

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1982

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΦΥΣΙΚΗ Β / σ = 236

ΦΥΣΙΚΗ



ΦΥΣΙΚΗ

ΣΤ 89 ΣΧΒ
Α. ΖΕΝΑΚΟΣ – Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ – Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

Ζενάκος, Α.

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1982



002
40E
ET2B
1913

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ - Α. ΜΕΛΕΤΗ - Α. ΕΚΘΕΣΗ

ΦΥΣΙΚΗ

Ε. ΠΑΠΑΝΔΡΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΒΟΥΛΗΣ
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ

Νομ. Σχ. Βιβλίου
3293 Έτος 1982

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

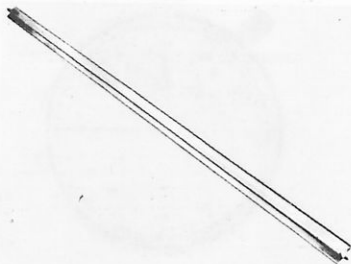
α. Έννοια του μεγέθους. Για να μελετήσουμε την κίνηση της πέτρας, που αναφέραμε παραπάνω, δεν αρκεί να επισημάνουμε μόνο την αλλαγή της θέσεώς της, αλλά πρέπει να εξετάσουμε και διάφορα μεγέθη, όπως είναι η χρονική διάρκεια της κινήσεως, ή απόσταση που διανύει η πέτρα, ή ταχύτητά της κτλ. Τα μεγέθη που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

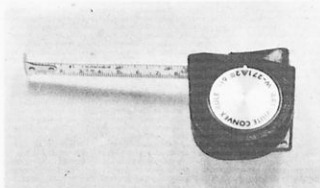
β. Μέτρηση των μεγεθών. Για να γνωρίσουμε καλά ένα φυσικό μέγεθος πρέπει να το μετρήσουμε. Έτσι, για να μάθουμε το μήκος μιας σχολικής αίθουσας, πρέπει να βρούμε πόσα μέτρα είναι αυτό (π.χ. 8 μέτρα).

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

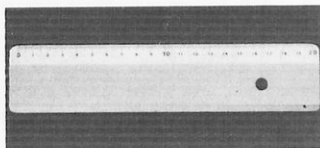
Αυτή η σύγκριση των όμοιων μεγεθών λέ-

Σχ. 1. Πρότυπο μέτρο

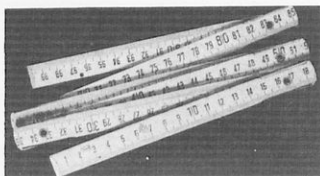




μετροταινία

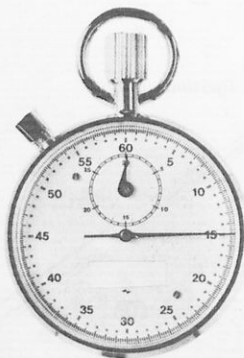


κανόνας



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 τη μονάδα του. Άρα:

Μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους λέγεται ή σύγκρισή του με ένα άλλο όμοιοδές μέγεθος, τό όποιο ονομάζεται μονάδα μετρήσεως.

Κάθε φυσικό μέγεθος έχει ιδιαίτερη μονάδα μετρήσεως, που όρίστηκε με όρισμένα κριτήρια, ύστερα από συμφωνία των έπιστημόνων σέ 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, με τη 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, σέ θερμοκρασία 0° C, μεταξύ δύο γραμμών, που είναι χαραγμένες σέ έναν πρότυπο κανόνα από ιριδιούχο λευκόχρυσο (Σχ. 1). Ό πρότυπος αυτός κανόνας φυλάγεται στό Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών στην πόλη των Σεβρών της 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. Ως μονάδα χρόνου χρησιμοποιούμε τό **1 δευτερόλεπτο ή 1 second (1 sec)**.

Τό 1 sec είναι ίσο με τό $\frac{1}{86400}$ της μέσης ηλιακής ήμέρας. Ή μέση ηλιακή 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 ηλιακή ήμέρα $\approx$ 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 πού λέγεται ύλη.

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

"Ένας μεταλλικός κύβος έχει μία όρισμένη μάζα. Είναι αυτόνοηότο ότι θά έχει πάντοτε τήν 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 γής, ή όταν μεταφερθεί από έναν τόπο της γής σε άλλο ή όταν μεταφερθεί από τή γή στή σελήνη. "Επομένως:

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

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

"Ός μονάδα μάζας χρησιμοποιούμε τό **1 χιλιόγραμμα (1 kgr)**. Τό 1 Kgr είναι ή μάζα ενός κυλίνδρου πού αποτελείται από ιριδιούχο λευκόχρυσο καί έχει διάμετρο 39 mm καί ύψος 39 mm (Σχ. 5). "Ο κύλινδρος αυτός λέγεται πρότυπο χιλιόγραμμα ο καί φυλάγεται στό Διεθνές Γραφείο Μέτρων καί Σταθμών στή πόλη των Σεβρών της Γαλλίας.

"Άλλες μονάδες μάζας είναι:

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

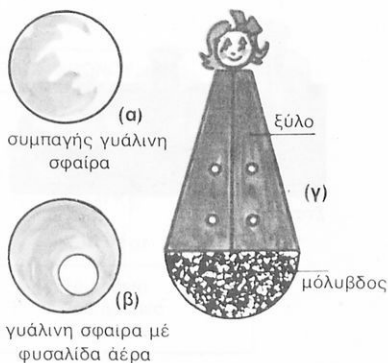
$$1 \text{ τόνος (1 tn)} = 1000 \text{ Kgr} = 10^3 \text{ Kgr}$$

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

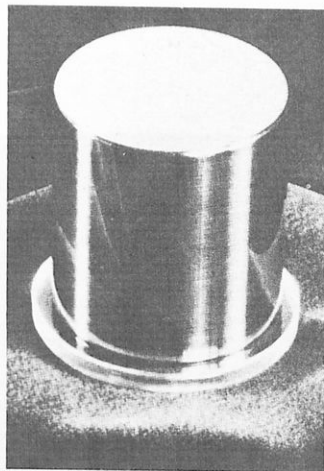
"Η μάζα είναι **μονόμετρο** μέγεθος, δηλ. καθορίζεται πλήρως, όταν γνωρίζουμε τό **μέτρο** της. Λέγοντας μέτρο ενός μεγέθους, έννοούμε τήν αριθμητική τιμή του καί τή μονάδα μετρήσεώς του (π.χ. 8 Kgr, 150 gr).

IV. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

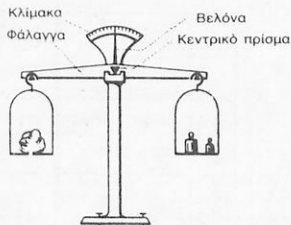
"Όπως αναφέραμε, μονάδα μετρήσεως τού



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



Σχ. 5. Πρότυπο χιλιόγραμμα.



Σχ. 6. Ζυγός

2η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΓΕΘΗ – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

1. ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ

Τά φυσικά μεγέθη που όρίζονται από τὰ θεμελιώδη μεγέθη με τὴ βοήθεια μαθηματικῶν σχέσεων (φυσικῶν νόμων ἢ τύπων) λέγονται παράγωγα.

α. Ἐμβαδό S. Θεωροῦμε ἓνα τετράγωνο πού ἔχει πλευρά a . Τό ἔμβαδό τοῦ τετραγώνου αὐτοῦ βρίσκεται ἀπό τὴ σχέση:

$$\text{ἐμβαδό τετραγ.} = \text{μῆκ. πλευρᾶς} \times \text{μῆκ. πλευρᾶς}$$

$$S = a^2$$

Παρατηροῦμε λοιπόν ὅτι τὸ ἔμβαδό ὀρίζεται ἀπό τὸ μῆκος με τὴ βοήθεια τῆς σχέσεως $S = a^2$ καί γι' αὐτό εἶναι παράγωγο μέγεθος.

Ἡ μονάδα μετρήσεως τοῦ ἔμβαδου προκύπτει ἀπό τὴ σχέση $S = a^2$, ὅταν ἀντικαταστήσουμε τὸ μῆκος a με τὴν ἀντίστοιχη μονάδα του. Ἐτσι, ἂν $a = 1\text{m}$, προκύπτει $S = 1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$. Ἡ μονάδα αὐτὴ (1m^2) λέγεται ἓνα **τετραγωνικὸ μέτρο**. Τό 1m^2 εἶναι τὸ ἔμβαδό ἑνὸς τετραγώνου πού ἔχει πλευρά 1m (Σχ. 1).

Ἡ μονάδα αὐτὴ λέγεται **παράγωγη**, γιατί προκύπτει ἀπό θεμελιώδη μονάδα, δηλ. τὸ 1m .

Γιὰ μικρότερες ἐπιφάνειες χρησιμοποιοῦνται οἱ μονάδες:

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

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

Γιὰ μεγαλύτερες ἐπιφάνειες χρησιμοποιοῦνται οἱ μονάδες:

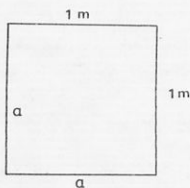
$$1\text{ στρέμμα} = 1000\text{ m}^2 = 10^3\text{ m}^2$$

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

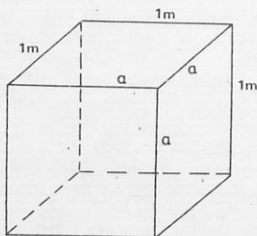
β. Ὀγκος V. Θεωροῦμε ἓναν κύβο πού ἔχει πλευρά a . Ὁ ὀγκος του βρίσκεται ἀπό τὴ σχέση:

$$\text{ὀγκος κύβου} = \text{μῆκ. πλευρᾶς} \times \text{μῆκ. πλευρᾶς} \times \text{μῆκ. πλευρᾶς}$$

$$V = a^3$$



Σχ. 1. Ἐνα τετραγωνικὸ μέτρο



Σχ. 2. Ἐνα κυβικὸ 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 προηγούμενων και είναι το **ένα κυβικό μέτρο (1m^3)**

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

Για μικρότερους όγκους χρησιμοποιούμε τις μονάδες:

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

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

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

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΜΒΑΔΟΥ ΚΑΙ ΟΓΚΟΥ	
ΕΜΒΑΔΟ	έκταση της Ελλάδας	132.000 Km ²
	έμβαδό σχολικής αίθουσας	50 m ²
ΟΓΚΟΣ	όγκος σχολικής αίθουσας	150 m ³
	όγκος μιάς φιάλης της μπύρας	640 cm ³

II. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ

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

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

Το σύστημα μονάδων άπλοποιεί πολύ τις μετρήσεις των φυσικών μεγεθών, γιατί χάρη σ' αυτό δεν είμαστε υποχρεωμένοι να όρίζουμε αυθαίρετα τη μονάδα μετρήσεως για κάθε φυσικό μέγεθος. Θά περιγράψουμε δύο συστήματα μονάδων, το **Διεθνές Σύστημα (S.I.)** (système Internationale), και το **CGS**.

β. Διεθνές Σύστημα μονάδων. Μερικές από

τίς θεμελιώδεις μονάδες πού περιλαμβάνει τό σύστημα αὐτό, μέ τά ἀντίστοιχα σύμβολά τους καί μεγέθη, περιέχονται στὸν παρακάτω πίνακα:

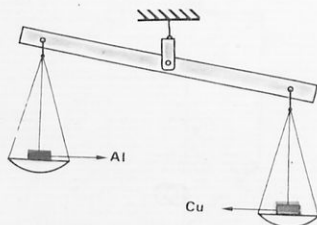
ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ (S.I)		
Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες	
μῆκος	1 μέτρο	1 m
μάζα	1 χιλιόγραμμα	1 Kgr
χρόνος	1 δευτερόλεπτο	1 sec
ένταση ἡλ. ρεύμ.	1 Ἀμπέρ	1 A

Γιά νά μελετήσουμε τά φαινόμενα τῆς Μηχανικῆς μᾶς ἀρκοῦν τά τρία πρῶτα μεγέθη τοῦ παραπάνω συστήματος καί οἱ ἀντίστοιχες μονάδες τους. Τό μέρος αὐτό τοῦ Διεθνoῦς Συστήματος λέγεται **σύστημα μονάδων MKS**, ἀπό τά ἀρχικά τῶν θεμελιωδῶν μονάδων τοῦ (m, Kgr, sec).

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

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

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



Σχ. 3.

III. ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

α. Ἐννοία τῆς πυκνότητος. Στόν ἓνα δίσκο ἑνός ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἓναν ὁμογενή κύβο ἀπό χαλκό καί στόν ἄλλο δίσκο τοῦ ζυγοῦ τοποθετοῦμε ἓναν ὁμογενή κύβο ἀπό ἀλουμίνιο (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 ἀπὸ τό 1cm^3 ἀλουμινίου.

Γιά 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 τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με τό πηλίκο της μάζας του σώματος διά του όγκου του.

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

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.

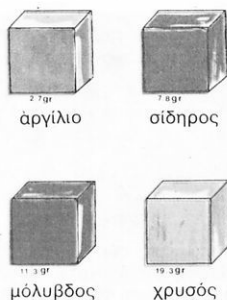
Η πυκνότητα δε χαρακτηρίζει τά σώματα (τραπέζι, κόσμημα κτλ.), αλλά τό υλικό (ξύλο, άργυρος κτλ.) από τό όποιο αποτελούνται.

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

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

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

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



Σχ. 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ gr/cm^3			
νερó	1	άργίλιο	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 τό 1 m^2 καί μονάδα όγκου είναι τό 1 m^3 .
- Σύστημα μετρήσεως είναι ένα σύνολο μονάδων πού περιλαμβάνει λίγες θεμελιώδεις καί πολλές παράγωγες μονάδες.

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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι το σύστημα μονάδων και ποιά είναι η χρησιμότητά του;
2. α. Ποιά είναι τα θεμελιώδη μεγέθη του Διεθνούς Συστήματος και ποιές είναι οι αντίστοιχες μονάδες τους;
β. Τι είναι το σύστημα μονάδων MKS;
3. Ποιά είναι τα θεμελιώδη μεγέθη του συστήματος μονάδων CGS και ποιές είναι οι αντίστοιχες μονάδες τους;
4. α. Τι λέγεται πυκνότητα ενός υλικού;
β. Ποιές είναι οι μονάδες της πυκνότητας;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα οικόπεδο έχει έμβαδό 4 στρέμματα. Νά βρείτε το έμβαδό του οικόπεδου αυτού σε m^2 και σε cm^2 .
2. Ένα μεγάλο μπουκάλι αναψυκτικού έχει όγκο 1 lt. Νά μετατρέψετε τον όγκο αυτό σε cm^3 και σε m^3 .
3. 1800gr πετρελαίου έχουν όγκο 2000 cm^3 . Νά βρείτε την πυκνότητα του πετρελαίου σε gr/cm^3 και σε kg/m^3 .
4. Ένα χάλκινο σώμα έχει όγκο 500 cm^3 . Νά βρείτε τη μάζα του σώματος αυτού, αν η πυκνότητα του χαλκού είναι $8,9 \text{ gr/cm}^3$.

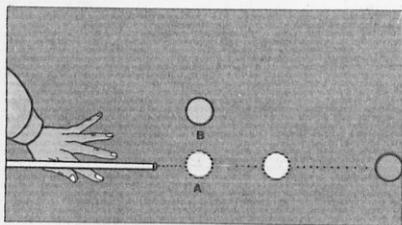
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

3η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ-ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Ι. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΗΡΕΜΙΑΣ

α. Κίνηση και ήρεμία. Ο παρατηρητής (ό άνθρωπος) του Σχ. 1 καταλαβαίνει ότι η σφαίρα Α **κινείται**, γιατί τη βλέπει να απομακρύνεται από αυτόν. Ο ίδιος παρατηρητής συμπεραίνει ότι η σφαίρα Β **ήρεμει**, γιατί τη βλέπει να μένει πάντοτε στην ίδια θέση ως προς αυτόν. Με έντελως ανάλογο τρόπο καταλαβαίνουμε την κίνηση ή την ήρεμια 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 ή ρεμεϊ 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 σέ μάς ακίνητα, γιατί και έμεις συμμετέχουμε στην ίδια κίνηση με αυτά.

Τό σώμα Σ, που είναι μέσα στο κινούμενο βαγόνι (Σχ. 2), ήρεμεϊ 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:

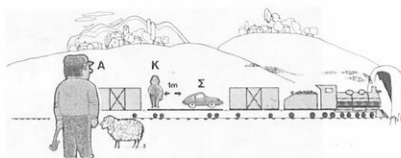
Η κίνηση ή ή ήρεμία ενός σώματος είναι σχετική.

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.

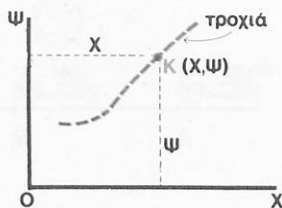
Συνήθως θεωρούμε τή γη ως ακίνητη και εξετάζουμε τίς κινήσεις τών σωμάτων ως προς τή γη.

II. ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ

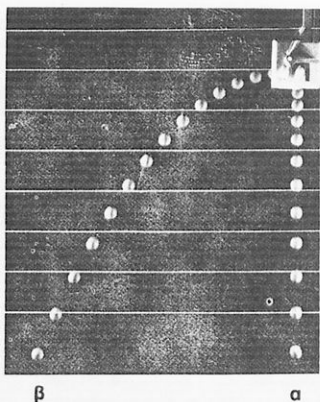
Ας υποθέσουμε ότι ένα κινητό Κ κινείται στο επίπεδο τών όρθογωνίων αξόνων ΟΧ καί ΟΨ (Σχ. 3). Η θέση του κινητού σέ κάθε χρονική στιγμή καθορίζεται, όταν γνωρίζουμε τίς αποστάσεις του χ καί ψ από τούς άξονες ΟΨ καί ΟΧ αντίστοιχα. Οί αποστάσεις αυτές χ καί ψ λέγονται συντεταγμένες του κινητού καί κατά τή διάρκεια τής κινήσεως μεταβάλλονται μέ τό χρόνο. Όταν ένα σώμα ήρεμεϊ οί συντεταγμένες του παραμένουν άμετάβλητες. Η θέση ενός πλοίου, που κινείται στή θάλασσα, καθορίζεται μέ δύο συντεταγμένες. Υπάρχουν όμως κινητά πού η θέση τους καθορίζεται μέ τρείς συντεταγμένες (αεροπλάνο, αερόστατο κτλ.) ή μέ μία συντεταγμένη (σιδηρόδρομος που κινείται σέ ευθύγραμμες σιδηροτροχιές).



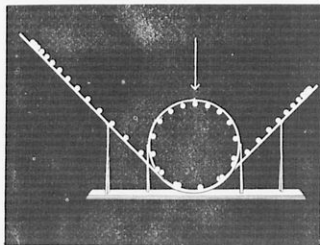
Σχ. 2. Σχετική κίνηση



Σχ. 3. Οί 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, θα σχηματισθεί μία συνεχής γραμμή που λέγεται **τροχιά** (Σχ. 4). Η τροχιά μπορεί να είναι ευθεία, περιφέρεια κύκλου ή άλλη καμπύλη γραμμή, όποτε η κίνηση λέγεται αντίστοιχα **ευθύγραμμη** (Σχ. 4α), **κυκλική** (Σχ. 5) ή **καμπυλόγραμμη** (Σχ. 4β).

Τό μήκος της τροχιάς που διανύει τό κινητό σέ όρισμένο χρόνο t λέγεται **διάστημα** s .

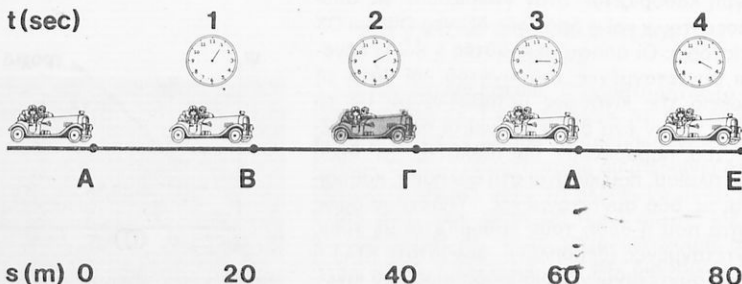
Γιά νά μετρήσουμε τό διάστημα καί τόν αντίστοιχο χρόνο τής κινήσεως παίρνουμε αὐθαίρετα κάποια θέση τοῦ κινητοῦ, ὡς ἀρχή ($s = 0, t = 0$) καί τή λέμε **ἀφετηρία**.

IV. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Έννοια ευθύγραμμης ομαλής κινήσεως.
Τό αὐτοκίνητο πού εἰκονίζεται στό Σχ. 6 κινεῖται σέ ευθεία γραμμή καί κατά τέτοιο τρόπο ὥστε σέ ἴσους χρόνους (π.χ. σέ κάθε 1 sec) νά διανύει ἴσα διαστήματα (20m). Μία τέτοια κίνηση λέγεται **ευθύγραμμη ομαλή** καί εἶναι ἡ ἀπλούστερη ἀπό ὅλες τῆς κινήσεις. Ἄρα:

Μία κίνηση λέγεται **ευθύγραμμη ομαλή**, ὅταν τό κινητό κινεῖται σέ ευθεία γραμμή καί σέ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα.

β. Ταχύτητα ευθύγραμμης ομαλής κινήσεως. Τό κινητό τοῦ Σχ. 6 σέ κάθε ἕνα sec διανύει 20m. Ἐνα ἄλλο κινητό μπορεῖ σέ κάθε 1sec νά διανύει μεγαλύτερο ἢ μικρότερο διάστημα ἀπό τό πρῶτο. Θά λέμε τότε ὅτι τά δύο κινητά ἔχουν διαφορετικό **ρυθμό** κινήσεως, δηλ. τό



Σχ. 6. Ευθύγραμμη ομαλή 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 όμαλή κίνηση** λέγεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το **πηλίκιο του διαστήματος**, που διανύει το κινητό σε κάποιο χρόνο, προς το χρόνο αυτό.

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

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

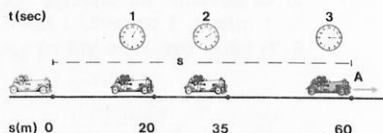
γ. Μονάδες ταχύτητας. Για να μετρήσουμε την ταχύτητα χρησιμοποιούμε ως μονάδα το ένα μέτρο κατά δευτερόλεπτο (**1 m/sec**), που προκύπτει από τον τύπο (1), όταν θέσουμε $s=1\text{m}$ και $t=1\text{sec}$ και ανήκει στο Διεθνές Σύστημα (S.I.).

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

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

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_m** . "Αν s είναι τό διάστημα, πού διανύει τό κινητό σέ χρόνο t , τότε ή μέση ταχύτητά του, γιά τό χρονικό διάστημα t , όρίζεται ως έξης:

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

$$u_m = \frac{s}{t}$$

"Αν κάποιο άλλο κινητό έκτελέσει εϋθύγραμμη όμαλή κίνηση μέ ταχύτητα u_m , θά διανύσει τό ίδιο διάστημα s πού διανύει τό κινητό Α στόν ίδιο χρόνο t .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. "Ενα σώμα κινείται όταν αλλάζει θέση ως πρός ένα άλλο σώμα πού τό θεωρούμε ακίνητο. "Ενα 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. "Ενα 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 έξης:
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 $u_m = s/t$.

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 ονομάζουμε 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. "Ενας άθλητής του μαραθώνιου δρόμου διέτρεξε τήν απόσταση αϋτή σέ χρόνο 2 h καί 20 min. Νά βρείτε τή μέση ταχύτητα του μαραθωνοδρόμου αϋτού σέ m/sec.

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΩΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

I. 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 οποίο κινείται) και για τη φορά της (ή μπάλα πηγαίνει προς τόν Α ή προς τόν Β, αν κινείται στό δρόμο ΑΒ). Για να καθορίσουμε πλήρως τήν ταχύτητα της μπάλας, πρέπει να αναφέρουμε, εκτός από τόν μέτρο της (3 m στό 1 sec), τή διεύθυνση και τή φορά της κινήσεώς της, πού τίς ονομάζουμε αντίστοιχα **διεύθυνση και φορά της ταχύτητας**.

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

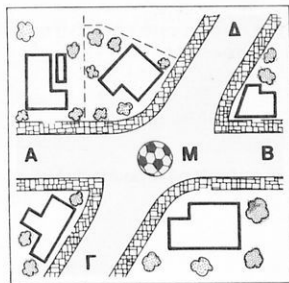
Επομένως:

Η ταχύτητα είναι **διανυσματικό μέγεθος**.

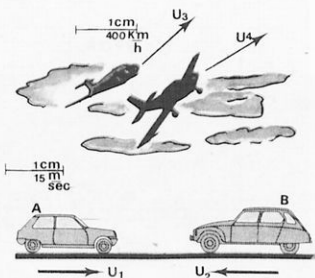
Για να παραστήσουμε τήν ταχύτητα ως διανυσματικό μέγεθος χρησιμοποιούμε ένα **διάνυσμα** (Σχ. 2). Τό διάνυσμα είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα, τού οποίου τόν ένα άκρο θεωρείται ως «άρχή» τού και τόν άλλο θεωρείται ως «τέλος» τού. Η διεύθυνση και ή φορά τού διανύσματος παριστάνουν αντίστοιχα τή διεύθυνση και τή φορά της ταχύτητας. Τό μήκος τού διανύσματος μέ κατάλληλη κλίμακα παριστάνει τόν μέτρο της ταχύτητας.

II. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

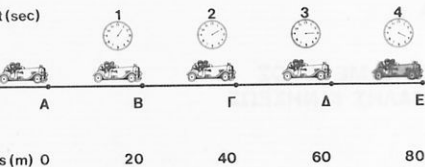
α. Νόμος της ταχύτητας. Η ταχύτητα τού κινήτουν τού Σχ. 3 στή θέση Γ είναι: $u = s/t = 40\text{m}/2\text{sec} = 20 \text{ m/sec}$. Αν υπολογίσουμε τήν ταχύτητα και σέ άλλες θέσεις (Β, Δ...) θά βρούμε πάλι τήν ίδια τιμή 20 m/sec. Επειδή ή τροχιά είναι ευθύγραμμη, ή ταχύτητα σέ όλες τίς θέσεις έχει τήν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

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

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

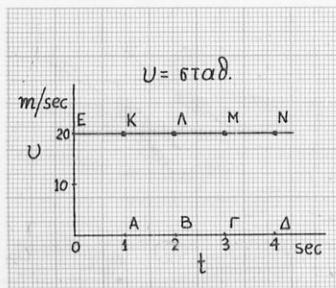
Σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ο πίνακας πού ακολουθεί, γράφουμε τίς αντίστοιχες τιμές της ταχύτητας και τού χρόνου:

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

Παίρνουμε δύο ορθογώνιους άξονες (Σχ. 4). Στόν οριζόντιο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές τού χρόνου μέ κάποια κλίμακα αντιστοιχίας, αντιστοιχώντας π.χ. τό 1 sec στό 1 cm τού άξονα αυτού. Στόν κατακόρυφο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές της ταχύτητας, αντιστοιχώντας π.χ. τά 20 m/sec στά 2 cm τού άξονα αυτού.

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

Ενώνουμε 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 της ταχύτητας.



Σχ. 4. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου

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

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

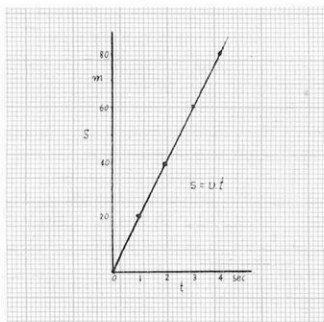
$$s = u \cdot t \quad (1)$$

Η σχέση 1 εκφράζει τον παρακάτω νόμο του διαστήματος.

Στήν ευθύγραμμη ομαλή κίνηση τα διαστήματα είναι ανάλογα με τους χρόνους κατά τους οποίους διανύθηκαν.

Τό νόμο αυτό μπορούμε νά τον παραστήσουμε γραφικά με τό διάγραμμα ON του Σχ. 5. Τό διάγραμμα αυτό κατασκευάζεται ως εξής: Γράφουμε τίς αντίστοιχες τιμές του χρόνου και του διαστήματος σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ό πίνακας που ακολουθεί:

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



Σχ. 5. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου

Παίρνουμε δύο ορθογώνιους άξονες (Σχ. 5). Στόν οριζόντιο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές του χρόνου, αντιστοιχώντας π.χ. τό 1 sec, στό 1 cm του άξονα αυτού.

Στόν κατακόρυφο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές του διαστήματος, αντιστοιχώντας π.χ. τά 10 m στό 1 cm του άξονα αυτού.

Μέ τόν τρόπο που περιγράψαμε προηγουμένως, βρίσκουμε τά σημεία O, K, Λ, M και N που παριστάνουν αντίστοιχα τά ζεύγη τιμών του πίνακα (0 sec, 0 m), (1 sec, 20 m), (2 sec, 40 m), (3 sec, 60 m), (4 sec, 80 m). Ένώνουμε μέ συνεχή γραμμή τά σημεία αυτά και βλέπουμε ότι προκύπτει ή ευθεία γραμμή ON. Τό διάγραμμα ON παριστάνει γραφικά τό νόμο του διαστήματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος. Γιά τόν προσδιορισμό της μάς χρειάζονται, εκτός από τό μέτρο της, ή διεύθυνση και ή φορά της, που συμπίπτουν μέ τη διεύθυνση και τη φορά της κίνησης.
2. Οί νόμοι της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης εκφράζονται μέ τίς σχέσεις:

$u = \text{σταθερή}$	Νόμος της ταχύτητας
$s = u \cdot t$	Νόμος του διαστήματος

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

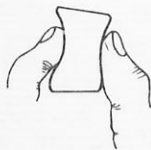
1. Ποιά στοιχεία χρειάζονται για τόν πλήρη προσδιορισμό της ταχύτητας ενός σώματος;
2. Τί έννοούμε όταν λέμε «διεύθυνση και φορά της ταχύτητας»;
3. Νά απαντήσετε με ένα «ΝΑΙ» ή ένα «ΟΧΙ» στις παρακάτω ερωτήσεις: Στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ή ταχύτητα α) αυξάνεται; β) παραμένει σταθερή; γ) ελαττώνεται;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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα αυτοκίνητο πού κινείται στήν έθνική όδό έκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Πόσο διάστημα θά διανύσει σέ 3 min, αν ή ταχύτητά του είναι 20 m/sec;
2. Ένα ποδήλατο έκτελεί ευθύγραμμη κίνηση μέ σταθερή ταχύτητα 5 m/sec α) Σέ πόσο χρόνο τó κινητό αυτό διανύει διάστημα 1500 m; β) Νά κατασκευάσετε τó διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.
3. Ένα κινητό έκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση καί σέ χρόνο 100 sec διανύει διάστημα 1,8 km α) νά βρείτε τήν ταχύτητα του σέ m/sec. β) Νά κατασκευάσετε τó διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

5η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΥΝΑΜΗ – ΒΑΡΟΣ – ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ



Σχ. 1.

Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

Τό ελαστικό σώμα τού Σχ. 1 παραμορφώνεται, όταν τó συμπίεσουμε μέ τó χέρι μας. Λέμε τότε ότι τó χέρι μας άσκει **δύναμη** στό σώμα.

Γιά νά κινηθεί τó παιδικό καροτσάκι τού Σχ. 2, πρέπει ή μητέρα νά τó σπρώξει. Λέμε πάλι ότι ή μητέρα άσκει δύναμη στό καροτσάκι.

Στό Σχ. 3 εικονίζεται καί άλλο παράδειγμα δυνάμεως. Από όλα αυτά τά παραδείγματα μπορούμε νά όρίσουμε τή δύναμη ως εξής:

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

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



Σχ. 2.

Σέ όλα αυτά τά παραδείγματα πού ἀναφέρα-
με παρατηρούμε ὅτι:

Γιά νά ἀσκηθεῖ μία δύναμη σέ κάποιο σῶμα,
πρέπει νά ὑπάρχει καί ἓνα ἄλλο σῶμα πού νά
ἀσκήσῃ τή δύναμη αὐτή μέ ἐπαφή ἢ ἀπό
ἀπόσταση.

II. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

Γιά νά μετρήσουμε τή δύναμη χρησιμο-
ποιούμε ὡς μονάδα τὸ **1 κιλοπόντ (1 Kp)**. Τό 1 kp
εἶναι ἡ δύναμη πού ἀσκεῖ ἡ γῆ στό πρότυπο
χιλιόγραμμα, ὅταν αὐτό βρίσκεται στήν ἐπιφά-
νεια τῆς θάλασσας καί σέ τόπο μέ γεωγραφικό
πλάτος 45°, π.χ. στό Παρίσι.

Ἄλλες μονάδες δυνάμεως εἶναι οἱ ἑξῆς:

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

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

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα δυνάμεως εἶ-
ναι τὸ **1 Newton (1 Νιοῦτον, 1 N)**.

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

Στό σύστημα CGS μονάδα δυνάμεως εἶναι ἡ
δύνη (1 dyn).

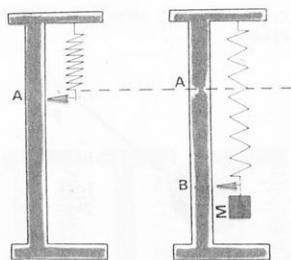
$$1 \text{ Kp} = 981000 \text{ dyn}$$

III. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

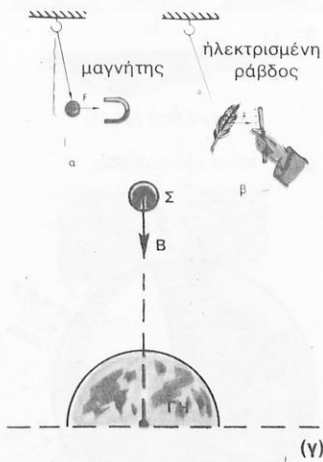
Σέ ἓνα ἐλατήριο ἀσκοῦμε διαδοχικά τίς δυ-
νάμεις F_1, F_2, F_3 καί F_4 (Σχ. 5). Ἡ F_1 ἐπιμηκύνει
τὸ ἐλατήριο κατὰ τὴν κατακόρυφη διεύθυνση, ἡ
 F_2 τὸ ἐπιμηκύνει κατὰ πλάγια διεύθυνση, ἡ F_3 τὸ
συσπειρώνει καί ἡ F_4 ἐπιμηκύνει ἓνα μόνο μέ-
ρος τοῦ ἐλατηρίου. Οἱ δυνάμεις αὐτές μολονότι
ἔχουν τὸ ἴδιο μέτρο (100 p), εἶναι **διαφορετικές**,
γιατί δέν προκαλοῦν τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα στό
ἐλατήριο.

Ἀπό τὸ παράδειγμα αὐτὸ καταλαβαίνουμε
ὅτι δέν μπορούμε νά προσδιορίσουμε πλήρως
μία δύναμη, ὅταν γνωρίζουμε μόνο τὸ μέτρο
της. Γιά νά καθορίσουμε πλήρως μία δύναμη
χρειάζεται νά γνωρίζουμε, ἐκτός ἀπὸ τὸ μέτρο
της, τὴ διεύθυνση, τὴ φορά καί τὸ σημεῖο
ἐφαρμογῆς της.

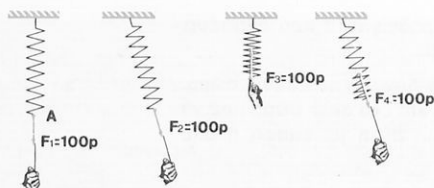
Ἡ εὐθεία γραμμὴ κατὰ τὴν ὁποία ἐνεργεῖ ἡ
δύναμη λέγεται **φορέας** τῆς δυνάμεως. Ὁ φο-
ρέας καί κάθε εὐθεία παράλληλη πρὸς αὐτόν



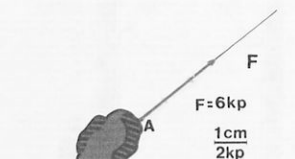
Σχ. 3. Ἡ δύναμη πού ἀσκεῖ τὸ σῶμα Σ
παραμορφώνει τὸ ἐλατήριο



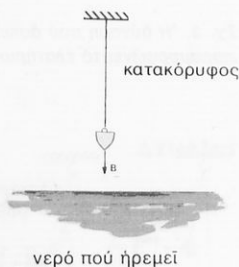
Σχ. 4. (α). Ὁ μαγνήτης ἀσκεῖ δύναμη
στὴ σφαῖρα ἀπὸ σίδηρο
(β). Ἡ ηλεκτρισμένη ράβδος ἀσκεῖ
δύναμη στό φτερό.
(γ). Ἡ δύναμη Β πού ἀσκεῖ ἡ γῆ στό
σῶμα Σ ἀναγκάζει τὸ σῶμα νά πέσει.



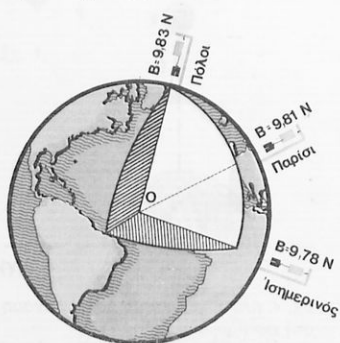
Σχ. 5. Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος



Σχ. 6.



Σχ. 7. Νήμα της στάθμης



Σχ. 8. Τό βάρος του «προτυπου χιλιόγραμμου» σέ διάφορα γεωγραφικά πλάτη

ἀποτελούν τή **διεύθυνση** τῆς δυνάμεως. Τό σημείο τοῦ σώματος στό ὁποῖο ἐνεργεῖ ἡ δύναμη λέγεται **σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως**.

Ἡ φορά κατὰ τήν ὁποία ἡ δύναμη τείνει νά κινήσει τό σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς πάνω στή διεύθυνσή της λέγεται **φορά τῆς δυνάμεως**. Ἀπό ὅλα αὐτά πού ἀναφέραμε προκύπτει τό παρακάτω συμπέρασμα:

Ἡ δύναμη εἶναι διανυσματικό μέγεθος. Τά χαρακτηριστικά στοιχεῖα τῆς εἶναι τό σημεῖο ἐφαρμογῆς, ἡ διεύθυνση, ἡ φορά καί τό μέτρο τῆς.

Γιά νά παραστήσουμε ἐπομένως μία δύναμη χρῆσιμοποιοῦμε ἕνα διάνυσμα (Σχ. 6). Τό μήκος τοῦ διανύσματος μέ κατάλληλη κλίμακα παριστάνει τό μέτρο τῆς δυνάμεως.

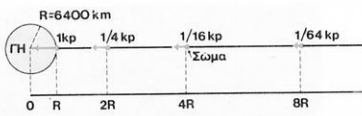
IV. ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ἄν ἀφήσουμε ἕνα σῶμα ἐλεύθερο σέ κάποιο ὕψος ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, παρατηροῦμε ὅτι τό σῶμα πέφτει κατακόρυφα πρὸς τό ἔδαφος. Αὐτό συμβαίνει, γιατί ἡ γῆ ἄσκει στό σῶμα μία δύναμη πού λέγεται **βάρος B** τοῦ σώματος. Ἡ διεύθυνση τοῦ βάρους ἑνός σώματος σέ ἕναν τόπο ὀνομάζεται **κατακόρυφος** τοῦ τόπου καί εἶναι κάθετη στήν ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν πού ἡρεμοῦν (Σχ. 7). Τό βάρος ἔχει φορά ἀπό τό σῶμα πρὸς τό κέντρο τῆς γῆς. Ἐπομένως:

Βάρος ἑνός σώματος, λέγεται ἡ ἐλκτική δύναμη πού ἄσκει ἡ γῆ στό σῶμα αὐτό. Τό βάρος ἔχει διεύθυνση κατακόρυφη καί φορά πρὸς τό κέντρο τῆς γῆς.

Οἱ μονάδες μετρήσεως τοῦ βάρους εἶναι ἴδιες μέ τίς μονάδες μετρήσεως τῆς δυνάμεως, δηλ. τό 1 Κρ, τό 1 Ν κτλ.

Τό βάρος ενός σώματος αυξάνεται, όταν αυτό μεταφέρεται από τόν ισημερινό προς τούς πόλους της γης (Σχ. 8) και ελαττώνεται, όταν αυξάνεται ή απόσταση του σώματος από την επιφάνεια της γης (Σχ. 9). Σε προηγούμενη ένότητα μάθαμε ότι ή μάζα ενός σώματος είναι πάντοτε σταθερή. Έπομένως:

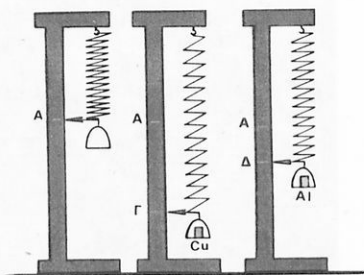


Σχ. 9. Τό βάρος του «προτύπου χιλιόγραμμου» σε διάφορα ύψη

Τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σε 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 τού 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 όρίζεται ως εξής:



Σχ. 10.

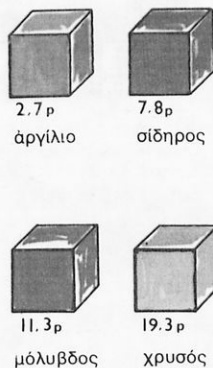
Ειδικό βάρος του υλικού ενός σώματος ονομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο του βάρους του σώματος διά του όγκου του.

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

Ο όγκος κάθε κύβου του Σχ. 11 είναι 1 cm^3 . Τό βάρος κάθε κύβου σε p ισούται αριθμητικά μέ τό ειδικό βάρος του αντίστοιχου υλικού.

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

Οί 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 εκατοστό-μέτρο (1 p/cm^3) καί τό 1 κιλοπόντ κατά κυβικό μέτρο (1 Kp/m^3).



Σχ. 11.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Δύναμη είναι η αιτία που παραμορφώνει τα σώματα ή μεταβάλλει την κινητική τους κατάσταση.
2. Στη φύση μπορούμε να διακρίνουμε δυνάμεις που ασκούνται με έπαφή ή από απόσταση. Η δύναμη που ενεργεί σε ένα σώμα ασκείται πάντοτε από κάποιο άλλο σώμα.
3. Οι μονάδες μετρήσεως της δυνάμεως είναι οι εξής:
1 kp, 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 ασκεί ή γή σε κάθε σώμα λέγεται βάρος του σώματος και έχει διεύθυνση κατακόρυφη. Τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο.
6. Τό ειδικό βάρος ενός υλικού όρίζεται από τη σχέση $\epsilon = B/V$ και έχει τίς εξής μονάδες:
1 N/m³, 1 p/cm³, 1 Kp/m³ κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά είναι τά αποτελέσματα της δυνάμεως και ποιά είναι τά χαρακτηριστικά στοιχεία της;
2. Τι γνωρίζετε για τά χαρακτηριστικά στοιχεία του βάρους και για τίς μεταβολές του;
3. Ποιά από τίς 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 οι παρακάτω δυνάμεις που εικονίζονται στο Σχ. 5.
α) F₁ και F₃, β) F₂ και F₄;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά παραστήσετε με διανύσματα και μέ κλίμακα 2Kp/1cm τίς παρακάτω δυνάμεις που έχουν κοινό σημείο εφαρμογής:
α. Μία όριζόντια δύναμη που έχει μέτρο 4 Kp και φορά από δεξιά πρός τά άριστερά. β. Ένα βάρος που έχει μέτρο 5 Kp και γ. Μία πλάγια δύναμη που έχει μέτρο 6 Kp φορά από κάτω πρός τά πάνω και σχηματίζει γωνία 30° με την όριζόντια διεύθυνση.
2. Τό βάρος ενός ανθρώπου είναι 75 Kp. Νά βρείτε τό βάρος του ανθρώπου αυτού σε N και σε dyn.
3. Ένα όμογενές σώμα αποτελείται από σίδηρο και έχει βάρος 15,6 Kp. 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 βρίσκουμε 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**.

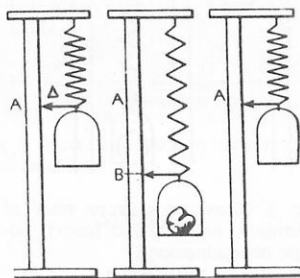
Τά σώματα που παθαίνουν ελαστικές παραμορφώσεις λέγονται **ελαστικά**.

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.

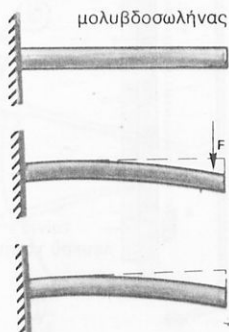
II. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Αν στο ελεύθερο άκρο του μολυβδόσωληνα, που εικονίζεται στο Σχ. 2 ενεργήσει μία δύναμη, θά παρατηρήσουμε ότι ο μολυβδόσωληνας κάμπτεται (παραμορφώνεται). Αν στη συνέχεια πάψει να ενεργεί η δύναμη αυτή, θά παρατηρήσουμε ότι ο μολυβδόσωληνας 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**.

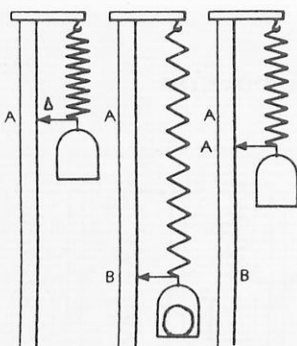
Τά σώματα που παθαίνουν πλαστικές παραμορφώσεις λέγονται **πλαστικά**. Πλαστικά σώματα είναι ο μόλυβδος, ο κασίτερος, η πλαστελίνη, τό κερί, ή μαστίχα (τοιχία), ο στόκος κτλ.



Σχ. 1. Έλαστική παραμόρφωση



Σχ. 2. Πλαστική παραμόρφωση



Σχ. 3. Όταν επιμηκύνεται πολύ τό έλατήριο, παθαίνει μία (μικρή) μό- νιμη παραμόρφωση

III. ΟΡΙΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΟ ΘΡΑΥΣΕΩΣ

Στό πείραμα του Σχ. 1 είδαμε ότι τό έλατή- ριο παθαίνει έλαστική παραμόρφωση. Έπανα- λαμβάνουμε τό ίδιο πείραμα πολλές φορές χρησιμοποιώντας διαδοχικά όλο καί βαρύτερα σώματα (100 ρ, 150 ρ...) καί διαπιστώνουμε ότι τό έλατήριο εξακολουθεί νά παθαίνει έλαστικές παραμορφώσεις. Όταν όμως τό βάρος του σώ- ματος πού παραμορφώνει τό έλατήριο γίνεται σχετικά μεγάλο π.χ. 800 ρ, θά παρατηρήσουμε ότι τό έλατήριο άποκτά μία μικρή μόνιμη παρα- μόρφωση (Σχ. 3). Τότε λέμε ότι περάσαμε τό **όριο έλαστικότητας** του έλατηρίου.

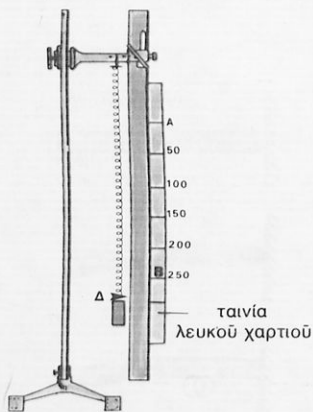
Έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα του Σχ. 3 χρησιμοποιώντας σώματα βαρύτερα από 800 ρ καί διαπιστώνουμε τίς μόνιμες παραμορφώσεις του έλατηρίου. Όταν όμως τό βάρος του σώμα- τος πού παραμορφώνει τό έλατήριο γίνεται σχε- τικά πολύ μεγάλο, π.χ. 10 κρ, θά παρατηρή- σουμε ότι τό έλατήριο σπάζει. Τότε λέμε ότι περάσαμε τό **όριο θραύσεως** του έλατηρίου.

Τά σώματα πού αποτελούνται από κοινό χά- λυβα, όρείχαλκο, σίδηρο, νάυλον κτλ. έχουν μεγάλο όριο θραύσεως καί γι' αυτό τά χρησιμο- ποιούμε στίς διάφορες μηχανικές κατασκευές. Οί τεχνικοί πού κατασκευάζουν σπίτια, γέφυ- ρες, συρματόσκοινα γερανών ή άνελκυστήρων κτλ. φροντίζουν ή αίτία πού παραμορφώνει τά σώματα των κατασκευών αυτών νά είναι πολύ μικρότερη από τό όριο θραύσεώς τους.

IV. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ HOOKE (ΧΟΥΚ)

Στό άκρο του έλατηρίου (Σχ. 4) τοποθε- τούμε διαδοχικά διάφορα σώματα πού έχουν γνωστά καί σχετικά μικρά βάρη, ώστε οί επιμη- κύνσεις του έλατηρίου νά είναι έλαστικές. Μέ τη βοήθεια του δείκτη Δ καί ενός κανόνα με- τράμε τίς αντίστοιχες επιμηκύνσεις του έλατη- ρίου. Τά άποτελέσματα των μετρήσεων αυτών περιέχονται στόν παρακάτω πίνακα.

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



Σχ. 4.

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

Έτσι καταλήγουμε στο **νόμο των ελαστικών παραμορφώσεων** ή **νόμο του Hooke** που λέει ότι:

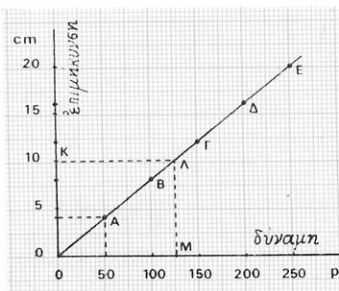
οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τίς αιτίες που τίς προκαλούν.

V. ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΑ

Με τό ελατήριο που εικονίζεται στο Σχ. 4 και τό διάγραμμα ΟΕ (Σχ. 5) μπορούμε νά βρούμε τό βάρος ενός σώματος με τόν ακόλουθο τρόπο. Τοποθετούμε τό σώμα αυτό στο άκρο του ελατηρίου καί βρίσκουμε ότι προκαλεί σ' αυτό επιμήκυνση π.χ. 10 cm. Από τό διάγραμμα ΟΕ φαίνεται ότι ή δύναμη που αντίστοιχεί σέ επιμήκυνση 10 cm είναι 125 ρ. Άρα τό βάρος του σώματος είναι 125 ρ.

Είναι φανερό ότι αυτός ό τρόπος μετρήσεως του βάρους είναι πολύπλοκος. Για νά κάνουμε τή διαδικασία τής μετρήσεως απλή καί εύκολη, **βαθμολογούμε** τό ελατήριο ως εξής: Κολλάμε πάνω στον κανόνα (Σχ. 4) μία ταινία λευκού χαρτιού. Πάνω στο χαρτί καί στο σημείο Α, που αντίστοιχεί στην άρχική θέση του δείκτη Δ, γράφουμε τήν ένδειξη μηδέν. Τοποθετούμε στο άκρο του ελατηρίου ένα σώμα που έχει βάρος π.χ. 250 ρ καί στο σημείο Β, που αντίστοιχεί στην τελική θέση του δείκτη, γράφουμε τήν ένδειξη 250. Χωρίζουμε τήν απόσταση ΑΒ σέ πέντε ίσα μέρη καί στίς υποδιαίρέσεις γράφουμε τίς ένδείξεις 50, 100, 150, 200.

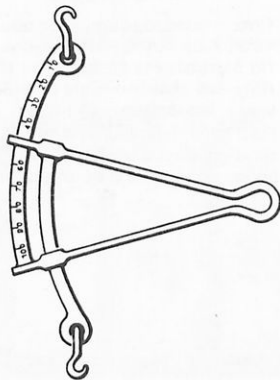
Ή μέτρηση του βάρους ενός σώματος με τό βαθμολογημένο ελατήριο γίνεται με τόν ακόλουθο τρόπο. Τοποθετούμε τό σώμα στο άκρο του ελατηρίου καί διαβάσουμε τήν ένδειξη που δείχνει ό δείκτης. Ή ένδειξη αυτή φανερώνει άπευθείας τό βάρος του σώματος. Τό βαθμολογημένο σπειροειδές ελατήριο, με τό όποίο μετράμε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



Σχ. 5. Γραφική παράσταση του νόμου του Hooke



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



Σχ. 7. Δυναμόμετρο με 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 τα οποία μετράμε τις δυνάμεις από τις ελαστικές παραμορφώσεις που προκαλούν σε ένα στερεό σώμα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι ελαστικές παραμορφώσεις εξαφανίζονται, όταν πάψει να ενεργεί η αιτία που τις προκάλεσε.
Οι μόνιμες παραμορφώσεις διατηρούνται και όταν πάψει να επιδρά η αιτία που τις προκάλεσε.
2. Τα ελαστικά σώματα παθαίνουν ελαστικές παραμορφώσεις, ενώ τα πλαστικά παθαίνουν μόνιμες παραμορφώσεις.
3. Κάθε σώμα έχει το δικό του όριο ελαστικότητας και το δικό του όριο θραύσεως. Η γνώση των ορίων αυτών είναι απαραίτητη στις διάφορες κατασκευές.
4. Σύμφωνα με τον νόμο του Hooke, οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι ανάλογες με τις αιτίες που τις προκαλούν.
5. Με τα δυναμόμετρα μετράμε τις δυνάμεις. Η λειτουργία των δυναμομέτρων στηρίζεται στο νόμο του Hooke.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε η παραμόρφωση ενός σώματος λέγεται ελαστική και πότε λέγεται μόνιμη;
2. Νά διατυπώσετε το 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 και όχι σε άνισα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ο παρακάτω πίνακας περιέχει τις ελαστικές επιμήκυνσεις ενός ελατηρίου και τα αντίστοιχα βάρη που τις προκαλούν

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

- α) Νά παραστήσετε γραφικά το νόμο του HOOKE για το ελατήριο αυτό.
- β) Με τη βοήθεια του διαγράμματος που θα κατασκευάσετε, νά βρείτε το βάρος ενός σώματος που προκαλεί στο ελατήριο αυτό επιμήκυνση 90 mm.
- γ) Με τη βοήθεια του ίδιου διαγράμματος, νά βρείτε πόση επιμήκυνση προκαλεί στο ελατήριο αυτό ένα σώμα που έχει βάρος 370ρ.

ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

I. ΟΡΙΣΜΟΙ

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

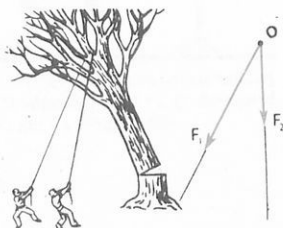
Οι δυνάμεις που ασκούν τα παιδιά στο δακτύλιο του Σχ. 2 έχουν κοινό φορέα που συμπίπτει με τη γραμμή του νήματος. Οι δυνάμεις αυτές λέγονται **συγγραμμικές**.

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

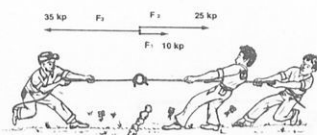
II. ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

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 το 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 το 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 το 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:

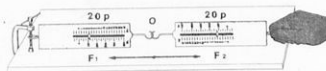
Συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων λέγεται η δύναμη που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα, με εκείνο που προκαλούν οι δύο ή περισσότερες δυνάμεις μαζί.



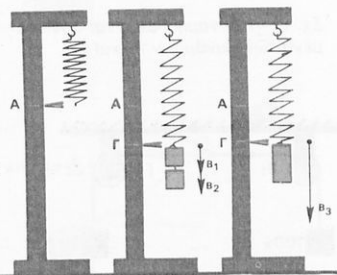
Σχ. 1. Συντρέχουσες δυνάμεις



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

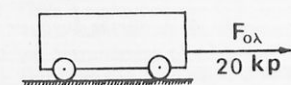
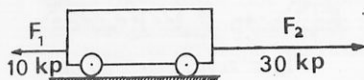
Οι δυνάμεις $B_1 = 50 \text{ p}$ και $B_2 = 100 \text{ p}$ πού αναφέρονται στο προηγούμενο πείραμα (Σχ. 4) είναι συγγραμμικές και έχουν την ίδια φορά. Παρατηρούμε ότι η συνισταμένη τους ($B_3 = 150 \text{ p}$) έχει την ίδια διεύθυνση, την ίδια φορά με τις συνιστώσες και μέτρο ίσο με το άθροισμα των μέτρων των συνιστωσών ($150 \text{ p} = 50 \text{ p} + 100 \text{ p}$). 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 $F_1 = 10 \text{ kp}$ και προς τα δεξιά με δύναμη $F_2 = 30 \text{ kp}$. Οι δυνάμεις αυτές είναι συγγραμμικές, αλλά έχουν αντίθετη φορά. Τό βαγόνι με την επίδραση των δυνάμεων αυτών κινείται οριζοντίως 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 $F_{ολ}$, πού είναι συγγραμμική με τις F_1 και F_2 , έχει ως φορά τη φορά της μεγαλύτερης (F_2) και μέτρο $F_{ολ} = 30 \text{ kp} - 10 \text{ kp} = 20 \text{ kp}$. Η δύναμη, λοιπόν, $F_{ολ}$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 και γενικά δίνεται από τη σχέση

$$F_{ολ} = F_2 - F_1$$

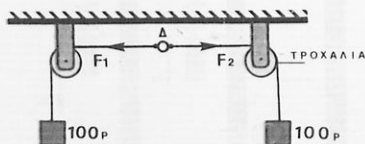


Σχ. 5. Η δύναμη $F_{ολ}$ είναι συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2

V. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΔΥΟ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Ο μικρός δακτύλιος Δ (Σχ. 6) δέν κινείται, δηλ, ισορροπεί. Στο δακτύλιο αυτό ασκούνται οι δυνάμεις $F_1 = 100 \text{ p}$ και $F_2 = 100 \text{ p}$. 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 πού ασκούνται σέ ένα υλικό σημείο ισορροπούν όταν είναι αντίθετες, γιατί τότε η συνισταμένη τους είναι μηδέν.



Σχ. 6. Ισορροπία δύο αντιθέτων δυνάμεων

VI. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΣΥΝΤΡΕΧΟΥΣΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΓΩΝΙΑ

Ο μικρός δακτύλιος Δ (Σχ. 7) ισορροπεί με την επίδραση των δυνάμεων $F_1 = 200 \text{ p}$.

$F_2 = 150 \text{ p}$ και $F_3 = 250 \text{ p}$. 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 ($F = 250 \text{ p}$), ο δακτύλιος θα συνεχίσει να ισορροπεί, γιατί θα ενεργούν πάνω του δύο αντίθετες δυνάμεις. 'Η δύναμη F , λοιπόν, φέρνει τό 'ίδιο αποτέλεσμα με τις F_1 και F_2 (ισορροπεί την F_3), άρα είναι ή συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 .

Τοποθετούμε ένα κατακόρυφο χαρτόνι πίσω από τὰ 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 τὰ διανύσματα των δυνάμεων F_1 , F_2 και F_3 με τήν 'ίδια κλίμακα π.χ. $\frac{50 \text{ p}}{1 \text{ cm}}$. Κατασκευάζουμε τό παραλληλό-

γραμμο πού έχει πλευρές τὰ διανύσματα F_1 και F_2 και φέρουμε τό διαγώνιο διάνυσμα OA . Παρατηρούμε ότι τό διάνυσμα OA είναι αντίθετο με τό διάνυσμα F_3 και από αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό διάνυσμα OA παριστάνει τή δύναμη F , δηλ. τή συνισταμένη των F_1 και F_2 . 'Επομένως:

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

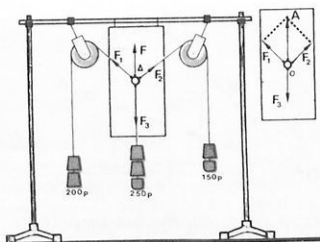
"Όταν οι διευθύνσεις των δύο δυνάμεων είναι κάθετες μεταξύ τους (Σχ. 8), τό μέτρο της συνισταμένης τους βρίσκεται εύκολα με τό Πυθαγόρειο θεώρημα και δίνεται από τή σχέση

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

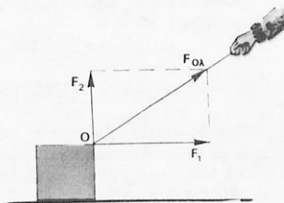
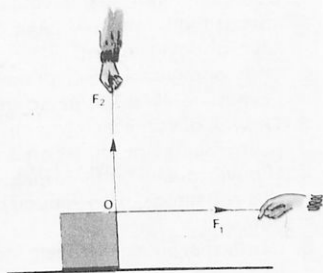
VII. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΡΙΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

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

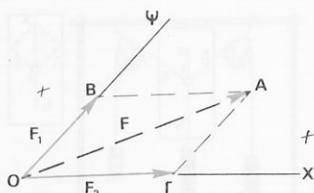
Τρεις δυνάμεις πού ασκούνται σέ ένα ύλικο σημείο ισορροπούν, όταν ή συνισταμένη των



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. $F_{O\lambda} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$



Σχ. 9. 'Ανάλυση τής 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* τής δυνάμεως F σε δύο συνιστώσες F_1 και F_2 .

Για να αναλύσουμε μία δύναμη F σε δύο συνιστώσες που έχουν ως διευθύνσεις τούς άξονες OX και $OΨ$ (Σχ. 9), φέρουμε από το άκρο A του διανύσματος F ευθείες παράλληλες προς τούς 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 όποιες αναλύεται ή F .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

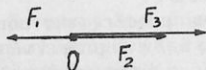
1. Δύο ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα μπορούν να αντικατασταθούν από μία άλλη δύναμη, που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα και λέγεται συνισταμένη.
2. Όταν οι συνιστώσες είναι συγγραμμικές και έχουν την ίδια φορά, ή συνισταμένη τους είναι ίση με το άθροισμα των συνιστωσών $F_{ολ} = F_1 + F_2$.
3. Όταν οι συνιστώσες είναι συγγραμμικές και έχουν αντίθετη φορά, ή 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 συντρέχουσες δυνάμεις ισορροπούν, όταν ή 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* τής δυνάμεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές δυνάμεις λέγονται α) συντρέχουσες β) συγγραμμικές γ) αντίθετες;
2. Πότε ένα υλικό σημείο ισορροπεί με τήν 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 τη συνισταμένη των δυνάμεων $F_1 = 10\text{kp}$, $F_2 = 15\text{kp}$, και $F_3 = 21\text{kp}$ του σχήματος και νά τη σχεδιάσετε με κλίμακα της προτιμήσεώς σας.



2. Οι δυνάμεις $F_1 = 3\text{N}$ και $F_2 = 4\text{N}$ είναι συντρέχουσες και κάθετες μεταξύ τους. Νά σχεδιάσετε τις δυνάμεις αυτές με κλίμακα της προτιμήσεώς σας και νά βρείτε τη συνισταμένη τους α) ύπολογιστικά (μέ τη βοήθεια τύπου) και β) γραφικά (μέ τη βοήθεια της κλίμακας).

3. Χρησιμοποιώντας την κλίμακα

10 Kp

1 cm

νά σχεδιάσετε μία δύναμη 50 kp που η διεύθυνσή της νά σχηματίζει γωνία 30° μέ την οριζόντια διεύθυνση. Νά βρείτε τις συνιστώσες, οριζόντια και κατακόρυφη, στις οποίες μπορεί νά αναλυθεί αυτή η δύναμη.

4. Τό σώμα Σ που εικονίζεται στο σχήμα έχει βάρος 2 kp. Νά σχεδιάσετε τις δυνάμεις που ενεργούν στο σώμα αυτό και νά βρείτε τά μέτρα τους.

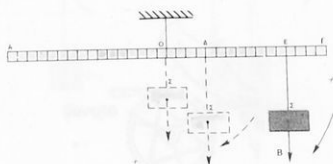


8 η ΕΝΟΤΗΤΑ

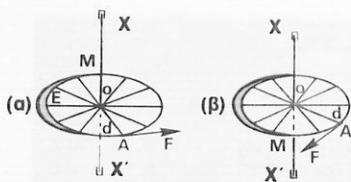
ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ-ΖΕΥΓΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Ι. ΡΟΠΗ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Πείραμα. Μία ράβδος ΑΓ (Σχ. 1) ισορροπεί οριζοντίως και μπορεί νά στρέφεται γύρω από τον οριζόντιο άξονα Ο που περνάει από τό μέσο της. Όταν από τό σημείο Ε της ράβδου κρεμάσουμε ένα σώμα Σ, ή ράβδος στρέφεται εύκολα. Όταν μεταφέρουμε τό σώμα αυτό στο σημείο Δ, ή ράβδος στρέφεται πιά δύσκολα από πριν και όταν μεταφέρουμε τό ίδιο σώμα στο σημείο Β, ή ράβδος δέ στρέφεται. Στίς τρείς αυτές περιπτώσεις άσκειϊται στή ράβδο ή ίδια δύναμη, δηλ. τό βάρος του σώματος Σ. Από τό πείραμα αυτό καταλαβαίνουμε ότι ή περι-



Σχ. 1.



Σχ. 2. Ροπή δυνάμεως 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 δυνάμεως από τον άξονα περιστροφής του σώματος. Έπειδή λοιπόν η γνώση της δυνάμεως δεν αρκεί για να μελετήσουμε την περιστροφή εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, που λέγεται ροπή δυνάμεως.

β. Έννοια και μονάδες της ροπής δυνάμεως. 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 δυνάμεως F ως προς τον άξονα X'X ορίζεται ως έξης:

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

$$M = F \cdot d$$

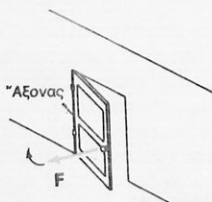
Από την εξίσωση $M = F \cdot d$ προκύπτει ότι η μονάδα της ροπής στο Διεθνές Σύστημα είναι 1N.m. Άλλη μονάδα της ροπής είναι το 1 Kr.m κτλ.

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

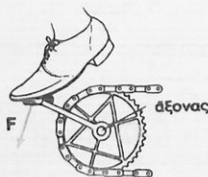
γ. Αποτέλεσμα της ροπής δυνάμεως. Τώρα που γνωρίζουμε τη ροπή δυνάμεως μπορούμε να εξηγήσουμε το αρχικό πείραμα (Σχ. 1). Όταν το σώμα Σ βρίσκεται στο σημείο O, η ροπή του βάρους του B ως προς τον άξονα O είναι $M = B \cdot 0 = 0$ και εξαιτίας αυτού δέ στρέφεται η ράβδος. Όταν το σώμα βρίσκεται στο σημείο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

Η ροπή δυνάμεως είναι η αίτια που θέτει τά σώματα σε περιστροφή.

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



Σχ. 3.



Σχ. 4.

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 καί αντίθετη φορά. Τό σύστημα τών δύο αὐτῶν δυνάμεων λέγεται ζεύγος δυνάμεων. "Αρα:

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

β. Ροπή του ζεύγους. Τό επίπεδο πού ορίζουν οί δύο δυνάμεις του ζεύγους λέγεται **επίπεδο του ζεύγους**.

Ἡ απόσταση μεταξύ τών δυνάμεων του ζεύγους λέγεται **μοχλοβραχίονας** του ζεύγους.

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

$$M = F \cdot d$$

γ. Ἀποτέλεσμα του ζεύγους. "Όταν σέ ἓνα σῶμα άσκεῖται ζεύγος δυνάμεων, τό σῶμα περιστρέφεται γύρω άπό άξονα πού εἶναι κάθετος στό επίπεδο του ζεύγους. Τό τιμόνι του αὐτοκινήτου (Σχ. 6), ό κοχλίας (βίδα) καί πολλά άλλα σῶματα στρέφονται μέ τήν επίδραση ζεύγους δυνάμεων.



Σχ. 5. Ζεύγος δυνάμεων



Σχ. 6. Ροπή του ζεύγους δυνάμεων

III. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ (ΑΛΛΗΛΟΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ) ΡΟΠΩΝ

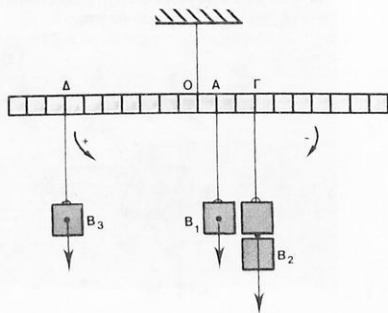
Ἡ ράβδος πού εἰκονίζεται στό Σχ 7, ἰσορροπεῖ ὀριζοντίως καί μπορεί νά στρέφεται γύρω άπό τόν ὀριζόντιο άξονα O πού περνάει άπό τό μέσο τής. Στά σημεῖα A, Γ καί Δ τής ράβδου (OA = 1 cm, OG = 3 cm καί OD = 7 cm) τοποθετοῦμε σῶματα πού έχουν βάρη ἀντιστοίχως B₁ = 50 p, B₂ = 100 p καί B₃ = 50 p καί παρατηροῦμε ὅτι ἡ ράβδος δέ στρέφεται. Στήν περίπτωση αὐτή λέμε ὅτι οί ροπές πού άσκούνται στή ράβδο ἰσορροποῦν.

Ὑπολογίζουμε τίς ροπές τών δυνάμεων B₁, B₂ καί B₃ ὡς πρὸς τόν άξονα περιστροφῆς O:

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

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

Οί ροπές αὐτές εἶναι ἀρνητικές γιατί στρέ-



Σχ. 7. Ἰσορροπία ροπῶν

φουν τη ράβδο κατά τη φορά που κινούνται οι δείκτες του ρολογιού.

Η ροπή της B_3 είναι θετική και ισούται με:

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

Παίρνουμε τό αλγεβρικό τους άθροισμα:

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

$$M_3 - M_1 - M_2 = 0$$

Επομένως:

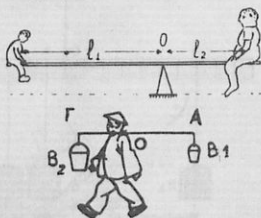
Οι ροπές που άσκούνται σέ ένα σώμα, που μπορεί νά στρέφεται γύρω από ένα άξονα, ισορροπούν, όταν τό αλγεβρικό άθροισμα τους είναι ίσο μέ μηδέν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ροπή μιås δυνάμεως ως προς άξονα περιστροφής όρίζεται από τη σχέση $M = F \cdot d$.
2. Τό ζεύγος δυνάμεων είναι ένα σύστημα δύο παράλληλων δυνάμεων που έχουν τό ίδιο μέτρο και αντίθετη φορά.
3. Η ροπή του ζεύγους όρίζεται από τη σχέση $M = F \cdot d$.
4. Η ροπή μιås δυνάμεως και ή ροπή του ζεύγους είναι οι αίτιες που θέτουν τά σώματα σέ περιστροφή.
5. Όταν τό αλγεβρικό άθροισμα τών ροπών που ένεργούν σέ ένα σώμα είναι ίσο μέ μηδέν, έχουμε ισοροπία ροπών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό βάρος του σώματος Σ (Σχ. 1) είναι 50 p και ή απόσταση ΟΕ είναι 6 cm. Νά βρείτε τη ροπή του βάρους αυτού ως προς τόν άξονα Ο σέ Kp.m.
2. Η ροπή του ζεύγους που εικονίζεται στό Σχ. 5 είναι 0,004 Kp.m και ή κάθε δύναμη του ζεύγους είναι 0,1 Kp. Νά βρείτε τό μοχλοβραχίονα του ζεύγους σέ m.
- *3. Η σανίδα που εικονίζεται στό διπλανό σχήμα ισορροπεί. Αν οι αποστάσεις l_1 και l_2 είναι αντίστοιχώς 150 cm και 50 cm και τό βάρος του παιδιού είναι 25 Kp νά βρείτε τό βάρος της γυναίκας.
4. Η ράβδος ΑΓ που φαίνεται στό διπλανό σχήμα ισορροπεί. Τά βάρη που σηκώνει ό άνθρωπος είναι $B_1 = 15 \text{ Kp}$ και $B_2 = 30 \text{ Kp}$. Αν ή απόσταση ΟΑ είναι 1 m, νά βρείτε τήν απόσταση ΟΓ.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ – ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

1. ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΦΟΡΑΣ

Πραγματοποιούμε την πειραματική διάταξη του Σχ. 1 που αποτελείται από μία μεταλλική ράβδο και δύο τροχαλίες. Βάζουμε σκάγια μέσα στους μικρούς κάδους, ώστε η ράβδος να ισορροπεί οριζοντίως. Έπειδή τα βάρη των κάδων με τα σκάγια ισορροπούν τό βάρος της ράβδου, μπορούμε να θεωρούμε τη ράβδο άβαρη.

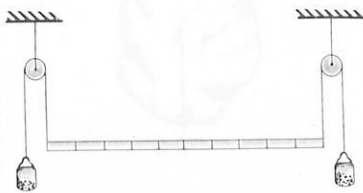
Τοποθετούμε τα σώματα Σ_1 , Σ_2 και Σ_3 , που έχουν αντίστοιχως βάρη 150 ρ, 50 ρ και 200 ρ όπως δείχνει τό Σχ. 2, και παρατηρούμε ότι η ράβδος ισορροπεί οριζοντίως.

Στή ράβδο ασκούνται τώρα οι δυνάμεις $F_1 = 150$ ρ, $F_2 = 50$ ρ και $F_3 = 200$ ρ. Οι δυνάμεις F_1 και F_2 είναι παράλληλες, έχουν την ίδια φορά και ισορροπούν τη δύναμη F_3 . Αν αντικαταστήσουμε τις δυνάμεις F_1 και F_2 με τη δύναμη $F_{ολ}$ που είναι αντίθετη με την F_3 ($F_{ολ} = 200$ ρ), ή ισορροπία της ράβδου θα διατηρηθεί, γιατί η δύναμη $F_{ολ}$ θα ισορροπεί τη δύναμη F_3 . Επομένως η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 είναι η δύναμη $F_{ολ}$, που είναι αντίθετη με τη δύναμη F_3 .

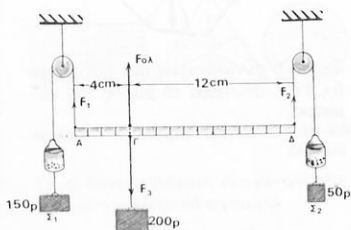
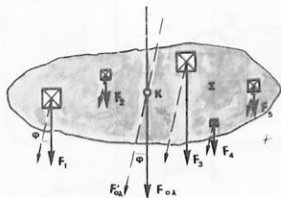
Παρατηρούμε ότι η συνισταμένη $F_{ολ} = 200$ ρ είναι παράλληλη με τις συνιστώσες F_1 και F_2 , έχει την ίδια φορά με αυτές και ότι $200 \text{ ρ} = 150 \text{ ρ} + 50 \text{ ρ}$ ή $F_{ολ} = F_1 + F_2$.

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

Η συνισταμένη $F_{ολ}$ δύο παράλληλων δυνάμεων (F_1 και F_2), που έχουν την ίδια φορά είναι παράλληλη με τις συνιστώσες, έχει την ίδια φορά με αυτές και μέτρο ίσο με τό άθροισμα των μέτρων τους. Η συνισταμένη



Σχ. 1.

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

Σχ. 3. Κέντρο των παραλλήλων δυνάμεων

χωρίζει το εὐθύγραμμο τμήμα, πού ἐνώνει τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, σέ μέρη ἀντιστρόφως ἀνάλογα μέ τίς δυνάμεις αὐτές.

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

II. ΣΥΝΘΕΣΗ ΠΟΛΛΩΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΦΟΡΑΣ

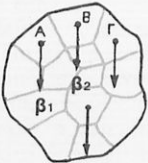
Στό σώμα Σ (Σχ. 3) ἀσκοῦνται πολλές παράλληλες δυνάμεις $F_1, F_2, F_3, \dots$ πού ἔχουν τήν ἴδια φορά. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν βρίσκεται, ἂν συνθέσουμε δύο ἀπό αὐτές καί ὕστερα συνθέσουμε τή συνισταμένη αὐτῶν δύο μέ μία ἄλλη δύναμη κ.ο.κ. Εἶναι φανερό ὅτι ἡ συνισταμένη ὅλων αὐτῶν τῶν δυνάμεων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

Ἄν οἱ διευθύνσεις ὅλων αὐτῶν τῶν δυνάμεων στραφoῦν κατά τήν ἴδια γωνία φ , ἔτσι ὥστε οἱ δυνάμεις νά εἶναι παράλληλες χωρίς νά ἀλλάξουν τά μέτρα τους καί τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τους, ἡ συνισταμένη τους θά στραφεῖ κατά τήν ἴδια γωνία φ χωρίς νά ἀλλάξει τό μέτρο της.

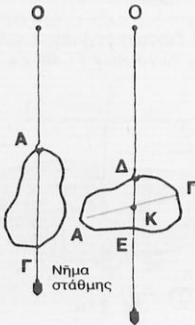
Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ νέα αὐτή συνισταμένη $F'_{ολ}$ τέμνει τήν προηγούμενη συνισταμένη $F_{ολ}$ σέ ἓνα σημεῖο Κ, πού εἶναι **σταθερό** δηλ. ἀνεξάρτητο ἀπό τήν τιμή τῆς γωνίας φ , καί λέγεται **κέντρο τῶν παράλληλων δυνάμεων**.

III. ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

Ἄς θεωρήσουμε ὅτι τό σώμα Σ (Σχ. 4) ἀποτελεῖται ἀπό πολλά μικρά κομμάτια. Γνωρίζουμε ὅτι καθένα ἀπό αὐτά ἔχει κάποιο στοιχειῶδες (πολύ μικρό) βάρος $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$. Ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν παράλληλων δυνάμεων $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ εἶναι κατακόρυφη μέ φορά πρὸς τό κάτω, ἔχει μέτρο $B = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots$ καί ἀποτελεῖ τό βάρος τοῦ σώματος Σ. Ἡ διεύθυνση τοῦ βάρους Β, ὅπως μάθαμε προηγουμένως, περνάει ἀπό ἓνα σημεῖο Κ (κέντρο τῶν παράλληλων δυνάμεων) πού εἶναι σταθερό, δηλ. δέν ἀλλάζει θέση ὅποσοδήποτε καί ἂν στραφεῖ τό σῶμα. Τό σταθερό αὐτό σημεῖο λέγεται **κέντρο βάρους** τοῦ σώματος. Ἄρα:



Σχ. 4. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων $\beta_1, \beta_2, \dots$ ἀποτελεῖ τό βάρος τοῦ σώματος



Σχ. 5. Εὕρεση τοῦ κέντρου βάρους μέ διπλή ἀνάρτηση

Κέντρο βάρους ενός σώματος λέγεται το σταθερό σημείο από το οποίο περνάει πάντοτε ο φορέας του βάρους του σώματος, όπωσδήποτε και αν στραφεί το σώμα αυτό.

IV. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

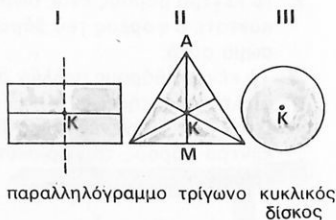
Μπορούμε να βρούμε πειραματικά το κέντρο βάρους μερικών σωμάτων, π.χ. μίας πλάκας, με τη μέθοδο της διπλής αναρτήσεως ως εξής:

Στό σημείο Α της περιμέτρου της πλάκας δένουμε ένα νήμα και αναρτοῦμε τήν πλάκα από ένα σταθερό σημείο Ο (Σχ. 5). Από τό ίδιο σημείο αναρτοῦμε τό νήμα τής στάθμης καί σημειώνουμε πάνω στήν ἐπιφάνεια τής πλάκας τή διεύθυνσή του ΑΓ. Είναι φανερό ότι ο φορέας του βάρους Β τής πλάκας βρίσκεται στήν κατακόρυφη εὐθεία ΑΓ.

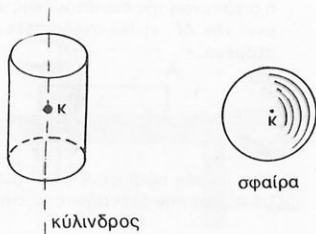
Δένουμε πάλι ένα νήμα σέ άλλο σημείο Δ τής περιμέτρου τής πλάκας καί ἐπαναλαμβάνουμε τό πείραμα. Προσδιορίζουμε ἔτσι μία νέα κατακόρυφη διεύθυνση ΔΕ πού συμπίπτει μέ τό φορέα του βάρους τής πλάκας. Τό σημείο τομῆς Κ τῶν εὐθειῶν ΑΓ καί ΔΕ εἶναι τό κέντρο βάρους τής πλάκας, γιατί εἶναι τό σημείο πού τέμνονται οἱ φορεῖς του βάρους τής, ὅταν ἡ πλάκα στρέφεται κατά ὁποιαδήποτε γωνία. Ἡ μέθοδος τής διπλῆς ἀναρτήσεως δέν μπορεῖ νά ἐφαρμοσθεῖ σέ ὅλα τά σώματα, γιατί σέ πολλά ἀπό αὐτά δέν μπορούμε νά σημειώσουμε τή γραμμὴ του νήματος τής στάθμης, ἐπειδὴ αὐτή περνάει ἀπό τό ἐσωτερικό τῶν σωμάτων.

V. ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΜΕΡΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

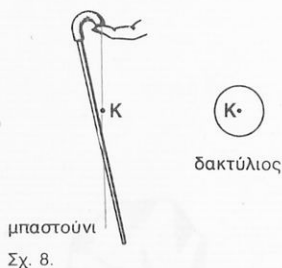
Μέ τή μέθοδο τής διπλῆς ἀναρτήσεως βρίσκουμε τό κέντρο βάρους σέ διάφορες ὁμογενεῖς καί λεπτές πλάκες μέ σχήματα π.χ. παραλληλόγραμμου, τριγώνου, κύκλου κτλ. (Σχ. 6). Ἀπό τό πείραμα προκύπτει ὅτι τό κέντρο βάρους τους βρίσκεται πάνω στόν ἀξονα συμμετρίας τους (Σχ. 6, I, II) ἢ στό κέντρο συμμετρίας (Σχ. 6 III). Τό ἴδιο ἰσχύει καί γιά κάθε ὁμογενές σῶμα πού ἔχει ἀξονα ἢ κέντρο συμμετρίας (Σχ. 7).



Σχ. 6. Κέντρο βάρους ὁμογενῶν πλακών μέ γεωμετρικά σχήματα



Σχ. 7. Τό κέντρο βάρους βρίσκεται στόν ἀξονα συμμετρίας



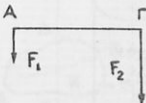
Υπάρχουν σώματα πού τό κέντρο βάρους τους βρίσκεται έξω από τήν ύλη τους. Τέτοια σώματα είναι ό δακτύλιος, ή κοίλη σφαίρα, τό μπαστούνι (Σχ. 8) κτλ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όταν δύο δυνάμεις είναι παράλληλες και έχουν τήν ίδια φορά, ή συνισταμένη τους είναι παράλληλη μέ τίς συνιστώσες, έχει τήν ίδια φορά μέ αυτές και μέτρο ίσο μέ τό άθροισμα τών μέτρων τους. Ό φορέας τής συνισταμένης αυτής χωρίζει τό ευθύγραμμο τμήμα, πού ένώνει τά σημεία εφαρμογής τών συνιστωσών, σε μέρη αντίστροφως ανάλογα πρός τίς συνιστώσες.
2. Τό κέντρο βάρους ενός σώματος είναι σταθερό σημείο από τό όποίο περνάει πάντοτε ό φορέας τοῦ βάρους τοῦ σώματος, όπωσδήποτε και άν στραφεί τό σώμα αυτό.
3. Τό κέντρο βάρους πολλών σωμάτων βρίσκεται πειραματικά μέ τή μέθοδο τής διπλής αναστήσεως.
4. Όταν ένα όμογενές σώμα έχει κέντρο συμμετρίας ή άξονα συμμετρίας, τό κέντρο βάρους του βρίσκεται αντίστοιχως στό κέντρο ή τόν άξονα συμμετρίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

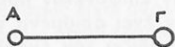
1. Στα άκρα τής ράβδου ΑΓ πού έχει μήκος 80 cm ενεργούν οι δυνάμεις $F_1 = 4 \text{ Kp}$ και $F_2 = 12 \text{ Kp}$. α) Νά βρείτε τή συνισταμένη τους. β) Νά προσδιορίσετε τό σημείο πού ή διεύθυνση τής συνισταμένης αυτής τέμνει τήν ΑΓ. γ) Νά σχεδιάσετε τή συνισταμένη.



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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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



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

10η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΡΙΒΗ

Ι. ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΡΙΒΗ

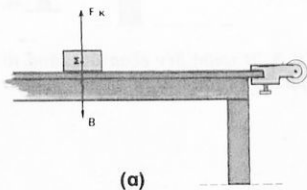
Τό σώμα Σ (Σχ. 1α) ισορροπεί πάνω σέ όριζόντιο ύποστήριγμα. Στο σώμα αυτό άσκούνται δύο δυνάμεις, τό βάρος του Β και ή δύναμη F_K από τό ύποστήριγμα. Έπειδή τό σώμα ισορροπεί, πρέπει οί δυνάμεις Β και F_K νά είναι αντίθετες. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ή F_K είναι κάθετη στην επιφάνεια τού ύποστηρίγματος και έχει μέτρο ίσο μέ τό βάρος τού σώματος ($F_K = B$). Κατόπιν εφαρμόζουμε στο σώμα Σ μία δύναμη F (π.χ. 10 p), 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 εξουδετερώνει. Η δύναμη αυτή λέγεται **στατική τριβή** T_0 .

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

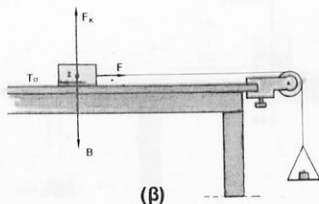
Επομένως:

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.

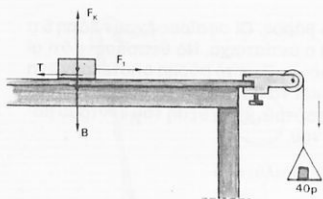


(α)

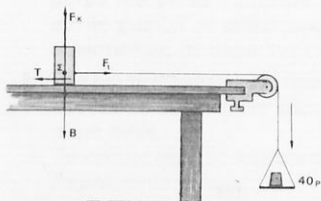


(β)

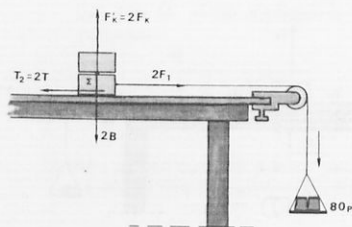
Σχ. 1. Τό σώμα Σ ήρεμεϊ. Η τριβή T_0 είναι στατική τριβή



Σχ. 2. Το σώμα Σ ολισθαίνει. Η τριβή T είναι τριβή ολίσθησεως



Σχ. 3. Η τριβή δεν εξαρτάται από το έμβολο στηρίξεως



Σχ. 4. Η τριβή εξαρτάται από την πιέζουσα δύναμη

Η στατική τριβή, που εμφανίζεται μεταξύ δύο ορισμένων επιφανειών που βρίσκονται σε έπαφή, δεν έχει ορισμένη τιμή. Η στατική τριβή εμποδίζει την έναρξη της κινήσεως των σωμάτων.

II. ΤΡΙΒΗ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ

Στό προηγούμενο πείραμα (Σχ. 1β) συνεχίζουμε να αυξάνουμε διαδοχικά τα σταθμά του δίσκου. Όταν τα σταθμά γίνουν π.χ. 40 p (Σχ. 2), παρατηρούμε ότι το σώμα Σ ολισθαίνει (γλιστρά) αργά και όμαλά, δηλ. με σταθερή ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτή η τριβή που ασκείται στο σώμα από το υποστήριγμά του είναι 40 p και λέγεται τριβή ολίσθησεως T . Επομένως:

Τριβή ολίσθησεως λέγεται η δύναμη που εμφανίζεται σε ένα σώμα, όταν αυτό ολισθαίνει πάνω σε μία επιφάνεια.

Η τριβή ολίσθησεως έχει διεύθυνση παράλληλη προς την επιφάνεια έπαφής και φορά αντίθετη προς τη φορά κινήσεως.

Η τριβή ολίσθησεως έχει μέτρο ίσο με το μέτρο της δυνάμεως που πρέπει να ασκήσουμε στο σώμα, παραλλήλως προς την επιφάνεια έπαφής, για να κινείται αυτό με σταθερή ταχύτητα.

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΕΩΣ

α. Στο προηγούμενο πείραμα (Σχ. 2) βρήκαμε ότι η τριβή ολίσθησεως είναι $T = 40$ p. Πάνω στο ίδιο υποστήριγμα τοποθετούμε το ίδιο σώμα με μία μικρότερη έδρα του (Σχ. 3). Μετράμε την τριβή ολίσθησεως και βρίσκουμε ότι είναι πάλι $T = 40$ p. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή ολίσθησεως είναι ανεξάρτητη από το έμβολο της επιφάνειας έπαφής των δύο σωμάτων.

β. Με πειράματα και ακριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται επίσης ότι:

Η τριβή ολίσθησεως είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα του σώματος.

γ. Διπλασιάζουμε το βάρος του σώματος Σ (Σχ. 4), μετράμε πάλι την τριβή ολίσθησεως T_2 και βρίσκουμε ότι είναι διπλάσια από πριν ($T_2 = 80$ p = $2T$). Παρατηρούμε ακόμα ότι:

$F'_{\kappa} = 2 B = 2 F_{\kappa}$. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή ολίσθησεως είναι ανάλογη με τη δύναμη F_{κ} , την οποία άσκει το υποστήριγμα στο σώμα κάθετα στην επιφάνεια έπαφής.

δ. Τοποθετούμε τό ίδιο σώμα Σ, πού έχει βάρος Β, σέ λείο υποστήριγμα, μετράμε πάλι τήν τριβή ολίσθησεως καί βρίσκουμε ότι είναι μικρότερη από 40 ρ. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η τριβή ολίσθησεως εξαρτάται από τή φύση τών επιφανειών πού τρίβονται.

ε. Οι νόμοι αυτοί εκφράζονται μέ τόν τύπο

$$T = n \cdot F_{\kappa}$$

Ο συντελεστής n του τύπου εξαρτάται από τή φύση τών επιφανειών πού τρίβονται καί λέγεται **συντελεστής τριβής ολίσθησεως**.

ΙV. ΑΙΤΙΑ ΤΩΝ ΤΡΙΒΩΝ

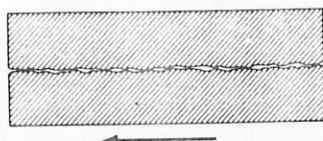
Η στατική τριβή καί ή τριβή ολίσθησεως οφείλονται στίς μικρές ανωμαλίες (έσοχές καί προεξοχές) πού υπάρχουν στήν επιφάνεια όλων τών σωμάτων (Σχ. 5). Όταν τά σώματα βρίσκονται σέ έπαφή,οί προεξοχές του ενός σώματος έμπλέκονται στίς έσοχές του άλλου. Έτσι, όταν προσπαθήσουμε νά κινήσουμε τό ένα σώμα πάνω στό άλλο, έμφανίζονται οί τριβές πού άντιστέκονται στήν κίνηση. Οί τριβές είναι μικρές, όταν οί επιφάνειες πού τρίβονται είναι λείες, ενώ είναι μεγάλες όταν οί επιφάνειες αυτές είναι τραχιές.

Οί τριβές ελαττώνονται, όταν μεταξύ τών επιφανειών πού τρίβονται παρεμβάλουμε ένα **λιπαντικό** σώμα (λίπος, σαπούνι, ελαιόλαδο, όρυκτέλαιο κτλ.) ή όταν έξομαλύουμε τίς επιφάνειες αυτές μέ λεπτό σμυριδόπανο.

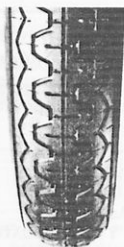
V. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΩΝ ΤΡΙΒΩΝ

Σέ πολλές περιπτώσεις τής καθημερινής ζωής οί τριβές είναι πολύ χρήσιμες. Έξαιτίας τών τριβών μπορούμε νά βαδίζουμε, νά κρατούμε στά χέρια μας διάφορα άντικείμενα καί νά έκτελούμε πολλές χειρωνακτικές έργασίες. Η κίνηση τών όχημάτων, ή λειτουργία τών φρένων τους, ή μετάδοση τής κινήσεως μέ ίμάντα (λουρί) καί πολλά άλλα φαινόμενα πραγμα-

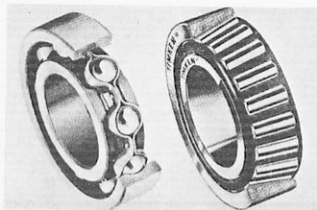
Παραδείγματα συντελεστών τριβής ολίσθησεως	
Επιφάνειες πού τρίβονται	Τιμές του n
Χάλυβας – Πάγος	0.01
Χάλυβας – Χάλυβας	0.1
Ξύλο – Ξύλο	0.4
Λάστιχο – Ύγρη άσφαλτος	0.5
Λάστιχο – Ξηρή άσφαλτος	0.7



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. Για τό λόγο αυτό ρίχνουμε άμμο στους παγωμένους δρόμους και στίς σιδηροτροχιές του τραίνου, χαράζουμε τά λάστιχα των αυτοκινήτων (Σχ. 6) και μερικές φορές βάζουμε άλυσίδες σ' αυτά.

Πολλές φορές όμως οι τριβές είναι επιζήμιες και έπομένως άνεπιθύμητες. Στίς διάφορες μηχανές οι μεταλλικές επιφάνειες πού τρίβονται θερμαίνονται και σιγά σιγά καταστρέφονται. Στίς περιπτώσεις αυτές φροντίζουμε να έλαττώνουμε τίς τριβές χρησιμοποιώντας κατάλληλα λιπαντικά.

Η κύλιση ενός σώματος γίνεται εύκολότερα από την όλισθήσή του και γιά τό λόγο αυτό επιδιώκουμε στίς διάφορες εφαρμογές να έχουμε κύλιση και όχι όλισθήση. Η μετατροπή τής όλισθήσεως σέ κύλιση γίνεται μέ τή χρησιμοποίηση του τροχού ή του ρουλεμάν (Σχ. 7).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

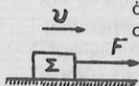
1. Η στατική τριβή έμποδίζει τήν έναρξη τής κινήσεως και δέν έχει όρισμένη τιμή.
2. Τριβή όλισθήσεως είναι ή δύναμη πού άντιστέκεται στήν κίνηση ενός σώματος, όταν αυτό όλισθαίνει (γλιστρά) πάνω σέ άλλο σώμα.
3. Η τριβή όλισθήσεως είναι άνεξάρτητη από τήν ταχύτητα του σώματος και από τό έμβαδό τής επιφάνειας έπαφής των δύο σωμάτων. Η τριβή όλισθήσεως δίνεται από τή σχέση $T = n \cdot F_k$.
4. Η στατική τριβή και ή τριβή όλισθήσεως όφείλονται στίς άνωμαλίες πού υπάρχουν στήν επιφάνεια όλων των σωμάτων. Γιά να έλαττώσουμε τίς τριβές αυτές χρησιμοποιούμε κατάλληλα λιπαντικά.
5. Η κύλιση ενός σώματος γίνεται εύκολότερα από τήν όλισθήσή του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε έμφανίζεται ή στατική τριβή και πότε ή τριβή όλισθήσεως;
2. Πού όφείλεται ή στατική τριβή και πού ή τριβή όλισθήσεως;
3. Να διατυπώσετε τούς νόμους τής τριβής όλισθήσεως.
4. Γιά ποιό λόγο χρησιμοποιούμε τούς τροχούς και τά ρουλεμάν;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα σώμα πού έχει βάρος 50 kr όλισθαίνει πάνω σέ όριζόντιο τραπέζι. Αν ό συντελεστής τριβής όλισθήσεως είναι 0,4 να βρείτε τήν τριβή όλισθήσεως.
2. Τό σώμα Σ πού φαίνεται στο σχήμα έχει βάρος 20 kr και όλισθαίνει μέ σταθερή ταχύτητα. Η δύναμη F είναι ίση μέ 6 kr.
α) Να σχεδιάσετε όλες τίς δυνάμεις πού άσκούνται στο σώμα. β) Να βρείτε τό συντελεστή τριβής όλισθήσεως.



ΕΡΓΟ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ-ΙΣΧΥΣ

I. ΕΡΓΟ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Έννοια του έργου.

Μάθαμε σέ προηγούμενο μάθημα ότι η παραμόρφωση των σωμάτων και η τροποποίηση της κινήσεώς τους είναι αποτελέσματα της δύναμews. Θά μελετήσουμε τώρα και ένα άλλο αποτέλεσμα της δύναμews, τό έργο.

Ο άνθρωπος (Σχ. 1) άσκει μία δύναμη F και άνυψώνει τό σώμα Σ . Μαζί μέ τό σώμα κινείται και τό σημείο έφαρμογής Γ της δύναμews 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 άνυψώνεται. Τό σημείο έφαρμογής Δ της δύναμews αυτής παραμένει άκίνητο. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι η δύναμη F που άσκει τό παιδί δέν παράγει έργο. Επομένως:

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

β. Δύναμη παράλληλη πρός τή μετατόπιση.

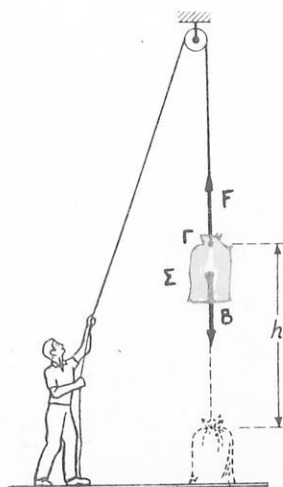
Στό σώμα Σ (Σχ. 3) άσκειται συνεχώς μία σταθερή δύναμη F που τό κινεί κατά τή διεύθυνσή της. Στην περίπτωση αυτή τό έργο της δύναμews ορίζεται ως έξης:

Έργο W μιās σταθερής δύναμews, που μετακινεί τό σημείο έφαρμογής της κατά τή διεύθυνσή της, λέγεται τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται μέ τό γινόμενο της δύναμews F επί τό διάστημα s που διανύει τό σημείο έφαρμογής της.

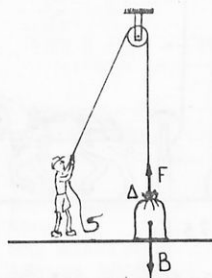
$$W = F \cdot s$$

γ. Δύναμη κάθετη πρός τή μετατόπιση.

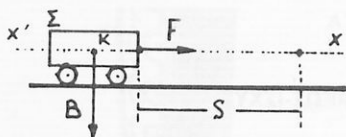
Κατά τήν κίνηση του σώματος Σ (Σχ. 3), τό σημείο έφαρμογής K του βάρους του B μετακινείται εξαιτίας της δύναμews F και όχι εξαιτίας του βάρους B . Άρα τό βάρος B δέν παράγει



Σχ. 1. Η δύναμη F παράγει έργο



Σχ. 2. Η δύναμη F δέν παράγει έργο γιατί δέν μετακινεί τό σημείο έφαρμογής της.



Σχ. 3. Η δύναμη F παράγει έργο ενώ τό βάρος B δέν παράγει.

έργο. Παρατηρούμε ότι ή διεύθυνση του βάρους B είναι κάθετη στην τροχιά $X'X$ του σημείου έφαρμογής του K . Έπομένως:

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

II. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΟ ΕΡΓΟ

Τό σημείο έφαρμογής Γ της δυνάμεως F (Σχ. 1) κινείται κατά τή φορά της δυνάμεως F , ενώ τό σημείο έφαρμογής K του βάρους B κινείται κατά φορά αντίθετη προς τή φορά του βάρους.

Τό έργο της δυνάμεως F λέγεται παραγόμενο καί τό έργο του βάρους B λέγεται καταναλισκόμενο. Άρα:

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

III. ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΡΓΟΥ

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

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

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

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

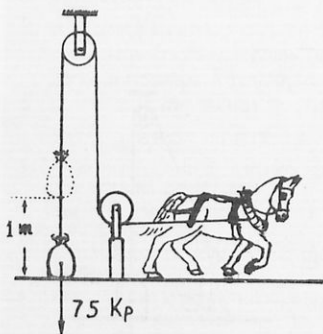
Άλλες μονάδες έργου είναι τό 1 kp.m (κιλοποντόμετρο) καί τό 1 erg (έργιο).

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

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

IV. ΙΣΧΥΣ

Τό έργο παράγεται από δυνάμεις πού συνήθως προέρχονται από διάφορες μηχανές. Η πρακτική άξια των 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



Σχ. 4 Ένα άλογο έχει τήν ικανότητα νά άνεβάζει περίπου 75 Kp κατά 1 m σέ κάθε 1 sec. Άρα ή ισχύς του είναι 1 CV = 75 Kp.m / sec = 736 W

Joule σε 1 sec είναι πιά ισχυρή από μία άλλη πού παράγει 1500 Joule σε 100 sec. Για νά γνωρίζουμε λοιπόν τό ρυθμό παραγωγής έργου καί νά αξιολογούμε τίς μηχανές, όρίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τήν ισχύ P

Ίσχύς P μιάς μηχανής λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού έκφράζεται μέ τό πηλίκο του έργου W, πού παράγει αυτή σε όρισμένο χρόνο t, διά του χρόνου αυτού.

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

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

V. ΜΟΝΑΔΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

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

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

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

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

VI. ΜΕΓΑΛΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΡΓΟΥ

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

Αν στήν έξίσωση $W = P \cdot t$ 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 πού παράγει μία μηχανή ισχύος 1 W, όταν λειτουργεί 1 h.

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

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

Σχέση μεταξύ των μονάδων ισχύος:

$$\begin{aligned} 1 \text{ KW} &= 10^3 \text{ W} \\ 1 \text{ MW} &= 10^6 \text{ W} \\ \frac{1 \text{ kpm}}{\text{sec}} &= 9,81 \text{ W} \\ 1 \text{ CV ή } 1 \text{ PS} &= 736 \text{ W} \end{aligned}$$

Παραδείγματα ισχύων

Άνθρωπος	110 W
Ήλεκτρ. άνεμιστήρας	200 W
Άλογο	530 W
Μηχ. μικρού αυτοκ.	2 KW
Ατμομηχ. σιδηροδρ.	750 KW
Υπερωκεάνιο πλοίο	20 MW
Έργοστ. ηλεκτροπαρ.	300 MW
Πύραυλος	14.000 MW

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

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

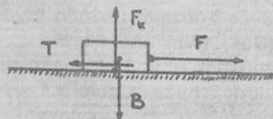
Οι μεγάλες αυτές μονάδες του έργου χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην καθημερινή ζωή (λογαριασμός ΔΕΗ) και την τεχνική, γιατί οι άλλες μονάδες (1 Joule, 1 kpm) είναι πολύ μικρές και δέν μās εξυπηρετούν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μία δύναμη παράγει έργο όταν μετακινεί τό σημείο εφαρμογής της.
2. Τό έργο πού 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 σέ 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 της ισχύος είναι:
1 Watt (1W), 1 KW, 1 kpm/sec, 1 CV ή PS (Ίππος) κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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



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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. "Αν ή δύναμη F (Σχ. 3) είναι ίση μέ 5 N καί τό σώμα διανύει διάστημα 3,5 m, νά βρείτε τό έργο της δυνάμεως F σέ Joule.
2. Ο άνθρωπος πού εικονίζεται στό Σχ. 1, άνυψώνει τό σώμα Σ κατά 10 m καί παράγει έργο 4905 Joule.
 - α) Νά βρείτε τή δύναμη F πού άσκει σέ N.
 - β) "Αν ό χρόνος πού χρειάζεται για τήν άνύψωση είναι 100sec, πόση είναι ή ισχύς του ανθρώπου;

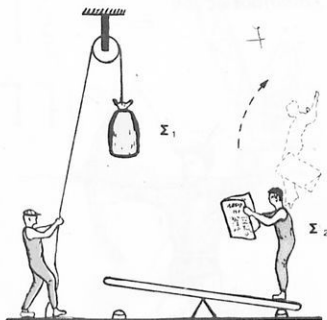
ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ι. 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 **ένέργεια**. Επομένως:

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

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



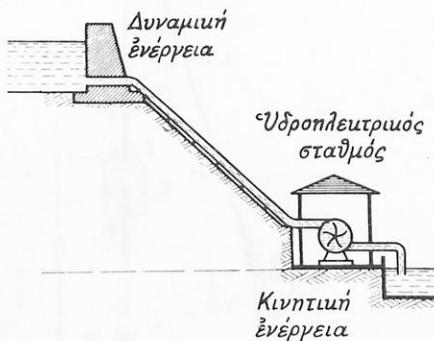
Σχ. 1. Το σώμα Σ_1 περικλείει δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεώς του

ΙΙ. ΜΟΡΦΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

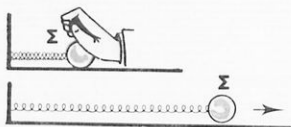
α. Δυναμική ενέργεια. Το σώμα Σ_1 (Σχ. 1) βρίσκεται σε ύψος h πάνω από την επιφάνεια της γης. Το σώμα στη θέση αυτή περιέχει ενέργεια, γιατί, αν το αφήσουμε ελεύθερο να πέσει, ανυψώνει το σώμα Σ_2 και παράγει έτσι κάποιο έργο. Η ενέργεια που περικλείει το σώμα Σ_1 οφείλεται στη **θέση** που έχει αυτό (βρίσκεται ψηλότερα από την επιφάνεια της γης) και λέγεται **δυναμική ενέργεια**.

Δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεώς του περιέχει και το νερό μιας υδατοπτώσεως, γιατί μπορεί να κινεί έναν υδροστρόβιλο (Σχ. 2).

Τό σουσπειρωμένο ελατήριο (Σχ. 3) περικλείει επίσης ενέργεια, γιατί, αν το αφήσουμε ελεύθερο, εκτινάξει μακριά τη σφαίρα Σ . Η ενέργεια που περιέχει το σουσπειρωμένο ελατήριο οφείλεται στην **κατάσταση** που βρίσκεται αυτό (είναι ελαστικά παραμορφωμένο) και λέγεται πάλι **δυναμική ενέργεια**. Δυναμική ενέργεια λόγω της καταστάσεώς του περιέχει και το ελαστικά παραμορφωμένο τόξο, γιατί μπορεί



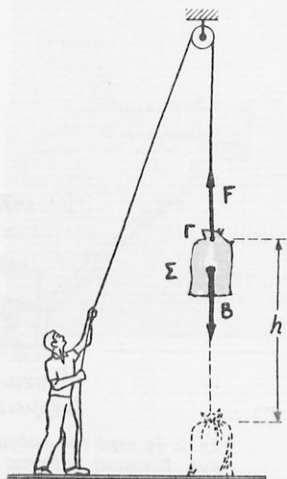
Σχ. 2. Το νερό του φράγματος περιέχει δυναμική ενέργεια λόγω της θέσεώς του



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



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



Σχ. 5.

νά εκτινάξει μακριά τό βέλος (Σχ. 4). Από όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

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

Η δυναμική ενέργεια πού περιέχει ένα σώμα είναι ίση μέ τό έργο πού παράγεται γιά νά έρθει τό σώμα στην κατάσταση ή στη θέση πού βρίσκεται.

Γιά νά ανυψώσουμε ένα σώμα σέ ύψος h πάνω από την επιφάνεια της γής, πρέπει νά ασκήσουμε σ' αυτό δύναμη F ίση μέ τό βάρος του B (Σχ. 5). Κατά την ανύψωση του σώματος ή δύναμη F παράγει έργο $W = F \cdot s = B \cdot h$. Τό έργο αυτό αποταμιεύεται στο σώμα ως δυναμική ενέργεια. Άρα:

Η δυναμική ενέργεια λόγω θέσεως δίνεται από τόν τύπο:

$$E_{\text{δυν}} = B \cdot h$$

β. Κινητική ενέργεια. Τό κινούμενο βλήμα ενός όπλου περιέχει ενέργεια, γιατί μπορεί νά τρυπήσει μία σανίδα και νά παραγάγει έτσι κάποιο έργο. Η ενέργεια πού περικλείει τό κινούμενο βλήμα οφείλεται στην κίνησή του και λέγεται **κινητική ενέργεια**. Κινητική ενέργεια περιέχουν ό άνεμος, δηλ. ή μάζα του αέρα πού κινείται, τό σφυρί πού κινείται (Σχ. 6) κτλ. Άρα:

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

Η κινητική ενέργεια πού περικλείει ένα σώμα είναι ίση μέ τό έργο της δυνάμεως πού προκάλεσε την κίνηση του σώματος, όταν ή κίνηση γίνεται χωρίς τριβές.

Αν ή μάζα του σώματος είναι m και ή ταχύτητά 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 της δυναμικής και της 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 τα νήματα είναι τυλιγμένα γύρω από τον άξονά του. Αφήνουμε τον τροχό ελεύθερο και παρατηρούμε ότι τα νήματα ξετυλιγνόνται και ο τροχός κινείται προς τα κάτω με ταχύτητα που διαρκώς αυξάνεται. Όταν τα νήματα ξετυλιχθούν εντελώς (θέση Γ), ο τροχός δέν ήρεμει, αλλά αρχίζει να ανεβαίνει προς τη θέση Α με ταχύτητα που διαρκώς ελαττώνεται, και τα νήματα τυλίγονται πάλι γύρω από τον άξονά του. Έτσι ο τροχός φθάνει περίπου στη θέση Α και ύστερα επαναλαμβάνονται μερικές φορές τα ίδια φαινόμενα, ώσπου ο τροχός να ήρεμήσει στη θέση Γ.

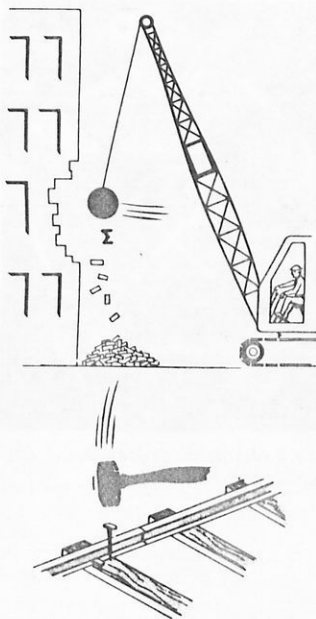
Θά εξετάσουμε την ενέργεια του τροχού στα διάφορα στάδια του πειράματος αυτού. Ο τροχός στη θέση Α περιέχει μόνο δυναμική ενέργεια. Όταν ο τροχός κατεβαίνει προς τη θέση Γ, η δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται, ενώ η κινητική του ενέργεια αυξάνεται. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική. Όταν ο τροχός ανεβαίνει από τη θέση Γ προς τη θέση Α, η κινητική του ενέργεια ελαττώνεται, ενώ η δυναμική του ενέργεια αυξάνεται. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική. Αποδεικνύεται ότι ο τροχός έχει την ίδια μηχανική ενέργεια ($E_{μηχ} = E_{δυν} + E_{κιν}$) σε όλες τις θέσεις του Α, Γ κτλ., αν δεν υπάρχουν τριβές.

Εξαιτίας όμως των τριβών, η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα που διασκορπίζεται στο περιβάλλον. Έτσι η μηχανική ενέργεια του τροχού ελαττώνεται συνεχώς και, όταν μηδενισθεί, ο τροχός ήρεμει. Από όλα αυτά μπορούμε να συμπεράνουμε την παρακάτω αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας:

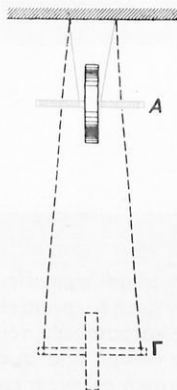
Κατά τις μετατροπές της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα, η μηχανική ενέργεια παραμένει σταθερή, αν δεν υπάρχουν τριβές.

IV. ΑΛΛΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

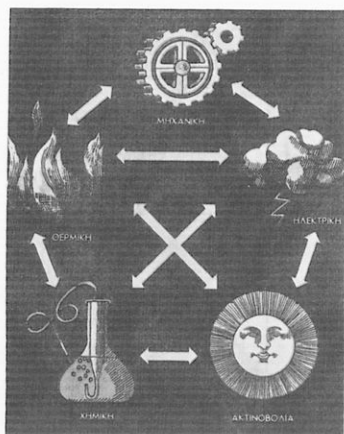
Εκτός από τη μηχανική ενέργεια, υπάρχουν και άλλες μορφές ενέργειας, όπως είναι η



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



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

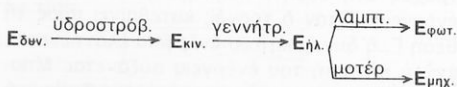


Σχ. 8. Μετατροπές της ενέργειας από μία μορφή σε άλλη

θερμική (π.χ. ή ενέργεια του θερμού ύδατος), ή χημική (π.χ. ή ενέργεια των καυσίμων), ή ηλεκτρική (π.χ. ή ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος), ή φωτεινή, ή πυρηνική ενέργεια κτλ.

V. ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η δυναμική ενέργεια που περιέχει το νερό μίας 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 αρχικής ενέργειας του νερού μετατρέπεται, εξαιτίας των τριβών, σε θερμική ενέργεια που διασκορπίζεται στο περιβάλλον.



Από τό παράδειγμα που αναφέραμε καί από τό Σχ. 8, προκύπτει ότι ή ενέργεια μπορεί νά μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη. Κατά τίς μετατροπές αυτές ή ενέργεια δέ χάνεται καί δέ δημιουργείται, αλλά μόνο μετασχηματίζεται από μία μορφή σε άλλη. Από όλα αυτά μπορούμε νά συμπεράνουμε τήν παρακάτω αρχή διατήρησης της ενέργειας:

Κατά τίς μετατροπές της ενέργειας ενός συστήματος σωμάτων από μία μορφή σε άλλη, ή ολική 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 που περιέχει ένα σώμα λόγω της θέσεως ή της καταστάσεώς του. Η δυναμική ενέργεια ενός σώματος λόγω της θέσεώς του δίνεται από τή σχέση $E_{δυν} = B \cdot h$.
3. Κινητική ενέργεια είναι ή ενέργεια που περικλείει ένα σώμα λόγω της κινήσεώς του καί δίνεται από τή σχέση $E_{κιν} = \frac{1}{2} m \cdot u^2$

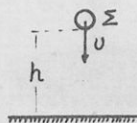
4. Τό άθροισμα $E_{δυν} + E_{κιν}$ λέγεται μηχανική ενέργεια. Ή μηχανική ενέργεια ενός σώματος παραμένει σταθερή, όταν δέν υπάρχουν τριβές. Οί τριβές μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σέ θερμότητα.
5. Κατά τίς μετατροπές τής ενέργειας από μία μορφή σέ άλλη δέ χάνεται καί δέ δημιουργείται ενέργεια.

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 τρία παραδείγματα.
3. Όταν ο τροχός πού φαίνεται στο Σχ.7, κατεβαίνει πρός τή θέση Γ, ή δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται καί ή κινητική του ενέργεια αύξάνεται. Νά δικαιολογήσετε τά συμπεράσματα αυτά, στηρίζόμενοι στούς τύπους πού γνωρίζετε.
4. Νά αναφέρετε τέσσερις συσκευές οικιακής χρήσεως μέ τίς όποιες επιτυγχάνεται μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σέ άλλη. Νά προσδιορίσετε τή μετατροπή τής ενέργειας πού γίνεται μέ κάθε συσκευή.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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



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 στην 8η ενότητα μάθαμε ότι οι ροπές που ενεργούν σε ένα σώμα, που μπορεί να στρέφεται ελεύθερα γύρω από έναν άξονα, ισορροπούν, όταν το αλγεβρικό 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 σχοινογιού κρεμάμε το σώμα από το άγκιστρο ενός δυναμομέτρου και το αφήνουμε να ήρμησει. Όταν το σώμα ήρμησε ή 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 αναρτήσεως 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.

$F_{o\lambda} = 0$ και $M_{o\lambda} = 0$	Συνθήκες ισορροπίας σώματος
---	-----------------------------

III. ΕΙΔΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

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

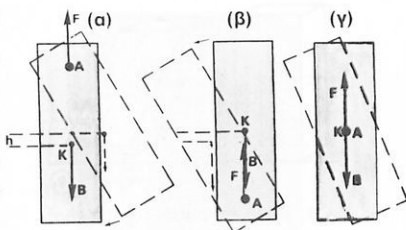
α. Ευσταθής. Αφήνουμε το σώμα να ηρεμήσει και παρατηρούμε ότι, όταν ισορροπήσει, το κέντρο βάρους του βρίσκεται κάτω από τον άξονα στηρίξεως και στην ίδια κατακόρυφο με αυτόν (Σχ. 2α). Εκτρέπουμε κατόπιν το σώμα από τη θέση ισορροπίας και το αφήνουμε ελεύθερο. Το σώμα επιστρέφει και τελικά ηρεμεί στην 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 **ευσταθής**.

β. Άσταθής. Τοποθετούμε το σώμα με το κέντρο βάρους Κ πάνω από τον οριζόντιο άξονα στηρίξεως, φροντίζοντας να βρίσκεται το Κ στην ίδια κατακόρυφο με τον άξονα. Στη θέση αυτή το σώμα ισορροπεί ($F_{o\lambda} = 0$ και $M_{o\lambda} = 0$). Αν όμως το εκτρέψουμε λίγο από τη θέση ισορροπίας, δεν επιστρέφει σ' αυτή, γιατί η ροπή του βάρους ως προς τον άξονα στηρίξεως 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 στηρίξεως 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 άνεμιστήρων κτλ. όταν είναι ακίνητοι βρίσκονται σε αδιάφορη ισορροπία.

III. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

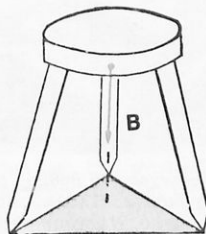
Στό προηγούμενο πείραμα είναι εύκολο να παρατηρήσουμε ότι το κ.β. του σώματος ανυ-



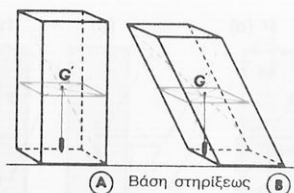
Σχ. 2. Ευσταθής, άσταθής και αδιάφορη ισορροπία



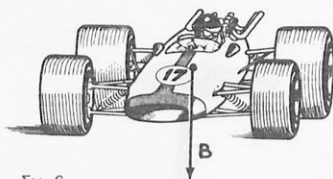
Σχ. 3. Συσκευή ισορροπίας



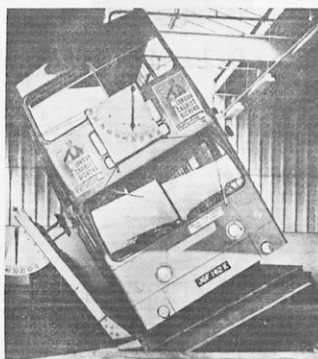
Σχ. 4. Βάση στηρίξεως



Σχ. 5. Άρθρωτό παραλληλεπίπεδο



Σχ. 6.



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

ψωνεται 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 αυξάνεται με την εκτροπή του σώματος από τη θέση εύσταθους ισορροπίας και ελαττώνεται με την εκτροπή του σώματος από τη θέση άσταθους ισορροπίας. Άρα:

“Όταν ένα σώμα βρίσκεται σε εύσταθή ισορροπία η 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.

Στην περίπτωση της αδιάφορης ισορροπίας το ύψος του κ.β. του σώματος δε μεταβάλλεται κατά τη μετακίνηση του σώματος. Άρα η δυναμική ενέργεια του σώματος που βρίσκεται σε αδιάφορη ισορροπία παραμένει σταθερή για όλες τις θέσεις του.

IV. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΩΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΜΕ ΒΑΣΗ.

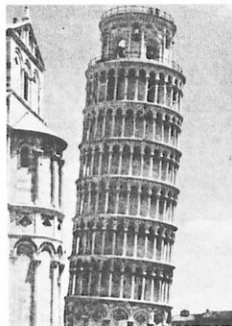
Τά σώματα που άκουμπούν στο έδαφος στηρίζονται συνήθως σε πολλά σημεία που δε βρίσκονται όλα στην ίδια ευθεία (Σχ. 4). Η επιφάνεια που περικλείεται από τις ευθείες που ενώνουν τα άκρα σημεία στηρίξεως του σώματος λέγεται **βάση στηρίξεως**.

Γιά να μελετήσουμε πειραματικά την ισορροπία των σωμάτων που στηρίζονται με βάση, χρησιμοποιούμε το άρθρωτο παραλληλεπίπεδο (Σχ. 5). Στο κέντρο βάρους του παραλληλεπίπεδου υπάρχει δεμένο νήμα της στάθμης, το οποίο δείχνει το φορέα του βάρους του σώματος. Δίνοντας διάφορες κλίσεις στο σώμα παρατηρούμε ότι αυτό ισορροπεί, εφόσον η προέκταση του νήματος της στάθμης – άρα ο φορέας του βάρους – συναντά τη βάση στηρίξεως.

Κάθε σώμα που στηρίζεται με βάση και ο φορέας του βάρους του συναντά τη βάση στηρίξεως βρίσκεται σε **εύσταθή ισορροπία**, αν και το κέντρο βάρους βρίσκεται **ψηλότερα** από τα σημεία στηρίξεως. Έτσι αν γείρουμε ένα κάθισμα (τό εκτρέψουμε από τη θέση ισορροπίας)

κατά μία μικρή γωνία και μετά τό αφήσουμε ελεύθερο, αυτό επιστρέφει στη θέση ισορροπίας, χάρη στη ροπή που αναπτύσσει τό βάρος ως πρός τά σημεία στηρίξεως. "Αν όμως τό έκτρέψουμε περισσότερο και υπερβούμε μία μέγιστη γωνία κλίσεως, τό κάθισμα ανατρέπεται και πέφτει κάτω.

Η μέγιστη γωνία κατά την οποία πρέπει νά γείρουμε ένα σώμα γιά νά ανατραπεί, εξαρτάται από όρισμένους παράγοντες, όπως τό έμβασό της βάσεως στηρίξεως και τό ύψος στο όποιο βρίσκεται τό κ.β. του σώματος. Γιά νά έχουν μεγάλη εύσταθεια τά αγωνιστικά αυτοκίνητα κατασκευάζονται χαμηλά και μέ μεγάλο άνοιγμα στους τροχούς (Σχ. 6). Οι παλαιότες άνοίγουν και λυγίζουν τά πόδια τους κτλ.



Σχ. 8. Ο κεκλιμένος πύργος της Πίζας. Ο φορέας του βάρους συναντάει τη βάση στηρίξεως

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ένα σώμα βρίσκεται σέ ισορροπία όταν ή συνισταμένη των δυνάμεων και ή συνισταμένη των ροπών που ενεργούν σ' αυτό ίσοϋται μέ μηδέν.
2. Ένα σώμα βρίσκεται σέ εύσταθή ισορροπία, όταν μέ την απομάκρυνσή του από τη θέση ισορροπίας αναπτύσσονται ροπές που τό επαναφέρουν στην αρχική του θέση. Τό αντίθετο συμβαίνει στην άσταθή ισορροπία, ενώ στην αδιάφορη τό σώμα ισορροπεί σέ κάθε θέση.
3. Όταν ένα σώμα βρίσκεται στη θέση εύσταθους ισορροπίας ή δυναμική ενέργειά του είναι ελάχιστη, συγκριτικά μέ τη δυναμική ενέργεια που παίρνει τό σώμα στίς γύρω θέσεις, ενώ στη θέση άσταθους ισορροπίας ή δυναμική ενέργεια είναι μέγιστη.
4. Τά σώματα που στηρίζονται μέ βάση ισορροπούν, όταν ό φορέας του βάρους τους συναντά τη βάση στηρίξεως.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιά ποίο λόγο τό σώμα που έκτρέπεται από τη θέση εύσταθους ισορροπίας επιστρέφει στην αρχική του θέση;
2. Τί παθαίνει τό κ.β. των σωμάτων, όταν αυτά έκτρέπονται από τη θέση τους α) στην εύσταθή, β) στην άσταθή, και γ) στην αδιάφορη ισορροπία;
3. α) Τί είδους ισορροπία έχει ή σφαίρα στίς τρεις περιπτώσεις του σχήματος; β) Σέ ποιά από τίς περιπτώσεις αυτές ή ενέργεια του σώματος είναι ελάχιστη και σέ ποιά μέγιστη συγκριτικά μέ τίς γύρω

θέσεις; γ) Τό κ.β. της σφαίρας βρίσκεται πάνω ή κάτω από τό σημείο στηρίξεως;



4. Πότε τό σώμα μας έχει σταθερότερη ισορροπία; α) Όταν τά πόδια είναι τεντωμένα και κλειστά; β) Όταν τά πόδια είναι τεντωμένα και άνοιχτά; γ) Όταν τά πόδια είναι άνοιχτά και λυγισμένα;

ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ-ΜΟΧΛΟΣ

I. ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Στήν καθημερινή γλώσσα με τη λέξη «μηχανή» εννοούμε κάθε συσκευή που επινόησε ο άνθρωπος για να κάνει εύκολότερα ή γρηγορότερα μία εργασία. Έτσι έχουμε τη μηχανή του αυτοκινήτου, τη μηχανή που ραντίζουν τα φυτά, τη ραπτομηχανή κτλ.

Από τις διάφορες αυτές μηχανές, άλλες μετατρέπουν την ενέργεια από μία μορφή σε άλλη - όπως η ατμομηχανή που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε μηχανική - και άλλες απλώς μας διευκολύνουν στις δουλειές μας, χωρίς να προκαλούν μετατροπή της ενέργειας από μία μορφή σε άλλη. Οι απλούστερες από τις τελευταίες μηχανές είναι ο μοχλός, ή τροχαλία, τό βαρούλκο, τό κεκλιμένο επίπεδο κτλ., και ονομάζονται **άπλες μηχανές**.

(Στά επόμενα μελετούμε τις άπλες μηχανές πειραματικά και θεωρητικά. Στη θεωρητική μελέτη χρησιμοποιούμε είτε τις συνθήκες ισορροπίας σώματος είτε την αρχή διατηρήσεως της ενέργειας).

II. ΜΟΧΛΟΣ

α. Έννοιες σχετικές με τό μοχλό. Με τη βοήθεια μιᾶς σανίδας που στρέφεται γύρω από μία σταθερή πέτρα, μπορούμε να μετακινήσουμε έναν ογκόλιθο, ασκώντας σχετικά μικρή δύναμη στην άλλη άκρη της σανίδας (Σχ. 1). Η σανίδα με τη σταθερή πέτρα αποτελούν ένα **μοχλό** και η σταθερή πέτρα ονομάζεται **υπομόχλιο**. Επομένως:

Μοχλός λέγεται ένα στερεό σώμα που μπορεί να στρέφεται γύρω από σταθερό άξονα, ο οποίος λέγεται **υπομόχλιο**.

Η δύναμη F_1 που ασκεί ο άνθρωπος στο μοχλό λέγεται **κινητήρια δύναμη** και η δύναμη F_2 που ασκείται στο μοχλό από τόν ογκόλιθο λέγεται **άντισταση**. Η απόσταση l_1 του υπομοχλίου από τόν άξονα της κινητήριας δυνάμεως



Σχ. 1. Ο μοχλός

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

Τό υπομόχλιο μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε θέση πάνω στο μοχλό (Σχ. 2).

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

Σε ένα σημείο A που απέχει π.χ. $l_2 = 20$ cm από το υπομόχλιο, κρεμάμε βάρος $F_2 = 100$ p και προσπαθούμε να ισορροπήσουμε το μοχλό με ένα άλλο βάρος, π.χ. $F_1 = 50$ p. Παρατηρούμε ότι ο μοχλός ισορροπεί όταν η απόσταση l_1 είναι 40 cm.

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

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

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

Παρατηρούμε λοιπόν ότι οι ροπές είναι ίσες. Άρα όταν ισορροπεί ένας μοχλός, η ροπή της αντίστασης είναι ίση με τη ροπή της κινητήριας δυνάμεως ως προς το υπομόχλιο.

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

γ. Έφαρμογή της αρχής διατηρήσεως της ενέργειας στη μελέτη του μοχλού.

Ας υποθέσουμε ότι ο μοχλός ΑΓ στρέφεται αργά και ομαλά κατά μία μικρή γωνία και έρχεται στη θέση Α Γ_1 (Σχ. 4). Κατά τη μετακίνηση αυτή η δύναμη F_1 παράγει έργο, ενώ η F_2 απορροφά (καταναλώνει) έργο. Αν s_1 και s_2 είναι οι κατακόρυφες μετατοπίσεις των βαρών F_1 και F_2 αντίστοιχως, τότε θα ισχύουν οι σχέσεις:

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

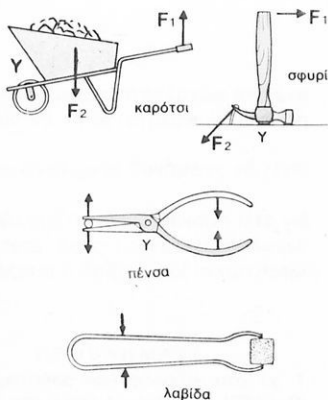
$$(\text{έργο αντίστασης}) W_2 = F_2 \cdot s_2$$

Αν δεχτούμε ότι δεν υπάρχουν τριβές στην περιστροφή του μοχλού, πρέπει το έργο της κινητήριας δυνάμεως να είναι ίσο με το έργο της αντίστασης.

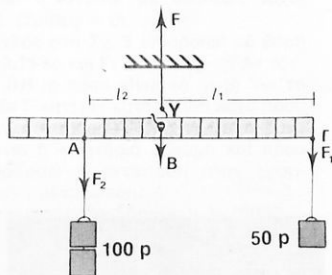
έργο κινητήριας δυνάμεως = έργο αντίστασης
--

$$(2) \quad F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$$

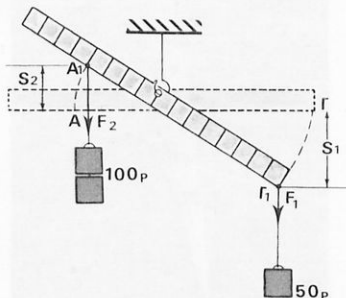
Αν $F_2 = 100$ p και $F_1 = 50$ p, δηλ. η F_2 είναι



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



Σχ. 3. Ισορροπία μοχλού



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

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.

Άρα μέ ένα μοχλό μπορούμε νά πολλαπλασιάσουμε τή δύναμή μας – κάνοντας έτσι τό έργο εύκολότερο – αλλά τότε ό δρόμος πού διαγράφει τό σημείο εφαρμογής τής δυνάμεώς μας είναι μεγαλύτερος από τό δρόμο πού διαγράφει τό σημείο εφαρμογής τής αντίστασεως. Έπομένως κατά τή χρήση τών 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 τίς απλές μηχανές καί λέγεται **χρυσός κανόνας τής Μηχανικής**. Η σχέση (2) αποτελεί τή μαθηματική διατύπωση αυτού του κανόνα.

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

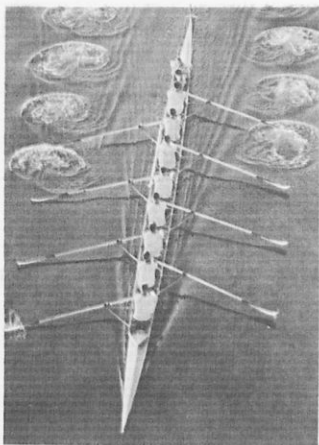
III. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΔΟΣΕΩΣ ΜΗΧΑΝΩΝ

Κατά τή λειτουργία ενός μοχλού δεχτήκαμε ότι δέν υπάρχουν τριβές στό υπομόχλιο καί επομένως τό έργο πού παρέχεται στό μοχλό από τήν κινητήρια δύναμη (δαπανώμενο έργο $W_{\text{δαπ.}}$) είναι ίσο μέ τό έργο πού αποδίδει ό μοχλός (ωφέλιμο 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 μικρότερο από τό $W_{\text{δαπ.}}$. Ό λόγος $W_{\text{ωφελ.}}/W_{\text{δαπ.}}$ λέγεται συντελεστής αποδόσεως κάθε μηχανής καί είναι πάντα μικρότερος από τή μονάδα.

$$\text{συντελεστής αποδόσεως} = \frac{\text{ωφέλιμο έργο}}{\text{δαπανώμενο έργο}}$$

$$n = \frac{W_{\text{ωφελ.}}}{W_{\text{δαπ.}}}$$

Αν $W_{\text{δαπ.}} = 200 \text{ Joule}$ καί $W_{\text{ωφελ.}} = 180 \text{ Joule}$, τότε $n = 180/200 = 0,9$. Τό αποτέλεσμα αυτό γράφεται καί έτσι: $n = 90\%$.



Σχ. 5. Μία εφαρμογή του μοχλού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Απλές 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 δύναμews να είναι ίση με τη ροπή της αντίστασews.
3. Ο μοχλός χρησιμοποιείται είτε για να πολλαπλασιάζουμε μία δύναμη είτε για να πολλαπλασιάζουμε μία μετατόπιση, αλλά τότε, όσες φορές πολλαπλασιάζεται η δύναμη τόσες φορές υποπολλαπλασιάζεται ο δρόμος και αντίστροφα. (Χρυσός κανόνας της Μηχανικής).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ονομάζεται απλή μηχανή και τί συντελεστής αποδόσεως μηχανής;
2. Για να υπολογίσουμε τη δύναμη F_1 που πρέπει να ασκήσουμε στο ένα άκρο του μοχλού για να ανυψώσουμε 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 απάντησή 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 δύναμews από το μοχλοβραχίονα της αντίστασews; 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) Δεν κερδίζουμε ούτε σε δύναμη ούτε σε δρόμο.

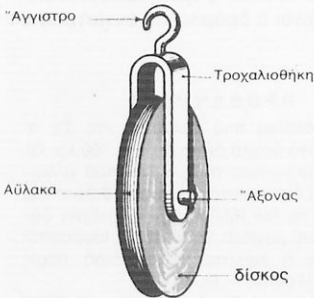
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ο ογκόλιθος που φαίνεται στο Σχ. 1 ασκεί 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. Να βρείτε την κινητήρια δύναμη του μοχλού, όταν αυτός ισορροπεί (ήρεμει ή κινείται με σταθερή ταχύτητα). (Τριβές = 0).
2. Ο μοχλός στο Σχ. 3 ισορροπεί με βάρος $F_2 = 0,15$ 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 θά ανέβει το σημείο Α; γ) Πόσο έργο παράγει η κινητήρια δύναμη και πόσο απορροφάει η αντίσταση στην προηγούμενη μετατόπιση; (συντελεστής αποδόσεως $\eta = 100\%$).

ΤΡΟΧΑΛΙΑ-ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ-ΒΑΡΟΥΛΚΟ

(ΑΠΛΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ)

Ι. ΤΡΟΧΑΛΙΑ



Σχ. 1. Ἡ τροχαλία

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

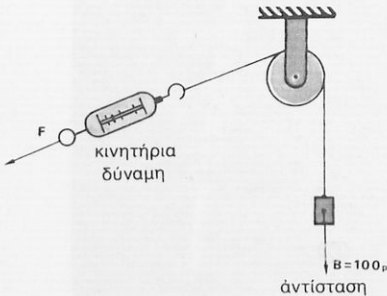
β. Ἀκίνητη τροχαλία. Ἡ τροχαλία λέγεται ἀκίνητη, ὅταν ἡ τροχαλιοθήκη εἶναι στερεωμένη σὲ σταθερὸ σημεῖο (Σχ. 2). Στὸ ἓνα ἄκρο τοῦ σχοινοῦ κρεμάμε βάρους $B = 100 \text{ p}$ (ἀντίσταση) καὶ στὸ ἄλλο ἄκρο δένουμε ἓνα δυνάμμετρο, μὲ τὸ ὁποῖο μετράμε τὴν κινήτρια δύναμη F . Παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν ἰσορροπεῖ ἡ τροχαλία, ἡ κινήτρια δύναμη εἶναι $F = 100 \text{ p}$, δηλ. ἴση μὲ τὸ βάρος 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, γιατί 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. Κινητὴ 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 ($F = B$)

μειο, ενώ στο άλλο άκρο εφαρμόζεται ή κινητή-
ρια δύναμη F.

Από τό άγκιστρο τής τροχαλίας κρεμάμε ένα
βάρος B = 200 ρ (άντίσταση) καί μέ τό δυναμό-
μετρο μετράμε τήν κινητήρια δύναμη F. "Όταν ή
τροχαλία ισορροπεί, βρίσκουμε F = 100 ρ. (Δε-
χόμαστε ότι ή τροχαλία είναι άβαρής. "Αν ή τρο-
χαλία έχει ύπολογίσιμο βάρος, τότε ως αντί-
σταση πρέπει νά πάρουμε τό άθροισμα τού βά-
ρους τής τροχαλίας καί τού βάρους τού σώμα-
τος πού άνυψώνεται). Από τό πείραμα λοιπόν
προκύπτει ότι στήν κινητή τροχαλία ισχύει ή
σχέση:

(2)	$F = \frac{B}{2}$	Συνθήκη ισορροπίας κινητής τροχαλίας
-----	-------------------	---

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

Τή σχέση (2) μπορούμε νά αποδείξουμε
θεωρητικά μέ εφαρμογή τής αρχής διατηρή-
σεως τής ενέργειας ως έξης:

Μετακινούμε τό σημείο εφαρμογής τής κι-
νητήριας δυνάμεως κατά $s_1 = 10$ cm καί παρα-
τηρούμε ότι τό σημείο εφαρμογής τής αντίστα-
σεως 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 μη-
χανής $\eta = 100\%$). Δηλαδή:

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

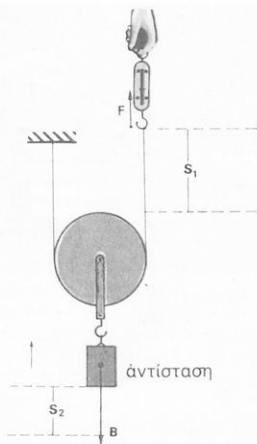
Έπειδή $s_2 = \frac{s_1}{2}$ συνεπάγεται

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

"Αρα μέ τήν κινητή τροχαλία «ό,τι κερδι-
ζουμε σέ δύναμη τό χάνουμε σέ δρόμο καί
άντίστροφα». (Χρυσός κανόνας τής Μηχανι-
κής).

II. ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

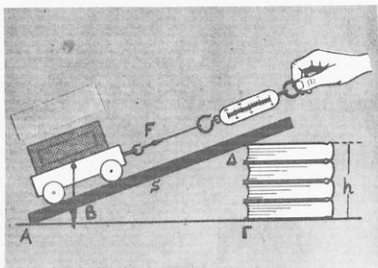
Πολλές φορές γιά νά φορτώσουμε βαρέλια
σέ αυτοκίνητο, χρησιμοποιούμε μία έπίπεδη
σανίδα πού σχηματίζει γωνία μέ τό όριζόντιο



Σχ. 3. Κινητή τροχαλία ($F = B/2$)



Σχ. 4. Ό άνηφορικός δρόμος καί οι
κυλιόμενες σκάλες αποτελούν περι-
πτώσεις κεκλιμένου επιπέδου

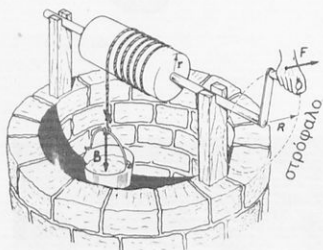


Σχ. 5. Κεκλιμένο επίπεδο

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

Γιά νά άντιληφθούμε τή χρησιμότητα του κεκλιμένου επιπέδου εκτελούμε τό ακόλουθο πείραμα (Σχ. 5). Τοποθετούμε μία σανίδα πλάγια πρós τό όριζόντιο επίπεδο καί μέ τή βοήθεια ενός δυναμόμετρου μετράμε τή δύναμη πού χρειάζεται νά ασκούμε σέ ένα σώμα γιά νά παραμένει ακίνητο ή νά άνυψώνεται κατά μήκος του κεκλιμένου επιπέδου μέ σταθερή ταχύτητα. Από τό πείραμα βρίσκουμε ότι ή κινητήρια δύναμη είναι μικρότερη από τό βάρος του σώματος καί εξαρτάται από τήν κλίση πού έχει τό κεκλιμένο επίπεδο. (Τριβή μηδέν ή πολύ μικρή). Η κινητήρια δύναμη γίνεται μέγιστη, δηλ. ίση μέ τό βάρος του σώματος, όταν τό επίπεδο τής σανίδας γίνεται κατακόρυφο.

III. ΒΑΡΟΥΛΚΟ



Σχ. 6. Βαρούλκο

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

Όταν τό βαρούλκο ισορροπεί, ή ροπή τής δυνάμεως F ως πρós τόν άξονα περιστροφής είναι ίση μέ τή ροπή του βάρους B ως πρós τόν ίδιο άξονα. Δηλ.

(5) $F \cdot R = B \cdot r$	Συνθήκη ισορροπίας βαρούλκου
-----------------------------	------------------------------

Έπειδή 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

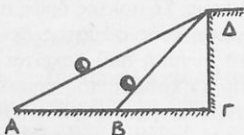
1. Στην άκίνητη τροχαλία ή κινητήρια δύναμη είναι ίση μέ τήν άντίσταση ($F=B$), ενώ στην κινητή τροχαλία ή κινητήρια δύναμη είναι ίση μέ τό μισό τής άντι-

στάσεως ($F = B/2$), όταν τὰ νήματα είναι παράλληλα. Οί σχέσεις αυτές ισχύουν όταν δέν υπάρχουν τριβές.

2. Ἡ δύναμη πού βάζουμε γιά νά ἀνυψώσουμε ἕνα σῶμα μέ τό κεκλιμένο ἐπίπεδο είναι μικρότερη ἀπό τό βάρος τοῦ σώματος καί ἐξαρτᾶται ἀπό τήν κλίση τοῦ ἐπιπέδου (Τριβή = 0).
3. Τό βαροῦλκο είναι μία ἀπλή μηχανή μέ τήν ὁποία μπορούμε νά πολλαπλασιάσουμε τή δύναμή μας ὅπως ἀκριβῶς καί μέ τό μοχλό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιό ἀπό τὰ δύο κεκλιμένα ἐπίπεδα ΑΔ καί ΒΔ θά προτιμήσετε γιά νά ἀνυψώσετε ἕνα βαρὺ ἀντικείμενο καί γιατί;



2. Νά ἀποδείξετε μέ τήν ἀρχή διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας ὅτι στήν ἀκίνητη τροχαλία ἰσχύει $F = B$. (Νά λάβετε ὑπόψη ὅτι οἱ μετατοπίσεις τῶν σημείων ἐφαρμογῆς τῶν F καί B είναι ἴσες).
3. Ποιό είναι τό ὄφελος ἀπό τή χρήση μιᾶς ἀκίνητης τροχαλίας;
4. Ποιές ἀπό τίς ἐπόμενες προτάσεις είναι ὀρθές; α) Οἱ ἀπλές μηχανές μᾶς διευκολύνουν στίς ἐργασίες, διότι μέρος τῆς ἀπαιτούμενης ἐνέργειας προέρχεται ἀπό τίς ἴδιες. β) Οἱ ἀπλές μηχανές μᾶς διευκολύνουν στίς ἐργασίες, διότι πολλαπλασιάζουν τή δύναμή μας ἢ τή μετατόπιση τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς. γ) Οἱ ἀπλές μηχανές οὔτε παράγουν οὔτε ἐξαφανίζουν ἐνέργεια.

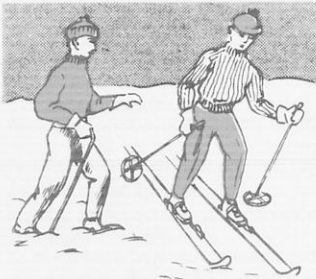
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μέ τή βοήθεια κινητῆς τροχαλίας πού ἔχει βάρος 2 κρ σηκώνουμε ἕνα σῶμα πού ἔχει βάρος 50κρ. Νά βρεῖτε τήν κινητήρια δύναμη ὅταν τὰ δύο τμήματα τοῦ σχοινιοῦ είναι παράλληλα καί ἡ τροχαλία ἰσορροπεῖ (ἡρεμεῖ ἢ κινεῖται μέ σταθερή ταχύτητα).
2. Σέ μία κινητή τροχαλία μέ παράλληλα νήματα ἡ κινητήρια δύναμη είναι 20 Ν. α) Πόσο ἐργο παρέχει ἡ κινητήρια δύναμη στήν τροχαλία, ἂν τό σημείο ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως μετακινηθεῖ κατά 0,2 m; β) Πόσο μετακινεῖται τότε τό σημείο ἐφαρμογῆς τῆς ἀντιστάσεως; γ) Πόσο είναι τό ἐργο πού ἀποδίδει ἡ τροχαλία, ἂν $\eta = 100\%$ καί πόσο ἂν $\eta = 90\%$;

16η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΠΙΕΣΗ-ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ



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

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 ή δύναμη αυτή. Αυτό φαίνεται καθαρά στο επόμενο παράδειγμα:

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

Γιά νά 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 ένεργεί κάθετα σέ μία επιφάνεια, προς τό έμβαδό της επιφάνειας αυτής.

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

Η καρέκλα του Σχ. 2 στηρίζεται σε άμμο πρώτα χωρίς σανίδα και μετά με σανίδα. Στην πρώτη περίπτωση, τό έμβαδό της επιφάνειας, στην οποία ασκείται τό βάρος Β του ανθρώπου, είναι μικρότερο από τη δεύτερη περίπτωση και



Σχ. 2.

έπομένως ή πίεση μεγαλύτερη. Για τό λόγο αυτό ή καρέκλα βυθίζεται περισσότερο στην πρώτη περίπτωση παρά στη δεύτερη.

Μονάδες πίεσεως

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα δυνάμεως είναι τό 1 N καί επιφάνειας τό 1 m². Άρα μονάδα πίεσεως θά είναι τό:

Ένα νιούτον κατά τετραγωνικό μέτρο (1N/m²)

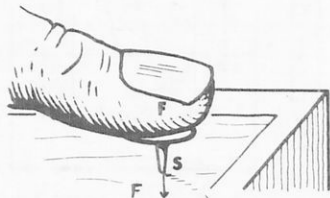
Ή μονάδα 1N/m² είναι πολύ μικρή γιά νά εκφράσει τίς συνηθισμένες πιέσεις, γι' αυτό χρησιμοποιούνται στην πράξη τό ένα πόντ κατά τετρ. έκατοστόμετρο (1p/cm²) καί τό ένα κιλόπόντ κατά τετρ. έκατοστόμετρο (1kp/cm²) πού ονομάζεται **τεχνική ατμόσφαιρα** καί συμβολίζεται μέ τό at, δηλ.

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

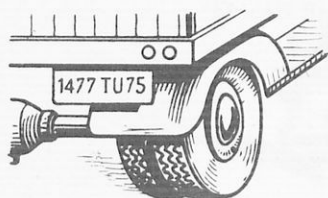
Αποτελέσματα. Από τόν τύπο $p = F/S$ παρατηρούμε ότι ή πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη πρός τήν επιφάνεια S, όταν ή δύναμη παραμένει σταθερή. Άνάλογα, λοιπόν, μέ τό αποτέλεσμα πού θέλουμε νά φέρει ή δύναμη, ρυθμίζουμε τήν αντίστοιχη επιφάνεια.

Π.χ. όταν κατασκευάζουμε καρφιά, πινέζες, βελόνια κτλ., φροντίζουμε νά τά κάνουμε μύτερά στη μία άκρη, ώστε νά είναι μικρή ή επιφάνεια καί έπομένως μεγάλη ή πίεση (Σχ. 3). Μέ τόν τρόπο αυτό, τά μύτερά σώματα εισχωρούν μέ εύκολία στό έσωτερικό διαφόρων υλικών. Για τόν ίδιο λόγο φροντίζουμε τά μαχαίρια, τά ξυράφια κτλ. νά έχουν λεπτή κόψη, ώστε τό αποτέλεσμα τής δυνάμεως πού βάζουμε νά είναι μεγαλύτερο.

Σέ άλλες περιπτώσεις μάς ενδιαφέρει νά μετριάσουμε τό αποτέλεσμα μιάς δυνάμεως. Τότε δίνουμε στην επιφάνεια έπαφής τών σωμάτων μεγάλο έμβαδό. Αυτό εφαρμόζεται στα



Σχ. 3. Ή πίεση είναι μεγάλη γιατί τό έμβαδό είναι μικρό.



Σχ. 4

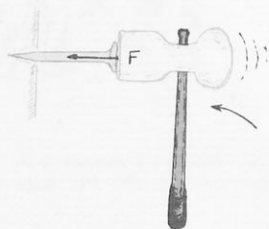
βαριά αυτοκίνητα στα όποια βάζουμε πολλά και φαρδιά λάστιχα, γιά νά προστατεύσουμε τό όδόστρωμα από καθίζηση. (Σχ. 4).

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

II. ΠΙΕΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ

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

Η πιεστική δύναμη μπορεί νά είναι τό ίδιο τό βάρος τοῦ σώματος πού βρίσκεται σέ επαφή μέ τό άλλο σώμα (Σχ. 1 καί 4) ή κάποια άλλη εξωτερική δύναμη (Σχ. 3 καί 5).



Σχ. 5. Τά καρφιά είναι μυτερά στή μία άκρη, γιά νά άσκειται μεγάλη πίεση

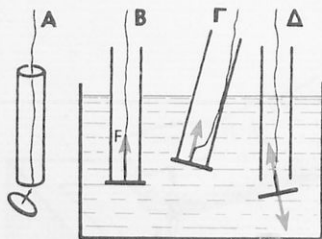
III. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΑΣΚΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΥΓΡΑ

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

Άρα:

Κάθε επιφάνεια πού βρίσκεται σέ επαφή μέ ένα υγρό δέχεται από τό υγρό μία κάθετη δύναμη καί επομένως μία πίεση.

Αν μέσα στον κύλινδρο ρίξουμε νερό, ο δίσκος δέχεται δύναμη καί στην επάνω επιφάνεια. Όταν ή στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στον κύλινδρο πλησιάζει νά φτάσει τή στάθμη τοῦ νεροῦ τής λεκάνης, ο δίσκος αποχωρίζεται από τό σωλήνα εξαιτίας τοῦ βάρους του.



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

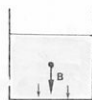
IV. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

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

Είναι φανερό ότι ή πίεση στο πρώτο δοχείο όφείλεται στο βάρος Β τοῦ νεροῦ, ενώ στο

δεύτερο δοχείο· οφείλεται στην εξωτερική δύναμη F .

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



I



II

Σχ. 7. I. 'Υδροστατική πίεση.

II. 'Η πίεση οφείλεται σε εξωτερική δύναμη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιατί στο Σχ. 2 ή καρέκλα βυθίζεται περισσότερο στην περίπτωση I;
2. Νά αναφέρετε τέσσερις μονάδες της πιέσεως.
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 νά έχουν πλατύ κεφάλι;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό βάρος ενός ανθρώπου πού βαδίζει στο χιόνι είναι 75 κρ. Νά βρεθεί ή πίεση πού προκαλεί ό άνθρωπος στο χιόνι α) χωρίς χιονοπέδιλα ($S_1 = 300 \text{ cm}^2$) και β) μέ χιονοπέδιλα ($S_2 = 3000 \text{ cm}^2$).
- *2. Ένας στύλος έχει βάρος 2400 κρ και στηρίζεται κατακόρυφα σε όριζόντιο έδαφος, πού δέν μπορεί νά δεχτεί πίεση μεγαλύτερη από 0,4 κρ/ cm^2 . Πόση είναι ή μικρότερη επιφάνεια πού μπορεί νά έχει ή βάση στηρίζεώς του;
3. Μία καρέκλα έχει βάρος 4 κρ και πάνω σ' αυτή κάθεται άνθρωπος μέ βάρος 60 κρ. 'Αν τό κάθε ένα από τά τέσσερα πόδια τής καρέκλας έχει έμβαδό 2 cm^2 και τό έδαφος πού ακουμπά ή καρέκλα είναι όριζόντιο, πόση πίεση προκαλεί κάθε πόδι της στο έδαφος;

ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ-ΒΑΣΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

I. ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ

α. Τά όργανα μέ τά όποία 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, ύδράργυρο 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 άποτελεί ένα μέτρο γιά τήν πίεση πού επικρατεί στό σκέλος Α. Έτσι, ό λυγισμένος σωλήνας μέ τό υγρό μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ως μανόμετρο.

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

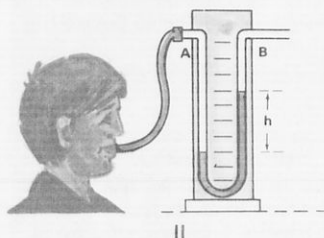
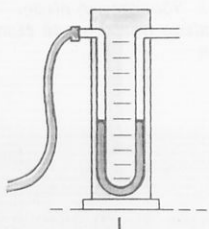
Όταν, όμως, θέλουμε νά μετρήσουμε τήν πίεση σέ κάποιο σημείο υγρού, χρησιμοποιούμε μία μανομετρική κάψα (Σχ. 2).

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

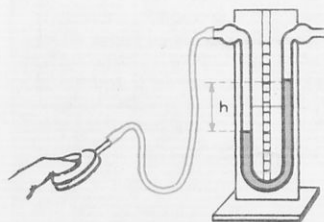
II. ΒΑΣΙΚΟΣ (ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ) ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

α. Πειραματική άπόδειξη. 1ο πείραμα.

Βυθίζουμε τή μανομετρική κάψα σέ δοχείο μέ 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 προσανατολισμός ή μεμβράνα της και παρατηρούμε ότι δέ μεταβάλλεται ή ένδειξη του μανομέτρου.

Στή συνέχεια μετατοπίζουμε ήν κάψα μέσα στο νερό, μέ τρόπο ώστε τό κέντρο της νά παραμένει στό ίδιο βάθος και παρατηρούμε ότι πάλι δέν αλλάζει ή πίεση. "Αρα:

Ή πίεση, πού προκαλεί ένα υγρό σέ μία επιφάνεια, δέν εξαρτάται από τόν προσανατολισμό τής επιφάνειας, αλλά είναι ή ίδια σέ όλα τά σημεία του υγρού πού βρίσκονται στό ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

2ο πείραμα. Γεμίζουμε έναν κύλινδρο μέ νερό και μέ τή βοήθεια του μανομέτρου μετράμε τήν πίεση σέ 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 νά σημειώσουμε ότι ή πίεση, πού μετράει τό μανόμετρο πού χρησιμοποιούμε και ή όποια μάς ενδιαφέρει στήν 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. "Αρα:

Ή υδροστατική πίεση είναι ά ν ά λ ο γ η π ρ ό σ τό β ά θ ο ς .

3ο πείραμα. Βάζουμε σέ ένα δοχείο καθαρό νερό και σέ ένα άλλο δοχείο πυκνό αλατόνερο. Κατόπιν βυθίζουμε τή μανομετρική κάψα στό ίδιο βάθος και στά δύο δοχεία και σημειώνουμε τίς ένδείξεις του μανομέτρου (Σχ. 6).

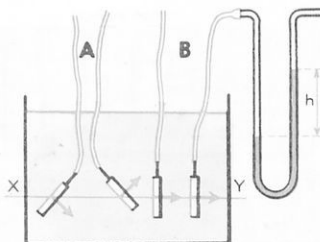
Παρατηρούμε ότι ή πίεση στό καθαρό νερό είναι μικρότερη από τήν πίεση στό αλατόνερο, αν και τό βάθος είναι τό ίδιο.

"Αν λάβουμε υπόψη μάς ότι τό αλατόνερο έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος από τό καθαρό νερό, συμπεραίνουμε ότι ή υδροστατική πίεση αυξάνεται μέ τό ειδικό βάρος του υγρού.

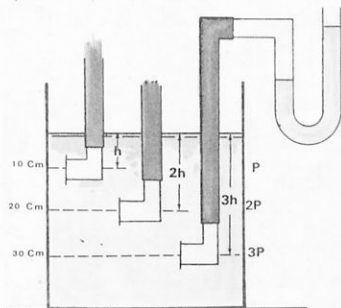
Μέ προσεκτικά πειράματα αποδεικνύεται ότι:

Ή υδροστατική πίεση είναι άνάλογη π ρ ό σ τό ειδικό βάρος του υγρού.

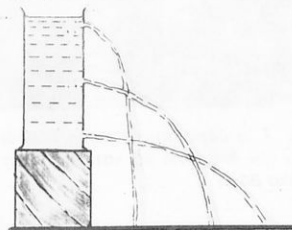
Συγκεντρώνοντας τά προηγούμενα συμπε-



Σχ. 3. Τό κέντρο τής μεμβράνας μετατοπίζεται κατά τήν οριζόντια γραμμή XY. Ή ένδειξη του μανομέτρου δέν μεταβάλλεται



Σχ. 4. Ή πίεση είναι άνάλογη π ρ ό σ τό βάθος

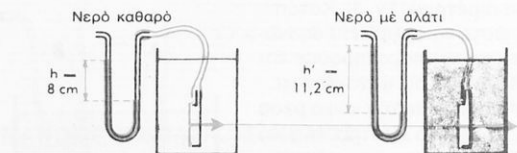


Σχ. 5. Ή πίεση αυξάνεται μέ τό βάθος

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

πίεση σέ βάθος $h=20\text{cm}$

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



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



Σχ. 7 Η υδροστατική πίεση εμποδίζει τον άνθρωπο να κατέβει σε μεγάλη βάθος

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

υδροστατική πίεση = ειδ. βάρος υγρού $\times$ βάθος

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

III. ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΑΝΟΜΕΤΡΟΥ

Η βαθμολόγηση του μανόμετρου των προηγούμενων πειραμάτων γίνεται εύκολα με βάση τον τύπο $p = \epsilon \cdot h$, αρκεί να γνωρίζουμε τό ειδικό βάρος ϵ του υγρού πού υπάρχει στό λυγισμένο σωλήνα. "Αν υποθέσουμε ότι τό 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. "Αρα όταν κάνουμε τή βαθμολόγηση της κλίμακας αντί να γράψουμε 1 cm, 2 cm, 3 cm, κτλ. θα γράψουμε 1 p/cm^2 , 2 p/cm^2 , 3 p/cm^2 κτλ.

"Αν υποθέσουμε ότι τό υγρό είναι οινόπνευμα ($\epsilon = 0,8 \text{ p/cm}^3$) τότε σε διαφορά ύψους $h_1 = 1 \text{ cm}$ θα αντιστοιχεί πίεση $p = 0,8 \text{ p/cm}^2$, σε διαφορά ύψους $h_2 = 2 \text{ cm}$ θα αντιστοιχεί πίεση $p = 1,6 \text{ p/cm}^2$ κ.ο.κ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η υδροστατική πίεση σε ένα σημείο υγρού, είναι ανάλογη προς τό βάθος πού βρίσκεται τό σημείο καί ανάλογη προς τό ειδ. βάρος του υγρού ($p = \epsilon \cdot h$).
2. Τά μανόμετρα είναι όργανα με τά όποια μετράμε τήν πίεση πού προκαλούν τά υγρά ή τά αέρια. Η λειτουργία των ανοιχτών μανομέτρων στηρίζεται στην υδροστατική πίεση.
3. Η μανομετρική κάψα είναι ένα εξάρτημα του μανόμετρου καί μάς βοηθάει να μετράμε τήν πίεση σε οποιοδήποτε σημείο ενός υγρού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

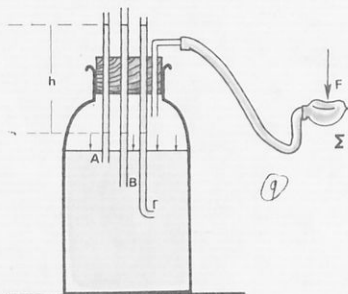
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό κέντρο μιάς μανομετρικής κάψας βρίσκεται σέ βάθος 16 cm κάτω από τήν ελεύθερη επιφάνεια ενός ύγρου. Πόση πίεση δέχεται ή κάψα, αν τό ύγρό είναι: α) Καθαρό νερό ($\rho_1 = 1 \text{ p/cm}^3$) β) Θαλασσινό νερό ($\rho_2 = 1,03 \text{ p/cm}^3$)
- *2. Τό φινιστρίνι (παράθυρο) ενός υποβρυχίου 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 ασκείται σ' αυτό από τό νερό; (νερού = 1,03 p/cm³).
3. Τό πώμα ενός λουτρού (μπανιέρας) έχει έμβαδό διατομής 4 cm². Μέ πόση δύναμη πρέπει νά τραβήξουμε τό πώμα γιά νά αδειάσουμε τό λουτρό, αν τό νερό έχει βάθος 30cm; (νερού = 1 p/cm³).
4. Ένας σωλήνας περιέχει υδράργυρο μέχρι ύψος $h_1 = 20 \text{ cm}$. α) Πόση πίεση προκαλεί ό υδράργυρος στή βάση του σωλήνα; β) Πόσο είναι τό ύψος στήλης νερού πού προκαλεί τήν ίδια πίεση στή βάση του ίδιου σωλήνα; (εύδαρυ. = 13,6 p/cm³, νερού = 1 p/cm³).

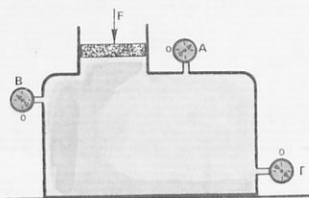
ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΓΡΑ-ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

I. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΑ ΥΓΡΑ

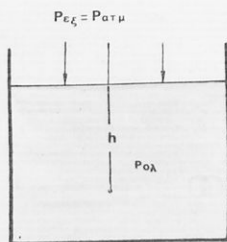
(άρχη του PASCAL)



Σχ. 1. Αρχή του Pascal



Σχ. 2



Σχ. 3

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 αρχή:

Η πίεση που προκαλείται σε υγρό που ισορροπεί μεταδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του.

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

(Φυσικά υπάρχει και η υδροστατική πίεση, η οποία αυξάνει με το βάθος, αλλά στο πείραμα αυτό τη θεωρούμε ασημαντή).

II. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΒΑΣΙΚΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

Η ελεύθερη επιφάνεια των υγρών βρίσκεται πάντα κάτω από κάποια εξωτερική πίεση που συνήθως είναι η ατμοσφαιρική πίεση (Σχ. 3). Σύμφωνα με την αρχή του Pascal η εξωτερική πίεση p_{ext} μεταδίδεται αμετάβλητη σε όλα τα σημεία του υγρού. Αν επομένως θέλουμε να

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

$$p_{\text{ολ}} = \epsilon \cdot h + p_{\epsilon\kappa}$$

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. Υδραυλικό πιεστήριο. Τα βασικά μέρη ενός υδραυλικού πιεστηρίου είναι δύο κυλινδρικά δοχεία που συγκοινωνούν μεταξύ τους με λεπτό σωλήνα. Μέσα στα δοχεία κινούνται δύο έμβολα με διαφορετικά έμβολα (Σχ. 4). Όταν ασκήσουμε δύναμη F_1 στο μικρό έμβολο που έχει έμβολο 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 έμβολο του μεγάλου εμβόλου, τότε θα ισχύει η σχέση

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

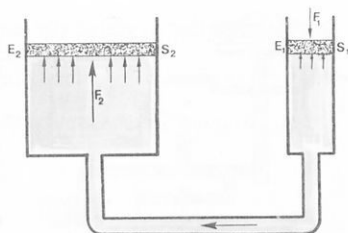
Από τους τύπους (1) και (2) συνεπάγεται:

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

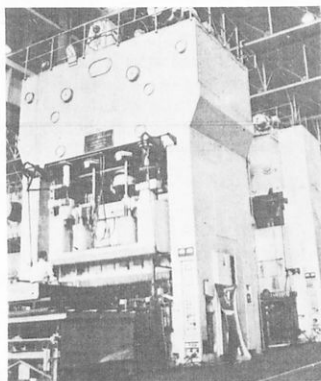
Από τον τελευταίο τύπο είναι φανερό ότι η δύναμη F_2 είναι ανάλογη προς το S_2 και αντίστροφως ανάλογη προς το S_1 .

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

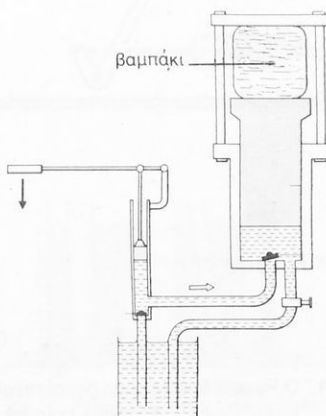
Το υδραυλικό πιεστήριο, λοιπόν, είναι ένα είδος «**υδραυλικού μοχλού**» δηλ. ένα σύστημα που πολλαπλασιάζει τη δύναμη που ασκούμε στο μικρό έμβολο.



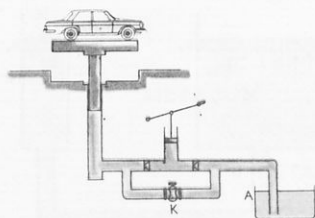
Σχ. 4. Αρχή του υδραυλικού πιεστηρίου (υδραυλικός μοχλός)



Σχ. 5. Υδραυλικό πιεστήριο (πρέσσα)



Σχ. 6



Σχ. 7. Ύδραυλικός άνυψωτήρας

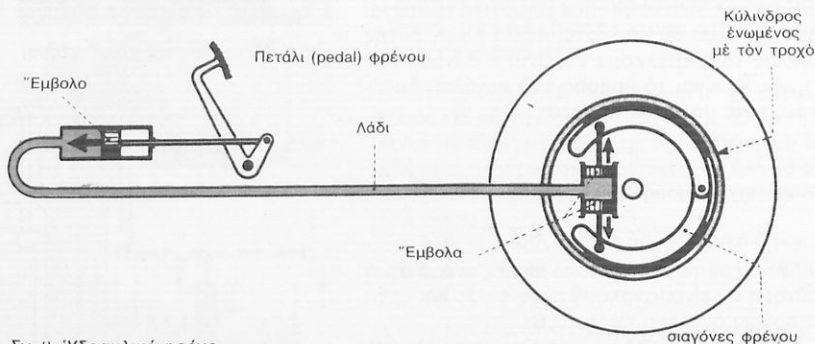
Τό υδραυλικό πιεστήριο χρησιμοποιείται στα ελασιτριβεία για την έξαγωγή του λαδιού από τις ελίες, και σέ διάφορα έργοστάσια για την κατασκευή πρεσσαριστών άντικειμένων. Χρησιμοποιείται επίσης στή συμπίεση του βαμβακιού καί του άχýρου σέ μπάλες, στή λειτουργία διαφόρων γερανών κ.ά.

Άριθμητικό παράδειγμα. "Ας υποθέσουμε 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 αυτοκινήτων. Μέ τόν ίδιο τρόπο πού λειτουργεί ένα υδραυλικό πιεστήριο, λειτουργεί καί ό υδραυλικός άνυψωτήρας αυτοκινήτων (Σχ. 7). Συχνά για λόγους συντομίας ή συμπίεση του ύγρου γίνεται μέ τή βοήθεια συμπιεσμένου άέρα.



Σχ. 8. Ύδραυλικό φρένο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ό Pascal διαπίστωσε ότι οι πιέσεις πού προκαλούνται σέ υγρά πού ισορροπούν μεταδίδονται άμετάβλητες σέ όλα τά σημεία τους.

2. Η ατμοσφαιρική πίεση που δέχεται η 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 έμβολα των εμβόλων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σας λένε ότι η πίεση που προκαλεί τό μικρό έμβολο υδραυλικού πιεστηρίου είναι 5 at. Πόση θα 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. Πού βρίσκει εφαρμογές η αρχή του Pascal;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Σε έναν κατακόρυφο σωλήνα περιέχεται υδράργυρος ($\rho_1 = 13,6 \text{ g/cm}^3$) μέχρι ύψους 20 cm. Αν προκαλέσουμε πίεση 1200 g/cm^2 στην επιφάνεια του υδραργύρου, πόση πίεση ασκείται στον πυθμένα του σωλήνα σε g/cm^2 ;
2. Τό μικρό έμβολο υδραυλικού πιεστηρίου έχει έμβολο $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ και η δύναμη που ασκούμε σ' αυτό είναι $F_1 = 20 \text{ Kr}$. Πόσο πρέπει να είναι τό έμβολο S_2 , γιά να ισορροπήσουμε δύναμη $F_2 = 800 \text{ Kr}$;

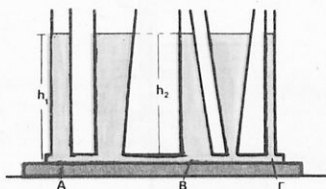
19η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ-ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

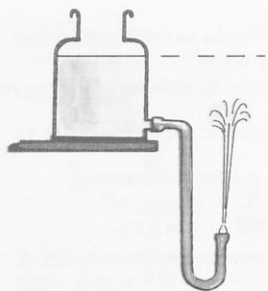
Ι. ΑΡΧΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΩΝ ΔΟΧΕΙΩΝ

Χρησιμοποιούμε τή συσκευή του Σχ. 1 ή όποία αποτελείται από διάφορα δοχεία που συγκοινωνούν μεταξύ τους. Ρίχνουμε νερό στη συσκευή και τό αφήνουμε να ισορροπήσει. Παρατηρούμε ότι η ελεύθερη επιφάνεια του νερού φτάνει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο σε όλα τά δοχεία. Τό ίδιο συμβαίνει και γιά κάθε άλλο υγρό. Άρα:

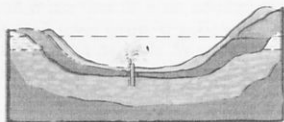
"Όταν μέσα σε συγκοινωνούντα δοχεία ισορροπεί ένα υγρό, η ελεύθερη επιφάνειά του σε όλα τά δοχεία βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο (αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων).



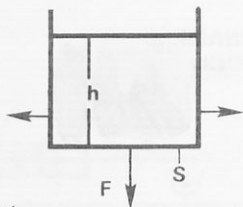
Σχ. 1. Αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων



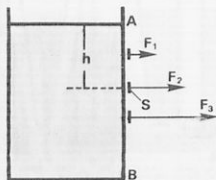
Σχ. 2. Πίδακας



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 Α καὶ Β πού βρίσκονται στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο (Σχ. 1). Οἱ πιέσεις στὰ σημεῖα Α καὶ Β 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 σέ 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 ὑδρευση τῶν πόλεων, στοὺς πίδακες (κ. συντριβάνια) πού στολίζουν συχνά τίς πλατεῖες (Σχ. 2), στὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια κ.ά.

Τὰ ἀρτεσιανὰ πηγάδια εἶναι βαθιά ὀρύγματα στὸ ἔδαφος, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀναβλύζει τὸ νερό, μέ τὴ μορφή μικροῦ πίδακα (Σχ. 3). Γιά νά συμβαίνει αὐτὴ ἡ φυσικὴ ἀναπήδηση τοῦ νεροῦ πρέπει τὸ ὑδροφόρο στρώμα νά βρίσκεται ἀνάμεσα σέ ὑδατοστεγὴ (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 νερό πού πετιέται πρὸς τὰ πάνω δέ φτάνει ποτέ στὸ ὕψος τοῦ νεροῦ πού βρίσκεται στὸ δοχεῖο ἢ στὴ δεξαμενὴ, γιατί συναντᾷ 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 ἐνός 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:

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

Από τó βασικό νόμο τής υδροστατικής ισχύει:
(3) $p = \epsilon h$

Αντικαθιστώντας στή σχέση (2) τó p μέ τó ϵh του ϵh , βρίσκουμε τή δύναμη πού άσκει τó υγρό στήν έπιφάνεια S τού πυθμένα.

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

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

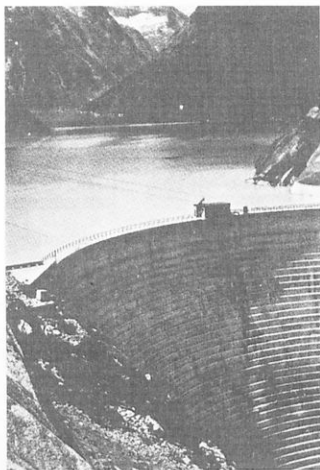
β. Δύναμη στά πλάγια τοιχώματα. Στά πλάγια τοιχώματα τó βάθος h δέν είναι τó ίδιο γιά όλα τά σημεία τους (Σχ. 5). Γι' αυτό δέν μπορούμε νά υπολογίσουμε όλόκληρη τή δύναμη πού άσκειται στό τοίχωμα AB μέ τόν τύπο (4). Μπορούμε όμως νά χωρίσουμε τó τοίχωμα σέ λεπτές όριζόντιες λωρίδες καί νά υπολογίσουμε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

Έφαρμογές.

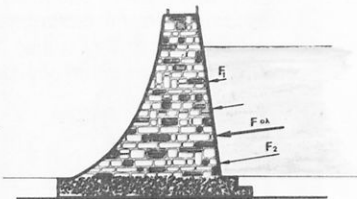
1. Φράγματα. Ίδιαίτερο ένδιαφέρον παρουσιάζουν οί δυνάμεις πού άσκοΰνται στά φράγματα από τó νερό τών τεχνητών λιμνών (Σχ. 6). Έπειδή ή έπιφάνεια τού φράγματος είναι πολύ μεγάλη καί τó βάθος τού νερού πολλά μέτρα, ή συνολική δύναμη πού άσκειται από τó νερό στό φράγμα είναι τεράστια. Γιά νά άντέχουν τά 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 τών δυνάμεων πού άσκοΰν τά υγρά στά πλάγια τοιχώματα βρίσκουμε επίσης στή λειτουργία τού αυτόματου ποτιστή, πού χρησιμοποιείται στό πότισμα τών φυτών σέ κτήματα, πάρκα, κήπους κτλ. (Σχ. 8).

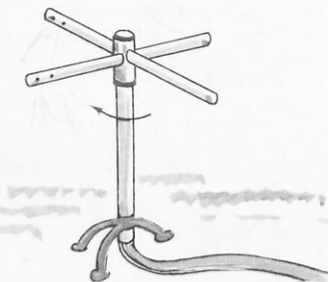
Η λειτουργία τού ποτιστή γίνεται κατανοητή μέ τó ακόλουθο πείραμα (Σχ. 9). Όταν τó στόμιο τού λυγισμένου σωλήνα είναι κλειστό, οί δυνά-



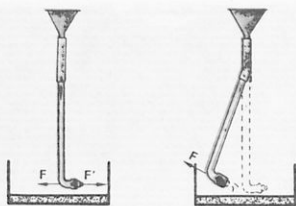
Σχ. 6. Τά φράγματα κατασκευάζονται συνήθως μέ μικρή καμπυλότητα. Όμοιο φράγμα υπάρχει στή λίμνη τού Μαραθώνα (Crimmel, Έλβετία)



Σχ. 7. Έγκαρσια τομή ενός φράγματος



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



Σχ. 9. Άρχη του αυτόματου ποτιστή

μεις F και F' βρίσκονται σε ισορροπία και ό σωλήνας είναι κατακόρυφος. Όταν αφαιρείται τό πώμα από τό στόμιο, καταργείται ή δύναμη F' και απομένει μόνο ή δύναμη F πού ώθει τό σωλήνα πρός τά πλάγια. Μέ τόν τρόπο αυτό ό σωλήνας κινείται και φεύγει από τήν κατακόρυφη θέση. Στήν αρχή αυτή στηρίζεται ή περιστροφή του αυτόματου ποτιστή και του ύδροστρόβιλου, καθώς επίσης και ή προώθηση των αεριοθεωμένων και πυραύλων (κινητήρες αντιδράσεως).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όταν υπάρχει υγρό σε διάφορα δοχεία πού συγκοινωνούν μεταξύ τους και τό υγρό ισορροπεί, ή στάθμη του σε όλα τά δοχεία φτάνει στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Έφαρμογές της αρχής αυτής βρίσκουμε στην ύδρευση μιας πόλεως, στα συντριβάνια, στους πίδακες, στα αρτεσιανά φρέατα κτλ.
2. Τά υγρά ασκούν πιεστικές δυνάμεις τόσο στον πυθμένα των δοχείων όσο και στα πλευρικά τοιχώματα. Για επίπεδες επιφάνειες, πού τά σημεία τους βρίσκονται στο ίδιο βάθος h , ή πιεστική δύναμη δίνεται από τόν τύπο $F = \epsilon \cdot h \cdot S$.
3. Τά φράγματα κατασκευάζονται μέ κατάλληλο σχήμα για νά άντέχουν στην τεράστια πιεστική δύναμη του νερού.
4. Οι δυνάμεις στα πλευρικά τοιχώματα βρίσκουν εφαρμογή στον αυτόματο ποτιστή, στον ύδροστρόβιλο κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Μέ ποιές προϋποθέσεις ισχύει ό τύπος $F = \epsilon \cdot h \cdot S$;
2. Ποιά μορφή έχει τό τοίχωμα των φραγμάτων και γιατί;
3. Ποιά από τίς προτάσεις είναι όρθή; α) Ό πίδακας (Σχ.2) φτάνει ως τήν ελεύθερη στάθμη του νερού. β) Ό πίδακας δέ φτάνει στην ελεύθερη στάθμη του νερού γιατί δέν έχει αρκετή ταχύτητα. γ) Ό πίδακας δέ φτάνει στην ελεύθερη στάθμη του νερού, γιατί υπάρχουν διάφορες τριβές.
4. Πώς αποδεικνύεται θεωρητικά ή αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά υπολογιστεί ή δύναμη πού ασκείται από τό υγρό 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 μέ εμβαδό 1 cm^2 . Η όπη αυτή βρίσκεται κοντά στον πυθμένα (θέση Β) και είναι φραγμένη μέ πώμα, πού υποχωρεί μέ δύναμη 272 p . Νά βρείτε τό ύψος h του ύδραργύρου, τόν όποιο πρέπει νά ρίξουμε στο δοχείο, για νά υποχωρήσει τό πώμα. ($\epsilon_{\text{υδρ}} = 13,6 \text{ p/cm}^3$)

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΩΣΕΩΣ

"Αν βυθίσουμε σέ νερό ή κάποιο άλλο υγρό μία ελαστική μπάλα καί τήν αφήσουμε ελεύθερη, παρατηρούμε ότι ανεβαίνει γρήγορα στήν επιφάνεια.

Επίσης, ἂν δοκιμάσουμε νά βυθίσουμε στό νερό ἕνα ἄδειο κύπελο, αἰσθανόμαστε μία δύναμη ἀπό τό νερό, πού ὠθεῖ τό δοχεῖο πρὸς τά πάνω (Σχ. 1). Ἄρα:

Σέ κάθε σῶμα πού βρίσκεται μέσα σέ υγρό, ἀσκειται ἀπό τό υγρό μία δύναμη κατακόρυφη καί μέ φορά ἀπό κάτω πρὸς τά πάνω. Ἡ δύναμη αὕτη ὀνομάζεται ἄνωση.

II. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

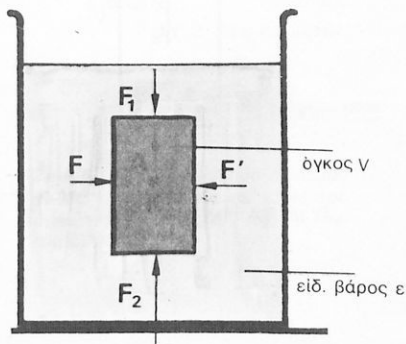
1. Μέτρηση τῆς ἀνώσεως. Ἐξαρτοῦμε ἀπό τό ἀγγιστρο δυναμομέτρου ἕνα σῶμα (π.χ. μεταλλικό κύλινδρο, πέτρα κτλ.) καί βρίσκουμε τό βάρος του στὸν ἀέρα (Σχ. 3). Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι τό βάρος αὐτό εἶναι 100 ρ. Κατόπιν βυθίζουμε τό σῶμα σέ νερό καί παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμομέτρου ἐλαττώνεται καί γίνεται π.χ. 60 ρ. Εἶναι φανερό πῶς ἡ μείωση στήν ἔνδειξη τοῦ δυναμομέτρου ὀφείλεται στήν ἄνωση, ἡ ὁποία ὠθεῖ τό σῶμα πρὸς τά πάνω. Ἄρα, ἡ ἄνωση τοῦ σώματος αὐτοῦ εἶναι 40 ρ.

2. Μέτρηση τοῦ βάρους τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίζεται. Ὅταν τό σῶμα βυθίζεται στό νερό, ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει. Αὐτό σημαίνει ὅτι τό σῶμα ἐκτοπίζει κάποια ποσότητα νεροῦ.

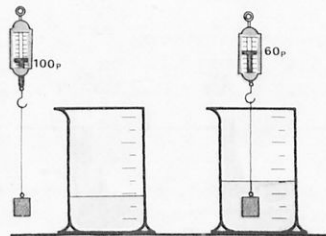
Γιά νά μετρήσουμε τό βάρος τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίζεται ἀπό τό σῶμα, χρησιμοποιοῦμε εἰδικό δοχεῖο πού φέρει στά πλάγια του ἕνα μικρὸ σωλήνα (Σχ. 4). Γεμίζουμε τό δοχεῖο μέχρι τό χεῖλος τοῦ σωλήνα καί βυθίζουμε τό σῶμα στό νερό. Μαζεύουμε τό νερό πού ἐκτοπίζεται σέ ἕνα δοχεῖο καί τό ζυγίζουμε. Ἀπὸ τὴ ζύγιση προκύπτει ὅτι τό βάρος τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπι-



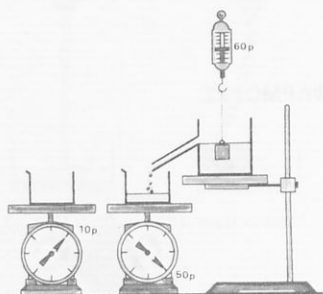
Σχ. 1.



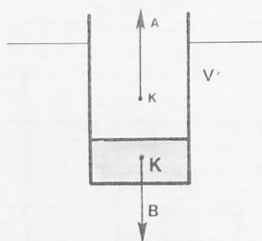
Σχ. 2. Ἡ ἄνωση Α εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν πιεστικῶν δυνάμεων



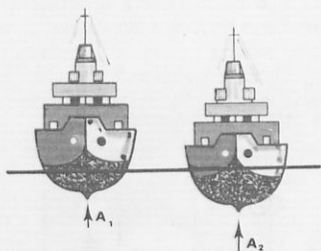
Σχ. 3. Ἡ ἄνωση εἶναι 40 ρ



Σχ. 4. Τό βάρος του νερού που έκτοπιζεται είναι 40 p



Σχ. 5. Συνθήκη πλεύσεως $A = B$.



Σχ. 6. Όταν αύξάνεται τό βάρος του πλοίου, αύξάνεται καί ή άνωση

ζεται είναι 40 p. Άρα ή άνωση (40 p) είναι ίση μέ τό βάρος του νερού που έκτοπιζεται (40 p). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε καί αν χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο οποιοδήποτε ύγρό. Από τά πειράματα αυτά προκύπτει ή έξής άρχή του Άρχιμήδη.

Κάθε σώμα, που βυθίζεται σέ ύγρό που ισορροπεί, δέχεται τόση άνωση όσο είναι τό βάρος του ύγρου που έκτοπιζεται από τό σώμα.

Αν V είναι ό όγκος του ύγρου που έκτοπιζεται καί ε τό ειδικό του βάρος, τότε τό βάρος του θα δίνεται από τό γνωστό τύπο $B = \varepsilon \cdot V$.

Άρα καί ή άνωση A, που είναι ίση μέ τό βάρος του ύγρου που έκτοπιζεται, θα δίνεται από τόν τύπο:

$A = \varepsilon \cdot V$	Άρχή του Άρχιμήδη
---------------------------	-------------------

Τό σημείο εφαρμογής της άνώσεως λέγεται κέντρο άνώσεως καί όπως αποδεικνύεται, συμπίπτει μέ τό κέντρο βάρους του ύγρου που έκτοπιζεται από τό σώμα.

III. ΠΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Έφαρμογή της άρχής του Άρχιμήδη συναντάμε στην πλεύση τών σωμάτων, ή οποία θα ήταν αδύνατη χωρίς την άνωση.

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

$\text{άνωση} = \text{βάρος σώματος}$

$A = B$	Συνθήκη πλεύσεως
---------	------------------

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

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

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

3) $A > B$. Τό σώμα ώθειται προς την επιφάνεια.

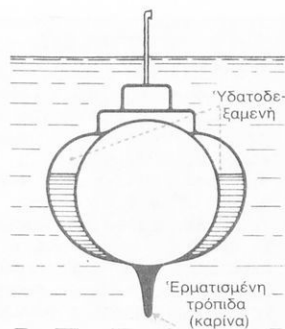
Στά υποβρύχια μπορούμε να ρυθμίζουμε τό βάθος πλεύσεως, πραγματοποιώντας καί τίς τρείς αυτές περιπτώσεις (Σχ. 7). Μέ ειδικές άντλίες βάζουμε ή βγάζουμε νερό από τό υποβρύχιο καί μέ τόν τρόπο αυτό τό υποβρύχιο βυθίζεται, αναδύεται ή αιωρείται καί πλέει σέ όρι-σμένο βάθος.

IV. ΕΙΔΗ ΠΛΕΥΣΕΩΣ

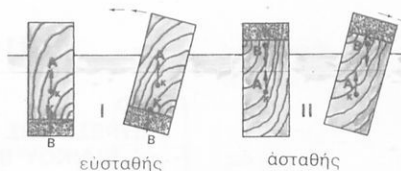
Γιά νά πλέει ένα σώμα, π.χ. ένα σκάφος, στήν επιφάνεια ενός ύγρου χωρίς νά αναποδο-γυρίζει, δέν άρκει μόνο νά είναι ή άνωση ίση μέ τό βάρος του σώματος. Πρέπει, ακόμη, τό σώμα νά έχει τήν ικανότητα νά επανέρχεται στή θέση ισορροπίας του, όταν τό εκτρέπουμε από αυτή. Μία τέτοια πλεύση λέγεται **ευσταθής** (Σχ. 8 1). Στήν αντίθετη περίπτωση πού τό σώμα δέν ξαναγυρίζει στή θέση ισορροπίας, ή πλεύση λέγε-ται **άσταθής** (Σχ. 8 II).

"Αν τό κέντρο βάρους βρίσκεται κάτω από τό κέντρο άνώσεως, ή πλεύση είναι πάντοτε εύ-σταθής (Σχ. 8, I). "Αν όμως τό κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω από τό κέντρο άνώσεως, ή πλεύση μπορεί νά είναι άσταθής (Σχ. 8 II) ή εύ-σταθής (Σχ. 9). Αυτό εξαρτάται από τό σχήμα του σώματος.

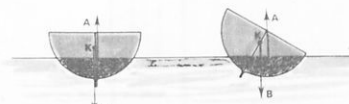
Στά σκάφη, τό σχήμα είναι τέτοιο πού κάνει τήν πλεύση εύσταθή, παρά τό ότι τό κέντρο βά-ρους βρίσκεται πάνω από τό κέντρο άνώσεως.



Σχ. 7. Τομή υποβρυχίου (άρχη)



Σχ. 8. Είδη πλεύσεως.



Σχ. 9. Μέ κατάλληλο σχήμα, ή πλεύση γίνεται εύσταθής, αν καί τό κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω από τό κέν-τρο άνώσεως

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η άνωση είναι μία κατακόρυφη δύναμη μέ φορά προς τά πάνω καί προέρχεται από τίς πιεστικές δυνάμεις πού άσκει τό ύγρό στήν επιφάνεια του σώματος.
2. Η άνωση είναι ίση μέ τό βάρος του εκτοπιζόμενου ύγρου καί ύπολογίζεται από τόν τύπο $A = \epsilon.V$.
3. Γιά νά πλέει ένα σώμα σέ ύγρό πρέπει ή άνωση νά είναι ίση μέ τό βάρος του σώματος.
4. Γιά νά είναι εύσταθής ή πλεύση ενός σώματος πρέπει, όταν γέρνει τό σώμα, νά δημιουργείται ροπή από τήν άνωση καί τό βάρος του σώματος, ή όποία νά επαναφέρει τό σώμα στήν αρχική θέση ισορροπίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Νά ὑπολογιστεῖ ἡ ἄνωση ποῦ ἐνεργεῖ σέ ἓνα σῶμα ὀγκοῦ 50 cm^3 ποῦ εἶναι βυθισμένο ἐξολοκλήρου α) σέ καθαρό νερό, β) σέ πετρέλαιο ($\varepsilon = 0,9 \text{ ρ/cm}^3$) καί γ) σέ οἰνόπνευμα ($\varepsilon = 0,8 \text{ ρ/cm}^3$).
- *2. Ἐνα πλοῖο ἔχει βάρος 200.000 Μρ (τόνους). Νά βρεθεῖ ὁ ὀγκος τοῦ νεροῦ ποῦ ἐκτοπίζεται ἀπό τό πλοῖο ($\varepsilon_{\text{νεροῦ}} = 1 \text{ Μρ/m}^3$).

21η ΕΝΟΤΗΤΑ

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

I. ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

α. Κατευθειάν ἀπό τή μάζα καί τόν ὄγκο.

Εἶναι γνωστό ὅτι ἡ πυκνότητα ρ τοῦ ὕλικου ἐνός σώματος ὁμογενοῦς, ποῦ ἔχει μάζα m καί ὄγκο V , δίνεται ἀπό τόν τύπο

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

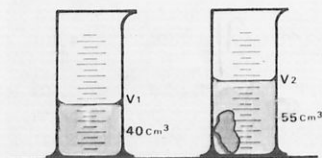
Ἄν, ἐπομένως, γνωρίζουμε τή μάζα τοῦ σώματος καί τόν ὄγκο του, μπορούμε νά ὑπολογίσουμε τήν πυκνότητα τοῦ ὕλικου του.

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

Ἄν πρόκειται γιά **ὑγρό** σῶμα, τό ρίχνουμε στόν ὀγκομετρικό κύλινδρο καί μετράμε τόν ὄγκο του. Ἄν πρόκειται γιά **στερεό** σῶμα, ποῦ δέ διαλύεται στό νερό, τό βυθίζουμε στό νερό ποῦ ὑπάρχει στόν ὀγκομετρικό 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 ὀγκομετρικό κύλινδρο, μπορούμε νά σπληνχτοῦμε στήν ἀρχή τοῦ Ἀρχι-



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

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 το σκοπό αυτό μετράμε το βάρος του σώματος B_1 στον αέρα και μετά το βάρος του B_2 , όταν είναι βυθισμένο στο υγρό. Η διαφορά $B_1 - B_2$ μας δίνει την άνωση A).

Κατόπιν λύνουμε τη 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 τον τύπο $\rho = m/V$ υπολογίζουμε την πυκνότητα του σώματος (Η μάζα του σώματος έχει βρεθεί με ζύγιση).

Αριθμητικό παράδειγμα:

Το βάρος ενός σώματος στον αέρα είναι $B_1 = 100$ ρ και στο νερό $B_2 = 60$ ρ. "Αν το ειδικό βάρος του νερού είναι $\epsilon_u = 1$ ρ/cm³ να υπολογιστεί η πυκνότητα του υλικού του σώματος.

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

Η μάζα του σώματος είναι $m = 100$ gr (είναι δηλ. αριθμητικά ίση με το βάρος σε ρ). "Αν υπολογίσουμε και το V μπορούμε να βρούμε το ρ .

Τόν όγκο V τον βρίσκουμε από τον τύπο της άνωσεως:

$$V = A/\epsilon_u.$$

Η άνωση A είναι: $A = B_1 - B_2 = 40$ ρ και επομένως

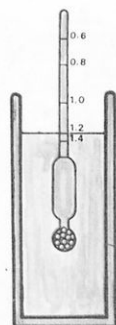
$$V = \frac{40 \text{ ρ}}{1 \text{ ρ/cm}^3} = 40 \text{ cm}^3$$

"Αρα η πυκνότητα του σώματος θα είναι:

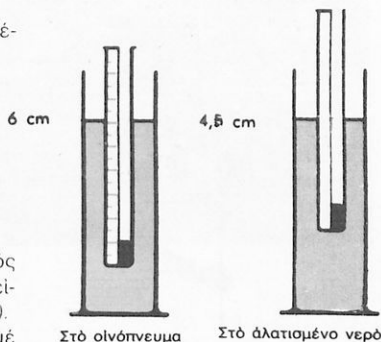
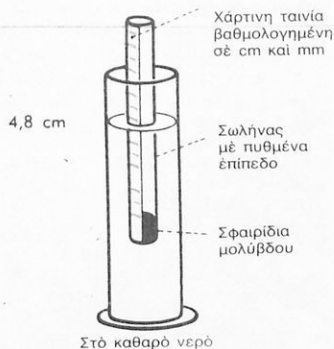
$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{100 \text{ gr}}{40 \text{ cm}^3} \Rightarrow \rho = 2,5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

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

Τά πυκνόμετρα είναι γυάλινοι πλωτήρες με κατάλληλο σχήμα, οι οποίοι στο κάτω μέρος φέρνουν ξρμα από μικρά σκάγια, για να έχουν



Σχ. 2. Το υγρό έχει πυκνότητα 1,2 gr/cm³.



Σχ. 3. Πραγματοποίηση πυκνόμετρου



Σχ. 4. Η άνωση Α είναι μεγαλύτερη από το συνολικό βάρος Β και το αερόστατο ανυψώνεται.

εύσταθή πλεύση. Τά πυκνόμετρα βυθίζονται στο υγρό και στη θέση ισορροπίας τους (βάρος πυκνομέτρου = άνωση) διαβάζουμε κατευθείαν στην κλίμακα την πυκνότητα του υγρού.

Μπορούμε να κατασκευάσουμε εύκολα ένα πυκνόμετρο με ένα λεπτό δοκιμαστικό σωλήνα και μία χάρτινη ταινία (Σχ. 3). Τοποθετούμε τη χάρτινη ταινία στο έσωτερικό του σωλήνα και ρίχνουμε στο σωλήνα λίγη άμμο ή σκάγια για έρμα. Μετά βυθίζουμε διαδοχικά το σωλήνα σε καθαρό νερό, σε οινόπνευμα και σε αλατόνερο. Παρατηρούμε ότι ο σωλήνας βυθίζεται περισσότερο στο οινόπνευμα, που έχει μικρότερη πυκνότητα, και λιγότερο στο αλατόνερο που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα. Έτσι, ανάλογα με την πυκνότητα του υγρού, το πυκνόμετρο βυθίζεται περισσότερο ή λιγότερο. Αν διαθέτουμε μία σειρά από υγρά με γνωστές πυκνότητες, μπορούμε να βαθμολογήσουμε τη χάρτινη ταινία σε gr/cm^3 και να κατασκευάσουμε με τον τρόπο αυτό ένα απλό πυκνόμετρο.

II. ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ

Μία ακόμη εφαρμογή της αρχής του Αρχιμήδη συναντάμε στην ανύψωση των αεροστατών (Σχ. 4). Στην περίπτωση αυτή η άνωση δεν προέρχεται από υγρό, αλλά από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Την άνωση των σωμάτων μέσα στον αέρα μπορούμε εύκολα να την παρατηρήσουμε με ένα μπαλόνι γεμάτο με υδρογόνο (Σχ. 5). Τό μπαλόνι ωθείται προς τα πάνω και έξασκει μία μικρή δύναμη στο σχοινί που το συγκρατεί.

Όπως στα υγρά έτσι και στα αέρια η άνωση είναι ίση με το βάρος του αερίου που εκτοπίζεται από το σώμα και δίνεται από τη σχέση:

$$A = \epsilon_a \cdot V$$



Σχ. 5. Για να μη φύγει το μπαλόνι, άσκει μία μικρή δύναμη F

Επειδή το ειδ. βάρος του αέρα είναι μικρό ($\epsilon_a = 1,3 \text{ p/lit}$), είναι μικρή και η άνωση και γι' αυτό δε γίνεται αντιληπτή στα συνηθισμένα αντικείμενα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Την πυκνότητα ενός σώματος την υπολογίζουμε από τον τύπο $\rho = m/V$, αρκεί νά γνωρίζουμε τη μάζα και τον όγκο του σώματος. Τη μάζα τη βρίσκουμε με ζύγιση και τον όγκο με όγκομετρικό κύλινδρο, ή με την αρχή του Αρχιμήδη $V = A/\varepsilon_u$.
2. Την πυκνότητα των υγρών τη μετράμε απευθείας με ένα πυκνόμετρο.
3. Η λειτουργία των πυκνομέτρων στηρίζεται στη συνθήκη πλεύσεως (βάρος πυκνομέτρου = άνωση).
4. Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και στα αέρια ($A = \varepsilon_a V$).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

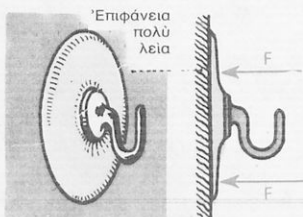
1. Ένα πυκνόμετρο ισορροπεί πρώτα σε νερό και μετά σε αλατόνερο. Σε ποιο από τα δύο υγρά το πυκνόμετρο βυθίζεται περισσότερο και γιατί;
2. α) Σε τί όφειλεται η άνυψωση των αεροστάτων στον αέρα;
β) Αφήνουμε ένα αερόστατο έξω από την ατμόσφαιρα. Θα δέχεται άνωση;
3. Πώς βαθμολογούμε ένα πυκνόμετρο;
4. Γιατί στα πυκνόμετρα υπάρχει ξρμα (συνήθως μικρά σκάγια) στο κάτω μέρος;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Όγκομετρικός κύλινδρος περιέχει νερό ως την ένδειξη 120 cm³. Μέσα στο νερό βυθίζουμε ένα σώμα και η ένδειξη γίνεται 360 cm³. Νά υπολογιστούν ο όγκος, ή πυκνότητα και το είδ. βάρος του σώματος, αν η μάζα του είναι 1.200 gr και το βάρος 1.200 p.
2. Μία πέτρα βάρους 180 p, όταν βυθιστεί σε καθαρό νερό, φαίνεται νά έχει βάρος 110 p. Νά υπολογιστούν α) Η άνωση πού ενεργεί πάνω της, β) ο όγκος της και γ) το ειδικό βάρος και ή πυκνότητά της.
3. Ένας χάλκινος κύλινδρος έχει όγκο 20 cm³ και πυκνότητα 8,9 gr/cm³. Νά υπολογιστούν:
α) Η μάζα του κυλίνδρου.
β) Τό βάρος του στον αέρα.
γ) Τό βάρος του στο καθαρό νερό.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Έλαστικός δίσκος (βεντούζα) με άγκιστρο

Είναι γνωστό ότι η γη περιβάλλεται από ένα στρώμα αέρα που λέγεται **ατμόσφαιρα**. Ό αέρας, όπως και κάθε άλλο σώμα, έλκεται από τη γη, και η έλξη αυτή συγκρατεί τά μόριά του και δέν τά αφήνει νά φύγουν πρός τό διάστημα. Έξαιτίας της γήινης έλξεως ό αέρας έχει βάρος, τό όποιο προκαλεί πίεση στήν επιφάνεια της γής, αλλά και σέ κάθε άλλη επιφάνεια πού βρίσκεται σέ έπαφή μέ τόν αέρα.

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

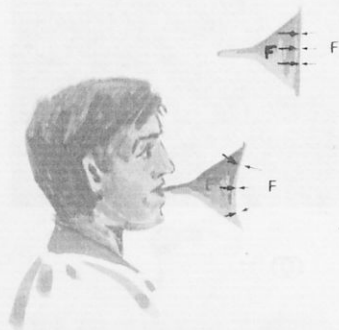
II. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

α) Ένα άπλό πείραμα πού αποδεικνύει τήν ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πιέσεως είναι αυτό μέ τόν έλαστικό δίσκο (βεντούζα) του Σχ. 1. Άν έφαρμόσουμε τόν έλαστικό δίσκο σέ κάποια λεία επιφάνεια (π.χ. στό τζάμι) και επιχειρήσουμε νά τόν αποκολλήσουμε τραβώντας τον από τό άγκιστρο, θά συναντήσουμε μεγάλη δυσκολία. Άν όμως άνασηκώσουμε λίγο τά χείλη του, ώστε νά περάσει αέρας άνάμεσα στό δίσκο και στό τζάμι, ή αποκόλληση γίνεται χωρίς προσπάθεια. Τό φαινόμενο αυτό εξηγείται ως έξής:

Όταν δέν ύπάρχει αέρας άνάμεσα στό δίσκο και τό τζάμι, ό δίσκος πιέζεται μόνο από τήν έξω επιφάνειά του και κολλάει στό τζάμι. Όταν όμως μπαίνει αέρας άνάμεσα στό δίσκο και τό τζάμι, άναπτύσσεται πιεστική δύναμη και στή μέσα επιφάνεια του δίσκου και ό δίσκος αποχωρίζεται εύκολα.

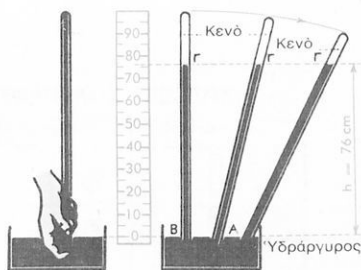
β) Ένα άλλο πείραμα πού φανερώνει τήν ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πιέσεως είναι και τό ακόλουθο (Σχ.2).

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



Σχ. 2. Ατμοσφαιρική πίεση

ότι κάποια δύναμη ενεργεί πάνω στην εξωτερική επιφάνεια της μεμβράνας και τη σπρώχνει προς τα μέσα. Φυσικά η δύναμη αυτή δεν εμφανίζεται τη στιγμή που αφαιρούμε τον αέρα από το χωνί, αλλά υπάρχει από πριν, αν και δε γίνεται αντιληπτή στην αρχή, γιατί η επιφάνεια πιέζεται εξίσου και από τις δύο όψεις ($F' = F$). Αφαιρώντας τον αέρα μικραίνει η έσωτερική πίεση, άρα και η πιεστική δύναμη F' , καταστρέφεται η ισορροπία και η μεμβράνα ώθείται προς τα μέσα, ώσπου βρίσκει άλλη θέση ισορροπίας.



Σχ. 3. Σωλήνας Torricelli

III. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

α. Πείραμα Torricelli

Γεμίζουμε με υδράργυρο ένα γυάλινο σωλήνα που έχει μήκος 1m περίπου, κλείνουμε το στόμιό του με το δάκτυλό μας και τον αναποδογυρίζουμε σε μία μικρή λεκάνη με υδράργυρο, φροντίζοντας να φέρουμε το στόμιό του κάτω από την επιφάνεια του υδραργύρου (Σχ.3).

Μετά αποσύρουμε το δάχτυλό μας και παρατηρούμε ότι ο υδράργυρος κατεβαίνει και σταθεροποιείται σε όρισμένη στάθμη Γ που βρίσκεται σε ύψος h πάνω από την επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης. Γέρνουμε λίγο το σωλήνα και παρατηρούμε ότι η στάθμη Γ παραμένει διαρκώς στο ίδιο ύψος h .

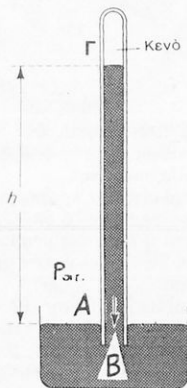
Τό πείραμα αυτό αποτελεί μία ακόμη απόδειξη για την ύπαρξη ατμοσφαιρικής πίεσεως. Ο γύρω αέρας πιέζει την επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης και συγκρατεί τον υδράργυρο μέσα στο σωλήνα σε κάποιο ύψος h . "Αν τό πείραμα γίνεται στην επιφάνεια της θάλασσας τό ύψος h βρίσκεται ότι είναι **76 cm**.

β. Υπολογισμός της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

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

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

Η πίεση p_A είναι ή ατμοσφαιρική πίεση $p_{\text{ατμ}}$. Η



Σχ. 4. Η πίεση στο Α είναι ίση με την πίεση στο Β

πίεση p_B είναι ή υδροστατική πίεση πού προκαλεί ή στήλη του υδραργύρου στή βάση της.
 Άρα:

$$(2) \quad p_{\text{ατμ}} = \rho_{\text{υδρ}} \cdot h + p_{\text{κενού}} \Rightarrow p_{\text{ατμ}} = \rho_{\text{υδρ}} \cdot h$$

όπου $\rho_{\text{υδρ.}}$ είναι τό ειδικό βάρος του υδραργύρου ($\rho_{\text{υδρ.}} = 13,6 \text{ p/cm}^3$). Άν θέσουμε τίς τιμές $h = 13,6 \text{ p/cm}^3$ $h_s = 76 \text{ cm}$ βρίσκουμε:

$$p_{\text{ατμ}} = 13,6 \text{ p/cm}^3 \times 76 \text{ cm} = 1033 \text{ p/cm}^2 = 1,033 \text{ Kp/cm}^2$$

Λέμε, λοιπόν, ότι ή ατμοσφαιρική πίεση στήν επιφάνεια της θάλασσας είναι 76 εκατοστόμετρα στήλης υδραργύρου. $1 \text{ cmHg} = 13,6 \text{ p/cm}^2$. Άρα $76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg (Torr)} = 1,033 \text{ Kp/cm}^2$. Η ατμοσφαιρική πίεση συχνά χρησιμοποιείται καί ως μονάδα πιέσεως καί λέγεται **φυσική ατμόσφαιρα (Atm)**.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στό βάρος του αέρα πού περιβάλλει τή γή. Όταν ό αέρας δέν είναι αναστατωμένος, ή πίεση στήν επιφάνεια της θάλασσας είναι περίπου 76 cmHg.
2. Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πιέσεως μπορεί νά γίνει μέ τό σωλήνα Torricelli.
3. Άλλες μονάδες πιέσεως είναι τό $1 \text{ cmHg} = 13,6 \text{ p/cm}^2$, τό $1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg} = 1,36 \text{ p/cm}^2$ καί ή μία φυσική ατμόσφαιρα $1 \text{ Atm} = 76 \text{ cmHg}$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε ένα πείραμα πού νά αποδεικνύει τήν ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πιέσεως.
2. Ποιά αίτια συγκρατεί τή στήλη υδραργύρου σέ ύψος 76 cm (Σχ.3);
3. Γιατί ή ελαστική μεμβράνα του χωνιού, στό Σχ. 2, κοιλαίνεται όταν ρουφάμε τόν αέρα;
4. Γεμίστε ένα ποτήρι μέ νερό. Βάλτε ένα φύλλο χαρτιού στά χείλη του ποτηριού, φροντίζοντας νά μή μείνει αέρας στήν επιφάνεια του νερού. Γυρίστε τό ποτήρι ανάποδα. Τό νερό δέ χύνεται. Νά εξηγήσετε τό φαινόμενο αυτό.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- (Στά παρακάτω προβλήματα νά πάρετε $\rho_{\text{υδρ.}} = 13,6 \text{ p/cm}^3$.)
1. Στήν κορυφή ενός βουνού ή ατμοσφαιρική πίεση είναι 600 mmHg. Νά μετατραπεί ή πίεση αυτή σέ p/cm^2 καί Kp/cm^2 .
 2. Στό πείραμα του Torricelli τό ύψος της στήλης του υδραργύρου είναι 72 cm. Νά βρεθεί ή ατμοσφαιρική πίεση σέ Torr, p/cm^2 καί Kp/cm^2 .
 3. Άν εκτελέσουμε τό πείραμα του Torricelli μέ νερό αντί γιά υδράργυρο, πόσα μέτρα στήλης νερού θά ισορροπούνται από ατμοσφαιρική πίεση 76 cmHg;

ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ-ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Ι. ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ

Τά όργανα πού μετράνε τήν ατμοσφαιρική πίεση λέγονται **βαρόμετρα**.

Υπάρχουν δύο τύποι βαρομέτρων: τά υδραργυρικά καί τά μεταλλικά.

α. Ύδραργυρικά βαρόμετρα. Τά υδραργυρικά βαρόμετρα αποτελούνται, βασικά, από ένα σωλήνα Torricelli καί μία κλίμακα βαθμολογημένη σέ mm. Για λόγους πρακτικούς, τό δοχείο μέ τόν υδράργυρο είναι ένωμένο μέ τό σωλήνα, όπως φαίνεται στό Σχ. 1.

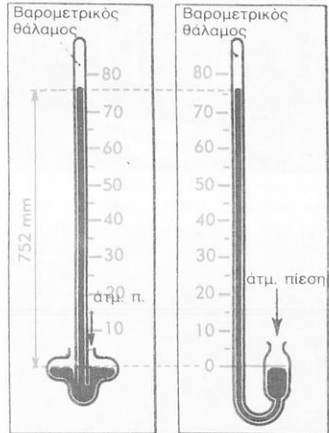
Τά υδραργυρικά βαρόμετρα έχουν μήκος περίπου ένα μέτρο (= 1m), είναι εύθραυστα καί μεταφέρονται δύσκολα, γιατί υπάρχει κίνδυνος νά σπάσει ό σωλήνας καί νά χυθεί ό υδράργυρος. Για τούς λόγους αὐτούς, σέ τέτοιες περιπτώσεις πού απαιτεῖται μετακίνηση, προτιμούνται τά μεταλλικά βαρόμετρα (Σχ. 2), ως πιό εύχρηστα. Για έπιστημονικές όμως μετρήσεις χρησιμοποιούνται τά υδραργυρικά βαρόμετρα, γιατί εἶναι εύαισθητα καί ακριβή.

β. Μετάλλικά βαρόμετρα. Τό κύριο μέρος τών ὀργάνων αὐτῶν εἶναι ένα μεταλλικό κυλινδρικό κουτί (τύμπανο) μέ ελαστικά τοιχώματα (Σχ. 3).

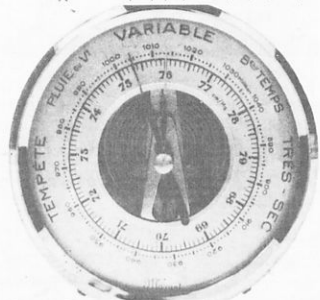
Τό έσωτερικό τοῦ κουτιοῦ εἶναι κενό καί γιά νά μή συνθλιβόνται τά τοιχώματά του ὑπάρχει ένα ελατήριο πού τά συγκρατεῖ. Όταν αὐξάνεται ἡ ατμοσφαιρική πίεση, αὐξάνεται καί ἡ πιεστική δύναμη στήν ἐξωτερική ἐπιφάνεια τοῦ κουτιοῦ καί τά τοιχώματα λυγρίζουν πρὸς τά μέσα. Ἡ κίνηση αὐτή τών τοιχωμάτων μεταδίδεται στή βελόνα ἡ ὁποία κινεῖται μπροστά σέ βαθμολογημένη κλίμακα καί μάς δείχνει τήν ατμοσφαιρική πίεση.

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

γ. Αὐτογραφικά βαρόμετρα. Τά ὅργανα αὐτά περιλαμβάνουν ένα μεταλλικό βαρόμετρο καί έναν κύλινδρο πού στρέφεται μέ ὥρολογιακό



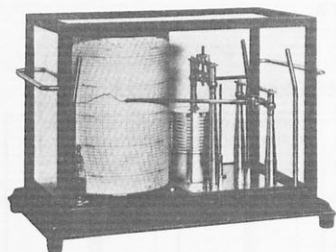
Σχ. 1. Ύδραργυρικό βαρόμετρο.



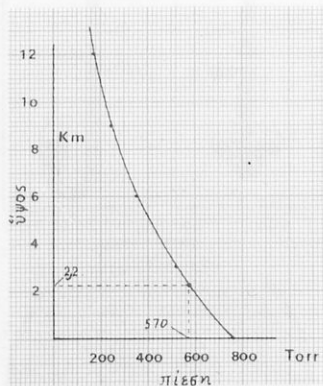
Σχ. 2. Συνηθισμένος τύπος μεταλλικοῦ βαρομέτρου.



Σχ. 3. Ἀρχή τοῦ μεταλλικοῦ βαρομέτρου.



Σχ. 4. Αυτόγραφικό βαρόμετρο.



Σχ. 5. Μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσεως 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.

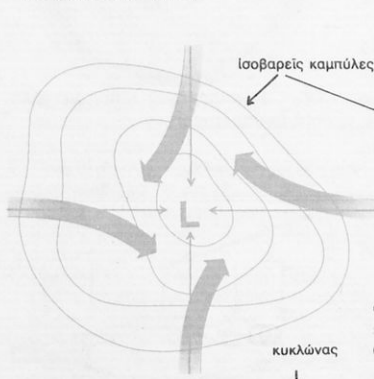
II. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ

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.

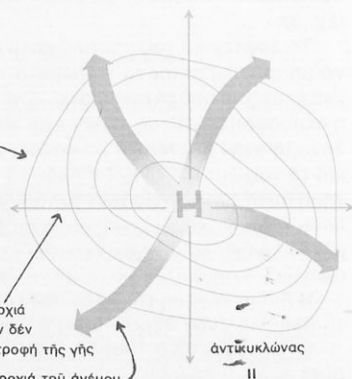
Μεταβολές με το ύψος. "Αν μετρήσουμε την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας και ύστερα στην κορυφή ενός γειτονικού λόφου, θα διαπιστώσουμε ότι η πίεση ελαττώνεται καθώς αυξάνεται το ύψος (κατά 1 mm Hg περίπου για κάθε 10 m). "Αν μετρήσουμε την πίεση p σε διάφορα ύψη h και παραστήσουμε γραφικά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

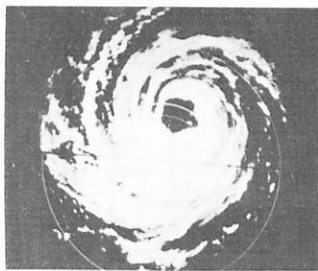
Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, η ατμοσφαιρική πίεση διαφέρει από τόπο σε τόπο. Οι διαφορές αυτές στην ατμοσφαιρική πίεση δημιουργούν τους ανέμους.

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 το κέντρο (περιοχή μικρότερης πιέσεως). Έτσι σχηματίζονται κυκλικοί άνεμοι γύρω από το κέντρο που είναι συνήθως ισχυροί και που στο βόρειο ημισφαίριο έχουν φορά αντίθετη προς τη 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 το κέντρο (περιοχή μεγαλύτερης πιέσεως) προς την περιφέρεια (περιοχή μικρότερης πιέσεως). Όταν σχηματίζεται αντικυκλώνας επικρατεί καλοκαιρία.

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

Ένα άλλο είδος κυκλώνα, αλλά με τοπικό χαρακτήρα, είναι ο **άνεμοστρόβιλος** ή **σίφουνας**. Σε μερικούς σίφουνες, όπως αυτούς που φαίνεται στη φωτογραφία του Σχ. 8, οι ταχύτητες του ανέμου μπορεί να φτάσουν τα 450 Km/h.



Σχ. 7. Ο κυκλώνας Betsy, όπως φάνηκε στο Radar (1965). Ο αέρας και τα σύννεφα κινούνται γύρω από την περιοχή χαμηλής πιέσεως («μάτι» του κυκλώνα).



Σχ. 8. Σίφουνας ή άνεμοστρόβιλος.

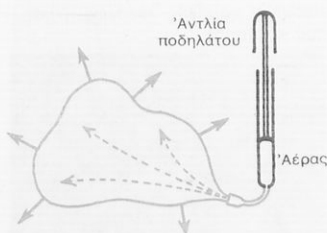
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς λειτουργεί ένα μεταλλικό βαρόμετρο;
2. Μέ ποιό τρόπο μπορούμε να βρούμε το ύψος ενός βουνού;
3. Τι είναι ο κυκλώνας και τι ο αντικυκλώνας; Πώς πνέουν οι άνεμοι στις περιοχές αυτές;
4. Σε πόσο ύψος πετάει ένα αεροπλάνο, αν το βαρόμετρό του δείχνει α) 400 Torr και β) 200 Torr; (Νά χρησιμοποιήσετε το διάγραμμα του Σχ. 5).

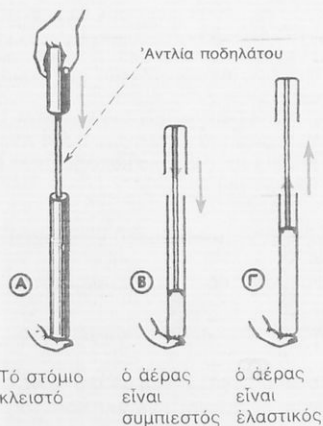
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τα βαρόμετρα είναι όργανα με τα οποία μετράμε την ατμοσφαιρική πίεση και τα διακρίνουμε σε υδραργυρικά και μεταλλικά.
2. Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται με το ύψος και από τη μεταβολή αυτή μπορούμε να βρίσκουμε το ύψος ενός τόπου.
3. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι συχνά διαφορετική από τόπο σε τόπο και εξαιτίας αυτού δημιουργούνται οι άνεμοι.
4. Στόν κυκλώνα οι άνεμοι πνέουν από την περιφέρεια (μεγαλύτερη πίεση) προς το κέντρο (μικρότερη πίεση). Στόν αντικυκλώνα οι άνεμοι πνέουν από το κέντρο (μεγαλύτερη πίεση) προς την περιφέρεια (μικρότερη πίεση).

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ-ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ BOYLE-MARIOTTE



Σχ. 1. Ο αέρας, πού εισχωρεί, πιέζει
τά τοιχώματα του μπαλονιού



Σχ. 2. Αντλία ποδηλάτου

Ι. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Τά υγρά καί τά αέρια αποτελούν 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. Πιέζοουν τά τοιχώματα του δοχείου πού τά περιέχει (Σχ. 1), προκαλούν άνω σηστά σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αυτά, μετá δίδουν άμετάβλητη τήν πίεση πού δέχονται από κάποιο έμβολο σέ όλα τά σημεία τους κτλ.

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

Τίς ιδιαίτερες αυτές ιδιότητες τών αερίων μπορούμε νά τίς παρατηρήσουμε μέ μία σύριγγα ή μία αντλία ποδηλάτου (Σχ. 2). "Αν κλείσουμε τό στόμιο τής αντλίας καί πιέσουμε τό έμβολο, ό όγκος του αέρα μικραίνει. "Αρα τά αέρια είναι συμπίεστα. "Αν αφήσουμε κατόπιν έλεύθερο τό έμβολο νά κινηθεί, τινάζεται μέ όρμη πρós τά έξω καί ό αέρας μέσα στον κύλινδρο παίρνει τόν αρχικό του όγκο. "Αρα τά αέρια είναι έλαστικά.

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

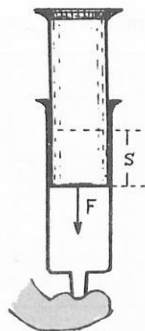
Τά αέρια είναι συμπίεστα, έλαστικά καί έκτατα.

II. ΝΟΜΟΣ ΤΩΝ BOYLE-MARIOTTE

1. Παρατηρήσεις.

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

Άν επαναλάβουμε 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 στή 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. Στή θέση αυτή ή πίεση του άέρα μέσα στό σωλήνα είναι ίση μέ τήν ατμοσφαιρική, p_{atm} .

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:

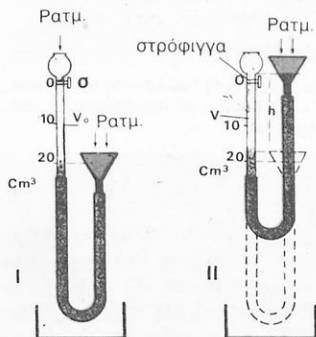
$$p = p_{atm} + \varepsilon \cdot h$$

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

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

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

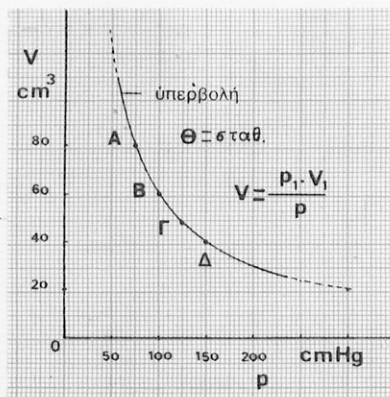
$$p = 90 \text{ cm. } 13,6 \text{ p/cm}^3 = 1224 \text{ p/cm}^2 = 1,224 \text{ at.}$$



Σχ. 4. Πειραματική απόδειξη του νόμου των Boyle Mariotte

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

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



Σχ. 5. Γραφική παράσταση του όγκου V ενός αερίου σε συνάρτηση με την πίεσή του

Για λόγους εύκολιας θα υπολογίζουμε την πίεση του αερίου κατευθείαν σε εκατοστόμετρα (cm) στήλης υδραργύρου, και θα χρησιμοποιούμε τον απλό 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 μιάς ορισμένης μάζας αερίου επί την πίεσή του είναι σταθερό, όταν ή θερμοκρασία είναι σταθερή.

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

Ο νόμος των Boyle-Mariotte μπορεί να γραφεί και ως εξής:

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

Από τον τύπο αυτό φαίνεται ότι ή πίεση σε ένα αέριο μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς τον όγκο του, όταν ή μάζα και ή θερμοκρασία του παραμένουν σταθερές.

Γραφική παράσταση του νόμου Boyle-Mariotte.

Σε ένα σύστημα ορθογωνίων αξόνων παριστάνουμε τά ζεύγη των αντιστοίχων τιμών της πίεσεως και του όγκου που αναγράφονται στον πίνακα Ι. Από την παράσταση αυτή προκύπτουν τά σημεία Α, Β, Γ, και Δ. Ένώνουμε τά σημεία αυτά μέ μία συνεχή γραμμή και προκύπτει ή καμπύλη του Σχ. 5. Η γραμμή αυτή ονομάζεται **υπερβολή** και παριστάνει γραφικά τό νόμο των Boyle-Mariotte.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά αέρια και τά υγρά σώματα ονομάζονται ρευστά. Τά ρευστά σώματα προκαλούν πιέσεις στά τοιχώματα των δοχείων, προκαλούν άνωση, μεταδίδουν αμετάβλητες τίς πιέσεις πού δέχονται και δέν έχουν ορισμένο σχήμα.
2. Ειδικά τά αέρια είναι συμπιεστά, ελαστικά και έκτατα.
3. Ο όγκος ενός αερίου μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς την πίεσή του, όταν ή θερμοκρασία και ή μάζα του μένουν σταθερές $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί λέει ο νόμος των Boyle-Marriott; 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. Τί θα πάθει η πίεση ενός αερίου, αν ο όγκος του διπλασιαστεί; (θ =σταθ).
4. Γιατί τὰ αέρια θερμαίνονται όταν συμπιέζονται;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ό 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) 'Η αρχική πίεση του αερίου σε p/cm^2 β) 'Η τελική πίεση του αερίου σε cmHg και σε p/cm^2 . γ) 'Ο τελικός όγκος του αερίου ($\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ p/cm}^3$).

25η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΡΟΗ – ΠΑΡΟΧΗ – ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΑΓΩΓΟΙ

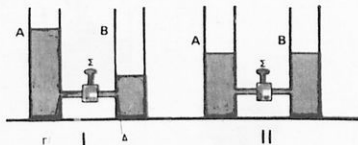
Ι. ΡΟΗ ΕΝΟΣ ΥΓΡΟΥ

α. Έννοια της ροής. Όταν ο διακόπτης της βρύσης είναι ανοιχτός, τό νερό πού υπάρχει στό σωλήνα ύδρευσεως κινείται, όπως περίπου κινείται και τό νερό στους ποταμούς ή στά αλάκια ποτίσματος, δηλ. πρὸς μία κατεύθυνση. 'Η κίνηση αὐτή τοῦ νεροῦ πρὸς μία κατεύθυνση ονομάζεται **ροή**.

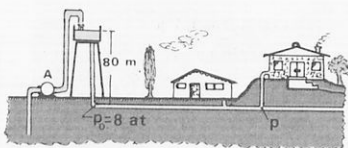
Βέβαια, δέν μπορούμε νά μιλήσουμε γιά ροή, όταν ἀπλῶς ἀνακινούμε τό νερό πού υπάρχει σέ μία λεκάνη ἢ ἀνακατεύουμε τό τσάι γιά νά διαλυθεῖ ἡ ζάχαρη.

β. Αἰτία της ροής σέ ἕνα σωλήνα. Θεωρούμε δύο δοχεῖα Α καί Β συνδεμένα μέ ἕναν ὀριζόντιο σωλήνα Σ (Σχ. 1). Μέσα στά δοχεῖα ὑπάρχει νερό, ἀλλά ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ στό δοχεῖο Α βρίσκεται ψηλότερα ἀπό τή στάθμη στό Β. 'Ετσι ἡ πίεση στό σημεῖο Γ εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν πίεση στό Δ.

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



Σχ. 1. Ἡ διαφορά πιέσεως 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 πίεσεως.

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

Στήν περίπτωση τής ροής του νερού στους σωλήνες ενός ύδραγωγείου (Σχ. 2) τή διαφορά πιέσεως, γιά τή μεταφορά του νερού από τό έδαφος στή δεξαμενή, τή δημιουργεί ή ύδραντλία Α, ένω γιά τή μεταφορά του νερού από τή δεξαμενή στά σπίτια, τή διαφορά πιέσεως τή δημιουργεί ή υδροστατική πίεση. "Ετσι, 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 πηλικο του όγκου του νερού, πού περνάει από τό στόμιο του σωλήνα, πρós τόν αντίστοιχο χρόνο, ονομάζεται **παροχή** του σωλήνα. Δηλ.

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

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

$\Pi = S \cdot u$

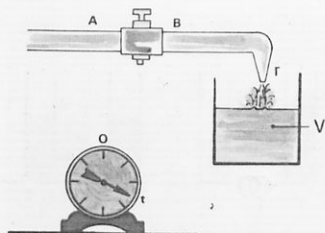
"Αν, επομένως, θέλουμε νά αύξησουμε τήν παροχή ενός όρισμένου σωλήνα, πρέπει νά αύξησουμε τήν ταχύτητα ροής του ύγρου.

Μονάδες παροχής.

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

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

"Εκτός 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 πού περιέχει μέλι, παρατηρούμε ότι τό μέλι δέ ρέει όπως τό νερό, αλλά κινείται άργά πρός τά κάτω (Σχ. 4). Τό ίδιο παρατηρείται καί μέ άλλα **παχύρευστα** ύγρά, όπως τό σιρόπι, ή γλυκερίνη κ.ά. Ή δυσκολία στή ροή του ύγρου φανερώνει ότι υπάρχουν διάφορες δυνάμεις πού τό εμποδίζουν νά κινηθεί ελεύθερα.

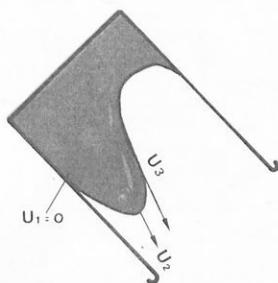
Αν προσέξουμε περισσότερο, όταν αδειάζουμε τό μέλι, θά διαπιστώσουμε ότι τά στρώματα πού βρίσκονται σέ έπαφή μέ τά τοιχώματα του δοχείου κινούνται πολύ άργά, ενώ τά από πάνω στρώματα κινούνται κάπως πιό γρήγορα, αλλά καί αυτά μέ δυσκολία. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι τά μόρια πού αποτελούν τό μέλι έλκονται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

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

Στά παχύρευστα ύγρά οι τριβές είναι μεγάλες καί γι' αυτό τά αποτελέσματά τους είναι ολοφάνερα. Στά υπόλοιπα ύγρά, πδύ οι τριβές είναι μικρότερες, τά αποτελέσματά τους δέν είναι τόσο φανερά.

Συνέπειες των τριβών στα ύγρά. Οι τριβές στα ύγρά είναι κατί άνάλογο μέ τίς τριβές στα στερεά, καί στίς δύο περιπτώσεις άντισταέονται στην κίνηση.

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



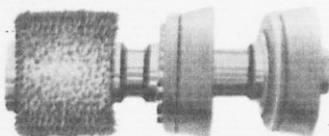
Σχ. 4. Τό κατώτερο στρώμα, πού είναι σέ έπαφή μέ τό τοίχωμα σχεδόν δέν κινείται



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. Τό ίδιο συμβαίνει και κατά τη ροή ενός υγρού. **Οι τριβές απορροφούν ενέργεια** και τη μετατρέπουν σε θερμότητα.

Στήν περίπτωση της ροής του νερού στους σωλήνες 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 της Μέσης Ανατολής, στις Η.Π.Α., στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες, υπάρχουν υπόγεια ή επίγεια δίκτυα από σωλήνες για τη μεταφορά πετρελαίου.

Ιδιαίτερα αναπτυγμένο είναι τό 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 αργού πετρελαίου στους αγωγούς εξασφαλίζεται με ειδικές αντλίες, που υπάρχουν κατά μήκος των αγωγών και γίνεται εύκολότερη με την προσθήκη νερού. 'Η ύπαρξη του νερού μειώνει τις διάφορες τριβές.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. 'Η παροχή Π ενός σωλήνα όρίζεται από τη σχέση $\Pi = V/t$ και έξαρτάται από τό έμβαδό τομής S του σωλήνα και την ταχύτητα u 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 την κίνηση των υγρών έμφανίζονται δύο τριβές: ή τριβή με τά τοιχώματα του αγωγού και ή έσωτερική τριβή του υγρού. Για νά υπερνικούνται οι τριβές αυτές χρειάζεται νά υπάρχει διαφορά πίεσεως στά άκρα του σωλήνα.

4. Στούς πετρελαιοαγωγούς με μεγάλο μήκος υπάρχουν ενδιάμεσα αντλίες που ώθουν τό πετρέλαιο. Μεγάλα δίκτυα πετρελαιοαγωγών υπάρχουν στις Η.Π.Α. καί στή Μέση Ἀνατολή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί πρέπει νά συμβαίνει γιά νά υπάρχει διαρκής ροή ὕγρου σέ ἕνα σωλήνα;
2. Ποιά ὑγρά ἔχουν μεγάλη ἐσωτερική τριβή; Πώς καταλαβαίνουμε τήν ὑπαρξη τριβών στά ὑγρά;
3. Ἀπό τί ἐξαρτᾶται ἡ παροχή ἐνός σωλήνα;
4. Μέ ποιο τρόπο καθαρίζουμε τούς πετρελαιοαγωγούς;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἀπό τό στόμιο πετρελαιοαγωγού ἐκρέουν 120 lt σέ κάθε 1min. Νά ὑπολογιστεῖ ἡ παροχή του σέ lt/sec.
2. Τό ἐμβαδό τομῆς ἐνός σωλήνα εἶναι $S = 0,0004 \text{ m}^2$ καί ἡ ταχύτητα ροῆς τοῦ νεροῦ στό σωλήνα εἶναι 1m/sec. Νά ὑπολογιστοῦν α) ἡ παροχή τοῦ σωλήνα, β) ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ πού δίνει ὁ σωλήνας σέ 2 min.
3. Νά ὑπολογιστεῖ ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ πού μπορεῖ νά ἀντλήσει μία πομόνα (ὕδραντλία) σέ 1h, ἂν ἡ παροχή της εἶναι 2 lt/sec.

26η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ὅπως εἶναι γνωστό, ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας ἀσκει κάποια ἄνωση σέ κάθε σῶμα πού βρίσκεται μέσα στήν ἀτμόσφαιρα. Ἡ ἄνωση ὁμως αὐτή εἶναι σχεδόν πάντοτε μικρότερη ἀπό τό βάρος τῶν συνηθισμένων σωμάτων, γιατί τό εἰδικό βάρος τοῦ ἀέρα εἶναι μικρότερο ἀπό τό εἰδικό βάρος τους.

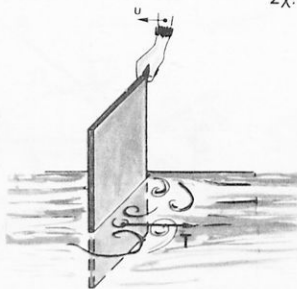
Τότε, πώς ἐξηγεῖται νά πετοῦν τά αεροπλάνα στόν ἀέρα;

II. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

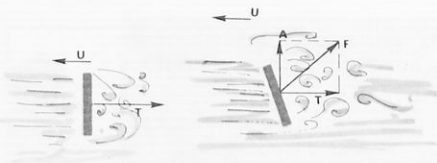
Βυθίζουμε στό νερό μία πλάκα, ὅπως φαίνεται στό Σχ. 2, καί μετακινούμε τήν πλάκα κάθετα πρὸς τό ἐπίπεδό της. Κατά τήν κίνηση αἰσθανόμαστε στό χέρι μας μία δύναμη πού ἐμποδίζει τήν κίνηση τῆς πλάκας. Παρόμοια δύναμη αἰσθανόμαστε ὅταν βγάζουμε τό χέρι μας ἀπό τό παράθυρο τοῦ αὐτοκινήτου πού τρέχει. Ἐπίσης καί ὅταν φυσάει δυνατός ἄνεμος, αἰσθανόμα-



Σχ. 1.



Σχ. 2. Ἀντίσταση τοῦ ὕγρου



Σχ. 3. Ἡ ἀντίσταση T τοῦ ρευστοῦ ἀντιστέκεται στὴν κίνηση τοῦ σώματος

στε μία δύναμη πού μᾶς σπρώχνει καί μᾶς παρσέρνει ἢ μᾶς ἐμποδίζει νά βαδίσουμε.

Ἡ δύναμη αὐτή, πού ἐμποδίζει τὴν κίνηση ἑνὸς σώματος μέσα σέ ἓνα ρευστό λέγεται **ἀντίσταση**.

Ἡ ἀντίσταση, ὅπως καί οἱ δυνάμεις τριβῆς ἔχει πάντοτε φορά ἀντίθετη πρὸς τὴν κίνηση τοῦ σώματος ὡς πρὸς τὸ ρευστό (Σχ. 3).

III. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΩΣΗ

Ἄν κινήσουμε τὴν πλάκα τοῦ Σχ. 2 πλάγια πρὸς τὸ ἐπίπεδό της, τότε, ἐκτός ἀπὸ τὴν ἀντίσταση, αἰσθανόμαστε καί μία δύναμη πού ὥθει τὴν πλάκα πρὸς τὰ πάνω.

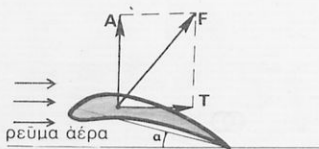
Τό ἴδιο παρατηρεῖται καί ὅταν ἡ πλάκα κινεῖται στὸν ἀέρα (Σχ. 3). Ἡ δύναμη F πού ἀσκεῖ ὁ ἀέρας στὴν πλάκα, δέν ἀνιστέκεται μόνο στὴν κίνηση, ἀλλὰ ὥθει τὴν πλάκα καί πρὸς τὰ πάνω. Μὲ ἄλλα λόγια, ἡ δύναμη F μπορεῖ νά ἀναλυθεῖ σέ μία δύναμη T , παράλληλη πρὸς τὴ διεύθυνση κινήσεως, καί σέ μία δύναμη A , κάθετη πρὸς τὴ διεύθυνση αὐτή. Ἡ δύναμη A , πού ὥθει τὴν πλάκα πρὸς τὰ πάνω, λέγεται **δυναμικὴ ἄνωση**. Συνεπῶς:

Ὅταν μία πλάκα κινεῖται μέσα σέ ἓνα ρευστό μὲ τὸ ἐπίπεδό της πλάγια πρὸς τὴν ταχύτητα, δέχεται ἀπὸ τὸ ρευστό μία δύναμη πού ἀναλύεται σέ ἀντίσταση καί δυναμικὴ ἄνωση.

Τὴ δυναμικὴ ἄνωση στὸν ἀέρα μποροῦμε νὰ τὴν αἰσθανθοῦμε, ἂν βγάλουμε τὸ χέρι μας ἀπὸ τὸ παράθυρο τοῦ αὐτοκινήτου πού τρέχει καί τοποθετήσουμε τὴν παλάμη μας πλάγια πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου. Τότε, ἐκτός ἀπὸ τὴν ἀντίσταση, αἰσθανόμαστε καί μία δύναμη πού ἀνυψώνει τὸ χέρι μας.

Χάρη στὴ δυναμικὴ ἄνωση μποροῦν τὰ ἀεροπλάνα νά πετοῦν στὸν ἀέρα, παρὰ τὸ τεράστιο βάρος τους. Ἡ ἄνωση αὐτὴ ἀναπτύσσεται στὶς πτέρυγες τῶν ἀεροπλάνων, οἱ ὁποῖες, γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτό, ἔχουν μία μικρὴ κλίση πρὸς τὰ πάνω (Σχ. 4).

Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο ἐμφανίζεται δυναμικὴ ἄνωση στὸ **χαρταετό**, πού ἀνυψώνεται ὅταν φυ-



Σχ. 4. Τομή πτέρυγας ἀεροπλάνου

σάει αέρας, ή στά πέδιλα του **θαλασσοδρόμου** πού «γλιστράει» στην επιφάνεια του νερού (θαλάσσιο SKI).

III. ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΤΕΡΥΓΩΝ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ

Αποδεικνύεται πειραματικά ότι ή αντίσταση ενός σώματος πού κινείται στον αέρα εξαρτάται από την ταχύτητά του, τή μετωπική του επιφάνεια καί από τό σχήμα του. Γιά σώματα, πού κινούνται μέ τήν ίδια ταχύτητα καί έχουν τήν ίδια μετωπική επιφάνεια, ή αντίσταση είναι μικρότερη σέ εκείνο τό σώμα πού έχει τό σχήμα ψαριού (Σχ. 5). Τό σχήμα αυτό ονομάζεται **ιχθυοειδές ή αεροδυναμικό**.

Στό σώμα των αεροπλάνων (ατρακτος) καί στις πτέρυγές τους δίνουμε σχήμα αεροδυναμικό, γιά νά έχουν όσο γίνεται μικρότερη αντίσταση. Παρόμοιο σχήμα έχουν τά πουλιά καί τά ψάρια.

IV. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΩΘΗΣΕΩΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

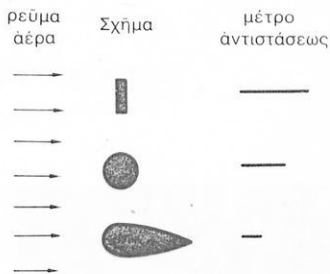
Τά αεροπλάνα διακρίνονται γενικά σέ **έλικοφόρα** καί σέ **αεριωθούμενα**.

Τά έλικοφόρα αεροπλάνα ώθούν τόν αέρα πρós τά πίσω μέ τή βοήθεια του έλικα, ενώ τά αεριωθούμενα εκτοξεύουν θερμά αέρια πρós τά πίσω. Καί στις δύο περιπτώσεις, ή ώθηση του αέρα ή των αέριων πρós τά πίσω, έχει ως αποτέλεσμα τήν κίνηση του αεροπλάνου πρós τά εμπρός. Μέ ισχυρούς κινητήρες τά αεριωθούμενα μπορούν νά ξεπεράσουν τήν ταχύτητα του ήχου, ή όποία είναι 340 m/sec ή 1220 km/h. Τά αεροπλάνα αυτά λέγονται **υπερηχητικά**. Σήμερα, εκτός από καταδιωκτικά υπερηχητικά αεροπλάνα, υπάρχουν καί επιβατικά υπερηχητικά αεροπλάνα πού διασχίζουν τόν αέρα, εκτελώντας μακρινά κυρίως δρομολόγια.

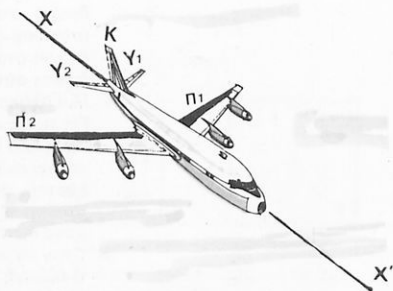
V. ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

Γιά νά κατευθύνεται τό αεροπλάνο, δηλ. γιά νά κάνει διάφορες κινήσεις καί νά αλλάζει πορεία, έχει ένα σύστημα από κινητά πτερύγια, πού λέγονται **πηδάλια** (Σχ. 6).

Τό πηδάλιο K κατευθύνει τό αεροπλάνο πρós άριστερά ή δεξιά. Τά πηδάλια γ_1 καί γ_2 ρυθμίζουν τό ύψος του αεροπλάνου μέ τόν έξής τρόπο. Όταν άνυψώνονται τά πηδάλια



Σχ. 5. Τό αεροδυναμικό σχήμα δέχεται τή μικρότερη αντίσταση



Σχ. 6. Πλοήγηση αεροπλάνου

αυτά, ή ούρά του αεροπλάνου πιέζεται από τόν άέρα πρός τά κάτω καί ό άξονας του αεροπλάνου παίρνει κλίση πρός 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 πρός τά πάνω καί τό P_2 πρός τά κάτω, τότε ή άριστερή πτέρυγα πιέζεται από τόν άέρα πρός τά κάτω καί ή δεξιά πρός 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 άσκεΐται στά αεροπλάνα πού κινούνται, αναλύεται σέ άντίσταση καί δυναμική άνωση. Η δυναμική άνωση άσκεΐται στίς πτέρυγες τών αεροπλάνων καί δημιουργείται μέ τήν κλίση τών πτερύγων.
2. Όταν ένα σώμα έχει αεροδυναμικό 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 ώθοϋν τόν άέρα πρός τά πίσω μέ τόν έλικα, ένω τά αεριοθούμενα στέλνουν θερμά άέρια πρός 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 αεριοθωμένων;
2. Βοηθάει τό σχήμα πού έχουν τά ψάρια στήν κίνησή τους καί γιατί;
3. Ποιά κύρια δύναμη κρατάει τό θαλασσοδρόμο στήν επιφάνεια του νερού: ή (στατική) άνωση ($A = \epsilon \cdot V$) ή ή δυναμική άνωση στά πέδιλα; Πώς δημιουργείται ή άνωση αυτή;
4. Μία πλάκα κινείται ως πρός τόν άέρα. α) Για ποιές διευθύνσεις της πλάκας ή δύναμη πού δέχεται αυτή από τόν άέρα είναι μόνο άντίσταση καί για ποιές αναλύεται σέ 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 στήν 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 του νερού, χωρίς νά βρέχονται τά πόδια τους καί χωρίς νά βυθίζονται (Σχ. 1). Αὐτά τά φαινόμενα καί πολλά άλλα, ὅπως ἡ μεταφορά νερού ἀπό τίς ρίζες τῶν φυτῶν στά κλαδιά τους, ἐξηγοῦνται μέ τίς δυνάμεις πού ἀναπτύσσονται μεταξύ τῶν μορίων τῆς ὕλης.

II. ΘΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ ΥΓΡΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΑ

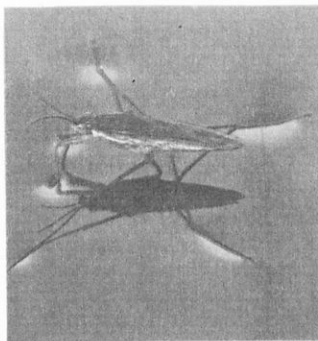
“Ὅπως εἶναι γνωστό, κάθε ὑλικό σῶμα ἀποτελεῖται ἀπό μικρότατα σωματίδια πού ὀνομάζονται **μόρια**.

Στά στερεά σῶματα 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 κάποιον τρόπο, τό ἕνα μόριο γλιστράει πάνω στό ἄλλο, διατηρώντας ἔτσι περίπου σταθερές ἀποστάσεις.

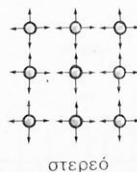
Τέλος στά αέρια, τά μόρια βρίσκονται σέ μεγάλες, σχετικά, ἀποστάσεις τό ἕνα ἀπό τό ἄλλο καί κινοῦνται σχεδόν ἐλεύθερα πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις. Κατά τήν κίνησή τους αὐτή συγκρούονται μεταξύ τους καθώς καί μέ τά τοιχώματα τῶν δοχείων πού τά περιέχουν.

III. ΜΟΡΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

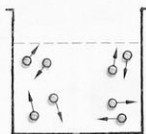
“Όταν ἐπιχειροῦμε νά ἐπιμηκύνουμε ἢ νά λυγίσουμε ἕνα στερεό σῶμα, συναντᾶμε πάντοτε κάποια δυσκολία. Αὐτό εἶναι μία ἰσχυρή ἐνδειξη ὅτι μεταξύ τῶν μορίων κάθε στερεοῦ σώματος ἀναπτύσσονται **ἐλκτικές δυνάμεις**, οἱ ὁποῖες ἐμποδίζουν τά μόρια νά ἀπομακρυνθοῦν.



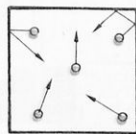
Σχ. 1. Νεροαράχνη (Γερρίς)



στερεό



ύγρο



αέριο

Σχ. 2. Κινήσεις τῶν μορίων στά στερεά, ὑγρά καί αέρια

Επίσης, όταν προσπαθούμε να συμπίεσουμε 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 σημαίνει ότι μεταξύ των μορίων των στερεών αναπτύσσονται και **άπωστικές δυνάμεις** που εμποδίζουν τα μόρια να πλησιάσουν πέρα από μία κανονική απόσταση.

Δυνάμεις μεταξύ των μορίων εμφανίζονται και στά υγρά, ενώ στά αέρια είναι άσημαντες, γιατί οι αποστάσεις μεταξύ των μορίων τους είναι μεγάλες.

Οι έλκτικές και άπωστικές δυνάμεις, που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων της ύλης, λέγονται μοριακές δυνάμεις.

Όταν τά μόρια είναι όμοια, οι δυνάμεις, μέ τίς όποιες έλκονται μεταξύ τους, λέγονται **δυνάμεις συνοχής**, ενώ, όταν τά μόρια είναι διαφορετικά, οι δυνάμεις λέγονται **δυνάμεις συνάφειας**.

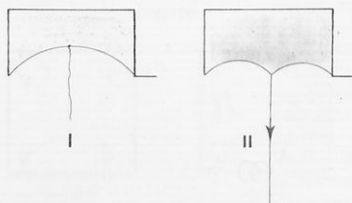
Οι δυνάμεις συνοχής είναι περισσότερο φανερές στά στερεά, παρά στά υγρά σώματα. Άν δέν υπήρχαν οι δυνάμεις αυτές, όλα τά σώματα θά ήταν αέρια.

Οι δυνάμεις συνάφειας έξηγουñ τή συγκράτηση των σταγόνων νερού στά τοιχώματα του ποτηριού, τή συγκόλληση δύο επιφανειών μέ τή βοήθεια κόλλας κτλ.

IV. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΤΑΣΗ

Κατασκευάζουμε ένα συρμάτινο πλαίσιο σέ σχήμα Π και δένουμε στό άνοιγμα του πλαισίου ένα λεπτό νήμα. Μετά βυθίζουμε τό πλαίσιο σέ νερό, στό όποιο έχουμε διαλύσει σαπούνι, και τό βγάζουμε προσεκτικά από τό διάλυμα. Παρατηρούμε ότι σχηματίζεται ένα λεπτότατο ύμένιο (μεμβράνα), πού έλκει και τεντώνει τό νήμα. (Σχ. 3, I). Κατόπιν τραβάμε τό νήμα, έτσι, ώστε νά μεγαλώσουμε τήν επιφάνεια του ύμένιου, και αφήνουμε τό νήμα, έλεύθερο. Παρατηρούμε ότι ή επιφάνεια του ύμένιου ελαττώνεται ξανά. Άρα τό υγρό ύμένιο έχει τήν τάση νά ελαττώνει τήν επιφάνειά του.

Η τάση πού έχουν τά υγρά νά ελαττώνουν τήν επιφάνειά τους ονομάζεται **επιφανειακή τάση** και οφείλεται στίς δυνάμεις



Σχ. 3. Επιφανειακή τάση

συνοχής, πού τείνουν νά φέρουν τά μόρια πλησιέστερα τό ένα στό άλλο.

Αποτελέσματα. 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.

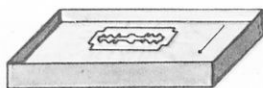
Ένα άλλο αποτέλεσμα της επιφανειακής τάσεως είναι ό σχηματισμός σφαιρικών σταγόνων (Σχ. 5). Αποδεικνύεται ότι από όλα τά σχήματα πού έχουν τόν ίδιο όγκο, τό σφαιρικό σχήμα έχει τή μικρότερη επιφάνεια. Έπειδή τά υγρά έχουν τήν τάση νά ελαττώνουν τήν επιφάνειά τους, οι σταγόνες γίνονται σφαιρικές.

V. ΤΡΙΧΟΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Αν βυθίσουμε σέ νερό ένα λεπτό γυάλινο σωλήνα, θά παρατηρήσουμε ότι ή επιφάνεια του νερού μέσα στό σωλήνα ανεβαίνει πάνω από τήν επιφάνεια του νερού πού υπάρχει στό δοχείο (Σχ. 6, I). Αν ξανακάνουμε τό πείραμα μέ λεπτότερο σωλήνα, ή διαφορά στάθμης του νερού μέσα καί έξω από τό σωλήνα γίνεται μεγαλύτερη.

Αν επαναλάβουμε τό προηγούμενο πείραμα μέ υδράργυρο (Σχ. 6, II), θά παρατηρήσουμε ότι ή στάθμη του υδραργύρου στό σωλήνα βρίσκεται χαμηλότερα από τή στάθμη του υδραργύρου έξω από τό σωλήνα. Τά φαινόμενα αυτά, πού παρατηρούνται έντονότερα σέ λεπτούς σωλήνες, όνομάζονται **τριχοειδή**.

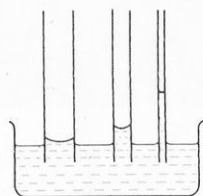
Τά τριχοειδή φαινόμενα έχουν άμεση σχέση μέ τίς δυνάμεις συνάφειας καί συνοχής. Όταν οι δυνάμεις συνάφειας μεταξύ των μορίων ενός υγρού καί ενός στερεού είναι μεγαλύτερες από τίς δυνάμεις συνοχής του υγρού, λέμε ότι τό υγρό διαβρέχει τό στερεό. Στην περίπτωση του Σχ. 6 τό νερό διαβρέχει τό γυαλί καί ανεβαίνει μέσα στό λεπτό σωλήνα. Ο υδράργυρος όμως δέ διαβρέχει τό γυαλί, γιατί οι δυνάμεις συνάφειας είναι μικρότερες από τίς δυνάμεις συνοχής καί ό υδράργυρος κατεβαίνει στό σωλήνα.



Σχ. 4. Αποτέλεσμα επιφανειακής τάσεως

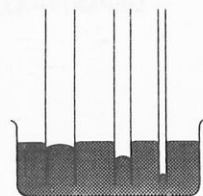


Σχ. 5. Οι σταγόνες παίρνουν σφαιρικό σχήμα χάρη στην επιφανειακή τάση



νερό

I



υδράργυρος

II

Σχ. 6. Τριχοειδή φαινόμενα

* Τοποθετήστε στην επιφάνεια του νερού ένα μικρό χαρτάκι καί πάνω σ' αυτό τήν καρφίτσα καί μετά βυθίστε προσεκτικά τό χαρτάκι.

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. Η επιφανειακή τάση είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων συνοχής και τα τριχοειδή φαινόμενα είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι κίνηση κάνουν τά μόρια στά στερεά, υγρά και αέρια;
2. Τι θα συνέβαινε σέ όλα τά σώματα αν δέν υπήρχαν δυνάμεις συνοχής και γιατί;
3. Τι όνομάζεται επιφανειακή τάση και ποιά είναι τά αποτελέσματά της;
4. α) Πότε λέμε ότι ένα υγρό διαβρέχει ένα στερεό; β) Πώς εξηγείται τό φαινόμενο νά 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 της θερμοκρασίας. Από την έμπειρία μας γνωρίζουμε ότι τό νερό που βράζει είναι θερμότερο από τό νερό της βρύσης και αυτό πάλι είναι θερμότερο από τό νερό του ψυγείου. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι τό νερό που βράζει, τό νερό της βρύσης και τό νερό του ψυγείου βρίσκονται σέ διαφορετική **θερμική κατάσταση**. Για νά προσδιορίζουμε τή θερμική

κατάσταση των σωμάτων εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, τη θερμοκρασία. Έτσι λέμε ότι το νερό που βράζει έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το νερό της βρύσης και αυτό έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το νερό του ψυγείου. Από τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι:

Η θερμοκρασία είναι φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη θερμική κατάσταση των σωμάτων.

β. Υποκειμενική εκτίμηση της θερμοκρασίας. Όταν από την επαφή του χεριού μας με ένα σώμα δημιουργηθεί αίσθημα θερμού, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η θερμοκρασία του σώματος αυτού είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του σώματός μας.

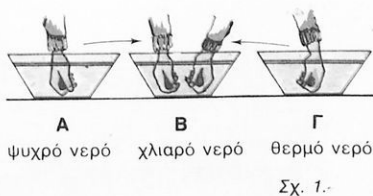
Θά μπορούσε ίσως να υποθέσει κάποιος ότι με το χέρι μας μπορούμε να μετράμε τη θερμοκρασία των σωμάτων. Η υπόθεση όμως αυτή δεν είναι σωστή, όπως αποδεικνύεται από τα επόμενα πειράματα:

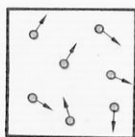
1. Τα δοχεία Α, Β και Γ (Σχ. 1) περιέχουν αντίστοιχα ψυχρό, χλιαρό και θερμό νερό. Βυθίζουμε το δεξιό μας χέρι στο ψυχρό νερό και το αριστερό μας χέρι στο θερμό νερό. Ύστερα από λίγο χρόνο βυθίζουμε και τα δύο χέρια μας συγχρόνως στο χλιαρό νερό. Τότε, με το δεξιό χέρι μας έχουμε την εντύπωση ότι το χλιαρό νερό είναι θερμό, ενώ με το αριστερό μας χέρι έχουμε την εντύπωση ότι το χλιαρό νερό είναι ψυχρό. Διαπιστώνουμε έτσι ότι κάθε χέρι μας δίνει διαφορετική πληροφορία για τη θερμοκρασία του ίδιου νερού.

2. Παίρνουμε δύο αντικείμενα, ένα μεταλλικό και ένα ξύλινο, που έχουν την ίδια θερμοκρασία (βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον). Κρατάμε με το ένα χέρι μας το μεταλλικό αντικείμενο και με το άλλο χέρι μας το ξύλινο. Διαπιστώνουμε τότε ότι το μεταλλικό αντικείμενο μας δίνει την εντύπωση ότι είναι ψυχρότερο από το ξύλινο. Από όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

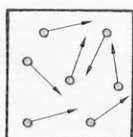
Με την αίσθηση της αφής μπορούμε μερικές φορές να εκτιμήσουμε υποκειμενικά τη θερμοκρασία των σωμάτων, ή εκτίμηση όμως αυτή δεν είναι ακριβής και αξιόπιστη.

Γιὰ να μετράμε τη θερμοκρασία αντικειμε-





(α)



(β)

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 διαφόρων φαινομένων οδήγησε τους επιστήμονες στη δημιουργία της **κινητικής θεωρίας της θερμότητας**. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή:

1. Τά μόρια όλων των σωμάτων σε κάθε θερμοκρασία (εκτός από τη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός -273°C) βρίσκονται σε διαρκή και άτακτη κίνηση, που λέγεται **θερμική κίνηση**.

'Εξαιτίας της θερμικής κινήσεως τά μόρια έχουν ενέργεια, που διαφέρει από μόριο σε μόριο.

2. 'Η θερμική κατάσταση ενός σώματος καθορίζεται από την ενέργεια που έχουν τά 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 μās επιτρέπει νά γνωρίσουμε καλύτερα την έννοια της θερμοκρασίας και νά την ορίσουμε ως εξής:

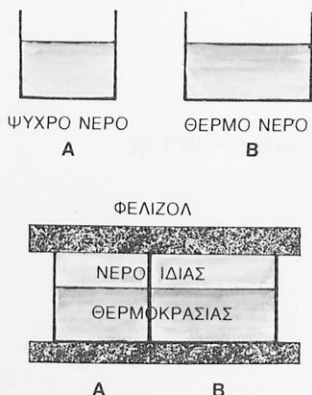
'Η θερμοκρασία ενός σώματος είναι ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη μέση ενέργεια* των μορίων του εξαιτίας της θερμικής κινήσεως.

III. Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σέ δύο μεταλλικά δοχεία Α και Β βάζουμε νερό διαφορετικής θερμοκρασίας, ψυχρό στο Α και θερμό στο Β (Σχ. 3).

Σκεπάζουμε τά δοχεία με φελιζόλ (θερμομονωτικό ύλικό) και τά φέρνουμε σέ επαφή. 'Υστερα από λίγο χρόνο διαπιστώνουμε μέ ένα θερμόμετρο ότι τό νερό έχει την ίδια θερμοκρασία και στά δύο δοχεία.

Από αυτό συμπεραίνουμε, σύμφωνα μέ την



Σχ. 3.

* Αν $E_1, E_2, E_3, \dots$ Έν είναι οι ενέργειες που έχουν τά 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, αύξηθηκε 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**. Έπομένως:

Θερμότητα λέγεται η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σέ ένα άλλο, εξαιτίας της διαφοράς των θερμοκρασιών τους.

Όταν φέρουμε σέ έπαφή δύο σώματα που έχουν τήν ίδια θερμοκρασία, τότε, όπως προκύπτει από τόν όρισμό της θερμότητας, δέ μεταφέρεται θερμότητα (ένέργεια) από τό ένα σώμα στό άλλο. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι τά σώματα βρίσκονται σέ **θερμική ισορροπία**.

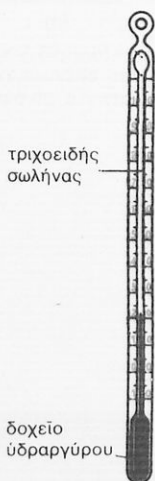
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η θερμοκρασία είναι ένα φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τή θερμική κατάσταση των σωμάτων, δηλ. τή μέση ενέργεια των μορίων τους εξαιτίας της θερμικής κινήσεως.
2. Θερμότητα λέγεται η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σέ ένα άλλο, εξαιτίας της διαφοράς των θερμοκρασιών τους.
3. Όταν δύο σώματα έχουν τήν ίδια θερμοκρασία, δέν ανταλλάζουν θερμότητα (ένέργεια) μεταξύ τους. Τά σώματα αυτά βρίσκονται τότε σέ θερμική ισορροπία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί ονομάζουμε θερμοκρασία ενός σώματος;
2. Τί είναι θερμότητα;
3. Τί θά συμβεί, όταν φέρουμε σέ έπαφή δύο σώματα μέ διαφορετική θερμοκρασία;
4. Πότε δύο σώματα βρίσκονται σέ θερμική ισορροπία;
5. Τί γνωρίζετε γιά 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 εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι ο όγκος των σωμάτων αυξάνεται, όταν αυξάνεται η 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 **υδραργυρικά** θερμόμετρα. Η λειτουργία των θερμομέτρων αυτών στηρίζεται στη διαστολή που παθαίνει μία όρισμένη 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, ο 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 δεν 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 τή θέρμανση αυτή ο υδράργυρος διαστέλλεται, ανεβαίνει στο σωλήνα καί έκτοπίζει 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

αρχίσει νά τήκεται. Παρατηρούμε τότε ότι ο υδράργυρος συστέλλεται, ή στάθμη του μέσα στο σωλήνα κατεβαίνει καί τελικά σταθεροποιείται σέ μία θέση Α (Σχ.2). Ή θέση αυτή είναι πάντοτε ή ίδια όσες φορές καί αν έπαναλάβουμε τό πείραμα. Αυτό σημαίνει ότι ο πάγος όταν τήκεται έχει πάντοτε σταθερή θερμοκρασία. Ο Celsius **ονόμασε** αυτή τή σταθερή θερμοκρασία τήξεως του πάγου **μηδέν**, γι' αυτό στο σημείο Α της κλίμακας γράφουμε τόν αριθμό μηδέν (0).

Υστερα τοποθετούμε τό δοχείο του θερμομέτρου σέ ατμούς νερού που βράζει στην επιφάνεια της θάλασσας (Σχ.3). Ο υδράργυρος αρχίζει τότε νά διαστέλλεται, ή στάθμη του μέσα στο σωλήνα ανεβαίνει καί τελικά σταθεροποιείται σέ μία θέση π.χ. στο σημείο Β. Ή θέση αυτή είναι πάντοτε ή ίδια, όσες φορές καί αν έπαναλάβουμε τό πείραμα. Αυτό σημαίνει ότι οι ατμοί του νερού που βράζει, έχουν πάντοτε την ίδια θερμοκρασία. Ο Celsius **ονόμασε** αυτή τή σταθερή θερμοκρασία των ατμών του νερού που βράζει **έκατό**, γι' αυτό στο σημείο Β γράφουμε τόν αριθμό εκατό (100).

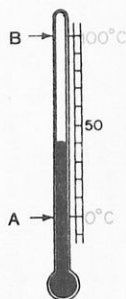
Τό διάστημα μεταξύ των ένδειξεων 0 καί 100 τό χωρίζουμε σέ εκατό (100) ίσα μέρη καί επεκτείνουμε τή διαίρεση πάνω από τό εκατό καί κάτω από τό μηδέν. Έτσι έχουμε μία βαθμολογημένη κλίμακα θερμοκρασιών που λέγεται **κλίμακα Κελσίου** (Σχ.4). Ή απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διαιρέσεων της κλίμακας Κελσίου λέγεται **βαθμός Κελσίου** (1°C ή 1 grad). Οί χαμηλότερες από τό μηδέν θερμοκρασίες χαρακτηρίζονται ως αρνητικές. Όταν π.χ. γράφουμε -10°C , έννοοῦμε θερμοκρασία 10 βαθμών κάτω από τό μηδέν της κλίμακας Κελσίου.

Παρατήρηση. Ή βαθμολογία του θερμομέτρου, που περιγράψαμε πρέπει νά γίνεται σέ χώρο που επικρατεί ή κανονική ατμοσφαιρική πίεση των 760 Torr.

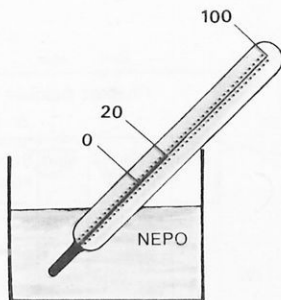
Θερμομέτρηση. Ή θερμομέτρηση, δηλ. ή μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος, γίνεται μέ τόν ακόλουθο τρόπο. Φέρνουμε τό δοχείο του θερμομέτρου σέ επαφή μέ τό σώμα που θά θερμομετρήσουμε (Σχ.5). Εφόσον τό σώμα έχει διαφορετική θερμοκρασία από τόν υδράργυρο του θερμομέτρου, ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ τους ώσπου νά αποκαταστα-



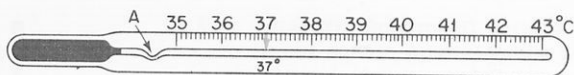
Σχ. 3. Οι ατμοί του νερού που βράζει έχουν πάντοτε την ίδια θερμοκρασία (100°C , όταν Ρατμ. = 760 Torr)



Σχ. 4. Κλίμακα Κελσίου

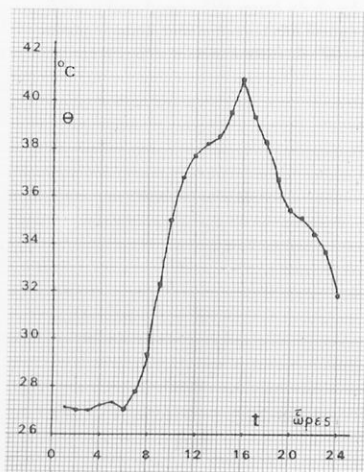


Σχ. 5. Μέτρηση της θερμοκρασίας



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 διαγράμμα του Σχ. 7 παρουσιάζει μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα, στη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. (Τά στοιχεία που αναφέρονται στον πίνακα έχουν ληφθεί από τό Έθνικό Αστεροσκοπείο 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 θερμόμετρα είναι όργανα με τα οποία μετράμε τη θερμοκρασία.
2. Η λειτουργία του υδραργυρικού θερμομέτρου στηρίζεται στη διαστολή του υδραργύρου.
3. Ο Celsius ονόμασε τη σταθερή θερμοκρασία τήξεως του πάγου μηδέν βαθμούς (0°C) και τη σταθερή θερμοκρασία των ατμών του νερού, όταν αυτό βράζει σε πίεση 76 cmHg, εκατό βαθμούς (100°C). Χρησιμοποιώντας αυτές τις δύο σταθερές θερμοκρασίες (0°C και 100°C) δημιουργούμε την εκατονταβάθμια θερμομετρική κλίμακα ή κλίμακα Κελσίου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποίο φαινόμενο στηρίζεται η λειτουργία των υδραργυρικών θερμομέτρων;
2. Ποιά θερμοκρασία ονομάζουμε 0°C και ποιά 100°C ;
3. Τι λέγεται βαθμός Κελσίου (1°C ή 1 grad);
4. Πώς αφαιρούμε τον αέρα από τον τριχοειδή σωλήνα του θερμομέτρου; Γιατί πρέπει να αφαιρούμε τον αέρα αυτό;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Από τό διάγραμμα του Σχ.7 νά βρείτε:
α. τή μέγιστη καί τήν ελάχιστη θερμοκρασία τής 'Αθήνας στίς 10 'Ιουλίου 1977,
β. τή θερμότερη καί ψυχρότερη ώρα τής ημέρας αúτης.

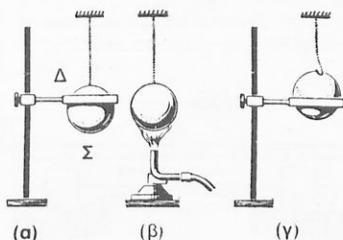
30η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ-ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ

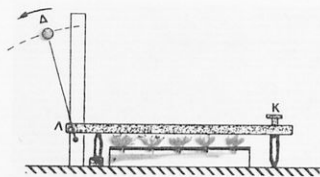
Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

Ο δακτύλιος Δ του Σχ. 1 έχει διάμετρο λίγο μεγαλύτερη από τη διάμετρο της σφαίρας Σ, έτσι ώστε στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος η σφαίρα να περνά εύκολα από τό δακτύλιο. Θερμαίνουμε τη σφαίρα καί παρατηρούμε ότι δέν μπορεί νά περάσει από τό δακτύλιο. Αφήνουμε ύστερα τή σφαίρα νά ψυχθεί καί παρατηρούμε ότι περνά πάλι από τό δακτύλιο. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι οι διαστάσεις των σωμάτων αύξάνονται, όταν τά σώματα θερμαίνονται, καί ελαττώνονται, όταν αυτά ψύχονται. Τά φαινόμενα αυτά λέγονται αντίστοιχα διαστολή καί συστολή των σωμάτων.

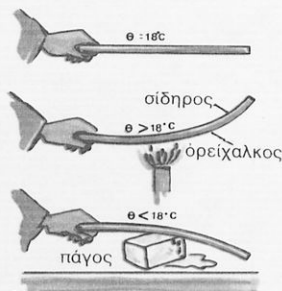
Η διαστολή λέγεται **κυβική**, όταν αναφέρε-



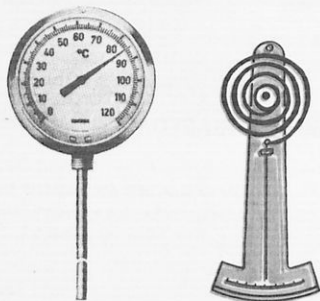
Σχ. 1.



Σχ. 2. Γραμμική διαστολή



Σχ. 3. Διμεταλλικό έλασμα



Σχ. 4. Θερμόμετρο μέ 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 ή διαστολή που παθαίνουν όλα τα σώματα, στερεά, υγρά και αέρια. **Ειδικά για τα στερεά**, μās ενδιαφέρει πολλές φορές ή αύξηση μίας μόνο διαστάσεως (π.χ. του μήκους μίας ράβδου) ή ή αύξηση των δύο μόνο διαστάσεων (π.χ. του έμβαδου μίας πλάκας). Στην πρώτη περίπτωση ή διαστολή λέγεται **γραμμική** και στη δεύτερη **έπιφανειακή**.

II. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

α. Γραμμική διαστολή. Τή γραμμική διαστολή μπορούμε νά τή μελετήσουμε μέ τή συσκευή του Σχ. 2. Τό άκρο Κ τής μεταλλικής ράβδου ΚΛ είναι καλά στερεωμένο στη βάση τής συσκευής, ενώ τό άλλο άκρο της Λ είναι ελεύθερο νά κινείται, παρασύροντας στην κίνησή του τό δείκτη Δ.

Θερμαίνουμε τή ράβδο και παρατηρούμε ότι ό δείκτης εκτρέπεται από την άρχική του θέση και επανέρχεται σ' αυτή, όταν αφήσουμε τή ράβδο νά ψυχθεί. Από την έκτροπή του δείκτη άντιλαμβανόμαστε ότι τό μήκος τής ράβδου αύξάνεται, όταν αυτή θερμαίνεται, και έλαττώνεται, όταν αυτή ψύχεται. Αν συνεχίσουμε τή θέρμανση τής ράβδου, δηλ. αύξήσουμε και άλλο τή θερμοκρασία της, διαπιστώνουμε ότι ή ράβδος έπιμηκύνεται περισσότερο. Άρα ή έπιμήκυνση (μεταβολή του μήκους) τής ράβδου εξαρτάται από τή μεταβολή τής θερμοκρασίας της.

Χρησιμοποιώντας ράβδους από διαφορετικό υλικό βρίσκουμε ότι ή έπιμήκυνση τής ράβδου εξαρτάται από τό υλικό της. Έτσι μία ράβδος αλουμινίου έπιμηκύνεται περισσότερο (ό δείκτης Δ εκτρέπεται περισσότερο) από μία ράβδο σιδήρου που έχει τό ίδιο μήκος και παθαίνει τήν ίδια μεταβολή θερμοκρασίας μέ τή ράβδο αλουμινίου.

Τέλος ή έπιμήκυνση μίας ράβδου εξαρτάται από τό μήκος της. Όσο μεγαλύτερο είναι τό μήκος τής ράβδου τόσο περισσότερο έπιμηκύνεται αυτή, για τήν ίδια μεταβολή τής θερμοκρασίας της.

β. Συνέπειες και εφαρμογές τής 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 μεταλλικά ελάσματα του ίδιου μήκους, τα οποία είναι καλά συγκολλημένα μεταξύ τους και κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό (Σχ. 3). Τό διμεταλλικό έλασμα σε μία όρισμένη θερμοκρασία, π.χ. 18°C, είναι ευθύγραμμο, ενώ όταν θερμανθεί ή ψυχθεί καμπυλώνεται. Από διμεταλλικά ελάσματα κατασκευάζονται οι αυτόματοι ηλεκτρικοί διακόπτες, πού χρησιμοποιούνται ως θερμοστάτες σε ηλεκτρικές συσκευές (θερμοσίφοντας, κουζίνα, ψυγείο, ηλεκτρικό σίδερο κτλ.), τα διμεταλλικά θερμόμετρα (Σχ. 4)

Κτλ. Όταν, κατά τη θέρμανση των στερεών, εμποδίζεται ή ελεύθερη διαστολή τους, αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις ικανές να τα παραμορφώσουν. Για να αποφύγουμε αυτές τις ανεπιθύμητες παραμορφώσεις στις σιδηροτροχιές των τραινών, αφήνουμε κατά διαστήματα μικρά κενά μεταξύ τους (Σχ. 5). Για τόν ίδιο λόγο δέ στερεώνουμε και τα δύο άκρα μιās μεταλλικής γέφυρας, αλλά τοποθετούμε τό ένα άκρο της σε κυλιόμενους κυλίνδρους ώστε να μετατοπίζεται ελεύθερα (Σχ. 6). Τα αντικείμενα πού αποτελούνται από κοινό γυαλί δέν πρέπει να θερμαίνονται απότομα και σε ένα μόνο μέρος τους, γιατί διαστέλλονται άνομοίμορφα και σπάζουν. Αυτό δέ συμβαίνει στα αντικείμενα πού αποτελούνται από γυαλί pyrex, γιατί τό γυαλί αυτό ελάχιστα διαστέλλεται. Από pyrex κατασκευάζονται χημικά όργανα και γυάλινα σκεύη μαγειρικής.

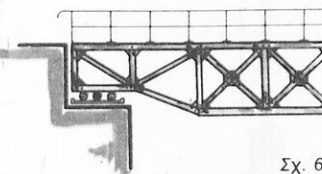
III. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

"Όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία ενός σώματος, ή θερμική κίνηση των μορίων του γίνεται πίο έντονη (βλ. 28η ένότητα). "Ετσι αύξάνεται ή μέση απόσταση μεταξύ των μορίων και τό σώμα διαστέλλεται (Σχ. 7).

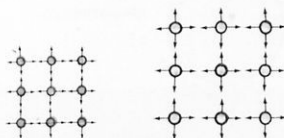


Σχ. 5.

(β) "Όταν τά διάκενα ανάμεσα στις σιδηροτροχιές δέν είναι όρθά ύπολογισμένα, οι γραμμές μπορεί να παραμορφωθούν σε μία ζεστή μέρα



Σχ. 6.



Σχ. 7. Έρμηνεία της διαστολής

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται ή επιμήκυνση 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 και πού χρησιμοποιείται;
4. Γιατί τά αντικείμενα πού αποτελούνται από κοινό γυαλί σπάζουν όταν τά θερμαίνουμε απότομα και σε ένα μόνο μέρος τους;

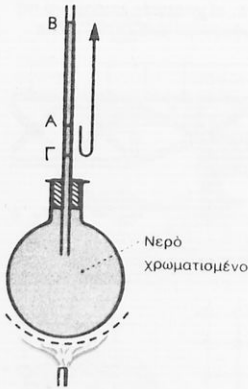
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά σώματα διαστέλλονται όταν θερμαίνονται και συστέλλονται όταν ψύχονται.
2. Η διαστολή των στερεών σωμάτων διακρίνεται σε γραμμική, επιφανειακή και κυβική.
3. Η μεταβολή του μήκους μιās ράβδου (διαστολή ή συστολή) εξαρτάται από τό υλικό της, τό αρχικό της μήκος και ή μεταβολή της θερμοκρασίας της.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ – ΑΝΩΜΑΛΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ

ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

I ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ



Σχ. 1. Διαστολή υγρών.

Γεμίζουμε μία φιάλη με χρωματισμένο νερό και την 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.

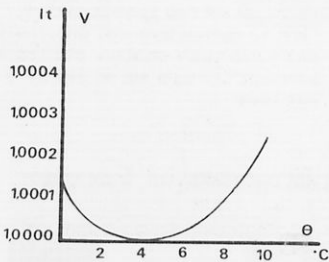
Παρατήρηση. "Αν προσέξουμε καλά κατά την εκτέλεση του πειράματος αυτού, θα παρατηρήσουμε ότι στην αρχή της θερμάνσεως η στάθμη του νερού κατεβαίνει για λίγο χρόνο στο Γ και ύστερα ανεβαίνει στο Β (Σχ. 1). Αυτό συμβαίνει γιατί το γυαλί αρχίζει να διαστέλλεται πριν από το νερό. Έτσι η στάθμη του νερού 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 (το 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 ασημαντή.

II. ΑΝΩΜΑΛΙΑ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Όταν θερμαίνεται όρισμένη μάζα νερού από



Σχ. 2. Μεταβολή του όγκου 1Kgr νερού σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία

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 θά έπρεπε αν διαστελλόταν κανονικά.

Η πυκνότητα του νερού δίνεται από τον τύπο $\rho = m/V$. Επειδή ο όγκος του μεταβάλλεται, συμπεραίνουμε ότι και η **πυκνότητα του νερού** θά 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). Το φαινόμενο αυτό έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή των υδροβίων φυτών και ζώων και εξηγείται ως εξής: Το χειμώνα το νερό, π.χ. μιās λίμνης, ψύχεται σιγά σιγά ώσπου να αποκτήσει όλο θερμοκρασία 4°C. Όταν η ψύξη συνεχισθεί, τα επιφανειακά στρώματα αποκτούν θερμοκρασία π.χ. 3°C, οπότε γίνονται ελαφρότερα από τα βαθύτερα στρώματα των 4°C. Έτσι εξακολουθούν να παραμένουν στην επιφάνεια της λίμνης, όπου ψύχονται περισσότερο, και όταν φθάσουν στους 0°C μετατρέπονται σε πάγο που επιπλέει στο νερό.



Σχ. 3.

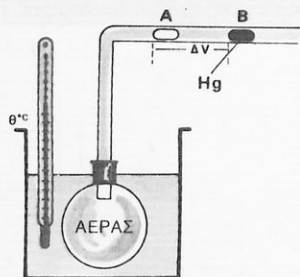
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι θά παρατηρούσαμε στο πείραμα του Σχ. 1 αν το νερό πάθαινε μικρότερη διαστολή από τα τοιχώματα του δοχείου και τί, αν πάθαινε την ίδια διαστολή;
2. Από τί εξαρτάται η μεταβολή του όγκου των υγρών εξαιτίας της θερμάνσεώς τους;
3. Τι γνωρίζετε για τη διαστολή του νερού;
4. Το χειμώνα τα επιφανειακά στρώματα του νερού των λιμνών παγώνουν, ενώ τα βαθύτερα στρώματα παραμένουν υγρά. Νά εξηγήσετε το φαινόμενο αυτό και νά αναφέρετε τη χρησιμότητά του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μεταβολή του όγκου ορισμένης μάζας υγρού εξαρτάται από τη φύση του υγρού, από τον αρχικό του όγκο και από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.
2. Τα υγρά διαστελλονται περισσότερο από τα στερεά.
3. Το νερό παρουσιάζει ανωμαλία στη διαστολή του με αποτέλεσμα να έχει τη μεγαλύτερη πυκνότητα στους 4°C. Η ιδιότητα αυτή του νερού έχει μεγάλη σημασία για τη ζωή των υδροβίων οργανισμών.

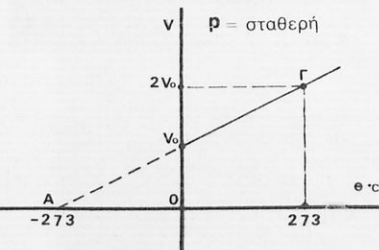
ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



Σχ. 1. Διαστολή αερίου υπό σταθερή πίεση

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

$\theta \text{ } ^\circ\text{C}$	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 όριζόντιος σωλήνας φράσσεται με μία σταγόνα ύγρου (νερού ή υδραργύρου) που ήρεμεί 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 σε θερμό λουτρό, όποτε ό αέρας του δοχείου θερμαίνεται και ή σταγόνα μετατοπίζεται στη θέση Β όπου και πάλι ήρεμεί. 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 ήρεμεί. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ό όγκος τών αερίων αύξάνεται, όταν αυτά θερμαίνονται υπό σταθερή πίεση.

Αν ό όριζόντιος σωλήνας είναι βαθμολογμένος (π.χ. σε 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 προς τόν αρχικό του όγκο V_0 του αερίου σε θερμοκρασία 0°C και ανάλογη προς 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 τών αερίων** και βρίσκεται ότι είναι ό ίδιος γιά 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 $\frac{1}{273}$ 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 Ι. 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

Τό κλειστό δοχείο του Σχ. 3 έχει ανένδοτα τοιχώματα και τό μανόμετρο Μ μετράει τήν πίεση του αέρα που περιέχεται στό δοχείο. Τοποθετούμε τό δοχείο σέ μείγμα πάγου και νερού πού έχει θερμοκρασία 0°C , όποτε τό μανόμετρο δείχνει πίεση p_0 . Ύστερα τοποθετούμε τό δοχείο σέ θερμό λουτρό θερμοκρασίας $\theta^{\circ}\text{C}$ και παρατηρούμε ότι τό μανόμετρο δείχνει μεγαλύτερη πίεση p_{θ} . Ο όγκος πού καταλαμβάνει τό αέριο, όπως είναι φανερό, δέν άλλαξε. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ή πίεση πού ασκούν τά αέρια αυξάνεται, όταν αυτά θερμαίνονται υπό σταθερό όγκο.

"Αν μέ ένα τέτοιο πείραμα μετρήσουμε τίς πιέσεις p στίς διάφορες θερμοκρασίες βρίσκουμε ότι ισχύει ή σχέση:

$$(4) \Delta p = p_{\theta} - p_0 = \alpha \cdot p_0 \cdot \theta \Leftrightarrow$$

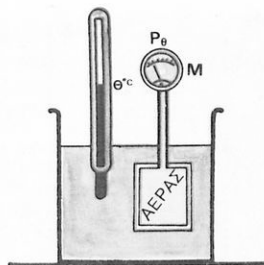
$p_{\theta} = p_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$	Νόμος του Charles
$m = \text{σταθ.}$	$V = \text{σταθ.}$

Ο συντελεστής α είναι ο γνωστός από τά προηγούμενα θερμοκός συντελεστής των αερίων.

Από τό νόμο αυτό βρίσκουμε τά ζεύγη τιμών του πίνακα II και κατασκευάζουμε από αυτά τό διάγραμμα ΚΛ του Σχ. 4 πού παριστάνει γραφικά τό νόμο του Charles.

III. ΑΠΟΛΥΤΟ ΜΗΔΕΝ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

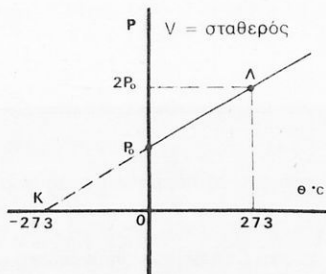
α. Απόλυτο μηδέν. Στή γραφική παράσταση του νόμου Charles (Σχ. 4), παρατηρούμε ότι ή πίεση ενός αερίου μηδενίζεται, όταν ψυχθεί στους -273°C υπό σταθερό όγκο.



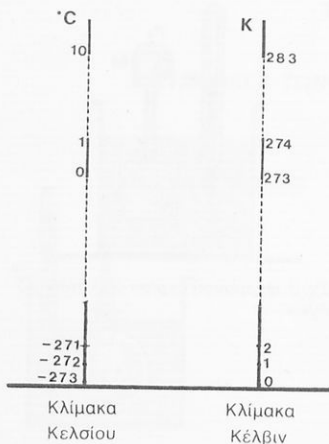
Σχ. 3. Θέρμανση αερίου υπό σταθερό όγκο

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

Η θερμοκρασία -273°C , στην οποία μηδενίζεται ή πίεση ενός αερίου, λέγεται **απόλυτο μηδέν**.

Γνωρίζουμε ότι τα μόρια των αερίων, εξαιτίας της θερμικής κινήσεώς τους, συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου που τα περιέχει και έτσι δημιουργούν πίεση. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός δεν υπάρχει θερμική κίνηση, αφού τα μόρια των αερίων δεν ασκούν πίεση.

Παρατήρηση. Από τη γραφική παράσταση του νόμου Gay-Lussac (Σχ. 2) προκύπτει ότι, στο απόλυτο μηδέν, μηδενίζεται ο όγκος των αερίων. Τό συμπεράσμα αυτό, όπως είναι φανερό, δεν έχει φυσικό νόημα. Τό απαράδεκτο αυτό συμπεράσμα προκύπτει από τό νόμο Gay-Lussac, γιατί ο νόμος αυτός, όπως και ο νόμος Charles, είναι προσεγγιστικός και δεν ισχύει όταν ή θερμοκρασία των αερίων είναι πολύ χαμηλή.

β. Απόλυτη θερμοκρασία. Αν προεκτείνουμε τή βαθμολογία τής κλίμακας Celsius ως τούς -273°C και αριθμήσουμε διαφορετικά τήν κλίμακα, γράφοντας στη θέση του -273 τό 0, στη θέση του -272 τό 1 κτλ., σχηματίζεται μία νέα κλίμακα θερμοκρασιών που λέγεται **απόλυτη κλίμακα** ή **κλίμακα Kelvin** (Σχ. 5).

Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών διαιρέσεων τής κλίμακας αυτής λέγεται **βαθμός Kelvin** (K). Τή θερμοκρασία που μετράμε με τήν κλίμακα Kelvin, δηλ. με αρχή τό απόλυτο μηδέν, τήν ονομάζουμε **απόλυτη θερμοκρασία** T. Αν ή απόλυτη θερμοκρασία ενός σώματος είναι T και ή θερμοκρασία του σε βαθμούς Κελσίου είναι θ

θά ισχύει ή σχέση

$$T = 273 + \theta$$

όπως προκύπτει από τό Σχ. 5.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Κατά τή θέρμανση ενός αερίου, υπό σταθερή πίεση, ο όγκος του αερίου αυξάνεται σύμφωνα με τόν παρακάτω νόμο του Gay-Lussac:

$$V_{\theta} = V_0(1 + \alpha\theta)$$

2. Κατά τή θέρμανση ενός αερίου υπό σταθερό όγκο, ή πίεση του αερίου αυξάνεται σύμφωνα με τόν παρακάτω νόμο του 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 η 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 ποιους τρόπους μπορούμε να θερμάνουμε ένα αέριο και ποιος νόμος ισχύει σε κάθε περίπτωση;
3. Τι λέγεται απόλυτο μηδέν; Γιατί στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδενός η 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 θα 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 η απόλυτη θερμοκρασία του αζώτου υπό σταθερό όγκο, ώστε η πίεσή του να γίνει 225 cmHg;

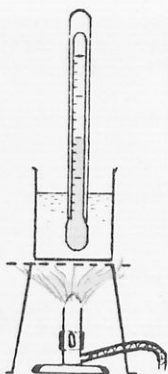
33η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

Ι. ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμιδομετρία εξετάζει τη μέτρηση των ποσών θερμότητας. Γνωρίζουμε ότι η θερμότητα είναι μία μορφή ενέργειας και επομένως μπορούμε να τη μετρήσουμε με οποιαδήποτε μονάδα ενέργειας π.χ. με τό 1Joule στο Διεθνές Σύστημα. Συνήθως όμως χρησιμοποιούμε ως μονάδα θερμότητας τη **μία θερμίδα (calorie, 1 cal)** που ορίζεται ως εξής:

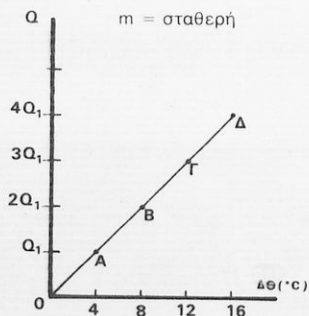
Θερμίδα είναι η ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί κατά 1°C ή θερμοκρασία 1 gr νερού.



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 της 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 τη φλόγα ενός λύχνου ύγραερίου (Σχ. 1) και με ένα θερμόμετρο μετράμε τη θερμοκρασία του νερού κάθε ένα λεπτό της 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 την ένταση της φλόγας του λύχνου σταθερή, ή θερμότητα που δίνει ή φλόγα στο νερό είναι ανάλογη με τό χρόνο.

Αν λοιπόν τό νερό στό 1 min πήρε θερμότητα Q₁, στά 2 min πήρε 2 Q₁ κτλ. Τά αποτελέσματα των μετρήσεων και των ύπολογισμών αύτων περιέχονται στόν πίνακα Ι.

Με τίς τιμές του πίνακα Ι κατασκευάζουμε τό διάγραμμα ΟΔ (Σχ. 2) που δείχνει τό ποσό της θερμότητας Q που παίρνει τό νερό σέ συνάρτηση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του Δθ. Από τό διάγραμμα ΟΔ, αλλά και από τόν πίνακα τιμών, συμπεραίνουμε ότι:

Η θερμότητα που παίρνει ένα ύλικό όρισμένης μάζας, γιά νά αύξήσει τη θερμοκρασία του, είναι ανάλογη με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του Δθ.

2ο πείραμα. Αν επαναλάβουμε τό πείραμα με διπλάσια ποσότητα νερού (200 gr), παρατηρούμε ότι, γιά την αύξηση της θερμοκρασίας του κατά Δθ = 4°C (από 18 °C σέ 22 °C), χρειάζεται διπλάσιος χρόνος (t = 2 min). Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται και διπλάσια ποσότητα θερμότητας (2Q₁). Κάνουμε ανάλογο πείραμα με 300 gr νερού. Τά αποτελέσματα των μετρήσεων και των ύπολογισμών αύτων περιέχονται στόν πίνακα ΙΙ.

Με τίς τιμές του πίνακα ΙΙ κατασκευάζουμε τό διάγραμμα ΚΜ (Σχ. 3) που δείχνει τό ποσό της θερμότητας που παίρνει τό νερό σέ συνάρτηση με τη μάζα του, όταν ή μεταβολή της θερμοκρασίας του είναι σταθερή. Από τό διά-

γραμμα ΚΜ, αλλά και από τις τιμές του πίνακα, συμπεραίνουμε ότι:

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 θερμάνουμε, 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:

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 cal/gr.grad (1 θερμίδα κατά γραμμάριο και κατά βαθμό)**.

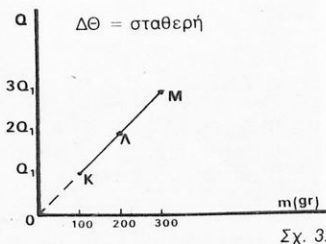
Αν υποθέσουμε ότι είναι $m = 1\text{gr}$ και $\Delta\theta = 1^\circ\text{C} = 1\text{grad}$, τότε από την εξίσωση (2) συνεπάγεται ότι $c = Q$. Επομένως ή ειδική θερμότητα ενός υλικού είναι αριθμητικά ίση με τη θερμότητα που πρέπει νά πάρει 1gr του υλικού αυτού, για νά αυξηθεί ή θερμοκρασία του κατά 1°C .

Από τόν όρισμό της θερμίδας συμπεραίνουμε ότι ή ειδική θερμότητα του νερού είναι 1cal/gr.grad .

Από τόν πίνακα ΙΙΙ παρατηρούμε ότι τό νερό έχει τη μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από όλα σχεδόν τά υλικά, έκτός από τό ύδρογόνο και τό ήλιο. Αυτό σημαίνει ότι τό νερό αποθηκεύει περισσότερη θερμότητα από τά άλλα υλικά, και γι' αυτό τό λόγω χρησιμοποιείται στις θερμοφόρες, στη μεταφορά θερμότητας στά καλοριφέρ, στό ψυκτικό σύστημα τών αυτοκινήτων κτλ. Τό

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

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	$3Q_1$



Σχ. 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ

Παραδείγματα ειδ. θερμότη. σε cal/gr.grad			
Χαλκός	0,092	Πάγος	0,500
Σίδηρος	0,108	Πετρέλαιο	0,510
Αργίλιο	0,215	Νερό	1,000
Όξυγόνο	0,218	Ήλιο	1,250
Έδαφος	0,220	Υδρογόνο	3,390

γεγονός ότι τό έδαφος θερμαίνεται πió γρήγορα από τή θάλασσα τό καλοκαίρι καί ψύχεται πió γρήγορα από τή θάλασσα τό χειμώνα, καθώς καί τό ήπιο κλίμα τών παραθαλάσσιων περιοχών είναι φαινόμενα πού όφείλονται στή μεγάλη ειδική θερμότητα του νερού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τή θερμότητα τή μετράμε μέ όποιαδήποτε μονάδα ενέργειας π.χ. Joule, KWh, cal, κτλ.
Θερμίδα είναι ή ποσότητα θερμότητας πού πρέπει νά απορροφήσει 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 αποτελείται 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. Τί συμπεραίνετε από τά διαγράμματα ΟΔ καί ΚΜ τών Σχ. 2 καί 3;
2. Τί φανερώνει ή ειδική θερμότητα ενός ύλικού;
3. Νά συγκρίνετε τά ποσά θερμότητας: 0,5 Kcal καί 2000 Joule.
4. Τί 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 σέ cal πού θά απορροφήσει τό νερό, αν 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. "Αν 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 αποτελείται από άλουμίνιο έχει μάζα 100 gr καί θερμαίνεται, ώσπου ή θερμοκρασία του νά αύξηθει κατά 10 °C, "Αν 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 αποτελείται από ένα δοχείο Α πού περιέχει νερό καί βρίσκεται μέσα σέ άλλο δοχείο Β.

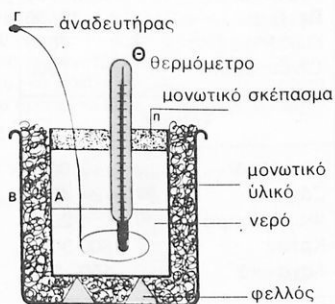
Τό θερμιδόμετρο πρέπει νά έχει καλή θερμική μόνωση, ώστε τά ποσά θερμότητας πού ανταλλάζει μέ τό περιβάλλον νά είναι ελάχιστα. Γιά τό λόγο αυτό τό διάκενο, ανάμεσα στά δύο δοχεία, είναι γεμάτο μέ υλικό πού είναι κακός άγωγός τής θερμότητας π.χ. φελιζόλ, ύαλοβάμβακας κτλ. Από κατάλληλες όπές του μονωτικού 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 έπιφάνειες καί από τό διάκενο ανάμεσα στά τοιχώματα έχει αφαιρεθεί ό άέρας.

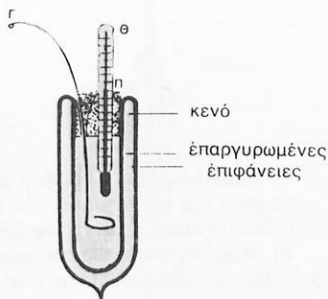
Η λειτουργία του θερμιδομέτρου στηρίζεται στην εξής άρχή: "Όταν έρθουν σέ θερμική έπαφή δύο σώματα μέ διαφορετικές θερμοκρασίες, τό θερμότερο σώμα δίνει θερμότητα στό ψυχρότερο, ώσπου καί τά δύο νά άποκτήσουν τήν ίδια θερμοκρασία. Η θερμότητα πού δίνει τό θερμότερο είναι ίση μέ τή θερμότητα πού παίρνει τό ψυχρότερο (άρχή διατηρήσεως τής ενέργειας).

II. ΚΑΥΣΗ - ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

α. Καύσεις λέγονται οί χημικές αντιδράσεις πού γίνονται πολύ γρήγορα καί συνοδεύονται από έκλυση φωτός καί θερμότητας. Πολλές αντιδράσεις του όξυγόνου μέ διάφορα σώματα, π.χ. μέ τόν άνθρακα, τό πετρέλαιο, τή βενζίνα κτλ., άνήκουν στίς καύσεις. Γιά 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
Βενζίνη	10500
Κώκ	7000
Οινόπνευμα	7000
Τροφές	
Ελαιόλαδο	9000
Ζάχαρη	4000
Ψωμί άσπρο	2580
Κρέας	1500-3000
Λαχανικά	150- 350

κρασία αναφλέξεως. Τή θερμότητα πού χρειάζεται για νά θερμανθεί τό καύσιμο ως τή θερμοκρασία αναφλέξεως τή δίνει συχνά ή φλόγα ενός σπέρτου.

Οί καύσεις είναι πολύ χρήσιμες για τήν ανθρώπινη κοινωνία καί τό βιολογικό φαινόμενο τής ζωής.

Η καύση διαφόρων υλικών (πετρελαίου, βενζίνας, άνθρακα κτλ) παράγει θερμότητα πού τήν εκμεταλλευόμαστε στίς οικιακές ανάγκες, στήν κίνηση των μεταφορικών μέσων καί τή λειτουργία των έργουστασιών.

Η βραδεία καύση των τροφών μέσα στούς οργανισμούς ελευθερώνει θερμότητα, πού είναι απαραίτητη για τή διατήρηση τής ζωής.

β. Για νά μπορούμε νά συγκρίνουμε τά διάφορα καύσιμα από θερμαντική άποψη, όρίζουμε ένα νέο μέγεθος, τή **θερμαντική ικανότητα Κ** του καυσίμου.

Θερμαντική ικανότητα Κ 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)

$$K = \frac{Q}{m}$$

Η μονάδα τής θερμαντικής ικανότητας προκύπτει από τή σχέση (1) καί είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$.

Αν υποθέσουμε ότι είναι $m = 1 \text{ gr}$, τότε από τή σχέση (1) συνεπάγεται $K = Q$. Έπομένως 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 των ποσών θερμότητας.
2. Κατά τίς καύσεις των διαφόρων καυσίμων υλικών παράγεται θερμότητα. Μέ τή θερμότητα αυτή ικανοποιούμε διάφορες ενεργειακές ανάγκες μας.
3. Η θερμαντική ικανότητα ενός καυσίμου δίνεται από τή σχέση $K = \frac{Q}{m}$ 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 αυτή παράγεται από τήν καύση ύγραερίου, νά βρείτε τή μάζα του ύγραερίου πού πρέπει νά καεί. Η ειδική θερμότητα του νερού είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$ καί ή θερμαντική ικανότητα του ύγραερίου είναι $11000 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$

35η ΕΝΟΤΗΤΑ

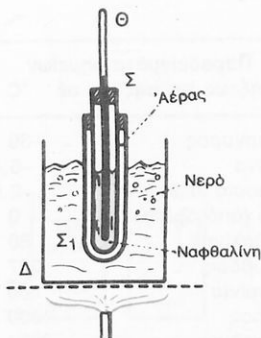
ΤΗΞΗ - ΠΗΞΗ

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 σέ 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 σέ υγρό, λέγεται **τήξη**.

II. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΤΗΞΕΩΣ ΚΑΙ ΠΗΞΕΩΣ

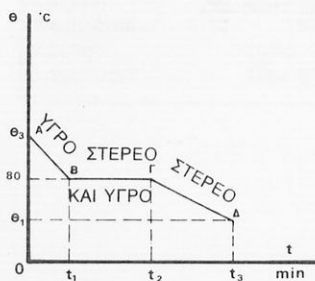
α. **Τήξη.** Γιά νά μελετήσουμε πειραματικά τήν τήξη, χρησιμοποιούμε τή συσκευή του Σχ. 1. Ό δοκιμαστικός σωλήνας Σ περιέχει σκόνη ναφθαλίνης καί βρίσκεται μέσα σέ έναν άλλο σωλήνα Σ₁ πού είναι βυθισμένος στό νερό του δοχείου Δ. Όταν θερμαίνουμε τή συσκευή αυτή μέ τή φλόγα ενός λύχνου, ή ναφθαλίνη θερμαίνεται άργά εξαιτίας του σωλήνα Σ₁ 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	
Υδράργυρος	-39
Βενζίνη	-5,4
Θαλάσσιο νερό	-2,5
Νερό (από όρισμό)	0
Ναφθαλίνη	80
Μόλυβδος	327
Αλουμίνιο	660
Σίδηρος	1530
Βολφράμιο	3370

πού περιέχει αυτός. Μέ 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, όποτε 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 της τήξεως της ναφθαλίνης παρατηρήσαμε ότι, κατά τη διάρκεια της τήξεως (Σχ. 2, εὐθ. τμήμα ΛΜ), η θερμοκρασία του μείγματος στερεής και υγρής ναφθαλίνης παραμένει σταθερή, μολονότι τὸ μείγμα παίρνει θερμότητα. Ἐξαιτίας τῆς θερμότητας αὐτῆς, οἱ δυνάμεις συνοχῆς μεταξύ τῶν μορίων τοῦ στερεοῦ ἐξασθενίζουν καὶ ἔτσι τὸ στερεό μετατρέπεται σέ υγρό. Γιά τή θερμότητα αὐτή Q ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύει ἡ ἐξίσωση

$$Q = \lambda \cdot m \quad (1)$$

ὅπου m ἡ μάζα τοῦ σώματος καὶ λ ἕνας συντελεστής, πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ **ὕλικό** τοῦ σώματος καὶ λέγεται **εἰδική θερμότητα τήξεως**. Κατά τη διάρκεια τῆς πήξεως (Σχ. 3, εὐθ. τμήμα ΒΓ) τὸ σῶμα δίνει τὴν ἴδια θερμότητα $Q = \lambda \cdot m$.

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωση (1) προκύπτει $\lambda = Q/m$ (2). Ἡ μονάδα τῆς εἰδικῆς θερμότητας τήξεως βρίσκειται ἀπὸ τὴ σχέση (2) καὶ εἶναι **1 cal/gr (1 θερμίδα κατὰ γραμμάριο)**.

IV. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΗΞΗ

Στό πείραμα τῆς τήξεως πού ἀναφέραμε μποροῦμε νά παρατηρήσουμε ὅτι ἡ στερεή ναφθαλίνη βυθίζεται μέσα στὴν ὑγρή (Σχ. 4). Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνουμε ὅτι ἡ πυκνότητα ρ_{στ} τῆς στερεῆς ναφθαλίνης εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πυκνότητα ρ_{υγρ} τῆς ὑγρῆς. Ἄν m εἶναι ἡ μάζα τοῦ στερεοῦ πού τήκεται, θά ἰσχύει

$\rho_{στ} > \rho_{υγρ} \Rightarrow m/V_{στ} < m/V_{υγρ} \Rightarrow V_{υγρ} > V_{στ}$
Ἄρα:

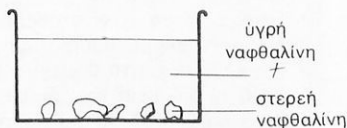
Ὁ ὄγκος στὰ περισσότερα σώματα αὐξάνεται κατὰ τὴν τήξη καὶ ἐλαττώνεται κατὰ τὴν πήξη τους.

Κατὰ τὴν τήξη τοῦ πάγου παρατηροῦμε ὅτι τὰ τεμάχια τοῦ πάγου ἐπιπλέουν (Σχ. 5) καὶ ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνουμε ὅτι $V_{νεροῦ} < V_{πάγου}$. Τὴν ἴδια ιδιότητα ἔχει καὶ ὁ σίδηρος. Ἄρα:

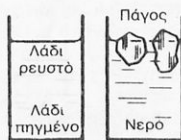
Ὅταν τὸ νερὸ μετατρέπεται σέ πάγο, ὁ ὄγκος τοῦ αὐξάνεται. Ὅταν ὁ πάγος μετατρέπεται σέ νερό, ὁ ὄγκος τοῦ ἐλαττώνεται.

Ἀπὸ μετρήσεις πού ἔγιναν βρέθηκε ὅτι 1000 cm³ νεροῦ 0 °C μᾶς δίνουν 1090 cm³ πάγου

Παραδείγματα εἰδικῶν θερμότητων τήξεως σέ cal/gr			
Υδράργυρος	3	Χαλκός	41
Μόλυβδος	6	Σίδηρος	66
Κασσίτερος	14	Πάγος	80
Αργυρος	26	Ἀλουμίνιο	90
Παραφίνη	35		



Σχ. 4. Ὁ ὄγκος τῆς ναφθαλίνης αὐξάνεται κατὰ τὴν τήξη της



Σχ. 5. Ὁ ὄγκος τοῦ πάγου ἐλαττώνεται κατὰ τὴν τήξη του

της ίδιας θερμοκρασίας. Ἡ ιδιότητα αὐτή τοῦ νεροῦ ἔχει μεγάλη σημασία γιὰ τή ζωή τῶν ὑδρόβιων ὀργανισμῶν. Ὁ πάγος πού ἐπιπλέει στήν ἐπιφάνεια τῶν λιμνῶν καί τῶν θαλασσῶν ἐμποδίζει τήν ψύξη τῶν ὑποκειμένων στρωμάτων τοῦ νεροῦ, γιατί εἶναι κακός ἀγωγός τῆς θερμότητας.

Πολλές φορές τό χειμῶνα, ἐξαιτίας αὐτῆς τῆς ιδιότητος τοῦ νεροῦ, σπάζουν οἱ τριχοειδεῖς σωληνες τῶν φυτῶν, οἱ σωληνες ὑδρεύσεως, τά πετρώματα (ἀποσάθρωση) καί τό ψυγεῖο τῶν αὐτοκινήτων, ἂν δέ βάλοιμε σ' αὐτό ἀντιπηκτικό ὑγρό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τήξη λέγεται τό φαινόμενο κατά τό ὁποῖο ἓνα στερεό μετρέπεται σέ ὑγρό, παίρνοντας θερμότητα.
Πήξη λέγεται τό φαινόμενο κατά τό ὁποῖο ἓνα ὑγρό μετατρέπεται σέ στερεό, δίνοντας θερμότητα.
2. Ὄταν ἡ πίεση εἶναι σταθερή, ἡ τήξη (ἢ ἡ πήξη) ἑνός σώματος ἀρχίζει σέ ὀρισμένη θερμοκρασία, πού λέγεται σημεῖο τήξεως (ἢ πήξεως).
3. Γιά κάθε σώμα τό σημεῖο τήξεως εἶναι τό ἴδιο μέ τό σημεῖο πήξεως.
4. Κατά τή διάρκεια τῆς τήξεως (ἢ τῆς πήξεως) ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή καί ἴση μέ τό σημεῖο τήξεως.
5. Ἡ θερμότητα πού παίρνει ἓνα σώμα κατά τή διάρκεια τῆς τήξεώς του (ἢ πού δίνει κατά τή διάρκεια τῆς πήξεώς του) ὑπολογίζεται ἀπό τή σχέση: $Q = \lambda \cdot m$.
6. Ὁ ὄγκος στά περισσότερα σώματα ἐλαττώνεται κατά τήν πήξη τους. Ὄταν ὅμως τό νερό μετατρέπεται σέ πάγο, ὁ ὄγκος του αὐξάνεται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τούς νόμους τῆς πήξεως.
2. Τί φανερώνει ἡ εἰδική θερμότητα τήξεως; Γιατί κατά τή διάρκεια τῆς τήξεως ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος παραμένει σταθερή, μολονότι τό σώμα παίρνει θερμότητα;
3. α) Τί παριστάνουν τά εὐθύγραμμα τμήματα ΚΛ, ΛΜ, καί ΜΝ τοῦ διαγράμματος πού φαίνεται στό Σχ. 2;
β). Τί παριστάνουν τά εὐθύγραμμα τμήματα ΑΒ, ΒΓ, καί ΓΔ τοῦ διαγράμματος πού φαίνεται στό Σχ. 3;
4. Τί παθαίνει ὁ ὄγκος τοῦ νεροῦ, ὅταν αὐτό πήξει; Ποιές συνέπειες αὐτῆς τῆς ιδιότητος τοῦ νεροῦ γνωρίζετε;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. 300 gr πάγου θερμοκρασίας 0°C ἀπορροφῶν 24000 cal καί μετατρέπονται σέ νερό τῆς ἴδιας θερμοκρασίας (0°C). Νά βρεῖτε τήν εἰδική θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου.
2. Πόση θερμότητα πρέπει νά πάρουν 100 gr πάγου θερμοκρασίας -4°C γιά νά μετατραποῦν σέ νερό θερμοκρασίας 18°C ; Ἡ εἰδική θερμότητα τοῦ πάγου εἶναι $0,5 \text{ cal/gr.grad}$, ἡ εἰδική θερμότητα τοῦ νεροῦ εἶναι 1 cal/gr.grad καί ἡ εἰδική θερμότητα τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 cal/gr .

ΕΞΑΕΡΩΣΗ-ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΙ

I. ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΤΜΟΥ

Γνωρίζουμε ότι το νερό των λιμνών, των θαλασσών κτλ. εξατμίζεται, δηλ. μετατρέπεται σε αέριο που λέγεται ατμός. Το νερό που βράζουμε στο σπίτι μας μετατρέπεται επίσης σε ατμό. Καί στίς δύο αυτές περιπτώσεις λέμε ότι το νερό παθαίνει εξαέρωση. Άρα:

Έξαέρωση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό οποίο ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο.

Ατμός λέγεται τό αέριο που παράγεται από τήν εξαέρωση του υγρού.

Μορφές τής εξαερώσεως είναι ή εξάτμιση καί ό βρασμός.

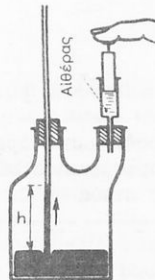


ΣΧ. 1

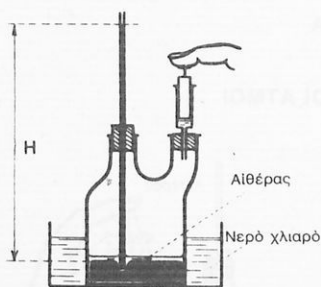
II. ΑΚΟΡΕΣΤΟΙ ΚΑΙ ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΑΤΜΟΙ

α. Ακόρεστοι. Στο ένα στόμιο τής φιάλης του Σχ. 1 προσαρμόζουμε έναν κατακόρυφο σωλήνα καί φροντίζουμε τό κάτω άκρο του να βυθίζεται στον υδράργυρο που υπάρχει στη φιάλη. Στο άλλο στόμιο τής φιάλης προσαρμόζουμε μία σύριγγα που περιέχει αιθέρα. Πρίν άρχίσουμε τό πείραμα ή πίεση μέσα στη φιάλη είναι ίση μέ τήν ατμοσφαιρική καί γι' αυτό ή στάθμη του υδραργύρου στο σωλήνα καί στη φιάλη βρίσκεται τό ίδιο ύψος. Ρίχνουμε μία σταγόνα αιθέρα μέσα στη φιάλη καί παρατηρούμε ότι σε λίγο ή σταγόνα εξαφανίζεται, ενώ συγχρόνως ή στάθμη του υδραργύρου στο σωλήνα ανέρχεται (Σχ. 2). Από τήν παρατήρηση αυτή καταλαβαίνουμε ότι ή σταγόνα του αιθέρα εξαερώθηκε καί οι ατμοί που σχηματίστηκαν παρέμειναν μέσα στη φιάλη, μέ αποτέλεσμα ή πίεση μέσα σ' αυτή να γίνει μεγαλύτερη από τήν ατμοσφαιρική. Τό ύψος h του υδραργύρου στο σωλήνα μετράει τήν πίεση των ατμών του αιθέρα που λέγεται καί τάση των ατμών.

Ρίχνουμε μέσα στη φιάλη άλλη μία σταγόνα αιθέρα καί παρατηρούμε ότι τό υγρό εξαερώνεται καί τό μανόμετρο δείχνει μεγαλύτερη τάση ατμών. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οι ατμοί του αιθέρα που υπήρχαν στη φιάλη, πρίν ρί-



Σχ. 2. Ακόρεστοι ατμοί



Σχ. 3. Η τάση των κορεσμένων ατμών εξαρτάται από τη θερμοκρασία

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Τάση κορεσμένων ατμών του νερού	
θ °C	p cmHg
0	0,5
20	1,8
100	76
250	3100

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Παραδείγματα τάσεως κορεσμένων ατμών στους 20 °C		
Νερό	1,8	cmHg
Οινόπνευμα	4,4	cmHg
Αιθέρας	44	cmHg

ξομε τη δεύτερη σταγόνα, ήταν **ακόρεστοι**. Ο χώρος που περιέχει ακόρεστους ατμούς λέγεται καί αυτός **ακόρεστος**, γιατί μπορεί νά περιλάβει καί άλλη ακόμη ποσότητα ατμών, όπως αποδεικνύεται από την εξαέρωση της δεύτερης σταγόνας.

Επομένως:

Οι ατμοί ενός υγρού που υπάρχουν σέ ένα χώρο λέγονται ακόρεστοι, όταν μπορεί νά εξαερωθεί καί άλλη ποσότητα του ίδιου υγρού μέσα στό χώρο αυτό.

β. Κορεσμένοι. "Αν συνεχίσουμε νά ρίχνουμε σταγόνες αιθέρα μέσα στή φιάλη, θά παρατηρήσουμε ότι τό υγρό συνεχώς εξαερώνεται καί ή τάση των ακόρεστων ατμών συνεχώς αύξάνεται. Θά έρθει όμως στιγμή κατά την οποία θά πέσει μέσα στή φιάλη μία σταγόνα που δέ θά εξαερωθεί καί ή τάση των ατμών δέ θά αύξηθεϊ. Η σταγόνα αυτή θά παραμείνει στή φιάλη ως υγρό. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οί ατμοί του αιθέρα που υπάρχουν στή φιάλη είναι **κορεσμένοι**. Ο χώρος που περιέχει κορεσμένους ατμούς λέγεται καί αυτός **κορεσμένος**, γιατί δέν μπορεί νά περιλάβει άλλη ποσότητα ατμών, όπως αποδεικνύεται από την αδυναμία κάποιας σταγόνας νά εξαερωθεί. Η πίεση που προκαλούν οί κορεσμένοι ατμοί λέγεται **τάση των κορεσμένων ατμών**. Επομένως:

Οι ατμοί ενός υγρού που υπάρχουν σέ ένα χώρο λέγονται κορεσμένοι, όταν δέν μπορεί νά εξαερωθεί άλλη ποσότητα του ίδιου υγρού μέσα στό χώρο αυτό.

Οί ατμοί ενός υγρού που υπάρχουν σέ ένα χώρο είναι όπωσδήποτε κορεσμένοι, όταν συνυπάρχουν στό χώρο αυτό τό υγρό καί οί ατμοί του.

ΙΙΙ. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΟΡΕΣΜΕΝΩΝ ΑΤΜΩΝ.

α. "Αν συνεχίσουμε νά ρίχνουμε αιθέρα μέσα στον κορεσμένο χώρο της φιάλης, θά παρατηρήσουμε ότι ο αιθέρας αυτός παραμένει στή φιάλη ως υγρό καί ή τάση των κορεσμένων ατμών διατηρείται σταθερή. Άρα:

Η τάση των κορεσμένων ατμών, που υπάρχουν σέ ένα χώρο, δέν εξαρτάται από την

ποσότητα του υγρού που βρίσκεται στο χώρο αυτό.

β. Τοποθετούμε τη φιάλη με τούς κορεσμένους ατμούς και τόν υγρό αϊθέρα μέσα σέ χλιαρό νερό (Σχ. 3). Παρατηρούμε ότι ένα μέρος του υγρού αϊθέρα εξαερώνεται και ή τάση των κορεσμένων ατμών αυξάνεται. "Αρα:

Η τάση των κορεσμένων ατμών αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία τους και αντίστροφα.

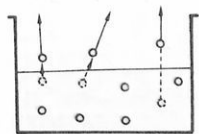
γ. "Αν στό πείραμα του Σχ. 1 χρησιμοποιήσουμε άλλο υγρό (π.χ. οινόπνευμα), βρίσκουμε διαφορετική τάση κορεσμένων ατμών. "Αρα:

Η τάση των κορεσμένων ατμών εξαρτάται από ή φύση του υγρού.

Τά υγρά που στή συνηθισμένη θερμοκρασία έχουν μεγάλη τάση κορεσμένων ατμών λέγονται **πτητικά**. Τέτοια υγρά είναι ό αϊθέρας, ή βενζίνη κτλ.

IV. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

Τά μόρια των υγρών κινούνται άτακτα μέ διάφορες ταχύτητες, εξαιτίας της θερμικής κινήσεως (βλ. 28η ενότητα). Μερικά από τά μόρια συμβαίνει νά έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα από τά άλλα και νά κατευθύνονται πρός την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Τά μόρια αυτά, εξαιτίας της σχετικά μεγάλης ταχύτητας πού έχουν, υπερνικούν την επιφανειακή τάση (βλ. 27η ενότητα), βγαίνουν έξω από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και σχηματίζουν έτσι τόν ατμό (Σχ. 4).



Σχ. 4. Έρμηνεία της εξαερώσεως

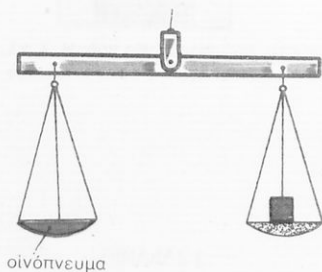
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ένα κλειστό δοχείο υπάρχουν ατμοί οινόπνεύματος. Πώς θά διαπιστώσετε άν οι ατμοί είναι κορεσμένοι ή ακόρεστοι;
2. Ποιά υγρά λέγονται πτητικά; Νά αναφέρετε παραδείγματα.
3. Πώς έρμηνεύεται ή εξαέρωση των υγρών;
4. Νά διατυπώσετε τίς ιδιότητες των κορεσμένων ατμών.

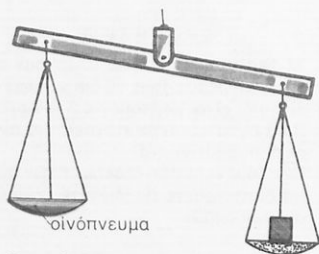
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Έξαέρωση είναι τό φαινόμενο κατά τό όποίο ένα υγρό μετατρέπεται σέ άέριο πού λέγεται ατμός. Η πίεση πού δημιουργεί ό ατμός λέγεται τάση του ατμού.
2. Οί ατμοί ενός υγρού διακρίνονται σέ ακόρεστους και σέ κορεσμένους. Όταν σέ έναν κλειστό χώρο συνυπάρχουν τό υγρό και οι ατμοί του, τότε οι ατμοί είναι όπωσδήποτε κορεσμένοι.
3. Η τάση των κορεσμένων ατμών εξαρτάται από ή φύση του υγρού και αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία τους.
4. Η τάση των κορεσμένων ατμών δέν εξαρτάται από την ποσότητα του υγρού πού συνυπάρχει μέ τούς ατμούς.

ΕΞΑΤΜΙΣΗ - ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

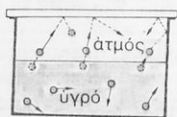


οινόπνευμα



οινόπνευμα

Σχ. 1. Ξεάτμηση



Σχ. 2. Ξεάτμηση σέ κλειστό χώρο

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

Γεμίζουμε τόν ένα δίσκο ενός ζυγού (Σχ. 1) μέ οινόπνευμα καί ισορροποῦμε τό ζυγό, τοποθετώντας κατάλληλα σταθμά στόν ἄλλο δίσκο. Ὑστερα ἀπό λίγο χρόνο παρατηροῦμε ὅτι καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία καί ὁ ζυγός κλίνει πρὸς τό μέρος τῶν σταθμῶν. Ἀπό αὐτό καταλαβαίνουμε ὅτι ἓνα μέρος τοῦ οἰνοπνεύματος ἐξαερώνεται σιγά σιγά καί ὅτι οἱ ἀτμοὶ παράγονται μόνο ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἀφοῦ δέ σχηματίζονται φυσαλίδες στό ἐσωτερικό του. Ἡ ἐξαέρωση αὐτή λέγεται εἰδικότερα ἐξάτμιση. Ἐπομένως:

Ξεάτμιση λέγεται ἡ ἐξαέρωση πού γίνεται μόνο ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

Ἡ ἐξάτμιση πού γίνεται σέ περιορισμένο χώρο π.χ. σέ ἓνα κλειστό δοχεῖο (Σχ. 2) σταματάει, ὅταν ὁ χώρος αὐτός κορεσθεῖ μέ τούς ἀτμούς τοῦ ὑγροῦ.

Ἀντίθετα, ἡ ἐξάτμιση πού γίνεται σέ ἀνοικτό δοχεῖο (Σχ. 3) συνεχίζεται ὥσπου νά ἐξατμισθεῖ ὅλο τό ὑγρό, γιατί ἡ ἀτμόσφαιρα δέν μπορεῖ νά κορεσθεῖ μέ ἀτμούς, ἐξαιτίας τοῦ μεγάλου ὄγκου της.

II. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

Στό πείραμα πού ἀναφέραμε μποροῦμε νά μετρήσουμε τή μάζα τοῦ οἰνοπνεύματος πού ἐξατμίζεται σέ ὀρισμένο χρόνο. Ἄν π.χ. σέ 5 min ἐξατμίζεται 1 gr, λέμε ὅτι ἡ ταχύτητα ἐξατμίσεως εἶναι $\frac{1 \text{ gr}}{5 \text{ min}} = 0,2 \frac{\text{gr}}{\text{min}}$ ἤρα:

Ταχύτητα ἐξατμίσεως λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού ἐκφράζεται μέ τό πηλίκο τῆς μάζας τοῦ ὑγροῦ πού ἐξατμίζεται σέ ὀρισμένο χρόνο διὰ τοῦ χρόνου αὐτοῦ.

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΣ

α. Στόν ένα δίσκο ενός ζυγού (Σχ. 4) βάζουμε νερό ώσπου νά καλυφθεί όλη ή επιφάνειά του. Στόν άλλο δίσκο βάζουμε οινόπνευμα ώσπου νά ισορροπήσει ό ζυγός. "Υστερα 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:

Η ταχύτητα εξατμίσεως εξαρτάται από τη φύση του υγρού.

β. Παίρνουμε δύο πλαστικά ποτήρια μέ διαφορετική διατομή καί τά βάζουμε στους δίσκους ενός ζυγού. Ρίχνουμε στά ποτήρια οινόπνευμα ώσπου νά ισορροπήσει ό ζυγός (Σχ. 5). "Υστερα από λίγη ώρα παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό ποτήρι πού έχει τη μικρότερη διατομή καί από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ή ταχύτητα εξατμίσεως εξαρτάται από τό έμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού. Μέ ακριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

Η ταχύτητα εξατμίσεως είναι ανάλογη μέ τό έμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού.

Συνέπεια του νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιό γρήγορα όταν τά απλώνουμε.

γ. Μέ κατάλληλο πείραμα μπορούμε νά αποδείξουμε ότι:

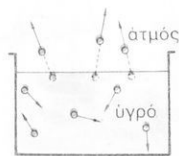
Η ταχύτητα εξατμίσεως αυξάνεται, όταν ελαττώνεται ή πίεση πού άσκειται στην επιφάνεια του υγρού.

Έφαρμογή του νόμου. Στη ζαχαροβιομηχανία γίνεται γρήγορα ή συμπύκνωση των ζαχαρούχων χυμών, μέ εξατμηση του νερού τους σέ χώρο χαμηλής πίεσεως.

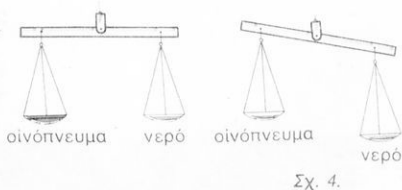
δ. Βάζουμε νερό καί στους δύο δίσκους ενός ζυγού (Σχ. 6) ώσπου νά καλυφθεί όλη ή επιφάνειά τους καί νά ισορροπήσει ό ζυγός. "Υστερα θερμαίνουμε τόν ένα δίσκο καί παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό μέρος του άλλου δίσκου. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η ταχύτητα εξατμίσεως αυξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία του υγρού.

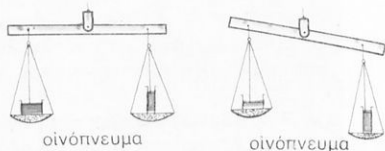
Συνέπεια του νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιό γρήγορα τό καλοκαίρι.



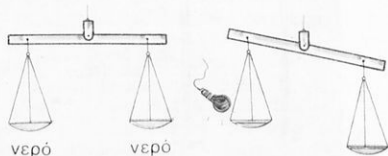
Σχ. 3. Έξάτμηση στην ατμόσφαιρα



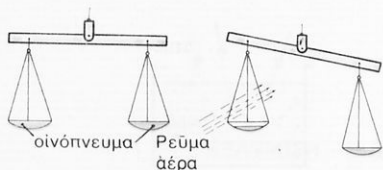
Σχ. 4.



Σχ. 5.



Σχ. 6.



Σχ. 7.

ε. Βάζουμε οινόπνευμα και στους δύο δίσκους ενός ζυγού (Σχ. 7), ώσπου νά καλυφθεί όλη ή επιφάνειά τους και νά ισορροπήσει ό ζυγός. Ύστερα δημιουργούμε ρεύμα άέρα πάνω από τόν ένα μόνο δίσκο και παρατηρούμε ότι ό ζυγός κλίνει πρός τό μέρος του άλλου δίσκου. Είναι φανερό ότι τό ρεύμα του άέρα απομακρύνει τούς άτμούς του οινόπνεύματος από τήν ελεύθερη επιφάνειά του. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Ή ταχύτητα εξατμίσεως αύξάνεται, όταν οι άτμοί πού σχηματίζονται απομακρύνονται από τήν ελεύθερη επιφάνεια του ύγρου.

Συνέπεια του νόμου. Τά βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιό γρήγορα, όταν πνέει ξηρός άνεμος. Αντίθετα, τά ρούχα αυτά δέ στεγνώνουν όταν ό καιρός είναι πολύ ύγρός.

Τά πτητικά ύγρά (αιθέρας κτλ), έχουν μεγάλη ταχύτητα εξατμίσεως στις συνηθισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πιέσεως.

IV. ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

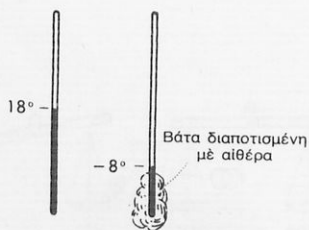
Διαποτίζουμε ένα κομμάτι ύφασματος μέ οινόπνευμα και περιβάλλουμε μέ τό ύφασμα αυτό τό δοχείο ενός θερμομέτρου (Σχ. 8). Παρατηρούμε ότι ή ύδραργυρική στήλη κατεβαίνει και από αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό οινόπνευμα, γιά νά εξατμισθεί, πήρε θερμότητα από τόν ύδραργυρο. Αποδεικνύεται ότι ή θερμότητα Q , πού απορροφά ένα ύγρό μάζας m , γιά νά μετατραπεί σέ άτμό τής ίδιας θερμοκρασίας, δίνεται από τήν εξίσωση:

$$Q = L \cdot m \quad (1)$$

Ό συντελεστής L λέγεται **ειδική θερμότητα εξαερώσεως** και εξαρτάται από τή φύση του ύγρου και τή θερμοκρασία του.

Από τή σχέση (1) προκύπτει $L = Q/m$ (2). Η μονάδα τής ειδικής θερμότητας εξαερώσεως βρίσκεται από τή σχέση (2) και είναι 1 cal/gr (μία θερμίδα κατά γραμμάριο).

Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως, όπως προκύπτει από τή σχέση (2), είναι αριθμητικά ίση μέ τή θερμότητα (σέ cal) πού πρέπει νά πάρει 1 gr του ύγρου γιά νά μετατραπεί σέ άτμό τής ίδιας θερμοκρασίας. Ως παράδειγμα αναφέρουμε ότι ή ειδική θερμότητα εξαερώσεως



Σχ. 8. Ή εξαέρωση προκαλεί ψύξη

του νερού είναι 600 cal/gr στη συνηθισμένη θερμοκρασία και 540 cal/gr στους 100 °C.

5. ΨΥΞΗ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ

Συχνά συμβαίνει να εξεαerώνεται 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 έπαφή μαζί του. "Ετσι το ίδιο το υγρό και τό άμεσο περιβάλλον του ψύχονται (Σχ. 8).

Εφαρμογές. Στην Ιατρική εκμεταλλευόμαστε την εξατμηση πολύ πτητικών υγρών, για να προκαλούμε τοπική αναισθησία εξαιτίας της μεγάλης ψύξεως.

Η ψύξη στα ηλεκτρικά ψυγεία δημιουργείται από την εξατμηση πτητικού υγρού που κυκλοφορεί στις σωληνώσεις τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Εξατμηση είναι ή εξαέρωση που γίνεται από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.
2. Ταχύτητα εξατμίσεως λέγεται τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με τό πηλικο 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 με τό έμβαδό της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού γ) αύξάνεται, όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία του υγρού δ) αυξάνεται, όταν ελαττώνεται ή εξωτερική πίεση και ε) αυξάνεται, όταν απομακρύνονται οί ατμοί από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.
4. Η θερμότητα που απορροφά ένα υγρό, για να μετατραπεί σε ατμό της ίδιας θερμοκρασίας, δίνεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$. Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως 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

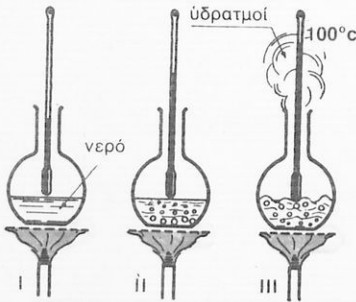
1. Πώς μπορούμε να αύξησουμε την ταχύτητα εξατμίσεως ενός υγρού;
2. Από τί εξαρτάται και τί φανερώνει ή ειδική θερμότητα εξαερώσεως;
3. Γιατί δέν πρέπει να παραμένουμε σε ρεύμα άερα, όταν είμαστε ιδρωμένοι ή όταν τά ρούχα μας είναι βρεγμένα;
4. Γιατί οί άλυκές έχουν μεγάλη επιφάνεια;
5. Γιατί τά θερμόμετρα που φαίνονται στό Σχ. 8 δείχνουν διαφορετική θερμοκρασία, μολοντί βρίσκονται στόν ίδιο χώρο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση θερμότητα πρέπει να απορροφήσουν 50 gr νερού συνηθισμένης θερμοκρασίας, για να μετατραπούν σε ατμό της ίδιας θερμοκρασίας; Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στη συνηθισμένη θερμοκρασία είναι 600 cal/gr.
2. 50 gr νερού θερμοκρασίας 100 °C μετατρέπονται σε ατμό της ίδιας θερμοκρασίας, απορροφώντας θερμότητα 27000 cal. Πόση είναι ή ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στους 100 °C;

ΒΡΑΣΜΟΣ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ



Σχ. 1. Τρία στάδια θερμάνσεως νερού ως τό βρασμό

Η πειραματική διάταξη του Σχ. 1 αποτελείται από ένα ανοιχτό δοχείο που περιέχει νερό και από ένα θερμόμετρο που μετράει τη θερμοκρασία του νερού. Θερμαίνουμε τό δοχείο και παρατηρούμε τά ακόλουθα: Στην αρχή της θερμάνσεως, ή θερμοκρασία του νερού αύξάνεται και όταν γίνει περίπου 50°C εμφανίζονται μικρές φυσαλίδες που σπάζουν όταν φθάσουν στην ελεύθερη επιφάνεια του ύγρου. Οι φυσαλίδες αυτές περιέχουν τόν άερα που ήταν διαλυμένος στο νερό.

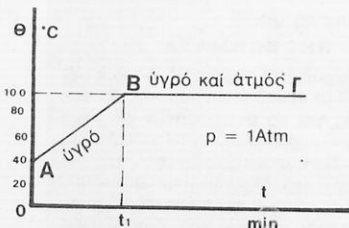
Υστερα, και ενώ ή θερμοκρασία του νερού συνεχίζει νά αύξάνεται, σχηματίζονται κοντά στον πυθμένα του δοχείου μικρές φυσαλίδες που περιέχουν άτμο. Οι φυσαλίδες αυτές δέ φθάνουν ως την ελεύθερη επιφάνεια του νερού, γιατί, καθώς ανεβαίνουν, συναντούν ψυχρότερα στρώματα νερού και ό άτμός τους ύγροποιείται. Έτσι οι φυσαλίδες εξαφανίζονται παράγοντας ένα χαρακτηριστικό συριγμό (ήχο) που αποτελεί προμήνυμα του βρασμού.

Όταν ή θερμοκρασία του νερού φθάσει στους 100°C , παράγονται σέ όλη τή μάζα του νερού μεγαλύτερες φυσαλίδες άτμοϋ. Οι φυσαλίδες αυτές φθάνουν ως την ελεύθερη επιφάνεια του νερού και εκεί σπάζουν δημιουργώντας σ' αυτή άναταραχή. Από τή στιγμή αυτή λέμε ότι άρχίζει ό β ρ α σ μ ό ς του νερού. Άρα:

Βρασμός λέγεται ή γρήγορη παραγωγή άτμών από όλη τή μάζα ενός ύγρου μέ μορφή φυσαλίδων.

II. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΒΡΑΣΜΟΥ

Αν κατά την έκτέλεση του πειράματος του Σχ. 1 ή άτμοσφαιρική πίεση παραμένει σταθερή και σημειώνουμε τή θερμοκρασία του νερού, π.χ. κάθε 1 min, μπορούμε νά κατασκευάσουμε τό διάγραμμα του Σχ. 2. Από τίς μετρήσεις αυτές ή από τό διάγραμμα προκύπτουν οι εξής νόμοι του βρασμού:



Σχ. 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος σε συνάρτηση με τό χρόνο κατά τό πείραμα του βρασμού

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.

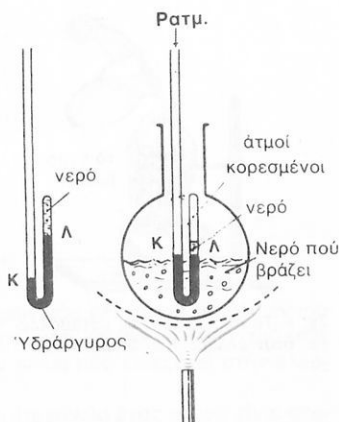
III. ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΕΞΑΕΡΩΣΕΩΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΒΡΑΣΜΟ

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 ατμό (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
Διοξειδίο του θείου	-10	95
Βενζίνη	80	94
Αιθέρας	35	90
Υδράργυρος	357	68



Σχ. 4. Τό σημείο ζέσεως μεταβάλλεται, όταν αλλάζει ή εξωτερική πίεση

θερη επιφάνεια του νερού που βράζει. Η πίεση στη στάθμη Α είναι ίση με την τάση του κορεσμένου ατμού του νερού. Από αυτά προκύπτει το παρακάτω συμπέρασμα που αποτελεί τη συνθήκη του βρασμού.

Γιά να βράσει ένα υγρό, πρέπει ή τάση του κορεσμένου ατμού του να γίνει ίση με την πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

V. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΕΩΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΖΕΩΣ

Σε μία ανοικτή φιάλη βάζουμε νερό και τό βράζουμε για αρκετό χρόνο, έτσι ώστε οι ατμοί που παράγονται να εκδιώξουν όλο τον αέρα της φιάλης. Ύστερα πωματίζουμε τη φιάλη και την 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 να βράζει, αν και ή θερμοκρασία του γίνεται μικρότερη από τούς 100 °C εξαιτίας του ψυχρού νερού. Εκτός όμως από τό νερό της φιάλης ψύχονται και υγροποιούνται και οι κορεσμένοι υδρατμοί, με αποτέλεσμα να 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 αντίστροφως.

Εφαρμογές. Η χύτρα πίεσης (χύτρα ταχύτητας) είναι ένα μεταλλικό δοχείο με ανθεκτικά τοιχώματα που κλείνει αεροστεγώς (Σχ. 5). Η θερμοκρασία του νερού, που θερμαίνουμε μέσα στην κλειστή αυτή χύτρα, μπορεί να φθάσει ως τούς 120 °C χωρίς τό νερό να βράσει. Αυτό συμβαίνει, γιατί ή πίεση που επικρατεί στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού (πίεση του αέρα + τάση του κορεσμένου υδρατμού) είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την τάση του κορεσμένου υδρατμού.

Όταν ή θερμοκρασία φθάσει στους 120 °C,

βαλβίδα που ρυθμίζει την πίεση στο έσωτερικό της χύτρας



Σχ. 5. Χύτρα πίεσης

ανοίγει αυτόματα για λίγο μία ασφαλιστική βαλβίδα, βγαίνει έξω λίγος ατμός και αποφεύγεται έτσι η έκρηξη της χύτρας και η αύξηση της θερμοκρασίας. Με τη χύτρα πιέσεως 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 πιέσεως 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. Να διατυπώσετε τη συνθήκη του βρασμού.
3. Τι παριστάνουν τα ευθύγραμμα 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 Όλυμπου; (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, μολονότι 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 ονομάζεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο ένα αέριο ή ατμός μετατρέπεται σε υγρό.

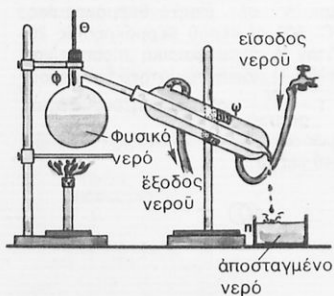
Η θερμότητα Q που δίνει ή μάζα m των ατμών κατά την υγροποίησή τους υπολογίζεται από τή σχέση $Q = L \cdot m$.

Ο συντελεστής L είναι ή 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 νά κυκλοφορεί νερό τής βρύσης που διαρκώς ανανεώνεται.

Βάζουμε μέσα στη φιάλη φυσικό νερό, τήν πωματίζουμε και θερμαίνουμε τό νερό ώσπου νά βράσει. Οι υδρατμοί που παράγονται οδηγούνται στόν εξωτερικό σωλήνα του ψυκτήρα, ψύχονται σόν τοιχώματά του, εξαιτίας του 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 έξεραωθεί όλο το νερό τής φιάλης, παρατηρούμε στόν πυθμένα της ένα λευκό ίζημα. Αυτό τό ίζημα άποτελείται από διάφορα άλατα πού ήταν διαλυμένα στο φυσικό νερό και άποχωρίστηκαν από αυτό μέ τό βρασμό. Όλη αυτή ή διαδικασία πού περιγράφουμε λέγεται **άπόσταξη**. Έπομένως:

Άπόσταξη ονομάζεται ή διαδικασία κατά τήν όποία άτμοποιούμε ένα υγρό μέ βρασμό και στή συνέχεια υγροποιούμε τούς άτμούς του μέ ψύξη.

Έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα τής άποστάξεως χρησιμοποιώντας, αντί του φυσικού νερού, μείγμα δύο υγρών μέ διαφορετικά σημεία ζέσεως. Παρατηρούμε τότε ότι πρώτα άτμοποιείται και άποστάζει τό συστατικό του μείγματος πού έχει μικρότερο σημείο ζέσεως και ύστερα τό άλλο. Η άπόσταξη αυτή, μέ τήν όποία διαχωρίζουμε ένα υγρό μείγμα στα συστατικά του, λέγεται **κλασματική άπόσταξη**.

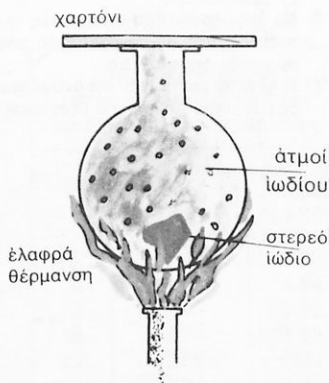
Έφαρμογές. Μέ τήν άπόσταξη παίρνουμε άποσταγμένο νερό από τό φυσικό νερό, οινόπνευμα από τά οίνοπνευματώχα υγρά, διάφορα οίνοπνευματώχα ποτά (ούζο, ούίски, κονιάκ) κτλ. Μέ τήν κλασματική άπόσταξη διαχωρίζουμε τό άργό πετρέλαιο στα διάφορα συστατικά του (βενζίνες, φωτιστικό πετρέλαιο, όρυκτέλαιο κτλ).

III. ΕΞΑΧΝΩΣΗ

Γιά νά προστατεύσουμε τά μάλλινα ρούχα από τό σκόρο, χρησιμοποιούμε βώλους ναφθαλίνης. Οί βώλοι αυτοί ύστερα από μερικούς μήνες μικραίνουν ή και εξαφανίζονται. Αυτό συμβαίνει γιατί ή στερεή ναφθαλίνη μετατρέπεται κατευθείαν σε άτμούς (σε άέριο). Τό φαινόμενο αυτό λέγεται **έξάχνωση**. Έπομένως:

Έξάχνωση λέγεται τό φαινόμενο κατά τό όποίο ένα στερεό μετατρέπεται σε άέριο χωρίς νά μεσολαβήσει ή υγροποίησή του.

Έξάχνωση παρατηρείται στή ναφθαλίνη, στο ιώδιο (Σχ. 2), στόν πάγο, στο στερεό διοξείδιο του άνθρακα, στήν καμφορά κτλ. Οί άτμοί πού παράγονται από τήν έξάχνωση μπορεί νά είναι κορεσμένοι ή άκόρεστοι και άκολουθούν τούς



Σχ. 2. Έξάχνωση 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 το φαινόμενο κατά το οποίο ένα αέριο ή ατμός μετατρέπεται σε υγρό.
2. Η θερμότητα που δίνουν οι ατμοί όταν υγροποιούνται, υπολογίζεται από τη σχέση $Q = L \cdot m$.
3. Κατά την απόσταξη παράγουμε ατμούς ενός υγρού με βρασμό και στη συνέχεια υγροποιούμε τους ατμούς του με ψύξη.
4. Με την κλασματική απόσταξη διαχωρίζουμε ένα μίγμα υγρών στα συστατικά του, χάρη στα διαφορετικά σημεία ζέσεως των υγρών.
5. Εξάχνωση λέγεται το φαινόμενο κατά το οποίο ένα στερεό μετατρέπεται άπευθείας σε αέριο, χωρίς δηλ. να μεσολαβήσει η υγροποίησή του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να περιγράψετε τη συσκευή απόσταξεως.
2. Ποιά από τα παρακάτω φαινόμενα παρατηρούνται στην απόσταξη: α) τήξη; β) εξαέρωση; γ) πήξη; δ) βρασμός; ε) υγροποίηση;
3. Να αναφέρετε δύο εφαρμογές της απόσταξεως και δύο εφαρμογές της κλασματικής απόσταξεως.
4. Τί λέγεται εξάχνωση; Να αναφέρετε τρία σώματα που παθαίνουν εξάχνωση.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση θερμότητα ελευθερώνεται, όταν υγροποιούνται 15 gr υδρατμού θερμοκρασίας 100 °C και μετατρέπονται σε νερό της ίδιας θερμοκρασίας; Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr.
2. Πόση θερμότητα ελευθερώνεται, όταν 50 gr υδρατμών θερμοκρασίας 100 °C μετατρέπονται σε νερό θερμοκρασίας 70 °C; Η ειδική θερμότητα εξαερώσεως του νερού στους 100 °C είναι 540 cal/gr και η ειδική θερμότητα του νερού είναι $1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$.

ΥΓΡΑΣΙΑ

I. ΑΠΟΛΥΤΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντοτε υδρατμούς, γιατί το νερό που υπάρχει στην επιφάνεια της γης συνεχώς εξατμίζεται. Για να προσδιορίζουμε την ποσότητα των υδρατμών της ατμόσφαιρας, όριζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την απόλυτη υγρασία β .

Απόλυτη υγρασία β λέγεται τό φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με τό πηλίκο της μάζας m των υδρατμών, που υπάρχουν σε κάποιο όγκο V του ατμοσφαιρικού αέρα, διά του όγκου αυτού.

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

Η απόλυτη υγρασία, όπως προκύπτει από τη σχέση (1), μετριέται σε gr/m^3 και είναι αριθμητικά ίση με τη μάζα των υδρατμών σε gr που υπάρχουν σε 1 m^3 αέρα.

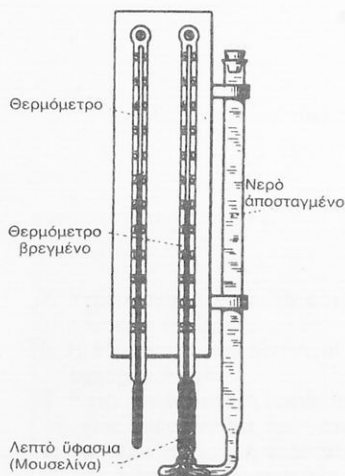
Η απόλυτη υγρασία ενός χώρου με σταθερή θερμοκρασία εξαρτάται μόνο από την ποσότητα των υδρατμών που περιέχει και γίνεται μέγιστη, όταν ο χώρος αυτός κορεσθεί με υδρατμούς. Ο ίδιος χώρος σε μεγαλύτερη θερμοκρασία θα χρειάζεται περισσότερους υδρατμούς για να κορεσθεί και θα έχει τότε ακόμα μεγαλύτερη απόλυτη υγρασία. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι η απόλυτη υγρασία που αντιστοιχεί στην κατάσταση κόρου αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.

II. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η υγεία μας και διάφορα φαινόμενα που γίνονται στην ατμόσφαιρα (εξάτμιση του νερού, υγροποίηση των υδρατμών) επηρεάζονται από την ποσότητα των υδρατμών που χρειάζεται κάποιος χώρος για να γίνει κορεσμένος. Για να προσδιορίζουμε την ποσότητα αυτή των υδρατμών, όριζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τη σχετική υγρασία Σ .

ΠΙΝΑΚΑΣ I

Απόλυτη υγρασία στην κατάσταση κόρου σε διάφορες θερμοκρασίες		
θ σε $^{\circ}\text{C}$	Τάση κορεσμ. υδρατμών σε Torr	Απόλυτη υγρασία 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 τό 1977	
Μήνας	Μέση μηνιαία τιμή (%)
Ιανουάριος	73,9
Φεβρουάριος	70,4
Μάρτιος	66,1
Απρίλιος	56,4
Μάιος	53,9
Ιούνιος	51,4
Ιούλιος	46,5
Αύγουστος	46,0
Σεπτέμβριος	59,7
Οκτώβριος	61,5
Νοέμβριος	76,5
Δεκέμβριος	74,8

Τά στοιχεία του πίνακα II έχουν ληφθεί από τό Έθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Σχετική υγρασία Σ λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τής μάζας m των ύδρατμών, πού υπάρχουν σέ όρισμένο όγκο αέρα, πρós τή μάζα M των ύδρατμών πού έπρεπε νά υπάρχουν στόν ίδιο όγκο αέρα, 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) καί εκφράζεται συνήθως μέ ποσοστό στά εκατό (π.χ. 70%). Όταν ό αέρας είναι τελείως ξηρός ($m=0$), ή σχετική υγρασία είναι μηδέν καί όταν ό αέρας είναι κορεσμένος ($m=M$), ή σχετική υγρασία είναι 100%. Η άριστη σχετική υγρασία γιά τήν υγεία 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 καί τόσο μικρότερη είναι ή ένδειξη του θερμομέτρου αυτού. Τό άλλο θερμόμετρο δείχνει πάντοτε τή θερμοκρασία του αέρα. Από τή διαφορά των ένδειξεων των δύο θερμομέτρων καί μέ τή βοήθεια ειδικών πινάκων βρίσκουμε τή σχετική υγρασία.

III. ΣΗΜΕΙΟ ΔΡΟΣΟΥ

Όταν ψύξουμε τόν αέρα ενός δωματίου, ή απόλυτη υγρασία του θά παραμείνει ή ίδια, ενώ ή σχετική υγρασία του θά αύξηθεί γιατί θά ελαττωθεί ή μάζα M των 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**. Είχαι φανερό ότι σέ θερμοκρασία μικρότερη από τό σημείο δρόσου ένα μέρος των ύδρατμών θά υγροποιηθεί καί θά πέσει ως δρόσιá (δρόσος). Επομένως:

Σημείο δρόσου λέγεται ή θερμοκρασία στην οποία πρέπει νά ψύξουμε τόν ατμοσφαιρικό αέρα ενός χώρου, γιά νά κορεσθεί αυτός μέ ύδρατμούς.

IV. ΝΕΦΗ ΚΑΙ ΟΜΙΧΛΗ

Οί μάζες του αέρα πού άνεβαίνουν ψηλά στην ατμόσφαιρα ψύχονται και ένα μέρος των ύδρατμών τους μετατρέπεται σέ σταγονίδια νερού ή παγοκρυστάλλους ή και στά δύο. Τό σύνολο αυτών των σταγονιδίων ή των παγοκρυστάλλων ή και των δύο λέγεται νέφος. Τό νέφος πού σχηματίζεται κοντά στην επιφάνεια της γής λέγεται ομίχλη.

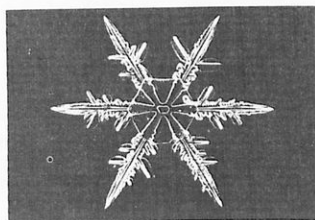
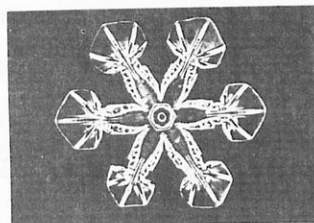
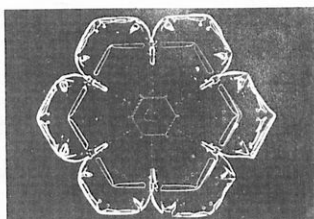
V. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ

Ο αέρας πού έρχεται σέ επαφή μέ τό έδαφος ψύχεται τή νύκτα και ένα μέρος των ύδρατμών του ύγροποιείται, όταν ή θερμοκρασία του γίνει μικρότερη από τό σημείο δρόσου. "Αν κατά τήν ψύξη αυτή ή θερμοκρασία του αέρα παραμείνει μεγαλύτερη από τούς 0°C , οί ύδρατμοί μετατρέπονται σέ λεπτά σταγονίδια νερού πού εμφανίζονται στά φύλλα των χόρτων και λέγονται δρόσος (δροσιά). "Αν όμως ή θερμοκρασία του αέρα γίνει μικρότερη από τούς 0°C , οί ύδρατμοί στερεοποιούνται κατευθείαν και σχηματίζεται στό έδαφος ή πάχνη.

Τά σταγονίδια του νέφους πολλές φορές συνενώνονται σέ μεγαλύτερες σταγόνες νερού και πέφτουν στό έδαφος εξαιτίας του βάρους τους και αποτελούν τή βροχή.

"Όταν οί μάζες του αέρα ψυχθούν ψηλά στην ατμόσφαιρα σέ θερμοκρασία μικρότερη από τούς 0°C , οί ύδρατμοί μετατρέπονται κατευθείαν σέ παγοκρυστάλλους πού πέφτουν στό έδαφος και αποτελούν τό χιόνι (Σχ. 2).

"Όταν σέ ένα νέφος υπάρχουν σχηματισμένες σταγόνες νερού και τό νέφος ψυχθεί απότομα σέ θερμοκρασία μικρότερη από τούς 0°C , οί σταγόνες μετατρέπονται σέ μικρά κομμάτια πάγου. Αυτά πέφτουν στή γή και αποτελούν τό χαλάζι.



Σχ. 2. Κρύσταλλοι χιονιού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η απόλυτη ύγρασία δίνεται από τή σχέση:

$$\text{απόλυτη ύγρασία} = \frac{\text{μάζα υδρατμών}}{\text{όγκος αέρα}} \quad \beta = \frac{m}{V}$$

Η απόλυτη ύγρασία μετριέται σε gr/m^3 .

Η απόλυτη ύγρασία που αντιστοιχεί στην κατάσταση κόρου αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία.

2. Η σχετική ύγρασία δίνεται από τη σχέση:

$$\text{σχετική ύγρασία} = \frac{\text{μάζα υδρατμών}}{\text{μάζα κορεσμένων υδρατμών}} \quad \Sigma = \frac{m}{M}$$

Η σχετική ύγρασία είναι καθαρός αριθμός και εκφράζεται συνήθως με ποσοστό στα εκατό, π.χ. 60%.

- Τό ψυχρόμετρο είναι όργανο με τό οποίο μετράμε τη σχετική ύγρασία ενός χώρου.
- Σημείο δρόσου λέγεται η θερμοκρασία στην οποία πρέπει νά ψύξουμε τόν ατμοσφαιρικό αέρα ενός χώρου, γιά νά κορεσθεί αυτός με υδρατμούς.
- Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι ή βροχή, τό χιόνι, τό χαλάζι, ή δρόσος καί ή πάχνη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Γιατί κατά τό καλοκαίρι ζεσταίνουμε περισσότερο, όταν ο καιρός είναι υγρός;
- Πώς μπορούμε νά αυξήσουμε τη σχετική ύγρασία ενός χώρου;
- α) Τί είναι τό σημείο δρόσου; β) Τί συμβαίνει σε θερμοκρασία μικρότερη από τό σημείο δρόσου;
- α) Πώς σχηματίζεται ή δρόσος καί πώς ή πάχνη; β) Ποιά σχέση υπάρχει μεταξύ του σχηματισμού της πάχνης καί της εξαχνώσεως του πάγου;
- α) Πώς σχηματίζεται τό χιόνι καί πώς τό χαλάζι; β) Νά βρείτε κοινά σημεία της πάχνης καί του χιονιού.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Ο όγκος μιάς σχολικής αίθουσας είναι 150 m^3 . Νά βρείτε τη μάζα των υδρατμών πού περιέχει ή αίθουσα αυτή, όταν ή απόλυτη ύγρασία είναι 13 gr/m^3 .
- Ένας χώρος περιέχει 20 gr υδρατμού, ενώ γιά τόν κορεσμό του χρειάζεται 40 gr υδρατμού. Νά βρείτε τη σχετική ύγρασία του.
- Ορισμένος όγκος ατμοσφαιρικού αέρα περιέχει 24 gr υδρατμών. Πόση μάζα υδρατμών πρέπει νά περιέχει, γιά νά είναι κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία, αν ή σχετική ύγρασία του είναι 60%;

ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ι. ΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

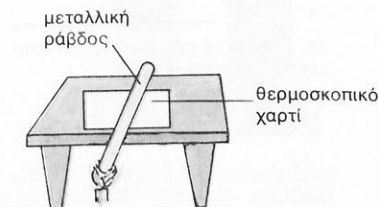
α. Έννοια της αγωγής της θερμότητας. Η μεταλλική ράβδος του Σχ. 1 βρίσκεται πάνω σε θερμοσκοπικό χαρτί, που είναι λευκό στη συνηθισμένη θερμοκρασία και γίνεται θαλασσί όταν θερμανθεί. Θερμαίνουμε το ελεύθερο άκρο της ράβδου και παρατηρούμε ότι το χαρτί κατά μήκος αυτής γίνεται θαλασσί. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι η θερμότητα που παίρνει από τη φλόγα το ελεύθερο άκρο της ράβδου διαδίδεται διαμέσου της μάζας της.

Μπορούμε να εξηγήσουμε τη διάδοση αυτή της θερμότητας, αν σκεφθούμε τη θερμική κίνηση των μορίων. Τα μόρια που βρίσκονται στο ελεύθερο άκρο της ράβδου, εξαιτίας της θερμάνσεως, αποκτούν μεγαλύτερη ενέργεια και κατά τις συγκρούσεις με τα γειτονικά μόρια δίνουν σ' αυτά ένα μέρος από την ενέργειά τους. Έτσι τα γειτονικά μόρια θερμαίνονται και με τον ίδιο μηχανισμό μεταδίδουν ενέργεια σε άλλα μόρια κ.ο.κ. με αποτέλεσμα να διαδίδεται η θερμότητα από το ένα μόριο στο άλλο, χωρίς να μεταφέρονται τα μόρια (Σχ. 2). Ο τρόπος αυτός διαδόσεως της θερμότητας λέγεται αγωγή της θερμότητας. Επομένως:

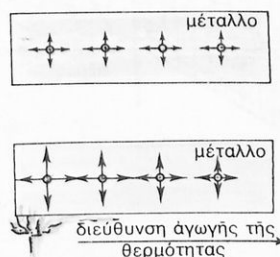
Αγωγή της θερμότητας λέγεται η μεταβίβαση θερμικής ενέργειας από το θερμότερο στο ψυχρότερο μέρος ενός σώματος, χωρίς να μεταφέρεται ή ύλη του.

β. Καλοί και κακοί αγωγοί της θερμότητας.

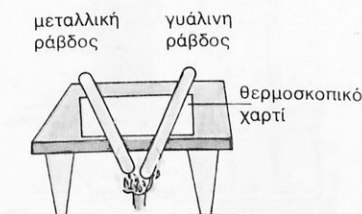
Οι δύο ράβδοι του Σχ. 3, μία μεταλλική και μία γυάλινη, βρίσκονται πάνω σε θερμοσκοπικό χαρτί. Θερμαίνουμε τα ελεύθερα άκρα τους συγχρόνως με την ίδια φλόγα και παρατηρούμε ότι το χαρτί αλλάζει χρώμα σε όλο το μήκος της μεταλλικής ράβδου και λίγο στη αρχή της γυάλινης. Αυτό συμβαίνει γιατί η αγωγή της θερμότητας



Σχ. 1. Αγωγή της θερμότητας



Σχ. 2. Ερμηνεία της αγωγής της θερμότητας



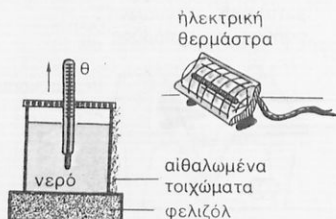
Σχ. 3. Η αγωγή της θερμότητας γίνεται πιο εύκολα στα μέταλλα παρά στο γυαλί



Σχ. 4. Τό νερό έχει πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα



Σχ. 5.



Σχ. 6. Διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία

τητας γίνεται πιά εύκολα στό μέταλλο παρά στό γυαλί.

Τά ύλικά στό όποία ή άγωγή τής θερμότητας γίνεται εύκολα λέγονται **καλοί άγωγοί τής θερμότητας**. Τέτοια ύλικά είναι τά μέταλλα. Τά ύλικά στό όποία ή άγωγή τής θερμότητας γίνεται δύσκολα,λέγονται **κακοί άγωγοί τής θερμότητας**. Τέτοια ύλικά είναι τό γυαλί, ό φελλός, ό άμίαντος, τό ξύλο, οί ρητίνες, τά λίπη, τά ύγρά καί τά άέρια, τό φελιζόλ κτλ.

Ή πολύ μικρή θερμική άγωγιμότητα τών ύγρών φαίνεται μέ τό άκόλουθο πείραμα. Ό δοκιμαστικός σωλήνας τού Σχ. 4 περιέχει νερό καί ένα κομμάτι πάγου πού συγκρατείται κατάλληλα στόν πυθμένα του. Θερμαίνουμε τό σωλήνα κοντά στην έλεύθερη έπιφάνεια τού νερού καί παρατηρούμε ότι σέ λίγο τό νερό βράζει, ένώ ό πάγος δέν τήκεται. Αυτό συμβαίνει γιατί τό νερό είναι κακός άγωγός τής θερμότητας.

γ. Έφαρμογές οί χύτρες τής μαγειρικής κατασκευάζονται από μέταλλα, γιά νά θερμαίνεται γρήγορα τό περιεχόμενό τους, ένώ οί λαβές τους έχουν μονωτικό περίβλημα, γιά νά μήν καϊγόμαστε. Στην όροφή τών σπιτιών καί στό τοιχώματα τών ψυγείων βάζουμε θερμομονωτικά ύλικά (ύαλοβάμβακα, έλαφρόπετρα, φελλό, φελιζόλ κτλ). Τά ρούχα καί τά κλινოსκεπάσματα μάς 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 τού Σχ. 6 περιέχει νερό θερμοκρασίας π.χ. 20 °C. Σέ μικρή άπόσταση από τό δοχείο τοποθετούμε μία ηλεκτρική θερμάστρα. Παρατηρούμε ότι ή θερμοκρασία τού νερού παραμένει ή ίδια, όταν ή θερμάστρα δέ λειτουργεί, ένώ αύξάνεται, όταν ή θερμάστρα λειτουργεί. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι τό πυρακτωμένο σύρμα τής θερμάστρας έκπέμπει στό περιβάλλον του ένέργεια. Ένα μέρος από τήν ένέργεια αύτή φθάνει στό δοχείο καί άπορροφάται από αυτό μέ άποτέλεσμα νά θερμαίνεται τό νερό. Ή

ενέργεια που εκπέμπει τό 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 τό κενό αστρικό διάστημα και την ατμόσφαιρα.

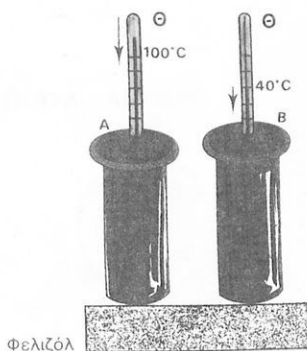
β. Νόμοι της θερμικής ακτινοβολίας.

1. Τα δοχεία Α και Β (Σχ. 7) έχουν αιθαλωμένα τοιχώματα. Στο Α βάζουμε νερό θερμοκρασίας π.χ. 100°C και στο Β βάζουμε ίση ποσότητα νερού μικρότερης θερμοκρασίας π.χ. 40°C . Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του νερού στο Α ελαττώνεται με πιο γρήγορο ρυθμό παρά στο Β. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι:

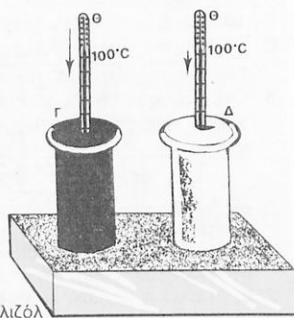
Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει ένα σώμα σε όρισμένο χρόνο αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του.

2. Τό δοχείο Γ (Σχ. 8) έχει μαύρα και ανώμαλα τοιχώματα, ενώ τό δοχείο Δ έχει τοιχώματα λεία και στιλπνά. Βάζουμε και στά δύο δοχεία την ίδια ποσότητα ζεστού νερού της ίδιας θερμοκρασίας π.χ. 100°C . Παρατηρούμε ότι τό νερό του δοχείου Γ ψύχεται με πιο γρήγορο ρυθμό από τό νερό του δοχείου Δ.

Χρησιμοποιούμε πάλι τα ίδια δοχεία Γ και Δ και βάζουμε σ' αυτά την ίδια ποσότητα νερού συνηθισμένης θερμοκρασίας π.χ. 20°C . Απέναντι από τά δοχεία και σε μικρή απόσταση από αυτά τοποθετούμε μία ηλεκτρική θερμάστρα που λειτουργεί. Παρατηρούμε ότι τό νερό του



Σχ. 7. Η θερμική ακτινοβολία ενός σώματος αυξάνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του



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 αγωγή, μεταβιβάζεται θερμική ενέργεια από το θερμότερο στο ψυχρότερο μέρος ενός σώματος, χωρίς να μεταφέρεται η ύλη του.
2. Τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας.
Τα υγρά, τα αέρια και πολλά στερεά (γυαλί ξύλο, φελλός, φελιζόλ κτλ.) είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας.
Οι κακοί αγωγοί της θερμότητας χρησιμοποιούνται στις θερμικές μονώσεις.
3. Θερμική ακτινοβολία λέγεται η 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 η 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 έρμηνεύεται η διάδοση της θερμότητας με αγωγή;
β) Γιατί η θερμότητα δε διαδίδεται με αγωγή από τον ήλιο στη γη;
2. α) Τι είναι η θερμική ακτινοβολία;
β) Από τι εξαρτάται η 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 το χειμώνα ανασηκώνουν το πτέρωμά τους;
4. α) Κατά τι διαφέρει η διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία από τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή;
β) Γιατί το δοχείο Γ (Σχ. 8) ψύχεται πιο γρήγορα από το δοχείο Δ;

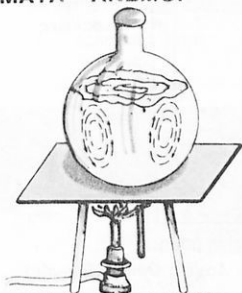
ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΡΕΥΜΑΤΑ – ΑΝΕΜΟΙ

Ι. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΡΕΥΜΑΤΑ

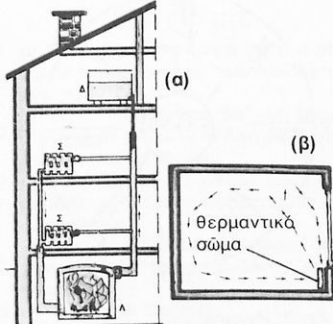
α. Έννοια. Η φιάλη του Σχ. 1 περιέχει νερό π.χ. 20 °C και λεπτά πριονίδια ξύλου (ή ξύσματα μολυβιού). Θερμαίνουμε τόν πυθμένα της φιάλης και παρατηρούμε ότι όλο το νερό θερμαίνεται, μολονότι είναι κακός αγωγός της θερμότητας. Η διάδοση της θερμότητας μέσα στο νερό, από τα κατώτερα θερμά ως τα ανώτερα ψυχρά στρώματά του, γίνεται με τόν έξξ μηχανισμό. Τό νερό πού είναι κοντά στόν πυθμένα θερμαίνεται απευθείας από τή φλόγα, διαστέλλεται, ελαττώνεται ή πυκνότητά του και ανεβαίνει πρὸς τήν ἐπιφάνεια. Ἀντίθετα, τό ψυχρό νερό τῆς ἐπιφάνειας, ἐπειδὴ ἔχει μεγαλύτερη πυκνότητα, κατεβαίνει πρὸς τόν πυθμένα, θερμαίνεται, ανεβαίνει πρὸς τήν ἐπιφάνεια κ.ο.κ. Ἔτσι σχηματίζονται ρεύματα νεροῦ ἀπὸ τόν πυθμένα πρὸς τήν ἐπιφάνεια καί ἀντίστροφα, μέ ἀποτέλεσμα νά θερμαίνεται ὅλη ἡ μάζα τοῦ νεροῦ. Μποροῦμε νά παρατηρήσουμε τά ρεύματα αὐτά, ὅταν παρακολουθήσουμε τά πριονίδια πού παρασύρονται ἀπὸ τά ρεύματα. Ὁ τρόπος αὐτός διαδόσεως τῆς θερμότητας λέγεται **διάδοση τῆς θερμότητας μέ ρεύματα** ἢ μέ **μεταφορά** καί παρατηρεῖται σέ ὅλα τά ὑγρά καί τά ἀέρια σώματα (στά ρευστά). Ἐπομένως:

Διάδοση τῆς θερμότητας μέ ρεύματα λέγεται ἢ μεταφορά θερμικῆς ἐνέργειας ἀπὸ τίς θερμότερες πρὸς τίς ψυχρότερες περιοχές ἐνός ρευστοῦ μέ μετακίνηση τῶν μαζῶν του.

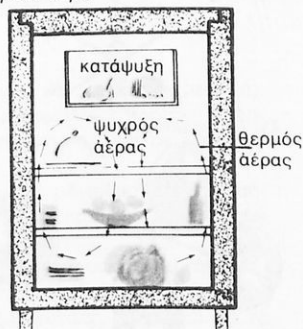
β. Ἐφαρμογές: Στήν κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ) τό νερό πού θερμαίνεται στό λέβητα Λ (Σχ. 2α) μεταφέρεται μέ ρεύματα στά θερμαντικά σώματα Σ τῶν δωματίων. Ἐκεῖ τό νερό ψύχεται ἀποδίδοντας θερμότητα στόν ἀέρα τοῦ δωματίου (Σχ. 2β) καί ὕστερα ἐπιστρέφει στό λέβητα, γιά νά ἐπαναλάβει τόν ἴδιο κύκλο. Στά ψυγεῖα (Σχ. 3) ψυχρός ἀέρας κατεβαίνει



Σχ. 1. Ἡ θερμότητα διαδίδεται στό νερό μέ ρεύματα



Σχ. 2. (α) Κεντρική θέρμανση (καλοριφέρ). (β) Τό δωμάτιο θερμαίνεται μέ ρεύματα ἀέρα



Σχ. 3. Ψυχρά καθοδικά καί θερμά ἀνοδικά ρεύματα ἀέρα στό ψυγεῖο

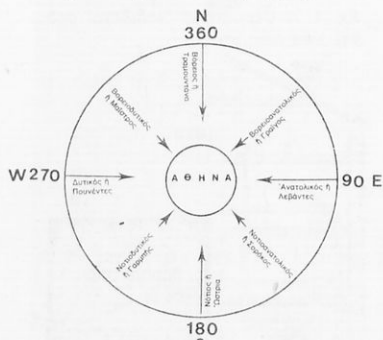


Σχ. 4. Δοχείο Dewar (θερμός)

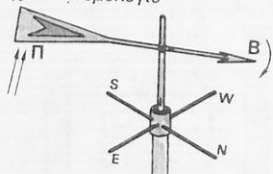
από την κατάψυξη προς τό χώρο πού βρίσκονται τά τρόφιμα. Ὁ αέρας αὐτός ψύχει τά τρόφιμα παίρνοντας θερμότητα ἀπό αὐτά, ἐνῶ ὁ ἴδιος θερμαίνεται καί ἀνεβαίνει πρὸς τό χώρο τῆς καταψύξεως, γιά νά ἐπαναλάβει τόν ἴδιο κύκλο. Μέ τά θαλάσσια ρεύματα καί τοὺς ἀνέμους διαδίδεται ἡ θερμότητα στή θάλασσα καί τήν ἀτμόσφαιρα.

II. ΔΟΧΕΙΟ DEWAR (Θερμός).

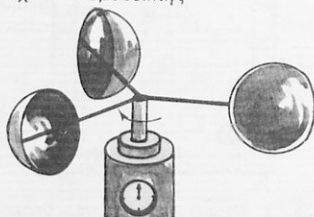
Εἶναι ἓνα γυάλινο δοχεῖο (Σχ. 4) εἰδικῆς κατασκευῆς. Ἔχει διπλά τοιχώματα μέ ἐπαργυρωμένες ἐπιφάνειες, ὥστε νά περιορίζεται στό ἐλάχιστο ἡ διάδοση θερμότητας μέ ἀκτινοβολία. Ἀπό τό χώρο μεταξύ τῶν τοιχωμάτων του ἔχει ἀφαιρεθεῖ ὁ αέρας, γιά νά ἀποφεύγεται ἡ διάδοση θερμότητας μέ ἀγωγή ἢ μέ ρεύματα. Στό θερμός βάζουμε διάφορα ὑγρά (ζεστό καφέ, κρύο νερό κτλ.), ὅταν θέλουμε νά διατηρήσουμε τή θερμοκρασία τους σταθερή γιά ἀρκετό χρόνο.



Σχ. 5. Ἀνεμολόγιο



Σχ. 6. Ἀνεμοδείκτης



Σχ. 7. Ἀνεμόμετρο

III. ANEMOI

α. Ἔννοια τοῦ ἀνέμου.

Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση δέν ἔχει παντοῦ καί πάντοτε τήν ἴδια τιμή. Γενικά στίς περιοχές τῆς ἀτμόσφαιρας πού ἐπικρατεῖ χαμηλή θερμοκρασία ἡ πίεση εἶναι μεγάλη, ἐνῶ στίς περιοχές πού ἐπικρατεῖ μεγάλη θερμοκρασία ἡ πίεση εἶναι μικρή. Ἐξαιτίας τῆς διαφορᾶς αὐτῆς τῶν πιέσεων, κινούνται μάζες ἀέρα ἀπό περιοχές μεγάλης πιέσεως σέ περιοχές πού ἡ πίεση εἶναι μικρότερη. Ὅταν οἱ ἀέρινες μάζες κινούνται ὀριζόντια, λέμε ὅτι σχηματίζεται ἄνεμος, ἐνῶ ὅταν κινούνται κατακόρυφα, λέμε ὅτι σχηματίζεται καθοδικό ἢ ἀνοδικό ρεῦμα. Ἐπομένως:

Ἄνεμος λέγεται ἡ ὀριζόντια μετακίνηση μιᾶς μάζας ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα.

β. Χαρακτηριστικά τοῦ ἀνέμου.

Τά κύρια χαρακτηριστικά τοῦ ἀνέμου εἶναι ἡ διεύθυνση καί ἡ ἔντασή του.

Ἡ διεύθυνση τοῦ ἀνέμου καθορίζεται ἀπό τό σημεῖο τοῦ ὀριζόντα πού πνέει ἡ ἀέρινη μάζα. Ὅταν π.χ. ὁ αέρας κινεῖται ἀπό τό βορρά πρὸς τό νότο ἐνός τόπου, ὁ ἄνεμος λέγεται βόρειος. Οἱ ἄνεμοι ἀνάλογα μέ τή διεύθυνσή τους ἔχουν

διάφορα ονόματα, 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 οργάνου με αποτέλεσμα να στρέφεται τό σύστημα έτσι, ώστε τό βέλος Β νά δείχνει τή διεύθυνση του ανέμου.

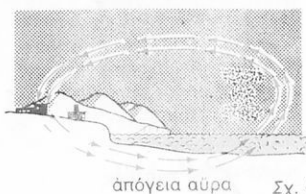
Ένταση του ανέμου λέγεται ή ταχύτητα μέ τήν οποία κινούνται οί αέριες μάζες. Η ένταση του ανέμου μετριέται μέ ειδικά όργανα που λέγονται **άνεμόμετρα**. (Σχ. 7) καί εκφράζεται σέ βαθμούς τής εμπειρικής κλίμακας Beaufort (Μποφώρ)*. Λέμε π.χ. ότι ή ένταση του ανέμου είναι 6 Μποφώρ.

γ. Παραδείγματα ανέμων.

Κατά τή διάρκεια τής ημέρας ή ξηρά θερμαίνεται από τόν ήλιο πιο γρήγορα καί περισσότερο από τή θάλασσα. Έξαιτίας αυτού ή ατμοσφαιρική πίεση πάνω από τή θάλασσα είναι μεγαλύτερη από τήν πίεση που επικρατεί πάνω από τήν ξηρά. Η διαφορά αυτή των πιέσεων δημιουργεί άνεμο που πνέει από τή θάλασσα πρός τήν ξηρά. Ο άνεμος αυτός λέγεται **θαλάσσια αύρα ή μπάτης** (Σχ. 8). Αντίθετα, κατά τή διάρκεια τής νύκτας ή ξηρά είναι πιο ψυχρή από τή θάλασσα μέ αποτέλεσμα νά πνέει άνεμος από τήν ξηρά πρός τή θάλασσα. Ο άνεμος αυτός λέγεται **απόγεια αύρα** (Σχ. 8).

Άλλοι άνεμοι είναι τά **μελέμια** που πνέουν στο Αιγαίο πέλαγος, οί μουσσώνες, ό βαρδάρης κτλ.

* Βλ. Πίνακα IV, στο τέλος του βιβλίου



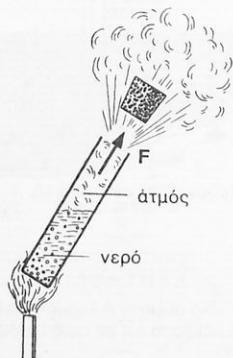
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- α) Σέ ποιά σώματα ή θερμότητα διαδίδεται μέ ρεύματα καί σέ ποιά διαδίδεται μέ αγωγή;
β) Κατά τί διαφέρει ή διάδοση τής θερμότητας μέ ρεύματα από τή διάδοση τής θερμότητας μέ αγωγή;
- α) Γιατί τό δοχείο Dewar (θερμός) εμποδίζει τή διάδοση τής θερμότητας μέ ακτινοβολία;
β) Γιατί έχει αφαιρεθεί ό αέρας από τό χώρο μεταξύ των τοιχωμάτων του δοχείου Dewar;
- α) Τί λέγεται άνεμος;
β) Τί λέγεται ένταση του ανέμου;
- α) Πώς σχηματίζεται ή θαλάσσια αύρα;
β) Κατά τί διαφέρει ή θαλάσσια αύρα από τήν απόγεια αύρα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η θερμότητα διαδίδεται μέ ρεύματα μόνο στά υγρά καί τά αέρια (ρευστά). Κατά τή διάδοση τής θερμότητας μέ ρεύματα, μεταφέρεται θερμική ενέργεια από τίς θερμότερες πρός τίς ψυχρότερες περιοχές ενός ρευστού μέ μετακίνηση των μαζών του.
- Τό δοχείο Dewar (θερμός) είναι ένα γυάλινο δοχείο μέ ειδική κατασκευή, ώστε νά εμποδίζεται ή διάδοση τής θερμότητας διαμέσου των τοιχωμάτων του.
- Άνεμος λέγεται ή οριζόντια μετακίνηση μιās μάζας ατμοσφαιρικού αέρα. Τά κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου είναι ή διεύθυνση καί ή έντασή του. Η διεύθυνση βρίσκεται μέ τόν άνεμοδείκτη καί ή ένταση μετριέται μέ τό άνεμόμετρο καί εκφράζεται σέ βαθμούς τής εμπειρικής κλίμακας Beaufort.

ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ-ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ-ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

Ι. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
ΣΕ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΡΓΟ

Σχ. 1. Μετατροπή της θερμότητας σε μηχανικό έργο

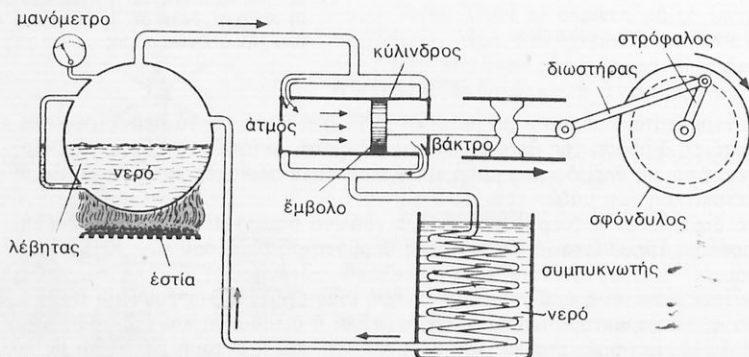
Ο μεταλλικός σωλήνας του Σχ. 1 περιέχει νερό και είναι ελαφρά πωματισμένος. Θερμαίνουμε το σωλήνα και μετά από λίγο χρόνο παρατηρούμε ότι το πώμα εκτινάσσεται, ενώ συγχρόνως βγαίνει από το σωλήνα θερμός ατμός. Είναι φανερό ότι ο ατμός σχηματίζεται εξαιτίας της θερμάνσεως και ότι ο φελλός εκτινάσσεται εξαιτίας της δύναμews που άσκει σ' αυτόν ο ατμός. Η δύναμη του ατμού παράγει μηχανικό έργο, γιατί εκτοξεύει το φελλό.

Από όλα αυτά συμπεραίνουμε ότι:

Η θερμότητα μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό έργο.

Οι μηχανές που μετατρέπουν τη θερμότητα σε μηχανικό έργο λέγονται θερμικές μηχανές.

Η θερμότητα που χρειάζονται οι μηχανές αυτές παράγεται από την καύση διαφόρων καυσίμων (πετρελαίου, άνθρακα, βενζίνας κτλ). Στις ατμομηχανές τα καύσιμα καίγονται έξω από τη μηχανή σε ειδική έστια. Στις μηχανές έσωτερικης καύσεως τα καύσιμα καίγονται μέσα στη μηχανή.



Σχ. 2. Σχηματική παράσταση ατμομηχανής.

II. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

Τά κυριότερα μέρη μιάς ατμομηχανής (Σχ. 2) είναι τά εξής:

1) **Ο λέβητας** (καζάνι). Μέσα στο λέβητα θερμαίνεται νερό υπό πίεση καί παράγεται υπέρθερμος ατμός μέ θερμοκρασία μεγαλύτερη από τούς 100 °C. Η πίεση του ατμού αυτού είναι μεγάλη, π.χ. 12 Atm.

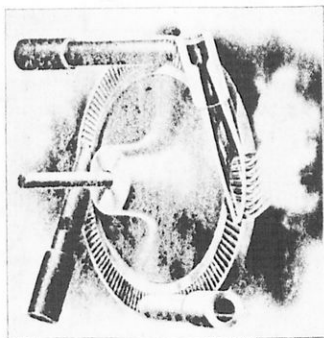
2) **Ο κύλινδρος** μέ τό **έμβολο** (πιστόνι) καί τό **βάκτρο**. Ο ατμός πού παράγεται στό λέβητα εισάγεται κατάλληλα στόν κύλινδρο καί κινεί παλινδρομικά τό έμβολο καί τό βάκτρο.

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 **ιμάντα** (λουρί) σέ άλλη μηχανή, π.χ. σέ γεννήτρια ήλεκτρικού ρεύματος.

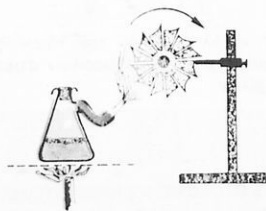
4) **Ο συμπυκνωτής** πού είναι ένα μεταλλικό δοχείο πού ψύχεται μέ ρεύμα νερού. Οι υδρατμοί, όταν φύγουν από τόν κύλινδρο, οδηγούνται στό συμπυκνωτή καί εκεί υγροποιούνται. Τό νερό πού σχηματίζεται έπιστρέφει στό λέβητα. Οι ατμομηχανές των σιδηροδρόμων δέν έχουν συμπυκνωτή καί ο ατμός από τόν κύλινδρο φεύγει στην ατμόσφαιρα. Οι ατμομηχανές χρησιμοποιούνται σέ διάφορα εργοστάσια καθώς καί γιά τήν κίνηση τραίνων καί ατμοπλοίων.

III. ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

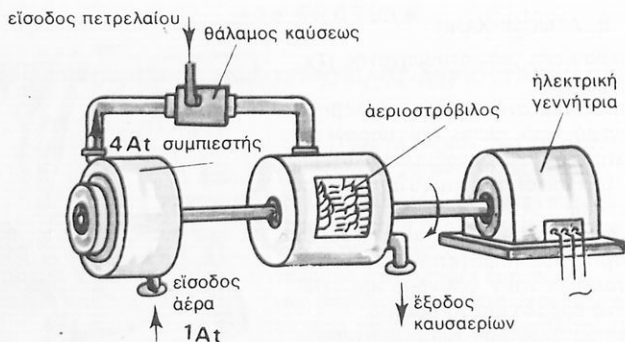
Ο ατμοστροβίλος (ατμοτουρμπίνα) στην απλούστερη μορφή του αποτελείται από έναν τροχό, πού έχει στην περιφέρειά του καμπυλωτά πτερύγια καί τέσσερις ακίνητους ατμοσωλήνες κατάλληλα τοποθετημένους (Σχ. 3). Ο ατμός πού παράγεται στό λέβητα οδηγείται στους ατμοσωλήνες, **εξέρχεται** από αυτούς μέ μεγάλη ταχύτητα καί προσκρούει στά πτερύγια μέ αποτέλεσμα νά στρέφεται ο τροχός. Μέ τόν ατμοστροβίλο λοιπόν, σέ αντίθεση μέ τήν ατμομηχανή, επιτυγχάνουμε κατευθείαν στροφική κίνηση, δαπανώντας θερμότητα. Οι ατμοστροβίλοι χρησιμοποιούνται γιά τήν παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καί γιά τήν κίνηση των πλοίων. Στο Σχ. 4 βλέπουμε ένα στοιχειώδη ατμοστροβίλο του εργαστηρίου πού περιστρέ-



Σχ. 3. Ατμοστροβίλος

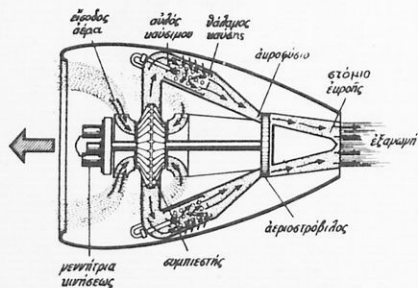


Σχ. 4. Ατμοστροβίλος σχολικού εργαστηρίου



Σχ. 5. Μὲ τὸν ἀεριοστρόβιλο κινεῖται ἡ ἡλεκτρικὴ γεννήτρια καὶ παράγει ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια

φεται, ὅταν ὁ ἀτμὸς πού βγαίνει ἀπὸ τὸ ἀκροφύσιο προσκρούει στὰ πτερύγιά του.



Σχ. 6. Κινητήρας ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου



Σχ. 7. «Αἰόλου πύλαι» τοῦ Ἡρῶνος. Ὁ πρόδρομος τῶν σημερινῶν ἀεροστροβίλων

IV. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ

Ὁ ἀεριοστρόβιλος (ἀεριοτουρμπίνα) εἶναι μία θερμικὴ μηχανὴ πού χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμο τὸ πετρέλαιο (Σχ. 5). Ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ συμπιεστή, τὸ θάλαμο καύσεως καὶ τὸν κυρίως ἀεριοστρόβιλο, πού ὁμοιάζει στὴν κατασκευὴ μὲ τὸν ἀτμοστρόβιλο (τροχὸς μὲ πτερύγια). Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας εἰσέρχεται στὸ συμπιεστή καὶ συμπιέζεται, ὥσπου ἡ πίεσή του νὰ γίνῃ π.χ. 4At. Ὁ συμπιεσμένος ἀέρας ἀπὸ τὸ συμπιεστή ὁδηγεῖται στὸ θάλαμο καύσεως. Ἐκεῖ καίγεται τὸ πετρέλαιο πού χύνεται στὸ θάλαμο καὶ ἀπὸ τὴν καύση σχηματίζεται ἓνα μείγμα καυσαερίων καὶ ἀέρα, πού ἔχει ὑψηλὴ θερμοκρασία. Τὸ ἀέριο αὐτὸ μείγμα βγαίνει ἀπὸ τὸ θάλαμο καύσεως καὶ προσκρούει μὲ μεγάλῃ ταχύτητα στὰ πτερύγια τοῦ ἀεριοστροβίλου μὲ ἀποτέλεσμα νὰ στρέφεται ὁ τροχός.

Ὁ ἀεριοστρόβιλος χρησιμοποιεῖται στὰ ἀεροπλάνα (Σχ. 6), στὰ πλοία καὶ στὰ ἐργοστάσια παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ θερμότητα μπορεῖ νὰ μετατραπῇ σέ μηχανικὸ ἔργο. Οἱ μηχανές πού μετατρέπουν τὴ θερμότητα σέ μηχανικὸ ἔργο λέγονται θερμικὲς μηχανές.
2. Τὰ κυριότερα μέρη μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι τὰ ἑξῆς: Ὁ λέβητας (καζάνι), ὁ

κύλινδρος με τό έμβολο (πιστόνι) καί τό βάκτρο, τό σύστημα διωστήρα - στροφάλου, ό σφόνδυλος καί ό συμπτυκνωτής. Ό ύδρατμός πού παράγεται στό λέβητα εισάγεται στόν κύλινδρο καί κινεί παλινδρομικά τό έμβολο καί τό βάκτρο. Τό σύστημα διωστήρα - στροφάλου μετατρέπει τήν παλινδρομική κίνηση του έμβόλου σέ στροφική κίνηση του σφονδύλου. Στο συμπτυκνωτή ύγροποιούνται οι ύδρατμοί.

3. Τό κύριο μέρος ενός άτμοστροβίλου είναι ένας τροχός με πτερύγια. Με τόν άτμοστρόβιλο έπιτυγχάνουμε κατευθείαν στροφική κίνηση, δαπανώντας θερμότητα.
4. Ό άεριοστρόβιλος άποτελείται από τό συμπίεστή του άέρα, τό θάλαμο καύσεως του πετρελαίου καί έναν τροχό με πτερύγια πού στρέφεται από τά καυσάερια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. α) Ποιά είναι τά κυριότερα μέρη μιås άτμομηχανής;
β) Τι έπιτυγχάνουμε 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 πρός τήν άτμομηχανή;
4. Νά εξηγήσετε τόν τρόπο λειτουργίας τής άεριοστρμπίνας.
1. Ό συντελεστής άποδόσεως μιås άτμομηχανής είναι 0,25. Πόση ένέργεια παίρνουμε από τή μηχανή αυτή, άν ή δαπάνωμενη ένέργεια είναι 200 KWh;
2. Ό συντελεστής άποδόσεως ενός άτμοστροβίλου είναι 35%. Πόση ένέργεια πρέπει νά προσφέρουμε στόν άτμοστρόβιλο αυτό, άν θέλουμε νά μås άποδώσει ένέργεια 50000 KWh;

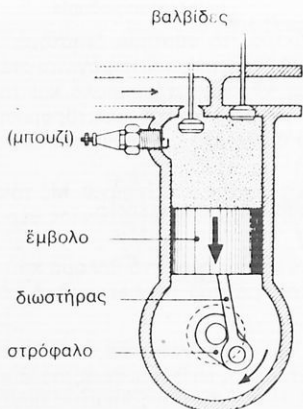
44η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ - ΨΥΓΕΙΑ

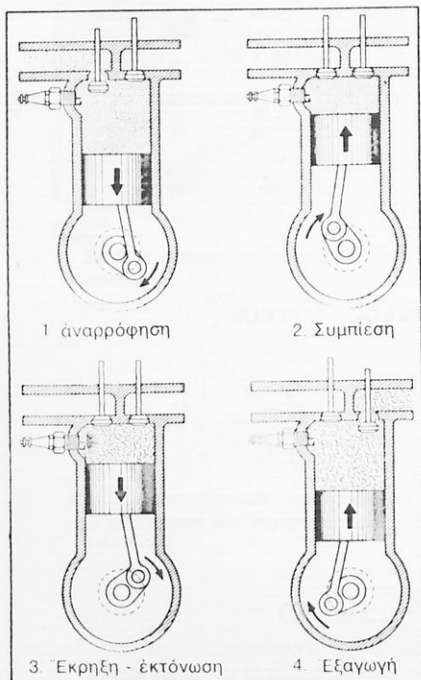
Ι. ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΟΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

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. 1). 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 άυτοκινήτου. Στόν κύλινδρο ύπάρχουν δύο βαλβίδες, ή **βαλβίδα εισα-**



Σχ. 1. Τομή τετράχρονου βενζινοκινητήρα



Σχ. 2. Ο κύκλος λειτουργίας του τετράχρονου βενζινοκινητήρα

γωγής από την οποία εισέρχεται στον κύλινδρο το έκρηκτικό μείγμα βενζίνης-αέρα και η βαλβίδα εξαγωγής από την οποία εξέρχονται τα καυσαέρια.

Στόν κύλινδρο επίσης είναι προσαρμοσμένος ο **ανάφλεκτῆρας** ή **σπινθηριστής** (μπουζί), πού χρειάζεται για τήν ανάφλεξη του μείγματος βενζίνης-αέρα.

Ἡ **πυξίδα λιπάνσεως** (κάρτερ) περιέχει τό ὀρυκτέλαιο (λάδι) πού χρειάζεται για τή λιπάνση τῆς μηχανῆς.

Κύκλος λειτουργίας τῆς μηχανῆς.

Ἡ λειτουργία τοῦ κινητήρα αὐτοῦ ὁλοκληρώνεται σέ τέσσερις χρόνους (τετράχρονος κινητήρας) (Σχ. 2), πού εἶναι οἱ ἑξῆς:

1ος χρόνος. Αναρρόφηση. Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι ἡ μηχανή λειτουργεῖ καί τό ἔμβολο βρίσκεται στό ἀνώτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του. Ἡ κίνηση τοῦ ἄξονα τῆς μηχανῆς παρασύρει τό ἔμβολο πρὸς τά κάτω. Τότε ἀνοίγει ἡ βαλβίδα εἰσαγωγῆς καί τό μείγμα βενζίνης-αέρα ἀναρροφᾶται καί εἰσέρχεται στόν κύλινδρο. Ἡ βαλβίδα εξαγωγῆς παραμένει κλειστή. Ἡ ἀναρρόφηση συνεχίζεται, ὥσπου νά φθάσει τό ἔμβολο στό κατώτερο ἄκρο τῆς διαδρομῆς του.

2ος χρόνος. Συμπίεση. Τό ἔμβολο παρασύρεται πάλι ἀπό τήν κίνηση τοῦ ἄξονα τῆς μηχανῆς καί ἀρχίζει νά ἀνεβαίνει. Τότε, ἐπειδὴ καί οἱ δύο βαλβίδες εἶναι κλειστές, τό μείγμα βενζίνης-αέρα συμπιέζεται.

3ος χρόνος. Έκρηξη καί έκτόνωση. Λίγο πρὶν φθάσει τό ἔμβολο στό ἀνώτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του, δημιουργεῖται κατάλληλα στόν ἀναφλεκτήρα ἡλεκτρικός σπινθήρας καί τό μείγμα βενζίνης-αέρα ἀναφλέγεται ἀπότομα (έκρηξη). Ἀπό τήν καύση αὐτὴ παράγεται μεγάλη θερμότητα καί γι' αὐτό τὰ καυσαέρια ἀποκοτῶν μεγάλη θερμοκρασία (2000 °C) καί πίεση. Ἐπειδὴ οἱ βαλβίδες παραμένουν κλειστές, τὰ καυσαέρια δέν ἔχουν χώρο διαφυγῆς, ὡθοῦν τό ἔμβολο πρὸς τά κάτω καί ἔτσι ἐκτονώνονται.

4ος χρόνος. Εξαγωγή. Τό ἔμβολο κινεῖται πρὸς τά πάνω, ἡ βαλβίδα εξαγωγῆς ἀνοίγει καί τὰ καυσαέρια βγαίνουν ἔξω ἀπὸ τόν κύλινδρο. Ὅταν τό ἔμβολο φθάσει στό ἀνώτερο σημεῖο τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβίδα εξαγωγῆς κλείνει καί ἐπαναλαμβάνονται οἱ ἴδιες λειτουργίες μέ

τήν ίδια σειρά. Τό σύνολο τών τεσσάρων αὐτῶν χρόνων λέγεται **κύκλος λειτουργίας** τῆς μηχανῆς. Κατά τή διάρκεια ἑνός κύκλου λειτουργίας ἡ μηχανή παράγει ἔργο μόνο στόν 3ο χρόνο, ἐνῶ οἱ ἄλλοι χρόνοι παραμένουν «νεκροί». Γιά 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 μοτοσικλέτες καί σέ μικρά ἀεροπλάνα.

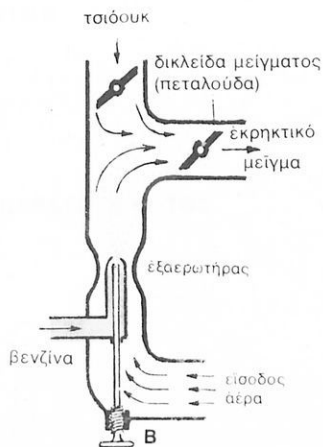
Ἐκτός ἀπό τοῦς τετράχρονους βενζινοκινητήρες, ὑπάρχουν καί οἱ κινητήρες Diesel (Ντῆ-ζελ) πού χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμο τό πετρέλαιο. Ἡ λειτουργία τους μοιάζει μέ τή λειτουργία τῶν βενζινοκινητήρων, ἀλλά παρουσιάζει καί ὀρισμένες βασικές διαφορές. Οἱ κινητήρες Ντῆζελ χρησιμοποιοῦνται στά ἐργοστάσια, στά πλοία, στά φορτηγά αὐτοκίνητα καί στοῦς σιδηροδρόμους.

II. ΨΥΓΕΙΑ

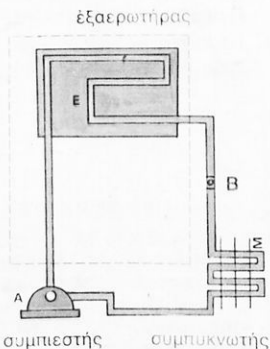
Τά ψυγεῖα εἶναι μηχανές μέ τίς ὁποῖες μποροῦμε νά ψύχουμε διάφορα σώματα, ἀφαιρώντας ἀπό αὐτά θερμότητα. Ἡ λειτουργία τους στηρίζεται στήν ψύξη πού προκαλεῖται στό περιβάλλον ἑνός πτητικού ὑγροῦ, ὅταν τό ὑγρό ἐξαερώνεται. Τά πτητικά ὑγρά πού χρησιμοποιοῦνται στά ψυγεῖα εἶναι ἡ ὑγροποιημένη ἀμμωνία καί τό Freon (Φρεόν).

Τά κύρια μέρη ἑνός οἰκιακοῦ ηλεκτρικοῦ ψυγεῖου εἶναι ὁ **ἐξαερωτήρας** Ε (κατάψυξη), ὁ **συμπιεστής** Α (ἡλεκτροκίνητη 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 ἐξαερώνεται, 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 ἡλεκτρικοῦ ψυγεῖου οἰκιακῆς χρήσεως.

ἀκούγεται ἓνας ἤχος σάν τοῦ νεροῦ πού σιγοβράζει). Οἱ ἀτμοί πού σχηματίζονται μέ τήν ἐξαέρωση ἀπορροφούνται μέ τή βοήθεια τῆς ἀντλίας καί ὀδηγοῦνται μέ πίεση στό συμπτυκνωτή. Ἐκεῖ ὑγροποιοῦνται καί τό ὑγρό πού σχηματίζεται ὀδηγεῖται μέσα ἀπό μία αὐτόματη βαλβίδα Β στόν ἐξαερωτήρα.

Κατά τή συμπίεση οἱ ἀτμοί θερμαίνονται καί γι' αὐτό, ὅταν λειτουργεῖ τό ψυγεῖο, ὁ συμπτυκνωτής εἶναι ζεστός. Γιά νά πέφτει ἡ θερμοκρασία τῶν συμπιεσμένων ἀτμῶν καί νά διευκολύνεται ἔτσι ἡ ὑγροποίησή τους, κατασκευάζεται ὁ σωλήνας τοῦ συμπτυκνωτή 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 συμπτυκτής καί ὁ συμπτυκνωτής.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά περιγράψετε τόν 3ο χρόνο (ἔκρηξη καί ἐκτόνωση) τῆς λειτουργίας τοῦ τετράχρονου βενζινοκινητήρα.
2. α) Ποιός εἶναι ὁ σκοπός τοῦ ἀναφλεκτήρα (μπουζί) καί ποιός τοῦ ἐξαερωτήρα (καρμπυρατέρ);
β) Σέ ποιά φάση τῆς λειτουργίας τοῦ τε-

τράχρονου βενζινοκινητήρα παράγεται ἔργο;

3. Μέ ποιό τρόπο ἐπιτυγχάνεται τό ἠλεκτρικό ψυγεῖο;

α) Ἡ ψύξη τοῦ ψυκτικοῦ-θαλάμου (καταψύξεως);

β) Ἡ ψύξη τοῦ ὑπόλοιπου χώρου τοῦ ψυγείου;

ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΣ

Ι. ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τό πρόβλημα «τί είναι φώς» απασχόλησε και απασχολεί ακόμη τόν άνθρωπο.

Οί άρχαιοί Έλληνες φιλόσοφοι, εκτός από τόν Πυθαγόρα και τόν Άριστοτέλη, νόμιζαν ότι τά μάτια μας εκπέμπουν ακτίνες. Άργότερα διατυπώθηκαν διάφορες θεωρίες γιά νά καταλήξουμε σήμερα στό ότι τό φώς είναι μία μορφή **ακτινοβόλου ενέργειας** τήν όποία εκπέμπουν τά σώματα πού φωτοβολοῦν, όπως ό Ήλιος, οί φλόγες και τά διάπυρα υλικά. Η ενέργεια αὐτή μεταφέρεται από ένα σώμα σέ άλλο μέ κύματα πού ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Τό φώς, ως ενέργεια πού είναι, ακολουθεῖ τήν ἀρχή τῆς διατηρήσεως τῆς ενέργειας και μπορεί νά δημιουργηθεῖ από τή μετατροπή θερμικῆς, χημικῆς, ηλεκτρικῆς κτλ. ενέργειας. Επίσης και ἡ φωτεινή ενέργεια μετατρέπεται σέ χημική, ηλεκτρική κτλ. ἀλλά δυσκολότερα.

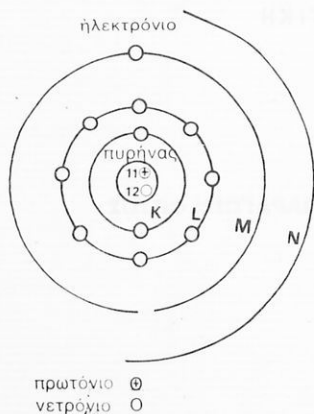
Πιό ἀπλά μπορούμε νά πούμε ότι τό φώς είναι ἡ αἰτία πού διεγείρει τό μάτι μας και μᾶς κάνει νά βλέπουμε.

Γιά τή διάδοση τοῦ φωτός δέν είναι ἀπαραίτητη ἡ ὕπαρξη υλικοῦ μέσου. Τό φώς διαδίδεται και στό κενό.

ΙΙ. ΦΩΤΕΙΝΑ ΣΩΜΑΤΑ

Τά διάφορα σώματα πού βλέπουμε γύρω μας εκπέμπουν φώς και λέγονται **φωτεινά** σώματα.

Τά φωτεινά σώματα τά χωρίζουμε σέ αὐτά πού εκπέμπουν δικό τους φώς, όπως ό Ήλιος, τό ἀναμμένο κερί, ό ηλεκτρικός λαμπτήρας και τά ονομάζουμε **αὐτόφωτα** σώματα ἢ φωτεινές πηγές και σέ ἐκεῖνα τά όποια δέ φωτοβολοῦν τά ἴδια, όπως ἡ Σελήνη, τό βιβλίο κτλ. ἀλλά εκπέμπουν ένα μέρος από τό φώς πού δέχονται από



Σχ. 1. Δομή του ατόμου του νατρίου



Σχ. 2. Δομή του ατόμου του υδρογόνου

τίς φωτεινές πηγές. Αυτά λέγονται **ετερόφωτα σώματα**.

III. ΔΙΑΦΑΝΗ, ΗΜΙΔΙΑΦΑΝΗ ΚΑΙ ΑΔΙΑΦΑΝΗ ΣΩΜΑΤΑ

Τά σώματα, όπως τό γυαλί, τό νερό (σέ μικρό πάχος), ό αέρας 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 γαλακτόχρωμο γυαλί (ασβεστωμένο τζάμι), κ.ά. τά λέμε **ήμιδιαφανή** σώματα.

Τά σώματα, όπως ό τοίχος, τό βιβλίο, τό θρανίο, πού δέν αφήνουν καθόλου τό φώς νά περάσει μέσα από τή μάζα τους καί δέ μās επιτρέπουν νά δοῦμε τά πράγματα πού βρίσκονται πίσω από αυτά, ονομάζονται **άδιαφανή** σώματα.

IV. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΣ

Γιά νά εξηγήσουμε τήν παραγωγή του φωτός πρέπει νά θυμηθοῦμε 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 όποιο περιφέρονται τά ηλεκτρόνια σέ όρισμένες επιτρεπόμενες κυκλικές τροχιές, όπως περίπου περιστρέφονται καί οί 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 αρνητικών φορτίων πού έχουν τά περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια.

Τό Σχ. 2 δείχνει τό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου, πού είναι τό απλούστερο άτομο στοιχείου γιατί έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο. Ό Μπόρ δέχτηκε ότι στό άτομο του υδρογόνου, πού βρίσκεται σέ συνηθισμένη κατάσταση, τό

ηλεκτρόνιο περιστρέφεται στην πρώτη στιβάδα K που λέγεται **θεμελιώδης** (βασική).

Όταν το ηλεκτρόνιο κινείται στη θεμελιώδη τροχιά K, δεν 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 δεν είναι σταθερή, γιατί δεν είναι συμπληρωμένη ή έσωτερική στιβάδα K, γι' αυτό το ηλεκτρόνιο σχεδόν αμέσως (σέ 10^{-8} sec) ξαναγυρίζει στη θεμελιώδη τροχιά του (Σχ. 4), δηλ. το άτομο **αποδιεγείρεται**.

Κατά τη μεταπήδηση αυτή του ηλεκτρονίου εκπέμπεται φωτεινή ενέργεια τόση, όση είναι η διαφορά των ενεργειών που είχε στις δύο αυτές καταστάσεις. Το ποσό αυτό της εκπεμπόμενης φωτεινής ενέργειας λέγεται **φωτόνιο**. Έπομένως:

$$\left(\begin{array}{c} \text{εκπεμπόμενη} \\ \text{φωτεινή} \\ \text{ενέργεια} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{ενέργεια} \\ \text{εξωτερικής} \\ \text{τροχιάς} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{ενέργεια} \\ \text{έσωτερικής} \\ \text{τροχιάς} \end{array} \right)$$

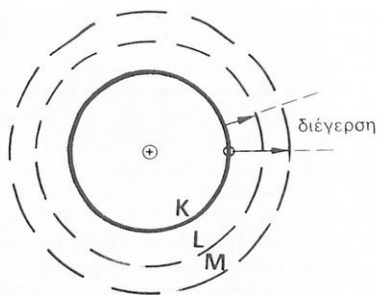
$$E_{\text{φωτονίου}} = E_{\text{εξ}} - E_{\text{εσω.}}$$

Επειδή κάθε επιτρεπόμενη τροχιά έχει ορισμένη ενέργεια, η διαφορά ενεργειών για κάθε άλμα θα είναι σταθερή. Άρα και η ενέργεια του φωτονίου που εκπέμπεται θα είναι σταθερή.

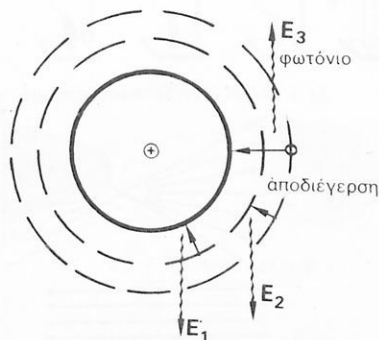
Με όμοιο τρόπο, δηλαδή με άλματα, από μία επιτρεπόμενη εξωτερική τροχιά σε άλλη έσωτερική, γίνεται η ακτινοβολία φωτεινής ενέργειας και στα άτομα των άλλων στοιχείων.

Τά παραπάνω φαινόμενα διατύπωσε ο Μπόρ στην κβαντική συνθήκη του ως εξής:

Όταν ένα ηλεκτρόνιο κινείται σε θεμελιώδη τροχιά, δεν 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

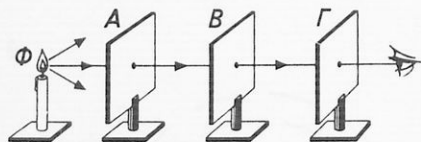
1. Τι είναι φώς; Πού διαδίδεται το φώς;
2. Σε τί διακρίνουμε τα φωτεινά σώματα;
3. Πώς χωρίζονται τα διάφορα σώματα ως προς τη διαπερατότητά τους από το φώς;
4. Πότε έχουμε έκπομπή φωτεινής ενέργειας;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

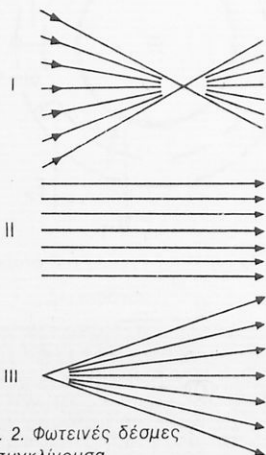
1. Τό φῶς εἶναι μία μορφή ἀκτινοβόλου ἐνέργειας πού διεγείρει τό μάτι μας καί μᾶς κάνει νά βλέπουμε. Ἡ μεταφορά τῆς φωτεινῆς ἐνέργειας ἀπό ἓνα σῶμα σέ ἄλλο γίνεται μέ ἠλεκτρομαγνητικά κύματα.
2. Τά φωτεινά σῶματα τά διακρίνουμε σέ αὐτόφωτα ἢ φωτεινές πηγές καί σέ ἐτερόφωτα.
3. Τά σῶματα, μέ βάση τή διαπερατότητά 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

Ι. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ὅταν σέ σκοτεινό δωμάτιο ανάψουμε μία ἠλεκτρική λάμπα ἢ ἓνα 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 ἓνα τραπέζι (ἢ στήν ὀπτική τράπεζα τοῦ ἐργαστηρίου μας). (Σχ. 1).

Γιά νά δοῦμε τή φλόγα τοῦ κεριοῦ πρέπει οἱ τρεῖς ὀπές, ἡ φλόγα καί τό μάτι μας νά βρίσκονται στήν ἴδια εὐθεία γραμμή. Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι:

Τό φῶς μέσα σέ ἓνα ὁμογενές διαφανές μέσο διαδίδεται εὐθύγραμμα.

Φωτεινή ἀκτίνα ὀνομάζεται ἡ γραμμή 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 αδιαφανές σώμα που φωτίζεται από μία σημειακή φωτεινή πηγή, ο χώρος είναι σκοτεινός και ονομάζεται **σκιά** (Σχ. 3). Όταν η φωτεινή πηγή έχει διαστάσεις, τότε δεν πηγαίνουμε από τη σκιά στο φωτισμένο χώρο απότομα αλλά βαθμιαία. Ο χώρος αυτός (Σχ. 3, II), που φωτίζεται μόνο από μερικά σημεία της φωτεινής πηγής και περιβάλλει την κεντρική σκιά, ονομάζεται **παρασκιά**.

β Έκλειψη Ήλιου και Σελήνης: Ο Ήλιος αποτελεί φωτεινή πηγή με μεγάλες διαστάσεις, ενώ η Γη και η Σελήνη είναι αδιαφανή σώματα με μικρότερες διαστάσεις. Όταν τα τρία αυτά ούρανια σώματα βρεθούν ακριβώς πάνω στην ίδια ευθεία, παρατηρούμε τις εκλείψεις.

Όταν η Σελήνη μπει ολόκληρη στη συγκλινούσα κωνική σκιά της Γης (Σχ. 4), παύει να φωτίζεται και γίνεται άορατη από τη Γη. Τότε συμβαίνει **ολική** έκλειψη.

Όταν η Σελήνη μπει μεταξύ Ήλιου και Γης (Σχ. 5), η συγκλινούσα κωνική σκιά της πέφτει πάνω σε μία περιορισμένη επιφάνεια της Γης και, καθώς στρέφεται η Γη, διαγράφει μία λωρίδα πλάτους εκατό περίπου χιλιομέτρων.

Στούς τόπους που βρίσκονται μέσα στη σκιά παρατηρείται **ολική** έκλειψη Ήλιου, ενώ στους τόπους που βρίσκονται στην παρασκιά έχουμε **μερική** έκλειψη.

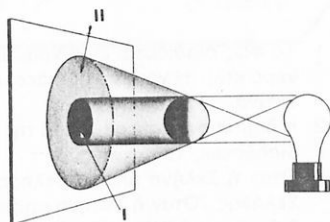
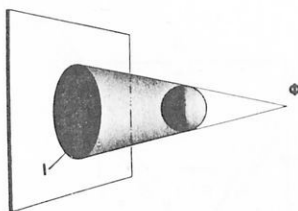
III. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Όταν βρέχει και αστράφτει, πρώτα βλέπουμε την αστραπή και μετά από λίγα δευτερόλεπτα ακούμε τη βροντή.

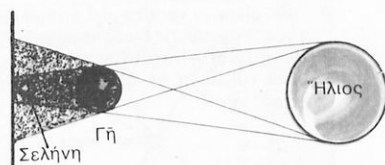
Αυτό συμβαίνει γιατί το φως διαδίδεται πάρα πολύ γρηγορότερα από τον ήχο.

Πρώτος ο Δανός αστρονόμος Ραϊμερ (Römer) τό 1675 μέτρησε την ταχύτητα διαδόσεως του φωτός με αστρονομική μέθοδο. Σήμερα με πολύ ακριβείς μετρήσεις οι Φυσικοί βρήκαν ότι η ταχύτητα του φωτός c στο κενό και περίπου στον αέρα είναι 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Επομένως:

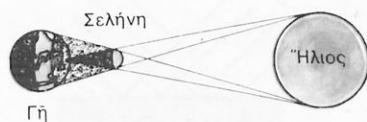
Ταχύτητα του φωτός $c = 300.000 \text{ Km/sec} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$. Για να διανύσει το φως την απόσταση Ήλιος-Γη, που είναι 150000000 Km, χρειάζεται 500 sec ή 8 min και 20 sec.



Σχ. 3. Σκιά (I) και παρασκιά (II)



Σχ. 4. Έκλειψη Σελήνης



Σχ. 5. Έκλειψη Ήλιου

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) Στην αστρονομία, για τη μέτρηση των τεράστιων αποστάσεων μεταξύ των άστρων, χρησιμοποιούν ως μονάδα μήκους το διάστημα που τρέχει το φως σε ένα έτος. Τη μονάδα αυτή την ονομάζουμε **έτος φωτός**.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το φως διαδίδεται εὐθύγραμμα σέ ὁμογενή καί διαφανή μέσα (κενό, ἀέρας, νερό κτλ). Ἡ γραμμή πού ἀκολουθεῖ τό φῶς στή διάδοσή του λέγεται φωτεινή ἀκτίνα.
2. Ἡ δημιουργία τῆς σκιάς καί τῆς παρασκιάς εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός.
3. Ὅταν ἡ Σελήνη μπεῖ ὁλόκληρη στή σκιά τῆς Γῆς ἔχουμε ὀλική ἔκλειψη τῆς Σελήνης. Ὅταν ἡ Σελήνη μπαίνει ἀνάμεσα στόν ἥλιο καί τή Γῆ ἔχουμε ὀλική ἔκλειψη τοῦ ἥλιου στούς τόπους πού βρίσκονται στή σκιά τῆς Σελήνης καί μερική ἔκλειψη τοῦ ἥλιου στούς τόπους πού βρίσκονται στήν παρασκία τῆς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

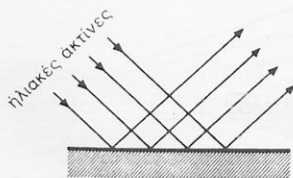
1. Τί ὀνομάζουμε φωτεινή ἀκτίνα, τί φωτεινὴ δέσμη καί σέ τί διακρίνουμε τίς φωτεινές δέσμες;
2. Ποιά εἶναι τὰ γνωστά σας ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός;
3. Πόση εἶναι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός στό κενό καί πόση σέ άλλα διαφανή υλικά (νερό, γυαλί);

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόσο χρόνο χρειάζεται τό φῶς γιά νά διανύσει τήν ἀπόσταση Γῆς-Σελήνης, πού εἶναι 384.000 km ; Ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι $3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$.
2. Νά βρεῖτε μέ πόσα km ἰσοῦται τό ένα έτος φωτός.

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ-ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ-ΕΙΔΩΛΑ



Σχ. 1. Ἀνάκλαση τοῦ φωτός

Ι. ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

α. Ἐννοία τῆς ἀνακλάσεως. Ἄν στήν πορεία τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων πού μπαίνουν στήν αἶθουσά μας, τοποθετήσουμε μία λεία καί στιλπνή (γυαλιστερή) ἐπίπεδη ἐπιφάνεια, θά παρατηρήσουμε στόν ἀπέναντι σκιερό τοῖχο μία φωτεινή

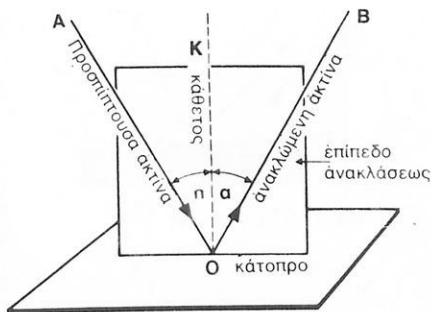
κηλίδα. Αυτό συμβαίνει γιατί οι ήλιακές ακτίνες αλλάζουν πορεία διαδόσεως, όταν συναντούν τη γυαλιστερή επιφάνεια (Σχ. 1).

Τό φαινόμενο αυτό καλείται **ανάκλαση** του φωτός και ή λεία και στιλπνή επιφάνεια κάτοπτρο (καθρέφτης). "Αρα:

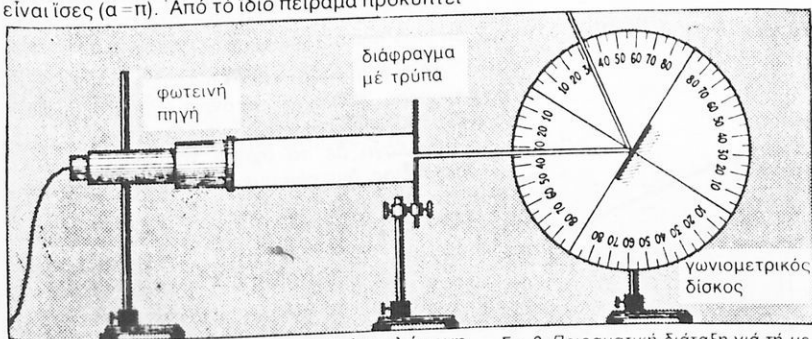
Ανάκλαση του φωτός καλείται τό φαινόμενο κατά τό όποίο τό φώς αλλάζει πορεία, όταν προσπέσει πάνω σέ μία λεία και στιλπνή επιφάνεια.

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 κάτοπτρο, θα σχηματιστούν δύο γωνίες, ή γωνία προσπτώσεως 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 του γωνιομετρικού δίσκου και μέ τή βοήθεια ενός προβολέα στέλνουμε μία λεπτή παράλληλη δέσμη φωτός στό κάτοπτρο. Μετράμε τή γωνία προσπτώσεως π και τή γωνία ανακλάσεως α και βλέπουμε ότι είναι ίσες ($\alpha = \pi$). Από τό ίδιο πείραμα προκύπτει



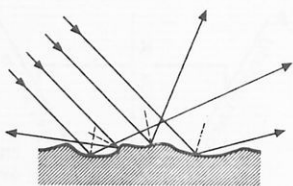
Σχ. 2.



Σχ. 3. Πειραματική διάταξη για τή μελέτη των νόμων τής ανακλάσεως

έπίσης ότι ή προσπίπτουσα και ή ανακλώμενη ακτίνα βρίσκονται στό ίδιο επίπεδο μέ τήν επιφάνεια του γωνιομετρικού δίσκου, ή όποία είναι κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια του κατόπτρου. Από τό παραπάνω πείραμα προκύπτουν οι έξης νόμοι τής ανακλάσεως:

1. Η γωνία ανακλάσεως α είναι ίση μέ τή γωνία προσπτώσεως π ($\alpha = \pi$).



Σχ. 4. Διάχυση φωτός

2. Τό επίπεδο ανακλάσεως, πού ορίζεται από την προσπίπτουσα καί την ανακλώμενη ακτίνα, είναι κάθετο στην ανακλαστική επιφάνεια του κατόπτρου.

II. ΔΙΑΧΥΣΗ

“Αν στην πορεία των ήλιακων ακτίνων θέσουμε μία τραχιά καί ανώμαλη επιφάνεια (π.χ. ένα χαρτί) (Σχ. 4), θά παρατηρήσουμε ότι τό φώς, πού πέφτει πάνω της, διασκορπίζεται στό γύρω χώρο, δηλ. διευθύνεται άκανόνιστα πρός όλες τίς διευθύνσεις, μέ αποτέλεσμα νά γίνεται τό χαρτί ορατό από παντού.

Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διάχυση** του φωτός. Ή διάχυση είναι ή αίτια πού φωτίζομαστε μέσα στην αίθουσα. “Αν δέν υπήρχε ή διάχυση του φωτός στά μόρια του αέρα καί σέ άλλα σωματίδια της ατμόσφαιρας, θά βλέπαμε μόνο τά σώματα έκείνα στά όποια τό φώς θά έπευθε άπευθείας από τή φωτεινή πηγή. Όλα τά άλλα σώματα δέ θά τά βλέπαμε.

Στή Σελήνη, πού δέν υπάρχει ατμόσφαιρα καί δέ γίνεται διάχυση, όσα σώματα δέ φωτίζονται άπευθείας από τόν Ήλιο ή άλλη φωτεινή πηγή, είναι σκοτεινά, άόρατα. Έκεϊ ή μετάβαση από τό φώς στό σκοτάδι γίνεται πολύ άπότομα.

III. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

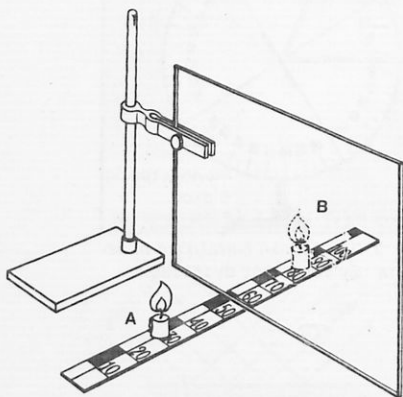
Κάθε λεία καί στιλπνή επιφάνεια ονομάζεται κάτοπτρο. Ή ήρεμη επιφάνεια ύγρου, ή επιφάνεια του γυαλιού κτλ. είναι κάτοπτρα.

Ανάλογα μέ τό σχήμα της ανακλαστικής επιφάνειας διακρίνουμε τά κάτοπτρα σέ **επίπεδα, σφαιρικά, παραβολικά** κτλ.

Οί συνηθισμένοι καθρέφτες πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας είναι επίπεδα κάτοπτρα. Έχουν κατασκευαστεί από επίπεδο γυαλί μέ έπαργυρωμένη την πίσω επιφάνεια. (Τά κάτοπτρα πού χρησιμοποιούνται γιά άκριβείς επισημονικές παρατηρήσεις έχουν έπαργυρωμένη την μπροστινή επιφάνεια του γυαλιού).

IV. ΕΙΔΩΛΑ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

“Αν σταθούμε μπροστά σέ **έναν** καθρέφτη, παρατηρούμε πίσω από τό γυαλί του μία εικόνα του έαυτού μας, όπως επίσης καί των αντικειμένων πού βρίσκονται μπροστά από τόν κα-



Σχ. 5.

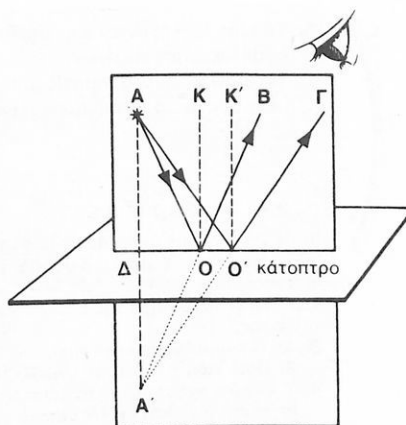
θρέφτη. Οι εικόνες αυτές που δίνουν τά κάτω-
πτρα ονομάζονται **εἰδῶλα**.

Ἀπό τήν καθημερινή μας ἐμπειρία ξέρουμε
ὅτι τά εἰδῶλα τῶν ἀντικειμένων, που σχηματί-
ζονται ἀπό ἐπίπεδα κάτοπτρα, εἶναι ὁμοιό-
μορφα καί ἴσα σέ μέγεθος μέ τά ἀντικεί-
μενα. Τά εἰδῶλα αὐτά σχηματίζονται πίσω ἀπό
τό κάτοπτρο καί ἀπέχουν ἀπό αὐτό ὅσο ἀπέ-
χουν καί τά ἀντικείμενά τους.

Τά συμπεράσματα αὐτά μπορούμε νά τά
ἐπαληθεύσουμε καί μέ ἓνα ἀπλό πείραμα (Σχ.
5). Τοποθετοῦμε ἓνα ἀντικείμενο Α (ἀναμμένο
κερί ἢ μολύβι) μπροστά ἀπό ἓνα τζάμι καί ἓνα
ἴδιο ἀντικείμενο Β πίσω ἀπό τό τζάμι. (Τό ἔργα-
στήριο δέν πρέπει νά ἔχει πολύ φῶς). Μετακι-
νοῦμε τό Β, ὥσπου νά συμπίπτει 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 ἐπί-
πεδο τοῦ κατόπτρου.

Στό Σχ. 6 φαίνεται ὁ σχηματισμός τοῦ εἰδώ-
λου Α' ἐνός φωτεινοῦ ἀντικειμένου Α. Οἱ ἀκτί-
νες φεύγουν ἀπό τό Α, ἀνακλῶνται στό κάτο-
πτρο καί εἰσέρχονται στό μάτι μας. Τό μάτι μας
τότε σχηματίζει τήν ἐντύπωση ὅτι οἱ ἀκτίνες
ἔρχονται ἀπό τό Α', τό ὁποῖο βρίσκεται στήν
τομή τῆς προεκτάσεως τῶν ἀνακλῶμενων ἀκτί-
νων. Τέτοια εἰδῶλα, που σχηματίζονται ἀπό τίς
προεκτάσεις τῶν ἀνακλῶμενων ἀκτίνων, λέγο-
νται **φανταστικά**.

Γενικά ὅλα τά εἰδῶλα που βλέπουμε κοιτά-
ζοντας **μέσα** στά κάτοπτρα εἶναι **φανταστικά**.



Σχ. 6. Σχηματισμός εἰδώλου φωτει-
νοῦ σημείου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἀνάκλαση τοῦ φωτός ὀνομάζεται τό φαινόμενο κατὰ τό ὁποῖο τό φῶς ἀλλάζει πορεία διαδόσεως, ὅταν πέσει πάνω σέ λεία καί στιλπνή ἐπιφάνεια.
2. Κάτοπτρο (καθρέφτης) λέγεται κάθε λεία καί στιλπνή ἐπιφάνεια, που ἀνακλά τό φῶς πρός ὀρισμένη κατεύθυνση.
3. Διάχυση τοῦ φωτός ὀνομάζεται τό φαινόμενο κατὰ τό ὁποῖο τό φῶς σκορπίζεται ἀκανόνιστα στό χώρο, ὅταν συναντᾷ μία τραχιά καί ἀνώμαλη ἐπιφάνεια.
4. Κατὰ τήν ἀνάκλαση α) ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση μέ τή γωνία προσπτώσεως καί β) τό ἐπίπεδο που σχηματίζουν ἡ προσπίπτουσα καί ἡ ἀνακλῶμενη ἀκτίνα εἶναι κάθετο στήν ἀνακλαστική ἐπιφάνεια.
5. Τά κάτοπτρα, ἀνάλογα μέ τό σχῆμα τῆς ἀνακλαστικῆς τους 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 σέ μέγεθος μέ τά αντικείμενά τους καί σέ συμμετρική θέση ως πρός τό κάτοπτρο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί ονομάζουμε ανάκλαση του φωτός καί τί διάχυση; Ὑπάρχει διαφορά μεταξύ τους;
2. Ποιοί είναι οί νόμοι τῆς ἀνακλάσεως του φωτός;
3. α) Τί ονομάζουμε κάτοπτρα;
β) Ποιά εἶδη κατόπτρων γνωρίζετε;
4. Τί είδωλα σχηματίζουν τά επίπεδα κάτοπτρα καί τί σχέση ἔχουν μεταξύ τους οἱ ἀποστάσεις τῶν ἀντικειμένων καί εἰδώλων ἀπό τά κάτοπτρα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἄν ἕνα κερί ἔχει ὕψος 10 cm καί ἀπέχει ἀπό ἕνα ἐπίπεδο κάτοπτρο 20 cm, πόσο ὕψος θά ἔχει τό εἶδωλό του καί πόσο θά ἀπέχει ἀπό τό κάτοπτρο;
2. Ἐνας ἄνθρωπος βρίσκεται μπροστά ἀπό ἕνα ἐπίπεδο κάτοπτρο. α) Πόσο ἀπέχει ἀπό τό κάτοπτρο ἂν ἡ ἀπόστασή του ἀπό τό εἶδωλό του εἶναι 1,5 m; β) Ποιά θά εἶναι ἡ ἀπόστασή του ἀπό τό εἶδωλό του, ἂν πλησιάσει πρός τόν καθρέφτη ἕνα βῆμα = 0,5 m;

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Ι. ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ



Σχ. 1.

Στά σφαιρικά κάτοπτρα ἡ ἀνακλαστική ἐπιφάνεια εἶναι τμήμα ἐπιφάνειας σφαίρας.* Διακρίνουμε δύο εἶδη σφαιρικών κατόπτρων: **τά κοῖλα**, πού ἔχουν γιά ἀνακλαστική ἐπιφάνεια τό ἐσωτερικό τῆς σφαίρας καί **τά κυρτά** πού ἔχουν γιά ἀνακλαστική ἐπιφάνεια τό ἐξωτερικό τῆς σφαίρας.

Σέ κάθε σφαιρικό κάτοπτρο διακρίνουμε τά ἐξῆς βασικά στοιχεῖα (Σχ. 1).

Τό **κέντρο καμπυλότητας Κ** τοῦ κατόπτρου, πού εἶναι τό κέντρο τῆς σφαίρας. Τήν **ἀκτίνα καμπυλότητας R** τοῦ κατόπτρου, πού εἶναι ἡ ἀκτίνα τῆς σφαίρας. Τό μέσο **Ο** τῆς ἀνακλαστι-

* Ἀκριβέστερα: σφαιρική ζώνη μέ μία βάση.

κῆς ἐπιφάνειας, πού λέγεται **κορυφή** τοῦ κατόπτρου. Τὴν εὐθεία ΚΟ πού περνάει ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας Κ καὶ ἀπὸ τὴν κορυφή Ο καὶ λέγεται **κύριος ἄξονας** καὶ τῇ γωνία ΑΚΒ πού ὀνομάζεται **ἄνοιγμα** τοῦ κατόπτρου.

II. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

α. Κύρια ἐστία. Πείραμα. Ἀφήνουμε μία φωτεινὴ δέσμη ἀπὸ παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ἀκτίνες νὰ πέσει στὸ κοίλο κάτοπτρο (Σχ. 2). Παρατηροῦμε ὅτι ὅλες οἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασή τους συγκεντρώνονται σ' ἓνα σημεῖο Ε, πού ὀνομάζεται **κύρια ἐστία** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀπόσταση ΕΟ τῆς κύριας ἐστίας ἀπὸ τὴν κορυφή Ο τοῦ κατόπτρου λέγεται **ἐστιακὴ ἀπόσταση** καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα f . Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόσταση f τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦται μὲ τὸ μισό τῆς ἀκτίνας καμπυλότητος R .

$$f = \frac{R}{2}$$

β. Εἶδωλο ἀντικειμένου.

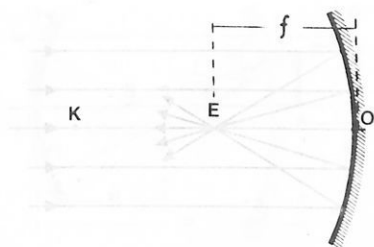
1. Πορεία ἀκτίνων. Γιά νὰ κατασκευάζουμε τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων γρήγορα καὶ σωστά πρέπει νὰ μάθουμε νὰ χαράζουμε τὴν πορεία ὁρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (Σχ. 3).

Ὅταν μία ἀκτὶνὴ εἶναι παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα, ὅπως ἡ ΑΒ, μετὰ τὴν ἀνάκλασή της θὰ περάσει ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία Ε τοῦ κατόπτρου. Ἀντίστροφα, ὅταν ἡ ἀκτὶνὴ περνᾷ ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία, ὅπως ἡ ΑΕΔ, μετὰ τὴν ἀνάκλασή της θὰ ἀκολουθήσει διεύθυνση παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα.

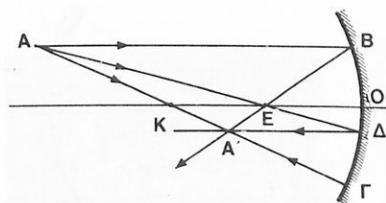
Ἀκτὶνὴ, ὅπως ἡ ΑΚΓ, πού περνᾷ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας Κ, μετὰ τὴν ἀνάκλασή της ἀκολουθεῖ τὴν ἀντίστροφη πορεία ΓΚΑ, γιατί προσπίπτει κάθετα στὸ κάτοπτρο.

2. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου. Γιά νὰ σχηματίσουμε τὸ εἶδωλο ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου Α, ἀρκεῖ νὰ χαράξουμε τὴν πορεία δύο ἀκτίνων πού ξεκινοῦν ἀπὸ αὐτό. Τὸ σημεῖο Α', στὸ ὁποῖο τέμνονται οἱ ἀνακλῶμενες ἀκτίνες, ἀποτελεῖ τὸ εἶδωλο τοῦ Α. (Σχ. 3).

3. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.



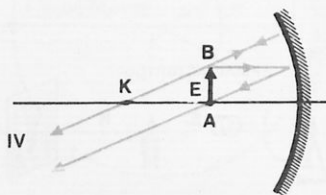
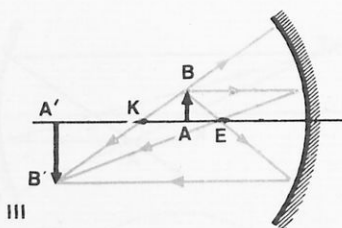
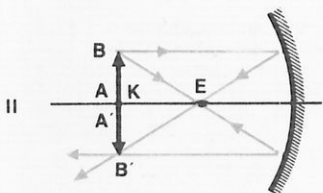
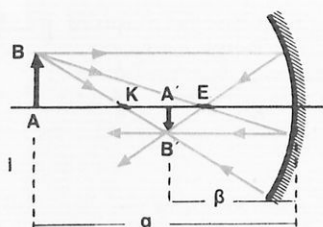
Σχ. 2. Κύρια ἐστία κοίλου κατόπτρου



Σχ. 3. Πορεία ὁρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων



Σχ. 4. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου



Σχ. 5. Διάφορες περιπτώσεις σχηματισμού πραγματικού ειδώλου

Πειραματικός τρόπος. Τοποθετούμε ένα αντικείμενο (π.χ. ένα κερί) πάνω στον κύριο άξονα και μεταξύ κύριας εστίας E και κέντρου καμπυλότητας K ενός κοίλου κατόπτρου (Σχ. 4). Τότε πάνω σε ένα διάφραγμα Δ σχηματίζεται ειδώλο **αντιστραμμένο, μεγαλύτερο και πραγματικό**. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να σχηματίσουμε το πραγματικό ειδώλο για διάφορες αποστάσεις του αντικειμένου από το κάτοπτρο.

Γραφικός τρόπος. Εφαρμόζοντας τούς κανόνες που μας δίνουν την πορεία ορισμένων φωτεινών ακτίνων, μπορούμε να βρούμε τη θέση και το μέγεθος του ειδώλου A'B' για διάφορες θέσεις του αντικειμένου AB (Σχ. 5). Για το σκοπό αυτό σχεδιάζουμε ορισμένες ακτίνες που ξεκινούν από την κορυφή B του αντικειμένου και βρίσκουμε τη θέση της κορυφής B' του ειδώλου.

Από τα σχέδια αυτά προκύπτουν τὰ ἑξῆς:

I. "Όταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πέρα ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητος, τὸ εἶδωλο εἶναι ἀντιστραμμένο, μικρότερο καὶ πραγματικό (Σχ. 5, I).

II. "Όταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετεῖται πάνω στὸ κέντρο καμπυλότητος, τὸ εἶδωλο εἶναι ἀντιστραμμένο, ἴσο σὲ μέγεθος μὲ τὸ ἀντικείμενο καὶ πραγματικό (Σχ. 5, II). Τὸ εἶδωλο σχηματίζεται στὸ κέντρο καμπυλότητος.

III. "Όταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετεῖται μεταξύ κύριας ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλο σχηματίζεται πέρα ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητος, εἶναι ἀντιστραμμένο, μεγαλύτερο καὶ πραγματικό.

IV. "Όταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετεῖται πάνω στὴν κύρια ἐστία, τὸ εἶδωλο σχηματίζεται στὸ ἀπείρο.

Γενικά, σὲ ὅλες τὶς περιπτώσεις πού τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πέρα ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλο εἶναι **ἀντιστραμμένο καὶ πραγματικό**.

V. "Αν τὸ ἀντικείμενο τεθεῖ μεταξύ κύριας ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου (Σχ. 6), τὸ εἶδωλο σχηματίζεται ἀπὸ τὶς προεκτάσεις τῶν ἀνακλόμενων ἀκτίνων καὶ γι' αὐτὸ εἶναι **φανταστικό**. Ἀπὸ τὸ σχέδιο καὶ ἀπὸ τὸ πείραμα προκύπτει ἐπίσης ὅτι τὸ εἶδωλο εἶναι **ὄρθιο καὶ μεγαλύτερο** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο.

III. ΚΥΡΤΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Στά κυρτά κάτοπτρα η κύρια έστια είναι **φανταστική**, γιατί σχηματίζεται από τις προεκτάσεις των ανακλώμενων ακτίνων (Σχ. 7). Η έστιακή απόσταση f είναι—όπως και στα κοίλα κάτοπτρα—ίση με τό μισό της ακτίνας καμπυλότητας R :

$$f = \frac{R}{2}$$

Τά κυρτά κάτοπτρα σχηματίζουν πάντοτε εἰδῶλα **φανταστικά, ὀρθία** καί **μικρότερα**, ὅταν τά ἀντικείμενά τους εἶναι πραγματικά (Σχ. 8). Συνήθως τά χρησιμοποιοῦμε στά αὐτοκίνητα γιά νά παρακολουθοῦμε τά ὀχήματα πού μᾶς ἀκολουθοῦν καί τήν περιοχή πού βρίσκεται πίσω μας.

IV. ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

Ἄν καλέσουμε a τήν ἀπόσταση τοῦ ἀντικειμένου ἀπό τό κάτοπτρό, b τήν ἀπόσταση τοῦ εἰδῶλου ἀπό τό κάτοπτρο καί f τήν έστιακή ἀπόσταση τοῦ κατόπτρου (Σχ. 5, 1), τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύει ἡ σχέση:

$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R}$	Τύπος τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων
---	-------------------------------

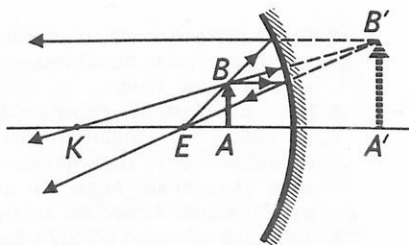
Θά πρέπει νά τονίσουμε ὅτι, στόν τύπο αὐτό, θά βάζουμε τό b ἀρνητικό, ὅταν τό εἶδωλο τοῦ κοίλου κατόπτρου μᾶς λένε ὅτι εἶναι φανταστικό. Ἐπίσης θά βάζουμε τό b καί τό f (ἢ τό R) ἀρνητικά, ὅταν χρησιμοποιοῦμε τόν τύπο στά κυρτά κάτοπτρα, γιατί τά εἶδωλα καί ἡ κύρια έστία τους εἶναι φανταστικά.

Μεγέθυνση. Ἐνα ἄλλο μέγεθος πού ἐνδιαφέρει στά κάτοπτρα εἶναι ἡ **μεγέθυνση**, πού ἐκφράζεται μέ τό λόγο τοῦ ὕψους τοῦ εἰδῶλου ($A'B'$) πρὸς τό ὕψος τοῦ ἀντικειμένου (AB):

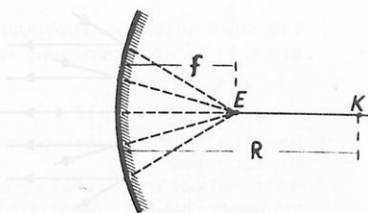
$$m = \frac{A'B'}{AB}$$

Γιά τή μεγέθυνση ἀποδεικνύεται ὅτι ἰσχύει:

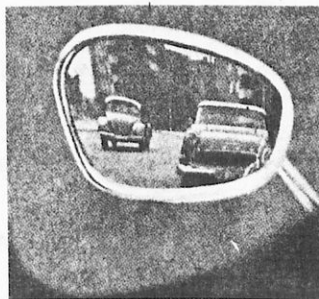
$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{b}{a}$$



Σχ. 6. Σχηματισμός φανταστικοῦ εἰδῶλου



Σχ. 7. Κύρια έστια κυρτοῦ κατόπτρου



Σχ. 8. Εἶδωλα κυρτῶν κατόπτρων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Τά κάτοπτρα πού ἔχουν σφαιρική ἀνακλαστική ἐπιφάνεια λέγονται σφαιρικά. Στά κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα ἀνακλαστική ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐσωτερική ἐπιφάνεια, ἐνῶ στά κυρτά εἶναι ἡ ἐξωτερική ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας.

2. Κύρια έστια του κοίλου κατόπτρου ονομάζεται τό σημείο Ε, στο οποίο συγκεντρώνονται οι παράλληλες προς τόν κύριο άξονα φωτεινές άκτίνες μετά τήν ανάκλασή τους.
3. Η έστιακή απόσταση f είναι ίση μέ τό μισό τής άκτίνας καμπυλότητας, $f = R/2$.
4. Τά είδωλα πού σχηματίζει ένα κοίλο κάτοπτρο είναι πραγματικά καί αντιστραμμένα, όταν τό αντικείμενο βρίσκεται πέρα από τήν κύρια έστια, 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) αντικειμένου.
6. Οι τύποι πού ισχύουν στά σφαιρικά κάτοπτρα είναι:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \text{ καί } m = \frac{(A'B')}{(AB)} = \frac{b}{a}$$

Στά κοίλα κάτοπτρα παίρνουμε τό b άρνητικό, όταν τό είδωλο είναι φανταστικό. Στά κυρτά παίρνουμε καί τό b καί τό f (ή τό R) άρνητικά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά είναι τά βασικά στοιχεία των σφαιρικών κατόπτρων;
2. Η πορεία ποιών άκτίνων μās διευκολύνει στό σχηματισμό των ειδώλων στά σφαιρικά κάτοπτρα;
3. Τί είδωλα μās δίδουν: α) τά επίπεδα β) τά κοίλα καί γ) τά κυρτά κάτοπτρα;
4. Ποιοί τύποι ισχύουν στά σφαιρικά κάτοπτρα;
5. Νά εφαρμόσετε τούς τύπους των 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 σέ απόσταση 30 cm από τό κάτοπτρο. Νά βρεθεί ή θέση καί τό είδος του ειδώλου.
2. Μπροστά σέ κυρτό κάτοπτρο έστιακής αποστάσεως -40 cm, έχει τοποθετηθεί ένα φωτεινό αντικείμενο. Τό φανταστικό είδωλο του αντικειμένου σχηματίζεται σέ απόσταση 24 cm από τό κάτοπτρο. Νά βρεθεί πόσο απέχει τό αντικείμενο από τό κάτοπτρο.

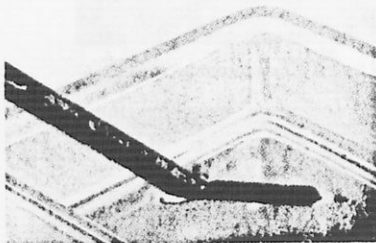
49η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σέ λεκάνη μέ άρκετό νερό βυθίζουμε πλάγια μία ράβδο ή τό μολύβι μας. Παρατηρούμε ότι τό μολύβι φαίνεται σπασμένο «λυγισμένο» στό σημείο πού βυθίζεται στό νερό (Σχ. 1).

Επίσης στή θάλασσα βλέπουμε τά ψάρια ή τίς πέτρες ψηλότερα από τήν πραγματική τους θέση (Σχ. 2). Τά φαινόμενα αυτά όφείλονται στή διαθλάση του φωτός.



Σχ. 1.

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

Γιά νά μελετήσουμε τό φαινόμενο τῆς διαθλάσεως, χρησιμοποιοῦμε τή διάταξη πού χρησιμοποιήσαμε στή μελέτη τῆς ἀνακλάσεως (Σχ. 3). Στό κέντρο τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου τοποθετοῦμε ἕνα γυάλινο ἡμικύλινδρο Κ καί ἀφήνουμε μία λεπτή μονοχρωματική δέσμη φωτός νά πέσει πλάγια στήν ἐπίπεδη ἐπιφάνειά του. Παρατηροῦμε τότε, ἐκτός ἀπό τήν ἀνάκλαση, ὅτι οἱ φωτεινές ἀκτίνες πού εἰσέρχονται στό γυάλινο ἡμικύλινδρο δέ συνεχίζουν τήν εὐθύγραμμη πορεία τους, ἀλλά λυγίζουν καί πλησιάζουν τήν κάθετο στό σημεῖο προσπτώσεως. Τό φαινόμενο αὐτό ὀνομάζεται διάθλαση. Ἐπομένως:

Διάθλαση τοῦ φωτός ὀνομάζεται ἡ ἀλλαγὴ πορείας πού παθαίνει τό φῶς, ὅταν περνᾷ ἀπό ἕνα διαφανές μέσο σέ ἄλλο διαφανές μέσο, ὁπτικά διαφορετικό ἀπό τό πρῶτο.

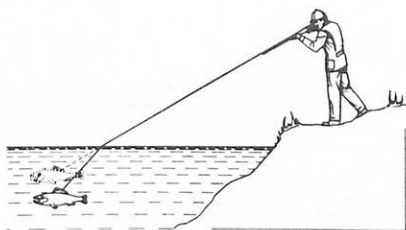
Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶν ἀΟ (Σχ. 4), πού πέφτει στή διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια τῶν δύο διαφανῶν μέσων, λέγεται **προσπίπτουσα** καί ἡ ἀκτὶν ΟΓ, πού προχωρεῖ στό ἄλλο διαφανές μέσο (τό νερό), λέγεται **διαθλώμενη**. Ἡ γωνία π, πού σχηματίζεται ἀπὸ τήν προσπίπτουσα ἀκτὶν καί τήν κάθετο στή διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια, λέγεται **γωνία προσπτώσεως** καί ἡ γωνία δ **γωνία διαθλάσεως**.

Σέ προηγούμενη ἐνότητα μάθαμε ὅτι τό φῶς διαδίδεται μέ διαφορετικὴ ταχύτητα στά διάφορα διαφανή ὑλικά (π.χ. ἀέρα, νερό κτλ.).

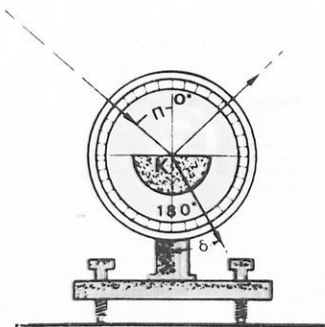
Ἀποτέλεσμα τῶν διαφορετικῶν ταχυτήτων στά δύο ὑλικά εἶναι ἡ διάθλαση τοῦ φωτός.

Ἐνα διαφανές μέσο λέγεται ὁπτικά πυκνότερο ἀπὸ ἕνα ἄλλο, ὅταν ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός σ' αὐτό εἶναι μικρότερη. Π.χ. τὸ γυαλί εἶναι ὁπτικά πυκνότερο ἀπὸ τὸ νερό γιὰτί:

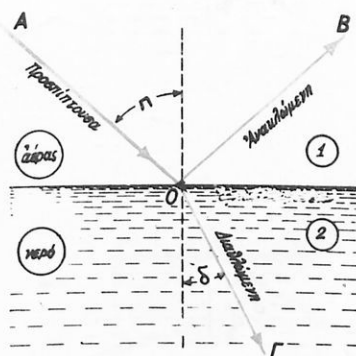
$c_{\gammaυαλί} < c_{νερό}$, Βλ. (σελ. 172).



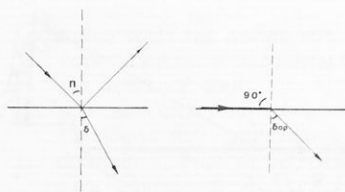
Σχ. 2. Φαινομενικὴ ἀνύψωση τῶν ἀντικειμένων



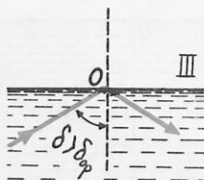
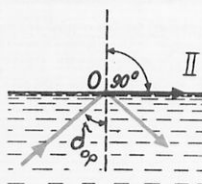
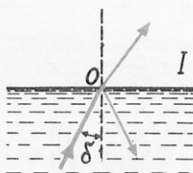
Σχ. 3. Πειραματικὴ μελέτη τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως



Σχ. 4.



Σχ. 5. Όρική γωνία.



Σχ. 6. Όλική ανάκλαση (III)

III. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

Από τὰ πειράματα (Σχ. 3&4) προκύπτουν οι εξής νόμοι τῆς διαθλάσεως:

1. Τό ἐπίπεδο πού σχηματίζουν ἡ προσπίπτουσα καί ἡ διαθλώμενη ἀκτῖνα (ἐπίπεδο διαθλάσεως) εἶναι κάθετο στή διαχωριστική ἐπιφάνεια τῶν δύο διαφανῶν μέσων.
2. Ὄταν τό φῶς διαδίδεται πλάγια ἀπό ὀπτικά ἀραιότερο σέ ὀπτικά πυκνότερο μέσο, οἱ ἀκτίνες πλησιάζουν πρὸς τήν κάθετο. Τό ἀντίστροφο συμβαίνει ὅταν τό φῶς διαδίδεται ἀπό ὀπτικά πυκνότερο σ' ὀπτικά ἀραιότερο μέσο.

Ὄταν τό φῶς πέφτει κάθετα στή διαχωριστική ἐπιφάνεια, συνεχίζει τήν εὐθύγραμμη πορεία του χωρίς νά πάθει διάθλαση.

IV. ΟΡΙΚΗ ΓΩΝΙΑ-ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

α. Όρική γωνία. Ἄν στά πειράματα (Σχ 3 καί 4) αὐξήσουμε τή γωνία προσπτώσεως π , θά παρατηρήσουμε ὅτι αὐξάνεται καί ἡ γωνία διαθλάσεως δ . Ἡ γωνία προσπτώσεως ὅμως μπορεῖ νά αὐξηθεῖ τό πολὺ μέχρι 90° , ὅποτε ἡ γωνία διαθλάσεως γίνεται μέγιστη καί λέγεται ὀρική γωνία $\delta_{\text{ορ}}$ (Σχ. 5) Ἄρα:

Όρική γωνία $\delta_{\text{ορ}}$ λέγεται ἡ γωνία διαθλάσεως πού ἀντιστοιχεῖ σέ γωνία προσπτώσεως 90° , ὅταν τό φῶς διαδίδεται ἀπό ὀπτικά ἀραιότερο σέ ὀπτικά πυκνότερο μέσο.

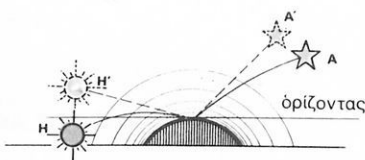
β. Όλική ἀνάκλαση. Ὄταν τό φῶς διαδίδεται ἀπό τό νερό στόν ἀέρα, ἡ διαθλώμενη ἀκτῖνα ἀπομακρύνεται ἀπό τήν κάθετο (Σχ. 6). Ἄν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μικρότερη ἀπὸ τήν ὀρική γωνία $\delta_{\text{ορ}}$, τότε μέρος τοῦ φωτός παθαίνει ἀνάκλαση στή διαχωριστική ἐπιφάνεια καί μέρος παθαίνει διάθλαση.

Ἄν ὅμως ἡ γωνία προσπτώσεως γίνεῖ μεγαλύτερη ἀπὸ τήν ὀρική γωνία, τότε τό φῶς παθαίνει **μόνο** ἀνάκλαση.

Τό φαινόμενο αὐτό ὀνομάζεται **ὀλική ἀνάκλαση** καί παρατηρεῖται μόνο ὅταν τό φῶς πηγαινέι ἀπό ὀπτικά πυκνότερο, σέ ὀπτικά ἀραιότερο διαφανές μέσο.

Τό φαινόμενο τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως τό ἐκμεταλλευσάμετε σέ εἰδικά πρίσματα πού

χρησιμοποιούνται στα περισκόπια καί άλλα επισημονικά όργανα. Στην Ιατρική χρησιμοποιούνται ειδικοί **φωταγωγοί με ίνες** από κατάλληλο εύκαμπτο διαφανές υλικό για παρατηρήσεις (ένδοσκοπήσεις) στομάχου κτλ. Η λειτουργία των φωταγωγών αυτών στηρίζεται στο φαινόμενο της ολικής ανακλάσεως.



Σχ. 7. Ατμοσφαιρική διάθλαση

Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ

α. Ένα από τα αποτελέσματα της διαθλάσεως του φωτός είναι η **φαινομενική ανύψωση** των αντικειμένων που βρίσκονται μέσα στο νερό (Σχ. 1 καί Σχ. 2).

β. Ο αέρας στα ψηλότερα στρώματα είναι οπτικά αραιότερος. Μία φωτεινή ακτίνα που έρχεται από τον Ήλιο ή κάποιοι αστέρα, καθώς περνά από τα αραιότερα στρώματα του αέρα προς τα κατώτερα καί πυκνότερα, παθαίνει διαδοχικές διαθλάσεις με αποτέλεσμα να καμπυλώνεται (Σχ. 7). Όταν η ακτίνα φθάσει στο μάτι μας, βλέπουμε τον Ήλιο ή τον αστέρα στην προέκταση της φωτεινής ακτίνας, δηλ. ψηλότερα από την πραγματική του θέση.

Τό φαινόμενο αυτό λέγεται **ατμοσφαιρική διάθλαση**.

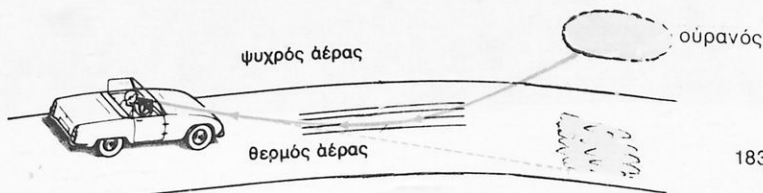
Η φαινομενική ανύψωση του αστέρα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο πιο κοντά προς τον ορίζοντα βρίσκεται ο αστέρας. Όταν ο αστέρας βρίσκεται στο Ζενίθ, δεν έχουμε ανύψωση. Έξαιτίας της ατμοσφαιρικής διαθλάσεως, ο Ήλιος φαίνεται πάνω από τον ορίζοντα παρ' ότι δεν έχει ανατείλει τό πρωί ή έχει πριν από λίγο δύσει τό βράδυ.

γ. **Αντικατοπτρισμός.** Ο αντικατοπτρισμός είναι φαινόμενο που παρατηρούμε στίς έρημους καί στούς ασφαλτοστρωμένους δρόμους τις πολύ θερμές μέρες καί εξηγείται ως εξής:

Όταν ο αέρας που βρίσκεται κοντά στο έδαφος θερμαίνεται πολύ, γίνεται αραιότερος από τα πιο ψηλά στρώματα καί συνεπώς οπτικά αραιότερος.

Μία φωτεινή ακτίνα που έρχεται από ένα

Σχ. 8. Αντικατοπτρισμός



άντικείμενο, καμπυλώνεται συνεχώς, γιατί μπαίνει σέ όπτικά άραιότερα στρώματα. Σέ κάποια στιγμή παθαίνει **όλική ανάκλαση**. Τότε ή άκτίνα άκολουθεϊ συμμετρική πορεία καί φθάνει στό μάτι τοῦ παρατηρητῆ (Σχ. 8).

Ό παρατηρητής βλέπει τό αντικείμενο άντιστραμμένο, σάν νά ὑπῆρχε ἓνα ἐπίπεδο κάτοπτρο μεταξύ παρατηρητῆ καί αντικειμένου. Στίς ἐρήμους, ὅπου δέν ὑπάρχουν αντικείμενα, άντικατοπτρίζεται ὁ οὐρανός, ὁ ὁποῖος δημιουργεϊ στόν ταξιδιώτη τήν ἐντύπωση άπέραντης λίμνης.

Τό ἴδιο μπορεῖ νά συμβεῖ τό καλοκαίρι καί στούς δικούς μας άσφαλτοστρωμένους δρόμους, ὅποτε μάς φαίνεται ὁ δρόμος γυαλιστερός σάν νά ἔχει καταβρεχτεῖ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όταν τό φῶς διαδίδεται πλάγια ἀπό ἓνα διαφανές μέσο σέ ἄλλο, παθαίνει ἀλλαγὴ στήν πορεία του, δηλ. διάθλαση.
2. Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως εἶναι οἱ ἑξῆς:
 - α) Τό ἐπίπεδο διαθλάσεως εἶναι κάθετο στή διαχωριστική ἐπιφάνεια τῶν δύο μέσων.
 - β) Ὁ δείκτης διαθλάσεως ἑνός μέσου ὡς πρός ἓνα ἄλλο εἶναι ἓνα φυσικό μέγεθος πού ἐκφράζεται μέ τό σταθερό λόγο τῶν ταχυτήτων τοῦ φωτός στά δύο αὐτά διαφανή μέσα.
3. Ὅρική γωνία λέγεται ή γωνία διαθλάσεως πού ἀντιστοιχεῖ σέ γωνία προσπτώσεως 90° , ὅταν τό φῶς μπαίνει ἀπό ὀπτικά ἄραιότερο σέ ὀπτικά πυκνότερο μέσο.
4. Ἡ ὀλική ανάκλαση παρατηρεῖται ὅταν τό φῶς πηγαίνει ἀπό ὀπτικά πυκνότερο σέ ὀπτικά ἄραιότερο μέσο καί ή γωνία προσπτώσεως γίνεϊ μεγαλύτερη ἀπό τήν ὀρική γωνία.
5. Ὁ άντικατοπτρισμός ὀφείλεται σέ συνδυασμό ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως καί παρατηρεῖται ὅταν τό ἔδαφος εἶναι πολύ θερμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί εἶναι καί σέ τί ὀφείλεται ή διάθλαση τοῦ φωτός;
2. Ποιοί εἶναι οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως;
3. Τί εἶναι ὀρική γωνία;
4. Πότε συμβαίνει ὀλική ανάκλαση καί ποιές ἐφαρμογές βρίσκει τό φαινόμενο αὐτό;
5. Τί εἶναι καί πῶς ἐξηγεῖται ὁ άντικατοπτρισμός;

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

I. ΟΠΤΙΚΟ ΠΡΙΣΜΑ

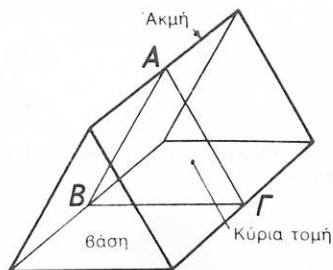
α. **Έννοια του οπτικού πρίσματος.** Οπτικό πρίσμα είναι ένα διαφανές μέσο που περιορίζεται από δύο τεμνόμενες επίπεδες έδρες, που σχηματίζουν διέδρη γωνία (Σχ. 1). Στο πρίσμα διακρίνουμε τη **βάση**, την **ακμή**, τη **διαθλαστική γωνία A** και την **κύρια τομή** του πρίσματος.

β. **Διάθλαση μέ 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.

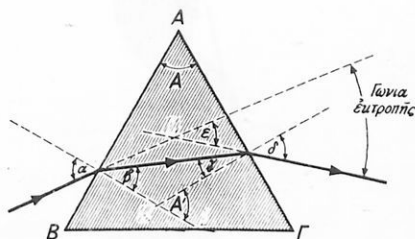
Παρατηρούμε ότι η εξερχόμενη δέσμη παθαίνει έκτροπή κατά μία γωνία και πλησιάζει προς τη βάση του πρίσματος. Τη γωνία ϵ , που σχηματίζεται από τις προεκτάσεις της προσπίπτουσας και της εξερχόμενης ακτίνας, ονομάζουμε **γωνία έκτροπής**.

II. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

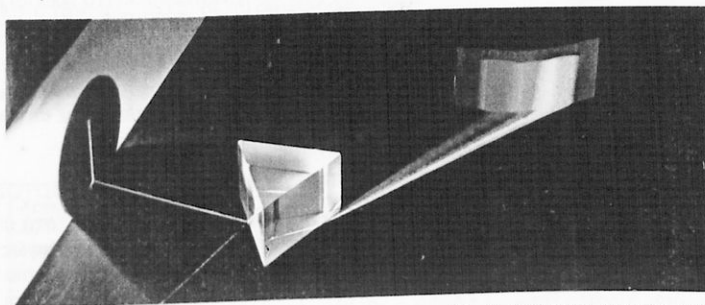
Αφήνουμε μία παράλληλη δέσμη λευκού φωτός - λευκό φως δίνει ο Ήλιος και οι λαμπτήρες πυρακτώσεως - να πέσει πλάγια πάνω στο πρίσμα (Σχ. 3). Θα παρατηρήσουμε ότι το λευκό φως, εκτός από έκτροπή, παθαίνει και **ανάλυση**.



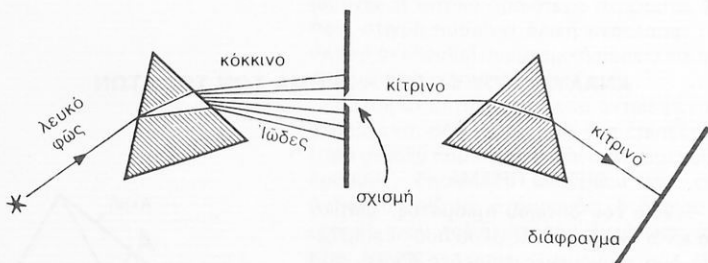
Σχ. 1. Οπτικό πρίσμα



Σχ. 2. Διάθλαση του φωτός μέ πρίσμα



Σχ. 3. Ανάλυση λευκού φωτός μέ πρίσμα



Σχ. 4. Ἀπλό χρώμα ἢ μονοχρωματικὴ ἀκτινοβολία

Ἄν πίσω ἀπὸ τὸ πρίσμα τοποθετήσουμε ἓνα λευκὸ διάφραγμα, θὰ λάβουμε μίαν συνεχῆ ἑγχρωμηταίνία πού ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κατὰ σειρά χρώματα: κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, κυανὸ καὶ ιώδες.

Ἡ μετάβαση ἀπὸ τὸ ἓνα χρώμα στὸ ἄλλο δὲν εἶναι ἀπότομη ἀλλὰ βαθμιαία. Κάθε χρώμα τοῦ φάσματος ὀνομάζεται καὶ ἀκτινοβολία, π.χ. κίτρινη ἀκτινοβολία κτλ.

Ἡ ἑγχρωμηταίνία καλεῖται **φάσμα** καὶ τὸ φαινόμενο **ἀνάλυση** τοῦ λευκοῦ φωτός.

III. ΑΠΛΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Ἀπομονώνουμε μίαν ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος (π.χ. τὴν κίτρινη) καὶ τὴν ἀφήνουμε νὰ περάσει ἀπὸ ἓνα ἄλλο πρίσμα (Σχ. 4). Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ἀκτινοβολία αὐτὴ παθαίνει μόνο ἐκτροπή, ἀλλὰ δὲν ἀναλύεται σὲ ἄλλες ἀκτινοβολίες.

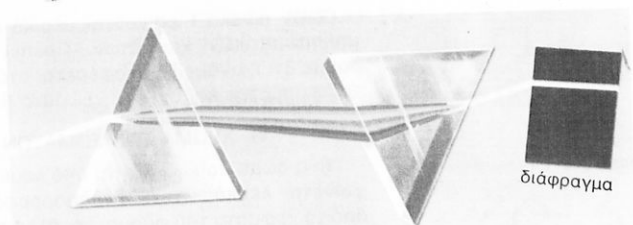
Λέμε τότε ὅτι ἡ ἀκτινοβολία (τὸ χρώμα) εἶναι **ἀπλὴ** ἢ ὅτι τὸ φῶς εἶναι **μονοχρωματικὸ**.

Ἄρα:

Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός εἶναι ἀπλά καὶ δὲν ἀναλύονται σὲ ἄλλα ἀπλούστερα.

IV. ΑΝΑΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ἄν συγκεντρώσουμε τὰ χρώματα, στὰ ὁποῖα ἀναλύθηκε ἀπὸ ἓνα πρίσμα τὸ λευκὸ φῶς, μὲ ἓνα συγκλίνοντα φακὸ ἢ μὲ ἓνα ἄλλο ὅμοιο πρίσμα, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι σχηματίζεται μίαν λευκὴν ταίνιαν (Σχ. 5). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται **ἀνασύνθεση** τοῦ λευκοῦ φωτός.



Τὴν ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός μπο-
ροῦμε νὰ τὴ δείξουμε καὶ μὲ ἕναν ἑγχρωμο δί-
σκο, ποὺ λέγεται **δίσκος τοῦ Νεύτωνα** (Σχ. 6.).
Πάνω στὸ δίσκο ὑπάρχουν σὲ κυκλικούς τομεῖς
τὰ χρώματα τοῦ φάσματος (κόκκινο, πορτοκαλί
κτλ.) καὶ σὲ ἑκτασὴ ἀνάλογη πρὸς τὴν ἑκτασὴ
ποὺ ἔχουν αὐτὰ στὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός.
Ὅταν περιστρέφεται γρήγορα ὁ δίσκος, τὰ
χρώματα ἀναμειγνύονται μέσα στὸ μάτι μας καὶ
ὁ δίσκος φαίνεται λευκός.

Αὐτὸ ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ ὀπτική ἐντύπωση
παραμένει περίπου 0,1 sec ἀφότου πάψει ἡ αἰ-
τία ποὺ τὴν προκάλεσε (μεταίσθημα).

Ν. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Ἄν κατὰ τὴν ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός
(Σχ. 5) μὲ κάποιο μικρὸ διάφραγμα ἀποκόψουμε
τὸ κόκκινο, τότε τὸ χρῶμα τῆς κηλίδας ποὺ
σχηματίζεται στὸ διάφραγμα δέν εἶναι λευκό,
ἀλλὰ πράσινο. Τὸ χρῶμα αὐτὸ εἶναι **σύνθετο**
πράσινο, γιατί προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξη
τῶν ἄλλων χρωμάτων, πλην τοῦ κόκκινου. Ὅταν
αὐτὸ τὸ πράσινο χρῶμα ἀναμειχθεῖ μὲ τὸ ἀπλὸ
κόκκινο, μᾶς δίνουν πάλι λευκὸ χρῶμα.

Αὐτὰ τὰ χρώματα λέγονται συμπληρωματικά.

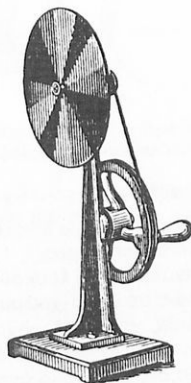
Ἄρα:

**Συμπληρωματικά ὀνομάζονται τὰ χρώματα τὰ
ὁποῖα, ὅταν ἀναμειχθοῦν, δίνουν λευκὸ φῶς.**

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Χρῶμα ποὺ λείπει (ἀπλό)	κόκκινο	πορτοκαλί	κίτρινο	πράσινο	κυανό	ιώδες
Ἐπόλοιπο χρῶμα ἀναμειξεως (σύνθετο)	πράσινο	ιώδες	κυανό	κόκκινο	κίτρινο	πορτοκαλί

Σχ. 5. Ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φω-
τός



Σχ. 6. Δίσκος τοῦ Νεύτωνα

Στόν πίνακα I φαίνονται μερικά ζεύγη συμπληρωματικών χρωμάτων. Πρέπει νά τονίσουμε ότι ή ανάμειξη αναφέρεται στά χρώματα του φάσματος καί όχι στά χρώματα βαφής.

VI. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Ένα σώμα πού φωτίζεται από λευκό φώς θά φαίνεται **λευκό**, όταν δέν απορροφά κανένα από τά χρώματα του φάσματος, αλλά τά ανακλά όλα. Τό ίδιο σώμα, όταν φωτίζεται από απλό κυανό χρώμα, θά φαίνεται **κυανό**, γιατί μόνο αυτό ανακλά.

Άλλο σώμα πού φωτίζεται από λευκό φώς θά φαίνεται π.χ. **κίτρινο**, όταν απορροφά όλα τά άλλα χρώματα του φάσματος, εκτός από τό κίτρινο τό οποίο καί ανακλά. Οί ανακλώμενες ακτίνες έρεθίζουν τό μάτι μας καί βλέπουμε τό σώμα κίτρινο.

Τά σώματα πού απορροφούν όλα τά απλά χρώματα του λευκού φωτός φαίνονται **μαύρα**.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Όπτικό πρίσμα είναι ένα διαφανές μέσο πού περιορίζεται από δύο τεμνόμενες επίπεδες έδρες.
2. Ανάλυση του λευκού φωτός ονομάζουμε τό διαχωρισμό πού παθαίνει τό λευκό φώς σέ απλά χρώματα, όταν περάσει μέσα από ένα πρίσμα.
3. Άπλό χρώμα (ή μονοχρωματική ακτινοβολία) ονομάζεται τό χρώμα πού δέν αναλύεται σέ άλλα απλούστερα.
4. Συμπληρωματικά ονομάζονται τά χρώματα τά όποια, όταν συντεθούν, δίνουν λευκό φώς.
5. Τά σώματα πού ανακλούν όλες τίς ακτινοβολίες του λευκού φωτός, πού πέφτει πάνω τους, φαίνονται λευκά καί εκείνα πού απορροφούν όλες τίς ακτινοβολίες φαίνονται μαύρα. Τά χρωματιστά σώματα ανακλούν μόνο τό χρώμα τους, ένw τά άλλα τά απορροφούν.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί είναι τό όπτικό πρίσμα;
β) Τί ονομάζουμε γωνία έκτροπής;
2. Τί είναι ή ανάλυση του λευκού φωτός καί τί ονομάζουμε φάσμα;
3. Έχουμε μία δέση πράσινου φωτός. Πώς θά διαπιστώσουμε άν τό φώς αυτό είναι απλό ή σύνθετο;
4. Ένα λευκό σώμα φωτίζεται α) μέ απλό κίτρινο φώς β) μέ απλό κυανό καί γ) μέ λευκό φώς. Πώς θά φαίνεται τό σώμα στην κάθε περίπτωση; Άν τό σώμα ήταν κόκκινο, πώς θά φαινόταν τότε στην κάθε περίπτωση;

ΦΑΚΟΙ - ΕΙΔΩΛΑ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

I. ΦΑΚΟΙ

α. Είδη φακών. Οι φακοί είναι σώματα διαφανή, τα όποια περιορίζονται από δύο σφαιρικές επιφάνειες ή από μία σφαιρική και μία επίπεδη (Σχ. 1).

Οι φακοί κατασκευάζονται συνήθως από γυαλί ή διαφανές συνθετικό υλικό και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: Στους **συγκλίνοντες** ή **συγκεντρωτικούς** και στους **άποκλίνοντες** ή **άποκεντρωτικούς** φακούς. Οι συγκλίνοντες φακοί είναι λεπτότεροι στα άκρα και παχύτεροι στο μέσο και μετατρέπουν μία δέσμη παράλληλων ακτίνων σε συγκλίνουσα (Σχ. 2). Οι άποκλίνοντες φακοί είναι παχύτεροι στα άκρα και λεπτότεροι στο μέσο και μετατρέπουν μία παράλληλη φωτεινή δέσμη σε άποκλίνουσα.

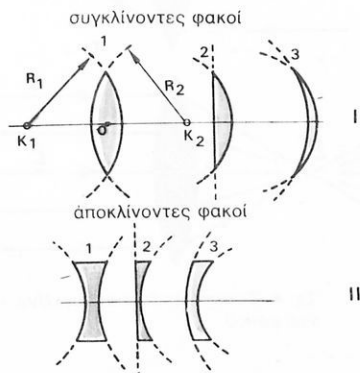
β. Έννοιες σχετικές με τους φακούς. Τα κέντρα των σφαιρικών επιφανειών που ανήκουν οι επιφάνειες του φακού λέγονται **κέντρα καμπυλότητας** του φακού και οι ακτίνες R_1 , R_2 λέγονται **ακτίνες καμπυλότητας** του φακού (Σχ. 1). Η ευθεία που ενώνει τα δύο κέντρα καμπυλότητας K_1 , K_2 ονομάζεται **κύριος άξονας** του φακού. Το σημείο O , που βρίσκεται στο μέσο του φακού, λέγεται **οπτικό κέντρο**.

Κάθε ευθεία που περνά από το οπτικό κέντρο - εκτός από τον κύριο άξονα - ονομάζεται **δευτερεύων άξονας** (Σχ. 3). Κάθε ακτίνα που περνά από το οπτικό κέντρο διαδίδεται χωρίς να εκτραπεί, δηλ. **ευθύγραμμη**.

Σημείωση. Στη μελέτη των φακών που ακολουθεί, δεχόμαστε ότι: 1) οι φωτεινές ακτίνες που διέρχονται από το φακό είναι **μονοχρωματικές**, γι' αυτό να μην παθαίνουν **ανάλωση**, 2) ο φακός βρίσκεται μέσα στον αέρα και 3) τα φωτεινά σημεία, από τα οποία ξεκινούν οι ακτίνες που πέφτουν στο φακό, βρίσκονται κοντά στον κύριο άξονα.

II. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

α. Κύρια έστια. (Γι' αυτή την πειραματική μελέτη των φακών χρησιμοποιούμε τη διάταξη «προ-

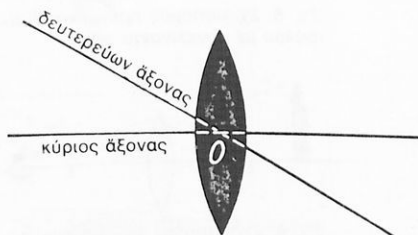


Σχ. 1. Είδη φακών: I. 1) Αμφίκυρτος 2) έπιπεδόκυρτος 3) συγκλίνων μηνίσκος

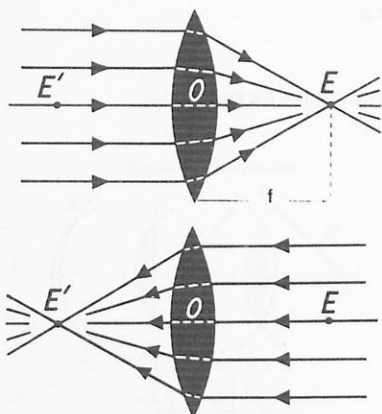
II. 1) Αμφίκοιλος 2) έπιπεδόκοιλος 3) άποκλίνων μηνίσκος



Σχ. 2. Οι ήλιακές ακτίνες ανάβουν το σπίρτο



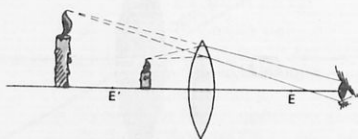
Σχ. 3.



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. Έπομένως:

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 το είδωλο του αντικειμένου. Τα είδωλα αυτά που σχηματίζονται πάνω σε ένα διάφραγμα είναι **πραγματικά**. Με ένα τέτοιο πείραμα διαπιστώνουμε ότι, όταν το αντικείμενο βρίσκεται πέρα από την κύρια έστια, το είδωλο είναι **πραγματικό** και **αντιστραμμένο**.

Αν όμως βάλουμε το αντικείμενο μεταξύ κύριας έστιας και φακού, παρατηρούμε ότι το είδωλο είναι **φανταστικό, όρθιο** και **μεγαλύτερο** από το αντικείμενο (Σχ. 6). Τα φανταστικά είδωλα δε σχηματίζονται πάνω σε διαφράγματα, αλλά τα βλέπουμε όταν κοιτάζουμε μέσα από το φακό.

2. Γραφικός τρόπος. Συχνά μπορούμε να βρίσκουμε τη θέση και το μέγεθος των ειδώλων με γραφικό τρόπο, αρκεί να γνωρίζουμε τους κανόνες για την πορεία ορισμένων φωτεινών ακτίνων.

Πορεία ορισμένων ακτίνων. α. Μία ακτίνα

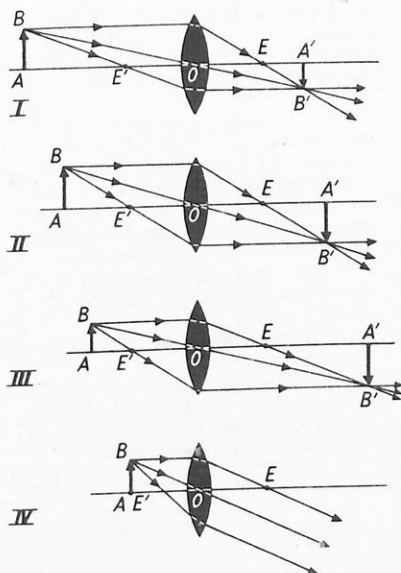
παράλληλη προς τον κύριο άξονα, μετά την έξοδο της από το φακό, περνάει από την κύρια έστια, (Σχ. 7). β. Μία άκτινα που περνάει από την κύρια έστια, μετά την έξοδο της από το φακό, γίνεται παράλληλη προς τον κύριο άξονα.

γ. Μία άκτινα που περνάει από το οπτικό κέντρο δεν παθαίνει καμία έκτροπή.

Σχηματισμός ειδώλου. Το είδωλο του φωτεινού σημείου Β σχηματίζεται στο σημείο Β' από την τομή των ακτίνων, μετά τη διάθλασή τους από το φακό.

Στο Σχ. 7 φαίνεται ο σχηματισμός του ειδώλου Α'Β' για διάφορες θέσεις του αντικειμένου ΑΒ. Από τα σχέδια αυτά προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα, στα όποια καταλήξαμε καί πειραματικά.

Ειδικά, όταν το αντικείμενο τοποθετείται ακριβώς στην κύρια έστια του φακού, το είδωλο σχηματίζεται στο **άπειρο**. (Οι διαθλώμενες ακτίνες είναι παράλληλες).



Σχ. 7. Διάφορες περιπτώσεις σχηματισμού πραγματικού ειδώλου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί φακοί διακρίνονται σέ συγκλίνοντες καί ἀποκλίνοντες. Οί συγκλίνοντες μετατρέπουν μία παράλληλη φωτεινή δέσμη σέ συγκλίνουσα καί οί ἀποκλίνοντες σέ ἀποκλίνουσα.
2. Τό σημείο στό ὁποῖο συγκεντρώνονται οί ἀκτίνες μιᾶς παράλληλης δέσμης, πού πέφτει στό φακό παράλληλα πρὸς τόν κύριο ἄξονα, λέγεται κύρια ἐστία καί ἡ ἀπόστασή της ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο, ἐστιακὴ ἀπόσταση.
3. Κάθε φακός ἔχει δύο κύριες ἐστίες συμμετρικὲς ὡς πρὸς τὸ ὀπτικό κέντρο.
4. Τά εἰδῶλα πού δίνουν οί συγκλίνοντες φακοί εἶναι πραγματικά καί ἀντιστραμμένα, ὅταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετεῖται πέρα ἀπὸ τὴν κύρια ἐστία, ἐνῶ εἶναι φανταστικά, ὀρθία καί μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο, ὅταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετεῖται μεταξύ κύριας ἐστίας καί φακοῦ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί εἶναι οί συγκλίνοντες καί τί οί ἀποκλίνοντες φακοί;
β) Διαφέρουν κατασκευαστικά μεταξύ τους;
2. Ποιὲς ἀπὸ τίς ἐπόμενες προτάσεις εἶναι ὀρθές; α) Οἱ κύριες ἐστίες βρίσκονται πάνω στὸν κύριο ἄξονα. β) Οἱ κύριες ἐστίες βρίσκονται πάνω σέ ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα. γ) Οἱ κύριες ἐστίες βρίσκονται στὸν κύριο ἄξονα καί σέ συμμετρικὴ θέσῃ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικό κέντρο. δ) Οἱ κύριες ἐστίες βρίσκονται στὸν κύριο ἄξονα καί πρὸς τὴν ἴδια μεριά τοῦ φακοῦ.
3. Γιά ποιὲς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου οἱ συγκλίνοντες φακοί σχηματίζουν α) εἰδῶλα πραγματικά καί β) εἰδῶλα φανταστικά;
4. Τά πραγματικά εἰδῶλα τῶν συγκλινόντων φακῶν εἶναι:
α) πάντα μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο; β) πάντα μικρότερα; γ) Σέ ἄλλες θέσεις τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μικρότερα καί σέ ἄλλες εἶναι μεγαλύτερα;

ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ-ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

I. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

α. Κύρια έστια. Όπως είπαμε στην προηγούμενη ένότητα, οι αποκλίνοντες φακοί μεταβάλλουν μία δέσμη από παράλληλες ακτίνες, μετά τη διάθλασή τους, σε αποκλίνουσα (Σχ. 1). Οι δύο κύριες εστίες στους αποκλίνοντες φακούς είναι **φανταστικές**, γιατί σχηματίζονται από τις προεκτάσεις των διαθλωμένων ακτίνων.

β. Είδωλα των αποκλινόντων φακών.

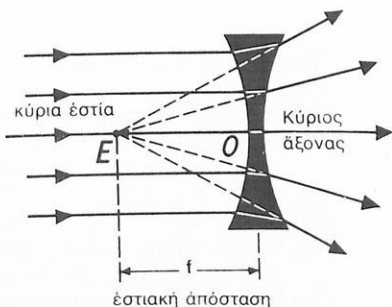
Πειραματικός τρόπος. Τοποθετούμε ένα φωτεινό αντικείμενο AB (π.χ. ένα κερί) κάθετα στον κύριο άξονα ενός αποκλίνοντα φακού (Σχ. 2). Όπως προκύπτει από το πείραμα, το είδωλο Α'Β' σχηματίζεται προς την ίδια πλευρά του φακού, που βρίσκεται και το αντικείμενο, και είναι πάντοτε **φανταστικό, όρθιο και μικρότερο** από το αντικείμενο. Για να δούμε το είδωλο πρέπει να κοιτάξουμε μέσα από το φακό.

Γραφικός τρόπος. Για να βρίσκουμε γραφικά τη θέση και το μέγεθος του είδωλου ενός αντικειμένου, εφαρμόζουμε τους ίδιους κανόνες με αυτούς που είπαμε στους συγκλίνοντες φακούς. 1) Μία ακτίνα παράλληλη προς τον κύριο άξονα, μετά τη διάθλασή της από το φακό, ακολουθεί τέτοια διεύθυνση ώστε η **προέκτασή της** να περνά από την κύρια έστια. 2) Μία ακτίνα που περνά από το οπτικό κέντρο δεν παθαίνει καμία έκτροπή.

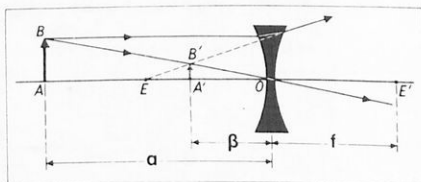
Εφαρμόζοντας τους κανόνες αυτούς σχηματίζουμε το είδωλο Α'Β' του αντικειμένου AB (Σχ. 2). Από παρόμοια σχέδια προκύπτει ότι, για κάθε θέση του αντικειμένου, το είδωλο είναι πάντοτε φανταστικό, όρθιο και μικρότερο του.

II. ΤΥΠΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

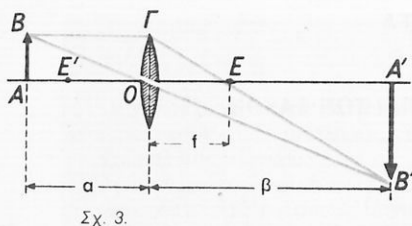
Αν καλέσουμε a την απόσταση του αντικειμένου από το φακό, β την απόσταση του είδωλου από το φακό και f την εστιακή απόσταση



Σχ. 1. Εστιακή απόσταση αποκλινόντα φακού



Σχ. 2. Σχηματισμός του φανταστικού είδωλου



του φακού (Σχ. 2 και Σχ. 3), τότε αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$	Τύπος τῶν φακῶν
---	-----------------

Στὸν τύπο αὐτὸ τὸ a 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 ἐστία 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):

$$m = \frac{(A'B')}{(AB)}$$

Αποδεικνύεται ὅτι ἡ μεγέθυνση m ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκο β/a , δηλαδή:

$$m = \frac{(A'B')}{(AB)} = \frac{\beta}{a}$$

Ὅπως προκύπτει ἀπὸ τὸ Σχ. 2, ἡ μεγέθυνση στοὺς ἀποκλίνοντες φακούς εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τὴ μονάδα, γιατί τὸ εἶδωλο εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο. Στοὺς συγκλίνοντες φακούς ἡ μεγέθυνση εἶναι μεγαλύτερη, μικρότερη ἢ καὶ ἴση μὲ τὴ μονάδα, ἀνάλογα μὲ τὴ θέση τοῦ ἀντικειμένου.

IV. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΦΑΚΟΥ

Χαρακτηριστικὸ γνῶρισμα τοῦ φακοῦ εἶναι ἡ ἰσχὺς του. Λέγοντας **ισχύς I** ἐννοοῦμε τὸ ἀντίστροφο τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως.

$I = \frac{1}{f}$	Ἰσχύς φακοῦ
-------------------	-------------

Ἡ ἰσχύς μετρίεται 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 ἐστιακὴ 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 πρός τό οπτικό κέντρο του φακού.
2. Τά είδωλα πού δίνουν οί αποκλίνοντες φακοί είναι φανταστικά, ὀρθια καί μικρότερα από τό αντικείμενο γιά κάθε θέση του αντικειμένου.
3. Οί τύποι πού ισχύουν στους φακούς είναι οί εξής:

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \text{ καί } m = \frac{(A'B')}{(AB)} = -\frac{\beta}{\alpha}$$

Στόν πρώτο τύπο πρέπει νά βάζουμε ἀρνητικό πρόσημο στό β ἢ στό f ὅταν ἀντιστοίχως τό εἶδωλο ἦ ἡ κύρια έστία εἶναι φανταστικά.

4. Ἰσχύς του φακού λέγεται τό ἀντίστροφο τῆς έστιακῆς ἀποστάσεως ($1/f$) καί μετρίεται σέ διοπτρίες $\frac{1}{m} = m^{-1}$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί εἶδωλα σχηματίζουν οί αποκλίνοντες φακοί;
β) Πῶς γράφεται ὁ τύπος τῶν φακῶν γιά αποκλίνοντες φακούς;
2. Γιά ποιές θέσεις του αντικειμένου, ως πρός τήν κύρια έστία ενός συγκλίνοντα φακού, θά προκύπτει τό β ἀρνητικό;
3. α) Τί ὀνομάζεται μεγένθυση m καί τί ισχύς I ενός φακού;
β) Πῶς συνδέεται τό κάθε μέγεθος μέ τό α καί β ;
4. Τί τιμές μπορεί νά πάρει ἡ μεγένθυση
α) ενός συγκλίνοντα φακού καί β) ενός αποκλίνοντα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἐνα φωτεινό αντικείμενο ἀπέχει 60 cm ἀπό ἕνα συγκλίνοντα φακό καί δίνει εἶδωλο πραγματικό σέ ἀπόσταση 30 cm ἀπό τό φακό. Νά ὑπολογιστοῦν ἡ έστιακή ἀπόσταση καί ἡ μεγένθυση. Ἐχοντας γνωστά τό α καί τό f πού ὑπολογίσατε, νά κατασκευάσετε γραφικά καί μέ κατάλληλη κλίμακα τό εἶδωλο. Πόση ἀπόσταση β προκύπτει ἀπό τό σχέδιό σας;
2. Ἐνα ἀντικείμενο ἔχει ὕψος 4 cm καί τοποθετεῖται σέ ἀπόσταση 20 cm ἀπό ἕνα συγκλίνοντα φακό, έστιακῆς ἀποστάσεως 25 cm. Νά βρεθοῦν ἡ θέση καί τό ὕψος του εἰδώλου.

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 επιζητούν μεγάλες μεγεθύνσεις μικρών αντικειμένων (Σχ. 1).

Βασικά τό μικροσκόπιο αποτελείται από ένα συγκλίνοντα **αντικειμενικό φακό** καί έναν, επίσης συγκλίνοντα, **προσοφθάλμιο φακό** (Σχ. 2).

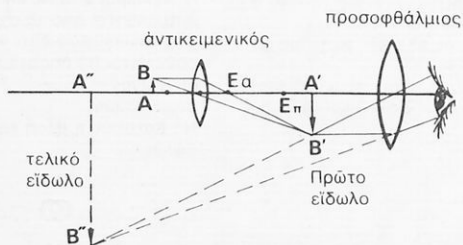
Ή άρχή, στήν όποία στηρίζεται ή λειτουργία του μικροσκοπίου, φαίνεται παραστατικά στό Σχ. 2 καί είναι ή εξής:

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 όποιο μεγεθύνει στό τελικό είδωλο $A''B''$.

Μεγέθυνση μικροσκοπίου. Ή όλική μεγέθυνση του μικροσκοπίου εκφράζεται μέ τό λόγο: $(A''B'')/(AB)$, Δηλαδή:



Σχ. 1. Μικροσκόπιο



Σχ. 2. Άρχή λειτουργίας του μικροσκοπίου

$$M_{ολ} = \frac{(A''B'')}{(AB)}$$

Ἡ σχέση ἀυτὴ γράφεται καὶ ὡς ἐξῆς:

$$M_{ολ} = \frac{(A''B'')}{(A'B')} \cdot \frac{(A'B')}{(AB)} = m_{πρ.} \cdot m_{αντ.}$$

Ἄρα:

$M_{ολ} = m_{πρ.} \cdot m_{αντ.}$	Μεγεθύνση μικροσκοπίου
-----------------------------------	-------------------------------

Αὐτὰ τὰ μικροσκόπια δίνουν μεγεθύνσεις μέχρι 1000 (τελικό εἶδωλο 1000 φορές μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο). Γιά πολὺ μεγαλύτερες μεγεθύνσεις σήμερα χρησιμοποιοῦνται τὰ ἡλεκτρονικὰ μικροσκόπια.

II. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ

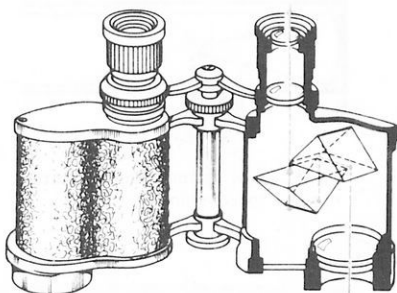
Τὰ τηλεσκόπια* εἶναι ὄργανα πού χρησιμεύουν νά παρατηροῦμε ἀντικείμενα πού βρίσκονται σέ πολὺ μεγάλες ἀποστάσεις. Συνήθως τὰ διακρίνουμε στὰ **ἀστρονομικὰ** τηλεσκόπια, μέ τὰ ὁποῖα παρατηροῦμε τὰ ἄστρα, καὶ στίς **διόπτρες** (Σχ. 3) τίς ὁποῖες χρησιμοποιοῦν ναυτικοί, τοπογράφοι, κτλ. γιά ἐπίγειες παρατηρήσεις.

α. Ἀστρονομικὸ διαθλαστικὸ τηλεσκόπιο.

Βασικά αὐτό ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μεγάλο (μέ διάμετρο μέχρι 1m) συγκλίνοντα **ἀντικειμενικὸ** φακό, μέ μεγάλη ἐστιακὴ ἀπόσταση, καὶ ἀπὸ ἓναν ἐπίσης συγκλίνοντα **προσοφθάλμιο** φακό, μικρῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως (Σχ. 4).

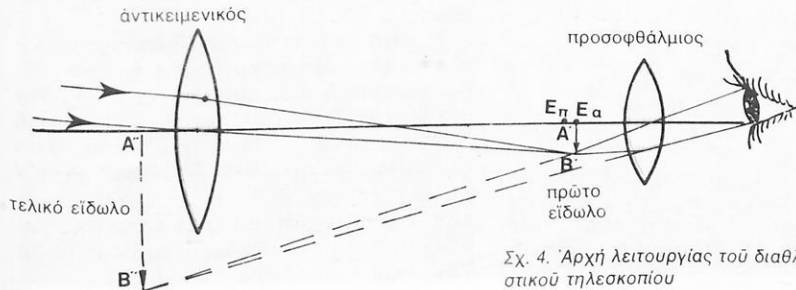
Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ τηλεσκοπίου, ὅπως φαίνεται καὶ στὸ Σχ. 4, εἶναι ἡ ἐξῆς.

Ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς σχηματίζει τὸ πρῶτο εἶδωλο $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου, πού βρίσκεται σέ ἄπειρη ἀπόσταση, πάνω στήν κύρια

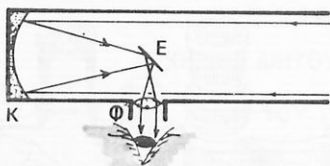


Σχ. 3. Πρισματικὴ διόπτρα (κι ἄλια)

* τηλε = πρῶτο συνθετικὸ πολλῶν λέξεων πού σημαίνει μακριὰ ἢ ἀπὸ μακριὰ.



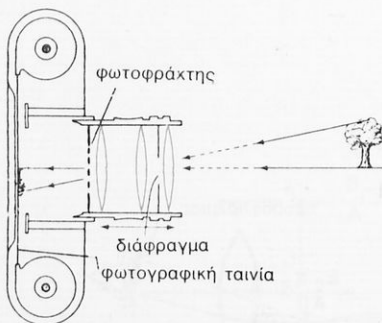
Σχ. 4. Ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ διαθλαστικοῦ τηλεσκοπίου



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 E_0 . Τό $A'B'$ αποτελεί για τόν προσοφθάλμιο φακό αντικείμενο, τό όποιο μεγεθύνει δίνοντας τό τελικό είδωλο $A''B''$.

Αποδεικνύεται ότι ή μεγέθυνση M του αστρονομικού τηλεσκοπίου ισούται μέ τό πηλίκο τής έστιακής απόστάσεως f_0 του αντικειμενικού φακού διά τής έστιακής απόστάσεως f_1 του προσοφθαλμίου.

$$M = \frac{f_0}{f_1}$$

Ο κυριότερος λόγος, γιά τόν όποιο τά τηλεσκόπια έχουν μεγάλο αντικειμενικό φακό, είναι γιατί αυτός συγκεντρώνει περισσότερο φώς καί δίνει είδωλα **σαφέστερα** καί **λαμπρότερα**.

Κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Γιά νά συγκεντρώνουμε ακόμη 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 καί κάνει όρατά πολύ άμυδρά αντικείμενα (άστρα).

III. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Η φωτογραφική μηχανή είναι συσκευή (Σχ. 6) μέ τήν όποία πετυχαίνουμε τήν άπεικόνιση, πάνω σέ ταινία (φίλμ), διαφόρων φωτεινών αντικειμένων.

Η φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα σκοτεινό θάλαμο, ό όποίος 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 **αρχή**, στήν όποία στηρίζεται ή φωτογράφιση, είναι ό σχηματισμός καθαρού πραγματικού ειδώλου από τό συγκλίνοντα φακό πάνω στό φίλμ καί ή άποτύπωσή του στή φωτοπαθή επιφάνεια του φίλμ. Γιά νά σχηματίζεται πάντα καθαρό (εύκρινές) είδωλο, ρυθμίζουμε μέ έναν κοχλία (βίδα) τήν άπόσταση του φακού από τό φίλμ. Επίσης πρέπει νά έχουμε κατάλληλο φωτισμό στό φίλμ, τόν όποιο ρυθμίζουμε μέ τό διάφραγμα.

Σήμερα ή φωτογραφική τέχνη βρίσκεται σέ πολύ μεγάλη ανάπτυξη. Μπορούμε νά φωτογραφίζουμε αντικείμενα πού τρέχουν μέ πάρα πολύ μεγάλη ταχύτητα, μικροσκοπικά αντικείμενα, έγχρωμα κτλ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

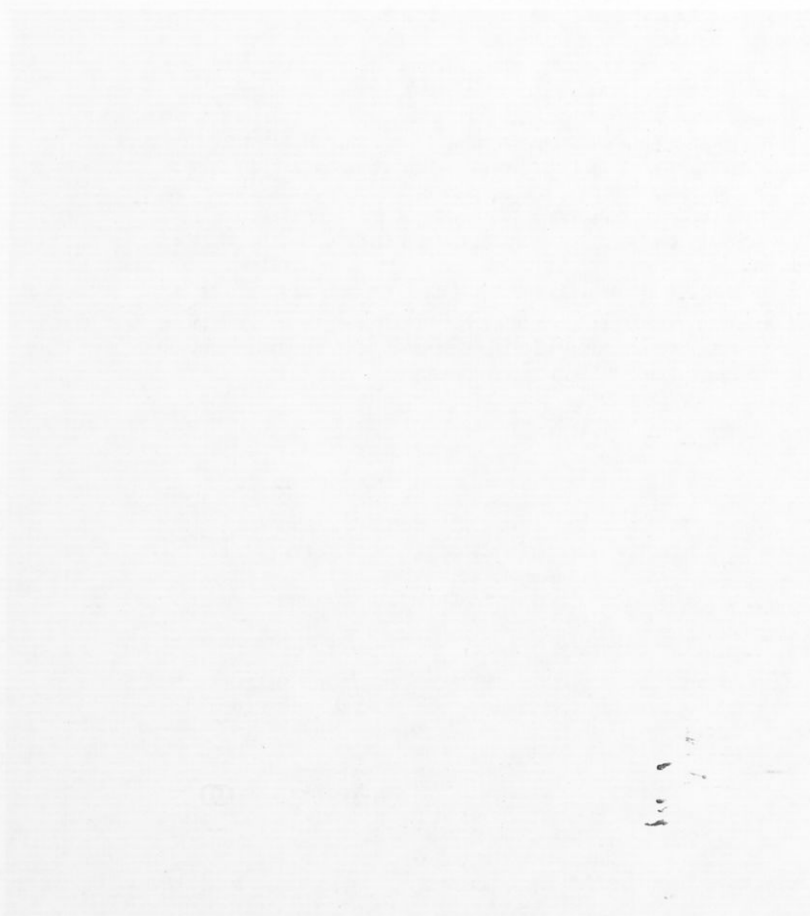
1. Τά μικροσκόπια είναι όργανα πού μᾶς χρησιμεύουν νά βλέπουμε πολύ μικρά αντικείμενα. Τά κύρια μέρη τους είναι ό αντικειμενικός καί ό προσοφθάλμιος φακός. Ἡ μεγέθυνση τών μικροσκοπίων δίνεται από τόν τύπο $M_{ολ} = m_o \cdot m_n$
2. Τά τηλεσκόπια είναι όργανα πού χρησιμεύουν νά βλέπουμε πολύ μακρινά αντικείμενα. Γενικά διακρίνονται σέ αστρονομικά τηλεσκόπια καί σέ διόπτρες.
3. Ἡ μεγέθυνση τοῦ τηλεσκοπίου βρίσκεται από τόν τύπο $M = f_o / f_n$
4. Ἡ φωτογραφική μηχανή αποτελείται από ένα σκοτεινό θάλαμο, ένα συγκλίνοντα φακό καί τό φιλμ, πάνω στή φωτοπαθή οὐσία τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τό πραγματικό εἶδωλο τοῦ αντικειμένου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α. Ἀπό ποιά κύρια μέρη αποτελείται τό μικροσκόπιο;
β) Ποιά είναι ἡ ὀλική μεγέθυνση τοῦ μικροσκοπίου;
2. α) Ἀπό ποιά κύρια μέρη αποτελείται τό διαθλαστικό τηλεσκόπιο;
β) Γιατί τά τηλεσκόπια ἔχουν μεγάλο αντικειμενικό φακό ἢ μεγάλο κάτοπτρο;
3. α) Σέ ποιά ἀρχή στηρίζεται ἡ φωτογράφιση αντικειμένων;
β) Μέ ποιό τρόπο παίρνουμε πάντα καθαρό εἶδωλο στή φωτογραφική ταινία, ἀνεξάρτητα από τήν ἀπόσταση τοῦ αντικειμένου από τό φακό;



Ενδεικτική Παράσταση 1: Η δομή του εκπαιδευτικού συστήματος, όπως προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων, παρουσιάζει μια ιεραρχική οργάνωση. Η ανάλυση των δεδομένων, που προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων, παρουσιάζει μια ιεραρχική οργάνωση. Η ανάλυση των δεδομένων, που προκύπτει από την ανάλυση των δεδομένων, παρουσιάζει μια ιεραρχική οργάνωση.



ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

(Όσα από τὰ προβλήματα ἔχουν στὸν αὐξὼντα ἀριθμὸ τους ἀστερίσκο – π.χ. 1η ἐνότητα *1 πρόβλημα – λύνονται ὑποδειγματικά στὸ τέλος τῶν ἀπαντήσεων.)

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. $B = 225 \text{ p}$, ἐπιμήκυνση $= 148 \text{ mm}$ (μέ σχεδίο ἀκριβείας)

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. $B = F_{\nu\eta\mu\alpha\tau\omicron\varsigma} = 2 \text{ kp}$

8η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ kpm}$
2. $d = 0,04 \text{ m}$
- *3. $B = 75 \text{ kp}$
4. $(ΟΓ) = 0,5 \text{ m}$

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F_{ολ} = 16 \text{ kp}$, 20 cm από την F_2
2. $B = 25 \text{ p}$, 2 cm από τη 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. $E_{μηχ.} = 5,2 \text{ Joule}$

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. $A = 70 \text{ p}$, $V = 70 \text{ cm}^3$, $\varepsilon \approx 2,57 \text{ p/cm}^3$,
 $\rho \approx 2,57 \text{ gr/cm}^3$
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. $\Pi = 2 \text{ t/sec}$
2. $\Pi = 400 \text{ cm}^3/\text{sec}$, $V = 48 \text{ t}$
3. $V = 7200 \text{ t}$

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. $E_{\delta\alpha\pi} \approx 142857 \text{ KWh}$

46η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $t = 1,28 \text{ sec}$
2. $s = 94608 \cdot 10^8 \text{ km}$

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. 10 cm , 20 cm
2. 75 cm , 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

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

1η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Δίνεται $R = 6400 \text{ Km}$.

Γνωρίζουμε ότι $1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$.

Επομένως $6400 \text{ km} = 6400 \cdot 1000 \text{ m} = 6400000 \text{ m}$

$$\text{ή } R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$$

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 $4 \text{ στρέμματα} = 4 \cdot 1000\text{m}^2 = 4 \cdot 10^3\text{m}^2$.

Επίσης γνωρίζουμε ότι:

$1\text{m}^2 = (100\text{cm})^2 = 10000\text{cm}^2 = 10^4\text{cm}^2$. Επομέ-

νως $4 \cdot 10^3\text{m}^2 = 4 \cdot 10^3 \cdot 10^4\text{cm}^2 = 4 \cdot 10^7\text{cm}^2$.

Τό πρόβλημα λύνεται και με την απλή 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 αὐτές σέ μέτρα κατά δευτερόλεπτο.

Επομένως θά εἶναι:

$$\alpha) u_a = 36 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = \frac{36000\text{m}}{60 \cdot 60\text{sec}} = \frac{36000\text{m}}{3600\text{sec}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_a = 10\text{m/sec}$$

$$\beta) u_b = 72 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = \frac{72000\text{m}}{60 \cdot 60\text{sec}} = \frac{72000\text{m}}{3600\text{sec}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_b = 20\text{m/sec}$$

$$\gamma) u_\gamma = 100 \frac{\text{cm}}{\text{sec}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$u_\gamma = 1\text{m/sec}$$

Συμπέρασμα: Ἡ ταχύτητα $u = 20\text{m/sec}$ εἶναι διπλάσια ἀπό τήν ταχύτητα $u_a = 36\text{km/h}$, εἶναι ἴση μέ τήν $u_b = 72\text{Km/h}$ καί εἶναι εἰκοσαπλάσια ἀπό τήν $u_\gamma = 100\text{cm/sec}$.

4η ΕΝΟΤΗΤΑ: *1 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$t = 3 \text{ min}$ $u = 20 \text{ m/sec}$	$s = ?$

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:

$$s = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}} 180 \text{ sec} = 3600 \text{ m}$$

$$s = 3600 \text{ m}$$

Απάντηση. Το αυτοκίνητο θα διανύσει διάστημα $s = 3600 \text{ m}$.

8η ΕΝΟΤΗΤΑ: *3 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$l_1 = 150 \text{ cm}$ $l_2 = 50 \text{ cm}$ $B_1 = 25 \text{ Kp}$	$B_2 = ?$

Λύση

Επειδή η σανίδα ισορροπεί, πρέπει το αλγεβρικό 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 O είναι αντίστοιχα: $M_1 = B_1 \cdot l_1$ (θετική) και $M_2 = -B_2 \cdot l_2$ (αρνητική). Επομένως θα έχουμε τη σχέση $B_1 \cdot l_1 - B_2 \cdot l_2 = 0$ ή $B_1 \cdot l_1 = B_2 \cdot l_2$ (1). Λύνουμε την εξίσωση (1) ως προς το ζητούμενο βάρος B_2 :

$$B_2 = \frac{B_1 \cdot l_1}{l_2}$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους, οπότε βρίσκουμε:

$$B_2 = \frac{25 \text{ kp} \cdot 150 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} \quad \text{ή} \quad B_2 = 75 \text{ kp}$$

Απάντηση. Το βάρος της γυναίκας είναι 75 kp.

12η ΕΝΟΤΗΤΑ *1 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$B = 19.62 \text{ N}$ $h = 5.5 \text{ m}$	$E_{\text{δυν}} = ?$

Λύση

Γνωρίζουμε ότι η δυναμική ενέργεια ενός σώματος δίνεται από τη σχέση $E_{\text{δυν}} = B \cdot h$. Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους, οπότε προκύπτει:

$$E_{\text{δυν}} = 19,62 \text{ N} \cdot 5,5 \text{ m} = 107,91 \text{ Joule}$$

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

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 έμβασμό S , οπότε προκύπτει:

$$S = \frac{B}{p}$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους και βρίσκουμε:

$$S = \frac{2400 \text{ Kp}}{0,4 \text{ Kp/cm}^2} = 6000 \text{ cm}^2$$

$$S = 6000 \text{ cm}^2$$

Απάντηση. Το μικρότερο έμβασμό που μπορεί να έχει η βάση στηρίζως του στύλου είναι 6000 cm^2 .

17η ΕΝΟΤΗΤΑ *2 Προβλ.

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$S = 200 \text{ cm}^2$	$p = ?$
$h = 50 \text{ m}$	$F = ?$
$\rho_{\text{νερ}} = 1,03 \text{ p/cm}^3$	

Λύση

α) Ο βασικός τύπος της υδροστατικής $p = \epsilon \cdot h$ μάς επιτρέπει να υπολογίσουμε την πίεση όταν γνωρίζουμε το βάθος h και το ειδικό βάρος του

ύγρου ε. Έκφράζουμε τό βάθος h σέ cm , όπότε:
 $h = 50\text{m} = 5000\text{cm}$. 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 άσκειάται 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

$$F = p \cdot S = 5,15 \frac{\text{Kp}}{\text{cm}^2} \cdot 200\text{cm}^2 = 1030\text{Kp}$$

$$F = 1030 \text{ Kp}$$

Απάντηση: Η πίεση πού άσκειάται 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 για τά σώματα πού πλέουν ισχύει ή συνθήκη πλεύσεως $A = B$ (1), όπου A ή άνωση πού δέχεται τό σώμα από τό ύγρό. Σύμφωνα μέ την άρχή του Άρχιμήδη, ή άνωση δίνεται από τή σχέση $A = V \cdot \varepsilon$ (2), όπου V ό όγκος του ύγρου πού έκτοπίζει τό σώμα. Από τίς εξισώσεις (1) καί (2) προκύπτει ή σχέση $B = V \cdot \varepsilon$ (3). Λύνουμε τήν εξίσωση (3) ως πρός τό ζητούμενο όγκο V , όπότε προκύπτει:

$$V = \frac{B}{\varepsilon}$$

Αντικαθιστούμε 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 $V = 2 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

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 το νόμο των Boyle-Mariotte γνωρίζουμε ότι

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad (1)$$

Λύνουμε την εξίσωση (1) ως προς το ζητούμενο
όγκο V_2 :

$$V_2 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2}$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές
τους, οπότε 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 τα γνωστά με-
γέθη στην εξίσωση (1), οπότε 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 εΐ-
ναι 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 με τη
θερμοκρασία θ , όταν η πίεση παραμένει στα-
θερή, δίνεται από τον τύπο:

$$(1) V_\theta = V_0 (1 + \alpha \theta)$$

όπου V_0 είναι ο όγκος του αερίου σε 0°C ,
 $\alpha = 1/273 \text{ grad}^{-1}$ και θ η θερμοκρασία σε $^\circ \text{C}$.

Μετατρέπουμε την απόλυτη θερμοκρασία T
σε θερμοκρασία θ , εφαρμόζοντας τη 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:

$$V_{\theta} = 250 \text{ cm}^3 \left(1 + \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1} \cdot 327 \text{ grad} \right) =$$

$$= 250 \left(1 + \frac{327}{273} \right) \text{ cm}^3 \Rightarrow$$

$$V_{\theta} = 250 \left(\frac{273 + 327}{273} \right) \text{ cm}^3 =$$

$$= 250 \cdot \frac{600}{273} \text{ cm}^3 \approx 549,4 \text{ cm}^3$$

Απάντηση. Ο όγκος του όξυγόνου σε 600 Κ θα είναι

$$V_{\theta} = 549,4 \text{ cm}^3$$

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:

$$c = \frac{215 \text{ cal}}{100 \text{ gr} \cdot 10 \text{ grad}} = \frac{215}{1000} \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \Rightarrow$$

$$c = 0,215 \text{ cal/gr.grad}$$

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:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{2}{R} - \frac{1}{a} = \frac{2a - R}{R \cdot a} \Leftrightarrow \beta = \frac{R \cdot a}{2a - R}$$

Αντικαθιστούμε τὰ μεγέθη μέ τις δοσμένες τιμές καί βρίσκουμε:

$$\beta = \frac{40 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}}{2 \cdot 30 \text{ cm} - 40 \text{ cm}} = \frac{1200 \text{ cm}^2}{(60 - 40) \text{ cm}} = \frac{1200}{20} \text{ cm} = 60 \text{ cm}.$$

Απάντηση. Τό εἶδωλο σχηματίζεται σέ ἀπόσταση 60cm ἀπό τό κάτοπτρο καί εἶναι **πραγματικό** γιατί ἡ τιμή τοῦ β εἶναι θετική.



ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SI ΚΑΙ C.G.S.
ΠΙΝΑΚΑΣ I

Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο	Έξισωση ορισμού	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
Επιφάνεια	S	$S = a \cdot b$	1 m ²	1 cm ²	
Όγκος	V	$V = a \cdot b \cdot \gamma$	1 m ³	1 cm ³	1 στρέμμα = 1000 m ²
Πυκνότητα	ρ	$\rho = m/V$	1 Kgr/m ³	1 gr/cm ³	1 lt = 10 ³ cm ³
Δυναμ. Βάρος	F, B	$F = m \cdot \gamma$	1 Newton (N)	1 dyn	1 Kp = 9.81 N
Ταχύτητα	u	$u = s/t$	1 m/sec	1 cm/sec	1 Km/h
Ειδικό βάρος	ϵ	$\epsilon = B/V$	1 N/m ³	1 dyn/cm ³	1 p/cm ³
Τριβή	T	$T = n \cdot F_k$	1 N	1 dyn	1 Kp
Ροπή δυνάμεως	M	$M = F \cdot l$	1 N·m	1 dyn·cm	—
Έργο	W	$W = F \cdot s$	1 Joule = 1 N·m	1 erg = 1 dyn·cm	1 Kwh
Ενέργεια δυναμ.	EΔ	$EΔ = B \cdot h$	"	"	"
Ενέργεια κινητ.	Eκ	$Eκ = 1/2 m u^2$	"	"	"
Ισχύς	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	$\Pi = V/t$	1 m ³ /sec	1 cm ³ /sec	1 m ³ /h
Θερμοκρασία	θ, T	Θεμελιώδες	1 K	1 °C	
Θερμότητα	Q	—	1 Joule	—	1 cal = 4.25 Joule
Ειδική θερμότητα	c	$c = Q/m \cdot \Delta\theta$	1 Joule/Kgr·grad	—	1 cal/gr·grad
Θερμαντική ικανότη.	K	$K = Q/m$	1 joule/Kgr	—	1 cal/gr
Ειδική θερμότητα	λ	$\lambda = Q/m$	"	—	"
Ειδική θερμότητα εξεσρώσ.	L	$L = Q/m$	"	—	"
Απόλυτη υγρασία	β	$\beta = m/V$	1 Kgr/m ³	1 gr/cm ³	1 gr/m ³

ΠΙΝΑΚΑΣ II

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ 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. πλατ. 45° ύψος 0 m)	g	9.81 m/sec^2
Θερμικός συντελεστής αερίων	α	$1/273 \text{ grad}^{-1}$
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	Ο καπνός ύψώνεται κατακόρυφα.
1	1 - 5	Υποπνέων	Ο καπνός ύψώνεται σχεδόν κατακόρυφα.
2	6 - 12	Άσθενής	Ο άνεμος γίνεται αισθητός στο πρόσωπο.
3	12 - 19	Λεπτός -----	- Κινούνται τα φύλλα των δέντρων. Κυματίζει η σημαία.
4	20 - 28	Μέτριος -----	- Κινούνται μικρά κλαδιά. Σηκώνεται κονιορτός.
5	29 - 38	Λαμπρός -----	- Σείονται μικρά δέντρα.
6	39 - 49	Ίσχυρός	Τά τηλεφωνικά σύρματα συρίζουν.
7	50 - 61	Σφοδρός -----	- Κινούνται τα δέντρα. Τό βάδισμα γίνεται δύσκολο.
8	62 - 74	Όρμητικός -----	- Σπάζουν κλαδιά των δέντρων.
9	75 - 88	Θύελλα	Ελαφρές ζημιές στις οικοδομές.
10	89 - 102	Ίσχυρή θύελλα	Ξεριζώνει δέντρα.
11	103 - 117	Σφοδρή θύελλα	Μεγάλες ζημιές.
12	118 - 133	Τυφώνας	Πολύ μεγάλες καταστροφές.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

Αγωγή θερμότητας 153
άδιαφανή σώματα 168
αεριοστρόβιλος 162
αεροπλάνο 105
αερόστατο 88
ακτινοβολία θερμική 154
ανάκλαση 173
ανάκλαση ολική 182
ανάλυση δυνάμεως 34
ανάλυση φωτός 185
ανασύνθεση λευκού φωτός 186
ανεμοδείκτης 159
ανεμολόγιο 159
ανεμόμετρο 159
άνεμος 158
αντικατοπτρισμός 183
αντικυκλώνας 95
αντίσταση του αέρα 103
άνυψωση φαινομενική 183
άνωση 83
άνωση δυναμική 104
απόλυτη θερμοκρασία 124
απόλυτη υγρασία 149
απόλυτο μηδέν 123
απόσταση 146
απόσταση κλασματική 147
αριθμητική τιμή μεγέθους 6
άρτεσιανά πηγάδια 80
άρχη διατήρησης της ενέργειας 54
Αρχή του Αρχιμήδη 84
άρχη του Pascal 76
άρχη συγκοινωνούντων δοχείων 79
ατμομηχανή 161
ατμός 135
ατμός ακόρεστος 136
ατμός κορεσμένος 136
ατμοστρόβιλος 161
ατμόσφαιρα τεχνική 69
ατμόσφαιρα φυσική 92
ατμοσφαιρική διάθλαση 183
ατμοσφαιρική πίεση 90
αύρα απόγεια 159
αύρα θαλάσσια 159
αυτόματος ποτιστής 81
αυτόφωτα σώματα 167

B

Βαθμός Κέλβιν 124
βαθμός Κελσίου 115
βαρόμετρο 93
βαρόμετρο αυτογραφικό 93
βαρόμετρο μεταλλικό 93

βαρόμετρο υδραργυρικό 93
βάρος 24
βαρούλκο 66
βασικός νόμος της υδροστατικής 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 όριική 182
γωνία προσπτώσεως 173

Δ

Δευτερεύων άξονας 189
δευτερόλεπτο 6
διάθλαση 181
διάθλαση ατμοσφαιρική 183
διανυσματικό μέγεθος 19
διαστολή 117
διαστολή γραμμική 118
διαστολή κυβική 117
διαφανή σώματα 168
διάχυση 174
διέγερση ατόμου 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
δυνη 23

E

Ειδική θερμότητα 127
ειδική θερμότητα εξαερώσεως 140
ειδική θερμότητα τήξεως ή πήξεως 133
ειδικό βάρος 25

εἶδωλο 175, 177, 190
ἐκλειψη Ἡλίου 171
ἐκλειψη Σελήνης 171
ἐλαστική παραμόρφωση 27
ἐνέργεια 51
ἐνέργεια δυναμική 52
ἐνέργεια κινητική 52
ἐνέργεια μηχανική 53
ἐξαέρωση 135
ἐξαερωτήρας 165
ἐξάτμιση 138
ἐξάχνωση 147
ἐπιφανειακή τάση 108
ἔργιο 49
ἔργο 47
ἐστιακή ἀπόσταση 177, 190
ἐσωτερική τριβή 101
ἐτερόφωτα σώματα 168

Ζ

Ζεύγος δυνάμεων 37
ζυγός 7

Η

Ἡμιδιαφανή σώματα 168

Θ

Θεμελιώδεις μονάδες 12
θεμελιώδη μεγέθη 6
θεμελιώδης νόμος τῆς θερμομετρίας 127
θερμαντική ἰκανότητα καυσίμου 130
θερμίδα 125
θερμιδόμετρο 129
θερμική ἀκτινοβολία 155
θερμική ἰσορροπία 113
θερμική κίνηση 112
θερμικός συντελεστής αέριων 122
θερμοκρασία 111, 112
θερμοκρασία βρασμοῦ 143
θερμοκρασία τήξεως ἢ πήξεως 132
θερμόμετρο 112, 114
θερμόμετρο ὑδραργυρικό 114
θερμότητα 113
θύελλα 95

Ι

Ἰσορροπία ἀδιάφορη 57
ἰσορροπία ἀσταθής 57
ἰσορροπία δυνάμεων 32, 33
ἰσορροπία εὐσταθής 57
ἰσορροπία ροπῶν 37
ἰσχύς 49
ἰσχύς φακοῦ 194

Κ

Καρμπυρατέρ 165
κατακόρυφος 24
κάτοπτρο 173
κάτοπτρο ἐπίπεδο 174
κάτοπτρο κοίλο 177
κάτοπτρο κυρτό 179
κβαντική συνθήκη τοῦ Μπόρ 169
κεκλιμένο ἐπίπεδο 65
κεντρική θέρμανση 157
(καλοριφέρ)
κέντρο βάρους 41
κιλοβάτ 50
κιλοβατώρα 50
κιλοπόντ 23
κιλοποντόμετρο 49
κινητήρες Ντίζελ 165
κινητική θεωρία 112
κλασματική ἀπόσταση 147
κλίμακα Κέλβιν 124
κλίμακα Κελσίου 115
κυβική διαστολή 117
κυβικό μέτρο 11
κυκλώνας 95
κύρια ἐστία 177, 190
κύριος ἄξονας 177, 189

Λ

Λίτρο 11

Μ

Μάζα 7
μανομετρική κάψα 72
μανόμετρο 72
μέγεθος φυσικό 5
μεγέθυνση 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

Ν

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
όμιχλη 151
όμογενές σώμα 7
οπτικό κέντρο 189
οπτικό πρίσμα 185
ορική γωνία 182
όριο ελαστικότητας 28
όριο θραύσεως 28

Π

Παράγωγα μεγέθη 10
παράγωγες μονάδες 10
παρασκιά 171
παροχή 100
πάχυνση 151
πήξη 131
πίεση 68
πίεση ατμοσφαιρική 90
πίεση υδροστατική 71
πιστική δύναμη 70
πλαστική παραμόρφωση 27
πλεύση 84
πόντ 23
πρίσμα οπτικό 185
πηχτικό 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 όλισθήσεως 45
σύστημα μονάδων 11

συστολή 117
σχετική ύγρασία 150
σώματα άδιαφανή 168
σώματα αυτόφωτα 167
σώματα διαφανή 168
σώματα έτερόφωτα 168
σώματα ήμιαδιαφανή 168

Τ

Τάση άτμών 135
ταχύτητα 17
ταχύτητα έξατμίσεως 138
ταχύτητα του φωτός 171
τετραγωνικό μέτρο 10
τετράχρονος βενζινοκινητήρας 163
τεχνική άτμόσφαιρα 69
Joule (μονάδα) 49
ηλεσκόπιο άστρονομικό 197
ηλεσκόπιο κατοπτρικό 198
τήξη 131
Torr (μονάδα) 92
τριβή έσωτερική 101
τριβή όλισθήσεως 44
τριβή στατική 43
τριχοειδή φαινόμενα 109
τροχαλία 64
τροχία 16

Υ

Υγρά πτητικά 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
φορέας 23
φυσική άτμόσφαιρα 92
φώς 167
φωτεινά σώματα 167
φωτεινή άκτίνα 170
φωτεινή δέσμη 170
φωτογραφική μηχανή 198
φωτόνιο 169

Χ

- Χαλάζι 151
- χιλιόγραμμα 7
- χιλιοθερμίδα 126
- χιόνι 151
- Hooke (νόμος) 29
- χρυσός κανόνας μηχανικής 62
- χύτρα πίεσεως 144

Ψ

- Ψυγείο 157, 165
- ψυχρόμετρο 150

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γενική Φυσική Ήλεκτρισμός, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1973
Γενική Φυσική Όπτική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1966
Γενική Φυσική Άτομική καί 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.Α. Μπουρούτη, 1977
Πειράματα Φυσικής Βιβλίο Δεύτερο, Ι.Α. 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 καί 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	Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση – Μέση ταχύτητα	14
4η ΕΝΟΤΗΤΑ	Η ταχύτητα ως διανυσματικό μέγεθος – Νόμοι της ευθύγραμ- μης 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	Απλές 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 δο- χείων	79
20η ΕΝΟΤΗΤΑ	Αρχή του Αρχιμήδη – Έφαρμογές	83
21η ΕΝΟΤΗΤΑ	Εύρεση της πυκνότητας και του ειδικού βάρους – Αερόστατα	86
22η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ατμοσφαιρική πίεση	90
23η ΕΝΟΤΗΤΑ	Βαρόμετρα – Μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσεως	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 Celsius (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	Εξαέρωση – Κορεσμένοι ατμοί	135
37η ΕΝΟΤΗΤΑ	Εξάτμιση – Ειδική θερμότητα εξαερώσεως	138
38η ΕΝΟΤΗΤΑ	Βρασμός	142
39η ΕΝΟΤΗΤΑ	Απόσταξη – Εξάχνωση	146
40η ΕΝΟΤΗΤΑ	Υγρασία	149
41η ΕΝΟΤΗΤΑ	Διάδοση της θερμότητας με άγωγή και με ακτινοβολία	153
42η ΕΝΟΤΗΤΑ	Διάδοση της θερμότητας με ρεύματα – Άνεμοι	157
43η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ατμομηχανή – Ατμοστρόβιλος – Αεριοστρόβιλος	160
44η ΕΝΟΤΗΤΑ	Μηχανές έσωτερικής καύσεως – Ψυγεία	163

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ΄ ΟΠΤΙΚΗ

45η ΕΝΟΤΗΤΑ	Τό φῶς ὡς μορφή ἐνέργειας – Παραγωγή φωτός	167
46η ΕΝΟΤΗΤΑ	Διάδοση του φωτός	170
47η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ανάκλαση του φωτός – Επίπεδα κάτοπτρα – Εἰδῶλα	172
48η ΕΝΟΤΗΤΑ	Σφαιρικά κάτοπτρα	176
49η ΕΝΟΤΗΤΑ	Διάθλαση του φωτός	180
50η ΕΝΟΤΗΤΑ	Ανάλυση του φωτός – Χρῶμα των σωμάτων	185
51η ΕΝΟΤΗΤΑ	Εἰδῶλα συγκλινόντων φακῶν	189
52η ΕΝΟΤΗΤΑ	Αποκλίνοντες φακοί – Τύποι των φακῶν	193
53η ΕΝΟΤΗΤΑ	Αρχή της λειτουργίας του μικροσκοπίου, του τηλεσκοπίου και της φωτογραφικής μηχανής	196

Εξώφυλλο καί καινούριες μακέτες : ΑΡΙΑ ΚΟΜΙΑΝΟΥ

Τά αντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τό κάτωθι βιβλιοσῆμο γιά ἀπόδειξη τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

Ἄντίτυπο στερούμενο τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπο. Ὁ διαθέτων, πῶλῶν ἢ χρησιμοποιῶν αὐτό διώκεται κατὰ τίς διατάξεις τοῦ ἀρθροῦ 7 τοῦ Νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἑφ. Κυβ. 1946, Α' 108).



ΕΚΔΟΣΗ Δ' 1982 (IV) ΑΝΤΙΤΥΠΑ 190 000 - ΣΥΜΒΑΣΗ 3757/4 2 82

ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΑΘΗΝΑ ΙΚΗ ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ - ΙΩΑΝΝ. ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ



ΒΙΒΛΙΟΤΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

