδόν A_1 και του ασκούμε δύναμη F_1, ενώ το δεύτερο έχει εμβαδόν A_2. Πόση θα είναι άραγε η δύναμη F_2; Για να τη βρούμε ξεκινάμε από την αρχή του Πασκάλ:

$$p_2 = p_1 \Rightarrow \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1} \Rightarrow F_2 = F_1 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$



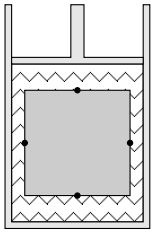
Από την παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι μπορούμε να πολλαπλασιάσουμε τη δύναμη μας F_1 όσο θέλουμε απλά επιλέγοντας κατάλληλα τα εμβαδά των εμβόλων A_2 και A_1!

Ασκήσεις:

1. Μπορείτε να εξηγήσετε πως είναι δυνατόν όταν εμείς σπρώχνουμε το έμβολο σε μια σύριγγα προς τα μέσα, το νερό να ασκεί δυνάμεις προς κάθε κατεύθυνση; (Θεωρείστε ότι τα μόρια του νερού είναι μικροσκόπικες σφαίρες που γλιστρούν μεταξύ τους.)

2. Όταν φουσκώνουμε το λάστιχο ενός ποδηλάτου από τη βαλβίδα, αυτό φουσκώνει ομοιόμορφα σε όλη του την έκταση. Αυτό είναι σύμφωνο με την αρχή του Πασκάλ;

3. Τοποθετούμε ένα κύβο με ακμή $l = 1\text{cm}$ (π.χ ένα ζάρι ή έναν κύβο από πλαστελίνη) μέσα σε μια σύριγγα γεμάτη με νερό και πιέζουμε το έμβολο προκαλώντας πίεση $p = 10\text{N/cm}^2$.



   α) Ποιο είναι το εμβαδόν κάθε έδρας;

   β) Ποιο είναι το μέτρο της δύναμης που ασκείται σε κάθε έδρα;

   γ) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στις τέσσερις έδρες που εμφανίζονται στο σχήμα.

   δ) Προς τα πού περιμένετε να κινηθεί ο κύβος;

   ε) Πραγματοποιήστε το πείραμα και ελέγξτε τις προβλέψεις σας.

4. Ένας άνθρωπος έχει στο αυτοκίνητο του ένα γρύλο με έμβολα διαστάσεων $A_1 = 0{,}1\text{cm}^2$ και $A_2 = 100\text{cm}^2$ και ασκεί στο μικρό έμβολο δύναμη $F_1 = 5\text{N}$. Ποια είναι η δύναμη F_2 που ασκείται στο μεγάλο έμβολο;

5. Πόση δύναμη πρέπει να ασκήσει στο έμβολο του γρύλου ο παραπάνω οδηγός ώστε να ανυψώσει πλήρως ένα αυτοκίνητο μάζας 2.000kg.

4.3 Υδροστατική πίεση.

Είδαμε ότι όταν ασκούμε δύναμη στο έμβολο μιας σύριγγας γεμάτης με νερό τότε δημιουργείται πίεση. Μεταξύ μας όμως, μέσα στη σύριγγα υπήρχε πίεση ακόμα και προτού εμείς ασκήσουμε δύναμη στο έμβολο! Αυτό μάλιστα δεν ισχύει μόνο στις σύριγγες αλλά και σε κάθε δοχείο με νερό στον πλανήτη μας. Αν δεν με πιστεύετε τρυπήστε ένα πλαστικό μπουκάλι χαμηλά στο πλαϊνό του τοίχωμα, βγάλτε το καπάκι και θαυμάστε το νερό που πετάγεται έξω με πίεση χωρίς εσείς να το πιέζετε καθόλου. Ας προσπαθήσουμε να ανακαλύψουμε που οφείλεται αυτή η πίεση και πόση είναι λύνοντας μια απλή άσκηση.

Η πίεση του νερού σε μια δεξαμενή.

Γεμίζουμε μια δεξαμενή κυβικού σχήματος και ακμής $l = 1\text{m}$ με νερό.

α) Ποιος είναι ο όγκος της δεξαμενής;.....

β) Ποια είναι η μάζα του νερού που περιέχεται σε αυτήν;[4] .....

γ) Ποιο είναι το βάρος του νερού; .....

δ) Ποιο είναι το εμβαδόν της βάσης; .....

ε) Ποια είναι η πίεση που ασκείται στη βάση της δεξαμενής; .....

▷ **<u>Συμπέρασμα 1:</u>** Ένα υγρό που ηρεμεί μέσα σε ένα δοχείο στον πλανήτη μας εμφανίζει πίεση λόγο του ίδιου του <u>βάρους</u> του! Η πίεση αυτή ονομάζεται **υδροστατική πίεση**.

στ) Ποια πιστεύετε ότι θα είναι η πίεση σε βάθος $0{,}5\text{m}$; .....

[4] Υπενθυμίζουμε ότι η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_\nu = 1.000\text{kg/m}^3$

ζ) Πως θα μεταβαλλόταν η πίεση αν μεταφέραμε τη δεξαμενή στη Σελήνη; .... Στο διάστημα; .....

η) Πως θα άλλαζε η πίεση αν αντί νερού είχαμε γεμίσει τη δεξαμενή με υδράργυρο; (Δίνεται $\rho_{Hg} = 13.600\mathrm{kg/m^3}$) .....

▷ **<u>Συμπέρασμα 2:</u>** Η υδροστατική πίεση που εμφανίζεται σε ένα σημείο του υγρού εξαρτάται από το βάθος $\boldsymbol{h}$ στο οποίο βρίσκεται το σημείο, την ένταση $\boldsymbol{g}$ του βαρυτικού πεδίου και την πυκνότητα $\boldsymbol{\rho}$ του υγρού.

Αποδεικνύεται ότι η πίεση $\boldsymbol{p}$ σε κάποιο σημείο του ρευστού είναι ανάλογη της πυκνότητας $\boldsymbol{\rho}$ του υγρού, της επιτάχυνσης της βαρύτητας $\boldsymbol{g}$ και του βάθους $\boldsymbol{h}$ στο οποίο βρίσκεται το σημείο στο οποίο μετράμε την πίεση:

Ο Νόμος της υδροστατικής πίεσης.

$$\boldsymbol{p} = \quad \cdot \quad \cdot \tag{4.2}$$

Η σχέση αυτή ονομάζεται **νόμος της υδροστατικής πίεσης**.

Την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάθος μπορούμε εύκολα να την επαληθεύσουμε στο εργαστήριο χρησιμοποιώντας ένα **μανόμετρο**.[5] Βυθίστε λοιπόν το μανόμετρο μέσα σε ένα δοχείο με νερό και παρατηρήστε τη μεταβολή της ένδειξης καθώς αλλάζετε το βάθος.

Ασκήσεις:

1. Από ότι είδαμε, η υδροστατική πίεση μέσα σε ένα μπουκάλι γεμάτο με νερό δεν έχει την ίδια τιμή σε κάθε σημείο του, αλλά εξαρτάται από το βάθος. Αυτό κατά τη γνώμη σας έρχεται σε αντίθεση με την αρχή του Πασκάλ;

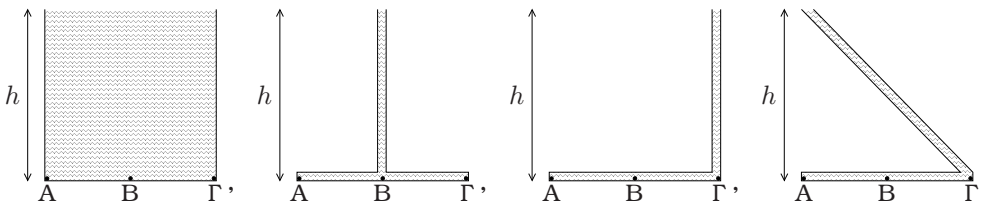
2. Αν γεμίσουμε ένα πλαστικό μπουκάλι με νερό και κάνουμε μια τρύπα χαμηλά στα τοιχώματα του, το νερό πετάγεται έξω με πίεση. Παρατηρούμε όμως πως η πίεση μειώνεται καθώς η στάθμη του νερού στο μπουκάλι πέφτει. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

3. Οι τέσσερις δεξαμενές που φαίνονται στο σχήμα έχουν όλες ύψος $h = 1\mathrm{m}$ και περιέχουν μάζα $1000\mathrm{kg}$, $100\mathrm{kg}$, $100\mathrm{kg}$, και $120\mathrm{kg}$ νερού αντίστοιχα.

   α) Σε ποιο από τα σημεία Α, Β, Γ, πιστεύετε ότι η πίεση έχει μεγαλύτερη τιμή σε κάθε δεξαμενή;

   β) Σε ποια από τις δεξαμενές πιστεύετε ότι η πίεση έχει μεγαλύτερη τιμή στο σημείο Α;

   γ) Υπολογίστε την πίεση στα σημεία Α, Β, Γ, σε κάθε δεξαμενή.



4. Τα περισσότερα υποβρύχια δεν μπορούν να καταδυθούν σε βάθος μεγαλύτερο από $1.000\mathrm{m}$. Μπορείτε να μαντέψετε τον λόγο;

[5] **Μανόμετρο** ονομάζεται το όργανο με το οποίο μετράμε την υδροστατική πίεση.

5. Ένας δύτης έχει ξαπλώσει μπρούμυτα σε βάθος $30\mathrm{m}$. Αν το εμβαδόν της πίσω όψης του δύτη είναι $1\mathrm{m}^2$

   α) Ποια είναι η πίεση στο βάθος που βρίσκεται ο δύτης;

   β) Πόση είναι η δύναμη που ασκείται στην πλάτη του δύτη;

   γ) Γιατί δεν συνθλίβεται ο δύτης;

   δ) Γιατί πονάνε τα αφτιά του όταν βουτάει σε μεγάλο βάθος;

6. Ένα αυτοκίνητο ξεφεύγει από την πορεία του και πέφτει στη θάλασσα. Όταν το αυτοκίνητο βρίσκεται σε βάθος $5\mathrm{m}$ και ενώ δεν έχει ακόμα γεμίσει με νερό, ο οδηγός επιχειρεί να ανοίξει την πόρτα.[6] Αν η πόρτα έχει εμβαδό $1\mathrm{m}^2$

   α) Πόση δύναμη θα χρειαστεί για να ανοίξει την πόρτα;

   β) Πόση δύναμη θα χρειαστεί για να ανοίξει την πόρτα όταν το αυτοκίνητο θα έχει γεμίσει με νερό;

7. Συνήθως τα αδιάβροχα ρολόγια γράφουν στο πίσω μέρος τους τη μέγιστη τιμή της πίεσης την οποία αντέχουν χωρίς να επιτρέψουν τη διείσδυση του νερού στο εσωτερικό τους. Το ρολόι του Φυσικού σας γράφει στο πίσω μέρος του την ένδειξη $3\mathrm{atm}$. Αν $3\mathrm{atm} = 300.000\mathrm{Pa}$ ποιο είναι το μέγιστο βάθος στο οποίο παραμένει αδιάβροχο;

8. Ο Πασκάλ το 1646 έκανε ένα πείραμα που χαρακτηρίστηκε από τους παρευρισκόμενους ως παράδοξο. Πήρε ένα μεγάλο και ανθεκτικό βαρέλι χωρητικότητας ενός τόνου νερού και το γέμισε πλήρως. Στη συνέχεια έκανε μια μικρή τρύπα στο πάνω μέρος του βαρελιού και προσάρμοσε ένα λεπτό σωλήνα ύψους περίπου $10\mathrm{m}$ και τον γέμησε μέχρι επάνω με το ελάχιστο νερό που χωρούσε. Το αποτέλεσμα ήταν η ελάχιστη αυτή ποσότητα νερού να προκαλέσει το σκάσιμο του βαρελιού όπως φαίνεται στο σχήμα. Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινομενο; (Βλέπε και σελ. 72 του βιβλίου)

4.4 Συνέπειες υδροστατικής πίεσης.

Όπως είδαμε η υδροστατική πίεση έχει πολλές συνέπειες στη ζωή μας. Θα δούμε τώρα τρια φαινόμενα που οφείλονται στην υδροστατική πίεση και έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον αλλά και πολλές εφαρμογές στη ζωή μας. Ας δούμε λοιπόν γιατί τα υδραγωγεία κατασκευάζονται πάντα ψηλά, γιατί όλα τα σώματα μέσα στο νερό μοιάζουν ελαφρύτερα (και ενίοτε επιπλέουν) και γιατί μπορούμε να πίνουμε τον χυμό μας με το καλαμάκι. Ας ξεκινήσουμε με το ποιο σημαντικό, την ατμοσφαιρική πίεση, η οποία δίνει στον κάθε Έλληνα τη δυνατότητα να πίνει τον καφέ του με καλαμάκι!

4.4.1 Ατμοσφαιρική πίεση.

Είδαμε ότι, όταν βρισκόμαστε μέσα στη θάλασσα, μας ασκείται υδροστατική πίεση, η οποία οφείλεται στο βάρος του νερού. Μάλιστα, είδαμε ότι υδροστατική πίεση

[6] Θεωρήστε ότι όλη η επιφάνεια της πόρτας βρίσκεται σε βάθος $5\mathrm{m}^2$.

εμφανίζεται μέσα σε κάθε ρευστό που βρίσκεται στον πλανήτη μας. Από την άλλη όλοι ξέρουμε ότι περνάμε τη ζωή μας μέσα σε ένα ρευστό, τον αέρα, οπότε σίγουρα και ο αέρας θα μας ασκεί υδροστατική πίεση. Την υδροστατική πίεση που μας ασκεί ο αέρας την ονομάζουμε **ατμοσφαιρική πίεση**. Ας δούμε πως προκύπτει, πόση είναι και ποιες είναι οι συνέπειες που έχει στη ζωή μας.

α) Ο αέρας είναι ρευστό; ..... Μπορεί να εμφανίζει πίεση; .....

β) Ο αέρας έχει μάζα;.... Έχει βάρος;.... Περιμένετε να παρουσιάζει υδροστατική πίεση;.... Πως ονομάζουμε την υδροστατική πίεση του αέρα;.....

γ) Αφού η ατμοσφαιρική πίεση είναι υδροστατικής φύσεως μπορούμε να την υπολογίσουμε από τον νόμο της υδροστατικής πίεσης; .....
Γιατί; .....

δ) Πόση λέτε να είναι η ατμοσφαιρική πίεση; $P_{\alpha\tau\mu} =$.....

ε) Πόση δύναμη ασκεί η ατμοσφαιρική πίεση σε επιφάνεια εμβαδού $1\mathrm{m}^2$; .....
..... Γιατί δεν μας συνθλίβει; .....

Είδαμε λοιπόν ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι τεράστια και ας μην την αισθανόμαστε εμείς να μας καταπιέζει. Υπάρχουν άραγε κάποιες συνέπειες της ατμοσφαιρικής πίεσης στην καθημερινή μας ζωή; .....
.....

Ασκήσεις:

1. Ένας μαθητής αγοράζει έναν χυμό σε χάρτινη συσκευασία από το Ηράκλειο και στη συνέχεια ανεβαίνει στην κορυφή του Ψηλορείτη. Εκεί παρατηρεί ότι η χάρτινη συσκευασία έχει φουσκώσει σαν μπαλόνι. Εξηγήστε γιατί.

2. Γιατί κολλάνε οι βεντούζες; Γιατί μόνο σε λείες επιφάνειες; Πόση δύναμη χρειάζεται για να ξεκολλήσουμε μια βεντούζα εμβαδού $A = 1\mathrm{m}^2$;

3. Ένας μαθητής πίνει ένα χυμό με το καλαμάκι.

   α) Εξηγήστε γιατί ανεβαίνει ο χυμός προς τα πάνω.

   β) Γιατί καθώς ρουφάει τον χυμό το χαρτόκουτο συνθλίβεται.

4. Ένας κουβάς έχει βάθος $h = 0{,}5\mathrm{m}$ και είναι γεμάτος με νερό.

   α) Ποια είναι η πίεση στον πάτο του κουβά, όταν αυτός βρίσκεται σε μια αίθουσα από την οποία έχουμε αφαιρέσει την ατμόσφαιρα;

   β) Ποια είναι η πίεση στον πάτο του κουβά παρουσία αέρα;

5. Ένα μπαλόνι γεμάτο με αέριο ήλιο (He) έχει όγκο $5\mathrm{L}$. Αν η πυκνότητα του αέρα είναι περίπου $\rho_\alpha = 1{,}2\mathrm{g/L}$ βρείτε:

   α) Ποια είναι η άνωση που του ασκείται;

   β) Ποια είναι η άνωση που ασκείται σε ένα μπαλόνι ίσου όγκου γεμάτο με αέρα;

   γ) Γιατί το μπαλόνι με το ήλιο πετάει ενώ το μπαλόνι με τον αέρα πέφτει;

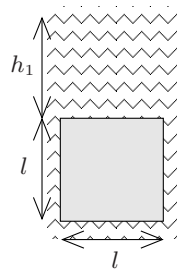
6. Σε τι βάθος μέσα σε μια λίμνη η υδροστατική πίεση του νερού γίνεται ίση με την ατμοσφαιρική πίεση;

4.4.2 Άνωση.

Όλοι μας παίζοντας στη θάλασσα έχουμε παρατηρήσει ότι όλα τα σώματα μέσα στο νερό, π.χ. μια πέτρα, μοιάζουν πιο ελαφριά. Μερικά μάλιστα, π.χ. ένας άνθρωπος, όχι απλά μοιάζουν πιο ελαφριά, αλλά επιπλέουν. Υπεύθυνη για το φαινόμενο αυτό είναι η δύναμη που ασκούν τα υγρά (και όλα τα ρευστά) στα σώματα που βρίσκονται βυθισμένα μέσα σε αυτά. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση**. Η άνωση, όπως θα δούμε, δεν είναι τίποτα άλλο, παρά η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα λόγω της υδροστατική πίεσης. Μια εφαρμογή θα σας πείσει.

Εφαρμογή: Άνωση.

Ένα υποβρύχιο κυβικού σχήματος και ακμής $l = 1\mathrm{m}$, έχει καταδυθεί ώστε η πάνω έδρα του να βρίσκεται σε βάθος $h_1 = 1\mathrm{m}$ όπως φαίνεται στο σχήμα.



α) Ποια είναι η πίεση p_u στην πάνω έδρα του κύβου; ...
.....

β) Ποια είναι η δύναμη F_u που ασκείται στην πάνω έδρα του κύβου; .....

γ) Ποια είναι η πίεση p_d στην κάτω έδρα του κύβου; ...
.....

δ) Ποια είναι η δύναμη F_d που ασκείται στην κάτω έδρα του κύβου; .....

ε) Σχεδιάστε στο σχήμα τις δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε έδρα λόγω της υδροστατικής πίεσης.

στ) Υπολογίστε και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη A των δυνάμεων που ασκούνται στον κύβο λόγω της υδροστατικής πίεσης; .....

ζ) Πώς ονομάζεται αυτή η συνισταμένη δύναμη που συμβολίσαμε με A; .....

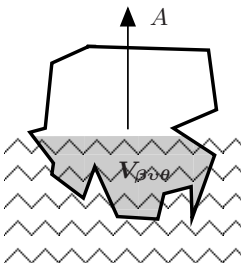
Δείξαμε λοιπόν ότι η άνωση A που ασκείται σε ένα σώμα δεν είναι παρά η συνισταμένη δύναμη όλων των δυνάμεων που ασκεί το νερό στο σώμα λόγω υδροστατικής πίεσης. Βρήκαμε επίσης ότι η άνωση έχει κατακόρυφη διεύθυνση με φορά προς τα πάνω και μάλιστα το συμπέρασμα αυτό ισχύει για σώματα οποιουδήποτε σχήματος.[7] Η άνωση μελετήθηκε για πρώτη φορά από τον Αρχιμήδη (πριν από 2.300 χρόνια !!!) ο οποίος διατύπωσε την ακόλουθη πρόταση, που είναι γνωστή ως αρχή του Αρχιμήδη:

Η αρχή του Αρχιμήδη.

► Τα υγρά ασκούν δυνάμεις σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά. Η συνισταμένη των δυνάμεων αυτών ονομάζεται **άνωση**, είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα.

$$\boldsymbol{A = \rho_{\upsilon\gamma\rho} \cdot g \cdot V_{\beta\upsilon\theta}} \tag{4.3}$$

[7] Αυτό μπορείτε εύκολα να το διαπιστώσετε βυθίζοντας ένα κομμάτι πλαστελίνης μέσα στο νερό. Αν το ζυγίσετε ενώ βρίσκεται μέσα στο νερό, ότι σχήμα και να δώσετε στην πλαστελίνη, η ένδειξη του δυναμόμετρου παραμένει πάντα ίδια.



όπου A είναι το μέτρο της άνωσης που ασκείται στο σώμα, $\rho_{\upsilon\gamma\rho}$ η πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο το σώμα, g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, και $V_{\beta\upsilon\theta}$ είναι ο όγκος του σώματος που βρίσκεται βυθισμένος μέσα στο υγρό, όπως φαίνεται στο σχήμα. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η αρχή του Αρχιμήδη δεν ισχύει μόνο για τα υγρά αλλά και για τα αέρια. Ας δούμε μια εφαρμογή για να κατανοήσουμε καλύτερα την αρχή του Αρχιμήδη.

Εφαρμογή. Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού προκλήθηκε μια κατολίσθηση, με αποτέλεσμα την πτώση ενός βράχου όγκου $V = 1\mathrm{m}^3$ και πυκνότητας $\rho_\beta = 2.500\mathrm{kg/m}^3$ μέσα στη θάλασσα.

α) Υπολογίστε την άνωση που ασκείται στον βράχο, όταν αυτός έχει βυθιστεί πλήρως. .....

β) Γιατί δεν επιπλέει ο βράχος; .....

γ) Αν ο βράχος έπεφτε στα ρηχά, με αποτέλεσμα να βυθιστεί μέσα στο νερό μόνο ο μισός βράχος, πόση θα ήταν η άνωση που θα του ασκούνταν; .....
.....

Ασκήσεις:

1. Ρίχνουμε στη θάλασσα τρία κομμάτια σίδερο. Το ένα έχει σφαιρικό σχήμα, το δεύτερο κυβικό σχήμα και το τρίτο σχήμα πυραμίδας. Αν και τα τρία έχουν τον ίδιο όγκο, σε ποιο από τα τρία ασκείται μεγαλύτερη άνωση;

2. Βουλιάζουμε πλήρως στη θάλασσα ένα κομμάτι φελιζόλ, ένα κομμάτι ξύλο και ένα κομμάτι χρυσού ίδιου όγκου. (Δίνεται $\rho_\phi < \rho_\xi < \rho_\chi$)

   α) Σε ποιο από τα τρία η άνωση είναι μεγαλύτερη;

   β) Αν τα αφήσουμε ελεύθερα ποια θα επιπλέουν; Γιατί;

3. Βουλιάζουμε πλήρως στη θάλασσα ένα κομμάτι φελιζόλ, ένα κομμάτι ξύλο και ένα κομμάτι χρυσού ίδιας μάζας. (Δίνεται $\rho_\phi < \rho_\xi < \rho_\chi$)

   α) Σε ποιο από τα τρία η άνωση είναι μεγαλύτερη;

   β) Αν τα αφήσουμε ελεύθερα ποια θα επιπλέουν; Γιατί;

4. Ρίχνουμε στη θάλασσα ένα κομμάτι σίδερο και ένα κομμάτι φελιζόλ ίδιου όγκου και παρατηρούμε ότι το σίδερο βουλιάζει και το φελιζόλ επιπλέει. Σε ποιο από τα δύο η άνωση είναι μεγαλύτερη;

5. Σπρώχνουμε μέσα σε μια λίμνη δύο σώματα A και B ώστε να τα διατηρούμε πλήρως βυθισμένα. Αν ο όγκος τους είναι $V_A = 1\mathrm{m}^3$, $V_B = 1\mathrm{m}^3$ και η πυκνότητα τους είναι $\rho_A = 999{,}9\mathrm{kg/m}^3$ και $\rho_B = 1000{,}1\mathrm{kg/m}^3$

   α) Ποιο είναι το βάρος του κάθε σώματος;

   β) Ποια είναι η άνωση που ασκείται σε κάθε σώμα;

   γ) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε κάθε σώμα;

   δ) Ποιο από τα δύο σώματα θα επιπλέει, αν το αφήσουμε ελεύθερο;

ε) Ποιο πιστεύετε ότι είναι το χαρακτηριστικό ενός σώματος που καθορίζει αν αυτό θα επιπλέει στο νερό ή όχι;

6. Σε ένα ελαιοτριβείο λόγω μηχανικού προβλήματος πέφτει μέσα στο λάδι ένα σιδερένιο εξάρτημα όγκου $V = 0{,}1\mathrm{m}^3$. (Δίνονται η πυκνότητα του σίδερου $\rho_\sigma = 8.000\mathrm{kg/m}^3$ και του ελαιόλαδου $\rho_\lambda = 900\mathrm{kg/m}^3$)

   α) Ποιο είναι το βάρος του εξαρτήματος;

   β) Ποια είναι η άνωση που ασκείται σε αυτό;

   γ) Ποια είναι η ελάχιστη δύναμη με την οποία πρέπει να τραβήξουμε το εξάρτημα ώστε να αρχίσει να ανεβαίνει προς την επιφάνεια;

4.4.3 Συγκοινωνούντα δοχεία.

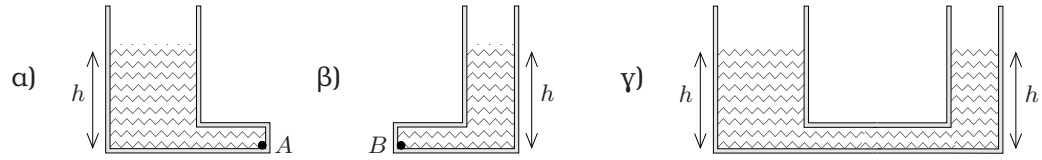
Πείραμα. Γεμίστε τα συγκοινωνούντα δοχεία του εργαστηρίου με νερό.

α) Συγκρίνετε τη στάθμη του νερού σε κάθε σωλήνα. .....

β) Αφού το βάρος του νερού σε κάθε ένα από τους σωλήνες δεν είναι το ίδιο, γιατί το νερό ισορροπεί στο ίδιο ύψος; .....

Αν ο λόγος που το νερό στέκεται στο ίδιο ύψος δεν σας είναι προφανής ας κάνουμε μια απλή εφαρμογή που θα το ξεκαθαρίσει.

Εφαρμογή: Συγκοινωνούντα δοχεία. Γεμίζουμε τα δοχεία στα σχήματα α) και β) με νερό ύψους $h = 0{,}2\mathrm{m}$.



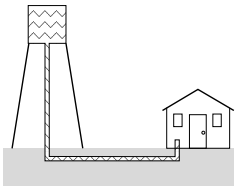
α) Ποια θα είναι η πίεση στο σημείο Α του δοχείου στο σχήμα α); .....

β) Ποια θα είναι η πίεση στο σημείο Β του δοχείου στο σχήμα β); .....

γ) Αν συνδέσουμε τα δύο δοχεία όπως φαίνεται στο σχήμα γ) προς ποια κατεύθυνση πιστεύετε ότι θα έχουμε ροή νερού μεταξύ των δοχείων; .....
.....

Το συμπέρασμα αυτό έχει γίνει γνωστό ως **αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων**:

► Όταν ισορροπεί ένα υγρό μέσα σε συγκοινωνούντα δοχεία, η ελεύθερη επιφάνεια του σε όλα τα δοχεία βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.



Το φαινόμενο που περιγράψαμε είναι ο λόγος που τα υδραγωγεία είναι πάντα κατασκευασμένα όσο πιο ψηλά γίνεται. Ο σωλήνας του νερού έχει το ένα άκρο στο υδραγωγείο και το άλλο άκρο στο σπίτι μας, όπως φαίνεται στο σχήμα. Έτσι, μόλις ανοίξουμε τη βρύση στο σπίτι, το νερό θα βγει με πίεση προσπαθώντας να φτάσει στο ίδιο ύψος με το νερό στο υδραγωγείο.

Μάλιστα οι Ρωμαίοι πλήρωσαν ακριβά την άγνοια τους στον τομέα της υδροστατικής, αφού για να περάσουν το νερό από τη μια πλαγιά του βουνού στην απέναντι, έφτιαχναν γέφυρες (όπως αυτή στην Αγία Ειρήνη κοντά στην Κνωσό) από τις οποίες περνούσε το νερό, αντί απλά να περάσουν σωλήνες κάτω στη Γη και να αφήσουν την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων να κάνει τη δουλειά της. (Βλέπε και σχήμα σελ. 71 του βιβλίου.)

Κεφάλαιο 5

Ενέργεια

Διάσημη και ζόρικη.

Η ενέργεια είναι μια έννοια για την οποία σίγουρα έχετε ακούσει πολλά και διάφορα. Βλέπετε, η ενέργεια δεν απασχολεί μόνο τους Φυσικούς, αλλά και τους μηχανικούς, τους βιολόγους, τους διαιτολόγους, τους περιβαλλοντολόγους, τους μαθητές και ανθρώπους κάθε είδους και απασχόλησης. Η αλήθεια είναι ότι, παρότι οι άνθρωποι μιλούν καθημερινά για την ενέργεια, συχνά δεν γνωρίζουν τι ακριβώς είναι. Για να είμαστε ειλικρινείς και οι Φυσικοί άργησαν να καταλάβουν τη αξία της, αφού η τεράστια σημασία της αναγνωρίστηκε από τους Φυσικούς μετά το 1850 μ.Χ.[1] Όπως μάλλον καταλάβατε η ενέργεια είναι μια κάπως ζόρικη έννοια!

Ενέργεια η διαθεματική.

Ο λόγος που βιολόγοι, μηχανικοί αλλά και μαθητές θέλουν να γνωρίζουν την ενέργεια που έχει κάποιο αντικείμενο γύρω τους, είναι ότι η ενέργεια τους πληροφορεί ποια είναι η δυνατότητα του αντικειμένου αυτού να προκαλέσει κάποιο χρήσιμο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, τα κύτταρα που μελετούν οι Βιολόγοι χωρίς ενέργεια δεν θα μπορούσαν να αναπνεύσουν, ή να αναπαραχθούν, οι κινητήρες που μελετούν οι μηχανικοί χωρίς ενέργεια δεν θα μπορούσαν να λειτουργήσουν, ενώ το κινητό τηλέφωνο ενός μαθητή χωρίς ενέργεια δεν θα μπορούσε, ούτε να στείλει ή να δεχθεί δεδομένα, ούτε και να απεικονίσει κάτι στην οθόνη του, δηλαδή θα ήταν τελείως άχρηστο.

Απαραίτητη και πανταχού παρούσα.

Όπως καταλαβαίνετε ένας κόσμος χωρίς ενέργεια θα ήταν εξαιρετικά βαρετός και σίγουρα χωρίς ζωή στον πλανήτη μας ή και οπουδήποτε αλλού! Μεταξύ άλλων και η ύπαρξη του σημερινού τεχνολογικού πολιτισμού θα ήταν αδύνατη χωρίς ενέργεια. Αυτός είναι και ο λόγος που πολλοί από τους σύγχρονους πολέμους είχαν αιτία την πρόσβαση σε πηγές ενέργειας όπως π.χ. το πετρέλαιο. Σήμερα γνωρίζουμε ότι ακόμα και η ύλη (εσείς, η Γη, ο Ήλιος, ...) δεν είναι παρά ενέργεια σε άλλη συσκευασία![2] Αν αρχίσατε να υποπτεύεστε ότι η ενέργεια είναι μια εξαιρετικά σημαντική έννοια για τον κόσμο μας και την επιστήμη, να ξέρετε ότι έχετε δίκιο.

Στο κεφάλαιο αυτό θα προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε τι είναι η ενέργεια, να γνωρίσουμε τις πολλές διαφορετικές μορφές με τις οποίες μπορεί να εμφανίζεται και πώς μπορεί να μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη χωρίς όμως <u>ποτέ να αυξάνεται ή να μειώνεται</u>. Αυτή η <u>εξαιρετικά</u> σημαντική ιδιότητα της ενέργειας να **διατηρείται** θα μας βοηθήσει να λύσουμε πολύ εύκολα κάποια δύσκολα προβλήματα. Τέλος, θα δούμε από που προέρχεται και που καταλήγει συνήθως η ενέργεια στον κόσμο μας.

[1] Για πρώτη φορά ο όρος ενέργεια εμφανίζεται στον Αριστοτέλη τον 4ο αιώνα π.Χ.

[2] Όπως μας εξήγησε ο Albert Einstein το 1905 με το περίφημο $E = m \cdot c^2$ της θεωρίας της σχετικότητας.

5.1 Ενέργεια. Τι είναι;

Τι είναι η ενέργεια; (Έλα ντε;)

Η λέξη ενέργεια προκύπτει από τις λέξεις "εν" (μέσα) και το "έργο" και δηλώνει την ικανότητα που κρύβει μέσα του ένα σώμα να παράγει έργο. Είναι σαν μια μαγική ουσία που πρέπει να διαθέτει ένα σώμα, για να μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στον εαυτό του ή στο περιβάλλον του. Ένας, κάπως πρόχειρος, ορισμός της ενέργειας λοιπόν είναι:

Ο ορισμός (;) της ενέργειας.

► Λέμε ότι ένα σώμα έχει ενέργεια, όταν μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στο περιβάλλον ή στην κατάσταση του.

Το κριτήριο της ομελέτας.

Για να καταλάβουμε τι είναι η ενέργεια, ας προσπαθήσουμε να την ανακαλύψουμε στα σώματα που βρίσκονται καθημερινά γύρω μας. Σύμφωνα με τον ορισμό, ένα αντικείμενο που έχει ενέργεια θα πρέπει να μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στο περιβάλλον του, π.χ. να σπάσει ένα αυγό. Για να ανακαλύψουμε λοιπόν αν κάποιο σώμα γύρω μας έχει ενέργεια δεν έχουμε παρά να εξετάσουμε εάν θα μπορούσε να σπάσει ένα αυγό. Ας εφαρμόσουμε λοιπόν αυτό το κριτήριο στα σώματα που ακολουθούν για να διαπιστώσουμε αν έχουν ενέργεια ή όχι.

Παραδείγματα ενέργειας.

α) Έχει ενέργεια ένα σφυρί ακίνητο πάνω στο δάπεδο; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

β) Έχει ενέργεια ένα σφυρί σε ύψος $h = 1\mathrm{m}$ από το δάπεδο; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

γ) Έχει ενέργεια ένα skateboard που κινείται με ταχύτητα $v = 10\mathrm{km/h}$; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

δ) Έχει ενέργεια ένα συμπιεσμένο ελατήριο; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

ε) Έχει ενέργεια μία φορτισμένη μπαταρία; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

στ) Έχει ενέργεια μια μακαρονάδα; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

ζ) Έχει ενέργεια ένα λίτρο βενζίνης; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

η) Έχει ενέργεια ένα πυρωμένο κομμάτι σίδερο; ..... Πώς ονομάζεται αυτή η μορφή ενέργειας; .....

Τα παραπάνω παραδείγματα μας οδηγούν στα εξείς συμπεράσματα:

▷ **Συμπέρασμα 1:** Για να φτιάξουμε μια ομελέτα, αλλά και για να προκληθεί οποιαδήποτε μεταβολή γύρω μας, χρειάζεται ενέργεια.

▷ **Συμπέρασμα 2:** Η ενέργεια βρίσκεται κρυμμένη στα σώματα γύρω μας σε πολλές διαφορετικές μορφές.

▷ **Συμπέρασμα 3:** Όσο περισσότερη ενέργεια έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερες μεταβολές μπορεί να προκαλέσει.

Η παραβολή του φιλοχρήματου.

Θα μπορούσε κανείς να παρομοιάσει τον ρόλο της ενέργειας στα φυσικά φαινόμενα με τον ρόλο των χρημάτων στη ζωή των ανθρώπων. Όπως ακριβώς ένας άνθρωπος χρειάζεται χρήματα για να προκαλέσει υλικές μεταβολές, π.χ. να αγοράσει τρόφιμα, βιβλία ή ρούχα, έτσι και ένα σώμα χρειάζεται ενέργεια για να προκαλέσει μεταβολές στο περιβάλλον του, π.χ. να σπάσει ένα αυγό, να καρφώσει ένα καρφί ή να ανέβει μια ανηφόρα. Μάλιστα, όπως το χρήμα υπάρχει σε πολλές μορφές π.χ. κάρτες, επιταγές, μετρητά και μπορεί να μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη, έτσι ακριβώς και η ενέργεια υπάρχει σε πολλές μορφές, όπως κινητική ενέργεια, δυναμική ενέργεια, χημική ενέργεια και μπορεί και αυτή να μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη. Τέλος, όπως όσο περισσότερα χρήματα έχει κάποιος τόσο μεγαλύτερες είναι οι αγορές που μπορεί να κάνει, έτσι ακριβώς και όσο περισσότερη ενέργεια έχει ένα σώμα τόσο πιο πολλά αυγά θα μπορεί να σπάσει, τόσο πιο βαθιά θα μπορεί να καρφώσει ένα καρφί, και τόσο πιο ψηλά θα μπορεί να ανέβει σε μια ανηφόρα.

Σύμβολα, Μονάδες.

Οι Φυσικοί, για να προσδιορίσουν ποσοτικά την ενέργεια ενός σώματος όρισαν το φυσικό μέγεθος της ενέργειας το οποίο μας πληροφορεί πόσο μεγάλες αλλαγές μπορεί να προκαλέσει το σώμα αυτό. Το σύμβολο που χρησιμοποιούμε για το φυσικό μέγεθος της ενέργειας είναι το γράμμα E συνήθως με κάποιον δείκτη που δηλώνει τη μορφή της ενέργειας στην οποία αναφερόμαστε π.χ. E_K για την κινητική ενέργεια, E_X για τη χημική ενέργεια, E_Θ για τη θερμική ενέργεια κ.τ.λ. Εξαίρεση η βαρυτική δυναμική ενέργεια που συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα U. Η μονάδα μέτρησης κάθε μορφής ενέργειας στο S.I. είναι το Joule[3] το οποίο συμβολίζεται με το γράμμα J, οπότε θα γράφουμε $U = 10\text{J}$, $E_K = 20\text{J}$ κ.τ.λ.

Ας μελετήσουμε τώρα σε λεπτομέρεια δύο από τις πιο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας που γνωρίσαμε, τη βαρυτική δυναμική ενέργεια U και την κινητική ενέργεια E_K.

5.1.1 Βαρυτική δυναμική ενέργεια.

Όπως μάλλον υποπτεύεστε, αν ένα σφυρί μάζας 1kg πέσει από ύψος ενός μέτρου πάνω στο πόδι σας θα του προκαλέσει πολλές και δυσάρεστες μεταβολές. Αφού λοιπόν μπορεί να προκαλέσει μεταβολές σε πόδια και αυγά, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το σφυρί αλλά και κάθε σώμα που βρίσκεται σε κάποιο ύψος από τη Γη έχει ενέργεια την οποία μάλιστα βαφτίσαμε **βαρυτική δυναμική ενέργεια**. Από τι να εξαρτάται άραγε η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος; Ας το ανακαλύψουμε.

α) Αφήνουμε δύο σφυριά βάρους $w_1 = 10\text{N}$ και $w_2 = 20\text{N}$ να πέσουν από ύψος $h = 1\text{m}$ πάνω σε δύο όμοια καρφιά. Ποιο σφυρί θα καρφώσει το καρφί πιο βαθιά; ..... Από ποιο φυσικό μέγεθος συμπεραίνετε ότι θα εξαρτάται η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος; .....

β) Αφήνουμε δύο όμοια σφυριά βάρους $w_1 = w_2 = 10\text{N}$ να πέσουν από ύψη $h_1 = 1\text{m}$ και $h_2 = 2\text{m}$ αντίστοιχα πάνω σε δύο όμοια καρφιά. Ποιο σφυρί θα καρφώσει το καρφί πιο βαθιά; ..... Από ποιο φυσικό μέγεθος συμπεραίνετε ότι θα εξαρτάται η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος; .....
.....

[3] Προς τιμήν του μεγάλου Φυσικού James Prescott Joule (1818–1889).

Ανακαλύψαμε λοιπόν ότι βαρυτική δυναμική ενέργεια γίνεται μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος w του και σε όσο μεγαλύτερο ύψος h βρίσκεται αυτό. Έτσι μάλλον δεν θα σας κάνει εντύπωση ότι η βαρυτική δυναμική ενέργεια ενός σώματος βάρους w που βρίσκεται σε ύψος h δίνεται από τη σχέση:[4] $\boldsymbol{U = w \cdot h}$. Μάλιστα επειδή όπως ξέρουμε το βάρος w ενός σώματος μάζας m που βρίσκεται σε ένα πλανήτη με επιτάχυνση της βαρύτητας g δίνεται από τη σχέση $w = m \cdot g$ η σχέση που δίνει την βαρυτική δυναμική ενέργεια του παραπάνω σώματος τελικά παίρνει την μορφή:

Βαρυτική δυναμική ενέργεια.

$$\boldsymbol{U = m \cdot g \cdot h} \tag{5.1}$$

Ας κάνουμε μια απλή εφαρμογή για να καταλάβουμε τι μας λέει η σχέση 5.1, αλλά και να ανακαλύψουμε πόσο πολλή ενέργεια είναι το ένα Joule.

Εφαρμογή: Ένα βιβλίο μάζας $m = 1\text{kg}$ βρίσκεται σε ύψος $h = 0{,}1\text{m}$ πάνω από τη Γη.

α) Ποια είναι η βαρυτική δυναμική του ενέργεια;.....

β) Θα λέγατε ότι ένα σώμα που έχει ενέργεια $E = 1\text{J}$ έχει τεράστια ενέργεια; .. .. Μπορεί να σπάσει ένα αυγό; .....

Ασκήσεις:

1. Πόση βαρυτική δυναμική ενέργεια έχει ένα αεροπλάνο μάζας $m = 300\text{t}$ $(= 300.000\text{kg})$ που πετάει σε ύψος 10.000m;

2. Αφήνουμε δύο σφυριά να πέσουν πάνω σε ένα καρφί. Αν το ένα έχει μάζα $m_1 = 2\text{kg}$ και βρίσκεται σε ύψος $h_1 = 0{,}3\text{m}$, ενώ το δεύτερο έχει μάζα $m_2 = 1\text{kg}$ και βρίσκεται σε ύψος $h_2 = 0{,}7\text{m}$, ποιο από τα δύο πιστεύετε ότι θα σπρώξει το καρφί πιο μέσα;

3. Ο σεισμός 9 Richter της Φουκοσίμα απελευθέρωσε στο επίκεντρο του ενέργεια περίπου $E = 10^{18}\text{J}$ $(= 1.000.000.000.000.000.000\text{J})$. Πόση μάζα m πρέπει να έχει ένα σώμα, ώστε όταν βρίσκεται σε ύψος $h = 1\text{m}$ να έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ίση με την ενέργεια που απελευθέρωσε ο σεισμός;

5.1.2 Κινητική ενέργεια.

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της προηγούμενης παραγράφου, αν ένα σφυρί βρίσκεται ακίνητο στο δάπεδο δεν έχει ενέργεια. Τι θα γινόταν όμως αν το σφυρί ήταν μεν πάνω στο πάτωμα αλλά βρισκόταν σε κίνηση, όπως για παράδειγμα ένα σφυρί που το έχουμε κλωτσήσει και γλιστράει πάνω στο πάτωμα; Αν κάποιο ανυποψίαστο αβγό βρεθεί στον δρόμο του σφυριού σίγουρα θα σπάσει, οπότε συμπεραίνουμε ότι το σφυρί, αλλά και κάθε άλλο σώμα, έχει ενέργεια λόγω της κίνησης του την οποία μάλιστα οι Φυσικοί την αποκαλούν **κινητική ενέργεια**. Από τι να εξαρτάται άραγε η κινητική ενέργεια ενός σώματος; Ας το ανακαλύψουμε.

[4] Φυσικά οι Φυσικοί δεν αρκέστηκαν στα ποιοτικά επιχειρήματα που χρησιμοποιήσαμε εμείς για να βρουν τη σχέση αυτή αλλά την βρήκαν από τους νόμους του Νεύτωνα χρησιμοποιώντας κάπως πιο προχωρημένα μαθηματικά!

α) Δύο σφυριά μάζας $m_1 = 1\text{kg}$ και $m_2 = 10\text{kg}$ κινούνται οριζόντια με ταχύτητα $v = 10\text{m/s}$. Ποιο σφυρί θα καρφώσει ένα καρφί στον τοίχο πιο βαθιά; ..... Άρα από ποιο φυσικό μέγεθος εξαρτάται η κινητική ενέργεια ενός σώματος; .....

β) Ένα σφυρί θα καρφώσει ένα καρφί πιο βαθιά αν κινείται με ταχύτητα $v_1 = 1\text{m/s}$ ή με ταχύτητα $v_2 = 10\text{m/s}$; ..... Άρα από ποιο φυσικό μέγεθος εξαρτάται η κινητική ενέργεια ενός σώματος; .....

Βρήκαμε λοιπόν ότι η κινητική ενέργεια κάποιου σώματος είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα και η ταχύτητα του. Έτσι μάλλον δεν σας φαίνεται περίεργο ότι η μαθηματική σχέση που δίνει τη κινητική ενέργεια ενός σώματος μάζας m που κινείται με ταχύτητα v είναι:[5]

Κινητική ενέργεια.

$$\boldsymbol{E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2} \tag{5.2}$$

Ας κάνουμε μια απλή εφαρμογή, για να καταλάβουμε τι μας λέει η παραπάνω σχέση.

Εφαρμογή: Ένα αυτοκίνητο μάζας $m = 1000\text{kg}$ κινείται με ταχύτητα $v = 30\text{m/s}$.

α) Ποια είναι η κινητική του ενέργεια;.....

β) Ποιες είναι οι μονάδες κινητικής ενέργειας; .....

Ας τελειώσουμε με έναν χρήσιμο ορισμό:

Μηχανική ενέργεια.

► Το άθροισμα της δυναμικής ενέργειας και της κινητικής ενέργειας ενός σώματος το ονομάζουμε **μηχανική ενέργεια**.

Ασκήσεις:

1. Το αεροπλάνο μάζας $m = 300\text{t}$ που εξετάσαμε σε προηγούμενη άσκηση πετάει σε ύψος 10.000m με ταχύτητα $v = 300\text{m/s}$. Ποια είναι α) η κινητική, β) η βαρυτική δυναμική και γ) η μηχανική ενέργεια του αεροπλάνου;

2. Μια σφαίρα πυροβόλου όπλου μάζας $m = 0{,}020\text{kg}$ κινείται με ταχύτητα $v = 500\text{m/s}$.

   α) Ποια είναι η κινητική ενέργεια της σφαίρας εκείνη τη στιγμή;

   β) Ποια είναι η δυναμική ενέργεια που έχει η σφαίρα όταν βρίσκεται ακίνητη σε ύψος $h = 100\text{m}$;

   γ) Κάποιος ισχυρίζεται ότι αν αφήσουμε μια ακίνητη σφαίρα να πέσει πάνω σε έναν άνθρωπο από ύψος $h = 100\text{m}$, θα προκαλέσει μεγαλύτερη ζημιά από τη σφαίρα που εκτοξεύεται από το όπλο. Συμφωνείτε;

3. Κρατάμε ένα σφυρί μάζας $m = 1\text{kg}$ ακίνητο σε ύψος $h_\alpha = 0{,}8\text{m}$.

   α) Τι μορφή ενέργειας έχει εκείνη τη στιγμή; Υπολογίστε την.

[5] Η σχέση 5.2 για την κινητική ενέργεια προκύπτει από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα. Απαιτούνται όμως πιο προχωρημένα μαθηματικά.

β) Κάποια στιγμή αφήνουμε το σφυρί να πέσει. Τι μορφές ενέργειας έχει σε ύψος $h = 0{,}6\text{m}$; Μπορείτε να τις υπολογίσετε;

γ) Τι μορφή ενέργειας έχει ακριβώς πριν χτυπήσει στο έδαφος; Μπορείτε να την υπολογίσετε;

δ) Αφού το σφυρί προσκρούσει στο έδαφος και ακινητοποιηθεί, τι μορφή πήρε η αρχική του ενέργεια; Μπορείτε να την υπολογίσετε;

5.2 Η αρχή διατήρησης της ενέργειας

Ήδη από την εισαγωγή του κεφαλαίου διαφημίζαμε ότι η ενέργεια έχει μια εξαιρετικά σημαντική ιδιότητα. Ας την αποκαλύψουμε λοιπόν (με γραμματοσειρά ανάλογη της σημασίας της):

Η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας.

▸ **Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ !!!!!!!**

Η ενέργεια ποτέ δεν παράγεται από το μηδέν και ποτέ δεν εξαφανίζεται. Μπορεί μόνο να μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη ή να μεταφέρεται από το ένα σώμα στο άλλο.[6]

Για να καταλάβουμε τι μας λέει η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας (Α.Δ.Ε.) ας δούμε μια απλή εφαρμογή με το αγαπημένο μας πια σφυρί:

Εφαρμογή: Κρατάμε ένα σφυρί μάζας $m = 1\text{kg}$ ακίνητο σε ύψος $h_\alpha = 0{,}8\text{m}$ μέσα σε ένα δωμάτιο από το οποίο έχουμε αφαιρέσει τον αέρα.

α) Τι μορφή ενέργειας έχει αρχικά; ..... Υπολογίστε την. .....

β) Αφήνουμε το σφυρί να πέσει. Τι μορφές ενέργειας έχει το σφυρί σε ύψος $h = 0{,}6\text{m}$; .....

γ) Ποια είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια στο ύψος αυτό; .....

δ) Ποια είναι η συνολική ενέργεια του σώματος στο ύψος αυτό; .....

ε) Ποια είναι η κινητική ενέργεια του σφυριού στο ύψος αυτό; .....

στ) Ποια είναι η ταχύτητα του σώματος στο ύψος αυτό; .....

ζ) Τι μορφές ενέργειας έχει το σφυρί ακριβώς πριν χτυπήσει στο πάτωμα; ....

η) Ποια είναι η κινητική ενέργεια του σφυριού τότε; .....

θ) Ποια είναι η ταχύτητα του σώματος ακριβώς πριν αγγίξει το έδαφος; .....

ι) Που πηγαίνει η ενέργεια όταν το σφυρί χτυπήσει στο έδαφος και ακινητοποιηθεί; .....

κ) Ποιες μετατροπές ενέργειας έλαβαν χώρα στο φαινόμενο που μελετήσαμε; .. ..

λ) Ποιες μεταφορές ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο έλαβαν χώρα; .....

[6] Γνωρίζουμε μια και μοναδική εξαίρεση στην αρχή της διατήρησης της ενέργειας. Συνέβη πριν από περίπου δεκαπέντε δισεκατομμύρια χρόνια και είναι η μεγάλη έκρηξη (Big Bang) που δημιούργησε ενέργεια από το τίποτα! Αυτή η ενέργεια κατέληξε σε αυτό που ονομάζουμε σήμερα σύμπαν!

μ) Τι θα άλλαζε αν το δωμάτιο είχε αέρα; .....

Η παραπάνω εφαρμογή μας δείχνει ότι η ενέργεια είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων Φυσικής. Φυσικά η Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας δεν ισχύει μόνο για το φαινόμενο της πτώσης σφυριών. Η ενέργεια στο σύμπαν παραμένει πεισματικά σταθερή ακόμα και στα πιο εντυπωσιακά φαινόμενα του κόσμου μας, όπως κατά την έκρηξη ενός τεράστιου αστέρα (υπερκαινοφανής αστέρας[7]), κατά τη διάρκεια ενός ισχυρού σεισμού ή κατά τη γέννηση και τον θάνατο ενός ζωντανού οργανισμού.

Ηθικό Δίδαγμα. Αν η ενέργεια δεν είχε την ιδιότητα να διατηρείται, κανείς δεν θα ενδιαφερόταν για αυτήν. Μάλιστα, ο λόγος που οι Φυσικοί άργησαν τόσο πολύ να πάρουν την ενέργεια στα σοβαρά, είναι ακριβώς γιατί δεν είχαν ανακαλύψει ότι διατηρείται πάντα! Το ηθικό δίδαγμα λοιπόν, είναι ότι η ιδιότητα της ενέργειας να διατηρείται είναι εξαιρετικά σημαντική για τη Φυσική και τον κόσμο μας.

Ασκήσεις:

1. Αφήνουμε ένα βιβλίο μάζας 2kg να πέσει από ύψος 5m. Θεωρήστε ότι η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα και βρείτε:

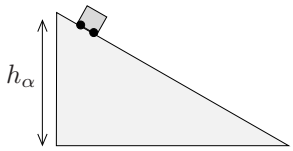
   α) Με τι ταχύτητα θα φτάσει το σώμα στο έδαφος;

   β) Αν το σώμα έχει διπλάσια μάζα, με τι ταχύτητα θα φτάσει στο έδαφος; Σας φαίνεται λογικό το αποτέλεσμα;

   γ) Τι απέγινε η αρχική ενέργεια του σφυριού όταν αυτό, αφού προσκρούσει στο έδαφος, ακινητοποιηθεί;

2. Μια μπαταρία είναι φορτισμένη με ενέργεια $E_H = 1\text{J}$. Είναι δυνατόν η μπαταρία αυτή συνδεδεμένη με ένα μοτέρ και μια τροχαλία, να ανεβάσει ένα σώμα μάζας $m = 1\text{kg}$ σε ύψος $h = 1\text{m}$; Δικαιολογήστε.

3. Προσαρμόζουμε στο σφυρί της εφαρμογής μας ρόδες και το αφήνουμε να κυλίσει πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο από αρχικό ύψος $h_\alpha = 0{,}8\text{m}$, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν η μάζα του σφυριού είναι $m = 1\text{kg}$ και η τριβή είναι αμελητέα, βρείτε:



   α) Με τι ταχύτητα θα φτάσει το σφυρί στο έδαφος;

   β) Πόσο διαφέρει η τιμή που βρήκατε από αυτήν της εφαρμογής όπου το σώμα έπεσε ελεύθερα κάτω; Εντυπωσιαστήκατε;

   γ) Με τι ταχύτητα θα έφτανε κάτω, αν το κεκλιμένο επίπεδο είχε μεγαλύτερη κλίση ή διαφορετικό σχήμα;

   δ) Με τι ταχύτητα θα έφτανε κάτω, αν είχε διπλάσια μάζα;

4. Οι διαιτολόγοι μάς λένε ότι μια ποσότητα βουτύρου μάζας $m_\beta = 20\text{g}$ έχει ενέργεια E περίπου εκατό θερμίδες $E = 100\text{kcal}$.

   α) Σε ποια μορφή βρίσκεται η ενέργεια μέσα στο βούτυρο;

   β) Εάν μια θερμίδα ισούται με $1\text{kcal} = 4.200\text{J}$, πόσα Joule ενέργεια δίνουν τα $m_\beta = 20\text{g}$ βουτύρου;

[7] Οι εκρήξεις υπερκαινοφανών αστέρων είναι μάλλον το πιο βίαιο φαινόμενο στο σύμπαν μας!

γ) Ένας άνθρωπος, παρότι κάνει αυστηρή δίαιτα, έφαγε την ποσότητα αυτή του βουτύρου. Στην συνέχεια για να ξεφορτωθεί την ενέργεια αυτή, προτού αποθηκευτεί στο σώμα του στην μορφή λίπους, αποφάσισε να ανέβει με τα πόδια σε ένα λόφο ύψους $h = 500\mathrm{m}$. Πιστεύετε ότι θα κάψει την ενέργεια του βουτύρου με την ανάβαση αυτή;

δ) Όταν τελικά το βράδυ γυρίζει σπίτι του, κάθεται στον καναπέ και σας παίρνει τηλέφωνο για να του πείτε τι απέγινε η ενέργεια του βουτύρου. Τι θα του πείτε;

5.3 Το μεγάλο νεκροταφείο ενέργειας

Γιατί όχι ανακύκλωση ενέργειας;

Είδαμε ότι η ενέργεια διατηρείται πάντα. Αν είναι όμως έτσι, τότε γιατί βάζουμε συνέχεια βενζίνη στο αυτοκίνητο; Διότι, αφού η ενέργεια που είχε αρχικά η βενζίνη δεν χάνεται ποτέ, γιατί δεν χρησιμοποιούμε πάλι αυτή την ενέργεια για να ταξιδεύουμε για πάντα, χωρίς να χρειαστεί να βάλουμε βενζίνη ποτέ ξανά; Για να απαντήσουμε σε αυτό το ερώτημα ας δούμε το παράδειγμα με το αυτοκίνητο λίγο πιο προσεκτικά.

Η βενζίνη που βάζουμε στο αυτοκίνητο έχει ενέργεια σε χημική μορφή. Όταν καίμε τη βενζίνη, η χημική ενέργεια γίνεται θερμική (ο κινητήρας ζεσταίνεται) και μέρος αυτής κινητική (το αυτοκίνητο κινείται). Όταν πατήσουμε φρένο όλη η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική (τα φρένα ζεσταίνονται). Γιατί λοιπόν δεν μετατρέπουμε τη θερμική ενέργεια των φρένων πάλι σε κινητική, ώστε να κινείται το αυτοκίνητο χωρίς να προσθέσουμε ξανά βενζίνη;

Ένας μυστήριος νόμος.

Δυστυχώς αυτό δεν είναι επιτρεπτό. Η φύση ακολουθεί έναν νόμο[8] που απαγορεύει την μετατροπή μιας ποσότητας θερμικής ενέργειας σε ίση ποσότητα ενέργειας άλλης μορφής. Ενώ δηλαδή η κινητική ενέργεια εύκολα μετατράπηκε όλη σε θερμική στα φρένα του αυτοκινήτου, η μετατροπή της θερμικής ενέργειας ξανά σε κινητική είναι δυνατή για ένα μέρος μόνο της θερμικής ενέργειας.

Η ενέργεια του σφυριού πάει στο νεκροταφείο.

Ας δούμε αν ισχύει το ίδιο στη ρίψη ενός σφυριού. Αρχικά το σφυρί είχε βαρυτική δυναμική ενέργεια και ακριβώς πριν ακουμπήσει στο έδαφος η δυναμική είχε μετατραπεί όλη σε κινητική ενέργεια. Αφού χτύπησε στο έδαφος το σφυρί ακινητοποιήθηκε. Που πήγε η ενέργεια του; Έγινε θερμική ενέργεια του σφυριού και του δαπέδου τα οποία ζεστάθηκαν. Όσο και να περιμένουμε όμως, δεν θα δούμε πότε τη θερμική ενέργεια να ξαναμετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του σφυριού και να εκτοξεύσει το σφυρί προς τα πάνω. Η ενέργεια δεν χάθηκε μεν, αλλά έχει υποβαθμιστεί καθώς δεν είναι πια εκμεταλλεύσιμη. Είναι, θα έλεγε κανείς, «νεκρή», στο μεγάλο νεκροταφείο ενέργειας ονόματι «Η θερμική ενέργεια».

Ασκήσεις:

1. Τρίψτε τα χέρια σας δυνατά ξοδεύοντας λίγη από τη χημική ενέργεια σας. Όταν σταματήσατε, πού κατέληξε η ενέργεια που δαπανήσατε; Αισθανθήκατε την ενέργεια στην καινούργια της μορφή;

2. Σπρώχνουμε ένα βιβλίο στο πάτωμα βάζοντας το σε κίνηση (κινητική ενέργεια). Το βιβλίο μετά από λίγα μέτρα σταματάει. Τι απέγινε η ενέργεια του βιβλίου;

[8] Οι φυσικοί τον βάφτισαν Δεύτερο νόμο της Θερμοδυναμικής. Περισσότερα γι αυτόν στη Β΄ λυκείου.

3. Ανακατεύουμε ένα ποτήρι νερό με ένα κουτάλι, κάνοντας το νερό να κινείται (κινητική ενέργεια) μετά από λίγο όμως σταματάει. Τι απέγινε η ενέργεια αυτή;

4. Ανάβουμε έναν ανεμιστήρα ο οποίος μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική της έλικας.

   α) Όταν τελικά κλείσουμε τον ανεμιστήρα, η ενέργεια αυτή τι απέγινε;

   β) Τελικά ο ανεμιστήρας ψυχραίνει ή θερμαίνει έναν χώρο;

5. Ανάβουμε όλα τα φώτα στο σπίτι, οπότε η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια. Όταν τελικά κλείσουμε τα φώτα, που πήγε όλη αυτή η ενέργεια.

5.4 Η μεγάλη δεξαμενή ενέργειας της γειτονιάς

Είδαμε ότι η κατάληξη κάθε μορφής ενέργειας στον πλανήτη μας είναι συνήθως η θερμική μορφή, οπότε παρότι δεν χάθηκε, δεν είναι πια εύκολα εκμεταλλεύσιμη. Π.χ. η ενέργεια που πήραμε χθες από το φαγητό ή αυτή που καταναλώσαμε στο αυτοκίνητο δεν χάθηκε μεν, αλλά δεν μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε σήμερα. Ο άνθρωπος όμως χρειάζεται καθημερινά πολλή ενέργεια και, αφού η χθεσινή ενέργεια δεν είναι πια αξιοποιήσιμη, από κάπου πρέπει να βρει φρέσκια ενέργεια σε εκμεταλλεύσιμη μορφή. Ποιος λοιπόν θα μας δώσει καινούργια εκμεταλλεύσιμη ενέργεια; **Ο Ήλιος!** Χωρίς αυτόν η Γη θα ήταν ένας πολύ βαρετός πλανήτης και οπωσδήποτε χωρίς ζωή. Ας δούμε ένα παράδειγμα, για να καταλάβουμε πως σχεδόν κάθε μορφή ενέργειας που χρησιμοποιούμε στην πραγματικότητα προέρχεται από τον Ήλιο.[9]

Βίος και πολιτεία της ενέργειας.

Μια ηλιόλουστη μέρα της άνοιξης ένα αμέριμνο ραδίκι λιαζόταν συλλέγοντας **ηλιακή ενέργεια**. Το ραδίκι έκανε φωτοσύνθεση αποθηκεύοντας μέρος της ενέργειας αυτής σε μορφή χημικής ενέργειας (σε ενώσεις όπως η γλυκόζη). Ένα κατσίκι που περνούσε τρώει το ραδίκι χρησιμοποιώντας τη χημική ενέργεια για να ζεσταθεί (θερμική ενέργεια) και για να κινηθεί (κινητική ενέργεια) μέχρι το μαντρί ενώ αποθήκευσε ότι έμεινε στους ιστούς από τους οποίους αποτελείται. Το κατσίκι τελικά κατέληξε ψητό στο πιάτο ενός φυσικού του Πειραματικού Γυμνασίου Ηρακλείου. Αυτός παίρνει τη χημική ενέργεια από το κατσίκι και την κάνει θερμική ενέργεια για να ζεσταθεί, αλλά και κινητική και ηχητική ενέργεια μέσα σε μια τάξη της Β΄ Γυμνασίου, όπου αυτός χτυπιέται και παραληρεί. Έτσι, χτυπώντας με τα χέρια και τα πόδια τον αέρα και το πάτωμα δίνει την ενέργεια του στα μόρια του περιβάλλοντος κάνοντας τα να κινούνται ταχύτερα, δηλαδή η αρχική ενέργεια έγινε **θερμική ενέργεια**!!!

Ερωτήσεις για ραδίκια και κατσίκια:

α) Από που ξεκίνησε η ενέργεια με την οποία έζησαν το ραδίκι το κατσίκι και ο αντιπαθητικός φυσικός; .....

β) Σε τι μορφή κατέληξε όλη αυτή η ενέργεια; .....

γ) Είναι εύκολο η τελική θερμική ενέργεια να μετατραπεί σε κάποια άλλη μορφή; .....
.....

[9] Υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπως π.χ. η πυρηνική ενέργεια και η γεωθερμική ενέργεια.

Προέλευση άλλων πηγών ενέργειας;

Η ενέργεια λοιπόν ραδικιών, κατσικιών, και φυσικών προέρχεται από τον Ήλιο και αυτός είναι ο κανόνας για την προέλευση της ενέργειας που χρησιμοποιούμε καθημερινά. Για παράδειγμα, το πετρέλαιο προέρχεται από φυτά που αφού πήραν την ενέργεια τους από τον Ήλιο πριν από μερικά εκατομμύρια χρόνια, καταπλακώθηκαν και μετατράπηκαν σε πετρέλαιο[10], η αιολική ενέργεια οφείλεται στον Ήλιο που ζεσταίνοντας τον αέρα τον βάζει σε κίνηση, η υδροηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από τον Ήλιο που ζεσταίνοντας το νερό το κάνει να εξατμιστεί να ανέβει ψηλά και να πέσει από τον ουρανό σαν βροχή, κ.τ.λ. Δηλαδή η ενέργεια που χρησιμοποιούμε καθημερινά για να επιβιώσουμε κατά κανόνα προέρχεται από τον Ήλιο!!!![11]

Και βέβαια η μοίρα της ενέργειας του Ήλιου μετά το πέρασμα της από τα ραδίκια και την υπόλοιπη τροφική αλυσίδα είναι να καταλήξει σε μορφή θερμικής ενέργειας ζεσταίνοντας τον πλανήτη μας, κάτι που καθόλου δεν μας στεναχωρεί, αφού η θερμοκρασία που έχει ο πλανήτης μας σήμερα είναι μάλλον προτιμότερη από τη θερμοκρασία των περίπου $-270\mathrm{C}^\circ$ που επικρατεί στο σύμπαν.

[10] Το ίδιο ισχύει και για το φυσικό αέριο τον λιγνίτη κ.τ.λ.

[11] Δηλαδή αν σβήσει ο Ήλιος χαιρετάμε γνωστούς και φίλους όσο προλαβαίνουμε γιατί η ύπαρξη ζωής χωρίς την ενέργεια του Ήλιου δεν είναι δυνατή. (Μην βιαστείτε. Έχετε ακόμα μερικά δισεκατομμύρια χρόνια περιθώριο.)

Βιβλιογραφία

[1] Paul G. Hewitt. **Οι Έννοιες της Φυσικής**. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2011.

[2] Randall D. Knight. **Πέντε Εύκολα Μαθήματα**. ΔΙΑΥΛΟΣ, 2006.

[3] Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, and Matthew Sands. **The Feynman Lectures on Physics**. Narosa Publishing House, 1995.

[4] Νικολάου Αντώνιος, Παναγιώτης Δημητριάδης, Κωνσταντίνος Καμπούρης, Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης και Λαμπρινή Παπατσίμπα. **Φυσική Β΄ Γυμνασίου**. Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων/ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ, 2012.