

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ | ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΜΕΡΟΣ Β΄ ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ISBN: 978-9963-54-313-7

© ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ,
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Μέρος Β'

Συγγραφή:

Αντρέας Αντωνίου

Φυσικός, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης, ΥΠΠΑΝ

Γεώργιος Αρχοντής

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Γιαννάκης Χατζηκωστής

Επιθεωρητής Φυσικής, Μέσης Εκπαίδευσης, ΥΠΠΑΝ

Ζαχαρίας Ζαχαρία

Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Νικόλαος Τούμπας

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Παναγιώτης Ελευθερίου

Επιθεωρητής Φυσικής, Μέσης Εκπαίδευσης, ΥΠΠΑΝ

Φώτιος Πτωχός

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Επιμέλεια Σχημάτων:

Αντώνιος Τσάκωνας

Φυσικός, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης

Σχεδιασμός Έκδοσης:

Αντρέας Αντωνίου

Φυσικός, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης

Σχεδιασμός Εξωφύλλου:

Έλενα Ηλιάδου

Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Γλωσσική Επιμέλεια:

Ευαγγελία Χαραλάμπους

Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Επιμέλεια Έκδοσης:

Αντρέας Αντωνίου

Φυσικός, Καθηγητής Μέσης Εκπαίδευσης

Συντονισμός Έκδοσης:

Χρίστος Παρπούνας

Συντονιστής Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων

Α' Έκδοση (Δοκιμαστική) 2022

Εκτύπωση: GREENPACK GRAPHIC LTD

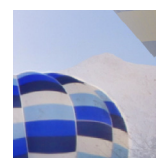




Περιεχόμενα

Προλογικό σημείωμα	08
Κεφάλαιο 3	11
Θεωρία	13
3.1 Ορισμός της δύναμης από τα αποτελέσματά της	13
3.2 Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης	14
3.3 Σύνθεση δυνάμεων - Συνισταμένη δύναμη	17
3.4 Χαρακτηριστικές δυνάμεις	20
3.4.α Βάρος	20
3.4.β Κάθετη δύναμη επαφής	21
3.4.γ Τάση	22
3.4.δ Ηλεκτρική δύναμη	23
3.4.ε Μαγνητική δύναμη	24
3.4.στ Τριβή	25
3.4.ζ Άνωση	26

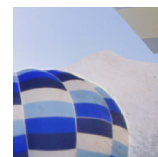
3.5	Μέτρηση της δύναμης - Ο Νόμος του Hooke	27
3.5.α	Χαρακτηριστικά της δύναμης ελατηρίου	27
3.5.β	Το δυναμόμετρο	29
3.6	Οι Νόμοι του Νεύτωνα	30
3.6.α	Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα	30
3.6.β	Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα	32
3.6.γ	Η έννοια της αδράνειας	35
3.6.δ	Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα	36
3.7	Λυμένα παραδείγματα εφαρμογών των νόμων του Νεύτωνα	40
3.8	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	40
	Δραστηριότητες	45
3.1	Η έννοια της δύναμης	47
3.1.α	Πώς ασκείται μια δύναμη πάνω σε ένα σώμα;	47
3.1.β	Αποτελέσματα της άσκησης δύναμης πάνω σε ένα σώμα	49
3.1.γ	Η δύναμη ως διανυσματικό φυσικό μέγεθος	50
3.1.δ	Η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I.	51
3.2	Σχεδιασμός δυνάμεων	51
3.2.α	Αναπαράσταση δύναμης	51
3.2.β	Ίσες, αντίθετες, ομόρροπες και αντίρροπες δυνάμεις	52
3.2.γ	Πρόσθεση δυνάμεων	53
3.3	Μέτρηση δύναμης - Ο Νόμος του Hooke	56
3.4	Χαρακτηριστικές δυνάμεις	61
3.4.α	Βάρος	61
3.4.β	Άλλες δυνάμεις	63
3.5	Οι Νόμοι του Νεύτωνα	64
3.5.α	Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα	64
3.5.β	Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα	65
3.5.γ	Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα	67

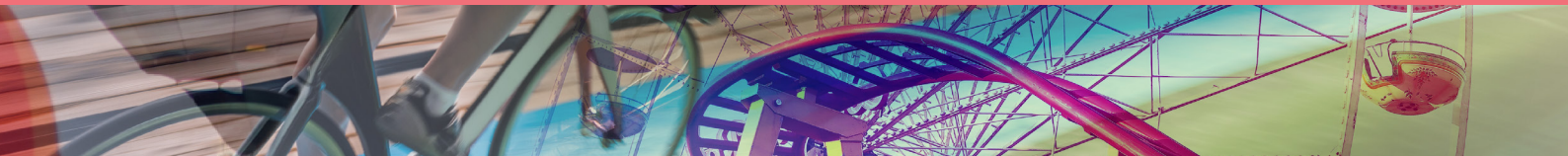


Κεφάλαιο 4 71

Θεωρία	73
4.1 Η έννοια της πίεσης	73
4.2 Υδροστατική πίεση	76
Χαρακτηριστικά της υδροστατικής πίεσης	77
Υδροστατική πίεση και βάθος	77
Υδροστατική πίεση και κατεύθυνση	78
Υδροστατική πίεση και πυκνότητα υγρού	79
4.3 Υπολογισμός της υδροστατικής πίεσης	80
4.4 Χρήση και εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης	83
Αρχή του Pascal	83
Υδατοφράκτες	84
Δίκτυα ύδρευσης - Συγκοινωνούντα δοχεία	84
Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων	85
Το μηχανικό πλεονέκτημα	87
Αρτεσιανές πηγές	88
4.5 Ατμοσφαιρική πίεση	88
4.6 Τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης	89
4.7 Κλίμακες μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης	90
Υδραργυρικό βαρόμετρο - Το πείραμα του Torricelli	90
Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης	91
Άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης	92
4.8 Μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το ύψος	92
4.9 Χρήσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης	93
Καλαμάκια ροφημάτων	93
Βεντούζα	94
Άδειασμα δοχείου	94
4.10 Άνωση	94
Βύθιση	95
Επίπλευση	95
Αιώρηση	95
4.11 Υπολογισμός της άνωσης	96
Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση	
Όγκος	97
Πυκνότητα	97

4.12	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	100
	Δραστηριότητες	105
4.1	Η έννοια της Πίεσης	107
4.1.α	Γιατί βυθίζεται στο χιόνι;	107
4.1.β	Γιατί τα καρφιά έχουν μυτερό κεφάλι;	107
4.1.γ	Το φυσικό μέγεθος πίεση	108
4.2	Υδροστατική πίεση	110
4.2.α	Ισορροπία πλαστικής μεμβράνης στο χείλος του ποτηριού	110
4.2.β	Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση	111
4.2.γ	Υπολογισμός της υδροστατικής πίεσης	112
4.3	Η αρχή του Pascal	115
4.3.α	Πώς μεταδίδεται η πίεση στα υγρά	115
4.3.β	Εφαρμογές της αρχής του Pascal	115
4.4	Ατμοσφαιρική Πίεση	117
4.4.α	Τα αέρια ασκούν πίεση	117
4.4.β	Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης	118
4.4.γ	Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης	119
4.5	Άνωση	121
4.5.α	Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνωση	121
4.5.β	Υπολογισμός της Άνωσης	123
4.5.γ	Αρχή του Αρχιμήδη	123
4.5.δ	Επίπλευση, βύθιση, αιώρηση	124
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Φύλλο πειραματικής διαδικασίας	127





Προλογικό σημείωμα

Με το νέο βιβλίο Φυσικής για το Γυμνάσιο επιδιώκεται η εισαγωγή των μαθητών και μαθητριών στον επιστημονικό τρόπο σκέψης αλλά και η παρουσίαση της Φυσικής ως την επιστήμη, μέσω της οποίας οι άνθρωποι προσπαθούν να κατανοήσουν πώς λειτουργεί ο κόσμος μας, από το μικρότερο δομικό λίθο της ύλης μέχρι τα άστρα και τους γαλαξίες.

Κατά τη συγγραφή του βιβλίου δόθηκε έμφαση στην σύνδεση της σχολικής γνώσης με τον πραγματικό κόσμο και, όπου αυτό ήταν δυνατό, με το ευρύτερο περιβάλλον της Κύπρου, ώστε το περιεχόμενο του να μην αποτελεί ένα συνονθύλευμα αφηρημένων εννοιών και κανόνων, που βρίσκουν εφαρμογές σε υποθετικά και εξιδανικευμένα συστήματα. Χρησιμοποιήθηκαν παραδείγματα από την καθημερινή μας ζωή, ώστε οι μαθητές και οι μαθήτριες να αισθανθούν την ικανοποίηση που αισθάνεται κανείς όταν κατανοεί βασικές έννοιες, που μπορεί να χρησιμοποιήσει. Καταβλήθηκε δηλαδή προσπάθεια, να γίνει πράξη αυτό που η σύγχρονη παιδαγωγική ονομάζει «αυθεντική μάθηση». Της γνώσης δηλαδή, που αποκομίζουν οι μαθητές και οι μαθήτριες όταν αισθάνονται την ανάγκη να γνωρίσουν ή να μάθουν κάτι.

Στο βιβλίο επιλέγηκαν πολλαπλοί τρόποι παρουσίασης των εννοιών του κάθε κεφαλαίου, ώστε να καλυφθούν τα διαφορετικά στυλ μάθησης. Πέρα από την αναλυτική περιγραφή στο κυρίως κείμενο του κάθε κεφαλαίου, το περιεχόμενο εμπλουτίστηκε με πολλές εικόνες που αφορούν σε πραγματικές εφαρμογές των όσων παρουσιάζονται στο κείμενο, πίνακες και γραφήματα. Τα ένθετα που περιλήφθηκαν στο βιβλίο, άλλοτε ιστορικά και άλλοτε για τεχνολογικές εφαρμογές, αποσκοπούν στην βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου αλλά και στο να δώσουν απάντηση στο αιώνιο ερώτημα που θέτουν τα παιδιά για το πώς προέκυψαν όλα αυτά.

Μικρές ερωτήσεις κατανόησης μετά από κάθε καινούργια έννοια, περιλήφθηκαν για να διευκολυνθεί η κατανόηση του περιεχομένου, ενώ όπου παρουσιάζονται εφαρμογές μαθηματικών σχέσεων, ακολουθούν αριθμητικά παραδείγματα.

Σε κάθε κεφάλαιο υπάρχει μια συλλογή ασκήσεων, στις οποίες γίνεται διαβάθμιση ώστε οι πρώτες ασκήσεις, συνήθως πολλαπλής επιλογής, να ελέγχουν τη γνώση και την κατανόηση των εννοιών, ενώ οι τελευταίες, να είναι κυρίως εφαρμογές.

Στο πίσω μέρος του κάθε κεφαλαίου βρίσκονται οι δραστηριότητες, οι οποίες ακολουθούν διερευνητική προσέγγιση και είναι δομημένες με τέτοιο τρόπο ώστε, με την ολοκλήρωση της καθεμιάς, να καλύπτεται και ο αντίστοιχος δείκτης επιτυχίας και επάρκειας. Μικρές ερωτήσεις, πειράματα με απλά υλικά, βίντεο και μικρές εργασίες εμπλουτίζουν τις γνώσεις και καλλιεργούν την περιέργεια των μαθητών και μαθητριών για τον φυσικό κόσμο.

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη τα σύγχρονα δεδομένα στην εκπαίδευση, κρίθηκε αναγκαίο το νέο βιβλίο να εκδοθεί σε τεύχη, ώστε τα παιδιά να απαλλαγούν από το επιπλέον βάρος των κεφαλαίων που θα διδαχθούν στο μέλλον ή αυτών που έχουν είδη διδαχθεί.

Ελπίζουμε τόσο οι μαθητές και οι μαθήτριες όσο και οι εκπαιδευτικοί που θα διδάξουν το μάθημα της Φυσικής στο Γυμνάσιο, να βρουν χρήσιμο και ευχάριστο το νέο βιβλίο ενώ, προσβλέπουμε και στις παρατηρήσεις τους για τη βελτίωσή του σε επόμενες εκδόσεις.

Οι επιμελητές της έκδοσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ



3.1. Ορισμός της δύναμης από τα αποτελέσματα της

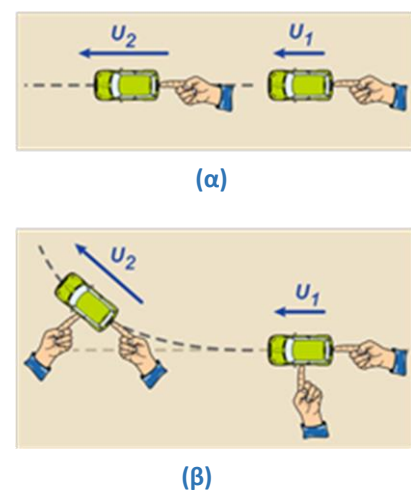
Στην εικόνα 3.1 απεικονίζονται μερικά παραδείγματα σωμάτων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη εξαιτίας της βαρυτικής έλξης της Γης (1), η ροή του νερού καμπυλώνεται όταν φέρουμε κοντά σε αυτήν ένα φορτισμένο μπαλόνι (5), το ελατήριο συσπειρώνεται, όταν σπρώξουμε τα άκρα του (6), το κουτάκι του αναψυκτικού ανοίγει, όταν τραβήξουμε το δακτυλίδι στο πάνω μέρος του (10), το καρτοσάκι της υπεραγοράς κινείται, όταν το σπρώχνουμε (12) και η πόρτα ανοίγει, όταν την τραβάμε (14).



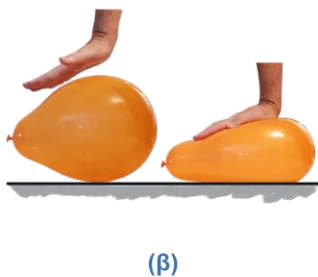
Εικόνα 3.1

Σε όλα τα πιο πάνω παραδείγματα, τα σώματα αλληλεπιδρούν είτε έλκοντας είτε απωθώντας το ένα το άλλο. Όταν συμβαίνει αυτό, θα λέμε ότι ασκούνται δυνάμεις μεταξύ των σωμάτων. Να παρατηρήσετε ότι σε κάποιες περιπτώσεις δεν χρειάζεται τα σώματα να βρίσκονται σε επαφή για να ασκήσουν δυνάμεις το ένα στο άλλο. Για παράδειγμα, στην εικόνα (8) η υδρόγειος σφαίρα αιωρείται, επειδή μια διάταξη μαγνητών την σπρώχνει προς τα πάνω, αλλά χωρίς να βρίσκεται σε επαφή μαζί τους.

Όταν ασκούμε δύναμη σε ένα σώμα, μπορούμε να το κάνουμε να κινηθεί, ή εάν ήδη βρισκόταν σε κίνηση, μπορούμε να αλλάξουμε το μέτρο της ταχύτητάς του ή την κατεύθυνση της κίνησής του, όπως φαίνεται στις εικόνες 3.2 (α) και (β).



Εικόνα 3.2



Εικόνα 3.3

Το τενεκεδάκι στην εικόνα (α) παραμορφώνεται μόνιμα, ενώ το φουσκωμένο μπαλόνι στην εικόνα (β) επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα.

Ακόμα, ασκώντας δύναμη σε ένα σώμα μπορούμε να αλλάξουμε το σχήμα του μόνιμα ή παροδικά, όπως φαίνεται στις εικόνες 3.3 (α) και (β).

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα της δράσης μιας δύναμης σε κάποιο σώμα δεν είναι άμεσα αντιληπτά από τις αισθήσεις μας, όπως όταν ακουμπάμε σε έναν τοίχο ή όταν στεκόμαστε στο πάτωμα. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν παρατηρείται βαθύλωμα στον τοίχο ή στο πάτωμα, ωστόσο συμβαίνουν κάποιες αλλαγές σε μικροσκοπική κλίμακα.

Από τα πιο πάνω παραδείγματα συμπεραίνουμε ότι:

Η δύναμη είναι η αιτία που μπορεί να προκαλέσει αλλαγή στην κινητική κατάσταση ή στο σχήμα ενός σώματος.

Οποιαδήποτε από τις αλλαγές που αναφέραμε, (μέτρο ταχύτητας, κατεύθυνση ταχύτητας, σχήμα) μπορεί να συμβεί από μόνη της ή σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες.

Επίσης, από τα παραδείγματα της εικόνας 3.1 είδαμε ότι οι δυνάμεις κατατάσσονται σε δυνάμεις επαφής και δυνάμεις από απόσταση. Οι δυνάμεις επαφής εμφανίζονται κατά την επαφή μεταξύ των σωμάτων, ενώ οι δυνάμεις από απόσταση εμφανίζονται ακόμα και όταν τα σώματα απέχουν αρκετά το ένα από το άλλο. Παραδείγματα δυνάμεων επαφής είναι η τριβή, η τάση και η δύναμη ελατηρίου. Δυνάμεις από απόσταση είναι η βαρυτική, η ηλεκτρική και η μαγνητική δύναμη.

3.2. Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης



Εικόνα 3.4

Το αποτέλεσμα της δράσης μιας δύναμης πάνω σε ένα σώμα εξαρτάται από την κατεύθυνσή της. Για παράδειγμα, υποθέστε ότι σπρώχνουμε το αυτοκινητάκι της εικόνας 3.4, το οποίο κινείται με ταχύτητα u , στην οριζόντια διεύθυνση προς τα δεξιά. Η δύναμη μεταβάλλει την ταχύτητά του. Όμως πώς θα μεταβληθεί η ταχύτητα; Θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί;

Για να απαντήσουμε στο πιο πάνω ερώτημα θα πρέπει να γνωρίζουμε την κατεύθυνση της δύναμης. Αν σπρώξουμε το αυτοκινητάκι προς τα δεξιά, η ταχύτητά του αυξάνεται, ενώ αν το σπρώξουμε προς τα αριστερά, η ταχύτητά του θα ελαττωθεί.

Συνεπώς, για να προσδιορίσουμε το αποτέλεσμα της δράσης της δύναμης πάνω στο αυτοκινητάκι, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε και την κατεύθυνσή της.

Από το πιο πάνω παράδειγμα συμπεραίνουμε ότι η δύναμη είναι ένα διανυσματικό φυσικό μέγεθος, διότι για να προσδιοριστεί πλήρως χρειάζεται να γνωρίζουμε το μέτρο της, τη διεύθυνση και τη φορά της (δηλαδή την κατεύθυνσή της).

Η πρότυπη μονάδα μέτρησης της δύναμης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων Μέτρησης (S.I.) είναι το newton (N) προς τιμή του Sir Isaac Newton (Εικόνα 3.5), ο οποίος καθιέρωσε την περιγραφή των φυσικών φαινομένων στη γλώσσα των μαθηματικών.



Εικόνα 3.5

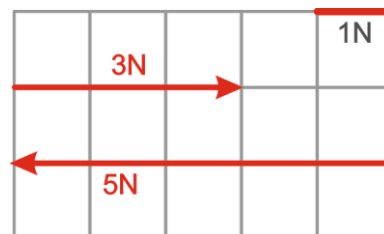
Isaac Newton (1643 – 1727 μ.Χ)

Οι δυνάμεις, όπως και **όλα τα διανυσματικά μεγέθη**, αναπαρίστανται με βέλη. Το μήκος του βέλους δηλώνει το **μέτρο** της δύναμης, ενώ η διεύθυνση και η φορά του δηλώνουν την κατεύθυνση της δύναμης. Δηλαδή, η ευθεία πάνω στην οποία βρίσκεται το βέλος μας δηλώνει τη **διεύθυνση** (π.χ. οριζόντια, κατακόρυφα κ.λπ) ενώ η αιχμή του βέλους δηλώνει τη **φορά** (π.χ. αριστερά, δεξιά).

Η δύναμη (όπως και όλα τα διανυσματικά μεγέθη) συμβολίζεται με ένα γράμμα και ένα βέλος πάνω από αυτό, π.χ. \vec{F} , ενώ το μέτρο της δύναμης συμβολίζεται ως $|\vec{F}|$.

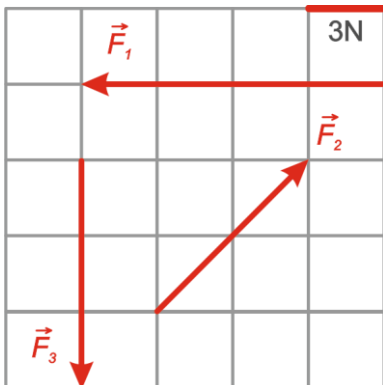
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν **ίσα μέτρα**, την **ίδια διεύθυνση** και την **ίδια φορά** είναι **ίσες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν την **ίδια διεύθυνση** και την **ίδια φορά**, είναι **ομόρροπες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν την **ίδια διεύθυνση** και **αντίθετη φορά**, είναι **αντίρροπες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν **ίσα μέτρα**, την **ίδια διεύθυνση** και **αντίθετη φορά**, είναι **αντίθετες**.

Στην εικόνα 3.6, το μικρό βέλος με μήκος 3 cm παριστάνει μία δύναμη 3 N, στην οριζόντια διεύθυνση και με φορά προς τα δεξιά ενώ το μεγάλο βέλος, με μήκος 5 cm, παριστάνει μία δύναμη 5 N στην οριζόντια διεύθυνση και με φορά προς τα αριστερά. Το μήκος του βέλους της δύναμης εξαρτάται από την κλίμακα που θα επιλέξουμε. Δηλαδή, αν επιλέξουμε μία κλίμακα όπου το 1 cm αντιστοιχεί σε 10 N (1 cm : 10 N), τότε το διάστημα μίας δύναμης μέτρου 30 N πρέπει να σχεδιαστεί με ένα βέλος μήκους 3 cm. Δεν είναι απαραίτητο πάντα να ισχύει η αναλογία 1 cm : 1 N.



Εικόνα 3.6

Η πλευρά του κάθε τετραγώνου έχει μήκος 1 cm. Για τον λόγο αυτό η κλίμακα της εικόνας είναι 1 cm : 1 N. Δηλαδή κάθε 1 cm αντιστοιχεί με 1 N.



Εικόνα 3.7

Έλεγξε τι έμαθες!

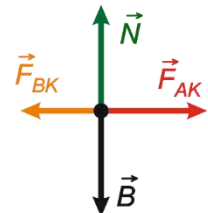
1. Τα διανύσματα στην εικόνα 3.7 είναι σχεδιασμένα με κλίμακα 1 cm : 3 N και αναπαριστούν δυνάμεις.

Να προσδιορίσετε το μέτρο της κάθε δύναμης με βάση την κλίμακα της εικόνας.



- A. $|\vec{F}_1| = 4 \text{ N}, |\vec{F}_2| = 2 \text{ N}, |\vec{F}_3| = 3 \text{ N}$
- B. $|\vec{F}_1| = 12 \text{ N}, |\vec{F}_2| = 12 \text{ N}, |\vec{F}_3| = 9 \text{ N}$
- Γ. $|\vec{F}_1| = 12 \text{ N}, |\vec{F}_2| = 6\sqrt{2} \text{ N}, |\vec{F}_3| = 9 \text{ N}$
- Δ. $|\vec{F}_1| = 12 \text{ N}, |\vec{F}_2| = 6 \text{ N}, |\vec{F}_3| = 9 \text{ N}$

Στα διαγράμματα δυνάμεων που θα μελετήσουμε, τα σώματα σχεδιάζονται ως κουκίδες (υλικό σημείο) και όλες οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά σχεδιάζονται με βέλη που αρχίζουν από την κάθε κουκίδα. Όπως φαίνεται στο παράδειγμα της εικόνας 3.8, δύο άνθρωποι, ο Α και ο Β, σπρώχνουν ένα κιβώτιο Κ. Ο Α σπρώχνει προς τα δεξιά με δύναμη \vec{F}_{AK} και ο Β σπρώχνει προς τα αριστερά με δύναμη \vec{F}_{BK} .



Εικόνα 3.8

Δίπλα από την εικόνα φαίνεται το διάγραμμα των δυνάμεων οι οποίες ασκούνται στο κιβώτιο. Στο διάγραμμα δυνάμεων το κιβώτιο αναπαριστάται με μία κουκίδα.

Στην εικόνα 3.8 το βέλος με την ετικέτα \vec{F}_{AK} παριστάνει τη δύναμη που ασκεί ο Α στο κιβώτιο Κ, ενώ το βέλος με την ετικέτα \vec{F}_{BK} παριστάνει τη δύναμη που ασκεί ο Β στο κιβώτιο Κ. Τα διανύσματα \vec{B} και \vec{N} αναπαριστούν τη δύναμη του βάρους και την κάθετη δύναμη από το έδαφος, στις οποίες θα αναφερθούμε πιο κάτω, σε αυτό το κεφάλαιο.

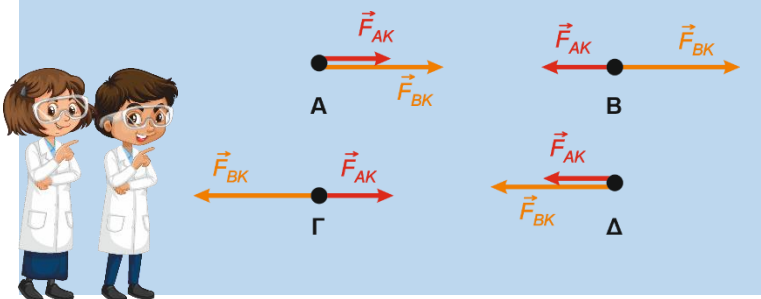
Όταν έχουμε πολλά σώματα ή πολλές δυνάμεις, μια καλή πρακτική για να ξεχωρίζουμε τις δυνάμεις, είναι να γράφουμε το σύμβολο της δύναμης μαζί με δύο δείκτες, όπως φαίνεται πιο κάτω:

$$\vec{F}_{AB}$$

Ο πρώτος δείκτης (το A) αναφέρεται στο σώμα που ασκεί τη δύναμη, ενώ ο δεύτερος δείκτης (το B) αναφέρεται στο σώμα που δέχεται τη δύναμη. Έτσι, ο πιο πάνω συμβολισμός διαβάζεται ως «η δύναμη \vec{F} που ασκεί το σώμα A στο σώμα B».

Έλεγξε τι έμαθες!

2. Ποιο από τα πιο κάτω διαγράμματα δυνάμεων παρουσιάζει ορθά τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο της εικόνας 3.9, στην οριζόντια διεύθυνση;



Εικόνα 3.9

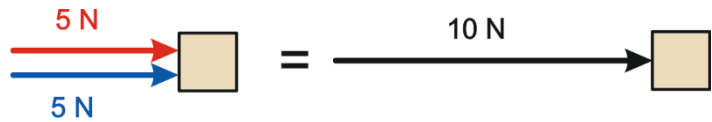
3.3. Σύνθεση δυνάμεων – Συνισταμένη δύναμη

Αν ασκούνται περισσότερες από μία δυνάμεις σε ένα σώμα, τότε μπορούμε να τις συνθέσουμε για να βρούμε τη **συνισταμένη δύναμη**. Δηλαδή, να βρούμε μία μόνο δύναμη που αν ασκηθεί στο σώμα, θα επιφέρει το ίδιο τελικό αποτέλεσμα με όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Η προηγούμενη πρόταση αποτελεί και τον ορισμό της συνισταμένης δύναμης.

Συνισταμένη δύναμη είναι η δύναμη που μπορεί να αντικαταστήσει όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, το οποίο θεωρούμε ότι είναι υλικό σημείο, και να έχει τα ίδια αποτελέσματα με αυτές.

Για παράδειγμα, αν σε ένα σώμα ασκείται μία δύναμη 5 N, στην οριζόντια διεύθυνση, προς τα δεξιά τότε, αλλάζει την ταχύτητά του στην οριζόντια διεύθυνση, προς τα δεξιά. Αν στο ίδιο σώμα, ασκούνται δύο δυνάμεις 5 N, στην οριζόντια διεύθυνση, προς τα δεξιά, τότε η ταχύτητά του θα αλλάζει με τον ίδιο τρόπο που

θα άλλαζε, αν ασκούσαν σε αυτό μία δύναμη 10 N, στην οριζόντια διεύθυνση, προς τα δεξιά.



Εικόνα 3.10

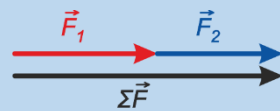
Αν οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, έχουν την ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά, τότε η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη δύναμη και μέτρο ίσο με τη διαφορά του μέτρου της μεγαλύτερης δύναμης από το μέτρο της μικρότερης δύναμης.



Εικόνα 3.11

Πρόσθεση δυνάμεων στην ίδια διεύθυνση

A) Αν οι δυνάμεις έχουν την ίδια φορά, η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με αυτές και **μέτρο ίσο με το άθροισμα** των μέτρων τους.



$$|\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2|$$

B) Αν οι δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με την μεγαλύτερη δύναμη και **μέτρο ίσο με τη διαφορά** του μέτρου της μεγαλύτερης δύναμης από το μέτρο της μικρότερης δύναμης.



$$|\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_1| - |\vec{F}_2|$$

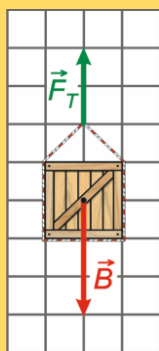
$$|\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

Παράδειγμα 3.1

Στο κιβώτιο της εικόνας ασκούνται δύο δυνάμεις, η \vec{F}_T από το σχοινί και η \vec{B} .

Αν το κάθε κουτάκι αντιστοιχεί σε δύναμη 10 N,

- (α) Να προσδιορίσετε το μέτρο της κάθε δύναμης.
- (β) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα των δυνάμεων που ασκούνται στο κιβώτιο.
- (γ) Να προσδιορίσετε τη συνισταμένη δύναμη.

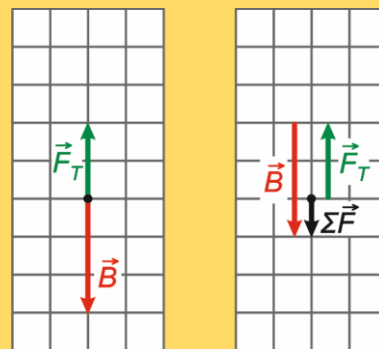


Εικόνα 3.12

Απάντηση:

(α) Επειδή το κάθε κουτάκι αντιστοιχεί σε 10 N, τα μέτρα των δυνάμεων είναι: $|\vec{F}_T| = 20 \text{ N}$, $|\vec{B}| = 30 \text{ N}$.

(β)

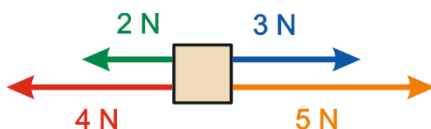


Εικόνα 3.13

(γ) Η συνισταμένη δύναμη έχει διεύθυνση **κατακόρυφη** και φορά **προς τα κάτω** και μέτρο $|\Sigma \vec{F}| = 30 \text{ N} - 20 \text{ N} = 10 \text{ N}$

Η συνισταμένη δύναμη σε ένα σώμα υπολογίζεται και όταν ασκούνται περισσότερες από δύο δυνάμεις, στην ίδια διεύθυνση.

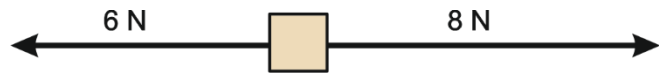
Όταν σε ένα σώμα ασκούνται περισσότερες από δύο δυνάμεις, όπως στην περίπτωση της εικόνας 3.14, τότε υπολογίζουμε πρώτα τις συνιστάμενες των δυνάμεων με την ίδια φορά και στο τέλος υπολογίζουμε την τελική συνισταμένη δύναμη.



Εικόνα 3.14

Δηλαδή, για να υπολογίσουμε τη συνισταμένη δύναμη εργαζόμαστε ως εξής: υπολογίζουμε πρώτα τη συνισταμένη των

ομόρροπων δυνάμεων ώστε καταλήξουμε σε δύο μόνο δυνάμεις, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.15.

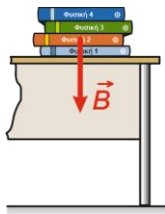


Εικόνα 3.15

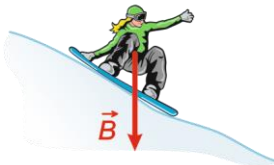
Ακολούθως υπολογίζουμε το μέτρο της τελικής συνισταμένης δύναμης από τη διαφορά των μέτρων των δύο δυνάμεων.



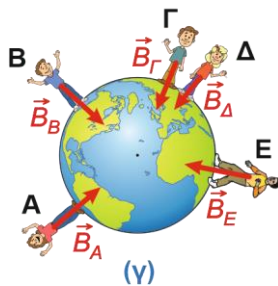
Εικόνα 3.16



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 3.17

Στις εικόνες (α) και (β) το διάνυσμα του βάρους είναι κατακόρυφο για να σχηματίζει ορθή γωνία με το έδαφος. Στην εικόνα (γ) τα διανύσματα του βάρους έχουν φορά προς το κέντρο της Γης, άρα είναι κάθετα στην επιφάνειά της.

3.4. Χαρακτηριστικές δυνάμεις

3.4.α Βάρος, \vec{B}

Όλα τα υλικά σώματα αλληλεπιδρούν μέσω βαρυτικών δυνάμεων εξαιτίας της μάζας τους. Οι δυνάμεις αυτές είναι πολύ ασθενείς, αλλά γίνονται σημαντικές όταν ασκούνται από σώματα με πολύ μεγάλη μάζα, όπως οι πλανήτες και τα αστέρια. Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι δυνάμεις από απόσταση και είναι ελκτικές.

Το **βάρος** ενός σώματος είναι η βαρυτική έλξη που ασκεί η Γη στο σώμα.

Σώματα με μεγάλη μάζα έχουν αντίστοιχα μεγάλο βάρος και αντίστροφα, σώματα με μικρή μάζα έχουν μικρό βάρος. Το βάρος δεν πρέπει να συγχέεται με τη μάζα, η οποία είναι ιδιότητα του κάθε σώματος και δεν εξαρτάται από τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.

Η βαρυτική δύναμη που ασκεί ένα σφαιρικό ουράνιο σώμα είναι ανάλογη της μάζας του, και εξασθενίζει με την απόσταση από το κέντρο του. Η Σελήνη ασκεί βαρυτική έλξη στα σώματα τα οποία βρίσκονται στην επιφάνειά της, έξι φορές μικρότερη από τη βαρυτική έλξη της Γης. Δηλαδή, ένας αστροναύτης έχει έξι φορές μεγαλύτερο βάρος στη Γη απ' ότι στη Σελήνη, παρόλο που και στη Γη και στη Σελήνη έχει την ίδια μάζα. Στο διάστημα, πολύ μακριά από οποιοδήποτε ουράνιο σώμα, η βαρυτική έλξη είναι σχεδόν μηδενική.

Το **βάρος** ενός σώματος είναι ανάλογο με τη μάζα του. Για να υπολογίσουμε **το μέτρο του βάρους** πολλαπλασιάζουμε τη μάζα με τη σταθερά g , η οποία ονομάζεται **επιτάχυνση της βαρύτητας**:

$$|\vec{B}| = mg$$

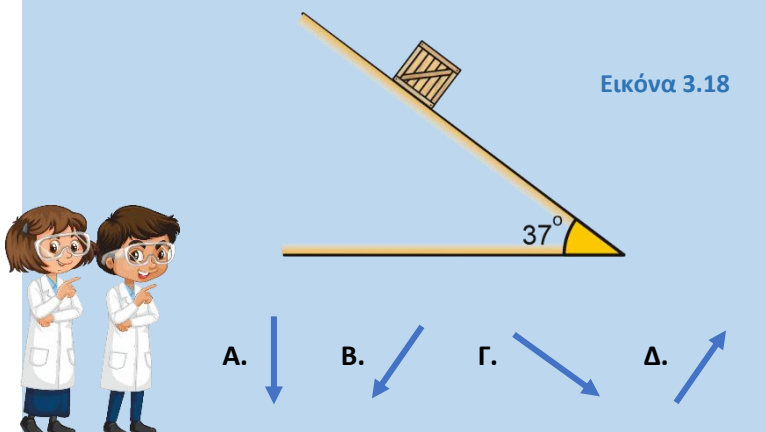
Η επιτάχυνση της βαρύτητας εξαρτάται από το **γεωγραφικό πλάτος** ενός τόπου. Ελαττώνεται από τους πόλους προς τον Ισημερινό. Η μέση τιμή της σταθεράς g στην επιφάνεια της Γης είναι $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Το βάρος έχει διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια της Γης και φορά προς το κέντρο της.

Όταν σχεδιάζουμε τη δύναμη του βάρους ενός σώματος, σχεδιάζουμε ένα διάνυσμα κατακόρυφο με φορά προς τα κάτω, όπως φαίνεται στις εικόνες 3.17 (α), (β). Εάν στην εικόνα η Γη (ή άλλος πλανήτης) φαίνεται ολόκληρη, το βέλος πρέπει να δείχνει το κέντρο της Γης, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.17 (γ).

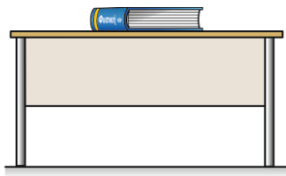
Έλεγξε τι έμαθες!

3. Ποιο από τα διανύσματα παρουσιάζει σωστά τη δύναμη του βάρους του σώματος της εικόνας 3.18;



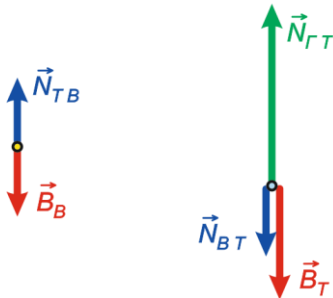
3.4.6 Κάθετη δύναμη επαφής, \vec{N}

Όταν αφήσουμε από τα χέρια μας ένα βιβλίο, αυτό πέφτει στο έδαφος επειδή το βάρος του το τραβά προς την επιφάνεια της



Δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο

Δυνάμεις που ασκούνται στο τραπέζι



Εικόνα 3.19

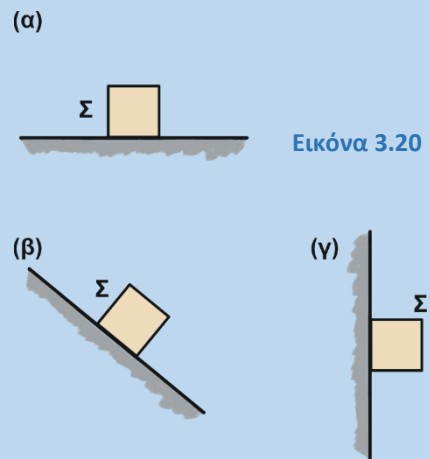
Κάθε σώμα δέχεται κάθετες δυνάμεις από τα σώματα με τα οποία βρίσκεται σε επαφή.

Γης. Αν τοποθετήσουμε το βιβλίο πάνω σε ένα τραπέζι (εικόνα 3.19), αυτό παραμένει ακίνητο πάνω στην επιφάνεια του τραπεζιού, παρόλο που το βάρος του συνεχίζει να το τραβά προς τα κάτω. Αυτό σημαίνει ότι μία δύναμη από την επιφάνεια του τραπεζιού αντισταθμίζει τη δύναμη του βάρους, ώστε η συνισταμένη δύναμη στο βιβλίο να είναι μηδέν και αυτό να παραμένει ακίνητο. Γενικά, όταν δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή, ασκούνται δυνάμεις από το ένα στο άλλο, οι οποίες είναι κάθετες στην επιφάνειά τους.

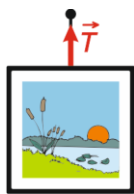
Παρατηρούμε ότι το βιβλίο που έρχεται σε επαφή με το τραπέζι, δέχεται μία δύναμη επαφής \vec{N}_{TB} από το τραπέζι, η οποία είναι κάθετη στην επιφάνειά του τραπεζιού. Το τραπέζι που έρχεται σε επαφή με το βιβλίο και με το έδαφος (επιφάνεια της Γης), δέχεται δύο κάθετες δυνάμεις επαφής, μία από το βιβλίο, \vec{N}_{BT} και μία από τη Γη, \vec{N}_{GT} .

Έλεγξε τι έμαθες!

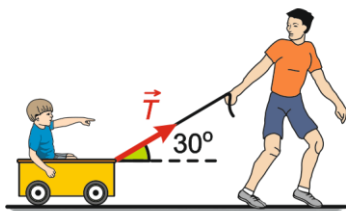
4. Σχεδιάστε την κάθετη δύναμη επαφής που ασκείται στο σώμα Σ, στις περιπτώσεις (α), (β) και (γ) της εικόνας 3.20.



Εικόνα 3.20



(α)



(β)

Εικόνα 3.21

Η τάση έχει πάντα την ίδια διεύθυνση με το σχοινί.

3.4.γ Τάση, \vec{T}

Με τον όρο τάση περιγράφουμε τη δύναμη την οποία ασκεί ένα τεντωμένο νήμα ή σχοινί, σε ένα σώμα που είναι δεμένο σε αυτό. Η τάση είναι πάντα ελκτική δύναμη και η διεύθυνσή της είναι πάντα κατά μήκος του σχοινιού που την ασκεί, όπως

φαίνεται στις εικόνες 3.21 (α) και (β). Συμβολίζουμε την τάση με το γράμμα \vec{T} , από το πρώτο γράμμα της αγγλικής λέξης Tension, που σημαίνει τάση.

3.4.δ Ηλεκτρική Δύναμη, \vec{F}_c

Αν τρίψετε μία χτένα στα μαλλιά σας και την φέρετε κοντά σε μία βρύση, στην οποία υπάρχει μικρή ροή νερού, θα δείτε ότι το νερό έλκεται από τη χτένα και αλλάζει κατεύθυνση ροής, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.22. Ακόμα, αν τρίψετε στην μπλούζα σας δύο μπαλόνια και τα κρατήσετε με κλωστή το ένα κοντά στο άλλο, θα παρατηρήσετε ότι απωθούνται, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.23.

Η δύναμη που προκαλεί την έλξη του νερού από τη χτένα ή την απώθηση των μπαλονιών ονομάζεται *ηλεκτρική δύναμη*, και οφείλεται σε μια ιδιότητα της ύλης που ονομάζεται *ηλεκτρικό φορτίο*. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι δυνάμεις από απόσταση. Στη φύση υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου, που ονομάζονται *θετικό* και *αρνητικό*. Αν πλησιάσουμε δύο ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα, τότε μπορεί να έλκονται ή να απωθούνται, διότι η ηλεκτρική δύναμη έχει την ιδιότητα να είναι ελκτική μεταξύ αντίθετων φορτίων και απωστική μεταξύ όμοιων φορτίων.



Εικόνα 3.22

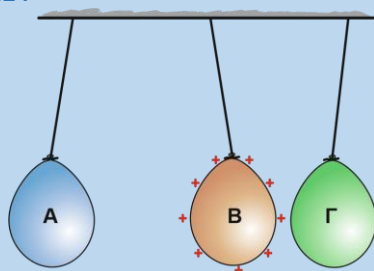


Εικόνα 3.23

Έλεγξε τι έμαθες!

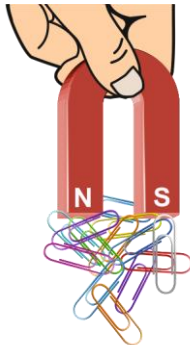
5. Στην εικόνα 3.24 φαίνονται τρία μπαλόνια, τα οποία φέρουν ηλεκτρικό φορτίο. Αν γνωρίζετε ότι το μπαλόνι Β είναι θετικά φορτισμένο, τι είδους ηλεκτρικό φορτίο φέρουν τα μπαλόνια Α και Γ;

Εικόνα 3.24

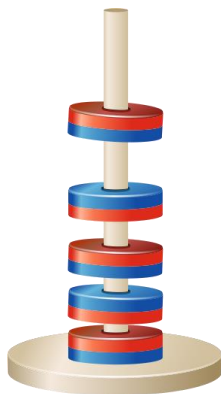


- Α. Το Α είναι θετικό και το Γ αρνητικό.
 Β. Το Α είναι αρνητικό και το Γ θετικό.
 Γ. Και τα δύο είναι θετικά.
 Δ. Και τα δύο είναι αρνητικά.





Εικόνα 3.25



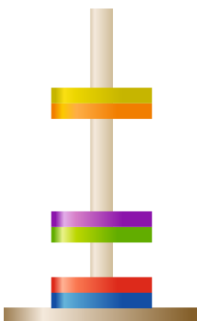
Εικόνα 3.26

3.4.ε Μαγνητική Δύναμη, \vec{F}_M

Η μαγνητική δύναμη ασκείται από αντικείμενα που ονομάζονται μαγνήτες και όπως και η ηλεκτρική δύναμη, είναι δύναμη από απόσταση. Ένας μαγνήτης μπορεί να ασκεί ελκτική δύναμη σε αντικείμενα που είναι κατασκευασμένα από σίδηρο, νικέλιο και κοβάλτιο. Στην εικόνα 3.25 ένας μαγνήτης έλκει τους σιδερένιους συνδετήρες, αλλά όχι αντικείμενα φτιαγμένα από άλλα μέταλλα, όπως ο χαλκός και το αλουμίνιο. Ένας μαγνήτης χωρίζεται πάντα σε δύο περιοχές, που ονομάζονται βόρειος πόλος και νότιος πόλος.

Εκτός από αντικείμενα από σίδηρο, νικέλιο και κοβάλτιο, ένας μαγνήτης ασκεί δύναμη και σε έναν άλλο μαγνήτη, η οποία μπορεί να είναι είτε ελκτική είτε απωστική. Οι μαγνητικοί πόλοι έχουν, όπως και τα ηλεκτρικά φορτία, την ιδιότητα να απωθούνται αν είναι όμοιοι και να έλκονται αν είναι αντίθετοι. Έτσι, ο βόρειος πόλος ενός μαγνήτη απωθείται από τον βόρειο πόλο ενός άλλου μαγνήτη και έλκεται από τον νότιο πόλο. Στην εικόνα 3.26, φαίνονται πέντε μαγνήτες σε σχήμα δακτυλιδιού, οι οποίοι είναι περασμένοι σε έναν κατακόρυφο στύλο. Οι πόλοι των μαγνητών είναι χρωματισμένοι με μπλε και κόκκινο χρώμα. Παρατηρούμε ότι όταν οι όμοιοι πόλοι είναι αντικριστά ο ένας από τον άλλο, οι μαγνήτες αιωρούνται, διότι ο ένας μαγνήτης απωθεί τον άλλο.

Τέλος, ένας μαγνήτης έχει πάντα βόρειο και νότιο πόλο. Ακόμα και αν κόψουμε ή σπάσουμε έναν μαγνήτη σε δύο κομμάτια, θα δημιουργήσουμε δύο μικρότερους μαγνήτες με βόρειο και νότιο πόλο αλλά όχι δύο μαγνήτες με μόνο βόρειο και μόνο νότιο πόλο.



Εικόνα 3.27

Έλεγε τι έμαθες!

- Τρία μαγνητικά δακτυλίδια ισορροπούν, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.27. Αν γνωρίζετε ότι το κίτρινο χρώμα αντιστοιχεί στον βόρειο μαγνητικό πόλο, να αντιστοιχήσετε τα υπόλοιπα χρώματα με τον βόρειο και τον νότιο μαγνητικό πόλο.

Χρώμα	Βόρειος	Νότιος
κίτρινο	✓	
πορτοκαλί		
μωβ		
πράσινο		
κόκκινο		
μπλε		



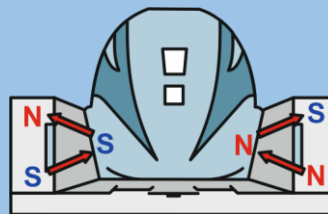
Ήξερες ότι...

Τα τελευταία χρόνια, κατασκευάζονται τρένα που κινούνται με τη βοήθεια μαγνητών, χωρίς τη χρήση τροχών. Τα τρένα αυτά ουσιαστικά αιωρούνται με τη βοήθεια της μαγνητικής δύναμης, αποφεύγοντας την επαφή με τις μεταλλικές ράγες. Με τον τρόπο αυτό, τα τρένα κινούνται χωρίς τριβές και μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες ταχύτητες, που φθάνουν τα 603 km/h (JR Central's Superconducting Maglev, 21 Απριλίου 2015).

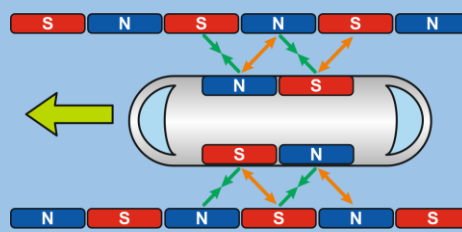


Εικόνα 3.28

Τα τρένα μαγνητικής αιώρησης (όπως ονομάζονται) ή maglev, χρησιμοποιούν δύο σετ μαγνητών. Το ένα σετ συγκρατεί το τρένο στον αέρα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.29 και το άλλο χρησιμεύει στην κίνησή του, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.30.



Εικόνα 3.29



Εικόνα 3.30

Η απουσία κινητών μερών στη μηχανή του τρένου και η μείωση των τριβών, καθιστούν τα τρένα αυτά πιο γρήγορα και πιο οικονομικά, καθώς η απώλεια ενέργειας λόγω τριβών εκμηδενίζεται. Επίσης, τα τρένα μαγνητικής αιώρησης χρειάζονται λιγότερη συντήρηση, γιατί υφίστανται λιγότερες φθορές.

3.4.στ Τριβή, \vec{f}_s και \vec{f}_k

Μια σημαντική δύναμη που ασκείται όταν οι επιφάνειες δύο σωμάτων είναι σε επαφή, είναι η τριβή. Επειδή η τριβή αντιστέκεται στην κίνηση, συνήθως προσπαθούμε να τη μειώσουμε. Έτσι, στους κινητήρες των αυτοκινήτων, στα γρανάζια των τροχών του ποδήλατου και γενικά στα κινητά μέρη των μηχανών, χρησιμοποιούμε λιπαντικά για να δημιουργήσουμε ένα λεπτό στρώμα ολίσθησης μεταξύ των επιφανειών, που μειώνει σημαντικά την τριβή μεταξύ τους.

Ωστόσο, χωρίς την τριβή δεν θα μπορούσαμε να περπατήσουμε, να κρατήσουμε στα χέρια μας ένα αντικείμενο ή ακόμα, τα αυτοκίνητα δεν θα είχαν φρένα.



Εικόνα 3.31

Όταν το πάτωμα είναι βρεγμένο, μειώνεται η τριβή μεταξύ των παπουτσιών και του πατώματος και το περπάτημα γίνεται δυσκολότερο.



Εικόνα 3.32

Καθώς το χέρι μας τρίβεται πάνω στη ξύλινη επιφάνεια, αισθανόμαστε την αντίσταση στην κίνηση από τη δύναμη της τριβής.

Για να ασκείται τριβή μεταξύ των επιφανειών δύο σωμάτων, δεν είναι αρκετό να υπάρχει επαφή μεταξύ τους, αλλά θα πρέπει τα σώματα να τρίβονται μεταξύ τους ή να τείνουν να ολισθήσουν το ένα ως προς το άλλο.

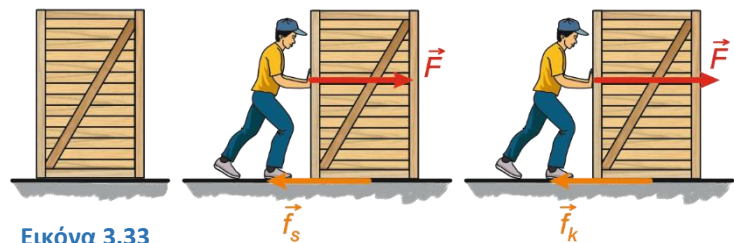
Για παράδειγμα, βάλτε την παλάμη του χεριού σας στην επιφάνεια ενός τραπεζιού και προσπαθήστε να σύρετε το χέρι σας παράλληλα με την επιφάνεια (εικόνα 3.32). Θα αισθανθείτε αμέσως την αντίσταση στο χέρι σας, η οποία οφείλεται στη δύναμη της τριβής μεταξύ του χεριού σας και της επιφάνειας του τραπεζιού.

Υπάρχουν δύο είδη τριβής: η στατική τριβή, που τη συμβολίζουμε με \vec{f}_s και η κινητική τριβή, που τη συμβολίζουμε με \vec{f}_k . Η στατική τριβή ασκείται στις επιφάνειες δύο σωμάτων ενόσω αυτά είναι ακόμα ακίνητα, αλλά τείνουν να κινηθούν το ένα ως προς το άλλο. Η κινητική τριβή ασκείται στις επιφάνειες δύο σωμάτων όταν αυτά ολισθαίνουν το ένα ως προς το άλλο. Η βασικότερη διαφορά μεταξύ των δύο δυνάμεων τριβής είναι ότι η στατική τριβή παίρνει τιμές από μηδέν μέχρι μία μέγιστη τιμή, ενώ η κινητική τριβή έχει περίπου σταθερή τιμή, που είναι λίγο μικρότερη από τη μέγιστη τιμή της στατικής τριβής.

Το κιβώτιο είναι ακίνητο και δεν ασκείται τριβή σε αυτό.

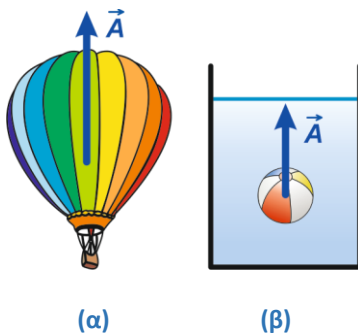
Το κιβώτιο είναι ακίνητο και ασκείται σε αυτό στατική τριβή.

Το κιβώτιο κινείται και ασκείται σε αυτό κινητική τριβή.



Εικόνα 3.33

3.4.ζ Άνωση, \vec{A}



Εικόνα 3.34

Ένα σώμα που περιβάλλεται από ένα ρευστό, υγρό ή αέριο, δέχεται μία δύναμη η οποία είναι αντίρροπη του βάρους του και γι' αυτό ονομάζεται *άνωση* (εικόνες 3.34 (α) και (β)). Η δύναμη της άνωσης εξαρτάται από την πυκνότητα του ρευστού και τον όγκο του σώματος και οφείλεται στη διαφορά πίεσης μεταξύ της πάνω και της κάτω επιφάνειας του σώματος. Η άνωση είναι εντονότερη στα υγρά απ' ό,τι στα αέρια και εξαιτίας αυτής τα πλοία επιπλέουν στο νερό.

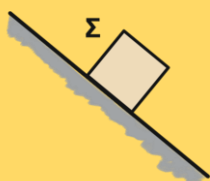
Παράδειγμα 3.2

Ένα σώμα ολισθαίνει στην τραχιά επιφάνεια ενός κεκλιμένου επιπέδου.

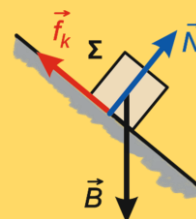
Να σχεδιάσετε και να ονομάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Απάντηση:

Στο σώμα ασκούνται το βάρος \vec{B} , η κινητική τριβή \vec{f}_k και η κάθετη δύναμη επαφής \vec{N} από την επιφάνεια του κεκλιμένου επιπέδου.



Εικόνα 3.35



Εικόνα 3.36

3.5. Μέτρηση της δύναμης – Ο Νόμος του Hooke

Όταν τραβάμε την άκρη ενός ελατηρίου, αυτό επιμηκύνεται. Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη με την οποία το τραβάμε, τόσο περισσότερο επιμηκύνεται. Αυτή η ιδιότητα των ελατηρίων να επιμηκύνονται ανάλογα με τη δύναμη που τους ασκείται, είναι πάρα πολύ χρήσιμη, διότι μας επιτρέπει να αντιστοιχίσουμε τη δύναμη με την επιμήκυνση, και έτσι μπορούμε να φτιάξουμε μία κλίμακα για να μετράμε δυνάμεις.

Τις ελαστικές ιδιότητες των ελατηρίων και άλλων σωμάτων, μελέτησε ο *Robert Hooke* (εικόνα 3.37) και γι' αυτό η σχέση μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης ονομάζεται *νόμος του Hooke*.

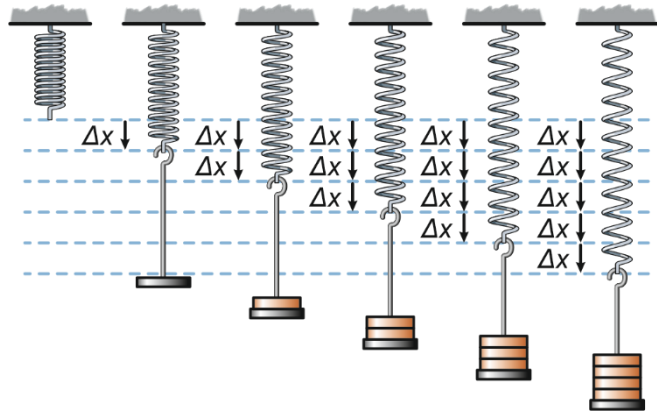
3.5.α Χαρακτηριστικά της δύναμης ελατηρίου

Ένα ελατήριο βρίσκεται στο φυσικό του μήκος, όταν δεν ασκείται κάποια δύναμη σε αυτό. Αν αναρτήσουμε στο ελατήριο ένα βαρίδιο, τότε το βάρος του βαριδίου επιμηκύνει το ελατήριο. Αν προσθέσουμε ακόμα ένα βαρίδιο, το ελατήριο επιμηκύνεται διπλάσια απ' ό,τι προηγουμένως. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία μερικές φορές ακόμα, παρατηρούμε ότι η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ευθέως ανάλογη προς τη δύναμη που εφαρμόζουμε σε αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.38.



Εικόνα 3.37

Robert Hooke (1635 – 1703 μ.Χ)



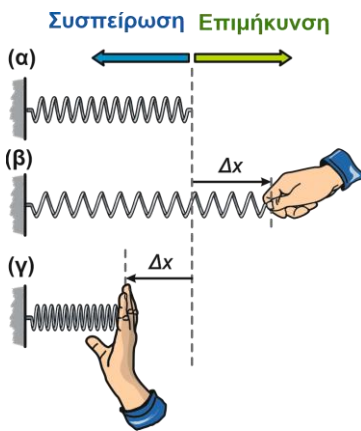
Εικόνα 3.38

Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι ευθέως ανάλογη της δύναμης που ασκείται σε αυτό.

Νόμος του Hooke

Η επιμήκυνση Δx ενός ελατηρίου είναι ανάλογη του μέτρου δύναμης $|\vec{F}|$ που ασκείται σε αυτό.

$$\Delta x = \frac{|\vec{F}|}{k}$$

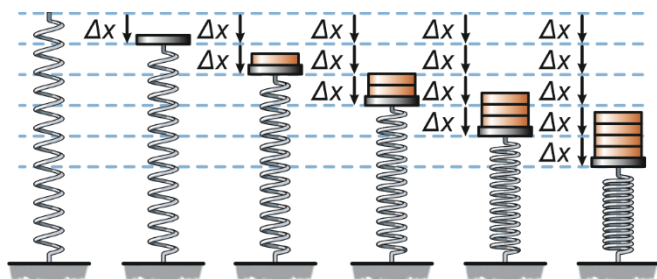


Εικόνα 3.39

Η συσπείρωση και η επιμήκυνση ελατηρίου είναι ανάλογες της δύναμης που ασκείται σε αυτό.

Αν αφαιρέσουμε τα βαρίδια, το ελατήριο αποκτά το αρχικό του μήκος, εφόσον δεν έχουμε ξεπεράσει το όριο ελαστικότητάς του. Το όριο της μέγιστης δύναμης που αντέχει το κάθε ελατήριο καθώς και η επιμήκυνσή του, εξαρτώνται από τα κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά.

Τέλος, να αναφέρουμε ότι το μήκος ενός ελατηρίου αλλάζει όχι μόνο όταν τραβάμε το άκρο του, αλλά και όταν το σπρώχνουμε. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι το ελατήριο *συσπειρώνεται*. Η συσπείρωση ενός ελατηρίου, όπως και η επιμήκυνσή του, είναι ευθέως ανάλογη της δύναμης που ασκείται σε αυτό, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.40.



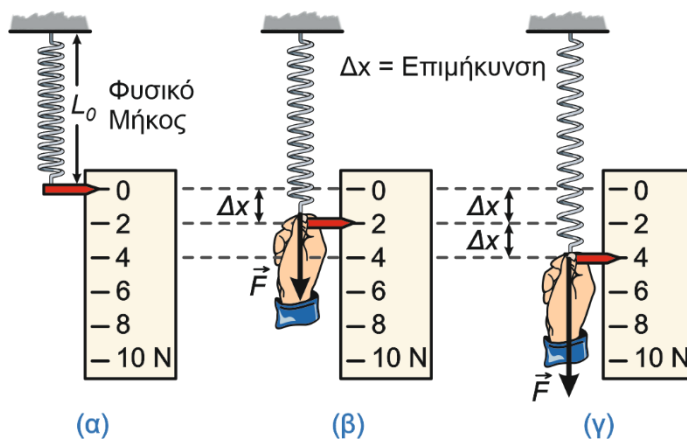
Εικόνα 3.40

Η συσπείρωση του ελατηρίου είναι ευθέως ανάλογη της δύναμης που ασκείται σε αυτό.

Όσο πιο σκληρό είναι ένα ελατήριο, τόσο λιγότερο επιμηκύνεται (ή συσπειρώνεται). Το πόσο εύκολα μεταβάλλεται το μήκος ενός ελατηρίου, εκφράζεται από τη σταθερά k , που ονομάζεται *σταθερά του ελατηρίου* και έχει μονάδες μέτρησης N/m. Όσο μεγαλύτερη είναι η σταθερά k , τόσο λιγότερο μεταβάλλεται το μήκος του ελατηρίου, όταν ασκούμε σε αυτό μια δεδομένη δύναμη.

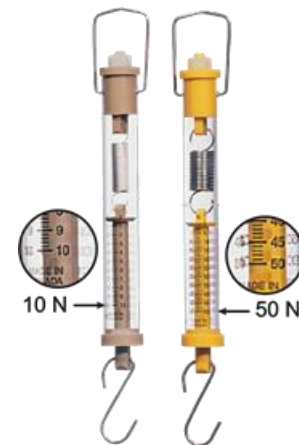
3.5.β Το δυναμόμετρο

Το όργανο μέτρησης της δύναμης αποτελείται από ένα ελατήριο και μία κλίμακα σε newton. Όταν το ελατήριο βρίσκεται στο φυσικό του μήκος, ο δείκτης δείχνει το μηδέν της κλίμακας (εικόνα 3.41 (α)), ενώ όταν το τραβάμε, αυξάνει το μήκος του και ο δείκτης δείχνει το μέτρο της δύναμης σε newton την οποία ασκούμε στο ελατήριο για να φθάσει στο μήκος αυτό, όπως φαίνεται και τις εικόνες 3.41 (β) και (γ).



Εικόνα 3.41

Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να μετρήσει ένα δυναμόμετρο καθορίζεται από το ελατήριο με το οποίο είναι κατασκευασμένο, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.42. Τα δύο δυναμόμετρα είναι κατασκευασμένα με διαφορετικά ελατήρια, έτσι το ένα μπορεί να μετρήσει δύναμη μέχρι 10 N, ενώ το άλλο μπορεί να μετρήσει δύναμη μέχρι 50 N.



Εικόνα 3.42

Το κάθε δυναμόμετρο είναι κατασκευασμένο με διαφορετικό ελατήριο, έτσι ώστε η δύναμη που απαιτείται για να επιμηκυνθεί να είναι διαφορετική.

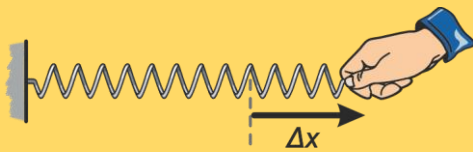
Παράδειγμα 3.3

Όταν τραβάμε το άκρο ενός ελατηρίου με σταθερά $k = 10 \text{ N/m}$ επιμηκύνεται κατά $0,2 \text{ m}$.

Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης $|\vec{F}|$ που ασκείται στο ελατήριο

Απάντηση:

Εφαρμόζουμε το νόμο του Hooke για τα δεδομένα $k = 10 \text{ N/m}$ και $\Delta x = 0,2 \text{ m}$.



Εικόνα 3.43

$$\Delta x = \frac{|\vec{F}|}{k} \Rightarrow |\vec{F}| = k\Delta x \Rightarrow$$

$$|\vec{F}| = \left(10 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) \times (0,2 \text{ m}) \Rightarrow |\vec{F}| = 2 \text{ N}$$

3.6. Οι Νόμοι του Νεύτωνα

Το 1686 ο *Ισαάκ Νεύτωνα* δημοσίευσε το πολύ σημαντικό έργο του «*Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*» (εικόνα 3.44).

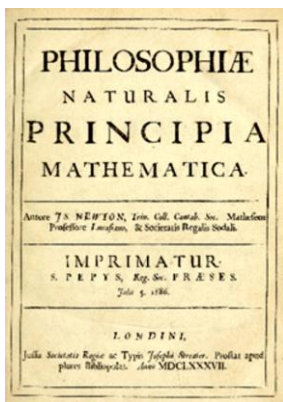
Στο έργο του ο Νεύτωνα προσπάθησε να περιγράψει τον φυσικό κόσμο με μαθηματικές εξισώσεις, έτσι ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε και να προβλέψουμε τις κινήσεις των σωμάτων, με βάση τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά. Για να το πετύχει αυτό διατύπωσε τρία αξιώματα, τα οποία σήμερα είναι γνωστά ως οι τρεις *νόμοι του Νεύτωνα*.

Τα αξιώματα του Νεύτωνα θεωρούμε ότι είναι αληθή και αναγνωρίζονται ως νόμοι της Φύσης, επειδή οι προβλέψεις τους επιβεβαιώνονται πειραματικά.

3.6.α Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα

Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι μηδενική, τότε το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα ή είναι ακίνητο.

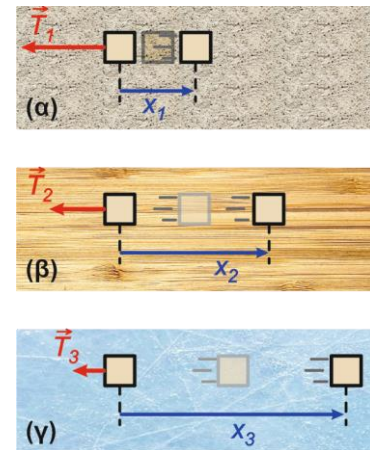
$$\vec{v} = \text{σταθερή ή μηδέν αν } \Sigma \vec{F} = \vec{0}$$



Εικόνα 3.44

Το έργο του *Ισαάκ Νεύτωνα* «*Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας*», με το οποίο θεμελίωσε μαθηματικά τους νόμους των κινήσεων.

Στην πράξη, κανένα σώμα στη Γη δεν κινείται συνέχεια με την ίδια ταχύτητα εξαιτίας διαφόρων δυνάμεων που δέχεται από το περιβάλλον του, όπως η τριβή, το βάρος, η αντίσταση του αέρα κ.λπ. Για παράδειγμα, αν σπρώξετε για λίγο ένα βιβλίο πάνω στο θρανίο σας και το αφήσετε να κινηθεί πάνω στην επιφάνεια, θα παρατηρήσετε ότι το βιβλίο θα κινηθεί μέχρι μία απόσταση και μετά θα σταματήσει. Αυτό συμβαίνει γιατί οι επιφάνειες του θρανίου και του βιβλίου δεν είναι εντελώς λείες, οπότε ασκείται τριβή μεταξύ των δύο σωμάτων, η οποία μεταβάλλει την ταχύτητα του βιβλίου. Αν σπρώξετε το βιβλίο πάνω στην καλογουαλισμένη επιφάνεια του τραπέζιου της τραπεζαρίας, θα παρατηρήσετε ότι το βιβλίο θα διανύσει μεγαλύτερη απόσταση προτού σταματήσει. Αν μπορούσαμε να σπρώξουμε το βιβλίο πάνω σε μία εντελώς λεία επιφάνεια ώστε να μην ασκείται τριβή, θα παρατηρούσαμε ότι θα συνέχιζε να κινείται με την ίδια ταχύτητα. Στο εργαστήριο μπορούμε να πετύχουμε συνθήκες όπου η τριβή είναι αμελητέα, και να επιβεβαιώσουμε τον πρώτο Νόμο του Νεύτωνα.

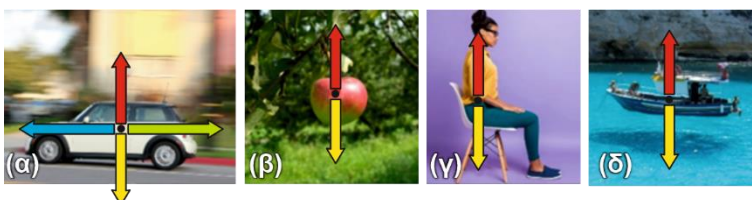


Εικόνα 3.45

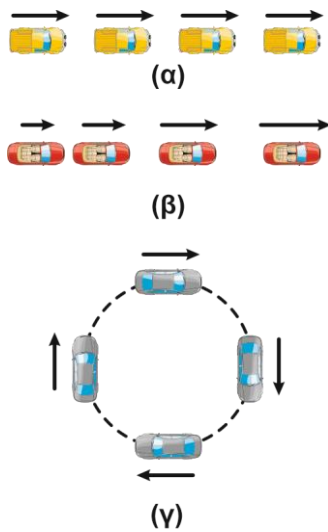
Όσο μικρότερη είναι η τριβή μεταξύ των επιφανειών, τόσο μεγαλύτερη απόσταση διανύει το σώμα μέχρι να σταματήσει.

Όταν σε ένα σώμα, στο οποίο ασκούνται περισσότερες από μία δυνάμεις, η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν, το σώμα αυτό λέμε ότι βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας. Αφού το συνολικό αποτέλεσμα των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι μηδέν, η ταχύτητα του σώματος δεν αλλάζει. Έτσι, ξεχωρίζουμε δύο περιπτώσεις ισορροπίας, τη *στατική ισορροπία*, κατά την οποία το σώμα είναι ακίνητο, και τη *δυναμική ισορροπία*, κατά την οποία το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Ένα φρούτο που κρέμεται από το κλαδί ενός δέντρου, ένας άνθρωπος που κάθεται σε μια καρέκλα ή μια βάρκα που επιπλέει στην ήρεμη επιφάνεια μιας λίμνης (εικόνες 3.46 (β), (γ) και (δ)), βρίσκονται σε στατική ισορροπία, ενώ ένα αυτοκίνητο που κινείται με σταθερή ταχύτητα βρίσκεται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας (εικόνα 3.46 (α)).



Εικόνα 3.46



Εικόνα 3.47

Έλεγξε τι έμαθες!

7. Οι εικόνες 3.47 (α), (β) και (γ) παρουσιάζουν την κίνηση οχημάτων. Τα βέλη αναπαριστούν την ταχύτητα του κάθε οχήματος. Σε ποια ή ποιες από τις περιπτώσεις (α), (β) και (γ), η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο όχημα είναι μηδέν;



- A. Σε όλες τις περιπτώσεις
- B. Στις περιπτώσεις (α) και (β) μόνο
- Γ. Στις περιπτώσεις (α) και (γ) μόνο
- Δ. Στην περίπτωση (α) μόνο

3.6.β Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα

Ο πρώτος Νόμος του Νεύτωνα περιγράφει πώς κινείται ένα σώμα όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό είναι μηδέν, ενώ ο δεύτερος Νόμος, περιγράφει πώς μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος, όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό δεν είναι μηδέν. Συγκεκριμένα, ο δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα συνδέει την επιτάχυνση ενός σώματος με τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό και τη μάζα του.

Η επιτάχυνση ενός σώματος είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m} \Rightarrow \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

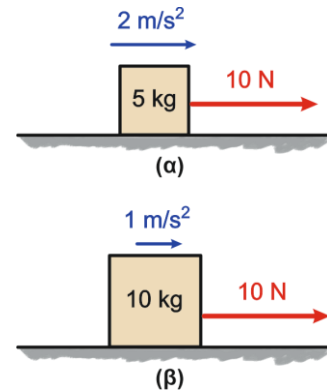
- ✓ Το διάνυσμα της επιτάχυνσης είναι ομόρροπο με το διάνυσμα της συνισταμένης δύναμης.
- ✓ Όσο αυξάνεται το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα, τόσο αυξάνεται το μέτρο της επιτάχυνσής του.
- ✓ Όσο αυξάνεται η μάζα ενός σώματος, τόσο μειώνεται το μέτρο της επιτάχυνσής του, όταν το μέτρο της συνισταμένης δύναμης είναι σταθερό.

Από τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα, μπορούμε να κατανοήσουμε και τη μονάδα μέτρησης της δύναμης, αφού το φυσικό μέγεθος *δύναμη* παράγεται από το γινόμενο των φυσικών μεγεθών της μάζας και της επιτάχυνσης.

$$|\Sigma \vec{F}| = m|\vec{a}| \Rightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Rightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Σύμφωνα με τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα, όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα, τόσο πιο μεγάλη δύναμη χρειάζεται να του ασκήσουμε για να μεταβάλλουμε την ταχύτητά του, είτε ως προς το μέτρο, είτε ως προς την κατεύθυνση.

Ίσως θα έχετε προσέξει ότι σας είναι πολύ πιο εύκολο να στρίψετε το καρότσι της υπεραγοράς όταν είναι άδειο, παρά όταν είναι γεμάτο. Ο λόγος είναι ότι, όταν το καρότσι είναι γεμάτο, έχει πολύ μεγαλύτερη μάζα, έτσι χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη δύναμη για να αλλάξουμε την κατεύθυνση της ταχύτητάς του. Επίσης, αντιλαμβανόμαστε ότι η ίδια δύναμη προκαλεί διαφορετική μεταβολή στην ταχύτητα, σε σώματα με διαφορετική μάζα. Έτσι, μία δύναμη 10 N που ασκείται σε ένα σώμα μάζας 5 kg μεταβάλλει την ταχύτητά του κατά 2 m/s κάθε δευτερόλεπτο ενώ μία δύναμη 10 N που ασκείται σε ένα σώμα μάζας 10 kg μεταβάλλει την ταχύτητά του κατά 1 m/s κάθε δευτερόλεπτο (εικόνα 3.48).



Εικόνα 3.48

Παράδειγμα 3.4

Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης με την οποία κινείται ένα σώμα μάζας 5 kg, όταν ασκείται σε αυτό δύναμη μέτρου 10 N

Απάντηση:

Για να υπολογίσουμε το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος εφαρμόζουμε τον 2^ο Νόμο του Νεύτωνα.

$$|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}|}{m} \Rightarrow |\vec{a}| = \frac{(10 \text{ N})}{(5 \text{ kg})} \Rightarrow |\vec{a}| = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ήξερες ότι...

Οι ζυγαριές είναι δυναμόμετρα, βαθμονομημένα με μία κλίμακα, που μετατρέπει τη δύναμη σε μάζα. Όταν βρισκόμαστε στη Γη και στεκόμαστε ακίνητοι πάνω σε μία ζυγαριά, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν. Συνεπώς, η δύναμη του ελατηρίου είναι ίση με τη δύναμη του βάρους μας, άρα μπορούμε από τη μέτρηση της δύναμης να υπολογίσουμε τη μάζα μας, από τη σχέση $B = mg$.

Όταν όμως βρισκόμαστε μέσα σε έναν θάλαμο, ο οποίος επιταχύνεται με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια της Γης, όπως για παράδειγμα ο ανελκυστήρας ενός ουρανοξύστη, η συνισταμένη δύναμη δεν είναι μηδέν και η δύναμη του ελατηρίου δεν ισούται με το βάρος μας. Οπότε, δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια κανονική ζυγαριά για να ζυγιστούμε.

Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα θαλάμου, ο οποίος κινείται με επιτάχυνση κάθετη στην επιφάνεια της Γης είναι ο Διεθνής Διαστημικός Σταθμός (ΔΔΣ). Πολλοί θα πιστεύετε ότι η βαρύτητα στον ΔΔΣ είναι μηδέν λόγω της απόστασής του από τη Γη, όμως κάνετε λάθος. Η βαρυτική έλξη στη θέση του ΔΔΣ είναι αρκετά μεγάλη. Είναι περίπου το 90% της βαρυτικής έλξης που δεχόμαστε όταν βρισκόμαστε στην επιφάνεια της Γης. Ο ΔΔΣ όμως, κινείται με επιτάχυνση g σε διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια της Γης και γι' αυτό όλες οι δυνάμεις σε αυτή τη διεύθυνση, εκτός από το βάρος, μηδενίζονται. Άρα, ένας αστροναύτης μέσα στον ΔΔΣ, ο οποίος στέκεται πάνω σε μια ζυγαριά θα φαίνεται ότι έχει βάρος μηδέν, επειδή η δύναμη του ελατηρίου της ζυγαριάς είναι μηδέν.

Για να ζυγιστούν οι αστροναύτες στον ΔΔΣ, αξιοποιούν τον 2^ο Νόμο του Νεύτωνα. Μετρούν δηλαδή την επιτάχυνσή τους, όταν ασκείται σε αυτούς μία σταθερή δύναμη από έναν μηχανικό βραχίονα και από τη σχέση $F = ma$ υπολογίζουν τη μάζα τους. Η εικόνα 3.49 παρουσιάζει την αστροναύτη *Karen Nyberg* να ζυγίζεται μέσα στον ΔΔΣ.



Εικόνα 3.49

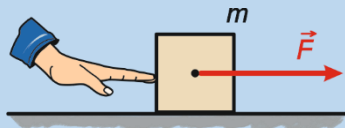
Η τεχνική της φαινομενικής έλλειψης βαρύτητας, λόγω της κίνησης με επιτάχυνση g , χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση πιλότων και αστροναυτών αλλά και για τη διεξαγωγή πειραμάτων, και γίνεται με τη βοήθεια αεροπλάνων που πετούν ανεβοκατεβαίνοντας με επιτάχυνση g . Μπορείτε να δείτε το βίντεο *'Zero G' Science*, από το κανάλι της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (European Space Agency, ESA) στο *YouTube*.



Σαρώστε τον QR κωδικό για να δείτε το βίντεο στο κινητό σας.

Έλεγξε τι έμαθες!

8. Όταν ασκηθεί δύναμη \vec{F} σε ένα σώμα μάζας m , αυτό επιταχύνεται με επιτάχυνση \vec{a} .



Εικόνα 3.50

Όταν η μάζα του σώματος διπλασιαστεί και η ασκούμενη δύναμη παραμείνει ίση με την αρχική, η επιτάχυνση του σώματος θα γίνει ίση με:



- A. $\vec{a}/4$ B. $2\vec{a}$ Γ. $4\vec{a}$ Δ. $\vec{a}/2$

3.6.γ Η έννοια της αδράνειας

Όπως έχουμε δει μέχρι τώρα, από τους δύο πρώτους Νόμους του Νεύτωνα: ένα σώμα διατηρεί σταθερή την ταχύτητά του εκτός και αν ασκηθεί σε αυτό κάποια δύναμη, που το αναγκάζει να την μεταβάλει, αλλά ακόμα και τότε, όταν δηλαδή ασκείται δύναμη στο σώμα, η ταχύτητά του αλλάζει με ρυθμό ο οποίος εξαρτάται από τη μάζα του. Παρατηρείται δηλαδή μία τάση στη φύση, τα υλικά σώματα να διατηρήσουν την ταχύτητά τους ή να αντιστέκονται στην μεταβολή της. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα, τόσο περισσότερο αντιστέκεται στην αλλαγή της ταχύτητάς του. Αυτή η ιδιότητα της ύλης, ονομάζεται *αδράνεια*.

Αδράνεια ονομάζεται η τάση των υλικών σωμάτων να αντιστέκονται στην αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης.

Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αδράνειά του. Δεν είναι δύσκολο να κατανοήσουμε ότι χρειάζεται μεγαλύτερη προσπάθεια για να κάνουμε ένα βαρύ σώμα να κινηθεί σε σχέση με ένα ελαφρύτερο.

Ένα απλό πείραμα με το οποίο μπορούμε να αντιληφθούμε την αδράνεια της ύλης είναι το ακόλουθο:



(α)



(β)

Εικόνα 3.52

Το σώμα του επιβάτη του λεωφορείου λόγω της μάζας του αντιστέκεται στη μεταβολή της ταχύτητάς του.

Τοποθετήστε ένα κέρμα πάνω σε ένα χαρτόνι και το χαρτόνι πάνω σε ένα ποτήρι. Στη συνέχεια τραβήξτε ή σπρώξτε απότομα το χαρτόνι. Θα παρατηρήσετε ότι ενώ το χαρτόνι κινείται, το κέρμα δεν ακολουθεί την κίνηση του χαρτονιού διότι τείνει να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση (δηλαδή να παραμείνει ακίνητο) και τελικά πέφτει μέσα στο ποτήρι (εικόνα 3.51).

**Εικόνα 3.51**

Ένας άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί την αδράνεια του σώματός του, αν επιβαίνει σε όχημα το οποίο μεταβάλλει απότομα την ταχύτητά του, δηλαδή σταματά ή εκκινεί απότομα. Ίσως θα έχετε προσέξει ότι οι όρθιοι επιβάτες ενός λεωφορείου γέρνουν μπροστά όταν αυτό σταματά απότομα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.52 (α) ή γέρνουν προς τα πίσω όταν το λεωφορείο εκκινεί απότομα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.52 (β). Αυτό συμβαίνει διότι το σώμα του επιβάτη, λόγω της αδράνειάς του, τείνει να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση.

3.6.6 Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

Αν χτυπήσετε δυνατά το χέρι σας πάνω στο θρανίο σας, θα πονέσετε. Αν τραβήξετε δυνατά ένα σχοινί δεμένο σε ακλόνητο σημείο, τα δάκτυλά σας θα κοκκινίσουν. Αυτό σημαίνει πως δεν ασκείτε μόνο εσείς δύναμη σε ένα αντικείμενο, αλλά ταυτόχρονα δέχεστε και μία δύναμη από αυτό.

Τα πιο πάνω παραδείγματα μπορούμε να τα εξηγήσουμε με τη βοήθεια του τρίτου Νόμου του Νεύτωνα:

Όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, τότε η δύναμη που ασκεί το πρώτο σώμα στο δεύτερο έχει ίσο μέτρο, ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά με τη δύναμη που ασκεί το δεύτερο σώμα στο πρώτο.

Συνήθως ονομάζουμε «δράση» τη δύναμη που ασκεί το πρώτο σώμα στο δεύτερο και «αντίδραση», τη δύναμη που ασκεί το

δεύτερο σώμα στο πρώτο. Γι' αυτό ο τρίτος Νόμος του Νεύτωνα, συχνά καλείται και ως *Νόμος δράσης – αντίδρασης*.

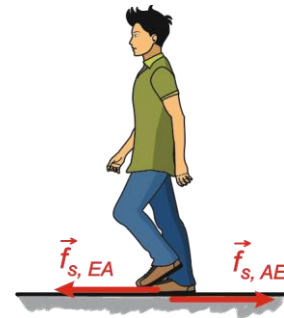
Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι δυνάμεις δράση και αντίδραση ασκούνται πάνω σε διαφορετικά σώματα και η καθεμιά μπορεί να έχει διαφορετικό αποτέλεσμα στο σώμα, στο οποίο ενεργεί. Γι' αυτό αν ονομάσετε δράση μια δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα, η αντίδρασή της ασκείται, οπωσδήποτε, σε άλλο σώμα.

Ας δούμε μερικά παραδείγματα για να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα.

Όταν περπατάμε, το ένα μας πόδι τρίβεται στο έδαφος, προς τα πίσω, και το άλλο είναι στον αέρα, με αποτέλεσμα να ασκείται στατική τριβή από το έδαφος στο πόδι μας, αλλά και από το πόδι μας στο έδαφος (εικόνα 3.53). Όταν κολυμπάμε, σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω και το νερό μάς σπρώχνει προς τα εμπρός (εικόνα 3.54).

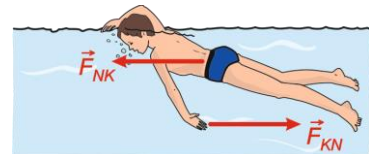
Όταν αφήσουμε από τα χέρια μας μια μπάλα, πέφτει στο έδαφος επειδή η δύναμη του βάρους, που της ασκεί η Γη, την τραβά προς τα κάτω. Όμως και η μπάλα ασκεί στη Γη δύναμη, αντίθετη με το βάρος της. Γιατί όμως, ενώ βλέπουμε την μπάλα να κινείται προς τη Γη, δεν μπορούμε να δούμε τη Γη να κινείται προς την μπάλα; Λόγω της τεράστιας μάζας της, η Γη έχει και τεράστια αδράνεια, συνεπώς προβάλλει τεράστια αντίσταση στην αλλαγή της ταχύτητάς της. Έτσι, η επιτάχυνση της Γης προς την μπάλα είναι αμελητέα.

Στην εικόνα 3.19, στην οποία φαίνεται ένα βιβλίο να ισορροπεί πάνω σε ένα τραπέζι, αν η δράση είναι η δύναμη επαφής \vec{N}_{TB} που ασκείται από το τραπέζι στο βιβλίο, η αντίδρασή της δεν είναι το βάρος του βιβλίου, αλλά η δύναμη επαφής \vec{N}_{BT} που ασκείται από το βιβλίο στο τραπέζι.



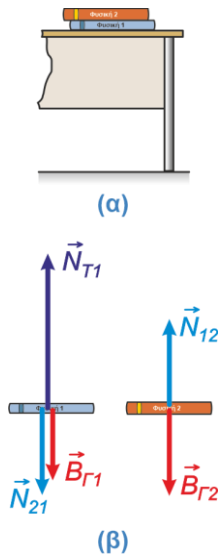
Εικόνα 3.53

Η στατική τριβή από το έδαφος στο πόδι μας, κρατά το πόδι ακίνητο στο έδαφος μέχρι το σώμα μας να γείρει μπροστά ώστε να προχωρήσουμε.



Εικόνα 3.54

Ο κολυμβητής σπρώχνει το νερό προς τα πίσω και το νερό σπρώχνει τον κολυμβητή προς τα μπροστά.



Εικόνα 3.55

Έλεγε τι έμαθες!

9. Δύο βιβλία Φυσικής βρίσκονται τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο, πάνω σε ένα θρανίο (εικόνα 3.55 (α)). Στην εικόνα 3.55 (β) είναι σχεδιασμένες οι δυνάμεις που ασκούνται στο κάθε βιβλίο.



Ποιες από τις δυνάμεις που φαίνονται στο σχήμα είναι ζεύγος δράσης – αντίδρασης;

- A. Οι \vec{N}_{T1} και \vec{B}_{G1}
- B. Οι \vec{N}_{12} και \vec{N}_{21}
- Γ. Οι \vec{N}_{12} και \vec{B}_{G2}
- Δ. Οι \vec{N}_{21} και B_{G2}

3.7. Λυμένα παραδείγματα εφαρμογών των Νόμων του Νεύτωνα

Για την καλύτερη κατανόηση του τρόπου εφαρμογής των νόμων του Νεύτωνα, ακολουθούν μερικά λυμένα παραδείγματα.

Παράδειγμα 3.5

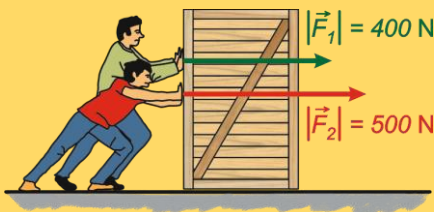
Δύο άνθρωποι σπρώχνουν ένα κιβώτιο μάζας 450 kg με οριζόντιες δυνάμεις μέτρου $|\vec{F}_1| = 400\text{ N}$ και $|\vec{F}_2| = 500\text{ N}$ πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο.

- (α) Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στο κιβώτιο, στον οριζόντιο άξονα.
- (β) Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του κιβωτίου.

Απάντηση:

$$\begin{aligned} \text{(α)} \quad |\Sigma \vec{F}| &= |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| = 400\text{ N} + 500\text{ N} \\ &\Rightarrow |\Sigma \vec{F}| = 900\text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(β)} \quad |\Sigma \vec{F}| &= m|\vec{a}| \Rightarrow 900\text{ N} = (450\text{ kg}) \times |\vec{a}| \\ &\Rightarrow |\vec{a}| = \frac{900\text{ N}}{450\text{ kg}} \Rightarrow |\vec{a}| = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$



Εικόνα 3.56

Παράδειγμα 3.6

Ένα σώμα μάζας 20 kg κινείται με επιτάχυνση μέτρου 3 m/s^2 .

- (α) Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα.
- (β) Πόσο θα ήταν το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκούνταν σε αυτό είχε μέτρο 50 N;

Απάντηση:

$$\begin{aligned} \text{(α)} \quad |\Sigma \vec{F}| &= m|\vec{a}| \Rightarrow |\Sigma \vec{F}| = (20 \text{ kg}) \times \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \\ &\Rightarrow |\Sigma \vec{F}| = 60 \text{ N} \end{aligned}$$

(β) Αν $|\Sigma \vec{F}| = 50 \text{ N}$, τότε

$$\begin{aligned} 50 \text{ N} &= (20 \text{ kg}) \times |\vec{a}| \Rightarrow |\vec{a}| = \frac{50 \text{ N}}{20 \text{ kg}} \\ &\Rightarrow |\vec{a}| = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

Παράδειγμα 3.7

Να εξηγήσετε πώς κινείται στο νερό η βάρκα με τα κουπιά, που φαίνεται στην εικόνα 3.57.



Εικόνα 3.57

Απάντηση:

Το κουπί ασκεί δύναμη στο νερό προς τα πίσω και το νερό ασκεί δύναμη ίσου μέτρου στη βάρκα, προς τα μπροστά.

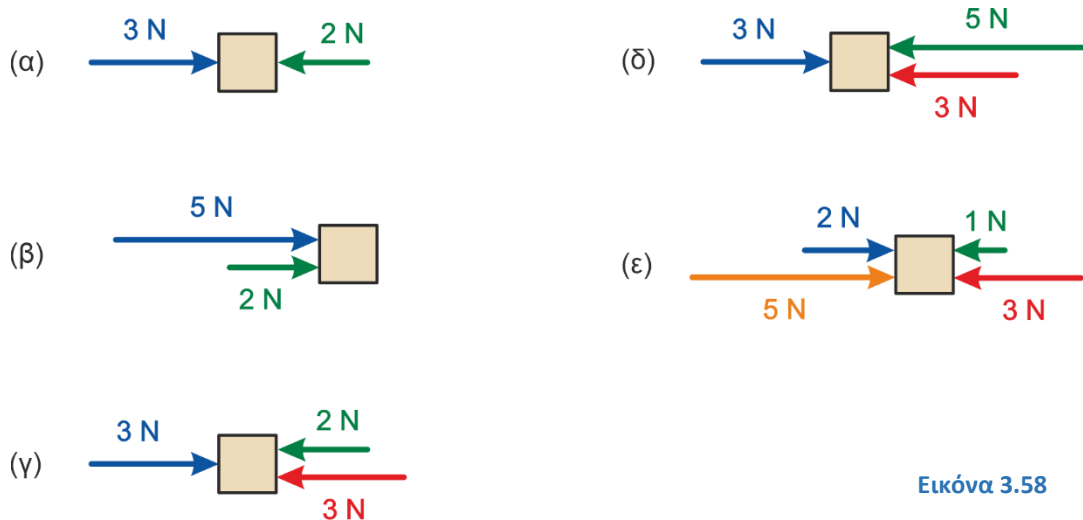
3.8. Ερωτήσεις - Ασκήσεις

- 1 | Να επιλέξετε σε ποιες από τις πιο κάτω περιπτώσεις η συνισταμένη δύναμη είναι μηδέν.
- (α) Ένα πορτοκάλι που κρέμεται από το κλαδί της πορτοκαλιάς.
 - (β) Μία μπάλα που αλλάζει κατεύθυνση καθώς κινείται.
 - (γ) Ένα αυτοκίνητο που κινείται σε κυκλικό κόμβο με ταχύτητα σταθερού μέτρου.
 - (δ) Ένας σκιέρ που κατεβαίνει μια χιονισμένη πλαγιά με ταχύτητα που αυξάνεται με σταθερό ρυθμό.
- 2 | Συμπληρώστε τα κενά στις πιο κάτω προτάσεις με λέξεις από την παρένθεση.
(δύναμη, επαφής, ελκτική, αποτελέσματα, αντικαταστήσει, από απόσταση, απωστική)
- (α) Μία δύναμη μπορεί να είναι είτε _____ είτε _____ .
 - (β) Το βάρος ενός σώματος είναι η _____ που ασκεί η Γη σε ένα σώμα εξαιτίας της μάζας του.
 - (γ) Η τάση είναι ένα παράδειγμα δύναμης _____ ενώ η ηλεκτρική δύναμη είναι ένα παράδειγμα δύναμης _____ .
 - (δ) Συνισταμένη είναι η δύναμη που μπορεί να _____ όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα και να έχει τα ίδια _____ με αυτές.
- 3 | Σπρώχνουμε ένα σώμα με δύναμη μέτρου 80 N, παράλληλα με το έδαφος και κινείται με σταθερή ταχύτητα. Πόσο είναι το μέτρο της δύναμης της τριβής που ασκείται στο σώμα;
- 4 | Να εξηγήσετε πότε δύο δυνάμεις είναι (α) ίσες, (β) ομόρροπες, (γ) αντίρροπες, (δ) αντίθετες.
- 5 | Ένας αστροναύτης με μάζα 80 kg έχει βάρος περίπου 800 N στη Γη. Πόση είναι η μάζα και το βάρος του στο διάστημα, πολύ μακριά από οποιοδήποτε ουράνιο σώμα;
- 6 | Ένα σώμα έχει μάζα 5 kg. Πόσο (περίπου) είναι το βάρος του;
- A. 4,9 N B. 5 N Γ. 50 N Δ. 500 N**

7 | Να γράψετε δίπλα από την καθεμιά από τις πιο κάτω προτάσεις «Σ», αν είναι σωστή και «Λ», αν είναι λανθασμένη.

A/A	Πρόταση	Σ/Λ
1	Οι δυνάμεις δεν προκαλούν μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων.	
2	Οι δυνάμεις επαφής ασκούνται όταν βρίσκεται σε επαφή ένα σώμα με ένα άλλο σώμα.	
3	Η μονάδα μέτρησης της δύναμης είναι το kg.	
4	Η βαρυτική δύναμη είναι ελκτική.	
5	Όλες οι δυνάμεις προκαλούν πάντα την παραμόρφωση των σωμάτων.	
6	Η βαρυτική δύναμη είναι δύναμη από απόσταση.	
7	Οι μαγνητικές δυνάμεις είναι πάντα ελκτικές.	
8	Ένα σώμα ισορροπεί, όταν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό είναι ίση με μηδέν.	
9	Η συνισταμένη δύναμη έχει τα ίδια αποτελέσματα με τις δυνάμεις που προσθέτουμε.	
10	Το ελατήριο είναι όργανο μέτρησης της δύναμης.	

8 | Να υπολογίσετε τη συνισταμένη δύναμη για καθεμιά από τις πιο κάτω περιπτώσεις.



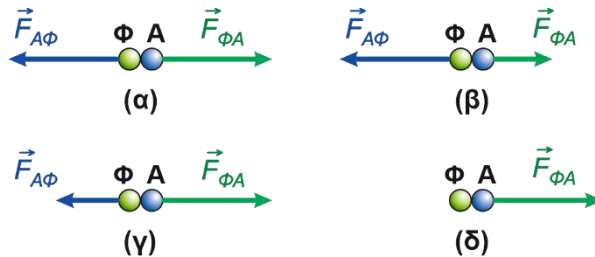
9 | Δύο δυνάμεις με μέτρα 10 N και 30 N έχουν οριζόντια διεύθυνση. Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης αν οι δυνάμεις είναι ομόρροπες και (β) οι δυνάμεις είναι αντίρροπες.

10 | Ένα φορτηγό κινείται με σταθερή ταχύτητα και συγκρούεται με ένα ακίνητο, μικρό αυτοκίνητο.



Εικόνα 3.59 (α)

Να επιλέξετε ποιο από τα διαγράμματα (α), (β), (γ) ή (δ) αναπαριστά σωστά τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των δύο οχημάτων.



Εικόνα 3.59 (β)

11 | Να εξηγήσετε γιατί είναι λάθος η πιο κάτω πρόταση.

«Όταν ο Γιώργος ασκεί δύναμη μέτρου $|\vec{F}_{ΓΜ}| = 20 \text{ N}$ στον Μιχάλη, τότε και ο Μιχάλης ασκεί δύναμη μέτρου $|\vec{F}_{ΜΓ}| = 20 \text{ N}$ στον Γιώργο, στην ίδια διεύθυνση με αντίθετη φορά. Συνεπώς, η συνισταμένη δύναμη των δυνάμεων $\vec{F}_{ΓΜ}$ και $\vec{F}_{ΜΓ}$ είναι μηδέν.»

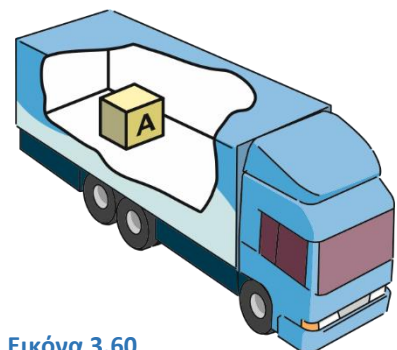
12 | Με βάση τον τρίτο Νόμο του Νεύτωνα να εξηγήσετε την κίνηση (α) ενός πλοίου στο νερό, (β) ενός αεροπλάνου στον αέρα και (γ) ενός πυραύλου στο διάστημα.

13 | Ένα σώμα μάζας 100 kg κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε μια λεία, οριζόντια επιφάνεια. Το ίδιο σώμα βρίσκεται ακίνητο στο διάστημα. Να εξηγήσετε, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι μεγαλύτερη σε κάποια από τις δύο περιπτώσεις.

14 | Ένα φορτηγό κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα και στον χώρο αποσκευών του βρίσκεται ένα κιβώτιο A, μάζας m .

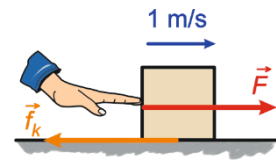
Αν το φορτηγό φρενάρει απότομα, το κιβώτιο κινείται για λίγο προς τα μπροστά και μετά σταματά.

Να εξηγήσετε γιατί συμβαίνει αυτό.



Εικόνα 3.60

- 15 | Το κιβώτιο της εικόνας έχει μάζα $m = 4 \text{ kg}$ και κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 1 \text{ m/s}$, όταν ασκείται σε αυτό δύναμη \vec{F} μέτρου 20 N . Τα διανύσματα στο σχήμα δεν είναι σχεδιασμένα υπό κλίμακα.



Εικόνα 3.61

Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης της κινητικής τριβής $|\vec{f}_k|$.

- 16 | Ένα ελατήριο επιμηκύνεται κατά 10 cm όταν τραβάμε το άκρο του με δύναμη μέτρου 20 N . Πόση θα είναι η επιμήκυνση του ελατηρίου, αν τραβήξουμε το άκρο του με δύναμη μέτρου 30 N ;
- 17 | Ένα σώμα μάζας 10 kg κινείται με επιτάχυνση μέτρου 2 m/s^2 όταν ασκούνται σε αυτό δύο ομόρροπες δυνάμεις \vec{F}_1 και \vec{F}_2 . Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης \vec{F}_2 αν το μέτρο της δύναμης \vec{F}_1 είναι 12 N .

- 18 | Αμέσως μετά την απογείωσή του, ένας πύραυλος κινείται με επιτάχυνση μέτρου $\frac{3}{2}g$. Η συνολική μάζα του πυραύλου μαζί με το καύσιμο είναι 7000 kg . Να υπολογίσετε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στον πύραυλο.

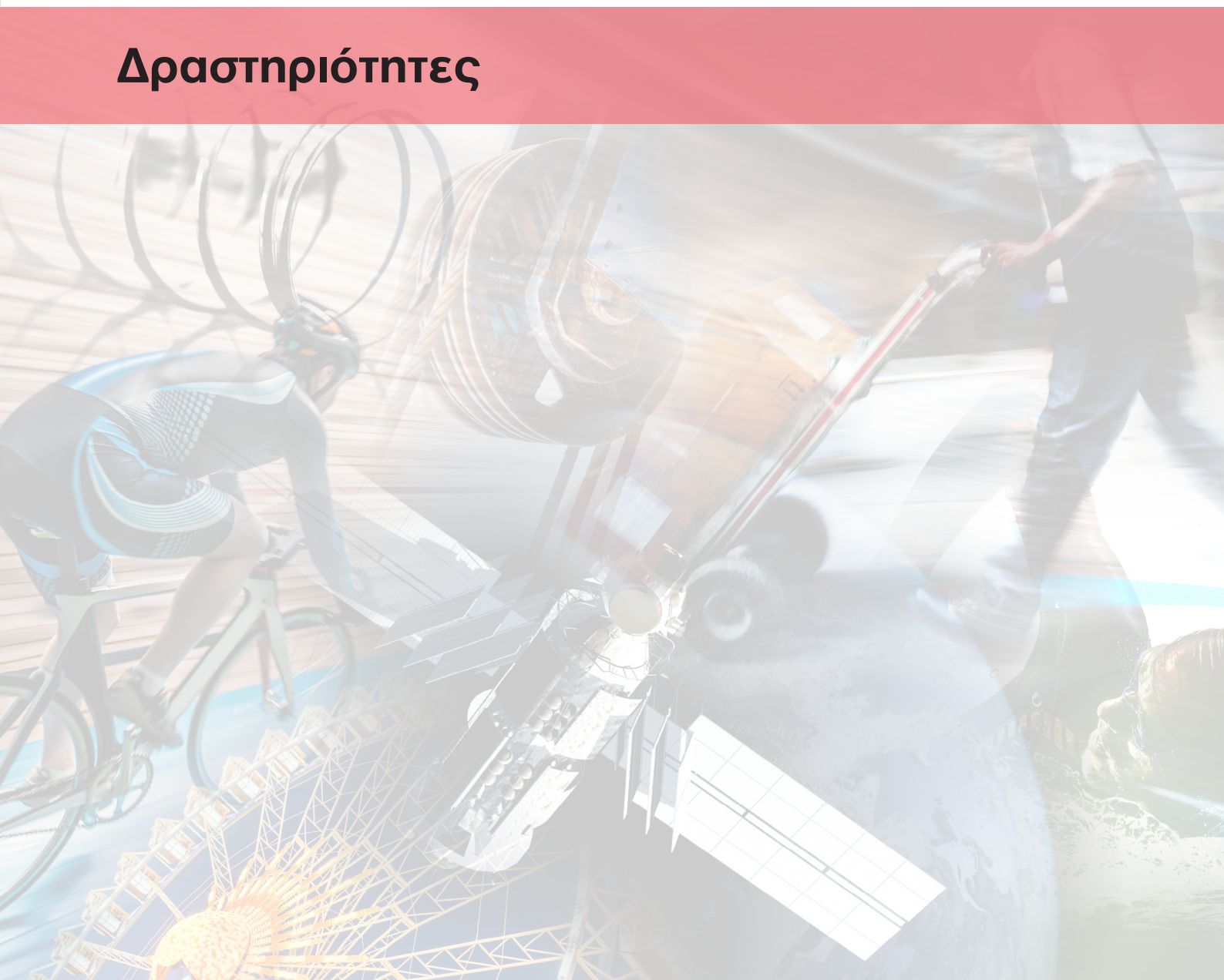


Εικόνα 3.62

(© wikiimages from pixabay)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Δραστηριότητες



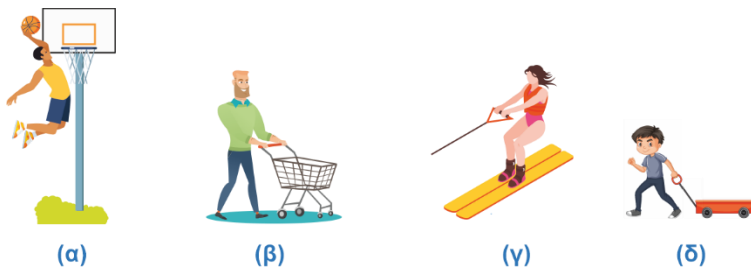
3.1 Η έννοια της δύναμης

Η έννοια της δύναμης είναι πολύ χρήσιμη για την περιγραφή των φυσικών φαινομένων, διότι εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο τα σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

3.1.α Πώς ασκείται μια δύναμη πάνω σε ένα σώμα;

- i. Στην εικόνα 3.63 παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα σωμάτων, πάνω στα οποία ασκούνται δυνάμεις.

Να συμπληρώσετε τις προτάσεις με τις λέξεις «σπρώχνει» και «τραβά», ώστε να περιγράφεται σωστά η κάθε εικόνα.



Εικόνα 3.63

- 1) Ο καλαθοσφαιριστής της εικόνας 3.63 (α) _____ την μπάλα μέσα στο καλάθι.
 - 2) Το καροτσάκι της υπεραγοράς στην εικόνα 3.63 (β) κινείται επειδή ο άνδρας το _____.
 - 3) Η γυναίκα της εικόνας 3.63 (γ) γλιστρά πάνω στην επιφάνεια του νερού, επειδή την _____ ένα σχοινί, δεμένο σε μια βάρκα.
 - 4) Το παιδί της εικόνας 3.63 (δ) _____ το αμαξάκι του και αυτό κινείται.
- ii. Να συμπληρώσετε την πιο κάτω πρόταση.

✓ Με τη βοήθεια μιας δύναμης μπορούμε να _____ ή να _____ ένα σώμα.



(α)



(β)

Εικόνα 3.64

iii. Πάρτε δύο μαγνήτες σαν και αυτούς της εικόνας 3.64.

1) Να πλησιάσετε τους δύο μαγνήτες, έτσι ώστε να πλησιάσουν οι μεριές με ίδιο χρώμα (όμοιοι πόλοι). Τι παρατηρείτε;

2) Να πλησιάσετε τους δύο μαγνήτες, έτσι ώστε να πλησιάσουν οι μεριές με διαφορετικό χρώμα (αντίθετοι πόλοι). Τι παρατηρείτε;

3) Να πλησιάσετε τον έναν μαγνήτη πάνω από ένα δοχείο με καρφίτσες, χωρίς όμως να τις ακουμπήσετε. Τι παρατηρείτε;

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
1	Στην εικόνα 3.64 υπάρχει επαφή μεταξύ των δύο μαγνητών;	
2	Όταν οι μαγνήτες πλησιάζουν μεταξύ τους με ίδιους πόλους (μεριές ίδιου χρώματος), απωθούνται.	
3	Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει τις καρφίτσες, τις έλκει προς το μέρος του.	

iv. Στις περιπτώσεις της εικόνας 3.63, η δύναμη ασκείται με επαφή μεταξύ των σωμάτων ενώ στις περιπτώσεις της εικόνας 3.64 και της δραστηριότητας iii δεν χρειάζεται επαφή για να ασκηθεί δύναμη.

v. Συμπληρώστε την πρόταση

✓ Μια δύναμη μπορεί να ασκηθεί σε ένα σώμα με _____ ή από _____ .

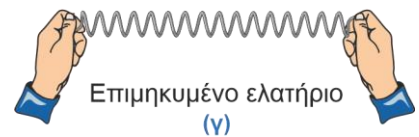
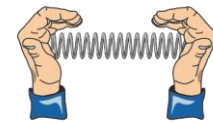
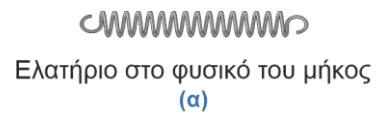
3.1.β Αποτελέσματα της άσκησης δύναμης πάνω σε ένα σώμα

i. Πιάστε τα άκρα ενός ελατηρίου και τραβήξτε τα τόσο, ώστε όταν το αφήσετε να πάρει ξανά το αρχικό του σχήμα. Τι παρατηρείτε, σε σχέση με το σχήμα του;

ii. Αφήστε το ελατήριο να αποκτήσει πάλι το κανονικό του σχήμα και στη συνέχεια σπρώξτε τα άκρα του. Τι παρατηρείτε, σε σχέση με το σχήμα του;

iii. Όταν σπρώξουμε ένα εργαστηριακό όχημα, το οποίο βρίσκεται ακίνητο πάνω στον ευθύγραμμο διάδρομο του εργαστηρίου, τι θα παρατηρήσουμε;

iv. Να αναφέρετε τι θα κάνετε για να αλλάξετε την κατεύθυνση της κίνησης μιας μπάλας, η οποία κυλά στο πάτωμα.



Εικόνα 3.65

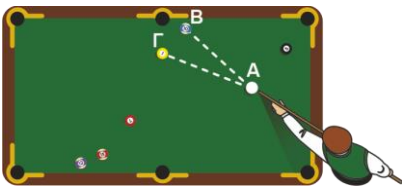
A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
4	Μία δύναμη μπορεί να αλλάξει το σχήμα ενός σώματος.	
5	Μία δύναμη μπορεί να αλλάξει το μέτρο της ταχύτητας ενός σώματος.	
6	Μία δύναμη μπορεί να αλλάξει την κατεύθυνση της κίνησης ενός σώματος.	

- v. Συμπληρώστε την πρόταση με τις κατάλληλες λέξεις από την παρένθεση.

(κινητική, σχήμα, κατάσταση, κατεύθυνση, μάζα)

✓ Η δύναμη είναι η αιτία που μπορεί να μεταβάλει το _____ ενός σώματος ή την _____ του _____ .

3.1.γ Η δύναμη ως διανυσματικό φυσικό μέγεθος



Εικόνα 3.66

Η κατεύθυνση της δύναμης επηρεάζει το αποτέλεσμά της.

Στην εικόνα 3.66 απεικονίζεται ένας παίχτης του μπιλιάρδου, ο οποίος είναι έτοιμος να ασκήσει δύναμη στην μπίλια Α, κτυπώντας την με τη στέκα. Η μπίλια Α, με τη σειρά της, θα κινηθεί στη *διεύθυνση* της δύναμης που δέχτηκε και θα κτυπήσει πάνω σε κάποια από τις μπίλιες Β ή Γ.

- i. Η μπίλια Α θα κτυπήσει την μπίλια Β, αν η δύναμη που δέχτηκε έχει διεύθυνση την ευθεία _____ με φορά από το _____ στο _____ .
- ii. Η μπίλια Α θα κτυπήσει την μπίλια Γ, αν η δύναμη που δέχτηκε έχει διεύθυνση την ευθεία _____ με φορά από το _____ στο _____ .

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
7	Στο μπιλιάρδο της εικόνας 3.66, αν η δύναμη F έχει διεύθυνση την ευθεία AB και φορά από το A στο B, η μπίλια A θα κτυπήσει την μπίλια B;	
8	Μπορεί μία δύναμη με διεύθυνση την ευθεία AB να σπρώξει την μπίλια A προς την μπίλια Γ;	
9	Η διεύθυνση και η φορά μιας δύναμης μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα της;	

iii. Συμπληρώστε τις προτάσεις:

- ✓ Η _____ και η _____ μιας δύναμης, η οποία ασκείται σε ένα σώμα, επηρεάζει το αποτέλεσμα της.
- ✓ Η δύναμη είναι _____ φυσικό μέγεθος.

3.1.δ Η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I.

Στο διεθνές σύστημα μονάδων μέτρησης, η μονάδα μέτρησης της δύναμης είναι το newton, προς τιμήν του Isaac Newton και συμβολίζεται με το γράμμα N.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

i. Να αναφέρετε αν η δύναμη είναι θεμελιώδες ή παράγωγο φυσικό μέγεθος.

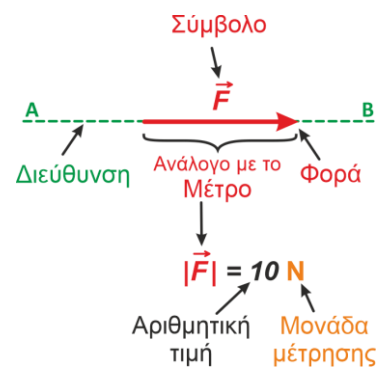
3.2 Σχεδιασμός δυνάμεων

3.2.α Αναπαράσταση δύναμης

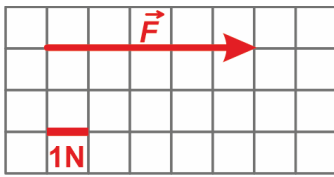
Οι δυνάμεις, όπως και όλα τα διανυσματικά μεγέθη, αναπαρίστανται με βέλη.

- Το μήκος του βέλους, με τη βοήθεια μιας κλίμακας, δηλώνει το **μέτρο** της δύναμης.
- Η ευθεία πάνω στην οποία βρίσκεται το βέλος μάς δηλώνει τη **διεύθυνση** (π.χ. οριζόντια, κατακόρυφα κ.λπ.) ενώ
- Η αιχμή του βέλους δηλώνει τη **φορά** (π.χ. αριστερά, δεξιά, από το A στο B κ.λπ.).

Η δύναμη (όπως και όλα τα διανυσματικά μεγέθη) συμβολίζεται με ένα γράμμα και ένα βέλος πάνω από αυτό, π.χ. \vec{F} , ενώ το μέτρο της δύναμης συμβολίζεται ως $|\vec{F}|$.

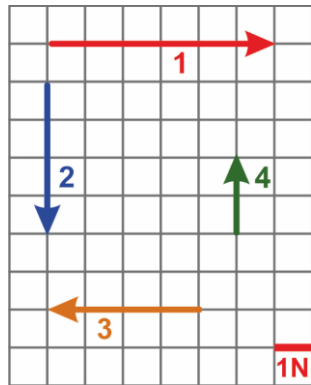


Εικόνα 3.67
Χαρακτηριστικά διανυσμάτων.



Εικόνα 3.68

Για παράδειγμα, στην εικόνα 3.68 παρουσιάζεται ένα διάνυσμα με μήκος ίσο με πέντε τετραγωνάκια. Αν κάθε τετραγωνάκι αντιστοιχεί με 1 newton (1N), τότε, το διάνυσμα αναπαριστά μία δύναμη με μέτρο 5 N, διεύθυνση **οριζόντια** και φορά προς τα **δεξιά**.

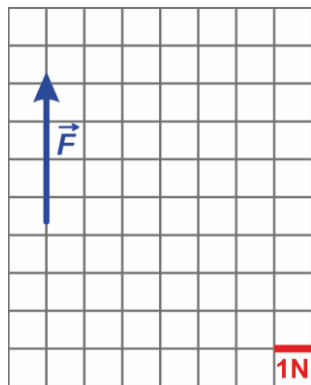


Εικόνα 3.69
Διάφορες δυνάμεις.

- i. Να συμπληρώσετε τον πιο κάτω πίνακα με τα χαρακτηριστικά των δυνάμεων που είναι σχεδιασμένες στην εικόνα 3.69. Οι δυνάμεις είναι σχεδιασμένες με κλίμακα έτσι ώστε κάθε τετραγωνάκι να αντιστοιχεί σε 1 N.

A/A	Μέτρο δύναμης (N)	Διεύθυνση (οριζόντια/ κατακόρυφη)	Φορά (αριστερά/δεξιά, άνω/κάτω)
1			
2			
3			
4			

3.2.β Ίσες, αντίθετες, ομόρροπες και αντίρροπες δυνάμεις



Εικόνα 3.70

- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν *ίσα μέτρα*, την *ίδια διεύθυνση* και την *ίδια φορά* είναι **ίσες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν *ίσα μέτρα*, την *ίδια διεύθυνση* και *αντίθετη φορά*, είναι **αντίθετες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν *την ίδια διεύθυνση* και την *ίδια φορά*, είναι **ομόρροπες**.
- ✓ Δύο δυνάμεις που έχουν *την ίδια διεύθυνση* και *αντίθετη φορά*, είναι **αντίρροπες**.

(α) Στην εικόνα 3.70 να σχεδιάσετε:

- 1) Μία δύναμη \vec{F}_2 η οποία να είναι αντίθετη της δύναμης \vec{F} .
- 2) Μία δύναμη \vec{F}_3 η οποία να έχει μέτρο 3 N και να είναι ομόρροπη με τη δύναμη \vec{F} .
- 3) Μία δύναμη \vec{F}_4 η οποία να έχει μέτρο 5 N και να είναι αντίρροπη με τη δύναμη \vec{F} .

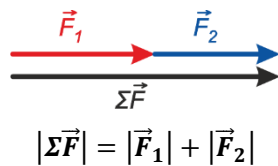
3.2.γ Πρόσθεση δυνάμεων

Αν σε ένα σώμα ασκούνται πάνω από μία δυνάμεις, μπορούμε να τις προσθέσουμε και να βρούμε τη συνολική δύναμη που ασκείται σε αυτό.

Η συνολική δύναμη ονομάζεται **συνισταμένη δύναμη** και μπορεί ν' αντικαταστήσει όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, το οποίο θεωρούμε ότι είναι υλικό σημείο, και να έχει τα ίδια αποτελέσματα με αυτές.

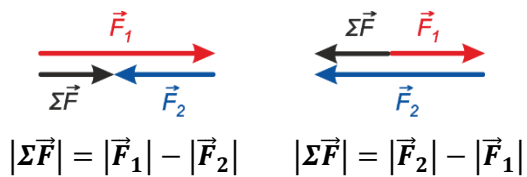
Για να προσθέσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, πρέπει να λάβουμε υπόψη την κατεύθυνσή τους, σύμφωνα με τους πιο κάτω κανόνες.

- A)** Αν οι δυνάμεις έχουν την **ίδια φορά**, η συνισταμένη δύναμη έχει την **ίδια κατεύθυνση** με αυτές και **μέτρο ίσο με το άθροισμα** των μέτρων τους.



$$|\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2|$$

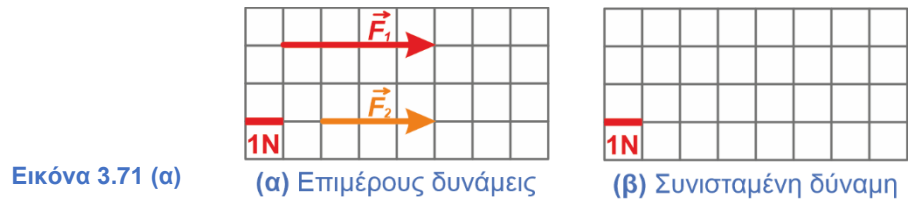
- B)** Αν οι δυνάμεις έχουν **αντίθετη φορά**, η συνισταμένη δύναμη έχει την **ίδια κατεύθυνση με τη μεγαλύτερη δύναμη** και **μέτρο ίσο με τη διαφορά** του μέτρου της μεγαλύτερης δύναμης από το μέτρο της μικρότερης δύναμης.



$$|\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_1| - |\vec{F}_2| \quad |\Sigma \vec{F}| = |\vec{F}_2| - |\vec{F}_1|$$

- i. Εφαρμόζοντας τους πιο πάνω κανόνες, να υπολογίσετε το μέτρο $|\Sigma \vec{F}|$ της συνισταμένης δύναμης των δυνάμεων \vec{F}_1 και \vec{F}_2 , να σχεδιάσετε το διάνυσμα $\Sigma \vec{F}$ της συνισταμένης δύναμης και να δηλώσετε τα χαρακτηριστικά του (μέτρο, διεύθυνση, φορά), για καθεμιά από τις πιο κάτω περιπτώσεις.

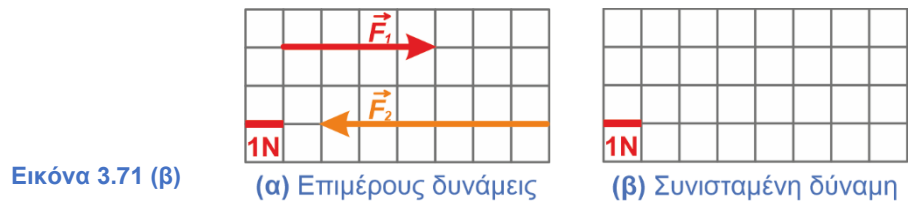
(α) Ομόρροπες δυνάμεις



μέτρο: $|\Sigma \vec{F}| =$ _____

διεύθυνση: _____, φορά: _____

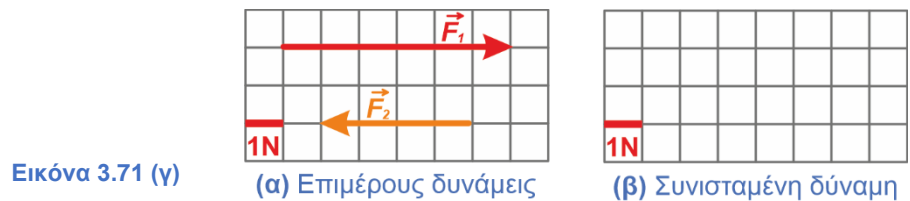
(β) Αντίρροπες δυνάμεις με $|\Sigma \vec{F}_2| > |\Sigma \vec{F}_1|$



μέτρο: $|\Sigma \vec{F}| =$ _____

διεύθυνση: _____, φορά: _____

(γ) Αντίρροπες δυνάμεις με $|\Sigma \vec{F}_1| > |\Sigma \vec{F}_2|$



μέτρο: $|\Sigma \vec{F}| =$ _____

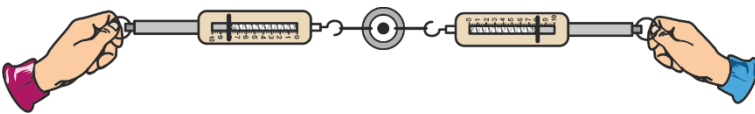
διεύθυνση: _____, φορά: _____

ii. Πειραματική επαλήθευση του κανόνα πρόσθεσης δυνάμεων

Αν δύο δυνάμεις έλκουν ένα σώμα προς την ίδια κατεύθυνση, τότε η δύναμη που χρειάζεται ν' ασκηθεί στο σώμα για να τις αντισταθμίσει πρέπει να έχει μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους.

Για να εκτελέσουμε τη δραστηριότητα θα χρειαστούμε τρία δυναμόμετρα (1 με κλίμακα από 0 N μέχρι 10 N και δύο με κλίμακα από 0 N μέχρι 5 N), έναν κρίκο και έναν ορθοστάτη.

- (α) Να αγκιστρώσετε στον κρίκο δύο δυναμόμετρα, το ένα απέναντι από το άλλο. Να τραβήξετε τα δύο δυναμόμετρα έτσι ώστε ο κρίκος να παραμένει διαρκώς ακίνητος στο ίδιο σημείο. Για να το ελέγξετε αυτό, περάστε τον κρίκο μέσα από τον ορθοστάτη και φροντίστε όταν τον τραβάτε, κανένα σημείο του να μην ακουμπά στον ορθοστάτη, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.72.

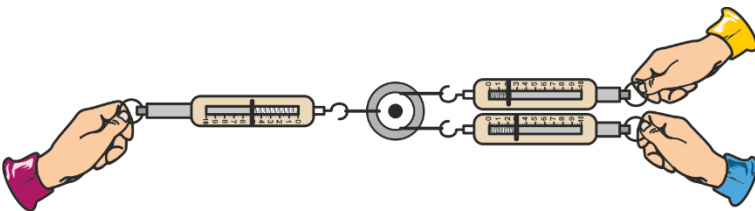


Εικόνα 3.72

- 1) Αν η ένδειξη του δυναμομέτρου στα δεξιά είναι 5 N, πόση είναι ένδειξη του δυναμομέτρου στα αριστερά, όταν ο κρίκος παραμένει ακίνητος;

Σύμφωνα με το πιο πάνω αποτέλεσμα, η μία δύναμη στ' αριστερά αντισταθμίζει τη μία δύναμη στα δεξιά, έτσι ώστε ο κρίκος να παραμένει ακίνητος.

- (β) Να αγκιστρώσετε στον κρίκο τρία δυναμόμετρα, το ένα στα αριστερά και τα δύο στα δεξιά. Να τραβήξετε τα δύο δυναμόμετρα δεξιά με δυνάμεις 3 N και 2 N.



Εικόνα 3.73

- 1) Πόση πρέπει να είναι η ένδειξη του δυναμομέτρου στα αριστερά ώστε, ο κρίκος να παραμένει ακίνητος;

- 2) Ελέγξτε την απάντησή σας ασκώντας κατάλληλη δύναμη στο δυναμόμετρο στα αριστερά, όταν οι δυνάμεις στα δυναμόμετρα δεξιά είναι 3 N και 2 N.

Ένδειξη δυναμομέτρου στα αριστερά = _____

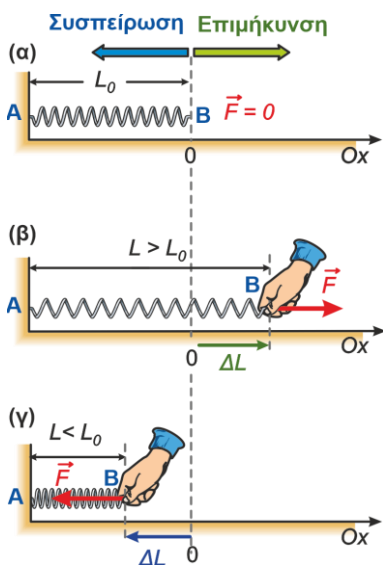
Αν τα αποτελέσματα στις δύο δραστηριότητες είναι τα ίδια, τότε μπορούμε να πούμε ότι οι δύο δυνάμεις προς τα δεξιά στη δραστηριότητα 2 έχουν το ίδιο αποτέλεσμα, με τη μία δύναμη στα δεξιά στη δραστηριότητα 1, η οποία έχει μέτρο ίσο με το άθροισμά τους και κατεύθυνση ίδια με αυτές.

iii. Συμπληρώστε τις προτάσεις

- ✓ Δύο ή και περισσότερες _____ μπορούν ν' αντικατασταθούν από μόνο μία _____ η οποία να προκαλεί τα ίδια _____ με αυτές.
- ✓ Η δύναμη αυτή ονομάζεται _____ δύναμη.

3.3 Μέτρηση δύναμης – Ο νόμος του Hooke

Το όργανο μέτρησης της δύναμης ονομάζεται *δυναμόμετρο* και τα κλασικά δυναμόμετρα λειτουργούν στηριζόμενα στην ιδιότητα των ελατηρίων να μεταβάλλουν το μήκος τους ανάλογα με τη δύναμη που ασκείται σε αυτά.



Εικόνα 3.74

- Στην εικόνα 3.74 (α) η άκρη A του ελατηρίου είναι στερεωμένη σε ακλόνητο σημείο και η άκρη B είναι ελεύθερη.

Η απόσταση AB είναι το στιγμιαίο μήκος L του ελατηρίου.

Όταν δεν ασκείται κάποια δύναμη στο ελατήριο, αυτό έχει το φυσικό του μήκος, το οποίο συμβολίζουμε με το L_0 .

- Στην εικόνα 3.74 (β) ασκούμε δύναμη στην ελεύθερη άκρη B του ελατηρίου με διεύθυνση κατά μήκος του ελατηρίου και φορά από το ελατήριο προς το χέρι μας. Το ελατήριο αποκτά κάποιο νέο στιγμιαίο μήκος $L > L_0$.

Το μέγεθος $\Delta L = L - L_0$ εκφράζει τη μεταβολή του μήκους του ελατηρίου ή αλλιώς την παραμόρφωσή του.

Όταν η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι θετική, ονομάζεται *επιμήκυνση*.

- Στην Εικόνα 3.74(γ) ασκούμε δύναμη στην ελεύθερη άκρη B του ελατηρίου με διεύθυνση κατά μήκος του ελατηρίου και φορά από το χέρι μας προς το ελατήριο.

Το ελατήριο αποκτά κάποιο νέο στιγμιαίο μήκος $L < L_0$.

Η μεταβολή του μήκους ΔL είναι αρνητική και ονομάζεται *συσπίρωση*.

- Όσο αυξάνεται το μέτρο της ασκούμενης δύναμης, τόσο αυξάνεται και η παραμόρφωση του ελατηρίου.
- Αν πάψουμε να ασκούμε δύναμη στην ελεύθερη άκρη του ελατηρίου, τότε αυτό αποκτά πάλι το φυσικό του μήκος. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι *ελαστική*.

Σημείωση: Εάν η δύναμη που εξασκούμε υπερβεί κάποιο όριο, το οποίο εξαρτάται από το ελατήριο, η παραμόρφωση του ελατηρίου γίνεται μόνιμη, οπότε όταν η δύναμη πάψει να εξασκείται, το ελατήριο δεν ανακτά το αρχικό του μήκος και σχήμα.

Θα αξιοποιήσουμε αυτή την ιδιότητα των ελατηρίων για να εξαγάγουμε μία σχέση ανάμεσα στην παραμόρφωση (μεταβολή του μήκους) και την ασκούμενη δύναμη, η οποία είναι γνωστή ως ο *Νόμος του Hooke*.

Στη δραστηριότητα θα επιμηκύνουμε ένα ελατήριο αναρτώντας σε αυτό σταθμά. Με κάθε σταθμό που αναρτούμε στην ελεύθερη άκρη του ελατηρίου, θα αυξάνουμε τη δύναμη που ασκείται σε αυτό κατά 1 N περίπου.

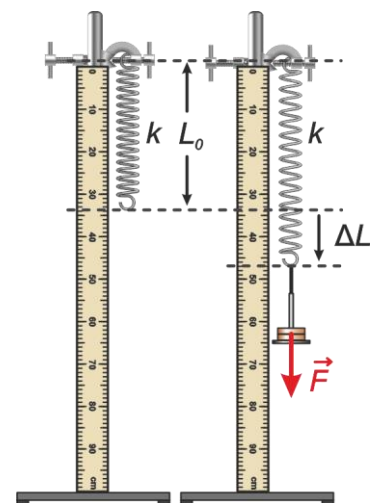
Σημείωση: Ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται η μάζα των σταθμών με τη δύναμη θα συζητηθεί λίγο αργότερα.

Δραστηριότητα

A. Λήψη μετρήσεων

- α) Να αναρτήσετε το ελατήριο σε ένα ακλόνητο σημείο στον ορθοστάτη, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.75.
- β) Με τη βοήθεια του χάρακα να μετρήσετε το φυσικό μήκος του ελατηρίου.

$L_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$



Εικόνα 3.75

- γ) Να κρεμάσετε στην ελεύθερη άκρη του ελατηρίου σταθμά και να μετρήσετε το στιγμιαίο του μήκος. Ξεκινήστε με ένα σταθμό και να αυξάνετε τον αριθμό κάθε φορά. Να συμπληρώσετε τον πίνακα.

Αριθμός σταθμών	Δύναμη που επιμηκύνει το ελατήριο (N)	Μήκος ελατηρίου L (cm)	Μήκος ελατηρίου L (m)	Επιμήκυνση μήκους ελατηρίου $\Delta L = L - L_0$ (m)	Πηλίκο $\frac{ \vec{F} }{\Delta L}$ (N/m)
1	1				

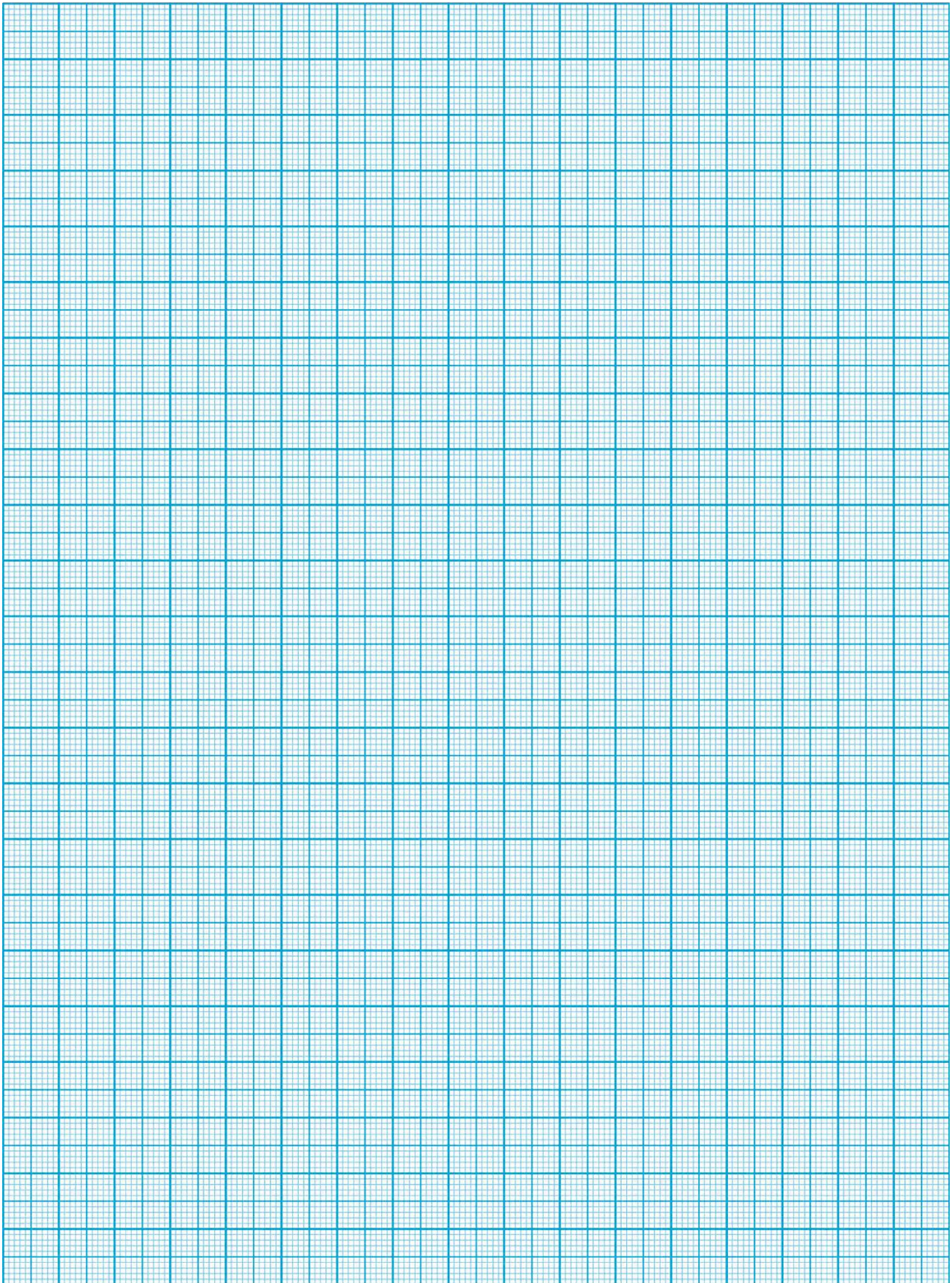
B. Επεξεργασία μετρήσεων

- α) Να συγκρίνετε τις τιμές του πηλίκου $\frac{|\vec{F}|}{\Delta L}$ για κάθε τιμή της δύναμης και να αναφέρετε αν είναι σταθερό (περίπου).

- β) Να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση του μέτρου της δύναμης συναρτήσει της επιμήκυνσης του ελατηρίου σε χιλιοστομετρικό χαρτί. Ο κατακόρυφος άξονας θα αντιστοιχεί στο μέτρο της δύναμης και ο οριζόντιος στην επιμήκυνση.

- γ) Να σχεδιάσετε μία γραμμή, η οποία να περνά όσο το δυνατόν πιο κοντά από κάθε σημείο, χωρίς κατ' ανάγκη να περνά από όλα.

Αν η γραμμή που σχεδιάσατε είναι ευθεία, τότε σημαίνει πως τα μεγέθη στους άξονες είναι ανάλογα.



Γ. Συμπεράσματα

Συμπληρώστε τις προτάσεις

- ✓ Η δύναμη που ασκείται σε ένα ελατήριο και η παραμόρφωση του ελατηρίου είναι _____ μεγέθη.
- ✓ Το πηλίκο $\frac{|\vec{F}|}{\Delta L}$ είναι _____ και έχει μονάδα μέτρησης το _____ .

Εξισώνουμε το πηλίκο $\frac{|\vec{F}|}{\Delta L}$ με k και το ονομάζουμε *σταθερά του ελατηρίου*, άρα:

$$\frac{|\vec{F}|}{\Delta L} = k \quad \text{ή} \quad |\vec{F}| = k\Delta L$$

Η πιο πάνω σχέση αποτελεί το Νόμο του Hooke και η σταθερά k εκφράζει το πόσο εύκολα παραμορφώνεται ένα ελατήριο υπό τη δράση δεδομένης δύναμης.

- i. Να υπολογίσετε την επιμήκυνση ενός ελατηρίου με σταθερά $k = 5 \text{ N/m}$, όταν ασκείται σε αυτό δύναμη μέτρου 20 N.
- ii. Σε δύο ελατήρια με το ίδιο μήκος και σταθερές k_1 και k_2 αναρτούμε τον ίδιο αριθμό σταθμών. Το ελατήριο με σταθερά k_1 επιμηκύνεται περισσότερο από το ελατήριο με σταθερά k_2 . Να εξηγήσετε ποιο από τα δύο ελατήρια έχει μικρότερη σταθερά.

3.4 Χαρακτηριστικές δυνάμεις

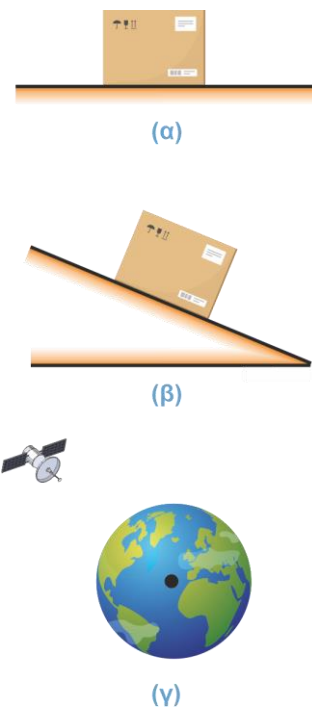
Στην ενότητα αυτή θα μάθουμε να σχεδιάζουμε μερικές χαρακτηριστικές δυνάμεις. Περισσότερες λεπτομέρειες για τη φύση και την προέλευση των δυνάμεων αυτών, μπορείτε να διαβάσετε από το βιβλίο της θεωρίας.

3.4.α Βάρος, \vec{B}

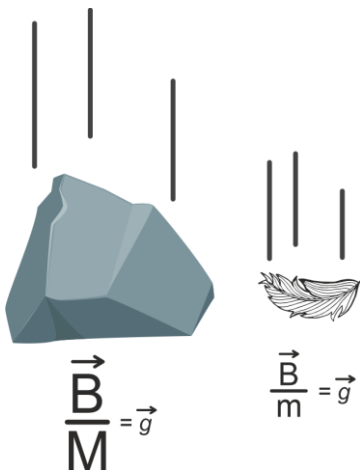
Όλα τα υλικά σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μέσω βαρυτικών δυνάμεων. Οι βαρυτικές δυνάμεις γίνονται σημαντικές όταν ασκούνται από σώματα με τεράστια μάζα, όπως οι πλανήτες και τα άστρα. Για παράδειγμα, η βαρυτική έλξη του Ήλιου προς τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος συγκρατεί τους πλανήτες στις τροχιές τους.

Η δύναμη του βάρους ενός σώματος είναι η έλξη που ασκεί η Γη στο σώμα και για να τη σχεδιάσουμε ακολουθούμε τους πιο κάτω κανόνες:

- Η δύναμη του βάρους έχει πάντοτε διεύθυνση την ευθεία που συνδέει το σώμα με το κέντρο της Γης και φορά προς το κέντρο της Γης.
 - ✓ Αν το σώμα βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της Γης, τότε το διάνυσμα του βάρους είναι κατακόρυφο με φορά προς το έδαφος.
 - ✓ Αν το σώμα βρίσκεται μακριά από την επιφάνεια της Γης, τότε το διάνυσμα του βάρους είναι κάθετο στην επιφάνεια της γης με φορά προς το κέντρο της.
 - Η δύναμη του βάρους ασκείται είτε όταν τα σώματα είναι σε επαφή με τη Γη είτε όταν βρίσκονται σε κάποια απόσταση από αυτή.
 - Ασκείται στα σώματα είτε αυτά κινούνται είτε είναι ακίνητα.
- i. Να σχεδιάσετε (ποιοτικά) το διάνυσμα του βάρους στα σώματα των εικόνων 3.76 (α), (β) και (γ).



Εικόνα 3.76



Εικόνα 3.77

Το βάρος ενός σώματος δεν αποτελεί ιδιότητα του σώματος. Είναι η δύναμη με την οποία το έλκει η Γη, ωστόσο το βάρος κάθε σώματος είναι ανάλογο με τη μάζα του. Σώματα με μεγάλη μάζα έχουν αντίστοιχα μεγάλο βάρος, ενώ σώματα με μικρή μάζα έχουν μικρό βάρος.

Για να υπολογίσουμε το μέτρο του βάρους ενός σώματος πολλαπλασιάζουμε τη μάζα του με τη σταθερά g , η οποία ονομάζεται *επιτάχυνση της βαρύτητας*.

$$|\vec{B}| = mg$$

Η επιτάχυνση της βαρύτητας κοντά στην επιφάνεια της Γης είναι σχεδόν σταθερή και η τιμή της είναι $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Σύμφωνα με την πιο πάνω σχέση, το πηλίκο του μέτρου του βάρους ενός σώματος διά τη μάζα του είναι σταθερό. Δηλαδή, όλα τα σώματα που πέφτουν στη Γη, μόνο υπό την επίδραση του βάρους τους, κινούνται με την ίδια επιτάχυνση, η οποία είναι ίση με g .

ii. Να απαντήσετε στο ερώτημα.

Αν αφήσουμε από το ίδιο ύψος ένα φτερό και μία πέτρα, ποιο από τα δύο θα φτάσει πρώτο στο έδαφος;

iii. Για να ελέγξουμε την απάντηση στο πιο πάνω ερώτημα θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι τα δύο σώματα δεν επηρεάζονται από άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα ο αέρας.

Παρακολουθήστε την εκτέλεση του πειράματος σε μία εγκατάσταση της NASA, σε συνθήκες κενού και διατυπώστε τα συμπεράσματά σας, συμπληρώνοντας τις πιο κάτω προτάσεις.

✓ Όλα τα σώματα που αφήνονται να _____ προς το έδαφος κινούνται με την ίδια _____ αν αγνοηθεί η _____ του αέρα.

✓ Ο χρόνος που χρειάζεται ένα _____ για να φθάσει το έδαφος, όταν αφήνεται από κάποιο _____ δεν εξαρτάται από τη _____ του.



Να παρακολουθήσετε από το κανάλι του BBC στο YouTube την εκτέλεση του πειράματος σε συνθήκες κενού.



<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

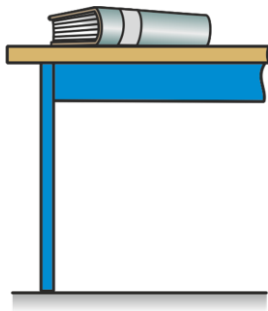
Αναζητήστε το βίντεο με τον τίτλο «Brian Cox visits the world's biggest vacuum» ή σαρώστε τον πιο κάτω κώδικα QR.



3.4.β Άλλες δυνάμεις

Αφού μελετήσετε με τη βοήθεια του/της εκπαιδευτικού την ενότητα *χαρακτηριστικές δυνάμεις* στο βιβλίο της θεωρίας, για να μάθετε την προέλευση και τους κανόνες σχεδιασμού μερικών χαρακτηριστικών δυνάμεων, να σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα των πιο κάτω παραδειγμάτων.

Να σχεδιάσετε το βάρος και την κάθετη δύναμη επαφής στο βιβλίο.



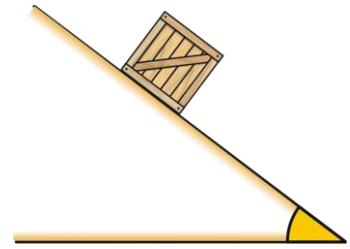
Εικόνα 3.78

Να σχεδιάσετε το βάρος και την τάση του νήματος στο μπουκάλι.



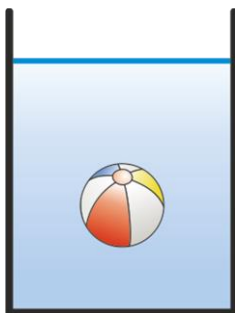
Εικόνα 3.79

Να σχεδιάσετε το βάρος, την κάθετη δύναμη επαφής και τη στατική τριβή στο κιβώτιο.



Εικόνα 3.80

Να σχεδιάσετε το βάρος και την άνωση στην μπάλα.



Εικόνα 3.81

Να σχεδιάσετε το βάρος, την κάθετη δύναμη επαφής, την τάση του σχοινού και την κινητική τριβή στο κιβώτιο.



Εικόνα 3.82

Να σχεδιάσετε το βάρος, την άνωση και την τάση του σχοινού στο αερόστατο.



Εικόνα 3.83

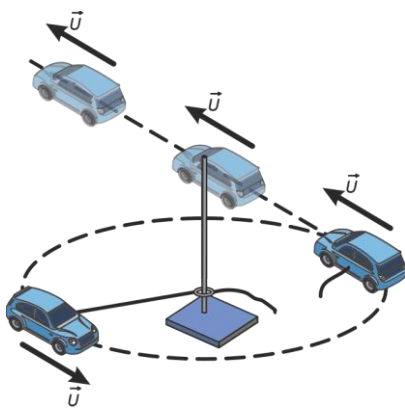
3.5 Οι Νόμοι του Νεύτωνα

3.5.α Πρώτος Νόμος του Νεύτωνα

Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι μηδενική, τότε το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα ή είναι ακίνητο.

Σύμφωνα με τον πρώτο Νόμο του Νεύτωνα, ένα σώμα διατηρεί σταθερή την ταχύτητα με την οποία κινείται, εκτός και αν μία εξωτερική δύναμη το αναγκάσει να την μεταβάλει είτε κατά το μέτρο είτε κατά τη κατεύθυνση (είτε και τα δύο).

Δραστηριότητα



Εικόνα 3.84

Δέστε ένα αυτοκινητάκι το οποίο μπορεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα, με λεπτό νήμα και περάστε το νήμα μέσα από έναν ορθοστάτη.

Ενεργοποιήστε το αυτοκινητάκι και παρατηρήστε ότι αυτό κινείται κυκλικά γύρω από τον ορθοστάτη.

- i. Να αναφέρετε αν υπάρχει μεταβολή (είτε στην κατεύθυνση είτε στο μέτρο) της ταχύτητάς του, όταν το αυτοκινητάκι κινείται κυκλικά.

Κόψτε το νήμα καθώς κινείται το αυτοκινητάκι και παρατηρήστε την κίνησή του.

- ii. Περιγράψτε την κίνηση που εκτελεί το αυτοκινητάκι αφού κόπηκε το νήμα.

- iii. Απαντήστε «Ναι» ή «Όχι» στις πιο κάτω ερωτήσεις.

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
1	Πριν να κοπεί το νήμα, η συνισταμένη δύναμη στο αυτοκινητάκι δεν ήταν μηδέν.	
2	Αφού κόπηκε το νήμα, η συνισταμένη δύναμη στο αυτοκινητάκι ήταν μηδέν.	

Στην προηγούμενη δραστηριότητα το αυτοκινητάκι συνέχισε να **κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα, επειδή η συνισταμένη δύναμη που ασκούνταν σε αυτό ήταν μηδέν.**

Για να κινηθεί ένα βιβλίο με σταθερή ταχύτητα πάνω στο θρανίο πρέπει να ασκούμε συνεχώς σε αυτό σταθερή δύναμη, η οποία να αντισταθμίζει τη δύναμη της κινητικής τριβής και έτσι η συνισταμένη δύναμη να είναι μηδέν.

Αν απλώς δώσουμε αρχική ταχύτητα στο βιβλίο και το αφήσουμε να κινηθεί στην επιφάνεια του θρανίου, παρατηρούμε ότι αυτό **επιβραδύνεται** και τελικά σταματά **επειδή η συνισταμένη δύναμη σε αυτό δεν είναι μηδέν.** Η δύναμη της τριβής το επιβραδύνει μέχρι να σταματήσει.

Την παρατήρηση ότι τα υλικά σώματα τείνουν να διατηρούν την ταχύτητά τους έκανε πρώτος ο Γαλιλαίος και ονόμασε αυτήν την ιδιότητα των σωμάτων **αδράνεια**.

Η αδράνεια των σωμάτων θα αναφερθεί και αργότερα, αφού παρουσιαστεί και ο δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα.

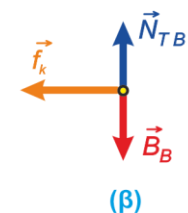
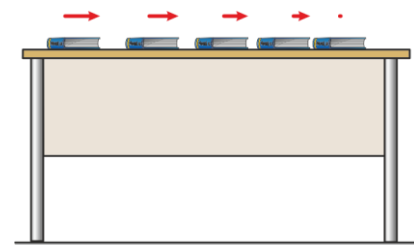
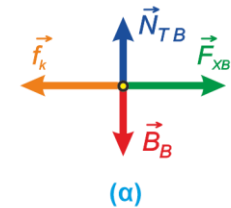
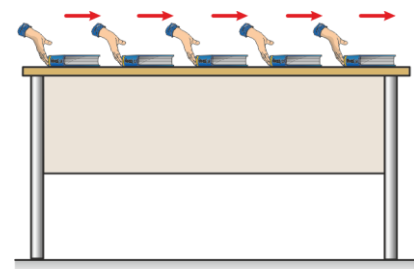
3.5.β Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα

Η επιτάχυνση ενός σώματος είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε αυτό και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας του.

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m} \Rightarrow \Sigma \vec{F} = m\vec{a}$$

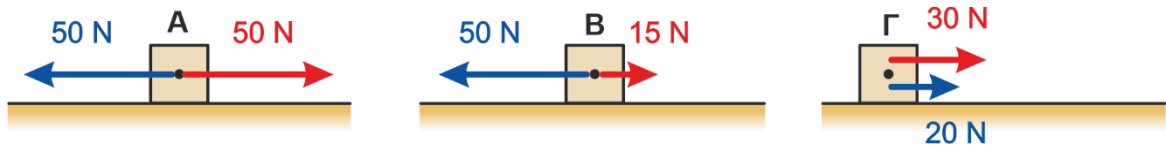
Σύμφωνα με τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα:

- ✓ Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε αυτό.
 - ✓ Η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα έχει την ίδια κατεύθυνση με τη συνισταμένη δύναμη.
 - ✓ Αν ασκήσουμε την ίδια σταθερή δύναμη σε σώματα διαφορετικής μάζας, αυτά θα κινηθούν με επιτάχυνση, το μέτρο της οποίας είναι αντιστρόφως ανάλογο της μάζας τους.
- i. Σταθερή δύναμη με οριζόντια διεύθυνση και μέτρο 10 N ασκείται σε ένα σώμα μάζας 2 kg που βρίσκεται σε ένα οριζόντιο τραπέζι. Η τριβή μεταξύ του σώματος και του τραπεζιού είναι αμελητέα. Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης του σώματος.



Εικόνα 3.85

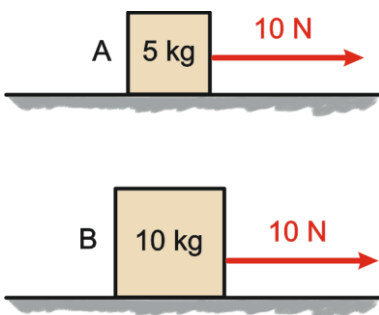
- ii. Τα σώματα A, B και Γ της εικόνας 3.86 έχουν ίσες μάζες και βρίσκονται ακίνητα πάνω σε λεία (χωρίς τριβές), οριζόντια επιφάνεια. Στο κάθε σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 3.86

Με βάση τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα να εξηγήσετε:

- Ποιο σώμα θα αποκτήσει επιτάχυνση μεγαλύτερου μέτρου.
- Προς ποιαν κατεύθυνση θα κινηθεί το κάθε σώμα.



Εικόνα 3.87

- iii. Τα σώματα A και B της εικόνας 3.87 έχουν μάζες 5 kg και 10 kg αντίστοιχα και βρίσκονται πάνω σε λείο, οριζόντιο επίπεδο. Στα δύο σώματα ασκείται ίδια οριζόντια δύναμη μέτρου 10 N.

Να υπολογίσετε το μέτρο της επιτάχυνσης που θα αποκτήσει το κάθε σώμα.

Σύμφωνα με τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα, ο ρυθμός με τον οποίο μεταβάλλει την ταχύτητά του ένα σώμα, τον οποίο ονομάζουμε *επιτάχυνση*, είναι αντιστρόφως ανάλογος της μάζας του. Άρα, η αδράνεια κάθε σώματος συνδέεται ποσοτικά με τη μάζα του.

Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίστασή του στην αλλαγή της ταχύτητάς του.

Υπάρχουν πολλά πειράματα επίδειξης με τα οποία μπορούμε να δούμε πώς εκδηλώνεται η αδράνεια των σωμάτων. Βασική προϋπόθεση για τα πειράματα αυτά είναι πάντα η δύναμη

που ασκείται στο σώμα (συνήθως είναι η τριβή) να δρα σε αυτό για μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να μην «προλαβαίνει» να του αλλάξει την ταχύτητα.

iv. Παρακολουθήστε από το διαδικτυακό κανάλι Sick Science! τα βίντεο:

1. «The coin drop» (αριθμός βίντεο #005)
2. «Inertia ring» (αριθμός βίντεο #195)
3. «Coin tower» (αριθμός βίντεο #205)

και προσπαθήστε να τα εκτελέσετε στο εργαστήριο ή στο σπίτι σας με την επίβλεψη κάποιου ενήλικου.

v. Να εξηγήσετε γιατί στις απότομες αλλαγές της ταχύτητας ενός λεωφορείου (απότομη εκκίνηση ή απότομο φρενάρισμα) οι όρθιοι επιβάτες του κινούνται πάντα προς την αντίθετη κατεύθυνση.



Για να δείτε τα βίντεο από το κανάλι Sick Science!, γράψτε “Sick Science” στη γραμμή αναζήτησης του You Tube για να σας οδηγήσει στη σελίδα του καναλιού ή σαρώστε τον πιο κάτω κώδικα QR. Από την επιλογή Video μπορείτε να δείτε όλη τη λίστα με τα βίντεο του καναλιού και να επιλέξετε αυτό που θέλετε να δείτε ή στη γραμμή αναζήτησης, να γράψετε τον αριθμό ή τον τίτλο του βίντεο.

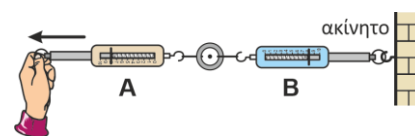


3.5.γ Τρίτος Νόμος του Νεύτωνα

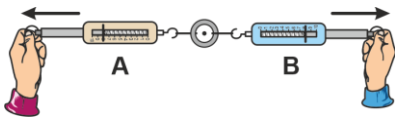
Όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, τότε η δύναμη που ασκεί το πρώτο σώμα στο δεύτερο έχει ίσο μέτρο, ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά με τη δύναμη που ασκεί το δεύτερο σώμα στο πρώτο.

Να εκτελέσετε τις πιο κάτω δραστηριότητες για να ελέγξετε την ισχύ του τρίτου Νόμου του Νεύτωνα.

i. Να στερεώσετε σε ένα ακλόνητο σημείο ένα δυναμόμετρο και να το τραβήξετε με ένα δεύτερο δυναμόμετρο. Να καταγράψετε τις ενδείξεις της δύναμης στο κάθε δυναμόμετρο και να τις συγκρίνετε. Τι παρατηρείτε;

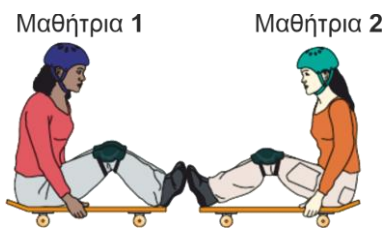


Εικόνα 3.88



Εικόνα 3.89

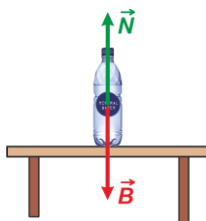
- ii. Να σχηματίσετε δυάδες και να συνδέσετε τα δυναμόμετρα με τα άγκιστρά τους, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Να τραβήξετε τα δυναμόμετρα A και B προσπαθώντας να πετύχετε διαφορετικές ενδείξεις στο καθένα. Τι παρατηρείτε;



Εικόνα 3.90

- iii. Δύο μαθήτριες κάθονται σε πατίνια και σπρώχνουν με τα πόδια τους η μία την άλλη. Να σχεδιάσετε τη δύναμη που δέχεται η μαθήτρια 1 από τη μαθήτρια 2 και τη δύναμη που δέχεται η μαθήτρια 2 από τη μαθήτρια 1 και να τις συγκρίνετε.

Συνηθίζεται να ονομάζουμε τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων ζεύγος δράσης – αντίδρασης. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίζουμε ότι η κάθε δύναμη του ζεύγους ασκείται πάνω στο ένα από τα δύο σώματα.



Εικόνα 3.91

- iv. Στην εικόνα 3.91 φαίνεται ένα μπουκάλι να βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα τραπέζι. Στο μπουκάλι ασκούνται η δύναμη του βάρους και η κάθετη δύναμη επαφής από την επιφάνεια του τραπεζιού. Να εξηγήσετε αν οι δυνάμεις βάρους και κάθετη δύναμη είναι ζεύγος δράσης – αντίδρασης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΙΕΣΗ



4.1 Η έννοια της πίεσης

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέραμε ότι η δύναμη μπορεί να αλλάξει το σχήμα ενός σώματος. Για παράδειγμα, αν σπρώξουμε με το χέρι μας ένα μαλακό υλικό, όπως είναι ένα σφουγγάρι, μπορούμε να το συμπιέσουμε αρκετά ώστε το χέρι μας να φαίνεται ότι έχει βυθιστεί σε αυτό. Το ίδιο συμβαίνει και όταν στεκόμαστε πάνω σε ένα στρώμα μαλακού χιονιού. Η δύναμη επαφής μεταξύ του σώματός μας και του χιονιού τρυπά την επιφάνεια του χιονιού και βυθιζόμαστε σε αυτό. Ωστόσο, άνθρωποι αλλά και βαριά μηχανήματα μπορούν να κινούνται πάνω στο χιόνι ή τη λεπτή άμμο χωρίς να βυθίζονται σε αυτά.

Στην εικόνα 4.1, ο άνθρωπος στα αριστερά, που φοράει παγοπέδιλα, μπορεί να στέκεται πάνω στο χιόνι, ενώ ο άνθρωπος που δεν φοράει παγοπέδιλα, στα δεξιά, έχει βυθιστεί σε αυτό.

Στην εικόνα 4.2 φαίνονται τα αποτυπώματα στην άμμο του ποδιού ενός ανθρώπου και του τροχού ενός αυτοκινήτου. Παρατηρούμε ότι τα αποτυπώματα έχουν περίπου το ίδιο βάθος. Δηλαδή, το πόδι του ανθρώπου και ο τροχός του αυτοκινήτου βυθίζονται στο ίδιο βάθος μέσα στην άμμο, παρόλο που στο πρώτο κεφάλαιο είδαμε ότι η μέση μάζα ενός αυτοκινήτου είναι 1500 kg, ενώ του μέσου ανθρώπου είναι 70 kg. Τι κάνει λοιπόν τα σώματα να μην βυθίζονται μέσα σε ένα μαλακό υλικό, παρόλο που μπορεί να ασκούν μεγάλη δύναμη στην επιφάνειά του;

Στο παράδειγμα της εικόνας 4.3 (α) το σφυρί κτυπά ένα καρφί, το οποίο συγκρατείται όρθιο με τη μύτη του πάνω σε μια ξύλινη επιφάνεια, ενώ στην εικόνα 4.3 (β) το ίδιο σφυρί κτυπά με την ίδια δύναμη ένα καρφί, το οποίο συγκρατείται όρθιο με τη βάση του πάνω στην ξύλινη επιφάνεια.

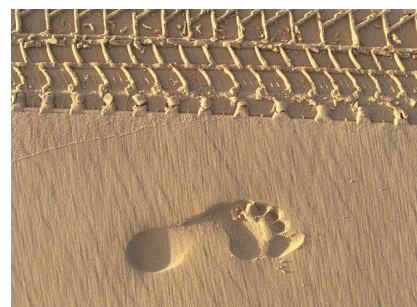
Και στις δύο περιπτώσεις, το καρφί κτυπά την επιφάνεια του ξύλου λόγω της δύναμης που του ασκεί το σφυρί. Ωστόσο, στην πρώτη περίπτωση η επιφάνεια του ξύλου τρυπά και το καρφί εισχωρεί στο ξύλο, ενώ στη δεύτερη όχι.

Αν το μέτρο της δύναμης είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις, ποιος παράγοντας ευθύνεται για τα διαφορετικά αποτελέσματα; Ποιος παράγοντας αλλάζει σε κάθε περίπτωση και το αποτέλεσμα της δράσης της δύναμης στην επιφάνεια του ξύλου είναι διαφορετικό;



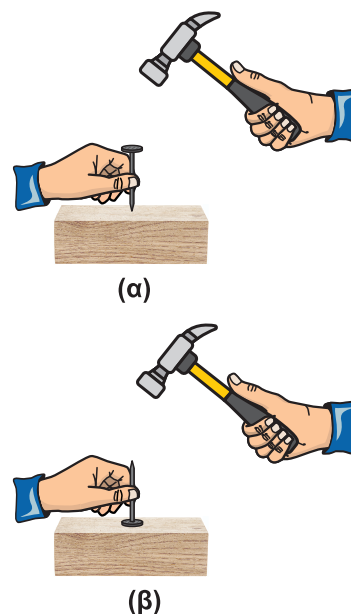
Εικόνα 4.1

Αριστερά ο άνθρωπος στέκεται πάνω στο χιόνι ενώ δεξιά ο άνθρωπος έχει βυθιστεί σε αυτό.
(© leighnicholls32 from Youtube)

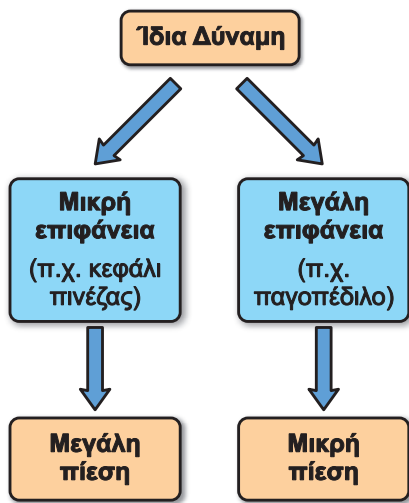


Εικόνα 4.2

Το αποτύπωμα του ανθρώπου στην άμμο έχει το ίδιο βάθος με το αποτύπωμα του αυτοκινήτου.
(© Siggly Nowak from Pixabay)



Εικόνα 4.3



Εικόνα 4.4
Η ίδια δύναμη μπορεί να εφαρμόσει μεγάλη ή μικρή πίεση.

Στην πρώτη περίπτωση η δύναμη από το καρφί στο ξύλο κατανέμεται σε μια πολύ μικρή επιφάνεια, στη μύτη του καρφιού. Στη δεύτερη περίπτωση, η δύναμη από το καρφί στην ξύλινη επιφάνεια κατανέμεται πάνω σε μια πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια. Το καρφί εισχωρεί στο ξύλο όταν η δύναμη που ασκεί κατανέμεται πάνω σε μια μικρή επιφάνεια, ενώ όταν η δύναμη κατανέμεται σε μια μεγαλύτερη επιφάνεια, δεν συμβαίνει αυτό.

Μπορούμε λοιπόν να συνδέσουμε τη δύναμη με το εμβαδόν της επιφάνειας και να ορίσουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την **πίεση**, με το οποίο να μπορούμε να εξηγήσουμε το φαινόμενο που μόλις περιγράψαμε.

Με τη βοήθεια του φυσικού μεγέθους της πίεσης μπορούμε να πούμε ότι αν η πίεση ενός σώματος σε μιά επιφάνεια είναι μεγάλη, τότε η επιφάνεια παραμορφώνεται (τρυπα ή καμπυλώνεται), ενώ αν η πίεση είναι μικρή, η επιφάνεια δεν παραμορφώνεται.



Ήξερες ότι...

Αν ξαπλώσουμε πάνω σε ένα στρώμα από καρφιά, πολύ κοντά το ένα στο άλλο, δεν θα πάθουμε απολύτως τίποτα, επειδή η δύναμη επαφής του σώματός μας με τα καρφιά κατανέμεται πάνω μια μεγάλη επιφάνεια, ίση με το άθροισμα των επιφανειών των μυτών όλων των καρφιών.

Οι άνθρωποι που κάνουν αυτό το κόλπο σε δημόσια θεάματα ονομάζονται φακίρηδες και παλαιότερα θεωρούνταν ότι διέθεταν υπερφυσικές δυνάμεις. Ωστόσο, στις μέρες μας, οι φακίρηδες θεωρούνται απλώς ταχυδακτυλουργοί.



Εικόνα 4.5
Φακίρηδες ξαπλώνουν σε στρώματα από καρφιά (@ Fredy from Flickr)

Η πίεση ισούται με το πηλίκο του μέτρου της κάθετης δύναμης πάνω σε μια επιφάνεια διά το εμβαδόν της επιφάνειας.

$$\text{Πίεση} = \frac{\text{μέτρο της κάθετης δύναμης στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδό επιφάνειας}}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

Από τον ορισμό της πίεσης φαίνεται ότι η πρότυπη μονάδα μέτρησης της στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι το N/m^2 , το οποίο ονομάζεται *Pascal* και συμβολίζεται με το Pa, από το όνομα του Γάλλου επιστήμονα και φιλοσόφου του 17ου αιώνα *Blaise Pascal* (εικόνα 4.6). Εκτός από το Pascal χρησιμοποιούνται και άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης, τις οποίες θα δούμε αργότερα.

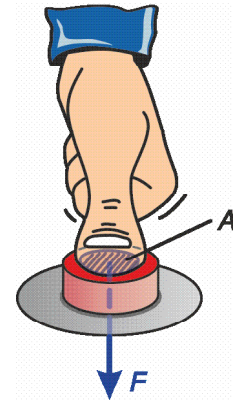
Τέλος, η πίεση είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος, αφού για να την υπολογίσουμε διαιρούμε δύο μονόμετρα μεγέθη.

Σύμφωνα με τα όσα έχουμε πει μέχρι τώρα, για να εφαρμόσουμε μεγάλη πίεση σε ένα σώμα πρέπει:

- (α) Να ασκήσουμε μεγάλη δύναμη ή
- (β) Να ασκήσουμε τη δύναμη σε μια μικρή επιφάνεια.



Εικόνα 4.6
Blaise Pascal, 1623 - 1662 μ.Χ



Εικόνα 4.7
Η πίεση ισούται με το πηλίκο της κάθετης δύναμης στην επιφάνεια διά το εμβαδό της επιφάνειας.

Παράδειγμα 4.1



Μια μπαλαρίνα βάρους 500 N, ισορροπεί στο ένα της πόδι, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.8. Αν το εμβαδόν της επιφάνειας του παπουτσιού της είναι περίπου ίσο με $0,001 \text{ m}^2$, να υπολογίσετε την πίεση που εφαρμόζει η μπαλαρίνα στο πάτωμα.

Απάντηση:

Επειδή η μπαλαρίνα ισορροπεί, $F = B$.

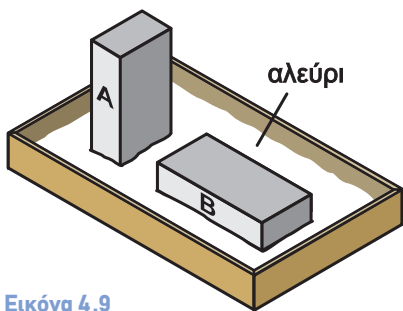
$$P = \frac{B}{A} \Rightarrow P = \frac{500 \text{ N}}{0,001 \text{ m}^2} \Rightarrow P = 500\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Άρα } P = 500 \times 10^3 \text{ Pa} \Rightarrow P = 500 \text{ kPa}$$



Εικόνα 4.8

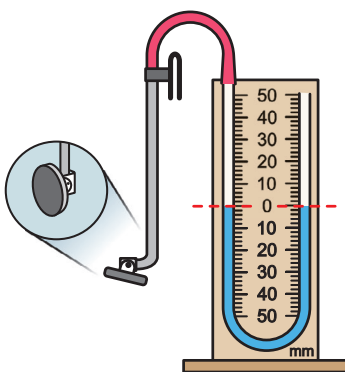
Η έννοια της πίεσης είναι πολύ χρήσιμη, αν θέλουμε να κατανοήσουμε την αλληλεπίδραση ενός **ρευστού**, δηλαδή υγρού ή αερίου το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία μέσα σε ένα δοχείο, με τα τοιχώματα του δοχείου. Επειδή τα μόρια του υγρού ή του αερίου βρίσκονται σε συνεχή κίνηση, χωρίς ωστόσο το ρευστό να κινείται προς κάποια κατεύθυνση, τόσο στα υγρά όσο και στα αέρια, ένας μεγάλος αριθμός από αυτά συγκρούονται κάθε στιγμή με τα τοιχώματα του δοχείου. Λόγω του μεγάλου αριθμού των μορίων, πρακτικά είναι αδύνατο να υπολογίσουμε τις δυνάμεις αυτές, αλλά είναι εύκολο να μετρήσουμε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια των τοιχωμάτων.



Εικόνα 4.9

Έλεγξε τι έμαθες!

1. Τα τούβλα A και B της εικόνας 4.9, έχουν το ίδιο βάρος και τις ίδιες διαστάσεις. Αν τοποθετήσουμε τα τούβλα πάνω στην επιφάνεια ενός δίσκου με αλεύρι, ποιο από τα δύο θα αφήσει βαθύτερο αποτύπωμα στο αλεύρι;
 - (Α) Και των δύο τούβλων τα αποτυπώματα θα έχουν το ίδιο βάθος γιατί εφαρμόζουν την ίδια πίεση στην επιφάνεια, αφού έχουν το ίδιο βάρος.
 - (Β) Το αποτύπωμα του A θα είναι πιο βαθύ γιατί η δύναμη επαφής του με το αλεύρι κατανέμεται σε μικρότερη επιφάνεια.
 - (Γ) Το αποτύπωμα του B θα είναι πιο βαθύ γιατί η δύναμη επαφής του με το αλεύρι κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια.



Εικόνα 4.10

Μανόμετρο τύπου U.

4.2 Υδροστατική πίεση

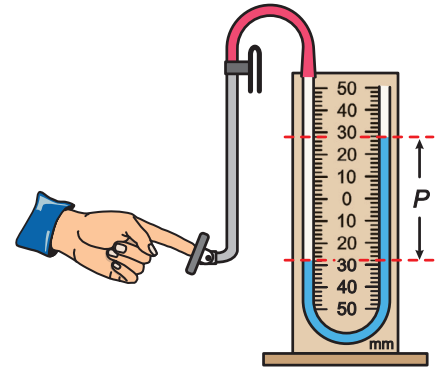
Με τον όρο **υδροστατική πίεση** περιγράφουμε την πίεση που εφαρμόζουν τα ρευστά, δηλαδή τα υγρά και τα αέρια όταν βρίσκονται σε ισορροπία, δηλαδή όταν βρίσκονται σε ένα δοχείο χωρίς να ρέουν από το ένα σημείο στο άλλο. Παρόλο που το πρώτο συνθετικό της λέξης προέρχεται από τη λέξη ύδωρ, που στα αρχαία ελληνικά σημαίνει νερό, ο όρος χρησιμοποιείται για όλα τα ρευστά τόσο στην ελληνική όσο και στη διεθνή βιβλιογραφία (*Hydrostatic Pressure*).

Χαρακτηριστικά της υδροστατικής πίεσης

Για να μπορέσουμε να διερευνήσουμε από ποιους παράγοντες εξαρτάται η υδροστατική πίεση, θα χρειαστούμε ένα όργανο μέτρησης το οποίο μας επιτρέπει να μετρήσουμε την πίεση μέσα σε ένα υγρό. Ένα τέτοιο όργανο μέτρησης ονομάζεται **μανόμετρο**.

Το μανόμετρο τύπου **U**, όπως αυτό της εικόνας 4.10, είναι μια πολύ απλή κατασκευή με εύκολη χρήση. Αποτελείται από έναν σωλήνα σχήματος U, ο οποίος περιέχει κάποια ποσότητα υγρού και το ένα άκρο του είναι ανοικτό, ενώ στο άλλο άκρο του είναι προσαρμοσμένος ένας εύκαμπτος, πλαστικός σωλήνας που καταλήγει σε ένα τύμπανο. Δηλαδή, ένα μικρό δοχείο κλειστό με τεντωμένη μεμβράνη. Μεταξύ του τύμπανου και του υγρού υπάρχει εγκλωβισμένος αέρας.

Όταν το τύμπανο βρίσκεται στον αέρα, οι επιφάνειες του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα βρίσκονται στο ίδιο ύψος. Αν, όμως, ασκήσουμε δύναμη στο τύμπανο, η μεμβράνη παραμορφώνεται και σπρώχνει τον αέρα μέσα στον σωλήνα και αυτός με τη σειρά του σπρώχνει το υγρό, με αποτέλεσμα αυτό να κατεβαίνει στη μία πλευρά και να ανεβαίνει στην άλλη (εικόνα 4.11). Μετρώντας, με τη βοήθεια μιας κλίμακας, την υψομετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα, βρίσκουμε την πίεση που ασκείται στη μεμβράνη του τυμπάνου.



Εικόνα 4.11

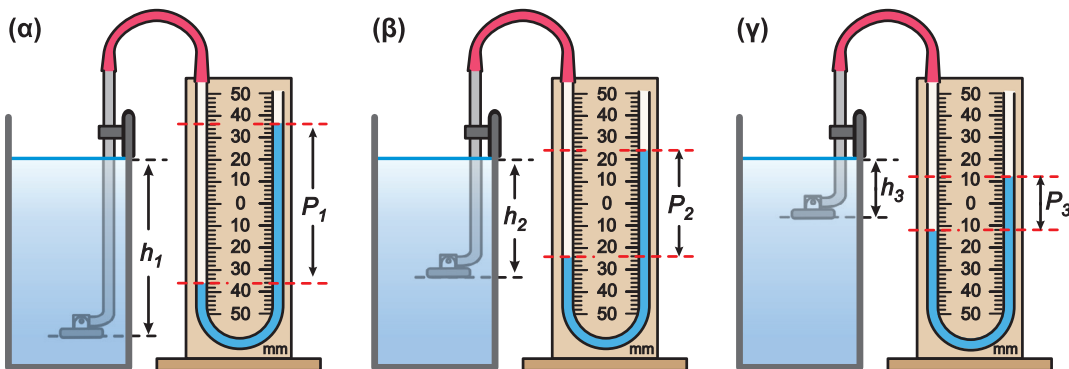
Όταν η επιφάνεια του τύμπανου δεχθεί δύναμη, οι επιφάνειες του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα δεν βρίσκονται στο ίδιο ύψος.

Υδροστατική πίεση και βάθος

Για να διερευνήσουμε, λοιπόν, την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από το βάθος, θα χρειαστούμε ένα μανόμετρο και μια λεκάνη με νερό, στην οποία θα βυθίζουμε το τύμπανο σε δια-

Εικόνα 4.12

Το τύμπανο του μανόμετρου βυθίζεται σε διαφορετικό βάθος κάθε φορά και η επιφάνειά του είναι στραμμένη προς την ίδια κατεύθυνση.



φορετικό βάθος, αλλά κάθε φορά η μεμβράνη θα είναι στραμμένη προς την ίδια κατεύθυνση, έτσι όπως φαίνεται στις εικόνες 4.12 (α), (β) και (γ).

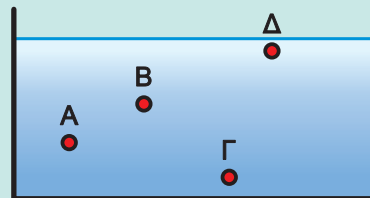
Από το πιο πάνω πείραμα παρατηρούμε ότι η υψομετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα αυξάνεται όσο αυξάνεται το βάθος στο οποίο είναι βυθισμένο το τύμπανο.

Συνεπώς, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

Η υδροστατική πίεση αυξάνεται όσο αυξάνεται το βάθος από την επιφάνεια του υγρού.

Έλεγξε τι έμαθες!

2. Να κατατάξετε τα σημεία Α, Β, Γ και Δ που φαίνονται στην εικόνα 4.13, αρχίζοντας με αυτό στο οποίο η υδροστατική πίεση έχει τη μεγαλύτερη τιμή και καταλήγοντας με αυτό που έχει τη μικρότερη.

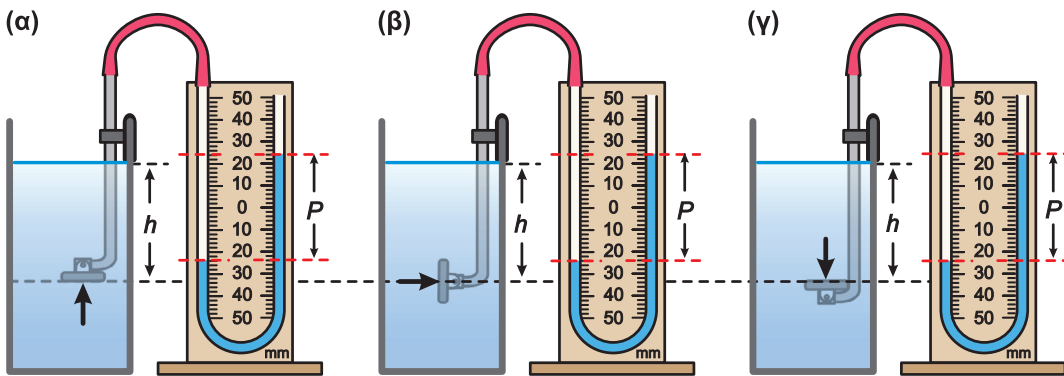


Εικόνα 4.13

Υδροστατική πίεση και κατεύθυνση

Για να διερευνήσουμε την εξάρτηση της υδροστατικής πίεσης από την κατεύθυνση, θα βυθίζουμε το τύμπανο πάντα στο ίδιο βάθος, αλλά κάθε φορά η μεμβράνη θα είναι στραμμένη προς διαφορετική κατεύθυνση, έτσι όπως φαίνεται στις εικόνες 4.14 (α), (β) και (γ).

Από αυτό το πείραμα παρατηρούμε ότι η κατεύθυνση του τυμπάνου στο ίδιο βάθος, του ίδιου υγρού δεν επηρεάζει την υψο-



μετρική διαφορά μεταξύ των επιφανειών του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα. Οπότε, συμπεραίνουμε ότι η υδροστατική πίεση που υφίσταται η επιφάνεια του τύμπανου είναι η ίδια για όλες τις κατευθύνσεις, συνεπώς είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση.

Εικόνα 4.14

Η υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος στο ίδιο υγρό είναι η ίδια, ανεξάρτητα από την κατεύθυνση στην οποία είναι στραμμένο το τύμπανο.

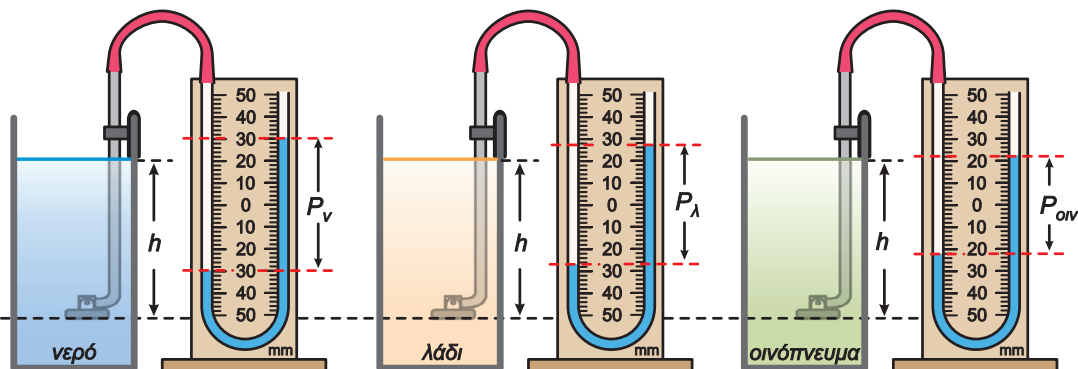
Η υδροστατική πίεση είναι ανεξάρτητη από την κατεύθυνση.

Υδροστατική πίεση και πυκνότητα υγρού

Τέλος, θα πρέπει να διερευνήσουμε αν το είδος του υγρού επηρεάζει την τιμή της υδροστατικής πίεσης που υφίσταται μια επιφάνεια βυθισμένη σε κάποιο βάθος μέσα σε αυτό. Για να απαντήσουμε σ' αυτό το ερώτημα θα πρέπει να διενεργήσουμε ένα πείραμα στο οποίο το τύμπανο του μανόμετρου θα βυθίζεται στο ίδιο βάθος κάθε φορά αλλά σε διαφορετικό υγρό, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.15 (α), (β) και (γ).

Εικόνα 4.15

Η υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος σε διαφορετικά υγρά είναι διαφορετική.



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. Χαρακτηριστικές πυκνότητες υγρών*	
Υγρό	ρ (kg/m ³)
Νερό	1000
Ελαιόλαδο	900
Οινόπνευμα	791
Βενζίνη	667
Γάλα	1030
Υδράργυρος	13 550

* Σε θερμοκρασία 20 °C και ατμοσφαιρική πίεση 1 atm

Από το πιο πάνω πείραμα παρατηρούμε ότι υγρά διαφορετικής πυκνότητας εφαρμόζουν διαφορετική υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος. Συγκεκριμένα, η υδροστατική πίεση στο λάδι, το οποίο έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, είναι μικρότερη από την υδροστατική πίεση στο νερό, στο ίδιο βάθος. Αντίστοιχα, η υδροστατική πίεση στο οινόπνευμα, το οποίο έχει μικρότερη πυκνότητα από το λάδι, είναι μικρότερη από την υδροστατική πίεση στο λάδι, στο ίδιο βάθος.

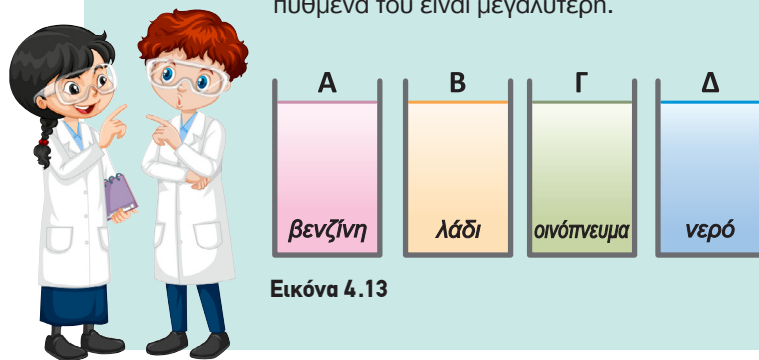
Από τις πιο πάνω παρατηρήσεις συμπεραίνουμε ότι η υδροστατική πίεση αυξάνεται όσο αυξάνεται η πυκνότητα του υγρού.

Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού.

Στον πίνακα 4.1 δίνονται οι πυκνότητες ορισμένων υγρών στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης.

Έλεγξε τι έμαθες!

- Χρησιμοποιώντας τις τιμές του πίνακα 4.1 να κατατάξετε τα δοχεία Α, Β, Γ και Δ αρχίζοντας από αυτό στο οποίο η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του είναι μεγαλύτερη.



4.3 Υπολογισμός της Υδροστατικής πίεσης

Αφού έχουμε διερευνήσει τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση, μπορούμε τώρα να την υπολογίσουμε.

Θα υπολογίσουμε την υδροστατική πίεση στον πυθμένα ενός δοχείου, το οποίο περιέχει υγρό πυκνότητας ρ .

Για ευκολία, θα θεωρήσουμε ότι το δοχείο έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου και ότι η βάση του έχει εμβαδόν A . Το υγρό στο δοχείο έχει ύψος h , άρα το βάθος του πυθμένα από την επιφάνεια του υγρού είναι h , όπως φαίνεται στην εικόνα 4.17.

Η ποσότητα του υγρού μάζας m και βάρους $B = mg$ ισορροπεί πάνω στην επιφάνεια εμβαδού A του πυθμένα του δοχείου. Ο όγκος της ποσότητας του υγρού είναι:

$$V = hA$$

Επειδή το υγρό ισορροπεί, η δύναμη επαφής του με τον πυθμένα ισούται με το βάρος του (εικόνα 4.18), άρα η πίεση που εφαρμόζει η ποσότητα του υγρού στον πυθμένα του δοχείου είναι:

$$P = \frac{B}{A} \Rightarrow P = \frac{mg}{A}$$

Χρησιμοποιώντας τη σχέση ορισμού της πυκνότητας, μπορούμε να γράψουμε τη μάζα του υγρού ως:

$$m = \rho V \Rightarrow m = \rho Ah$$

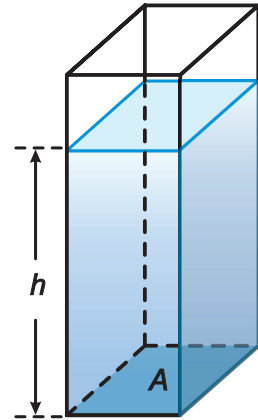
Άρα, η πιο πάνω σχέση υπολογισμού της πίεσης που εφαρμόζει η ποσότητα του υγρού στον πυθμένα του δοχείου γράφεται ως:

$$P = \frac{\rho Ahg}{A} \Rightarrow$$

$$P = \rho gh$$

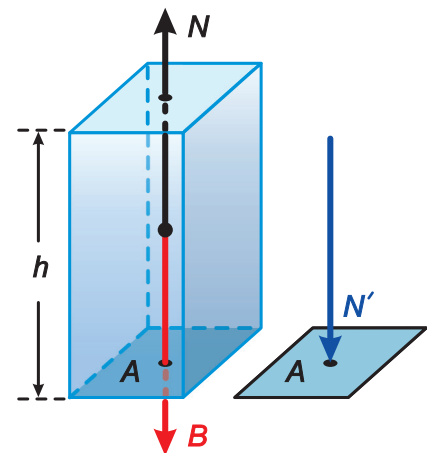
Από το πιο πάνω αποτέλεσμα για την τιμή της υδροστατικής πίεσης, συμπεραίνουμε ότι αυτή:

- δεν εξαρτάται από το εμβαδόν της στήλης του υγρού αλλά μόνο από το βάθος,
- οφείλεται στη δύναμη της βαρύτητας,
- είναι ανεξάρτητη από το σχήμα του δοχείου.



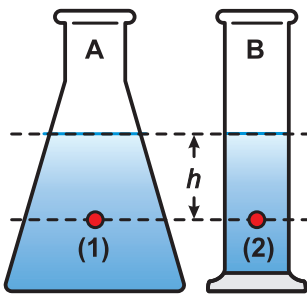
Εικόνα 4.17

Ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο δοχείο που περιέχει υγρό.



Εικόνα 4.18

Η δύναμη που ασκεί το υγρό που ηρεμεί σε ένα δοχείο, στον πυθμένα του δοχείου ισούται με το βάρος του.



Εικόνα 4.19

Τα σημεία (1) και (2) βρίσκονται στο ίδιο βάθος μέσα σε δοχεία διαφορετικού σχήματος, τα οποία περιέχουν νερό.



Έλεγε τι έμαθες!

4. Στην εικόνα 4.19 φαίνονται δύο δοχεία A και B που περιέχουν και τα δύο νερό. Να συγκρίνετε την υδροστατική πίεση στα σημεία (1) και (2), που φαίνονται στην εικόνα.
- (Α) $P_1 > P_2$ γιατί στο δοχείο A υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα νερού πάνω από το σημείο (1).
 - (Β) $P_2 > P_1$ γιατί στο δοχείο B η επιφάνεια της στήλης του νερού πάνω από το σημείο (2) είναι μικρή, άρα εφαρμόζει μεγαλύτερη πίεση.
 - (Γ) $P_1 = P_2$ γιατί και στα δύο δοχεία τα σημεία (1) και (2) βρίσκονται στο ίδιο βάθος.
 - (Δ) Δεν μπορούμε να τις συγκρίνουμε, γιατί τα δοχεία έχουν διαφορετικό σχήμα.

Παράδειγμα 4.2



Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 5 cm, σε ένα φλυτζάνι με τσάι (νερό).

Απάντηση:

Η πυκνότητα του νερού είναι $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$P = \rho gh \Rightarrow$$

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow$$

$$\text{Άρα: } P = 500 \frac{\text{kg}}{\text{ms}^2} \Rightarrow P = 500 \text{ Pa}$$



Εικόνα 4.20

4.4 Χρήσεις και Εφαρμογές της Υδροστατικής Πίεσης

Πριν αναφερθούμε αναλυτικά σε κάποιες εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης, θα πρέπει να μιλήσουμε για μια πολύ χρήσιμη ιδιότητα των υγρών, η οποία προκύπτει από το γεγονός ότι ο όγκος τους δεν μπορεί να μειωθεί, όταν η θερμοκρασία τους είναι σταθερή, επειδή τα μόριά τους βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο.

Στην εικόνα 4.21 (α), δύο πίδακες νερού εκτοξεύουν νερό από δύο μικρές τρύπες, τις οποίες έχουμε ανοίξει σε ένα μπουκάλι με νερό (και έχουμε ξεβιδώσει λίγο το πάμα του). Στην εικόνα 4.21 (β) το νερό από τις τρύπες φεύγει με μεγαλύτερη ταχύτητα, επειδή έχουμε εφαρμόσει πίεση στο μπουκάλι. Η ταχύτητα του νερού μπορεί να αυξηθεί μόνο αν αυξηθεί η πίεση στα σημεία που βρίσκονται οι τρύπες.

Στην εικόνα 4.22, η μουστάρδα πετάγεται από το ακροφύσιο του δοχείου, επειδή εφαρμόζουμε πίεση σ' αυτό, δηλαδή ασκούμε δύναμη στα τοιχώματά του.

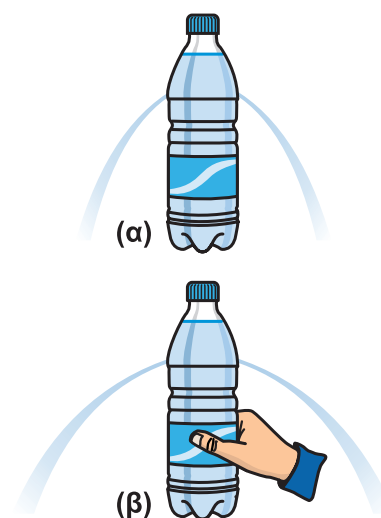
Και στις δύο περιπτώσεις, οι οποίες περιγράφονται πιο πάνω, η αύξηση της πίεσης παρατηρείται σε διαφορετικό σημείο από το σημείο στο οποίο εφαρμόζεται. Δηλαδή, παρατηρούμε ότι η πίεση που εφαρμόζουμε σε ένα σημείο ενός υγρού, το οποίο είναι περιορισμένο και ακίνητο σε ένα δοχείο, μεταφέρεται σε άλλα σημεία του.

Το φαινόμενο αυτό μελετήθηκε από τον **Blaise Pascal** και είναι γνωστό ως η αρχή του **Pascal** για αποθηκευμένα ρευστά, που βρίσκονται σε ισορροπία.

Αρχή του Pascal

Κάθε μεταβολή στην πίεση ενός αποθηκευμένου υγρού μεταδίδεται χωρίς να μειωθεί σε κάθε σημείο του, καθώς και στα τοιχώματα του δοχείου αποθήκευσης.

Γνωρίζοντας τώρα τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση, καθώς και την αρχή του Pascal, μπο-



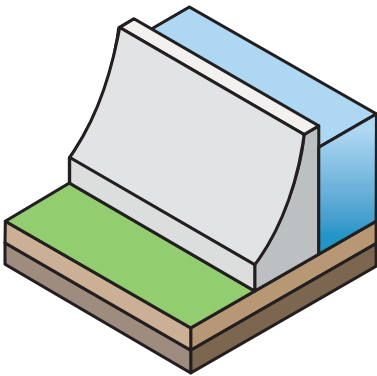
Εικόνα 4.21

Το νερό στους πίδακες αποκτά μεγαλύτερη ταχύτητα, αν εφαρμόσουμε πίεση σε οποιοδήποτε σημείο του μπουκαλιού.



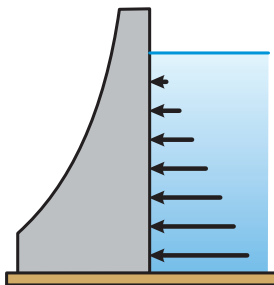
Εικόνα 4.22

Η μουστάρδα πετάγεται με ταχύτητα από το ακροφύσιο, αν εφαρμόσουμε πίεση σε οποιοδήποτε σημείο του δοχείου.



Εικόνα 4.23

Το πάχος του τοιχώματος του φράγματος αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω, για να αντέχει στην πίεση του νερού.



Εικόνα 4.24

Η υδροστατική πίεση στα τοιχώματα του φράγματος αυξάνεται, όσο αυξάνεται το βάθος.



Εικόνα 4.25

Ο υδατοπύργος της Λεμεσού.
(© lemesos.blog.)

ρούμε να εξηγήσουμε διάφορες εφαρμογές, όπως την κατασκευή υδατοφρακτών, την κατασκευή των δικτύων ύδρευσης, το μηχανικό πλεονέκτημα που προσφέρουν τα υδραυλικά συστήματα και τις πηγές αναβλύζοντος (αρτεσιανού) νερού.

Υδατοφράκτες

Στην εικόνα 4.23 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο είναι κατασκευασμένος ένας υδατοφράκτης. Το τοίχωμα του φράγματος είναι πιο παχύ στη βάση του σε σχέση με την κορυφή του, ώστε να αντέχει στην πίεση του νερού, αφού, όπως είδαμε προηγουμένως, η πίεση αυξάνεται αναλόγως του βάθους, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.24.

Δίκτυα Ύδρευσης - Συγκοινωνούντα Δοχεία

Στα δίκτυα ύδρευσης έχουμε ροή νερού από ένα ψηλότερο σημείο σε ένα χαμηλότερο. Γι' αυτό και συνήθως στις πόλεις και τα χωριά υπάρχει μία υπερυψωμένη δεξαμενή νερού, όπως ο υδατοπύργος της Λεμεσού που φαίνεται στην εικόνα 4.25, τοποθετημένη είτε σε κάποιο λόφο είτε σε κάποιο πύργο.

Ποια είναι η αιτία που προκαλεί τη ροή του νερού μέσα στους αγωγούς του δικτύου; Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε το φαινόμενο με όσα γνωρίζουμε μέχρι τώρα για την υδροστατική πίεση;

Για να απαντήσουμε τα πιο πάνω ερωτήματα, θα μελετήσουμε ένα απλό παράδειγμα με δύο ντεπόζιτα νερού, τα οποία συγκοινωνούν μεταξύ τους με έναν σωλήνα, ο οποίος μπορεί να ανοιγοκλείνει με τη βοήθεια μιας στρόφιγγας. Στην εικόνα 4.26 (α) η στάθμη του νερού στο ντεπόζιτο Β είναι ψηλότερη από τη στάθμη του νερού στο Α και η στρόφιγγα είναι κλειστή, ώστε τα ντεπόζιτα να μην συγκοινωνούν.

Όταν ανοίξουμε τη στρόφιγγα και τα δύο ντεπόζιτα συγκοινωνούν μεταξύ τους, τότε παρατηρούμε ότι η στάθμη του νερού στο Β κατεβαίνει, ενώ η στάθμη του νερού στο Α ανεβαίνει μέχρι να φθάσουν στο ίδιο ύψος, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.26 (β).

Το νερό στα δύο ντεπόζιτα, που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού στο ντεπόζιτο Α (διακεκομμένη γραμμή) υφίσταται υδροστατική πίεση από το νερό, το οποίο βρίσκεται πάνω

από αυτήν, στο ντεπόζιτο Β. Λόγω της υδροστατικής πίεσης, ασκείται μία δύναμη στην επιφάνεια του νερού που το αναγκάζει να κινηθεί, μέσα από τον σωλήνα, προς το ντεπόζιτο Α.

Η μετακίνηση του νερού από το Β στο Α, ανεβάζει τη στάθμη του στο Α και την κατεβάζει στο Β μέχρι η υψομετρική τους διαφορά να γίνει μηδέν. Όταν συμβεί αυτό, η ροή σταματά και το νερό ηρεμεί μέσα στα δύο ντεπόζιτα.

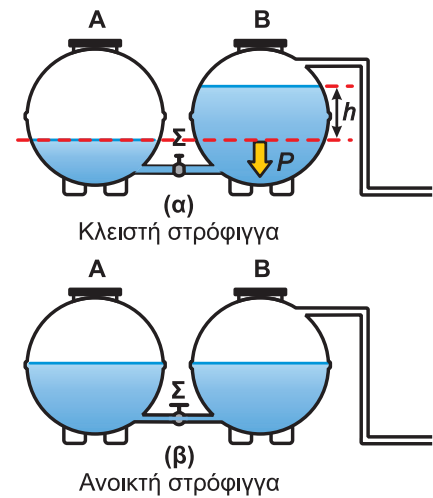
Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι απαραίτητο οι ποσότητες του υγρού σε δοχεία που συγκοινωνούν να είναι ίσες, αλλά μόνο να έχουν το ίδιο ύψος. Αυτό μπορούμε να το δούμε εύκολα με τη βοήθεια της συσκευής των συγκοινωνούντων δοχείων ή αλλιώς «δοχεία του Pascal», η οποία φαίνεται στην εικόνα 4.27.

Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων

Η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού, το οποίο ισορροπεί σε δοχεία που συγκοινωνούν, βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο.

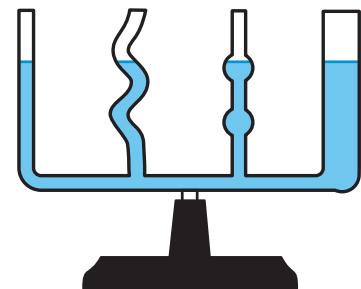
Στα δίκτυα ύδρευσης λοιπόν, η υψομετρική διαφορά μεταξύ της επιφάνειας του νερού στον υδατοπύργο με τις επιφάνειες του νερού στα ντεπόζιτα των κτηρίων της πόλης, προκαλεί ροή νερού από τον πύργο στα ντεπόζιτα. Αν τα ντεπόζιτα συνδέονταν απλώς μέσω ενός αγωγού με τον υδατοπύργο, η ροή του νερού δεν θα σταματούσε ποτέ. Για αυτό τον λόγο, υπάρχει εγκατεστημένος ένας μηχανισμός σε κάθε ντεπόζιτο, ο οποίος διακόπτει τη ροή του νερού, μόλις αυτό γεμίσει.

Σε πολλά ψηλά κτήρια, όπου το νερό δεν μπορεί να φτάσει στα ντεπόζιτα νερού από μόνο του, χρησιμοποιούνται αντλίες για να μεταφέρουν το νερό στους τελευταίους ορόφους.



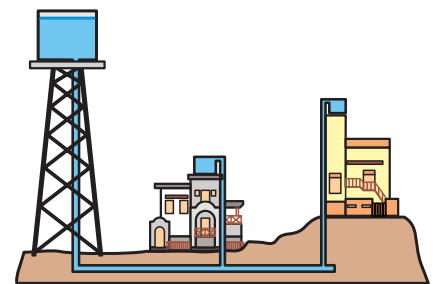
Εικόνα 4.26

Μέσα σε δοχεία που συγκοινωνούν, η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού που ισορροπεί είναι σε όλα τα δοχεία στο ίδιο επίπεδο.



Εικόνα 4.27

Τα δοχεία του Pascal μάς δείχνουν ότι η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού που ισορροπεί σε συγκοινωνούντα δοχεία, βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο.



Εικόνα 4.28

Δίκτυο ύδρευσης.

Ήξερες ότι...

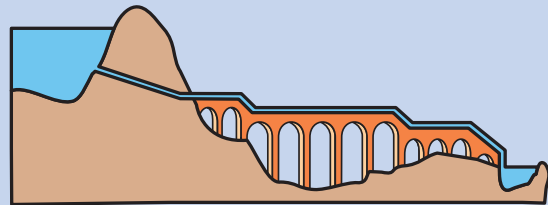
Οι Ρωμαίοι έκτισαν το πρώτο υδραγωγείο το 312 π.Χ. για να φέρουν καθαρό νερό στην Ρώμη, αφού το νερό του ποταμού Τίβερη είχε μολυνθεί λόγω του υπερπληθυσμού της πόλης.

Οι αρχαίοι Ρωμαίοι πίστευαν ότι το νερό μπορεί να κυλά μόνο προς τα κάτω και μόνο όταν έχει αρκετή ορμή μπορεί να ανέβει προς τα πάνω. Έτσι, κατασκεύαζαν αγωγούς, άλλοτε υπόγειους και άλλοτε υπέργειους, για να οδηγήσουν το νερό από πηγές που βρίσκονταν στους λόφους γύρω από την πόλη, σε κρήνες και δεξαμενές μέσα στην πόλη.

Οι υπέργειοι αγωγοί συνήθως περνούσαν πάνω από πετρόκτιστες τοξοστοιχίες, που μοιάζουν με γέφυρες και είναι γνωστές ως υδραγωγεία (δρόμοι του νερού).

Αν οι Ρωμαίοι μηχανικοί γνώριζαν την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, δεν θα έκτιζαν αυτά τα εντυπωσιακά οικοδομήματα και εμείς σήμερα δεν θα μπορούσαμε να τα θαυμάσουμε!

Το σημαντικότερο υδραγωγείο της Κύπρου είναι οι γνωστές «Καμάρες» στην πόλη της Λάρνακας, το οποίο κατασκευάστηκε το 1750 από τον τότε Οθωμανό κυβερνήτη της Λάρνακας Αμπού Μπεκίρ Πασά και θεωρείται η πιο σημαντική κατασκευή της Οθωμανικής εποχής. Το υδραγωγείο λειτουργούσε μέχρι το 1939 και αποτελείται από 75 καμάρες που οδηγούσαν το νερό από τον ποταμό Τρέμιθο στην πόλη της Λάρνακας.

**Εικόνα 4.29**

Τα Ρωμαϊκά υδραγωγεία κατασκευάζονταν έτσι ώστε το νερό να ρέει πάντα κατηφορικά.

**Εικόνα 4.30**

«Καμάρες», το παλιό υδραγωγείο της Λάρνακας.
(© Cyprus Alive.com)

Το μηχανικό πλεονέκτημα

Όταν ένα υγρό ηρεμεί μέσα σε ένα δοχείο με δύο κινητά μέρη, τα οποία ονομάζονται έμβολα, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αρχή του *Pascal* για να πολλαπλασιάσουμε μια ασκούμενη δύναμη. Η δυνατότητα που μας παρέχουν κάποιοι μηχανισμοί, με μικρή δύναμη να μπορούμε να μετακινήσουμε κάτι που χωρίς αυτούς θα χρειαζόταν πολύ μεγαλύτερη δύναμη, ονομάζεται *μηχανικό πλεονέκτημα*.

Στην εικόνα 4.31 φαίνεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα του υδραυλικού ανυψωτήρα οχημάτων. Η δύναμη F_1 που ασκείται στο μικρό έμβολο με εμβαδόν επιφάνειας A_1 , αυξάνει την πίεση στο υγρό, η οποία μεταφέρεται αμείωτη στα τοιχώματα του δοχείου και άρα και στο μεγάλο έμβολο, εμβαδού επιφάνειας A_2 .

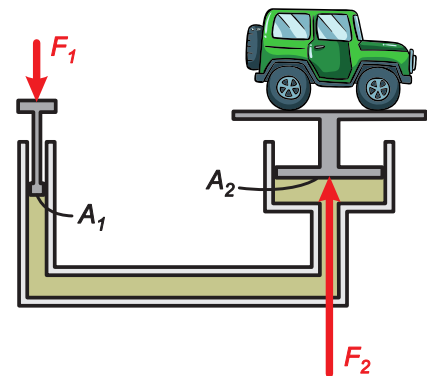
Αφού η πίεση είναι ίδια και στις δύο επιφάνειες, έχουμε

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow$$

$$F_2 \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} F_1$$

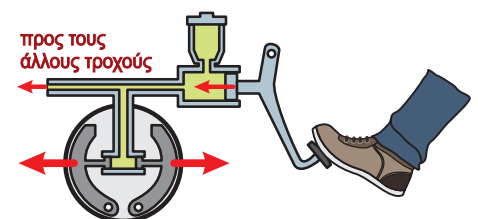
Από το αποτέλεσμα παρατηρούμε ότι η δύναμη F_2 που ασκείται στην επιφάνεια εμβαδού A_2 είναι πολλαπλάσια της δύναμης F_1 που ασκείται στην επιφάνεια εμβαδού A_1 , κατά έναν παράγοντα A_2/A_1 . Έτσι, επιλέγοντας κατάλληλες τιμές για τα εμβαδά A_1 και A_2 , μπορούμε να αυξήσουμε (ή να μειώσουμε) τη δύναμη F_2 όσο θέλουμε. Αν, για παράδειγμα, το εμβαδόν A_2 είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από το εμβαδόν A_1 , η δύναμη F_2 θα είναι πέντε φορές μεγαλύτερη από τη δύναμη F_1 .

Το μηχανικό πλεονέκτημα το εκμεταλλευόμαστε στις υδραυλικές πρέσες, στα υδραυλικά συστήματα πέδησης (φρένα) και άλλα υδραυλικά συστήματα.



Εικόνα 4.31

Υδραυλικός ανυψωτήρας οχημάτων. Η αύξηση της πίεσης είναι η ίδια και στα δύο έμβολα, έτσι η μικρή δύναμη στα αριστερά παράγει μια πολύ μεγαλύτερη δύναμη στα δεξιά.



Εικόνα 4.32

Υδραυλικά φρένα.



Παράδειγμα 4.3

Στον υδραυλικό ανυψωτήρα της εικόνας 4.31, το μικρό έμβολο έχει εμβαδόν $A_1 = 5 \text{ cm}^2$ και το μεγάλο εμβαδόν $A_2 = 35 \text{ cm}^2$. Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο για να ανυψωθεί το αυτοκίνητο, αν το βάρος του είναι $B = 14\,000 \text{ N}$; (Σημείωση: Θεωρούμε ότι η ανύψωση γίνεται με σταθερή ταχύτητα)

Απάντηση:

Η δύναμη F_2 που ασκεί το αυτοκίνητο στο μεγάλο έμβολο ισούται με το βάρος του, οπότε

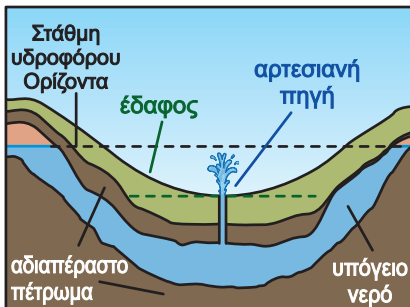
$$F_2 = B = 14\,000 \text{ N}$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2 \Rightarrow$$

$$F_1 = \frac{5 \text{ cm}^2}{35 \text{ cm}^2} \times 14\,000 \text{ N} \Rightarrow F_1 = 2\,000 \text{ N}$$

Για να ανυψωθεί* το αυτοκίνητο, πρέπει να ασκηθεί δύναμη 2 000 N στο μικρό έμβολο.

* Για να αρχίσει να ανυψώνεται το αυτοκίνητο, πρέπει η δύναμη F_1 να είναι αρχικά λίγο μεγαλύτερη από 2 000 N και στη συνέχεια να γίνει ίση με 2 000 N, για να συνεχίσει να ανυψώνεται με σταθερό ρυθμό.



Εικόνα 4.33

Το νερό αναβλύζει από την αρτεσιανή πηγή λόγω της υδροστατικής πίεσης.

Αρτεσιανές πηγές

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η μορφολογία του εδάφους είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να δημιουργηθεί μια υδατοστεγής κοιλότητα στο **υπόστρωμα**, στην οποία αποθηκεύεται νερό. Αν ανοίξουμε σε ένα χαμηλό σημείο αυτής της κοιλότητας μία τρύπα, τότε από το σημείο αυτό αναβλύζει νερό, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.33. Οι πηγές που αναβλύζουν νερό ονομάζονται αρτεσιανές από την επαρχία Αρτεσία της Γαλλίας, στην οποία κατά τον μεσαίωνα οι μοναχοί της περιοχής άνοιξαν πολλές τέτοιες πηγές.

4.5 Ατμοσφαιρική Πίεση



Εικόνα 4.34

Η ατμόσφαιρα της Γης.

Όλα τα σώματα στην επιφάνεια της Γης βρίσκονται στο βυθό ενός ωκεανού από αέρα, ο οποίος ονομάζεται **ατμόσφαιρα**. Αυτός ο ωκεανός από αέρα εκτείνεται αρκετά χιλιόμετρα πάνω από την επιφάνεια της Γης και γίνεται αραιότερος όσο αυξάνεται το υψόμετρο. Αν και δεν υπάρχει σαφώς καθορισμένο όριο, υπολογίζεται ότι η ατμόσφαιρα της Γης έχει ύψος περίπου 100 km. Ο ατμοσφαιρικός αέρας συγκρατείται γύρω από τη Γη λόγω της βαρυτικής έλξης.

Στην παράγραφο 4.2 είδαμε ότι ένα σώμα βυθισμένο μέσα σε ένα υγρό υφίσταται πίεση λόγω του βάρους του υγρού. Με τον

ίδιο τρόπο η ατμόσφαιρα της Γης εφαρμόζει πίεση σε όλα τα σώματα στην επιφάνεια της Γης. Η πίεση που υφίσταται ένα σώμα στην επιφάνεια της Γης λόγω του ατμοσφαιρικού αέρα ονομάζεται **ατμοσφαιρική πίεση**. Όπως και με την υδροστατική πίεση, η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μειώνεται όσο πιο ψηλά ανεβαίνουμε.

Γιατί δεν αισθανόμαστε την ατμοσφαιρική πίεση όπως ένας δύτης αισθάνεται την υδροστατική πίεση; Πόση είναι η τιμή της; Επηρεάζει καθόλου την καθημερινότητά μας; Έχει εφαρμογές;

Στα πιο πάνω ερωτήματα θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απαντήσεις στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.6 Τιμή της Ατμοσφαιρικής Πίεσης

Όπως και η υδροστατική πίεση, έτσι και η ατμοσφαιρική, πιέζει προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζει το σώμα μας προς τα μέσα, αλλά επειδή ο αέρας που υπάρχει μέσα στο σώμα μας πιέζει προς τα έξω, η συνολική πίεση είναι μηδέν και γι' αυτό δεν την αντιλαμβανόμαστε.

Μπορούμε να αντιληφθούμε την ατμοσφαιρική πίεση αφαιρώντας τον αέρα μέσα από ένα πλαστικό μπουκάλι ή χάρτινο κουτάκι χυμού. Τότε, παρατηρούμε ότι το μπουκάλι ή το κουτάκι συνθλίβεται προς τα μέσα (εικόνα 4.35).

Αν γεμίσετε ένα μπουκάλι με νερό μέχρι το χείλος και τοποθετήσετε από πάνω ένα χαρτόνι και στη συνέχεια κρατώντας το χαρτόνι στο στόμιο του μπουκαλιού τα γυρίσετε ανάποδα, τότε αν αφήσετε το χέρι σας από το χαρτόνι, θα δείτε ότι το χαρτόνι παραμένει στη θέση του. Παρόλο που ασκείται στο χαρτόνι μια δύναμη προς τα κάτω λόγω του βάρους του νερού, ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ικανός να συγκρατήσει το νερό στο μπουκάλι. Μάλιστα, αν επαναλάβουμε το πείραμα αυξάνοντας το ύψος του μπουκαλιού, θα διαπιστώσουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση μπορεί να συγκρατήσει μια στήλη νερού ύψους περίπου δέκα μέτρων!



Εικόνα 4.35

Η ατμοσφαιρική πίεση συνθλίβει το δοχείο, όταν αφαιρεθεί από μέσα του ο αέρας.



Εικόνα 4.36

Η ατμοσφαιρική πίεση συγκρατεί το νερό μέσα στο μπουκάλι.



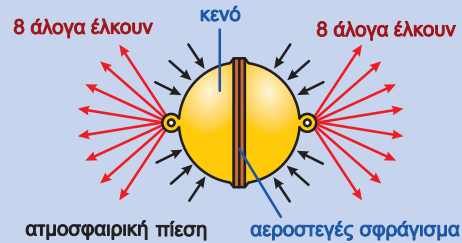
Ήξερες ότι...

Το 1654, ο *Οθωνας του Γκέρικε (Otto von Guericke, 1602-1686)*, δήμαρχος του Μαγδεμβούργου και εφευρέτης της αντλίας κενού, διενήργησε ένα πείραμα για να αποδείξει την ύπαρξη πίεσης από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Δημιούργησε μία μεταλλική σφαίρα από δύο ημισφαίρια διαμέτρου 0,5 m το καθένα και τα ένωσε μεταξύ τους με μια δερμάτινη ζώνη εμποτισμένη με λάδι και κερί, ώστε να είναι αεροστεγής. Στη συνέχεια αφαίρεσε με την αντλία κενού τον αέρα από τη σφαίρα και έβαλε δεκαέξι αλόγα, χωρισμένα σε δύο ομάδες να τραβήξουν τα ημισφαίρια.

Τα δεκαέξι αλόγα δεν κατάφεραν να διαχωρίσουν τα δύο ημισφαίρια!

Το πείραμα του *Otto von Guericke* έμεινε γνωστό στην ιστορία της επιστήμης ως το *πείραμα του Μαγδεμβούργου*.



Εικόνα 4.37

Το πείραμα του Μαγδεμβούργου.



Εικόνα 4.38

Εκτέλεση του πειράματος του Μαγδεμβούργου στο φεστιβάλ επιστήμης Science on Stage 2007. (© Science on Stage)

4.7 Κλίμακες Μέτρησης της Ατμοσφαιρικής Πίεσης

Τα όργανα που μετρούν την ατμοσφαιρική πίεση ονομάζονται **βαρόμετρα**. Υπάρχουν διάφοροι τύποι βαρομέτρων, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους. Έτσι, έχουμε βαρόμετρα υδραργύρου, βαρόμετρα νερού και βαρόμετρα αέρα. Η κατασκευή του πρώτου βαρομέτρου αποδίδεται στον *Evangelista Torricelli* το 1643, ο οποίος χρησιμοποίησε μια στήλη υδραργύρου για να συγκρίνει την υδροστατική με την ατμοσφαιρική πίεση.



Εικόνα 4.39

Evangelista Torricelli, 1608 - 1647 μ.Χ

Υδραργυρικό βαρόμετρο - Το πείραμα του Torricelli

Ο *Torricelli* χρησιμοποίησε σωλήνα ενός μέτρου, κλειστό στο ένα του άκρο, γεμάτο με υδράργυρο, που τον αναποδογύρισε μέσα σε ένα δοχείο, επίσης με υδράργυρο. Όταν το ανοικτό

άκρο του σωλήνα ήρθε σε επαφή με τον υδράργυρο του δοχείου, δημιουργήθηκε μια διάταξη συγκοινωνούντων δοχείων και η στήλη του υδραργύρου μέσα στον σωλήνα άρχισε να κατεβαίνει. Ωστόσο, η στήλη υδραργύρου μέσα στον σωλήνα δεν κατέβηκε μέχρι οι επιφάνειες του υγρού στο σωλήνα και το δοχείο να βρεθούν στο ίδιο ύψος, αλλά σταθεροποιήθηκε σε ύψος 76 cm πάνω από την επιφάνεια του υδραργύρου στο δοχείο, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.40.

Με αυτόν τον τρόπο, ο *Torricelli* συμπέρανε ότι η υδροστατική πίεση που εφάρμοζαν τα 76 cm της στήλης υδραργύρου του σωλήνα εξισορροπούνταν από μια εξωτερική πίεση που εφάρμοζε ο αέρας της ατμόσφαιρας στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου στο δοχείο. Έτσι, όρισε την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης ως το ισοδύναμο της υδροστατικής πίεσης των 76 cm της στήλης υδραργύρου.

$$P_{\text{ατμ}} = 76 \text{ cm Hg}$$

Τα εκατοστόμετρα της στήλης υδραργύρου χρησιμοποιούνται ως μια εναλλακτική μονάδα μέτρησης της πίεσης, καθώς επίσης και τα χιλιοστόμετρα της στήλης υδραργύρου, τα οποία γράφονται ως mm Hg. Άρα, η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της Γης είναι 760 mm Hg.

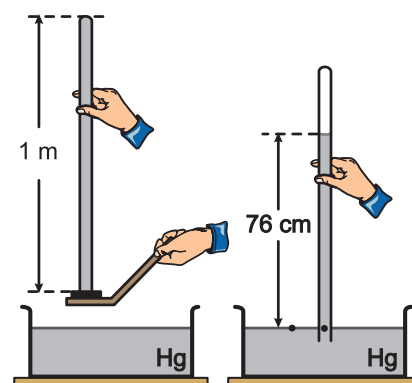
Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης

Αφού η υδροστατική πίεση των 76 cm της στήλης υδραργύρου είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση, μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της δεύτερης, γνωρίζοντας ότι η πυκνότητα του υδραργύρου είναι $\rho_{\text{υδρ}} = 13\,590 \text{ kg/m}^3$.

$$P_{\text{ατμ}} = P_{\text{υδρ, Hg}} \Rightarrow P_{\text{ατμ}} = \rho_{\text{υδρ}} \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$P_{\text{ατμ}} = \left(13\,590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times (0,76 \text{ m}) \Rightarrow P_{\text{ατμ}} = 103\,284 \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$P_{\text{ατμ}} = 103,3 \text{ kPa}$$



Εικόνα 4.40

Το πείραμα του *Torricelli* για την μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.



Παράδειγμα 4.4

Αν διενεργήσουμε το πείραμα του *Torricelli* στην κορυφή του Τροόδους, σε υψόμετρο 1950 m από την επιφάνεια της θάλασσας, η στήλη του υδραργύρου σταθεροποιείται στα 55 cm. Να υπολογίσετε την ατμοσφαιρική πίεση σε μονάδες Pa, στην κορυφή του Τροόδους.

Απάντηση:

Η υδροστατική πίεση των 55 cm της στήλης υδραργύρου είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση στην κορυφή του Τροόδους.

$$P_{\text{ατμ}} = P_{\text{υδρ, Hg}} \Rightarrow P_{\text{ατμ}} = \rho_{\text{υδρ}} gh \Rightarrow$$

$$P_{\text{ατμ}} = (13\,590 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \times (10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \times (0,55 \text{ m})$$

$$\Rightarrow P_{\text{ατμ}} = 74\,745 \text{ Pa}$$

1 bar = 100 000 Pa
76 cm Hg = 101 284 Pa

Εικόνα 4.40

Η πίεση μπορεί να μετρηθεί σε οποιαδήποτε από αυτές τις μονάδες μέτρησης.

Άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης

Όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις τεχνολογικών εφαρμογών, η πρότυπη μονάδα μέτρησης του διεθνούς συστήματος δεν είναι βολική και γι' αυτό ορίζονται άλλες, πιο πρακτικές μονάδες μέτρησης. Έτσι, για την πίεση, εκτός από το *Pascal* και τα *εκατοστόμετρα της στήλης υδραργύρου*, υπάρχει το *bar* και η «ατμόσφαιρα» *atm*.

Ένα *bar* ισούται με ακριβώς 100 000 Pa. Συνεπώς, η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με περίπου ένα *bar*.

Η μονάδα *atm* είναι ίση με τη μέση ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας, δηλαδή ίση με 101 284 Pa. Άρα, η ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο της θάλασσας είναι ακριβώς ίση με 1 *atm*.

4.8 Μεταβολή της Ατμοσφαιρικής Πίεσης με το Ύψος

Όπως αναφέραμε και στην παράγραφο 4.5, η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο από την επιφάνεια της Γης. Ωστόσο, επειδή η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα δεν είναι σταθερή αλλά μειώνεται με το ύψος και επίσης, η παρουσία υγρασίας στην ατμόσφαιρα και η θερμοκρασία του

αέρα είναι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης, ο υπολογισμός της είναι αρκετά πολύπλοκος.

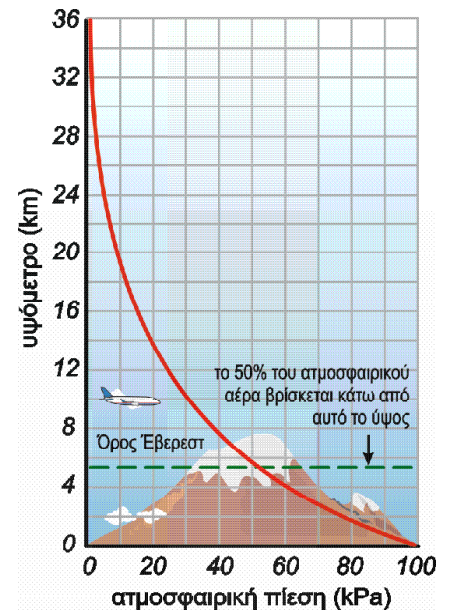
Στην εικόνα 4.42 φαίνεται η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το υψόμετρο σε συνθήκες μέσης θερμοκρασίας $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σχετικής υγρασίας 0% .

Έλεγε τι έμαθες!

5. Συμπληρώστε την πρόταση για τον ατμοσφαιρικό αέρα, που ακολουθεί.

Η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα...

- (Α) αυξάνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο από την επιφάνεια της Γης
- (Β) μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο από την επιφάνεια της Γης
- (Γ) είναι σταθερή από την επιφάνεια της Γης μέχρι το υψόμετρο των 100 km .



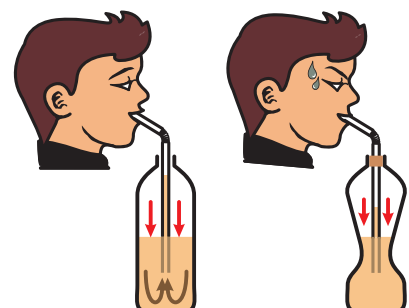
Εικόνα 4.42

Μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το ύψος σε συνθήκες μέσης θερμοκρασίας $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ και υγρασίας 0% .

4.9 Χρήσεις της Ατμοσφαιρικής Πίεσης

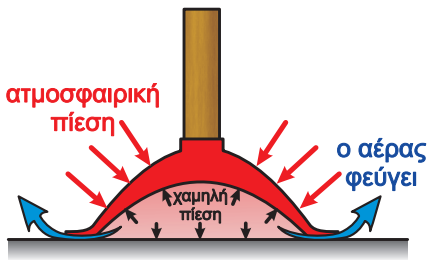
Καλαμάκια ροφημάτων

Κάθε φορά που πίνετε ένα ρόφημα με καλαμάκι, εκμεταλλεύεστε την ατμοσφαιρική πίεση για να σπρώξει το ρόφημα μέσα στο καλαμάκι (εικόνα 4.42). Καθώς ρουφάτε τον αέρα από το καλαμάκι, η πίεση στο εσωτερικό του γίνεται μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Αν το δοχείο είναι ανοικτό, ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζει το ρόφημα και αυτό περνώντας μέσα από το καλαμάκι φθάνει στο στόμα σας. Αν το δοχείο είναι κλειστό, καθώς η στάθμη του ροφήματος κατεβαίνει, παραμένει λιγότερος αέρας μέσα στο δοχείο που εφαρμόζει μικρότερη πίεση στο ρόφημα, με αποτέλεσμα να χρειάζεται να ρουφήξετε πιο έντονα για να ανέβει το ρόφημα στο στόμα σας. Επίσης, επειδή η πίεση μέσα στο δοχείο είναι μικρότερη από την πίεση της ατμόσφαιρας, ο ατμοσφαιρικός αέρας συνθλίβει το δοχείο καθώς αυτό αδειάζει.



Εικόνα 4.42

Όταν το μπουκάλι είναι ανοικτό, η ατμοσφαιρική πίεση σπρώχνει το υγρό ώστε να ανεβεί μέσα στο καλαμάκι.



Εικόνα 4.44
 Η ατμοσφαιρική πίεση συγκρατεί τη βεντούζα στην επίπεδη επιφάνεια.

Βεντούζα

Όταν σπρώχνετε το ελαστικό μέρος της βεντούζας πάνω σε μια επίπεδη επιφάνεια, ο περισσότερος αέρας που βρίσκεται εγκλωβισμένος μεταξύ της επιφάνειας και του ελαστικού ωθείται προς τα έξω, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες χαμηλής πίεσης στο εσωτερικό (εικόνα 4.44). Ο ατμοσφαιρικός αέρας εφαρμόζει πίεση στην εξωτερική επιφάνεια του ελαστικού, ικανή να το κρατήσει κολλημένο στην επίπεδη επιφάνεια.

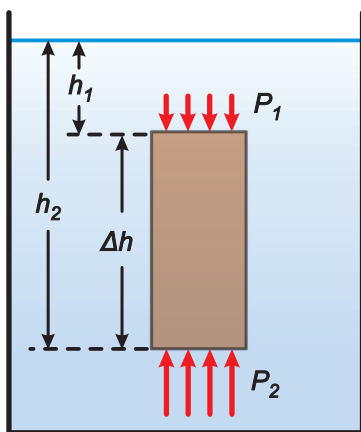


Εικόνα 4.45
 Όταν το δοχείο είναι ανοικτό, η ατμοσφαιρική πίεση σπρώχνει το υγρό μέσα στο καλαμάκι.

Άδειασμα δοχείου

Αν ανοίξετε μία τρύπα σε ένα δοχείο που περιέχει υγρό, όπως το δοχείο της ντοματόσουπας στην εικόνα 4.45, και προσπαθήσετε να το αδειάσετε, θα παρατηρήσετε ότι το υγρό δεν βγαίνει εύκολα από το δοχείο και μάλιστα, αν το κρατάτε κατακόρυφα μπορεί να μην βγαίνει καθόλου υγρό. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι διότι η ατμοσφαιρική πίεση συγκρατεί το υγρό στο δοχείο. Αν ανοίξετε μια μικρή τρύπα στο δοχείο, απ' όπου θα μπορεί να εισέρχεται σε αυτό ο ατμοσφαιρικός αέρας, θα παρατηρήσετε ότι το υγρό βγαίνει με ευκολία από το δοχείο διότι ο ατμοσφαιρικός αέρας που εισέρχεται στο δοχείο σπρώχνει το υγρό προς τα έξω.

4.10 Άνωση



Εικόνα 4.46
 Λόγω της διαφοράς της πίεσης μεταξύ της πάνω και της κάτω επιφάνειας, το σώμα δέχεται μια δύναμη προς τα άνω (άνωση) από το ρευστό.

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ γιατί ενώ ένα μικρό μεταλλικό καρφί βυθίζεται στο νερό, ένα τεράστιο πλοίο μπορεί να επιπλέει; Ακόμα, γιατί όσο πιο φουσκωμένο είναι ένα μπαλόνι τόσο πιο ψηλά στην ατμόσφαιρα μπορεί να φθάσει;

Αυτή η ιδιότητα των ρευστών (υγρών και αερίων) να σπρώχνουν προς τα πάνω τα σώματα που είναι βυθισμένα σε αυτά ονομάζεται **Άνωση** και οφείλεται στη διαφορά της πίεσης μεταξύ των επιφανειών των σωμάτων.

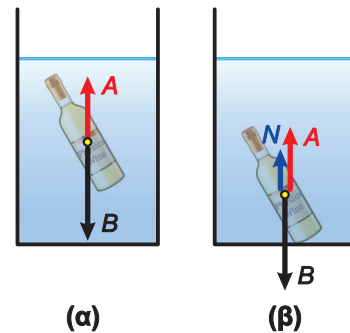
Στην εικόνα 4.46 φαίνεται ένα σώμα βυθισμένο μέσα σε υγρό. Η πάνω και η κάτω επιφάνεια του σώματος βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος μέσα στο υγρό, οπότε η υδροστατική πίεση στις δύο επιφάνειες είναι διαφορετική. Επειδή η πίεση στην κάτω επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από την πίεση στην πάνω επι-

φάνεια, η συνολική πίεση από το υγρό στο σώμα είναι πάντοτε προς τα πάνω. Πολλαπλασιάζοντας την προς τα πάνω πίεση που εφαρμόζει το υγρό στην επιφάνεια του σώματος με το εμβαδόν της επιφάνειας, βρίσκουμε τη δύναμη της Άνωσης που ασκεί το υγρό στο σώμα.

Είναι φανερό ότι σώματα με μεγάλη επιφάνεια θα δέχονται μεγάλη άνωση, ενώ σώματα με μικρή επιφάνεια θα δέχονται μικρή άνωση. Γενικά, σε ένα σώμα μέσα σε ρευστό ασκούνται οι δυνάμεις του βάρους, με κατεύθυνση προς τα κάτω και η άνωση, με κατεύθυνση προς τα πάνω.

Βύθιση

Αν το μέτρο της άνωσης είναι μικρότερο από το μέτρο του βάρους του σώματος, το σώμα βυθίζεται μέχρι να φθάσει στον πυθμένα του δοχείου (εικόνες 4.47 (α) και 4.47 (β)).

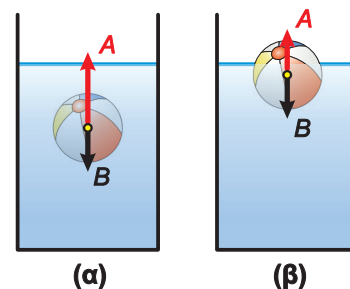


Εικόνα 4.47

Αν $B > A$, το σώμα βυθίζεται.

Επίπλευση

Αν το μέτρο της άνωσης είναι μεγαλύτερο από το μέτρο του βάρους του σώματος, το σώμα αναδύεται στην επιφάνεια του υγρού μέχρι μόνο ένα μέρος του να παραμείνει κάτω από την επιφάνεια, έτσι ώστε το μέτρο της άνωσης να εξισορροπηθεί με το μέτρο του βάρους του (εικόνες 4.48 (α) και 4.48 (β)).

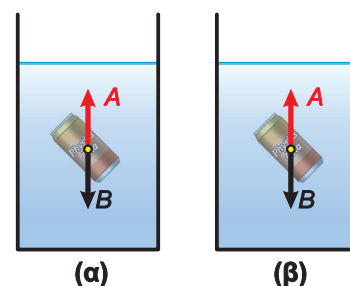


Εικόνα 4.48

Αν $B < A$, το σώμα αναδύεται στην επιφάνεια.

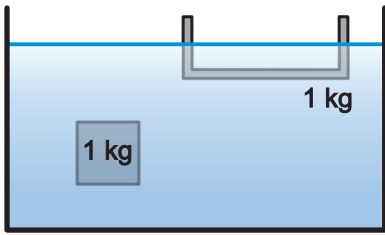
Αιώρηση

Αν το μέτρο της άνωσης είναι ίσο με το μέτρο του βάρους του σώματος, το σώμα παραμένει στο ίδιο βάθος, αιωρούμενο μέσα στο υγρό (εικόνες 4.49 (α) και 4.49 (β)).



Εικόνα 4.49

Αν $B = A$, το σώμα αιωρείται.



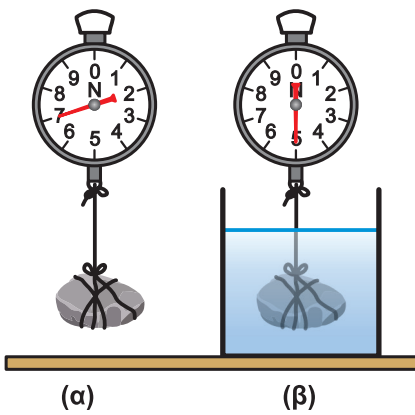
Εικόνα 4.50

Έλεγξε τι έμαθες!

6. Στην εικόνα 4.50 φαίνονται ένας κύβος και ένα ταψί που είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό και έχουν την ίδια μάζα. Ο κύβος βυθίζεται στο νερό, ενώ το ταψί επιπλέει.

Γιατί ο κύβος βυθίζεται και το ταψί επιπλέει;

- (Α) Διότι το ταψί είναι ελαφρύτερο από το νερό
- (Β) Διότι ο κύβος είναι πιο βαρύτες από το ταψί
- (Γ) Διότι το ταψί δέχεται μεγαλύτερη άνωση από τον κύβο, επειδή έχει μεγαλύτερη επιφάνεια
- (Δ) Διότι το ταψί και ο κύβος δέχονται την ίδια άνωση.



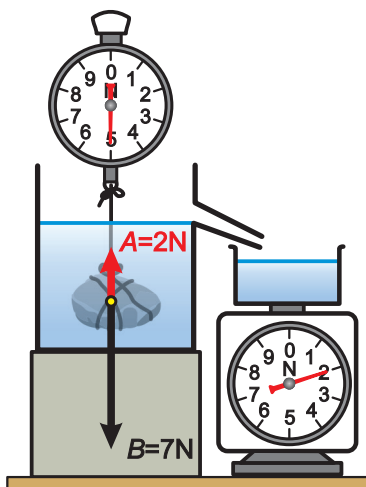
Εικόνα 4.51

Το βάρος του σώματος φαίνεται να είναι μικρότερο λόγω της άνωσης.

4.11 Υπολογισμός της Άνωσης

Όταν ένα σώμα είναι αναρτημένο σε ένα δυναμόμετρο, η ένδειξη του οργάνου ισούται με το βάρος του σώματος (εικόνα 4.51 (α)). Αν βουτήξουμε το σώμα μέσα σε ένα υγρό, θα παρατηρήσουμε ότι η ένδειξη του δυναμομέτρου μειώνεται λόγω της δύναμης της άνωσης που σπρώχνει το σώμα προς τα πάνω (εικόνα 4.51 (β)).

Τον 3ο αιώνα π.Χ. ο Έλληνας Μαθηματικός, Μηχανικός και Εφευρέτης Αρχιμήδης, στην προσπάθειά του να υπολογίσει την πυκνότητα ενός σώματος ακανόνιστου σχήματος, διατύπωσε την άποψη ότι «ένα σώμα ολόκληρο ή μερικώς βυθισμένο σε ένα υγρό δέχεται δύναμη άνωσης ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει» (εικόνα 4.52). Το συμπέρασμα αυτό είναι γνωστό ως η **αρχή του Αρχιμήδη**.



Εικόνα 4.52

Αρχή του Αρχιμήδη.

Ένα σώμα ολόκληρο ή μερικώς βυθισμένο σε ένα υγρό δέχεται δύναμη άνωσης ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει.

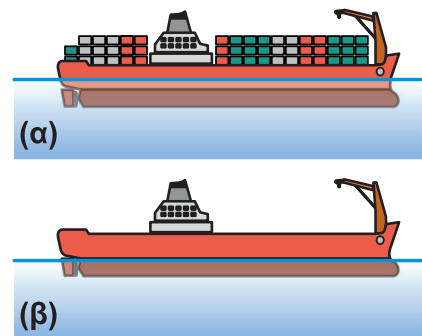
Σύμφωνα με την αρχή του Αρχιμήδη, ένα σώμα μεγάλου όγκου, εκτοπίζει μεγάλη ποσότητα υγρού, οπότε δέχεται από το υγρό

μεγάλη δύναμη άνωσης. Αυτό μπορεί να εξηγήσει το γιατί ένα πλοίο, παρόλο που έχει μεγάλη μάζα μπορεί να επιπλέει στο νερό, ενώ ένα καρφί όχι.

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Άνωση

Όγκος

Στην εικόνα 4.53 (α) φαίνεται ένα φορτωμένο πλοίο και στην εικόνα 4.53 (β) φαίνεται το ίδιο πλοίο χωρίς φορτίο. Παρόλο που και στις δύο εικόνες το πλοίο επιπλέει στο νερό, παρατηρούμε ότι στην εικόνα 4.53 (α) ο όγκος του πλοίου που είναι μέσα στο νερό είναι μεγαλύτερος. Άρα, όταν το πλοίο έχει μεγαλύτερο βάρος, λόγω του φορτίου, χρειάζεται μεγαλύτερη δύναμη άνωσης για να το κρατήσει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Γι' αυτό, μεγαλύτερος όγκος του πλοίου βρίσκεται μέσα στο νερό ώστε να εκτοπίζει περισσότερο νερό για να αυξήσει την άνωση, η οποία να εξισορροπεί το επιπλέον βάρος λόγω του φορτίου.



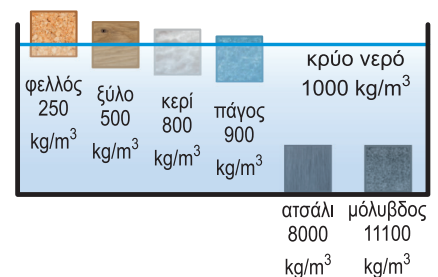
Εικόνα 4.53

Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του σώματος μέσα στο ρευστό, τόσο μεγαλύτερη είναι η άνωση που δέχεται από αυτό.

Πυκνότητα

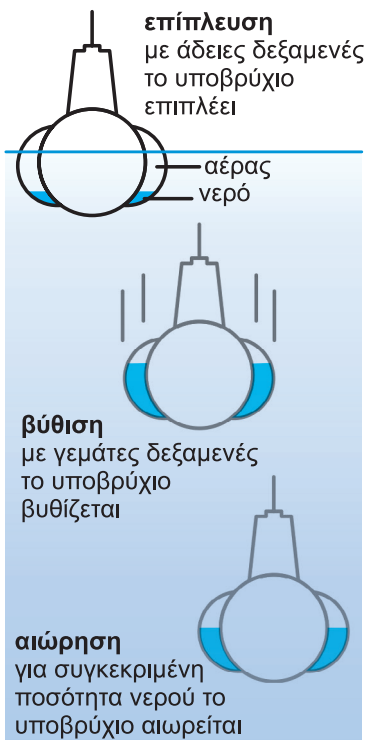
Αν βάλουμε μέσα σε ένα δοχείο με νερό σώματα με τον ίδιο όγκο αλλά φτιαγμένα από διαφορετικά υλικά, θα παρατηρήσουμε ότι κάποια από αυτά βυθίζονται και κάποια επιπλέουν. Επίσης, τα σώματα που επιπλέουν δεν βρίσκονται όλα στο ίδιο ύψος. Στην εικόνα 4.54 φαίνονται κάποια σώματα με πυκνότητες μικρότερες και μεγαλύτερες από την πυκνότητα του νερού. Τα σώματα με πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του νερού επιπλέουν, ενώ τα σώματα με πυκνότητα μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού βυθίζονται. Συνεπώς, ένα υγρό μπορεί να κρατήσει ένα σώμα στην επιφάνειά του μόνο όταν η πυκνότητα του σώματος είναι μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού.

Επίσης, το ποσοστό του όγκου του σώματος που χρειάζεται να βρίσκεται μέσα στο υγρό ώστε η άνωση που δέχεται από το υγρό να ισούται με το βάρος του, εξαρτάται από το λόγο της πυκνότητας του σώματος προς την πυκνότητα του υγρού. Έτσι, στην εικόνα 4.54 παρατηρούμε ότι ο όγκος του φελλού που βρίσκεται μέσα στο νερό ισούται με το ένα τέταρτο του όγκου του, επειδή η πυκνότητα του φελλού ισούται με το ένα τέταρτο



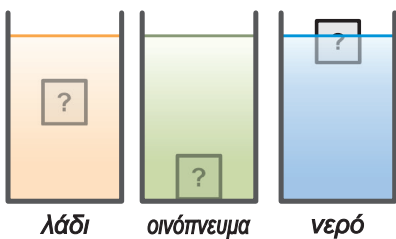
Εικόνα 4.54

Ο λόγος της πυκνότητας ενός σώματος προς την πυκνότητα του υγρού καθορίζει αν το σώμα θα βυθιστεί ή όχι στο υγρό.



Εικόνα 4.55

Το υποβρύχιο επιπλέει, βυθίζεται ή αιωρείται ελέγχοντας την πυκνότητά του με το γέμισμα ή το άδειασμα δεξαμενών νερού.



Εικόνα 4.56

της πυκνότητας του νερού. Αντίστοιχα, ο όγκος του πάγου που βρίσκεται μέσα στο νερό ισούται με τα εννέα δέκατα του όγκου του, επειδή η πυκνότητα του πάγου ισούται με τα εννέα δέκατα της πυκνότητας του νερού.

Την εξάρτηση της άνωσης από την πυκνότητα εκμεταλλευόμαστε στα υποβρύχια, όπου με το άδειασμα ή το γέμισμα των δεξαμενών, μειώνεται ή αυξάνεται αντίστοιχα η μάζα τους χωρίς, να αλλάζει ο όγκος τους, συνεπώς μεταβάλλεται η πυκνότητά τους. Ελέγχοντας την πυκνότητα μπορούμε να οδηγήσουμε το υποβρύχιο προς την επιφάνεια ή προς τον βυθό, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.55.

Έλεγε τι έμαθες!

7. Στην εικόνα 4.56 φαίνεται ένα σώμα άγνωστης πυκνότητας, το οποίο τοποθετείται διαδοχικά σε δοχεία με διαφορετικό υγρό.

Ποια από τις ακόλουθες προτάσεις είναι ορθή;

- (Α) Η πυκνότητα του σώματος είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του λαδιού και του οινόπνευματος αλλά μικρότερη από αυτήν του νερού.
- (Β) Η πυκνότητα του σώματος είναι μικρότερη από την πυκνότητα του λαδιού και του νερού αλλά μεγαλύτερη από την πυκνότητα του οινόπνευματος.
- (Γ) Η πυκνότητα του σώματος είναι ίση με την πυκνότητα του λαδιού, μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού και μικρότερη από την πυκνότητα του οινόπνευματος.
- (Δ) Η πυκνότητα του σώματος είναι ίση με την πυκνότητα του λαδιού, μεγαλύτερη από την πυκνότητα του οινόπνευματος και μικρότερη από την πυκνότητα του νερού.



Ήξερες ότι...

Ο Ιέρων ο Β΄, βασιλιάς των Συρακουσών, παρήγγειλε να του φτιάξουν ένα αναθηματικό στέμμα από ατόφιο χρυσάφι. Έδωσε λοιπόν σε έναν χρυσοκόμο μια ποσότητα χρυσού για να του φτιάξει το στέμμα και πράγματι, ο χρυσοκόμος έφτιαξε ένα πολύ όμορφο στέμμα για τον βασιλιά, το οποίο ζύγιζε όσο και το χρυσάφι που του είχε δώσει. Ο βασιλιάς, όμως, δεν είχε εμπιστοσύνη στον χρυσοκόμο και ζήτησε από τον Αρχιμήδη να εξετάσει αν ο χρυσός είχε νοθευτεί. Για να ανακαλύψει ο Αρχιμήδης αν το χρυσάφι είχε νοθευτεί, έπρεπε να υπολογίσει την πυκνότητα του στέμματος χωρίς όμως να το καταστρέψει.

Το πρόβλημα αυτό έβαλε σε σκέψεις τον Αρχιμήδη, ο οποίος μια μέρα καθώς έμπαινε στη μπανιέρα, παρατήρησε ότι η στάθμη του νερού ανέβηκε και συνειδητοποίησε ότι αφού το νερό είναι πρακτικά ασυμπίεστο, το αποτέλεσμα της βύθισης ενός αντικειμένου μέσα σε αυτό θα ήταν να εκτοπίσει μια ποσότητα νερού με όγκο ίσο με τον δικό του όγκο.

Έτσι, βυθίζοντας το στέμμα στο νερό και μετρώντας τον όγκο του νερού που εκτοπίζει, ο Αρχιμήδης μπορούσε να υπολογίσει την πυκνότητα του στέμματος διαιρώντας τη μάζα με τον όγκο του.

Ο Αρχιμήδης, ενθουσιασμένος από την ανακάλυψή του, βγήκε στον δρόμο γυμνός φωνάζοντας «Εύρηκα! Εύρηκα!».



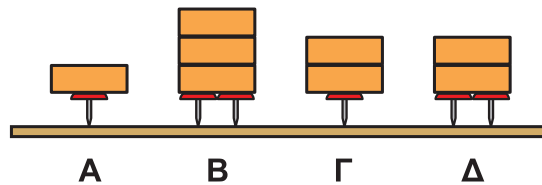
Εικόνα 4.57

4.12 Ερωτήσεις - Ασκήσεις

Στις ερωτήσεις 1 μέχρι 5 να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

- 1 | Στην εικόνα 4.58 πιο κάτω φαίνονται μερικά τουβλάκια που ισορροπούν πάνω σε πινέζες. Ποια από τις τέσσερις διατάξεις εφαρμόζει μεγαλύτερη πίεση στην επιφάνεια;

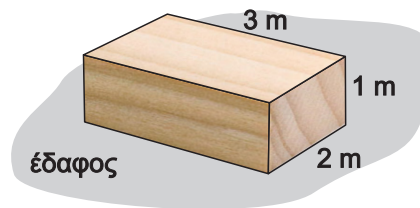
Εικόνα 4.58



- 2 | Πώς ονομάζεται το όργανο μέτρησης της υδροστατικής πίεσης;
- (Α) Βαρόμετρο
(Β) Πιεσόμετρο
(Γ) Δυναμόμετρο
(Δ) Μανόμετρο.
- 3 | Αν ασκήσουμε την ίδια δύναμη σε μικρότερη επιφάνεια, τότε:
- (Α) η πίεση μειώνεται
(Β) η πίεση δεν αλλάζει
(Γ) η πίεση αυξάνεται
(Δ) το αποτέλεσμα εξαρτάται από το σχήμα της επιφάνειας.
- 4 | Ποιος είναι ο κυριότερος λόγος για τον οποίο η ατμοσφαιρική πίεση στην κορυφή ενός βουνού είναι μικρότερη απ' ό,τι στο επίπεδο της θάλασσας;
- (Α) Η θερμοκρασία του αέρα στην κορυφή του βουνού είναι μικρότερη.
(Β) Η πυκνότητα του αέρα στην κορυφή του βουνού είναι μικρότερη.
(Γ) Το ποσοστό του οξυγόνου στον αέρα είναι μικρότερο στην κορυφή του βουνού.
(Δ) Η κορυφή του βουνού βρίσκεται έξω από την ατμόσφαιρα.
- 5 | Η υδροστατική πίεση σε ένα σημείο μέσα σε ένα δοχείο με νερό εξαρτάται από:
- (Α) τον όγκο του νερού που βρίσκεται πάνω από το σημείο
(Β) το σχήμα του δοχείου
(Γ) το ύψος του νερού πάνω από το σημείο
(Δ) το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας του νερού.
- 6 | Να εξηγήσετε γιατί η πίεση κάτω από το πόδι ενός ελέφαντα μπορεί να είναι μικρότερη από την πίεση κάτω από το τακούνι της γόβας μιας γυναίκας.
- 7 | Να εξηγήσετε γιατί ένα τραπεζάκι του καφέ δεν συνθλίβεται από την ατμοσφαιρική πίεση.

- 8 | Σε καθεμιά από τις πιο κάτω προτάσεις να γράψετε δίπλα «Σ», αν είναι σωστή και «Λ», αν είναι λανθασμένη.
- Η πίεση είναι διανυσματικό φυσικό μέγεθος. _____
 - Ο ατμοσφαιρικός αέρας ασκεί πίεση όσο και μια στήλη νερού ύψους 10 m . _____
 - Η πίεση που ασκείται σε ένα σημείο ενός υγρού το οποίο ηρεμεί σε ένα κλειστό δοχείο μεταδίδεται αμείωτη σε όλα τα σημεία του. _____
 - Διπλάσιος όγκος υγρού ασκεί διπλάσια υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος. _____
- 9 | Το μεγάλο ξύλινο τούβλο της εικόνας 4.59 έχει βάρος $300\ 000\text{ N}$.

Εικόνα 4.59

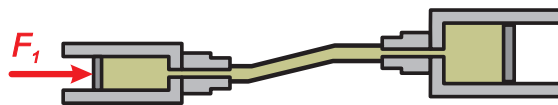


Γυρίζοντας το τούβλο μπορούμε να το κάνουμε να σταθεί με διαφορετική επιφάνεια στο έδαφος.

Να υπολογίσετε την πίεση που εφαρμόζει το τούβλο στο έδαφος για καθεμιά από τις τρεις επιφάνειες με τις οποίες μπορεί να σταθεί στο έδαφος.

- 10 | Ένα κυλινδρικό βαρέλι περιέχει λάδι συνολικού βάρους 3000 N . Αν η ακτίνα της επιφάνειας της βάσης του βαρελιού είναι 50 cm , να υπολογίσετε την πίεση που εφαρμόζει το λάδι στη βάση του βαρελιού.
- 11 | Ασκούμε δύναμη $F_1 = 5\text{ N}$ στην επιφάνεια του μικρού εμβόλου, της εικόνας 4.60. Να υπολογίσετε την δύναμη F_2 στην επιφάνεια του μεγάλου εμβόλου αν η επιφάνεια του μικρού εμβόλου είναι 4 cm^2 και του μεγάλου είναι 12 cm^2 .

Εικόνα 4.60



- 12 | Χρησιμοποιώντας τις τιμές του πίνακα 4.1, να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 20 cm μέσα σε ένα δοχείο με:
- (α) ελαιόλαδο
 - (β) γάλα
 - (γ) υδράργυρο.
- 13 | Να υπολογίσετε το ύψος της στήλης του υδραργύρου στο πείραμα του *Torricelli*, αν αυτό πραγματοποιηθεί σε υψόμετρο 4 km από την επιφάνεια της θάλασσας σε συνθήκες θερμοκρασίας $20\text{ }^\circ\text{C}$ και υγρασίας 0% . [Υπόδειξη: χρησιμοποιήστε τη γραφική παράσταση της εικόνας 4.42.]

- 14** | Αν ζυγίσουμε ένα σφυρί στον αέρα, η ζυγαριά έχει ένδειξη $2,0 \text{ kg}$. Αν ζυγίσουμε το σφυρί καθώς είναι βυθισμένο μέσα στο νερό, η ένδειξη της ζυγαριάς είναι $1,7 \text{ kg}$.

Να υπολογίσετε:

- (α) τη δύναμη της άνωσης που δέχεται το σφυρί από το νερό
(β) τον όγκο του σφυριού.

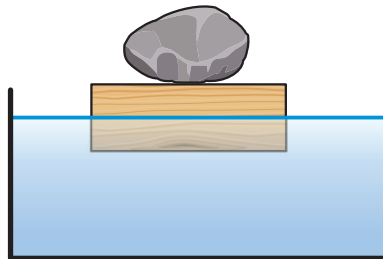
- 15** | Να περιγράψετε μια διαδικασία με την οποία μπορούμε να διαπιστώσουμε αν μία βέρα είναι φτιαγμένη από καθαρό χρυσό, χωρίς να την καταστρέψουμε.

- 16** | Στον υδραυλικό ανυψωτήρα της εικόνας 4.31 το μικρό έμβολο έχει εμβαδόν $A_1 = 16 \text{ cm}^2$ και το μεγάλο εμβαδόν $A_2 = 80 \text{ cm}^2$.

Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο για να ανυψωθεί το αυτοκίνητο, αν το βάρος του είναι $B = 15\,000 \text{ N}$;

- 17** | Το θαλασσινό νερό έχει πυκνότητα 1020 kg/m^3 . Ένας δύτες βρίσκεται σε βάθος 30 m . Αν το τύμπανο του αυτιού του έχει εμβαδόν 1 cm^2 , να υπολογίσετε τη δύναμη που ασκεί το νερό στο αυτί του δύτε. Αν ο δύτες μπορεί να αντέξει σε συνολική πίεση $500\,000 \text{ Pa}$, να υπολογίσετε πόσο είναι το μέγιστο βάθος στο οποίο μπορεί να φθάσει.

- 18** | Μία μεγάλη πέτρα ισορροπεί πάνω σε ένα μεγάλο ξύλινο τούβλο, το οποίο επιπλέει σε ένα δοχείο με νερό, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.61.



Εικόνα 4.61

Αν η πέτρα γλιστρήσει και πέσει μέσα στο νερό, βυθίζεται.

Να εξηγήσετε:

- (α) αν η στάθμη του νερού στο δοχείο θα ανέβει, θα κατέβει ή θα παραμείνει ή ίδια
(β) αν ο όγκος του ξύλινου τούβλου που θα είναι κάτω από το νερό θα αυξηθεί, θα μειωθεί ή θα παραμείνει ο ίδιος.



Φυσική Β΄ Γυμνασίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΙΕΣΗ

Δραστηριότητες



4.1 Η έννοια της πίεσης

Μερικές φορές το φυσικό μέγεθος Δύναμη δεν είναι αρκετό για να περιγράψουμε κάποια φαινόμενα. Έτσι, χρειάζεται να ορίσουμε κάποια άλλα φυσικά μεγέθη, που μας διευκολύνουν στην περιγραφή τους.

4.1.α Γιατί βυθίζεται στο χιόνι;

Οι δύο άνθρωποι της εικόνας 4.62 έχουν περίπου το ίδιο βάρος και πατούν πάνω σε ένα παχύ στρώμα χιονιού. Ο Α μπορεί να στέκεται πάνω στην επιφάνεια του χιονιού, ενώ ο Β έχει βουλιάξει σε αυτό.



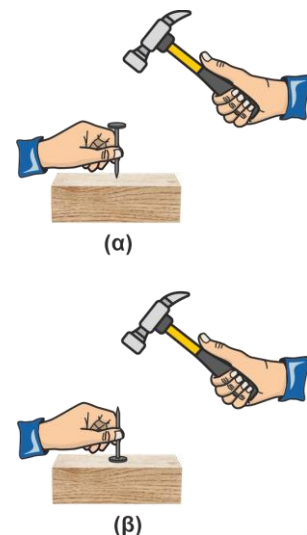
Εικόνα 4.62

- i. Αν η δύναμη που ασκούν οι δύο άνθρωποι στο στρώμα χιονιού είναι η ίδια, ποια είναι η διαφορά που παρατηρείτε στην εικόνα μεταξύ των δύο ανθρώπων, και ο Α μπορεί να στέκεται πάνω στο χιόνι, ενώ ο Β βουλιάζει σε αυτό;

- ii. Να διατυπώσετε μία πιθανή εξήγηση που να δικαιολογεί γιατί ο άνθρωπος Α μπορεί να στέκεται πάνω στο χιόνι, ενώ ο άνθρωπος Β βουλιάζει σε αυτό.

4.1.β Γιατί τα καρφιά έχουν μυτερό κεφάλι;

Στην εικόνα 4.63, φαίνονται δύο περιπτώσεις στις οποίες ασκείται δύναμη σε ένα καρφί, το οποίο με τη σειρά του ασκεί δύναμη σε μια ξύλινη επιφάνεια. Στην περίπτωση (α) το καρφί έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια με τη μύτη του, ενώ στην περίπτωση (β) έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια με τη βάση του.



Εικόνα 4.63

- i. Να προβλέψετε σε ποια από τις δύο περιπτώσεις θα καταφέρει το καρφί να τρυπήσει την ξύλινη επιφάνεια, με μεγαλύτερη ευκολία.

ii. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

- ✓ Αν η δύναμη επαφής ενός ανθρώπου με ένα παχύ στρώμα χιονιού κατανέμεται σε επιφάνεια με μικρό εμβαδόν, τότε ο άνθρωπος _____ στο χιόνι.
- ✓ Αν η δύναμη επαφής ενός ανθρώπου με ένα παχύ στρώμα χιονιού κατανέμεται σε επιφάνεια με μεγάλο εμβαδόν, τότε ο άνθρωπος _____ στο χιόνι.

4.1.γ Το φυσικό μέγεθος Πίεση

Μπορούμε να ορίσουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος που να συνδυάζει τα φυσικά μεγέθη «δύναμη» και «εμβαδόν». Ονομάζουμε αυτό φυσικό μέγεθος «Πίεση» και το συμβολίζουμε με το γράμμα **P**, από το πρώτο γράμμα της λέξης Pressure.

$$\text{Πίεση} = \frac{\text{μέτρο κάθετης δύναμης}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$

- i. Χρησιμοποιήστε τα καθιερωμένα σύμβολα για τα πιο πάνω φυσικά μεγέθη, για να γράψετε τη μαθηματική σχέση υπολογισμού του φυσικού μεγέθους Πίεση.

A/A	Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο
1	Δύναμη	
2	Επιφάνεια	
3	Πίεση	

Τύπος πίεσης

- ii. Η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο διεθνές σύστημα μονάδων μέτρησης ονομάζεται Pascal και προκύπτει από τον συνδυασμό των μονάδων μέτρησης της δύναμης και του εμβαδού. Να γράψετε με τι ισούται 1 Pascal (1 Pa).

A/A	Φυσικό μέγεθος	Μονάδα μέτρησης
1	Δύναμη	
2	Επιφάνεια	
3	Πίεση	

iii. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις χρησιμοποιώντας την έννοια της πίεσης.

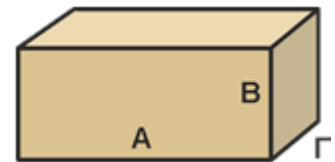
✓ Αν ένας άνθρωπος εφαρμόζει μεγάλη πίεση σε ένα παχύ στρώμα χιονιού, τότε ο άνθρωπος _____ στο χιόνι.

✓ Αν ένας άνθρωπος εφαρμόζει μικρή πίεση σε ένα παχύ στρώμα χιονιού, τότε ο άνθρωπος _____ στο χιόνι.

Εφαρμογή 1: Πίεση λόγω βάρους

Ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με ακμές $A = 3 \text{ m}$, $B = 2 \text{ m}$ και $\Gamma = 1 \text{ m}$ έχει βάρος 120 N και ισορροπεί πάνω στην επιφάνεια ενός τραπέζιου.

Να υπολογίσετε την πίεση που ασκεί το παραλληλεπίπεδο στην επιφάνεια του τραπεζιού όταν στηρίζεται σε καθεμιά από τις τρεις επιφάνειες στήριξής του.



Εικόνα 4.64

Εφαρμογή 2:

Να εξηγήσετε σε συντομία γιατί τα πέλματα των ποδιών της καμήλας έχουν μεγάλη επιφάνεια.



Εικόνα 4.65

4.2 Η υδροστατική πίεση

Μπορούν τα υγρά να ασκήσουν πίεση σε επιφάνειες; Αν ναι, τότε ποια χαρακτηριστικά έχει η πίεση αυτή;

4.2.α Ισορροπία πλαστικής επιφάνειας στο χείλος του ποτηριού

- i. Κρατήστε ανάποδα ένα ποτήρι και κλείστε το με μια λεπτή, πλαστική επιφάνεια, πιέζοντάς την προς τα πάνω (εικόνα 4.66α).

Αφήστε την πλαστική επιφάνεια και παρατηρήστε ότι αυτή πέφτει (εικόνα 4.66β).

*Η πλαστική επιφάνεια παραμένει στο ποτήρι ενόσω **την πιέζουμε** πάνω σε αυτό.*

- ii. Κλείστε ξανά το ποτήρι με την πλαστική επιφάνεια και τώρα βυθίστε το σε μια λεκάνη με νερό.

Συνεχίζοντας να κρατάτε το ποτήρι μέσα στο νερό, αφήστε την πλαστική επιφάνεια. Παρατηρήστε ότι η πλαστική επιφάνεια παραμένει στο χείλος του ποτηριού (εικόνα 4.66α).

Γυρίστε το ποτήρι στο πλάι και παρατηρήστε ότι η πλαστική επιφάνεια παραμένει στο χείλος του ποτηριού (εικόνα 4.67β).

- iii. Ποια είναι η αιτία για την οποία η πλαστική επιφάνεια παραμένει στο ποτήρι στις δραστηριότητες i και ii;

Ονομάζουμε την πίεση που εφαρμόζουν τα υγρά σε επιφάνειες «**Υδροστατική Πίεση**».



(α)

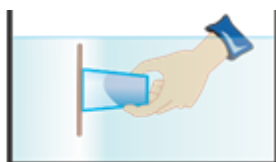


(β)

Εικόνα 4.66



(α)



(β)

Εικόνα 4.67

4.2.β Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση.

Θέλουμε να διερευνήσουμε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η πίεση που εφαρμόζει ένα υγρό σε μια επιφάνεια, η οποία βρίσκεται βυθισμένη σε αυτό.

Διερεύνηση

1ο Βήμα: Ερευνητικά Ερωτήματα

- (1) Πώς το **βάθος**, στο οποίο βρίσκεται μια επιφάνεια επηρεάζει την πίεση που υφίσταται από ένα υγρό;
- (2) Πώς η **κατεύθυνση** (προσανατολισμός) μιας επιφάνειας μέσα σε ένα υγρό επηρεάζει την πίεση που υφίσταται από το υγρό;
- (3) Πώς το **είδος του υγρού** (πυκνότητα) επηρεάζει την πίεση που υφίσταται μια επιφάνεια από αυτό;

Γράψτε μερικά δικά σας ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία θέλετε να διερευνήσετε μέσω πειράματος.

Ερευνητικό ερώτημα (1)

Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (2)

Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (3)

Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (4)

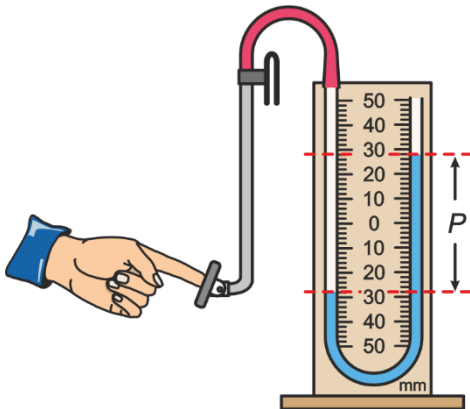
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

2ο Βήμα: Σχεδιασμός Πειράματος

Για κάθε ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα (1), (2) και (3), να καθορίσετε την εξαρτημένη, την ανεξάρτητη και τις ελεγχόμενες μεταβλητές και να συμπληρώσετε την αντίστοιχη στήλη, επιλέγοντας από τις μεταβλητές της πιο κάτω λίστας.

πίεση, βάθος, κατεύθυνση, πυκνότητα υγρού (είδος υγρού), ποσότητα υγρού

Ακολουθήστε την ίδια διαδικασία για ένα από τα δικά σας ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία θέσατε πιο πάνω.



Εικόνα 4.68

Όταν η επιφάνεια του τύμπανου δεχθεί δύναμη, οι επιφάνειες του υγρού στα δύο ευθύγραμμα τμήματα του σωλήνα δεν βρίσκονται στο ίδιο ύψος.

3ο Βήμα: Εκτέλεση πειράματος

Με τη βοήθεια του **φύλλου πειραματικής διαδικασίας**, το οποίο θα βρείτε στο **παράρτημα Α**, να εκτελέσετε τα κατάλληλα πειράματα για να απαντήσετε στα ερευνητικά ερωτήματα.

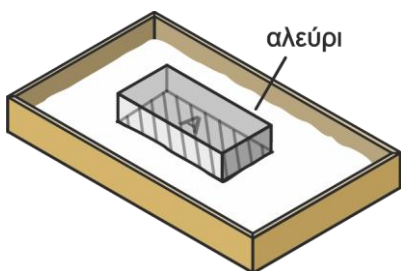
Για να μπορέσουμε να εκτελέσουμε τα πιο πάνω πειράματα, χρειαζόμαστε κατάλληλο όργανο μέτρησης, το οποίο να μπορεί να μετρήσει την πίεση μέσα σε ένα υγρό. Ένα τέτοιο όργανο μέτρησης ονομάζεται **μανόμετρο** και ο τρόπος λειτουργίας του καθώς και η κατασκευή του περιγράφονται στην παράγραφο 4.2 του βιβλίου της θεωρίας, στη **σελίδα 13**.

4ο Βήμα: Συμπέρασμα

Να γράψετε πιο κάτω τα συμπεράσματά σας για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση.

Η υδροστατική πίεση **εξαρτάται από:**

Η υδροστατική πίεση είναι **ανεξάρτητη από:**



Εικόνα 4.69

4.2.γ Υπολογισμός της υδροστατικής πίεσης

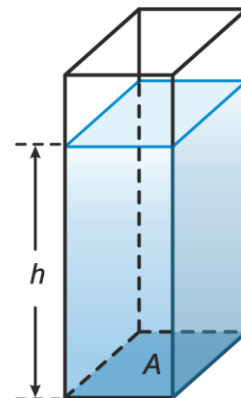
Για να υπολογίσουμε την πίεση που εφαρμόζει ένα στερεό σώμα βάρους B σε ένα οριζόντιο επίπεδο, διαιρούμε το βάρος του σώματος με το εμβαδόν A της επιφάνειας επαφής του με το οριζόντιο επίπεδο.

$$P = \frac{B}{A}$$

Εξίσωση 1

Για να υπολογίσουμε την υδροστατική πίεση στον πυθμένα ενός δοχείου το οποίο περιέχει υγρό πυκνότητας ρ , θα πρέπει να διαιρέσουμε το βάρος του υγρού με το εμβαδόν της επιφάνειας A του πυθμένα του δοχείου.

Για ευκολία, θα θεωρήσουμε ότι το δοχείο έχει σχήμα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο (εικόνα 4.70) και ότι η βάση του έχει εμβαδόν A . Το υγρό στο δοχείο έχει ύψος h , άρα το βάθος του πυθμένα από την επιφάνεια του υγρού είναι h , όπως φαίνεται στην εικόνα.



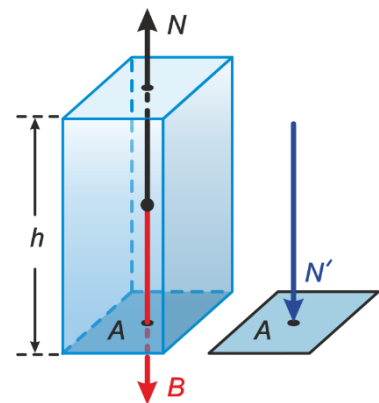
Εικόνα 4.70

- i. Με τη βοήθεια της εικόνας 4.70, να γράψετε με τι ισούται ο όγκος του υγρού, το οποίο βρίσκεται μέσα στο δοχείο.

$V_{\text{υγρού}} =$ *Εξίσωση 2*

- ii. Επειδή το υγρό ισορροπεί, το μέτρο της δύναμης επαφής του με τον πυθμένα ισούται με το μέτρο του βάρους του ($N = B$). Να αντικαταστήσετε τη δύναμη με το γινόμενο mg και να γράψετε τη σχέση υπολογισμού της πίεσης στον πυθμένα του δοχείου.

$P = \frac{B}{A} \Rightarrow P =$ *Εξίσωση 3*



Εικόνα 4.71

Η δύναμη που ασκεί το υγρό, το οποίο ηρεμεί σε ένα δοχείο, στον πυθμένα του δοχείου ισούται με το βάρος του.

- iii. Να αντικαταστήσετε στην εξίσωση 3 τη μάζα του υγρού με το γινόμενο ρV καθώς και το V με τη σχέση που γράψατε στην εξίσωση 2 και να γράψετε ξανά την εξίσωση υπολογισμού της πίεσης. Όπου χρειάζεται, να κάνετε τις αναγκαίες απλοποιήσεις.

$P =$ *Εξίσωση 4*

- iv. Να γράψετε τον τύπο της υδροστατικής πίεσης και να αναφέρετε τι είναι το κάθε σύμβολο σε αυτόν.

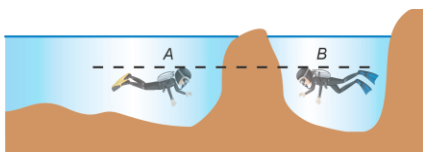
Τύπος υδροστατικής πίεσης

A/A	Σύμβολο	Επεξήγηση
1		
2		
3		

Η υδροστατική πίεση	
εξαρτάται από:	δεν εξαρτάται από:

- v. Με βάση τον τύπο της υδροστατικής πίεσης, να κατατάξετε τους παράγοντες της πιο κάτω λίστας σε αυτούς από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση και σε αυτούς από τους οποίους δεν εξαρτάται.

α. εμβαδόν, β. σχήμα δοχείου, γ. πυκνότητα υγρού, δ. βαρύτητα, ε. κατεύθυνση, ζ. βάθος, η. ποσότητα υγρού



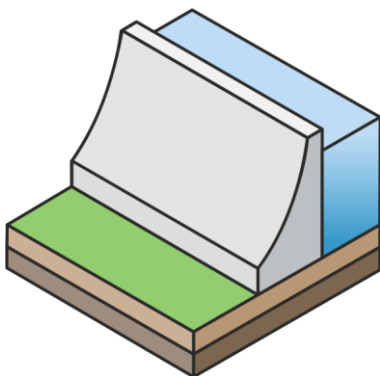
Εικόνα 4.72

Εφαρμογή 3: Επιπτώσεις της υδροστατικής πίεσης

Δύο δύτες βρίσκονται στο ίδιο βάθος μέσα σε δύο λίμνες διαφορετικού μεγέθους. Ποιος από τους δύο δύτες αισθάνεται μεγαλύτερη πίεση στα αυτιά του; Εξηγήστε την απάντησή σας.

Εφαρμογή 4: Υπολογισμός με πραγματικές τιμές

Να υπολογίσετε την υδροστατική πίεση σε βάθος 10 cm σε ένα ποτήρι με νερό. Η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_{\text{νερού}} = 1000 \text{ kg/m}^3$.



Εικόνα 4.73

Εφαρμογή 5: Η κατασκευή του φράγματος

Η εικόνα 4.73 δείχνει την κατασκευή ενός φράγματος. Να εξηγήσετε γιατί το κάτω μέρος του φράγματος έχει μεγαλύτερο πάχος από το πάνω μέρος του.

4.3 Η Αρχή του Pascal

4.3.α Πώς μεταδίδεται η πίεση στα υγρά;

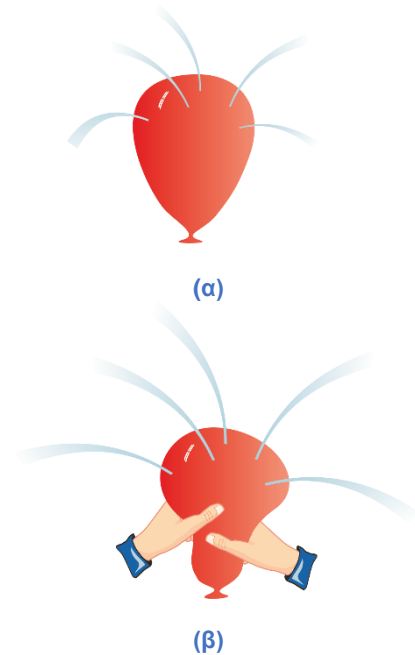
Πάρτε ένα μπαλόνι και γεμίστε το με νερό (και κλείστε το). Τρυπήστε το μπαλόνι σε μερικά σημεία και στη συνέχεια πιέστε το με τα δάκτυλά σας.

Παρατηρούμε ότι το νερό πετάγεται από τις τρύπες με μεγάλη ταχύτητα («με πίεση», όπως λέμε στην καθημερινότητα), προς κάθε κατεύθυνση, ανεξάρτητα από το σημείο στο οποίο εφαρμόσαμε την εξωτερική πίεση.

Δηλαδή, η αύξηση της πίεσης σε ένα σημείο του νερού, το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο μέσα στο μπαλόνι, προκαλεί αύξηση της πίεσης του νερού και στα υπόλοιπα σημεία του.

Η πιο πάνω παρατήρηση αποτελεί ιδιότητα όλων των υγρών, να μεταδίδουν δηλαδή την πίεση που δέχονται σε ένα σημείο σε όλα τα σημεία τους, όταν βρίσκονται αποθηκευμένα σε ένα δοχείο και ονομάζεται **αρχή του Pascal**.

Να διαβάσετε την αρχή του Pascal από τη σελίδα 19 του μέρους της θεωρίας του βιβλίου σας.



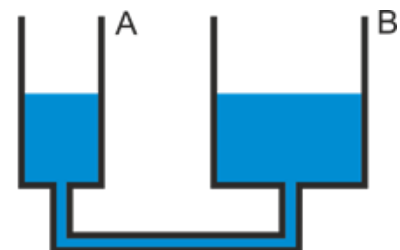
Εικόνα 4.74

4.3.β Εφαρμογές της αρχής του Pascal

ι. Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων – Υδροστατικό Παράδοξο

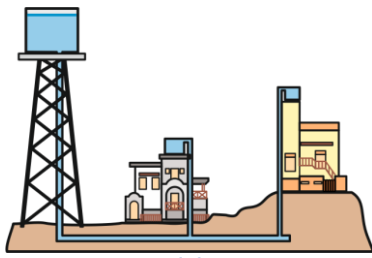
Αν ρίξουμε μια ποσότητα νερού σε ένα δοχείο Α, το οποίο συγκοινωνεί με ένα δοχείο Β, διαφορετικού σχήματος ή μεγέθους, θα παρατηρήσουμε ότι το νερό κατανέμεται στα δύο δοχεία έτσι ώστε η ελεύθερη επιφάνειά του να βρίσκεται και στα δύο δοχεία στο ίδιο ύψος.

Η ελεύθερη επιφάνεια πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο ύψος σε όλα τα δοχεία που συγκοινωνούν. Αν όχι, η υδροστατική πίεση λόγω του ύψους του νερού στο ένα δοχείο, θα ασκεί δύναμη στο υπόλοιπο νερό, αναγκάζοντάς το να κινηθεί προς το δεύτερο δοχείο. Έτσι, η στάθμη στο ένα δοχείο ανεβαίνει και στο άλλο κατεβαίνει. Η διαδικασία σταματά όταν η στάθμη του νερού είναι σε όλα τα δοχεία στο ίδιο ύψος.

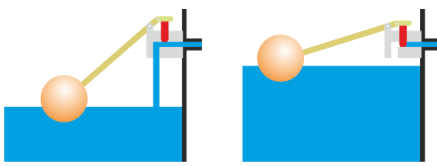


Εικόνα 4.75

Εφαρμογή 6: Το δίκτυο ύδρευσης



(α)
Το δίκτυο ύδρευσης



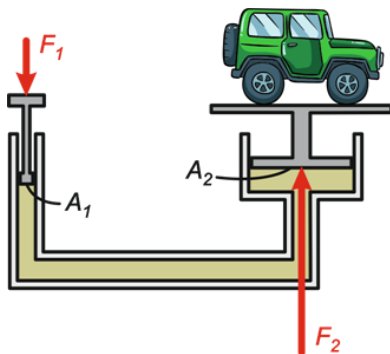
(β)
Βαλβίδα διακοπής ροής
Εικόνα 4.76

Με τη βοήθεια της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων (ή υδροστατικό παράδοξο) να εξηγήσετε γιατί το νερό στα δίκτυα ύδρευσης αποθηκεύεται σε υπερυψωμένες δεξαμενές, όπως φαίνεται στην εικόνα και γιατί μέσα στα νεπετόζιτα υπάρχει ειδική βαλβίδα, η οποία σταματά τη ροή του νερού, όταν το νεπετόζιτο γεμίσει.

ii. Μηχανικό Πλεονέκτημα

Όταν ένα υγρό ηρεμεί μέσα σε ένα δοχείο με δύο κινητά μέρη τα οποία ονομάζονται έμβολα, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αρχή του Pascal για να πολλαπλασιάσουμε μια ασκούμενη δύναμη.

Στην εικόνα 4.77 φαίνεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα του υδραυλικού ανυψωτήρα. Η δύναμη F_1 ασκείται στο μικρό έμβολο με εμβαδόν A_1 στα αριστερά. Η πίεση μεταφέρεται μέσω του υγρού στο μεγαλύτερο έμβολο εμβαδού A_2 .



Εικόνα 4.77

Αφού η πίεση στην επιφάνεια του μικρού εμβόλου είναι ίση με την πίεση στην επιφάνεια του μεγάλου εμβόλου ($P_1 = P_2$), να εξαγάγετε τη σχέση που συνδέει τη δύναμη F_1 που ασκείται στο μικρό έμβολο με τη δύναμη F_2 , η οποία ασκείται από το υγρό στο μεγάλο έμβολο.

$F_2 =$

Εφαρμογή 7: Υδραυλικά συστήματα

Στο υδραυλικό σύστημα της εικόνας 4.78, το μικρό έμβολο έχει εμβαδόν $A_1 = 4 \text{ cm}^2$ και το μεγάλο έμβολο έχει εμβαδόν $A_2 = 20 \text{ cm}^2$. Να υπολογίσετε τη δύναμη F_2 στο μεγάλο έμβολο, αν στο μικρό έμβολο ασκηθεί δύναμη $F_1 = 300 \text{ N}$.



Εικόνα 4.78

Εφαρμογή 8: Υδραυλικά συστήματα (συνέχεια)

Σε έναν υδραυλικό ανυψωτήρα σαν και αυτόν της εικόνας 4.77, το εμβαδόν της επιφάνειας του μικρού εμβόλου είναι 8 φορές μικρότερο από το εμβαδόν του μεγάλου εμβόλου. Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο για να ανυψωθεί ένα αυτοκίνητο βάρους $B = 16\ 000\ \text{N}$;

4.4 Ατμοσφαιρική πίεση**4.4.α Τα αέρια ασκούν πίεση;**

- i. Πάρτε ένα πλαστικό μπουκάλι και περάστε ένα μπαλόνι μέσα από το στόμιο του. Στη συνέχεια, γυρίστε τον λαιμό του μπαλονιού ώστε να το στερεώσετε στο στόμιο του μπουκαλιού, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.79 και φυσήξτε μέσα στο μπουκάλι για να φουσκώσετε το μπαλόνι.



Εικόνα 4.79

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
1	Φουσκώνει το μπαλόνι;	
2	Συναντάτε αντίσταση μέσα στο μπουκάλι που εμποδίζει τα τοιχώματα του μπαλονιού να τεντωθούν;	

- ii. Διατυπώστε μια υπόθεση, η οποία να εξηγεί τις πιο πάνω παρατηρήσεις.

- iii. Χρησιμοποιώντας ένα καρφί, ανοίξτε μία τρύπα στο μπουκάλι και προσπαθήστε πάλι να φουσκώσετε το μπαλόνι (εικόνα 4.80).

Καθώς φυσάτε μέσα στο μπουκάλι, βάλτε το δάκτυλό σας μπροστά από την τρύπα και στη συνέχεια πιέστε το σε αυτήν για να την κλείσετε.



Εικόνα 4.80

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
1	Όταν η τρύπα είναι ανοικτή, φουσκώνει το μπαλόνι;	
2	Καθώς φυσάτε στο μπουκάλι, βγαίνει αέρας από την τρύπα;	
3	Όταν κλείσετε την τρύπα, φουσκώνει το μπαλόνι;	

- iv. Όταν υπάρχει εγκλωβισμένος αέρας μέσα στο μπουκάλι, τα τοιχώματα του μπαλονιού δεν μπορούν να τεντωθούν.

A/A	Ερώτηση	Ναι/Όχι
1	Ο αέρας που είναι εγκλωβισμένος μέσα στο μπουκάλι, ασκεί δύναμη στα τοιχώματα του μπαλονιού;	



Για να δείτε τα βίντεο από το κανάλι Sick Science!, γράψτε "Sick Science" στη γραμμή αναζήτησης του You Tube για να σας οδηγήσει στη σελίδα του καναλιού. Από την επιλογή Video μπορείτε να δείτε όλη τη λίστα με τα βίντεο του καναλιού και να επιλέξετε αυτό που θέλετε να δείτε ή στη γραμμή αναζήτησης, να γράψετε τον αριθμό ή τον τίτλο του βίντεο.

- v. Παρακολουθήστε από το διαδικτυακό κανάλι Sick Science! τα βίντεο:

1. «Water Balloon in a Bottle» (αριθμός βίντεο #097)
2. «Air Pressure Can Crusher» (αριθμός βίντεο #098)

και προσπαθήστε να τα εκτελέσετε στο εργαστήριο ή στο σπίτι σας με την επίβλεψη κάποιου ενήλικου.

- vi. Από τα πειράματα που παρακολουθήσατε ή εκτελέσατε, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο αέρας που μας περιβάλλει ασκεί δυνάμεις στα σώματα και άρα πίεση στην επιφάνειά τους.

Συμπληρώστε την πρόταση:

✓ Η _____ που ασκεί ο αέρας της _____ στις επιφάνειες των σωμάτων, ονομάζεται _____ πίεση.

4.4.β Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης

Τα όργανα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης ονομάζονται βαρόμετρα. Η κατασκευή του πρώτου βαρόμετρου αποδίδεται στον *Evangelista Torricelli* το 1643, ο οποίος χρησιμοποίησε μια στήλη υδραργύρου για να συγκρίνει την υδροστατική με την ατμοσφαιρική πίεση.

Να διαβάσετε για το πώς ο Torricelli διεξήγαγε το πείραμά του στην σελίδα 26 του μέρους της θεωρίας του βιβλίου σας.

Από το πείραμά του ο Torricelli συμπέρανε ότι η ατμοσφαιρική πίεση εξισορροπείται από την υδροστατική πίεση μιας στήλης υδραργύρου ύψους 76 cm.

✓ Ατμοσφαιρική πίεση = υδροστατική πίεση των 76 cm της στήλης υδραργύρου

i. Αν η πυκνότητα του υδραργύρου είναι $\rho_{\text{Hg}} = 13590 \text{ kg/m}^3$, να υπολογίσετε την τιμή της υδροστατικής πίεσης της στήλης των 76 cm υδραργύρου, η οποία ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση (στην επιφάνεια της Γης).

$$P_{\text{ατμ}} =$$

ii. Αν η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_{\text{νερού}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, να υπολογίσετε πόσο ύψος πρέπει να έχει μία στήλη νερού, ώστε η υδροστατική πίεση να είναι ίση με την ατμοσφαιρική, στο επίπεδο της θάλασσας.

4.4.γ Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Εκτός από τη στήλη υδραργύρου, για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης χρησιμοποιούνται και βαρόμετρα που λειτουργούν με αέρα (εικόνα 4.81).

Σε ένα βαρόμετρο αέρα, η αύξηση ή η μείωση της τιμής της ατμοσφαιρικής πίεσης, προκαλεί αντίστοιχα μείωση ή αύξηση του όγκου ενός μπαλονιού, το οποίο συνδέεται με έναν δείκτη.



Εικόνα 4.81

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 101\,284 \text{ Pa}$$

Στην οθόνη του βαρομέτρου της εικόνας, υπάρχουν δύο δείκτες: ένας που δείχνει την ατμοσφαιρική πίεση σε εκατοντάδες Pascal, hPa και ένας που δείχνει την ατμοσφαιρική πίεση σε χιλιοστά της στήλης υδραργύρου, mmHg.

Εκτός από το Pascal, η οποία είναι η μονάδα μέτρησης της πίεσης στο S.I., χρησιμοποιούνται και άλλες, πιο πρακτικές, μονάδες μέτρησης, όπως τα εκατοστά Υδραργύρου, τα χιλιοστά υδραργύρου, το bar και οι Ατμόσφαιρες (atm).

- i. Να διαιρέσετε την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης που υπολογίσατε στην ερώτηση i. της παραγράφου 4.4.β με τις τιμές του 1 bar και της 1 atm και να δικαιολογήσετε γιατί οι μονάδες αυτές είναι πιο εύχρηστες στην περίπτωση της ατμοσφαιρικής πίεσης.

$$\frac{P_{\text{ατμ}}}{1 \text{ bar}} =$$

$$\frac{P_{\text{ατμ}}}{1 \text{ atm}} =$$

Εφαρμογή 9: Ατμοσφαιρική πίεση και υψόμετρο

Η στήλη του υδραργύρου στην κορυφή του Τροόδους σε υψόμετρο 1950 m, ισορροπεί στα 55 cm, ενώ στην κορυφή του Έβερεστ, σε υψόμετρο 8848 m, ισορροπεί στα 30 cm. Υπολογίστε την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε αυτά τα δύο ύψη και διατυπώστε ένα γενικό συμπέρασμα για τη μεταβολή της όσο αυξάνεται το υψόμετρο.

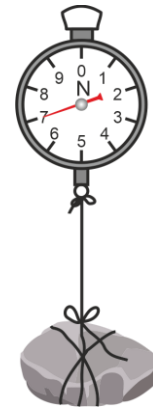
Συμπέρασμα:

✓ Η ατμοσφαιρική πίεση _____ όσο αυξάνεται το _____ από την επιφάνεια της Γης.

4.5 Άνωση

Αν αναρτήσουμε ένα σώμα από ένα δυναμόμετρο, η ένδειξη του δυναμομέτρου θα ισούται με το βάρος του σώματος (εικόνα 4.82α). Αν καθώς το σώμα είναι αναρτημένο από το δυναμόμετρο, το σπρώχνουμε ταυτόχρονα προς τα πάνω (εικόνα 4.82β), θα παρατηρήσουμε ότι η ένδειξη του οργάνου μειώνεται. Το ίδιο θα παρατηρήσουμε αν βυθίσουμε το σώμα σε νερό ή άλλο υγρό (εικόνα 4.82γ).

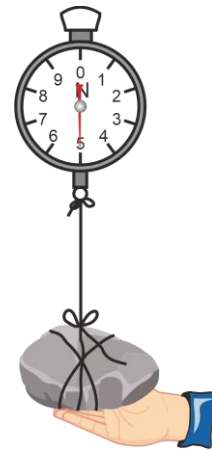
Τα υγρά έχουν την ιδιότητα να σπρώχνουν προς τα πάνω τα σώματα που είναι βυθισμένα σε αυτά και αυτή η προς τα πάνω δύναμη ονομάζεται **Άνωση**. Η άνωση ασκείται από όλα τα ρευστά, υγρά και αέρια αλλά είναι πιο εμφανής στα υγρά.



(α)

4.5.α Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η Άνωση

Θέλουμε να διερευνήσουμε τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η δύναμη της άνωσης που ασκεί ένα υγρό σε ένα σώμα, το οποίο είναι βυθισμένο σε αυτό.



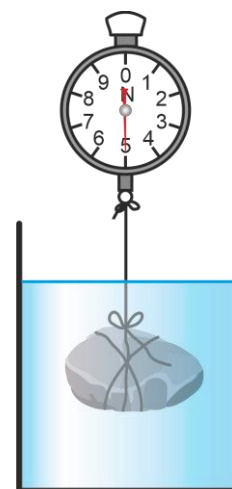
(β)

Διερεύνηση

1ο Βήμα: Ερευνητικά Ερωτήματα

- (1) Πώς το **βάθος** στο οποίο βρίσκεται ένα σώμα, βυθισμένο σε υγρό, επηρεάζει τη δύναμη της άνωσης που δέχεται από το υγρό;
- (2) Πώς η **μάζα** ενός σώματος το οποίο είναι βυθισμένο σε υγρό, επηρεάζει τη δύναμη της άνωσης που δέχεται από το υγρό;
- (3) Πώς ο **όγκος** ενός σώματος το οποίο είναι βυθισμένο σε υγρό, επηρεάζει τη δύναμη της άνωσης που δέχεται από το υγρό;
- (4) Πώς η **πυκνότητα** ενός υγρού επηρεάζει τη δύναμη της άνωσης που ασκεί το υγρό σε ένα σώμα, το οποίο είναι βυθισμένο μέσα σε αυτό;

Γράψτε μερικά δικά σας ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία θέλετε να διερευνήσετε μέσω πειράματος.



(γ)

Εικόνα 4.82

Ερευνητικό ερώτημα (1)		
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (2)		
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (3)		
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (4)		
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

Ερευνητικό ερώτημα (5)		
Εξαρτημένη μεταβλητή	Ανεξάρτητη μεταβλητή	Ελεγχόμενες μεταβλητές

2ο Βήμα: Σχεδιασμός Πειράματος

Για κάθε ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα (1), (2), (3) και (4), να καθορίσετε την εξαρτημένη, την ανεξάρτητη και τις ελεγχόμενες μεταβλητές και να συμπληρώσετε την αντίστοιχη στήλη, επιλέγοντας από τις μεταβλητές της πιο κάτω λίστας.

πίεση, βάθος, κατεύθυνση, πυκνότητα υγρού (είδος υγρού), ποσότητα υγρού

Ακολουθήστε την ίδια διαδικασία για ένα από τα δικά σας ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία θέσατε πιο πάνω.

3ο Βήμα: Εκτέλεση πειράματος

Με τη βοήθεια του **φύλλου πειραματικής διαδικασίας**, που θα βρείτε στο **παράρτημα Α**, να εκτελέσετε τα κατάλληλα πειράματα για να απαντήσετε τα ερευνητικά ερωτήματα.

4ο Βήμα: Συμπέρασμα

Να γράψετε πιο κάτω τα συμπεράσματά σας για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η υδροστατική πίεση.

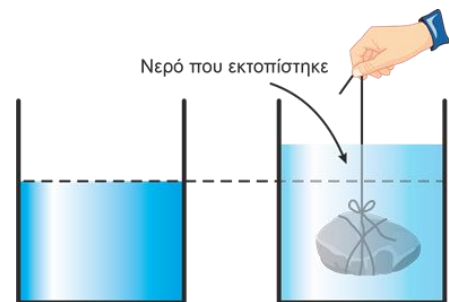
Η δύναμη της Άνωσης **εξαρτάται από:**

Η δύναμη της Άνωσης είναι **ανεξάρτητη από:**

4.5.β Υπολογισμός της Άνωσης

Όταν βυθίσουμε ένα αντικείμενο μέσα σε ένα δοχείο με νερό, παρατηρούμε ότι η στάθμη του νερού ανεβαίνει, διότι το βυθισμένο σώμα εκτοπίζει μια ποσότητα νερού.

- i. Ποια νομίζετε ότι είναι η σχέση του όγκου του σώματος που βρίσκεται μέσα στο νερό, με τον όγκο της ποσότητας του νερού που εκτοπίστηκε (εικόνα 4.83); Γράψτε ένα από τα σύμβολα =, >, < στο κουτάκι της εικόνας 4.84, για να απαντήσετε στο ερώτημα.



Εικόνα 4.83

Ένα σώμα βυθισμένο μερικώς ή ολόκληρο μέσα σε νερό (ή άλλο υγρό) φαίνεται να έχει μικρότερο βάρος. Η διαφορά του πραγματικού από το φαινομενικό βάρος του σώματος ισούται με την Άνωση.

Άνωση = Πραγματικό Βάρος – Φαινομενικό Βάρος

Όγκος σώματος μέσα στο νερό Όγκος νερού που εκτοπίστηκε

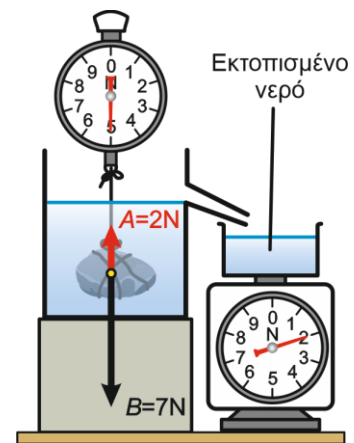


Εικόνα 4.84

4.5.γ Αρχή του Αρχιμήδη

Δραστηριότητα 1

- i. Δέστε ένα αντικείμενο με λεπτό, αλλά ανθεκτικό νήμα και αναρτήστε το σε ένα δυναμόμετρο, για να μετρήσετε το πραγματικό του βάρος (στον αέρα). Συμπληρώστε την τιμή στον πίνακα.
- ii. Βάλτε νερό στο δοχείο με το στόμιο εκροής, μέχρι το σημείο που βρίσκεται το στόμιο και τοποθετήστε κάτω από το στόμιο ένα δεύτερο δοχείο για να μαζέψετε το νερό που θα εκτοπιστεί.
- iii. Καθώς το σώμα είναι αναρτημένο στο δυναμόμετρο, βάλτε το μέσα στο νερό και περιμένετε μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του δυναμόμετρου. Καταγράψτε το φαινομενικό βάρος του σώματος στον πίνακα.
- iv. Υπολογίστε τη δύναμη της άνωσης, αφαιρώντας το φαινομενικό βάρος από το πραγματικό και συμπληρώστε τον πίνακα.



Εικόνα 4.85

Υπολογισμός Άνωσης		
Πραγματικό βάρος (N)	Φαινομενικό βάρος (N)	Άνωση (N)

Βάρος εκτοπισμένου νερού	
Μάζα νερού (kg)	Βάρος νερού (N)

v. Ζυγίστε το νερό που εκτοπίστηκε με τη βύθιση του σώματος στο νερό του δοχείου και στη συνέχεια υπολογίστε το βάρος του.

vi. Συγκρίνετε τα δύο αποτελέσματα (της Άνωσης και του Βάρους του εκτοπισμένου νερού). Είναι περίπου ίσα ή όχι;

vii. Συμπληρώστε την πρόταση, η οποία αποτελεί την αρχή του Αρχιμήδη.

✓ Η δύναμη της _____ που δέχεται ένα σώμα που είναι μερικώς ή ολόκληρο βυθισμένο μέσα σε ένα ρευστό, _____ με το _____ του ρευστού που εκτοπίζει.

A B_{εκτοπισμένου ρευστού}

4.5.5 Επίπλευση, Βύθιση, Αιώρηση

Ένα σώμα **επιπλέει** σε ένα ρευστό όταν ένα μέρος του όγκου του σώματος βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του ρευστού ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια.

Ένα σώμα **αιωρείται** μέσα σε ένα ρευστό όταν βρίσκεται ολόκληρο κάτω από την επιφάνεια του ρευστού και μπορεί να παραμείνει ακίνητο σε οποιοδήποτε σημείο μέσα σε αυτό.

Ένα σώμα είναι **βυθισμένο** σε ένα ρευστό όταν βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο του ρευστού και έχει επαφή με την επιφάνεια του δοχείου, το οποίο περιέχει το ρευστό.

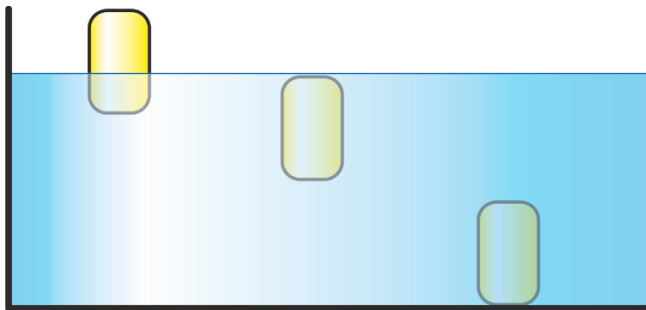
Θα παρατηρήσουμε τις περιπτώσεις της επίπλευσης, της αιώρησης και της βύθισης με τη βοήθεια ενός δοχείου με νερό και τριών σωμάτων ίδιου όγκου αλλά διαφορετικής πυκνότητας.

Το νερό έχει πυκνότητα $\rho_{\text{νερού}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ή 1000 kg/m^3

Δραστηριότητα 2

- i. Πάρτε τρία σώματα A, B και Γ με τον ίδιο όγκο αλλά με διαφορετική πυκνότητα. Η πυκνότητα του σώματος A πρέπει να είναι μικρότερη από την πυκνότητα του νερού, του σώματος B να είναι ίση με την πυκνότητα του νερού και του σώματος Γ να είναι μεγαλύτερη.
- ii. Γεμίστε ένα δοχείο με νερό και αφήστε μέσα στο νερό τα τρία σώματα. Σε λίγο, θα παρατηρήσετε κάτι που μοιάζει με την πιο κάτω εικόνα.

Συμπληρώστε πάνω στην εικόνα ποιο είναι το σώμα A, ποιο είναι το σώμα B και ποιο είναι το σώμα Γ.



Εικόνα 4.87

- iii. Με βάση τις παρατηρήσεις σας, να συμπληρώσετε τις πιο κάτω προτάσεις:

- (α) Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι _____ την πυκνότητα του νερού, το σώμα _____ .
- (β) Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι _____ την πυκνότητα του νερού, το σώμα _____ .
- (γ) Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι _____ την πυκνότητα του νερού, το σώμα _____ .



Εικόνα 4.86



Μπορείτε να φτιάξετε εσείς τα τρία σώματα, χρησιμοποιώντας τα πλαστικά δοχεία που βρίσκονται στα γνωστά σοκολατένια αυγά «Kinder Έκπληξη». Το δοχείο έχει όγκο 33 cm^3 και ζυγίζει $3,8 \text{ g}$. Οπότε, αν προσθέσετε $29,2 \text{ g}$ στο δοχείο, η πυκνότητά του θα γίνει ακριβώς 1 g/cm^3 . Αν προσθέσετε λιγότερη μάζα, η πυκνότητά του θα γίνει μικρότερη από 1 g/cm^3 , ενώ αν προσθέσετε περισσότερη, θα γίνει μεγαλύτερη. Αφού φτιάξετε τα τρία δοχεία, φροντίστε να γράψετε σε αυτά, με ανεξίτηλο μαρκαδόρο, τα A, B και Γ.

Εφαρμογή 10: Γιατί επιπλέουν τα πλοία;

Αφού έχετε ολοκληρώσει την πιο πάνω διαδικασία, τώρα είστε σε θέση να απαντήσετε στο ερώτημα, γιατί ένα τεράστιο πλοίο, το οποίο ζυγίζει 100 000 tons (εκατό χιλιάδες τόνους), μπορεί να επιπλέει στο νερό, ενώ μία μικρή καρφίτσα, που ζυγίζει 0,1 g, βυθίζεται;



Μπορείτε να παρακολουθήσετε το βίντεο «Πώς επιπλέουν τα πλοία;» από το διαδικτυακό κανάλι «Καθημερινή Φυσική».

Να συζητήσετε στην τάξη τις εντυπώσεις σας.

Για να δείτε τα βίντεο από το κανάλι Καθημερινή Φυσική, γράψτε «Καθημερινή Φυσική» στη γραμμή αναζήτησης του You Tube για να σας οδηγήσει στη σελίδα του καναλιού. Από την επιλογή Video μπορείτε να δείτε όλη τη λίστα με τα βίντεο του καναλιού και να επιλέξετε αυτό που θέλετε να δείτε ή στη γραμμή αναζήτησης, να γράψετε τον τίτλο του βίντεο.

A) Ερευνητικό ερώτημα

Να γράψετε το ερευνητικό ερώτημα:

B) Υπόθεση

Να γράψετε μία υπόθεση που να απαντά στο πιο πάνω ερευνητικό ερώτημα.

Η υπόθεσή σας να είναι μία πρόταση της μορφής «Όσο....., τόσο.....» ή «Αν....., τότε.....».

Γ) Πειραματική διαδικασία

Να περιγράψετε τη **διαδικασία** που θα ακολουθήσετε για τη λήψη πειραματικών δεδομένων.

Δ) Οργάνωση δεδομένων

Να οργανώσετε τα δεδομένα από τις μετρήσεις σας σε έναν πίνακα με δύο στήλες.

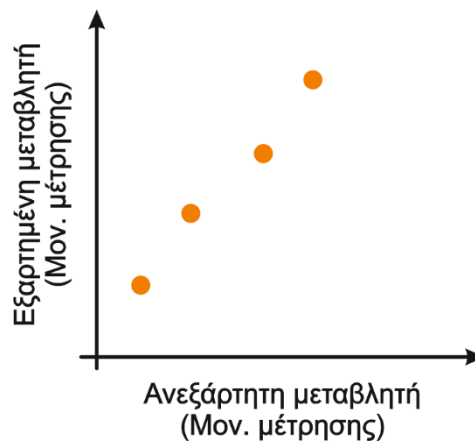
Ανεξάρτητη μεταβλητή ¹ (μον. μέτρησης)	Εξαρτημένη μεταβλητή ² (μον. μέτρησης)

¹ Ανεξάρτητη μεταβλητή είναι το φυσικό μέγεθος που μεταβάλλουμε κατά τη διάρκεια του πειράματος.

² Εξαρτημένη μεταβλητή είναι το φυσικό μέγεθος που μετρούμε κατά τη διάρκεια του πειράματος.

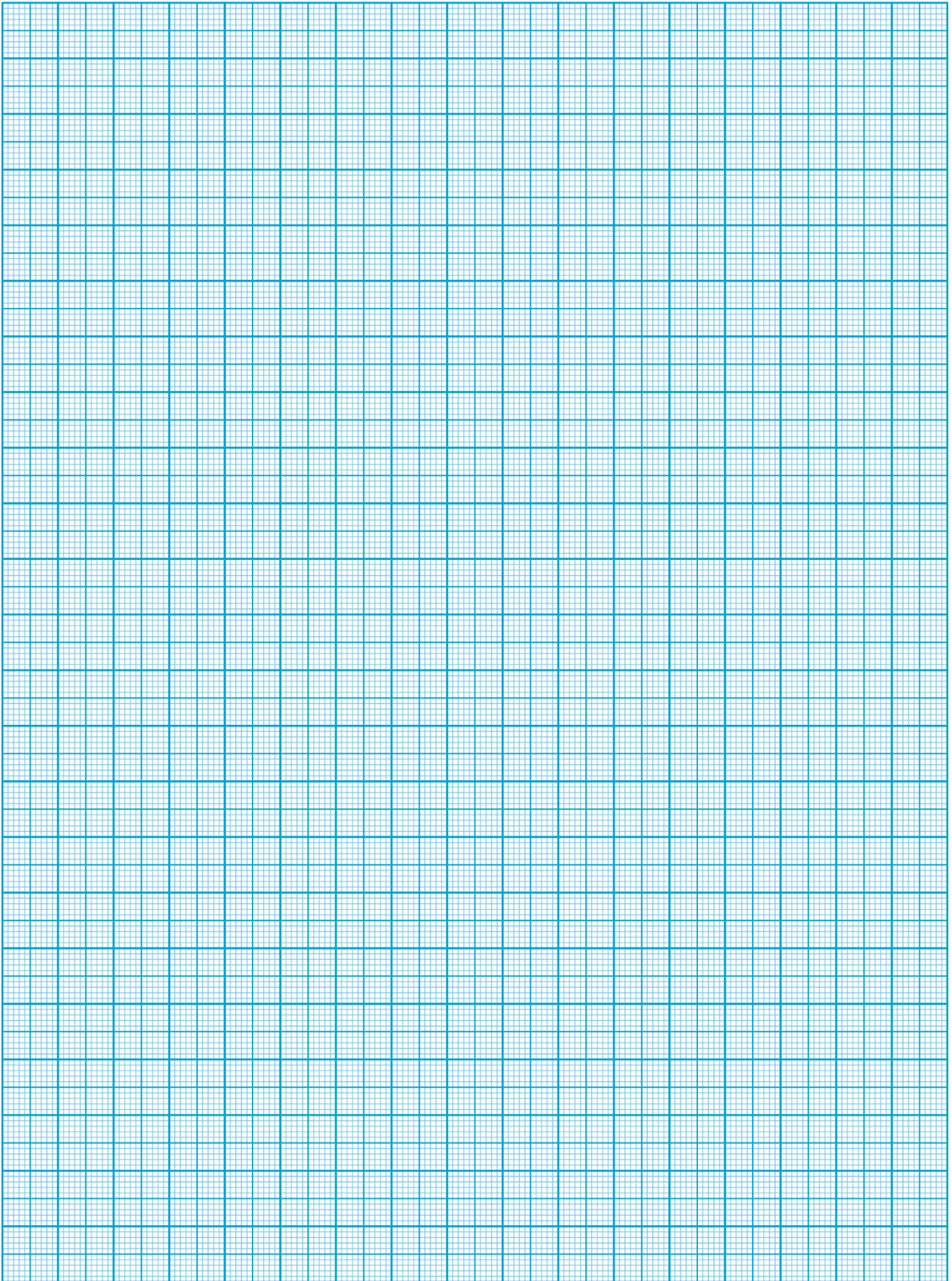
Ε) Ανάλυση δεδομένων

(α) Να χαράξετε σε βαθμολογημένους άξονες, **στο τετραγωνισμένο φύλλο**, τη γραφική παράσταση των τιμών της ανεξάρτητης μεταβλητής σε συνάρτηση με τις τιμές της εξαρτημένης, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 1.66

(β) Να σχεδιάσετε μία γραμμή που να προσαρμόζει καλύτερα τα πειραματικά σας σημεία. Η γραμμή δεν είναι ανάγκη να περνά από όλα τα σημεία, αλλά είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στο καθένα.



ΣΤ) Συμπέρασμα

Από το είδος της γραμμής που σχεδιάσατε (ευθεία, παραβολή, υπερβολή κ.λπ.) να εξαγάγετε ένα συμπέρασμα για τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Για παράδειγμα, αν η γραμμή είναι ευθεία, οι δύο παράγοντες είναι ευθέως ανάλογοι μεταξύ τους. Δηλαδή, όσο αυξάνεται το ένα, τόσο αυξάνεται και το άλλο (αν το ένα γίνει διπλάσιο, θα διπλασιαστεί και το άλλο, κ.λπ.).

Να γράψετε το συμπέρασμα που προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων σας.

ΠΡΟΧΕΙΡΟ
