



Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ 1979

29591

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ - Ν. ΛΥΡΑΪΗΣ - Α. ΣΧΩΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Β ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ

Με απόφαση τῆς Ἑλληνικῆς Κυβερνήσεως τὰ διδακτικά βιβλία τοῦ Δημοτικοῦ, Γυμνασίου καὶ Λυκείου τυπώνονται ἀπὸ τὸν Ὀργανισμό Ἐκδόσεως Διδακτικῶν Βιβλίων καὶ μοιράζονται ΔΩΡΕΑΝ.

ΑΘΗΝΑ 1979

ΦΥΣΙΚΗ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

ΕΞΑΓΩΓΗ

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ - Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ - Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ - ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΤΕΩΡ

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Η ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΤΕΩΡ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΗ ΤΟΝΕ

Η Έννοια του μετέωρου. Για να ονομα-
στούμε την ελπίδα της μετέωρου, που αναφέρεται
στα φαινόμενα των μετέωρων, είναι απαραίτητο να
παραθέσουμε την έννοια της μετέωρου. Είναι
η κατάσταση της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.
Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.
Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.

Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.
Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.

Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.
Η έννοια της μετέωρου, που είναι η κατάσταση
της μετέωρου, που είναι η κατάσταση της μετέωρου.

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1979

Α. ΣΕΥΚΟΣ - Ν. ΛΕΚΑΡΗΣ - Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1979

ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Η Φυσική είναι μία επιστήμη με πολύ μεγάλο ενδιαφέρον, γιατί εξετάζει διάφορες μεταβολές που συμβαίνουν στη φύση και έχουν πρακτικές εφαρμογές χρήσιμες για τη ζωή μας.

I. ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Όταν μία πέτρα πέφτει προς το έδαφος, αλλάζει συνεχώς η θέση της, χωρίς όμως να μεταβάλλονται τα υλικά που την αποτελούν. Όταν το νερό βράζει, αλλάζει η φυσική του κατάσταση, δηλ. από υγρό γίνεται ατμός, χωρίς όμως να αλλοιώνεται η σύστασή του. Από τα παραδείγματα αυτά καταλαβαίνουμε ότι τα σώματα παθαίνουν συχνά διάφορες μεταβολές χωρίς να αλλάζει η σύστασή τους. Οι μεταβολές αυτές λέγονται φυσικά φαινόμενα.

II. ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

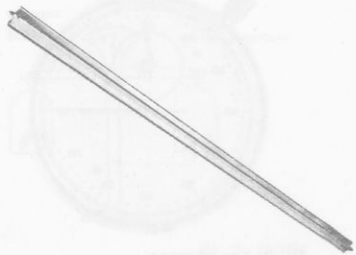
α. Έννοια του μεγέθους. Για να μελετήσουμε την κίνηση της πέτρας, που αναφέραμε παραπάνω, δεν αρκεί να επισημάνουμε μόνο την αλλαγή της θέσεώς της, αλλά πρέπει να εξετάσουμε και διάφορα μεγέθη, όπως είναι η χρονική διάρκεια της κινήσεως, η απόσταση που διανύει η πέτρα, η ταχύτητά της κτλ. Τα μεγέθη που χρησιμοποιούμε για την περιγραφή και τη μελέτη ενός φυσικού φαινομένου λέγονται φυσικά μεγέθη.

β. Μέτρηση των μεγεθών. Για να γνωρίσουμε καλά ένα φυσικό μέγεθος πρέπει να το μετρήσουμε. Έτσι, για να μάθουμε το μήκος μίας σχολικής αίθουσας, πρέπει να βρούμε πόσα μέτρα είναι αυτό (π.χ. 8 μέτρα).

Όταν μετράμε ένα μέγεθος, π.χ. το μήκος, το συγκρίνουμε με ένα άλλο όμοιο ίδιου μεγέθους, π.χ. με ένα άλλο μήκος, που ονομάζεται **μονάδα μετρήσεως**.

Αυτή η σύγκριση των όμοιων μεγεθών λέ-

Σχ. 1. Πρότυπο μέτρο

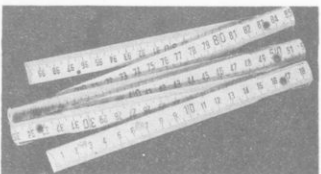




μετροταινία

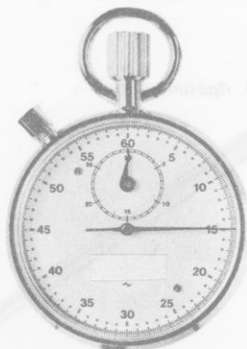


κανόνας



μέτρο

Σχ. 2. Όργανα μετρήσεως του μήκους



Σχ. 3. Χρονόμετρο

γεται **μέτρηση** και τό αποτέλεσμα της λέγεται **αριθμητική τιμή** του μεγέθους που μετρήσαμε. Ή αριθμητική τιμή ενός μεγέθους φανερώνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερο τό μέγεθος αυτό από τή μονάδα του. Άρα:

Μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους λέγεται ή σύγκρισή του μέ ένα άλλο όμοιοιδές μέγεθος, τό όποιο όνομάζεται μονάδα μετρήσεως.

Κάθε φυσικό μέγεθος έχει ιδιαίτερη μονάδα μετρήσεως, που όρίστηκε μέ όρισμένα κριτήρια, ύστερα από συμφωνία των έπιστημόνων σε διάφορα διεθνή συνέδρια.

III. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥΣ

Τό μήκος, ή μάζα, ό χρόνος και μερικά άλλα φυσικά μεγέθη, λέγονται **θεμελιώδη**, γιατί από αυτά όρίζονται όλα τά άλλα φυσικά μεγέθη, μέ τή βοήθεια μαθηματικών σχέσεων (φυσικών νόμων ή τύπων) που θά μάθουμε αργότερα.

α. Μήκος l Για νά μετρήσουμε τό μήκος χρησιμοποιούμε ως μονάδα τό **1 πρότυπο μέτρο ή 1 μέτρο (1 m)**.

Τό 1 μέτρο είναι ή απόσταση, σε θερμοκρασία 0°C , μεταξύ δύο γραμμών, που είναι χαραγμένες σε έναν πρότυπο κανόνα από ιριδιούχο λευκόχρυσο (Σχ. 1). Ό πρότυπος αυτός κανόνας φυλάγεται στό Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στην πόλη των Σεβρών τής Γαλλίας.

Μέ βάση τό πρότυπο μέτρο βαθμολογούνται τά διάφορα όργανα μετρήσεως του μήκους, όπως είναι ό κανόνας, τό μέτρο, ή μετροταινία και ή μεζούρα (Σχ. 2).

β. Χρόνος t Ός μονάδα χρόνου χρησιμοποιούμε τό **1 δευτερόλεπτο ή 1 second (1 sec)**.

Τό 1 sec είναι ίσο μέ τό $\frac{1}{86400}$ τής μέσης ήλι-

ακής ήμέρας. Ή μέση ήλιακή ήμέρα είναι ό κατά μέσο όρο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών μεσουρανήσεων του Ήλιου.

Άλλες μονάδες χρόνου είναι:

1 λεπτό (1 min) = 60 sec

1 ώρα (1 h) = 60 min = 3600 sec

1 μέση ήλιακή ήμέρα = 24 h = 86400 sec

Τά όργανα μετρήσεως του χρόνου είναι τά ρολόγια και τά χρονόμετρα (Σχ. 3).

γ. Μάζα m. "Όλα τὰ σώματα (νερό, αέρας, μέταλλα κτλ.) αποτελούνται από κάποια ουσία που λέγεται ύλη.

Είναι φανερό ότι ένα τραπέζι περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα ύλης από ένα ποτήρι. Ή ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα σώμα λέγεται μάζα του σώματος.

"Ένας μεταλλικός κύβος έχει μία ορισμένη μάζα. Είναι αυτόνοδο ότι θα έχει πάντοτε την ίδια μάζα, εφόσον δέν προστίθεται ή δέν αφαιρείται ύλη από αυτόν." Έτσι, ή μάζα του κύβου αυτού δέ μεταβάλλεται, όταν παραμένει συνεχώς σε έναν τόπο της γης, ή όταν μεταφερθεί από έναν τόπο της γης σε άλλο ή όταν μεταφερθεί από τη γη στη σελήνη. Έπομένως:

Μάζα ενός σώματος λέγεται ή ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελείται τό σώμα αυτό. Ή μάζα ενός σώματος μένει πάντοτε σταθερή.

"Όταν ή μάζα ενός σώματος κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον όγκο του, τό σώμα λέγεται **όμογενές**, ενώ, όταν δέν κατανέμεται ομοιόμορφα, λέγεται **ανομοιογενές** (Σχ. 4).

Ως μονάδα μάζας χρησιμοποιούμε τό 1 **χιλιόγραμμα (1 kg)**. Τό 1 Kgr είναι ή μάζα ενός κυλίνδρου που αποτελείται από ιριδιούχο λευκόχρυσο καί έχει διάμετρο 39 mm καί ύψος 39 mm (Σχ. 5). Ο κύλινδρος αυτός λέγεται πρό-τυπο χιλιόγραμμο καί φυλάγεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων καί Σταθμών στη πόλη των Σεβρών της Γαλλίας.

"Άλλες μονάδες μάζας είναι:

$$1 \text{ γραμμάριο (1 gr)} = \frac{1}{1000} \text{ Kgr} = 10^{-3} \text{ Kgr}$$

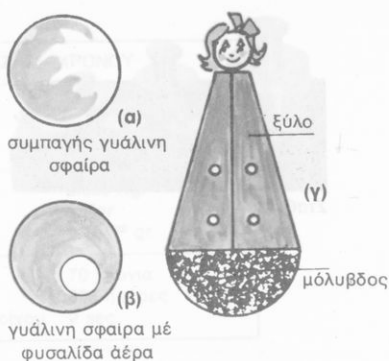
$$1 \text{ τόνος (1 tn)} = 1000 \text{ Kgr} = 10^3 \text{ Kgr}$$

Μέ βάση τό πρότυπο χιλιόγραμμα κατασκευάζονται τὰ διάφορα σταθμά. Μέ τή βοήθεια των σταθμών καί μέ ένα όργανο που λέγεται **ζυγός** μετράμε τή μάζα των σωμάτων (Σχ. 6)

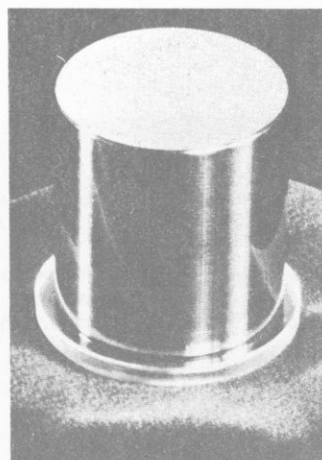
Ή μάζα είναι **μονόμετρο** μέγεθος, δηλ. καθορίζεται πλήρως, όταν γνωρίζουμε τό μέτρο της. Λέγοντας μέτρο ενός μεγέθους, έννοούμε τήν αριθμητική τιμή του καί τή μονάδα μετρήσεώς του (π.χ. 8 Kgr, 150 gr).

IV. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

"Όπως αναφέραμε, μονάδα μετρήσεως" του



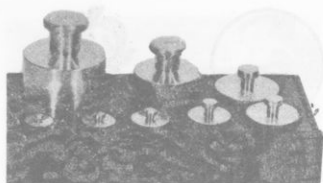
Σχ. 4. α). Όμογενές σώμα β) καί γ). Άνομοιογενή σώματα



Σχ. 5. Πρότυπο χιλιόγραμμο.



Σχ. 6. Ζυγός



Σταθμά

μήκους είναι τό 1m. Ή μονάδα αὐτὴ εἶναι κατάλληλη γιὰ νά μετρήσουμε π.χ. τό ὕψος τοῦ σώματός μας, τό πλάτος μιᾶς αἰθουσας, τίς διαστάσεις ἑνός σπιτιοῦ, κτλ. Ή ἴδια ὁμως μονάδα δέ μάς ἐξυπηρετεῖ, ὅταν θέλουμε νά μετρήσουμε π.χ. τό μήκος μιᾶς καρφίτσας ἢ τήν ἀπόσταση γῆς - σεληνης.

Γιὰ τό λόγο αὐτό χρησιμοποιοῦμε δεκαδικά πολλαπλάσια καί ὑποπολλαπλάσια τοῦ 1m, πού εἶναι τὰ ἑξῆς:

$$1 \text{ χιλιόμετρο (1 Kilometer, 1 Km)} = 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ δεκατόμετρο (1 decimeter, 1 dm)} = \frac{1}{10} \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$1 \text{ ἑκατοστόμετρο (1 centimeter, 1 cm)} = \frac{1}{100} \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ χιλιοστόμετρο (1 millimeter, 1 mm)} = \frac{1}{1000} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ μικρόμετρο (1 micrometer, 1 }\mu\text{m)} = \frac{1}{1000000} \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ ἄγγστρεμ (1 Angström, 1 Å)} = 10^{-10} \text{ m}$$

Τό ἴδιο κάνουμε καί γιὰ τίς μονάδες τῶν ἄλλων φυσικῶν μεγεθῶν. Ὁ πίνακας I περιέχει τὰ κυριότερα **προθέματα** πού βάζουμε στό δνομα τῶν μονάδων, γιὰ νά προκύψουν τὰ ἀντίστοιχα δεκαδικά πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσιά τους.

Μερικά πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια μονάδων δέ μάς ἐνδιαφέρουν στήν πράξη καί γι' αὐτό δέ χρησιμοποιοῦνται.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

	Πρόθεμα	Σύμβολο	Τιμή	Παραδείγματα	
				1 m	1 gr
ΠΟΛΛΑ-ΠΛΑΣΙΑ	mega - μέγα	M	10^6	1 Mm = 10^6 m	1 Mgr = 10^6 gr
	kilo - κίλο	K	10^3	1 Km = 10^3 m	1 Kgr = 10^3 gr
ΥΠΟΠΟΛΛΑ-ΠΛΑΣΙΑ	milli - μίλι	m	10^{-3}	1 mm = 10^{-3} m	1 mgr = 10^{-3} gr
	micro - μικρο	μ	10^{-6}	1 μm = 10^{-6} m	1 μgr = 10^{-6} gr

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΗΚΟΥΣ – ΜΑΖΑΣ – ΧΡΟΝΟΥ		
ΜΗΚΟΣ	απόσταση γής - σελήνης	380.000 Km
	μήκος σχολικής αίθουσας	8 m
	διάμετρος του ατόμου του υδρογόνου	1,07 Å
ΜΑΖΑ	μάζα ενός ελέφαντα	6.000 Kgr
	μάζα ενός λίτρου νερού	1 Kgr
	μάζα ενός ηλεκτρονίου	9.10^{-28} gr
ΧΡΟΝΟΣ	μέση διάρκεια ζωής του ανθρώπου	70 χρόνια
	περιφορά της γής γύρω από τον ήλιο	365 ημέρες
	περίοδος έκκρεμους του ρολογιού του τοίχου	2 sec

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Φυσική είναι η έπιστήμη που εξετάζει τα διάφορα φυσικά φαινόμενα.
2. Φυσικά φαινόμενα είναι οι διάφορες μεταβολές στις οποίες δέ γίνεται αλλαγή στη σύσταση των σωμάτων.
3. Μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους λέγεται η σύγκρισή του με ένα άλλο όμοι-
δες μέγεθος, τό οποίο ονομάζεται μονάδα μετρήσεως.
4. Τό μήκος, ό χρόνος καί ή μάζα έχουν ώς μονάδες αντίστοιχως τό 1 m, τό 1 sec
καί τό 1 kgr.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Η ακτίνα της γής είναι 6400 Km. Νά βρείτε τό μήκος της ακτίνας αυτής σε m καί σε cm.
2. Η διάμετρος ενός μορίου είναι 10 Å. Νά βρείτε τό μήκος της διαμέτρου αυτής σε μm, σε cm καί σε m.
3. Η σελήνη χρειάζεται 28 ημέρες γιά νά συμπληρώσει μία περιφορά γύρω από τή γή. Νά μετατρέψετε τό χρόνο αυτό σε h, σε min καί σε sec.
4. Η μάζα της γής είναι 6.10^{24} kgr. Νά βρείτε τή μάζα αυτή σε tn καί σε gr.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α. Τί λέγεται μέτρηση ενός μεγέθους;
β. Τί φανερώνει ή αριθμητική τιμή ενός μεγέθους;
2. Τί είναι μάζα ενός σώματος;
3. Τί είναι τό πρότυπο μέτρο;
4. Τί είναι τό πρότυπο χιλιόγραμμα;

2η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΓΕΘΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

Ι. ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ

Τά φυσικά μεγέθη που ορίζονται από τά θεμελιώδη μεγέθη με τή βοήθεια μαθηματικών σχέσεων (φυσικών νόμων ή τύπων) λέγονται παράγωγα.

α. Έμβαδό S. Θεωρούμε ένα τετράγωνο που έχει πλευρά a . Τό έμβαδό του τετραγώνου αυτού βρίσκεται από τή σχέση:

$$\text{έμβαδό τετραγ.} = \text{μῆκ. πλευράς} \times \text{μῆκ. πλευράς}$$

$$S = a^2$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τό έμβαδό ορίζεται από τό μήκος με τή βοήθεια τής σχέσεως $S = a^2$ καί γι' αυτό είναι παράγωγο μέγεθος.

Ἡ μονάδα μετρήσεως του έμβαδου προκύπτει από τή σχέση $S = a^2$, όταν αντικαταστήσουμε τό μήκος a με τήν αντίστοιχη μονάδα του. Ἐτσι, αν $a = 1\text{m}$, προκύπτει $S = 1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$. Ἡ μονάδα αὐτή (1m^2) λέγεται **ένα τετραγωνικό μέτρο**. Τό 1m^2 είναι τό έμβαδό ενός τετραγώνου που έχει πλευρά 1m (Σχ. 1).

Ἡ μονάδα αὐτή λέγεται **παράγωγη**, γιατί προκύπτει από θεμελιώδη μονάδα, δηλ. τό 1m .

Γιά μικρότερες επιφάνειες χρησιμοποιούνται οί μονάδες:

$$1\text{cm}^2 = \left(\frac{1}{100}\text{m}\right)^2 = \frac{1}{10000}\text{m}^2 = 10^{-4}\text{m}^2 \text{ καί}$$

$$1\text{mm}^2 = \left(\frac{1}{1000}\text{m}\right)^2 = \frac{1}{1000000}\text{m}^2 = 10^{-6}\text{m}^2$$

Γιά μεγαλύτερες επιφάνειες χρησιμοποιούνται οί μονάδες:

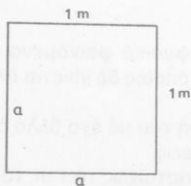
$$1\text{στρέμμα} = 1000\text{m}^2 = 10^3\text{m}^2$$

$$1\text{Km}^2 = (1000\text{m})^2 = 1000000\text{m}^2 = 10^6\text{m}^2 = 1000\text{στρέμματα.}$$

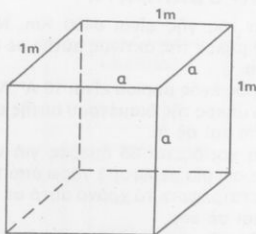
β. Όγκος V. Θεωρούμε έναν κύβο που έχει πλευρά a . Ὁ όγκος του βρίσκεται από τή σχέση:

$$\text{όγκος κύβου} = \text{μῆκ. πλευράς} \times \text{μῆκ. πλευράς} \times \text{μῆκ. πλευράς}$$

$$V = a^3$$



Σχ. 1. Ἐνα τετραγωνικό μέτρο



Σχ. 2. Ἐνα κυβικό μέτρο

Παρατηρούμε λοιπόν ότι ο όγκος είναι παράγωγο μέγεθος.

Η μονάδα μετρήσεως του όγκου (παράγωγη μονάδα) προκύπτει από τη σχέση $V = a^3$ με τον τρόπο που αναφέραμε προηγουμένως και είναι το **ένα κυβικό μέτρο (1m^3)**

Τό 1m^3 είναι ο όγκος ενός κύβου που έχει πλευρά 1m . (Σχ. 2).

Γιά μικρότερους όγκους χρησιμοποιούμε τις μονάδες:

$$1 \text{ dm}^3 = \left(\frac{1}{10} \text{ m} \right)^3 = \frac{1}{1000} \text{ m}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ λίτρο (1 lt)}$$

$$1 \text{ cm}^3 = \left(\frac{1}{100} \text{ m} \right)^3 = \frac{1}{1000000} \text{ m}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ mm}^3 = \left(\frac{1}{1000} \text{ m} \right)^3 = \frac{1}{1000000000} \text{ m}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$$

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΒΑΔΟΥ ΚΑΙ ΟΓΚΟΥ		
ΕΜΒΑΔΟ	έκταση της Ελλάδας	132.000 Km ²
	έμβαδο σχολικής αίθουσας	50 m ²
ΟΓΚΟΣ	όγκος σχολικής αίθουσας	150 m ³
	όγκος μίας φιάλης τής μπίρας	640 cm ³

II. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

α. Έννοια του συστήματος μονάδων. Μάθαμε ότι τά παράγωγα μεγέθη όρίζονται από τά θεμελιώδη και ότι οι παράγωγες μονάδες προκύπτουν εύκολα από τις θεμελιώδεις μονάδες, όταν γνωρίζουμε τήν αντίστοιχη μαθηματική σχέση (φυσικό νόμο ή τύπο).

Ένα σύνολο μονάδων, που περιλαμβάνει λίγες θεμελιώδεις και πολλές παράγωγες μονάδες λέγεται **σύστημα μονάδων**.

Τό σύστημα μονάδων άπλοποιεί πολύ τις μετρήσεις τών φυσικών μεγεθών, γιατί χάρη σ' αυτό δέν είμαστε ύποχρεωμένοι νά όρίζουμε άύθαιρετα τή μονάδα μετρήσεως γιά κάθε φυσικό μέγεθος. Θά περιγράψουμε δύο συστήματα μονάδων, τό **Διεθνές Σύστημα (S.I.)** (système Internationale), και τό **CGS**.

β. Διεθνές Σύστημα μονάδων. Μερικές από

τίς θεμελιώδεις μονάδες που περιλαμβάνει το σύστημα αυτό, με τὰ αντίστοιχα σύμβολά τους καί μεγέθη, περιέχονται στόν παρακάτω πίνακα:

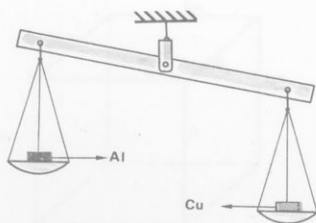
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ (S.I)		
Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες	
μήκος	1 μέτρο	1 m
μάζα	1 χιλιόγραμμα	1 Kgr
χρόνος	1 δευτερόλεπτο	1 sec
ένταση ήλ. ρεύμ.	1 Άμπέρ	1 A

Γιά νά μελετήσουμε τὰ φαινόμενα τῆς Μηχανικῆς μάς ἀρκούν τὰ τρία πρώτα μεγέθη τοῦ παραπάνω συστήματος καί οἱ ἀντίστοιχες μονάδες τους. Τό μέρος αὐτό τοῦ Διεθνούς Συστήματος λέγεται **σύστημα μονάδων MKS**, ἀπό τὰ ἀρχικά τῶν θεμελιωδῶν μονάδων του (m, Kgr, sec).

γ. Σύστημα μονάδων CGS. Μερικές ἀπό τίς θεμελιώδεις μονάδες τοῦ συστήματος αὐτοῦ, μέ τὰ ἀντίστοιχα σύμβολά τους καί μεγέθη, περιέχονται στόν πίνακα πού ἀκολουθεῖ.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ CGS		
Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες	
μήκος	1 ἑκατοστόμετρο	1 cm
μάζα	1 γραμμάριο	1 gr
χρόνος	1 δευτερόλεπτο	1 sec

Τό ὄνομα τοῦ συστήματος αὐτοῦ (CGS) προέρχεται ἀπό τὰ ἀρχικά γράμματα τῶν μονάδων: cm, gr, sec.



Σχ. 3.

III. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

α. Έννοια τῆς πυκνότητας. Στόν ἕνα δίσκο ἑνός ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἕνα ὁμογενή κύβο ἀπό χαλκό καί στόν ἄλλο δίσκο τοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἕναν ὁμογενή κύβο ἀπό ἄλουμίνιο (Σχ. 3). Ὁ ὄγκος κάθε κύβου εἶναι 1cm^3 . Παρατηροῦμε ὅτι ὁ ζυγός κλίνει πρὸς τό μέρος τοῦ χαλκοῦ καί ἀπό αὐτό καταλαβαίνουμε ὅτι τό 1cm^3 χαλκοῦ ἔχει μεγαλύτερη μάζα ἀπό τό 1cm^3 ἄλουμίνιου.

Για να προσδιορίζουμε τη μάζα του 1 cm^3 των διαφόρων υλικών, εισάγουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την πυκνότητα ρ που ορίζεται ως εξής:

Πυκνότητα του υλικού ενός ομογενούς σώματος ονομάζεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το πηλίκο της μάζας του σώματος διά του όγκου του.

$$\text{πυκνότητα} = \frac{\text{μάζα}}{\text{όγκος}} \quad \rho = \frac{m}{V}$$



2.7 gr
άργιλιο



7.8 gr
σίδηρος



11.3 gr
μόλυβδος



19.3 gr
χρυσός

Σχ. 4.

Ο όγκος κάθε κύβου του Σχ. 4 είναι 1 cm^3 . Η μάζα κάθε κύβου σε gr ισοϋται αριθμητικά με την πυκνότητα του αντίστοιχου υλικού.

Η πυκνότητα δε χαρακτηρίζει τα σώματα (τραπέζι, κόσμημα κτλ.), αλλά το υλικό (ξύλο, άργυρος κτλ.) από το οποίο αποτελούνται.

β. Μονάδες της πυκνότητας. Η πυκνότητα είναι παράγωγο μέγεθος και οι μονάδες της προκύπτουν από τη σχέση

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα πυκνότητας είναι το **1 χιλιόγραμμα κατά κυβικό μέτρο (1 Kgr/m^3)**.

Στό Σύστημα CGS μονάδα πυκνότητας είναι το **1 γραμμάριο κατά κυβικό εκατοστόμετρο (1 gr/cm^3)**.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ gr/cm^3			
νερό	1	άργιλιο	2,7
πάγος	0,92	σίδηρος	7,8
πετρέλαιο	0,90	χαλκός	8,9
οινόπνευμα	0,80	άργυρος	10,5
φελλός	0,24	μόλυβδος	11,3
άερας	0,0013	χρυσός	19,3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Μονάδα έμβαδού είναι το 1 m^2 και μονάδα όγκου είναι το 1 m^3 .
- Σύστημα μετρήσεως είναι ένα σύνολο μονάδων που περιλαμβάνει λίγες θεμελιώδεις και πολλές παράγωγες μονάδες.

- Υπάρχουν πολλά συστήματα μονάδων, όπως είναι τό Διεθνές Σύστημα, τό MKS που αποτελεί μέρος του Διεθνούς Συστήματος, τό CGS κτλ.
- Μονάδες μετρήσεως τής πυκνότητας είναι τό 1 gr/cm^3 , τό 1 kg/m^3 κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Τί είναι τό σύστημα μονάδων και ποιά είναι ή χρησιμότητά του;
- α. Ποιά είναι τά θεμελιώδη μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος και ποιές είναι οι αντίστοιχες μονάδες τους;
β. Τί είναι τό σύστημα μονάδων MKS;
- Ποιά είναι τά θεμελιώδη μεγέθη του συστήματος μονάδων CGS και ποιές είναι οι αντίστοιχες μονάδες τους;
- α. Τί λέγεται πυκνότητα ενός ύλικου;
β. Ποιές είναι οι μονάδες τής πυκνότητας;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Ένα οικόπεδο έχει έμβαδό 4 στρέμματα. Νά βρείτε τό έμβαδό του οικόπεδου αυτού σε m^2 και σε cm^2 .
- Ένα μεγάλο μπουκάλι αναψυκτικού έχει όγκο 1 lt. Νά μετατρέψετε τόν όγκο αυτό σε cm^3 και σε m^3 .
- 1800gr πετρελαίου έχουν όγκο 2000 cm^3 . Νά βρείτε τήν πυκνότητα του πετρελαίου σε gr/cm^3 και σε kg/m^3 .
- Ένα χάλκινο σώμα έχει όγκο 500 cm^3 . Νά βρείτε τή μάζα του σώματος αυτού, αν ή πυκνότητα του χαλκού είναι 8,9 gr/cm^3 .

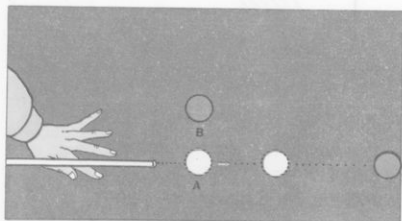
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

3η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ-ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Ι. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΡΕΜΙΑΣ

α. **Κίνηση και ήρεμία.** Ό παρατηρητής (ό άνθρωπος) του Σχ. 1 καταλαβαίνει ότι ή σφαίρα Α **κινείται**, γιατί τή βλέπει νά απομακρύνεται από αυτόν. Ό ίδιος παρατηρητής συμπεραίνει ότι ή σφαίρα Β **ήρεμει**, γιατί τή βλέπει νά μένει πάντοτε στην ίδια θέση ως προς αυτόν. Με έντελώς ανάλογο τρόπο καταλαβαίνουμε τήν κίνηση ή τήν ήρεμία των διαφόρων σωμάτων π.χ. του ανθρώπου, του αεροπλάνου, του αυτοκινήτου κτλ. Έπομένως:



Σχ. 1.

Ένα σώμα κινείται όταν αλλάζει θέσεις ως προς ένα άλλο σώμα που θεωρείται ακίνητο. Ένα σώμα ήρεμο όταν διατηρεί συνεχώς την ίδια θέση ως προς ένα άλλο σώμα που θεωρείται ακίνητο.

β. Σχετική κίνηση. Όταν παρατηρούμε τα έπιπλα του σπιτιού μας ή τα δέντρα, σχηματίζουμε τη γνώμη ότι είναι ακίνητα. Στην πραγματικότητα όλα αυτά κινούνται, γιατί βρίσκονται επάνω στη γη που κινείται στο διάστημα. Φαίνονται όμως σε μās ακίνητα, γιατί και έμεις συμμετέχουμε στην ίδια κίνηση με αυτά.

Τό σώμα Σ, που είναι μέσα στο κινούμενο βαγόνι (Σχ. 2), ήρεμο ως προς τόν παρατηρητή Κ που συμμετέχει στην κίνηση του βαγονιού. Τό ίδιο σώμα Σ κινείται ως προς τόν ακίνητο παρατηρητή Α που είναι έξω από τό βαγόνι.

Από τά παραδείγματα αυτά συμπεραίνουμε τά έξής:

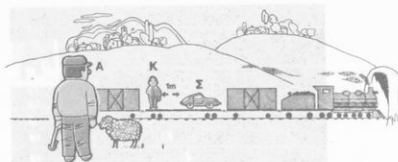
Η κίνηση ή ή ήρεμία ενός σώματος είναι σχετική.

Γιά νά διαπιστώσουμε τήν κίνηση ή τήν ήρεμία ενός σώματος, πρέπει νά εξετάσουμε τή θέση του ως προς ένα άλλο σώμα που τό θεωρούμε ακίνητο.

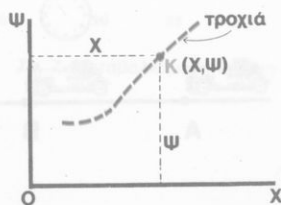
Συνήθως θεωρούμε τή γη ως ακίνητη και εξετάζουμε τίς κινήσεις των σωμάτων ως προς τή γη.

II. ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ

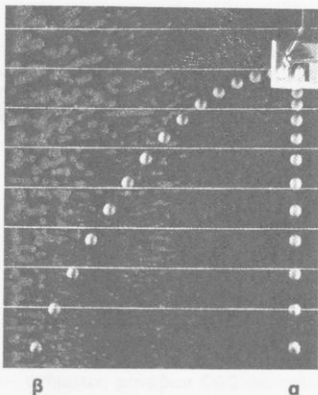
Ας υποθέσουμε ότι ένα κινητό Κ κινείται στο επίπεδο των όρθογωνίων άξόνων ΟΧ και ΟΨ (Σχ. 3). Η θέση του κινητού σε κάθε χρονική στιγμή καθορίζεται, όταν γνωρίζουμε τίς αποστάσεις του χ και ψ από τούς άξονες ΟΨ και ΟΧ αντίστοιχα. Οι αποστάσεις αυτές χ και ψ λέγονται συντεταγμένες του κινητού και κατά τή διάρκεια τής κίνησης μεταβάλλονται με τό χρόνο. Όταν ένα σώμα ήρεμοί οι συντεταγμένες του παραμένουν άμετάβλητες. Η θέση ενός πλοίου, που κινείται στή θάλασσα, καθορίζεται με δύο συντεταγμένες. Υπάρχουν όμως κινητά που ή θέση τους καθορίζεται με τρείς συντεταγμένες (άεροπλάνο, άερόστατο κτλ.) ή με μία συντεταγμένη (σιδηρόδρομος που κινείται σε εύθύγραμμες σιδηροτροχιές).



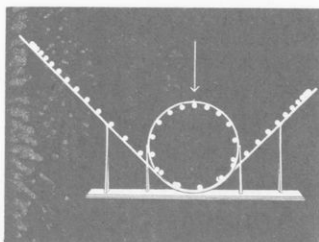
Σχ. 2. Σχετική κίνηση



Σχ. 3. Οι αποστάσεις Χ, Ψ προσδιορίζουν τή θέση του κινητού



Σχ. 4. Χρονοφωτογραφία δύο σφαιρών που πέφτουν συγχρόνως.



Σχ. 5. Κυκλική τροχιά

III. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Όταν ενώσουμε τις διαδοχικές θέσεις, από τις οποίες περνάει ένα κινητό, θά σχηματισθεί μία συνεχής γραμμή που λέγεται **τροχιά** (Σχ. 4). Ή τροχιά μπορεί να είναι ευθεία, περιφέρεια κύκλου ή άλλη καμπύλη γραμμή, όποτε η κίνηση λέγεται αντίστοιχα **εὐθύγραμμη** (Σχ. 4α), **κυκλική** (Σχ. 5) ή **καμπυλόγραμμη** (Σχ. 4β).

Τό μήκος τῆς τροχιάς που διανύει τό κινητό σέ ὀρισμένο χρόνο t λέγεται **διάστημα** s .

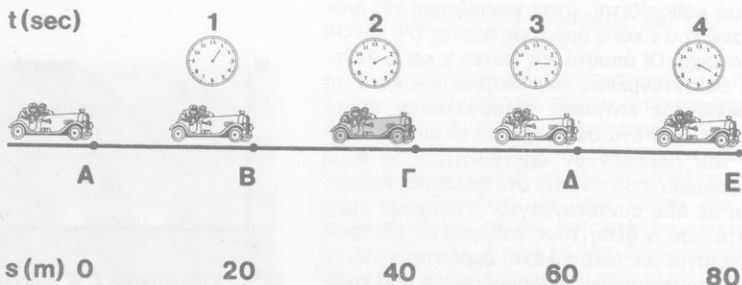
Γιά νά μετρήσουμε τό διάστημα καί τόν αντίστοιχο χρόνο τῆς κινήσεως παίρνουμε αὐθαίρετα κάποια θέση τοῦ κινητοῦ, ὡς ἀρχή ($s = 0, t = 0$) καί τή λέμε **ἀφετηρία**.

IV. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Ἔννοια εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως.
Τό αὐτοκίνητο που εικονίζεται στό Σχ. 6 κινεῖται σέ εὐθεία γραμμή καί κατά τέτοιο τρόπο ὥστε σέ ἴσους χρόνους (π.χ. σέ κάθε 1 sec) νά διανύει ἴσα διαστήματα (20m). Μία τέτοια κίνηση λέγεται **εὐθύγραμμη ὁμαλή** καί εἶναι ἡ ἀπλούστερη ἀπό ὅλες τίς κινήσεις. Ἄρα:

Μία κίνηση λέγεται εὐθύγραμμη ὁμαλή, ὅταν τό κινητό κινεῖται σέ εὐθεία γραμμή καί σέ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα.

β. Ταχύτητα εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως. Τό κινητό τοῦ Σχ. 6 σέ κάθε ἕνα sec διανύει 20m. Ἐνα ἄλλο κινητό μπορεί σέ κάθε 1sec νά διανύει μεγαλύτερο ἢ μικρότερο διάστημα ἀπό τό πρώτο. Θά λέμε τότε ὅτι τά δύο κινητά ἔχουν διαφορετικό μ ἢ ὁ κινήσεως, δηλ. τό



Σχ. 6. Εὐθύγραμμη ὁμαλή κίνηση.

δεύτερο κινείται πιο γρήγορα ή πιο αργά από το πρώτο. Για να προσδιορίζουμε το ρυθμό της κινήσεως εισάγουμε ένα καινούριο φυσικό μέγεθος, την **ταχύτητα** u , που ορίζεται ως εξής:

Ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση λέγεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το πηλίκο του διαστήματος, που διανύει το κινητό σε κάποιο χρόνο, προς το χρόνο αυτό.

$$\text{ταχύτητα} = \frac{\text{διάστημα που διανύθηκε}}{\text{χρόνος που χρειάστηκε}}$$

$$u = \frac{s}{t} \quad (1)$$

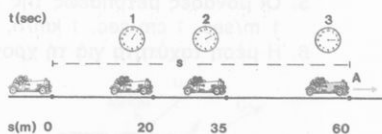
γ. Μονάδες ταχύτητας. Για να μετρήσουμε την ταχύτητα χρησιμοποιούμε ως μονάδα το ένα μέτρο κατά δευτερόλεπτο (**1 m/sec**), που προκύπτει από τον τύπο (1), όταν θέσουμε $s=1\text{m}$ και $t = 1\text{sec}$ και ανήκει στο Διεθνές Σύστημα (S.I).

Τό 1m/sec είναι ή ταχύτητα ενός κινητού που σε κάθε 1sec διανύει διάστημα 1 m.

"Άλλες μονάδες ταχύτητας είναι τό ένα εκατοστόμετρο κατά δευτερόλεπτο (**1cm/sec**) που ανήκει στο σύστημα CGS, τό ένα χιλιόμετρο κατά ώρα (**1km/h**) και ό ένας κόμβος = 1 ναυτικό μίλι κατά ώρα.

Παραδείγματα ταχυτήτων
σε m/sec

Σαλίγκαρος	$1 \cdot 10^{-3}$
"Ανθρωπος που βαδίζει	1,4
"Ανεμος 8 μποφόρ	20
"Αλογο που τρέχει	22
"Αεροπλάνο	230
"Ήχος	340
Βλήμα όπλου	900
Φώς	$3 \cdot 10^8$



Σχ. 7. Μεταβαλλόμενη κίνηση

V. ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Οί κινήσεις που εκτελούν τά σώματα (αυτοκίνητα, αεροπλάνα κτλ.) δέν είναι πάντοτε ευθύγραμμες ομαλές, αλλά **μεταβαλλόμενες**, δηλ. ή ταχύτητά τους δέν παραμένει διαρκώς σταθερή. Ή κίνηση π.χ. που κάνει τό κινητό A του



Σχ. 4. Χρονικό διάστημα Δt και αντίστοιχο διάστημα Δs .

Σχ. 7 είναι μεταβαλλόμενη, γιατί τό αυτοκίνητο σέ ίσους χρόνους διανύει άνισα διαστήματα.

Σέ τέτοιες περιπτώσεις όρίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος πού λέγεται **μέση ταχύτητα** u_{μ} . "Αν s είναι τό διάστημα, πού διανύει τό κινητό σέ χρόνο t , τότε ή μέση ταχύτητά του, γιά τό χρονικό διάστημα t , όρίζεται ως έξής:

$$\text{μέση ταχύτητα} = \frac{\text{διάστημα}}{\text{άντίστοιχος χρόνος}}$$

$$u_{\mu} = \frac{s}{t}$$

"Αν κάποιο άλλο κινητό έκτελέσει εϋθύγραμμη ήμαλή κίνηση μέ ταχύτητα u_{μ} , θά διανύσει τό ίδιο διάστημα s πού διανύει τό κινητό Α στόν ίδιο χρόνο t .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. "Ένα σώμα κινείται όταν αλλάζει θέση ως προς ένα άλλο σώμα πού τό θεωρούμε άκίνητο. "Ένα σώμα ήρεμεί όταν παραμένει συνεχώς στήν ίδια θέση. "Η κίνηση ή ή ήρεμία ενός σώματος είναι σχετική.
2. Σέ κάθε κίνηση διακρίνουμε τήν τροχιά, τό διάστημα καί τόν αντίστοιχο χρόνο. "Η κίνηση μπορεί νά είναι εϋθύγραμμη, κυκλική ή καμπυλόγραμμη, ανάλογα μέ τήν τροχιά του κινητού.
3. "Ένα κινητό έκτελεί εϋθύγραμμη όμαλή κίνηση, όταν ή τροχιά του είναι εϋθεία γραμμή καί διανύει ίσα διαστήματα σέ ίσους χρόνους.
4. "Η ταχύτητα στήν εϋθύγραμμη όμαλή κίνηση όρίζεται από τή σχέση $u = s/t$.
5. Οί μονάδες μετρήσεως τής ταχύτητας είναι οί έξής:
1 m/sec, 1 cm/sec, 1 km/h, 1 κόμβος κτλ.
6. "Η μέση ταχύτητα γιά τή χρονική διάρκεια t όρίζεται από τή σχέση $u_{\mu} = s/t$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί λέμε ότι ή κίνηση ή ή ήρεμία ενός σώματος είναι σχετική;
2. Νά βρείτε δύο κινητά πού ή θέση τους καθορίζεται α) μέ μία συντεταγμένη, β) μέ δύο συντεταγμένες καί γ) μέ τρεις συντεταγμένες.
3. Πότε μία κίνηση λέγεται εϋθύγραμμη όμαλή;
4. Τί όνομάζουμε μέση ταχύτητα γιά τή χρονική διάρκεια t ;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Νά συγκρίνετε τήν ταχύτητα 20 m/sec μέ τίς ταχύτητες α) 36 km/h β) 72 km/h καί γ) 100 cm/sec.
2. "Η απόσταση από τόν τύμβο του Μαραθώνα ως τό στάδιο τής "Αθήνας είναι περίπου 41km. "Ένας άθλητής του μαραθώνιου δρόμου διέτρεξε τήν απόσταση αυτή σέ χρόνο 2 h καί 20 min. Νά βρείτε τή μέση ταχύτητα του μαραθωνοδρόμου αυτού σέ m/sec.

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΩΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Ι. Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΩΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ

Μας λένε ότι η μπάλα Μ (Σχ. 1) βρίσκεται στη διασταύρωση δύο δρόμων και κινείται με ταχύτητα 3 m/sec. Τα στοιχεία αυτά δεν αρκούν για να προσδιορίσουμε πλήρως την ταχύτητα της μπάλας, γιατί δε μας πληροφορούν για τη διεύθυνση της κινήσεώς της (για τόν δρόμο ΑΒ ή ΓΔ στον όποιο κινείται) και για τή φορά της (ή μπάλα πηγαίνει πρός τό Α ή πρός τό Β, άν κινείται στό δρόμο ΑΒ). Για νά καθορίσουμε πλήρως τήν ταχύτητα τής μπάλας, πρέπει νά αναφέρουμε, έκτός από τό μέτρο της (3 m στό 1 sec), τή διεύθυνση και τή φορά τής κινήσεώς της, πού τίς όνομάζουμε αντίστοιχα **διεύθυνση και φορά τής ταχύτητας**.

Τά μεγέθη πού χρειάζονται για τόν πλήρη καθορισμό τους ένα μέτρο, μία διεύθυνση και μία φορά λέγονται **διανυσματικά μεγέθη**.

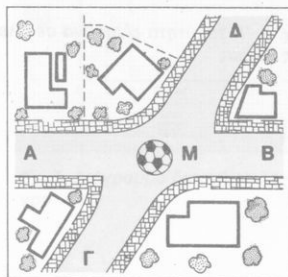
Επομένως:

Η ταχύτητα είναι **διανυσματικό μέγεθος**.

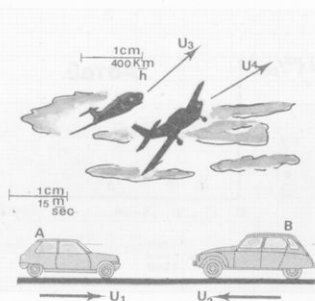
Γιά νά παραστήσουμε τήν ταχύτητα ώς διανυσματικό μέγεθος χρησιμοποιούμε ένα **διάνυσμα** (Σχ. 2). Τό διάνυσμα είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα, του όποίου τό ένα άκρο θεωρείται ώς «άρχή» του και τό άλλο θεωρείται ώς «τέλος» του. Η διεύθυνση και ή φορά του διανύσματος παριστάνουν αντίστοιχα τή διεύθυνση και τή φορά τής ταχύτητας. Τό μήκος του διανύσματος μέ κατάλληλη κλίμακα παριστάνει τό μέτρο τής ταχύτητας.

ΙΙ. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

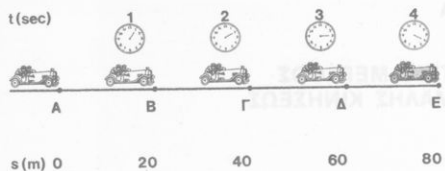
α. Νόμος τής ταχύτητας. Η ταχύτητα του κινητού του Σχ. 3 στη θέση Γ είναι: $u = s/t = 40\text{m}/2\text{sec} = 20\text{ m/sec}$. Αν υπολογίσουμε τήν ταχύτητα και σε άλλες θέσεις (Β, Δ...) θά βρούμε πάλι τήν ίδια τιμή 20 m/sec. Επειδή ή τροχιά είναι ευθύγραμμη, ή ταχύτητα σε όλες τίς θέσεις έχει τήν ίδια διεύθυνση και φορά.



Σχ. 1.



Σχ. 2.



Σχ. 3. Η ταχύτητα είναι ίδια σε όλες τις θέσεις

Από όλα αυτά προκύπτει ο παρακάτω νόμος της ταχύτητας.

Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ή ταχύτητα έχει πάντοτε τό ίδιο μέτρο, την ίδια διεύθυνση και την ίδια φορά, δηλ. τό διάνυσμά της είναι σταθερό ($u = \text{σταθ.}$).

Τό συμπέρασμα αυτό μπορούμε νά τό παραστήσουμε γραφικά μέ τό διάγραμμα ΚΝ του Σχ. 4. Τό διάγραμμα αυτό προκύπτει ως έξης:

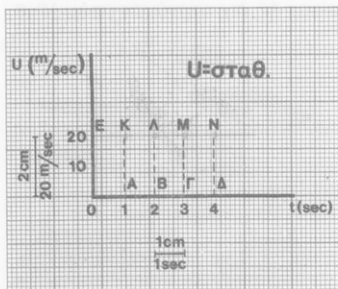
Σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ό πίνακας πού ακολουθεί, γράφουμε τίς αντίστοιχες τιμές τίς ταχύτητας και του χρόνου:

t σε sec	1	2	3	4
u σε m/sec	20	20	20	20

Παίρνουμε δύο όρθογώνιους άξονες (Σχ. 4). Στόν όριζόντιο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές του χρόνου μέ κάποια κλίμακα αντίστοιχίας, αντίστοιχώντας π.χ. τό 1 sec στό 1 cm του άξονα αυτού. Στόν κατακόρυφο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές τίς ταχύτητας, αντίστοιχώντας π.χ. τό 20 m/sec στό 2 cm του άξονα αυτού.

Από τό σημείο Α του άξονα Οt φέρνουμε γραμμή παράλληλη πρός τόν άξονα Ου και από τό σημείο Ε του άξονα Ου φέρνουμε γραμμή παράλληλη πρός τόν άξονα Οt. Οι δύο αυτές γραμμές τέμνονται στό σημείο Κ. Τό σημείο αυτό λέμε ότι παριστάνει τό πρώτο ζεύγος τιμών (1 sec, 20 m/sec) του παραπάνω πίνακα. Μέ ανάλογο τρόπο βρίσκουμε τά σημεία Λ, Μ και Ν πού παριστάνουν αντίστοιχα τά ζεύγη τιμών του πίνακα (2 sec, 20 m/sec), (3 sec, 20 m/sec), και (4 sec, 20 m/sec).

Ένώνουμε μέ συνεχή γραμμή τά σημεία Κ, Λ, Μ και Ν και βλέπουμε ότι προκύπτει ή ευθεία γραμμή ΚΝ. Τό διάγραμμα ΚΝ παριστάνει γραφικά τό νόμο τίς ταχύτητας.



Σχ. 4. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου

β. Νόμος του διαστήματος. Όταν παρατηρήσουμε τίς τιμές του χρόνου και του διαστήματος στό Σχ. 3, θά συμπεράνουμε ότι τά μεγέθη διάστημα και χρόνος είναι **ανάλογα**. Τό

ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και από τον τύπο $u = s/t$, που γράφεται και με τη μορφή:

$$s = u \cdot t \quad (1)$$

Η σχέση 1 εκφράζει τον παρακάτω νόμο του διαστήματος.

Στήν εὐθύγραμμη ὁμαλή κίνηση τὰ διαστήματα είναι ἀνάλογα με τούς χρόνους κατά τούς ὁποίους διανύθηκαν.

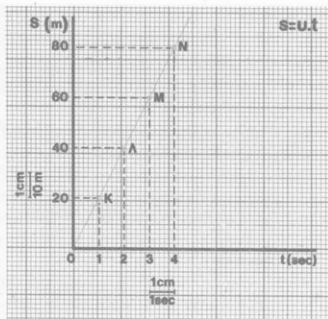
Τό νόμο αυτό μπορούμε νά τον παραστήσουμε γραφικά μέ τό διάγραμμα ON τοῦ Σχ. 5. Τό διάγραμμα αὐτό κατασκευάζεται ὡς ἑξῆς: Γράφουμε τίς ἀντίστοιχες τιμές τοῦ χρόνου καί τοῦ διαστήματος σέ ἕναν πίνακα μετρήσεων, ὅπως εἶναι ὁ πίνακας πού ἀκολουθεῖ:

t σέ sec	0	1	2	3	4
s σέ m	0	20	40	60	80

Παίρνουμε δύο ὀρθογώνιους ἄξονες (Σχ. 5). Στόν ὀριζόντιο ἄξονα παριστάνουμε τίς τιμές τοῦ χρόνου, ἀντιστοιχώντας π.χ. τό 1 sec, στό 1 cm τοῦ ἄξονα αὐτοῦ.

Στόν κατακόρυφο ἄξονα παριστάνουμε τίς τιμές τοῦ διαστήματος, ἀντιστοιχώντας π.χ. τά 10 m στό 1 cm τοῦ ἄξονα αὐτοῦ.

Μέ τόν τρόπο πού περιγράψαμε προηγουμένως, βρίσκουμε τά σημεῖα O, K, Λ, M καί N πού παριστάνουν ἀντίστοιχα τά ζεύγη τιμών τοῦ πίνακα (0 sec, 0 m), (1 sec, 20 m), (2 sec, 40 m), (3 sec, 60 m), (4 sec, 80 m). Ἐνώνομε μέ συνεχῆ γραμμῆ τά σημεῖα αὐτά καί βλέπουμε ὅτι προκύπτει ἡ εὐθεία γραμμῆ ON. Τό διάγραμμα ON παριστάνει γραφικά τό νόμο τοῦ διαστήματος.



Σχ. 5. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ ταχύτητα εἶναι διανυσματικό μέγεθος. Γιά τόν προσδιορισμό της μᾶς χρειάζονται, ἐκτός ἀπό τό μέτρο της, ἡ διεύθυνση καί ἡ φορά της, πού συμπίπτουν μέ τή διεύθυνση καί τή φορά τῆς κινήσεως.
2. Οἱ νόμοι τῆς εὐθύγραμμης ὁμαλῆς κινήσεως ἐκφράζονται μέ τίς σχέσεις:

$u = \text{σταθερή}$	Νόμος τῆς ταχύτητας
$s = u \cdot t$	Νόμος τοῦ διαστήματος

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά στοιχεία χρειάζονται για τόν πλήρη προσδιορισμό της ταχύτητας ενός σώματος;
2. Τι έννοούμε όταν λέμε «διεύθυνση και φορά της ταχύτητας»;
3. Νά απαντήσετε με ένα «ΝΑΙ» ή ένα «ΟΧΙ» στις παρακάτω ερωτήσεις: Στην εθύγραμμη όμαλή κίνηση ή ταχύτητα α) αύξάνεται; β) παραμένει σταθερή; γ) ελατώνεται;
4. Νά διατυπώσετε τόν νόμο τού διαστήματος για τήν εθύγραμμη όμαλή κίνηση.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα αυτοκίνητο πού κινείται στην έθνική όδο έκτελει εθύγραμμη όμαλή κίνηση. Πόσο διάστημα θά διανύσει sé 3 min, άν ή ταχύτητά του είναι 20 m/sec;
2. Ένα ποδήλατο έκτελει εθύγραμμη κίνηση μέ σταθερή ταχύτητα 5 m/sec α) Sé πόσο χρόνο τόν κινητό αυτό διανύει διάστημα 1500 m; β) Νά κατασκευάσετε τόν διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.
3. Ένα κινητό έκτελει εθύγραμμη όμαλή κίνηση καί sé χρόνο 100 sec διανύει διάστημα 1,8 km α) νά βρείτε τήν ταχύτητα του sé m/sec. β) Νά κατασκευάσετε τόν διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

5η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΥΝΑΜΗ - ΒΑΡΟΣ - ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

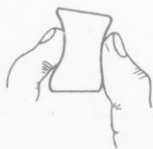
Τόν έλαστικό σώμα τού Σχ. 1 παραμορφώνεται, όταν τόν συμπίεσουμε μέ τόν χέρι μας. Λέμε τότε ότι τόν χέρι μας άσκει **δύναμη** στό σώμα.

Γιά νά κινηθεί τόν παιδικό καρτσάκι τού Σχ. 2, πρέπει ή μητέρα νά τόν σπρώξει. Λέμε πάλι ότι ή μητέρα άσκει **δύναμη** στό καρτσάκι.

Στό Σχ. 3 εικονίζονται καί άλλα παραδείγματα δυνάμεων. Άπό όλα αυτά τά παραδείγματα μπορούμε νά όρίσουμε τή δύναμη ως έξης:

Δύναμη λέγεται ή αίτία πού μπορεί νά προκαλέσει τήν παραμόρφωση τών σωμάτων ή τή μεταβολή τής κινητικής καταστάσεώς τους.

Σέ πολλές περιπτώσεις ένα σώμα άσκει δύναμη sé ένα άλλο σώμα, όταν βρίσκεται sé έπαφή μέ αυτό (Σχ. 1, 2, 3). Σέ άλλες περιπτώσεις ένα σώμα άσκει δύναμη sé ένα άλλο σώμα, μολοντί βρίσκεται μακριά από αυτό (Σχ. 4 α, β, γ).



Σχ. 1.



Σχ. 2.

Σε όλα αυτά τα παραδείγματα που αναφέραμε παρατηρούμε ότι:

Για να άσκηθεί μια δύναμη σε κάποιο σώμα, πρέπει να υπάρχει και ένα άλλο σώμα που να άσκήσει τη δύναμη αυτή με έπαφή ή από απόσταση.

II. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

Για να μετρήσουμε τη δύναμη χρησιμοποιούμε ως μονάδα το **1 κιλοπόντ (1 Kp)**. Το 1 kρ είναι η δύναμη που άσκει η γη στο πρότυπο χιλιόγραμμα, όταν αυτό βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας και σε τόπο με γεωγραφικό πλάτος 45°, π.χ. στο Παρίσι.

"Άλλες μονάδες δυνάμεως είναι οι εξής:-

$$1 \text{ πόντ (1 p)} = \frac{1}{1000} \text{ Kp} = 10^{-3} \text{ Kp}$$

$$1 \text{ τόνος δυνάμεως ή 1 μεγαπόντ (1 Mp)} = 1000 \text{ Kp} = 10^3 \text{ Kp}$$

Στο Διεθνές Σύστημα μονάδα δυνάμεως είναι το **1 Newton (1 Νιοϋτον, 1 N)**.

$$1 \text{ Kp} = 9,81 \text{ N}$$

Στο σύστημα CGS μονάδα δυνάμεως είναι η **δύνη (1 dyn)**.

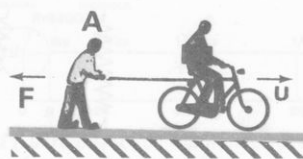
$$1 \text{ Kp} = 981000 \text{ dyn}$$

III. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

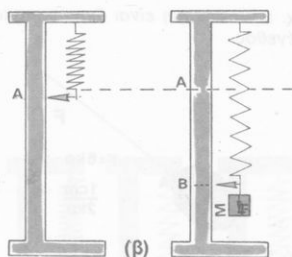
Σε ένα ελατήριο άσκούμε διαδοχικά τις δυνάμεις F_1, F_2, F_3 και F_4 (Σχ. 5). Η F_1 επιμηκύνει το ελατήριο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση, ή F_2 το επιμηκύνει κατά πλάγια διεύθυνση, ή F_3 το συσπειρώνει και ή F_4 επιμηκύνει ένα μόνο μέρος του ελατηρίου. Οι δυνάμεις αυτές μολονότι έχουν το ίδιο μέτρο (100 p), είναι **διαφορετικές**, γιατί δέν προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα στο ελατήριο.

Από το παράδειγμα αυτό καταλαβαίνουμε ότι δέν μπορούμε να προσδιορίσουμε πλήρως μία δύναμη, όταν γνωρίζουμε μόνο το μέτρο της. Για να καθορίσουμε πλήρως μία δύναμη χρειάζεται να γνωρίζουμε, εκτός από το μέτρο της, τη διεύθυνση, τη φορά και το σημείο εφαρμογής της.

Η εϋθεια γραμμή κατά την οποία ενεργεί ή δύναμη λέγεται **διεύθυνση της δυνάμεως**. Το σημείο του σώματος στο οποίο ενεργεί ή δϋ-

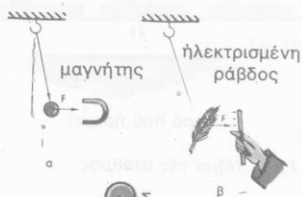


(α)



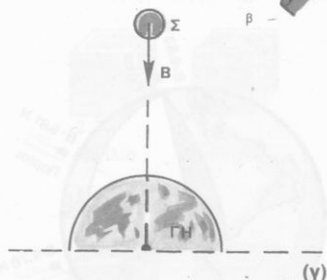
(β)

Σχ. 3. (α) Η δύναμη που άσκει τό παιδάκι Α αναγκάζει τό ποδήλατο νά κινείται πιά άργά (β). Η δύναμη που άσκει τό σώμα Σ παραμορφώνει τό έλατήριο



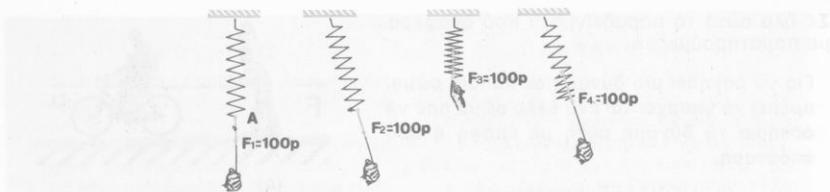
(α)

(β)

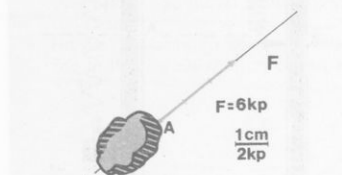


(γ)

Σχ. 4. (α) Ό μαγνήτης άσκει δύναμη στή σφαίρα από σίδηρο (β). Η ήλεκτρισμένη ράβδος άσκει δύναμη στό φτερό. (γ). Η δύναμη Β πού άσκει ή γη στό σώμα Σ αναγκάζει τό σώμα νά πέσει.



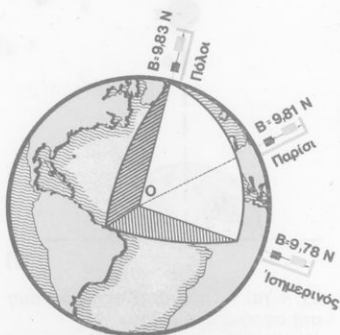
Σχ. 5. Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος



Σχ. 6.



Σχ. 7. Νήμα τής στάθμης



Σχ. 8. Τό βάρος του «προτυπου χιλιογράμμου» σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη

ναμη λέγεται σημείο εφαρμογής τής δύναμews.

Η φορά κατά τήν όποία ή δύναμη τείνει νά κινήσει τό σημείο εφαρμογής της πάνω στη διεύθυνσή της λέγεται φορά τής δύναμews. Από όλα αυτά πού αναφέραμε προκύπτει τό παρακάτω συμπέρασμα:

Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος. Τά χαρακτηριστικά στοιχεία της είναι τό σημείο εφαρμογής, ή διεύθυνση, ή φορά καί τό μέτρο της.

Γιά νά παραστήσουμε έπομένως μία δύναμη χρησιμοποιούμε ένα διάνυσμα (Σχ. 6). Τό μήκος του διανύσματος μέ κατάλληλη κλίμακα παριστάνει τό μέτρο τής δύναμews.

IV. ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Αν αφήσουμε ένα σώμα ελεύθερο σε κάποιο ύψος από τήν επιφάνεια τής γής, παρατηρούμε ότι τό σώμα πέφτει κατακόρυφα. πρός τό έδαφος. Αυτό συμβαίνει, γιατί ή γή άσκει στό σώμα μία δύναμη πού λέγεται **βάρος Β** του σώματος. Η διεύθυνση του βάρους ενός σώματος σε έναν τόπο ονομάζεται **κατακόρυφος** του τόπου καί είναι κάθετη στην επιφάνεια των ύγρων πού ήρμεούν (Σχ. 7). Τό βάρος έχει φορά από τό σώμα πρός τό κέντρο τής γής. Έπομένως:

Βάρος ενός σώματος, λέγεται ή έλκτική δύναμη πού άσκει ή γή στό σώμα αυτό. Τό βάρος έχει διεύθυνση κατακόρυφη καί φορά πρός τό κέντρο τής γής.

Οί μονάδες μετρήσεως του βάρους είναι ίδιες μέ τίς μονάδες μετρήσεως τής δύναμews, δηλ. τό 1 Κρ, τό 1 Ν κτλ.

Τό βάρος ενός σώματος αυξάνεται, όταν αυτό μεταφέρεται από τόν ισημερινό προς τούς πόλους τής γής (Σχ. 8) και ελαττώνεται, όταν αυξάνεται ή απόσταση του σώματος από τήν επιφάνεια τής γής (Σχ. 9). Σέ προηγούμενη ενότητα μάθαμε ότι ή μάζα ενός σώματος είναι πάντοτε σταθερή. Επομένως:

Τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σέ τόπο, ενώ ή μάζα του παραμένει πάντοτε σταθερή.

V. ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Στό δίσκο πού εικονίζεται στό Σχ. 10 τοποθετούμε έναν όμογενή κύβο από χαλκό πού έχει όγκο 1 cm^3 . Παρατηρούμε ότι τό ελατήριο επιμηκύνεται, εξαιτίας του βάρους του κύβου. Αντικαθιστούμε τόν κύβο αυτό μέ άλλο κύβο, από άλουμίνιο, πού έχει επίσης όγκο 1 cm^3 . Παρατηρούμε ότι ή επιμήκυνση του ελατηρίου είναι τώρα μικρότερη από πρίν. Από τό πείραμα αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό 1 cm^3 χαλκού έχει μεγαλύτερο βάρος από τό 1 cm^3 άλουμινίου. Για νά προσδιορίζουμε τό βάρος του 1 cm^3 των διαφόρων υλικών, εισάγουμε ένα καινούριο φυσικό μέγεθος, τό ειδικό βάρος ϵ , πού ορίζεται ως εξής:

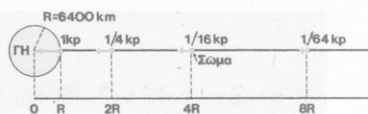
Ειδικό βάρος του υλικού ενός σώματος ονομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο του βάρους του σώματος διά του όγκου του.

$$\text{ειδικό βάρος} = \frac{\text{βάρος}}{\text{όγκος}} \quad \epsilon = \frac{B}{V}$$

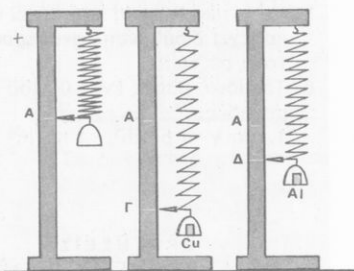
Ό όγκος κάθε κύβου του Σχ. 11 είναι 1 cm^3 . Τό βάρος κάθε κύβου σέ p ισοῦται αριθμητικά μέ τό ειδικό βάρος του αντίστοιχου υλικού.

Τό ειδικό βάρος, όπως και ή πυκνότητα, δέ χαρακτηρίζει τά διάφορα σώματα, αλλά τό υλικό από τό οποίο αποτελούνται.

Οι μονάδες του ειδικού βάρους προκύπτουν από τόν τύπο $\epsilon = B/V$. Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα ειδικού βάρους είναι τό **1 Newton κατά κυβικό μέτρο (1 N/m^3)**. Άλλες μονάδες ειδικού βάρους είναι τό **1 πόντ κατά κυβικό εκατοστόμετρο (1 p/cm^3)** και τό **1 κιλοπόντ κατά κυβικό μέτρο (1 Kp/m^3)**.



Σχ. 9. Τό βάρος του «προτύπου χιλιόγραμμου» σέ διάφορα ύψη



Σχ. 10.



2.7 p
άργιλο



7.8 p
σίδηρος



11.3 p
μόλυβδος



19.3 p
χρυσός

Σχ. 11.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Δύναμη είναι ή αιτία που παραμορφώνει τά σώματα ή μεταβάλλει τήν κινητική τους κατάσταση.
2. Στη φύση μπορούμε νά διακρίνουμε δυνάμεις που άσκούνται μέ έπαφή ή από άπόσταση. 'Η δύναμη που ένεργεί σέ ένα σώμα άσκειται πάντοτε από κάποιον άλλο σώμα.
3. Οί μονάδες μετρήσεως τής δυνάμεως είναι οί έξής:
1 Kr, 1 p, 1 Mp, 1N και 1 dyn.
4. 'Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος. Για τόν προσδιορισμό της μās χρειάζονται, εκτός από τό μέτρο της, ή διεύθυνση, ή φορά και τό σημείο εφαρμογής της.
5. 'Η έλκτική δύναμη που άσκει ή γή σέ κάθε σώμα λέγεται βάρος του σώματος και έχει διεύθυνση κατακόρυφη. Τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σέ τόπο.
6. Τό ειδικό βάρος ενός ύλικού όρίζεται από τή σχέση $\epsilon = B/V$ και έχει τīs έξής μονάδες:
1 N/m³, 1 p/cm³, 1 Kr/m³ κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά είναι τά άποτελέσματα τής δυνάμεως και ποιά είναι τά χαρακτηριστικά στοιχεία της;
2. Τί γνωρίζετε για τά χαρακτηριστικά στοιχεία του βάρους και για τīs μεταβολές του;
3. Ποιά από τīs παρακάτω προτάσεις είναι όρθή και γιατί;
α) Τό ειδικό βάρος ενός θρανίου είναι 0,8 p/cm³
β) Τό ειδικό βάρος του ξύλου ενός θρανίου είναι 0,8 p/cm³
γ) Τό ειδικό βάρος του ξύλου ενός θρανίου είναι 0,8 p
4. Ποιά κοινά στοιχεία και ποιές διαφορές έχουν οί παρακάτω δυνάμεις που εικονίζονται στο Σχ. 5.
α) F₁ και F₃, β) F₂ και F₄;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά παρστήσετε μέ διανύσματα και μέ κλίμακα 2Kr/1cm τīs παρακάτω δυνάμεις που έχουν κοινό σημείο εφαρμογής:
α. Μία όριζόντια δύναμη που έχει μέτρο 4 Kr και φορά από δεξιά πρός τά άριστερά. β. Ένα βάρος που έχει μέτρο 5 Kr και γ. Μία πλάγια δύναμη που έχει μέτρο 6 Kr φορά από κάτω πρός τά πάνω και σχηματίζει γωνία 30° μέ τήν όριζόντια διεύθυνση.
2. Τό βάρος ενός άνθρώπου είναι 75 Kr. Νά βρείτε τό βάρος του άνθρώπου αυτού σέ N και σέ dyn.
3. Ένα όμογενές σώμα άποτελείται από σίδηρο και έχει βάρος 15,6 Kr. Νά βρείτε τόν όγκο του σώματος αυτού, άν τό ειδικό βάρος του σιδήρου είναι 7,8 p/cm³.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ-ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΑ

I. ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στό Σχ. 1 εικονίζεται ένα ελατήριο που έχει στο κάτω άκρο του ένα δείκτη Δ, για να μπορούμε να βρούμε εύκολα το μήκος του ελατηρίου με τη βοήθεια ενός αριθμημένου κανόνα. Τοποθετούμε στο άκρο του ελατηρίου ένα σώμα που έχει βάρος π.χ. 50ρ και παρατηρούμε ότι το ελατήριο επιμηκύνεται (παραμορφώνεται), εξαιτίας του βάρους του σώματος. Αφαιρούμε ύστερα το σώμα και παρατηρούμε ότι το ελατήριο αποκτά το αρχικό του μήκος (ο δείκτης Δ επανέρχεται στην αρχική του θέση). Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η επιμήκυνση (παραμόρφωση), που έπαθε το ελατήριο με την επίδραση του βάρους του σώματος, ήταν **ελαστική**.

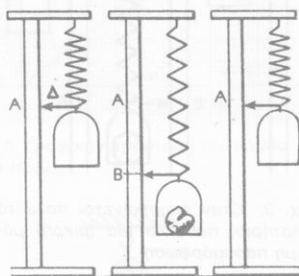
Τά σώματα που παθαίνουν ελαστικές παραμορφώσεις λέγονται **ελαστικά**.

Ελαστικά σώματα είναι εκείνα που αποτελούνται από χάλυβα, έλεφαντόδοντο, καουτσούκ κτλ. Έχει όμως αποδειχθεί ότι τα περισσότερα σώματα παρουσιάζουν κάποια ελαστικότητα, όταν παθαίνουν μικρές παραμορφώσεις.

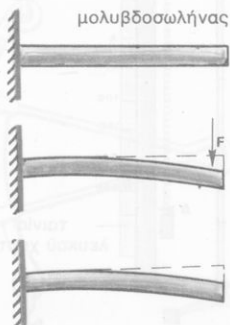
II. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Αν στο ελεύθερο άκρο του μολυβδοσωλήνα, που εικονίζεται στο Σχ. 2 ενεργήσει μία δύναμη, θά παρατηρήσουμε ότι ο μολυβδοσωλήνας κάμπτεται (παραμορφώνεται). Αν στη συνέχεια πάψει να ενεργεί η δύναμη αυτή, θά παρατηρήσουμε ότι ο μολυβδοσωλήνας δεν αποκτά το αρχικό του σχήμα, αλλά εξακολουθεί να είναι παραμορφωμένος. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η κάμψη (παραμόρφωση), που έπαθε ο σωλήνας με την επίδραση της δυνάμεως F ήταν **μόνιμη ή πλαστική**.

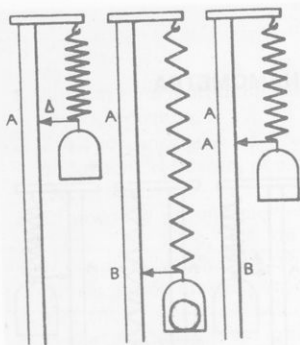
Τά σώματα που παθαίνουν πλαστικές παραμορφώσεις λέγονται **πλαστικά**. Πλαστικά σώματα είναι ο μολύβδος, ο κασσίτερος, η πλαστελίνη, τό κερί, ή μαστίχα (τσίχλα), ο στόκος κτλ.



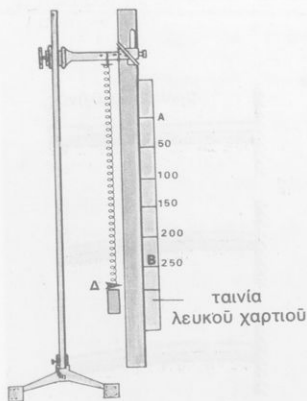
Σχ. 1. Έλαστική παραμόρφωση



Σχ. 2. Πλαστική παραμόρφωση



Σχ. 3. "Όταν επιμηκύνεται πολύ το έλατήριο, παθαίνει μία (μικρή) μόνιμη παραμόρφωση"



Σχ. 4.

III. ΟΡΙΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΕΩΣ

Στό πείραμα του Σχ. 1 είδαμε ότι το έλατήριο παθαίνει ελαστική παραμόρφωση. Έπαναλαμβάνουμε το ίδιο πείραμα πολλές φορές χρησιμοποιώντας διαδοχικά όλο και βαρύτερα σώματα (100 ρ, 150 ρ...) και διαπιστώνουμε ότι το έλατήριο εξακολουθεί να παθαίνει ελαστικές παραμορφώσεις. Όταν όμως το βάρος του σώματος που παραμορφώνει το έλατήριο γίνει σχετικά μεγάλο π.χ. 800 ρ, θα παρατηρήσουμε ότι το έλατήριο αποκτά μία μικρή μόνιμη παραμόρφωση (Σχ. 3). Τότε λέμε ότι περάσαμε το **όριο ελαστικότητας** του έλατηρίου.

Έπαναλαμβάνουμε το πείραμα του Σχ. 3 χρησιμοποιώντας σώματα βαρύτερα από 800 ρ και διαπιστώνουμε τις μόνιμες παραμορφώσεις του έλατηρίου. Όταν όμως το βάρος του σώματος που παραμορφώνει το έλατήριο γίνει σχετικά πολύ μεγάλο, π.χ. 10 κρ, θα παρατηρήσουμε ότι το έλατήριο σπάζει. Τότε λέμε ότι περάσαμε το **όριο θραύσεως** του έλατηρίου.

Τά σώματα που αποτελούνται από κοινό χάλυβα, όρειχαλκο, σίδηρο, νάυλον κτλ. έχουν μεγάλο όριο θραύσεως και γι' αυτό τά χρησιμοποιούμε στις διάφορες μηχανικές κατασκευές. Οί τεχνικοί που κατασκευάζουν σπίατα, γέφυρες, συρματόσκοινα γερανών ή ανελκυστήρων κτλ. φροντίζουν ή αίτία που παραμορφώνει τά σώματα τών κατασκευών αυτών νά είναι πολύ μικρότερη από τό όριο θραύσεώς τους.

IV. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΗΟΟΚΕ (ΧΟΥΚ)

Στό άκρο του έλατηρίου (Σχ. 4) τοποθετούμε διαδοχικά διάφορα σώματα που έχουν γνωστά και σχετικά μικρά βάρη, ώστε οί επιμηκύνσεις του έλατηρίου νά είναι ελαστικές. Μέ τή βοήθεια του δείκτη Δ και ενός κανόνα μετράμε τίς αντίστοιχες επιμηκύνσεις του έλατηρίου. Τά αποτελέσματα τών μετρήσεων αυτών περιέχονται στον παρακάτω πίνακα.

Βάρος σε ρ	0	50	100	150	200	250
Επιμήκυνση σε cm	0	4	8	12	16	20

Μέ τις τιμές του πίνακα αυτού κατασκευάζουμε το διάγραμμα ΟΕ του Σχ. 5. Από τις τιμές του πίνακα προκύπτει ότι οι ελαστικές επιμηκύνσεις του ελατηρίου είναι άναλογες με τις δυνάμεις που τις προκαλούν. Αποδεικνύεται πειραματικά ότι τό ίδιο συμπέρασμα ισχύει γιά όλες τις ελαστικές παραμορφώσεις.

Έτσι καταλήγουμε στό νόμο των ελαστικών παραμορφώσεων ή νόμο του ΗΟΟΚΕ πού λέει ότι:

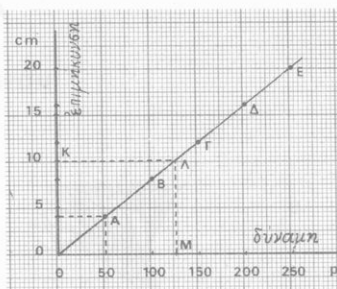
οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις αιτίες πού τις προκαλούν.

V. ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΑ

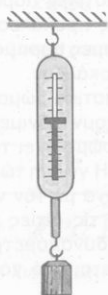
Μέ τό ελατήριο πού εικονίζεται στό Σχ. 4 καί τό διάγραμμα ΟΕ (Σχ. 5) μπορούμε νά βρούμε τό βάρος ενός σώματος μέ τόν ακόλουθο τρόπο. Τοποθετούμε τό σώμα αυτό στό άκρο του ελατηρίου καί βρίσκουμε ότι προκαλεί σ' αυτό επιμήκυνση π.χ. 10 cm. Από τό διάγραμμα ΟΕ φαίνεται ότι ή δύναμη πού αντιστοιχεί σέ επιμήκυνση 10 cm είναι 125 p. Άρα τό βάρος του σώματος είναι 125 p.

Είναι φανερό ότι αυτός ό τρόπος μετρήσεως του βάρους είναι πολύπλοκος. Γιά νά κάνουμε τή διαδικασία τής μετρήσεως άπλή καί εύκολη, **βαθμολογούμε** τό ελατήριο ως εξής: Κολλάμε πάνω στόν κανόνα (Σχ. 4) μία ταινία λευκού χαρτιού. Πάνω στό χαρτί καί στό σημείο Α, πού αντιστοιχεί στην άρχική θέση του δείκτη Δ, γράφουμε τήν ένδειξη μηδέν. Τοποθετούμε στό άκρο του ελατηρίου ένα σώμα πού έχει βάρος π.χ. 250 p καί στό σημείο Β, πού αντιστοιχεί στην τελική θέση του δείκτη, γράφουμε τήν ένδειξη 250. Χωρίζουμε τήν απόσταση ΑΒ σέ πέντε ίσα μέρη καί στις ύποδιαίρέσεις γράφουμε τις ένδείξεις 50, 100, 150, 200.

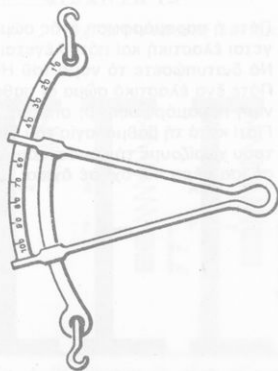
Ή μέτρηση του βάρους ενός σώματος μέ τό βαθμολογημένο ελατήριο γίνεται μέ τόν ακόλουθο τρόπο. Τοποθετούμε τό σώμα στό άκρο του ελατηρίου καί διαβάζουμε τήν ένδειξη πού δείχνει ό δείκτης. Ή ένδειξη αυτή φανερώνει άπευθείας τό βάρος του σώματος. Τό βαθμολογημένο σπειροειδές ελατήριο, μέ τό όποίο μετράμε άπευθείας τις δυνάμεις γενικά, λέγεται **δυναμόμετρο μέ ελατήριο (κανταράκι)** (Σχ. 6). Έκτός από αυτό υπάρχουν καί άλλα δυναμόμε-



Σχ. 5. Γραφική παράσταση του νόμου του Ηooke



Σχ. 6. Δυναμόμετρο μέ σπειροειδές ελατήριο. (κανταράκι)



Σχ. 7. Δυναμόμετρο μέ ελάσματα

τρα από χαλύβδινα ελάσματα (Σχ. 7) που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση μεγάλων δυνάμεων. Η λειτουργία όλων των δυναμομέτρων στηρίζεται στο νόμο του HOOKE. Έπομένως:

Τά δυναμόμετρα είναι όργανα με τά οποία μετράμε τις δυνάμεις από τις ελαστικές παραμορφώσεις που προκαλούν σε ένα στερεό σώμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί ελαστικές παραμορφώσεις εξαφανίζονται, όταν πάψει νά ενεργεί ή αίτια πού τις προκάλεσε.
Οί μόνιμες παραμορφώσεις διατηρούνται καί όταν πάψει νά επιδρά ή αίτια πού τις προκάλεσε.
2. Τά ελαστικά σώματα παθαίνουν ελαστικές παραμορφώσεις, ενώ τά πλαστικά παθαίνουν μόνιμες παραμορφώσεις.
3. Κάθε σώμα έχει τό δικό του όριο ελαστικότητας καί τό δικό του όριο θραύσεως. Η γνώση των ορίων αυτών είναι απαραίτητη στίς διάφορες κατασκευές.
4. Σύμφωνα μέ τόν νόμο του Hooke, οί ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες μέ τις αίτιες πού τις προκαλούν.
5. Μέ τά δυναμόμετρα μετράμε τις δυνάμεις. Η λειτουργία των δυναμομέτρων στηρίζεται στό νόμο του Hooke.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ή παραμόρφωση ενός σώματος λέγεται ελαστική καί πότε λέγεται μόνιμη;
2. Νά διατυπώσετε τό νόμο του HOOKE.
3. Πότε ένα ελαστικό σώμα α) παθαίνει μόνιμη παραμόρφωση; β) σπάζει;
4. Γιατί κατά τη βαθμολογία του δυναμομέτρου χωρίζουμε την απόσταση AB (Σχ. 4) σε ίσα μέρη καί όχι σε άνιασα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ό παρακάτω πίνακας περιέχει τις ελαστικές επιμήκυνσεις ενός ελατηρίου καί τά αντίστοιχα βάρη πού τις προκαλούν.

βάρος σε ρ	50	100	300	500
επιμήκυνση σε mm	20	40	120	200

- α) Νά παραστήσετε γραφικά τό νόμο του HOOKE για τό ελατήριο αυτό.
- β) Μέ τη βοήθεια του διαγράμματος πού θά κατασκευάσετε, νά βρείτε τό βάρος ενός σώματος πού προκαλεί στό ελατήριο αυτό επιμήκυνση 90 mm.
- γ) Μέ τη βοήθεια του ίδιου διαγράμματος, νά βρείτε πόση επιμήκυνση προκαλεί στό ελατήριο αυτό ένα σώμα πού έχει βάρος 370ρ.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

I. ΟΡΙΣΜΟΙ

Οι δυνάμεις που ασκούν οι ξυλοκόποι στο δέντρο του Σχ. 1 έχουν ως διευθύνσεις τις ευθείες των δύο νημάτων, που τέμνονται σε κάποιο σημείο O . Τέτοιες δυνάμεις, που οι φορείς τους τέμνονται σε ένα σημείο λέγονται **συντρέχουσες**.

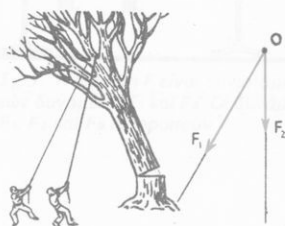
Οι δυνάμεις που ασκούν τα παιδιά στο δακτύλιο του Σχ. 2 έχουν κοινή διεύθυνση, που συμπίπτει με τη διεύθυνση του νήματος. Οι δυνάμεις αυτές λέγονται **συγγραμμικές**.

Ειδικά δύο συγγραμμικές δυνάμεις που έχουν ίσα μέτρα και αντίθετη φορά λέγονται **αντίθετες** δυνάμεις (Σχ. 3).

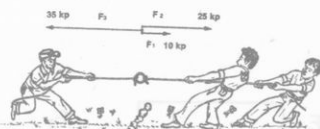
II. ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Τοποθετούμε στο άκρο του ελατηρίου (Σχ. 4) δύο σώματα που έχουν αντίστοιχα βάρος $B_1 = 50$ ρ και $B_2 = 100$ ρ και μετράμε την επιμήκυνση που παθαίνει τό ελατήριο. Ύστερα αντικαθιστούμε τα δύο σώματα με ένα σώμα που έχει βάρος $B_3 = 150$ ρ. Μετράμε τη νέα επιμήκυνση του ελατηρίου και βρίσκουμε ότι είναι ίση με την προηγούμενη. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι η δύναμη B_3 προκαλεί στο ελατήριο τό ίδιο αποτέλεσμα, με εκείνο που προκαλούν και οι δύο δυνάμεις B_1 και B_2 μαζί. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η δύναμη B_3 μπορεί να αντικαταστήσει τις δυνάμεις B_1 και B_2 . Η αντικατάσταση δύο ή περισσότερων δυνάμεων από μία άλλη δύναμη, που προκαλεί τό ίδιο αποτέλεσμα με τις προηγούμενες δυνάμεις, λέγεται **σύνθεση** των δυνάμεων. Οι δυνάμεις B_1 και B_2 που αντικαθίστανται λέγονται **συνιστώσες** και η δύναμη B_3 που τις αντικαθιστά λέγεται **συνισταμένη** των δυνάμεων αυτών. Επομένως:

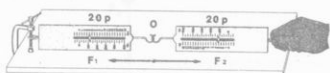
Συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων λέγεται η δύναμη που προκαλεί τό ίδιο αποτέλεσμα, με εκείνο που προκαλούν οι δύο ή περισσότερες δυνάμεις μαζί.



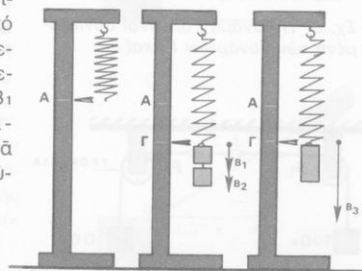
Σχ. 1. Συντρέχουσες δυνάμεις



Σχ. 2. Συγγραμμικές δυνάμεις



Σχ. 3. Αντίθετες δυνάμεις

Σχ. 4. Η δύναμη B_3 είναι συνισταμένη των δυνάμεων B_1 και B_2

III. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΦΟΡΑ

Οι δυνάμεις $B_1 = 50 \rho$ και $B_2 = 100 \rho$ που αναφέρονται στο προηγούμενο πείραμα (Σχ. 4) είναι συγγραμμικές και έχουν την ίδια φορά. Παρατηρούμε ότι η συνισταμένη τους ($B_3 = 150 \rho$) έχει την ίδια διεύθυνση, την ίδια φορά με τις συνιστώσες και μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων των συνιστωσών ($150 \rho = 50 \rho + 100 \rho$). Γενικά, αν F_1 και F_2 είναι οι συνιστώσες, η συνισταμένη τους $F_{ολ}$ δίνεται από τη σχέση

$$F_{ολ} = F_1 + F_2$$

IV. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΣΥΓΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΜΕ ΑΝΤΙΘΕΤΗ ΦΟΡΑ

Τό βαγόνι του Σχ. 5 έλκεται προς τα αριστερά με δύναμη $F_1 = 10 \text{ κρ}$ και προς τα δεξιά με δύναμη $F_2 = 30 \text{ κρ}$. Οι δυνάμεις αυτές είναι συγγραμμικές, αλλά έχουν αντίθετη φορά. Τό βαγόνι με την επίδραση των δυνάμεων αυτών κινείται οριζοντιώς και προς τα δεξιά. Αποδεικνύεται ότι τό βαγόνι θά κάνει την ίδια κίνηση, όταν αντικαταστήσουμε τις δυνάμεις F_1 και F_2 με τη δύναμη $F_{ολ}$, που είναι συγγραμμική με τις F_1 και F_2 , έχει ως φορά τη φορά της μεγαλύτερης (F_2) και μέτρο $F_{ολ} = 30 \text{ κρ} - 10 \text{ κρ} = 20 \text{ κρ}$. Η δύναμη, λοιπόν, $F_{ολ}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 και γενικά δίνεται από τη σχέση

$$F_{ολ} = F_2 - F_1$$

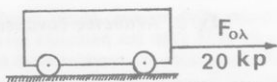
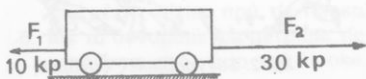
V. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΔΥΟ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Ο μικρός δακτύλιος Δ (Σχ. 6) δέν κινείται, δηλ. ισορροπεί. Στο δακτύλιο αυτό ασκούνται οι δυνάμεις $F_1 = 100 \rho$ και $F_2 = 100 \rho$. Οι δυνάμεις αυτές είναι αντίθετες και έχουν συνισταμένη $F_{ολ} = F_2 - F_1 = 0$. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οι δυνάμεις F_1 και F_2 ισορροπούν. Επομένως:

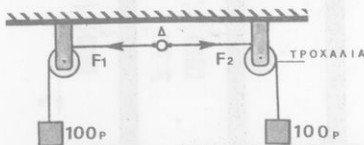
Δύο δυνάμεις που ασκούνται σε ένα υλικό σημείο ισορροπούν όταν είναι αντίθετες, γιατί τότε η συνισταμένη τους είναι μηδέν.

VI. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΣΥΝΤΡΕΧΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΓΩΝΙΑ

Ο μικρός δακτύλιος Δ (Σχ. 7) ισορροπεί με την επίδραση των δυνάμεων $F_1 = 200 \rho$,



Σχ. 5. Η δύναμη $F_{ολ}$ είναι συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2



Σχ. 6. Ισορροπία δύο αντίθετων δυνάμεων

$F_2 = 150 \rho$ και $F_3 = 250 \rho$. Οι δυνάμεις F_1 και F_2 μαζί έχουν ως αποτέλεσμα να ισορροπούν τη δύναμη F_3 . Αν αντικαταστήσουμε τις δυνάμεις F_1 και F_2 με μία δύναμη F αντίθετη με την F_3 ($F = 250 \rho$), ο δακτύλιος θα συνεχίσει να ισορροπεί, γιατί θα ενεργούν πάνω του δύο αντίθετες δυνάμεις. Η δύναμη F , λοιπόν, φέρνει το ίδιο αποτέλεσμα με τις F_1 και F_2 (ισορροπεί τη F_3), άρα είναι η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 .

Τοποθετούμε ένα κατακόρυφο χαρτόνι πίσω από τα νήματα της πειραματικής διατάξεως (Σχ. 7). Πάνω στο χαρτόνι σχεδιάζουμε τις διευθύνσεις των τριών νημάτων, δηλ. τις διευθύνσεις των δυνάμεων F_1 , F_2 , και F_3 . Πάνω στις διευθύνσεις αυτές σχεδιάζουμε τα διανύσματα των δυνάμεων F_1 , F_2 και F_3 με την ίδια κλίμακα π.χ. $\frac{50 \rho}{1 \text{ cm}}$. Κατασκευάζουμε το παραλληλό-

γραμμο πού έχει πλευρές τα διανύσματα F_1 και F_2 και φέρουμε το διαγώνιο διάνυσμα OA . Παρατηρούμε ότι το διάνυσμα OA είναι αντίθετο με το διάνυσμα F_3 και από αυτό καταλαβαίνουμε ότι το διάνυσμα OA παριστάνει τη δύναμη F , δηλ. τη συνισταμένη των F_1 και F_2 . Έπομένως:

Η συνισταμένη δύο δυνάμεων, πού έχουν το ίδιο σημείο εφαρμογής και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία, δίνεται από το διαγώνιο διάνυσμα του παραλληλογράμμου πού έχει πλευρές τα διανύσματα των δυνάμεων αυτών.

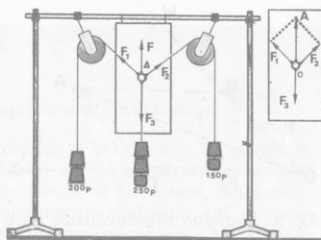
Όταν οι διευθύνσεις των δύο δυνάμεων είναι κάθετες μεταξύ τους (Σχ. 8), το μέτρο της συνισταμένης τους βρίσκεται εύκολα με το Πυθαγόρειο θεώρημα και δίνεται από τη σχέση

$$F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2 \implies F_{ολ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

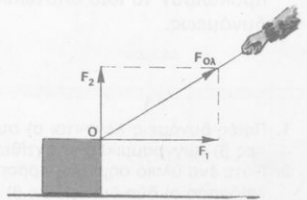
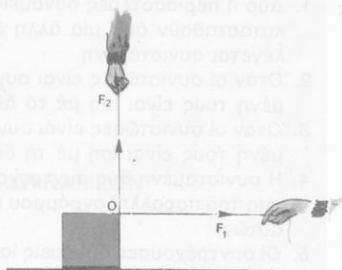
VII. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΡΙΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Οι δυνάμεις F_1 , F_2 , και F_3 (Σχ. 7) ισορροπούν. Είδαμε ότι οι διευθύνσεις των δυνάμεων αυτών βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο (πάνω στο κατακόρυφο χαρτόνι) και η συνισταμένη F των δύο (της F_1 και της F_2) είναι αντίθετη με την τρίτη δύναμη. Έπομένως:

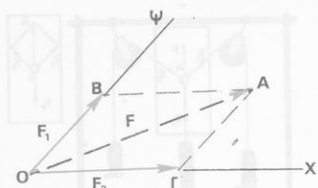
Τρεις δυνάμεις πού άσκούνται σε ένα υλικό σημείο ισορροπούν, όταν η συνισταμένη των



Σχ. 7. Η δύναμη F είναι συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 . Οι δυνάμεις F_1 , F_2 και F_3 ισορροπούν



Σχ. 8. $F_{ολ} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$



Σχ. 9. Ανάλυση της δυνάμεως F σε δύο συνιστώσες F_1 και F_2

δύο δυνάμεων είναι αντίθετη με την τρίτη δύναμη.

VIII. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ ΣΕ ΔΥΟ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ

Είδαμε ότι μπορούμε να αντικαταστήσουμε τις δυνάμεις F_1 και F_2 (Σχ. 7) με τη δύναμη F . Μπορούμε όμως να κάνουμε και το αντίστροφο, δηλ. να αντικαταστήσουμε την F με τις δυνάμεις F_1 και F_2 χωρίς να μεταβληθεί το αποτέλεσμα. Η αντικατάσταση αυτή λέγεται *ανάλυση* της δυνάμεως F σε δύο συνιστώσες F_1 και F_2 .

Για να αναλύσουμε μία δύναμη F σε δύο συνιστώσες που έχουν ως διευθύνσεις τους άξονες OX και $OΨ$ (Σχ. 9), φέρουμε από το άκρο A του διανύσματος F εύθειες παράλληλες προς τους άξονες OX και $OΨ$. Σχηματίζεται έτσι ένα παραλληλόγραμμο, που τα διανύσματα των πλευρών του OB και OG παριστάνουν τις συνιστώσες F_1 και F_2 στις οποίες αναλύεται η F .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

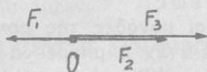
1. Δύο ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα μπορούν να αντικατασταθούν από μία άλλη δύναμη, που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα και λέγεται *συνισταμένη*.
2. Όταν οι συνιστώσες είναι συγγραμμικές και έχουν την ίδια φορά, η συνισταμένη τους είναι ίση με το άθροισμα των συνιστωσών $F_{ολ} = F_1 + F_2$.
3. Όταν οι συνιστώσες είναι συγγραμμικές και έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη τους είναι ίση με τη διαφορά των συνιστωσών $F_{ολ} = F_2 - F_1$.
4. Η συνισταμένη δύο συντρεχουσών δυνάμεων δίνεται από το διαγώνιο διάνυσμα του παραλληλογράμμου που έχει πλευρές τα διανύσματα των δυνάμεων αυτών.
5. Οι συντρεχουσες δυνάμεις ισορροπούν, όταν η συνισταμένη τους είναι ίση με το μηδέν.
6. Μπορούμε να αντικαταστήσουμε μία δύναμη με δύο άλλες δυνάμεις που προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα. Η αντικατάσταση αυτή λέγεται *ανάλυση* της δυνάμεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές δυνάμεις λέγονται α) συντρεχουσες β) συγγραμμικές γ) αντίθετες;
2. Πότε ένα υλικό σημείο ισορροπεί με την επίδραση α) δύο δυνάμεων; β) τριών δυνάμεων;
3. Τι θα κάνουμε για να βρούμε τη συνισταμένη τριών συντρεχουσών δυνάμεων που έχουν διαφορετικές διευθύνσεις;
4. Τι ονομάζουμε συνισταμένη πολλών δυνάμεων;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά βρείτε τή συνισταμένη τών δυνάμεων $F_1 = 10\text{kp}$, $F_2 = 15\text{kp}$, καί $F_3 = 21\text{kp}$ τοῦ σχήματος καί νά τή σχεδιάσετε μέ κλίμακα τῆς προτιμήσεώς σας.



2. Οἱ δυνάμεις $F_1 = 3\text{N}$ καί $F_2 = 4\text{N}$ εἶναι συντρέχουσες καί κάθετες μεταξύ τους. Νά σχεδιάσετε τίς δυνάμεις αὐτές μέ κλίμακα τῆς προτιμήσεώς σας καί νά βρείτε τή συνισταμένη τους α) ὑπολογιστικά (μέ τή βοήθεια τύπου) καί β) γραφικά (μέ τή βοήθεια τῆς κλίμακας).

3. Χρησιμοποιώντας τήν κλίμακα $\frac{10\text{Kp}}{1\text{cm}}$ νά σχεδιάσετε μία δύναμη 50kp πού ἡ διεύθυνσή της νά σχηματίζει γωνία 30° μέ τήν ὀριζόντια διεύθυνση. Νά βρείτε τίς συνιστώσες, ὀριζόντια καί κατακόρυφη, στίς ὁποῖες μπορεῖ νά ἀναλυθεῖ αὐτή ἡ δύναμη.
4. Τό σῶμα Σ πού εἰκονίζεται στό σχήμα ἔχει βάρος 2kp . Νά σχεδιάσετε τίς δυνάμεις πού ἐνεργοῦν στό σῶμα αὐτό καί νά βρείτε τά μέτρα τους.

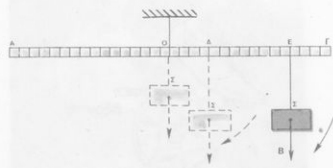


8η ΕΝΟΤΗΤΑ

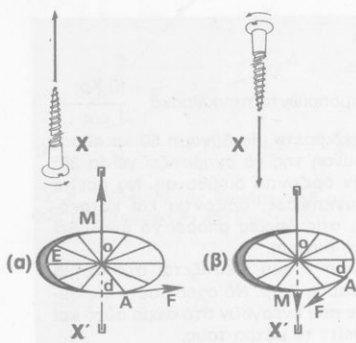
ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ-ΖΕΥΓΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

I. ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Πείραμα. Μία ράβδος ΑΓ (Σχ. 1) ἰσορροπεῖ ὀριζόντιως καί μπορεῖ νά στρέφεται γύρω ἀπό τόν ὀριζόντιο ἀξονα O πού περνάει ἀπό τό μέσο της. Ὄταν ἀπό τό σημεῖο E τῆς ράβδου κρεμάσουμε ἕνα σῶμα Σ , ἡ ράβδος στρέφεται εὐκόλα. Ὄταν μεταφέρουμε τό σῶμα αὐτό στό σημεῖο Δ , ἡ ράβδος στρέφεται πιά δύσκολα ἀπό πρῖν καί ὅταν μεταφέρουμε τό ἴδιο σῶμα στό σημεῖο O , ἡ ράβδος δέ στρέφεται. Στίς τρεῖς αὐτές περιπτώσεις ἀσκειται στό ράβδο ἡ ἴδια δύναμη, δηλ. τό βάρος τοῦ σώματος Σ . Ἀπό τό πείραμα αὐτό καταλαβαίνουμε ὅτι ἡ περι-



Σχ. 1.



Σχ. 2. Ροπή δύναμης ως προς άξονα

στροφή ενός σώματος γύρω από έναν άξονα δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται στο σώμα, αλλά και από την απόσταση της δύναμης από τον άξονα περιστροφής του σώματος. Έπειδή λοιπόν η γνώση της δύναμης δεν αρκεί για να μελετήσουμε την περιστροφή, εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, που λέγεται ροπή δύναμης.

β. Έννοια και μονάδες της ροπής δύναμης. Ο τροχός E (Σχ. 2) μπορεί να στρέφεται γύρω από τον άξονα X'X που είναι κάθετος προς το επίπεδο του. Η δύναμη F που ενεργεί στο σημείο A βρίσκεται στο επίπεδο του τροχού και είναι κάθετη στον άξονα X'X. Στην περίπτωση αυτή η ροπή της δύναμης F ως προς τον άξονα X'X ορίζεται ως εξής:

Ροπή δύναμης M ως προς άξονα περιστροφής λέγεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το γινόμενο της δύναμης F, επί την απόσταση d της δύναμης από τον άξονα περιστροφής.

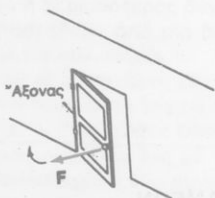
$$M = F \cdot d$$

Από την εξίσωση $M = F \cdot d$ προκύπτει ότι η μονάδα της ροπής στο Διεθνές Σύστημα είναι 1N.m. Άλλη μονάδα της ροπής είναι το 1 Kp.m κτλ.

Κατά σύμβαση η ροπή δύναμης χαρακτηρίζεται ως θετική, όταν η δύναμη τείνει να περιστρέψει το σώμα κατά φορά αντίθετη με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού (Σχ. 2a). Στην αντίθετη περίπτωση η ροπή δύναμης χαρακτηρίζεται ως αρνητική (Σχ. 2β).

Η ροπή δύναμης είναι διανυσματικό μέγεθος. Η διεύθυνση του διανύσματος της ροπής συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής. Η φορά του διανύσματος της ροπής συμπίπτει με τη φορά κατά την οποία προχωρεί δεξιόστροφος κοχλίας (βίδα), όταν αυτός στρέφεται κατά τη φορά που τείνει να περιστρέψει ή δύναμη το σώμα (Σχ. 2a και 2β).

γ. Αποτέλεσμα της ροπής δύναμης. Τώρα που γνωρίζουμε τη ροπή δύναμης μπορούμε να εξηγήσουμε το αρχικό πείραμα (Σχ. 1). Όταν το σώμα Σ βρίσκεται στο σημείο O, η ροπή του βάρους του B ως προς τον άξονα O είναι $M = B \cdot 0 = 0$ και εξαιτίας αυτού δε στρέφεται ή ράβδος. Όταν το σώμα βρίσκεται στο σημείο



Σχ. 3.



Σχ. 4.

Δ ή ροπή του βάρους του είναι $M = B \cdot (ΟΔ) \neq 0$ και εξαιτίας αυτού στρέφεται ή ράβδος. Άρα:

Η ροπή δυνάμεως είναι ή αιτία πού θέτει τά σώματα σέ περιστροφή.

Η πόρτα (Σχ. 3) και ό τροχός του ποδηλάτου (Σχ. 4) στρέφονται γιατί άσκειται στα σώματα αυτά ροπή δυνάμεως.

II. ΖΕΥΓΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

α Έννοια του ζεύγους. Όταν στρέφουμε τόν έκπωματιστή (Σχ. 5), άσκούμε σ' αυτόν μέ τό χέρι μας δύο παράλληλες δυνάμεις πού έχουν τό ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά. Τό σύστημα τών δύο αυτών δυνάμεων λέγεται ζεύγος δυνάμεων. Άρα:

Ζεύγος δυνάμεων λέγεται τό σύστημα δύο παράλληλων δυνάμεων πού έχουν τό ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά.

β. Ροπή του ζεύγους. Τό επίπεδο πού όρίζουν οι δύο δυνάμεις του ζεύγους λέγεται **επίπεδο του ζεύγους**.

Η απόσταση μεταξύ τών διευθύνσεων τών δυνάμεων του ζεύγους λέγεται **μοχλοβραχίονας** του ζεύγους.

Ροπή του ζεύγους M λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό γινόμενο τής μιάς δυνάμεως του ζεύγους επί τό μοχλοβραχίονα d αυτού.

$$M = F \cdot d$$

Η ροπή του ζεύγους είναι διανυσματικό μέγεθος και ή διεύθυνση του διανυσματός της είναι κάθετη στο επίπεδο του ζεύγους. Η φορά του διανύσματος τής ροπής του ζεύγους βρίσκεται μέ τό δεξιόστροφο κοχλία, όπως αναφέραμε στη ροπή δυνάμεως (Σχ. 6α και 6β).

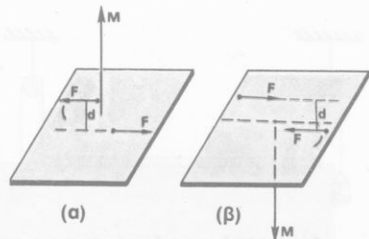
γ. Αποτέλεσμα του ζεύγους. Όταν σέ ένα σώμα άσκειται ζεύγος δυνάμεων, τό σώμα περιστρέφεται γύρω από άξονα πού είναι κάθετος στο επίπεδο του ζεύγους. Τό τιμόνι του αυτοκινήτου (Σχ. 7), ό κοχλιάς (βίδα) και πολλά άλλα σώματα στρέφονται μέ τήν επίδραση ζεύγους δυνάμεων.

III. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ (ΑΛΛΗΛΟΕΞΟΥΔΑΤΕΡΩΣΗ) ΡΟΠΩΝ

Η ράβδος πού εικονίζεται στο Σχ. 8, ίσορρο-



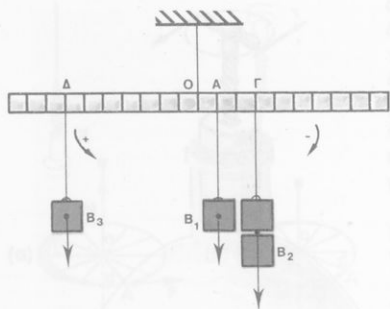
Σχ. 5.



Σχ. 6. Ζεύγος δυνάμεων



Σχ. 7



Σχ. 8. Ίσορροπία ροπών

πεί οριζοντιώς και μπορεί νά στρέφεται γύρω από τόν οριζόντιο άξονα Ο πού περνάει από τό μέσο της. Στά σημεία Α, Γ και Δ τής ράβδου (ΟΑ = 1 cm, ΟΓ = 3 cm και ΟΔ = 7 cm) τοποθετούμε σώματα πού έχουν βάρη αντίστοιχώς $B_1 = 50 \rho$, $B_2 = 100 \rho$ και $B_3 = 50 \rho$ και παρατηρούμε ότι ή ράβδος δέ στρέφεται. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οί ροπές πού άσκούνται στη ράβδο ίσορροπούν.

Ύπολογίζουμε τίς ροπές τών δυνάμεων B_1 , B_2 και B_3 ως πρós τόν άξονα περιστροφής Ο:

$$M_1 = B_1 \cdot (OA) = 50 \rho \cdot \text{cm}$$

$$M_2 = B_2 \cdot (OG) = 300 \rho \cdot \text{cm}$$

Οί ροπές αυτές είναι άρνητικές γιατί στρέφουν τή ράβδο κατά τή φορά πού κινούνται οί δείκτες του ρολογιού.

Ή ροπή τής B_3 είναι θετική και ίσοῦται μέ:

$$M_3 = B_3 \cdot (OD) = 350 \rho \cdot \text{cm}$$

Παίρνουμε τό άλγεβρικό τους άθροισμα:

$$M_3 - M_1 - M_2 = (350 - 50 - 300) \rho \cdot \text{cm} \implies$$

$$M_3 - M_1 - M_2 = 0$$

Ήπομένως:

Οί ροπές πού άσκούνται σέ ένα σώμα ίσορροπούν, όταν τό άλγεβρικό άθροισμά τους είναι ίσο μέ μηδέν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

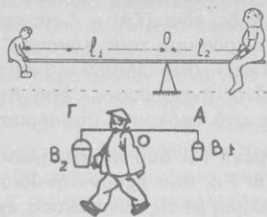
1. Ή ροπή μιās δυνάμεως ως πρós άξονα περιστροφής ορίζεται από τή σχέση $M = F \cdot d$.
2. Τό ζεύγος δυνάμεων είναι ένα σύστημα δύο παράλληλων δυνάμεων πού έχουν τό ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά.
3. Ή ροπή του ζεύγους ορίζεται από τή σχέση $M = F \cdot d$.
4. Ή ροπή μιās δυνάμεως και ή ροπή του ζεύγους είναι οί αιτίες πού θέτουν τά σώματα σέ περιστροφή.
5. Όταν τό άλγεβρικό άθροισμα τών ροπών πού ένεργοῦν σέ ένα σώμα είναι ίσο μέ μηδέν, έχουμε ίσορροπία ροπών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί λέγεται ροπή δυνάμεως ως πρós άξονα περιστροφής;
2. Πότε δύο δυνάμεις αποτελούν ζεύγος; Μέ τί ίσοῦται ή ροπή του ζεύγους;
3. Πότε ή ροπή μιās δυνάμεως ως πρós άξονα είναι ίση μέ μηδέν;
4. Γιατί στά μεγάλα φορτηγά αυτοκίνητα τό τιμόνι έχει μεγάλη άκτίνα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό βάρος του σώματος Σ (Σχ. 7) είναι 50 ρ και ή άπόσταση ΟΕ είναι 6 cm. Νά βρείτε τή ροπή του βάρους αυτού ως πρós τόν άξονα Ο σέ Κρ.μ.
2. Ή ροπή του ζεύγους πού εικονίζεται στο Σχ. 5 είναι 0,004 κρ.μ και ή κάθε δύναμη του ζεύγους είναι 0,1 κρ. Νά βρείτε τό μοχλοβραχίονα του ζεύγους σέ m.



- *3. Η σανίδα που εικονίζεται στο διπλανό σχήμα ισορροπεί. *Αν οι αποστάσεις l_1 και l_2 είναι αντίστοιχως 150 cm και 50 cm και το βάρος του παιδιού είναι 25 κρ νά βρείτε τό βάρος τής γυναίκας.
4. Η ράβδος ΑΓ που φαίνεται στό διπλανό σχήμα ισορροπεί. Τά βάρη που σηκώνει ό άνθρωπος είναι $B_1 = 15$ Κρ και $B_2 = 30$ Κρ. *Αν ή απόσταση ΟΑ είναι 1 m, νά βρείτε τήν απόσταση ΟΓ.

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ – ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

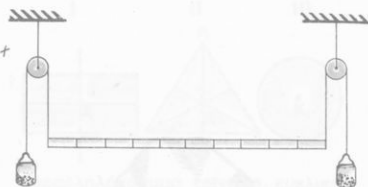
1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΦΟΡΑΣ

Πραγματοποιούμε τήν πειραματική διάταξη του Σχ. 1 που αποτελείται από μία μεταλλική ράβδο και δύο τροχαλίες. Βάζουμε σκάγια μέσα στους μικρούς κάδους, ώστε ή ράβδος νά ισορροπεί όριζοντίως. *Επειδή τά βάρη τών κάδων μέ τά σκάγια ισορροπούν τό βάρος τής ράβδου, μπορούμε νά θεωρούμε τή ράβδο άβαρή.

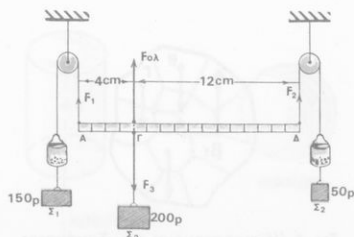
Τοποθετούμε τά σώματα Σ_1 , Σ_2 και Σ_3 , που έχουν αντίστοιχως βάρη 150 ρ, 50 ρ και 200 ρ όπως δείχνει τό Σχ. 2, και παρατηρούμε ότι ή ράβδος ισορροπεί όριζοντίως.

Στή ράβδο άσκούνται τώρα οί δυνάμεις $F_1 = 150$ ρ, $F_2 = 50$ ρ και $F_3 = 200$ ρ. Οί δυνάμεις F_1 και F_2 είναι παράλληλες, έχουν τήν ίδια φορά και ισορροπούν τή δύναμη F_3 . *Αν άντικαταστήσουμε τίς δυνάμεις F_1 και F_2 μέ τή δύναμη $F_{ολ}$ που είναι αντίθετη μέ τήν F_3 ($F_{ολ} = 200$ ρ), ή ισορροπία τής ράβδου θά διατηρηθεί, γιατί ή δύναμη $F_{ολ}$ θά ισορροπεί τή δύναμη F_3 . *Επομένως ή συνισταμένη τών δυνάμεων F_1 και F_2 είναι ή δύναμη $F_{ολ}$, που είναι αντίθετη μέ τή δύναμη F_3 .

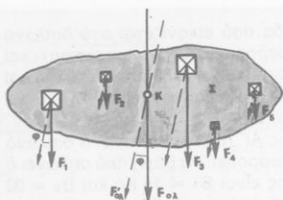
Παρατηρούμε ότι ή συνισταμένη $F_{ολ} = 200$ ρ είναι παράλληλη μέ τίς συνιστώσες F_1 και F_2 , έχει τήν ίδια φορά μέ αυτές και ότι 200 ρ = 150 ρ + 50 ρ ή $F_{ολ} = F_1 + F_2$.



Σχ. 1.



Σχ. 2. Η δύναμη $F_{ολ}$ είναι συνισταμένη τών δυνάμεων F_1 και F_2



Σχ. 3. Κέντρο των παράλληλων δυνάμεων

Μετράμε τα εὐθύγραμμα τμήματα ΓΑ και ΓΔ και βρίσκουμε ότι είναι $(\Gamma\Lambda) = 4 \text{ cm}$ και $(\Gamma\Delta) = 12 \text{ cm}$. Συγκρίνουμε τούς λόγους $\Gamma\Lambda/\Gamma\Delta = 4/12 = 1/3$ και $F_1/F_2 = 150/50 = 3$ και παρατηρούμε ότι είναι αντίστροφοι. Από όλα αυτά καταλήγουμε στο ακόλουθο συμπέρασμα:

Ἡ συνισταμένη $F_{ολ}$ δύο παράλληλων δυνάμεων (F_1 και F_2), πού ἔχουν τήν ἴδια φορά είναι παράλληλη μέ τίς συνιστώσες, ἔχει τήν ἴδια φορά μέ αὐτές και μέτρο ἴσο μέ τό ἄθροισμα τῶν μέτρων τους. Ἡ διεύθυνση τῆς συνισταμένης χωρίζει τό εὐθύγραμμο τμήμα, πού ἐνώνει τά σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, σέ μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα μέ τίς δυνάμεις αὐτές.

$$F_{ολ} = F_1 + F_2 \quad \text{και} \quad \frac{(\Gamma\Lambda)}{(\Gamma\Delta)} = \frac{F_2}{F_1}$$

II. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΟΛΛΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΦΟΡΑΣ

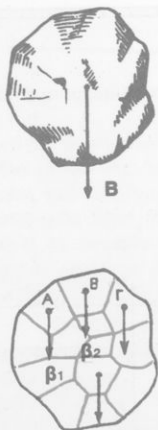
Στό σώμα Σ (Σχ. 3) ἀσκούνται πολλές παράλληλες δυνάμεις F_1, F_2, F_3, \dots πού ἔχουν τήν ἴδια φορά. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν βρίσκεται, ἄν συνθέσουμε δύο ἀπό αὐτές και ὕστερα συνθέσουμε τή συνισταμένη αὐτῶν τῶν δύο μέ μία ἄλλη δύναμη κ.ο.κ. Εἶναι φανερό ότι ἡ συνισταμένη ὄλων αὐτῶν τῶν δυνάμεων είναι παράλληλη μέ τίς συνιστώσες, ἔχει τήν ἴδια φορά μέ αὐτές και ἔχει μέτρο ἴσο μέ τό ἄθροισμα τῶν μέτρων τῶν συνιστωσῶν δηλ. $F_{ολ} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots$

Ἄν οἱ διευθύνσεις ὄλων αὐτῶν τῶν δυνάμεων στραφοῦν κατά τήν ἴδια γωνία φ , ἔτσι ὥστε οἱ δυνάμεις νά είναι παράλληλες χωρίς νά ἀλλάξουν τά μέτρα τους και τά σημεῖα ἐφαρμογῆς τους, ἡ συνισταμένη τους θά στραφεῖ κατά τήν ἴδια γωνία φ χωρίς νά ἀλλάξει τό μέτρο της.

Ἀποδεικνύεται ότι ἡ νέα αὐτή συνισταμένη $F'_{ολ}$ τέμνει τήν προηγουμένη συνισταμένη $F_{ολ}$ σέ ἕνα σημεῖο Κ, πού είναι **σταθερό** δηλ. ἀνεξάρτητο ἀπό τήν τιμή τῆς γωνίας φ , και λέγεται **κέντρο τῶν παράλληλων δυνάμεων**.

III. ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

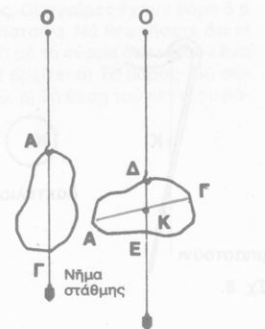
Ἄς θεωρήσουμε ότι τό σώμα Σ (Σχ. 4) ἀποτε-



Σχ. 4. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων β_1, β_2, \dots ἀποτελεῖ τό βάρος τοῦ σώματος

λειται από πολλά μικρά κομμάτια. Γνωρίζουμε ότι καθένα από αυτά έχει κάποιο στοιχειώδες (πολύ μικρό) βάρος $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$. Η συνισταμένη όλων των παράλληλων δυνάμεων $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ είναι κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω, έχει μέτρο $B = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots$ και αποτελεί τό βάρος του σώματος Σ . Η διεύθυνση του βάρους B , όπως μάθαμε προηγουμένως, περνάει από ένα σημείο K (κέντρο των παράλληλων δυνάμεων) που είναι σταθερό, δηλ. δεν αλλάζει θέση όπωσδήποτε και αν στραφεί τό σώμα. Τό σταθερό αυτό σημείο λέγεται κέντρο βάρους του σώματος. Άρα:

Κέντρο βάρους ενός σώματος λέγεται τό σταθερό σημείο από τό οποίο περνάει πάντοτε ή διεύθυνση του βάρους του σώματος, όπωσδήποτε και αν στραφεί τό σώμα αυτό.



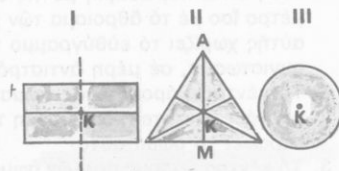
Σχ. 5. Εύρεση του κέντρου βάρους με διπλή ανάρτηση

IV. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Μπορούμε νά βρούμε πειραματικά τό κέντρο βάρους μερικών σωμάτων, π.χ. μιᾶς πλάκας, με τή μέθοδο τής διπλής ανάρτησεως ως ἑξής:

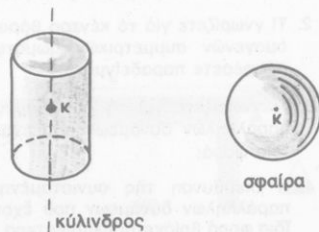
Στό σημείο A τής περιμέτρου τής πλάκας δένουμε ἕνα νήμα καί ἀναρτοῦμε τήν πλάκα ἀπό ἕνα σταθερό σημείο O (Σχ. 5). Ἀπό τό ἴδιο σημείο ἀναρτοῦμε τό νήμα τής στάθμης καί σημειώνουμε πάνω στήν ἐπιφάνεια τής πλάκας τή διεύθυνσή του $ΑΓ$. Εἶναι φανερό ὅτι ή διεύθυνση του βάρους B , τής πλάκας βρίσκεται στήν κατακόρυφη διεύθυνση $ΑΓ$.

Δένουμε πάλι ἕνα νήμα σέ ἄλλο σημείο Δ τής περιμέτρου τής πλάκας καί ἐπαναλαμβάνουμε τό πείραμα. Προσδιορίζουμε ἔτσι μία νέα κατακόρυφη διεύθυνση ΔE πού συμπίπτει με τή διεύθυνση του βάρους τής πλάκας. Τό σημείο τομῆς K τών εὐθειῶν $ΑΓ$ καί ΔE εἶναι τό κέντρο βάρους τής πλάκας, γιατί εἶναι τό σημείο πού τέμνονται οἱ διευθύνσεις του βάρους τής, ὅταν ή πλάκα στρέφεται κατά ὅποιαδήποτε γωνία. Ἡ μέθοδος τής διπλής ανάρτησεως δέν μπορεῖ νά ἐφαρμοσθεῖ σέ ὅλα τά σώματα, γιατί σέ πολλά ἀπό αὐτά δέν μποροῦμε νά σημειώσουμε τή διεύθυνση του βάρους τής στάθμης, ἐπειδή αὐτή περνάει ἀπό τό ἑσωτερικό τών σωμάτων.



παρλληλόγραμμο τρίγωνο κυκλικός δίσκος

Σχ. 6. Κέντρο βάρους ὁμογενῶν πλακῶν με γεωμετρικά σχήματα



Σχ. 7. Τό κέντρο βάρους βρίσκεται στόν ἀξονα συμμετρίας



V. ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΕΡΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Με τή μέθοδο τής διπλής άναρτήσεως βρίσκουμε τό κέντρο βάρους σέ διάφορες όμογενείς καί λεπτές πλάκες μέ σχήματα π.χ. παραλληλογράμμου, τριγώνου, κύκλου κτλ. (Σχ. 6). Από τό πείραμα προκύπτει ότι τό κέντρο βάρους τους βρίσκεται πάνω στόν άξονα συμμετρίας τους (Σχ. 6, I, II) ή στό κέντρο συμμετρίας (Σχ. 6 III). Τό ίδιο ισχύει καί γιά κάθε όμογενές σώμα πού έχει άξονα ή κέντρο συμμετρίας (Σχ. 7).

Υπάρχουν σώματα πού τό κέντρο βάρους τους βρίσκεται έξω από τήν ύλη τους. Τέτοια σώματα είναι ό δακτύλιος, ή κοίλη σφαίρα, τό μπαστούνι (Σχ. 8) κτλ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

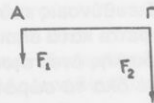
1. Όταν δύο δυνάμεις είναι παράλληλες καί έχουν τήν ίδια φορά, ή συνισταμένη τους είναι παράλληλη μέ τίς συνιστώσες, έχει τήν ίδια φορά μέ αυτές καί μέτρο ίσο μέ τό άθροισμα τών μέτρων τους. Η διεύθυνση τής συνισταμένης αυτής χωρίζει τό εϋθύγραμμο τμήμα, πού ένώνει τά σημεία εφαρμογής τών συνιστωσών, σέ μέρη αντιστρόφως ανάλογα πρός τίς συνιστώσες.
2. Τό κέντρο βάρους ενός σώματος είναι ένα σταθερό σημείο από τό όποιο περνάει πάντοτε ή διεύθυνση τού βάρους τού σώματος, όπωσδήποτε καί άν στραφεί τό σώμα αυτό.
3. Τό κέντρο βάρους πολλών σωμάτων βρίσκεται πειραματικά μέ τή μέθοδο τής διπλής άναρτήσεως.
4. Όταν ένα όμογενές σώμα έχει κέντρο συμμετρίας ή άξονα συμμετρίας, τό κέντρο βάρους του βρίσκεται άντιστοίχως στό κέντρο ή τόν άξονα συμμετρίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

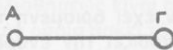
1. Τι είναι τό κέντρο βάρους ενός σώματος;
2. Τι γνωρίζετε γιά τό κέντρο βάρους τών όμογενών συμμετρικών σωμάτων; Νά αναφέρετε παραδείγματα.
3. Τι γνωρίζετε γιά τή συνισταμένη δύο παράλληλων δυνάμεων πού έχουν τήν ίδια φορά;
4. Η διεύθυνση τής συνισταμένης δύο παράλληλων δυνάμεων πού έχουν τήν ίδια φορά βρίσκεται πλησιέστερα στή μικρότερη ή στή μεγαλύτερη συνιστώσα καί γιατί;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Στά άκρα τής ράβδου ΑΓ πού έχει μήκος 80 cm ενεργούν οι δυνάμεις $F_1 = 4 \text{ Kp}$ καί $F_2 = 12 \text{ Kp}$. α) Νά βρείτε τή συνισταμένη τους. β) Νά προσδιορίσετε τό σημείο πού ή διεύθυνση τής συνισταμένης αυτής τέμνει τήν ΑΓ. γ) Νά σχεδιάσετε τή συνισταμένη.



2. Δύο μικρές σφαίρες Α καί Γ συνδέονται μέ σύρμα πού έχει μήκος 10 cm καί άσπ-



μαντο βάρος. Οι σφαίρες έχουν βάρη 5 ρ και 20 ρ αντίστοιχα. Νά θεωρήσετε ότι οι σφαίρες μαζί με τό σύρμα αποτελούν ένα σώμα και νά βρείτε: α) Τό βάρος του σώματος αυτού. β) Τή θέση του κέντρου βάρους του.

10η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΡΙΒΗ

Ι. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ

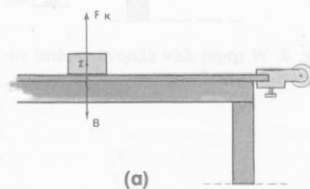
Τό σώμα Σ (Σχ. 1α) ισορροπεί πάνω σέ όριζόντιο ύποστήριγμα. Στο σώμα αυτό άσκούνται δύο δυνάμεις, τό βάρος του Β και ή δύναμη F_k από τό ύποστήριγμα. Έπειδή τό σώμα ισορροπεί, πρέπει οι δυνάμεις Β και F_k νά είναι αντίθετες. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ή F_k είναι κάθετη στην επιφάνεια του ύποστηρίγματος και έχει μέτρο ίσο μέ τό βάρος του σώματος ($F_k = B$). Κατόπιν εφαρμόζουμε στο σώμα Σ μία δύναμη F (π.χ. 10 ρ), όπως φαίνεται στο Σχ. 1β. Παρατηρούμε ότι τό σώμα Σ δέν κινείται, άν και άσκειται σ' αυτό ή όριζόντια δύναμη F. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι άσκειται τώρα στο σώμα Σ από τό ύποστήριγμα και μία άλλη δύναμη T_0 , πού είναι αντίθετη μέ τήν F ($T_0 = F$) και τήν έξουδετερώνει. Η δύναμη αυτή λέγεται στατική τριβή T_0 .

Αύξάνουμε διαδοχικά τά σταθμά του δίσκου από 10 ρ σέ 11 ρ, 12 ρ, κτλ. και παρατηρούμε ότι τό σώμα Σ έξακολουθεί νά ισορροπεί μέχρι ενός όριου. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ή στατική τριβή παίρνει διαδοχικά τίς τιμές 11 ρ, 12 ρ, 13 ρ κτλ.

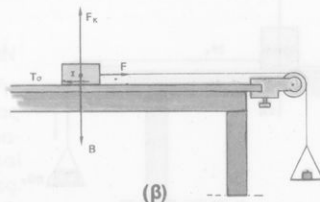
Επομένως:

Στατική τριβή λέγεται ή δύναμη πού εμφανίζεται σέ ένα σώμα, όταν επιχειρούμε νά τό κινήσουμε και αυτό παραμένει άκίνητο.

Η στατική τριβή έχει διεύθυνση παράλληλη πρós τήν επιφάνεια έπαφής και φορά αντίθετη πρós τή δύναμη πού τείνει νά κινήσει τό σώμα.

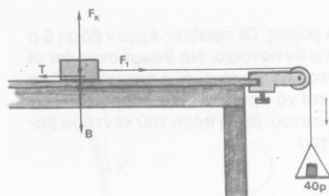


(α)

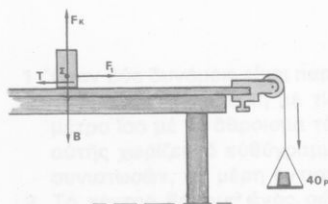


(β)

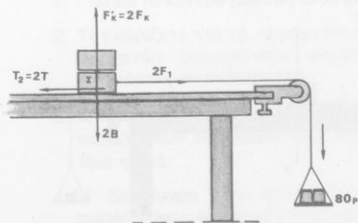
Σχ. 1. Τό σώμα Σ ήρεμεί. Η τριβή T_0 είναι στατική τριβή



Σχ. 2. Τό σώμα Σ ολισθαίνει. Η τριβή T είναι τριβή ολισθήσεως



Σχ. 3. Η τριβή δεν εξαρτάται από τό έμβαδό στηριξεως



Σχ. 4. Η τριβή εξαρτάται από τήν πιέζουσα δύναμη

Η στατική τριβή, πού εμφανίζεται μεταξύ δύο όρισμένων επιφανειών πού βρίσκονται σε έπαφή, δέν έχει όρισμένη τιμή. Η στατική τριβή εμποδίζει τήν έναρξη τής κινήσεως τών σωμάτων.

II. ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ

Στό προηγούμενο πείραμα (Σχ. 1β) συνεχίζουμε νά αυξάνουμε διαδοχικά τά σταθμά του δίσκου. Όταν τά σταθμά γίνουν π.χ. $40p$ (Σχ. 2), παρατηρούμε ότι τό σώμα Σ ολισθαίνει (γλιστρά) άργά καί έμαλά, δηλ. μέ σταθερή ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτή ή τριβή πού άσκήται στό σώμα από τό ύποστήριγμά του είναι $40p$ καί λέγεται τριβή όλισθήσεως T . Έπομένως:

Τριβή όλισθήσεως λέγεται ή δύναμη πού εμφανίζεται σε ένα σώμα, όταν αυτό ολισθαίνει πάνω σε μία επιφάνεια.

Η τριβή όλισθήσεως έχει διεύθυνση παράλληλη πρós τήν επιφάνεια έπαφής καί φορά αντίθετη πρós τή φορά κινήσεως.

Η τριβή όλισθήσεως έχει μέτρο ίσο μέ τό μέτρο τής δυνάμεως πού πρέπει νά άσκήσουμε στό σώμα, παραλλήλως πρós τήν επιφάνεια έπαφής, γιά νά κινείται αυτό μέ σταθερή ταχύτητα.

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ

α. Στό προηγούμενο πείραμα (Σχ. 2) βρήκαμε ότι ή τριβή όλισθήσεως είναι $T = 40p$. Πάνω στό ίδιο ύποστήριγμα τοποθετούμε τό ίδιο σώμα μέ μία μικρότερη έδρα του (Σχ. 3). Μετράμε τήν τριβή όλισθήσεως καί βρίσκουμε ότι είναι πάλι $T = 40p$. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή όλισθήσεως είναι ανεξάρτητη από τό έμβαδό τής επιφάνειας έπαφής τών δύο σωμάτων.

β. Μέ πειράματα καί άκριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται επίσης ότι:

Η τριβή όλισθήσεως είναι ανεξάρτητη από τήν ταχύτητα του σώματος.

γ. Διπλασιάζουμε τό βάρος του σώματος Σ (Σχ. 4), μετράμε πάλι τήν τριβή όλισθήσεως T_2 καί βρίσκουμε ότι είναι διπλάσια από πρίν ($T_2 = 80p = 2T$). Παρατηρούμε ακόμα ότι:

$F_k = 2B = 2F_k$ Από αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή ολισθήσεως είναι ανάλογη με τη δύναμη F_k , την οποία άσκει το ύποστηρίγμα στο σώμα κάθετα στην επιφάνεια έπαφής.

δ. Τοποθετούμε το ίδιο σώμα Σ, πού έχει βάρος Β, σε λείο ύποστηρίγμα, μετράμε πάλι την τριβή ολισθήσεως και βρίσκουμε ότι είναι μικρότερη από 40 ρ. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή ολισθήσεως εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών πού τρίβονται.

ε. Οι νόμοι αυτοί εκφράζονται με τον τύπο

$$T = n \cdot F_k$$

Ο συντελεστής n του τύπου εξαρτάται από τη φύση των επιφανειών πού τρίβονται και λέγεται **συντελεστής τριβής ολισθήσεως**.

IV. ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΒΩΝ

Η στατική τριβή και η τριβή ολισθήσεως οφείλονται στις μικρές ανωμαλίες (έσοχές και προεξοχές) πού υπάρχουν στην επιφάνεια όλων των σωμάτων (Σχ. 5). Όταν τά σώματα βρίσκονται σε έπαφή, οι προεξοχές του ενός σώματος εμπλέκονται στις έσοχές του άλλου. Έτσι, όταν προσπαθήσουμε νά κινήσουμε τό ένα σώμα πάνω στό άλλο, εμφανίζονται οι τριβές πού αντίστέκονται στην κίνηση. Οι τριβές είναι μικρές, όταν οι επιφάνειες πού τρίβονται είναι λείες, ενώ είναι μεγάλες όταν οι επιφάνειες αυτές είναι τραχιές.

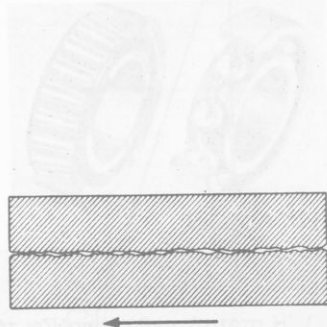
Οι τριβές ελαττώνονται, όταν μεταξύ των επιφανειών πού τρίβονται παρεμβάλουμε ένα λιπαντικό σώμα (λίπος, σαπούνι, έλαιόλαδο, όρυκτέλαιο κτλ.) ή όταν έξομαλύνουμε τις επιφάνειες αυτές με λεπτό σμυριδόπανο.

V. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΩΝ ΤΡΙΒΩΝ

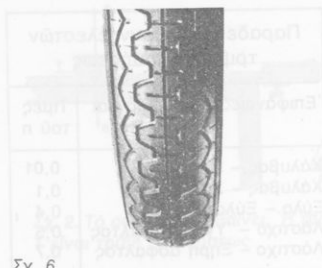
Σέ πολλές περιπτώσεις της καθημερινής ζωής οι τριβές είναι πολύ χρήσιμες. Έξαιτίας των τριβών μπορούμε νά βαδίζουμε, νά κρατούμε στα χέρια μας διάφορα αντικείμενα και νά έκτελούμε πολλές χειρωνακτικές εργασίες. Η κίνηση των όχημάτων, ή λειτουργία των φρένων τους, ή μετάδοση της κινήσεως με ιμάντα (λουρί) και πολλά άλλα φαινόμενα πραγμα-

Παραδείγματα συντελεστών τριβής ολισθήσεως

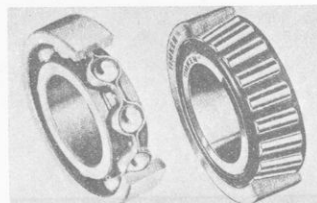
Επιφάνειες πού τρίβονται	Τιμές του n
Χάλυβας - Πάγος	0,01
Χάλυβας - Χάλυβας	0,1
Ξύλο - Ξύλο	0,4
Λάστιχο - Ύγρη άσφαλτος	0,5
Λάστιχο - Ξηρή άσφαλτος	0,7



Σχ. 5.



Σχ. 6.



Σχ. 7. Ρουλεμάν

τοποιοούνται εξαιτίας των τριβών. Όταν λοιπόν πρέπει να έχουμε μεγάλες τριβές, φροντίζουμε οι επιφάνειες των σωμάτων να είναι τραχιές. Γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ρίχνουμε ἄμμο στoὺς παγωμένους δρόμους καὶ στὶς σιδηροτροχιές τοῦ τραίνου, χαράζουμε τὰ λάστιχα τῶν αὐτοκινήτων (Σχ. 6) καὶ μερικές φορές βάζουμε ἄλυσίδες σ' αὐτά.

Πολλές φορές ὅμως οἱ τριβές εἶναι ἐπιζήμιες καὶ ἐπομένως ἀνεπιθύμητες. Στὶς διάφορες μηχανές οἱ μεταλλικές ἐπιφάνειες πού τρίβονται θερμαίνονται καὶ σιγά σιγά καταστρέφονται. Στὶς περιπτώσεις αὐτές φροντίζουμε νὰ ἐλαττώσουμε τίς τριβές χρησιμοποιώντας κατάλληλα λιπαντικά.

Ἡ κύλιση ἑνὸς σώματος γίνεται εὐκολότερα ἀπὸ τὴν ὀλισθήσή του καὶ γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ἐπιδιώκουμε στὶς διάφορες ἐφαρμογές νὰ ἔχουμε κύλιση καὶ ὄχι ὀλισθήση. Ἡ μετατροπὴ τῆς ὀλισθήσεως σὲ κύλιση γίνεται μὲ τὴν χρησιμοποίηση τοῦ τροχοῦ ἢ τοῦ ρουλεμάν (Σχ. 7).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

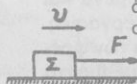
1. Ἡ στατική τριβὴ ἐμποδίζει τὴν ἔναρξη τῆς κινήσεως καὶ δὲν ἔχει ὀρισμένη τιμὴ.
2. Τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἡ δύναμη πού ἀντιστέκεται στὴν κίνηση ἑνὸς σώματος, ὅταν αὐτὸ ὀλισθαίνει (γλιστρά) πάνω σὲ ἄλλο σῶμα.
3. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ σώματος καὶ ἀπὸ τὸ ἔμβαδὸ τῆς ἐπιφάνειας ἐπαφῆς τῶν δύο σωμάτων. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση $T = n \cdot F_k$.
4. Ἡ στατική τριβὴ καὶ ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως ὀφείλονται στὶς ἀνωμαλίες πού ὑπάρχουν στὴν ἐπιφάνεια ὄλων τῶν σωμάτων. Γιὰ νὰ ἐλαττώσουμε τίς τριβές αὐτές χρησιμοποιοῦμε κατάλληλα λιπαντικά.
5. Ἡ κύλιση ἑνὸς σώματος γίνεται εὐκολότερα ἀπὸ τὴν ὀλισθήσή του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ἐμφανίζεται ἡ στατική τριβὴ καὶ πότε ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως;
2. Ποῦ ὀφείλεται ἡ στατική τριβὴ καὶ ποῦ ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως;
3. Νὰ διατυπώσετε τοὺς νόμους τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως.
4. Γιὰ ποῖο λόγο χρησιμοποιοῦμε τοὺς τροχοὺς καὶ τὰ ρουλεμάν;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἐνα σῶμα πού ἔχει βάρος 50 κρ ὀλισθαίνει πάνω σὲ ὀριζόντιο τραπέζι. Ἄν ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως εἶναι 0,4 νὰ βρεῖτε τὴν τριβὴ ὀλισθήσεως.
2. Τὸ σῶμα Σ πού φαίνεται στὸ σχῆμα ἔχει βάρος 20 κρ καὶ ὀλισθαίνει μὲ σταθερὴ ταχύτητα. Ἡ δύναμη F εἶναι 10η μὲ 6 κρ. α) Νὰ σχεδιάσετε ὅλες τίς δυνάμεις πού ἀσκούνται στὸ σῶμα. β) Νὰ βρεῖτε τὸ συντελεστὴ τριβῆς ὀλισθήσεως.



ΕΡΓΟ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ-ΙΣΧΥΣ

I. ΕΡΓΟ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. "Εννοια του έργου.

Μάθαμε σε προηγούμενο μάθημα ότι η παραμόρφωση των σωμάτων και η τροποποίηση της κινήσεώς τους είναι αποτελέσματα της δυνάμεως. Θα μελετήσουμε τώρα και ένα άλλο αποτέλεσμα της δυνάμεως, το έργο.

Ο άνθρωπος (Σχ. 1) άσκει μία δύναμη F και ανυψώνει το σώμα Σ . Μαζί με το σώμα κινείται και το σημείο εφαρμογής Γ της δυνάμεως F . Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η δύναμη F που άσκει ο άνθρωπος παράγει έργο.

Τό παιδί (Σχ. 2) άσκει επίσης μία δύναμη F , αλλά τό σώμα Σ δέν ανυψώνεται. Τό σημείο εφαρμογής Δ της δυνάμεως αυτής παραμένει ακίνητο. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η δύναμη F που άσκει τό παιδί δέν παράγει έργο. Επομένως:

Μία δύναμη παράγει έργο, όταν μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της.

β. Δύναμη παράλληλη πρὸς τή μετατόπιση.

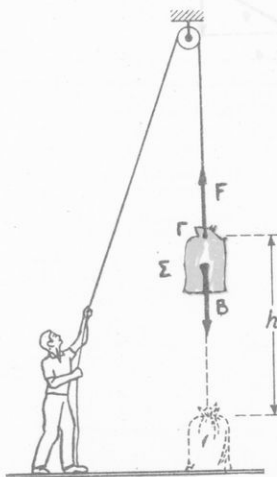
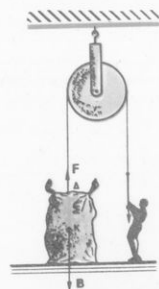
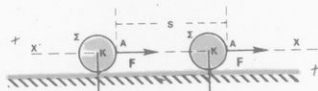
Στό σώμα Σ (Σχ. 3) άσκειται συνεχώς μία σταθερή δύναμη F πού τό κινεί κατά τή διεύθυνσή της. Στην περίπτωση αυτή τό έργο της δυνάμεως όρίζεται ως εξής:

"Έργο W μιάς σταθερής δυνάμεως, πού μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της κατά τή διεύθυνσή της, λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται με τό γινόμενο της δυνάμεως F επί τό διάστημα s πού διανύει τό σημείο εφαρμογής της.

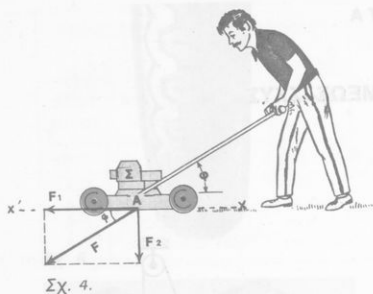
$$W = F \cdot s$$

γ. Δύναμη κάθετη πρὸς τή μετατόπιση.

Κατά τήν κίνηση του σώματος Σ (Σχ. 3), τό σημείο εφαρμογής K του βάρους του B μετακινείται εξαιτίας της δυνάμεως F και όχι εξαιτίας του βάρους B . Άρα τό βάρος B δέν παράγει

Σχ. 1. Η δύναμη F παράγει έργοΣχ. 2. Η δύναμη F δέν παράγει έργο

Σχ. 3.



Σχ. 4.

έργο. Παρατηρούμε ότι η διεύθυνση του βάρους Β είναι κάθετη στην τροχιά Χ'Χ του σημείου εφαρμογής του Κ. Έπομένως:

Μία δύναμη δέν παράγει έργο, όταν η διεύθυνσή της είναι κάθετη στην τροχιά του σημείου εφαρμογής της.

δ. Δύναμη πλάγια προς τή μετατόπιση.

Τό σώμα Σ (Σχ. 4) κινείται μέ τήν επίδραση τής σταθερής δυνάμεως F. Ή διεύθυνση τής δυνάμεως αὐτῆς σχηματίζει γωνία φ μέ τήν τροχιά Χ'Χ του σημείου εφαρμογῆς Α τής δυνάμεως F. Στην περίπτωση αὐτή μπορούμε νά βρούμε τό έργο W πού παράγει ή δύναμη F ώς έξῆς: Αναλύουμε τήν F σέ δύο συνιστώσες, στήν F₁ πού ή διεύθυνσή της συμπίπτει μέ τή διεύθυνση τής τροχιάς Χ'Χ καί στήν F₂ πού ή διεύθυνσή της είναι κάθετη στήν τροχιά. Τό έργο W πού παράγει ή F είναι ίσο μέ τό άθροισμα τών έργων W₁ καί W₂ πού παράγουν αντίστοιχα οί συνιστώσες τής F₁ καί F₂ δηλ.

$$W = W_1 + W_2 \quad (1)$$

Έπειδή W₁ = F₁·s καί W₂ = 0, από τή σχέση (1) προκύπτει ότι

$$W = F_1 \cdot s.$$

II. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΟ ΕΡΓΟ

Τό σημείο εφαρμογῆς Γ τής δυνάμεως F (Σχ. 1) κινείται κατά τή φορά τής δυνάμεως F, ενώ τό σημείο εφαρμογῆς Κ του βάρους Β κινείται κατά φορά αντίθετη πρὸς τή φορά του βάρους.

Τό έργο τής δυνάμεως F λέγεται παραγόμενο καί τό έργο του βάρους Β λέγεται καταναλισκόμενο. Άρα:

Τό έργο μιάς δυνάμεως λέγεται παραγόμενο, όταν τό σημείο εφαρμογῆς τής δυνάμεως κινείται κατά τή φορά της, ενώ λέγεται καταναλισκόμενο όταν τό σημείο εφαρμογῆς τής δυνάμεως κινείται κατά φορά αντίθετη πρὸς τή δύναμη.

III. ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΡΓΟΥ

Οί μονάδες του έργου προκύπτουν από τή σχέση W = F·s, αν αντικαταστήσουμε τή δύναμη καί τό διάστημα μέ τίς αντίστοιχες μονάδες τους.

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα έργου είναι τό 1 Joule (Τζάουλ).

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Ένα Joule είναι τό έργο πού παράγει μία δύναμη ίση μέ 1N, όταν μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της πάνω στή διεύθυνσή της κατά 1m.

Άλλες μονάδες έργου είναι τό 1 kr.m (κιλοποντόμετρο) καί τό 1 erg (Έργιο).

$$1 \text{ Kr. m} = 9,81 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ erg.}$$

IV. ΙΣΧΥΣ

Τό έργο παράγεται από δυνάμεις πού συνήθως προέρχονται από διάφορες μηχανές. Ή πρακτική άξία τών μηχανών δέν εξαρτάται μόνο από τό έργο πού παράγουν, αλλά καί από τό χρόνο πού χρειάζονται γιά νά παράγουν τό έργο αυτό. Έτσι μία μηχανή πού παράγει έργο 100 Joule σέ 1 sec είναι πιό ισχυρή από μία άλλη πού παράγει 1500 Joule σέ 100 sec. Γιά νά γνωρίζουμε λοιπόν τό ρυθμό παραγωγής έργου καί νά αξιολογοῦμε τίς μηχανές, όρίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τήν ισχύ P

Ίσχύς P μιās μηχανής λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο του έργου W, πού παράγει αυτή σέ όρισμένο χρόνο t, διά του χρόνου αυτού.

$$P = \frac{W}{t}$$

Ή πρώτη από τίς μηχανές πού αναφέραμε είναι πιό ισχυρή από τή δεύτερη, γιατί ή ισχύς της ($P_1 = 100 \text{ Joule/sec}$) είναι μεγαλύτερη από τήν ισχύ τής άλλης ($P_2 = 15 \text{ Joule/sec}$).

V. ΜΟΝΑΔΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

Οι μονάδες τής ισχύος προκύπτουν από τή σχέση $P = W/t$, άν αντικαταστήσουμε τό έργο καί τό χρόνο μέ τίς αντίστοιχες μονάδες τους. Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα ισχύος είναι τό 1 Watt (Βάτ, 1W).

$$1 \text{ Watt} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{sec}}$$

Σχέση μεταξύ των μονάδων ισχύος:

$$1 \text{ KW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$\frac{1 \text{ kpm}}{\text{sec}} = 9,81 \text{ W}$$

$$1 \text{ CV ή } 1 \text{ PS} = 736 \text{ W}$$

Παραδείγματα ισχύων

Άνθρωπος	110 W
Ήλεκτρ. ανεμιστήρας	200 W
Άλογο	530 W
Μηχ. μικρού αύτοκ.	2 KW
Άτμομηχ. σιδηροδρ.	750 KW
Υπερωκεάνιο πλοίο	20 MW
Έργοστ. ηλεκτροπαρ.	300 MW
Πύραυλος	14.000 MW

Ένα Watt είναι ή ισχύς μιάς μηχανής που παράγει έργο 1 Joule σε 1 sec.

Άλλες μονάδες ισχύος είναι τό 1 KW (κιλοβάτ), τό 1 kpm/sec (κιλοποντόμετρο κατά δευτερόλεπτο) καί ό ίππος (1 CV ή 1PS).

VI. ΜΕΓΑΛΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΡΓΟΥ

Άπό τή σχέση $P = W/t$ προκύπτει ότι $W = P \cdot t$

Άν στήν εξίσωση $W = P \cdot t$ βάλουμε $P = 1W$ καί $t = 1h$ (ώρα), προκύπτει μία νέα μονάδα έργου, ή 1Wh (βατώρα)

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 1h$$

Μία βατώρα είναι τό έργο που παράγει μία μηχανή ισχύος 1 W, όταν λειτουργεί 1 h.

Έπειδή $1 h = 3600 \text{ sec}$, προκύπτει ότι

$$1 \text{ W h} = 3600 \text{ Joule}$$

Πολλαπλάσιο τής 1 Wh είναι ή 1 KWh (κιλοβατώρα).

$$1 \text{ KWh} = 10^3 \text{ Wh} = 3.600.000 \text{ Joule}$$

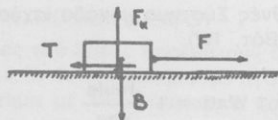
Οί μεγάλες αυτές μονάδες του έργου χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην καθημερινή ζωή (λογαριασμός ΔΕΗ) καί τήν τεχνική, γιατί όί άλλες μονάδες (1 Joule, 1 kpm) είναι πολύ μικρές καί δέν μās εξυπηρετούν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μία δύναμη παράγει έργο όταν μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της.
2. Τό έργο που παράγει μία σταθερή δύναμη, όταν μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της κατά τή διεύθυνσή της, δίνεται από τή σχέση: $W = F \cdot s$.
3. Τό έργο διακρίνεται σε παραγόμενο καί καταναλισκόμενο.
4. Μονάδες μετρήσεως του έργου είναι:
1 Joule, 1 kpm, 1 Wh, 1 kwh, 1 erg κτλ.
5. Η ισχύς δίνεται από τή σχέση: $P = W/t$.
6. Μονάδες μετρήσεως τής ισχύος είναι:
1 Watt (1W), 1 KW, 1 kpm/sec, 1 CV ή PS (ίππος) κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τό σώμα που φαίνεται στο σχήμα κινείται προς τά δεξιά. α) Ποιές από τίς δυνάμεις που έχουν σχεδιαστεί παράγουν έργο, ποιές δέν παράγουν καί γιατί;



β) Ποιό έργο είναι παραγόμενο, ποιό είναι καταναλισκόμενο και γιατί;

2. Πότε μία δύναμη παράγει έργο ίσο με 1 Joule;
3. Μία μηχανή έχει ισχύ 981 W και μία άλλη έχει ισχύ 100 kpm/sec. Ποιά από τις δύο μηχανές νομίζετε ότι είναι πιο ισχυρή και γιατί;
4. Ποιές από τις παρακάτω φράσεις είναι όρθες;
 - α) Μία μηχανή παράγει έργο 500 KWh.
 - β) Μία μηχανή παράγει έργο 500KW.
 - γ) Η ισχύς μιάς μηχανής είναι 2000 Joule.
 - δ) Η ισχύς μιάς μηχανής είναι 2000 W.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Αν η δύναμη F (Σχ. 3) είναι ίση με 5 N και το σώμα διανύει διάστημα 3,5 m, να βρείτε το έργο της δυνάμεως F σε Joule.
2. Ο άνθρωπος που εικονίζεται στο Σχ. 1, ανυψώνει το σώμα Σ κατά 10 m και παράγει έργο 4905 Joule.
 - α) Νά βρείτε τη δύναμη F που άσκει σε N.
 - β) Αν ο χρόνος που χρειάζεται για την ανύψωση είναι 100sec, πόση είναι η ισχύς του ανθρώπου;

12η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

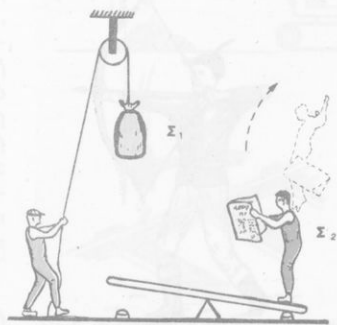
Ο άνθρωπος μπορεί να παράγει έργο, γιατί μπορεί να μετακινεί διάφορα σώματα. Ο άνεμος μπορεί να παράγει έργο, γιατί μπορεί να κινεί τα ιστιοφόρα πλοία. Ο συμπιεσμένος αέρας μπορεί να παράγει έργο, γιατί κινεί το κομπρεσέρ. Ο άνθρωπος, ο άνεμος και ο συμπιεσμένος αέρας λέμε ότι περιέχουν **ένεργεια**.
Επομένως:

Ένα σώμα περικλείει ενέργεια, όταν μπορεί, υπό κατάλληλες προϋποθέσεις, να παράγει έργο.

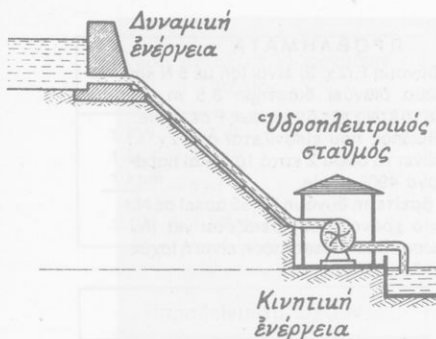
Η ενέργεια που περιέχει ένα σώμα είναι ίση με τό έργο που μπορεί να παράγει το σώμα αυτό και μετρείται με τις γνωστές μονάδες έργου.

II. ΜΟΡΦΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

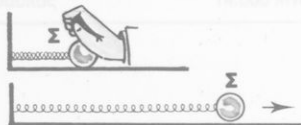
α. Δυναμική ενέργεια. Τό σώμα Σ_1 (Σχ. 1) βρίσκεται σε ύψος h πάνω από την επιφάνεια της γης. Τό σώμα στη θέση αυτή περιέχει ενέργεια, γιατί, αν τό αφήσουμε ελεύθερο να πέσει, ανυψώνει τό σώμα Σ_2 και παράγει έτσι κάποιο έργο. Η ενέργεια που περικλείει τό



Σχ. 1. Τό σώμα Σ_1 περικλείει δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεώς του



Σχ. 2. Το νερό του φράγματος περιέχει δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεώς του



Σχ. 3. Το συσπειρωμένο ελατήριο περιέχει δυναμική ενέργεια λόγω της καταστάσεώς του



Σχ. 4. Το τόξο περικλείει δυναμική ενέργεια λόγω της καταστάσεώς του

σώμα Σι όφειλται στη θέση που έχει αυτό (βρίσκεται ψηλότερα από την επιφάνεια της γης) και λέγεται **δυναμική ενέργεια**.

Δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεως του περιέχει και το νερό μιας ύδατοπτώσεως, γιατί μπορεί να κινεί έναν ύδροστρόβιλο (Σχ. 2).

Τό συσπειρωμένο ελατήριο (Σχ. 3) περικλείει επίσης ενέργεια, γιατί, αν τό αφήσουμε ελεύθερο, εκτινάξει μακριά τή σφαίρα Σ. Ή ενέργεια που περιέχει τό συσπειρωμένο ελατήριο όφειλται στην **κατάσταση** που βρίσκεται αυτό (είναι ελαστικά παραμορφωμένο) και λέγεται πάλι **δυναμική ενέργεια**. Δυναμική ενέργεια λόγω της καταστάσεώς του περιέχει και τό ελαστικά παραμορφωμένο τόξο, γιατί μπορεί να εκτινάξει μακριά τό βέλος (Σχ. 4). Από όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Δυναμική ενέργεια $E_{δυν}$ λέγεται ή ενέργεια που περικλείει ένα σώμα λόγω της θέσεως που έχει ή λόγω της καταστάσεως που βρίσκεται.

Ή δυναμική ενέργεια που περιέχει ένα σώμα είναι ίση με τό έργο που παράγεται για να έρθει τό σώμα στην κατάσταση ή στη θέση που βρίσκεται.

Γιά να άνυψώσουμε ένα σώμα σέ ύψος h πάνω από τήν επιφάνεια της γης, πρέπει να άσκήσουμε σ' αυτό δύναμη F ίση με τό βάρος του B (Σχ. 5). Κατά τήν άνύψωση του σώματος ή δύναμη F παράγει έργο $W = F \cdot s = B \cdot h$. Τό έργο αυτό άποταμιεύεται στό σώμα ως δυναμική ενέργεια. Άρα:

Ή δυναμική ενέργεια λόγω θέσεως δίνεται από τόν τύπο:

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

β. Κινητική ενέργεια. Τό κινούμενο βλήμα ενός όπλου περιέχει ενέργεια, γιατί μπορεί να τρυπήσει μία σανίδα και να παράγει έτσι κάποιο έργο. Ή ενέργεια που περικλείει τό κινούμενο βλήμα όφειλται στην κίνησή του και λέγεται **κινητική ενέργεια**. Κινητική ενέργεια περιέχουν ό άνεμος, δηλ. ή μάζα του άέρα που κινείται, τό σφυρί που κινείται (Σχ. 6) κτλ. Άρα:

Κινητική ενέργεια $E_{κιν}$ λέγεται ή ενέργεια που περιέχει ένα σώμα λόγω της κινήσεώς του.

Η κινητική ενέργεια που περικλείει ένα σώμα είναι ίση με τό έργο της δύναμewς που προκάλεσε τήν κίνηση του σώματος, όταν ή κίνηση γίνεται χωρίς τριβές.

“Αν ή μάζα του σώματος είναι m και ή ταχύτητα του είναι u, αποδεικνύεται ότι ή κινητική του ενέργεια δίνεται από τή σχέση:

$$E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m \cdot u^2.$$

Τό άθροισμα τής δυναμικής και τής κινητικής ενέργειας λέγεται μηχανική ενέργεια.

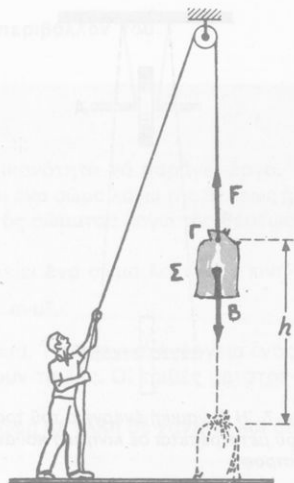
$$E_{\text{μηχ}} = E_{\text{δυν}} + E_{\text{κιν}}$$

III. ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

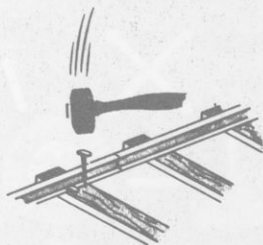
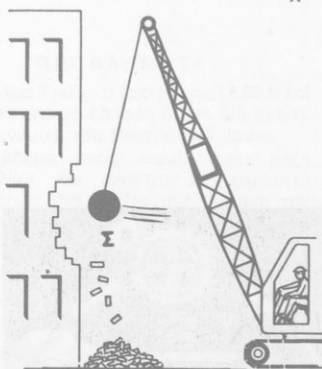
Ο τροχός που εικονίζεται στο Σχ. 7 συγκρατείται αρχικά στη θέση Α και τά νήματα είναι τυλιγμένα γύρω από τόν άξονά του. Αφήνουμε τόν τροχό ελεύθερο και παρατηρούμε ότι τά νήματα ξετυλιγονται και ό τροχός κινείται προς τά κάτω μέ ταχύτητα που διαρκώς αύξάνεται. “Όταν τά νήματα ξετυλιχθούν έντελώς (θέση Γ), ό τροχός δέν ήρμεψι, αλλά άρχίζει νά ανεβαίνει προς τή θέση Α μέ ταχύτητα που διαρκώς ελαττώνεται, και τά νήματα τυλιγονται πάλι γύρω από τόν άξονά του. “Έτσι ό τροχός φθάνει περίπου στη θέση Α και ύστερα επαναλαμβάνονται μερικές φορές τά ίδια φαινόμενα, ώσπου ό τροχός νά ήρμηψει στη θέση Γ.

Θά έξετάσουμε τήν ενέργεια του τροχού στά διάφορα στάδια του πειράματος αυτού. “Ό τροχός στη θέση Α περιέχει μόνο δυναμική ενέργεια. “Όταν ό τροχός κατεβαίνει προς τή θέση Γ, ή δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται, ενώ ή κινητική του ενέργεια αύξάνεται. Μπορούμε λοιπόν νά συμπεράνουμε ότι ή δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σέ κινητική. “Όταν ό τροχός ανεβαίνει από τή θέση Γ ήρος τή θέση Α, ή κινητική του ενέργεια ελαττώνεται, ενώ ή δυναμική του ενέργεια αύξάνεται. Μπορούμε λοιπόν νά συμπεράνουμε ότι ή κινητική ενέργεια μετατρέπεται σέ δυναμική. Αποδεικνύεται ότι ό τροχός έχει τήν ίδια μηχανική ενέργεια ($E_{\text{μηχ}} = E_{\text{δυν}} + E_{\text{κιν}}$) σέ όλες τics θέσεις του Α, Γ κτλ., άν δέν υπάρχουν τριβές.

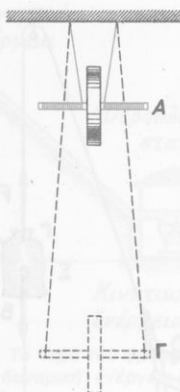
“Εξαιτίας όμως των τριβών, ή μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σέ θερμότητα που διασκορπίζεται στο περιβάλλον. “Έτσι ή μηχανική



Σχ. 5.



Σχ. 6. Η σφαίρα Σ και τό σφυρί περιέχουν κινητική ενέργεια, γιατί κινούνται



Σχ. 7. Η δυναμική ενέργεια του τροχού μετατρέπεται σε κινητική και αντίστροφα

ένεργεια του τροχού ελαττώνεται συνεχώς και, όταν μηδενισθεί, ο τροχός ήρμεϊ. Από όλα αυτά μπορούμε να συμπεράνουμε την παρακάτω άρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας:

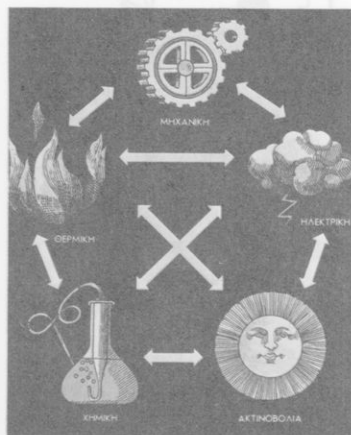
Κατά τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα, ή μηχανική ενέργεια παραμένει σταθερή, αν δεν υπάρχουν τριβές.

IV. ΑΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

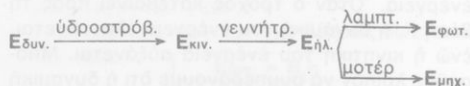
Έκτός από τη μηχανική ενέργεια, υπάρχουν και άλλες μορφές ενέργειας, όπως είναι η θερμική (π.χ. η ενέργεια του θερμού ύδατος), ή χημική (π.χ. η ενέργεια των καυσίμων), ή ηλεκτρική (π.χ. η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος), ή φωτεινή, ή πυρηνική ενέργεια κτλ.

V. ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η δυναμική ενέργεια που περιέχει τό νερό μιάς ύδατοπτώσεως μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του ύδροστροβίλου. Η ενέργεια αυτή μεταφέρεται ύστερα σε μία ηλεκτρογεννήτρια και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε φωτεινή ενέργεια, όταν μεταφερθεί σε έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα ή σε μηχανική ενέργεια, όταν μεταφερθεί σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα. Ένα όμως μέρος της άρχικης ενέργειας του νερού μετατρέπεται, εξαιτίας των τριβών, σε θερμική ενέργεια που διασκορπίζεται στο περιβάλλον.



Σχ. 8. Μετατροπές της ενέργειας από μία μορφή σε άλλη



Από τό παράδειγμα που αναφέραμε και από τό Σχ. 8, προκύπτει ότι η ενέργεια μπορεί να μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη. Κατά τις μετατροπές αυτές η ενέργεια δε χάνεται και δε δημιουργείται, αλλά μόνο μετασχηματίζεται από μία μορφή σε άλλη. Από όλα αυτά μπορούμε να συμπεράνουμε την παρακάτω άρχή διατήρησης της ενέργειας:

Κατά τις μετατροπές της ενέργειας ενός συστήματος σωμάτων από μία μορφή σε άλλη, ή όλική ενέργεια παραμένει σταθερή,

όταν τό σύστημα δέν ανταλλάζει ενέργεια μέ τό περιβάλλον του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

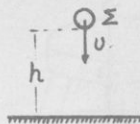
1. Ένα σώμα περικλείει ενέργεια, όταν έχει τήν Ικανότητα νά παράγει έργο.
2. Δυναμική ενέργεια είναι ή ενέργεια πού περιέχει ένα σώμα λόγω τής θέσεως ή τής καταστάσεώς του. Η δυναμική ενέργεια ενός σώματος λόγω τής θέσεώς του δίνεται από τή σχέση $E_{δυν} = B \cdot h$.
3. Κινητική ενέργεια είναι ή ενέργεια πού περικλείει ένα σώμα λόγω τής κινήσεώς του καί δίνεται από τή σχέση $E_{κιν} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
4. Τό άθροισμα $E_{δυν} + E_{κιν}$ λέγεται μηχανική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια ενός σώματος παραμένει σταθερή, όταν δέν υπάρχουν τριβές. Οι τριβές μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σε θερμότητα.
5. Κατά τίς μετατροπές τής ενέργειας από μία μορφή σε άλλη δέ χάνεται καί δέ δημιουργείται ενέργεια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τήν άρχή διατηρήσεως τής μηχανικής ενέργειας καί τήν άρχή διατηρήσεως τής ενέργειας.
2. Πότε ένα σώμα περικλείει δυναμική ενέργεια καί πότε κινητική; Νά αναφέρετε παραδείγματα.
3. Όταν ό τροχός πού φαίνεται στού Σχ.7, κατεβαίνει πρός τή θέση Γ, ή δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται καί ή κινητική του ενέργεια αυξάνεται. Νά δικαιολογήσετε τά συμπεράσματα αυτά, στηριζόμενοι στούς τύπους πού γνωρίζετε.
4. Νά αναφέρετε τέσσερις συσκευές οικιακής χρήσεως μέ τίς όποιες επιτυγχάνεται μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σε άλλη. Νά προσδιορίσετε τή μετατροπή τής ενέργειας πού γίνεται μέ κάθε συσκευή.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Τό σώμα Σ₁ (Σχ. 1) έχει βάρος 19,62 Ν καί απέχει από τό έδαφος 5,5 m. Νά βρείτε τή δυναμική του ενέργεια σε Joule.
2. Τό βλήμα ενός όπλου έχει μάζα 0,020 kg καί κινείται μέ ταχύτητα 900 m/sec. Νά βρείτε τήν κινητική του ενέργεια.
3. Η σφαίρα Σ πού φαίνεται στού σχήμα έχει μάζα 0,1 kg καί βάρος 1 Ν. Νά βρείτε τή μηχανική τής ενέργεια, όταν απέχει από τό έδαφος 5 m καί κινείται μέ ταχύτητα 2 m/sec.
(Υπόδειξη: Θά υπολογίσετε ξεχωριστά τήν κινητική καί τή δυναμική τής ενέργειας.)



ΕΙΔΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στήν 7η ενότητα είδαμε ότι δύο ή τρεις δυνάμεις που ενεργούν στο ίδιο σημείο ισορροπούν, όταν η συνισταμένη τους είναι μηδέν. Επίσης στήν 8η ενότητα μάθαμε ότι οι ροπές που ενεργούν σε ένα σώμα, που μπορεί να στρέφεται ελεύθερα γύρω από έναν άξονα, ισορροπούν, όταν το άλγεβρικό τους άθροισμα είναι μηδέν, δηλ. η συνισταμένη των ροπών είναι μηδέν. Τώρα θα μελετήσουμε τη γενική περίπτωση ισορροπίας ενός σώματος καθώς και τα είδη ισορροπίας. Επίσης θα μάθουμε ποιά σχέση έχουν τα διάφορα είδη ισορροπίας με την ενεργειακή κατάσταση του σώματος.

II. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Παίρνουμε ένα σώμα (π.χ. σανίδα ή χαρτόνι) και ανοίγουμε μία τρύπα σ' αυτό (Σχ. 1). Με τη βοήθεια ενός σχοινού κρεμάμε το σώμα από το άγκιστρο ενός δυναμομέτρου και το αφήνουμε να ήρμησει. Όταν το σώμα ήρμηξει η ένδειξη του δυναμομέτρου είναι ίση με το βάρος B του σώματος. Αυτό σημαίνει ότι η δύναμη F που ασκεί το νήμα στο σώμα είναι αντίθετη (ίση κατά μέτρο και αντίθετης φοράς) προς το βάρος B . Άρα η συνισταμένη των δυνάμεων F και B είναι μηδέν, όταν το σώμα ισορροπεί.

Επί πλέον παρατηρούμε ότι στη θέση ισορροπίας ο φορέας του βάρους διέρχεται από το σημείο άναρτήσεως A . Άρα η ροπή του βάρους B ως προς το σημείο A είναι μηδέν. ($M = B \cdot 0 = 0$). Ομοίως και η ροπή της F ως προς το A είναι μηδέν. Επομένως, όταν ισορροπεί το σώμα, η συνισταμένη των ροπών που ενεργούν σ' αυτό είναι μηδέν.

Από τα παραπάνω βγαίνει το εξής γενικό συμπέρασμα που ισχύει για κάθε σώμα που βρίσκεται σε ισορροπία:

Όταν ένα σώμα ισορροπεί, τόσο η συνιστα-



Σχ. 1. Όταν το σώμα ισορροπεί τότε $F_{ολ} = 0$ και $M_{ολ} = 0$

μένη των δυνάμεων όσο και η συνισταμένη των ροπών είναι ίση με το μηδέν.

$F_{ολ} = 0$ και $M_{ολ} = 0$	Συνθήκες ισορροπίας σώματος
-------------------------------	-----------------------------

III. ΕΙΔΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Μέσα από την όπτη που άνοιξαμε στο σώμα περνάμε έναν άξονα (βελόνα ή καρφί) και φροντίζουμε ώστε το σώμα να στρέφεται ελεύθερα γύρω από τον άξονα.

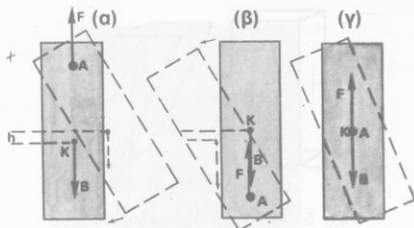
α. Εύσταθής. Αφήνουμε το σώμα να ηρεμήσει και παρατηρούμε ότι, όταν ισορροπήσει, το κέντρο βάρους του βρίσκεται κάτω από τον άξονα στηριξεως και στην ίδια κατακόρυφο με αυτόν (Σχ. 2α). Εκτρέπουμε κατόπιν το σώμα από τη θέση ισορροπίας και το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα επιστρέφει και τελικά ήρεμει στην αρχική του θέση ισορροπίας. Η επιστροφή στη θέση ισορροπίας οφείλεται στη ροπή που αναπτύσσει το βάρος Β ως προς τον άξονα περιστροφής. Μία τέτοια ισορροπία λέγεται **εύσταθής**.

β. Άσταθής. Τοποθετούμε το σώμα με το κέντρο βάρους Κ πάνω από τον οριζόντιο άξονα στηριξεως, φροντίζοντας να βρίσκεται το Κ στην ίδια κατακόρυφο με τον άξονα. Στη θέση αυτή το σώμα ισορροπεί ($F_{ολ} = 0$ και $M_{ολ} = 0$). Αν όμως το εκτρέψουμε λίγο από τη θέση ισορροπίας, δεν επιστρέφει σ' αυτή, γιατί η ροπή του βάρους ως προς τον άξονα στηριξεως το αναγκάζει να απομακρυνθεί περισσότερο από τη θέση ισορροπίας (Σχ. 2β). Μία τέτοια ισορροπία λέγεται **άσταθής** και δεν είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί.

γ. Αδιάφορη. Φροντίζουμε ο άξονας στηριξεως να διέρχεται από το κ. β. του σώματος. Στην περίπτωση αυτή το σώμα ισορροπεί σε οποιαδήποτε θέση. Μία τέτοια ισορροπία λέγεται **αδιάφορη** (Σχ. 2γ). Την αδιάφορη ισορροπία μπορούμε να την πραγματοποιήσουμε και με τη συσκευή του Σχ. 3. Οι έλικες των αεροπλάνων, των ανεμιστήρων κτλ. όταν είναι ακίνητοι βρίσκονται σε αδιάφορη ισορροπία.

III. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

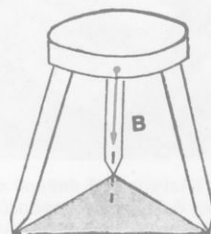
Στο προηγούμενο πείραμα είναι εύκολο να παρατηρήσουμε ότι το κ.β. του σώματος ανυ-



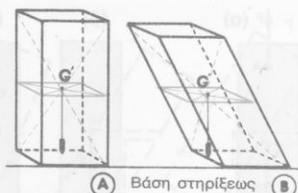
Σχ. 2. Εύσταθής, άσταθής και αδιάφορη ισορροπία



Σχ. 3. Συσκευή ισορροπίας



Σχ. 4. Βάση στηριξεως

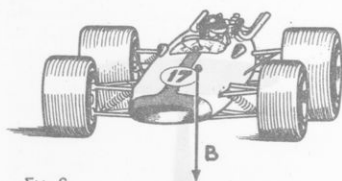


Σχ. 5. Άρθρωτό παραλληλεπίπεδο

ψώνεται όταν το σώμα εκτρέπεται από τη θέση εύσταθους Ισορροπίας, ενώ κατεβαίνει όταν το σώμα εκτρέπεται από τη θέση άσταθους Ισορροπίας. Αυτό σημαίνει ότι η δυναμική ενέργεια του σώματος αύξάνεται με την έκτροπή του σώματος από τη θέση εύσταθους Ισορροπίας και ελαττώνεται με την έκτροπή του σώματος από τη θέση άσταθους Ισορροπίας. Άρα:

Όταν ένα σώμα βρίσκεται σε εύσταθη Ισορροπία ή δυναμική του ενέργεια είναι ελάχιστη (μικρότερη από όλες τις δυναμικές ενέργειες που παίρνει το σώμα στις γύρω θέσεις). Τό αντίστροφο συμβαίνει στη θέση άσταθους Ισορροπίας, όπου το σώμα έχει τη μέγιστη δυναμική ενέργεια.

Στήν περίπτωση της αδιάφορης Ισορροπίας τό ύψος του κ.β. του σώματος δέ μεταβάλλεται κατά τή μετακίνηση του σώματος. Άρα ή δυναμική ενέργεια του σώματος που βρίσκεται σε αδιάφορη Ισορροπία παραμένει σταθερή γιά όλες τής θέσεις του.



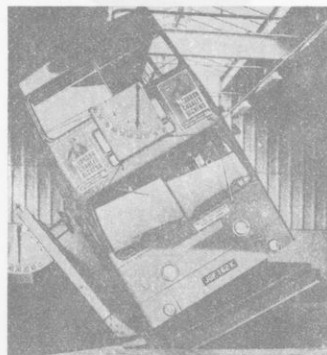
Σχ. 6.

IV. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΒΑΣΗ.

Τά σώματα που άκουμπούν στό έδαφος στηρίζονται συνήθως σε πολλά σημεία που δέ βρίσκονται όλα στην ίδια ευθεία (Σχ. 4). Η επιφάνεια που πέρικλείεται από τής ευθείες που ένώνουν τά άκραία σημεία στηρίξεως του σώματος λέγεται **θάση στηρίξεως**.

Γιά νά μελετήσουμε πειραματικά τήν Ισορροπία τών σωμάτων που στηρίζονται μέ βάση, χρησιμοποιούμε τό άρθρωτό παραλληλεπίπεδο (Σχ. 5). Στο κέντρο βάρους του παραλληλεπίπεδου υπάρχει δεμένο νήμα τής στάθμης, τό όποίο δείχνει τή διεύθυνση του βάρους του σώματος. Δίνοντας διάφορες κλίσεις στό σώμα παρατηρούμε ότι αυτό Ισορροπεί, έφόσον ή προέκταση του νήματος τής στάθμης - άρα ό φορέας του βάρους- συναντά τή βάση στηρίξεως.

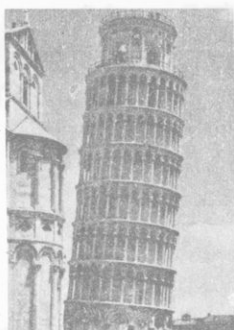
Κάθε σώμα που στηρίζεται μέ βάση και ό φορέας του βάρους του συναντά τή βάση στηρίξεως βρίσκεται σε εύσταθη Ισορροπία, άν και τό κέντρο βάρους βρίσκεται **ψηλότερα** από τά σημεία στηρίξεως. Έτσι άν γείρουμε ένα κάθισμα (τό έκτρέψουμε από τή θέση Ισορροπίας)



Σχ. 7. Έλεγχος του βαθμού σταθερότητας δίορφου λεωφορείου μέ πλήρες φορτίο. Η μέγιστη γωνία κλίσεως πρέπει νά είναι περίπου 30°. (London Transport's Bus Works)

κατά μία μικρή γωνία και μετά τό αφήσουμε ελεύθερο, αυτό επιστρέφει στη θέση Ισορροπίας, χάρη στη ροπή που αναπτύσσει τό βάρος ως πρὸς τά σημεία στηρίξεως. "Αν ὅμως τό ἐκτρέψουμε περισσότερο καί ὑπερβούμε μία μέγιστη γωνία κλίσεως, τό κάθισμα ἀνατρέπεται καί πέφτει κάτω.

Ἡ μέγιστη γωνία κατά τήν ὁποία πρέπει νά γεύουμε ἕνα σῶμα γιά νά ἀνατραπεῖ, ἐξαρτᾶται ἀπό ὀρισμένους παράγοντες, ὅπως τό ἐμβαδὸ τῆς βάσεως στηρίξεως καί τό ὕψος στό ὅποιο βρίσκεται τό κ.β. τοῦ σώματος. Γιά νά ἔχουν μεγάλη εὐστάθεια τά ἀγωνιστικά αὐτοκίνητα κατασκευάζονται χαμηλά καί μέ μεγάλο ἄνοιγμα στούς τροχοὺς (Σχ. 6). Οἱ παλαιστές ἀνοίγουν καί λυγίζουν τά πόδια τους κτλ.



Σχ. 8. Ὁ κεκλιμένος πύργος τῆς Πίζας. Ὁ ἄξονας τοῦ βάρους συναντᾶ τή βάση στηρίξεως

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἐνα σῶμα βρίσκεται σέ ἰσορροπία ὅταν ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων καί ἡ συνισταμένη τῶν ροπῶν πού ἐνεργοῦν σ' αὐτό ἰσοῦται μέ μηδέν.
2. Ἐνα σῶμα βρίσκεται σέ εὐσταθῆ ἰσορροπία, ὅταν μέ τήν ἀπομάκρυνσή του ἀπό τή θέση ἰσορροπίας ἀναπτύσσονται ροπές πού τό ἐπαναφέρουν στήν ἀρχική του θέση. Τό ἀντίθετο συμβαίνει στήν ἀσταθῆ ἰσορροπία, ἐνῶ στήν ἀδιάφορη τό σῶμα ἰσορροπεῖ σέ κάθε θέση.
3. Ὄταν ἕνα σῶμα βρίσκεται στή θέση εὐσταθοῦς ἰσορροπίας ἡ δυναμική ἐνέργεια του εἶναι ἐλάχιστη, συγκριτικά μέ τή δυναμική ἐνέργεια πού παίρνει τό σῶμα στίς γύρω θέσεις, ἐνῶ στή θέση ἀσταθοῦς ἰσορροπίας ἡ δυναμική ἐνέργεια εἶναι μέγιστη.
4. Τά σῶματα πού στηρίζονται μέ βάση ἰσορροποῦν, ὅταν ὁ φορέας τοῦ βάρους τους συναντᾶ τή βάση στηρίξεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιά ποῖο λόγο τό σῶμα πού ἐκτρέπεται ἀπό τή θέση εὐσταθοῦς ἰσορροπίας ἐπιστρέφει στήν ἀρχική του θέση;
2. Τί παθαίνει τό κ.β. τῶν σωμάτων, ὅταν αὐτά ἐκτρέπονται ἀπό τή θέση τους α) στήν εὐσταθῆ, β) στήν ἀσταθῆ, καί γ) στήν ἀδιάφορη ἰσορροπία;
3. α) Τί εἶδους ἰσορροπία ἔχει ἡ σφαῖρα στίς τρεῖς περιπτώσεις τοῦ σχήματος; β) Σέ ποιά ἀπό τίς περιπτώσεις αὐτές ἡ ἐνέργεια τοῦ σώματος εἶναι ἐλάχιστη καί σέ ποιά μέγιστη συγκριτικά μέ τίς γύρω θέσεις; γ) Τό κ.β. τῆς σφαῖρας βρίσκεται πάνω ἢ κάτω ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως;
4. Πότε τό σῶμα μας ἔχει σταθερότερη ἰσορροπία; α) Ὄταν τά πόδια εἶναι τεντωμένα καί κλειστά; β) Ὄταν τά πόδια εἶναι τενωμένα καί ἀνοιχτά; γ) Ὄταν τά πόδια εἶναι ἀνοιχτά καί λυγισμένα;



ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΜΟΧΛΟΣ

I. ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Στήν καθημερινή γλώσσα με τή λέξη «μηχανή» έννοοῦμε κάθε συσκευή πού ἐπινόησε ὁ ἄνθρωπος γιά νά κάνει εὐκολότερα ἢ γρηγορότερα μία ἐργασία. Ἔτσι ἔχουμε τή μηχανή τοῦ αὐτοκινήτου, τή μηχανή πού ραντίζουν τά φυτά, τή ραπτομηχανή κτλ.

Ἀπό τίς διάφορες αὐτές μηχανές, ἄλλες μετατρέπουν τήν ἐνέργεια ἀπό μία μορφή σέ ἄλλη - ὅπως ἡ ἀτμομηχανή πού μετατρέπει τή θερμική ἐνέργεια σέ μηχανική - καί ἄλλες ἀπλῶς μᾶς διευκολύνουν στίς δουλειές μας, χωρίς νά προκαλοῦν μετατροπή τῆς ἐνέργειας ἀπό μία μορφή σέ ἄλλη. Οἱ ἀπλούστερες ἀπό τίς τελευταίες μηχανές εἶναι ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τό βαροῦλκο, τό κεκλιμένο ἐπίπεδο κτλ., καί ὀνομάζονται **ἀπλές μηχανές**.

(Στά ἐπόμενα μελετοῦμε τίς ἀπλές μηχανές πειραματικά καί θεωρητικά. Στή θεωρητική μελέτη χρησιμοποιοῦμε εἴτε τίς συνθήκες ἰσοροπίας σώματος εἴτε τήν ἀρχή διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας).

II. ΜΟΧΛΟΣ

α. Ἔννοιες σχετικές μέ τό μοχλό. Μέ τή βοήθεια μιᾶς σανίδας πού στρέφεται γύρω ἀπό μία σταθερή πέτρα, μπορούμε νά μετακινήσουμε ἕναν ὀγκόλιθο, ἀσκώντας σχετικά μικρή δύσνημη στήν ἄλλη ἄκρη τῆς σανίδας (Σχ. 1). Ἡ σανίδα μέ τή σταθερή πέτρα ἀποτελοῦν ἕνα μοχλό καί ἡ σταθερή πέτρα ὀνομάζεται ὑπομόχλιο. Ἐπομένως:

Μοχλός λέγεται ἕνα στερεό σῶμα πού μπορεῖ νά στρέφεται γύρω ἀπό σταθερό ἄξονα, ὁ ὁποῖος λέγεται ὑπομόχλιο.

Ἡ δύναμη F_1 πού ἀσκεῖ ὁ ἄνθρωπος στό μοχλό λέγεται **κινητήρια δύναμη** καί ἡ δύναμη F_2 πού ἀσκεῖται στό μοχλό ἀπό τόν ὀγκόλιθο λέγεται **ἀντίσταση**. Ἡ ἀπόσταση l_1 τοῦ ὑπομόχλιου ἀπό τόν ἄξονα τῆς κινητήριας δυνάμεως



Σχ. 1. Ὁ μοχλός

λέγεται μοχλοβραχίονας της κινητήριας δύναμης και η απόσταση l_2 μοχλοβραχίονας της αντίστασης.

Τό υπομόχλιο μπορεί νά βρίσκεται σέ οποιαδήποτε θέση πάνω στό μοχλό (Σχ. 2).

β. Πειραματική μελέτη του μοχλού. Παίρνουμε μία ράβδο που μπορεί νά στρέφεται ελεύθερα (δηλ. χωρίς τριβές) γύρω από έναν οριζόντιο άξονα Y που διέρχεται από τό κέντρο βάρους της ράβδου (Σχ. 3).

Σέ ένα σημείο A που απέχει π.χ. $l_2 = 20$ cm από τό υπομόχλιο, κρεμάμε βάρος $F_2 = 100$ p και προσπαθούμε νά ισορροπήσουμε τό μοχλό μέ ένα άλλο βάρος, π.χ. $F_1 = 50$ p. Παρατηρούμε ότι ό μοχλός ισορροπεί όταν η απόσταση l_1 είναι 40 cm.

Υπολογίζουμε τις ροπές των δυνάμεων F_2 και F_1 ως προς τόν άξονα Y και βρίσκουμε:

$$F_2 l_2 = 100 \cdot 20 \text{ p.cm} = 2000 \text{ p.cm} \text{ και}$$

$$F_1 l_1 = 50 \cdot 40 \text{ p.cm} = 2000 \text{ p.cm.}$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι ροπές είναι ίσες. Άρα όταν ισορροπεί ένας μοχλός, η ροπή της αντίστασης είναι ίση μέ τή ροπή της κινητήριας δύναμης ως προς τό υπομόχλιο.

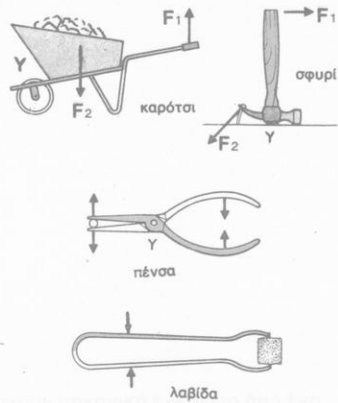
(1) $F_2 \cdot l_2 = F_1 \cdot l_1$	Συνθήκη ισορροπίας μοχλού
-------------------------------------	----------------------------------

Παρατήρηση: Η εξίσωση (1) αποδεικνύεται και θεωρητικά, αν εφαρμόσουμε τις συνθήκες ισορροπίας των σωμάτων (13η ενότητα). Οι δυνάμεις που ασκούνται στή ράβδο είναι η F_2 , ή F_1 , τό βάρος της B και η δύναμη F που ασκεί τό υπομόχλιο. Έπειδή ό μοχλός ισορροπεί, πρέπει τό άλγεβρικό άθροισμα όλων των ροπών που ασκούνται στό μοχλό νά είναι ίσο μέ τό μηδέν ($M_{ολ} = 0$). (Δεχόμαστε θετική τή ροπή της F_2 και άρνητική τή ροπή της F_1). Άρα:

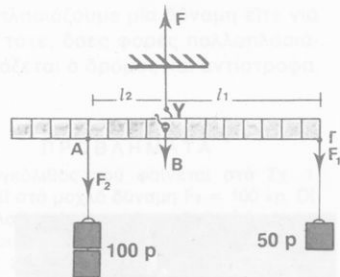
$$F_2 \cdot l_2 - F_1 \cdot l_1 + B \cdot 0 + F \cdot 0 = 0 \Leftrightarrow F_2 \cdot l_2 = F_1 \cdot l_1$$

γ. Έφαρμογή της αρχής διατήρησης της ενέργειας στή μελέτη του μοχλού.

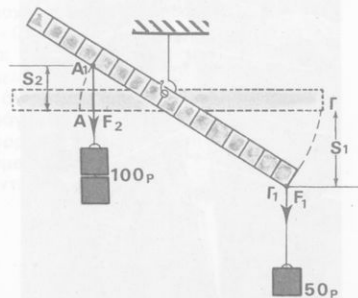
Άς υποθέσουμε ότι ό μοχλός ΑΓ στρέφεται άργα και όμαλά κατά μία μικρή γωνία και έρχεται στή θέση Α₁Γ₁ (Σχ. 4). Κατά τή μετακίνηση αυτή η δύναμη F_1 παράγει έργο, ενώ η F_2 άπορροφά (καταναλώνει) έργο. Άν s_1 και s_2 είναι οι κατακόρυφες μετατοπίσεις των βαρών F_1



Σχ. 2. Έργαλεία στα όποια εφαρμόζεται η αρχή του μοχλού



Σχ. 3. Ίσορροπία μοχλού



Σχ. 4. Μοχλός σέ λειτουργία (τριβές = 0)

καί F_2 αντιστοίχως, τότε θά ισχύουν οί σχέσεις:

$$(\text{Έργο κινητήριας δυνάμεως}) W_1 = F_1 \cdot s_1$$

$$(\text{Έργο αντίστασεως}) W_2 = F_2 \cdot s_2$$

"Αν δεχτούμε ότι δέν υπάρχουν τριβές στην περιστροφή του μοχλού, πρέπει τό έργο της κινητήριας δυνάμεως νά είναι ίσο μέ τό έργο της αντίστασεως.

Έργο κινητήριας δυνάμεως = έργο αντίστασεως
--

(2)

$F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$

"Αν $F_2 = 100$ p καί $F_1 = 50$ p, δηλ. ή F_2 είναι διπλάσια της F_1 ($F_2 = 2 F_1$), τότε βρίσκουμε από την παραπάνω σχέση ότι τό s_1 είναι διπλάσιο του s_2 ($s_1 = 2s_2$). (Σχ. 4). Πραγματικά, αν μετρήσουμε τό s_2 καί βρούμε π.χ. 5 cm, τότε τό s_1 βρίσκεται ότι είναι 10 cm.

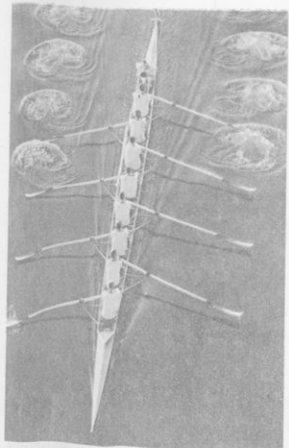
"Αρα μέ ένα μοχλό μπορούμε νά πολλαπλασιάσουμε τή δύναμή μας - κάνοντας έτσι τό έργο εύκολότερο - αλλά τότε ό δρόμος πού διαγράφει τό σημείο εφαρμογής της δυνάμεως μας είναι μεγαλύτερος από τό δρόμο πού διαγράφει τό σημείο εφαρμογής της αντίστασεως. Έπομένως κατά τή χρήση των μοχλών δέν κερδίζουμε σέ ενέργεια, αλλά κερδίζουμε σέ δύναμη ή σέ δρόμο. **"Ό,τι όμως κερδίζουμε σέ δύναμη τό χάνουμε σέ δρόμο καί αντίστροφα.**

Τό συμπέρασμα αυτό ισχύει γιά όλες τις άπλές μηχανές καί λέγεται **χρυσός κανόνας της Μηχανικής**. Η σχέση (2) αποτελεί τή μαθηματική διατύπωση αυτού του κανόνα.

δ. Έφαρμογές του μοχλού. Ό μοχλός βρísκει εφαρμογές στά διάφορα έργα γαλεια, είτε γιά νά **πολλαπλασιάσουμε** μία δύναμη (καρότσι, πένσα), είτε γιά νά **πολλαπλασιάσουμε** τό δρόμο, άρα καί τήν ταχύτητα κινήσεως (κουπιά, λαβίδα). (Σχ. 5).

III. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

Κατά τή λειτουργία ενός μοχλού δεχτήκαμε ότι δέν υπάρχουν τριβές στό ύπομόχλιο καί επομένως τό έργο πού παρέχεται στό μοχλό από τήν κινητήρια δύναμη (δαπανώμενο έργο $W_{\text{δαν}}$) είναι ίσο μέ τό έργο πού αποδίδει ό μοχλός (ώφέλιμο έργο $W_{\text{ωφελ}}$). Στην πραγματικότητα όμως υπάρχουν τριβές πού απορροφούν μέρος του έργου καί τό μετατρέπουν σέ θερμότητα μέ αποτέλεσμα τό $W_{\text{ωφελ}}$ νά είναι μι-



Σχ. 5. Μία εφαρμογή του μοχλού

κρότερο από το $W_{\text{δρατ.}}$. Ο λόγος $W_{\text{ώφελ.}}/W_{\text{δρατ.}}$ λέγεται συντελεστής απόδοσεως κάθε μηχανής και είναι πάντα μικρότερος από τη μονάδα.

$$\text{συντελεστής απόδοσεως} = \frac{\text{ώφέλιμο έργο}}{\text{δαπανώμενο έργο}}$$

$$n = \frac{W_{\text{ώφελ.}}}{W_{\text{δρατ.}}}$$

Αν $W_{\text{δρατ.}} = 200$ Joule και $W_{\text{ώφελ.}} = 180$ Joule, τότε $n = 180/200 = 0,9$. Το αποτέλεσμα αυτό γράφεται και έτσι: $n = 90\%$.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Άπλές μηχανές λέγονται οι μηχανές που παίρνουν μηχανική ενέργεια από ένα σώμα και τη μεταφέρουν σε άλλο σώμα χωρίς να τη μετατρέψουν σε άλλη μορφή.
2. Για να ισορροπεί ο μοχλός πρέπει η ροπή της κινητήριας δυνάμεως να είναι ίση με τη ροπή της αντίστασεως.
3. Ο μοχλός χρησιμοποιείται είτε για να πολλαπλασιάσουμε μία δύναμη είτε για να πολλαπλασιάσουμε μία μετατόπιση, αλλά τότε, όσες φορές πολλαπλασιάζεται η δύναμη τόσες φορές υποπολλαπλασιάζεται ο δρόμος και αντίστροφα. (Χρυσός κανόνας της Μηχανικής).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ονομάζεται άπλη μηχανή και τί συντελεστής απόδοσεως μηχανής;
2. Για να υπολογίσουμε τη δύναμη F_1 που πρέπει να άσκήσουμε στο ένα άκρο του μοχλού για να άνυψώσουμε βάρος F_2 χρησιμοποιούμε τη σχέση (1). Τι τιμή έχει στην πραγματικότητα η κινητήρια δύναμη; Ίση, μικρότερη ή μεγαλύτερη από την F_1 ; Δικαιολογήστε την άπάντησή σας.
3. Θέλουμε με ένα μοχλό να τριπλασιάσουμε τη δύναμή μας ($F_2 = 3F_1$).
α) Πόσες φορές πρέπει να είναι μεγαλύτερος ο μοχλοβραχίονας της κινητήριας δυνάμεως από το μοχλοβραχίονα της αντίστασεως; β) Ποιό από τα δύο σημεία εφαρμογής, της F_1 ή της F_2 , διαγράφει μεγαλύτερο δρόμο; (τριβή = 0).
4. Όταν χρησιμοποιούμε μία λαβίδα (Σχ. 2), τί από τα ακόλουθα συμβαίνει; α) Κερδίζουμε σε δύναμη, β) κερδίζουμε σε δρόμο. γ) Δέν κερδίζουμε ούτε σε δύναμη ούτε σε δρόμο.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ο ογκόλιθος που φαίνεται στο Σχ. 1 άσκει στο μοχλό δύναμη $F_2 = 100$ kp. Οι μοχλοβραχίονες του μοχλού που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος είναι $l_2 = 0,05$ m και $l_1 = 2$ m. Νά βρείτε την κινητήρια δύναμη του μοχλού, όταν αυτός ισορροπεί (ήρεμεί ή κινείται με σταθερή ταχύτητα). (Τριβές = 0).
2. Ο μοχλός στο Σχ. 3 ισορροπεί με βάρη $F_2 = 0,15$ kp και $F_1 = 0,025$ kp α) Αν το l_1 είναι 0,3 m πόσο είναι το l_2 ; β) Αν το σημείο Γ κατέβει κατά 0,12m κατά πόσο θα ανέβει το σημείο Α; γ) Πόσο έργο παράγει η κινητήρια δύναμη και πόσο άπορροφάει η αντίσταση στην προηγούμενη μετατόπιση; (συντελεστής απόδοσεως $n = 100\%$).

ΤΡΟΧΑΛΙΑ-ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ-ΒΑΡΟΥΛΚΟ

(ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ)



Σχ. 1. Ἡ τροχαλία

I. ΤΡΟΧΑΛΙΑ

α. Μέρη τῆς τροχαλίας. Ἡ τροχαλία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα δίσκο καὶ ἀπὸ μία θήκη (τροχαλιοθήκη) στὴν ὁποία στηρίζεται ὁ ἀξονας περιστροφῆς τοῦ δίσκου (Σχ. 1). Στὴν περιφέρεια τοῦ δίσκου ὑπάρχει αὐλάκι, γιὰ νὰ στηρίζεται τὸ σχοινί μὲ τὴ βοήθεια τοῦ ὁποίου ἀνυψώνουμε διάφορα ἀντικείμενα.

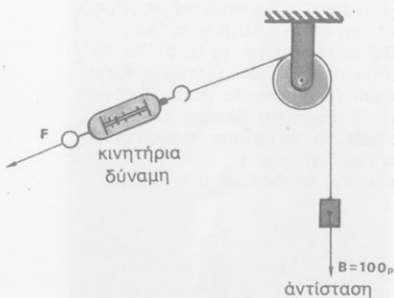
β. Ἀκίνητη τροχαλία. Ἡ τροχαλία λέγεται ἀκίνητη, ὅταν ἡ τροχαλιοθήκη εἶναι στερεωμένη σὲ σταθερὸ σημεῖο (Σχ. 2). Στὸ ἓνα ἄκρο τοῦ σχοινοῦ κρεμᾶμε βάρους $B = 100 \rho$ (ἀντίσταση) καὶ στὸ ἄλλο ἄκρο δένουμε ἓνα δυναμόμετρο, μὲ τὸ ὁποῖο μετράμε τὴν κινήτρια δύναμη F . Παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν ἰσορροπεῖ ἡ τροχαλία, ἡ κινήτρια δύναμη εἶναι $F = 100 \rho$, δηλ. ἴση μὲ τὸ βάρους B . Ἡ ἰσότητα αὕτη διατηρεῖται, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴ διεύθυνση πού ἔχει τὸ νῆμα στὸ ὁποῖο ἀσκοῦμε τὴν κινήτρια δύναμη. Ἄρα γιὰ τὴν ἀκίνητη τροχαλία ἰσχύει ἡ σχέση:

κινήτρια δύναμη = ἀντίσταση	$F = B$
(1) Συνθήκη ἰσορροπίας ἀκίνητης τροχαλίας	

Στὴν πράξη, ὅταν ἀνυψώνουμε ἓνα σῶμα μὲ τὴ βοήθεια τροχαλίας, ἡ κινήτρια δύναμη εἶναι πάντοτε μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση, γιὰτι ἐξουδετερώνει καὶ τίς τριβές ($F > B$).

Ἐπομένως μὲ μία ἀκίνητη τροχαλία δέν κερδίζουμε σὲ δύναμη. Τὸ μόνο ὄφελος πού ἔχουμε εἶναι ὅτι ἀλλάζουμε τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορά τῆς κινήτριας δυνάμεως. Ἔτσι ἀντὶ νὰ τραβᾶμε πρὸς τὰ πάνω, τραβᾶμε πρὸς τὰ κάτω ἢ πρὸς τὰ πλάγια πού εἶναι εὐκολότερα.

γ. Κινήτη τροχαλία. Ἡ τροχαλία λέγεται κινήτη, ὅταν μετακινεῖται μαζί μὲ τὸ σῶμα πού ἀνυψώνουμε (Σχ. 3). Στὴν τροχαλία αὕτη τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ σχοινοῦ εἶναι δεμένο σὲ σταθερὸ ση-

Σχ. 2. Ἀκίνητη τροχαλία ($F = B$)

μείο, ενώ στο άλλο άκρο εφαρμόζεται ή κινητήρια δύναμη F .

Από τό άγκιστρο τής τροχαλίας κρεμάμε ένα βάρος $B = 200$ ρ (άντίσταση) καί μέ τό δυναμόμετρο μετράμε τήν κινητήρια δύναμη F . Όταν ή τροχαλία ισορροπεύει, βρίσκουμε $F = 100$ ρ. (Δεχόμαστε ότι ή τροχαλία είναι άβαρής. Αν ή τροχαλία έχει ύπολογίσιμο βάρος, τότε ως αντίσταση πρέπει νά πάρουμε τό άθροισμα τού βάρους τής τροχαλίας καί τού βάρους τού σώματος πού άνυψώνεται). Από τό πείραμα λοιπόν προκύπτει ότι στην κινητή τροχαλία ισχύει ή σχέση:

$$(2) \quad F = \frac{B}{2} \quad \begin{array}{l} \text{Συνθήκη ισορροπίας} \\ \text{κινητής τροχαλίας} \end{array}$$

Η σχέση (2) ισχύει όταν τά νήματα είναι παράλληλα μεταξύ τους. Αν τά νήματα σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία, βρίσκουμε ότι ή F γίνεται μεγαλύτερη από $B/2$

Τή σχέση (2) μπορούμε νά αποδείξουμε θεωρητικά μέ εφαρμογή τής άρχής διατηρήσεως τής ενέργειας ως έξης:

Μετακινούμε τό σημείο εφαρμογής τής κινητήριας δυνάμεως κατά $s_1 = 10$ cm καί παρατηρούμε ότι τό σημείο εφαρμογής τής αντίστασεως μετακινείται κατά $s_2 = 5$ cm, δηλ.

$$s_2 = \frac{s_1}{2}$$

Αν δέν υπάρχουν τριβές, πρέπει τό έργο τής κινητήριας δυνάμεως νά είναι ίσο μέ τό έργο τής αντίστασεως (Συντελεστής άποδόσεως μηχανής $\eta = 100\%$). Δηλαδή:

$$(3) \quad F \cdot s_1 = B \cdot s_2$$

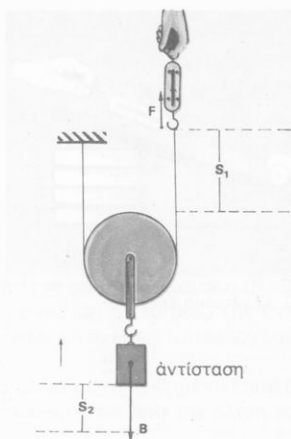
Έπειδή $s_2 = \frac{s_1}{2}$ συνεπάγεται

$$F \cdot s_1 = B \cdot \frac{s_1}{2} \Leftrightarrow F = \frac{B}{2}$$

Αρα μέ τήν κινητή τροχαλία «ό,τι κερδίζουμε σέ δύναμη τό χάνουμε σέ δρόμο καί αντίστροφα». (Χρυσός κανόνας τής Μηχανικής).

II. ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

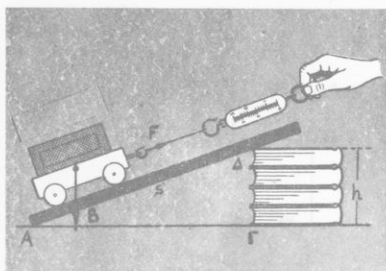
Πολλές φορές γιά νά φορτώσουμε βαρέλια σέ αυτοκίνητο, χρησιμοποιούμε μία επίπεδη σανίδα πού σχηματίζει γωνία μέ τό όριζόντιο



Σχ. 3. Κινητή τροχαλία ($F = B/2$)



Σχ. 4. Ο άνηφορικός δρόμος καί οι κυλιόμενες σκάλες αποτελούν περιπτώσεις κεκλιμένου επιπέδου



Σχ. 5. Κεκλιμένο επίπεδο

επίπεδο. Η σανίδα αυτή αποτελεί τότε ένα **κεκλιμένο επίπεδο**. Οι άνηφορικοί δρόμοι και οι κυλιόμενες σκάλες αποτελούν παραδείγματα κεκλιμένων επιπέδων (Σχ. 4).

Για να αντίληφθούμε τη χρησιμότητα του κεκλιμένου επιπέδου εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα (Σχ. 5). Τοποθετούμε μία σανίδα πλάγια προς το οριζόντιο επίπεδο και με τη βοήθεια ενός δυναμόμετρου μετράμε τη δύναμη που χρειάζεται να ασκούμε σε ένα σώμα για να παραμείνει ακίνητο ή να ανυψώνεται κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου με σταθερή ταχύτητα. Από το πείραμα βρίσκουμε ότι η κινητήρια δύναμη είναι μικρότερη από το βάρος του σώματος και εξαρτάται από την κλίση που έχει το κεκλιμένο επίπεδο. (Τριβή μηδέν ή πολύ μικρή). Η κινητήρια δύναμη γίνεται μέγιστη, δηλ. ίση με το βάρος του σώματος, όταν το επίπεδο της σανίδας γίνεται κατακόρυφο.

Τό συμπέρασμα ότι η κινητήρια δύναμη είναι μικρότερη από το βάρος του σώματος μπορεί να προκύψει θεωρητικά και με την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Όταν τό σημείο εφαρμογής της κινητήριας δυνάμεως μετακινείται από τό Α στό Δ, δηλ. κατά $s = AD$, τό κέντρο βάρους του σώματος ανυψώνεται κατά $h = ΓΔ$. Αν δέν υπάρχουν τριβές ($\eta = 100\%$) πρέπει τό έργο που παράγει ή κινητήρια δύναμη νά είναι ίσο μέ τό έργο που απορροφάει τό βάρος

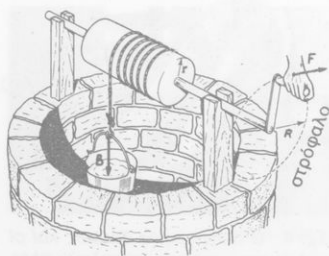
$$(4) \quad F \cdot s = B \cdot h$$

Έπειδή τό s είναι μεγαλύτερο από τό h , έπεται ότι ή F είναι μικρότερη από τό βάρος B . (Χρυσός κανόνας της Μηχανικής).

III. ΒΑΡΟΥΛΚΟ

Τό βαρούλκο ή βίντσι αποτελείται από έναν κύλινδρο που μπορεί νά στρέφεται γύρω από τόν άξονά του μέ τη βοήθεια στροφάλου (μανιβέλας) (Σχ. 6). Γύρω από τόν κύλινδρο ύπάρχει σχοινί, του οποίου τό ένα άκρο είναι στερεωμένο στόν κύλινδρο, ενώ στό άλλο άκρο άσκειται τό βάρος (άντίσταση) που θέλουμε νά ανυψώσουμε.

Όταν τό βαρούλκο ίσορροπεί, ή ροπή της δυνάμεως F ως προς τόν άξονα περιστροφής είναι ίση μέ τη ροπή του βάρους B ως προς τόν ίδιο άξονα. Δηλ.



Σχ. 6. Βαρούλκο

(5)

$$F \cdot R = B \cdot r$$

Συνθήκη ισορροπίας
βαρούλκου

Επειδή τό R είναι μεγαλύτερο από τό r , συμπεραίνουμε ότι ή F είναι μικρότερη από τό B .

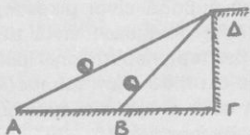
(Στή σχέση (5) μπορούμε νά καταλήξουμε καί μέ τήν άρχή διατηρήσεως τής ενέργειας).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στήν άκίνητη τροχαλία ή κινητήρια δύναμη είναι ίση μέ τήν αντίσταση ($F=B$), ενώ στήν κινητή τροχαλία ή κινητήρια δύναμη είναι ίση μέ τό μισό τής αντίστασεως ($F=B/2$), όταν τά νήματα είναι παράλληλα. Οι σχέσεις αυτές ισχύουν όταν δέν υπάρχουν τριβές.
2. Η δύναμη πού βάζουμε γιά νά ανυψώσουμε ένα σώμα μέ τό κεκλιμένο επίπεδο είναι μικρότερη από τό βάρος του σώματος καί εξαρτάται από τήν κλίση του επιπέδου (Τριβή = 0).
3. Τό βαρούλκο είναι μία άπλή μηχανή μέ τήν όποία μπορούμε νά πολλαπλασιάσουμε τή δύναμή μας όπως άκριβώς καί μέ τό μοχλό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιό από τά δύο κεκλιμένα επίπεδα AD καί BD θά προτιμήσετε γιά νά ανυψώσετε ένα βαρύ αντικείμενο καί γιατί;



2. Νά αποδείξετε μέ τήν άρχή διατηρήσεως τής ενέργειας ότι στήν άκίνητη τροχαλία ισχύει $F = B$. (Νά λάβετε υπόψη ότι οι μετατοπίσεις τών σημείων εφαρμογής τών F καί B είναι ίσες).
3. Ποιό είναι τό όφελος από τή χρήση μιás άκίνητης τροχαλίας;
4. Ποιές από τίς έπόμενες προτάσεις είναι όρθές; α) Οι άπλές μηχανές μās διευκολύνουν στίς εργασίες, διότι μέρος τής απαιτούμενης ενέργειας προέρχεται από τίς ίδιες. β) Οι άπλές μηχανές μās διευκολύνουν στίς εργασίες, διότι πολλαπλασιάζουν τή δύναμή μας ή τή μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της. γ) Οι άπλές μηχανές ούτε παράγουν ούτε εξαφανίζουν ενέργεια.

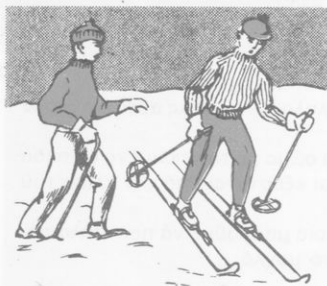
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μέ τή βοήθεια κινητής τροχαλίας πού έχει βάρος 2 κρ σηκώνουμε ένα σώμα πού έχει βάρος 50κρ. Νά βρείτε τήν κινητήρια δύναμη όταν τά δύο τμήματα του σχοινού είναι παράλληλα καί ή τροχαλία ισορροπεί (ήρεμεί ή κινείται μέ σταθερή ταχύτητα).

Σέ μία κινητή τροχαλία μέ παράλληλα νήματα ή κινητήρια δύναμη είναι 20 N. α) Πόσο έργο παρέχει ή κινητήρια δύναμη στήν τροχαλία, άν τό σημείο εφαρμογής τής δυνάμεως μετακινηθεί κατά 0,2 m; β) Πόσο μετακινείται τότε τό σημείο εφαρμογής τής αντίστασεως; γ) Πόσο είναι τό έργο πού αποδίδει ή τροχαλία, άν $n = 100\%$ καί πόσο άν $n = 90\%$;

16η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΠΙΕΣΗ-ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ



Σχ. 1. Το αποτέλεσμα του βάρους είναι διαφορετικό στις δύο περιπτώσεις

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

Στά προηγούμενα έχουμε αναφέρει ότι δύναμη είναι η αίτια που αλλάζει την κινητική κατάσταση των σωμάτων ή που προκαλεί την παραμόρφωσή τους. Σε πολλές όμως περιπτώσεις ή παραμόρφωση ενός σώματος δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται στο σώμα, αλλά και από το έμβαδό της επιφάνειας στην οποία κατανέμεται η δύναμη αυτή. Αυτό φαίνεται καθαρά στο επόμενο παράδειγμα:

Τά ίχνη που αφήνει ένας άνθρωπος που βαδίζει στο χιόνι, έχουν μεγάλο βάθος, όταν φοράει χιονοπέδιλα και μικρό βάθος, όταν φοράει (Σχ. 1). Φυσικά και στις δύο περιπτώσεις η δύναμη που πιέζει το χιόνι είναι η ίδια (τό βάρος του σώματος), αλλά είναι διαφορετικό το έμβαδό, στο οποίο κατανέμεται αυτή. Στην πρώτη περίπτωση το έμβαδό είναι μικρότερο και το αποτέλεσμα της δυνάμεως είναι μεγαλύτερο από ό,τι στη δεύτερη περίπτωση. Πρέπει επίσης να τονίσουμε ότι η δύναμη που πιέζει το χιόνι είναι κάθετη στην επιφάνεια επαφής των δύο σωμάτων (άνθρωπος-χιόνι).

Γιά να μελετάμε φαινόμενα σαν τό προηγούμενο εισάγουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την πίεση, που ορίζεται ως εξής:

Πίεση ονομάζεται τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται μέ τό πηλίκο της δυνάμεως, που ενεργεί κάθετα σέ μία επιφάνεια, πρós τό έμβαδό της επιφάνειας αυτής.

$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη}}{\text{έμβαδό}}$	$p = \frac{F}{S}$
--	-------------------

Ή καρτέκλα του Σχ. 2 στηρίζεται σέ άμμο πρwτα χωρίς σανίδα και μετά μέ σανίδα. Στην πρwτη περίπτωση, τό έμβαδό της επιφάνειας, στην οποία ασκείται τό βάρος Β του ανθρώπου, είναι μικρότερο από τη δεύτερη περίπτωση και



I Σχ. 2. II

επομένως ἡ πίεση μεγαλύτερη. Γιά τό λόγο αὐτό ἡ καρέκλα βυθίζεται περισσότερο στήν πρώτη περίπτωση παρά στή δεύτερη.

Μονάδες πίεσεως

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα δυνάμεως εἶναι τό 1 N καί ἐπιφάνειας τό 1 m². Ἄρα μονάδα πίεσεως θά εἶναι τό:

ἓνα νιοῦτον κατά τετραγωνικό μέτρο (1N/m²)

Ἡ μονάδα 1N/m² εἶναι πολύ μικρή γιά νά ἐκφράσει τίς συνηθισμένες πιέσεις, γι' αὐτό χρησιμοποιοῦνται στήν πράξη τό ἓνα πόντ κατά τετρ. ἑκατοστόμετρο (1p/cm²) καί τό ἓνα κιλοπόντ κατά τετρ. ἑκατοστόμετρο (1kp/cm²) πού ὀνομάζεται **τεχνική ἀτμόσφαιρα** καί συμβολίζεται μέ τό **at**, δηλ.

$$1 \text{ at} = 1\text{kp/cm}^2 = 1000 \text{ p/cm}^2.$$

Ἀποτελέσματα. Ἀπό τόν τύπο $p = F/S$ παρατηροῦμε ὅτι ἡ πίεση εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρός τήν ἐπιφάνεια S, ὅταν ἡ δύναμη παραμένει σταθερή. Ἀνάλογα, λοιπόν, μέ τό ἀποτέλεσμα πού θέλουμε νά φέρει ἡ δύναμη, ρυθμίζουμε τήν ἀντίστοιχη ἐπιφάνεια.

Π.χ. ὅταν κατασκευάζουμε καρφιά, πινέζες, βελόνια κτλ., φροντίζουμε νά τά κάνουμε μωτερά στή μία ἄκρη, ὥστε νά εἶναι μικρή ἡ ἐπιφάνεια καί ἐπομένως μεγάλη ἡ πίεση (Σχ. 3). Μέ τόν τρόπο αὐτό, τά μωτερά σώματα εἰσχωροῦν μέ εὐκολία στό ἐσωτερικό διαφώρων ὑλικῶν. Γιά τόν ἴδιο λόγο φροντίζουμε τά μαχαίρια, τά ξυράφια κτλ. νά ἔχουν λεπτή κόψη, ὥστε τό ἀποτέλεσμα τῆς δυνάμεως πού βάζουμε νά εἶναι μεγαλύτερο.

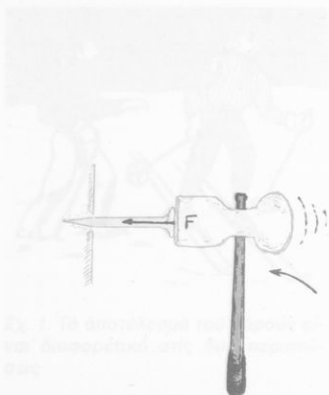
Σέ ἄλλες περιπτώσεις μᾶς ἐνδιαφέρει νά μετριάσουμε τό ἀποτέλεσμα μιάς δυνάμεως. Τότε δίνουμε στήν ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τῶν σωμάτων μεγάλο ἐμβαδό. Αὐτό ἐφαρμόζεται στά



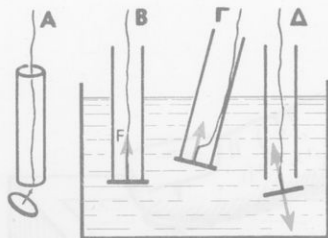
Σχ. 3.



Σχ. 4



Σχ. 5. Τα καρφιά είναι μυτερά στη μία άκρη, για να άσκειται μεγάλη πίεση



Σχ. 6. Στο Δ, ο δίσκος πιέζεται τό ίδιο και από τις δύο όψεις του και πέφτει από τό βάρος του και μόνο

βαριά αυτοκίνητα στα όποια βάζουμε πολλά και φαρδιά λάστιχα, για να προστατεύσουμε τό δόδοστρωμα από καθίζηση. (Σχ. 4).

Επίσης όταν σηκώνουμε βαριά δέματα, βάζουμε στα χέρια μας χαρτί ή ύφασμα για να μήν κοπούν από τά σχοινιά.

II. ΠΙΕΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

Η δύναμη, πού προκαλεί πίεση σε μία επιφάνεια, λέγεται συχνά **πιεστική δύναμη** και, όπως φαίνεται στα προηγούμενα παραδείγματα, είναι **κάθετη** στην επιφάνεια πού δέχεται τήν πίεση.

Η πιεστική δύναμη μπορεί να είναι τό ίδιο τό βάρος του σώματος πού βρίσκεται σε έπαφή με τό άλλο σώμα (Σχ. 1 και 4) ή κάποια άλλη έξωτερική δύναμη (Σχ. 3 και 5).

III. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ

Εφαρμόζουμε έναν ελαφρό δίσκο στο κάτω στόμιο ενός γυάλινου κυλίνδρου, όπως φαίνεται στο Σχ. 6, και βυθίζουμε τόν κύλινδρο σε νερό. Παρατηρούμε ότι ο δίσκος δέν πέφτει αλλά μένει προσκολλημένος στο στόμιο του κυλίνδρου. Ακόμη και όταν γέρνουμε τόν κύλινδρο, ο δίσκος δέ φεύγει από τή θέση του. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι τό υγρό άσκει μία δύναμη στο δίσκο και μάλιστα με διεύθυνση κάθετη προς τήν επιφάνειά του.

Άρα:

Κάθε επιφάνεια πού βρίσκεται σε έπαφή με ένα υγρό δέχεται από τό υγρό μία κάθετη δύναμη και έπομένως μία πίεση.

Αν μέσα στον κύλινδρο ρίξουμε νερό, ο δίσκος δέχεται δύναμη και στην επάνω επιφάνεια. Όταν ή στάθμη του νερού μέσα στον κύλινδρο πλησιάζει να φτάσει τή στάθμη του νερού της λεκάνης, ο δίσκος άποχωρίζεται από τό σωλήνα εξαιτίας του βάρους του.

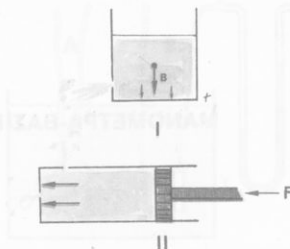
IV. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Θεωρούμε δύο δοχεία με νερό, όπως φαίνεται στο Σχ. 7. Τό νερό, σύμφωνα με τά προηγούμενα, δημιουργεί πίεση στα τοιχώματα των δοχείων, γι' αυτό τινάζεται από τίς τρύπες με κάποια όρμη.

Είναι φανερό ότι ή πίεση στο πρώτο δοχείο όφείλεται στο βάρος Β του νερού, ενώ στο

δεύτερο δοχείο οφείλεται στην έξωτερική δύναμη F .

Τήν πίεση, που οφείλεται στο βάρος των υγρών, τήν ονομάζουμε **υδροστατική πίεση**.



Σχ. 7. I. Ύδροστατική πίεση.
II. Η πίεση οφείλεται σε έξωτερική δύναμη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η αλλαγή στη μορφή ενός σώματος συχνά εξαρτάται από τη δύναμη που άσκειται στη μονάδα επιφάνειας, δηλ. από την πίεση.
2. Η πίεση ορίζεται από τη σχέση $p = F/S$ και είναι μέγεθος μονόμετρο.
3. Τα υγρά άσκουν δυνάμεις κάθετες στις επιφάνειες, με τις οποίες βρίσκονται σε επαφή και επομένως προκαλούν πίεση σ' αυτές.
4. Η πίεση, που οφείλεται στο βάρος των υγρών, λέγεται υδροστατική πίεση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί στο Σχ. 2 η καρέκλα βυθίζεται περισσότερο στην περίπτωση I;
2. Νά αναφέρετε διάφορες μονάδες της πίεσεως.
3. Ποιά από τις ακόλουθες προτάσεις είναι όρθη: α) η πίεση είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια, β) η πιεστική δύναμη είναι πάντα κάθετη στην επιφάνεια, γ) η πιεστική δύναμη μερικές φορές είναι κάθετη στην επιφάνεια.
4. Γιατί οι πινέζες πρέπει να έχουν πλατύ κεφάλι;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Το βάρος ενός ανθρώπου που βαδίζει στο χιόνι είναι 75 κρ. Νά βρεθεί η πίεση που προκαλεί ο άνθρωπος στο χιόνι α) χωρίς χιονοπέδιλα ($S_1 = 300\text{cm}^2$) και β) με χιονοπέδιλα ($S_2 = 3000\text{cm}^2$).
- *2. Ένας στύλος έχει βάρος 2400 κρ και στηρίζεται κατακόρυφα σε οριζόντιο έδαφος, που δεν μπορεί να δεχτεί πίεση μεγαλύτερη από $0,4\text{ κρ/cm}^2$. Πόση είναι η μικρότερη επιφάνεια που μπορεί να έχει η βάση στηριξεώς του;
3. Μία καρέκλα έχει βάρος 4 κρ και πάνω σ' αυτή κάθεται άνθρωπος με βάρος 60 κρ. Αν τό κάθε ένα από τά τέσσερα πόδια της καρέκλας έχει έμβαδό 2 cm^2 και τό έδαφος που άκουμπά η καρέκλα είναι οριζόντιο, πόση πίεση προκαλεί κάθε πόδι της στο έδαφος;

ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ-ΒΑΣΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

I. ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ

α. Τά όργανα με τά όποια μετράμε τήν πίεση σέ κάποιο σημείο ενός υγρού ή αερίου, ονομάζονται **μανόμετρα**.

"Ένα άπλό μανόμετρο είναι αυτό πού παριστάνεται στό Σχ. 1. Μέσα στό λυγισμένο σωλήνα ρίχνουμε χρωματισμένο νερό ή κάποιο άλλο υγρό (οινόπνευμα, υδράργυρο κτλ).

"Αν δημιουργήσουμε πίεση στό ένα σκέλος του σωλήνα, π.χ. φυσώντας άέρα, παρατηρούμε ότι τό υγρό κατεβαίνει στό σκέλος Α καί ανεβαίνει στό Β. "Έτσι, δημιουργείται μία διαφορά ύψους h του υγρού στά δύο σκέλη του σωλήνα. "Αν αύξήσουμε τήν πίεση στό σκέλος Α, παρατηρούμε ότι αύξάνει καί ή διαφορά ύψους h . "Άρα, ή διαφορά στάθμης του υγρού στό σωλήνα αποτελεί ένα μέτρο γιά τήν πίεση πού επικρατεί στό σκέλος Α. "Έτσι, ό λυγισμένος σωλήνας με τό υγρό μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ως μανόμετρο.

β. "Όταν θέλουμε νά μετρήσουμε τήν πίεση ενός αερίου, πού είναι κλεισμένο σέ φιάλη, συνδέουμε τόν ελαστικό σωλήνα με τή φιάλη, όπως συνδέσαμε τούς πνεύμονές μας (Σχ. 1, II).

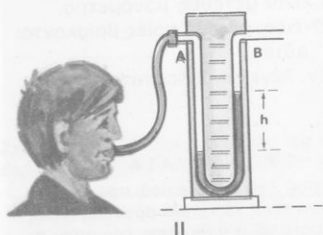
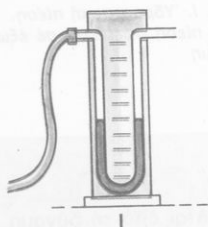
"Όταν, όμως, θέλουμε νά μετρήσουμε τήν πίεση σέ κάποιο σημείο υγρού, χρησιμοποιούμε μία μανομετρική κάψα (Σχ. 2).

"Η **μανομετρική κάψα** είναι ένα μικρό δοχείο (μεταλλικό ή γυάλινο), πού έχει στό στόμιο του μία λεπτή, ελαστική μεμβράνα. "Αν πιέσουμε τή μεμβράνα, πιέζεται ό άέρας πού υπάρχει στήν κάψα καί ή πίεση αύτή φτάνει στό μανόμετρο μέσα από τόν ελαστικό σωλήνα.

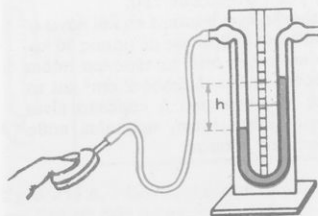
II. ΒΑΣΙΚΟΣ (ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ) ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

α. Πειραματική απόδειξη. 1ο πείραμα.

Βυθίζουμε τή μανομετρική κάψα σέ δοχείο με νερό καί σημειώνουμε τή διαφορά ύψους h



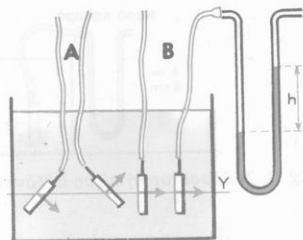
Σχ. 1. Άνοιχτό μανόμετρο



Σχ. 2. Μανομετρική κάψα

στά δύο σκέλη του μανομέτρου (Σχ. 3). Κατόπιν γυρίζουμε την κάψα, ώστε να αλλάξει προσανατολισμό η μεμβράνη της και παρατηρούμε ότι δέ μεταβάλλεται η ένδειξη του μανομέτρου.

Στή συνέχεια μετατοπίζουμε την κάψα μέσα στο νερό, με τρόπο ώστε το κέντρο της να παραμένει στο ίδιο βάθος και παρατηρούμε ότι πάλι δέν αλλάζει η πίεση. Άρα:

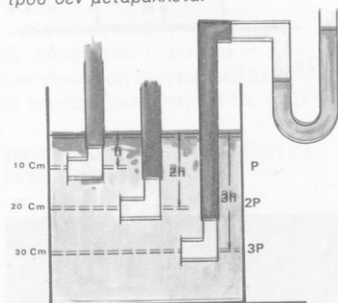


Σχ. 3. Το κέντρο της μεμβράνας μετατοπίζεται κατά την οριζόντια γραμμή XY. Η ένδειξη του μανομέτρου δέν μεταβάλλεται

Η πίεση, πού προκαλεί ένα υγρό σε μία επιφάνεια, δέν εξαρτάται από τόν προσανατολισμό της επιφάνειας, αλλά είναι ή ίδια σε όλα τά σημεία του υγρού πού βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

2ο πείραμα. Γεμίζουμε έναν κύλινδρο με νερό και με τή βοήθεια του μανομέτρου μετράμε την πίεση σε διάφορα βάθη. (Σχ. 4). Παρατηρούμε ότι, όταν διπλασιάζεται τό βάθος, διπλασιάζεται και ή πίεση, όταν τριπλασιάζεται τό βάθος, τριπλασιάζεται και ή πίεση κ.ο.κ.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι ή πίεση, πού μετράει τό μανόμετρο πού χρησιμοποιούμε και ή όποια μās ενδιαφέρει στην ένότητα αυτή, είναι ή υδροστατική πίεση, δηλ. ή πίεση πού προέρχεται από τό βάρος του υγρού πού βρίσκεται κάθε φορά πάνω από τή μανομετρική κάψα. Άρα:



Σχ. 4. Η πίεση είναι ανάλογη προς τό βάθος

Η υδροστατική πίεση είναι ά ν ά λ ο γ η προς τό βάθος.

3ο πείραμα. Βάζουμε σε ένα δοχείο καθαρό νερό και σε ένα άλλο δοχείο πυκνό άλατόνερο. Κατόπιν βυθίζουμε τή μανομετρική κάψα στο ίδιο βάθος και στα δύο δοχεία και σημειώνουμε τίσ ένδειξεις του μανομέτρου (Σχ. 6).

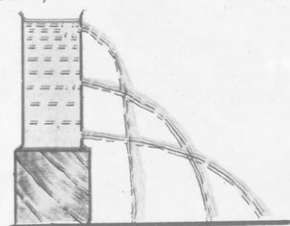
Παρατηρούμε ότι ή πίεση στο καθαρό νερό είναι μικρότερη από τήν πίεση στο άλατόνερο, άν και τό βάθος είναι τό ίδιο.

Άν λάβουμε υπόψη μας ότι τό άλατόνερο έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τό καθαρό νερό, συμπεραίνουμε ότι ή υδροστατική πίεση αύξάνεται με τό ειδικό βάρος του υγρού.

Μέ προσεκτικά πειράματα αποδεικνύεται ότι:

Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη προς τό ειδικό βάρος του υγρού.

Συγκεντρώνοντας τά προηγούμενα συμπε-

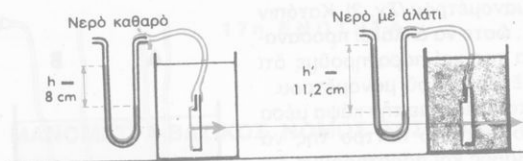


Σχ. 5. Η πίεση αύξάνεται με τό βάθος

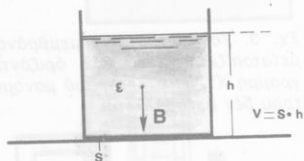
ΠΙΝΑΚΑΣ I

πίεση σε βάθος $h=20\text{cm}$

ΥΓΡΟ	είδ. βάρος ϵ ρ/cm^3	πίεση p ρ/cm^2
οινόπνευμα	0,8	16
πετρέλαιο	0,9	18
νερό	1,0	20
άλατόνερο	1,4	28



Σχ. 6. Η υδροστατική πίεση αυξάνεται με το ειδικό βάρος του υγρού



Σχ. 7

ράσματα, μπορούμε να πούμε ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη προς το ειδικό βάρος του υγρού και ανάλογη προς το βάθος. Δηλ.

υδροστατική πίεση = ειδ. βάρος υγρού × βάθος

$p = \epsilon \cdot h$ Βασικός νόμος της υδροστατικής

β. Θεωρητική απόδειξη.

Η υδροστατική πίεση, όπως έχουμε αναφέρει, οφείλεται στο βάρος των υγρών. Άς θεωρήσουμε, λοιπόν, έναν κύλινδρο με έμβαδό βάσεως S , μέσα στον οποίο υπάρχει υγρό ειδ. βάρους ϵ και ύψους h (Σχ. 7). Η πίεση που προκαλεί το βάρος B του υγρού στη βάση του δίνεται από τον τύπο

$$(1) \quad p = \frac{B}{S}$$

Το βάρος όμως B δίνεται από τον τύπο $B = \epsilon \cdot V$ και όγκος V από τον τύπο $V = S \cdot h$. Άρα:

$$(2) \quad B = \epsilon \cdot S \cdot h$$

Αντικαθιστώντας στον τύπο (1) το B με το ίδιο του $\epsilon \cdot S \cdot h$ βρίσκουμε:

$$p = \frac{\epsilon \cdot S \cdot h}{S} \Leftrightarrow p = \epsilon \cdot h$$

III. ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΝΟΜΕΤΡΟΥ

Η βαθμολόγηση του μανομέτρου των προηγούμενων πειραμάτων γίνεται εύκολα με βάση τον τύπο $p = \epsilon \cdot h$, αρκεί να γνωρίζουμε το ειδικό βάρος ϵ του υγρού που υπάρχει στο λυγισμένο σωλήνα. Αν υποθέσουμε ότι το υγρό αυτό είναι καθαρό νερό ($\epsilon = 1 \text{ p/cm}^3$), τότε σε διαφορά ύψους $h_1 = 1 \text{ cm}$ θα αντιστοιχεί πίεση $p_1 = 1 \text{ p/cm}^2$, σε διαφορά ύψους $h_2 = 2 \text{ cm}$ θα αντιστοιχεί πίεση $p_2 = 2 \text{ p/cm}^2$, κ.ο.κ. Άρα όταν κάνουμε τη βαθμολόγηση της κλίμακας αντί να



Σχ. 8. Η υδροστατική πίεση εμποδίζει τον άνθρωπο να κατέβει σε μεγάλη βάθος

γράψουμε 1 cm, 2 cm, 3 cm, κτλ. θά γράψουμε 1 p/cm², 2 p/cm², 3 p/cm² κτλ.

"Αν υποθέσουμε ότι τό ύγρο είναι οινό-πνευμα ($\epsilon=0,8\text{p/cm}^3$) τότε σέ διαφορά ύψους $h_1=1\text{cm}$ θά αντίστοιχεί πίεση $p=0,8\text{ p/cm}^2$, σέ διαφορά ύψους $h_2 = 2\text{cm}$, θά αντίστοιχεί πίεση $p=1,6\text{ p/cm}^2$ κ.ο.κ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ύδροστατική πίεση σέ ένα σημείο ύγρου, είναι ανάλογη πρός τό βάθος που βρίσκεται τό σημείο καί ανάλογη πρός τό ειδ. βάρος του ύγρου ($p = \epsilon \cdot h$).
2. Τά μανόμετρα είναι όργανα μέ τά όποία μετράμε τήν πίεση πού προκαλούν τά ύγρά ή τά άέρια. Η λειτουργία των άνοιχτών μανομέτρων στηρίζεται στήν ύδροστατική πίεση.
3. Η μανομετρική κάψα είναι ένα έξάρτημα του μανομέτρου καί μās βοηθάει νά μετράμε τήν πίεση σέ όποιοδήποτε σημείο ενός ύγρου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

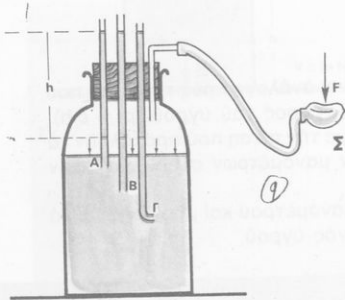
1. Η πίεση πού προκαλούν τά ύγρά σέ μία επιφάνεια α) έξαρτάται από τόν προσανατολισμό τής επιφάνειας, β) άλλοτε έξαρτάται καί άλλοτε όχι, γ) δέν έξαρτάται από τόν προσανατολισμό τής επιφάνειας. Ποιά από τίς προτάσεις αυτές είναι όρθή;
2. α) Από ποιά όπή τινάζεται τό νερό μέ μεγαλύτερη ταχύτητα καί γιατί; (Σχ. 5)
3. Νά παραστήσετε γραφικά τά ζεύγη τιμών του πίνακα Ι. Τι συμπεραίνετε;
4. Δύο κύλινδροι περιέχουν νερό πού φτάνει στό ίδιο ύψος h (καί στους δύο κύλινδρους). Ό ένας κύλινδρος είναι στενός καί ό άλλος φαρδύς. Τι από τά τρία συμβαίνει; α) Η ύδροστατική πίεση στόν πυθμένα είναι μικρότερη στό στενό κύλινδρο καί μεγαλύτερη στό φαρδύ κύλινδρο. β) Δέν μπορούμε νά συγκρίνουμε τίς δύο αυτές πιέσεις. γ) Καί στους δύο κύλινδρους επικρατεί ή ίδια πίεση στόν πυθμένα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό κέντρο μιās μανομετρικής κάψας βρίσκεται σέ βάθος 16 cm κάτω από τήν ελεύθερη επιφάνεια ενός ύγρου. Πόση πίεση δέχεται ή κάψα, άν τό ύγρο είναι:
α) Καθαρό νερό ($\epsilon_1 = 1\text{ p/cm}^3$)
β) Θαλασσινό νερό ($\epsilon_2 = 1,03\text{ p/cm}^3$)
- *2. Τό φινιστρίνι (παράθυρο) ενός ύποβρυχίου έχει έμβαδό 200 cm² καί βρίσκεται σέ βάθος 50 m από τήν επιφάνεια τής θάλασσας. Πόση είναι ή πίεση πού δέχεται τό φινιστρίνι καί πόση ή δύναμη πού άσκείται σ' αυτό από τό νερό; ($\epsilon_{\text{νερού}} = 1,03\text{ p/cm}^3$).
3. Τό πώμα ενός λουτρού (μπαniέρας) έχει έμβαδό διατομής 4 cm². Μέ πόση δύναμη πρέπει νά τραβήξουμε τό πώμα γιά νά άδειάσουμε τό λουτρό, άν τό νερό έχει βάθος 30cm; ($\epsilon_{\text{νερού}} = 1\text{ p/cm}^3$).
4. "Ενας σωλήνας περιέχει ύδράργυρο μέχρι ύψος $h_1 = 20\text{ cm}$.
α) Πόση πίεση προκαλεί ό ύδράργυρος στή βάση του σωλήνα;
β) Πόσο είναι τό ύψος στήλης νερού πού προκαλεί τήν ίδια πίεση στή βάση του ίδιου σωλήνα; ($\epsilon_{\text{ύδραργ.}} = 13,6\text{ p/cm}^3$, $\epsilon_{\text{νερού}} = 1\text{ p/cm}^3$).

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΓΡΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

I. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΓΡΑ
(άρχη του PASCAL)

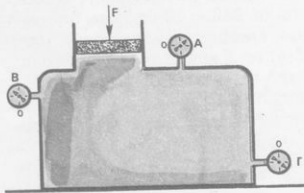


Σχ. 1. Άρχη του Pascal

Σε μία φιάλη τοποθετούμε χρωματισμένο υγρό (π.χ. νερό) και κλείνουμε τη φιάλη με ένα πώμα μέσα από το οποίο έχουμε περάσει μερικούς γυάλινους σωλήνες (Σχ. 1). Σημειώνουμε το ύψος του νερού που βρίσκεται στους σωλήνες προτού πιέσουμε την ελαστική σφαίρα Σ. Μετά πιέζουμε τη σφαίρα και παρατηρούμε ότι και στους τρεις σωλήνες το χρωματισμένο υγρό ανέρχεται κατά το ίδιο ύψος h . Αυτό σημαίνει ότι η πίεση, που δημιουργήθηκε στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, μεταδόθηκε ή ίδια σε όλα τα σημεία του Α, Β, Γ, κτλ.

Τήν ιδιότητα των υγρών να μεταδίδουν την πίεση από σημείο σε σημείο τη μελέτησε αρχικά ο Pascal και διατύπωσε την εξής άρχη:

Ή πίεση που προκαλείται σε υγρό που ισορροπεί μεταδίδεται άμετάβλητη σε όλα τα σημεία του.



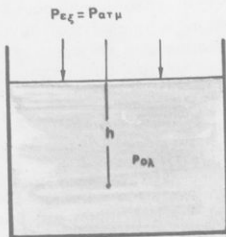
Σχ. 2

Στό ίδιο συμπέρασμα μπορούμε να καταλήξουμε και με τη συσκευή του Σχ. 2. Όταν προκαλούμε πίεση στο υγρό με τη βοήθεια του εμβόλου, ή πίεση αυτή μεταδίδεται σε όλα τα σημεία του υγρού και τά μανόμετρα δείχνουν την ίδια πίεση.

(Φυσικά υπάρχει και ή υδροστατική πίεση, ή οποία αύξάνει με τό βάθος, αλλά στό πείραμα αυτό τη θεωρούμε άσήμαντη).

II. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Ή ελεύθερη επιφάνεια των υγρών βρίσκεται πάντα κάτω από κάποια εξωτερική πίεση που συνήθως είναι ή ατμοσφαιρική πίεση (Σχ. 3). Σύμφωνα με την άρχη του Pascal ή εξωτερική πίεση $p_{εξ}$ μεταδίδεται άμετάβλητη σε όλα τά σημεία του υγρού. "Αν επομένως θέλουμε να



Σχ. 3

υπολογίσουμε την ολική πίεση $p_{ολ}$ σε ένα σημείο που βρίσκεται σε βάθος h , πρέπει στην υδροστατική πίεση $\epsilon \cdot h$ να προσθέσουμε και την εξωτερική πίεση $p_{εξ}$. Άρα:

$$p_{ολ} = \epsilon \cdot h + p_{εξ}$$

III. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΟΥ PASCAL

Η μετάδοση των πιέσεων μέσα στη μάζα των υγρών βρίσκει εφαρμογές στη λειτουργία του υδραυλικού πιεστηρίου, του υδραυλικού φρένου, του υδραυλικού ανυψωτήρα των αυτοκινήτων κτλ.

α. Ύδραυλικό πιεστήριο. Τά βασικά μέρη ενός υδραυλικού πιεστηρίου είναι δύο κυλινδρικά δοχεία που συγκοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα. Μέσα στα δοχεία κινούνται δύο έμβολα με διαφορετικά εμβαδά (Σχ. 4). Όταν ασκήσουμε δύναμη F_1 στο μικρό έμβολο που έχει εμβαδό S_1 , τότε παράγεται στο υγρό μία πίεση ίση με:

$$(1) \quad p = \frac{F_1}{S_1}$$

Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η πίεση αυτή μεταδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του υγρού. Άρα στην κάτω επιφάνεια του μεγάλου εμβόλου θα επικρατεί η ίδια πίεση p , της οποίας το αποτέλεσμα θα είναι η δύναμη F_2 .

Αν S_2 είναι το εμβαδό του μεγάλου εμβόλου, τότε θα ισχύει η σχέση

$$(2) \quad p = \frac{F_2}{S_2}$$

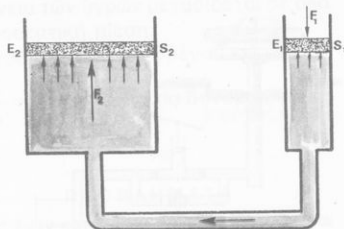
Από τους τύπους (1) και (2) συνεπάγεται:

$$(3) \quad \frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1} \quad \text{ή} \quad F_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$$

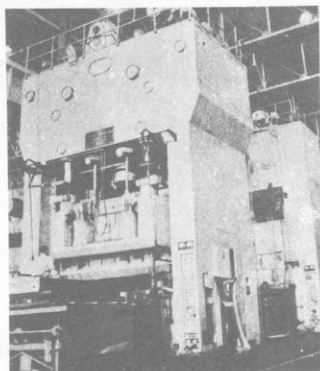
Από τον τελευταίο τύπο είναι φανερό ότι η δύναμη F_2 είναι ανάλογη προς το S_2 και αντίστροφως ανάλογη προς το S_1 .

Αν επομένως θέλουμε να εξουδετερώσουμε μεγάλη αντίσταση F_2 , ασκώντας μικρή δύναμη F_1 , θα πρέπει να κάνουμε μεγάλο το εμβαδό S_2 και μικρό το εμβαδό S_1 .

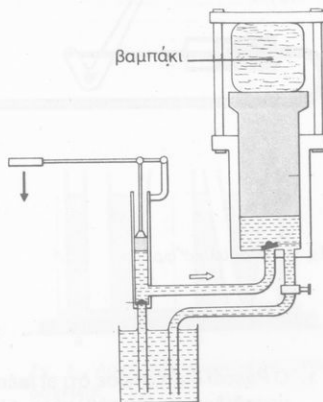
Τό υδραυλικό πιεστήριο, λοιπόν, είναι ένα είδος «**υδραυλικού μοχλού**» δηλ. ένα σύστημα που πολλαπλασιάζει τη δύναμη που ασκούμε στο μικρό έμβολο.



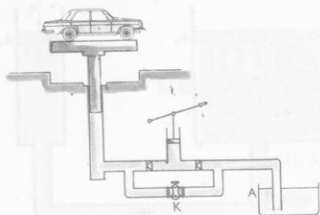
Σχ. 4. Αρχή του υδραυλικού πιεστηρίου (υδραυλικός μοχλός)



Σχ. 5. Ύδραυλικό πιεστήριο (πρέσα)



Σχ. 6



Σχ. 7. Ύδραυλικός άνυψωτήρας

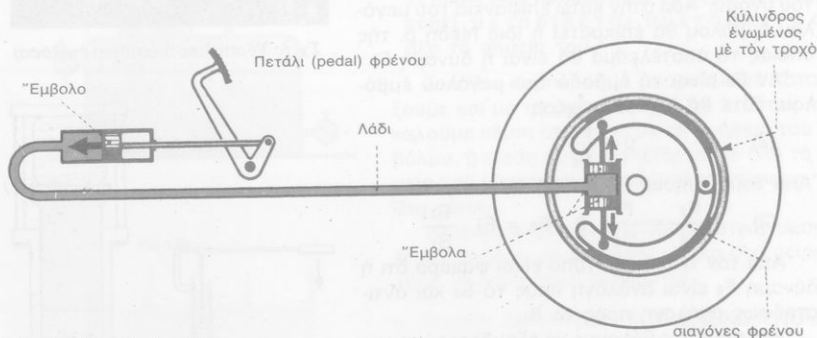
Τό ύδραυλικό πιεστήριο χρησιμοποιείται στά έλαιοτριβεία γιά τήν εξαγωγή του λαδιού από τίς έλιές, καί σέ διάφορα έργοστάσια γιά τήν κατασκευή πρεσσαριστών αντικειμένων. Χρησιμοποιείται έπίσης στή συμπίεση του βαμβακιού καί του άχύρου σέ μπάλες, στή λειτουργία διαφόρων γερανών κ.ά.

Αριθμητικό παράδειγμα. Άς ύποθέσουμε ότι τό μικρό έμβολο έχει έμβαδό $S_1 = 5 \text{ cm}^2$ καί τό μεγάλο έμβολο $S_2 = 500 \text{ cm}^2$ καί ότι ή δύναμη πού άσκούμε στό μικρό έμβολο είναι $F_1 = 20 \text{ kp}$. Τότε ή δύναμη F_2 θά είναι:

$$F_2 = 20 \text{ kp} \cdot \frac{500 \text{ cm}^2}{5 \text{ cm}^2} = 2000 \text{ kp}$$

Άπό τό παράδειγμα αυτό φαίνεται καθαρά ότι μία μικρή δύναμη πού ένεργεί στό μικρό έμβολο μπορεί νά πολλαπλασιαστεί πολλές φορές καί νά γίνει στό άλλο έμβολο άρκετά μεγάλη.

β. Ύδραυλικός άνυψωτήρας αύτοκινήτων. Μέ τόν ίδιο τρόπο πού λειτουργεί ένα ύδραυλικό πιεστήριο, λειτουργεί καί ό ύδραυλικός άνυψωτήρας αύτοκινήτων (Σχ. 7). Συχνά γιά λόγους συντομίας ή συμπίεση του ύγρου γίνεται μέ τή βοήθεια συμπιεσμένου άέρα.



Σχ. 8. Ύδραυλικό φρένο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ό Pascal διαπίστωσε ότι οί πιέσεις πού προκαλούνται σέ ύγρά πού ίσορροπούν μεταδίδονται άμετάβλητες σέ όλα τά σημεία τους.

2. Η ατμοσφαιρική πίεση που δέχεται ή επιφάνεια των υγρών μεταδίδεται σε όλα τα σημεία τους και προστίθεται στην υδροστατική πίεση.
3. Η λειτουργία του υδραυλικού πιεστηρίου, του υδραυλικού φρένου κτλ. στηρίζεται στην αρχή του Pascal και η σχέση $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ συνδέει τις δυνάμεις με τα έμβαδά των έμβόλων.

ζεται στην αρχή του Pascal και η σχέση $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ συνδέει τις δυνάμεις με τα έμβαδά των έμβόλων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σας λένε ότι η πίεση που προκαλεί τό μικρό έμβολο υδραυλικού πιεστηρίου είναι 5 at. Πόση θά είναι η πίεση στο μεγάλο έμβολο; Ίση, μικρότερη ή μεγαλύτερη από 5 at;
2. Ποιά είναι η γενική διατύπωση του βασιτικού νόμου της υδροστατικής και πώς προκύπτει από τον τύπο $p = \rho \cdot g \cdot h$;
3. Ποι έβρισκε εφαρμογές ή αρχή του Pascal;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Σε έναν κατακόρυφο σωλήνα περιέχεται υδράργυρος ($\rho_{Hg} = 13,6 \text{ p/cm}^3$) μέχρι ύψους 20 cm. Αν προκαλέσουμε πίεση 1200 p/cm^2 στην επιφάνεια του υδραργύρου, πόση πίεση άσκειται στον πυθμένα του σωλήνα σε p/cm^2 ;
2. Τό μικρό έμβολο υδραυλικού πιεστηρίου έχει έμβαδό $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ και η δύναμη που άσκούμε σ' αυτό είναι $F_1 = 20 \text{ Kp}$. Πόσο πρέπει να είναι τό έμβαδό S_2 , για να ίσορροπήσουμε δύναμη $F_2 = 800 \text{ Kp}$;

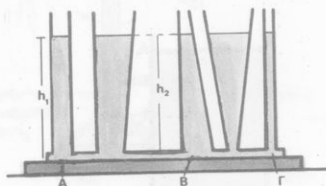
19η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ-ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

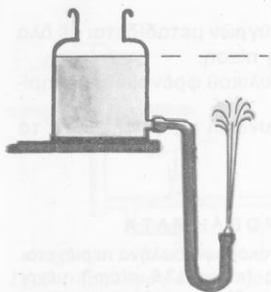
Ι. ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

Χρησιμοποιούμε τή συσκευή του Σχ. 1 ή όποια αποτελείται από διάφορα δοχεία που συγκοινωνούν μεταξύ τους. Ρίχνουμε νερό στή συσκευή και τό αφήνουμε να ίσορροπήσει. Παρατηρούμε ότι η έλεύθερη επιφάνεια του νερού φτάνει στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο σε όλα τά δοχεία. Τό ίδιο συμβαίνει και για κάθε άλλο υγρό. Άρα:

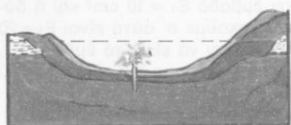
Όταν μέσα σε συγκοινωνούντα δοχεία ίσορροπεί ένα υγρό, η έλεύθερη επιφάνεια του σε όλα τά δοχεία βρίσκεται στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο (αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων).



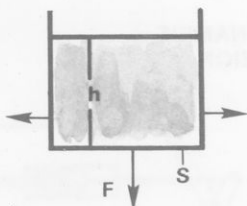
Σχ. 1. Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων



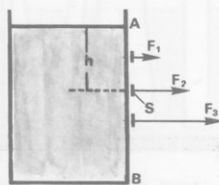
Σχ. 2. Πίδακας



Σχ. 3. Άρτεσιανό πηγάδι



Σχ. 4.



Σχ. 5.

Ἡ παραπάνω ἀρχὴ μπορεῖ νά προκύψει θεωρητικά ἀπὸ τὸ βασικὸ νόμο τῆς ὑδροστατικῆς.

Θεωροῦμε μέσα στὸ ὑγρὸ δύο σημεῖα A καὶ B πού βρίσκονται στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο (Σχ. 7). Οἱ πιέσεις στὰ σημεῖα A καὶ B δίνονται ἀπὸ τοὺς τύπους $p_A = \varepsilon \cdot h_1$ καὶ $p_B = \varepsilon \cdot h_2$. Ἐπειδὴ τὸ ὑγρὸ βρίσκεται σὲ ἰσορροπία, πρέπει οἱ πιέσεις σὲ ὅλα τὰ σημεῖα του, πού βρίσκονται στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο, νά εἶναι ἴσες. Ἐπομένως:

$$\varepsilon h_1 = \varepsilon h_2 \Leftrightarrow h_1 = h_2.$$

Ἄρα οἱ ἐπιφάνειες τοῦ ὑγροῦ στὰ διάφορα δοχεῖα πρέπει νά βρίσκονται στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο.

Ἐφαρμογές. Ἡ ἀρχὴ τῶν συγκοινωνούντων δοχείων βρίσκει ἐφαρμογές στὴν ὕδρευση τῶν πόλεων, στοὺς πίδακες (κ. σιντριβάνια) πού στολιζοῦν συχνά τίς πλατεῖες (Σχ. 2), στὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια κ.ά.

Τὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια εἶναι βαθιά ὀρύγματα στὸ ἔδαφος, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀναβλύζει τὸ νερὸ, μὲ τὴ μορφή μικροῦ πίδακα (Σχ. 3). Γιὰ νά συμβαίνει αὐτὴ ἡ φυσικὴ ἀναπήδηση τοῦ νεροῦ πρέπει τὸ ὑδροφόρο στρώμα νά βρίσκεται ἀνάμεσα σὲ ὕδατοστεγὴ (ἀργιλικὰ) στρώματα καὶ ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στὸ ὑδροφόρο στρώμα νά βρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ στόμιο τοῦ πηγαδιοῦ.

Στοὺς πίδακες καὶ στὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια τὸ νερὸ πού πετιέται πρὸς τὰ πάνω δὲ φτάνει ποτὲ στὸ ὕψος τοῦ νεροῦ πού βρίσκεται στὸ δοχεῖο ἢ στὴ δεξαμενὴ, γιατί συναντᾶει στὴν κίνησή του διάφορες τριβές.

II. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΣΚΟΥΝ ΤΑ ΥΓΡΑ ΣΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

α. Δύναμη στὸν πυθμένα.

Ἡ πιεστικὴ δύναμη F , πού ἀσκεῖται ἀπὸ ὑγρὸ εἰδικοῦ βάρους ε στὸν πυθμένα ἑνὸς δοχείου, μπορεῖ νά ὑπολογισθεῖ, ἂν εἶναι γνωστὸ τὸ βάθος h , τοῦ ὑγροῦ καὶ τὸ ἐμβαδὸ S τοῦ πυθμένα (Σχ. 4). Ἀπὸ τὸν ὀρισμὸ τῆς πιέσεως γνωρίζουμε ὅτι:

$$(1) \quad p = \frac{F}{S} \Leftrightarrow (2) \quad F = p \cdot S$$

Άπό τό βασικό νόμο τής ύδροστατικής ισχύει:

$$(3) \quad p = \epsilon h$$

Άντικαθιστώντας στή σχέση (2) τό p μέ τό ίσο του ϵh , βρίσκουμε τή δύναμη πού άσκει τό ύγρο στήν έπιφάνεια S τού πυθμένα.

$$(4) \quad F = \epsilon \cdot h \cdot S$$

Ό τύπος αυτός ισχύει όταν όλα τά σημεία τού πυθμένα βρίσκονται στό ίδιο βάθος h , δηλ. ή έπιφάνεια τού πυθμένα είναι όριζόντια.

β. Δύναμη στά πλάγια τοιχώματα. Στά πλάγια τοιχώματα τό βάθος h δέν είναι τό ίδιο γιά όλα τά σημεία τους (Σχ. 5). Γι' αυτό δέν μπορούμε νά ύπολογίσουμε όλόκληρη τή δύναμη πού άσκείται στό τοίχωμα AB μέ τόν τύπο (4). Μπορούμε όμως νά χωρίσουμε τό τοίχωμα σέ λεπτές όριζόντιες λωρίδες καί νά ύπολογίσουμε χωριστά τίς δυνάμεις F_1, F_2, F_3 κ.ο.κ. Όταν οι λωρίδες είναι λεπτές καί όριζόντιες, όλα τά σημεία τους βρίσκονται περίπου στό ίδιο βάθος h . Έτσι, μέ τόν τύπο (4), ύπολογίζουμε τή δύναμη πού άσκειται από τό ύγρο στήν κάθε λωρίδα χωριστά (π.χ. $F_2 = \epsilon \cdot h \cdot S$). Όλες μαζί οι δυνάμεις δίνουν κάποια συνισταμένη πού ώθει τό τοίχωμα πρός τά έξω.

Έφαρμογές.

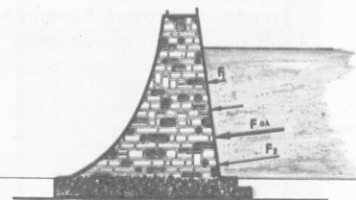
1. Φράγματα. Ίδιαίτερο ένδιαφέρον παρουσιάζουν οι δυνάμεις πού άσκούνται στά φράγματα από τό νερό των τεχνητών λιμνών (Σχ. 6). Έπειδή ή έπιφάνεια τού φράγματος είναι πολύ μεγάλη καί τό βάθος τού νερού πολλά μέτρα, ή συνολική δύναμη πού άσκειται από τό νερό στό φράγμα είναι τεράστια. Για νά άντέχουν τά φράγματα στήν τεράστια πιεστική δύναμη, κατασκευάζονται παχύτερα στή βάση τους καί λεπτότερα στήν κορυφή. (Σχ. 7). Επίσης, γιά μεγαλύτερη άντοχή, δίνουμε στό τοίχωμα τού φράγματος μικρή καμπυλότητα, μέ τήν κυρτή έπιφάνεια πρός τή μεριά τού νερού (Σχ.6).

2. Αυτόματος ποτιστής. Έφαρμογή των δυνάμεων πού άσκοϋν τά ύγρά στά πλάγια τοιχώματα βρίσκουμε επίσης στή λειτουργία τού αυτόματου ποτιστή, πού χρησιμοποιείται στό πότισμα των φυτών σέ κτήματα, πάρκα, κήπους κτλ. (Σχ.8).

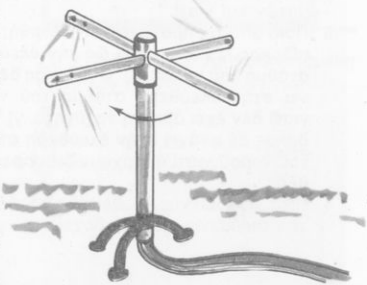
Η λειτουργία τού ποτιστή γίνεται κατανοητή μέ τό ακόλουθο πείραμα (Σχ.9). Όταν τό ότόμιο τού λυγισμένου σωλήνα είναι κλειστό, οι δυνά-



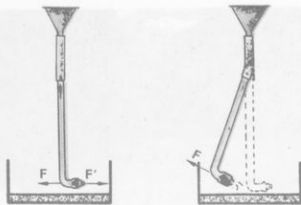
Σχ. 6. Τά φράγματα κατασκευάζονται συνήθως μέ μικρή καμπυλότητα. Όμοιο φράγμα ύπάρχει στή λίμνη τού Μαραθώνα (CrimseI, Έλβετία)



Σχ. 7. Έγκάρσια τομή ένός φράγματος



Σχ. 8. Μία μορφή τού αυτόματου ποτιστή. (μπέκ)



Σχ. 9. Αρχή του αυτόματου ποτιστή

μεις F και F' βρίσκονται σε ισορροπία και ο σωλήνας είναι κατακόρυφος. Όταν αφαιρείται το πώμα από το στόμιο, καταργείται η δύναμη F' και απομένει μόνο η δύναμη F που ώθει το σωλήνα προς τα πλάγια. Με τον τρόπο αυτό ο σωλήνας κινείται και φεύγει από την κατακόρυφη θέση. Στην αρχή αυτή στηρίζεται η περιστροφή του αυτόματου ποτιστή και του υδροστρόβιλου, καθώς επίσης και η προώθηση των άερισθουσμένων και πυραύλων (κινητήρες αντίδρασης).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όταν υπάρχει ύγρο σε διάφορα δοχεία που συγκοινωνούν μεταξύ τους και το ύγρο ισορροπεί, η στάθμη του σε όλα τα δοχεία φτάνει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Εφαρμογές της αρχής αυτής βρίσκουμε στην ύδρευση μιάς πόλεως, στα συντριβάνια, στους πίδακες, στα αρτεσιανά φρέατα κτλ.
2. Τα ύγρα ασκούν πιεστικές δυνάμεις τόσο στον πυθμένα των δοχείων όσο και στα πλευρικά τοιχώματα. Για επίπεδες επιφάνειες, που τα σημεία τους βρίσκονται στο ίδιο βάθος h , η πιεστική δύναμη δίνεται από τον τύπο $F = \epsilon \cdot h \cdot S$.
3. Τα φράγματα κατασκευάζονται με κατάλληλο σχήμα για να άντεχουν στην τεράστια πιεστική δύναμη του νερού.
4. Οι δυνάμεις στα πλευρικά τοιχώματα βρίσκουν εφαρμογή στον αυτόματο ποτιστή, στον υδροστρόβιλο κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Μέ ποιές προϋποθέσεις ισχύει ο τύπος $F = \epsilon \cdot h \cdot S$;
2. Ποιά μορφή έχει το τοίχωμα των φραγμάτων και γιατί;
3. Ποιά από τις προτάσεις είναι όρθη; α) 'Ο πίδακας (Σχ.2) φτάνει ως την ελεύθερη στάθμη του νερού. β) 'Ο πίδακας δε φτάνει στην ελεύθερη στάθμη του νερού γιατί δεν έχει αρκετή ταχύτητα. γ) 'Ο πίδακας δε φτάνει στην ελεύθερη στάθμη του νερού, γιατί υπάρχουν διάφορες τριβές.
4. Πώς αποδεικνύεται θεωρητικά ή αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται από το ύγρο στον πυθμένα του δοχείου του Σχ.4. Δίδονται: $h = 10 \text{ cm}$, $S = 40 \text{ cm}^2$, και $\epsilon = 1 \text{ p/cm}^3$.
2. Σας λένε ότι στο δοχείο του Σχ.5 υπάρχει μία όπη στο πλάγιο τοίχωμα με έμβαδο 1 cm^2 . 'Η όπη αυτή βρίσκεται κοντά στον πυθμένα (θέση Β) και είναι φραγμένη με πώμα, που υποχωρεί με δύναμη 272 p. Νά βρείτε το ύψος h του υδραργύρου, τον οποίο πρέπει να ρίξουμε στο δοχείο, για να υποχωρήσει το πώμα ($\epsilon_{\text{υδρ}} = 13,6 \text{ p/cm}^3$)

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΣΕΩΣ

“Αν βυθίσουμε σε νερό ή κάποιο άλλο υγρό μία ελαστική μπάλα και την αφήσουμε ελεύθερη, παρατηρούμε ότι ανεβαίνει γρήγορα στην επιφάνεια.

Επίσης, αν δοκιμάσουμε να βυθίσουμε στο νερό ένα άδειο κύπελο, αισθανόμαστε μία δύναμη από το νερό, που ώθει το δοχείο προς τα πάνω (Σχ. 1).”Αρα:

Σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα σε υγρό, ασκείται από το υγρό μία δύναμη κατακόρυφη και με φορά από κάτω προς τα πάνω. Η δύναμη αυτή ονομάζεται άνωση.

II. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

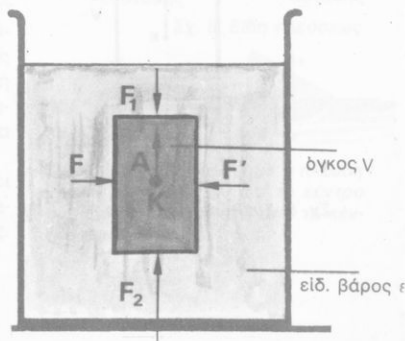
1. Μέτρηση της άνωσης. Έξαρτούμε από το άγγιστρο δυναμομέτρου ένα σώμα (π.χ. μεταλλικό κύλινδρο, πέτρα κτλ.) και βρίσκουμε το βάρος του στον αέρα (Σχ. 3). “Ας υποθέσουμε ότι το βάρος αυτό είναι 100 ρ. Κατόπιν βυθίζουμε το σώμα σε νερό και παρατηρούμε ότι η ένδειξη του δυναμομέτρου ελαττώνεται και γίνεται π.χ. 60 ρ. Είναι φανερό πώς η μείωση στην ένδειξη του δυναμομέτρου οφείλεται στην άνωση, ή οποία ώθει το σώμα προς τα πάνω. “Αρα, η άνωση του σώματος αυτού είναι 40 ρ.”

2. Μέτρηση του βάρους του νερού που εκτοπίζεται. “Όταν το σώμα βυθίζεται στο νερό, η στάθμη του νερού ανεβαίνει. Αυτό σημαίνει ότι το σώμα εκτοπίζει κάποια ποσότητα νερού.

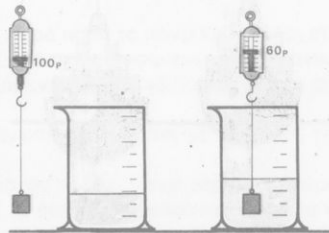
Για να μετρήσουμε το βάρος του νερού που εκτοπίζεται από το σώμα, χρησιμοποιούμε ειδικό δοχείο που φέρει στα πλάγια του ένα μικρό σωλήνα (Σχ. 4). Γεμίζουμε το δοχείο μέχρι το χείλος του σωλήνα και βυθίζουμε το σώμα στο νερό. Μαζεύουμε το νερό που εκτοπίζεται σε ένα δοχείο και το ζυγίζουμε. Από τη ζύγιση προκύπτει ότι το βάρος του νερού που εκτοπι-



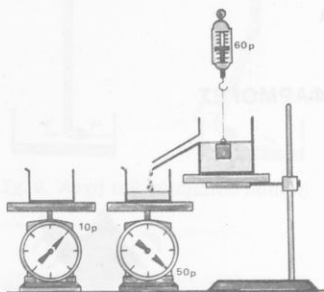
Σχ. 1.



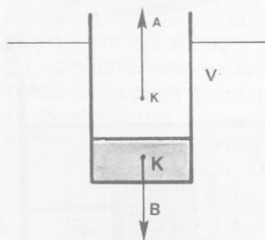
Σχ. 2. Η άνωση Α είναι η συνισταμένη όλων των πιεστικών δυνάμεων



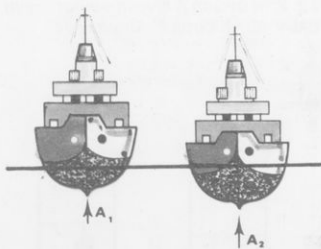
Σχ. 3. Η άνωση είναι 40 ρ



Σχ. 4. Τό βάρος του νερού που έκτοπίζεται είναι 40 ρ



Σχ. 5. Συνθήκη πλεύσεως $A = B$.



Σχ. 6. Όταν αυξάνεται τό βάρος του πλοίου, αυξάνεται και ή άνωση

ζεται είναι 40 ρ."Αρα ή άνωση (40 ρ) είναι ίση μέ τό βάρος του νερού που έκτοπίζεται (40 ρ) . Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και άν χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο οποιοδήποτε υγρό. Από τά πειράματα αυτά προκύπτει ή έξηση **άρχή του 'Αρχιμήδη**.

Κάθε σώμα, που βυθίζεται σέ υγρό που ισορροπεί, δέχεται τόση άνωση όσο είναι τό βάρος του υγρού που έκτοπίζεται από τό σώμα.

"Αν V είναι ό όγκος του υγρού που έκτοπίζεται και ϵ τό ειδικό του βάρος, τότε τό βάρος του θά δίνεται από τό γνωστό τύπο $B = \epsilon \cdot V$.

"Αρα και ή άνωση A , που είναι ίση μέ τό βάρος του υγρού που έκτοπίζεται, θά δίνεται από τόν τύπο:

$A = \epsilon \cdot V$	'Αρχή του 'Αρχιμήδη
------------------------	---------------------

Τό σημείο έφαρμογής της άνώσεως λέγεται **κέντρο άνώσεως** και όπως αποδεικνύεται, συμπίπτει μέ τό κέντρο βάρους του υγρού που έκτοπίζεται από τό σώμα.

III. ΠΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

'Εφαρμογή της άρχης του 'Αρχιμήδη συναντάμε στήν πλεύση των σωματών, ή όποία θά ήταν αδύνατη χωρίς τήν άνωση.

Σέ κάθε σώμα που έπιπλέει σέ ένα υγρό άσκούνται δύο δυνάμεις: τό βάρος του B και ή άνωση A (Σχ. 5). Για νά ισορροπεί τό σώμα, πρέπει τό βάρος και ή άνωση νά βρίσκονται στόν ίδιο κατακόρυφο άξονα και τά μέτρα τους νά είναι ίσα. Μέ άλλα λόγια, για νά πλέει ένα σώμα πρέπει νά ισχύει ή σχέση:

άνωση = βάρος σώματος	
$A = B$	Συνθήκη πλεύσεως

Στά πλοία, ανάλογα μέ τό φορτίο τους, έκτοπίζεται λιγότερο ή περισσότερο νερό και μέ τόν τρόπο αυτό διατηρείται πάντοτε ή συνθήκη πλεύσεως (Σχ. 6).

Σέ σώματα που είναι έξολοκλήρου βυθισμένα στό νερό διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις:

- 1) $A < B$. Τότε τό σώμα βυθίζεται.
- 2) $A = B$. Τό σώμα αιωρείται στό υγρό, δηλ. ισορροπεί σέ οποιοδήποτε σημείο του.

3) $A > B$. Τό σώμα ώθειται πρὸς τὴν ἐπιφάνεια.

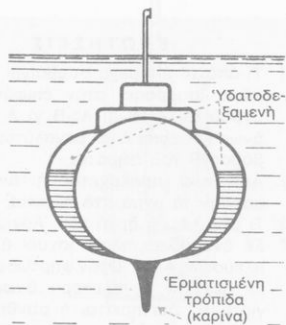
Στά ὑποβρύχια μπορούμε νά ρυθμίζουμε τὸ βάθος πλεύσεως, πραγματοποιώντας καὶ τὶς τρεῖς αὐτές περιπτώσεις (Σχ. 7). Μὲ ειδικές ἀντλίες βάζουμε ἢ βγάζουμε νερό ἀπὸ τὸ ὑποβρύχιο καὶ μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ τὸ ὑποβρύχιο βυθίζεται, ἀναδύεται ἢ αἰωρεῖται καὶ πλέει σὲ ὀρισμένο βάθος.

IV. ΕΙΔΗ ΠΛΕΥΣΕΩΣ

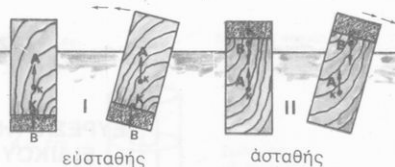
Γιὰ νά πλέει ἓνα σῶμα, π.χ. ἓνα σκάφος, στὴν ἐπιφάνεια ἑνός ὑγροῦ χωρὶς νά ἀναποδογυρίζει, δὲν ἀρκεῖ μόνο νά εἶναι ἡ ἀνωση ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Πρέπει, ἀκόμη, τὸ σῶμα νά ἔχει τὴν ἰκανότητα νά ἐπανέρχεται στὴ θέση ἰσορροπίας του, ὅταν τὸ ἐκτρέπουμε ἀπὸ αὐτή. Μία τέτοια πλεύση λέγεται **εὐσταθής** (Σχ. 8 1). Στὴν ἀντίθετη περίπτωση πού τὸ σῶμα δὲν ξαναγυρίζει στὴ θέση ἰσορροπίας, ἡ πλεύση λέγεται **ἀσταθής** (Σχ. 8 II).

Ἄν τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως, ἡ πλεύση εἶναι πάντοτε εὐσταθής (Σχ. 8, I). Ἄν ὅμως τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως, ἡ πλεύση μπορεῖ νά εἶναι ἀσταθής (Σχ. 8 II) ἢ εὐσταθής (Σχ. 9). Αὐτὸ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ σώματος.

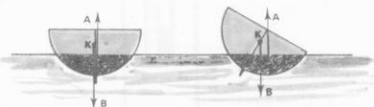
Στά σκάφη, τὸ σχῆμα εἶναι τέτοιο πού κάνει τὴν πλεύση εὐσταθῆ, παρὰ τὸ ὅτι τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως.



Σχ. 7. Τομὴ ὑποβρυχίου (ἀρχή)



Σχ. 8. Εἶδη πλεύσεως.



Σχ. 9. Μὲ κατάλληλο σχῆμα, ἡ πλεύση γίνεται εὐσταθής, ἂν καὶ τὸ κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ κέντρο ἀνώσεως

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ ἀνωση εἶναι μία κατακόρυφη δύναμη μὲ φορά πρὸς τὰ πάνω καὶ προέρχεται ἀπὸ τὶς πιεστικές δυνάμεις πού ἀσκεῖ τὸ ὑγρὸ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ σώματος.
2. Ἡ ἀνωση εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζόμενου ὑγροῦ καὶ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπο $A = \epsilon \cdot V$.
3. Γιὰ νά πλέει ἓνα σῶμα σὲ ὑγρὸ πρέπει ἡ ἀνωση νά εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος.
4. Γιὰ νά εἶναι εὐσταθής ἡ πλεύση ἑνός σώματος πρέπει, ὅταν γέρνει τὸ σῶμα, νά δημιουργεῖται ροπή ἀπὸ τὴν ἀνωση καὶ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἡ ὁποία νά ἐπαναφέρει τὸ σῶμα στὴν ἀρχικὴ θέση ἰσορροπίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι από τὰ ἐπόμενα συμβαίνει, ὅταν ἕνα σῶμα ἰσορροπεῖ στήν ἐπιφάνεια ἑνός ὑγροῦ; α) $A < B$ β) $A > B$ γ) $A = B$ δ) ἡ ἄνωση A εἶναι λίγο μεγαλύτερη ἀπό τὸ βάρος B τοῦ σώματος.
2. Ἀπό ποῦ προέρχεται ἡ ἄνωση πού ἀσκοῦν τὰ ὑγρά στά σώματα;
3. Τί μᾶς λέει ἡ ἀρχή τοῦ Ἀρχιμήδη;
4. Σέ ἕνα ἄδειο πλοῖο ἰσχύει ἡ συνθήκη πλεύσεως $A=B$. Ὄταν φορτωθεῖ τὸ πλοῖο α) Δέχεται μεγαλύτερη ἄνωση A καί γιατί; Β) Διατηρεῖται ἡ συνθήκη πλεύσεως;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά ὑπολογιστεῖ ἡ ἄνωση πού ἐνεργεῖ σέ ἕνα σῶμα ὄγκου 50 cm^3 πού εἶναι βυθισμένο ἐξολοκλήρου α) σέ καθαρό νερό, β) σέ πετρέλαιο ($\epsilon = 0,9 \text{ ρ/cm}^3$) καί γ) σέ οἰνόπνευμα ($\epsilon = 0,8 \text{ ρ/cm}^3$).
- *2. Ἐνα πλοῖο ἔχει βάρος 200.000 Μρ (τόνους). Νά βρεθεῖ ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίζεται ἀπό τὸ πλοῖο ($\epsilon_{\text{νεροῦ}} = 1 \text{ Μρ/μ}^3$).

21η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ- ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ (ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ)

Ι. ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

α. Κατευθειάν ἀπό τή μάζα καί τόν ὄγκο.

Εἶναι γνωστό ὅτι ἡ πυκνότητα ρ τοῦ ὑλικοῦ ἑνός σώματος ὁμογενοῦς, πού ἔχει μάζα m καί ὄγκο V , δίνεται ἀπό τόν τύπο

$$(1) \quad \rho = \frac{m}{V}$$

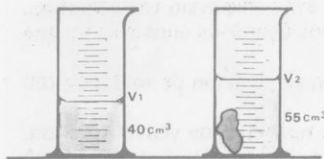
Ἄν, ἐπομένως, γνωρίζουμε τή μάζα τοῦ σώματος καί τόν ὄγκο του, μπορούμε νά ὑπολογίσουμε τήν πυκνότητα τοῦ ὑλικοῦ του.

Τή μάζα τή βρίσκουμε μέ ζύγιση καί τόν ὄγκο μέ ὄγκομετρικό κύλινδρο.

Ἄν πρόκειται γιά ὑγρό σῶμα, τό ρίχνουμε στόν ὄγκομετρικό κύλινδρο καί μετράμε τόν ὄγκο του. Ἄν πρόκειται γιά στερεό σῶμα, πού δέ διαλύεται στό νερό, τό βυθίζουμε στό νερό πού ὑπάρχει στόν ὄγκομετρικό κύλινδρο καί ἀπό τή διαφορά τῶν ἐνδείξεων βρίσκουμε τόν ὄγκο V τοῦ σώματος ($V = V_2 - V_1$) (Σχ. 1).

β. Μέ τήν ἀρχή τοῦ Ἀρχιμήδη.

Ἄν δέ διαθέτουμε ὄγκομετρικό κύλινδρο, μπορούμε νά σπληντοῦμε στήν ἀρχή τοῦ Ἀρχι-



Σχ. 1. Ἡ διαφορά $V_2 - V_1$ παρέχει τόν ὄγκο τοῦ σώματος ($= 15 \text{ cm}^3$)

μήδη, για να υπολογίσουμε τον όγκο του σώματος και τελικά την πυκνότητά του.

1. Για την εύρεση της πυκνότητας ενός στερεού σώματος εργαζόμαστε ως εξής:

Μετράμε πρώτα την άνωση A που δέχεται το σώμα αυτό από κάποιο υγρό, με γνωστό ειδικό βάρος ϵ_u . (Για τό σκοπό αυτό μετράμε τό βάρος του σώματος B_1 στον άέρα και μετά τό βάρος του B_2 , όταν είναι βυθισμένο στο υγρό. Η διαφορά $B_1 - B_2$ μάς δίνει την άνωση A).

Κατόπιν λύνουμε τή γνωστή σχέση $A = \epsilon_u \cdot V$ ως προς V και υπολογίζουμε τον όγκο V του σώματος

$$(2) \quad V = \frac{A}{\epsilon_u}$$

Τέλος από τόν τύπο $\rho = m/V$ υπολογίζουμε τήν πυκνότητα του σώματος (Η μάζα του σώματος έχει βρεθεί με ζύγιση).

Αριθμητικό παράδειγμα:

Τό βάρος ενός σώματος στον άέρα είναι $B_1 = 100 \rho$ και στό νερό $B_2 = 60 \rho$. Άν τό ειδ. βάρος του νερού είναι $\epsilon_u = 1 \rho/\text{cm}^3$ να υπολογιστεί ή πυκνότητα του ύλικού του σώματος.

Λύση: Η πυκνότητα του ύλικού του σώματος δίνεται από τόν τύπο: $\rho = m/V$.

Η μάζα του σώματος είναι $m = 100 \text{ gr}$ (είναι δηλ. αριθμητικά ίση με τό βάρος σέ ρ). Άν υπολογίσουμε και τό V μπορούμε να βρούμε τό ρ .

Τόν όγκο V τόν βρίσκουμε από τόν τύπο τής άνώσεως:

$$V = A/\epsilon_u.$$

Η άνωση A είναι: $A = B_1 - B_2 = 40 \rho$ και έπομένως

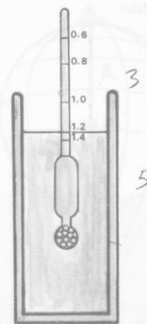
$$V = \frac{40 \rho}{1 \rho/\text{cm}^3} = 40 \text{ cm}^3$$

Άρα ή πυκνότητα του σώματος θα είναι:

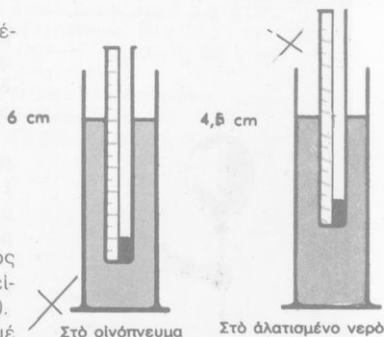
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ gr}}{40 \text{ cm}^3} \Rightarrow \rho = 2,5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

2. Για τήν εύρεση τής πυκνότητας ενός υγρού σώματος χρησιμοποιούμε στην πράξη ειδικά όργανα που λέγονται πυκνόμετρα (Σχ. 2).

Τά **πυκνόμετρα** είναι γυάλινοι πλωτήρες με κατάλληλο σχήμα, οι όποιοι στό κάτω μέρος φέρνουν έρμα από μικρά σκάγια, για να έχουν



Σχ. 2. Τό υγρό έχει πυκνότητα $1,2 \text{ gr/cm}^3$.



Σχ. 3. Πραγματοποίηση πυκνόμετρου



Σχ. 4.

εύσταθη πλεύση. Τά πυκνόμετρα βυθίζονται στο ύγρο και στη θέση ισορροπίας τους (βάρος πυκνομέτρου = άνωση) διαβάζουμε κατευθείαν στην κλίμακα τήν πυκνότητα του ύγρου.

Μπορούμε νά κατασκευάσουμε εύκολα ένα πυκνόμετρο μέ ένα λεπτό δοκιμαστικό σωλήνα και μία χάρτινη ταινία (Σχ. 3). Τοποθετούμε τή χάρτινη ταινία στό έσωτερικό του σωλήνα και ρίχνουμε στό σωλήνα λίγη άμμο ή σκάγια γιά έρμα. Μετά βυθίζουμε διαδοχικά τό σωλήνα sé καθαρό νερό, sé οινόπνευμα και sé άλατόνερο. Παρατηρούμε ότι ό σωλήνας βυθίζεται περισσότερο στό οινόπνευμα, πού έχει μικρότερη πυκνότητα, και λιγότερο στό άλατόνερο πού έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Έτσι, ανάλογα μέ τήν πυκνότητα του ύγρου, τό πυκνόμετρο βυθίζεται περισσότερο ή λιγότερο. Αν διαθέτουμε μία σειρά από ύγρά μέ γνωστές πυκνότητες, μπορούμε νά βαθμολογήσουμε τή χάρτινη ταινία sé gr/cm^3 και νά κατασκευάσουμε μέ τόν τρόπο αυτό ένα άπλό πυκνόμετρο.

Μερικά πυκνόμετρα είναι έτσι βαθμολογημένα, ώστε, αντί νά δείχνουν τήν πυκνότητα ενός διαλύματος, νά δείχνουν τήν περιεκτικότητά του.

Ένα τέτοιο όργανο είναι τό **οινόπνευματόμετρο** πού μετράει τήν περιεκτικότητα των οινόπνευματούχων ύγρων sé οινόπνευμα, δηλ. τήν ποσότητα του οινόπνεύματος sé 100 cm^3 του ύγρου.

II. ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ

Μία άκόμη έφαρμογή τής άρχής του Αρχιμήδη συναντάμε στην άνύψωση των αεροστάτων (Σχ. 4). Στην περίπτωση αυτή ή άνωση δέν προέρχεται από ύγρο, αλλά από τόν άτμοσφαιρικό άέρα.

Τήν άνωση των σωμάτων μέσα στον άέρα μπορούμε εύκολα νά τήν παρατηρήσουμε μέ ένα μπαλόνι γεμάτο μέ ύδρογόνο (Σχ. 5). Τό μπαλόνι ώθειται πρós τά πάνω και έξασκει μία μικρή δύναμη στό σχοινί πού τό συγκρατεί.

Όπως στά ύγρά έτσι και στά άέρια ή άνωση είναι ίση μέ τό βάρος του άερίου πού έκτοπίζεται από τό σώμα και δίνεται από τή σχέση:

$$A = \epsilon_0 \cdot V$$



Σχ. 5. Γιά νά μή φύγει τό μπαλόνι, άσκούμε μία μικρή δύναμη F

Ἐπειδὴ τὸ εἶδ. βάρος τοῦ ἀέρα εἶναι μικρὸ ($\epsilon_a = 1,3 \text{ p/lit}$), εἶναι μικρὴ καὶ ἡ ἄνωση καὶ γι' αὐτὸ δὲ γίνεται ἀντιληπτὴ στὰ συνηθισμένα ἀντικείμενα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος τὴν ὑπολογίζουμε ἀπὸ τὸν τύπο $\rho = m/V$, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζουμε τὴ μάζα καὶ τὸν ὄγκο τοῦ σώματος. Τὴ μάζα τὴ βρίσκουμε μὲ ζύγιση καὶ τὸν ὄγκο μὲ ὄγκομετρικὸ κύλινδρο, ἢ μὲ τὴν ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη $V = A/\epsilon_u$.
2. Τὴν πυκνότητα τῶν ὑγρῶν τὴ μετράμε ἀπευθείας μὲ ἓνα πυκνόμετρο.
3. Ἡ λειτουργία τῶν πυκνομέτρων στηρίζεται στὴ συνθήκη πλεύσεως (βάρος πυκνομέτρου = ἄνωση).
4. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη ἰσχύει καὶ στὰ ἀέρια ($A = \epsilon_a V$).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

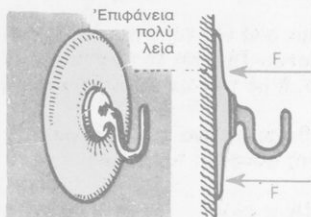
1. Ἐνα πυκνόμετρο ἰσορροπεῖ πρῶτα σὲ νερὸ καὶ μετὰ σὲ ἀλατόνερο. Σὲ ποῖο ἀπὸ τὰ δύο ὑγρά τὸ πυκνόμετρο βυθίζεται περισσότερο καὶ γιὰτί;
2. α) Σὲ τί ὀφείλεται ἡ ἀνύψωση τῶν ἀεροστάτων στὸν ἀέρα;
β) Ἀφήνουμε ἓνα ἀερόστατο ἔξω ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα. Θὰ δέχεται ἄνωση;
3. Πῶς βαθμολογοῦμε ἓνα πυκνόμετρο;
4. Γιατί στὰ πυκνόμετρα ὑπάρχει ἔρμα (συνήθως μικρὰ σκάγια) στὸ κάτω μέρος;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ὀγκομετρικὸς κύλινδρος περιέχει νερὸ ὡς τὴν ἔνδειξη 120 cm^3 . Μέσα στὸ νερὸ βυθίζουμε ἓνα σῶμα καὶ ἡ ἔνδειξη γίνεται 360 cm^3 . Νὰ ὑπολογιστοῦν ὁ ὄγκος, ἡ πυκνότητα καὶ τὸ εἶδ. βάρος τοῦ σώματος, ἂν ἡ μάζα του εἶναι 1.200 gr καὶ τὸ βάρος 1.200 p .
2. Μία πέτρα βάρους 180 p , ὅταν βυθιστεῖ σὲ καθαρὸ νερὸ, φαίνεται νὰ ἔχει βάρος 110 p . Νὰ ὑπολογιστοῦν α) Ἡ ἄνωση ποῦ ἐνεργεῖ πάνω της, β) ὁ ὄγκος της καὶ γ) τὸ εἶδικὸ βάρος καὶ ἡ πυκνότητά της.
3. Ἐνας χάλκινος κύλινδρος ἔχει ὄγκο 20 cm^3 καὶ πυκνότητα $8,9 \text{ gr/cm}^3$. Νὰ ὑπολογιστοῦν:
α) Ἡ μάζα τοῦ κυλίνδρου.
β) Τὸ βάρος του στὸν ἀέρα.
γ) Τὸ βάρος του στὸ καθαρὸ νερὸ.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Έλαστικός δίσκος (βεντούζα) με άγκιστρο

Είναι γνωστό ότι η γή περιβάλλεται από ένα στρώμα αέρα που λέγεται ατμόσφαιρα. Ο αέρας, όπως και κάθε άλλο σώμα, έλκεται από τη γή, και η έλξη αυτή συγκρατεί τα μόριά του και δέν τά αφήνει νά φύγουν προς τό διάστημα. Έξαιτίας τής γήινης έλξεως ο αέρας έχει βάρος, τό όποιο προκαλεί πίεση στην επιφάνεια τής γής, αλλά και σέ κάθε άλλη επιφάνεια που βρίσκεται σέ έπαφή μέ τόν αέρα.

Η πίεση που δημιουργείται από τήν ατμόσφαιρα λέγεται **ατμοσφαιρική πίεση**.

II. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

α) Ένα άπλό πείραμα που αποδεικνύει τήν ύπαρξη τής ατμοσφαιρικής πιέσεως είναι αυτό μέ τόν έλαστικό δίσκο (βεντούζα) του Σχ. 1. Αν εφαρμόσουμε τόν έλαστικό δίσκο σέ κάποια λεία επιφάνεια (π.χ. στό τζάμι) και επιχειρήσουμε νά τόν άποκολλήσουμε τραβώντας τον από τό άγκιστρο, θά συναντήσουμε μεγάλη δυσκολία. Αν όμως άνασηκώσουμε λίγο τά χειλή του, ώστε νά περάσει αέρας ανάμεσα στό δίσκο και στό τζάμι, ή άποκόλληση γίνεται χωρίς προσπάθεια. Τό φαινόμενο αυτό εξηγείται ως εξής:

Όταν δέν υπάρχει αέρας ανάμεσα στό δίσκο και τό τζάμι, ο δίσκος πιέζεται μόνο από τήν έξω επιφάνειά του και κολλάει στό τζάμι. Όταν όμως μπαίνει αέρας ανάμεσα στό δίσκο και τό τζάμι, αναπτύσσεται πιεστική δύναμη και στή μέσα επιφάνεια του δίσκου και ο δίσκος άποχωρίζεται εύκολα.

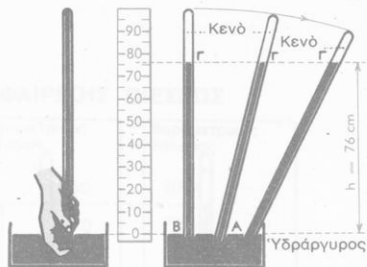
β) Ένα άλλο πείραμα που φανερώνει τήν ύπαρξη τής ατμοσφαιρικής πιέσεως είναι και τό ακόλουθο (Σχ.2).

Προσαρμόζουμε μία έλαστική μεμβράνη στό μεγάλο στόμιο ενός χωνιού και μετά ρουφάμε τόν αέρα από τό χωνί. Παρατηρούμε ότι ή μεμβράνη κοιλάινεται. Τό γεγονός αυτό φανερώνει



Σχ. 2. Ατμοσφαιρική πίεση

ότι κάποια δύναμη ενεργεί πάνω στην εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνας και τή σπρώχνει προς τα μέσα. Φυσικά ή δύναμη αυτή δέν εμφανίζεται τή στιγμή πού αφαιρούμε τόν άέρα από τό χωνί, αλλά υπάρχει από πρίν, άν και δέ γίνεται αντίληπτή στην άρχή, γιατί ή επιφάνεια πιέζεται έξισου και από τίς δύο όψεις ($F' = F$). 'Αφαιρώντας τόν άέρα μικραίνει ή έσωτερική πίεση, άρα και ή πιεστική δύναμη F' , καταστρέφεται ή ισορροπία και ή μεμβράνα ώθεείται προς τά μέσα, ώσπου βρίσκει άλλη θέση ισορροπίας.



Σχ. 3. Σωλήνας Torricelli

III. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

α. Πείραμα Torricelli

Γεμίζουμε μέ υδράργυρο ένα γυάλινο σωλήνα πού έχει μήκος 1m περίπου, κλείνουμε τό στόμιό του μέ τό δάκτυλό μας και τόν αναποδογυρίζουμε σέ μία μικρή λεκάνη μέ υδράργυρο, φροντίζοντας νά φέρουμε τό στόμιό του κάτω από τήν επιφάνεια του υδραργύρου (Σχ.3).

Μετά άποσύρουμε τό δάκτυλό μας και παρατηρούμε ότι ο υδράργυρος κατεβαίνει και σταθεροποιείται σέ όρισμένη στάθμη Γ πού βρίσκεται σέ ύψος h πάνω από τήν επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης. Γέρνουμε λίγο τό σωλήνα και παρατηρούμε ότι ή στάθμη Γ παραμένει διαρκώς στο ίδιο ύψος h.

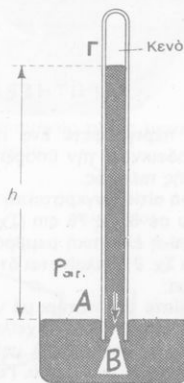
Τό πείραμα αυτό άποτελεί μία άκόμη άπόδειξη γιά τήν ύπαρξη άτμοσφαιρικής πίεσεως. 'Ο γύρω άέρας πιέζει τήν επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης και συγκρατεί τόν υδράργυρο μέσα στο σωλήνα σέ κάποιο ύψος h. 'Αν τό πείραμα γίνεται στην επιφάνεια της θάλασσας τό ύψος h βρίσκεται ότι είναι **76 cm**.

β. 'Υπολογισμός της άτμοσφαιρικής πίεσεως.

'Ο χώρος μεταξύ του σημείου Γ και της κορυφής του σωλήνα είναι κενός. Γι' αυτό ή πίεση μέσα στο χώρο αυτό είναι πρακτικά μηδέν. Σύμφωνα μέ τό βασικό νόμο της υδροστατικής ή πίεση στα σημεία Α και Β του υδραργύρου, τά όποια βρίσκονται στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο, πρέπει νά είναι ή ίδια (Σχ.4). Δηλαδή πρέπει:

$$(1) \quad p_A = p_B$$

'Η πίεση p_A είναι ή άτμοσφαιρική πίεση p_{atm} . 'Η



Σχ. 4. 'Η πίεση στο Α είναι ίση μέ τήν πίεση στο Β

πίεση ρ_β είναι ή υδροστατική πίεση πού προκαλεί ή στήλη του υδραργύρου στή βάση της.
"Αρα:

$$(2) \rho_{ατμ} = \epsilon_{υδρ} \cdot h + \rho_{κενού} \implies \rho_{ατμ} = \epsilon_{υδρ} \cdot h$$

όπου $\epsilon_{υδρ}$ είναι τό ειδικό βάρος του υδραργύρου ($\epsilon_{υδρ} = 13,6 \text{ ρ/cm}^3$). "Αν θέσουμε τίς τιμές $\epsilon = 13,6 \text{ ρ/cm}^3$, $h = 76 \text{ cm}$ βρίσκουμε:

$$\rho_{ατμ} = 13,6 \text{ ρ/cm}^3 \times 76 \text{ cm} = 1033 \text{ ρ/cm}^2 = 1,033 \text{ Κρ/cm}^2$$

Λέμε, λοιπόν, ότι ή άτμοσφαιρική πίεση στήν επιφάνεια τής θάλασσας είναι 76 έκατοστόμετρα στήλης υδραργύρου. $1 \text{ cmHg} = 13,6 \text{ ρ/cm}^2$. "Αρα $76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg (Torr)} = 1,033 \text{ Κρ/cm}^2$. "Η άτμοσφαιρική πίεση συχνά χρησιμοποιείται καί ώς μονάδα πιέσεως καί λέγεται **φυσική άτμόσφαιρα (Atm)**.

$$1 \text{ Atm} = 760 \text{ Torr} = 1,033 \text{ Κρ/cm}^2.$$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. "Η άτμοσφαιρική πίεση οφείλεται στό βάρος του άέρα πού περιβάλλει τή γή. "Όταν ό άέρας δέν είναι αναστατωμένος, ή πίεση στήν επιφάνεια τής θάλασσας είναι περίπου 76 cmHg.
2. "Η μέτρηση τής άτμοσφαιρικής πιέσεως μπορεί νά γίνει μέ τό σωλήνα Torricelli.
3. "Άλλες μονάδες πιέσεως είναι τό $1 \text{ cmHg} = 13,6 \text{ ρ/cm}^2$, τό $1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg} = 1,36 \text{ ρ/cm}^2$ καί ή μία φυσική άτμόσφαιρα $1 \text{ Atm} = 76 \text{ cmHg}$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε ένα πείραμα πού νά άποδεικνύει τήν ύπαρξη τής άτμοσφαιρικής πιέσεως.
2. Ποιά αίτία συγκρατεί τή στήλη υδραργύρου σέ ύψος 76 cm (Σχ.3);
3. Γιατί ή έλαστική μεμβράνα του χωνιού, στό Σχ. 2, κοιλάνεται όταν ρουφάμε τόν άέρα;
4. Γεμίστε ένα ποτήρι μέ νερό. Βάλτε ένα φύλλο χαρτιού στό χείλη του ποτηριού, φροντίζοντας νά μη μείνει άέρας στήν επιφάνεια του νερού. Γυρίστε τό ποτήρι άνάποδα. Τό νερό δέ χύνεται. Νά έξηγήσετε τό φαινόμενο αυτό.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- (Στά παρακάτω προβλήματα νά πάρете $\epsilon_{υδρ} = 13,6 \text{ ρ/cm}^3$.)
1. Στήν κορυφή ενός βουνού ή άτμοσφαιρική πίεση είναι 600 mmHg. Νά μετατραπει ή πίεση αυτή σέ ρ/cm^2 καί Κρ/cm^2 .
 2. Στο πείραμα του Torricelli τό ύψος τής στήλης του υδραργύρου είναι 72 cm. Νά βρεθει ή άτμοσφαιρική πίεση σέ Torr, ρ/cm^2 καί Κρ/cm^2 .
 3. "Αν έκτελέσουμε τό πείραμα του Torricelli μέ νερό αντί για υδράργυρο, πόσα μέτρα στήλης νερού θά ίσορροπούνται από άτμοσφαιρική πίεση 76 cmHg;

ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ-ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ι. ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ

Τά όργανα πού μετρᾶνε τήν ἀτμοσφαιρική πίεση λέγονται **βαρόμετρα**.

Υπάρχουν δύο τύποι βαρομέτρων: τά υδραργυρικά καί τά μεταλλικά.

α. Υδραργυρικά βαρόμετρα. Τά υδραργυρικά βαρόμετρα ἀποτελούνται, βασικά, ἀπό ἓνα σωλήνα Torricelli καί μία κλίμακα βαθμολογημένη σέ mm. Γιά λόγους πρακτικούς, τό δοχεῖο μέ τόν υδράργυρο εἶναι ἐνωμένο μέ τό σωλήνα, ὅπως φαίνεται στό Σχ. 1.

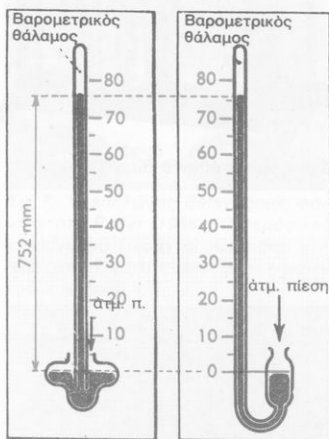
Τά υδραργυρικά βαρόμετρα ἔχουν μήκος περίπου ἓνα μέτρο ($\approx 1\text{m}$), εἶναι εὐθραυστα καί μεταφέρονται δύσκολα, γιατί ὑπάρχει κίνδυνος νά σπάσει ὁ σωλήνας καί νά χυθεῖ ὁ υδράργυρος. Γιά τούς λόγους αὐτούς, σέ τέτοιες περιπτώσεις πού ἀπαιτεῖται μετακίνηση, προτιμούνται τά μεταλλικά βαρόμετρα (Σχ. 2), ὡς πιό εὐχρηστα. Γιά ἐπιστημονικές ὁμως μετρήσεις χρησιμοποιοῦνται τά υδραργυρικά βαρόμετρα, γιατί εἶναι εὐαίσθητα καί ἀκριβή.

β. Μεταλλικά βαρόμετρα. Τό κύριο μέρος τῶν ὀργάνων αὐτῶν εἶναι ἓνα μεταλλικό κυλινδρικό κουτί (τύμπανο) μέ ἐλαστικά τοιχώματα (Σχ. 3).

Τό ἐσωτερικό τοῦ κουτιοῦ εἶναι κενό καί γιά νά μή συνθλίβονται τά τοιχώματά του ὑπάρχει ἓνα ἐλατήριο πού τά συγκρατεῖ. Ὄταν αὐξάνεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση, αὐξάνεται καί ἡ πιεστική δύναμη στήν ἐξωτερική ἐπιφάνεια τοῦ κουτιοῦ καί τά τοιχώματα λυγίζουν πρὸς τά μέσα. Ἡ κίνηση αὐτή τῶν τοιχωμάτων μεταδίδεται στή βελόνα ἡ ὁποία κινεῖται μπροστά σέ βαθμολογημένη κλίμακα καί μᾶς δείχνει τήν ἀτμοσφαιρική πίεση.

Ἡ βαθμολόγηση τῆς κλίμακας του γίνεται μέ τή βοήθεια ἐνός υδραργυρικοῦ βαρομέτρου.

γ. Αὐτογραφικά βαρόμετρα. Τά ὄργανα αὐτά περιλαμβάνουν ἓνα μεταλλικό βαρόμετρο καί ἓναν κύλινδρο πού στρέφεται μέ ὥρολογιακό



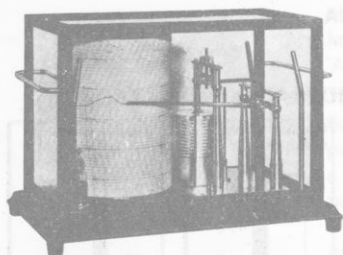
Σχ. 1. Ὑδραργυρικό βαρόμετρο.



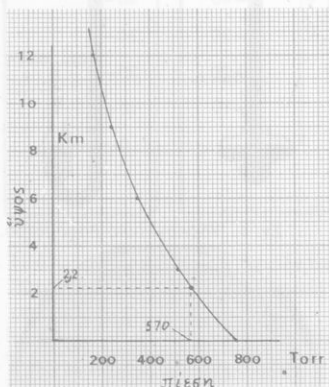
Σχ. 2. Συνήθισμένος τύπος μεταλλικού βαρομέτρου.



Σχ. 3. Αρχή του μεταλλικού βαρομέτρου.



Σχ. 4. Αυτόγραφικό βαρόμετρο.



Σχ. 5. Μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με το ύψος

μηχανισμό (Σχ. 4). Στο άκρο του δείκτη του βαρομέτρου υπάρχει μία γραφίδα που σημειώνει την ατμοσφαιρική πίεση στο χαρτί του κυλίνδρου. Έτσι καταγράφεται σε κάθε στιγμή η ατμοσφαιρική πίεση που επικρατεί σε έναν τόπο.

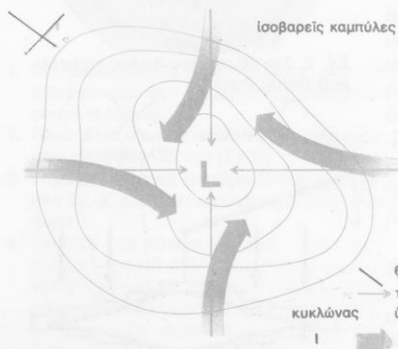
II. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

Η ατμοσφαιρική πίεση, όπως προκύπτει από τα αυτόγραφικά βαρόμετρα, δεν παραμένει σταθερή σε έναν τόπο, αλλά μεταβάλλεται με το χρόνο και εξαρτάται από το ύψος, στο οποίο βρίσκεται ο τόπος. Επίσης σε τόπους που βρίσκονται στο ίδιο ύψος συχνά η πίεση είναι διαφορετική.

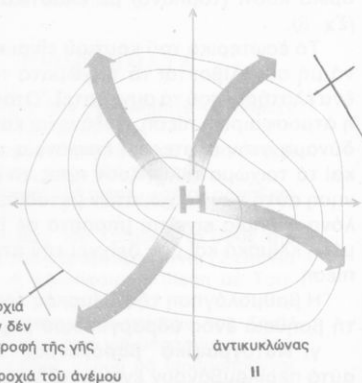
Μεταβολές με το ύψος. Αν μετρήσουμε την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας και ύστερα στην κορυφή ενός γειτονικού λόφου, θα διαπιστώσουμε ότι η πίεση ελαττώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος (κατά 1 mm Hg περίπου για κάθε 10 m). Αν μετρήσουμε την πίεση p σε διάφορα ύψη h και παραστήσουμε γραφικά τα ζεύγη των τιμών p και h , θα σχηματίσουμε την καμπύλη του Σχ. 5.

Από το διάγραμμα αυτό μπορούμε να υπολογίσουμε το ύψος h ενός τόπου, αν γνωρίζουμε την ατμοσφαιρική πίεση του τόπου. Π.χ. σε πίεση 570 Torr αντιστοιχεί ύψος 2200 m.

Πολλά μεταλλικά βαρόμετρα είναι κατάλληλα βαθμολογημένα ώστε να δείχνουν συγχρόνως την ατμοσφαιρική πίεση και το ύψος ενός τόπου.



Σχ. 6. I. Πεδίο χαμηλών πιέσεων



II. Πεδίο υψηλών πιέσεων

III. ΚΥΚΛΩΝΕΣ - ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

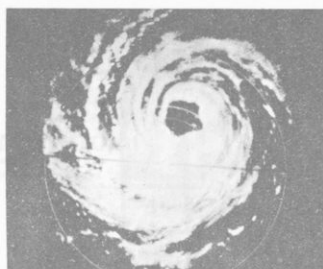
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η ατμοσφαιρική πίεση διαφέρει από τόπο σε τόπο. Οι διαφορές αυτές στην ατμοσφαιρική πίεση δημιουργούν τους ανέμους.

Η περιοχή της ατμόσφαιρας στην οποία η πίεση είναι μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στις γύρω περιοχές λέγεται **κυκλώνας** (Σχ. 6 I, Σχ. 7). Στόν κυκλώνα οι αέριες μάζες κινούνται από την περιφέρεια (περιοχή μεγαλύτερης πιέσεως) προς τό κέντρο (περιοχή μικρότερης πιέσεως). Έτσι σχηματίζονται κυκλικοί άνεμοι γύρω από τό κέντρο που είναι συνήθως ισχυροί και που στο βόρειο ημισφαίριο έχουν φορά αντίθετη προς τή φορά κινήσεως των δεικτών του ρολογιού.

Η περιοχή της ατμόσφαιρας στην οποία η πίεση είναι μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί στις γύρω περιοχές λέγεται **άντικυκλώνας** (Σχ. 6 II). Στόν αντικυκλώνα σχηματίζονται συνήθως ασθενείς άνεμοι που πνέουν από τό κέντρο (περιοχή μεγαλύτερης πιέσεως) προς τήν περιφέρεια (περιοχή μικρότερης πιέσεως). Όταν σχηματίζεται αντικυκλώνας επικρατεί καλοκαιρία.

Μερικές φορές στους κυκλώνες οι άνεμοι άποκτούν πολύ μεγάλες ταχύτητες που ξεπερνούν τά 120 km/h. Τότε λέμε ότι στην περιοχή επικρατεί **θύελλα**. Οι θύελλες παρατηρούνται συχνά σε μικρά γεωγραφικά πλάτη.

Ένα άλλο είδος κυκλώνα, αλλά μέ τοπικό χαρακτήρα, είναι ό **άνεμοστρόβιλος** ή **σίφουνας**. Σε μερικούς σίφουνας, όπως αυτός που φαίνεται στη φωτογραφία του Σχ. 8, οι ταχύτητες του ανέμου μπορεί νά φτάσουν τά 450 km/h.



Σχ. 7. Ό κυκλώνας Betsy, όπως φάνηκε στό Radar (1965). Ό αέρας καί τά σύννεφα κινούνται γύρω από τήν περιοχή χαμηλής πιέσεως («μάτι» του κυκλώνα).



Σχ. 8. Σίφουνας ή άνεμοστρόβιλος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς λειτουργεί ένα μεταλλικό βαρόμετρο;
2. Μέ ποίο τρόπο μπορούμε νά βρούμε τό ύψος ενός βουνού;
3. Τί είναι ό κυκλώνας καί τί ό αντικυκλώνας; Πώς πνέουν οι άνεμοι στις περιοχές αυτές;
4. Σε πόσο ύψος πετάει ένα αεροπλάνο, αν τό βαρόμετρό του δείχνει α) 400 Torr καί β) 200 Torr; (Νά χρησιμοποιήσετε τό διάγραμμα του Σχ. 5).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά βαρόμετρα είναι όργανα μέ τά όποια μετράμε τήν ατμοσφαιρική πίεση καί τά διακρίνουμε σε ύδραργυρικά καί μεταλλικά.
2. Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται μέ τό ύψος καί από τή μεταβολή αυτή μπορούμε νά βρίσκουμε τό ύψος ενός τόπου.
3. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι συχνά διαφορετική από τόπο σε τόπο καί εξαιτίας αυτού δημιουργούνται οι άνεμοι.
4. Στόν κυκλώνα οι άνεμοι πνέουν από τήν περιφέρεια (μεγαλύτερη πίεση) προς τό κέντρο (μικρότερη πίεση). Στόν αντικυκλώνα οι άνεμοι πνέουν από τό κέντρο (μεγαλύτερη πίεση) προς τήν περιφέρεια (μικρότερη πίεση).

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ-ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ BOYLE-MARIOTTE

Ι. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Τά υγρά καί τά άέρια άποτελούν μία κατηγορία σωμάτων πού έχουν πολλές κοινές ιδιότητες καί λέγονται από κοινού **ρευστά** σώματα.

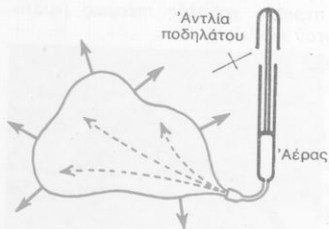
Τά ρευστά δέν έχουν όρισμένο σχήμα, αλλά παίρνουν πάντοτε τό σχήμα του δοχείου μέσα στό όποιο τά βάζουμε. Πιέζουν τά τοιχώματα του δοχείου πού τά περιέχει (Σχ. 1), προκαλούν άνωση στά σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αυτά, με τ α δ ί δ ο υ ν άμετάβλητη τήν πίεση πού δέχονται από κάποιο έμβολο σέ όλα τά σημεία τους κτλ.

Παρ' όλες τίς όμοιότητες πού έχουν τά υγρά μέ τά άέρια, παρουσιάζουν καί όρισμένες βασικές διαφορές μεταξύ τους. Αντίθετα μέ τά υγρά, πού είναι σχεδόν άσυμπίεστα καί έχουν όρισμένο όγκο, τά άέρια δέν έχουν όρισμένο όγκο, είναι συμπεσστά καί παρουσιάζουν τέλεια έλαστικότητα όγκου.

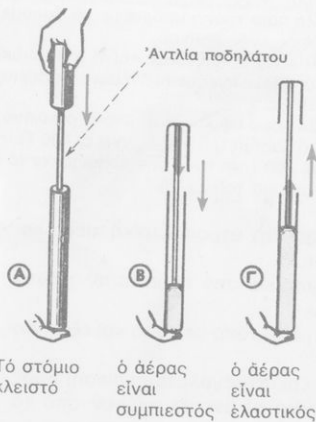
Τίς ιδιαίτερες αυτές ιδιότητες των άερίων μπορούμε νά τίς παρατηρήσουμε μέ μία σύριγγα ή μία άντλία ποδηλάτου (Σχ. 2). "Αν κλείσουμε τό στόμιο της άντλίας καί πιέσουμε τό έμβολο, ό όγκος του άέρα μικραίνει. "Αρα τά άέρια είναι συμπεσστά. "Αν αφήσουμε κατόπιν έλεύθερο τό έμβολο νά κινηθεί, τινάζεται μέ όρμη πρós τά έξω καί ό άέρας μέσα στον κύλινδρο παίρνει τόν άρχικό του όγκο. "Αρα τά άέρια είναι έλαστικά.

"Από τό ίδιο πείραμα προκύπτει επίσης ότι τά άέρια δέν έχουν όρισμένο όγκο, αλλά καταλαμβάνουν κάθε φορά τόν όγκο του δοχείου πού τά περιέχει, δηλ. είναι έκτατά (Σχ. 2). "Αρα:

Τά άέρια είναι συμπεσστά, έλαστικά καί έκτατά.



Σχ. 1. Ό άέρας, πού εισχωρεί, πιέζει τά τοιχώματα του μπαλονιού



Τό στόμιο κλειστό

ό άέρας είναι συμπεσστός

ό άέρας είναι έλαστικός

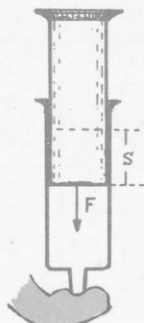
Σχ. 2. Άντλία ποδηλάτου

II. ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ BOYLE-MARIOTTE

1. Παρατηρήσεις.

Στό πείραμα με την άντλία ποδηλάτου παρατηρούμε ότι, όσο πιό πολύ πιέζουμε τό άέριο, τόσο μικρότερος γίνεται ό όγκος του. Άρα ό όγκος ενός άερίου εξαρτάται από τήν πίεσή του καί συγκεκριμένα όσο αύξάνεται ή πίεση πού επικρατεί στό άέριο τόσο μικραίνει ό όγκος του.

Άν έπαναλάβουμε άρκετές φορές τή συμπίεση του άερίου παρατηρούμε ότι τό άέριο θερμαίνεται. Αυτό γίνεται γιατί ή δύναμη F πού συμπιέζει τό άέριο παράγει έργο, τό όποιο μετατρέπεται σέ θερμότητα καί ζεσταίνει τό άέριο (Σχ. 3). Στά επόμενα πειράματα θά θεωρήσουμε τή θερμότητα αυτή άσήμαντη καί τή θερμοκρασία του άερίου σταθερή.



Σχ. 3. Η δύναμη F παράγει έργο καί τό άέριο θερμαίνεται

2. Εύρεση του νόμου Boyle-Mariotte

Γιά τήν εύρεση τής σχέσεως μεταξύ όγκου V καί πίεσεως p ενός άερίου χρησιμοποιούμε τή συσκευή του Σχ. 4.

Φέρνουμε τό χωνί στη βάση του βαθμολογημένου σωλήνα καί ρίχνουμε μέσα ύδραργυρο, διατηρώντας τή στρόφιγγα σ άνοιχτή. Ό ύδραργυρος φτάνει καί στά δύο σκέλη τής συσκευής στό ίδιο όριζόντιο επίπεδο (Σχ. 4 I). Κατόπιν κλείνουμε τή στρόφιγγα καί σημειώνουμε τόν όγκο του άέρα πού είναι έγκλωβισμένος στό βαθμολογημένο σωλήνα. Στη θέση αυτή ή πίεση του άέρα μέσα στό σωλήνα είναι ίση με τήν άτμοσφαιρική, $p_{ατμ}$.

Ύστερα αρχίζουμε νά άνυψώνουμε τό χωνί καί παρατηρούμε ότι ή στάθμη του ύδραργύρου στά δύο σκέλη τής συσκευής δέ βρίσκεται στό ίδιο ύψος. Άν σέ μία θέση του χωνιού (Σχ. 4 II), ή διαφορά στάθμης του ύδραργύρου στά δύο σκέλη τής συσκευής είναι h , ή πίεση p του άερίου στό σωλήνα είναι:

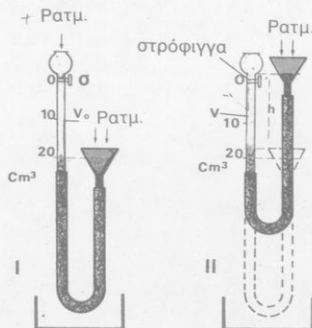
$$p = p_{ατμ} + \epsilon \cdot h$$

όπου $\epsilon = 13,6 \text{ p/cm}^3$.

Άς υποθέσουμε ότι ή άτμοσφαιρική πίεση στον τόπο του πειράματος είναι 75 cm στήλης ύδραργύρου καί ή διαφορά στάθμης $h = 15 \text{ cm}$. Τότε ή πίεση στό άέριο θά είναι:

$$p = (75 + 15) \text{ cm Hg} = 90 \text{ cm Hg, δηλ.}$$

$$p = 90 \text{ cm. } 13,6 \text{ p/cm}^3 = 1224 \text{ p/cm}^2 = 1,224 \text{ at.}$$



Σχ. 4. Πειραματική απόδειξη του νόμου των Boyle Mariotte

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Θεωρούμε ότι $p_{atm} = 75 \text{ cmHg}$			
h cm	p $p=75+h$ cmHg	V cm ³	$p \cdot V$ cmHg \times cm ³
0	75	80	6.000
25	100	60	6.000
50	125	48	6.000
75	150	40	6.000

Για λόγους ευκολίας θα υπολογίζουμε την πίεση του αερίου κατευθείαν σε εκατοστόμετρα (cm) στήλης υδραργύρου, και θα χρησιμοποιούμε τον άπλο τύπο:

$$p = (75 + h) \text{ cm Hg}$$

Σημειώνουμε σ' έναν πίνακα τις τιμές του h, για διάφορες θέσεις του χωνιού, και τις αντίστοιχες τιμές του όγκου V. Κατόπιν υπολογίζουμε τις αντίστοιχες τιμές της πίεσεως p και τις αντίστοιχες τιμές του γινομένου p.V. Από τον πίνακα τιμών προκύπτει ότι το γινόμενο p.V. παραμένει περίπου σταθερό. Συνεπώς:

Τό γινόμενο του όγκου μιᾶς ὀρισμένης μάζας αερίου ἐπὶ τὴν πίεσή του εἶναι σταθερό, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι σταθερή.

$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$	Νόμος τῶν Boyle-Mariotte
---------------------------------	---------------------------------

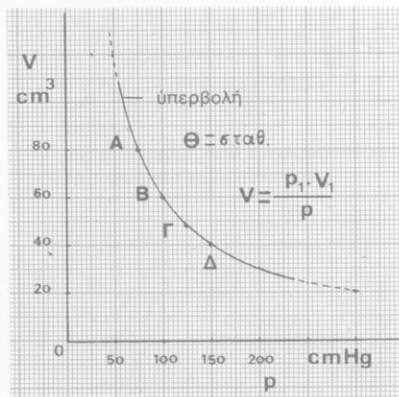
Ὁ νόμος τῶν Boyle-Mariotte μπορεῖ νά γραφῆί καί ὡς ἐξῆς:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Ἀπὸ τὸν τύπο αὐτὸ φαίνεται ὅτι ἡ πίεση σὲ ἓνα ἀέριο μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὸν ὄγκο του, ὅταν ἡ μάζα καὶ ἡ θερμοκρασία του παραμένουν σταθερές.

Γραφικὴ παράσταση τοῦ νόμου Boyle-Mariotte.

Σὲ ἓνα σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων παριστάνουμε τὰ ζεύγη τῶν ἀντιστοιχῶν τιμῶν τῆς πίεσεως καὶ τοῦ ὄγκου ποὺ ἀναγράφονται στὸν πίνακα Ι. Ἀπὸ τὴν παράσταση αὐτὴ προκύπτουν τὰ σημεῖα Α, Β, Γ, καὶ Δ. Ἐνώνουμε τὰ σημεῖα αὐτὰ μὲ μία συνεχῆ γραμμὴ καὶ προκύπτει ἡ καμπύλη τοῦ Σχ. 5. Ἡ γραμμὴ αὐτὴ ὀνομάζεται **ὑπερβολὴ** καὶ παριστάνει γραφικὰ τὸ νόμο τῶν Boyle-Mariotte.



Σχ. 5. Γραφικὴ παράσταση τοῦ ὄγκου V ἑνὸς αερίου σὲ συνάρτηση μὲ τὴν πίεσή του

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τὰ ἀέρια καὶ τὰ ὑγρά σώματα ὀνομάζονται ρευστά. Τὰ ρευστά σώματα προκαλοῦν πιέσεις στὰ τοιχώματα τῶν δοχείων, προκαλοῦν ἄνωση, μεταδίδουν ἀμετάβλητες τὶς πιέσεις ποὺ δέχονται καὶ δὲν ἔχουν ὀρισμένο σχῆμα.
2. Εἰδικὰ τὰ ἀέρια εἶναι συμπιεστά, ἐλαστικά καὶ ἔκτατα.
3. Ὁ ὄγκος ἑνὸς αερίου μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὴν πίεσή του, ὅταν ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ μάζα του μένουν σταθερές $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι λέει ο νόμος των Boyle-Mariotte; Ποιά μεγέθη πρέπει να παραμένουν σταθερά για να ισχύει ο νόμος;
2. Ποιές είναι οι κοινές ιδιότητες των αερίων και των υγρών και ποιές οι ιδιαίτερες ιδιότητες των αερίων;
3. Τι θά πάθει η πίεση ενός αερίου, αν ο όγκος του διπλασιαστεί; (θ =σταθ).
4. Γιατί τὰ αέρια θερμαίνονται όταν συμπιέζονται;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ο όγκος ενός αερίου είναι 20 cm^3 και η πίεσή του 600 p/cm^2 . Πόσος θά γίνει ο όγκος του αν η πίεση γίνει 800 p/cm^2 ;
2. Στο πείραμα του Σχ. 4 ο αρχικός όγκος V_0 του αερίου είναι 30 cm^3 , η ατμοσφαιρική πίεση 70 cmHg και η διαφορά στάθμης στά δύο σκέλη της συσκευής είναι μηδέν. Κατόπιν ανυψώνουμε τό χωνί και δημιουργούμε διαφορά στάθμης $h = 30 \text{ cmHg}$. Νά υπολογιστούν α) Ἡ αρχική πίεση τοῦ αερίου σέ p/cm^2 β) Ἡ τελική πίεση τοῦ αερίου σέ cmHg καί σέ p/cm^2 . γ) Ὁ τελικός όγκος τοῦ αερίου ($\epsilon_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ p/cm}^2$).

25η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΡΟΗ - ΠΑΡΟΧΗ - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΑΓΩΓΟΙ

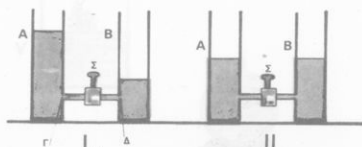
Ι. ΡΟΗ ΕΝΟΣ ΥΓΡΟΥ

α. Έννοια τῆς ροῆς. Όταν ὁ διακόπτης τῆς βρύσης εἶναι ἀνοικτός, τό νερό πού ὑπάρχει στό σωλήνα ὑδρεύσεως κινεῖται, ὅπως περίπου κινεῖται καί τό νερό στούς ποταμούς ἢ στά αὐλάκια ποτίσματος, δηλ. πρὸς μία κατεύθυνση. Ἡ κίνηση αὐτῆ τοῦ νεροῦ πρὸς μία κατεύθυνση ὀνομάζεται **ροή**.

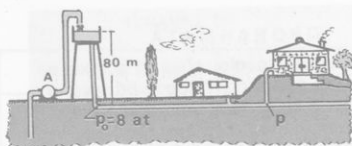
Βέβαια, δέν μποροῦμε νά μιλήσουμε γιά ροή, ὅταν ἀπλῶς ἀνακινούμε τό νερό πού ὑπάρχει σέ μία λεκάνη ἢ ἀνακατεύουμε τό τσάι γιά νά διαλυθεῖ ἡ ζάχαρη.

β. Αἰτία τῆς ροῆς σέ ἓνα σωλήνα. Θεωροῦμε δύο δοχεῖα Α καί Β συνδεμένα μέ ἓναν ὀριζόντιο σωλήνα Σ (Σχ. 1). Μέσα στά δοχεῖα ὑπάρχει νερό, ἀλλά ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στό δοχεῖο Α βρῖσκεται ψηλότερα ἀπό τή στάθμη στό Β. Ἔτσι ἡ πίεση στό σημεῖο Γ εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν πίεση στό Δ.

Ἄν ἀνοίξουμε τή στρόφιγγα τοῦ σωλήνα, θά παρατηρήσουμε ὅτι τό νερό κινεῖται ἀπό τό δοχεῖο Α στό Β καί ἡ κίνηση αὐτή συνεχίζεται μέχρι νά ἐξισωθοῦν οἱ στάθμες στά δύο δοχεῖα, ἄρα καί οἱ πιέσεις στό σημεῖο Γ καί Δ. Ἀπό τή



Σχ. 1. Ἡ διαφορά πίεσεως στά ἄκρα ἑνὸς σωλήνα προκαλεῖ τή ροή ὑγροῦ



Σχ. 2. Όταν τό νερό τρέχει στόν ύδραγωγό, ή πίεση p σέ κάποιο σημείο είναι μικρότερη από τήν πίεση p_0 .

στιγμή αυτή καί μετά παύει ή ροή στό σωλήνα.
"Αρα:

Γιά νά υπάρχει ροή σέ ένα σωλήνα, πρέπει στά άκρα του σωλήνα νά υπάρχει διαφορά πιέσεως.

Στό προηγούμενο πείραμα, τή διαφορά πιέσεως στά άκρα του σωλήνα τήν προκαλεί ή διαφορετική ύδροστατική πίεση στά δύο δοχεία.

Στήν περίπτωση τής ροής του νερού στους σωλήνες ενός ύδραγωγείου (Σχ. 2) τή διαφορά πιέσεως, για τή μεταφορά του νερού από τό έδαφος στή δεξαμενή, τή δημιουργεί ή ύδραντλία A, ενώ για τή μεταφορά του νερού από τή δεξαμενή στά σπίτια, τή διαφορά πιέσεως τή δημιουργεί ή ύδροστατική πίεση. Έτσι, όταν τρέχει τό νερό στους σωλήνες, ή πίεση p , σέ κάποιο σημείο του νερού, είναι μικρότερη από τήν πίεση p_0 , στήν άρχή του σωλήνα.

II. ΠΑΡΟΧΗ

"Ας υποθέσουμε ότι από τό στόμιο μιās βρύσης περνάει νερό όγκου V σέ χρόνο t (Σχ. 3). Τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο του όγκου του νερού, πού περνάει από τό στόμιο του σωλήνα, πρós τόν αντίστοιχο χρόνο, όνομάζεται **παροχή** του σωλήνα. Δηλ.

παροχή = $\frac{\text{όγκος ύγρου}}{\text{άντίστοιχος χρόνος}}$	$\Pi = \frac{V}{t}$
---	---------------------

"Αποδεικνύεται ότι ή παροχή Π ενός σωλήνα είναι ανάλογη πρós τό έμβαδό τομής S του σωλήνα καί ανάλογη πρós τήν ταχύτητα ροής u του ύγρου. Δηλαδή ισχύει ή σχέση:

$$\Pi = S \cdot u$$

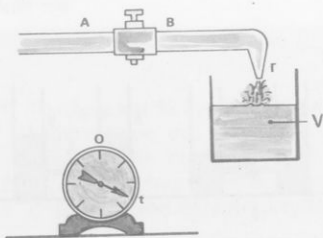
"Αν, επομένως, θέλουμε νά αύξησουμε τήν παροχή ενός όρισμένου σωλήνα, πρέπει νά αύξησουμε τήν ταχύτητα ροής του ύγρου.

Μονάδες παροχής.

Στό Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα παροχής είναι τό:

ένα κυβικό μέτρο στό δευτερόλ. ($1 \text{ m}^3/\text{sec}$).

Έκτός από τή μονάδα αυτή χρησιμοποιού-



Σχ. 3. Η παροχή είναι V/t

νται στην πράξη και άλλες μονάδες, όπως τό:
ένα κυβικό μέτρο στην ώρα ($1\text{m}^3/\text{h}$)
ένα λίτρο στο δευτερόλεπτο ($1\text{l}/\text{sec}$) κ.ά.

III. ΤΡΙΒΕΣ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

"Όταν γέρνουμε ένα δοχείο που περιέχει μέλι, παρατηρούμε ότι το μέλι δέ ρέει όπως τό νερό, αλλά κινείται άργά πρός τά κάτω (Σχ. 4). Τό ίδιο παρατηρείται και μέ άλλα παχύρρευστα ύγρά, όπως τό σιρόπι, ή γλυκερίνη κ.ά. Ή δυσκολία στή ροή του ύγρου φανερώνει ότι υπάρχουν διάφορες δυνάμεις που τό έμποδίζουν νά κινηθεί έλεύθερα.

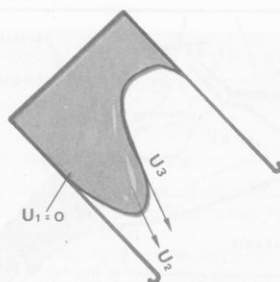
"Αν προσέξουμε περισσότερο, όταν αδειάζουμε τό μέλι, θά διαπιστώσουμε ότι τά στρώματα που βρίσκονται σέ έπαφή μέ τά τοιχώματα του δοχείου κινούνται πολύ άργά, ενώ τά από πάνω στρώματα κινούνται κάπως πιό γρήγορα, αλλά και αυτά μέ δυσκολία. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι τά μόρια που αποτελούν τό μέλι έλκονται ισχυρά, τόσο από τά τοιχώματα του δοχείου όσο και μεταξύ τους. Οί δυνάμεις αυτές έλξεως άντιστέκονται στή ροή του ύγρου και λέγονται τριβές. Άρα:

Κατά τήν κίνηση ενός ύγρου σέ δοχείο ή σωλήνα έμφανίζονται δύο είδη τριβής: 1) μία τριβή άνάμεσα στά μόρια του ύγρου και στά τοιχώματα του σωλήνα και 2) μία τριβή άνάμεσα στά ίδια τά μόρια του ύγρου, που λέγεται ειδικότερα έσωτερική τριβή του ύγρου.

Στά παχύρρευστα ύγρά οί τριβές είναι μεγάλες και γι' αυτό τά άποτελέσματά τους είναι όλοφάνερα. Στά ύπόλοιπα ύγρά, πύ οί τριβές είναι μικρότερες, τά άποτελέσματά τους δέν είναι τόσο φανερά.

Συνέπειες των τριβών στα ύγρά. Οί τριβές στα ύγρά είναι κάτι άνάλογο μέ τίς τριβές στα στερεά, και στίς δύο περιπτώσεις άντιστέκονται στην κίνηση.

Γι' αυτό, όπως στή κίνηση των αυτοκινήτων χρειάζεται μία σταθερή δύναμη γιά νά υπερνική τίς τριβές και νά διατηρεί τό αυτοκίνητο σέ σταθερή ταχύτητα, έτσι και στή ροή των ύγρων χρειάζεται κάποια σταθερή δύναμη γιά νά κινεί τό ύγρά μέ σταθερή ταχύτητα. Ή δύναμη αυτή



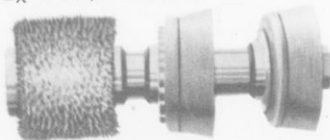
Σχ. 4. Τό κατώτερο στρώμα, που είναι σέ έπαφή μέ τό τοίχωμα σχεδόν δέν κινείται



Σχ. 5. Δίκτυο πετρελαιοαγωγών στη Μέση Ανατολή. Ο «διαραβικός» πετρελαιοαγωγός ενώνει τον Περσικό Κόλπο με τη Μεσόγειο Θάλασσα και έχει μήκος 1720 Km



Σχ. 6. Πετρελαιοαγωγός



Σχ. 7. Ψήκτρα καθαρισμού των πετρελαιοαγωγών

στά υγρά προέρχεται από τη διαφορά πιέσεων που αναφέραμε πριν.

Είναι γνωστό ότι, όταν δύο σώματα τρίβονται, παράγεται θερμότητα. Το ίδιο συμβαίνει και κατά τη ροή ενός υγρού. **Οι τριβές απορροφούν ενέργεια** και τη μετατρέπουν σε θερμότητα.

Στήν περίπτωση τής ροής του νερού στους σωληνες ύδρευσης οι τριβές είναι μικρές και γι' αυτό και η παραγόμενη θερμότητα δε γίνεται αντιληπτή.

IV. ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΑΓΩΓΟΙ

+ Η μεταφορά υγρών από ένα μέρος σε άλλο δεν ενδιαφέρει μόνο στις αρδεύσεις γεωργικών εκτάσεων ή στην ύδρευση πόλεων, αλλά ενδιαφέρει και στη μεταφορά πετρελαίων. Στις χώρες τής Μέσης Ανατολής, στις Η.Π.Α., στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες, υπάρχουν υπόγεια ή επίγεια δίκτυα από σωληνες για τή μεταφορά πετρελαίου.

Ιδιαίτερα αναπτυγμένο είναι το δίκτυο πετρελαιοαγωγών στη Μέση Ανατολή, όπου ο μεγάλος διαραβικός πετρελαιοαγωγός διασχίζει μία έκταση 1700 km και ενώνει τον Περσικό κόλπο με τη Μεσόγειο θάλασσα. (Σχ. 5).

Η κίνηση του άργου πετρελαίου στους αγωγούς εξασφαλίζεται με ειδικές άντλίες, που υπάρχουν κατά μήκος των αγωγών και γίνεται ευκολότερη με τήν προσθήκη νερού. Η ύπαρξη του νερού μειώνει τίσ διάφορες τριβές.

Οι πετρελαιοαγωγοί, με τό πέρασμα του χρόνου, πιάνουν στά έσωτερικά τοιχώματα μία κρούστα. Γι' αυτό πρέπει από καιρό σε καιρό νά καθαρίζονται έσωτερικά. Γιά τόν καθαρισμό τους χρησιμοποιούνται ειδικές κυλινδρικές ψήκτρες, που κινούνται μέσα στους σωληνες, παρασυρόμενες από τό ίδιο τό υγρό (Σχ. 7).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η παροχή Π ενός σωλήνα ορίζεται από τή σχέση $\Pi = V/t$ και εξαρτάται από τό έμβαδό τομής S του σωλήνα και τήν ταχύτητα υ του υγρού ($\Pi = S \cdot u$).
2. Μονάδες παροχής είναι τό $1 \text{ m}^3/\text{sec}$, $1 \text{ m}^3/\text{h}$, $1 \text{ lt}/\text{sec}$ κτλ.
3. Κατά τήν κίνηση των υγρών εμφανίζονται δύο τριβές: ή τριβή με τά τοιχώματα του αγωγού και ή έσωτερική τριβή του υγρού. Γιά νά υπερνικούνται οι τριβές αυτές χρειάζεται νά υπάρχει διαφορά πίεσεως στά άκρα του σωλήνα.

4. Στους πετρελαιοαγωγούς με μεγάλο μήκος υπάρχουν ενδιάμεσα άντλίες που ώθουν το πετρέλαιο. Μεγάλα δίκτυα πετρελαιοαγωγών υπάρχουν στις Η.Π.Α. και στη Μέση Ανατολή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι πρέπει να συμβαίνει για να υπάρχει διαρκής ροή υγρού σε ένα σωλήνα;
2. Ποιά ύγρα έχουν μεγάλη εσωτερική τριβή; Πώς καταλαβαίνουμε την ύπαρξη τριβών στα ύγρα;
3. Από τι εξαρτάται η παροχή ενός σωλήνα;
4. Μέ ποιο τρόπο καθαρίζουμε τους πετρελαιοαγωγούς;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Από το στόμιο πετρελαιοαγωγού εκρέουν 120 lt σε κάθε 1min. Νά υπολογιστεί η παροχή του σε lt/sec.
2. Το έμβαδο τομής ενός σωλήνα είναι $S = 0,0004 \text{ m}^2$ και η ταχύτητα ροής του νερού στο σωλήνα είναι 1m/sec. Νά υπολογιστούν α) η παροχή του σωλήνα, β) ο δγκος του νερού που δίνει ο σωλήνας σε 2 min.
3. Νά υπολογιστεί ο δγκος του νερού που μπορεί να αντλήσει μία πομώνα (ύδραντλία) σε 1h, αν η παροχή της είναι 2 lt/sec.

26η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, ο ατμοσφαιρικός αέρας άσκει κάποια άνωση σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα στην ατμόσφαιρα. Η άνωση όμως αυτή είναι σχεδόν πάντοτε μικρότερη από το βάρος των συνηθισμένων σωμάτων, γιατί το ειδικό βάρος του αέρα είναι μικρότερο από το ειδικό βάρος τους.

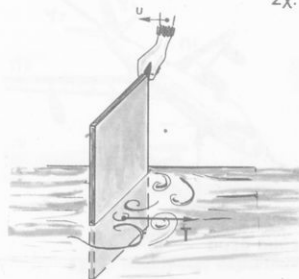
Τότε, πώς εξηγείται να πετούν τα αεροπλάνα στον αέρα;

II. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

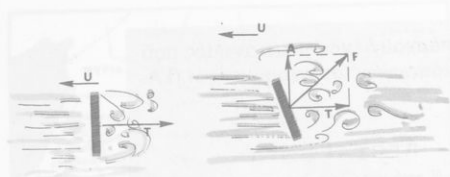
Βυθίζουμε στο νερό μία πλάκα, όπως φαίνεται στο Σχ. 2, και μετακινούμε την πλάκα κάθετα προς το επίπεδό της. Κατά την κίνηση αισθανόμαστε στο χέρι μας μία δύναμη που εμποδίζει την κίνηση της πλάκας. Παρόμοια δύναμη αισθανόμαστε όταν βγάλουμε το χέρι μας από το παράθυρο του αυτοκινήτου που τρέχει. Επίσης και όταν φυσάει δυνατός άνεμος, αισθανόμα-



Σχ. 1.



Σχ. 2. Αντίσταση του υγρού



Σχ. 3. Η αντίσταση T του ρευστού αντίστέκεται στην κίνηση του σώματος

στε μία δύναμη που μās σπρώχνει καί μās παρασέρνει ή μās έμποδίζει νά βαδίσουμε.

Η δύναμη αυτή, που έμποδίζει την κίνηση ενός σώματος μέσα σέ ένα ρευστό λέγεται **αντίσταση**.

Η αντίσταση, όπως καί οι δυνάμεις τριβής, έχει πάντοτε φορά ά ν τ ί θ ε τ η προς την κίνηση του σώματος ως προς τό ρευστό (Σχ. 3).

III. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΩΣΗ

Αν κινήσουμε την πλάκα του Σχ. 2 πλάγια προς τό επίπεδό της, τότε, εκτός από την αντίσταση, αισθανόμαστε καί μία δύναμη που ώθει την πλάκα προς τά πάνω.

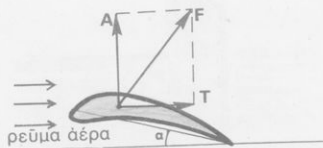
Τό ίδιο παρατηρείται καί όταν ή πλάκα κινείται στον άέρα (Σχ. 3). Η δύναμη F που άσκει ό άέρας στην πλάκα, δέν άνιστέκεται μόνο στην κίνηση, αλλά ώθει την πλάκα καί προς τά πάνω. Μέ άλλα λόγια, ή δύναμη F μπορεί νά αναλυθεί σέ μία δύναμη T , παράλληλη προς τή διεύθυνση κινήσεως, καί σέ μία δύναμη A , κάθετη προς τή διεύθυνση αυτή. Η δύναμη A , που ώθει την πλάκα προς τά πάνω, λέγεται **δυναμική άνωση**. Συνεπώς:

Όταν μία πλάκα κινείται μέσα σέ ένα ρευστό μέ τό επίπεδό της πλάγια προς την ταχύτητα, δέχεται από τό ρευστό μία δύναμη που αναλύεται σέ αντίσταση καί δυναμική άνωση.

Τή δυναμική άνωση στον άέρα μπορούμε νά την αισθανθούμε, αν βγάλουμε τό χέρι μας από τό παράθυρο του αυτοκινήτου που τρέχει καί τοποθετήσουμε την παλάμη μας πλάγια προς την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Τότε, εκτός από την αντίσταση, αισθανόμαστε καί μία δύναμη που άνωψώνει τό χέρι μας.

Χάρη στη δυναμική άνωση μπορούν τά αεροπλάνα νά πετούν στον άέρα, παρά τό τεράστιο βάρος τους. Η άνωση αυτή αναπτύσσεται στις πτέρυγες των αεροπλάνων, οι όποιες, για τό σκοπό αυτό, έχουν μία μικρή κλίση πρό τά πάνω (Σχ. 4).

Κατά τον ίδιο τρόπο εμφανίζεται δυναμική άνωση στο χαρταετό, που άνωψώνεται όταν φυ-



Σχ. 4. Τομή πτέρυγας αεροπλάνου

σάει άερας, ή στά πέδιλα του **θαλασσοδρόμου** πού «γλιστράει» στην έπιφάνεια του νερού (θαλάσσιο SKI).

III. ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΩΝ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ

Άποδεικνύεται πειραματικά ότι ή αντίσταση ενός σώματος πού κινείται στόν άερα έξαρτάται από τήν ταχύτητά του, τή μετωπική του έπιφάνεια και από τό σχήμα του. Γιά σώματα, πού κινούνται μέ τήν ίδια ταχύτητα και έχουν τήν ίδια μετωπική έπιφάνεια, ή αντίσταση είναι μικρότερη sé εκείνο τό σώμα πού έχει τό σχήμα ψαριού (Σχ. 5). Τό σχήμα αυτό ονομάζεται **ίχθυοειδές ή άεροδυναμικό**.

Στό σώμα των άεροπλάνων (άτρακτος) και στις πτέρυγές τους δίνουμε σχήμα άεροδυναμικό, γιά νά έχουν όσο γίνεται μικρότερη αντίσταση. Παρόμοιο σχήμα έχουν τά πουλιά και τά ψάρια.

IV. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΩΘΗΣΕΩΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

Τά άεροπλάνα διακρίνονται γενικά sé έλικοφόρα και sé άεριοθούμενα.

Τά έλικοφόρα άεροπλάνα ώθούν τόν άερα πρός τά πίσω μέ τή βοήθεια του έλικα, ενώ τά άεριοθούμενα έκτοξεύουν θερμά άερια πρός τά πίσω. Καί στις δύο περιπτώσεις, ή ώθηση του άερα ή των άερίων πρός τά πίσω, έχει ως αποτέλεσμα τήν κίνηση του άεροπλάνου πρός τά έμπρός. Μέ ίσχυρούς κινητήρες τά άεριοθούμενα μπορούν νά ξεπεράσουν τήν ταχύτητα του ήχου, ή όποία είναι 340 m/sec ή 1220 km/h. Τά άεροπλάνα αυτά λέγονται **υπερηχητικά**. Σήμερα, έκτός από καταδιωκτικά υπερηχητικά άεροπλάνα, υπάρχουν και έπιβατικά υπερηχητικά άεροπλάνα πού διασχίζουν τόν άερα, έκτελώντας μακρινά κυρίως δρομολόγια.

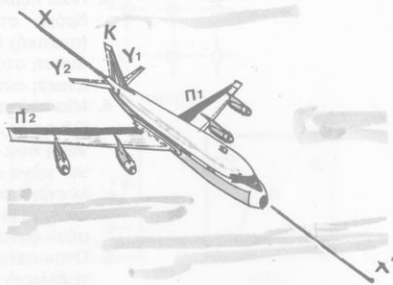
V. ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

Γιά νά κατευθύνεται τό άεροπλάνο, δηλ. γιά νά κάνει διάφορες κινήσεις και νά αλλάζει πορεία, έχει ένα σύστημα από κινητά πτερύγια, πού λέγονται **πηδάλια** (Σχ. 6).

Τό πηδάλιο Κ κατευθύνει τό άεροπλάνο πρός άριστερά ή δεξιά. Τά πηδάλια Y_1 και Y_2 ρυθμίζουν τό ύψος του άεροπλάνου μέ τόν έξής τρόπο. "Όταν άνυψώνονται τά πηδάλια



Σχ. 5. Τό άεροδυναμικό σχήμα δέχεται τή μικρότερη αντίσταση



Σχ. 6. Πλοήγηση άεροπλάνου

αυτά, ή ούρά του αεροπλάνου πιέζεται από τόν άέρα πρós τά κάτω καί ό άξονας του αεροπλάνου παίρνει κλίση πρós τά πάνω. Μέ τόν τρόπο αυτό τό αεροπλάνο άνέρχεται.

Τέλος τά πηδάλια P_1 καί P_2 προκαλούν περιστροφή του αεροπλάνου γύρω από τόν άξονα XX' . "Όταν τό πηδάλιο P_1 κλίνει πρós τά πάνω καί τό P_2 πρós τά κάτω, τότε ή άριστερή πτέρυγα πιέζεται από τόν άέρα πρós τά κάτω καί ή δεξιά πρós τά πάνω. "Έτσι τό αεροπλάνο άρχίζει νά στρέφεται γύρω από τόν άξονα XX' .

Μέ τίς κινήσεις αυτές τών πηδαλίων μπορεί τό αεροπλάνο νά κάνει διάφορους έλιγμούς στόν άέρα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. 'Η όλική δύναμη πού άσκειται στά αεροπλάνα πού κινούνται, αναλύεται σε άντίσταση καί δυναμική άνωση. 'Η δυναμική άνωση άσκειται στις πτέρυγες τών αεροπλάνων καί δημιουργείται μέ τήν κλίση τών πτερύγων.
2. "Όταν ένα σώμα έχει άεροδυναμικό σχήμα παρουσιάζει μικρότερη άντίσταση από όλα τά άλλα σώματα πού κινούνται μέ τήν ίδια ταχύτητα καί έχουν τήν ίδια μετωπική επιφάνεια μέ αυτό.
3. Τά έλικοφόρα αεροπλάνα ώθούν τόν άέρα πρós τά πίσω μέ τόν έλικα, ενώ τά άερωθούμενα στέλνουν θερμά άέρια πρós τά πίσω. "Έτσι εξασφαλίζεται ή προώθησή τους.
4. 'Η πλοήγηση τών αεροπλάνων γίνεται μέ ένα σύστημα μικρών πτερυγίων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς γίνεται ή προώθηση τών έλικοφόρων αεροπλάνων καί πώς τών άερωθουμένων;
2. Βοηθάει τό σχήμα πού έχουν τά ψάρια στην κίνησή τους καί γιατί;
3. Ποιά κύρια δύναμη κρατάει τό θαλασσοδρόμο στην επιφάνεια του νερού: ή (στατική) άνωση ($A = \epsilon \cdot V$) ή ή δυναμική άνωση στά πέδουλα; Πώς δημιουργείται ή άνωση αυτή;
4. Μία πλάκα κινείται ως πρós τόν άέρα. α) Για ποιές διευθύνσεις τής πλάκας ή δύναμη πού δέχεται αυτή, από τόν άέρα είναι μόνο άντίσταση καί για ποιές αναλύεται σε άντίσταση καί δυναμική άνωση; β) Είναι δυνατό νά έμφανιστεί μόνο δυναμική άνωση, χωρίς άντίσταση;
5. "Όταν κατεβαίνουν τά πηδάλια Y_1 καί Y_2 , τί αλλαγή φέρνουν στην κίνηση του αεροπλάνου;

ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν αδειάζουμε τό νερό ενός ποτηριού, παρατηρούμε ότι μένουν κολλημένες στά τοιχώματά του μικρές σταγόνες νερού. Όρισμένα έντομα μπορούν νά βαδίζουν στην επιφάνεια τοῦ νερού, χωρίς νά βρέχονται τά πόδια τους καί χωρίς νά βυθίζονται (Σχ. 1). Αὐτά τά φαινόμενα καί πολλά άλλα, όπως ἡ μεταφορά νερού ἀπό τίς ρίζες τῶν φυτῶν στά κλαδιά τους, ἐξηγούνται μέ τίς δυνάμεις πού ἀναπτύσσονται μεταξύ τῶν μορίων τῆς ὕλης.

II. ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΥΓΡΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ

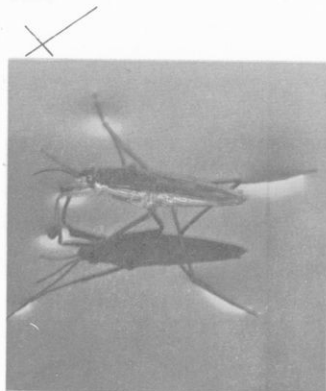
Όπως εἶναι γνωστό, κάθε ὕλικό σῶμα ἀποτελεῖται ἀπό μικρότατα σωματίδια πού ὀνομάζονται **μόρια**.

Στά στερεά σώματα τά μόρια βρίσκονται σέ μικρή ἀπόσταση μεταξύ τους καί ἔχουν ὀρισμένες θέσεις (Σχ. 2). Στίς θέσεις αὐτές δέν παραμένουν τελείως ἀκίνητα, ἀλλά κάνουν μικρές ταλαντώσεις. Στά ὑγρά, τά μόρια ἐξακολουθοῦν νά βρίσκονται σέ μικρή ἀπόσταση μεταξύ τους, ἀλλά δέν ἔχουν ὀρισμένες θέσεις. Κατά κάποιο τρόπο, τό ἕνα μόριο γλιστράει πάνω στό ἄλλο, διατηρώντας ἔτσι περίπου σταθερές ἀποστάσεις.

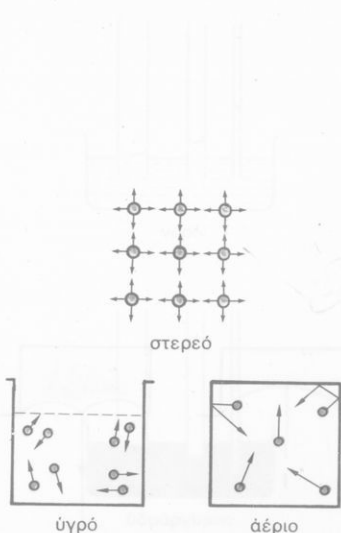
Τέλος στά ἀέρια, τά μόρια βρίσκονται σέ μεγάλες, σχετικά, ἀποστάσεις τό ἕνα ἀπό τό ἄλλο καί κινούνται σχεδόν ἐλεύθερα πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις. Κατά τήν κίνησή τους αὐτή συγκρούονται μεταξύ τους καθώς καί μέ τά τοιχώματα τῶν δοχείων πού τά περιέχουν.

III. ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Όταν ἐπιχειροῦμε νά ἐπιμηκύνουμε ἢ νά λυγίσουμε ἕνα στερεό σῶμα, συναντᾶμε πάντοτε κάποια δυσκολία. Αὐτό εἶναι μία ἰσχυρή ἔνδειξη ὅτι μεταξύ τῶν μορίων κάθε στερεοῦ σώματος ἀναπτύσσονται **ἐλκτικές δυνάμεις**, οἱ ὁποῖες ἔμποδίζουν τά μόρια νά ἀπομακρυνθοῦν.



Σχ. 1. Νεροαράχνη (Γερρίς)



Σχ. 2. Κινήσεις τῶν μορίων στά στερεά, ὑγρά καί ἀέρια

Επίσης, όταν προσπαθούμε να συμπιέσουμε ένα στερεό σώμα, δηλ. να μικρύνουμε τόν όγκο του, πάλι συναντάμε αντίσταση. Τά μόρια αυτή τη φορά αντιδρούν στην ελάττωση της μεταξύ τους απόστασως. Αυτό σημαίγει ότι μεταξύ τών μορίων τών στερεών αναπτύσσονται καί **άπωστικές δυνάμεις** πού εμποδίζουν τά μόρια νά πλησιάσουν πέρα από μία κανονική απόσταση.

Δυνάμεις μεταξύ τών μορίων εμφανίζονται καί στά υγρά, ενώ στά αέρια είναι άσημαντες, γιατί οι απόστάσεις μεταξύ τών μορίων τους είναι μεγάλες.

Οί έλκτικές καί άπωστικές δυνάμεις, πού αναπτύσσονται μεταξύ τών μορίων τής ύλης, λέγονται μοριακές δυνάμεις.

"Όταν τά μόρια είναι όμοια, οί δυνάμεις, μέ τίς όποιες έλκονται μεταξύ τους, λέγονται **δυνάμεις συνοχής**, ενώ, όταν τά μόρια είναι διαφορετικά, οί δυνάμεις λέγονται **δυνάμεις συναφείας**.

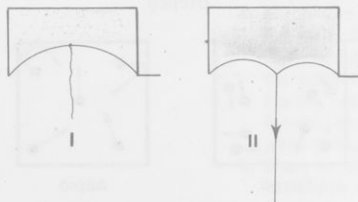
Οί δυνάμεις συνοχής είναι περισσότερο φανερές στά στερεά, παρά στά υγρά σώματα. "Αν δέν υπήρχαν οί δυνάμεις αυτές, όλα τά σώματα θά ήταν αέρια.

Οί δυνάμεις συναφείας εξηγούν τή συγκράτηση τών σταγόνων νερού στά τοιχώματα τού ποτηριού, τή συγκόλληση δύο έπιφανειών μέ τή βοήθεια κόλλας κτλ.

IV. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

Κατασκευάζουμε ένα συρμάτινο πλαίσιο σέ σχήμα Π καί δένουμε στό άνοιγμα τού πλαισίου ένα λεπτό νήμα. Μετά βυθίζουμε τό πλαίσιο σέ νερό, στό όποιο έχουμε διαλύσει σαπούνι, καί τό βγάζουμε προσεκτικά από τό διάλυμα. Παρατηρούμε ότι σχηματίζεται ένα λεπτότατο ύμένιο (μεμβράνα), πού έλκει καί τεντώνει τό νήμα. (Σχ. 3, I). Κατόπιν τραβάμε τό νήμα, έτσι, ώστε νά μεγαλώσουμε τήν έπιφάνεια τού ύμένιου, καί αφήνουμε τό νήμα, ελεύθερο. Παρατηρούμε ότι ή έπιφάνεια τού ύμένιου ελαττώνεται ξανά. "Αρα τό υγρό ύμένιο έχει τήν τάση νά ελαττώνει τήν έπιφάνειά του.

Η τάση πού έχουν τά υγρά νά ελαττώνουν τήν έπιφάνειά τους ονομάζεται έπιφανειακή ή τάση καί όφείλεται στίς δυνάμεις



Σχ. 3. Έπιφανειακή τάση

σ υ ν ο χ ή ς , π ο ύ τ ε ί ν ο υ ν ν ά φ έ ρ ο υ ν τ ά μ ό ρ ι α π λ η ρ ι έ σ τ ε ρ α τ ό έ ν α σ τ ό ά λ λ ο .

Άποτελέσματα. Χάρη στην επιφανειακή τάση, ή επιφάνεια των υγρών συμπεριφέρεται σαν λεπτότατη ελαστική επιδερμίδα. Πάνω στην «επιδερμίδα» αυτή μπορούν νά στηρίζονται όρισμένα έντομα, Ξυραφάκια, καρφίτσες* (Σχ. 4) κτλ.

*Ένα άλλο αποτέλεσμα της επιφανειακής τάσεως είναι ο σχηματισμός σφαιρικών σταγόνων (Σχ. 5). Αποδεικνύεται ότι από όλα τά σχήματα πού έχουν τόν ίδιο όγκο, τό σφαιρικό σχήμα έχει τή μικρότερη επιφάνεια. Έπειδή τά υγρά έχουν τήν τάση νά ελαττώνουν τήν επιφάνειά τους, οί σταγόνες γίνονται σφαιρικές.

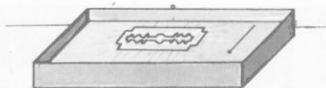
V. ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

*Αν βυθίσουμε σέ νερό ένα λεπτό γυάλινο σωλήνα, θά παρατηρήσουμε ότι ή επιφάνεια τού νερού μέσα στό σωλήνα ανεβαίνει πάνω από τήν επιφάνεια τού νερού πού υπάρχει στό δοχείο (Σχ. 6, I). *Αν ξανακάνουμε τό πείραμα μέ λεπτότερο σωλήνα, ή διαφορά στάθμης τού νερού μέσα καί έξω από τό σωλήνα γίνεται μεγαλύτερη.

*Αν επαναλάβουμε τό προηγούμενο πείραμα μέ υδράργυρο (Σχ. 6, II), θά παρατηρήσουμε ότι ή στάθμη τού υδραργύρου στό σωλήνα βρίσκεται χαμηλότερα από τή στάθμη τού υδραργύρου έξω από τό σωλήνα. Τά φαινόμενα αυτά, πού παρατηρούνται έντονότερα σέ λεπτούς σωλήνες, ονομάζονται **τ ρ ι χ ο ε ι δ ή**.

Τά τριχοειδή φαινόμενα έχουν άμεση σχέση μέ τίς δυνάμεις συνάφειας καί συνοχής. *Όταν οί δυνάμεις συνάφειας μεταξύ τών μορίων ενός υγρού καί ενός στερεού είναι μεγαλύτερες από τίς δυνάμεις συνοχής τού υγρού, λέμε ότι τό υγρό **δ ι α β ρ έ χ ε ι** τό στερεό. Στην περίπτωση τού Σχ. 6 τό νερό διαβρέχει τό γυαλί καί ανεβαίνει μέσα στό λεπτό σωλήνα. *Ο υδράργυρος όμως δέ διαβρέχει τό γυαλί, γιατί οί δυνάμεις συνάφειας είναι μικρότερες από τίς δυνάμεις συνοχής καί ό υδράργυρος κατεβαίνει στό σωλήνα.

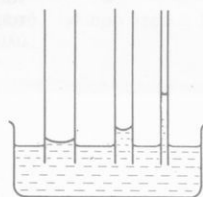
* Τοποθετήστε στην επιφάνεια τού νερού ένα μικρό χαρτάκι καί πάνω σ' αυτό τήν καρφίτσα καί μετά βυθίστε προσεκτικά τό χαρτάκι.



Σχ. 4. Άποτέλεσμα επιφανειακής τάσεως

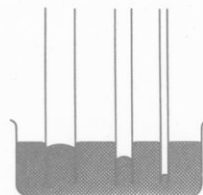


Σχ. 5. Οί σταγόνες παίρνουν σφαιρικό σχήμα χάρη στην επιφανειακή τάση



νερό

I



υδράργυρος

II

Σχ. 6. Τριχοειδή φαινόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά σώματα αποτελούνται από μόρια που διαρκώς κινούνται (θερμική κίνηση). Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων λέγονται μοριακές και μπορεί να είναι έλκτικές ή άπωστικές.
2. Οι έλκτικές δυνάμεις μεταξύ όμοιων μορίων λέγονται δυνάμεις συνοχής και μεταξύ άνομοίων μορίων, δυνάμεις συνάφειας.
3. Ή έπιφανειακή τάση είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων συνοχής και τά τριχοειδή φαινόμενα είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι γνωρίζετε για την κίνηση που κάνουν τά μόρια στά στερεά, υγρά και άέρια;
2. Τι θά συνέβαινε σέ όλα τά σώματα άν δέν υπήρχαν δυνάμεις συνοχής και γιατί;
3. Τι ονομάζεται έπιφανειακή τάση και ποιά είναι τά αποτελέσματά της;
4. α) Πότε λέμε ότι ένα υγρό διαβρέχει ένα στερεό; β) Πώς εξηγείται τό φαινόμενο τά κολλάνε σταγόνες νερού στά χέρια μας;
5. Πότε ή άνύψωση του νερού σέ ένα γυάλινο σωλήνα είναι μεγαλύτερη: α) όταν ό σωλήνας είναι στενός; β) όταν ό σωλήνας είναι φαρδύς; γ) όταν ό σωλήνας είναι στενός και φέρει στά έσωτερικά του τοιχώματα λεπτό στρώμα από αδιάβροχο ύλικό;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ: ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

28η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Ι. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

α. Έννοια τής θερμοκρασίας. Από την έμπειρία μας γνωρίζουμε ότι τό νερό που βράζει είναι θερμότερο από τό νερό τής βρύσης και αυτό πάλι είναι θερμότερο από τό νερό του ψυγείου. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι τό νερό που βράζει, τό νερό τής βρύσης και τό νερό του ψυγείου βρίσκονται σέ διαφορετική **θερμική κατάσταση**. Για τά προσδιορίζουμε τή θερμική

κατάσταση των σωμάτων εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, τή θερμοκρασία. Έτσι λέμε ότι τό νερό πού βράζει έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τό νερό τής βρύσης καί αυτό έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από τό νερό του ψυγείου. Από τά παραπάνω μπορούμε νά πούμε ότι:

Ή θερμοκρασία είναι φυσικό μέγεθος πού χαρακτηρίζει τή θερμική κατάσταση των σωμάτων.

β. Ύποκειμενική εκτίμηση τής θερμοκρασίας. Όταν από τήν έπαφή του χεριού μας μέ ένα σώμα δημιουργηθεί αίσθημα θερμού, μπορούμε νά συμπεράνουμε ότι ή θερμοκρασία του σώματος αυτού είναι μεγαλύτερη από τή θερμοκρασία του σώματός μας.

Θά μπορούσε ίσως νά υποθέσει κάποιος ότι μέ τό χέρι μας μπορούμε νά μετράμε τή θερμοκρασία των σωμάτων. Ή υπόθεση όμως αυτή δέν είναι σωστή, όπως αποδεικνύεται από τά επόμενα πειράματα:

1. Τά δοχεία Α, Β καί Γ (Σχ. 1) περιέχουν αντίστοιχα ψυχρό, χλιαρό καί θερμό νερό. Βυθίζουμε τό δεξιό μας χέρι στό ψυχρό νερό καί τό άριστερό μας χέρι στό θερμό νερό. Ύστερα από λίγο χρόνο βυθίζουμε καί τά δύο χέρια μας συγχρόνως στό χλιαρό νερό. Τότε, μέ τό δεξιό χέρι μας έχουμε τήν έντύπωση ότι τό χλιαρό νερό είναι θερμό, ενώ μέ τό άριστερό μας χέρι έχουμε τήν έντύπωση ότι τό χλιαρό νερό είναι ψυχρό. Διαπιστώνουμε έτσι ότι κάθε χέρι μās δίνει διαφορετική πληροφορία γιά τή θερμοκρασία του ίδιου νερού.

2. Παίρνουμε δύο αντικείμενα, ένα μεταλλικό καί ένα ξύλινο, πού έχουν τήν ίδια θερμοκρασία (βρίσκονται στό ίδιο περιβάλλον). Κρατάμε μέ τό ένα χέρι μας τό μεταλλικό αντικείμενο καί μέ τό άλλο χέρι μας τό ξύλινο. Διαπιστώνουμε τότε ότι τό μεταλλικό αντικείμενο μās δίνει τήν έντύπωση ότι είναι ψυχρότερο από τό ξύλινο. Από όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Μέ τήν αίσθηση τής άφής μπορούμε μερικές φορές νά εκτιμήσουμε ύποκειμενικά τή θερμοκρασία των σωμάτων, ή εκτίμηση όμως αυτή δέν είναι άκριβής καί άξιόπιστη.

Γιά νά μετράμε τή θερμοκρασία αντικειμε-

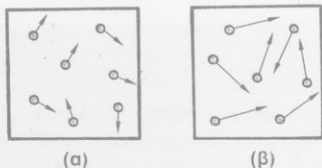


Ή γρήγορη καί τυχρή κίνηση των μόλων πού βρίσκονται στό θερμό νερό (α), διαφέρει από τήν αργή καί ήρεμη κίνηση των μόλων στό ψυχρό νερό (β).



Σχ. 1. Ψυχρό νερό χλιαρό νερό θερμό νερό

Σχ. 1.



Σχ. 2. Θερμική κίνηση των μορίων. Η θερμοκρασία στο (β) είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο (α)

νικά, με ακρίβεια και αξιοπιστία, χρησιμοποιούμε ειδικά όργανα που λέγονται θερμόμετρα.

II. ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η πειραματική και θεωρητική μελέτη διάφορων φαινομένων οδήγησε τους επιστήμονες στη δημιουργία της **κινητικής θεωρίας της θερμότητας**. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή:

1. Τα μόρια όλων των σωμάτων σε κάθε θερμοκρασία (έκτός από τη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός -273°C) βρίσκονται σε διαρκή και άτακτη κίνηση, που λέγεται **θερμική κίνηση**.

Εξαιτίας της θερμικής κινήσεως τα μόρια έχουν ενέργεια, που διαφέρει από μόριο σε μόριο.

2. Η θερμική κατάσταση ενός σώματος καθορίζεται από την ενέργεια που έχουν τα μόριά του, εξαιτίας της θερμικής κινήσεως.

3. Η μέση ενέργεια των μορίων εξαιτίας της θερμικής κινήσεως εξαρτάται από τη θερμοκρασία του σώματος και αυξάνεται με αυτή (Σχ. 2)

Η κινητική θεωρία της θερμότητας μας επιτρέπει να γνωρίσουμε καλύτερα την έννοια της θερμοκρασίας και να την ορίσουμε ως εξής:

Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη μέση ενέργεια* των μορίων του εξαιτίας της θερμικής κινήσεως.

III. Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σε δύο μεταλλικά δοχεία Α και Β βάζουμε νερό διαφορετικής θερμοκρασίας, ψυχρό στο Α και θερμό στο Β (Σχ. 3).

Σκεπάζουμε τα δοχεία με φελιζόλ (θερμομονωτικό υλικό) και τα φέρνουμε σε έπαφή. Ύστερα από λίγο χρόνο διαπιστώνουμε με ένα θερμόμετρο ότι το νερό έχει την ίδια θερμοκρασία και στα δύο δοχεία.

Από αυτό συμπεραίνουμε, σύμφωνα με την



Σχ. 3.

* Αν E_1, E_2, E_3, \dots εν είναι οι ενέργειες που έχουν τα διάφορα μόρια του σώματος, ή μέση ενέργεια των n μορίων είναι:

$$E = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n}$$

κινητική θεωρία της θερμότητας, ότι η ενέργεια των μορίων του νερού, εξαιτίας της θερμικής κινήσεως, αυξήθηκε στο δοχείο Α και ελαττώθηκε στο δοχείο Β. Η μεταβολή αυτή των ενεργειών έγινε διά μεταφοράς ενός ποσού ενέργειας από το θερμότερο δοχείο Β στο ψυχρότερο δοχείο Α.

Τήν ενέργεια αυτή που μεταφέρθηκε την ονομάζουμε **θερμότητα**. Επομένως:

Θερμότητα λέγεται η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο, εξαιτίας της διαφοράς των θερμοκρασιών τους.

Όταν φέρουμε σε επαφή δύο σώματα που έχουν τήν ίδια θερμοκρασία, τότε, όπως προκύπτει από τον όρισμό της θερμότητας, δέ μεταφέρεται θερμότητα (ενέργεια) από το ένα σώμα στο άλλο. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι τά σώματα βρίσκονται σε **θερμική ισορροπία**.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η θερμοκρασία είναι ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη θερμική κατάσταση των σωμάτων, δηλ. τη μέση ενέργεια των μορίων τους εξαιτίας της θερμικής κινήσεως.
2. Θερμότητα λέγεται η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο, εξαιτίας της διαφοράς των θερμοκρασιών τους.
3. Όταν δύο σώματα έχουν τήν ίδια θερμοκρασία, δέν ανταλλάζουν θερμότητα (ενέργεια) μεταξύ τους. Τά σώματα αυτά βρίσκονται τότε σε θερμική ισορροπία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί ονομάζουμε θερμοκρασία ενός σώματος;
2. Τί είναι θερμότητα;
3. Τί θά συμβεί, όταν φέρουμε σε επαφή δύο σώματα με διαφορετική θερμοκρασία;
4. Πότε δύο σώματα βρίσκονται σε θερμική ισορροπία;
5. Τί γνωρίζετε για τήν κινητική θεωρία της θερμότητας;

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΑ - ΚΛΙΜΑΚΑ CELSIUS (ΚΕΛΣΙΟΥ)



Σχ. 1. Ύδραργυρικό θερμόμετρο

Σχ. 2. Ο πάγος τήκεται πάντοτε στην ίδια θερμοκρασία (0°C , όταν Ρατμ. = 760 Τοττ)

I. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΩΝ

Από την έμπειρία μας γνωρίζουμε ότι ο όγκος των σωμάτων αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία τους. Αυτό το φαινόμενο λέγεται διαστολή. Μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε το φαινόμενο της διαστολής, για να κατασκευάσουμε ειδικά όργανα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, που λέγονται **θερμόμετρα**.

II. ΥΔΡΑΡΓΥΡΙΚΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ

Υπάρχουν θερμόμετρα διαφόρων ειδών, εκείνα όμως που χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη είναι τα **ύδραργυρικά** θερμόμετρα. Η λειτουργία των θερμομέτρων αυτών στηρίζεται στη διαστολή που παθαίνει μία ορισμένη ποσότητα υδραργύρου όταν θερμαίνεται.

Τό υδραργυρικό θερμόμετρο (Σχ.1) αποτελείται από ένα σφαιρικό ή κυλινδρικό γυάλινο δοχείο που καταλήγει σε τριχοειδή σωλήνα με **σταθερή διατομή**. Τό δοχείο περιέχει υδράργυρο, ό οποίος, όταν θερμαίνεται, διαστέλλεται και προχωρεί μέσα στον τριχοειδή σωλήνα. Κατά μήκος του σωλήνα υπάρχει μία κατάλληλα βαθμολογημένη κλίμακα, στην οποία διαβάζουμε κάθε φορά τη θερμοκρασία που μετράμε.

Ο τριχοειδής σωλήνας είναι κλειστός στο πάνω άκρο και δέν περιέχει αέρα (είναι κενός). Η αφαίρεση του αέρα από τό σωλήνα γίνεται με τόν ακόλουθο τρόπο. Θερμαίνουμε τό δοχείο με τόν υδράργυρο σε μεγάλη θερμοκρασία διατηρώντας τό πάνω άκρο του σωλήνα ανοιχτό. Κατά τη θέρμανση αυτή ο υδράργυρος διαστέλλεται, ανεβαίνει στό σωλήνα και έκτοπιζει τόν αέρα. Όταν γεμίσει με υδράργυρο ο σωλήνας, κλείνουμε τό πάνω άκρο του θερμαίνοντας ισχυρά τό γυαλί, ώσπου νά πάθει τήξη.

III. ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ

Η βαθμολογία της θερμομετρικής κλίμακας γίνεται ως εξής: Τοποθετούμε τό δοχείο του θερμομέτρου μέσα σε τριμμένο πάγο που έχει

άρχισει νά τήκεται. Παρατηρούμε τότε ότι ο υδράργυρος συστέλλεται, ή στάθμη του μέσα στο σωλήνα κατεβαίνει και τελικά σταθεροποιείται σε μία θέση Α (Σχ.2). Ή θέση αυτή είναι πάντοτε ή ίδια όσες φορές και άν επαναλάβουμε τό πείραμα. Αυτό σημαίνει ότι ο πάγος όταν τήκεται έχει πάντοτε σταθερή θερμοκρασία. Ή Ο Celsius **όνόμασε** αυτή τή σταθερή θερμοκρασία τήξεως του πάγου **μηδέν**, γι' αυτό στο σημείο Α τής κλίμακας γράφουμε τόν αριθμό μηδέν (0).

Ύστερα τοποθετούμε τό δοχείο του θερμομέτρου σε άτμούς νερού που βράζει στην επιφάνεια τής θάλασσας (Σχ.3). Ή υδράργυρος αρχίζει τότε νά διαστέλλεται, ή στάθμη του μέσα στο σωλήνα ανεβαίνει και τελικά σταθεροποιείται σε μία θέση π.χ. στο σημείο Β. Ή θέση αυτή είναι πάντοτε ή ίδια, όσες φορές και άν επαναλάβουμε τό πείραμα. Αυτό σημαίνει ότι οι άτμοί του νερού που βράζει, έχουν πάντοτε τήν ή ίδια θερμοκρασία. Ή Ο Celsius **όνόμασε** αυτή τή σταθερή θερμοκρασία των άτμών του νερού που βράζει **έκατό**, γι' αυτό στο σημείο Β γράφουμε τόν αριθμό έκατό (100).

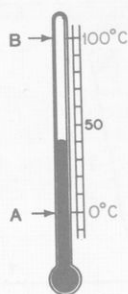
Τό διάστημα μεταξύ των ένδειξεων 0 και 100 τό χωρίζουμε σε έκατό (100) ίσα μέρη και επεκτείνουμε τή διαίρεση πάνω από τό έκατό και κάτω από τό μηδέν. Έτσι έχουμε μία βαθμολογημένη κλίμακα θερμοκρασιών που λέγεται **κλίμακα Κελσίου** (Σχ.4). Ή απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διαιρέσεων τής κλίμακας Κελσίου λέγεται **βαθμός Κελσίου** (1°C ή 1 grad). Οι χαμηλότερες από τό μηδέν θερμοκρασίες χαρακτηρίζονται ως άρνητικές. Όταν π.χ. γράφουμε -10°C , έννοούμε θερμοκρασία 10 βαθμών κάτω από τό μηδέν τής κλίμακας Κελσίου.

Παρατήρηση. Ή βαθμολογία του θερμομέτρου που περιγράψαμε πρέπει νά γίνεται σε χώρο που επικρατεί ή κανονική άτμοσφαιρική πίεση των 760 Torr.

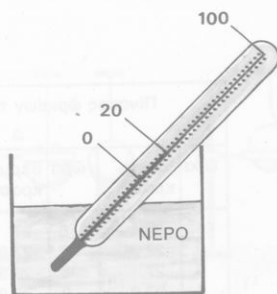
Θερμομέτρηση. Ή θερμομέτρηση, δηλ. ή μέτρηση τής θερμοκρασίας ενός σώματος, γίνεται μέ τόν ακόλουθο τρόπο. Φέρνουμε τό δοχείο του θερμομέτρου σε έπαφή με τό σώμα που θά θερμομετρήσουμε (Σχ.5). Έφόσον τό σώμα έχει διαφορετική θερμοκρασία από τόν υδράργυρο του θερμομέτρου, ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ τους ώσπου νά αποκαταστα-



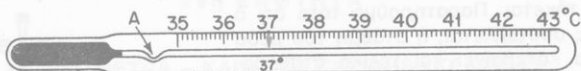
Σχ. 3. Οι άτμοί του νερού που βράζει έχουν πάντοτε τήν ή ίδια θερμοκρασία (100°C , όταν Ρατμ. = 760 Torr)



Σχ. 4. Κλίμακα Κελσίου

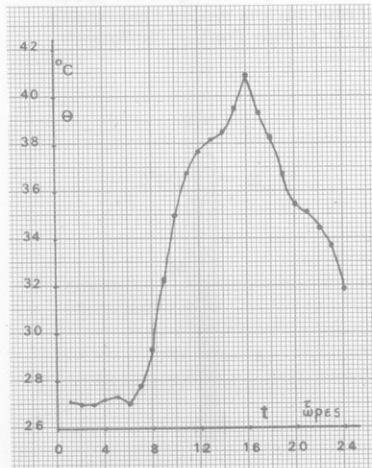


Σχ. 5. Μέτρηση τής θερμοκρασίας



Σχ. 6. Ιατρικό θερμόμετρο

θεϊ θερμική ισορροπία. Έξαιτίας της ανταλλαγής θερμότητας, ή στάθμη του υδραργύρου μεταβάλλεται και τελικά σταθεροποιείται σε μία θέση, που δείχνει πάνω στην κλίμακα τη θερμοκρασία του υδραργύρου, άρα και του σώματος.



Σχ. 7. Μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. (Αθήνα, 10 Ιουλίου 1977).

IV. ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΧΡΟΝΟΥ

Γνωρίζουμε από την έμπειρία μας ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μεταβάλλεται από ώρα σε ώρα κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Επίσης η μέση ημερήσια θερμοκρασία μεταβάλλεται από ημέρα σε ημέρα κατά τη διάρκεια του έτους. Τό διάγραμμα του Σχ. 7 παρουσιάζει μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα, στη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. (Τά στοιχεία που αναφέρονται στον πίνακα έχουν ληφθεί από τό Έθνικό Άστεροσκοπείο Αθηνών).

Πίνακας ωριαίων τιμών θερμοκρασίας του αέρα στην Αθήνα τη 10η Ιουλίου 1977									
ώρα	θερμοκρασία	ώρα	θερμοκρασία	ώρα	θερμοκρασία	ώρα	θερμοκρασία	ώρα	θερμοκρασία
1	27,1	6	27	11	36,8	16	40,9	21	35,1
2	27	7	27,8	12	37,7	17	39,3	22	34,2
3	27	8	29,3	13	38,2	18	38,3	23	33,7
4	27,2	9	32,2	14	38,5	19	36,7	24	31,8
5	27,3	10	35,1	15	39,5	20	35,4		

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά θερμοόμετρα είναι όργανα με τά όποια μετράμε τή θερμοκρασία.
2. Ή λειτουργία του ύδραργυρικού θερμομέτρου στηρίζεται στη διαστολή του ύδραργύρου.
3. Ό Celsius όνόμασε τή σταθερή θερμοκρασία τήξεως του πάγου μηδέν βαθμούς (0°C) και τή σταθερή θερμοκρασία των ατμών του νερού, όταν αυτό βράζει σε πίεση 76 cmHg, έκато βαθμούς (100°C). Χρησιμοποιώντας αυτές τις δύο σταθερές θερμοκρασίες (0°C και 100°C) δημιουργούμε τήν έκατονταβάθμια θερμομετρική κλίμακα ή κλίμακα Κελσίου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποίο φαινόμενο στηρίζεται ή λειτουργία των ύδραργυρικών θερμομέτρων;
2. Ποιά θερμοκρασία όνομάζουμε 0°C και ποιά 100°C;
3. Τί λέγεται βαθμός Κελσίου (1°C ή 1 grad);
4. Πώς άφαιρούμε τόν άέρα από τόν τριχοειδή σωλήνα του θερμομέτρου; Γιατί πρέπει νά άφαιρούμε τόν άέρα αυτό;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Από τό διάγραμμα του Σχ.7 νά βρείτε:
α. τή μέγιστη και τήν ελάχιστη θερμοκρασία τής Άθήνας στίς 10 Ίουλίου 1977,
β. τή θερμότερη και ψυχρότερη ώρα τής ημέρας αυτής.

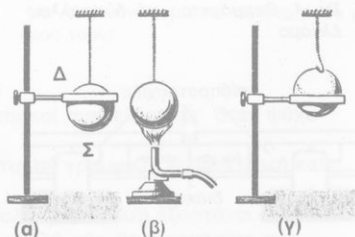
30η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

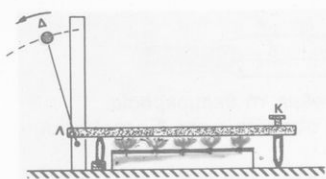
Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Ό δακτύλιος Δ του Σχ. 1 έχει διάμετρο λίγο μεγαλύτερη από τή διάμετρο τής σφαίρας Σ, έτσι ώστε στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ή σφαίρα νά περνά εύκολα από τό δακτύλιο. Θερμαίνουμε τή σφαίρα και παρατηρούμε ότι δέν μπορεί νά περάσει από τό δακτύλιο. Άφήνουμε ύστερα τή σφαίρα νά ψυχθεί και παρατηρούμε ότι περνά πάλι από τό δακτύλιο. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι οι διαστάσεις των σωμάτων αύξάνονται, όταν τά σώματα θερμαίνονται, και ελαττώνονται, όταν αυτά ψύχονται. Τά φαινόμενα αυτά λέγονται αντίστοιχα διαστολή και συστολή των σωμάτων.

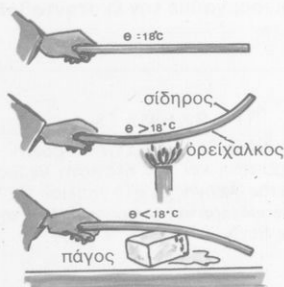
Ή διαστολή λέγεται **κυβική**, όταν αναφέρε-



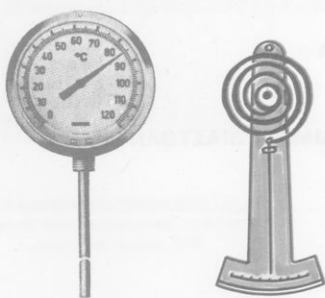
Σχ. 1.



Σχ. 2. Γραμμική διαστολή



Σχ. 3. Διμεταλλικό έλασμα



Σχ. 4. Θερμόμετρο με διμεταλλικό έλασμα



Σχ. 5. (α) Διάκενο μεταξύ των σιδηροτροχιών

ται στην αύξηση και των τριών διαστάσεων, δηλ. στην αύξηση του όγκου του σώματος. Τέτοια είναι η διαστολή που παθαίνουν όλα τα σώματα, στερεά, υγρά και αέρια. **Ειδικά για τα στερεά**, μιάς ενδιαφέρει πολλές φορές η αύξηση μιάς μόνο διαστάσεως (π.χ. του μήκους μιάς ράβδου) ή η αύξηση των δύο μόνο διαστάσεων (π.χ. του έμβαδού μιάς πλάκας). Στην πρώτη περίπτωση η διαστολή λέγεται **γραμμική** και στη δεύτερη **επιφανειακή**.

II. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

α. Γραμμική διαστολή. Τη γραμμική διαστολή μπορούμε να τη μελετήσουμε με τη συσκευή του Σχ. 2. Το άκρο K της μεταλλικής ράβδου ΚΛ είναι καλά στερεωμένο στη βάση της συσκευής, ενώ το άλλο άκρο της Α είναι ελεύθερο να κινείται, παρασύροντας στην κίνηση του το δείκτη Δ.

Θερμαίνουμε τη ράβδο και παρατηρούμε ότι ο δείκτης εκτρέπεται από την αρχική του θέση και επανέρχεται σ' αυτή, όταν αφήσουμε τη ράβδο να ψυχθεί. Από την έκτροπή του δείκτη αντιλαμβανόμαστε ότι το μήκος της ράβδου αύξάνεται, όταν αυτή θερμαίνεται, και ελαττώνεται, όταν αυτή ψύχεται. Αν συνεχίσουμε τη θέρμανση της ράβδου, δηλ. αύξησουμε και άλλο τη θερμοκρασία της, διαπιστώνουμε ότι η ράβδος επιμηκύνεται περισσότερο. Άρα η επιμήκυνση (μεταβολή του μήκους) της ράβδου εξαρτάται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας της.

Χρησιμοποιώντας ράβδους από διαφορετικό υλικό βρίσκουμε ότι η επιμήκυνση της ράβδου εξαρτάται από το υλικό της. Έτσι μία ράβδος αλουμινίου επιμηκύνεται περισσότερο (ο δείκτης Δ εκτρέπεται περισσότερο) από μία ράβδο σιδήρου που έχει τό ίδιο μήκος και παθαίνει την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας με τη ράβδο αλουμινίου.

Τέλος η επιμήκυνση μιάς ράβδου εξαρτάται από το μήκος της. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της ράβδου τόσο περισσότερο επιμηκύνεται αυτή, για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας της.

β. Συνέπειες και εφαρμογές της γραμμικής διαστολής.

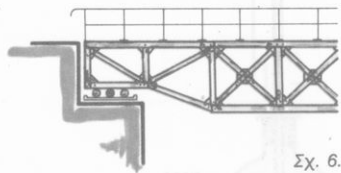
1. Η γραμμική διαστολή έχει πολλές εφαρ-

μογές στην καθημερινή ζωή και στην τεχνική. Μία από τις εφαρμογές αυτές βρίσκουμε στο **διμεταλλικό έλασμα**, πού αποτελείται από δύο ευθύγραμμα μεταλλικά ελάσματα του ίδιου μήκους, τά όποια είναι καλά συγκολλημένα μεταξύ τους και κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό (Σχ. 3). Τό διμεταλλικό έλασμα σέ μία όρισμένη θερμοκρασία, π.χ. 18°C, είναι ευθύγραμμο, ένω όταν θερμανθεί ή ψυχθεί καμπυλώνεται. Από διμεταλλικά ελάσματα κατασκευάζονται οί αυτόματοι ηλεκτρικοί διακόπτες, πού χρησιμοποιούνταν ως θερμοστάτες σέ ηλεκτρικές συσκευές (θερμοσίφωνα, κουζίνα, ψυγείο, ηλεκτρικό σίδερο κτλ.), τά διμεταλλικά θερμομέτρα (Σχ. 4) κτλ.



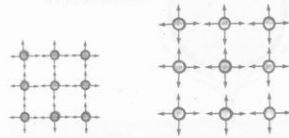
Σχ. 5.

(β) "Όταν τά διάκενα ανάμεσα στίς σιδηροτροχιές δέν είναι όρθα ύπολογισμένα, οί γραμμές μπορεί νά παραμορφωθούν σέ μιά ζεστή μέρα



Σχ. 6.

2. "Όταν, κατά τή θέρμανση τών στερεών, έμποδίζεται ή ελεύθερη διαστολή τούς, αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις ικανές νά τά παραμορφώσουν. Γιά νά αποφύγουμε αυτές τίσ ανεπιθύμητες παραμορφώσεις στίς σιδηροτροχιές τών τραινών, αφήνουμε κατά διαστήματα μικρά κενά μεταξύ τους (Σχ. 5). Γιά τόν ίδιο λόγο δέ στερεώνουμε καί τά δύο άκρα μιάς μεταλλικής γέφυρας, αλλά τοποθετούμε τό ένα άκρο της σέ κυλιόμενους κυλίνδρους ώστε νά μετατοπίζεται ελεύθερα (Σχ. 6). Τά αντίκειμενα πού αποτελούνται από κοινό γυαλί δέν πρέπει νά θερμαίνονται απότομα καί σέ ένα μόνο μέρος τους, γιατί διαστέλλονται άνομοίμορφα καί σπάζουν. Αυτό δέ συμβαίνει στά αντίκειμενα πού αποτελούνται από γυαλί ργρεχ, γιατί τό γυαλί αυτό ελάχιστα διαστέλλεται. Από ργρεχ κατασκευάζονται χημικά όργανα καί γυάλινα σκεύη μαγειρικής.



Σχ. 7. Έρμηνεία τής διαστολής.

III. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

"Όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία ένός σώματος, ή θερμική κίνηση τών μορίων του γίνεται πιό έντονη (βλ. 28η ένότητα). Έτσι αύξάνεται ή μέση απόσταση μεταξύ τών μορίων καί τό σώμα διαστέλλεται (Σχ. 7).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Άπό τί εξαρτάται ή έπιμήκυνση πού παθαίνει μία ράβδος όταν διαστέλλεται;
2. Ποιό από τά ελάσματα του Σχ. 3 διαστέλλεται ή συστέλλεται περισσότερο;
3. Τί είναι τό διμεταλλικό έλασμα, τί ιδιότητα έχει καί πού χρησιμοποιείται;
4. Γιατί τά αντίκειμενα πού αποτελούνται από κοινό γυαλί σπάζουν όταν τά θερμαίνουμε απότομα καί σέ ένα μόνο μέρος τους;

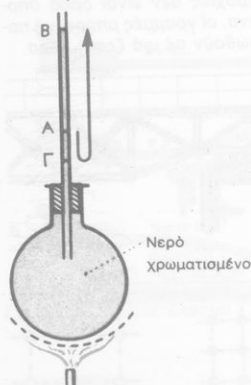
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά σώματα διαστέλλονται όταν θερμαίνονται καί συστέλλονται όταν ψύχονται.
2. Η διαστολή τών στερεών σωμάτων διακρίνεται σέ γραμμική, έπιφανειακή καί κυβική.
3. Η μεταβολή του μήκους μιάς ράβδου (διαστολή ή συστολή) εξαρτάται από τό υλικό της, τό άρχικό της μήκος καί τή μεταβολή τής θερμοκρασίας της.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ - ΑΝΩΜΑΛΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

I ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

Γεμίζουμε μία φιάλη με χρωματισμένο νερό και τήν κλείνουμε με πώμα που φέρει γυάλινο σωλήνα με μικρή διάμετρο. Η στάθμη του νερού μέσα στο σωλήνα βρίσκεται αρχικά στο σημείο Α (Σχ. 1). Θερμαίνουμε τη φιάλη και παρατηρούμε ότι η στάθμη του νερού ανεβαίνει στο σημείο Β και επανέρχεται στο Α όταν η φιάλη ψυχθεί. Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ο όγκος των υγρών αυξάνεται όταν θερμαίνονται και ελαττώνεται όταν ψύχονται.

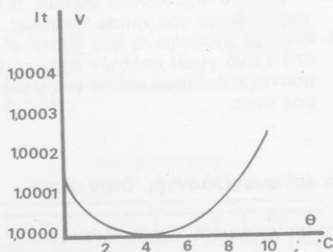


Σχ. 1. Διαστολή υγρών.

Παρατήρηση. Αν προσέξουμε καλά κατά την εκτέλεση του πειράματος αυτού, θα παρατηρήσουμε ότι στην αρχή της θέρμανσης η στάθμη του νερού κατεβαίνει για λίγο χρόνο στο Γ και ύστερα ανεβαίνει στο Β (Σχ. 1). Αυτό συμβαίνει γιατί το γυαλί αρχίζει να διαστέλλεται πριν από το νερό. Έτσι η στάθμη του νερού αρχικά κατεβαίνει. Επειδή όμως το νερό διαστέλλεται, περισσότερο από το γυαλί, η στάθμη του νερού τελικά ανεβαίνει πιο πάνω από το Α.

Με πειράματα σαν αυτό του Σχ. 1 βρίσκουμε ότι η μεταβολή του όγκου ενός υγρού εξαρτάται: α) Από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία αυξάνεται και ο όγκος του υγρού), β) Από τη φύση του υγρού (τό οινόπνευμα διαστέλλεται περισσότερο από το νερό) και γ) Από τον αρχικό όγκο του υγρού (όσο μεγαλύτερος είναι ο αρχικός όγκος τόσο μεγαλύτερη είναι και η μεταβολή του για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας).

Βέβαια, κατά τη μελέτη της διαστολής ενός υγρού, διαστέλλονται και τα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει. Η διαστολή όμως του δοχείου είναι πολύ μικρότερη από τη διαστολή του υγρού και τη θεωρούμε άσημαντη.



Σχ. 2. Μεταβολή του όγκου 1Kgr νερού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

II. ΑΝΩΜΑΛΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Όταν θερμαίνεται ορισμένη μάζα νερού από

τούς 0°C ως τούς 4°C, ο όγκος του νερού συνεχώς ελαττώνεται αντί να αυξάνεται. Όταν συνεχισθεί η θέρμανση του νερού ώστε η θερμοκρασία του να παίρνει τιμές μεγαλύτερες από τούς 4°C, ο όγκος του συνεχώς αυξάνεται. Στο Σχ. 2, φαίνονται οι μεταβολές του όγκου του νερού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το νερό παρουσιάζει ανωμαλία στη διαστολή του με αποτέλεσμα ορισμένη μάζα του να έχει τό μικρότερο όγκο στους 4°C και όχι στους 0°C, όπως θα έπρεπε αν διαστελλόταν κανονικά.

Η πυκνότητα του νερού δίνεται από τον τύπο $\rho = m/V$. Έπειδή ο όγκος του μεταβάλλεται, συμπεραίνουμε ότι και η **πυκνότητα του νερού** θα μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και **θά έχει τη μεγαλύτερη τιμή στους 4°C**.

Γνωρίζουμε ότι στη διάρκεια του χειμώνα τα επιφανειακά στρώματα του νερού των λιμνών και των ποταμών μετατρέπονται σε πάγο, ενώ τα βαθύτερα στρώματα εξακολουθούν να είναι υγρά και να βρίσκονται σε θερμοκρασία 4°C περίπου (Σχ. 3). Τό φαινόμενο αυτό έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή των υδροβίων φυτών και ζώων και εξηγείται ως εξής: Τό χειμώνα τό νερό, π.χ. μιάς λίμνης, ψύχεται σιγά σιγά ώσπου να άποκτήσει όλο θερμοκρασία 4°C. Όταν ή ψύξη συνεχισθεί, τά επιφανειακά στρώματα άποκτούν θερμοκρασία π.χ. 3°C, όποτε γίνονται ελαφρότερα από τά βαθύτερα στρώματα τών 4°C. Έτσι εξακολουθούν να παραμένουν στην επιφάνεια τής λίμνης, όπου ψύχονται περισσότερο, και όταν φθάσουν στους 0°C μετατρέπονται σε πάγο πού επιπλέει στό νερό.



Σχ. 3.

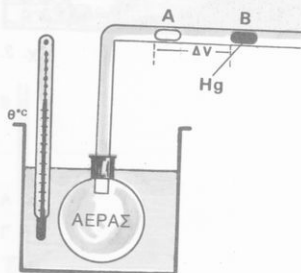
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι θά παρατηρούσαμε στό πείραμα του Σχ. 1 άν τό νερό πάθαινε μικρότερη διαστολή από τά τοιχώματα του δοχείου καί τί, άν πάθαινε τήν ίδια διαστολή;
2. Από τί εξαρτάται ή μεταβολή του όγκου τών υγρών εξαιτίας τής θερμάνσεώς τους;
3. Τι γνωρίζετε για τή διαστολή του νερού;
4. Τό χειμώνα τά επιφανειακά στρώματα του νερού τών λιμνών παγώνουν, ενώ τά βαθύτερα στρώματα παραμένουν υγρά. Νά εξηγήσετε τό φαινόμενο αυτό καί να αναφέρετε τή χρησιμότητά του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μεταβολή του όγκου ορισμένης μάζας υγρού εξαρτάται από τή φύση του υγρού, από τον αρχικό του όγκο καί από τή μεταβολή τής θερμοκρασίας του.
2. Τά υγρά διαστέλλονται περισσότερο από τά στερεά.
3. Τό νερό παρουσιάζει ανωμαλία στη διαστολή του με αποτέλεσμα να έχει τή μεγαλύτερη πυκνότητα στους 4°C. Η ιδιότητα αυτή του νερού έχει μεγάλη σημασία για τή ζωή τών υδροβίων οργανισμών.

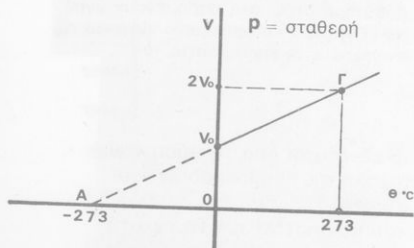
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



Σχ. 1. Διαστολή αερίου υπό σταθερή πίεση

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

θ °C	V_{θ}
-273	0
0	V_0
273	$2V_0$



Σχ. 2. Γραφική παράσταση του νόμου Gay-Lussac

Ι. ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΑΕΡΙΩΝ ΥΠΟ ΣΤΑΘΕΡΗ ΠΙΕΣΗ

Τό δοχείο του Σχ. 1 περιέχει αέρα και ό οριζόντιος σωλήνας φράσσεται με μία σταγόνα ύγρου (νερού ή υδραργύρου) που ήρεμει αρχικά στη θέση Α. Από την ήρεμιά της σταγόνας καταλαβαίνουμε ότι ή πίεση του αέρα μέσα στο δοχείο είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση. Τοποθετούμε τό δοχείο σέ θερμό λουτρό, όποτε ό αέρας του δοχείου θερμαίνεται και ή σταγόνα μετατοπίζεται στη θέση Β όπου και πάλι ήρεμει. Είναι φανερό ότι ό αέρας του δοχείου καταλαμβάνει τώρα περισσότερο όγκο, ενώ ή πίεσή του είναι πάλι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση, γιατί ή σταγόνα ήρεμει. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ό όγκος των αερίων αύξάνεται, όταν αυτά θερμαίνονται υπό σταθερή πίεση.

“Αν ό οριζόντιος σωλήνας είναι βαθμολογημένος (π.χ. σέ cm^3) μπορούμε νά βρίσκουμε άμέσως τή μεταβολή ΔV του όγκου του αερίου. Από τέτοιες μετρήσεις βρίσκουμε ότι ή μεταβολή ΔV του όγκου ενός αερίου είναι ανάλογη πρός τόν αρχικό του όγκο V_0 του αερίου σέ θερμοκρασία 0°C και ανάλογη πρός τή μεταβολή $\Delta\theta$ τής θερμοκρασίας του. Δηλ.

$$(1) \Delta V = a \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \text{ ή}$$

$$(2) V_{\theta} - V_0 = a \cdot V_0 (\theta - 0) = a \cdot V_0 \cdot \theta$$

Ό συντελεστής a λέγεται **θερμικός συντελεστής των αερίων** και βρίσκεται ότι είναι ό ίδιος για όλα τά άέρια.

$$a = \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1}$$

Από τή σχέση (2) προκύπτει ότι:

$V_{\theta} = V_0 (1 + a \cdot \theta)$	Νόμος του Gay-Lussac
μάζα αερίου = σταθ. πίεση αερίου = σταθ.	

“Αν στόν τύπο (1) βάλουμε $\Delta\theta = 1^\circ\text{C} \Rightarrow$

$$\Delta V = \frac{1}{273} V_0$$

Ο συντελεστής λοιπόν α φανερώνει ότι: Όταν ένα αέριο θερμαίνεται υπό σταθερή πίεση κατά 1°C , ο όγκος του αερίου αυξάνεται κατά $1/273$ του όγκου V_0 που έχει το αέριο σε 0°C .

Αν στον παραπάνω νόμο δώσουμε διάφορες τιμές στη θερμοκρασία θ , θα βρούμε αντίστοιχες τιμές του όγκου V_{θ} , όπως δείχνει ο πίνακας I. Από τα ζεύγη τιμών του πίνακα αυτού κατασκευάζεται το διάγραμμα ΑΓ του Σχ. 2 που παριστάνει γραφικά το νόμο Gay-Lussac.

II. ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΑΕΡΙΩΝ ΥΠΟ ΣΤΑΘΕΡΟ ΟΓΚΟ

Το κλειστό δοχείο του Σχ. 3 έχει ανένδοτα τοιχώματα και το μανόμετρο Μ μετράει την πίεση του αέρα που περιέχεται στο δοχείο. Τοποθετούμε το δοχείο σε μείγμα πάγου και νερού που έχει θερμοκρασία 0°C , οπότε το μανόμετρο δείχνει πίεση p_0 . Ύστερα τοποθετούμε το δοχείο σε θερμό λουτρό θερμοκρασίας $\theta^{\circ}\text{C}$ και παρατηρούμε ότι το μανόμετρο δείχνει μεγαλύτερη πίεση p_{θ} . Ο όγκος που καταλαμβάνει το αέριο, όπως είναι φανερό, δεν άλλαξε. Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι η πίεση που ασκούν τα αέρια αυξάνεται, όταν αυτά θερμαίνονται υπό σταθερό όγκο.

Αν μέ ένα τέτοιο πείραμα μετρήσουμε τις πιέσεις p στις διάφορες θερμοκρασίες βρίσκουμε ότι ισχύει η σχέση:

$$(4) \Delta p = p_{\theta} - p_0 = \alpha \cdot p_0 \cdot \theta \Leftrightarrow$$

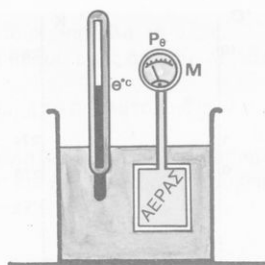
$p_{\theta} = p_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$	Νόμος του Charles
$m = \text{σταθ.}$	$V = \text{σταθ.}$

Ο συντελεστής α είναι ο γνωστός από τα προηγούμενα θερμοκός συντελεστής των αερίων.

Από το νόμο αυτό βρίσκουμε τα ζεύγη τιμών του πίνακα II και κατασκευάζουμε από αυτά το διάγραμμα ΚΛ του Σχ. 4 που παριστάνει γραφικά το νόμο του Charles.

III. ΑΠΟΛΥΤΟ ΜΗΔΕΝ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

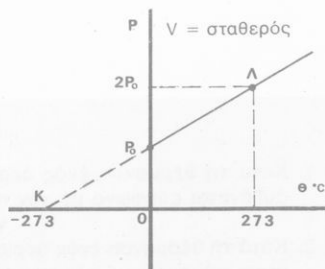
α. Απόλυτο μηδέν. Στη γραφική παράσταση του νόμου Charles (Σχ. 4), παρατηρούμε ότι η πίεση ενός αερίου μηδενίζεται, όταν ψυχθεί στους -273°C υπό σταθερό όγκο.



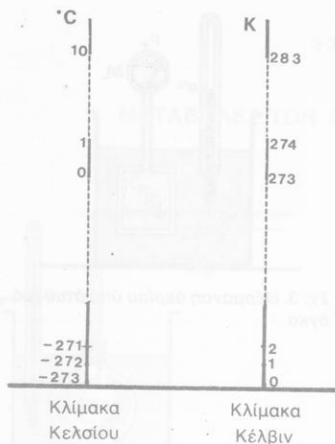
Σχ. 3. Θέρμανση αερίου υπό σταθερό όγκο

ΠΙΝΑΚΑΣ II

$\theta^{\circ}\text{C}$	p_{θ}
-273	0
0	p_0
273	$2p_0$



Σχ. 4. Γραφική παράσταση του νόμου Charles



Σχ. 5

Ἡ θερμοκρασία -273°C , στήν ὁποία μηδενίζεται ἡ πίεση ἑνός αἰρίου, λέγεται **ἄπολυτο μηδέν**.

Γνωρίζουμε ὅτι τὰ μόρια τῶν αἰρίων, ἐξαιτίας τῆς θερμικῆς κινήσεώς τους, συγκρούονται μέ τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου πού τά περιέχει καί ἔτσι δημιουργοῦν πίεση. Μποροῦμε λοιπόν νά συμπεράνουμε ὅτι στή θερμοκρασία τοῦ ἀπόλυτου μηδενός δέν ὑπάρχει θερμική κίνηση, ἀφοῦ τὰ μόρια τῶν αἰρίων δέν ἀσκοῦν πίεση.

Παρατήρηση. Ἀπό τή γραφική παράσταση τοῦ νόμου Gay-Lussac (Σχ. 2) προκύπτει ὅτι, στό ἀπόλυτο μηδέν, μηδενίζεται ὁ ὄγκος τῶν αἰρίων. Τό συμπέρασμα αὐτό, ὅπως εἶναι φανερό, δέν ἔχει φυσικό νόημα. Τό ἀπαράδεκτο αὐτό συμπέρασμα προκύπτει ἀπό τό νόμο Gay-Lussac, γιατί ὁ νόμος αὐτός, ὅπως καί ὁ νόμος Charles, εἶναι προσεγγιστικός καί δέν ἰσχύει ὅταν ἡ θερμοκρασία τῶν αἰρίων εἶναι πολύ χαμηλή.

β. Ἀπόλυτη θερμοκρασία. Ἄν προεκτείνουμε τή βαθμολογία τῆς κλίμακας Celsius ὡς τοῦς -273°C καί ἀριθμήσουμε διαφορετικά τήν κλίμακα, γράφοντας στή θέση τοῦ -273 τό 0, στή θέση τοῦ -272 τό 1 κτλ., σχηματίζεται μία νέα κλίμακα θερμοκρασιῶν πού λέγεται **ἀπόλυτη κλίμακα ἢ κλίμακα Kelvin** (Σχ. 5).

Ἡ ἀπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικῶν διαιρέσεων τῆς κλίμακας αὐτῆς λέγεται **βαθμός Kelvin** (K). Τή θερμοκρασία πού μετράμε μέ τήν κλίμακα Kelvin, δηλ. μέ ἀρχή τό ἀπόλυτο μηδέν, τήν ὀνομάζουμε **ἀπόλυτη θερμοκρασία T**. Ἄν ἡ ἀπόλυτη θερμοκρασία ἑνός σώματος εἶναι T καί ἡ θερμοκρασία του σέ βαθμούς Κελσίου εἶναι θ ἡ ἰσχύει ἡ σχέση

$$T = 273 + \theta$$

ὅπως προκύπτει ἀπό τό Σχ. 5.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κατά τή θέρμανση ἑνός αἰρίου, ὑπό σταθερή πίεση, ὁ ὄγκος τοῦ αἰρίου αὐξάνεται σύμφωνα μέ τόν παρακάτω νόμο τοῦ Gay-Lussac:

$$V_{\theta} = V_0(1 + \alpha\theta)$$

- Κατά τή θέρμανση ἑνός αἰρίου ὑπό σταθερό ὄγκο, ἡ πίεση τοῦ αἰρίου αὐξάνεται σύμφωνα μέ τόν παρακάτω νόμο τοῦ Charles:

$$p_{\theta} = p_0(1 + \alpha\theta)$$

3. Ο θερμικός συντελεστής των αερίων α είναι ο ίδιος για όλα τα αέρια.
4. Η θερμοκρασία -273°C , στην οποία μηδενίζεται ή πίεση ενός αερίου, λέγεται απόλυτο μηδέν.
5. Η θερμομετρική κλίμακα, που δημιουργείται με άρχη τό απόλυτο μηδέν, λέγεται απόλυτη κλίμακα ή κλίμακα Kelvin.
6. Η θερμοκρασία που μετράμε με την κλίμακα Kelvin λέγεται απόλυτη θερμοκρασία. Η απόλυτη θερμοκρασία T ενός σώματος και η θερμοκρασία του θ σε βαθμούς Κελσίου συνδέονται με τη σχέση $T = 273 + \theta$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι φανερώνει ο θερμικός συντελεστής των αερίων;
2. Κατά ποιούς τρόπους μπορούμε να θερμάνουμε ένα αέριο και ποιός νόμος ισχύει σε κάθε περίπτωση;
3. Τι λέγεται απόλυτο μηδέν; Γιατί στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός ή πίεση των αερίων μηδενίζεται;
4. Τι είναι η κλίμακα Kelvin; Ποιά θερμοκρασία λέγεται απόλυτη;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. α) Νά βρείτε την απόλυτη θερμοκρασία τήξεως του πάγου και την απόλυτη θερμοκρασία των ατμών του νερού, όταν αυτό βράζει σε πίεση 76 cmHg .
β) Ένα σώμα έχει απόλυτη θερμοκρασία 300 K . Πόση είναι η θερμοκρασία του σε βαθμούς Κελσίου;
- *2. Ορισμένη μάζα οξυγόνου έχει όγκο 250 cm^3 στους 0°C . Πόσο όγκο θά έχει τό οξυγόνο αυτό, όταν θερμανθεί υπό σταθερή πίεση στους 600 K ;
3. Η πίεση που ασκεί ορισμένη μάζα αζώτου στους 0°C είναι 75 cmHg . Πόση πρέπει να γίνει ή απόλυτη θερμοκρασία του αζώτου υπό σταθερό όγκο, ώστε ή πίεση του να γίνει 225 cmHg ;

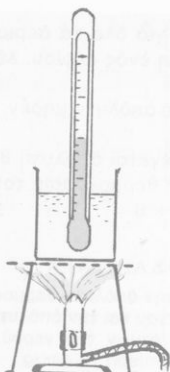
33η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

Ι. ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμιδομετρία εξετάζει τη μέτρηση των ποσών θερμότητας. Γνωρίζουμε ότι ή θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας και επομένως μπορούμε να τη μετρήσουμε με οποιαδήποτε μονάδα ενέργειας π.χ. με τό 1 Joule στο Διεθνές Σύστημα. Συνήθως όμως χρησιμοποιούμε ως μονάδα θερμότητας τη **μία θερμίδα** (calorie, 1 cal) που ορίζεται ως εξής:

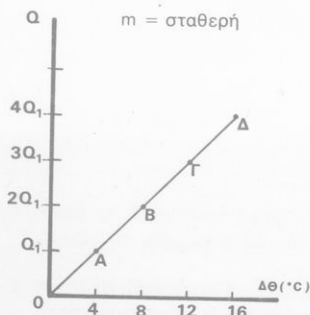
Θερμίδα είναι ή ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται για να αύξηθεί κατά 1°C ή θερμοκρασία 1 gr νερού.



Σχ. 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Μάζα νερού σταθερή (100 gr)			
t σε min	θ σε °C	Δθ σε °C	Θερμότητα που πήρε τό νερό
0	18	0	0
1	22	4	Q ₁
2	26	8	2Q ₁
3	30	12	3Q ₁
4	34	16	4Q ₁



Σχ. 2.

Πολλαπλάσιο τής μιάς θερμίδας είναι ή μία χιλιοθερμίδα (1 Kcal)

$$1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal} = 10^3 \text{ cal.}$$

Από μετρήσεις βρέθηκε ότι

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ Joule}$$

II. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟ-ΜΕΤΡΙΑΣ

1ο πείραμα. Θερμαίνουμε 100 gr νερού με τή φλόγα ενός λύχνου ύγραερίου (Σχ. 1) και με ένα θερμόμετρο μετράμε τή θερμοκρασία του νερού κάθε ένα λεπτό τής ώρας. Στην αρχή του πειράματος ή θερμοκρασία του νερού είναι π.χ. 18 °C, ύστερα από 1 min γίνεται 22 °C, ύστερα από 2 min γίνεται 26 °C κτλ. Αν διατηρούμε τήν ένταση τής φλόγας του λύχνου σταθερή, ή θερμότητα που δίνει ή φλόγα στο νερό είναι ανάλογη με τό χρόνο.

Αν λοιπόν τό νερό στο 1 min πήρε θερμότητα Q₁, στα 2 min πήρε 2 Q₁ κτλ. Τά αποτελέσματα τών μετρήσεων και τών υπολογισμών αὐτῶν περιέχονται στόν πίνακα I.

Μέ τίς τιμές του πίνακα I κατασκευάζουμε τό διάγραμμα ΟΔ (Σχ. 2) που δείχνει τό ποσό τής θερμότητας Q που παίρνει τό νερό σε συνάρτηση με τή μεταβολή τής θερμοκρασίας του Δθ. Από τό διάγραμμα ΟΔ, άλλα και από τόν πίνακα τιμών, συμπεραίνουμε ότι:

Η θερμότητα που παίρνει ένα υλικό ὀρισμένης μάζας, γιά νά αὐξήσει τή θερμοκρασία του, είναι ανάλογη με τή μεταβολή τής θερμοκρασίας του Δθ.

2ο πείραμα. Αν ἐπαναλάβουμε τό πείραμα με διπλάσια ποσότητα νερού (200 gr), παρατηρούμε ότι, γιά τήν ἀνύψωση τής θερμοκρασίας του κατά Δθ = 4°C (ἀπό 18 °C σέ 22 °C), χρειάζεται διπλάσιος χρόνος (t = 2 min). Αὐτό σημαίνει ότι χρειάζεται και διπλάσια ποσότητα θερμότητας (2Q₁). Κάνουμε ἀνάλογο πείραμα με 300 gr νερού. Τά ἀποτελέσματα τών μετρήσεων και τών υπολογισμών αὐτῶν περιέχονται στόν πίνακα II.

Μέ τίς τιμές του πίνακα II κατασκευάζουμε τό διάγραμμα ΚΜ (Σχ. 3) που δείχνει τό ποσό τής θερμότητας που παίρνει τό νερό σε συνάρτηση με τή μάζα του, ὅταν ή μεταβολή τής θερμοκρασίας του είναι σταθερή. Από τό διά-

γραμμα ΚΜ, αλλά και από τις τιμές του πίνακα, συμπεραίνουμε ότι:

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Η θερμότητα που παίρνει ένα υλικό είναι ανάλογη με τη μάζα του, για την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας του.

Είδαμε ότι τά 100 gr νερού σε 1 min παίρνουν θερμότητα Q_1 και θερμαίνονται κατά 4°C . Αν θερμαίνουμε, με την ίδια πάντοτε φλόγα, 100 gr πετρελαίου κατά 4°C , θα χρειαστεί χρόνος περίπου 0,5 min, δηλ. τό πετρέλαιο θά πάρει λιγότερη θερμότητα. Άρα:

Μεταβολή θερμοκρασίας σταθερή $\Delta\theta = 4^\circ\text{C}$ ($18^\circ\text{C} \rightarrow 22^\circ\text{C}$)		
m σε gr	t σε min	Θερμότητα που πήρε τό νερό
100	1	Q_1
200	2	$2Q_1$
300	3	$3Q_1$

Η θερμότητα που παίρνει ένα υλικό, όταν θερμαίνεται, εξαρτάται από τη φύση του υλικού.

Τά συμπεράσματα αυτά που ισχύουν και όταν τά σώματα ψύχονται, εκφράζονται με την εξίσωση:

(1) $Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta$ Θεμελιώδης νόμος
της Θερμιδομετρίας

Ο συντελεστής c χαρακτηρίζει τό υλικό του σώματος και λέγεται **ειδική θερμότητα**.

Από τη σχέση (1) προκύπτει:

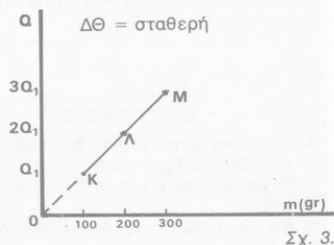
(2) $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$

Η μονάδα της ειδικής θερμότητας βρίσκεται από τη σχέση (2) και είναι $1 \text{ cal/gr} \cdot \text{grad}$ (1 θερμίδα κατά γραμμάριο και κατά βαθμό).

Αν υποθέσουμε ότι είναι $m=1\text{gr}$ και $\Delta\theta = 1^\circ\text{C} = 1 \text{ grad}$, τότε από την εξίσωση (2) συνεπάγεται ότι $c=Q$. Έπομένως η ειδική θερμότητα ενός υλικού είναι αριθμητικά ίση με τη θερμότητα που πρέπει νά πάρει 1gr του υλικού αυτού, για νά αύξηθεί ή θερμοκρασία του κατά 1°C .

Από τόν όρισμό της θερμίδας συμπεραίνουμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι $1 \text{ cal/gr} \cdot \text{grad}$.

Από τόν πίνακα III παρατηρούμε ότι τό νερό έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από όλα σχεδόν τά υλικά, εκτός από τό υδρογόνο και τό ήλιο. Αυτό σημαίνει ότι τό νερό αποθηκεύει περισσότερη θερμότητα από τά άλλα υλικά, και γι' αυτό τό λόγο χρησιμοποιείται στις θερμοφύρες, στη μεταφορά θερμότητας στά καλοριφέρ, στό ψυκτικό σύστημα τών αυτοκινήτων κτλ. Τό



ΠΙΝΑΚΑΣ III

Παραδείγματα ειδ. θερμότητας σε $\text{cal/gr} \cdot \text{grad}$			
Χαλκός	0,092	Πάγος	0,500
Σίδηρος	0,108	Πετρέλαιο	0,510
Άργίλιο	0,215	Νερό	1,000
Όξυγόνο	0,218	Ήλιο	1,250
Έδαφος	0,220	Υδρογόνο	3,390

γεγονός ότι τό έδαφος θερμαίνεται πίο γρήγορα από τή θάλασσα τό καλοκαίρι καί ψύχεται πίο γρήγορα από τή θάλασσα τό χειμώνα, καθώς καί τό ήπιο κλίμα τών παραθαλάσσιων περιοχών είναι φαινόμενα πού όφείλονται στη μεγάλη ειδική θερμότητα του νερού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τή θερμότητα τή μετράμε μέ οποιαδήποτε μονάδα ένέργειας π.χ. Joule, KWh, cal, κτλ. Θερμίδα είναι ή ποσότητα θερμότητας πού πρέπει νά άπορροφήσει 1 gr νερού, γιά νά αύξηθει ή θερμοκρασία του κατά 1°C.
2. Η θερμότητα πού παίρνει ένα σώμα όταν θερμαίνεται ή πού δίνει όταν ψύχεται, ύπολογίζεται από τή σχέση: $Q = c.m.\Delta\theta$.
3. Η ειδική θερμότητα c χαρακτηρίζει τό ύλικό από τό όποίο άποτελείται τό σώμα καί έχει μονάδα τό 1 cal/gr.grad.
4. Τό νερό έχει τή μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από όλα σχεδόν τά ύλικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι συμπεραίνετε από τά διαγράμματα ΟΔ καί ΚΜ τών Σχ. 2 καί 3;
2. Τι φανερώνει ή ειδική θερμότητα ένός ύλικού;
3. Νά συγκρίνετε τά ποσά θερμότητας: 0,5 Kcal καί 2000 Joule.
4. Τι γνωρίζετε γιά τήν ειδική θερμότητα του νερού; Νά αναφέρετε εφαρμογές καί συνέπειες αύτής τής ιδιότητας του νερού.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Θερμαίνουμε 500 gr νερού θερμοκρασίας 20 °C, ώσπου ή θερμοκρασία του νά γίνει 90 °C. Νά βρείτε τή θερμότητα σε cal πού θά άπορροφήσει τό νερό, άν ή ειδική θερμότητά του είναι 1cal/gr.grad.
2. Ένα χάλκινο σώμα έχει θερμοκρασία 118 °C καί αφήνεται νά ψυχθεί ώσπου ή θερμοκρασία του νά γίνει 18 °C. Άν ή θερμότητα πού δίνει κατά τήν ψύξη του είναι 9200 cal, νά βρείτε τή μάζα του. Η ειδική θερμότητα του χαλκού είναι 0,092 cal/gr.grad
- *3. Ένα σώμα πού άποτελείται από άλουμίνιο έχει μάζα 100 gr καί θερμαίνεται, ώσπου ή θερμοκρασία του νά αύξηθει κατά 10 °C, Άν ή θερμότητα πού παίρνει είναι 215 cal νά βρείτε τήν ειδική θερμότητα του άλουμινίου.

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

I. ΤΟ ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΟ

Τό θερμιδόμετρο είναι όργανο μέ τό όποίο μετράμε τά ποσά θερμότητας καί τήν ειδική θερμότητα τών υλικών. Ένα από τά άπλά θερμιδόμετρα είναι τό **θερμιδόμετρο μέ νερό** (Σχ. 1). Αυτό άποτελείται από ένα δοχείο Α πού περιέχει νερό καί βρίσκεται μέσα σέ άλλο δοχείο Β.

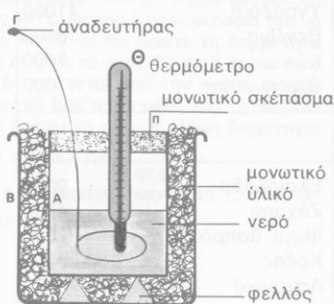
Τό θερμιδόμετρο πρέπει νά έχει καλή θερμική μόνωση, ώστε τά ποσά θερμότητας πού ανταλλάζει μέ τό περιβάλλον νά είναι ελάχιστα. Για τό λόγο αυτό τό διάκενο, ανάμεσα στά δύο δοχεία, είναι γεμάτο μέ υλικό πού είναι κακός άγωγός τής θερμότητας π.χ. φελιζόλ, ύαλοβάμβακας κτλ. Άπό κατάλληλες όπές τού μονωτικού σκεπάσματος Π εισέρχονται στό νερό ό άναδευτήρας Γ καί τό θερμόμετρο Θ.

Ένα πολύ καλό θερμιδόμετρο κατασκευάζεται από ένα θερμός (δοχείο Dewar) (Σχ. 2). Τό δοχείο αυτό έχει διπλά τοιχώματα μέ έπαργυρωμένες επιφάνειες καί από τό διάκενο ανάμεσα στά τοιχώματα έχει άφαιρεθεί ό άέρας.

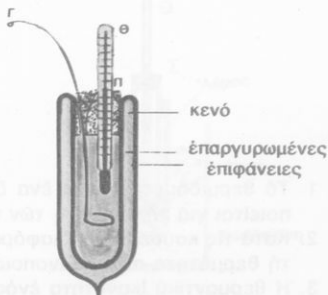
Η λειτουργία τού θερμιδομέτρου στηρίζεται στην έξής άρχή: Όταν έρθουν σέ θερμική έπαφή δύο σώματα μέ διαφορετικές θερμοκρασίες, τό θερμότερο σώμα δίνει θερμότητα στό ψυχρότερο, ώσπου καί τά δύο νά άποκτήσουν τήν ίδια θερμοκρασία. Η θερμότητα πού δίνει τό θερμότερο είναι ίση μέ τή θερμότητα πού παίρνει τό ψυχρότερο (άρχή διατηρήσεως τής ένέργειας).

II. ΚΑΥΣΗ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

α. Καύσεις λέγονται οι χημικές αντιδράσεις πού γίνονται πολύ γρήγορα καί συνοδεύονται από έκλυση φωτός καί θερμότητας. Πολλές αντιδράσεις τού όξευγόνου μέ διάφορα σώματα, π.χ. μέ τόν άνθρακα, τό πετρέλαιο, τή βενζίνα κτλ., άνήκουν στίς καύσεις. Για νά άρχίσει ή καύση ενός σώματος πρέπει ή θερμοκρασία του νά πάρει μία όρισμένη τιμή πού λέγεται **θερμο-**



Σχ. 1. Θερμιδόμετρο μέ νερό



Σχ. 2. Δοχείο Dewar (θερμός)

Παραδείγματα θερμαντικής ικανότητας σε cal/gr	
Καύσιμα	
Πετρέλαιο	11300
Υγραέριο	11000
Βενζίνα	10500
Κώκ	7000
Οινόπνευμα	7000
Τροφές	
Ελαιόλαδο	9000
Ζάχαρη	4000
Ψωμί άσπρο	2580
Κρέας	1500-3000
Λαχανικά	150- 350

κρασία ανάφλεξης. Τή θερμότητα πού χρειάζεται για νά θερμανθεί τό καύσιμο ως τή θερμοκρασία ανάφλεξης τή δίνει συχνά ή φλόγα ενός σπύρτου.

Οί καύσεις είναι πολύ χρήσιμες για τήν ανθρώπινη κοινωνία καί τό βιολογικό φαινόμενο τής ζωής.

Ή καύση διαφόρων υλικών (πετρελαίου, βενζίνας, άνθρακα κτλ) παράγει θερμότητα πού τήν εκμεταλλευόμαστε στίς οικιακές ανάγκες, στήν κίνηση τών μεταφορικών μέσων καί τή λειτουργία τών εργοστασίων.

Ή βραδεία καύση τών τροφών μέσα στους οργανισμούς ελευθερώνει θερμότητα, πού είναι απαραίτητη για τή διατήρηση τής ζωής.

β. Για νά μπορούμε νά συγκρίνουμε τά διάφορα καύσιμα από θερμαντική άποψη, ορίζουμε ένα νέο μέγεθος, τή **θερμαντική ικανότητα K** του καυσίμου.

Θερμαντική ικανότητα K ενός καυσίμου λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τής θερμότητας Q, πού ελευθερώνεται από τήν τέλεια καύση μάζας m του καυσίμου αυτού διά τής μάζας αυτής.

(1)

$$K = \frac{Q}{m}$$

Ή μονάδα τής θερμαντικής ικανότητας προκύπτει από τή σχέση (1) καί είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$.

Ήν υποθέσουμε ότι είναι m = 1 gr, τότε από τή σχέση (1) συνεπάγεται K = Q. Ή επομένως ή θερμαντική ικανότητα είναι ίση αριθμητικά μέ τή θερμότητα πού αποδίδεται από τήν τέλεια καύση 1 gr του καυσίμου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό θερμιδόμετρο είναι ένα όργανο μέ καλή θερμική μόνωση καί χρησιμοποιείται για τή μέτρηση τών ποσών θερμότητας.
2. Κατά τίς καύσεις τών διαφόρων καυσίμων υλικών παράγεται θερμότητα. Μέ τή θερμότητα αυτή ικανοποιούμε διάφορες ενεργειακές ανάγκες μας.
3. Ή θερμαντική ικανότητα ενός καυσίμου δίνεται από τή σχέση $K = Q/m$ καί μετριέται σε cal/gr.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε τό θερμιδόμετρο μέ νερό.
2. Σέ ποιά άρχή στηρίζεται ή λειτουργία του θερμιδομέτρου;
3. Τί φανερώνει ή θερμαντική ικανότητα ενός καυσίμου;
4. Τί γνωρίζετε γιά τό θερμός (δοχείο Dewar);

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Η θερμαντική ικανότητα του πετρελαίου είναι 11300 cal/gr. Πόση θερμότητα παράγεται κατά την καύση 2000 gr πετρελαίου;
2. Θερμαίνουμε 1000 gr νερού θερμοκρασίας 20 °C, ώσπου ή θερμοκρασία του νά γίνει 86 °C. α) Νά βρείτε τή θερμότητα πού παίρνει τό νερό. β) Άν ή θερμότητα αύτή παράγεται από τήν καύση ύγραρίου, νά βρείτε τή μάζα του ύγραρίου πού πρέπει νά καεί. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$ καί ή θερμαντική ικανότητα του ύγραρίου είναι 11000 $\frac{\text{cal}}{\text{gr}}$

35η ΕΝΟΤΗΤΑ

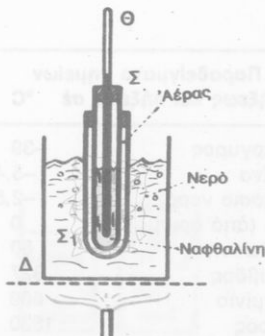
ΤΗΞΗ - ΠΗΞΗ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

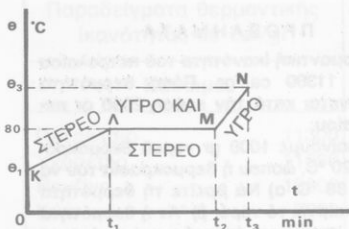
Τό νερό πού βάζουμε στην κατάψυξη του ψυγείου μας γίνεται πάγος γιατί χάνει θερμότητα. Τό φαινόμενο αυτό, κατά τό οποίο ένα υγρό μετατρέπεται σε στερεό, λέγεται **πήξη**. Ό πάγος γίνεται πάλι νερό, όταν παραμείνει έξω από τήν κατάψυξη, γιατί παίρνει θερμότητα από τό περιβάλλον. Τό φαινόμενο αυτό, κατά τό οποίο ένα στερεό μετατρέπεται σε υγρό, λέγεται **τήξη**.

II. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΤΗΞΕΩΣ ΚΑΙ ΠΗΞΕΩΣ

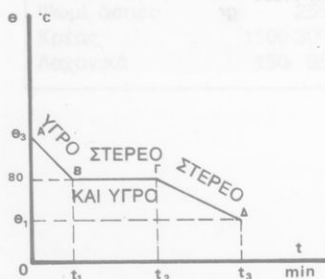
α. **Τήξη.** Γιά νά μελετήσουμε πειραματικά τήν τήξη, χρησιμοποιούμε τή συσκευή του Σχ. 1. Ό δοκιμαστικός σωλήνας Σ περιέχει σκόνη ναφθαλίνης καί βρίσκεται μέσα σε έναν άλλο σωλήνα Σ' πού είναι βυθισμένος στό νερό του δοχείου Δ. Όταν θερμαίνουμε τή συσκευή αύτή μέ τή φλόγα ενός λύχνου, ή ναφθαλίνη θερμαίνεται άργά έξαιτίας του σωλήνα Σ' καί του άέρα



Σχ. 1. Τήξη τής ναφθαλίνης



Σχ. 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο κατά το πείραμα της τήξεως



Σχ. 3. Μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο κατά το πείραμα της πήξεως

Παραδείγματα σημείων τήξεως και πήξεως σε °C	
Ύδραργυρος	-39
Βενζίνη	-5,4
Θαλάσσιο νερό	-2,5
Νερό (από όρισμό)	0
Ναφθαλίνη	80
Μόλυβδος	327
Άλουμίνιο	660
Σίδηρος	1530
Βολφράμιο	3370

πού περιέχει αυτός. Με το θερμόμετρο μετράμε τη θερμοκρασία της ναφθαλίνης.

Κατά τη διάρκεια της θερμάνσεως παρατηρούμε τα ακόλουθα: Στην αρχή η ναφθαλίνη είναι στερεή και η θερμοκρασία της μεγαλώνει σιγά σιγά. Όταν η θερμοκρασία της γίνει 80 °C, αρχίζει η τήξη της. Η θερμοκρασία της ναφθαλίνης παραμένει σταθερή (80 °C) σε όλη τη χρονική διάρκεια της τήξεως. Όταν τελειώσει η τήξη όλης της ναφθαλίνης, η θερμοκρασία της αυξάνεται πάλι σιγά σιγά.

Αν κατά τη διάρκεια του πειράματος μετράμε τη θερμοκρασία π.χ. κάθε 1 min, μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα του Σχ. 2.

β. Πήξη. Για να μελετήσουμε πειραματικά την πήξη, βάζουμε το σύστημα των σωλήνων Σ και Σ₁ με την υγρή ναφθαλίνη μέσα σε ψυχρό νερό. Κατά τη διάρκεια της ψύξεως παρατηρούμε τα εξής: Στην αρχή η ναφθαλίνη είναι υγρή και η θερμοκρασία της ελαττώνεται προοδευτικά ώσπου να γίνει 80 °C, οπότε αρχίζει η πήξη της. Σε όλη τη χρονική διάρκεια της πήξεως η θερμοκρασία παραμένει σταθερή (80 °C), ώσπου να γίνει όλη η ναφθαλίνη στερεή. Κατόπιν η θερμοκρασία αρχίζει και πάλι να ελαττώνεται προοδευτικά.

Η μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας της ναφθαλίνης, σε συνάρτηση με το χρόνο, φαίνεται στο διάγραμμα του Σχ. 3.

γ. Νόμοι. Από τα πειράματα που αναφέραμε μπορούμε να βγάλουμε τα παρακάτω συμπεράσματα που αποτελούν τους νόμους της τήξεως και της πήξεως.

1. Όταν η πίεση είναι σταθερή, η τήξη (ή η πήξη) ενός σώματος αρχίζει σε όρισμένη θερμοκρασία, που είναι χαρακτηριστική για κάθε σώμα και λέγεται θερμοκρασία ή σημείο τήξεως (ή πήξεως).
2. Όσο διαρκεί η τήξη (ή η πήξη), η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με το σημείο τήξεως (ή πήξεως).
3. Όσο διαρκεί η τήξη (ή η πήξη) συνυπάρχουν η υγρή και στερεή κατάσταση του σώματος.
4. Για ένα όρισμένο σώμα η θερμοκρασία τήξεως είναι ίδια με τη θερμοκρασία πήξεως.

III. ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΤΗΞΕΩΣ

Στό πείραμα τής τήξεως τής ναφθαλίνης παρατηρήσαμε ότι, κατά τή διάρκειά τής τήξεως (Σχ. 2, *εύθ. τμήμα ΛΜ*), ή θερμοκρασία του μείγματος στερεής καί ύγρης ναφθαλίνης παραμένει σταθερή, μολονότι τό μείγμα παίρνει θερμότητα. Έξαιτίας τής θερμότητας αúτης, οι δυνάμεις συνοχής μεταξύ τών μορίων του στερεού εξασθενίζουν καί έτσι τό στερεό μετατρέπεται σέ ύγρό. Γιά τή θερμότητα αúτη Q αποδεικνύεται ότι ισχύει ή εξίσωση

$$Q = \lambda \cdot m \quad (1)$$

όπου m ή μάζα του σώματος καί λ ένας συντελεστής, πού εξαρτάται από τό **ύλικό** του σώματος καί λέγεται **ειδική θερμότητα τήξεως**. Κατά τή διάρκειά τής πήξεως (Σχ. 3, *εύθ. τμήμα ΒΓ*) τό σώμα δίνει τήν ίδια θερμότητα $Q = \lambda \cdot m$.

Από τήν εξίσωση (1) προκύπτει $\lambda = Q/m$ (2). Η μονάδα τής ειδικής θερμότητας τήξεως βρίσκειται από τή σχέση (2) καί είναι **1 cal/gr** (1 θερμίδα κατά γραμμάριο).

IV. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΗΞΗ

Στό πείραμα τής τήξεως πού αναφέραμε μπορούμε νά παρατηρήσουμε ότι ή στερεή ναφθαλίνη βυθίζεται μέσα στην ύγρη (Σχ. 4). Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ή πυκνότητα $\rho_{στ}$ τής στερεής ναφθαλίνης είναι μεγαλύτερη από τήν πυκνότητα $\rho_{ύγρ}$ τής ύγρης. Άν m είναι ή μάζα του στερεού πού τήκεται, θά ισχύει

$$\rho_{στ} > \rho_{ύγρ} \Rightarrow m/V_{στ} > m/V_{ύγρ} \Rightarrow V_{ύγρ} > V_{στ}$$

Άρα:

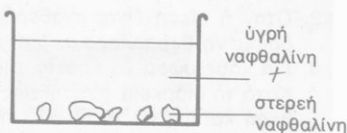
Ο όγκος στά περισσότερα σώματα αúξάνεται κατά τήν τήξη καί ελαττώνεται κατά τήν πήξη τους.

Κατά τήν τήξη του πάγου παρατηρούμε ότι τά τεμάχια του πάγου επιπλέουν (Σχ. 5) καί από αυτό συμπεραίνουμε ότι $V_{νερού} < V_{πάγου}$. Τήν ίδια ιδιότητα έχει καί ό σίδηρος. Άρα:

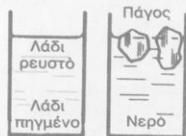
Όταν τό νερό μετατρέπεται σέ πάγο, ό όγκος του αúξάνεται. Όταν ό πάγος μετατρέπεται σέ νερό, ό όγκος του ελαττώνεται.

Από μετρήσεις πού έγιναν βρέθηκε ότι 1000 cm^3 νερού 0 °C μās δίνουν 1090 cm^3 πάγου

Παραδείγματα ειδικών θερμοτήτων τήξεως σέ cal/gr		
Υδράργυρος	3	Χαλκός 41
Μόλυβδος	6	Σίδηρος 66
Κασσίτερος	14	Πάγος 80
Άργυρος	26	Άλουμίνιο 90
Παραφίνη	35	



Σχ. 4. Ο όγκος τής ναφθαλίνης αúξάνεται κατά τήν τήξη τής



Σχ. 5. Ο όγκος του πάγου ελαττώνεται κατά τήν τήξη του

της ίδιας θερμοκρασίας. Η ιδιότητα αυτή του νερού έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Ο πάγος που επιπλέει στην επιφάνεια των λιμνών και των θαλασσών εμποδίζει την ψύξη των υποκειμένων στρωμάτων του νερού, γιατί είναι κακός αγωγός της θερμότητας.

Πολλές φορές το χειμώνα, εξαιτίας αυτής της ιδιότητας του νερού, σπάζουν οι τριχοειδείς σωλήνες των φυτών, οι σωλήνες ύδρευσης, τα πετρώματα (άποσάθρωση) και τό ψυγείο των αυτοκινήτων, αν δε βάλουμε σ' αυτό αντιπηκτικό ύγρο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τήξη λέγεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο ένα στερεό μετρέπειται σέ ύγρο, παίρνοντας θερμότητα.
Πήξη λέγεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο ένα ύγρο μετατρέπειται σέ στερεό, δίνοντας θερμότητα.
2. Όταν ή πίεση είναι σταθερή, ή τήξη (ή ή πήξη) ενός σώματος άρχίζει σέ όρισμένη θερμοκρασία, πού λέγεται σημείο τήξεως (ή πήξεως).
3. Για κάθε σώμα τό σημείο τήξεως είναι τό ίδιο μέ τό σημείο πήξεως.
4. Κατά τη διάρκεια της τήξεως (ή της πήξεως) ή θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση μέ τό σημείο τήξεως.
5. Η θερμότητα πού παίρνει ένα σώμα κατά τη διάρκεια της τήξεώς του (ή πού δίνει κατά τη διάρκεια της πήξεώς του) υπολογίζεται από τη σχέση: $Q = \lambda \cdot m$.
6. Ο όγκος στά περισσότερα σώματα ελαττώνεται κατά την πήξη τους. Όταν όμως τό νερό μετατρέπειται σέ πάγο, ό όγκος του αυξάνεται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τούς νόμους της πήξεως.
2. Τι φανερώνει ή ειδική θερμότητα τήξεως; Γιατί κατά τη διάρκεια της τήξεως ή θερμοκρασία του σώματος παραμένει σταθερή, μολοντί τό σώμα παίρνει θερμότητα;
3. α) Τι παριστάνουν τά εύθύγραμμα τμήματα ΚΛ, ΛΜ, και ΜΝ του διαγράμματος πού φαίνεται στό Σχ. 2;
β). Τι παριστάνουν τά εύθύγραμμα τμήματα ΑΒ, ΒΓ, και ΓΔ του διαγράμματος πού φαίνεται στό Σχ. 3;
4. Τι παθαίνει ό όγκος του νερού, όταν αυτό πήζει; Ποιές συνέπειες αυτής της ιδιότητας του νερού γνωρίζετε;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. 300 gr πάγου θερμοκρασίας 0 °C άπορροφούν 24000 cal/ και μετατρέπονται σέ νερό της ίδιας θερμοκρασίας (0 °C). Νά βρείτε την ειδική θερμότητα τήξεως του πάγου.
2. Πόση θερμότητα πρέπει νά πάρουν 100 gr πάγου θερμοκρασίας -4 °C για νά μετατραπούν σέ νερό θερμοκρασίας 18 °C; Η ειδική θερμότητα του πάγου είναι 0,5 cal/gr.grad, ή ειδική θερμότητα του νερού είναι 1 cal/gr.grad και ή ειδική θερμότητα τήξεως του πάγου είναι 80 cal/gr.

ΕΞΑΕΡΩΣΗ-ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΙ

I. ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΤΜΟΥ

Γνωρίζουμε ότι τό νερό τών λιμνών, τών θαλασσών κτλ. εξατμίζεται, δηλ. μετατρέπεται σε αέριο πού λέγεται ά τ μ ό ς . Τό νερό πού βράζουμε στό σπίτι μας μετατρέπεται επίσης σε άτμό. Καί στίς δύο αυτές περιπτώσεις λέμε ότι τό νερό παθαίνει έ ξ α έ ρ ω σ η . Άρα:

Έξαέρωση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό οποίο ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο.

Άτμός λέγεται τό αέριο πού παράγεται από τήν εξαέρωση του υγρού.

Μορφές τής εξαερώσεως είναι ή εξάτμιση καί ό βρασμός.

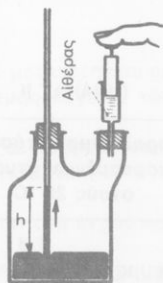


ΣΧ. 1

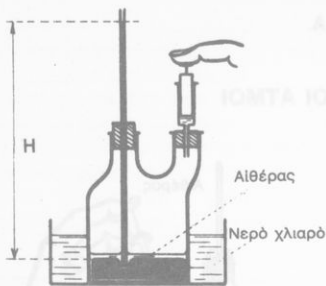
II. ΑΚΟΡΕΣΤΟΙ ΚΑΙ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΙ

α. Άκόρεστοι. Στο ένα στόμιο τής φιάλης του Σχ. 1 προσαρμόζουμε έναν κατακόρυφο σωλήνα καί φροντίζουμε τό κάτω άκρο του νά βυθίζεται στόν υδράργυρο πού υπάρχει στή φιάλη. Στο άλλο στόμιο τής φιάλης προσαρμόζουμε μία σύριγγα πού περιέχει αιθέρα. Πρίν άρχίσουμε τό πείραμα ή πίεση μέσα στή φιάλη είναι ίση μέ τήν ατμοσφαιρική καί γι' αυτό ή στάθμη του υδραργύρου στό σωλήνα καί στή φιάλη βρίσκεται τό ίδιο ύψος. Ρίχνουμε μία σταγόνα αιθέρα μέσα στή φιάλη καί παρατηρούμε ότι σε λίγο ή σταγόνα εξαφανίζεται, ενώ συγχρόνως ή στάθμη του υδραργύρου στό σωλήνα άνέρχεται (Σχ. 2). Από τήν παρατήρηση αύτή καταλαβαίνουμε ότι ή σταγόνα του αιθέρα εξαερώθηκε καί οι άτμοί πού σχηματίστηκαν παρέμειναν μέσα στή φιάλη, μέ αποτέλεσμα ή πίεση μέσα σ' αύτή νά γίνει μεγαλύτερη από τήν ατμοσφαιρική. Τό ύψος h του υδραργύρου στό σωλήνα μετράει τήν πίεση τών άτμών του αιθέρα πού λέγεται καί τ ά σ η τών ά τ μ ώ ν .

Ρίχνουμε μέσα στή φιάλη άλλη μία σταγόνα αιθέρα καί παρατηρούμε ότι τό υγρό εξαερώνεται καί τό μανόμετρο δείχνει μεγαλύτερη τάση άτμών. Στην περίπτωση αύτή λέμε ότι οι άτμοί του αιθέρα πού υπήρχαν στή φιάλη, πρίν ρί-



ΣΧ. 2. Άκόρεστοι άτμοί



Σχ. 3. Η τάση των κορεσμένων ατμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Τάση κορεσμένων ατμών του νερού	
θ °C	p cmHg
0	0,5
20	1,8
100	76
250	3100

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Παραδείγματα τάσεως κορεσμένων ατμών στους 20 °C	
Νερό	1,8 cmHg
Οινόπνευμα	4,4 cmHg
Αιθέρας	44 cmHg

Ξοιμε τή δευτέρη σταγόνα, ήταν **άκορεστοι**. Ό χώρος πού περιέχει άκορεστους άτμούς λέγεται καί αυτός άκορεστος, γιατί μπορεί νά περιλάβει καί άλλη άκόμη ποσότητα άτμών, όπως άποδεικνύεται άπό τήν εξαέρωση τής δευτέρης σταγόνας.

Έπομένως:

Οί άτμοί ενός ύγρου πού υπάρχουν σέ ένα χώρο λέγονται άκορεστοί, όταν μπορεί νά εξαερωθεί καί άλλη ποσότητα του ίδιου ύγρου μέσα στό χώρο αυτό.

β. Κορεσμένοι. "Αν συνεχίσουμε νά ρίχνουμε σταγόνες αιθέρα μέσα στή φιάλη, θά παρατηρήσουμε ότι τό ύγρό συνεχώς εξαερώνεται καί ή τάση των άκορεστων άτμών συνεχώς αύξάνεται. Θά έρθει όμως στιγμή κατά τήν όποία θά πέσει μέσα στή φιάλη μία σταγόνα πού δέ θά εξαερωθεί καί ή τάση των άτμών δέ θά αύξηθει. Η σταγόνα αυτή θά παραμείνει στή φιάλη ως ύγρό. Στήν περίπτωση αυτή λέμε ότι οί άτμοί του αιθέρα πού υπάρχουν στή φιάλη είναι **κορεσμένοι**. Ό χώρος πού περιέχει κορεσμένους άτμούς λέγεται καί αυτός κορεσμένος, γιατί δέν μπορεί νά περιλάβει άλλη ποσότητα άτμών, όπως άποδεικνύεται άπό τήν άδυναμία κάποιας σταγόνας νά εξαερωθεί. Η πίεση πού προκαλούν οί κορεσμένοι άτμοί λέγεται **τάση των κορεσμένων άτμών**. Έπομένως:

Οί άτμοί ενός ύγρου πού υπάρχουν σέ ένα χώρο λέγονται κορεσμένοι, όταν δέν μπορεί νά εξαερωθεί άλλη ποσότητα του ίδιου ύγρου μέσα στό χώρο αυτό.

Οί άτμοί ενός ύγρου πού υπάρχουν σέ ένα χώρο είναι όπωσδήποτε κορεσμένοι, όταν συνυπάρχουν στό χώρο αυτό τό ύγρό καί οί άτμοί του.

III. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΑΤΜΩΝ.

α. "Αν συνεχίσουμε νά ρίχνουμε αιθέρα μέσα στον κορεσμένο χώρο τής φιάλης, θά παρατηρήσουμε ότι ο αιθέρας αυτός παραμένει στή φιάλη ως ύγρό καί ή τάση των κορεσμένων άτμών διατηρείται σταθερή. "Αρα:

Η τάση των κορεσμένων άτμών, πού υπάρχουν σέ ένα χώρο, δέν εξαρτάται άπό τήν

ποσότητα του υγρού που βρίσκεται στο χώρο αυτό.

β. Τοποθετούμε τη φιάλη με τούς κορεσμένους ατμούς και τόν υγρό αιθέρα μέσα σε χλιαρό νερό (Σχ. 3). Παρατηρούμε ότι ένα μέρος του υγρού αιθέρα εξαερώνεται και ή τάση τών κορεσμένων ατμών αύξάνεται. "Αρα:

Η τάση τών κορεσμένων ατμών αύξάνεται, όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία τους καί αντίστροφα.

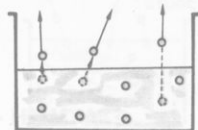
γ. "Αν στο πείραμα του Σχ. 1 χρησιμοποιήσουμε άλλο υγρό (π.χ. οινόπνευμα), βρίσκουμε διαφορετική τάση κορεσμένων ατμών. "Αρα:

Η τάση τών κορεσμένων ατμών εξαρτάται από ή φύση του υγρού.

Τά υγρά που στή συνθησιμένη θερμοκρασία έχουν μεγάλη τάση κορεσμένων ατμών λέγονται **πηητικά**. Τέτοια υγρά είναι ο αιθέρας, ή βενζίνα κτλ.

IV. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

Τά μόρια τών υγρών κινούνται άτακτα μέ διάφορες ταχύτητες, εξαιτίας τής θερμικής κινήσεως (βλ. 28η ένότητα). Μερικά από τά μόρια συμβαίνει νά έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα από τά άλλα καί νά κατευθύνονται ηρός τήν ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Τά μόρια αυτά, εξαιτίας τής σχετικά μεγάλης ταχύτητας που έχουν, υπερνικούν τήν επιφανειακή τάση (βλ. 27η ένότητα), βγαίνουν έξω από τήν ελεύθερη επιφάνεια του υγρού καί σχηματίζουν έτσι τόν άτμό (Σχ. 4).



Σχ. 4. Έρμηνεία τής εξαερώσεως

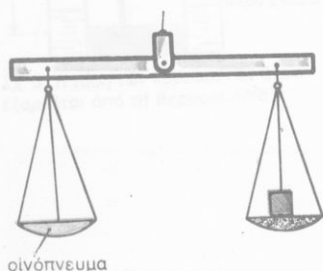
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ένα κλειστό δοχείο υπάρχουν άτμοι οινόπνευματος. Πώς θά διαπιστώσετε άν οί άτμοί είναι κορεσμένοι ή άκόρεστοι;
2. Ποιά υγρά λέγονται πηητικά; Νά αναφέρετε παραδείγματα.
3. Πώς έρμηνεύεται ή εξαέρωση τών υγρών;
4. Νά διατυπώσετε τίς ιδιότητες τών κορεσμένων άτμών.

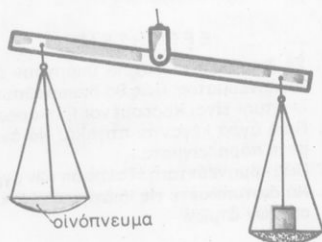
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Έξαέρωση είναι τό φαινόμενο κατά τό όποιο ένα υγρό μετατρέπεται σε άέριο που λέγεται άτμός. Η πίεση που δημιουργεί ό άτμός λέγεται τάση του άτμού.
2. Οί άτμοί ενός υγρού διακρίνονται σε άκόρεστους καί σε κορεσμένους. "Όταν σε έναν κλειστό χώρο συνυπάρχουν τό υγρό καί οί άτμοί του, τότε οί άτμοί είναι όπωσδήποτε κορεσμένοι.
3. Η τάση τών κορεσμένων άτμών εξαρτάται από ή φύση του υγρού καί αύξάνεται, όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία τους.
4. Η τάση τών κορεσμένων άτμών δέν εξαρτάται από τήν ποσότητα του υγρού που συνυπάρχει μέ τούς άτμούς.

ΕΞΑΤΜΙΣΗ - ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ



οινόπνευμα



Σχ. 1. 'Εξάτμιση



Σχ. 2. 'Εξάτμιση σε κλειστό χώρο

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

Γεμίζουμε τόν ένα δίσκο ενός ζυγού (Σχ. 1) με οινόπνευμα και ισορροπούμε τό ζυγό, τοποθετώντας κατάλληλα σταθμά στον άλλο δίσκο. Ύστερα από λίγο χρόνο παρατηρούμε ότι καταστρέφεται ή ισορροπία και ό ζυγός κλίνει πρός τό μέρος τών σταθμών. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ένα μέρος του οινόπνεύματος εξαερώνεται σιγά σιγά και ότι οι άτμοί παράγονται μόνο από τήν ελεύθερη επιφάνεια του υγρού, αφού δέ σχηματίζονται φυσαλίδες στο έσωτερικό του. Η εξαέρωση αυτή λέγεται ειδικότερα έξάτμιση. Επομένως:

'Εξάτμιση λέγεται ή εξαέρωση πού γίνεται μόνο από τήν ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

Η εξάτμιση πού γίνεται σε περιορισμένο χώρο π.χ. σε ένα κλειστό δοχείο (Σχ. 2) σταματάει, όταν ό χώρος αυτός κορεσθεί με τούς άτμούς του υγρού.

Αντίθετα, ή εξάτμιση πού γίνεται σε άνοιχτό δοχείο (Σχ. 3) συνεχίζεται ώσπου νά εξατμισθεί όλο τό υγρό, γιατί ή άτμόσφαιρα δέν μπορεί νά κορεσθεί με άτμούς, εξαιτίας του μεγάλου όγκου της.

II. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

Στό πείραμα πού αναφέραμε μπορούμε νά μετρήσουμε τή μάζα του οινόπνεύματος πού εξατμίζεται σε όρισμένο χρόνο. Αν π.χ. σε 5 min εξατμίζεται 1 gr, λέμε ότι ή ταχύτητα εξατμίσεως είναι

$$\frac{1 \text{ gr}}{5 \text{ min}} = 0,2 \frac{\text{gr}}{\text{min}}$$

Άρα:

Ταχύτητα εξατμίσεως λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται με τό πηλίκο τής μάζας του υγρού πού εξατμίζεται σε όρισμένο χρόνο διά του χρόνου αυτού.

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

α. Στόν ένα δίσκο ενός ζυγού (Σχ. 4) βάζουμε νερό ώπου να καλυφθεί δηλ ή επιφάνειά του. Στόν άλλο δίσκο βάζουμε οινόπνευμα ώπου να Ισορροπήσει ό ζυγός. Ύστερα από λίγη ώρα παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό μέρος του νερού. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό οινόπνευμα εξατμίζεται πιό γρήγορα από τό νερό. Έπομένως:

Ή ταχύτητα εξατμίσεως εξαρτάται από τή φύση του ύγρου.

β. Παίρνουμε δύο πλαστικά ποτήρια μέ διαφορετική διατομή και τά βάζουμε στους δίσκους ενός ζυγού. Ρίχνουμε στά ποτήρια οινόπνευμα ώπου να Ισορροπήσει ό ζυγός (Σχ. 5). Ύστερα από λίγη ώρα παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό ποτήρι πού έχει τή μικρότερη διατομή και από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ή ταχύτητα εξατμίσεως εξαρτάται από τό έμβαδό τής ελεύθερης επιφάνειας του ύγρου. Μέ ακριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

Ή ταχύτητα εξατμίσεως είναι ανάλογη μέ τό έμβαδό τής ελεύθερης επιφάνειας του ύγρου.

Συνέπεια του νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιό γρήγορα όταν τά άπλώνουμε.

γ. Μέ κατάλληλο πείραμα μπορούμε να αποδείξουμε ότι:

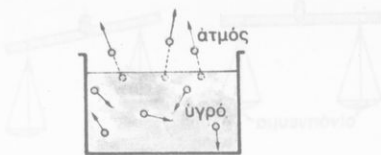
Ή ταχύτητα εξατμίσεως αύξάνεται, όταν ελαττώνεται ή πίεση πού άσκειται στην επιφάνεια του ύγρου.

Έφαρμογή του νόμου. Στη ζαχαροβιομηχανία γίνεται γρήγορα ή συμπύκνωση των ζαχαρούχων χυμών, μέ εξατμηση του νερού τους σε χώρο χαμηλής πίεσεως.

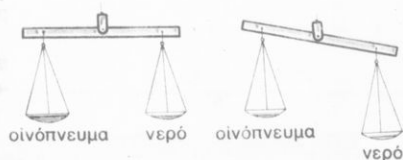
δ. Βάζουμε νερό και στους δύο δίσκους ενός ζυγού (Σχ. 6) ώπου να καλυφθεί δηλ ή επιφάνειά τους και να Ισορροπήσει ό ζυγός. Ύστερα θερμαίνουμε τόν ένα δίσκο και παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό μέρος του άλλου δίσκου. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Ή ταχύτητα εξατμίσεως αύξάνεται, όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία του ύγρου.

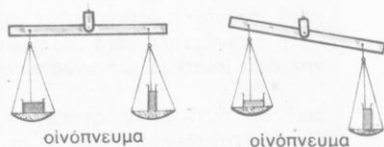
Συνέπεια του νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιό γρήγορα τό καλοκαίρι.



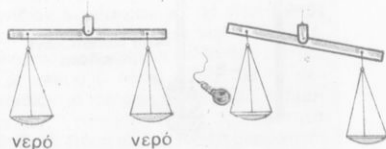
Σχ. 3. Έξάτμηση στην ατμόσφαιρα



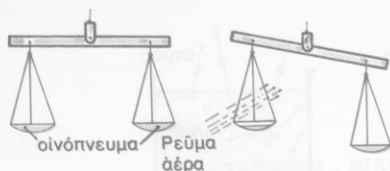
Σχ. 4.



Σχ. 5.



Σχ. 6.



Σχ. 7.

ε. Βάζουμε οινόπνευμα και στους δύο δίσκους ενός ζυγού (Σχ. 7), ώσπου νά καλυφθεί ὀλη ἡ ἐπιφάνειά τους καί νά ἰσορροπήσει ὁ ζυγός. Ὑστερα δημιουργοῦμε ρεϋμα αἶρα πάνω ἀπό τόν ἕνα μόνο δίσκο καί παρατηροῦμε ὅτι ὁ ζυγός κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἄλλου δίσκου. Εἶναι φανερό ὅτι τὸ ρεϋμα τοῦ αἶρα ἀπομακρύνει τοὺς ἀτμούς τοῦ οἰνοπνεύματος ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του. Ἀπὸ αὐτὰ συμπεραίνουμε ὅτι:

Ἡ ταχύτητα εξατμίσεως αὐξάνεται, ὅταν οἱ ἀτμοὶ πού σχηματίζονται ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Συνέπεια τοῦ νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιὸ γρήγορα, ὅταν πνέει ξηρὸς ἀνεμος. Ἀντίθετα, τὰ ρούχα αὐτὰ δὲ στεγνώνουν ὅταν ὁ καιρὸς εἶναι πολὺ ὑγρὸς.

Τά πτητικὰ ὑγρὰ (αἰθέρας κτλ), ἔχουν μεγάλη ταχύτητα εξατμίσεως στίς συνηθισμένες συνθήκες θερμοκρασίας καί πιέσεως.

IV. ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΞΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

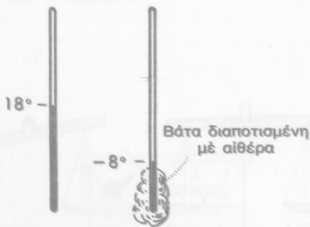
Διαποτίζουμε ἕνα κομμάτι ὑφάσματος μὲ οἰνόπνευμα καί περιβάλλουμε μὲ τὸ ὑφασμα αὐτὸ τὸ δοχεῖο ἑνὸς θερμομέτρου (Σχ. 8). Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ὑδραργυρική στήλη κατεβαίνει καί ἀπὸ αὐτὸ καταλαβαίνουμε ὅτι τὸ οἰνόπνευμα, γιὰ νά εξατμισθεῖ, πῆρε θερμότητα ἀπὸ τὸν ὑδράργυρο. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ θερμότητα Q , πού ἀπορροφᾷ ἕνα ὑγρὸ μάζας m , γιὰ νά μετατραπεῖ σὲ ἀτμὸ τῆς ἴδιας θερμοκρασίας, δίνεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωση:

$$Q = L \cdot m \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς L λέγεται **εἰδικὴ θερμότητα ἐξαερώσεως** καί ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ ὑγροῦ καί τὴ θερμοκρασία του.

Ἀπὸ τὴ σχέση (1) προκύπτει $L = Q/m$ (2). Ἡ μονάδα τῆς εἰδικῆς θερμότητος ἐξαερώσεως βρίσκεται ἀπὸ τὴ σχέση (2) καί εἶναι 1 cal/gr (μία θερμίδα κατὰ γραμμάριο).

Ἡ εἰδικὴ θερμότητα ἐξαερώσεως, ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὴ σχέση (2), εἶναι ἀριθμητικὰ ἴση μὲ τὴ θερμότητα (σὲ cal) πού πρέπει νά πάρει 1 gr τοῦ ὑγροῦ γιὰ νά μετατραπεῖ σὲ ἀτμὸ τῆς ἴδιας θερμοκρασίας. Ὡς παράδειγμα ἀναφέρουμε ὅτι ἡ εἰδικὴ θερμότητα ἐξαερώσεως



Σχ. 8. Ἡ ἐξαέρωση προκαλεῖ ψύξη

του νερού είναι 600 cal/gr στη συνηθισμένη θερμοκρασία και 540 cal/gr στους 100 °C.

V. ΨΥΞΗ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

Συχνά συμβαίνει να εξαερώνεται ένα υγρό χωρίς να θερμαίνεται από εξωτερική πηγή θερμότητας (φλόγα κτλ). Στην περίπτωση αυτή το υγρό παίρνει τη θερμότητα, που χρειάζεται για την εξαέρωσή του, από τον εαυτό του και τα σώματα που βρίσκονται σε επαφή μαζί του. Έτσι τό ίδιο τό υγρό και τό άμεσο περιβάλλον του ψύχονται (Σχ. 8).

Εφαρμογές. Στην Ιατρική εκμεταλλευόμαστε την εξάτμιση πολύ πτητικών υγρών, για να προκαλούμε τοπική αναισθησία εξαιτίας της μεγάλης ψύξεως.

Η ψύξη στά ηλεκτρικά ψυγεία δημιουργείται από την εξάτμιση πτητικού υγρού που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Εξάτμιση είναι ή εξαέρωση που γίνεται από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.
2. Ταχύτητα εξατμίσεως λέγεται τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται μέ τό πηλίκο της μάζας του υγρού που εξατμίζεται σε όρισμένο χρόνο διά του χρόνου αυτού.
3. Η ταχύτητα εξατμίσεως α) εξαρτάται από τη φύση του υγρού. β) είναι ανάλογη μέ τό έμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού γ) αύξάνεται, όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία του υγρού δ) αύξάνεται, όταν ελαττώνεται ή εξωτερική πίεση και ε) αύξάνεται, όταν απομακρύνονται οι άτμοί από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.
4. Η "θε" μότητα που άπορροφά ένα υγρό, για να μετατραπεί σε άτμό της ίδιας θερμοκρασίας, δίνεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$. Η ειδική θερμότητα εξαέρσεως L εξαρτάται από τη φύση του υγρού και από τη θερμοκρασία του.
5. Ένα υγρό και τό άμεσο περιβάλλον του ψύχονται όταν τό υγρό εξατμίζεται, χωρίς να θερμαίνεται από εξωτερική πηγή θερμότητας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

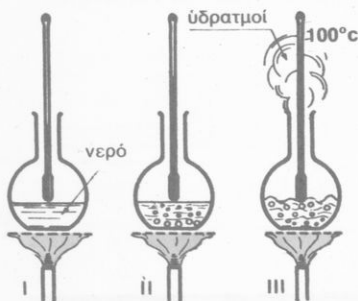
1. Πώς μπορούμε να αύξήσουμε την ταχύτητα εξατμίσεως ενός υγρού;
2. Από τί εξαρτάται και τί φανερώνει ή ειδική θερμότητα εξαέρσεως;
3. Γιατί δέν πρέπει να παραμένουμε σε ρεύμα άέρα, όταν είμαστε ιδρωμένοι ή όταν τά ρούχα μας είναι υγρά;
4. Γιατί οι άλυκές έχουν μεγάλη επιφάνεια;
5. Γιατί τά θερμόμετρα που φαίνονται από Σχ. 8 δείχνουν διαφορετική θερμοκρασία, μολοντί βρίσκονται στον ίδιο χώρο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση θερμότητα πρέπει να άπορροφήσουν 50 gr νερού συνηθισμένης θερμοκρασίας, για να μετατραπούν σε άτμό της ίδιας θερμοκρασίας; Η ειδική θερμότητα εξαέρσεως του νερού στη συνηθισμένη θερμοκρασία είναι 600 cal/gr.
2. 50 gr νερού θερμοκρασίας 100 °C μετατρέπονται σε άτμό της ίδιας θερμοκρασίας, άπορροφώντας θερμότητα 27000 cal. Πόση είναι ή ειδική θερμότητα εξαέρσεως του νερού στους 100 °C;

ΒΡΑΣΜΟΣ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ



Σχ. 1. Τρία στάδια θερμάνσεως νερού ως τό βρασμό

Ἡ πειραματική διάταξη τοῦ Σχ. 1 ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἀνοικτὸ δοχεῖο πού περιέχει νερό καί ἀπὸ ἓνα θερμόμετρο πού μετράει τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ. Θερμαίνουμε τὸ δοχεῖο καί παρατηροῦμε τὰ ἀκόλουθα: Στὴν ἀρχὴ τῆς θερμάνσεως, ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ αὐξάνεται καί ὅταν γίνεи περίπου $50\text{ }^\circ\text{C}$ ἐμφανίζονται μικρὲς φυσαλίδες πού σπάζουν ὅταν φθάσουν στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ. Οἱ φυσαλίδες αὐτὲς περιέχουν τὸν ἀέρα πού ἦταν διαλυμένος στὸ νερό.

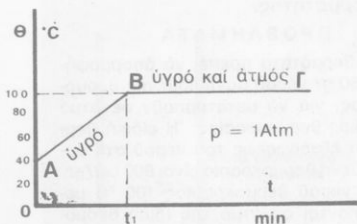
Ἐπιπλέον, καὶ ἐνῶ ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ συνεχίζει νὰ αὐξάνεται, σχηματίζονται κοντὰ στὸν πυθμένα τοῦ δοχείου μικρὲς φυσαλίδες πού περιέχουν ἀτμό. Οἱ φυσαλίδες αὐτὲς δὲ φθάνουν ὡς τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, γιατί, καθὼς ἀνεβαίνουν, συναντοῦν ψυχρότερα στρώματα νεροῦ καὶ ὁ ἀτμὸς τους ὑγροποιεῖται. Ἔτσι οἱ φυσαλίδες ἐξαφανίζονται παράγοντας ἓνα χαρακτηριστικὸ συριγμὸ (ἦχο) πού ἀποτελεῖ προμήνυμα τοῦ βρασμοῦ.

Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ φθάσει στοὺς $100\text{ }^\circ\text{C}$, παράγονται σὲ ὅλη τὴ μάζα τοῦ νεροῦ μεγαλύτερες φυσαλίδες ἀτμοῦ. Οἱ φυσαλίδες αὐτὲς φθάνουν ὡς τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ ἐκεῖ σπάζουν δημιουργώντας σ' αὐτὴ ἀναταραχὴ. Ἀπὸ τὴ στιγμή αὐτὴ λέμε ὅτι ἀρχίζει ὁ β ρ α σ μ ὁ ς τοῦ νεροῦ. Ἄρα:

Βρασμός λέγεται ἡ γρήγορη παραγωγή ἀτμῶν ἀπὸ ὅλη τὴ μάζα ἐνὸς ὑγροῦ μὲ μορφὴ φυσαλίδων.

II. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ

Ἄν κατὰ τὴν ἐκτέλεση τοῦ πειράματος τοῦ Σχ. 1 ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερὴ καὶ σημειώνουμε τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, π.χ. κάθε 1 min, μπορούμε νὰ κατασκευάσουμε τὸ διάγραμμα τοῦ Σχ. 2. Ἀπὸ τίς μετρήσεις αὐτὲς ἢ ἀπὸ τὸ διάγραμμα προκύπτουν οἱ ἐξῆς **νόμοι τοῦ βρασμοῦ**:



Σχ. 2. Μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος σὲ συνάρτηση μὲ τὸ χρόνο κατὰ τὸ πείραμα τοῦ βρασμοῦ

Όταν η πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού είναι σταθερή:

1. Ο βρασμός του υγρού αρχίζει σε όρισμένη θερμοκρασία που είναι χαρακτηριστική για κάθε υγρό και για κάθε πίεση και λέγεται θερμοκρασία βρασμού ή σημείο ζέσεως.

2. Όσο διαρκεί ο βρασμός, η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με το σημείο ζέσεως.

Όταν η πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού είναι ίση με την κανονική ατμοσφαιρική πίεση (1 Atm ή 760 Torr), το σημείο ζέσεως λέγεται **κανονικό σημείο ζέσεως**. Το πείραμα που αναφέραμε αποδεικνύει ότι το κανονικό σημείο ζέσεως του νερού είναι 100 °C.

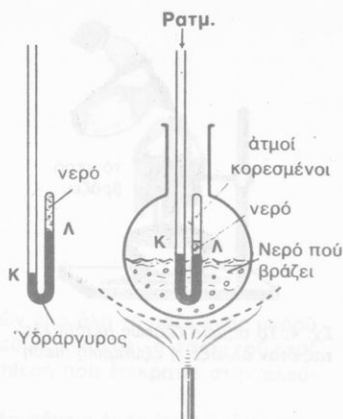
III. ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΒΡΑΣΜΟ

Η θερμότητα Q που απορροφά η μάζα m του υγρού κατά τη διάρκεια του βρασμού του (εύθ. τμήμα ΒΓ του Σχ. 2) δίνεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$. Έξαιτίας της θερμότητας αυτής, οι δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων του υγρού σχεδόν μηδενίζονται και έτσι το υγρό μετατρέπεται σε άτμο (αέριο). Ο συντελεστής L είναι η γνωστή μας ειδική θερμότητα εξαερώσεως, για τη θερμοκρασία του βρασμού.

IV. ΣΥΝΘΗΚΗ ΒΡΑΣΜΟΥ

Τό μικρό και κλειστό σκέλος του σωλήνα του Σχ. 3 περιέχει νερό και υδράργυρο. Τό μεγάλο και άνοιχτο σκέλος του σωλήνα περιέχει λίγο υδράργυρο, έτσι ώστε οι στάθμες του υδραργύρου στα δύο σκέλη να βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα. Τοποθετούμε τό σωλήνα μέσα στο νερό μιάς φιάλης (Σχ. 3), θερμαίνουμε τη φιάλη και παρατηρούμε ότι η στάθμη του υδραργύρου στο κλειστό σκέλος κατεβαίνει και στο άνοιχτο ανεβαίνει. Όταν αρχίζει ο βρασμός του νερού στη φιάλη, η στάθμη του υδραργύρου βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο και στα δύο σκέλη.

Από την παρατήρηση αυτή συμπεραίνουμε ότι οι πιέσεις που επικρατούν στις στάθμες Κ και Λ του υδραργύρου είναι ίσες. Η πίεση στη στάθμη Κ είναι ίση με την ατμοσφαιρική πίεση, δηλ. ίση με την πίεση που επικρατεί στην ελεύ-



Σχ. 3.

Κανονικά σημεία ζέσεως και αντίστοιχες ειδ. θερμότητες εξαερώσεως.		
Υλικό	Σ.Ζ. σε °C	L σε cal/gr
Νερό	100	540
Οινόπνευμα	78	216
Διοξείδιο του θείου	-10	95
Βενζίνα	80	94
Αιθέρας	35	90
Υδράργυρος	357	68



Σχ. 4. Τό σημείο ζέσεως μεταβάλλεται, όταν αλλάζει η εξωτερική πίεση

θερη επιφάνεια του νερού που βράζει. Η πίεση στη στάθμη Λ είναι ίση με την τάση του κορεσμένου ατμού του νερού. Από αυτά προκύπτει τό παρακάτω συμπέρασμα που αποτελεί τή συνθήκη του βρασμού.

Γιά νά βράσει ένα υγρό, πρέπει ή τάση του κορεσμένου ατμού του νά γίνει ίση με τήν πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

V. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΖΕΣΕΩΣ

Σέ μία ανοικτή φιάλη βάζουμε νερό και τό βράζουμε για αρκετό χρόνο, έτσι ώστε οί ατμοί που παράγονται νά εκδιώξουν όλο τόν άέρα τής φιάλης. Ύστερα πωματίζουμε τή φιάλη και τήν αναστρέφουμε (Σχ. 4). Η φιάλη περιέχει τώρα νερό και κορεσμένους υδρατμούς θερμοκρασίας 100 °C και γι' αυτό ή πίεση μέσα στη φιάλη είναι 1 Atm.

Όταν ρίξουμε ψυχρό νερό πάνω στη φιάλη, παρατηρούμε ότι τό νερό που είναι μέσα σ' αυτή αρχίζει πάλι νά βράζει, άν και ή θερμοκρασία του γίνεται μικρότερη από τούς 100 °C εξαιτίας του ψυχρού νερού. Έκτός όμως από τό νερό τής φιάλης ψύχονται και υδροποιούνται και οί κορεσμένοι υδρατμοί, μέ αποτέλεσμα νά προκαλούν τώρα μικρότερη πίεση στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Τό σημείο ζέσεως ενός υγρού ελαττώνεται, όταν ελαττώνεται ή πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και αντίστροφα.

Έφαρμογές. Η χύτρα πίεσεως (χύτρα ταχύτητας) είναι ένα μεταλλικό δοχείο μέ άνθεκτικά τοιχώματα που κλείνει αεροστεγώς (Σχ. 5). Η θερμοκρασία του νερού, που θερμαίνουμε μέσα στην κλειστή αυτή χύτρα, μπορεί νά φθάσει ως τούς 120 °C χωρίς τό νερό νά βράσει. Αυτό συμβαίνει, γιατί ή πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού (πίεση του άερα + τάση του κορεσμένου υδρατμού) είναι πάντοτε μεγαλύτερη από τήν τάση του κορεσμένου υδρατμού.

Όταν ή θερμοκρασία φθάσει στους 120 °C,



Σχ. 5. Χύτρα πίεσεως

άνοιγει αυτόματα για λίγο μία ασφαλιστική βαλβίδα, βγαίνει έξω λίγος ατμός και αποφεύγεται έτσι η έκρηξη της χύτρας και η αύξηση της θερμοκρασίας. Μέ τη χύτρα πίεσεως παρασκευάζεται το φαγητό πολύ γρήγορα, εξαιτίας της μεγάλης θερμοκρασίας του νερού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Βρασμός λέγεται η γρήγορη παραγωγή ατμών από όλη τη μάζα ενός υγρού με μορφή φυσαλίδων. Για να αρχίσει ο βρασμός, πρέπει η τάση του κορεσμένου ατμού του υγρού να γίνει ίση με την πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνειά του.
2. Όταν η πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού είναι σταθερή, ο βρασμός του υγρού αρχίζει σε όρισμένη θερμοκρασία που λέγεται σημείο ζέσεως. Κατά τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία παραμένει σταθερή και ίση με το σημείο ζέσεως.
3. Το σημείο ζέσεως ενός υγρού ελαττώνεται, όταν ελαττώνεται η πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και αντίστροφα. Στη χύτρα πίεσεως π.χ. αυξάνουμε το σημείο ζέσεως του νερού, αυξάνοντας την πίεση στην επιφάνειά του.
4. Η θερμότητα που απορροφά ένα υγρό κατά τη διάρκεια του βρασμού του δίνεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι λέγεται σημείο ζέσεως; Πότε το σημείο ζέσεως λέγεται κανονικό; Πώς μπορούμε να αυξήσουμε το σημείο ζέσεως ενός υγρού;
2. Νά διατυπώσετε τη συνθήκη του βρασμού.
3. Τι παριστάνουν τα εύθυγράμματα τμήματα AB και ΒΓ του διαγράμματος που φαίνεται στο Σχ. 2;
4. Σε ποιά από τις παρακάτω περιπτώσεις το νερό βράζει πιο γρήγορα και γιατί.
α) Όταν το θερμαίνουμε στην επιφάνεια της θάλασσας; β) Όταν το θερμαίνουμε στην κορυφή του Όλύμπου; (Η φλόγα που θερμαίνει το νερό έχει την ίδια ένταση και στις δύο περιπτώσεις).
5. Γιατί κατά τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία του υγρού παραμένει σταθερή, μολοντί το υγρό παίρνει θερμότητα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μία ποσότητα νερού έχει μάζα 200 gr και θερμοκρασία 100 °C. Πόση θερμότητα πρέπει να απορροφήσει το νερό αυτό για να βράσει, αν η ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr.
2. Πόση θερμότητα χρειάζεται, για να μετατραπούν σε ατμό θερμοκρασίας 100 °C, 500 gr νερού θερμοκρασίας 20 °C, όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι 76 cmHg; Η ειδική θερμότητα του νερού είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$ και η ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr.

ΑΠΟΣΤΑΞΗ - ΕΞΑΧΝΩΣΗ

I. ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ

Όταν ο αέρας που εκπνέουμε έρθει σε επαφή με μία ψυχρή γυάλινη επιφάνεια, σχηματίζονται πάνω σ' αυτή σταγονίδια νερού. Αυτό συμβαίνει γιατί οι υδρατμοί, που βρίσκονται στον αέρα που εκπνέουμε, ψύχονται στη γυάλινη επιφάνεια και μετατρέπονται σε νερό. Τό φαινόμενο αυτό, που είναι αντίστροφο της εξαερώσεως, λέγεται **ύ γ ρ ο π ο ί η σ η**. Έπομένως:

Ύ γ ρ ο π ο ί η σ η ο ν ο μ ά ζ ε τ α ι τ ό φ α ι ν ό μ ε ν ο κ α τ ά τ ό ό π ο ι ο έ ν α α έ ρ ι ο η ή α τ μ ό σ μ ε τ α τ ρ έ π ε τ α ι σ έ ύ γ ρ ό.

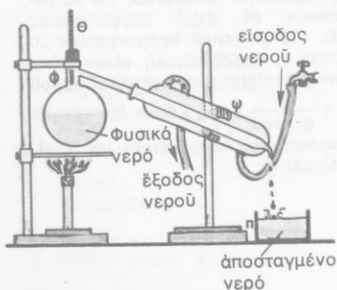
Η θερμότητα Q που δίνει ή μάζα m των ατμών κατά την υγροποίησή τους υπολογίζεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$.

Ο συντελεστής L είναι η γνωστή μας ειδική θερμότητα εξαερώσεως. Οι ατμοί και μερικά φυσικά αέρια υγροποιούνται εύκολα, όταν ψυχθούν ή συμπιεσθούν. Υπάρχουν όμως και μερικά φυσικά αέρια (όξυγόνο, άζωτο κτλ.) που υγροποιούνται δύσκολα, γιατί χρειάζονται συμπίεση και ψύξη συγχρόνως. Η υγροποίηση των ατμών με ψύξη βρίσκει εφαρμογή στην απόσταξη.

II. ΑΠΟΣΤΑΞΗ

Η συσκευή απόσταξεως (Σχ. 1) αποτελείται από μία φιάλη Φ , τόν ψυκτήρα Ψ και ένα ποτήρι Π . Ο ψυκτήρας αποτελείται από δύο γυάλινους σωλήνες που ο ένας περιβάλλει τόν άλλο. Στόν εξωτερικό σωλήνα μπορεί να κυκλοφορεί νερό της βρύσης που διαρκώς ανανεώνεται.

Βάζουμε μέσα στη φιάλη φυσικό νερό, την πωματίζουμε και θερμαίνουμε τό νερό ώσπου νά βράσει. Οι υδρατμοί που παράγονται οδηγούνται στόν έσωτερικό σωλήνα τού ψυκτήρα, ψύχονται στά τοιχώματά του, εξαιτίας τού νερού που ρέει στόν εξωτερικό σωλήνα, και υγροποιούνται. Τό νερό που σχηματίζεται από



Σχ. 1. Συσκευή απόσταξεως

τήν υγροποίησή τους λέγεται **άποσταγμένο** και συλλέγεται στο ποτήρι. Όταν εξαερωθεί όλο το νερό της φιάλης, παρατηρούμε στον πυθμένα της ένα λευκό ίζημα. Αυτό το ίζημα αποτελείται από διάφορα άλατα που ήταν διαλυμένα στο φυσικό νερό και άποχωρίστηκαν από αυτό με το βρασμό. Όλη αυτή η διαδικασία που περιγράψαμε λέγεται **άποσταξη**. Έπομένως:

Άπόσταξη ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία ατμοποιούμε ένα υγρό με βρασμό και στη συνέχεια υγροποιούμε τους ατμούς του με ψύξη.

Επαναλαμβάνουμε το πείραμα της άποστάξεως χρησιμοποιώντας, αντί του φυσικού νερού, μείγμα δύο υγρών με διαφορετικά σημεία ζέσεως. Παρατηρούμε τότε ότι πρώτα ατμοποιείται και άποσταξίζει το συστατικό του μείγματος που έχει μικρότερο σημείο ζέσεως και ύστερα το άλλο. Η άποσταξη αυτή, με την οποία διαχωρίζουμε ένα υγρό μείγμα στα συστατικά του, λέγεται **κλασματική άποσταξη**.

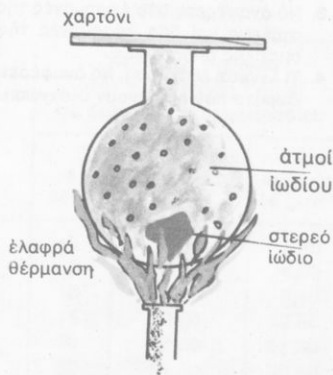
Εφαρμογές. Με την άποσταξη παίρνουμε άποσταγμένο νερό από το φυσικό νερό, οινόπνευμα από τα οίνοπνευματούχα υγρά, διάφορα οίνοπνευματούχα ποτά (ούζο, ούισκι, κονιάκ) κτλ. Με την κλασματική άποσταξη διαχωρίζουμε το άργο πετρέλαιο στα διάφορα συστατικά του (βενζίνες, φωτιστικό πετρέλαιο, όρυκτέλαιο κτλ).

III. ΕΞΑΧΝΩΣΗ

Γιά να προστατεύσουμε τα μάλλινα ρούχα από το σκόρο, χρησιμοποιούμε βώλους ναφθαλίνης. Οί βώλοι αυτοί ύστερα από μερικούς μήνες μικραίνουν ή και εξαφανίζονται. Αυτό συμβαίνει γιατί ή στερεή ναφθαλίνη μετατρέπεται κατευθείαν σε ατμούς (σε άεριο). Τό φαινόμενο αυτό λέγεται **εξάχνωση**. Έπομένως:

Εξάχνωση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό οποίο ένα στερεό μετατρέπεται σε άεριο χωρίς να μεσολαβήσει ή υγροποίησή του.

Εξάχνωση παρατηρείται στη ναφθαλίνη, στο ιώδιο (Σχ. 2), στον πάγο, στο στερεό διοξείδιο του άνθρακα, στην καμφουρά κτλ. Οί ατμοί που παράγονται από την εξάχνωση μπορεί να είναι κορεσμένοι ή ακόρεστοι και ακολουθούν τούς



Σχ. 2. Εξάχνωση ιωδίου

νόμους που αναφέραμε για τους ατμούς στο κεφάλαιο της εξαερώσεως. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως καταστρέφονται (καίγονται), γιατί το λεπτό σύρμα βολφραμίου που περιέχουν παθαίνει εξάχνωση εξαιτίας της μεγάλης θερμοκρασίας του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ύγροποίηση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό όποίο ένα άέριο ή άτμός μετατρέπεται σέ ύγρό.
2. Η θερμότητα που δίνουν οι άτμοί όταν ύγροποιούνται, ύπολογίζεται από τή σχέση $Q = L \cdot m$.
3. Κατά τήν άπόσταξη παράγουμε άτμούς ενός ύγρου μέ βρασμό καί στή συνέχεια ύγροποιούμε τούς άτμούς του μέ ψύξη.
4. Μέ τήν κλασματική άπόσταξη διαχωρίζουμε ένα μίγμα ύγρών στά συστατικά του, χάρη στά διαφορετικά σημεία ζέσεως τών ύγρών.
5. Έξάχνωση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό όποίο ένα στερεό μετατρέπεται άπευθείας σέ άέριο, χωρίς δηλ. νά μεσολαβήσει ή ύγροποίησή του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε τή συσκευή άποστάξεως.
2. Ποιά από τά παρακάτω φαινόμενα παρατηρούνται στήν άπόσταξη: α) τήξη; β) εξαέρωση; γ) πήξη; δ) βρασμός; ε) ύγροποίηση;
3. Νά αναφέρετε δύο εφαρμογές τής άποστάξεως καί δύο εφαρμογές τής κλασματικής άποστάξεως.
4. Τί λέγεται εξάχνωση; Νά αναφέρετε τρία σώματα που παθαίνουν εξάχνωση.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση θερμότητα έλευθερώνεται, όταν ύγροποιούνται 15 gr ύδρατμού θερμοκρασίας 100 °C καί μετατρέπονται σέ νερό τής ίδιας θερμοκρασίας; Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως τού νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr.
2. Πόση θερμότητα έλευθερώνεται, όταν 50 gr ύδρατμών θερμοκρασίας 100 °C μετατρέπονται σέ νερό θερμοκρασίας 70 °C; Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως τού νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr καί ή ειδική θερμότητα τού νερού είναι

$$1 \frac{\text{cal}}{\text{gr.grad}}$$

ΥΓΡΑΣΙΑ

I. ΑΠΟΛΥΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε υδρατμούς, γιατί τό νερό πού υπάρχει στην επιφάνεια τής γής συνεχώς εξατμίζεται. Για νά προσδιορίζουμε τήν ποσότητα τών υδρατμών τής ατμόσφαιρας, όρίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τήν απόλυτη ύγρασία β.

Απόλυτη ύγρασία β λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τής μάζας m τών υδρατμών, πού υπάρχουν σε κάποιο όγκο V του ατμοσφαιρικού αέρα, διά του όγκου αυτού.

$$\beta = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Η απόλυτη ύγρασία, όπως προκύπτει από τή σχέση (1), μετριέται σε gr/m^3 και είναι αριθμητικά ίση μέ τή μάζα τών υδρατμών σε gr πού υπάρχουν σε 1 m^3 αέρα.

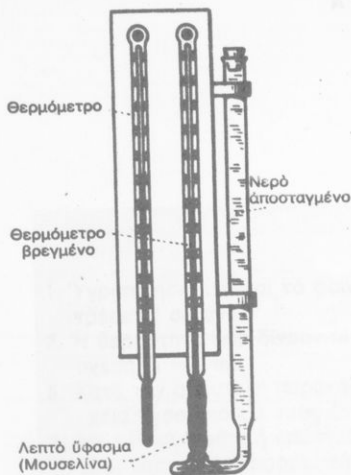
Η απόλυτη ύγρασία ενός χώρου μέ σταθερή θερμοκρασία εξαρτάται μόνο από τήν ποσότητα τών υδρατμών πού περιέχει και γίνεται μέγιστη, όταν ο χώρος αυτός κορεσθεί μέ υδρατμούς. Ο ίδιος χώρος σε μεγαλύτερη θερμοκρασία θά χρειάζεται περισσότερους υδρατμούς για νά κορεσθεί και θά έχει τότε άκόμα μεγαλύτερη απόλυτη ύγρασία. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι ή απόλυτη ύγρασία πού αντίστοιχεί στην κατάσταση κόρου αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία.

II. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγεία μας και διάφορα φαινόμενα πού γίνονται στην ατμόσφαιρα (εξάτμιση του νερού, υγραποίηση τών υδρατμών) επηρεάζονται από τήν ποσότητα τών υδρατμών πού χρειάζεται κάποιος χώρος για νά γίνει κορεσμένος. Για νά προσδιορίζουμε τήν ποσότητα αυτή τών υδρατμών, όρίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τή σχετική ύγρασία Σ.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Απόλυτη ύγρασία στην κατάσταση κόρου σε διάφορες θερμοκρασίες		
θ σε °C	Τάση κορεσμ. υδρατμών σε Torr	Απόλυτη ύγρασία σε gr/m^3
-5	3,16	3,20
0	4,58	4,80
10	9,20	9,40
15	12,80	12,90
20	17,50	17,30
30	31,80	30,40



Σχ. 1. Ψυχρόμετρο

ΠΙΝΑΚΑΣ II

Σχετική υγρασία της 'Αθήνας κατά το 1977	
Μήνας	Μέση μηνιαία τιμή (%)
Ίανουάριος	73,9
Φεβρουάριος	70,4
Μάρτιος	66,1
Άπριλιος	56,4
Μάιος	53,9
Ίούνιος	51,4
Ίούλιος	46,5
Αύγουστος	46,0
Σεπτέμβριος	59,7
Όκτώβριος	61,5
Νοέμβριος	76,5
Δεκέμβριος	74,8

Τά στοιχεία του πίνακα II έχουν ληφθεί από τό 'Εθνικό 'Αστεροσκοπείο 'Αθηνών.

Σχετική υγρασία Σ λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τής μάζας m τών ύδρατμών, πού υπάρχουν σέ ορισμένο όγκο άέρα, πός τή μάζα M τών ύδρατμών πού έπρεπε νά υπάρχουν στόν ίδιο όγκο άέρα, γιά νά είναι κορεσμένος στήν ίδια θερμοκρασία.

$$\Sigma = \frac{m}{M} \quad (2)$$

Η σχετική υγρασία, όπως προκύπτει από τή σχέση (2), είναι καθαρός αριθμός (δέν έχει μονάδες) και εκφράζεται συνήθως μέ ποσοστό στά έκατό (π.χ. 70%). Όταν ό άέρας είναι τελείως ξηρός ($m=0$), ή σχετική υγρασία είναι μηδέν και όταν ό άέρας είναι κορεσμένος ($m=M$), ή σχετική υγρασία είναι 100%. Η άριστη σχετική υγρασία γιά τήν ύγεια μας κυμαίνεται από 45% ως 60%.

Γιά νά μετρήσουμε τή σχετική υγρασία ενός χώρου, χρησιμοποιούμε τό ψυχρόμετρο (Σχ. 1) πού αποτελείται από δύο όμοια θερμόμετρα. Τό δοχείο του ενός θερμομέτρου περιβάλλεται μέ ύφασμα πού διαποτίζεται συνεχώς μέ νερό. Όσο μικρότερη είναι ή σχετική υγρασία, τόσο πιά γρήγορα εξατμίζεται τό νερό και τόσο μικρότερη είναι ή ένδειξη του θερμομέτρου αυτού. Τό άλλο θερμόμετρο δείχνει πάντοτε τή θερμοκρασία του άέρα. Από τή διαφορά τών ένδειξεων τών δύο θερμομέτρων και μέ τή βοήθεια ειδικών πινάκων βρίσκουμε τή σχετική υγρασία.

III. ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ

Όταν ψύξουμε τόν άέρα ενός δωματίου, ή άπόλυτη υγρασία του θά παραμείνει ή ίδια, ενώ ή σχετική υγρασία του θά αύξηθεί γιατί θά έλαττωθεί ή μάζα M τών ύδρατμών πού χρειάζεται γιά νά κορεσθεί. Αν συνεχίσουμε τήν ψύξη, θά φθάσουμε σέ κάποια θερμοκρασία πού ή σχετική υγρασία θά γίνει 100% (ό χώρος θά γίνει κορεσμένος). Η θερμοκρασία αυτή λέγεται **θερμοκρασία ή σημείο δρόσου**. Είναι φανερό ότι σέ θερμοκρασία μικρότερη από τό σημείο δρόσου ένα μέρος τών ύδρατμών θά ύγροποιηθεί και θά πέσει ως δροσιά (δρόσος). Έπομένως:

Σημείο δρόσου λέγεται ή θερμοκρασία στήν όποία πρέπει νά ψύξουμε τόν άτμοσφαιρικό άέρα ένός χώρου, γιά νά κορεσθεί αυτός μέ ύδρατμούς.

IV. ΝΕΦΗ ΚΑΙ ΟΜΙΧΛΗ

Οί μάζες τοϋ άέρα πού άνεβαίνουν ψηλά στήν άτμόσφαιρα ψύχονται καί ένα μέρος τών ύδρατμών τους μετατρέπεται σέ σταγονίδια νεροϋ ή παγοκρυστάλλους ή καί στα δύο. Τό σύνολο αυτόν τών σταγονιδίων ή τών παγοκρυστάλλων ή καί τών δύο λέγεται ν έ φ ο ς . Τό νέφος πού σχηματίζεται κοντά στήν έπιφάνεια τής γής λέγεται ό μ ί χ λ η .

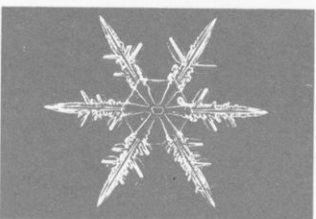
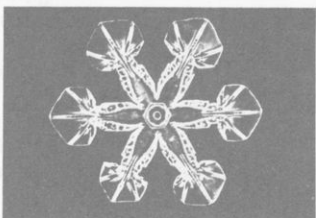
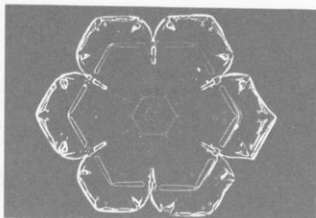
V. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ

Ό άέρας πού έρχεται σέ έπαφή μέ τό έδαφος ψύχεται τή νύκτα καί ένα μέρος τών ύδρατμών του ύγροποιείται, όταν ή θερμοκρασία του γίνει μικρότερη από τό σημείο δρόσου. "Αν κατά τήν ψύξη αυτή ή θερμοκρασία τοϋ άέρα παραμείνει μεγαλύτερη από τούς 0 °C, οί ύδρατμοί μετατρέπονται σέ λεπτά σταγονίδια νεροϋ πού έμφανίζονται στα φύλλα τών χόρτων καί λέγονται δ ρ ό σ ο ς (δρoσιά). "Αν όμως ή θερμοκρασία τοϋ άέρα γίνει μικρότερη από τούς 0 °C, οί ύδρατμοί στερεοποιούνται κατευθείαν καί σχηματίζεται στο έδαφος ή π ά χ ν η .

Τά σταγονίδια τοϋ νέφους πολλές φορές συνενώνονται σέ μεγαλύτερες σταγόνες νεροϋ καί πέφτουν στο έδαφος εξαιτίας τοϋ βάρους τους καί άποτελούν τή β ρ ο χ ή .

"Όταν οί μάζες τοϋ άέρα ψυχθοϋν ψηλά στήν άτμόσφαιρα σέ θερμοκρασία μικρότερη από τούς 0 °C, οί ύδρατμοί μετατρέπονται κατευθείαν σέ παγοκρυστάλλους πού πέφτουν στο έδαφος καί άποτελοϋν τό χ ι ό ν ι (Σχ. 2).

"Όταν σέ ένα νέφος ύπάρχουν σχηματισμένες σταγόνες νεροϋ καί τό νέφος ψυχθεί άπότομα σέ θερμοκρασία μικρότερη από τούς 0 °C, οί σταγόνες μετατρέπονται σέ μικρά κομμάτια πάγου. Αύτά πέφτουν στή γή καί άποτελοϋν τό χ α λ ά ζ ι .



Σχ. 2. Κρύσταλλοι χιονιοϋ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η άπόλυτη ύγρασία δίνεται από τή σχέση:

$$\text{ἀπόλυτη ὑγρασία} = \frac{\text{μάζα ὑδρατμῶν}}{\text{ὄγκος ἀέρα}} \quad \beta = \frac{m}{V}$$

Ἡ ἀπόλυτη ὑγρασία μετρεῖται σέ gr/m^3 .

Ἡ ἀπόλυτη ὑγρασία πού ἀντιστοιχεῖ στήν κατάσταση κόρου αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία.

2. Ἡ σχετική ὑγρασία δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$\text{σχετική ὑγρασία} = \frac{\text{μάζα ὑδρατμῶν}}{\text{μάζα κορεσμένων ὑδρατμῶν}} \quad \Sigma = \frac{m}{M}$$

Ἡ σχετική ὑγρασία εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς καὶ ἐκφράζεται συνήθως μέ ποσοστό στά ἑκατό, π.χ. 60%.

3. Τό ψυχρόμετρο εἶναι ὄργανο μέ τό ὁποῖο μετράμε τή σχετική ὑγρασία ἐνὸς χώρου.
4. Σημεῖο δρόσου λέγεται ἡ θερμοκρασία στήν ὁποία πρέπει νά ψύξουμε τόν ἀτμοσφαιρικό ἀέρα ἐνὸς χώρου, γιά νά κορεσθεῖ αὐτός μέ ὑδρατμούς.
5. Ἀτμοσφαιρικά κατακρημνίσματα εἶναι ἡ βροχή, τό χιόνι, τό χαλάζι, ἡ δρόσος καί ἡ πάχνη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Γιατί κατά τό καλοκαίρι ζεσταινόμαστε περισσότερο, ὅταν ὁ καιρὸς εἶναι ὑγρὸς;
β) Γιατί κατά τό χειμῶνα κρυνόμαστε περισσότερο, ὅταν ὁ καιρὸς εἶναι ξηρὸς;
2. Πῶς μπορούμε νά αὐξήσουμε τή σχετική ὑγρασία ἐνὸς χώρου;
3. α) Τί εἶναι τό σημεῖο δρόσου; β) Τί συμβαίνει σέ θερμοκρασία μικρότερη ἀπὸ τό σημεῖο δρόσου;
4. α) Πῶς σχηματίζεται ἡ δρόσος καί πῶς ἡ πάχνη;
β) Ποιά σχέση ὑπάρχει μεταξύ τοῦ σχηματισμοῦ τῆς πάχνης καί τῆς ἐξαχνώσεως τοῦ πάγου;
5. α) Πῶς σχηματίζεται τό χιόνι καί πῶς τό χαλάζι;
β) Νά βρεῖτε κοινὰ σημεῖα τῆς πάχνης καί τοῦ χιονιοῦ.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ὁ ὄγκος μιάς σχολικῆς αἴθουσας εἶναι 150 m^3 . Νά βρεῖτε τή μάζα τῶν ὑδρατμῶν πού περιέχει ἡ αἴθουσα αὐτή, ὅταν ἡ ἀπόλυτη ὑγρασία εἶναι 13 gr/m^3 .
2. Ἐνας χώρος περιέχει 20 gr ὑδρατμοῦ, ἐνῶ γιά τόν κορεσμό του χρειάζεται 40 gr ὑδρατμοῦ. Νά βρεῖτε τή σχετική ὑγρασία του.
3. Ὁρισμένος ὄγκος ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα περιέχει 24 gr ὑδρατμῶν. Πόση μάζα ὑδρατμῶν πρέπει νά περιέχει, γιά νά εἶναι κορεσμένος στήν ἴδια θερμοκρασία, ἂν ἡ σχετική ὑγρασία του εἶναι 60%;

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ι. ΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

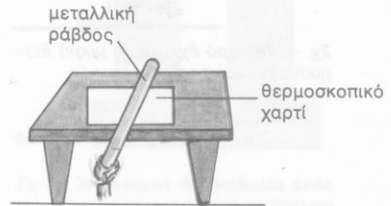
α. Έννοια της αγωγής της θερμότητας. Η μεταλλική ράβδος του Σχ. 1 βρίσκεται πάνω σε θερμοσκοπικό χαρτί, που είναι λευκό στη συνηθισμένη θερμοκρασία και γίνεται θαλασσί όταν θερμανθεί. Θερμαίνουμε τό ελεύθερο άκρο της ράβδου και παρατηρούμε ότι τό χαρτί κατά μήκος αυτής γίνεται θαλασσί. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ή θερμότητα που παίρνει από τή φλόγα τό ελεύθερο άκρο της ράβδου διαδίδεται διαμέσου της μάζας της.

Μπορούμε νά εξηγήσουμε τή διάδοση αυτή της θερμότητας, άν σκεφθούμε τή θερμική κίνηση των μορίων. Τά μόρια που βρίσκονται στό ελεύθερο άκρο της ράβδου, εξαιτίας της θερμάνσεως, αποκτούν μεγαλύτερη ένέργεια και κατά τίς συγκρούσεις μέ τά γειτονικά μόρια δίνουν σ' αυτά ένα μέρος από τήν ένέργειά τους. Έτσι τά γειτονικά μόρια θερμαίνονται και μέ τόν ίδιο μηχανισμό μεταδίδουν ένέργεια σέ άλλα μόρια κ.ο.κ. μέ αποτέλεσμα νά διαδίδεται ή θερμότητα από τό ένα μόριο στό άλλο, χωρίς νά μεταφέρονται τά μόρια (Σχ. 2). Ο τρόπος αυτός διαδόσεως της θερμότητας λέγεται άγωγή ή της θερμότητας. Έπομένως:

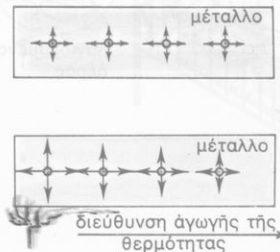
Άγωγή της θερμότητας λέγεται ή μεταβίβαση θερμικής ένέργειας από τό θερμότερο στό ψυχρότερο μέρος ενός σώματος, χωρίς νά μεταφέρεται ή ύλη του.

β. Καλοί και κακοί άγωγοί της θερμότητας.

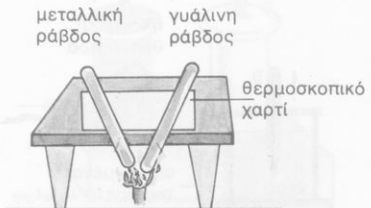
Οί δύο ράβδοι του Σχ. 3, μία μεταλλική και μία γυάλινη, βρίσκονται πάνω σέ θερμοσκοπικό χαρτί. Θερμαίνουμε τά ελεύθερα άκρα τους συγχρόνως μέ τήν ίδια φλόγα και παρατηρούμε ότι τό χαρτί αλλάζει χρώμα σέ όλο τό μήκος της μεταλλικής ράβδου και λίγο στή άρχή της γυάλινης. Αυτό συμβαίνει γιατί ή άγωγή της θερμότη-



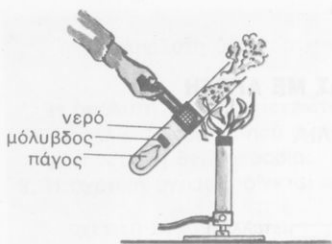
Σχ. 1. Άγωγή της θερμότητας



Σχ. 2. Έρμηνεία της άγωγής της θερμότητας



Σχ. 3. Η άγωγή της θερμότητας γίνεται πιό εύκολα στό μέταλλα παρά στό γυαλί



Σχ. 4. Το νερό έχει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα

τητας γίνεται πιό εύκολα στο μέταλλο παρά στο γυαλί.

Τά υλικά στά όποια ή άγωγη τής θερμότητας γίνεται εύκολα λέγονται **καλοί άγωγοί τής θερμότητας**. Τέτοια υλικά είναι τά μέταλλα. Τά υλικά στά όποια ή άγωγη τής θερμότητας γίνεται δύσκολα,λέγονται **κακοί άγωγοί τής θερμότητας**. Τέτοια υλικά είναι τό γυαλί, ό φελλός, ό άμύαντος, τό ξύλο, οί ρητίνες, τά λίπη, τά ύγρα καί τά άέρια, τό φελιζόλ κτλ.

Ή πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα τών ύγρών φαίνεται μέ τό άκόλουθο πείραμα. Ό δοκιμαστικός σωλήνας του Σχ. 4 περιέχει νερό καί ένα κομμάτι πάγου πού συγκρατείται κατάλληλα στόν πυθμένα του. Θερμαίνουμε τό σωλήνα κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού καί παρατηρούμε ότι σε λίγο τό νερό βράζει, ενώ ό πάγος δέν τήκεται. Αυτό συμβαίνει γιατί τό νερό είναι κακός άγωγός τής θερμότητας.



Σχ. 5.

γ. Έφαρμογές οί χύτρες τής μαγειρικής κατασκευάζονται από μέταλλα, γιά νά θερμαίνεται γρήγορα τό περιεχόμενό τους, ενώ οί λαβές τους έχουν μονωτικό περίβλημα, γιά νά μήν καϊγόμαστε. Στην όροφή τών σπιτιών καί στά τοιχώματα τών ψυγείων βάζουμε θερμομονωτικά υλικά (ύαλοβάμβακα, έλαφρόπετρα, φελλό, φελιζόλ κτλ). Τά ρούχα καί τά κλινοσκεπάσματα μās προφυλάσσουν καλύτερα από τό κρύο, όταν περιέχουν έγκλωβισμένο πολύ άέρα (μάλλινα ρούχα, τζάκετ μέ άπομονωμένους θυλάκους άέρα Σχ. 5).

II. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

α. Θερμική άκτινοβολία. Τό μεταλλικό δοχείο του Σχ. 6 περιέχει νερό θερμοκρασίας π.χ. 20 °C. Σε μικρή άπόσταση από τό δοχείο τοποθετούμε μία ηλεκτρική θερμάστρα. Παρατηρούμε ότι ή θερμοκρασία του νερού παραμένει ή ίδια, όταν ή θερμάστρα δέ λειτουργεί, ενώ αύξάνεται, όταν ή θερμάστρα λειτουργεί. Αυτό αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό πυρακτωμένο σύρμα τής θερμάστρας έκπέμπει στό περιβάλλον του ένέργεια. Ένα μέρος άπό τήν ένέργεια αύτή φθάνει στό δοχείο καί άπορροφάται άπό αυτό μέ άποτέλεσμα νά θερμαίνεται τό νερό. Ή



Σχ. 6. Διάδοση θερμότητας μέ άκτινοβολία

ένεργεια που εκπέμπει το πυρακτωμένο σύρμα της θερμάστρας λέγεται **θερμική ακτινοβολία**. Η θερμική ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο με ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όμοια με τα φωτεινά κύματα), απορροφάται από τα διάφορα σώματα και τα θερμαίνει. Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας λέγεται **διάδοση με ακτινοβολία**. Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

Θερμική ακτινοβολία λέγεται η ενέργεια που εκπέμπουν τα σώματα εξαιτίας της θερμοκρασίας τους. Κατά τη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία μεταβιβάζεται θερμική ενέργεια με ηλεκτρομαγνητικά κύματα από ένα σώμα σε ένα άλλο μικρότερης θερμοκρασίας.

Με ακτινοβολία διαδίδεται η θερμότητα διαμέσου της ύλης και διαμέσου του κενού, όπως π.χ. η ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη γη και τη θερμαίνει, αφού περάσει από το κενό αστρικό διάστημα και την ατμόσφαιρα.

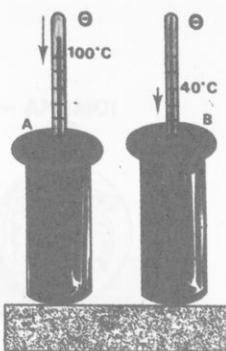
β. Νόμοι της θερμικής ακτινοβολίας.

1. Τα δοχεία A και B (Σχ. 7) έχουν αίθαλωμένα τοιχώματα. Στο A βάζουμε νερό θερμοκρασίας π.χ. 100 °C και στο B βάζουμε ίση ποσότητα νερού μικρότερης θερμοκρασίας π.χ. 40 °C. Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού στο A ελαττώνεται με πιο γρήγορο ρυθμό παρά στο B. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι:

Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα σε ορισμένο χρόνο αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του.

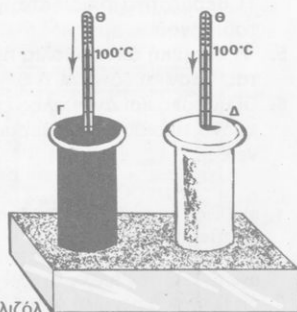
2. Το δοχείο Γ (Σχ. 8) έχει μαύρα και ανώμαλα τοιχώματα, ενώ το δοχείο Δ έχει τοιχώματα λεία και στυλνά. Βάζουμε και στα δύο δοχεία την ίδια ποσότητα ζεστού νερού της ίδιας θερμοκρασίας π.χ. 100 °C. Παρατηρούμε ότι το νερό του δοχείου Γ ψύχεται με πιο γρήγορο ρυθμό από το νερό του δοχείου Δ.

Χρησιμοποιούμε πάλι τα ίδια δοχεία Γ και Δ και βάζουμε σ' αυτά την ίδια ποσότητα νερού συντησμένης θερμοκρασίας π.χ. 20 °C. Απέναντι από τα δοχεία και σε μικρή απόσταση από αυτά τοποθετούμε μία ηλεκτρική θερμάστρα που λειτουργεί. Παρατηρούμε ότι το νερό του



Φελιτζόλ

Σχ. 7. Η θερμική ακτινοβολία ενός σώματος αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του



φελιτζόλ

Σχ. 8. Οι μαύρες επιφάνειες εκπέμπουν περισσότερη θερμική ακτινοβολία από τις κατοπτρικές επιφάνειες

δοχείου Γ θερμαίνεται με πιο γρήγορο ρυθμό από το νερό του δοχείου Δ.

Από τα δύο αυτά πειράματα συμπεραίνουμε ότι:

Οι μαύρες και ανώμαλες επιφάνειες εκπέμπουν (ή απορροφούν) σε όρισμένο χρόνο περισσότερη θερμική ακτινοβολία από τις λείες και στιλπνές επιφάνειες.

γ. Έφαρμογές. Οι θερμάστρες πετρελαίου ή ξύλων κατασκευάζονται από τραχύ χυτοσίδηρο και βάφονται μαύρες. Τα θερινά ρούχα μας είναι λευκά ή ανοιχτόχρωμα, ενώ τα χειμερινά ρούχα έχουν συνήθως σκούρα χρώματα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Κατά τη διάδοση της θερμότητας με άγωγή, μεταβιβάζεται θερμική ενέργεια από το θερμότερο στο ψυχρότερο μέρος ενός σώματος, χωρίς να μεταφέρεται ή ύλη του.
2. Τα μέταλλα είναι καλοί άγωγοί της θερμότητας. Τα υγρά, τα αέρια και πολλά στερεά (γυαλί ξύλο, φελλός, φελιζόλ κτλ.) είναι κακοί άγωγοί της θερμότητας. Οι κακοί άγωγοί της θερμότητας χρησιμοποιούνται στις θερμικές μονώσεις.
3. Θερμική ακτινοβολία λέγεται ή ενέργεια που εκπέμπουν τα σώματα εξαιτίας της θερμοκρασίας τους.
4. Κατά τη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία, μεταβιβάζεται θερμική ενέργεια με ηλεκτρομαγνητικά κύματα από ένα σώμα σε ένα άλλο μικρότερης θερμοκρασίας. Η θερμότητα διαδίδεται με ακτινοβολία διαμέσου της ύλης και διαμέσου του κενού.
5. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα σε όρισμένο χρόνο αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία του.
6. Οι μαύρες και ανώμαλες επιφάνειες εκπέμπουν (ή απορροφούν) σε όρισμένο χρόνο περισσότερη θερμική ακτινοβολία από τις λείες και στιλπνές επιφάνειες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Πώς ερμηνεύεται ή διάδοση της θερμότητας με άγωγή;
β) Γιατί ή θερμότητα δέ διαδίδεται με άγωγή από τον ήλιο στη γη;
2. α) Τί είναι ή θερμική ακτινοβολία;
β) Από τί εξαρτάται ή θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα σε όρισμένο χρόνο;
3. α) Γιατί τα μάλλινα ρούχα είναι πιο ζεστά από τα λινά;
β) Γιατί τα πουλιά κατά τό χειμώνα ανασηκώνουν τό πτέρωμά τους;
4. α) Κατά τί διαφέρει ή διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία από τη διάδοση της θερμότητας με άγωγή;
β) Γιατί τό δοχείο Γ (Σχ. θ) ψύχεται πιο γρήγορα από τό δοχείο Δ;

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΡΕΥΜΑΤΑ - ΑΝΕΜΟΙ

1. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΡΕΥΜΑΤΑ

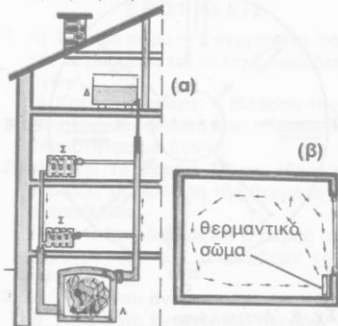
α. Έννοια. Η φιάλη του Σχ. 1 περιέχει νερό π.χ. 20 °C και λεπτά πριονίδια ξύλου (ή ξύσματα μολυβιού). Θερμαίνουμε τόν πυθμένα της φιάλης και παρατηρούμε ότι όλο τό νερό θερμαίνεται, μολονότι είναι κακός αγωγός της θερμότητας. Η διάδοση της θερμότητας μέσα στό νερό, από τά κατώτερα θερμά ως τά ανώτερα ψυχρά στρώματά του, γίνεται μέ τόν εξής μηχανισμό. Τό νερό πού είναι κοντά στόν πυθμένα θερμαίνεται άπευθείας από τή φλόγα, διαστέλλεται, ελαττώνεται ή πυκνότητά του και άνεβαίνει προς τήν επιφάνεια. Άντίθετα, τό ψυχρό νερό της επιφάνειας, επειδή έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, κατεβαίνει προς τόν πυθμένα, θερμαίνεται, άνεβαίνει προς τήν επιφάνεια κ.ο.κ. Έτσι σχηματίζονται ρεύματα νερού από τόν πυθμένα προς τήν επιφάνεια και αντίστροφα, μέ αποτέλεσμα νά θερμαίνεται όλη ή μάζα του νερού. Μπορούμε νά παρατηρήσουμε τά ρεύματα αυτά, όταν παρακολουθήσουμε τά πριονίδια πού παρασύρονται από τά ρεύματα. Ο τρόπος αυτός διαδόσεως της θερμότητας λέγεται διάδοση της θερμότητας μέ ρεύματα ή μέ μεταφορά και παρατηρείται σε όλα τά υγρά και τά αέρια σώματα (στά ρευστά). Έπομένως:

Διάδοση της θερμότητας μέ ρεύματα λέγεται ή μεταφορά θερμικής ενέργειας από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες περιοχές ενός ρευστού μέ μετακίνηση των μαζών του.

β. Έφαρμογές. Στην κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ) τό νερό πού θερμαίνεται στό λέβητα Λ (Σχ. 2α) μεταφέρεται μέ ρεύματα στά θερμαντικά σώματα Σ των δωματίων. Έκει τό νερό ψύχεται άποδίδοντας θερμότητα στόν άέρα του δωματίου (Σχ. 2β) και ύστερα επιστρέφει στό λέβητα, για νά επαναλάβει τόν ίδιο κύκλο. Στά ψυγεία (Σχ. 3) ψυχρός άέρας κατεβαίνει



Σχ. 1. Η θερμότητα διαδίδεται στό νερό μέ ρεύματα



Σχ. 2.(α)Κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ). (β)Τό δωμάτιο θερμαίνεται μέ ρεύματα άέρα



Σχ. 3. Ψυχρά καθοδικά και θερμά άνοδικά ρεύματα άέρα στό ψυγείο



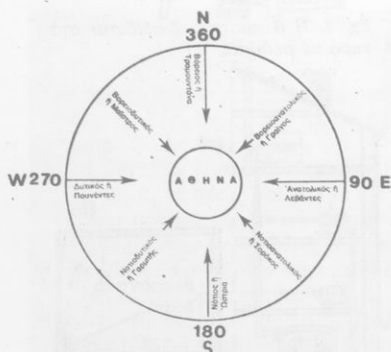
μονωτική βάση

Σχ. 4. Δοχείο Dewar (θερμός)

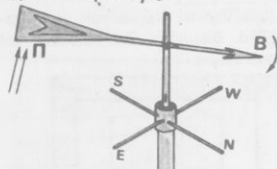
από την κατάψυξη προς τό χώρο πού βρίσκονται τά τρόφιμα. Ό άέρας αυτός ψύχει τά τρόφιμα παίρνοντας θερμότητα από αυτά, ενώ ό ίδιος θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τό χώρο της καταψύξεως, για νά επαναλάβει τόν ίδιο κύκλο. Μέ τά θαλάσσια ρεύματα και τούς άνέμους διαδίδεται ή θερμότητα στή θάλασσα και τήν ατμόσφαιρα.

II. ΔΟΧΕΙΟ DEWAR (Θερμός).

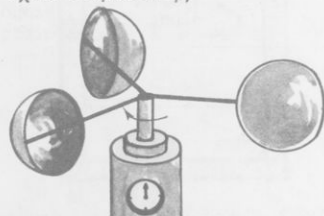
Είνα ένα γυάλινο δοχείο (Σχ. 4) ειδικής κατασκευής. Έχει διπλά τοιχώματα μέ έπαργυρωμένες επιφάνειες, ώστε νά περιορίζεται στό ελάχιστο ή διάδοση θερμότητας μέ ακτινοβολία. Από τό χώρο μεταξύ των τοιχωμάτων του έχει αφαιρεθεί ό άέρας, για νά αποφεύγεται ή διάδοση θερμότητας μέ άγωγή ή μέ ρεύματα. Στο θερμός βάζουμε διάφορα ύγρά (ζεστό καφέ, κρύο νερό κτλ.), όταν θέλουμε νά διατηρήσουμε τή θερμοκρασία τους σταθερή για άρκετό χρόνο.



Σχ. 5. Άνεμολόγιο



Σχ. 6. Άνεμοδείκτης



Σχ. 7. Άνεμόμετρο

III. ANEMOI

α. Έννοια του άνέμου.

Ό ατμοσφαιρική πίεση δέν έχει παντού και πάντοτε τήν ίδια τιμή. Γενικά στίς περιοχές της ατμόσφαιρας πού έπικρατεί χαμηλή θερμοκρασία ή πίεση είναι μεγάλη, ενώ στίς περιοχές πού έπικρατεί μεγάλη θερμοκρασία ή πίεση είναι μικρή. Έξαιτίας της διαφοράς αυτής των πιέσεων, κινούνται μάζες άερα από περιοχές μεγάλης πίεσεως σέ περιοχές πού ή πίεση είναι μικρότερη. Όταν οι άέρινες μάζες κινούνται όριζόντια, λέμε ότι σχηματίζεται άνεμος, ενώ όταν κινούνται κατακόρυφα, λέμε ότι σχηματίζεται καθοδικό ή άνοδικό ρεύμα. Έπομένως:

Άνεμος λέγεται ή όριζόντια μετακίνηση μιάς μάζας ατμοσφαιρικού άερα.

β. Χαρακτηριστικά του άνέμου.

Τά κύρια χαρακτηριστικά του άνέμου είναι ή διεύθυνση και ή ένταση του.

Ό διεύθυνση του άνέμου καθορίζεται από τό σημείο του όριζόντα πού πνέει ή άερα μάζα. Όταν π.χ. ό άέρας κινείται από τό βορρά προς τό νότο ενός τόπου, ό άνεμος λέγεται βόρειος. Οι άνεμοι ανάλογα μέ τή διεύθυνσή τους έχουν

διάφορα όνόματα, που είναι γραμμένα στο **άνεμολόγιο** του Σχ. 5.

Η διεύθυνση του ανέμου βρίσκεται με ειδικά όργανα που λέγονται **άνεμοδείκτες** (Σχ. 6). Ο άνεμος προσκρούει στο πτερύγιο Π του όργανου με αποτέλεσμα να στρέφεται το σύστημα έτσι, ώστε το βέλος Β να δείχνει τη διεύθυνση του ανέμου.

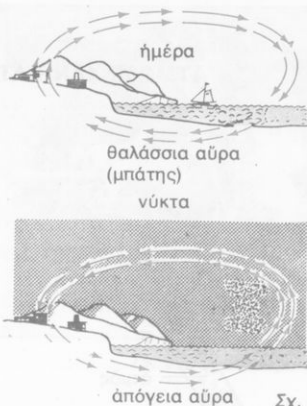
Ένταση του ανέμου λέγεται ή ταχύτητα με την οποία κινούνται οι αέριες μάζες. Η ένταση του ανέμου μετρείται με ειδικά όργανα που λέγονται **άνεμόμετρα**. (Σχ. 7) και εκφράζεται σε βαθμούς της εμπειρικής κλίμακας Beaufort (Μποφώρ)*. Λέμε π.χ. ότι η ένταση του ανέμου είναι 6 Μποφώρ.

γ. Παραδείγματα ανέμων.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας ή ξηρά θερμαίνεται από τον ήλιο πιο γρήγορα και περισσότερο από τη θάλασσα. Έξαιτίας αυτού η ατμοσφαιρική πίεση πάνω από τη θάλασσα είναι μεγαλύτερη από την πίεση που επικρατεί πάνω από την ξηρά. Η διαφορά αυτή των πιέσεων δημιουργεί άνεμο που πνέει από τη θάλασσα προς την ξηρά. Ο άνεμος αυτός λέγεται **θαλάσσια αύρα** ή **μπάτης** (Σχ. 8). Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της νύκτας ή ξηρά είναι πιο ψυχρή από τη θάλασσα με αποτέλεσμα να πνέει άνεμος από την ξηρά προς τη θάλασσα. Ο άνεμος αυτός λέγεται **άπογεια αύρα** (Σχ. 8).

* Άλλοι άνεμοι είναι τα **μελέμια** που πνέουν στο Αιγαίο πέλαγος, οι μουσώνες, ο βαρδάρης κτλ.

* Βλ. Πίνακα IV, στο τέλος του βιβλίου



Σχ. 8.

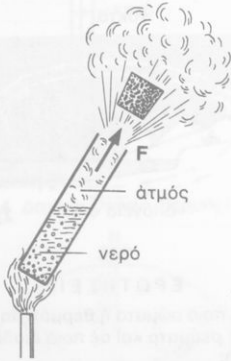
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- α) Σε ποιά σώματα η θερμότητα διαδίδεται με ρεύματα και σε ποιά διαδίδεται με αγωγή;
β) Κατά τι διαφέρει η διάδοση της θερμότητας με ρεύματα από τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή;
- α) Γιατί το δοχείο Dewar (θερμός) εμποδίζει τη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία;
β) Γιατί έχει αφαιρεθεί ο αέρας από το χώρο μεταξύ των τοιχωμάτων του δοχείου Dewar;
- α) Τι λέγεται άνεμος;
β) Τι λέγεται ένταση του ανέμου;
- α) Πώς σχηματίζεται η θαλάσσια αύρα;
β) Κατά τι διαφέρει η θαλάσσια αύρα από την άπογεια αύρα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η θερμότητα διαδίδεται με ρεύματα μόνο στα υγρά και τα αέρια (ρευστά). Κατά τη διάδοση της θερμότητας με ρεύματα, μεταφέρεται θερμική ενέργεια από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες περιοχές ενός ρευστού με μετακίνηση των μαζών του.
- Το δοχείο Dewar (θερμός) είναι ένα γυάλινο δοχείο με ειδική κατασκευή, ώστε να εμποδίζεται η διάδοση της θερμότητας διαμέσου των τοιχωμάτων του.
- Άνεμος λέγεται η οριζόντια μετακίνηση μιάς μάζας ατμοσφαιρικού αέρα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου είναι η διεύθυνση και η έντασή του. Η διεύθυνση βρίσκεται με τον άνεμοδείκτη και η ένταση μετρείται με το άνεμόμετρο και εκφράζεται σε βαθμούς της εμπειρικής κλίμακας Beaufort.

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ-ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ-ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

Ι. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
ΣΕ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΡΓΟ

Σχ. 1. Μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο

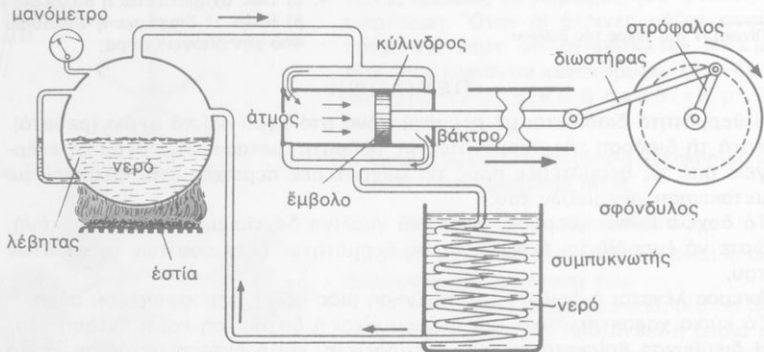
Ό μεταλλικός σωλήνας του Σχ. 1 περιέχει νερό και είναι ελαφρά πωματισμένος. Θερμαίνουμε τό σωλήνα και μετά από λίγο χρόνο παρατηρούμε ότι τό πώμα έκτινάζεται, ενώ συγχρόνως βγαίνει από τό σωλήνα θερμός άτμός. Είναι φανερό ότι ό άτμός σχηματίζεται εξαιτίας της θερμάνσεως και ότι ό φελλός έκτινάζεται εξαιτίας της δυνάμεως πού άσκει σ' αυτόν ό άτμός. Η δύναμη του άτμου παράγει μηχανικό έργο, γιατί έκτοξεύει τό φελλό.

Άπό όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Η θερμότητα μπορεί νά μετατραπεί σε μηχανικό έργο.

Οί μηχανές πού μετατρέπουν τή θερμότητα σε μηχανικό έργο λέγονται θερμικές μηχανές.

Η θερμότητα πού χρειάζονται οί μηχανές αυτές παράγεται από τήν καύση διαφόρων καυσίμων (πετρελαίου, άνθρακα, βενζίνας κτλ). Στίς άτμομηχανές τά καύσιμα καίγονται έξω από τή μηχανή σε ειδική έστία. Στίς μηχανές έσωτερικής καύσεως τά καύσιμα καίγονται μέσα στή μηχανή.



Σχ. 2. Σχηματική παράσταση άτμομηχανής.

II. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

Τά κυριότερα μέρη μιάς ατμομηχανής (Σχ. 2) είναι τά εξής:

1) **Ό λέβητας** (καζάνι). Μέσα στό λέβητα θερμαίνεται νερό υπό πίεση καί παράγεται υπέρθερμος άτμός μέ θερμοκρασία μεγαλύτερη από τούς 100 °C. Ή πίεση του άτμου αυτού είναι μεγάλη, π.χ. 12 Atm.

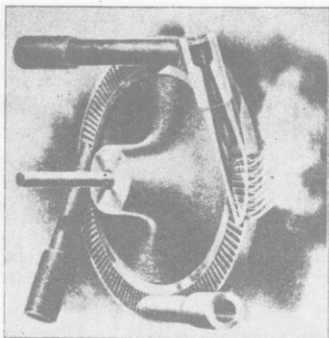
2) **Ό κύλινδρος μέ τό έμβολο** (πιστόνι) καί τό **βάκτρο**. Ό άτμός πού παράγεται στό λέβητα εισάγεται κατάλληλα στόν κύλινδρο καί κινεί παλινδρομικά τό έμβολο καί τό βάκτρο.

3) Τό σύστημα **διωστήρα** (μπιέλα)-**στροφά-λου**. Μέ τό σύστημα αυτό ή παλινδρομική κίνηση του έμβολου μετατρέπεται σέ στροφική κίνηση του **σφονδύλου**. Από τό σφόνδυλο, πού είναι ένας μεγάλος τροχός, ή κίνηση μεταβιβάζεται μέ ίμάντα (λουρί) σέ άλλη μηχανή, π.χ. σέ γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος.

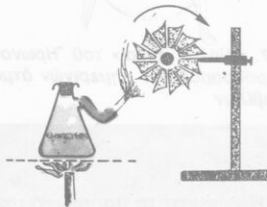
4) **Ό συμπυκνωτής** πού είναι ένα μεταλλικό δοχείο πού ψύχεται μέ ρεύμα νερού. Οί ύδρατμοί, όταν φύγουν από τόν κύλινδρο, οδηγούνται στό συμπυκνωτή καί εκεί ύγροποιούνται. Τό νερό πού σχηματίζεται επιστρέφει στό λέβητα. Οί ατμομηχανές τών σιδηροδρόμων δέν έχουν συμπυκνωτή καί ό άτμός από τόν κύλινδρο φεύγει στήν άτμόσφαιρα. Οί ατμομηχανές χρησιμοποιούνται σέ διάφορα έργαστασια καθώς καί για τήν κίνηση τραίνων καί άτμοπλοίων.

III. ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

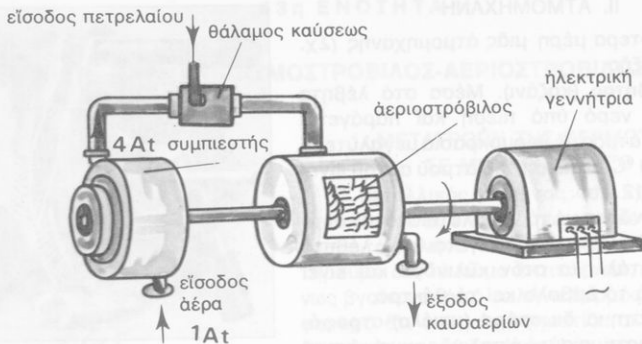
Ό ατμοστρόβιλος (άτμοτουρμπίνα) στήν απλούστερη μορφή του άποτελείται από έναν τροχό, πού έχει στήν περιφέρειά του καμπυλωτά πτερύγια καί τέσσερις άκίνητους άτμοσωληνες κατάλληλα τοποθετημένους (Σχ. 3). Ό άτμός πού παράγεται στό λέβητα οδηγείται στους άτμοσωληνες, εξέρχεται από αυτούς μέ μεγάλη ταχύτητα καί προσκρούει στά πτερύγια μέ άποτέλεσμα νά στρέφεται ό τροχός. Μέ τόν ατμοστρόβιλο λοιπόν, σέ αντίθεση μέ τήν ατμομηχανή, έπιτυγχάνουμε κατευθείαν στροφική κίνηση, δαπανώντας θερμότητα. Οί ατμοστρόβιλοι χρησιμοποιούνται για τήν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καί για τήν κίνηση τών πλοίων. Στο Σχ. 4 βλέπουμε ένα στοιχειώδη ατμοστρόβιλο του έργαστηρίου πού περιστρέ-



Σχ. 3. Άτμοστρόβιλος

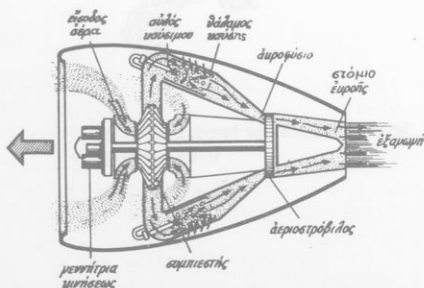


Σχ. 4. Άτμοστρόβιλος σχολικού έργαστηρίου



Σχ. 5. Μέ τόν αεριοστρόβιλο κινεῖται ἢ ηλεκτρική γεννήτρια καί παράγει ηλεκτρική ἐνέργεια

φεται, ὅταν ὁ ἀτμός πού βγαίνει ἀπό τό ἀκροφύσιο προσκρούει στά πτερυγία του.



Σχ. 6. Κινητήρας ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου



Σχ. 7. «Αἰόλου πύλα» τοῦ Ἡρώνο. Ὁ πρόδρομος τῶν σημερινῶν ἀτμοστροβίλων

IV. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

Ὁ αεριοστρόβιλος (ἀεριοτουρμπίνα) εἶναι μία θερμική μηχανή πού χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμο τό πετρέλαιο (Σχ. 5). Ἀποτελεῖται ἀπό τό συμπιεστή, τό θάλαμο καύσεως καί τόν κυρίως αεριοστρόβιλο, πού ὁμοιάζει στήν κατασκευή μέ τόν ἀτμοστρόβιλο (τροχός μέ πτερυγία). Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας εἰσέρχεται στό συμπιεστή καί συμπιέζεται, ὥσπου ἡ πίεσή του νά γίνει π.χ. 4At. Ὁ συμπιεσμένος ἀέρας ἀπό τό συμπιεστή ὁδηγεῖται στό θάλαμο καύσεως. Ἐκεῖ καίγεται τό πετρέλαιο πού χύνεται στό θάλαμο καί ἀπό τήν καύση σχηματίζεται ἓνα μείγμα καυσαερίων καί ἀέρα, πού ἔχει ὑψηλή θερμοκρασία. Τό ἀέριο αὐτό μείγμα βγαίνει ἀπό τό θάλαμο καύσεως καί προσκρούει μέ μεγάλη ταχύτητα στά πτερυγία τοῦ αεριοστροβίλου μέ ἀποτέλεσμα νά στρέφεται ὁ τροχός.

Ὁ αεριοστρόβιλος χρησιμοποιεῖται στά ἀεροπλάνα (Σχ. 6), στά πλοῖα καί στά ἐργοστάσια παραγωγῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ θερμότητα μπορεῖ νά μετατραπῆ σέ μηχανικό ἔργο. Οἱ μηχανές πού μετατρέπουν τή θερμότητα σέ μηχανικό ἔργο λέγονται θερμικές μηχανές.
2. Τά κυριότερα μέρη μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι τά ἐξῆς: Ὁ λέβητας (καζάνι), ὁ

κύλινδρος με τό έμβολο (πιστόνι) καί τό βάκτρο, τό σύστημα διωστήρα - στροφάλου, ό σφόνδυλος καί ό συμπυκνωτής. Ό ύδρατμός πού παράγεται στό λέβητα εισάγεται στόν κύλινδρο καί κινεί παλινδρομικά τό έμβολο καί τό βάκτρο. Τό σύστημά διωστήρα - στροφάλου μετατρέπει τήν παλινδρομική κίνηση του έμβόλου σέ στροφική κίνηση του σφονδύλου. Στο συμπυκνωτή ύγροποιούνται οι ύδρατμοί.

3. Τό κύριο μέρος ενός άτμοστροβίλου είναι ένας τροχός με πτερύγια. Με τόν άτμοστρόβιλο επιτυγχάνουμε κατευθείαν στροφική κίνηση, δαπανώντας θερμότητα.
4. Ό άεριοστρόβιλος άποτελείται από τό συμπιεστή του άέρα, τό θάλαμο καύσεως του πετρελαίου καί έναν τροχό με πτερύγια πού στρέφεται από τά καυσαέρια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Ποιά είναι τά κυριότερα μέρη μιås άτμομηχανής;
β) Τί επιτυγχάνουμε με τό σύστημα διωστήρα-στροφάλου;
2. α) Κατά τί διαφέρουν οι άτμομηχανές από τίς μηχανές έσωτερικής καύσεως;
β) Γιατί οι άτμοστρόβιλοι δέν έχουν τό σύστημα διωστήρα-στροφάλου;
3. α) Νά εξηγήσετε τόν τρόπο λειτουργίας του άτμοστροβίλου.
β) Κατά τί πλεονεκτεί ό άτμοστρόβιλος ως προς τήν άτμομηχανή;
4. Νά εξηγήσετε τόν τρόπο λειτουργίας τής άεριοστρωπίνας.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ό συντελεστής άποδόσεως μιås άτμομηχανής είναι 0,25. Πόση ενέργεια παίρνουμε από τή μηχανή αυτή, άν ή δαπανώμενη ενέργεια είναι 200 KWh;
2. Ό συντελεστής άποδόσεως ενός άτμοστροβίλου είναι 35%. Πόση ενέργεια πρέπει νά προσφέρουμε στόν άτμοστρόβιλο αυτό, άν θέλουμε νά μάς άποδώσει ενέργεια 50000 KWh;

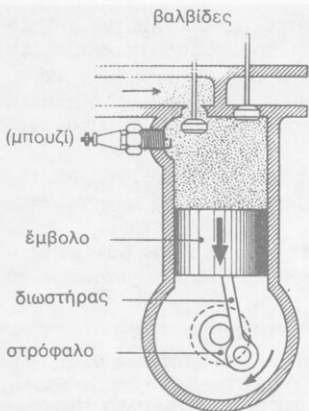
44η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ - ΨΥΓΕΙΑ

Ι. ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ό κινητήρας αυτός είναι μία θερμική μηχανή έσωτερικής καύσεως καί χρησιμοποιεί ως καύσιμο τή βενζίνη.

Άποτελείται από ένα μεταλλικό κύλινδρο μέσα στόν όποιο μπορεί νά κινείται παλινδρομικά τό έμβολο (Σχ. 7). Η παλινδρομική κίνηση του έμβόλου με τό σύστημα διωστήρα-στροφάλου μετατρέπεται σέ στροφική κίνηση του άξονα τής μηχανής. Η κίνηση αυτή του άξονα τής μηχανής μπορεί νά μεταβιβαστεί με κατάλληλους μηχανισμούς σέ άλλα σώματα, π.χ. στους τροχούς ενός αυτοκινήτου. Στο κύλινδρο υπάρχουν δύο βαλβίδες, ή **βαλβίδα εισα-**



Σχ. 1. Τομή τετράχρονου βενζινοκινητήρα

γωγής από την οποία εισέρχεται στον κύλινδρο το εκρηκτικό μείγμα βενζίνας-άερα και η βαλβίδα εξαγωγής από την οποία εξέρχονται τα καυσαέρια.

Στόν κύλινδρο επίσης είναι προσαρμοσμένος ο αναφλεκτήρας ή σπινθηριστής (μπουζί), πού χρειάζεται για την ανάφλεξη του μείγματος βενζίνας-άερα.

Η πυξίδα λιπάνσεως (κάρτερ) περιέχει τό όρυκτέλαιο (λάδι) πού χρειάζεται για τή λίπανση τής μηχανής.

Κύκλος λειτουργίας τής μηχανής.

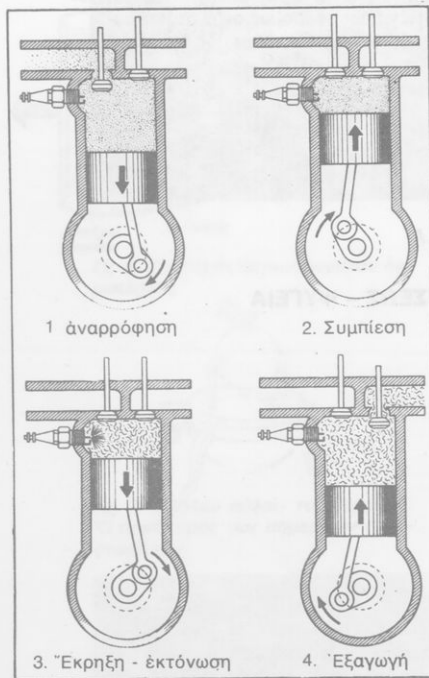
Η λειτουργία του κινητήρα αυτού ολοκληρώνεται σέ τέσσερις χρόνους (τετράχρονος κινητήρας) (Σχ. 2), πού είναι οι έξις:

1ος χρόνος. Αναρρόφηση. "Ας υποθέσουμε ότι η μηχανή λειτουργεί και τό έμβολο βρίσκεται στο άνωτερο σημείο τής διαδρομής του. Η κίνηση του άξονα τής μηχανής παρασύρει τό έμβολο πρós τά κάτω. Τότε άνοίγει ή βαλβίδα εισαγωγής και τό μείγμα βενζίνας-άερα αναρροφάται και εισέρχεται στόν κύλινδρο. Η βαλβίδα εξαγωγής παραμένει κλειστή. Η αναρρόφηση συνεχίζεται, ώσπου νά φθάσει τό έμβολο στό κατώτερο άκρο τής διαδρομής του.

2ος χρόνος. Συμπίεση. Τό έμβολο παρασύρεται πάλι από τήν κίνηση του άξονα τής μηχανής και άρχίζει νά ανεβαίνει. Τότε, έπειδή και οι δύο βαλβίδες είναι κλειστές, τό μείγμα βενζίνας-άερα συμπιέζεται.

3ος χρόνος. Έκρηξη και έκτόνωση. Λίγο πρίν φθάσει τό έμβολο στό άνωτερο σημείο τής διαδρομής του, δημιουργείται κατάλληλα στόν αναφλεκτήρα ηλεκτρικός σπινθήρας και τό μείγμα βενζίνας-άερα αναφλέγεται άπότομα (έκρηξη). Από τήν καύση αυτή παράγεται μεγάλη θερμότητα και γι' αυτό τά καυσαέρια άποκτούν μεγάλη θερμοκρασία (2000 °C) και πίεση. Έπειδή οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές, τά καυσαέρια δέν έχουν χώρο διαφυγής, ώθούν τό έμβολο πρós τά κάτω και έτσι έκτονώνονται.

4ος χρόνος. Έξαγωγή. Τό έμβολο κινείται πρós τά πάνω, ή βαλβίδα εξαγωγής άνοίγει και τά καυσαέρια βγαίνουν έξω από τόν κύλινδρο. Όταν τό έμβολο φθάσει στό άνωτερο σημείο τής διαδρομής του, ή βαλβίδα εξαγωγής κλείνει και έπαναλαμβάνονται οι ίδιες λειτουργίες μέ



Σχ. 2. Ο κύκλος λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα

τήν ίδια σειρά. Τό σύνολο τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων λέγεται **κύκλος λειτουργίας** τῆς μηχανῆς. Κατά τή διάρκεια ἐνός κύκλου λειτουργίας ἡ μηχανή παράγει ἔργο μόνο στόν 3ο χρόνο, ἐνῶ οἱ ἄλλοι χρόνοι παραμένουν «νεκροί». Γιὰ νά μήν ὑπάρχουν νεκροί χρόνοι, στίς μηχανές τῶν αὐτοκινήτων χρησιμοποιοῦνται τέσσερις ἀνεξάρτητοι κύλινδροι μέ κατάλληλο συγχρονισμό. Τό μείγμα βενζίνης-ἀέρα πού χρειάζεται γιά τή λειτουργία τῆς μηχανῆς σχηματίζεται στόν **ἐξαερωτήρα** (καρμπυρατέρ). Ὁ ἐξαερωτήρας (Σχ. 3) λειτουργεῖ σάν ψεκαστήρας καί δημιουργεῖ πολύ λεπτά σταγονίδια βενζίνης πού, ἀφοῦ ἀναμειχθοῦν μέ κατάλληλη ποσότητα ἀέρα, εἰσέρχονται στόν κύλινδρο κατά τήν ἀναρρόφηση. Ὁ κινητήρας αὐτός χρησιμοποιεῖται στά αὐτοκίνητα, στίς μοτοσυκλέτες καί σέ μικρά ἀεροπλάνα.

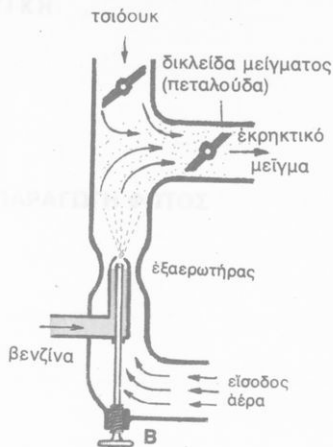
Ἐκτός ἀπό τοῦς τετράχρονους βενζινοκινητήρες, ὑπάρχουν καί οἱ κινητήρες Diesel (Ντίζελ) πού χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμο τό πετρέλαιο. Ἡ λειτουργία τους μοιάζει μέ τή λειτουργία τῶν βενζινοκινητήρων, ἀλλά παρουσιάζει καί ὀρισμένες βασικές διαφορές. Οἱ κινητήρες Ντίζελ χρησιμοποιοῦνται στά ἐργοστάσια, στά πλοῖα, στά φορτηγά αὐτοκίνητα καί στούς σιδηροδρόμους.

II. ΨΥΓΕΙΑ

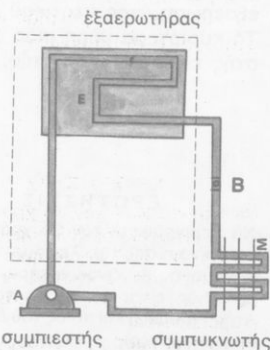
Τά ψυγεῖα εἶναι μηχανές μέ τίς ὁποῖες μποροῦμε νά ψύχουμε διάφορα σώματα, ἀφαιρώντας ἀπό αὐτά θερμότητα. Ἡ λειτουργία τους στηρίζεται στήν ψύξη πού προκαλεῖται στό περιβάλλον ἐνός πτητικοῦ ὑγροῦ, ὅταν τό ὑγρό ἐξαερῶνεται. Τά πτητικά ὑγρά πού χρησιμοποιοῦνται στά ψυγεῖα εἶναι ἡ ὑγροποιημένη ἀμμωνία καί τό Freon (Φρεόν).

Τά κύρια μέρη ἐνός οἰκιακοῦ ἠλεκτρικοῦ ψυγεῖου εἶναι ὁ **ἐξαερωτήρας E** (κατάψυξη), ὁ **συμπιεστής A** (ἠλεκτροκίνητη ἀντλία) καί ὁ **συμπυκνωτής Σ**, πού ἔχει τή μορφή φιδωτοῦ σωλήνα καί βρίσκεται στό πίσω μέρος τοῦ ψυγεῖου (Σχ. 4).

Τό πτητικό ὑγρό πού ὑπάρχει στόν ἐξαερωτήρα ἐξαερῶνεται, μέ ἀποτέλεσμα νά κατεβαίνει ἡ θερμοκρασία του καθώς καί ἡ θερμοκρασία τοῦ γύρω χώρου. (Ὅταν γίνεται ἡ ἐξαέρωση



Σχ. 3. Σχηματισμός τοῦ ἐκρηκτικοῦ μείγματος βενζίνης - ἀέρα



Σχ. 4. Τομή ἠλεκτρικοῦ ψυγεῖου οἰκιακῆς χρήσεως.

ἀκούγεται ἕνας ἤχος σάν τοῦ νεροῦ πού σιγοβράζει). Οἱ ἀτμοὶ πού σχηματίζονται μέ τήν ἐξαέρωση ἀπορροφῶνται μέ τή βοήθεια τῆς ἀντλίας καί ὀδηγοῦνται μέ πίεση στό συμπυκνωτή. Ἐκεῖ ὑδροποιοῦνται καί τό ὑγρό πού σχηματίζεται ὀδηγεῖται μέσα ἀπό μία αὐτόματη βαλβίδα Β στόν ἐξαερωτήρα.

Κατά τή συμπίεση οἱ ἀτμοὶ θερμαίνονται καί γι' αὐτό, ὅταν λειτουργεῖ τό ψυγεῖο, ὁ συμπυκνωτής εἶναι ζεστός. Γιά νά πέφτει ἡ θερμοκρασία τῶν συμπιεσμένων ἀτμῶν καί νά διευκολύνεται ὁ σωλήνας τοῦ συμπυκνωτή μέ μεγάλο μήκος. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ψυγείου διατηρεῖται σέ σταθερά ἐπίπεδα μέ τή βοήθεια ἑνός διμεταλλικοῦ ἐλάσματος πού διακόπτει αὐτόματα τό ἠλεκτρικό ρεῦμα πού κινεῖ τόν κινητήρα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στόν τετράχρονο βενζινοκινητήρα ἡ ἀνάφλεξη τοῦ καύσιμου μείγματος βενζίνης - ἀέρα γίνεται μέσα στόν κύλινδρο τῆς μηχανῆς μέ τή βοήθεια τοῦ ἀναφλεκτήρα (μπουζί).
Τό μείγμα βενζίνης-ἀέρα σχηματίζεται στόν ἐξαερωτήρα (καρμπυρατέρ).
2. Ὁ κύκλος λειτουργίας τοῦ τετράχρονου βενζινοκινητήρα περιλαμβάνει τίς παρακάτω τέσσερις φάσεις (χρόνους): Ἀναρρόφηση, συμπίεση, ἔκρηξη καί ἐκτόνωση, ἐξαγωγή. Ἡ μηχανή παράγει ἔργο μόνο στή φάση «ἔκρηξη - ἐκτόνωση».
3. Ἡ λειτουργία τῶν ψυγείων στηρίζεται στήν ψύξη πού προκαλεῖται ἀπό τήν ἐξαέρωση ἑνός πτητικοῦ ὑγροῦ (ἀμμωνίας, Freon).
4. Τά κυριότερα μέρη μιᾶς ψυκτικῆς μηχανῆς εἶναι ὁ ἐξαερωτήρας, ὁ συμπιεστής καί ὁ συμπυκνωτής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε τόν 3ο χρόνο (ἔκρηξη καί ἐκτόνωση) τῆς λειτουργίας τοῦ τετράχρονου βενζινοκινητήρα.
2. α) Ποίος εἶναι ὁ σκοπός τοῦ ἀναφλεκτήρα (μπουζί) καί ποίος τοῦ ἐξαερωτήρα (καρμπυρατέρ);
β) Σέ ποιά φάση τῆς λειτουργίας τοῦ τε-

- τράχρονου βενζινοκινητήρα παράγεται ἔργο;
3. Μέ ποιό τρόπο ἐπιτυγχάνεται στό ἠλεκτρικό ψυγεῖο:
α) Ἡ ψύξη τοῦ ψυκτικοῦ θαλάμου (καταψύξεως);
β) Ἡ ψύξη τοῦ ὑπόλοιπου χώρου τοῦ ψυγείου;

ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΣ

I. ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τό πρόβλημα «τί είναι φώς» απασχόλησε και απασχολεί ακόμη τόν άνθρωπο.

Οί άρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι, έκτός από τόν Πυθαγόρα και τόν Άριστοτέλη, νόμιζαν ότι τά μάτια μας έκπέμπουν άκτίνες. Άργότερα διατυπώθηκαν διάφορες θεωρίες γιά νά καταλήξουμε σήμερα στό ότι τό φώς είναι μία μορφή άκτινοβόλου ενέργειας τήν όποία έκπέμπουν τά σώματα πού φωτοβολοϋν, όπως ό Ήλιος, οί φλόγες και τά διάπυρα ύλικά. Ή ενέργεια αυτή μεταφέρεται από ένα σώμα σέ άλλο μέ κύματα πού ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Τό φώς, ως ενέργεια πού είναι, άκολουθεϊ τήν άρχή τής διατηρήσεως τής ενέργειας και μπορεί νά δημιουργηθεϊ από τή μετατροπή θερμικής, χημικής, ηλεκτρικής κτλ. ενέργειας. Επίσης και ή φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σέ χημική, ηλεκτρική κτλ. αλλά δυσκολότερα.

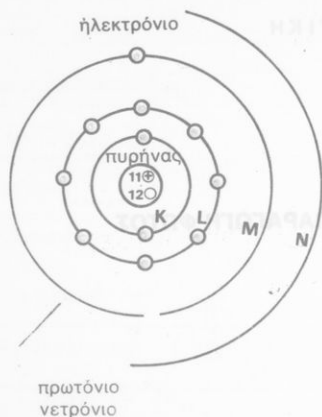
Πιό άπλά μπορούμε νά πούμε ότι τό φώς είναι ή αίτία πού διεγείρει τό μάτι μας και μās κάνει νά βλέπουμε.

Γιά τή διάδοση του φωτός δέν είναι απαραίτητη ή ύπαρξη ύλικου μέσου. Τό φώς διαδίδεται και στό κενό.

II. ΦΩΤΕΙΝΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τά διάφορα σώματα πού βλέπουμε γύρω μας έκπέμπουν φώς και λέγονται **φωτεινά** σώματα.

Τά φωτεινά σώματα τά χωρίζουμε σέ αυτά πού έκπέμπουν δικό τους φώς, όπως ό Ήλιος, τό αναμμένο κερι, ό ηλεκτρικός λαμπτήρας και τά ονομάζουμε **αυτόφωτα** σώματα ή φωτεινές πηγές και σέ εκείνα τά όποια δέ φωτοβολοϋν τά ίδια, όπως ή Σελήνη, τό βιβλίο κτλ. αλλά έκπέμπουν ένα μέρος από τό φώς πού δέχονται από



Σχ. 1. Δομή του ατόμου του νατρίου

τίς φωτεινές πηγές. Αυτά λέγονται **ετερόφωτα σώματα**.

III. ΔΙΑΦΑΝΗ, ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΗ ΚΑΙ ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΣΩΜΑΤΑ

Τά σώματα, όπως τό γυαλί, τό νερό (σέ μικρό πάχος), ό άέρας κτλ., πού αφήνουν όλο σχεδόν τό φώς νά περνά μέσα από τή μάζα τους καί μās επιτρέπουν νά βλέπουμε τά αντικείμενα πού βρίσκονται πίσω τους, τά ονομάζουμε **διαφανή σώματα**.

Μερικά άλλα σώματα πού αφήνουν λιγότερο φώς νά περνά μέσα από αυτά, χωρίς νά μπορούμε νά διακρίνουμε καθαρά τά σώματα πού βρίσκονται πίσω τους, όπως τό γαλακτοχρωμο γυαλί (άσβεστωμένο τζάμι), κ.ά. τά λέμε **ήμιδιαφανή σώματα**.

Τά σώματα, όπως ό τοίχος, τό βιβλίό, τό θρανίο, πού δέν αφήνουν καθόλου τό φώς νά περάσει μέσα από τή μάζα τους καί δέ μās επιτρέπουν νά δούμε τά πράγματα πού βρίσκονται πίσω από αυτά, ονομάζονται **άδιαφανή σώματα**.

IV. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΣ

Γιά νά εξηγήσουμε τήν παραγωγή του φωτός πρέπει νά θυμηθούμε όσα μάθαμε στή Χημεία γιά τή δομή των ατόμων καί τήν κατανομή των ηλεκτρονίων στίς διάφορες στιβάδες K, L, M, γύρω από τόν πυρήνα (Σχ. 1).

Τό άτομο, όπως μās τό παρουσίασε ό Δανός Φυσικός Μπόρ (Niels Boor) τό 1913, αποτελείται από τόν πυρήνα, γύρω από τόν όποίο περιφέρονται τά ηλεκτρόνια σέ όρισμένες επιτρεπόμενες κυκλικές τροχιές, όπως περίπου περιστρέφονται καί οι πλανήτες του ήλιακού μας συστήματος γύρω από τόν Ήλιο.

Τήν κίνηση των ηλεκτρονίων σέ κυκλική τροχιά δικαιολόγησε ό Μπόρ μέ τήν έλξη πού αναπτύσσεται μεταξύ των θετικών φορτίων (πρωτονίων) του πυρήνα καί των άρνητικών φορτίων πού έχουν τά περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια.

Τό Σχ. 2 δείχνει τό μοντέλο του ατόμου του ύδρογόνου, πού είναι τό απλούστερο άτομο στοιχείου γιατί έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο. Ό Μπόρ δέχτηκε ότι στό άτομο του ύδρογόνου, πού βρίσκεται σέ συνηθισμένη κατάσταση, τό



Σχ. 2. Δομή του ατόμου του ύδρογόνου

ηλεκτρόνιο περιστρέφεται στην πρώτη στιβάδα K που λέγεται **θεμελιώδης** (βασική).

Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται στη θεμελιώδη τροχιά K, δέν εκπέμπει ενέργεια. Αν όμως, από κάποιο εξωτερικό αίτιο (π.χ. σύγκρουση με ελεύθερο ηλεκτρόνιο ή σωματίο α κτλ), το ηλεκτρόνιο απορροφήσει ορισμένη ενέργεια, φεύγει από τη θεμελιώδη τροχιά του και μεταπηδά σε άλλη επιτρεπόμενη τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας και ενέργειας, π.χ. στην τροχιά L ή M. (Σχ. 3). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διέγερση** του ατόμου.

Η κίνηση του ηλεκτρονίου στη νέα τροχιά δέν είναι σταθερή, γιατί δέν είναι συμπληρωμένη ή έσωτερική στιβάδα K, γι' αυτό το ηλεκτρόνιο σχεδόν άμεσα (σε 10^{-8} sec) ξαναγυρίζει στη θεμελιώδη τροχιά του (Σχ. 4), δηλ. το άτομο **αποδιεγείρεται**.

Κατά τη μεταπήδηση αυτή του ηλεκτρονίου εκπέμπεται φωτεινή ενέργεια τόσοση, όση είναι ή διαφορά τών ενεργειών που είχε στις δύο αυτές καταστάσεις. Το ποσό αυτό της εκπεμπόμενης φωτεινής ενέργειας λέγεται **φωτόνιο**. Επομένως:

$$\left(\begin{array}{c} \text{εκπεμπόμενη} \\ \text{φωτεινή} \\ \text{ενέργεια} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{ένεργεια} \\ \text{έξωτερικής} \\ \text{τροχιάς} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{ένεργεια} \\ \text{έσωτερικής} \\ \text{τροχιάς} \end{array} \right)$$

$$E_{\text{φωτονίου}} = E_{\text{έξ.}} - E_{\text{εσω.}}$$

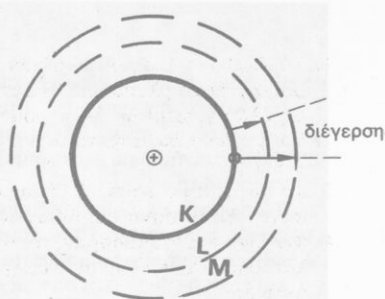
Επειδή κάθε επιτρεπόμενη τροχιά έχει ορισμένη ενέργεια, ή διαφορά ενεργειών για κάθε άλμα θά είναι σταθερή. Άρα και ή ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται θά είναι σταθερή.

Μέ όμοιο τρόπο, δηλαδή μέ άλματα, από μία επιτρεπόμενη εξωτερική τροχιά σε άλλη έσωτερική, γίνεται ή ακτινοβολία φωτεινής ενέργειας και στά άτομα τών άλλων στοιχείων.

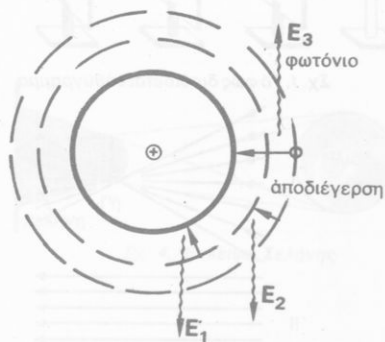
Τά παραπάνω φαινόμενα διατύπωσε ό Μπόρ στην κβαντική συνθήκη του ως έξης:

Όταν ένα ηλεκτρόνιο κινείται σε θεμελιώδη τροχιά, δέν ακτινοβολεί φωτεινή ενέργεια.

Όταν όμως μεταπηδά από τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας, και συνεπώς μεγαλύτερης ενέργειας, σε τροχιά μικρότερης ακτίνας, τότε εκπέμπει φωτεινή ενέργεια (φωτόνιο).



Σχ. 3. Διέγερση του ατόμου



Σχ. 4. Αποδιέγερση του ατόμου

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

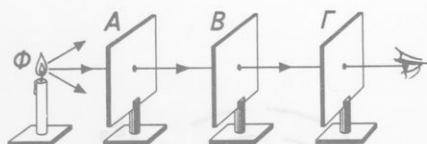
1. Τι είναι φώς; Πού διαδίδεται τό φώς;
2. Σε τί διακρίνουμε τά φωτεινά σώματα;
3. Πώς χωρίζονται τά διάφορα σώματα ως προς τη διαπερατότητά τους από τό φώς;
4. Πότε έχουμε έκπομπή φωτεινής ενέργειας;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

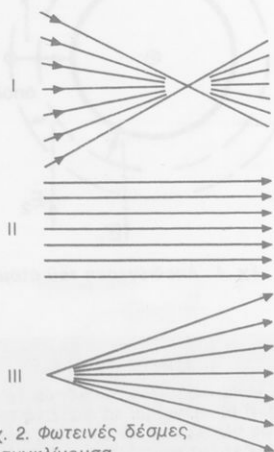
1. Τό φως είναι μία μορφή ακτινοβόλου ενέργειας πού διεγείρει το μάτι μας και μᾶς κάνει νά βλέπουμε. Ἡ μεταφορά τῆς φωτεινῆς ἐνέργειας ἀπό ἕνα σῶμα σέ ἄλλο γίνεται μέ ἠλεκτρομαγνητικά κύματα.
2. Τά φωτεινά σῶματα τά διακρίνουμε σέ αὐτόφωτα ἢ φωτεινές πηγές καί σέ ἐτερόφωτα.
3. Τά σῶματα, μέ βάση τή διαπερατότητά τους ἀπό τό φῶς, χωρίζονται σέ διαφανή, ἡμιδιαφανή καί ἀδιαφανή.
4. Φωτεινή ἐνέργεια παράγεται ὅταν ἠλεκτρόνια μεταπηδοῦν ἀπό τροχιά μεγαλύτερης ἀκτίνας (καί συνεπῶς μεγαλύτερης ἐνέργειας) σέ τροχιά μικρότερης ἀκτίνας.

46η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



Σχ. 1. Τό φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα



Σχ. 2. Φωτεινές δέσμες
I. συγκλίνουσα
II. παράλληλη
III. ἀποκλίνουσα

I. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ὅταν σέ σκοτεινό δωμάτιο ἀνάψουμε μία ἠλεκτρική λάμπα ἢ ἕνα κερί, παρατηροῦμε ὅτι ἀμέσως φωτίζονται ὅλα τά ἀντικείμενα (τοιχοί, ἐπιπλα κτλ), γιατί τό φῶς τῆς φωτεινῆς πηγῆς διαδίδεται ὁμοίομορφα πρὸς ὅλες τίς διευθύνσεις.

Γιά νά βροῦμε τόν τρόπο πού διαδίδεται τό φῶς, ἐκτελοῦμε τό ἐξῆς πείραμα.

Παίρνουμε τρία διαφράγματα (χαρτόνια) πού ἔχουν ἀπό μία ὀπή στό ἴδιο ὕψος καί τά τοποθετοῦμε πάνω σέ ἕνα τραπέζι (ἢ στήν ὀπτική τράπεζα τοῦ ἐργαστηρίου μας). (Σχ. 1).

Γιά νά δούμε τή φλόγα τοῦ κεριοῦ πρέπει οἱ τρεῖς ὀπές, ἢ φλόγα καί τό μάτι μας νά βρίσκονται στήν ἴδια εὐθεία γραμμῆ. Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι:

Τό φῶς μέσα σέ ἕνα ὁμογενές διαφανές μέσο διαδίδεται εὐθύγραμμα.

Φωτεινή ἀκτίνα ὀνομάζεται ἡ γραμμῆ πού ἀκολουθεῖ τό φῶς στή διάδοσή του.

Πολλές φωτεινές ἀκτίνες μαζί ἀποτελοῦν τή φωτεινή δέσμη.

Τίς φωτεινές δέσμες τίς διακρίνουμε σέ συγκλίνουσες, παράλληλες καί ἀποκλίνουσες (Σχ. 2).

II. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

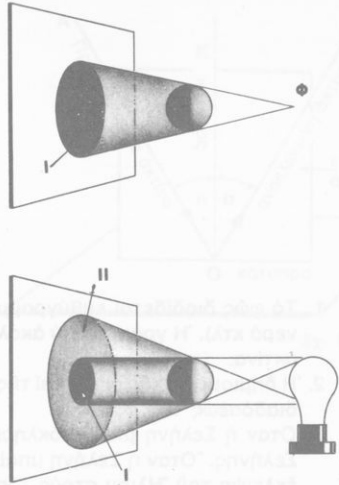
α Σκιά: Πίσω από ένα άδιαφανές σώμα που φωτίζεται από μία σημειακή φωτεινή πηγή, ο χώρος είναι σκοτεινός και ονομάζεται **σκιά** (Σχ. 3). "Όταν η φωτεινή πηγή έχει διαστάσεις, τότε δέν πηγαίνουμε από τη σκιά στο φωτισμένο χώρο άπτόμα αλλά βαθμιαία. Ο χώρος αυτός (Σχ. 3, II), πού φωτίζεται μόνο από μερικά σημεία της φωτεινής πηγής και περιβάλλει την κεντρική σκιά, ονομάζεται **παρασκιά**.

β "Εκλειψη 'Ηλιου και Σελήνης: "Ο "Ηλιος αποτελεί φωτεινή πηγή με μεγάλες διαστάσεις, ενώ η Γη και η Σελήνη είναι άδιαφανή σώματα με μικρότερες διαστάσεις. "Όταν τά τρία αυτά ούράνια σώματα βρεθούν ακριβώς πάνω στην ίδια εύθεια, παρατηρούμε τίσ έκλειψεις.

"Όταν η Σελήνη μπει όλόκληρη στή συγκλίνουσα κωνική σκιά της Γης (Σχ. 4), παύει νά φωτίζεται και γίνεται άόρατη από τη Γη. Τότε συμβαίνει **όλική** έκλειψη Σελήνης.

"Όταν η Σελήνη μπει μεταξύ "Ηλιου και Γης (Σχ. 5), ή συγκλίνουσα κωνική σκιά της πέφτει πάνω σέ μία περιορισμένη έπιφάνεια της Γης και, καθώς στρέφεται ή Γη, διαγράφει μία λωρίδα πλάτους έκατό περίπου χιλιομέτρων.

Στούς τόπους πού βρίσκονται μέσα στή σκιά παρατηρείται **όλική** έκλειψη "Ηλιου, ενώ στούς τόπους πού βρίσκονται στήν παρασκιά έχουμε **μερική** έκλειψη.



Σχ. 3. Σκιά (I) και παρασκιά (II)

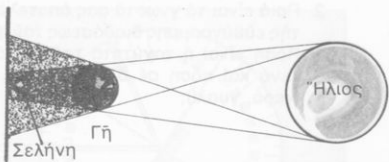
III. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

"Όταν βρέχει και άστράφτει, πρώτα βλέπουμε τήν άστραπή και μετά από λίγα δευτερόλεπτα ακούμε τή βροντή.

Αυτό συμβαίνει γιατί τό φώς διαδίδεται πάρα πολύ γρηγορότερα από τόν ήχο.

Πρώτος ό Δανός άστρονόμος Ραϊμερ (Römer) τό 1675 μέτρησε τήν ταχύτητα διαδόσεως του φωτός με άστρονομική μέθοδο. Σήμερα με πολύ άκριβείς μετρήσεις οί Φυσικοί βρήκαν ότι ή ταχύτητα του φωτός c στο κενό και περίπου στόν άέρα είναι 300.000 χιλιομέτρα τό δευτερόλεπτο. Έπομένως:

Ταχύτητα του φωτός $c = 300.000 \text{ Km/sec} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$. Για νά διανύσει τό φώς τήν άπόσταση "Ηλιος-Γη, πού είναι 150.000.000 Km, χρειάζεται 500 sec ή 8 min και 20 sec.



Σχ. 4. "Εκλειψη Σελήνης



Σχ. 5. "Εκλειψη "Ηλιου

Σημείωση: 1) Στά άλλα διαφανή υλικά (νερό, γυαλί κτλ) ή ταχύτητα του φωτός είναι μικρότερη. ($c_{\text{νερ}} = 225000 \text{ km/sec}$, $c_{\text{γυαλ}} = 200.000 \text{ km/sec}$). 2) Στήν αστρονομία, γιά τή μέτρηση τών τεράστιων αποστάσεων μεταξύ τών άστρων, χρησιμοποιούν ώς μονάδα μήκους τό διάστημα πού τρέχει τό φώς σέ ένα έτος. Τή μονάδα αύτή τήν ονομάζουμε έτος φωτός.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό φώς διαδίδεται εύθύγραμμα σέ όμογενή καί διαφανή μέσα (κενό, άέρας, νερό κτλ). Ή γραμμή πού άκολουθεί τό φώς στή διάδοσή του λέγεται φωτεινή άκτίνα.
2. Ή δημιουργία τής σκιάς καί τής παρασκιάς είναι άποτέλεσμα τής εύθύγραμμης διαδόσεως του φωτός.
3. "Όταν ή Σελήνη μπει όλόκληρη στή σκιά τής Γής έχουμε όλική έκλειψη τής Σελήνης. "Όταν ή Σελήνη μπαίνει άνάμεσα στον Ήλιο καί τή Γή έχουμε όλική έκλειψη του Ήλιου στους τόπους πού βρίσκονται στή σκιά τής Σελήνης καί μερική έκλειψη του Ήλιου στους τόπους πού βρίσκονται στήν παρασκιά τής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

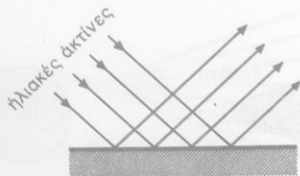
1. Τί ονομάζουμε φωτεινή άκτίνα, τί φωτεινή δέσμη καί σέ τί διακρίνουμε τίς φωτεινές δέσμες;
2. Ποιά είναι τά γνωστά σας άποτελέσματα τής εύθύγραμμης διαδόσεως του φωτός;
3. Πόση είναι ή ταχύτητα του φωτός στό κενό καί πόση σέ άλλα διαφανή υλικά (νερό, γυαλί);

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόσο χρόνο χρειάζεται τό φώς γιά νά διανύσει τήν άπόσταση Γής-Σελήνης, πού είναι 384.000km; Ή ταχύτητα του φωτός είναι 3.10^8 m/sec .
2. Νά βρείτε μέ πόσα Km ίσοῦται τό ένα έτος φωτός.

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ-ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ-ΕΙΔΩΛΑ



Σχ. 1. Άνάκλαση του φωτός

Ι. ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

α. "Εννοια τής άνακλάσεως. "Αν στήν πορεία τών ηλιακών ακτίνων πού μπαίνουν στήν αίθουσα μας, τοποθετήσουμε μία λεία καί στυλνή (γυαλιστερή) επίπεδη επιφάνεια, θά παρατηρήσουμε στον άπέναντι σκιερό τοίχο μία φωτεινή

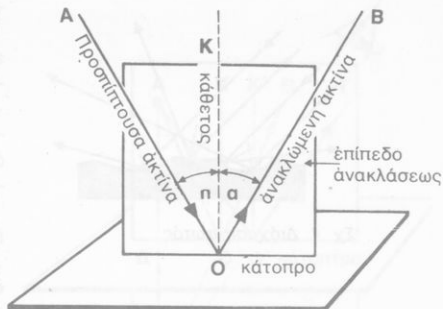
κηλίδα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ηλιακές ακτίνες αλλάζουν πορεία διαδόσεως, όταν συναντούν τη γυαλιστερή επιφάνεια (Σχ. 1).

Τό φαινόμενο αυτό καλείται **ανάκλαση** τού φωτός και ή λεία και στιλπνή επιφάνεια κάτοπτρο (καθρέφτης). "Αρα:

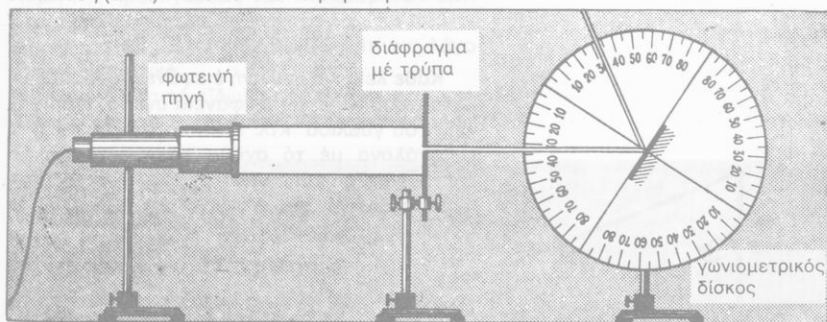
Ανάκλαση τού φωτός καλείται τό φαινόμενο κατά τό όποίο τό φώς αλλάζει πορεία, όταν προσπέσει πάνω σέ μία λεία και στιλπνή επιφάνεια.

Η ακτίνα ΑΟ (Σχ. 2) πού πέφτει πάνω στό κάτοπτρο λέγεται **προσπίπτουσα ακτίνα**, ενώ ή ΟΒ λέγεται **ανακλώμενη ακτίνα**. Αν φέρουμε τήν ΟΚ κάθετη πάνω στό επίπεδο κάτοπτρου, θά σχηματιστούν δύο γωνίες, ή γωνία προσπίτωσης π και ή γωνία ανακλάσεως α .

β. Νόμοι τής ανακλάσεως. Μέ τήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 3 μπορούμε νά βρούμε τούς νόμους τής ανακλάσεως. Γιά τό σκοπό αυτό τοποθετούμε ένα μικρό επίπεδο κάτοπτρο στό κέντρο τού γωνιομετρικού δίσκου και μέ τή βοήθεια ενός προβολέα στέλνουμε μία λεπτή παράλληλη δέσμη φωτός στό κάτοπτρο. Μετράμε τή γωνία προσπίτωσης π και τή γωνία ανακλάσεως α και βλέπουμε ότι είναι ίσες ($\alpha = \pi$). Από τό ίδιο πείραμα προκύπτει



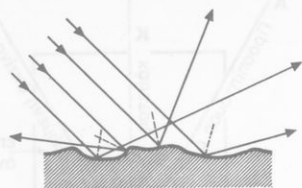
Σχ. 2.



Σχ. 3. Πειραματική διάταξη για τή μελέτη τών νόμων τής ανακλάσεως

έπίσης ότι ή προσπίπτουσα και ή ανακλώμενη ακτίνα βρίσκονται στό ίδιο επίπεδο μέ τήν επιφάνεια τού γωνιομετρικού δίσκου, ή όποια είναι κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια τού κατόπτρου. Από τό παραπάνω πείραμα προκύπτουν οί εξής νόμοι τής ανακλάσεως:

1. Η γωνία ανακλάσεως α είναι ίση μέ τή γωνία προσπίτωσης π ($\alpha = \pi$).



Σχ. 4. Διάχυση φωτός

2. Τό επίπεδο ανάκλασης, πού ορίζεται από τήν προσπίπτουσα καί τήν ανακλώμενη ακτίνα, είναι κάθετο στήν **ανάκλαστική επιφάνεια** του κάτοπτρου.

II. ΔΙΑΧΥΣΗ

“Αν στήν πορεία των ήλιακων ακτίνων θέσουμε μία τραχιά καί ανώμαλη επιφάνεια (π.χ. ένα χαρτί) (Σχ. 4), θα παρατηρήσουμε ότι τό φώς, πού πέφτει πάνω της, διασκορπίζεται στό γύρω χώρο, δηλ. διευθύνεται ακανόνιστα πρός όλες τίς διευθύνσεις, με αποτέλεσμα νά γίνεται τό χαρτί ορατό από παντού.

Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διάχυση** του φωτός. Ἡ διάχυση είναι ἡ αἰτία πού φωτίζομαστε μέσα στήν αἴθουσα. “Αν δέν ὑπῆρχε ἡ διάχυση του φωτός στά μόρια του αἴρα καί σέ ἄλλα σωματίδια τῆς ἀτμόσφαιρας, θα βλέπαμε μόνο τά σώματα ἐκεῖνα στά ὅποια τό φώς θα ἔπεφτε ἀπευθείας ἀπό τή φωτεινή πηγή. “Όλα τά ἄλλα σώματα δέ θα τά βλέπαμε.

Στή Σελήνη, πού δέν ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα καί δέ γίνεται διάχυση, ὅσα σώματα δέ φωτίζονται ἀπευθείας ἀπό τόν ἥλιο ἢ ἄλλη φωτεινή πηγή, εἶναι σκοτεινά, ἀόρατα. Ἐκεῖ ἡ μετάβαση ἀπό τό φώς στό σκοτάδι γίνεται πολύ ἀπότομα.

III. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

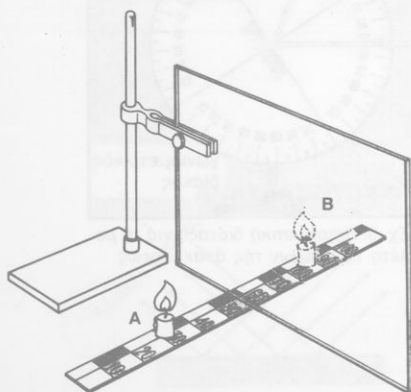
Κάθε λεία καί στιλπνή επιφάνεια ονομάζεται κάτοπτρο. Ἡ ἤρεμη επιφάνεια ὕγρου, ἡ επιφάνεια του γυαλιού κτλ. εἶναι κάτοπτρα.

Ἀνάλογα μέ τό σχῆμα τῆς ἀνακλαστικῆς επιφάνειας διακρίνουμε τά κάτοπτρα σέ **ἐπίπεδα, σφαιρικά, παραβολικά** κτλ.

Οἱ συνηθισμένοι καθρέφτες πού χρησιμοποιούμε στά σπιτία μας εἶναι ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἐχουν κατασκευαστεῖ ἀπό ἐπίπεδο γυαλί μέ ἐπαργυρωμένη τήν πίσω επιφάνεια. (Τά κάτοπτρα πού χρησιμοποιούνται γιά ἀκριβεῖς ἐπιστημονικές παρατηρήσεις ἔχουν ἐπαργυρωμένη τήν μπροστινή επιφάνεια του γυαλιού).

IV. ΕΙΔΩΛΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

“Αν σταθοῦμε μπροστά σέ ἕναν καθρέφτη, παρατηροῦμε πίσω ἀπό τό γυαλί του μία εἰκόνα του ἑαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καί τῶν ἀντικειμένων πού βρίσκονται μπροστά ἀπό τόν κα-



Σχ. 5.

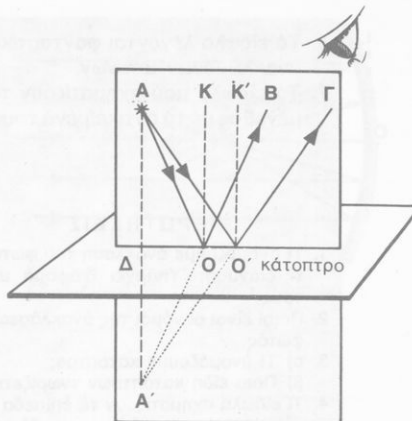
θρέφτη. Οι εικόνες αυτές πού δίνουν τά κάτοπτρα ονομάζονται **εἰδῶλα**.

Ἐπίσης, ἡ καθημερινή μας ἐμπειρία ἔξερουμε ὅτι τά εἰδῶλα τῶν ἀντικειμένων, πού σχηματίζονται ἀπό ἐπίπεδα κάτοπτρα, εἶναι ὁμοίωμα καί ἴσα σέ μέγεθος μέ τά ἀντικείμενα. Τά εἰδῶλα αὐτά σχηματίζονται πίσω ἀπό τό κάτοπτρο καί ἀπέχουν ἀπό αὐτό ὅσο ἀπέχουν καί τά ἀντικείμενά τους.

Τά συμπεράσματα αὐτά μπορούμε νά τά ἐπαληθεύσουμε καί μέ ἕνα ἀπλό πείραμα (Σχ. 5). Τοποθετοῦμε ἕνα ἀντικείμενο Α (ἀναμμένο κερι ἢ μολύβι) μπροστά ἀπό ἕνα τζάμι καί ἕνα ἴδιο ἀντικείμενο Β πίσω ἀπό τό τζάμι. (Τό ἐργαστήριο δέν πρέπει νά ἔχει πολύ φῶς). Μετακινοῦμε τό Β, ὥσπου νά συμπέσει μέ τό εἰδῶλο τοῦ Α καί μετράμε τήν ἀπόσταση τοῦ Β ἀπό τό κάτοπτρο. Ἔτσι βρίσκουμε ὅτι τό εἰδῶλο εἶναι συμμετρικό μέ τό ἀντικείμενο ὡς πρός τό ἐπίπεδο τοῦ κατόπτρου.

Στό Σχ. 6 φαίνεται ὁ σχηματισμός τοῦ εἰδῶλου Α' ἐνός φωτεινοῦ ἀντικειμένου Α. Οἱ ἀκτίνες φεύγουν ἀπό τό Α, ἀνακλῶνται στό κάτοπτρο καί εἰσέρχονται στό μάτι μας. Τό μάτι μας τότε σχηματίζει τήν ἐντύπωση ὅτι οἱ ἀκτίνες ἔρχονται ἀπό τό Α', τό ὁποῖο βρίσκεται στή τομή τῆς προεκτάσεως τῶν ἀνακλῶμενων ἀκτίνων. Τέτοια εἰδῶλα, πού σχηματίζονται ἀπό τίς προεκτάσεις τῶν ἀνακλῶμενων ἀκτίνων, λέγονται **φανταστικά**.

Γενικά ὅλα τά εἰδῶλα πού βλέπουμε κοιτάζοντας **μέσα** στό κάτοπτρο εἶναι **φανταστικά**.



Σχ. 6. Σχηματισμός εἰδῶλου φωτεινοῦ σημείου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἀνάκλαση τοῦ φωτός ονομάζεται τό φαινόμενο κατά τό ὁποῖο τό φῶς ἀλλάζει πορεία διαδόσεως, ὅταν πέσει πάνω σέ λεία καί στιλπνή ἐπιφάνεια.
2. Κάτοπτρο (καθρέφτης) λέγεται κάθε λεία καί στιλπνή ἐπιφάνεια, πού ἀνακλᾷ τό φῶς πρός ὀρισμένη κατεύθυνση.
3. Διάχυση τοῦ φωτός ονομάζεται τό φαινόμενο κατά τό ὁποῖο τό φῶς σκορπίζεται ἀκανόνιστα στό χώρο, ὅταν συναντᾷ μία τραχιά καί ἀνώμαλη ἐπιφάνεια.
4. Κατά τήν ἀνάκλαση α) ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση μέ τή γωνία προσπτώσεως καί β) τό ἐπίπεδο πού σχηματίζουν ἡ προσπίπτουσα καί ἡ ἀνακλῶμενη ἀκτίνα εἶναι κάθετο στήν ἀνακλαστική ἐπιφάνεια.
5. Τά κάτοπτρα, ἀνάλογα μέ τό σχῆμα τῆς ἀνακλαστικῆς τοῦς ἐπιφάνειας, τά διακρίνουμε σέ ἐπίπεδα, σφαιρικά, παραβολικά κτλ.

6. Τά είδωλα λέγονται φανταστικά όταν σχηματίζονται από τις προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων.
7. Τά είδωλα που σχηματίζουν τά επίπεδα κάτοπτρα είναι φανταστικά, ίσα σε μέγεθος με τά αντικείμενά τους και σε συμμετρική θέση ως προς τό κάτοπτρο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι όνομάζουμε ανάκλαση του φωτός και τί διάχυση; Υπάρχει διαφορά μεταξύ τους;
2. Ποιοί είναι οι νόμοι τής ανάκλασεως του φωτός;
3. α) Τι όνομάζουμε κάτοπτρα; β) Ποιά είδη κατόπτρων γνωρίζετε;
4. Τι είδωλα σχηματίζουν τά επίπεδα κάτοπτρα και τί σχέση έχουν μεταξύ τους οι αποστάσεις των αντικειμένων και ειδώλων από τά κάτοπτρα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Άν ένα κερί έχει ύψος 10 cm και απέχει από ένα επίπεδο κάτοπτρο 20 cm, πόσο ύψος θά έχει τό είδωλό του και πόσο θά απέχει από τό κάτοπτρο;
2. Ένας άνθρωπος βρίσκεται μπροστά από ένα επίπεδο κάτοπτρο. α) Πόσο απέχει από τό κάτοπτρο αν ή απόστασή του από τό είδωλό του είναι 1,5 m; β) Ποιά θά είναι ή απόστασή του από τό είδωλό του, αν πλησιάσει προς τόν καθρέφτη ένα βήμα = 0,5 m;

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Ι. ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ



Σχ. 1.

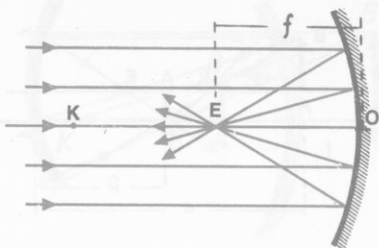
Στά σφαιρικά κάτοπτρα ή ανακλαστική επιφάνεια είναι τμήμα επιφάνειας σφαίρας.* Διακρίνουμε δύο είδη σφαιρικών κατόπτρων: **τά κοίλα**, που έχουν για ανακλαστική επιφάνεια τό έσωτερικό τής σφαίρας και **τά κυρτά** που έχουν για ανακλαστική επιφάνεια τό έξωτερικό τής σφαίρας.

Σέ κάθε σφαιρικό κάτοπτρο διακρίνουμε τά εξής βασικά στοιχεία (Σχ. 1).

Τό **κέντρο καμψυλότητας Κ** του κατόπτρου, που είναι τό κέντρο τής σφαίρας. Τήν **άκτινα καμψυλότητας R** του κατόπτρου, που είναι ή άκτινα τής σφαίρας. Τό μέσο **Ο** τής ανακλαστι-

* Άκριβέστερα: σφαιρική ζώνη με μία βάση.

κής επιφάνειας, που λέγεται **κορυφή** του κατόπτρου. Τήν ευθεία ΚΟ που περνάει από τό κέντρο καμπυλότητας Κ καί από τήν κορυφή Ο καί λέγεται **κύριος άξονας** καί τή γωνία ΑΚΒ που όνομάζεται **άνοιγμα** του κατόπτρου.



Σχ. 2. Κύρια έστία κοίλου κατόπτρου

II. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

α. Κύρια έστία. Πείραμα. Άφήνουμε μία φωτεινή δέσμη από παράλληλες προς τόν κύριο άξονα άκτίνες νά πέσει στο κοίλο κατόπτρο (Σχ. 2). Παρατηρούμε ότι όλες οι άκτίνες μετά τήν ανάκλασή τους συγκεντρώνονται σ' ένα σημείο Ε, που όνομάζεται **κύρια έστία** του κατόπτρου. Ή απόσταση ΕΟ τής κύριας έστίας από τήν κορυφή Ο του κατόπτρου λέγεται **έστιακή απόσταση** καί συμβολίζεται με τό γράμμα *f*. Άποδεικνύεται ότι:

Ή **έστιακή απόσταση *f*** του κοίλου σφαιρικού κατόπτρου ίσοῦται με τό μισό τής άκτίνας καμπυλότητας *R*.

$$f = \frac{R}{2}$$

β. Είδωλο αντικειμένου.

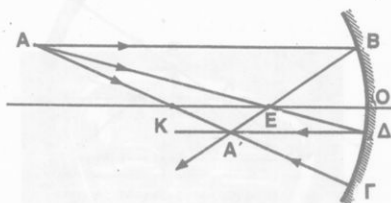
1. Πορεία άκτίνων. Για νά κατασκευάσουμε τά είδωλα τών αντικειμένων γρήγορα καί σωστά πρέπει νά μάθουμε νά χαράζουμε τήν πορεία όρισμένων φωτεινών άκτίνων (Σχ. 3).

Όταν μία άκτίνα είναι παράλληλη προς τόν κύριο άξονα, όπως ή ΑΒ, μετά τήν ανάκλασή της θά περάσει από τήν κύρια έστία Ε του κατόπτρου. Άντίστροφα, όταν ή άκτίνα περνά από τήν κύρια έστία, όπως ή ΑΕΔ, μετά τήν ανάκλασή της θά ακολουθήσει διεύθυνση παράλληλη προς τόν κύριο άξονα.

Άκτίνα, όπως ή ΑΚΓ, που περνά από τό κέντρο καμπυλότητας Κ, μετά τήν ανάκλασή της ακολουθεί τήν αντίστροφη πορεία ΓΚΑ, γιατί προσπίπτει κάθετα στο κατόπτρο.

2. Σχηματισμός του είδωλου φωτεινού σημείου. Για νά σχηματίσουμε τό είδωλο ενός φωτεινού σημείου Α, αρκεί νά χαράξουμε τήν πορεία δύο άκτίνων που ξεκινούν από αυτό. Τό σημείο Α', στο όποιο τέμνονται οι ανακλώμενες άκτίνες, αποτελεί τό είδωλο του Α. (Σχ. 3).

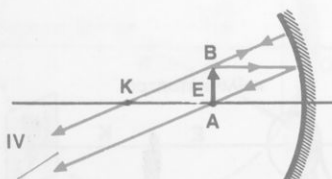
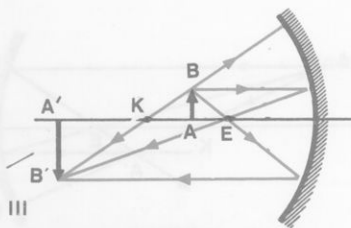
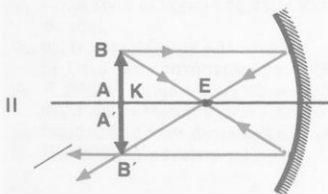
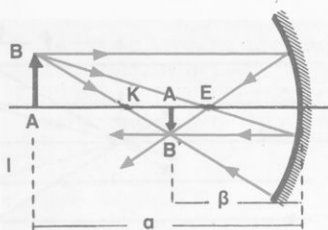
3. Σχηματισμός του είδωλου φωτεινού αντικειμένου.



Σχ. 3. Πορεία όρισμένων φωτεινών άκτίνων



Σχ. 4. Σχηματισμός πραγματικού είδωλου ενός αντικειμένου



Σχ. 5. Διάφορες περιπτώσεις σχηματισμού πραγματικού ειδώλου

Πειραματικός τρόπος. Τοποθετούμε ένα αντικείμενο (π.χ. ένα κερί) πάνω στον κύριο άξονα και μεταξύ κύριας έστιας E και κέντρου καμπυλότητας K ενός κοίλου κατόπτρου (Σχ. 4). Τότε πάνω σε ένα διάφραγμα Δ σχηματίζεται είδωλο **αντιστραμμένο, μεγαλύτερο** και **πραγματικό**. Με τόν ίδιο τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε τό πραγματικό είδωλο για διάφορες αποστάσεις του αντικειμένου από τό κάτοπτρο.

Γραφικός τρόπος. Έφαρμόζοντας τούς κανόνες πού μās δίνουν τήν πορεία όρισμένων φωτεινών ακτίνων, μπορούμε νά βρούμε τή θέση και τό μέγεθος του ειδώλου A'B' για διάφορες θέσεις του αντικειμένου AB (Σχ. 5). Για τό σκοπό αυτό σχεδιάζουμε όρισμένες ακτίνες πού ξεκινούν από τήν κορυφή B του αντικειμένου και βρίσκουμε τή θέση τής κορυφής B' του ειδώλου.

Από τά σχέδια αυτά προκύπτουν τά εξής:

I. Όταν τό αντικείμενο βρίσκεται πέρα από τό κέντρο καμπυλότητας, τό είδωλο είναι αντιστραμμένο, μικρότερο και πραγματικό (Σχ. 5, I).

II. Όταν τό αντικείμενο τοποθετείται πάνω στό κέντρο καμπυλότητας, τό είδωλο είναι αντιστραμμένο, ίσο σε μέγεθος μέ τό αντικείμενο και πραγματικό (Σχ. 5, II). Τό είδωλο σχηματίζεται στό κέντρο καμπυλότητας.

III. Όταν τό αντικείμενο τοποθετείται μεταξύ κύριας έστιας και κέντρου καμπυλότητας, τό είδωλο σχηματίζεται πέρα από τό κέντρο καμπυλότητας, είναι αντιστραμμένο, μεγαλύτερο και πραγματικό.

IV. Όταν τό αντικείμενο τοποθετείται πάνω στήν κύρια έστία, τό είδωλο σχηματίζεται στό άπειρο.

Γενικά, σε όλες τές περιπτώσεις πού τό αντικείμενο βρίσκεται πέρα από τήν κύρια έστία του κατόπτρου, τό είδωλο είναι **αντιστραμμένο** και **πραγματικό**.

V. Αν τό αντικείμενο τεθεί μεταξύ κύριας έστιας και κορυφής του κατόπτρου (Σχ. 6), τό είδωλο σχηματίζεται από τές προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων και γι' αυτό είναι **φανταστικό**. Από τό σχέδιο και από τό πείραμα προκύπτει επίσης ότι τό είδωλο είναι **όρθο** και **μεγαλύτερο** από τό αντικείμενο.

III. ΚΥΡΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Στά κυρτά κάτοπτρα ή κύρια έστια είναι **φανταστική**, γιατί σχηματίζεται από τής προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων (Σχ. 7). Η έστιακή απόσταση f είναι—όπως και στά κοίλα κάτοπτρα— ίση μέ τό μισό τής ακτίνας καμπυλότητας R :

$$f = \frac{R}{2}$$

Τά κυρτά κάτοπτρα σχηματίζουν πάντοτε είδωλα **φανταστικά, όρθια και μικρότερα**, όταν τά αντικείμενά τους είναι πραγματικά (Σχ. 8). Συνήθως τά χρησιμοποιούμε στά αυτοκίνητα γιά νά παρακολουθούμε τά όχήματα πού μās ακολουθούν και τήν περιοχή πού βρίσκεται πίσω μας.

IV. ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

Αν καλέσουμε α τήν απόσταση του αντικειμένου από τό κάτοπτρο, β τήν απόσταση του είδωλου από τό κάτοπτρο και f τήν έστιακή απόσταση του κατόπτρου (Σχ. 5, 1), τότε αποδεικνύεται ότι ισχύει ή σχέση:

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$	Τύπος των σφαιρικών κατόπτρων
--	-------------------------------

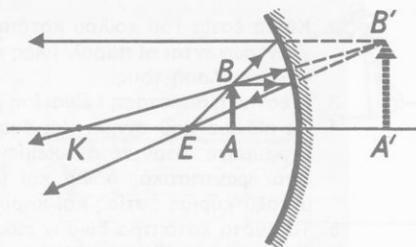
Θά πρέπει νά τονίσουμε ότι, στον τύπο αυτό, θά βάζουμε τό β άρνητικό, όταν τό είδωλο του κοίλου κατόπτρου μās λένε ότι είναι φανταστικό. Επίσης θά βάζουμε τό β και τό f (ή τό R) άρνητικά, όταν χρησιμοποιούμε τόν τύπο στά κυρτά κάτοπτρα, γιατί τά είδωλα και ή κύρια έστια τους είναι φανταστικά.

Μεγέθυνση. Ένα άλλο μέγεθος πού ενδιαφέρει στά κάτοπτρα είναι ή μεγέθυνση m , πού εκφράζεται μέ τό λόγο του ύψους του είδωλου ($A'B'$) πός τό ύψος του αντικειμένου (AB):

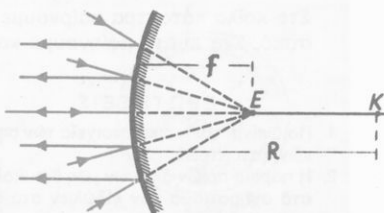
$$m = \frac{(A'B')}{(AB)}$$

Γιά τή μεγέθυνση αποδεικνύεται ότι ισχύει:

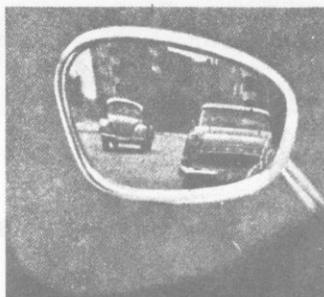
$$m = \frac{(A'B')}{(AB)} = \frac{\beta}{\alpha}$$



Σχ. 6. Σχηματισμός φανταστικού είδωλου



Σχ. 7. Κύρια έστια κυρτού κατόπτρου



Σχ. 8. Είδωλα κυρτών κατόπτρων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά κάτοπτρα πού έχουν σφαιρική ανακλαστική επιφάνεια λέγονται σφαιρικά. Στά κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα ανακλαστική επιφάνεια είναι ή έσωτερική επιφάνεια, ενώ στά κυρτά είναι ή έξωτερική επιφάνεια τής σφαίρας.

2. Κύρια έστία του κοίλου κατόπτρου ονομάζεται τό σημείο E, στο οποίο συγκεντρώνονται οι παράλληλες προς τόν κύριο άξονα φωτεινές άκτίνες μετά τήν ανάκλασή τους.
3. Ή έστιακή απόσταση f είναι ίση μέ τό μισό τής άκτίνας καμπυλότητας, $f=R/2$.
4. Τά είδωλα πού σχηματίζεϊ ένα κοίλο κάτοπτρο είναι πραγματικά καί αντι-στραμμένα, όταν τό αντικείμενο βρίσκεται πέρα από τήν κύρια έστία, ενώ είναι φανταστικά, όρθια καί μεγαλύτερα, όταν τό αντικείμενο βρίσκεται μεταξύ κύριας έστίας καί κορυφής του κατόπτρου.
5. Τά κυρτά κάτοπτρα δίνουν είδωλα φανταστικά, όρθια καί μικρότερα από τό αντικείμενο, γιά κάθε θέση του (πραγματικού) αντικείμενου.
6. Οι τύποι πού ισχύουν στά σφαιρικά κάτοπτρα είναι:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \text{ καί } m = \frac{(A'B')}{(AB)} = \frac{\beta}{a}$$

Στά κοίλα κάτοπτρα παίρνουμε τό β άρνητικό, όταν τό είδωλο είναι φανταστικό. Στά κυρτά παίρνουμε καί τό β καί τό f (ή τό R) άρνητικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

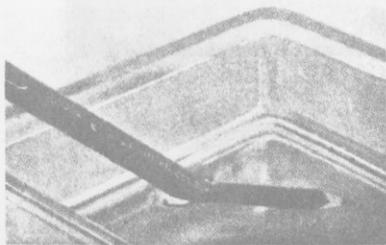
1. Ποιά είναι τά βασικά στοιχεία τών σφαιρικών κατόπτρων;
2. Ή πορεία ποιών άκτίνων μās διευκολύνει στο σχηματισμό τών ειδώλων στα σφαιρικά κάτοπτρα;
3. Τί είδωλά μās δίδουν: α) τά επίπεδα β) τά κοίλα καί γ) τά κυρτά κάτοπτρα;
4. Ποιοί τύποι ισχύουν στα σφαιρικά κάτοπτρα;
5. Νά εφαρμόσετε τούς τύπους τών σφαιρικών κατόπτρων, γιά τά επίπεδα κάτοπτρα, λαμβάνοντας $1/f = 2/R = 0$. Ποιά συμπεράσματα προκύπτουν;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο έχει άκτίνα καμπυλότητας $R = 40$ cm. Φωτεινό αντικείμενο τοποθετείται πάνω στον κύριο άξονα καί σε απόσταση 30 cm από τό κάτοπτρο. Νά βρεθεί ή θέση καί τό είδος του ειδώλου.
2. Μπροστά σε κυρτό κάτοπτρο έστιακής αποστάσεως -40 cm, έχει τοποθετηθεί ένα φωτεινό αντικείμενο. Τό φανταστικό είδωλο του αντικείμενου σχηματίζεται σε απόσταση 24 cm από τό κάτοπτρο. Νά βρεθεί πόσο απέχει τό αντικείμενο από τό κάτοπτρο.

49η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



Σχ. 1.

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σέ λεκάνη μέ αρκετό νερό βυθίζουμε πλάγια μία ράβδο ή τό μολύβι μας. Παρατηρούμε ότι τό μολύβι φαίνεται σπασμένο «λυγισμένο» στο σημείο πού βυθίζεται στο νερό (Σχ. 1).

Έπίσης στη θάλασσα βλέπουμε τά ψάρια ή τίς πέτρες ψηλότερα από τήν πραγματική τους θέση (Σχ. 2). Τά φαινόμενα αυτά οφείλονται στη διάθλαση του φωτός.

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

Γιά νά μελετήσουμε τό φαινόμενο τής διαθλάσεως, χρησιμοποιούμε τή διάταξη πού χρησιμοποιήσαμε στή μελέτη τής ανακλάσεως (Σχ. 3). Στο κέντρο του γωνιομετρικού κύκλου τοποθετούμε ένα γυάλινο ημικύλινδρο Κ και αφήνουμε μία λεπτή μονοχρωματική δέσμη φωτός νά πέσει πλάγια στήν επίπεδη επιφάνειά του. Παρατηρούμε τότε, εκτός από τήν ανάκλαση, ότι οι φωτεινές ακτίνες πού εισέρχονται στό γυάλινο ημικύλινδρο δέ συνεχίζουν τήν ευθύγραμμη πορεία τους, αλλά λυγίζουν καί πλησιάζουν τήν κάθετο στό σημείο προσπτώσεως. Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάθλαση. Έπομένως:

Διάθλαση του φωτός ονομάζεται ή αλλαγή πορείας πού παθαίνει τό φώς, όταν περνά από ένα διαφανές μέσο σέ άλλο διαφανές μέσο, όπτικά διαφορετικό από τό πρώτο.

Ή φωτεινή ακτίνα ΑΟ (Σχ. 4), πού πέφτει στή διαχωριστική επιφάνεια των δύο διαφανών μέσων, λέγεται **προσπίπτουσα** καί ή ακτίνα ΟΓ, πού προχωρεί στό άλλο διαφανές μέσο (τό νερό), λέγεται **διαθλώμενη**. Ή γωνία π, πού σχηματίζεται από τήν προσπίπτουσα ακτίνα καί τήν κάθετο στή διαχωριστική επιφάνεια, λέγεται **γωνία προσπτώσεως** καί ή γωνία δ γωνία διαθλάσεως.

Σέ προηγούμενη ένότητα μάθαμε ότι τό φώς διαδίδεται μέ διαφορετική ταχύτητα στά διάφορα διαφανή υλικά (π.χ. αέρα, νερό κτλ.).

Ό λόγος των ταχυτήτων του φωτός σέ δύο όρισμένα διαφανή μέσα είναι σταθερός καί εκφράζει ένα νέο φυσικό μέγεθος πού λέγεται δεικτής διαθλάσεως n.

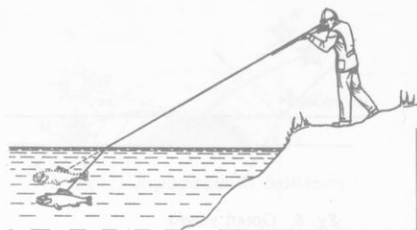
Γιά τά δύο μέσα του Σχ. 4 (αέρας-νερό) έχουμε δεικτή διαθλάσεως του νερού ως πρός τον αέρα:

$$n = \frac{c_{\text{αερ.}}}{c_{\text{νερ.}}} = \frac{300.000 \text{ Km/sec}}{225.000 \text{ Km/sec}} = 1,33$$

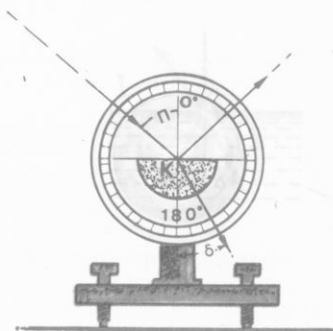
Ένα διαφανές μέσο λέγεται όπτικά πυκνότερο από ένα άλλο, όταν ή ταχύτητα του φωτός σ' αυτό είναι μικρότερη. Π.χ. τό γυαλί είναι όπτικά πυκνότερο από τό νερό γιατί:

$c_{\text{γυαλ.}} < c_{\text{νεροϋ.}}$ ($c_{\text{γυαλ.}} \approx 200000 \text{ Km/sec}$) ή

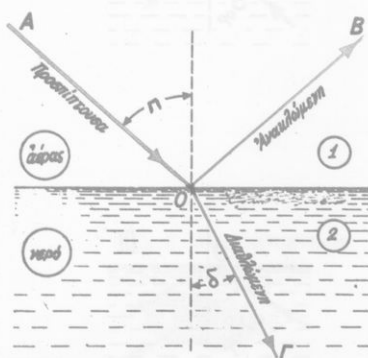
$n_{\text{γυαλ.}} > n_{\text{νεροϋ}}$



Σχ. 2. Φαινομενική άνύψωση των άντικειμένων.



Σχ. 3. Πειραματική μελέτη των νόμων τής διαθλάσεως



Σχ. 4.

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

Από τὰ πειράματα (Σχ. 3&4) προκύπτουν οι εξής νόμοι της διαθλάσεως:

1. Τό επίπεδο πού σχηματίζουν ή προσπίπτουσα καί ή διαθλώμενη ακτίνα (επίπεδο διαθλάσεως) είναι κάθετο στή διαχωριστική επιφάνεια τών δύο διαφανών μέσων.

2. Ό λόγος τών ταχυτήτων του φωτός σε δύο όρισμένα διαφανή μέσα είναι σταθερός καί εκφράζει τό δείκτη διαθλάσεως του μέσου (2) από τό όποιο έρχεται. $n = c_1/c_2$

Όταν τό φώς πέφτει κάθετα στή διαχωριστική επιφάνεια, συνεχίζει την ευθύγραμμη πορεία του χωρίς νά πάθει διάθλαση.

IV. ΟΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ-ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

α. Όρική γωνία. Άν στά πειράματα (Σχ 3 καί 4) αύξήσουμε τή γωνία προσπτώσεως π , θά παρατηρήσουμε ότι αύξάνεται καί ή γωνία διαθλάσεως δ . Η γωνία προσπτώσεως όμως μπορεί νά αύξηθει τό πολύ μέχρι 90° , όποτε ή γωνία διαθλάσεως γίνεται μέγιστη καί λέγεται όρική γωνία δ_{op} . (Σχ. 5) Άρα:

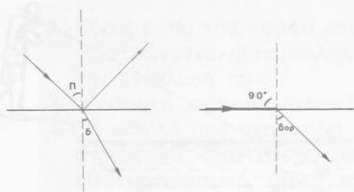
Όρική γωνία δ_{op} λέγεται ή γωνία διαθλάσεως πού αντίστοιχεί σε γωνία προσπτώσεως 90° , όταν τό φώς διαδίδεται από όπτικά άραιότερο σε όπτικά πυκνότερο μέσο.

β. Όλική ανάκλαση. Όταν τό φώς διαδίδεται από τό νερό στον άέρα, ή διαθλώμενη ακτίνα απομακρύνεται από την κάθετο (Σχ. 6). Άν ή γωνία προσπτώσεως είναι μικρότερη από την όρική γωνία δ_{op} , τότε μέρος του φωτός παθαίνει ανάκλαση στή διαχωριστική επιφάνεια καί μέρος παθαίνει διάθλαση.

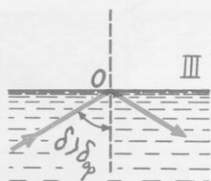
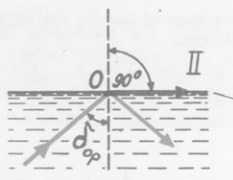
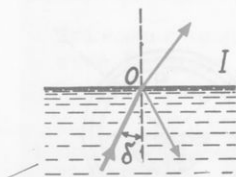
Άν όμως ή γωνία προσπτώσεως γίνει μεγαλύτερη από την όρική γωνία, τότε τό φώς παθαίνει μόνο ανάκλαση.

Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **όλική ανάκλαση** καί παρατηρείται μόνο όταν τό φώς πηγαίνει από όπτικά πυκνότερο, σε όπτικά άραιότερο διαφανές μέσο.

Τό φαινόμενο της όλικής ανάκλασεως τό εκμεταλλευόμαστε σε ειδικά πρίσματα πού

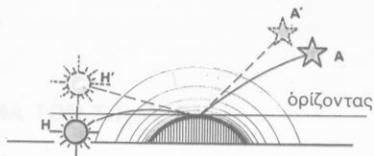


Σχ. 5. Όρική γωνία.



Σχ. 6. Όλική ανάκλαση (iii)

χρησιμοποιούνται στά περισκόπια καί άλλα επισημονικά όργανα. Στήν Ίατρική χρησιμοποιούνται ειδικοί φωταγωγοί μέ ΐνες από κατάλληλο εύκαμπτο διαφανές ύλικό γιά παρατηρήσεις (ένδοσκοπήσεις) στομάχου κτλ. Ή λειτουργία τών φωταγωγών αυτών στηρίζεται στό φαινόμενο τής όλικής ανάκλασεως.



Σχ. 7. Άτμοσφαιρική διάθλαση

V. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

α. Ένα από τά αποτελέσματα τής διαθλάσεως τού φωτός είναι ή **φαινομενική άνύψωση** τών αντικειμένων πού βρίσκονται μέσα στό νερό (Σχ. 1 καί Σχ. 2).

β. Ό άέρας στά ψηλότερα στρώματα είναι όπτικά άραιότερος. Μία φωτεινή άκτίνα πού έρχεται από τόν Ήλιο ή κάποιον άστέρα, καθώς περνά από τά άραιότερα στρώματα τού άέρα πρós τά κατώτερα καί πυκνότερα, παθαίνει διαδοχικές διαθλάσεις μέ άποτέλεσμα νά καμπυλώνεται (Σχ. 7). Όταν ή άκτίνα φθάσει στό μάτι μας, βλέπουμε τόν Ήλιο ή τόν άστέρα στήν προέκταση τής φωτεινής άκτίνας, δηλ. ψηλότερα από τήν πραγματική του θέση.

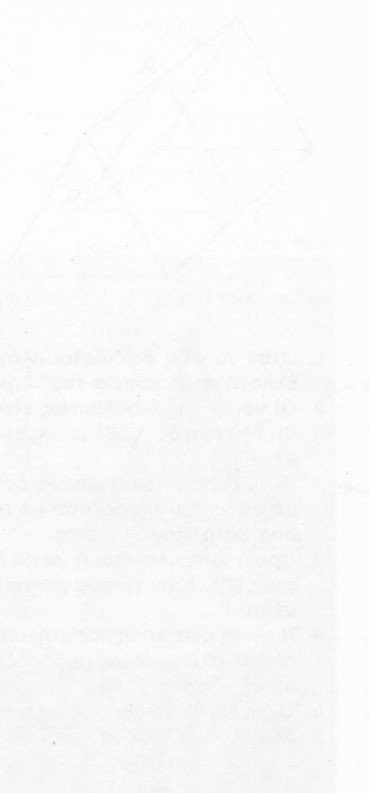
Τό φαινόμενο αυτό λέγεται **άτμοσφαιρική διάθλαση**.

Ή φαινομενική άνύψωση τού άστέρα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο πιό κοντά πρós τόν όρίζοντα βρίσκεται ό άστέρας. Όταν ό άστέρας βρίσκεται στό Ζενίθ, δέν έχουμε άνύψωση. Έξαιτίας τής άτμοσφαιρικής διαθλάσεως, ό Ήλιος φαίνεται πάνω από τόν όρίζοντα παρ' ότι δέν έχει ανατείλει τό πρωί ή έχει πρίν από λίγο δύσει τό βράδυ.

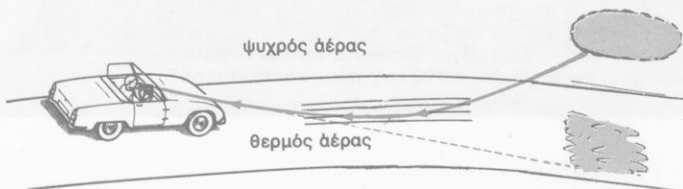
γ. **Άντικατοπτρισμός.** Ό άντικατοπτρισμός είναι φαινόμενο πού παρατηρούμε στίς έρήμους καί στούς άσφαλτοστρωμένους δρόμους τίς πολύ θερμές μέρες καί έξηγεΐται ως έξής:

Όταν ό άέρας πού βρίσκεται κοντά στό έδαφος θερμαίνεται πολύ, γίνεται άραιότερος από τά πιό ψηλά στρώματα καί συνεπώς όπτικά άραιότερος.

Μία φωτεινή άκτίνα πού έρχεται από ένα



Σχ. 8. Άντικατοπτρισμός



άντικείμενο, καμπυλώνεται συνεχώς, γιατί μπαίνει σε όπτικα αραιότερα στρώματα. Σε κάποια στιγμή παθαίνει **όλική ανάκλαση**. Τότε ή ακτίνα ακολουθεί συμμετρική πορεία και φθάνει στο μάτι του παρατηρητή (Σχ. 8).

Ο παρατηρητής βλέπει τό αντικείμενο αντίστροφο, σαν να υπήρχε ένα επίπεδο κάτοπτρο μεταξύ παρατηρητή και αντικειμένου. Στις ερήμους, όπου δεν υπάρχουν αντικείμενα, αντικατοπτρίζεται ο ούρανός, ο οποίος δημιουργεί στον ταξιδιώτη τήν εντύπωση άπεραντης λίμνης.

Τό ίδιο μπορεί να συμβεί τό καλοκαίρι και στους δικούς μας ασφαλτοστρωμένους δρόμους, όποτε μάς φαίνεται ο δρόμος γυαλιστερός σαν να έχει καταβρεχτεί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όταν τό φώς διαδίδεται πλάγια από ένα διαφανές μέσο σε άλλο, παθαίνει άλλαγή στήν πορεία του, δηλ. διάθλαση.
2. Οί νόμοι τής διαθλάσεως είναι οί έξής:
 - α) Τό επίπεδο διαθλάσεως είναι κάθετο στή διαχωριστική επιφάνεια τών δύο μέσων.
 - β) Ο δείκτης διαθλάσεως ενός μέσου ως προς ένα άλλο είναι ένα φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό σταθερό λόγο τών ταχυτήτων του φωτός στά δύο αυτά διαφανή μέσα.
3. Όρική γωνία λέγεται ή γωνία διαθλάσεως πού αντιστοιχεί σε γωνία προσπτώσεως 90° , όταν τό φώς μπαίνει από όπτικά αραιότερο σε όπτικά πυκνότερο μέσο.
4. Η όλική ανάκλαση παρατηρείται όταν τό φώς πηγαίνει από όπτικά πυκνότερο σε όπτικά αραιότερο μέσο και ή γωνία προσπτώσεως γίνει μεγαλύτερη από τήν όρική γωνία.
5. Ο αντικατοπτρισμός όφείλεται σε συνδυασμό άτμοσφαιρικής διαθλάσεως και όλικής ανακλάσεως και παρατηρείται όταν τό έδαφος είναι πολύ θερμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι και σε τί όφείλεται ή διάθλαση του φωτός;
2. Ποιοί είναι οί νόμοι τής διαθλάσεως;
3. Τι είναι όρική γωνία;
4. Πότε συμβαίνει όλική ανάκλαση και ποιές εφαρμογές βρίσκει τό φαινόμενο αυτό;
5. Τι είναι και πώς εξηγείται ο αντικατοπτρισμός;

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

I. ΟΠΤΙΚΟ ΠΡΙΣΜΑ

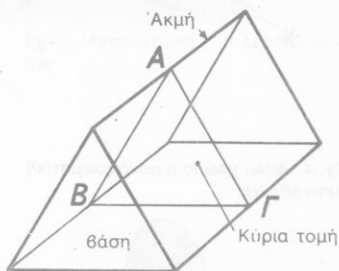
α. **Έννοια του οπτικού πρίσματος.** Οπτικό πρίσμα είναι ένα διαφανές μέσο που περιορίζεται από δύο τεμνόμενες επίπεδες έδρες, που σχηματίζουν διέδρη γωνία (Σχ. 1). Στο πρίσμα διακρίνουμε τη βάση, την άκμή, τη διαθλαστική γωνία A και την κύρια τομή του πρίσματος.

β. **Διάθλαση με πρίσμα.** Θεωρούμε ότι σε μία κύρια τομή ενός πρίσματος πέφτει πλάγια μία μονοχρωματική δέσμη (Σχ. 2). Η δέσμη διαθλάται πρώτα όταν εισχωρεί στο πρίσμα και πάλι όταν βγαίνει στον αέρα.

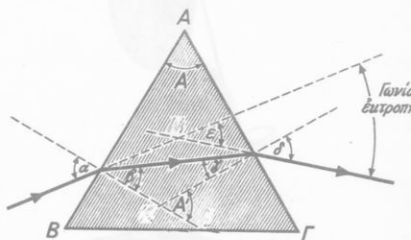
Παρατηρούμε ότι η εξερχόμενη δέσμη παθαίνει έκτροπή κατά μία γωνία και πλησιάζει προς τη βάση του πρίσματος. Τη γωνία ϵ , που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις της προσπίπτουσας και της εξερχόμενης ακτίνας, ονομάζουμε **γωνία έκτροπής**.

II. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

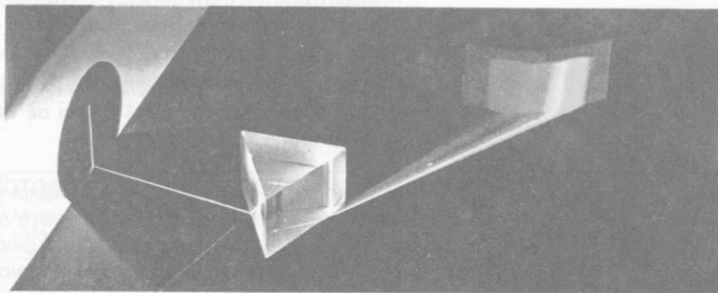
Αφήνουμε μία παράλληλη δέσμη λευκού φωτός - λευκό φως δίνει ο Ήλιος και οι λαμπτήρες πυρακτώσεως - να πέσει πλάγια πάνω στο πρίσμα (Σχ. 3). Θα παρατηρήσουμε ότι το λευκό φως, εκτός από έκτροπή, παθαίνει και **ανάλυση**.



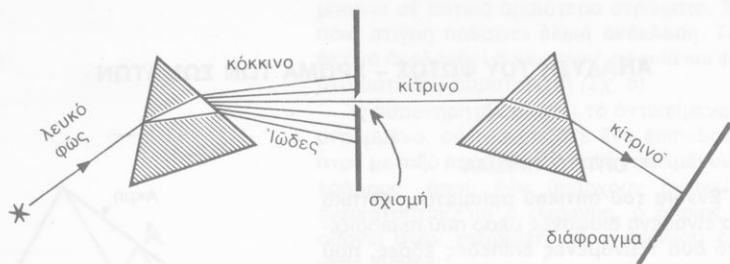
Σχ. 1. Οπτικό πρίσμα



Σχ. 2. Διάθλαση του φωτός με πρίσμα



Σχ. 3. Ανάλυση λευκού φωτός με πρίσμα



Σχ. 4. Άπλό χρώμα ή μονοχρωματική ακτινοβολία

Αν πίσω από τό πρίσμα τοποθετήσουμε ένα λευκό διάφραγμα, θά λάβουμε μία συνεχή έγχρωμη ταινία πού αποτελείται από τά εξής κατά σειρά χρώματα: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανό καί ιώδες.

Η μετάβαση από τό ένα χρώμα στό άλλο δέν είναι άπτόμη αλλά βαθμιαία. Κάθε χρώμα του φάσματος ονομάζεται καί ακτινοβολία, π.χ. κίτρινη ακτινοβολία κτλ.

Η έγχρωμη ταινία καλείται **φάσμα** καί τό φαινόμενο **άναλυση** του λευκού φωτός.

III. ΑΠΛΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Απομονώνουμε μία ακτινοβολία του φάσματος (π.χ. την κίτρινη) καί την αφήνουμε νά περάσει από ένα άλλο πρίσμα (Σχ. 4). Παρατηρούμε ότι ή ακτινοβολία αυτή παθαίνει μόνο έκτροπή, αλλά δέν αναλύεται σέ άλλες ακτινοβολίες.

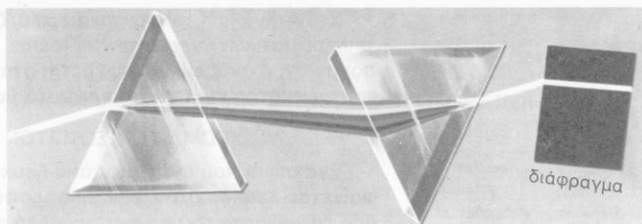
Λέμε τότε ότι ή ακτινοβολία (τό χρώμα) είναι **άπλή** ή ότι τό φώς είναι **μονοχρωματικό**.

Άρα:

Τά χρώματα του φάσματος του λευκού φωτός είναι άπλά καί δέν αναλύονται σέ άλλα άπλούστερα.

IV. ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

Αν συγκεντρώσουμε τά χρώματα, στά όποια αναλύθηκε από ένα πρίσμα τό λευκό φώς, μέ ένα συγκλίνοντα φακό ή μέ ένα άλλο όμοιο πρίσμα, θά παρατηρήσουμε ότι σχηματίζεται μία λευκή ταινία (Σχ. 5). Τό φαινόμενο αυτό λέγεται **άνασύνθεση** του λευκού φωτός.



Τὴν ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός μποροῦμε νὰ τὴ δείξουμε καί μὲ ἕναν ἐγχρωμο δίσκο, πού λέγεται **δίσκος τοῦ Νεύτωνα** (Σχ. 6). Πάνω στό δίσκο ὑπάρχουν σέ κυκλικούς τομεῖς τὰ χρώματα τοῦ φάσματος (κόκκινο, πορτοκαλί κτλ.) καί σέ ἔκταση ἀνάλογη πρὸς τὴν ἔκταση πού ἔχουν αὐτὰ στό φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὄταν περιστρέφεται γρήγορα ὁ δίσκος, τὰ χρώματα ἀναμειγνύονται μέσα στό μάτι μας καί ὁ δίσκος φαίνεται λευκός.

Αὐτό ὀφείλεται στό ὅτι ἡ ὀπτική ἐντύπωση παραμένει περίπου 0,1 sec ἀφότου πάψει ἡ αἰτία πού τὴν προκάλεσε (μεταίσθημα).

V. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

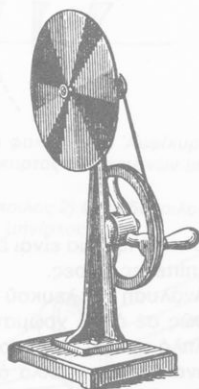
Ἄν κατὰ τὴν ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός (Σχ. 5) μὲ κάποιο μικρὸ διάφραγμα ἀποκόψουμε τὸ κόκκινο, τότε τὸ χρῶμα τῆς κηλίδας πού σχηματίζεται στό διάφραγμα δέν εἶναι λευκό, ἀλλὰ πράσινο. Τό χρῶμα αὐτό εἶναι **σύνθετο** πράσινο, γιατί προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξη τῶν ἄλλων χρωμάτων, πλὴν τοῦ κόκκινου. Ὄταν αὐτό τό πράσινο χρῶμα ἀναμειχθεῖ μὲ τὸ ἀπλό κόκκινο, μᾶς δίνουν πάλι λευκὸ χρῶμα.

Αὐτὰ τὰ χρώματα λέγονται συμπληρωματικά.

Ἄρα:

Συμπληρωματικά ὀνομάζονται τὰ χρώματα τὰ ὁποῖα, ὅταν ἀναμειχθοῦν, δίνουν λευκὸ φῶς.

Σχ. 5. Ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός



Σχ. 6. Δίσκος τοῦ Νεύτωνα

ΠΙΝΑΚΑΣ I
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Χρῶμα πού λείπει (ἀπλό)	κόκκινο	πορτοκαλί	κίτρινο	πράσινο	κυανό	ιώδες
Ἐπόλοιπο χρῶμα ἀναμειξεως (σύνθετο)	πράσινο	ιώδες	κυανό	κόκκινο	κίτρινο	πορτοκαλί

Στόν πίνακα I φαίνονται μερικά ζεύγη συμπληρωματικών χρωμάτων. Πρέπει νά τονίσουμε ότι ή ανάμειξη αναφέρεται στά χρώματα του φάσματος καί ὄχι στά χρώματα βαφής.

VI. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ἐνα σῶμα πού φωτίζεται ἀπό λευκό φῶς θά φαίνεται **λευκό**, ὅταν δέν ἀπορροφᾷ κανένα ἀπό τά χρώματα του φάσματος, ἀλλά τά ἀνακλᾷ ὅλα. Τό ἴδιο σῶμα, ὅταν φωτίζεται ἀπό ἀπλό κυανό χρῶμα, θά φαίνεται **κυανό**, γιατί μόνο αὐτό ἀνακλᾷ.

Ἄλλο σῶμα πού φωτίζεται ἀπό λευκό φῶς θά φαίνεται π.χ. **κίτρινο**, ὅταν ἀπορροφᾷ ὅλα τά ἄλλα χρώματα του φάσματος, ἐκτός ἀπό τό κίτρινο τό ὁποῖο καί ἀνακλᾷ. Οἱ ἀνακλώμενες ἀκτίνες ἐρεθίζουν τό μάτι μας καί βλέπουμε τό σῶμα κίτρινο.

Τά σῶματα πού ἀπορροφοῦν ὅλα τά ἀπλά χρώματα του λευκοῦ φωτός φαίνονται **μαῦρα**.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ὀπτικό πρίσμα εἶναι ἕνα διαφανές μέσο πού περιορίζεται ἀπό δύο τεμνόμενες ἐπίπεδες ἑδρες.
2. Ἀνάλυση του λευκοῦ φωτός ὀνομάζουμε τό διαχωρισμό πού παθαίνει τό λευκό φῶς σέ ἀπλά χρώματα, ὅταν περάσει μέσα ἀπό ἕνα πρίσμα.
3. Ἀπλό χρῶμα (ἢ μονοχρωματική ἀκτινοβολία) ὀνομάζεται τό χρῶμα πού δέν ἀναλύεται σέ ἄλλα ἀπλούστερα.
4. Συμπληρωματικά ὀνομάζονται τά χρώματα τά ὁποῖα, ὅταν συντεθοῦν, δίνουν λευκό φῶς.
5. Τά σῶματα πού ἀνακλοῦν ὅλες τίς ἀκτινοβολίες του λευκοῦ φωτός, πού πέφτει πάνω τους, φαίνονται λευκά καί ἐκεῖνα πού ἀπορροφοῦν ὅλες τίς ἀκτινοβολίες φαίνονται μαῦρα. Τά χρωματιστά σῶματα ἀνακλοῦν μόνο τό χρῶμα τους, ἐνῶ τά ἄλλα τά ἀπορροφοῦν.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί εἶναι τό ὀπτικό πρίσμα;
β) Τί ὀνομάζουμε γωνία ἐκτροπής;
2. Τί εἶναι ή ἀνάλυση του λευκοῦ φωτός καί τί ὀνομάζουμε φάσμα;
3. Ἐχουμε μία δέσμη πράσινου φωτός. Πῶς θά διαπιστώσουμε ἂν τό φῶς αὐτό εἶναι ἀπλό ή σύνθετο;
4. Ἐνα λευκό σῶμα φωτίζεται α) μέ ἀπλό κίτρινο φῶς β) μέ ἀπλό κυανό καί γ) μέ λευκό φῶς. Πῶς θά φαίνεται τό σῶμα στήν κάθε περίπτωση; Ἐν τό σῶμα ἦταν κόκκινο, πῶς θά φαινόταν τότε στήν κάθε περίπτωση;

ΦΑΚΟΙ - ΕΙΔΩΛΑ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

I. ΦΑΚΟΙ

α. Εἶδη φακῶν. Οἱ φακοὶ εἶναι σώματα διαφανῆ, τὰ ὅποια περιορίζονται ἀπὸ δύο σφαιρικές ἐπιφάνειες ἢ ἀπὸ μία σφαιρική καὶ μία ἐπίπεδη (Σχ. 1).

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ γυαλί ἢ διαφανές συνθετικό ὑλικό καὶ διακρίνονται σὲ δύο κατηγορίες: Στὸς **συγκλίνοντες** ἢ **συγκεντρωτικούς** καὶ στοὺς **ἀποκλίνοντες** ἢ **ἀποκεντρωτικούς** φακοὺς. Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι λεπτότεροι στὰ ἄκρα καὶ παχύτεροι στὸ μέσο καὶ μετατρέπουν μία δέσμη παράλληλων ἀκτίνων σὲ συγκλίνουσα (Σχ. 2). Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχύτεροι στὰ ἄκρα καὶ λεπτότεροι στὸ μέσο καὶ μετατρέπουν μία παράλληλη φωτεινὴ δέσμη σὲ ἀποκλίνουσα.

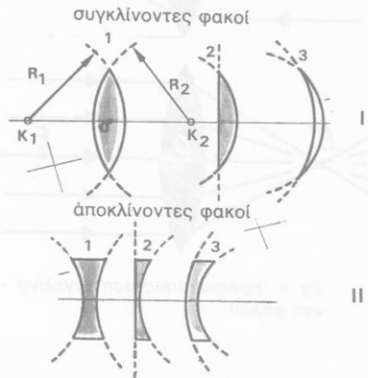
β. Ἔννοιες σχετικές μέ τούς φακοὺς. Τά κέντρα τῶν σφαιρικών ἐπιφανειῶν πού ἀνήκουν οἱ ἐπιφάνειες τοῦ φακοῦ, λέγονται **κέντρα καμπυλότητας** τοῦ φακοῦ καὶ οἱ ἀκτίνες R_1, R_2 λέγονται **ἀκτίνες καμπυλότητας** τοῦ φακοῦ (Σχ. 1). Ἡ εὐθεῖα πού ἐνώνει τὰ δύο κέντρα καμπυλότητας K_1, K_2 ὀνομάζεται **κύριος ἀξονας** τοῦ φακοῦ. Τό σημεῖο O , πού βρίσκεται στὸ μέσο τοῦ φακοῦ, λέγεται **ὀπτικό κέντρο**.

Κάθε εὐθεῖα πού περνᾶ ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο - ἐκτός ἀπὸ τὸν κύριο ἀξονα - ὀνομάζεται **δευτερεύων ἀξονας** (Σχ. 3). Κάθε ἀκτίνα πού περνᾶ ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο διαδίδεται χωρὶς νά ἐκτραπεῖ, δηλ. εὐθύγραμμα.

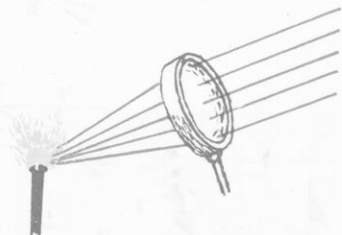
Σημείωση. Στὴ μελέτη τῶν φακῶν πού ἀκολουθεῖ, δεχόμαστε ὅτι : 1) οἱ φωτεινές ἀκτίνες πού διέρχονται ἀπὸ τὸ φακό εἶναι **μονοχρωματικές**, γιὰ νά μὴν παθαίνουν ἀνάλυση, 2) ὁ φακός βρίσκεται μέσα στὸν ἀέρα καὶ 3) τὰ φωτεινὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὅποια ξεκινοῦν οἱ ἀκτίνες πού πέφτουν στὸ φακό, βρίσκονται κοντὰ στὸν κύριο ἀξονα.

II. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

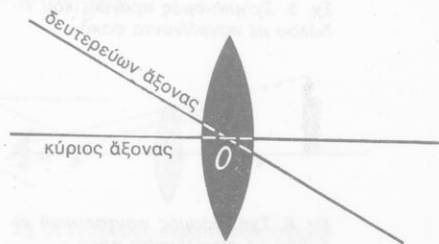
α. Κύρια ἐστία. (Γιὰ τὴν πειραματικὴ μελέτη τῶν φακῶν χρησιμοποιοῦμε τὴ διάταξη «προ-



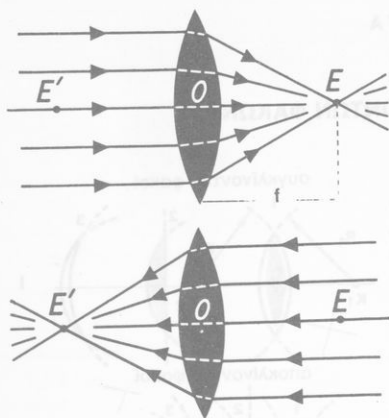
Σχ. 1. Εἶδη φακῶν: I. 1) Ἀμφίκυρτος 2) ἐπιπεδόκυρτος 3) συγκλίνων μηνίσκος II. 1) Ἀμφίκυλλος 2) ἐπιπεδόκυλλος 3) ἀποκλίνων μηνίσκος



Σχ. 2. Οἱ ἡλιακές ἀκτίνες ἀνάβουν τὸ σπύρτο



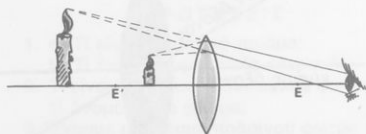
Σχ. 3.



Σχ. 4. Έστιακή απόσταση συγκλίνοντα φακού



Σχ. 5. Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου με συγκλίνοντα φακό



Σχ. 6. Σχηματισμός φανταστικού ειδώλου με συγκλίνοντα φακό

βολέας - γωνιομετρικός δίσκος» που χρησιμοποιήσαμε στη μελέτη της ανακλάσεως).

Αφήνουμε μία δέσμη από παράλληλες ακτίνες να προσπέσει παράλληλα προς τον κύριο άξονα ενός συγκλίνοντα φακού (Σχ. 4). Παρατηρούμε ότι οι ακτίνες μετά την έξοδό τους από το φακό συγκεντρώνονται σε ένα σημείο E, που βρίσκεται στον κύριο άξονα και ονομάζεται **κύρια έστια** του φακού. Η απόσταση OE της κύριας έστιας από το όπτικό κέντρο ονομάζεται **έστιακή απόσταση f** του φακού.

Αν αφήσουμε την παράλληλη δέσμη να πέσει από την άλλη πλευρά του φακού, οι ακτίνες συγκεντρώνονται και πάλι σε ένα σημείο E' που βρίσκεται σε συμμετρική θέση με το E, ως προς το όπτικό κέντρο. Επομένως:

Σε κάθε συγκλίνοντα φακό έχουμε δύο κύριες έστιες που βρίσκονται πάνω στον κύριο άξονα και σε συμμετρική θέση ως προς το όπτικό κέντρο του φακού.

β. Σχηματισμός ειδώλων με συγκλίνοντες φακούς.

1. Πειραματικός τρόπος. Τοποθετούμε ένα φωτεινό αντικείμενο (π.χ. ένα λαμπτήρα ή ένα κερί) πέρα από την κύρια έστια του φακού (Σχ. 5). Από την άλλη πλευρά του φακού τοποθετούμε ένα διάφραγμα. Μετακινούμε το διάφραγμα και σε κάποια θέση του βλέπουμε να σχηματίζεται καθαρά τό είδωλο του αντικειμένου. Τά είδωλα αυτά που σχηματίζονται πάνω σε ένα διάφραγμα είναι **πραγματικά**. Με ένα τέτοιο πείραμα διαπιστώνουμε ότι, όταν τό αντικείμενο βρίσκεται πέρα από την κύρια έστια, τό είδωλο είναι **πραγματικό** και **αντιστραμμένο**.

Αν όμως βάλουμε τό αντικείμενο μεταξύ κύριας έστιας και φακού, παρατηρούμε ότι τό είδωλο είναι **φανταστικό**, **όρθιο** και **μεγαλύτερο** από τό αντικείμενο (Σχ. 6). Τά φανταστικά είδωλα δέ σχηματίζονται πάνω σε διαφράγματα, αλλά τά βλέπουμε όταν κοιτάζουμε **μέσα** από τό φακό.

2. Γραφικός τρόπος. Συχνά μπορούμε να βρίσκουμε τή θέση και τό μέγεθος των ειδώλων με γραφικό τρόπο, αρκεί νά γνωρίζουμε τούς κανόνες για τήν πορεία όρισμένων φωτεινών ακτίνων.

Πορεία όρισμένων ακτίνων. α. Μία ακτίνα

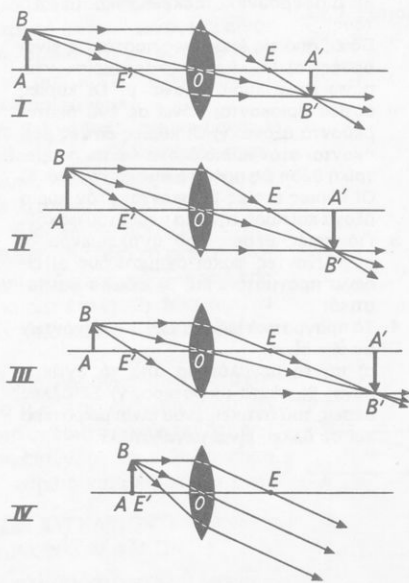
παράλληλη προς τόν κύριο άξονα, μετά τήν έξοδό της από τό φακό, περνάει από τήν κύρια έστία, (Σχ. 7). β. Μία άκτίνα πού περνάει από τήν κύρια έστία, μετά τήν έξοδό της από τό φακό, γίνεται παράλληλη προς τόν κύριο άξονα.

γ. Μία άκτίνα πού περνάει από τό όπτικό κέντρο δέν παθαίνει καμία έκτροπή.

Σχηματισμός ειδώλου. Τό είδωλο του φωτεινού σημείου Β σχηματίζεται στο σημείο Β' από τήν τομή των ακτίνων, μετά τή διάθλασή τους από τό φακό.

Στό Σχ. 7 φαίνεται ό σχηματισμός του ειδώλου Α'Β' για διάφορες θέσεις του αντικείμενου ΑΒ. Από τά σχέδια αυτά προκύπτουν τά ίδια συμπεράσματα, στα όποια καταλήξαμε καί πειραματικά.

Ειδικά, όταν τό αντικείμενο τοποθετείται άκριβώς στην κύρια έστία του φακού, τό είδωλο σχηματίζεται στο άπειρο. (Οι διαθλώμενες άκτίνες είναι παράλληλες).



Σχ. 7. Διάφορες περιπτώσεις σχηματισμού πραγματικού ειδώλου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί φακοί διακρίνονται σε συγκλίνοντες και άποκλίνοντες. Οί συγκλίνοντες μετατρέπουν μία παράλληλη φωτεινή δέσμη σε συγκλίνουσα και οί άποκλίνοντες σε άποκλίνουσα.
2. Τό σημείο στό οποίο συγκεντρώνονται οί άκτίνες μιås παράλληλης δέσμης, πού πέφτει στό φακό παράλληλα πρós τόν κύριο άξονα, λέγεται κύρια έστία και ή απόστασή της από τό όπτικό κέντρο, έστιακή απόσταση.
3. Κάθε φακός έχει δύο κύριες έστίες συμμετρικές ως πρós τό όπτικό κέντρο.
4. Τά είδωλα πού δίνουν οί συγκλίνοντες φακοί είναι πραγματικά και αντιστραμμένα, όταν τό αντικείμενο τοποθετείται πέρα από τήν κύρια έστία, ενώ είναι φανταστικά, όρθια και μεγαλύτερα από τό αντικείμενο, όταν τό αντικείμενο τοποθετείται μεταξύ κύριας έστίας και φακού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τι είναι οί συγκλίνοντες και τί οί άποκλίνοντες φακοί;
β) Διαφέρουν κατασκευαστικά μεταξύ τους;
2. Ποιές από τίς επόμενες προτάσεις είναι όρθές; α) Οί κύριες έστίες βρίσκονται πάνω στόν κύριο άξονα. β) Οί κύριες έστίες βρίσκονται πάνω σε ένα δευτερεύοντα άξονα. γ) Οί κύριες έστίες βρίσκονται στόν κύριο άξονα και σε συμμετρική θέση ως πρós τό όπτικό κέντρο. δ) Οί κύριες έστίες βρίσκονται στόν κύριο άξονα και πρós τήν ίδια μεριά του φακού.
3. Για ποιές θέσεις του αντικειμένου οί συγκλίνοντες φακοί σχηματίζουν α) είδωλα πραγματικά και β) είδωλα φανταστικά;
4. Τά πραγματικά είδωλα των συγκλινόντων φακών είναι:
α) πάντα μεγαλύτερα από τό αντικείμενο; β) πάντα μικρότερα; γ) Σε άλλες θέσεις του αντικειμένου είναι μικρότερα και σε άλλες είναι μεγαλύτερα;

ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ-ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

I. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

α. Κύρια έστια. Όπως είπαμε στην προηγούμενη ενότητα, οι αποκλίνοντες φακοί μεταβάλλουν μία δέσμη από παράλληλες ακτίνες, μετά τη διάθλασή τους, σε αποκλίνουσα (Σχ. 1). Οι δύο κύριες έστιες στους αποκλίνοντες φακούς είναι **φανταστικές**, γιατί σχηματίζονται από τις προεκτάσεις των διαθλωμένων ακτίνων.

β. Είδωλα των αποκλινόντων φακών.

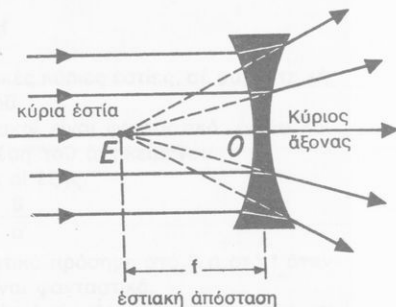
Πειραματικός τρόπος. Τοποθετούμε ένα φωτεινό αντικείμενο AB (π.χ. ένα κερί) κάθετα στον κύριο άξονα ενός αποκλίνοντα φακού (Σχ. 2). Όπως προκύπτει από τό πείραμα, τό είδωλο A'B' σχηματίζεται προς τήν ίδια πλευρά του φακού, πού βρίσκεται καί τό αντικείμενο, καί είναι πάντοτε **φανταστικό**, **δρθιο** καί **μικρότερο** από τό αντικείμενο. Γιά νά δούμε τό είδωλο πρέπει νά κοιτάξουμε μέσα από τό φακό.

Γραφικός τρόπος. Γιά νά βρούμε γραφικά τή θέση καί τό μέγεθος του είδωλου ενός αντικειμένου, εφαρμόζουμε τούς ίδιους κανόνες με αυτούς πού είπαμε στους συγκλίνοντες φακούς. 1) Μία ακτίνα παράλληλη προς τόν κύριο άξονα, μετά τή διάθλασή της από τό φακό, ακολουθεί τέτοια διεύθυνση ώστε ή **προέκτασή της** νά περνά από τήν κύρια έστια. 2) Μία ακτίνα πού περνά από τό οπτικό κέντρο δέν παθαίνει καμία έκτροπή.

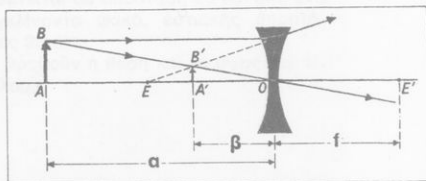
Εφαρμόζοντας τούς κανόνες αυτούς σχηματίζουμε τό είδωλο A'B' του αντικειμένου AB (Σχ. 2). Από παρόμοια σχέδια προκύπτει ότι, γιά κάθε θέση του αντικειμένου, τό είδωλο είναι πάντοτε φανταστικό, δρθιο καί μικρότερο του.

II. ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

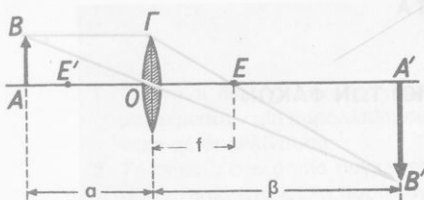
Αν καλέσουμε α τήν απόσταση του αντικειμένου από τό φακό, β τήν απόσταση του είδωλου από τό φακό καί f τήν έστιακή απόσταση



Σχ. 1. Έστιακή απόσταση αποκλινόντα φακού



Σχ. 2. Σχηματισμός του φανταστικού είδωλου



Σχ. 3.

του φακού (Σχ. 2 και Σχ. 3), τότε αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$	Τύπος τῶν φακῶν
--	------------------------

Στὸν τύπο αὐτὸ τὸ α εἶναι πάντοτε **θετικό** (ὅταν τὸ ἀντικείμενο εἶναι πραγματικό). Τὸ β εἶναι θετικό, ὅταν τὸ εἶδωλο εἶναι πραγματικό, καὶ ἀρνητικό, ὅταν τὸ εἶδωλο εἶναι φανταστικό. Τέλος τὸ f εἶναι θετικό γιὰ τοὺς συγκλίνοντες φακούς καὶ ἀρνητικό γιὰ τοὺς ἀποκλίνοντες, γιατί ἡ ἔστιά τους εἶναι φανταστική.

III. ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

Ὅπως στὰ κάτοπτρα ἔτσι καὶ στοὺς φακούς, ἡ μεγέθυνση m ἐκφράζεται μὲ τὸ πηλίκο τοῦ ὕψους τοῦ εἰδώλου (A'B') πρὸς τὸ ὕψος τοῦ ἀντικειμένου (AB):

$$m = \frac{(A'B')}{(AB)}$$

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ μεγέθυνση m ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκο β/α, δηλαδή:

$$m = \frac{(A'B')}{(AB)} = \frac{\beta}{\alpha}$$

Ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὸ Σχ. 2, ἡ μεγέθυνση στοὺς ἀποκλίνοντες φακούς εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τὴν μονάδα, γιατί τὸ εἶδωλο εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο. Στοὺς συγκλίνοντες φακούς ἡ μεγέθυνση εἶναι μεγαλύτερη, μικρότερη ἢ καὶ ἴση μὲ τὴν μονάδα, ἀνάλογα μὲ τὴ θέση τοῦ ἀντικειμένου.

IV. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

Χαρακτηριστικὸ γνῶρισμα τοῦ φακοῦ εἶναι ἡ ἰσχύς του. Λέγοντας **ισχύ** I ἐννοοῦμε τὸ ἀντίστροφο τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως.

$I = \frac{1}{f}$	Ἴσχύς φακοῦ
-------------------	--------------------

Ἡ ἰσχύς μετρεῖται σὲ διοπτρίες, ὅταν ἡ f ἐκφράζεται σὲ μέτρα:

$$1 \text{ διοπτρία} = \frac{1}{m} = m^{-1}$$

Παρατήρηση. Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ ἔχουν θετικὴ ἰσχύ, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες ἔχουν ἀρνητικὴ, γιατί ἔχουν καὶ ἀρνητικὴ ἔστιακὴ ἀπόσταση.

Όταν λέμε ότι ένας άνθρωπος έχει δύο «βαθμούς» μυωπία, εννοούμε ότι οι φακοί των γυαλιών του έχουν ισχύ δύο διοπτρίες, δηλ. έχουν έστιακή απόσταση $f = -0,5\text{m}$.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι αποκλίνοντες φακοί έχουν δύο φανταστικές κύριες έστιες, σέ συμμετρική θέση ως προς τό όπτικό κέντρο τού φακού.
2. Τά είδωλα πού δίνουν οι αποκλίνοντες φακοί είναι φανταστικά, όρθια και μικρότερα από τό αντικείμενο γιά κάθε θέση τού αντικειμένου.
3. Οι τύποι πού ισχύουν στους φακούς είναι οι έξής:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \text{ και } m = \frac{(A'B')}{(AB)} = -\frac{\beta}{\alpha}$$

Στόν πρώτο τύπο πρέπει νά βάζουμε άρνητικό πρόσημο στό β ή στό f όταν άντιστοιχώς τό είδωλο ή ή κύρια έστία είναι φανταστικά.

4. Ίσχύς τού φακού λέγεται τό αντίστροφο τής έστιακής άποστάσεως ($1/f$) και μετριέται σέ διοπτρίες $\frac{1}{m} = m^{-1}$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί είδωλα σχηματίζουν οι αποκλίνοντες φακοί;
β) Πώς γράφεται ό τύπος τών φακών γιά αποκλίνοντες φακούς;
2. Γιά ποιές θέσεις τού αντικειμένου, ως προς τήν κύρια έστία ενός συγκλίνοντα φακού, θά προκύπτει τό β άρνητικό;
3. α) Τί ονομάζεται μεγέθυνση m και τί ισχύς l ενός φακού;
β) Ποιά σχέση δίνει τή μεγέθυνση και ποιά τήν ισχύ τών φακών;
4. Τί τιμές μπορεί νά πάρει ή μεγέθυνση α) ενός συγκλίνοντα φακού και β) ενός αποκλίνοντα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα φωτεινό αντικείμενο απέχει 60 cm από ένα συγκλίνοντα φακό και δίνει είδωλο πραγματικό σέ άπόσταση 30 cm από τό φακό. Νά υπολογιστούν ή έστιακή άπόσταση και ή μεγέθυνση. Έχοντας γνωστά τό α και τό f πού υπολογίσατε, νά κατασκευάσετε γραφικά και μέ κατάλληλη κλίμακα τό είδωλο. Πόση άπόσταση β προκύπτει από τό σχέδιό σας;
2. Ένα αντικείμενο έχει ύψος 4 cm και τοποθετείται σέ άπόσταση 20 cm από ένα συγκλίνοντα φακό, έστιακής άποστάσεως 25 cm. Νά βρεθούν ή θέση και τό ύψος τού είδώλου.

ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟΥ

ΤΟΥ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟΥ ΚΑΙ

ΤΗΣ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

(ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ)

Ι. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΟ

Τό **μικροσκόπιο** είναι όργανο πού χρησιμοποιείται από τούς Μικροβιολόγους, τούς Χημικούς, τούς Φυσικούς, τούς Μεταλλειολόγους κτλ. πού έπιζητούν μεγάλες μεγεθύνσεις μικρών αντικειμένων (Σχ. 1).

Βασικά τό μικροσκόπιο αποτελείται από ένα συγκλίνοντα **άντικειμενικό** φακό καί έναν, επίσης συγκλίνοντα, **προσοφθάλμιο** φακό (Σχ. 2).

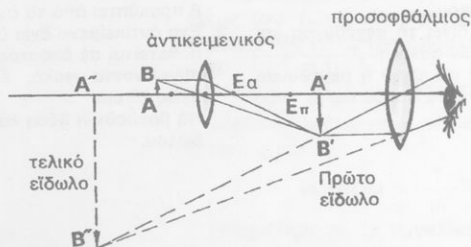
Ή αρχή, στήν όποία στηρίζεται ή λειτουργία τού μικροσκοπίου, φαίνεται παραστατικά στό Σχ. 2 καί είναι ή εξής:

Τό μικρό αντικείμενο AB, πού θέλουμε νά μεγεθύνουμε, τό τοποθετούμε πρίν από τόν αντικειμενικό φακό καί σέ τέτοια θέση, ώστε νά σχηματιστεί πραγματικό είδωλο A'B' μεγαλύτερο από τό αντικείμενο. Τό είδωλο A'B' αποτελεί γιά τόν προσοφθάλμιο φακό αντικείμενο, τό όποίο μεγεθύνει στό τελικό είδωλο A''B''.

Μεγέθυνση μικροσκοπίου. Ή όλική μεγέθυνση τού μικροσκοπίου εκφράζεται μέ τό λόγο: $(A''B'')/(AB)$, Δηλαδή:



Σχ. 1. Μικροσκόπιο



Σχ. 2. Αρχή λειτουργίας τού μικροσκοπίου

$$M_{ολ} = \frac{(A''B'')}{(AB)}$$

Ἡ σχέση αὐτὴ γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς:

$$M_{ολ} = \frac{(A''B'')}{(A'B')} \cdot \frac{(A'B')}{(AB)} = m_{πρ.} \cdot m_{ἀντ.}$$

Ἄρα:

$M_{ολ} = m_{πρ.} \cdot m_{ἀντ.}$	Μεγέθυνση μικροσκοπίου
-----------------------------------	-------------------------------

Αὐτὰ τὰ μικροσκόπια δίνουν μεγεθύνσεις μέχρι 1000 (τελικό εἶδωλο 1000 φορές μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο). Γιά πολὺ μεγαλύτερες μεγεθύνσεις σήμερα χρησιμοποιοῦνται τὰ **ἠλεκτρονικά μικροσκόπια**.

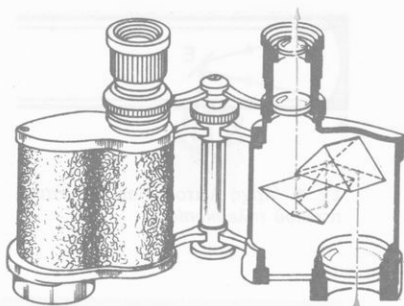
II. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

Τὰ τηλεσκόπια* εἶναι ὄργανα πού χρησιμεύουν νά παρατηροῦμε ἀντικείμενα πού βρίσκονται σέ πολὺ μεγάλες ἀποστάσεις. Συνήθως τὰ διακρίνουμε στὰ **ἀστρονομικά** τηλεσκόπια, μέ τὰ ὁποῖα παρατηροῦμε τὰ ἄστρα, καί στίς **διόπτρες** (Σχ. 3) τίς ὁποῖες χρησιμοποιοῦν ναυτικοί, τοπογράφοι, κτλ. γιά ἐπίγειες παρατηρήσεις.

α. Ἀστρονομικό διαθλαστικό τηλεσκόπιο.
Βασικά αὐτό ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μεγάλο (μέ διάμετρο μέχρι 1m) συγκλίνοντα **ἀντικειμενικό** φακό, μέ μεγάλη ἑστιακὴ ἀπόσταση, καί ἀπὸ ἓναν ἐπίσης συγκλίνοντα **προσοφθάλμιο** φακό, μικρῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως (Σχ. 4).

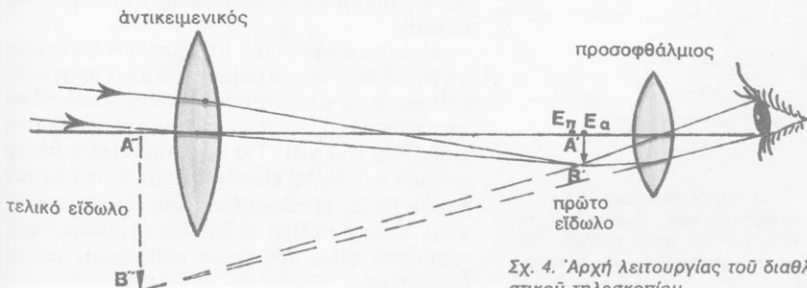
Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ τηλεσκοπίου, ὅπως φαίνεται καί στὸ Σχ. 4, εἶναι ἡ ἑξῆς.

Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς σχηματίζει τὸ πρῶτο εἶδωλο $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου, πού βρίσκεται σέ ἀπειρη ἀπόσταση, πάνω στὴν κύρια

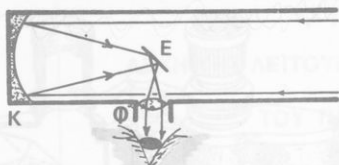


Σχ. 3. Πρισματικὴ διόπτρα (κι ἄλια).

* τηλε = πρῶτο συνθετικὸ πολλῶν λέξεων πού σημαίνει μακριὰ ἢ ἀπὸ μακριὰ.



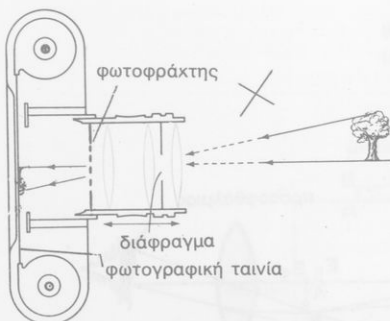
Σχ. 4. Ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ διαθλαστικοῦ τηλεσκοπίου



Σχ. 5. Αρχή λειτουργίας του κατοπτρικού τηλεσκοπίου



Σχ. 6. Φωτογραφική μηχανή



Σχ. 7. Αρχή λειτουργίας της φωτογραφικής μηχανής. Ο φωτοφράχτης ανοίγει για μία μόνο στιγμή, κάθε φορά που παίρνουμε μία φωτογραφία

έστια του Εα. Τό Α'Β' αποτελεί για τόν προσοφθάλμιο φακό αντικείμενο, τό όποιο μεγεθύνει δίνοντας τό τελικό είδωλο Α''Β''.

Αποδεικνύεται ότι ή μεγέθυνση Μ του άστρονομικού τηλεσκοπίου ίσοϋται μέ τό πηλίκο τής έστιακής άποστάσεως f_a του αντικειμενικού φακού διά τής έστιακής άποστάσεως f_n του προσοφθαλμίου.

$$M = \frac{f_a}{f_n}$$

Ο κυριότερος λόγος, για τόν όποιο τά τηλεσκόπια έχουν μεγάλο αντικειμενικό φακό, είναι γιατί αυτός συγκεντρώνει περισσότερο φώς και δίνει είδωλα σαφέστερα και λαμπρότερα.

Κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Για νά συγκεντρώσουμε άκόμη περισσότερο φώς κατασκευάστηκαν τά κατοπτρικά τηλεσκόπια (Σχ. 5). Τό κατοπτρικό τηλεσκόπιο του Palomar, πού είναι ένα από τά μεγαλύτερα στόν κόσμο, έχει διάμετρο κατόπτρου 5m και κάνει όρατά πολύ άμυδρά αντικείμενα (άστρα).

III. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Η φωτογραφική μηχανή είναι συσκευή (Σχ. 6) μέ τήν όποια πετυχαίνουμε τήν άπεικόνιση, πάνω σέ ταινία (φίλμ), διαφόρων φωτεινών αντικειμένων.

Η φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα σκοτεινό θάλαμο, ό όποιος σέ ένα μικρό κυκλικό άνοιγμα του έχει ένα συγκλίνοντα φακό ή σύστημα από φακούς (Σχ. 7).

Στήν άπέναντι έδρα του σκοτεινού θαλάμου ύπάρχει μία ταινία (φίλμ) μέ φωτοπαθή ουσία, πάνω στήν όποία άπεικονίζεται τό πραγματικό είδωλο.

Η άρχή, στήν όποια στηρίζεται ή φωτογράφιση, είναι ό σχηματισμός καθαρού πραγματικού είδώλου από τό συγκλίνοντα φακό πάνω στό φίλμ και ή άποτύπωση του στή φωτοπαθή επιφάνεια του φίλμ. Για νά σχηματίζεται πάντα καθαρό (εύκρινές) είδωλο, ρυθμίζουμε μέ ένα κοχλία (βίδα) τήν άπόσταση του φακού από τό φίλμ. Επίσης πρέπει νά έχουμε κατάλληλο φωτισμό στό φίλμ, τόν όποιο ρυθμίζουμε μέ τό διάφραγμα.

Σήμερα η φωτογραφική τέχνη βρίσκεται σε πολύ μεγάλη ανάπτυξη. Μπορούμε να φωτογραφίζουμε αντικείμενα που τρέχουν με πάρα πολύ μεγάλη ταχύτητα, μικροσκοπικά αντικείμενα, έγχρωμα κτλ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά μικροσκόπια είναι όργανα που μᾶς χρησιμεύουν να βλέπουμε πολύ μικρά αντικείμενα. Τά κύρια μέρη τους είναι ὁ ἀντικειμενικός καί ὁ προσοφθάλμιος φακός. Ἡ μεγέθυνση τῶν μικροσκοπιῶν δίνεται ἀπό τόν τύπο $M_{\text{ολ}} = m_o \cdot m_e$
2. Τά τηλεσκόπια εἶναι ὄργανα που χρησιμεύουν να βλέπουμε πολύ μακρινά αντικείμενα. Γενικά διακρίνονται σε ἀστρονομικά τηλεσκόπια καί σε διόπτρες.
3. Ἡ μεγέθυνση τοῦ τηλεσκοπίου βρίσκεται ἀπό τόν τύπο $M = f_o/f_e$
4. Ἡ φωτογραφική μηχανή ἀποτελεῖται ἀπό ἕνα σκοτεινό θάλαμο, ἕνα συγκλίνοντα φακό καί τό φιλμ, πάνω στή φωτοπαθή οὐσία τοῦ ὁποῖου σχηματίζεται τό πραγματικό εἶδωλο τοῦ ἀντικειμένου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Ἀπό ποιά μέρη ἀποτελεῖται τό μικροσκόπιο;
β) Ποιά εἶναι ἡ ὀλική μεγέθυνση τοῦ μικροσκοπίου;
2. α) Ἀπό ποιά μέρη ἀποτελεῖται τό τηλεσκόπιο;
β) Γιατί τά τηλεσκόπια ἔχουν μεγάλο ἀντικειμενικό φακό ἢ μεγάλο κάτοπτρο;
3. α) Σε ποιά ἀρχή στηρίζεται ἡ φωτογράφιση ἀντικειμένων;
β) Μέ ποῖο τρόπο παίρνουμε πάντα καθαρό εἶδωλο στή φωτογραφική ταινία, ἀνεξάρτητα ἀπό τήν ἀπόσταση τοῦ ἀντικειμένου ἀπό τό φακό;



Σχ. 2. Άξονας μεταφοράς του κίνησης
μεταξύ των μηχανών

Η μεταφορά της κίνησης από τον άξονα του κινητήρα στον άξονα του γεννητήρα γίνεται με τη βοήθεια του άξονα μεταφοράς που φαίνεται στο σχήμα 2. Ο άξονας μεταφοράς είναι κατασκευασμένος από χάλυβα και έχει μήκος 1,5 μέτρα. Ο άξονας μεταφοράς είναι στερεωμένος στο κέντρο του κινητήρα και του γεννητήρα με τη βοήθεια των άξονων μεταφοράς που φαίνεται στο σχήμα 2. Ο άξονας μεταφοράς είναι στερεωμένος στο κέντρο του κινητήρα και του γεννητήρα με τη βοήθεια των άξονων μεταφοράς που φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχ. 3. Σχέδιο του άξονα μεταφοράς



ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

(Όσα από τὰ προβλήματα έχουν στον αύξοντα αριθμό τους άστερίσκο *1 πρόβλημα – λύνονται υποδειγματικά στο τέλος τών άπαντήσεων.)

1η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $R = 6,4 \cdot 10^6 \text{m}$, $R = 6,4 \cdot 10^8 \text{cm}$
2. $\delta = 10^{-9} \text{m}$, $\delta = 10^{-3} \mu\text{m}$, $\delta = 10^{-7} \text{cm}$
3. $t = 672 \text{h}$, $t = 40320 \text{min}$, $t = 2419200 \text{sec}$
4. $m = 6 \cdot 10^{21} \text{tn}$, $m = 6 \cdot 10^{27} \text{gr}$

2η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $S = 4 \cdot 10^3 \text{m}^2$, $S = 4 \cdot 10^7 \text{cm}^2$
2. $V = 10^3 \text{cm}^3$, $V = 10^{-3} \text{m}^3$
3. $\rho = 0,9 \text{gr/cm}^3$, $\rho = 900 \text{Kgr/m}^3$
4. $m = 4450 \text{gr}$

3η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $20 \text{m/sec} = 2.36 \text{km/h}$,
 $20 \text{m/sec} = 72 \text{km/h}$,
 $20 \text{m/sec} = 20.100 \text{cm/sec}$
2. $u_\mu \approx 4,88 \text{m/sec}$

4η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $s = 3600 \text{m}$
2. $t = 300 \text{sec}$
3. $u = 18 \text{m/sec}$

5η ΕΝΟΤΗΤΑ

2. $B = 735,75 \text{N}$, $B = 73575 \cdot 10^3 \text{dyn}$
3. $V = 2000 \text{cm}^3$

6η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $B = 225 \text{p}$, έπιμήκυνση = 148mm (μέ σχέδιο άκριβείας)

7η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F_{o\lambda} = 26 \text{Kp}$
2. $F_{o\lambda} = 5 \text{N}$
3. $F_1 \approx 43,3 \text{Kp}$, $F_2 = 25 \text{Kp}$
4. $B = F_{\eta\mu\alpha\tau\omicron\varsigma} = 2 \text{kp}$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ ΤΟΝ ΑΤΑΞΗΘΕΝΤΑ ΣΤΙΣ 8η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kpm}$
2. $d = 0,04 \text{ m}$
- *3. $B = 75 \text{ kp}$
4. $(OG) = 0,5 \text{ m}$

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F_{ολ} = 16 \text{ kp}$, 20 cm από τήν F_2
2. $B = 25 \text{ p}$, 2 cm από τή σφαίρα Γ

10η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $T = 20 \text{ kp}$
2. $n = 0,3$

11η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $W = 17,5 \text{ Joule}$
2. $F = 490,5 \text{ N}$, $P = 49,05 \text{ W}$

12η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $E_{δυν} = 107,91 \text{ Joule}$
2. $E_{κιν} = 8100 \text{ Joule}$
3. $E_{μην} = 5,2 \text{ Joule}$

14η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F_1 = 2,5 \text{ kp}$
2. $l_2 = 0,05 \text{ m}$, $s_2 = 0,02 \text{ m}$,
 $W_1 = W_2 = 0,003 \text{ Kpm}$

15η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F = 26 \text{ kp}$
2. $W_1 = 4 \text{ Joule}$, $s_2 = 10 \text{ cm}$
 $W_2 = 4 \text{ Joule}$, $W_2' = 3,6 \text{ Joule}$

16η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $p_1 = 0,25 \text{ Kp/cm}^2$, $p_2 = 0,025 \text{ Kp/cm}^2$
- *2. $S = 6000 \text{ cm}^2$
3. $p = 8 \text{ kp/cm}^2$

17η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $p_1 = 16 \text{ p/cm}^2$, $p_2 = 16,48 \text{ p/cm}^2$
- *2. $p = 5,150 \text{ kp/cm}^2$, $F = 1030 \text{ Kp}$
3. $F = 120 \text{ p}$
4. $p = 272 \text{ p/cm}^2$, $h = 272 \text{ cm}$

18η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $p = 1472 \text{ p/cm}^2$
2. $S_2 = 400 \text{ cm}^2$

19η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F = 400 \text{ p}$
2. $h = 20 \text{ cm}$

20η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $A_1 = 50 \text{ p}$, $A_2 = 45 \text{ p}$, $A_3 = 40 \text{ p}$
- *2. $V = 200000 \text{ m}^3$

21η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $V = 240 \text{ cm}^3$, $\rho = 5 \text{ gr/cm}^3$, $\varepsilon = 5 \text{ p/cm}^3$
2. $A = 70 \text{ p}$, $V = 70 \text{ cm}^3$, $\varepsilon = 2,57 \text{ p/cm}^3$,
 $\rho = 2,57 \text{ gr/cm}^3$
3. $m = 178 \text{ gr}$, $B = 178 \text{ p}$, $B' = 158 \text{ p}$

22η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\rho_{\text{ατμ}} = 816 \text{ p/cm}^2$, $\rho_{\text{ατμ}} = 0,816 \text{ kp/cm}^2$
2. $\rho_{\text{ατμ}} = 720 \text{ Torr}$, $\rho_{\text{ατμ}} = 979,2 \text{ p/cm}^2$
 $\rho_{\text{ατμ}} = 0,9792 \text{ Kp/cm}^2$
3. $h = 1033,6 \text{ cm}$

24η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $V_2 = 15 \text{ cm}^3$
2. $\rho_1 = 952 \text{ p/cm}^2$, $\rho_2 = 100 \text{ cmHg} =$
 $= 1360 \text{ p/cm}^2$
 $V_2 = 21 \text{ cm}^3$

25η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\Pi = 2 \text{ lt/sec}$
2. $\Pi = 400 \text{ cm}^3/\text{sec}$, $V = 48 \text{ lt}$
3. $V = 7200 \text{ lt}$

29η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $40,9 \text{ }^\circ\text{C}$ (μέγιστη), $27 \text{ }^\circ\text{C}$ (ελάχιστη)
16η ώρα (θερμότερη)
2η, 3η και 6η ώρες (ψυχρότερες)

32η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $T_1 = 273 \text{ K}$, $T_2 = 373 \text{ K}$, $\theta = 27 \text{ }^\circ\text{C}$
- *2. $V_\theta = 549,45 \text{ cm}^3$
3. $T = 819 \text{ K}$

33η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $Q = 35000 \text{ cal}$
2. $m = 1000 \text{ gr}$
- *3. $c = 0,215 \text{ cal/gr.grad}$

34η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $Q = 226 \cdot 10^5 \text{ cal}$
2. $Q = 66 \cdot 10^3 \text{ cal}$, $m = 6 \text{ gr}$

35η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\lambda = 80 \text{ cal/gr}$
2. $Q = 10000 \text{ cal}$

37η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $Q = 30.000 \text{ cal}$
2. $L = 540 \text{ cal/gr}$

38η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $Q = 108000 \text{ cal}$
2. $Q = 31 \cdot 10^4 \text{ cal}$

39η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $Q = 8100 \text{ cal}$
2. $Q = 28500 \text{ cal}$

40η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $m = 1950 \text{ gr}$
2. $\Sigma = 50\%$
3. $M = 40 \text{ gr}$

43η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $E_{\omega\phi} = 50 \text{ KWh}$
2. $E_{\sigma\alpha\pi} = 142857 \text{ KWh}$

46η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $t = 1,28 \text{ sec}$
2. $s = 94608 \cdot 10^8 \text{ km}$

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. 10cm, 20 cm
2. 75cm, 50 cm

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

- *1. $\beta = 60 \text{ cm}$, πραγματικό είδωλο
2. $\alpha = 60 \text{ cm}$

52η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $f = 20 \text{ cm}$, $m = 1/2$
2. $\beta = -100 \text{ cm}$ (φανταστικό είδωλο)
($A'B'$) = 20 cm

1η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Δίνεται $R = 6400 \text{ Km}$.

Γνωρίζουμε ότι $1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$.

Έπομένως τά $6400 \text{ km} = 6400 \cdot 1000 \text{ m} = 6400000 \text{ m}$

$$\text{ή } R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Όμοια βρίσκουμε ότι $R = 6,4 \cdot 10^6 \cdot 10^2 \text{ cm}$

$$\text{ή } R = 6,4 \cdot 10^8 \text{ cm}$$

2η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Ξέρουμε ότι $1 \text{ στρέμμα} = 1000\text{m}^2 = 10^3\text{m}^2$.

Συνεπώς τά $4 \text{ στρέμματα} = 4 \cdot 1000\text{m}^2 = 4 \cdot 10^3\text{m}^2$.

Επίσης γνωρίζουμε ότι:

$1\text{m}^2 = (100\text{cm})^2 = 10000\text{cm}^2 = 10^4\text{cm}^2$. Έπομέ-

νως τά $4 \cdot 10^3\text{m}^2 = 4 \cdot 10^3 \cdot 10^4\text{cm}^2 = 4 \cdot 10^7\text{cm}^2$.

Τό πρόβλημα λύνεται καί μέ τήν άπλή μέθοδο.

Απάντηση: Τό οικόπεδο έχει έμβαδό 4000m^2 ή $4 \cdot 10^3\text{m}^2$ καί σέ cm^2 έχει 40000000cm^2 ή $4 \cdot 10^7\text{cm}^2$.

3η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Γιά νά συγκρίνουμε τήν ταχύτητα 20m/sec μέ τίς άλλες ταχύτητες πρέπει νά τίς μετατρέψουμε καί αυτές σέ μέτρα κατά δευτερόλεπτο.

Έπομένως θά είναι:

$$\alpha) u_a = 36 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = \frac{36000\text{m}}{60 \cdot 60\text{sec}} = \frac{36000\text{m}}{3600\text{sec}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_a = 10\text{m/sec}$$

$$\beta) u_b = 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = \frac{72000\text{m}}{60 \cdot 60\text{sec}} = \frac{72000\text{m}}{3600\text{sec}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_b = 20\text{m/sec}$$

$$\gamma) u_\gamma = 100 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_\gamma = 1\text{m/sec}$$

Συμπέρασμα: Η ταχύτητα $u = 20\text{m/sec}$ είναι διπλάσια από τήν ταχύτητα $u_a = 36\text{km/h}$, είναι ίση μέ τήν $u_b = 72\text{Km/h}$ καί είναι εικοσαπλάσια από τήν $u_\gamma = 100\text{cm/sec}$.

4η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
$t = 3 \text{ min}$	$s = ;$
$u = 20 \text{ m/sec}$	

Λύση

Από το νόμο του διαστήματος για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση γνωρίζουμε ότι $s = u \cdot t$.

Εκφράζουμε το χρόνο t σε sec, οπότε έχουμε:
 $t = 3 \text{ min} = 3 \cdot 60 \text{ sec} = 180 \text{ sec}$

Αντικαθιστούμε στη σχέση $s = u \cdot t$ τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους, οπότε έχουμε:

$$s = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \cdot 180 \text{ sec} = 3600 \text{ m}$$

$$s = 3600 \text{ m}$$

Απάντηση. Το αυτοκίνητο θα διανύσει διάστημα $s = 3600 \text{ m}$.

8η ΕΝΟΤΗΤΑ: *3 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
$l_1 = 150 \text{ cm}$	$B_2 = ;$
$l_2 = 50 \text{ cm}$	
$B_1 = 25 \text{ Kp}$	

Λύση

Επειδή η σανίδα ισορροπεί, πρέπει το άλγεβρικό άθροισμα των ροπών που ασκούνται σ' αυτή να είναι ίσο με μηδέν.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στη σανίδα είναι το βάρος του παιδιού B_1 και το βάρος της γυναίκας B_2 . Οι ροπές των δυνάμεων αυτών ως προς τον άξονα Ο είναι αντίστοιχα: $M_1 = B_1 l_1$ (θετική) και $M_2 = -B_2 l_2$ (άρνητική). Έπομένως θα έχουμε τη σχέση $B_1 l_1 - B_2 l_2 = 0$ ή $B_1 l_1 = B_2 l_2$ (1). Λύνουμε την εξίσωση (1) ως προς το ζητούμενο βάρος B_2 :

$$B_2 = \frac{B_1 l_1}{l_2}$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους, οπότε βρίσκουμε:

$$B_2 = \frac{25 \text{ kp} \cdot 150 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} \quad \eta \quad B_2 = 75 \text{ kp}$$

Απάντηση. Το βάρος της γυναίκας είναι 75 kp .

12η ΕΝΟΤΗΤΑ *1 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
$B = 19,62 \text{ N}$	$E_{\text{δυν}} = ;$
$h = 5,5 \text{ m}$	

Λύση

Γνωρίζουμε ότι η δυναμική ενέργεια ενός σώματος δίνεται από τη σχέση $E_{δυν} = B \cdot h$. Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους, οπότε προκύπτει:

$$E_{δυν} = 19,62 \text{ N} \cdot 5,5\text{m} = 107,91 \text{ Joule}$$

$$(1 \text{ Joule} = 1\text{N} \cdot 1\text{m})$$

Παρατήρηση. Όταν όλα τα γνωστά μεγέθη ενός τύπου εκφράζονται σε μονάδες ενός συστήματος (π.χ. του Διεθνούς Συστήματος), τότε και το άγνωστο μέγεθος, που υπολογίζεται από τον τύπο αυτό, εκφράζεται σε μονάδες του ίδιου συστήματος (π.χ. του Διεθνούς Συστήματος).

Απάντηση. Η δυναμική ενέργεια του σώματος είναι 107,91 Joule.

16η ΕΝΟΤΗΤΑ: *2 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$B = 2400 \text{ Kp}$	$S = ;$
$\rho = 0,4 \text{ Kp/cm}^2$	

Λύση

Η πίεση που δημιουργεί ο στύλος στο οριζόντιο έδαφος δίνεται από την εξίσωση $p = F/S$ (1). Η πιεστική δύναμη που ασκεί ο στύλος στο έδαφος αυτό είναι ίση με το βάρος του στύλου, οπότε η εξίσωση (1) γράφεται $p = B/S$ (2). Λύνουμε την εξίσωση (2) ως προς το ζητούμενο έμβαδό S , οπότε προκύπτει:

$$S = \frac{B}{p}$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους και βρίσκουμε:

$$S = \frac{2400\text{kp}}{0,4\text{Kp/cm}^2} = 6000 \text{ cm}^2$$

$$0,4\text{Kp/cm}^2$$

$$S = 6000 \text{ cm}^2$$

Απάντηση. Το μικρότερο έμβαδό που μπορεί να έχει η βάση στηρίξεως του στύλου είναι 6000cm^2 .

17η ΕΝΟΤΗΤΑ *2 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$S = 200 \text{ cm}^2$	$p = ;$
$h = 50 \text{ m}$	$F = ;$
$\rho_{νερ} = 1,03 \text{ P/cm}^3$	

Λύση

α) Ο βασικός τύπος της υδροστατικής $p = \rho \cdot h$ μάς επιτρέπει να υπολογίσουμε την πίεση όταν γνωρίζουμε το βάθος h και το ειδικό βάρος του

ύγρου ε. Έκφραζουμε τό βάθος h σέ cm, όπότε:

$$h = 50\text{m} = 5000\text{cm}. \text{ Έπομένως ή πίεση}$$

$$p = \varepsilon \cdot h = 1,03 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3} \cdot 5000 \text{ cm} = 5150 \frac{\text{p}}{\text{cm}^2} \quad \eta$$

$$p = 5,15 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

β) Η δύναμη F πού άσκειται στό παράθυρο του ύποβρυχίου από τό νερό ύπολογίζεται ως εξής:

$$p = \frac{F}{S} \quad \Leftrightarrow \quad F = p \cdot S$$

Η πίεση p ύπολογίστηκε

$$p = 5,15 \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Έπομένως

$$F = p \cdot S = 5,15 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2} \cdot 200\text{cm}^2 = 1030\text{Kp}$$

$$F = 1030 \text{ Kp}$$

Άπάντηση: Η πίεση πού άσκειται στό παράθυρο του ύποβρυχίου είναι

$$p = 5,15 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2}$$

καί ή δύναμη $F = 1030\text{Kp}$.

20η ΕΝΟΤΗΤΑ: *2 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$B = 200000 \text{ Mp}$	$V = ;$
$\varepsilon_{\text{νερ}} = 1\text{Mp/m}^3$	

Λύση

Γνωρίζουμε ότι γιά τά σώματα πού πλέουν ισχύει ή συνθήκη πλεύσεως $A = B$ (1), όπου A ή άνωση πού δέχεται τό σώμα από τό ύγρό. Σύμφωνα μέ τήν αρχή του Άρχιμήδη, ή άνωση δίνεται από τή σχέση $A = V \cdot \varepsilon$ (2), όπου V ό όγκος του ύγρου πού εκτοπίζει τό σώμα. Από τίς εξισώσεις (1) καί (2) προκύπτει ή σχέση $B = V \cdot \varepsilon$ (3). Λύνουμε τήν εξίσωση (3) ως προς τό ζητούμενο όγκο V, όπότε προκύπτει:

$$V = \frac{B}{\varepsilon}$$

Άντικαθιστούμε τά γνωστά μεγέθη μέ τίς τιμές τους καί βρίσκουμε:

$$V = \frac{200000 \text{ Mp}}{1 \text{ Mp/m}^3} = \frac{200000 \text{ Mp} \cdot \text{m}^3}{1 \text{ Mp}} = 200000 \text{ m}^3 = 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3$$

Απάντηση. Ο όγκος του νερού που εκτοπίζει τό πλοίο είναι $V = 2.10^3 \text{m}^3$.

24η ΕΝΟΤΗΤΑ *1 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$V_1 = 20 \text{ cm}^3$	$V_2 = ;$
$\rho_1 = 600 \text{ p/cm}^2$	
$\rho_2 = 800 \text{ p/cm}^2$	

Λύση

Από τό νόμο των Boyle-Mariotte γνωρίζουμε ότι $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$ (1)

Λύνουμε τήν εξίσωση (1) ως προς τό ζητούμενο όγκο V_2 :

$$V_2 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2}$$

Αντικαθιστούμε τά γνωστά μεγέθη μέ τίς τιμές τους, όπότε έχουμε:

$$V_2 = \frac{600 \text{ p/cm}^2 \cdot 20 \text{ cm}^3}{800 \text{ p/cm}^2} = 15 \text{ cm}^3$$

Άλλος τρόπος: Αντικαθιστούμε τά γνωστά μεγέθη στήν εξίσωση (1), όπότε έχουμε:

$$600 \frac{\text{p}}{\text{cm}^2} \cdot 20 \text{ cm}^3 = 800 \frac{\text{p}}{\text{cm}^2} \cdot V_2 \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{600 \text{ p/cm}^2 \cdot 20 \text{ cm}^3}{800 \text{ p/cm}^2} = 15 \text{ cm}^3$$

Απάντηση. Ο ζητούμενος όγκος του αερίου είναι 15 cm^3 .

32η ΕΝΟΤΗΤΑ *2 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$V_0 = 250 \text{ cm}^3$	$V_\theta = ;$
$T = 600 \text{ K}$	

Λύση

Ο όγκος ενός αερίου σε συνάρτηση μέ τή θερμοκρασία θ , όταν ή πίεση παραμένει σταθερή, δίνεται από τόν τύπο:

$$(1) V_\theta = V_0 (1 + \alpha \theta)$$

όπου V_0 είναι ό όγκος του αερίου σε $0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\alpha = 1/273 \text{ grad}^{-1}$ καί θ ή θερμοκρασία σε $^\circ\text{C}$.

Μετατρέπουμε τήν απόλυτη θερμοκρασία T σε θερμοκρασία θ , εφαρμόζοντας τή γνωστή σχέση:

$$T = 273 + \theta \Leftrightarrow \theta = T - 273 \Rightarrow \theta = 600 - 273 = 327^\circ\text{C}.$$

Αντικαθιστούμε στον τύπο (1) τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους και βρίσκουμε:

$$V_0 = 250 \text{ cm}^3 \left(1 + \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1} \cdot 327 \text{ grad}\right) =$$

$$= 250 \left(1 + \frac{327}{273}\right) \text{ cm}^3 \implies$$

$$V_0 = 250 \left(\frac{273 + 327}{273}\right) \text{ cm}^3 =$$

$$= 250 \cdot \frac{600}{273} \text{ cm}^3 \approx 549,4 \text{ cm}^3$$

Απάντηση. Ο όγκος του όξυγόνου σε 600 Κ θα είναι

$$V_0 = 549,4 \text{ cm}^3$$

33η ΕΝΟΤΗΤΑ *3 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$m = 100 \text{ gr}$	$c = ;$
$\Delta\theta = 10 \text{ }^\circ\text{C (grad)}$	
$Q = 215 \text{ cal}$	

Λύση

Η θερμότητα Q που παίρνει ένα σώμα, όταν θερμαίνεται, δίνεται από τον τύπο:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta$$

Λύνουμε τον τύπο ως προς c και έχουμε:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$$

Αντικαθιστούμε τα Q , m , $\Delta\theta$ με τις τιμές τους και βρίσκουμε:

$$c = \frac{215 \text{ cal}}{100 \text{ gr} \cdot 10 \text{ grad}} = \frac{215}{1000} \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \implies$$

$$c = 0,215 \text{ cal/gr.grad}$$

48η ΕΝΟΤΗΤΑ *1 Πρόβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$R = 40 \text{ cm}$	$\beta = ;$
$a = 30 \text{ cm}$	

Λύση

Οι αποστάσεις a , β του αντικειμένου και του ειδώλου από το κάτοπτρο συνδέονται με τη σχέση:

$$(1) \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

Λύνουμε τη σχέση (1) ως προς β και βρίσκουμε:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{2}{R} - \frac{1}{a} = \frac{2a - R}{R \cdot a} \Leftrightarrow \beta = \frac{R \cdot a}{2a - R}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SI ΚΑΙ C.G.S.

Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο	Έξισωση όρισμού	Μονάδες στο SI	Μονάδες στο C.G.S.	Άλλες μονάδες
Μήκος	l, s	θεμελιώδες	1 m	1 cm	1 πόδι = 30,5 cm
Μάζα	m	»	1 Kgr	1 gr	1 tn = 10 ³ kgr
Χρόνος	t	»	1 sec	1 sec	1 min
Έπιφάνεια	S	S = αβ	1 m ²	1 cm ²	
Όγκος	V	V = αβγ	1 m ³	1 cm ³	1 στρέμμα = 1000 m ²
Πυκνότητα	ρ	ρ = m/V	1 Kgr/m ³	1 gr/cm ³	1 lt = 10 ³ cm ³
Δύναμη, Βάρος	F, B	F = m·γ	1 Newton (N)	1 dyn	1 Kp = 9,81 N
Ταχύτητα	υ	υ = s/t	1 m/sec	1 cm/sec	1 Km/h
Ειδικό βάρος	ε	ε = B/V	1 N/m ³	1 dyn/cm ³	1 p/cm ³
Τριβή	T	T = n·F _k	1 N	1 dyn	1 Kp
Ροπή δυνάμεως	M	M = F·l	1 N·m	1 dyn·cm	1 Kwh
Έργο	W	W = F·s	1 Joule = 1 N·m	1 erg = 1 dyn·cm	»
Ένέργεια δυναμ.	EΔ	EΔ = B·h	»	»	»
Ένέργεια κινητ.	Ek	Ek = 1/2 mu ²	»	»	»
Ίσχύς	P	P = w/t	1 Watt = 1 Joule/sec	1 erg/sec	1 CV
Πίεση	P	P = F/S	1 N/m ²	1 dyn/cm ²	1 Kp/cm ²
Παροχή	Π	Π = V/t	1 m ³ /sec	1 cm ³ /sec	1 m ³ /h
Θερμοκρασία	θ, T	Θεμελιώδες	1 K	1 °C	
Θερμότητα	Q	»	1 Joule	»	
Ειδική θερμότητα	c	c = Q/m·Δθ	1 Joule/Kgr·grad	»	1 cal = 4,25 Joule
Θερμιαντική ικανότη.	K	K = Q/m	1 joule/Kgr	»	1 cal/gr·grad
Ειδική θερμότητα	λ	λ = Q/m	»	»	»
τήξεως					
Ειδική θερμότητα	L	L = Q/m	»	»	»
έξερσώσ.	β	β = m/V	1 Kgr/m ³	1 gr/cm ³	1 gr/m ³
Άπλυτη ύγρασια					

ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΠΡΟΒΕΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

ΟΝΟΜΑ ΠΡΟΘΕΜΑΤΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ
tera (τέρα)	T	10^{12}
giga (γίγα)	G	10^9
mega (μέγα)	M	10^6
kilo (κίλο)	K	10^3
hecto (έκτο)	h	10^2
deka (δέκα)	da	10
deci (ντέσι)	d	10^{-1}
centi (σέντι)	c	10^{-2}
milli (μίλι)	m	10^{-3}
micro (μίκρο)	μ	10^{-6}
nano (νάνο)	n	10^{-9}
pico (πίκο)	p	10^{-12}

ΠΙΝΑΚΑΣ III

ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ
Ατμοσφαιρική πίεση (κανονική)	Atm	760 mmHg
Ταχύτητα του ήχου στον αέρα (0° C, 1 Atm)	u	331 m/sec
Ταχύτητα του φωτός στο κενό	c	$3 \cdot 10^8$ m/sec
Επιτάχυνση της βαρύτητας (γεωγρ. πλάτ. 45° ύψος 0 m)	g	$9,81$ m/sec ²
Θερμικός συντελεστής αερίων	a	$1/273$ grad ⁻¹
Μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας	J	4,2 Joule/cal

ΠΙΝΑΚΑΣ IV
ΚΛΙΜΑΚΑ BEAUFORT

Βαθμοί Beaufort	Ταχύτητα σε Km/h	Όνομασία άνεμου	Αποτελέσματα στην Ξηρά
0	0 - 1	Νηνεμία	Ή καπνός ύψώνεται κατακόρυφα.
1	1 - 5	Ύποπνέων	Ή καπνός ύψώνεται σχεδόν κατακόρυφα.
2	6 - 12	Άσθενής	Ή άνεμος γίνεται αισθητός στό πρόσωπο.
3	12 - 19	Λεπτός	Κινούνται τά φύλλα τών δέντρων. Κυματίζει ή σημαία.
4	20 - 28	Μέτριος	Κινούνται μικρά κλαδιά. Σηκώνεται κοινορτός.
5	29 - 38	Λαμπρός	Σείονται μικρά δέντρα.
6	39 - 49	Ίσχυρός	Τά τηλεφωνικά σύρματα συρίζουν.
7	50 - 61	Σφοδρός	Κινούνται τά δέντρα. Τό βάδισμα γίνεται δύσκολο.
8	62 - 74	Όρμητικός	Σπάζουν κλαδιά τών δέντρων.
9	75 - 88	Θύελλα	Έλαφρές ζημιές στις οικοδομές.
10	89 - 102	Ίσχυρή θύελλα	Ξεριζώνει δέντρα.
11	103 - 117	Σφοδρή θύελλα	Μεγάλες ζημιές.
12	118 - 133	Τυφώνας	Πολύ μεγάλες καταστροφές.

A

Άγωγη θερμότητας 153
 άδιαφανή σώματα 168
 άεριοστρόβιλος 162
 άεροπλάνο 105
 άερόστατο 88
 άκτινοβολία θερμική 154
 ανάκλαση 173
 ανάκλαση όλική 182
 ανάλυση δυνάμεως 34
 ανάλυση φωτός 185
 άνασύνθεση λευκού φωτός 186
 άνεμοδείκτης 159
 άνεμολόγιο 159
 άνεμόμετρο 159
 άνεμος 158
 άντικατοπτρισμός 183
 άντικυκλώνας 95
 άντίσταση του άέρα 103
 άνύψωση φαινομενική 183
 άνωση 83
 άνωση δυναμική 104
 άπόλυτη θερμοκρασία 124
 άπόλυτη ύγρασία 149
 άπόλυτο μηδέν 123
 άπόσταξη 146
 άπόσταξη κλασματική 147
 άριθμητική τιμή μεγέθους 6
 άρτεσιανά πηγάδια 80
 άρχή διατηρήσεως της ενέργειας 54
 Άρχή του Άρχιμήδη 84
 άρχή του Pascal 76
 άρχή συγκοινωνούντων δοχείων 79
 άτμομηχανή 161
 άτμος 135
 άτμος άκόρεστος 136
 άτμος κορεσμένος 136
 άτμοστρόβιλος 161
 άτμόσφαιρα τεχνική 69
 άτμόσφαιρα φυσική 92
 άτμοσφαιρική διάθλαση 183
 άτμοσφαιρική πίεση 90
 αύρα άπόγεια 159
 αύρα θαλάσσια 159
 αυτόματος ποτιστής 81
 αυτόφωτα σώματα 167

B

Βαθμός Κέλβιν 124
 βαθμός Κελσίου 115
 βαρόμετρο 93
 βαρόμετρο άυτογραφικό 93
 βαρόμετρο μεταλλικό 93

βαρόμετρο ύδραργυρικό 93
 βάρος 24
 βαρούλκο 66
 βασικός νόμος της ύδροστατικής 74, 77
 Watt (μονάδα) 50
 βατώρα 50
 βενζινοκινητήρας τετράχρονος 163
 βρασμός 142
 βροχή 151

Γ

Γραμμάριο 7
 γραμμική διαστολή 118
 γωνία ανακλάσεως 173
 γωνία διαθλάσεως 181
 γωνία έκτροπής 185
 γωνία όρική 182
 γωνία προσπίπτσεως 173

Δ

Δείκτης διαθλάσεως 181
 δευτερεύων άξονας 189
 δευτερόλεπτο 6
 διάθλαση 181
 διάθλαση άτμοσφαιρική 183
 διανυσματικό μέγεθος 19
 διαστολή 117
 διαστολή γραμμική 118
 διαστολή κυβική 117
 διαφανή σώματα 168
 διάχυση 174
 διέγερση άτόμου 169
 διμεταλλικό έλασμα 119
 διοπτρία 198
 δίσκος του Νεύτωνα 187
 δοχείο Dewar 129, 158
 δρόσος 151
 δυνάμεις μοριακές 108
 δυνάμεις συνάφειας 108
 δυνάμεις συνοχής 108
 δυναμική άνωση 104
 δύναμη 22
 δυναμόμετρο 29
 δύννη 23

E

Ειδική θερμότητα 127
 ειδική θερμότητα εξαερώσεως 140
 ειδική θερμότητα πήξεως ή λήξεως 133
 ειδικό βάρος 25

είδωλο 175, 177, 190
έκλειψη 'Ηλίου 171
έκλειψη Σελήνης 171
έλαστική παραμόρφωση 27
ένέργεια 51
ένέργεια δυναμική 52
ένέργεια κινητική 52
ένέργεια μηχανική 53
εξαέρωση 135
εξαερωτήρας 165
εξάτμιση 138
εξάχνωση 147
έπιφανειακή τάση 108
έργιο 49
έργο 47
έσπιακή απόσταση 177, 190
έσωτερική τριβή 101
έτερόφωτα σώματα 168

Z

Ζευγος δυνάμεων 37
ζυγός 7

H

'Ημιαδιαφανή σώματα 168

Θ

Θεμελιώδεις μονάδες 12
θεμελιώδη μεγέθη 6
θεμελιώδης νόμος τής θερμοδομετρίας 127
θερμαντική ικανότητα καυσίμου 130
θερμίδα 125
θερμιδόμετρο 129
θερμική άκτινοβολία 155
θερμική ισορροπία 113
θερμική κίνηση 112
θερμικός συντελεστής άερίων 122
θερμοκρασία 111, 112
θερμοκρασία βρασμού 143
θερμοκρασία τήξεως ή πήξεως 132
θερμόμετρο 112, 114
θερμόμετρο ύδραργυρικό 114
θερμότητα 113
θύελλα 95

I

Ίσορροπία άδιάφορη 57
ίσορροπία άσταθής 57
ίσορροπία δυνάμεων 32, 33
ίσορροπία εύσταθής 57
ίσορροπία ροπών 37
ισχύς 49
ισχύς φακού 194

K

Καρμπυρατέρ 165
κατακόρυφος 24
κάτοπτρο 173
κάτοπτρο επίπεδο 174
κάτοπτρο κοίλο 177
κάτοπτρο κυρτό 179
κβαντική συνθήκη του Μπόρ 169
κεκλιμένο επίπεδο 65
κεντρική θέρμανση 157
(καλοριφέρ)
κέντρο βάρους 41
κιλοβάτ 50
κιλοβατώρα 50
κιλοπόντ 23
κιλοποντόμετρο 49
κινητήρες Ντήζελ 165
κινητική θεωρία 112
κλασματική απόσταση 147
κλίμακα Κέλβιν 124
κλίμακα Κελσίου 115
κυβική διαστολή 117
κυβικό μέτρο 11
κυκλώνας 95
κύρια έστία 177, 190
κύριος άξονας 177, 189

A

Άιτρο 11

M

Μάζα 7
μανομετρική κάψα 72
μανόμετρο 72
μέγεθος φυσικό 5
μεγένθυνση 179, 194, 197, 198
μέση ταχύτητα 18
μέτρηση 6
μέτρο μεγέθους 7
μέτρο (μονάδα) 6
μηχανή θερμική 160
μικροσκόπιο 196
μονάδα μετρήσεως 5
μονόμετρο μέγεθος 7
μόρια 107
μοριακές δυνάμεις 108
μοχλός 60
μπουζί 164

N

Newton (μονάδα) 23
νέφος 151
νόμος Boyle-Mariotte 98

νόμος Gay-Lussac 122
νόμος Charles 123

Ο

Οίονοπνευματόμετρο 88
όλική ανάκλαση 182
όμαλη εύθύγραμμη κίνηση 16
όμίχλη 151
όμογενές σώμα 7
όπτικό κέντρο 189
όπτικό πρίσμα 185
όρική γωνία 182
όριο ελαστικότητας 28
όριο θραύσεως 28

Π

Παράγωγα μεγέθη 10
παράγωγες μονάδες 10
παρασκία 171
παροχή 100
πάχνη 151
πήξη 131
πίεση 68
πίεση ατμοσφαιρική 90
πίεση υδροστατική 71
πιεστική δύναμη 70
πλαστική παραμόρφωση 27
πλεύση 84
πόντ 23
πρίσμα όπτικό 185
πηκτικό υγρό 137
πυκνόμετρο 87
πυκνότητα 13

Ρ

Ρευστά σώματα 96
ροή 99
ροπή δυνάμεως 36
ροπή ζεύγους 37

Σ

Σημείο δρόσου 151
σημείο ζέσεως 143
σημείο τήξεως ή πήξεως 132
σίφουνας 95
σκιά 171
σπινθηριστής 164
συμπληρωματικά χρώματα 187
σύνθεση δυνάμεων 31
συντελεστής αποδόσεως 63
συντελεστής τριβής ολισθήσεως 45
σύστημα μονάδων 11

συστολή 117
σχετική ύγρασία 150
σώματα άδιαφανή 168
σώματα αυτόφωτα 167
σώματα διαφανή 168
σώματα έτερόφωτα 168
σώματα ήμιδιαφανή 168

Τ

Τάση ατμών 135
ταχύτητα 17
ταχύτητα έξατμίσεως 138
ταχύτητα του φωτός 171
τετραγωνικό μέτρο 10
τετράχρονος βενζινοκινητήρας 163
τεχνική ατμόσφαιρα 69
Joule (μονάδα) 49
τηλεσκόπιο άστρονομικό 197
τηλεσκόπιο κατοπτρικό 198
τήξη 131
Torr (μονάδα) 92
τριβή έσωτερική 101
τριβή ολισθήσεως 44
τριβή στατική 43
τριχοειδή φαινόμενα 109
τροχαλία 64
τροχία 16

Υ

Υγρά πηκτικά 137
ύγρασία άπόλυτη 149
ύγρασία σχετική 150
ύγροποίηση 146
ύδραργυρικό θερμόμετρο 114
ύδραυλικό πιεστήριο 77
ύδροστατική πίεση 71

Φ

Φαινόμενα τριχοειδή 109
φαινόμενα φυσικά 5
φαινομενική άνύψωση 183
φακός 189
φακός άποκλίνων 189
φακός συγκλίνων 189
φάσμα 186
φυσική ατμόσφαιρα 92
φώς 167
φωτεινά σώματα 167
φωτεινή άκτίνα 170
φωτεινή δέσημη 170
φωτογραφική μηχανή 198
φωτόνιο 169

X

- Χαλάζι 151
- χιλιόγραμμα 7
- χιλιοθερμίδα 126
- χιόνι 151
- Hooke (νόμος) 29
- χρυσός κανόνας μηχανικής 62
- χύτρα πίεσεως 144

Ψ

- Ψυγείο 157, 165
- Ψυχρόμετρο 150

Ξ

Ω

Θ

Κ

Λ

Μ

Ν

Ξ

Ο

Π

Ρ

Σ

Τ

Υ

Φ

Χ

Ψ

Ξ

Ω

Θ

Κ

Λ

Μ

Ν

Ξ

Ο

Π

Ρ

Σ

Τ

Υ

Φ

Χ

Ψ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γενική Φυσική: Ήλεκτρισμός, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1973
Γενική Φυσική: Όπτική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1966
Γενική Φυσική: Άτομική και πυρηνική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου 1956
Γενική Φυσική: Θερμότητα: Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1962
Φυσική: Τόμος πρώτος (Μηχ.-Άκουστ.-Θερμ.), Κ.Δ. Άλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου, 1971
Φυσική: Τόμος δεύτερος (Όπτ.-Ήλεκ.-Πυρην.) Κ.Δ. Άλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου 1976
Φυσική: Μηχανική - Άκουστική, Αλκ. Μάζη, 1966
Φυσική: Μαγν. - Ήλεκ. - Πυρην., Αλκ. Μάζη, 1967
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο πρώτο, Ι.Λ. Μπουρούτη, 1977
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο Δεύτερο, Ι.Λ. Μπουρούτη, 1977
Στοιχεία Φυσικής: Τόμοι Ι, ΙΙ, ΙΙΙ, ΙV, Κουγιουμτζέλη - Περιστεράκη, 1961
Physics: Kenneth R. Atkins, 1970
Mechanics: Berkeley Physics course - Volume 1, 1965
Electricity and magnetism: Berkeley Physics course - Volume 2, 1965
College Physics: Sears-Zemansky, 1969
Physical Science Study Committee: Φυσική: Τόμος Ι και ΙΙ.
Modern Physics: Williams - Trinklein - Metcalfe 1976
O. Exploring Level Physics: A.F. Abott, 1977
Earth Science, Brown - Kemper - Lewis, 1973
Modern Science: Man - Matter - Energy, Blanc - Fischler - Gardner, 1967
Exploring Physics: Book two, Tom Duncan, 1973
Science: Understanding your environment (Silver Burdett Element. School Science Program 1972)
Sciences Physiques (Bordas - Paris 1977).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1η ΕΝΟΤΗΤΑ	Φυσικά φαινόμενα – Φυσικά μεγέθη	5
2η ΕΝΟΤΗΤΑ	Παράγωγα μεγέθη – Συστήματα μονάδων	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

3η ΕΝΟΤΗΤΑ	Εύθύγραμμη ομαλή κίνηση – Μέση ταχύτητα	14
4η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ή ταχύτητα ως διανυσματικό μέγεθος – Νόμοι της εύθύγραμμης ομαλής κινήσεως	19
5η ΕΝΟΤΗΤΑ	Δύναμη – Βάρος – Ειδικό βάρος	22
6η ΕΝΟΤΗΤΑ	Στοιχεία ελαστικότητας – Δυναμόμετρα	27
7η ΕΝΟΤΗΤΑ	Σύνθεση δυνάμεων	31
8η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ροπή δυνάμεως – Ζεύγος δυνάμεων	35
9η ΕΝΟΤΗΤΑ	Παράλληλες δυνάμεις – Κέντρο βάρους	39
10η ΕΝΟΤΗΤΑ	Τριβή	43
11η ΕΝΟΤΗΤΑ	Έργο σταθερής δυνάμεως – Ίσχύς	47
12η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ενέργεια	51
13η ΕΝΟΤΗΤΑ	Είδη ισορροπίας	56
14η ΕΝΟΤΗΤΑ	Άπλες μηχανές – Μοχλός	60
15η ΕΝΟΤΗΤΑ	Τροχαλία – Κεκλιμένο επίπεδο – Βαρούλκο	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β΄ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

16η ΕΝΟΤΗΤΑ	Πίεση – Ύδροστατική πίεση	68
17η ΕΝΟΤΗΤΑ	Μανόμετρα – Βασικός νόμος της υδροστατικής	72
18η ΕΝΟΤΗΤΑ	Μετάδοση των πιέσεων στα υγρά – Έφαρμογές	76
19η ΕΝΟΤΗΤΑ	Συγκοινωνούντα δοχεία – Δυνάμεις στα τοιχώματα των δοχείων	79
20η ΕΝΟΤΗΤΑ	Άρχη του Άρχιμήδη – Έφαρμογές	83
21η ΕΝΟΤΗΤΑ	Εύρεση της πυκνότητας και του ειδικού βάρους – Αερόστατα	86
22η ΕΝΟΤΗΤΑ	Άτμοσφαιρική πίεση	90
23η ΕΝΟΤΗΤΑ	Βαρόμετρα – Μεταβολές της ατμοσφαιρικής πιέσεως	93
24η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ιδιότητες των αερίων – Νόμος των Boyle-Mariotte	96
25η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ροή – Παροχή – Πετρελαιοαγωγοί	99
26η ΕΝΟΤΗΤΑ	Αεροπλάνα	103
27η ΕΝΟΤΗΤΑ	Μοριακές δυνάμεις – Επιφανειακή τάση	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ΄ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

28η	ΕΝΟΤΗΤΑ Θερμοκρασία – Κινητική θεωρία – Θερμότητα	110
29η	ΕΝΟΤΗΤΑ Θερμόμετρα – Κλίμακα Celcius (Κελσίου)	114
30η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διαστολή των σωμάτων – Γραμμική διαστολή	117
31η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διαστολή των υγρών – Άνωμαλία διαστολής του νερού	120
32η	ΕΝΟΤΗΤΑ Μεταβολές των αερίων με τη θερμοκρασία	122
33η	ΕΝΟΤΗΤΑ Θερμιδομετρία	125
34η	ΕΝΟΤΗΤΑ Θερμιδόμετρο – Θερμαντική ικανότητα καυσίμων	129
35η	ΕΝΟΤΗΤΑ Τήξη – Πήξη	131
36η	ΕΝΟΤΗΤΑ Έξαέρωση – Κορεσμένοι ατμοί	135
37η	ΕΝΟΤΗΤΑ Έξάτμιση – Εϊδική θερμότητα εξαερώσεως	138
38η	ΕΝΟΤΗΤΑ Βρασμός	142
39η	ΕΝΟΤΗΤΑ Απόσταξη – Έξάχνωση	146
40η	ΕΝΟΤΗΤΑ Ύγρασία	149
41η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διάδοση της θερμότητας με άγωγή και με ακτινοβολία	153
42η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διάδοση της θερμότητας με ρεύματα – Άνεμοι	157
43η	ΕΝΟΤΗΤΑ Άτμομηχανή – Άτμοστρόβιλος – Άεριοστρόβιλος	160
44η	ΕΝΟΤΗΤΑ Μηχανές έσωτερικής καύσεως – Ψυγεία	163

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ΄ ΟΠΤΙΚΗ

45η	ΕΝΟΤΗΤΑ Τό φώς ως μορφή ενέργειας – Παραγωγή φωτός	167
46η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διάδοση του φωτός	170
47η	ΕΝΟΤΗΤΑ Ανάκλαση του φωτός – Επίπεδα κάτοπτρα – Εϊδωλα	172
48η	ΕΝΟΤΗΤΑ Σφαιρικά κάτοπτρα	176
49η	ΕΝΟΤΗΤΑ Διάθλαση του φωτός	180
50η	ΕΝΟΤΗΤΑ Ανάλυση του φωτός – Χρώμα των σωμάτων	185
51η	ΕΝΟΤΗΤΑ Εϊδωλα συγκλινόντων φακών	189
52η	ΕΝΟΤΗΤΑ Αποκλίνοντες φακοί – Τύποι των φακών	193
53η	ΕΝΟΤΗΤΑ Αρχή της λειτουργίας του μικροσκοπίου, του τηλεσκοπίου και της φωτογραφικής μηχανής.	196

Εξώφυλλο και καινούριες μακέτες : ΑΡΙΑ ΚΟΜΙΑΝΟΥ

ΔΕ Φ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ Η ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ - ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ - ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ

ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ - ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ - ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ ΤΑ Σ ΕΣ



024000019491

ΕΚΔΟΣΗ Α' 1980 (I) – ΑΝΤΙΤΥΠΑ 170.000 – ΣΥΜΒΑΣΗ 3348/28.1.80

ΕΚΤΥΠΩΣΗ: ΑΘΗΝΑΪΚΗ ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ - ΙΩΑΝ. ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ
ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Δ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Two handwritten signatures in blue ink are positioned in the center of the page. The signature on the left is more complex, featuring several overlapping loops and a long, sweeping tail. The signature on the right is simpler, consisting of a few distinct strokes and a shorter tail.

