

ΙΩΑΝΝΟΥ Α. ΜΠΟΥΡΟΥΤΗ
ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ Μ.Ε.

Π Ε Ι Ρ Α Μ Α Τ Α
Φ Υ Σ Ι Κ Η Σ

ΒΙΒΛΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1977

19672

ΙΩΑΝΝΟΥ Α. ΜΠΟΥΡΟΥΤΗ
ΦΥΣΙΚΟΥ - ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ Μ.Ε.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΒΙΒΛΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΕΠΙΜΕΛΕΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΗΤΣΙΩΤΗΣ
ΑΘΗΝΑ 1977

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ

ΒΙΒΛΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΣΙΔΕΡΗ ΜΗΤΣΙΑΔΗ ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΥΜΝΑΣΙΑΡΧΗ

ΙΩΑΝΝΟΥ Α. ΜΠΟΥΡΟΥΤΗ
ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ Μ.Ε.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΒΙΒΛΙΟ ΠΡΩΤΟ
ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ 1977

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΤΕΡΕΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

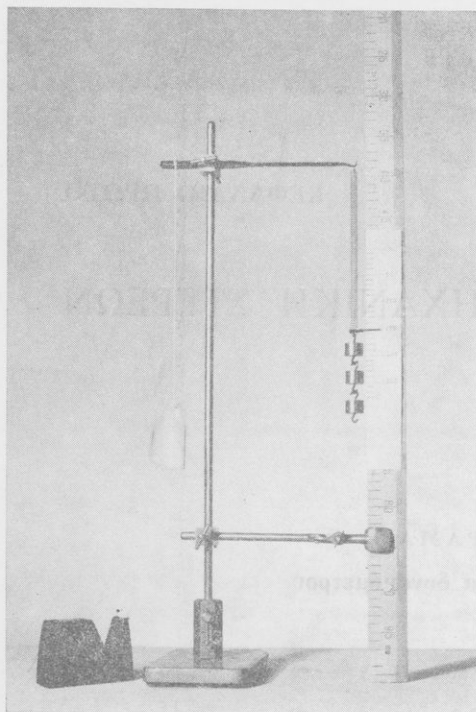
Βαθμολογία δυναμόμετρου

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα άγκιστρο.
6. Ένας κανόνας άριθμημένος μήκους 1 m.
7. Μιά σειρά ελατήριων.
8. Δέκα βάρη τών 50 p.
9. Μιά ταινία άπό άσπρο χαρτί μήκους 25-30 cm, πλάτους 2 cm.
10. Ένας ρόλος σελοτέιπ.
11. Μιά πέτρα βάρους περίπου 150-300 p, κρεμασμένη με ένα νήμα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε τή ράβδο τών 0,80 m πάνω στή βάση.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή ράβδο τούς δυό άπλους συνδέσμους καί σέ θέση πού νά απέχουν γύρω στά 10 cm άπό τά άκρα τής ράβδου.
- γ) Πάνω στόν κατώτερο σύνδεσμο στερεώνουμε τή λαβίδα καί μ' αὐτή συκρατοῦμε κατακόρυφα καί παράλληλα πρός τή ράβδο τόν κανόνα.
- δ) Στόν άλλο σύνδεσμο στερεώνουμε τό άγκιστρο έτσι, πού τό στέλεχος του



Εικ. 1

νά είναι παράλληλο με τό στέλεχος της λαβίδας και τό άκρο του νά απέχει από τόν κανόνα γύρω στά 2 cm.

- ε) Από τό άκρο του άγκίστρου κρεμάμε ένα ελατήριο και στό κάτω άκρο του στερεώνουμε κατάλληλα μιά στενή τριγωνική λουρίδα χαρτιού με τό επίπεδό της κατακόρυφο, πού ή μύτη της προσδιορίζει πάνω στόν κανόνα μιά ύποδιαφρεση (δείχτης).

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Στην αρχή παρατηρούμε τή θέση του δείκτη πάνω στόν κανόνα, πού είναι π.χ. ή ύποδιαφρεση 48.
- β) Κρεμάμε από τό ελατήριο ένα βάρος των 50 p και παρατηρούμε τή νέα θέση του δείκτη, πού είναι τώρα π.χ. 52,6 (αυτό εξαρτάται από τήν ποιότητα του ελατηρίου).
- γ) Κρεμάμε διαδοχικά 2, 3, 4 βάρη των 50 p και βρίσκουμε αντίστοιχη θέση του δείκτη πάνω στόν κανόνα 57,2, 61,8, 66,4.
- δ) Στην περιοχή τής μετακίνησης του δείκτη (45-75) κολλάμε πάνω στόν κανόνα τή λουρίδα του άσπρου χαρτιού και επαναλαμβάνουμε τήν ίδια εργασία. Στή θέση πού προσδιορίζει ό δείκτης, όταν στό ελατήριο δέν κρέμεται κανένα βάρος, τραβάμε εύθεια γραμμή και γράφουμε τήν ένδειξη μηδέν (0). Στή θέση πού αντιστοιχεί σέ ένα βάρος των 50 p τραβάμε δεύτερη εύθεια γραμμή και γράφουμε τήν ένδειξη 50. Κατά τόν ίδιο τρόπο προσδιορίζουμε τή θέση 100, 150 κτλ. (είκ. 1).
- ε) Τα διαστήματα 0-50, 50-100, 100-150 κτλ. μπορούμε νά τά διαιρέσουμε σέ πέντε ίσα μέρη, όποτε ή μετακίνηση του δείκτη κατά μιά ύποδιαφρεση θά μάς δείχνει αύξηση του βάρους κατά 10 p.
- στ) Η πιο πάνω διάταξη μπορεί νά χρησιμοποιηθεί σάν δυναμόμετρο (κανταράκι). Άν π.χ. κρεμάσουμε από τό ελατήριο μιά πέτρα και ό δείκτης περά-

- σει την υποδιαίρεση 150 κατά δύο γραμμές, τό βάρος τῆς πέτρας θά εἶναι 170 p.
- ς) Ἐπαναλαμβάνουμε τό πείραμα μέ ἄλλο ἐλατήριο τῆς σειρᾶς.

Συμπέρασμα

Διαπιστώσαμε πώς διπλάσια, τριπλάσια κτλ. δύναμη (βάρος) προκαλεῖ στό ἐλατήριο διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ἐπιμήκυνση (παραμόρφωση). Ἄρα ἡ παραμόρφωση πού προκαλεῖ μιά δύναμη σ' ἓνα σῶμα ἐλαστικό εἶναι ἀνάλογη μέ τή δύναμη. Πάνω σ' αὐτή τήν ἀρχή (νόμος τοῦ Hooke) στηριχθήκαμε, γιά νά βαθμολογήσουμε τό δυναμόμετρο. Γιά τό λόγο αὐτό οἱ γραμμές τοῦ δυναμόμετρου ἀπέχουν μεταξύ τους ἴσες ἀποστάσεις.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

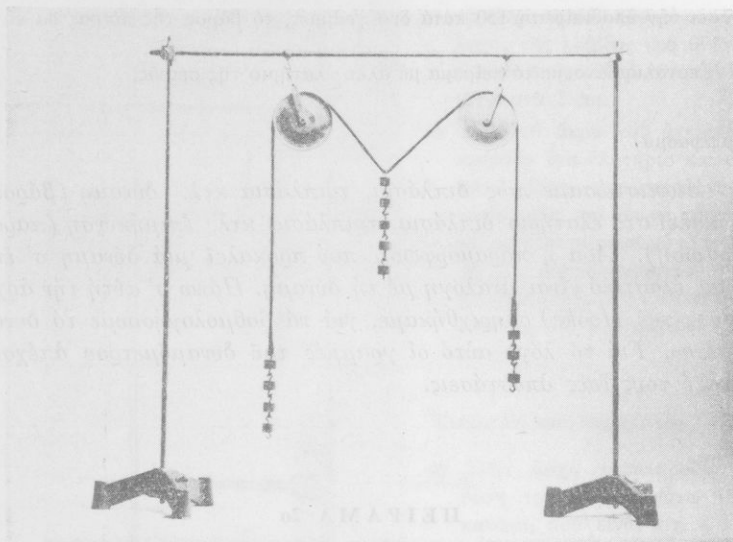
Προσδιορισμός τῆς συνισταμένης δύο δυνάμεων πού ἐφαρμόζονται πάνω στό ἴδιο σημεῖο καί σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Δυό ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Δυό τροχαλίες μέ ἀπλή τροχαλιόθηκη.
7. Τριάντα βάρη τῶν 50 p.
8. Νῆμα χοντρό μήκους 1 m.
9. Ἐνα μοιρογνῶμόνιο.
10. Ἐνα ὑποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δύο βάσεις τίς δύο ράβδους καί στήν κορυφή τῆς καθεμιάς στηρίζουμε ἀπό ἓνα σύνδεσμο. Ἔτσι ἔχουμε κάνει δύο ὀρθοστάτες.
- β) Περνάμε πάνω στή ράβδο τῶν 1,10 m τοὺς δύο ὀρειχάλκινους δακτύλιους καί ἀπό τά ἄκρα τῆς τῆς στηρίζουμε στοὺς συνδέσμους τῶν δύο ὀρθοστατῶν.



Εικ. 2

- γ) Στερεώνουμε τούς δυό ὀρειχάλκινους δακτύλιους σέ ἀπόσταση 40 cm μεταξύ τούς καί ἀπό τά ἄγκιστρά τους κρεμάμε τίς δυό τροχαλίες.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Περνάμε τό νήμα ἀπό τό αὐλάκι τῆς πρώτης τροχαλίας καί στή συνέχεια τῆς δευτέρας καί κρεμάμε στό ἓνα ἄκρο του τρία (3) βάρη τῶν 50 p (150 p) καί στό ἄλλο ἄκρο τῆς τέσσερα (4) βάρη τῶν 50 p (200 p), ἐνῶ ἀπό σημεῖο τοῦ νήματος ἀνάμεσα στίς δυό τροχαλίες κρεμάμε πέντε (5) βάρη τῶν 50 p (250 p) (εἰκ. 2).
- β) Μέ τό μοιρογνῶμόνιο μετράμε τή γωνία πού σχηματίζεται καί τή βρίσκουμε 90° .
- γ) Πάνω στόν πίνακα ἢ σέ φύλλο χαρτιοῦ κατασκευάζουμε ὀρθή γωνία μέ τίς πλευρές τῆς προσανατολισμένες ὅπως οἱ διευθύνσεις τῶν νημάτων πού σχηματίζουν τή γωνία πάνω στήν πειραματική διάταξη. Παίρνουμε πάνω στίς πλευρές αὐτῆς τῆς γωνίας, μέ τό ὑποδεκάμετρο, μήκη ἀνάλογα μέ τίς δυνάμεις πού χρησιμοποιήσαμε π.χ. $OA = 15\text{ cm}$ καί $OB = 20\text{ cm}$. Ἀπό τήν κορυφή τῆς γωνίας γράφουμε κατακόρυφο καί πάνω σ' αὐτή ἀπό τό ἓνα καί τό ἄλλο μέρος τῆς κορυφῆς παίρνουμε τμήματα ἀνάλογα μέ τή δύναμη τῶν 250 p πού χρησιμοποιήσαμε π.χ. $OA = OG = 25\text{ cm}$.
- δ) Ἡ ΟΔ ἢ τά πέντε (5) βάρη τῶν 50 p (250 p) ἰσορροποῦν τή συνισταμένη τῶν δυό ἄλλων δυνάμεων ΟΑ καί ΟΒ ἢ τῶν τριῶν (3) βαρῶν τῶν 50 p (150 p) καί

των τεσσάρων (4) βαρών των 50 p (200 p), άρα ή συνισταμένη αυτή είναι ίση καί άντίθετη μέ τήν ΟΔ, είναι λοιπόν ή ΟΓ. Άν φέρουμε τίς ΑΓ καί ΒΓ, παρατηρούμε πώς σχηματίζεται παραλληλόγραμμο πού έχει διαγώνιο τήν ΟΓ.

- ε) Έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα, αλλά βάζουμε στά άκρα του νήματος όκτώ (8) βάρη των 50 p (400 p) καί έξι (6) βάρη των 50 p (300 p) καί για τήν ισορροπία τής συνισταμένης δέκα (10) όμοια βάρη ή 500 p. Η γωνία πού σχηματίζεται είναι πάλι 90°.
- στ) Έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα, χρησιμοποιώντας όμως καί στίς δύο άκρες του νήματος όκτώ (8) βάρη των 50 p καί για τήν ισορροπία τής συνισταμένης πάλι όκτώ (8) όμοια βάρη. Η γωνία πού σχηματίζεται τώρα είναι 120°. Η γραφική παράσταση δίνει πάντα τό ίδιο αποτέλεσμα.

Συμπέρασμα

Η συνισταμένη δύο δυνάμεων πού εφαρμόζονται στό ίδιο σημείο καί σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία δίνεται καί κατά τήν ένταση καί κατά τή διεύθυνση καί φορά από τή διαγώνιο του παραλληλόγραμμου πού σχηματίζεται μέ πλευρές τίς δύο δυνάμεις.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο

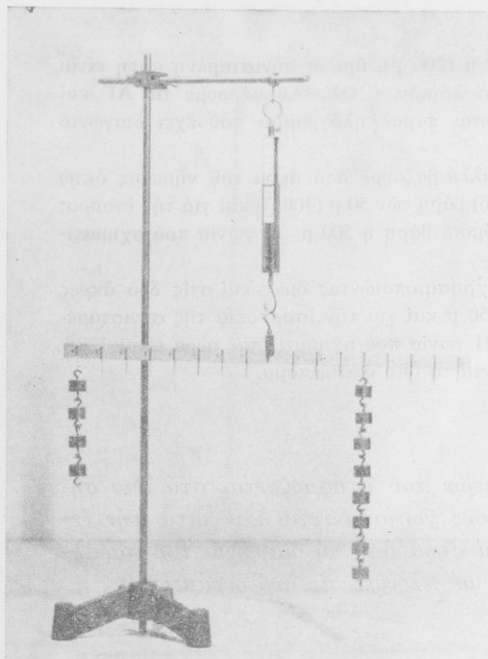
Προσδιορισμός τής συνισταμένης δύο δυνάμεων παράλληλων καί τής ίδιας φοράς

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 1 kp.
7. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
8. Έξοσι βάρη των 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τή ράβδο των 0,80 m καί στην κορυφή της στη-



Εικ. 3

τών 50 p (200 p). Το σύστημα ισορροπεί (εικ. 3). Πάνω στο μοχλό εφαρμόζονται οι δύο παράλληλες και της ίδιας φοράς δυνάμεις $F_1 = 400$ p και $F_2 = 200$ p που ή συνισταμένη τους ισορροπείται από τη δύναμη που εξασκεί πάνω στο μοχλό το δυναμόμετρο. Τη δύναμη αυτή μās τη δίνει ή ένδειξη του δυναμόμετρου, αν απ' αυτή αφαιρέσουμε τό βάρος του μοχλού 100 p. Η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι 700 p, ή ή συνισταμένη των F_1 και F_2 είναι 600 p, εφαρμόζεται στο σημείο εξαρτήσεως του μοχλού και έχει φορά προς τά κάτω. Παρατηρούμε ακόμα πώς τό σημείο εφαρμογής της συνισταμένης αυτής απέχει 4 υποδιαίρεσεις του μοχλού από την F_1 και 8 υποδιαίρεσεις από την F_2 .

Συμπέρασμα

Η συνισταμένη δύο δυνάμεων παράλληλων και της ίδιας φοράς έχει ένταση ίση μέ τό άθροισμα των εντάσεων των συνιστωσών, διεύθυνση παράλληλη προς αυτές, φορά τήν ίδια και τό σημείο εφαρ-

ρίζουμε τόν άπλό σύνδεσμο.

- β) Πάνω στον άπλό σύνδεσμο συνδέουμε οριζόντια τή ράβδο των 0,30 m και πάνω σ' αυτή τόν ορειχάλκινο δακτύλιο κρεμάμε τό δυναμόμετρο και απ' αυτό τό μοχλό μέ όλους του τούς ίππεις.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Σημειώνουμε τήν ένδειξη του δυναμόμετρου (100 p). Αυτή είναι τό βάρος του μοχλού και πρέπει νά αφαιρείται κάθε φορά από τίς ένδείξεις του δυναμόμετρου κατά τή διάρκεια του πειράματος.
- β) Από τήν υποδιαίρεση 4 του μοχλού, προς τά δεξιά, κρεμάμε 8 βάρη των 50 p (400 p) και από τήν υποδιαίρεση 8, προς τά αριστερά, κρεμάμε 4 βάρη

μογής της απέχει από τις συνιστώσες αποστάσεις αντίστροφα ανάλογες με τις εντάσεις τους.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Προσδιορισμός της συνισταμένης δυο δυνάμεων παράλληλων, ἄνισων καὶ ἀντίθετης φορᾶς

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας σύνδεσμος ἄπλός (σταυρός).
5. Ένας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένα δυναμόμετρο ἄντοχῆς 1 kp.
7. Ένας μοχλός ἀπὸ ἄλουμινιο.
8. Εἴκοσι βάρη τῶν 50 p.

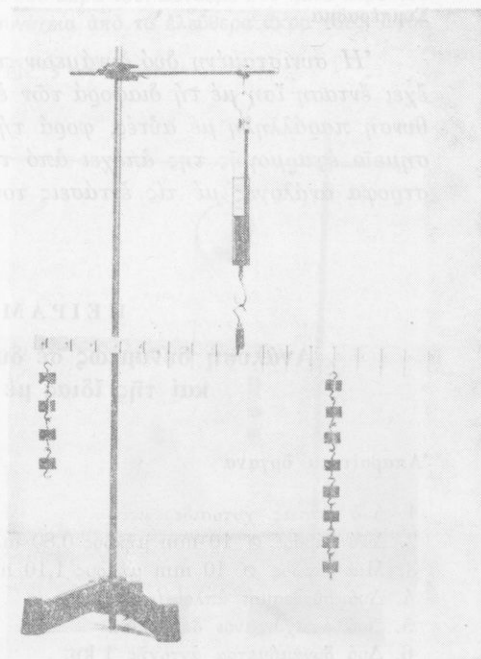
Εἰκ. 4

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στήν κορυφή της στηρίζουμε τόν ἄπλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στόν ἄπλό σύνδεσμο συνδέουμε ὀριζόντια τή ράβδο τῶν 0,30 m καί πάνω σ' αὐτή τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο. Ἀπό τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο κρεμάμε τό δυναμόμετρο καί ἀπ' αὐτό τό μοχλό μέ ὅλους του τοὺς ἱππεῖς.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Σημειώνουμε τήν ἔνδειξη τοῦ δυναμόμετρου (100 p). Αὐτή εἶναι τό βάρος τοῦ μοχλοῦ καί



πρέπει νά αφαιρείται κάθε φορά από τίς ένδειξεις τοῦ δυναμόμετρου κατά τή διάρκεια τοῦ πειράματος.

- β) Ἀπό τήν ὑποδιαίρεση 4 τοῦ μοχλοῦ, πρὸς τά δεξιὰ, κρεμᾶμε 8 βάρη τῶν 50 p (400 p) καί ἀπό τήν ὑποδιαίρεση 8, πρὸς τά ἀριστερά, κρεμᾶμε 4 βάρη τῶν 50 p (200 p). Τό σύστημα ἰσορροπεῖ (εἰκ. 4).

Πάνω στό μοχλό ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις : α) ἡ F_1 , ποῦ ἡ πραγματική της τιμὴ βρίσκεται, ἂν ἀφαιρέσουμε ἀπὸ τήν ἐνδειξη τοῦ δυναμόμετρου τό βάρος τοῦ μοχλοῦ, δηλαδή $F_1 = 700$ p (ἐνδειξη δυναμόμετρου) — 100 p (βάρος μοχλοῦ) = 600 p, β) ἡ $F_2 = 400$ p, παράλληλη ἀλλὰ ἀντίθετης φορᾶς μέ τήν F_1 καί γ) ἡ $F = 200$ p.

- γ) Ἀν ἀφαιρέσουμε τή δύναμη F , ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται. Ἄρα ἡ F ἰσορροπεῖ τή συνισταμένη τῶν δυὸ ἄλλων F_1 καί F_2 , εἶναι λοιπόν ἴση καί ἀντίθετη μέ αὐτή (200 p). Ἄρα ἡ συνισταμένη τῶν F_1 καί F_2 ἐφαρμόζεται στήν ὑποδιαίρεση 8 πρὸς τά ἀριστερά, εἶναι κατακόρυφη καί ἔχει φορά πρὸς τά πάνω. Παρατηροῦμε ἀκόμα ὅτι τό σημεῖο ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ἀπέχει ἀπὸ τήν F_1 8 ὑποδιαίρεσεις τοῦ μοχλοῦ καί ἀπὸ τήν F_2 12 ὑποδιαίρεσεις τοῦ μοχλοῦ.

Συμπέρασμα

Ἡ συνισταμένη δυὸ δυνάμεων παράλληλων καί ἀντίθετης φορᾶς ἔχει ἔνταση ἴση μέ τή διαφορά τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν, διεύθυνση παράλληλη μέ αὐτές, φορά τή φορά τῆς μεγαλύτερης καί τό σημεῖο ἐφαρμογῆς της ἀπέχει ἀπὸ τίς συνιστώσες ἀποστάσεις ἀντίστροφα ἀνάλογες μέ τίς ἐντάσεις τους.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Ἀνάλυση δυνάμεως σέ δυὸ ἄλλες παράλληλες καί τῆς ἰδίας μέ αὐτή φορᾶς

Ἀπαραίτητα ὄργανα

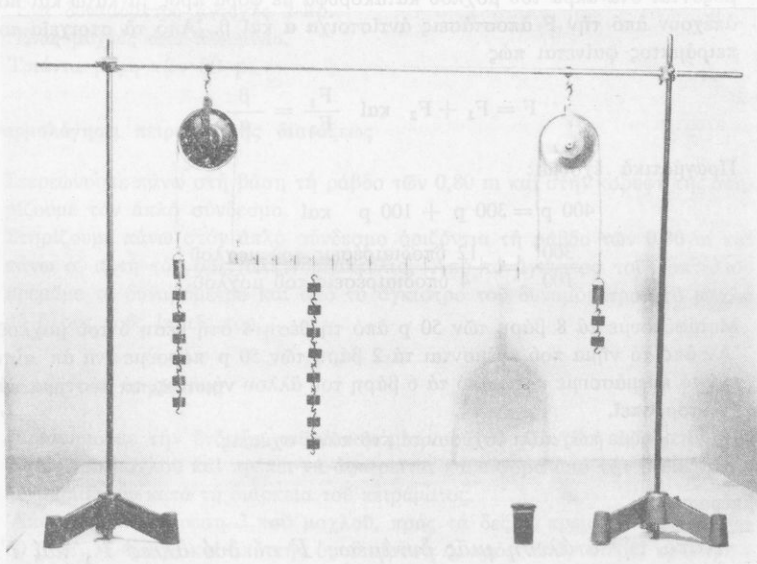
1. Δυὸ βάρεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μία ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Δυὸ σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
5. Δυὸ ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Δυὸ δυναμόμετρα ἀντοχῆς 1 kp.

7. Δυό τροχαλίες με άπλή τροχαλιοθήκη.
8. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
9. Τριάντα βάρη των 50 p.
10. Δυό νήματα χοντρά μήκους 50 cm.
11. Δυό καδίσκοι ξυρακιού.
12. Ένα κουτί με σκάγια.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στις βάσεις τις δυό ράβδους των 0,80 m και στην κορυφή τους στηρίζουμε από έναν άπλο σύνδεσμο. Έχουμε έτσι κάνει δυό ὀρθοστάτες.
- β) Περνάμε τούς δυό δακτύλιους επάνω στη ράβδο των 1,10 m και τή στηρίζουμε στους συνδέσμους των δυό ὀρθοστατών.
- γ) Στερεώνουμε τούς δυό δακτύλιους σέ απόσταση 55 cm περίπου μεταξύ τους και από τά ἄγκιστρά τους κρεμάμε τις δυό τροχαλίες και τις ρυθμίζουμε ἔτσι, ὥστε τά ἐπίπεδα των δίσκων τους νά εἶναι παράλληλα μέ τό ἐπίπεδο ποῦ ὀρίζεται ἀπό τις τρεῖς ράβδους.
- δ) Ἀφαιροῦμε τόν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ μοχλοῦ καί μετατοπίζουμε τούς ἵπ-
 πεις τῆς θέσεως 8 στή θέση 7 στά δυό ἄκρα του. Δένουμε στό κάθε ἄκρο τοῦ
 μοχλοῦ ἀπό ἓνα νήμα καί στή συνέχεια ἀπό τά ἐλεύθερα ἄκρα τους, ἀφού

Εἰκ. 5



τά περάσουμε από τὰ αὐλάκια τῶν τροχαλίων, κρεμᾶμε ἀπὸ ἕναν καδίσκο. Βάζουμε μέσα στοὺς καδίσκους σκάγια, ὥσπου νὰ ἰσορροπήσει ὁ μοχλὸς ὀριζόντια· ἔτσι τὰ βάρη τῶν καδίσκων μὲ τὰ σκάγια πού ἔχουν μέσα ἰσορροποῦν τὸ βάρος τοῦ μοχλοῦ.

Μετακινοῦμε τοὺς ὀρειχθάλκινους δακτύλιους, ὥσπου νὰ γίνουν κατακόρυφα τὰ νήματα πού κρατοῦν τὸ μοχλό.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε μὲ τὸ χέρι μας τὸ μοχλό καὶ ἀπὸ τὴ θέση 4 κρεμᾶμε 8 βάρη τῶν 50 p, δηλαδή 400 p.

Στὴ συνέχεια ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ καδίσκου τοῦ πλησιέστερου ἄκρου τοῦ μοχλοῦ κρεμᾶμε 6 βάρη τῶν 50 p, δηλαδή 300 p, καὶ ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ ἄλλου καδίσκου 2 βάρη τῶν 50 p, δηλαδή 100 p. Ἀφήνουμε τὸ μοχλό ἐλεύθερο καὶ βλέπουμε πὼς ἰσορροπεῖ. Ρυθμίζουμε τὴ θέση τῶν τροχαλίων ἔτσι, πού τὰ ἐπίπεδα τῶν δίσκων τοὺς νὰ εἶναι παράλληλα μὲ τὴ ράβδο τῶν 1,10 m καὶ τὸ μοχλό (εἰκ. 5).

- β) Παρατηροῦμε πὼς ἡ δύναμη $F = 400$ p ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὶς δύο ἄλλες $F'_1 = 300$ p καὶ $F'_2 = 100$ p, πού ἐνεργοῦν στὰ ἄκρα τοῦ μοχλοῦ κατακόρυφα πρὸς τὰ πάνω καὶ πού ἡ καθεμιά ἐξουδετερώνει μιὰ ἴση καὶ ἀντίθετη συνιστώσα τῆς F . Ἐτσι ἡ F ἀναλύθηκε σὲ δύο συνιστώσες F_1 καὶ F_2 , πού ἐφαρμόζονται στὰ ἄκρα τοῦ μοχλοῦ κατακόρυφα μὲ φορά πρὸς τὰ κάτω καὶ πού ἀπέχουν ἀπὸ τὴν F ἀποστάσεις ἀντίστοιχα α καὶ β . Ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τοῦ πειράματος φαίνεται πὼς

$$F = F_1 + F_2 \quad \text{καὶ} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Πραγματικά ἔχουμε :

$$400 \text{ p} = 300 \text{ p} + 100 \text{ p} \quad \text{καὶ}$$

$$\frac{300}{100} = \frac{12 \text{ ὑποδιαίρέσεις τοῦ μοχλοῦ}}{4 \text{ ὑποδιαίρέσεις τοῦ μοχλοῦ}}.$$

Μεταφέρουμε τὰ 8 βάρη τῶν 50 p ἀπὸ τὴ θέση 4 στὴ θέση 6 τοῦ μοχλοῦ. Ἄν ἀπὸ τὸ νῆμα πού κρέμονται τὰ 2 βάρη τῶν 50 p πάρουμε ἕνα ἀπ' αὐτά καὶ τὸ κρεμάσουμε κάτω ἀπὸ τὰ 6 βάρη τοῦ ἄλλου νήματος, τὸ σύστημα πάλι ἰσορροπεῖ.

Παρατηροῦμε πὼς πάλι ἰσχύουν οἱ πρὶν σχέσεις.

Συμπέρασμα

Κατὰ τὴν ἀνάλυση μιᾶς δυνάμεως F σὲ δύο ἄλλες F_1 καὶ F_2

παράλληλες και τῆς ἴδιας μέ αὐτῇ φορᾶς ἰσχύουν οἱ σχέσεις:

$$F = F_1 + F_2 \quad \text{καί} \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Παρατήρηση

*Αν διαθέτουμε δύο δυναμόμετρα τοῦ 1 kp, μπορούμε νά κρεμάσουμε τό μοχλό ἀπό τά δύο ἄκρα του ἀπό τά δύο δυναμόμετρα καί ἔτσι ἡ πειραματική διάταξη γίνεται πολύ ἀπλούστερη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Πειραματική ἐπαλήθευση τοῦ θεωρήματος τῶν ροπῶν

*Απαραίτητα ὄργανα

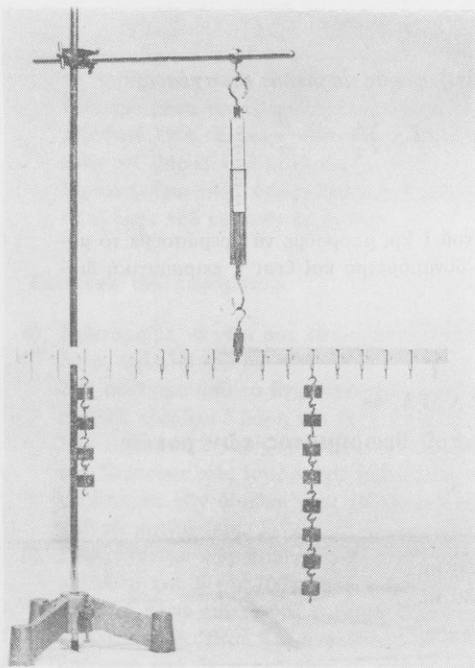
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ἕνα δυναμόμετρο ἀντοχῆς 1 kp.
7. Ἕνας μοχλός ἀπό ἀλουμίνιο.
8. Τριάντα βάρη τῶν 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στήν κορυφή της στηρίζουμε τόν ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Στηρίζουμε πάνω στόν ἀπλό σύνδεσμο ὀριζόντια τή ράβδο τῶν 0,30 m καί πάνω σ' αὐτή τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο. Ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ δακτύλιου κρεμάμε τό δυναμόμετρο καί ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ δυναμόμετρου τό μοχλό μέ ὅλους τοὺς ἱππεῖς του.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Παρατηροῦμε τήν ἐνδειξη τοῦ δυναμόμετρου (100 p). Αὐτή ὀφείλεται στό βάρος τοῦ μοχλοῦ καί πρέπει νά ἀφαιρεῖται κάθε φορά ἀπό τήν ἐνδειξη τοῦ δυναμόμετρου κατά τή διάρκεια τοῦ πειράματος.
- β) Ἀπό τήν ὑποδιαίρεση 3 τοῦ μοχλοῦ, πρὸς τά δεξιά, κρεμάμε 8 βάρη τῶν 50 p ($F_1 = 400$ p) καί ἀπό τήν ὑποδιαίρεση 6, πρὸς τά ἀριστερά, κρεμάμε 4



Εικ. 6

βάρη των 50 p ($F_2 = 200$ p).
Τό σύστημα ισορροπεί (εικ. 6).

- γ) Παρατηρούμε τη νέα ένδειξη του δυναμόμετρου (700 p). "Αν αφαιρέσουμε τό βάρος του μοχλού (100 p), έχουμε δύναμη $F' = 600$ p ίση καί αντίθετη μέ τη συνισταμένη των F_1 καί F_2 . "Η συνισταμένη λοιπόν των F_1 καί F_2 , ή F , εφαρμόζεται στην υποδιαίρεση (0) του μοχλού, είναι κατακόρυφη μέ φορά πρός τά κάτω καί έχει ένταση 600 p. "Ας εξετάσουμε τίς ροπές των τριών δυνάμεων F , F_1 , F_2 ως πρός άξονα πού είναι κάθετος, επάνω στό επίπεδο των τριών δυνάμεων καί περνά από τό σημείο (0). Βρίσκουμε :

$$M_F = F \cdot 0 = 0$$

$$M_{F_1} = F_1 \cdot a = 400 \text{ p} \cdot 3 \text{ cm} = 1200 \text{ p} \cdot \text{cm}^{(1)}$$

$$M_{F_2} = F_2 \cdot \beta = -200 \text{ p} \cdot 6 \text{ cm} = -1200 \text{ p} \cdot \text{cm}$$

όπου a καί β είναι οί αποστάσεις των δυνάμεων F_1 καί F_2 από τη θέση (0).

$$M_{F_1} + M_{F_2} = 1200 \text{ p} \cdot \text{cm} + (-1200 \text{ p} \cdot \text{cm}) = 0, \text{ δηλαδή βρίσκουμε}$$

$$M_F = M_{F_1} + (-M_{F_2}).$$

"Ας εξετάσουμε τώρα τίς ροπές των τριών δυνάμεων F , F_1 καί F_2 ως πρός άξονα πού περνά από τό σημείο (8) άριστερά καί άς ονομάσουμε τίς αποστάσεις τους από τό σημείο αυτό γ , a καί β αντίστοιχα. Βρίσκουμε

$$M_F = F \cdot \gamma = -600 \text{ p} \cdot 8 \text{ cm} = -4800 \text{ p} \cdot \text{cm}$$

$$M_{F_1} = F_1 \cdot a = 400 \text{ p} \cdot 11 \text{ cm} = 4400 \text{ p} \cdot \text{cm}$$

$$M_{F_2} = F_2 \cdot \beta = 200 \text{ p} \cdot 2 \text{ cm} = 400 \text{ p} \cdot \text{cm}$$

$$\text{καί } M_{F_1} + M_{F_2} = 4400 \text{ p} \cdot \text{cm} + 400 \text{ p} \cdot \text{cm} = 4800 \text{ p} \cdot \text{cm}.$$

$$\text{Δηλαδή πάλι έχουμε } M_F = M_{F_1} + M_{F_2}.$$

(1) Γιά την άπλούστευση των υπολογισμών δεχόμαστε πώς οί υποδιαίρεσεις του μοχλού είναι cm. "Ακόμα παίρνουμε σάν θετική φορά τη φορά της ροπής M_{F_1} .

Συμπέρασμα

Ἡ ροπή τῆς συνισταμένης δύο (ἢ περισσότερων) ὁμοεπίπεδων δυνάμεων ὡς πρὸς ἄξονα ποῦ εἶναι κάθετος ἐπάνω στό ἐπίπεδο ποῦ δρίζουν οἱ δυνάμεις αὐτές εἶναι ἴση μέ τό ἀλγεβρικό ἄθροισμα τῶν ροπῶν τῶν δυνάμεων αὐτῶν ὡς πρὸς τόν ἴδιο ἄξονα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Προσδιορισμός τοῦ κέντρου βάρους σώματος μέ διπλή ἀνάρτηση (κρέμασμα)

*Απαραίτητα ὄργανα

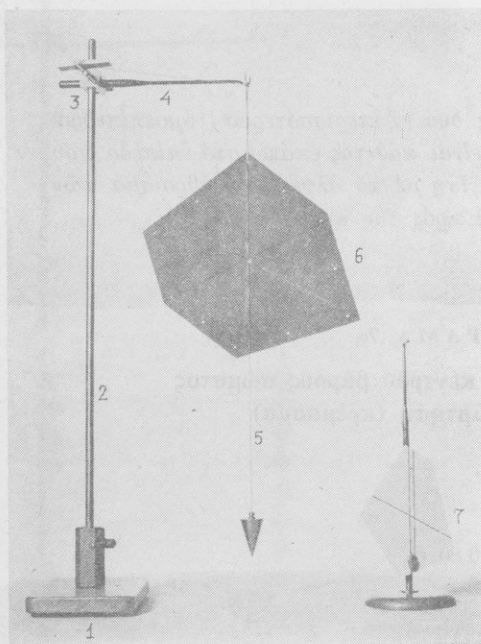
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἐνα ἄγκιστρο.
5. Ἐνα νῆμα στάθμης.
6. Μιά πλάκα μή κανονικοῦ σχήματος.
7. Μιά συσκευή ἰσορροπίας τύπου B.
8. Ἐνας μαρκαδόρος.
9. Δυό μεγάλα καρφιά.
10. Ἐνας ρόλος σελοτέιπ.
11. Νῆμα κουβαρίστρας.
12. Ἐνα ὑποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m.
- β) Στηρίζουμε πάνω στή ράβδο καί στό πάνω ἄκρο της τόν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό ἄγκιστρο.
- γ) Κρεμάμε ἀπό τό ἄγκιστρο τό νῆμα τῆς στάθμης.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δένουμε ἀπό μιὰ τρύπα τήν πλάκα μέ ἓνα νῆμα καί τήν κρεμάμε ἀπό τό ἄγκιστρο τῆς πειραματικῆς διατάξεως.
- β) Παρατηροῦμε μετά τήν ἰσορροπία πάνω στήν πλάκα τή διεύθυνση τοῦ νήματος



Εικ. 7

τος της στάθμης. Μέ το μαρκαδόρο σημειώνουμε δυο σημεία αυτής της διευθύνσεως.

- γ) Παίρνουμε τώρα την πλάκα και με τη βοήθεια του υποδεκάμετρου σύρουμε γραμμή που περνά από τα δυο σημεία που σημειώσαμε. Κρεμάμε πάλι την πλάκα, αφού τη δέσουμε από μια άλλη τρύπα.
- δ) Σημειώνουμε πάλι δυο σημεία της διευθύνσεως του νήματος της στάθμης και στη συνέχεια σύρουμε και δεύτερη γραμμή (εικ. 7). Η τομή των δυο αυτών ευθειών που χαράξαμε είναι η θέση του κέντρου βάρους της πλάκας.
- ε) Κολλάμε πάνω στην πλάκα με το σελοτέιπ τα δυο μεγάλα καρφιά σε θέσεις που δεν είναι συμμετρικές προς το κέντρο βάρους που βρήκαμε πιο πάνω.

Έχουμε έτσι ένα σῶμα που δεν είναι ομογενές. Βρίσκουμε το κέντρο βάρους αυτού του σώματος όπως και πιο πάνω.

στ) Τις πιο πάνω εργασίες δείχνουμε με τη συσκευή ισορροπίας τύπου Β, που στο έλασμα της υπάρχουν χαραγμένες άπαρχής οι δυο ευθείες γραμμές.

Συμπέρασμα

Τό κέντρο βάρους σώματος (επιφάνειας) βρίσκεται στην τομή δυο ευθειών που χαράζονται πάνω του, όταν αυτό κρεμαστεί ελεύθερα από δυο διαφορετικά σημεία, και που είναι ίδιες με τις διευθύνσεις του νήματος της στάθμης, αν κρεμαστεί διαδοχικά από τα ίδια σημεία.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Εύρεση τής συνθήκης ισορροπίας σώματος πού στηρίζεται σέ ένα σημείο

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά συσκευή ισορροπίας τύπου Γ.
2. Ή πλάκα του πειράματος 7.

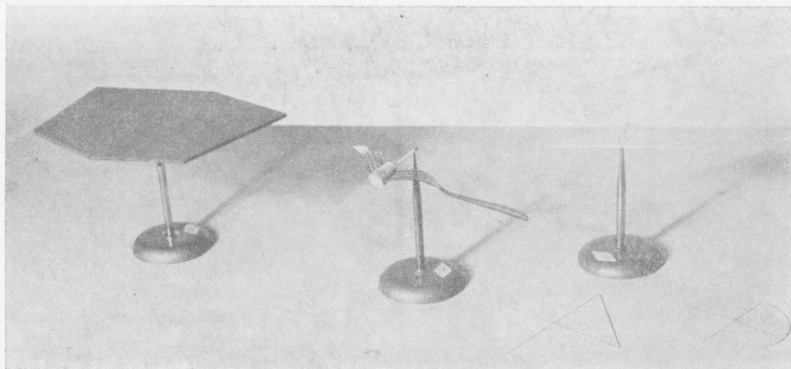
*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω στή βελόνα τής βάσεως τής συσκευής ισορροπίας τύπου Γ στηρίζουμε διαδοχικά τά διάφορα ελάσματα τής συσκευής στό σημείο πού σημειώνεται στό καθένα μέ ένα λακκάκι, τό κέντρο βάρους. Τά ελάσματα ισορροπούν (είκ. 8).
- β) Πάνω στήν ίδια βελόνα στηρίζουμε τήν πλάκα στό σημείο πού έχουμε σημειώσει τό κέντρο βάρους, αφού μέ ένα καρφί κάνουμε ένα μικρό λακκάκι (για νά πετύχουμε ισορροπία ευσταθή). Ή πλάκα ισορροπεί.

Συμπέρασμα

Σώμα πού στηρίζεται σέ ένα σημείο ισορροπεί, όταν ή κατακόρυφος πού περνά από τό κέντρο βάρους του σώματος περνά καί από τό σημείο στηρίξεως.

Είκ. 8



Υποδείξεις για την εκτέλεση πειραμάτων με άπλά μέσα

Πάνω σέ ένα μικρό πῶμα ἀπό φελλό καρφώνουμε μέ τά δόντια τους δύο πηρούνια ἔτσι, πού νά σχηματίζουν περίπου ὀρθή γωνία. Πάνω στό ἴδιο πῶμα καρφώνουμε μιὰ βελόνα ραψίματος ἤ ἕνα σπέρτο ἔτσι, πού νά γίνει ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας τῶν δύο πηρουινῶν.

Μέ τό νά μεταβάλλουμε τό ἀνοιγμα τῆς γωνίας, εὐκολότατα πετυχαίνουμε νά ἰσορροπεῖ τό σύστημα πάνω στή βελόνα τῆς συσκευῆς ἰσορροπίας τύπου Γ (εἰκ. 8), στά χεῖλη ποτηριοῦ κτλ., στηριζόμενο στό ἄκρο τοῦ σπέρτου. Τό σύστημα αὐτό ἰσορροπεῖ, γιατί ἡ κατακόρυφος πού περνᾷ ἀπό τό κέντρο βάρους του περνᾷ καί ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως (ἄκρο τοῦ σπέρτου).

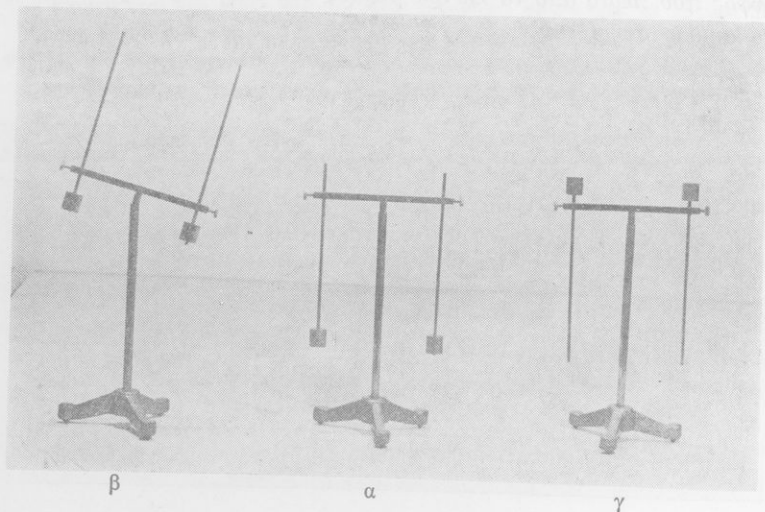
ΠΕΙΡΑΜΑ 9ο

Εὑρεση τῆς συνθήκης ἰσορροπίας σώματος πού στηρίζεται σέ ἕνα σημεῖο

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή ἰσορροπίας τύπου Α.

Εἰκ. 9



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἡ συσκευή μπορεῖ νά ἰσορροπεῖ καί στίς τρεῖς θέσεις α, β, γ. Εἶναι φανερό πώς τό βάρος ἐξουδετερώνεται ἀπό τήν ἀντίδραση τοῦ ὑποστηρίγματος. Ἄρα τό κέντρο βάρους τῆς συσκευῆς καί τό σημεῖο στηρίξεως βρίσκονται πάνω στήν ἴδια κατακόρυφο (εἰκ. 9).
- β) Στή θέση (α) τό κέντρο βάρους βρίσκεται χαμηλότερα ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως καί κάθε μετακίνηση ἔχει σάν ἀποτέλεσμα νά παρουσιάζεται ροπή ἐπαναφορᾶς στήν ἀρχική θέση. Ἄρα ἔχουμε ἰσορροπία εὐσταθῆ.
- γ) Στή θέση (β) τό κέντρο βάρους καί τό σημεῖο στηρίξεως συμπίπτουν. Ἡ ροπή τοῦ βάρους ὡς πρός αὐτό τό σημεῖο εἶναι πάντα ἴση μέ μηδέν· ἔτσι ἡ συσκευή ἰσορροπεῖ σέ ὁποιαδήποτε θέση. Ἄρα ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀδιάφορη.
- δ) Στή θέση (γ) τό κέντρο βάρους τῆς συσκευῆς βρίσκεται ψηλότερα ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως καί κάθε μετακίνηση ἔχει σάν ἀποτέλεσμα νά παρουσιάζεται ροπή ἀνατροπῆς καί ἡ συσκευή νά ἀνατρέπεται. Ἄρα ἡ ἰσορροπία εἶναι ἀσταθῆς. Γιά νά πετύχουμε τήν ἰσορροπία σ' αὐτή τήν περίπτωσι, χρειάζεται μεγάλη προσπάθεια καί ἐπιμονή, γιατί ἡ παραμικρή μετακίνηση ἔχει σάν ἀποτέλεσμα τήν ἀνατροπή τῆς συσκευῆς.

Συμπέρασμα

Σῶμα πού στηρίζεται σέ ἓνα σημεῖο ἰσορροπεῖ, ὅταν ἡ κατακόρυφος πού περνᾷ ἀπό τό κέντρο βάρους του περνᾷ καί ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως. Ἐχουμε ἰσορροπία εὐσταθῆ, ἀδιάφορη καί ἀσταθῆ, ἂν τό κέντρο βάρους τοῦ σώματος βρεῖται χαμηλότερα ἀπό τό σημεῖο στηρίξεως, συμπίπτει μέ αὐτό ἢ βρεῖται ψηλότερα ἀπό αὐτό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

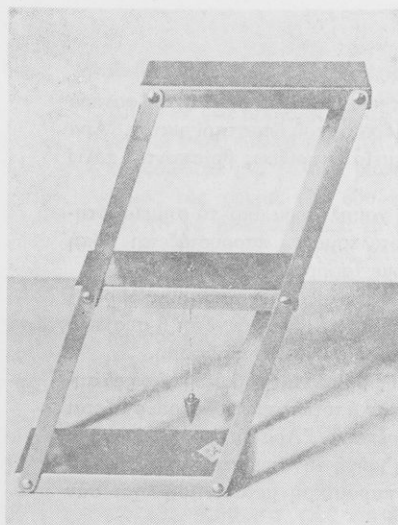
Εὕρεση τῆς συνθήκης ἰσορροπίας σώματος πού στηρίζεται μέ βάση πάνω σέ ὀριζόντιο ἐπίπεδο

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα κατακλινόμενο παραλληλεπίπεδο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Παρατηροῦμε τό κατακλινόμενο παραλληλεπίπεδο, ὅταν οἱ ἀκμές του εἶναι



Εικ. 10

Συμπέρασμα

Σῶμα πού στηρίζεται μέ βάση πάνω σέ οριζόντιο επίπεδο ισορροπεῖ, ἂν ἡ κατακόρυφος πού περνᾷ ἀπό τό κέντρο βάρους του περνᾷ ἀπό τό ἐσωτερικό τῆς βάσεως στηρίζεως αὐτοῦ.

κατακόρυφες. Δείχνουμε πώς τό σημεῖο πού κρέμεται τό μικρό νήμα τῆς στάθμης εἶναι τό κέντρο βάρους τῆς συσκευῆς. Παρατηροῦμε πώς ἡ κατακόρυφος πού περνᾷ ἀπό τό κέντρο βάρους τῆς συσκευῆς (διεύθυνση τοῦ νήματος τῆς στάθμης) περνᾷ ἀπό τό κέντρο τῆς ἐπιφάνειας τῆς βάσεως. Ἡ συσκευή ἰσορροπεῖ.

- β) Γέρνουμε τή συσκευή ἔτσι, πού ἡ προέκταση τοῦ νήματος τῆς στάθμης νά συναντᾷ τό ἐσωτερικό τῆς βάσεως στηρίζεως. Ἡ συσκευή πάλι ἰσορροπεῖ.
- γ) Γέρνουμε τή συσκευή ἀκόμα περισσότερο τόσο, πού ἡ προέκταση τοῦ νήματος τῆς στάθμης νά πέφτει ἔξω ἀπό τή βάση στηρίζεως. Ἡ συσκευή ἀνατρέπεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

Ἴσορροπία σώματος πού μπορεῖ νά στρέφεται κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση πολλῶν συνεπίπεδων δυνάμεων γύρω ἀπό ἄξονα κάθετο πάνω στό ἐπίπεδό τους

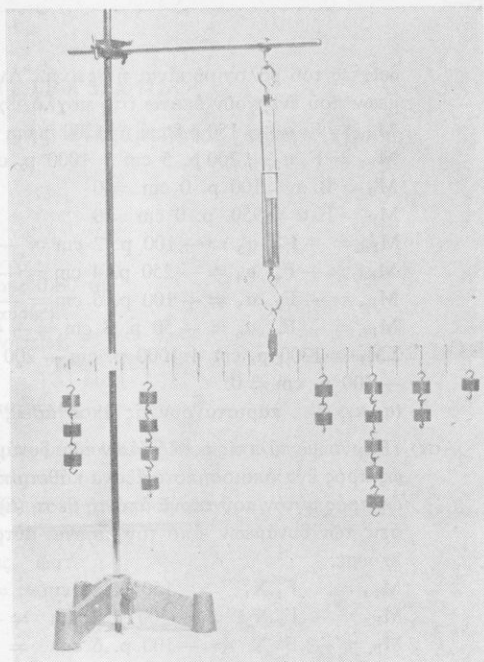
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Ἐνας δρειχάλινος δακτύλιος.
6. Ἐνα δυναμόμετρο ἀντοχῆς 1 kp.

7. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
8. Τριάντα βάρη των 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στην κορυφή της στηρίζουμε τον απλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στο σύνδεσμο στερεώνουμε τη ράβδο των 0,30 m οριζόντια και πάνω σ' αυτή τον ορειχάλκινο δακτύλιο. Από το άγκιστρο του δακτύλιου κρεμάμε το δυναμόμετρο και από αυτό το μοχλό μέ όλους τους ίππεις του.



Είκ. 11

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Παρατηρούμε την ένδειξη του δυναμόμετρου (100 p). Αυτή ισούται με το βάρος του μοχλού, που εφαρμόζεται στη θέση (0) (κέντρο βάρους), είναι κατακόρυφο και έχει φορά προς τα κάτω.
- β) Κρατάμε με το χέρι μας το μοχλό και κρεμάμε από διάφορες θέσεις βάρη των 50 p.
 Από τη θέση 8 προς τα αριστερά κρεμάμε 3 βάρη των 50 p, από τη θέση 5 προς τα αριστερά 4 βάρη των 50 p, από τη θέση 2 προς τα δεξιά 2 βάρη των 50 p, από τη θέση 4 προς τα δεξιά 5 βάρη των 50 p, από τη θέση 6 προς τα δεξιά 2 βάρη των 50 p και από τη θέση 8 προς τα δεξιά 1 βάρος των 50 p.
 Αφήνουμε το μοχλό ελεύθερο και βλέπουμε πώς ισορροπεί (είκ. 11).
- γ) Παρατηρούμε την ένδειξη του δυναμόμετρου 950 p.
- δ) Ονομάζουμε τις δυνάμεις που ενεργούν επάνω στο μοχλό από αριστερά προς τα δεξιά: $F_1 = 150$ p, $F_2 = 200$ p, $B = 100$ p (βάρος του μοχλού), $F_3 = 100$ p, $F_4 = 250$ p, $F_5 = 100$ p και $F_6 = 50$ p.
 Όλες οι δυνάμεις αυτές είναι κατακόρυφες, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και έχουν φορά προς τα κάτω. Ακόμα πάνω στο μοχλό ενεργεί η δύναμη $F = 950$ p, που την ασκεί το δυναμόμετρο, βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τις πρώτες και είναι κατακόρυφη αλλά με φορά προς τα πάνω.
- ε) Για την απλούστευση των συλλογισμών δεχόμαστε πώς οι υποδιαίρεσεις του μοχλού είναι σε cm και πώς η φορά περιστροφής ή αντίθετη προς τους

δείχτες του ρολογιού είναι ή θετική. "Αν πάρουμε τις ροπές όλων των δυνάμεων που ενεργούν επάνω στο μοχλό, έχουμε :

$$M_{F_1} = F_1 \cdot a_1 = 150 \text{ p. } 8 \text{ cm} = 1200 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_2} = F_2 \cdot a_2 = 200 \text{ p. } 5 \text{ cm} = 1000 \text{ p. cm}$$

$$M_B = B \cdot a = 100 \text{ p. } 0 \text{ cm} = 0$$

$$M_F = F \cdot a = 950 \text{ p. } 0 \text{ cm} = 0$$

$$M_{F_3} = -F_3 \cdot a_3 = -100 \text{ p. } 2 \text{ cm} = -200 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_4} = -F_4 \cdot a_4 = -250 \text{ p. } 4 \text{ cm} = -1000 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_5} = -F_5 \cdot a_5 = -100 \text{ p. } 6 \text{ cm} = -600 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_6} = -F_6 \cdot a_6 = -50 \text{ p. } 8 \text{ cm} = -400 \text{ p. cm}$$

$$\Sigma M_F = 1200 \text{ p. cm} + 1000 \text{ p. cm} - 200 \text{ p. cm} - 1000 \text{ p. cm} - 600 \text{ p. cm} - 400 \text{ p. cm} = 0.$$

($a, a_1, a_2 \dots$ παριστάνουν τις αποστάσεις των δυνάμεων από τη θέση μηδέν).

στ) Παίρνουμε πάλι τις ροπές όλων των δυνάμεων που ενεργούν επάνω στο μοχλό ως προς ένα οποιοδήποτε άξονα κάθετο πάνω στο επίπεδο των δυνάμεων, π.χ. ως προς αυτόν που περνά από τη θέση (6) άριστερά. "Ονομάζουμε τις αποστάσεις των δυνάμεων από τον άξονα αυτόν $X, X_1, X_2, X_3 \dots$ αντίστοιχα και έχουμε:

$$M_{F_1} = F_1 \cdot X_1 = 150 \text{ p. } 2 \text{ cm} = 300 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_2} = -F_2 \cdot X_2 = -200 \text{ p. } 1 \text{ cm} = -200 \text{ p. cm}$$

$$M_B = -B \cdot X = -100 \text{ p. } 6 \text{ cm} = -600 \text{ p. cm}$$

$$M_F = F \cdot X = 950 \text{ p. } 6 \text{ cm} = 5700 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_3} = -F_3 \cdot X_3 = -100 \text{ p. } 8 \text{ cm} = -800 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_4} = -F_4 \cdot X_4 = -250 \text{ p. } 10 \text{ cm} = -2500 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_5} = -F_5 \cdot X_5 = -100 \text{ p. } 12 \text{ cm} = -1200 \text{ p. cm}$$

$$M_{F_6} = -F_6 \cdot X_6 = -50 \text{ p. } 14 \text{ cm} = -700 \text{ p. cm}$$

$$\Sigma M_F = 300 \text{ p. cm} - 200 \text{ p. cm} - 600 \text{ p. cm} + 5700 \text{ p. cm} - 800 \text{ p. cm} - 2500 \text{ p. cm} - 1200 \text{ p. cm} - 700 \text{ p. cm} = 0.$$

Συμπέρασμα

"Ένα σώμα που μπορεί νά στρέφεται γύρω από ένα άξονα και που ενεργούν επάνω του πολλές δυνάμεις, οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, που είναι κάθετο πάνω στον άξονα περιστροφής, ισορροπεί, όταν τό αλγεβρικό άθροισμα των ροπών όλων των δυνάμεων ως προς οποιοδήποτε άξονα ισούται μέ μηδέν.

Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τῆς ἀνεξαρτησίας τῶν κινήσεων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας ἀπλός σύνδεσμος (σταυρός).
4. Μιά συσκευή σύγχρονων κινήσεων.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό πάνω ἄκρο της στερεώνουμε τόν ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στό σύνδεσμο στηρίζουμε τή συσκευή σύγχρονων κινήσεων καί ἀκουμπᾶμε τή μεταλλική βάση σέ τέτοια θέση πάνω στό τραπέζι μας, ὥστε ἡ συσκευή νά προεξέχει ἀπό τά χεῖλη τοῦ τραπέζιου.

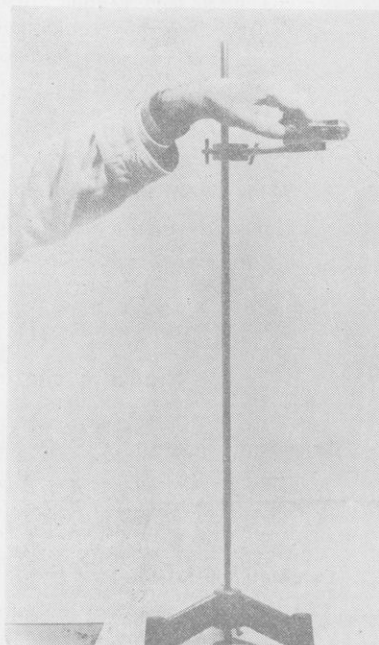
Εἰκ. 12

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἐλευθερώνουμε τό ἔλασμα, πού κρατᾷ τή μιᾶ σφαῖρα τῆς συσκευῆς ἐπάνω ἀπό τήν τρύπα, ὁπότε αὐτό χτυπᾷ τήν ἄλλη σφαῖρα καί τῆς δίνει ὀριζόντια ταχύτητα σπρώχνοντάς την ἔξω ἀπό τό ἐπίπεδο στηρίξεώς της. Συγχρόνως ἡ σφαῖρα πού βρίσκεται πάνω ἀπό τήν τρύπα ἐλευθερώνεται καί πέφτει (εἰκ. 12). Παρατηροῦμε πώς οἱ δύο σφαῖρες πέφτουν συγχρόνως στό ἔδαφος.

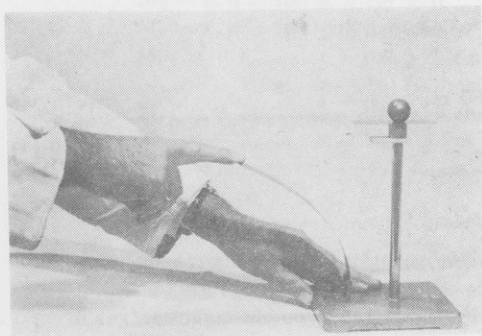
Συμπέρασμα

Ὅταν ἓνα σῶμα κάνει συγχρόνως δύο κινήσεις, καθεμιᾶ ἀπ' αὐτές γίνεται ἀνεξάρτητα ἀπό τήν ἄλλη καί τό ἀποτέλεσμα τῆς μιᾶς δέν ἐπηρεάζεται ἀπό τήν ἄλλη.



ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

Ἐπίδειξη τῆς ἀδράνειας τῶν σωμάτων



Εἰκ. 13

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή ἀδράνειας (ΜΣ 090.0).

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Πάνω στὸν εἰδικὸ ὀρθοστάτη τῆς συσκευῆς ἀκουμπάμε τὸ ἐλεύθερο ἔλασμα καὶ πάνω σ' αὐτὸ τὴ σφαῖρα.
- β) Μὲ τὸ δάκτυλό μας τραβάμε ἀπὸ τὴν κορυφὴ τοῦ πρὸς τὰ πίσω τὸ κολλημένο πάνω στὴ

συσκευή δεύτερο ἔλασμα καὶ ἀμέσως τὸ ἀφήνουμε ἐλεύθερο, ὅποτε αὐτὸ χτυπᾷ τὸ ἐλεύθερο ἔλασμα καὶ τὸ τινάζει μακριά, ἐνῶ ἡ σφαῖρα ποὺ δέχτηκε τὴν ἐπίδραση δυνάμεως παραμένει ἐξαιτίας τῆς ἀδράνειας στὴ θέση της καὶ κάθεται στὴν κορυφὴ τοῦ ὀρθοστάτη (εἰκ. 13).

Συμπέρασμα

Κάθε ὕλικὸ σῶμα διατηρεῖ τὴν κινητικὴ του κατάσταση, ἂν δὲν ἐπιδράσει πάνω του κάποια δύναμη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 14ο

Ἐπίδειξη τῆς ἀδράνειας τῶν σωμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Σῶμα μεγάλης μάζας π.χ. ἓνας ἀπλὸς σύνδεσμος.
2. Νῆμα κουβαρίστρας.

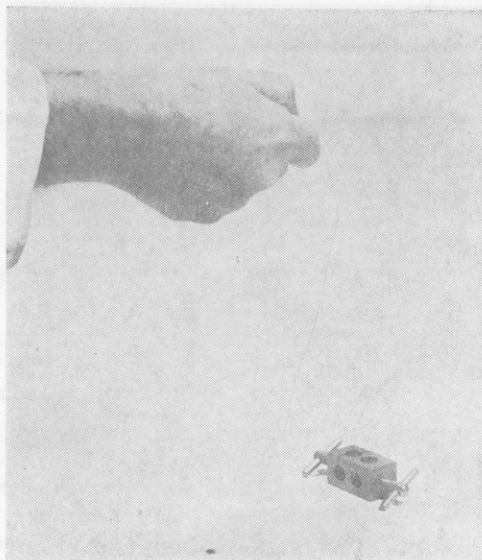
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δένουμε τὸ σῶμα στὴ μιὰ ἄκρη τοῦ νήματος καὶ στὴ συνέχεια τὸ τραβάμε σιγά σιγά κατακόρυφα πρὸς τὰ πάνω. Τὸ σῶμα ἀνυψώνεται.

- β) Ἀφήνουμε τό σῶμα πάνω στό τραπέζι μας καί τό τραβάμε τώρα μέ τό νήμα ἀπότομα. Τό σῶμα ἀντιστέκεται στήν ἀπότομη ἀνύψωση καί τό νήμα σπάει.

Συμπέρασμα

Ἡ ἀντίσταση ἐνός ὕλικοῦ σώματος στή μεταβολή τῆς κινητικῆς καταστάσεώς του (ἀδράνεια) ἐκδηλώνεται τόσο ἐντονότερα, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ ἐπιτάχυνση πού ἐπιδιώκουμε νά προσδώσουμε στό σῶμα αὐτό.



Εἰκ. 14

ΠΕΙΡΑΜΑ 15ο

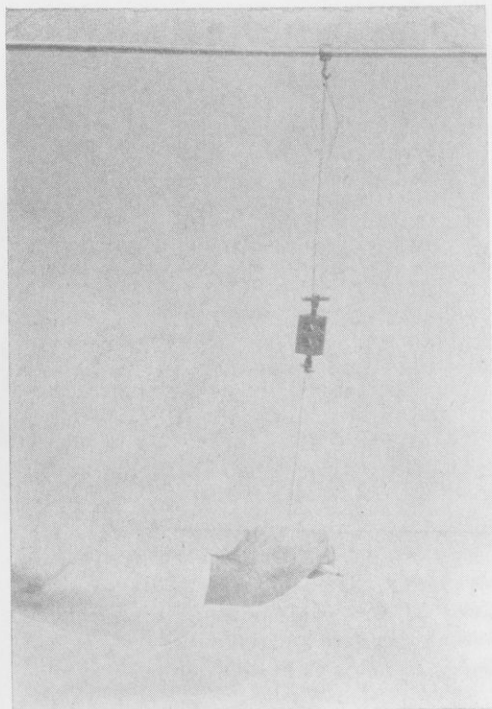
Ἐπίδειξη τῆς ἀδράνειας τῶν σωμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Νήμα κουβαρίστρας.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τῶν 0,80 m καί στήν κορυφή τῆς κάθε μῆς στηρίζουμε ἀπό ἕναν ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Στερεώνουμε στή μέση τῆς ράβδου τῶν 1,10 m τόν ὀρειχάλκينو δακτύλιο καί ἀπό τά ἄκρα τῆς τῆ στηρίζουμε πάνω στούς δυό ἀπλούς συνδέσμους.



Εικ. 15

γ) Δένουμε με ένα κομμάτι νήμα τόν τρίτο άπλό σύνδεσμο και τόν κρεμάμε από τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου. Δένουμε πάλι τόν άπλό σύνδεσμο με ένα άλλο κομμάτι νήμα, στό έλεύθερο άκρο του όποιου δένουμε ένα ραβδάκι π.χ. τό μολύβι μας.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κρατάμε τό νήμα με τό χέρι μας από τό μολύβι και τό τραβάμε προς τά κάτω σιγά σιγά. Τό πάνω κομμάτι του νήματος σπάζει. Πάνω στό πάνω νήμα άσκειται εκτός από τή δύναμη του χεριου μας και τό βάρος του άπλου συνδέσμου. Έπειδή τείνουμε νά προσδώσουμε στον άπλό σύνδεσμο μικρή επιτάχυνση, αυτός πρακτικά δέν άντιστέκεται στη μεταβολή της κινητικής του καταστάσεως (ισορροπίας)· ή αδράνεια του δέν εκδηλώνεται (εικ. 15).
- β) Κρεμάμε πάλι τό σύνδεσμο κατά τόν ίδιο τρόπο, κρατάμε τό νήμα από τό μολύβι και άφου άνεβάσουμε τό χέρι μας ως τό ύψος του συνδέσμου, τό κινούμε άπότομα προς τά κάτω. Έτσι προκαλούμε ένα άπότομο τράβηγμα προς τά κάτω του συνδέσμου. Παρατηρούμε ότι τώρα σπάζει τό κάτω νήμα. Έπειδή τείνουμε νά προσδώσουμε στον άπλό σύνδεσμο μεγάλη επιτάχυνση, αυτός εκδηλώνει μεγάλη άντίσταση στη μεταβολή της κινητικής του καταστάσεως (αδράνεια). Η δύναμη του χεριου μας δέ γίνεται αισθητή στό πάνω νήμα· άπεναντίας τό κάτω νήμα σπάζει.

Συμπέρασμα

Η αδράνεια ενός σώματος εκδηλώνεται τόσο έντονότερα, όσο ή επιτάχυνση που επιδιώκουμε νά του προσδώσουμε είναι μεγαλύτερη.

Σημείωση

Τά φαινόμενα που άναφέραμε γίνονται τόσο περισσότερο άντιληπτά, όσο ή μάζα του σώματος είναι μεγαλύτερη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 160

Επίδειξη δυνάμεων αδράνειας

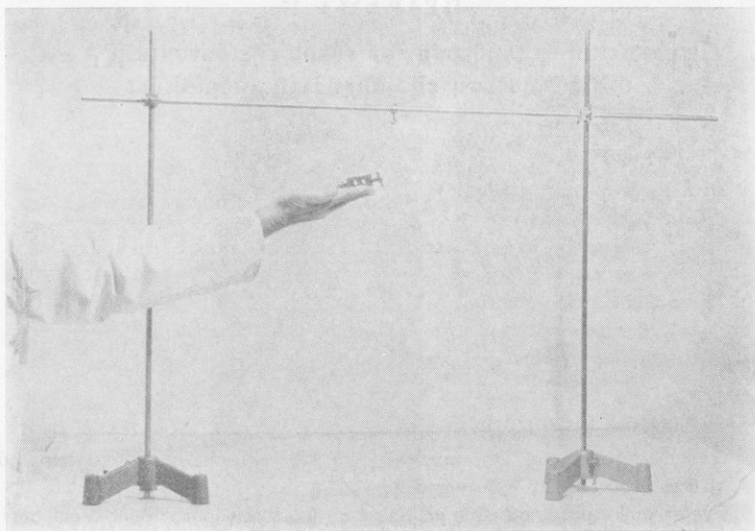
Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Τρείς ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρείς άπλοί σύνδεσμοι (σταυροί).
4. Ένας δρειχάλκινος δακτύλιος.
5. Νήμα κουβαρίστρας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε στις δυό βάσεις τις δυό ράβδους των 0,80 m καί στην κορυφή της καθεμιάς στηρίζουμε από έναν άπλό σύνδεσμο.
- β) Φέρνουμε τούς δυό όρθοστάτες πού σχηματίστηκαν σέ απόσταση 70 cm περίπου μεταξύ τους, στερεώνουμε στή μέση της τρίτης ράβδου τόν δρειχάλκινο δακτύλιο καί τή στηρίζουμε μέ τά άκρα της έπάνω στους συνδέσμους των δυό όρθοστατών.
- γ) Δένουμε τόν τρίτο άπλό σύνδεσμο μέ ένα κομμάτι νήμα, τόν κρεμάμε από τό άγκιστρο τοῦ δακτύλιου καί κανονίζουμε τό μήκος τοῦ νήματος τόσο, πού ή σφαίρα νά απέχει από τό τραπέζι γύρω στά 2-4 cm.

Εικ. 16



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἀνυψώνουμε μέ τήν παλάμη μας τόν κρεμασμένο σύνδεσμο ὥς τὸ ὕψος τῆς ὀριζόντιας ράβδου καί ἔπειτα τραβᾶμε ἀπότομα τὸ χέρι μας καί ἀφήνουμε τὸ σύνδεσμο νά πέσει ἐλεύθερα (εἰκ. 16). Τό νῆμα σπάζει καί ὁ σύνδεσμος πέφτει πάνω στό τραπέζι μας.

Ὅταν ὁ σύνδεσμος καθῶς πέφτει φτᾶσει στό κατώτατο σημεῖο πού τοῦ ἐπιτρέπει τὸ μήκος τοῦ νήματος, πρέπει νά σταματήσῃ ἀπότομα, νά μεταβάλλῃ δηλαδή τήν ταχύτητά του ἀπὸ μιά σχετικὰ μεγάλη τιμὴ $υ$ σέ μηδέν ἢ νά πάθῃ ἐπιτάχυνση (ἐπιβράδυνση) μέ φορά πρὸς τὰ πάνω.

Πάνω στό σύνδεσμο στό κατώτατο σημεῖο τῆς τροχιάς του καί πρὶν σπάσῃ τὸ νῆμα ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, ἡ τάση τοῦ νήματος T μέ φορά πρὸς τὰ πάνω καί τὸ βάρος B τοῦ συνδέσμου μέ φορά πρὸς τὰ κάτω. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν τῶν δυνάμεων εἶναι ἐκείνη πού θά προκαλέσῃ τήν ἐπιτάχυνση (ἐπιβράδυνση). Θά ἔχουμε λοιπὸν $T - B = m\gamma$ ἢ $T = B + m\gamma$. Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς τάσεως T ξεπερνᾷ τὸ ὄριο ἀντοχῆς τοῦ νήματος καί γι' αὐτὸ σπάζει.

Συμπέρασμα

Τό νῆμα σπάζει, γιατί τὸ βάρος τῆς σφαίρας φαίνεται νά μεγαλώνει κατὰ τήν ποσότητα $m\gamma$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 17ο

Πειραματικὴ ἐπαλήθευση τοῦ νόμου τῆς δυναμικῆς $F = m\gamma$.

Ἐπαλήθευση τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδράνειας

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά μηχανή τοῦ Atwood.
2. Ἕνας μετρονόμος.
3. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
4. Ἕνας ἀνορθωτὴς σεληνίου.
5. Ἕνας διακόπτης μπουτόν.
6. Τρία καλώδια συνδέσεως μήκους 0,30 m.
7. Δύο καλώδια συνδέσεως μήκους 1 m.

Χαρακτηριστικὰ τῆς μηχανῆς

Ἡ μάζα τῆς μηχανῆς πού κινεῖται εἶναι 400 gr, μοιρασμένη ἀπὸ 200 gr ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος καί τὸ ἄλλο ὡς ἑξῆς.

Ὑπάρχουν 4 μάζες σέ κάθε μέρος σέ σχῆμα κυλίνδρου, ὕψους 5 cm, τῶν 46

gr, πού είναι βιδωμένες ή μιά στην άλλη. Υπάρχουν ακόμα στο κάθε μέρος 4 μάζες των 4 gr ή καθεμιά της ίδιας διαμέτρου με τις προηγούμενες, εκτός από τη μιά προς τό ένα μέρος πού είναι πιά μακρουλή από τις άλλες.

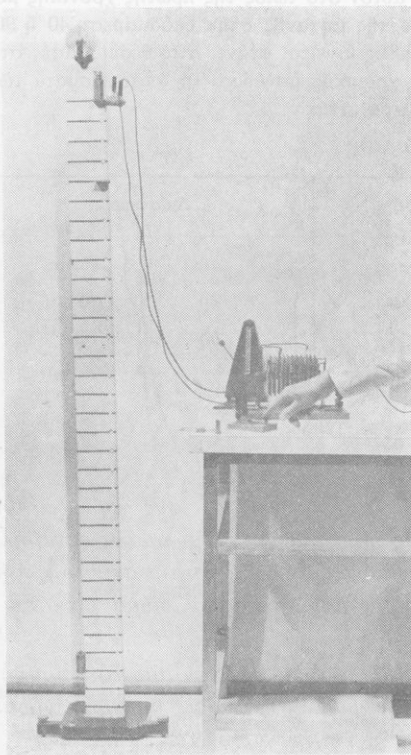
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Συνδέουμε τόν άναρθωτή μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 16-20 Volt καί στή συνέχεια συνδέουμε στή σειρά τόν άνορθωτή, τό διακόπτη καί τόν ηλεκτρομαγνήτη τής μηχανής.

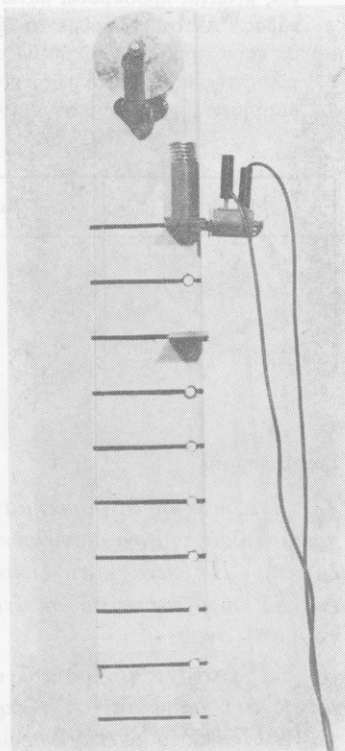
Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- I. Σχέση δυνάμεως πού εφαρμόζεται πάνω σέ ένα σώμα καί τής κινήσεως πού προκαλεί στο σώμα αυτό.

Είκ. 17



Είκ. 18



α) Σέ καθένα από τά δυό άκρα τοῦ νήματος εἶναι κρεμασμένες 4 μάζες τῶν 46 gr, $4 \times 46 = 184$ gr, καί πάνω σ' αὐτές εἶναι άκουμπισμένες 4 μάζες τῶν 4 gr, $4 \times 4 = 16$ gr. Συνολική μάζα $M = 184$ gr + 16 gr = 200 gr στό κάθε μέρος. Μεταφέρουμε μιά μάζα τῶν 4 gr από τά άριστερά πρὸς τά δεξιά καί ἔτσι ἔχουμε : άριστερά 196 gr, δεξιά 204 gr, ἡ διαφορά μάζας 8 gr. "Ὅπως φαίνεται ἡ μάζα πού κινεῖται εἶναι 400 gr, ἐνῶ ἡ δύναμη πού τήν κινεῖ εἶναι 8 p. Ἡ μάζα τῶν 204 gr άκουμπά πάνω στό άρθρωτό ἐπίπεδο τῆς μηχανῆς στή θέση μηδέν (0) (εἰκ. 17 καί 18 σέ μεγέθυνση).

β) Τροφοδοτοῦμε τό μετασχηματιστή μέ τάση 220V καί κλείνουμε τό διακόπτη. Τό άρθρωτό ἐπίπεδο τῆς μηχανῆς ὑποχωρεῖ καί οἱ μάζες αὐτῆς άρχίζουν νά κινοῦνται.

Ρυθμίζουμε τό μετρονόμο ἔτσι, πού κατά τή διάρκεια τῆς πρώτης χρονικῆς μονάδας ἀπό τήν ἐκκίνησή του τό σύστημα τῶν μαζῶν νά διανύσει 10 cm. Στερεώνουμε τό δίσκο τῆς μηχανῆς στήν ὑποδιαίρεση 10, ὁπότε ἡ μάζα καθὼς κινεῖται προσκρούει πάνω σ' αὐτόν στό τέλος τῆς πρώτης χρονικῆς μονάδας. "Αν στερεώσουμε τό δίσκο τῆς μηχανῆς στήν ὑποδιαίρεση 40 ἢ 90, θά παρατηρήσουμε πὼς ἡ μάζα καθὼς κινεῖται φτάνει στίς θέσεις αὐτές στό τέλος τῆς δεύτερης ἢ τῆς τρίτης χρονικῆς μονάδας. Τά άποτελέσματα τῶν μετρήσεων φαίνονται στὸν πῖό κάτω πίνακα :

Μετρήσεις	Χρόνος	Διάστημα
1η	1	10 ἢ 10×1^2
2η	2	40 ἢ 10×2^2
3η	3	90 ἢ 10×3^2

Συμπεράσματα

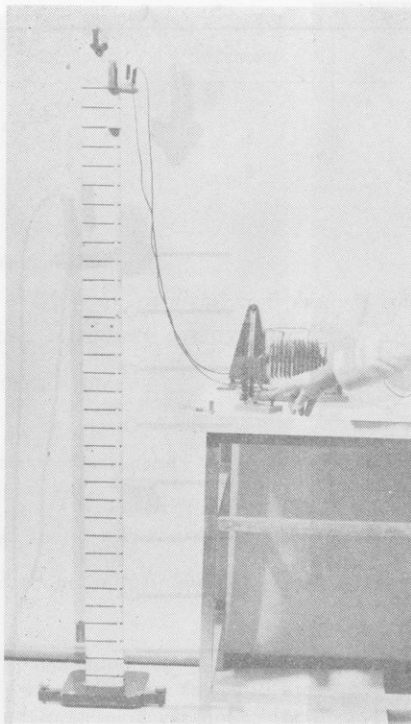
Τά διανυόμενα διαστήματα εἶναι άνάλογα μέ τούς χρόνους πού χροειάστηκαν γιά νά διανυθοῦν, δηλαδή ἡ κίνηση εἶναι ὁμαλά μεταβαλλόμενη. Ἡ ἐπιτάχυνση εἶναι σταθερή. "Αρα δόναμη σταθερή πού ἐνεργεῖ συνέχεια πάνω σέ ἕνα σῶμα προκαλεῖ στό σῶμα αὐτό ἐπιτάχυνση σταθερή.

Ἡ ἐπιτάχυνση ἰσοῦται άριθμητικά μέ τό διπλάσιο τοῦ διαστήματος πού διανύεται στήν πρώτη χρονική μονάδα, δηλαδή ἔχουμε $\gamma = 20$ μονάδες ἐπιταχύνσεως.

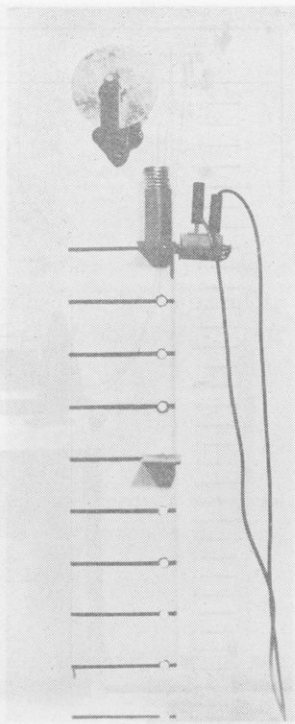
II. Σχέση μεταξύ της δύναμης που εφαρμόζεται πάνω σέ ένα σώμα και της επιταχύνσεως που προσδίνει στο σώμα αυτό.

- α) Φέρνουμε πάλι το σύστημα των μαζών στη θέση μηδέν (0) της μηχανής και στη συνέχεια μεταφέρουμε και άλλη μάζα των 4 gr από αριστερά προς τα δεξιά. Τώρα η δύναμη που κινεί το σύστημα των μαζών είναι 16 p, ή μάζα που κινείται 400 gr και η επιτάχυνση 40 μονάδες επιταχύνσεως (είκ. 19 και 20 σέ μεγέθυνση).
- β) Μεταφέρουμε και τρίτη και τέταρτη μάζα των 4 gr από αριστερά προς τα δεξιά και προσδιορίζουμε κάθε φορά την επιτάχυνση της κινήσεως των μαζών με την επίδραση δυνάμεων 24 p και 32 p. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα. Στόν πίνακα αυτόν η επιτάχυνση του συστήματος των μαζών με την επίδραση δύναμης 8 p είναι εκείνη που βρήκαμε κατά την πειραματική εργασία I.

Είκ. 19



Είκ. 20

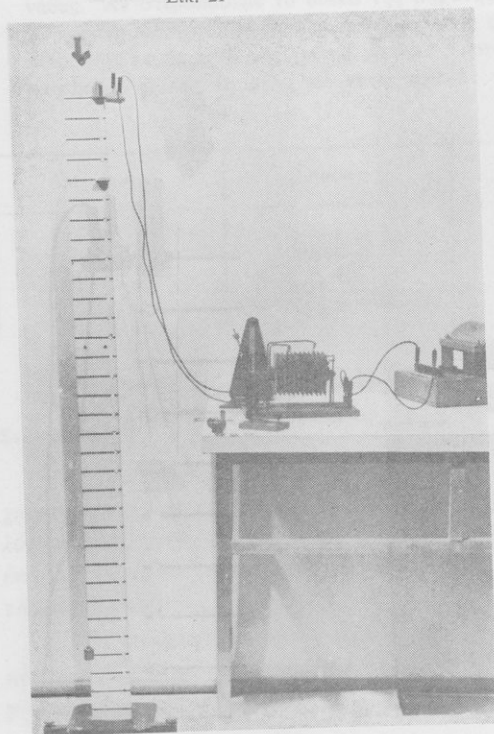


Μετρήσεις	Δύναμη	Μάζα	Έπιτάχυνση
1η	8	400	20 μονάδες
2η	16	400	40 »
3η	24	400	60 »
4η	32	400	80 »

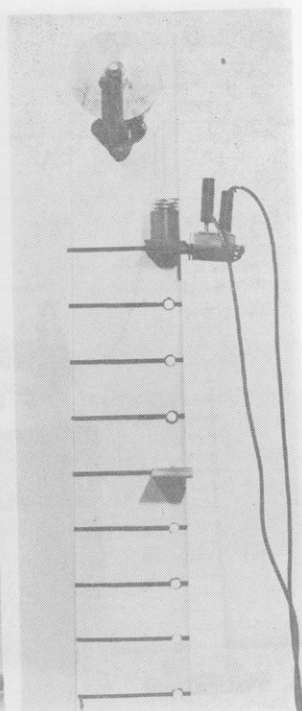
Συμπέρασμα

Ἡ ἐπιτάχυνση πού προκαλεῖ μιά δύναμη πού ἐφαρμόζεται πάνω σέ μιά ὀρισμένη μάζα εἶναι ἀνάλογη πρὸς τή δύναμη αὐτή ἢ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$ ἢ $\frac{F}{\gamma} = \text{σταθερή}$.

Εἰκ. 21



Εἰκ. 22



III. Σχέση μεταξύ της μάζας ενός σώματος και της επιταχύνσεως που του προσδίνει δύναμη σταθερή.

α) Αφήνουμε από τό κάθε μέρος της μηχανής 2 μόνο μάζες των 46 gr και δύο μάζες των 4 gr ή 100 gr. Τό σύστημα ισορροπεί. Μεταφέρουμε από τά άριστερά πρός τά δεξιά μιά μάζα των 4 gr. Έχουμε πάλι δύναμη που κινεί τό σύστημα 8 p· ή μάζα όμως που κινείται είναι τώρα 200 gr. Προσδιορίζουμε τήν επιτάχυνση όπως και πίο πάνω και βρίσκουμε πώς αυτή είναι 40 μονάδες επιταχύνσεως (εικ. 21 και 22 σέ μεγέθυνση).

β) Αφήνουμε στό κάθε μέρος της μηχανής μιά μόνο μάζα των 46 gr και μιά των 4 gr, δηλαδή 50 gr. Τό σύστημα ισορροπεί. Μεταφέρουμε τή μάζα των 4 gr από άριστερά πρός τά δεξιά. Έχουμε τώρα δύναμη πάλι 8 p, αλλά μάζα που κινείται 100 gr. Προσδιορίζουμε τήν επιτάχυνση και τή βρίσκουμε 80 μονάδες επιταχύνσεως.

Αν θυμηθούμε και τήν επιτάχυνση που βρήκαμε στήν πειραματική εργασία I γιά μάζα 400 gr καταρτίζουμε τόν πίο κάτω πίνακα :

Μετρήσεις	Δύναμη	Μάζα	Επιτάχυνση
1η	8	400	20 μονάδες
2η	8	200	40 »
3η	8	100	80 »

Συμπέρασμα

Δύναμη σταθερή που ενεργεί συνέχεια πάνω σέ διάφορες μάζες τούς προσδίνει επιταχύνσεις που είναι αντίστροφα ανάλογες μέ τίς μάζες, δηλαδή $\frac{m_1}{m_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$.

Γενικό συμπέρασμα

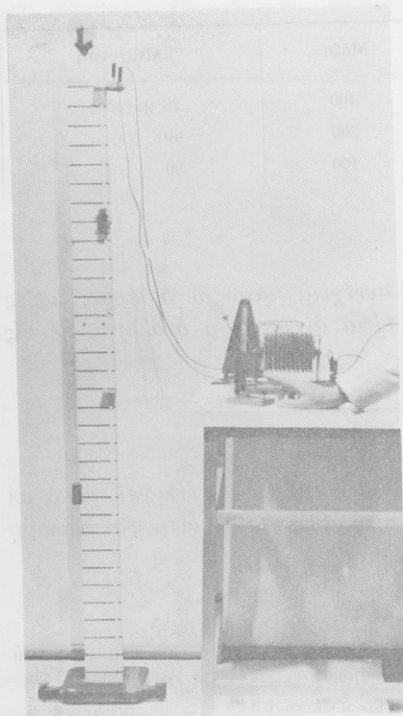
Η επιτάχυνση που προκαλεί μιά δύναμη που ενεργεί πάνω σέ ένα σώμα είναι ανάλογη μέ τή δύναμη αυτή και αντίστροφα ανάλογη μέ τή μάζα του σώματος, δηλαδή $\gamma = \frac{F}{m}$ ή $F = m \gamma$.

IV. Προσδιορισμός σέ διάφορες χρονικές στιγμές της ταχύτητας σώματος που κινείται μέ τήν επίδραση σταθερής δυνάμεως.

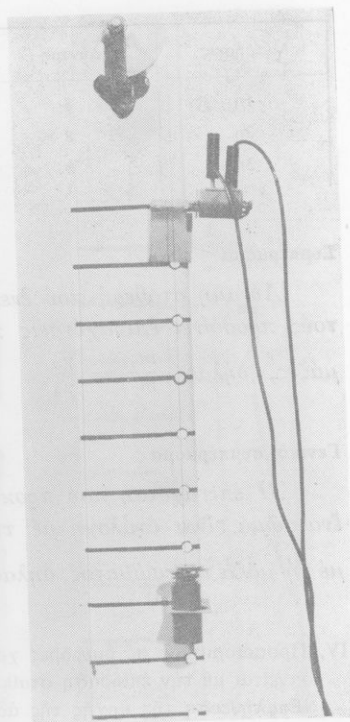
Έπαλήθευση της αρχής της αδράνειας.

- α) Συναρμολογούμε πάλι τις 4 μεγάλες μάζες και από τα δύο μέρη της μηχανής, και πάνω σ' αυτή προς τα δεξιά ακουμπάμε τις 4 μικρές μάζες, από τις οποίες τη μακρουλή στην κορυφή, ενώ τις άλλες 4 βάζουμε αριστερά. Μεταφέρουμε μία μάζα των 4 gr από αριστερά προς τα δεξιά. Το σύστημα πάει να κινηθεί, αλλά εμποδίζεται από το άρθρωτό επίπεδο που πάνω του στηρίζεται στη θέση μηδέν (0). Η δύναμη που θα κινηθεί το σύστημα είναι 8 p και η μάζα που θα κινηθεί είναι 400 gr. Ξέρουμε πώς στην πρώτη χρονική μονάδα το σύστημα των μαζών θα διανύσει 10 cm, στη δεύτερη 40 cm και στην τρίτη 90 cm. Για να προσδιορίσουμε την ταχύτητα στο τέλος της πρώτης χρονικής μονάδας, πρέπει τη στιγμή αυτή να αφαιρέσουμε τη δύναμη που προκαλεί την κίνηση, οπότε το σύστημα θα εξακολουθήσει να κινείται όμως και η ταχύτητά του θα ισούται αριθμητικά με το διάστημα που θα διανυθεί σε μία χρονική μονάδα από τη στιγμή που θα αφαιρεθεί η δύναμη. Για να αφαιρέσουμε τη δύναμη, στερεώνουμε το δακτύλιο της μηχανής στη θέση

Εικ. 23



Εικ. 24



5, έτσι, όταν η βάση των κυλινδρικών μαζών φτάσει στη θέση 10, σε μία χρονική μονάδα ή κορυφή τους φτάνει στη θέση 5 και αφαιρούνται οι δύο μάζες των 4 gr, που το βάρος τους αποτελεί τη δύναμη που κινεί το σύστημα. Στερεώνουμε ακόμα το δίσκο της μηχανής στην υποδιαίρεση 30 ή την υποδιαίρεση 50 (εικ. 23 και 24 σε μεγέθυνση).

Αφήνουμε το σύστημα να κινηθεί και παρατηρούμε πώς στην πρώτη χρονική μονάδα με την επίδραση της σταθερής δυνάμεως 8 p διανύει 10 cm και εκεί αφαιρείται η δύναμη που το κινεί. Τότε εξακολουθεί να κινείται και φτάνει στη δεύτερη χρονική μονάδα στην υποδιαίρεση 30 και στην τρίτη χρονική μονάδα στην υποδιαίρεση 50. Διανύει δηλαδή μετά την αφαίρεση της δυνάμεως 20 cm κατά χρονική μονάδα και έχει ταχύτητα σταθερή σύμφωνα με την αρχή της αδράνειας.

Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, αφού τώρα βάλουμε το δακτύλιο στην υποδιαίρεση 35 και το δίσκο στην υποδιαίρεση 80 ή 120. Αφήνουμε το σύστημα να κινηθεί και παρατηρούμε πώς στο τέλος της δεύτερης χρονικής μονάδας φτάνει στη θέση 40 και αφαιρείται η δύναμη. Τότε εξακολουθεί να κινείται όμαλά και φτάνει στο τέλος της τρίτης χρονικής μονάδας στη θέση 80 και στο τέλος της τέταρτης χρονικής μονάδας στη θέση 120. Διανύει δηλαδή μετά την αφαίρεση της δυνάμεως 40 cm σε κάθε χρονική μονάδα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πιο κάτω πίνακα :

Χρόνος αφαίρεσης της δυνάμεως	Διάστημα από την αρχή	Διάστημα μετά την αφαίρεση της δυνάμεως			Ταχύτητα σε cm κατά χρονική μονάδα
		Χρον. μονάδα 1η	Χρον. μονάδα 2η	Χρον. μονάδα 3η	
1	10	20	40	60	20
2	40	40	80	120	40

Συμπεράσματα

Δύναμη σταθερή που ενεργεί συνέχεια πάνω σε ένα σώμα προκαλεί κίνηση που η ταχύτητά της είναι ανάλογη του χρόνου (επιτάχυνση σταθερή).

Αν σε μία στιγμή αφαιρεθεί η δύναμη, το σώμα εξακολουθεί να κινείται με κίνηση εὐθύγραμμη ομαλή και ταχύτητα, την ταχύτητα που είχε τη στιγμή της αφαίρεσής της δυνάμεως.

ΠΕΙΡΑΜΑ 18ο

Έπίδειξη της αρχής της δράσεως και αντιδράσεως

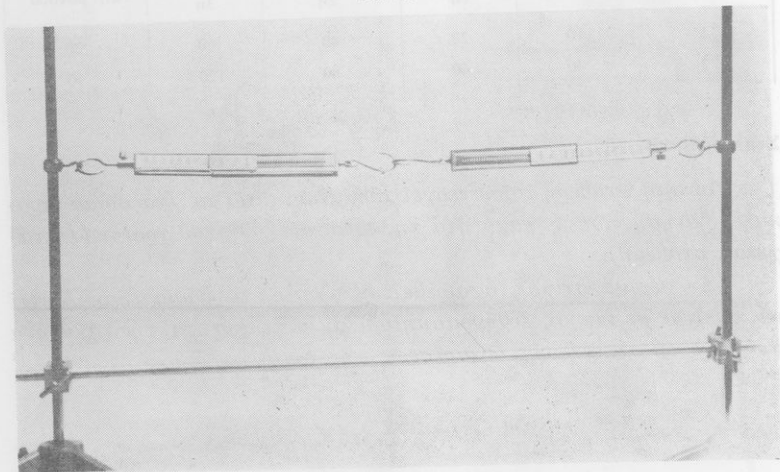
Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Δυό δρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Δυό δυναμόμετρα άντοχής 1 kp.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στις δυό βάσεις τις δυό ράβδους των 0,80 m και πάνω στις ράβδους και σέ ύψος γύρω στά 20 cm από τις βάσεις στηρίζουμε τούς δυό άπλούς συνδέσμους.
- β) Βάζουμε τούς δυό όρθοστάτες πού σχηματίστηκαν έτσι σέ απόσταση γύρω στά 80 cm μεταξύ τους και πάνω τους στερεώνουμε τή ράβδο του 1,10 m.
- γ) Από πάνω από τήν όριζόντια ράβδο και σέ απόσταση γύρω στά 20 cm πάνω στις κατακόρυφες ράβδους στερεώνουμε από ένα δρειχάλκινο δακτύλιο.

Είκ. 25



Εκτέλεση του πειράματος

- α) Συνδέουμε με τὰ ἄγκιστρά τους τὰ δύο δυναμόμετρα καὶ ἀπὸ τοὺς κρίκους τοὺς τὰ περνᾶμε στὰ ἄγκιστρα τῶν ὀρειχάλκινων δακτύλιων. Ἐτσι αὐτὰ σχηματίζουν μιὰ ὀριζόντια ἀλυσίδα. Παρατηροῦμε πὼς οἱ ἐνδείξεις τῶν δύο δυναμόμετρων εἶναι οἱ ἴδιες.
- β) Χαλαρώνουμε τὸν ἕναν ἀπλὸ σύνδεσμο καὶ ἀπομακρύνουμε λίγο τοὺς ὀρθοστάτες μεταξύ τους. Οἱ ἐνδείξεις τῶν δυναμόμετρων μεγαλώνουν, παραμένουν ὁμως πάντα ἴσες μεταξύ τους (εἰκ. 25).

Συμπέρασμα

“Ὅταν ἕνα σῶμα A (τὸ ἕνα δυναμόμετρο) ἄσκει δύναμη πάνω σὲ ἕνα ἄλλο σῶμα B (τὸ ἄλλο δυναμόμετρο), καὶ τὸ σῶμα B ἄσκει δύναμη πάνω στὸ A ἴση καὶ ἀντίθετης φορᾶς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴ μάζα τοῦ κινητοῦ

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας σωλήνας μεταλλικός $\varnothing$ 10 mm μήκους 120 mm.
2. Δυὸ βάρη τῶν 50 p.
3. Δυὸ ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
4. Ἐνα νῆμα γερὸ μήκους 1 m.
5. Ἐνα ὑποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Περνᾶμε μέσα στὸ σωλῆνα τὸ νῆμα καὶ δένουμε στὸ ἕνα τοῦ ἄκρο τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο καὶ στὸ ἄλλο τὸ βᾶρος τῶν 50 p.
- β) Πάνω στὸ νῆμα δένουμε ἕνα ξυλαράκι ἀπὸ σπῖρτο σὲ τέτοια θέση, πού, ὅταν αὐτὸ βρίσκεται κοντὰ στὸ κάτω χεῖλος τοῦ σωλῆνα, τὸ κέντρο τοῦ ὀρειχάλκινου δακτύλιου νὰ ἀπέχει ἀπὸ τὸ πάνω χεῖλος τοῦ 20 cm. Τὸ ξυλαράκι αὐτὸ πρέπει νὰ ἔχει τέτοιες διαστάσεις, πού νὰ μπορεῖ νὰ μπαίνει ἐλεύθερα μέσα στὸ σωλῆνα.

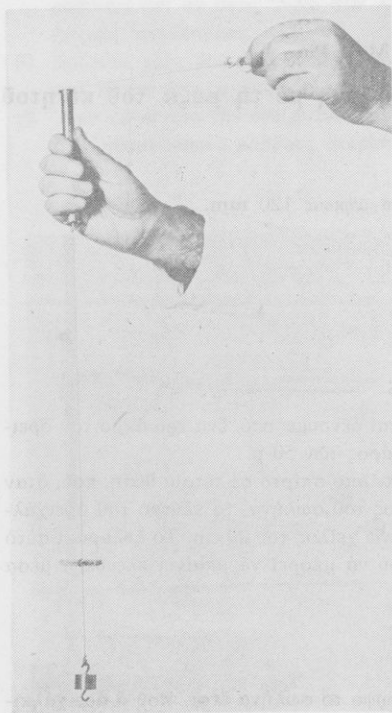
Εκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε μὲ τὸ δεξιὸ μας χερί κατακόρυφο τὸ σωλῆνα ἔτσι, πού ὁ ὀρειχάλκι-

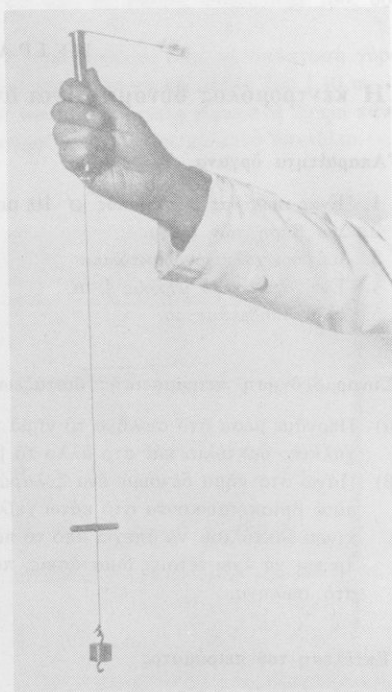
νος δακτύλιος νά είναι πρός τά πάνω. Αὐτός, ἐπειδὴ τὸν τραβᾷ τὸ βάρος τῶν 50 p, κάθεται πάνω στὰ χεῖλη τοῦ σωλήνα.

- β) Μὲ τὸ ἄριστερό μας χέρι τραβᾷμε τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο ἔτσι, πού νά ἀπομακρυνθεῖ ἀπὸ τὰ χεῖλη τοῦ σωλήνα, ὀριζόντια, 20 cm (τὸ ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα) καί τὸν ἀφήνουμε ἐλεύθερο (εἰκ. 26), ἐνῶ τὴν ἴδια στιγμή μὲ τὸ δεξιὸ μας χέρι ἀναγκάζουμε τὸ σωλήνα νά κάνει κυκλική κίνηση ἔτσι, πού τὸ πάνω χεῖλος τοῦ νά γράφει περιφέρεια πολὺ μικρῆς διαμέτρου. Ὁ ὀρειχάλκινος δακτύλιος δέν κάθεται πιά πάνω στὰ χεῖλη τοῦ σωλήνα, ἀλλὰ γράφει περιφέρεια ὀρισμένης ἀκτίνας (20 cm) μὲ σταθερὴ ταχύτητα (εἰκ. 27). Ὁ δακτύλιος κρατιέται πάνω στὴν τροχιά του (καί δέν ἐκτοξεύεται κατὰ τὴν ἐφαπτομένη της ἐξαιτίας τῆς ἀδράνειας), γιατί τὸν τραβᾷ ἡ δύναμη πού ἀσκεῖ τὸ βάρος τῶν 50 p, ἡ κεντρομόλος δύναμη. Μετράμε τίς περιστροφές τοῦ δακτύλιου σέ 30 sec καί τίς βρίσκουμε 60.
- γ) Κοντὰ στὸν ἕναν ὀρειχάλκινο δακτύλιο δένουμε καί τὸ δεύτερο. Ἔτσι ἔχου-

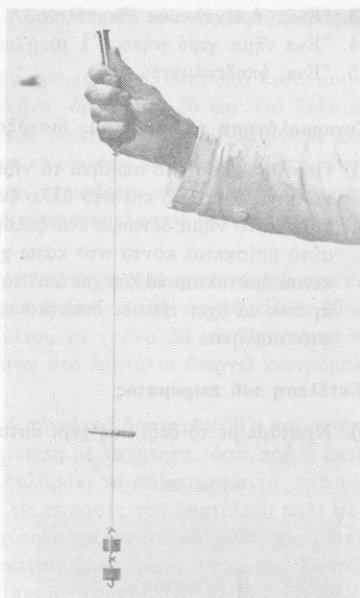
Εἰκ. 26



Εἰκ. 27



με σώμα που περιστρέφεται διπλάσιας μάζας από το πρώτο. Για να πετύχουμε περιστροφή της ίδιας ακτίνας (20 cm) και ταχύτητας (60 στροφές σε 30 sec) πρέπει στο κάτω μέρος του νήματος να προσθέσουμε ένα ακόμα βάρος των 50 p, πρέπει δηλαδή να διπλασιάσουμε την κεντρομόλο δύναμη. Πραγματικά αν ρυθμίσουμε την ταχύτητα περιστροφής έτσι, που η ακτίνα να είναι πάλι 20 cm (το ξυλαράκι να φαίνεται κοντά στο κάτω χείλος του σωλήνα) και μετρήσουμε τις στροφές σε χρόνο 30 sec θα τις βρούμε πάλι 60, δηλαδή θα έχουμε την ίδια ταχύτητα (είκ. 28).



Είκ. 28

Συμπέρασμα

Για να κινείται ένα σώμα πάνω σε κυκλική τροχιά ορισμένης ακτίνας, πρέπει να ασκείται πάνω του κεντρομόλος δύναμη ανάλογη με τη μάζα του σώματος.

Παρατήρηση

Κατά την εκτέλεση του πειράματος αυτού, όπως και των τριών άλλων που ακολουθούν, ο όρειχάλκινος δακτύλιος πρέπει να είναι γερά δεμένος στο άκρο του νήματος, γιατί υπάρχει κίνδυνος να τιναχτεί προς τους μαθητές.

ΠΕΙΡΑΜΑ 206

Η κεντρομόλος δύναμη είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας του κινητού

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας σωλήνας μεταλλικός $\varnothing$ 10 mm μήκους 120 mm.
2. Τέσσερα βάρη των 50 p.

3. Ένας δρειχάλκινος δακτύλιος.
4. Ένα νήμα γερό μήκους 1 m.
5. Ένα ύποδεκάμετρο.

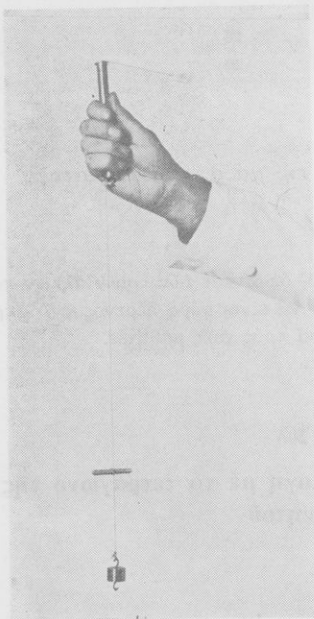
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Περνάμε μέσα στο σωλήνα τό νήμα καί δένουμε στό ένα άκρο του τόν δρειχάλκινο δακτύλιο καί στό άλλο ένα βάρος τών 50 p.
- β) Πάνω στό νήμα δένουμε ένα ξυλαράκι από σπέρτο σέ τέτοια θέση πού, όταν αυτό βρίσκεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα, τό κέντρο τοῦ δρειχάλκινου δακτύλιου νά απέχει από τό πάνω χεῖλος του 20 cm. Τό ξυλαράκι αυτό πρέπει νά ἔχει τέτοιες διαστάσεις πού νά μπορεῖ νά μπαίνει ἐλεύθερα μέσα στό σωλήνα.

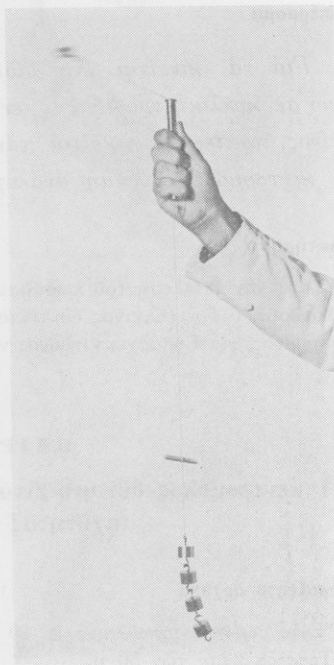
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε μέ τό δεξί μας χέρι κατακόρυφο τό σωλήνα ἔτσι, πού ὁ δρειχάλκι-

Εἰκ. 29



Εἰκ. 30



νος δακτύλιος νά είναι πρὸς τὰ πάνω. Αὐτός, ἐπειδὴ τὸν τραβᾷ τὸ βάρος τῶν 50 p, κάθεται πάνω στὰ χεῖλη τοῦ σωλήνα.

- β) Μὲ τὸ ἄριστερό μας χέρι τραβᾶμε τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο ἔτσι, πού νά ἀπομακρυνθεῖ ἀπὸ τὰ χεῖλη τοῦ σωλήνα ὀριζόντια 20 cm (τὸ ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στοῦ κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα) καὶ τὸν ἀφήνουμε ἐλεύθερο, ἐνῶ τὴν ἴδια στιγμή ἀναγκάζουμε τὸ σωλήνα νά κάνει κυκλική κίνηση ἔτσι, πού τὸ πάνω χεῖλος του νά γράφει περιφέρεια πολὺ μικρῆς διαμέτρου. Ὁ ὀρειχάλκινος δακτύλιος γράφει περιφέρεια κύκλου μὲ ἀκτίνα πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ταχύτητα περιστροφῆς.
- γ) Ρυθμίζουμε τὴν ταχύτητα περιστροφῆς ἔτσι, πού τὸ ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στοῦ κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα, ὅποτε ἡ ἀκτίνα τῆς τροχιάς εἶναι 20 cm, καὶ μετράμε τίς περιστροφές τοῦ δακτύλιου σέ χρόνο 30 sec. Βρίσκουμε πὼς ὁ δακτύλιος κάνει 60 περιστροφές. Πάνω στοῦ δακτύλιου ἐνεργεῖ κεντρομόλος δύναμη 50 p (εἰκ. 29).
- δ) Δένουμε στοῦ κάτω ἄκρο τοῦ νήματος 4 συνολικά βάρη τῶν 50 p καὶ ἀναγκάζουμε τὸ δακτύλιο σέ περιστροφική κίνηση μὲ ταχύτητα τόση, πού ἡ ἀκτίνα τῆς τροχιάς νά εἶναι πάλι 20 cm (τὸ ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στοῦ κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα). Ἄν μετρήσουμε τίς στροφές τοῦ δακτύλιου πάλι σέ 30 sec, θά τίς βροῦμε 120 (εἰκ. 30). Ἡ ταχύτητα τοῦ δακτύλιου εἶναι τώρα διπλάσια. Ἡ κεντρομόλος δύναμη πού ἀσκεῖται ὅμως τώρα πάνω στοῦ δακτύλιου εἶναι 200 p, δηλαδὴ τετραπλάσια τῆς προηγούμενης.

Συμπέρασμα

Γιὰ νά κινεῖται ἓνα σῶμα ὀρισμένης μάζας ἐπάνω σέ κυκλική τροχιά σταθερῆς ἀκτίνας, πρέπει νά ἀσκεῖται πάνω του κεντρομόλος δύναμη πού νά εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ τετράγωνο τῆς ταχύτητας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 21ο

Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογη μὲ τὴν ἀκτίνα τῆς τροχιάς, ὅταν ἡ μάζα καὶ ἡ γραμμική ταχύτητα εἶναι σταθερές

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας σωλήνας μεταλλικός $\varnothing$ 10 mm μήκους 120 mm.
2. Δυὸ βάρη τῶν 50 p.
3. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.

4. Ένα νήμα γερό μήκους 1 m.
5. Ένα υποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Περνάμε μέσα στο σωλήνα το νήμα και δένουμε στο ένα άκρο του τόν δρει-
χάλκινο δακτύλιο και στο άλλο ένα βάρος των 50 ρ.
- β) Πάνω στο νήμα δένουμε ένα ξυλαράκι από σπίρτο σε τέτοια θέση, πού, όταν
αυτό βρίσκεται κοντά στο κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα, τό κέντρο τοῦ δακτύ-
λιου νά απέχει ἀπό τό πάνω χεῖλος του 20 cm. Πιό πάνω ἀπό τό ξυλαράκι
καί σέ ἀπόσταση 10 cm δένουμε ἄλλο ένα ὁμοιο ξυλαράκι. Τά ξυλαράκια
πρέπει νά ἔχουν τέτοιες διαστάσεις, πού νά μποροῦν νά μπαίνουν ἐλεύθερα
μέσα στοῦ σωλήνα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε μέ τό δεξιό μας χέρι κατακόρυφο τό σωλήνα ἔτσι, πού ὁ δρειχάλκι-
νος δακτύλιος νά εἶναι πρὸς τά πάνω. Αὐτός, ἐπειδή τόν τραβά τό βάρος τῶν
50 ρ κάθετα πάνω στά χεῖλη τοῦ σωλήνα.

Εἰκ. 31



Εἰκ. 32



- β) Μέ τό αριστερό μας χέρι τραβάμε τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο ἔτσι, πού νά ἀπομακρυνθεῖ ἀπό τά χεῖλη τοῦ σωλήνα ὀριζόντια 20 cm (τό χαμηλότερο ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα) καί τόν ἀφήνουμε ἐλεύθερο, ἐνῶ τήν ἴδια στιγμή μέ τό δεξί μας χέρι ἀναγκάζουμε τό σωλήνα νά κάνει κυκλική κίνηση ἔτσι, πού τό πάνω χεῖλος του νά γράφει περιφέρεια πολύ μικρῆς διαμέτρου. Ὁ ὀρειχάλκινος δακτύλιος γράφει περιφέρεια, πού ἡ ἀκτίνα τῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τήν ταχύτητα περιστροφῆς.
- γ) Ρυθμίζουμε τήν ταχύτητα περιστροφῆς ἔτσι, πού τό χαμηλότερο ξυλαράκι νά βρίσκεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα, ὅποτε ἡ ἀκτίνα τῆς τροχιάς εἶναι 20 cm, καί μετράμε τίς περιστροφές τοῦ δακτύλιου σέ χρόνο 30 sec. Βρίσκουμε 60 στροφές (εἰκ. 31). Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εἶναι

$$T_1 = \frac{30 \text{ sec}}{60 \text{ στροφές}} = 0,5 \text{ sec.}$$

Ἡ ταχύτητα περιστροφῆς εἶναι $v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1}$.

- δ) Στό κάτω ἄκρο τοῦ νήματος δένουμε ἓνα ἀκόμα βάρος τῶν 50 p καί ἀναγκάζουμε τό δακτύλιο σέ περιστροφική κίνηση μέ τέτοια ταχύτητα, πού νά γράφει τώρα τροχιά μέ ἀκτίνα 10 cm (τό ψηλότερο ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα). Ἄν μετρήσουμε τίς στροφές τοῦ δακτύλιου σέ χρόνο πάλι 30 sec, θά τίς βροῦμε 120 (εἰκ. 32).

$$\text{Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εἶναι } T_2 = \frac{30 \text{ sec}}{120 \text{ στροφές}} = 0,25 \text{ sec ἢ } T_2 = \frac{T_1}{2}.$$

$$\text{Ἡ ταχύτητα περιστροφῆς εἶναι } v_2 = \frac{2\pi R_2}{T_2}, \text{ ἀλλά } R_2 = \frac{R_1}{2},$$

$$\text{ὅποτε } v_2 = \frac{2\pi \frac{R_1}{2}}{\frac{T_1}{2}} = \frac{2\pi R_1}{T_1} = v_1.$$

Ὁ ὀρειχάλκινος δακτύλιος καί στίς δύο περιπτώσεις κινεῖται μέ τήν ἴδια γραμμική ταχύτητα· ὅμως, γιά νά κρατηθεῖ πάνω σέ κυκλική τροχιά τῆς μισῆς ἀκτίνας, χρειάζεται διπλάσια κεντρομόλος δύναμη.

Συμπέρασμα

Γιά νά κινεῖται σῶμα ὁρισμένης μάζας ἐπάνω σέ κυκλική τροχιά μέ σταθερή γραμμική ταχύτητα, πρέπει νά ἀσκεῖται πάνω του κεντρομόλος δύναμη πού εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τήν ἀκτίνα τῆς τροχιάς.

Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀνάλογη μέ τήν ἀκτίνα τῆς τροχιάς γιά τήν ἴδια μάζα καί τήν ἴδια γωνιακή ταχύτητα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας σωλήνας μεταλλικός $\varnothing$ 10 mm μήκους 120 mm.
2. Δυό βάρη τῶν 50 p.
3. Ἐνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
4. Ἐνα νήμας γερό μήκους 1 m.
5. Ἐνα ὑποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Περνάμε μέσα στό σωλήνα τό νήμα καί δένουμε στό ἓνα ἄκρο του τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο καί στό ἄλλο ἓνα βάρος τῶν 50 p.
- β) Πάνω στό νήμα δένουμε ἓνα ξυλαράκι ἀπό σπέρτο σέ τέτοια θέση, πού, ὅταν αὐτό βρίσκεται κοντά στό κάτω χεῖλος τοῦ σωλήνα, τό κέντρο τοῦ δακτύλιου νά ἀπέχει ἀπό τό πάνω χεῖλος 20 cm. Πιο πάνω ἀπό τό ξυλαράκι αὐτό καί σέ ἀπόσταση 10 cm δένουμε ἄλλο ἓνα ὅμοιο ξυλαράκι. Τά ξυλαράκια πρέπει

νά ἔχουν τέτοιες διαστάσεις, πού νά μποροῦν νά μπαίνουν ἐλεύθερα μέσα στό σωλήνα.

Εἰκ. 33



Εἰκ. 34



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε μέ τό δεξιό μας χέρι κατακόρυφο τό σωλήνα ἔτσι, πού ὁ ὀρειχάλκινος δακτύλιος νά εἶναι πρὸς τά πάνω. Αὐτός, ἐπειδή τόν τραβᾷ τό βάρος τῶν 50 p, κάθετα πάνω στό χεῖλι τοῦ σωλήνα.
- β) Μέ τό ἀριστερό χέρι μας τραβᾶμε τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο ἔτσι, πού νά ἀπομακρυνθεῖ ἀπό τά χεῖλη τοῦ σωλήνα 20 cm, καί τόν ἀφήνουμε ἐλεύθερο, ἐνῶ τήν ἴδια στιγμή

μέ το δεξί μας χέρι αναγκάζουμε τό σωλήνα νά κάνει κυκλική κίνηση έτσι, πού τό πάνω χείλος του νά γράφει περιφέρεια πολύ μικρής διαμέτρου. Ό όρειχάλκινος δακτύλιος γράφει περιφέρεια, πού ή άκτίνα της εξαρτάται από τήν ταχύτητα περιστροφής.

- γ) Ρυθμίζουμε τήν ταχύτητα περιστροφής έτσι, πού τό ψηλότερο ξυλαράκι νά βρίσκεται κοντά στό κάτω χείλος του σωλήνα, όποτε ή άκτίνα της τροχιάς είναι 10 cm, καί μετράμε τίς περιστροφές του δακτύλιου σέ χρόνο 30 sec. Βρίσκουμε 80 στροφές (είκ. 33).
- δ) Στο κάτω άκρο του νήματος δένουμε ένα άκόμα βάρος των 50 p καί αναγκάζουμε τό δακτύλιο νά περιστρέφεται μέ τέτοια ταχύτητα, πού ή άκτίνα της τροχιάς του νά γίνει 20 cm (τό χαμηλότερο ξυλαράκι νά φαίνεται κοντά στό κάτω χείλος του σωλήνα). Άν μετρήσουμε τίς στροφές του δακτύλιου, θα τίς βρούμε πάλι 80 (είκ. 34).

Συμπέρασμα

Στίς περιπτώσεις (γ) καί (δ) ό δακτύλιος περιστρέφεται μέ τήν ίδια γωνιακή ταχύτητα. Παρατηρούμε πώς ή κεντρομόλος δύναμη είναι άνάλογη μέ τήν άκτίνα της τροχιάς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 23ο

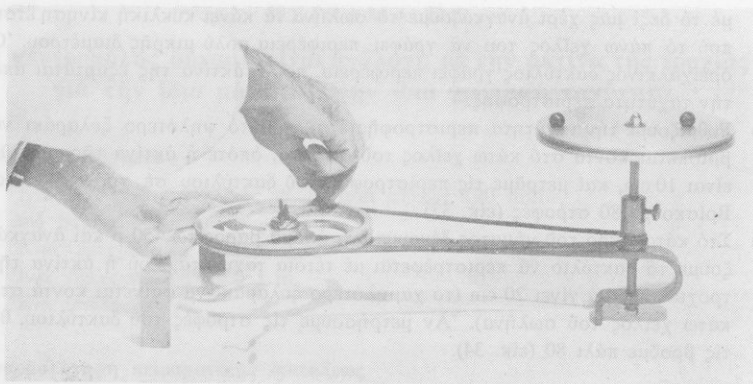
Άπόδειξη των νόμων της κεντρομόλου δυνάμεως μέ φυγοκεντρική μηχανή

Άπαραίτητα όργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Δυό δίσκοι μεταλλικοί.

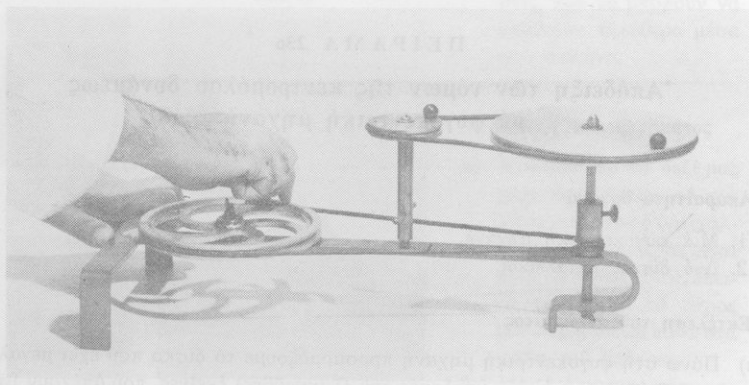
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω στη φυγοκεντρική μηχανή προσαρμόζουμε τό δίσκο πού έχει μεγαλύτερη διάμετρο καί στίς ύποδοχές του (λακκούβες) εκείνες, πού απέχουν ίσες αποστάσεις από τό κέντρο του δίσκου, βάζουμε δυό σφαίρες διαφορετικής μάζας (είκ. 35). Γυρνάμε τή φυγοκεντρική μηχανή καί παρατηρούμε πώς, όταν ή ταχύτητα περιστροφής φτάσει ένα όριο, τινάζεται πρώτα ή σφαίρα πού έχει μεγαλύτερη μάζα καί έπειτα, όταν ή ταχύτητα μεγαλώσει περισσότερο, τινάζεται καί ή άλλη σφαίρα.
- β) Στήν κατάλληλη θέση της φυγοκεντρικής μηχανής βιδώνουμε τό δεύτερο



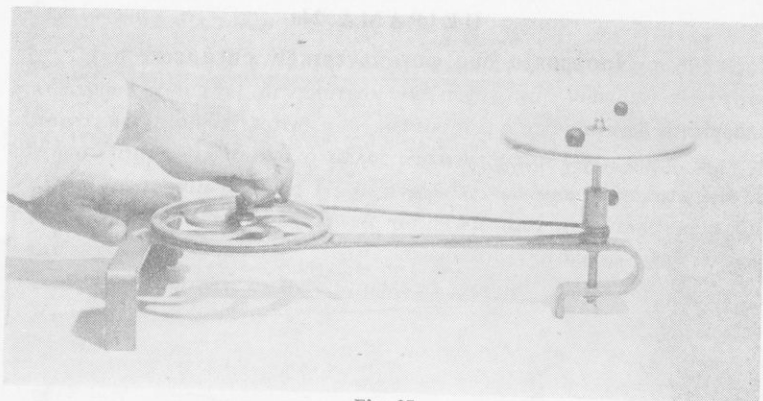
Εικ. 35

δίσκο και συνδέουμε τούς δύο δίσκους με τό λουρί. Βάζουμε δύο σφαίρες με ίσες μάζες στις δύο περιφερειακές υποδοχές τών δύο δίσκων (εικ. 36) Γυρνάμε τή μηχανή. Παρατηρούμε πώς οί δύο σφαίρες έχουν τήν ίδια γραμμική ταχύτητα, τήν ταχύτητα τοῦ λουριοῦ, καί ὅτι τινάζεται πρώτα ἡ σφαίρα πού βρίσκεται στό δίσκο μέ τή μικρότερη διάμετρο.



Εικ. 36

- γ) Βγάζουμε τό λουρί καί ξεβιδώνουμε τό μικρότερο δίσκο. Σέ δύο υποδοχές τοῦ δίσκου πού ἔμεινε, πού ἀπέχουν ὁμως ἄνισες ἀποστάσεις ἀπό τό κέντρο, βάζουμε δύο σφαίρες τῆς ἴδιας μάζας καί γυρνάμε τή μηχανή (εικ. 37). Τώρα οί δύο σφαίρες ἔχουν τήν ἴδια γωνιακή ταχύτητα. Παρατηροῦμε πώς τινάζεται πρώτα ἡ σφαίρα πού γράφει τροχιά μεγαλύτερης ἀκτίνας.



Εικ. 37

Συμπεράσματα

- α) Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀνάλογη μέ τή μάζα τοῦ κινητοῦ, ὅταν ἡ ταχύτητα καί ἡ ἀκτίνα τῆς τροχιᾶς μένουν σταθερές.
- β) Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀνάλογη μέ τό τετράγωνο τῆς ταχύτητας, ὅταν ἡ μάζα τοῦ κινητοῦ καί ἡ ἀκτίνα τῆς τροχιᾶς μένουν σταθερές.
- γ) Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τήν ἀκτίνα τῆς τροχιᾶς, ὅταν ἡ μάζα τοῦ κινητοῦ καί ἡ γραμμική ταχύτητα μένουν σταθερές.
- δ) Ἡ κεντρομόλος δύναμη εἶναι ἀνάλογη μέ τήν ἀκτίνα τῆς τροχιᾶς, ὅταν ἡ μάζα τοῦ κινητοῦ καί ἡ γωνιακή ταχύτητα μένουν σταθερές.

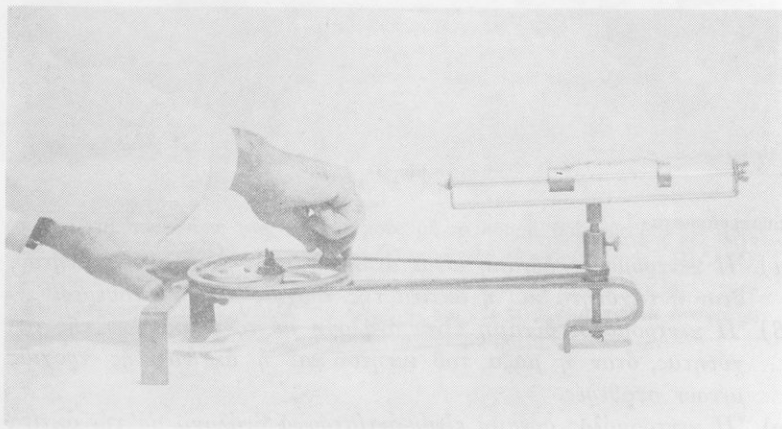
Παρατήρηση

Μέ τά πιά πάνω πειράματα μόνο ἐξάρτηση τῆς κεντρομόλου δυνάμεως ἀπό τή μάζα τοῦ κινητοῦ, τήν ταχύτητα καί τήν ἀκτίνα τῆς τροχιᾶς δείχνεται καί ὄχι ποσοτική σχέση.

Ίσορροπία δύο φυγοκεντρικών δυνάμεων

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Μιά συσκευή ἐλκόμενων κυλίνδρων.



Εἰκ. 38

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀφήνουμε πάνω στή συσκευή τῶν ἐλκόμενων κυλίνδρων μόνο τοὺς δύο κυλίνδρους καὶ κανονίζουμε τίς θέσεις τους ἔτσι, πού τὰ κέντρα βάρους τους νά ἀπέχουν τό ἴδιο ἀπό τόν ἄξονα περιστροφῆς. Προσαρμόζουμε τή συσκευή πάνω στή φυγοκεντρική μηχανή. Ἄν τώρα γυρίσουμε τή μηχανή, θά παρατηρήσουμε πῶς ὁ κύλινδρος μέ τήν πιό μεγάλη μάζα θά παρασύρει πρὸς τό μέρος του τόν ἄλλο κύλινδρο.
- β) Βάζουμε τώρα τοὺς κυλίνδρους σέ τέτοια θέση, πού τό κέντρο βάρους τῆς μικρότερης μάζας νά ἀπέχει ἀπό τόν ἄξονα περιστροφῆς πολύ περισσότερο παρά τό κέντρο βάρους τῆς μεγαλύτερης μάζας, καί γυρνᾶμε τή μηχανή. Ὁ κύλινδρος τῆς μικρῆς μάζας θά παρασύρει πρὸς τό μέρος του τόν ἄλλο κύλινδρο.
- γ) Βάζουμε τοὺς κυλίνδρους σέ τέτοια θέση, πού τὰ κέντρα βάρους τους νά ἀπέχουν ἀπό τόν ἄξονα περιστροφῆς ἀποστάσεις ἀντίστροφα ἀνάλογες μέ τίς μάζες τῶν κυλίνδρων, καί γυρνᾶμε τή μηχανή. Παρατηροῦμε πῶς οἱ κύλινδροι ἰσορροποῦν (εἰκ. 38).

Συμπέρασμα

Γιά νά ισορροπήσει πάνω στήν κυκλική του τροχιά ακτίνας R_1 ὁ κύλινδρος πού ἔχει μεγαλύτερη μάζα m_1 καί γωνιακή ταχύτητα ω , πρέπει νά ἀσκηθεῖ πάνω του κεντρομόλος δύναμη $F_1 = m_1 \omega^2 R_1$. Τή δύναμη αὐτή ἀσκεῖ ὁ ἄλλος κύλινδρος, πού ἔχει μάζα m_2 καί κινεῖται σέ τροχιά ακτίνας R_2 μέ τήν ἴδια γωνιακή ταχύτητα ω . Ἀλλά καί πάνω σ' αὐτόν πρέπει νά ἀσκεῖται ἀπό τόν ἄλλο κεντρομόλος δύναμη $F_2 = m_2 \omega^2 R_2$. Εἶναι φανερό πώς ἀνάλογα μέ τίς σχέσεις τῶν μαζῶν πρὸς τίς ἀκτίνες μπορεῖ νά ἔχουμε: $F_1 > F_2$, $F_1 < F_2$ καί $F_1 = F_2$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 25ο

Ἐπίδειξη ἀνακυκλώσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας φυγοκεντρικός στῖβος.

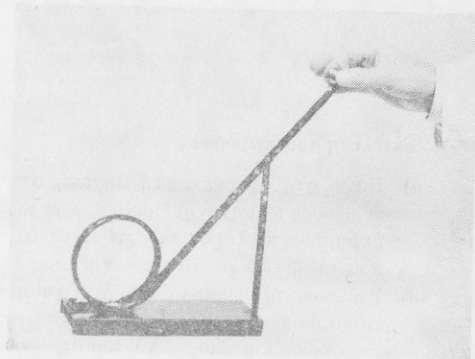
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἀφήνουμε τή σφαῖρα νά κινηθεῖ ἀπό τό πάνω μέρος τῆς τροχιᾶς καί παρατηροῦμε πώς αὐτή κάνει ἀνακύκλωση. Προσδιορίζουμε πειραματικά ποῖο εἶναι τό μικρότερο ὕψος πού εἶναι ἀπαραίτητο γιά νά γίνει ἡ ἀνακύκλωση καί συγκρίνουμε τό ἀποτέλεσμα τοῦ πειράματος μέ τήν τιμὴ πού βρίσκουμε μέ ὑπολογισμό (εἰκ. 39).

Εἰκ. 39

Συμπέρασμα

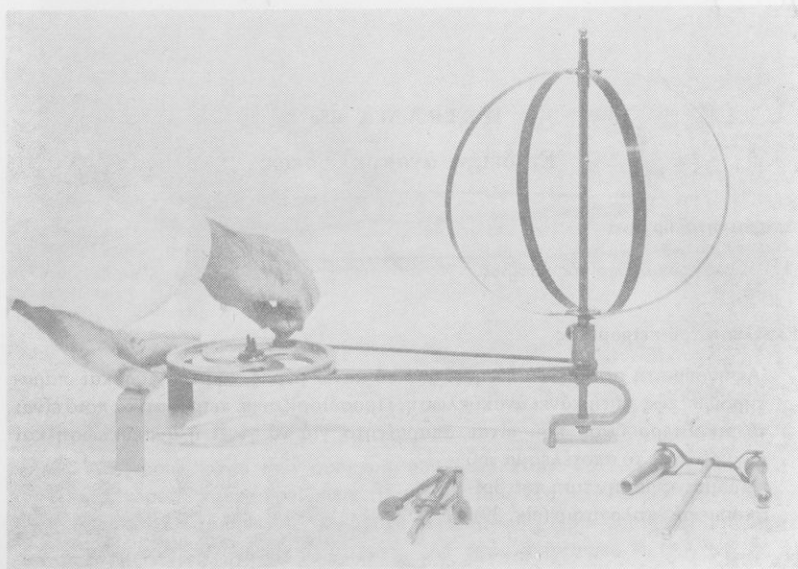
Ἡ σφαῖρα κάνει ἀνακύκλωση, ὅταν ἀποκτᾷ τέτοια ταχύτητα, πού στό ψηλότερο μέρος τῆς τροχιᾶς νά ἀσκεῖται πάνω της κεντρομόλος δύναμη πού νά ἐπαληθεύει τή σχέση $F \geq \frac{mv^2}{R}$.



Εφαρμογές των νόμων της κεντρομόλου δυνάμεως

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Ένας ρυθμιστής του Watt.
3. Ένας φυγοκεντρικός διαχωριστήρας.
4. Μιά συσκευή διαπλατυνόμενων δακτύλιων.



Εικ. 40

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω στη φυγοκεντρική μηχανή στερεώνουμε τό ρυθμιστή του Watt και γυρίζουμε τή μηχανή. Παρατηρούμε πώς οί δυό σφαίρες πού βρίσκονται στήν άκρη των στελεχών του ρυθμιστή αποκλίνουν καί άνυψώνουν τό δακτύλιο πού συνδέεται μέ τά στελέχη του.
- β) Βγάζουμε τό ρυθμιστή του Watt καί στή θέση του στερεώνουμε τό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα. Γεμίζουμε τά σωληνάκια μέ νερό καί προσθέτουμε μέσα σκόνη κιμωλίας. Άν περιστρέψουμε γρήγορα τή μηχανή, οί σωλήνες

παίρνουν θέση οριζόντια και η κιβωλία κατακάθεται στόν πυθμένα τους.

- γ) Βγάζουμε και τό φυγοκεντρικό διαχωριστήρα και στή θέση του στερεώνουμε τή συσκευή διαπλατυνόμενων δακτύλιων (είκ. 40). Γυρνάμε τή μηχανή και παρατηρούμε πώς οί δακτύλιοι παραμορφώνονται και παίρνουν σχήμα ελλείψεως.

Συμπέρασμα

Γιά νά κινείται ένα σώμα πάνω σέ κυκλική τροχιά, πρέπει νά ασκείται πάνω του δύναμη κεντρομόλος ίση μέ $F_k = \frac{m v^2}{R} = m \omega^2 R$.

Αν αύξηθελ ή F_k μέ αύξηση τής γωνιακής ταχύτητας, και έφόσον οί σύνδεσμοι τό επιτρέπουν, τό σώμα κινείται σέ νέα τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας και έτσι αυτό μετατοπίζεται πρός τά έξω.

ΠΕΙΡΑΜΑ 27ο

Τό βάρος σώματος πού επιταχύνεται κατακόρυφα φαίνεται μεγαλύτερο ή μικρότερο από τό πραγματικό του βάρος ανάλογα μέ τή φορά τής επιταχύνσεως

Απαιτούμενα όργανα

1. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 1 kp.
2. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
3. Τρεῖς ράβδοι $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
4. Δυό σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Μιά τροχαλία μέ άπλή τροχαλιοθήκη.
7. Τριάντα βάρη τών 50 p.
8. Ένα νήμα χοντρό μήκους 1 m.

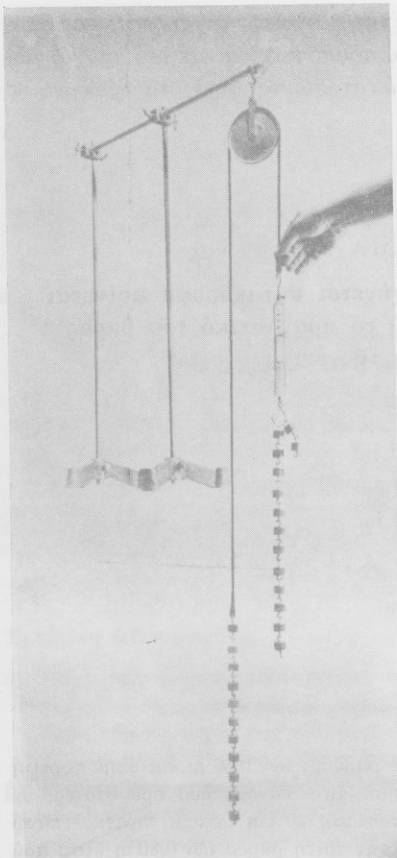
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- a) Στερεώνουμε πάνω στίς βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m και στήν κορυφή τής καθεμιās στηρίζουμε ένα σύνδεσμο. Έτσι κάναμε δυό όρθοστάτες.
- β) Βάζουμε τούς δυό όρθοστάτες σέ άπόσταση 40 cm μεταξύ τους και πάνω στούς συνδέσμους τους στερεώνουμε τήν τρίτη ράβδο τών 0,80 m έτσι, πού

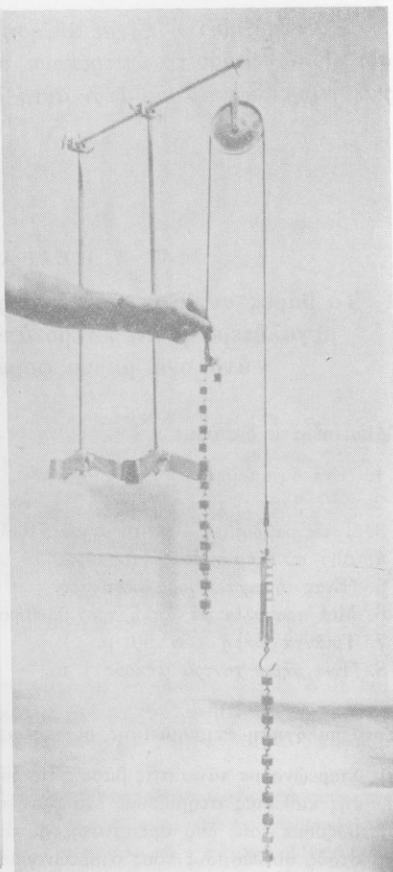
τό ένα άκρο της νά στηρίζεται στό σύνδεσμο του ενός όρθοστάτη καί στή συνέχεια ή ράβδος νά περνά από τήν τρύπα του συνδέσμου του άλλου όρθοστάτη καί νά προεξέχει άπ' αυτόν γύρω στά 40 cm.

- γ) Φέρνουμε τή διάταξη πού κατασκευάσαμε πάνω στό τραπέζι μας σέ τέτοια θέση, πού τό κομμάτι τής ράβδου πού προεξέχει νά βρίσκεται έξω από τά χείλη του τραπεζιού, καί στερεώνουμε πάνω σ' αυτό τό τμήμα τόν όρειχάλκινο δακτύλιο. Τέλος άπό τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τήν τροχαλία,

Είκ. 41



Είκ. 42



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀπό τὸ αὐλάκι τῆς τροχαλίας περνᾶμε τὸ χοντρό νῆμα καὶ ἀπὸ τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ δεξιὰ κρεμᾶμε τὸ δυναμόμετρο καὶ ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ κρεμᾶμε 12 βάρη τῶν 50 p. Ἀπὸ τὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ νήματος ἀριστερὰ κρεμᾶμε 13 βάρη τῶν 50 p (τὸ ἓνα βάρος τῶν 50 p ἰσορροπεῖ τὸ βάρος τοῦ δυναμόμετρου). Τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ καὶ τὸ δυναμόμετρο μᾶς δείχνει 600 p.
- β) Μεταφέρουμε δύο βάρη τῶν 50 p ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ κρατᾶμε μὲ τὸ χέρι μας τὸ νῆμα, γιὰ νὰ μὴν κινηθεῖ τὸ σύστημα. Τὸ δυναμόμετρο μᾶς δείχνει τώρα 700 p (εἰκ. 41). Ἀφήνουμε τὸ σύστημα νὰ κινηθεῖ. Τὸ δυναμόμετρο καὶ τὰ βάρη τῶν 50 p ἐπιταχύνονται πρὸς τὰ κάτω μέ τὴν ἐπίδραση δυνάμεως 200 p. Παρατηροῦμε πὼς ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμόμετρου μικραίνει καὶ τεῖνει νὰ γίνει 500 p, σὰν νὰ ἐνεργεῖ πάνω του μιά δύναμη ἀντίθετη πρὸς τὴν ἐπιτάχυνση (κατακόρυφη πρὸς τὰ πάνω), δηλαδὴ $T = B - m\gamma$.
- γ) Μεταφέρουμε ἀπὸ τὰ δεξιὰ (ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο) πρὸς τὰ ἀριστερὰ 2 βάρη τῶν 50 p. Τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ. Μεταφέρουμε 2 ἀκόμα βάρη· τὸ δυναμόμετρο δείχνει 500 p (εἰκ. 42). Ἀφήνουμε τὸ σύστημα νὰ κινηθεῖ· τὸ δυναμόμετρο μὲ τὰ βάρη ἐπιταχύνεται τώρα πρὸς τὰ πάνω μέ τὴν ἐπίδραση σταθερῆς δυνάμεως 200 p. Παρατηροῦμε πὼς ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμόμετρου μεγαλώνει καὶ τεῖνει νὰ γίνει 700 p, σὰν νὰ ἐνεργεῖ πάνω του μιά δύναμη ἀντίθετη πρὸς τὴν ἐπιτάχυνση (κατακόρυφη πρὸς τὰ κάτω), δηλαδὴ $T = B + m\gamma$.
- δ) Μεταφέρουμε ἀπὸ τὰ δεξιὰ πρὸς τὰ ἀριστερὰ 2 ἀκόμα βάρη τῶν 50 p. Ἐχοῦμε τώρα κρεμασμένα ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο 8 βάρη τῶν 50 p, ἐνῶ στὸ ἄλλο ἄκρο 17 βάρη τῶν 50 p, πού τὸ ἓνα τους ἰσορροπεῖ τὸ βάρος τοῦ δυναμόμετρου. Τὸ δυναμόμετρο δείχνει 400 p. Ἀφήνουμε τὸ σύστημα νὰ κινηθεῖ. Τὸ δυναμόμετρο καὶ τὰ βάρη πού κρέμονται ἀπ' αὐτὸ ἐπιταχύνονται πρὸς τὰ πάνω μέ τὴν ἐπίδραση σταθερῆς δυνάμεως 400 p. Ἡ ἐπιτάχυνση εἶναι τώρα διπλάσια. Παρατηροῦμε πὼς ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμόμετρου μεγαλώνει περισσότερο παρὰ στὴν περίπτωση (γ) καὶ τεῖνει νὰ γίνει 800 p, σὰν νὰ ἐνεργεῖ πάνω του δύναμη ἀντίθετη μὲ τὴν ἐπιτάχυνση (κατακόρυφη πρὸς τὰ κάτω), δηλαδὴ $T = B + m\gamma$.

Συμπεράσματα

Ὅταν ἓνα σῶμα ἐπιταχύνεται κατακόρυφα, τὸ βάρος του φαίνεται μεγαλύτερο, ἂν ἡ ἐπιτάχυνση ἔχει φορὰ πρὸς τὰ πάνω, καὶ μικρότερο, ἂν ἡ ἐπιτάχυνση ἔχει φορὰ πρὸς τὰ κάτω.

- α) Ἐπιτάχυνση μέ φορὰ πρὸς τὰ πάνω (θετική).

Πάνω στὸ ἄγκιστρο τοῦ δυναμόμετρου ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις: Ἡ τάση τοῦ ἐλατήριου T πρὸς τὰ πάνω καὶ τὸ βάρος τοῦ σώματος B πρὸς τὰ κάτω. Εἶναι φανερό πὼς $T - B = m\gamma$ ἢ $T = B + m\gamma$.

Ἡ ἐνδειξη τοῦ δυναμόμετρον T εἶναι μεγαλύτερη τοῦ βάρους B κατὰ τὴν ποσότητα $m\gamma$.

β) Ἐπιτάχυνση μέ φορά πρὸς τὰ κάτω (ἀρνητική).

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπο, ὅταν τὸ σύστημα ἐπιταχύνεται πρὸς τὰ κάτω, ἔχουμε: $T - B = -m\gamma$ ἢ $T = B - m\gamma$. Ἡ ἐνδειξη τοῦ δυναμόμετρον T εἶναι μικρότερη κατὰ τὴν ποσότητα $m\gamma$. Ἄν ἡ ἐπιτάχυνση γ γίνῃ ἴση μέ τὴν ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g , θά ἔχουμε $T = 0$, δηλαδή φαινομενικὴ ἔλλειψη βαρύτητας.

Παρατήρηση 1η

Γιὰ ἕναν παρατηρητὴ πού ἐπιταχύνεται μαζί μέ τὸ σῶμα, ἡ ποσότητα $m\gamma$ ἐκδηλώνεται σάν μιὰ δύναμη μέ φορά ἀντίθετη τῆς ἐπιταχύνσεως (δύναμη ἀδράνειας).

Παρατήρηση 2η

Ὅλη αὐτὴ ἡ πειραματικὴ ἐργασία μπορεῖ νά γίνῃ στὴν ἀπλούστατη μορφὴ τῆς μέ ἕνα δυναμόμετρο, πού ἀπὸ τὸ ἄγκιστρό του ἔχουμε κρεμάσει βάρη π.χ. 500 p. Ἄν κρατᾶμε τὸ δυναμόμετρο μέ τὸ χέρι μας καὶ τὸ ἀνυψώνουμε ἀπὸτομα ἢ τὸ ἀφήνουμε νά πέφτει, θά παρατηρήσουμε πὼς θά μᾶς δείχνει ἀνάλογα μεγαλύτερο ἢ μικρότερο βάρος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 28ο

Μετατροπὴ τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας σέ κινητικὴ καὶ ἀντίστροφα

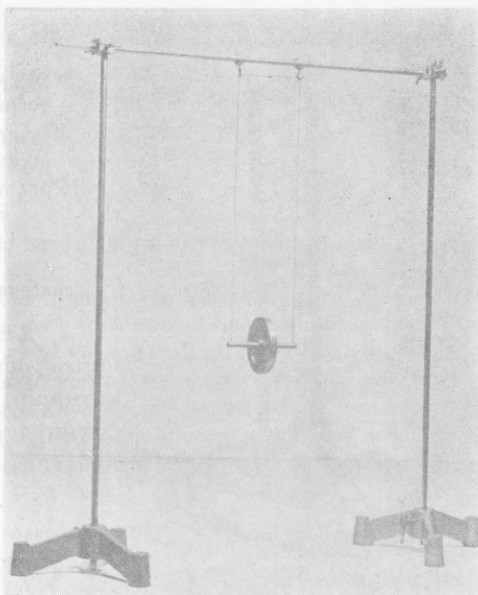
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας τροχός μεταλλικός (Maxwell).

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Στρέφουμε τὸ μεταλλικὸ τροχὸ γύρω στὸν ἄξονά του, ὅποτε τὰ νήματα τυλίγονται πάνω του καὶ ὁ τροχός ἀνυψώνεται ὥς τὴν κορυφὴ τοῦ στηρίγματος του. Ἐτσί δίνουμε στὸν τροχὸ δυναμικὴ ἐνέργεια.
- β) Ἀφήνουμε τὸν τροχὸ ἐλεύθερο. Παρατηροῦμε πὼς περιστρέφεται μέ ἀντίθετη φορά τῆς προηγούμενης καὶ μέ γωνιακὴ ταχύτητα πού συνέχεια αὐξάνεται, ὥσπου ὁ τροχός νά φτάσῃ στὴν κατώτερη θέση του. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια

μετατράπηκε σε κινητική. Όταν ο τροχός φτάσει στη χαμηλότερη θέση, εξακολουθεί να περιστρέφεται εξαιτίας της αδράνειας, το νήμα τυλίγεται πάλι πάνω στον άξονα και ο τροχός ανεβαίνει, ή γωνιακή ταχύτητα μικραίνει, ώσπου να μηδενιστεί. Ολόκληρη η κινητική ενέργεια μετατράπηκε σε δυναμική (εικ. 43). Ο τροχός στρέφεται πάλι με αντίθετη φορά και κατεβαίνει, ενώ η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική κτλ.



Εικ. 43

Συμπέρασμα

Στήν πειραματική διάταξη που περιγράφουμε έχουμε μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 29ο

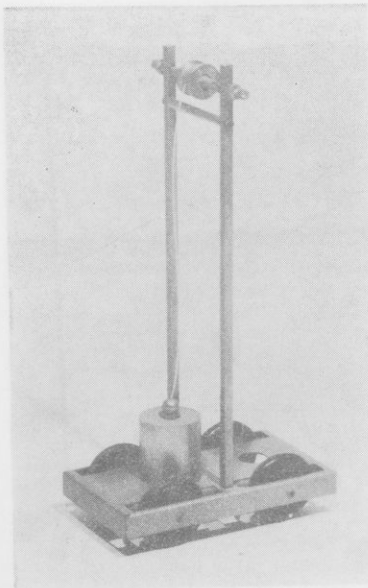
Μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική και αντίστροφα με τη συσκευή δυναμικής ενέργειας

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά συσκευή δυναμικής ενέργειας.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Κυλάμε με το χέρι μας το άμαξάκι πάνω στο τραπέζι μας· το νήμα με το οποίο είναι κρεμασμένη ή μεταλλική μάζα τυλίγεται πάνω στον άξονα των τροχών και το σώμα ανυψώνεται ως την κορυφή του στηρίγματός του. Έτσι το σώμα αυτό αποκτά δυναμική ενέργεια.
- β) Αφήνουμε το άμαξάκι ελεύθερο. Το σώμα πέφτει και προκαλεί περιστροφή



των τροχών με φορά αντίθετη της προηγούμενης. Τό άμαξάκι τρέχει. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος (μεταλλικῆς μάζας) μετατράπηκε σὲ κινητικὴ ἐνέργεια δολόκληρης τῆς συσκευῆς (εἰκ. 44).

Συμπέρασμα

Στὴν πειραματικὴ διάταξη ποὺ περιγράψαμε ἔχουμε μετατροπὴ τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας σὲ κινητικὴ καὶ ἀντίστροφα.

Εἰκ. 44

ΠΕΙΡΑΜΑ 306

Ἐπαλήθευση τῶν νόμων τοῦ ἐκκρεμοῦς

Ἀπαραίτητα ὄργανα

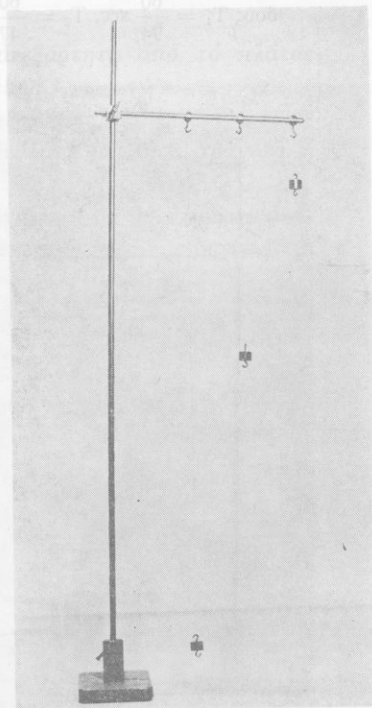
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 1,10 m.
3. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Τρεῖς ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Τέσσερα βάρη τῶν 50 p.
7. Τρία μέτρα νῆμα κουβαρίστρας.
8. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστῆ.
9. Ἐνας πυρήνας σχήματος U.
10. Ἐνα πηνίο 300 σπειρῶν.
11. Δυὸ καλώδια συνδέσεως μήκους 0,80 m.
12. Τρία καλώδια συνδέσεως μήκους 0,30 m.
13. Πηγὴ συνεχοῦς τάσεως 10-20 V.
14. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.

15. Ένας κανόνας αριθμημένος μήκους 1 m.
16. Μία σφαίρα σιδερένια ϕ 2-3 cm.
17. Ένα νήμα χοντρό μήκους 40 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 1,10 m και στο πάνω άκρο της τόν απλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στον απλό σύνδεσμο στηρίζουμε τη ράβδο των 0,30 m οριζόντια και πάνω σ' αυτή και σέ ίσες αποστάσεις τούς τρεις ορειχάλκινους δακτύλιους.
- γ) Κόβουμε ένα κομμάτι νήμα περίπου 15 cm και στο ένα άκρο του δένουμε ένα βάρος των 50 p και τό κρεμάμε από τό πρώτο ορειχάλκινο δακτύλιο, πού βρίσκεται πάνω στην οριζόντια ράβδο. Κανονίζουμε τό μήκος του νήματος τόσο, πού από τό σημείο πού είναι δεμένο ως τό μισό του ύψους του κυλίνδρου του βάρους των 50 p νά είναι 10 cm. Έτσι έχουμε ένα έκκρεμές μήκους 10 cm.
- δ) Κρεμάμε και από τούς δυό άλλους ορειχάλκινους δακτύλιους δυό άκόμα βάρη των 50 p και κάνουμε δυό έκκρεμή πού νά έχουν μήκος 40 cm και 90 cm αντίστοιχα (εϊκ. 45).
- ε) Πάνω στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή βιδώνουμε τόν πυρήνα σχήματος U και στό ένα σκέλος του περνάμε τό πηνίο των 300 σπειρών. Συνδέουμε τούς άκροδέκτες του πηνίου μέ τήν πηγή συνεχούς τάσεως (μετασχηματιστή - άνορθωτή) και εφαρμόζουμε τάση 10 V, άφού συνδέσουμε στό κύκλωμα στη σειρά και τό διακόπτη.

Εϊκ. 45



Έκτέλεση του πειράματος

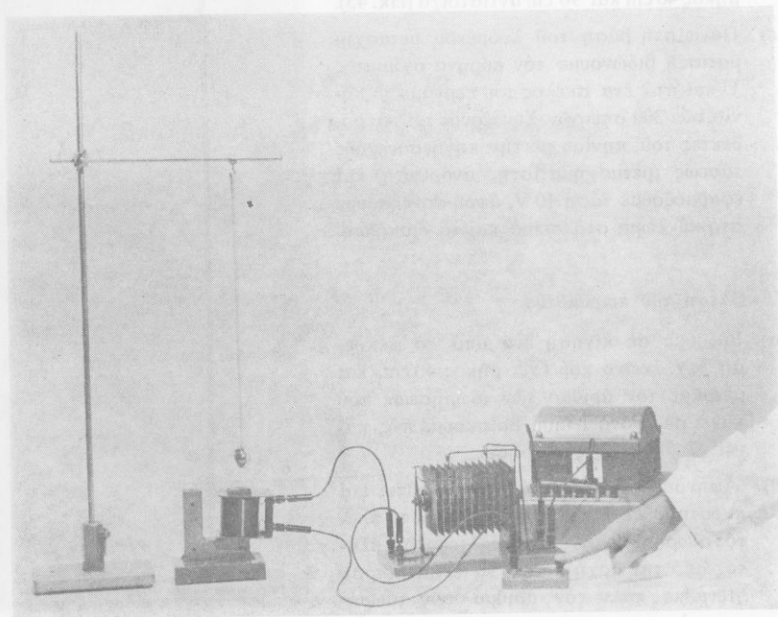
- α) Βάζουμε σέ κίνηση ένα από τά έκκρεμή, π.χ. εκείνο πού έχει μήκος 40 cm, και μετράμε τόν αριθμό των αιώρήσεων πού κάνει σέ χρόνο 1 min. Βρίσκουμε πώς κάνει 47 όλόκληρες αιώρήσεις.
- β) Αφήνουμε τό έκκρεμές νά αιώρεται και παρατηρούμε ότι όσο περνά ή ώρα τό πλάτος αιώρήσεως γίνεται μικρότερο (τό πλάτος από τήν άρχή πρέπει νά είναι μικρό). Μετράμε πάλι τόν αριθμό των αιώρή-

σεων σε χρόνο 1 min και βρίσκουμε πάλι 47 αιώρησεις. Άρα η περίοδος του έκκρεμους δεν άλλαξε.

- γ) Από το άκρο του νήματος κρεμάμε και δεύτερο βάρος των 50 p (το βάρος αυτό πρέπει να δεθεί μαζί με το άλλο στο άκρο του νήματος και όχι να κρεμαστεί από το άγκιστρο του άλλου). Προκαλούμε πάλι την κίνηση του έκκρεμους και μετράμε τον αριθμό αιώρήσεων σε χρόνο 1 min. Βρίσκουμε πάλι 47 αιώρησεις. Η περίοδος του έκκρεμους δεν άλλαξε με τη μεταβολή της μάζας του.
- δ) Προκαλούμε την κίνηση του έκκρεμους που έχει μήκος 10 cm και μετράμε τις αιώρησεις που κάνει σε χρόνο 1 min. Βρίσκουμε πώς κάνει 94 αιώρησεις.
- ε) Προκαλούμε τέλος την κίνηση του έκκρεμους που έχει μήκος 90 cm και μετράμε τις αιώρησεις που κάνει σε χρόνο 1 min. Βρίσκουμε πώς κάνει 31 αιώρησεις.

Παρατηρούμε πώς τα έκκρεμα μήκους 10 cm, 40 cm και 90 cm έχουν περιόδους $T_1 = \frac{60}{94}$ sec, $T_2 = \frac{60}{47}$ sec και $T_3 = \frac{60}{31}$ sec ή $T_1 : T_2 : T_3 = 1 : 2 : 3$

Εικ. 46



$$\eta \quad T_1 : T_2 : T_3 = \sqrt{10} : \sqrt{40} : \sqrt{90}.$$

στ) Αφαιρούμε από την οριζόντια ράβδο τὰ τρία έκκρεμή, δένουμε τή σιδερένια σφαίρα μέ τό χοντρό νήμα καί τήν κρεμάμε από τό άγκιστρο ένός όρειχάλκινου δακτύλιου. Φέρνουμε κάτω άπ' αυτό τό έκκρεμές τόν ήλεκτρομαγνήτη πού έχουμε κατασκευάσει (τό σκέλος του πυρήνα σχήματος U πού έχει τό πηνίο) καί ρυθμίζουμε τή θέση του άπλου συνδέσμου έτσι, πού ή σιδερένια σφαίρα νά απέχει από τόν πυρήνα του ήλεκτρομαγνήτη 2-3 cm. Προκαλούμε τήν κίνηση αυτού του έκκρεμοϋς καί παρατηρούμε τή συχνότητα αιώρησέως του (χωρίς νά τή μετρήσουμε). Κλείνουμε τό διακόπτη (είκ. 46) καί παρατηρούμε πώς τώρα τό έκκρεμές κινείται γρηγορότερα ή περίοδος μικραίνει. Τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ τάση 20V, τό έκκρεμές κινείται ακόμα γρηγορότερα, ή περίοδος μικραίνει περισσότερο. Μέ τόν ήλεκτρομαγνήτη ένεργούμε σάν νά αυξάνουμε τήν ένταση τής βαρύτητας.

Συμπεράσματα

- α-β) Η περίοδος του έκκρεμοϋς είναι ανεξάρτητη από τό πλάτος αιώρησεως, άρκεϊ αυτό νά είναι μικρό.
- γ) Η περίοδος του έκκρεμοϋς είναι ανεξάρτητη από τή μάζα του.
- δ-ε) Η περίοδος του έκκρεμοϋς είναι ανάλογη μέ τήν τετραγωνική ρίζα του μήκους του.
- στ) Η περίοδος του έκκρεμοϋς (έξαρτάται) είναι αντίστροφα ανάλογη μέ τήν τετραγωνική ρίζα τής έπιταχόνσεως τής βαρύτητας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 31ο

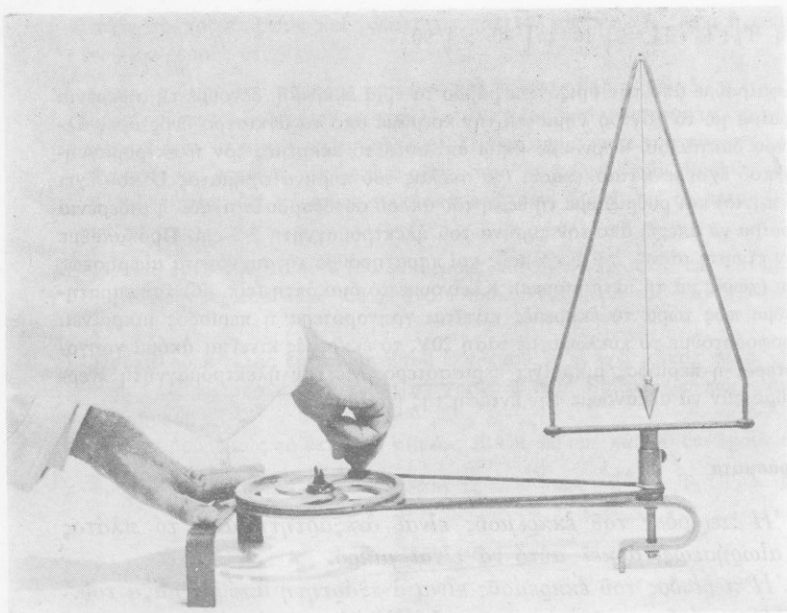
Τò έπίπεδο αιώρησεως του έκκρεμοϋς παραμένει σταθερό

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Ένα έκκρεμές του Foucault.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Στερεώνουμε τό έκκρεμές του Foucault έπάνω στή φυγοκεντρική μηχανή (είκ. 47).
- β) Απομακρύνουμε τό έκκρεμές από τή θέση ίσορροπίας καί τό αφήνουμε



Εικ. 47

νά αιώρεται πάνω στο επίπεδο που όριζει τό πλαίσιο στηρίζεώς του.

- γ) Στρέφουμε τή φυγοκεντρική μηχανή τόσο, πού τό πλαίσιο στηρίζεως τοῦ ἐκκρεμοῦς νά στραφεῖ κατά 90° . Τό ἐκκρεμές φαίνεται τώρα πώς αἰωρεῖται σέ ἐπίπεδο κάθετο πάνω στό ἐπίπεδο τοῦ πλαισίου.
- δ) Στρέφουμε τή φυγοκεντρική μηχανή ἔτσι, πού τό πλαίσιο στηρίζεως τοῦ ἐκκρεμοῦς νά στρέφεται μέ σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Τό ἐκκρεμές αἰωρεῖται πάντα πάνω στό ἀρχικό ἐπίπεδο.

Συμπέρασμα

Τό ἐπίπεδο αἰωροήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι σταθερό.

“Όταν δύο σώματα προσκρούουν, ή δύναμη πού άσκει τό ένα πάνω στό άλλο εξαρτάται από τό χρόνο μεταβολής της όρμής

Απαραίτητα όργανα καί υλικά

1. Δυό τζάμια.
2. Μιά σφαίρα μεταλλική ϕ 2-3 cm.
3. Ένα κομμάτι πλαστελίνης.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

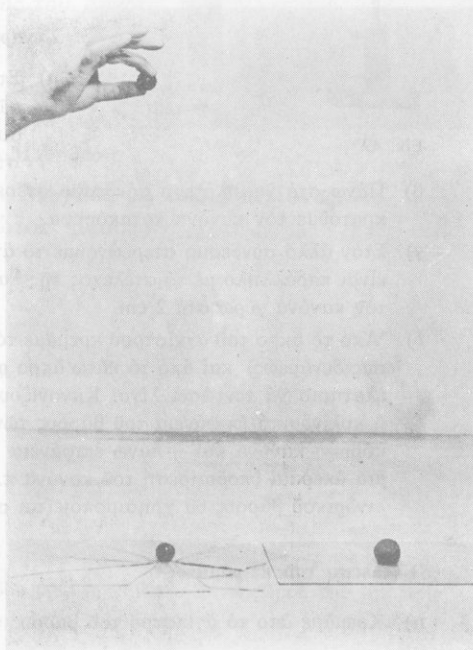
- α) Άκουμπάμε τά δυό τζάμια πάνω στό τραπέζι μας καί από ύψος 1 m περίπου αφήνουμε νά πέσει πάνω στό ένα τζάμι ή μεταλλική σφαίρα. Τό τζάμι σπάζει.
- β) Άφήνουμε τώρα νά πέσει από τό ίδιο ύψος επάνω στό άλλο τζάμι ή πλαστελίνη πού έχει μάζα τήν ίδια μέ τή μάζα της σφαίρας. Ή πλαστελίνη παραμορφώνεται, αλλά τό τζάμι δέ σπάζει (εϊκ. 48).

Εϊκ. 48

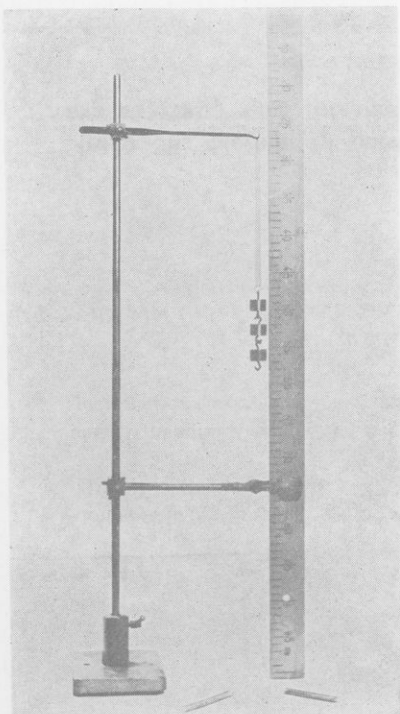
Συμπέρασμα

Καί στίς δυό περιπτώσεις ή δύναμη πού άσκει τό ένα σῶμα (σφαίρα ή πλαστελίνη) πάνω στό άλλο (τζάμι) είναι ίση μέ $F = \frac{mv_2 - mv_1}{t}$, όπου t είναι ό χρόνος πού διαρκεί ή πρόσκρουση. Στή δεύτερη περίπτωση έχουμε τό χρόνο t πολύ μεγαλύτερο παρά στήν πρώτη.

Άρα, όταν δυό σώματα προσκρούουν, ή δύναμη πού άσκει τό ένα πάνω στό άλλο εξαρτάται (είναι αντίστροφα ανάλογη) από τό χρόνο μεταβολής της όρμής.



**Έπαλήθευση του νόμου
του HOOKE και προσδιορισμός
της κατευθύνουσας δυνάμεως
ελατηρίου**



Εικ. 49

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα άγκιστρο.
6. Ένας κανόνας μήκους 1 m.
7. Μιά σειρά ελατηρίων.
8. Δέκα βάρη τών 50 p.
9. Ένας ρόλος σελοτέιπ.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο τών 0,80 m και πάνω σ' αυτή τούς δυό συνδέσμους σε θέσεις που απέχουν γύρω στά 10 cm από τά άκρα της.

- β) Πάνω στο χαμηλότερο σύνδεσμο στερεώνουμε τη λαβίδα και με αυτή συγκρατούμε τόν κανόνα κατακόρυφα.
- γ) Στόν άλλο σύνδεσμο στερεώνουμε τό άγκιστρο έτσι, πού τό στέλεχος του νά είναι παράλληλο με τό στέλεχος της λαβίδας και τό άκρο του νά απέχει από τόν κανόνα γύρω στά 2 cm.
- δ) Από τό άκρο του άγκίστρου κρεμάμε τό ένα ελατήριο (τό μέσης κατευθύνουσας δυνάμεως) και από τό κάτω άκρο αυτού ένα βάρος τών 50 p έτσι, πού τό ελατήριο νά τεντώσει λίγο. Κανονίζουμε τη θέση του άγκίστρου έτσι, πού ή κυλινδρική επιφάνεια του βάρους τών 60 p σχεδόν νά άκουμπά στόν κατακόρυφο κανόνα και ή πάνω επιφάνεια του βάρους αυτού νά προσδιορίζει μιá άκέραια ήποδιαίρεση του κανόνα π.χ. 40 cm. Η πάνω επιφάνεια του κυλινδρικού βάρους θά χρησιμοποιείται σάν δείκτης.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κρεμάμε από τό άγκιστρο του βάρους τών 50 p ένα άκόμα δμοιο βάρος και

παρατηρούμε πώς ο δείκτης μᾶς δείχνει τώρα τήν υποδιαίρεση 42,5 cm ἢ τό ἐλατήριο μάκρανε κατά 2,5 cm.

Κρεμάμε στή συνέχεια δεύτερο καί ἔπειτα τρίτο βάρος τῶν 50 p καί παρατηρούμε ἐνδείξεις τοῦ δείκτη 45 cm καί 47,5 cm ἀντίστοιχα (εἰκ. 49). Παρατηρούμε πώς κάθε φορά τό πηλίκο τῆς δυνάμεως πού παραμορφώνει τό ἐλατήριο διά τῆς ἀξήσεως τοῦ μήκους του εἶναι σταθερό

$$\eta \quad \frac{50 \text{ p}}{2,5 \text{ cm}} = \frac{100 \text{ p}}{5 \text{ cm}} = \frac{150 \text{ p}}{7,5 \text{ cm}} = 20 \frac{\text{p}}{\text{cm}} = K.$$

Ἡ σταθερή ποσότητα K εἶναι χαρακτηριστική τοῦ ἐλατηρίου καί λέγεται κατευθύνουσα δύναμη αὐτοῦ.

Συμπέρασμα

Ἡ ἐλαστική παραμόρφωση πού προκαλεῖ σέ ἓνα σῶμα μιά ἐξωτερική δύναμη εἶναι ἀνάλογη μέ τή δύναμη αὐτή (νόμος τοῦ Hooke).

Γιά νά μετρήσουμε τήν κατευθύνουσα δύναμη ἐλατηρίου, κρεμάμε ἀπ' αὐτό γνωστό βάρος καί μετράμε τήν ἀξήση τοῦ μήκους του. Τό πηλίκο τοῦ βάρους διά τῆς ἀξήσεως τοῦ μήκους τοῦ ἐλατηρίου μᾶς δίνει τήν κατευθύνουσα δύναμη αὐτοῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 34ο

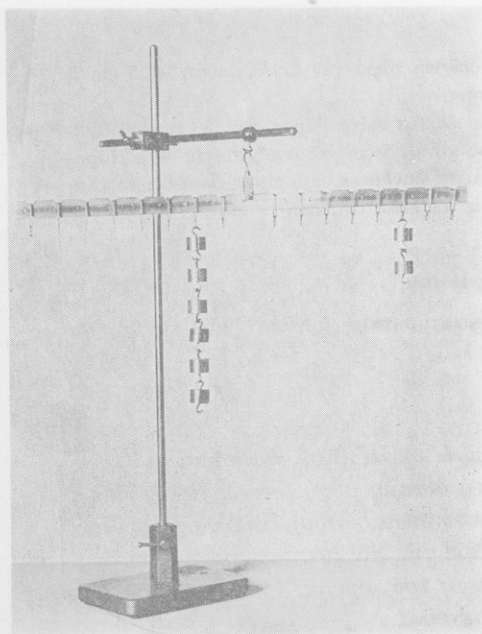
**Συνθήκη ἰσορροπίας μοχλοῦ. Μοχλός μέ δύο βραχίονες.
(Μοχλός πρώτου εἴδους)**

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἐνα ἄγκιστρο.
5. Ἐνας μοχλός ἀπό ἀλουμίνιο.
6. Εἴκοσι βάρη τῶν 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο 0,80 m καί στό πάνω μέρος της τόν ἀπλό σύνδεσμο.



Εικ. 50

- β) Πάνω στον άπλό σύνδεσμο στηρίζουμε το άγκιστρο καί άπ' αυτό κρεμάμε τό μοχλό μέ δύο τους ίππείς του.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Στην ύποδιαίρεση (2) πρὸς τὰ ἀριστερά κρεμάμε πάνω στο μοχλό ἔξι (6) βάρη τῶν 50 p καί στην ύποδιαίρεση (6) πρὸς τὰ δεξιὰ κρεμάμε δύο (2) βάρη τῶν 50 p. Ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ (εἰκ. 50). Παρατηροῦμε πὼς ὅσες φορές ἡ δύναμη F (2 βάρη τῶν 50 p, ἢ 100 p) εἶναι μικρότερη τῆς ἀντιστάσεως R (6 βάρη τῶν 50 p ἢ 300 p), τόσες φορές ὁ μοχλοβραχίονας τῆς δυνάμεως α (6 ύποδιαίρέσεις τοῦ μοχλοῦ) εἶναι μεγαλύτερος τοῦ μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως β (2 ύποδιαίρέσεις τοῦ μοχλοῦ). Παρατηροῦμε ἀκόμα πὼς τὰ γινόμενα F.α καί R.β (ροπές δυνάμεως καί ἀντιστάσεως ὡς πρὸς τό ύπομόχλιο) εἶναι ἴσα.

- β) Στην ύποδιαίρεση (5) πρὸς τὰ δεξιὰ κρεμάμε ἑπτὰ (7) βάρη τῶν 50 p καί στην ύποδιαίρεση (7) πρὸς τὰ ἀριστερά κρεμάμε πέντε (5) βάρη τῶν 50 p· ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ. Παρατηροῦμε τίς ἴδιες σχέσεις ὅπως καί στην περίπτωση (α).

Συμπεράσματα

“Όταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ, ἡ δύναμη εἶναι τόσες φορές μικρότερη τῆς ἀντιστάσεως (ἢ μεγαλύτερη), ὅσες φορές ὁ μοχλοβραχίονάς της εἶναι μεγαλύτερος (ἢ μικρότερος) ἀπὸ τό μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως.

“Όταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ, οἱ ροπές τῆς δυνάμεως καί τῆς ἀντιστάσεως ὡς πρὸς τό ύπομόχλιο εἶναι ἴσες καί τείνουν νά προκαλέσουν ἀντίθετη περιστροφή.

Στό μοχλό τοῦ πρώτου εἴδους ἡ δύναμη μπορεῖ νά εἶναι ἢ μικρότερη ἢ μεγαλύτερη ἢ καί ἴση μέ τήν ἀντίσταση ἀνάλογα μέ τή θέση τοῦ ύπομόχλιου.

Συνθήκη ισορροπίας μοχλού. Μοχλός με ένα βραχίονα. (Μοχλός δεύτερου είδους)

*Απαραίτητα υφάνα

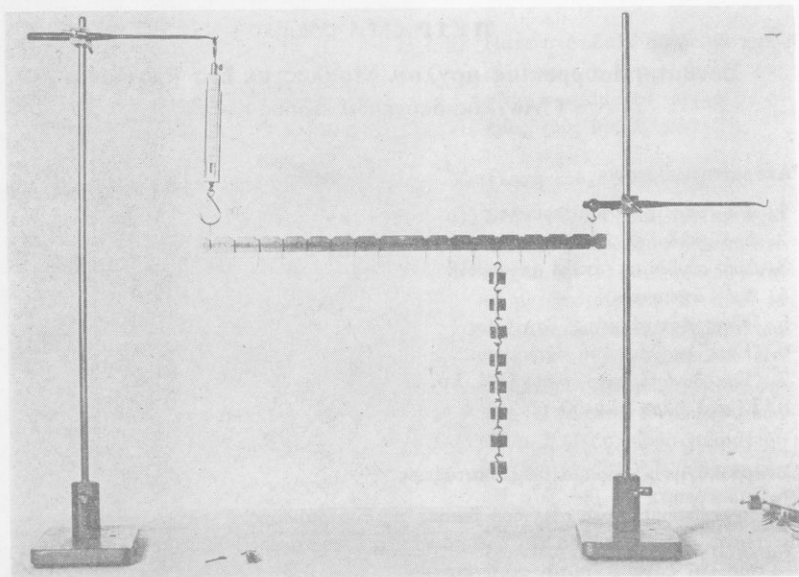
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό άγκιστρα.
5. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός άπό άλουμίνιο.
7. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 1 kp.
8. Έξοσι βάρη τών 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους.
- β) Πάνω στή μιά ράβδο καί στο πάνω μέρος της στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τό άγκιστρο.
- γ) Πάνω στή δεύτερη ράβδο καί σέ ύψος χαμηλότερο άπό τό άγκιστρο τής πρώτης, όσο είναι τό μήκος του δυναμόμετρου, στερεώνουμε τό δεύτερο άπλό σύνδεσμο, πάνω σ' αυτόν τό άγκιστρο καί στο πίσω μέρος του στελέχους του άγκίστρου τόν όρειχάλκινο δακτύλιο.
- δ) Άφαιρούμε τόν άξονα του μοχλού καί άναποδογυρίζουμε τούς δυό άκριανούς ίππείς.
- ε) Κρεμάμε τό μοχλό με τόν έναν άκριανό ίππέα άπό τόν όρειχάλκινο δακτύλιο καί άπό τόν άλλο άπό τό άγκιστρο του δυναμόμετρου. Κρεμάμε τό δυναμόμετρο άπό τό άγκιστρο του δεύτερου όρθοστάτη.
- στ) Μετακινούμε τούς συνδέσμούς έτσι, πού ό μοχλός νά βρίσκεται σέ όριζόντια θέση.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Παρατηρούμε πώς τό σταθερό σημείο του μοχλού είναι τό άκρο του, πού είναι κρεμασμένο τόν όρειχάλκινο δακτύλιο (υπομόχλιο).
- β) Σημειώνουμε τήν ένδειξη του δυναμόμετρου (50 p). Αυτή παριστάνει τό μισό του βάρους του μοχλού καί πρέπει νά άφαιρείται κάθε φορά άπό τήν ένδειξη του δυναμόμετρου κατά τή διάρκεια του πειράματος.
- γ) Τήν ύποδιαίρεση του μοχλού άπό τήν όποία αυτός κρέμεται άπό τόν όρειχάλκινο δακτύλιο όρίζουμε σάν ύποδιαίρεση μηδέν (0) καί άπό αυτή μετράμε τίς ύποδιαίρεσεις ως τό άλλο άκρο. Έ κανονική θέση του άξονα του μο-



Είκ. 51

- χλου είναι έτσι η θέση με αριθμό 8 και η τελευταία υποδιαίρεση, από την οποία κρέμεται αυτός από το δυναμόμετρο, ή 16η υποδιαίρεση.
- δ) Από την υποδιαίρεση (4) κρεμάμε οκτώ (8) βάρη των 50 p (400 p) (άντίσταση). Παρατηρούμε ένδειξη του δυναμόμετρου 150 p ή μεταβολή της αρχικής ένδειξεως 100 p (είκ. 51). Η δύναμη F (δυναμόμετρο) 100 p είναι μικρότερη της αντίστασως R (8 βάρη των 50 p, 400 p) τέσσερις φορές. Ο μοχλοβραχίονας της δυνάμεως α (απόσταση του δυναμόμετρου από τον οριζόντιο δακτύλιο, 16 υποδιαίρεσεις του μοχλου) είναι μεγαλύτερος του μοχλοβραχίονα της αντίστασως β (απόσταση των κρεμασμένων βαρών από τον οριζόντιο δακτύλιο, 4 υποδιαίρεσεις του μοχλου) τέσσερις φορές.
- Επίσης παρατηρούμε πως και εδώ ισχύει η ισότητα

$$F \cdot \alpha = R \cdot \beta.$$

- ε) Βάζουμε τους δύο ίππεις των θέσεων 7 και 9 μαζί στη θέση 8 (θέση άξονα) και πάνω σ' αυτούς μεταφέρουμε τα οκτώ (8) βάρη των 50 p. Παρατηρούμε τις ίδιες σχέσεις όπως και στην περίπτωση (δ).

Συμπεράσματα

Όταν ο μοχλός ισορροπεί, η δύναμη είναι τόσες φορές μικρό-

τερη από την αντίσταση, όσες φορές ο μοχλοβραχίονάς της είναι μεγαλύτερος από τό μοχλοβραχίονα τής αντίστασεως.

"Όταν ο μοχλός ισορροπεί, οι ροπές τής δυνάμεως καί τής αντιστάσεως ως προς τό υπομόχλιο είναι ίσες καί τείνουν νά προκαλέσουν αντίθετη περιστροφή. Στο μοχλό του δεύτερου είδους ή δύναμη είναι πάντα μικρότερη από την αντίσταση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 36ο

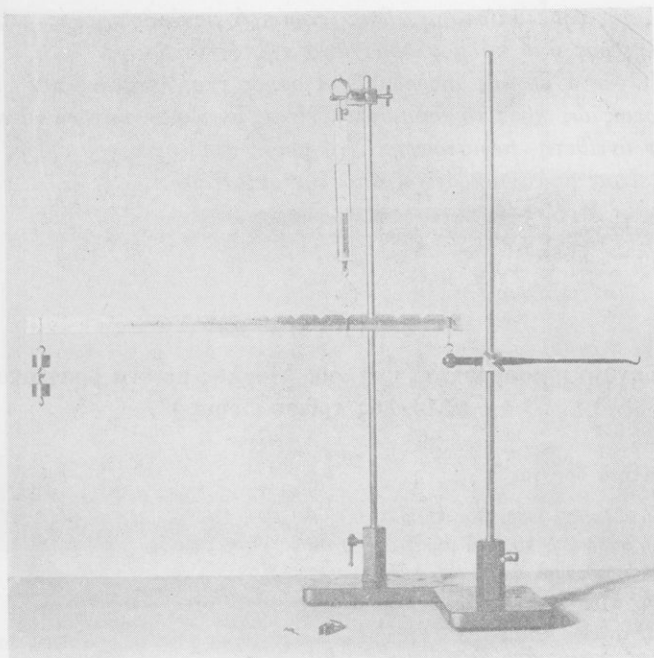
Συνθήκη ισορροπίας μοχλού. Μοχλός μέ ένα βραχίονα. (Μοχλός τρίτου είδους)

Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένεις.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
4. Δυό άγκιστρα.
5. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός από άλουμίνιο.
7. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 1 kp.
8. Είκοσι βάρη τών 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m.
- β) Στο πάνω μέρος τής μιάς ράβδου στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τό άγκιστρο.
- γ) Πάνω στή δεύτερη ράβδο καί σέ ύψος χαμηλότερο από τό σύνδεσμο τής πρώτης, όσο είναι τό μήκος του δυναμόμετρου, στερεώνουμε τό δεύτερο άπλό σύνδεσμο, πάνω σ' αυτόν τό άγκιστρο καί στο πίσω μέρος του στελέχους του τόν όρειχάλκινο δακτύλιο μέ τό άγκιστρό του προς τά πάνω.
- δ) Άφαιρούμε από τό μοχλό τόν άξονά του καί όλους τούς ίππείς καί στή συνέχεια βάζουμε τρείς ίππείς, δυό στά άκρα του μοχλού καί έναν τρίτο ανάμεσα σ' αυτούς στραμμένο προς τά πάνω.
- ε) Από τό άγκιστρο του ενός όρθοστάτη κρεμάμε τό δυναμόμετρο καί άπ' αυτό τό μοχλό από τόν ενδιάμεσο ίππέα, ενώ τόν ίππέα του ενός άκρου άγκιστρώνουμε στο άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου.



Εικ. 52

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Παρατηρούμε πώς τό σταθερό σημείο του μοχλού είναι τό άκρο του, πού είναι άγκιστρωμένο στον όρειχάλκινο δακτύλιο (ύπομόχλιο).
- β) Τήν ύποδιαίρεση του μοχλού πού βρίσκεται σ' αυτό τό άκρο όρίζουμε σάν ύποδιαίρεση μηδέν (0) καί από αυτή μετράμε τίς ύποδιαίρεσεις ως τό άλλο άκρο. Ή κανονική θέση του άξονα του μοχλού είναι έτσι ή θέση με αριθμό 8 καί ή τελευταία ύποδιαίρεση, από τήν όποία κρέμεται αυτός από τό δυναμόμετρο, ή 16η ύποδιαίρεση.
- γ) Μεταφέρουμε τόν ένδιάμεσο ίππέα στή θέση (4), μετακινούμε τούς συνδέσμους έτσι, πού ό μοχλός νά γίνει όριζόντιος καί σημειώνουμε τήν ένδειξη του δυναμόμετρου (200 p). Ή ένδειξη αυτή όφείλεται στό βάρος του μοχλού καί πρέπει νά αφαιρεΐται κάθε φορά από τήν ένδειξη του δυναμόμετρου κατά τή διάρκεια του πειράματος.
- δ) Στή θέση 16 του μοχλού κρεμάμε δύο (2) βάρη των 50 p ή 100 p (άντίσταση R), μετακινούμε τούς συνδέσμους έτσι, πού ό μοχλός νά γίνει όριζόντιος καί παρατηρούμε τήν ένδειξη του δυναμόμετρου (δύναμη F) (εϊκ. 52). Τό δυναμό-

μετρο μᾶς δείχνει 600 p ἢ ἔχουμε μεταβολή τῆς ἀρχικῆς ἐνδείξεως κατὰ 400 p. Ἡ δύναμη F (δυναμόμετρο) 400 p εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση R (2 βάρη τῶν 50 p) 100 p τέσσερις φορές. Ὁ μοχλοβραχίονας τῆς δυνάμεως α (ἀπόσταση τοῦ δυναμόμετρου ἀπὸ τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο, 4 ὑποδιαίρεσεις τοῦ μοχλοῦ) εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸ μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως β (ἀπόσταση τῶν δύο βαρῶν ἀπὸ τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο, 16 ὑποδιαίρεσεις τοῦ μοχλοῦ) τέσσερις φορές.

Ἐπίσης παρατηροῦμε πὺς καὶ ἐδῶ ἰσχύει ἡ σχέση

$$F \cdot \alpha = R \cdot \beta.$$

- ε) Ἀφαιροῦμε τὰ δύο βάρη τῶν 50 p, μεταφέρουμε τὸν ἰππέα μὲ τὸ δυναμόμετρο στὴ θέση 8, ὀριζοντιώνουμε τὸ μοχλὸ καὶ διαβάζουμε τὴν ἐνδειξὴ τοῦ δυναμόμετρου 100 p. Κρεμάμε πάλι ἀπὸ τὸ ἄκρο τὰ 2 βάρη τῶν 50 p, ὀριζοντιώνουμε τὸ μοχλὸ καὶ παρατηροῦμε τὴν ἐνδειξὴ τοῦ δυναμόμετρου 300 p. Ἀπλές σκέψεις μᾶς ὁδηγοῦν πὺς ἰσχύει πάλι ἡ σχέση τῆς περιπτώσεως (δ).

Συμπεράσματα

Ὅταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ, ἡ δύναμη εἶναι τόσες φορές μεγαλύτερη τῆς ἀντιστάσεως, ὅσες φορές ὁ μοχλοβραχίονας αὐτῆς εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸ μοχλοβραχίονα τῆς ἀντιστάσεως.

Ὅταν ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ, οἱ ροπές τῆς δυνάμεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως ὡς πρὸς τὸ ἐπομόχλιο εἶναι ἴσες καὶ τείνουν νὰ προκαλέσουν ἀντίθετη περιστροφή.

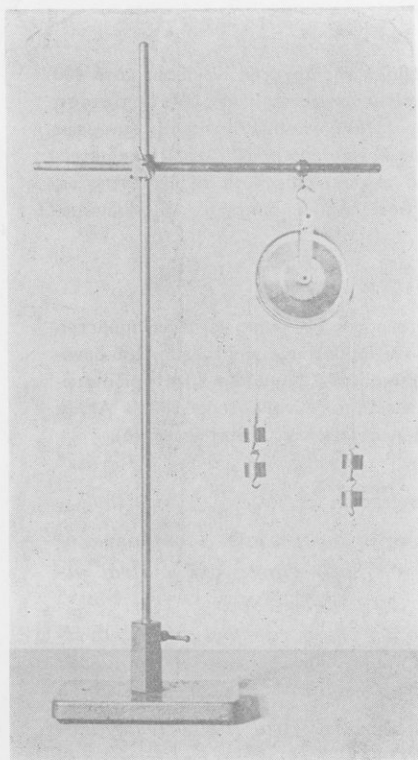
Στὸ μοχλὸ τοῦ τρίτου εἴδους ἡ δύναμη εἶναι πάντοτε μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 37ο

Συνθήκη ἰσορροπίας πάγιας τροχαλίας

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Ἐνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Μιά τροχαλία μὲ ἀπλή τροχαλιοθήκη.
7. Νῆμα χοντρό μήκους 40 cm.



Εικ. 53

Συμπέρασμα

Ἡ πάγια τροχαλία ἰσορροπεῖ, ὅταν οἱ δυνάμεις πού ἐνεργοῦν ἐπάνω της εἶναι ἴσες, δηλαδή

$$F = R.$$

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό πάνω μέρος της τόν ἀπλό σύνδεσμο.
- Πάνω στό σύνδεσμο στερεώνουμε ὀριζόντια τή ράβδο τῶν 0,30 m καί πάνω σ' αὐτή τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο. Ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ ὀρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τήν τροχαλία.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- Ἀπό τό αὐλάκι τῆς τροχαλίας περνάμε τό νήμα καί στά ἄκρα του κρεμάμε ἀπό δύο βάρη τῶν 50 p. Παρατηροῦμε πῶς ἡ τροχαλία ἰσορροπεῖ (εἰκ. 53).

Κρεμάμε τώρα στά ἄκρα τοῦ νήματος ἀπό τέσσερα βάρη τῶν 50 p· ἡ τροχαλία ἰσορροπεῖ.

- Ἄν κρεμάσουμε στό ἓνα ἄκρο τοῦ νήματος 4 βάρη τῶν 50 p καί στό ἄλλο 3 βάρη τῶν 50 p, ἡ τροχαλία περιστρέφεται πρὸς τή φορά τῶν 4 βαρῶν τῶν 50 p.

ΠΕΙΡΑΜΑ 38ο

Συνθήκη ἰσορροπίας ἐλεύθερης τροχαλίας

Ἀπαραίτητα ὄργανα

- Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
- Τρεῖς ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.

3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Τρεῖς ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
5. Μιά τροχαλία με ἀπλή τροχαλιοθήκη.
6. Ἕνα δυναμόμετρο ἀντοχῆς 1 kp.
7. Ἕνα νῆμα στάθμης.
8. Νῆμα χοντρό μήκους 40 cm.
9. Εἴκοσι βάρη τῶν 50 p.
10. Ἕνα μοιρογνώμονιο.

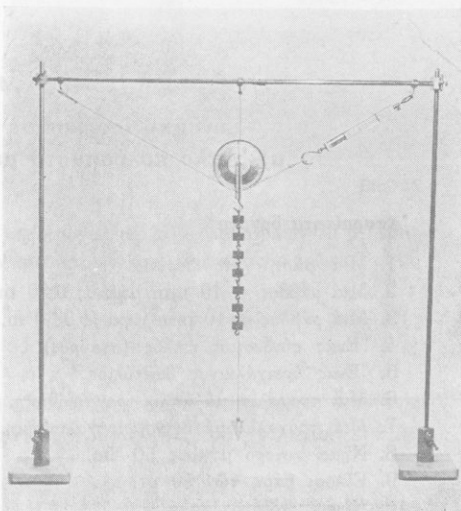
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δύο βάσεις τίς δύο ράβδους τῶν 0,80 m καί στό πάνω ἄκρο τῆς καθεμιᾶς ἀπό ἕνα ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Ἀπομακρύνουμε τοὺς δύο ὀρθοστάτες πού σχηματίστηκαν ἔτσι σέ ἀπόστα-ση γύρω στά 70 cm μεταξύ τους, περνᾶμε πάνω στήν τρίτη ράβδο τοὺς τρεῖς ὀρειχάλκινους δακτύλιους καί τή στηρίζουμε ἀπό τά ἄκρα τῆς στούς συνδέ-σμούς τῶν δύο ὀρθοστατῶν.
- γ) Στό ἕνα ἄκρο τῆς ὀριζόντιας ράβδου στερεώνουμε τόν ἕναν ὀρειχάλκινο δακτύλιο καί ἀπ' αὐτόν κρεμάμε τό δυναμόμετρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ζυγίζουμε τήν τροχαλία καί διαπιστώνουμε πῶς ἔχει βάρος 50 p.
- β) Δένουμε τό ἕνα ἄκρο τοῦ νήματος στό ἄγκιστρο τοῦ δυναμό-μετρου καί, ἀφοῦ τό περάσουμε ἀπό τό αὐλάκι τῆς τροχαλίας ἔτσι, πού τό ἄγκιστρο αὐτῆς νά εἶναι πρὸς τά κάτω, δένουμε τό ἄλλο ἄκρο του στό ἄγκι-στρο τοῦ τρίτου ὀρειχάλκινου δακτύλιου, ἐνῶ πρὶν ἀπ' αὐτόν ἀφήνουμε κενό τό δεύτερο.
- γ) Κρεμάμε ἀπό τό ἄγκιστρο τῆς τροχαλίας ἑφτά (7) βάρη τῶν 50 p, ἂν ὅμως λογαριάσουμε καί τό βάρος τῆς τροχαλίας ἔχουμε συνολικό βάρος 400 p. Μεταθέτουμε τόν τρίτο ὀρει-

Εἰκ. 54



χάλκινο δακτύλιο έτσι, πού ή γωνία τῶν δυό νημάτων τῆς τροχαλίας νά μεγαλώνει, ὥσπου τό δυναμόμετρο νά μᾶς δείξει 400 p, καί τόν στερεώνουμε σ' αὐτή τή θέση.

- δ) Ἀπό τόν ἐνδιάμεσο ὀρειχάλκινο δακτύλιο κρεμᾶμε τό νῆμα τῆς στάθμης καί τόν φέρνουμε σέ τέτοια θέση, πού τό νῆμα νά περνᾷ ἀπό τό κέντρο τῆς τροχαλίας (εἰκ. 54). Μετρᾶμε μέ τό μοιρογνωμόνιο τή γωνία πού σχηματίζουν τά νήματα τῆς τροχαλίας μέ τό νῆμα τῆς στάθμης καί τή βρίσκουμε ἴση μέ $\varphi = 60^\circ$.

Παρατηροῦμε πῶς ἰσχύει ή σχέση $F = \frac{B}{2 \sin \varphi}$.

- ε) Ἀφαιροῦμε τό νῆμα τῆς στάθμης καί μεταθέτουμε τόν τρίτο δακτύλιο, ὥσπου τά νήματα τῆς τροχαλίας νά γίνουν παράλληλα ($\varphi = 0^\circ$). Παρατηροῦμε πῶς τό δυναμόμετρο δείχνει 200 p, δηλαδή ἔχουμε πάλι τήν ἴδια σχέση, ἀφοῦ $\sin 0^\circ = 1$, ὁπότε ἔχουμε $F = \frac{B}{2}$.

Συμπέρασμα

Γιά νά ἀννψώσουμε βάρος B μέ τήν ἐλεύθερη τροχαλία, πρέπει νά καταβάλουμε δύναμη F τόση πού νά ἐπαληθευτεῖ ή σχέση $F = \frac{B}{2 \sin \varphi}$, ὅπου φ εἶναι τό μισό τῆς γωνίας πού σχηματίζουν τά δυό νήματα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 39ο

Συνθήκη ἰσορροπίας στό πολύσπαστο.

α) Ἀπλό πολύσπαστο μέ δυό (2) τροχαλίες

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Μιά τροχαλία μέ ἀπλή τροχαλιοθήκη.
7. Μιά τροχαλία μέ διπλή τροχαλιοθήκη.
8. Νῆμα χοντρό μήκους 50 cm.
9. Εἴκοσι βάρη τῶν 50 p.
10. Ἕνας καθίσκος ἔρματος.

11. Ένα κουτί με σκάγια.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο πάνω μέρος της τον άπλο σύνδεσμο.
- β) Πάνω στον άπλο σύνδεσμο στερεώνουμε οριζόντια τη ράβδο των 0,30 m και πάνω σ' αυτή τον ορειχάλκινο δακτύλιο.

Εκτέλεση του πειράματος

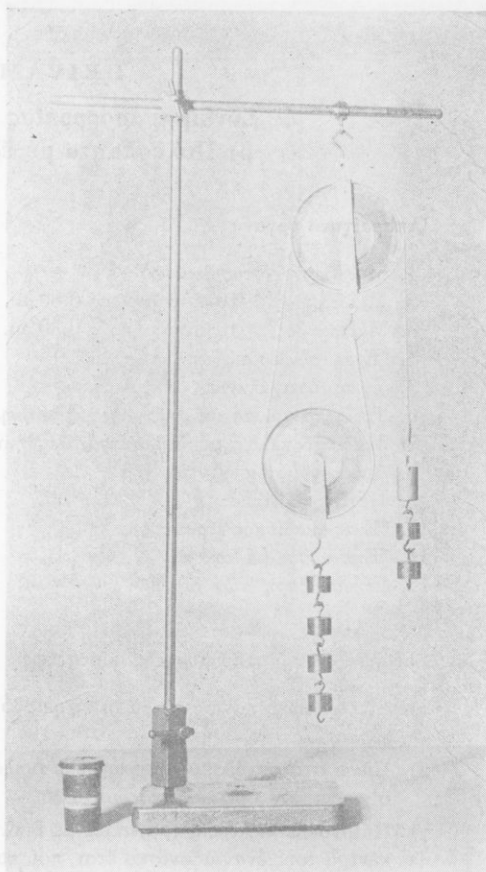
- α) Από το άγκιστρο του ορειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε την τροχαλία με τη διπλή τροχαλιοθήκη. Στο κάτω άγκιστρο αυτής δένουμε το ένα άκρο του νήματος και, αφού το περάσουμε από το αυλάκι της άλλης τροχαλίας έτσι, που το άγκιστρό της να είναι προς τα κάτω, το φέρνουμε και το περνάμε από το αυλάκι της πρώτης τροχαλίας και τέλος από το άκρο που απομένει κρεμάμε τον καδίσκο και βάζουμε μέσα σκάγια, ώσπου να πετύχουμε ισορροπία (εικ. 55).

- β) Κρεμάμε τώρα από το άγκιστρο της τροχαλίας 2, 4, 6 βάρη των 50 p (αντίσταση R) και τα ισορροπούμε, αν κρεμάσουμε από το άγκιστρο του καδίσκου 1, 2, 3 όμοια βάρη (δύναμη F).

Συμπέρασμα

Στο πολύσπαστο η δύναμη είναι τόσες φορές μικρότερη από την αντίσταση, όσος είναι ο αριθμός των τροχαλιών που χρησιμοποιούμε,

δηλαδή $F = \frac{R}{2}$.



Εικ. 55

Συνθήκη ισορροπίας στο πολύσπαστο.

β) Πολύσπαστο μέ ξξι (6) τροχαλίες

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. "Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. "Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Τρεις τροχαλίες μέ άπλή τροχαλιοθήκη.
7. Τρεις τροχαλίες μέ διπλή τροχαλιοθήκη.
8. Δυόμισι μέτρα χοντρό νήμα.
9. Πέντε άξονίσκοι.
10. "Ένας καδίσκος έρματος.
11. "Ένα κουτί μέ σκάγια.
12. Είκοσι βάρη τών 50 p.

Συναμολόγηση πειραματικής διατάξεως.

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τών 0,80 m καί στό πάνω μέρος της τόν άπλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στό σύνδεσμο στερεώνουμε όριζόντια τή ράβδο τών 0,30 m καί πάνω σ' αυτή τόν όρειχάλκινο δακτύλιο.
- γ) Παίρνουμε τίς τρεις τροχαλίες μέ διπλή τροχαλιοθήκη καί περνάμε από τά κέντρα τους έναν άξονίσκο έτσι, πού καί οί τρεις νά στρέφονται γύρω από τόν ίδιο άξονα. "Ομοίους άξονίσκους περνάμε καί στίς τρύπες πού υπάρχουν κοντά στά άγκιστρα. Έτσι οί τρεις τροχαλιοθήκες βρίσκονται στό ίδιο επίπεδο.
- δ) Κάνουμε τό ίδιο πράγμα καί στίς τρεις τροχαλίες μέ άπλή τροχαλιοθήκη.
- ε) Κρεμάμε από τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου τό σύστημα τών τριών τροχαλιών μέ διπλή τροχαλιοθήκη από τό άγκιστρο της μεσαίας τροχαλίας. Κρατάμε μέ τό χέρι μας κάτω από αυτό τό σύστημα τών άλλων τροχαλιών, δένουμε στό κάτω άγκιστρο μιās τροχαλίας του πρώτου συστήματος τό άκρο του νήματος καί, άφου τό περάσουμε στή σειρά από τό αιλάκι της πρώτης κάτω τροχαλίας, της πρώτης επάνω, της δεύτερης κάτω, της δεύτερης επάνω, της τρίτης κάτω καί της τρίτης επάνω, όπως φαίνεται στήν εικ. 56, κρεμάμε από τό άκρο του νήματος πού περισσεύει τόν καδίσκο καί βάζουμε μέσα σκάγια, ώσπου νά ισορροπήσει τό σύστημα.

Εκτέλεση του πειράματος

Κρεμάμε από τὰ ἄγκιστρα τῶν τροχαλιῶν μέ ἀπλή τροχαλιοθήκη ἐξί (6) βάρη τῶν 50 ρ, ἢ 300 ρ καί τὰ ἰσορροποῦμε μέ ἓνα ὁμοιο βάρος πού κρεμάμε ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ καδίσκου (εἰκ. 56).

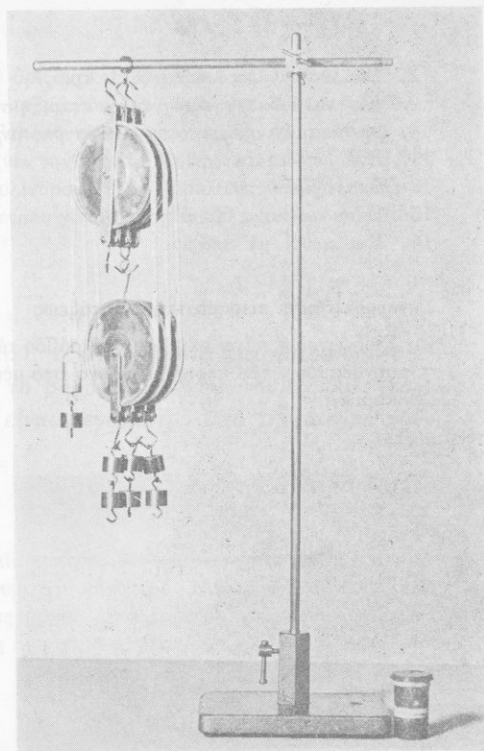
Συμπέρασμα

Στό πολύσπαστο ἡ δύναμη εἶναι τόσες φορές μικρότερη ἀπό τήν ἀντίσταση, ὅσος εἶναι ὁ ἀριθμός τῶν τροχαλιῶν πού χρησιμοποιοῦμε, δηλαδή

$$F = \frac{R}{6}.$$

Σημείωση

Τὸ πείραμα μπορεῖ νά γίνει καί μέ 4 τροχαλίες ἢ καί μέ περισσότερες ἀπό 6.



Εἰκ. 56

ΠΕΙΡΑΜΑ 41ο

Συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ βαροῦλκου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

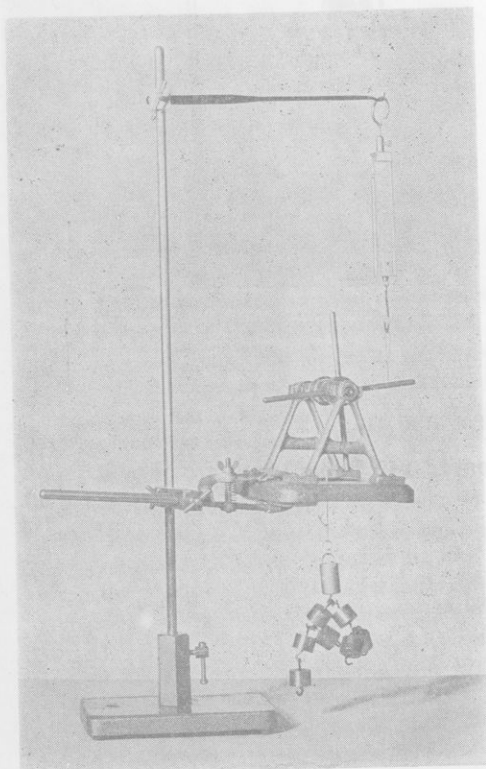
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
5. Μιά λαβίδα ἀπλή.
6. Ἐνα ἄγκιστρο.
7. Ἐνα βαροῦλκο.

8. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 1 kp.
9. Ένα σανιδάκι χρήσιμο για τή στήριξη του βαρούλκου.
10. Δύο κομμάτια νήματος κουβαρίστρας μήκους 15-20 cm.
11. Ένα υποδεκάμετρο.
12. Είκοσι βάρη των 50 p.
13. Ένας καδίσκος ξηρατός.
14. Ένα κουτί με σκάγια.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή τούς δύο συνδέσμους, τόν περιστρεφόμενο στό μέσο του ύψους της και τόν άπλό στήν κορυφή.

Εικ. 57



- β) Στόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο στηρίζουμε τη λαβίδα και μ' αυτή, αφού βάλουμε κάτω από τη βάση του βαρούλκου τό σανιδάκι, τά συγκρατούμε και τά δύο μαζί από τήν πλευρά του βαρούλκου τήν παράλληλη πρός τόν άξονά του. Μέ περιστροφή του συνδέσμου πετυχαίνουμε νά έχουμε τό βαρούλκο σέ όριζόντια θέση.
- γ) Στόν άπλό σύνδεσμο στηρίζουμε τό άγκιστρο σέ θέση που τό άκρο του νά είναι πάνω από τό άκρο του όριζόντιου βραχίονα του βαρούλκου.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Μέ τό υποδεκάμετρο μετράμε τό μήκος του βραχίονα του βαρούλκου και τήν άκτίνα του κυλίνδρου του. Βρίσκουμε σχέση 7:1.
- β) Στό μικρότερης διαμέτρου κύλινδρο του βαρούλκου δένουμε τό ένα νήμα και τό τυλίγουμε πάνω του μερικές στροφές. Στή συνέχεια δένουμε τό ένα άκρο

του άλλου νήματος στο άκρο του οριζόντιου βραχίονα του βαρούλκου και με το άλλο το άγκιστρο του δυναμόμετρου, το οποίο κρεμάμε από το άγκιστρο. Ρυθμίζουμε το ύψος του άπλου συνδέσμου, ώσπου να τεντώσει το νήμα και το δυναμόμετρο να δείχνει την ένδειξη μηδέν.

- γ) Κρεμάμε τώρα από το νήμα του κυλίνδρου 7 ή 14 βάρη των 50 p και παρατηρούμε πώς η ένδειξη του δυναμόμετρου γίνεται 50 p ή 100 p αντίστοιχα, όταν το σύστημα ισορροπεί (είκ. 57).

Συμπέρασμα

"Όταν το βαρούλκο ισορροπεί, η δύναμη που καταβάλλουμε είναι τόσες φορές μικρότερη από το βάρος που ανυψώνουμε, όσες φορές το μήκος του βραχίονά του είναι μεγαλύτερο από την ακτίνα του κυλίνδρου.

Σημείωση

"Αν το βαρούλκο παρουσιάζει αισθητές τριβές (το δυναμόμετρο εξακολουθεί να δείχνει μηδέν (0), αν κρεμάσουμε στο νήμα του κυλίνδρου ένα βάρος των 50 p), τίς εξουδετερώνουμε κρεμώντας αρχικά από το νήμα του κυλίνδρου τον καδίσκο και βάζοντας μέσα ανάλογη ποσότητα από σκάγια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 42ο

Συνθήκη ακρίβειας του ζυγού.

"Ακριβής ζύγιση με τη μέθοδο της αντικαταστάσεως.

"Ακριβής ζύγιση με τη μέθοδο της διπλής ζυγίσεως

"Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας άπλος σύνδεσμος (σταυρός).
5. Ένας ορειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
7. Είκοσι βάρη των 50 p.
8. Ένα κουτί με σταθμά.
9. Ένα κουτί με σκάγια.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

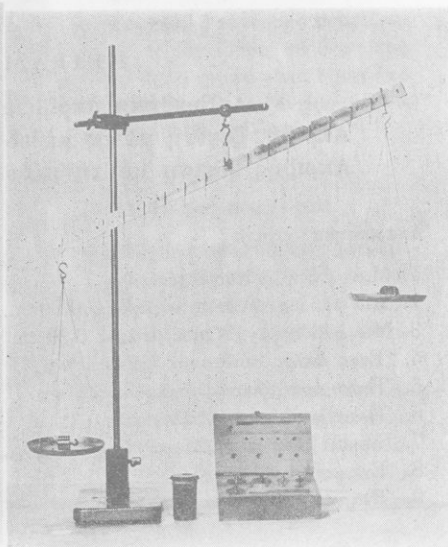
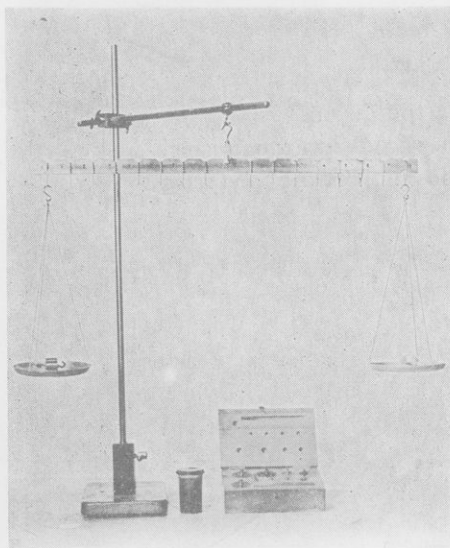
- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο πάνω μέρος της τον άπλό σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στηρίζουμε τη ράβδο των 0,30 m οριζόντια και πάνω σ' αυτή τον ορειχάλκινο δακτύλιο.
- β) Από το ἄγκιστρο του ορειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε το μοχλό με ὅλους τούς ἰππεῖς του, καὶ ἀπὸ τούς δύο ἀκριανούς ἰππεῖς κρεμάμε τούς δύο δίσκους.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

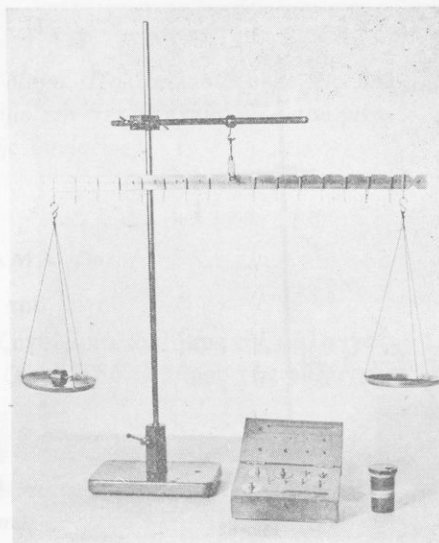
- I. α) Ὀνομάζουμε τὰ διάφορα μέρη τοῦ ζυγοῦ : φάλαγγα, δίσκους, δύο βραχίονες τῆς φάλαγγας.
- β) Παρατηροῦμε πὼς οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγας εἶναι ἴσοι καὶ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ, ἐνῶ οἱ δίσκοι εἶναι ἀδειανοί.
- γ) Βάζουμε στοὺς δίσκους ἀπὸ ἓνα βάρος τῶν 50 ρ· ὁ ζυγὸς πάλι ἰσορροπεῖ (εἰκ. 58).
- δ) Μεταθέτουμε τὸν ἓνα δίσκο τοῦ ζυγοῦ ἀπὸ τῆ θέσης (ὑποδιαίρεση) τοῦ μοχλοῦ 8 στὴ θέση 7,5. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται (εἰκ. 59).
- ε) Ὅριζουμε τὴν ἀκρίβεια τοῦ ζυγοῦ καὶ τὴν ἀναγκαῖα συνθήκη ἀκρίβειας.

Εἰκ. 58

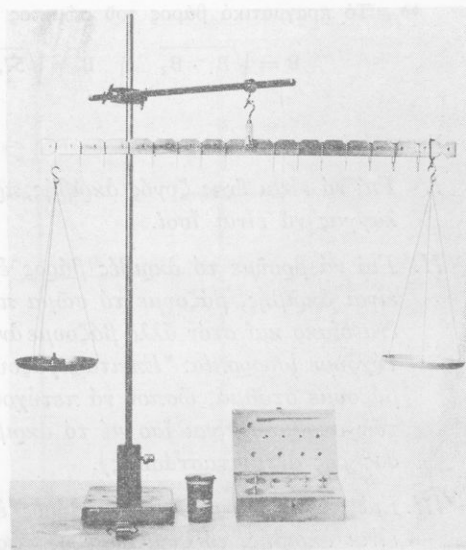
Εἰκ. 59



- II. α) Κρεμάμε άδειανούς τούς δυό δίσκους τοῦ ζυγοῦ στίς θέσεις 8 καί 7,5 ἀπό τό ἔνα μέρος καί τό ἄλλο τοῦ ἄξονα.
- β) Μέσα στό δίσκο πού κρέμεται στή θέση 7,5 βάζουμε σκάγια, ὥσπου νά ἰσορροπήσει ὁ ζυγός. Ἔχουμε ἔτσι ἕνα ζυγό πού δέν εἶναι ἀκριβής, πού θέλουμε ὁμως μ' αὐτόν νά ζυγίσουμε ἀκριβῶς.
- γ) Μέσα στόν ἄδειανό δίσκο βάζουμε ἕνα βάρος τῶν 50 p καί ἰσορροποῦμε βάζοντας στόν ἄλλο δίσκο καί ἄλλα σκάγια (εἰκ. 60).
- δ) Βγάζουμε τό βάρος τῶν 50 p καί στή θέση τοῦ βάζουμε σταθμά, ὥσπου νά ἰσορροπήσει πάλι ὁ ζυγός. Παρατηροῦμε πῶς τά σταθμά πού βάλαμε εἶναι 50 p (εἰκ. 61).

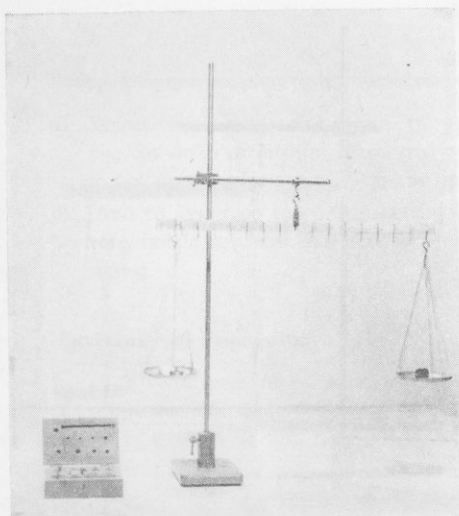


Εἰκ. 60

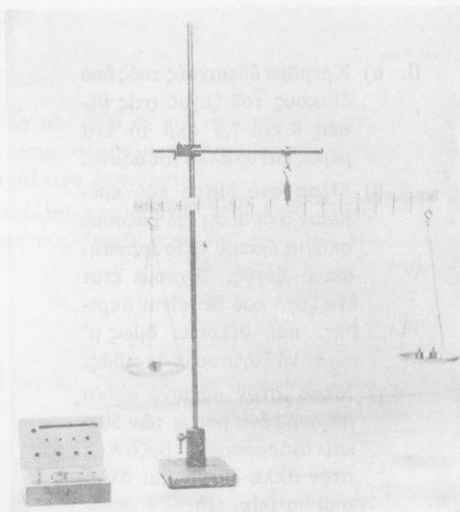


Εἰκ. 61

- III. α) Βγάζουμε τά σταθμά καί σκάγια, ὥσπου νά ἰσορροπήσει ὁ ζυγός. Ἔτσι ἔχουμε πάλι ἕνα ζυγό πού ἰσορροπεῖ, ἀλλά δέν εἶναι ἀκριβής.
- β) Μέσα στόν ἄδειανό δίσκο τοῦ ζυγοῦ βάζουμε πάλι τό σῶμα πού θέλουμε νά ζυγίσουμε (βάρος τῶν 50 p) καί ἰσορροποῦμε μέ σταθμά, πού τά βάζουμε στόν ἄλλο δίσκο (εἰκ. 62). Τό βάρος αὐτῶν τῶν σταθμῶν βρίσκεται πῶς εἶναι $B_1 = 57,5$ p.
- γ) Βγάζουμε τό βάρος τῶν 50 p καί τά σταθμά ἀπό τούς δίσκους καί στή συνέχεια βάζουμε τό βάρος τῶν 50 p



Εικ. 62



Εικ. 63

στό δίσκο της θέσεως 7,5 και σταθμά στον άλλο δίσκο, ώσπου νά ισορροπήσει πάλι ό ζυγός (εικ. 63). Τό βάρος τών σταθμῶν βρίσκεται τώρα $B_2 = 43,5$ p.

Τό πραγματικό βάρος τοῦ σώματος εἶναι

$$B = \sqrt{B_1 \cdot B_2} \quad \text{ἢ} \quad B = \sqrt{57,5 \text{ p} \cdot 43,5 \text{ p}} = 50 \text{ p}.$$

Συμπεράσματα

- I. Γιά νά εἶναι ἕνας ζυγός ἀκριβής, πρέπει οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγας νά εἶναι ἴσοι.
- II. Γιά νά βροῦμε τό ἀκριβές βάρος ἑνός σώματος μέ ζυγό πού δέν εἶναι ἀκριβής, βάζουμε τό σῶμα πού θέλουμε νά ζυγίσουμε στόν ἕνα δίσκο καί στόν ἄλλο βάζουμε ἀντίβαρο (σκάγια), ὥσπου νά πετύχουμε ἰσορροπία. Ἐπειτα βγάζουμε τό σῶμα καί στή θέση του βάζουμε σταθμά, ὥσπου νά πετύχουμε πάλι ἰσορροπία. Τό βάρος τών σταθμῶν εἶναι ἴσο μέ τό ἀκριβές βάρος τοῦ σώματος (μέθοδος τῆς ἀντικαταστάσεως).
- III. Γιά νά βροῦμε τό ἀκριβές βάρος ἑνός σώματος μέ ζυγό πού δέν εἶναι ἀκριβής, τό ζυγίζουμε δύο φορές, βάζοντάς το τή μιά στόν

έναν και τήν άλλη στον άλλο δίσκο. Πολλαπλασιάζουμε τις δυό τιμές που βρήκαμε και βγάζουμε τήν τετραγωνική ρίζα του γινομένου τους (μέθοδος τῆς διπλῆς ζυγίσσεως).

ΠΕΙΡΑΜΑ 43ο

Ευπάθεια τοῦ ζυγοῦ.

I. Ἐξάρτηση τῆς ευπάθειας τοῦ ζυγοῦ ἀπό τό μήκος τῆς φάλαγγας.

II. Ἐξάρτηση τῆς ευπάθειας τοῦ ζυγοῦ ἀπό τό βάρος τῆς φάλαγγας

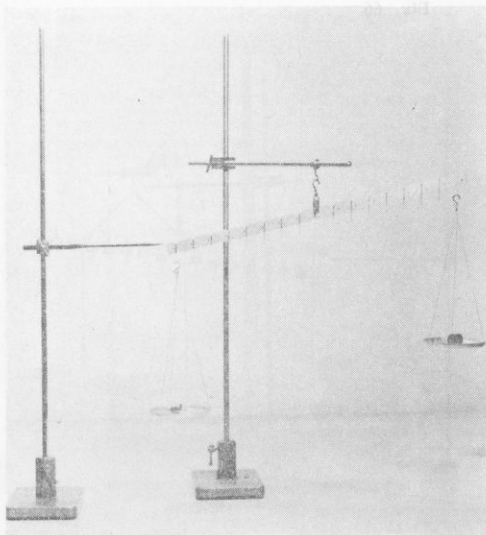
Ἀπαραίτητα ὄργανα

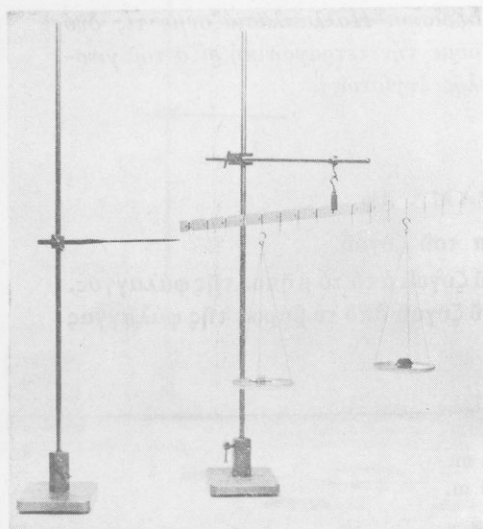
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Δυό ἀπλοί σύνδεσμοι (σταυροί).
5. Ἐνα ἄγκιστρο.
6. Ἐνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
7. Ἐνας μοχλός ἀπό ἀλουμίνιο.
8. Εἴκοσι βάρη τῶν 50 p.
9. Ἐνα κομμάτι κιμωλίας.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

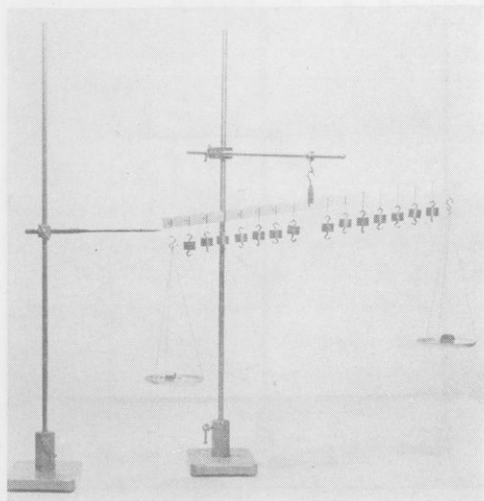
- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τῶν 0,80 m.
- β) Στηρίζουμε στό πάνω μέρος τῆς μιᾶς ράβδου τόν ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν ὀριζόντια τή ράβδο τῶν 0,30 m μέ τόν ὀρειχάλκينو δακτύλιο. Ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ ὀρειχάλκινου δακτύλιου κρεμᾶμε τό μοχλό μέ ὅλους τοὺς ἵππεις του καί ἀπό τίς θέσεις 8-8 τοὺς δυό δίσκους.
- γ) Στηρίζουμε πάνω στήν ἄλλη

Εἰκ. 64





Εικ. 65



Εικ. 66

ράβδο τὸ δεύτερο ἀπλό σύνδεσμο καὶ πάνω σ' αὐτόν ὀριζόντια τὸ ἄγκιστρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

I. α) Μέσα στους δύο δίσκους τοῦ ζυγοῦ βάζουμε ἴσα βάρη τῶν 50 p. Ἡ φάλαγγα ἰσορροπεῖ ὀριζόντια. Μέσα στὸν ἓνα δίσκο βάζουμε ἀκόμα ἓνα μικρὸ κομματάκι ἀπὸ κιμωλία. Ἡ φάλαγγα γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῆς κιμωλίας. Φέρνουμε τὸ δεύτερο ὀρθοστάτη σὲ τέτοια θέση, πού τὸ ἄκρο τοῦ ἄγκιστρου νὰ προσδιορίζει σάν δείκτης τὴ θέση τῆς γυρτῆς φάλαγγας (εἰκ. 64).

β) Κονταίνουμε τὴ φάλαγγα, μεταθέτοντας τοὺς δίσκους στὶς θέσεις τῆς 4-4. Παρατηροῦμε πὼς ἡ κλίση τῆς φάλαγγας γίνεται μικρότερη ἢ ἐξαφανίζεται (εἰκ. 65). Ἡ εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ ἔγινε μικρότερη.

II. α) Μεταθέτουμε πάλι τοὺς δίσκους στὶς θέσεις 8-8 τῆς φάλαγγας. Αὐτὴ γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῆς κιμωλίας.

β) Κάνουμε τὴ φάλαγγα βαρύτερη, κρεμώντας σὲ ὅλους τοὺς ἵππεις ἀπὸ ἓνα βάρος τῶν 50 p (εἰκ. 66). Ἡ κλίση τῆς φάλαγγας γίνεται μικρότερη ἢ ἐξαφανίζεται. Ἡ εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ ἔγινε μικρότερη.

Συμπέρασμα

Ἡ εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο τὸ μῆκος τῆς φάλαγγας εἶναι μεγαλύτερο καὶ ὅσο τὸ βάρος τῆς εἶναι μικρότερο.

Παρατήρηση

Ἡ πειραματικὴ ἀπόδειξη τῆς περιπτώσεως II εἶναι μόνο κατὰ προσέγγιση, γιατί θά ἔπρεπε νά μεγαλώσει τὸ βάρος τῆς φάλαγγας, χωρίς νά χαμηλώσει τὸ κέντρο βάρους, πράγμα πού ἐδῶ δέ γίνεται.

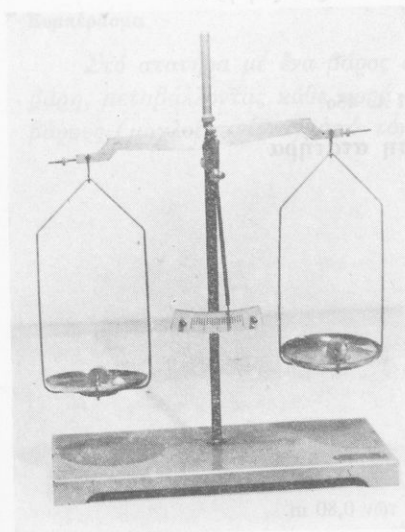
ΠΕΙΡΑΜΑ 44ο

Ἡ εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ θέση
τοῦ κέντρου βάρους του

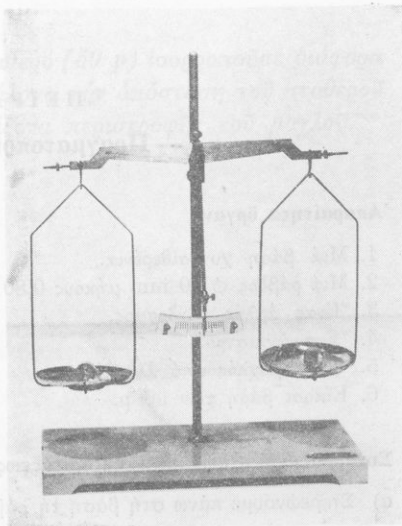
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας ζυγός.
2. Δυὸ βάρη τῶν 50 p.
3. Ἕνα κομμάτι ἀπὸ κιμωλία.

Εἰκ. 67



Εἰκ. 68



Εκτέλεση του πειράματος

- α) Παρατηρούμε πώς επάνω στη φάλαγγα του ζυγού είναι καρφωμένος ένας δείκτης που κινείται μπροστά σε μία κλίμακα. Πάνω σ' αυτόν τό δείκτη μπορεί νά γλιστρά και νά στερεώνεται σε διάφορα ύψη μία μεταλλική μάζα.
- β) Ανεβάζουμε τή μεταλλική μάζα στο ψηλότερο σημείο του δείκτη και ορίζοντιώνουμε τή φάλαγγα μετακινώντας κατάλληλα τις δύο μικρές μάζες που είναι βιδωμένες στα άκρα της.
- γ) Βάζουμε μέσα στους δύο δίσκους από ένα βάρος των 50 ρ. Η φάλαγγα ισορροπεύει οριζόντια.
- δ) Στόν ένα δίσκο προσθέτουμε ένα μικρό κομματάκι από κιμωλία. Η φάλαγγα γέρνει προς τό μέρος της κιμωλίας και ο δείκτης δείχνει πάνω στην κλίμακα μία γωνία (εικ. 67).
- ε) Μεταφέρουμε τή μεταλλική μάζα του δείκτη στο χαμηλότερο σημείο του. Η κλήση της φάλαγγας γίνεται μικρότερη, όπως φαίνεται από τήν ελάττωση της γωνίας που δείχνει ο δείκτης επάνω στην κλίμακα (εικ. 68). Η επάθεια του ζυγού έγινε μικρότερη. Τό κέντρο βάρους της φάλαγγας (μέρος της φάλαγγας είναι και ο δείκτης), που βρίσκεται κοντά στόν άξονα περιστροφής της και λίγο κάτω απ' αυτόν, τώρα μετατέθηκε προς τά κάτω.

Συμπέρασμα

Ο ζυγός είναι τόσο πιό ευπαθής, όσο τό κέντρο βάρους της φάλαγγας απέχει λιγότερο από τόν άξονα περιστροφής.

ΠΕΙΡΑΜΑ 45ο

Πραγματοποίηση στατήρα

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας άπλός σύνδεσμος.
4. Ένα άγκιστρο.
5. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
6. Είκοσι βάρη των 50 ρ.

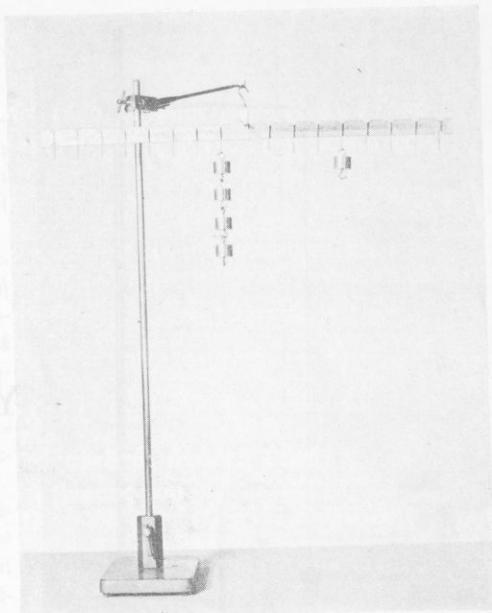
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τή ράβδο των 0,80 m.

- β) Στο πάνω μέρος της ράβδου στηρίζουμε τον απλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν το άγκιστρο. Από το άγκιστρο κρεμάμε το μοχλό με όλους τούς ίπεις του.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Κρεμάμε από ένα βάρος των 50 p στις θέσεις 1-1 του μοχλού. Αυτός ισορροπεί.
- β) Από τη θέση 1 πρὸς τὰ ἀριστερά κρεμάμε διαδοχικά 2, 3, 4, 5, 6, 7 καὶ 8 βάρη των 50 p, ἐνῶ κάθε φορά μεταθέτουμε τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ κρεμασμένο βάρος των 50 p στὶς θέσεις 2, 3, 4, 5, 6, 7 καὶ 8 ἀντίστοιχα (εἰκ. 69).
- γ) Παρατηροῦμε πὼς ἰσχύει ἡ σχέση πού ἀποδείξαμε στοὺς μοχλοὺς. Ὁ στατήρας εἶναι μοχλὸς τοῦ πρώτου εἴδους.



Εικ. 69

Συμπέρασμα

Στὸ στατήρα μὲ ἓνα βάρος σταθερό (50 p) ἰσορροποῦμε διάφορα βάρη, μεταβάλλοντας κάθε φορά ἀνάλογα τὴν ἀπόσταση τοῦ σταθεροῦ βάρους (μοχλοβραχίονα) ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς τοῦ μοχλοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

Προσδιορισμός του σχήματος της ελεύθερης επιφάνειας των υγρών που ήρεμουν

*Απαραίτητα όργανα

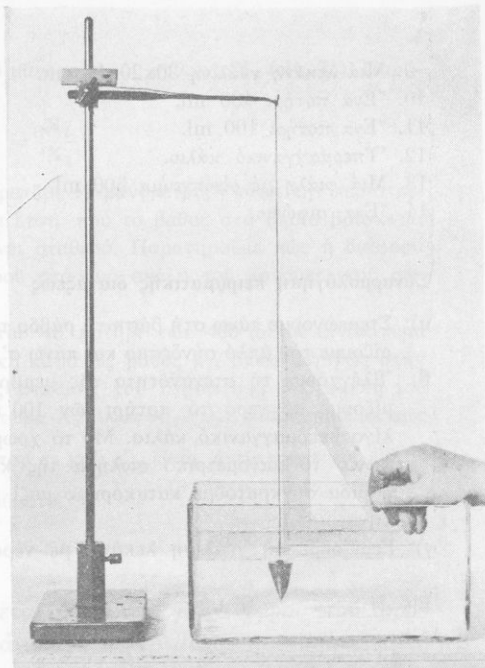
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκος 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Ένα άγκιστρο.
5. Ένα νήμα στάθμης.
6. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
7. Ένας γνώμονας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m.
- β) Στο πάνω άκρο της ράβδου στηρίζουμε τον άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν οριζόντια τό άγκιστρο.
- γ) Γεμίζουμε ως τη μέση με νερό τη λεκάνη και τη βάζουμε κάτω από τό άγκιστρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρεμῶμε ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ ἀγκίστρου τὸ νῆμα τῆς στάθμης ἔτσι, πού τὸ βαρίδι του νά βυθίζεται μέσα στὸ νερὸ τῆς λεκάνης, καὶ τὸ ἀφήνουμε νά ἰσορροπήσει.
- β) Μετὰ τὴν ἰσορροπία τοποθετοῦμε τὸ γνῶμονα ἔτσι, πού ἡ μιά κάθετη πλευρά του νά ἀκουμπᾷ (νά εἶναι παράλληλη) μέ τὸ νῆμα τῆς στάθμης. Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἄλλη κάθετη πλευρά του ἀκουμπᾷ (εἶναι παράλληλη) στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ (εἰκ. 70).
- γ) Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο βάζοντας τὸ γνῶμονα πάνω σὲ ἄλλο κατακόρυφο ἐπίπεδο καὶ βρίσκουμε πάλι τὸ ἴδιο ἀποτέλεσμα.



Εἰκ. 70

Συμπέρασμα

Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν πού ἡρεμοῦν εἶναι ἐπίπεδη καὶ ὀριζόντια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

Πιέσεις μέσα στὴ μάζα τῶν ὑγρῶν

Ἀπαραίτητα ὄργανα

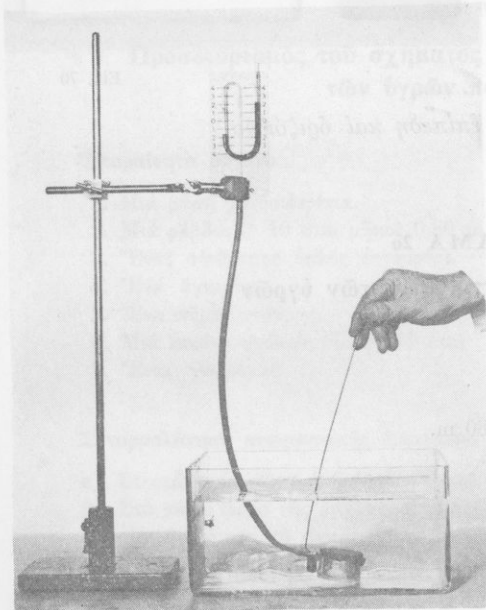
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας ἀπλὸς σύνδεσμος (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Μιά μανομετρικὴ κάψα.
6. Ἕνα ἀσφαλιστικὸ χωνί.
7. Ἕνα μπαλόνι.
8. Ἕνα ὑποδεκάμετρο.

9. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
10. Ένα ποτήρι 400 ml.
11. Ένα ποτήρι 100 ml.
12. Υπερμαγγανικό χάλιο.
13. Μιά φιάλη με οινόπνευμα 500 ml.
14. Ένα σιφώνιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο πάνω μέρος της στηρίζουμε τον άπλο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν την άπλή λαβίδα.
- β) Ελέγχουμε τη στεγανότητα της μεμβράνης της μανομετρικής κάψας. Γεμίζουμε με νερό το ποτήρι των 100 ml ως τη μέση και διαλύουμε μέσα λίγο υπερμαγγανικό κάλιο. Με το χρωματισμένο νερό γεμίζουμε με το σιφώνιο το μανομετρικό σωλήνα της κάψας ως την ένδειξη μηδέν. Με τη λαβίδα συγκρατούμε κατακόρυφο μαζί με την κλίμακα το μανομετρικό σωλήνα.
- γ) Γεμίζουμε τη γυάλινη λεκάνη με νερό ως τα $\frac{2}{3}$ περίπου του ύψους της και τη φέρνουμε κοντά στον όρθοστάτη.

Εικ. 71



Έκτέλεση του πειράματος

- α) Βυθίζουμε τη μανομετρική κάψα μέσα στο νερό της λεκάνης. Παρατηρούμε πώς το χρωματισμένο υγρό ανεβαίνει στο άνοιχτο σκέλος του μανομετρικού σωλήνα. Μετράμε με το υποδεκάμετρο το βάθος του κέντρου της μεμβράνης της μανομετρικής κάψας και σημειώνουμε τη διαφορά στάθμης του υγρού στα δύο σκέλη του μανομετρικού σωλήνα. Βρίσκουμε τιμές αντίστοιχα h_1 και X_1 .
- β) Βυθίζουμε τη μανομετρική κάψα σε μεγαλύτερο βάθος και επαναλαμβάνουμε τις ίδιες μετρήσεις. Βρίσκουμε αντίστοιχα βάθος μεμβράνης h_2 και δια-

φορά στάθμης στά δυό σκέλη τοῦ μανομετρικοῦ σωλήνα X_2 (εἰκ. 71). Παρατηροῦμε πὼς ἰσχύει ἡ σχέση

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{X_1}{X_2}.$$

- γ) Μὲ τὸ μεταλλικὸ στéλεχος πού κρατᾶμε τὴ μανομετρικὴ κάψα τὴν περιστρέφουμε γύρω ἀπὸ ὀριζόντιο ἄξονα ἔτσι, πού τὸ βάθος στὸ ὁποῖο βρίσκεται τὸ κέντρο τῆς μεμβράνας νά μένει σταθερό. Παρατηροῦμε πὼς ἡ διαφορά στάθμης τοῦ χρωματισμένου ὑγροῦ στά δυό σκέλη τοῦ μανομετρικοῦ σωλήνα μένει σταθερή.
- δ) Γεμίζουμε ὥς τὰ $2/3$ τοῦ ὕψους τοῦ τὸ ποτήρι τῶν 400 ml μὲ οἰνόπνευμα καὶ βυθίζουμε μέσα τὴ μανομετρικὴ κάψα ὥς βάθος h_1 , ὅπως ἀκριβῶς στὴν περίπτωση (α). Ἡ διαφορά τῆς στάθμης τοῦ ὑγροῦ στά δυό σκέλη τοῦ μανομετρικοῦ σωλήνα δέν εἶναι τώρα X_1 ἀλλὰ $X'_1 < X_1$. Παρατηροῦμε πὼς ἰσχύει ἡ σχέση $\frac{X_1}{X'_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1}$, ὅπου ε_1 καὶ ε'_1 εἶναι ἀντίστοιχα τὰ εἰδικὰ βάρη τοῦ νεροῦ καὶ τοῦ οἰνοπνεύματος.

Συμπέρασμα

Κάθε ἐπιφάνεια πού βρίσκεται μέσα στὴ μάζα ὑγροῦ πού ἰσορροπεῖ δέχεται πίεση, πού εἶναι ἀνάλογη μὲ τὸ βάθος πού βρίσκεται ἡ ἐπιφάνεια καὶ μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

Παρατήρηση

* Ἄν δέν ἔχουμε μανομετρικὴ κάψα, μπορούμε νά κάνουμε τὰ ἴδια πειράματα μὲ τὴ χρῆση τοῦ ἀσφαλιστικοῦ χωνιοῦ, ἀφοῦ στὸ στόμιό του δέσουμε μιὰ μεμβράνα ἀπὸ μπαλόνι. Σάν μονομετρικὸ σωλήνα θά χρησιμοποιήσουμε ἓνα γυάλινο σωλήνα λυγισμένο σὲ σχῆμα U.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο

Τὰ ὑγρά ἀσκοῦν πιέσεις ἐπάνω στὶς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων πού εἶναι βυθισμένα μέσα σ' αὐτά

* Ἀπαραίτητα ὄργανα

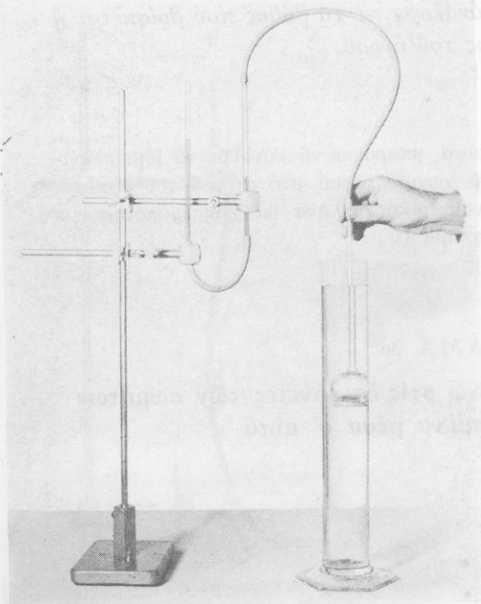
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).

4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Δυό γυάλινοι σωλήνες ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.
6. "Ένας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
7. "Ένας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 80 cm περίπου.
8. "Ένα άσφαλιστικό χωνί εύθύγραμμο.
9. "Ένα μπαλόνι.
10. Ένα ποτήρι 100 ml.
11. "Ένας όγκομετρικός κύλινδρος 1 lit.
12. Υπερμαγγανικό κάλιο.
13. "Ένα ύποδεκάμετρο.
14. Νήμα κουβαρίστρας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τή ράβδο των 0,80 m και πάνω της γύρω στη μέση του ύψους της στηρίζουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο και 5 cm ψηλότερα τόν άλλο. Πάνω στους δυό συνδέσμους στηρίζουμε τίς δυό λαβίδες.
- β) Συνδέουμε τούς δυό γυάλινους σωλήνες μέ τό λαστιχένιο σωλήνα των 10 cm

Εικ. 72



και τούς στηρίζουμε κατακόρυφα τίς δυό λαβίδες έτσι, πού νά σχηματίζεται ένας σωλήνας σέ σχήμα U. Βάζουμε μέσα στό ποτήρι των 100 ml λίγο νερό, τό χρωματίζουμε μέ υπερμαγγανικό κάλιο και γεμίζουμε τούς δυό σωλήνες ώς τή μέση.

- γ) Δένουμε μέ τό νήμα στό στόμιο του άσφαλιστικού χωνιού μεμβράνα από τό μπαλόνι και συνδέουμε μέ τό λαστιχένιο σωλήνα των 0,80 m τό στέλεχος του άσφαλιστικού χωνιού μέ τόν ένα γυάλινο σωλήνα.
- δ) Γεμίζουμε μέ νερό τόν όγκομετρικό σωλήνα του 1 lit ώς τήν ύποδιαίρεση π.χ. 950.

Έκτέλεση του πειράματος

Βυθίζουμε κατακόρυφα τό στόμιο του άσφαλιστικού χωνιού

μέσα στο νερό του κυλίνδρου. Παρατηρούμε πώς το χρωματισμένο υγρό κατεβαίνει στο σωλήνα που είναι συνδεδεμένος με το ασφαλιστικό χωνί και ανεβαίνει στον άλλο. Αυτό οφείλεται στην πίεση που ασκεί το νερό πάνω στη μεμβράνα, στην υδροστατική πίεση. Βυθίζουμε το ασφαλιστικό χωνί περισσότερο μέσα στο νερό του κυλίνδρου· ή ένδειξη του μανομετρικού σωλήνα γίνεται μεγαλύτερη (εικ. 72). Γέρνουμε το ασφαλιστικό χωνί έτσι, που ή μεμβράνα νά είναι τώρα γυρτή, το κέντρο της όμως νά διατηρείται στο ίδιο βάθος. 'Η ένδειξη του μανομετρικού σωλήνα μένει ή ίδια.

Συμπέρασμα

Τά υγρά ασκοῦν πιέσεις ἐπάνω στίς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων πού εἶναι βυθισμένα μέσα σ' αὐτά. Οἱ πιέσεις αὐτές εἶναι ἀνεξάρτητες ἀπό τόν προσανατολισμό τῆς ἐπιφάνειας καί εἶναι τόσο μεγαλύτερες, ὅσο αὐτή βρίσκεται σέ μεγαλύτερο βάθος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 40

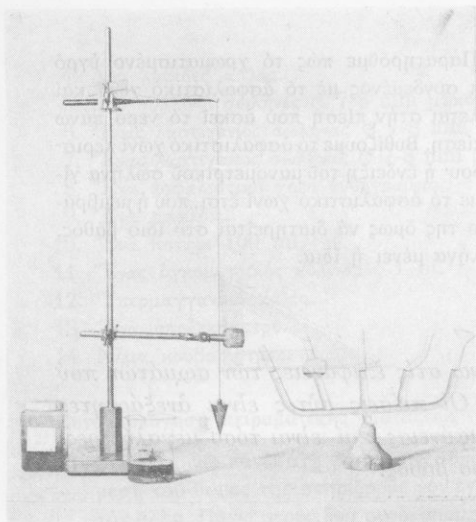
Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ἀπλοί σύνδεσμοι (σταυροί).
4. Ἐνα ἄγκιστρο.
5. Μιά λαβίδα ἀπλή.
6. Ἐνα νῆμα στάθμης.
7. Μιά συσκευή συγκοινωνούντων δοχείων.
8. Ἐνας γνώμονας.
9. Ὑπερμαγγανικό κάλιο.
10. Ἐνα ποτήρι 250 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή καί σέ θέσεις πού ἀπέχουν ἀπό τά ἄκρα της γύρω στά 10 cm στηρίζουμε τούς δυό ἀπλούς συνδέσμους.
- β) Πάνω στόν ψηλότερο σύνδεσμο συνδέουμε τό ἄγκιστρο καί ἀπ' αὐτό κρε-



Εικ. 73

πλευρά του νά άκουμπά (είναι παράλληλη) στό νήμα τής στάθμης, ή δέ άλλη νά συμπίπτει μέ τήν ελεύθερη επιφάνεια του νερού στό πρώτο από τά συγκοινωνούντα δοχεία. Παρατηρούμε πώς ή πλευρά αυτή συμπίπτει μέ τίς ελεύθερες επιφάνειες του νερού σέ όλα τά δοχεία (εικ. 73). "Αν μέ τό δάκτυλό μας βουλώσουμε ένα από τά δοχεία, άφου πρώτα γύρουμε τή συσκευή πρός τά δεξιά ή άριστερά και έπειτα τήν έπαναφέρουμε στην κανονική της θέση, ή επιφάνεια του νερού μέσα σ' αυτό τό δοχείο θά βρίσκεται ψηλότερα ή χαμηλότερα από τήν ελεύθερη επιφάνεια του νερού στά άλλα δοχεία.

Συμπέρασμα

Η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού πού ήρεμεί μέσα σέ συγκοινωνούντα δοχεία ανοιχτά από πάνω βρίσκεται στό ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Έπίδειξη τής αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων.

Συντριβάνια

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.

μάμε τό νήμα τής στάθμης. Στόν άλλο σύνδεσμο συνδέουμε τή λαβίδα και τή φέρνουμε σέ τέτοια θέση, πού τό νήμα τής στάθμης της νά περνά άνάμεσα στά σκέλη της, στό πίσω μέρος.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε ως τή μέση τό ποτήρι μέ νερό και διαλύουμε μέσα λίγο υπερμαγγανικό κάλιο, για νά χρωματιστεί. Μ' αυτό τό χρωματισμένο νερό γεμίζουμε τή συσκευή συγκοινωνούντων δοχείων.

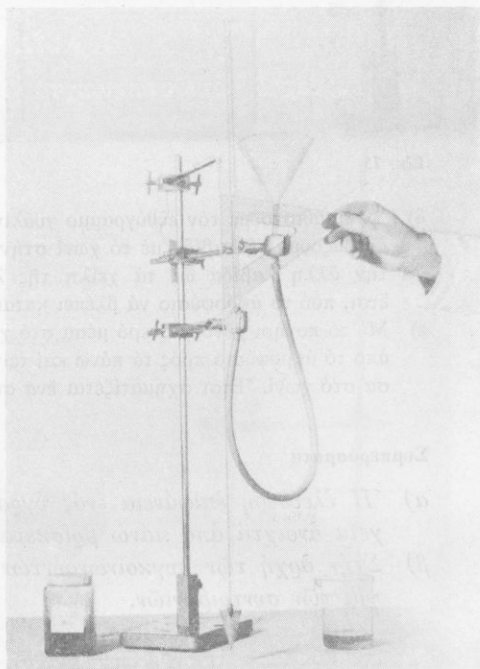
- β) Πιάνουμε μέ τή λαβίδα τό γνώμονα έτσι, πού ή μιά κάθετη

2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες ἄπλές.
5. Ἐνα ἄγκιστρο.
6. Ἐνα νῆμα στάθμης.
7. Ἐνα χωνί γυάλινο.
8. Ἐνας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 20 cm.
9. Ἐνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 1 m.
10. Ἐνας γνώμονας.
11. Ἐνας σωλήνας γυάλινος λυγισμένος σέ ὀρθή γωνία μέ ἀκροφύσιο.
12. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
13. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
14. Ὑπερμαγνητικό κάλιο.

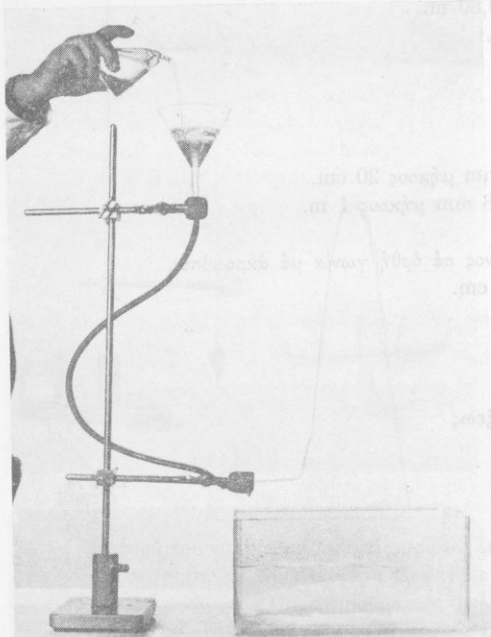
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί λίγο πάνω ἀπό τά μέσα της τόν ἕναν ἄπλό σύνδεσμο, ἀμέσως ἐπάνω ἀπ' αὐτόν τό δεύτερο καί στήν κορυφή τόν τρίτο.
- β) Στούς δυό κατώτερους συνδέσμοις στηρίζουμε τίς δυό λαβίδες ἔτσι, πού οἱ ὀριζόντιες προβολές τους νά σχηματίζουν γωνία, καί στόν τρίτο τό ἄγκιστρο, ἀπό τό ὁποῖο κρεμᾶμε τό νῆμα τῆς στάθμης.
- γ) Στό ἕνα ἄκρο τοῦ λαστιχένιου σωλήνα συνδέουμε τό γυάλινο χωνί καί στό ἄλλο τό γυάλινο σωλήνα. Στερεώνουμε τό χωνί στή λαβίδα πού βρίσκεται ψηλότερα καί τό σωλήνα στήν ἄλλη.
- δ) Γεμίζουμε ὥς τή μέση τό ποτήρι μέ νερό καί μέσα σ' αὐτό διαλύουμε λίγο ὑπερμαγνητικό κάλιο.

Εἰκ. 74



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος



Εἰκ. 75

- α) Χύνουμε μέσα στο χωνί χρωματισμένο νερό, ὥσπου νά γεμίσει καί ὁ σωλήνας κατὰ τό $1/3$. Τό νερό μέσα στό χωνί πρέπει νά μένει μέσα στό στέλεχος καί νά μή φτάνει στό φαρδύ μέρος.
- β) Στρέφουμε τό ἄγκιστρο ἔτσι, πού τό νήμα τῆς στάθμης νά ἔρθει στήν κατάλληλη θέση, καί μέ τό γνώμονα διαπιστώνουμε πώς οἱ ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ νεροῦ μέσα στό στέλεχος τοῦ χωνιοῦ καί μέσα στό σωλήνα βρίσκονται στό ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο (εἰκ. 74).
- γ) Πάνω στό τραπέζι καί κάτω ἀπό τό χωνί καί τό σωλήνα βάζουμε τή γυάλινη λεκάνη. Βγάζουμε τό σωλήνα ἀπό τή λαβίδα, τόν ἀναποδογυρίζουμε μέσα στή λεκάνη καί ἀδειάζουμε ὅλο τό χρωματισμένο νερό.
- δ) Ἀντικαθιστοῦμε τόν εὐθύγραμμο γυάλινο σωλήνα μέ τό λυγισμένο σέ γωνία, ἀνεβάζουμε τή λαβίδα μέ τό χωνί στήν κορυφή τῆς ράβδου καί κατεβάζουμε τήν ἄλλη λαβίδα ὥς τά χεῖλη τῆς λεκάνης. Στρέφουμε τή λαβίδα αὐτή ἔτσι, πού τό ἀκροφύσιο νά βλέπει κατακόρυφα πρὸς τά πάνω.
- ε) Μέ τό ποτήρι χύνουμε νερό μέσα στό χωνί. Παρατηροῦμε πώς τό νερό πηδᾷ ἀπό τό ἀκροφύσιο πρὸς τά πάνω καί τείνει νά φτάσει τή στάθμη πού ἔχει μέσα στό χωνί. Ἐτσι σχηματίζεται ἓνα συντριβάνι (εἰκ. 75).

Συμπεράσματα

- α) Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἑνός ὕγρου μέσα σέ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ἀνοιχτά ἀπὸ πάνω βρίσκεται στό ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο.
- β) Στήν ἀρχή τῶν συγκοινωνούντων δοχείων στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν συντριβανιῶν.

ΠΕΙΡΑΜΑ 6ο

Ίσορροπία δύο υγρών, που δέν αναμειγνύονται, μέσα σε συγκοινωνούντα δοχεία

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό άπλοί σύνδεσμοι.
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένας γυάλινος σωλήνας λυγισμένος σε σχήμα U (ύσειδής σωλήνας).
6. Ένα ποτήρι 100 ml.
7. Ένα φιαλίδιο με υδράργυρο.
8. Έπερμαγχανικό κάλιο.
9. Ένα ύποδεκάμετρο.
10. Μιά λεκάνη υδράργυρου.
11. Ένα άγκιστρο.
12. Ένας γνώμονας.

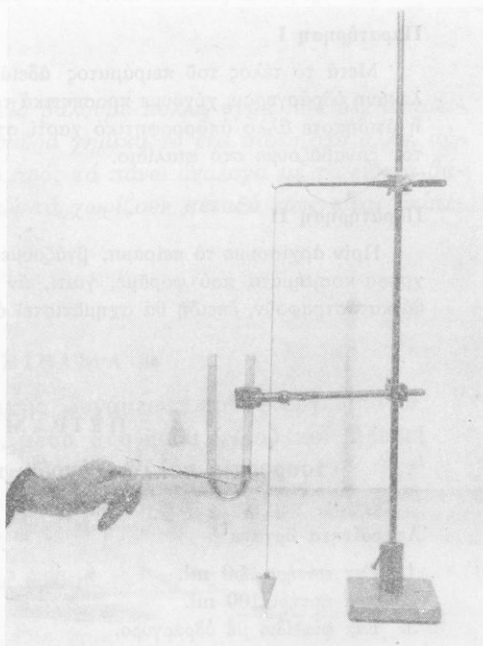
Εικ. 76

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m καί πάνω σ' αυτή καί σε ύψος γύρω στά 20 cm στερεώνουμε τόν ξναν άπλό σύνδεσμο, πάνω στόν όποιο στηρίζουμε τη λαβίδα. Στο πάνω μέρος της ράβδου στερεώνουμε τόν άλλο σύνδεσμο καί στηρίζουμε πάνω του τό άγκιστρο.
- β) Γεμίζουμε ως τη μέση τό ποτήρι με νερό καί διαλύουμε μέσα λίγο ύπερμαγχανικό κάλιο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Χύνουμε μέσα στη μικρή λεκάνη υδράργυρο καί από αυτή μέσα στόν ύσειδή σωλήνα,



ώσπου νά σχηματιστεί στήλη ύψους 2-3 cm (άν δέν έχουμε λεκάνη υδράργυρου χρησιμοποιοῦμε ἓνα ποτήρι τῶν 100 ml).

Δένουμε τό νήμα τῆς στάθμης στό ἄκρο τοῦ ἀγκίστρου καί ρυθμίζουμε τή θέση του ἔτσι, πού νά εἶναι παράλληλο καί κοντά στό ἓνα σκέλος τοῦ υοειδοῦς σωλήνα.

- β) Στό ἓνα σκέλος τοῦ υοειδοῦς σωλήνα χύνουμε χρωματισμένο νερό ἔτσι, πού νά σχηματιστεί στήλη ύψους 13,6 cm (εἰκ. 76).
- γ) Μετράμε στό ἄλλο σκέλος, χρησιμοποιώντας τό γνώμονα καί τό ὑποδεκάμετρο, τό ὕψος τῆς στήλης τοῦ υδράργυρου, πού βρίσκεται πιο πάνω ἀπό τήν ἐπιφάνεια πού χωρίζει τά δυό ὑγρά, καί τό βρίσκουμε 1 cm. Παρατηροῦμε πώς ἰσχύει ἡ σχέση

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad \text{ἢ} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}.$$

Συμπέρασμα

Τά ὕψη τῶν ὑγρῶν στηλῶν, ἂν τά μετρήσουμε ἀπό τήν ἐπιφάνεια πού χωρίζει τά δυό ὑγρά, εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογα μέ τά εἰδικά βάρη ἢ τίς πυκνότητες τῶν ὑγρῶν.

Παρατήρηση I

Μετά τό τέλος τοῦ πειράματος ἀδειάζουμε τόν υοειδή σωλήνα μέσα στή λεκάνη υδράργυρου, χύνουμε προσεκτικά τό νερό ἔπειτα καί μέ ἓνα στουπόχαρτο ἢ ὀδιήποτε ἄλλο ἀπορροφητικό χαρτί στεγνώνουμε καλά τόν υδράργυρο καί τόν ξαναβάζουμε στό φιαλίδιο.

Παρατήρηση II

Πρίν ἀρχίσουμε τό πείραμα, βγάζουμε τά δαχτυλίδια μας ἢ τά τυχόν ἄλλα χρυσά κοσμήματα πού φοράμε, γιατί, ἂν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τόν υδράργυρο, θά καταστραφούν, ἐπειδή θά σχηματιστεῖ ἀμάλαμα χρυσοῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Ίσορροπία πολλῶν ὑγρῶν πού δέν ἀναμειγνύονται

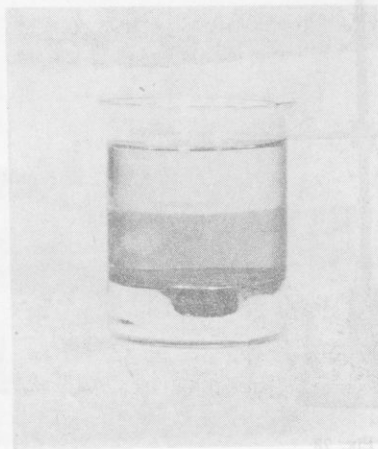
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
2. Ἐνα ποτήρι 100 ml.
3. Ἐνα φιαλίδιο μέ υδράργυρο.

4. Μιά φιάλη με βενζίνα.
5. Υπερμαγγανικό κάλιο.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Χύνουμε υδράργυρο μέσα στο ποτήρι των 250 ml, ώσπου νά σχηματιστεί στήλη ύψους 2 cm περίπου.
 - β) Μέσα στο ποτήρι των 100 ml σχηματίζουμε διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου και τό ρίχνουμε στο άλλο ποτήρι από πάνω από τόν υδράργυρο.
 - γ) Πάνω από τό χρωματισμένο νερό προσθέτουμε βενζίνα από τή φιάλη.
- *Απλή παρατήρηση μās πείθει πώς τά τρία υγρά τακτοποιοῦνται από κάτω πρὸς τά πάνω ἀνάλογα μέ τά εἰδικά τους βάρη καί πὼς οἱ ἐπιφάνειες πού τά χωρίζουν μεταξύ τους εἶναι ἐπίπεδες καί ὀριζόντιες.



Εικ. 77

Συμπέρασμα

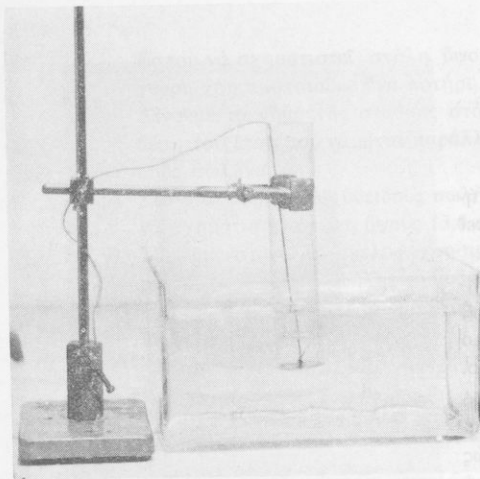
Όταν μέσα σέ ἓνα δοχεῖο βάλουμε πολλά υγρά πού δέν ἀναμειγνύονται μεταξύ τους οὔτε ἐπιδρᾷ χημικά τό ἓνα πάνω στό ἄλλο, αὐτά τακτοποιοῦνται ἀπό κάτω πρὸς τά πάνω ἀνάλογα μέ τά εἰδικά βάρη τους καί οἱ ἐπιφάνειες πού τά χωρίζουν μεταξύ τους εἶναι ἐπίπεδες καί ὀριζόντιες.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Προσδιορισμός τῆς ὀλικῆς δυνάμεως, πού ἐνεργεῖ πάνω σέ ὀρισμένη ἐπιφάνεια, μέσα στή μάζα υγροῦ πού ἡρμεγεῖ

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας ἀπλὸς σύνδεσμος.
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.



Είκ. 78

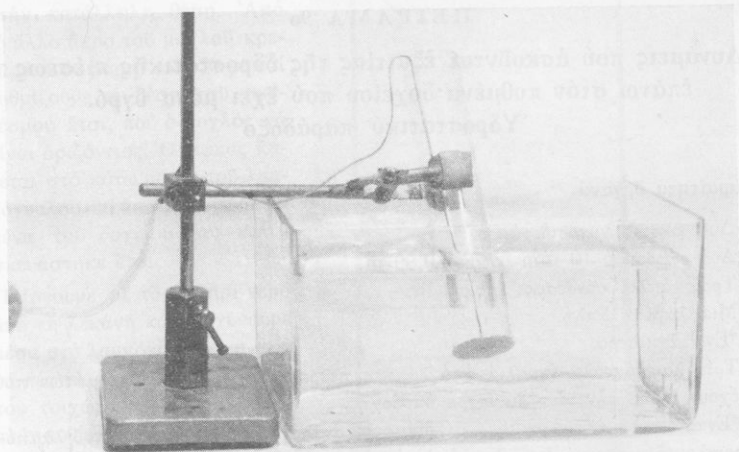
5. Μιά συσκευή υδροστατικής πίεσης (κύλινδρος - δίσκος).
6. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.
7. Ένα ποτήρι 100 ml.
8. Υπερμαγγανικό κάλιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο μέσο του ύψους της στηρίζουμε τον απλό σύνδεσμο. Πάνω στον απλό σύνδεσμο στερεώνουμε τη λαβίδα και μ' αυτή συγκρατούμε κατακόρυφα τη συσκευή υδροστατικής πίεσης (κύλινδρο).
- β) Γεμίζουμε με νερό τη λεκάνη ως τα $\frac{3}{4}$ του ύψους της και τη φέρνουμε κάτω από τον κύλινδρο.
- γ) Μέσα στο ποτήρι διαλύουμε λίγο υπερμαγγανικό κάλιο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Περνάμε το νήμα του μεταλλικού δίσκου μέσα στον κύλινδρο από κάτω προς επάνω και τό τεντώνουμε έτσι, πού ο δίσκος νά καθίσει στο κάτω στόμιο του κυλίνδρου και νά αποτελέσει τόν πυθμένα του δοχείου πού έτσι σχηματίζεται.
- β) Κρατάμε τεντωμένο τό νήμα και μετακινούμε προς τά κάτω τό σύνδεσμο, ώσπου νά βυθιστεί ο κύλινδρος μέσα στο νερό της λεκάνης. Αφήνουμε τό νήμα ελεύθερο και παρατηρούμε πώς ο δίσκος δέν πέφτει, γιατί κρατιέται από τή δύναμη (F) πού ασκεί πάνω του τό νερό εξαιτίας της υδροστατικής πίεσης (είκ. 78).
- γ) Έπειδή ο δίσκος δέν εφαρμόζει καλά πάνω στά χείλη του κυλίνδρου, μπαίνει μέσα νερό και ή στάθμη του σιγά σιγά ανεβαίνει. Για νά ξεχωρίζει και νά φαίνεται καλύτερα ή στήλη του νερού μέσα στον κύλινδρο, ρίχνουμε από πάνω μέ τό ποτήρι λίγο χρωματισμένο νερό. Παρατηρούμε πώς, όταν ή στάθμη αυτής της στήλης φτάσει τή στάθμη του νερού της λεκάνης, ο δίσκος ξεκολλά από τόν κύλινδρο και πέφτει μέσα στη λεκάνη, γιατί ή δύναμη F εξουδετερώθηκε από τό βάρος της στήλης του νερού πού είναι από πάνω.
- δ) Ανεβάζουμε τό σύνδεσμο, ώσπου νά βγει ο κύλινδρος έξω από τό νερό, στρέψουμε τή λαβίδα γύρω στο στέλεχος της έτσι, πού ο κύλινδρος νά γίνει γυρ-



Εικ. 79

- τός, τοποθετούμε τὸ δίσκο ὅπως καὶ προηγούμενα καὶ ξαναβυθίζουμε τὸν κύλινδρο λοξά τώρα μέσα στὸ νερό. Ἄν ἀφήσουμε τὸ νῆμα, ὁ δίσκος καὶ πάλι δὲν πέφτει (εἰκ. 79).
- ε) Ἄν ἐργαστούμε ὅπως στὴν περίπτωση (γ), θά παρατηρήσουμε ὅτι ὁ δίσκος πάλι θά ἀποσπαστεῖ, ὅταν ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στὸν κύλινδρο φτάσει τὴ στάθμη τοῦ νεροῦ τῆς λεκάνης.

Συμπέρασμα

Κάθε ἐπιφάνεια πού βρίσκεται μέσα στή μάζα ὑγροῦ πού ἰσορροπεῖ δέχεται ἐξαιτίας τῆς ὕδροστατικῆς πιέσεως δύναμη, πού εἶναι κάθετη πάνω στήν ἐπιφάνεια καὶ ἰσοῦται μέ τὸ βάρος ὑγρῆς στήλης, πού ἔχει βάση τὴν ἐπιφάνεια αὐτή καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφη ἀπόστασή της (τοῦ κέντρου βάρους της) ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 9ο

**Δυνάμεις που ασκούνται εξαιτίας της υδροστατικής πίεσεως
έπάνω στον πυθμένα δοχείου που έχει μέσα υγρό.
Ύδροστατικό παράδοξο**

Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς άπλοί σύνδεσμοι (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα άγκιστρο.
6. Τρία λαμπόγυαλα (γυαλιά από λάμπες πετρελαίου) διαφόρων σχημάτων που έχουν όμως τήν ίδια διάμετρο υποδοχής.
7. Ένας δίσκος από άλουμίνιο με διάμετρο άνάλογη με τή διάμετρο του λαμπόγυαλου δεμένος με ένα νήμα από τό κέντρο βάρους.
8. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
9. Ένα ποτήρι 250 ml.
10. Ένα ύποδεκάμετρο.
11. Έπερμαγγανικό κάλιο.
12. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30m.
13. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
14. Ένας μοχλός από άλουμίνιο.
15. Πέντε βάρη τών 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

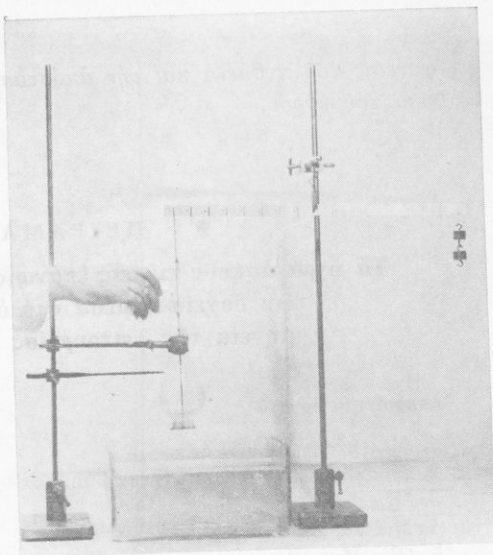
- a) Στερεώνουμε πάνω στή μία βάση τή μία ράβδο τών 0,80 m καί πάνω σ' αυτή τούς δυό άπλούς συνδέσμους. Πάνω στο χαμηλότερο σύνδεσμο στηρίζουμε τή λαβίδα.
- β) Πάνω στή δεύτερη βάση στερεώνουμε τή δεύτερη ράβδο τών 0,80 m καί στο πάνω μέρος της στηρίζουμε τόν τρίτο σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τή ράβδο τών 0,30 m με τόν όρειχάλκινο δακτύλιο. Από τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τό μοχλό.
- γ) Γεμίζουμε ως τή μέση με νερό τή λεκάνη καί διαλύουμε μέσα λίγο ύπερμαγγανικό κάλιο. Φέρνουμε τή λεκάνη κάτω από τή λαβίδα.

Έκτέλεση του πειράματος

- a) Κρατάμε κατακόρυφο με τή λαβίδα τό ένα λαμπόγυαλο, περνάμε μέσα άπ' αυτό καί από κάτω προς τά πάνω τό νήμα του δίσκου, σχηματίζουμε στο άκρο του μία θηλιά καί τό κρεμάμε από τό άκρο του μοχλού, που τόν φέρνουμε

στήν κατάλληλη θέση. Από τό άλλο άκρο τοῦ μοχλοῦ κρεμάμε δύο βάρη τῶν 50 p καί ρυθμίζουμε τή θέση τοῦ συνδέσμου ἔτσι, πού ὁ μοχλός νά εἶναι ὀριζόντιος. Ὁ δίσκος κάθεται στό κάτω μέρος τοῦ λαμπόγυαλου καί ἀποτελεῖ τόν πυθμένα τοῦ δοχείου πού κατασκευάστηκε ἔτσι.

- β) Παίρνουμε μέ τό ποτήρι νερό ἀπό τή λεκάνη καί τό χύνουμε μέσα στό λαμπόγυαλο ἔτσι, πού νά πέφτει πάνω στά πλευρικά του τοιχώματα καί ὄχι πάνω στόν πυθμένα (εἰκ. 80). Παρατηροῦμε πώς, ὅταν τό ὕψος τῆς στήλης τοῦ νεροῦ μέσα στό λαμπόγυαλο φτάσει μιά ὀρισμένη τιμή, ὁ πυθμένας ὑποχω-



Εἰκ. 80

- ρεῖ γιά μιά στιγμή, φεύγει λίγο νερό καί ἡ στάθμη τῆς στήλης κατεβαίνει. Ἔτσι εἶναι ἀδύνατο μέσα στό λαμπόγυαλο νά βάλουμε νερό πού νά ξεπεράσει ὀρισμένο ὕψος, τόσο, πού νά ἀσκεῖται πάνω στόν πυθμένα δύναμη, πού νά ἐξουδετερώνει τήν ἐπίδραση τοῦ βάρους τῶν 100 p. Στόν ἐλεύθερο σύνδεσμο στερεώνουμε τό ἄγκιστρο καί ρυθμίζουμε τό ὕψος του ἔτσι, πού νά δείχνει τή θέση τῆς στάθμης τοῦ νεροῦ μέσα στό λαμπόγυαλο, στήν ὁποία ὁ πυθμένας ὑποχωρεῖ. Μετράμε μέ τό ὑποδεκάμετρο τήν ἀπόσταση ἀπό τόν πυθμένα ὡς τό ἄγκιστρο (τό ὕψος τῆς στήλης τοῦ νεροῦ).
- γ) Ἀντικαθιστοῦμε τό λαμπόγυαλο μέ τό ἄλλο πού ἔχει ἄλλο σχῆμα καί φροντίζουμε νά ἀπέχει ὁ πυθμένας ἀπό τό ἄγκιστρο ὅσο καί προηγουμένα. Χύνουμε πάλι νερό μέσα στό λαμπόγυαλο καί βλέπουμε πώς ὁ πυθμένας ὑποχωρεῖ, ὅταν ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στό λαμπόγυαλο φτάσει στό ἄγκιστρο, δηλαδή ὅταν τό ὕψος τῆς στήλης τοῦ νεροῦ γίνει τό ἴδιο ὅπως τό προηγούμενο.
- δ) Ἐργαζόμαστε κατὰ τόν ἴδιο τρόπο μέ τό τρίτο λαμπόγυαλο καί βρίσκουμε τό ἴδιο ἀποτέλεσμα.

Συμπέρασμα

Ἡ δύναμη πού δέχεται ὀριζόντιος πυθμένας δοχείου πού εἶναι γεμάτο μέ ὕγρῳ δέν ἐξαρτᾶται ἀπό τό σχῆμα τοῦ δοχείου οὔτε ἀπό τήν ποσότητα τοῦ ὕγρου πού ἔχει μέσα, ἀλλά ἀπό τό ἐμβαδό τῆς ἐπι-

φάνειας του πυθμένα και την απόστασή του από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Τά υγρά ασκούν πιέσεις επάνω στα πλευρικά τοιχώματα των δοχείων, μέσα στα όποια βρίσκονται.

Ερμηνεία της λειτουργίας του υδροστρόβιλου

Απαραίτητα όργανα

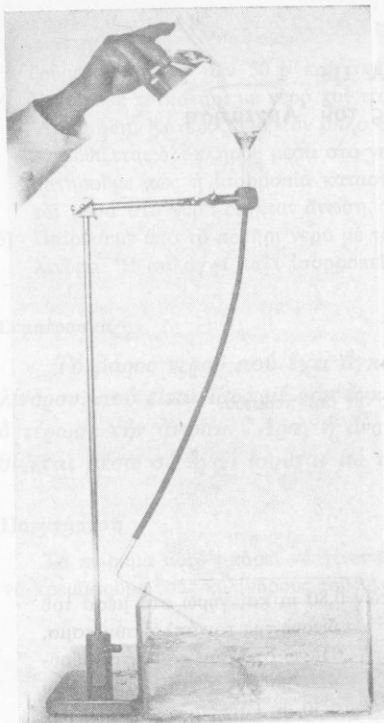
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 1 m.
3. Ένας απλός σύνδεσμος.
4. Μιά λαβίδα απλή.
5. Ένα άγκιστρο.
6. Ένα χωνί γυάλινο.
7. Ένας μικρός σωλήνας λυγισμένος σε όρθή γωνία χωρίς ακροφύσιο.
8. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
9. Ένας υδροστρόβιλος.
10. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
11. Ένα ποτήρι 250 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

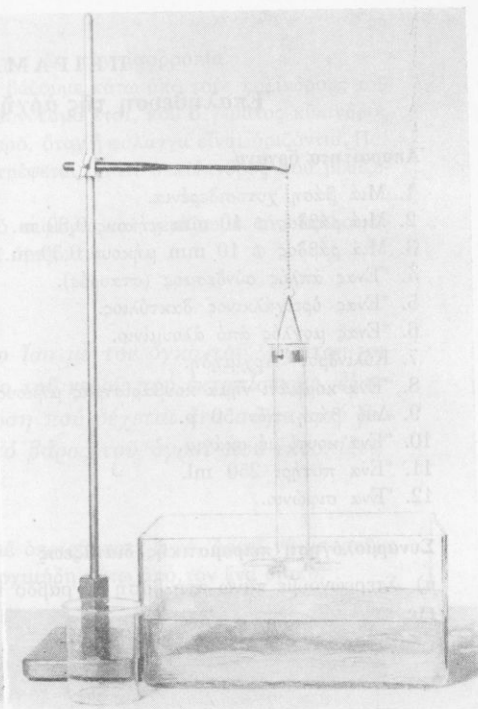
- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο πάνω άκρο της τόν απλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τη λαβίδα.
- β) Στο ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα συνδέουμε το γυάλινο χωνί και το στηρίζουμε πάνω στη λαβίδα. Στο άλλο άκρο συνδέουμε το λυγισμένο γυάλινο σωλήνα και τον αφήνουμε να ισορροπήσει, κρεμασμένο από το λαστιχένιο σωλήνα μέσα στη γυάλινη λεκάνη. Γεμίζουμε το ποτήρι νερό.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Χύνουμε μέσα στο χωνί νερό. Παρατηρούμε πώς το νερό τρέχει μέσα στη λεκάνη από το γυάλινο σωλήνα με οριζόντια ροή, ενώ ο σωλήνας αποκλίνει από την αρχική του θέση κατά φορά αντίθετη της ροής (κλωτσά προς τα πίσω) (εκ. 81).
- β) Βγάζουμε το χωνί και όλα τα άλλα εξαρτήματα και στη θέση της λαβίδας



Είκ. 81



Είκ. 82

βάζουμε τό άγκιστρο, άπό τό άκρο του όποιου κρεμάμε τόν ύδροστρόβιλο (είκ. 82). Κρατάμε μέ τό χέρι μας τόν ύδροστρόβιλο, χύνουμε μέ τό ποτήρι μέσα νερό, ώσπου νά γεμίσει, καί άμέσως τόν άφήνουμε έλεύθερο. Παρατηρούμε πώς, ένώ τό νερό πετιέται άπό τά άκροφύσια του ύδροστρόβιλου, αυτός περιστρέφεται κατά φορά αντίθετη της ροής.

Συμπέρασμα

Ο λαστιχένιος σωλήνας αποκλίνει εξαιτίας της δυνάμεως που άσκει τό νερό πάνω στό πλευρικό τοίχωμα του λυγισμένου σωλήνα άπέναντι άπό τήν τρύπα έκροής. Η δύναμη αυτή προέρχεται άπό τήν ύδροστατική πίεση.

Σέ όμοιες δυνάμεις, που εφαρμόζονται στά άπέναντι τοιχώματα των άκροφύσιων του ύδροστρόβιλου, όφείλεται καί ή λειτουργία αυτού.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

Έπαλήθευση της αρχής του Άρχιμήδη

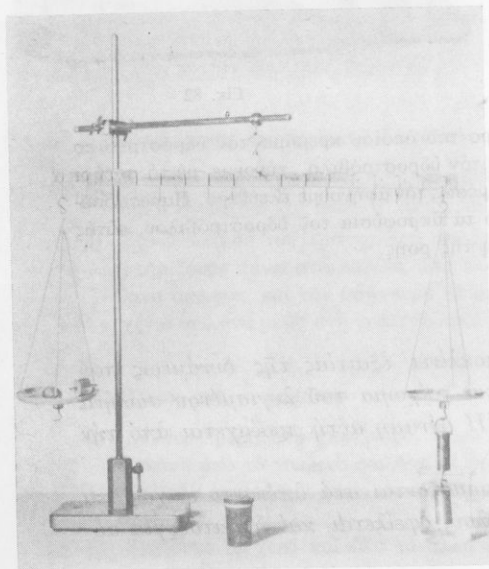
Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας απλός σύνδεσμος (σταυρός).
5. Ένας ορειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
7. Κύλινδροι Άρχιμήδη.
8. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας μήκους 50 cm περίπου.
9. Δυό βάρη τών 50 p.
10. Ένα κουτί με σκάγια.
11. Ένα ποτήρι 250 ml.
12. Ένα σιφώνιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο τών 0,80 m και γύρω στο μέσο του ύψους της τόν απλό σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στηρίζουμε οριζόντια τη ράβδο τών 0,30 m και πάνω σ' αυτή τόν ορειχάλκινο δακτύλιο.

Εικ. 83



β) Από τό ἄγκιστρο τοῦ ορειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τό μοχλό μέ ὄλους τοὺς ἵππεις του ἢ μόνο τοὺς δυό ἀκριανούς καί ἀπ' αὐτοὺς κρεμάμε τοὺς δυό δίσκους.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δείχνουμε πὺς ὁ γεμάτος κύλινδρος ἐφαρμόζει ἀκριβῶς μέσα στὸν κοῖλο.
- β) Ἀπὸ τὸν ἕνα δίσκο τοῦ ζυγοῦ (μοχλοῦ ἀπὸ αλουμίνιο) κρεμάμε κατάλληλα μέ ἕνα νήμα τοὺς κυλίνδρους τοῦ Ἀρχιμήδη καί στὸν ἄλλο δίσκο βά-

- ζουμε δυό βάρη των 50 p και σκάγια ως την ισορροπία.
- γ) Γεμίζουμε τό ποτήρι με νερό και τό βάζουμε κάτω από τούς κυλίνδρους τοῦ Ἀρχιμήδη. Κατεβάζουμε τόν ἀπλό σύνδεσμο ἔτσι, πού ὁ γεμάτος κύλινδρος νά βυθίζεται ὁλόκληρος μέσα στό νερό, ὅταν ἡ φάλαγγα εἶναι ὀριζόντια. Παρατηροῦμε πώς ἡ ισορροπία καταστρέφεται, γιατί ὁ κύλινδρος πού βυθίζεται μέσα στό νερό δέχεται ἄνωση.
- δ) Παίρνουμε ἀπό τό ποτήρι νερό μέ τό σιφώνιο καί γεμίζουμε τόν κοῖλο κύλινδρο. Ἡ φάλαγγα πάλι ισορροπεῖ ὀριζόντια.

Συμπέρασμα

Τό βάρος νεροῦ πού ἔχει ὄγκο ἴσο μέ τόν ὄγκο τοῦ γεμάτου κυλίνδρου, πού εἶναι ἴσος μέ τόν ὄγκο τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίστηκε, ἐξουδετέρωσε τήν ἄνωση. Ἄρα, ἡ ἄνωση πού δέχεται ἓνα σῶμα πού βυθίζεται μέσα σέ ὑγρό ἰσοῦται μέ τό βάρος τοῦ ὑγροῦ πού ἐκτοπίζει.

Παρατήρηση

Τό πείραμα αὐτό μπορεῖ νά γίνει μέ ὁποιοδήποτε ζυγό, ἀρκεῖ νά μποροῦμε νά κρεμάσουμε τούς κυλίνδρους τοῦ Ἀρχιμήδη κάτω ἀπό τόν ἓνα δίσκο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 12ο

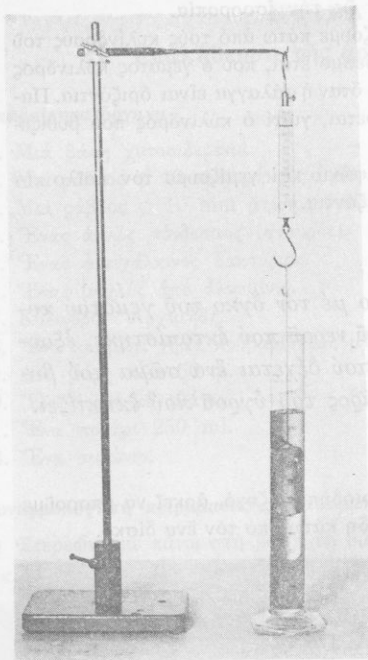
Ἐπαλήθευση τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας ἀπλός σύνδεσμος.
4. Ἐνα ἄγκιστρο.
5. Ἐνα δυναμόμετρο ἀντοχῆς 1 kp.
6. Ἐνας κύλινδρος ὀγκομετρικός 250 ml.
7. Μιά πέτρα ὄγκου 80 cm³ περίπου.
8. Ἐνα κομμάτι νῆμα κουβαρίστρας.
9. Ἐνα ποτήρι 250 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καί στό πάνω μέρος της τόν ἀπλό σύνδεσμο.



Είκ. 84

β) Πάνω στον άπλό σύνδεσμο στηρίζουμε τό άγκιστρο καί από τό άκρο του κρεμάμε τό δυναμόμετρο.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Γεμίζουμε τόν όγκομετρικό κύλινδρο μέ νερό ὥς ἕνα σημεῖο π.χ. 150 cm^3 καί σημειώνουμε αὐτή τήν ἔνδειξη.
- β) Δένουμε τήν πέτρα μέ τό νῆμα καί τήν κρεμάμε ἀπό τό δυναμόμετρο. Βρίσκουμε τό βάρος τῆς πέτρας π.χ. 280 p .
- γ) Βάζουμε τόν όγκομετρικό κύλινδρο κάτω ἀπό τήν πέτρα καί κατεβάζουμε τόν άπλό σύνδεσμο, ὥσπου νά βυθιστεῖ ολόκληρη ἡ πέτρα μέσα στό νερό. Παρατηροῦμε ὅτι : α) ἡ ἔνδειξη τοῦ δυναμόμετρου ἔγινε μικρότερη, ἔγινε 200 p , γιατί ἡ πέτρα δέχτηκε ἄνωση 80 p , καί β) τό νερό ἀνέβηκε μέσα στόν κύλινδρο ὥς τήν υποδιαίρεση 230 cm^3 (εἰκ. 84).

Συμπέρασμα

Τό νερό πού ἐκτοπίστηκε ἔχει ὄγκο 80 cm^3 , ἄρα καί βάρος 80 p . Ἐπομένως σῶμα (ἡ πέτρα) πού βυθίζεται μέσα σέ ἕνα ὕγρο δέχεται ἄνωση ἴση μέ τό βάρος τοῦ ὕγρου πού ἐκτοπίζει.

ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

Ἐπαλήθευση τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδη

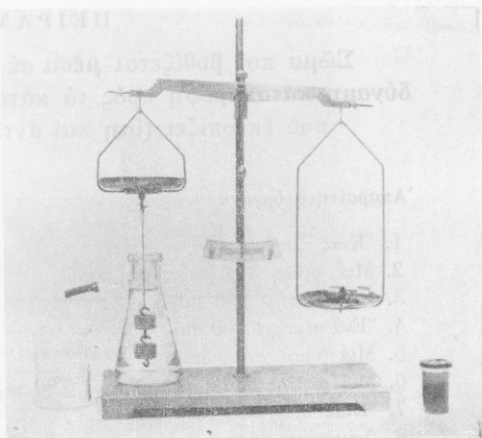
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας ὕδροστατικός ζυγός.
2. Μιά φιάλη διηθήσεως στό κενό.
3. Ἕνα ποτήρι 100 ml .

4. Ένα ποτήρι 250 ml.
5. Τέσσερα βάρη των 50 p.
6. Ένα κουτί με σκάγια.
7. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας.
8. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 8-10 cm.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Κρεμάμε με τό νήμα από τό άγκιστρο τοῦ κοντοῦ δίσκου τοῦ υδροστατικοῦ ζυγοῦ τά δύο βάρη των 50 p. Μέσα στόν ἴδιο δίσκο βάζουμε καί ἓνα ἄδειο ποτήρι των 100 ml καί ἰσορροποῦμε βάζοντας στόν ἄλλο δίσκο δύο βάρη των 50 p καί σκάγια. Στερεώνουμε τή φάλαγγα στό ἀνώτατο δυνατό ὕψος.
- β) Βάζουμε τή φιάλη διηθήσεως στό κενό κάτω ἀπό τά κρεμασμένα βάρη των 50 p καί στόν πλευρικό τῆς σωλήνα προσαρμόζουμε τό μικρό λαστιχένιο σωλήνα. Χύνουμε μέ τό ποτήρι των 250 ml νερό μέσα στή φιάλη, ὥσπου νά ἀρχίσει νά χύνεται ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα. Ὅταν πάψει νά χύνεται νερό ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα, ἀδειάζουμε τό ποτήρι των 250 ml καί τό βάζουμε κάτω ἀπό αὐτόν.
- γ) Κατεβάζουμε τή φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ τόσο, πού τά βάρη των 50 p νά βυθιστοῦν μέσα στό νερό τῆς φιάλης. Τό νερό πού ἐκτοπίζει τά δύο βάρη των 50 p χύνεται ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα καί μαζεῦεται μέσα στό ποτήρι των 250 ml, ἐνῶ ἡ φάλαγγα γέρνει πρὸς τό μέρος των σταθμῶν, γιατί τά βάρη δέχτηκαν ἄνωση.
- δ) Χύνουμε τό νερό πού ἐκτοπίστηκε μέσα στό ποτήρι των 100 ml πού βρίσκεται μέσα στό δίσκο, ὁπότε ἡ φάλαγγα πάλι ἰσορροπεῖ ὀριζόντια. Τό βάρος τοῦ νεροῦ πού ἐκτοπίστηκε ἐξουδετέρωσε τήν ἄνωση (εἰκ. 85).



Εικ. 85

Συμπέρασμα

Κάθε σώμα πού βυθίζεται μέσα σέ ἓνα ὑγρό δέχεται ἄνωση ἴση μέ τό βάρος τοῦ ὑγροῦ πού ἐκτοπίζει.

Παρατήρηση

Τό πείραμα αὐτό μπορεῖ νά γίνη καί μέ τό ζυγό πού συναρμολογοῦμε μέ τό μοχλό ἀπό ἀλουμίνιο.

Σώμα που βυθίζεται μέσα σε υγρό άσκει πάνω σ' αυτό δύναμη κατακόρυφη προς τα κάτω ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει (ίση και αντίθετη προς την άνωση)

Απαραίτητα όργανα

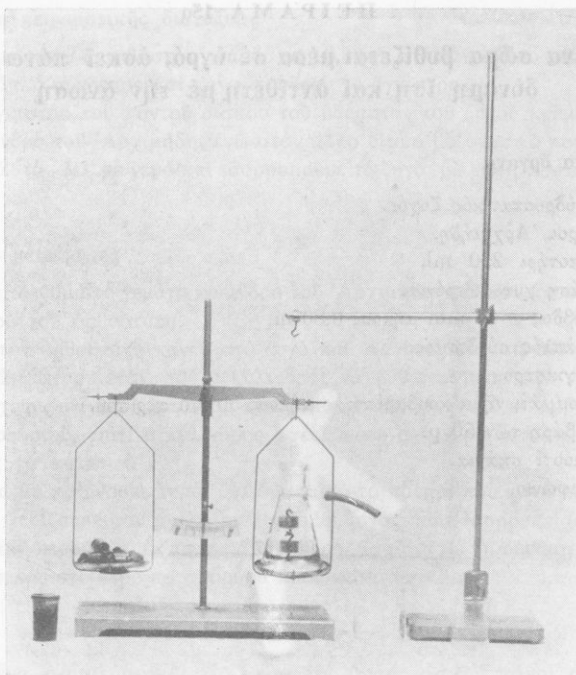
1. Ένας ζυγός.
2. Μιά φιάλη διηθήσεως στό κενό.
3. Ένα ποτήρι 250 ml.
4. Ένα ποτήρι 100 ml.
5. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
6. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
7. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
8. Δεκαπέντε βάρη τών 50 p.
9. Ένα κουτί με σκάγια.
10. Ένα νήμα κουβαρίστρας μήκους 30 cm περίπου.
11. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
12. Ένας άπλός σύνδεσμος.
13. Ένας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο τών 0,80 m και στό πάνω μέρος της τόν άπλό σύνδεσμο. Πάνω στό σύνδεσμο στηρίζουμε τη ράβδο τών 0,30 m με τόν όρειχάλκινο δακτύλιο και από τό άγκιστρο αυτού κρεμάμε με τό νήμα δύο βάρη τών 50 p.
- β) Συνδέουμε στόν πλευρικό σωλήνα της φιάλης διηθήσεως τό μικρό λαστιχένιο σωλήνα έτσι, πού νά είναι γυρτός προς τα κάτω.
Κατεβάζουμε τη φάλαγγα του ζυγού, ώσπου νά καθήσουν οί δίσκοι πάνω στη βάση του, γεμίζουμε τη φιάλη διηθήσεως με νερό ή άλλο υγρό και τη βάζουμε μέσα στόν ένα δίσκο με τόν πλευρικό σωλήνα προς τα έξω. Βάζουμε κάτω από τόν πλευρικό σωλήνα τό ποτήρι τών 250 ml και με τό άλλο ποτήρι χύνουμε στη φιάλη υγρό τόσο, πού νά ξεχειλίσει ή φιάλη και νά χυθεί μέσα στό ποτήρι. Προσθέτουμε στόν άλλο δίσκο του ζυγού ένδεκα (11) βάρη τών 50 p και σκάγια, άνυψώνουμε σιγά σιγά τη φάλαγγα και ίσορροπούμε τό ζυγό.

Έκτέλεση του πειράματος

Φέρνουμε τόν όρροστάτη σε τέτοια θέση, πού τά κρεμασμένα βάρη νά έρθουν από πάνω από τό στόμιο της φιάλης διηθήσεως. Κατεβάζουμε τό σύν-



Εικ. 86

δεσμο τόσο, πού τά βάρη νά βυθιστοῦν μέσα στό ὑγρό, χωρίς νά ἀκουμποῦν στὸν πυθμένα. Τό ἐκτοπιζόμενο νερό χύνεται ἀπὸ τὸν πλευρικό σωλήνα μέσα στό ποτήρι, ἡ ἰσορροπία ὅμως τοῦ ζυγοῦ παραμένει, γιατί τό βάρος τοῦ ὑγροῦ πού ἐκτοπίστηκε ἀναπληρώνεται ἀπὸ τή δύναμη πού ἀσκοῦν κατακόρυφα πρὸς τά κάτω τά δύο βάρη τῶν 50 ρ (εἰκ. 86).

Συμπέρασμα

“Ἐνα σῶμα πού βυθίζεται μέσα σ’ ἕνα ὑγρό ἀσκεῖ δύναμη κατακόρυφη πρὸς τά κάτω καί ἴση μέ τό βάρος τοῦ ὑγροῦ πού ἐκτοπίζει (ἀρχή δρᾶσεως - ἀντιδράσεως).”

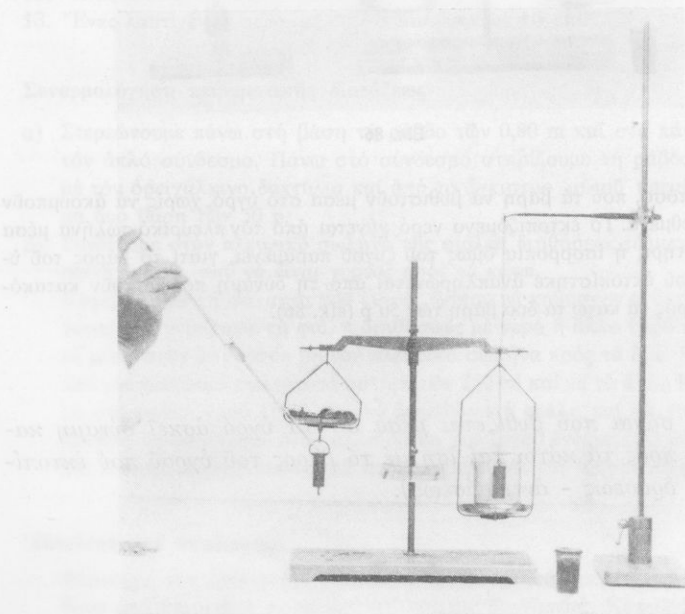
ΠΕΙΡΑΜΑ 150

Όταν ένα σώμα βυθίζεται μέσα σέ υγρό, ασκεί πάνω σ' αυτό δύναμη ίση και αντίθετη με την άνωση

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας υδροστατικός ζυγός.
2. Κύλινδροι Αρχιμήδη.
3. Ένα ποτήρι 250 ml.
4. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
5. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
6. Ένας άπλός σύνδεσμος.
7. Ένα άγκιστρο.
8. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας μήκους 50 cm περίπου.
9. Πέντε βάρη των 50 p.
10. Ένα κουτί σκάγια.
11. Ένα σιφώνιο.

Εικ. 87



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο πάνω άκρο της στηρίζουμε τον απλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν το άγκιστρο.
- β) Από το άγκιστρο του κοντού δίσκου του υδροστατικού ζυγού κρεμάμε τον κοίλο κύλινδρο του Άρχιμήδη, ενώ στον άλλο δίσκο βάζουμε το ποτήρι γεμάτο κατά τα $\frac{2}{3}$ με νερό και ισορροπούμε το ζυγό με βάρη των 50 p και σκάγια.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Δένουμε με το νήμα το γεμάτο κύλινδρο του Άρχιμήδη και τον κρεμάμε από το άγκιστρο του όρθοστάτη.
- β) Φέρνουμε τον όρθοστάτη κοντά στο ζυγό και κανονίζουμε τη θέση και το ύψος του άγκιστρου έτσι, πού ο κύλινδρος να βυθιστεί μέσα στο νερό του ποτηριού, χωρίς να άκουμπά στον πυθμένα. Ή φάλαγγα κλίνει προς το μέρος του ποτηριού, γιατί ο κύλινδρος άσκει πάνω στο νερό δύναμη κατακόρυφη προς τα κάτω.
- γ) Με το σιφόνιο παίρνουμε νερό, όχι όμως από το ποτήρι πού είναι πάνω στο δίσκο, και γεμίζουμε τον κοίλο κύλινδρο. Ο ζυγός πάλι ισορροπεί (είκ. 87). Τό βάρος του νερού πού εκτόπισε ο κύλινδρος ίσούται με τη δύναμη πού αυτός άσκει πάνω στο νερό κατακόρυφα προς τα κάτω.

Συμπέρασμα

"Όταν ένα σώμα βυθίζεται μέσα σε υγρό, άσκει πάνω σ' αυτό δύναμη ίση και αντίθετη με την άνωση.

Παρατήρηση

Τό πείραμα μπορεί νά γίνει και με τό ζυγό πού συναρμολογούμε με τό μοχλό από άλουμίνιο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 160

"Αν εμποδίσουμε την άσκηση δυνάμεων, εξαιτίας της υδροστατικής πιέσεως, κατακόρυφων προς τα πάνω πάνω σε σώμα βυθισμένο σε ένα υγρό, τό σώμα αυτό δέ δέχεται άνωση

Άπαραίτητα όργανα

1. Ένα ποτήρι 250 ml.

2. Ένα ποτήρι 100 ml.
3. Ένας γυάλινος δίσκος ϕ 5 cm περίπου ή ένα τετράγωνο τζάμι πλευράς 5 cm περίπου.
4. Ένα πώμα φελλού με διάμετρο ανάλογη με τις διαστάσεις του δίσκου ή του τζαμιού.
5. Ένα σωληνάριο κόλλα.
6. Ένα βάρος των 50 p.
7. Ένα φιαλίδιο με υδράργυρο 1 kp.
8. Ένα γυάλινο ραβδάκι 15-20 cm.

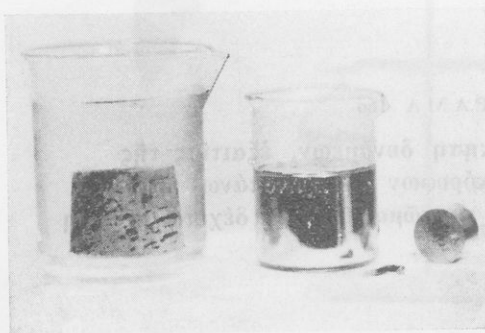
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Αλείφουμε τη μεγάλη βάση του πώματος του φελλού με κόλλα και το κολλάμε πάνω στο γυάλινο δίσκο ή το τζάμι. Τό αφήνουμε λίγο για να στεγνώσει ή κόλλα.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ακουμπάμε το πώμα με το γυάλινο δίσκο ή το τζάμι στον πυθμένα του ποτηριού των 250 ml έτσι, που ο δίσκος ή το τζάμι να εφάπτεται απόλυτα με τον πυθμένα. Χύνουμε σιγά σιγά μέσα στο ποτήρι νερό, ώσπου να σκεπαστεί ο φελλός, και στη συνέχεια, ώσπου να γεμίσει το ποτήρι. Τό πώμα με το δίσκο μένουν κολλημένα στον πυθμένα του ποτηριού (εικ. 88).
- β) Με το γυάλινο ραβδάκι σπρώχνουμε πλευρικά το φελλό, ώσπου να μπει νερό κάτω από το δίσκο ή το τζάμι, και τότε ο φελλός μαζί με το δίσκο ή το τζάμι ανεβαίνουν στην επιφάνεια και επιπλέουν.
- γ) Βγάζουμε το άγκιστρο από το βάρος των 50 p και κατόπιν με την επιφάνεια

Εικ. 88



- δ) Σπρώχνουμε με το γυάλινο ραβδάκι το βάρος των 50 p πλευρικά έτσι, που να μπει υδράργυρος ανάμεσα σ' αυτό και τον πυθμένα του ποτηριού. Τό σώμα ανεβαίνει άμεσα στην επιφάνεια του υδράργυρου και επιπλέει.

Συμπέρασμα

Στις περιπτώσεις (α) και (γ) το νερό και ο υδράργυρος δέν ασκούν άνωση πάνω στα σώματα, γιατί δέν ασκούν καμιά δύναμη στην κάτω επιφάνειά τους. Απεναντίας ή δύναμη πού ασκείται στην επάνω επιφάνεια των σωμάτων αυτών τά σπρώχνει προς τά κάτω. Όταν όμως μεταξύ των σωμάτων και του πυθμένα μπει υγρό (νερό ή υδράργυρος), εμφανίζεται ή άνωση πού τά ανεβάζει στην επιφάνεια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 17ο

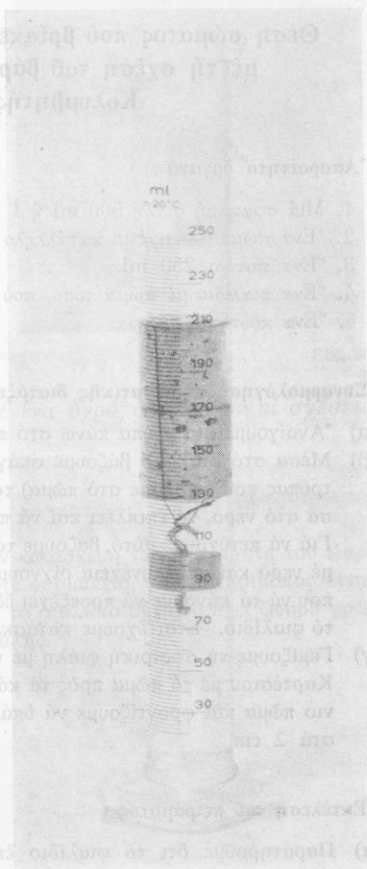
Ίσορροπία σωμάτων πού επιπλέουν

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα δυναμόμετρο άντοχής 100 p.
2. Ένα βάρος των 50 p.
3. Ένα πώμα φελλού.
4. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας μήκους 20-30 cm.
5. Ένας όγκομετρικός κύλινδρος 250 ml.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Δένουμε τό βάρος των 50 p κατάλληλα πάνω στό φελλό και τά δύο μαζι τά ζυγίζουμε μέ τό δυναμόμετρο. Βρίσκουμε πώς έχουν βάρος π.χ. $B = 60$ p.
- β) Γεμίζουμε τόν όγκομετρικό κύλινδρο μέ νερό ως μιά υποδιαίρεση, π.χ. 150 cm^3 .
- γ) Βάζουμε τό σύστημα των δύο σωμάτων μέσα στόν κύλινδρο. Παρατηρούμε πώς αυτό επιπλέει, ενώ ή στάθμη του νερού ανέβηκε μέσα στόν



Εικ. 89

κύλινδρο ως τήν υποδιαίρεση 210 cm^3 . Τό σῶμα ἔχει ἔκτοπίσει 60 cm^3 νερό.
Ἡ ἄνωση πού δέχεται εἶναι 60 p , ἀλλά 60 p εἶναι καί τό βάρος του (εἰκ. 89).

Συμπέρασμα

Ὅταν ἕνα σῶμα ἐπιπλέει (ἢ αἰωρεῖται) μέσα σέ ἕνα ὑγρό, ἡ ἄνωση πού δέχεται ἀπό τό ὑγρό εἶναι ἴση μέ τό βάρος του.

ΠΕΙΡΑΜΑ 18ο

**Θέση σώματος πού βρίσκεται μέσα σ' ἕνα ὑγρό ἀνάλογα
μέ τή σχέση τοῦ βάρους του πρός τήν ἄνωση.
Κολυμβητής τοῦ Καρτέσιου**

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml ἤ 1 l .
2. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο κατάλληλο γιά τή φιάλη.
3. Ἕνα ποτήρι 250 ml .
4. Ἕνα φιαλίδιο μέ πῶμα τόσο, πού νά μπαίνει μέσα στή φιάλη.
5. Ἕνα κουτί μέ σκάγια.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

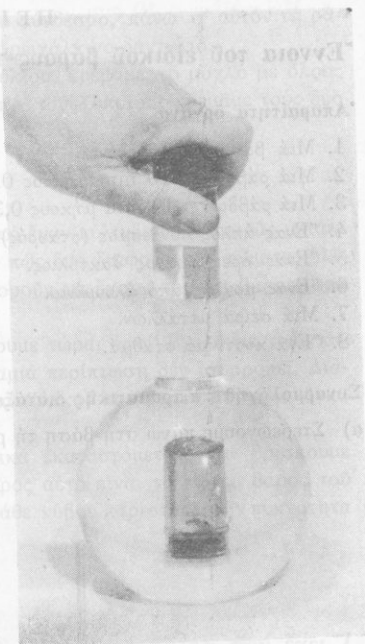
- α) Ἀνοίγουμε μιὰ τρύπα πάνω στό πῶμα τοῦ φιαλιδίου μέ μιὰ χοντρή βελόνα.
- β) Μέσα στό φιαλίδιο βάζουμε σκάγια (νά ἔχουν διάμετρο μικρότερη ἀπό τῆς τρύπας πού ἀνοίξαμε στό πῶμα) τόσο, πού, ὅταν τό φιαλίδιο τό βάλουμε μέσα στό νερό, νά ἐπιπλέει καί νά προεξέχει πάνω ἀπό τό νερό $1-2 \text{ mm}$.
Γιά νά πετύχουμε αὐτό, βάζουμε τό φιαλίδιο μέ λίγα σκάγια μέσα στό ποτήρι μέ νερό καί στή συνέχεια ρίχνουμε μέσα στό φιαλίδιο λίγα λίγα σκάγια, ὥσπου νά τό κάνουμε νά προεξέχει ἔξω ἀπό τό νερό $1-2 \text{ mm}$. Πωματίζουμε τότε τό φιαλίδιο. Ἐτσι ἔχουμε κατασκευάσει ἕναν κολυμβητή τοῦ Καρτέσιου.
- γ) Γεμίζουμε τή σφαιρική φιάλη μέ νερό καί ρίχνουμε μέσα τόν κολυμβητή τοῦ Καρτέσιου μέ τό πῶμα πρὸς τά κάτω. Πωματίζουμε τή φιάλη μέ τό λαστιχένιο πῶμα καί φροντίζουμε νά ὑπάρχει κάτω ἀπό τό πῶμα στήλη ἀέρα γύρω στά 2 cm .

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Παρατηροῦμε ὅτι τό φιαλίδιο ἐπιπλέει. Ἄρα τό βάρος του εἶναι μικρό-

τερο από την άνωση, δηλαδή $B < A$.

- β) Πιέζουμε με το χέρι μας προς τα κάτω το ελαστικό πώμα. Ο αέρας που είναι κάτω απ' αυτό, μέσα στη φιάλη, ασκεί πίεση πάνω στην επιφάνεια του νερού. Νερό μπαίνει από την τρύπα μέσα στο φιαλίδιο που έστι το βάρος του μεγαλώνει. Το φιαλίδιο καταβαίνει και σκεπάζεται ολόκληρο από το νερό. Αιωρείται, δηλαδή $B = A$.
- γ) Πιέζουμε το πώμα ακόμα περισσότερο. Και άλλο νερό μπαίνει μέσα στο φιαλίδιο και τότε αυτό καταβαίνει και ακουμπά στον πυθμένα της φιάλης. Βυθίζεται, δηλαδή $B > A$ (εικ. 90).
- δ) Χαλαρώνουμε λίγο το πώμα προς τα πάνω. Ο αέρας που βρίσκεται με πίεση μέσα στο φιαλίδιο διώχνει το νερό που μπήκε μέσα και ο κολυμβητής ξαναεβαίνει στην επιφάνεια.



Εικ. 90

Με τον κολυμβητή του Καρτέσιου δείχνουμε πώς ένα σώμα επιπλέει, αιωρείται ή βυθίζεται μέσα σέ ένα υγρό, αν ισχύουν οι σχέσεις $B < A$, $B = A$, $B > A$ αντίστοιχα.

Παρατήρηση

Πλαστικά φιαλίδια κατάλληλα για την κατασκευή του κολυμβητή του Καρτέσιου μπορούμε να βρούμε σέ οποιοδήποτε φαρμακείο, γιατί χρησιμοποιούνται για τη συσκευασία φαρμάκων. Καλό είναι το φιαλίδιο αυτό να έχει ζωηρό χρώμα, γιά να φαίνεται μέσα στο νερό της φιάλης.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

"Εννοια του ειδικού βάρους καί της πυκνότητας ενός σώματος

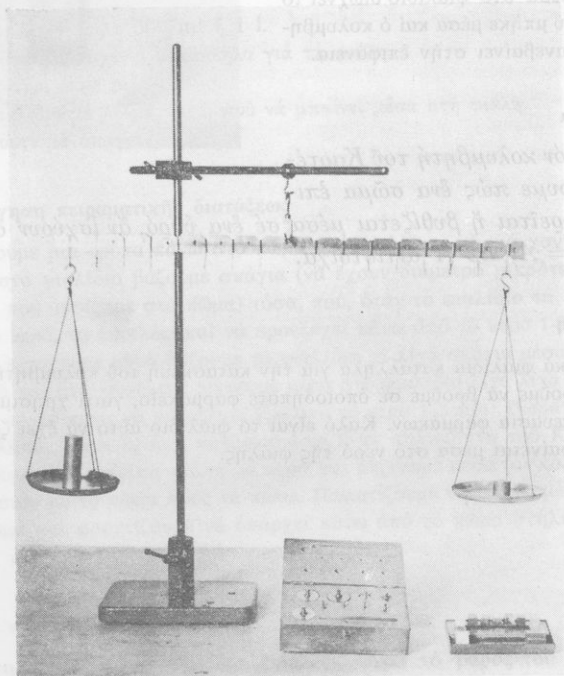
*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. "Ενας άπλός σύνδεσμος (σταυρός).
5. "Ενας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. "Ενας μοχλός από άλουμίνιο.
7. Μιά σειρά μετάλλων.
8. "Ενα κουτί μέ σταθμά.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m.

Εικ. 91



- β) Στο μέσο της ράβδου στηρίζουμε τόν απλό σύνδεσμο, πάνω σ' αυτόν τή ράβδο των 0,30 m καί πάνω στή ράβδο τόν ὀρειχάλκινο δακτύλιο.
- γ) Ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ ὀρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τό μοχλό μέ ὅλους τοὺς ἰππεῖς του ἢ μόνο τοὺς ἀκριανούς, ἀπό τοὺς ὁποῖους κρεμάμε τοὺς δύο δίσκους.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Μέσα στοὺς δίσκους τοῦ ζυγοῦ βάζουμε ἀπό ἓναν κύλινδρο τῆς σειρᾶς μετάλλων. Ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ. Διαπιστώνουμε πὼς δύο διαφορετικὰ σώματα (ὕλικά) πού ἔχουν διαφορετικούς ὄγκους μποροῦν νά ἔχουν τό ἴδιο βάρος, ἄρα καί τήν ἴδια μάζα (εἰκ. 91).
- β) Μέσα στοὺς δύο δίσκους τοῦ ζυγοῦ βάζουμε τώρα, ἀφοῦ βγάλουμε τοὺς κύλινδρους, ἀπό ἓναν κύβο. Ὁ ζυγὸς σέ καμιά περίπτωση δέν ἰσορροπεῖ. Διαπιστώνουμε πὼς δύο διαφορετικὰ σώματα (ὕλικά) πού ἔχουν τόν ἴδιο ὄγκο δέν ἔχουν τό ἴδιο βάρος ἢ τήν ἴδια μάζα.
- γ) Ζυγίζουμε τοὺς κύβους, πού εἶναι κυβικά ἑκατοστόμετρα, καί βρίσκουμε τό βάρος τους καί τή μάζα τους. Τό βάρος αὐτό εἶναι τό εἰδικό βάρος τοῦ ἀντίστοιχου μετάλλου, καί ἡ μάζα τοῦ κάθε κύβου παριστάνει τήν πυκνότητα τοῦ ὕλικου ἀπό τό ὁποῖο ἀποτελεῖται.

Συμπέρασμα

Κάθε ὁμογενές σῶμα χαρακτηρίζεται ἀπό τό βάρος πού ἔχει 1 cm^3 ἀπ' αὐτό καί πού λέγεται εἰδικό βάρος τοῦ ὕλικου τοῦ σώματος, ἢ ἀπό τή μάζα πού περιέχει 1 cm^3 ἀπ' αὐτό καί πού λέγεται πυκνότητα τοῦ ὕλικου αὐτοῦ.

Δηλαδή: Εἰδικό βάρος ἐνός ὁμογενοῦς ὕλικου εἶναι τό βάρος τῆς ποσότητας τοῦ ὕλικου αὐτοῦ πού περιέχεται στή μονάδα τοῦ ὄγκου, ἐνῶ ἡ ποσότητα τῆς ὕλης, ἡ μάζα, πού περιέχεται στή μονάδα τοῦ ὄγκου λέγεται πυκνότητα τοῦ ὕλικου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 206

Μέτρηση τοῦ εἰδικοῦ βάρους καί τῆς πυκνότητας στερεοῦ σώματος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

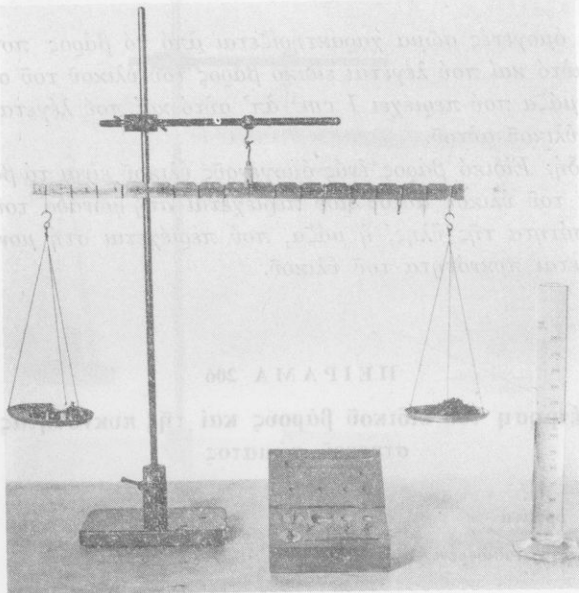
1. Μικρὴ βάση χυτοσιδερένια.

2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας άπλός σύνδεσμος (σταυρός).
5. Ένας δρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
7. Ένα κουτί με σταθμά.
8. Ένας όγκομετρικός κύλινδρος 250 ml.
9. Ένα ποτήρι 250 ml.
10. Μικρά κομμάτια του σώματος που θέλουμε να βρούμε τό ειδικό βάρος (μικρά καρφιά).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τή ράβδο των 0,80 m, στηρίζουμε πάνω σ' αυτή καί στο μέσο του ύψους της τόν άπλό σύνδεσμο, σ' αυτόν τή ράβδο των 0,30 m καί τέλος επάνω σ' αυτή τόν δρειχάλκινo δακτύλιο.
- β) Από τό άγκιστρο του δρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε τό μοχλό από αλουμίνιο μέ όλους τούς ήπεις του ή μόνο τούς άκριανούς, από τούς όποιους κρεμάμε τούς δύο δίσκους.

Εικ. 92



Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ζυγίζουμε μία ποσότητα από τα καρφάκια π.χ. 80 p (είκ. 92). (Όταν τὰ καρφάκια είναι μικρά, μπορούμε νά πάρουμε μέ αρκετή ακρίβεια τό βάρος πού θέλουμε.)
- β) Γεμίζουμε τόν όγκομετρικό κύλινδρο μέ νερό ως ένα όρισμένο ύψος π.χ. 140 cm³ καί έπειτα ρίχνουμε μέσα τὰ καρφάκια πού ζυγίσαμε. Παρατηρούμε πώς ή επιφάνεια του νερού ανέβηκε στην υποδιαίρεση 150 cm³. Άρα, ό όγκος πού έχουν τὰ καρφάκια είναι 10 cm³.
- γ) Διαιρούμε τό βάρος (B) των 80 p μέ τόν όγκο (V) των 10 cm³ καί βρίσκουμε τό ειδικό βάρος του σώματος, δηλαδή

$$\varepsilon = \frac{B}{V} \quad \eta \quad \varepsilon = \frac{80 \text{ p}}{10 \text{ cm}^3} = 8 \frac{\text{p}}{\text{cm}^3}$$

- δ) Έπειδή σωμα βάρους 80 p έχει μάζα 80 gr, βρίσκουμε καί τήν πυκνότητα του σώματος πού είναι

$$d = \frac{m}{V} \quad \eta \quad d = \frac{80 \text{ gr}}{10 \text{ cm}^3} = 8 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Συμπέρασμα

Γιά νά βρούμε τό ειδικό βάρος ενός σώματος, βρίσκουμε τό βάρος του καί τόν όγκο του καί διαιρούμε τό βάρος μέ τόν όγκο του σώματος. Έπειδή σωμα βάρους 1 p έχει μάζα 1 gr, ό αριθμός πού εκφράζει τό ειδικό βάρος του σώματος σέ $\frac{p}{\text{cm}^3}$ εκφράζει καί τήν πυκνότητά του σέ $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 21ο

Μέτρηση της πυκνότητας των υγρών μέ τή συσκευή του HARE

Απαραίτητα όργανα

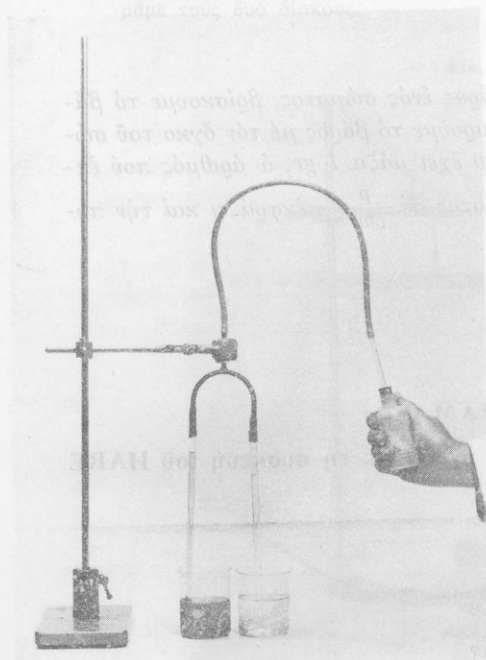
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας άπλός σύνδεσμος.
4. Μιά λαβίδα άπλή.

5. "Ένας σωλήνας διακλαδωτήρας.
6. Δύο σωλήνες λαστιχένιοι ϕ 7-8 mm μήκους 4-5 cm.
7. "Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 40 cm περίπου.
8. Δύο σωλήνες γυάλινοι ϕ 7-8 mm μήκους 35 cm περίπου.
9. Δύο ποτήρια 250 ml.
10. "Ένα πλαστικό φιαλίδιο 100 ml.
11. "Ένα πώμα λαστιχένιο με τρύπα κατάλληλο για τό πλαστικό φιαλίδιο.
12. "Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 5-6 cm.
13. Μιά φιάλη με οινόπνευμα.
14. "Ένα ύποδεικτικό.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο πάνω άκρο της τόν απλό σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στηρίζουμε τη λαβίδα.
- β) Στα δύο παράλληλα σκέλη του U του διακλαδωτήρα προσαρμόζουμε τά ά-

Είκ. 93



κρα των δύο λαστιχένιων σωλήνων των 4-5 cm και στο άλλο άκρο τους συνδέουμε από ένα γυάλινο σωλήνα των 35 cm. Στο ελεύθερο σκέλος του διακλαδωτήρα συνδέουμε τό λαστιχένιο σωλήνα των 40 cm.

- γ) Περνάμε σφιχτά στην τρύπα του πώματος τό γυάλινο σωλήνα των 5-6 cm και μ' αυτό πωματίζουμε τό πλαστικό φιαλίδιο. Συνδέουμε τό γυάλινο σωλήνα του φιαλιδίου με τό ελεύθερο άκρο του λαστιχένιου σωλήνα του διακλαδωτήρα.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό ένα ποτήρι ως τά 2/3 του ύψους του με νερό και τό άλλο ως τό ίδιο περίπου ύψος με οινόπνευμα.
- β) Συγκρατούμε τό διακλαδωτήρα με τη λαβίδα του ὀρθοστάτη, με τούς γυάλινους σωλήνες πρὸς τά κάτω, βάζουμε τά δύο

ποτήρια τo καθένα κάτω από ένα γυάλινο σωλήνα και κατεβάζουμε τή λαβίδα, ώσπου νά βυθιστούν τά άκρα των σωλήνων 2-3 cm μέσα στο υγρό των ποτηριών.

γ) Πιέζουμε τό πλαστικό φιαλίδιο και βλέπουμε πώς ο άέρας ξεφεύγει μέ μορφή φυσαλίδων από τά άκρα των σωλήνων πού είναι μέσα στά υγρά. Άφήνουμε τό φιαλίδιο ελεύθερο.

Παρατηρούμε πώς τά υγρά των ποτηριών ανεβαίνουν μέσα στους σωλήνες και σχηματίζουν στηλες διαφορετικού ύψους (είκ. 93). Μετράμε τά ύψη των στηλών αυτών από τήν ελεύθερη επιφάνεια του υγρού στο αντίστοιχο ποτήρι και βρίσκουμε π.χ. γιά τό νερό $h_1 = 18$ cm και γιά τό οινόπνευμα $h_2 = 22$ cm. Άν d_1 και d_2 είναι οί πυκνότητες των δυό υγρών, είναι φανερό

$$\text{πώς έχουμε } \frac{d_1}{d_2} = \frac{h_2}{h_1} \text{ και } d_2 = d_1 \frac{h_1}{h_2}.$$

Συμπέρασμα

Μέ τή συσκευή του Hare μπορούμε νά μετρήσουμε τήν πυκνότητα ενός υγρού, άν διαθέτουμε ένα άλλο υγρό γνωστής πυκνότητας, μετρώντας τά ύψη των στηλών των δυό υγρών, στά όποία αυτά φτάνουν μέ τήν επίδραση τής ίδιας πιέσεως.

Προσδιορισμός της πυκνότητας και του ειδικού βάρους

ΠΕΙΡΑΜΑ 22ο

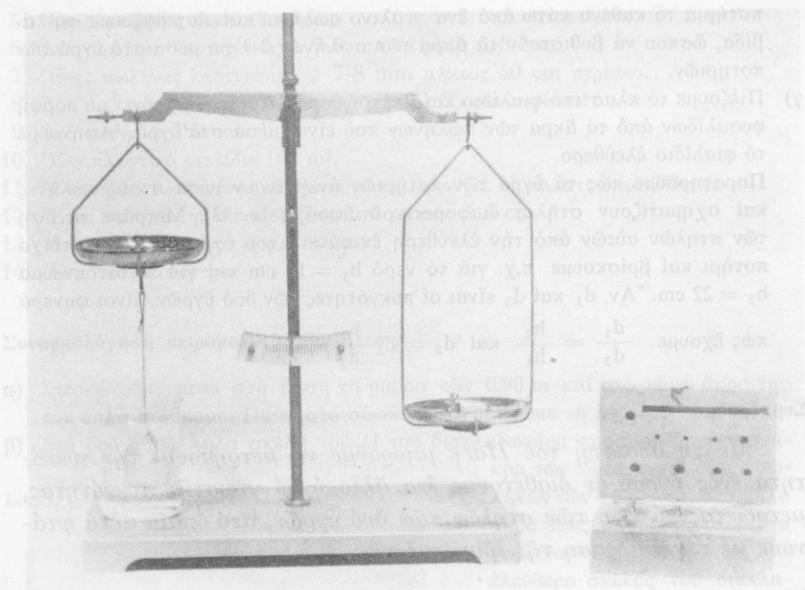
Μέτρηση του σχετικού ειδικού βάρους στερεού σώματος μέ τή μέθοδο τής άνώσεως και άπ' αυτό εύρεση τής πυκνότητας και του ειδικού βάρους αυτού

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας υδροστατικός ζυγός.
2. Ένα κουτί μέ σταθμά.
3. Ένα ποτήρι 250 ml.
4. Μιά πέτρα 150-200 p.
5. Ένα κομμάτι νήμα κοινό μήκους 50 cm περίπου.

*Εκτέλεση του πειράματος

α) Δένουμε μέ τό νήμα τήν πέτρα και τήν κρεμάμε από τό άγκιστρο του δίσκου του υδροστατικού ζυγού. Βάζουμε στόν άλλο δίσκο σταθμά και βρίσκουμε τό βάρος τής πέτρας στόν άέρα π.χ. Β.



Είκ. 94

- β) Γεμίζουμε με άποσταγμένο νερό τό ποτήρι ως τά 2/3 του ύψους του καί τό φέρνουμε κάτω από τήν πέτρα. Κατεβάζουμε τή φάλαγγα του ζυγοῦ, ὥσπου νά βυθιστεῖ ἡ πέτρα μέσα στό νερό του ποτηριοῦ. Ἡ πέτρα δέχεται ἄνωση καί ὁ ζυγός γέρνει πρὸς τό μέρος τῶν σταθμῶν. Βάζουμε νέα σταθμά στό δί-σκο, ἀπό τόν ὁποῖο κρέμεται ἡ πέτρα, καί ἰσορροποῦμε πάλι τό ζυγό. Τό βά-ρος αὐτῶν εἶναι B' (εἰκ. 94). Εἶναι φανερό πὸς τά σταθμά B' παριστάνουν τήν ἄνωση πού δέχεται ἡ πέτρα ἢ τό βάρος νεροῦ ὅγκου ἴσου μέ τόν ὄγκο τῆς πέτρας. Ἀρα τό σχετικό εἰδικό βάρος τῆς πέτρας ὡς πρὸς τό νερό εἶναι
- $$\varepsilon = \frac{B}{B'}$$
- καί εἶναι καθαρός ἀριθμός.

- γ) Τό εἰδικό βάρος τῆς πέτρας εἶναι $\varepsilon = \frac{B}{B'} \cdot \varepsilon_{\text{νεροῦ}}$, καί ἡ πυκνότητα τῆς πέ-τρας εἶναι $d = \frac{B}{B'} \cdot d_{\text{νεροῦ}}$.

Συμπεράσματα

Γιά νά βροῦμε τ σχετικό εἰδικό βάρος ἑνός σώματος ὡς πρὸς τό νερό, βρίσκουμε: α) τό βάρος του. β) τήν ἄνωση πού δέχεται, ὅταν βυ-

θιστεῖ μέσα στό νερό, καί ἔπειτα παίρνουμε τό λόγο αὐτῶν τῶν δύο ποσῶν.

Γιά νά βροῦμε τό εἰδικό βάρος ἢ τήν πυκνότητα τοῦ σώματος, πολλαπλασιάζουμε τό σχετικό εἰδικό βάρος πού βρήκαμε μέ τό εἰδικό βάρος ἢ τήν πυκνότητα τοῦ νεροῦ πού χρησιμοποιήσαμε.

Παρατήρηση I

Στά σχολικά πειράματα χρησιμοποιοῦμε συνήθως κοινό νερό ἀντί γιά ἀποσταγμένο. Ἄν ἔχουμε ἀποσταγμένο νερό, τό εἰδικό βάρος του γιά τή θερμοκρασία τοῦ πειράματος βρίσκεται σέ εἰδικούς πίνακες.

Παρατήρηση II

Τό πείραμα μπορεῖ νά γίνει καί μέ τό ζυγό πού συναρμολογοῦμε μέ τό μοχλό ἀπό ἀλουμίνιο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 23ο

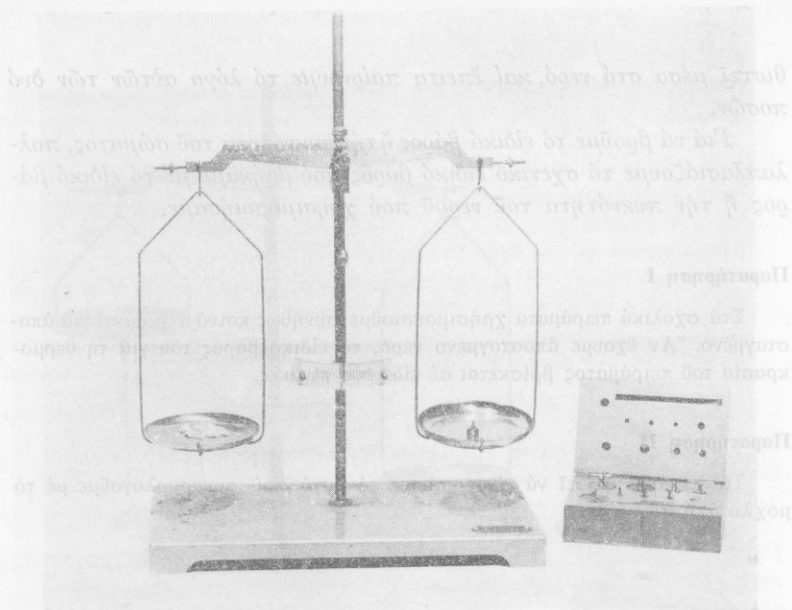
Προσδιορισμός τῆς πυκνότητας καί τοῦ εἰδικοῦ βάρους στερεοῦ μέ τή μέθοδο τῆς ληκύθου

*Απαραίτητα ὄργανα

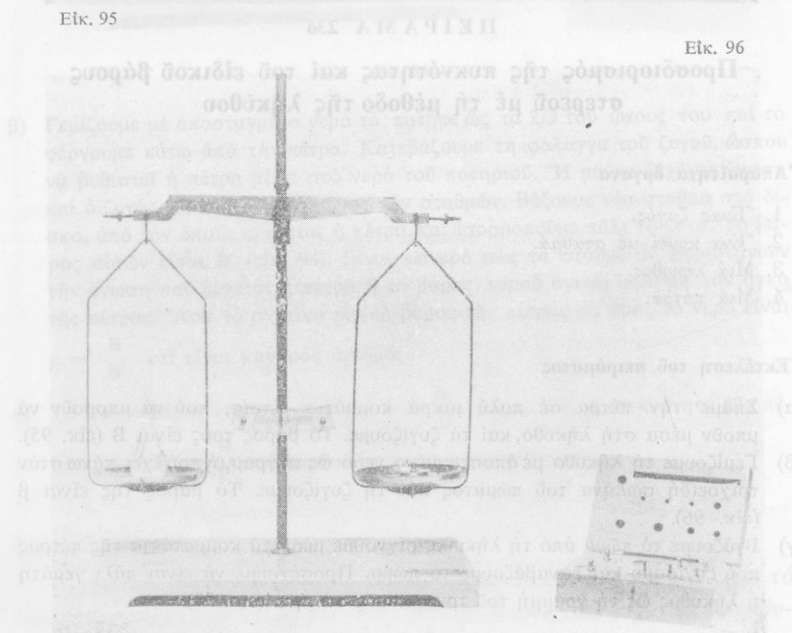
1. Ἐνας ζυγός.
2. Ἐνα κουτί μέ σταθμά.
3. Μιά λήκυθος.
4. Μιά πέτρα.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

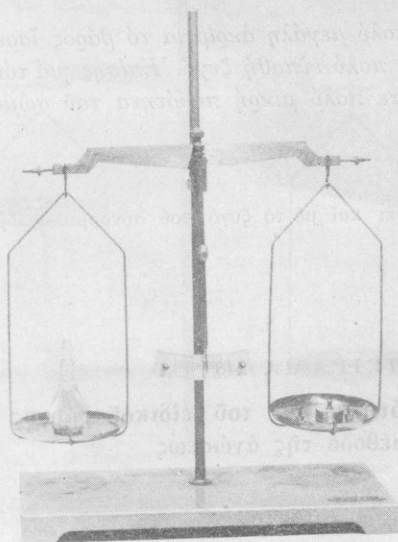
- α) Σπᾶμε τήν πέτρα σέ πολύ μικρά κομμάτια τέτοια, πού νά μποροῦν νά μποῦν μέσα στή λήκυθο, καί τά ζυγίζουμε. Τό βάρος τους εἶναι Β (εἰκ. 95).
- β) Γεμίζουμε τή λήκυθο μέ ἀποσταγμένο νερό ὥς τή γραμμή πού ἔχει πάνω στόν τριχοειδή σωλήνα τοῦ πώματος καί τή ζυγίζουμε. Τό βάρος της εἶναι β (εἰκ. 96).
- γ) Βγάζουμε τό πῶμα ἀπό τή λήκυθο, ρίχνουμε μέσα τά κομματάκια τῆς πέτρας πού ζυγίσαμε καί ξαναβάζουμε τό πῶμα. Προσέχουμε νά εἶναι πάλι γεμάτη ἡ λήκυθος ὥς τή γραμμή τοῦ τριχοειδοῦς σωλήνα (εἰκ. 97).



Εικ. 95



Εικ. 96



Εικ. 97

Ζυγίζουμε πάλι τη λήκυθο και βρίσκουμε τό βάρος της β'. Είναι φανερό πώς τό βάρος β' θά ισοῦται μέ τό βάρος B τοῦ σώματος καί τό βάρος β τῆς ληκύθου, ἂν ἀπ' αὐτή ἀφαιρέσουμε τό βάρος B' τοῦ νεροῦ ποῦ ἐκτοπίστηκε, δηλαδή

$\beta' = B + \beta - B'$ ἢ $B' = B + \beta - \beta'$. Ὁ λόγος $\varepsilon = \frac{B}{B'} = \frac{B}{B + \beta - \beta'}$ παριστάνει τό σχετικό εἰδικό βάρος τῆς πέτρας ὡς πρὸς τό νερό.

Ἡ πυκνότητα τῆς πέτρας θά εἶναι $d = \frac{B}{B + \beta - \beta'} \cdot d_{\text{νεροῦ}}$, καί τό εἰδικό βάρος τῆς πέτρας θά εἶναι $\varepsilon = \frac{B}{B + \beta - \beta'} \cdot \varepsilon_{\text{νεροῦ}}$.

Συμπέρασμα

Γιά νά βροῦμε τήν πυκνότητα ἢ τό εἰδικό βάρος στερεοῦ σώματος μέ τή μέθοδο τῆς ληκύθου, βρίσκουμε τό σχετικό εἰδικό βάρος αὐτοῦ μέ προσδιορισμό τοῦ βάρους του καί τοῦ βάρους ἴσου ὄγκου νεροῦ καί ἀπό τό σχετικό εἰδικό βάρος βρίσκουμε τό εἰδικό βάρος ἢ τήν πυκνότητα τοῦ σώματος.

Ἡ ἀξία τῆς ληκύθου ὀφείλεται στό ὅτι μπορούμε μ' αὐτή νά

προσδιορίζουμε μέ πάρα πολύ μεγάλη ακρίβεια τό βάρος ἴσου ὄγκου νεροῦ, ιδιαίτερα ἂν ἔχουμε πολύ εὐπαθή ζυγό. Ἐπίσης γιά τόν προσδιορισμό αὐτό χρειάζομαστε πολύ μικρή ποσότητα τοῦ σώματος.

Παρατήρηση

Τό πείραμα μπορεῖ νά γίνει καί μέ τό ζυγό πού συναρμολογοῦμε μέ τό μοχλό ἀπό ἀλουμίνιο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 24ο

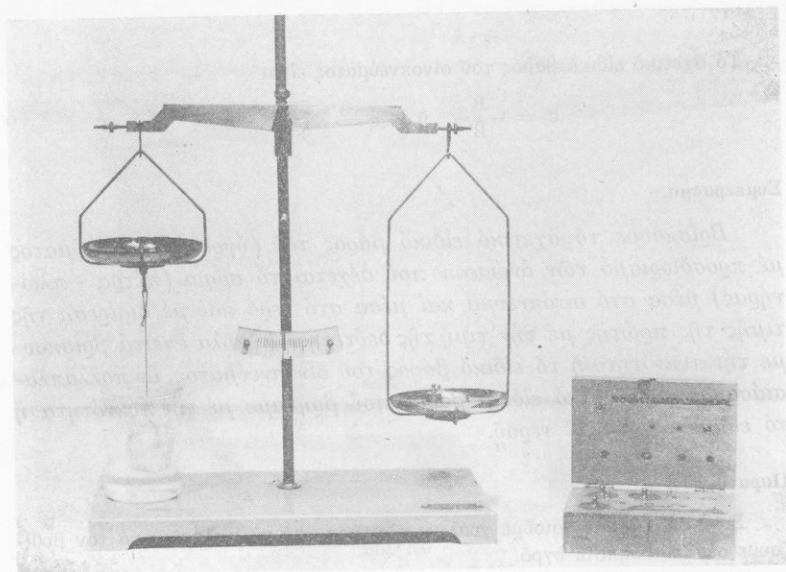
Προσδιορισμός τῆς πυκνότητας καί τοῦ ειδικοῦ βάρους ὑγροῦ μέ τή μέθοδο τῆς ἀνώσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας ὑδροστατικός ζυγός.
2. Δυό ποτήρια 250 ml.
3. Μιά πέτρα.
4. Ἕνα κομμάτι νῆμα κουβαρίστρας 50 cm περίπου.
5. Μιά φιάλη οἰνοπνεύματος.
6. Ἕνα κουτί σταθμά.

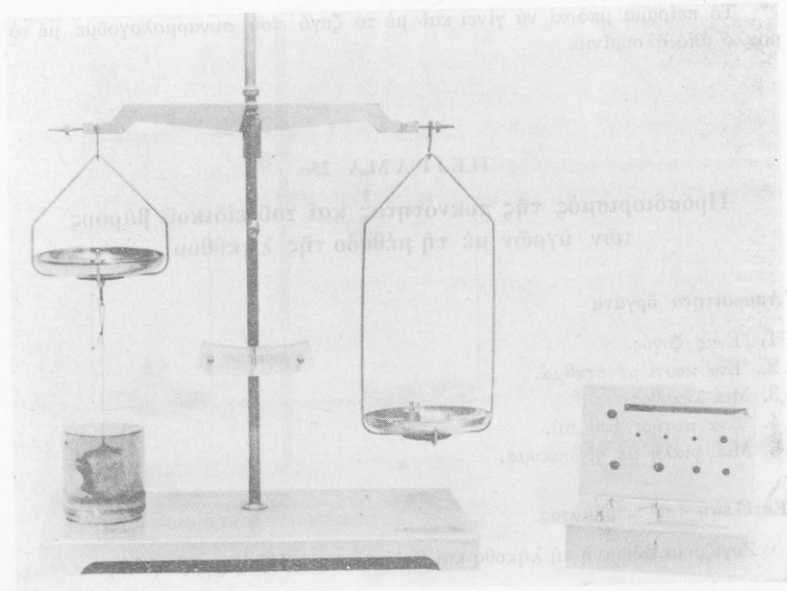
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δένουμε τήν πέτρα μέ τό νῆμα καί τήν κρεμῶμε ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Βάζουμε στόν ἄλλο δίσκο σταθμά καί ἰσορροποῦμε τό ζυγό.
- β) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ νερό ὥς τά $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους του καί τό φέρνουμε κάτω ἀπό τήν πέτρα. Κατεβάζουμε τή φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ, ὥσπου ἡ πέτρα νά βυθιστεῖ μέσα στό νερό. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται ἐξαιτίας τῆς ἀνώσεως. Γιά νά ξαναφέρουμε τήν ἰσορροπία, βάζουμε στό δίσκο, ἀπό τόν ὁποῖο κρέμεται ἡ πέτρα, σταθμά $B' = 9 \text{ p}$ (εἰκ. 98). Τά σταθμά αὐτά παριστάνουν τήν ἀνωση πού δέχεται ἡ πέτρα μέσα στό νερό ἢ τό βάρος νεροῦ ὄγκου ἴσου μέ τόν ὄγκο τῆς πέτρας.
- γ) Βγάζουμε τό ποτήρι μέ τό νερό καί στή θέση του βάζουμε τό ἄλλο ποτήρι γεμάτο ὥς τά $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους του μέ οἰνόπνευμα. Γιά νά ἔχουμε ἰσορροπία, πρέπει νά ἀφήσουμε τώρα στό δίσκο πού κρέμεται ἡ πέτρα σταθμά $B = 7 \text{ p}$ (εἰκ. 99). Τά σταθμά αὐτά παριστάνουν καί ἐδῶ τό βάρος οἰνοπνεύματος ὄγκου ἴσου πρὸς τόν ὄγκο τῆς πέτρας.



Εικ. 98

Εικ. 99



Τό σχετικό ειδικό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι

$$\varepsilon = \frac{B}{B'} \quad \text{ἢ} \quad \varepsilon = \frac{7p}{9p} = 0,78.$$

Συμπέρασμα

Βρίσκουμε τό σχετικό ειδικό βάρος τοῦ (ύγρου) οἰνοπνεύματος μέ προσδιορισμό τῶν ἀνώσεων πού δέχεται τό σῶμα (πέτρα - πλωτήρας) μέσα στό οἰνόπνευμα καί μέσα στό νερό καί μέ διαίρεση τῆς τιμῆς τῆς πρώτης μέ τήν τιμή τῆς δεύτερης. Εὔκολα ἔπειτα βρίσκουμε τήν πυκνότητα ἢ τό ειδικό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος, ἄν πολλαπλασιάσουμε τό σχετικό ειδικό βάρος πού βρήκαμε μέ τήν πυκνότητα ἢ τό ειδικό βάρος τοῦ νεροῦ.

Παρατήρηση I

Συνήθως χρησιμοποιοῦμε γυάλινο πλωτήρα, γιά νά μπορούμε νά τόν βυθίζουμε σέ ὅποιοδήποτε ὑγρό.

Παρατήρηση II

Τό πείραμα μπορεῖ νά γίνει καί μέ τό ζυγό πού συναρμολογοῦμε μέ τό μοχλό ἀπό ἄλουμνιο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 25ο

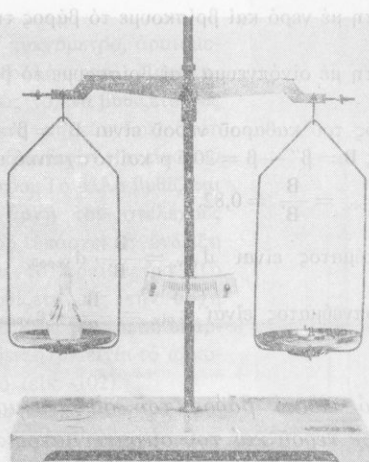
Προσδιορισμός τῆς πυκνότητας καί τοῦ ειδικοῦ βάρους τῶν ὑγρῶν μέ τή μέθοδο τῆς λήκυθου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

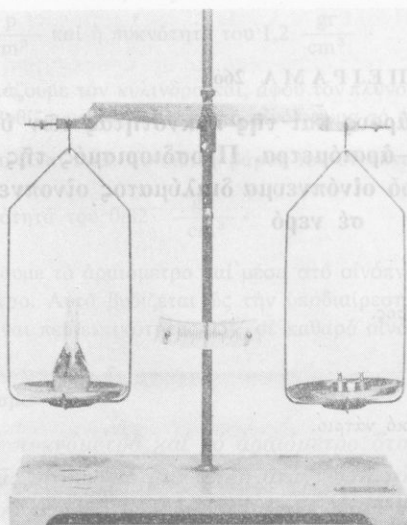
1. Ἐνας ζυγός.
2. Ἐνα κουτί μέ σταθμά.
3. Μιά λήκυθος.
4. Ἐνα ποτήρι 100 ml.
5. Μιά φιάλη μέ οἰνόπνευμα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ζυγίζουμε ἀδειανή τή λήκυθο καί βρίσκουμε τό βάρος της $\beta = 26 \text{ p}$.



Εικ. 100



Εικ. 101

Ζυγίζουμε τή λήκυθο γεμάτη μέ νερό καί βρίσκουμε τό βάρος της $\beta' = 51$ p (εἰκ. 100).

Ζυγίζουμε τή λήκυθο γεμάτη μέ οἰνόπνευμα καί βρίσκουμε τό βάρος της $\beta'' = 46,5$ p (εἰκ. 101).

Εἶναι φανερό πώς τό βάρος τοῦ καθαροῦ νεροῦ εἶναι $B' = \beta' - \beta = 25$ p.

Τό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος $B = \beta'' - \beta = 20,5$ p καί τό σχετικό εἰδικό βάρος

τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι $\varepsilon_{\text{oiv.}} = \frac{B}{B'} = 0,82$.

Ἡ πυκνότητα τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι $d_{\text{oiv.}} = \frac{B}{B'} \cdot d_{\text{νεροῦ}}$.

Τό εἰδικό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος εἶναι $\varepsilon_{\text{oiv.}} = \frac{B}{B'} \cdot \varepsilon_{\text{νεροῦ}}$.

Συμπέρασμα

Βρίσκουμε τό σχετικό εἰδικό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος, ἀφοῦ προσδιορίσουμε τό βάρος τοῦ νεροῦ καί τοῦ οἰνοπνεύματος πού περιέχει ἡ λήκυθος καί διαιρέσουμε τό δεύτερο μέ τό πρῶτο. Βρίσκουμε ἔπειτα τήν πυκνότητα καί τό εἰδικό βάρος τοῦ οἰνοπνεύματος, ἀφοῦ πολλαπλασιάσουμε τό σχετικό εἰδικό βάρος πού βρήκαμε μέ τήν πυκνότητα καί τό εἰδικό βάρος τοῦ νεροῦ ἀντίστοιχα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 26ο

Μέτρηση τοῦ εἰδικοῦ βάρους καί τῆς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν μέ τά πυκνόμετρα—ἀραιόμετρα. Προσδιορισμός τῆς περιεκτικότητας σέ καθαρό οἰνόπνευμα διαλύματος οἰνοπνεύματος σέ νερό

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας ὀγκομετρικός κύλινδρος.
2. Ἕνα πυκνόμετρο.
3. Ἕνα ἀραιόμετρο.
4. Ἕνα ἀλκοολόμετρο.
5. Μαγειρικό ἀλάτι ἢ ἀνθρακικό νάτριο.
6. Μιά φιάλη μέ οἰνόπνευμα.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Γεμίζουμε τόν ὀγκομετρικό κύλινδρο μέ νερό καί βυθίζουμε μέσα τά τρία

όργανα : πυκνόμετρο, αραιόμετρο, αλκοολόμετρο. Παρατηρούμε πώς τό ένα βυθίζεται ως τό άνώτατο σημείο του, όπου υπάρχει ή ένδειξη (1)· είναι τό πυκνόμετρο. Τό άλλο βυθίζεται ως τήν άρχή του στελέχους του, όπου υπάρχει ή ένδειξη (1)· είναι τό αραιόμετρο. Τό τρίτο βυθίζεται ως τήν άρχή του στελέχους του, όπου υπάρχει ή ένδειξη (0)· είναι τό αλκοολόμετρο (είκ. 102).

- β) Βγάζουμε από τό νερό τά τρία όργανα καί ρίχνουμε μέσα μαγειρικό άλάτι ή σόδα. Όταν αυτό διαλυθεί, βάζουμε μέσα στό διάλυμα τό πυκνόμετρο. Τώρα αυτό βυθίζεται ως τήν υποδιαίρεση 1,2. Τό ειδικό βάρος του διαλύματος είναι

$$1,2 \frac{\text{P}}{\text{cm}^3} \text{ καί ή πυκνότητά του } 1,2 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \cdot$$

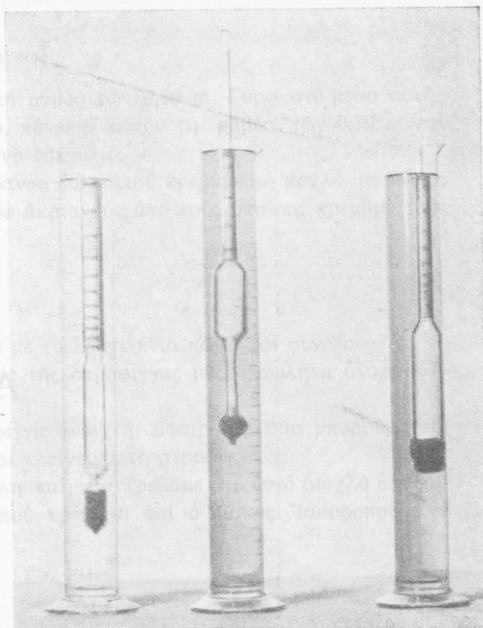
Είκ. 102

- γ) Άδειάζουμε τόν κύλινδρο καί, άφού τόν πλύνουμε, τόν γεμίζουμε μέ οινόπνευμα. Βυθίζουμε τώρα μέσα στό οινόπνευμα τό αραιόμετρο. Η ένδειξη του όργάνου είναι 0,82. Τό ειδικό βάρος του οιοπνεύματος είναι $0,82 \frac{\text{P}}{\text{cm}^3}$ καί ή πυκνότητά του $0,82 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$.

- δ) Βγάζουμε τό αραιόμετρο καί μέσα στό οινόπνευμα βυθίζουμε τό οιοπνευματόμετρο. Αυτό βυθίζεται ως τήν υποδιαίρεση 95. Τό οινόπνευμα πού έχουμε είναι περιεκτικότητας 95% σέ καθαρό οινόπνευμα (κατ' όγκο).

Συμπέρασμα

Τό πυκνόμετρο καί τό αραιόμετρο, όταν τά βάλουμε μέσα σέ ένα υγρό, μäs δίνουν μέ μιά άπλή άνάγνωση τό ειδικό βάρος ή τήν πυκνότητα του υγρού. Τό αλκοολόμετρο, όταν τό βάλουμε μέσα σέ διάλυμα οιοπνεύματος μέ νερό, μäs δίνει μέ μιά άπλή άνάγνωση πάλι τήν περιεκτικότητα καί τόν όγκο του διαλύματος σέ οινόπνευμα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

Έπίδειξη του βάρους του αέρα και κατά προσέγγιση μέτρησή του

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. Ένας δρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας μοχλός από αλουμίνιο.
7. Μιά άεραντλία έμβολοφόρος.
8. Μιά φιάλη γυάλινη 1 lit.
9. Ένα πώμα λαστιχένιο, κατάλληλο γιά τή φιάλη, μέ γυάλινη στρόφιγγα.
10. Ένας λαστιχένιος σωλήνας μέ χοντρά τοιχώματα, μήκους 15-20 cm.
11. Ένα κουτί μέ σταθιά.
12. Ένα κουτί μέ σκάγια.
13. Ένα κομμάτι σπάγγο μήκους 50 cm περίπου.
14. Πέντε βάρη τών 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m. Γύρω στο μέσο αυτής στηρίζουμε τόν απλό σύνδεσμο, πάνω σ' αυτόν τη ράβδο των 0,30 m και πάνω στη ράβδο τόν όρειχάλκινου δακτύλιο.
- β) Από τό ἄγκιστρο τοῦ όρειχάλκινου δακτύλιου κρεμᾶμε τό μοχλό μέ όλους τούς ἰππεῖς του ἢ μόνο τούς δύο ἀκριανούς, ἀπό τούς ὁποίους κρεμᾶμε τούς δύο δίσκους.

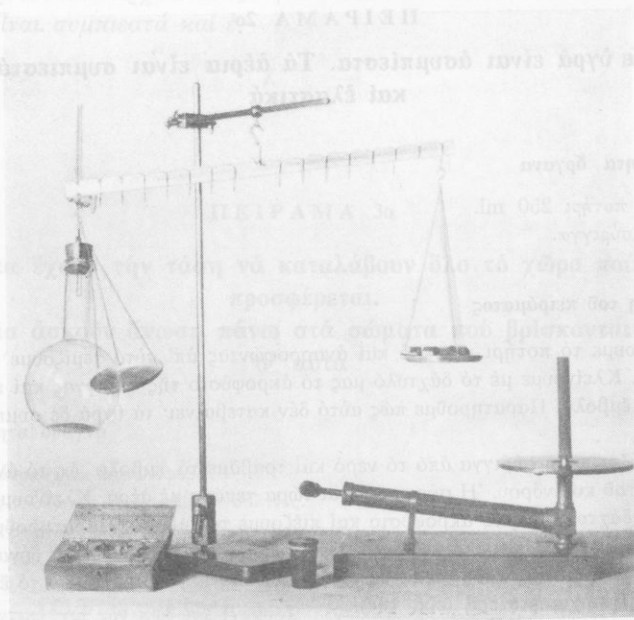
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ποματίζουμε τή φιάλη τοῦ 1 lt μέ τό λαστιχένιο πῶμα καί συνδέουμε μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τό στέλεχος τῆς στρόφιγγας μέ τό σωλήνα ἀναρροφῆσεως τῆς ἀεραντλίας.

Προσέχουμε νά εἶναι ἡ στρόφιγγα ἀνοιχτή, ἀφαιροῦμε ὅσο μπορούμε πῖο πολύ τόν ἀέρα ἀπό τή φιάλη καί κλείνουμε τή στρόφιγγα.

- β) Δένουμε μέ τό σπάγγο τή φιάλη καί τήν κρεμᾶμε στό ζυγό (μοχλό ἀλουμινίου) ἀπό τό ἴδιο ἄγκιστρο πού κρέμεται καί ὁ δίσκος. Ἰσορροποῦμε τό

Εἰκ. 103



ζυγό βάζοντας στον άλλο δίσκο βάρη των 50 g και σκάγια (είκ. 103).

γ) Άνοίγουμε τη στρόφιγγα, όποτε μέσα στη φιάλη μπαίνει άερας. Παρατηρούμε πώς ή φάλαγγα γέρνει προς τό μέρος της φιάλης, γιατί ό άερας πού μπήκε μέσα έχει βάρος.

δ) Βάζουμε στον άλλο δίσκο του ζυγού σταθμά, ώσπου νά πετύχουμε ισορροπία. Τό βάρος των σταθμών μās παριστάνει περίπου τό βάρος ενός λίτρου άερα.

Συμπέρασμα

“Ο άερας έχει βάρος. Ένα λίτρο άερα ζυγίζει 1,293 g σέ κανονικές συνθήκες πιέσεως και θερμοκρασίας.

Παρατήρηση

Άντί του μοχλού από άλουμίνιο, μπορεί νά χρησιμοποιηθεί όποιοσδήποτε άλλος ζυγός.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

Τά υγρά είναι άσυμπίεστα. Τά άέρια είναι συμπεστά και έλαστικά

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα ποτήρι 250 ml.
2. Μιά σύριγγα.

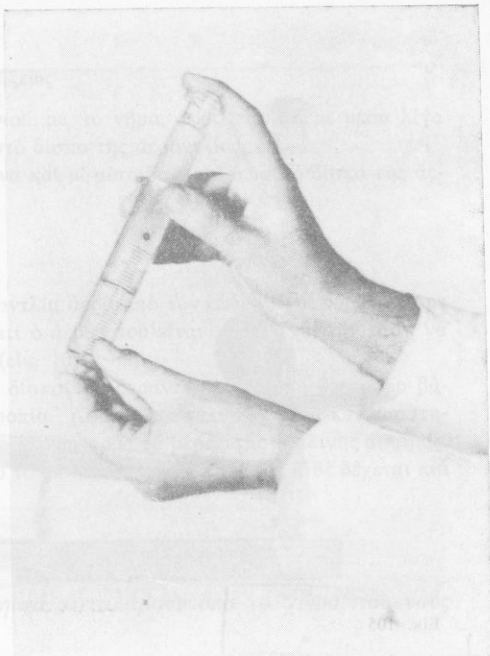
*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ νερό και άναρροφώντας άπ' αυτό γεμίζουμε τη σύριγγα. Κλείνουμε μέ τό δάχτυλό μας τό άκροφύσιο της σύριγγας και πιέζουμε τό έμβολο. Παρατηρούμε πώς αυτό δέν κατεβαίνει· τά υγρά δέ συμπίεζονται.
- β) Άδειάζουμε τη σύριγγα από τό νερό και τραβάμε τό έμβολο ως τό άνώτατο άκρο του κυλίνδρου. Ή σύριγγα είναι τώρα γεμάτη μέ άερα. Κλείνουμε πάλι μέ τό δάχτυλό μας τό άκροφύσιο και πιέζουμε τό έμβολο. Παρατηρούμε πώς τώρα τό έμβολο κατεβαίνει, αλλά, όσο κατεβαίνει, νιώθουμε μιά δόναμη νά έβείζε τό χέρι μας προς τά πάνω, πού είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο τό έμβολο κατεβαίνει χαμηλότερα (είκ. 104).

- γ) Χαλαρώνουμε σιγά σιγά τή δύναμη πού ασκοῦμε μέ τό χέρι μας ἐπάνω στό ἐμβολο. Παρατηροῦμε πώς αὐτό ξανανεβαίνει καί παίρνει τήν ἀρχική του θέση.

Συμπέρασμα

Τά ὑγρά δέ μεταβάλλουν τόν ὄγκο τους κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση ἐξωτερικῶν δυνάμεων εἶναι ἀσυμπίεστα. Τά ἀέρια συμπιέζονται κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση ἐξωτερικῶν δυνάμεων. Ἄν πάψουν νά ἐπιδροῦν οἱ δυνάμεις αὐτές, αὐτά ξαναπαίρνουν τόν ἀρχικό τους ὄγκο. Εἶναι συμπιεστά καί ἐλαστικά.



Εἰκ. 104

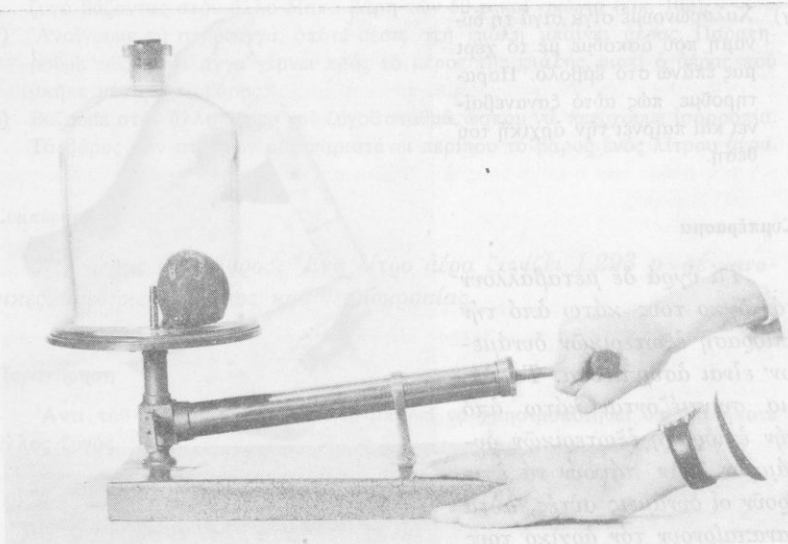
ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο

Τά ἀέρια ἔχουν τήν τάση νά καταλάβουν ὅλο τό χῶρο πού τοῦς προσφέρεται.

Τά ἀέρια ἀσκοῦν ἄνωση πάνω στά σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτά

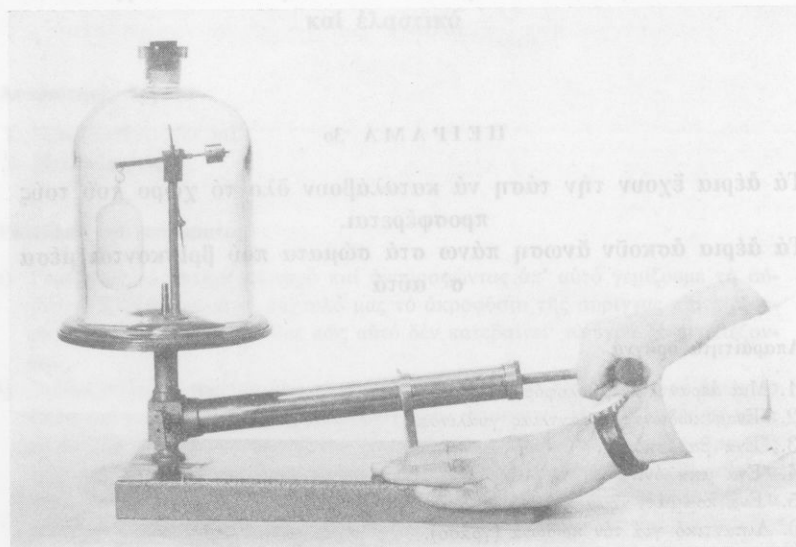
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά ἀεραντλία ἐμβολοφόρα.
2. Ἕνας κώδωνας ἀεραντλίας γυάλινος.
3. Ἕνα βαροσκόπιο.
4. Ἕνα μπαλόνι.
5. Ἕνα κομμάτι νῆμα κουβαρίστρας.
6. Λιπαντικό γιά τόν κώδωνα (γράσο).



Εικ. 105

Εικ. 106



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Δένουμε τὸ στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ μὲ τὸ νήμα, ἀφοῦ ἀφήσουμε μέσα λίγο ἀέρα, καί τὸ ἀκουμπᾶμε πάνω στοῦ δίσκου τῆς ἀεραντλίας.
- β) Λιπαίνουμε τὰ χεῖλη τοῦ κώδωνα καί μ' αὐτόν σκεπάζουμε τὸ δίσκο τῆς ἀεραντλίας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Βγάζουμε συνέχεια μὲ τὴν ἀεραντλία ἀέρα ἀπὸ τὸν κώδωνα καί παρατηροῦμε πῶς τὸ μπαλόνι φουσκώνει, γιατί ὁ ἀέρας πού εἶναι μέσα ἔχει τὴν τάση νὰ καταλάβει περισσότερο χῶρο (εἰκ. 105).
- β) Βγάζουμε τὸ μπαλόνι ἀπὸ τὸ δίσκο τῆς ἀεραντλίας καί στὴ θέση του βάζουμε τὸ βαροσκόπιο σὲ ἰσορροπία. Ἀφαιροῦμε πάλι τὸν ἀέρα καί παρατηροῦμε πῶς τώρα τὸ βαροσκόπιο γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῆς γυάλινης σφαίρας, πού τώρα δείχνει βαρύτερη ἀπὸ τὸ μεταλλικὸ ἀντίβαρο, γιατί δέ δέχεται πιά ἄνωση (εἰκ. 106).

Συμπεράσματα

Τὰ ἀέρια ἔχουν τὴν τάση νὰ καταλάβουν ὅλο τὸ χῶρο πού τοὺς προσφέρεται. Εἶναι ἐκτατά.

Τὰ σώματα πού βρίσκονται μέσα σὲ ἀέρια δέχονται ἄνωση (ἰσχύει καί γιὰ τὰ ἀέρια ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδη).

Σημείωση

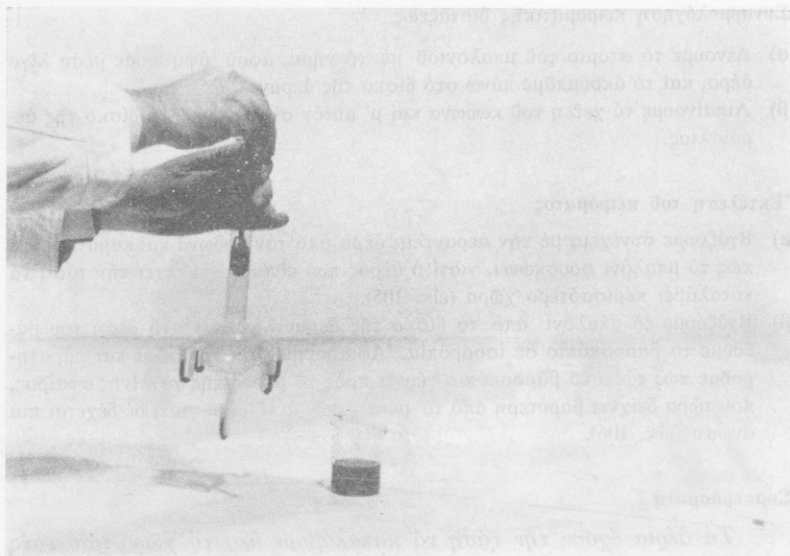
Ἄν τὸ μπαλόνι μας εἶναι καινούργιο, πρὶν ἐκτελέσουμε τὸ πείραμα, τὸ φουσκώνουμε καί τὸ ἀφήνουμε φουσκωμένο λίγα λεπτά, γιὰ νὰ μαλακώσει καί νὰ μπορεῖ καλύτερα νὰ φουσκώνει ἔπειτα κάτω ἀπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τοῦ Pascal στὰ ἀέρια

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευὴ ἀρχῆς τοῦ Pascal γιὰ τὰ ἀέρια.
2. Ἐνα ποτήρι.
3. Ὑπερμαγγανικὸ κάλιο.
4. Ἐνα σιφώνιο.



Είκ. 107

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Διαλύουμε μέσα στο ποτήρι λίγο υπερμαγγανικό κάλιο και χρησιμοποιώντας το σιφόνιο γεμίζουμε μ' αυτό ως τη μέση όλους τους μανομετρικούς σωληνίσκους της συσκευής.

Εκτέλεση του πειράματος

Σπρώχνουμε ελαφρά προς τα κάτω τό ξμβολο της συσκευής και παρατηρούμε πώς σέ όλους τους μανομετρικούς σωληνίσκους έχουμε την ίδια διαφορά στάθμης, γιατί έξασκεΐται από μέσα ή ίδια πίεση (είκ. 107).

Συμπέρασμα

Πίεση πού άσκειΐται μέ όποιοδήποτε τρόπο στή μάζα ενός αερίου μεταδίδεται ή ήδια πρός όλες τίς διενθύνσεις (άρχή του Pascal).

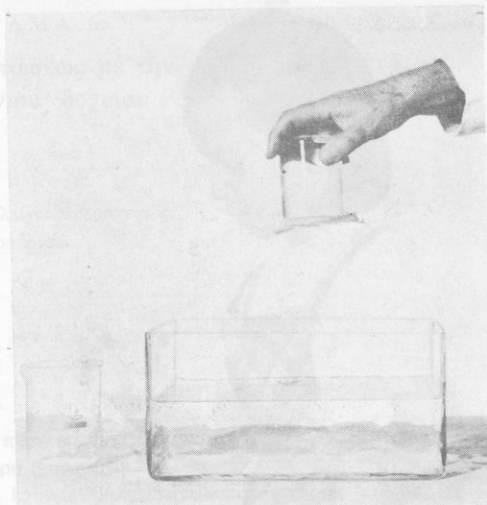
ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

**Απόδειξη της υπάρξεως της
ατμοσφαιρικής πίεσεως.**

**Φαινόμενα που ὀφείλονται
στήν ατμοσφαιρική πίεση**

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά γυάλινη λεκάνη 30x20x15 cm.
2. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
3. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
4. Ἐνα χωνί γυάλινο.
5. Ἐνας γυάλινος σωλήνας μήκους 20-30 cm.
6. Ἐνας σωλήνας λαστιχένιος μήκους 30-40 cm.



Εικ. 108

Εικ. 109





Εικ. 110

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Μὲ τὸ μεγάλο ποτήρι τῶν 400 ml χύνουμε νερὸ στὸ ἄλλο τῶν 250 ml, ὥσπου νὰ γεμίσει τελείως. Σκεπάζουμε τὸ γεμάτο ποτήρι μὲ ἓνα κοινὸ φύλλο χαρτί καί, κρατώντας μὲ τὴν παλάμη τοῦ ἀριστεροῦ χεριοῦ μας τὸ χαρτί καί μὲ τὸ δεξιὸ μας χέρι τὸ ποτήρι, τὸ ἀναποδογυρίζουμε πάνω ἀπὸ τὴ λεκάνη. Παρατηροῦμε πὼς τὸ χαρτί δὲν πέφτει, γιατί τὸ κρατᾷ ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση (εἰκ. 108).
- β) Προσαρμόζουμε στὸ στέλεχος τοῦ χωνιοῦ τὸ λαστιχένιο σωλήνα, σκεπάζουμε τὸ στόμιο τοῦ μὲ ἓνα χαρτί καί κρατώντας το μὲ τὴν παλάμη μας ἀναρροφᾶμε ἀπὸ τὸ σωλήνα τὸν ἀέρα. Παρατηροῦμε πὼς τὸ χαρτί δὲν πέφτει, ἀλλὰ κολλᾷ πάνω στὰ χεῖλη τοῦ χωνιοῦ, γιατί τὸ

σπρώχνει πρὸς τὰ μέσα ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση (εἰκ. 109).

- γ) Χύνουμε νερὸ μέσα στὸ ἓνα ποτήρι. Βυθίζουμε μέσα στὸ νερὸ τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ γυάλινου σωλήνα καί ἀπὸ τὸ ἄλλο ἀναρροφᾶμε τὸν ἀέρα. Τὸ νερὸ ἀνεβαίνει μέσα στὸ σωλήνα καί φτάνει στὸ στόμα μας, γιατί τὸ σπρώχνει ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση (εἰκ. 110).

Συμπέρασμα

Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας ἀσκεῖ πίεση πάνω στὰ σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτόν. Τὴν πίεση αὐτὴ τὴν ὀνομάζουμε ἀτμοσφαιρική πίεση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 6ο

Έπίδειξη της ατμοσφαιρικής πίεσεως με την παραμόρφωση ενός τενεκεδένιου δοχείου

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα τενεκεδένιο δοχείο που νά κλείνει αεροστεγώς.
2. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή ύγραέριου.
3. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
4. Ένα πλέγμα αμίαντου.
5. Ένα ποτήρι 250 ml.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ελέγχουμε, όσο μπορούμε, αν τό πῶμα κλείνει καλά τό δοχείο.
- β) Χύνουμε μέσα στό δοχείο λίγο νερό (γύρω στά 200 ml), τό άκουμπάμε πάνω στό πλέγμα άμίαντου, τό όποίο έχουμε βάλει πάνω στόν τρίποδα καί τό θερμαίνουμε, ώσπου νά βράσει μέ τό στόμιο άνοιχτό.
- γ) Όταν βράσει λίγα λεπτά, τό κατεβάζουμε από τόν τρίποδα καί άμέσως τό πωματίζουμε. Παρατηρούμε πώς, όσο τό δοχείο κρυνεί, παραμορφώνεται σιγά σιγά, ώσπου ή παραμόρφωση νά γίνει πολύ έντονη. Άν θέλουμε ή παραμόρφωση νά γίνει γρήγορα, χύνουμε πάνω στό δοχείο κρύο νερό (είκ. 111).

Είκ. 111



Συμπέρασμα

Οι υδρατμοί που βγήκαν με τό βρασμό του νερού έδιωξαν από μέσα από τό δοχείο τόν άέρα καί κατέλαβαν τή θέση του. Μέ τήν ψύξη οι υδρατμοί υγροποιούνται· σχηματίζεται έτσι μέσα στό δοχείο ύποπίεση καί ή έξωτερική ατμοσφαιρική πίεση τό παραμορφώνει.

Σημείωση

Τό ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε νά πετύχουμε, αν μέ μιά άεραντλία αφαιρέσουμε τόν άέρα από τό δοχείο.

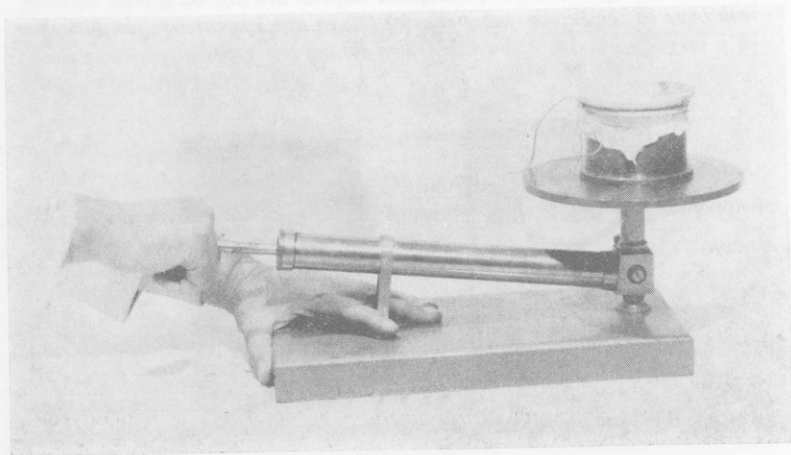
ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Έπίδειξη της ατμοσφαιρικής πίεσεως (πείραμα κυστορραγίας)

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά άεραντλία.
2. Ένας κύλινδρος κυστορραγίας.
3. Ένας γερός σπάγγος μήκους 1 m.
4. Ένα φύλλο χαρτί.
5. Ένα μπαλόνι.
6. Λιπαντικό (γράσο).

Εικ. 112



Εκτέλεση του πειράματος

- α) Σκεπάζουμε τη μιά βάση του κυλίνδρου κυστορραγίας με τό φύλλο του χαρτιού καί δένουμε αυτό με τό σπάγγο έτσι, πού νά φράζει τό στόμιο του κυλίνδρου αεροστεγώς.
- β) Λιπαίνουμε τά χείλη της άλλης βάσεως του κυλίνδρου καί με αυτή τόν άκουμπάμε πάνω στό δίσκο της αεραντλίας.
- γ) Αρχίζουμε νά αφαιρούμε τόν άέρα. Τό φύλλο του χαρτιού κοιλαίνεται προς τά μέσα καί τελικά σπάζει με μεγάλο κρότο (εϊκ. 112).

Συμπέρασμα

Τό φύλλο σπάζει, όταν αφαιρέσουμε τόν άέρα από τό έσωτερικό του κυλίνδρου, εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πιέσεως.

Παρατήρηση

Συμβαίνει πολλές φορές τό χαρτί νά κοιλαίνεται χωρίς νά σπάσει. Αυτό συμβαίνει, γιατί τό χαρτί έχει πόρους πού επιτρέπουν στόν άέρα νά μπαίνει συνέχεια μέσα στόν κύλινδρο, όσο εμείς τόν βγάζουμε με τήν αεραντλία. Στην περίπτωση αυτή σκεπάζουμε τό χαρτί με τή μεμβράνα του μπαλονιού καί δένουμε τά δύο μαζί πάνω στόν κύλινδρο. Τό μπαλόνι δέν έχει κανένα άλλο σκοπό παρά νά φράζει τούς πόρους του χαρτιού. "Αν τώρα αφαιρέσουμε τόν άέρα, τό χαρτί σπάζει με κρότο, ενώ ή μεμβράνα του μπαλονιού κοιλαίνεται τόσο, πού σκεπάζει σάν φόδρα τά έσωτερικά τοιχώματα του κυλίνδρου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πιέσεως. Πείραμα Torricelli

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένας σωλήνας Torricelli.
6. Μιά λεκάνη ύδράργυρου.
7. 1 kgf ύδράργυρου.
8. Ένας κανόνας ξύλινος άριθμημένος.
9. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.

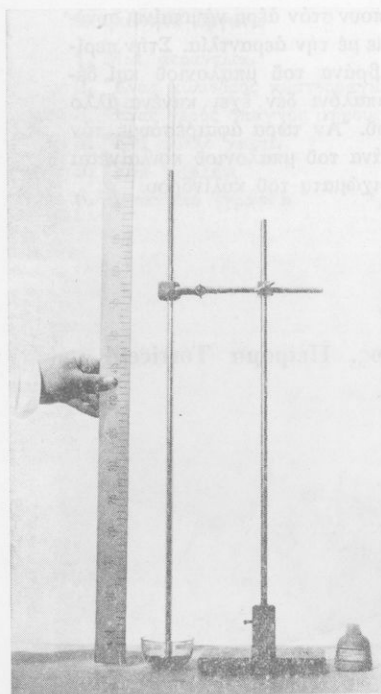
Συναμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο πάνω μέρος της στηρίζουμε τον άπλο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν την άπλή λαβίδα με τα δύο σκέλη άνοιχτά.

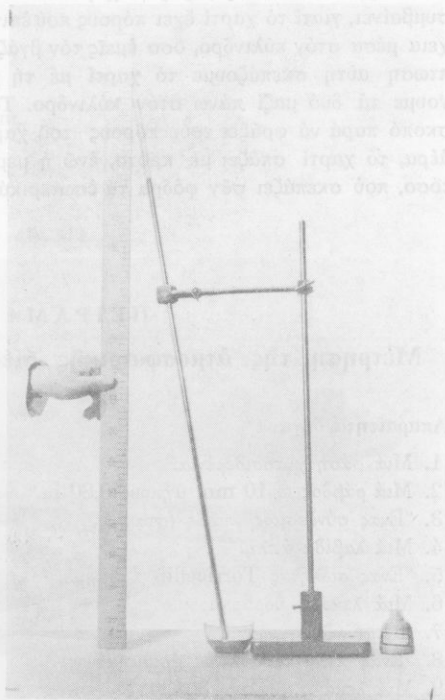
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Χύνουμε μέσα στη μικρή λεκάνη υδράργυρο, ώσπου νά σκεπαστεί ο πυθμένας της. Κρατάμε με τό άριστερό μας χέρι τό σωλήνα Torricelli λίγο γυρτό καί από τόν κρονό της λεκάνης χύνουμε μέσα στό σωλήνα υδράργυρο σέ συνεχή ροή, ώσπου νά γεμίσει. "Όλη αυτή τήν εργασία τήν κάνουμε πάνω από τή γυάλινη λεκάνη, ώστε, αν μάς χυθεί υδράργυρος, νά πέσει μέσα σ' αυτή καί νά μήν τόν χάσουμε.
- β) Μέσα στη μικρή λεκάνη χύνουμε τό υπόλοιπο του υδράργυρου πού περίσσεψε στό φιαλίδιο καί, αφού κλείσουμε μέ τό δείκτη του άριστερου μας χε-

Εικ. 113



Εικ. 114



ριοῦ τό στόμιο τοῦ σωλήνα, τόν ἀναποδογυρίζουμε βυθίζοντας τό στόμιό του μέσα στόν ὑδράργυρο τῆς λεκάνης καί τέλος τραβᾶμε τό δάχτυλό μας. Παρατηροῦμε πῶς ὁ ὑδράργυρος παραμένει μέσα στό σωλήνα σέ ἄρκετό ὕψος ἐπάνω ἀπό τήν ἐπιφάνειά του μέσα στή λεκάνη.

- γ) Μεταφέρουμε τή λεκάνη μέ τό σωλήνα, προσέχοντας νά μή βγοῦν τά χεῖλη τοῦ σωλήνα πάνω ἀπό τήν ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργυρου τῆς λεκάνης καί τήν ἀκουμπᾶμε μπροστά στή βάση τοῦ ὀρθοστάτη, ἐνῶ μέ τή λαβίδα συγκρατοῦμε τό σωλήνα ἔτσι, πού νά εἶναι κατακόρυφος (εἰκ. 113).

Μετρᾶμε μέ τόν κανόνα τό ὕψος τῆς ἐλεύθερης ἐπιφάνειας τοῦ ὑδράργυρου μέσα στό σωλήνα ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του μέσα στή λεκάνη καί τό βρίσκουμε περίπου 76 cm.

- δ) Μεταθέτουμε τό στέλεχος τῆς ἀπλῆς λαβίδας μέσα στήν τρύπα τοῦ συνδέσμου ἔτσι, πού ὁ σωλήνας νά εἶναι τώρα γυρτός (εἰκ. 114).

Ἄν μετρήσουμε τό κατακόρυφο ὕψος τῆς ἐλεύθερης ἐπιφάνειας τοῦ ὑδράργυρου μέσα στό σωλήνα ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνειά του μέσα στή λεκάνη, βρίσκουμε πάλι τήν ἴδια τιμή, δηλαδή 76 cm περίπου.

Συμπέρασμα

Ὁ ὑδράργυρος συγκρατεῖται μέσα στό σωλήνα ἐξαιτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως.

Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση εἶναι τόση, πού μπορεῖ νά συγκρατεῖ στήλη ὑδράργυρου ὕψους 76 cm, ὅταν τό πείραμα γίνεταί κοντά στήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας.

Σημείωση

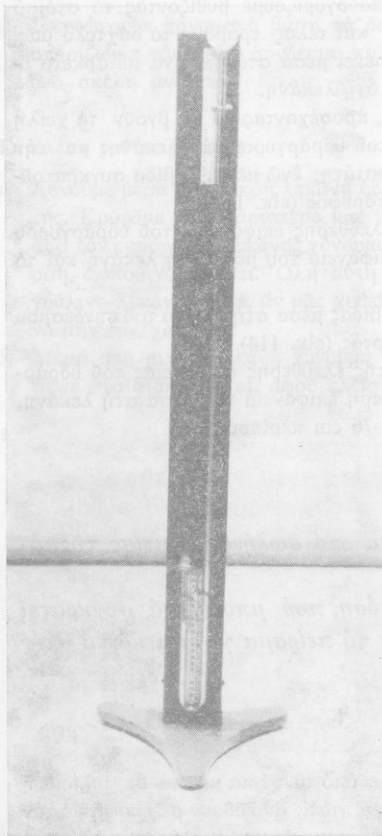
Πρίν ἀρχίσουμε τό πείραμα, νά βγάλουμε ἀπό τά χέρια μας τά δαχτυλίδια ἢ τυχόν ἄλλα χρυσά κοσμήματα πού ἔχουμε, γιατί, ἂν ἐρθουν σέ ἐπαφή μέ τόν ὑδράργυρο, θά καταστραφοῦν, ἐπειδή θά σχηματίσουν ἀμάλγαμα χρυσοῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 9ο

Νόμος Boyle - Mariotte (γιά πιέσεις μεγαλύτερες τῆς ἀτμοσφαιρικῆς)

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή Boyle —Mariotte (γιά πιέσεις μεγαλύτερες τῆς ἀτμοσφαιρικής).



Εικ. 115

2. Ένα φιαλίδιο με υδράργυρο.
3. Ένας κανόνας 1 m αριθμημένος.
4. Μιά λεκάνη υδράργυρου.
5. Μιά λεκάνη 30x20x15 cm.

Έκτέλεση του πειράματος

α) Άνοιγουμε τη στρόφιγγα στο μικρό σκέλος της συσκευής και από τό μεγάλο σκέλος ρίχνουμε μέσα σιγά σιγά υδράργυρο. Αυτός θά βρίσκεται στά δύο σκέλη στο ίδιο ύψος π.χ. στην υποδιαίρεση (8) του μικρού σκέλους. Κλείνουμε τη στρόφιγγα. Έχουμε έτσι αποκλεισμένο μέσα στο μικρό σκέλος του σωλήνα άερα, που έχει όγκο 8 μονάδες και πίεση ατμοσφαιρική περίπου 760 mm Hg (είκ. 115).

β) Ρίχνουμε μέσα στη συσκευή και άλλο υδράργυρο, ώσπου νά άνεβεί μέσα στο μικρό σκέλος σέ κάποια υποδιαίρεση π.χ. στην υποδιαίρεση 6. Μέ τόν κανόνα μετράμε τή διαφορά στάθμης του υδράργυρου στά δύο σκέλη του σωλήνα και τή βρίσκουμε 253 mm.

Μέσα στο μικρό σκέλος έχουμε τώρα αποκλεισμένη τήν ίδια μάζα άερα, που έχει όμως όγκο 6 μονάδες και πίεση $760 + 253 = 1013$ mm Hg.

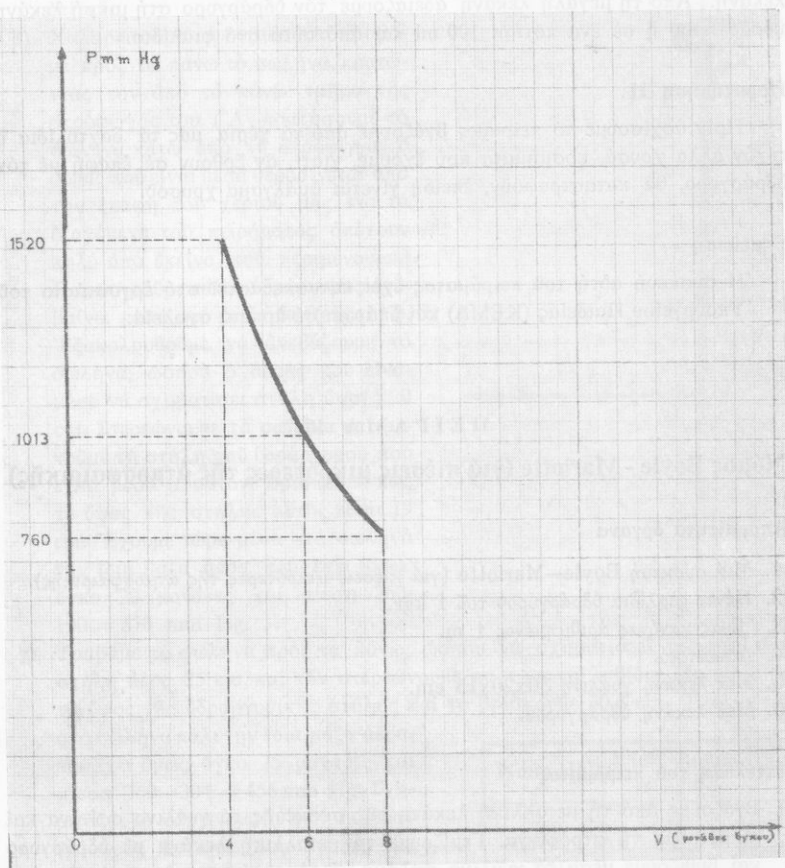
γ) Ρίχνουμε μέσα στη συσκευή και άλλη ποσότητα υδράργυρου, ώσπου νά άνεβεί μέσα στο μικρό σκέλος σέ κάποια υποδιαίρεση π.χ. τήν υποδιαίρεση 4. Μέ τόν κανόνα μετράμε πάλι τή διαφορά στάθμης στά δύο σκέλη του σωλήνα και τή βρίσκουμε 760 mm. Τώρα έχουμε μέσα στο μικρό σκέλος του σωλήνα τήν ίδια μάζα άερα, που έχει όμως όγκο 4 μονάδες και πίεση $760 + 760 = 1520$ mm Hg.

Η θερμοκρασία σέ όλη τή διάρκεια του πειράματος παρέμεινε σταθερή.

Σχηματίζουμε τά γινόμενα της πίεσεως επί τόν όγκο στίς τρεις περιπτώσεις και φτιάχνουμε τόν πιο κάτω πίνακα:

P(mm Hg)	V (αυθαίρετες μονάδες)	P · V
760	8	6080
1013	6	6078
1520	4	6080

Παρατηρούμε πώς τό γινόμενο τῆς πίεσεως ἐπὶ τόν δγκο μένει σταθερό καί μέ βάση τόν πίνακα αὐτόν χαράζουμε τήν καμπύλη $P = f(V)$.



Εικ. 116

Γραφική παράσταση του νόμου Boyle — Mariotte για πιέσεις μεγαλύτερες τῆς ἀτμοσφαιρικής.

Συμπέρασμα

Τό γινόμενο τῆς πίεσεως ἐπὶ τόν ὄγκο ὀρισμένης μάζας αερίου, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι σταθερή, εἶναι σταθερό.

Παρατήρηση I

Μετά τό τέλος τοῦ πειράματος ἀναποδογυρίζουμε τή συσκευή μέσα στή γυάλινη λεκάνη καί ἀνοίγουμε τή στρόφιγγα. Ὁ ὑδράργυρος χύνεται μέσα στή λεκάνη. Ἀπό τή μεγάλη λεκάνη ἀδειάζουμε τόν ὑδράργυρο στή μικρή λεκάνη ὑδράργυρου ἢ σέ ἕνα ποτήρι 100 ml καί ἀπό αὐτό στό φιαλίδιο.

Παρατήρηση II

Πρίν ἀρχίσουμε τό πείραμα, βγάζουμε ἀπό τά χέρια μας τά δαχτυλίδια ἢ τυχόν ἄλλα χρυσά κοσμήματα πού ἔχουμε, γιατί, ἂν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τόν ὑδράργυρο, θά καταστραφοῦν, ἐπειδή γίνεται ἀμάλγαμα χρυσοῦ.

Σημείωση

Ἡ συσκευή αὐτή τοῦ πειράματος ἔχει κατασκευαστεῖ στό ἐργοστάσιο τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας (ΚΕΜΔ) καί ὑπάρχει σέ ἀρκετά σχολεῖα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Νόμος Boyle - Mariotte (γιά πιέσεις μικρότερες τῆς ἀτμοσφαιρικῆς)

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή Boyle—Mariotte (γιά πιέσεις μικρότερες τῆς ἀτμοσφαιρικῆς).
2. Πέντε φιαλίδια ὑδράργυρου τοῦ 1 kgr.
3. Ἕνας κανόνας ἀριθμημένος 1 m.
4. Λιπαντικό.
5. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
6. Μιά λεκάνη ὑδράργυρου.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

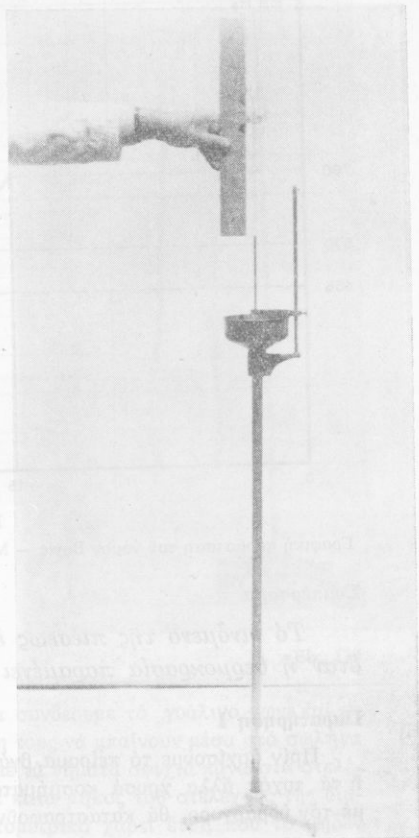
- α) Βγάζουμε ἀπό τή μεταλλική λεκάνη τῆς συσκευῆς τό γυάλινο σωλήνα καί λιπαίνουμε τή στρόφιγγα. Γεμίζουμε τή μεταλλική λεκάνη μέ ὑδράργυρο καί βυθίζουμε μέσα τό γυάλινο σωλήνα μέ τή στρόφιγγα ἀνοιχτή. Στερεώνουμε τό γυάλινο σωλήνα μέ τήν εἰδική λαβίδα τῆς συσκευῆς καί κλείνουμε τή στρόφιγγα. Μέ τόν κανόνα μετράμε τό ὕψος τοῦ σωλήνα ἀπό τήν ἐπιφάνεια

νεια του υδράργυρου της λεκάνης ως τη στρόφιγγα και τό βρίσκουμε π.χ. 15 cm. Έχουμε τώρα μέσα στο σωλήνα αέρα που έχει όγκο 15 μονάδες και πίεση μιá ατμόσφαιρα ή 760 mm Hg περίπου. Ή επιφάνεια του υδράργυρου μέσα και έξω από τό σωλήνα βρίσκεται στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο.

- β) Χαλαρώνουμε τή λαβίδα και τραβάμε προς τά πάνω τό σωλήνα, κρατώντας τον από τό πάνω τμήμα τής στρόφιγγάς του. (Αν κρατήσουμε τό σωλήνα κάτω από τή στρόφιγγα, ό αέρας που είναι μέσα θερμαίνεται από τήν έπαφή του χεριού μας και τά εξαγόμενα του πειράματος απέχουν πολύ από εκείνα που περιμένουμε.) Παρατηρούμε πώς ό υδράργυρος ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα (εικ. 117). Έξακολουθούμε νά ανεβάζουμε τό σωλήνα, ώσπου ό αέρας που είναι μέσα νά σχηματίσει στήλη ύψους 20 cm. Στερεώνουμε τό σωλήνα και μετράμε τή στήλη του υδράργυρου που είναι μέσα σ' αυτόν. Βρίσκουμε πώς τό ύψος τής στήλης αυτής είναι 19 cm. Έχουμε τώρα μέσα στο σωλήνα τήν ίδια μάζα αέρα που έχει όμως όγκο 20 μονάδες και πίεση 760-190 = 570 mm Hg.

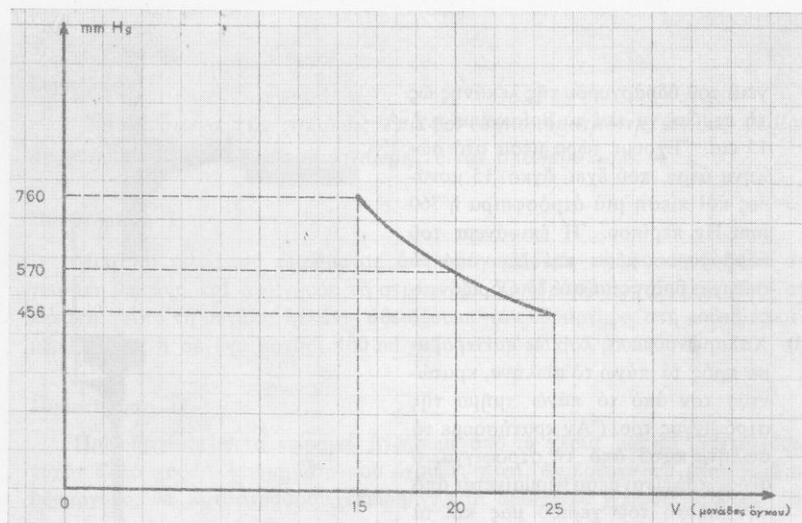
- γ) Τραβάμε τό σωλήνα προς τά πάνω, ώσπου νά σχηματιστεί μέσα σ' αυτόν στήλη αέρα 25 cm, και τόν στερεώνουμε πάλι με τή λαβίδα. Μετράμε πάλι τό ύψος τής υδραργυρικής στήλης και τό βρίσκουμε 30,4 cm. Έχουμε μέσα στο σωλήνα πάλι τήν ίδια μάζα αέρα, που έχει όμως όγκο 25 μονάδες και πίεση 760-304 = 456 mm Hg. Σχηματίζουμε τά γινόμενα των πιέσεων επί τούς αντίστοιχους όγκους και καταρτίζουμε τό διπλανό πίνακα:

Χαράζουμε τήν καμπύλη $P = f(V)$.



Εικ. 117

P(mm Hg)	V (αυθαίρετες μονάδες)	P · V
760	15	11400
570	20	11400
456	25	11400



Εικ. 118

Γραφική παράσταση του νόμου Boyle — Mariotte για πιέσεις μικρότερες της ατμοσφαιρικής.

Συμπέρασμα

Τό γινόμενο της πίεσεως επί τόν όγκο ορισμένης μάζας αερίου, όταν η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, είναι σταθερό.

Παρατήρηση I

Πρίν αρχίσουμε τό πείραμα, βγάζουμε από τά χέρια μας τά δαχτυλίδια μας ή τά τυχόν άλλα χρυσά κοσμήματα πού έχουμε, γιατί, άν έρθουν σέ έπαφή μέ τόν υδράργυρο, θά καταστραφούν, έπειδή σχηματίζεται άμάλγαμα χρυσού.

Παρατήρηση II

Όταν τελειώσει τό πείραμα, αδειάζουμε τόν υδράργυρο μέσα στή γυάλινη λεκάνη καί άπ' αυτή μέ τή μικρή λεκάνη υδράργυρου ή ένα ποτήρι τών 100 ml τόν ξαναβάζουμε στά φιαλίδια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

Απόδειξη του νόμου Boyle - Mariotte

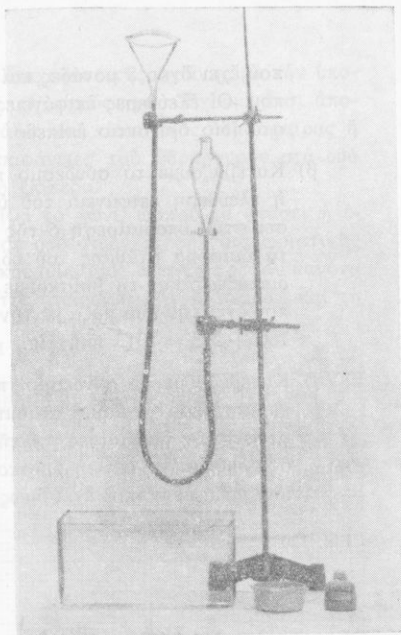
Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.

3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Ένα γυάλινο χωνί.
6. Μιά διαχωριστική χοάνη.
7. Ένας σωλήνας λαστιχένιος μήκους 1,20 m περίπου.
8. Ένα φιαλίδιο με υδράργυρο 1 kgr.
9. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
10. Μιά λεκάνη υδράργγρου.
11. Ένας κανόνας άριθμημένος.
12. Ένα ύποδεκάμετρο.
13. Δυό κομμάτια γερού νήματος μήκους 20 cm περίπου.
14. Λιπαντικό.
15. Ταινία από χιλιοστομετρικό χαρτί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 1,10 m και στην κορυφή της τούς δυό συνδέσμους, τον έναν κοντά στον άλλο. Πάνω στους συνδέσμους στηρίζουμε τής δυό λαβίδες.
- β) Στά δυό άκρα του λαστιχένιου σωλήνα συνδέουμε τό γυάλινο χωνί και τη διαχωριστική χοάνη έτσι, πού τά στελέχη τους νά μπαίνουν μέσα στό σωλήνα 1-2 cm. Δένουμε τό λαστιχένιο σωλήνα με τά νήματα σφιχτά πάνω στά στελέχη. Λιπαίνουμε τη στρόφιγγα. Κολλάμε κατά μήκος του στελέχους της διαχωριστικής χοάνης ταινία από χιλιοστομετρικό χαρτί έτσι, πού τό μηδέν της κλίμακας νά συμπίπτει με τη θέση της στρόφιγγας. Στη λαβίδα πού βρίσκεται ψηλότερα στερεώνουμε τό γυάλινο χωνί και στην άλλη τη διαχωριστική χοάνη. Κάτω από τό λαστιχένιο σωλήνα πού κρέμεται έτσι βάζουμε τη γυάλινη λεκάνη.



Εικ. 119

Έκτέλεση του πειράματος

- I. Για πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής.

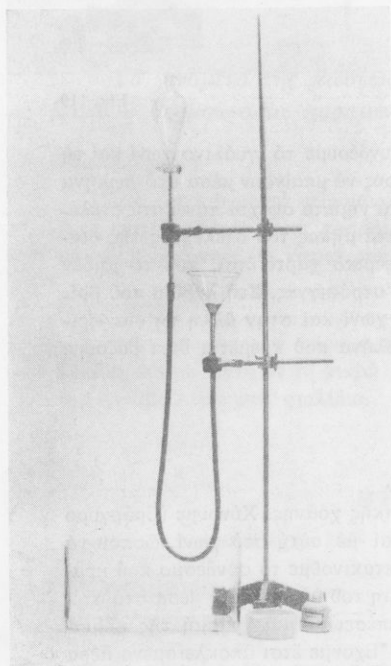
- α) Άνοίγουμε τη στρόφιγγα της διαχωριστικής χοάνης. Χύνουμε υδράργυρο μέσα στη μικρή λεκάνη υδράργγρου και με αυτή στό χωνί, ώσπου νά φανεί ό υδράργγρος στά δυό στελέχη. Μετακινούμε τό σύνδεσμο πού κρατά τό χωνί πάνω ή κάτω έτσι, πού ή στάθμη του υδράργγρου μέσα στό στελέχος της διαχωριστικής χοάνης νά συμπίπτει με μία γραμμή της κλίμακας π.χ. την 8. Κλείνουμε τη στρόφιγγα. Έχουμε έτσι άποκλεισμένο άέρα

πού έχει όγκο 8 μονάδες και πίεση μιᾶς ατμόσφαιρας ἢ 760 mm Hg περίπου. Οἱ ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ υδράργυρου στὰ δύο σκέλη βρίσκονται στὸ ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο.

- β) Κατεβάζουμε τὸ σύνδεσμο πού στηρίζει τὴ διαχωριστικὴ χοάνη, ὥσπου ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ υδράργυρου μέσα στὸ στέλεχος τῆς νά φτάσει στὴν ὑποδιαίρεση 6 τῆς κλίμακας (εἰκ. 119). Μετράμε μὲ τὸν κανόνα τὴ διαφορά στάθμης τοῦ υδράργυρου στὰ δύο σκέλη τῆς πειραματικῆς διατάξεως καὶ τὴ βρίσκουμε 25,3 cm. Ἔχουμε τώρα ἀποκλεισμένο ἀέρα πού ἔχει τὴν ἴδια μάζα μὲ τὴν ἀρχικὴ, ἔχει ὅμως ὄγκο 6 μονάδες καὶ πίεση $760 + 253 = 1013$ mm Hg.

- γ) Κατεβάζουμε τὸ σύνδεσμο πού στηρίζει τὴ διαχωριστικὴ χοάνη ἀκόμα περισσότερο, ὥσπου ἡ στάθμη τοῦ υδράργυρου μέσα στὸ στέλεχος τῆς νά φτάσει τὴν ὑποδιαίρεση 4 τῆς κλίμακας. Μετράμε τὴ διαφορά στάθμης στὰ δύο σκέλη καὶ τὴ βρίσκουμε 76 cm. Ἔχουμε τώρα ἀποκλεισμένη τὴν ἴδια μάζα ἀέρα, πού ἔχει ὅμως ὄγκο 4 μονάδες καὶ πίεση $760 + 760 = 1520$ mm Hg.

Εἰκ. 120



Σχηματίζουμε τὰ γινόμενα τῶν πιέσεων ἐπὶ τοὺς ἀντίστοιχους ὄγκους καὶ καταρτίζουμε τὸν πῶ κατω πίνακα:

P (mm Hg)	V (αὐθαίρετες μονάδες)	P.V
760	8	6080
1013	6	6078
1520	4	6080

Χαράζουμε τὴν καμπύλη $P = f(V)$ (εἰκ. 121).

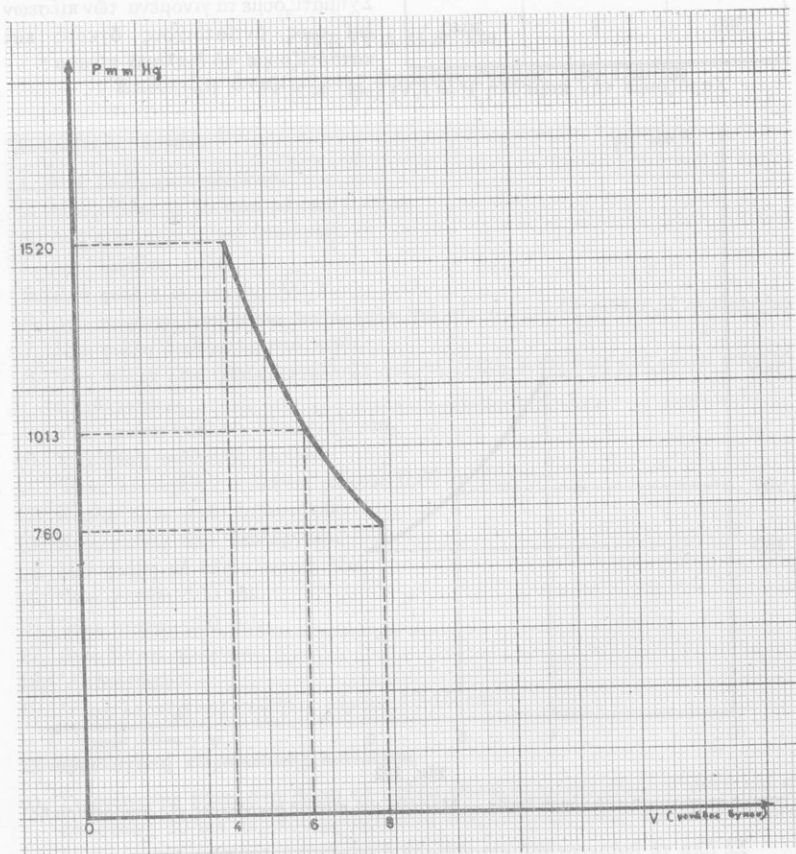
II. Γιά πιέσεις μικρότερες τῆς ατμοσφαιρικῆς.

- α) Φέρνουμε τοὺς συνδέσμους πάλι στὴν κορυφὴ τῆς ράβδου καὶ ἀλλάζουμε τὴ θέση τῶν λαβίδων στοὺς δύο συνδέσμους. Ἔχουμε τώρα στὸν ψηλότερο σύνδεσμο τὴ διαχωριστικὴ χοάνη. Ἀνοίγουμε τὴ στρόφιγγα καὶ μετακινώντας τὸ χωνὶ κατακόρυφα κατορθώνουμε νά συμπίσει ἡ στάθμη τοῦ

υδράργυρου μέσα στο στέλεχος της διαχωριστικής χοάνης με την υποδιαίρεση 4 της κλίμακας. Κλείνουμε τη στρόφιγγα. Έχουμε έτσι αποκλεισμένο αέρα που έχει όγκο 4 μονάδες και πίεση μιᾶς ατμόσφαιρας ή 760 mm Hg περίπου. Οί ἐλεύθερες ἐπιφάνειες τοῦ υδράργυρου στά δύο σκέλη βρίσκονται στοῦ ἴδιου ὀριζόντιο ἐπίπεδο.

- β) Κατεβάζουμε τὸ σύνδεσμο πού στηρίζει τὸ χωνί, ὥσπου νά φτάσει ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ υδράργυρου μέσα στοῦ στέλεχος τῆς διαχωριστικῆς χοάνης στήν ὑποδιαίρεση 6 τῆς κλίμακας (εἰκ. 120). Μετῶμε μέ τόν κανόνα τή διαφορά στάθμης στά δύο σκέλη τῆς πειραματικῆς διατάξεως καί τή

Εἰκ. 121



βρίσκουμε 25,3 cm. Έχουμε αποκλεισμένη την ίδια μάζα αέρα, που έχει τώρα όγκο 6 μονάδες και πίεση $760 - 253 = 507$ mm Hg.

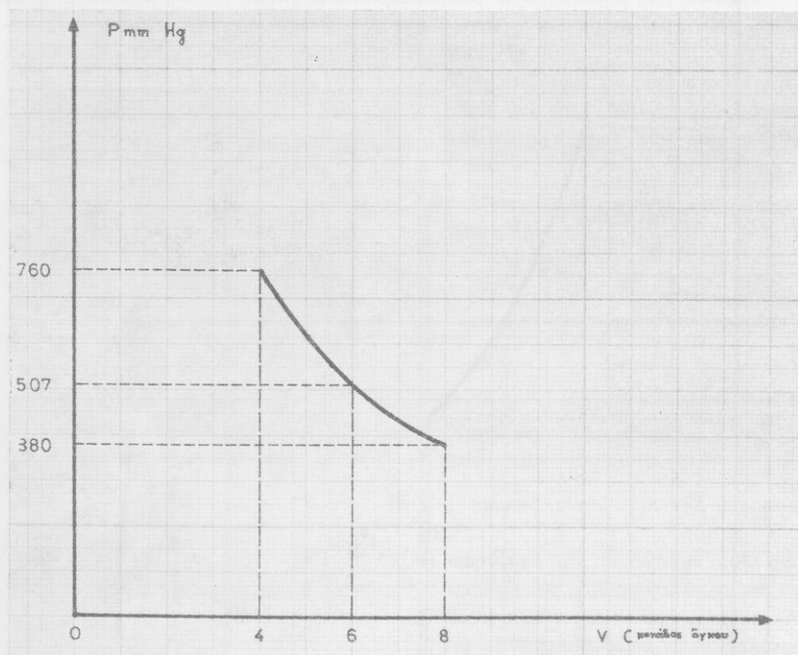
Κατεβάζουμε τό σύνδεσμο που στηρίζει τό χωνί ακόμα περισσότερο, ώσπου ή στάθμη του υδράργυρου μέσα στο στέλεχος της διαχωριστικής χοάνης νά φτάσει στην υποδιαίρεση 8 της κλίμακας. Μετράμε τή διαφορά

P (mm Hg)	V (αυθαίρετες μονάδες)	P · V
760	4	3040
507	6	3042
380	8	3040

στάθμης στά δυό σκέλη και τή βρίσκουμε 38 cm. Έχουμε πάλι αποκλεισμένη την ίδια μάζα αέρα, που έχει όμως όγκο 8 μονάδες και πίεση $760 - 380 = 380$ mm Hg.

Σχηματίζουμε τά γινόμενα των πιέσεων επί τούς αντίστοιχους όγκους και καταρτίζουμε τό διπλανό πίνακα :

Χαράζουμε τήν καμπύλη $P = f(V)$ (είκ. 122).



Είκ. 122

Γραφική παράσταση του νόμου Boyle — Mariotte για πιέσεις μικρότερες της ατμοσφαιρικής.

Σέ όλη τή διάρκεια του πειράματος ή θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Συμπέρασμα

Τό γινόμενο τῆς πιέσεως ἐπὶ τόν ὄγκο ὀρισμένης μάζας αερίου, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι σταθερή, εἶναι σταθερό.

Παρατήρηση

Πρὶν ἀρχίσουμε τὸ πείραμα, βγάζουμε ἀπὸ τὰ χέρια μας τὰ δαχτυλίδια μας ἢ τυχόν ἄλλα χρυσά κοσμήματα πού ἔχουμε, γιατί, ἂν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τόν ὑδράργυρο, θά καταστραφοῦν, ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀμάλγαμα χρυσοῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 12ο

Ἐπίδειξη ἀναμείξεως αερίων. Νόμος τοῦ Dalton

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
4. Δυὸ λαβίδες ἁπλές.
5. Δυὸ φιάλες σφαιρικές 500 ml.
6. Δυὸ πώματα λαστιχένια κατάλληλα γιά τίς σφαιρικές φιάλες μέ στρόφιγγες.
7. Μιά φιάλη διηθήσεως στό κενό.
8. Ἐνα πῶμα λαστιχένιο κατάλληλο γιά τή φιάλη διηθήσεως πού φέρνει ἀσφαλ-
στικό χωνί.
9. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
10. Μιά βάση συλλογῆς αερίων.
11. Ἐνας λαστιχένιος σωλήνας μήκους 0,80 m περίπου.
12. Κομματάκια ἀπό ἀσβεστόλιθο.
13. Κομματάκια ἀπό ψευδάργυρο.
14. Μιά φιάλη μέ ὑδροχλωρικό δξύ.
15. Ἐνα ποτήρι 100 ml.
16. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
17. Δυὸ δίσκοι γυάλινοι.
18. Ἀσβεστόνερο.
19. Ἐνας λαστιχένιος σωλήνας μήκους 10-15 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή καί σέ ἀπόσταση 30 cm περίπου μεταξύ τους στερεώνουμε τοὺς δυὸ συνδέσμους, ἐπάνω στοὺς ὁποίους στηρίζουμε τίς δυὸ λαβίδες.

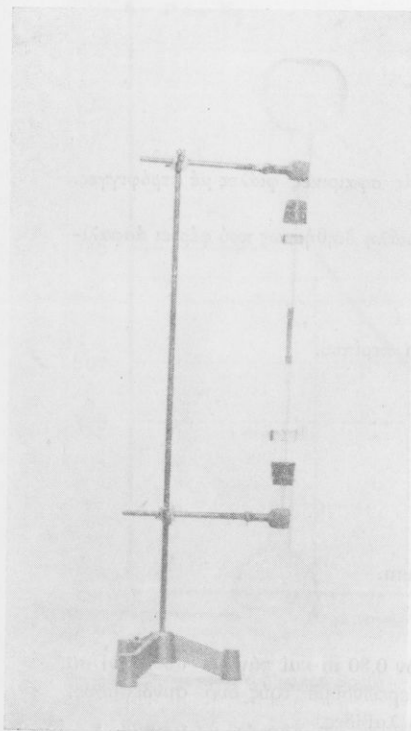
- β) Μέ το λαστιχένιο σωλήνα των 0,80 m συνδέουμε τόν πλευρικό σωλήνα τής φιάλης διηθήσεως με τή βάση συλλογής αερίων, τήν άκουμπάμε μέσα στη γυάλινη λεκάνη και ρίχνουμε νερό, ώσπου νά σκεπαστεί.
- γ) Μέ το ποτήρι των 250 ml γεμίζουμε τίσ δυό σφαιρικές φιάλες με νερό, τίσ σκεπάζουμε με τούς γυάλινους δίσκους και τίσ άκουμπάμε κοντά στη λεκάνη.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Ρίχνουμε μέσα στη φιάλη διηθήσεως κομματάκια άσβεστόλίθου και τή σκεπάζουμε με τό πώμα της. Ρυθμίζουμε τή θέση του άσφαλιστικού χωνιού πού βρίσκεται πάνω στο πώμα έτσι, πού τό κάτω μέρος του στελέχους του σχεδόν νά άκουμπά στόν πυθμένα. Χύνουμε μέσα στη φιάλη νερό, ώσπου νά σκεπαστεί τό κάτω μέρος του σωλήνα του άσφαλιστικού χωνιού.

Μέσα στο ποτήρι των 100 ml άραιώνουμε ύδροχλωρικό όξύ και ρίχνουμε

Εικ. 123



λίγο μέσα στη φιάλη διηθήσεως. Παρατηρούμε πώς παράγεται ένα άέριο, πού είναι διοξειδίο του άνθρακα. Άφήνουμε νά βγει λίγο, γιά νά διώξει τόν άέρα πού ύπήρχε μέσα στη φιάλη διηθήσεως, και έπειτα άναποδογυρίζουμε μέσα στη λεκάνη και πάνω στη βάση συλλογής αερίων τή μιά σφαιρική φιάλη, πού έτσι γεμίζει με διοξειδίο του άνθρακα. Όταν γεμίσει, τή βγάζουμε από τή λεκάνη και τήν πωματίζουμε με τό ένα πώμα πού έχει τή στρόφιγγα, με τή στρόφιγγα κλειστή.

- β) Άποσυνδέουμε τή φιάλη διηθήσεως από τό λαστιχένιο σωλήνα, τήν πλένουμε και τήν ξανασυνδέουμε. Μέσα στη φιάλη διηθήσεως βάζουμε τώρα ψευδάργυρο και ύδροχλωρικό όξύ. Έργαζόμαστε όπως και στήν περίπτωση (α)· γεμίζουμε τή δεύτερη σφαιρική φιάλη με καθαρό ύδρογόνο και τήν πωματίζουμε με τό δεύτερο πώμα, με τή στρόφιγγα κλειστή. Είναι φανερό πώς τά δυό άέρια πού βρίσκονται μέσα στίς φιάλες έχουν πίεση ίση με τήν άτμοσφαιρική.
- γ) Συνδέουμε τά στελέχη των στροφιγγών των πωμάτων των δυό φιαλών με τό μικρό λαστιχένιο σωλήνα και στηρί-

ζουμε τις φιάλες επάνω στις λαβίδες του ὀρθοστάτη ἔτσι, πού ἐκείνη πού περιέχει τό διοξειδίο του ἄνθρακα νά εἶναι ἀπό κάτω. Ἀνοίγουμε τίς στρόφιγγες καί φέρνουμε ἔτσι σέ ἐπικοινωνία τά δύο ἀέρια (εἰκ. 123).

δ) Μετά ἀπό ἄρκετό χρόνο (τήν ἄλλη μέρα) κλείνουμε τίς στρόφιγγες καί ἀποσυνδέουμε τό μικρό λαστιχένιο σωλήνα. Βυθίζουμε τό ἄκρο του στελέχους τῆς στρόφιγγας μέσα στό νερό τῆς λεκάνης καί ἀνοίγουμε τή στρόφιγγα. Παρατηροῦμε πώς οὔτε φυσαλίδες ἀερίου βγαίνουν μέσα στό νερό οὔτε νερό μπαίνει μέσα στή φιάλη. Κλείνουμε τή στρόφιγγα. Ἐπαναλαμβάνουμε τά ἴδια μέ τήν ἄλλη φιάλη κι ἔχουμε τά ἴδια ἀποτελέσματα. Ἡ πίεση μέσα στίς φιάλες ἐξακολουθεῖ νά εἶναι ἴση μέ τήν ἀτμοσφαιρική (ἐφόσον ἡ θερμοκρασία παρέμεινε σταθερή).

ε) Γεμίζουμε ὡς τή μέση τό ποτήρι τῶν 100 ml μέ ἀσβεστόνερο, ξεσκεπάζουμε τή μιᾶ φιάλη, τό ρίχνουμε μέσα καί τήν ξανασκεπάζουμε. Ἀναταράζουμε τό ἀσβεστόνερο μέσα στή φιάλη καί βλέπουμε πώς θολώνει.

Ἔργαζόμαστε κατά τόν ἴδιο τρόπο μέ τήν ἄλλη φιάλη. Τό ἀσβεστόνερο πάλι θολώνει. Συγκρίνουμε τά δύο θολώματα καί τά βρίσκουμε ὅμοια. Συμπεραίνουμε ἀπ' αὐτό πώς οἱ δύο φιάλες περιέχουν τήν ἴδια ποσότητα διοξειδίου του ἄνθρακα.

Συμπεράσματα

1. Τά δύο ἀέρια ἀναμείχτηκαν, ἂν καί τό διοξειδίο του ἄνθρακα βρισκόταν χαμηλότερα καί μολονότι εἶναι 22 φορές βαρύτερο ἀπό τό ὕδρογόνο.

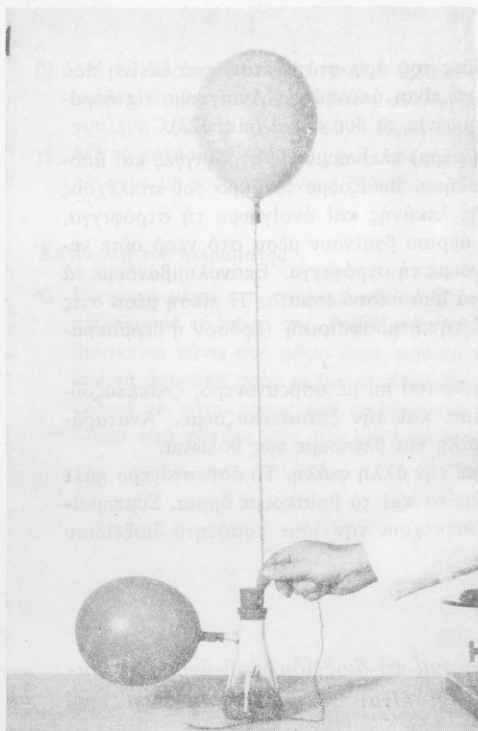
2. Τό κάθε ἀέριο κατέλαβε διπλάσιο ὄγκο, τόν ὄγκο καί τῶν δύο φιαλῶν, καί γι' αὐτό ἡ πίεσή του ἔγινε τό μισό τῆς ἀρχικῆς. Οἱ δύο ὅμως αὐτές μερικές πιέσεις τῶν δύο ἀερίων ἔχουν ἄθροισμα τήν ἀρχική πίεση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

Ἐφαρμογή τῆς ἀρχῆς του Ἀρχιμήδη στά ἀέρια. Ἀερόστατα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά φιάλη διηθήσεως στό κενό.
2. Ἐνα πῶμα λαστιχένιο κατάλληλο γιά τή φιάλη.
3. Ὑδροχλωρικό ὀξύ.



Εικ. 124

γ) Ἀφήνουμε τὸ μπαλόνι ἐλεύθερο καὶ βλέπουμε πὼς ἀνεβαίνει στὸν ἀέρα, γιατί δέχεται ἄνωση (εἰκ. 124).

Συμπέρασμα

Τὸ μπαλόνι ἀνεβαίνει στὸν ἀέρα ἐξαιτίας τῆς ἁνώσεως πού δέχεται, ἐπειδὴ τὸ ὕδρογόνο εἶναι 14,5 φορές περίπου ἐλαφρότερο ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ βάρος τοῦ μπαλονιοῦ πού εἶναι γεμάτο μὲ ὕδρογόνο εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὴν ἄνωση πού εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζόμενου ἀέρα.

4. Κομματάκια ψευδάργυρου.
5. Ἐνα μπαλόνι.
6. Ἐνα νῆμα κουβαρίστρας.
7. Ἐνα ποτήρι.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀραιώνουμε ὕδροχλωρικό ὀξύ μέσα στοῦ ποτήρι. Ρίχνουμε μέσα στή φιάλη διηθήσεως κομματάκια ψευδάργυρου καὶ δένουμε τὸ μπαλόνι στὸν πλευρικό της σωλήνα μὲ ἓνα κομμάτι νῆμα.
- β) Χύνουμε μέσα στή φιάλη ἀπὸ τὸ ἀραιωμένο ὕδροχλωρικό ὀξύ, ἀφήνουμε νὰ φύγει λίγο ἀπὸ τὸ ὕδρογόνο πού παράγεται, γιὰ νὰ διώξει τὸν ἀέρα τῆς φιάλης, καὶ κατόπιν πωματίζουμε αὐτὴ μὲ τὸ λαστιχένιο πῶμα. Τὸ μπαλόνι γεμίζει ὕδρογόνο καὶ φουσκώνει σιγὰ σιγὰ. Ὅταν φουσκώσει ἀρκετά, τὸ βγάζουμε ἀπὸ τὴ φιάλη καὶ τὸ δένουμε μὲ τὸ νῆμα.

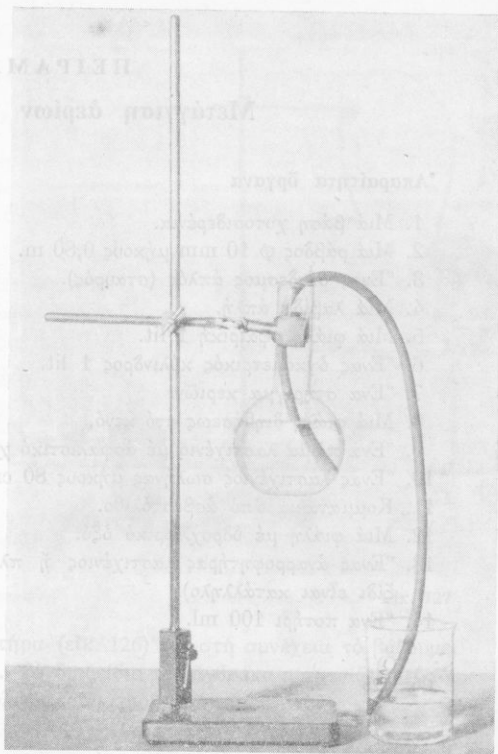
Λειτουργία του σίφωνα

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας άπλός σύνδεσμος (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml.
6. Ένας λαστιχένιος σωλήνας 60-80 cm.
7. Ένα ποτήρι 250 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m.
- β) Πάνω στη ράβδο και περίπου στο μέσο του ύψους της στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο και πάνω σ'αυτόν την άπλη λαβίδα, με την οποία συγκρατούμε τη σφαιρική φιάλη γεμάτη με νερό.



Εικ. 125

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Βυθίζουμε τό ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα μέσα στο νερό της φιάλης και άπό τό άλλο άκρο ρουφάμε τόν άέρα, ώσπου νά φτάσει τό νερό στο στόμα μας, και τό αφήνουμε πάνω άπό τό ποτήρι. Παρατηρούμε πώς τό νερό μεταγίγεται άπό τη σφαιρική φιάλη στο ποτήρι (εικ. 125).
- β) Άνεβάζουμε σιγά σιγά τό στόμιο έκροής του σίφωνα· παρατηρούμε τότε πώς, όταν αυτό φτάσει την ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα στη φιάλη, ή ροή σταματά.

Συμπέρασμα

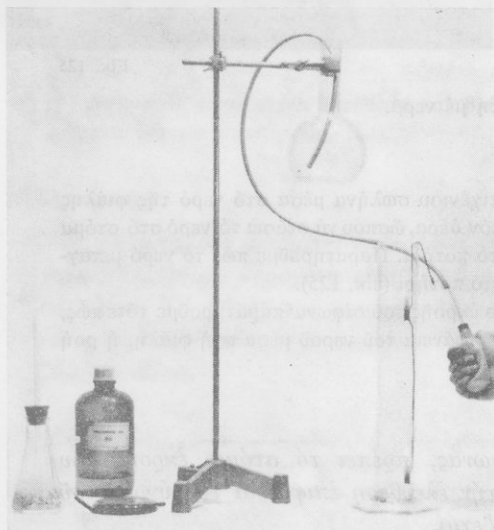
Γιά νά λειτουργήσει ό σίφοντας, πρέπει τό στόμιο έκροής του νά βρίσκεται χαμηλότερα άπό την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού του δοχείου, άπό τό όποιο μεταγίγεται.

Μετάγγιση αερίων με τό σίφωνα

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. "Ενας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Μιά φιάλη σφαιρική 1 lit.
6. "Ενας όγκομετρικός κύλινδρος 1 lit.
7. "Ενα στήριγμα κεριδών.
8. Μιά φιάλη διηθήσεως στό κενό.
9. "Ενα πώμα λαστιχένιο με ασφαλιστικό χωνί.
10. "Ενας λαστιχένιος σωλήνας μήκους 80 cm.
11. Κομματάκια από άσβεστόλιθο.
12. Μιά φιάλη με υδροχλωρικό όξύ.
13. "Ενας άναρροφητήρας λαστιχένιος ή πλαστικός (ένα πλαστικό φιαλίδιο από ξίδι είναι κατάλληλο).
14. "Ενα ποτήρι 100 ml.

Εικ. 126



Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

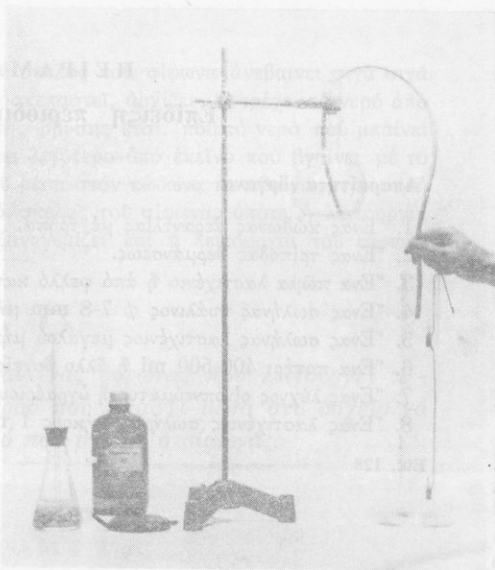
- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τη ράβδο των 0,80 m, στό άκρο της τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν την άπλή λαβίδα.
- β) Συνδέουμε στόν πλευρικό σωλήνα τής φιάλης διηθήσεως τό λαστιχένιο σωλήνα.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Βάζουμε μέσα στή φιάλη διηθήσεως κομματάκια από άσβεστόλιθο, τήν πωμαίζουμε καί ρυθμίζουμε τό ασφαλιστικό χωνί έτσι, πού στό κάτω άκρο του σωλήνα του σχεδόν νά άκουμπά στόν πυθμένα τής φιάλης. Ρίχνουμε κατά διαστή-

ματα άραιωμένο υδροχλωρικό όξύ, όπότε παράγεται διοξείδιο του άνθρακα· αυτό τό διοχετεύουμε μέ τό λαστιχένιο σωλήνα μέσα στή σφαιρική φιάλη, πού γεμίζει σιγά σιγά έκτοπίζοντας τόν άέρα.

- β) Στηρίζουμε τώρα τή γεμάτη μέ διοξείδιο του άνθρακα σφαιρική φιάλη πάνω στή λαβίδα καί βυθίζουμε μέσα τό άκρο του λαστιχένιου σωλήνα (σίφωνα), πού τόν άποσυνδέουμε από τή φιάλη διηθήσεως. Πάνω στό τραπέζι μας καί κάτω από τή φιάλη άκουμπάμε τόν κύλινδρο καί βάζουμε μέσα τό στήριγμα κεριών μέ τό κερι άναμμένο. Άπό τό έλεύθερο άκρο του σίφωνα ρουφάμε τόν άέρα μέ τό στόμα μας ή τόν αναρροφητήρα (είκ. 126) καί στή συνέχεια τό βάζουμε στό πάνω μέρος του κύλινδρου. Τό διοξείδιο του άνθρακα μεταγγίζεται από τή φιάλη στόν κύλινδρο καί ή φλόγα του κεριού σβήνει (είκ. 127).



Είκ. 127

Συμπέρασμα

Μέ τό σίφωνα μπορούμε νά μεταγγίσουμε καί άέρια.

Παρατήρηση

Ός άέρια γι' αυτό τό πείραμα μπορούν νά χρησιμοποιηθοϋν καί χλώριο ή διοξείδιο του άζώτου. Αϋτά μπορούν νά παραχθοϋν μέσα στή φιάλη διηθήσεως τό πρώτο μέ τήν επίδραση υδροχλωρικού όξέος έπάνω σέ πυρολουσίτη καί τό δεύτερο μέ τήν επίδραση νιτρικού όξέος έπάνω σέ τορνεύματα χαλκού.

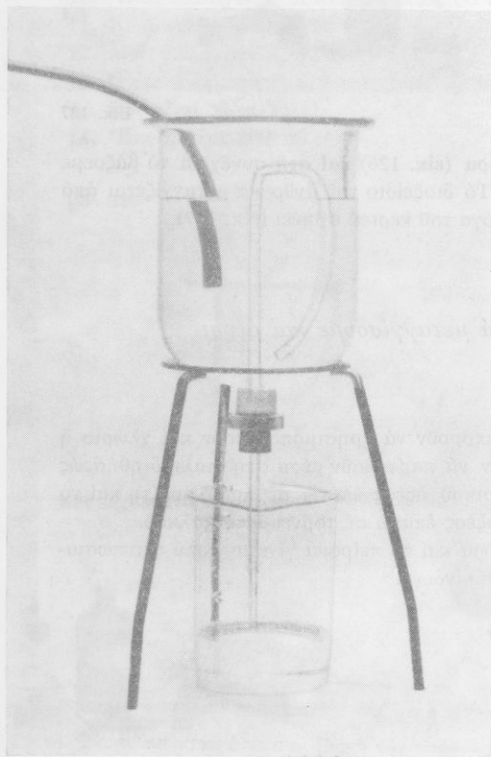
Τά άέρια αϋτά έχουν ζωηρό χρώμα καί τό πείραμα γίνεται πολύ έντυπωσιακό· είναι όμως δηλητηριώδη καί επικίνδυνα.

Επίδειξη περιοδικού σίφωνα

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας κώδωνας αεραντλίας με τρύπα.
2. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
3. Ένα πώμα λαστιχένιο ή από φελλό κατάλληλο για τόν κώδωνα.
4. Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 20-30 cm.
5. Ένας σωλήνας λαστιχένιος μεγάλου μήκους.
6. Ένα ποτήρι 400-500 ml ή άλλο δοχείο.
7. Ένας λύχνος οίονπνεύματος ή ύγραέριου.
8. Ένας λαστιχένιος σωλήνας μήκους 1 m.

Εικ. 128



Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Θερμαίνουμε στη φλόγα του λύχνου και λυγίζουμε τό γυάλινο σωλήνα, όπως φαίνεται στην εικόνα, για νά σχηματιστεί ό σίφοντας.
- β) Πωματίζουμε τόν κώδωνα και στην τρύπα του πώματος περνάμε τό σίφωνα από μέσα προς τά έξω. Άκουμπάμε τόν κώδωνα άνεστραμμένα πάνω στόν τρίποδα και από κάτω βάζουμε τό ποτήρι ή συνδέουμε τό λαστιχένιο σωλήνα στό προς τά έξω άκρο του σίφωνα και τόν οδηγούμε σέ δοχείο κάτω από τό τραπέζι.
- γ) Συνδέουμε τό λαστιχένιο σωλήνα μεγάλου μήκους στη βρύση και φέρνουμε τό άλλο άκρο του μέσα στόν κώδωνα.

Έκτέλεση του πειράματος

Ανοίγουμε τη βρύση και διοχετεύουμε τό νερό μέσα στόν κώδωνα. Η στάθμη του νερού

μέσα στον κώδωνα και στο μικρό σκέλος του σίφωνα ανεβαίνει σιγά σιγά και, όταν ο σίφωνας κοντεύει να σκεπαστεί, αρχίζει να τρέχει το νερό από κάτω. Ρυθμίζουμε την παροχή της βρύσης έτσι, πού το νερό πού μπαίνει μέσα στον κώδωνα να είναι κάτι λιγότερο από εκείνο πού βγαίνει με το σίφωνα. Τότε η στάθμη του νερού μέσα στον κώδωνα κατεβαίνει σιγά σιγά, ώσπου να ξεσκεπαστεί το κοντό σκέλος του σίφωνα, όποτε η λειτουργία του σταματά. Τότε ο κώδωνας ξαναγεμίζει και η λειτουργία του σίφωνα επαναλαμβάνεται κτλ. (εϊκ. 128).

Συμπέρασμα

Ο περιοδικός σίφωνας είναι ένας σίφωνας πού λειτουργεί περιοδικά, αρκεί η παροχή του υγρού πού μπαίνει μέσα στο δοχείο να είναι λίγο μικρότερη από τό νερό πού βγάζει ο σίφωνας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 17ο

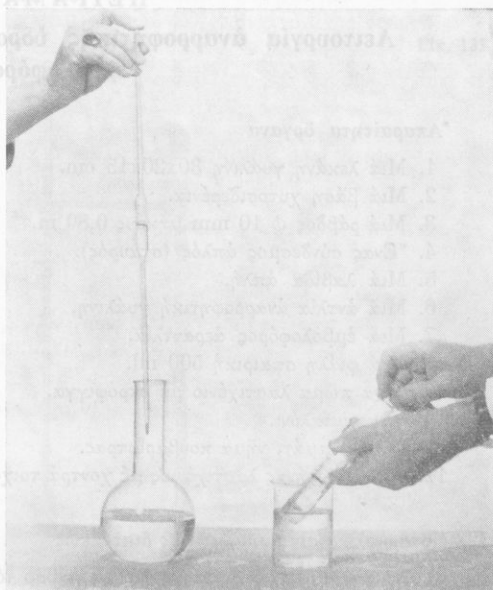
Λειτουργία σιφώνιου και σύριγγας

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φιάλη σφαιρική 500 ml.
2. Ένα ποτήρι 250 ml.
3. Μιά σύριγγα.
4. Ένα σιφώνιο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε νερό τή σφαιρική φιάλη και βυθίζουμε μέσα τό άκρο του σιφώνιου. Αυτό γεμίζει με νερό ως τό ύψος πού βυθίστηκε. Ρουφάμε τόν άέρα από τό πάνω άκρο του σιφώνιου, ενώ παρακολουθούμε τό νερό πού ανεβαίνει μέσα σ' αυτό. Όταν τό νερό φτάσει στό ύψος πού θέλουμε, παύουμε νά αναρροφάμε, κλείνουμε τό πά-



Εϊκ. 129

- νω άκρο μέ τό δάκτυλό μας καί τραβάμε τό σιφώνιο έξω από τή φιάλη. Παρατηρούμε πώς τό νερό δέ χύνεται (εϊκ. 129).
- β) "Αν βάλουμε τό σιφώνιο πάνω από τό ποτήρι καί βγάλουμε τό δάκτυλό μας από τό πάνω άκρο του, τό νερό τρέχει μέσα στο ποτήρι. Έτσι μεταφέρουμε μικρές ποσότητες ύγρων από ένα δοχείο σέ άλλο.
- γ) Βυθίζουμε τό άκροφύσιο τής σύριγγας μέσα στο νερό του ποτηριού καί τραβάμε προς τά έξω τό έμβολο. Ή σύριγγα γεμίζει μέ νερό (εϊκ. 129).

Συμπέρασμα

Τό υγρό άνεβαίνει μέσα στο σιφώνιο ή τή σύριγγα καί κρατιέται μέσα σ' αυτά εξαιτίας τής ατμοσφαιρικής πίεσεως.

Παρατήρηση

"Όταν μέ τό σιφώνιο θέλουμε νά μεταγγίσουμε υγρά πού βγάζουν επικίνδυνους ατμούς ή υγρά δηλητηριώδη, δέ ρουφάμε μέ τό στόμα, αλλά μόνο βυθίζουμε τό σιφώνιο μέσα στο υγρό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 18ο

Λειτουργία άναρροφητικής ύδραντλίας καί άεραντλίας έμβολοφόρου

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
2. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
4. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. Μιά λαβίδα άπλή.
6. Μιά άντλία άναρροφητική γυάλινη.
7. Μιά έμβολοφόρος άεραντλία.
8. Μιά φιάλη σφαιρική 500 ml.
9. Ένα πώμα λαστιχένιο μέ στρόφιγγα.
10. Ένα μπαλόνι.
11. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας.
12. Ένας σωλήνας λαστιχένιος μέ χοντρά τοιχώματα, μήκους 15-20 cm.

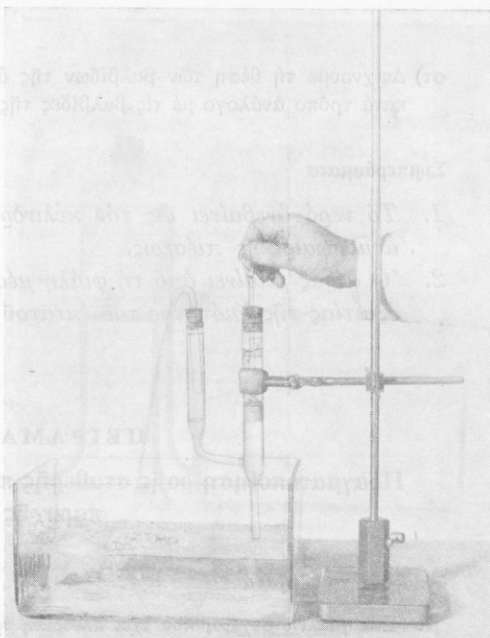
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m, πάνω σ' αυτή τόν άπλό

σύνδεσμο και πάνω στο σύνδεσμο στηρίζουμε τη λαβίδα. Μέ τη λαβίδα συγκρατούμε την υδραντλία.

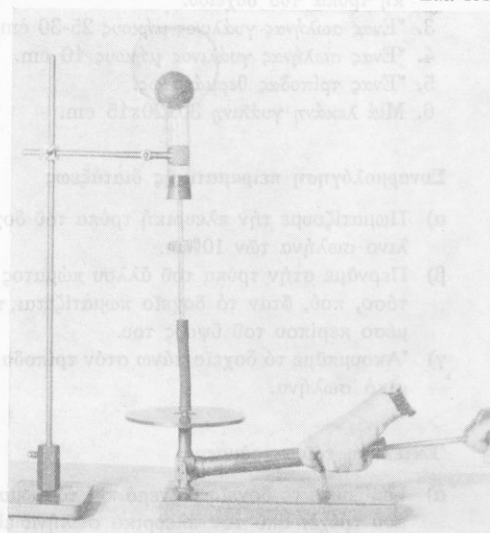
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε ως τη μέση με νερό τη λεκάνη και την άκουμπάμε κάτω από την υδραντλία.
- β) Κατεβάζουμε τον άπλο σύνδεσμο τόσο, πού το άκρο του σωλήνα αναρροφήσεως της υδραντλίας νά βυθιστεί λίγο μέσα στο νερό της λεκάνης.
- γ) Μετακινούμε τό έμβολο πάνω - κάτω και παρατηρούμε πώς τό νερό αναρροφάται από την υδραντλία και πάλι τρέχει μέσα στη λεκάνη. Παρατηρούμε τη λειτουργία των βαλβίδων (εικ. 130).



Εικ. 130

- δ) Στη θέση της λεκάνης βάζουμε την έμβολοφόρο αεραντλία. Δένουμε μέ τό νήμα τό στόμιο του μπαλονιού, αφού αφήσουμε μέσα λιγάκι αέρα, τό βάζουμε μέσα στη σφαιρική φιάλη και την πωματίζουμε.
- ε) Συγκρατούμε τη φιάλη αναποδογυρισμένη μέ τη λαβίδα και μέ τό λαστιχένιο σωλήνα συνδέουμε τό άκρο του στελεχους της στρόφιγγας μέ τό άκροφύσιο της αεραντλίας. Άνοίγουμε τη στρόφιγγα και βάζουμε σέ λειτουργία την αεραντλία. Η φιάλη αδειάζει από τον αέρα, όπως φαίνεται από τό μπαλόνι πού φουσκώνει (εικ. 131).



Εικ. 131

στ) Δείχνουμε τη θέση των βαλβίδων της αεραντλίας και τη λειτουργία τους κατά τρόπο ανάλογο με τις βαλβίδες της υδραντλίας.

Συμπεράσματα

1. Το νερό ανεβαίνει ως τον κύλινδρο της υδραντλίας εξαιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσεως.
2. Ο αέρας μπαίνει από τη φιάλη μέσα στον κύλινδρο της αεραντλίας εξαιτίας της ιδιότητας του έκτατου των αερίων.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Πραγματοποίηση ροής σταθερής παροχής. Δοχείο σταθερής παροχής

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα γυάλινο δοχείο, πού έχει πλευρική τρύπα κοντά στον πυθμένα και στόμιο πού μπορεί νά πωματιστεί.
2. Δυό πόματα λαστιχένια μέ τρύπα, κατάλληλα για τό στόμιο και τήν πλευρική τρύπα του δοχείου.
3. Ένας σωλήνας γυάλινος μήκους 25-30 cm.
4. Ένας σωλήνας γυάλινος μήκους 10 cm.
5. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
6. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

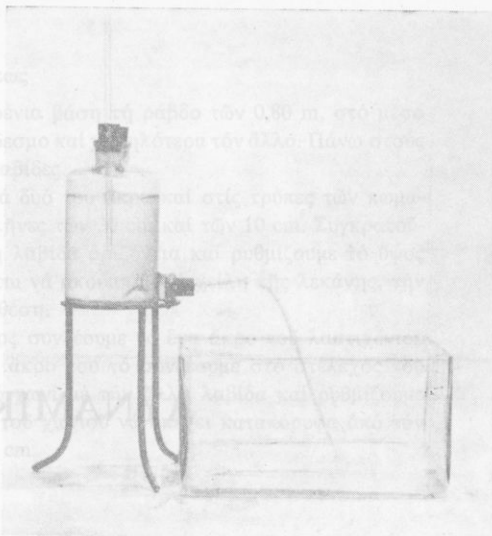
- α) Πωματίζουμε τήν πλευρική τρύπα του δοχείου και περνάμε στο πάμα τό γυάλινο σωλήνα των 10 cm.
- β) Περνάμε στήν τρύπα του άλλου πόματος τό γυάλινο σωλήνα των 25-30 cm τόσο, πού, όταν τό δοχείο πωματίζεται, τό άκρο του σωλήνα νά φτάσει στο μέσο περίπου του ύψους του.
- γ) Άκομπάμε τό δοχείο πάνω στον τρίποδα και τή λεκάνη κάτω από τόν πλευρικό σωλήνα.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό δοχείο μέ νερό και τό πωματίζουμε. Παρατηρούμε πώς τόν νερό πού τρέχει από τόν πλευρικό σωλήνα είναι σταθερής παροχής, ενώ από τό

β) Ἀνεβάζουμε ἢ κατεβάζουμε τὸ σωλήνα τοῦ πώματος καί ἔτσι αὐξάνουμε ἢ ἐλαττώνουμε τὴν παροχὴ τῆς ἐκροῆς. Ἀν τὸ κάτω ἄκρο τοῦ σωλήνα τοῦ πώματος φτάσει χαμηλότερα ἀπὸ τὴν πλευρική τρύπα, ἡ ἐκροὴ σταματᾷ.

Όπως εύκολα γίνεται φανερό, πάνω στο οριζόντιο επίπεδο, πού περνά από τό κάτω άκρο του σωλήνα του πώματος του δοχείου, διατηρείται πίεση σταθερή, ίση μέ τήν ατμοσφαιρική, ανεξάρτητα από τή θέση τής στάθμης του νερού. Έτσι ή έκροφη γίνεται μέ τή σταθερή πίεση στήλη νερού, πού έχει ύψος τήν κατακόρυφη απόσταση του οριζόντιου επιπέδου πού αναφέραμε από τό κέντρο τής πλευρικής τρύπας.



Εἰκ. 132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΤΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

*Επίδειξη του νόμου της συνέχειας

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Ένας σωλήνας διακλαδωτήρας.
6. Ένα χωνί γυάλινο.
7. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
8. Ένα ποτήρι 250 ml.
9. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 80 cm περίπου.
10. Δυό γυάλινοι σωλήνες ϕ 7-8 mm μήκους 10-12 cm με άκροφύσια.
11. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου με άκροφύσιο.
12. Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
13. Ένας κύλινδρος γυάλινος (της συσκευής υδροστατικής πίεσεως).
14. Δυό πώματα φελλού με τρύπα, κατάλληλα για τόν κύλινδρο.
15. Έπερμαγγανικό κάλιο.
16. Δυό σωλήνες λαστιχένοι ϕ 7-8 mm μήκους 6-8 cm.
17. Ένα πλαστικό κόνταλάκι.

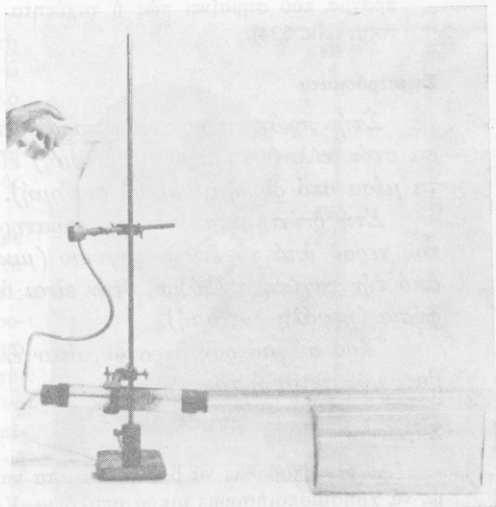
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

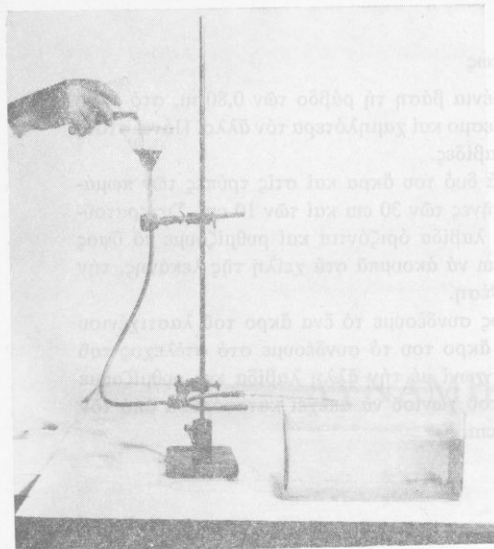
- α) Στερεώνουμε πάνω στη χυτοσιδερένια βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο μέσο του ύψους της τόν έναν απλό σύνδεσμο και χαμηλότερα τόν άλλο. Πάνω στους συνδέσμους στηρίζουμε τις δύο λαβίδες.
- β) Πωματίζουμε τόν κύλινδρο και στά δύο του άκρα και στίς τρύπες των πωμάτων περνάμε τούς γυάλινους σωλήνες των 30 cm και των 10 cm. Συγκρατούμε τόν κύλινδρο στη χαμηλότερη λαβίδα οριζόντια και ρυθμίζουμε τό ύψος της έτσι, πού ο σωλήνας των 30 cm νά άκουμπά στά χείλη της λεκάνης, τήν όποία βάζουμε στήν κατάλληλη θέση.
- γ) Μέ τό σωλήνα του άλλου πώματος συνδέουμε τό ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα των 80 cm, ενώ τό άλλο άκρο του τό συνδέουμε στό στέλεχος του γυάλινου χωνιού. Συγκρατούμε τό χωνί μέ τήν άλλη λαβίδα και ρυθμίζουμε τό ύψος της έτσι, πού τό στόμιο του χωνιού νά άπέχει κατακόρυφα άπό τόν οριζόντιο κύλινδρο γύρω στά 10 cm.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Στρέφουμε τη χαμηλότερη λαβίδα έτσι, πού ο κύλινδρος νά γίνει κατακόρυφος μέ τό σωλήνα των 30 cm πρós τά πάνω. Γεμίζουμε ως τη μέση τη λεκάνη μέ νερό και άπ' αυτό παίρνουμε μέ τό ποτήρι και χύνουμε στό χωνί, ώσπου νά γεμίσει ο κύλινδρος και φύγει όλος ο άέρας (γιά νά μή μένει άέρας μέσα στόν κύλινδρο, πρέπει ο γυάλινος σωλήνας των 30 cm νά ξεπερνά τήν κάτω βάση του πώματος). Φράζουμε τό άκροφύσιο του σωλήνα μέ τό δάκτυλό μας και οριζοντιώνουμε τόν κύλινδρο. Βγάζουμε τό δάκτυλό μας και παίρνουμε άμέσως και συνεχώς νερό άπό τη λεκάνη και ρίχνουμε μέσα στό χωνί έτσι, πού ή στάθμη του νερού μέσα σ' αυτό νά παραμένει σταθερή.
- β) Μέ τό κουταλάκι ρίχνουμε μέσα στό χωνί μερικά κρυσταλλάκια υπερμαγγανικού καλίου, ενώ εξακολουθούμε πάντα νά ρίχνουμε νερό. Παρατηρούμε πώς τό χρώμα του υπερμαγγανικού καλίου εμφανίζεται στήν άρχή του κυλίνδρου και μεταπίζεται σιγά σιγά πρós τό άλλο άκρο, γιά νά εμφανιστεί

Εικ. 133





Εικ. 134

κατόπιν μέσα στο σωλήνα. Μόλις όμως φανεί μέσα στο σωλήνα, μετατοπίζεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα, για να ξεχυθεί μέσα στη λεκάνη (εικ. 133).

γ) Στά δύο σκέλη του διακλαδωτήρα συνδέουμε με τούς μικρούς λαστιχένιους σωλήνες τούς δύο γυάλινους σωλήνες τών 10 cm. Βγάζουμε τόν κύλινδρο από τό μεγάλο λαστιχένιο σωλήνα καί στή θέση του συνδέουμε τό διακλαδωτήρα, του οποίου κανονίζουμε τή θέση έτσι, πού οί δύο γυάλινοι σωλήνες νά βρίσκονται πάνω σέ οριζόντιο επίπεδο καί τά άκροφύσιά τους νά άκουμπούν στά χείλη της λεκάνης.

δ) Έξακολουθοῦμε νά ρίχνουμε νερό στό χωνί όπως καί στήν προηγούμενη περίπτωση. Παρατηρούμε τό βεληνεκές τών φλεβών έκροψ. Φράζουμε μέ τό δάκτυλό μας τό ένα άκροφύσιο καί παρατηρούμε πώς τό βεληνεκές της φλέβας πού άπομένει αὐξάνεται, πράγμα πού σημαίνει πώς ή ταχύτητα του νερού μέσα στό σωλήνα αὐξάνεται (εικ. 134).

Συμπεράσματα

Στήν πρώτη περίπτωση παρατηρούμε πώς ή ταχύτητα ροής μέσα στόν κύλινδρο (μεγάλη διατομή) είναι μικρότερη από τήν ταχύτητα μέσα στό σωλήνα (μικρή διατομή).

Στή δεύτερη περίπτωση παρατηρούμε πώς ή ταχύτητα έξόδου του νερού από τό ένα άκροφύσιο (μικρή διατομή) είναι μεγαλύτερη από τήν ταχύτητα έξόδου, όταν είναι άνοιχτά καί τά δύο μαζί άκροφύσια (μεγάλη διατομή).

Άρα σέ μιá ροή ρευστού, όταν ελαττώνεται ή διατομή της φλέβας, αὐξάνεται ή ταχύτητά της.

Σημείωση

Άν δέν μπορούμε νά βρούμε πάματα κατάλληλα γιά τόν κύλινδρο, μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε μικρά μπαλόνια. Κόβουμε μέ ένα ψαλίδι τόν πυθμένα

των μπαλονιών, τόν προσαρμόζουμε στά δύο άκρα τοῦ κυλίνδρου καί τά δένουμε μέ λαστιχάκια ἢ μέ κλωστή. Ἀπό τά στόμια τῶν μπαλονιῶν περνᾶμε τώρα τοὺς σωλῆνες καί τοὺς δένουμε μέ τόν ἴδιο τρόπο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

Ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Bernoulli. Ὅταν αὐξάνεται ἡ ταχύτητα ἑνὸς ρευστοῦ, ἡ στατική πίεση πού αὐτὸ ἄσκει ἐλαττώνεται.

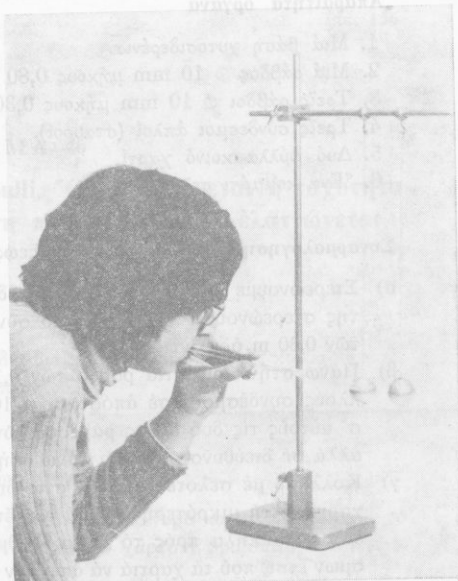
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ἐνας σύνδεσμος ἁπλός (σταυρός).
5. Δυὸ ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Δυὸ νήματα κουβαρίστρας μήκους 50 cm.
7. Δυὸ σφαῖρες πίνγκ-πόνγκ.
8. Μιά βελόνα ραψίματος.

Εἰκ. 135

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό πάνω μέρος της στηρίζουμε τόν ἁπλό σύνδεσμο. Πάνω στό σύνδεσμο στερεώνουμε τή ράβδο τῶν 0,30 m ὀριζόντια καί πάνω σ' αὐτή τοὺς δυὸ ὀρειχάλκινους δακτύλιους.
- β) Μέ μία βελόνα ραψίματος τρυπᾶμε τίς δυὸ σφαῖρες πίνγκ-πόνγκ στά ἄκρα μιᾶς διαμέτρου καί ἀπό τίς τρύπες περνᾶμε τά νήματα· δένουμε τίς σφαῖρες καί τίς κρεμάμε ἀπό τοὺς δυὸ ὀρειχάλκινους δακτύλιους ἔτσι, πού τά κέντρα τους νά βρίσκονται στό ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο καί οἱ ἐπιφάνειές τους νά ἀπέχουν μεταξύ τους 2-3 cm.



Εκτέλεση του πειράματος

Φυσάμε απευθείας με το στόμα ή με ένα σωλήνα δυνατό ρεύμα αέρα ανάμεσα στις σφαίρες· παρατηρούμε πώς οι σφαίρες πλησιάζουν μεταξύ τους (εικ. 135). Με το φύσημα ανάμεσα στις σφαίρες ή ταχύτητα του ρευστού αυξάνεται και η στατική πίεση ελαττώνεται, όποτε η ατμοσφαιρική πίεση σπρώχνει στις έξω επιφάνειες τις σφαίρες και τις πλησιάζει μεταξύ τους.

Συμπέρασμα

Όταν αυξάνεται ή ταχύτητα ενός ρευστού, η στατική πίεση που αυτό ασκεί ελαττώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο

Εφαρμογή του νόμου του Bernoulli. Όταν αυξάνεται η ταχύτητα ενός ρευστού, η στατική πίεση που αυτό ασκεί ελαττώνεται.

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεις ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Τρεις σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Δυό φύλλα κοινό χαρτί.
6. Ένα κομμάτι σελοτέιπ.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

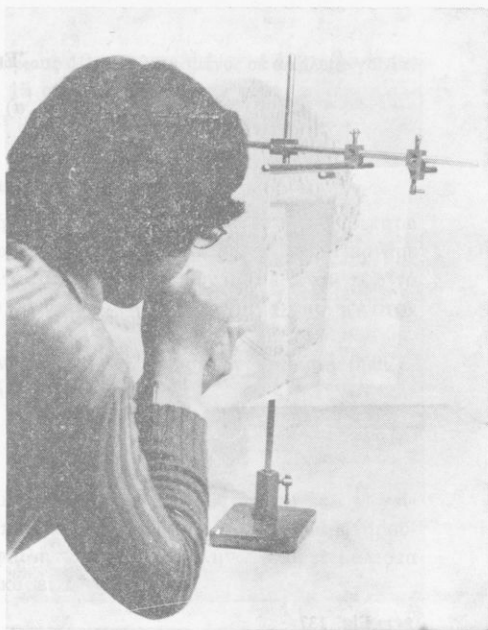
- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m· στα 2/3 περίπου του ύψους της στερεώνουμε τόν έναν άπλο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τη μιά ράβδο των 0,30 m οριζόντια.
- β) Πάνω στην οριζόντια ράβδο των 0,30 m στερεώνουμε τούς άλλους δυό άπλους συνδέσμους σε απόσταση 8-10 cm μεταξύ τους και στηρίζουμε πάνω σ' αυτούς τις δυό άλλες ράβδους των 0,30 m έτσι, που νά είναι οριζόντιες αλλά σε διεύθυνση κάθετη πάνω στην πρώτη.
- γ) Κολλάμε με σελοτέιπ επάνω στις δυό παράλληλες ράβδους από ένα φύλλο χαρτί με τη μικρότερη πλευρά του έτσι, που τά δυό χαρτιά νά κρέμονται τό ένα παράλληλα προς τό άλλο. Ρυθμίζουμε την απόσταση των δυό συνδέσμων έτσι, που τά χαρτιά νά απέχουν μεταξύ τους 4-5 cm.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Φυσᾶμε μέ τό στόμα μας ἀπεν-
θείας ἤ μέ ἓνα σωλήνα ἀνάμε-
σα στά δύο φύλλα τοῦ χαρτιοῦ·
ὁ ἀέρας πού εἶναι ἀνάμεσά
τους ἀποκτᾷ ταχύτητα μεγαλύ-
τερη ἀπό ὅτι ἔχει ὁ ἀέρας τοῦ
περιβάλλοντος, ἡ στατική πίε-
ση ἀνάμεσα στά χαρτιά ἐλατ-
τώνεται καί, ὅπως παρατηροῦ-
με, τά χαρτιά πλησιάζουν καί
τείνουν νά κολλήσουν κάτω
ἀπό τήν ἐπίδραση τῆς ἐξωτερι-
κῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως
(εἰκ. 136).

Συμπέρασμα

“Ὅταν αὐξάνεται ἡ ταχύ-
τητα ἑνός ρευστοῦ, ἡ στατική
πίεση πού αὐτό ἀσκεῖ ἐλατ-
τώνεται.



Εἰκ. 136

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Bernoulli. “Ὅταν αὐξάνεται ἡ ταχύτητα
ἑνός ρευστοῦ, ἡ στατική πίεση πού αὐτό ἀσκεῖ ἐλαττώνεται

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά κοινή κουβαρίστρα.
2. Ἐνα χαρτόνι κυκλικό πού ἔχει τήν ἴδια διάμετρο μέ τή βάση τῆς κουβαρίστρας.
3. Ἐνα κομμάτι νῆμα μήκους 25 cm περίπου.
4. Μιά βελόνα ραψίματος.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Μέ τή βελόνα τρυπᾶμε τό κυκλικό χαρτόνι στό κέντρο καί τό κρεμάμε μέ τό
νῆμα, προσπαθοῦμε νά πετύχουμε νά μένει τό χαρτόνι ὀριζόντιο, ὅταν κρέ-
μεται ἀπό τό νῆμα.



Εικ. 137

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Περνάμε τό νήμα από τήν τρύπα τῆς κουβαρίστρας καί μέ τό δάκτυλό μας τό πιέζουμε πάνω στήν ἐπάνω βάση τῆς, ἐνῶ τήν κρατᾶμε κατακόρυφη ἔτσι, πού ὁ χάρτινος δίσκος νά ἀπέχει ἀπό τήν κάτω βάση τῆς 1-2 mm.
- β) Φυσᾶμε ἀπό τήν ἐπάνω τρύπα τῆς κουβαρίστρας ἀπευθείας μέ τό στόμα ἤ μέ ἕνα σωλήνα. Παρατηροῦμε πώς ὁ χάρτινος δίσκος ἀνεβαίνει καί κολλᾷ στήν κάτω βάση τῆς κουβαρίστρας (εἰκ. 137). Αὐτό ὀφείλεται στό ὅτι μεταξύ τῆς κάτω βάσεως τῆς κουβαρίστρας καί τοῦ χάρτινου δίσκου ἔχουμε κίνηση ἀέρα ἀπό τό κέντρο πρὸς τήν περιφέρεια, ἔχουμε δηλαδή ἀξημιένη ταχύτητα σέ σχέση μέ τόν ἀέρα πού βρίσκεται κάτω ἀπό τό δίσκο. Ἡ ἀύξηση ὁμως τῆς ταχύτητας

ἔχει σάν ἀποτέλεσμα τήν ἐλάττωση τῆς στατικῆς πίεσεως· ἔτσι ἡ κάτω ἀπό τό δίσκο ἀτμοσφαιρική πίεση τόν σπρώχνει καί τόν κολλᾷ πάνω στή βάση τῆς κουβαρίστρας.

Συμπέρασμα

Ὅταν αὐξάνεται ἡ ταχύτητα ἑνός ρευστοῦ, ἡ στατική πίεση πού αὐτό ἀσκεῖ ἐλαττώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Ἐφαρμογή τοῦ νόμου τοῦ Bernoulli. Ἑρμηνεία τῆς λειτουργίας τοῦ ψεκαστήρα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά σφαιρική φιάλη 250 ml.
2. Ἐνα πῶμα λαστιχένιο ἢ ἀπό φελλό μέ δύο τρύπες, κατάλληλο γιά τή σφαιρική φιάλη.

3. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 5-8 mm μήκους 10 cm, λυγισμένος σε άμβλεια γωνία.
4. Ένας σωλήνας ϕ 5-8 mm μήκους 15 cm, με άκροφύσιο.
5. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 5-8 mm μήκους 15-20 cm, με άκροφύσιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Περνάμε το λυγισμένο σωλήνα στη μία τρύπα του πώματος έτσι, που το κάτω άκρο του να εξέχει από την κάτω επιφάνεια του πώματος 1-2 cm. Περνάμε από την άλλη τρύπα του πώματος τόν άλλο σωλήνα των 15 cm έτσι, που το άκρο του που δεν έχει άκροφύσιο να φτάσει ως τη μέση της φιάλης, όταν πωματιστεί.
- β) Γεμίζουμε τη φιάλη νερό και την πωματίζουμε προσέχοντας να μη βυθίζεται μέσα στο νερό το άκρο του λυγισμένου σωλήνα.

Έκτέλεση του πειράματος

Με το σωλήνα που μās έμεινε φυσάμε δυνατά ακριβώς επάνω από τα χείλη του άκροφυσίου του σωλήνα που προεξέχει από το πώμα. Παρατηρούμε πώς το νερό ανεβαίνει από τη φιάλη μέσα στο σωλήνα· μπορεί μάλιστα να φτάσει στην κορυφή και να ψεκάσει τόν άερα.

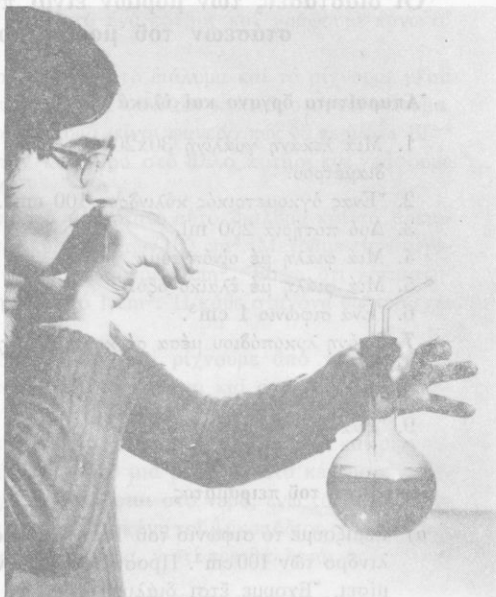
Έπειδή ο σωλήνας με τόν όποιο φυσάμε έχει άκροφύσιο, ή ταχύτητα του άερα στην έξοδο αυξάνεται, έτσι ή πίεση ακριβώς επάνω από τόν κατακόρυφο σωλήνα που βγαίνει από τη φιάλη ελαττώνεται και ή ατμοσφαιρική πίεση ανεβάζει τό νερό μέσα στο σωλήνα (είκ. 138).

Έπάνω σ' αυτό τό φαινόμενο στηρίζεται ή λειτουργία του ψεκαστήρα.

Συμπέρασμα

Μέσα στο σωλήνα εξαγωγής του ψεκαστήρα ανεβαίνει τό υγρό, γιατί δημιουργείται ύποπίεση στην κορυφή του με τό φύσημα του άερα.

Είκ. 138



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΟΡΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

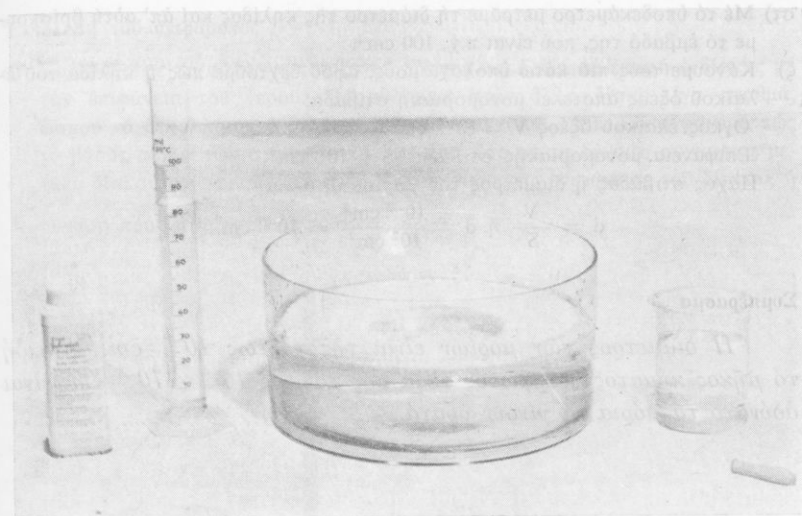
Οί διαστάσεις των μορίων είναι πολύ μικρές. Μέτρηση των διαστάσεων του μορίου του ελαϊκού όξeos

***Απαραίτητα όργανα και υλικά**

1. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm ή κυλινδρικό κρυσταλλωτήριο μεγάλης διαμέτρου.
2. Ένας όγκομετρικός κύλινδρος 100 cm³.
3. Δυό ποτήρια 250 ml.
4. Μιά φιάλη με οινόπνευμα.
5. Μιά φιάλη με ελαϊκό όξύ.
6. Ένα σιφώνιο 1 cm³.
7. Σκόνη λυκοπώδιου μέσα σε κουτί που έχει στο καπάκι μικρές τρύπες (άλατιέ-ρα).
8. Ένα ύποδεκάμετρο.
9. Ένα σταγονόμετρο.

***Εκτέλεση του πειράματος**

- α) Γεμίζουμε τό σιφώνιο του 1 cm³ με ελαϊκό όξύ καί τό άδειάζουμε στόν κύλινδρο των 100 cm³. Προσθέτουμε στόν κύλινδρο οινόπνευμα, ώσπου νά γεμίσει. Έχουμε έτσι διάλυμα ελαϊκού όξeos σέ οινόπνευμα. Άν πάρουμε



Είκ. 139

1 cm³ από αυτό τό διάλυμα, θά περιέχει 10⁻² cm³ ελαϊκό ὀξύ. *Αδειάζουμε τό περιεχόμενο τοῦ κυλίνδρου μέσα στό ἓνα ποτήρι καί γράφουμε πάνω σ' αὐτό: «διάλυμα 1/100».

- β) Μέ τό σιφώνιο παίρνουμε 1 cm³ ἀπ' αὐτό τό διάλυμα καί τό ρίχνουμε μέσα στόν κύλινδρο τῶν 100 cm³. *Απογεμίζουμε πάλι τόν κύλινδρο μέ οἰνόπνευμα. *Αν πάρουμε 1 cm³ ἀπό αὐτό τό διάλυμα, εἶναι φανερό πώς θά περιέχει 10⁻⁴ cm³ ελαϊκό ὀξύ. *Αδειάζουμε τόν κύλινδρο στό ἄλλο ποτήρι καί γράφουμε πάνω σ' αὐτό: «διάλυμα 1/10000».
- γ) Γεμίζουμε τό σταγονόμετρο ἀπό τό ἀραιότερο αὐτό διάλυμα καί τό ἀδειάζουμε μιά μιά σταγόνα μέσα στόν κύλινδρο τῶν 100 cm³. Μετῶμε τίς σταγόνες πού θά χρειαστοῦν, γιά νά συμπληρώσουμε 1 cm³. *Εἴσω ὅτι χρειάστηκαν 10 σταγόνες, γιά νά συμπληρωθεῖ τό 1 cm³. *Ἡ κάθε σταγόνα θά περιέχει τότε 10⁻⁵ cm³ ελαϊκό ὀξύ.
- δ) Γεμίζουμε τή λεκάνη ὥς τή μέση μέ νερό καί ρίχνουμε ἀπό τό κουτί καί ἀπό κάποιο ὕψος σκόνη λυκοπόδιου. Αὐτή κάθεται καί σκεπάζει ὁμοίμορφα τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ.
- ε) Μέ τό σταγονόμετρο παίρνουμε λίγο ἀπό τό πολύ ἀραιό διάλυμα καί ρίχνουμε μέ προσοχή καί ἀπό χαμηλό ὕψος μόνο μιά σταγόνα στό κέντρο τῆς λεκάνης. Τό οἰνόπνευμα τῆς σταγόνας διαλύεται στό νερό, ἐνῶ τό ελαϊκό ὀξύ ἀπλώνεται στήν ἐπιφάνεια διώχνοντας τή σκόνη τοῦ λυκοπόδιου σχηματίζοντας μιά κυκλική κυλῖδα, πού ἔχει σαφῆ ὅρια, γιὰτί περιβάλλεται ἀπό τό λυκοπόδιο (εἰκ. 139).

στ) Μέ τό ὑποδεκάμετρο μετράμε τή διάμετρο τῆς κηλίδας καί ἀπ' αὐτή βρίσκουμε τό ἐμβαδό της, πού εἶναι π.χ. 100 cm^2 .

ζ) Κάνουμε τούς πιά κάτω ὑπολογισμούς, ἀφοῦ δεχτοῦμε πώς ἡ κηλίδα τοῦ ἐλαϊκοῦ ὀξέος ἀποτελεῖ μονομοριακή στιβάδα:

Ὅγκος ἐλαϊκοῦ ὀξέος $V = 10^{-5} \text{ cm}^3$.

Ἐπιφάνεια μονομοριακῆς στιβάδας $S = 10^2 \text{ cm}^2$.

Πάχος στιβάδας ἢ διάμετρος τοῦ μορίου d , ἀλλά

$$d = \frac{V}{S} \quad \text{ἢ} \quad d = \frac{10^{-5} \text{ cm}^3}{10^2 \text{ cm}^2} = 10^{-7} \text{ cm}.$$

Συμπέρασμα

Ἡ διάμετρος τῶν μορίων εἶναι τῆς τάξεως 10^{-7} cm . Ἐπειδή τό μήκος κύματος τοῦ φωτός εἶναι τῆς τάξεως $10^{-4} - 10^{-5} \text{ cm}$, εἶναι ἀδύνατο τά μόρια νά γίνουν ὁρατά.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

Ἐπίδειξη δυνάμεων συνάφειας καί μέτρηση αὐτῶν

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

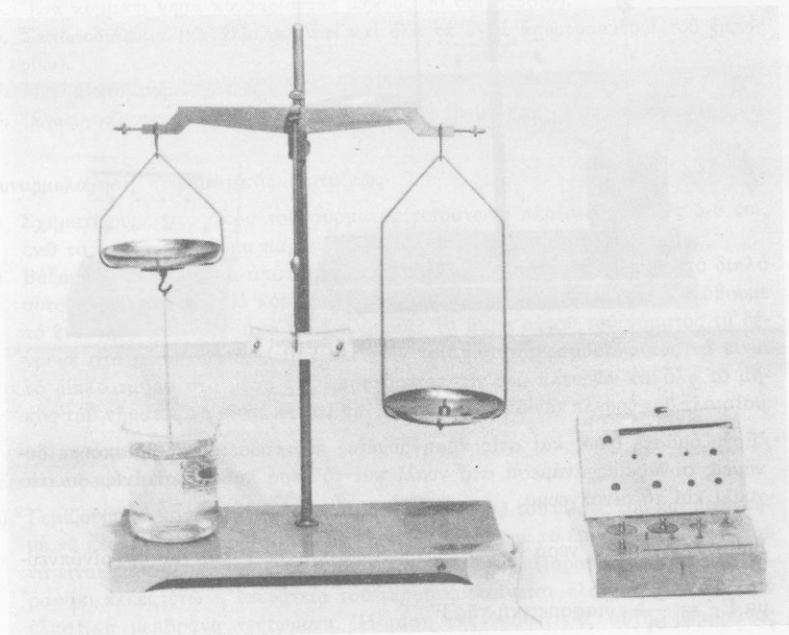
1. Ἐνας ὑδροστατικός ζυγός.
2. Ἐνα κουτί μέ σταθμά.
3. Ἐνας δίσκος ἀπό ἀλουμίνιο κρεμασμένος ἀπό τό κέντρο του μέ ἓνα νῆμα (τῆς συσκευῆς ὑδροστατικῆς πίεσεως).
4. Ἐνας δίσκος γυάλινος.
5. Ἐνας μυζητήρας μέ ἄγκιστρο (βεντούζα πού κολλᾷ στά τζάμια).
6. Ἐνα κομμάτι νῆμα κουβαρίστρας μήκους 30 cm περίπου.
7. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
8. Μιά φιάλη μέ οἰνόπνευμα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ κοντοῦ δίσκου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ κρεμᾶμε τό δίσκο ἀπό ἀλουμίνιο καί τόν ἰσορροποῦμε βάζοντας σταθμά (β) στόν ἄλλο δίσκο.
- β) Γεμίζουμε μέ νερό τό ποτήρι καί τό βάζουμε κάτω ἀπό τό δίσκο τοῦ ἀλουμίνιου.

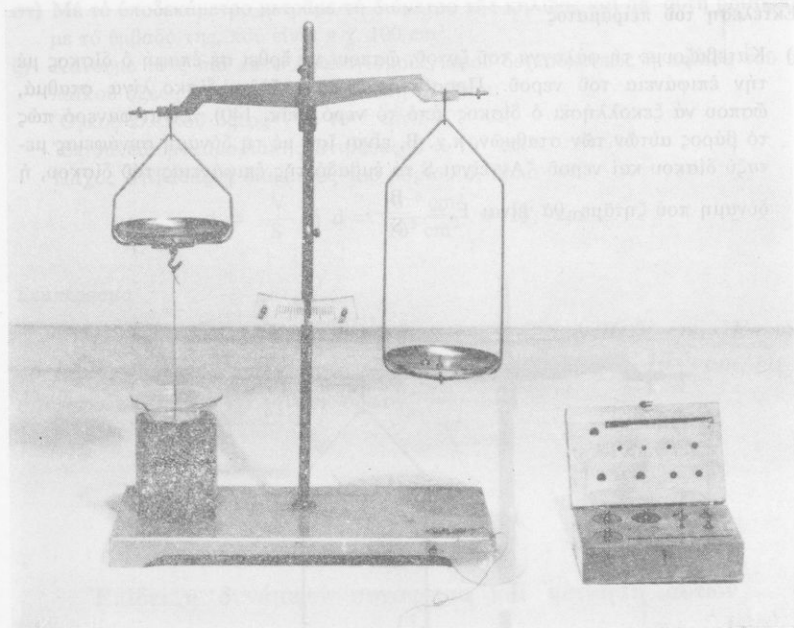
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κατεβάζουμε τὴ φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ, ὥσπου νά ἔρθει σέ ἐπαφή ὁ δίσκος μέ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Προσθέτουμε στὸν ἄλλο δίσκο λίγα σταθμὰ, ὥσπου νά ξεκολλήσῃ ὁ δίσκος ἀπὸ τὸ νερό (εἰκ. 140). Εἶναι φανερό πὼς τὸ βάρος αὐτῶν τῶν σταθμῶν, π.χ. Β, εἶναι ἴσο μέ τὴ δύναμη συνάφειας με-
ταξὺ δίσκου καὶ νεροῦ. Ἄν εἶναι S τὸ ἔμβαδὸ τῆς ἐπιφάνειας τοῦ δίσκου, ἡ δύναμη πού ζητᾶμε θά εἶναι $F = \frac{B}{S}$.



Εἰκ. 140

- β) Ἄν ἀντικαταστήσουμε τὸ νερό μέ οἶνόπνευμα καὶ ἐργαστοῦμε μέ τὸν ἴδιο τρόπο, θά βροῦμε τὴ δύναμη συνάφειας μεταξὺ τοῦ δίσκου ἀπὸ ἀλουμίνιο καὶ τοῦ νεροῦ $F' = \frac{B'}{S}$ μικρότερη τῆς προηγούμενης. Ἐδῶ Β' εἶναι τὸ βάρος τῶν σταθμῶν (εἰκ. 141).
- γ) Κολλάμε τὸ μυζητήρα στὸ κέντρο τοῦ γυάλινου δίσκου καὶ τὸν κρεμάμε ἀπὸ τὸ ἄγκιστρο τοῦ υδροστατικοῦ ζυγοῦ μέ τὸ νῆμα. Φροντίζουμε νά εἶναι τὸ ἐπίπεδο τοῦ δίσκου ὀριζόντιο.



Εικ. 141

Έργαζόμαστε όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις και βρίσκουμε δυνάμεις συνάφειας ανάμεσα στο γυαλί και τό νερό καθώς και ανάμεσα στο γυαλί και τό οινόπνευμα.

Βρίσκουμε για τό νερό $F_1 = \frac{B_1}{S_1}$ διαφορετική τής F και για τό οινόπνευ-

μα $F_1' = \frac{B_1'}{S_1}$ διαφορετική τής F .

Συμπέρασμα

Μεταξύ δύο διαφορετικῶν σωμάτων πού βρίσκονται σέ ἐπαφή ασκοῦνται ἐλκτικές δυνάμεις, δυνάμεις συνάφειας. Οἱ δυνάμεις συνάφειας ἐξαρτῶνται ἀπό τή φύση τῶν δύο σωμάτων.

Έπιδειξη επιφανειακής τάσεως

Απαραίτητα όργανα καί υλικά

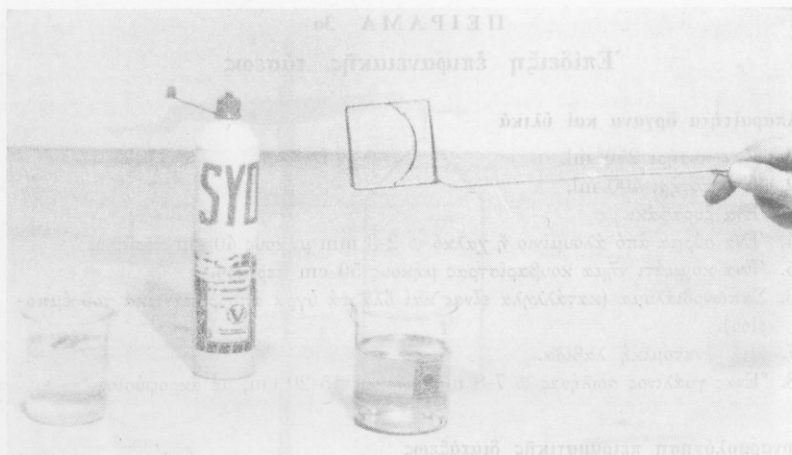
1. Ένα ποτήρι 250 ml.
2. Ένα ποτήρι 400 ml.
3. Ένα ξυραφάκι.
4. Ένα σύρμα από αλουμίνιο ή χαλκό ϕ 2-3 mm μήκους 40 cm περίπου.
5. Ένα κομμάτι νήμα κουβαρίστρας μήκους 50 cm περίπου.
6. Σαπωνοδιάλυμα (κατάλληλα είναι καί όλα τά υγρά απορρυπαντικά τοῦ ἐμπορίου).
7. Μιά ανατομική λαβίδα.
8. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 15-20 cm, μέ ἀκροφύσιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Σχηματίζουμε στό ἄκρο τοῦ σύρματος τετράγωνο πλαίσιο πλευρᾶς 5-6 cm, ἐνῶ τό ὑπόλοιπο σύρμα παραμένει σάν λαβή τοῦ πλαισίου.
- β) Βάζουμε δυό κομμάτια ἀπό τό νήμα παράλληλα καί σέ ἐπαφή καί στό διπλό αὐτό νήμα δένουμε δυό κόμπους σέ ἀπόσταση 2-3 cm μεταξύ τους. Κόβουμε τό ἕνα νήμα πιό πέρα ἀπό τοὺς κόμπους. Τά ἄκρα αὐτοῦ τοῦ νήματος τά δένουμε στά μέσα δυό ἀπέναντι πλευρῶν τοῦ πλαισίου, προσέχοντας νά εἶναι τό διπλό τμήμα στό μέσο τῆς ἀποστάσεως τῶν δυό πλευρῶν καί ὅλο τό μήκος τοῦ νήματος νά εἶναι κατά 1 cm μεγαλύτερο ἀπό τήν πλευρά τοῦ πλαισίου.

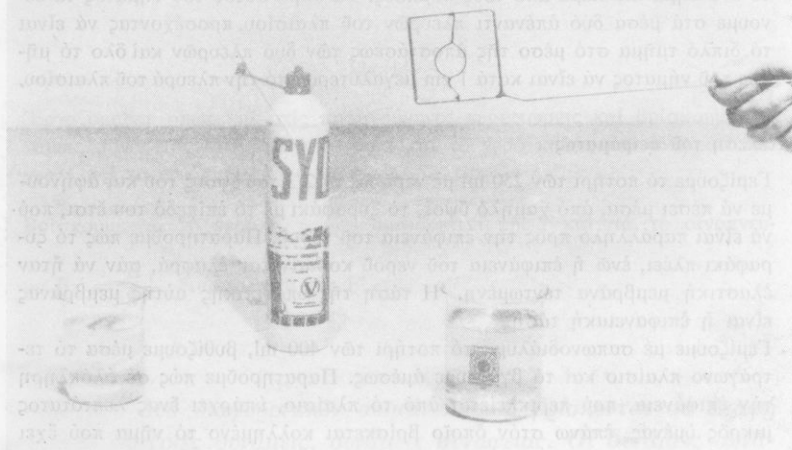
Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι τῶν 250 ml μέ νερό ὡς τά 2/3 τοῦ ὕψους του καί ἀφήνουμε νά πέσει μέσα, ἀπό χαμηλό ὕψος, τό ξυραφάκι μέ τό ἐπίπεδό του ἔτσι, πού νά εἶναι παράλληλο πρὸς τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Παρατηροῦμε πὼς τό ξυραφάκι πλέει, ἐνῶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ κοιλαίνεται ἐλαφρά, σάν νά ἦταν ἐλαστική μεμβράνα τετωμένη. Ἡ τάση τῆς ὑποθετικῆς αὐτῆς μεμβράνας εἶναι ἡ ἐπιφανειακὴ τάση.
- β) Γεμίζουμε μέ σαπωνοδιάλυμα τό ποτήρι τῶν 400 ml, βυθίζουμε μέσα τό τετράγωνο πλαίσιο καί τό βγάζουμε ἀμέσως. Παρατηροῦμε πὼς σέ ὁλόκληρη τήν ἐπιφάνεια, πού περικλείεται ἀπὸ τό πλαίσιο, ὑπάρχει ἕνας λεπτότατος μικρὸς ὕμενας, ἐπάνω στὸν ὁποῖο βρίσκεται κολλημένο τό νήμα πού ἔχει ἀκανόνιστο σχῆμα καί πού χωρίζει τό ἐπίπεδο τοῦ μικροῦ ὕμενα σέ δυό μέρη. Σπάζουμε μέ τό γυάλινο σωλήνα τό ἐπίπεδο τοῦ μικροῦ ὕμενα στό ἕνα μέρος. Παρατηροῦμε πὼς ὁ μικρὸς ὕμενας τοῦ ἄλλου τμήματος συστέλλεται, σάν νά ἦταν ἐλαστικὴ μεμβράνα, καί τό νήμα παίρνει σχῆμα τόξου (εἰκ. 142). Τό ὕμενιο παίρνει τήν ἐλάχιστη δυνατὴ ἐπιφάνεια.



Εικ. 142

Εικ. 143



- γ) Βυθίζουμε πάλι το πλαίσιο μέσα στο σαπουνιάδωμα και τό βγάζουμε άμέσως. Σχηματίζεται πάλι τό δμένιο. Μέ προσοχή βάζουμε τή μύτη τής λαβίδας, μέ τά σκέλη κλειστά άνάμεσα στά δυό νήματα τοϋ διπλοϋ τμήματος, καί, άνοίγοντάς τα ελαφρά, παρατηρούμε πώς καί άνάμεσα στά δυό νήματα

υπάρχει υμένιο. Σπάζουμε αυτό το υμένιο ανάμεσα στα δύο νήματα φυσώντας με το σωλήνα αέρα. Παρατηρούμε πώς τα τμήματα του υμένιου, που βρίσκονται από το ένα και από το άλλο μέρος του νήματος, συστέλλονται και πώς το διπλό τμήμα του νήματος σχηματίζει περιφέρεια κύκλου (εικ. 143). Τα υμένια που παρέμειναν παίρνουν πάλι την ελάχιστη δυνατή επιφάνεια.

Συμπέρασμα

Η ελεύθερη επιφάνεια των υγρών έχει ιδιότητες όμοιες με τις ιδιότητες τεντωμένης ελαστικής μεμβράνας, που τείνει να συσταλεί έτσι, που το έμβαδό της να γίνει το ελάχιστο δυνατό. Τήν τάση αυτή της ελεύθερης επιφανείας των υγρών ονομάζουμε επιφανειακή τάση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Έπιδειξη επιφανειακής τάσεως

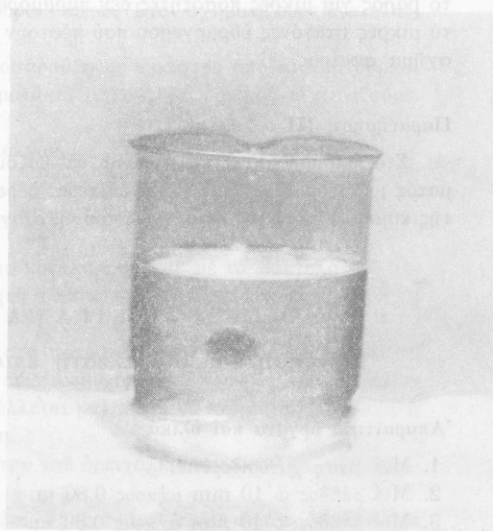
Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Ένα ποτήρι 250 ml.
2. Μιά φιάλη με οινόπνευμα.
3. Ένα φιαλίδιο με λάδι.
4. Ένα σιφώνιο.

Εικ. 144

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ρίχνουμε μέσα στο ποτήρι νερό ως το $\frac{1}{3}$ του ύψους του και έπειτα διπλάσια περίπου ποσότητα οινόπνευμα.
- β) Μέσα σ' αυτό το μείγμα ρίχνουμε με το σιφώνιο και σε επαφή με την επιφάνεια μιιά σταγόνα λάδι (περίπου $0,5 \text{ cm}^3$). Η σταγόνα πλέει στην επιφάνεια και ένα μέρος της μόνο βυθίζεται μέσα στο μείγμα.
- γ) Προσθέτουμε με το σιφώνιο σιγά σιγά οινόπνευμα, ώσπου



νά σκεπαστεί ή σταγόνα έντελώς. Βλέπουμε πώς ή σταγόνα αιώρεϊται μέσα στό μείγμα νερού καί οίνοπνεύματος καί παίρνει σχήμα σφαίρας, γιατί έχει τήν τάση νά έλαττώνει τήν επιφάνειά της στό ελάχιστο (εϊκ. 144).

Συμπέρασμα

Τό βάρος τής σταγόνας εξουδετερώνεται από τήν άνωση. Ή σταγόνα πού δέν παραμορφώνεται πιά μέ τήν επίδραση εξωτερικών δυνάμεων παίρνει σχήμα σφαίρας, πού έχει τή μικρότερη επιφάνεια γιά τόν ίδιο όγκο, εξαιτίας τής επιφανειακής τάσεως.

Παρατήρηση I

Αν ρίξουμε σταγόνες νερού πάνω σέ πυρωμένη μεταλλική επιφάνεια (σίδερο σιδερώματος), αυτές παίρνουν σχήμα σφαίρας καί κινούνται πάνω στήν επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή τό βάρος τής σταγόνας εξουδετερώνεται από τή δύναμη πού άσκειται από τήν τάση του άτμου πού παράγεται άνάμεσα στην κάτω επιφάνεια τής σταγόνας καί τήν πυρωμένη μεταλλική επιφάνεια.

Παρατήρηση II

Στόν υδράργυρο, έπειδή ή επιφανειακή τάση εϊναι πολύ μεγάλη, $\alpha = 500 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$, τό βάρος γιά μικρές ποσότητες δέν παραμορφώνει αισθητά τή σταγόνα. Γι' αυτό μικρές σταγόνες υδράργυρου πού πέφτουν επάνω στό τραπέζι μας παίρνουν σχήμα σφαίρας.

Παρατήρηση III

Στό πείραμα αυτό καλό εϊναι νά βάζουμε τό μείγμα νερού καί οίνοπνεύματος μέσα σέ δοχείο πού έχει επίπεδες έδρες, γιατί μέσα στό ποτήρι εξαιτίας τής καμπυλότητας τής επιφάνειάς του ή σταγόνα φαίνεται παραμορφωμένη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Μέτρηση του συντελεστή επιφανειακής τάσεως

Απαραίτητα όργανα καί υλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.

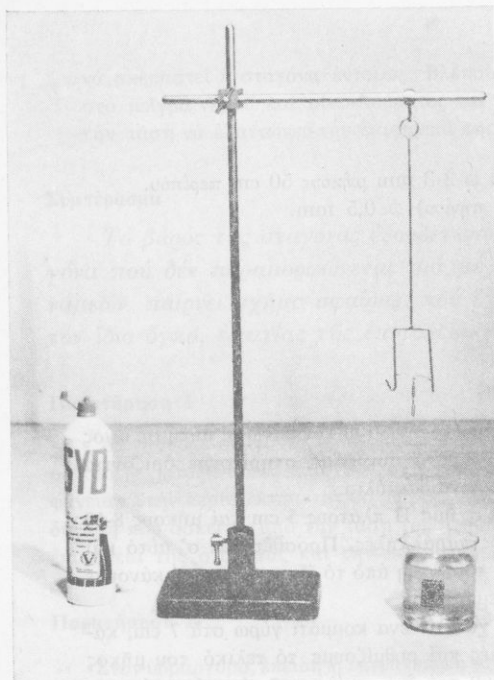
4. "Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. "Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. "Ένας ζυγός.
7. "Ένα κουτί μέ σταθμά.
8. "Ένα σύρμα από άλουμίνιο ή χαλκό ϕ 2-3 mm μήκους 50 cm περίπου.
9. "Ένα σύρμα χαλκού (περιτυλίξεως πηνίου) ϕ 0,5 mm.
10. "Ένα ποτήρι 400 ml.
11. Σαπωνοδιάλυμα.
12. Μιά πένσα.
13. Μιά άνατομική λαβίδα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή σέ ύψος 50-60 cm τόν άπλό σύνδεσμο. Πάνω στό σύνδεσμο στηρίζουμε όριζόντια τη ράβδο των 0,30 m μέ τόν όρειχάλκινο δακτύλιο.
- β) Λυγίζουμε τό σύρμα άλουμίνιου σέ σχήμα Π πλάτους 5 cm και μήκους 8-10 cm μέ τίς δυό πλευρές του άκριβώς παράλληλες. Προσθέτουμε σ' αυτό και στό μέσο της κατά πλάτος πλευράς του λαβή από τό ίδιο σύρμα και κάνουμε στό άκρο της θηλιά, γιά νά τό κρεμάμε.
- γ) Κόβουμε από τό λεπτό σύρμα του χαλκού ένα κομμάτι γύρω στά 7 cm, κάνουμε στά άκρα του κυκλικές θηλιές και ρυθμίζουμε τό τελικό του μήκος τόσο, πού οι δυό θηλιές νά μπαίνουν στά δυό σκέλη του πλαισίου σέ σχήμα Π και νά κινούνται ελεύθερα πάνω - κάτω. Έτσι σχηματίζουμε ένα πλαίσιο μέ τη μία του πλευρά κινητή.
- δ) Στο μέσο της κινητής πλευράς προσαρμόζουμε άγκιστρο από τό ίδιο σύρμα.
- ε) Κόβουμε από τό ίδιο σύρμα κοματάκια μήκους 1,5 cm και τά λυγίζουμε. Έτσι κάνουμε ίππείς.
- στ) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ σαπωνοδιάλυμα.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κρατάμε μέ τό χέρι μας τό πλαίσιο κατακόρυφο και μέ τό δάκτυλο του άλλου χεριού πλησιάζουμε την κινητή πλευρά προς την άπέναντί της άκίνητη σέ άπόσταση 5 cm.
 - β) Βυθίζουμε έτσι τό πλαίσιο μέσα στό ποτήρι μέ τό σαπωνοδιάλυμα και τό βγάζουμε άμέσως. Παρατηρούμε πώς άνάμεσα στις πλευρές του πλαισίου έχει σχηματιστεί ύμένιο πού συστέλλεται και τείνει νά πλησιάσει την κινητή πλευρά προς την άπέναντι άκίνητη.
 - γ) Κρεμάμε τό πλαίσιο από τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου του όρθοστάτη.
- Από τό άγκιστρο της κινητής πλευράς κρεμάμε ίππείς πού τούς πιάνουμε



Εικ. 145

Συμπέρασμα

Από τή μέτρηση πού κάναμε βρήκαμε πώς ο συντελεστής επιφανειακής τάσεως τοῦ ὑγροῦ πού χρησιμοποιήσαμε εἶναι $a = 29,43 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Ἐπίδειξη τῆς συμπεριφορᾶς ὑγρῶν μέσα σέ τριχοειδεῖς σωλῆνες

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὑλικά

1. Μιά συσκευή τριχοειδῶν φαινομένων.
2. Δυό ποτήρια 100 ml.
3. Δυό γυάλινοι σωλῆνες διαφορετικῶν διαμέτρων.
4. Ἐνα φιαλίδιο ὑδράργυρου.
5. Ὑπερμαγγανικό κάλιο.
6. Δυό μανταλάκια ρούχων.

μέ τήν ἀνατομική λαβίδα, ὥσπου νά σπάσει τό ὑμένιο καί ἡ κινητή πλευρά μέ τούς ἱππεῖς νά πέσει πάνω στό τραπέζι μας. Τό βάρος τῆς κινητῆς πλευρᾶς μέ τούς ἱππεῖς ἐξυδετέρωσε τήν τάση τοῦ ὑμένιου· ἄρα εἶναι ἴσο μ' αὐτή (εἰκ. 145).

- δ) Ζυγίζουμε τήν κινητή πλευρά μαζί μέ τούς ἱππεῖς πού ἔπessαν καί βρίσκουμε βάρος π.χ.

$$F = 0,3 \text{ p}$$

$$\text{ἢ } F = 0,3 \cdot 981 \text{ dyn} = 294,3 \text{ dyn.}$$

Ἀπό τήν ἐξίσωση $F = 2 a l$, ὅπου a εἶναι ὁ συντελεστής επιφανειακῆς τάσεως, βρίσκου-

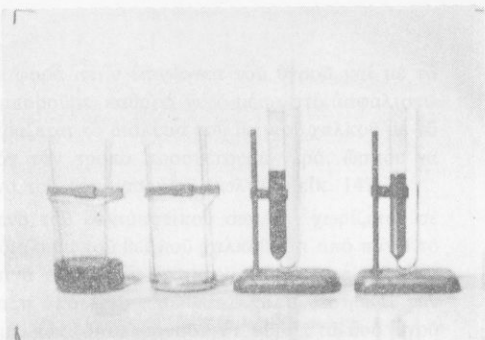
$$\text{με } a = \frac{F}{2l}.$$

Καί ἐπειδὴ $l = 5 \text{ cm}$, ἔχουμε

$$a = \frac{294,3 \text{ dyn}}{10 \text{ cm}} = 29,43 \frac{\text{dyn}}{\text{cm}}.$$

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Διαλύουμε μέσα στό ἓνα ποτήρι λίγο υπερμαγγανικό κάλιο καί βυθίζουμε κατακόρυφα μέσα στό διάλυμα τούς δύο σωλήνες πού τούς στερεώνουμε κρατώντας τους μέ τά μανταλάκια. Παρατηροῦμε πώς ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα στούς σωλήνες εἶναι ψηλότερα ἀπό τήν ἐπιφάνεια μέσα στό ποτήρι καί μάλιστα στό λεπτότερο σωλήνα εἶναι ψηλότερα παρά στόν εὐρύτερο. Παρατηροῦμε ἀκόμα πώς ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα στούς σωλήνες δέν εἶναι ἐπίπεδη, ἀλλά σχηματίζει κοίλο μηνίσκο.
- β) Βάζουμε στό ἄλλο ποτήρι ὑδράργυρο καί βυθίζουμε μέσα σ' αὐτόν κατά τόν ἴδιο τρόπο τούς δύο σωλήνες. Παρατηροῦμε πώς ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργυρου μέσα στούς σωλήνες βρίσκεται τώρα χαμηλότερα ἀπό τήν ἐπιφάνεια μέσα στό ποτήρι καί μάλιστα πιο χαμηλότερα βρίσκεται στό λεπτότερο σωλήνα. Παρατηροῦμε ἀκόμα πώς ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργυρου μέσα στούς σωλήνες δέν εἶναι ἐπίπεδη, ἀλλά σχηματίζει κυρτό μηνίσκο. Ἀδειάζουμε τόν ὑδράργυρο μέσα στό φιαλίδιο καί παρατηροῦμε πώς στά τοιχώματα τοῦ ποτηριοῦ δέν ὑπάρχουν ἴχνη ὑδράργυρου. Ὁ ὑδράργυρος δέ διαβρέχει τό γυαλί.
- γ) Ἐπαναλαμβάνουμε τά ἴδια βάζοντας πρῶτα τόν ὑδράργυρο καί ἔπειτα τό νερό μέσα στήν εἰδική συσκευή τῶν τριχοειδῶν φαινομένων καί παρατηροῦμε τά ἴδια ἀποτελέσματα (εἰκ. 146).



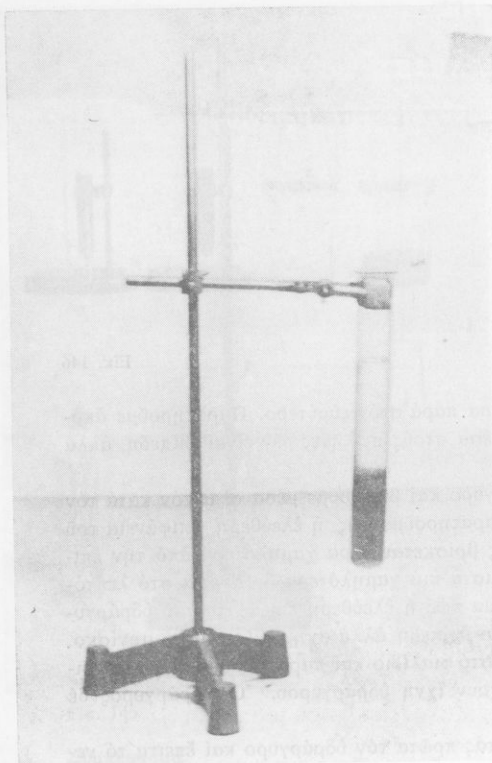
Εἰκ. 146

Συμπέρασμα

Ἡ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἐνός ὑγροῦ πού βρίσκεται μέσα σέ στενό σωλήνα, ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μέ πλατύτερο δοχεῖο, δέ βρίσκεται στό ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο μέ τήν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ τοῦ δοχείου ἀλλά ψηλότερα ἀπό αὐτή καί σχηματίζει κοίλο μηνίσκο, ἂν τό ὑγρό διαβρέχει τό ὑλικό τοῦ σωλήνα· ἢ βρίσκεται χαμηλότερα ἀπό αὐτή καί σχηματίζει κυρτό μηνίσκο, ἂν τό ὑγρό δ ἐδιαβρέχει τό ὑλικό τοῦ σωλήνα.

Παρατήρηση

Πρὶν ἀρχίσουμε τό πείραμα, βγάζουμε ἀπό τά χέρια μας τά δακτυλίδια μας ἢ τυχόν ἄλλα χρυσά κοσμήματα πού ἔχουμε, γιατί θά καταστραφοῦν, ἂν ἔρθουν σέ ἐπαφή μέ τόν ὑδράργυρο, ἐπειδή θά σχηματιστεῖ ἀμάλγαμα χρυσοῦ.



Εικ. 147

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Επίδειξη της διαχύσεως μεταξύ υγρών

*Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Ένας μεγάλος δοκιμαστικός σωλήνας.
2. Ένα ασφαλιστικό χωνί.
3. Ένα ποτήρι 250 ml.
4. Θεϊκός χαλκός.
5. Καυστικό νάτριο σε κόκκους.
6. Φαινοolphθαλείνη.
7. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
8. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
9. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
10. Μιά λαβίδα άπλή.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο μέσο του ύψους της τόν άπλό

σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στηρίζουμε τη λαβίδα και μ' αυτή συγκρατούμε τό δοκιμαστικό σωλήνα.

- β) Μέσα στο ποτήρι βάζουμε νερό και διαλύουμε μέσα θεϊκό χαλκό τόσο, πού νά γίνει πυκνό διάλυμα. Γιά νά πετύχουμε πυκνό διάλυμα, θερμαίνουμε τό περιεχόμενο του ποτηριού και μετά τη διάλυση τό αφήνουμε νά κρυώσει. Γιά νά γίνει τό διάλυμα διαυγές, ρίχνουμε μέσα μερικές σταγόνες θεϊκό οξύ.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Βάζουμε μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα και σέ ύψος 5-6 cm διάλυμα θεϊκού χαλκού.
- β) Περιστρέφουμε τό στέλεχος της λαβίδας μέσα στην τρύπα του συνδέσμου έτσι, πού ο δοκιμαστικός σωλήνας νά γύρει πολύ πρós τά πλάγια. Βάζουμε τό ασφαλιστικό χωνί μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα έτσι, πού τό άκρο του

στελέχους του να άκουμπά κάθε φορά στην επιφάνεια του υγρού, και με τό ποτήρι ρίχνουμε, όσο πιο σιγά μπορούμε, καθαρό νερό μέσα στο ασφαλιστικό χωνί. Προσέχουμε να μην ταραίζεται το διάλυμα του θειικού χαλκού με τό νερό που τρέχει μέσα. Μ' αυτόν τον τρόπο προσθέτουμε νερό, ώσπου να υπερδιπλασιαστεί τό περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα (εικ. 147).

- γ) Παρατηρούμε πώς τό περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα χωρίζεται σε δύο στιβάδες. Κάτω υπάρχει τό διάλυμα του θειικού χαλκού και άπό πάνω τό καθαρό νερό. Στρέφουμε σιγά σιγά τή λαβίδα έτσι, πού ό σωλήνας να γίνει κατακόρυφος και τήν όλη διάταξη άκουμπάμε σε κατάλληλη θέση και τήν αφήνουμε άκίνητη. Παρατηρούμε πώς, όσο περνούν οι μέρες, τά δύο υγρά τείνουν ν' αποτελέσουν ένα ομοιόμορφο μείγμα, πράγμα πού γίνεται σε διάστημα 2-3 μηνών. Τό φαινόμενο οφείλεται στη διάλυση των ιόντων του χαλκού και τής θειικής ρίζας άνάμεσα στά μόρια του καθαρού νερού. Ή ταχύτητα διαχύσεως είναι πολύ μικρή.
- δ) Μέσα στο ποτήρι βάζουμε καθαρό νερό και μέσα σ' αυτό διάλυμα φαινόλοφθαλφαίνης. Παίρνουμε 1-2 κόκκους καυστικού νατρίου και τούς ρίχνουμε μέσα στο ποτήρι. Αυτοί κάθονται στον πυθμένα και διαλύονται σιγά σιγά στο νερό. Παρατηρούμε στην άρχή μιá μικρή περιοχή γύρω στους κόκκους να χρωματίζεται κόκκινη (εικ. 148). Ή κόκκινη αυτή περιοχή σιγά σιγά μεγαλώνει, καθώς τά ιόντα του νατρίου και του υδροξυλίου διαχέονται άνάμεσα στά μόρια του νερού, και σε διάστημα λίγων ώρων όλο τό περιεχόμενο του ποτηριού γίνεται ομοιόμορφα κόκκινο. Έδω ή ταχύτητα διαχύσεως είναι σχετικά μεγάλη.

Εικ. 148

Συμπέρασμα

Όταν δύο υγρά, πού μπορούν να αναμειχτούν μεταξύ τους και δέν επιδρά χημικά τό ένα στο άλλο, έρχονται σε έπαφή, τά μόρια του ενός διαχέονται άνάμεσα στά μόρια του άλλου και τελικά γίνεται ομοιόμορφο μείγμα. Τό φαινόμενο οφείλεται στην κινητικότητα των μορίων και ή ταχύτητα διαχύσεως εξαρτάται άπό τή φύση των υγρών (για σταθερή θερμοκρασία).



Επίδειξη της διαχύσεως μεταξύ αερίων

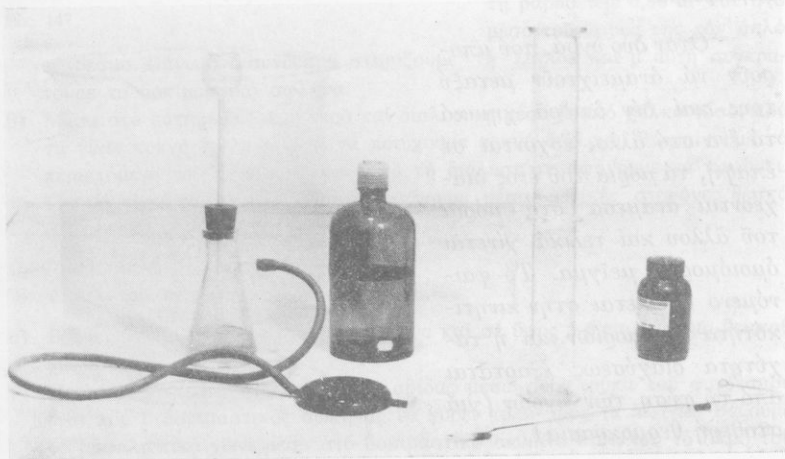
Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Μιά φιάλη διηθήσεως στο κενό.
2. Ένα πώμα λαστιχένιο με ασφαλιστικό χωνί.
3. Μιά λεκάνη γυάλινη 30x20x15 cm.
4. Μιά βάση συλλογής αερίων.
5. Ένας σωλήνας λαστιχένιος μήκους 60 cm.
6. Δύο κύλινδροι συλλογής αερίων.
7. Δύο γυάλινοι δίσκοι.
8. Ένα ποτήρι 100 ml.
9. Κομματάκια ψευδάργυρου.
10. Μιά φιάλη με υδροχλωρικό όξύ.
11. Ένα στήριγμα κεριών.
12. Ένα κερί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Μέ το λαστιχένιο σωλήνα συνδέουμε τον πλευρικό σωλήνα της φιάλης διηθήσεως με τη βάση συλλογής αερίων.
- β) Άκουμπάμε τη βάση συλλογής αερίων μέσα στη γυάλινη λεκάνη και ρίχνουμε νερό, ώσπου νά σκεπαστεί αυτή. Γεμίζουμε τόν έναν κύλινδρο με νερό,

Είκ. 149



τόν σκεπάζουμε μέ τό γυάλινο δίσκο καί τόν άκουμπάμε κοντά στή λεκάνη.

- γ) Ρίχνουμε μέσα στή φιάλη διηθήσεως κομματάκια ψευδάργυρου καί τή σκεπάζουμε μέ τό πώμα. Ρυθμίζουμε τή θέση τοῦ ασφαλιστικοῦ χωνιοῦ ἔτσι, πού τό κάτω άκρο τοῦ στελέχους του σχεδόν νά άκουμπά στόν πυθμένα, καί χύνουμε νερό, ὥσπου νά σκεπαστεῖ τό άκρο αὐτό.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀραιώνουμε μέσα στό ποτήρι ὕδροχλωρικό ὀξύ καί ἀπό τό ασφαλιστικό χωνί χύνουμε μέσα στή φιάλη διηθήσεως. Τότε παράγεται ὕδρογόνο. Ἀφήνουμε νά φύγει ἄρκετό ὕδρογόνο, γιά νά παρασυρθεῖ ὁ ἀέρας πού ὑπάρχει μέσα στή φιάλη, καί ἔπειτα ἀναποδογυρίζουμε μέσα στή λεκάνη τό γεμάτο μέ νερό κύλινδρο καί τόν γεμίζουμε ἔτσι μέ ὕδρογόνο.
- β) Ἀκουμπάμε πάνω στό τραπέζι μας τόν ἄδειο (γεμάτο μέ ἀέρα) κύλινδρο μέ τό στόμιο πρὸς τά πάνω καί πάνω σ' αὐτόν ἀναποδογυρισμένο τό γεμάτο μέ ὕδρογόνο κύλινδρο. Τό ὕδρογόνο εἶναι 14,5 φορές ἐλαφρότερο ἀπό τόν ἀέρα (εἰκ. 149).
- γ) Ἐπειτα ἀπό πέντε περίπου λεπτά τραβᾶμε τόν ἐπάνω κύλινδρο, πού τόν κρατᾶμε ἀναποδογυρισμένο, ἐνῶ τήν ἴδια στιγμή σκεπάζουμε τόν κάτω κύλινδρο μέ τό γυάλινο δίσκο. Πλησιάζουμε τή φλόγα τοῦ κериοῦ, πού ἔχουμε βάλει πάνω στό στήριγμά του, στό στόμιο τοῦ κυλίνδρου πού κρατᾶμε. Γίνεται ἔκρηξη. Μέσα στόν κύλινδρο ὑπῆρχε μείγμα ὕδρογόνου καί ἀέρα.
- Ἀναποδογυρίζουμε καί τό δεύτερο κύλινδρο, ἀπομακρύνουμε τό δίσκο καί πλησιάζουμε στό στόμιο του τή φλόγα τοῦ κериοῦ. Παρατηροῦμε τά ἴδια ἀποτελέσματα.

Συμπέρασμα

Ὅταν τά ἀέρια ὕδρογόνο καί ἀέρας ἦρθαν σέ ἐπαφή, παρ' ὅλη τή μεγάλη διαφορὰ τῶν εἰδικῶν βαρῶν τους, ἐξαιτίας τῆς διαχύσεως ἀναμείχτηκαν καί ἀποτελέσαν ὁμοιόμορφο μείγμα μέσα στους δύο κυλίνδρους.

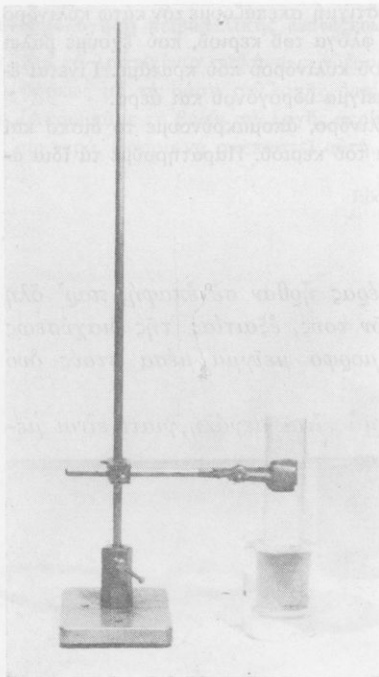
Ἡ ταχύτητα διαχύσεως στά ἀέρια εἶναι μεγάλη, γιατί εἶναι μεγάλη καί ἡ ἐνκινησία τῶν μορίων τους.

Έπιδειξη διαπιδύσεως μεταξύ υγρών

Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένας γυάλινος κύλινδρος (τῆς συσκευῆς ύδροστατικής πιέσεως).
6. Ένα ποτήρι 400-500 ml.
7. Μιά ήμιπερατή μεμβράνα (οὐροδόχος κύστη ενός ζώου).
8. Άνιλίνη.
9. Ένα ποτήρι 100 ml.

Εικ. 150



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό μέσο τοῦ ὕψους της τόν άπλό σύνδεσμο. Πάνω στό σύνδεσμο στηρίζουμε τή λαβίδα.
- β) Μέ ἓνα λαστιχάκι δένουμε στό στόμιο τοῦ γυάλινου κυλίνδρου ἓνα κομμάτι ἀπό τήν ἔλαστική μεμβράνα ἔτσι, πού αὐτή νά γίνει ὁ πυθμένας τοῦ κυλίνδρου, καί τόν συγκρατοῦμε μέ τή λαβίδα κατακόρυφα.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι τῶν 100 ml μέ νερό ὡς τά $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους του καί διαλύουμε μέσα σ' αὐτό ἀνιλίνη. Ρίχνουμε ἀπό αὐτό τό χρωματισμένο νερό μέσα στόν κύλινδρο, ὥσπου νά σχηματιστεῖ στήλη ὕψους 5-6 cm. Παρατηροῦμε πῶς τό νερό δέ βγαίνει ἀπό τοῦς πόρους τῆς μεμβράνας.

β) Γεμίζουμε ως τή μέση τό μεγάλο ποτήρι μέ νερό καί τό άκουμπάμε κάτω άπό τόν κύλινδρο. Κατεβάζουμε τό σύνδεσμο, ώσπου ό κύλινδρος νά βυθιστεί μέσα στό νερό του ποτηριού καί οι ελεύθερες επιφάνειες του νερού μέσα στον κύλινδρο καί μέσα στο ποτήρι νά είναι στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο.

Έπειτα από λίγο βλέπουμε πώς τό νερό του ποτηριού άρχίζει νά χρωματίζεται κόκκινο, ενώ οι ελεύθερες επιφάνειες του νερού στά δυό δοχεία εξακολουθούν νά βρίσκονται στο ίδιο όριζόντιο επίπεδο. Τά δυό ύγρά διαπερνούν από τούς πόρους της μεμβράνας καί άναμειγνύονται. Η ταχύτητα διαπιδύσεως από τίς δυό πλευρές της μεμβράνας είναι ή ίδια (είκ. 150).

Συμπέρασμα

Όταν δυό ύγρά χωρίζονται από μιά ήμικερατή μεμβράνα (που τή διαβρέχουν), τά μόριά τους περνούν από τούς πόρους της μεμβράνας καί άναμειγνύονται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Έπίδειξη διαπιδύσεως στά άέρια

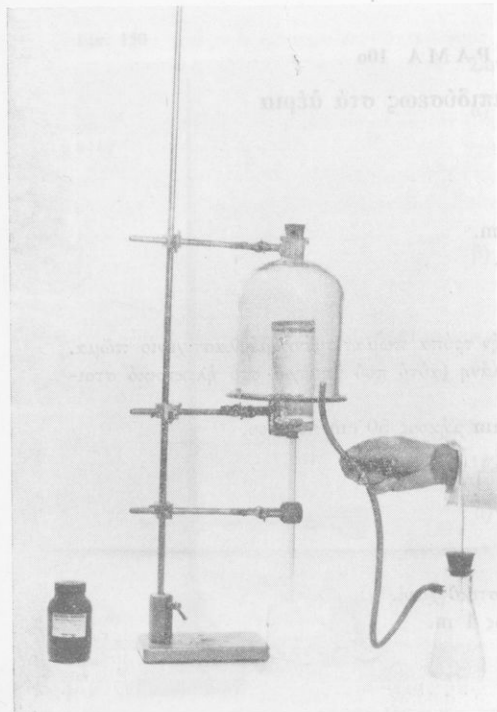
Απαραίτητα όργανα καί όλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 1 m.
3. Τρείς σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Μιά λαβίδα σύνθετη.
6. Ένας κώδωνας άεραντίας μέ τήν τρύπα πωματισμένη μέ λαστιχένο πώμα.
7. Ένα πορώδες δοχείο από πορσελάνη (αυτό που ύπάρχει στο ήλεκτρικό στοιχείο Leclanché).
8. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 50 cm περίπου.
9. Ένα μπαλόνι.
10. Ένα ψαλίδι.
11. Λαστιχάκια συσκευασίας.
12. Ένα ποτήρι 400-500 ml.
13. Μιά φιάλη διηθήσεως στο κενό.
14. Ένα πώμα λαστιχένο μέ ασφαλιστικό χωνί.
15. Ένας λαστιχένιος σωλήνας μήκους 1 m.
16. Κομματάκια ψευδάργυρου.
17. Μιά φιάλη μέ ύδροχλωρικό όξύ.
18. Ένα ποτήρι 100 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Πάνω στη βάση στερεώνουμε τη ράβδο του 1 m και στηρίζουμε πάνω σ' αυτή τους τρεις άπλους συνδέσμους σε ύψη 30 cm, 70 cm και 90 cm περίπου. Πάνω στο μεσαίο σύνδεσμο στηρίζουμε τη σύνθετη λαβίδα και στους δύο άλλους τις άπλεις.
- β) Απλώνουμε το μπαλόνι πάνω στο τραπέζι μας και με το ψαλίδι το κόβουμε εγκάρσια περίπου στη μέση. Με το κομμάτι του πυθμένα σκεπάζουμε το ένα άκρο του πορώδους κυλίνδρου και το δένουμε με ένα λαστιχάκι. Με το άλλο κομμάτι του μπαλονιού σκεπάζουμε το άλλο άκρο του κυλίνδρου και το δένουμε επίσης με λαστιχάκι, ενώ το στόμιο του μπαλονιού προεξέχει.
- γ) Βάζουμε το ένα άκρο του γυάλινου σωλήνα μέσα στο στόμιο του μπαλονιού και τόν δένουμε κι αυτόν με λαστιχάκι.
- δ) Στηρίζουμε το σύστημα του πορώδους δοχείου με το σωλήνα πάνω στον όρθοστάτη, συγκρατώντας κατακόρυφα το δοχείο με τη σύνθετη λαβίδα από το κάτω

Εικ. 151



τατο άκρο του και το σωλήνα με τη χαμηλότερη άπλή λαβίδα.

- ε) Γεμίζουμε το μεγάλο ποτήρι με νερό ως τα 2/3 του ύψους του και το άκουμπάμε κάτω από το σωλήνα έτσι, πού το άκρο του να βυθίζεται μέσα στο νερό.

στ) Ρίχνουμε μέσα στη φιάλη διηθήσεως κομματάκια ψευδάργυρου και τήν πωματίζουμε. Ρυθμίζουμε τη θέση του ασφαλιστικού χωνιού έτσι, πού το κάτω μέρος του στελέχους του σχεδόν νά άκουμπά στον πυθμένα της φιάλης, και ρίχνουμε μέσα νερό, ώσπου νά σκεπαστεί το άκρο αυτό. Συνδέουμε το ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα στον πλευρικό σωλήνα της φιάλης διηθήσεως, ενώ αφήνουμε ελεύθερο το άλλο πάνω στο τραπέζι.

- ζ) Με τη λαβίδα πού μένει στο πάνω μέρος του όρθοστάτη συγκρατούμε το γυάλινο κώδωνα και ρυθμίζουμε το ύψος της έτσι, πού ο κώδωνας νά σκεπάζει το πορώδες δοχείο.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Μέσα στο ποτήρι των 100 ml αραιώνουμε υδροχλωρικό όξι και ρίχνουμε από το ασφαλιστικό χωνί μέσα στη φιάλη διηθήσεως. Τότε παράγεται υδρογόνο, το οποίο βγαίνει από το άκρο του λαστιχένιου σωλήνα.
- β) Πιάνουμε με το χέρι μας το ελεύθερο άκρο του λαστιχένιου σωλήνα και το βάζουμε κάτω από τον κώδωνα (εικ. 151). Γρήγορα παρατηρούμε πώς μέσα στο νερό του ποτηριού βγαίνουν από το σωλήνα φυσαλίδες. Μέσα στο πορῶδες δοχείο μπαίνει με διαπίδυση το υδρογόνο ταχύτερα από όσο βγαίνει ο αέρας. Έπειτα από λίγα λεπτά οι φυσαλίδες παύουν να βγαίνουν και το πορῶδες δοχείο είναι γεμάτο με υδρογόνο καθώς και ο γυάλινος κώδωνας που είναι έξω από αυτό.
- γ) Απομακρύνουμε το λαστιχένιο σωλήνα, αποσυνδέουμε το γυάλινο κώδωνα από τη λαβίδα και τον άκουμπάμε πάνω στο τραπέζι μας. Τώρα το υδρογόνο που είναι μέσα στο δοχείο διαπιδύει προς τα έξω ταχύτερα από όσο ο αέρας προς τα μέσα του δοχείου. Έτσι μέσα στο πορῶδες δοχείο ή πίεση ελαττώνεται και το νερό ανεβαίνει μέσα στο γυάλινο σωλήνα.

Συμπέρασμα

Όταν δυό αέρια, που δέν επιδροῦν χημικά τό ἓνα πάνω στό ἄλλο, χωρίζονται μέ πορῶδες διάφραγμα, περνοῦν τούς πόρους τοῦ διαφράγματος καί ἀναμειγνύονται.

Ἡ ταχύτητα διαπιδύσεως ἐξαρτᾶται ἀπό τή φύση τοῦ αερίου.

Σημείωση

Γιά τό πείραμα αὐτό ὑπάρχει εἰδική συσκευή, πού ὁμως δέν ὑπάρχει στά σχολεῖα μας. Γι' αὐτό καί ἐπειδή σέ πολλά ἀπό τά παλαιότερα Γυμνάσια ὑπάρχουν ἠλεκτρικά στοιχεῖα πού ἔχουν κυλίνδρους ἀπό πορώδη πορσελάνη ἀνοιχτούς καί ἀπό τά δυό ἄκρα, χρησιμοποίησαμε αὐτόν τόν κύλινδρο, τοῦ ὁποίου τά δυό στόμια σκεπάσαμε μέ τό μπαλόνι.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

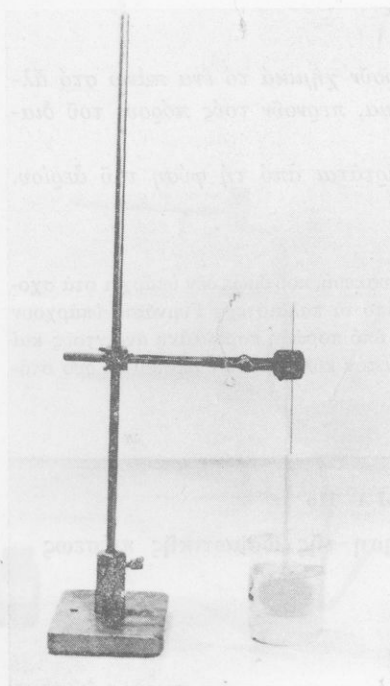
Ἐπίδειξη ὁσμώσεως καί μέτρηση τῆς ὁσμωτικῆς πίεσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Μιά βάζη χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m .

3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα άσφαλιστικό χωνί.
6. Μιά ήμιπερατή μεμβράνα (άπό ούροδόχο κύστη ζώου).
7. Ένα ποτήρι 400 ml.
8. Ένα ποτήρι 100 ml.
9. Ζάχαρη.
10. Λαστιγάκια συσκευασίας.
11. Ένας κανόνας 1 m άριθμημένος.
12. Ένα καρώτο.
13. Ένα μπαλόνι.
14. Ένας κύλινδρος συλλογής αερίων ή άλλο βαθύ δοχείο.
15. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 40-50 cm.
16. Ένα μαχαιράκι μυτερό.
17. Ένα ψαλίδι ή ξυραφάκι.

Εικ. 152



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

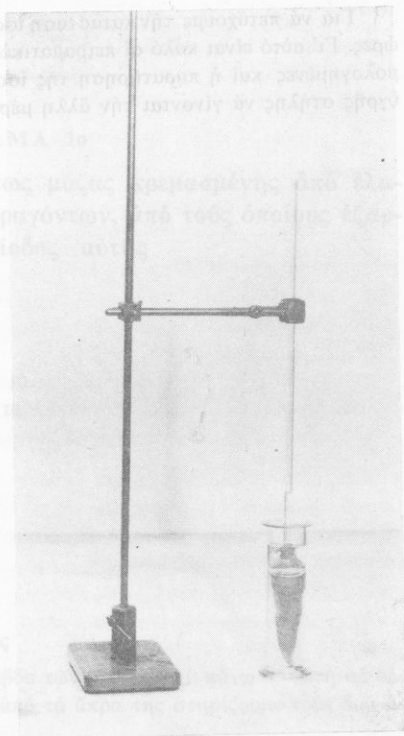
- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, στο μέσο του ύψους της τόν άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν στηρίζουμε τη λαβίδα.
- β) Σκεπάζουμε τό στόμιο του άσφαλιστικού χωνιού με ένα κομμάτι άπό την ήμιπερατή μεμβράνα και τη δένουμε γύρω γύρω με ένα λαστιγάκι. Συγκρατούμε κατακόρυφα με τη λαβίδα τό άσφαλιστικό χωνί.
- γ) Μέσα στο ποτήρι των 100 ml παρασκευάζουμε πυκνό διάλυμα άπό ζάχαρη και ρίχνουμε μέσα στο άσφαλιστικό χωνί, ώσπου νά φτάσει μέσα στο στέλεχος του σέ ύψος 1-2 cm.
- δ) Κόβουμε τό μάτι στο πάνω μέρος του καρώτου και με τό μαχαιράκι τό γλύφουμε μέσα έτσι, πού νά σχηματίσουμε άρκετή κοιλότητα. Κόβουμε στη μέση τό μπαλόνι και με τό κομμάτι πού έχει τό στόμιο σκεπάζουμε τό στόμιο της κοιλό-

τητας του καρώτου· έπειτα το δένουμε γύρω γύρω με λαστιχάκι. Στο στόμιο του μπαλονιού βάζουμε το γυάλινο σωλήνα και τον δένουμε με τον ίδιο τρόπο με λαστιχάκι. Έτσι έχουμε απόλυτη στεγανότητα μεταξύ καρώτου και σωλήνα.

Έκτελεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε το ποτήρι των 400 ml με νερό ως τα $\frac{2}{3}$ του ύψους του και το ακουμπάμε κάτω από το ασφαλιστικό χωνί.
- β) Κατεβάζουμε το σύνδεσμο τόσο, πού το ασφαλιστικό χωνί να βυθιστεί μέσα στο νερό ως την ελεύθερη επιφάνεια του ζαχαροδιαλύματος μέσα στο στέλεχος του.
- γ) Έπειτα από αρκετή ώρα παρατηρούμε πώς ή στάθμη του υγρού μέσα στο ασφαλιστικό χωνί ανεβαίνει σιγά σιγά και τελικά σταματά σε όρισμένο ύψος (είκ. 152). Παρατηρούμε έτσι το φαινόμενο της ώσμωσης. Η στήλη του υγρού πού βρίσκεται πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα στο ποτήρι δίνει το μέτρο της ώσμωτικής πιέσεως. Με τον κανόνα μετράμε το ύψος της στήλης αυτής.
- δ) Από το γυάλινο σωλήνα γεμίζουμε με το ίδιο ζαχαροδιάλυμα την κοιλότητα του καρώτου, ώσπου ή στάθμη του υγρού να άνεβεί 1-2 cm πάνω από το στόμιο του μπαλονιού. Αντικαθιστούμε στον όρθοστάτη το ασφαλιστικό χωνί με το καρότο και το σωλήνα του και το ποτήρι με τον κύλινδρο συλλογής αερίων γεμάτο με νερό. Ρυθμίζουμε το ύψος του συνδέσμου τόσο, πού το καρότο να βυθίζεται μέσα στο νερό ως την ελεύθερη επιφάνεια του ζαχαροδιαλύματος μέσα στο σωλήνα. Έπειτα από αρκετή ώρα παρατηρούμε πώς ή στάθμη του υγρού άνεβαίνει σιγά σιγά μέσα στο σωλήνα, όπως και στην περίπτωση (γ) (είκ. 153). Τα τοιχώματα του καρώτου συμπεριφέρονται σαν ήμιπερατή μεμβράνα. Μετράμε και πάλι το ύψος της υγρής στήλης.

Είκ. 153



Συμπεράσματα

Όταν χωρίζουμε μέ μιὰ ήμπερατή μεμβράνα ένα ύγρό από ένα διάλυμα σ' αυτό τό ύγρό, τό όποιο παρασκευάζουμε διαλύοντας ένα σώμα, πού τά μόριά του δέν περνούν από τούς πόρους τής μεμβράνας, ή διαπίδυση από τούς πόρους τής μεμβράνας κατά τίς δύο διευθύνσεις γίνεται μέ διαφορετική ταχύτητα καί καθαρό ύγρό μπαίνει μέσα στό διάλυμα, γι' αυτό καί ή στάθμη του άνεβαίνει.

Η άνύψωση τής στάθμης του διαλύματος εξακολουθεϊ, ώσπου ή πίεση πού άσκει ή ύγρη στήλη πού σχηματίζεται (ώσμωτική πίεση) νά προκαλέσει τήν εξίσωση των ταχυτήτων από τίς δύο όψεις τής μεμβράνας.

Σημείωση

Γιά νά πετύχουμε τήν κατάσταση ίσορροπίας, πρέπει νά περιμένουμε πολλές ώρες. Γι' αυτό είναι καλό οί πειραματικές αυτές διατάξεις νά παραμένουν συναρμολογημένες καί ή παρατήρηση τής ίσορροπίας καί ή μέτρηση του ύψους τής ύγρης στήλης νά γίνονται τήν άλλη μέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΚΥΜΑΤΙΚΗ - ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

Έπιδειξη αρμονικής ταλαντώσεως μάζας κρεμασμένης από ελατήριο και προσδιορισμός των παραγόντων, από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος αυτής

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας ορειχάλκινος δακτύλιος.
6. Μιά σειρά ελατήριων.
7. Μιά λαβίδα άπλη.
8. Ένας κανόνας 1 m άριθμημένος.
9. Δυό βάρη των 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- a) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή σε θέσεις που απέχουν γύρω στά 15 cm από τά άκρα της στηρίζουμε τούς δυό άπλους συνδέσμους.

- β) Πάνω στο χαμηλότερο σύνδεσμο στερεώνουμε τη λαβίδα και συγκρατούμε μ' αυτή κατακόρυφα τόν κανόνα.
- γ) Στόν άλλο σύνδεσμο στερεώνουμε οριζόντια τη ράβδο τών 0,30 m και πάνω σ' αυτή τόν ορειχάλκινο δακτύλιο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κρεμάμε από τό ἄγκιστρο τοῦ ορειχάλκινου δακτύλιου τό ἕνα ἐλατήριο (τό μαλακότερο) καί ἀπό τό ἄκρο του ἕνα βάρος τών 50 p. Μετακινούμε τόν ορειχάλκινο δακτύλιο καί τή ράβδο τών 0,30 m ἔτσι, πού τό βάρος τών 50 p νά ἐφάπτεται σχεδόν τοῦ κατακόρυφου κανόνα, ὅποτε ἡ πάνω ἐπιφάνειά του προσδιορίζει πάνω στόν κανόνα μιᾶ ὑποδιαίρεση π.χ. τήν ὑποδιαίρεση 50. Τήν ἐπιφάνεια αὐτή θά χρησιμοποιοῦμε κάθε φορά σάν δείκτη. Ἀπό τό ἄγκιστρο αὐτοῦ τοῦ βάρους κρεμάμε δεύτερο βάρος τών 50 p. Παρατηροῦμε πώς τό ἐλατήριο μακραίνει καί ὁ δείκτης δείχνει τήν ὑποδιαίρεση 44,1. Ἄρα ἡ ἐπιμήκυνση ψ_1 , πού προκάλεσε τό βάρος τών 50p, εἶναι 5,9 cm καί ἡ κατευθύνουσα δύναμη τοῦ ἐλατηρίου εἶναι $D_1 = \frac{F}{\psi_1} = \frac{50 \text{ p}}{5,9 \text{ cm}}$ (εἰκ. 154).

Τό ἐλατήριο αὐτό τό ὀνομάζουμε ἐλατήριο I.

- β) Ἐκτελοῦμε τήν ἴδια ἐργασία μέ τό δεύτερο ἐλατήριο καί βρίσκουμε ἐπιμήκυνση $\psi_2 = 2,4 \text{ cm}$ καί κατευθύνουσα δύναμη $D_2 = \frac{F}{\psi_2} = \frac{50 \text{ p}}{2,4 \text{ cm}}$.

Τό ἐλατήριο αὐτό τό ὀνομάζουμε ἐλατήριο II.

- γ) Κρεμάμε πάλι ἀπό τό ἄγκιστρο τοῦ ορειχάλκινου δακτύλιου τό ἐλατήριο I καί ἀπό τό ἄκρο του τά δύο βάρη τών 50 p καί τό ἀφήνουμε νά ἰσορροπήσει. Παρατηροῦμε πάνω στόν κανόνα τή θέση τῆς ἰσορροπίας καί ἔπειτα σύρουμε ἐλαφρά πρὸς τά κάτω τά βάρη καί τά ἀφήνουμε ἐλεύθερα. Τά βάρη κινοῦνται πάνω κάτω (παλινδρομικά) σέ κατακόρυφη διεύθυνση καί ἀπομακρύνονται ἀπό τή θέση ἰσορροπίας πρὸς τά κάτω καί πρὸς τά πάνω κατὰ ἴσες ἀποστάσεις. Τά βάρη αὐτά ἐκτελοῦν μιᾶ ἁρμονική ταλάντωση.

- δ) Βγάζουμε τή λαβίδα καί τόν κανόνα ἀπό τόν ὀρθοστάτη, ἀφήνουμε στό ἐλατήριο μόνο τό ἕνα βάρος τών 50 p καί τό ἀναγκάζουμε σέ ταλάντωση. Μετράμε τόν ἀριθμό τών ταλαντώσεων σέ χρόνο 30 sec καί βρίσκουμε πώς γίνονται π.χ. 59 ταλαντώσεις.

Ἀφήνουμε νά περάσει λίγος χρόνος, ὅποτε τό πλάτος τῆς ταλάντωσης γίνεται μικρότερο, καί μετράμε πάλι τόν ἀριθμό τών ταλαντώσεων σέ 30 sec. Βρίσκουμε πώς καί τώρα σ' αὐτόν τό χρόνο γίνονται 59 ταλαντώσεις. Ἄρα ἡ περίοδος τῆς ταλάντωσης εἶναι ἀνεξάρτητη τοῦ πλάτους. Ἡ περίοδος αὐ-

τή στό παράδειγμά μας εἶναι $T_1' = \frac{30 \text{ sec}}{59} = 0,51 \text{ sec}$.

- ε) Από το άγκιστρο του βάρους των 50 g κρεμάμε άλλο ένα όμοιο βάρος και προκαλούμε ταλάντωση. Παρατηρούμε πώς η περίοδος αυξάνεται. Μετράμε τον αριθμό των ταλαντώσεων σε 30 sec και βρίσκουμε πώς γίνονται τώρα 41 ταλαντώσεις. Άρα η περίοδος εξαρτάται από τη μάζα του ταλαντούμενου σώματος. Η περίοδος είναι τώρα

$$T_1 = \frac{30 \text{ sec}}{41} = 0,73 \text{ sec.}$$

Παρατηρούμε ότι $\frac{T_1}{T_2} =$

$$\sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \quad \text{ή} \quad \frac{0,73}{0,51} \approx \sqrt{\frac{100}{50}} \\ = \sqrt{2} = 1,41.$$

Άρα η περίοδος της ταλάντωσης είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της μάζας του ταλαντούμενου σώματος.

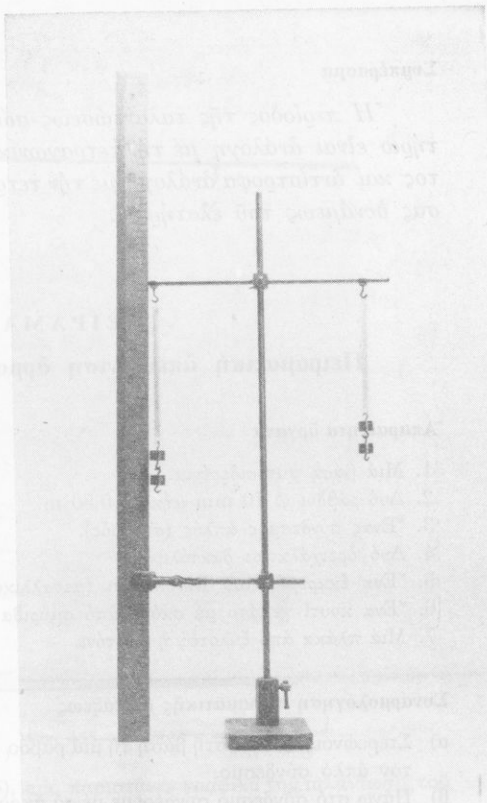
- στ) Κρεμάμε στο άγκιστρο πάλι το ελατήριο II με δύο βάρη των 50 g και προκαλούμε ταλάντωση. Μετράμε την περίοδο αυτής της ταλάντωσης και βρίσκουμε $T_2 = 0,44 \text{ sec}$. Άρα η περίοδος εξαρτάται από τη φύση του ελατηρίου.

Παρατηρούμε πώς ισχύει η σχέση $\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$ ή $\frac{0,73}{0,44} \approx \sqrt{\frac{50/2,4}{50/5,9}}$

$$\text{ή} \quad \frac{0,73}{0,44} \approx \sqrt{\frac{5,9}{2,4}} \approx 1,6.$$

Άρα η περίοδος της ταλάντωσης είναι αντίστροφα ανάλογη με την τετραγωνική ρίζα της κατευθύνουσας δύναμεις του ελατηρίου.

Η θεωρητική έρευνα δείχνει πώς η περίοδος της ταλάντωσης δίνεται από τη σχέση $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$. Υπολογίζουμε την περίοδο απ' αυτή τη σχέση για $m = 100 \text{ gr}$ και επαληθεύουμε την τιμή που βρήκαμε πειραματικά.



Εικ. 154

Συμπέρασμα

Ἡ περίοδος τῆς ταλαντώσεως σώματος πού κρέμεται ἀπό ἐλατήριο εἶναι ἀνάλογη μέ τήν τετραγωνική ρίζα τῆς μάζας τοῦ σώματος καί ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τήν τετραγωνική ρίζα τῆς κατευθύνουσας δυνάμεως τοῦ ἐλατηρίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

Πειραματική ἀπεικόνιση ἀρμονικῆς ταλαντώσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα

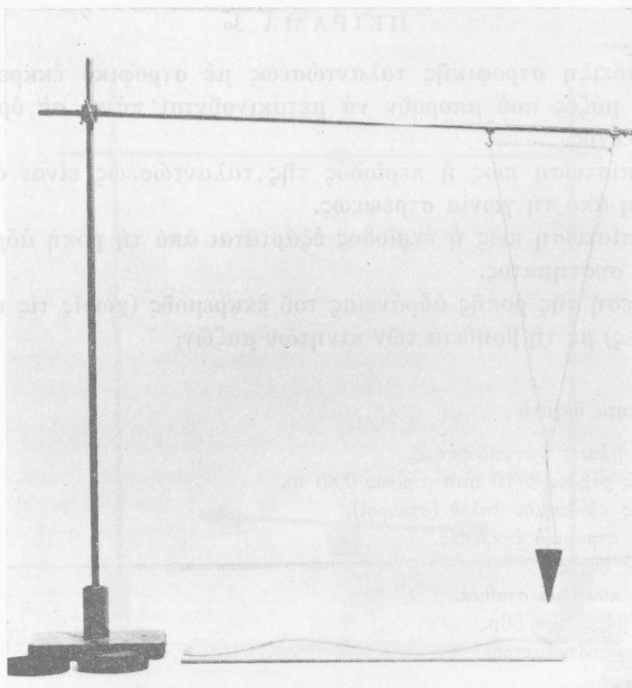
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Δυό ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
5. Ἕνα ἐκκρεμές τοῦ Blackburn (μεταλλικό χωνί).
6. Ἕνα κουτί γεμάτο μέ σκόνη ἀπό σμύριδα ἢ λεπτή ἄμμο.
7. Μιά πλάκα ἀπό ξυλοτέξ ἢ χαρτόνι.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τήν μιᾶν ράβδο τῶν 0,80 m καί στό πάνω ἄκρο τῆς τόν ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Πάνω στό σύνδεσμο συνδέουμε μέ τό ἄκρο τῆς ὀριζόντια τή δεύτερη ράβδο τῶν 0,80 m καί στό ἄλλο ἄκρο τῆς στηρίζουμε τοὺς δυό ὀρειχάλκινους δακτύλιους σέ ἀπόσταση γύρω στά 10 cm μεταξύ τους. Ἀπό τὰ ἄγκιστρα τῶν ὀρειχάλκινων δακτύλιων κρεμάμε τό μεταλλικό χωνί.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀκουμπάμε τήν πλάκα ἀπό ξυλοτέξ ἐπάνω στό τραπέζι μας μέ τό μεγάλο ἄξονα παράλληλο πρὸς τήν ὀριζόντια ράβδο καί μέ τό ἄκρο τῆς πού βλέπει πρὸς τήν κατακόρυφη ράβδο κάτω ἀπὸ τό μεταλλικό χωνί.
- β) Γεμίζουμε ὥς τή μέση τό χωνί μέ σκόνι σμύριδας καί τό ἀφήνουμε νά αἰωρεῖται. Ἡ σμύριδα πού τρέχει ἀπὸ τήν τρύπα τοῦ χωνιοῦ γράφει μιᾶν εὐθεῖαν γραμμὴ κάθετη πάνω στό μεγάλο ἄξονα τῆς πλάκας. Σπρώχνουμε μέ τό χέρι μας τήν πλάκα κατὰ τρόπο, πού ἡ μετακίνησή της νά γίνεται κάθετα πάνω στή διεύθυνση κινήσεως τοῦ χωνιοῦ καί νά πλησιάζει πρὸς τήν κατακόρυφη ράβδο μέ ταχύτητα μικρὴ καί σταθερή. Ἡ σμύριδα πού τρέχει γράφει τώρα



Εικ. 155

ήμιτονοειδή καμπύλη (εικ. 155), που παριστάνει γραφικά την ταλάντωση του χωνιού (τή μεταβολή του πλάτους σε συνάρτηση με το χρόνο).

Συμπέρασμα

Η μεταβολή του πλάτους της αρμονικής ταλαντώσεως σε συνάρτηση με το χρόνο παριστάνεται με ήμιτονοειδή καμπύλη.

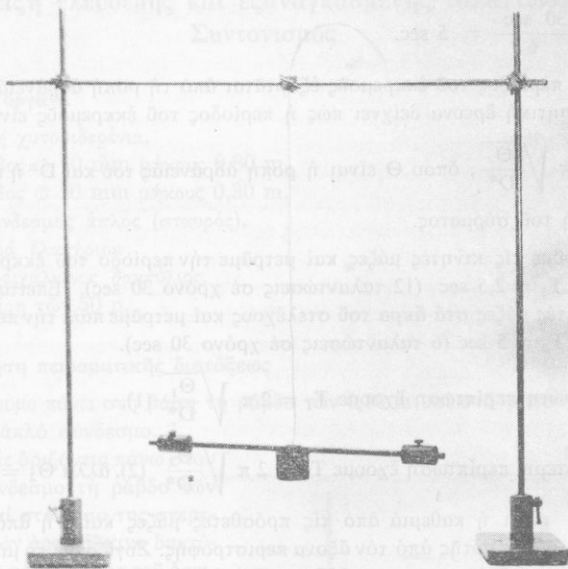
- α) Επίδειξη στροφικής ταλαντώσεως με στροφικό εκκρεμές με δύο μάζες που μπορούν να μετακινούνται πάνω σε οριζόντιο στέλεχος.
- β) Διαπίστωση πώς ή περίοδος της ταλαντώσεως είναι ανεξάρτητη από τη γωνία στρέψεως.
- γ) Διαπίστωση πώς ή περίοδος εξαρτάται από τη ροπή αδράνειας του συστήματος.
- δ) Εύρεση της ροπής αδράνειας του εκκρεμούς (χωρίς τις κινητές μάζες) με τη βοήθεια των κινητών μαζών.

***Απαραίτητα όργανα**

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Τρεῖς ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Ένα στροφικό εκκρεμές.
5. Ένας ζυγός.
6. Ένα κουτί με σταθμά.
7. Δυό βάρη τών 50p.
8. Ένα ύποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Πάνω στίς δυό βάσεις στερεώνουμε τίς δυό ράβδους τών 0,80 m καί στήν κορυφή της καθεμιάς από έναν άπλό σύνδεσμο.
- β) Άπομακρύνουμε τούς δυό όρθοστάτες που έτσι σχηματίσαμε σέ άπόσταση 70 cm περίπου μεταξύ τους, στερεώνουμε στό μέσο της τρίτης ράβδου τόν τρίτο σύνδεσμο καί τή συνδέουμε μέ τά άκρα της στους συνδέσμους τών δυό όρθοστατών.
- γ) Τοποθετούμε τό σύνδεσμο που είναι πάνω στήν όριζόντια ράβδο παράλληλα πρός τούς άλλους δυό καί βάζουμε μέσα στήν κατακόρυφη τρύπα του τό μικρό ήμικύλινδρο, που συνοδεύει τό εκκρεμές, μέ τήν κυρτή επιφάνειά του νά άκουμπά στό τοίχωμα της τρύπας άπέναντι από τή βίδα του συνδέσμου. Έπειτα περνάμε τό σύρμα του εκκρεμούς κατακόρυφα άνάμεσα στήν κυρτή επιφάνεια του ήμικύλινδρου καί στό τοίχωμα της τρύπας, σφίγγουμε τή βίδα καί συγκρατούμε (μαγκώνουμε) έτσι τό σύρμα. Έτσι έχουμε κρεμασμένο τό στροφικό εκκρεμές.
- δ) Φροντίζουμε νά είναι τό άτσάλινο σύρμα εϋθύγραμμο, όποτε τό εκκρεμές ίσορροπεί μέ τό στέλεχος όριζόντιο, καί βιδώνουμε πάνω στό στέλεχος τίς



Εἰκ. 156

δύο ἴσες μάζες σέ θέσεις συμμετρικές ὡς πρὸς τὸν ἄξονα περιστροφῆς.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Στρέφουμε τὸ στέλεχος περὶ ἄξονα, πού συμπίπτει μὲ τὸ κατακόρυφο σῆμα, κατὰ μικρὴ γωνία καὶ τὸ ἀφήνουμε ἔπειτα ἐλεύθερο. Τὸ ἐκκρεμὲς ἐκτελεῖ στροφικὴ ταλάντωση γύρω ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας. Μετᾶμε τὸν ἀριθμὸ τῶν ταλαντώσεων σέ ὀρισμένο χρόνο π.χ. σέ 30 sec καὶ βρίσκουμε πὺς εἶναι π.χ. 10 ταλαντώσεις. Ἡ περίοδος τῆς ταλαντώσεως εἶναι $T = \frac{30 \text{ sec}}{10} = 3 \text{ sec}$. Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ ἴδιο, στρέφοντας ὁμως τώρα τὸ στέλεχος κατὰ μεγαλύτερη γωνία. Βρίσκουμε πάλι περίοδο 3 sec. Ἄρα ἡ περίοδος τῆς ταλαντώσεως εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴ γωνία στροφῆς.
- β) Ἀπομακρύνουμε τίς κινητὲς μάζες στὰ ἄκρα τοῦ στελέχους, ὅποτε αὐξάνεται ἡ ροπή ἁδράνειας τοῦ συστήματος, καὶ ἐπαναλαμβάνουμε τὴν ἴδια ἐργασία.

Βρίσκουμε τώρα πώς τό έκκρεμές στόν ίδιο χρόνο τῶν 30 sec ἐκτελεῖ λιγότερες ταλαντώσεις π.χ. 6 (εἰκ. 156). Ἡ περίοδος τῆς κινήσεως εἶναι τώρα

$$T' = \frac{30 \text{ sec}}{6} = 5 \text{ sec.}$$

Ἄρα ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξαρτᾶται ἀπό τή ροπή ἀδράνειάς του.

Ἡ θεωρητική ἐρευνα δείχνει πώς ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι

$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{D^*}}$, ὅπου Θ εἶναι ἡ ροπή ἀδράνειάς του καί D^* ἡ κατευθύνουσα ροπή τοῦ σύρματος.

- γ) Ἀφαιροῦμε τίς κινητές μάζες καί μετῶμε τήν περίοδο τοῦ ἐκκρεμοῦς. Βρίσκουμε $T_1 = 2,5 \text{ sec}$ (12 ταλαντώσεις σέ χρόνο 30 sec). Ἐπειτα βιδώνουμε τίς κινητές μάζες στά ἄκρα τοῦ στελέχους καί μετῶμε πάλι τήν περίοδο. Βρίσκουμε $T_2 = 5 \text{ sec}$ (6 ταλαντώσεις σέ χρόνο 30 sec).

Στή πρώτη περίπτωση ἔχουμε $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta_1}{D^*}}$ (1).

Στή δεύτερη περίπτωση ἔχουμε $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta_2}{D^*}}$ (2), ἀλλά $\Theta_2 = \Theta_1 + 2 \text{ ml}^2$,

ὅπου m εἶναι ἡ καθεμίᾳ ἀπό τίς πρόσθετες μάζες καί l ἡ ἀπόσταση τοῦ κέντρου μάζας αὐτῆς ἀπό τόν ἄξονα περιστροφῆς. Ζυγίζουμε τή μιᾶ ἀπ' αὐτές τίς μάζες καί βρίσκουμε $m = 257 \text{ gr}$ (ἂν τό κουτί δέν περιέχει σταθμά ὅσα χρειάζονται, χρησιμοποιοῦμε γιά σταθμά βάρη τῶν 50 p).

Μετῶμε μέ τό ὑποδεκάμετρο τήν ἀπόσταση ἀπό τό κατακόρυφο σύρμα ὡς τό μέσο τῆς κυλινδρικής μάζας καί βρίσκουμε $l = 20,85 \text{ cm}$.

Ἀπό τίς ἐξισώσεις (1) καί (2) βρίσκουμε

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\Theta_1}}{\sqrt{\Theta_2}} \quad \eta \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\Theta_1}}{\sqrt{\Theta_1 + 2 \text{ ml}^2}}$$

καί ἀπό αὐτή $\Theta_1 = \frac{2 T_1 \text{ ml}^2}{T_2^2 - T_1^2}$ καί $\Theta_1 = 29793 \text{ gr. cm}^2$.

Συμπεράσματα

- Ἡ περίοδος τοῦ στροφικοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητη τῆς γωνίας στροφῆς.
- Ἡ περίοδος τοῦ στροφικοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξαρτᾶται ἀπό τή ροπή ἀδράνειάς του.
- Ἡ ροπή ἀδράνειας τοῦ στροφικοῦ ἐκκρεμοῦς πού χρησιμοποιήσαμε, χωρίς τίς κινητές μάζες, εἶναι $\Theta_1 = 29793 \text{ gr.cm}^2$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Επίδειξη ελεύθερης και εξαναγκασμένης ταλαντώσεως. Συντονισμός

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
5. Μιά σειρά ελατήριων.
6. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
7. Πέντε βάρη των 50 p.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

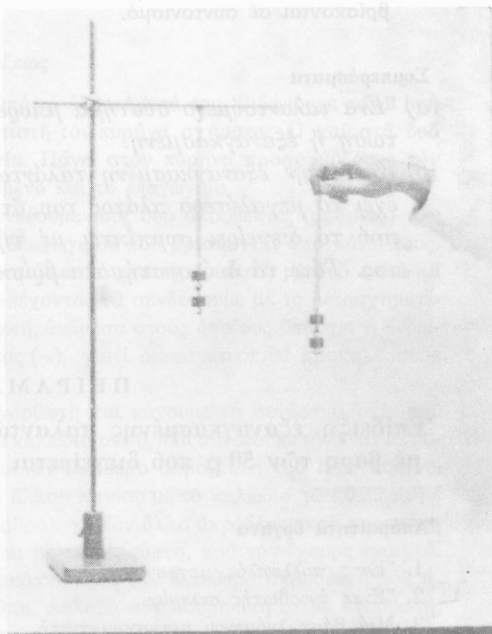
- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καί στό μέσο του ύψους της τόν άπλό σύνδεσμο.
- β) Συνδένουμε όριζόντια πάνω στόν άπλό σύνδεσμο τή ράβδο των 0,30 m καί στό μέσο της στερεώνουμε τόν όρειχάλκινο δακτύλιο. Από τό άγκιστρο του όρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε ένα ελατήριο καί στό άλλο άκρο του ελατηρίου 2 βάρη των 50 p.

Είκ. 157

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τραβάμε ελαφρά προς τά κάτω τά δύο βάρη των 50p καί τά αφήνουμε ελεύθερα. Βλέπουμε πώς ταλαντώνεται. Μετράμε τή συχνότητα ταλαντώσεως σέ δύο περιπτώσεις, όταν τό πλάτος ταλαντώσεως είναι διαφορετικό, καί τή βρίσκουμε σταθερή (είκ. 157).

Η ταλάντωση του συστήματος (ελατήριο-2 βάρη των 50p) είναι ελεύθερη καί ή συχνότητα είναι ή ιδιοσυχνότητα του συστήματος.



*Αλλάζουμε τό ἐλατήριο καί ἐργαζόμαστε μέ τόν ἴδιο τρόπο. Βρίσκουμε νέα ἰδιοσυχνότητα, πού ἀντιστοιχεῖ στό σύστημα: νέο ἐλατήριο - 2 βάρη τῶν 50 p. Προσθέτουμε καί τρίτο βάρος τῶν 50 p καί βρίσκουμε τρίτη ἰδιοσυχνότητα τοῦ νέου συστήματος.

- β) Κρατῶμε ἀπό τό πάνω ἄκρο τό ἐλατήριο μέ τό χέρι μας, ἐνῶ ἀπό τό ἄλλο ἄκρο ἔχουμε κρεμασμένα 2 βάρη τῶν 50 p. Κινούμε τό χέρι μας κατακόρυφα πάνω καί κάτω μέ συχνότητα μικρότερη ἀπό τήν ἰδιοσυχνότητα τοῦ συστήματος αὐτοῦ. Τό σύστημα ταλαντεύεται μέ τή συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ χεριοῦ μας. Ἐκτελεῖ ταλάντωση ἐξαναγκασμένη.

Αὔξανοντας σιγά σιγά τή συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ χεριοῦ μας παρατηροῦμε πώς τό πλάτος ταλαντώσεως τοῦ συστήματος αὐξάνεται συνέχεια, ὅσο ἡ συχνότητα τοῦ χεριοῦ μας πλησιάζει τήν ἰδιοσυχνότητα τοῦ συστήματος. Αὔξανουμε τή συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ χεριοῦ μας ἀκόμα πιά πολύ τόσο, πού νά γίνει μεγαλύτερη ἀπό τήν ἰδιοσυχνότητα τοῦ συστήματος, ὁπότε παρατηροῦμε πώς τό πλάτος τῆς ταλαντώσεως του γίνεται μικρότερο.

Τό μεγαλύτερο πλάτος ταλαντώσεως τοῦ συστήματος μπορούμε νά τό πετύχουμε, ὅταν ἡ συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ χεριοῦ μας γίνει ἴση μέ τήν ἰδιοσυχνότητα τοῦ ταλαντούμενου συστήματος. Στήν περίπτωση αὐτή λέμε πώς τό χέρι μας σάν ταλαντωτῆς καί τό σύστημα ἐλατήριο — 2 βάρη τῶν 50 p βρίσκονται σέ συντονισμό.

Συμπεράσματα

- α) Ἐνα ταλαντούμενο σύστημα μπορεῖ νά ἐκτελεῖ ἢ ἐλεύθερη ταλάντωση ἢ ἐξαναγκασμένη.
- β) Κατά τήν ἐξαναγκασμένη ταλάντωση τό ταλαντούμενο σύστημα ἔχει τό μεγαλύτερο πλάτος του, ὅταν ἡ συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ πού τό διεγείρει συμπίπτει μέ τήν ἰδιοσυχνότητα τοῦ συστήματος. Τότε τά δύο συστήματα βρίσκονται σέ συντονισμό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

*Ἐπίδειξη ἐξαναγκασμένης ταλαντώσεως συστήματος ἐλατηρίου μέ βάρη τῶν 50 p πού διεγείρεται ἀπό κινητήρα. Συντονισμός

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ἐνας ἀνορθωτής σεληνίου.
3. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.

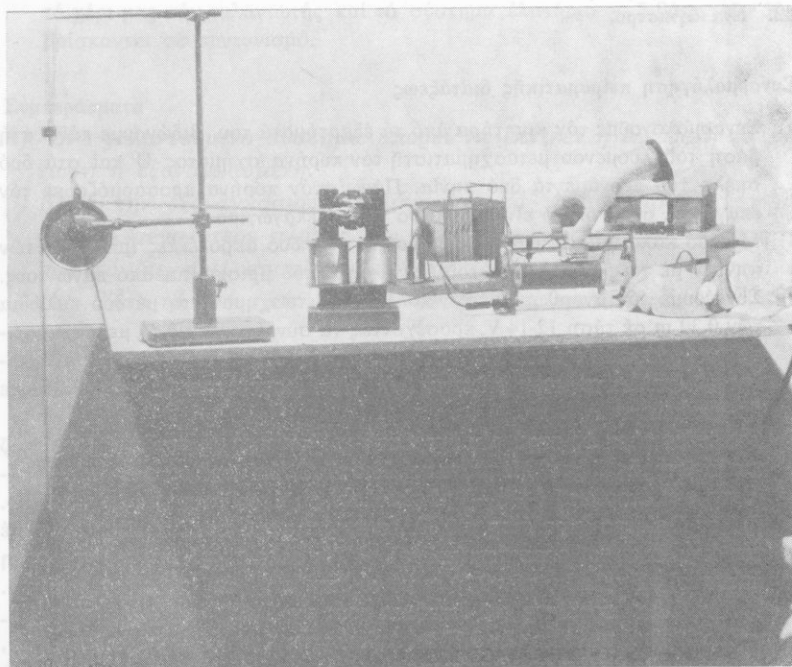
4. "Ένας πυρήνας σέ σχήμα U.
5. Δυό πηνία 300 σπειρών.
6. "Ένα επαγωγίμο σέ σχήμα τυμπάνου.
7. "Ένας επαγωγέας.
8. "Ένα έκκεντρο κινήτήρα.
9. "Ένας ροοστάτης 10Ω, 5Α.
10. "Ένας διακόπτης.
11. Πέντε καλώδια μήκους 0,30 m.
12. Δυό καλώδια μήκους 0,70 m.
13. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
14. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
15. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
16. Μιά λαβίδα άπλή.
17. Μιά τροχαλία μέ άπλή τροχαλιοθήκη.
18. "Ένα νήμα χοντρό μήκους 1 m.
19. Μιά σειρά έλατήριων.
20. Δυό βάρη τών 50 p.
21. Νήμα κουβαρίστρας.
22. "Ένα άγκιστρο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε τόν κινήτήρα άπό τά εξαρτήματά του. Βιδώνουμε πάνω στή βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα σχήματος U καί στά δυό σκέλη του περνάμε τά δυό πηνία. Πάνω στόν πυρήνα προσαρμόζουμε τόν επαγωγέα, στόν όποιο είναι ένωμένο καί τό επαγωγίμο.
- β) Μέ δυό καλώδια τών 0,30 m συνδέουμε τούς δυό άκροδέκτες (μύρνες) τών πηνίων μέ τούς άκροδέκτες του επαγωγίμου πού βρίσκονται άπό πάνω τους.
- γ) Συνδέουμε τόν άνορθωτή μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή μέ δυό καλώδια τών 0,30 m σέ τάση 12-14 V, προσέχοντας **νά** συνδέσουμε μέ τό μετασχηματιστή τούς άκροδέκτες του άνορθωτή, ανάμεσα στους όποιους ύπάρχει ή ένδειξη του έναλλασσόμενου ρεύματος (~), γιατί διαφορετικά θά προκαλέσουμε βραχυκύκλωμα.
- δ) Θεωρούμε τώρα ως πηγή τόν άνορθωτή καί κάνουμε τή συνδεσμολογία του κυκλώματος ως έξης: α) Μέ τό ένα καλώδιο τών 0,70m συνδέουμε τόν έναν άκροδέκτη του άνορθωτή (+ ή —) μέ τόν έλεύθερο άκροδέκτη του ενός πηνίου. β) Τόν έλεύθερο άκροδέκτη του άλλου πηνίου μέ τό καλώδιο τών 0,30 m μέ τόν άκροδέκτη του ροοστάτη (μαύρο). γ) Τόν άλλο άκροδέκτη του ροοστάτη (κόκκινο) μέ καλώδιο τών 0,30 m μέ τό διακόπτη, πού τόν έχουμε άνοιχτό. δ) Τόν άλλο άκροδέκτη του διακόπτη προς τόν έλεύθερο άκροδέκτη του άνορθωτή μέ τό καλώδιο τών 0,70 m. Δηλαδή συνδέουμε στή σειρά άνορθωτή, κινήτήρα, ροοστάτη καί διακόπτη.

- ε) Ξεβιδώνουμε τή μικρή τροχαλία πού υπάρχει στόν άξονα τοῦ κινητήρα καί στή θέση της βιδώνουμε τό ἔκκεντρο. Ἄν δέν ἔχουμε ἔκκεντρο, κόβουμε ἕνα κομμάτι σύρμα λίγο πιό μακρύ ἀπό τό τμήμα τοῦ ἄξονα πού προεξέχει, τοῦ κάνουμε στό ἄκρο ἄγκιστρο, τό βάζουμε παράλληλα καί σέ ἐπαφή μ' αὐτόν, ὥστε τό ἄγκιστρο νά εἶναι ἀμέσως μετά τό ἄκρο τοῦ ἄξονα, καί τό δένουμε σφιχτά μέ γερό σπάγγο τυλίγοντάς το σέ ὅλο του τό μήκος.
- στ) Στερεώνουμε πάνω στή χυτοσιδερένια βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m σέ ὕψος ἴσο μέ ἐκεῖνο πού βρίσκεται ὁ ἄξονας τοῦ κινητήρα, στηρίζουμε τόν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τή λαβίδα μέ τό στέλεχος κάθετο πάνω στόν ἄξονα τοῦ κινητήρα.
- ζ) Μέ τή λαβίδα συγκρατοῦμε ἀπό τό κέντρο της τήν τροχαλία.
- η) Περνάμε ἀπό τό αὐλάκι τῆς τροχαλίας τό χοντρό νήμα καί τό ἕνα ἄκρο του, ἀφοῦ τοῦ κάνουμε θηλιά, τό ἀγκιστρώνουμε στό ἔκκεντρο ἢ τό ἄγκιστρο τοῦ σύρματος, ἐνῶ ἀπό τό ἄλλο κρεμάμε τό ἕνα ἐλατήριο καί ἀπό αὐτό ἕνα βάρος τῶν 50 p.

Εἰκ. 158



Εκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τὸ μετασχηματιστὴ ἀπὸ τὸ δίκτυο τῆς πόλεως μὲ τάση 220 V, βάζουμε τὸ δρομέα τοῦ ροοστάτη στὸ μέσο του καὶ κλείνουμε τὸ διακόπτη. Ὁ κινητήρας κινεῖται καὶ τὸ βάρος τῶν 50 p ταλαντεύεται μαζί μὲ τὸ ἐλατήριο.
- β) Μετακινώντας τὸ δρομέα τοῦ ροοστάτη μεταβάλλουμε τὴ συχνότητα περιστροφῆς τοῦ κινητήρα, ὥσπου νὰ πετύχουμε νὰ ταλαντεύεται τὸ βάρος τῶν 50 p μὲ τὸ μεγαλύτερο δυνατό πλάτος (εἰκ. 158).
- γ) Μετράμε τὸν ἀριθμὸ τῶν ταλαντώσεων σὲ ὀρισμένο χρόνο π.χ. 30 sec καὶ βρίσκουμε τὴ συχνότητα τῆς ταλαντώσεως, πού εἶναι καὶ ἡ συχνότητα περιστροφῆς τοῦ κινητήρα.
- δ) Αὐξάνουμε ἢ ἐλαττώνουμε τὴ συχνότητα περιστροφῆς τοῦ κινητήρα καὶ παρατηροῦμε πὼς τὸ πλάτος τῆς ταλαντώσεως τοῦ βάρους τῶν 50 p ἐλαττώνεται.
- ε) Στηρίζουμε στὸ πάνω τῆς ράβδου τῶν 0,80 m τὸ δεύτερο σύνδεσμο καὶ πάνω σ' αὐτὸν ὀριζόντια τὸ ἄγκιστρο. Ξεκρεμάμε τὸ ἐλατήριο μὲ τὸ βάρος τῶν 50 p ἀπὸ τὸ χοντρὸ νῆμα καὶ τὸ κρεμάμε στὸ ἄγκιστρο.
- στ) Διεγείρουμε σὲ ἐλεύθερη ταλάντωση τὸ σύστημα τοῦ ἐλατηρίου μὲ τὸ βάρος τῶν 50 p καὶ μετράμε τὴν ἰδιοσυχνότητά του. Βρίσκουμε πὼς ἡ ἰδιοσυχνότητα αὐτὴ εἶναι κατὰ μεγάλη προσέγγιση ἴση μὲ τὴ συχνότητα πού μετρήσαμε προηγουμένως στὸν κινητήρα, ὅταν τὸ βάρος τῶν 50 p ταλαντεύεται μὲ τὸ μέγιστο πλάτος.

Συμπέρασμα

Τὸ σύστημα τοῦ ἐλατηρίου μὲ τὸ βάρος τῶν 50 p ταλαντεύεται μὲ τὸ μέγιστο πλάτος, ὅταν ἡ συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ πού τὸ διεγείρει (κινητήρα) γίνεи ἴση μὲ τὴν ἰδιοσυχνότητά του. Τὰ δύο συστήματα βρίσκονται τότε σὲ συντονισμό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Ἐπίδειξη τοῦ φαινομένου τοῦ συντονισμοῦ μὲ τὴ διέγερση ἐκκρεμῶν διαφόρων μηκῶν

Ἀπαιτούμενα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Τρεῖς ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.

3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Πέντε όρειχάλκινοι δακτύλιοι.
5. Νήμα κουβαρίστρας.

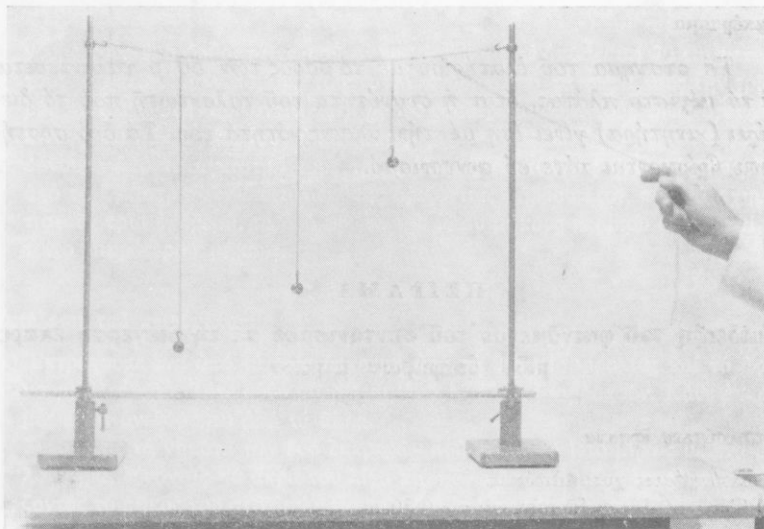
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m καί πάνω σ' αυτές καί στο κατώτατο σημείο τούς δυό άπλούς συνδέσμους.
- β) Άπομακρύνουμε τούς δυό όρθοστάτες, πού σχηματίστηκαν έτσι, σέ απόσταση 70 cm περίπου καί τούς συνδέουμε μεταξύ τους, προσαρμόζοντας τήν τρίτη ράβδο στούς δυό συνδέσμους.
- γ) Στερεώνουμε στά άκρα τών κατακόρυφων ράβδων άπό ένα όρειχάλκινο δακτύλιο, κόβουμε ένα κομμάτι νήμα καί τό δένουμε στά άγκιστρα τών δακτύλιων. Χαλαρώνουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο καί άπομακρύνουμε τούς όρθοστάτες, ώσπου τό νήμα νά τεντωθεί.
- δ) Μέ νήματα διαφόρων μηκών δένουμε τούς τρεις άλλους όρειχάλκινους δακτύλιους άπό τά άγκιστρά τους, καί τά εκκρεμή πού έτσι σχηματίζονται κρεμάμε άπό διάφορα σημεία του τεντωμένου νήματος. Έπάνω στο όριζόντιο νήμα δένουμε άκόμα τέταρτο νήμα μεγαλύτερο άπό τά μήκη τών εκκρεμών, του όποίου τήν άκρη άφήνουμε ελεύθερη.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τραβήμε μιά φορά καί πολύ έλαφρά τό ελεύθερο νήμα, όποτε παρατηρούμε

Είκ. 159



πώς τὰ τρία έκκρεμή αιώρουνται μέ πολύ μικρό πλάτος καί διαφορετική συχνότητα.

- β) Κρατάμε μέ τό χέρι μας τό έλεύθερο νήμα έλαφρά τεντωμένο έτσι, πού νά βρίσκεται παράλληλο πρός τά επίπεδα αιώρήσεως τών έκκρεμών καί νά σχηματίζει γωνία περίπου 45° μέ τό οριζόντιο επίπεδο πού περιέχει τό οριζόντιο νήμα. Τραβάμε πολύ έλαφρά καί ρυθμικά τό νήμα αυτό μέ συχνότητα τή συχνότητα αιώρήσεως του έκκρεμου μεγαλύτερου μήκους. Παρατηρούμε πώς τό έκκρεμές αυτό άρχίζει νά αιώρεται μέ πλάτος πού σιγά σιγά αύξάνεται, ώσπου νά φτάσει μιá μέγιστη τιμή, ενώ τά άλλα έλάχιστα κινούνται.
- γ) Άφήνουμε τά τρία έκκρεμή νά ίσορροπήσουν καί άρχίζουμε πάλι νά τραβάμε ρυθμικά τό έλεύθερο νήμα μέ συχνότητα τή συχνότητα του δεύτερου σέ μήκος έκκρεμου. Παρατηρούμε πώς μόνο αυτό τό έκκρεμές διεγείρεται. Τέλος διεγείρουμε κατά τόν ίδιο τρόπο καί τό τρίτο έκκρεμές.

Συμπέρασμα

Η ένέργεια πού προσφέρεται από τό χέρι μας στά έκκρεμή μεταβιβάζεται σ' αυτά, μόνο όταν ή συχνότητα τής κινήσεως του χειριού μας συμπίπτει μέ τήν ιδιοσυχνότητα του έκκρεμου, δηλαδή μόνο όταν τό χέρι μας σάν ταλαντωτής βρίσκεται σέ συντονισμό μέ τό έκκρεμές.

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

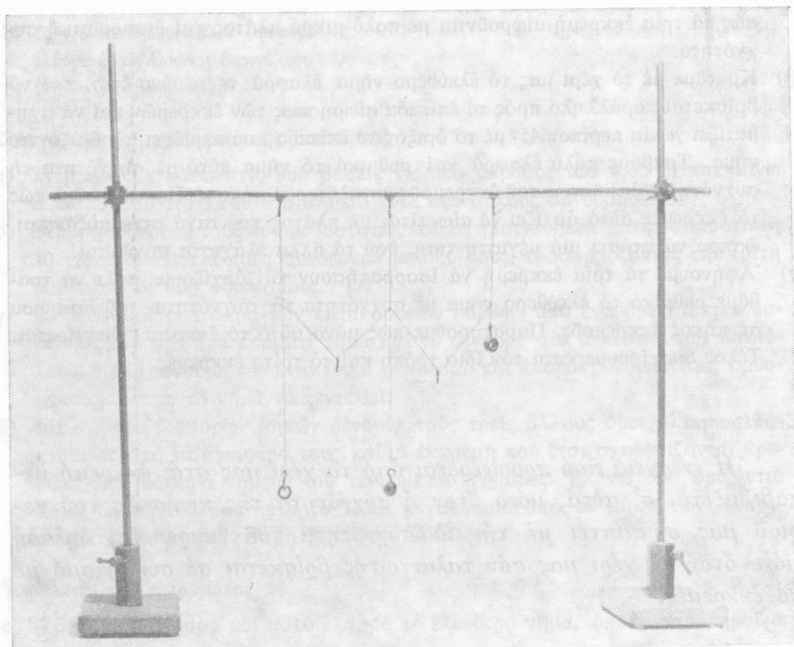
**Μεταβίβαση ενέργειας από ένα ταλαντούμενο σύστημα σέ άλλο.
Συζευγμένες ταλαντώσεις**

Άπαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Τρείς ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Όκτώ όρειχάλκινοι δακτύλιοι.
5. Νήμα κουβαρίστρας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m καί στήν κορυφή τους τούς δυό άπλούς συνδέσμους.
- β) Περνάμε πάνω στήν τρίτη ράβδο τρείς όρειχάλκινους δακτύλιους, άπομακρύ-



Εικ. 160

νουμε τούς δυό ὀρθοστάτες πού σχηματίστηκαν σέ ἀπόσταση 70 cm μεταξύ τους καί στούς συνδέσμους τους στερεώνουμε ἀπό τά ἄκρα τους τήν τρίτη ράβδο. Πάνω στήν ὀριζόντια αὐτή ράβδο σταθεροποιούμε τούς τρεῖς ὀρειχάλκινους δακτύλιους σέ ἴσες ἀποστάσεις.

- γ) Δένουμε ἀπό τά ἄγκιστρά τους τρεῖς ἄλλους δακτύλιους καί τούς κρεμᾶμε ἀπό τά ἄγκιστρα τῶν δακτύλιων τῆς ὀριζόντιας ράβδου ἔτσι, πού νά σχηματιστοῦν τρία ἐκκρεμή, τά δυό πρῶτα τοῦ ἴδιου μήκους περίπου 60 cm καί τό τρίτο μικρότερου μήκους.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἐκτρέπουμε ἓνα ἀπό τά τρία ἐκκρεμή ἀπό τή θέση ἰσορροπίας καί τό ἀφήνουμε ἐλεύθερο. Τότε αὐτό αἰωρεῖται, ἐνῶ τά ἄλλα ἰσορροποῦν. Κάθε ἐκκρεμές εἶναι ἀνεξάρτητο ἀπό τά ἄλλα.
- β) Συνδέουμε τά νήματα τῶν δυό ἐκκρεμῶν πού ἔχουν τό ἴδιο μήκος μέ ἓνα ἄλλο νήμα, δένοντας τά ἄκρα του λίγο πῶ πάνω ἀπό τό μέσο τους καί ρυθμίζοντας τό μήκος του στό διπλάσιο περίπου ἀπό τήν ἀπόσταση τῶν δυό ἐκκρε-

- μῶν. Συνδέουμε με τὸν ἴδιο τρόπο καί τὸ ἔκκρεμές πού ἔχει μικρότερο μῆκος με τὸ γειτονικό του.
- γ) Εξετιδώνουμε ἀπὸ τοὺς ὑπόλοιπους δυὸ ὀρειχάλκινους δακτύλιους τὰ ἄγκιστρά τους καί τὰ κρεμᾶμε ἀπὸ τὰ ἐνδιάμεσα νήματα πού συνδέουν μεταξύ τους τὰ νήματα τῶν ἔκκρεμῶν. Ἔχουμε ἔτσι τὰ ἔκκρεμή συζευγμένα (εἰκ. 160).
- δ) Ἀπομακρύνουμε ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ ἰσομήκη ἔκκρεμή καί τὸ ἀφήνουμε ἐλεύθερο. Αὐτὸ τότε αἰωρεῖται. Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἐνέργεια μεταβιβάζεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἔκκρεμές στὸ ἄλλο πού ἔχει τὸ ἴδιο μῆκος. Τὸ πλάτος αἰωρήσεως τοῦ πρώτου ἔκκρεμοῦς σιγὰ σιγὰ ἐλαττώνεται σχεδὸν ὥς τὸ μηδέν, ἐνῶ τὸ πλάτος αἰωρήσεως τοῦ δευτέρου ἔκκρεμοῦς στὸν ἴδιο χρόνὸ αὐξάνεται ὥς μιὰ μέγιστη τιμὴ. Ἡ ἐνέργεια τοῦ πρώτου ἔκκρεμοῦς μεταβιβάστηκε στὸ δεύτερο. Στὴ συνέχεια ἡ ἐνέργεια μεταβιβάζεται ἀπὸ τὸ δεύτερο στὸ πρῶτο καί πάλι ἀπὸ τὸ πρῶτο στὸ δεύτερο κτλ. Τὸ τρίτο ἔκκρεμές πού ἔχει μικρότερο μῆκος δέν ἐπηρεάζεται καθόλου ἢ ἐλάχιστα μόνο ἐπηρεάζεται.

Συμπέρασμα

Γιὰ νὰ μεταβιβαστῇ ἐνέργεια ἀπὸ ἓνα ταλαντούμενο σύστημα σέ ἓνα ἄλλο (μέ τὴ μέγιστη ἀπόδοση), πρέπει τὰ δυὸ συστήματα νὰ βρίσκονται σέ συντονισμό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

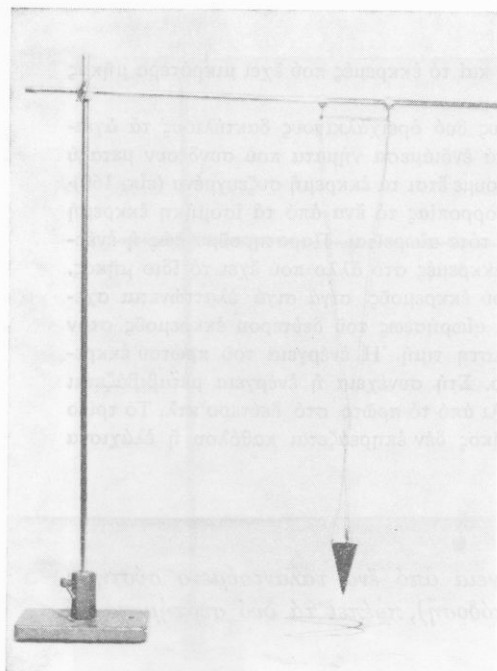
Σύνθεση ἁρμονικῶν ταλαντώσεων μετὰ τὸ ἔκκρεμές τοῦ Blackburn

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
5. Δυὸ ὀρειχάλκινοι δακτύλιοι.
6. Ἐνα ἔκκρεμές Blackburn (μεταλλικό χωνί).
7. Ἐνα κουτί μέ σκόνη σμύριδας ἢ ψιλὴ ἄμμο.
8. Φύλλα ἄσπρο χαρτί.
9. Μιά πλάκα ἀπὸ ξυλοτέξ ἢ χαρτόνι.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στὴ βάση τὴ ράβδον τῶν 0,80 m καί στὸ πάνω μέρος της



Εικ. 161

τόν άπλό σύνδεσμο. Πάνω στόν άπλό σύνδεσμο στηρίζουμε όριζόντια τή ράβδο τών 0,30 m, πάνω σ' αυτή τούς δυό όρει-χάλκινους δακτύλιους σέ άπό-σταση 3-4 cm μεταξύ τους και από τά άγκιστρά τους κρεμάμε τό έκκρεμές του Blackburn.

- β) Τοποθετούμε πάνω στό τραπέζι μας και από κάτω από τό έκ-κρεμές του Blackburn τήν πλά-κα από ξυλοτέξ και πάνω σ' αυτή ένα φύλλο άσπρο χαρτί.

Έκτέλεση του πειράματος

Γεμίζουμε τό μεταλλικό χωνί μέ σκόνη σμύριδας και, ενώ κρατάμε τό άνοιγμα πού έχει στό κάτω μέρος μέ τό δάκτυλό μας, τό άποκλίνουμε κατά διεύ-θυνση παράλληλη πρός τήν όριζόντια ράβδο και κάθετα πρός αυτή τή διεύθυνση (κατά διεύθυνση πού σχηματίζει ό-ξεία γωνία μέ τό κατακόρυφο

επίπεδο πού περιέχει τήν όριζόντια ράβδο) και τό αφήνουμε ελεύθερο. Τό έκκρεμές χάρι στόν τρόπο πού είναι δεμένο κάνει δυό μαζί κινήσεις κατά τίς δυό πío πάνω διευθύνσεις και άνάλογα μέ τή σχέση τών συχνοτήτων τών δυό αυτών κινήσεων, πού έξαρτιούνται από τά μήκη, τά όποια ύπολογίζονται γιά τή μιά κίνηση από τό κέντρο βάρους του χωνιού ως τήν κορυφή του τρι-πλου δεσίματος και γιά τήν άλλη από τό ίδιο κέντρο βάρους ως τήν όριζόντια ράβδο, καθώς και άνάλογα μέ τή διαφορά φάσεως τών δυό κινήσεων. Ή σκόνη τής σμύριδας γράφει πάνω στό χαρτί μιά από τίς καμπύλες Lissajous (εικ. 161).

Συμπέρασμα

Μέ τό έκκρεμές του Blackburn μπορούμε νά άπεικονίσουμε τή σνισταμένη δυό άπλών άρμονικών κινήσεων πού είναι κάθετες μετα-ξύ τους (καμπύλες Lissajous).

Αίσθητοποίηση της έννοιας του κύματος. Έγκάρσια και διαμήκη κύματα

*Απαραίτητα όργανα

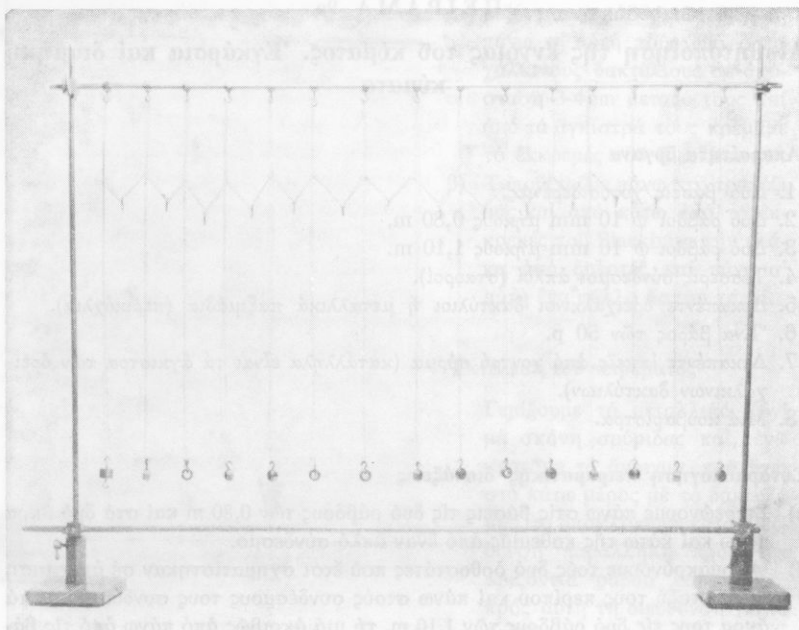
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Τέσσερις σύνδεσμοι απλοί (σταυροί).
5. Δεκαπέντε δρειχάλκινοι δακτύλιοι ή μεταλλικά παξιμάδια (περικόχλια).
6. Ένα βάρος των 50 p.
7. Δεκαπέντε ίππεις από χοντρό σύρμα (κατάλληλα είναι τὰ άγκιστρα των δρειχάλκινων δακτύλιων).
8. Μιά κουβαρίστρα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στις βάσεις τις δυό ράβδους των 0,80 m καί στά δυό άκρα πάνω καί κάτω της καθεμιάς από έναν απλό σύνδεσμο.
- β) Απομακρύνουμε τούς δυό όρθοστάτες πού έτσι σχηματίστηκαν σέ απόσταση 1 m μεταξύ τους περίπου καί πάνω στους συνδέσμους τους συνδέουμε μέ τὰ άκρα τους τις δυό ράβδους των 1,10 m, τή μιά άκριβώς από πάνω από τις βάσεις καί τήν άλλη στην κορυφή των ράβδων των 0,80 m.
- γ) Κόβουμε κομμάτια από τό νήμα της κουβαρίστρας μήκους γύρω στά 50 cm καί μέ αυτά δένουμε τούς δρειχάλκινους δακτύλιους ή τὰ παξιμάδια καθώς καί τό βάρος των 50 p.
- δ) Κρεμάμε όλα τὰ έκκρεμή πού σχηματίστηκαν έτσι από τήν επάνω όριζόντια ράβδο, φροντίζοντας νά έχουν όλα τό ίδιο μήκος καί νά απέχουν μεταξύ τους ίσες αποστάσεις. Ός πρώτο έκκρεμές κρεμάμε εκείνο πού έχει τό βάρος των 50 p.
- ε) Κόβουμε ένα κομμάτι νήμα 1,5 m περίπου καί μέ αυτό συνδέουμε μεταξύ τους τά νήματα όλων των έκκρεμων σέ ύψος γύρω στά 40 cm πάνω από τό κρεμασμένο βάρος καί έτσι, πού τό μήκος του όριζόντιου νήματος μεταξύ δυό κατακόρυφων νά είναι λίγο μεγαλύτερο από τήν απόσταση αυτών των νημάτων.
- στ) Από κάθε όριζόντιο τμήμα του νήματος κρεμάμε από έναν ίππέα. Έτσι όλα τὰ έκκρεμή είναι μεταξύ τους συζευγμένα (είκ. 162).

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Απομακρύνουμε από τή θέση ισορροπίας τό πρώτο έκκρεμές κάθετα προς τό επίπεδο των νημάτων τόσο, όσο επιτρέπει τό μήκος του όριζόντιου νή-



Εικ. 162

ματος που τό συνδέει μέ τό δεύτερο εκκρεμές, καί τό αφήνουμε ελεύθερο νά αιώρεϊται. Παρατηρούμε πώς ή κίνηση μεταδίδεται στο δεύτερο εκκρεμές, από τό δεύτερο στο τρίτο κτλ. Έχουμε διάδοση τής κινήσεως (διαταραχής) κατά μήκος τής σειράς τών εκκρεμών. Έχουμε ένα κύμα, κύμα εγκάρσιο. Παρατηρούμε πώς δέν έχουμε μετακίνηση μάζας παρά μόνο μετάδοση ενέργειας.

- β) Αφήνουμε τά εκκρεμή νά ισορροπήσουν καί έπειτα πλησιάζουμε τό βάρος του πρώτου πρós τό δεύτερο καί τό αφήνουμε ελεύθερο νά αιώρεϊται. Παρατηρούμε πάλι διάδοση τής κινήσεως κατά μήκος τής σειράς τών εκκρεμών. Έχουμε πάλι ένα κύμα, ένα κύμα όμως διάμηκες. Στο κύμα αυτό παρατηρούμε πυκνώματα καί αραιώματα.

Συμπεράσματα

Όταν κατά μήκος ενός μέσου έχουμε διάδοση μιās κινήσεως περιοδικής (διαταραχής), λέμε ότι στο μέσο αυτό διαδίδεται ένα κύμα. Κατά τή διάδοση του κύματος έχουμε κατά μήκος του μέσου ροή ενέργειας μόνο καί όχι ροή μάζας.

Όταν τὰ στοιχειώδη τμήματα τοῦ μέσου κινούνται κάθετα πρὸς τὴ διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος, λέμε ὅτι ἔχουμε κύμα ἐγκάρσιο καί, ὅταν κινούνται κατὰ τὴ διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος, λέμε ὅτι ἔχουμε διάμηκες κύμα.

Παρατήρηση I

Ἡ παρατήρηση πρέπει νὰ περιοριστεῖ στοῦ χρόνου ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τῆς κινήσεως, ὥσπου αὐτὴ νὰ φτάσει στοῦ τελευταῖο ἐκκρεμές, γιατί τότε ἀνακλᾶται καί τὸ φαινόμενο στή συνέχεια περιπλέκεται.

Παρατήρηση II

Ὡς πρῶτο ἐκκρεμές χρησιμοποιοῦμε αὐτό πού ἔχει τὸ βάρος τῶν 50 p, ὁπότε μὲ τὴ μεγάλη μάζα πού ἔχει αὐτό ἀποθηκεύουμε ἀρκετὸ ποσὸ δυναμικῆς ἐνέργειας μὲ τὴν ἀρχικὴ μετακίνηση πού κάνουμε καί ἔτσι ἡ κίνηση φτάνει στοῦ τέλους τῆς σειρᾶς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

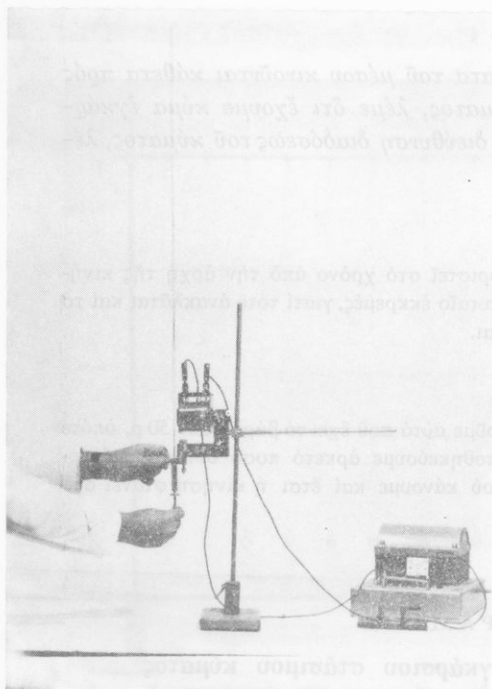
Ἐπίδειξη γραμμικοῦ ἐγκάρσιου στάσιμου κύματος

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m μὲ βίδα.
4. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
5. Ἕνας πυρήνας σχήματος U.
6. Ἕνα πηνίο 300 σπειρῶν.
7. Μιά συσκευή ἐγκάρσιων στάσιμων κυμάτων.
8. Ἕνας διακόπτης.
9. Δυὸ καλῶδια μήκους 1 m.
10. Ἕνα καλῶδιο μήκους 0,30 m.
11. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στὴ βάση τὴ ράβδο τῶν 0,80 m καί στοῦ μέσου τοῦ ὕψους τῆς τὸν ἀπλό σύνδεσμο.
- β) Βιδώνουμε τὴ ράβδο τῶν 0,30 m πάνω στὸν πυρήνα σχήματος U καί τὴ στηρίζουμε στοῦ σύνδεσμο τῆς κατακόρυφης ράβδου μὲ τὰ σκέλη τοῦ πυρήνα



Είκ. 163

- γ) Στο πάνω σκέλος του πυρήνα περνάμε τό πηνίο των 300 σπειρών, ενώ στο κάτω συνδέουμε τη συσκευή εγκάρσιων στάσιμων κυμάτων.
- δ) Συνδέουμε στη σειρά στον πολυλαπλό μετασχηματιστή, πού τροφοδοτούμε με τάση 10-20 V, τό διακόπτη καί τό πηνίο.

Έκτέλεση του πειράματος

Τροφοδοτούμε τό μετασχηματιστή από τό δίκτυο της πόλεως καί κλείνουμε τό διακόπτη. Τότε πάνω στη ράβδο της συσκευής αναπτύσσονται εγκάρσια στάσιμα κύματα, γιατί αυτή έλκεται περιοδικά από τόν πυρήνα, έπειδή τό πηνίο διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα. Άν τά στάσιμα κύματα δέ σχηματίζονται κανονικά, με-

ταβάλλουμε τό μήκος της ράβδου μέ τή βίδα πού βρίσκεται στο κάτω μέρος της (είκ. 163).

Τά στάσιμα κύματα αναπτύσσονται πάνω στη ράβδο, γιατί τό κύμα πού αναπτύσσεται από τίς περιοδικές έλξεις της άπέναντι του πυρήνα περιοχής της φτάνει στο πάνω άκρο, όπου ανακλάται καί επιστρέφει. Τά δυό κύματα, τό άρχικό καί εκείνο πού προήλθε από τήν ανάκληση, συμβάλλουν καί έτσι σχηματίζεται τό στάσιμο κύμα. Παρατηρούμε πώς στο έλεύθερο άκρο της ράβδου σχηματίζεται κοιλία της κινήσεως.

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά δημιουργήσουμε εγκάρσια στάσιμα κύματα πάνω σέ μιá άτσάλινη ράβδο, άν ασκήσουμε περιοδικές δυνάμεις σέ ένα δ-ρισμένο σημείο της.

Επίδειξη διαμήκων στάσιμων κυμάτων επάνω σε αττάλινο ελατήριο

Απαραίτητα όργανα

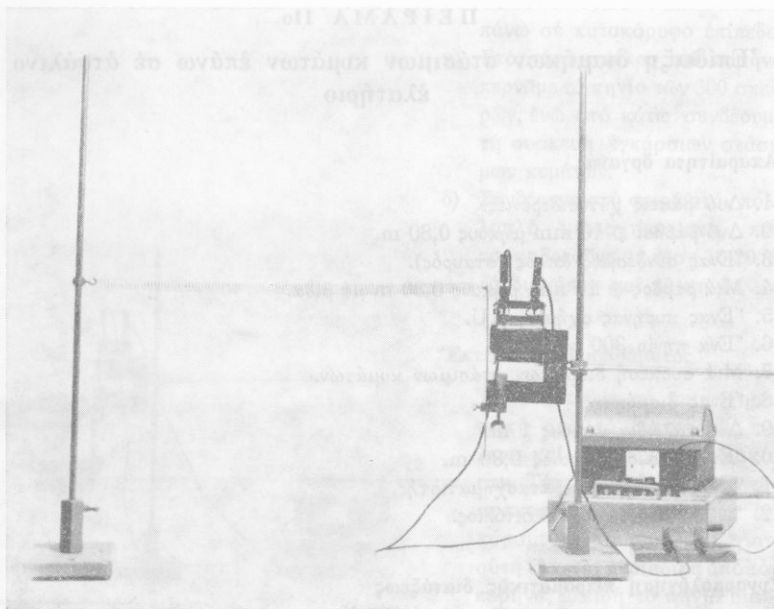
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m μέ βίδα.
5. Ένας πυρήνας σχήματος U.
6. Ένα πηνίο 300 σπειρών.
7. Μιά συσκευή διαμήκων στάσιμων κυμάτων.
8. Ένας διακόπτης.
9. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
10. Ένα καλώδιο μήκους 0,30 m.
11. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
12. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m καί στό μέσο τού ύψους τής μιås άπό αυτές στηρίζουμε τόν άπλό σύνδεσμο.
- β) Βιδώνουμε τή ράβδο τών 0,30 m πάνω στόν πυρήνα σχήματος U καί τή στηρίζουμε πάνω στό σύνδεσμο μέ τά σκέλη τού πυρήνα πάνω σέ κατακόρυφο επίπεδο.
- γ) Στό πάνω σκέλος τού πυρήνα περνάμε τό πηνίο τών 300 σπειρών, ένώ στό κάτω συνδέουμε τή συσκευή διαμήκων στάσιμων κυμάτων.
- δ) Στερεώνουμε πάνω στήν άλλη κατακόρυφο ράβδο τόν όρειχάλκινο δακτύλιο καί στό ύψος πού φτάνει ή κορυφή τού ελάσματος τής συσκευής διαμήκων στάσιμων κυμάτων στόν άλλο όρθοστάτη καί άγκιστρώνουμε πάνω σ' αυτόν τό ελεύθερο άκρο τού ελατήριου. Άπομακρύνουμε μεταξύ τους τούς δυό όρθοστάτες τόσο, πού τό ελατήριο νά τεντωθεί ελαφρά.
- ε) Συνδέουμε στή σειρά τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 6-10 V μέ τό διακόπτη καί τό πηνίο.

Έκτέλεση τού πειράματος

Τροφοδοτούμε τό μετασχηματιστή άπό τό δίκτυο τής πόλεως καί κλείνουμε τό διακόπτη. Τό έλασμα δέχεται περιοδικές έλξεις άπό τόν πυρήνα, γιατί τό πηνίο διαρρέεται άπό έναλλασσόμένο ρεύμα. Οί έλξεις αυτές μεταδίδονται



Εικ. 164

στό ελατήριο, πάνω στο οποίο αναπτύσσεται τό διάμηκες κύμα. Τό κύμα αυτό ανακλάται στό άκρο του ελατηρίου καί επιστρέφει κατά την αντίθετη φορά. Τό αρχικό κύμα καί έκείνο πού προήλθε από την ανάκλαση συμβάλλουν καί παρουσιάζονται πάνω στό ελατήριο τά χαρακτηριστικά του στάσιμου κύματος, δηλ. κοιλίες, στίς όποίες οί σπείρες του ελατηρίου πάλλονται ζωνρά, καί δεσμοί, στους όποιους οί σπείρες μένουν άκίνητες (εϊκ. 164). Άν τά στάσιμα κύματα δέ σχηματίζονται κανονικά, άπομακρύνουμε ή πλησιάζουμε τόν όρθοστάτη πού στηρίζει τό ελατήριο, μεταβάλλοντας έτσι την τάση του ελατηρίου, ή κατά κύριο λόγο μεταβάλλουμε τό μήκος του έλάσματος πού βρίσκεται πάνω από τή βίδα (μεταβάλλουμε την ιδιοσυχνότητα του έλάσματος, γιά νά τό φέρουμε σέ συντονισμό μέ τή συχνότητα του ρεύματος).

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά δημιουργήσουμε διαμήκη στάσιμα κύματα πάνω σέ ένα άτσάλινο ελατήριο, αν στό ένα του άκρο άσκήσουμε περιοδικά δύναμη κατά τή διεύθυνση του άξονά του.

Επίδειξη στάσιμων κυμάτων εγκάρσιων καί διαμήκων μέ τή συσκευή Melde (ήλεκτρομαγνητικό διαπασών)

Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή Melde (διαπασών ήλεκτρομαγνητικῆς διεγέρσεως).
2. Πηγὴ ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας συνεχοῦς τάσεως 6-10 V (μετασχηματιστῆς — ἀνορθωτῆς ἢ κουτί ξηρῶν στοιχείων μέ τρεῖς στήλες 4,5 V).
3. Μιά βάρση χυτοσιδερένια.
4. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
5. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ἕνα ἀτσάλινο ἐλατήριο (τὸ ἐλατήριο τῆς συσκευῆς διαμήκων στάσιμων κυμάτων).
7. Ἕνας διακόπτης.

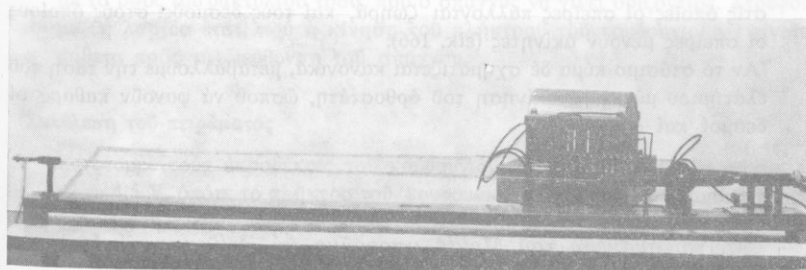
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

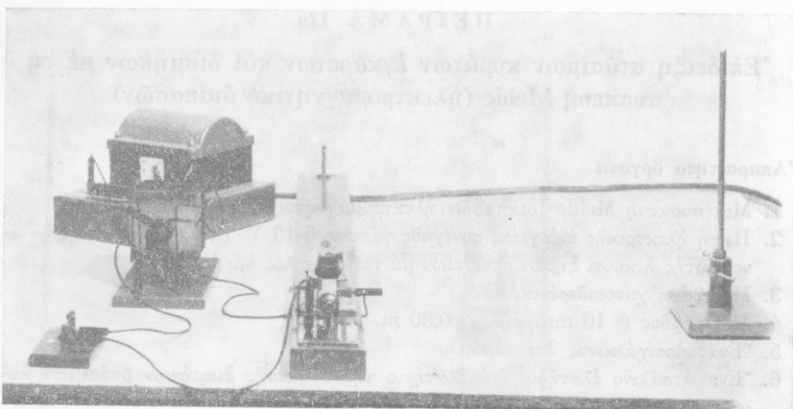
Συνδέουμε στὸν πολλαπλὸ μετασχηματιστὴ σὲ τάση 8-10 V τὸν ἀνορθωτὴ καί ἔπειτα στὴ σειρά μέ τὸν ἀνορθωτὴ (ἢ τὸ κουτί τῶν ξηρῶν στοιχείων), τὸ διακόπτη καί τὴ συσκευή Melde.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Σχηματισμὸς εγκάρσιων στάσιμων κυμάτων.
- Κλείνουμε τὸ διακόπτη καί ρυθμίζουμε τὴ βίδα ἐπαφῆς (σφύρα τοῦ Neff) τῆς συσκευῆς, ὥσπου νὰ διεγερθεῖ τὸ διαπασών. Παρατηροῦμε πάνω στὴ χορδὴ τοὺς χαρακτηριστικοὺς δεσμοὺς καί κοιλίες τοῦ εγκάρσιου στάσιμου κύματος. Τὰ σκέλη τοῦ διαπασών πάλλονται κάθετα πρὸς τὴ διεύθυνση τῆς χορδῆς. Τὸ κύμα ποὺ παράγεται πάνω στὴ χορδὴ ἀνακλᾶται στὸ ἄκρο τῆς καί ἐπιστρέφει κατὰ τὴν ἀντίθετη φορά. Τὰ δύο κύματα, τὸ ἀρχικὸ καί ἐκεῖνο

Εἰκ. 165





Εικ. 166

πού προήλθε από την ανάκληση, συμβάλλουν, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του στάσιμου κύματος (εικ. 165). Με τη βίδα που βρίσκεται στο άκρο της χορδής μπορούμε να μεταβάλλουμε τη τάση της χορδής. Όσο η τάση της χορδής γίνεται μικρότερη, τόσο το μήκος κύματος γίνεται μικρότερο και βλέπουμε να δημιουργούνται περισσότεροι δεσμοί.

β) Σχηματισμός διαμήκων στάσιμων κυμάτων.

Στερεώνουμε πάνω στη χυτοσιδερένια βάση τη ράβδο των 0,30 m και στο κάτω άκρο της τον ορειχάλκινο δακτύλιο. Ξεβιδώνουμε από το άκρο του σκέλους του διαπασών το εξάρτημα που στηρίζει τη χορδή και αφήνουμε μόνο το έλασμα πάνω στο οποίο ήταν βιδωμένο. Άγκιστρώνουμε πάνω σε αυτό το έλασμα το ένα άκρο του ελατήριου, ενώ το άλλο το άγκιστρώνουμε στον ορειχάλκινο δακτύλιο του όρθοστάτη. Βάζουμε τον όρθοστάτη σε τέτοια θέση, που το ελατήριο να είναι κάθετο στη διεύθυνση των σκελών του διαπασών, και ρυθμίζουμε το ύψος του δακτύλιου έτσι, που το ελατήριο να είναι οριζόντιο. Κλείνουμε το διακόπτη, όποτε πάνω στο ελατήριο παρατηρούμε τα χαρακτηριστικά του διαμήκους κύματος, δηλ. τς κοιλίες, στις οποίες οι σπείρες πάλλονται ζωηρά, και τους δεσμούς, στους οποίους οι σπείρες μένουν ακίνητες (εικ. 166).

Αν το στάσιμο κύμα δέ σχηματίζεται κανονικά, μεταβάλλουμε την τάση του ελατηρίου με τη μετακίνηση του όρθοστάτη, ώσπου να φανούν καθαρά οι δεσμοί και οι κοιλίες.

Συμπέρασμα

Με τη συσκευή του Melde μπορούμε να δείξουμε τη δημιουρ-

για στάσιμων κυμάτων ἐγκάρσιων καὶ διαμήκων, ἂν συνδέσουμε κατ'άλληλα μιά χορδή πού ἐκτείνεται κάθετα πρὸς τή διεύθυνση τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ διαπασῶν ἢ ἓνα ἐλατήριο, πού ἐκτείνεται κατὰ τή διεύθυνση αὐτῆς τῆς κινήσεως.

ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

Ἐπίδειξη ἐγκάρσιων στάσιμων κυμάτων μέ ἤλεκτρικό κουδούνι

Ἀπαραίτητα ὄργανα

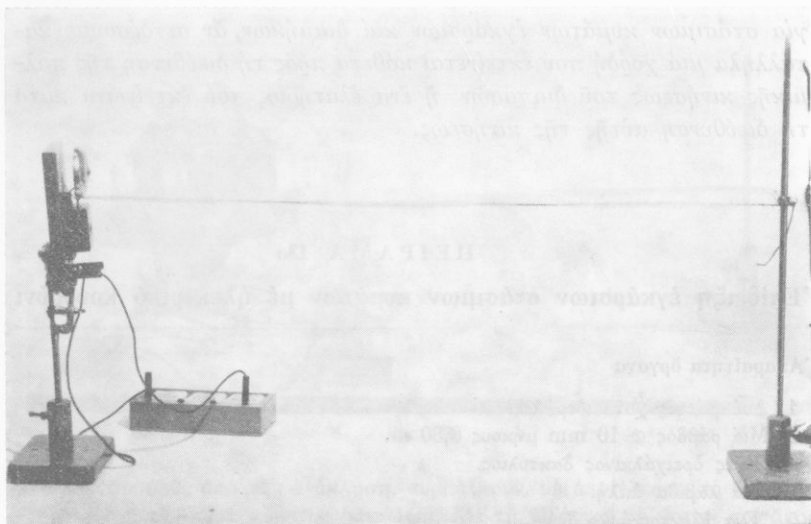
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Ἕνα ἤλεκτρικό κουδούνι.
6. Μιά γεννήτρια συνεχοῦς τάσεως (χυτὶ ξηρῶν στοιχείων μέ τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V).
7. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
8. Ἕνας γερός σπάγγος μήκους 1,5-2 m.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή μιά βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό μέσο τοῦ ὕψους τῆς τόν ὀρειχάλκινου δακτύλιου.
- β) Στήν ἄλλη βάση στερεώνουμε τήν ἀπλή λαβίδα κατακόρυφα καί μέ αὐτή συγκρατοῦμε τό ἤλεκτρικό κουδούνι μέ τό πλῆκτρο πρὸς τά πάνω.
- γ) Δένουμε μέ τό ἓνα ἄκρο τοῦ σπάγγου τό πλῆκτρο τοῦ κουδουνιοῦ καί μέ τό ἄλλο τό ἄγκιστρο τοῦ ὀρειχάλκινου δακτύλιου. Ἀπομακρύνουμε τόν ὀρθοστάτη ἀπό τή λαβίδα, ὥσπου νά τεντωθεῖ ἐλαφρά ὁ σπάγγος, καί ρυθμίζουμε τό ὕψος τοῦ δακτύλιου τόσο, πού ὁ σπάγγος νά γίνη ὀριζόντιος. Στρέφουμε τή λαβίδα ἔτσι, πού ἡ κίνηση τοῦ πλῆκτρο τοῦ κουδουνιοῦ νά γίνεται κάθετα πρὸς τή διεύθυνση τοῦ σπάγγου.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ κουδουνιοῦ μέ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς σέ τάση 4,5 V, ὅποτε τό πλῆκτρο τοῦ κουδουνιοῦ πάλλεται. Μετακινώντας τόν ὀρθοστάτη ρυθμίζουμε τήν τάση τοῦ σπάγγου ὥσπου, νά παρατηρήσουμε τὰ χαρακτηριστικά τοῦ στάσιμου κύματος, δηλ. κοιλίες καί δεσμούς. Ἡ κίνηση τοῦ



Εικ. 167

πλήκτρου δημιουργεί πάνω στο σπάγγο ένα κύμα που ανακλάται στο άκρο του και επιστρέφει κατ' αντίθετη φορά. Τά δύο κύματα, το αρχικό και εκείνο που προήλθε από ανάκλαση, συμβάλλουν και σχηματίζουν τό στάσιμα κύμα (έκ. 167).

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά δημιουργήσουμε στάσιμα κύματα πάνω σέ ένα τεντωμένο σπάγγο, δένοντας κατάλληλα τό ένα του άκρο στο πλήκτρο ενός ηλεκτρικού κουδουνιού.

Σημείωση

Γιά νά μήν κτυπά τό κουδούνι κατά τή διάρκεια του πειράματος, τό ξεβιδώνουμε πάνω από τή βάση και αφήνουμε μόνο τό σύστημα κρούσεως.

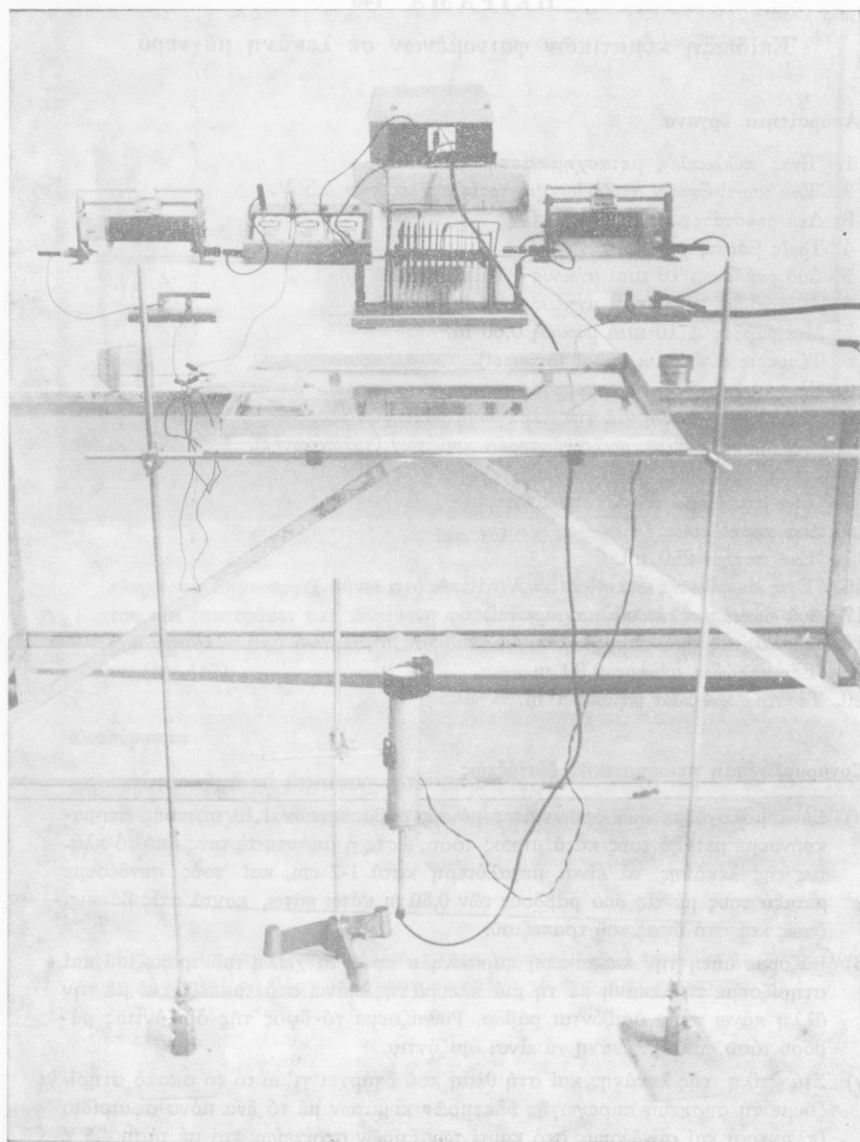
Έπίδειξη κυματικών φαινομένων σε λεκάνη με νερό

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων με τρεις στήλες των 4,5 V.
3. Δύο ροοστάτες 10Ω, 5 A.
4. Τρεις βάσεις χυτοσιδερένιες.
5. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
6. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
7. Μία ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,60 m.
8. Τέσσερις σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
9. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
10. Μία ειδική λεκάνη για την παραγωγή υδατηρών κυμάτων.
11. Μία συσκευή παραγωγής υδατηρών κυμάτων (ταλαντωτής).
12. Ένας προβολέας Reuter.
13. Ένα στροβοσκόπιο ηλεκτροκίνητο.
14. Δύο κροκόδειλοι.
15. Ένα ποτήρι 250 ml.
16. Ένας άνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
17. Δύο διακόπτες άπλοι μαχαιρωτοί.
18. Δύο πλάκες από παραφίνη.
19. Έξι καλώδια μήκους 0,30 m.
20. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε δύο όρθοστάτες με τρεις ράβδους των 1,10 m, τούς άπομακρύνουμε μεταξύ τους κατά μήκος τόσο, ώστε η άπόστασή τους άπό τό πλάτος τής λεκάνης νά είναι μεγαλύτερη κατά 1-2 cm, καί τούς συνδέουμε μεταξύ τους με τρεις δύο ράβδους των 0,80 m κάτω κάτω, κοντά στις βάσεις, όπως καί στο ύψος του τραπέζιού.
- β) Βάζουμε αúτ ήν κατασκευή παράλληλα πρós τά χείλη του τραπεζίου καί στηρίζουμε τή λεκάνη με τή μία πλευρά της έπάνω στο τραπεζί καί με τήν άλλη πάνω στην όριζόντια ράβδο. Ρυθμίζουμε τό ύψος τής όριζόντιας ράβδου τόσο, πού ή λεκάνη νά είναι όριζόντια.
- γ) Στά χείλη τής λεκάνης καί στή θέση πού ύπάρχει γι' αúτό τό σκοπό στηρίζουμε τή συσκευή παραγωγής υδατηρών κυμάτων με τό ένα μόνο σφαιρίδιο (πλήκτρο) καί συνδέουμε στο κουτί των ξηρών στοιχείων καί σε τάση 4,5 V στή σειρά τόν κινητήρα τής συσκευής, τό ροοστάτη καί τό διακόπτη. Γιά



Εικ. 168

νά πετύχουμε νά είναι ή συσκευή ὀριζόντια, προσαρμόζουμε πάνω της σέ κατάλληλη κάθε φορά θέση τόν ἔναν ἢ καί τούς δύο κροκόδειλους σάν ἀντί-βαρα.

- δ) Συναρμολογοῦμε τρίτο ὀρθοστάτη μέ τή ράβδο τῶν 0,60 m καί τόν βάζουμε κάτω ἀπό τή λεκάνη. Πάνω σ' αὐτόν στηρίζουμε μέ τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο τόν προβολέα Reuter κατακόρυφο καί χωρίς φακό.
- ε) Πάνω στόν προβολέα Reuter προσαρμόζουμε τό στροβοσκόπιο, συνδέουμε τό μετασχηματιστή μέ τόν ἀνορθωτή μέ δύο καλώδια τῶν 0,30 m καί στούς ἀκροδέκτες τοῦ ἀνορθωτή συνδέουμε στή σειρά τόν κινητήρα τοῦ στροβοσκόπιου, τό δεύτερο ροοστάτη καί τό δεύτερο διακόπτη.
- στ) Χύνουμε μέσα στή λεκάνη γύρω στά 250 cm³ νερό καί ρυθμίζουμε τή θέση της ἔτσι, πού τό νερό νά ἔχει παντοῦ τό ἴδιο βάθος. Μετακινώντας τούς κροκόδειλους σέ κατάλληλες θέσεις πετυχαίνουμε νά ἀκουμπᾷ ἐλαφρά τό σφαιρίδιο τῆς συσκευῆς στήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό κύκλωμα τῆς συσκευῆς παραγωγῆς ὑδατηρῶν κυμάτων καί μέ τό ροοστάτη κανονίζουμε τή συχνότητα πού θέλουμε (εἰκ. 168). Τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα Reuter ἀπευθείας ἀπό τό μετασχηματιστή μέ τάση 6-8 V. Παρατηροῦμε στήν ὁροφή τῆς αἴθουσας εἰκόνα κυκλικῶν κυμάτων, πού ἡ ἐπιφάνειά τους κινεῖται ἀπό τήν ἔστια παραγωγῆς πρὸς τά ἔξω, ἐνῶ συνεχῶς μεγαλώνει. Κλείνουμε καί τό κύκλωμα τοῦ στραβοσκόπιου καί μέ τό δεύτερο ροοστάτη ρυθμίζουμε τή συχνότητα περιστροφῆς τόση, πού τά κύματα στήν εἰκόνα πάνω στήν ὁροφή νά φαίνονται ἀκίνητα. Παρατηροῦμε τίς ἰσοφασι-κές ἐπιφάνειες τῶν διαδοχικῶν κυμάτων σάν συγκεντρικούς κύκλους.
- β) Διακόπτουμε τό ρεῦμα τῶν κινητῶν ἀνοίγοντας τούς διακόπτες καί ἀντι-καθιστοῦμε τό σφαιρίδιο τῆς συσκευῆς μέ τό εἰδικό μεταλλικό ἔλασμα. Κλεί-νουμε τούς διακόπτες καί ἐργαζόμεστε ὅπως πῶς πάνω. Παρατηροῦμε τά δια-δοχικά κύματα σάν εὐθεῖες γραμμές. Βάζουμε μέσα στό νερό τό δεύτερο μεταλλικό ἔλασμα τῆς συσκευῆς μέ τή μεγάλη πλευρά παράλληλη πρὸς τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καί σέ θέση πού νά σχηματίζει γωνία 45° μέ τό μέτωπο τοῦ κύματος. Παρατηροῦμε καθαρά τήν ἀνάκλαση καί τήν κατεύθυνση τῶν ἀνακλῶμενων κυμάτων κάθετη πάνω στήν κατεύθυνση τῶν προσπιπτόντων. Λυγίζουμε τό ἔλασμα σέ σχῆμα τόξου καί τό βάζουμε μέσα στή λεκάνη σέ τέτοια θέση, πού ἡ χορδή πού ἐνώνει τά ἄκρα του νά εἶναι παράλληλη πρὸς τό ἔλασμα πού ταλαντεύεται. Παρατηροῦμε πῶς τά ἐπίπεδα κύματα μετά τήν πρόσπτωσή τους ἐπάνω στό κυλινδρικό κάτοπτρο (λυγισμένο ἔλασμα) μετα-βάλλονται σέ σφαιρικά, πού ἔχουν τό κέντρο τους σέ κάποιο σημεῖο τῆς λε-κάνης. Τό σημεῖο αὐτό εἶναι ἡ ἔστια τῆς συγκλίνουσας δέσμης.

γ) 'Ανοίγουμε πάλι τούς διακόπτες και κόβουμε τά ρεύματα στους κινητήρες. Βγάζουμε από τη λεκάνη τό κάτοπτρο (λυγισμένο έλασμα) και μπροστά στό ταλαντούμενο έλασμα βάζουμε τίς δυό πλάκες τής παραφίνης κατακόρυφες μέσα στό νερό μέ τή μεγάλη τους πλευρά παράλληλη μέ τήν επιφάνεια τοῦ νεροῦ και νά απέχουν μεταξύ τους γύρω στό 1 cm. Έτσι στήν περιοχή διαδόσεως τοῦ ἐπίπεδου κύματος σχηματίζουμε μιὰ σχισμή. Κλείνουμε τούς διακόπτες και παρατηροῦμε πίσω ἀπό τή σχισμή κυκλικό κύμα μέ ἐστία παραγωγῆς αὐτῇ τῇ σχισμῇ. Τό ἐπίπεδο κύμα στήν περιοχή τῆς σχισμῆς περιθλάται. Κόβουμε τά ρεύματα και ἀντικαθιστοῦμε τό ταλαντούμενο έλασμα μέ τό σφαιρίδιο. Κλείνουμε πάλι τούς διακόπτες και παρατηροῦμε πάλι περίθλαση τοῦ κύματος στήν περιοχή τῆς σχισμῆς.

δ) Πάλι διακόπτουμε τά ρεύματα και προσαρμόζουμε στή συσκευή δυό σφαιρίδια συμμετρικά ὡς πρός τό μέσο τῆς ταλαντούμενης πλευρᾶς τῆς. Βγάζουμε τίς πλάκες τῆς παραφίνης και κλείνουμε τούς διακόπτες. Έχουμε τώρα δυό πηγές πού ταλαντεύονται σέ συμφωνία φάσεως. Ρυθμίζουμε τήν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ στροβοσκόπιου και παρατηροῦμε στήν εἰκόνα τῆς ὀροφῆς τούς χαρακτηριστικούς κροσσούς συμβολῆς τῶν δυό κυμάτων.

Συμπέρασμα

Σέ μιὰ ρηχή λεκάνη, πού περιέχει λίγο νερό, μπορούμε νά δημιουργήσουμε κύματα και νά παρατηρήσουμε τά φαινόμενα τῆς ἀνακλάσεως, τῆς περιθλάσεως και τῆς συμβολῆς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 15ο

Ὁ ἦχος παράγεται κατά τήν παλμική κίνηση τῶν σωμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
3. Ένας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Ένα ξυραφάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,30 m, πάνω σ' αὐτή τόν ἀπλό

σύνδεσμο καί πάνω στο σύνδεσμο την άπλή λαβίδα κατακόρυφη. Μέ τη λαβίδα συγκρατούμε σφιχτά τό ξυραφάκι.

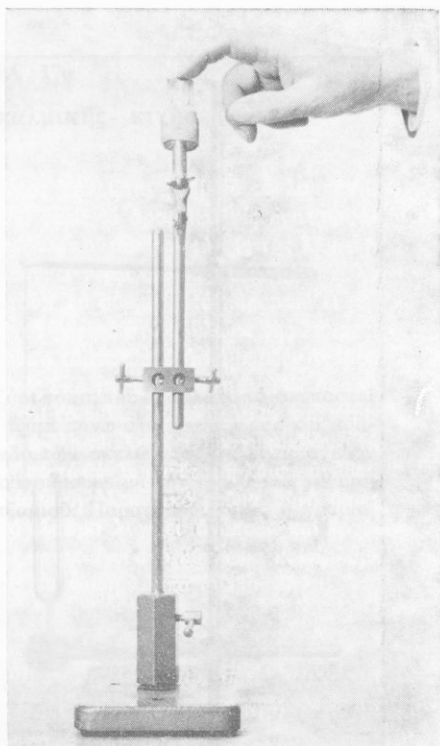
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Λυγίζουμε τό ξυραφάκι μέ τό δάχτυλό μας καί τό αφήνουμε άμέσως ελεύθερο. Παρατηροῦμε πώς, ἐνῶ τό ξυραφάκι πάλλεται, ἀκούεται ἤχος (εἰκ. 169).

Συμπέρασμα

Ἦχος παράγεται, ὅταν τά σώματα βρίσκονται σέ παλμική κίνηση.

Εἰκ. 169

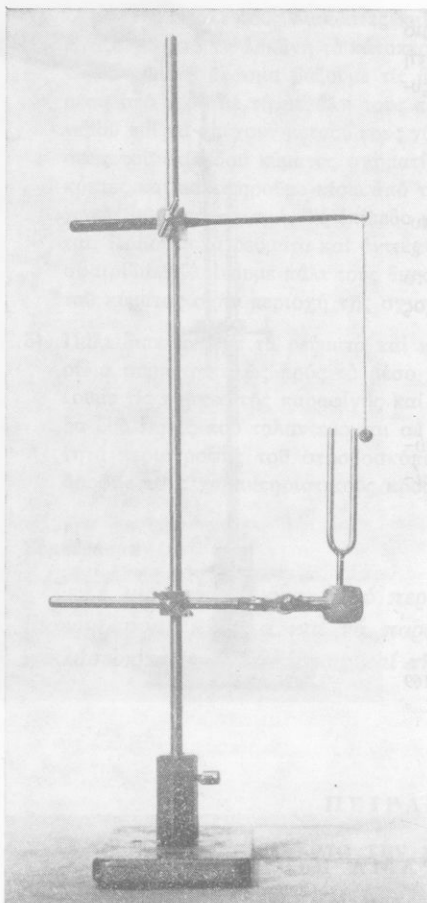


ΠΕΙΡΑΜΑ 160

Ὁ ἤχος παράγεται κατά τήν παλμική κίνηση τῶν σωμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Ἐνα διαπασῶν ἤ κοινό κουδούνι.
5. Ἐνα ἄγκιστρο.
6. Μιά λαβίδα άπλή.
7. Ἐνα ἔκκριμés μέ πλαστικό σφαιρίδιο.



Εικ. 170

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή τους δυο άπλους συνδέσμους, τόν ένα σε ύψος 10 cm περίπου και τόν άλλο στο πάνω μέρος της.
- β) Στο χαμηλότερο σύνδεσμο στερεώνουμε τη λαβίδα και συγκρατούμε μ' αυτή τό διαπασών ή τό κουδούνι άναποδα.
- δ) Στόν άλλο σύνδεσμο στερεώνουμε τό άγκιστρο και άπό αυτό κρεμάμε τό έκκρεμές. Ρυθμίζουμε τή θέση του συνδέσμου και του άγκίστρου έτσι, πού τό σφαιρίδιο του έκκρεμους νά άκουμπά στο πάνω μέρος του πλευρικού τοιχώματος του διαπασών ή στά χείλη του κουδουνιού.

Έκτέλεση του πειράματος

Αν κτυπήσουμε μέ τό μολύβι μας π.χ. τό διαπασών ή τό κουδούνι, άκούμε ήχο και παρατηρούμε πώς τό σφαιρίδιο του έκκρεμους συνέχεια άναπηδά (είκ. 170).

Συμπέρασμα

Τά σώματα παράγουν ήχο, όταν βρίσκονται σε παλμική κίνηση.

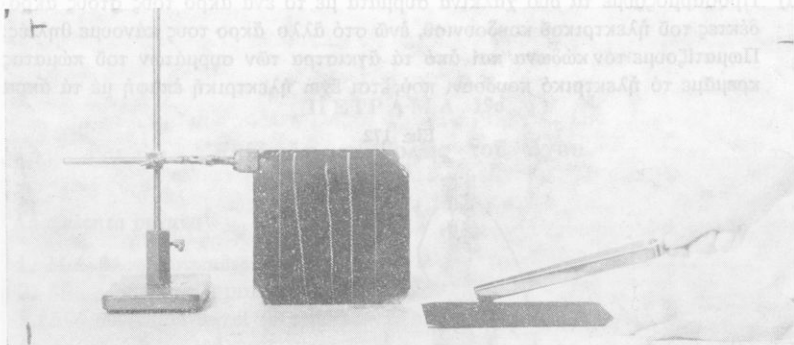
Γραφική απεικόνιση της παλμικής κινήσεως

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα διαπασών μέ γραφίδα.
2. Ένα τζάμι.
3. Ένα κερί.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ανάβουμε τό κερί καί καπνίζουμε τό τζάμι τόσο, πού όλόκληρο νά σκεπαστεί από καπνιά. Άφήνουμε τό καπνισμένο τζάμι πάνω στό τραπέζι μας καί κρατώντας τό διαπασών έτσι, πού τό επίπεδο των σκελών του νά είναι σχεδόν παράλληλο πρὸς τό επίπεδο τοῦ τζαμιού, σύρουμε μέ τήν άκίδα μιά γραμμή πάνω στην καπνισμένη επιφάνεια τοῦ τζαμιού. Παρατηροῦμε πὸς ἡ γραμμή αὐτή εἶναι εὐθεία.



Εἰκ. 171

- β) Κτυπάμε τό διαπασών καί κρατώντας το κατά τόν ἴδιο τρόπο σύρουμε ἄλλη γραμμή πάνω στό τζάμι. Παρατηροῦμε πὸς τώρα ἡ γραμμή αὐτή εἶναι κυματοειδής (εἰκ. 171).

Συμπέρασμα

Ἡ κίνηση τῆς γραφίδας τοῦ διαπασών ἀπεικονίστηκε πάνω στό καπνισμένο τζάμι σάν κυματοειδής γραμμή.

Ο ήχος δέ διαδίδεται στο κενό

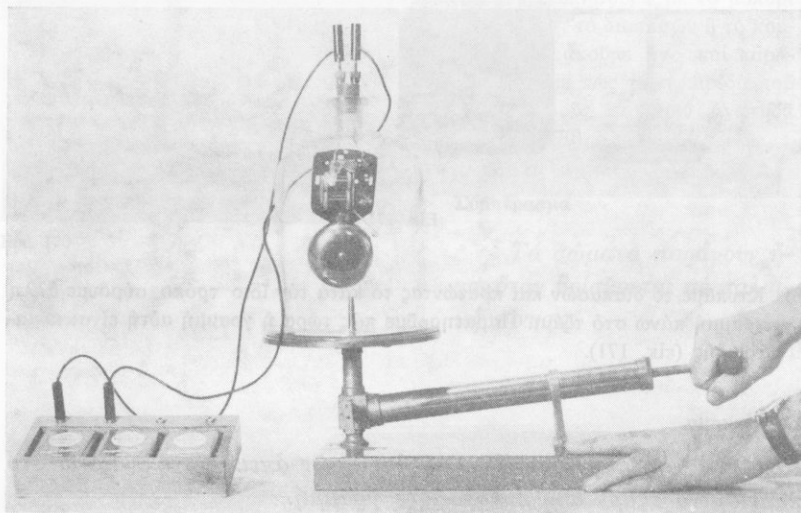
Απαραίτητα όργανα

1. Μιά αεραντλία έμβολοφόρος.
2. Ένας γυάλινος κώδωνας με τρύπα στην κορυφή.
3. Ένα λαστιχένιο πώμα, από τό όποιο περνούν δυό σύρματα πού έχουν στό κάτω μέρος άγκιστρα.
4. Ένα ηλεκτρικό κουδούνι.
5. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων με τρεΐς στήλες τών 4,5 V.
6. Δυό καλώδια μήκους 80 cm.
7. Δυό κροχόδειλοι.
8. Λιπαντικό γιά τόν κώδωνα καί από τά άγκιστρα τών συρμάτων του πώματος κρεμάμε τό ηλεκτρικό κουδούνι πού, έτσι έχει ηλεκτρική έπαφή με τά άκρα
9. Δυό λεπτά σύρματα χάλκινα μήκους 10 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Προσαρμόζουμε τά δυό χάλκινα σύρματα με τό ένα άκρο τους στους άκρο-δέκτες του ηλεκτρικού κουδουνιού, ενώ στό άλλο άκρο τους κάνουμε θηλιές. Πωματίζουμε τόν κώδωνα καί από τά άγκιστρα τών συρμάτων του πώματος κρεμάμε τό ηλεκτρικό κουδούνι πού, έτσι έχει ηλεκτρική έπαφή με τά άκρα

Εκκ. 172



των συρμάτων πού φαίνονται πάνω από τό πῶμα τοῦ κώδωνα. Προσέχουμε νά μήν ἀκουμπᾶ τό ηλεκτρικό κουδούνι στά ἐσωτερικά τοιχώματα τοῦ κώδωνα, ὅταν αὐτός βρίσκεται στήν κανονική του θέση. Λιπαίνουμε τά χεῖλη τοῦ κώδωνα καί τόν ἀκουμπᾶμε στό δίσκο τῆς ἀεραντλίας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Συνδέουμε μέ τά δύο καλῶδια καί μέ τή βοήθεια τῶν δύο κροκόδειλων τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ κουδουνιοῦ (τά πάνω ἄκρα τῶν συρμάτων τοῦ πώματος) μέ τήν πηγή ηλεκτρικοῦ ρεύματος σέ τάση 4,5 ἢ 9 V. Τό κουδούνι κτυπᾶ καί ἀκούμε τόν ἦχο.
- β) Ἀφαιροῦμε τόν ἀέρα ἀπό τόν κώδωνα. Παρατηροῦμε πῶς, ἐνῶ τό κουδούνι λειτουργεῖ, ἡ ἔνταση τοῦ ἡχου σιγά σιγά ἐξασθενίζει καί τελικά μπορεῖ νά πάψει νά ἀκούεται (εἰκ. 172).

Συμπέρασμα

Ὁ ἦχος δέ διαδίδεται στὸν κενό χῶρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Ἐπίδειξη συμβολῆς τοῦ ἡχου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάζη χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Δυὸ λαβίδες ἀπλές.
5. Ἐνα διαπασῶν.
6. Ἐνας σωλήνας διακλαδωτήρας.
7. Ἐνα γυάλινο χωνί (κατὰ προτίμηση μικρό).
8. Δυὸ σωλῆνες γυάλινοι ϕ 8-10 mm μήκους 10-15 cm, λυγισμένοι λίγο στὸ ἄκρο τους πού διευρύνεται σέ σχῆμα χωνιοῦ.
9. Ἐνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 8-10 cm.
10. Δυὸ σωλῆνες λαστιχένιοι ϕ 7-8 mm μήκους 40-50 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συνδέουμε στά δύο σκέλη τοῦ διακλαδωτήρα τοὺς δύο σωλῆνες τῶν 40-50



Εικ. 173

cm και στο ελεύθερο άκρο τους συνδέουμε από ένα γυάλινο σωλήνα από τό άκρο του που δέν είναι λυγισμένο. Στο στέλεχος του διακλαδωτήρα συνδέουμε μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τών 8-10 cm τό γυάλινο χωνί.

- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τών 0,80 m, πάνω σ' αυτή και στο μέσο περίπου του ύψους της στηρίζουμε τούς δυό άπλους συνδέσµους τόν έναν κοντά στον άλλο και πάνω σ' αυτούς στηρίζουμε τίς δυό λαβίδες. Μέ τίς λαβίδες συγκρατούµε κατακόρυφους τούς δυό γυάλινους σωλήνες μέ τά άνοιχτά στόµιά τους τό ένα άπέναντι στο άλλο.

Έκτέλεση του πειράµατος

Κρατάµε μέ τό χέρι μας τό χωνί μέ τό στόµιό του κολλημένο στο αυτί μας. Διεγείρουμε τό διαπασών και βάζουμε τό ένα σκέλος του άνάµεσα στά στόµια τών δυό σωλήνων έτσι, πού τό επίπεδο πού όρίζουν τά δυό σκέλη του διαπασών νά συμπίπτει μέ τό επίπεδο πού όρίζουν οι δυό σωλήνες. Δέν ακούµε ήχο ή ακούµε ήχο πολύ χαµηλής έντάσεως. Αυτό όφείλεται στο ότι, όταν στον άέρα κοντά στην έξωτερική επιφάνεια του σκέλους του διαπασών δημιουργείται πύκνωμα, στον άέρα κοντά στην έσωτερική επιφάνεια δημιουργείται άραίωµα και άντίστροφα. Οι μεταβολές αυτές τής πιέσεως φτάνουν από τούς λαστιχένιους σωλήνες, πού είναι ίσοι στο μήκος, στο αυτί μας μέ διαφορά φάσεως 180° , συμβάλλουν και έξουδετερώνει ή µιά τήν άλλη. Άν, ένώ τό διαπασών παράγει ήχο, συμπίεσουμε μέ τά δάχτυλά μας τόν ένα σωλήνα και τόν κλείσουµε, τότε ό ήχος φτάνει στο αυτί μας μόνο από τόν ένα δρόµο και ακούεται πολύ έντονότερα (είκ. 173).

Συμπέρασμα

Όταν στο αυτί μας φτάνουν μαζί δυό ήχοι τής ίδιας συχνότητας μέ διαφορά φάσεως 180° , δέν ακούµε ήχο ή ακούµε ήχο µικρής έντάσεως εξαιτίας του φαινόµενου τής συμβολής.

Τό ύψος του ήχου εξαρτάται από τη συχνότητα της παλμικής κινήσεως

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Ένας τροχός του Savart πολλαπλός.
3. Ένα κομμάτι σκληρό χαρτόνι.

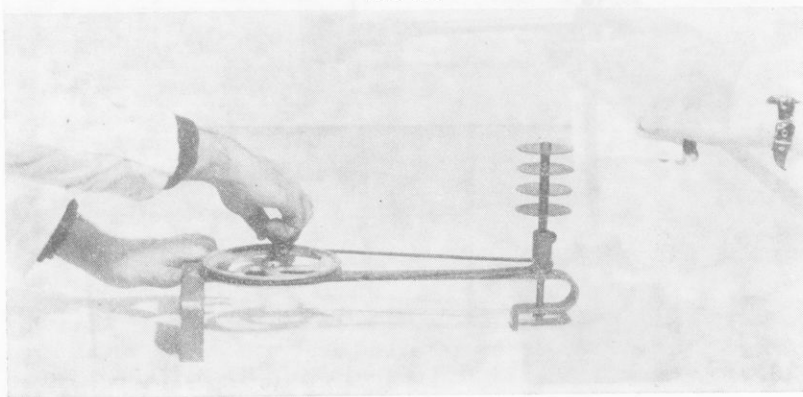
Εκτέλεση του πειράματος

- α) Προσαρμόζουμε τον δοντωτό τροχό του Savart επάνω στη φυγοκεντρική μηχανή.
- β) Αρχίζουμε να γυρνάμε τη φυγοκεντρική μηχανή και, όταν της δώσουμε σταθερή ταχύτητα, πλησιάζουμε το χαρτόνι σέ έναν από τους τροχούς του Savart τόσο, πού τά δόντια του νά κτυπούν τό άκρο του χαρτονιού. Τότε άκούμε ήχο. Μεταθέτουμε τό χαρτόνι σέ άλλο τροχό μέ περισσότερα ή λιγότερα δόντια. Τό χαρτόνι τώρα πάλλεται μέ μεγαλύτερη ή μικρότερη συχνότητα. Τότε άκούμε ήχο ανάλογα μέ τη θέση του χαρτονιού δξύτερο ή βαρύτερο (είκ. 174).

Συμπέρασμα

Όσο ή συχνότητα της παλμικής κινήσεως του σώματος είναι μεγαλύτερη, τόσο τό ύψος του ήχου πού παράγεται είναι μεγαλύτερο.

Είκ. 174



Επίδειξη συνηχίσεως διαπασών και σωλήνα και μέτρηση τῆς ταχύτητας τοῦ ἤχου

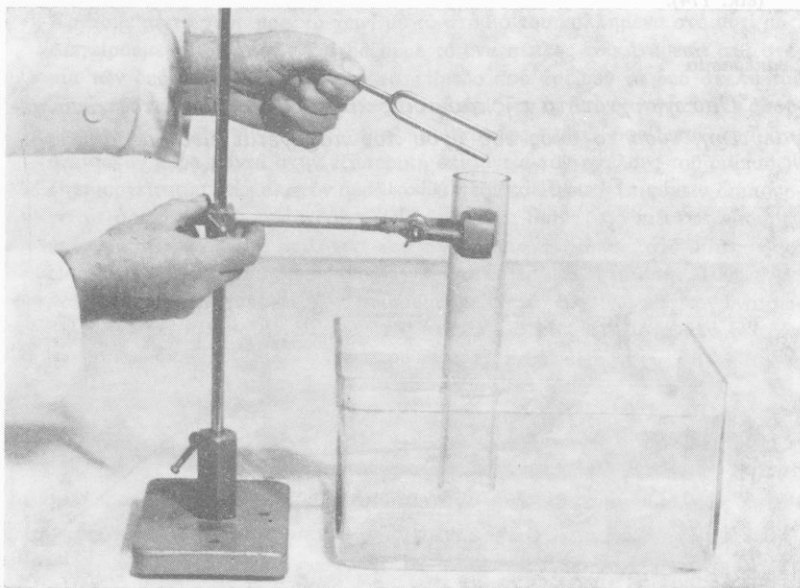
Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος ἄπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα ἄπλη.
5. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 5 cm μήκους 30 cm περίπου (ὁ κύλινδρος τῆς συσκευῆς ὑδροστατικῆς πίεσεως).
6. Μιά γυάλινη λεκάνη 30 x 20 x 15 cm.
7. Ένα διαπασών γνωστῆς συχνότητος.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό μέσο τοῦ ὕψους τῆς τόν ἄπλό σύνδεσμο.

Εἰκ. 175



- β) Πάνω στο σύνδεσμο στερεώνουμε τη λαβίδα και συγκρατούμε με αυτή κατακόρυφα το γυάλινο κύλινδρο.
- γ) Γεμίζουμε με νερό τη λεκάνη και τήν άκουμπάμε από κάτω από το σωλήνα. Κατεβάζουμε το σύνδεσμο, ώσπου νά βυθιστεί μέσα στο νερό μέρος του σωλήνα.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Διεγείρουμε το διαπασών και τό φέρνουμε κοντά στο πάνω στόμιο του σωλήνα κρατώντας το με τό άριστερό χέρι, ενώ με τό δεξι μετακινούμε τό σύνδεσμο πάνω και κάτω μεταβάλλοντας έτσι τό ύψος τής στήλης του άέρα που είναι μέσα στο σωλήνα, ώσπου νά διεγερθεί (εικ. 175).

- β) Όταν διεγερθεί καί ο σωλήνας, τό ύψος τής στήλης άέρα (μήκος του ήχητικού σωλήνα) 1 είναι $l = (2K + 1) \frac{\lambda}{4}$, καί για $K = 0$ έχουμε $l = \frac{\lambda}{4}$ καί

$\lambda = 4l$. Αν ή γνωστή συχνότητα του διαπασών είναι ν, έχουμε, όπως είναι γνωστό, $v = \lambda \nu$.

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά πετύχουμε συντονισμό μεταξύ διαπασών καί σωλήνα, όταν ο σωλήνας έχει κατάλληλο μήκος, καί μετά νά ύπολογίσουμε τήν ταχύτητα διαδόσεως του ήχου στον άέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

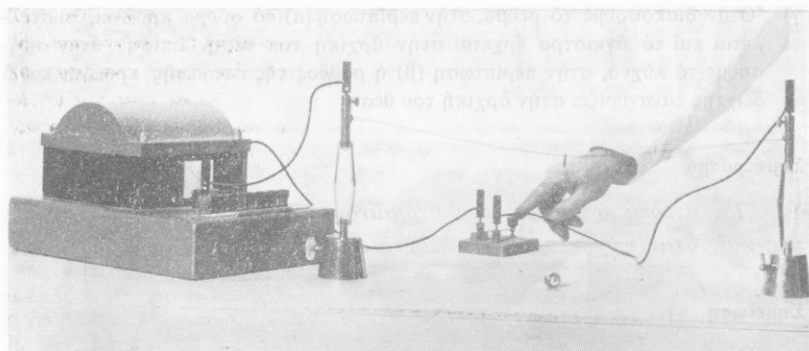
Επίδειξη γραμμικής διαστολής

*Απαραίτητα όργανα

1. Δύο μονωτικοί στύλοι πάνω σε βάσεις.
2. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
3. Ένας διακόπτης μπουτόν.
4. Τρία καλώδια μήκους 50 cm.
5. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένα σύρμα χάλκινο μήκους 60-80 cm.
7. Μιά συσκευή γραμμικής διαστολής.
8. Μιά φιάλη με οινόπνευμα.
9. Ένα σιφώνιο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Τεντώνουμε τό χάλκινο σύρμα ανάμεσα στους δύο μονωτικούς στύλους και τούς συνδέουμε με τούς πόλους τής πηγής σε τάση 8-10 V, αφού παρεμβάλουμε τό διακόπτη.
- β) Ξεβιδώνουμε από τόν όρειχάλκινο δακτύλιο τό ἄγκιστρο καί τό κρεμάμε στή μέση τοῦ τεντωμένου σύρματος.

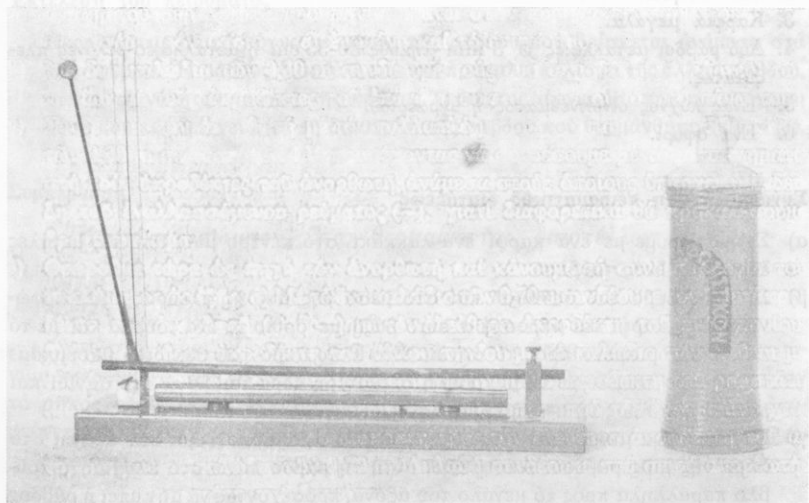


Εικ. 176

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τὸ διακόπτη. Τὸ σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, θερμαίνεται καὶ διαστέλλεται, ἐνῶ τὸ ἄγκιστρο κινεῖται πρὸς τὰ κάτω (εἰκ. 176).
- β) Μὲ τὸ σιφώνιο γεμίζουμε τὸ λύχνο τῆς συσκευῆς γραμμικῆς διαστολῆς μὲ οἰνόπνευμα καὶ τὸν ἀνάβουμε. Ἡ ράβδος τῆς συσκευῆς θερμαίνεται, διαστέλλεται καὶ σπρώχνει τὸ δείκτη, ποῦ σιγὰ σιγὰ κινεῖται καὶ σχηματίζει γωνία μὲ τὴν ἀρχικὴ τοῦ θέσης (εἰκ. 177).

Εικ. 177



- γ) Όταν διακόνουμε τό ρεύμα, στην περίπτωση (α) τό σύρμα κρύνει, συστέλλεται καί τό ἄγκιστρο ἔρχεται στην ἀρχική του θέση. Ἐπίσης όταν σβήσουμε τό λύχνο, στην περίπτωση (β) ἡ ράβδος τῆς συσκευῆς κρύνει καί ὁ δείκτης ξαναγορίζει στην ἀρχική του θέση.

Συμπέρασμα

Τά στερεά σώματα, όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται κατά μήκος καί, όταν ψύχονται, συστέλλονται.

Σημείωση

Ὅλες οἱ διαστάσεις τοῦ σώματος αὐξάνονται. Ἐδῶ ὁμως ἐξετάζουμε τήν αὐξηση μόνο τῆς μιᾶς διαστάσεως, τοῦ μήκους.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

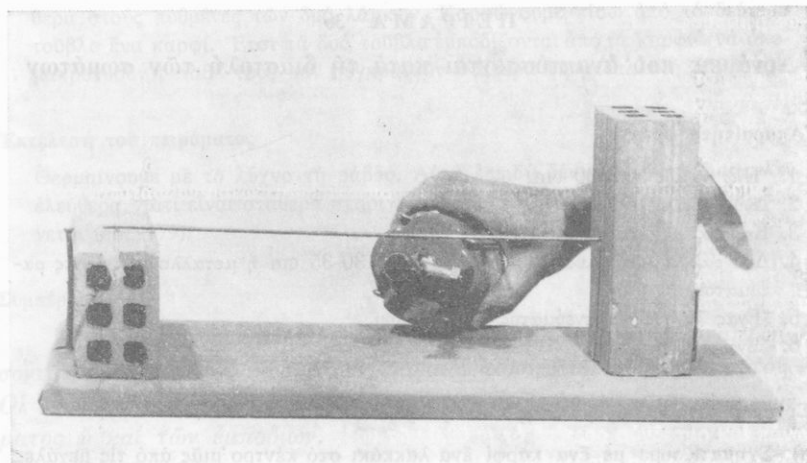
Ἐπίδειξη γραμμικῆς διαστολῆς μέ ἀπλά μέσα

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα σανίδι 50 x 30 cm.
2. Δυό τοῦβλα.
3. Καρφιά μεγάλα.
4. Δυό ράβδοι μεταλλικές $\varnothing$ 3 mm μήκους 30-35 cm ἢ μεταλλικές βελόνες πλεξιμάτος.
5. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραρίου.
6. Ἐνα σφυρί.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Σχηματίζουμε μέ ἕνα καρφί ἕνα λακκάκι στό κέντρο μιᾶς ἀπό τίς μεγάλες ἑδρες τοῦ ἑνός τοῦβλου.
- β) Στό ἕνα ἄκρο τοῦ σανιδιοῦ καί στό μέσο τῆς μικρῆς πλευρᾶς του καρφώνουμε ἕνα καρφί καί μπροστά σ' αὐτό βάζουμε ὀρθιο τό ἕνα τοῦβλο καί μέ τό λακκάκι γυρισμένο πρὸς τό σανίδι. Στό ἄλλο ἄκρο τοῦ σανιδιοῦ ἀκουμπᾶμε τό δεύτερο τοῦβλο μέ τή μακρουλή στενότερη ἑδρα του πάνω στό σανίδι καί παράλληλα πρὸς τή μικρή πλευρά του.
- γ) Κόβουμε ἕνα μικρό τριγωνικό χαρτί καί τό προσαρμόζουμε σάν δείκτη στό ἄκρο τῆς μιᾶς ράβδου. Ἀκουμπᾶμε αὐτή τή ράβδο πάνω στό πλαγιαστό τοῦβλο παράλληλα πρὸς τό μεγάλο του ἄξονα, προσέχοντας νά μήν μπεῖ ἡ ράβδος



Εικ. 178

μέσα σέ αυλάκι του τούβλου, αν υπάρχει. Περιστρέφουμε αυτή τή ράβδο έτσι, πού ὁ δείκτης νά κοιτάζει πρὸς τὰ πάνω. Τέλος βάζουμε τήν ἄλλη ράβδο έτσι, πού τὸ ἓνα τῆς ἄκρο νά μπεῖ μέσα στοῦ λακκάκι τοῦ ὀρθίου τούβλου, ἐνῶ μέ τὸ ἄλλο νά ἀκουμπᾷ πάνω στήν πρώτη ράβδο πού ἔχει τὸ δείκτη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Θερμαίνουμε μέ τὸ λύχνο τὸ μέρος τῆς ράβδου πού βρίσκεται ἀνάμεσα στά δυό τούβλα. Ἡ ράβδος διαστελλεται καί προκαλεῖ κύλισμα τῆς ἄλλης ράβδου, σάν αὐτή νά ἦταν τροχὸς τῆς πρώτης. Ὁ δείκτης γέρνει ἀπὸ τὴν κατακόρυφη θέση του καί δείχνει ἔτσι τὴ διαστολὴ τῆς ράβδου πού θερμάνθηκε (εἰκ. 178).

Συμπέρασμα

Τὰ στερεὰ σώματα, ὅταν θερμαίνονται, διαστελλονται.

Ἐφαρμογὴ

Ἀνάλογη στήριξη ἔχουμε στίς γέφυρες. Τὸ ἓνα ἄκρο τῆς γέφυρας εἶναι μόνιμα στερεωμένο, ἐνῶ τὸ ἄλλο στηρίζεται πάνω σέ κυλίνδρους, πού κυλοῦν, ὅταν τὸ μήκος τῆς γέφυρας μεταβάλλεται ἀνάλογα μέ τὴ θερμοκρασία. Ἔτσι ἀποφεύγεται ἡ παραμόρφωση τῆς γέφυρας ἀπὸ τὴ διαστολή.

Δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διαστολή των σωμάτων

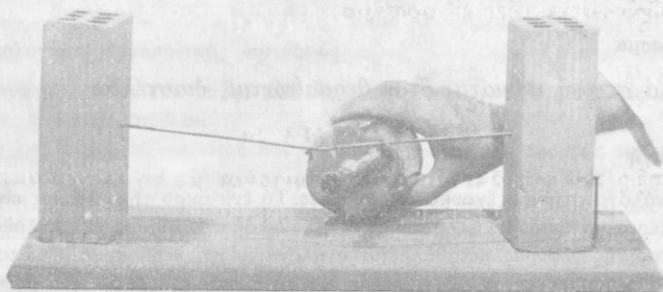
*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα σανίδι 50 x 30 cm.
2. Δυό τούβλα.
3. Καρφιά μεγάλα.
4. Δυό ράβδοι μεταλλικές ϕ 3 mm μήκους 30-35 cm ή μεταλλικές βελόνες ραψίματος.
5. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή ύγραέριου.
6. Ένα σφυρί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Σχηματίζουμε μέ ένα καρφί ένα λακκάκι στο κέντρο μιās από τίς μεγάλες έδρες του κάθε τούβλου.
- β) Στο ένα άκρο του σανιδιου καί στο μέσο τής μικρής πλευράς του καρφώνουμε ένα καρφί καί μπροστά από αυτό βάζουμε όρθιο τό ένα τούβλο καί μέ τό λακκάκι γυρισμένο πρός τό σανίδι. Βάζουμε μέσα στο λακκάκι αυτού του τούβλου τό ένα άκρο τής ράβδου, ενώ τό άλλο τό βάζουμε μέσα στο λακκάκι του άλλου τούβλου, που τό άκουμπάμε απέναντι στο πρώτο καί σέ απόσταση, όση επιτρέπει τό μήκος τής ράβδου. Πλησιάζουμε τό δεύτερο τούβλο πρός τό πρώτο, όσο είναι δυνατό, έτσι, που τά άκρα τής ράβδου νά άκουμπούν στα-

Εικ. 179



θερά στους πυθμένες των δύο λάκκων. Καρφώνουμε πίσω από το δεύτερο τοῦβλο ἓνα καρφί. Ἔτσι τὰ δύο τοῦβλα ἐμποδίζονται ἀπὸ τὰ καρφία νὰ ἀπομακρυνθοῦν μεταξύ τους καὶ συγκρατοῦν σταθερά τῇ μεταλλικῇ ράβδῳ.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Θερμαίνουμε μὲ τὸ λύχνο τὴ ράβδῳ. Αὐτὴ, ἐπειδὴ δὲν μπορεῖ νὰ διασταλεῖ ἐλεύθερα, γιατί εἶναι σταθερά στηριγμένη καὶ στὰ δύο τῆς ἄκρα, παραμορφώνεται (εἰκ. 179).

Συμπέρασμα

Ἄν ἐμποδίσουμε τὴ διαστολὴ ἑνὸς στερεοῦ σώματος, ἀναπτύσσονται δυνάμεις πού προκαλοῦν παραμόρφωση τοῦ σώματος αὐτοῦ. Οἱ δυνάμεις αὐτές μποροῦν ἀκόμα νὰ προκαλέσουν σπάσιμο τοῦ σώματος ἢ καὶ τῶν ἐμποδίων.

Ἐφαρμογὴ

Ἀνάμεσα στὶς σιδηροτροχιές σὲ μιὰ σιδηροδρομικὴ γραμμὴ ἀφήνεται ἀρκετὸ διάκενο, γιὰ νὰ μπορεῖ νὰ γίνετα ἐλεύθερη ἡ διαστολή. Ἄν δὲν ἀφεθεῖ αὐτό τὸ διάκενο, ἡ σιδηροτροχιά θὰ παραμορφωθεῖ τὸ καλοκαίρι ἀπὸ τὴ ζέστη καὶ ἡ γραμμὴ θὰ καταστραφεῖ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

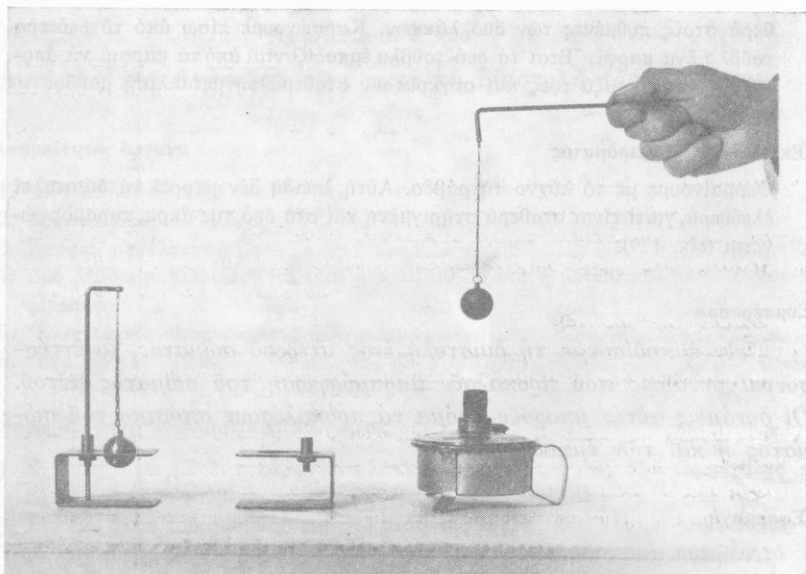
Ἐπίδειξη τῆς διαστολῆς κατὰ τὸν ὄγκο στερεοῦ σώματος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραρίου.
2. Μιά συσκευὴ διαστολῆς κατὰ τὸν ὄγκο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δείχνουμε πρῶτα πὼς ἡ σφαῖρα τῆς συσκευῆς μπορεῖ νὰ περνᾷ μέσα ἀπὸ τὸ δακτύλιο.
- β) Θερμαίνουμε τὴ σφαῖρα στὴ φλόγα τοῦ λύχνου καὶ παρατηροῦμε πὼς αὐτὴ τώρα δὲ χωρᾷ νὰ περάσει μέσα ἀπὸ τὸ δακτύλιο (εἰκ. 180).
- γ) Ἀπομακρύνουμε τὴ σφαῖρα ἀπὸ τὸ δακτύλιο καὶ τὴν ἀφήνουμε νὰ κρυώσει. Τώρα χωρᾷ πάλι νὰ περάσει ἀπὸ τὸ δακτύλιο.



Εικ. 180

Συμπέρασμα

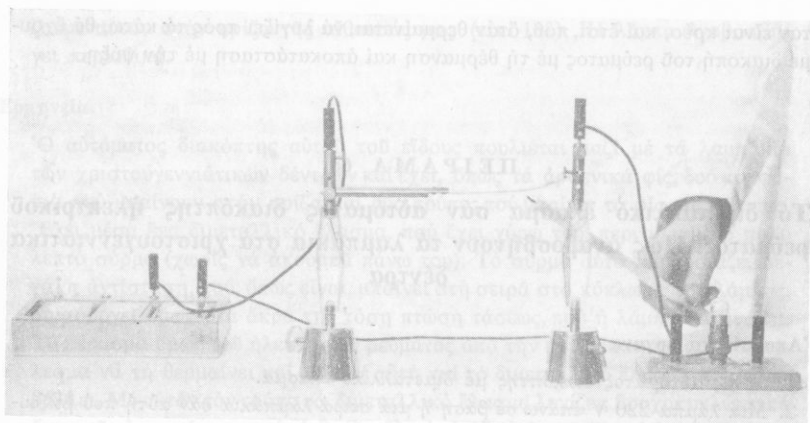
Τά στερεά σώματα, όταν θερμαίνονται, αδέξουν τον όγκο τους, διαστέλλονται, καί, όταν ψύχονται, ελαττώνουν τον όγκο τους, συστέλλονται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Εφαρμογές της γραμμικής διαστολής. Τό διμεταλλικό έλασμα σαν αυτόματος διακόπτης του ήλεκτρικού ρεύματος

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα διμεταλλικό έλασμα.
2. Δυό μονωτικοί στύλοι πάνω σέ βάσεις.
3. Τρία καλώδια.
4. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων μέ τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
5. Μιά λάμπα 6-8 V πάνω σέ βάση.
6. Ένα κερί.



Εικ. 181

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- Σε μία τρύπα του πάνω μέρους του μονωτικού στύλου προσαρμόζουμε τη λαβή του διμεταλλικού ελάσματος έτσι, πού, όταν θερμαίνεται, νά λυγίζει προς τά πάνω, καί τή στερεώνουμε μέ τήν αντίστοιχη βίδα.
- Συνδέουμε στή σειρά στους πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V ή 9 V τή λάμπα, τό μονωτικό στύλο πού ἔχει τό διμεταλλικό ἔλασμα καί τό δεύτερο μονωτικό στύλο, ἀφήνοντας τό κύκλωμα ἀνοιχτό ἀνάμεσα στους δύο μονωτικούς στύλους.
- Φέρνουμε τό δεύτερο μονωτικό στύλο σέ τέτοια θέση, πού ἡ κεφαλή μιᾶς βίδας του νά βρίσκεται ἀπό πάνω ἀπό τό ἄκρο τοῦ διμεταλλικοῦ ελάσματος.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- Θερμαίνουμε τό διμεταλλικό ἔλασμα μέ τή φλόγα τοῦ κεριοῦ. Παρατηροῦμε πώς αὐτό λυγίζει πρὸς τά πάνω, κάνει ἐπαφή μέ τήν κεφαλή τής βίδας τοῦ μονωτικοῦ στύλου, κλείνει τό κύκλωμα καί ἡ λάμπα ἀνάβει (εἰκ. 181).
- Ἀπομακρύνουμε τό κερί, ὅποτε τό διμεταλλικό ἔλασμα κρυώνει, λυγίζει ἀντίθετα καί ἀνοίγει τό κύκλωμα. Ἡ λάμπα σβήνει.

Συμπέρασμα

Μέ τό διμεταλλικό ἔλασμα μπορούμε νά κατασκευάσουμε αὐτόματο διακόπτη, πού θά ἀνοίγει καί θά κλείνει τό ἡλεκτρικό ρεῦμα σέ ἓνα κύκλωμα ἀνάλογα μέ τή θερμοκρασία.

Σημείωση

Ἄν βάλουμε τό διμεταλλικό ἔλασμα σέ ἐπαφή μέ τήν κεφαλή τής βίδας, δ-

ταν είναι κρύο, καί έτσι, πού, όταν θερμαίνεται, νά λυγίζει πρὸς τὰ κάτω, θά ἔχουμε διακοπή τοῦ ρεύματος με τὴ θέρμανση καί ἀποκατάσταση με τὴν ψύξη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Τὸ διμεταλλικὸ ἔλασμα σάν αὐτόματος διακόπτης ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πῶς ἀναβοσβήνουν τὰ λαμπάκια στὰ χριστουγεννιάτικα δέντρα

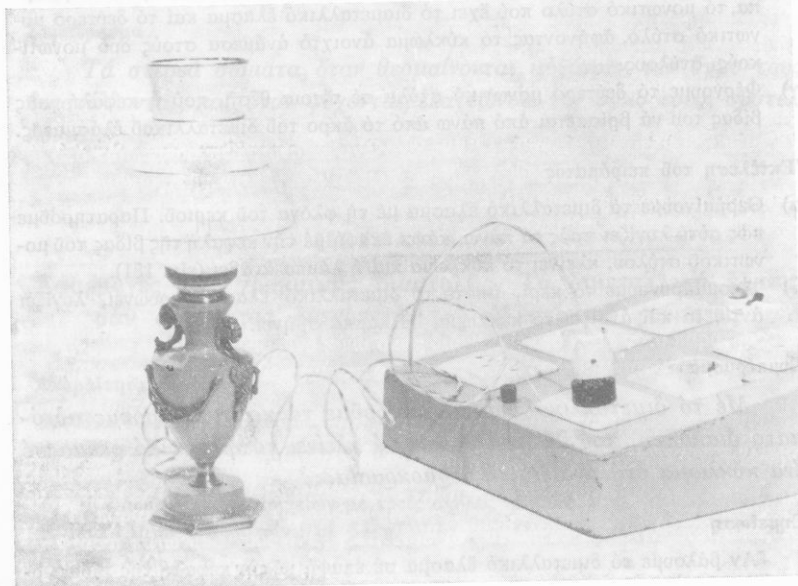
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας αὐτόματος διακόπτης με διμεταλλικὸ ἔλασμα.
2. Μιά λάμπα 220 V ἐπάνω σέ βάση ἢ μιὰ σειρά λαμπάκια σάν αὐτὴ πού βάζουμε στὰ χριστουγεννιάτικα δέντρα.
3. Καλώδια συνδέσεως.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Συνδέουμε τὸ καλώδιο τῆς λάμπας με τὸν αὐτόματο διακόπτη καί ἔπειτα βά-

Εἰκ. 182



ζουμε αυτόν στην πρίζα της αίθουσάς μας (είκ. 182). Η λάμπα αναβοσβήνει περιοδικά.

Ερμηνεία

Ο αυτόματος διακόπτης αυτού του είδους πουλιέται μαζί με τὰ λαμπάκια των χριστουγεννιάτικων δέντρων και έχει, όπως τὰ αρσενικά φίς, δύο καρφάλια που μπαίνουν στην πρίζα και δύο τρύπες που μπαίνει τό φίς της λάμπας. Έχει μέσα ένα διμεταλλικό έλασμα, που έχει γύρω του περιτυλιγμένο πολύ λεπτό σύρμα (χωρίς νά άκουμπά πάνω του). Τό σύρμα αυτό παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση, που, όπως είναι, μπαίνει στη σειρά στο κύκλωμα της λάμπας, δημιουργεί όμως στά άκρα της τόση πτώση τάσεως, που ή λάμπα δέν ανάβει. Τό πέρασμα όμως του ηλεκτρικού ρεύματος από την αντίσταση έχει ως αποτέλεσμα νά τή θερμαίνει και μαζί μέ αυτή και τό διμεταλλικό έλασμα που περιβάλλει. Μέ αυτόν τον τρόπο τό διμεταλλικό έλασμα λυγίζει, βραχυκυκλώνει τὰ άκρα της αντίστασεως και τή βγάξει έξω από τό κύκλωμα· έτσι ή λάμπα ανάβει. Τώρα όμως που δέν περνά από τήν αντίσταση ηλεκτρικό ρεύμα, αυτή, όπως και τό διμεταλλικό έλασμα, κρυώνει, τό έλασμα λυγίζει άνάποδα και έρχεται στην πρώτη του θέση, ή αντίσταση ξαναμπαίνει στο κύκλωμα και ή λάμπα σβήνει. Αυτό επαναλαμβάνεται συνέχεια και ή λάμπα αναβοσβήνει.

Συμπέρασμα

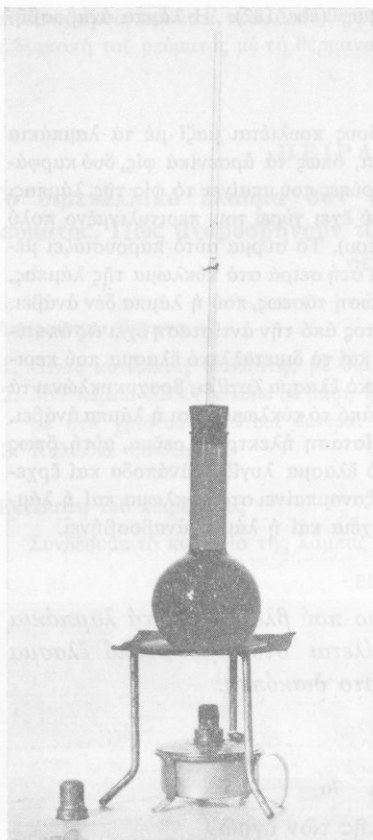
Τό περιοδικό άναμμα και σβήσιμο που βλέπουμε στα λαμπάκια των χριστουγεννιάτικων δέντρων οφείλεται στο διμεταλλικό έλασμα που υπάρχει μέσα στον ειδικό αυτόματο διακόπτη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Επίδειξη της διαστολής των υγρών

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά φιάλη σφαιρική 500 ml ή 250 ml.
2. Ένα πώμα λαστιχένιο μέ τρύπα.
3. Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 25-30 cm.
4. Ύπερμαγγανικό κάλιο.
5. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
6. Ένας λήχνος οινόπνευματος ή υγραέριου.
7. Ένα πλέγμα άμιάντου.
8. Ένα κομμάτι χρωματιστό νήμα.
9. Ένα ποτήρι 250 ml.
10. Ένα πλαστικό κουταλάκι.



Εικ. 183

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Περνάμε το γυάλινο σωλήνα στην τρύπα του πώματος, προσέχοντας να περάσει την κάτω επιφάνεια του πώματος.
- β) Διαλύουμε μέσα στο ποτήρι λίγο υπερμαγγανικό κάλιο και το διάλυμα αυτό αδειάζουμε μέσα στη φιάλη, πού την απογεμίζουμε με νερό και την πωματίζουμε με το λαστιχένιο πώμα.

Έκτελεση του πειράματος

- α) Στο σημείο του σωλήνα πού έχει φτάσει η επιφάνεια του νερού δένουμε το χρωματιστό νήμα, γιά να τό έχουμε σαν δείκτη, βάζουμε τό πλέγμα αμíanτου πάνω στόν τρίποδα και άκουμπάμε πάνω του τή φιάλη. Άνάβουμε τό λύχνο και τόν βάζουμε κάτω άπό τό πλέγμα. Πολύ σύντομα παρατηρούμε πώς τό νερό διαστέλλεται και άνεβαίνει μέσα στό σωλήνα (εϊκ. 183).
- β) Κατεβάζουμε τή φιάλη άπό τό πλέγμα και μεταφέρουμε τό δείκτη στή νέα στάθμη του νερού μέσα στό σωλήνα. Παρατηρούμε πώς τό νερό, όσο κρύνει, συστέλλεται και ή επιφάνειά του μέσα στό σωλήνα κατεβαίνει.

Συμπέρασμα

Τά υγρά, όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται και, όταν κρύνουν, συστέλλονται.

Σημείωση

Ή παρατήρησή μας τής συστολής του νερού κατά τήν ψύξη δέν πρέπει να φτάσει κάτω άπό τούς 4°C, γιατί τότε τό φαινόμενο αντιστρέφεται, όπως θά εξετάσουμε σε άλλο πείραμα.

Παρατήρηση

Στήν ἀρχή τῆς θερμάνσεως παρατηροῦμε πῶς τὸ νερό κατεβαίνει λίγο μέσα στοῦ σωλήνα, γιατί ἡ φιάλη θερμάνθηκε καί διαστάλθηκε, πρὶν ἀκόμα θερμανθεῖ καί διασταλεῖ τὸ νερό πού ἔχει μέσα. Τό φαινόμενο αὐτό φαίνεται πολὺ καλὰ, ἂν, ἀντὶ νὰ ζεστάνουμε τὴ φιάλη πάνω στό πλῆγμα, τὴ βυθίσουμε μέσα σέ μιὰ λεκάνη μέ ζεστό νερό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Ἐπίδειξη διαστολῆς τῶν ἀερίων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

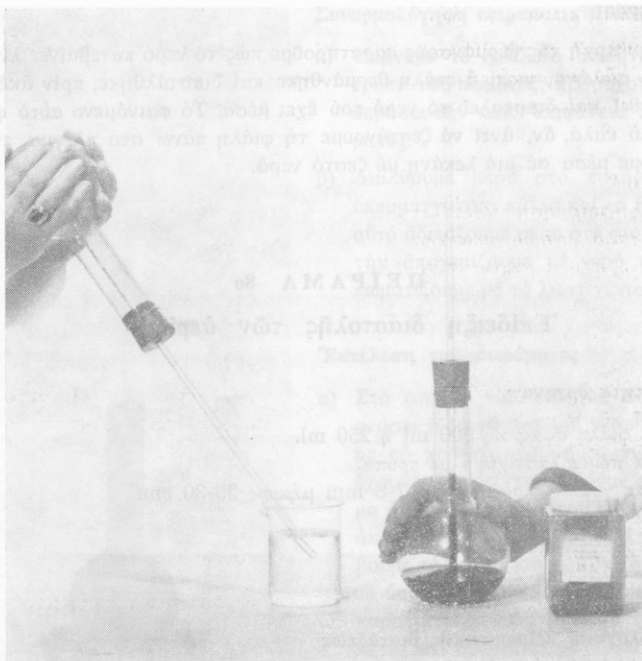
1. Μιά φιάλη σφαιρική 500 ml ἢ 250 ml.
2. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο μέ τρύπα.
3. Ἕνας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 25-30 cm.
4. Ἕνα ποτήρι 250 ml.
5. Ὑπερμαγγανικὸ κάλιο.
6. Ἕνα πλαστικὸ κουταλάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Περνάμε τὸ σωλήνα στήν τρύπα τοῦ πώματος τόσο, πού, ὅταν ἡ φιάλη πωματιστεῖ, τὸ κάτω ἄκρο του νὰ ἀπέχει ἀπὸ τὸν πυθμένα περίπου 2 cm.
- β) Διαλύουμε μέσα στοῦ ποτήρι λίγο ὑπερμαγγανικὸ κάλιο καί χύνουμε ἀπὸ τὸ διάλυμα μέσα στὴ φιάλη τόσο, πού, ὅταν ἡ φιάλη πωματιστεῖ, τὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα νὰ βυθίζεται μέσα σ' αὐτό. Μετὰ πωματίζουμε τὴ φιάλη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Σκεπάζουμε μέ τίς παλάμες μας τὸ τμήμα τῆς φιάλης πού βρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸ νερό. Παρατηροῦμε πῶς τὸ νερό ἀνεβαίνει μέσα στοῦ σωλήνα, ἐπειδὴ ὁ ἀέρας πού βρίσκεται πάνω ἀπὸ αὐτό μέσα στὴ φιάλη θερμαίνεται καί διαστέλλεται (εἰκ. 184).
- β) Ἀδειάζουμε τὴ φιάλη καί τὴν πωματίζουμε πάλι. Βυθίζουμε τὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα μέσα στοῦ νερό τοῦ ποτηριοῦ καί σκεπάζουμε μέ τὴν παλάμη μας τὴ φιάλη. Παρατηροῦμε ὅτι ἀπὸ τὸ ἄκρο τοῦ σωλήνα πού εἶναι βυθισμένο μέσα στοῦ νερό τοῦ ποτηριοῦ φεύγουν φυσαλίδες ἀέρα (εἰκ. 184). Ὁ ἀέρας θερμάνθηκε ἀπὸ τὴν ἐπαφὴ μέ τίς παλάμες μας, διαστάλθηκε καί ἔφυγε μέ τὴ μορφὴ τῶν φυσαλίδων.



Εικ. 184

- γ) Αφήνουμε τό άκρο του σωλήνα μέσα στο νερό, ενώ απομακρύνουμε τίς παλάμες μας από τή φιάλη (τήν κρατάμε από τό λαιμό). Τό νερό ανεβαίνει μέσα στο σωλήνα, γιατί ό άέρας πού είναι μέσα στή φιάλη κρύνει καί συστέλλεται.

Συμπέρασμα

Τά αέρια, όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται καί, όταν ψύχονται, συστέλλονται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 9ο

Έπαλήθευση τής θέσεως του μηδενός του θερμόμετρου Κελσίου

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.

2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Ένας δακτύλιος μεταλλικός μέ στέλεχος.
5. Ένα χωνί γυάλινο.
6. Μιά λαβίδα άπλή.
7. Ένα ποτήρι 250 ml.
8. Ένα θερμόμετρο -10° C ως 110° C.
9. Κομματάκια πάγου.

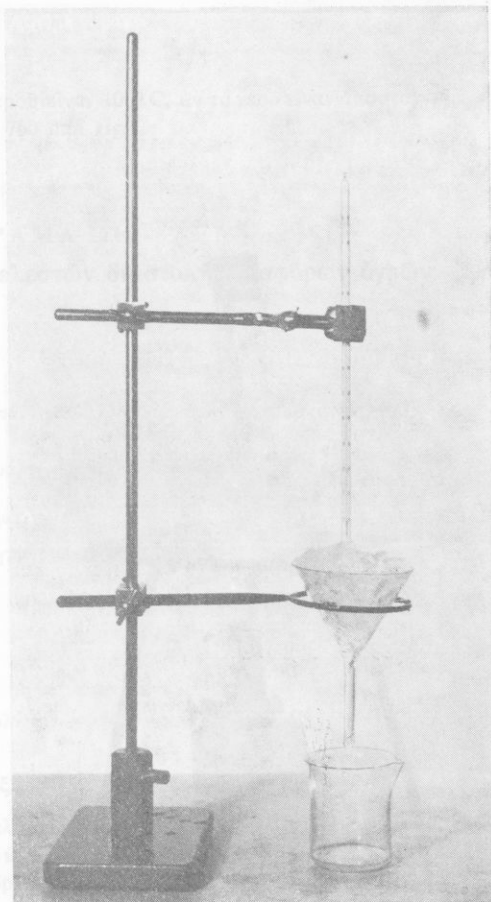
Είκ. 185

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και σέ ύψος λίγο χαμηλότερο από τη μέση της στηρίζουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τό δακτύλιο.
- β) Στο πάνω μέρος της ράβδου στηρίζουμε τόν άλλο άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τη λαβίδα, μέ την όποία συγκρατούμε κατακόρυφα τό θερμόμετρο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε μέ κομματάκια πάγου τό χωνί και τό στηρίζουμε πάνω στο δάκτυλιο, ενώ από κάτω βάζουμε τό ποτήρι, για νά μαζεύει τό νερό που προέρχεται από την τήξη του πάγου.
- β) Μεταφέρουμε τό σύνδεσμο του πάνω άκρου τόσο, που τό θερμομετρικό δοχείο του θερμόμετρου νά βυθιστεί μέσα στον πάγο (είκ. 185).
Έπειτα από λίγα λεπτά τό θερμόμετρο μās δείχνει ένδειξη μηδέν (0).

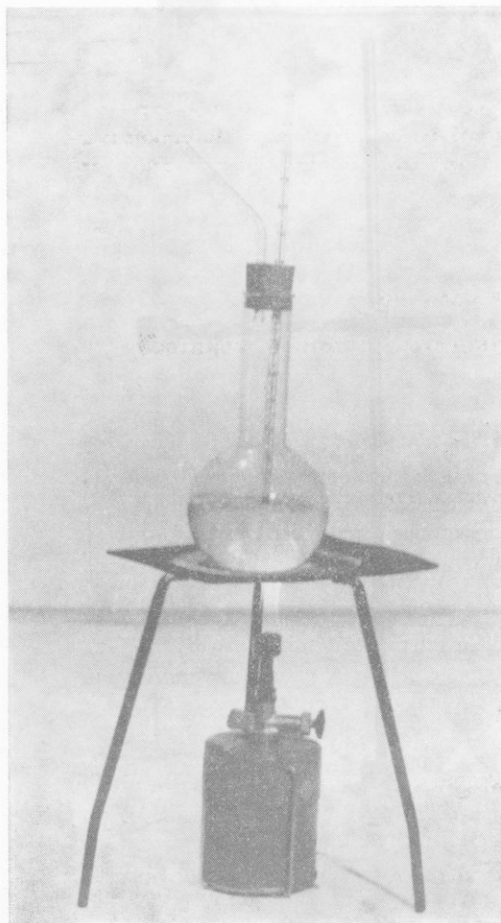


Συμπέρασμα

Ἡ θερμοκρασία μηδέν (0) τοῦ θερμομέτρου παριστάνει τή θερμοκρασία τοῦ πάγον πού τήκεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Ἐπαλήθευση τῆς θέσεως τῶν 100° τοῦ θερμομέτρου Κελσίου



Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml.
2. Ἐνα πῶμα ἀπό φελλό ἢ λαστιχένιο μέ δύο τρύπες.
3. Ἐνα θερμοῦμετρο -10° C ὥς 110° C.
4. Ἐνας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 10-15 cm, λυγισμένος σέ ἀμβλεία γωνία.
5. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
6. Ἐνας τρίποδος θερμάνσεως.
7. Ἐνα πλέγμα ἀμιάντου.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διάταξεως

- α) Στή μιά τρύπα τοῦ πώματος περνᾶμε τό θερμοῦμετρο καί ρυθμίζουμε τή θέση του ἔτσι, πού, ὅταν ἡ φιάλη ποματίζεται, τό θερμομετρικό δοχεῖο νά ἀπέχει ἀπό τόν πυθμένα περίπου 5 cm. Στήν ἄλλη τρύπα περνᾶμε τό λυγισμένο σωλήνα.
- β) Βάζουμε μέσα στή φιάλη τόσο νερό, πού, ὅταν αὐτή ποματιστεῖ, τό θερμομετρικό δοχεῖο μόλις νά ἀκουμπᾷ στήν ἐπιφάνειά του, καί μετὰ ποματίζουμε τή φιάλη.

Εἰκ. 186

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Βάζουμε τὸ πλῆγμα πάνω στὸν τρίποδα καὶ τοποθετοῦμε πάνω του τὴ φιάλη.
Ἀνάβουμε τὸ λύχνο καὶ θερμαίνουμε τὸ νερό, ὥσπου νὰ βράσει. Παρατηροῦ-
με πῶς τὸ θερμομέτρο μᾶς δείχνει 100°C (εἰκ. 186).

Συμπέρασμα

Ἡ θερμοκρασία 100°C παριστάνει τὴ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ νεροῦ.

Σημείωση

Ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ νεροῦ εἶναι 100°C , ἂν τὸ νερό εἶναι ἀποσταγ-
μένο καὶ ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση 760 mm Hg.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

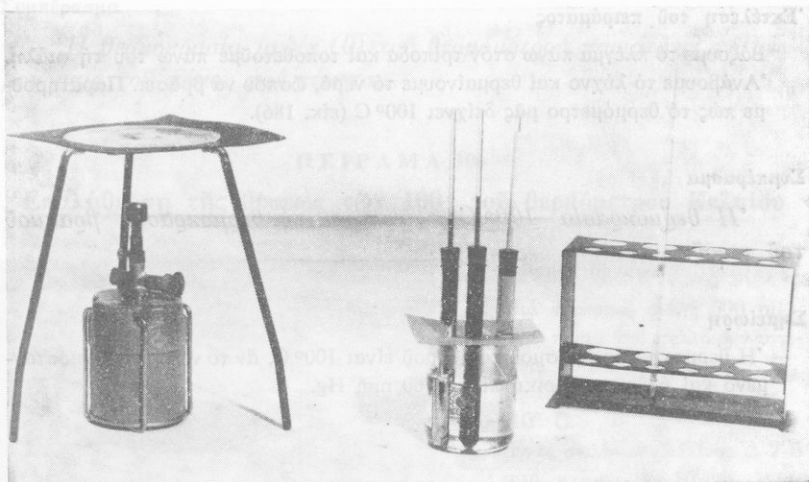
Σύγκριση τῶν ἀπόλυτων συντελεστῶν διαστολῆς διαφόρων ὑγρῶν

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Τρεῖς δοκιμαστικοὶ σωλῆνες.
2. Τρία πώματα λαστιχένια μὲ τρύπα, κατ'ἀλλήλα γιὰ τοὺς δοκιμαστικούς σωλῆ-
νες.
3. Τρεῖς λεπτοὶ (ἔχι τριχοειδεῖς) γυάλινοι σωλῆνες μήκους 10 cm περίπου.
4. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
5. Ἐνα θερμομέτρο -10°C ὥς 110°C .
6. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
7. Ἐνας τρίποδας θερμάνσεως.
8. Ἐνα πλῆγμα ἀμιάντου.
9. Ἐνα φιαλίδιο μὲ ὑδράργυρο.
10. Μιά λεκάνη ὑδράργυρου.
11. Μιά φιάλη μὲ κοινὸ οἰνόπνευμα.
12. Ἐνα στήριγμα δοκιμαστικῶν σωλῆνων.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Προσαρμόζουμε τοὺς τρεῖς γυάλινους σωλῆνες στὶς τρύπες τῶν πωμάτων ἔτσι, πού νὰ μὴ φαίνονται στὴν κάτω ἐπιφάνεια τοῦ πώματος.
- β) Γεμίζουμε τὸν ἕνα σωλῆνα μὲ ὑδράργυρο, τὸν ἄλλο μὲ νερό καὶ τὸν τρίτο μὲ οἰνόπνευμα καὶ τοὺς πωματίζουμε μὲ τὰ λαστιχένια πώματα. Ρυθμίζουμε



Είκ. 187

τήν ποσότητα του υγρού μέσα σέ κάθε δοκιμαστικό σωλήνα καί τήν πίεση του πώματος ἔτσι, πού καί τά τρία ὑγρά νά βρίσκονται μέσα στους γυάλινους σωλήνες στό ἴδιο περίπου ὕψος ἐπάνω ἀπό τά πώματα π.χ. 1 cm. Ἀκουμπάμε τούς τρεῖς σωλήνες στό στήριγμα. Τά τρία ὑγρά ἔχουν τήν ἴδια θερμοκρασία, τή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος.

- γ) Βάζουμε μέσα στό ποτήρι νερό ὡς τά 2/3 τοῦ ὕψους του, τό θερμαίνουμε ὡς 45-50° C καί τό τοποθετοῦμε πάνω στό τραπέζι μας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Βυθίζουμε τούς τρεῖς δοκιμαστικούς σωλήνες μέσα στό ζεστό νερό. Παρατηροῦμε πώς ἡ στάθμη τῶν τριῶν ὑγρῶν ἀνεβαίνει μέσα στους λεπτούς σωλήνες. Ἀφήνουμε νά περάσουν πέντε περίπου λεπτά, γιά νά πάρουν ὅλοι οἱ σωλήνες τή θερμοκρασία τοῦ νεροῦ τοῦ ποτηριοῦ, ὅποτε ἡ θερμοκρασία καί τῶν τριῶν ἔχει ἀνεβεῖ κατά τό ἴδιο ποσό, καί παρατηροῦμε πώς ἡ ἀνύψωση τῆς στάθμης μέσα στους λεπτούς σωλήνες εἶναι μεγάλη γιά τό οἰνόπνευμα, μικρότερη γιά τό νερό καί ἀκόμα μικρότερη γιά τόν ὑδράργυρο (εἰκ. 187). Ἡ φαινομενική αὕξηση τοῦ ὄγκου τῶν τριῶν ὑγρῶν, ἐπειδή καί τά τρία βρίσκονται σέ ὁμοία δοχεῖα, εἶναι ἀνάλογη μέ τούς ἀπόλυτους συντελεστές διαστολῆς τους.

Ἀπό τούς πίνακες βρίσκουμε τούς συντελεστές αὐτοῦς: γιά τό οἰνόπνευμα $1110 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$, γιά τό νερό σέ 50° C βρίσκουμε $460 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$ καί γιά τόν ὑδράργυρο $102 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$.

Συμπέρασμα

Τά διάφορα υγρά έχουν διαφορετικό απόλυτο συντελεστή διαστολής.

ΠΕΙΡΑΜΑ 12ο

Η πυκνότητα των υγρών ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία τους

Απαραίτητα όργανα

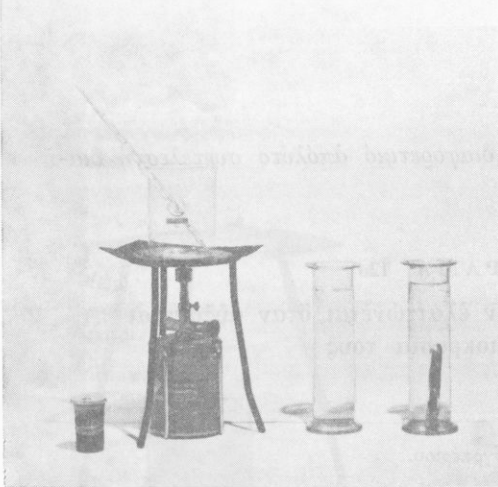
1. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή υγραέριου.
2. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
3. Ένα πλέγμα αμιάντου.
4. Ένα ποτήρι 400 ml.
5. Δύο κύλινδροι συλλογής αερίων ή όγκομετρικοί κύλινδροι 1000 ml.
6. Ένα μικρό φιαλίδιο ή μικρός δοκιμαστικός σωλήνας (σάν αυτόν που υπάρχει στο φυγοκεντρικό διαχωριστήρα).
7. Ένα πώμα λαστιχένιο κατάλληλο για τό φιαλίδιο ή τό δοκιμαστικό σωλήνα.
8. Ένα κουτί με σκάγια.
9. Ένα θερμόμετρο -10°C ως 110°C .

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι με κρύο νερό. Βάζουμε μέσα στο φιαλίδιο ή τό μικρό δοκιμαστικό σωλήνα λίγα σκάγια, τό πωματίζουμε με τό λαστιχένιο πώμα και τό βάζουμε μέσα στο νερό του ποτηριού με τό πώμα προς τά κάτω. Δοκιμάζοντας πετυχαίνουμε νά βάλουμε τόσα σκάγια, ώστε τό φιαλίδιο ή ό δοκιμαστικός σωλήνας νά βυθίζεται μέσα στο νερό και μόνο ένα ελάχιστο τμήμα του, όσο τό δυνατό πιο λίγο, νά εξέχει πάνω από την επιφάνεια του νερού.
- β) Βάζουμε τό ποτήρι (χωρίς τό φιαλίδιο) πάνω στο πλέγμα, που έχουμε βάλει πάνω στον τρίποδα, και τό θερμαίνουμε, ώσπου νά φτάσει ή θερμοκρασία του νερού $70-80^{\circ}\text{C}$.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τόν έναν κύλινδρο με κρύο νερό και βάζουμε μέσα τό φιαλίδιο με τό πώμα προς τά κάτω. Τότε βλέπουμε πώς αυτό πλέει και αφήνει ελάχιστο τμήμα του πάνω από την επιφάνεια του νερού.
- β) Γεμίζουμε τό δεύτερο κύλινδρο από τό ποτήρι με ζεστό νερό $70-80^{\circ}\text{C}$ και μετά βάζουμε μέσα σ' αυτό τό φιαλίδιο. Παρατηρούμε τότε ότι αυτό βυθί-



Εικ. 188

ζεται καί κάθετα στον πυθμένα (εικ. 188).

- γ) Ἀφήνουμε τό φιαλίδιο μέσα στό ζεστό νερό. Τό νερό σιγά σιγά κρύνει καί τό φιαλίδιο ἀνεβαίνει στήν ἐπιφάνεια καί προεξέχει ἀπό αὐτή τόσο πύο πολύ, ὅσο τό νερό γίνεται ψυχρότερο.

Συμπέρασμα

Ὅπως εἶναι γνωστό, τό φιαλίδιο δέχεται ἄνωση πού εἶναι ἴση μέ $A = V \cdot \varepsilon$ ἢ $A =$

$V \cdot d$, ὅπου V εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ φιαλίδιου καί d ἡ πυκνότητα τοῦ νεροῦ. Ἄν θεωρήσουμε σέ πρώτη προσέγγιση τό V σταθερό, παρατηροῦμε ὅτι, γιά νά ἐλαττώνεται ἡ ἄνωση καί νά βυθίζεται τό φιαλίδιο, πρέπει νά ἐλαττώνεται ἡ πυκνότητα τοῦ νεροῦ. Ἄρα ἡ πυκνότητα τοῦ νεροῦ καί ὅλων τῶν ὑγρῶν ἐλαττώνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία.

Σημείωση I

Γιά τό νερό ὑπάρχει ἡ γνωστή ἀνωμαλία κάτω ἀπό τοῦς 4°C .

Σημείωση II

Ἄν τό φιαλίδιο ἔχει πῶμα βιδωτό, δέ χρειάζεται τό λαστιχένιο πῶμα. Τό κοινό ὅμως πῶμα πού ἔχουν τά συνηθισμένα φιαλίδια (πρεσαριστό) δέν εἶναι κατάλληλο, γιατί, ὅταν τό φιαλίδιο μπεῖ μέσα στό ζεστό νερό, αὐξάνεται ἡ πίεση τοῦ ἀέρα μέσα στό φιαλίδιο καί πετάγεται τό πῶμα.

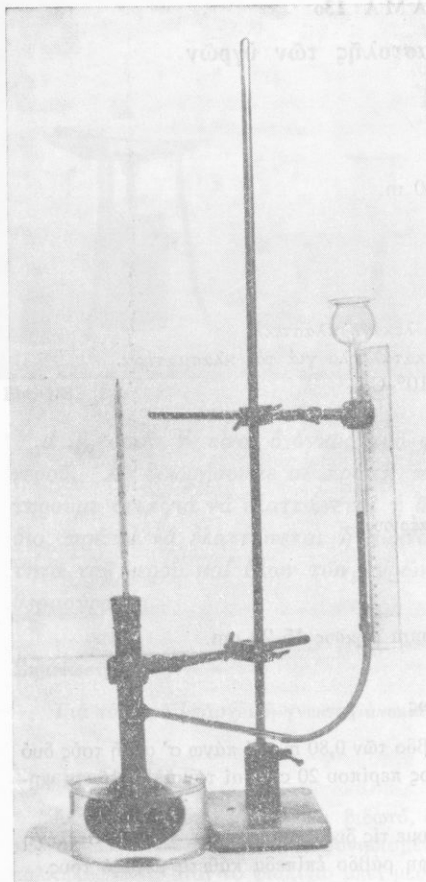
Επίδειξη της διαστολής των υγρών

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Ένας κλασματήρας.
6. Ένα ποτήρι 250 ml.
7. Ένα χυτοσιδερένιο ϕ 20 cm ή λεκάνη πλαστική.
8. Ένα πώμα λαστιχένιο με τρύπα, κατάλληλο για τόν κλασματήρα.
9. Ένα θερμόμετρο από -10° C ως 110° C.
10. Ένα ασφαλιστικό χωνί.
11. Ένα ύποδεκάμετρο.
12. Ένας ρόλος σελοτέιπ.
13. Υπερμαγγανικό κάλιο.
14. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή ύγραέριου.
15. Ένας τρίποδος θερμάνσεως.
16. Ένα πλέγμα άμιαντου.
17. Ένα σιφόνιο.
18. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 15-20 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο τών 0,80 m και πάνω σ' αυτή τούς δυό άπλους συνδέσμους, τόν ένα σέ ύψος περίπου 20 cm και τόν άλλο 15 cm ψηλότερα.
- β) Πάνω στους συνδέσμους στερεώνουμε τίς δυό λαβίδες έτσι, πού τά στελέχη τούς νά ορίζουν μέ τήν κατακόρυφη ράβδο επίπεδα κάθετα μεταξύ τους.
- γ) Μέ σελοτέιπ κολλάμε τό ασφαλιστικό χωνί πάνω στό ύποδεκάμετρο και μέ τό λαστιχένιο σωλήνα συνδέουμε τό κάτω άκρο του στελέχους του χωνιού μέ τόν πλευρικό σωλήνα του κλασματήρα. Στερεώνουμε τόν κλασματήρα στη χαμηλότερη λαβίδα και τό ασφαλιστικό χωνί μέ τό ύποδεκάμετρο στην άλλη. Μετακινούμε κατάλληλα τίς λαβίδες έτσι, ώστε νά γίνουν τό χωνί και τό ύποδεκάμετρο κατακόρυφα.
- δ) Διαλύουμε μέσα στό ποτήρι λίγο υπερμαγγανικό κάλιο και γεμίζουμε μέ τό διάλυμα αυτό τόν κλασματήρα. Ρυθμίζουμε τό ύψος της ψηλότερης λαβίδας έτσι, πού τό χρωματισμένο νερό νά φαίνεται στην άρχή του στελέχους του ασφαλιστικού χωνιού.



Είκ. 189

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ νερό
ὡς τά $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους τοῦ καί τό
θερμαίνουμε ὡς τοὺς 90°C περί-
που. Χύνουμε τό ζεστό αὐτό νε-
ρό μέσα στό κρυσταλλωτήριο
καί προσθέτουμε κρύο, ὥσπου
νά φτάσει ἡ θερμοκρασία τοὺς
 50°C περίπου.
- β) Περνάμε τό θερμόμετρο στήν
τρύπα τοῦ πώματος καί παματί-
ζουμε τόν κλασματήρα, προσέ-
χοντας νά μή μείνει κάτω ἀπό
τό πῶμα φουσιλίδα ἀέρα.
- γ) Βάζουμε τό κρυσταλλωτήριο
κάτω ἀπό τόν κλασματήρα καί
κατεβάζουμε τή λαβίδα, ὥσπου
νά βυθιστεῖ αὐτός μέσα στό ζε-
στό νερό (εἰκ. 189). Παρατη-
ροῦμε πῶς ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ
μέσα στό στέλεχος τοῦ ἀσφα-
λιστικοῦ χωνιοῦ στήν ἀρχή
κατεβαίνει, γιατί διαστελλεται
τό δοχεῖο, καί ἔπειτα ἀνεβαί-
νει, γιατί ὁ συντελεστής δια-
στολῆς τοῦ νεροῦ εἶναι μεγα-
λύτερος ἀπό τό συντελεστή δια-
στολῆς τοῦ γυαλιοῦ. Παρακο-
λουθοῦμε τή θέση τῆς ἐλεύθε-
ρης ἐπιφάνειας τοῦ ὑγροῦ μέσα
στό στέλεχος τοῦ ἀσφαλιστι-
κοῦ χωνιοῦ γιά διάφορες θερ-
μοκρασίες καί φτιάχνουμε τόν
πιο κάτω πίνακα:

*Ενδειξη θερμόμετρου σέ βαθμούς Κελσίου	Θέση τῆς ἐπιφάνειας τοῦ ὑγροῦ μέσα στό σ- λήνα σέ cm	*Ανύψωση τῆς ἐπιφάνειας τοῦ ὑγροῦ σέ cm
20	12	—
25	13,5	1,5
30	15,2	1,7
35	17,3	2,1

Ἡ ἀνύψωση τῆς ἐπιφάνειας τοῦ ὕγρου μέσα στοῦ στέλεχος τοῦ ἀσφαλιστικοῦ χωνιοῦ, ἄρα καί ἡ αὐξηση τοῦ ὄγκου του, δέν εἶναι ἀνάλογη μέ τή θερμοκρασία. Τό νερό δέν εἶναι κατάλληλο, γιά νά χρησιμοποιηθεῖ σάν θερμομετρικό ὕγρo.

Ἀνεβάζουμε τή λαβίδα καί βγάζουμε ἔτσι τόν κλασματήρα ἀπό τό ζεστό νερό. Ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στοῦ στέλεχος τοῦ ἀσφαλιστικοῦ χωνιοῦ κατεβαίνει, γιὰτί τό νερό κρύνει καί συστέλλεται.

Συμπεράσματα

Τά ὕγρά γενικά, ὅταν θερμαίνονται, διαστέλλονται καί, ὅταν ψύχονται, συστέλλονται. Ὁ συντελεστής διαστολῆς τοῦ νεροῦ καί ὅλων τῶν ὑγρῶν εἶναι μεγαλύτερος ἀπό τό συντελεστή διαστολῆς τοῦ γυαλιοῦ.

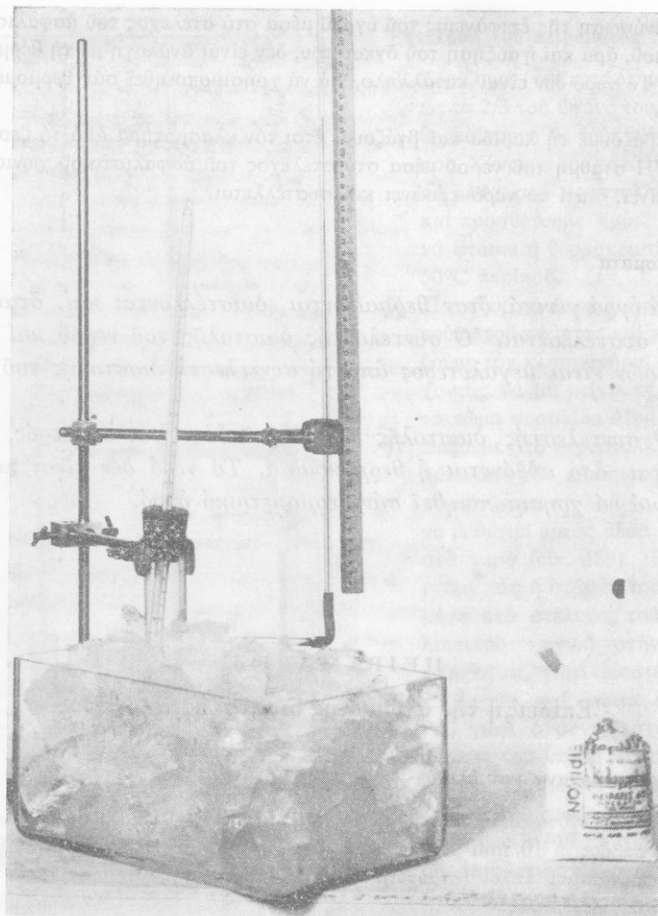
Ὁ συντελεστής διαστολῆς τοῦ νεροῦ δέν εἶναι σταθερός, ἀλλά αὐξάνεται, ὅσο αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία. Τό νερό δέν εἶναι κατάλληλο, γιά νά χρησιμοποιηθεῖ σάν θερμομετρικό ὕγρo.

ΠΕΙΡΑΜΑ 14ο

Ἐπίδειξη τῆς ἀνώμαλης διαστολῆς τοῦ νεροῦ

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες ἀπλές.
5. Ἕνας κλασματήρας.
6. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο μέ τρύπα, κατάλληλο γιά τόν κλασματήρα.
7. Ἕνα θερμόμετρο -10° C ὥς 110° C.
8. Ἕνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
9. Ἕνας σωλήνας τριχοειδῆς ἐξωτερικῆς διαμέτρου 7-8 mm, μήκους 40 cm περίπου.
10. Ἕνα ὑποδεκάμετρο.
11. Λαστιχάκια συσκευασίας.
12. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm ἢ λεκάνη πλαστική.
13. Ἕνα ποτήρι 400 ml.



Εικ. 190

14. Υπερμαγγανικό κάλιο.
15. Δυό kgτ μαγειρικό άλατι.
16. Μισή κολόνα πάγου.
17. Ένα σφυρί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και σε ύψος 30 cm και

40 cm από τη βάση στηρίζουμε τούς δυο συνδέσμους και πάνω σ' αυτούς τίς δυο λαβίδες με τὰ στελέχη τους νά σχηματίζουν με τήν κατακόρυφη ράβδο επίπεδα περίπου κάθετα μεταξύ τους.

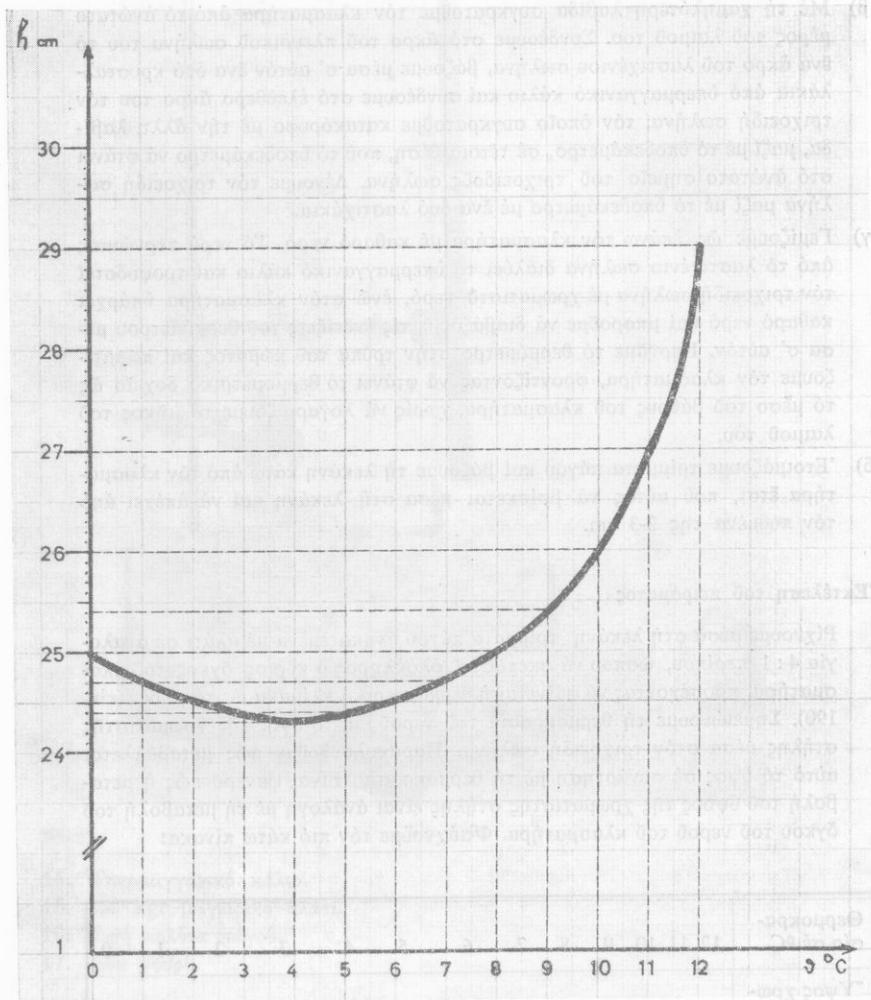
- β) Με τή χαμηλότερη λαβίδα συγκρατούμε τόν κλασματήρα από τό ανώτατο μέρος του λαιμού του. Συνδέουμε στο άκρο του πλευρικού σωλήνα του τό ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα, βάζουμε μέσα σ' αυτόν ένα δυο κρυσταλλάκια από υπερμαγγανικό κάλιο και συνδέουμε στο ελεύθερο άκρο του τόν τριχοειδή σωλήνα, τόν όποιο συγκρατούμε κατακόρυφο με τήν άλλη λαβίδα, μαζί με τό υποδεκάμετρο, σε τέτοια θέση, πού τό υποδεκάμετρο νά φτάνει στο άνωτατο σημείο του τριχοειδούς σωλήνα. Δένουμε τόν τριχοειδή σωλήνα μαζί με τό υποδεκάμετρο με ένα δυο λαστιχάκια.
- γ) Γεμίζουμε ως επάνω τόν κλασματήρα με καθαρό νερό. Τό νερό περνώντας από τό λαστιχένιο σωλήνα διαλύει τό υπερμαγγανικό κάλιο και τροφοδοτεί τόν τριχοειδή σωλήνα με χρωματιστό νερό, ενώ στόν κλασματήρα υπάρχει καθαρό νερό και μπορούμε νά διαβάζουμε τίς ένδειξεις του θερμομέτρου μέσα σ' αυτόν. Περνάμε τό θερμοόμετρο στην τρύπα του πώματος και πωματίζουμε τόν κλασματήρα, φροντίζοντας νά φτάνει τό θερμομετρικό δοχείο ως τό μέσο του βάθους του κλασματήρα, χωρίς νά λογαριάζουμε τό μήκος του λαιμού του.
- δ) Έτοιμαζουμε τρίμματα πάγου και βάζουμε τή λεκάνη κάτω από τόν κλασματήρα έτσι, πού αυτός νά βρίσκεται μέσα στη λεκάνη και νά απέχει από τόν πυθμένα της 2-3 cm.

Έκτέλεση του πειράματος

Ρίχνουμε μέσα στη λεκάνη τρίμματα πάγου ανακατεμένα με άλάτι σε αναλογία 4 : 1 περίπου, ώσπου νά σκεπαστεί όλόκληρος ό κύριος όγκος του κλασματήρα, προσέχοντας νά φαίνεται ή θερμομετρική κλίμακα ως τό μηδέν (εϊκ. 190). Σημειώνουμε τή θερμοκρασία του νερού και τό ύψος της χρωματιστής στήλης μέσα στόν τριχοειδή σωλήνα. Παρακολουθούμε πώς μεταβάλλεται αυτό τό ύψος σε συνάρτηση με τή θερμοκρασία. Είναι φανερό πώς ή μεταβολή του ύψους της χρωματιστής στήλης είναι ανάλογη με τή μεταβολή του όγκου του νερού του κλασματήρα. Φτιάχνουμε τόν πιο κάτω πίνακα:

Θερμοκρασία σε °C	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Ύψος χρωματιστής στήλης σε cm	29	27	26	25,4	25	24,7	24,5	24,4	24,3	24,4	24,5	24,7	25

Παριστάνουμε γραφικά τή μεταβολή τοῦ ὕψους τῆς χρωματιστῆς στήλης (τοῦ ὄγκου τοῦ νεροῦ) σέ συνάρτηση μέ τή θερμοκρασία.



Εἰκ. 191

Γραφική παράσταση τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου τοῦ νεροῦ σέ συνάρτηση μέ τή θερμοκρασία.

Συμπέρασμα

Από τή μελέτη τής γραφικῆς παραστάσεως βγαίνει τό συμπέρασμα πώς τό νερό, όταν ψύχεται, συστέλλεται ὡς τοὺς $4^{\circ} C$, ἐνῶ ὁ συντελεστής διαστολῆς του ἐλαττώνεται, γιὰ νά μηδενιστεῖ στοὺς $4^{\circ} C$ καί στή συνέχεια νά γίνει ἀρνητικός, ὁπότε τό νερό, ἐνῶ ψύχεται, διαστέλλεται, γιὰ νά φτάσει στοὺς $0^{\circ} C$ καί νά ἔχει ὄγκο, ὅσο εἶχε στοὺς $8^{\circ} C$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 15ο

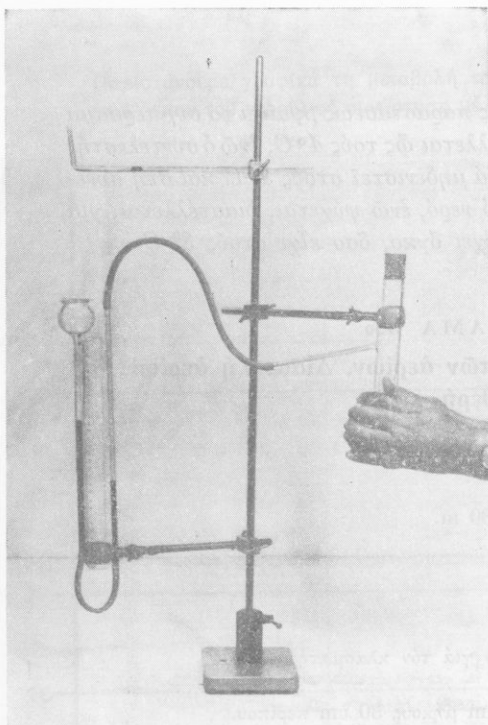
Ἐπίδειξη τῆς διαστολῆς τῶν ἀερίων. Διαστολή ἀερίου ὑπό σταθερή πίεση

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Δύο λαβίδες ἀπλές.
5. Ἕνας κλασματῆρας.
6. Ἕνα ποτήρι 100 ml.
7. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο κατάλληλο γιὰ τόν κλασματῆρα.
8. Ἕνα ἀσφαλιστικό χονί.
9. Ἕνας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.
10. Ἕνας ρόλος σελοτέιπ.
11. Ἕνα ὑποδεκάμετρο.
12. Ὑπερμαγγανικό κάλιο.
13. Ἕνα σιφώνιο.
14. Ἕνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
15. Ἕνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.
16. Ἕνα κρυσταλλωτήριο.
17. Ἕνας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου, λυγισμένος στό ἄκρο σέ ὀρθή γωνία.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή τοὺς τρεῖς ἀπλούς συνδέσμους, τόν πρῶτο σέ ὕψος 10 cm, τό δεύτερο γύρω στά 15 cm ψηλότερα καί τόν τρίτο 10 cm ἀπό τήν κορυφή τῆς ράβδου.
- β) Πάνω στοὺς δύο κατώτερους συνδέσμους στηρίζουμε τίς δύο λαβίδες ἔτσι, πού τά στελέχη τους νά ὀρίζουν μέ τήν κατακόρυφη ράβδο ἐπίπεδα κάθετα μεταξύ τους. Ἀπό τήν ἐλεύθερη τρύπα τοῦ τρίτου συνδέσμου περνᾶμε τό λυγισμένο σωλήνα καί τόν στηρίζουμε ὀριζόντια μέ τό μικρό του σκέλος



Εικ. 192

ραιη υποδιαίρεση του υποδεκάμετρου. Με τό σιφώνιο προσθέτουμε μία σταγόνα από τό ίδιο διάλυμα στο λυγισμένο σωλήνα πού βρίσκεται στην κορυφή τής ράβδου.

- ε) Πωματίζουμε τόν κλασματήρα καί τόν συγκρατούμε μέ τήν ελεύθερη λαβίδα. Μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τών 30 cm συνδέουμε τόν πλευρικό σωλήνα του κλασματήρα μέ τό γυάλινο σωλήνα του μανόμετρου.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Θέρμανση του αερίου κατά τήν όποία μεταβάλλονται καί ό όγκος καί ή πίεσή του.

Σκεπάζουμε μέ τίς παλάμες μας τόν κλασματήρα. Άμέσως παρατηρούμε πώς τό χρωματισμένο υγρό κατεβαίνει μέσα στο γυάλινο σωλήνα καί ανεβαίνει μέσα στο στέλεχος του χωνιού. Ό αέρας του κλασματήρα θερμάνθηκε από τήν επαφή μέ τίς παλάμες μας, διαστάλθηκε καί έσπρωξε προς τά κάτω τό υγρό του σωλήνα (εϊκ. 192). Απομακρύνουμε από τόν κλασματήρα τίς παλά-

κατακόρυφο προς τά πάνω.

- γ) Συνδέουμε τό ασφαλιστικό χωνί καί τό ευθύγραμμο γυάλινο σωλήνα μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τών 10 cm. Λυγίζουμε τό λαστιχένιο σωλήνα σέ σχήμα U μέ άνοιγμα όσο τό πλάτος του υποδεκάμετρου, καί τό άνοιχτό μανόμετρο, πού έτσι σχηματίστηκε, τό κολλάμε μέ σελοτέιπ επάνω στο υποδεκάμετρο μέ τούς δύο σωλήνες παράλληλους προς τίς μεγάλες πλευρές του. Όλη αυτή τή διάταξη τή συγκρατούμε κατακόρυφα μέ τή χαμηλότερη λαβίδα.

- δ) Διαλύουμε μέσα στο ποτήρι υπερμαγγανικό κάλιο καί χύνουμε από τό διάλυμα αυτό στο ασφαλιστικό χωνί, ώσπου νά γεμίσουν ως τό μέσο οί δύο κατακόρυφοι σωλήνες. Μέ τή βοήθεια του σιφώνιου πετυχαίνουμε νά συμπέσει ή στάθμη του χρωματισμένου νερού μέσα στους σωλήνες μέ μία άκέ-

μες μας, όποτε τό ύγρό έρχεται πάλι στους δύο σωλήνες στήν ίδια στάθμη. Βάζουμε μέσα στό κρυσταλλωτήριο κρύο νερό, τό φέρνουμε κάτω από τόν κλασματήρα, πού τόν βυθίζουμε μέσα σ' αυτό. Παρατηρούμε πώς τό ύγρό του μανόμετρου κατεβαίνει μέσα στό στέλεχος του χωνιού και ανεβαίνει μέσα στό σωλήνα, έπειδή ό άέρας του κλασματήρα ψύχθηκε και συστάλθηκε. Κατά τή θέρμανση του αερίου μ' αυτόν τόν τρόπο έχουμε μεταβολή και τής πίεσεως και του όγκου.

β) Θέρμανση αερίου υπό σταθερή πίεση.

Αποσυνδέουμε τό λαστιχένιο σωλήνα από τό μανόμετρο και τόν συνδέουμε στό άκρο του λυγισμένου σωλήνα τής κορυφής. Η σταγόνα πού είναι μέσα στό σωλήνα αυτόν κλείνει σάν ευκίνητο πώμα τόν άέρα του κλασματήρα. Αν τώρα σκεπάσουμε μέ τή μιá παλάμη μας τόν άερα του κλασματήρα, ή σταγόνα κινείται προς τά έξω, έπειδή ό άέρας του κλασματήρα διαστέλλεται. Κατά τή θέρμανση και τή διαστολή σ' αυτή τήν περίπτωση αυξάνεται ό όγκος του αερίου, ή πίεση όμως παραμένει σταθερή, δηλαδή είναι ίση μέ τήν έξωτερική.

Συμπεράσματα

Τά αέρια, όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται και, όταν ψύχονται, συστέλλονται. Μεταβάλλονται ή πίεση και ό όγκος τους.

Μπορούμε νά θερμάσουμε άέριο έτσι, πού νά μεταβάλλεται μόνο ό όγκος του, ενώ ή πίεση νά παραμένει σταθερή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 16ο

Θέρμανση αερίου υπό σταθερό όγκο. Άερικό θερμόμετρο

***Απαραίτητα όργανα**

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Έξι σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Δύο λαβίδες άπλές.
6. Ένας κλασματήρας.
7. Ένα πώμα λαστιχένιο κατάλληλο για τόν κλασματήρα.
8. Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 40 cm περίπου.
9. Ένα άσφαλιστικό χωνί.
10. Ένα ύποδεκάμετρο.

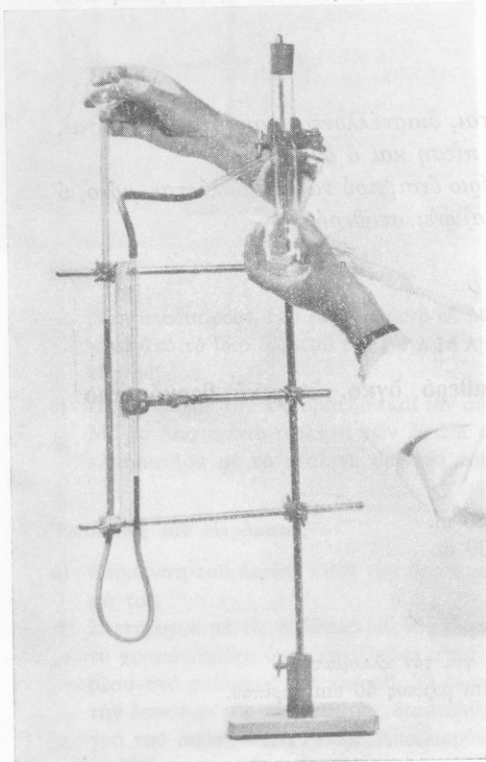
11. Ένα ποτήρι 100 ml.
12. Υπερμαγγανικό κάλιο.
13. Ένα σιφώνιο.
14. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
15. Ένας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 40 cm περίπου.
16. Ένας ρόλος σελοτέιπ.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή τους τέσσερις απλούς συνδέσμους, τους δυο να απέχουν από τα άκρα της ράβδου γύρω στα 10 cm και τους άλλους δυο ενδιάμεσα.

- β) Στόν πρώτο και τρίτο σύνδεσμο, πού η ελεύθερη τρύπα τους βρίσκεται προς τα δεξιά της ράβδου, στερεώνουμε τις δυο ράβδους των 0,30 m και στα άκρα τους από έναν απλό σύνδεσμο.

Εικ. 193



- γ) Στο δεύτερο από τα κάτω σύνδεσμο, πού η ελεύθερη τρύπα του βρίσκεται προς τα αριστερά της ράβδου, συνδέουμε τη λαβίδα έτσι, πού το επίπεδο πού ορίζεται από το στέλεχος της και την κατακόρυφη ράβδο να είναι παράλληλο με το επίπεδο πού ορίζουν οι δυο ράβδοι των 0,30 m. Στόν ανώτατο σύνδεσμο στερεώνουμε την άλλη λαβίδα κάθετα προς το πιο πάνω επίπεδο και την ψαλίδα της προς τα αριστερά της κατακόρυφης ράβδου.

- δ) Κολλάμε με σελοτέιπ τό γυάλινο σωλήνα πάνω στό υποδεκάμετρο παράλληλα προς την κλίμακά του και στό χείλος της μιάς κατά μήκος πλευράς του και τό σύστημα αυτό συγκρατούμε κατακόρυφα μέ τη χαμηλότερη λαβίδα. Ρυθμίζουμε τό ύψος των ράβδων των 0,30 m και τη θέση των συνδέσμων

πού έχουν κατά τέτοιο τρόπο, πού οί σύνδεσμοι νά άκουμπούν στό ύποδεκάμετρο πάνω καί κάτω.

ε) Μέ τήν άλλη λαβίδα συγκρατούμε τόν κλασματήρα καί ρυθμίζουμε τή θέση της έτσι, πού τό άκρο του πλευρικού σωλήνα του κλασματήρα νά βρίσκεται κοντά στό πάνω άκρο του γυάλινου σωλήνα. Συνδέουμε αυτά τά δυό άκρα μέ τό λαστιχένιο σωλήνα των 10 cm.

στ) Στο κάτω άκρο του γυάλινου σωλήνα συνδέουμε τό ένα άκρο του λαστιχένιου σωλήνα των 40 cm καί τό άλλο άκρο του τό περνάμε στην τρύπα του συνδέσμου πού βρίσκεται στό κάτω άκρο του ύποδεκάμετρου από κάτω προς τά πάνω. Στο άκρο αυτό συνδέουμε τό άκρο του στελέχους του ασφαλιστικού χωνιού, αφού τό περάσουμε από πάνω προς τά κάτω στην τρύπα του συνδέσμου πού βρίσκεται στό πάνω άκρο του ύποδεκάμετρου.

Έχουμε έτσι ένα μανόμετρο πού τό ένα του σκέλος αποτελείται από τό ασφαλιστικό χωνί καί μπορεί νά μετακινείται κατακόρυφα άνάμεσα στις τρύπες των δυό συνδέσμων.

Έκτέλεση του πειράματος

α) Διαλύουμε μέσα στό ποτήρι υπερμαγγανικό κάλιο καί μέ τό σιφόνιο ρίχνουμε από αυτό τό διάλυμα μέσα στό ασφαλιστικό χωνί, ώσπου νά γεμίσει ό λαστιχένιος σωλήνας καί νά φανεί μέσα στους γυάλινους σωλήνες. Σημειώνουμε τήν επιφάνεια του υγρού μέσα στό γυάλινο σωλήνα, αφού φροντίσουμε νά συμπίσει αυτή μέ μιá άκέραιη ύποδιαίρεση του ύποδεκάμετρου π.χ. τήν ύποδιαίρεση 5.

β) Πωματίζουμε τόν κλασματήρα καί τόν σκεπάζουμε μέ τήν παλάμη του άριστερου χεριού μας. Ό άέρας πού είναι μέσα θερμαίνεται καί τό υγρό του μανόμετρου κατεβαίνει κάτω του 5 στό γυάλινο σωλήνα. Μέ τό δεξί μας χέρι ανεβάζουμε τό ασφαλιστικό χωνί, ώσπου νά ξαναφτάσει ή επιφάνεια του υγρού στην ύποδιαίρεση 5 μέσα στό γυάλινο σωλήνα (είκ. 193). Έχουμε έτσι τόν όγκο του άέρα σταθερό. Η διαφορά του ύψους των στηλών του υγρού μέσα στά δυό σκέλη του μανόμετρου μάς δίνει τήν αύξηση της πίεσεως του άέρα του κλασματήρα, πού θερμάνθηκε από τήν επαφή μέ τήν παλάμη μας.

γ) Έπειδή ή μεταβολή της πίεσεως είναι άνάλογη μέ τή μεταβολή της θερμοκρασίας, είναι δυνατό τό ύποδεκάμετρο νά έχει κλίμακα βαθμολογημένη σε βαθμούς Κελσίου. Η συσκευή αυτή είναι τότε ένα άερίκο θερμόμετρο. Στο άερίκο θερμόμετρο αντί του χρωματισμένου νερού χρησιμοποιούμε ύδράργυρο, γιά νά μπορούμε νά μετρήσουμε μεγαλύτερη περιοχή θερμοκρασιών.

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά θερμάνουμε άέριο υπό σταθερό όγκο. Όταν θερμαίνουμε άέριο υπό σταθερό όγκο, αύξάνεται ή πίεσή του. Μπορούμε

νά χρησιμοποιήσουμε σάν θερμομετρικό υλικό τό άέριο, όπότε, χρησιμοποιώντας σάν μεταβαλλόμενο μέγεθος τήν πίεση όρισμένης μάζας άερίου, κατασκευάζουμε τό άερικό θερμόμετρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 17ο

Τά άέρια θερμαίνονται μέ ρεύματα. Άν έμποδίσουμε τό σχηματισμό ρευμάτων, ή μετάδοση τής θερμότητας παρεμποδίζεται

Άπαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα θερμόμετρο -10° C ώς 110° C.
6. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή ύγραέριου.
7. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
8. Ένα πλέγμα άμιάντου.
9. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml.
10. Άτσαλόμαλλο (σύρμα πού τρίβουν τίς κατασφάλες).
11. Βαμπάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τών 0,80 m, πάνω σ' αυτή τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τήν άπλή λαβίδα. Μέ τή λαβίδα συγκρατούμε τό θερμόμετρο κατακόρυφα.
- β) Γεμίζουμε τή φιάλη μέ άραιωμένο βαμπάκι καί τή βάζουμε πάνω στό πλέγμα, πού βρίσκεται στόν τρίποδα, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε αυτή νά βρίσκεται κάτω άπό τό θερμόμετρο. Ρυθμίζουμε τό ύψος τής λαβίδας τόσο, πού τό θερμομετρικό δοχείο του θερμόμετρου νά φτάνει μέσα στό βαμπάκι καί λίγο πιό κάτω άπό τήν άρχή του λαιμού τής φιάλης.

Έκτέλεση του πειράματος

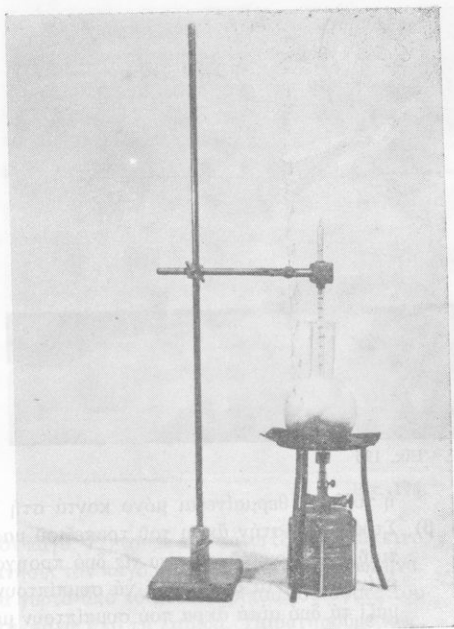
- α) Θερμαίνουμε τή φιάλη γιά όρισμένο χρόνο π.χ. 5 λεπτά καί σημειώνουμε τήν ένδειξη του θερμόμετρου (είκ. 194).
- β) Άπομακρύνουμε τό λύχνο, άδειάζουμε τή φιάλη άπό τό βαμπάκι καί τήν άφήνουμε νά πάρει τή θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τή γεμίζουμε τώρα

μέ ατσαλόμαλλο καί τή θερμαίνουμε μέ τόν ἴδιο τρόπο καί πάλι γιά 5 λεπτά. Σημειώνουμε πάλι τήν ἔνδειξη τοῦ θερμόμετρου.

- γ) Ἐπαναλαμβάνουμε τά ἴδια μέ τή φιάλη ἀδειανή καί σημειώνουμε πάλι τήν ἔνδειξη τοῦ θερμόμετρου.

Συμπέρασμα

Ἀπό τή σύγκριση τῶν τριῶν ἐνδείξεων τοῦ θερμόμετρου παρατηροῦμε πώς ἡ θερμότητα μεταδόθηκε στό θερμόμετρο πολύ ἀργά, ὅταν ὑπῆρχε τὸ βαμπάκι (χαμηλή ἔνδειξη), ἐπίσης ἀργά, ὅταν ὑπῆρχε τὸ ατσαλόμαλλο (λίγο ψηλότερη ἔνδειξη), καί γρηγορά, ὅταν ὑπῆρχε ἐλεύθερος ἀέρας (πολύ ψηλή ἔνδειξη). Τό βαμπάκι καί τὸ ατσαλόμαλλο ἐμποδίζουν τή δημιουργία ρευμάτων.



Εἰκ. 194

Ἐφαρμογές

Θερμικές μονώσεις πετυχαίνουμε μέ ὑαλοβάμβακα, φελλό, ἐλαφρόπετρα, ὑφάσματα (τά ρούχα μας) κτλ.

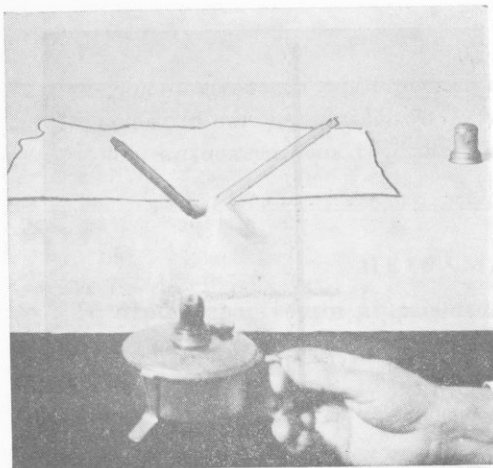
Τά φτερά τῶν πουλιῶν, τὸ τρίχωμα τῶν θηλαστικῶν κτλ. εἶναι μονωτικά σώματα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 18ο

Διάδοση τῆς θερμότητας στά στερεά

*Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
2. Μιά ράβδος χάλκινη (ἡ ράβδος τῆς συσκευῆς γραμμικῆς διαστολῆς).



Είκ. 195

3. Ένας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.

4. Ένα φύλλο θερμοσκοπικού χαρτιού.

Έκτέλεση του πειράματος

α) Κρατάμε με τό ένα χέρι μας τή χάλκινη ράβδο καί μέ τό άλλο τό γυάλινο σωλήνα καί βάζουμε μαζί τά ἐλεύθερα ἄκρα τους στή φλόγα τοῦ λύχνου. Σύντομα διαπιστώνουμε πώς ἡ χάλκινη ράβδος θερμαίνεται τόσο, πού δέν μπορούμε πιά νά τήν κρατήσουμε, ἐνῶ

ἡ γυάλινη θερμαίνεται μόνο κοντά στή φλόγα.

β) Στρώνουμε στήν ἄκρη τοῦ τραπέζιου μας τό φύλλο τοῦ θερμοσκοπικοῦ χαρτιοῦ καί ἀκουμπᾶμε πάνω τίς δύο προηγούμενες ράβδους ἔτσι, πού νά συγκλίνουν καί τά ἄκρα τους νά συμπίπτουν ἔξω ἀπό τό τραπέζι. Θερμαίνουμε μαζί τά δύο αὐτά ἄκρα πού συμπίπτουν μέ τό λύχνο (είκ. 195). Παρατηροῦμε πώς τό χρῶμα τοῦ θερμοσκοπικοῦ χαρτιοῦ ἀλλάζει (γίνεται θαλασσί) μόνο κατά μήκος τῆς χάλκινης ράβδου καί ἐλάχιστα στήν ἀρχή τῆς γυάλινης.

Συμπέρασμα

Ἡ θερμότητα δέ διαδίδεται μέ τήν ἴδια εὐκολία στά διάφορα στερεά. Τά μέταλλα (χαλκός κτλ.) εἶναι καλοί ἀγωγοί τῆς θερμότητος. Τό γυαλί καί ἄλλα σώματα εἶναι κακοί ἀγωγοί τῆς θερμότητος.

Σημείωση

Γιά νά παρασκευάσουμε θερμοσκοπικό χαρτί, κάνουμε τίς ἐξῆς ἐργασίες :

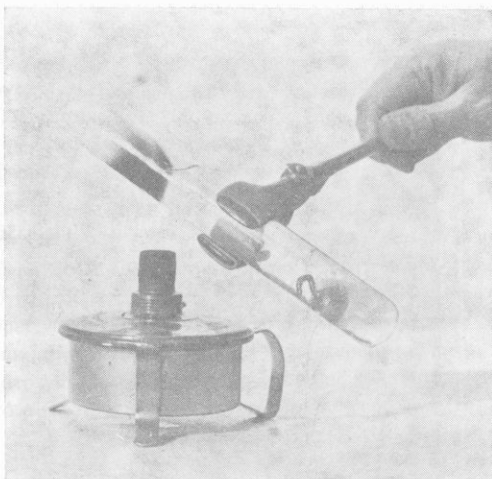
- Ζυγίζουμε 5 gr γλωριούχου ἄσβεστιοῦ (CaCl_2).
- Ζυγίζουμε 5 gr γλωριούχου κοβαλτίου (CoCl_2).
- Διαλύουμε τό καθένα ἀπό τά ἅλατα αὐτά σέ 100 cm^3 νερό.
- Ἀνακατεύουμε σέ μιά μικρή λεκάνη αὐτά τά δύο διαλύματα.
- Βρέχουμε μέ αὐτό τό ὑγρό φύλλα ἀπό διηθητικό χαρτί καί τά ἀπλώνουμε ἐν στεγνῶσιν σέ μέρος πού δέ θερμαίνεται. Τά φύλλα αὐτά εἶναι τό θερμοσκοπικό χαρτί, πού, ὅταν εἶναι κρύο, εἶναι ἄσπρο καί, ὅταν θερμανθεῖ, γίνεται θαλασσί.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Τά υγρά είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας δοκιμαστικός σωλήνας ευρύστομος.
2. Μιά λαβίδα άπλη.
3. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
4. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή ύγραέριου.
5. Ένα κομματάκι πάγου.



Εικ. 196

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τό δοκιμαστικό σωλήνα μέ νερό καί ρίχνουμε μέσα τόν πάγο. Ρίχνουμε άπό πάνω τόν όρειχάλκινo δακτύλιο, γιά νά σπρώξει καί κρατήσει τόν πάγο στόν πυθμένα τοῦ σωλήνα.
- β) Κρατάμε μέ τή λαβίδα τό σωλήνα γυρτό άπό τό μέσο περίπου τοῦ ὕψους του καί τόν θερμαίνουμε στήν περιοχή πάνω άπό τή λαβίδα. Παρατηροῦμε πώς, ἐνῶ τό νερό τῶν άνωτέρων στρωμάτων βράζει, ὁ πάγος στόν πυθμένα δέν ἔχει λειώσει (εἰκ. 196).

Συμπέρασμα

Τά υγρά εἶναι κακοί αγωγοί τῆς θερμότητας. Ἡ θερμότητα δέ μεταδόθηκε άπό τό πάνω μέρος τοῦ σωλήνα στό κάτω, γιά νά τακεῖ ὁ πάγος.

Σημείωση

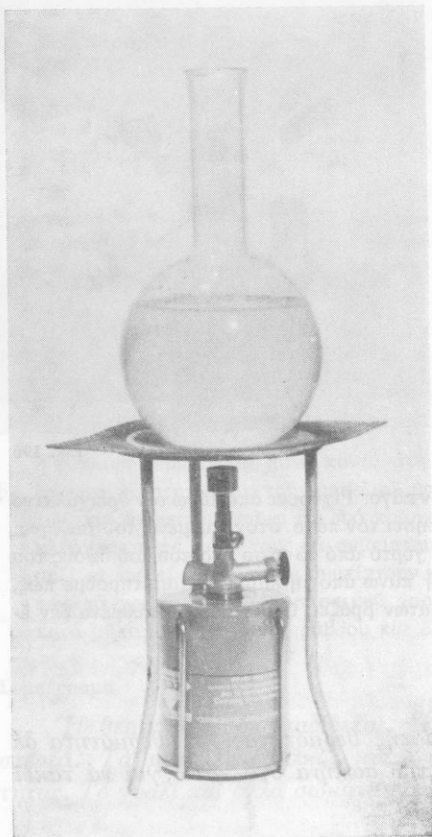
*Άπό ὅλα τά υγρά καλός αγωγός τῆς θερμότητας εἶναι ὁ ὕδράργυρος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 20ο

Τά υγρά θερμαίνονται μέ μεταφορά (μέ ρεύματα)

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.



2. Ένα πλέγμα αμίαντου.
3. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή υγραέριου.
4. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml.
5. Πριονίδια ξύλου.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Γεμίζουμε τη φιάλη με νερό, ώσπου η ελεύθερη επιφάνειά του νά φτάσει λίγο πιά κάτω από την αρχή του λαιμού, και ρίχνουμε μέσα λίγα πριονίδια ξύλου.
- β) Τοποθετούμε τό πλέγμα πάνω στον τρίποδα, άκουμπάμε τη φιάλη πάνω στο πλέγμα και τη θερμαίνουμε με τό λύχνο. Παρατηρούμε πώς τά πριονίδια κινούνται μέσα στο νερό και μās δείχνουν τη φορά τών ρευμάτων πού σχηματίζονται (εϊκ. 197).

Συμπέρασμα

Τά υγρά θερμαίνονται με τό σχηματισμό ρευμάτων.

Εϊκ. 197

ΠΕΙΡΑΜΑ 21ο

Τά υγρά θερμαίνονται με τη δημιουργία ρευμάτων

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Ένας δακτύλιος ϕ 77 mm με στέλεχος.

5. Ένα ποτήρι 250 ml ή 400 ml.
6. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή υγραέριου.
7. Υπερμαγγανικό κάλιο.
8. Ένα πλαστικό κουταλάκι.
9. Σύρμα χάλκινο λεπτό μήκους 60-80 cm.

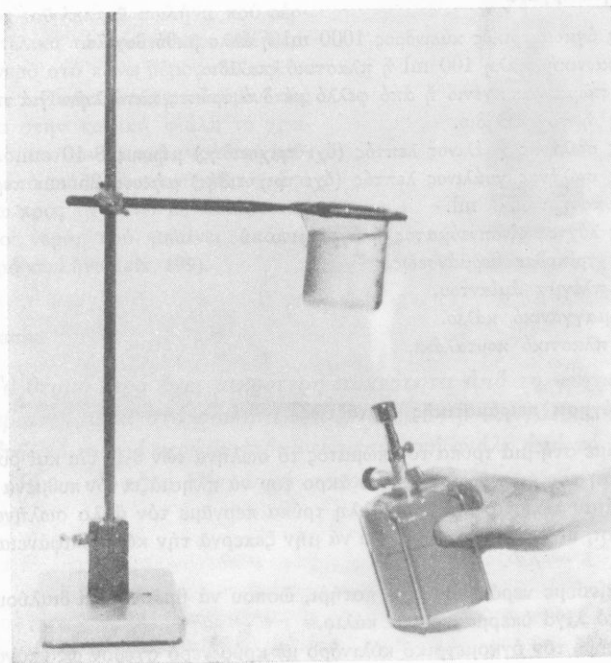
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή τον άπλο σύνδεσμο, με τον οποίο συγκρατούμε το δακτύλιο.
- β) Δοκιμάζουμε αν το ποτήρι μπορεί να συγκρατηθεί από τα χείλη του μέσα στο δακτύλιο ή αν περνά μέσα από αυτόν. Αν δε συγκρατείται, δένουμε πάνω στο δακτύλιο δυό κομμάτια σύρματος, με τα οποία κάνουμε ένα είδος καλαθιού, μέσα στο οποίο συγκρατείται το ποτήρι. Γεμίζουμε το ποτήρι με νερό.

Εκτέλεση του πειράματος

Ρίχνουμε μέσα στο νερό και κοντά στα τοιχώματα του ποτηριού ένα κρυσταλ-

Εικ. 198



λάκι υπερμαγγανικού καλίου. Αυτό κάθεται στον πυθμένα και σιγά σιγά διαλύεται.

Μέ την κορυφή της φλόγας του λύχνου θερμαίνουμε τό ποτήρι ακριβώς στην περιοχή του υπερμαγγανικού καλίου. Τότε σχηματίζονται ρεύματα, πού φαίνονται, γιατί παρασέρνουν τό χρωματισμένο νερό (εικ. 198).

Συμπέρασμα

Τά υγρά θερμαίνονται μέ μεταφορά, δηλαδή μέ τή δημιουργία ρευμάτων.

ΠΕΙΡΑΜΑ 22ο

Δημιουργία ρευμάτων μέσα στό νερό. Αρχή τής λειτουργίας του θερμοσίφωνα

*Απαραίτητα όργανα

1. "Ενας όγκομετρικός κύλινδρος 1000 ml ή άλλο βαθύ δοχείο.
2. Μιά κωνική φιάλη 100 ml ή πλαστικό φιαλίδιο.
3. "Ενα πώμα λαστιχένιο ή από φελλό μέ δυό τρύπες, κατάλληλο γιά τήν κωνική φιάλη ή τό φιαλίδιο.
4. "Ενας σωλήνας γυάλινος λεπτός (όχι τριχοειδής) μήκους 8-10 cm.
5. "Ενας σωλήνας γυάλινος λεπτός (όχι τριχοειδής) μήκους 25 cm περίπου.
6. "Ενα ποτήρι 250 ml.
7. "Ενας λύχνος οίνοπνεύματος ή ύγραέριου.
8. "Ενας τρίποδας θερμάνσεως.
9. "Ενα πλέγμα άμιάντου.
10. Υπερμαγγανικό κάλιο.
11. "Ενα πλαστικό κουταλάκι.

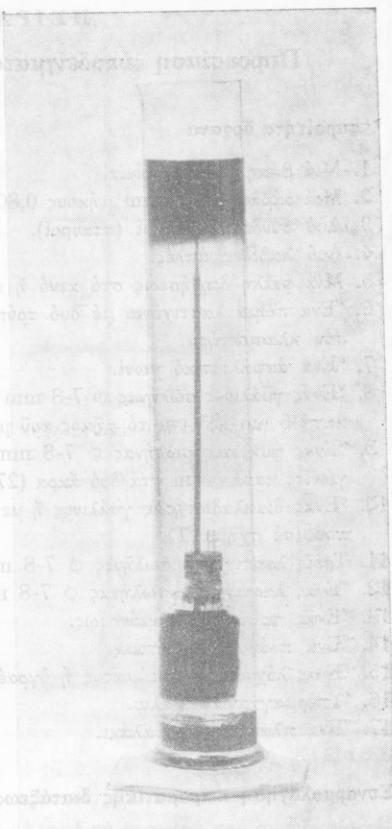
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως.

- α) Περνάμε στή μιά τρύπα του πώματος τό σωλήνα των 8-10 cm και ρυθμίζουμε τή θέση του έτσι, πού τό κάτω άκρο του νά πλησιάζει τόν πυθμένα τής φιάλης, όταν πωματιστεί. Στήν άλλη τρύπα περνάμε τόν άλλο σωλήνα των 25 cm έτσι, πού τό κάτω άκρο του νά μήν ξεπερνά τήν κάτω επιφάνεια του πώματος.
- β) Θερμαίνουμε νερό μέσα στό ποτήρι, ώσπου νά βράσει, και διαλύουμε μέσα σ' αυτό λίγο υπερμαγγανικό κάλιο.
- γ) Γεμίζουμε τόν όγκομετρικό κύλινδρο μέ κρύο νερό σχεδόν ως επάνω.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Γεμίζουμε τήν κωνική φιάλη ἢ τό πλαστικό φιαλίδιο μέ τό θερμό διάλυμα τοῦ ὑπερμαγγανικοῦ καλίου καί τήν ποματίζουμε. Πλησιάζουμε τή φιάλη ἐξωτερικά στή βάση τοῦ ὀγκομετρικοῦ σωλήνα καί διαπιστώνουμε πώς τό ἄνω ἄκρο τοῦ λεπτοῦ γυάλινου σωλήνα φτάνει λίγα ἑκατοστόμετρα πιό κάτω ἀπό τήν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα στόν κύλινδρο. Βυθίζουμε τό φιαλίδιο μέσα στόν κύλινδρο. Αὐτό κάθετα στόν πυθμένα.

Παρατηροῦμε μιά στήλη χρωματιστοῦ νεροῦ νά ἀνεβαίνει μέσα στό λεπτό σωλήνα καί νά συνεχίζεται καί μέσα στό νερό μετά τό τέλος τοῦ λεπτοῦ σωλήνα πού φέρνει τελικά τό χρωματιστό καί θερμό νερό στό πάνω μέρος τοῦ κυλίνδρου. Παρατηροῦμε ἀκόμα πώς μέσα στήν κωνική φιάλη τό χρωματισμένο καί θερμό νερό πού φεύγει ἀπό πάνω ἀντικαθίσταται ἀπό κάτω πρὸς τά πάνω μέ καθαρό καί κρύο νερό, πού μπαίνει ἀπό τό μικρό σωλήνα (εἰκ. 199).



Συμπέρασμα

Εἰκ. 199

Τό θερμό νερό ἔχει μικρότερη πυκνότητα ἀπό τό ψυχρό. Γι' αὐτό ἀνεβαίνει μέσα στό σωλήνα καί φτάνει στήν ἐπιφάνεια τοῦ κυλίνδρου, ἐνῶ τό ψυχρό νερό κατεβαίνει μέσα στή φιάλη ἀπό τό μικρό σωλήνα. Πάνω σ' αὐτή τήν ἀρχή στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θερμοσίφωνα.

Παρουσίαση υποδείγματος κεντρικής θερμάνσεως

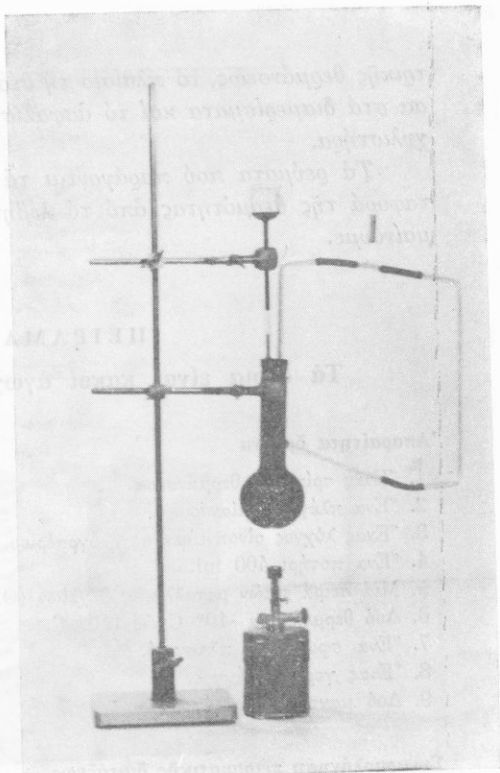
*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Μιά φιάλη διηθήσεως στο κενό ή κλασματήρας εύρυστομος.
6. Ένα πώμα λαστιχένιο μέ δυό τρύπες, κατάλληλο γιά τή φιάλη διηθήσεως ή τόν κλασματήρα.
7. Ένα άσφαλιστικό χωνί.
8. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 25 cm, λυγισμένος σέ όρθή γωνία κατά 5 cm (25 cm τό μήκος τοῦ μεγάλου βραχίονα).
9. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 27-28 cm, λυγισμένος σέ όρθές γωνίες κατά 5 cm στά δυό άκρα (27-28 cm τό μήκος τοῦ μεγάλου βραχίονα).
10. Ένας διακλαδωτήρας γυάλινος ή μεταλλικός μέ μήκος βραχιόνων 5 cm περίπου (σέ σχήμα T).
11. Τρεῖς λαστιχένιοι σωλήνες ϕ 7-8 mm μήκους 3-4 cm.
12. Ένας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
13. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
14. Ένα πλέγμα άμίαντου.
15. Ένας λύχνος όινόπνεύματος ή ύγραέριου.
16. Ύπερμαγγανικό κάλιο.
17. Ένα πλαστικό κουταλάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συνδέουμε τό κοντό σκέλος τοῦ σωλήνα τών 25 cm πρός τό ένα σκέλος τοῦ διακλαδωτήρα μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τών 3-4 cm. Τό άλλο σκέλος τοῦ διακλαδωτήρα μέ τό δεύτερο λαστιχένιο σωλήνα τών 3-4 cm τό συνδέουμε μέ τό ένα σκέλος τοῦ άλλου γυάλινου σωλήνα τών 28 cm. Στρέφουμε κατάλληλα τούς λαστιχένιους σωλήνες, ὥσπου νά πετύχουμε ὅλη αὐτή ή κατασκευή νά βρίσκεται πάνω στό ἴδιο επίπεδο. Στό ἐλεύθερο σκέλος τοῦ διακλαδωτήρα συνδέουμε τόν τρίτο μικρό λαστιχένιο σωλήνα.
- β) Τό ἐλεύθερο άκρο τοῦ σωλήνα τών 25 cm τό περνάμε στή μία τρύπα τοῦ πώματος, ἐνῶ στήν άλλη περνάμε τό άσφαλιστικό χωνί. Φροντίζουμε τά άκρα τόσο τοῦ σωλήνα τών 25 cm ὅσο καί τοῦ στελέχους τοῦ άσφαλιστικού χωνιοῦ νά μήν ξεπερνοῦν τήν κάτω ἐπιφάνεια τοῦ πώματος.
- γ) Στηρίζουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τών 0,80 m, πάνω σ' αὐτή σέ ὕψος γύρω στά 30 cm τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω στό σύνδεσμο τήν άπλή λαβίδα.

- δ) Μέ τη λαβίδα συγκρατούμε τη φιάλη διηθήσεως ή τόν κλασματήρα καί τήν πωματίζουμε μέ τό λαστιχένιο πῶμα. Στρέφουμε τό πῶμα, ὥσπου νά πετύχουμε τό ἐπίπεδο τοῦ πλαισίου πού σχηματίσαμε μέ τούς σωλήνες νά περιέχει τόν πλευρικό σωλήνα τῆς φιάλης ἢ τοῦ κλασματήρα. Μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τῶν 10 cm συνδέουμε τό ἐλεύθερο ἄκρο τοῦ σωλήνα τοῦ πλαισίου μέ τόν πλευρικό σωλήνα τῆς φιάλης ἢ τοῦ κλασματήρα.
- ε) Σέ ὕψος γύρω στά 10 cm πάνω ἀπό τόν ἀπλό σύνδεσμο στή ράβδο τῶν 0,80 m στερεώνουμε τό δεύτερο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τή δεύτερη λαβίδα. Μέ τή λαβίδα συγκρατοῦμε τό στέλεχος τοῦ ἀσφαλιστικοῦ χωνιοῦ ἢ τόν ἓνα βραχίονα τοῦ πλαισίου, γιατί ὑπάρχει κίνδυνος νά βγεῖ τό πῶμα τῆς φιάλης ἢ τοῦ κλασματήρα ἀπό τό βάρος τοῦ πλαισίου.



Εἰκ. 200

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀπό τό ἀσφαλιστικό χωνί γεμίζουμε μέ νερό τή συσκευή πού συναρμολογήσαμε καί φροντίζουμε νά μήν περιέχει φυσαλίδες ἀέρα. Γιά νά μπορούμε νά διώξουμε τόν ἀέρα, ἔχουμε προσδέσει τό διακλαδωτήρα.
- β) Βάζουμε κάτω ἀπό τή φιάλη τό λύχνο καί θερμαίνουμε μέ γυμνή φλόγα ἢ χρησιμοποιοῦμε τόν τρίποδα καί τό πλέγμα ἀμείαντου. Ὄταν τό νερό θερμανθεῖ ἀρκετά, ρίχνουμε ἀπό τό ἀσφαλιστικό χωνί λίγο ὑπερμαγγανικό κάλιο, ὥστε τό νερό τῆς φιάλης χρωματίζεται. Παρατηροῦμε πῶς τό χρωματισμένο νερό ἀνεβαίνει μέσα στόν κατακόρυφο σωλήνα πού συνδέεται στό πῶμα, κάνει τόν κύκλο τοῦ πλαισίου καί ἐπιστρέφει στή φιάλη ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα τῆς (εἰκ. 200).

Συμπέρασμα

Ἡ φιάλη ἔχει τή θέση τοῦ λέβητα στήν ἐγκατάσταση τῆς κεν-

τρικῆς θερμάνσεως, τό πλαίσιο τή θέσῃ ὅλης τῆς ἐγκαταστάσεως μέ-
σα στά διαμερίσματα καί τό ασφαλιστικό χωνί τή θέσῃ τοῦ ὑπερεκ-
χυστήρα.

Τά ρεύματα πού παράγονται τά ἐκμεταλλενοῦμαστε γιά τή με-
ταφορά τῆς θερμότητος ἀπό τό λέβητα στά διαμερίσματα πού θερ-
μαίνουνε.

ΠΕΙΡΑΜΑ 24ο

Τά ἀέρια εἶναι κακοί ἀγωγοί τῆς θερμότητος

*Απαραίτητα ὄργανα

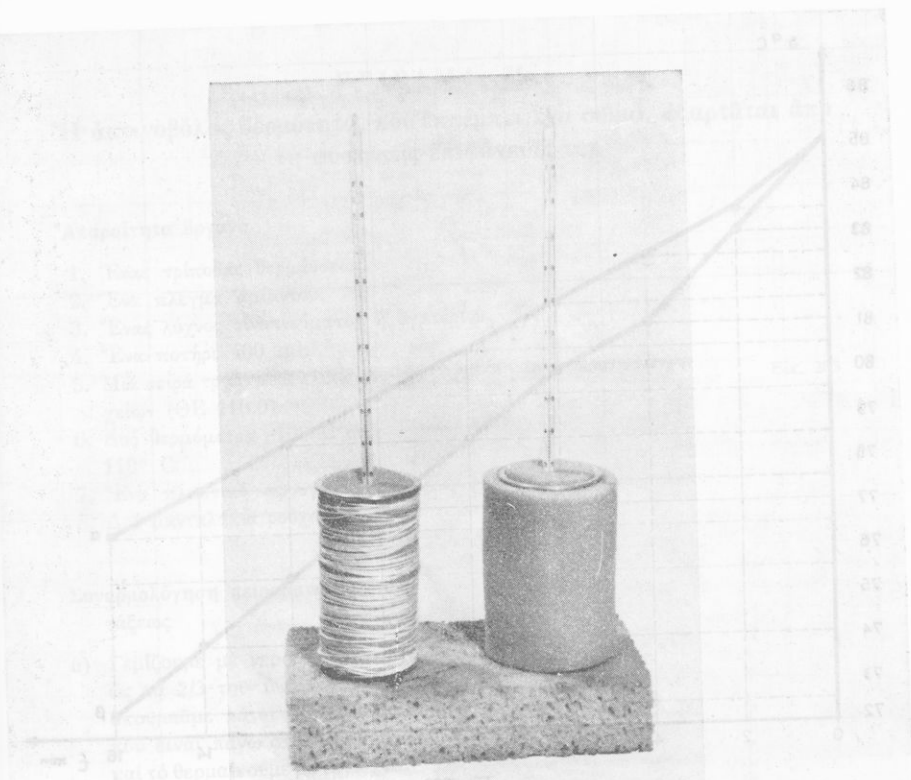
1. Ἐνας τρίποδας θερμάνσεως.
2. Ἐνα πλέγμα ἀμίαντου.
3. Ἐνας λύχνος οἰονοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
4. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
5. Μιά σειρά τριῶν μεταλλικῶν δοχείων (ΘΕ 110.0).
6. Δυό θερμόμετρα -10°C ὡς 110°C .
7. Ἐνα σφουγγάρι πλαστικό.
8. Ἐνας γερός σπάγγος.
9. Δυό μανταλάκια ρούχων.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Γεμίζουμε μέ νερό τό ποτήρι ὡς τά $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους του, τό ἀκουμπᾶμε πάνω στό πλέγμα, πού εἶναι πάνω στόν τρίποδα, καί τό θερμαίνουμε μέ τό λύχνο.
- β) Περνάμε στά δυό στιλπνά δοχεῖα τά πλαστικά τους περιβλήματα καί ἀφή-
νουμε τό ἕνα ὅπως εἶναι χαλαρό, ἐνῶ τό ἄλλο τό συμπιέζουμε τυλίγοντας σέ
ὅλο του τό μήκος σφιχτά τό σπάγγο. Ἀκουμπᾶμε τά δυό δοχεῖα πάνω στό
πλαστικό σφουγγάρι. Στίς τρύπες τῶν πλαστικῶν πωμάτων περνᾶμε τά
δυό θερμόμετρα καί τά ρυθμίζουμε νά φτάνουν ὡς τό μέσο τῶν δοχείων,
δταν αὐτά πωματιστοῦν. Ἄν τά θερμόμετρα πέφτουν μέσα στά δοχεῖα, τά πιά-
νουμε μέ ἕνα μανταλάκι ἀπό πάνω ἀπό τό πῶμα.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἀφήνουμε τό νερό νά βράσει καί μετά γεμίζουμε μέ τό θερμό αὐτό νερό τά
δυό δοχεῖα ὡς τά $\frac{2}{3}$ περίπου τοῦ ὕψους τους καί τά πωματίζουμε. Τά θερμό-
μετρα δείχνουν τήν ἴδια ἐνδειξή π.χ. 85°C . Ἄν οἱ ἐνδείξεις τῶν θερμόμε-
τρων εἶναι διαφορετικές, ἀφήνουμε ξεσκέπαστο τό δοχεῖο πού ἔχει τή μεγαλύ-

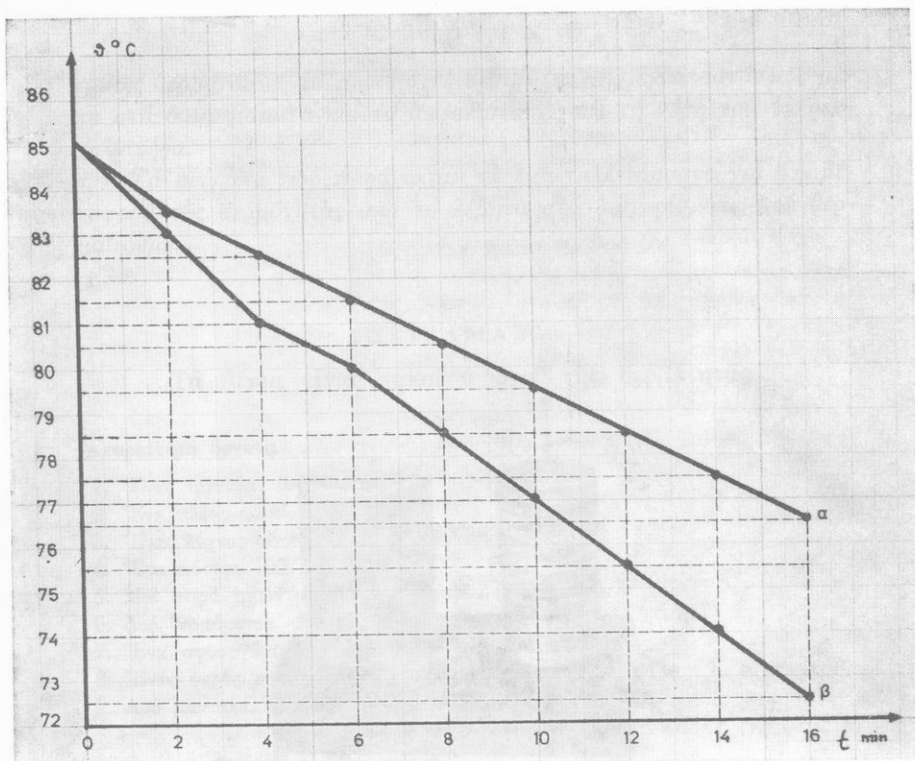


Εικ. 201

τερη θερμοκρασία για πολύ λίγο χρόνο και τό ξαναποματίζουμε. Ήπαναλαμβάνουμε τό ίδιο, ώσπου νά πετύχουμε τήν ίδια θερμοκρασία στά δύο δοχεία (είκ. 201). Παρακολουθούμε πώς μεταβάλλεται ή θερμοκρασία στά δύο δοχεία σέ ίσους χρόνους π.χ. κάθε δύο λεπτά και φτιάχνουμε τόν πιο κάτω νακα:

Χρόνος σέ min	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Θερμοκρασία δοχείου μέ χαλαρό περίβλημα	85	83,5	82,5	81,5	80,5	79,5	70,5	78,5	77,5
Θερμοκρασία δοχείου μέ σφιχτό περίβλημα	85	83	81	80	78,5	77	75,5	74	72,5

Παριστάνουμε γραφικά τή μεταβολή τής θερμοκρασίας σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο στά δύο δοχεία, πάνω στό ίδιο διάγραμμα (είκ. 202).



Εικ. 202

Γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού στα δύο δοχεία σε συνάρτηση με το χρόνο.

α) Θερμοκρασία δοχείου με χαλαρό περίβλημα.

β) Θερμοκρασία δοχείου με σφιχτό περίβλημα.

Συμπεράσματα

Από τη μελέτη της γραφικής παραστάσεως βγαίνει το συμπέρασμα πως η θερμοκρασία του δοχείου με το χαλαρό περίβλημα ελαττώνεται με αργότερο ρυθμό από τη θερμοκρασία του άλλου. Αλλά το χαλαρό περίβλημα κλείνει μέσα στους πόρους του περισσότερο αέρα από το σφιχτό. Σ' αυτόν τον ακίνητο αέρα οφείλεται ο αργός ρυθμός της πτώσεως της θερμοκρασίας.

Άρα τα αέρια είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας. Την ιδιότητα αυτή την εκμεταλλευόμαστε στις θερμικές μονώσεις.

Ἡ ἀκτινοβόλος θερμότητα, πού ἐκπέμπει ἓνα σῶμα, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τῆς ἐπιφάνειάς του

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας τρίποδας θερμάνσεως.
2. Ἕνα πλέγμα ἀμίαντου.
3. Ἕνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
4. Ἕνα ποτήρι 400 ml.
5. Μία σειρά τριῶν μεταλλικῶν δοχείων (ΘΕ 110.0).
6. Δυὸ θερμόμετρα -10°C ὡς 110°C .
7. Ἕνα πλαστικό σφουγγάρι.
8. Δυὸ μανταλάκια ρούχων.

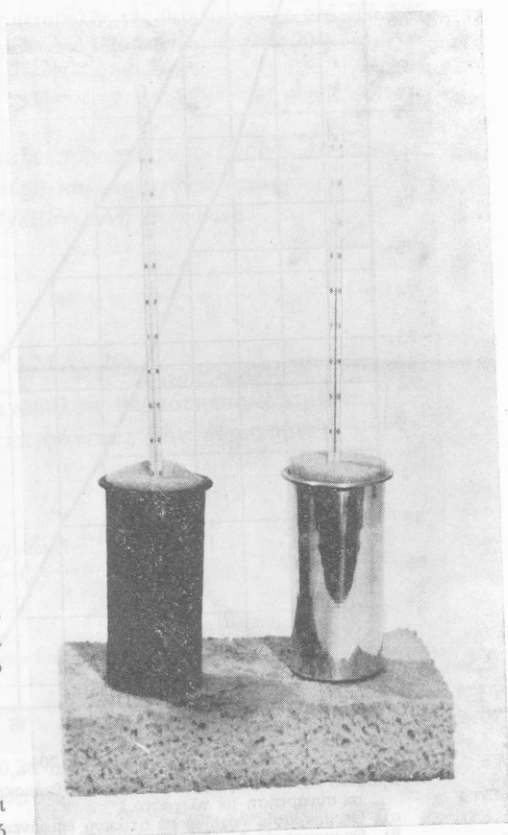
Εἰκ. 203

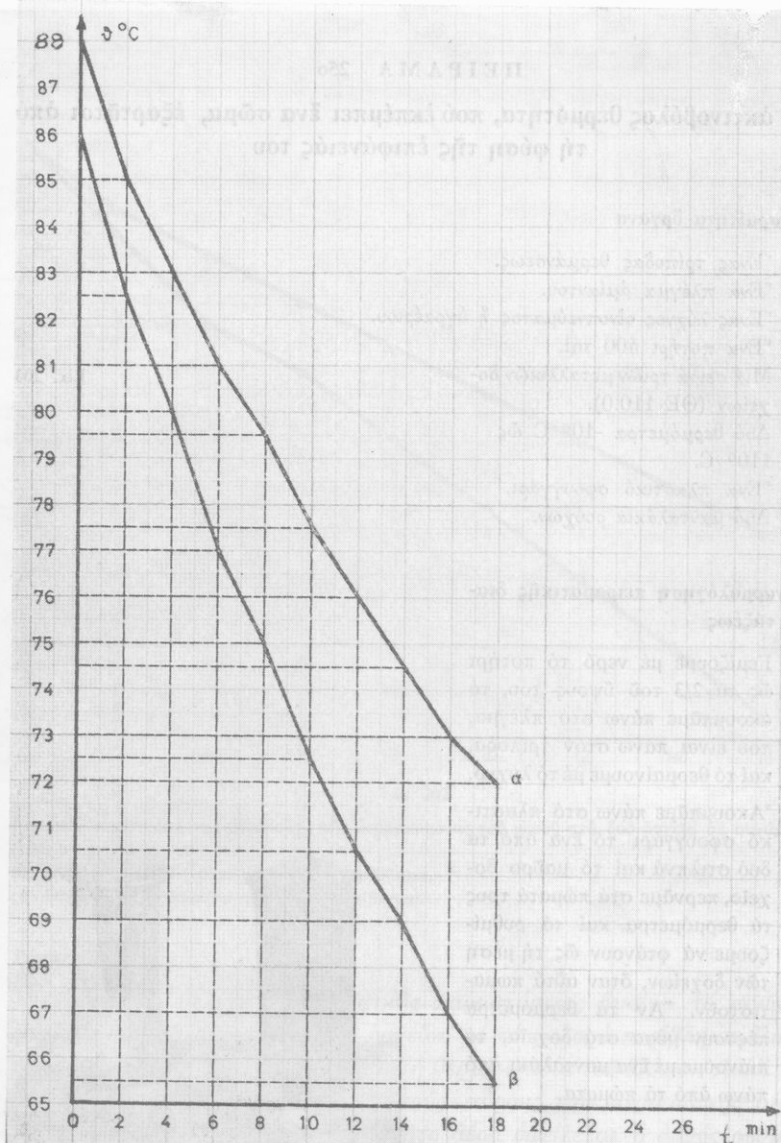
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διάταξης

- α) Γεμίζουμε μὲ νερὸ τὸ ποτήρι ὡς τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ ὕψους του, τὸ ἀκουμπάμε πάνω στὸ πλέγμα, πού εἶναι πάνω στὸν τρίποδα, καὶ τὸ θερμαίνουμε μὲ τὸ λύχνο.
- β) Ἀκουμπάμε πάνω στὸ πλαστικό σφουγγάρι τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δυὸ στιλπνά καὶ τὸ μαῦρο δοχεῖο, περνᾶμε στὰ πόματα τοὺς τὰ θερμόμετρα καὶ τὰ ρυθμίζουμε νὰ φτάνουν ὡς τὴ μέση τῶν δοχείων, ὅταν αὐτὰ πωματιστοῦν. Ἄν τὰ θερμόμετρα πέφτουν μέσα στὰ δοχεῖα, τὰ πιάνουμε μὲ ἓνα μανταλάκι ἀπὸ πάνω ἀπὸ τὰ πόματα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἀφήνουμε τὸ νερὸ νὰ βράσει καὶ μετὰ γεμίζουμε μὲ τὸ θερμὸ





Εικ. 204

Γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού στα δύο δοχεία
σε συνάρτηση με το χρόνο.

- α) Θερμοκρασία δοχείου με στιλπνή επιφάνεια.
β) Θερμοκρασία δοχείου με μαύρη επιφάνεια.

αυτό νερό τά δυό δοχεῖα ὥς τά $\frac{2}{3}$ περίπου τοῦ ὕψους τους. Πωματίζουμε τά δοχεῖα καί διαβάζουμε τίς ἐνδείξεις τῶν δυό θερμομέτρων (εἰκ. 203). Παρακολουθοῦμε τή μεταβολή τῆς θερμοκρασίας στά δυό δοχεῖα σέ ἴσα χρονικά διαστήματα π.χ. κάθε δυό λεπτά καί φτιάχνουμε τόν πῶ κάτω πίνακα:

Χρόνος σέ min	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Θερμοκρασία δοχείου μέ στιλπνή ἐπιφάνεια	88	85	83	81	79,5	77,5	76	74,5	73	72
Θερμοκρασία δοχείου μέ μαύρη ἐπιφάνεια	86	82,5	80	77	75	72,5	70,5	69	67	65,5

Κατασκευάζουμε τήν καμπύλη τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας στά δυό δοχεῖα σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο πάνω στό ἴδιο διάγραμμα (εἰκ. 204).

Συμπέρασμα

Ἀπό τή μελέτη τῆς γραφικῆς παραστάσεως βγαίνει τό συμπέρασμα πώς τό δοχεῖο μέ τή μαύρη καί τραχιά ἐπιφάνεια ἀκτινοβολεῖ ταχύτερα ἀπό τό ἄλλο πού ἔχει στιλπνή ἐπιφάνεια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 26ο

Ἡ ἀπορρόφηση τῆς ἀκτινοβόλου θερμότητας ἐξαρτᾶται ἀπό τή φύση τῆς ἐπιφάνειας τῶν σωμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά σειρά τριῶν μεταλλικῶν δοχείων (ΘΕ 110.0).
2. Δυό θερμομέτρα -10°C ὡς 110°C .
3. Ἐνα πλαστικό σφουγγάρι.
4. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
5. Μιά ἡλεκτρική θερμάστρα ἢ λάμπα ὑπερέυθρης ἀκτινοβολίας 200-300 W ἐπάνω σέ μεταλλικό στέλεχος.
6. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
7. Μιά βάση χυτοσιδερένης.
8. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
9. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
10. Δυό μανταλάκια ρούχων.

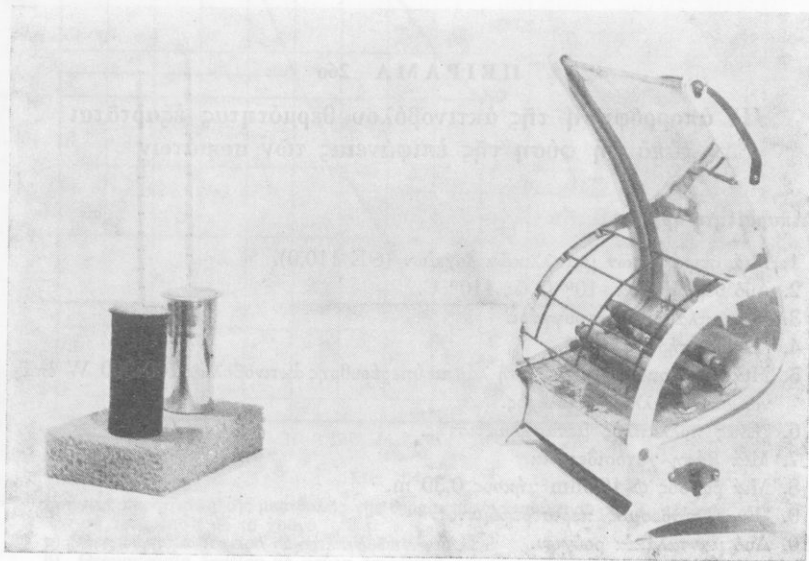
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

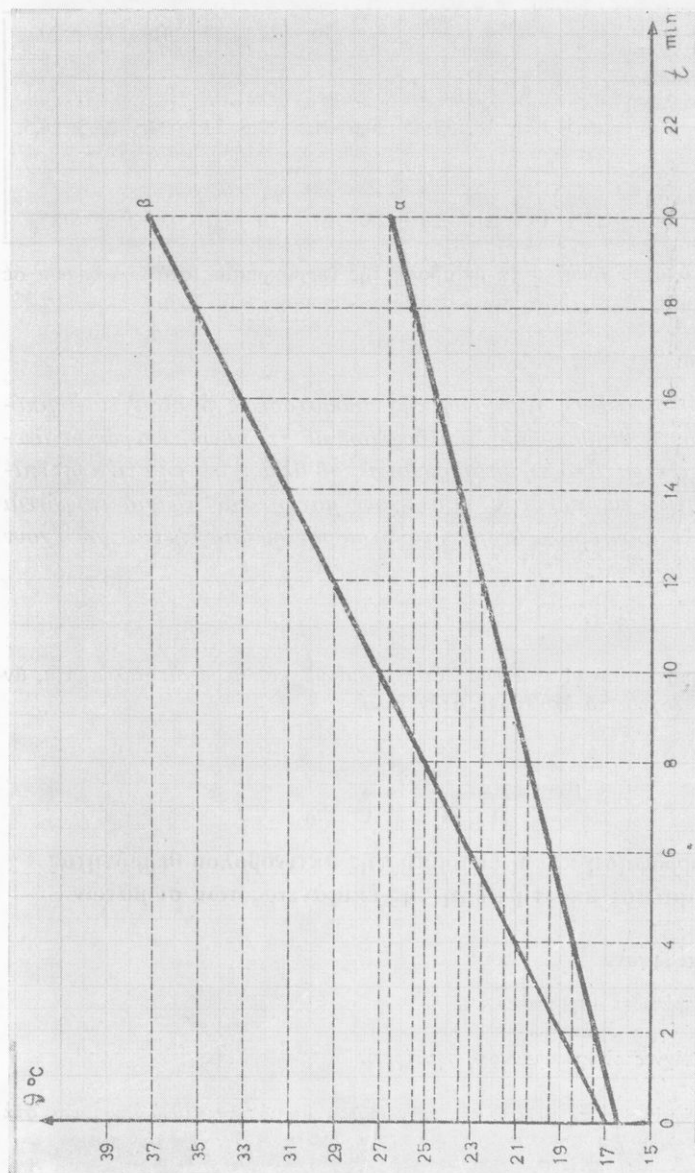
- α) Ἀκουμπάμε πάνω στό πλαστικό σφουγγάρι τό ἕνα στυλινό καί τό μαύρο δοχεῖο καί τά γεμίζουμε νερό ὥς τά $2/3$ τοῦ ὕψους τους. Περνάμε στά πόματα τά θερμόμετρα καί τά ρυθμίζουμε νά φτάνουν ὥς τή μέση τῶν δοχείων. Ἐάν τά θερμόμετρα πέφτουν μέσα στά δοχεῖα, τά πιάνουμε μέ ἕνα μανταλάκι ἀπό πάνω ἀπό τά πόματα.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν $0,30\text{ m}$ καί πάνω σ' αὐτή τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο, μέ τόν ὁποῖο συγκρατοῦμε ὀριζόντια ἀπό τό στέλεχος τή λάμπα ὑπερέρυθρης ἀκτινοβολίας. Ρυθμίζουμε τό ὕψος τοῦ συνδέσμου καί τή θέση τῆς βάσεως ἔτσι, πού ἡ λάμπα νά βρίσκεται ἀπέναντι στά δοχεῖα σέ ἀπόσταση γύρω στά 25 cm καί ἡ ἀκτινοβολία πού ἐκπέμπει νά προσπίπτει τό ἴδιο καί στά δύο δοχεῖα. Ἐάν χρησιμοποιήσουμε ἠλεκτρική θερμάστρα, τή βάζουμε σέ ἀνάλογη θέση.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Τροφοδοτοῦμε τή λάμπα ὑπερέρυθρης ἀκτινοβολίας ἀπό τό μετασχηματιστή μέ τάση 110 V ἢ τή θερμάστρα ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως (220 V) καί παρακολουθοῦμε τήν αὐξηση τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ στά δύο δοχεῖα σέ ἴσους χρόνους π.χ. κάθε δύο λεπτά (εἰκ. 205). Ἐτσι φτιάχνουμε τόν πίνακα τῆς σελίδας 290.

Εἰκ. 205





Εκκ. 206

Γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού στα δύο δοχεία σε συνάρτηση με το χρόνο.
 α) Θερμοκρασία δοχείου με στέπνη επιφάνεια.
 β) Θερμοκρασία δοχείου με μάρνη επιφάνεια.

Χρόνος σε min	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20.
Θερμοκρασία δοχείου με στιλπνή επιφάνεια	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	25,5	26,5.
Θερμοκρασία δοχείου με μαύρη επιφάνεια	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37.

Παριστάνουμε γραφικά τη μεταβολή της θερμοκρασίας στα δύο δοχεία σε συνάρτηση με το χρόνο πάνω στο ίδιο διάγραμμα (είκ. 206).

Συμπέρασμα

Από τη μελέτη της γραφικής παραστάσεως βγαίνει το συμπέρασμα πως η θερμοκρασία του δοχείου με τη μαύρη επιφάνεια ανεβαίνει ταχύτερα από τη θερμοκρασία του άλλου με τη στιλπνή επιφάνεια. Άρα τα σώματα που έχουν μαύρη και τραχιά επιφάνεια απορροφούν ακτινοβολία θερμότητα περισσότερο από εκείνα που έχουν στιλπνή επιφάνεια.

Σημείωση

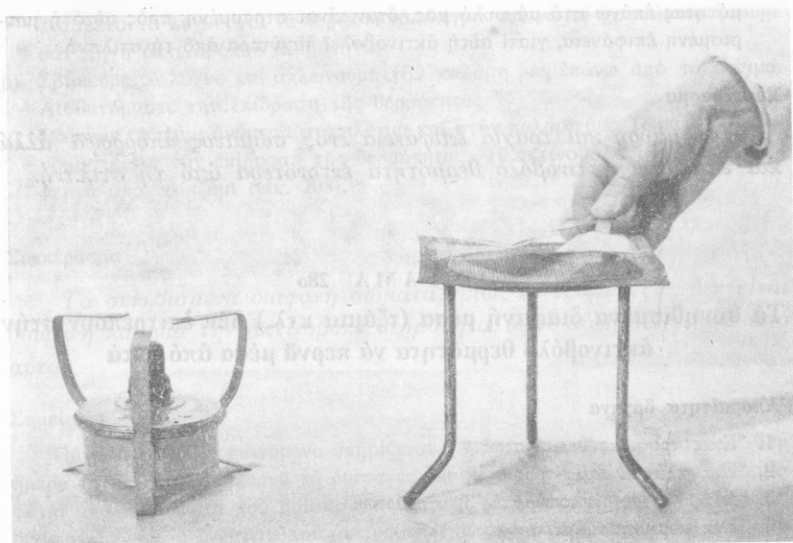
Το πείραμα αυτό γίνεται ευκολότατα και με καλύτερα αποτελέσματα, αν τα δύο δοχεία τα εκθέσουμε στον ήλιο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 27ο

Η απορρόφηση και η έκπομπή της ακτινοβολού θερμότητας εξαρτάται από τη φύση της επιφάνειας των σωμάτων

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
2. Ένα πλέγμα αμίαντου.
3. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή υγραέριου.
4. Ένα κερί.
5. Ένα όργανο για τη μελέτη της ακτινοβολού θερμότητας (δύο ελάσματα στα άκρα ψαλίδας).
6. Θερμοσκοπικό χαρτί.



Εικ. 207

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Άκουμπάμε το πλέγμα άμιάντου πάνω στον τρίποδα και από κάτω βάζουμε αναμμένο τό λύχνο, για νά πυρώσει τό πλέγμα και νά τό χρησιμοποιήσουμε σάν πηγή άκτινοβόλου θερμότητας.
- β) Μέ τό κερί καπνίζουμε τή μιά όψη του ενός έλάσματος του όργάνου για τή μελέτη τής άκτινοβόλου θερμότητας.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κόβουμε δυό κομματάκια θερμοσκοπικού χαρτιού και τά στρώνουμε πάνω στά έλάσματα του όργάνου. Άφού πυρώσει τό πλέγμα, σβήνουμε τό λύχνο και πλησιάζουμε τό όργανο στο πυρωμένο πλέγμα σέ απόσταση 1-2 cm μέ τά έλάσματα παράλληλα προς τό πλέγμα και τή μαύρη επιφάνεια προς τά κάτω. Παρατηρούμε πώς αλλάζει χρώμα πρώτα τό θερμοσκοπικό χαρτί που είναι από πάνω από τή μαυρισμένη επιφάνεια (εικ. 207).
- β) Άνάβουμε πάλι τό λύχνο κάτω από τό πλέγμα. Άνοίγουμε τήν ψαλίδα των δυό έλασμάτων έτσι, που τά στελέχη της νά αποτελέσουν εϋθεια γραμμή, και άκουμπάμε τό μαυρισμένο έλασμα πάνω στο πλέγμα μέ τή μαυρισμένη επιφάνεια προς τά πάνω. Άφού πυρώσει τό έλασμα, τό πλησιάζουμε στο μάγουλό μας, πρώτα από τή στιλπνή επιφάνεια και έπειτα από τή μαυρισμένη. Παρατηρούμε πώς αισθανόμαστε πολύ έντονότερα τήν επίδραση τής θερ-

μότητας επάνω στο μάγουλό μας, όταν είναι στραμμένη προς αυτό ή μαυρισμένη επιφάνεια, γιατί αυτή ακτινοβολεί ταχύτερα από τη στυλπνή.

Συμπέρασμα

Ἡ μαύρη καί τραχιά ἐπιφάνεια ἐνός σώματος ἀπορροφᾷ ἀλλὰ καί ἐκπέμπει ἀκτινοβόλο θερμότητα ἐντονότερα ἀπὸ τῇ στυλπνῇ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 28ο

Τά συνηθισμένα διαφανή μέσα (τζάμια κτλ.) δέν ἐπιτρέπουν στήν ἀκτινοβόλο θερμότητα νά περνᾷ μέσα ἀπὸ αὐτά

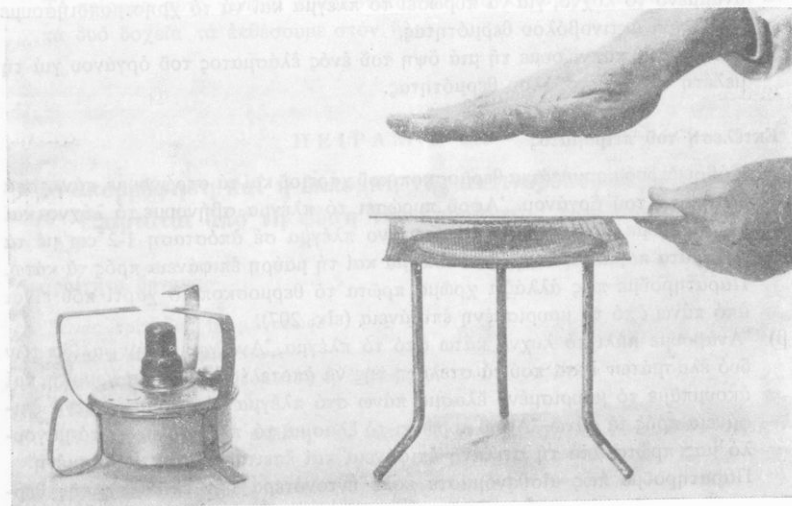
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας τρίποδας θερμάνσεως.
2. Ἕνα πλέγμα ἀμιάντου.
3. Ἕνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραρίου.
4. Ἕνα κομμάτι τζάμι.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Ἀκουμπᾶμε τό πλέγμα ἀμιάντου πάνω στὸν τρίποδα καί ἀπὸ κάτω βάζουμε

Εἰκ. 208



ἀναμμένο τό λύχνο, γιά νά πυρώσει τό πλέγμα καί νά τό χρησιμοποιήσουμε σάν πηγή ἀκτινοβόλου θερμότητας.

- β) Σβήνουμε τό λύχνο καί ἀπλώνουμε τήν παλάμη μας ἐπάνω ἀπό τό πλέγμα. Αἰσθανόμαστε τήν ἐπίδραση τῆς θερμότητας.
- γ) Βάζουμε τό τζάμι ἀνάμεσα στό πλέγμα καί στήν παλάμη μας. Τώρα δέν αἰσθανόμαστε πιά τήν ἐπίδραση τῆς θερμότητας. Ἡ ἀκτινοβόλος θερμότητα δέν περνᾷ ἀπό τό τζάμι (εἰκ. 208).

Συμπέρασμα

Τά συνηθισμένα διαφανή σώματα, ὅπως τό τζάμι κτλ., δέν εἶναι διαφανή καί γιά τήν ἀκτινοβόλο θερμότητα, ἀφοῦ αὐτή δέν περνᾷ ἀπό αὐτά.

Σημείωση

Πάνω σ' αὐτό τό φαινόμενο στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν θερμοκήπιων. Τήν ἡμέρα τό ἥλιακό φῶς περνᾷ τό διαφανές περίβλημα τοῦ θερμοκήπιου, ἀπορροφᾷται ἀπό τά σώματα πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτό καί τά θερμαίνει. Μετά τή δύση τοῦ ἡλίου ἡ ἐνέργεια πού ἀκτινοβολεῖται ἀπό τό ἐσωτερικό τοῦ θερμοκήπιου (ἀκτινοβόλος θερμότητα) δέν μπορεῖ νά περάσει τό διαφανές περίβλημα καί ἔτσι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἐσωτερικοῦ παραμένει σχετικά ψηλή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 29ο

Τό ποσό τῆς θερμότητας πού παίρνει ἓνα θερμαινόμενο σῶμα εἶναι ἀνάλογο μέ τή μάζα τοῦ σώματος καί μέ τή μεταβολή τῆς θερμοκρασίας

Ἀπαραίτητα ὄργανα

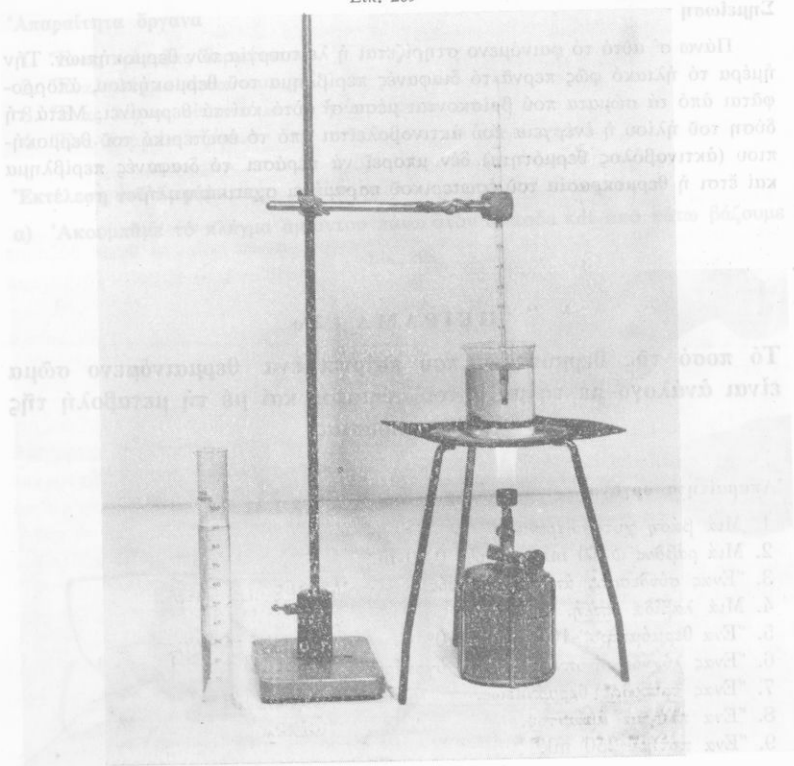
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Ἐνα θερμομέτρο -10° C ὥς 110° C.
6. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
7. Ἐνας τρίποδας θερμάνσεως.
8. Ἐνα πλέγμα ἀμίαντου.
9. Ἐνα ποτήρι 250 ml.

10. Ένα ποτήρι 100 ml.
11. Ένας δγκομετρικός κύλινδρος 250 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m, πάνω σ' αυτή και στο μέσο του ύψους της τόν άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν την άπλή λαβίδα. Μέ τη λαβίδα συγκρατούμε κατακόρυφα τό θερμόμετρο.
- β) Μέ τόν δγκομετρικό κύλινδρο βάζουμε 180 cm³ νερό μέσα στό ποτήρι των 250 ml καί 90 cm³ νερό μέσα στό ποτήρι των 100 ml.
- γ) Γεμίζουμε τελείως μέ οινόπνευμα τό λύχνο καί κανονίζουμε τό ύψος τοῦ φιλιοῦ τόσο, πού, όταν τόν ανάψουμε καί τόν βάλουμε κάτω από τόν τρίποδο, ή κορυφή της φλόγας μόλις νά ἀγγίζει τό πλέγμα. Έτσι ρυθμίζουμε καί τό

Εικ. 209



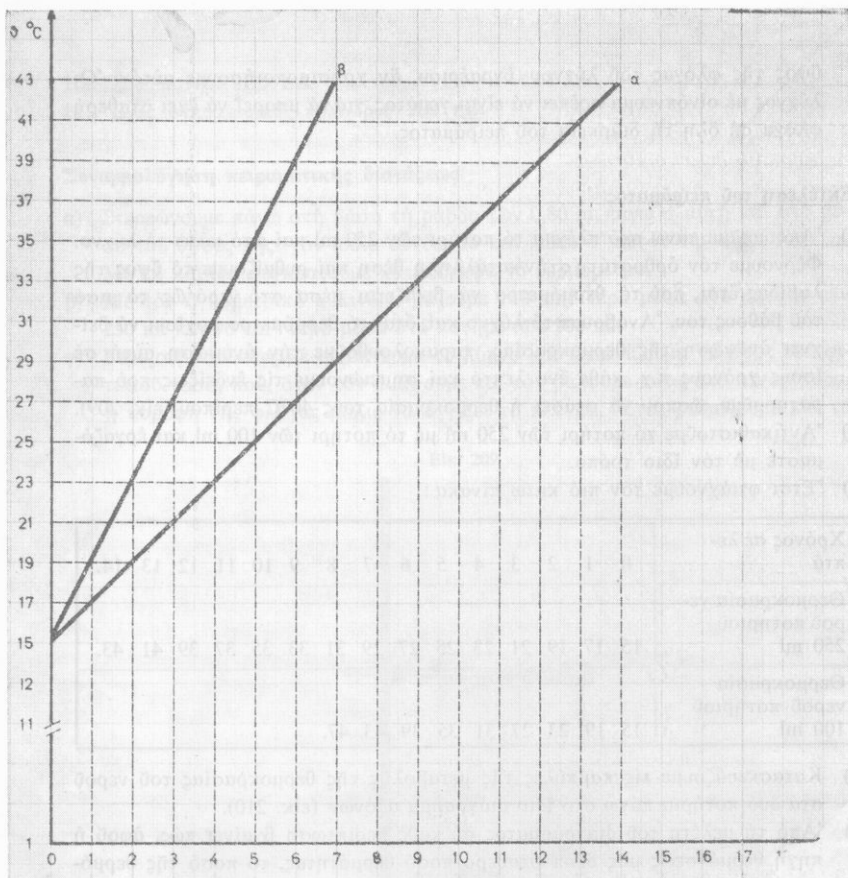
Ύψος της φλόγας του λύχνου υγραέριου, αν χρησιμοποιήσουμε αυτόν. Οι λύχνος με οινόπνευμα πρέπει να είναι γεμάτος, για να μπορεί να έχει σταθερή φλόγα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Έκτελεση του πειράματος

- Ακουμπάμε πάνω στο πλέγμα το ποτήρι των 250 ml και από κάτω το λύχνο. Φέρνουμε τον ὀρθοστάτη στην κατάλληλη θέση και ρυθμίζουμε το ὕψος της λαβίδας έτσι, πού τό θερμόμετρο νά βυθίζεται μέσα στό νερό ὡς τό μισό τοῦ βάρους του. Ἀνάβουμε τό λύχνο καί, ὅταν τό θερμόμετρο ἀρχίσει νά δείχνει ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας, παρακολουθοῦμε τήν ἀνύψωση αὐτή σέ ἴσους χρόνους π.χ. κάθε ἓνα λεπτό καί σημειώνουμε τίς ἐνδείξεις πού παρατηροῦμε, ὥσπου νά φτάσει ἡ θερμοκρασία τούς 40°C περίπου (εἰκ. 209).
- Ἀντικαθιστοῦμε τό ποτήρι των 250 ml μέ τό ποτήρι των 100 ml καί ἐργαζόμαστε μέ τόν ἴδιο τρόπο.
- Ἔτσι φτιάχνουμε τόν πῶ κάτω πίνακα :

Χρόνος σέ λεπτά	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14.
Θερμοκρασία νεροῦ ποτηριοῦ 250 ml	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43.
Θερμοκρασία νεροῦ ποτηριοῦ 100 ml	15	19	23	27	31	35	39	43	47.						

- Κατασκευάζουμε τίς καμπύλες τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας τοῦ νεροῦ στά δύο ποτήρια πάνω στό ἴδιο διάγραμμα ἀξόνων (εἰκ. 210).
- Ἀπό τή μελέτη τοῦ διαγράμματος σέ κάθε περίπτωση βγαίνει πῶς, ἀφοῦ ἡ πηγὴ θερμάνσεως μᾶς δίνει σταθερό ποσό θερμότητας, τό ποσό τῆς θερμότητας πού ἀπορρόφησε τό σῶμα (ποτήρι - νερό), γιά νά θερμανθεῖ ἀπό 15°C στούς 43°C, εἶναι ἀνάλογο μέ τή μεταβολή τῆς θερμοκρασίας. Σέ διπλάσιο χρόνο ἡ πηγὴ μᾶς δίνει διπλάσιο ποσό θερμότητας, ἀλλά καί ἡ ἀνύψωση τῆς θερμοκρασίας εἶναι διπλάσια. Πάνω στόν ἄξονα τῶν χρόνων οἱ ἀριθμοί 1,2,3... μποροῦν νά θεωρηθοῦν πῶς παριστάνουν ποσά θερμότητας, ὁπότε βλέπουμε ὅτι τό ποσό τῆς θερμότητας, πού ἀπορροφᾷ τό σῶμα, εἶναι γραμμική συνάρτηση τῆς θερμοκρασίας. Ἀπό τή συγκριτικὴ μελέτη τῶν γραφικῶν παραστάσεων στίς δύο περιπτώσεις βγαίνει τό συμπέρασμα πῶς στόν ἴδιο χρόνο, πού ἡ πηγὴ ἔδωσε τό ἴδιο ποσό θερμότητας, ἡ θερμοκρασία τοῦ ποτηριοῦ τῶν 250ml ἀνεβαίνει κατὰ 2°C, ἐνῶ ἡ θερμοκρασία τοῦ ποτηριοῦ τῶν 100 ml ἀνεβαίνει κατὰ 4°C, ἀλλά ἡ μάζα τοῦ νεροῦ τοῦ δευτέρου ποτηριοῦ εἶναι τό μισό τῆς μάζας τοῦ πρώτου· ἐπίσης ἡ μάζα τοῦ ποτηριοῦ (γυαλιοῦ) τῶν 100 ml εἶναι περίπου τό μισό τῆς μάζας τοῦ ποτηριοῦ τῶν 250 ml. Γιά τήν ἴδια ἀνύψωση τῆς



Εκκ. 210

Γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας του νερού στα δύο ποτήρια σε συνάρτηση με το χρόνο.

α) Θερμοκρασία νερού ποτηριού 250 ml.

β) Θερμοκρασία νερού ποτηριού 100 ml.

θερμοκρασίας του νερού στα δύο ποτήρια π.χ. από 23°C σε 27°C το σώμα διπλάσιας μάζας (ποτήρι 250 ml + 180 cm^3 νερό) χρειάζεται διπλάσιο χρόνο του άλλου σώματος (ποτήρι 100 ml + 90 cm^3 νερό), ήρα καί διπλάσιο ποσό θερμότητας.

Συμπέρασμα

Τό ποσό της θερμότητας πού απορροφά ένα σώμα, για νά θερ-

μανθει από μία θερμοκρασία σε μία άλλη, είναι ανάλογο με τη μάζα του σώματος και τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

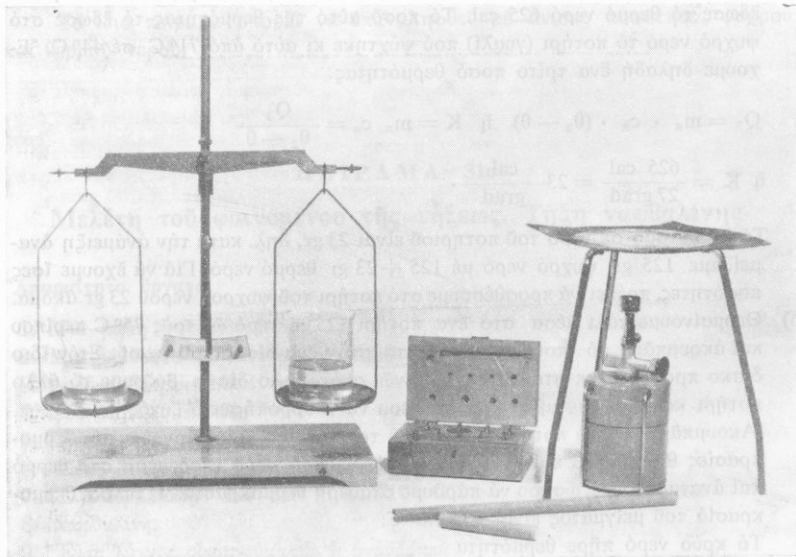
ΠΕΙΡΑΜΑ 306

Κατά την ανάμειξη δυο ποσοτήτων νερού διαφορετικής θερμοκρασίας το ποσό της θερμότητας που χάνει το θερμότερο νερό είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας που παίρνει το ψυχρότερο

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας λύχνος οινόπνευματος ή υγραέριου.
2. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
3. Ένα πλέγμα αμίαντου.
4. Δυο ποτήρια 250 ml.
5. Ένας ζυγός.
6. Ένα κουτί με σταθμά.
7. Ένα θερμόμετρο -10°C ως 110°C .

Εικ. 211



Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ζυγίζουμε το ποτήρι άδειο και βρίσκουμε τη μάζα του 70 gr. Έπειτα ρίχνουμε μέσα 125 gr νερό, το άκουμπάμε πάνω στο πλέγμα, που από πριν έχουμε τοποθετήσει πάνω στον τρίποδα, και το θερμαίνουμε με το λύχνο ως τους 75° C περίπου.
- β) Βάζουμε το ποτήρι με το θερμό νερό μέσα στον ένα δίσκο του ζυγοῦ, ενώ στον άλλο βάζουμε το άλλο ποτήρι, και προσθέτουμε κρύο νερό, ώσπου ο ζυγός νά ισορροπήσει.
- γ) Άκουμπάμε τώρα τά δύο ποτήρια πάνω στο τραπέζι μας και παίρνουμε τίς θερμοκρασίες πρώτα του ψυχροῦ νεροῦ (θ_1) καί ἔπειτα τοῦ θερμοῦ (θ_2). Χύνουμε ἀμέσως τό ψυχρό νερό μέσα στό θερμό, τό ἀναταράζουμε μέ τό θερμόμετρο καί παίρνουμε τήν τελική θερμοκρασία τοῦ μείγματος (θ). Στό πείραμά μας βρήκαμε $\theta_1 = 12^\circ \text{C}$, $\theta_2 = 71^\circ \text{C}$ καί $\theta = 44^\circ \text{C}$.
Τό κρύο νερό πήρε θερμότητα

$$Q_1 = mc(\theta - \theta_1) = 125 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} \cdot 32 \text{ grad} = 4000 \text{ cal.}$$

Τό θερμό νερό ἔδωσε θερμότητα

$$Q_2 = mc(\theta_2 - \theta) = 125 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} \cdot 27 \text{ grad} = 3375 \text{ cal.}$$

Φαίνεται πώς τό ψυχρό νερό πήρε θερμότητα περισσότερη ἀπό ἐκείνη πού ἔδωσε τό θερμό νερό 625 cal. Τό ποσό αὐτό τῆς θερμότητας τό ἔδωσε στό ψυχρό νερό τό ποτήρι (γυαλί) πού ψύχτηκε κι αὐτό ἀπό 71° C σέ 44° C. Ἔχουμε δηλαδή ἕνα τρίτο ποσό θερμότητας

$$Q_3 = m_\pi \cdot c_\pi \cdot (\theta_2 - \theta) \quad \text{ἢ} \quad K = m_\pi c_\pi = \frac{Q_3}{\theta_2 - \theta}$$

$$\text{ἢ} \quad K = \frac{625 \text{ cal}}{27 \text{ grad}} = 23 \frac{\text{cal}}{\text{grad}}.$$

Τό ἰσοδύναμο σέ νερό τοῦ ποτηριοῦ εἶναι 23 gr, δηλ. κατά τήν ἀνάμειξη ἀναμείξαμε 125 gr ψυχρό νερό μέ 125 + 23 gr θερμό νερό. Γιά νά ἔχουμε ἴσες ποσότητες, πρέπει νά προσθέσουμε στό ποτήρι τοῦ ψυχροῦ νεροῦ 23 gr ἀκόμα.

- δ) Θερμαίνουμε πάλι μέσα στό ἕνα ποτήρι 125 gr νερό ως τοῦς 75° C περίπου καί άκουμπάμε τό ποτήρι αὐτό μέσα στόν ἕνα δίσκο τοῦ ζυγοῦ. Στόν ἴδιο δίσκο προσθέτουμε σταθμά 23 gr, ἐνῶ στόν ἄλλο δίσκο βάζουμε τό ἄλλο ποτήρι καί χύνουμε μέσα νερό, ὥσπου νά ισορροπήσει ὁ ζυγός.
- Άκουμπάμε τά δύο ποτήρια πάνω στό τραπέζι μας καί παίρνουμε τίς θερμοκρασίες $\theta_1 = 12^\circ \text{C}$ καί $\theta_2 = 68^\circ \text{C}$. Χύνουμε τό κρύο νερό μέσα στό θερμό καί ἀναταράζουμε, ὥσπου νά πάρουμε σταθερή θερμοκρασία. Ἡ τελική θερμοκρασία τοῦ μείγματος εἶναι $\theta = 40^\circ \text{C}$.
Τό κρύο νερό πήρε θερμότητα

$$Q_1 = mc(\theta - \theta_1) = 148 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \cdot 28 \text{ grad} = 4144 \text{ cal}.$$

Τό θερμό νερό έδωσε θερμότητα

$$Q_2 = mc(\theta_2 - 0) = 148 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \cdot 28 \text{ grad} = 4144 \text{ cal} \text{ ή } \delta\sigma\eta \text{ π}\eta\rho\epsilon \text{ } \tau\acute{o} \text{ } \psi\upsilon\chi\rho\acute{o} \text{ } \nu\epsilon\rho\acute{o}.$$

Οί απώλειες θερμότητας στό περιβάλλον, όταν οί μετρήσεις γίνονται γρήγορα, δέν έχουν αισθητή επίδραση στό αποτέλεσμα.

Συμπέρασμα

Κατά τήν ανάμειξη δυό ποσοτήτων νερού διαφορετικής θερμοκρασίας τό θερμό νερό, γιά νά ψυχτεῖ, δίνει τόση ποσότητα θερμότητας, ὅση παίρνει τό ψυχρό νερό, γιά νά θερμανθεῖ ὡς τή θερμοκρασία τῆς θερμικῆς ισορροπίας. Τό ἴδιο συμβαίνει, ἂν ἀναμείξουμε ὅποιαδήποτε σώματα μέ ὅποιαδήποτε μάζα καί θερμοκρασία. Μετά τή θερμική ισορροπία τά σώματα πού ψύχτηκαν ἔδωσαν τόση συνολικά θερμότητα, ὅση πῆραν τά σώματα πού θερμάνθηκαν.

Σημείωση

Τό ἴδιο πείραμα μπορεῖ νά ἐπαναληφθεῖ μέ ἄνισες ποσότητες ψυχροῦ καί θερμοῦ νεροῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 31ο

Μελέτη τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως. Τήξη ναφθαλίνης

*Απαραίτητα ὄργανα

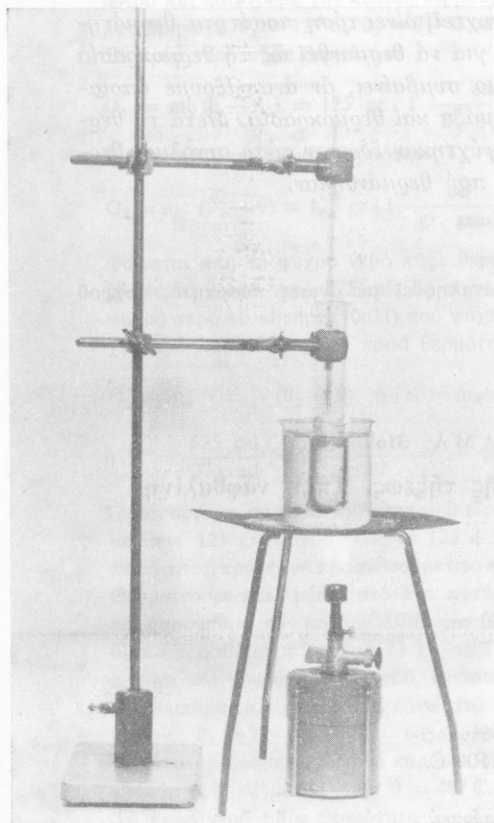
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες ἁπλές.
5. Ἕνα ποτῆρι 400 ml.
6. Ἕνας δοκιμαστικός σωλήνας εὐρύστομος.
7. Ἕνα θερμόμετρο ἀπό -10°C ὡς 110°C .
8. Ναφθαλίνη.
9. Ἕνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.

10. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
11. Ένα πλέγμα άμιαντού.
12. Βαμπάκι.
13. Λαστιχάκια συσκευασίας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι ως τά 2/3 τοῦ ὕψους του μέ νερό καί τό άκουμπάμε πάνω στό πλέγμα, πού άπό πρίν έχουμε τοποθετήσει στόν τρίποδα.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή, σέ ὕψη 40 cm καί 50 cm περίπου, συνδέουμε μέ τούς συνδέσμους τίς δύο λαβίδες.

Εικ. 212



γ) Γεμίζουμε ως τό μέσο μέ ναφθαλίνη τό δοκιμαστικό σωλήνα καί τόν συγκρατοῦμε μέ τή χαμηλότερη λαβίδα τοῦ ὀρθοστάτη. Φέρνουμε τόν ὀρθοστάτη στήν κατάλληλη θέση καί ρυθμίζουμε τό ὕψος τοῦ συνδέσμου τόσο, πού ὁ δοκιμαστικός σωλήνας νά βυθίζεται μέσα στό νερό τοῦ ποτηριοῦ. Βυθίζουμε τό θερμόμετρο μέσα στή ναφθαλίνη καί τό συγκρατοῦμε μέ τήν ἄλλη λαβίδα.

- δ) Ἄν ὁ λύχνος μας εἶναι μέ οἰνόπνευμα, τόν γεμίζουμε τελείως, γιά νά μᾶς δίνει ἡ φλόγα του σταθερό ποσό θερμότητας σέ ὅλη τή διάρκεια τοῦ πειράματος.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ρυθμίζουμε τό ὕψος τοῦ φτιλιοῦ τοῦ λύχνου τόσο, πού ἡ κορυφή τῆς φλόγας νά ἀγγίζει τό πλέγμα άμιαντού κάτω άπό τόν πυθμένα τοῦ ποτηριοῦ (εἰκ. 212). Τό ἴδιο ρυθμίζουμε τό ὕψος τῆς φλόγας τοῦ λύχνου ὑγραέριου, ἄν χρησιμοποιήσουμε αὐτόν. Ὅταν τό θερμόμετρο δείξει γύρω στούς 20°C, ἀρχί-

ζουμε νά παρακολουθοῦμε τήν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας σέ ἴσους χρόνους π.χ. κάθε ἓνα λεπτό. Φτιάχνουμε κατόπιν τόν πῖο κάτω πίνακα :

Χρόνος σέ min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13.
Θερμοκρασία σέ °C	20	25	30	36	42	48	54	61	67	73	79	79	79	90.

Ὁ πίνακας αὐτός ἔγινε ἀπό τά δεδομένα τοῦ πειράματος, ὅπως αὐτά παρουσιάστηκαν. Παρατηροῦμε πῶς, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἔφτασε τοὺς 79° C, ἡ ναφθαλίνη ἄρχισε νά τήκεται, ἐνῶ ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή, ὥσπου νά τακεῖ ὅλη ἡ ποσότητα τῆς ναφθαλίνης. (Ὅταν ἄρχίσει ἡ τήξη καί γιά νά πετύχουμε τή σταθερότητα τῆς θερμοκρασίας, ἀποσυνδέουμε τό θερμόμετρο ἀπό τή λαβίδα καί μ' αὐτό ταράζουμε τό περιεχόμενο τοῦ δοκιμαστικοῦ σωλήνα.)

- β) Σβήνουμε τό λύχνο καί ἀνεβάζουμε τίς λαβίδες, ὥσπου ὁ σωλήνας νά βγεῖ ἔξω ἀπό τό νερό, καί ἀπομακρύνουμε τόν τρίποδα μέ τό ποτήρι. Τυλίγουμε τό μέρος τοῦ σωλήνα πού ἔχει μέσα τήν ὑγρή ναφθαλίνη μέ βαμπάκι, πού τό δένουμε μέ ἓνα λαστιχάκι συσκευασίας. Αὐτή ἡ ἐργασία πρέπει νά γίνει πολύ γρήγορα. Παρακολουθοῦμε πάλι πῶς μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία σέ ἴσους χρόνους π.χ. κάθε ἓνα λεπτό καί φτιάχνουμε τόν πῖο κάτω πίνακα:

Χρόνος σέ min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Θερμοκρασία σέ °C	85	80	79	79	79	79	78,5	78,5	78	78	77	76	75	74	73	69	64	60

Καί ὁ πίνακας αὐτός ἔγινε ἀπό τά δεδομένα τοῦ παραπάνω πειράματος.

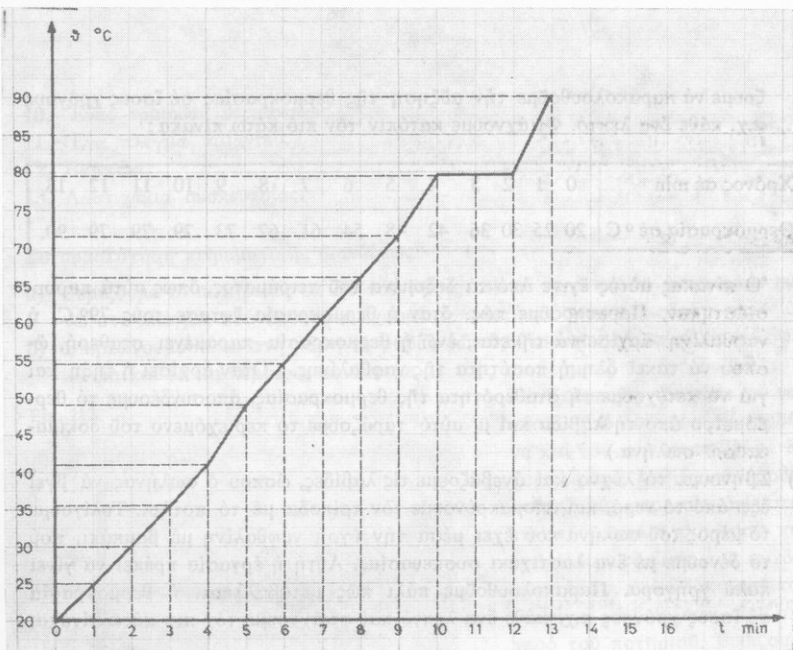
Παρατηροῦμε πῶς ἡ θερμοκρασία, ὅταν ἔφτασε τοὺς 79°C, παρέμεινε γιά λίγο σταθερή. Ἄν σύρουμε πρὸς τά κάτω τό βαμπάκι, θά παρατηρήσουμε πῶς, ὅσο ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή, ἡ ναφθαλίνη πῆζει (στερεοποιεῖται). Ὅταν τελειώσει ἡ πῆξη, ἡ θερμοκρασία πάλι κατεβαίνει.

Τό σταθερό σημεῖο, στό ὁποῖο ἡ ναφθαλίνη τήκεται (79°C), πού συμπίπτει μέ τό σημεῖο, στό ὁποῖο ἡ ναφθαλίνη πῆζει, λέγεται θερμοκρασία τήξεως ἢ πῆξεως τῆς ναφθαλίνης.

Κατασκευάζουμε γραφικά τήν καμπύλη τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο στίς δύο περιπτώσεις (εἰκ. 213 καί εἰκ. 214).

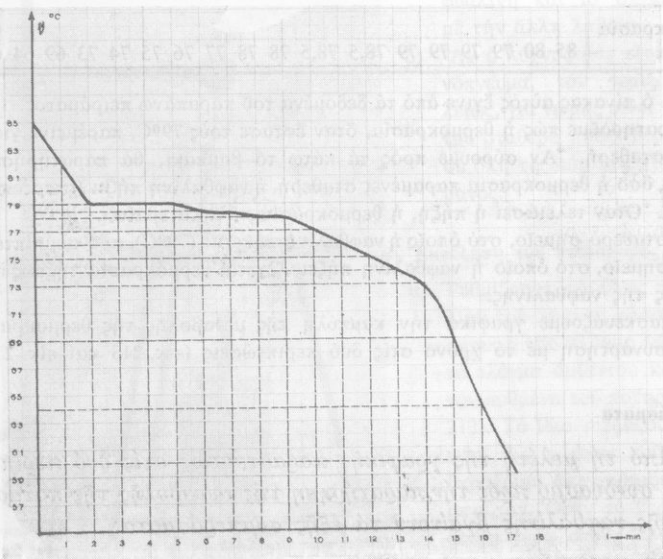
Συμπεράσματα

Ἀπό τή μελέτη τῆς γραφικῆς παραστάσεως στίς δύο περιπτώσεις σέ συνδυασμό πρὸς τήν παρατήρηση τῆς μεταβολῆς τῆς καταστάσεως τῆς ναφθαλίνης βγαίνουν τά ἑξῆς συμπεράσματα:



Εικ. 213

Εικ. 214



- α) Ἡ ναφθαλίνη (ὅπως καὶ κάθε καθαρό στερεό κρυσταλλικό σῶμα) τήκεται σέ ὀρισμένη θερμοκρασία, πού λέγεται θερμοκρασία τήξεως (γιά τή ναφθαλίνη 79°C).
- β) Ἡ ὑγρή ναφθαλίνη (καθώς καὶ κάθε σῶμα), ὅταν ψύχεται, πήζει σέ ὀρισμένη θερμοκρασία, πού λέγεται θερμοκρασία πήξεως (γιά τή ναφθαλίνη 79°C).
- γ) Ἡ θερμοκρασία τήξεως καὶ πήξεως ἑνός σώματος εἶναι ἡ ἴδια.
- δ) Σέ ὅλη τή διάρκεια τῆς τήξεως ἢ τῆς πήξεως ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

Σημείωση

Γιά νά πετύχει τό πείραμα, πρέπει τόσο ἡ θέρμανση ὅσο καὶ ἡ ψύξη νά γίνονται πάρα πολύ σιγά.

Αὐτό γίνεται γιά τή θέρμανση τόσο καλύτερα, ὅσο πιο μικρή φλόγα ἔχουμε στό λύχνο καὶ πιο πολύ νερό στό ποτήρι. Γιά νά γίνει ἡ ψύξη ἀργά, τυλίγουμε τό σωλήνα μέ βαμπάκι.

Εἰκ. 213. Γραφική παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας τῆς ναφθαλίνης σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο κατά τήν τήξη.

Εἰκ. 214. Γραφική παράσταση τῆς μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας τῆς ναφθαλίνης σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο κατά τήν πήξη.

Προσδιορισμός του σημείου τήξεως της ναφθαλίνης

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα ποτήρι 400 ml.
6. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 15-20 cm.
7. Ένα θερμόμετρο -10° C ως 110° C.
8. Ναφθαλίνη.
9. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή ύγραέριου.
10. Ένας τρίποδας θερμάνσεως.
11. Ένα πλέγμα άμίαντου.
12. Λαστιχάκια συσκευασίας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Γεμίζουμε τό ποτήρι ως τά 2/3 του ύψους του μέ νερό καί τό άκουμπάμε πάνω στό πλέγμα, πού από πρίν έχουμε τοποθετήσει στόν τρίποδα.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καί πάνω σ' αυτή καί σέ ύψος 40-50 cm συνδέουμε μέ τό σύνδεσμο τήν άπλή λαβίδα.
- γ) Θερμαίνουμε στή φλόγα του λύχνου, στό μέσο του μήκους του, τό γυάλινο σωλήνα, ώσπου νά μαλακώσει, καί έπειτα τραβάμε τά δύο του άκρα μέ τά χέρια μας, όποτε αυτός γίνεται λεπτός καί τελικά κόβεται στά δύο στήν περιοχή τής θερμάνσεως.
- δ) Όταν ό σωλήνας κρυώσει, παίρνουμε 2-3 κρυσταλλάκια ναφθαλίνη καί τά βάζουμε μέσα στό ένα κομμάτι του σωλήνα στό λεπτό του άκρο (τά κρυσταλλάκια τής ναφθαλίνης πρέπει νά είναι μικρά, γιά νά χωρούν νά περάσουν στό μυτερό άκρο του σωλήνα καί νά μήν είναι περισσότερα από 2-3). Δένουμε μέ ένα λαστιχάκι τό σωλήνα πάνω στό θερμόμετρο σέ τέτοια θέση, πού τό μυτερό άκρο μέ τή ναφθαλίνη νά βρίσκεται κοντά στό θερμομετρικό δοχείο του θερμόμετρου.
- ε) Συγκρατούμε τό θερμόμετρο μέ τή λαβίδα καί ρυθμίζουμε τό ύψος του συνδέσμου τόσο, πού νά βυθιστεί μέσα στό νερό του ποτηριού, προσέχοντας όμως νά μείνει έξω από τό νερό τό πάνω άκρο του σωλήνα.

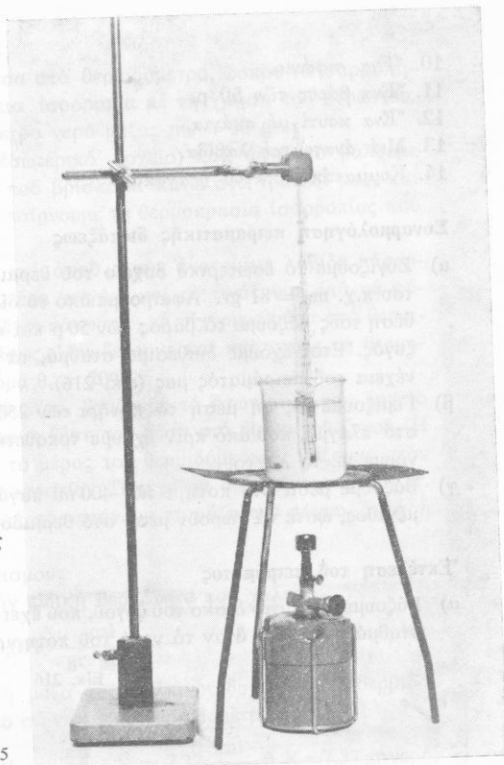
Έκτέλεση του πειράματος

Θερμαίνουμε μέ τό λύχνο τό ποτήρι, άφού ρυθμίσουμε τό ύψος τής φλόγας

τόσο, πού ή κορυφή της λίγο νά άγγίζει τό πλέγμα (είκ. 215). Παρατηρούμε τήν άνύψωση τής θερμοκρασίας μέ τό θερμόμετρο καί μαζί τά κρυσταλλάκια μέσα στό μυτερό τμήμα τοῦ σωλήνα, πού φαίνονται άσπρα. "Όταν ή θερμοκρασία τοῦ νεροῦ φτάσει τό σημεῖο τήξεως τής ναφθαλίνης, δηλ. 79°C , ξαφνικά τά κρυσταλλάκια εξαφανίζονται, γιατί τήκονται καί γίνονται ὑγρό διαφανές σάν τό νερό πού εἶναι γύρω τους.

Συμπέρασμα

Ἡ θερμοκρασία τήξεως τής ναφθαλίνης εἶναι 79°C .



Είκ. 215

ΠΕΙΡΑΜΑ 33ο

Μέτρηση τής θερμότητας τήξεως τοῦ πάγου

*Απαραίτητα ὄργανα

1. "Ενα θερμιδόμετρο.
2. "Ενα θερμόμετρο -10°C ὡς 110°C .
3. "Ενας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
4. "Ενας τρίποδας θερμάνσεως.
5. "Ενα πλέγμα άμίαντου.
6. "Ενα ποτήρι 250 ml.
7. "Ενα ποτήρι 400 ml.
8. "Ενας ζυγός.
9. "Ενα κουτί μέ σταθμά.

10. Ένα σιρόνιο.
11. Ένα βάρος των 50 p.
12. Ένα κουτί μέ σκάγια.
13. Μιά ανατομική λαβίδα.
14. Κομματάκια πάγου (παγάκια).

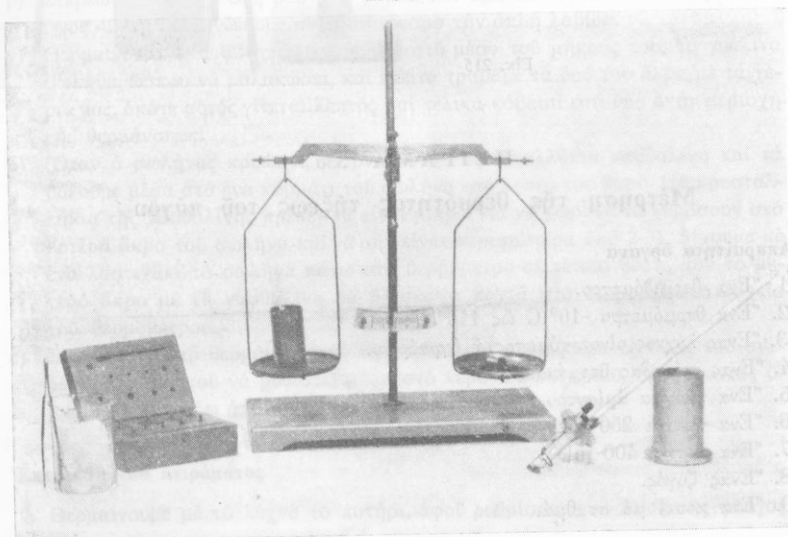
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Ζυγίζουμε τό έσωτερικό δοχείο τοῦ θερμιδόμετρου καί βρίσκουμε τή μάζα του π.χ. $m_s = 81$ gr. Αφαιρούμε από τό δίσκο τοῦ ζυγοῦ τά σταθμά καί στή θέση τους βάζουμε τό βάρος των 50 p καί σκάγια, ὥσπου νά ἰσορροπήσει ὁ ζυγός. Ἐτσι ἔχουμε διαθέσιμα σταθμά, τά ὁποῖα θά μᾶς χρειαστοῦν στή συνέχεια τοῦ πειράματός μας (εἰκ. 216).
- β) Γεμίζουμε ὥς τή μέση τό ποτήρι των 250 ml μέ νερό, τό ἀκουμπᾶμε πάνω στό πλέγμα, πού ἀπό πρίν ἔχουμε τοποθετήσει στόν τρίποδα, καί τό θερμαίνουμε μέ τό λύχνο.
- γ) Βάζουμε μέσα στό ποτήρι των 400 ml παγάκια, πού πρέπει νά ἔχουν τέτοιο μέγεθος, ὥστε νά χωροῦν μέσα στό θερμιδόμετρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Βάζουμε μέσα στό δίσκο τοῦ ζυγοῦ, πού ἔχει τό βάρος των 50 p καί τά σκάγια, σταθμά 30 gr καί, όταν τό νερό τοῦ ποτηριοῦ ἀποκτήσει θερμοκρασία γύρω

Εἰκ. 216



στους 60°C , χύνουμε από αυτό μέσα στο θερμιδόμετρο, ώσπου νά ισορροπήσει ο ζυγός. Πετυχαίνουμε τέλεια ισορροπία με τή χρήση του σιφώνιου. Έτσι έχουμε μέσα στο θερμιδόμετρο νερό μάζας $m_v = 30 \text{ gr}$.

β) Πωματίζουμε τό θερμιδόμετρο (έσωτερικό δοχείο) καί, αφού τό βάλουμε μέσα στο έξωτερικό του δοχείο, πού βρίσκεται πάνω στο τραπέζι μας, καί αναδεύσουμε μέ τόν άναδευτήρα, παίρνουμε τή θερμοκρασία ισορροπίας πού είναι π.χ. $\theta_v = 45^{\circ}\text{C}$.

γ) Έκπωματίζουμε τό θερμιδόμετρο καί, αφού μέ τήν ανατομική λαβίδα πάρουμε, όσο μπορούμε πιό γρήγορα, ένα παγάκι καί τό τινάζουμε, γιά νά φύγουν οί σταγόνες του νερού πού έχει πάνω του, τό ρίχνουμε μέσα στο θερμιδόμετρο καί τό πωματίζουμε άμέσως. Αναδεύουμε καί παίρνουμε τή θερμοκρασία ισορροπίας, πού είναι τώρα $\theta_r = 20^{\circ}\text{C}$.

δ) Έκπωματίζουμε πάλι τό θερμιδόμετρο, βγάζουμε τό έξωτερικό του δοχείο καί τό άκουμπάμε στην προηγούμενη θέση του μέσα στο δίσκο του ζυγού. Ή φάλαγγα του ζυγού γέρνει προς τό μέρος του θερμιδόμετρου. Βάζουμε στόν άλλο δίσκο σταθμά ως τήν ισορροπία. Τά σταθμά αυτά είναι π.χ. 10 gr . Είναι φανερό πώς τά σταθμά αυτά παριστάνουν τή μάζα του πάγου, δηλαδή $m_{\pi} = 10 \text{ gr}$.

ε) Κάνουμε τούς πιό κάτω ύπολογισμούς:

Βρίσκουμε από τούς πίνακες τήν ειδική θερμότητα του χαλκού

$$c_x = 0,091 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}}$$

καί μέ τό στοιχείο αυτό καί τή μάζα του χαλκινού δοχείου του θερμιδόμετρου βρίσκουμε τό ισodύναμο σε νερό του θερμιδόμετρου:

$$K = m_s \cdot c_x \text{ ή } K = 81 \text{ gr} \cdot 0,091 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} = 7,37 \frac{\text{cal}}{\text{grad}} \text{ ή } K = 7,37 \text{ gr νερό.}$$

Αφού μέσα στο θερμιδόμετρο βάλουμε τό θερμό νερό καί πετύχουμε τή θερμική ισορροπία, έχουμε oλική μάζα νερού $m = m_v + K = 37,37 \text{ gr}$ σε θερμοκρασία $\theta_v = 45^{\circ}\text{C}$.

Μετά τήν τελική ισορροπία του μείγματος έχουμε τά εξής:

1) Τό νερό έδωσε θερμότητα

$$Q_1 = m \cdot c_v (\theta_v - \theta_r) \text{ ή } Q_1 = 37,37 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} \cdot 25 \text{ grad ή } Q_1 = 934,25 \text{ cal.}$$

2) Ό πάγος γιά νά τακεί έλαβε θερμότητα

$$Q_2 = m_{\pi} \cdot \lambda \text{ ή } Q_2 = 10 \text{ gr} \cdot \lambda, \text{ όπου } \lambda \text{ είναι: ή θερμότητα τήξεως του πάγου πού ζητάμε.}$$

3) Τό νερό πού προήλθε από τήν τήξη του πάγου, γιά νά θερμανθεί ως τή θερμοκρασία τής θερμικής ισορροπίας θ_r , πήρε θερμότητα,

$$Q_3 = m_{\pi} \cdot c_v (\theta_r - 0) \text{ ή } Q_3 = 10 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} \cdot 20 \text{ grad ή } Q_3 = 200 \text{ cal.}$$

Είναι φανερό πώς ισχύει ή ισότητα

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \text{ή} \quad 934,25 \text{ cal} = 10 \text{ gr} \cdot \lambda + 200 \text{ cal}, \text{ από την οποία βρίσκουμε}$$

$$\lambda = \frac{934,25 - 200}{10} \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \quad \text{ή} \quad \lambda = \frac{734,25}{10} = 73,5 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$$

Συμπέρασμα

Ἡ θερμοκρασία τήξεως τοῦ πάγου βρέθηκε ἴση μέ $\lambda = 73,5 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$

Ἡ πραγματική τιμή αὐτοῦ τοῦ φυσικοῦ μεγέθους εἶναι $80 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$

ΠΕΙΡΑΜΑ 34ο

Ἐξάτμιση. Ἡ ταχύτητα τῆς εξεατμίσεως εξαρτᾶται:

- α) ἀπὸ τὴ φύση τοῦ ὕγρου πού εξεατμίζεται.
- β) ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς ἐπιφάνειας, ἀπὸ τὴν ὁποία γίνεται ἡ ἐξάτμιση καί
- γ) ἀπὸ τὴ θερμοκρασία τοῦ ὕγρου πού εξεατμίζεται

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλὸς (σταυρός).
4. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
5. Ἐνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ἐνας κοινὸς δοκιμαστικὸς σωλήνας.
7. Ἐνας μοχλὸς ἀπὸ ἀλουμίνιο.
8. Ἐνα σιφώνιο.
9. Οἰνόπνευμα.
10. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
11. Ἐνα κουτί μέ σιγάγια.
12. Ἐνα ποτήρι 250 ml.
13. Ἐνα κομμάτι νῆμα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στὴ βάση τὴ ράβδο τῶν 0,80 m καί συνδέουμε μέ τὸ σύνδεσμο στὸ μέσο τῆς τῆς ράβδος τῶν 0,30 m καί πάνω σ' αὐτὴ τὸν ὀρειχάλκινον δακτύλιον.

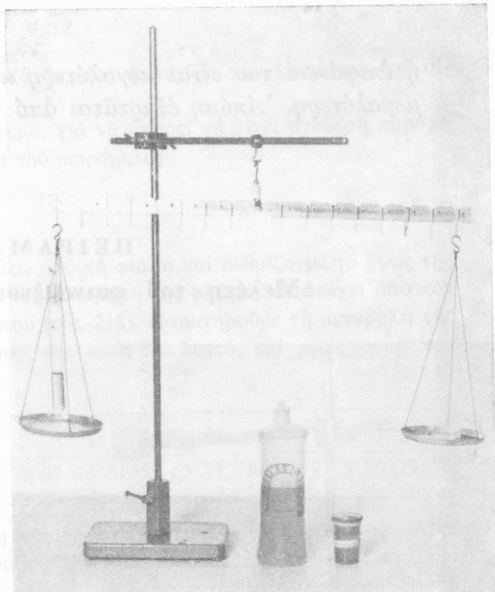
- β) Από το άγκιστρο του δρειχάλκινου δακτύλιου κρεμάμε το μοχλό από αλουμίνιο με όλους τους ίππεις του ή μόνο τους δυό άκριανούς, από τους οποίους κρέμονται οί δυό δίσκοι.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ρίχνουμε με το σιφώνιο στόν ένα δίσκο του ζυγού λίγο νερό, ώσπου νά σκεπαστεί ή επιφάνεια του δίσκου. Ό ζυγός γέρνει πρός τό μέρος του νερού. Μέ τό σιφώνιο ρίχνουμε στόν άλλο δίσκο οινόπνευμα, ώσπου νά ισορροπήσει ο ζυγός. Έπειτα από λίγο χρόνο, 5-10 λεπτά, παρατηρούμε πώς ή ισορροπία καταστρέφεται και ή ζυγός γέρνει πρός τό μέρος του νερού, γιατί τό οινόπνευμα εξατμίζεται ταχύτερα από τό νερό.
- β) Καθαρίζουμε τούς δυό δίσκους και ισορροπούμε τό ζυγό. Μέ τό νήμα δένουμε τό δοκιμαστικό σωλήνα και τόν κρεμάμε από τό άγκιστρο, από τό οποίο είναι κρεμασμένος ο ένας δίσκος του ζυγού. Βάζουμε στόν άλλο δίσκο σκάγια, ώσπου νά πετύχουμε ισορροπία. Μέ τό σιφώνιο ρίχνουμε μέσα στό δοκιμαστικό σωλήνα οινόπνευμα ως 2 cm περίπου του ύψους του και στή συνέχεια στόν άλλο δίσκο πάλι οινόπνευμα ως τήν ισορροπία (εικ. 217). Έπειτα από λίγο χρόνο, 5-10 λεπτά, παρατηρούμε πώς ή ισορροπία καταστρέφεται και ή ζυγός γέρνει πρός τό μέρος του δοκιμαστικού σωλήνα, γιατί τό οινόπνευμα του δίσκου εξατμίστηκε ταχύτερα, από τό οινόπνευμα του σωλήνα, επειδή είχε μεγαλύτερη επιφάνεια εξατμίσεως.
- γ) Καθαρίζουμε τούς δίσκους και ισορροπούμε τό ζυγό. Μέσα στό δοκιμαστικό σωλήνα βάζουμε λίγο οινόπνευμα και τό θερμαίνουμε στό λύχνο. Στόν ένα δίσκο του ζυγού ρίχνουμε μέ τό σιφώνιο ψυχρό οινόπνευμα, ώσπου νά σκεπαστεί ή πυθμένας. Στόν άλλο δίσκο ρίχνουμε θερμό οινόπνευμα ως τήν ισορροπία του ζυγού. Έπειτα από λίγο χρόνο, 5-10 λεπτά, ή ζυγός γέρνει πρός τό μέρος του ψυχρού οινόπνευματος, γιατί τό θερμότερο οινόπνευμα εξατμίστηκε ταχύτερα.

Συμπεράσματα

Η ταχύτητα εξατμίσεως ενός υγρού είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο

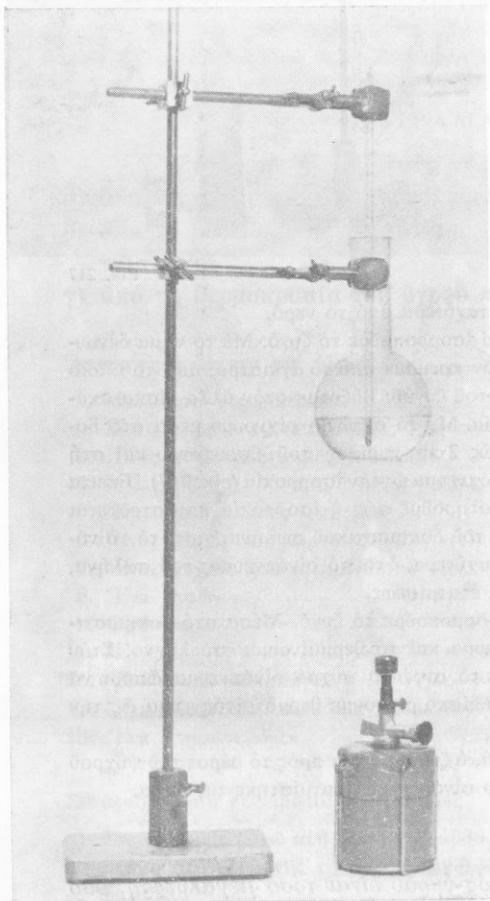


Εικ. 217

ή επιφάνειά του είναι μεγαλύτερη και όσο η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη. Ἀκόμη εξαρτάται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ ὑγροῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 35ο

Μελέτη τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ



Ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ ὕλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
4. Δυὸ λαβίδες ἄπλές.
5. Ἐνα θερμόμετρο -10°C ὡς 110°C .
6. Μιά σφαιρική φιάλη 250 ml.
7. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραρίου.
8. Μιά φιάλη μὲ οἶνόνπνευμα.
9. Ἀλάτι μαγειρικό.
10. Ἐνα πλαστικό κουταλάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στὴ βάση τὴ ράβδο τῶν 0,80 m καὶ πάνω σ' αὐτή, σὲ ὕψη 50 cm καὶ 60 cm, στερεώνουμε τοὺς δυὸ συνδέσμους, μέτους ὁποίους συγκρατοῦμε τίς δυὸ λαβίδες.
- β) Βάζουμε μέσα στὴ σφαιρική φιάλη 100 cm³ περίπου οἶνόνπνευμα καὶ τὴ συγκρατοῦμε μέ τὴ χαμηλότερη λαβίδα, ἐνῶ μέ τὴν ἄλλη λαβίδα συγκρατοῦμε τὸ θερμό-

Εἰκ. 218

μετρο έτσι, πού τό θερμομετρικό δοχείο νά άγγίζει τήν επιφάνεια του οίνου-νοπνεύματος.

- γ) Γεμίζουμε τό λύχνο μέ οινόπνευμα, γιά νά μπορεί νά δίνει σταθερή παροχή θερμότητας σέ όλη τή διάρκεια του πειράματος.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Βάζουμε τό λύχνο άναμμένο κάτω από τή φιάλη καί ρυθμίζουμε τό ύψος τής πειραματικής διατάξεως τόσο, πού ή κορυφή τής φλόγας νά απέχει από τόν πυθμένα τής φιάλης 1 cm περίπου (είκ. 218). Παρατηρούμε τή μεταβολή τής θερμοκρασίας σέ ίσους χρόνους, π.χ. κάθε ένα λεπτό, καί φτιάχνουμε τόν πιο κάτω πίνακα:

Χρόνος σέ min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Θερμοκρασία σέ °C	16	23	30	37	44	51	58	65	71	76	78	79	79	79	79	79

Παρατηρούμε πώς ή άνύψωση τής θερμοκρασίας επιβραδύνεται καί τελικά μηδενίζεται, όποτε τό ύγρό βράζει. Ή επιβράδυνση τής άνυψώσεως τής θερμοκρασίας όφείλεται στό ότι μέρος τής θερμότητας, περισσότερο όσο ή θερμοκρασία άνυψώνεται, χρησιμοποιείται γιά τή μεταβολή τής ύγρης καταστάσεως του οίνουπνεύματος σέ αερίωδη. Στο βρασμό όλη ή θερμότητα που παρέχει ή πηγή χρησιμοποιείται γι' αυτόν τό σκοπό.

- β) Έπαναλαμβάνουμε τήν ίδια εργασία βάζοντας τώρα μέσα στη φιάλη νερό καί ρυθμίζουμε τό ύψος τής πειραματικής διατάξεως τόσο, πού νά άκουμπά ή κορυφή τής φλόγας στόν πυθμένα τής φιάλης. Παρακολουθούμε πάλι τήν άνύψωση τής θερμοκρασίας σέ ίσους χρόνους, π.χ. κάθε ένα λεπτό, καί φτιάχνουμε τόν πιο κάτω πίνακα:

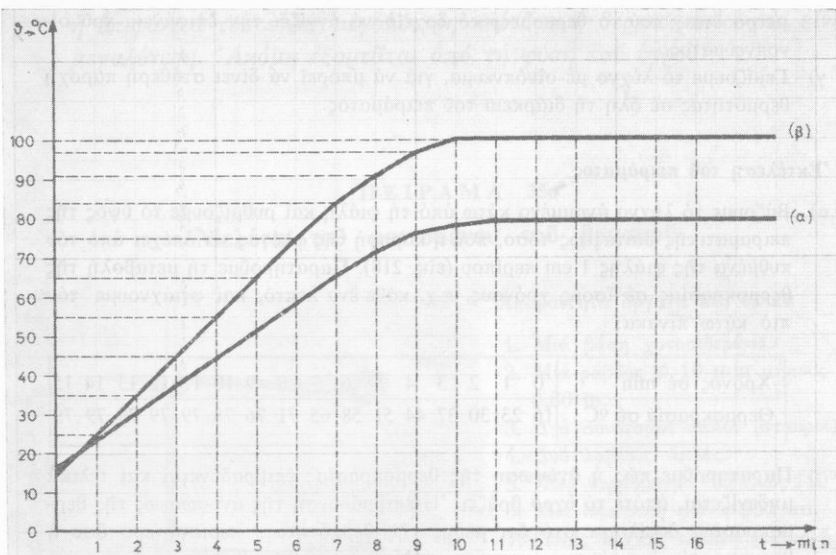
Χρόνος σέ min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Θερμοκρασία σέ °C	15	25	35	45	55	65	75	84	91	97	100	100	100	100	100

Παρατηρούμε τά ίδια φαινόμενα όπως καί στό οινόπνευμα. Μόνο τό σταθερό σημείο τής θερμοκρασίας, στό όποιο τό νερό βράζει, είναι τώρα 100°C.

- γ) Μέσα στό νερό τής φιάλης ρίχνουμε 1-2 κουταλιές μαγειρικό άλάτι· τότε παρατηρούμε πώς ή θερμοκρασία βρασμού ανεβαίνει στους 101-102°C.
- δ) Παριστάνουμε γραφικά τή μεταβολή τής θερμοκρασίας σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο στίς δυό περιπτώσεις επάνω στό ίδιο διάγραμμα άξόνων (είκ. 219).

Συμπεράσματα

Από τή μελέτη τής γραφικής παραστάσεως σέ συνδυασμό προς



Είκ. 219

Γραφική παράσταση της θερμοκρασίας υγρού σε συνάρτηση με το χρόνο (για σταθερή παροχή θερμότητας).

α) Οίονοπνεύματος.

β) Νερού.

τήν παρατήρηση, κατά τή διάρκεια τοῦ πειράματος, βγαίνουν τά πιό κάτω συμπεράσματα:

α) Κάθε υγρό βράζει σέ ὀρισμένη θερμοκρασία, πού λέγεται θερμοκρασία βρασμοῦ ἢ σημεῖο ζέσεως αὐτοῦ.

β) Σέ ὅλη τή διάρκεια τοῦ βρασμοῦ ἡ θερμοκρασία παραμένει σταθερή.

γ) Ἄν μέσα στό υγρό διαλύσουμε ξένο σῶμα, ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἀνεβαίνει.

Ένα υγρό βράζει, όταν ή τάση των ατμών του γίνει ίση με την εξωτερική πίεση. Βρασμός σέ ελαττωμένη πίεση

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Μιά σφαιρική φιάλη 250 ml ή 500 ml.
6. Ένα πώμα κατάλληλο γιά τή φιάλη.
7. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή ύγραέριου.
8. Ένας σωλήνας σέ σχήμα ύψιλον μέ τό ένα σκέλος μικρό καί κλειστό (ΘΕ 100.0)
9. Ένας δακτύλιος μεταλλικός ϕ 77 mm μέ στέλεχος.
10. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.
11. Ένα ποτήρι 400 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

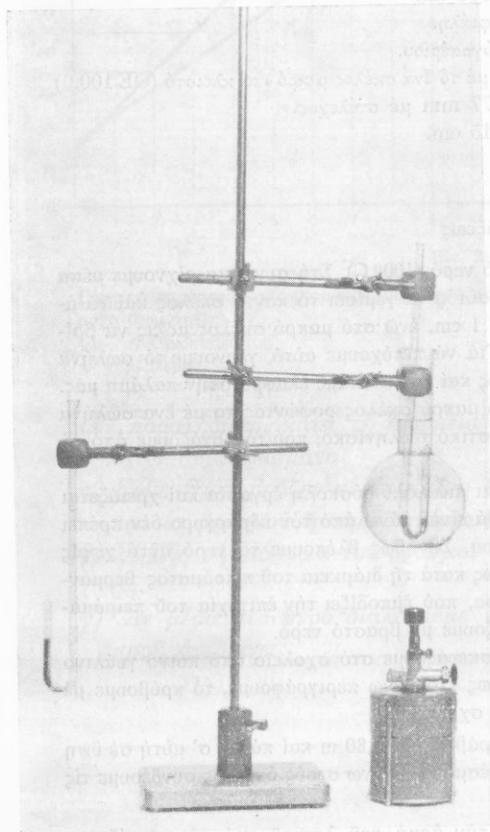
- α) Γεμίζουμε τό σωλήνα μέ βραστό νερό (100° C). Στή συνέχεια ρίχνουμε μέσα στό νερό υδράργυρο τόσο, πού αυτός νά γεμίσει τό κοντό σκέλος καί νά άφψει άπό πάνω νερό γύρω στό 1 cm, ένώ στό μακρύ σκέλος μόλις νά βρίσκειται στό κατώτατο σημείο. Γιά νά πετύχουμε αυτό, γέρνουμε τό σωλήνα πρós τό μέρος του κοντού σκέλους καί τόν κτυπάμε ελαφρά στήν παλάμη μας. Βγάζουμε τό νερό πού είναι στό μακρύ σκέλος ροφώντας το μέ ένα σωλήνα μικρότερης διαμέτρου ή μέ πλαστικό σωληνίσκο, πού τόν βγάζουμε άπό τό μονωτικό περίβλημα καλώδιου.
Τό νά γεμίσουμε τό σωλήνα είναι μιά πολύ δύσκολη έργασία καί χρειάζεται πολύ χρόνο, γιατί τό νερό πού θά είναι πάνω άπό τόν υδράργυρο δέν πρέπει νά περιέχει μέσα διαλυμένο άέρα. Συνήθως βλέπουμε τό νερό αυτό χωρίς καμιά φυσαλίδα άέρα· μόλις όμως κατά τή διάρκεια του πειράματος θερμανθεί παρουσιάζεται φυσαλίδα άέρα, πού έμποδίζει τήν έπιτυχία του πειράματος. Γιά τό λόγο αυτό τόν γεμίζουμε μέ βραστό νερό.
Τό έξάρτημα αυτό πού τό κατασκευάζουμε στό σχολείο άπό κοινό γυάλινο σωλήνα, άφου τό γεμίσουμε, όπως πίο πάνω περιγράφουμε, τό κρύβουμε μέ προσοχή στήν οργανοθήκη του σχολείου.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καί πάνω σ' αυτή σέ ύψη 10 cm καί 20 cm τούς δυό συνδέσμους, επάνω στους όποιους συνδέουμε τίς δυό λαβίδες.
- γ) Γεμίζουμε τή φιάλη μέ νερό ως τήν άρχή του λαιμού καί τή στηρίζουμε

στή χαμηλότερη λαβίδα, ενώ με την άλλη συγκρατούμε τό σωλήνα από τό μακρύ σκέλος έτσι, πού τό κάτω λυγισμένο τμήμα του νά βυθίζεται μέσα στό νερό τής φιάλης.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ρυθμίζουμε τά ὕψη τῶν λαβίδων ἀνάλογα μέ τό ὕψος τοῦ λύχνου πού διαθέτουμε καί θερμαίνουμε τή φιάλη. Ὅταν τό νερό βράσει, ὁ ὑδράργυρος κατεβαίνει στό κοντό σκέλος τοῦ σωλήνα καί ἀνεβαίνει στό μακρό, ὥσπου νά

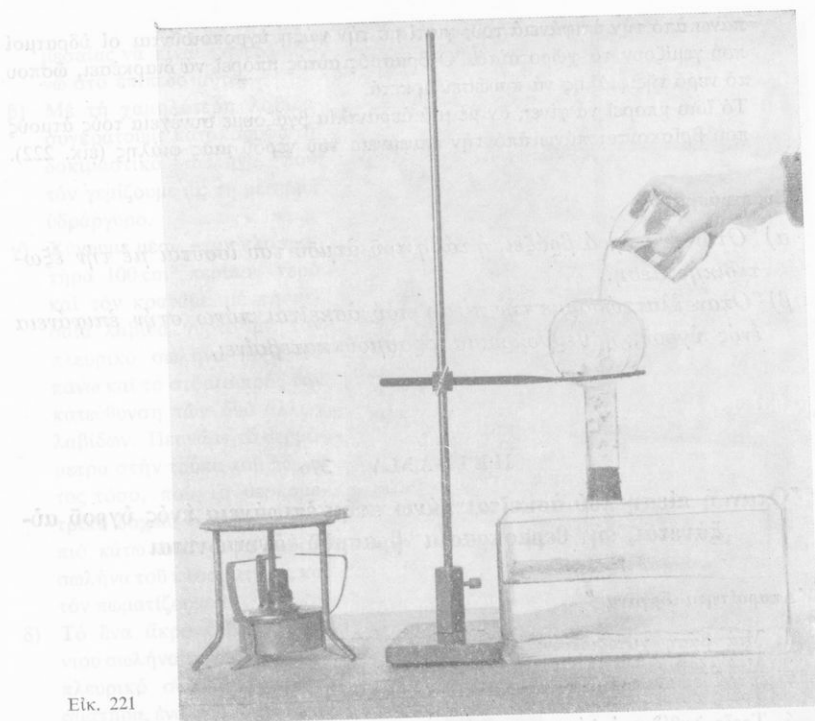
Εἰκ. 220



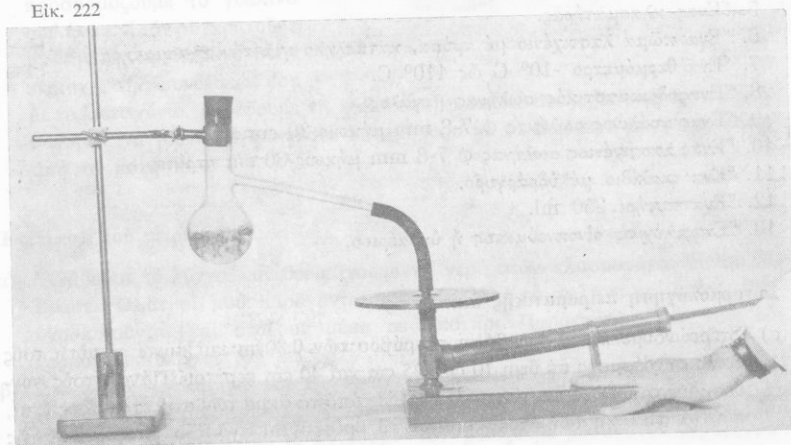
φτάσει στούς δύο σωληνες στό ἴδιο ὀριζόντιο ἐπίπεδο. Στήν ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργγρου στό μακρό σκέλος ἐπιδρᾷ ἡ ἐξωτερική πίεση (ἀτμοσφαιρική), ἐνῶ στήν ἐπιφάνεια τοῦ ὑδράργγρου τοῦ κοντοῦ σκέλους ἡ τάση τῶν αἰτῶν τοῦ νεροῦ, πού βρίσκεται στή θερμοκρασία τοῦ βρασμοῦ. Τό ἀποτέλεσμα τοῦ πειράματος μᾶς δείχνει πῶς αὐτές οἱ δύο πιέσεις εἶναι ἴσες (εἰκ. 220).

- β) Βγάζουμε τό σωλήνα ἀπό τή φιάλη καί στή θέση τῆς ψηλότερης λαβίδας συνδέουμε τό δακτύλιο σέ διεύθυνση κάθετη πρὸς ἐκείνη τῆς λαβίδας καί κάτω ἀπό αὐτόν βάζουμε τή λεκάνη. Ἀδειάζουμε τό μισό νερό ἀπό αὐτό πού βράζει, σβήνουμε τό λύχνο, παματίζουμε τή φιάλη καί τή βάζουμε ἀναποδογυρισμένη μέσα στό δακτύλιο πάνω ἀπό τή λεκάνη. Γεμίζουμε τή λεκάνη ὥς τή μέση μέ ψυχρό νερό καί παίρνοντας μέ τό ποτήρι ἀπό αὐτό χύνουμε πάνω στή φιάλη (εἰκ. 221).

Παρατηροῦμε πῶς τό νερό μέσα στή φιάλη βράζει ζοηρά, πράγμα πού ὀφείλεται στήν ἐλάττωση τῆς πίεσεως στό χῶρο



Εικ. 221



Εικ. 222

πάνω από την επιφάνειά του, γιατί με την ψύξη υδροποιούνται οι υδρατμοί που γεμίζουν τό χώρο αυτό. Ο βρασμός αυτός μπορεί να διαρκέσει, ώσπου τό νερό της φιάλης να κρυώσει αρκετά.

Τό ίδιο μπορεί να γίνει, αν με μιά άεραντλία βγάλουμε συνέχεια τούς ατμούς που βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια τοῦ νεροῦ μιᾶς φιάλης (εἰκ. 222).

Συμπεράσματα

- α) Όταν ένα υγρό βράζει, ἡ τάση τοῦ ατμοῦ του ἰσοῦται μέ τήν ἐξωτερική πίεση.
- β) Όταν ἐλαττώσουμε τήν πίεση πού ἀσκεῖται πάνω στήν ἐπιφάνεια ἑνός υγροῦ, ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ κατεβαίνει.

ΠΕΙΡΑΜΑ 37ο

Όταν ἡ πίεση πού ἀσκεῖται πάνω στήν ἐπιφάνεια ἑνός υγροῦ ἀυξάνεται, ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἀνυψώνεται

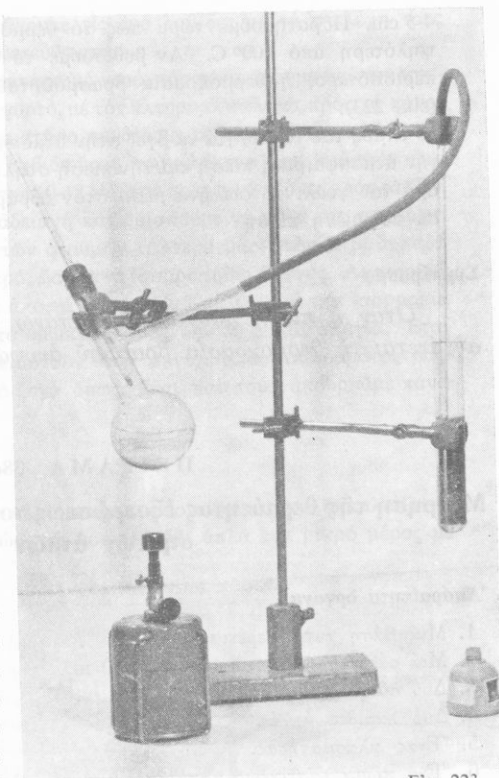
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Τρεῖς λαβίδες ἀπλές.
5. Ἕνας κλασματήρας.
6. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο μέ τρύπα, κατάλληλο γιά τόν κλασματήρα.
7. Ἕνα θερμόμετρο -10°C ὥς 110°C .
8. Ἕνας δοκιμαστικός σωλήνας μεγάλος.
9. Ἕνας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 20 cm περίπου.
10. Ἕνας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.
11. Ἕνα φιαλίδιο μέ ὑδράργυρο.
12. Ἕνα ποτήρι 250 ml.
13. Ἕνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή τούς τρεῖς συνδέσμους σέ ὕψη 10 cm, 25 cm καί 40 cm περίπου. Πάνω στούς συνδέσμους στερεώνουμε τίς τρεῖς λαβίδες ἀπό τά ἄκρα τῶν στελεχῶν τούς ἑτσι, πού τά στελέχη τῶν δύο ἄκριανῶν νά βρίσκονται στό ἴδιο ἐπίπεδο, ἐνῶ τῆς

- μεσαίας νά είναι κάθετο πάνω στο επίπεδο αυτό.
- β) Μέ τη χαμηλότερη λαβίδα συγκρατούμε κατακόρυφα τό δοκιμαστικό σωλήνα, πού τόν γεμίζουμε ως τη μέση μέ υδράργυρο.
- γ) Χύνουμε μέσα στον κλασματήρα 100 cm^3 περίπου νερό καί τόν κρατάμε μέ τη μεσαία λαβίδα γυρτό μέ τόν πλευρικό σωλήνα πρὸς τά πάνω καί τό στόμιο πρὸς τήν κατεύθυνση τῶν δυῶ ἄλλων λαβίδων. Περνάμε τό θερμομετρο στήν τρύπα τοῦ πώματος τόσο, πού τό θερμομετρικό δοχεῖο νά φτάνει λίγο πιο κάτω ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα, καί τόν ποματίζουμε.
- δ) Τό ἓνα ἄκρο τοῦ λαστιχένιου σωλήνα συνδέουμε στόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα, ἐνῶ στό ἄλλο ἄκρο προσαρμόζουμε τό γυάλινο σωλήνα καί τόν συγκρατοῦμε μέ τήν τρίτη λαβίδα στήν περιοχή τῆς συνδέσεώς του μέ τό λαστιχένιο. Στρέφουμε τή λαβίδα γύρω ἀπό τό στέλεχος τῆς ἔτσι, πού ὁ σωλήνας νά γέρνει λίγο ἀπό τήν κατακόρυφο μέ τό ἐλεύθερο ἄκρο του πάνω ἀπό τό ποτήρι.



Εἰκ. 223

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀνάβουμε τό λύχνο καί θερμαίνουμε τό νερό στόν κλασματήρα, ὥσπου νά βράσει. Οἱ ἀτμοί πού παράγονται βγαίνουν ἀπό τό σωλήνα καί στήν ἀρχή ὑγροποιοῦνται καί στάζουν μέσα στό ποτήρι. Παρατηροῦμε πῶς τότε τό θερμομετρο δείχνει 100°C .
- β) Στρέφουμε τή λαβίδα πού συγκρατεῖ τό γυάλινο σωλήνα, ὥσπου νά γίνει ὁ σωλήνας κατακόρυφος, τόν φέρνουμε πάνω ἀπό τό δοκιμαστικό σωλήνα καί κατεβάζοντας τό σύνδεσμο τόν βυθίζουμε μέσα στόν υδράργυρο

4-5 cm. Παρατηρούμε τώρα πώς το θερμόμετρο μᾶς δείχνει θερμοκρασία ψηλότερη από 100° C. *Αν βυθίσουμε το σωλήνα μέσα στον υδράργυρο περισσότερο, ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει περισσότερο (εἰκ. 223).

Ὁ ἀτμός τοῦ νεροῦ, γιὰ νά βγεῖ στήν ἀτμόσφαιρα, ἔχει τώρα νά ὑπερνικήσῃ τήν ἀτμοσφαιρική πίεση καί τήν πίεση στήλης υδράργυρου ἴσης μέ τό βῆμα τοῦ γυάλινου σωλήνα μέσα στόν υδράργυρο. Ἔχουμε δηλαδή βρασμό σέ αὐξημένη πίεση.

Συμπέρασμα

Ὅταν ἡ πίεση πού ἀσκεῖται πάνω στήν ἐπιφάνεια ἑνός ὑγροῦ αὐξάνεται, ἡ θερμοκρασία βρασμοῦ ἀνυψώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 38ο

Μέτρηση τῆς θερμότητας ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ μέ τήν ὑγροποίηση τῶν ἀτμῶν του

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες ἀπλές.
5. Ἕνας κλασματήρας.
6. Ἕνα πῶμα λαστιχένιο κατάλληλο γιά τόν κλασματήρα.
7. Ἕνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 40 cm περίπου.
8. Ἕνα θερμόμετρο -10° C ὥς 110° C.
9. Μιά σφαιρική φιάλη 250 ml ἤ 500 ml.
10. Ἕνα ποτήρι 250 ml.
11. Ἕνας ζυγός μέ τρεῖς δίσκους.
12. Ἕνα κουτί μέ σταθμά.
13. Πέντε βάρη τῶν 50 p.
14. Ἕνα κουτί μέ σκάγια.
15. Ἕνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἤ ὑγραρίου.
16. Ἕνα ποτήρι 100 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

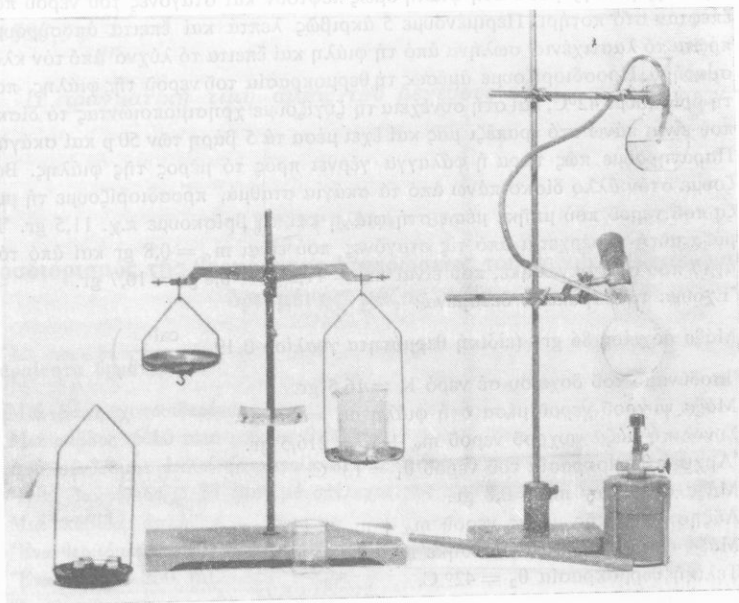
- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή τοῦς δυό συνδέσμους σέ ὕψη 15 cm καί 50 cm περίπου.

- Πάνω στους συνδέσμους στερεώνουμε τις δυό λαβίδες με τά στελέχη τους παράλληλα και προς την ίδια κατεύθυνση.
- β) Γεμίζουμε κατά τά $\frac{2}{3}$ τόν κλασματήρα με νερό, τόν πωματίζουμε και τόν κρατάμε με τή χαμηλότερη λαβίδα γυρτό, με τόν πλευρικό σωλήνα προς τά πάνω. Στόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα συνδέουμε τό λαστιχένιο σωλήνα και τόν συγκρατοῦμε με τή δεύτερη λαβίδα ἔτσι, πού νά ἔχει κλίση προς τόν κλασματήρα, ἐκτός ἀπό ἕνα τμήμα του 10-12 cm, πού πρέπει νά γέρνει προς τά ἔξω.
- γ) Ζυγίζουμε τή σφαιρική φιάλη ἀδειανή και βρίσκουμε τή μάζα της π.χ. 86 gr. Προσθέτουμε πάνω στό δίσκο τῶν σταθμῶν τέσσερα βάρη τῶν 50 p, δηλαδή 200 p, και χύνουμε στή φιάλη νερό, ὥσπου νά ἰσορροπήσει ὁ ζυγός. Ἀφαιροῦμε ἀπό τό δίσκο τά σταθμά, ἐκτός ἀπό τά βάρη τῶν 50 p, και γιά τήν ἰσορροπία προσθέτουμε στή θέση τους τό πέμπτο βάρος τῶν 50 p και σκάγια. Ἔτσι ἔχουμε σταθμά πού θά μᾶς χρειαστοῦν στή συνέχεια τοῦ πειράματός μας. Ξεκρεμάμε τούς δίσκους ἀπό τό ζυγό ὅπως εἶναι και τούς ἀκουμπᾶμε πάνω στό τραπέζι μας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Θερμαίνουμε με τό λύχνο τόν κλασματήρα, φροντίζοντας νά ἀγκαλιάζει ἡ φλόγα μεγάλο μέρος τοῦ τοιχώματός του και ὄχι ἀπλά ἕνα μικρό μέρος με

Εἰκ. 224



τὴν κορυφή της. (Ἐάν δὲ γίνετο αὐτό, μὲ τὸ παραμικρὸ φύσημα τοῦ ἀέρος, ποῦ θὰ ἀπομακρύνετο γιὰ μιὰ στιγμή τὴ φλόγα ἀπὸ τὸ τοίχωμα τοῦ κλασματήρα, στὴν ἐξέλιξη τοῦ πειράματός μας θὰ ἔχουμε ἀναρρόφηση τοῦ νεροῦ ἀπὸ τὸ ποτήρι πρὸς τὸν κλασματήρα.) Τὸ νερὸ βράζει καὶ οἱ ἀτμοὶ τοῦ περνοῦν ἀπὸ τὸ λαστιχένιο σωλήνα, ὅπου μερικοὶ ὑγροποιῶνται. Τὸ περισσότερο νερὸ ποῦ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ὑγροποίηση ἐπιστρέφει στὸν κλασματήρα καὶ μόλις μερικές σταγόνες στάζουν ἀπὸ τὴν ἄκρη τοῦ λαστιχένιου σωλήνα μέσα στὸ ποτήρι τῶν 100 ml.

- β) Βγάζουμε ἀπὸ τὸ δίσκο τοῦ ζυγοῦ τὴ σφαιρική φιάλη καὶ βάζουμε μέσα σ' αὐτὸν τὸ ποτήρι τῶν 250 ml ἀδειανό. Κρεμάμε τὸ δίσκο στὴ φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ καὶ χρησιμοποιώντας τὸν τρίτο δίσκο ἰσορροποῦμε μὲ σκάγια. Ἀκτινοποιούμε τὴ φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ, παίρνουμε τὸ ποτήρι καὶ τὸ βάζουμε στὴ θέση τοῦ ἄλλου τῶν 100 ml. Μαζεύουμε τίς σταγόνες ποῦ πέφτουν μέσα γιὰ ἀκριβῶς ὁρισμένο χρόνο, π.χ. 5 min, ξαναβάζουμε τὸ ποτήρι στὸ δίσκο τοῦ ζυγοῦ, ἐλευθερώνουμε τὴ φάλαγγα καὶ προσθέτοντας σταθμά στὸ δίσκο μὲ τὰ σκάγια ζυγίζουμε τὸ νερὸ τῶν σταγόνων ποῦ τὸ βρίσκουμε π.χ. 0,8 gr.
- γ) Παίρνουμε τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ τῆς σφαιρικῆς φιάλης ποῦ εἶναι π.χ. $\theta_1 = 13^\circ \text{C}$ καὶ στὴ συνέχεια τὴ στηρίζουμε στὴν ψηλότερη λαβίδα καὶ βυθίζουμε μέσα στὸ νερὸ ποῦ περιέχει τὸ ἄκρο τοῦ λαστιχένιου σωλήνα (εἰκ. 224). Ὁ ἀτμὸς ποῦ βγαίνει τώρα ἀπὸ τὸ σωλήνα συμπυκνώνεται μέσα στὸ νερὸ τῆς φιάλης· μέσα στὴ φιάλη ὅμως πέφτουν καὶ σταγόνες τοῦ νεροῦ ποῦ ἔπεφταν στὸ ποτήρι. Περιμένουμε 5 ἀκριβῶς λεπτά καὶ ἔπειτα ἀποσύρουμε πρῶτα τὸ λαστιχένιο σωλήνα ἀπὸ τὴ φιάλη καὶ ἔπειτα τὸ λύχνο ἀπὸ τὸν κλασματήρα. Προσδιορίζουμε ἀμέσως τὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ τῆς φιάλης, ποῦ τὴ βρίσκουμε 42°C , καὶ στὴ συνέχεια τὴ ζυγίζουμε χρησιμοποιώντας τὸ δίσκο ποῦ εἶναι πάνω στὸ τραπέζι μας καὶ ἔχει μέσα τὰ 5 βάρη τῶν 50 p καὶ σκάγια. Παρατηροῦμε πῶς τώρα ἡ φάλαγγα γέρνει πρὸς τὸ μέρος τῆς φιάλης. Βάζουμε στὸν ἄλλο δίσκο πάνω ἀπὸ τὰ σκάγια σταθμά, προσδιορίζουμε τὴ μάζα τοῦ νεροῦ ποῦ μπῆκε μέσα στὴ φιάλη καὶ τὴ βρίσκουμε π.χ. 11,5 gr. Ἡ μάζα αὕτη προέρχεται ἀπὸ τίς σταγόνες ποῦ εἶναι $m_\sigma = 0,8 \text{ gr}$ καὶ ἀπὸ τὸν ἀτμὸ ποῦ συμπυκνώθηκε, ποῦ εἶναι $m_a = 11,5 \text{ gr} - 0,8 \text{ gr} = 10,7 \text{ gr}$.
- δ) Ἔχουμε τὰ παρακάτω δεδομένα :

Μάζα δοχείου 86 gr (εἰδικὴ θερμότητα γυαλίου $0,19 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}}$).

Ἰσοδύναμο τοῦ δοχείου σὲ νερὸ $K = 16,5 \text{ gr}$.

Μάζα ψυχροῦ νεροῦ μέσα στὴ φιάλη $m_v = 200 \text{ gr}$.

Συνολικὴ μάζα ψυχροῦ νεροῦ $m_v + K = 216,5 \text{ gr}$.

Ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ $\theta_1 = 13^\circ \text{C}$.

Μάζα σταγόνων $m_\sigma = 0,8 \text{ gr}$.

Αὔξηση ἀρχικῆς μάζας νεροῦ $m_\sigma + m_a = 11,5 \text{ gr}$.

Μάζα ἀτμοῦ ποῦ συμπυκνώθηκε $m_a = 10,7 \text{ gr}$.

Τελικὴ θερμοκρασία $\theta_2 = 42^\circ \text{C}$.

Με αυτά τα δεδομένα κάνουμε τούς πιο κάτω υπολογισμούς:
Τό ψυχρό νερό έλαβε θερμότητα

$$Q_1 = (m_v + K) c_v (\theta_2 - \theta_1) = 216,5 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \cdot 29 \text{ grad} \quad \text{ή}$$

$$Q_1 = 6278,5 \text{ cal.}$$

Ο ατμός που συμπυκνώθηκε έδωσε θερμότητα

$Q_2 = m_a \cdot \lambda$ ή $Q_2 = 10,7 \text{ gr} \cdot \lambda$, όπου λ ή θερμότητα εξαερώσεως που ζητάμε.
Τό νερό που σχηματίστηκε από τή συμπύκνωση του ατμού όπως και τό νερό των σταγόνων έδωσαν θερμότητα

$$Q_3 = (m_\sigma + m_a) c_v (100 - \theta_2) \quad \text{ή}$$

$$Q_3 = 11,5 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \cdot 58 \text{ grad} \quad \text{ή} \quad Q_3 = 647 \text{ cal.}$$

Είναι φανερό πώς ισχύει ή ισότητα

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \text{ή} \quad 6278,5 \text{ cal} = 10,7 \text{ gr} \cdot \lambda + 647 \text{ cal, από τήν όποία βρίσκουμε}$$

$$\lambda = \frac{6278,5 - 647}{10,7} \frac{\text{cal}}{\text{gr}} \quad \text{ή} \quad \lambda = 526,3 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$$

Συμπέρασμα

Η θερμοκρασία εξαερώσεως του νερού βρέθηκε ίση προς

$$\lambda = 526,3 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$$

Η πραγματική τιμή αυτού του μεγέθους είναι $\lambda = 539 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$

ΠΕΙΡΑΜΑ 390

Προσδιορισμός τής θερμότητας εξαερώσεως του νερού μέ εξαέρωση όρισμένης μάζας του

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Ένας δακτύλιος ϕ 77 mm μέ στέλεχος.
5. Μιά λαβίδα άπλή.
6. Ένα θερμόμετρο -10°C ως 110°C .
7. Ένα ποτήρι 250 ml.

8. Ένας δίσκος γυάλινος (XH 105.0).
9. Ένας λύχνος οίνοπνεύματος ή υγραέριου.
10. Δυό σύρματα κοινά μήκους 25 cm περίπου.
11. Ένας ζυγός.
12. Ένα κουτί με σταθμά.
13. Πέντε βάρη των 50 p.
14. Ένα κουτί με σκάγια.
15. Ένα σιφώνιο.

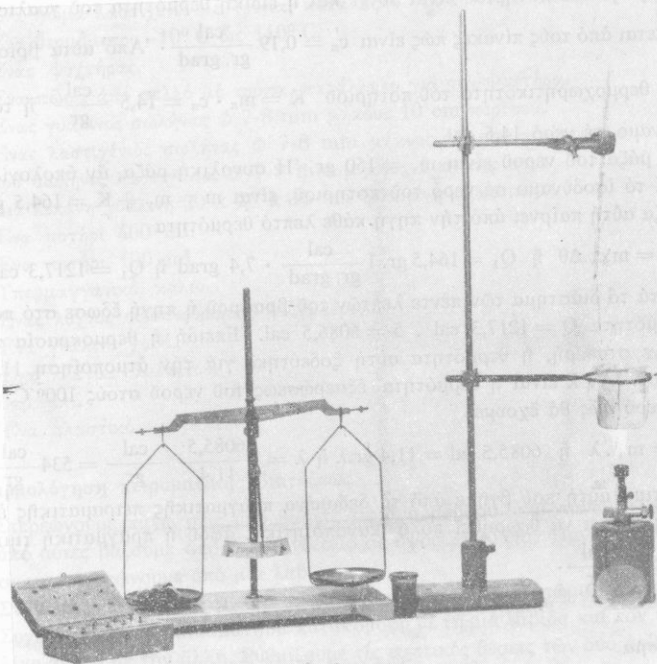
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Άν τὸ ποτήρι δέ στηρίζεται με τὰ χεῖλη του στοῦ δακτύλιου, δένουμε τὰ σύρματα με τὰ δυό τους ἄκρα πάνω στοῦ δακτύλιου σέ θέσεις πού νά βρίσκονται στά ἄκρα δυό κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων, τὰ τραβᾶμε πρὸς τὰ κάτω ἀπὸ τὸ μέσο τους καὶ σχηματίζουμε ἔτσι ἓνα εἶδος καλαθιοῦ, μέσα στοῦ ὁποῖο μπορεῖ νά στηριχθεῖ τὸ ποτήρι.
- β) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καὶ πάνω σ' αὐτή τοὺς δυό συνδέσμους σέ ὕψη 15 cm καὶ 25 cm περίπου. Στὸ χαμηλότερο σύνδεσμο συνδέουμε τὸ δακτύλιο καὶ στὸν ἄλλο τή λαβίδα.
- γ) Ζυγίζουμε τὸ ποτήρι ἀδειανὸ καὶ βρίσκουμε τὴ μάζα του π.χ. $m_{\pi} = 76$ gr. Προσθέτουμε στοῦ δίσκου των σταθμῶν τρία βάρη των 50 p, δηλαδή 150 p, καὶ χύνουμε μέσα στοῦ ποτήρι νερό ὥς τὴν ἰσορροπία. Πετυχαίνουμε ἀκριβῶς ἰσορροπία χρησιμοποιώντας τὸ σιφώνιο. Βγάζουμε ἀπὸ τὸ δίσκο τὰ σταθμά των 76 gr, σκεπάζουμε τὸ ποτήρι με τὸ γυάλινο δίσκο καὶ βάζοντας στὸν ἄλλο δίσκο ἓνα ἄκόμα βάρος των 50 p καὶ σκάγια ἰσορροποῦμε πάλι τὸ ζυγὸ.
- δ) Γεμίζουμε τὸ λύχνο με οἰνόπνευμα, ἂν χρησιμοποιοῦμε λύχνο οἰνοπνεύματος, γιὰ νά μπορεῖ νά μᾶς δίνει σταθερὴ παροχὴ θερμότητας σέ ὅλη τὴ διάρκεια τοῦ πειράματος.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀκινητοποιοῦμε τὴ φάλαγγα τοῦ ζυγοῦ καὶ, ἀφοῦ πάρουμε τὸ ποτήρι, τὸ τοποθετοῦμε στοῦ δακτύλιου, ἐνῶ με τὴ λαβίδα συγκρατοῦμε τὸ θερμόμετρο (εἰκ. 225). Ἀνάβουμε τὸ λύχνο καὶ, ὅταν ἡ φλόγα του γίνει σταθερή, τὸν βάζουμε κάτω ἀπὸ τὸ ποτήρι. Παρακολουθοῦμε τὴ μεταβολὴ τῆς θερμοκρασίας σέ ἴσους χρόνους π.χ. κάθε ἓνα λεπτὸ, ὥσπου νά φτάσει στοὺς 50°C περίπου, ὁπότε βγάζουμε τὸ θερμόμετρο καὶ σκεπάζουμε τὸ ποτήρι με τὸ γυάλινο δίσκο.
- Φτιάχνουμε τὸν πῶς κάτω πίνακα:

Χρόνος σέ min	0	1	2	3	4	5
Θερμοκρασία σέ °C	15	22	29	37	44	52



Εικ. 225

- β) Παρακολουθούμε προσεχτικά τη θέρμανση του ποτηριού. Τή στιγμή που αρχίζει ο βρασμός ξεσκεπάζουμε τό ποτήρι, ενώ αμέσως σημειώνουμε τό χρόνο. Προσπαθούμε, όσο είναι δυνατό, μέ ελαφρά τινάγματα νά ρίξουμε μέσα στό ποτήρι τίς σταγόνες πού βρίσκονται πάνω στό γυάλινο δίσκο. Μόλις περάσουν άκριβώς πέντε (5) λεπτά, σβήνουμε τό λύχνο, ενώ σκεπάζουμε πάλι τό ποτήρι μέ τό δίσκο, όσο μπορούμε πιο γρήγορα, καί τό μεταφέρουμε στό δίσκο του ζυγού. Έλευθερώνουμε τή φάλαγγα, όποτε παρατηρούμε πώς γέρνει πρός τό μέρος των σταθμών. Προσθέτουμε σταθμά στον άλλο δίσκο ως τήν ισορροπία. Είναι φανερό πώς τά σταθμά αυτά μάς δίνουν τή μάζα του νερού πού έφυγε από τό ποτήρι κατά τό βρασμό μέ μορφή άτμου. Βρίσκουμε τή μάζα αυτή π.χ. $m_a = 11,4 \text{ gr.}$
- γ) Κάνουμε τίς πιο κάτω σκέψεις καί υπολογισμούς: Από τό ρυθμό άνυψώσεως τής θερμοκρασίας, όπως βγαίνει από τον πιο πάνω πίνακα, φαίνεται πώς ή παροχή θερμότητας στό ποτήρι είναι σταθερή. Η μέση άνύψωση τής θερμοκρασίας για κάθε λεπτό είναι $7,4^{\circ} \text{C.}$

Ἡ μάζα τοῦ ποτηριοῦ εἶναι 76 gr καὶ ἡ εἰδική θερμότητα τοῦ γυαλιοῦ βρίσκεται ἀπὸ τοὺς πίνακες πὼς εἶναι $c_{\pi} = 0,19 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}}$. Ἀπὸ αὐτὰ βρίσκουμε

τὴ θερμοχωρητικότητα τοῦ ποτηριοῦ $K = m_{\pi} \cdot c_{\pi} = 14,5 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$ ἢ τὸ ἰσοδύναμο σέ νερό 14,5 gr.

Ἡ μάζα τοῦ νεροῦ εἶναι $m_v = 150 \text{ gr}$. Ἡ συνολικὴ μάζα, ἂν ὑπολογίσουμε καὶ τὸ ἰσοδύναμο σέ νερό τοῦ ποτηριοῦ, εἶναι $m = m_v + K = 164,5 \text{ gr}$. Ἡ μάζα αὐτὴ παίρνει ἀπὸ τὴν πηγὴ κάθε λεπτό θερμότητα

$$Q_1 = m \cdot c_v \cdot \Delta\theta \quad \text{ἢ} \quad Q_1 = 164,5 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot \text{grad}} \cdot 7,4 \text{ grad} \quad \text{ἢ} \quad Q_1 = 1217,3 \text{ cal}.$$

Κατὰ τὸ διάστημα τῶν πέντε λεπτῶν τοῦ βρασμοῦ ἡ πηγὴ ἔδωσε στὸ ποτήρι θερμότητα $Q = 1217,3 \text{ cal}$. $5 = 6086,5 \text{ cal}$. Ἐπειδὴ ἡ θερμοκρασία παρέμεινε σταθερὴ, ἡ θερμότητα αὐτὴ ξοδεύτηκε γιὰ τὴν ἀτμοποίηση 11,4 gr νεροῦ. Ἄν λ εἶναι ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ στοὺς 100°C , εἶναι φανερό πὼς θά ἔχουμε

$$Q = m_a \cdot \lambda \quad \text{ἢ} \quad 6086,5 \text{ cal} = 11,4 \text{ gr} \cdot \lambda \quad \text{ἢ} \quad \lambda = \frac{6086,5}{11,4} \frac{\text{cal}}{\text{gr}} = 534 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}.$$

Ἡ τιμὴ αὐτὴ ποὺ βγῆκε ἀπὸ τὰ δεδομένα πραγματικῆς πειραματικῆς ἐργασίας πρέπει νὰ θεωρηθεῖ πολὺ ἱκανοποιητικὴ, ἀφοῦ ἡ πραγματικὴ τιμὴ εἶναι $539 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$.

Συμπέρασμα

Ἡ θερμότητα ἐξαερώσεως τοῦ νεροῦ βρέθηκε ἴση μὲ $\lambda = 534 \frac{\text{cal}}{\text{gr}}$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 406

Ἀπόσταξη. Κλασματικὴ ἀπόσταξη

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Τρεῖς λαβίδες ἀπλές.
5. Ἐνας κλασματήρας.

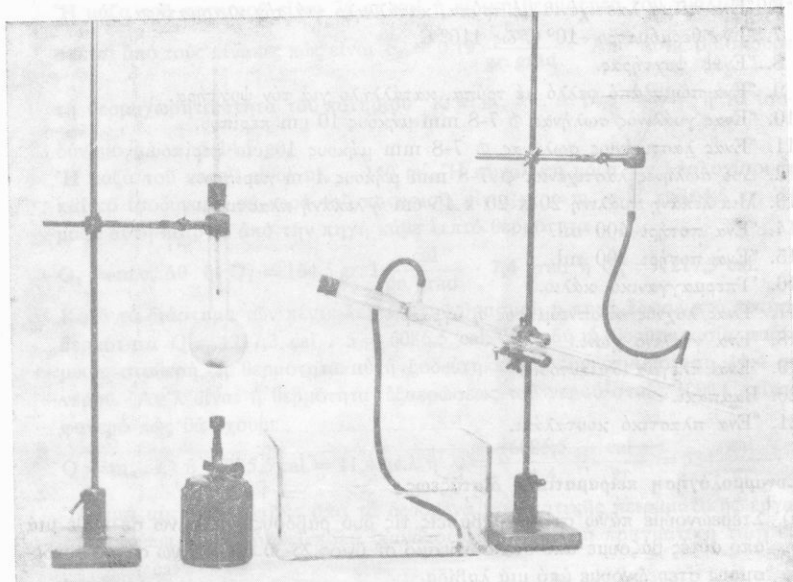
6. "Ενα πώμα λαστιγένιο μέ τρύπα, κατάλληλο για τόν κλασματήρα.
7. "Ενα θερμόμετρο -10°C ως 110°C .
8. "Ενας ψυχτήρας.
9. "Ενα πώμα από φελλό μέ τρύπα, κατάλληλο για τόν ψυχτήρα.
10. "Ενας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
11. "Ενας λαστιγένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 10 cm περίπου.
12. Δυό σωλήνες λαστιγένιοι ϕ 7-8 mm μήκους 1 m περίπου.
13. Μιά λεκάνη γυάλινη 20 x 20 x 15 cm ή λεκάνη πλαστική.
14. "Ενα ποτήρι 400 ml.
15. "Ενα ποτήρι 100 ml.
16. Υπερμαγγανικό κάλιο.
17. "Ενας λύχνος οινόπνεύματος ή ύγραέριου.
18. "Ενα γυάλινο χωνί.
19. "Ενα πλέγμα άμείαντου.
20. Βαμπάκι.
21. "Ενα πλαστικό κουταλάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους καί πάνω σέ κάθε μία από αυτές βάζουμε από ένα σύνδεσμο σέ ύψος 25-30 cm. Πάνω στους συνδέσμους στερεώνουμε από μία λαβίδα.
- β) Στόν πλευρικό σωλήνα του κλασματήρα περνάμε τό πώμα του ψυχτήρα. Συγκρατούμε τόν κλασματήρα κατακόρυφα μέ τή μία λαβίδα καί τόν ψυχτήρα λίγο γυρτό μέ τήν άλλη. Ρυθμίζουμε τίς σχετικές θέσεις των δυό όρθοστατών καί τά ύψη των λαβίδων έτσι, πού τό άκρο του πλευρικού σωλήνα του κλασματήρα μέ τό πώμα νά πωματίζει τόν ψυχτήρα.
- γ) Συνδέουμε μέ τόν ένα λαστιγένιο σωλήνα του 1 m τό στόμιο είσραγωγής του νερού στόν ψυχτήρα (τό χαμηλότερο) μέ τό άκρο του στελέχους του γυάλινου χωνιου καί τό συγκρατούμε μέ τήν τρίτη λαβίδα, πού τή στερεώνουμε μέ τόν τρίτο σύνδεσμο στό πάνω μέρος της ράβδου πού έχει τόν ψυχτήρα. Συνδέουμε άκόμα τό ένα άκρο του άλλου λαστιγένιου σωλήνα του 1 m στό στόμιο έξόδου του νερού από τόν ψυχτήρα, ενώ τό άλλο του άκρο τό άφήνουμε ελεύθερο μέσα στή λεκάνη.
- δ) Γεμίζουμε τή λεκάνη μέ νερό ως τό μέσο της.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Άπλή απόσταξη.
 - δ) Χύνουμε μέσα στόν κλασματήρα γύρω στά 100 cm³ νερό καί τό χρωματίζουμε μέ υπερμαγγανικό κάλιο. Περνάμε τό θερμόμετρο στην τρύπα του πώματος τόσο, πού τό θερμομετρικό δοχείο νά φτάνει λίγο πιό κάτω από τόν πλευρικό σωλήνα, καί πωματίζουμε τόν κλασματήρα. Θερμαίνουμε μέ τό λύχνο,

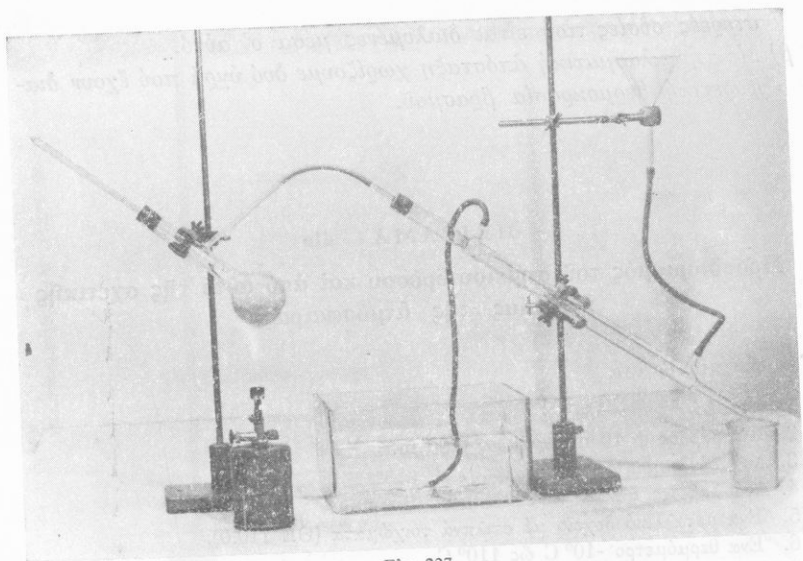


Εικ. 226

ἐνῶ μέ τό ποτήρι παίρνουμε νερό ἀπό τή λεκάνη καί τό ρίχνουμε μέσα στό χωνί. Αὐτό περνᾷ ἀπό τόν ψυχτήρα καί ξανατρέχει μέσα στή λεκάνη. Τό νερό βράζει, οἱ ἀτμοί πού περνοῦν ἀπό τόν ψυχτήρα συμπυκνώνονται, γιατί ψύχονται, καί τό νερό πού παράγεται τρέχει μέσα στό ποτήρι τῶν 100 ml (εἰκ. 226). Τό νερό αὐτό εἶναι ἄχρωμο, γιατί τό υπερμαγγανικό κάλιο καί τά ἄλλα ἄλατα πού ὑπῆρχαν μέσα στό νερό παρέμειναν μέσα στόν κλασματήρα. Τό νερό πού πήραμε ἔτσι εἶναι ἀποσταγμένο. Σέ ὅλη τή διάρκεια τῆς ἀποστάξεως τό θερμόμετρο δείχνει 100° C.

β) Κλασματική ἀπόσταξη.

Σταματᾶμε τή θέρμανση, ἀδειάζουμε τόν κλασματήρα, τόν πλένουμε καί ξαναβάζουμε μέσα γύρω στά 100 cm³ νερό καί 50 cm³ οἶνονπνευμα. Βγάζουμε ἀπό τόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα τό πῶμα καί, ἀφοῦ περάσουμε στήν τρύπα του τό γυάλινο σωλήνα τῶν 10 cm, πωματίζουμε τόν ψυχτήρα. Πωματίζουμε τόν κλασματήρα καί τόν στηρίζουμε πάλι στή λαβίδα γυρτό ἔτσι, πού ὁ πλευρικός του σωλήνας νά κατευθύνεται λοξά πρὸς τά πάνω. Συνδέουμε τόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα καί τό γυάλινο σωλήνα τοῦ πώματος τοῦ ψυχτήρα μέ τό λαστιχένιο σωλήνα τῶν 10 cm (εἰκ. 227). Θερμαίνουμε μέ τό



Είκ. 227

λύχνο, ενώ με τό ποτήρι χύνουμε νερό στο χωνί. Παρατηρούμε πώς ό βρασμός αρχίζει στους 80°C περίπου. Συγκεντρώνουμε τό απόσταγμα στο ποτήρι των 100 ml, βρέχουμε μ' αυτό ένα κομματάκι βαμπάκι, τό άκουμπάμε πάνω στο πλέγμα και τό ανάβουμε. Διαπιστώνουμε πώς τό απόσταγμα είναι οινόπνευμα.

"Υστερα από λίγο ή θερμοκρασία σιγά σιγά ανεβαίνει μαζί με τούς άτμούς του οινόπνευματος βγαίνουν και ύδρατμοί.

Πρίν νά μπούν οί άτμοί μέσα στον ψυχτήρα, ψύχονται λίγο από τόν άέρα του περιβάλλοντος μέσα στον πλευρικό σωλήνα του κλασματήρα. εκεί συμπυκνώνεται τό μεγαλύτερο μέρος των ύδρατμών και τό νερό πού παράγεται ξαναεπιστρέφει στον κλασματήρα.

"Όταν ή θερμοκρασία ξεπεράσει τούς 95°C , βρέχουμε πάλι ένα κομματάκι βαμπάκι από τό απόσταγμα πού τρέχει από τόν ψυχτήρα και προσπαθούμε νά τό ανάψουμε. Βλέπουμε πώς δέν άνάβει πιά, είναι σχεδόν καθαρό νερό.

"Αν εξακολουθήσουμε τήν απόσταξη, ή θερμοκρασία θά φτάσει τούς 100°C και τότε πιά δέν έχουμε μέσα στον κλασματήρα καθόλου οινόπνευμα. αποστάζει καθαρό νερό.

Συμπεράσματα

α) Μέ τήν απόσταξη μπορούμε νά χωρίσουμε ένα υγρό από τίς

- στερεές ουσίες που είναι διαλυμένες μέσα σ' αυτό.
- β) Μέ την κλασματική απόσταξη χωρίζουμε δυό υγρά που έχουν διαφορετική θερμοκρασία βρασμού.

ΠΕΙΡΑΜΑ 41ο

Προσδιορισμός του σημείου δρόσου και από αυτό της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας

*Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Ένα μεταλλικό δοχείο με στιλπνά τοιχώματα (ΘΕ 110.0).
6. Ένα θερμόμετρο -10°C ως 110°C .
7. Ένας γυάλινος σωλήνας ϕ 7-8 mm λυγισμένος σέ όρθή γωνία, μέ τό μικρότερο σκέλος του λίγο μεγαλύτερο άπό τό ύψος του μεταλλικού δοχείου.
8. Ένας λαστιχένιος σωλήνας ϕ 7-8 mm μήκους 30 cm περίπου.
9. Ένα φιαλίδιο μέ αϊθέρα.

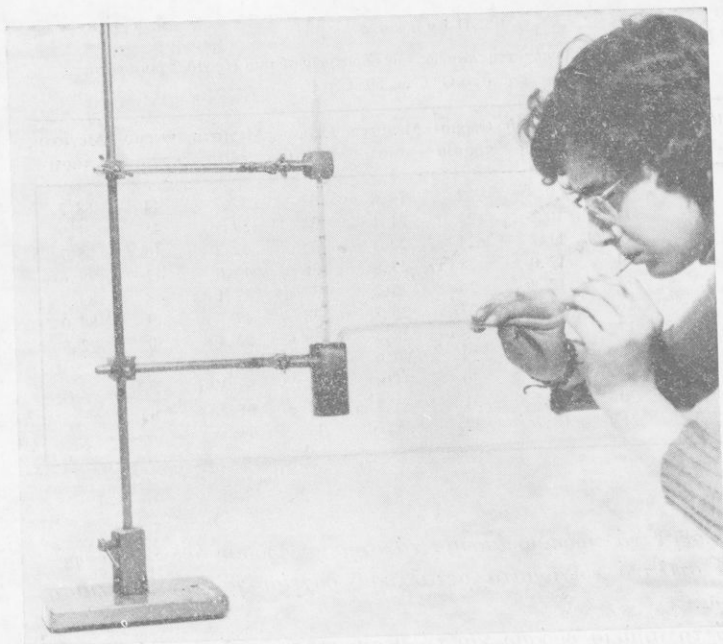
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή τούς δυό συνδέσμους σέ ύψη 20 cm και 35 cm περίπου. Πάνω στους συνδέσμους στερεώνουμε τίς δυό λαβίδες. Μέ τή χαμηλότερη λαβίδα συγκρατούμε κατακόρυφα τό μεταλλικό δοχείο και μέ τήν άλλη τό θερμόμετρο. Ρυθμίζουμε τή θέση αυτής της λαβίδας έτσι, πού τό θερμομετρικό δοχείο νά φτάνει στόν πυθμένα του δοχείου.
- β) Συνδέουμε στό μακρύτερο σκέλος του γυάλινου σωλήνα τό λαστιχένιο σωλήνα και βάζουμε τό άλλο σκέλος του μέσα στό δοχείο.

*Εκτέλεση του πειράματος

Χύνουμε αϊθέρα μέσα στό μεταλλικό δοχείο, ώσπου νά σκεπαστεί τό θερμομετρικό δοχείο, και φασάμε ελαφρά άπό τό λαστιχένιο σωλήνα, γιά νά προκαλέσουμε γρήγορη εξάτμιση του αϊθέρα (είκ. 228).

*Η θερμοκρασία του δοχείου χαμηλώνει και, όταν φτάσει τήν τιμή, γιά τήν ο-



Εικ. 228

ποία ή μέγιστη τάση των ατμών του νερού είναι ίση με την τάση των υδρατμών που υπάρχουν στον αέρα, σχηματίζεται δρόσος στην εξωτερική στυλ-πνή επιφάνεια του δοχείου και στο κατώτερο τμήμα του.

Η θερμοκρασία που μᾶς δείχνει τό θερμόμετρο τή στιγμή τοῦ σχηματισμοῦ τῆς δρόσου λέγεται σ η μ ε ῖ ο δ ρ ό σ ο υ.

Η σχετική υγρασία, ὅπως εἶναι γνωστό, ἰσοῦται μέ τό λόγο τῆς τάσεως των ατμών που υπάρχουν στον αέρα πρὸς τή μέγιστη τάση των ατμών P γιά τή θερμοκρασία που ὑπάρχει ἐκεῖνη τή στιγμή. Ἡ τάση των ατμών που ὑπάρχουν στον αέρα ἰσοῦται μέ τή μέγιστη τάση τους γιά τό σημείο δρόσου P_δ,

$$\text{δηλαδή σχετική υγρασία} = \frac{P_{\delta}}{P}.$$

Κατά τήν πειραματική ἐργασία βρέθηκε $\theta_{\delta} = 12^{\circ}\text{C}$, καί ἐνῶ ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος ἦταν $\theta = 15^{\circ}\text{C}$. Ἀπό τόν πῖό κάτω πίνακα βρίσκουμε τήν τιμή τῆς μέγιστης τάσεως γιά τίς δύο πῖό πάνω θερμοκρασίες $P_{\delta} = 10,5 \text{ mm Hg}$ καί $P = 12,8 \text{ mm Hg}$ ἀντίστοιχα. Ἀρα ἡ σχετική υγρασία εἶναι

$$\Sigma_v = \frac{P_{\delta}}{P} = \frac{10,5}{12,8} = 0,82 \quad \text{ἢ} \quad 82\%.$$

Πίνακας

πού δείχνει την τιμή της μέγιστης τάσεως των υδρατμών σε mm Hg για θερμοκρασίες από 0° C ως 50° C.

Θερμο- κρασία	Μέγιστη τάση	Θερμο- κρασία	Μέγιστη τάση	Θερμο- κρασία	Μέγιστη τάση	Θερμο- κρασία	Μέγιστη τάση	Θερμο- κρασία	Μέγιστη τάση
0	4,6	11	9,8	22	19,8	33	37,7	44	68,3
1	4,9	12	10,5	23	21,1	34	39,9	45	71,9
2	5,3	13	11,2	24	22,4	35	42,2	46	75,7
3	5,7	14	12,0	25	23,8	36	44,6	47	79,6
4	6,1	15	12,8	26	25,2	37	47,1	48	83,7
5	6,5	16	13,6	27	26,7	38	49,7	49	88,0
6	7,0	17	14,5	28	28,4	39	52,4	50	92,5
7	7,5	18	15,5	29	30,0	40	55,3		
8	8,0	19	16,5	30	31,8	41	58,3		
9	8,6	20	17,5	31	33,7	42	61,5		
10	9,2	21	18,7	32	35,7	43	64,8		

Συμπεράσματα

Μπορούμε νά προσδιορίσουμε τό σημείο δρόσου μέ τό νά ψύχουμε τά στιλπνά τοιχώματα μεταλλικού δοχείου μέ τήν εξάτμιση τοῦ αἰθέρα.

Ἀπό τό σημείο δρόσου καί τή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος, μέ τή βοήθεια πινάκων, μποροῦμε νά προσδιορίσουμε τή σχετική ὑγρασία τοῦ ἀέρα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 42ο

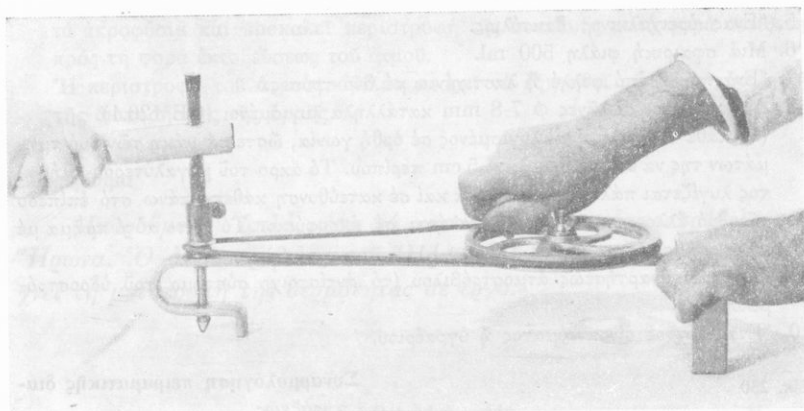
Μετατροπή τοῦ ἔργου σέ θερμότητα καί ἀντίστροφα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Μιά συσκευή Tyndall (μεταλλικός σωλήνας — ξύλινη λαβίδα).
3. Ἐνα φιαλίδιο μέ αἰθέρα.
4. Ἐνα πῶμα λαστιχένιο ἤ ἀπό φελλό κατάλληλο γιά τό μεταλλικό σωλήνα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Γεμίζουμε τό σωλήνα κατά τό 1/3 μέ αἰθέρα, τόν πωματίζουμε μέ τό λαστι-



Εικ. 229

- χένιο πῶμα καί τόν προσαρμόζουμε στή φυγοκεντρική μηχανή.
 β) Σφίγγουμε ελαφρά τό σωλήνα μέ τήν ξύλινη λαβίδα καί γυρίζουμε τή φυγοκεντρική μηχανή. Σέ λίγο τό πῶμα τινάζεται ψηλά (εἰκ. 229).

Συμπεράσματα

- α) Ὁ σωλήνας θερμαίνεται ἀπό τήν τριβή τῶν τοιχωμάτων του πάνω στήν ξύλινη λαβίδα. Τό ἔργο τῆς τριβῆς μετατρέπεται σέ θερμότητα.
 β) Ἡ θερμότητα προκαλεῖ ἀπότομη παραγωγή ἀτμῶν τοῦ αἰθέρα, πού ἡ τάση του τινάζει τό πῶμα πρός τά πάνω. Ἐτσι παράγεται πάλι ἔργο, πού ὀφείλεται σέ μετατροπή μέρους τῆς θερμότητας τοῦ αἰθέρα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 43ο

Πραγματοποίηση τοῦ ἀτμοστρόβιλου τοῦ Ἡρώνα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας ἀπλός σύνδεσμος.
4. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.

5. Ένας ορειχάλκινος δακτύλιος.

6. Μιά σφαιρική φιάλη 500 ml.

7. Ένα πώμα από φελλό ή λαστιχένιο με δύο τρύπες.

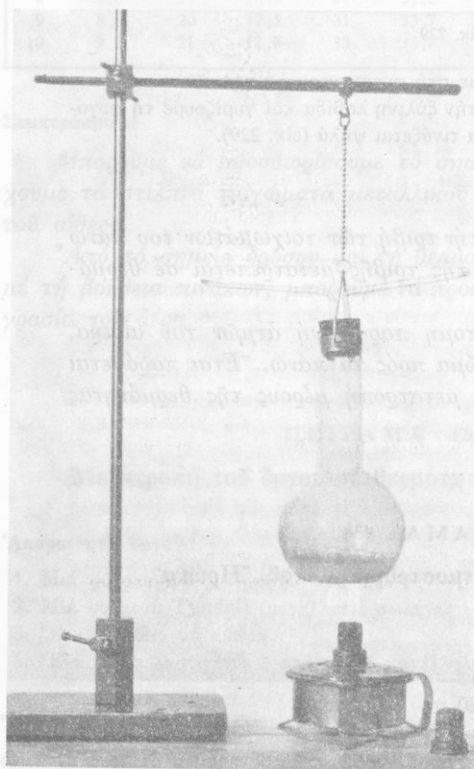
8. Δυό γυάλινοι σωλήνες ϕ 7-8 mm κατάλληλα λυγισμένοι (ΘΕ 120.1).

(Ο κάθε σωλήνας είναι λυγισμένος σε όρθη γωνία, ώστε τα μήκη των δυό τμημάτων της να είναι 10 cm και 5 cm περίπου. Το άκρο του μεγαλύτερου τμήματος λυγίζεται πάλι σε όρθη γωνία και σε κατεύθυνση κάθετη πάνω στο επίπεδο των δυό άλλων σκελών και καταλήγει σε άκροφύσιο. Το τρίτο αυτό τμήμα με το άκροφύσιο έχει μήκος 1-2 cm.)

9. Σύστημα άναρτήσεως ατμοστρόβιλου (τό αντίστοιχο σύστημα του υδροστρόβιλου).

10. Ένας λύχνος οινόπνεύματος ή υγραέριου.

Είκ. 230



Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο μέσο του ύψους της τόν απλό σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στερεώνουμε τη ράβδο των 0,30 m και πάνω σ' αυτή τόν ορειχάλκινο δακτύλιο.

β) Περνάμε στις δύο τρύπες του πώματος τούς δυό γυάλινους σωλήνες με τούς βραχίονες των 5 cm και τούς φέρνουμε σε τέτοια θέση, πού τα τμήματα των 10 cm να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και τα άκροφύσια να κατευθύνονται αντίθετα.

γ) Προσαρμόζουμε στη φιάλη το σύστημα άναρτήσεως ατμοστρόβιλου, βάζουμε μέσα 100-200 cm³ νερό, τήν πωματίζουμε με το παραπάνω πώμα και τήν κρεμάμε από το άγκιστρο του δακτύλιου.

Έκτέλεση του πειράματος

Θερμαίνουμε με το λύχνο τη φιάλη, όποτε το νερό βράζει (είκ. 230). Ο ατμός εκτοξεύεται από

τά άκροφύσια καί προκαλεΐ περιστροφή τής συσκευής κατά φορά αντίθετη πρὸς τή φορά έκτοξεύσεως τοῦ ατμοῦ.

Ἡ περιστροφή τοῦ ατμοστρόβιλου μπορεῖ νά ἐξηγηθεῖ μέ βάση τήν ἀρχή τής διατηρήσεως τής ὀρμῆς.

Συμπέρασμα

Μποροῦμε μέ ἀπλά μέσα νά κατασκευάσουμε ατμοστρόβιλο τοῦ Ἡρώνα. Ὁ ατμοστρόβιλος τοῦ Ἡρώνα εἶναι μιὰ συσκευή πού δείχνει τή μετατροπή τής θερμότητος σέ ἔργο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 44ο

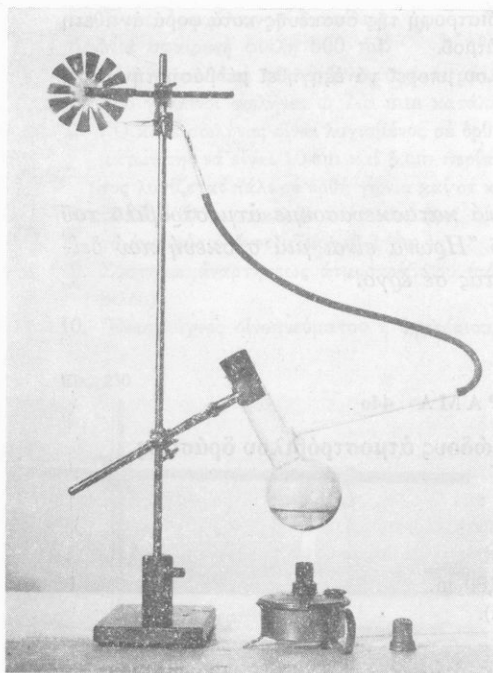
Πραγματοποίηση στοιχειώδους ατμοστρόβιλου δράσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Ἐνας στοιχειώδης ατμοστρόβιλος δράσεως.
6. Ἐνας κλασματήρας.
7. Ἐνας σωλήνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 50 cm περίπου.
8. Ἐνας σωλήνας γυάλινος ϕ 7-8 mm λυγισμένος σέ ὀρθή γωνία, μέ άκροφύσιο.
9. Ἐνα πῶμα λαστιχένιο ἢ ἀπό φελλό κατάλληλο γιά τόν κλασματήρα.
10. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραέριου.
11. Ἐνα ποτήρι 100 ml.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή τούς τρεῖς συνδέσμους, τόν ἕνα σέ ὕψος γύρω στά 20 cm, τό δεύτερο 10 cm ψηλότερα καί τόν τρίτο 2-3 cm ψηλότερα ἀπό τό δεύτερο.
- β) Στό χαμηλότερο σύνδεσμο στηρίζουμε τήν ἀπλή λαβίδα καί μ' αὐτή συγκρατοῦμε τόν κλασματήρα ἀπό τό ἄκρο τοῦ λαιμοῦ γυρτό μέ τόν πλευρικό σωλήνα νά κατευθύνεται πρὸς τά πάνω.
- γ) Στόν ἀνώτατο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν ατμοστρόβιλο.
- δ) Συνδέουμε τό ἕνα ἄκρο τοῦ λαστιχένιου σωλήνα μέ τόν πλευρικό σωλήνα τοῦ κλασματήρα καί τό ἄλλο μέ τό γυάλινο σωλήνα. Στηρίζουμε τό γυάλινο σω-



Εἰκ. 231

Συμπέρασμα

Μέ τόν ἀτμοστρόβιλο δράσεως μετατρέπουμε τή θερμότητα σέ μηχανικό ἔργο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 450

Ἐπίδειξη ἀτμοστρόβιλου δράσεως. Μετατροπή τῆς θερμότητας σέ κινητική ἐνέργεια καί αὐτῆς σέ ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

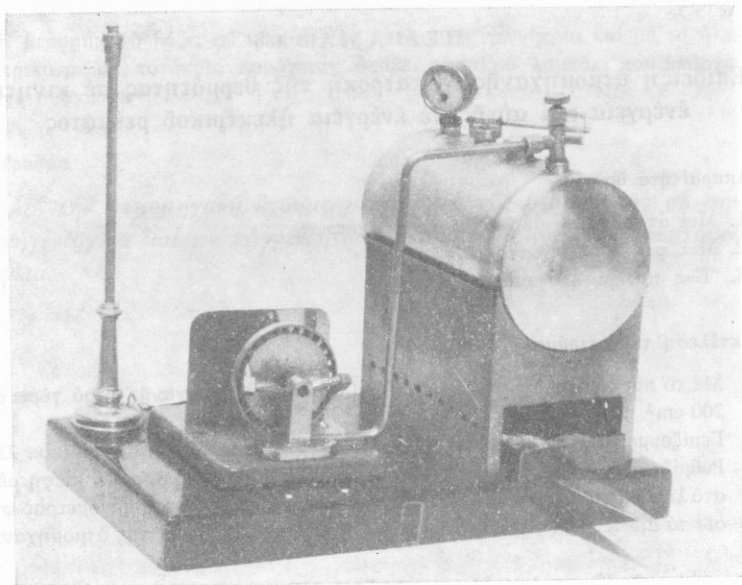
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας ἀτμοστρόβιλος δράσεως μέ λέβητα καί γεννήτρια.
2. Μία φιάλη μέ οἰνόπνευμα.
3. Ἕνα ποτήρι 250 ml.

λήνα ἀπό τό βραχίονα πού ἔχει τό ἀκροφύσιο στό δεύτερο σύνδεσμο καί ρυθμίζουμε τή θέση τῶν δυό συνδέσμων ἔτσι, πού τό ἀκροφύσιο νά κατευθύνεται κατά τήν ἐφαπτομένη, στό κάτω μέρος τῶν πτερύγιων, τοῦ ἀτμοστρόβιλου. Φροντίζουμε ἡ κλίση τοῦ λαστιχένιου σωλήνα νά εἶναι τέτοια, πού νά μήν μπορεῖ νά σταματήσῃ νερό μέσα σ' αὐτόν.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Χύνουμε μέ τό ποτήρι γύρω στά 100 cm³ νερό μέσα στόν κλασματήρα καί τόν πωματίζουμε.
- β) Θερμαίνουμε τόν κλασματήρα μέ τό λύχνο, ὅποτε τό νερό βράζει. Ὁ ἀτμός πού παράγεται ἐκτοξεύεται ἀπό τό ἀκροφύσιο, κτυπᾷ τά πτερύγια τοῦ ἀτμοστρόβιλου καί προκαλεῖ γρήγορη περιστροφική κίνηση αὐτοῦ (εἰκ. 231).



Εικ. 232

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Μὲ τὸ ποτήρι βάζουμε μέσα στὸ λέβητα τοῦ ἀτμοστρόβιλου 200 cm^3 περίπου νερό (εἰκ. 232).
- β) Γεμίζουμε τὸ λύχνο τοῦ ἀτμοστρόβιλου μὲ οἶνονπνευμα καὶ τὸν ἀνάβουμε. Ρυθμίζουμε τὴν ἀσφαλιστικὴ δικλείδα τοῦ λέβητα ἔτσι, πού ἡ πίεση μέσα σ' αὐτὸν νά μὴν μπορεῖ νά ξεπεράσει τὰ 3 Kp/cm^2 . Ὄταν ἡ ἔνδειξη τοῦ μανόμετρον φτάσει τὰ $2,5 \text{ Kp/cm}^2$, ἀνοίγουμε τὴ βαλβίδα τροφοδοτήσεως τοῦ ἀτμοστρόβιλου. Ὁ ἀτμοστρόβιλος περιστρέφεται μὲ πολὺ μεγάλη ταχύτητα, μεταδίδει τὴν περιστροφικὴ κίνηση στὴν ἠλεκτρικὴ γεννήτρια καὶ μὲ τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖο παράγεται, ἀνάβει τὸ μικρὸ λαμπάκι πού ὑπάρχει στὴ συσκευή.

Συμπέρασμα

Μὲ τὸν ἀτμοστρόβιλο δράσεως ἔχουμε μετατροπὴ τῆς θερμότητος σέ μηχανικὴ ἐνέργεια καὶ στὴ συνέχεια μὲ τὴ γεννήτρια μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς σέ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Επίδειξη ατμομηχανής. Μετατροπή της θερμότητας σε κινητική ενέργεια και αυτής σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος

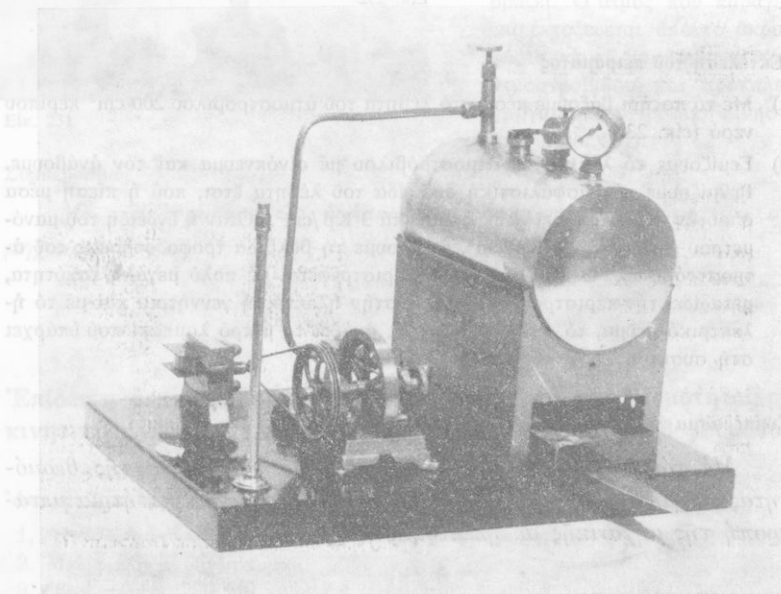
Απαραίτητα όργανα

1. Μία ατμομηχανή με λέβητα και γεννήτρια.
2. Μία φιάλη με οινόπνευμα.
3. Ένα ποτήρι 250 ml.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Μέ το ποτήρι βάζουμε μέσα στο λέβητα της ατμομηχανής νερό γύρω στα 200 cm^3 περίπου.
- β) Γεμίζουμε με οινόπνευμα το λύχνο του λέβητα και τόν ανάβουμε (εικ. 233).
- γ) Ρυθμίζουμε την ασφαλιστική δικλείδα έτσι, πού νά μήν μπορεί ή πίεση μέσα στο λέβητα νά ξεπεράσει τά 3 Kp/cm^2 . Όταν ή ένδειξη του μανόμετρου φτάσει τά $2,5 \text{ Kp/cm}^2$, ανοίγουμε τή βαλβίδα τροφοδοτήσεως της ατμομηχανής.

Εικ. 233



Ἡ ἀτμομηχανή βάζει σέ κίνηση τήν ἡλεκτρική γεννήτρια καί μέ τό ἡλεκτρικό ρεύμα, τό ὁποῖο παράγεται, ἀνάβει τό μικρό λαμπάκι πού ὑπάρχει στή συσκευή.

Συμπέρασμα

Μέ τήν ἀτμομηχανή ἔχουμε μετατροπή τῆς θερμότητας σέ μηχανική ἐνέργεια καί μέ τή γεννήτρια μετατροπή αὐτῆς σέ ηλεκτρική ἐνέργεια.

αλλά ότι και των μικρότερων ηλεκτρικών κέντρων που θα μπορούσαν να παράγουν ηλεκτρισμό Η ενέργεια που παράγεται λόγω της πτώσης του νερού από το ύψος 10 μέτρων, η οποία είναι περίπου 1000 kWh ανά ώρα, θα χρησιμοποιείται για την παροχή ηλεκτρισμού στην περιοχή της εγκατάστασης. Η ενέργεια και αυτής σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος.

παραμένει

Αναμενόμενα έσοδα

ΗΜ θα πραγματοποιήσει την εγκατάσταση μικρής ηλεκτροστατικής ήτ ΗΜ ηλεκτρικής δυνάμεως 2000 W. Η εγκατάσταση μικρής ηλεκτροστατικής ήτ ΗΜ θα γίνει με την ακόλουθη διαδικασία:

3. Ένα ποσό 250 ml.

Υπολογισμός του κόστους

- Με το κόστος βάσει του κόστους της ηλεκτροστατικής ήτ ΗΜ 2000 W.
- Γιατί ηΜ θα υπολογιστεί το κόστος της ΗΜ και των άλλων (α. 233).
- Γιατί ηΜ θα υπολογιστεί το κόστος της ΗΜ και των άλλων (α. 233).

100 233

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. Βαθμολογία δυναμόμετρου	5
»	2ο. Προσδιορισμός της συνισταμένης δύο δυνάμεων που εφαρμόζονται πάνω στο ίδιο σημείο και σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους	7
»	3ο. Προσδιορισμός της συνισταμένης δύο δυνάμεων παράλληλων και της ίδιας φοράς	9
»	4ο. Προσδιορισμός της συνισταμένης δύο δυνάμεων παράλληλων, άνισων και αντίθετης φοράς	11
»	5ο. Ανάλυση δυνάμεως σε δύο άλλες παράλληλες και της ίδιας με αυτή φοράς ..	12
»	6ο. Πειραματική επαλήθευση του θεωρήματος των ροπών	15
»	7ο. Προσδιορισμός του κέντρου βάρους σώματος με διπλή ανάρτηση (κρέμασμα)	17
»	8ο. Εύρεση της συνθήκης Ισορροπίας σώματος που στηρίζεται σε ένα σημείο ..	19
»	9ο. Εύρεση της συνθήκης Ισορροπίας σώματος που στηρίζεται σε ένα σημείο ..	20
»	10ο. Εύρεση της συνθήκης Ισορροπίας σώματος που στηρίζεται με βάση πάνω σε οριζόντιο επίπεδο	21
»	11ο. Ισορροπία σώματος που μπορεί να στρέφεται κάτω από την επίδραση πολλών συνεπίπεδων δυνάμεων γύρω από άξονα κάθετο πάνω στο επίπεδό τους ..	22
»	12ο. Επίδειξη της αρχής της ανεξαρτησίας των κινήσεων	25
»	13ο. Επίδειξη της αδράνειας των σωμάτων	26
»	14ο. Επίδειξη της αδράνειας των σωμάτων	26
»	15ο. Επίδειξη της αδράνειας των σωμάτων	27
»	16ο. Επίδειξη δυνάμεων αδράνειας	29
»	17ο. Πειραματική επαλήθευση του νόμου της δυναμικής $F = m \cdot a$. Επαλήθευση της αρχής της αδράνειας	30
»	18ο. Επίδειξη της αρχής της δράσεως και αντιδράσεως	38
»	19ο. Η κεντρομόλος δύναμη είναι ανάλογη με τη μάζα του κινητού	39
»	20ο. Η κεντρομόλος δύναμη είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας του κινητού	41
»	21ο. Η κεντρομόλος δύναμη είναι αντίστροφα ανάλογη με την ακτίνα της τροχιάς, όταν η μάζα και η γραμμική ταχύτητα είναι σταθερές	43
»	22ο. Η κεντρομόλος δύναμη είναι ανάλογη με την ακτίνα της τροχιάς για την ίδια μάζα και την ίδια γωνιακή ταχύτητα	46
»	23ο. Απόδειξη των νόμων της κεντρομόλου δυνάμεως με φυγοκεντρική μηχανή. ..	47
»	24ο. Ισορροπία δύο φυγοκεντρικών δυνάμεων	50
»	25ο. Επίδειξη ανακυκλώσεως	51

Πείραμα 26ο. Ἐφαρμογές τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου δυνάμεως	52
» 27ο. Τό βάρος σώματος πού ἐπιταχύνεται κατακόρυφα φαίνεται μεγαλύτερο ἢ μικρότερο ἀπό τό πραγματικό του βάρος ἀνάλογα μέ τή φορά τῆς ἐπιταχύνσεως	53
» 28ο. Μετατροπή τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας σέ κινητική καί ἀντίστροφα	56
» 29ο. Μετατροπή τῆς δυναμικῆς ἐνέργειας σέ κινητική καί ἀντίστροφα μέ τή συσκευή δυναμικῆς ἐνέργειας	57
» 30δ. Ἐπαλήθευση τῶν νόμων τοῦ ἐκκρεμοῦς	58
» 31ο. Τό ἐπίπεδο αἰωρήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς παραμένει σταθερό	61
» 32ο. Ὅταν δύο σώματα προσκρούουν, ἡ δύναμη πού ἀσκεῖ τό ἓνα πάνω στό ἄλλο ἐξαρτᾶται ἀπό τό χρόνο μεταβολῆς τῆς ὁρμῆς	63
» 33ο. Ἐπαλήθευση τοῦ νόμου τοῦ Hooke καί προσδιορισμός τῆς κατευθύνουσας δυνάμεως ἐλατήριου	64
» 34ο. Συνθήκη ἰσορροπίας μοχλοῦ. Μοχλός μέ δύο βραχίονες. (Μοχλός πρώτου εἶδους.)	65
» 35ο. Συνθήκη ἰσορροπίας μοχλοῦ. Μοχλός μέ ἓνα βραχίονα. (Μοχλός δευτέρου εἶδους.)	67
» 36ο. Συνθήκη ἰσορροπίας μοχλοῦ. Μοχλός μέ ἓνα βραχίονα. (Μοχλός τρίτου εἶδους.)	69
» 37ο. Συνθήκη ἰσορροπίας πάγιας τροχαλίας	71
» 38ο. Συνθήκη ἰσορροπίας ἐλεύθερης τροχαλίας	72
» 39ο. Συνθήκη ἰσορροπίας στό πολύσπαστο	
α) Ἀπλό πολύσπαστο μέ δύο (2) τροχαλίες	74
» 40δ. Συνθήκη ἰσορροπίας στό πολύσπαστο.	
β) Πολύσπαστο μέ ἕξι (6) τροχαλίες	76
» 41ο. Συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ βαροῦλκου	77
» 42ο. Συνθήκη ἀκρίβειας τοῦ ζυγοῦ. Ἀκριβῆς ζύγιση μέ τή μέθοδο τῆς ἀντικαταστάσεως. Ἀκριβῆς ζύγιση μέ τή μέθοδο τῆς διπλῆς ζυγίσεως	79
» 43ο. Εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ.	
I. Ἐξάρτηση τῆς εὐπάθειας τοῦ ζυγοῦ ἀπό τό μήκος τῆς φάλαγγας.	
II. Ἐξάρτηση τῆς εὐπάθειας τοῦ ζυγοῦ ἀπό τό βάρος τῆς φάλαγγας	83
» 44ο. Ἡ εὐπάθεια τοῦ ζυγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπό τή θέση τοῦ κέντρου βάρους του.	85
» 45ο. Πραγματοποίηση στατήρα	86

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Δ Ε Υ Τ Ε Ρ Ο

Υ Δ Ρ Ο Σ Τ Α Τ Ι Κ Η

Σελίδα

Πείραμα 1ο. Προσδιορισμός τοῦ σχήματος τῆς ἐλεύθερης ἐπιφάνειας τῶν ὑγρῶν πού ἤρμευον	88
» 2ο. Πίσεις μέσα στή μάζα τῶν ὑγρῶν	89
» 3ο. Τά ὑγρά ἀσκοῦν πίσεις ἐπάνω στίς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων πού εἶναι βυθισμένα μέσα σ'αυτά	91
» 4ο. Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων	93
» 5ο. Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τῶν συγκοινωνούντων δοχείων. Συντριβάνια	94
» 6ο. Ἴσορροπία δύο ὑγρῶν, πού δέν ἀναμειγνύονται, μέσα σέ συγκοινωνούντα δοχεῖα	97

Πείραμα	7ο. Ίσορροπία πολλών υγρών που δέν αναμειγνύονται	98
»	8ο. Προσδιορισμός της όλικης δύναμews, που ενεργεί πάνω σέ όρισμένη επιφάνεια, μέσα στή μάζα υγρού που ήρεμεί	99
»	9ο. Δυνάμεις που άσκούνται εξαιτίας της υδροστατικής πιέσεως επάνω στόν πυθμένα δοχείου που έχει μέσα υγρό. 'Υδροστατικό παράδοξο	102
»	10ο. Τά υγρά άσκουν πιέσεις επάνω στά πλευρικά τοιχώματα τών δοχείων, μέσα στά όποια βρίσκονται. 'Ερμηγεία του υδροστροβίλου	104
»	11ο. 'Επαλήθευση της άρχης του 'Αρχιμήδη	106
»	12ο. 'Επαλήθευση της άρχης του 'Αρχιμήδη	107
»	13ο. 'Επαλήθευση της άρχης του 'Αρχιμήδη	108
»	14ο. Σώμα που βυθίζεται μέσα σέ υγρό άσκει πάνω σ' αυτό δύναμη κατακόρυφη προς τά κάτω ίση μέ τό βάρος του υγρού που έκτοπίζει (ίση καί αντίθετη προς τήν άνωση)	110
»	15ο. 'Όταν ένα σώμα βυθίζεται μέσα σέ υγρό, άσκει πάνω σ' αυτό δύναμη ίση καί αντίθετη μέ τήν άνωση	112
»	16ο. 'Αν έμποδίσουμε τήν άσκηση δυνάμεων, εξαιτίας της υδροστατικής πιέσεως, κατακόρυφων προς τά πάνω πάνω σέ σώμα βυθισμένο σέ ένα υγρό, τό σώμα αυτό δέχεται άνωση	113
»	17ο. Ίσορροπία σωμάτων που επιπλέον	115
»	18ο. Θέση σώματος που βρίσκεται μέσα σ' ένα υγρό άνάλογα μέ τή σχέση του βάρους του προς τήν άνωση. Κολυμβητής του Καρτέσιου	116
»	19ο. 'Εννοία του ειδικού βάρους καί της πυκνότητας ενός σώματος	118
»	20ο. Μέτρηση του ειδικού βάρους καί της πυκνότητας στερεού σώματος	119
»	21ο. Μέτρηση της πυκνότητας τών υγρών μέ τή συσκευή του Hare	121
»	22ο. Μέτρηση του σχετικού ειδικού βάρους στερεού σώματος μέ τή μέθοδο της άνώσεως καί από αυτό εύρεση της πυκνότητας καί του ειδικού βάρους αυτού... ..	123
»	23ο. Προσδιορισμός της πυκνότητας καί του ειδικού βάρους στερεού μέ τή μέθοδο της ληκύθου	125
»	24ο. Προσδιορισμός της πυκνότητας καί του ειδικού βάρους υγρού μέ τή μέθοδο της άνώσεως	128
»	25ο. Προσδιορισμός της πυκνότητας καί του ειδικού βάρους τών υγρών μέ τή μέθοδο της ληκύθου	130
»	26ο. Μέτρηση του ειδικού βάρους καί της πυκνότητας τών υγρών μέ τά πυκνόμετρα - αραίόμετρα. Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σέ καθαρό οινόπνευμα διαλύματος οίνοπνεύματος σέ νερό	132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. 'Επίδειξη του βάρους του αέρα καί κατά προσέγγιση μέτρησή του	134
»	2ο. Τά υγρά είναι άσυμπιεστα. Τά αέρια είναι συμπιεστά καί ελαστικά	136
»	3ο. Τά αέρια έχουν τήν τάση νά κατάλάβουν όλο τό χώρο που τούς προσφέρεται. Τά αέρια άσκούν άνωση πάνω στά σώματα που βρίσκονται μέσα σ' αυτά	137
»	4ο. 'Επίδειξη της άρχης του Pascal στά αέρια.	139
»	5ο. 'Απόδειξη της ύπάρξεως της ατμοσφαιρικής πιέσεως. Φαινόμενα που όφει-	

	λονται στην ατμοσφαιρική πίεση	141
Πείραμα	6ο. Έπίδειξη της ατμοσφαιρικής πίεσεως με την παραμόρφωση ενός τενεκεδίου δοχείου	143
»	7ο. Έπίδειξη της ατμοσφαιρικής πίεσεως (πείραμα κυστορραγίας)	144
»	8ο. Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσεως. Πείραμα του Torricelli	145
»	9ο. Νόμος Boyle - Mariotte (για πιέσεις μεγαλύτερες της ατμοσφαιρικής)	147
»	10ο. Νόμος Boyle - Mariotte (για πιέσεις μικρότερες της ατμοσφαιρικής)	150
»	11ο. Απόδειξη του νόμου Boyle - Mariotte	152
»	12ο. Έπίδειξη αναμειγξωσ αερίων. Νόμος του Dalton	157
»	13ο. Έφαρμογή της αρχής του Αρχιμήδη στα αέρια. Αερόστατα	159
»	14ο. Λειτουργία του σίφωνα	161
»	15ο. Μετάγγιση αερίων με τό σίφωνα	162
»	16ο. Έπίδειξη περιοδικού σίφωνα	164
»	17ο. Λειτουργία σιφονίου καί σύριγγας	165
»	18ο. Λειτουργία αναρροφητικής υδραντλίας καί αεραντλίας έμβολοφόρου	166
»	19ο. Πραγματοποίηση ροής σταθερής παροχής. Δοχείο σταθερής παροχής	168

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. Έπίδειξη του νόμου της συνέχειας	170
»	2ο. Έφαρμογή του νόμου του Bernoulli. Όταν αυξάνεται ή ταχύτητα ενός ρευστού, ή στατική πίεση που άσκει αυτό ελαττώνεται	173
»	3ο. Έφαρμογή του νόμου του Bernoulli. Όταν αυξάνεται ή ταχύτητα ενός ρευστού, ή στατική πίεση που άσκει αυτό ελαττώνεται	174
»	4ο. Έφαρμογή του νόμου του Bernoulli. Όταν αυξάνεται ή ταχύτητα ενός ρευστού, ή στατική πίεση που άσκει αυτό ελαττώνεται	175
»	5ο. Έφαρμογή του νόμου του Bernoulli. Έρμηνεία της λειτουργίας του ψεκάστήρα	176

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΜΟΡΙΑΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. Οί διαστάσεις των μορίων είναι πολύ μικρές. Μέτρηση των διαστάσεων του μορίου του ελαϊκού όξέος	178
»	2ο. Έπίδραση δυνάμεων συνάφειας καί μέτρηση αυτών	180
»	3ο. Έπίδειξη επιφανειακής τάσεως	183
»	4ο. Έπίδειξη επιφανειακής τάσεως	185
»	5ο. Μέτρηση του συντελεστή επιφανειακής τάσεως	186
»	6ο. Έπίδειξη της συμπεριφοράς υγρών μέσα σέ τριχοειδείς σωλήνες	188
»	7ο. Έπίδειξη της διαχύσεως μεταξύ υγρών	190
»	8ο. Έπίδειξη της διαχύσεως μεταξύ αερίων	192
»	9ο. Έπίδειξη διαπύδσεως μεταξύ υγρών	194
»	10ο. Έπίδειξη διαπύδσεως στα αέρια	195
»	11ο. Έπίδειξη ώσμώσεως καί μέτρηση της ώσμωτικής πίεσεως	197

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΚΥΜΑΤΙΚΗ—ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. 'Επίδειξη αρμονικής ταλαντώσεως μάζας κρεμασμένης από ελατήριο και προσδιορισμός των παραγόντων, από τους οποίους εξαρτάται η περίοδος αυτής	201
»	2ο. Πειραματική άπεικόνιση αρμονικής ταλαντώσεως	204
»	3ο. α) 'Επίδειξη στροφικής ταλαντώσεως με στροφικό εκκρεμές με δύο μάζες που μπορούν να μετακινούνται πάνω σε οριζόντιο στέλεχος..... β) Διαπίστωση πώς η περίοδος είναι ανεξάρτητη από τη γωνία στρέψεως. γ) Διαπίστωση πώς η περίοδος εξαρτάται από τη ροπή αδράνειας του συστήματος. δ) Εύρεση της ροπής αδράνειας του εκκρεμούς (χωρίς τις κινητές μάζες) με τη βοήθεια των κινητών μαζών	206 209
»	4ο. 'Επίδειξη ελεύθερης και εξαναγκασμένης ταλαντώσεως. Συντονισμός	210
»	5ο. 'Επίδειξη εξαναγκασμένης ταλαντώσεως συστήματος ελατηρίου με βάρη των 50 ρ που διεγείρεται από κινητήρα. Συντονισμός	210
»	6ο. 'Επίδειξη του φαινομένου του συντονισμού με τη διέγερση εκκρεμών διαφόρων μηκών	213
»	7ο. Μεταβίβαση ενέργειας από ένα ταλαντούμενο σύστημα σε άλλο. Συζευγμένες ταλαντώσεις	215
»	8ο. Σύνθεση αρμονικών ταλαντώσεων με τό εκκρεμές του Blackburn	217
»	9ο. Αίσθητοποίηση της έννοιας του κύματος. 'Εγκάρσια και διαμήκη κύματα	219
»	10ο. 'Επίδειξη γραμμικού εγκάρσιου στάσιμου κύματος.	221
»	11ο. 'Επίδειξη διαμήκων στάσιμων κυμάτων επάνω σε άτσάλινο ελατήριο	223
»	12ο. 'Επίδειξη στάσιμων κυμάτων εγκάρσιων και διαμήκων με τη συσκευή Melde (ηλεκτρομαγνητικό διαπασών).	225
»	13ο. 'Επίδειξη εγκάρσιων στάσιμων κυμάτων με ηλεκτρικό κουδούνι	227
»	14ο. 'Επίδειξη κυματικών φαινομένων σε λεκάνη με νερό	229
»	15ο. 'Ο ήχος παράγεται κατά την παλμική κίνηση των σωμάτων	232
»	16ο. 'Ο ήχος παράγεται κατά την παλμική κίνηση των σωμάτων	233
»	17ο. Γραφική άπεικόνιση της παλμικής κινήσεως.....	235
»	18ο. 'Ο ήχος δέ διαδίδεται στο κενό	236
»	19ο. 'Επίδειξη συμβολής του ήχου	237
»	20ο. Τό ύψος του ήχου εξαρτάται από τη συχνότητα της παλμικής κινήσεως..	239
»	21ο. 'Επίδειξη συνηχίσεως διαπασών και σωλήνα και μέτρηση της ταχύτητας του ήχου	240

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. 'Επίδειξη γραμμικής διαστολής	242
»	2ο. 'Επίδειξη γραμμικής διαστολής με απλά μέσα	244
»	3ο. Δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διαστολή των σωμάτων	246
»	4ο. 'Επίδειξη της διαστολής στερεού σώματος κατά τον όγκο	247
»	5ο. 'Εφαρμογές της γραμμικής διαστολής. Τό διμεταλλικό έλασμα σάν αυτόμα-	

	τος διακόπτης ηλεκτρικού ρεύματος	248
Πείραμα	6ο. Τό διμεταλλικό έλασμα σάν αυτόματος διακόπτης ηλεκτρικού ρεύματος. Πώς άναβoσβήνουν τά λαμπάκια στά χριστουγεννιάτικα δέντρα.....	250
»	7ο. Έπίδειξη τής διαστολής τών υγρών	251
»	8ο. Έπίδειξη τής διαστολής τών αερίων	253
»	9ο. Έπαλήθευση τής θέσεως τού μηδενός τού θερμόμετρου Κελσίου	254
»	10ο. Έπαλήθευση τής θέσεως τών 100° τού θερμόμετρου Κελσίου	256
»	11ο. Σύγκριση τών απόλυτων συντελεστών διαστολής διαφόρων υγρών	257
»	12ο. Ή πυκνότητα τών υγρών έλαττώνεται, όταν αϋξάνεται ή θερμοκρασία τους ...	259
»	13ο. Έπίδειξη τής διαστολής τών υγρών	261
»	14ο. Έπίδειξη τής ανώμαλης διαστολής τού νερού.	263
»	15ο. Έπίδειξη τής διαστολής τών αερίων. Διαστολή αερίου υπό σταθερή πίεση	267
»	16ο. Θέρμανση αερίου υπό σταθερό όγκο. Έαερικό θερμόμετρο	269
»	17ο. Τά άέρια θερμαίνονται μέ ρεύματα. Έαν έμποδίσουμε τό σχηματισμό ρευμάτων, ή μετάδοση τής θερμότητας παρεμποδίζεται	272
»	18ο. Διάδοση τής θερμότητας στά στερεά	273
»	19ο. Τά υγρά είναι κακοί άγωγοί τής θερμότητας.....	275
»	20ό. Τά υγρά θερμαίνονται μέ μεταφορά (μέ ρεύματα)	275
»	21ο. Τά υγρά θερμαίνονται μέ τή δημιουργία ρευμάτων	276
»	22ο. Δημιουργία ρευμάτων μέσα στό νερό. Έαρχή τής λειτουργίας τού θερμοσίφωνα	278
»	23ο. Παρουσίαση ύποδείγματος κεντρικής θερμάνσεως	280
»	24ο. Τά άέρια είναι κακοί άγωγοί τής θερμότητας	282
»	25ο. Έ άκτινοβόλος θερμότητα, πού εκπέμπει ένα σώμα, εξαρτάται από τή φύση τής επιφάνειάς του.....	285
»	26ο. Έ άπορρόφηση τής άκτινοβόλου θερμότητας εξαρτάται από τή φύση τής επιφάνειας τών σωμάτων.....	287
»	27ο. Έ άπορρόφηση καί ή έκπομπή τής άκτινοβόλου θερμότητας εξαρτάται από τή φύση τής επιφάνειας τών σωμάτων.....	290
»	28ο. Τά συνηθισμένα διαφανή μέσα (τζάμια κτλ.) δέν επιτρέπουν στην άκτινοβόλο θερμότητα νά περνά μέσα από αυτά	292
»	29ο. Τό ποσό τής θερμότητας πού παίρνει ένα θερμαινόμενο σώμα είναι άνάλογο μέ τή μάζα τού σώματος καί μέ τή μεταβολή τής θερμοκρασίας	293
»	30ό. Κατά τήν ανάμειξη δύο ποσοτήτων νερού διαφορετικής θερμοκρασίας τό ποσό τής θερμότητας πού χάνει τό θερμότερο νερό είναι ίσο μέ τό ποσό τής θερμότητας πού παίρνει τό ψυχρότερο	297
»	31ο. Μελέτη τού φαινομένου τής τήξεως. Τήξη ναφθαλίνης.	299
»	32ο. Προσδιορισμός τού σημείου τήξεως τής ναφθαλίνης	304
»	33ο. Μέτρηση τής θερμότητας τήξεως τού πάγου	305
»	34ο. Έξάτμιση. Έ ταχύτητα εξατμίσεως εξαρτάται : α) από τή φύση τού υγρού πού εξατμίζεται, β) από τό μέγεθος τής επιφάνειας, από τήν όποία γίνεται ή εξάτμιση καί γ) από τή θερμοκρασία τού υγρού πού εξατμίζεται	308
»	35ο. Μελέτη τού φαινομένου τού βρασμού	310
»	36ο. Ένα υγρό βράζει, όταν ή τάση τών ατμών του γίνει ίση μέ τήν έξωτερική πίεση. Βρασμός σέ έλαττωμένη πίεση.....	313
»	37ο. Έταν ή πίεση πού άσκείται πάνω στην επιφάνεια ενός υγρού αϋξάνεται, ή θερμοκρασία βρασμού άνωψώνεται	316

Πείραμα 38ο.	Μέτρηση της θερμότητας εξαερώσεως του νερού με την υγροποίηση των ατμών του	318
» 39ο.	Προσδιορισμός της θερμότητας εξαερώσεως του νερού με την εξαέρωση ορισμένης μάζας του	321
» 40ό.	Απόσταξη. Κλασματική απόσταξη	324
» 41ο.	Προσδιορισμός του σημείου δρόσου και από αυτό της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας	328
» 42ο.	Μετατροπή του έργου σε θερμότητα και αντίστροφα	330
» 43ο.	Πραγματοποίηση ατμοστροβίλου του Ήρωνα	331
» 44ο.	Πραγματοποίηση στοιχειώδους ατμοστροβίλου δράσεως	333
» 45ο.	Επίδειξη ατμοστροβίλου δράσεως. Μετατροπή της θερμότητας σε κινητική ενέργεια και αυτής σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος	334
» 46ο.	Επίδειξη ατμομηχανής. Μετατροπή της θερμότητας σε κινητική ενέργεια και αυτής σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος	336

Α Β Λ Ε Ψ Ι Ε Σ

- Σελ. 16 στίχ. 30 αντί «— 600 p. 8cm = — 4800 p. cm» διάβαζε «600 p. 8cm = 4800 p.cm».
- » 29 » 18 αντί «ή σφαίρα» διάβαζε «ό σύνδεσμος».
- » 32 » 25 αντί «είναι ανάλογα με τούς χρόνους» διάβαζε «είναι ανάλογα προς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων».
- » 47 » 28 αντί «εἰκ. 35» διάβαζε «εἰκ. 37».
- » 48 » 8 αντί «εἰκ. 37» διάβαζε «εἰκ. 35».
- » 64 » 29 αντί «60p» διάβαζε «50p».
- » 70 » 7-8 νά διαγραφῶν οἱ λέξεις «ἀπό τὴν ὁποία κρέμεται αὐτό ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο».
- » 114 » 26 αντί «20ml» διάβαζε «100ml».
- » 116 » 18 αντί «μικρότερη» διάβαζε «μεγαλύτερη».
- » 124 » 13 αντί «τ σχετικό» διάβαζε «τό σχετικό».
- » 127 » 3 αντί «ἀπ' αὐτή» διάβαζε «ἀπὸ αὐτό».
- » 132 » 7 αντί «εσιν.» διάβαζε «εσ. οιν.».
- » 162 » 33 αντί «στό κάτω ἄκρο» διάβαζε «τό κάτω ἄκρο».
- » 169 » 19 αντί «στήλῃ νεροῦ» διάβαζε «στήλῃς νεροῦ».
- » 170 » 2 αντί «PEYTON» διάβαζε «PEYCTON».
- » 171 » 20 αντί «νά ξεπερνᾷ» διάβαζε «νά μὴν ξεπερνᾷ».
- » 173 » 1 αντί «τόν προσαρμόζουμε» διάβαζε «τά προσαρμόζουμε».
- » 180 » 6 αντί « $S = 10^2 \text{ cm}^3$ » διάβαζε « $S = 10^2 \text{ cm}^2$ ».
- » 181 » 10 αντί «τοῦ νεροῦ» διάβαζε «τοῦ οἰνοπνεύματος».
- » 188 » 6 αντί «ἐξουδετέρωσε» διάβαζε «ἐξουδετέρωσε».
- » 189 » 33 αντί «δ ἐδιαβρέχει» διάβαζε «δὲ διαβρέχει».
- » 191 » 12 αντί «στή διάλυση» διάβαζε «στή διάχυση».
- » 208 » 22 αντί « $\Theta_1 = \frac{2T_1 \text{ ml}_2}{T_1^2 - T_1^2}$ » διάβαζε « $\Theta_1 = \frac{2T_1^2 \text{ ml}^2}{T_2^2 - T_1^2}$ ».
- » 246 » 7-8 αντί «ραψίματος» διάβαζε «πλεξίματος».
- » 252 » 3-4 αντί «νά περάσει» διάβαζε «νά μὴν περάσει».

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ (ΙΤΥΕ-ΕΚΔΕ)



024000029854

ΕΚΔΟΣΗ Α'. ΒΙΒΛΙΟ Α' 1977 — ΑΝΤΙΤ. 5.000 — ΣΥΜΒ.: 2807/7-3-77
ΣΤΟΙΧΕΙΟΘΕΣΙΑ - ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : Σ Τ Ρ Α Τ Η Σ Κ Λ Α Π Α Κ Η Σ

A handwritten signature in dark ink, consisting of a large, stylized capital letter 'A' with a long, sweeping tail that curves downwards and to the right.A handwritten signature in dark ink, featuring a series of overlapping loops and a long, sweeping tail that extends downwards and to the left.

