

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 ΔΕΥΤΕΡΟ
ΟΠΤΙΚΗ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1977

ΙΩΑΝΝΟΥ Α. ΜΠΟΥΡ 19673
ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ Μ.Ε.

Π Ε Ι Ρ Α Μ Α Τ Α Φ Υ Σ Ι Κ Η Σ

ΤΟΜΟΣ Β'

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1977
ΗΡΩΔΕΙΑΝ ΜΝΗΜΕΙΑ — ΥΠΕΡΟΧΗ ΜΗΤΕΛΑΝ — ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΑ

ΑΤΑΜΑΡΙΣΤΗ
ΦΥΣΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ Β'

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΣΙΔΕΡΗ ΜΗΤΣΙΑΔΗ ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΥΜΝΑΣΙΑΡΧΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΟΠΤΙΚΗ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

ΦΥΣΙΚΗΣ

ΠΕΙΡΑΜΑ 10

ΣΥΜΒΙΒΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΟΠΤΙΚΗ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Χαρακτηριστικά

1. Δύο γυαλάκια γυαλοδόχους.
2. Δύο γυαλάκια $\varnothing$ 10 cm μήκος 0,80 m.
3. Δύο γυαλάκια $\varnothing$ 10 cm μήκος 1 m.
4. Τεταρτημόριοι γυαλί (αποκρούς).
5. Ένας σύνδεσμος επαγωγής.

Συνορμολογήση πειραματικής διάταξης

- α) Στεφανίζουμε με καθαρό από τις δύο υποσιδηρούς βίβλους από μια ράβδο του 1,80 m με το ένα άκρο της και σε καθαρό από ρεύμα δύο άκλους στεφανίζουμε, των ένα από κάθε μέρος, κοντά στη βάση και τον άλλο στο μέσο του άκρου της.
- β) Φέρνουμε τους δύο άκρους της και ελαφρώς την μ κίνηση από τρόπο σε άκρωση 1 m περίπου των έναν από τον άλλο και τους συνειρμολογούμε με μια ράβδο του 1,10 m, στεφανίζοντας τα άκρα της, στους συνδέσμους και είναι κοντά στη
- γ) Περνάνε στην άλλη ράβδο του 1,10 m, στεφανίζοντας τους άκλους συνδέσμους και τη στεφανίζουμε στους άλλους συνδέσμους που βρίσκονται στο μέσο των δύο άκρων της.

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ 1977

ΙΩΑΝΝΟΥ Α ΜΠΟΥΡΟΥΤΗ
ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΕΝΙΚΟΥ ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗ Μ.Ε.

ΑΤΑΜΑΤΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ

ΒΙΒΛΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ
ΟΠΤΙΚΗ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ 1977
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΣΙΑΔΗ ΜΗΤΣΙΔΑΗ ΦΥΣΙΚΟΥ — ΓΥΜΝΑΣΙΑΡΧΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

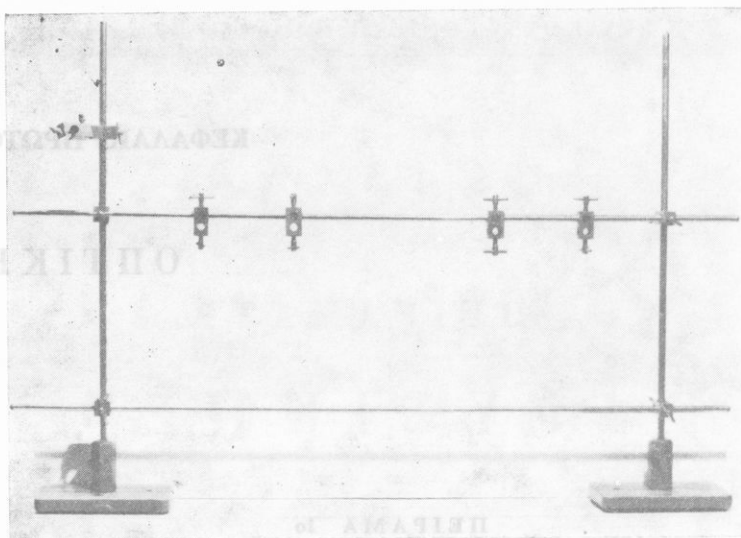
Συναρμολόγηση οπτικής τράπεζας

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. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε σε καθεμιά από τις δυό χυτοσιδερένιες βάσεις από μιά ράβδο των 0,80 m με τό ένα άκρο τους και σε καθεμιά από αυτές δυό άπλούς συνδέσμους, τόν ένα στό κάτω μέρος κοντά στη βάση και τόν άλλο στό μέσο του ύψους της.
- β) Φέρνουμε τούς δυό όρθοστατές πού σχηματίστηκαν μ' αυτόν τόν τρόπο σε απόσταση 1 m περίπου τόν έναν από τόν άλλο και τούς συναρμολογούμε με μιά ράβδο των 1,10 m, στερεώνοντας τά άκρα της στους συνδέσμους πού είναι κοντά στις βάσεις.
- γ) Περνάμε στην άλλη ράβδο των 1,10 m τούς υπόλοιπους τέσσερις άπλούς συνδέσμους και τή στερεώνουμε με τά άκρα της στους άλλους συνδέσμους πού βρίσκονται στό μέσο των δυό όρθοστατών.



Εικ. 1. Πειράμα 1.

- δ) Τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο συνδέουμε ανάλογα με τις ανάγκες του πειράματος ή πάνω στην ανώτερη οριζόντια ράβδο ή σε μία από τις κατακόρυφες. (Η κατώτερη οριζόντια ράβδος μπαίνει μόνο για καλύτερη στερέωση.)
- Έτσι έχουμε κατασκευάσει μία οπτική τράπεζα, που πάνω σ' αυτή μπορούμε να στηρίζουμε διάφορα όργανα και να κάνουμε τά περισσότερα από τά πειράματα της Γεωμετρικής Όπτικής (εικ. 1).

Έξασκηση στή χρήση του προβολέα Reuter. Δέσμες συγκλίνουσες, παράλληλες, αποκλίνουσες

Απαραίτητα όργανα

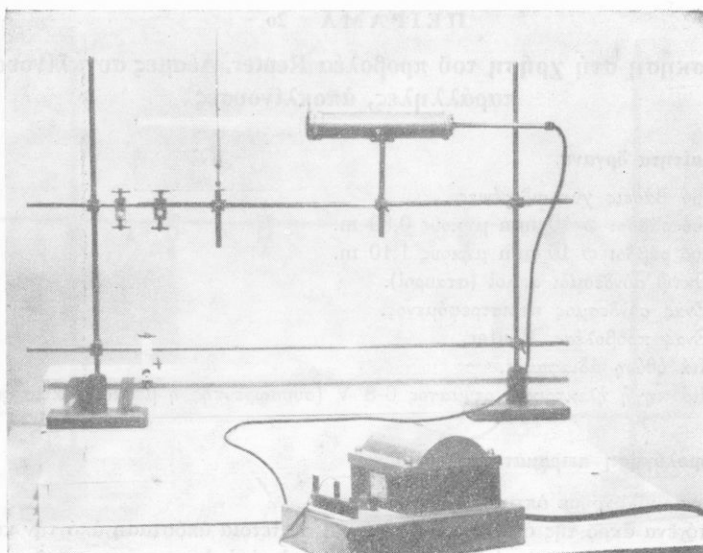
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένεις.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Μιά θόνη άδιαφανής.
8. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Στο ένα άκρο της οπτικής τράπεζας καί σέ τέτοια απόσταση από την κατακόρυφη ράβδο, πού νά μήν εμποδίζεται άπ' αυτή ή μετακίνηση του στελέχους του προβολέα Reuter, στερεώνουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν στηρίζουμε τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος κατακόρυφο καί τόν άξονα παράλληλο μέ τήν όριζόντια ράβδο της τράπεζας.
- γ) Μπροστά από τό φακό του προβολέα στερεώνουμε ένα δεύτερο σύνδεσμο άπλό καί πάνω του στηρίζουμε τήν θόνη μέ τό επίπεδο κατακόρυφο καί παράλληλο μέ τόν άξονα του προβολέα. Ρυθμίζουμε τή θέση του συνδέσμου έτσι, πού ή πλευρά της θόνης, πού είναι από τό μέρος του προβολέα, νά απέχει άπ' αυτόν 1-2 cm.

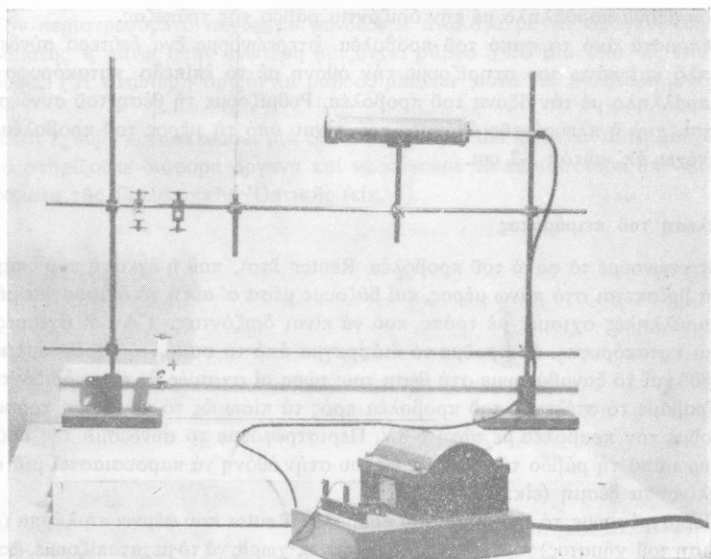
Έκτέλεση του πειράματος

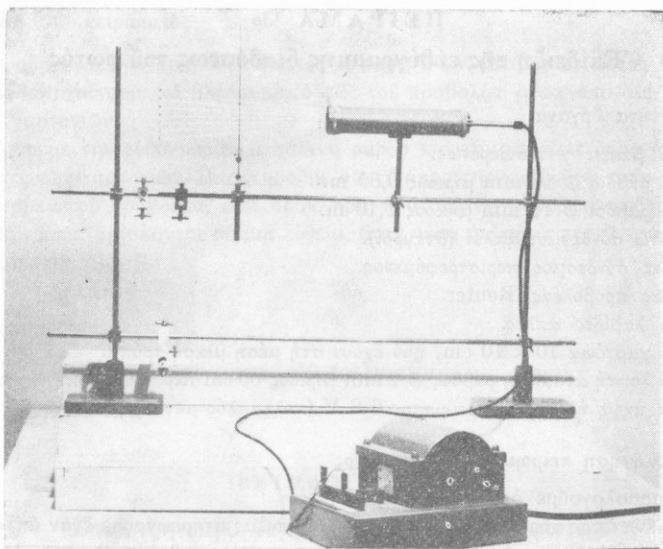
- α) Στερεώνουμε τό φακό του προβολέα Reuter έτσι, πού ή έγκοπή πού υπάρχει νά βρίσκεται στο πάνω μέρος, καί βάζουμε μέσα σ' αυτή τό διάφραγμα μέ τίς παράλληλες σχισμές μέ τρόπο, πού νά είναι όριζόντιες. (Άν οί σχισμές είναι κατακόρυφες, αφαιρούμε τό διάφραγμα από τό φακό, τό στρέφουμε κατά 180° καί τό ξαναβάζουμε στή θέση του: τώρα οί σχισμές θά είναι όριζόντιες.)
- β) Τραβάμε τό στέλεχος του προβολέα προς τά πίσω ως τό τέλος καί τροφοδοτούμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V. Περιστρεφουμε τό σύνδεσμο της θόνης γύρω από τή ράβδο των 1,10 m, ώσπου στην θόνη νά παρουσιαστεί μιά συγκλίνουσα δέσμη (είκ. 2).
- γ) Περιστρεφουμε τό στέλεχος του προβολέα Reuter πού φέρνει τή λάμπα (ρύθμιση του νήματος) γύρω από τόν άξονά του, χωρίς νά τό μετατοπίζουμε, ώσπου



Εικ. 2

Εικ. 3





Εικ. 4

- στήν δθόνή νά φανούν καθαρά οί άκτίνες (λεπτές δέσμες) πού αποτελοῦν τή συγκλίνουσα δέσμη.
- δ) Σπρώχνουμε τό στέλεχος τοῦ προβολέα πρὸς τά μέσα κατά τέτοιο τρόπο, πού σιγά σιγά νά γίνεται πιά κοντό (ή λάμπα πλησιάζει στό φακό). Ἡ δέσμη στήν δθόνή γίνεται σιγά σιγά λιγότερο συγκλίνουσα καί στή συνέχεια γίνεται παράλληλη. Μέ περιστροφή τοῦ στελέχους τοῦ προβολέα πετυχαίνουμε εὐκρίνεια τῆς δέσμης (εἰκ. 3).
- ε) Σπρώχνουμε τό στέλεχος τοῦ προβολέα ἀκόμα πιά πολύ στό ἐσωτερικό του ἔτσι, πού ἡ λάμπα νά πλησιάζει περισσότερο στό φακό. Ἡ παράλληλη δέσμη γίνεται ἀποκλίνουσα τόσο πιά πολύ, ὅσο περισσότερο μπαίνει τό στέλεχος στό ἐσωτερικό τοῦ προβολέα. Σέ κάθε περίπτωση πετυχαίνουμε εὐκρίνεια μέ στροφή τοῦ στελέχους (εἰκ. 4).

Συμπέρασμα

Μέ τόν προβολέα Reuter μπορούμε νά πάρουμε δέσμες συγκλίνουσες, παράλληλες καί ἀποκλίνουσες, μεταβάλλοντας τήν ἀπόσταση τῆς λάμπας ἀπό τό φακό τοῦ προβολέα.

Επίδειξη της εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός

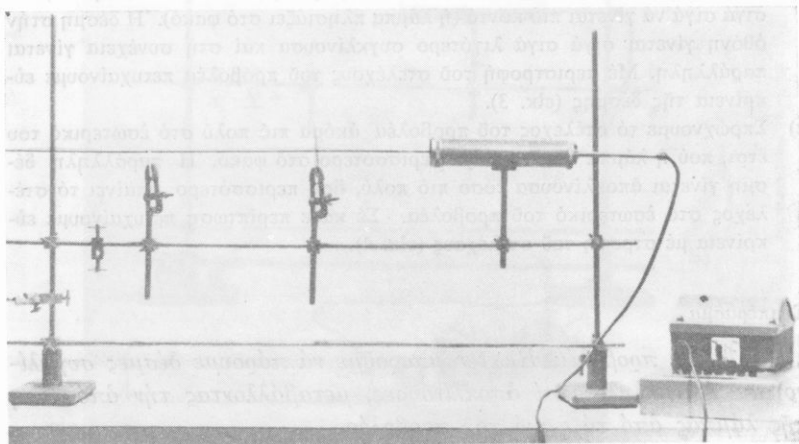
Ἀπαραίτητα ὄργανα

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. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Δυό λαβίδες ἀπλές.
8. Δυό χαρτόνια 10 x 10 cm, πού ἔχουν στή μέση μικρή τρύπα.
9. Μιά λεπτή ἀτσάλινη ράβδος ϕ 2 mm μήκους 60 cm περίπου, λευκή (ἀτσάλινα).
10. Μιά πηγή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (πολλαπλῶς μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Στό ἕνα ἄκρο τῆς ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν προσαρμόζουμε τόν προβολέα Reuter μέ τόν ἄξονα παράλληλο μέ τή ράβδο. Ὁ προβολέας φέρνει τό διάφραγμα μέ τήν κυκλική τρύπα.
- γ) Σέ θέσεις 20 cm καί 40 cm περίπου ἀπό τόν προβολέα πάνω σέ συνδέσμους στερεώνουμε τίς δυό λαβίδες κατακόρυφα καί μ' αὐτές συγκρατοῦμε τά τετράγωνα χαρτόνια μέ τό ἐπίπεδο κάθετο στή διεύθυνση τῆς ράβδου.

Εἰκ. 5



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τὸν προβολέα Reuter μέ τάση 6-8 V καί μετακινώντας τίς λαβίδες πετυχαίνουμε νά βλέπουμε τὸ φῶς τοῦ προβολέα μέσα ἀπὸ τίς τρύπες τῶν χαρτονιῶν.
- β) Παίρνουμε τήν εὐθύγραμμη ἀτσάλινη ράβδο καί τήν περνᾶμε μέσα ἀπὸ τίς τρύπες τῶν χαρτονιῶν. Παρατηροῦμε ὅτι τὸ ἄκρο τῆς καταλήγει στήν κυκλική τρύπα τοῦ προβολέα, ἐνῶ ὁλόκληρη ἡ ἀτσάλινη ράβδος φωτίζεται. Οἱ τρεῖς τρύπες βρίσκονται σέ μιὰ εὐθεία, ὅταν μέσα ἀπ' αὐτές περνᾷ ἡ φωτεινὴ δέσμη (εἰκ. 5).

Συμπέρασμα

Τὸ φῶς διαδίδεται κατὰ εὐθεία γραμμή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

Ἐπίδειξη εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός.

Δέσμες συγκλίνουσες, παράλληλες καί ἀποκλίνουσες στό χῶρο

Ἀπαραίτητα ὄργανα

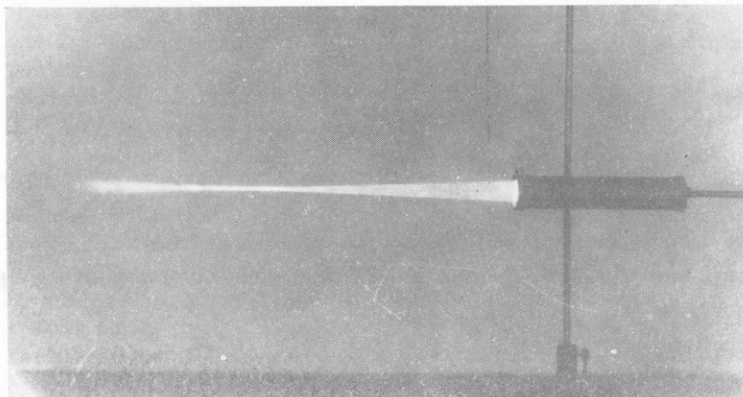
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἕνας προβολέας Reuter.
5. Μιά γυάλινη λεκάνη 30 x 20 x 15 cm.
6. Οὐσία πού φθορίζει (φλουορεσκεΐνη).
7. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

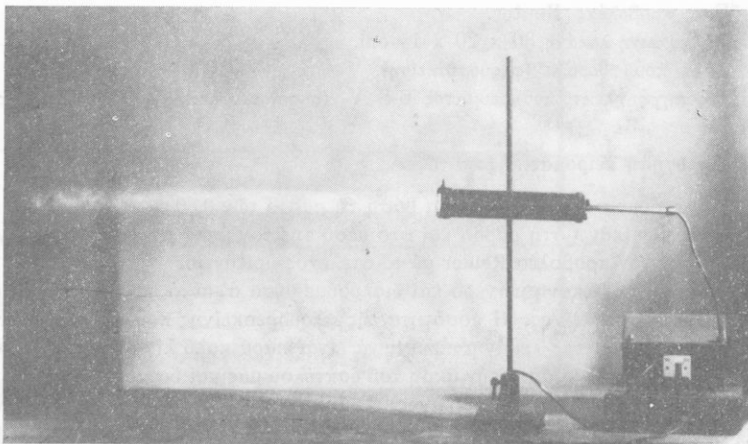
- α) Στερεώνουμε στή χυτοσιδερένια βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m.
- β) Στηρίζουμε πάνω στή ράβδο καί στό μέσο τῆς τὸν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τὸν προβολέα Reuter μέ τὸ στέλεχος ὀριζόντιο.
- γ) Γεμίζουμε τή λεκάνη μέ νερό καί διαλύουμε μέσα σ' αὐτὸ πολὺ μικρὴ ποσότητα φλουορεσκεΐνης. Ἡ ποσότητα τῆς φλουορεσκεΐνης πού πρέπει νά μπεῖ μέσα στοῦ νεροῦ τῆς λεκάνης πρέπει νά εἶναι πάρα πολὺ λίγη (φτάνει νά φέρουμε σέ ἐπαφὴ μ' αὐτὴ τήν ἄκρη τοῦ δακτύλου μας καί ὕστερα νά τὸ ξεπλύνουμε μέσα στοῦ νεροῦ τῆς λεκάνης). Στὸ νερὸ τῆς λεκάνης προσθέτουμε καί λίγες σταγόνες ἀπὸ διάλυμα καυστικοῦ νατρίου.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

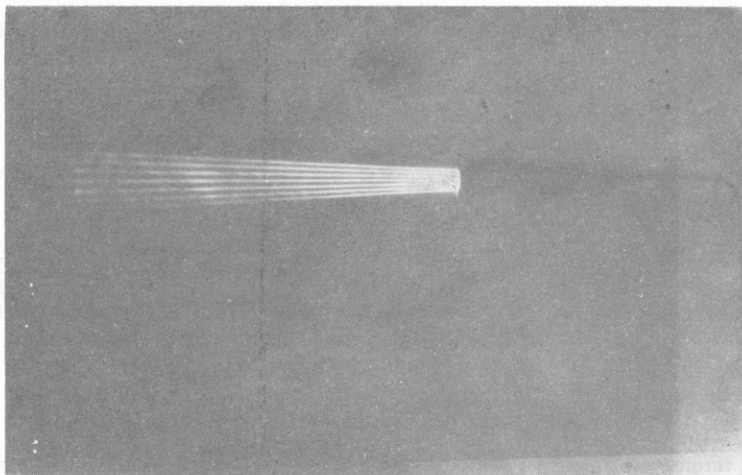
- α) Τοποθετοῦμε στήν ἐγκοπὴ τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα Reuter τὸ διάφραγμα μετὶ τῆς παράλληλης σχισμῆς ὀριζόντιες καὶ τὸν τροφοδοτοῦμε μετὰ τάση 6-8 V.
- β) Τραβᾶμε τὸ στέλεχος τοῦ προβολέα πρὸς τὰ πίσω κατὰ τέτοιο τρόπο, πού νά φανεῖ τὸ μεγαλύτερο μῆκος του, καὶ φυσᾶμε καπνὸ ἢ σκόνη κιμωλίας στήν πορεία τῆς φωτεινῆς δέσμης πού βγαίνει ἀπὸ τὸν προβολέα. Παρατηροῦμε στὸ χῶρο μιὰ φωτεινὴ δέσμη συγκλίνουσα (εἰκ. 6).
- Κάνουμε εὐκρινεῖς τῆς μερικῆς δέσμης μετὰ περιστροφή τοῦ στελέχους τοῦ προβολέα.



Εἰκ. 6



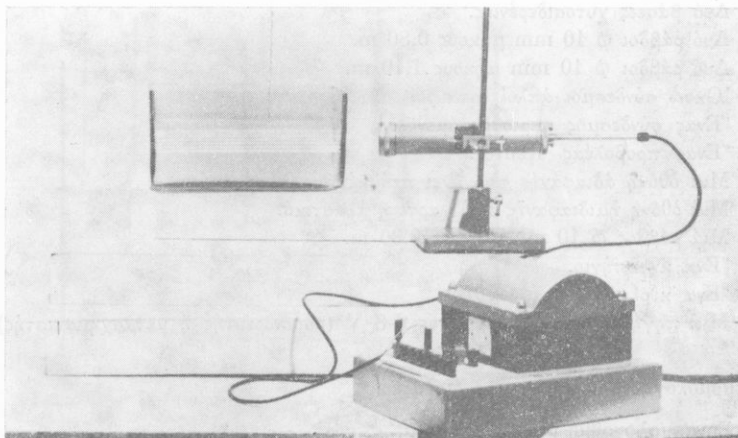
Εἰκ. 7



Είκ. 8

- γ) Σπρώχνουμε συνεχώς τό στέλεχος τοῦ προβολέα ἔτσι, πού τό ἔξω ἀπό τό σω-
λήνα μέρος του νά κονταίνει. Ἡ φωτεινὴ δέσμη ἀλλάζει, γίνεται παράλληλη
καί στή συνέχεια ἀποκλίνουσα (εἰκ. 7 καί 8).
- δ) Κατεβάζουμε τό σύνδεσμο πού πάνω του στηρίζεται ὁ προβολέας στό κάτω
ἄκρο τῆς ράβδου καί φωτίζουμε κάθετα τή μιά ἀπό τίς μικρές πλευρικές ἑ-
δρες τῆς λεκάνης. Μέσα στό ὑγρό πού φθορίζει διακρίνεται καθαρά ἡ πορεία
τῆς δέσμης (εἰκ. 9).

Είκ. 9



- ε) Μετακινοῦμε τό στέλεχος τοῦ προβολέα καί παίρνουμε δέσμη συγκλίνουσα, παράλληλη καί ἀποκλίνουσα.
- στ) Σ' ὅλα τά παραπάνω πειράματα παρατηροῦμε ὅτι ἡ πορεία τοῦ φωτός εἶναι εὐθύγραμμη.

Συμπέρασμα

Μποροῦμε νά κάνουμε ὁρατές τίς φωτεινές δέσμες στό χῶρο, ἂν στήν πορεία τους βάλουμε καπνό, σκόνη κιμωλίας κτλ. ἡ λεκάνη σέ σχῆμα ὀρθογώνιου παραλληλεπίπεδου, πού ἔχει μέσα νερό μέ διαλυμένη οὐσία πού φθορίζει.

Σημείωση

Ὅταν ἐκτελεῖται ἡ β' περίπτωση, φροντίζουμε ἡ θέση τοῦ προβολέα νά εἶναι τέτοια, πού κατά τή χρησιμοποίηση τῆς σκόνης τῆς κιμωλίας νά μὴν πέφτει αὐτή μέσα στό νερό τῆς λεκάνης.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Συνέπειες τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός.

Σκιά, παρασκιά, σκοτεινός θάλαμος

*Απαραίτητα ὄργανα

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. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής πού ἔχει στό κέντρο μικρή τρύπα.
8. Μιά ὀθόνη ἡμιδιαφανής ἀπό χαρτί ἢ πλαστικό.
9. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
10. Ἐνα κηροπήγιο.
11. Ἐνα κερί.
12. Μιά πηγὴ ηλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

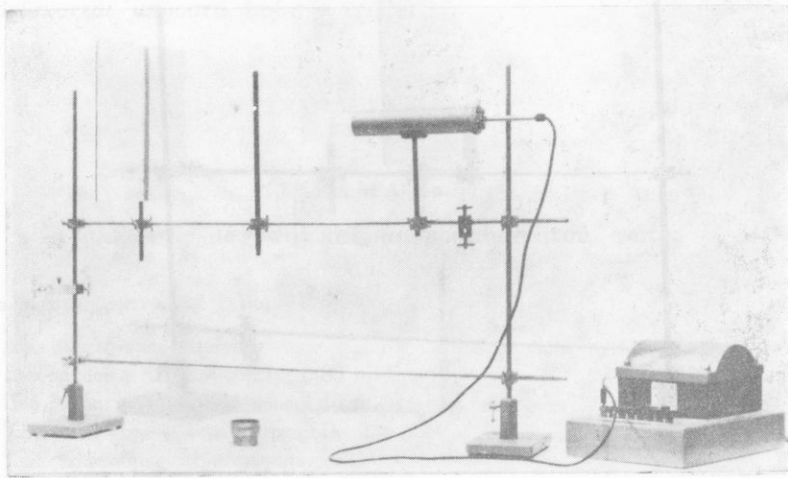
- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.

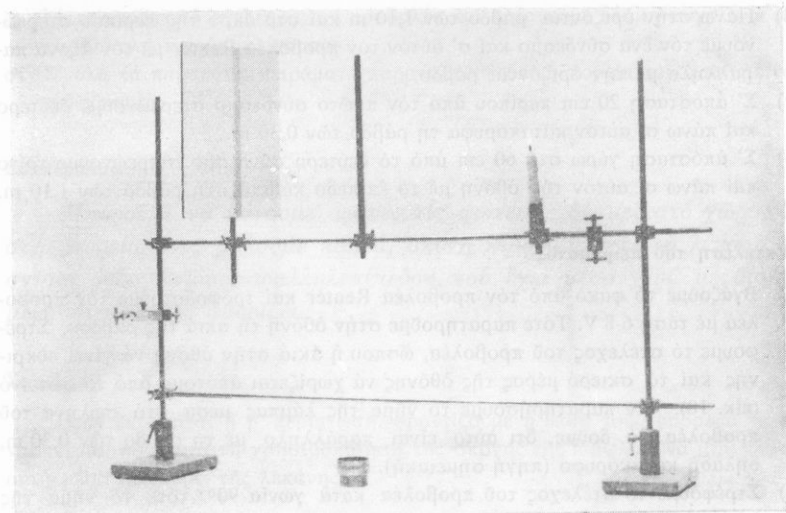
- β) Πάνω στην οριζόντια ράβδο των 1,10 m και στο άκρο της περίπου στερεώνουμε τόν ένα σύνδεσμο και σ' αυτόν τόν προβολέα Reuter με τόν άξονα παράλληλο μέ τήν οριζόντια ράβδο.
- γ) Σ' απόσταση 20 cm περίπου από τόν πρώτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεύτερο και πάνω σ' αυτόν κατακόρυφα τή ράβδο των 0,30 m.
- δ) Σ' απόσταση γύρω στά 60 cm από τό δεύτερο σύνδεσμο στερεώνουμε τρίτο και πάνω σ' αυτόν τήν δθόνη μέ τό επίπεδο κάθετο στή ράβδο των 1,10 m.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Βγάζουμε τό φακό από τόν προβολέα Reuter και τροφοδοτούμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V. Τότε παρατηρούμε στήν δθόνη τή σκιά τής ράβδου. Στρέφουμε τό στέλεχος του προβολέα, ώσπου ή σκιά στήν δθόνη νά γίνει ευκρινής και τό σκιερό μέρος τής δθόνης νά χωρίζεται απότομα από τό φωτεινό (εικ. 10). Άν παρατηρήσουμε τό νήμα τής λάμπας μέσα στό σωλήνα του προβολέα, θά δούμε, ότι αυτό είναι παράλληλο μέ τή ράβδο των 0,30 m, δηλαδή κατακόρυφο (πηγή σημειακή).
- β) Στρέφουμε τό στέλεχος του προβολέα κατά γωνία 90° τότε τό νήμα τής λάμπας γίνεται οριζόντιο και παρουσιάζεται έτσι σάν φωτεινή πηγή πού έχει διαστάσεις. Παρατηρούμε στήν δθόνη βαθμιαία μετάβαση από τήν τελείως σκιερή περιοχή της στήν τελείως φωτεινή. Έχουμε δηλαδή σχηματισμό παρασκιάς.
- γ) Πλησιάζουμε τή ράβδο των 0,30 m πρός τήν δθόνη απομακρύνοντάς την από

Εικ. 10

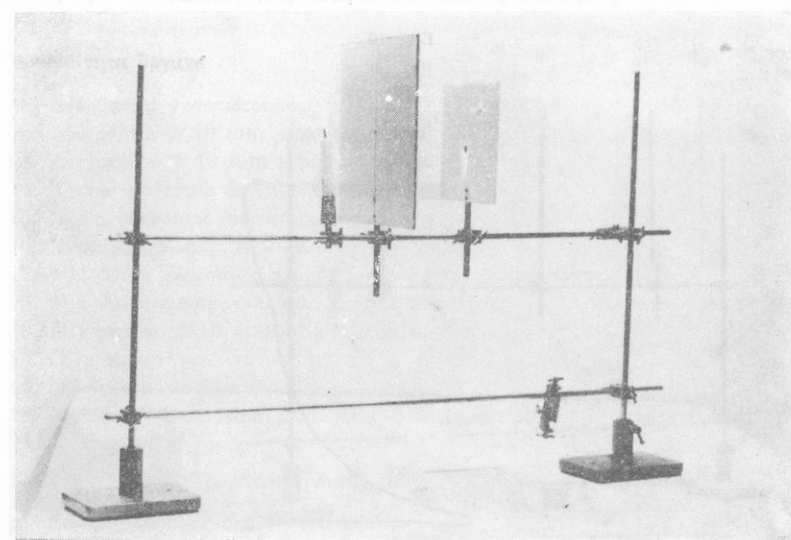




Εικ. 11

Εικόνα 11: Μέτρηση του δείκτη διάθλασης υγρών με τη μέθοδο του ελαστικού. Η εικόνα δείχνει ένα πείραμα όπου ένα υγρό τοποθετείται σε ένα ελαστικό και μετράται η διάθλαση του φωτός που περνάει από αυτό.

Εικ. 12



τή φωτεινή πηγή. Ἡ παρασκιά εξαφανίζεται. Ἀπό μεγάλη ἀπόσταση ἡ πηγή θεωρεῖται σημειακή.

- δ) Ἀντικαθιστοῦμε τὸν προβολέα Reuter μὲ τὸ ἀναμμένο κερί πού ἔχουμε στηρίξει στό κηροπήγιο. Ἡ φλόγα τοῦ κериοῦ εἶναι φωτεινή πηγή πού ἔχει διαστάσεις.

Ἄν ἡ ράβδος τῶν 0,30 m βρίσκεται κοντά στό κερί, παρατηρεῖται παρασκιά στήν ὀθόνη, ἂν ὅμως βρίσκεται μακριά ἀπὸ τὸ κερί καὶ κοντά στήν ὀθόνη, δέν παρατηρεῖται παρασκιά (εἰκ. 11).

- ε) Βγάζουμε τή ράβδο τῶν 0,30 m καὶ στό σύνδεσμό της βάζουμε τήν ὀθόνη σέ ἀπόσταση 1-3 cm ἀπὸ τὸ κερί. Πίσω ἀπὸ τήν ὀθόνη στὸν τρίτο σύνδεσμο βάζουμε τήν ἡμιδιαφανή ὀθόνη (ἂν δέν ἔχουμε, κρατᾶμε μὲ τὸ χέρι ἓνα φύλλο κοινὸν χαρτιοῦ) καὶ παρατηροῦμε σ' αὐτὴ τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας τοῦ κериοῦ ἀνεστραμμένο. Προσέχουμε, ὥστε ἡ τρύπα τῆς ὀθόνης νά εἶναι στό ἴδιο ὕψος μὲ τὸ μέσο τῆς φλόγας τοῦ κериοῦ. Ὁ χῶρος ἀνάμεσα στὶς δύο ὀθόνες εἶναι ὁ σκοτεινὸς θάλαμος (εἰκ. 12).

Συμπεράσματα

Στὸ πίσω μέρος ἀδιαφανοῦς σώματος πού φωτίζεται σχηματίζεται σκιά, ἂν ἡ πηγή πού τὸ φωτίζει μπορεῖ νά θεωρηθεῖ σάν σημειακή, καὶ σκιά καὶ παρασκιά, ὅταν ἡ πηγή πού τὸ φωτίζει ἔχει αἰσθητὲς διαστάσεις.

Στὴν πλευρὰ τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπέναντι στήν τρύπα σχηματίζονται ἀνεστραμμένα τὰ εἶδωλα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων πού βρίσκονται μπροστά ἀπὸ τήν τρύπα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Ἀνάκλαση, διάχυση καὶ ἀπορρόφηση τοῦ φωτός

Ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ ὕλικά

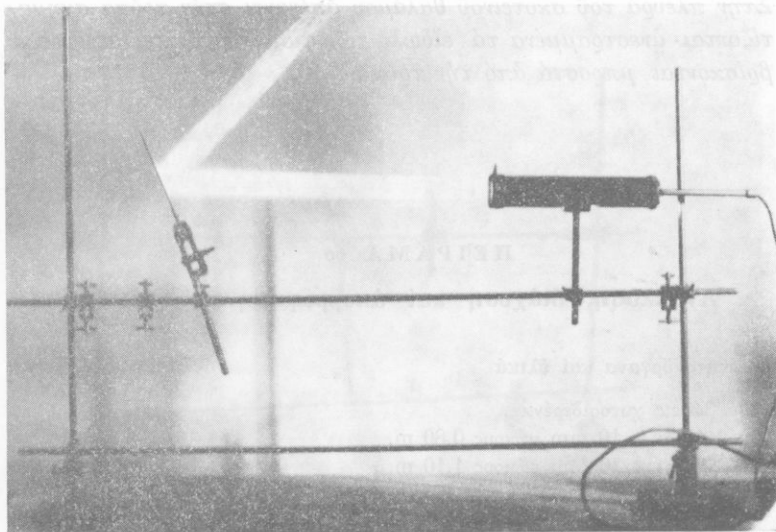
1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτὼ σύνδεσμοι ἀπλοὶ (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.

6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Μιά θόνη αδιαφανής.
8. Ένα φύλλο από λευκό χαρτί ακολλάριστο.
9. Ένας ρολός σελοτέιπ.
10. Ένα επίπεδο κάτοπτρο.
11. Ένα κομμάτι τζάμι.
12. Δυό λαβίδες άπλές.
13. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).
14. Μιά κάψα από πορσελάνη.
15. Λίγο βενζόλιο ή άλλο καύσιμο πού νά δίνει φλόγα πλούσια σέ αιθάλη.
16. Λίγο βαμπάκι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Μέσα στην κάψα από πορσελάνη βάζουμε ένα κομμάτι βαμπάκι, τό διαπο-
τίζουμε μέ βενζόλιο καί τό ανάβουμε. Πάνω από τή φλόγα πού σχηματίζεται
φέρνουμε τό τζάμι κρατώντας το μέ τή λαβίδα καί τό μετακινούμε έτσι, πού
νά σκεπαστεί σ' όλη του τήν έκταση από παχύ στρώμα αιθάλης.
- γ) Πάνω στην όριζόντια ράβδο τής οπτικής τράπεζας καί σ' απόσταση από τό

Εικ. 13



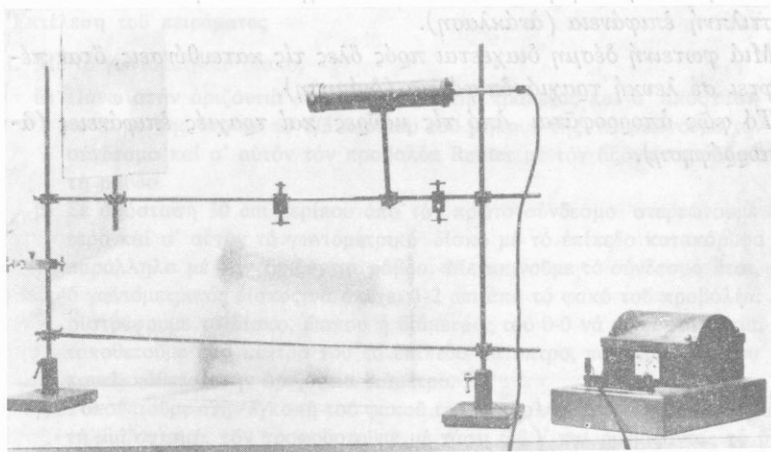
ἄκρο της ἴση μέ τό $1/3$ τοῦ μήκους της στερεώνουμε τόν ἕνα σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τόν προβολέα.

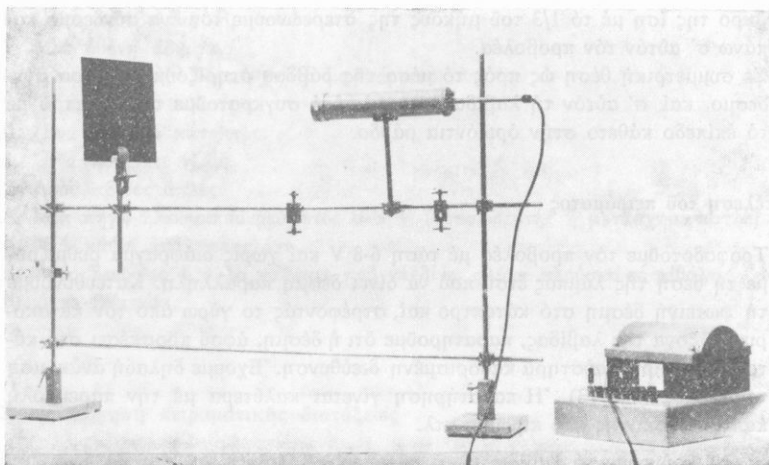
- δ) Σέ συμμετρική θέση ὡς πρὸς τό μέσο τῆς ράβδου στηρίζουμε δεῦτερο σύνδεσμο καί σ' αὐτόν τή λαβίδα, πού μ' αὐτή συγκρατοῦμε τό κάτωπτρο μέ τό ἐπίπεδο κάθετο στήν ὀριζόντια ράβδο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V καί χωρίς διάφραγμα ρυθμίζουμε τή θέση τῆς λάμπας ἔτσι, πού νά δίνει δέσμη παράλληλη. Κατευθύνουμε τή φωτεινὴ δέσμη στό κάτωπτρο καί, στρέφοντάς το γύρω ἀπὸ τόν κατακόρυφο ἄξονα τῆς λαβίδας, παρατηροῦμε ὅτι ἡ δέσμη, ἀφοῦ προσπέσει στό κάτωπτρο, παίρνει αὐστηρά καθορισμένη διεύθυνση. Ἔχουμε δηλαδή ἀνάκλαση τοῦ φωτός (εἰκ. 13). Ἡ παρατήρηση γίνεται καλύτερα μέ τὴν παρεμβολή καπνοῦ ἢ σκόνης ἀπὸ κιμωλία κτλ.
- β) Ἀπομακρύνουμε τή λαβίδα μέ τό κάτωπτρο καί στή θέση της βάζουμε τὴν ὀθόνη· πάνω σ' αὐτὴ κολλᾶμε μέ σελοτέιπ τό φύλλο τοῦ χαρτιοῦ. Φωτίζουμε τό φύλλο τοῦ χαρτιοῦ καί τότε παρατηροῦμε ὅτι τό φῶς, ἀφοῦ προσπέσει στό χαρτί, διαχέεται πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις κι ὅλη ἡ αἰθουσα φωτίζεται σχετικὰ (εἰκ. 14). Ἔχουμε διάχυση τοῦ φωτός ἀπὸ τὴν τραχιὰ λευκὴ ἐπιφάνεια τοῦ χαρτιοῦ.
- γ) Ἀπομακρύνουμε τὴν ὀθόνη καί στή θέση της βάζουμε τὴ λαβίδα μέ τό αἰθαλωμένο τζάμι. Κατευθύνουμε στήν αἰθαλωμένη ἐπιφάνεια τὴ φωτεινὴ δέσμη

Εἰκ. 14





Εικ. 15

και τότε παρατηρούμε ότι απορροφάται σχεδόν τελείως από την αιθάλη (εικ. 15). Έχουμε δηλαδή απορρόφηση του φωτός από τη μαύρη επιφάνεια.

Συμπεράσματα

Μιά φωτεινή δέσμη αλλάζει κατεύθυνση, όταν πέφτει σε λεία και στιλπνή επιφάνεια (ανάκλαση).

Μιά φωτεινή δέσμη διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις, όταν πέφτει σε λευκή τραχιά επιφάνεια (διάχυση).

Τό φώς απορροφάται από τις μαύρες και τραχιές επιφάνειες (απορρόφηση).

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Ἀνάκλαση καὶ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως.

I. Μὲ τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο.

II. Μὲ τὸ κοινὸ κάτοπτρο καὶ ὀθόνη

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Ἐνας γωνιομετρικὸς δίσκος.
8. Ἐνα κουτί ἐξαρτημάτων τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου.
9. Μία ὀθόνη ἀδιαφανής.
10. Μία σειρά κατόπτρων ἢ κοινὸ ἐπίπεδο κάτοπτρο.
11. Μία πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).
12. Ἐνα μοιρογνωμόνιο.

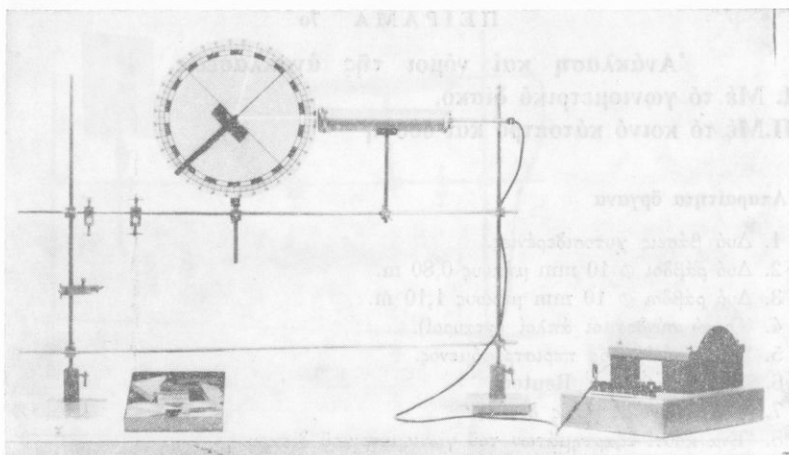
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

I. Μὲ τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο.

- α) Πάνω στὴν ὀριζόντια ράβδῳ τῆς ὀπτικῆς τράπεζας καὶ σ' ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἄκρο τῆς ἴση μὲ τὸ $1/3$ περίπου τοῦ μήκους τῆς στερεώνουμε τὸν ἕνα σύνδεσμο καὶ σ' αὐτόν τὸν προβολέα Reuter μὲ τὸν ἄξονα παράλληλο μὲ τὴ ράβδον.
- β) Σὲ ἀπόσταση 50 cm περίπου ἀπὸ τὸν πρῶτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεῦτερο καὶ σ' αὐτόν τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο μὲ τὸ ἐπίπεδο κατακόρυφο καὶ παράλληλο μὲ τὴν ὀριζόντια ράβδον. Μετακινούμε τὸ σύνδεσμον ἔτσι, πού ὁ γωνιομετρικὸς δίσκος νὰ ἀπέχει 1-2 cm ἀπὸ τὸ φακὸ τοῦ προβολέα. Περιστρέφουμε τὸ δίσκο, ὥσπου ἡ διάμετρος του 0-0 νὰ γίνῃ ὀριζόντια, καὶ τοποθετοῦμε στὸ κέντρο του τὸ ἐπίπεδο κάτοπτρο, πού ὑπάρχει μέσα στὸ κουτί, κάθετο στὴν ὀριζόντια διάμετρο.
- γ) Τοποθετοῦμε στὴν ἐγκοπὴ τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα Reuter τὸ διάφραγμα μὲ τὴ μίαν σχισμὴ, τὸν τροφοδοτοῦμε μὲ τάση 6-8 V καὶ ρυθμίζοντας τὸ ὕψος του ρίχνουμε στὸ κάτοπτρο καὶ κατὰ τὴν ὀριζόντια διάμετρο τοῦ δίσκου



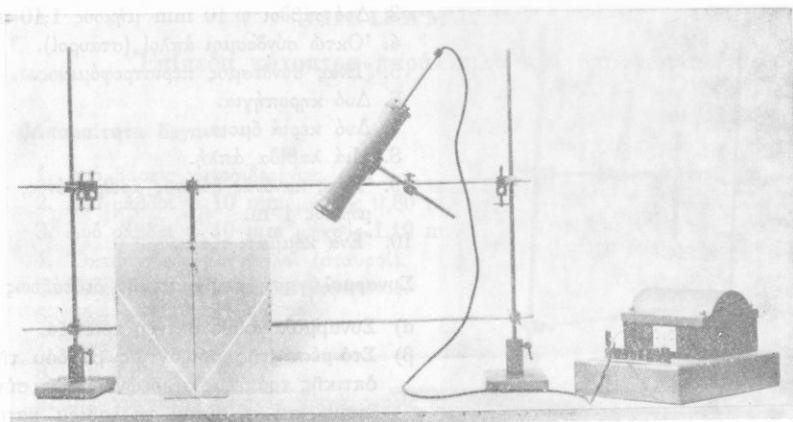
Εικ. 16

φωτεινή ακτίνα κάθετα: τότε η ανακλώμενη συμπίπτει με την προσπίπτουσα. Φροντίζουμε, ώστε ο προβολέας να δίνει παράλληλη δέσμη, κι αυτό τό διαπιστώνουμε, αν τό ίχνος της στό δίσκο είναι σ' όλο του τό μήκος του ίδιου πάχους.

δ) Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο έτσι, πού ή προσπίπτουσα ακτίνα νά σχηματίζει μέ τήν οριζόντια διάμετρο (κάθετο στό κάτοπτρο) γωνία π.χ. 30° . Παρατηρούμε ότι ή ανακλώμενη ακτίνα σχηματίζει μέ τήν ίδια κάθετο τήν ίδια γωνία ανακλάσεως 30° (εικ. 16). Μεγαλώνουμε τή γωνία προσπτώσεως μέ περιστροφή του δίσκου, όποτε μεγαλώνει καί ή γωνία ανακλάσεως καί παραμένει πάντα ίση μέ τή γωνία προσπτώσεως. Παρατηρούμε ακόμη ότι ή προσπίπτουσα ακτίνα, ή ανακλώμενη καί ή κάθετος στόν επιφάνεια πού γίνεται ή ανάκλαση (διάμετρος 0-0) βρίσκονται στό ίδιο ίδιο επίπεδο, τό επίπεδο του δίσκου.

II. Μέ κοινό κάτοπτρο καί δθόνη.

α) Αντικαθιστούμε τόν άπλό σύνδεσμο πού φέρνει τόν προβολέα μέ περιστρεφόμενο σύνδεσμο. Αφαιρούμε από τήν οπτική τράπεζα τό γωνιομετρικό δίσκο καί στή θέση του, στόν ίδιο σύνδεσμο, στερεώνουμε τήν δθόνη, μέ τό στέλεχος πρός τά πάνω καί τό επίπεδο αυτής παράλληλο μέ τήν οριζόντια βάση της οπτικής τράπεζας. Αφήνουμε χαλαρή τή βίδα του συνδέσμου πού συγκρατεί τό στέλεχος της δθόνης έτσι, πού, όταν αυτή πέφτει, νά αγγίζει μικρό επίπεδο κάτοπτρο, τοποθετημένο πάνω στην πειραματική τράπεζα καί σέ τέτοια θέση, πού τό μέσο του νά συμπίπτει μέ τόν πόδα της κατακόρυφου πού περνά από τό κέντρο της δθόνης.



Εικ. 17

- β) Τροφοδοτούμε τον προβολέα με τάση 6-8 V και στρέφοντάς τον με τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο κατευθύνουμε τη φωτεινή δέσμη στο κέντρο του κατόπτρου σέ τρόπο, πού τό ίχνος της νά φαίνεται στήν δθόνη. Παρατηρούμε πάλι στήν δθόνη τήν ανακλώμενη δέσμη. Μé τό μοιρογνωμόνιο μετρώμε τίς γωνίες προσπτώσεως καί ανακλάσεως (εϊκ. 17).

Συμπεράσματα

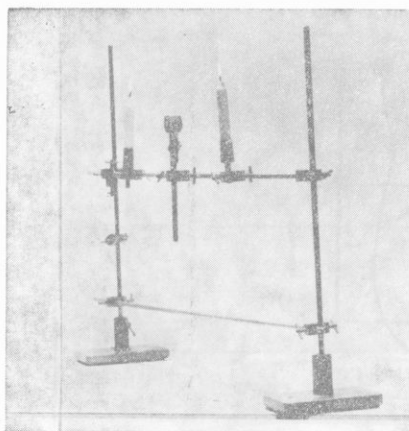
- 1ος νόμος: Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μέ τή γωνία ἀνακλάσεως.
 2ος νόμος: Ἡ προσπίπτουσα καί ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα ὀρίζουν ἕνα ἐπίπεδο, πού εἶναι κάθετο στήν ἐπιφάνεια πού γίνεται ἡ ἀνάκλαση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Εἶδωλα ἐπίπεδων κατόπτρων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.



Εικ. 18

3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,40 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Δυό κηροπήγια.
7. Δυό κεριά ίδια.
8. Μιά λαβίδα άπλή.
9. Ένας κανόνας ξύλινος άριθμημένος, μήκους 1 m.
10. Ένα κομμάτι τζάμι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Στο μέσο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας στερεώνουμε ένα σύνδεσμο και σ' αυτόν τη λαβίδα κατακόρυφη· μ' αυτή συγκρατούμε τὸ τζάμι με τὸ ἐπίπεδο κάθετο στήν οριζόντια ράβδο.

- γ) Από τή μία καί τήν ἄλλη μεριά τῆς λαβίδας καί σέ ἀποστάσεις 25-30 cm στερεώνουμε δυό ἄλλους συνδέσμους καί σέ καθέναν ἀπ' αὐτούς στηρίζουμε ἀπό ἓνα κηροπήγιο μέ κερι.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀνάβουμε τὸ ἓνα κερι καί βάζοντας τὸ μάτι μας πρὸς τὸ μέρος του παρατηροῦμε μέσα ἀπὸ τὸ τζάμι τὸ σβησμένο κερι. Τὸ μετακινοῦμε ἑλαφρά, ὥσπου τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας τοῦ ἀναμμένου κериοῦ νά βρεθεῖ πάνω στὸ φιλτίλι τοῦ σβησμένου· τότε φαίνεται κι αὐτὸ σάν νά εἶναι ἀναμμένο (εἰκ. 18).
- β) Μὲ τὸν ἀριθμημένο κανόνα μετρῶμε τίς ἀποστάσεις τῶν δυό κεριῶν ἀπὸ τὸ τζάμι καί τίς βρίσκουμε ἴσες (τὸ τζάμι συμπεριφέρεται στήν περίπτωση αὐτὴ σάν κάτοπτρο).

Συμπεράσματα

Ἡ ἀπόσταση τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρο εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρο.

Τὸ εἶδωλο φωτεινοῦ ἀντικείμενου πού σχηματίζεται ἀπὸ ἐπίπεδο κάτοπτρο εἶναι φανταστικό, σχηματίζεται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καί τὸ μέγεθός του εἶναι ἴσο μὲ τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικείμενου.

Ἐπίπεδα κάτοπτρα παράλληλα καὶ ὑπὸ γωνία

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἕνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἕνα κηροπήγιο.
7. Ἕνα κερί.
8. Δυὸ λαβίδες ἀπλές.
9. Δυὸ κάτοπτρα ἐπίπεδα κοινά, χωρὶς πλαίσιο.

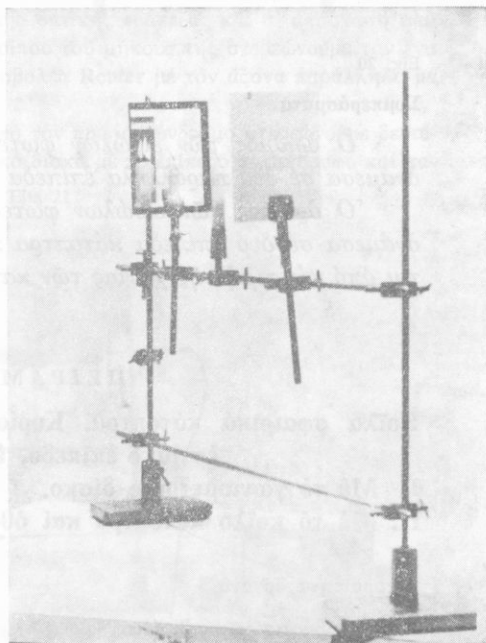
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

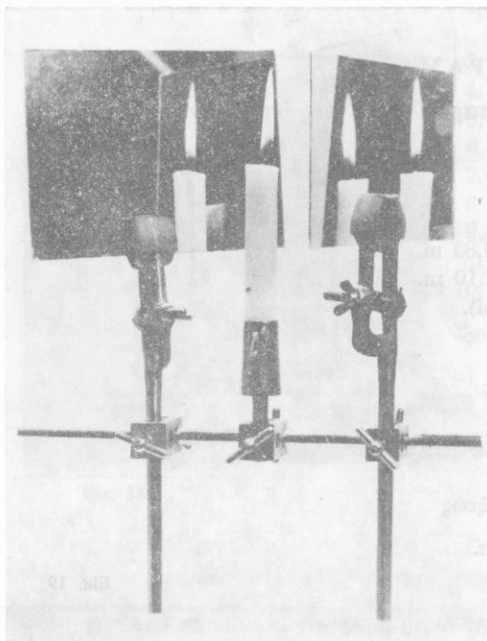
α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.

β) Στὸ μέσο τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καὶ στηρίζουμε τὸ κηροπήγιο πού φέρνει τὸ κερί.

γ) Ἀπὸ τὴ μιά καὶ τὴν ἄλλη μεριά τοῦ συνδέσμου καὶ σὲ ἀπόσταση 25-30 cm στερεώνουμε δυὸ ἄλλους συνδέσμους καὶ πάνω σ' αὐτοὺς στηρίζουμε κατακόρυφα τὶς δυὸ λαβίδες, μετὶς ὁποῖες συγκρατοῦμε τὰ δυὸ κάτοπτρα—ἀφοῦ βάλομε ἀνάμεσα σ' αὐτὰ καὶ στίς σιαγόνες τῶν λαβίδων φύλλο χαρτιοῦ διπλωμένο πολλές φορές, γιὰ νὰ ἔχει ἄρκετὸ πάχος—μέ τὰ ἐπίπεδά τους ὅσο τὸ δυνατό κατακόρυφα καὶ κάθετα στὴν ὀριζόντια ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας, δηλαδή παράλληλα τὸ ἓνα μέ τ' ἄλλο.

Εἰκ. 19





Είκ. 20

Συμπεράσματα

Ο αριθμός των ειδώλων φωτεινού αντικείμενου, που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο παράλληλα επίπεδα κάτοπτρα, είναι άπειρος.

Ο αριθμός των ειδώλων φωτεινού αντικείμενου, που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο επίπεδα κάτοπτρα που σχηματίζουν γωνία, εξαρτάται από την τιμή της γωνίας των κατόπτρων.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα. Κυρία έστια, δευτερεύουσες έστιές, έστιακό επίπεδο, έστιακή απόσταση.

I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο.

II. Μέ τό κοίλο κάτοπτρο καί θόδονη

Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένεις.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Ανάβουμε τό κερί τότε, αν παρατηρήσουμε μέσα στο ένα από τά κάτοπτρα, βλέπουμε μεγάλο πλήθος από είδωλα σε κανονικές αποστάσεις, πού ή φωτεινότητά τους εξασθενίζει, όσο αυξάνεται ή σειρά τους (είκ. 19).
- β) Περιστρέφουμε καί τίς δυό λαβίδες γύρω από τόν κατακόρυφο άξονά τους, ώστε τά επίπεδα κάτοπτρα νά σχηματίζουν τώρα γωνία. Παρατηρούμε μέσα στά κάτοπτρα περιορισμένο αριθμό ειδώλων, πού τό πλήθος τους εξαρτάται από την τιμή της γωνίας πού σχηματίζουν καί τό όποιο μεγαλώνει, όσο ή γωνία μικραίνει (είκ. 20).

2. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Ένας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ένα κουτί εξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. Μία δθόνη άδιαφανής.
10. Μία σειρά κατόπτρων (επίπεδο, κοίλο, κυρτό).
11. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
12. Μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).
13. Ένα ύποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

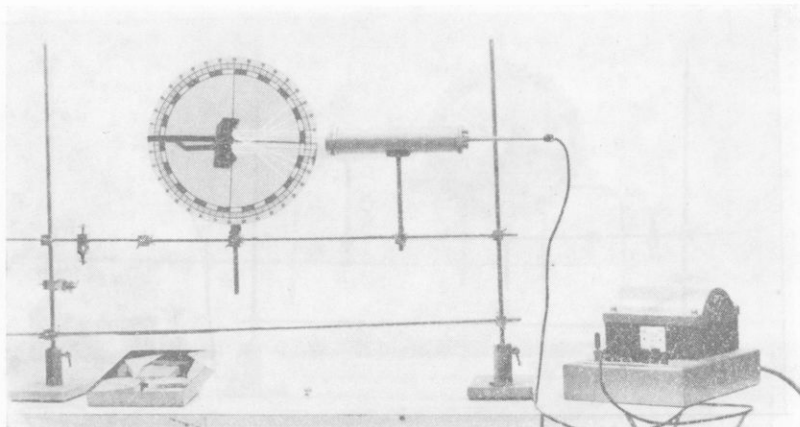
Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.

Έκτέλεση του πειράματος

I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο.

- α) Πάνω στην οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας και σ' απόσταση από τό άκρο της ίση μέ τό 1/3 περίπου του μήκους της στερεώνουμε τόν ένα σύνδεσμο και σ' αυτόν τόν προβολέα Reuter μέ τόν άξονα παράλληλο μέ τή ράβδο.
- β) Σ' απόσταση 30 cm περίπου από τόν πρώτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεύτερο και σ' αυτόν τό γωνιομετρικό δίσκο μέ τό επίπεδο κατακόρυφο και πα-

Εικ. 21

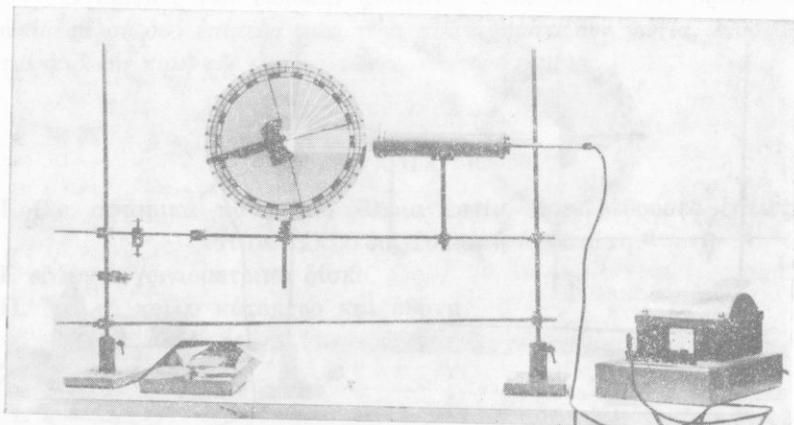


ράλληλο με την οριζόντια ράβδο. Μετακινούμε το σύνδεσμο έτσι, πού ο δίσκος νά απέχει 1-2 cm από το φακό του προβολέα. Περιστρέφουμε τό δίσκο με τέτοιο τρόπο, πού ή διάμετρος του 0-0 νά γίνει οριζόντια, καί τοποθετούμε στό κέντρο του τό κοίλο κάτοπτρο, πού βρίσκεται στό κουτί, μέ τόν κύριο άξονα κατά την οριζόντια διάμετρο 0-0 του δίσκου.

γ) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα Reuter τό διάφραγμα μέ τίς πολλές παράλληλες σχισμές έτσι, πού αυτές νά είναι οριζόντιες, τόν τροφοδοτούμε μέ τάση 6-8 V καί ρυθμίζοντας τό ύψος του ρίχνουμε στό κάτοπτρο παράλληλη δέσμη έτσι, πού ή μεσαία άκτίνα νά συμπίπτει μέ τόν κύριο άξονα του κατόπτρου. Μέ περιστροφή του δίσκου μαζί μέ τό σύνδεσμο πού τόν στηρίζει γύρω από την οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας ή τό δίσκο γύρω από τόν κατακόρυφο άξονα του στελέχους του πετυχαίνουμε, ώστε ή παράλληλη δέσμη πού δίνει ο προβολέας νά φαίνεται στό επίπεδο του δίσκου. Παρατηρούμε την ανακλώμενη δέσμη νά είναι συγκλίνουσα καί νά σχηματίζει πάνω στον κύριο άξονα την κυρία έστία. Μέ περιστροφή του στελέχους του προβολέα πετυχαίνουμε ευκρίνεια όλόκληρης της δέσμης. Άν ή έστία δέ σχηματίζεται ακριβώς επάνω στον κύριο άξονα, περιστρέφουμε τό κάτοπτρο στό δίσκο μέ τό χέρι μας, ώσπου νά βρεθεί ή έστία πάνω στον κύριο άξονα. Αύτή είναι ή κυρία έστία του κατόπτρου (εϊκ. 21). Μετράμε μέ τό ύποδεκάμετρο την έστιακή απόσταση, δηλαδή την απόσταση της κυρίας έστιας από την κορυφή του κατόπτρου.

δ) Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο σιγά σιγά καί κατά μικρή γωνία από τή μιá καί την άλλη μεριά της προηγούμενης θέσεως. Ή έστία παίρνει διάφορες θέσεις στην περιφέρεια (σφαιρικής επιφάνειας) μέ κέντρο την κο-

Εϊκ. 22



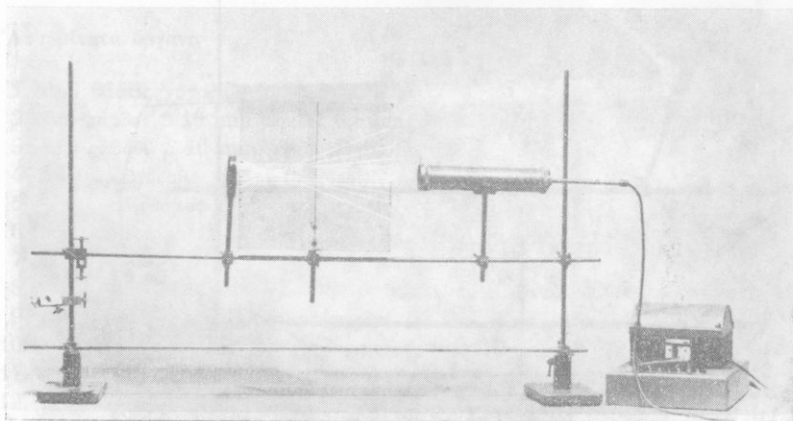
ρυφή του κατόπτρου. Οι θέσεις αυτές της έστιας είναι οι δευτερεύουσες έστιες (εικ. 22).

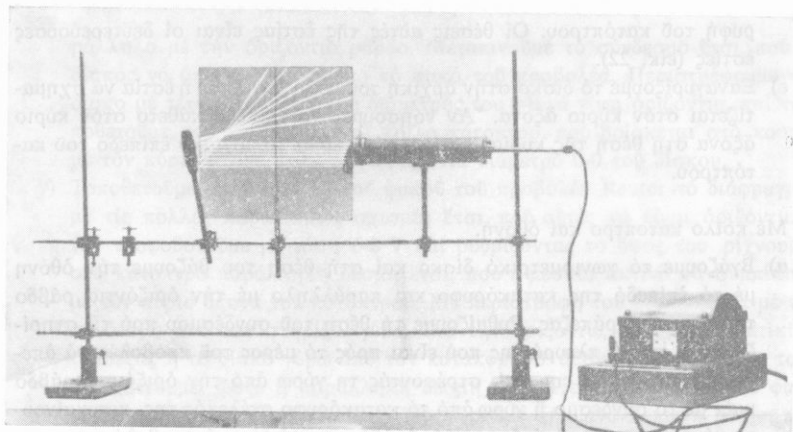
- ε) Ξαναγυρίζουμε το δίσκο στην αρχική του θέση έτσι, πού ή έστια νά σχηματίζεται στον κύριο άξονα. Άν νοήσουμε ένα επίπεδο κάθετο στον κύριο άξονα στη θέση της κυρίας έστιας, αυτό είναι τό έστιακό επίπεδο του κατόπτρου.

II. Μέ κοίλο κάτοπτρο καί δθόνη.

- α) Βγάζουμε τό γωνιομετρικό δίσκο καί στη θέση του βάζουμε τήν δθόνη μέ τό επίπεδό της κατακόρυφο καί παράλληλο μέ τήν οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας. Ρυθμίζουμε τή θέση του συνδέσμου πού τή στηρίζει έτσι, πού ή πλευρά της πού είναι πρós τό μέρος του προβολέα νά απέχει άπ' αυτόν 1-2 cm καί, στρέφοντάς τη γύρω άπό τήν οριζόντια ράβδο μαζί μέ τό σύνδεσμο ή γύρω άπό τό κατακόρυφο στέλεχος της, πετυχαίνουμε νά φαίνεται σ' αυτή ή παράλληλη δέσμη πού δίνει ό προβολέας.
- β) Πέρα άπό τήν δθόνη στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο καί πάνω του στηρίζουμε τό στηρίγμα των φακών πού φέρνει τό κοίλο κάτοπτρο. Ρυθμίζουμε τή θέση του συνδέσμου έτσι, πού τό στηρίγμα νά άγγίζει σχεδόν τήν δθόνη.
- γ) Στρέφουμε τό στηρίγμα μέ τό σύνδεσμο γύρω άπό τήν οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας ή γύρω άπό τό κατακόρυφο στέλεχος του, ώσπου νά πετύχουμε νά παρουσιαστεί στην δθόνη ή ανακλώμενη δέσμη καί νά σχηματιστεί ή έστια πάνω στον κύριο άξονα του κατόπτρου. Μέ τό ύποδεκάμετρο μετράμε τήν έστιακή άπόσταση (εικ. 23).
- δ) Χαλαρώνουμε ελαφρά τή βίδα πού συγκρατεί τά δυό κομμάτια του περι-

Εικ. 23



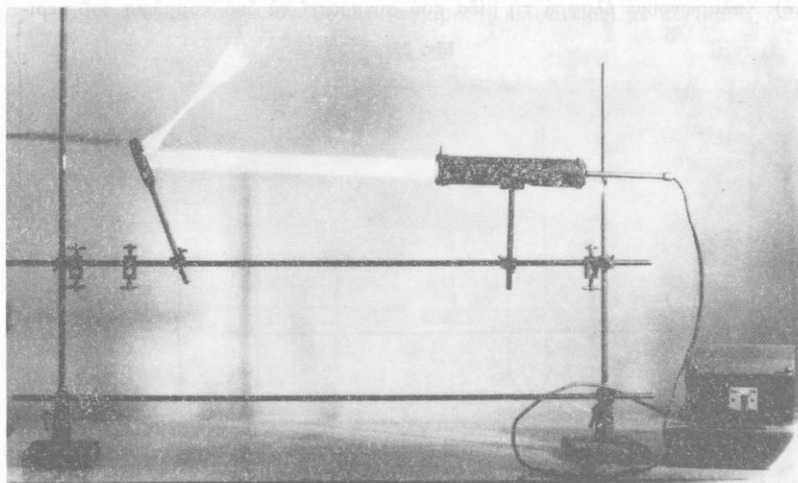


Εικ. 24

στρεφόμενου συνδέσμου καί στρέφουμε τό στήριγμα μαζί μέ τό κάτοπτρο κατά μικρή γωνία, ἀπό τή μιά καί τήν ἄλλη μεριά τῆς ἀρχικῆς του θέσεως, γύρω ἀπό τόν ἄξονα τοῦ συνδέσμου αὐτοῦ. Ἡ ἐστία παίρνει διάφορες θέσεις (εἰκ. 24). Ἐτσι παρατηροῦμε τίς δευτερεύουσες ἐστίες καί ὀρίζουμε τό ἐστιακό ἐπίπεδο.

- ε) Βγάζουμε τήν ὁδόν καί μπροστά ἀπό τό κάτοπτρο φυσᾶμε καπνό ἢ σκόνη κιμωλίας. Παρατηροῦμε πάρα πολύ καθαρά τήν ἐστία, κυρία ἢ δευτερεύουσα (εἰκ. 25).

Εικ. 25



Συμπεράσματα

Ἀκτίνες παράλληλες μέ τόν κύριο ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὕστερα ἀπό τήν ἀνάκλασή τους σ' αὐτό, προχωροῦν συγκλίνομενες καί συναντιοῦνται σέ κάποιο σημεῖο τοῦ κύριου ἄξονα, τήν κυρία ἐστία.

Ἀκτίνες παράλληλες μέ δευτερεύοντα ἄξονα, ἀνακλῶμενες στό κάτοπτρο, συναντιοῦνται σέ κάποιο σημεῖο πού βρίσκεται στόν ἀντίστοιχο δευτερεύοντα ἄξονα καί σχηματίζουν δευτερεύουσα ἐστία.

Τό ἐπίπεδο πού εἶναι κάθετο στόν κύριο ἄξονα τοῦ κατόπτρου στό σημεῖο τῆς κυρίας ἐστίας ὀνομάζεται ἐστιακό ἐπίπεδο τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀπόσταση τῆς κυρίας ἐστίας ἀπό τήν κορυφή τοῦ κατόπτρου ὀνομάζεται ἐστιακή ἀπόσταση τοῦ κατόπτρου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

Σχηματισμός εἰδώλων μέ κοῖλο σφαιρικό κάτοπτρο. Εἰδῶλα πραγματικά καί φανταστικά.

Μέτρηση τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

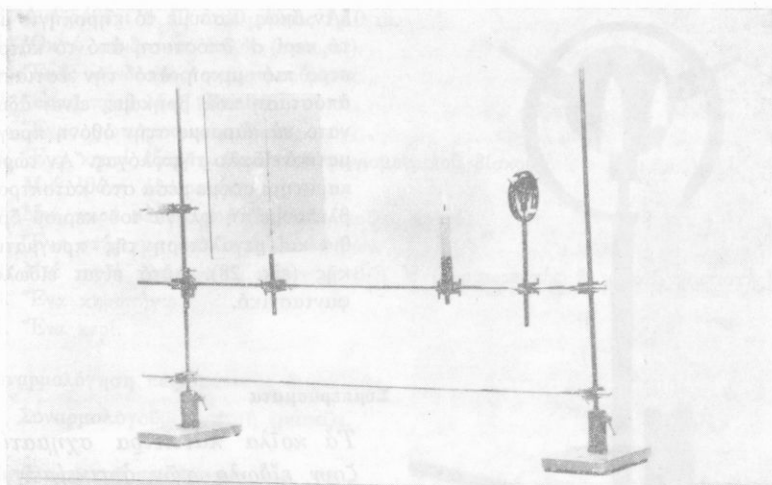
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἕνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἕνα κηροπήγιο.
7. Ἕνα κερί.
8. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής.
9. Ἕνα στήριγμα φακῶν ἢ κατόπτρων.
10. Μιά σειρά κατόπτρων (ἐπίπεδο, κοῖλο, κυρτό).
11. Ἕνας κανόνας ἀριθμημένος μήκους 1 m.
12. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

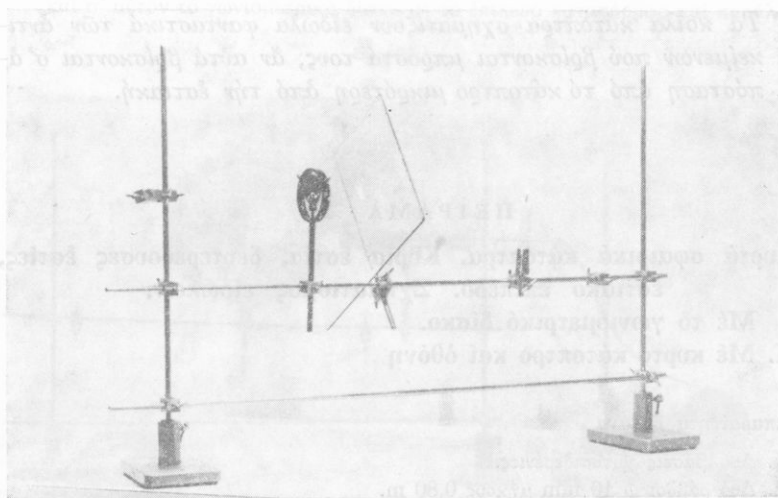
- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Κοντά στο ένα άκρο της οριζόντιας ράβδου στηρίζουμε έναν απλό σύνδεσμο και σ' αυτόν ένα στήριγμα φακών, το οποίο φέρνει ένα κοίλο κάτοπτρο που να έχει εστιακή απόσταση λίγο πιο μικρή από 10 cm, με το επίπεδο κάθετο στην οριζόντια ράβδο.
- γ) Σ' απόσταση γύρω στα 10 cm από τον πρώτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεύτερο και σ' αυτόν στηρίζουμε το κηροπήγιο με το κερί.
- δ) Πέρα από το δεύτερο σύνδεσμο, σ' έναν τρίτο, στηρίζουμε την θόνη με το επίπεδό της κάθετο στην οριζόντια ράβδο.

Εκτέλεση του πειράματος

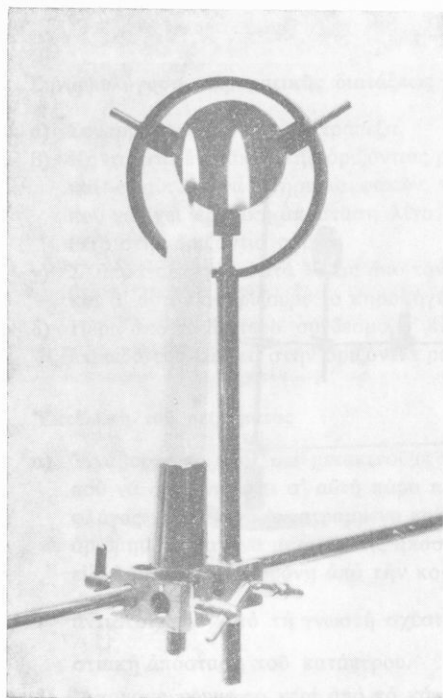
- α) Ανάβουμε το κερί και μετακινούμε την θόνη, ώπου να βρούμε μιά θέση που να σχηματίζεται σ' αυτή πάρα πολύ καθαρά το πραγματικό είδωλο της φλόγας του κεριού ανεστραμμένο και μεγαλύτερο απ' αυτή (είκ. 26). Με τον άριθμημένο κανόνα μετράμε τις αποστάσεις της φλόγας του κεριού και του ειδώλου της στην θόνη από την κορυφή του κατόπτρου, που είναι π και π' αντίστοιχως. Από τη γνωστή σχέση $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{f}$ υπολογίζουμε την εστιακή απόσταση του κατόπτρου.
- β) Απομακρύνουμε το κερί από το κάτοπτρο γύρω στο 1 cm. Για να πάρουμε πάλι καθαρό το είδωλο της φλόγας στην θόνη, πρέπει να την πλησιάσουμε προς το κάτοπτρο.
- γ) Απομακρύνουμε το κερί από το κάτοπτρο σέ απόσταση 20 cm περίπου. Στρέφουμε το στήριγμα που έχει το κάτοπτρο γύρω από κατακόρυφο άξονα κατά πολύ μικρή γωνία και κρατώντας με το χέρι την θόνη ή φύλλο χαρτιού βρίσκουμε να σχηματίζεται σ' αυτό το είδωλο στην ίδια απόσταση από το κάτοπτρο των 20 περίπου cm και δίπλα στη φλόγα του κεριού. Αν το είδωλο αυτό δεν είναι ευκρινές, αλλάζουμε ελαφρά τη θέση του κεριού. Το είδωλο είναι πραγματικό, ανεστραμμένο και ίσο με το αντικείμενο. Η θέση αυτή του κύριου άξονα συμπίπτει με το κέντρο καμπυλότητας του κατόπτρου.
- δ) Βάζουμε το κηροπήγιο με το χέρι σ' απόσταση π' από το κάτοπτρο (σάν την περίπτωση α). Αν βάλουμε την θόνη με διεύθυνση πλάγια έτσι, που να μην αποκόβει τις φωτεινές ακτίνες από το κερί προς το κάτοπτρο, στη θέση π, που προσδιορίστηκε στην περίπτωση (α), θα πάρουμε σ' αυτή και στην επιφάνειά της, που είναι στραμμένη προς το κάτοπτρο, το είδωλο της φλόγας· αυτό είναι είδωλο πραγματικό, ανεστραμμένο και μικρότερο από το αντικείμενο (είκ. 27).
- ε) Σ' όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, αν παρατηρήσουμε μέσα στο κάτοπτρο, δε βλέπουμε είδωλο της φλόγας φανταστικό όπως στα επίπεδα κάτοπτρα.



Εικ. 26



Εικ. 27



Εικ. 28

“Αν όμως θέσουμε τό κηροπήγιο μέ τό κερί σ’ απόσταση από τό κάτω-πύρο πύο μικρή από τήν έστιακή απόσταση πού βρήκαμε, είναι αδύνατο νά πάρουμε στήν δθόνη πραγματικό είδωλο τής φλόγας. “Αν τώρα παρατηρήσουμε μέσα στό κάτωπύρο, βλέπουμε τή φλόγα τοῦ κεριοῦ δρθία καί μεγαλύτερη τής πραγματικής (είκ. 28). Αυτό είναι είδωλο φανταστικό.

Συμπεράσματα

Τά κοίλα κάτωπύρα σχηματίζουν είδωλα τών αντικείμενων πού βρίσκονται μπροστά τους πραγματικά καί ανεστραμμένα, ἄν τά αντικείμενα βρίσκονται σ’ απόσταση από τό κάτωπύρο μεγαλύτερη από τήν έστιακή.

Τά κοίλα κάτωπύρα σχηματίζουν είδωλα φανταστικά τών αντικείμενων πού βρίσκονται μπροστά τους, ἄν αὐτά βρίσκονται σ’ απόσταση από τό κάτωπύρο μικρότερη από τήν έστιακή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 12ο

Κυρτά σφαιρικά κάτωπύρα. Κυρία έστία, δευτερεύουσες έστίες, έστιακό επίπεδο. Σχηματισμός ειδώλων.

I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο.

II. Μέ κυρτό κάτωπύρο καί δθόνη

***Απαραίτητα ὄργανα**

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.

3. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Ένας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ένα κουτί έξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. Μιά θόβη άδιαφανής.
10. Μιά σειρά κατόπτρων (έπίπεδο, κοίλο, κυρτό).
11. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
12. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).
13. Ένα κηροπήγιο.
14. Ένα κερι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

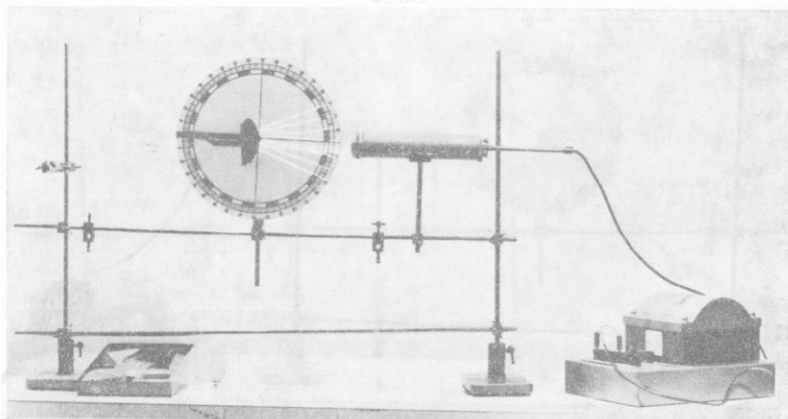
Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.

Εκτέλεση του πειράματος

I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο.

- α) Πάνω στην οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας και σ' απόσταση από τό άκρο της ίση μέ τό 1/3 περίπου του μήκους της στερεώνουμε τόν ένα σύνδεσμο και σ' αυτόν τόν προβολέα Reuter μέ τόν άξονα παράλληλο μέ τή ράβδο.
- β) Σ' απόσταση 50 cm περίπου από τόν πρώτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεύτερο και σ' αυτόν τό γωνιομετρικό δίσκο μέ τό επίπεδο κατακόρυφο και παράλ-

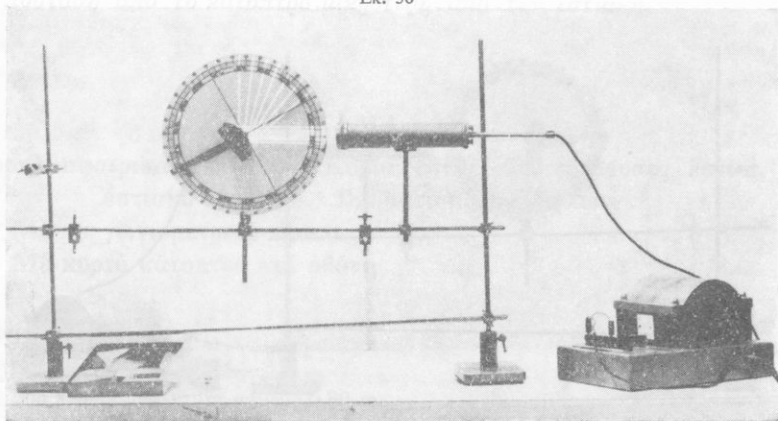
Εικ. 29



ληλο με την οριζόντια ράβδο. Μετακινούμε το σύνδεσμο έτσι, πού ο δίσκος νά απέχει 1-2 cm από το φακό του προβολέα. Περιστρέφουμε το δίσκο, ώσπου ή διάμέτρος του 0-0 νά γίνει οριζόντια, καί τοποθετούμε στό κέντρο του τό κυρτό κάτοπτρο, πού είναι μέσα στό κουτί εξαρτημάτων, μέ τόν κύριο άξονα στήν ίδια διεύθυνση μέ την οριζόντια διάμετρο 0-0 του δίσκου.

- γ) Τοποθετούμε στήν έγκοπή του προβολέα Reuter τό διάφραγμα μέ τίς πολλές παράλληλες σχισμές κατά τρόπο, πού νά είναι οριζόντιες. Τροφοδοτούμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V καί ρυθμίζοντας τό ύψος του ρίχνουμε στό κάτοπτρο παράλληλη δέσμη έτσι, πού ή μεσαία άκτίνα νά συμπίπτει μέ τόν κύριο άξονα του κατόπτρου. Μέ περιστροφή του δίσκου μαζί μέ τόν σύνδεσμο πού τόν στηρίζει γύρω από την οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας ή του δίσκου γύρω από τόν κατακόρυφο άξονα του στελέχους του πετυχαίνουμε ή παράλληλη δέσμη πού δίνει ο προβολέας νά φαίνεται πάνω στό δίσκο. Παρατηρούμε την ανακλώμενη δέσμη νά αποκλίνει (είκ. 29). "Αν θεωρήσουμε ότι οι αποκλίνουσες άκτίνες προεκτείνονται πρós τά πίσω, αυτές συναντιούνται σ' ένα σημείο του κύριου άξονα πίσω από τό κάτοπτρο, την κυρία έστία του. "Η κυρία έστία είναι φανταστική.
- δ) Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο σιγά σιγά κατά μικρή γωνία από τή μιá καί τήν άλλη μεριά της προηγούμενης θέσεως. "Η φανταστική έστία παίρνει διάφορες θέσεις επάνω σέ περιφέρεια (σφαιρική επιφάνεια) μέ κέντρο τήν κορυφή του κατόπτρου. Οι θέσεις αυτές της έστίας είναι οι δευτερεύουσες έστίες (είκ. 30).
- ε) Ξαναγυρίζουμε τό δίσκο στήν αρχική του θέση έτσι, πού ή έστία νά σχηματίζεται στόν κύριο άξονα. "Αν νοήσουμε επίπεδο κάθετο στόν κύριο άξονα

Εκ. 30

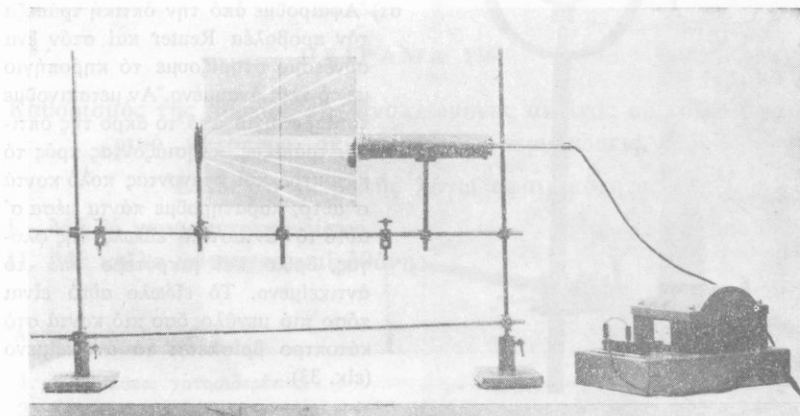


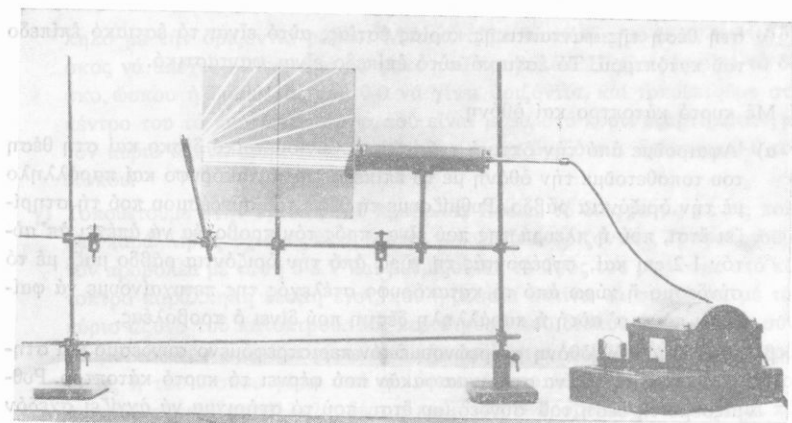
στή θέση της φανταστικής κυρίας εστίας, αυτό είναι το εστιακό επίπεδο του κατόπτρου. Τό εστιακό αυτό επίπεδο είναι φανταστικό.

II. Μέ κυρτό κάτοπτρο καί δθόνη.

- α) Αφαιρούμε από την οπτική τράπεζα τό γωνιομετρικό δίσκο καί στή θέση του τοποθετούμε τήν δθόνη μέ τό επίπεδό της κατακόρυφο καί παράλληλο μέ τήν ὀριζόντια ράβδο. Ρυθμίζουμε τή θέση τοῦ συνδέσμου πού τή στηρίζει ἔτσι, πού ἡ πλευρά της πού εἶναι πρὸς τόν προβολέα νά ἀπέχει ἀπ' αὐτόν 1-2 cm καί, στρέφοντάς τη γύρω ἀπό τήν ὀριζόντια ράβδο μαζί μέ τό σύνδεσμο ἢ γύρω ἀπό τό κατακόρυφο στέλεχος της πετυχαίνουμε νά φαίνεται πάνω σ' αὐτή ἡ παράλληλη δέσμη πού δίνει ὁ προβολέας.
- β) Πέρα ἀπό τήν δθόνη στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο καί στηρίζουμε σ' αὐτόν ἕνα στήριγμα φακῶν πού φέρνει τό κυρτό κάτοπτρο. Ρυθμίζουμε τή θέση τοῦ συνδέσμου ἔτσι, πού τό στήριγμα νά ἀγγίζει σχεδόν τήν δθόνη.
- γ) Στρέφουμε τό στήριγμα μαζί μέ τό σύνδεσμο γύρω ἀπό τήν ὀριζόντια ράβδο τῆς οπτικῆς τράπεζας ἢ γύρω ἀπό τό κατακόρυφο στέλεχος του, ὥσπου νά πετύχουμε τήν ἐμφάνιση στήν δθόνη τῆς ἀνακλόμενης δέσμης (εἰκ. 31). Ἡ δέσμη αὐτή εἶναι ἀποκλίνουσα καί οἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων πού ἀποκλίνουν συναντιοῦνται πίσω ἀπό τό κάτοπτρο σέ κάποιο σημεῖο πάνω στόν κύριο ἄξονα καί σχηματίζουν τήν κυρία εστία, ἔστια φανταστική.
- δ) Χαλαρώνουμε ἐλαφρά τή βίδα πού συγκρατεῖ τά δύο κομμάτια τοῦ περιστρεφόμενου συνδέσμου καί στρέφουμε τό στήριγμα μαζί μέ τό κάτοπτρο κατὰ μικρή γωνία ἀπό τή μιὰ καί τήν ἄλλη μεριά τῆς ἀρχικῆς του

Εικ. 31

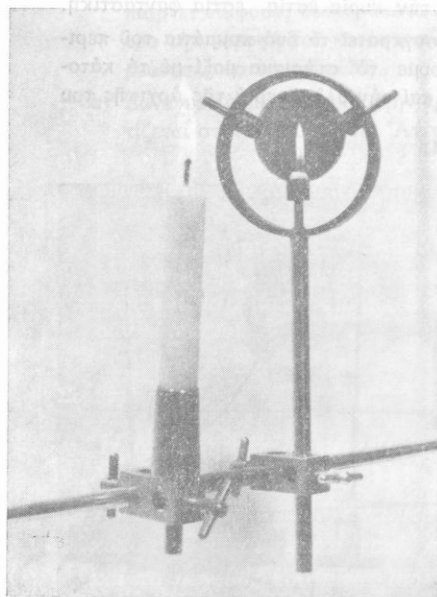




Εικ. 32

θέσεως γύρω από τόν άξονα τοῦ συνδέσμου. Ἡ έστία παίρνει διάφορες θέσεις. Ἐτσι παρατηροῦμε τίς δευτερεύουσες έστίες καί όρίζουμε τό έστιακό επίπεδο (εἰκ. 32).

Εικ. 33



ε) Ἀφαιροῦμε τήν όθόνη καί μπροστά από τό κάτωπτρο φισάμε καπνό ή σκόνη κιμαλίας. Παρατηροῦμε πάρα πολύ καθαρά τήν άποκλίνουσα δέσμη καί συμπεραίνουμε τή θέση τής φανταστικής έστίας.

στ) Ἀφαιροῦμε από τήν όπτική τράπεζα τόν προβολέα Reuter καί στόν ένα σύνδεσμο στηρίζουμε τό κηροπήγιο μέ τό κερί άναμμένο. Ἄν μετακινώμε τό κηροπήγιο από τό άκρο τής όπτικής τράπεζας, πλησιάζοντας πρός τό κάτωπτρο καί φτάνοντας πολύ κοντά σ' αὐτό, παρατηροῦμε πάντα μέσα σ' αὐτό τό φανταστικό εἶδωλο τής φλόγας, όρθιο καί μικρότερο από τό άντικείμενο. Τό εἶδωλο αὐτό εἶναι τόσο πιά μεγάλο, όσο πιά κοντά στό κάτωπτρο βρίσκεται τό άντικείμενο (εἰκ. 33).

Συμπεράσματα

Ἀκτίνες παράλληλες μέ τόν κύριο ἄξονα κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὕστερα ἀπό τήν ἀνάκλασή τους σ' αὐτό, προχωροῦν ἀποκλίνουσες καί οἱ προεκτάσεις τους πρὸς τά πίσω συναντιοῦνται φανταστικά σέ κάποιο σημεῖο τοῦ κύριου ἄξονα πίσω ἀπὸ τὸ κάτωπτρο καί σχηματίζουν τήν κυρία ἐστία, ἐστία φανταστική.

Ἀκτίνες παράλληλες μέ δευτερεύοντα ἄξονα, ἀνακλόμενες, προχωροῦν ἀποκλίνουσες καί οἱ προεκτάσεις τους σχηματίζουν ἐπάνω στὸν ἀντίστοιχο δευτερεύοντα ἄξονα δευτερεύουσα ἐστία φανταστική.

Τό ἐπίπεδο τὸ κάθετο στὸν κύριο ἄξονα στὸ σημεῖο τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας εἶναι τὸ ἐστιακὸ ἐπίπεδο. Ἐστιακὸ ἐπίπεδο φανταστικό.

Τά κυρτά σφαιρικά κάτωπτρα σχηματίζουν εἰδῶλα φανταστικά τῶν ἀντικείμενων πού βρίσκονται μπροστά τους. Τά εἰδῶλα αὐτά εἶναι ὀρθία καί τόσο πύο μεγάλα, ὅσο πύο κοντά στὸ κάτωπτρο τοποθετοῦνται τὰ ἀντικείμενα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

Καθορισμός τῆς πορείας τῆς ἀνακλόμενης ἀκτίνας σέ κοῖλο σφαιρικό κάτωπτρο σέ ὁρισμένες περιπτώσεις.

Ἐπίδειξη ἐκτροπῆς λόγῳ σφαιρικότητας.

I. Μέ τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο.

II. Μέ κοῖλο κάτωπτρο καί ὀθόνη

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.

3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,40 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Ένας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ένα κουτί έξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. Μιά δθόνη άδιαφανής.
10. Μιά σειρά κατόπτρων (έπίπεδο, κοίλο, κυρτό).
11. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
12. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).
13. Ένα ύποδεκάμετρο.

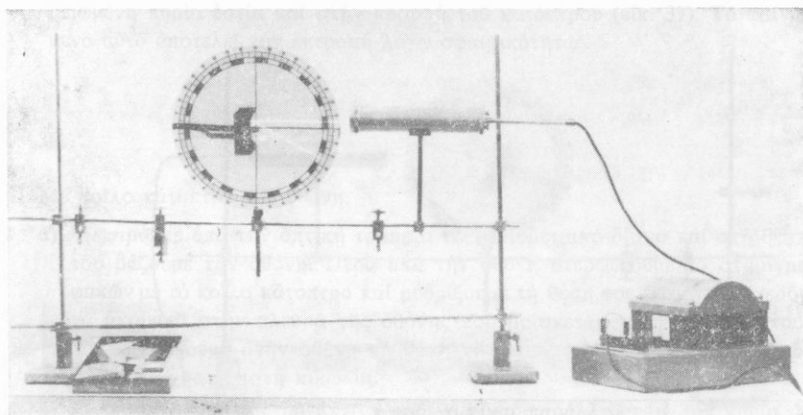
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω στην οριζόντια ράβδο τής οπτικής τράπεζας καί σ' άπόσταση από τό άκρο της ίση με τό 1/3 περίπου του μήκους της στερεώνουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο· πάνω σ' αυτόν στερεώνουμε τόν προβολέα Reuter με τόν άξονα παράλληλο με τή ράβδο.
- β) Σέ άπόσταση 30 cm περίπου από τόν πρώτο σύνδεσμο στερεώνουμε δεύτερο καί σ' αυτόν τό γωνιομετρικό δίσκο με τό επίπεδο κατακόρυφο καί παράλληλο με τήν οριζόντια ράβδο. Μετακινούμε τό σύνδεσμο έτσι, πού ό δίσκος νά απέχει 1-2 cm από τό φακό του προβολέα. Περιστρέφουμε τό δίσκο, ώσπου ή διάμετρος του 0-0 νά γίνει οριζόντια, καί τοποθετούμε στό κέντρο του τό κοίλο κάτοπτρο με τόν κύριο άξονά του νά συμπέσει στην ίδια διεύθυνση με τήν οριζόντια διάμετρο 0-0 του δίσκου.
- γ) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα Reuter τό διάφραγμα με τίς παράλληλες σχισμές έτσι, πού νά είναι οριζόντιες, καί τροφοδοτούμε τόν προβολέα με τάση 6-8 V. Σχηματίζουμε έτσι στό δίσκο παράλληλη δέσμη με φανερά τήν κυρία έστία πού σχηματίζεται από τό κάτοπτρο πάνω στον κύριο άξονα 0-0. Σημειώνουμε με χρωματιστή κιμωλία τή θέση τής κυρίας έστιας.

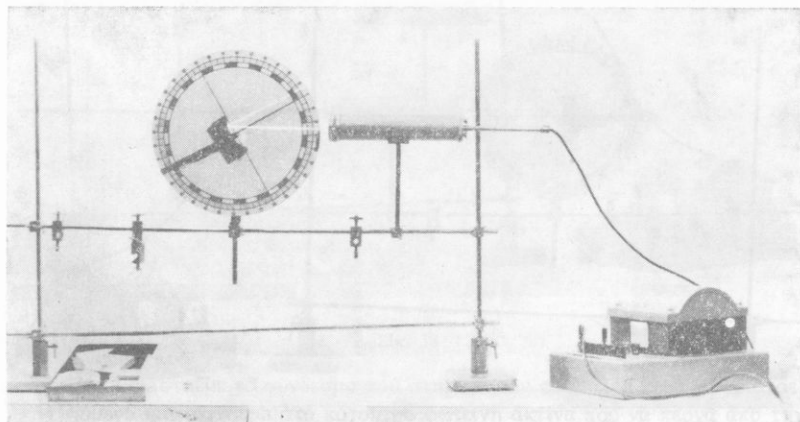
- δ) Ἀντικαθιστούμε τὸ διάφραγμα μὲ τὶς πολλές σχισμὲς μὲ τὸ διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς καὶ κατευθύνουμε πρὸς τὸ κάτοπτρο φωτεινὴ ἀκτίνα, πού νά εἶναι παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα καὶ πολὺ κοντὰ σ' αὐτόν. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίνα περνᾷ ἀπὸ τὴν κυρία ἐστία πού ἔχει σημειωθεῖ (εἰκ. 34).



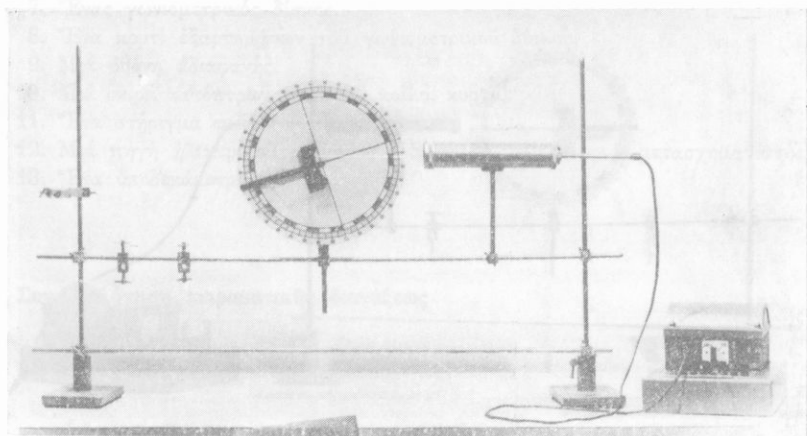
Εἰκ. 34

- ε) Στρέφουμε ἐλαφρὰ τὸ δίσκο ἔτσι, πού ἡ ἀκτίνα πού προσπίπτει στὸ κάτοπτρο νά περνᾷ ἀπὸ τὴ σημειωμένη κυρία ἐστία. Ἡ ἀνακλωμένη παίρνει διεύθυνση παράλληλη μὲ τὸν κύριο ἄξονα (εἰκ. 35).

Εἰκ. 35



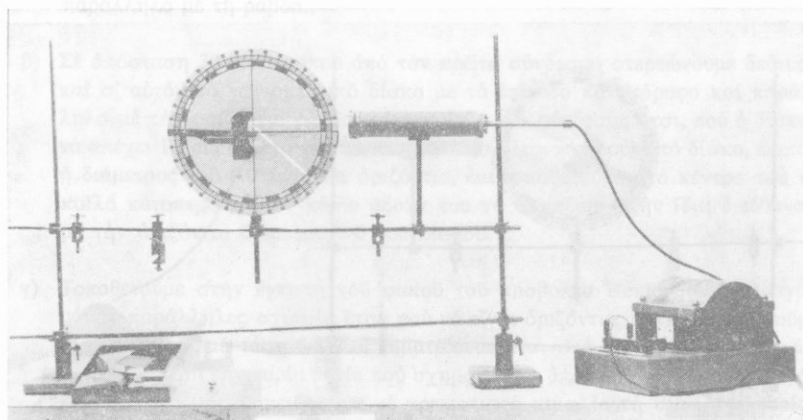
στ) Με τό υποδεκάμετρο μετράμε τήν ἔστιακή ἀπόσταση καί ἀπ' αὐτή προσδιορίζουμε στόν κύριο ἄξονα τό κέντρο καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Στρέφουμε τώρα τό δίσκο ἔτσι, πού ἡ προσπίπτουσα νά περνᾷ ἀπό τό κέντρο καμπυλότητος. Ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα συμπίπτει μέ τήν προσπίπτουσα (εἰκ. 36).



Εἰκ. 36

ζ) Κάνουμε ὀριζόντια τή διάμετρο 0-0 τοῦ δίσκου. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίνα εἶναι τώρα παράλληλη μέ τόν κύριο ἄξονα καί ἡ ἀνακλώμενη περνᾷ ἀπό τή

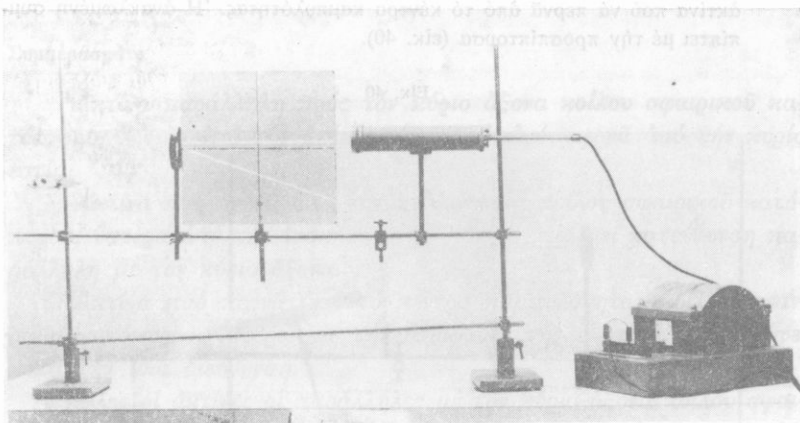
Εἰκ. 37



σημειωμένη κυρία έστια. Άνυψώνουμε ελαφρά τόν προβολέα, ώστε ή προσπίπτουσα άκτίνα καί νά εΐναι παράλληλη μέ τόν κύριο άξονα, αλλά καί νά προσπίπτει στά χείλη του κατόπτρου, δηλαδή μακριά από τήν κορυφή του. Ή ανακλώμενη άκτίνα κόβει τόν κύριο άξονα σέ σημείο ανάμεσα στή σημειωμένη κυρία έστια καί στήν κορυφή του κατόπτρου (είκ. 37). Τό φαινόμενο αυτό αποτελεί τήν έκτροπή λόγω σφαιρικότητας.

II. Μέ κοίλο κάτοπτρο καί δθόνη.

- α) Άφαιρούμε από τήν οπτική τράπεζα τό γωνιομετρικό δίσκο καί στή θέση του βάζουμε τήν δθόνη. Πέρα από τήν δθόνη στερεώνουμε τό στήριγμα φακών μέ τό κοίλο κάτοπτρο καί ρυθμίζουμε τή θέση του έτσι, πού σχεδόν νά άκουμπά στήν πλευρά τής δθόνης πού βρίσκεται πρós τό μέρος του. Προσδιορίζουμε στήν δθόνη τή θέση τής κυρίας έστίας καί τή σημειώνουμε μέ χρωματιστή κιμωλία.
- β) Ρίχνουμε στό κάτοπτρο άκτίνα πού νά εΐναι παράλληλη μέ τόν κύριο άξονα καί νά μήν απέχει πολύ άπ' αυτόν. Ή ανακλώμενη άκτίνα περνά από τή σημειωμένη κυρία έστια (είκ. 38).

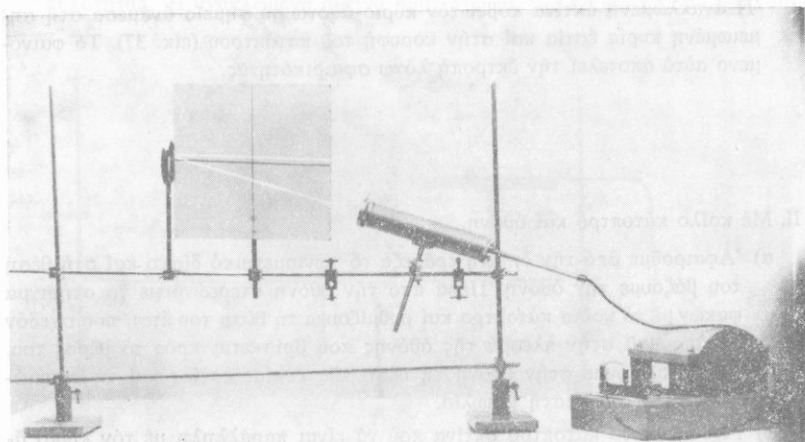


Είκ. 38

- γ) Άντικαθιστούμε τό σύνδεσμο πού στηρίζει τόν προβολέα μέ ένα περιστρεφόμενο καί ρίχνουμε στό κάτοπτρο φωτεινή άκτίνα πού νά περνά από τήν

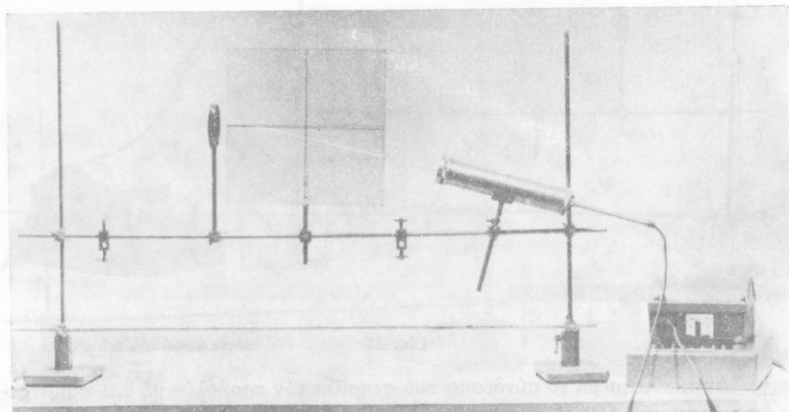
κυρία εστία. Ἡ ἀνακλώμενη ἀκτίνα παίρνει κατεύθυνση παράλληλη με τόν κύριο ἄξονα (εἰκ. 39).

Εἰκ. 39

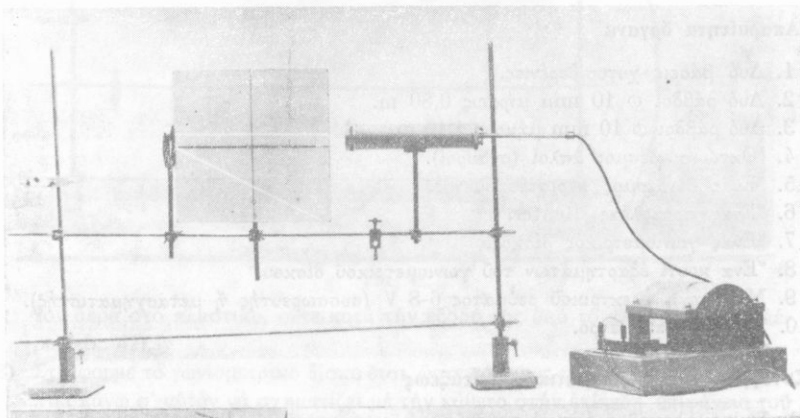


δ) Μὲ τὸ ὑποδεκάμετρο προσδιορίζουμε τὸ κέντρο καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Ρυθμίζοντας κατάλληλα τὸν προβολέα ρίχνουμε στὸ κάτοπτρο μιὰ ἀκτίνα ποὺ νὰ περνᾷ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητος. Ἡ ἀνακλώμενη συμπίπτει μετὴν προσπίπτουσα (εἰκ. 40).

Εἰκ. 40



- ε) Κάνουμε οριζόντιο τόν προβολέα και ρίχνουμε στο κάτοπτρο, μακριά από τόν κύριο άξονα, ακτίνα παράλληλη μέ αὐτόν. Ἡ ἀνακλωμένη δέν περνᾷ ἀπό τή σημειωμένη κυρία ἐστία, ἀλλά κόβει τόν κύριο ἄξονα σέ σημεῖο πού βρίσκεται πιό κοντά στήν κορυφή (εἰκ. 41). Παρατηροῦμε δηλαδή τήν ἐκτροπή λόγω σφαιρικότητας.



Εἰκ. 41

Συμπεράσματα

Ἀκτίνα παράλληλη πρὸς τόν κύριο ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὥστερα ἀπὸ τήν ἀνάκλασή της σ' αὐτό, περνᾷ ἀπὸ τήν κυρία ἐστία.

Ἀκτίνα πού περνᾷ ἀπὸ τήν κυρία ἐστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὥστερα ἀπὸ τήν ἀνάκλασή της σ' αὐτό, παίρνει κατεύθυνση παράλληλη μέ τόν κύριο ἄξονα.

Ἀκτίνα πού περνᾷ ἀπὸ τὸ κέντρο καμπυλότητας κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὥστερα ἀπὸ τήν ἀνάκλασή της σ' αὐτό, ἐπιστρέφει κατὰ τήν ἴδια διεύθυνση.

Ὅλες οἱ ἀκτίνες οἱ παράλληλες μέ τόν κύριο ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὥστερα ἀπὸ τήν ἀνάκλασή τους στό κάτοπτρο, δέν περνοῦν ἀπὸ τὸ ἴδιο σημεῖο (κυρία ἐστία) ἀλλὰ ἀπὸ διάφορα σημεία του πού βρίσκονται τόσο πιό κοντά στήν κορυφή τοῦ κατόπτρου, ὅσο ἡ ἀκτίνα εἶναι πιό μακριά ἀπὸ τόν κύριο ἄξονα (σφαιρική ἐκτροπή).

Διάθλαση του φωτός. Όλική ανάκλαση. Όρική γωνία.

Επίδειξη και επαλήθευση των νόμων της διαθλάσεως με το γωνιομετρικό δίσκο

*Απαραίτητα όργανα

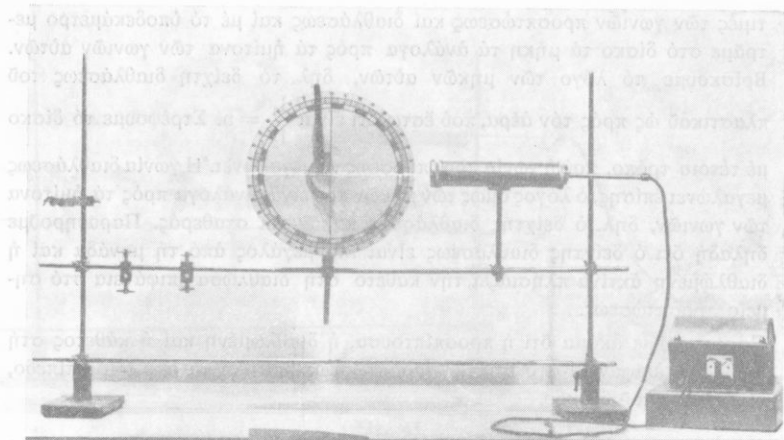
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Ένας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ένα κουτί έξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. Μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).
10. Ένα ύποδεκάμετρο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Σέ ένα σύνδεσμο γύρω στο μέσο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας στερεώνουμε το γωνιομετρικό δίσκο με το επίπεδό του κατακόρυφο και παράλληλο με την οριζόντια ράβδο.
Στρέφουμε το δίσκο, ώστε η διάμετός του 0-0 να είναι οριζόντια, και στερεώνουμε στο κέντρο του τόν πλαστικό ήμικύλινδρο με κατακόρυφη την τομή του πού είναι κατά τη διεύθυνση της διαμέτρου του. Φροντίζουμε το κέντρο του ήμικυλίνδρου να συμπίπτει με το κέντρο του δίσκου.
- γ) Δίπλα στο γωνιομετρικό δίσκο σέ ένα άλλο άπλο σύνδεσμο (ή και στόν περιστρεφόμενο) στερεώνουμε τόν προβολέα Reuter με τόν άξονά του οριζόντιο και τό στέλεχος κατακόρυφο.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα τό διάφραγμα της μιās σχισμής, τόν τροφοδοτούμε με τάση 6-8 Volt και ρυθμίζουμε τό ύψος του έτσι, πού νά ρίχνει φωτεινή άκτίνα (δέσμη) στή διεύθυνση της διαμέτρου 0-0 του δίσκου. Αύτή πέφτει κάθετα στήν επίπεδη επιφάνεια (τομή) του ήμικυλίνδρου κι άφου μπει μέσα στή μάζα του προσπίπτει, επειδή περνά από τό κέντρο, πάλι κάθετα στήν καμπύλη επιφάνεια του ήμικυλίνδρου και βγαίνει στόν άέρα. Παρατηρούμε πώς όλη ή πορεία της φωτεινής άκτίνας είναι ευθεία γραμμή, πού δέν παθαίνει διάθλαση ούτε κατά την είσοδό της από



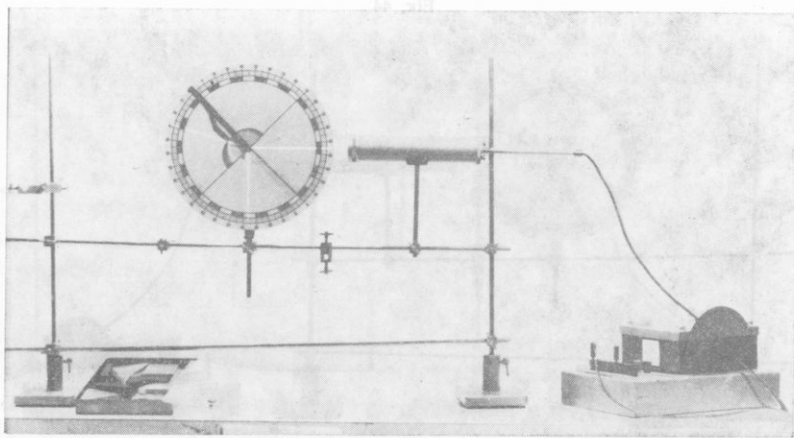
Είκ. 42

τόν άέρα στό πλαστικό, ούτε κατά τήν έξοδό της άπό τό πλαστικό στόν άέρα (είκ. 42).

- β) Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο έτσι, ώστε τό ίχνος τής άκτίνας πού προσπίπτει πάνω σ' αυτόν νά σχηματίζει μέ τήν κάθετο στήν επίπεδη επιφάνεια του ήμικυλίνδρου (διάμετρος 0-0) γωνία, τή γωνία προσπτώσεως.

Παρατηρούμε τή διαθλωμένη πού βγαίνει άπό τήν καμπύλη επιφάνεια του ήμικυλίνδρου χωρίς άλλη διάθλαση, έπειδή προσπίπτει κάθετα σ' αυτή, καί πού τό ίχνος της είναι επίσης όρατό στό δίσκο (είκ. 43). Διαβάζουμε τίς

Είκ. 43



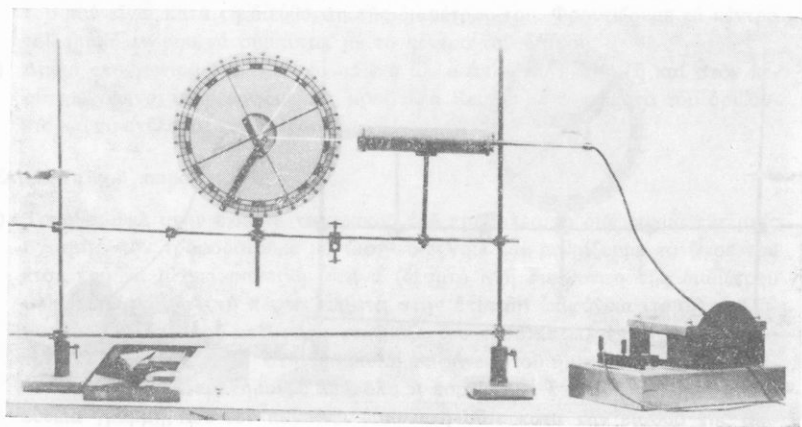
τιμές των γωνιών προσπτώσεως και διαθλάσεως και μέ το ύποδεκάμετρο μετράμε στο δίσκο τά μήκη τά ανάλογα προς τά ήμίτονα των γωνιών αυτών. Βρίσκουμε τό λόγο των μηκών αυτών, δηλ. τό δείκτη διαθλάσεως του πλαστικού ως προς τόν άέρα, πού έστω ότι είναι $\frac{l_1}{l_2} = n$. Στρέφουμε τό δίσκο

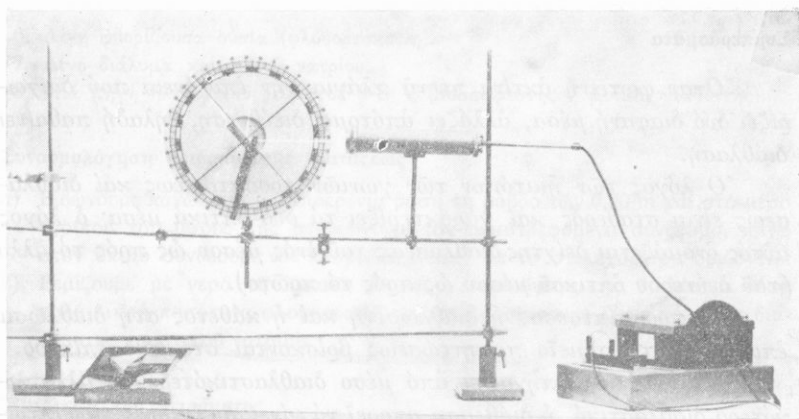
μέ τέτοιο τρόπο, πού ή γωνία προσπτώσεως νά μεγαλώνει. Ή γωνία διαθλάσεως μεγαλώνει επίσης, ό λόγος όμως των μηκών πού είναι ανάλογα προς τά ήμίτονα των γωνιών, δηλ. ό δείκτης διαθλάσεως, παραμένει σταθερός. Παρατηρούμε δηλαδή ότι ό δείκτης διαθλάσεως είναι πιό μεγάλος από τή μονάδα και ή διαθλώμενη άκτίνα πλησιάζει τήν κάθετο στή διαθλώσα επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως.

Παρατηρούμε ακόμα ότι ή προσπίπτουσα, ή διαθλωμένη και ή κάθετος στή διαθλώσα επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, τό επίπεδο του δίσκου.

- γ) Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο κατά 180°. Ή προσπίπτουσα άκτίνα πού κατευθύνεται προς τό κέντρο του πλαστικού ήμικύλινδρου μπαίνει σ' αυτόν κάθετα από τήν κυλινδρική επιφάνεια χωρίς διάθλαση. Αυτή διαθλάται, όταν βγαίνει από τόν ήμικύλινδρο στον άέρα στήν επίπεδη επιφάνεια (εικ. 44). Παρατηρούμε κι εδώ τή γωνία προσπτώσεως και τή γωνία διαθλάσεως και προσδιορίζουμε όπως παραπάνω τό δείκτη διαθλάσεως του άέρα ως προς τό πλαστικό. Τόν βρίσκουμε μικρότερο από τή μονάδα. Ή διαθλώμενη άκτίνα απομακρύνεται από τήν κάθετο στή διαθλώσα επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως και ή γωνία διαθλάσεως είναι πάντα μεγαλύτερη από τή γωνία προσπτώσεως.

Εικ. 44

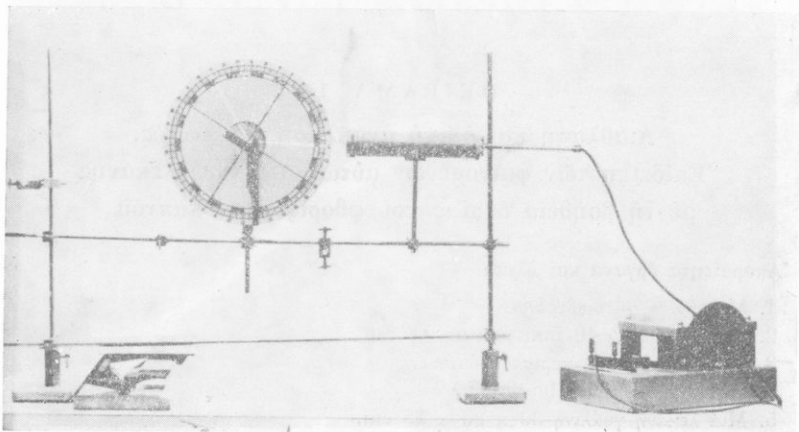




Εικ. 45

- δ) Στρέφουμε τό δίσκο έτσι, πού ή γωνία προσπτώσεως συνεχώς νά μεγαλώνει. Ή γωνία διαθλάσεως συνεχώς μεγαλώνει καί γιά μιά ορισμένη τιμή τής γωνίας προσπτώσεως αυτή γίνεται 90° (εικ. 45). Ή τιμή αυτή τής γωνίας προσπτώσεως λέγεται όρική γωνία.
- ε) Στρέφουμε ακόμη τό δίσκο έτσι, πού ή γωνία προσπτώσεως νά γίνει μεγαλύτερη από τήν όρική. Παρατηρούμε ότι ή διαθλώμενη άκτίνα εξαφανίζεται καί ή προσπίπτουσα ανακλάται σύμφωνα μέ τούς νόμους τής ανακλάσεως καί έπιστρέφει στόν άέρα μέσω τής κυλινδρικής επιφάνειας του πλαστικού ήμικύλινδρου (εικ. 46). Αυτό τό φαινόμενο ονομάζεται όλική άνάκλαση.

Εικ. 46



Συμπεράσματα

Όταν φωτεινή ακτίνα περνά πλάγια την επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή μέσα, αλλάζει απότομα διεύθυνση, δηλαδή παθαίνει διάθλαση.

Ο λόγος των ημιτόνων των γωνιών προσπτώσεως και διαθλάσεως είναι σταθερός και χαρακτηρίζει τα δύο οπτικά μέσα· ο λόγος αυτός ονομάζεται δείκτης διαθλάσεως του ενός μέσου ως προς το άλλο (του δεύτερου οπτικού μέσου ως προς το πρώτο).

Η προσπίπτουσα, η διαθλωμένη και η κάθετος στη διαθλώσα επιφάνεια στο σημείο προσπτώσεως βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.

Όταν το φως πηγαίνει από μέσο διαθλαστικότερο σε άλλο λιγότερο διαθλαστικό, η διάθλαση μπορεί να γίνει, αν η γωνία προσπτώσεως είναι μικρότερη από μία ορισμένη τιμή, η οποία ονομάζεται ορική γωνία.

Αν το φως προσπέσει πάνω στην επιφάνεια που χωρίζει δύο οπτικά μέσα και από το διαθλαστικότερο προς το λιγότερο διαθλαστικό, με γωνία προσπτώσεως μεγαλύτερη της ορικής, γίνεται ολική ανάκλαση.

Παρατήρηση

Από τη σύγκριση της τιμής των γωνιών προσπτώσεως και διαθλάσεως στις περιπτώσεις (β) και (γ) αποδεικνύουμε την αρχή της αντίστροφης πορείας του φωτός.

ΠΕΙΡΑΜΑ 15ο

Διάθλαση και ολική ανάκλαση του φωτός.

Επίδειξη των φαινομένων αυτών στο νερό λεκάνης με τη βοήθεια οδσίας που φθορίζει και καπνού

Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
4. Ένας προβολέας Reuter.
5. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.

6. Λίγη φθορίζουσα ουσία (φλουορεσκεΐνη).
7. Λίγο διάλυμα καυστικού νατρίου.
8. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

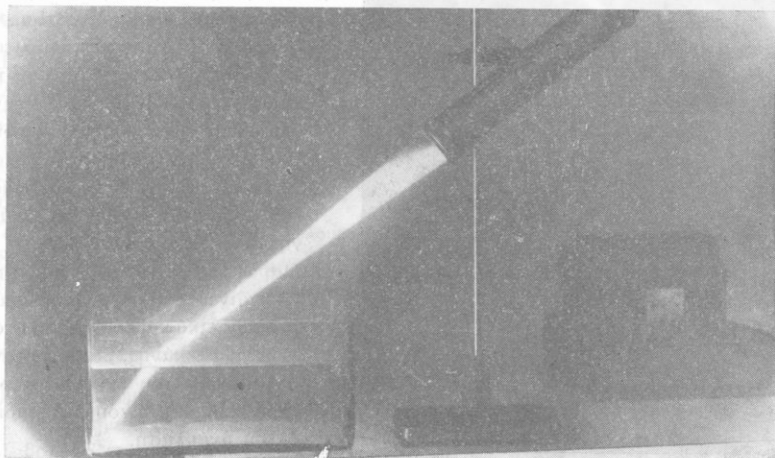
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

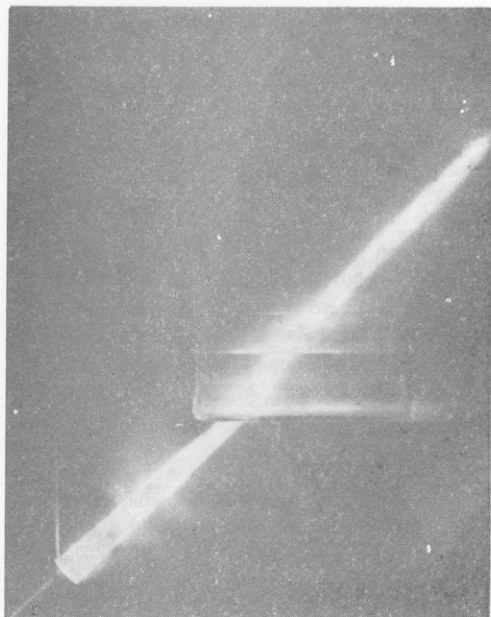
- α) Βιδώνουμε πάνω στη χυτοσιδερένια βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο μέσο περίπου του ύψους της στερεώνουμε τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο, πάνω στον οποίο συνδέουμε τον προβολέα Reuter με το στέλεχος του οριζόντιο.
- β) Γεμίζουμε με νερό τη λεκάνη ως τα $\frac{2}{3}$ του ύψους της, διαλύουμε μέσα πολύ μικρή ποσότητα φλουορεσκεΐνης και προσθέτουμε λίγες σταγόνες διαλύματος καυστικού νατρίου.

Έκτέλεση του πειράματος

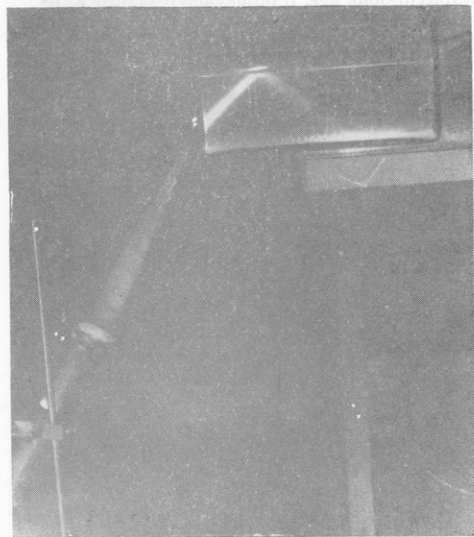
- α) Τροφοδοτούμε τον προβολέα Reuter με τάση 6-8 V και κατευθύνουμε, χωρίς να χρησιμοποιούμε το διάφραγμα, πλάγια πάνω στην επιφάνεια του νερού της λεκάνης συγκλίνουσα δέσμη φωτός. Από πάνω από την επιφάνεια του νερού και στην περιοχή της προσπτώσεως της φωτεινής δέσμης φουσάμε καπνό ή σκόνη κιμωλίας. Παρατηρούμε πολύ καθαρά την πορεία της δέσμης στον αέρα και μέσα στο νερό και διαπιστώνουμε τη διάθλασή της (εϊκ. 47). Αν φέρουμε νοητή κάθετο πάνω στην επιφάνεια του νερού στο σημείο προσπτώσεως της φωτεινής δέσμης, παρατηρούμε πώς η διαθλώμενη δέσμη πλησιάζει την κάθετο.

Εϊκ. 47





Είκ. 48



Είκ. 49

β) Τοποθετούμε τη λεκάνη στο χεῖλος τοῦ τραπέζιου ἔτσι, πού νά προεξέχει ἀπό αὐτό κατά τό $1/3$ τοῦ μήκους της. Τοποθετοῦμε καί τόν ὀρθοστάτη μέ τόν προβολέα στό δάπεδο καί κατευθύνουμε συγκλίνουσα φωτεινή δέσμη ἔτσι, πού αὐτή νά μπαίνει πλάγια στό νερό τῆς λεκάνης ἀπό τόν πυθμένα καί νά βγαίνει ἀπό τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στόν ἀέρα. Φυσᾶμε καπνό στήν περιοχή ἐξόδου τῆς δέσμης ἀπό τό νερό στόν ἀέρα. Παρατηροῦμε πολύ καθαρά τήν πορεία τῆς φωτεινῆς δέσμης μέσα στό νερό καί στόν ἀέρα καί διαπιστώνουμε τή διάθλασή της (εἰκ. 48). Ἄν φέρουμε πάλι νοητή κάθετο στό σημεῖο προσπτώσεως ἀπό τό νερό στόν ἀέρα, παρατηροῦμε πώς ἡ διαθλώμενη δέσμη ἀπομακρύνεται ἀπό αὐτή τήν κάθετο.

γ) Ἀπομακρύνουμε λίγο τόν ὀρθοστάτη ἀπό τό τραπέζι καί γέρνουμε τόν ἄξονα τοῦ προβολέα περισσότερο καί τόσο, πού ἡ προσπίπτουσα δέσμη πάνω στήν ἐπιφάνεια χωρισμοῦ τοῦ νεροῦ ἀπό τόν ἀέρα νά προσπίπτει ὑπό γωνία μεγαλύτερη τῆς ὀρικῆς (νά μπαίνει στό νερό τῆς λεκάνης ἀπό τήν πλευρική ἔδρα). Παρατηροῦμε πώς τώρα ἡ δέσμη δέ βγαίνει στόν ἀέρα, ἀλλά ἀνακλᾶται ὀλικά καί ἐπιστρέφει στό νερό τῆς λεκάνης, σάν νά ἦταν ἡ ἐπιφάνειά του ἐπίπεδο κάτω-πτο (εἰκ. 49). Ἔχουμε δηλαδή ὀλική ἀνάκλαση.

Συμπεράσματα

"Όταν μιὰ φωτεινή δέσμη περνά τήν επιφάνεια χωρισμοῦ δυό διαφορετικῶν διαφανῶν μέσων, ἀλλάζει διεύθυνση. Τό φαινόμενο αὐτό λέγεται διάθλαση τοῦ φωτός.

"Όταν ἡ φωτεινή δέσμη κατευθύνεται ἀπό λιγότερο διαθλαστικό μέσο σέ ἄλλο διαθλαστικότερο, ἡ διαθλωμένη πλησιάζει τήν κάθετο στό σημεῖο προσπτώσεως.

"Όταν ἡ φωτεινή δέσμη κατευθύνεται ἀπό διαθλαστικότερο μέσο σέ ἄλλο λιγότερο διαθλαστικό, ἡ διαθλωμένη ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου στό σημεῖο προσπτώσεως. Στήν περίπτωση αὐτή ἡ διάθλαση εἶναι δυνατή, μόνο ἂν ἡ γωνία προσπτώσεως δέν εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν ὁρική γωνία. Ἄν ἡ γωνία προσπτώσεως γίνει μεγαλύτερη ἀπό τήν ὁρική γωνία, δέν ἔχουμε διάθλαση ἀλλά ὀλική ἀνάκλαση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 160

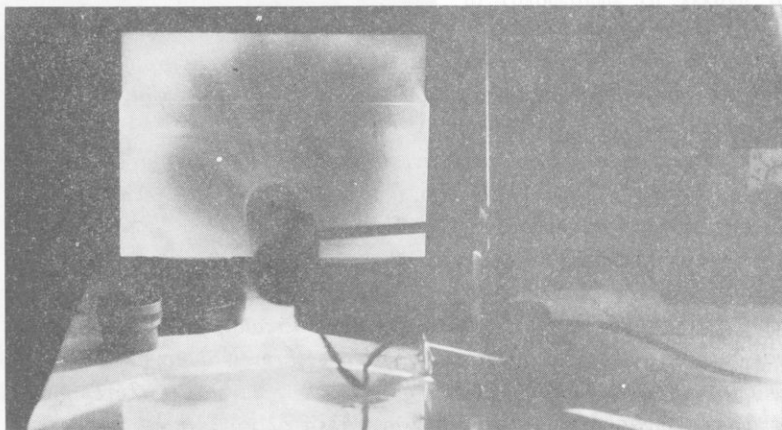
Ἐπίδειξη τῶν φαινομένων τῆς διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως μέ τή συσκευή διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Μιὰ βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιὰ ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
3. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἐνας προβολέας Reuter.
5. Μιὰ συσκευή διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως.
6. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
7. Λίγη οὐσία πού φθορίζει (φλουοροσκεΐνη).
8. Λίγο διάλυμα καυστικοῦ νατρίου.
9. Μιὰ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τῶν 0,30 m καί στό χαμηλότερο δυνατό σημεῖο τῆς τὸν ἀπλὸ σύνδεσμο, πάνω στὸν ὁποῖο στηρίζουμε τὸν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος του ὀριζόντιο.



Εικ. 50

- β) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ νερό, διαλύουμε σ' αὐτό ἐλάχιστη ποσότητα φλουορεσκείνης καί προσθέτουμε μερικές σταγόνες διαλύματος καυστικού νατρίου. Ἀδειάζουμε τό διάλυμα μέσα στή συσκευή διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως καί συμπληρώνουμε μέ καθαρό νερό, ὥσπου νά γεμίσει ἡ συσκευή.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Φέρνουμε τόν ὀρθοστάτη πίσω ἀπό τή συσκευή, βγάζουμε τό φακό τοῦ προβολέα καί σπρώχνοντας τό στέλεχος πετυχαίνουμε νά βγεῖ ἡ λάμπα ἔξω ἀπό τό σωλήνα τοῦ προβολέα καί νά μπεῖ μέσα στήν κωνική κοιλότητα πού ὑπάρχει στή συσκευή διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως.
- β) Τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V καί παρατηροῦμε πάνω στήν ἐσωτερική ἐπιφάνεια τοῦ τοιχώματος (ὀθόνης) τῆς συσκευῆς τήν κεντρική ἀκτίνα, πού βγαίνει χωρίς διάθλαση, γιατί προσπίπτει κάθετα πάνω στήν ἐπιφάνεια χωρισμοῦ τοῦ νεροῦ ἀπό τόν ἀέρα, καί ἀπό τό ἕνα καί ἀπό τό ἄλλο μέρος μιᾶ ἢ δυό ἀκτίνες διαθλώμενες καί πιο πέρα ἀπ' αὐτές ἄλλες ἀκτίνες πού ἀνακλῶνται ὀλικά (εἰκ. 50).

Συμπέρασμα

Μέ τήν ἐιδική συσκευή διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως δεῖχνουμε ταυτόχρονα τά φαινόμενα τῆς διαθλάσεως καί ὀλικῆς ἀνακλάσεως φωτεινῶν ἀκτίνων.

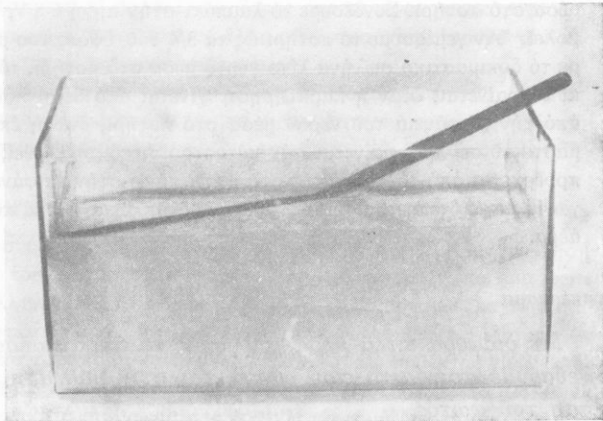
Έπίδειξη φαινομένων που οφείλονται στη διάθλαση και στην ολική ανάκλαση του φωτός

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένα ποτήρι 400 ml.
4. Ένας δοκιμαστικός σωλήνας.
5. Ένα λαμπάκι 6-8 V σε ύποδοχή (ντουϊ), με δυό καλώδια συνδέσεως.
6. Ένα νόμισμα.
7. Πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V.

Εκτέλεση των πειραμάτων

- α) Γεμίζουμε τη λεκάνη ως τα $\frac{2}{3}$ του ύψους της με νερό και βυθίζουμε πλάγια μέσα σ' αυτό τη ράβδο των 0,80 m. Αν παρατηρήσουμε πλάγια, πάνω από την επιφάνεια του νερού θα δούμε πώς η ράβδος φαίνεται σπασμένη. Αυτό οφείλεται στη διάθλαση των ακτίνων που εκπέμπει η ράβδος κατά την έξοδό τους από το νερό στον αέρα (εικ. 51).
- β) Άδειάζουμε τη λεκάνη και στόν πυθμένα της και στο μέσο μιάς από τις μικρές έδρες της ακουμπάμε ένα νόμισμα. Τοποθετούμε έπειτα έναν παρατηρητή σε τέτοια θέση, που νά βλέπει το νόμισμα κατά την ευθεία που ξεκινά από το μάτι του παρατηρητή, περνά εφαιπόμενη προς το πάνω μέρος της μικρής έδρας της λεκάνης απέναντι του νομίσματος και καταλήγει στο νόμισμα. Ρί-



Εικ. 51



Εικ. 52

χνουμε στη συνέχεια μέσα στη λεκάνη νερό, όποτε ο παρατηρητής παύει νά βλέπει τό νόμισμα. "Αν όμως ο παρατηρητής αυτός χαμηλώσει τό μάτι του σέ θέση συμμετρική τής πρώτης ως πρός τήν επιφάνεια του νερού, βλέπει τό νόμισμα νά βρίσκεται από πάνω από τήν επιφάνεια του νερού, όπως θά τό έβλεπε, αν ή επιφάνεια του νερού ήταν κάτοπτρο γυρισμένο πρός τά κάτω (είκ. 52).

- γ) Βάζουμε τό ηλεκτρικό λαμπάκι μέσα στό δοκιμαστικό σωλήνα και αυτόν μέσα στό ποτήρι. Συνδέουμε τό λαμπάκι στην πηγή 6-8 V, όποτε αυτό φωτοβολεί. "Αν γεμίσουμε τό ποτήρι ως τά $3/4$ του ύψους του με νερό και κρατάμε τό δοκιμαστικό σωλήνα λίγο γυρτό μέσα στό ποτήρι, τό αναμμένο λαμπάκι δέ φαίνεται, όταν ή παρατήρηση γίνεται από θέση πού βρίσκεται πάνω από τήν επιφάνεια του νερού μέσα στό ποτήρι, ενώ ή επιφάνεια του δοκιμαστικού σωλήνα φαίνεται σαν κάτοπτρο. Αυτό συμβαίνει, γιατί τό φως πού προέρχεται από τό λαμπάκι προσπίπτει πάνω στην επιφάνεια του νερού υπό γωνία μεγαλύτερη τής όριχής και έτσι ανακλάται όλικά και δέ βγαίνει στον αέρα.

Συμπέρασμα

Μέ διάφορα απλά μέσα μπορούμε νά παρατηρήσουμε και νά εξμηνεύσουμε φαινόμενα πού οφείλονται στη διάθλαση και όλική ανάκλαση του φωτός.

Διάθλαση του φωτός που περνά μέσα από πλάκα με παράλληλες έδρες

*Απαραίτητα όργανα και υλικά

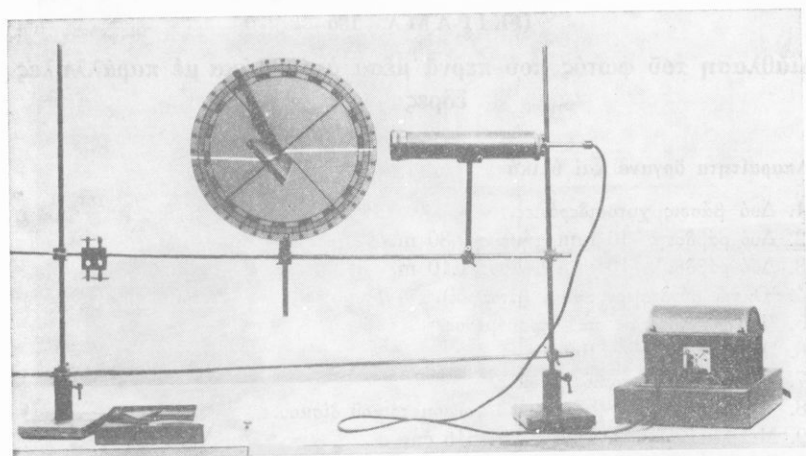
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Ένας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ένα κουτί εξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.
10. Λίγη ούσια που φθορίζει (φλουορεσκείνη).
11. Λίγο διάλυμα καυστικού νατρίου.
12. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Σέ ένα σύνδεσμο στο μέσο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας στερεώνουμε τό γωνιομετρικό δίσκο με τό επίπεδο κατακόρυφο καί παράλληλο πρὸς τήν οριζόντια ράβδο. Στρέφουμε τό δίσκο, ὥσπου νά γίνει ἡ διάμετρός του 0-0 οριζόντια, καί στερεώνουμε στού κέντρο του τό πλαστικό τραπεζοειδές πρίσμα ἔτσι, πού οἱ παράλληλες ἔδρες του νά εἶναι κατακόρυφες. Δεξιά τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου πάνω σέ ἄλλο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν προβολέα Reuter μέ τόν ἄξονά του οριζόντιο.
- γ) Γεμίζουμε ὡς τή μέση τή λεκάνη μέ νερό, διαλύουμε μέσα σ' αὐτό πολὺ μικρὴ ποσότητα φλουορεσκείνης καί προσθέτουμε μερικές σταγόνες διαλύματος καυστικοῦ νατρίου.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

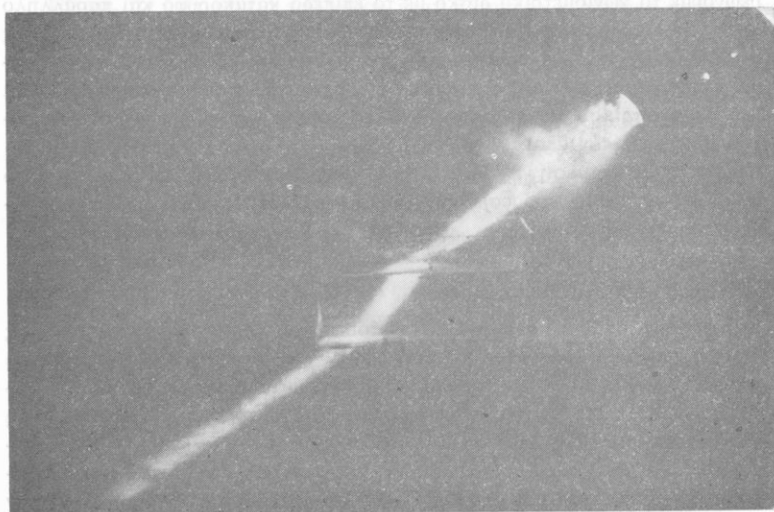
- α) Τοποθετοῦμε στήν ἐγκοπὴ τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα τό διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς, τόν τροφοδοτοῦμε μέ τάση 6-8 V καί κατευθύνουμε μιά φωτεινὴ ἀκτίνα (παράλληλη δέσμη) κάθετα πάνω στήν κατακόρυφη ἔδρα τοῦ πλαστικοῦ πρίσματος πού βρίσκεται στού κέντρο τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου. Αὐτὴ περνά μέσα ἀπὸ τό πρίσμα καί βγαίνει ἀπ' αὐτό ὡς προέκταση τῆς προσπίπτουσας, καί τό ἴχνος ὅλης τῆς πορείας της φαίνεται πάνω στού δίσκο. Στρέφουμε τό δίσκο κατὰ μιά γωνία π.χ. 45°. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίνα διαθλάται στήν



Είκ. 53

εἴσοδό της μέσα στό πρίσμα, πού, ὅπως εἶναι τοποθετημένο, ἀποτελεῖ πλάκα μέ παράλληλες ἑδρες, προσπίπτει πάνω στήν ἀπέναντι ἑδρα καί διαθλάται πάλι στήν ἐξοδό της στόν ἀέρα. Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἀκτίνα πού ἀναδύεται ἀπό τήν πλάκα εἶναι παράλληλη πρός τήν προσπίπτουσα καί πλευρικά μετατοπισμένη σχετικά πρός αὐτή (εἰκ. 53).

Είκ. 54



- β) Τοποθετούμε τή λεκάνη στό χεῖλος τοῦ τραπέζιου καί σέ θέση πού νά προ-
εξέχει ἀπ' αὐτό κατά $1/3$ τοῦ μήκους της. Ἀποσυναρμολογοῦμε τήν ὀπτική
τράπεζα, στηρίζουμε στόν ἕναν ὀρθοστάτη μέ ἕναν ἀπλό ἤ καί τόν περιστρε-
φόμενο σύνδεσμο τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος ὀριζόντιο καί τόν
ἀκουμπάμε πάνω στό τραπέζι πολύ κοντά στή μικρή ἔδρα τῆς λεκάνης. Προ-
φοδοτοῦμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V καί κατευθύνουμε φωτεινή δέσμη,
χωρίς διάφραγμα, παράλληλη ἤ ἐλαφρά συγκλίνουσα πάνω στήν ἐπιφάνεια
τοῦ νεροῦ καί στήν περιοχή πού βρίσκεται ἔξω ἀπό τήν ἐπιφάνεια τοῦ τρα-
πέζιου. Φυσᾶμε καπνό στήν πορεία τῆς προσπίπτουσας δέσμης, ὅπως καί στήν
πορεία ἐκείνης πού βγαίνει ἀπό τόν πυθμένα τῆς λεκάνης, ὅποτε παρατηροῦ-
με πολύ καθαρά τήν παράλληλη μετατόπιση μετά τή διάθλασή της στίς δύο
παράλληλες ἔδρες τῆς πλάκας ἀπό νερό (εἰκ. 54). Ἐκτιμᾶμε τήν τιμή τῆς
παράλληλης μετατοπίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης καί ἔπειτα αὐξάνουμε τό
πάχος τῆς πλάκας ρίχνοντας μέσα στή λεκάνη καί ἄλλο νερό. Ἡ τιμή
τῆς μετατοπίσεως τώρα αὐξάνεται.

Συμπέρασμα

Ὄταν μιά φωτεινή ἀκτίνα περνᾷ πλάγια ἀπό μιά πλάκα μέ πα-
ράλληλες ἔδρες, δέν παθαίνει ἐκτροπή ἀπό τήν ἀρχική της διεύθυνση
ἀλλά μόνο παράλληλη μετατόπιση, πού ἡ τιμή της ἐξαρτᾶται ἀπό τό
πάχος τῆς πλάκας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Μελέτη τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, ὅταν περνᾷ μέσα ἀπό πρίσμα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δύο βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἕνας γωνιομετρικός δίσκος.
5. Ἕνα κουτί ἐξαρτημάτων τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου.
6. Ἕνας προβολέας Reuter.
7. Μιά πηγή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

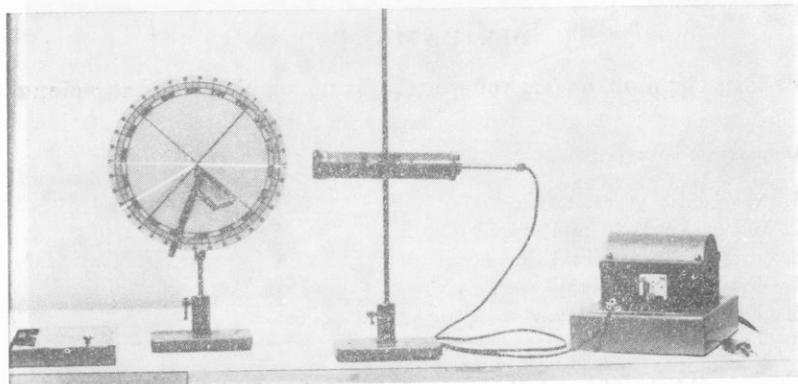
- α) Πάνω στη μιά βάση στηρίζουμε με το στέλεχος του τόγωνιομετρικού δίσκου, τον στρέφουμε, ώσπου να γίνει οριζόντια η διάμετρος του 0-0, και στερεώνουμε στο κέντρο του τό τραπεζοειδές πρίσμα έτσι, που η δεξύτερη διαθλαστική γωνία του να έχει την άκμή της στο κέντρο του δίσκου και η έδρα της, που αποτελεί τη μιά από τις δυό παράλληλες έδρες του τραπεζοειδούς πρίσματος, να συμπίπτει με τη διάμετρο 90° - 90° .
- β) Στηρίζουμε στην άλλη βάση τη ράβδο των 0,80 m και σε ύψος γύρω στα 30 cm τον απλό σύνδεσμο. Πάνω στο σύνδεσμο στερεώνουμε τον προβολέα Reuter με το στέλεχος οριζόντιο.

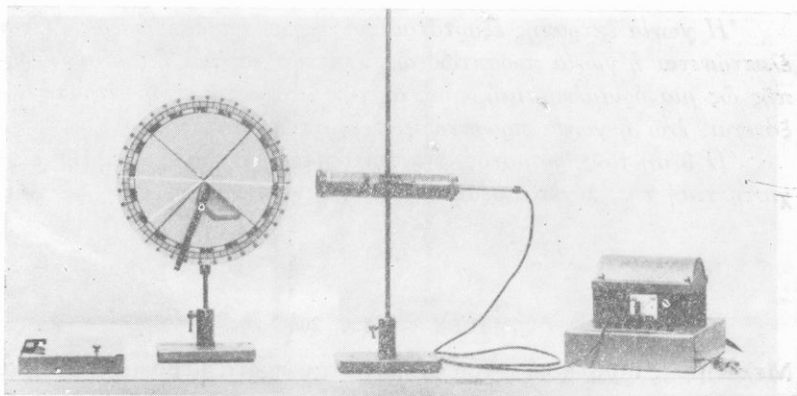
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού τό διάφραγμα της μιᾶς σχισμῆς οριζόντια και, αφού ρυθμίσουμε τό ύψος του συνδέσμου, κατευθύνουμε φωτεινή δέσμη κατά τη διεύθυνση τῆς διαμέτρου 0-0. Αὕτη προσπίπτει κάθετα πάνω στην έδρα του πρίσματος και στην άκμή τῆς διαθλαστικῆς του γωνίας. Ένα μέρος τῆς φωτεινῆς δέσμης περνᾷ από πάνω από τήν άκμή του πρίσματος και σημειώνει πάνω στο δίσκο τή διεύθυνση τῆς προσπίπτουσας, και τό υπόλοιπο μέρος τῆς, αφού περάσει μέσα από τό πρίσμα, ανακλᾶται όλικά πάνω στην άλλη έδρα του και βγαίνει από τό πρίσμα, πρὸς τό μέρος τῆς ἀρχικῆς τῆς προσπτώσεως.

Στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο, ὥσπου ἡ προσπίπτουσα δέσμη νά σχηματίζει μέ τήν κάθετο (διάμετρο 0-0) γωνία π.χ. 50° , και παρατηροῦμε τότε τήν ἀναδύομένη από τό πρίσμα ἀκτίνα που σχηματίζει μέ τή διεύθυνση τῆς προσπίπτουσας τή γωνία ἐκτροπῆς 28° (εἰκ. 55).

Εἰκ. 55





Εικ. 56

- β) Αφαιρούμε από τό δίσκο τό τραπεζοειδές πρίσμα καί τό ξαναβάζουμε μέ τόν ίδιο τρόπο, αλλά στό κέντρο τοῦ δίσκου νά βρίσκεται τώρα ἡ μεγαλύτερη ὀξεῖα διαθλαστική γωνία του. Κατευθύνουμε ὅπως καί πῶς πάνω στήν ἀκμή τοῦ πρίσματος φωτεινή δέσμη πάλι ὑπό γωνία προσπίπτουσας 50° . Παρατηροῦμε καί πάλι τή γωνία ἐκτροπῆς, ἀλλά τώρα ἡ τιμή της εἶναι μεγαλύτερη, 40° (εἰκ. 56).
- γ) Τοποθετοῦμε πάλι τό πρίσμα ὅπως στήν περίπτωση (α) καί στρέφουμε τό γωνιομετρικό δίσκο, ὥσπου ἡ προσπίπτουσα μέ τή διάμετρο 0-0 νά σχηματίζει γωνία 50° - 60° (γωνία προσπίπτουσας). Βρίσκουμε τή γωνία ἐκτροπῆς, προσδιορίζοντας τή θέση τῆς προεκτάσεως τῆς προσπίπτουσας καί τῆς τῆς ἀναδυόμενης ἀπό τό πρίσμα δέσμης.
- Στρέφουμε τό δίσκο ἔτσι, πού ἡ γωνία προσπίπτουσας νά ἐλαττώνεται, καί κάθε φορά πού ἐλαττώνεται κατὰ 5° προσδιορίζουμε τή γωνία ἐκτροπῆς. Παρατηροῦμε πώς, ὅσο ἐλαττώνουμε τή γωνία προσπίπτουσας, ἐλαττώνεται καί ἡ γωνία ἐκτροπῆς ὡς μιᾷ ὀρισμένη τιμῇ (ἐλάχιστη ἐκτροπή) γιά γωνία προσπίπτουσας γύρω στίς 36° . Ἄν ἐξακολουθήσουμε νά ἐλαττώνουμε τή γωνία προσπίπτουσας κάτω ἀπό αὐτή τήν τιμή, ἡ ἐκτροπή τώρα αὐξάνεται.

Συμπεράσματα

Ὅταν μιᾷ φωτεινῇ ἀκτίνῃ περνᾷ μέσα ἀπό πρίσμα, διαθλάται καί ἐκτρέπεται πρὸς τή βάση τοῦ πρίσματος κατὰ μιᾷ γωνία, πού λέγεται γωνία ἐκτροπῆς ἢ ἀπλά ἐκτροπή.

Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τή διαθλαστική γωνία τοῦ πρίσματος καί αὐξάνεται μαζί της.

Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὄταν ἐλαττώνεται ἡ γωνία προσπτώσεως, ἐλαττώνεται καὶ ἡ γωνία ἐκτροπῆς ὡς μιά ὀρισμένη τιμὴ, πού, ἂν τὴν ξεπεράσουμε, ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται, ἐνῶ ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττώνεται.

Ἡ θέση τοῦ πρίσματος, γιὰ τὴν ὁποία ἡ ἐκτροπὴ ἔχει τὴν ἐλάχιστη τιμὴ της, λέγεται θέση τῆς ἐλάχιστης ἐκτροπῆς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 206

Μελέτῃ τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, ὅταν περνᾷ μέσα ἀπὸ πρίσμα. Χρησιμοποίηση κοίλου πρίσματος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

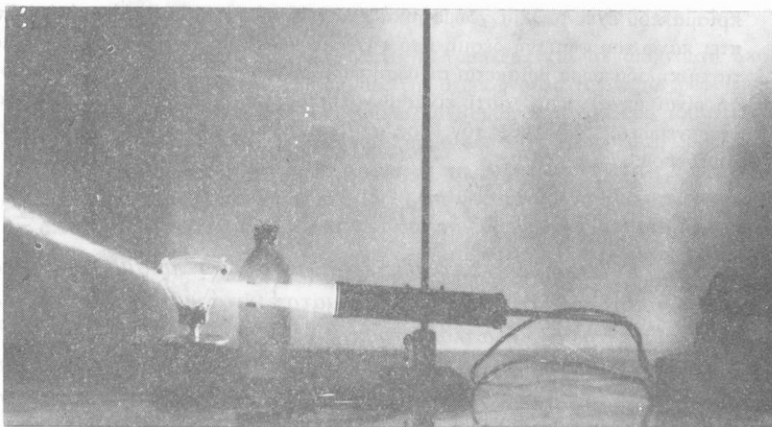
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἕνας προβολέας Reuter.
5. Ἕνα πρίσμα κοίλο μεταβλητῆς γωνίας.
6. Ἕνα ποτήρι 400 ml.
7. Μιά φιάλη μὲ οἶνόπνευμα.
8. Ἕνας σωλῆνας λαστιχένιος ϕ 7-8 mm μήκους 80 cm περίπου.

Συναρμολόγησι πειραματικῆς διατάξεως

Στερεώνουμε πάνω στὴ βάση τὴ ράβδον τῶν 0,80 m καὶ στὸ μέσο περίπου τοῦ ὕψους τῆς τὸν ἀπλὸν σύνδεσμον. Πάνω στὸ σύνδεσμον στηρίζουμε τὸν προβολέα Reuter μὲ τὸ στέλεχος του ὀριζόντιον.

Ἐκτέλεσι τοῦ πειράματος

- α) Τοποθετοῦμε στὴν ἐγκοπὴ τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα Reuter τὸ διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς ὀριζόντια, τὸν τροφοδοτοῦμε μὲ τάση 6-8 V καὶ κατευθύνουμε ὀριζόντια πάνω στὴ σταθερὴ (ἀμετακίνητη) ἔδρα τοῦ πρίσματος, καὶ κοντὰ στὴν ἀκμὴ του, φωτεινὴ δέσμη. Αὕτῃ σχηματίζει στὸν ἀπέναντι τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῖχο μιὰ φωτεινὴ κηλίδα. Μὲ χρωματιστὴ κιμωλία σημειώνουμε πάνω στὸν τοῖχον τὴ θέση τῆς κηλίδας.
- β) Γεμίζουμε τὸ πρίσμα νερὸ μὲ τὸ ποτήρι, χωρὶς νὰ τὸ μετακινήσουμε ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ του θέση. Ἡ φωτεινὴ κηλίδα πάνω στὸν τοῖχον μετατοπίζεται



Είκ. 57

πρός τά πάνω, ενώ εμφανίζονται τά χρώματα τοῦ φάσματος (είκ. 57). Οἱ νοη-
τές εὐθεῖες ἀπό τήν ἀκμή τοῦ πρίσματος πρὸς τίς δύο διαδοχικές θέσεις τῆς
κηλίδας προσδιορίζουν τή γωνία ἐκτροπῆς.

- γ) Μετακινούμε τήν κινητή ἔδρα τοῦ πρίσματος ἔτσι, πού ἡ διαθλαστική του γω-
νία νά ἐλαττώνεται (προσέχουμε νά μή μετακινηθεῖ τό πρίσμα ἀπό τήν ἀρ-
χική του θέση καί ἀλλάξει θέση ἡ ἔδρα του πού εἶναι πρὸς τόν προβολέα, για-
τί τότε θά ἀλλάξει ἡ γωνία προσπτώσεως). Παρατηροῦμε τή χρωματιστή
κηλίδα νά μετακινεῖται πρὸς τά κάτω. Ἡ ἐκτροπή ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλατ-
τώνεται ἡ διαθλαστική γωνία τοῦ πρίσματος.
- δ) Ξαναφέρνουμε τήν κινητή ἔδρα στήν ἀρχική της θέση. Χαλαρώνουμε τή βί-
δα πού συγκρατεῖ τό πρίσμα πάνω στόν ἄξονα πού περνᾷ ἀπό τήν ἀκμή του
καί στρέφουμε ὁλόκληρο τό πρίσμα γύρω ἀπ' αὐτόν τόν ἄξονα κατά φορά
πού ἡ βάση του νά γέρνει πρὸς τόν προβολέα. Ἡ γωνία προσπτώσεως αὐξά-
νεται καί ἡ φωτεινὴ κηλίδα κινεῖται πρὸς τά πάνω. Ἡ ἐκτροπή αὐξάνεται.
Στρέφουμε τώρα τό πρίσμα σιγά σιγά κατά τήν ἀντίθετη φορά. Ἡ γωνία
προσπτώσεως ἐλαττώνεται· ἐλαττώνεται μαζί της καί ἡ ἐκτροπή καί ἡ φω-
τεινὴ κηλίδα κινεῖται πρὸς τά κάτω ὡς μιὰ ὁρισμένη θέση, ὅποτε ἡ κίνη-
σή της ἀναστρέφεται. Βρισκόμαστε στή θέση τῆς ἐλάχιστης ἐκτροπῆς. Ἄν
ἐξακολουθήσουμε νά περιστρέφουμε τό πρίσμα κατά τήν ἴδια φορά, θά
δοῦμε πὼς ἡ ἐκτροπή αὐξάνεται.
- ε) Φέρνουμε πάλι τό πρίσμα στήν ἀρχική του θέση καί σημειώνουμε μέ χρω-
ματιστὴ κιμωλία στόν τοῖχο τή θέση τῆς χρωματιστῆς κηλίδας πού καθορί-
ζει τή γωνία ἐκτροπῆς. Ἀδειάζουμε μέσα στό ποτήρι τό νερό ἀπό τό πρίσμα,
χωρὶς νά τό μετακινήσουμε, χρησιμοποιώντας τό λαστιχένιο σωλήνα σάν
σόφωνα. Γεμίζουμε κατόπιν τό πρίσμα μέ οἰνόπνευμα. Ἐχουμε ἔτσι ἓνα ἄλλο

πρίσμα πού έχει τά ίδια γεωμετρικά στοιχεία μέ τό πρώτο καί πού προσπίπτει πάνω του φωτεινή δέσμη υπό τήν ίδια γωνία προσπτώσεως. Ἡ χρωματιστή κηλίδα τώρα βρίσκεται σέ θέση ψηλότερη τῆς προηγούμενης, ἡ ἐκτροπή εἶναι μεγαλύτερη, γιατί εἶναι μεγαλύτερος ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ οἰνοπνεύματος ὡς πρός τόν ἀέρα ἀπό τόν ἀντίστοιχο δείκτη διαθλάσεως τοῦ νεροῦ.

Συμπεράσματα

Ὄταν μιὰ φωτεινὴ ἀκτίνα περνᾷ μέσα ἀπό πρίσμα, διαθλάται καί ἐκτρέπεται πρός τή βάση τοῦ πρίσματος κατὰ μιὰ γωνία, πού λέγεται γωνία ἐκτροπῆς ἢ ἀπλά ἐκτροπή.

Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τή διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καί ἀνῆλθεται μαζί της. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τή γωνία προσπτώσεως. Ὄταν ἐλαττώνεται ἡ γωνία προσπτώσεως, ἐλαττώνεται καί ἡ γωνία ἐκτροπῆς ὥς μιὰ ὁρισμένη τιμὴ, πού, ἂν τήν ξεπεράσουμε, ἡ ἐκτροπή ἀνῆλθεται, ἐνῶ ἡ γωνία προσπτώσεως ἐλαττώνεται.

Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τό δείκτη διαθλάσεως τοῦ ὕλικου τοῦ πρίσματος καί ἀνῆλθεται μαζί του.

ΠΕΙΡΑΜΑ 21ο

Ἡ γωνία ἐκτροπῆς φωτεινῆς ἀκτίνας πού διαθλάται, ὅταν περνᾷ μέσα ἀπό πρίσμα, ἐξαρτᾶται ἀπό τό δείκτη διαθλάσεως τοῦ ὕλικου τοῦ πρίσματος. Ἐπιδείξει μέ πολὺπρισμα

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὄκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Ἐνα πολὺπρισμα.
8. Μιὰ ὀθονὴ ἀδιαφανής.
9. Μιὰ πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).

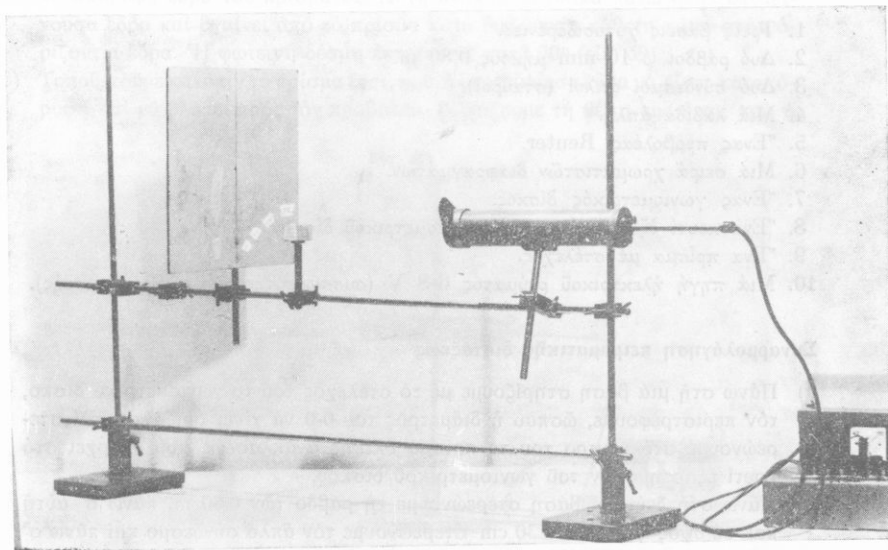
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Πάνω στην οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας και σε απόσταση από το άκρο της ίση με $\frac{1}{3}$ του μήκους της στερεώνουμε τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τον προβολέα Reuter από το άκρο του στελέχους του. Μπροστά από το φακό του προβολέα και σε απόσταση 30-35 cm, πάνω σε έναν άπλό σύνδεσμο, στερεώνουμε το πολύπρισμα με τις έδρες του κατακόρυφες. Τέλος σε απόσταση 15-20 cm από το πολύπρισμα στερεώνουμε άλλο άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν την θόνη, όσο μπορούμε πιο χαμηλά, με το επίπεδο κατακόρυφο και κάθετο πάνω στην οριζόντια ράβδο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε κατακόρυφα στο φακό του προβολέα το διάφραγμα της μιᾶς σχισμής, τον τροφοδοτούμε με τάση 6-8 V και τον στρέφουμε γύρω στον οριζόντιο άξονα του περιστρεφόμενου συνδέσμου, ώσπου η φωτεινή κηλίδα να τοποθετηθεί στο άνωτατο τμήμα της θόνης. Με μετακίνηση ή περιστροφή του στελέχους του προβολέα πετυχαίνουμε να αποκτήσει η φωτεινή κηλίδα όσο γίνεται πιο μικρό πλάτος.
- β) Ανοψώνουμε το πολύπρισμα, ώσπου να αποκόψει η άκμή του την προσπίπτουσα δέσμη. Παρατηρούμε αμέσως επάνω στην θόνη σειρά χρωματιστών

Εικ. 58



κηλίδων σέ διάφορα ύψη καί μετατοπισμένα πλευρικά, πού όφείλονται στήν έκτροπή τών φωτεινών ακτίων κατά διαφορετική τιμή εξαιτίας τών διαφορετικών ύλικών τών πρισμάτων, πού όλα μαζί αποτελούν τό πολύπρισμα. "Αν όλες οί χρωματιστές κηλίδες δέ χωρούν επάνω στήν όθονη, τή μετακινούμε πλησιάζοντάς τη στό πολύπρισμα, ώσπου νά φανούν επάνω της τόσες φωτεινές κηλίδες, όσος εΐναι ό αριθμός τών πρισμάτων πού υπάρχουν στό πολύπρισμα (εϊκ. 58).

Συμπέρασμα

Μέ τό πολύπρισμα δείχνουμε πώς ή έκτροπή φωτεινής δέσμης πού διαθλάται, όταν περνά μέσα από πρίσμα, εξαρτάται από τό δείκτη διαθλάσεως του ύλικού του πρίσματος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 22ο

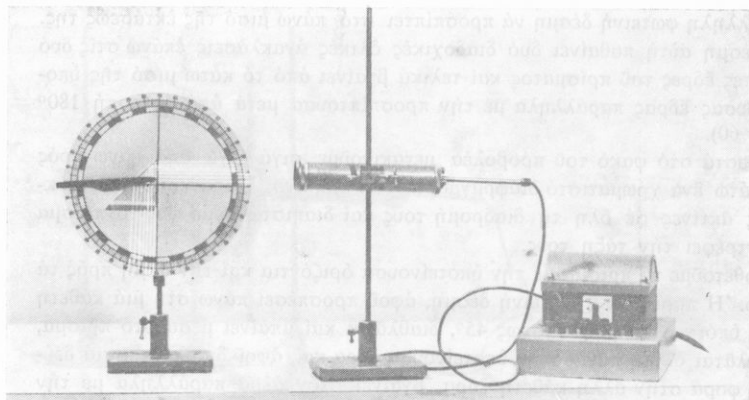
Μελέτη τών ιδιοτήτων τών πρισμάτων όλικής ανακλάσεως

Απαραίτητα όργανα

1. Τρεΐς βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. "Ενας προβολέας Reuter.
6. Μιά σειρά χρωματιστών διαφραγμάτων.
7. "Ενας γωνιομετρικός δίσκος.
8. "Ενα κουτί έξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
9. "Ενα πρίσμα μέ στέλεχος.
10. Μιά πηγή ήλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Πάνω στή μιά βάση στηρίζουμε μέ τό στέλεχος του τό γωνιομετρικό δίσκο, τόν περιστρέφουμε, ώσπου ή διάμέτρος του 0-0 νά γίνει όριζόντια καί στερεώνουμε στό κέντρο του τό πρίσμα όλικής ανακλάσεως πού υπάρχει στό κουτί έξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου.
- β) Πάνω στή δευτέρα βάση στερεώνουμε τή ράβδο τών 0,80 m, πάνω σ' αυτή καί σέ ύψος γύρω στά 30 cm στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος του όριζόντιο.

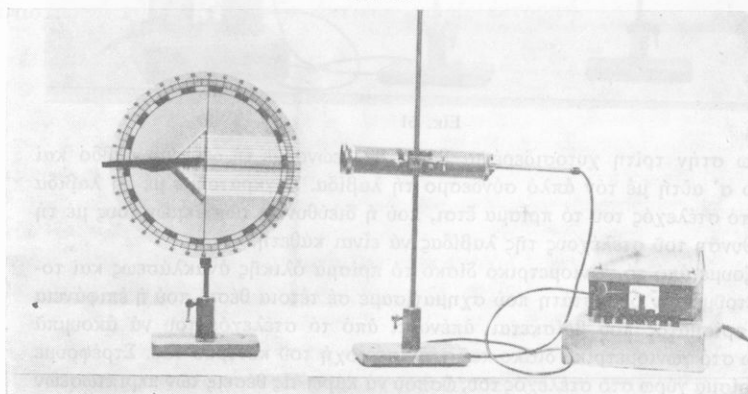


Εικ. 59

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα το διάφραγμα με τις πολλές σχισμές οριζόντιες και τον τροφοδοτούμε με τάση 6-8 V. Τοποθετούμε το πρίσμα πάνω στο δίσκο έτσι, πού ή μιιά κάθετη έδρα του νά είναι κατακόρυφη κατά τή διεύθυνση τής διαμέτρου 90° - 90° του δίσκου και ή άλλη οριζόντια πρós τά κάτω. Κατευθύνουμε παράλληλη δέσμη κάθετα πάνω στην κατακόρυφη έδρα του πρίσματος. Αύτή ανακλάται όλικά πάνω στην ύποτείνουσα έδρα και βγαίνει από τό πρίσμα κατά διεύθυνση κάθετη πάνω στην όριζόντια έδρα. *Η φωτεινή δέσμη εκτρέπεται κατά 90° (εϊκ. 59).
- β) Τοποθετούμε κατόπιν τό πρίσμα έτσι, πού ή ύποτείνουσα έδρα νά είναι κατακόρυφη και νά βλέπει πρós τόν προβολέα. Ρυθμίζουμε τή θέση της έτσι, πού ή

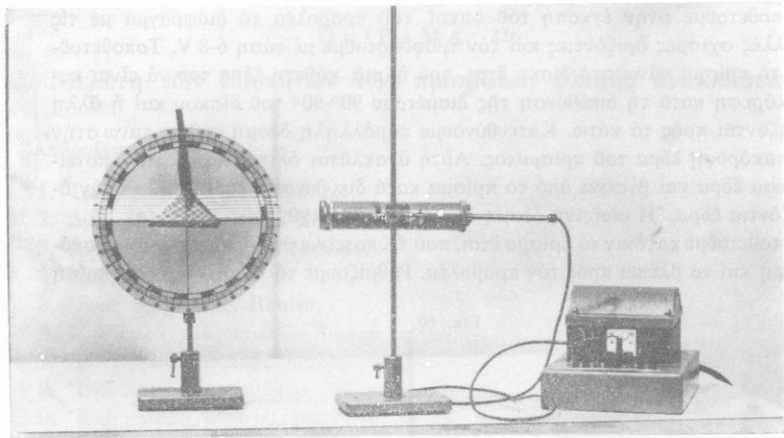
Εικ. 60



παράλληλη φωτεινή δέσμη νά προσπίπτει στο πάνω μισό της εκτάσεώς της. Ἡ δέσμη αὐτή παθαίνει δυό διαδοχικές ὀλικές ἀνακλάσεις ἐπάνω στίς δυό κάθετες ἑδρες τοῦ πρίσματος καί τελικά βγαίνει ἀπό τὸ κάτω μισό τῆς ὑποτείνουσας ἑδρας παράλληλα μέ τήν προσπίπτουσα μετὰ ἀπό ἐκτροπή 180° (εἰκ. 60).

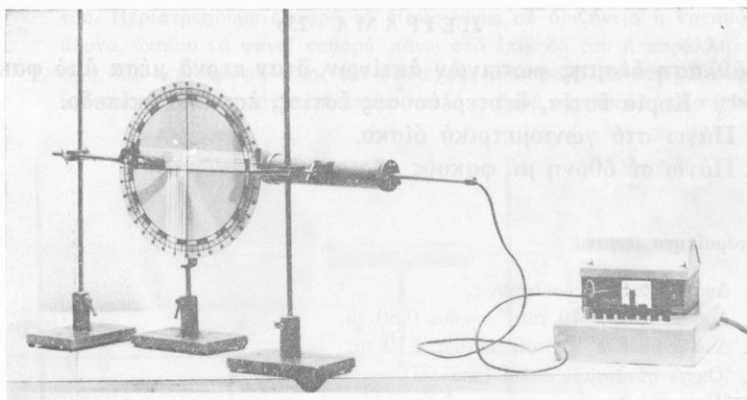
Μπροστά στοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα μετακινούμε σιγά σιγά ἀπό πάνω πρὸς τὰ κάτω ἓνα χρωματιστό διάφραγμα, π.χ. τὸ κόκκινο. Παρατηροῦμε τίς κόκκινες ἀκτίνες σέ ὅλη τή διαδρομὴ τους καί διαπιστώνουμε πὼς τὸ πρίσμα ἀναστρέφει τὴν τάξη τους.

- γ) Τοποθετοῦμε τὸ πρίσμα μέ τήν ὑποτείνουσα ὀριζόντια καί τὴν ἀκμὴ πρὸς τὰ πάνω. Ἡ παράλληλη φωτεινὴ δέσμη, ἀφοῦ προσπέσει πάνω στὴ μιὰ κάθετη ἑδρα ὑπὸ γωνία προσπτώσεως 45° , διαθλάται καί μπαίνει μέσα στοῦ πρίσμα, ἀνακλάται ὀλικά πάνω στὴν ὑποτείνουσα ἑδρα καί, ἀφοῦ διαθλαστῇ γιὰ δευτέρη φορά στὴν ἄλλη κάθετη ἑδρα, βγαίνει στὸν ἀέρα παράλληλα μέ τήν προσπίπτουσα (εἰκ. 61). Μὲ τὸ χρωματιστό διάφραγμα διαπιστώνουμε πὼς καί ἐδῶ ἔχουμε ἀναστροφή τῆς τάξεως τῶν ἀκτίνων.



Εἰκ. 61

- δ) Πάνω στὴν τρίτη χυτοσιδερένια βάση στερεώνουμε τὴ δευτέρη ράβδο καί πάνω σ' αὐτὴ μέ τὸν ἀπλό σύνδεσμο τὴ λαβίδα. Συγκρατοῦμε μέ τὴ λαβίδα ἀπὸ τὸ στέλεχος τοῦ τοῦ πρίσμα ἔτσι, πού ἡ διεύθυνση τῶν ἀκμῶν τους μέ τὴ διεύθυνση τοῦ στελέχους τῆς λαβίδας νά εἶναι κάθετη. Βγάζουμε ἀπὸ τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο τὸ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως καί τοποθετοῦμε τὸν ὀρθοστάτη πού σχηματίσαμε σέ τέτοια θέση, πού ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πρίσματος πού βρίσκεται ἀπέναντι ἀπὸ τὸ στέλεχος τοῦ νά ἀκουμπᾷ πάνω στοῦ γωνιομετρικὸ δίσκο καί στὴν περιοχὴ τοῦ κέντρου τοῦ. Στρέφουμε τὸ πρίσμα γύρω στοῦ στέλεχος τοῦ, ὥσπου νά πάρει τίς θέσεις τῶν περιπτώσεων



Εικ. 62

(α), (β) καί (γ) διαδοχικά, κατευθύνουμε πάνω σ' αυτό παράλληλη φωτεινή δέσμη καί διαπιστώνουμε τά ίδια φαινόμενα (εϊκ. 62).

Ἀντί τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου μποροῦμε νά χρησιμοποιήσουμε ἀδιαφανή ὀθόνη.

Συμπέρασμα

Μέ τά πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως μποροῦμε, ἀνάλογα μέ τόν τρόπο τῆς τοποθετήσεώς τους, νά πετύχουμε ἐκτροπή τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων κατὰ 90° ἢ κατὰ 180° μέ ἀναστροφή τῆς τάξεώς τους, ἢ μόνο ἀναστροφή τῆς τάξεως τῶν ἀκτίνων χωρίς ἐκτροπή.

Διάθλαση δέσμης φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅταν περνᾷ μέσα ἀπό φακό.

Κυρία ἐστία, δευτερεύουσες ἐστίες, ἐστιακὸ ἐπίπεδο.

I. Πάνω στό γωνιομετρικὸ δίσκο.

II. Πάνω σὲ ὀθὼνὴ μὲ φακοὺς τῆς σειρᾶς φακῶν

***Απαραίτητα ὄργανα**

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτὼ σύνδεσμοι ἅπλοι (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Ἐνας γωνιομετρικὸς δίσκος.
8. Ἐνα κουτί ἐξαρτημάτων τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου.
9. Μιά σειρὰ φακῶν.
10. Ἐνα στήριγμα φακῶν ἢ κατόπτρων.
11. Μιά ὀθὼνὴ ἀδιαφανής.
12. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

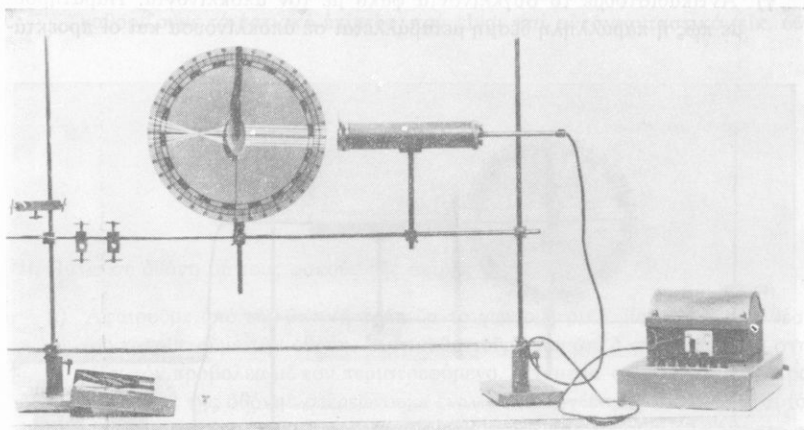
- a) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Πάνω στὴν ὀριζόντια ράβδον τῆς ὀπτικῆς τράπεζας καὶ σὲ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἄκρον τῆς ἴσης μὲ τὸ $1/3$ τοῦ μήκους τῆς στερεώνουμε ἕναν ἅπλόν σύνδεσμον καὶ πάνω σ' αὐτὸν τὸν προβολέα Reuter μὲ τὸ στέλεχος κατακόρυφον.

***Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος**

I. Πάνω στό γωνιομετρικὸ δίσκο.

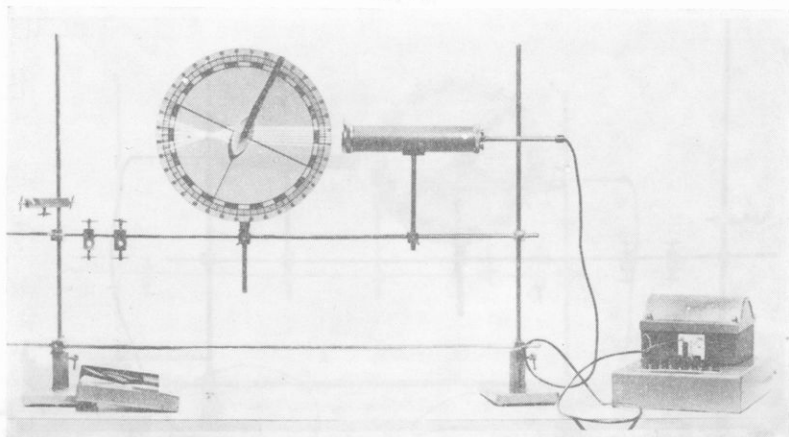
- a) Πάνω στὴν ὀριζόντια ράβδον καὶ μπροστὰ ἀπὸ τὸ φακὸ τοῦ προβολέα στηρίζουμε ἕναν ἅπλόν σύνδεσμον καὶ πάνω σ' αὐτὸν τὸ γωνιομετρικὸ δίσκον σὲ τέτοια θέση, πού τὸ μέρος του πού εἶναι πρὸς τὸ φακὸ νὰ ἀπέχει ἀπ' αὐτὸν 1-2 cm. Στρέφουμε τὸ δίσκον, ὥσπου ἡ διάμετρος του 0-0 νὰ γίνῃ ὀριζόντια, καὶ στηρίζουμε στό κέντρο του τὸ συγκλίνοντα φακὸ πού ὑπάρχει στό κουτί τῶν ἐξαρτημάτων μὲ τὸν κύριον ἄξονα ὀριζόντιον.
- Τοποθετοῦμε στὴν ἐγκοπὴ τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα Reuter τὸ διάφραγμα τῶν πολλῶν σχισμῶν, τὸν τροφοδοτοῦμε μὲ τάση 6-8 V καὶ κατευθύνουμε πάνω στό φακὸ παράλληλῃ δέσμῃ κατὰ τὴ διεύθυνση τοῦ κύριου ἄξονα

του. Περιστρέφουμε ελαφρά τὸ δίσκο γύρω σὲ ὀριζόντιο ἢ κατακόρυφο ἄξονα, ὥσπου νά φανεῖ καθαρά πάνω στό ἐπίπεδό του ἡ παράλληλη δέσμη. Μὲ περιστροφή τέλος τοῦ στελέχους τοῦ προβολέα πετυχαίνουμε εὐκρίνεια τῆς δέσμης, ὅποτε βλέπουμε πολὺ καθαρά τὴν κυρία ἐστία (εἰκ. 63).



Εἰκ. 63

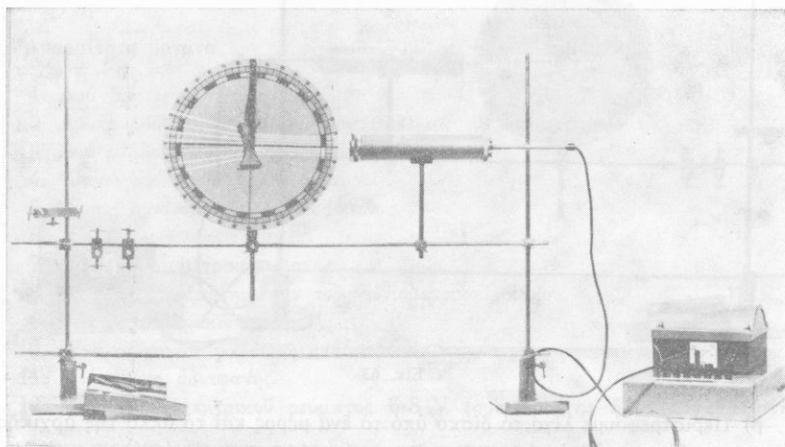
β) Περιστρέφουμε λίγο τὸ δίσκο ἀπὸ τὸ ἓνα μέρος καὶ τὸ ἄλλο τῆς ἀρχικῆς τοῦ θέσεως. Ἡ ἐστία μετακινεῖται καὶ γράφει περιφέρεια (σφαιρική ἐπιφάνεια) μέ κέντρο τὸ ὀπτικό κέντρο τοῦ φακοῦ. Οἱ διαφορετικές θέσεις τῆς ἐστίας ἀποτελοῦν τίς δευτερεύουσες ἐστίες (εἰκ. 64). Ἄν φανταστοῦμε



Εἰκ. 64

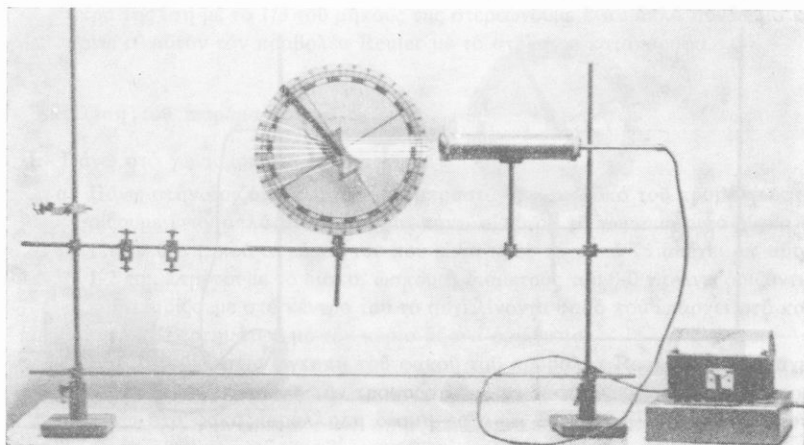
ένα επίπεδο κάθετο πάνω στον κύριο άξονα του φακού στη θέση της κυρίας εστίας, το επίπεδο αυτό είναι το έστιακό επίπεδο.

- γ) Αντικαθιστούμε το συγκλίνοντα φακό με τον αποκλίνοντα. Παρατηρούμε πώς ή παράλληλη δέσμη μεταβάλλεται σε αποκλίνουσα και οι προεκτά-



Εικ. 65

Εικ. 66

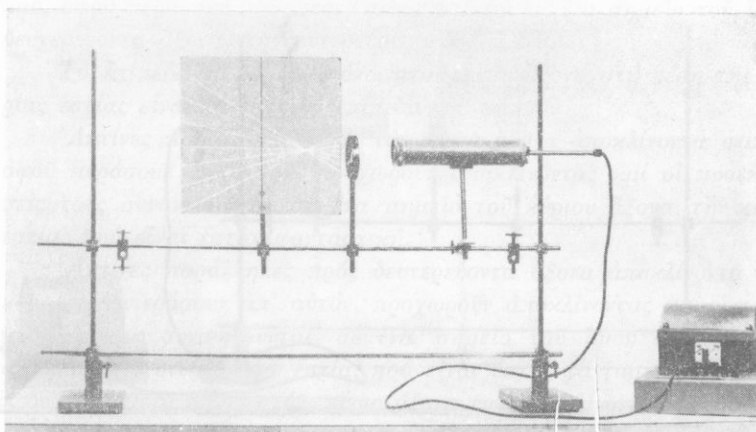


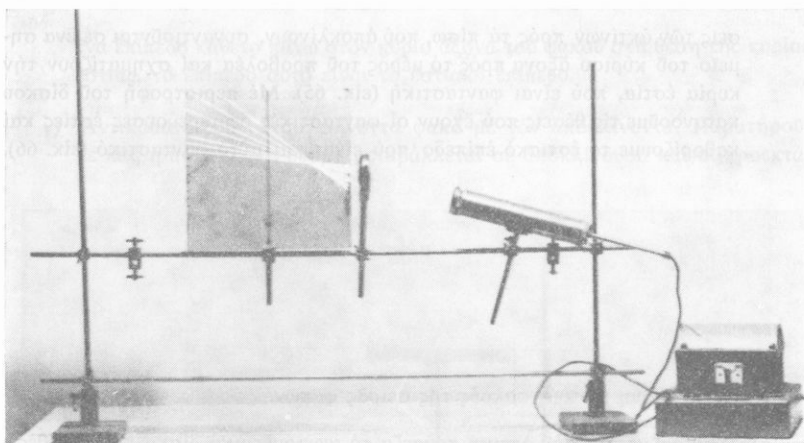
σεις τῶν ἀκτίνων πρὸς τὰ πίσω, πού ἀποκλίνουν, συναντιοῦνται σέ ἓνα σημεῖο τοῦ κύριου ἄξονα πρὸς τὸ μέρος τοῦ προβολέα καὶ σχηματίζουν τὴν κυρία ἐστία, πού εἶναι φανταστική (εἰκ. 65). Μὲ περιστροφή τοῦ δίσκου κατανοοῦμε τίς θέσεις πού ἔχουν οἱ φανταστικές δευτερεύουσες ἐστίες καὶ καθορίζουμε τὸ ἐστιακὸ ἐπίπεδο πού εἶναι καὶ αὐτὸ φανταστικὸ (εἰκ. 66).

II. Πάνω σέ ὀθόνη μέ τούς φακοὺς τῆς σειρᾶς φακῶν.

- α) Ἀφαιροῦμε ἀπὸ τὴν ὀπτική τράπεζα τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο καὶ στή θέση του τοποθετοῦμε τὴν ὀθόνη. Ἀντικαθιστοῦμε τὸν ἀπλὸ σύνδεσμο πού στηρίζει τὸν προβολέα μέ τὸν περιστρεφόμενο. Ἀνάμεσα στίς θέσεις τοῦ προβολέα καὶ τῆς ὀθόνης στερεώνουμε ἓναν ἀπλὸ σύνδεσμο καὶ πάνω σ' αὐτόν τὸ στήριγμα φακῶν μέ τὸν ἀμφίκυρτο φακὸ τῆς σειρᾶς. Ἀφήνουμε τὸ σύνδεσμο χαλαρό, ὅποτε τὸ στήριγμα μέ τὸ φακὸ κρέμεται πρὸς τὰ κάτω. Πετυχαίνουμε νά φανεῖ πάνω στὴν ὀθόνη εὐκρινὴς παράλληλη δέσμη καὶ στή συνέχεια στερεώνουμε τὸ σύνδεσμο μέ τὸ στήριγμα φακῶν σέ τέτοια θέση, πού ὁ φακὸς σχεδὸν νά ἀκουμπᾷ πάνω στὴν ὀθόνη. Παρατηροῦμε πάνω στὴν ὀθόνη τὴν κυρία ἐστία τοῦ φακοῦ (εἰκ. 67).

Εἰκ. 67



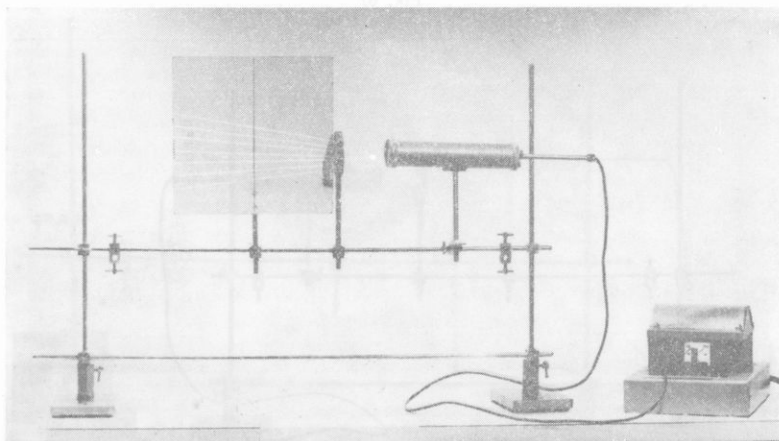


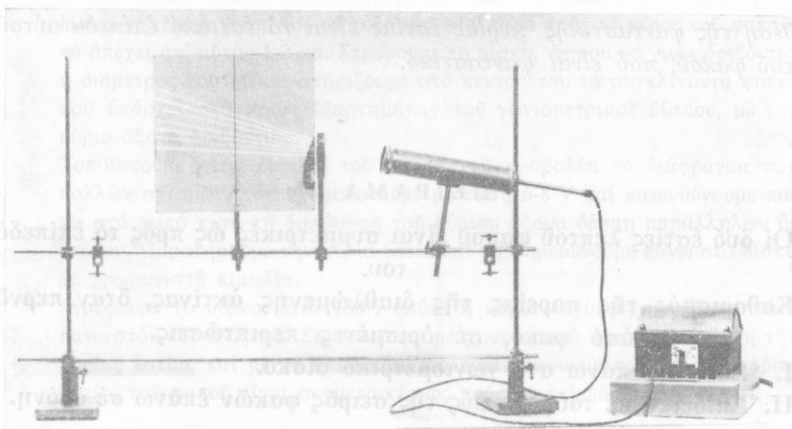
Εικ. 68

β) Περιστρέφουμε λίγο λίγο τον προβολέα γύρω από τον οριζόντιο άξονα του περιστρεφόμενου συνδέσμου. Παρατηρούμε πάνω στην οθόνη τις διάφορες θέσεις που παίρνουν οι δευτερεύουσες εστίες (εικ. 68) και καθορίζουμε το εστιακό επίπεδο.

γ) Άντικαθιστούμε το συγκλίνοντα φακό με τον αποκλίνοντα, π.χ. τον αμφικόιλο. Παρατηρούμε την αποκλίνουσα δέσμη που βγαίνει από το φακό και ορίζουμε τη φανταστική κυρία εστία (εικ. 69). Με περιστροφή του προβο-

Εικ. 69





Εικ. 70

λέα δείχνουμε τις θέσεις που έχουν οι φανταστικές δευτερεύουσες εστίες και τη θέση του φανταστικού εστιακού επιπέδου (εικ. 70).

Συμπεράσματα

Ἀκτίνες παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα συγκλίνοντα φακοῦ, ἀφοῦ περάσουν ἀπ' αὐτόν, συναντιοῦνται σέ ἓνα σημεῖο τοῦ κύριου ἄξονα, τὴν κυρία εστία.

Ἀκτίνες παράλληλες πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα συγκλίνοντα φακοῦ, ἀφοῦ περάσουν ἀπ' αὐτόν, συναντιοῦνται σ' ἓνα σημεῖο τοῦ ἴδιου δευτερεύοντα ἄξονα, τὴ δευτερεύουσα εστία.

Τὸ ἐπίπεδο τὸ κάθετο πάνω στὸν κύριο ἄξονα στὴ θέση τῆς κυρίας εστίας εἶναι τὸ εστιακὸ ἐπίπεδο τοῦ φακοῦ.

Ἀκτίνες παράλληλες πρὸς τὸν κύριο ἄξονα ἀποκλίνοντα φακοῦ, ἀφοῦ περάσουν ἀπ' αὐτόν, προχωροῦν ἀποκλίνοντας καὶ οἱ προεκτάσεις τους συναντιοῦνται σέ ἓνα σημεῖο τοῦ κύριου ἄξονα, τὴν κυρία εστία, πού εἶναι εστία φανταστική.

Ἀκτίνες παράλληλες πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα ἀποκλίνοντα φακοῦ, ἀφοῦ περάσουν ἀπ' αὐτόν, προχωροῦν ἀποκλίνοντας καὶ οἱ προεκτάσεις τους συναντιοῦνται σέ ἓνα σημεῖο τοῦ ἴδιου δευτερεύοντα ἄξονα, τὴ δευτερεύουσα εστία, πού εἶναι εστία φανταστική. Τὸ ἐπίπεδο τὸ κάθετο πάνω στὸν κύριο ἄξονα τοῦ ἀποκλίνοντα φακοῦ στὴ

θέση της φανταστικής κυρίας εστίας είναι τό εστιακό επίπεδο αὐτοῦ τοῦ φακοῦ, πού εἶναι φανταστικό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 24ο

Οἱ δύο ἐστίες λεπτοῦ φακοῦ εἶναι συμμετρικές ὡς πρός τό ἐπίπεδό του.

Καθορισμός τῆς πορείας τῆς διαθλώμενης ἀκτίνας, ὅταν περνᾷ ἀπό φακό, σέ ὀρισμένες περιπτώσεις.

I. Ἐπίδειξη πάνω στό γωνιομετρικό δίσκο.

II. Ἐπίδειξη μέ τούς φακοὺς τῆς σειρᾶς φακῶν ἐπάνω σέ ὀθόνη.

Ἀπαραίτητα ὄργανα

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. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἅπλοι (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Ἐνας γωνιομετρικός δίσκος.
8. Ἐνα κουτί ἐξαερισμῶν τοῦ γωνιομετρικοῦ δίσκου.
9. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής.
10. Ἐνα στήριγμα φακῶν ἢ κατόπτρων.
11. Μιά σειρά φακῶν.
12. Ἐνα ὑποδεκάμετρο.
13. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτῆς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- a) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας καί σέ ἀπόσταση ἴση μέ τό $1/3$ τοῦ μήκους τῆς στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος κατακόρυφο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

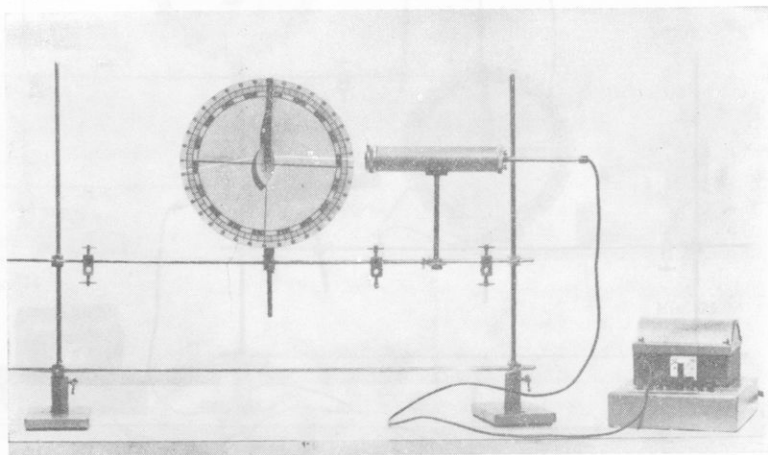
I. Ἐπίδειξη πάνω στό γωνιομετρικό δίσκο.

- a) Πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας καί μπροστά στό φακό

του προβολέα Reuter στηρίζουμε με έναν απλό σύνδεσμο το γωνιομετρικό δίσκο σε τέτοια θέση, που το τόξο του, που είναι προς το μέρος του φακού, νά απέχει απ' αυτόν 1-2 cm. Στρέφουμε το δίσκο, ώσπου νά γίνει οριζόντια η διάμετρός του 0-0 και στηρίζουμε στο κέντρο του το συγκλίνοντα φακό, που υπάρχει στο κουτί εξαρτημάτων του γωνιομετρικού δίσκου, με τόν κύριο άξονα οριζόντιο.

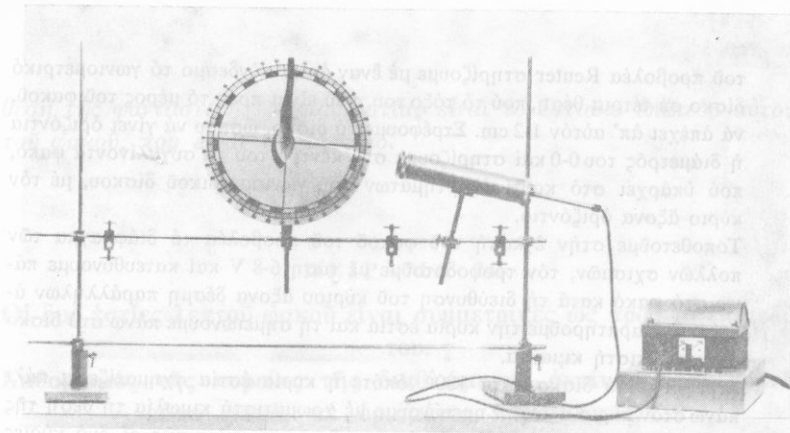
Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα το διάφραγμα των πολλών σχισμών, τόν τροφοδοτούμε με τάση 6-8 V και κατευθύνουμε πάνω στο φακό κατά τη διεύθυνση του κύριου άξονα δέσμη παράλληλων ακτίνων. Παρατηρούμε την κυρία έστια και τή σημειώνουμε πάνω στο δίσκο με χρωματιστή κιμωλία.

Στρέφουμε το δίσκο κατά 180°, όποτε η κυρία έστια σχηματίζεται πάλι πάνω στον κύριο άξονα. Σημειώνουμε με χρωματιστή κιμωλία τή θέση τής κυρίας έστιας και με το ύποδεκάμετρο διαπιστώνουμε πώς οί δυό κύριες έστιες του φακού είναι συμμετρικές ως προς τό επίπεδό του.



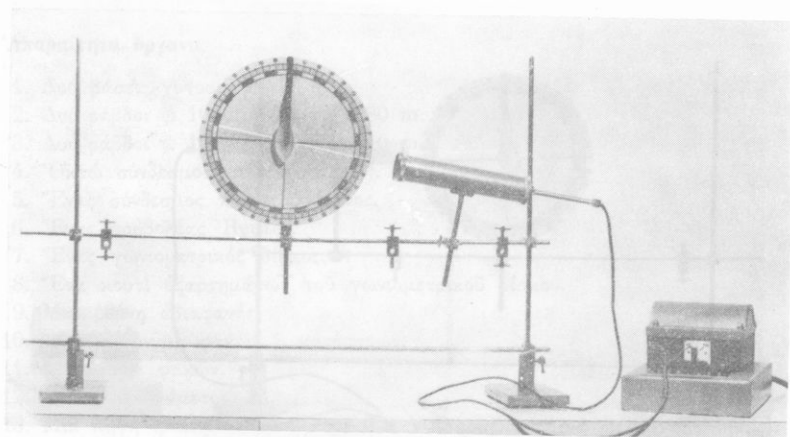
Εικ. 71

- β) Αντικαθιστούμε τό διάφραγμα των πολλών σχισμών με εκείνο τής μιάς σχισμής και κατευθύνουμε πάνω στό φακό μιά λεπτή δέσμη παράλληλη προς τόν κύριο άξονα. Αυτή με τήν έξοδό της από τό φακό περνά από τήν κυρία έστια (εικ. 71).
- γ) Κατευθύνουμε κατόπιν τή λεπτή δέσμη πάνω στό φακό έτσι, που νά περνά από τήν κυρία έστια που βρίσκεται μπροστά απ' αυτόν. Αυτή μετά τήν έξοδό της από τό φακό κατευθύνεται παράλληλα προς τόν κύριο άξονα (εικ. 72).



Είκ. 72

Είκ. 73



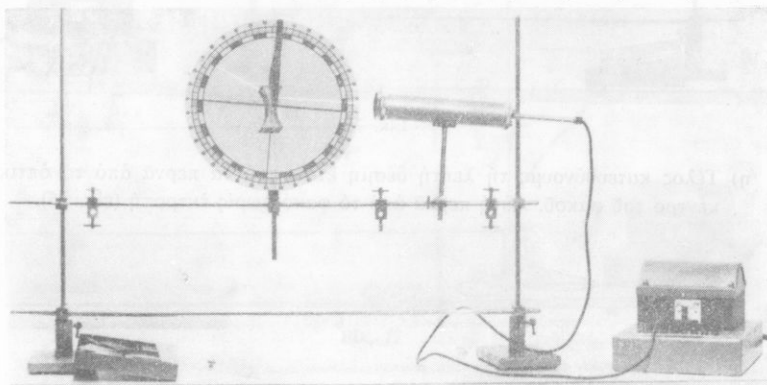
δ) Τέλος κατευθύνουμε τη λεπτή δέσμη έτσι, πού νά περνά από τό όπτικό κέντρο του φακού. Αυτή περνά από τό φακό χωρίς έκτροπή (είκ. 73).

ε) Άντικαθιστούμε πάλι τό διάφραγμα της μιᾶς σχισμῆς μέ τό διάφραγμα τῶν πολλῶν σχισμῶν καί τό συγκλίνοντα φακό στό κέντρο του γωνιομετρικοῦ δίσκου μέ τόν ἀποκλίνοντα. Παρατηροῦμε πάνω στό δίσκο τήν ἀποκλίνουσα δέσμη καί βάζοντας τό ὑποδεκάμετρο κατά τή διεύθυνση μιᾶς ἀπό τίς ἀποκλίνουσες ἀκτίνες καθορίζουμε πάνω στόν κύριο ἄξονα καί μπροστά ἀπό τό φακό τή θέση τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας. Σημειώνουμε αὐτή τή θέση μέ χρωματιστή κιμωλία. Στρέφουμε τό δίσκο κατά 180° καί, ἀφού ἐργαστοῦμε μέ τόν ἴδιο τρόπο, σημειώνουμε καί τή θέση τῆς ἄλλης

κυρίας εστίας. Διαπιστώνουμε πώς εί δυο κυρίες έστίες είναι συμμετρικές ως προς τό όπτικό κέντρο του φακού.

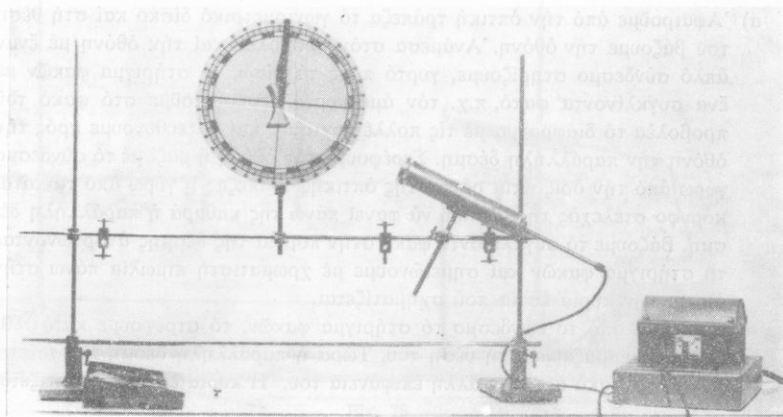
στ) Έπειτα, αφού χρησιμοποιήσουμε πάλι τό διάφραγμα της μις σχισμής, κατευθύνουμε τή λεπτή δέσμη παράλληλα προς τόν κύριο άξονα. Αυτή μετά τό πέρασμά της από τό φακό αποκλίνει από τόν κύριο άξονα τόσο, πού ή προέκτασή της προς τά πίσω περνά από τήν κυρία έστία πού βρίσκεται ται μπροστά από τό φακό (είκ. 74).

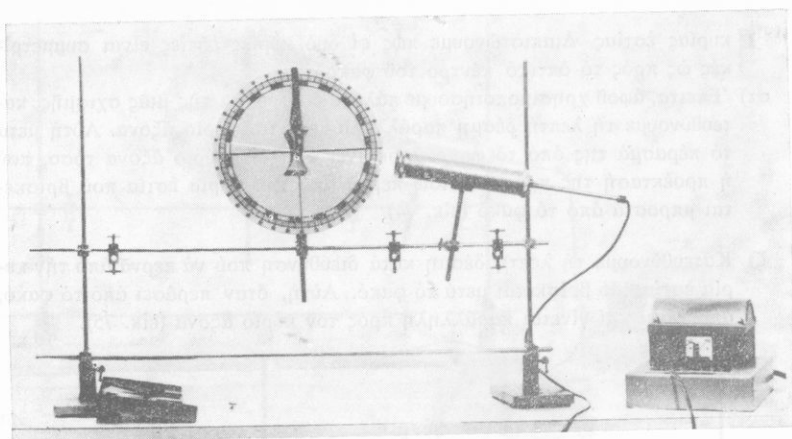
ζ) Κατευθύνουμε τή λεπτή δέσμη κατά διεύθυνση πού νά περνά από τήν κυρία έστία πού βρίσκεται μετά τό φακό. Αυτή, όταν περάσει από τό φακό, αποκλίνει καί γίνεται παράλληλη προς τόν κύριο άξονα (είκ. 75).



Είκ. 74

Είκ. 75





Είκ. 76

η) Τέλος κατευθύνουμε τή λεπτή δέσμη έτσι, πού νά περνᾷ ἀπό τό ὀπτικό κέντρο τοῦ φακοῦ. Αὐτή περνᾷ ἀπό τό φακό χωρίς ἐκτροπή (εἰκ. 76).

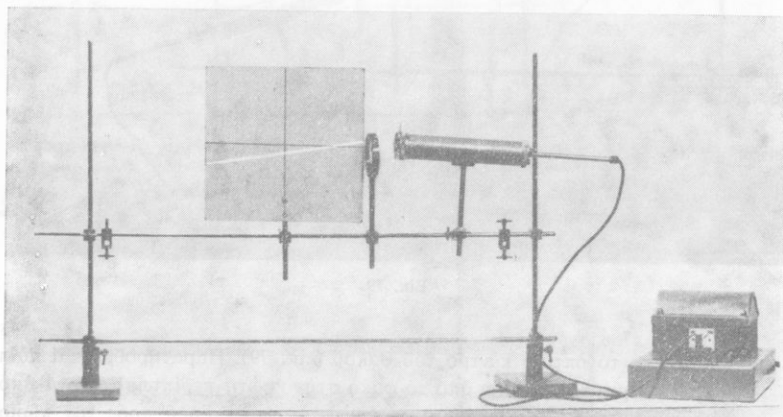
II. Ἐπίδειξη μέ φακοῦς τῆς σειρᾶς φακῶν ἐπάνω στήν ὁθόνη.

α) Ἀφαιροῦμε ἀπό τήν ὀπτική τράπεζα τό γωνιομετρικό δίσκο καί στή θέση του βάζουμε τήν ὁθόνη. Ἀνάμεσα στόν προβολέα καί τήν ὁθόνη μέ ἓναν ἀπλό σύνδεσμο στηρίζουμε, γυρτό πρὸς τά πίσω, τό στήριγμα φακῶν μέ ἓνα συγκλίνοντα φακό, π.χ. τόν ἀμφίκυρτο. Τοποθετοῦμε στό φακό τοῦ προβολέα τό διάφραγμα μέ τίς πολλές σχισμές καί κατευθύνουμε πρὸς τήν ὁθόνη τήν παράλληλη δέσμη. Στρέφουμε τήν ὁθόνη ἢ μαζί μέ τό σύνδεσμο γύρω ἀπό τήν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας ἢ γύρω ἀπό τό κατακόρυφο στέλεχος της, ὥσπου νά φανεῖ πάνω της καθαρά ἡ παράλληλη δέσμη. Βάζουμε τό συγκλίνοντα φακό στήν πορεία τῆς δέσμης ἀνορθώνοντας τό στήριγμα φακῶν καί σημειώνουμε μέ χρωματιστή κιμωλία πάνω στήν ὁθόνη τήν κυρία ἐστία πού σχηματίζεται.

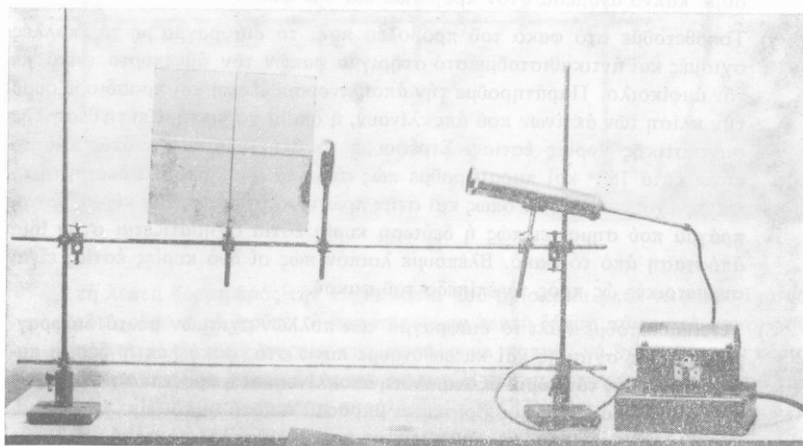
Βγάζουμε ἀπό τό σύνδεσμο τό στήριγμα φακῶν, τό στρέφουμε κατὰ 180° καί τό ξαναβάζουμε στή θέση του. Τώρα ἡ παράλληλη δέσμη προσπίπτει πάνω στό φακό ἀπό τήν ἄλλη ἐπιφανεία του. Ἡ κυρία ἐστία σχηματίζεται

πάλι στην ίδια θέση πάνω στην οθόνη. Έτσι διαπιστώνουμε πώς οι δύο εστίες του φακού είναι συμμετρικές ως προς το οπτικό κέντρο του.

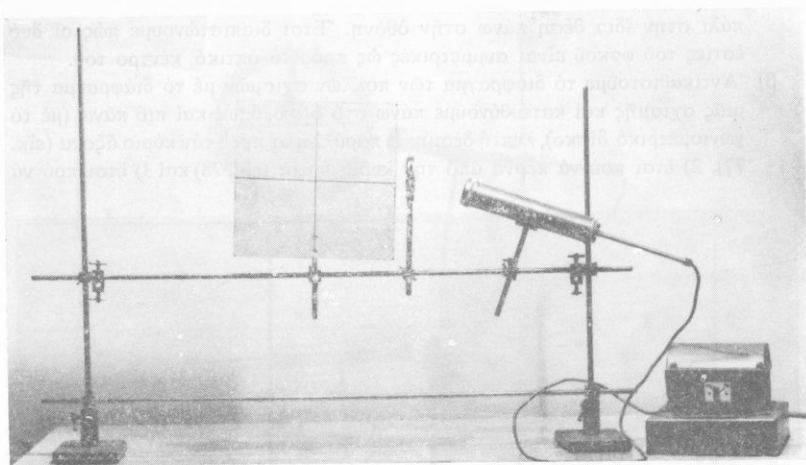
- β) Αντικαθιστούμε το διάφραγμα των πολλών σχισμών με το διάφραγμα της μιᾶς σχισμῆς καὶ κατευθύνουμε πάνω στο φακό, ὅπως καὶ πιο πάνω (με τὸ γωνιομετρικὸ δίσκο), λεπτὴ δέσμη: 1) παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα (εἰκ. 77), 2) ἔτσι πού νά περνᾷ ἀπὸ τὴν κυρία ἐστία (εἰκ. 78) καὶ 3) ἔτσι πού νά



Εἰκ. 77



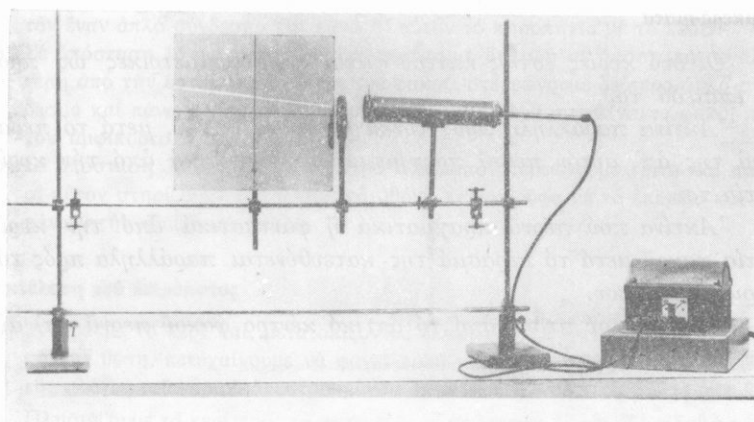
Εἰκ. 78



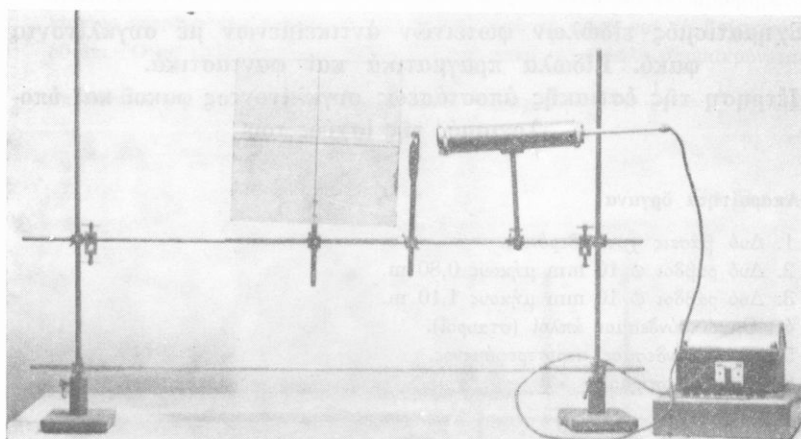
Εικ. 79

περνᾷ ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο τοῦ φακοῦ (εἰκ. 79). Παρατηροῦμε καί πάλι πὼς ἡ δέσμη πού βγαίνει ἀπὸ τὸ φακὸ στὴν πρώτη περίπτωση περνᾷ ἀπὸ τὴν κυρία ἐστία, στὴ δεύτερη κατευθύνεται παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονα καί στὴν τρίτη βγαίνει χωρὶς ἐκτροπῇ. Γιά τὴν καλύτερη παρακολούθηση τῶν φωτεινῶν δεσμῶν, πρὶν προσπέσουν ἐπάνω στοῦ φακοῦ, φυ-σᾶμε καπνὸ ἀνάμεσα στὸν προβολέα καί στοῦ φακοῦ.

- γ) Τοποθετοῦμε στοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα πάλι τὸ διάφραγμα μέ τίς πολλές σχισμὲς καί ἀντικαθιστοῦμε στοῦ στήριγμα φακῶν τὸν ἀμφίκυρτο φακὸ μέ τὸν ἀμφίκυκλο. Παρατηροῦμε τὴν ἀποκλίνουσα δέσμη καί προσδιορίζουμε τὴν κλίση τῶν ἀκτίνων πού ἀποκλίνουν, ἡ ὁποία χαρακτηρίζει τὴ θέση τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας. Στρέφουμε τὸ στήριγμα φακῶν ὅπως καί πῶ πάνω κατὰ 180° καί παρατηροῦμε πὼς στὴ νέα ἀποκλίνουσα δέσμη οἱ ἀκτίνες ἔχουν τὴν ἴδια, ὅπως καί στὴν πρώτη, κλίση πρὸς τὸν κύριο ἄξονα, πράγμα πού σημαίνει πὼς ἡ δεύτερη κυρία ἐστία σχηματίζεται στὴν ἴδια ἀπόσταση ἀπὸ τὸ φακὸ. Βλέπουμε λοιπὸν πὼς οἱ δύο κυρίες ἐστίες εἶναι συμμετρικὲς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδο τοῦ φακοῦ.
- δ) Ἀντικαθιστοῦμε πάλι τὸ διάφραγμα τῶν πολλῶν σχισμῶν μέ τὸ διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς καί κατευθύνουμε πάνω στοῦ φακοῦ λεπτὴ δέσμη παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα. Αὐτὴ ἀποκλίνει καί ἡ προέκτασή της περνᾷ ἀπὸ τὴν κυρία ἐστία πού βρίσκεται μπροστὰ ἀπὸ τὸ φακὸ (εἰκ. 80). Παρατηροῦμε τὴν κλίση τῆς λεπτῆς δέσμης πού βγαίνει ἀπὸ τὸ φακὸ.
- ε) Στρέφουμε τὸν προβολέα γύρω ἀπὸ τὸν ὀριζόντιο ἄξονα καί κατευθύνουμε



Είκ. 80



Είκ. 81

τή λεπτή δέσμη προς την κυρία εστία πού βρίσκεται μετά τό φακό. Για νά πετύχουμε αυτό, πρέπει ή προσπίπτουσα λεπτή δέσμη πάνω στό φακό, πού φαίνεται, άν στην πορεία της φουσήξουμε καπνό, νά έχει προς τόν κύριο άξονα την ίδια κλίση όπως πιο πάνω. Ή δέσμη αυτή μετά τό πέρασμά της από τό φακό κατευθύνεται παράλληλα προς τόν κύριο άξονά του (είκ. 81).

στ) Τέλος κατευθύνουμε τή λεπτή δέσμη πάνω στό φακό έτσι, πού νά περνά από τό οπτικό του κέντρο. Αυτή περνά από τό φακό χωρίς έκτροπή.

Συμπεράσματα

Οι δύο κυρίες ἐστίες λεπτοῦ φακοῦ εἶναι συμμετρικὲς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδό του.

Ἀκτῖνα παράλληλη πρὸς τὸν κύριο ἄξονα φακοῦ, μετὰ τὸ πέρασμά της ἀπ' αὐτόν, περνᾷ πραγματικά ἢ φανταστικά ἀπὸ τήν κυρία ἐστία του.

Ἀκτῖνα πού περνᾷ πραγματικά ἢ φανταστικά ἀπὸ τήν κυρία ἐστία φακοῦ μετὰ τὸ πέρασμά της κατευθύνεται παράλληλα πρὸς τὸν κύριο ἄξονά του.

Ἀκτῖνα πού περνᾷ ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο φακοῦ περνᾷ ἀπ' αὐτόν χωρὶς ἐκτροπή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 25ο

Σχηματισμός εἰδώλων φωτεινῶν ἀντικείμενων μὲ συγκλίνοντα φακό. Εἰδωλα πραγματικά καὶ φανταστικά.

Μέτρηση τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως συγκλίνοντος φακοῦ καὶ ὑπολογισμός τῆς ἰσχύος του

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνα κηροπήγιο.
7. Ἐνα κερί.
8. Μιά θόνη ἀδιαφανής.
9. Μιά θόνη ἡμιδιαφανής.
10. Ἐνας κανόνας ἀριθμημένος τοῦ 1m.
11. Μιά σειρά φακῶν.
12. Ἐνα στήριγμα φακῶν ἢ κατόπτρων.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως.

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Στὸ ἓνα ἄκρο τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε

τόν έναν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό κηροπήγιο μέ τό κερί.

- γ) Σέ απόσταση 15 cm από τόν πρῶτο σύνδεσμο, δηλαδή σέ απόσταση μεγαλύτερη από τήν ἐστιακή ὑπόσταση τοῦ φακοῦ, στερεώνουμε δεύτερο άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό στήριγμα φακῶν μέ ἕνα συγκλίνοντα φακό, π.χ. τόν άμφίκυρτο.
- δ) Σέ απόσταση 30 cm από τό δεύτερο σύνδεσμο στερεώνουμε τρίτο καί πάνω σ' αὐτόν στηρίζουμε τήν άδιαφανή ὀθόνη κατακόρυφα μέ τό ἐπίπεδο κάθετο πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο.

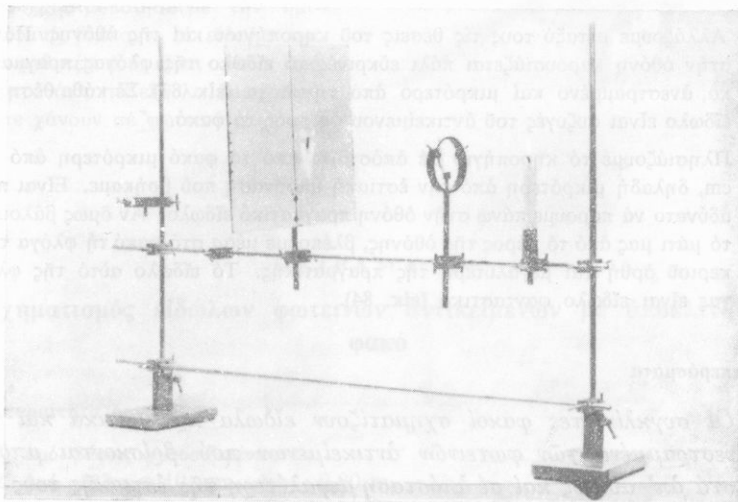
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

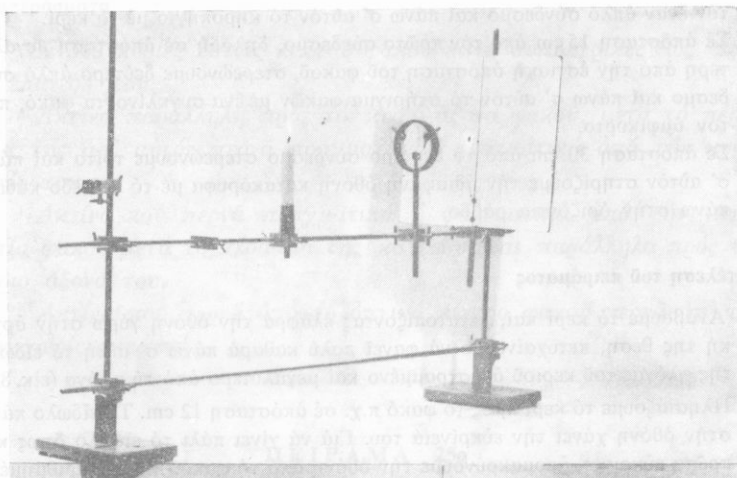
- α) Ἀνάβουμε τό κερί καί, μετατοπίζοντας ελαφρά τήν ὀθόνη γύρω στήν ἀρχική της θέση, πετυχαίνουμε νά φανεῖ πολύ καθαρά πάνω σ' αὐτή τό εἶδωλο τῆς φλόγας τοῦ κериοῦ ἀνέστραμμένο καί μεγαλύτερο από τή φλόγα (εἰκ. 82).
- β) Πλησιάζουμε τό κερί πρὸς τό φακό π.χ. σέ απόσταση 12 cm. Τό εἶδωλο πάνω στήν ὀθόνη χάνει τήν εὐκρίνειά του. Γιά νά γίνει πάλι τό εἶδωλο ὅπως καί πρῶτα εὐκρινές, ἀπομακρύνουμε τήν ὀθόνη από τό φακό. Μέ τόν ἀριθμημένο κανόνα μετράμε τήν απόσταση τῆς ὀθόνης από τό φακό καί τή βρίσκουμε 60 cm. Ὅταν τόν ἀντικείμενο πλησιάζει στό φακό, τό εἶδωλο ἀπομακρύνεται

ἀπ' αὐτόν καί γίνεται μεγαλύτερο. Ἀπό τή σχέση $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{f}$ ἔχουμε

$$\frac{1}{12} + \frac{1}{60} = \frac{1}{f} \text{ καί } f = 10 \text{ cm}$$

Εἰκ. 82





Εικ. 83

καί, ἐπειδὴ ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ εἶναι $P = \frac{1}{f}$, ἔχουμε

$$P = \frac{1}{10 \text{ cm}} \quad \text{ἢ} \quad P = \frac{1}{0,10 \text{ m}} \quad \text{καί τελικά ἔχουμε } P = 10 \text{ m}^{-1}.$$

- γ) Ἀλλάζουμε μεταξύ τους τίς θέσεις τοῦ κηροπήγιου καί τῆς ὀθόνης. Πάνω στήν ὀθόνη παρουσιάζεται πάλι εὐκρινές τό εἶδωλο τῆς φλόγας πραγματικό, ἀνεστραμμένο καί μικρότερο ἀπό τή φλόγα (εἰκ. 83). Σέ κάθε θέση τό εἶδωλο εἶναι συζυγές τοῦ ἀντικείμενου ὡς πρός τό φακό.
- δ) Πλησιάζουμε τό κηροπήγιο σέ ἀπόσταση ἀπό τό φακό μικρότερη ἀπό 10 cm, δηλαδή μικρότερη ἀπό τήν ἐστιακή ἀπόσταση πού βρήκαμε. Εἶναι πιά ἀδύνατο νά πάρουμε πάνω στήν ὀθόνη πραγματικό εἶδωλο. Ἄν ὅμως βάλουμε τό μάτι μας ἀπό τό μέρος τῆς ὀθόνης, βλέπουμε μέσα στό φακό τή φλόγα τοῦ κεριοῦ ὀρθή καί μεγαλύτερη τῆς πραγματικῆς. Τό εἶδωλο αὐτό τῆς φλόγας εἶναι εἶδωλο φανταστικό (εἰκ. 84).

Συμπεράσματα

- α) Οἱ συγκλίνοντες φακοί σχηματίζουν εἶδωλα πραγματικά καί ἀνεστραμμένα τῶν φωτεινῶν ἀντικείμενων πού βρίσκονται μπροστά ἀπ' αὐτούς καί σέ ἀπόσταση μεγαλύτερη τῆς ἐστιακῆς τους ἀ-

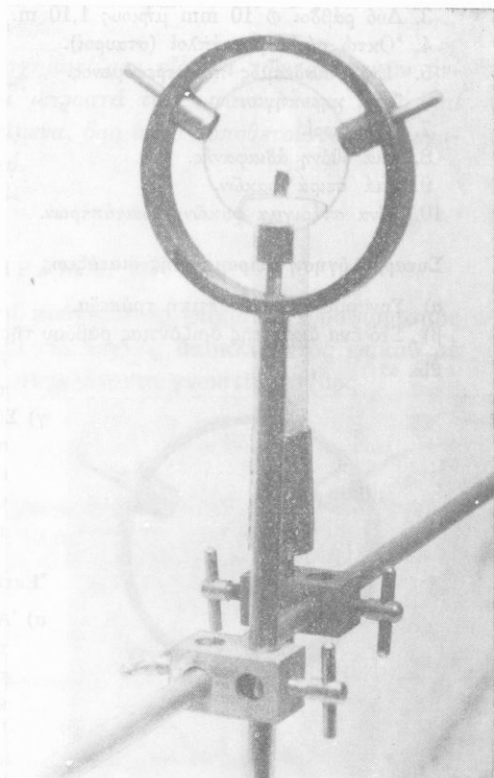
ποστάσεως. Τό μέγεθος τῶν εἰδώλων ἐξαρτᾶται ἀπό τή θέσιν τῶν ἀντικείμενων.

β) Ἄν πειραματικά προσδιορίσουμε τίς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικείμενου καί τοῦ εἰδώλου ἀπό τό φακό, βρίσκουμε τήν ἐστιακήν του ἀπόσταση καί τήν ἰσχύ του.

γ) Οἱ συγκλίνοντες φακοί σχηματίζουν εἴδωλα φανταστικά, ὁρθά καί μεγαλύτερα τῶν ἀντικείμενων, ὅταν τά φωτεινά ἀντικείμενα τοποθετηθοῦν μπροστά σ' αὐτούς σέ ἀπόσταση μικρότερη τῆς ἐστιακῆς τους ἀποστάσεως.

Σημείωση

Ἄν ἀντί τῆς ἀδιαφανοῦς ὀθόνης χρησιμοποιήσουμε τήν ἡμιδιαφανή, βλέπουν τά εἴδωλα καί οἱ μαθητές πού εἶναι πίσω ἀπό τήν ὀθόνη· τά εἴδωλα ὁμως αὐτά τότε χάνουν σέ φωτεινότητα.



Εἰκ. 84

ΠΕΙΡΑΜΑ 26ο

Σχηματισμός εἰδώλων φωτεινῶν ἀντικείμενων μέ ἀποκλίνοντα φακό

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.

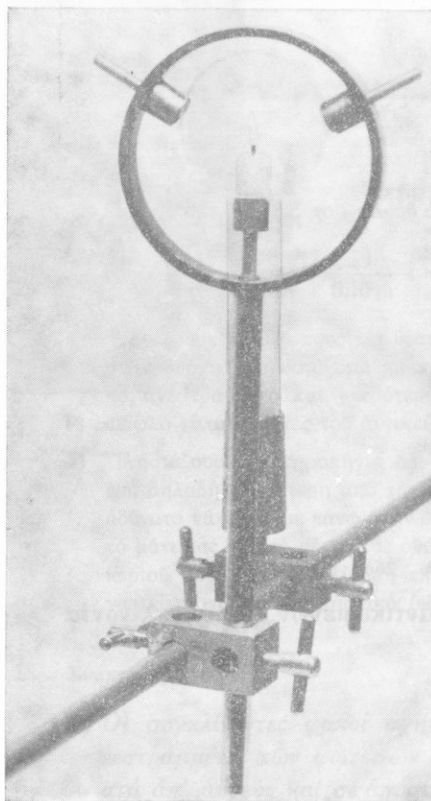
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,40 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ένα κηροπήγιο.
7. Ένα κερί.
8. Μιά δθόνη άδιαφανής.
9. Μιά σειρά φακών.
10. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.

β) Στο ένα άκρο τής οριζόντιας ράβδου τής οπτικής τράπεζας στερεώνουμε τόν έναν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τό κηροπήγιο μέ τό κερί.

Είκ. 85



γ) Σέ απόσταση 15-20 cm από τόν πρώτο στερεώνουμε δεύτερο άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τό στήριγμα φακών μέ έναν αποκλίνοντα φακό, π.χ. τόν άμφίκολο.

Έκτέλεση τού πειράματος

α) Ανάβουμε τό κερί καί κρατώντας μέ τό χέρι μας από τό στέλεχος της τήν δθόνη τή μετακινούμε από τό φακό ως τό άκρο τής οπτικής τράπεζας. Έπαναλαμβάνουμε τό ίδιο γιά διαφορετικές αποστάσεις τού κериού από τό φακό. Σέ καμιά περίπτωση δέ σχηματίζεται πάνω στην δθόνη πραγματικό είδωλο τής φλόγας τού κериού.

β) Βάζουμε τό μάτι μας μπροστά από τό φακό καί παρατηρούμε μέσα άπ' αυτόν τή φλόγα τού κериού. Βλέπουμε τό είδωλο τής φλόγας όρθό καί μικρότερο από τήν πραγματική. Απομακρύνουμε τό κηροπήγιο από τό φακό· τότε τό είδωλο τής φλόγας φαίνεται πάντα όρθό καί μικραίνει, όσο απομακρύνουμε τό κερί από τό φακό. Τό είδωλο αυτό είναι φανταστικό (είκ. 85).

Συμπέρασμα

Οι αποκλίνοντες φακοί σχηματίζουν εἰδωλα τῶν φωτεινῶν ἀντικείμενων πού τοποθετοῦνται μπροστά τους φανταστικά, ἐρῶθὰ καί τόσο πύο μικρὰ ἀπό τὰ ἀντικείμενα, ὅσο αὐτὰ τοποθετοῦνται σέ μεγαλύτερη ἀπόσταση ἀπό τό φακό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 27ο

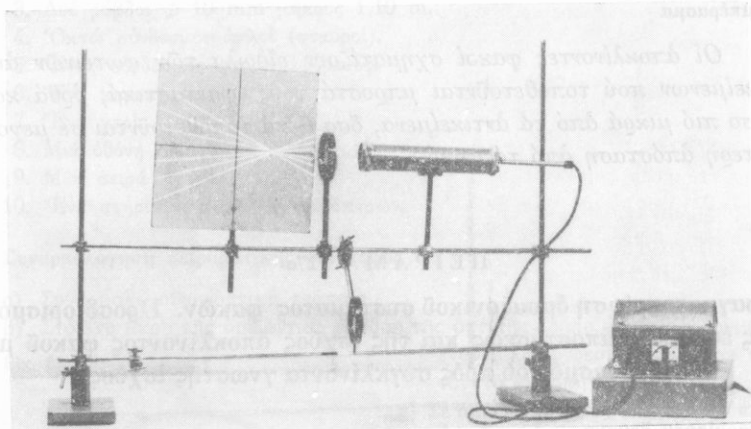
Πραγματοποίηση ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν. Προσδιορισμός τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καί τῆς ἰσχύος ἀποκλίνοντος φακοῦ μέ συνδυασμό του πρὸς συγκλίνοντα γνωστῆς ἰσχύος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

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. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνας προβολέας Reuter.
7. Μιά σειρά φακῶν.
8. Δυό στήριγματα φακῶν ἢ κατόπτρων.
9. Μιά ὀθὼν ἀδιαφανής.
10. Ἐνα κηροπήγιο.
11. Ἐνα κερί.
12. Ἐνας κανόνας ἀριθμημένος τοῦ 1m.
13. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτῆς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας καί σέ ἀπόσταση ἀπὸ τό ἄκρο τῆς ἴση μέ τό $1/3$ τοῦ μήκους τῆς στερεώνουμε τὸν πρῶτο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τὸν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος κατακόρυφο.
- γ) Μπροστά ἀπὸ τό φακό τοῦ προβολέα στερεώνουμε τό δεύτερο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό ἕνα στήριγμα φακῶν, γυρτό πρὸς τὰ πίσω, μέ τό συγκλίνοντα μηνίσκο.
Σέ ἀπόσταση 1-2 cm ἀπὸ τό σύνδεσμο αὐτό στερεώνουμε τὸν τρίτο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό δεύτερο στήριγμα φακῶν μέ τὸν ἀμφίκυρτο φακό κατακόρυφο.

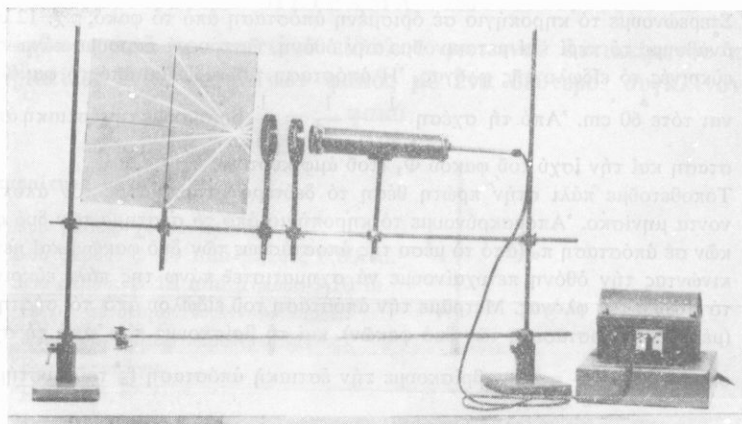


Εικ. 86

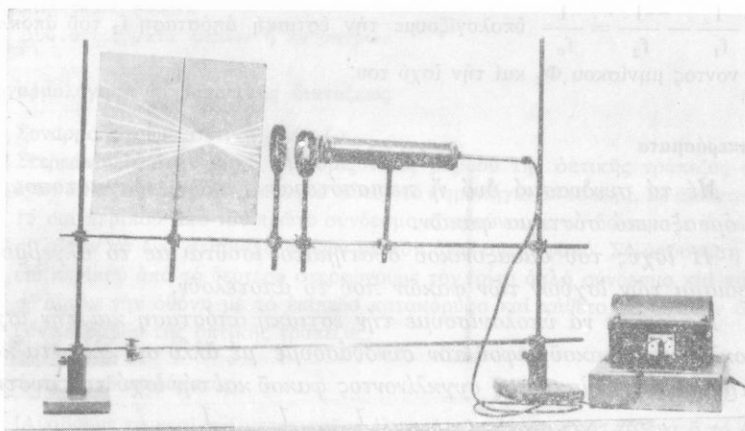
- δ) Πιό πέρα από τον τρίτο σύνδεσμο στερεώνουμε τον τέταρτο και πάνω σ' αυτόν την θόνη με το επίπεδο της κατακόρυφο και παράλληλο προς την οριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας. Μετακινούμε αυτόν το σύνδεσμο έτσι, πού ή πλευρά της θόνης πού είναι προς τό μέρος του φακού νά άκουμπά σχεδόν πάνω σ' αυτόν.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα Reuter τό διάφραγμα μέ τίς πολλές σχισμές, τόν τροφοδοτούμε μέ τάση 6-8 V και γέρνουμε προς τά πίσω τό στήριγμα μέ τόν άμφίκυρτο φακό, γιά νά μήν έμποδίξει τή φωτεινή δέσμη νά φτάνει στην θόνη. Ρυθμίζουμε τή θέση της θόνης και του στελέχους του προβολέα έτσι, πού νά φανεί πάνω στην θόνη εύκρινής δέσμη παράλληλων ακτίνων. Τέλος ξαναφέρνουμε στην κατακόρυφη θέση τό στήριγμα μέ τόν άμφίκυρτο φακό και ρυθμίζουμε τό ύψος του, ώστε ή φωτεινή δέσμη νά περνά μέσα από τό φακό. Πάνω στην θόνη παρατηρούμε τήν κυρία έστία του φακού και σημειώνουμε μέ χρωματιστή κιμωλία τή θέση της (εικ. 86).
- β) Φέρνουμε στην κατακόρυφη θέση και τό άλλο στήριγμα φακών μέ τό συγκλίνοντα μηνίσκο και ρυθμίζουμε τό ύψος του τόσο, πού ή φωτεινή δέσμη νά περνά και άπ' αυτόν τό φακό. Παρατηρούμε πώς ή κυρία έστία μετακινείται προς τό φακό, ή έστιακή άπόσταση έλαττώνεται και ή ισχύς του συστήματος των δυο φακών είναι μεγαλύτερη από τήν ισχύ του ενός φακού (εικ. 87).
- γ) Άντικαθιστούμε τό συγκλίνοντα μηνίσκο μέ τόν άποκλίνοντα μηνίσκο. Ή κυρία έστία τώρα μετακινείται και άπομακρύνεται από τό φακό. Ή έστιακή



Είκ. 87



Είκ. 88

απόσταση αυξάνεται, άρα η ισχύς του όμοαζονικού συστήματος είναι μικρότερη από την ισχύ του ενός φακού (είκ. 88).

Όπως γνωρίζουμε η ισχύς του όμοαζονικού συστήματος ίσουςται με τό αλγεβρικό άθροισμα των ισχύων των φακών που τό αποτελούν.

- δ) Βγάζουμε από την όπτική τράπεζα τόν προβολέα καί στή θέση του βάζουμε τό κηροπήγιο με τό κερί. Στρέφουμε τήν όθόνη, ώσπου τό επίπεδό της νά γίνει κάθετο πάνω στήν όριζόντια ράβδο. Βγάζουμε άκόμα από τήν όπτική τράπεζα τό στήριγμα με τόν άποκλίνοντα μηνίσκο.

Στερεώνουμε τό κηροπήγιο σέ ὀρισμένη ἀπόσταση ἀπό τό φακό, π.χ. 12 cm, ἀνάβουμε τό κερί καί μετακινούμε τήν ὀθόνη, ὥσπου νά πάρουμε πάνω της εὐκρινές τό εἶδωλό της φλόγας. Ἡ ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου ἀπό τό φακό εἶναι τότε 60 cm. Ἀπό τή σχέση $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{f_1}$ βρίσκουμε τήν ἐστιακή ἀπό-

σταση καί τήν ἰσχύ τοῦ φακοῦ Φ_1 (τοῦ ἀμφίκυρτου).

Τοποθετοῦμε πάλι στήν πρώτη θέση τό δεύτερο στήριγμα μέ τόν ἀποκλίνοντα μηνίσκο. Ἀπομακρύνουμε τό κηροπήγιο ἀπό τό σύστημα τῶν δυό φακῶν σέ ἀπόσταση π_σ (ἀπό τό μέσο τῆς ἀποστάσεως τῶν δυό φακῶν) καί μετακινώντας τήν ὀθόνη πετυχαίνουμε νά σχηματιστεῖ πάνω της πάλι εὐκρινές τό εἶδωλό της φλόγας. Μετράμε τήν ἀπόσταση τοῦ εἰδώλου ἀπό τό σύστημα (μέσο τῆς ἀποστάσεως τῶν δυό φακῶν) καί τή βρίσκουμε π'_σ . Ἀπό τή σχέ-

ση $\frac{1}{\pi_\sigma} + \frac{1}{\pi'_\sigma} = \frac{1}{f_\sigma}$ βρίσκουμε τήν ἐστιακή ἀπόσταση f_σ τοῦ συστήμα-

τος τῶν δυό φακῶν καί τήν ἰσχύ του $P_\sigma = \frac{1}{f_\sigma}$. Τέλος ἀπό τή σχέση

$\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_\sigma}$ ὑπολογίζουμε τήν ἐστιακή ἀπόσταση f_2 τοῦ ἀποκλίνοντος μηνίσκου Φ_2 καί τήν ἰσχύ του.

Συμπεράσματα

Μέ τό συνδυασμό δυό ἤ περισσότερων φακῶν πραγματοποιοῦμε ὁμοαξονικό σύστημα φακῶν.

Ἡ ἰσχύς τοῦ ὁμοαξονικοῦ συστήματος ἰσοῦται μέ τό ἀλγεβρικό ἄθροισμα τῶν ἰσχύων τῶν φακῶν πού τό ἀποτελοῦν.

Μποροῦμε νά ὑπολογίσουμε τήν ἐστιακή ἀπόσταση καί τήν ἰσχύ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἀφοῦ τόν συνδυάσουμε μέ ἄλλο συγκλίνοντα καί μετρήσουμε τήν ἰσχύ τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καί τήν ἰσχύ τοῦ συστήματος καί εφαρμόσουμε τή σχέση $\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_\sigma}$.

Σημείωση

Ὁ συγκλίνων φακός πού θά χρησιμοποιηθεῖ στό πιά πάνω πείραμα, πρέπει νά εἶναι μεγαλύτερης ἰσχύος (σέ ἀπόλυτη τιμή) ἀπό τόν ἀποκλίνοντα, γιά νά εἶναι συγκλίνον τό ὁμοαξονικό σύστημα καί νά σχηματίζει πραγματικό εἶδωλό.

Ἀνόρθωση τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικείμενου ποῦ σχηματίζει ἕνα συγκλίνων φακός μέ ἕνα δεύτερο συγκλίνοντα φακό

***Απαραίτητα ὄργανα**

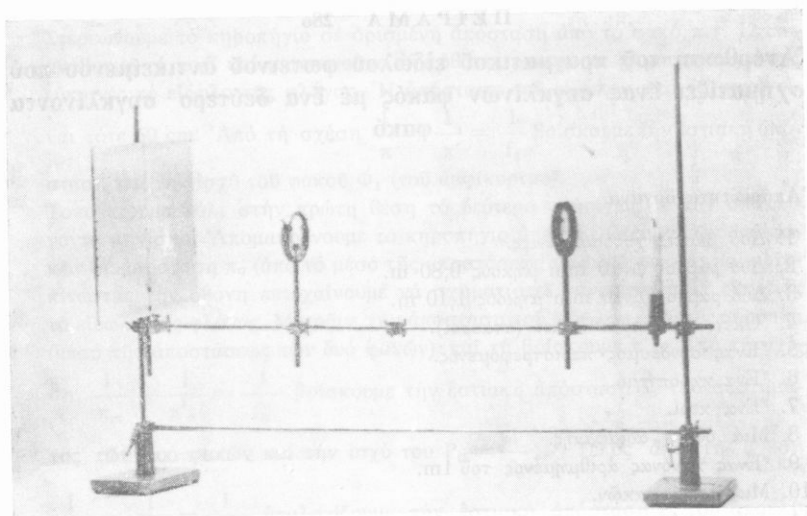
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἕνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἕνα κηροπήγιο.
7. Ἕνα κερί.
8. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής.
9. Ἕνας κανόνας ἀριθμημένος τοῦ 1m.
10. Μιά σειρά φακῶν.
11. Δυό στρίγματα φακῶν ἢ κατόπτρων.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Στερεώνουμε στήν ἀρχή τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας τόν ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό κηροπήγιο μέ τό κερί. Σέ ἀπόσταση 15 cm περίπου ἀπό τόν πρῶτο σύνδεσμο στερεώνουμε τό δεύτερο καί πάνω σ' αὐτόν τό ἕνα στήριγμα φακῶν μέ τόν ἀμφίκυρτο φακό. Σέ ἀπόσταση 30 cm περίπου ἀπό τό δεύτερο στερεώνουμε τόν τρίτο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τήν ὀθόνη μέ τό ἐπίπεδο κατακόρυφο καί κάθετο πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀνάβουμε τό κερί καί μετακινοῦμε ἐλαφρά τήν ὀθόνη πρός τό ἕνα ἢ τό ἄλλο μέρος τῆς ἀρχικῆς τῆς θέσεως, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ πάνω τῆς τό εἶδωλο τῆς φλόγας εὐκρινές καί ἀνεστραμμένο. Αὐτό τό εἶδωλο θέλουμε νά ἀνσφραξοῦμε.
- β) Σέ ἀπόσταση 20cm περίπου ἀπό τόν τρίτο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν τέταρτο καί πάνω σ' αὐτόν τό δεύτερο στήριγμα φακῶν μέ τόν ἐπιτεδόκυρτο φακό. Τέλος σέ ἀπόσταση 20cm περίπου ἀπό τόν τέταρτο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο καί μεταφέρουμε πάνω σ' αὐτόν ἀπό τόν τρίτο σύνδεσμο τήν ὀθόνη. Μετακινοῦμε τό σύνδεσμο μέ τήν ὀθόνη ἐλαφρά ἀπό τό ἕνα ἢ τό ἄλλο μέρος τῆς ἀρχικῆς τῆς θέσεως, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ πάλι



Είκ. 89

νω της τό ειδώλου της φλόγας εύκρινές καί ὀρθό (είκ. 89). *Αν θέλουμε νά μήν ἔχουμε μεγέθυνση τοῦ ἀνεστραμμένου ειδώλου, πρέπει νά τοποθετήσουμε τό δεύτερο φακό (ἀνορθωτικό) σέ ἀπόσταση ἀπό τόν τρίτο σύνδεσμο (πρώτη θέση τῆς ὁδόνης) ἴση μέ τό διπλάσιο τῆς ἔστιακῆς του ἀποστάσεως.

Συμπέρασμα

Μποροῦμε νά ἀνορθώσουμε μέ ἓνα δεύτερο συγκλίνοντα φακό τό ἀνεστραμμένο πραγματικό εἶδωλο φωτεινοῦ ἀντικείμενου, πού σχηματίζεται ἀπό συγκλίνοντα φακό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 29ο

Πραγματοποίηση πραγματικοῦ ειδώλου (φανταστικοῦ ἀντικείμενου) μέ ἀποκλίνοντα φακό. Μέτρηση τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένεες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.

4. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνα κηροπήγιο.
7. Ἐνα κερί.
8. Μιά δθόνη ἀδιαφανής.
9. Ἐνας κανόνας ἀριθμημένος τοῦ 1m.
10. Μιά σειρά φακῶν.
11. Δυό στηρίγματα φακῶν ἢ κατόπτρων.

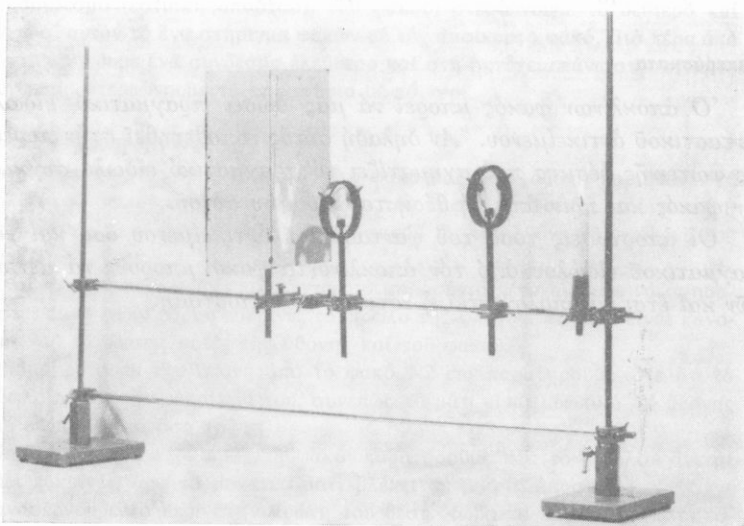
Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Στήν ἀρχή τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε τόν ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό κηροπήγιο μέ τό κερί. Σέ ἀπόσταση $\pi = 15$ cm περίπου ἀπό τόν πρῶτο στερεώνουμε τό δεύτερο ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό ἕνα στήριγμα φακῶν μέ τόν ἀμφίκυρτο φακό. Ἀφήνουμε ἕνα σύνδεσμο κενό καί σέ ἀπόσταση 30 cm περίπου ἀπό τό δεύτερο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν τέταρτο καί πάνω σ' αὐτόν τήν δθόνήν μέ τό ἐπίπεδο κατακόρυφο καί κάθετο πάνω στήν ὀριζόντια ράβδο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ἀνάβουμε τό κερί καί μετακινοῦμε τήν δθόνήν πρός τό ἕνα ἢ τό ἄλλο μέρος τῆς ἀρχικῆς τῆς θέσεως, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ πάνω τῆς τό εἶδωλο τῆς

Εἰκ. 90



φλόγας εύκρινές καί άνεστραμμένο. Μετρώμε τήν απόσταση τοῦ εἰδώλου (τῆς δθόνης) ἀπό τό φακό καί τή βρίσκουμε π'.

- β) Σέ απόσταση $\pi_1 = 5$ cm ἀπό τήν δθόνη καί μπροστά ἀπ' αὐτή στερεώνουμε τόν τρίτο σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό δεύτερο στήριγμα φακῶν μέ τόν ἀμφίκουλο φακό. Τό εἶδωλο πάνω στήν δθόνη χάνει τήν εύκρινειά του. Αὐτό τό εἶδωλο εἶναι τό φανταστικό ἀντικείμενο γιά τόν ἀποκλίνοντα φακό καί ἀπέχει ἀπ' αὐτόν ἀπόσταση $\pi_1 = 5$ cm. Πιό πέρα ἀπό τόν τέταρτο σύνδεσμο στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο καί μεταφέρουμε πάνω σ' αὐτόν τήν δθόνη, ἀφήνοντας τόν τέταρτο σύνδεσμο στή θέση του, γιά νά σημειώσει τή θέση τοῦ φανταστικοῦ ἀντικείμενου.

Μετακινοῦμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο μέ τήν δθόνη, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ πάνω της τό εἶδωλο τῆς φλόγας εύκρινές καί άνεστραμμένο (εἰκ. 90). Μετρώμε τήν ἀπόσταση αὐτοῦ τοῦ εἰδώλου ἀπό τόν ἀποκλίνοντα φακό καί τή βρίσκουμε $\pi'_1 = 10$ cm. Τό εἶδωλο πού παρουσιάζεται πάνω στήν δθόνη εἶναι εἶδωλο πραγματικό, πού σχηματίστηκε ἀπό τόν ἀποκλίνοντα φακό. Εἶναι εἶδωλο πραγματικό, τοῦ φανταστικοῦ ἀντικείμενου, πού βρίσκεται στή θέση τοῦ κενοῦ συνδέσμου.

- γ) Ἀπό τή σχέση $-\frac{1}{\pi_1} + \frac{1}{\pi'_1} = -\frac{1}{f}$ βρίσκουμε τήν ἔστιακή ἀπόσταση τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ. Ἀν ἀντικαταστήσουμε μέ τίς τιμές πού βρήκαμε πιο πάνω τά π_1 καί π'_1 , ἔχουμε

$$-\frac{1}{5} + \frac{1}{10} = -\frac{1}{f} \quad \eta \quad -\frac{2}{10} + \frac{1}{10} = -\frac{1}{f} \quad \text{καί } f = 10 \text{ cm.}$$

Συμπεράσματα

Ὁ ἀποκλίνων φακός μπορεῖ νά μᾶς δώσει πραγματικό εἶδωλο φανταστικοῦ ἀντικείμενου. Ἀν δηλαδή αὐτός τοποθετηθεῖ στήν πορεία τῆς φωτεινῆς δέσμης πού σχηματίζει τό πραγματικό εἶδωλο συγκλίνων φακός καί πρίν ἀπό τή θέση τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ.

Οἱ ἀποστάσεις τόσο τοῦ φανταστικοῦ ἀντικείμενου ὅσο καί τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου ἀπό τόν ἀποκλίνοντα φακό μποροῦν νά μετρηθοῦν καί ἔτσι νά ὑπολογιστεῖ ἡ ἔστιακή του ἀπόσταση.

Ἐπίδειξη τῆς αἰτίας τῶν ἀνωμαλιῶν τῆς ὁράσεως, μυωπίας καὶ ὑπερμετροπίας καὶ διόρθωσή τους

Ἀπαραίτητα ὄργανα

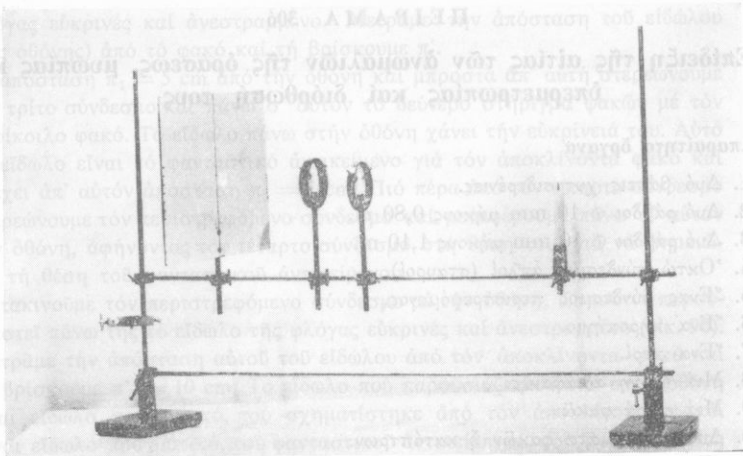
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Ἐνα κηροπήγιο.
7. Ἐνα κερί.
8. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής.
9. Μιά σειρά φακῶν.
10. Δυό στηρίγματα φακῶν ἢ κατόπτρων.
11. Ἐνας κανόνας ἀριθμημένος τοῦ 1m.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
- β) Στό ἕνα ἄκρο τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε τὸν ἕνα σύνδεσμο καὶ πάνω σ' αὐτόν τὴν ὀθόνη μὲ τὸ ἐπίπεδο κατακόρυφο καὶ κάθετο πᾶνω στὴν ὀριζόντια ράβδο. Σὲ ἀπόσταση 10-12cm ἀπὸ τὸν πρῶτο σύνδεσμο (ἐστιακὴ ἀπόσταση τοῦ φακοῦ) στερεώνουμε τὸ δεύτερο καὶ πάνω σ' αὐτόν τὸ ἕνα στηρίγμα φακῶν μὲ τὸν ἀμφίκυρτο φακό. Πιο πέρα ἀπὸ αὐτόν ἀφήνουμε ἕνα σύνδεσμο ἐλεύθερο καὶ στὴ συνέχεια πάνω στὸν τέταρτο σύνδεσμο στερεώνουμε τὸ κηροπήγιο μὲ τὸ κερί.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Δείχνουμε πῶς ὁ χῶρος ἀνάμεσα στὸ φακό καὶ στὴν ὀθόνη παριστάνει τὸ βολβό τοῦ ματιοῦ, ἡ ὀθόνη παριστάνει τὸν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα καὶ ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ὀπτικό κέντρο τοῦ φακοῦ ὡς τὴν ὀθόνη τὸν ἄξονα τοῦ ματιοῦ.
- β) Ἀνάβουμε τὸ κερί καὶ μετακινώντας τὸ κηροπήγιο πετυχαίνουμε νά σχηματιστεῖ πάνω στὴν ὀθόνη εὐκρινές τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας. Τὸ μάτι εἶναι κανονικὸ γιὰ τίς θέσεις αὐτές τῆς ὀθόνης καὶ τοῦ φακοῦ.
Ἀπομακρύνουμε τὴν ὀθόνη ἀπὸ τὸ φακό 1-2 cm· παρατηροῦμε τότε ὅτι τὸ εἶδωλο χάνει τὴν εὐκρίνειά του, συνεπῶς τὸ μάτι εἶναι μυωπικὸ (ὁ ἄξονας πρὸς μέγιστος ἀπὸ ὅσο πρέπει).
- γ) Πλησιάζουμε τὸ κερί πρὸς τὸ φακό· παρατηροῦμε πῶς τὸ εἶδωλο γίνεται πάλι εὐκρινές, ἄρα τὸ μυωπικὸ μάτι βλέπει σὲ μικρές ἀποστάσεις.
- δ) Ξαναφέρνουμε τὸ κερί στὴν πρώτη του θέση· τώρα τὸ εἶδωλο δέν εἶναι εὐ-



Εικ. 91

κρινές. Τό μάτι δέ βλέπει καθαρά. Στόν ελεύθερο σύνδεσμο στηρίζουμε τό δεύτερο στήριγμα μέ αποκλίνοντα φακό (τόν άμφίκυλλο). Μετακινούμε αυτόν τό φακό, ώσπου νά σχηματιστεί πάνω στήν όθόνη τό είδωλο τής φλόγας ευκρινές. Τότε τό μυωπικό μάτι βλέπει. Ή μυωπία διορθώθηκε μέ τή χρήση αποκλίνοντος φακού (εικ. 91).

ε) Βγάζουμε τό στήριγμα μέ τόν αποκλίνοντα φακό, φέρνουμε τό συγκλίνοντα φακό στήν άρχική του θέση 10-12 cm καί μετακινώντας τό κηροπήγιο πετυχαίνουμε ευκρινές είδωλο τής φλόγας επάνω στήν όθόνη. Τό μάτι είναι κανονικό. Πλησιάζουμε τήν όθόνη πρός τό φακό 1-2 cm, δηλ. μικραίνουμε τόν άξονα του ματιού, όποτε τό είδωλο χάνει τήν ευκρίνειά του καί τό μάτι δέ βλέπει καθαρά. Ήχει υπερμετρωπία.

στ) Μετακινούμε τό κηροπήγιο σέ όλο τό μήκος τής ράβδου· τό είδωλο δέ γίνεται ευκρινές. Τό υπερμετρωπικό μάτι δέ βλέπει χωρίς διόρθωση ούτε κοντά ούτε μακριά.

ζ) Στόν κενό σύνδεσμο τοποθετούμε τό δεύτερο στήριγμα φακών μέ ένα συγκλίνοντα φακό (τόν επιπεδόκυρτο). Μετακινούμε αυτόν τό φακό, ώσπου νά πά- ρουμε πάνω στήν όθόνη ευκρινές είδωλο τής φλόγας. Τώρα τό μάτι βλέπει. Ή υπερμετρωπία διορθώθηκε μέ τή χρήση συγκλίνοντος φακού.

Συμπεράσματα

Στό μυωπικό μάτι ό άξονας είναι μεγαλύτερος του κανονικού. Ή μυωπία διορθώνεται μέ τή χρήση αποκλινόντων φακών.

Στό υπερμετρωπικό μάτι ό άξονας είναι μικρότερος του κανο-

νικοῦ. Ἡ ὑπερμετροπία διορθώνεται μέ τή χρήση συγκλινόντων φακῶν.

Σημείωση

Μέ τή χρήση συγκλινόντων φακῶν διορθώνεται καί ἡ πρεσβυωπία, ἡ ὁποία ὁφείλεται ὅμως σέ ἄλλη αἰτία.

ΠΕΙΡΑΜΑ 31ο

Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τοῦ κινηματογράφου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα κομμάτι ἄσπρο χαρτόνι 5×15 cm περίπου.
2. Δυό κομμάτια νήματος κουβαρίστρας 20 cm περίπου.
3. Μιά βελόνα ραψίματος.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Διαλέγουμε μιά λέξη π.χ. «ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ» καί μετράμε τά γράμματα πού τήν ἀποτελοῦν.
- β) Μέ ἓνα μολύβι τραβᾶμε γύρω στό μέσο τοῦ πλάτους τοῦ χαρτονιοῦ καί στίς δυό του ἐπιφάνειες κατά μήκος δυό παράλληλες εὐθεῖες, πού ἡ ἀπόστασή τους θά προσδιορίσει τό μέγεθος τῶν γραμμάτων. Στή συνέχεια τραβᾶμε ἄλλες εὐθεῖες κάθετες ἐπάνω στίς πρῶτες, πού χωρίζουν τό ἐπίπεδο τοῦ χαρτονιοῦ, ἀνάμεσα στίς δυό πρῶτες παράλληλες εὐθεῖες, σέ τετραγωνάκια τό-

Εἰκ. 92. Πάνω : α' ὅψη.

Κάτω : β' ὅψη.



- σα, όσα είναι τά γράμματα τής λέξεως, εργαζόμενοι πάντα καί στίς δυό επιφάνειες του χαρτονιού.
- γ) Στή μιá επιφάνεια γράφουμε μέσα στό 1ο, 3ο 5ο κτλ. τετραγωνάκι τό 1ο, 3ο, 5ο κτλ. γράμμα τής λέξεως, ενώ στήν άλλη επιφάνεια γράφουμε μέσα στό 2ο, 4ο, 6ο κτλ. τετραγωνάκι τό 2ο, 4ο, 6ο κτλ. γράμμα τής λέξεως. Άφού γράψουμε τά γράμματα, σβήνουμε όλες τίς γραμμές πού γράψαμε μέ τό μολύβι.
- δ) Δένουμε μέ τά νήματα κατάλληλα, όπως φαίνεται στήν εικόνα, τό χαρτόνι (είκ. 92).

Έκτέλεση του πειράματος

Κρατάμε τό χαρτόνι από τά νήματα έτσι, πού νά είναι τεντωμένα, καί τά περιστρέφουμε άνάμεσα στά δάκτυλά μας. Τό χαρτόνι περιστρέφεται γύρω από άξονα παράλληλο πρós τό μήκος του καί διαβάζουμε καθαρά τή λέξη «ΚΙΝΗΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ».

Συμπέρασμα

Η λειτουργία του κινηματογράφου στηρίζεται στό φαινόμενο εκείνο, κατά τό όποιο ή έντύπωση μιás εικόνας παραμένει στή συνείδηση γιά λίγο χρόνο (1/10 sec) μετά τήν απομάκρυνσή της από τά μάτια μας (μεταίσθημα ή μετείκασμα).

ΠΕΙΡΑΜΑ 32ο

Πραγματοποίηση περισκόπιου μέ επίπεδα κάτοπτρα καί μέ πρίσματα όλικης ανακλάσεως

Άπαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Τρείς σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Δυό επίπεδα κάτοπτρα.
6. Ένας προβολέας Reuter.
7. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

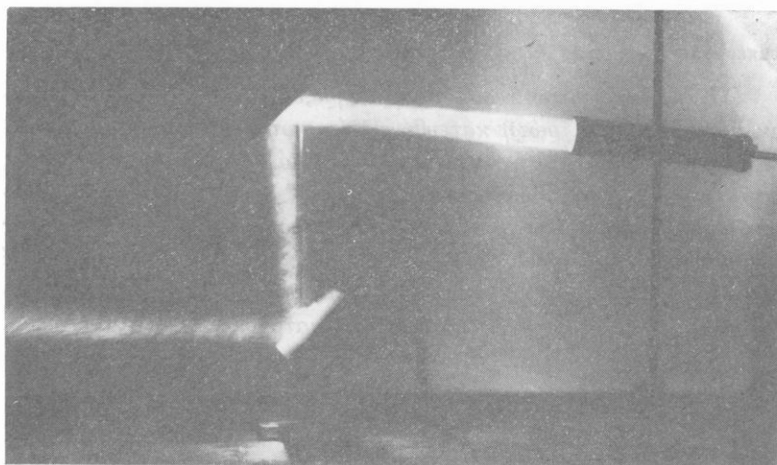
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη μιά χυτοσιδερένια βάση τη μιά ράβδο των 0,80 m και πάνω σ' αυτή σέ ύψη 20 cm και 60 cm περίπου στερεώνουμε με τούς δυό άπλους συνδέσμους τίσ δυό λαβίδες όριζόντιες. Μέ τίσ λαβίδες συγκρατούμε τά δυό κάτοπτρα μέ τά επίπεδά τους νά σχηματίζουν γωνία 45° πρός τό όριζόντιο επίπεδο καί τίσ κατοπτρικές τους επιφάνειες τη μιά άπέναντι στην άλλη παράλληλες ή κάθετες μεταξύ τους.
- β) Στην άλλη βάση στερεώνουμε τη δεύτερη ράβδο των 0,80 m καί πάνω σ' αυτή σέ ύψος γύρω στά 60 cm τόν άπλό σύνδεσμο. Πάνω στό σύνδεσμο στηρίζουμε τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχός του όριζόντιο.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τόν προβολέα Reuter μέ τάση 6-8 V καί κατευθύνουμε όριζόντια φωτεινή δέσμη πάνω στό ψηλότερο κάτοπτρο. Ή δέσμη αυτή μετά την ανάκλασή της κατευθύνεται κατακόρυφα πρός τά κάτω, ανακλάται γιά δεύτερη φορά πάνω στό δεύτερο κάτοπτρο καί τελικά παίρνει όριζόντια διεύθυνση. Άν βάλουμε τό μάτι μας μπροστά στό δεύτερο (τό χαμηλότερο) κάτοπτρο, θά δεχτούμε τη φωτεινή δέσμη καί θά δούμε τό φακό του προβολέα (είκ. 93).
- β) Βγάζουμε άπό τόν όρθοστάτη τίσ λαβίδες μέ τά κάτοπτρα. Στερεώνουμε στόν επάνω σύνδεσμο άπό τό στέλεχός του τό ένα πρίσμα μέ τη μιά κάθετη έδρα κατακόρυφη καί πρός τόν προβολέα καί τήν άλλη όριζόντια πρός τά κάτω. Στόν κάτω σύνδεσμο στερεώνουμε τό άλλο πρίσμα έτσι, πού ή μιά κάθετη έ-

Είκ. 93





Είκ. 94

δρα νά είναι οριζόντια καί πρὸς τὰ πάνω. Ἄν φωτίσουμε μέ τόν προβολέα τήν κατακόρυφη ἔδρα τοῦ πάνω πρίσματος καί βάλουμε τό μάτι μας μπροστά στήν κατακόρυφη ἔδρα τοῦ κάτω πρίσματος, θά δεχθοῦμε τή φωτεινὴ δέσμη καί θά δοῦμε πάλι τό ἀντικείμενο πού μᾶς στέλνει τό φῶς (τό φακό τοῦ προβολέα) (εἰκ. 94).

Συμπέρασμα

Ἡ λειτουργία τοῦ περισκόπιου στηρίζεται στό φαινόμενο δυό ἀνακλάσεων, πού ἡ πρώτη κατευθύνει τίς φωτεινές δέσμες κατακόρυφα πρὸς τὰ κάτω καί ἡ δεύτερη τίς μεταβάλλει πάλι σέ οριζόντιες. Ἔτσι μπορούμε νά παρατηροῦμε μέσα ἀπό ἓνα ὑποβρύχιο πού βρίσκεται σέ κατάδυση ἀντικείμενα πού βρίσκονται στήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. Οἱ ἀνακλάσεις μπορεῖ νά εἶναι καί ὀλικές ἀνακλάσεις μέ πρίσματα. Ἔτσι γιά τήν κατασκευή τοῦ περισκόπιου μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε κάτοπτρα ἐπίπεδα ἢ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

Πραγματοποίηση άπλου και σύνθετου μικροσκόπιου

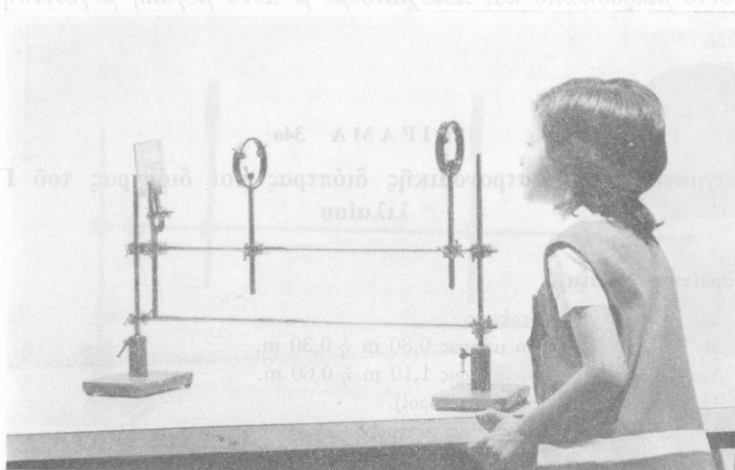
Απαραίτητα όργανα

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. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Δυό στηρίγματα φακών.
7. Μιά σειρά φακών.
8. Ένα χαρτόνι 10×10 cm.
9. Ένας ρόλος σελοτέπι.
10. Ένα κομμάτι τυπωμένο χαρτί για παρατήρηση.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Κόβουμε ένα κομμάτι από τό τυπωμένο χαρτί και τό κολλάμε μέ σελοτέπι επάνω στό χαρτόνι. Στερεώνουμε τή λαβίδα κατακόρυφα μέ έναν άπλό σύνδεσμο στό ένα άκρο τής όριζόντιας ράβδου τής οπτικής τράπεζας και συγκρατούμε μ' αυτή τό χαρτόνι μέ τό επίπεδο κάθετο πάνω στη ράβδο.
- γ) Τοποθετούμε στά δυό στηρίγματα φακών τούς δυό φακούς, τόν άμφίκυρτο και τόν έπιπεδόκυρτο.

Εικ. 95



Έκτέλεση του πειράματος

I. Άπλο μικροσκόπιο.

Στερεώνουμε το δεύτερο σύνδεσμο σε απόσταση 12 cm περίπου από το πρώτο και στηρίζουμε πάνω του το στήριγμα με τον αμφίκυρτο φακό. Παρατηρούμε το τυπωμένο χαρτί μέσα από το φακό, ενώ τον πλησιάζουμε σιγά σιγά προς αυτό. Όταν η απόσταση του φακού από το χαρτί γίνει μικρότερη από 10 cm (εστιακή απόσταση του φακού), βλέπουμε τα γράμματα μεγαλύτερα.

II. Σύνθετο μικροσκόπιο.

Απομακρύνουμε το στήριγμα με τον αμφίκυρτο φακό από το χαρτόνι και το στερεώνουμε σε απόσταση 17 cm απ' αυτό. Στερεώνουμε τρίτο σύνδεσμο σε απόσταση 35 cm περίπου από το δεύτερο και πάνω σ' αυτόν το δεύτερο στήριγμα φακών με τον επιπεδόκυρτο φακό. Ο φακός που βρίσκεται προς το μέρος του χαρτονιού του αντικείμενου που θα παρατηρήσουμε είναι ο αντικειμενικός φακός. Ο άλλος φακός (επιπεδόκυρτος), με τον οποίο γίνεται η παρατήρηση, είναι ο προσοφθάλμιος. Παρατηρούμε με τον προσοφθάλμιο φακό και βλέπουμε τα γράμματα πάνω στο τυπωμένο χαρτί πολύ μεγαλύτερα. Γιά να πετύχουμε ευκρίνεια, μετακινούμε τον προσοφθάλμιο ελαφρά μπρός ή πίσω από την αρχική του θέση (εικ. 95).

Συμπεράσματα

Ο συγκλινών φακός χρησιμοποιείται σάν άπλό μικροσκόπιο.

Μέ τό συνδυασμό δυό συγκλινόντων φακών κατασκευάζουμε τό σύνθετο μικροσκόπιο καί πετυχαίνουμε μ' αυτό μεγάλη μεγέθυνση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 34ο

Πραγματοποίηση άστρονομικής δίοπτρας καί δίοπτρας του Γαλιλαίου

Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m ή 0,30 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m ή 0,60 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Δυό στήριγματα φακών ή κατόπτρων.
6. Μιά σειρά φακών.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα. Είναι προτιμότερο για τό πείραμα αυτό νά τοποθετούμε στην οπτική τράπεζα ως κατακόρυφες τίς ράβδους τών 0,30 m καί ως οριζόντιες τών 0,60 m. Έτσι ή οπτική τράπεζα έχει μικρές διαστάσεις καί εύκολα μετατοπίζεται πάνω στό τραπέζι μας καί προσανατολίζεται πρός διαφορετικές κατευθύνσεις.
- β) Τοποθετούμε στά στηρίγματα τών φακῶν τούς δύο συγκλίνοντες φακούς, τόν ἀμφίκυρτο καί τόν ἐπιπεδόκυρτο, καί τά στηρίζουμε κατακόρυφα σέ δύο συνδέσμους ἐπάνω στην οριζόντια ράβδο τῆς οπτικῆς τράπεζας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

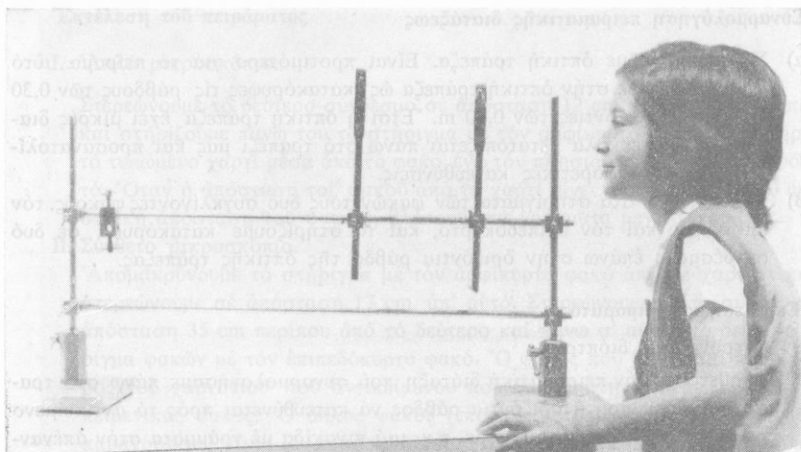
I. Ἀστρονομική διόπτρα.

Τοποθετούμε τήν πειραματική διάταξη πού συναρμολογήσαμε πάνω στό τραπέζι μας ἔτσι, πού ή οριζόντια ράβδος νά κατευθύνεται πρός τό ἀντικείμενο πού θέλουμε νά παρατηρήσουμε, π.χ. μιὰ πινακίδα μέ γράμματα στόν ἀπέναντι τοῖχο τῆς αἴθουσας. Φροντίζουμε νά εἶναι πρός τό μέρος τοῦ ἀντικείμενου ὁ ἐπιπεδόκυρτος φακός (ἀντικειμενικός φακός). Σέ ἀπόσταση 25 cm περίπου ἀπό τόν ἀντικειμενικό φακό στερεώνουμε τόν ἄλλο φακό (προσοφθάλμιο) καί παρατηρώντας μέσα σ' αὐτόν βλέπουμε τό ἀντικείμενο μεγαλύτερο καί ἀνεστραμμένο (εἰκ. 96). Γιά νά πετύχουμε εὐκρίνεια, μετακινούμε ἐλαφρά μπρός ἤ πίσω ἀπό τήν ἀρχική του θέση τόν προσοφθάλμιο φακό.

Ἄν στην οπτική τράπεζα ἔχουμε κατακόρυφες ράβδους τών 0,80 m καί ἐκείνη πού εἶναι πρός τό μέρος τοῦ ἀντικείμενου ἐμποδίζει τήν παρατήρηση, γέρ-

Εἰκ. 96





Εικ. 97

νουμε τά στελέχη τῶν δύο στηριγμάτων κατὰ γωνία 30° περίπου, ὅποτε ἡ παρατήρηση δέν ἐμποδίζεται πιά ἀπὸ τὴ ράβδο.

II. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.

Ἀντικαθιστοῦμε τὸν ἀντικειμενικὸ ἐπιπεδόκυρτο φακὸ τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας μὲ τὸ συγκλίνοντα μηνίσκο καὶ τὸν προσοφθάλμιο ἀμφίκυρτο φακὸ μὲ τὸν ἀμφίκυκλο. Φέρνουμε τοὺς δύο φακοὺς σὲ ἀπόσταση 5-15 cm μεταξύ τους καὶ παρατηρώντας μέσα ἀπὸ τὸν προσοφθάλμιο βλέπουμε τὰ ἀντικείμενα ὀρθά καὶ μεγαλύτερα (εἰκ. 97).

Καὶ μὲ τὶς δύο διόπτρες μπορούμε νὰ παρατηρήσουμε καὶ ἀντικείμενα σὲ ἀρκετὴ ἀπόσταση, π.χ. ἔξω ἀπὸ τὴν αἴθουσα ἀπὸ τὰ παράθυρα, ἀρκεῖ κάθε φορά νὰ προσαρμοζόμαστε μὲ τὴ μετακίνηση τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ.

Συμπεράσματα

Ἄν συνδυάσουμε κατάλληλα δύο συγκλίνοντες φακοὺς, μπορούμε νὰ πραγματοποιήσουμε ἀστρονομικὴ διόπτρα. Μὲ τὴν ἀστρονομικὴ διόπτρα τὰ ἀντικείμενα φαίνονται ἀνεστραμμένα.

Ἄν συνδυάσουμε κατάλληλα ἓνα συγκλίνοντα φακὸ (ἀντικειμενικὸ) καὶ ἓνα ἀποκλίνοντα (προσοφθάλμιο), μπορούμε νὰ πραγματοποιήσουμε τὴ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου. Μὲ τὴ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου τὰ ἀντικείμενα φαίνονται ὀρθά.

Πραγματοποίηση διασκοπικού προβολέα

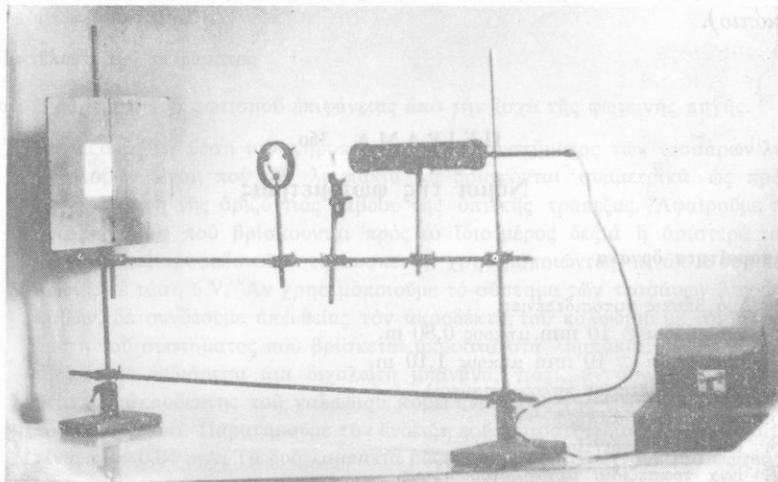
Απαραίτητα όργανα

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. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Μιά λαβίδα άπλή.
7. Ένας προβολέας Reuter.
8. Μιά θόβη άδιαφανής.
9. Μιά σειρά φακών.
10. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
11. Μιά εικόνα διαφανής (σλάιτς).
12. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διτάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Πάνω στην όριζόντια ράβδο της οπτικής τράπεζας και σε απόσταση ίση με τό 1/3 του μήκους της στερεώνουμε έναν άπλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν

Είκ. 98



τόν προβολέα Reuter με τὸ στέλεχος κατακόρυφο.

- γ) Σὲ ἀπόσταση 10 cm περίπου ἀπὸ τὸ φακὸ τοῦ προβολέα πάνω σὲ δεῦτερο σύνδεσμο στηρίζουμε τὴ λαβίδα καὶ μ' αὐτὴ συγκρατοῦμε τὴν εἰκόνα σὲ ὕψος, πού νά μπορεῖ νά φωτίζεται μετὸν προβολέα. Σὲ ἀπόσταση 10-12 cm ἀπὸ τὴ λαβίδα στηρίζουμε μετ' ἑναν τρίτο σύνδεσμο τὸ στήριγμα φακῶν μετὸν ἀμφικυρτὸ φακὸ καὶ τέλος στὸ ἄκρο τῆς ράβδου μετὸν τέταρτο σύνδεσμο στηρίζουμε τὴν ὀθόνη μετὸ ἐπίπεδο κατακόρυφο καὶ κάθετο πάνω στὴν ὀριζόντια ράβδο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τὸν προβολέα Reuter μετὰ τάση 6-8 V, χωρὶς διάφραγμα, καὶ φωτίζουμε τὴ διαφανὴ εἰκόνα, προσέχοντας νά δίνει ὁ προβολέας παράλληλη δέσμη.
- β) Μετακινούμε ἐλαφρά πρὸς τὸ ἓνα ἢ τὸ ἄλλο μέρος τῆς ἀρχικῆς του θέσεως τὸ στήριγμα φακῶν, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ εὐκρινὲς ἐπάνω στὴν ὀθόνη τὸ εἶδωλο τῆς εἰκόνας. Αὐτὸ παρουσιάζεται ἀνεστραμμένο. Ἄν θέλουμε τὸ εἶδωλο νά φαίνεται ὀρθό, συγκρατοῦμε μετὰ τὴ λαβίδα ἀνεστραμμένη τὴν εἰκόνα (εἰκ. 98).

Συμπέρασμα

Μὲ ἓνα συγκλίνοντα φακὸ καὶ κατάλληλη φωτεινὴ πηγὴ μπορούμε νά πραγματοποιήσουμε διάταξη προβολῆς διαφανῶν εἰκόνων (διασκόπιο).

ΠΕΙΡΑΜΑ 360

Νόμοι τῆς φωτομετρίας

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Μία λαβίδα ἀπλή.
6. Ἐνα φωτοστοιχειῶ.
7. Ἐνα τραπεζίδιο μεταβλητοῦ ὕψους.

8. Ένα σύστημα 4 λυχνιολαβών με 4 λαμπάκια (ΟΠ 205.0) ή κηροπήγιο τεσσάρων λυχνιών (ΟΠ 125.0).
9. Ένας προβολέας Reuter.
10. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
11. Ένα μιλλιαμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 70 cm περίπου.
13. Τρεῖς μπανάνες διχαλωτές.
14. Ένας κανόνας αριθμημένος του 1m.
15. Ένας γνώμονας.

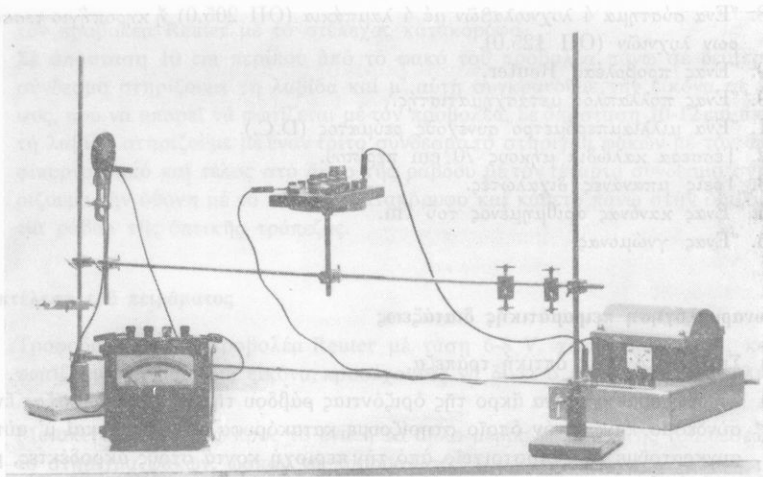
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Στερεώνουμε στο ένα άκρο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας ένα σύνδεσμο, πάνω στον οποίο στηρίζουμε κατακόρυφα τη λαβίδα, και μ' αυτή συγκρατούμε το φωτοστοιχείο, από την περιοχή κοντά στους άκροδέκτες, με το επίπεδο κατακόρυφο και κάθετο πάνω στην οριζόντια ράβδο. Συνδέουμε με τα δύο καλώδια τους άκροδέκτες του φωτοστοιχείου προς τους άκροδέκτες του μιλλιαμπερόμετρου στην κλίμακα 0-1 mA.
- γ) Σέ απόσταση 45 cm περίπου από το σύνδεσμο με τη λαβίδα στερεώνουμε δεύτερο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν συνδέουμε το κηροπήγιο με τις τέσσερις λάμπες ή το τράπεζίδιο μεταβλητού ύψους, επάνω στο οποίο ακουμπάμε το σύστημα των τεσσάρων λυχνιολαβών με τα τέσσερα λαμπάκια. Έτσι, πού ή σειρά πού σχηματίζουν νά είναι κάθετη πάνω στην οριζόντια ράβδο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Έξαρτηση του φωτισμού επιφάνειας από την ισχύ της φωτεινής πηγής.

Ρυθμίζουμε τη θέση του κηροπήγιου ή του συστήματος των τεσσάρων λυχνιολαβών έτσι, πού τά λαμπάκια νά βρίσκονται συμμετρικά ως προς τη διεύθυνση της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας. Αφαιρούμε τά δύο λαμπάκια πού βρίσκονται προς τό ίδιο μέρος δεξιά ή αριστερά του κέντρου καί τροφοδοτούμε τή συσκευή, χρησιμοποιώντας τά ἄλλα δύο καλώδια, μέ τάση 6 V. Ἄν χρησιμοποιούμε τό σύστημα των τεσσάρων λυχνιολαβών, δέ συνδέουμε ἀπευθείας τόν ἀκροδέκτη τοῦ καλωδίου μέ τόν ἀκροδέκτη τοῦ συστήματος πού βρίσκεται μπροστά στά λαμπάκια, ἀλλά χρησιμοποιούμε ἐνδιάμεσα μιὰ διχαλωτή μπανάνα, γιατί, ἂν συνδέσουμε ἀπευθείας, ὁ ἀκροδέκτης τοῦ καλωδίου κόβει ἕνα μέρος τῆς φωτεινῆς ροῆς ἀπό τό ἕνα λαμπάκι. Παρατηροῦμε τήν ἐνδειξη τοῦ φωτοστοιχείου (εἰκ. 99). Αὐτή εἶναι $i_1 = 0,04$ mA. Τά δύο λαμπάκια μαζί σάν μιὰ πηγή δίνουν μιὰ φωτεινή

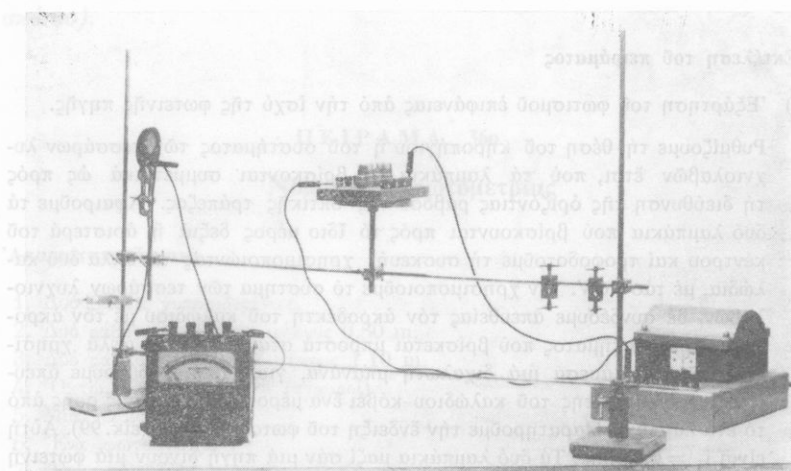


Είκ. 99

ισχύ I_1 . Είναι φανερό ότι και τα άλλα δύο λαμπάκια θα δώσουν την ίδια ισχύ και εξαιτίας της θέσεώς τους εκπέμπουν προς την πλάκα του φωτοστοιχείου την ίδια φωτεινή ροή.

Τοποθετούμε στις λυχνιολαβές και τα άλλα δύο λαμπάκια και παρατηρούμε τη νέα ένδειξη του μιλλιαμπερόμετρου (είκ. 100). Αυτή είναι τώρα $i_2 = 0,08 \text{ mA}$.

Είκ. 100



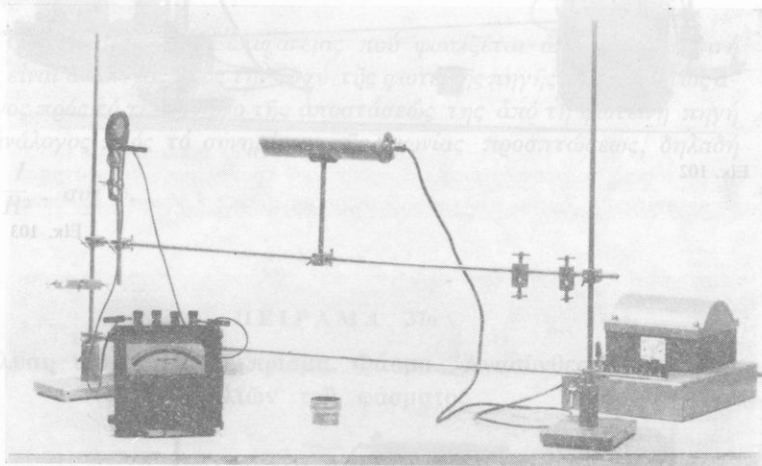
Τώρα ή φωτεινή ισχύς της πηγής πού φωτίζει καί πού αποτελείται από τά τέσσερα λαμπάκια είναι $I_2 = 2I_1$ καί φωτίζει τό φωτοστοιχείο μέ τίς ίδιες συνθήκες όπως καί πρῶτα. Ἡ ἔνδειξη τοῦ ὀργάνου ἔγινε $i_2 = 2i_1$, ἔχουμε

δηλαδή $\frac{i_1}{i_2} = \frac{I_1}{I_2}$. Καί ἐπειδή οἱ ἔνδειξεις τοῦ μιλλιαμπερόμετρου εἶναι

ἀνάλογες πρὸς τοὺς φωτισμοὺς E_1 καί E_2 πού δέχεται ή πλάκα τοῦ φωτοστοι-

χείου, ἔχουμε $\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_1}{I_2}$.

- β) Ἐξάρτηση τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφάνειας ἀπὸ τήν ἀπόστασή της ἀπὸ τή φωτεινή πηγή.

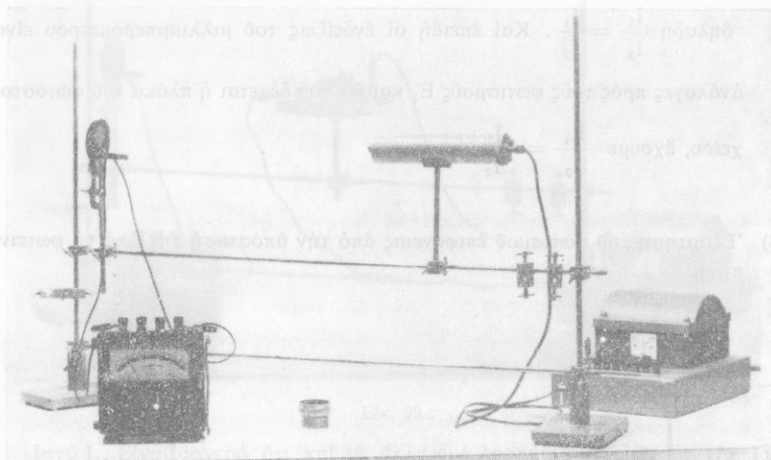


Εἰκ. 101

Ἀντικαθιστοῦμε τή φωτεινή πηγή πού εἶχαμε ὡς τώρα μέ τόν προβολέα Reuter. Βγάζουμε τό φακό καί σπρώχνουμε τό στέλεχος, ὥσπου νά βγεῖ ή λάμπα ἔξω ἀπὸ τό σωλήνα. Ρυθμίζουμε τήν ἀπόσταση τοῦ νήματος τῆς λάμπας ἀπὸ τήν πλάκα τοῦ φωτοστοιχείου σέ $R_1 = 25$ cm (εἰκ. 101).

Διαβάζουμε τήν ἔνδειξη τοῦ μιλλιαμπερόμετρου $i_1 = 0,80$ mA. Μεταφέρουμε τόν προβολέα στήν ἀπόσταση, ὅπως ὑπολογίσαμε πῶς πάνω, $R_2 = 50$ cm. Τό μιλλιαμπερόμετρο μᾶς δείχνει τώρα ἔνταση ρεύματος $i_2 = 0,20$ mA (εἰκ. 102).

Δηλαδή ο φωτισμός της επιφάνειας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα προς το τετράγωνο της απόστασής από τη φωτεινή πηγή, δηλαδή $\frac{E_1}{E_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$.



Εικ. 102

Εικ. 103



γ) Ξέαρτηση του φωτισμού επιφάνειας από τη γωνία προσπτώσεως της φωτεινής δέσμης.

Μεταφέρουμε τον προβολέα Reuter στην πρώτη του θέση, δηλαδή σε απόσταση 25 cm από το φωτοστοιχείο. Το μιλλιαμπερόμετρο μᾶς δείχνει ένταση $i_1 = 0,80$ mA. Στρέφουμε τη λαβίδα γύρω σέ κατακόρυφο ἄξονα, ὥσπου ἡ διεύθυνση τῆς προσπίπτουσας δέσμης, πού τήν αἰσθητοποιοῦμε βάζοντας κατά μήκος τοῦ ἄξονα τοῦ προβολέα τόν ἀριθμημένο κανόνα, νά σχηματίσει μέ τήν ἐπιφάνεια τοῦ φωτοστοιχείου γωνία 30° (εἰκ. 103), πράγμα πού διαπιστώνουμε μέ τό γνώμονα. Ἡ γωνία προσπτώσεως, πού εἶναι συμπληρωματική αὐτῆς πού μετρήσαμε, εἶναι $\varphi = 60^\circ$.

Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἔνδειξη τοῦ μιλλιαμπερόμετρο ἔγινε $i_2 = 0,40$ mA, δηλαδή τό μισό τῆς προηγούμενης. Ὁ φωτισμός τῆς ἐπιφάνειας μεταβάλλεται ἀνάλογα μέ τό συνημίτονο τῆς γωνίας προσπτώσεως, δηλαδή $E_2 = E_1 \cdot \sin \varphi$.

Συμπέρασμα

Ὁ φωτισμός μᾶς ἐπιφάνειας πού φωτίζεται ἀπό μιά φωτεινή πηγή εἶναι ἀνάλογος πρός τήν ἰσχύ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρός τό τετράγωνο τῆς ἀποστάσεώς της ἀπό τή φωτεινή πηγή καί ἀνάλογος πρός τό συνημίτονο τῆς γωνίας προσπτώσεως, δηλαδή

$$E = \frac{J}{R^2} \cdot \sin \varphi.$$

ΠΕΙΡΑΜΑ 37ο

Ἀνάλυση τοῦ φωτός μέ πρίσμα. Φάσμα. Ἀνασύνθεση τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

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. Ὅκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Δυό λαβίδες ἀπλές.
7. Ἐνα στήριγμα φακῶν ἢ κατόπτρων.
8. Μιά σειρά φακῶν.
9. Δυό πρίσματα μέ στέλεχος.

10. Μιά δθόνη αδιαφανής.
11. Ένας προβολέας Reuter.
12. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

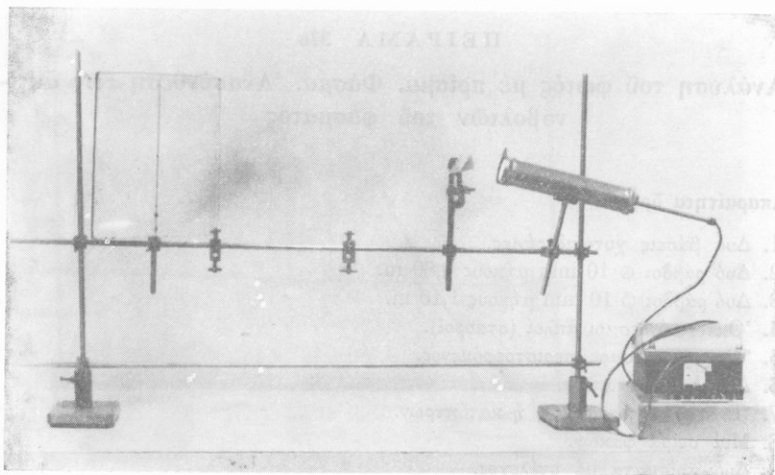
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
Στερεώνουμε στο ένα άκρο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τον προβολέα Reuter με το άκρο του στελέχους του έτσι, πού νά βρίσκεται όσο μπορούμε ψηλότερα.
- γ) Μπροστά από το φακό του προβολέα στερεώνουμε έναν απλό σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν στηρίζουμε τη μιά λαβίδα. Συγκρατούμε με τη λαβίδα το ένα πρίσμα από το στέλεχος του έτσι, πού ή άκμή του νά είναι προς τα πάνω και κάθετη πάνω στην οριζόντια ράβδο, ή μιά κάθετη έδρα κατακόρυφη στραμμένη προς τον προβολέα και ή άλλη οριζόντια προς τα κάτω.
- δ) Αφήνουμε δυό συνδέσμους κενούς και στον τέταρτο, στο άλλο άκρο της οριζόντιας ράβδου, στηρίζουμε την δθόνη με το επίπεδο κατακόρυφο, κάθετο πάνω στην ράβδο και όσο γίνεται πιο χαμηλά.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στην έγκοπή του φακού του προβολέα το διάφραγμα της μιᾶς σχισμής οριζόντια, τον τροφοδοτούμε με τάση 6-8 V και κατευθύνουμε μιά

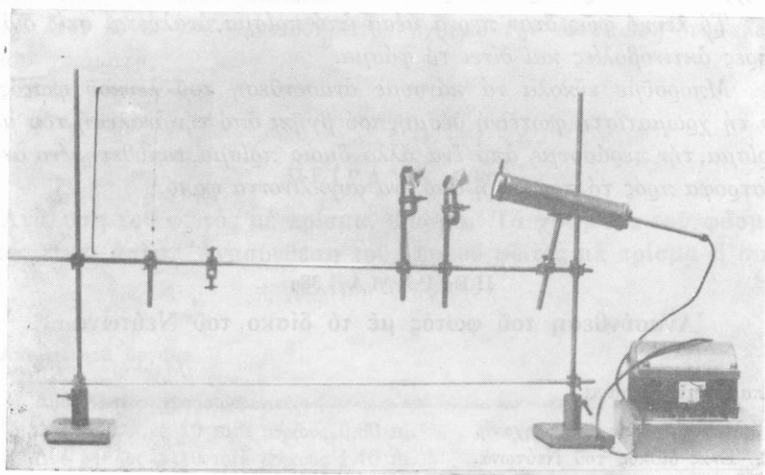
Εικ. 104

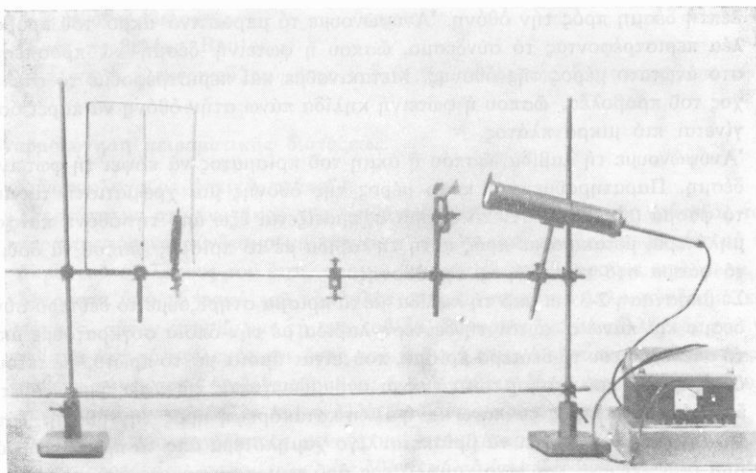


λεπτή δέσμη προς τήν ὀθόνη. *Ανυψώνουμε τό μπροστινό ἄκρο τοῦ προβολέα περιστρέφοντας τό σύνδεσμο, ὥσπου ἡ φωτεινή δέσμη νά προσπέσει στό ἀνώτατο μέρος τῆς ὀθόνης. Μετακινούμε καί περιστρέφουμε τό στέλεχος τοῦ προβολέα, ὥσπου ἡ φωτεινή κηλίδα πάνω στήν ὀθόνη νά πάρει ὅσο γίνεται πιό μικρό πλάτος.

- β) Ἀνυψώνουμε τή λαβίδα, ὥσπου ἡ ἀκμή τοῦ πρίσματος νά κόψει τή φωτεινή δέσμη. Παρατηροῦμε στό κάτω μέρος τῆς ὀθόνης μιὰ χρωματιστή ταινία, τό φάσμα (εἰκ. 104). Ἄν τό φάσμα σχηματίζεται ἔξω ἀπό τήν ὀθόνη καί χαμηλότερα, μετακινούμε πρὸς αὐτή τή λαβίδα μέ τό πρίσμα, ὥσπου νά δοῦμε τό φάσμα στό κάτω μέρος τῆς ὀθόνης.
- γ) Σέ ἀπόσταση 2-3 cm ἀπό τή λαβίδα μέ τό πρίσμα στηρίζουμε τό δεύτερο σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τή δεύτερη λαβίδα, μέ τήν ὁποία συγκρατοῦμε ἀπό τό στέλεχος του τό δεύτερο πρίσμα, πού εἶναι ὅμοιο μέ τό πρῶτο, μέ τέτοιο ὅμως τρόπο, πού ἡ ἀκμή του νά εἶναι στραμμένη πρὸς τά κάτω, ἢ μιὰ κάθετη ἔδρα ὀριζόντια πρὸς τά πάνω καί ἡ ἄλλη κατακόρυφη πρὸς τήν ὀθόνη. Τότε τό πρίσμα αὐτό πρέπει νά βρίσκεται λίγο χαμηλότερα ἀπό τό πρῶτο. Τό φάσμα ἐξαφανίζεται καί λίγο χαμηλότερα ἀπό τήν κορυφή τῆς ὀθόνης παρουσιάζεται λευκό φῶς (εἰκ. 105).
- δ) Ἀφαιροῦμε τή δεύτερη λαβίδα, ὁπότε τό φάσμα παρουσιάζεται πάλι στό κάτω μέρος τῆς ὀθόνης. Σέ ἀπόσταση λίγων ἐκατοστομέτρων ἀπό τήν ὀθόνη στηρίζουμε ἓνα σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό στήριγμα φακῶν μέ ἓνα συγκλίνοντα φακό, π.χ. τόν ἀμφίκυρτο. Τοποθετοῦμε τό φακό σέ τέτοια θέση, πού νά περνᾷ ἀπ' αὐτόν ἡ χρωματιστή φωτεινή δέσμη καί, μετακινώντας τό σύνδεσμο

Εἰκ. 105





Είκ. 106

πάνω στη ράβδο, πετυχαίνουμε στη θέση του φάσματος νά παρουσιαστεί λευκή κηλίδα (είκ. 106).

Συμπεράσματα

Τό λευκό φῶς εἶναι σύνθετο ἀπό διάφορα χρώματα (ἀκτινοβολίες), πού τά κυριότερα διακρίνονται σέ ἑφτά.

Τό λευκό φῶς, ὅτον περνᾷ μέσα ἀπό πρίσμα, ἀναλύεται στίς διάφορες ἀκτινοβολίες καί δίνει τό φάσμα.

Μποροῦμε εὐκόλα νά κάνουμε ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός, ἂν τή χρωματιστή φωτεινή δέσμη, πού βγήκε ἀπό τήν ἀνάλυσή του μέ πρίσμα, τήν περάσουμε ἀπό ἕνα ἄλλο ὅμοιο πρίσμα, τοποθετημένο ἀντίστροφα πρὸς τό πρῶτο, ἢ ἀπό ἕνα συγκλίνοντα φακό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 38ο

Ἀνασύνθεση τοῦ φωτός μέ τό δίσκο τοῦ Νεύτωνα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

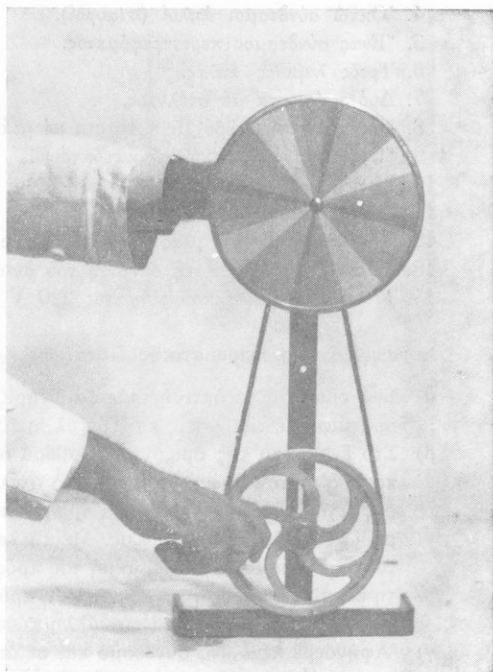
1. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
2. Ἕνας δίσκος τοῦ Νεύτωνα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Τοποθετοῦμε τὸ δίσκο τοῦ Νεύ-
τωνα στὴ φυγοκεντρικὴ μηχανή
καὶ τὸν περιστρέφουμε μέ με-
γάλη ταχύτητα. Τὰ χρώματα ἐ-
ξαφανίζονται (εἰκ. 107). Ἀντί
γιά τὰ χρώματα ποὺ παρατηροῦ-
σαμε πάνω στοῦ δίσκο, τώρα τὸν
βλέπουμε λευκό. Στὸ πείραμα ὁ
δίσκος δὲ φαίνεται λευκός, ἁλ-
λά μέ ἀποχρώση πρὸς τὸ στα-
χτί, γιατί δέν ἔχουμε πάνω στοῦ
δίσκο ὅλες τίς ἀποχρώσεις τοῦ
φάσματος. Δέν ἔχουμε π.χ. ὅ-
λες τίς ἀποχρώσεις τοῦ κόκκι-
νου ἀλλὰ μόνο ἓνα κόκκινο. Τὸ
ἴδιο καὶ γιά τὰ ἄλλα χρώματα.

Συμπέρασμα

Κατὰ τὴν περιστροφή τοῦ
δίσκου πέφτουν στοῦ μάτι μας
τό ἓνα μετὰ τὸ ἄλλο ὅλα τὰ
χρώματα σέ χρόνο μικρότερο
ἀπὸ $1/10$ τοῦ δευτερολέπτου
καὶ ἔτσι λόγω τοῦ μεταισθήματος ἔχουμε τὴν ἐντύπωση τοῦ λευ-
κοῦ χρώματος.



Εἰκ. 107

ΠΕΙΡΑΜΑ 39ο

Ἀνάλυση τοῦ φωτός μέ πρίσμα. Φάσμα. Τὰ χρώματα τοῦ φάσμα-
τος εἶναι ἀπλά. Ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός μέ πρίσμα ἢ συγ-
κλίνοντα φακό

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.

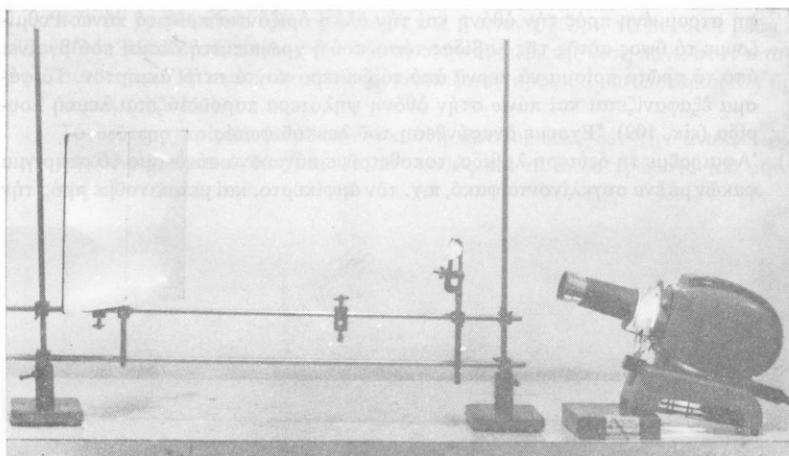
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Τρεῖς λαβίδες άπλές.
7. Δυό πρίσματα μέ στέλεχος.
8. Ένα χαρτόνι μαῦρο 15 x 15 cm μέ μιά όριζόντια λεπτή σχισμή στή μέση.
9. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
10. Μιά σειρά φακών.
11. Ένας διασκοπικός προβολέας.
12. Τό διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς τοῦ προβολέα Reuter.
13. Ένα ὑπόβαθρο γιά τή στήριξη τοῦ διασκοπικοῦ προβολέα.
14. Μιά πηγή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 220 V (πρίζα).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συναρμολογοῦμε όπτική τράπεζα. Στηρίζουμε τή χαμηλότερη όριζόντια ράβδο σέ έπαφή μέ τίς βάσεις καί τήν ἄλλη 10-15 cm ψηλότερα.
- β) Στό ένα ἄκρο τῆς όριζόντιας ράβδου στερεώνουμε έναν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τή μιά λαβίδα μέ τό στέλεχος λίγο γυρτό ὡς πρός τήν κατακόρυφο, γιά νά μήν ἐμποδίζεται ή προσπίπτουσα δέσμη ἀπό τήν κατακόρυφη ράβδο τῆς όπτικῆς τράπεζας. Μέ τή λαβίδα συγκρατοῦμε ἀπό τό στέλεχος του τό ένα πρίσμα μέ τήν ἀκμή του πρός τά πάνω καί όριζόντια, τή μιά κάθετη ἔδρα κατακόρυφη καί στραμμένη πρός τό ἴδιο ἄκρο τῆς όπτικῆς τράπεζας (πρός τόν προβολέα) καί τήν ἄλλη κάθετη ἔδρα όριζόντια πρός τά κάτω.
- γ) Ἀφήνουμε κενό ένα σύνδεσμο καί σέ απόσταση 50 cm περίπου ἀπό τόν πρῶτο στερεώνουμε τόν τρίτο σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τήν ὀθόνη μέ τό ἐπίπεδο κατακόρυφο καί κάθετο πάνω στήν όριζόντια ράβδο, ὅσο γίνεται πιό χαμηλά, καί μέ τό στέλεχος τόσο γυρτό ὅσο καί τῆς λαβίδας.
- δ) Στό εξάρτημα προσαρμογῆς τῶν διαφανειῶν (σλάιτς) τοῦ διασκοπικοῦ προβολέα προσαρμόζουμε τό διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς καί τό τοποθετοῦμε στή θέση του. Στρέφουμε τό σωλήνα τοῦ διασκοπικοῦ προβολέα, ὥσπου νά γίνει ή σχισμή όριζόντια, καί τόν ἀκουμπᾶμε πάνω στό κατάλληλο ὑπόβαθρο στήν ἀρχή τῆς όπτικῆς τράπεζας.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος.

- α) Τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα μέ τάση 220 V καί κατευθύνουμε μιά φωτεινή δέσμη πρός τήν ὀθόνη. Ρυθμίζουμε τό ὕψος τῆς ὀθόνης καί τοῦ ὑπόβαθρου ἔτσι, πού ή φωτεινή δέσμη νά προσπίπτει στό ἀνώτατο μέρος τῆς ὀθόνης. Ρυθμίζουμε τέλος τή θέση τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα ἔτσι, πού ή φωτεινή κηλίδα πάνω στήν ὀθόνη νά ἔχει ὅσο γίνεται λιγότερο πλάτος.
- β) Ἀνυσώνουμε τή λαβίδα καί ρυθμίζουμε τήν κλίση τῆς ἔτσι, πού ή ἀκμή τοῦ πρίσματος νά κόψει τήν πορεία τῆς φωτεινῆς δέσμης. Παρατηροῦμε στό κάτω μέρος τῆς ὀθόνης πολὺ ἔντονα φωτεινὴ χρωματιστὴ ταινία, τό φάσμα (εἶκ.

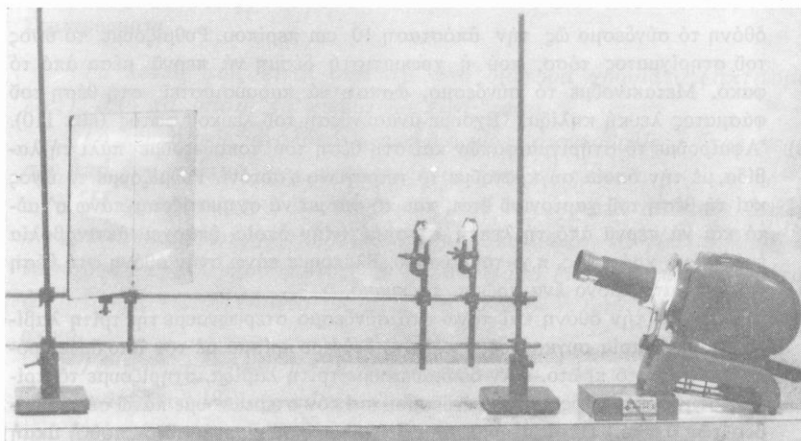


Εικ. 108

108). Άν τό φάσμα σχηματίζεται χαμηλότερα καί έξω από τήν δθόνη, τή μετακινούμε πρός τό μέρος τοῦ προβολέα, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ πάνω σ' αὐτή.

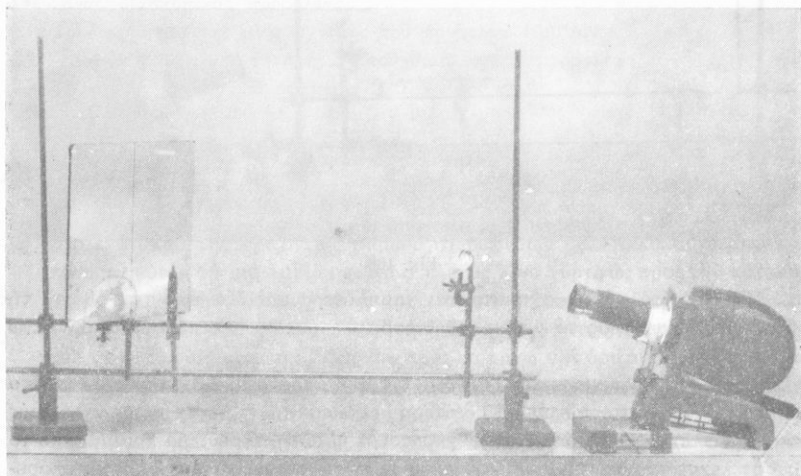
- γ) Πάνω στόν ἐνδιάμεσο κενό σύνδεσμο καί σέ ἀπόσταση 2-3 cm ἀπό τόν πρῶτο μέ τή λαβίδα στερεώνουμε τή δεύτερη λαβίδα μέ τό στέλεχος παράλληλο πρός τό στέλεχος τῆς πρώτης καί συγκρατοῦμε μ' αὐτή τό δεύτερο πρίσμα ἀπό τό στέλεχος του μέ τήν ἀκμή του πρός τά κάτω, τή μιᾶ κάθετη ἔδρα κατακόρυ-

Εικ. 109



φη στραμμένη προς την θόνη και την άλλη οριζόντια προς τα πάνω. Ρυθμίζουμε το ύψος αυτής της λαβίδας τόσο, πού η χρωματιστή δέσμη πού βγαίνει από τό πρώτο πρίσμα νά περνά από τό δεύτερο κοντά στην άκμή του. Τό φάσμα εξαφανίζεται καί πάνω στην θόνη ψηλότερα παρουσιάζεται λευκή λουρίδα (είκ. 109). Έχουμε ανασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός.

- δ) Ἀφαιρούμε τή δεύτερη λαβίδα, τοποθετοῦμε πάνω στό σύνδεσμο τό στήριγμα φακῶν μέ ἕνα συγκλίνοντα φακό, π.χ. τόν ἀμφίκυρτο, καί μετακινούμε προς τήν



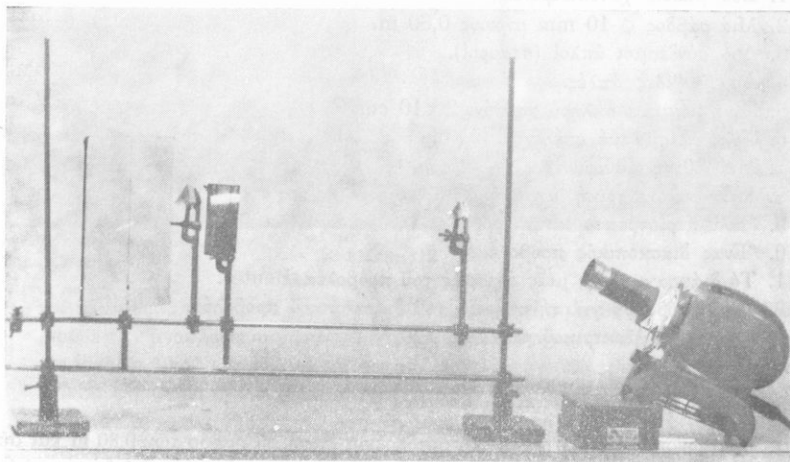
Είκ. 110

θόνην τό σύνδεσμο ὡς τήν ἀπόσταση 10 cm περίπου. Ρυθμίζουμε τό ὕψος τοῦ στηρίγματος τόσο, πού ἡ χρωματιστή δέσμη νά περνά μέσα ἀπό τό φακό. Μετακινούμε τό σύνδεσμο, ὥσπου νά παρουσιαστεῖ στή θέση τοῦ φάσματος λευκή κηλίδα. Έχουμε ανασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός (είκ. 110).

- ε) Ἀφαιρούμε τό στήριγμα φακῶν καί στή θέση του τοποθετοῦμε πάλι τή λαβίδα, μέ τήν ὁποία συγκρατοῦμε τό τετράγωνο χαρτόνι. Ρυθμίζουμε τό ὕψος καί τή θέση τοῦ χαρτονιοῦ ἔτσι, πού τό φάσμα νά σχηματίζεται πάνω σ' αὐτό καί νά περνά ἀπό τή λεπτή σχισμή, στήν ὁποία ὑπάρχει ἀκτινοβολία ἑνός μόνο χρώματος, π.χ. τοῦ κυανοῦ. Βλέπουμε πάνω στήν θόνην στή θέση τοῦ φάσματος μόνο ἕνα χρώμα, τό κυανό.
- στ) Ἀφαιρούμε τήν θόνην καί πάνω στό σύνδεσμο στερεώνουμε τήν τρίτη λαβίδα, μέ τήν ὁποία συγκρατοῦμε πάλι τό δεύτερο πρίσμα μέ τόν ἴδιο ὅμως τρόπο ὥπως καί τό πρῶτο. (Ἄν δέ διαθετοῦμε τρίτη λαβίδα, στηρίζουμε τό πρίσμα στήν τρύπα ἐνός ἀπλοῦ συνδέσμου καί τόν στερεώνουμε πάνω σέ μιά ράβδο τῶν 0,80m.) Πλησιάζουμε τό πρίσμα προς τό χαρτόνι ἔτσι, πού ἡ ἀκμή

του νά βρεθεί πίσω από τή σχισμή καί ἡ κυανή δέσμη νά περάσει μέσα ἀπ' αὐτό. Τοποθετοῦμε τέλος τήν ὀθόνη στήν ἀρχική της θέση πάνω στόν τέταρτο σύνδεσμο. Ἡ κυανή λουρίδα μετατοπίζεται πρὸς τὰ κάτω, παραμένει ὁμως κυανή (εἰκ. 111).

Τό δεύτερο πρίσμα ἐκτρέπει τήν κυανή ἀκτινοβολία, δέν τήν ἀναλύει ὁμως σέ ἄλλα χρώματα. Τό χρῶμα αὐτό καθὼς καί τὰ ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλά.



Εἰκ. 111

Συμπεράσματα

Τό λευκό φῶς εἶναι σύνθετο ἀπὸ διάφορα χρώματα (ἀκτινοβολίες), ἀπὸ τὰ ὁποῖα τὰ κυριότερα εἶναι ἑφτά.

Τό λευκό φῶς ἀναλύεται στίς διάφορες ἀκτινοβολίες, ὅταν περάσει ἀπὸ ἓνα πρίσμα, καί σχηματίζεται ἔτσι τό φάσμα.

Ἡ χρωματιστή φωτεινὴ δέσμη πού προέρχεται ἀπὸ τήν ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτός μπορεῖ νά γίνη πάλι λευκὴ, νά γίνη δηλαδή ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός, ἂν περάσει ἀπὸ ἓνα ἄλλο ὅμοιο πρίσμα ἀντίστροφα τοποθετημένο ὡς πρὸς τό πρῶτο ἢ ἀπὸ ἓνα συγκλίνοντα φακό.

Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλά. Ἄν τό μονοχρωματικὸ φῶς μιᾶς ἀκτινοβολίας τό περάσουμε ἀπὸ ἓνα πρίσμα, αὐτό ἐκτρέπεται ἀπὸ τό πρίσμα, δέν ἀναλύεται ὁμως σέ ἄλλα χρώματα.

Ἀνασύνθεση τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος μέ περίστροπτο κάτοπτρο. Συμπληρωματικά χρώματα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

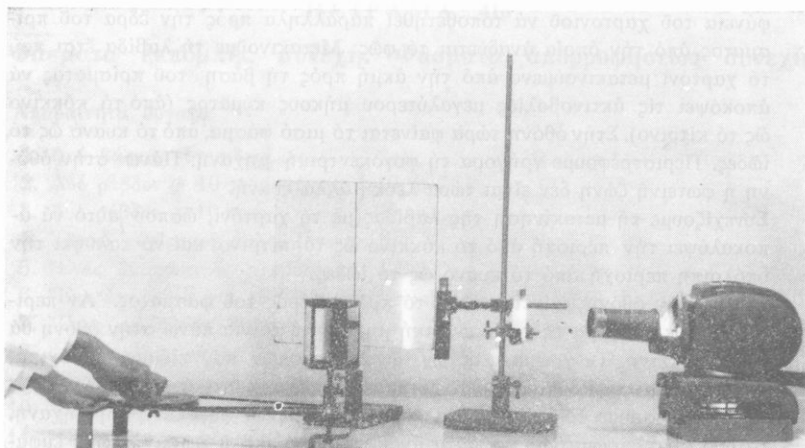
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες ἀπλές.
5. Ἕνα κομμάτι σκληρό χαρτόνι 2×10 cm.
6. Ἕνα πρίσμα μέ στέλεχος.
7. Μιά θόνη ἀδιαφανής.
8. Μιά φυγοκεντρική μηχανή.
9. Ἕνα περίστροπτο κάτοπτρο.
10. Ἕνας διασκοπικός προβολέας.
11. Τό διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς τοῦ προβολέα Reuter.
12. Ἕνα ὑπόβαθρο γιά τή στήριξη τοῦ διασκοπικοῦ προβολέα.
13. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 220 V (πρίζα).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στή μιὰ χυτοσιδερένια βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί σέ ὕψος γύρω στά 20 cm στηρίζουμε τόν ἕναν ἀπλό σύνδεσμο καί 2-3 cm ψηλότερα τό δεύτερο. Πάνω στούς συνδέσμους στερεώνουμε τίς δυό λαβίδες καί μέ τή χαμηλότερη συγκατοῦμε ἀπό τό στέλεχός του τό πρίσμα μέ τήν ἀκμή του κατακόρυφη, ἐνῶ μέ τήν ψηλότερη τή λουρίδα τοῦ χαρτονιοῦ. Φέρνουμε αὐτή τή λαβίδα σέ τέτοια θέση, πού ἡ μιὰ μεγάλη πλευρά τοῦ χαρτονιοῦ νά εἶναι παράλληλη πρός τήν ἀκμή τοῦ πρίσματος τῶν 45° καί νά βρίσκεται μπροστά ἀπ' αὐτή.
- β) Πάνω στή φυγοκεντρική μηχανή στερεώνουμε τό περίστροπτο κάτοπτρο.
- γ) Πάνω στή δεύτερη βάση στηρίζουμε ἀπευθείας μέ τό στέλεχός της τήν ὀθόνη.
- δ) Στό ἐξάρτημα προσαρμογῆς τῶν διαφανειῶν (σλίιτς) τοῦ προβολέα προσαρμόζουμε τό διάφραγμα τῆς μιᾶς σχισμῆς καί τό τοποθετοῦμε στή θέση του. Στρέφουμε τό σωλήνα τοῦ προβολέα, ὥσπου νά γίνει ἡ σχισμὴ κατακόρυφη, καί τόν ἀκουμπᾶμε πάνω στό ὑπόβαθρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως καί κατευθύνουμε μιὰ



Εικ. 112

φωτεινή δέσμη πάνω σέ μιά έδρα τού περιστρεπτού κατόπτρου. Παρακολουθούμε τήν ανακλώμενη δέσμη καί τοποθετούμε στήν πορεία της τήν θόνη σέ απόσταση 30-40 cm από τό κάτωτρο. Πάνω στήν θόνη παρουσιάζεται κατακόρυφη φωτεινή λουρίδα. Ρυθμίζουμε τό φακό τού προβολέα, ώσπου ή λουρίδα αὐτή νά ἀποκτήσει όσο γίνεται πίο μικρό πλάτος (εἰκ. 112). Περιστρέφουμε τή φυγοκεντρική μηχανή σιγά σιγά. Ἡ φωτεινή λουρίδα γράφει μιά ζώνη ὀριζόντια πού ἔχει πλάτος, ὅσο εἶναι τό ὕψος τῆς φωτεινῆς λουρίδας.

Ἄν ή περιστροφή τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς γίνει μέ μεγάλη ταχύτητα ή πίο πάνω ζώνη γίνεται πολύ φωτεινή.

- β) Μπροστά ἀπό τό φακό τού προβολέα τοποθετούμε τό πρίσμα καί ρυθμίζουμε τό ὕψος τῆς λαβίδας πού τό κρατᾷ τόσο, πού νά παρεμβληθεῖ στήν πορεία τῆς δέσμης. Ἐμφανίζεται ἀμέσως ἐπάνω στήν θόνη τό φάσμα μέ τά χρώματα πού διαδέχονται τό ἓνα τό ἄλλο σάν κατακόρυφες ταινίες. Ἄν τό φάσμα δέν ἐμφανιστεῖ πάνω στήν θόνη, στρέφουμε σιγά σιγά τό κάτωτρο, ὥσπου νά ἐμφανιστεῖ.

Ἄν τώρα μέ τό χέρι μας περιστρέφουμε σιγά σιγά τή φυγοκεντρική μηχανή, τό φάσμα μετατοπίζεται καί γράφει τή ζώνη πού ἀναφέραμε πίο πάνω. Ἄν ὁμως ή περιστροφή τῆς φυγοκεντρικῆς μηχανῆς γίνει μέ μεγάλη ταχύτητα, τά χρώματα ἐξαφανίζονται καί ή ταινία φαίνεται λευκή. Αὐτό συμβαίνει ἐξαιτίας τῆς γρήγορης διαδοχῆς ὄλων τῶν χρωμάτων σέ κάθε σημεῖο αὐτῆς τῆς ζώνης (μεταίσθημα).

- γ) Σταθεροποιούμε σέ μιά θέση τό κάτωτρο ἔτσι, πού νά φαίνεται πάνω στήν θόνη τό φάσμα. Φέρνουμε τήν ψηλότερη λαβίδα σέ τέτοια θέση, πού ή ἐπι-

φάνεια του χαρτονιού να τοποθετηθεί παράλληλα προς την έδρα του πρίσματος, από την οποία αναδύεται το φώς. Μετακινούμε τη λαβίδα έτσι, πού το χαρτόνι μετακινούμενο από την άκμή προς τη βάση του πρίσματος να αποκόψει τις ακτινοβολίες μεγαλύτερου μήκους κύματος (από το κόκκινο ως το κίτρινο). Στην οθόνη τώρα φαίνεται το μισό φάσμα, από το κυανό ως το ιώδες. Περιστρέφουμε γρήγορα τη φυγοκεντρική μηχανή. Πάνω στην οθόνη ή φωτεινή ζώνη δεν είναι τώρα λευκή αλλά κυανή.

Συνεχίζουμε τη μετακίνηση της λαβίδας με το χαρτόνι, ώσπου αυτό να αποκαλύψει την περιοχή από το κόκκινο ως το κίτρινο και να καλύψει την υπόλοιπη περιοχή από το κυανό ως το ιώδες.

Πάνω στην οθόνη φαίνεται τώρα το πρώτο μέρος του φάσματος. *Αν περιστρέψουμε γρήγορα τη φυγοκεντρική μηχανή, ή ταινία πάνω στην οθόνη θα φανεί κόκκινη. Τα χρώματα αυτών των δύο ταινιών που είδαμε διαδοχικά, το κυανό και το κόκκινο, είναι χρώματα συμπληρωματικά.

*Αν αφαιρέσουμε το χαρτόνι και περιστρέψουμε τη φυγοκεντρική μηχανή, τα δύο συμπληρωματικά χρώματα ανακατεύονται και η φωτεινή ζώνη εμφανίζεται λευκή.

Συμπέρασμα

Με το περιστρεπτό κάτοπτρο, στηριζόμενο στο ψυχολογικό φαινόμενο του μετασθήματος ή μετεικάσματος, μπορούμε να δείξουμε την ανασύνθεση του λευκού φωτός από τις διάφορες ακτινοβολίες του φάσματος, καθώς και τα συμπληρωματικά χρώματα.

Παρατήρηση

*Η μέθοδος αυτή, πού είναι ανάλογη με την ανασύνθεση με το δίσκο του Νεύτωνα, πλεονεκτεί από εκείνη, γιατί έδω έχουμε όλα τα χρώματα του φάσματος και το αποτέλεσμα της συνθέσεως είναι πραγματικά λευκό και όχι σταχτί.

Φάσματα έκπομπής συνεχής. Φάσματα απορροφήσεως συνεχής***Απαραίτητα όργανα**

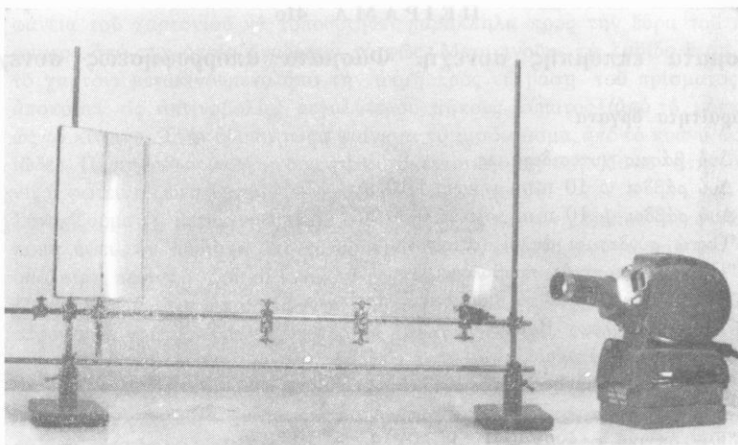
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερέειες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας διασκοπικός προβολέας.
6. Ένα υπόβαθρο για τό διασκοπικό προβολέα.
7. Ένας προβολέας Reuter.
8. Δυό λαβίδες άπλές.
9. Ένα πρίσμα μέ στέλεχος.
10. Ένα στήριγμα φακών ή κατόπτρων.
11. Ένα όπτικό φράγμα (ΟΠ 115.0).
12. Μιά σειρά από χρωματιστά φίλτρα (γυαλιά).
13. Ένα τραπεζίδιο μεταβλητού ύψους.
14. Μιά λεκάνη γυάλινη ή από διαφανές πλαστικό 4×9×12 cm (ΟΠ 200.0).
15. Λίγο διάλυμα θεικού χαλκού.
16. Μιά πηγή ήλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε όπτική τράπεζα.
- β) Στηρίζουμε στό ένα άκρο τής όριζόντιας ράβδου τής όπτικής τράπεζας ένα σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τήν όθόνη μέ τό επίπεδο κάθετο πάνω στόν άξονα τής όπτικής τράπεζας. Στό άλλο άκρο στερεώνουμε δεύτερο σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τή λαβίδα, μέ τήν όποία συγκρατούμε τό πρίσμα μέ τίς άκμές του κατακόρυφες.
- γ) Προσαρμόζουμε τό διάφραγμα τής μιās σχισμής του προβολέα Reuter στό εξάρτημα προσαρμογής τών διαφανειών (σλάιτς) του διασκοπικού προβολέα καί τό τοποθετούμε στή θέση του. Στρέφουμε τό σωλήνα του προβολέα, όσο χρειάζεται, για να γίνει ή σχισμή κατακόρυφη, καί τόν άκουμπάμε πάνω στό υπόβαθρο στήν άρχή τής όπτικής τράπεζας. Άντί του διασκοπικού προβολέα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τόν προβολέα Reuter, πού τόν τοποθετούμε στήν άρχή τής όριζόντιας ράβδου τής όπτικής τράπεζας μπροστά από τό πρίσμα· τότε όμως τό φάσμα πού θα πάρουμε θα είναι πολύ λιγότερο φωτεινό.

***Εκτέλεση του πειράματος**

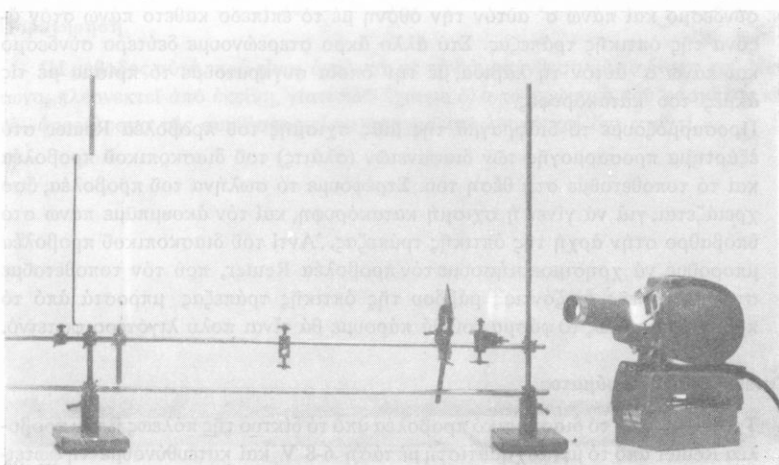
- α) Τροφοδοτούμε τό διασκοπικό προβολέα από τό δίκτυο τής πόλεως ή τόν προβολέα Reuter από τό μετασχηματιστή μέ τάση 6-8 V καί κατευθύνουμε τή φωτει-



Είκ. 113

νή δέσμη πάνω στο πρίσμα. Στρέφουμε κατάλληλα τό πρίσμα γύρω από τόν κατακόρυφο άξονα, ώσπου νά πάρουμε τό φάσμα στό μέσο τής οθόνης (είκ. 113). Παρατηρούμε πώς αυτό αποτελείται από μιά χρωματιστή ταινία, πού τά χρώματα διαδέχονται τό ένα τό άλλο συνεχώς χωρίς διακοπή. Έχουμε ένα φάσμα συνεχές. Φάσμα έκπομπής συνεχές, πού προέρχεται από τό φώς ενός διάπυρου στερεού σώματος, του νήματος τής λάμπας του προβολέα.

Είκ. 114



- β) Κοντά στο σύνδεσμο με τη λαβίδα στερεώνουμε με έναν άλλο σύνδεσμο τη δεύτερη λαβίδα και συγκρατούμε μ' αυτή ένα χρωματιστό φίλτρο, π.χ. το κόκκινο. Ρυθμίζουμε τη θέση του φίλτρου έτσι, που το φως που βγαίνει από το πρίσμα να περνά μέσα απ' αυτό (εικ. 114). Παρατηρούμε πώς στο φάσμα παραμένει μόνο η κόκκινη περιοχή, ενώ όλες οι άλλες ακτινοβολίες απορροφώνται.

Αντικαθιστώντας το κόκκινο φίλτρο με το πράσινο ή το κυανό, παρατηρούμε πώς στο φάσμα κάθε φορά παραμένει η περιοχή η αντίστοιχη με το χρώμα του φίλτρου.

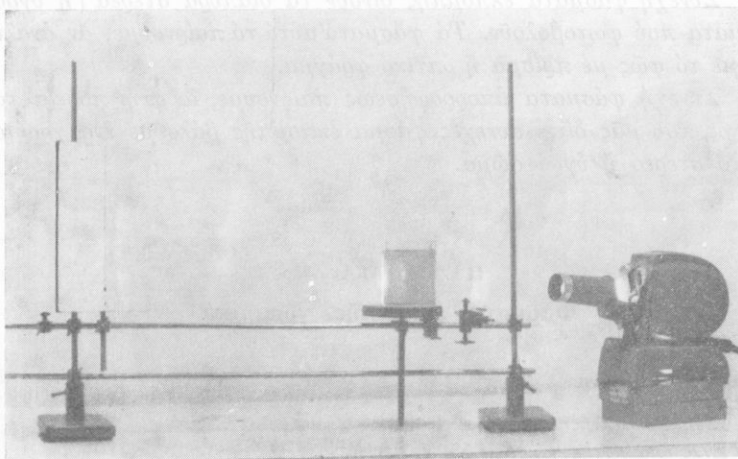
Στο φάσμα που απομένει πάνω στην οθόνη έχουμε μια ολόκληρη περιοχή χρωμάτων. Είναι το φάσμα αυτό ένα φάσμα απορροφήσεως συνεχές, που προήλθε από την απορρόφηση ακτινοβολιών του συνεχούς φάσματος εκπομπής του διάπυρου νήματος της λάμπας από τα χρωματιστά φίλτρα.

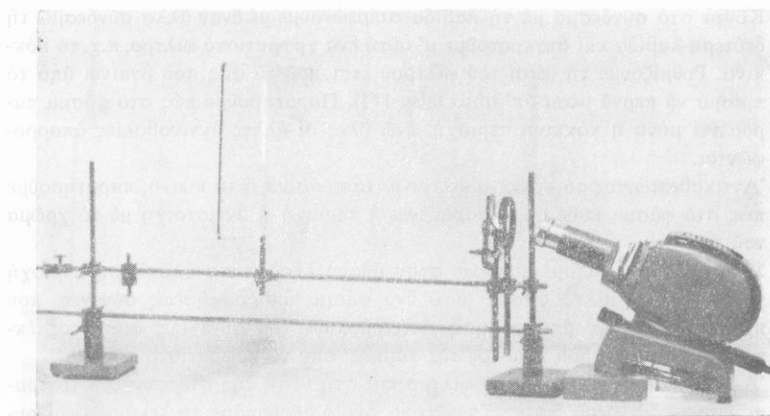
- γ) Αφαιρούμε τη λαβίδα με το φίλτρο και στη θέση της στερεώνουμε το τραπέζιδο μεταβλητού ύψους, επάνω στο οποίο ακουμπάμε τη λεκάνη. Γεμίζουμε τη λεκάνη με διάλυμα θειικού χαλκού, μέσα στο οποίο προσθέτουμε λίγες σταγόνες θειικού οξέος. Ρυθμίζουμε τη θέση της λεκάνης έτσι, που το φως που βγαίνει από το πρίσμα να περνά μέσα από το διάλυμα.

Παρατηρούμε πάλι απορρόφηση όλων των ακτινοβολιών του φάσματος εκτός από μια λουρίδα στην περιοχή του κυανού (εικ. 115). Έχουμε πάλι ένα φάσμα απορροφήσεως που προέρχεται από την απορρόφηση ακτινοβολιών από ένα χρωματιστό υγρό σώμα.

- δ) Απομακρύνουμε το τραπέζιδο με τη λεκάνη και τη λαβίδα με το πρίσμα, στη θέση της οποίας στηρίζουμε το στηρίγμα φακών με το οπτικό φράγμα.

Εικ 115





Εικ. 116

Παρατηρούμε πάλι στην οθόνη τό συνεχές φάσμα έκπομπής του νήματος της λάμπας· τώρα όμως είναι κατά πολύ έντονότερο.

- ε) Βάζουμε μπροστά στο οπτικό φράγμα τά χρωματιστά φίλτρα (εικ. 116) ή τό διάλυμα του θειικού χαλκού καί παρατηρούμε τά αντίστοιχα φάσματα απορροφήσεως εύκρινέστερα από τά προηγούμενα.

Συμπεράσματα

Συνεχές φάσματα έκπομπής δίνουν τά διάπτρα στερεά (ή υγρά) σώματα πού φωτοβολούν. Τά φάσματα αυτά τά παίρνουμε, αν αναλύσουμε τό φῶς μέ πρίσμα ή οπτικό φράγμα.

Συνεχές φάσματα απορροφήσεως παίρνουμε, αν στην πορεία του φωτός πού μᾶς δίνει συνεχές φάσμα έκπομπής βάλουμε ένα χρωματιστό στερεό ή υγρό σώμα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 42ο

Φάσματα έκπομπής γραμμικά

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σελήνιου 55 V, 10 A.

3. Ένα πηνίο Ruhmkorff.
4. Μιά σειρά σωλήνων Geissler.
5. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 30 cm περίπου.
6. Δύο καλώδια συνδέσεως μήκους 70 cm περίπου.
7. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
8. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
9. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
10. Ένα στήριγμα αερόκενων σωλήνων.
11. Ένα όπτικό φράγμα.

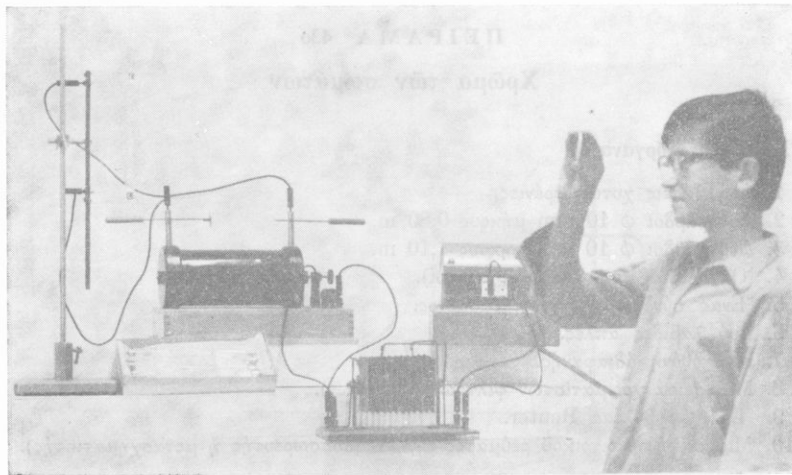
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Μέ τά τέσσερα καλώδια των 30 cm συνδέουμε τό μετασχηματιστή μέ τόν άνορθωτή σέ τάση 8-10 V καί αὐτόν μέ τό πηνίο Ruhmkorff.
- β) Στηρίζουμε πάνω στή βάση τή ράβδο των 0,80 m καί στό μέσο τοῦ ὕψους της μέ τόν άπλό σύνδεσμο τό στήριγμα αερόκενων σωλήνων κατακόρυφο. Πάνω στό στήριγμα τοποθετοῦμε ἕνα σωλήνα Geissler καί μέ τά δύο καλώδια των 70 cm συνδέουμε τούς άκροδέκτες μέ τό δευτερεύον τοῦ πηνίου Ruhmkorff.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη τοῦ πηνίου Ruhmkorff, ὁπότε αὐτό διεγείρεται καί ὁ σωλήνας Geissler φωτοβολεῖ. Μέ τό όπτικό φράγμα, πού τό κρατᾶμε μέ τό χέρι μας, παρατηροῦμε τό φῶς πού ἐκπέμπει ὁ σωλήνας (εἰκ. 117). Στρέφουμε τό

Εἰκ. 117



φράγμα γύρω από άξονα κάθετο πάνω στο επίπεδό του, που περνά από το κέντρο του κυκλικού του πλαισίου, ώσπου να δούμε τό φάσμα με τίς γραμμές κατακόρυφες παράπλευρα του σωλήνα και στο ίδιο ύψος με αυτόν. Παρατηρούμε πώς τό φάσμα αυτό αποτελείται από φωτεινές γραμμές που χωρίζονται καθαρά ή μιά από τήν άλλη. Έχουμε ένα φάσμα γραμμικό.

- β) Διακόπτουμε τό ρεύμα και αντικαθιστούμε τό σωλήνα Geissler μέ έναν άλλο που περιέχει διαφορετικό άέριο. Έργαζόμαστε όπως και πιά πάνω, όποτε παρατηρούμε πάλι φάσμα γραμμικό μέ τίς γραμμές του όμως διαφορετικές από τίς προηγούμενες.
- γ) Αλλάζουμε στή συνέχεια σωλήνα, ώσπου νά παρατηρήσουμε τά φάσματα που μās δίνουν όλοι οί σωλήνες τής σειράς. Κάθένας από αυτούς μās δίνει ένα σύστημα φωτεινών γραμμών που χαρακτηρίζει τό άέριο που περιέχει.

Συμπέρασμα

Τά άέρια, όταν διεγείρονται σέ ακτινοβολία, δίνουν φάσματα εκπομπής γραμμικά, που αποτελούνται από ένα σύνολο φωτεινών γραμμών, οί όποιες χαρακτηρίζουν τό άέριο που εκπέμπει τό φώς.

Σημείωση

Τό πείραμα αυτό πρέπει νά γίνεται σέ σκοτεινό χώρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 43ο

Χρώμα τών σωμάτων

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. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Δυό λαβίδες άπλές.
7. Μιά δθόνη άδιαφανής.
8. Μιά σειρά χρωματιστών φίλτρων (γυάλινων).
9. Ένας προβολέας Reuter.
10. Μιά πηγή ηλεκτρικού ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτής ή μετασχηματιστής).

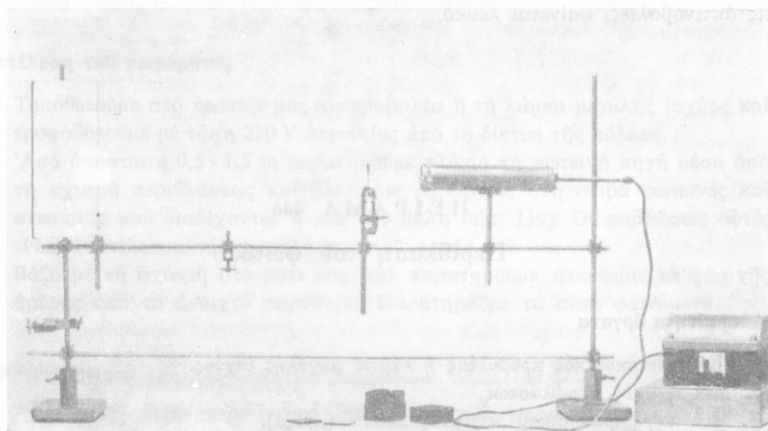
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα.
- β) Στο ένα άκρο της οριζόντιας ράβδου της οπτικής τράπεζας στερεώνουμε ένα σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τον προβολέα Reuter με τόν άξονα παράλληλο προς την οριζόντια ράβδο. Μπροστά από τον προβολέα στερεώνουμε δεύτερο σύνδεσμο, πάνω σ' αυτόν τη μιά λαβίδα και μ' αυτή συγκρατούμε ένα χρωματιστό φίλτρο, π.χ. το κόκκινο. Αφήνουμε ένα σύνδεσμο κενό και στο άλλο άκρο της οπτικής τράπεζας επάνω σέ τέταρτο σύνδεσμο στηρίζουμε την δθόνη με τό επίπεδο κάθετο πάνω στην οριζόντια ράβδο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε χωρίς διάφραγμα τόν προβολέα με τάση 6-8 V και κατευθύνουμε προς την δθόνη φωτεινή δέσμη. Ρυθμίζουμε τη θέση του στελέχους έτσι, πού νά σχηματιστεί πάνω στην δθόνη φωτεινός κύκλος. Ανοψώνουμε τη λαβίδα τόσο, πού τό χρωματιστό φίλτρο νά κόψει την πορεία της δέσμης. Ο φωτεινός κύκλος επάνω στην δθόνη γίνεται κόκκινος. Τό κόκκινο γυαλί (φίλτρο) απορρόφησε όλες τις ακτινοβολίες εκτός από τις κόκκινες, εκτός δηλαδή από τις ακτινοβολίες του χρώματος με τό όποιο φαίνεται (εικ. 118).
- β) Αντικαθιστούμε τό κόκκινο φίλτρο με φίλτρα άλλων χρωμάτων, πράσινο, κυανό και ό,τι άλλο έχουμε. Ο φωτεινός κύκλος κάθε φορά φαίνεται με τό αντίστοιχο χρώμα.
- γ) Τοποθετούμε πάλι στη λαβίδα τό κόκκινο φίλτρο. Ο κύκλος επάνω στην δθόνη γίνεται κόκκινος. Στο κενό σύνδεσμο τοποθετούμε τη δεύτερη λαβίδα και συγκρατούμε μ' αυτή τό κυανό φίλτρο. Ρυθμίζουμε τό ύψος της τόσο, πού

Εικ. 118



τό κυανό φίλτρο νά κόψει τήν πορεία τῆς κόκκινης δέσμης πού βγαίνει ἀπό τό κόκκινο φίλτρο. Ὁ φωτεινός κύκλος ἐξαφανίζεται. Ἄν ἀπό τό μέρος τῆς ὁδῆς βάλουμε τό μάτι μας, βλέπουμε τό κυανό φίλτρο σάν μαῦρο. Τό κυανό φίλτρο ἀπορρόφησε τήν κόκκινη ἀκτινοβολία· συνεπῶς στό μάτι μας δέ φτάνει φῶς καί ἔτσι τό σῶμα (τό κυανό φίλτρο) φαίνεται μαῦρο.

Συμπεράσματα

Τά χρωματιστά διαφανή σώματα παρουσιάζουν τό χρῶμα τῆς ἀκτινοβολίας πού περνᾷ μέσα ἀπό αὐτά. Τό κόκκινο γυαλί ἀπορροφᾷ ὅλες τίς ἀκτινοβολίες ἐκτός ἀπό τίς κόκκινες, γι' αὐτό φαίνεται κόκκινο. Τό γυαλί αὐτό εἶναι διαφανές μόνο γιά τίς κόκκινες ἀκτινοβολίες.

Ἄν ἐπάνω σέ ἕνα χρωματιστό διαφανές σῶμα προσπέσει ἀκτινοβολία διαφορετική ἀπό τό χρῶμα του, αὐτή ἀπορροφᾶται καί ἔτσι καμιά ἀκτινοβολία δέν περνᾷ ἀπ' αὐτό. Τό μάτι μας τότε δέ βλέπει τό σῶμα αὐτό, δηλαδή τό βλέπει μαῦρο μέσα στό φωτεινό πλαίσιο τοῦ περιβάλλοντος.

Σημείωση

Ἀνάλογα μέ τά πῶ πάνω τά ἀδιαφανή χρωματιστά σώματα ἀπορροφοῦν ὅλες τίς ἀκτινοβολίες καί διαχέουν μόνο ἐκεῖνες πού ἔχουν τό χρῶμα τους. Ἄν ἕνα κόκκινο ὕφασμα τό φωτίσουμε μέ κυανή ἀκτινοβολία ἢ τό δοῦμε βάζοντας στό μάτι μας ἕνα κυανό φίλτρο, θά τό δοῦμε μαῦρο. Ἄν ἕνα σῶμα διαχέει ὅλες τίς ἀκτινοβολίες, φαίνεται λευκό.

ΠΕΙΡΑΜΑ 44ο

Περίθλαση τοῦ φωτός

***Απαραίτητα ὄργανα**

1. Ἐνας διασκοπικός προβολέας ἢ λάμπα μεγάλης ισχύος.
2. Μιά σχισμή περιθλάσεως.
3. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 220 V (πρίζα).



Εικ. 119

Κατασκευή σχισμής περιθλάσεως

Παίρνουμε μία αντικειμενοφόρο πλάκα και δένουμε γύρω της κατά μήκος του μεγάλου της άξονα ένα λεπτό πλαστικό νήμα. Χρωματίζουμε την αντικειμενοφόρο πλάκα μαύρη με ψεκαστήρα (πιστόλι βαφής) και την αφήνουμε να στεγνώσει. Όταν στεγνώσει καλά, βγάζουμε με προσοχή τό νήμα. Έπειδή τό χρώμα δέν περνά κάτω από τό νήμα, παραμένει στή θέση του μία λεπτή διαφανής γραμμή, ή σχισμή περιθλάσεως.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στό τραπέζι μας τόν προβολέα ή τή λάμπα μεγάλης ισχύος και τροφοδοτούμε μέ τάση 220 V άπευθείας από τό δίκτυο τής πόλεως.
- β) Από απόσταση 0,5 - 1,5 m παρατηρούμε πλάγια τή φωτεινή πηγή μέσα από τή σχισμή περιθλάσεως και βλέπουμε ραβδώσεις στή σειρά φωτεινές και σκοτεινές πού διαδέχονται ή μία τήν άλλη (εικ. 119). Οί ραβδώσεις αυτές είναι άποτέλεσμα τής περιθλάσεως του φωτός.
- γ) Βάζουμε τή σχισμή στό μάτι μας και παρατηρούμε άπευθείας τό φώς τής ημέρας από τό άνοιχτό παράθυρο. Παρατηρούμε τά αυτά φαινόμενα.

Συμπέρασμα

Τό φώς, όταν περνά από λεπτή σχισμή, περιθλάται.

Μέτρηση του μήκους κύματος του φωτός με οπτικό φράγμα

Απαραίτητα όργανα

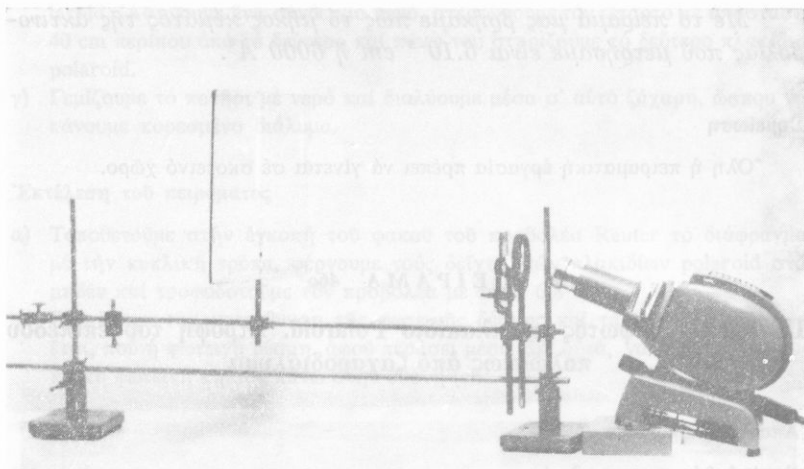
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Όκτώ σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Μιά λαβίδα άπλή.
6. Μιά δθόνη άδιαφανής.
7. Ένας κανόνας άριθμημένος του 1m.
8. Ένα ύποδεκάμετρο.
9. Ένα οπτικό φράγμα.
10. Μιά σειρά χρωματιστών φίλτρων.
11. Ένας διασκοπικός προβολέας.
12. Ένα διάφραγμα μιās σχισμής του προβολέα Reuter.
13. Ένα ύπόβαθρο για τή στήριξη του διασκοπικού προβολέα.
14. Μιά πηγή ηλεκτρικοϋ ρεύματος 220 V (πρίζα).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συναρμολογούμε οπτική τράπεζα χρησιμοποιώντας στους όρθοστάτες τίς ράβδους των 0,30 m.
- β) Στο μέσο περίπου τής όριζόντιας ράβδου τής οπτικής τράπεζας στηρίζουμε έναν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τήν δθόνη με τό επίπεδο κάθετο πάνω στή ράβδο.
- γ) Στο έξάρτημα προσαρμογής των διαφανειών (σλάιτς) του προβολέα προσαρμόζουμε τό διάφραγμα τής μιās σχισμής καί τό τοποθετούμε στή θέση του. Στρέφουμε τό σωλήνα του προβολέα, όσο χρειάζεται για νά γίνει ή σχισμή κατακόρυφη, καί τόν άκουμπάμε πάνω στο ύπόβαθρο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τόν προβολέα άπευθείας άπό τό δίκτυο τής πόλεως καί ρυθμίζουμε τό φακό του έτσι, πού ή φωτεινή λουρίδα πού σχηματίζεται πάνω στήν δθόνη νά έχει όσο γίνεται πίο λίγο πλάτος.
- β) Πάνω στήν όριζόντια ράβδο τής οπτικής τράπεζας καί μπροστά άπό τό φακό του προβολέα στερεώνουμε ένα σύνδεσμο καί πάνω σ' αυτόν τή λαβίδα με τό οπτικό φράγμα. Χαλαρώνουμε τό σφιχτήρα τής λαβίδας καί στρέφουμε τό οπτικό φράγμα γύρω άπό άξονα κάθετο πάνω στο επίπεδό του καί πού περνά άπό τό κέντρο του, ώσπου τό φάσμα πού σχηματίζεται πάνω στήν δθόνη νά



Εικ. 120

βρεθεί στο ίδιο ύψος με το φωτεινό είδωλο της σχισμής. Μπροστά από το φράγμα και σε επαφή μαζί του πάνω στην ίδια λαβίδα συγκρατούμε ένα χρωματιστό φίλτρο π.χ. το κόκκινο. Πάνω στην δθόνη παρατηρούμε την κόκκινη γραμμή λόγω περιθλάσεως πρώτης τάξεως (είκ. 120).

γ) Κάνουμε τīs πιό κάτω μετρήσεις :

Με τόν αριθμημένο κανόνα μετράμε την απόσταση της δθόνης από το φράγμα καί τή βρίσκουμε π.χ. $d = 37$ cm. Με τό υποδεκάμετρο μετράμε την απόσταση της κόκκινης γραμμής από τό κεντρικό φωτεινό είδωλο της σχισμής επάνω στην δθόνη καί τή βρίσκουμε π.χ. $x = 11,2$ cm.

Κάνουμε τούς πιό κάτω υπολογισμούς :

Όπως είναι γνωστό ισχύει ή σχέση $\lambda = \frac{2ax}{nd}$. Έδω είναι $x = 11,2$ cm,

$d = 37$ cm, $n = 1$ καί $2a = \frac{1}{500}$ mm ή $2a = \frac{1}{5000}$ cm, αφού τό φράγμα έχει 500 γραμμές σέ κάθε χιλιοστόμετρο.

Άντικαθιστούμε καί βρίσκουμε $\lambda = \frac{\frac{1}{5000} \cdot 11,2 \text{ cm}}{1 \cdot 37 \text{ cm}} = 6 \cdot 10^{-5}$ cm.

Συμπεράσματα

Μπορούμε μέ τά οπτικά φράγματα νά μετρήσουμε τό μήκος κύματος μās φωτεινής ακτινοβολίας.

Μέ τό πείραμά μας βρήκαμε πώς τό μήκος κύματος τής ακτινοβολίας πού μετρήσαμε εἶναι 6.10^{-5} cm ἢ 6000 Å.

Σημείωση

Ὅλη ἡ πειραματική ἐργασία πρέπει νά γίνεται σέ σκοτεινό χώρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 46ο

Πόλωση τοῦ φωτός μέ πλακίδιο Polaroid. Στροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως ἀπό ζαχαροδιάλυμα

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
4. Ὁκτώ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἐνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Μιά ὀθόνη ἀδιαφανής.
7. Ἐνα τραπεζίδιο μεταβλητοῦ ὕψους.
8. Μιά λεκάνη γυάλινη ἢ ἀπό διαφανές πλαστικό $4 \times 9 \times 12$ cm.
9. Ἐνα ζευγάρι πλακίδια polaroid.
10. Ἐνας προβολέας Reuter.
11. Ἐνα ποτήρι 400 ml.
12. Ἐνα πλαστικό κουταλάκι.
13. Λίγη ζάχαρη.
14. Μιά πηγὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (συσσωρευτὴς ἢ μετασχηματιστής).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

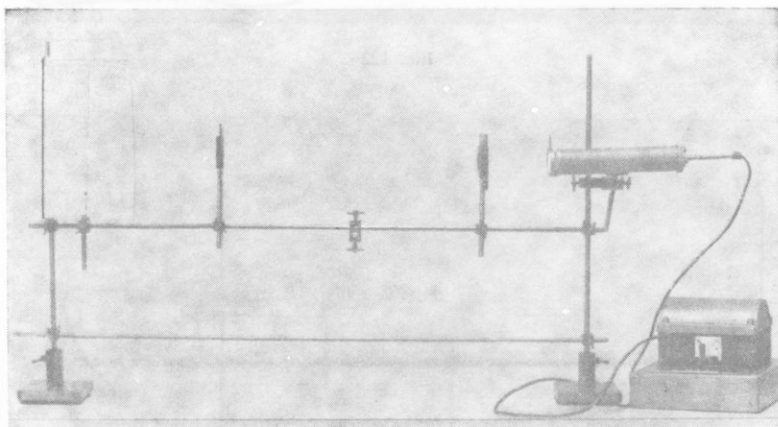
- α) Συναρμολογοῦμε ὀπτική τράπεζα.
 - β) Στό ἓνα ἄκρο τῆς ὀριζόντιας ράβδου τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε ἓναν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τὴν ὀθόνη μέ τό ἐπίπεδο κάθετο πάνω στή ράβδο. Πάνω στήν κατακόρυφη ράβδο στό ἄλλο ἄκρο τῆς ὀπτικῆς τράπεζας στερεώνουμε τόν περιστρεφόμενο σύνδεσμο μέ τόν ἄξονά του κατὰ τὴ διεύθυνση τῆς ὀριζόντιας ράβδου καί πάνω του στηρίζουμε τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος ὀριζόντιο ἢ ἐλαφρά γυρτό.
- Μπροστά ἀπὸ τόν προβολέα καί σέ ἀπόσταση 20 cm περίπου ἀπὸ τό φακό του στερεώνουμε δεύτερο σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν τό ἓνα πλακίδιο po-

laroid. Αφήνουμε ένα σύνδεσμο κενό, στερεώνουμε τόν τέταρτο σέ απόσταση 40 cm περίπου από τό δεύτερο καί πάνω του στηρίζουμε τό δεύτερο πλακίδιο polaroid.

- γ) Γεμίζουμε τό ποτήρι μέ νερό καί διαλύουμε μέσα σ' αυτό ζάχαρη, ώσπου νά κάνουμε κορεσμένο διάλυμα.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

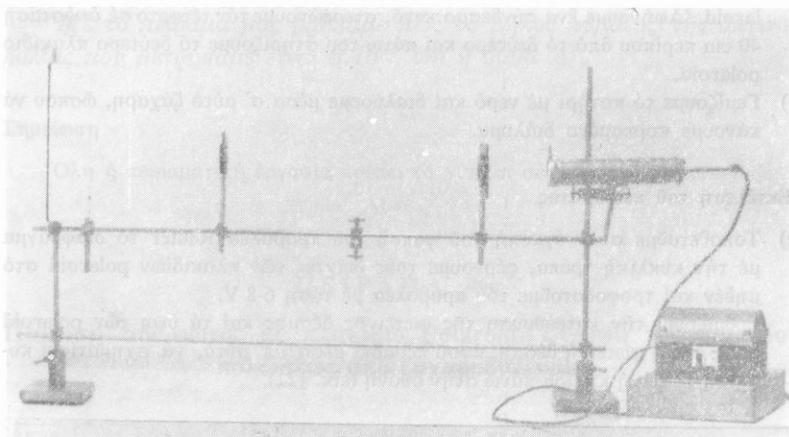
- α) Τοποθετούμε στήν ἐγκοπή τοῦ φακοῦ τοῦ προβολέα Reuter τό διάφραγμα μέ τήν κυκλική τρύπα, φέρνουμε τοὺς δείχτες τῶν πλακιδίων polaroid στό μηδέν καί τροφοδοτοῦμε τόν προβολέα μέ τάση 6-8 V. Ρυθμίζουμε τήν κατεύθυνση τῆς φωτεινῆς δέσμης καί τά ὕψη τῶν polaroid ἔτσι, πού ἡ φωτεινή δέσμη, ἀφοῦ περάσει μέσα ἀπ' αὐτά, νά σχηματίζει κυκλική φωτεινή κηλίδα πάνω στήν ὀθόνη (εἰκ. 121).



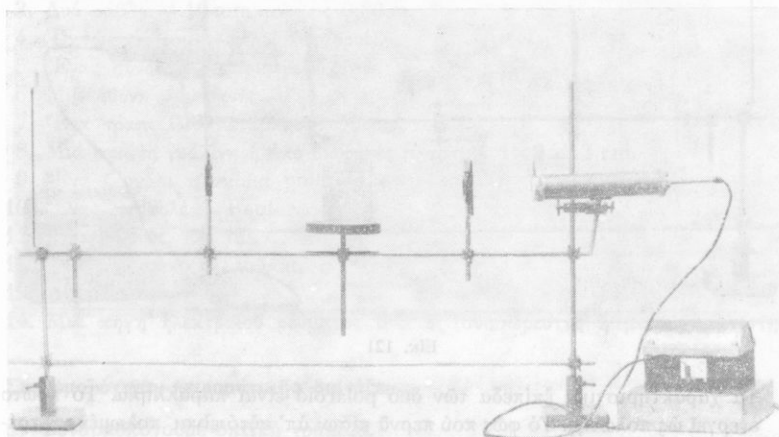
Εἰκ. 121

Τά χαρακτηριστικά ἐπίπεδα τῶν δύο polaroid εἶναι παράλληλα. Τό πρῶτο ἐνεργεῖ ὡς πολωτής. Τό φῶς πού περνᾷ πίσω ἀπ' αὐτό εἶναι πολωμένο. Στρέφουμε τόν εἰδικό βραχίονα τοῦ δεύτερου polaroid, ὥσπου ὁ δείκτης του νά δείξει γωνία 90°. Ἡ φωτεινή κηλίδα ἐξαφανίζεται (εἰκ. 122). Τό φῶς δέν περνᾷ ἀπό τό δεύτερο polaroid, γιατί τό χαρακτηριστικό του ἐπίπεδο εἶναι κάθετο πάνω στό χαρακτηριστικό ἐπίπεδο τοῦ πρώτου.

- β) Στόν ἐλεύθερο σύνδεσμο ἀνάμεσα στά δύο polaroid στηρίζουμε τό τραπέζι-διο μεταβλητοῦ ὕψους, ἀκουμπᾶμε πάνω του τή λεκάνη καί τή γεμίζουμε μέ ζαχαροδιάλυμα. Παρατηροῦμε πῶς ἡ φωτεινή κηλίδα πάνω στήν ὀθόνη ξαναεμφανίζεται. Τό ἐπίπεδο πολώσεως τοῦ πολωμένου φωτός πού περνᾷ ἀπό



Είκ. 122



Είκ. 123

τό πρώτο polaroid στράφηκε κατά μία γωνία. Στρέφουμε τόν ειδικό βραχίονα του δεύτερου polaroid (αναλύτη) προς τά δεξιά, ώσπου ή κηλίδα πάλι νά εξαφανιστεί (είκ. 123). Άν φ είvai ή γωνία στροφής, αυτή παριστάνει τή γωνία κατά τήν οποία τό ζαχαροδιάλυμα έστρεψε τό επίπεδο πολώσεως του φωτός προς τά δεξιά.

Συμπέρασμα

"Όταν τό φῶς περνᾷ μέσα ἀπό πλακίδιο polaroid, πολώνεται δ-λικά. Διαπιστώνουμε τήν δλική πόλωσή του, ἄν τό περάσουμε ἀπό δεύτερο πλακίδιο polaroid (ἀναλύτη) καί τό περιστρέψουμε γύρω ἀπό ἄξονα πού συμπίπτει μέ τήν προσπίπτουσα ἀκτίνα. "Όταν τά χαρακτηριστικά ἐπίπεδα τῶν δυό polaroid γίνουν κάθετα, τό φῶς ἐξαφανίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Σημείωση

Δέν ἐπιτρέπεται ἡ χρήση τοῦ διασκοπικοῦ προβολέα, γιατί ἡ μεγάλη ἰσχύς τῆς λάμπας (300-500 W) θά θερμάνει τό polaroid καί θά τό καταστρέψει. Γιά τόν ἴδιο λόγο δέν πρέπει νά πειραματιζόμαστε μέ τά polaroid χρησιμοποιώντας ἡλιακό φῶς.

ΠΕΙΡΑΜΑ 1α

Ἐπίδειξη τοῦ φαινομένου τοῦ μαγνητισμοῦ.
Αἰθάρα: τόσο μαγνητῶν

Υποστήριξη ὀργάνου

1. Ἐνὸς κομματι τοῦ φυσικοῦ μαγνητῆ.
2. Τῆς ἑστῆς μαγνητοῦ μαγνητῶν.
3. Τῆς περὶ τοῦ μαγνητῆ.
4. Μὲς μαγνητῶν βολῶν πρὸς τὴν ἑστῆ.
5. Ἐνὸς κομματι τοῦ μαγνητῆ.
6. Δύο κομματι.
7. Μὲς μαγνητῶν μαγνητῶν 20-25 cm.
8. Δύο μαγνητῶν 10 cm.

Ἐπίδειξη τοῦ φαινομένου

- a) Ὅταν σ' ἐνὸς φύλλο χαρτοῦ ὁ μαγνητισμὸς εὐθύνεται καὶ πληροῦται τὰ ἄκρα τῆς μαγνητικῆς βολῆς ὁ τῆς μαγνητισμοῦ ἀποκρίνεται. Παρατηροῦμαι ὅτι τὸ φαινόμενο προσομοιάζει σὲς ἄκρα τῶν μαγνητῶν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

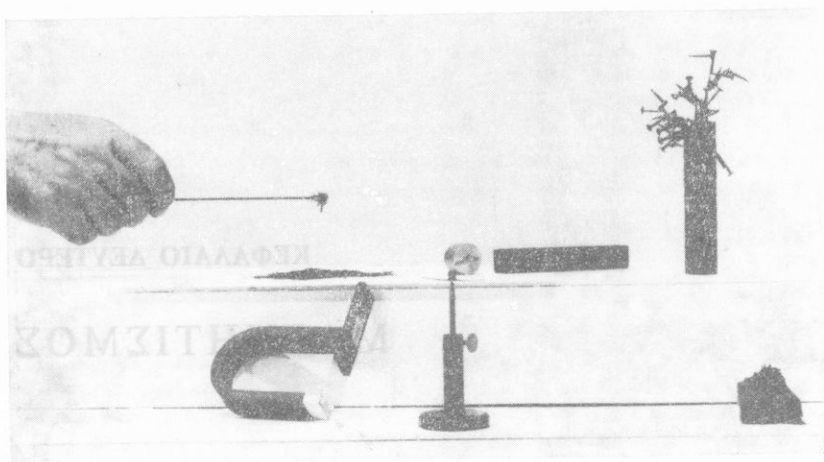
Έπιδειξη του φαινομένου του μαγνητισμού. Διάφοροι τύποι μαγνητών

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα κομμάτι από φυσικό μαγνήτη.
2. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
3. Ένας πεταλοειδής μαγνήτης.
4. Μιά μαγνητική βελόνα πάνω σε βάση.
5. Ένα κουτί με ρινίσματα σιδήρου.
6. Λίγα καρφάκια.
7. Μιά άτσαλίνα μαγνητισμένη 20-25 cm.
8. Δυό βάρη των 50 p.

Έκτελεση του πειράματος

- α) Πάνω σ' ένα φύλλο χαρτιού ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου και πλησιάζουμε τά άκρα τής μαγνητικής βελόνας ή τής μαγνητισμένης άτσαλίνας. Παρατηρούμε ότι τά ρινίσματα προσκολλώνται στις άκρες των μαγνητών.



Εικ. 124

- β) *Αντί για ρινίσματα τοποθετούμε στο χαρτί μικρά καρφάκια. Πλησιάζουμε τό ραβδόμορφο ή τόν πεταλοειδή μαγνήτη, όποτε παρατηρούμε ότι τά καρφάκια προσκολλώνται στίς άκρες τών μαγνητών.
- γ) Πλησιάζουμε τό ραβδόμορφο ή τόν πεταλοειδή μαγνήτη σέ ένα βάρος τών 50 p. Παρατηρούμε ότι αυτό δέν έλκεται από τούς μαγνήτες (είκ. 124).

Συμπεράσματα

Οί μαγνήτες έλκουν σιδερένια αντικείμενα.

Οί μαγνήτες δέν έλκουν όλα τά μέταλλα.

Οί μαγνήτες κατασκευάζονται σέ διάφορα σχήματα, από τά όποια τά πιό συνηθισμένα είναι: ράβδοι πρισματικές ή κυλινδρικές, τό σχήμα πετάλου ή τό σχήμα ρόμβου μέ πολύ μεγάλη τή μιά διαγώνιο (μαγνητική βελόνα).

Σημείωση

*Όταν έχουμε ισχυρούς μαγνήτες, είναι πιό καλά νά χρησιμοποιούμε άντι για ρινίσματα μικρά καρφάκια, γιατί τά ρινίσματα δύσκολα άποκολλώνται από τό μαγνήτη μετά τό πείραμα.

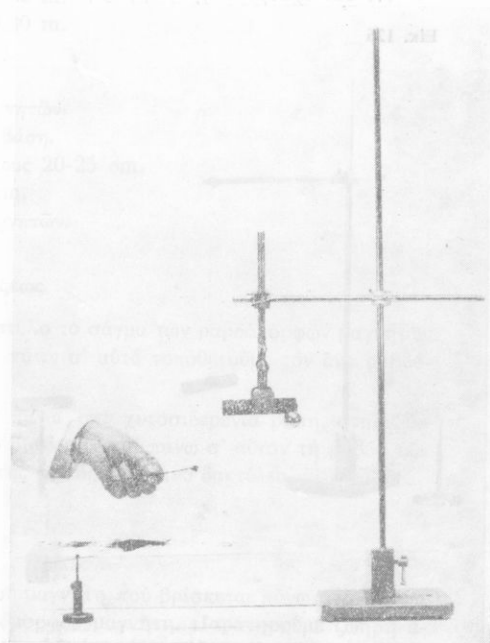
Πόλοι του μαγνήτη. Διάκριση των πόλων

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δύο σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
6. Μιά μαγνητική βελόνα.
7. Μιά μαγνητισμένη άτσαλίνα μήκους 20-25 cm.
8. Ρινίσματα σιδήρου.
9. Μιά σφαίρα σιδερένια ϕ 2-3 cm.
10. Ένας όρειχάλκινος δακτύλιος.
11. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
12. Ένας μονωτικός στύλος με βάση.
13. Ένα σάγμα για ραβδόμορφους μαγνήτες.
14. Μιά άκίδα για τή στήριξη του σάγματος (μιά μικρή ράβδος που μπορεί με τό ένα άκρο της νά στηριχθεί σέ μονωτικό στύλο και πού στο άλλο άκρο της έχει άκίδα).
15. Ένα νήμα μήκους 20-30 cm.

Συναρμολόγηση πειρ/κής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε τή ράβδο των 0,80 m πάνω στη χυτοσιδερένια βάση και πάνω σ' αυτή στο πάνω μέρος στερεώνουμε όριζόντια με τό ένα άκρο της τή ράβδο των 0,30 m, ενώ στο άλλο άκρο της στερεώνουμε τό δεύτερο σύνδεσμο και πάνω σ' αυτόν τή λαβίδα κατακόρυφη πρós τά κάτω.



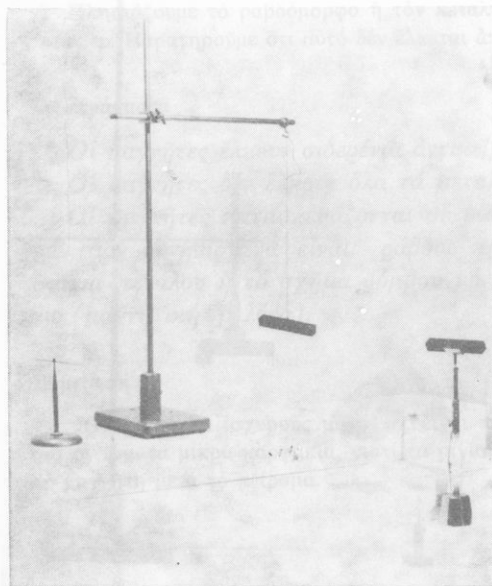
Εικ. 125

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Πάνω σ' ἓνα φύλλο χαρτιοῦ ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου καὶ φέρνουμε σ' ἐπαφή μ' αὐτὰ τὴ μαγνητικὴ βελόνα ἢ τὴ μαγνητισμένη ἀτσαλίνα σ' ὅλο της τὸ μήκος. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ ρινίσματα προσκολλῶνται κατὰ προτίμηση στὰ δύο ἄκρα τῆς βελόνας ἢ τῆς ἀτσαλίνας (πόλοι).
- β) Μὲ τὴ λαβίδα συγκρατοῦμε τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη ἔτσι, πού νά εἶναι ὀριζόντιος, καὶ πλησιάζουμε τὴ σιδερένια σφαῖρα στὴν κάτω ἐπιφάνειά του. Παρατηροῦμε ὅτι ἡ σφαῖρα συγκρατιέται ἀπὸ τὸ μαγνήτη (εἰκ. 125), ὅταν βρίσκεται στὰ ἄκρα του (πόλοι), καὶ πέφτει, ὅταν τοποθετεῖται στὴ μέση (οὐδέτερη ζώνη).
- γ) Στηρίζουμε τὴ μαγνητικὴ βελόνα στὸν ἄξονά της καὶ τὴν ἀφήνουμε ἐλεύθερη. Αὐτὴ στρέφεται καὶ προσανατολίζεται στὴ διεύθυνση βορρᾶς - νότος. Στρέφουμε τὴ βελόνα 180° καὶ τὴν ἀφήνουμε ἐλεύθερη. Αὐτὴ στρέφεται ἔτσι, πού πάντα τὸ ἴδιο ἄκρο της νά εἶναι στραμμένο πρὸς τὸ βορρά.
- δ) Στηρίζουμε στὸ μονωτικὸ στύλο τὸ σάγμα τῶν ραβδόμορφων μαγνητῶν μὲ τὴν ἀκίδα στηρίξεώς του καὶ πάνω σ' αὐτὸ τοποθετοῦμε τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη. Παρατηροῦμε ὅτι προσανατολίζεται σάν καὶ τὴ μαγνητικὴ βελόνα (εἰκ. 126).

Ἄν δὲν ἔχουμε σάγμα, ἐργαζόμαστε μὲ τὸν παρακάτω τρόπο :

Εἰκ. 126



Ἀπὸ τὴν ἄκρη τῆς ράβδου τῶν 0,30 m βγάζουμε τὸ σύνδεσμο μὲ τὴν ὀρειχάλκινη λαβίδα καὶ στὴ θέση του τοποθετοῦμε τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο. Δένουμε μὲ νῆμα τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη ἀπὸ τὸ μέσο του μὲ τέτοιο τρόπο, πού κρεμασμένος νά ἰσορροπεῖ ὀριζόντια, καὶ τὸν κρεμᾶμε ἀπὸ τὸ δακτύλιο. Παρατηροῦμε ὅτι κι αὐτὸς προσανατολίζεται σάν τὴ μαγνητικὴ βελόνα (εἰκ. 126).

Συμπεράσματα

Ἡ μαγνητικὴ ιδιότητα ἐκδηλώνεται ἰδιαίτερα σέ δύο σημεία τοῦ μαγνήτη, πού λέγονται πόλοι. Ἀνάμεσα στοὺς πόλους ὑπάρχει μιά θέση, πού ἡ μαγνητικὴ ιδιότητα ἐκδηλώνεται πάρα πολὺ λίγο ἢ

καθόλου. Ἡ θέση αὐτή λέγεται οὐδέτερη ζώνη.

Ὅταν ὁ μαγνήτης μπορεῖ νά περιστρέφεται γύρω ἀπὸ κατακόρυφο ἄξονα, προσανατολίζεται ἔτσι, πού ὁ ἕνας πόλος του, πάντοτε ὁ ἴδιος, νά στρέφεται στό βορρᾶ καί ὁ ἄλλος στό νότο. Αὐτός πού στρέφεται στό βορρᾶ λέγεται βόρειος πόλος τοῦ μαγνήτη καί ὁ ἄλλος νότιος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3ο

Ἐπίδραση τῶν μαγνητικῶν πόλων μεταξύ τους

Ἀπαραίτητα ὄργανα

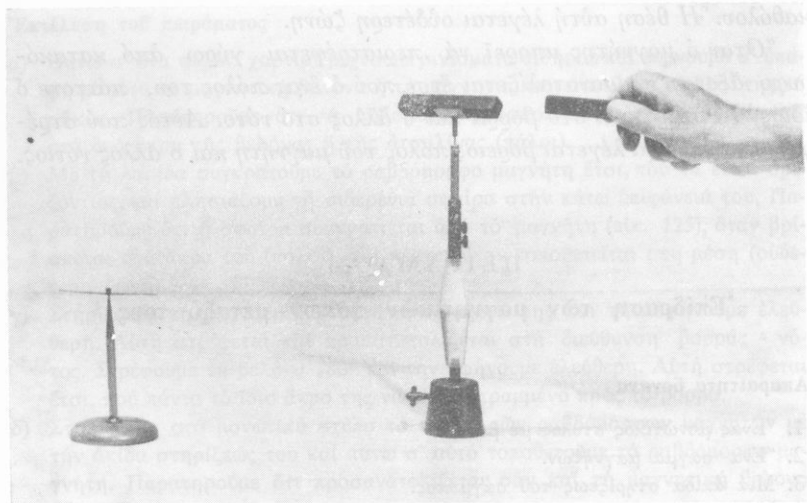
1. Ἕνας μονωτικὸς στύλος μέ βάση.
2. Ἕνα σάγμα μαγνητῶν.
3. Μιά ἀκίδα στηριξέως τοῦ σάγματος.
4. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
5. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
6. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
7. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλὸς (σταυρός).
8. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
9. Ἕνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
10. Μιά μαγνητική βελόνα πάνω σέ βάση.
11. Μιά μαγνητισμένη ἀτσαλίνα μήκους 20-25 cm.
12. Ἕνα κομμάτι νῆμα μήκους 50 cm.
13. Ἕνα στήριγμα αἰωρούμενων μαγνητῶν.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

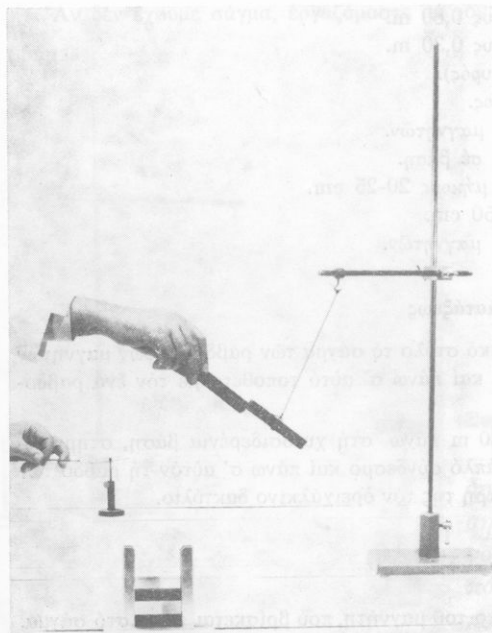
- α) Στηρίζουμε πάνω στό μονωτικὸ στύλο τὸ σάγμα τῶν ραβδόμορφων μαγνητῶν μέ τὴν ἀκίδα στηριξέως του καί πάνω σ' αὐτὸ τοποθετοῦμε τὸν ἕνα ραβδόμορφο μαγνήτη.
- β) Βιδώνουμε τὴ ράβδο τῶν 0,80 m πάνω στὴ χυτοσιδερένια βάση, στηρίζουμε στό πάνω μέρος της τὸν ἀπλὸ σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτὸν τὴ ράβδο τῶν 0,30 m ὀριζόντια καί στὴν ἄκρη της τὸν ὀρειχάλκινο δακτύλιο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Πλησιάζουμε στό βόρειο πόλο τοῦ μαγνήτη, πού βρίσκεται πάνω στό σάγμα, τὸ βόρειο πόλο τοῦ ἄλλου ραβδόμορφου μαγνήτη. Παρατηροῦμε ζωνηρή ἀ-



Εικ. 127



Εικ. 128

πωση. Τό ίδιο παρατηρούμε, αν πλησιάσουμε ιόν ένα στόν άλλο τούς νότιους πόλους τών δυό μαγνητών (εϊκ. 127).

- β) Πλησιάζουμε τώρα τούς δυό έτερόνυμους πόλους τών δυό μαγνητών. Παρατηρούμε ζωηρή έλξη.
- γ) Δένουμε τό ραβδόμορφο μαγνήτη μέ τό νήμα από τό μέσο του καί τόν κρεμάμε από τό δακτύλιο έτσι, πού νά ίσορροπεύ έρίζοντια. Πλησιάζουμε στό βόρειο πόλο του κρεμασμένου μαγνήτη τό βόρειο πόλο του άλλου ραβδόμορφου μαγνήτη. Παρατηρούμε ζωηρή άπωση. Τό ίδιο παρατηρούμε, αν πλησιάσουμε τόν ένα στόν άλλο τούς νότιους πόλους τών δυό μαγνητών.
- δ) Πλησιάζουμε πάλι τούς έτερόνυμους πόλους τών δυό μαγνητών. Παρατηρούμε ζωηρή έλξη (εϊκ. 128).
- ε) Έπαναλαμβάνουμε τά ίδια χρησιμοποιώντας τή μαγνητική βελόνα καί τή μαγνητισμένη άτσαλίνα.
- στ) Στο στήριγμα αιώρουμένων μαγνητών τοποθετούμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη καί πάνω από αυτόν τόν άλλο μέ τούς όμώνυμους πόλους προς τό ίδιο μέρος. Παρατηρούμε ότι ό δεύτερος μαγνήτης αιωρείται σέ όρισμένη άπόσταση από τόν πρώτο. Αν άναστρέψουμε τούς πόλους στόν έναν από αυτούς, οι δυό μαγνήτες προσκολλώνται.

Συμπέρασμα

Οί όμώνυμοι πόλοι τών δυό μαγνητών άπωθοῦνται, οι έτερόνυμοι πόλοι έλκονται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4ο

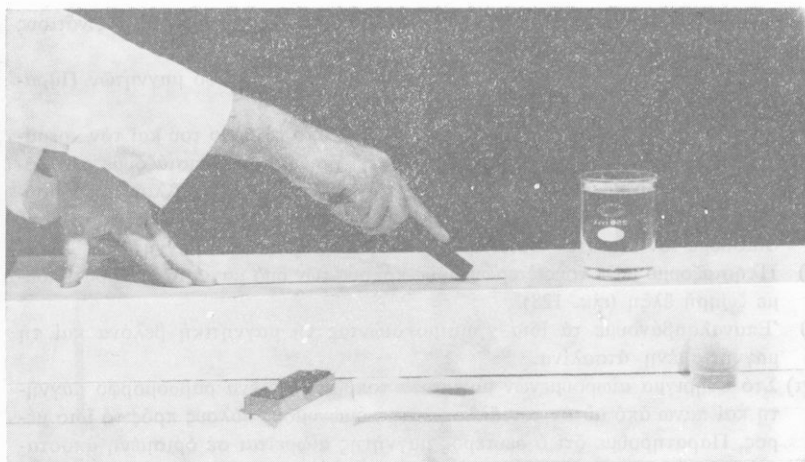
Κατασκευή μαγνήτη. Μαγνήτιση μέ προστριβή μέ μόνιμο μαγνήτη

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
2. Μιά άτσαλίνα μήκους 30-40 cm άμαγνήτιστη.
3. Μιά ξυριστική λεπίδα.
4. Ρινίσματα σιδήρου.
5. Ένα ποτήρι νερό.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω σ' ένα φύλλο χαρτιού ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου καί φέρνουμε σ' επαφή μέ αυτά τήν άτσαλίνα. Παρατηρούμε ότι ή άτσαλίνα δέν έλκει τά ρινίσματα· δέν είναι μαγνητισμένη.



Εικ. 129

- β) Τρίβουμε με τό ένα άκρο του ραβδόμορφου μαγνήτη την άτσαλίνα πάντα κατά την ίδια φορά, 3-4 φορές. Δοκιμάζουμε τώρα την άτσαλίνα στά ρινίσματα σιδήρου. Ή άτσαλίνα έλκει τά ρινίσματα, έπομένως έχει μαγνητιστεί.
- γ) Τρίβουμε όπως παραπάνω την ξυριστική λεπίδα, όποτε αυτή μαγνητίζεται. Τή ρίχνουμε μέσα στό νερό του ποτηριού έτσι, πού νά πέσει μέ τό έπίπεδό της παράλληλο πρός την επιφάνεια του νερού. Ή ξυριστική λεπίδα επιπλέει και ταυτόχρονα προσανατολίζεται κατά τή διεύθυνση βορράς - νότος (εικ. 129).

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά μαγνητίσουμε χαλύβδινη ράβδο, αν την τρίβουμε μέ ένα μαγνήτη πάντοτε κατά την ίδια φορά.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5ο

Μαγνήτιση μέ ηλεκτρικό ρεύμα. Άπομαγνήτιση

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου 55V, 10Α.
3. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων, πού έχει μέσα τρείς στήλες τών 4,5 V.

4. Ένα πηνίο των 300 σπειρών.
5. Ένας διακόπτης μπουτόν.
6. Τρία καλώδια συνδέσεως μήκους 50 cm.
7. Μιά ράβδος χαλύβδινη (ό χαλύβδινος πυρήνας του ραβδοειδή ηλεκτρομαγνήτη).
8. Ένα κουτί με ρινίσματα σιδήρου.
9. Λίγα μικρά καρφάκια.

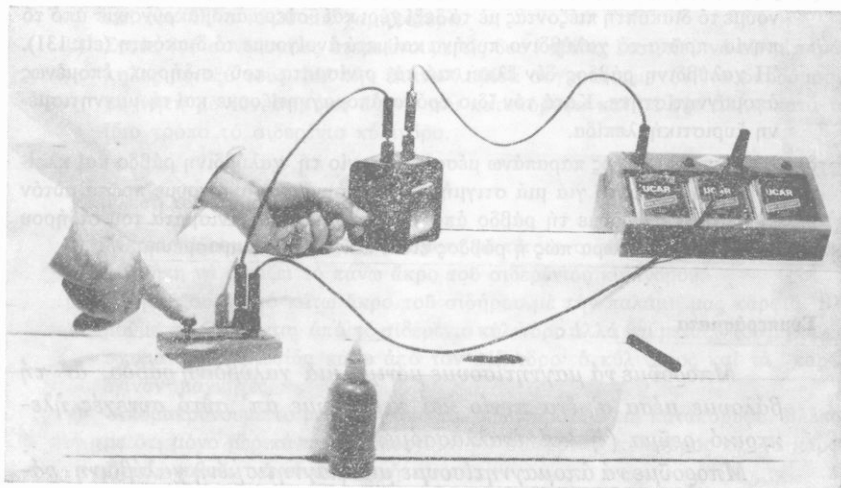
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

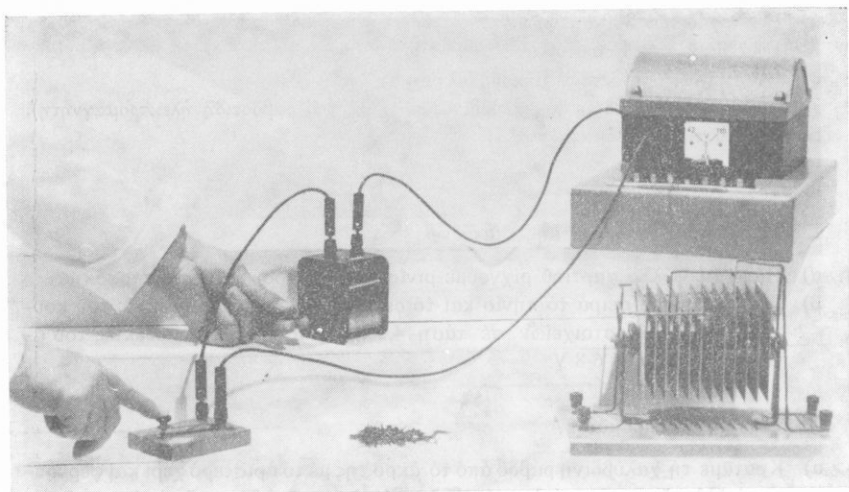
- α) Πάνω σε φύλλο χαρτιού ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου ή μικρά καρφάκια.
- β) Συνδέουμε στη σειρά τό πηνίο καί τό διακόπτη μέ τούς άκροδέκτες τοῦ κουτιοῦ τῶν ξηρῶν στοιχείων σέ τάση 4,5 ἢ 9 V ἤ μέ τούς άκροδέκτες τοῦ ἀνορθωτῆ σέ τάση 6-8 V.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κρατᾶμε τή χαλύβδινη ράβδο ἀπό τό ἄκρο της μέ τό ἄριστερό χέρι καί φέρνουμε τό ἄλλο ἄκρο της σέ ἐπαφή μέ τά ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἤ μέ τά καρφάκια. Ἡ ράβδος δέν τά ἔλκει, δέν εἶναι μαγνήτης. Βάζουμε τή ράβδο μέσα στό πηνίο, κλείνουμε πρὸς στιγμή τό διακόπτη καί τόν ἀνοίγουμε πάλι (εἰκ. 130). Βγάζουμε τή ράβδο ἀπό τό πηνίο καί τή δοκιμάζουμε φέρνοντάς τη στά ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἤ στά καρφιά· τότε παρατηροῦμε ὅτι τά ἔλκει· ἔχει γίνει μαγνήτης.

Εἰκ. 130





Εικ. 131

- β) Μαγνητίζουμε κατά τόν ίδιο τρόπο τήν ξυριστική λεπίδα.
- γ) Αποσυνδέουμε τούς άκροδέκτες τών καλωδίων από τούς άκροδέκτες του κουτιού τών ξηρών στοιχείων και τούς συνδέουμε στους άκροδέκτες του μετασχηματιστή σέ τάση 10-12 V. Βάζουμε όπως και πύ πάνω τό χαλύβδινο πυρήνα μέσα στό πηνίο και κρατώντας τον από τό άκρο μέ τό άριστερό κλείνουμε τό διακόπτη πιέζοντας μέ τό δεξιό χέρι και ύστερα απομακρύνουμε από τό πηνίο πρώτα τό χαλύβδινο πυρήνα και μετά ανοίγουμε τό διακόπτη (Εικ.131). Ή χαλύβδινη ράβδος δέν έλκει πιά τά ρινίσματα του σιδήρου, έπομένως απομαγνητίστηκε. Κατά τόν ίδιο τρόπο απομαγνητίζουμε και τή μαγνητισμένη ξυριστική λεπίδα.
- δ) Βάζουμε πάλι όπως παραπάνω μέσα στό πηνίο τή χαλύβδινη ράβδο και κλείνουμε τό διακόπτη για μία στιγμή και στή συνέχεια ανοίγουμε πρώτα αυτόν και ύστερα βγάζουμε τή ράβδο από τό πηνίο. Μέ τά ρινίσματα του σιδήρου διαπιστώνουμε τώρα πώς ή ράβδος είναι και πάλι μαγνητισμένη.

Συμπεράσματα

Μπορούμε νά μαγνητίσουμε μόνιμα μιά χαλύβδινη ράβδο, άν τή βάλουμε μέσα σ' ένα πηνίο και περάσουμε απ' αυτό συνεχές ήλεκτρικό ρεύμα (ή και έναλλασσόμενο).

Μπορούμε νά απομαγνητίσουμε μιά μαγνητισμένη χαλύβδινη ρά-

βδο, αν τή βάλουμε μέσα σ' ένα πηνίο και περάσουμε απ' αυτό ένα εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα και ύστερα τή βγάλουμε γρήγορα από τό πηνίο, χωρίς νά διακόψουμε τό ρεύμα πού περνά από τό πηνίο (φθίνον εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο).

ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Μαγνήτιση από επαγωγή

Απαραίτητα όργανα

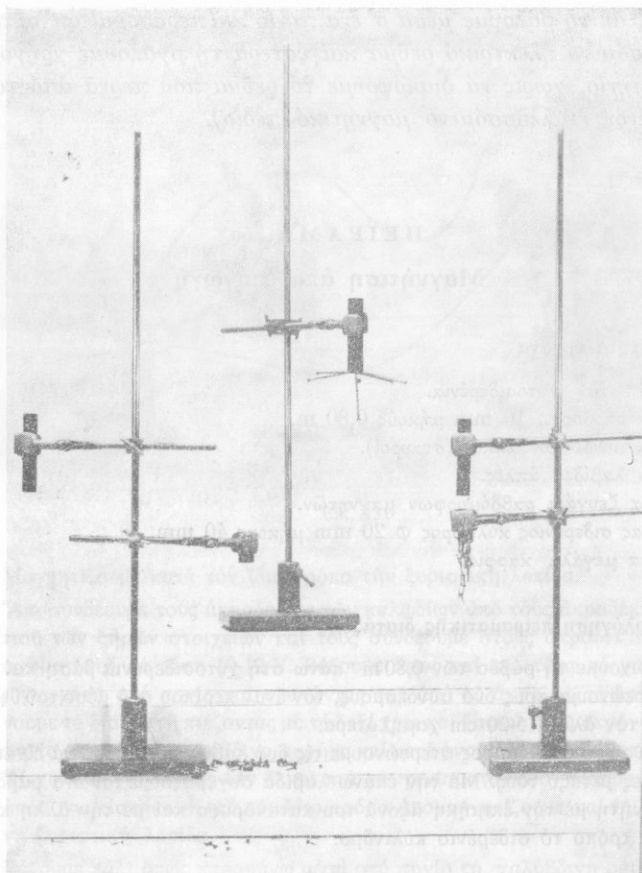
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό συνδέσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Δυό λαβίδες άπλές.
5. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
6. Ένας σιδερένιος κύλινδρος ϕ 20 mm μήκους 40 mm.
7. Λίγα μεγάλα καρφιά.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε τή ράβδο των 0,80 m πάνω στη χυτοσιδερένια βάση και σ' αυτή στερεώνουμε τούς δυό συνδέσμους, τόν έναν περίπου στο μέσο του ύψους της και τόν άλλο 15-20 cm χαμηλότερα.
- β) Στούς δυό συνδέσμους στερεώνουμε τίς δυό λαβίδες έτσι, πού νά είναι παράλληλες μεταξύ τους. Μέ τήν επάνω λαβίδα συγκρατούμε τόν ένα ραβδόμορφο μαγνήτη μέ τόν επιμήκη άξονά του κατακόρυφο και μέ τήν άλλη κατά τόν ίδιο τρόπο τό σιδερένιο κύλινδρο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Μετατοπίζουμε τούς δυό συνδέσμους μέ τέτοιο τρόπο, πού τό κάτω άκρο του μαγνήτη νά άγγίζει τό πάνω άκρο του σιδερένιου κυλίνδρου.
- β) Πλησιάζουμε στο κάτω άκρο του σιδήρου μέ τήν παλάμη μας καρφιά. Βλέπουμε πώς έλκονται από τό σιδερένιο κύλινδρο αλλά και μεταξύ τους, και πώς σχηματίζουν άλυσίδα κάτω από τόν κύλινδρο· ό κύλινδρος και τά καρφιά έγιναν μαγνήτες.
- γ) Απομακρύνουμε τό μαγνήτη από τόν κύλινδρο 1-2 cm κατακόρυφα. Βλέπουμε ότι μόνο μερικά καρφιά πέφτουν. Ό σιδερένιος κύλινδρος και τά καρφιά εξακολουθούν νά είναι μαγνήτες.



Εικ. 132

- δ) Απομακρύνουμε πιά πολύ τό μαγνήτη από τό σιδερένιο κύλινδρο, περιστρέφοντας τό σύνδεσμο πού πάνω του συγκρατείται ή λαρίδα πού τόν κρατά. Τά καρφιά πέφτουν. Ο κύλινδρος καί τά καρφιά δέν εἶναι πιά μαγνήτες.
- ε) Στο κάτω ἄκρο τοῦ μαγνήτη φέρνουμε σ' ἐπαφή δέσμη ἀπό καρφιά ἔτσι, πού νά ἀκουμποῦν στοῦ μαγνήτη οἱ αἰχμές τους. Αὐτά γίνονται μαγνήτες μέ τοὺς ὁμώνυμους πόλους τόν ἔναν κοντά στόν ἄλλο. Οἱ κεφαλές τῶν καρφιών, ὡς ὁμόνυμοι πόλοι, ἀποθώδονται καί τά καρφιά ἀποκλίνουν ἀπό τήν κατακόρυφη θέση τους (εἰκ. 132).

Συμπεράσματα

“Όταν κομμάτια από μαλακό σίδηρο έρθουν σ’ επαφή ή βρεθούν κοντά σέ μαγνήτη, μαγνητίζονται από τήν επίδρασή του. Ο τρόπος αυτός μαγνητίσεως λέγεται μαγνήτιση από επαγωγή.

“Αν απομακρύνουμε τό μαγνήτη πού επιδρά, παύει καί ή μαγνήτιση τοῦ μαλακοῦ σιδήρου.

Σημείωση

“Αν αντί γιά μαλακό σίδηρο χρησιμοποιήσουμε χάλυβα, αυτός μαγνητίζεται τό ίδιο, αλλά μένει μαγνητισμένος κι όταν απομακρύνουμε τό μαγνήτη πού επιδρά.

Εικ. 133

ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

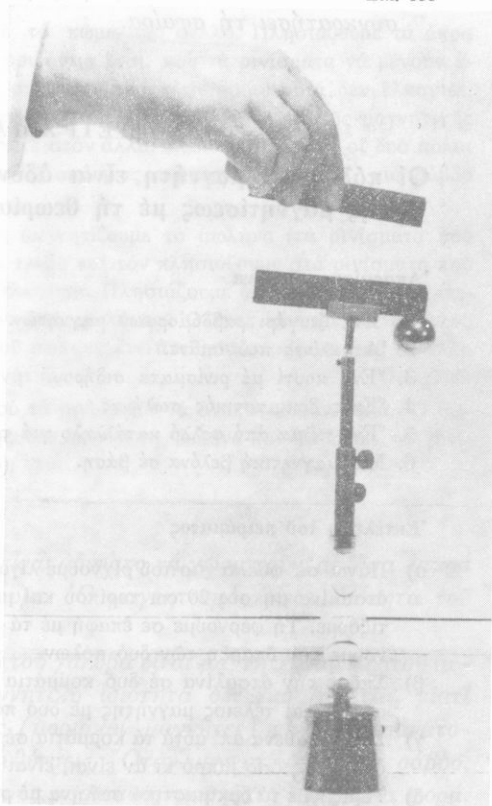
Ίσμοβαία έξουδετέρωση τῶν πόλων

Ίσμοβαίτητα ὄργανα

1. “Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
2. Μιά σφαίρα σιδερένια ϕ 20 mm.
3. “Ένας μονωτικός στύλος σέ βάση.
4. “Ένα σάγμα μαγνητῶν.
5. Μιά άκίδα στηρίξεως τοῦ σάγματος.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διάταξης

Πάνω στό μονωτικό στύλο στηρίζουμε μέ τήν άκίδα τό σάγμα τῶν ραβδόμορφων μαγνητῶν καί πάνω σ’ αὐτό τοποθετοῦμε τόν ένα ραβδόμορφο μαγνήτη.



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Στὴν κάτω ἐπιφάνεια τοῦ μαγνήτη πού βρίσκεται στό σάγμα καί κοντά στόν ἕναν πόλο του πλησιάζουμε τή σιδερένια σφαῖρα. Αὐτή συγκρατεῖται ἀπό τὸ μαγνήτη. Στό σάγμα καί πάνω στό μαγνήτη πού εἶναι τοποθετημένος σ' αὐτὸ βάζουμε τὸ δεύτερο μαγνήτη μέ τέτοιο τρόπο, πού οἱ ἑτερόνυμοι πόλοι τῶν δύο μαγνητῶν νά εἶναι πρὸς τὸ ἴδιο μέρος (εἰκ. 133). Ἡ σιδερένια σφαῖρα πέφτει.

Συμπέρασμα

Ὁ πόλος τοῦ πρώτου μαγνήτη πού συγκρατοῦσε τή σιδερένια σφαῖρα φαινομενικά ἐξασθένησε ἀπὸ τὴν παρουσία τοῦ ἑτερόνυμου πόλου τοῦ ἄλλου μαγνήτη τόσο, πού νά μὴν μπορεῖ πιά νά συγκρατήσῃ τή σφαῖρα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

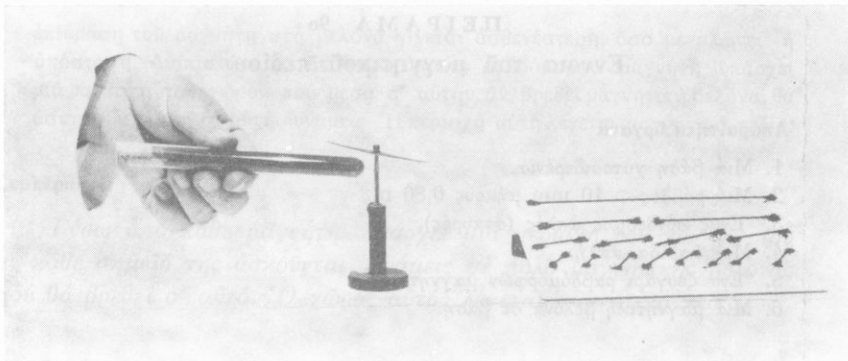
Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτη εἶναι ἀδύνατο νά χωριστοῦν. Ἐξήγηση τῆς μαγνητίσσεως μέ τή θεωρία τῶν μοριακῶν μαγνητῶν

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
2. Ἀτσαλίνες πού σπᾶνε.
3. Ἐνα κουτί μέ ρινίσματα σιδήρου.
4. Ἐνας δοκιμαστικός σωλήνας.
5. Ἐνα πῶμα ἀπὸ φελλὸ κατάλληλο γιὰ τὸ δοκιμαστικό σωλήνα.
6. Μιά μαγνητική βελόνα σέ βάση.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Πάνω σέ φύλλο χαρτιοῦ ρίχνουμε λίγα ρινίσματα σιδήρου. Παίρνουμε μιά ἀτσαλίνα μήκους 20 cm περίπου καί μέ τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη τὴ μαγνητίζουμε. Τὴ φέρνουμε σέ ἐπαφή μέ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καί διαπιστώνουμε τὴν ὑπαρξὴ τῶν δύο πόλων.
- β) Σπᾶμε τὴν ἀτσαλίνα σέ δύο κομμάτια καί διαπιστώνουμε πὼς καθένα ἀπ' αὐτὰ εἶναι τέλειος μαγνήτης μέ δύο πόλους.
- γ) Σπᾶμε καθένα ἀπ' αὐτὰ τὰ κομμάτια σέ ἀκόμα πιὸ πολλὰ μικρότερα. Καθένα ἀπὸ αὐτὰ, ὅσο μικρὸ κι ᾗν εἶναι, εἶναι τέλειος μαγνήτης μέ δύο πόλους.
- δ) Γεμίζουμε τὸ δοκιμαστικό σωλήνα μέ ρινίσματα σιδήρου ἀφήνοντάς 1-2 cm



Εικ. 134

κενό και τόν κλείνουμε με τό πῶμα ἀπό φελλό. Πλησιάζουμε τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνα, κρατώντας τον ὀριζόντια ἔτσι, πού τὰ ρινίσματα νά μένουν ἀκίνητα, σέ λεπτά ρινίσματα σιδήρου (σκόνη σιδήρου)· αὐτά δέν ἔλκονται. Πλησιάζουμε πάλι τό ἓνα ἄκρο τοῦ σωλήνα στούς πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνας, πότε στόν ἓναν καί πότε στόν ἄλλο. Βλέπουμε πῶς καί οἱ δύο πόλοι ἔλκουν τό ἄκρο τοῦ σωλήνα. Ὁ σωλήνας συμπεριφέρεται σάν μιὰ ράβδο ἀπό μαλακό σίδηρο.

- ε) Μέ τό ραβδόμορφο μαγνήτη μαγνητίζουμε τό σωλήνα (τά ρινίσματα πού βρίσκονται μέσα σ' αὐτόν) μέ τριβή καί τόν πλησιάζουμε στά ρινίσματα πού βρίσκονται στό χαρτί. Αὐτά ἔλκονται. Πλησιάζουμε ἀκόμα τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνα στούς πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνας. Ὁ ἓνας ἔλκεται καί ὁ ἄλλος ἀπωθεῖται ἀπό τό ἓνα ἄκρο τοῦ σωλήνα, ἐνῶ ἀντίθετα συμβαίνει ἀπό τό ἄλλο ἄκρο. Ὁ σωλήνας εἶναι μαγνήτης.
- στ) Κινῶμε τό σωλήνα ἔτσι, πού τὰ ρινίσματα νά ἀνακατευθοῦν καλά. Ὁ σωλήνας παύει νά εἶναι μαγνήτης· δέν ἀπωθεῖ τή βελόνα καί δέν ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (εἰκ. 134).

Συμπεράσματα

Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτη εἶναι ἀδύνατο νά χωριστοῦν, σέ ὅσα μικρὰ κομμάτια κι ἂν τόν κόψουμε. Ὁ μαγνητισμός εἶναι ιδιότητα τοῦ μορίου.

Τά μόρια τοῦ σιδήρου ἢ τοῦ χάλυβα εἶναι μαγνήτες καί προτοῦ αὐτός μαγνητιστεῖ. Ἡ μαγνητική ιδιότητα δέν ἐκδηλώνεται, γιατί οἱ μικροί αὐτοί μαγνήτες (μοριακοί μαγνήτες) εἶναι προσανατολισμένοι σέ ὅλες τίς διευθύνσεις. Ὅταν μαγνητίζουμε μιὰ ράβδο, προσανατολίζουμε ὅλους τοὺς μοριακοὺς μαγνήτες στήν ἴδια φορά.

Έννοια του μαγνητικού πεδίου

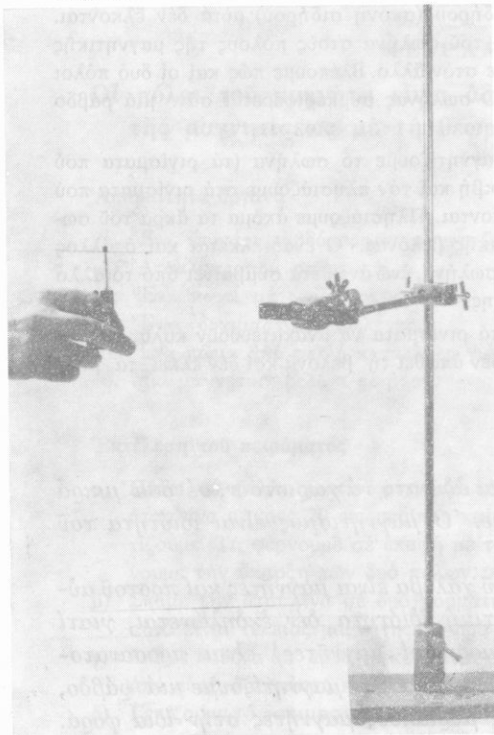
Απαραίτητα όργανα

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 ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
6. Μιά μαγνητική βελόνα σέ βάση.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Βιδώνουμε τή ράβδο τών 0,80 m πάνω στή χυτοσιδερένια βάση. Πάνω σ' αὐ-

Εικ. 135



τή καί σέ ὕψος 30 cm περίπου στηρίζουμε τόν άπλό σύνδεσμο καί πάνω σ' αὐτόν στερεώνουμε μέ τό άκρο τοῦ στελέχους τῆς τῆ λαβίδα.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Μέ τήν ὀρειχάλκινη λαβίδα συγκρατοῦμε ἕνα ραβδόμορφο μαγνήτη ὀριζόντια. Παίρνουμε τή μαγνητική βελόνα πού στηρίζεται στόν άξονά τῆς καί τήν πλησιάζουμε στό ραβδόμορφο μαγνήτη σ' απόσταση π.χ. 15 cm, σέ διάφορες θέσεις ἐπάνω στό ὀριζόντιο ἐπίπεδο πού περνά από τόν άξονα τοῦ μαγνήτη, πάνω ἀπ' αὐτόν καί κάτω ἀπ' αὐτόν. Παρατηροῦμε πώς σ' ὅλες αὐτές τίς θέσεις ἡ ἐπίδραση τοῦ μαγνήτη στή βελόνα γίνεται ἔντονα αἰσθητή (εἰκ. 135).

β) Ξανακάνουμε τό ἴδιο σ' απόσταση π.χ. 30 cm, 50 cm κτλ. 'Η

επίδραση του μαγνήτη στη βελόνα γίνεται ασθενέστερη, όσο μεγαλώνει ή απόσταση. Διαπιστώνουμε ότι γύρω από το ραβδόμορφο μαγνήτη υπάρχει μία περιοχή του χώρου που μέσα σ' αυτήν, αν βρεθεί μαγνητική βελόνα, θα άσκηθούν επάνω σ' αυτή δυνάμεις. Η περιοχή αυτή λέγεται μαγνητικό πεδίο.

Συμπέρασμα

Γύρω από κάθε μαγνήτη υπάρχει μία περιοχή του χώρου, που σέ κάθε σημείο της άσκούνται δυνάμεις σέ πόλο μαγνητικής βελόνας που θα βρεθεί σ' αυτό. Ο χώρος αυτός λέγεται μαγνητικό πεδίο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

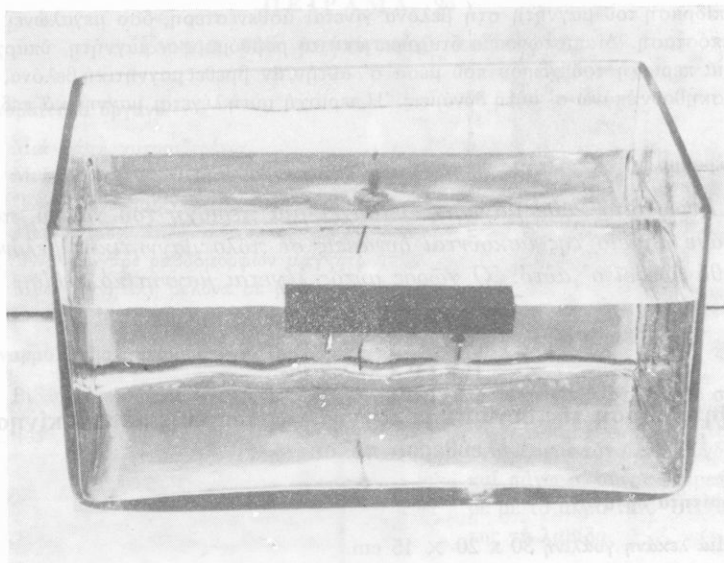
Αίσθητοποίηση της δυναμικής μαγνητικής γραμμής με την κίνηση ελεύθερου πόλου

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά λεκάνη γυάλινη 30 x 20 x 15 cm.
2. Δυό πλαστικές βεντούζες με άγκιστρο.
3. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
4. Μιά άτσαλίνα.
5. Πώματα φελλού διαφόρων διαμέτρων.
6. Ένα λεπτό κερί.
7. Μιά ξυριστική λεπίδα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στην εξωτερική επιφάνεια της μεγάλης έδρας της λεκάνης καί 2-3 cm πιά κάτω από τά χείλη της προσκολλάμε τίς βεντούζες σ' απόσταση τή μιά από τήν άλλη πιά μικρή από τό μήκος του ραβδόμορφου μαγνήτη. Γεμίζουμε τή λεκάνη νερό ως τό ύψος που βρίσκονται οί βεντούζες καί στό άγκιστρό τους τοποθετούμε τόν ένα ραβδόμορφο μαγνήτη.
- β) Κόβουμε από τήν άτσαλίνα ένα κομμάτι 10-12 cm, τό μαγνητίζουμε μέ τόν άλλο ραβδόμορφο μαγνήτη καί τό περνάμε στό πώμα του φελλού έτσι, που νά εξέχει τό άκρο του από τή μικρή βάση του περίπου ένα έκατοστόμετρο. Κόβουμε μέ τήν ξυριστική λεπίδα από τό κερί ένα κομμάτι 2-3 cm καί τό στερεώνουμε στό κοντό άκρο τής άτσαλίνας που βγαίνει έξω από τό πώμα. Βάζουμε τό φελλό μέσα στό νερό τής λεκάνης μέ τό κερί πρός τά πάνω. Άν ό φελλός μέ τήν άτσαλίνα καί τό κερί δέν ίσορροπεί κατακόρυφα, τόν αλλάζουμε μ' έναν άλλο που νά έχει πιά μεγάλη διάμετρο. Άκόμα μεταβάλλουμε τό μήκος του κεριού, ώσου ή άτσαλίνα νά ίσορροπήσει κατακόρυφα.



Είκ. 136

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Ἀνάβουμε τό κερί καί πλησιάζουμε τό φελλό μέ τήν κατακόρυφη ἄτσαλίνα, κυθώς ἐπιπλέει, στήν περιοχή τοῦ πόλου τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη, τοῦ δ-μῶνυμου μέ τόν πόλο τοῦ πάνω ἄκρου τῆς μαγνητισμένης ἄτσαλίνας, καί τόν ἀφήνουμε ἐλεύθερο. Βλέπουμε πώς ὁ φελλός μέ τό κερί ἀπομακρύνεται ἀπό τό ἄκρο τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη καί ἀπό τά τοιχώματα τῆς λεκάνης, γιατί ἀπωθεῖται, κι ἄφου διαγράψει καμπύλη τροχιά, ξαναγυρίζει κοντά στά τοιχώματα τῆς λεκάνης καί προσκολλᾶται σ' αὐτά στήν περιοχή τοῦ ἄλλου πόλου τοῦ ραβδόμορφου μαγνήτη (εἰκ. 136).

Συμπέρασμα

Μέ τήν ἀπλή διάταξη πού περιγράψαμε πετύχαμε νά ἔχουμε κατά κάποιο τρόπο ἐλεύθερο πόλο, ὁ ὁποῖος κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πού δημιουργεῖται ἀπό τό ραβδόμορφο μαγνήτη κινεῖται διαγράφοντας καμπύλη γραμμή, τή μαγνητική δυναμική γραμμή.

Αίσθητοποίηση του μαγνητικού πεδίου. Δυναμικές μαγνητικές γραμμές

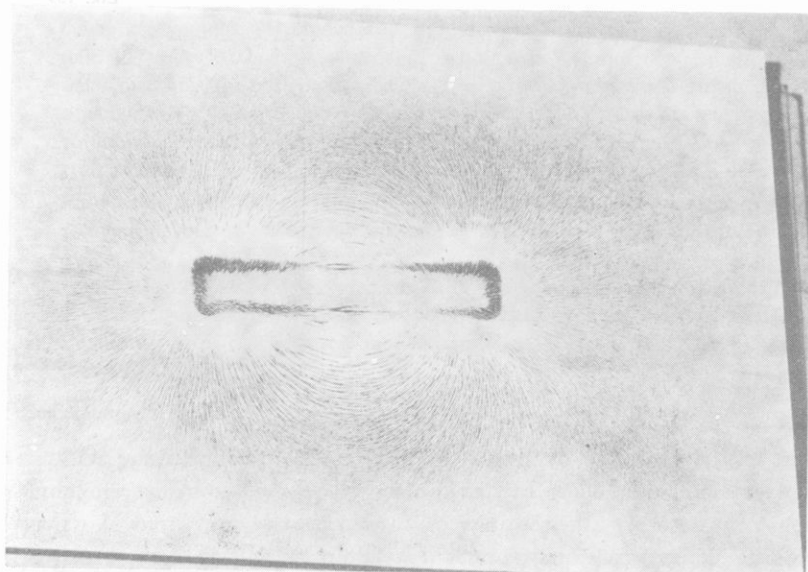
Απαραίτητα όργανα

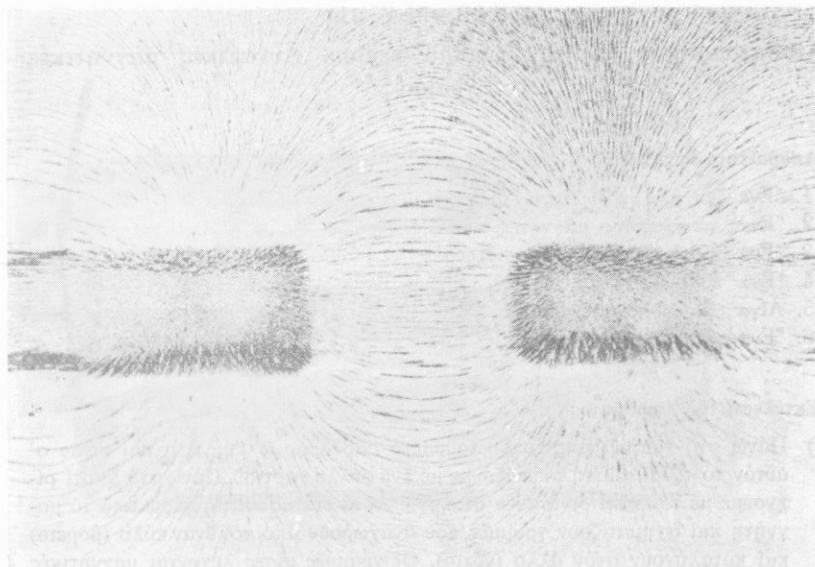
1. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
2. Ένας πεταλοειδής μαγνήτης.
3. Ένα κουτί με ρινίσματα σιδήρου.
4. Ένα κομμάτι τζάμι.
5. Λίγα φύλλα λευκού χαρτιού.
6. Ένα φιαλίδιο λάκ (lac).

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Πάνω στο τραπέζι μας τοποθετούμε τό ραβδόμορφο μαγνήτη καί πάνω σ' αὐτόν τό τζάμι πού τό σκεπάζουμε μέ ἕνα φύλλο χαρτιοῦ. Πάνω στό χαρτί ρίχνουμε μέ τό κουτί ρινίσματα σιδήρου. Αὐτά διατάσσονται γύρω ἀπό τό μαγνήτη καί σχηματίζουν γραμμές πού ἀναχωροῦν ἀπό τόν ἕναν πόλο (βόρειο) καί καταλήγουν στόν ἄλλο (νότιο). Οἱ γραμμές αὐτές λέγονται μαγνητικές

Εἰκ. 137

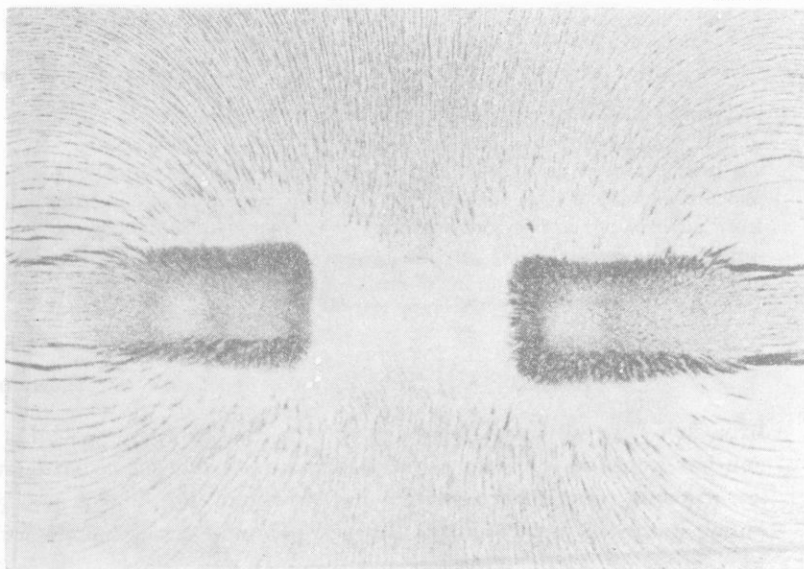


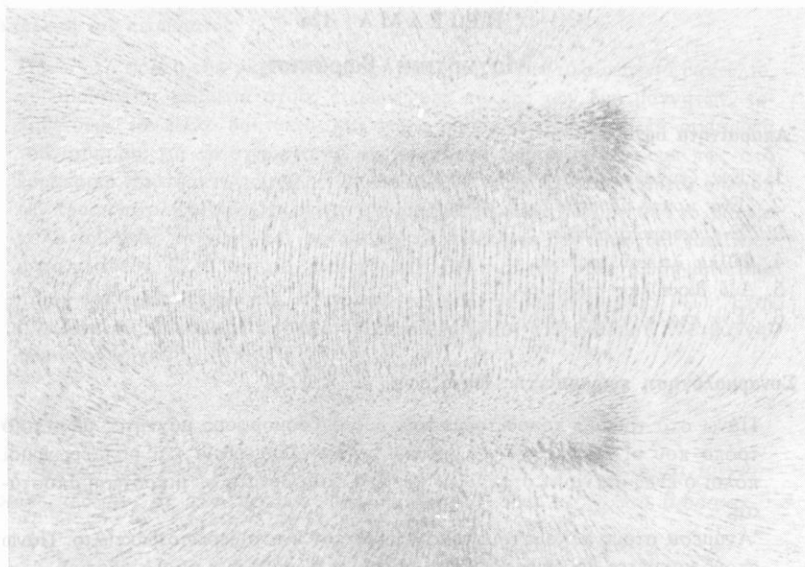


Εικ. 138

Εικ. 131

Εικ. 139





Εικ. 140

δυναμικές γραμμές. Η εικόνα που σχηματίζεται λέγεται μαγνητικό φάσμα (εικ. 137). Αν θέλουμε να δείξουμε το μαγνητικό φάσμα στους μαθητές, το ψεκάζουμε με λάκ έτσι, που τα ρινίσματα να κολλήσουν στο χαρτί. Τά α- φήνουμε λίγο ακίνητα να ξεραθούν και σηκώνουμε κατακόρυφα το τζάμι· τό άπομακρύνουμε από τό μαγνήτη και βγάζουμε άπ' αυτό τό φύλλο του χαρ- τίου που πάνω του είναι σχηματισμένο τό μαγνητικό φάσμα.

- β) Ξανσάνουμε τά ίδια χρησιμοποιώντας τούς δυό ραβδόμορφους μαγνήτες τοποθετημένους τόν ένα στην προέκταση του άλλου και μέ λίγη απόσταση ανάμεσα σ' αυτούς ως εξής:
1. Μέ τούς έτερόνυμους πόλους τόν ένα στραμμένο προς τόν άλλο (εικ. 138).
 2. Μέ τούς όμώνυμους πόλους τόν ένα στραμμένο προς τόν άλλο (εικ. 139).
- γ) Ξανσάνουμε τό ίδιο χρησιμοποιώντας τόν πεταλοειδή μαγνήτη (εικ. 140).

Συμπέρασμα

Οί γραμμές που σχηματίζουν τά ρινίσματα του σιδήρου και που υπάρχουν νοητά και χωρίς τά ρινίσματα στο χώρο γύρω από τό μα- γνήτη λέγονται μαγνητικές δυναμικές γραμμές. Μέ τίς δυναμικές μα- γνητικές γραμμές γίνεται αισθητή ή ύπαρξη του μαγνητικού πεδίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 12ο

Μαγνητική θωράκιση

Απαραίτητα όργανα

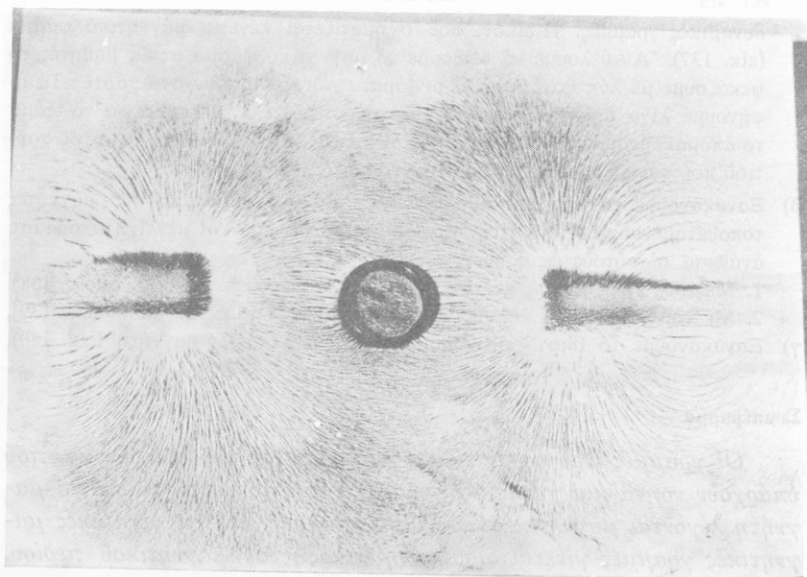
1. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
2. Ένα κουτί με ρινίσματα σιδήρου.
3. Ένα κομμάτι τζάμι.
4. Φύλλα λευκού χαρτιού.
5. Δύο δακτύλιοι σιδερένιοι.
6. Ένα φιαλίδιο λάκ (lac).

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Πάνω στο τραπέζι τοποθετούμε τούς δύο ραβδόμορφους μαγνήτες με τέτοιο τρόπο πού οί άξονές τους νά βρίσκονται στήν ίδια εὐθεία καί οί έτεράνυμοι πόλοι ό ένας άπέναντι στόν άλλο κι όσο είναι δυνατό σέ μικρότερη απόσταση.

Ανάμεσα στούς πόλους τους τοποθετούμε τόν ένα σιδερένιο δακτύλιο. Πάνω στούς μαγνήτες βάζουμε τό τζάμι καί πάνω σ' αυτό ένα φύλλο χαρτιού.

Εικ. 141



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Πάνω στό φύλλο τοῦ χαρτιοῦ καί στή θέση πάνω ἀπό τό σιδερένιο δακτύλιο, πού βρίσκεται ἀνάμεσα στούς ἑτερόνυμους πόλους τῶν δυό μαγνητῶν, τοποθετοῦμε τόν ἄλλο δακτύλιο κι ὕστερα ρίχνουμε στό χαρτί τά ρινίσματα τοῦ σιδήρου, γιά νά σχηματιστεῖ τό μαγνητικό φάσμα. Βλέπουμε πῶς στό ἐσωτερικό τοῦ δακτύλιου τά ρινίσματα μένουν ὥπως ἔπесαν, ἄτακτα, δηλαδή δέν προσανατολίζονται. Οἱ μαγνητικές γραμμές, πού ἀναχωροῦν ἀπό τό βόρειο πόλο τοῦ ἑνός μαγνήτη καί συναντοῦν τό σιδερένιο δακτύλιο, δέν μπαίνουν μέσα σ' αὐτόν, ἀλλά περνοῦν ἀπό τή μάζα τοῦ σιδήρου, συνεχίζον μετὰ ἀπό αὐτόν καί καταλήγουν στό νότιο πόλο τοῦ ἄλλου μαγνήτη (εἰκ. 141). Ἔτσι ὁ σιδερένιος δακτύλιος ἀποτελεῖ θώρακα, ἐμπόδιο, στή διάδοση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Συμπέρασμα

Μποροῦμε νά προφυλάξουμε ἓνα χωρὸ ἀπὸ τήν ἐπίδραση μαγνητικῶν πεδίων, ἂν τόν περικλείσουμε μέσα σ' ἓνα σιδερένιο θώρακα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 13ο

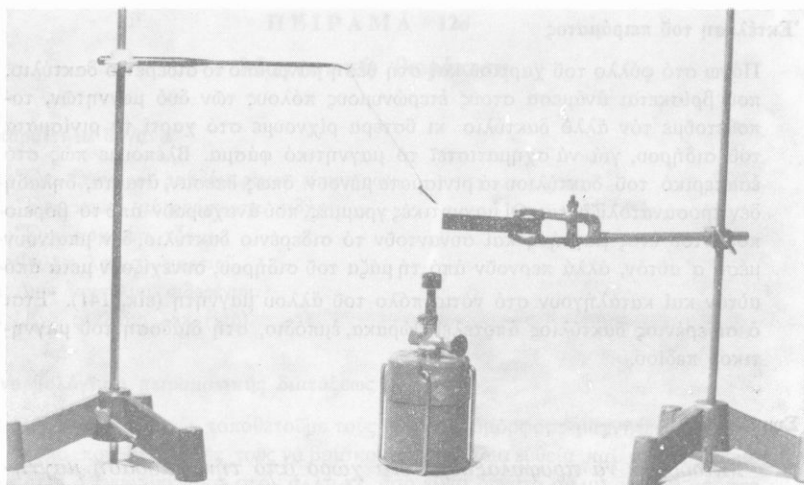
Ἐξάρτηση τῆς μαγνητίσεως ἀπὸ τή θερμοκρασία

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα ἀπλή.
5. Ἐνα ἄγκιστρο.
6. Ἐνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
7. Λίγα μικρά καρφιά.
8. Ἐνα σύρμα χάλκινο ϕ 0,5 mm μήκους 20-25 cm.
9. Ἐνας λύχνος οἰνοπνεύματος ἢ ὑγραρίου.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε σέ κάθε μιά ἀπὸ τίς δυό βάσεις ἀπὸ μιά ράβδο, πού πάνω της στερεώνουμε ἓνα σύνδεσμο. Στόν ἓνα σύνδεσμο μέ τήν ἄκρη τοῦ στελέχους της στερεώνουμε τή λαβίδα καί μ' αὐτή συγκρατοῦμε τόν ἓνα ραβδόμορφο μα-



Εικ. 142

γνήτη με τόν άξονα στήν προέκταση του στελέχους της. Τοποθετούμε τό λύχνο κάτω από τό άκρο του μαγνήτη και κανονίζουμε τό ύψος του συνδέσμου έτσι, πού ή κορυφή της φλόγας του λύχνου νά περνά μπροστά από τό άκρο αυτό, αλλά χωρίς νά άκουμπά στο μαγνήτη. Σβήνουμε τό λύχνο.

- β) Στο σύνδεσμο του άλλου όρθοστάτη στερεώνουμε τό άγκιστρο και τόν τοποθετούμε σε τέτοια θέση, πού τό άγκιστρο νά είναι παράλληλο με τόν άξονα του μαγνήτη. Δένουμε από τό ένα άκρο του σύρματος ένα καρφί και στο άλλο άκρο σχηματίζουμε κρίκο και μ' αυτόν τό κρεμάμε από τό άγκιστρο. Τοποθετούμε τούς δύο όρθοστάτες σε τέτοια απόσταση τόν έναν από τόν άλλο, πού τό καρφί έλκόμενο από τό μαγνήτη νά απέχει άπ' αυτόν 0,5-1 cm.

Έκτέλεση του πειράματος

Ανάβουμε τό λύχνο. Τό καρφί θερμαίνεται και σε μία στιγμή βλέπουμε πώς παύει νά έλκεται από τό μαγνήτη, πέφτει, εκτελεί μία αιώρηση και ξαναγυρίζει στήν προηγούμενη θέση, έλκεται και πάλι από τό μαγνήτη και σταθεροποιείται. Πολύ γρήγορα όμως πέφτει και πάλι, για νά ξαναπιαστεί από τό μαγνήτη ύστερα από μία αιώρηση. Αυτό επαναλαμβάνεται συνέχεια (εικ. 142).

Συμπεράσματα

Τό κρεμασμένο καρφί μαγνητίζεται από επαγωγή του ραβδόμορφου μαγνήτη και έλκεται άπ' αυτόν.

Κατά τή θέξμανση και, όταν φτάσει ή θερμοκρασία τό σημείο

μετατροπής, παύει ή μαγνήτιση του καρφιού και τότε πέφτει. Τήν ώρα όμως πού αιώρεϊται τό καρφί κινώνει, ή θερμοκρασία του φτάνει κάτω από τό σημείο μετατροπής κι έτσι, όταν φτάσει πάλι κοντά στό μαγνήτη, μαγνητίζεται από έπαγωγή και έλκόμενο σταθεροποιείται. Στή συνέχεια θερμαινόμενο απομαγνητίζεται πάλι, όταν αύξηθει ή θερμοκρασία κ.ο.κ.

Σημείωση

Όταν εκτελούμε τό πείραμα, πρέπει νά προσέχουμε, ώστε ή φλόγα του λύχνου νά μήν πλησιάζει πολύ τό ραβδόμορφο μαγνήτη, γιατί ύπάρχει κίνδυνος νά απομαγνητιστεί κι αύτός.

ΠΕΙΡΑΜΑ 14ο

Κατασκευή πυξίδας μέ πρόχειρα μέσα

*Απαραίτητα όργανα και ύλικά

1. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
2. Ένα χαρτόνι κυκλικό λευκό ϕ 10 cm περίπου.
3. Μιά ξυριστική λεπίδα.
4. Μιά βελόνα ραψίματος μικρού μήκους.
5. Ένα πώμα φελλού.
6. Ένα φυσίγγιο ενέσεων άδειο.
7. Ένα σωληνάριο μέ γόμμα.
8. Ένα κυκλικό πλαστικό ή χαρτίνο κουτί ϕ 10 cm περίπου.
9. Ένα πριονάκι ενέσεων.

Τρόπος έργασίας

- α) Κόβουμε τό κυκλικό χαρτόνι σε τέτοιες διαστάσεις, πού ή διάμετρός του νά είναι λίγο πιό μικρή από τή διάμετρο του κουτιού, και σχεδιάζουμε πάνω σ. αυτό τό άνεμολόγιο.
- β) Κολλάμε στήν επιφάνεια του χαρτονιού, πού δέν έχει τό άνεμολόγιο, τήν ξυριστική λεπίδα έτσι, πού τό κέντρο της νά συμπέσει μέ τό κέντρο του κυκλικού χαρτονιού κι ό άξονάς της νά έχει τή διεύθυνση βορράς-νότος, όπως σημειώνεται στό άνεμολόγιο και, αφού ξεραθεί ή γόμμα, τή μαγνητίζουμε.
- γ) Κόβουμε τά άκρα του φυσίγγιου, και τό ένα μέ τό πάνω μέρος του τό κολλάμε

στό κέντρο της ξυριστικής λεπίδας και του χαρτονιού (μέσα στην κεντρική τρύπα της ξυριστικής λεπίδας).

- δ) Καρφώνουμε στο κέντρο του πώματος του φελλού τη βελόνα του ραβίματος έτσι, πού η ακίδα να βγαίνει από τη μεριά της μικρότερης βάσεως, και κολλάμε το πώμα με τη μεγαλύτερη βάση στο κέντρο του πυθμένα του πλαστικού κουτιού.
- ε) Μέσα στο κουτί πάνω στον κατακόρυφο άξονα (βελόνα) στηρίζουμε το άνεμο γιοιο με το άκρο του φυσίγγιου. Παρατηρούμε πώς το όργανο προσανατολίζεται και μās δείχνει τη διεύθυνση βορράς - νότος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Σ Μ Ο Σ

ΠΕΙΡΑΜΑ 1ο

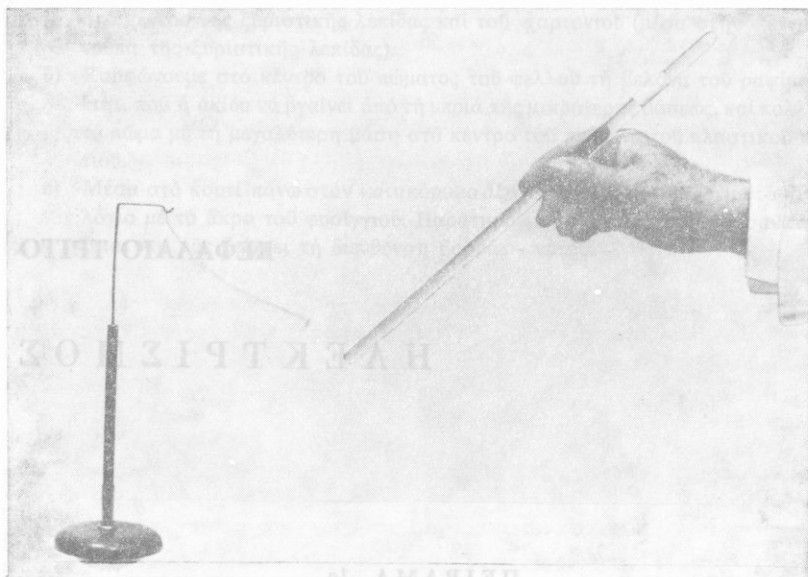
Ήλεκτριση με τριβή. Καλοί και κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά ράβδος γυάλινη.
2. Μιά ράβδος έβονίτη.
3. Ένα κομμάτι πλαστικού φύλλου.
4. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
5. Ένα ηλεκτρικό έκκρεμές.
6. Ένας κύλινδρος ηλεκτροστατικός με μονωτικό στέλεχος.

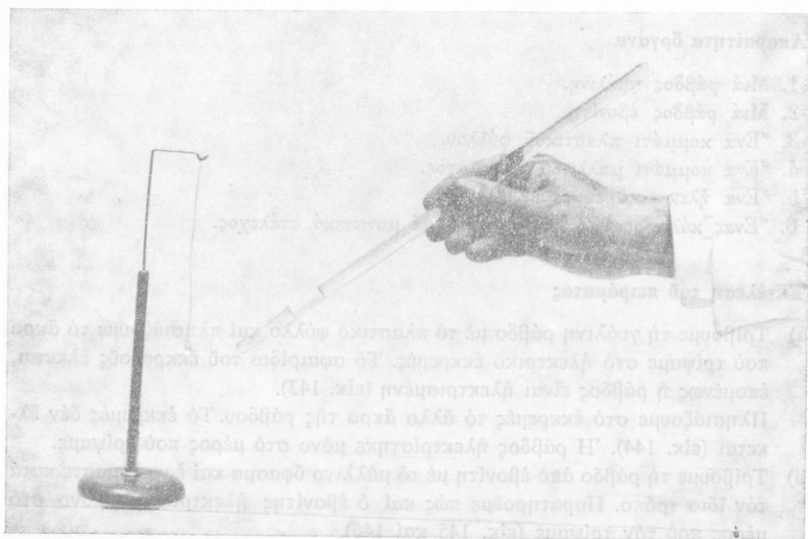
Έκτέλεση του πειράματος

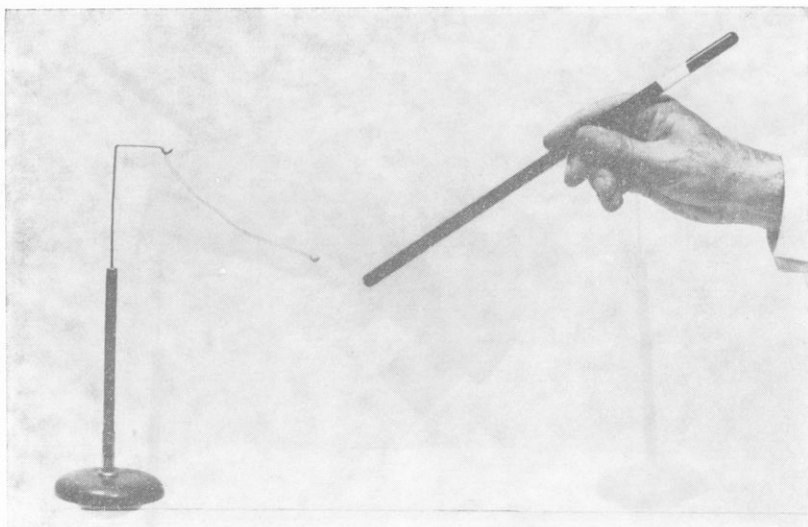
- α) Τρίβουμε τή γυάλινη ράβδο με τό πλαστικό φύλλο και πλησιάζουμε τό άκρο πού τρίψαμε στό ηλεκτρικό έκκρεμές. Τό σφαιρίδιο του έκκρεμους έλκεται, έπομένως ή ράβδος είναι ηλεκτρισμένη (είκ. 143).
Πλησιάζουμε στό έκκρεμές τό άλλο άκρο τής ράβδου. Τό έκκρεμές δέν έλκεται (είκ. 144). Έ ή ράβδος ηλεκτρίστηκε μόνο στό μέρος πού τρίψαμε.
- β) Τρίβουμε τή ράβδο από έβονίτη με τό μάλλινο ύφασμα και εργαζόμαστε κατά τόν ίδιο τρόπο. Παρατηρούμε πώς και ό έβονίτης ηλεκτρίστηκε μόνο στό μέρος πού τόν τρίψαμε (είκ. 145 και 146).



Εικ. 143

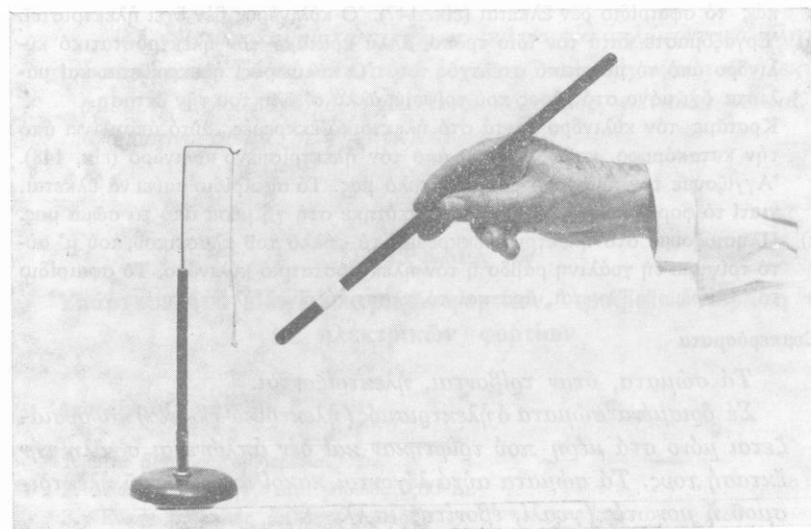
Εικ. 144

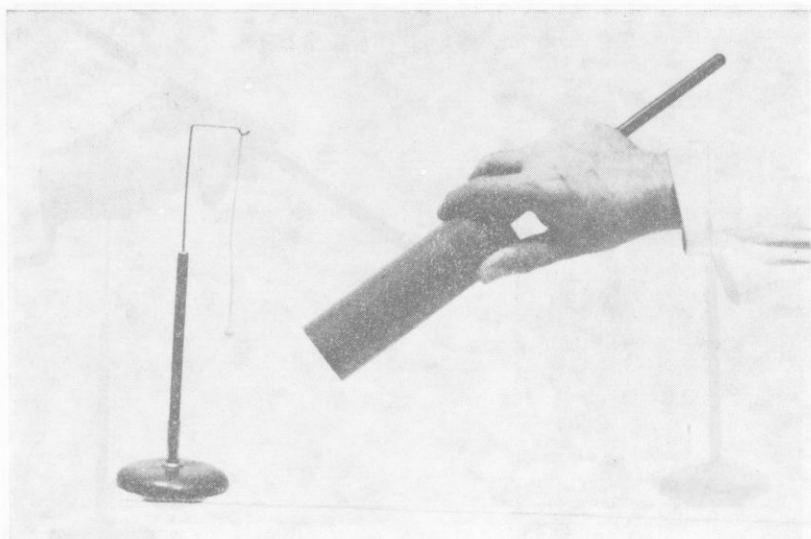




Εικ. 145

Εικ. 146





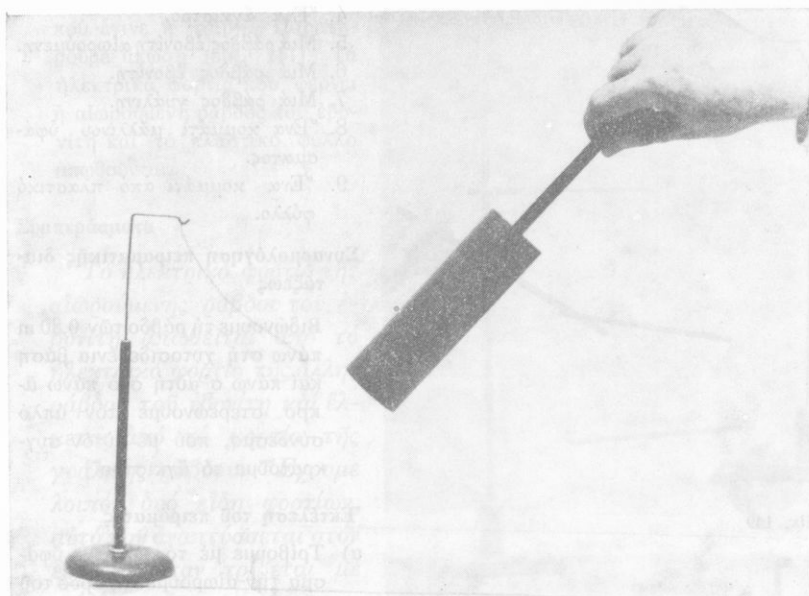
Εικ. 147

- γ) Κρατάμε τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο μέ τό χέρι μας καί τόν τρίβουμε μέ τό πλαστικό φύλλο. Τόν πλησιάζουμε στό ηλεκτρικό έκκρεμές καί βλέπουμε πώς τό σφαιρίδιο δέν έλκεται (εικ. 147). 'Ο κύλινδρος δέν έχει ηλεκτριστει.
- δ) Έργαζόμαστε κατά τόν ίδιο τρόπο, αλλά κρατάμε τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο από τό μονωτικό στέλεχος του. 'Ο κύλινδρος ηλεκτρίζεται καί μάλιστα όχι μόνο στό μέρος πού τρίψαμε αλλά σ' όλη του τήν έκταση. Κρατάμε τόν κύλινδρο κοντά στό ηλεκτρικό έκκρεμές, αυτό άποκλίνει από τήν κατακόρυφο, καθώς έλκεται από τόν ηλεκτρισμένο κύλινδρο (εικ. 148). Άγγίζουμε τόν κύλινδρο μέ τό δάκτυλό μας. Τό σφαιρίδιο παύει νά έλκεται, γιατί τό φορτίο του κύλινδρου διοχετεύτηκε στή γή μέσα από τό σώμα μας.
- ε) Πλησιάζουμε στό ηλεκτρικό έκκρεμές τό φύλλο του πλαστικού, πού μ' αυτό τρίψαμε τή γυάλινη ράβδο ή τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο. Τό σφαιρίδιο του έκκρεμους έλκεται, άρα καί τό πλαστικό είναι ηλεκτρισμένο.

Συμπεράσματα

Τά σώματα, όταν τρίβονται, ηλεκτρίζονται.

Σέ όρισμένα σώματα ο ηλεκτρισμός (ηλεκτρικό φορτίο) παρουσιάζεται μόνο στά μέρη πού τρίφτηκαν καί δέν άπλώνεται σ' όλη τήν έκτασή τους. Τά σώματα αυτά λέγονται κακοί άγωγοί του ηλεκτρισμού ή μονωτές (γυαλί, εβονίτης κτλ).



Εἰκ. 148

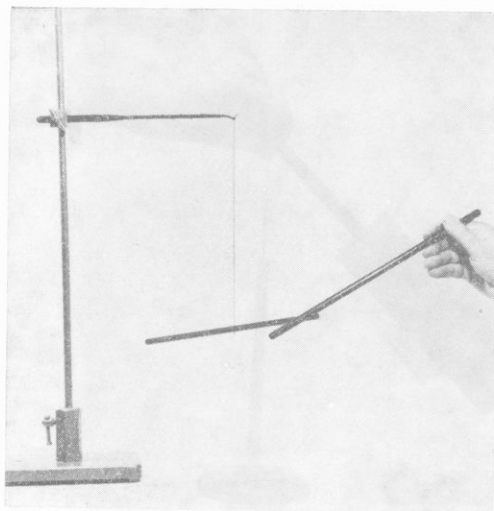
Σέ ὁρισμένα σώματα τὰ ηλεκτρικά φορτία ἀπλώνονται σ' ὅλη τήν ἑκτασή τους. Τά σώματα αὐτά λέγονται καλοί ἀγωγοί τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἢ ἀπλοί ἀγωγοί (χάλκινος κύλινδρος, μέταλλα γενικά, τὸ ἀνθρώπινο σῶμα, ἡ γῆ κτλ).

ΠΕΙΡΑΜΑ 2ο

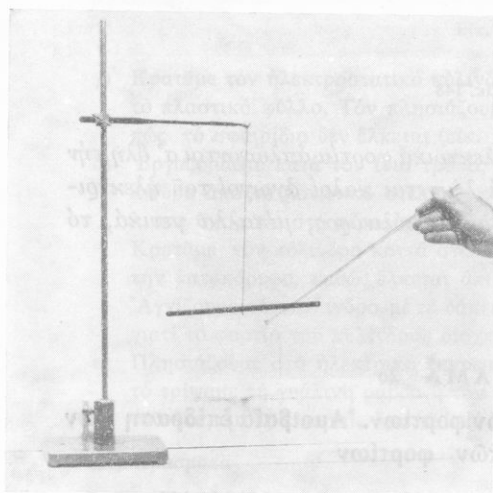
Ὑπάρχουν δύο εἶδη ηλεκτρικῶν φορτίων. Ἀμοιβαία ἐπίδραση τῶν ηλεκτρικῶν φορτίων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).



Εικ. 149



Εικ. 150

150). Τά ηλεκτρικά φορτία που φέρνει ή αιώρουμένη ράβδος του έβονίτη καί ή γυάλινη ράβδος έλκονται.

- δ) Τρίβουμε πάλι τή γυάλινη ράβδο μέ τό πλαστικό φύλλο καί πλησιάζουμε τώρα στό άκρο τής αιώρουμένης ράβδου τό πλαστικό φύλλο στήν περιοχή

4. Ένα άγκιστρο.
5. Μιά ράβδος έβονίτη αιώρουμένη.
6. Μιά ράβδος έβονίτη.
7. Μιά ράβδος γυάλινη.
8. Ένα κομμάτι μάλλινο υφάσματος.
9. Ένα κομμάτι από πλαστικό φύλλο.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

Βιδώνουμε τή ράβδο των 0,80 m πάνω στή χυτοσιδερένια βάση καί πάνω σ' αυτή στό πάνω άκρο στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο, πού μέ αυτόν συγκρατούμε τό άγκιστρο.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τρίβουμε μέ τό μάλλινο υφασμα τήν αιώρουμένη ράβδο του έβονίτη καί τήν κρεμάμε από τό άγκιστρο. Η ράβδος είναι ηλεκτρισμένη.
- β) Τρίβουμε μέ τό μάλλινο υφασμα τήν άλλη ράβδο του έβονίτη καί ύστερα πλησιάζουμε τό άκρο πού τρίψαμε στό άκρο τής αιώρουμένης ράβδου. Παρατηρούμε άπωση (εικ. 149). Τά ηλεκτρικά φορτία πού φέρνουν οί δυό ράβδοι του έβονίτη άπωθοούνται.
- γ) Τρίβουμε μέ τό πλαστικό φύλλο τή γυάλινη ράβδο κι ύστερα πλησιάζουμε αυτό τό άκρο στό άκρο τής αιώρουμένης ράβδου. Παρατηρούμε έλξη (εικ.

πού έγινε ή τριβή. Παρατηρούμε άπωση (είκ. 151). Τά ηλεκτρικά φορτία πού φέρνει ή αιώρουμένη ράβδος του έβονίτη καί τό πλαστικό φύλλο άπωθοούνται.

Συμπεράσματα

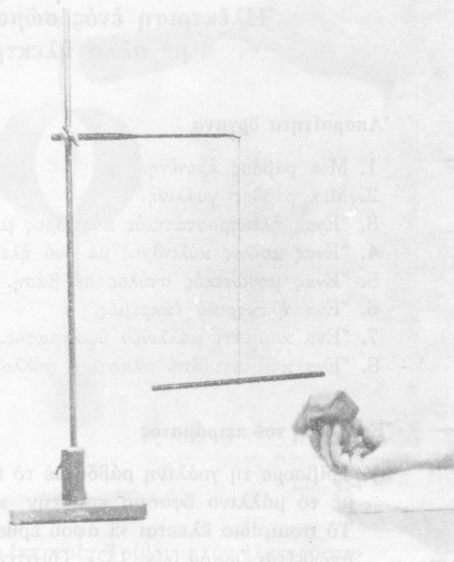
Τό ηλεκτρικό φορτίο τής αιώρουμένης ράβδου του έβονίτη άπωθεΐται από τό ηλεκτρικό φορτίο τής άλλης ράβδου του έβονίτη καί έλκεται από τό φορτίο τής γυάλινης ράβδου. Έχουμε λοιπόν δυό είδη φορτίων, αυτό πού αναπτύσσεται στον έβονίτη, όταν τρίβεται μέ μάλλινο ύφασμα (αρνητικό), κι αυτό πού αναπτύσσεται στό γυαλί, όταν τρίβεται μέ πλαστικό φύλλο (θετικό).

Τά όμώνυμα φορτία άπωθοούνται, τά έτερόνυμα έλκονται.

Τό πλαστικό φύλλο, αφού άπωθεΐ τήν αιώρουμένη ράβδο, φέρνει αρνητικό φορτίο, ενώ ή γυάλινη ράβδος θετικό. Έπομένως, όταν τρίβουμε μεταξύ τους δυό σώματα, αναπτύσσονται σ' αυτά αντίθετα ηλεκτρικά φορτία.

Σημείωση

Αν τρίψουμε τή ράβδο του έβονίτη μέ πλαστικό φύλλο, αυτή ηλεκτρίζεται θετικά.



Είκ. 151

Ήλεκτριση ενός σώματος από την επαφή του με άλλο ηλεκτρισμένο σώμα

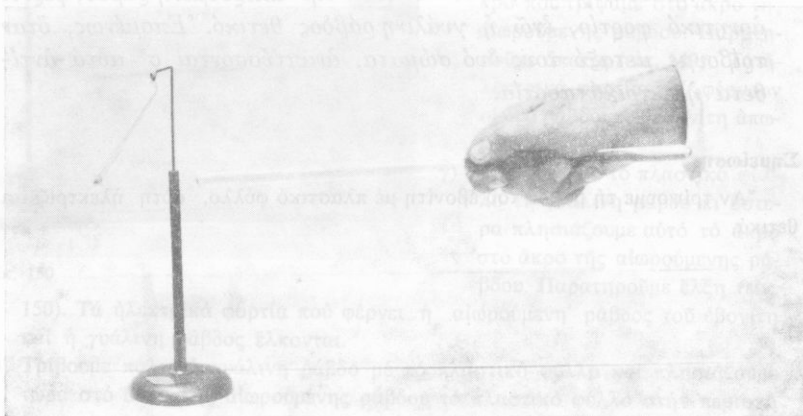
Απαραίτητα όργανα

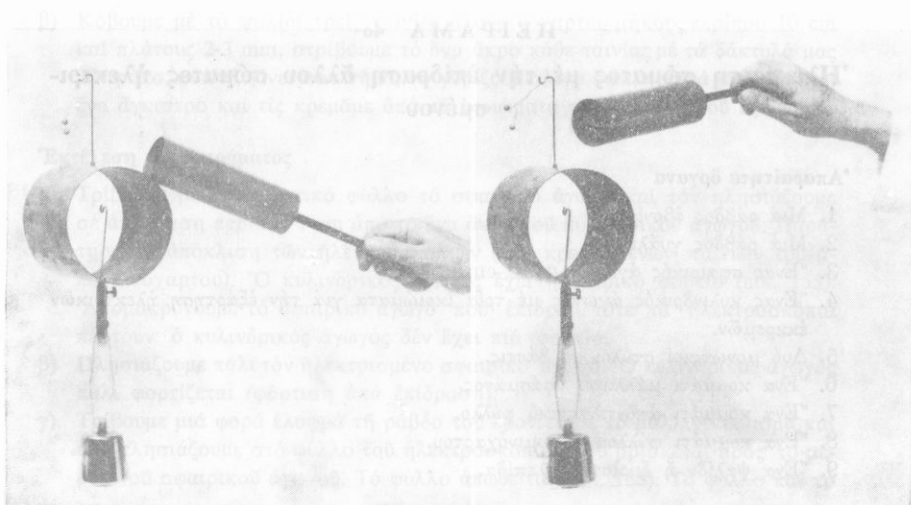
1. Μιά ράβδος ξβονίτη.
2. Μιά ράβδος γυάλινη.
3. Ένας ηλεκτροστατικός κύλινδρος με μονωτικό στέλεχος.
4. Ένας κοίλος κύλινδρος με δύο ηλεκτροσκόπια.
5. Ένας μονωτικός στύλος σέ βάση.
6. Ένα ηλεκτρικό έκκριμα.
7. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
8. Ένα κομμάτι από πλαστικό φύλλο.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Τρίβουμε τη γυάλινη ράβδο με τό πλαστικό φύλλο ή τη ράβδο του ξβονίτη με τό μάλλινο ύφασμα καί τήν πλησιάζουμε στό ηλεκτρικό έκκριμα. Τό σφαιρίδιο έλκεται κι άφου έρθει σ' έπαφή με τήν ηλεκτρισμένη ράβδο άπωθεΐται ζωηρά (εΐκ. 152). Τή στιγμή τής έπαφής τό σφαιρίδιο ηλεκτρίστηκε όμοσημα με τή ράβδο καί γι' αυτό άπωθεΐται. Τό πείραμα πετυχαίνει πό καλά, άν τό σφαιρίδιο του έκκριμοΰ είναι μεταλλικό.
- β) Τοποθετοΰμε τόν κοΐλο κύλινδρο πάνω στό μονωτικό στύλο καί κρεμάμε

Εΐκ. 152





Εικ. 153

Εικ. 154

στό εξωτερικό ικρίωμά του ένα ηλεκτρικό έκκρεμές. Τρίβουμε τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο, κρατώντας τον από τό μονωτικό στέλεχος, μέ τό πλαστικό φύλλο καί τόν φέρνουμε σέ επαφή μέ τόν κοίλο κύλινδρο. Τό έκκρεμές πού βρίσκεται πάνω σ' αυτόν αποκλίνει (εικ. 153). Ο κοίλος κύλινδρος ηλεκτρίστηκε από τήν επαφή του μέ τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο πού είχαμε τρίψει.

Πλησιάζουμε τόν ηλεκτροστατικό κύλινδρο στό έκκρεμές κι αυτό απωθείται (εικ. 154). Τό φορτίο του, όπως καί τό φορτίο του κοίλου κυλίνδρου, είναι ομόσημο μέ τό φορτίο του ηλεκτροστατικού κυλίνδρου.

Συμπέρασμα

Όταν ένα σώμα έρχεται σ' επαφή μέ ένα άλλο ηλεκτρισμένο σώμα, αποκτά ηλεκτρικό φορτίο ομόσημο πρός αυτό.

Ήλεκτριση σώματος με την επίδραση άλλου σώματος ηλεκτρισμένου

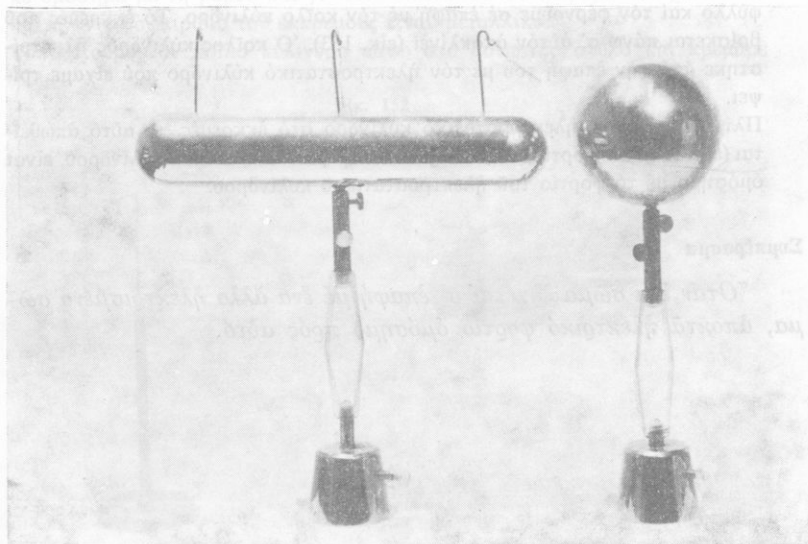
Απαραίτητα όργανα

1. Μιά ράβδος έβονιτη.
2. Μιά ράβδος γυάλινη.
3. Ένας σφαιρικός άγωγός ϕ 10 cm.
4. Ένας κυλινδρικός άγωγός με τρία ικριώματα για την εξάρτηση ηλεκτρικών εκκρεμών.
5. Δυό μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.
6. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
7. Ένα κομμάτι από πλαστικό φύλλο.
8. Ένα κομμάτι φύλλου αλουμινόχαρτου.
9. Ένα ψαλίδι ή ξυριστική λεπίδα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Τοποθετούμε τούς δυό άγωγούς, σφαιρικό καί κυλινδρικό, πάνω στους δυό μονωτικούς στύλους.

Εικ. 155

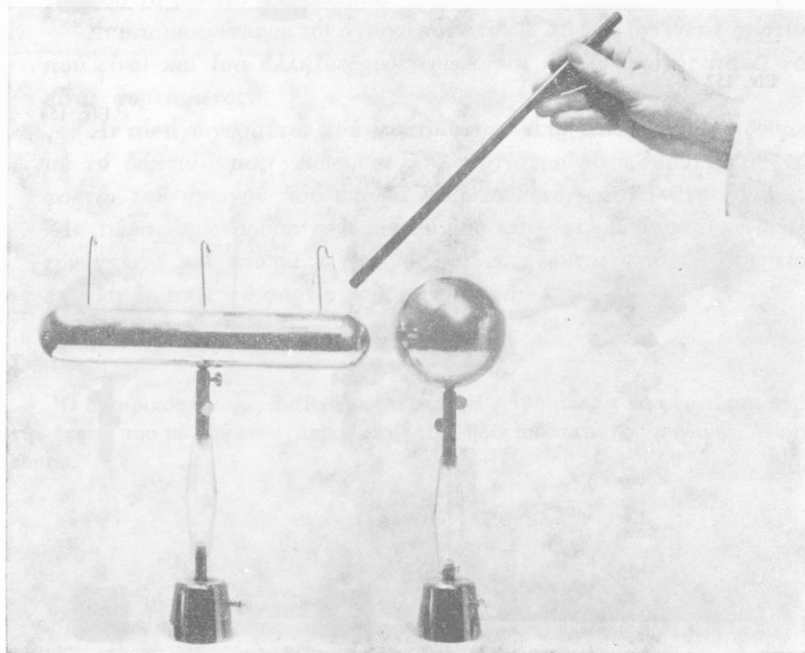


- β) Κόβουμε με τὸ ψαλίδι τρεῖς ταινίες ἀλουμινοχαρτου μήκους περίπου 10 cm καὶ πλάτους 2-3 mm, στρίβουμε τὸ ἓνα ἄκρο κάθε ταινίας με τὰ δάκτυλά μας με τρόπο, πού νά γίνει σάν νῆμα, τὸ γυρίζουμε λίγο ἔτσι, πού νά σχηματιστεῖ ἓνα ἄγκιστρο καὶ τίς κρεμάμε ἀπὸ τὰ ἱκρίώματα τοῦ κυλινδρικοῦ ἀγωγοῦ.

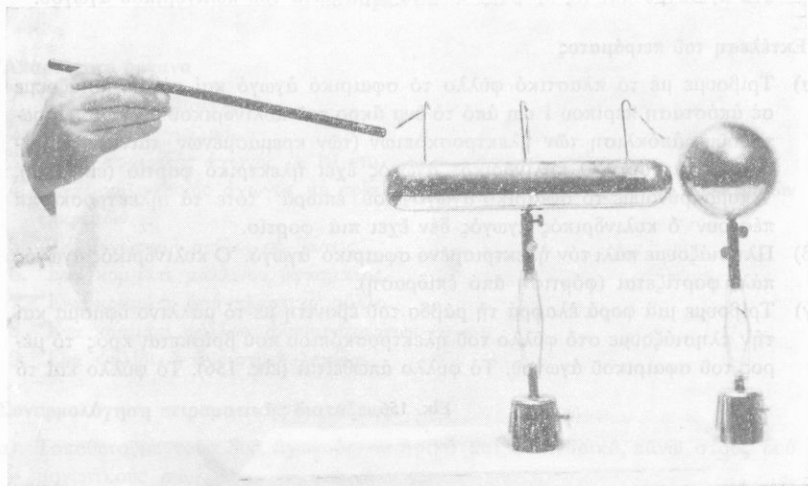
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τρίβουμε με τὸ πλαστικό φύλλο τὸ σφαιρικό ἀγωγό καὶ τὸν πλησιάζουμε σέ ἀπόσταση περίπου 1 cm ἀπὸ τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ κυλινδρικοῦ ἀγωγοῦ. Παρατηροῦμε ἀπόκλιση τῶν ἡλεκτροσκοπίων (τῶν κρεμασμένων ταινιῶν τοῦ ἀλουμινοχαρτου). Ὁ κυλινδρικός ἀγωγός ἔχει ἡλεκτρικό φορτίο (εἰκ. 155). Ἀπομακρύνουμε τὸ σφαιρικό ἀγωγό πού ἐπιδρά· τότε τὰ ἡλεκτροσκόπια πέφτουν· ὁ κυλινδρικός ἀγωγός δὲν ἔχει πιά φορτίο.
- β) Πλησιάζουμε πάλι τὸν ἡλεκτρισμένο σφαιρικό ἀγωγό. Ὁ κυλινδρικός ἀγωγός πάλι φορτίζεται (φόρτιση ἀπὸ ἐπίδραση).
- γ) Τρίβουμε μιά φορά ἐλαφρά τὴ ράβδο τοῦ ἐβονίτη με τὸ μάλλινο ὕφασμα καὶ τὴν πλησιάζουμε στὸ φύλλο τοῦ ἡλεκτροσκοπίου πού βρίσκεται πρὸς τὸ μέρος τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ φύλλο ἀπωθεῖται (εἰκ. 156). Τὸ φύλλο καὶ τὸ

Εἰκ. 156

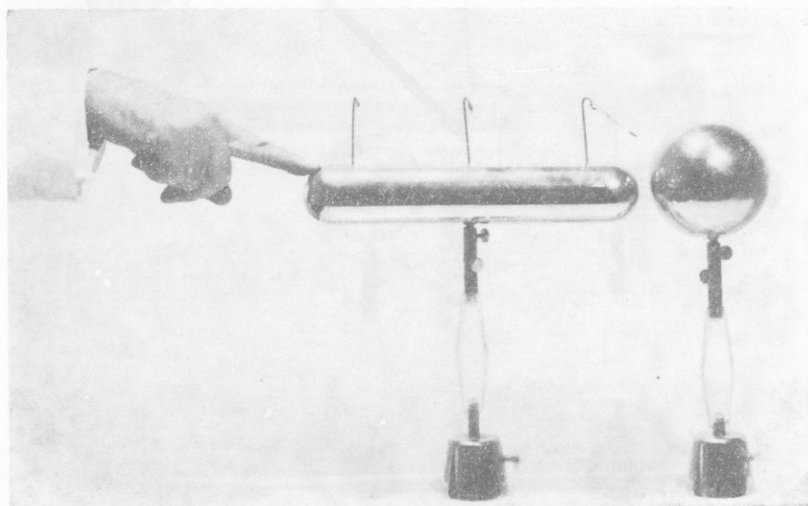


το άκρο του άγωγού, πού πάνω του στηρίζεται, έχουν άρνητικό φορτίο. Πλησιάζουμε τήν ηλεκτρισμένη ράβδο του έβονιτη στό φύλλο του ηλεκτροσκόπιου του άλλου άκρου· αυτό έλκεται (εικ. 157). Τό φύλλο καί τό άκρο



Εικ. 157

Εικ. 158



του κυλινδρικού άγωγού πού πάνω του στηρίζεται φέρνουν θετικό φορτίο. Τά δυό άκρα του κυλινδρικού άγωγού φέρνουν αντίθετα φορτία.

- δ) Ἀγγίζουμε τόν κυλινδρικό άγωγό μέ τό δάκτυλό μας (εἰκ. 158). Τό φύλλο τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τοῦ ἄκρου πού βρίσκεται μακριά ἀπό τό σφαιρικό άγωγό πέφτει. Τραβᾶμε πρῶτα τό δάκτυλό μας καί ὕστερα ἀπομακρύνουμε τό σφαιρικό άγωγό. Τά φύλλα ὅλων τῶν ἠλεκτροσκοπίων ἀποκλίνουν. Μέ τήν ἠλεκτρισμένη ράβδο τοῦ ἐβονίτη βεβαιωνόμαστε ὅτι ὅλα τά φύλλα ἀπωθοῦνται. Ἀρα ὁ κυλινδρικός άγωγός εἶναι ἠλεκτρισμένος ἀντίθετα μέ τόν άγωγό (σφαιρικό) πού ἐπιδραῖ.

Συμπεράσματα

Ὄταν μονωμένος άγωγός βρεθεῖ κοντά σέ ἄλλο ἠλεκτρισμένο άγωγό, ἠλεκτροῖζεται ἀπό ἐπίδραση. Ἀναπτύσσονται σ' αὐτόν δυό εἰδῶν φορτία. Τό ἕνα ἐτερόσημο πρὸς τό φορτίο τοῦ άγωγού πού ἐπιδραῖ ἔλκεται ἀπό αὐτόν καί συσσωρεύεται στήν περιοχή πού βρίσκεται κοντά του. Τό ἄλλο, τό ὁμόσημο, ἀπωθεῖται καί συσσωρεύεται ὅσο τό δυνατό πιο μακριά.

Ἀν ἀπομακρύνουμε τόν άγωγό πού ἐπιδραῖ, τά δυό ἀντίθετα φορτία πού εἶναι καί ἴσα ἀλληλοεξουδετερώνονται καί ὁ άγωγός παύει νά εἶναι φορτισμένος.

Ἀν τόν άγωγό αὐτόν πού ἠλεκτροῖστηκε ἀπό ἐπίδραση ἀγγίξουμε μέ τό δάκτυλό μας (γυιῶσουμε), τό φορτίο πού εἶναι ὁμόσημο μέ τό φορτίο τοῦ άγωγού πού ἐπιδραῖ, ἀπωθούμενο, φεύγει στό ἔδαφος. Ἀν τώρα ἀποσύρουμε τό δάκτυλό μας καί ὕστερα ἀπομακρύνουμε τόν άγωγό πού ἐπιδραῖ, ὁ άγωγός μένει ἠλεκτρισμένος μέ φορτίο ἐτερόσημο πρὸς τό φορτίο τοῦ άγωγού πού ἐπιδροῦσε.

Σημείωση

Ὁ σφαιρικός άγωγός ἀντί νά φορτίζεται μέ τριβή μπορεῖ νά φορτίζεται ἀπό τήν ἐπαφή του μέ τόν ἕναν ἀκροδέκτη τῆς ἠλεκτροστατικής μηχανῆς Wimshurst.

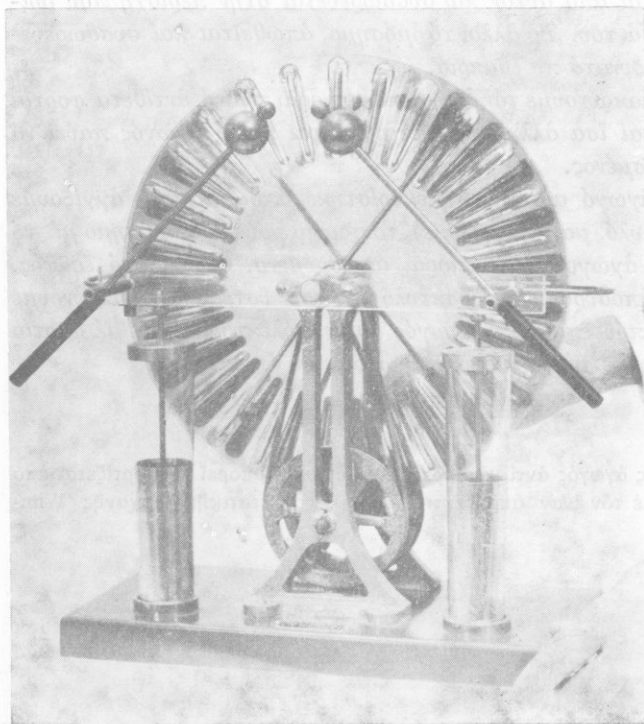
Σχηματισμός ηλεκτρικού σπινθήρα

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Ένας σφαιρικός άγωγός ϕ 10 cm.
3. Ένας κυλινδρικός άγωγός με τρία ικριώματα για την εξάρτηση ηλεκτρικών εκκρεμῶν.
4. Ένα κομμάτι από πλαστικό φύλλο.
5. Δύο μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Φέρνουμε τούς άκροδέκτες τῆς ηλεκτροστατικῆς μηχανῆς σ' απόσταση 2-3 cm καί τή θέτουμε σέ λειτουργία. Ἀνάμεσα στούς άκροδέκτες πού φορτί-



Εικ. 159

ζονται κατά τη λειτουργία της μηχανής με ίσα κι αντίθετα φορτία, σχηματίζονται ηλεκτρικοί σπινθήρες (εικ. 159).

β) Σταματάμε τη λειτουργία της μηχανής και πλησιάζουμε σιγά σιγά τούς άκροδέκτες. Σέ κάποια απόσταση αυτών σχηματίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας κι οί άκροδέκτες εκφορτίζονται όλότελα ή μερικά.

γ) Τοποθετούμε στους μονωτικούς στύλους τό σφαιρικό και τόν κυλινδρικό άγωγό και ύστερα φέρνουμε σέ επαφή τόν ένα με τόν έναν άκροδέκτη της ηλεκτροστατικής μηχανής και τόν άλλο με τόν άλλο, όποτε αυτοί ηλεκτρίζονται αντίθετα. Τούς άγωγούς αυτούς πού ηλεκτρίστηκαν με τόν τρόπο αυτό τούς πλησιάζουμε σιγά σιγά. Σέ κάποια απόσταση σχηματίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας κι οί άγωγοί εκφορτίζονται όλότελα ή μερικά (εικ. 160).

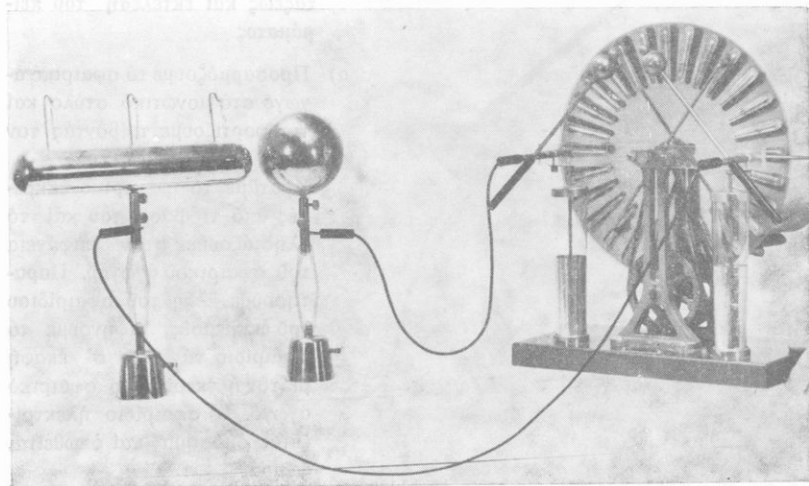
δ) Ήλεκτρίζουμε τό σφαιρικό άγωγό με τριβή με τό πλαστικό φύλλο ή με επαφή με τόν άκροδέκτη της ηλεκτροστατικής μηχανής, τόν πλησιάζουμε στόν κυλινδρικό άγωγό, άγγίζουμε τόν κυλινδρικό άγωγό για μία στιγμή με τό δάκτυλό μας και στή συνέχεια απομακρύνουμε τό σφαιρικό άγωγό. Οί δύο άγωγοί τώρα έχουν αντίθετα φορτία. "Αν τούς πλησιάσουμε αρκετά, θά έκραγει ανάμεσά τους ηλεκτρικός σπινθήρας και ταυτόχρονα θά εκφορτιστούν όλότελα ή μερικά.

ε) Μετά τη φόρτιση του σφαιρικού άγωγού τόν πλησιάζουμε στόν κυλινδρικό κι άφόρτιστο άγωγό. "Ανάμεσα στους δύο άγωγούς σχηματίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας και ό άφόρτιστος άγωγός φορτίζεται.

Συμπεράσματα

"Όταν δύο αντίθετα ηλεκτρικά φορτία ενώνονται μέσω του αέ-

Εικ. 160



ρα, σχηματίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας.

"Όταν ο ηλεκτρικός σπινθήρας σχηματίζεται ανάμεσα σε δύο αγωγούς που έχουν αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, εκφορτίζονται ολότελα, αν τὰ φορτία είναι ίσα, ή μερικώς, αν τὰ φορτία είναι άνισα. Τό φορτίο που παραμένει καί στους δύο αγωγούς έχει τό σημείο του μεγαλύτερου κατ' απόλυτη τιμή φορτίου.

"Όταν ο ηλεκτρικός σπινθήρας σχηματίζεται ανάμεσα σε ηλεκτρισμένο καί ουδέτερο αγωγό, τό ηλεκτρικό φορτίο του ηλεκτρισμένου αγωγοῦ κατανέμεται στους δύο αγωγούς.

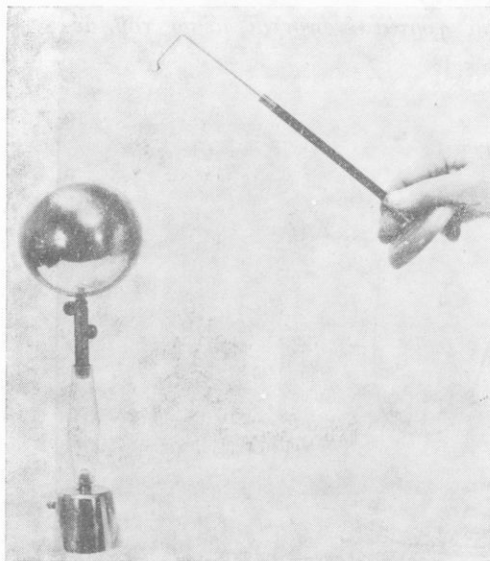
ΠΕΙΡΑΜΑ 60

Έννοια του ηλεκτρικού πεδίου

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας μονωτικός στύλος με βάση.
2. Ένας σφαιρικός αγωγός ϕ 10 cm.

Εικ. 161



3. Ένα ηλεκτρικό εκκρεμές.
4. Ένα κομμάτι πλαστικού φύλλου.

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης καί εκτέλεση του πειράματος

- α) Προσαρμόζουμε τό σφαιρικό αγωγό στο μονωτικό στύλο καί τον φορτίζουμε τρίβοντάς τον με τό πλαστικό φύλλο. Κρατάμε τό ηλεκτρικό εκκρεμές από τή βάση του καί τό πλησιάζουμε στην επιφάνεια του σφαιρικού αγωγοῦ. Παρατηρούμε έλξη του σφαιριδίου του εκκρεμοῦς. Αφήνουμε τό σφαιρίδιο νά έρθει σ' έπαφή με τον ηλεκτρισμένο σφαιρικό αγωγό. Τό σφαιρίδιο ηλεκτρίζεται όμοσημα καί άπωθεΐται ζωηρά.

β) Πλησιάζουμε κατόπιν τό ηλεκτρισμένο σφαιρίδιο στην επιφάνεια του άγωγού σέ διάφορες θέσεις καί σέ διάφορες αποστάσεις. Διαπιστώνουμε πώς άσκούνται άπωστικές δυνάμεις σ' όλες τίς περιπτώσεις, οί όποίες γίνονται άσθενέστερες, όσο άπομακρυνόμαστε από τό σφαιρικό άγωγό (είκ. 161).

Συμπέρασμα

Σέ κάθε σημείο του χώρου γύρω από τόν ηλεκτρισμένο άγωγό άσκούνται δυνάμεις επάνω σέ ηλεκτρικά φορτία πού θά βρεθούν σ' αυτό. Ο χώρος αυτός λέγεται ηλεκτρικό πεδίο.

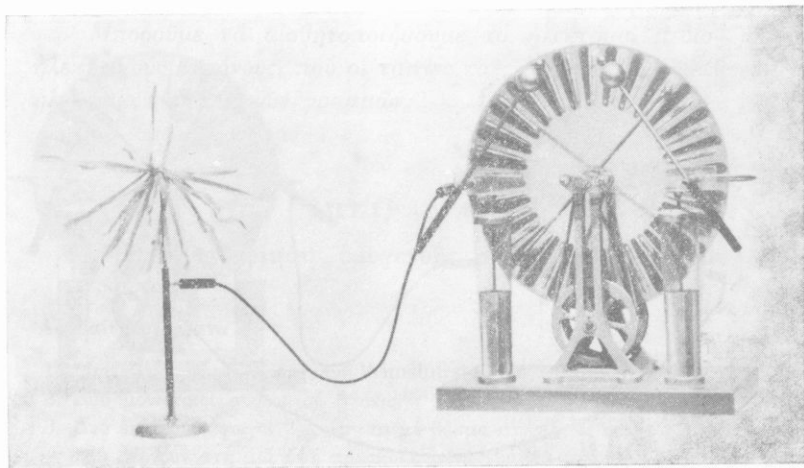
ΠΕΙΡΑΜΑ 7ο

Αίσθητοποίηση του ηλεκτρικού πεδίου. Ήλεκτρικές δυναμικές γραμμές. Ήλεκτρικά φάσματα

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Δυό ηλεκτρικοί θύσανοι.
3. Δυό καλώδια συνδέσεως μήκους 70 cm.
4. Δυό κροκόδειλοι.
5. Ένα πολλαπλό βύσμα.

Είκ. 162



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως και εκτέλεση του πειράματος

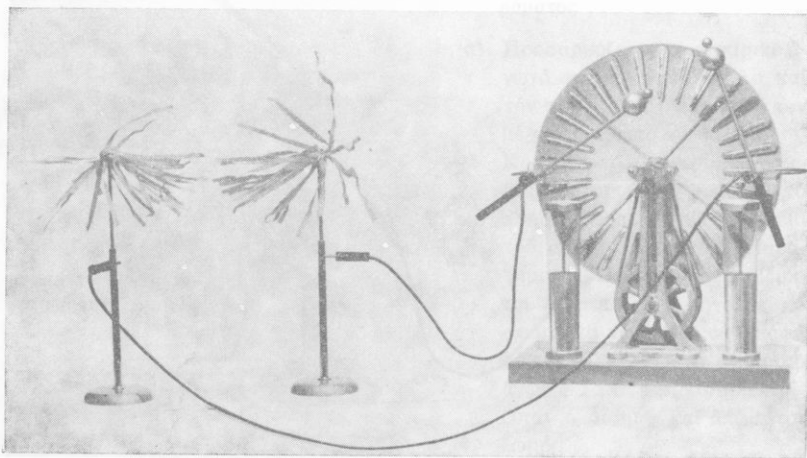
- α) Παίρνουμε ένα καλώδιο και συνδέουμε τό ένα άκρο του με τόν έναν ακροδέκτη της ηλεκτροστατικής μηχανής και τό άλλο, μέ τή βοήθεια του κροκόδειλου, μέ τόν έναν ηλεκτρικό θύσανο.

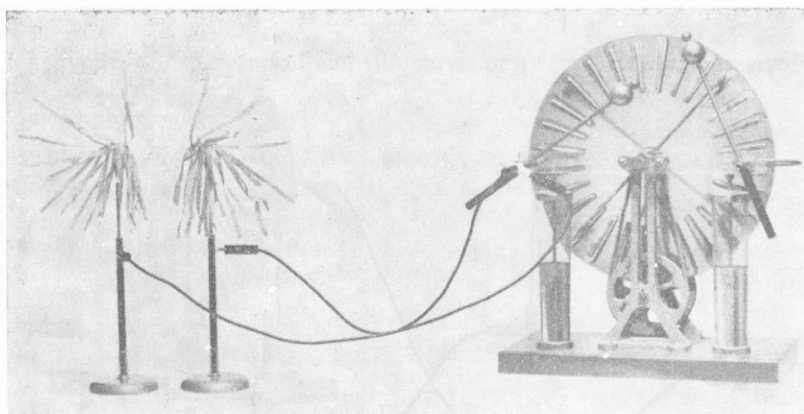
Θέτουμε σέ λειτουργία τήν ηλεκτροστατική μηχανή. Ό θύσανος φορτίζεται και οί ταινίες του σηκώνονται και τοποθετούνται σάν ακτίνες γύρω από τήν κεφαλή του (είκ. 162). Οί διευθύνσεις των ταινιών του θυσάνου δίνουν τίς διευθύνσεις των ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών του ηλεκτρικού πεδίου πού σχηματίζεται. Ή φορά των δυναμικών γραμμών είναι από τό θύσανο πρós τό άπειρο ή αντίθετα, ανάλογα άν είναι ό θύσανος φορτισμένος θετικά ή άρνητικά.

- β) Έκφορτίζουμε τήν ηλεκτροστατική μηχανή και ύστερα συνδέουμε μέ τό άλλο καλώδιο τό δεύτερο ηλεκτρικό θύσανο μέ τόν άλλο ακροδέκτη της μηχανής. Βάζουμε τούς δύο θυσάνους σ' απόσταση λίγο μεγαλύτερη από τό άθροισμα των μηκών των ταινιών τους και θέτουμε σέ λειτουργία τήν ηλεκτροστατική μηχανή. Οί κατευθύνσεις των ταινιών των θυσάνων μās δίνουν τή μορφή του ηλεκτρικού πεδίου πού σχηματίζεται (είκ. 163).

Οί δυναμικές γραμμές άναχωρούν από τήν κεφαλή του θυσάνου, πού είναι φορτισμένη θετικά, και καταλήγουν στήν κεφαλή του θυσάνου πού είναι φορτισμένη άρνητικά. Σέ μία περιοχή του χώρου γύρω από τήν εϋθεια πού ένώνει τίς κεφαλές των δύο θυσάνων οί ταινίες παίρνουν θέση παράλληλη μεταξύ τους. Τό ηλεκτρικό πεδίο στήν περιοχή αύτή είναι όμογενές.

Είκ. 163





Εἰκ. 164

- γ) Ἐκφορτίζουμε τὴν ἡλεκτροστατική μηχανή κι ἄφου τοποθετήσουμε στὸν ἕναν ἀκροδέκτη της τὸ πολλαπλό βύσμα συνδέουμε μ' αὐτό μέ τὰ δύο καλώδια τοὺς δύο θυσάνους κι ὕστερα θέτουμε σέ λειτουργία τὴν ἡλεκτροστατική μηχανή. Οἱ ταινίες τῶν δύο θυσάνων ἀπωθοῦν ἢ μιὰ τὴν ἄλλη καί ἡ εἰκόνα πού σχηματίζεται δίνει τὴ μορφή τοῦ σχηματιζόμενου ἡλεκτρικοῦ πεδίου (εἰκ. 164).

Συμπέρασμα

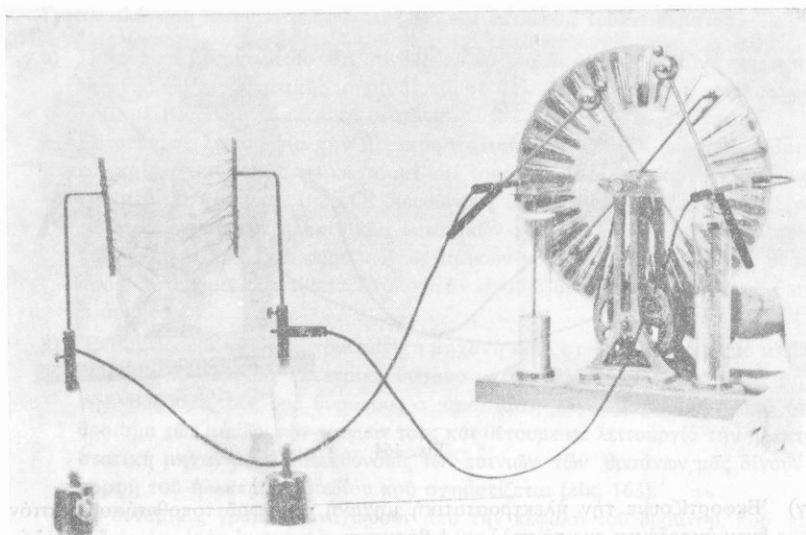
Μποροῦμε νά αἰσθητοποιήσουμε τὸ ἡλεκτρικὸ πεδίο μέ τοὺς ἡλεκτρικοὺς θυσάνους, πού οἱ ταινίες τους δείχνουν τὴ διεύθυνση τῶν ἡλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8ο

Πραγματοποίηση ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά ἡλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Δυὸ μονωτικοὶ στύλοι σέ βάσεις.
3. Δυὸ ἐπίπεδοι ἀγωγοὶ 2×10 cm μέ βύσμα στηρίξεως σέ μονωτικούς στύλους, πού φέρνουν στή μιὰ ὄψη προσκολλημένα νήματα μήκους 8-10 cm καί σέ πυ-



Εικ. 165

χνότητα ένα σε κάθε τετραγωνικό εκατοστόμετρο περίπου.

4. Δυό καλώδια συνδέσεως μήκους 70 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως καί εκτέλεση του πειράματος

Στηρίζουμε τούς δυό επίπεδους άγωγούς στους μονωτικούς στύλους καί μέ τά καλώδια τούς συνδέουμε μέ τούς δυό άκροδέκτες τής ηλεκτροστατικής μηχανής. Τοποθετούμε τούς δυό μονωτικούς στύλους σέ τέτοια θέση, πού οί επιφάνειες τών άγωγών πού έχουν τά νήματα νά βρίσκονται ή μιά άπέναντι στήν άλλη καί σ' απόσταση ίση μέ τό άθροισμα τών μηκών τών νημάτων. Θέτουμε σέ λειτουργία τήν ηλεκτροστατική μηχανή καί παρατηρούμε τότε πώς στό χώρο ανάμεσα στους δυό άγωγούς τά νήματα σχηματίζουν παράλληλες γραμμές (εικ. 165). Οί διευθύνσεις τών νημάτων δίνουν τίσ διευθύνσεις τών ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών. Αδτές είναι παράλληλες. Τό πεδίο είναι ομογενές.

Συμπέρασμα

”Αν φορτίσουμε μέ αντίθετα ηλεκτρικά φορτία δυό επίπεδους άγωγούς πού βρίσκονται ο ένας άπέναντι στόν άλλο, ο χώρος ανάμεσά τους είναι ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου πάνω στην επιφάνεια του αγωγού

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Ένας κοίλος κυλινδρικός αγωγός με δύο ηλεκτροσκοπία.
3. Δύο μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.
4. Ένας ηλεκτρικός στρόβιλος.
5. Ένα καλώδιο συνδέσεως μήκους 70 cm.
6. Ένας κροκόδειλος.
7. Ένα κρηπήγιο.
8. Ένα κερί.
9. Μιά ράβδος έβονιτη.
10. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
11. Ένα κομμάτι αλουμινόχαρτου.
12. Ένα ψαλίδι ή ξυριστική λεπίδα.
13. Μιά άκίδα στηρίξεως του σάγκματος ραβδόμορφου μαγνήτη.

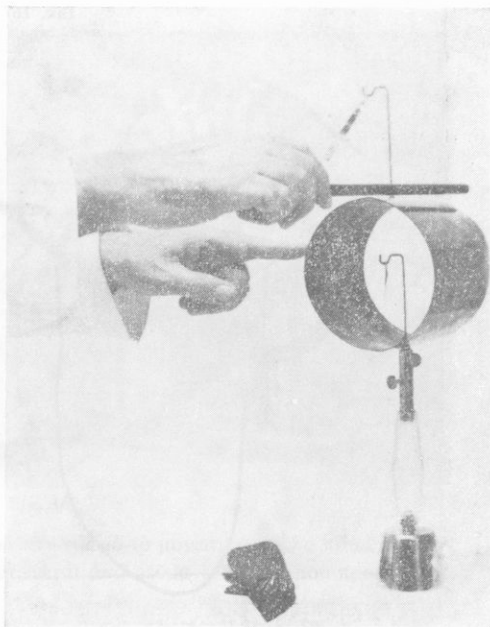
Εικ. 166

Συναρμολόγηση πειραματικής διάταξης

- α) Τοποθετούμε στο μονωτικό στύλο τόν κοίλο κύλινδρο.
- β) Κόβουμε με τό ψαλίδι δύο ταινίες αλουμινόχαρτου μήκους περίπου 10 cm καί πλάτους 2-3 mm. Στρίβουμε με τά δάκτυλά μας τό ένα άκρο κάθε ταινίας έτσι, πού νά γίνει σάν νήμα, τό γυρίζουμε λίγο νά πάρει τό σχήμα άγκίστρου καί τίς κρεμάμε από τά ίκριώματα του κοίλου άγωγού.

Έκτέλεση του πειράματος

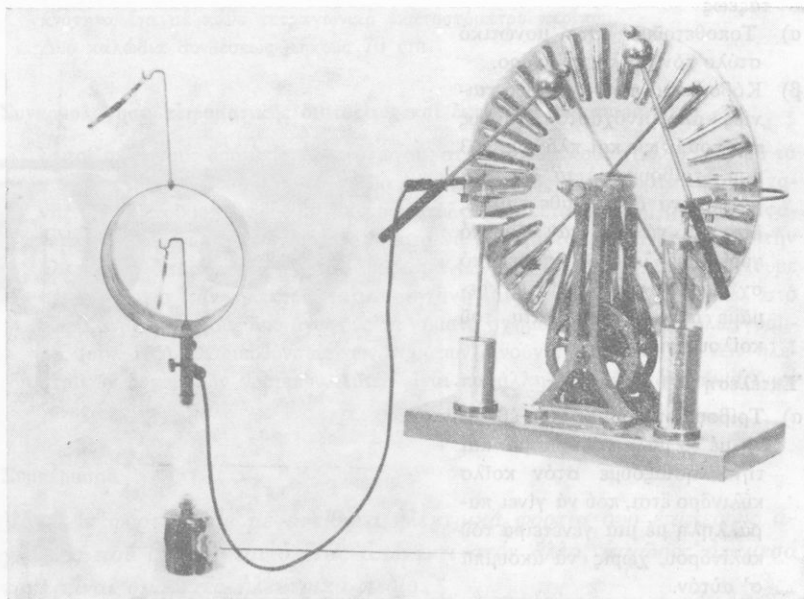
- α) Τρίβουμε τή ράβδο του έβονιτη με τό μάλλινο ύφασμα καί τήν πλησιάζουμε στόν κοίλο κύλινδρο έτσι, πού νά γίνει παράλληλη με μιά γενέτειρα του κυλίνδρου, χωρίς νά άκουμπά σ' αυτόν.

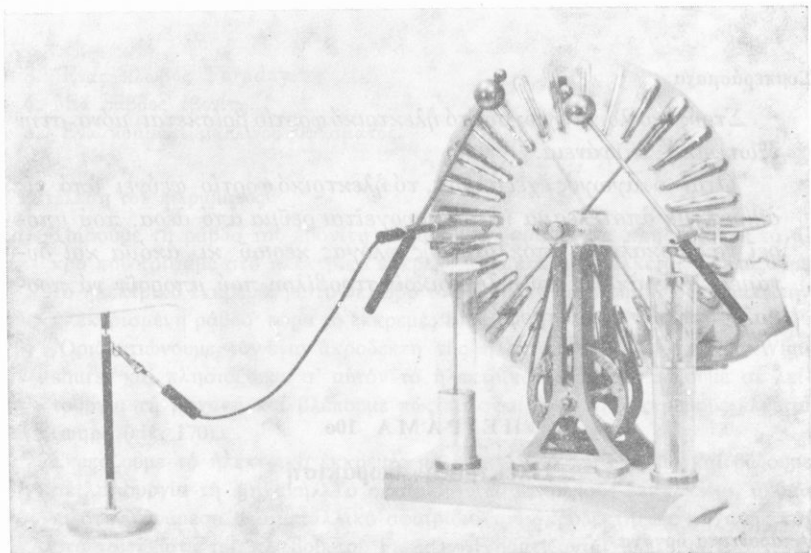


Ἀγγίζουμε τόν κύλινδρο γιά μιὰ στιγμή μέ τό δάκτυλο κι ὕστερα ἀπομακρύνουμε πρῶτα τό δάκτυλο κι ἔπειτα τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη (εἰκ. 166). Ὁ κύλινδρος φορτίζεται ἀπό ἐπίδραση. Παρατηροῦμε πῶς μόνο τό φύλλο τοῦ ἐξωτερικοῦ ἡλεκτροσκόπιου ἀποκλίνει. Τό φορτίο ὑπάρχει μόνο στήν ἐξωτερική ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ.

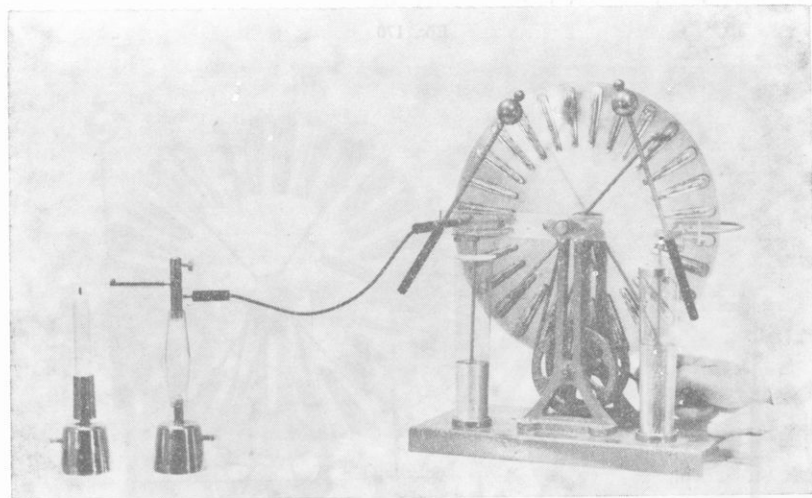
- β) Συνδέουμε μέ τό καλῶδιο τόν κοῖλο κύλινδρο μέ τόν ἔναν ἀκροδέκτη τῆς ἡλεκτροστατικής μηχανῆς καί τή θέτουμε σέ λειτουργία. Ὁ κύλινδρος φορτίζεται. Ἀφοῦ παύσει νά λειτουργεῖ ἡ μηχανή, ἡ ταινία τοῦ ἐξωτερικοῦ ἡλεκτροσκόπιου ἀποκλίνει. Αὐτό σημαίνει πῶς φορτίο ὑπάρχει μόνο στήν ἐξωτερική ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ (εἰκ. 167).
- γ) Συνδέουμε μέ τό καλῶδιο τόν ἔναν ἀκροδέκτη τῆς ἡλεκτροστατικής μηχανῆς μέ τόν ἡλεκτρικό στρόβιλο καί τή θέτουμε σέ λειτουργία. Ὁ ἡλεκτρισμός φεύγει ἀπό τίς ἀκίδες τοῦ στροβίλου κι ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νά δημιουργοῦνται δυνάμεις πού τόν θέτουν σέ γρήγορη περιστροφική κίνηση (εἰκ. 168).
- δ) Προσαρμόζουμε ὀριζόντια πάνω στόν ἕνα μονωτικό στύλο τήν ἀκίδα. Ἀφαιροῦμε ἀπό τόν ἄλλο μονωτικό στύλο τή βάση στηρίξεως καί πάνω σ' αὐτή στηρίζουμε τό κηροπήγιο μέ τό κερί. Κανονίζουμε τό ὕψος τοῦ κηριοῦ ἔτσι, πού ἡ θρυαλλίδα του νά βρίσκεται στό ὕψος τῆς ἀκίδας καί μπροστά ἀπ' αὐτή. Ἀνάβουμε τό κερί καί θέτουμε σέ κίνηση τήν ἡλεκτροστατική μηχανή,

Εἰκ. 167





Εικ. 168



Εικ. 169

αφού συνδέσουμε τόν έναν ἀκροδέκτη της μέ τό μονωτικό στύλο πού ἔχει τήν ἀκίδα. Ἡ φλόγα τοῦ κεριοῦ κυρτώνεται ἀπό ρεῦμα τοῦ ἀέρα πού προέρχεται ἀπό τήν ἀκίδα (εἰκ. 169).

Συμπεράσματα

Στους κοίλους αγωγούς τό ηλεκτρικό φορτίο βρίσκεται μόνο στην εξωτερική επιφάνεια.

Όταν ο αγωγός έχει ακίδες, τό ηλεκτρικό φορτίο φεύγει από τίς ακίδες, μέ αποτέλεσμα νά δημιουργεῖται ρεύμα από ἀέρα, πού μπορεῖ νά προκαλέσει απόκλιση τῆς φλόγας κεριοῦ κι ἀκόμα καί δυνάμεις στίς ακίδες τοῦ ηλεκτρικοῦ στροβίλου πού μποροῦν νά προκαλέσουν τήν περιστροφή του.

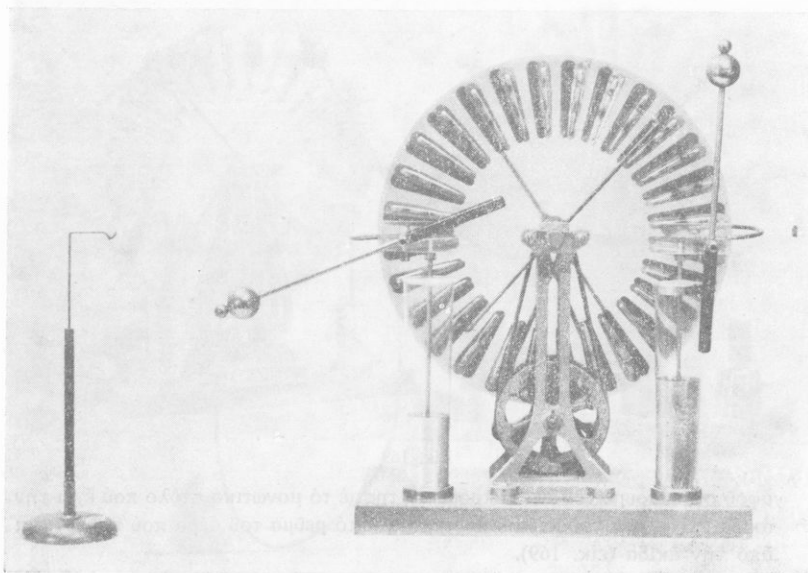
ΠΕΙΡΑΜΑ 10ο

Ἡλεκτρική θωράκιση

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Ἐνα ηλεκτρικό ἐκκρεμές.

Εἰκ. 170



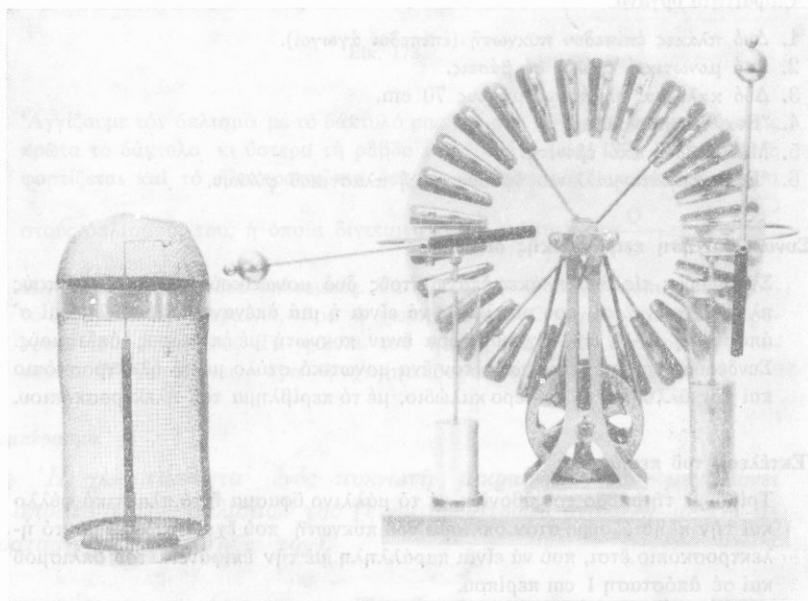
3. Ένας κλωβός Faraday.
4. Μία ράβδος έβονίτη.
5. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τρίβουμε τη ράβδο του έβονίτη με μάλλινu ύφασμα και πλησιάζουμε τó άκρο πού τρίψαμε στο ηλεκτρικό έκκρεμές. Τó έκκρεμές έλκεται. Σκεπάζουμε τó ηλεκτρικό έκκρεμές με τόν κλωβό του Faraday και πλησιάζουμε πάλι τήν ηλεκτρισμένη ράβδο· τóρα τó έκκρεμές δέν έλκεται.
- β) Όριζοντιώνουμε τόν έναν άκροδέκτη τής ηλεκτροστατικής μηχανής Wimshurst και πλησιάζουμε σ' αυτόν τó ηλεκτρικό έκκρεμές. Βάζουμε σέ λειτουργία τή μηχανή και βλέπουμε πώς τó σφαιρίδιο του έκκρεμους έλκεται ζωηρά (είκ. 170).

Σκεπάζουμε τó ηλεκτρικό έκκρεμές με τόν κλωβό του Faraday και βάζουμε σέ λειτουργία τή μηχανή. Τó σφαιρίδιο του έκκρεμους δέν έλκεται, άκόμα κι όταν ανάμεσα στο μεταλλικό σφαιρίδιο του άκροδέκτη τής μηχανής και στα τοιχώματα του κλωβού του Faraday σχηματίζονται ηλεκτρικοί σπινθήρες (είκ. 171).

Είκ. 171



Συμπεράσματα

Στό χώρο κάτω από τον κλωβό του Faraday δέ διαδίδονται τά ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από ηλεκτρικά φορτία, τά όποια βρίσκονται έξω απ' αυτόν.

Γιά νά προφυλάξουμε ένα χώρο από τήν επίδραση ηλεκτρικών φορτίων, τον περιβάλλουμε μέ πλέγμα από έναν αγωγό.

Σημείωση

*Αν τό τραπέζι πού πάνω του γίνεται τό πείραμα εἶναι από μονωτικό υλικό, ὁ κλωβός Faraday πρέπει νά γειώνεται.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11ο

Πυκνωτές. Πυκνωτής μέ επίπεδους ὀπλισμούς. Ἐξάρτηση τῆς χωρητικότητας τοῦ πυκνωτῆ ἀπό τήν ἀπόσταση τῶν ὀπλισμῶν του

*Απαραίτητα ὄργανα

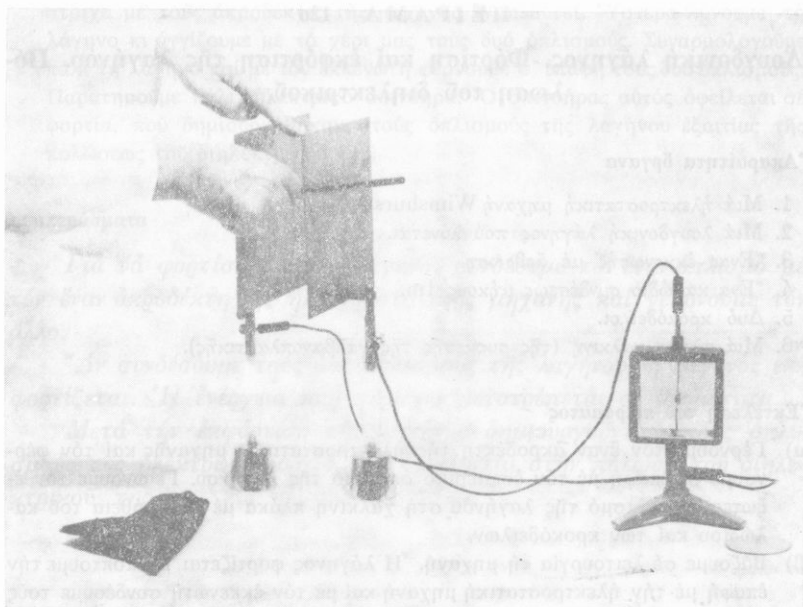
1. Δυό πλάκες ἐπίπεδου πυκνωτῆ (ἐπίπεδοι αγωγοί).
2. Δυό μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.
3. Δυό καλώδια συνδέσεως μήκους 70 cm.
4. Ἐνα ηλεκτροσκόπιο.
5. Μιά ράβδος ἀπό ἐβονίτη.
6. Ἐνα κομμάτι μάλλινου ὑφάσματος ἢ πλαστικοῦ φύλλου.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Στηρίζουμε τίς δυό πλάκες ἐπάνω στους δυό μονωτικούς στύλους καί τούς πλησιάζουμε ἔτσι, πού οἱ πλάκες νά εἶναι ἡ μία ἀπέναντι στήν ἄλλη καί σ' ἀπόσταση 10-15 cm. Ἐχουμε τώρα ἕναν πυκνωτή μέ επίπεδους ὀπλισμούς. Συνδέουμε μέ τό ἕνα καλώδιο τόν ἕνα μονωτικό στύλο μέ τό ηλεκτροσκόπιο καί τόν ἄλλο, μέ τό δεύτερο καλώδιο, μέ τό περίβλημα τοῦ ηλεκτροσκόπιου.

*Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Τρίβουμε τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη μέ τό μάλλινο ὑφάσμα ἢ τό πλαστικό φύλλο καί τήν πλησιάζουμε στόν ὀπλισμό τοῦ πυκνωτῆ πού ἔχει συνδεθεῖ μέ τό ηλεκτροσκόπιο ἔτσι, πού νά εἶναι παράλληλη μέ τήν ἐπιφάνεια τοῦ ὀπλισμοῦ καί σέ ἀπόσταση 1 cm περίπου.



Είκ. 172

Άγγίζουμε τόν όπλισμό μέ τό δάκτυλό μας καί στή συνέχεια απομακρύνουμε πρῶτα τό δάκτυλο κι ὕστερα τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη (εἰκ. 172). Ὁ πυκνωτής φορτίζεται καί τό ἡλεκτροσκόπιο δείχνει τή διαφορά δυναμικοῦ ἀνάμεσα

στούς ὀπλισμοῦς του, ἡ ὁποία δίνεται ἀπό τή σχέση $V = \frac{Q}{C}$.

Πησιάζουμε τοὺς δυό ὀπλισμοῦς. Τά φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκόπιου πέφτουν· τό δυναμικό (V) μικραίνει, ἄρα ἡ χωρητικότητα (C) μεγαλώνει. Ἀπομακρύνουμε τοὺς ὀπλισμοῦς. Τά φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκόπιου ἀνοίγουν· τό δυναμικό (V) μεγαλώνει, ἄρα ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ μικραίνει.

Συμπέρασμα

Ἡ χωρητικότητα ἑνός πυκνωτῆ μικραίνει, ὅταν μεγαλώνει ἡ ἀπόσταση τῶν ὀπλισμῶν του (εἶναι ἀντίστροφα ἀνάλογη μέ τήν ἀπόσταση τῶν ὀπλισμῶν του).

Λουγδονική λάγηνος. Φόρτιση καί εκφόρτιση τῆς λαγῆνου. Πό- λωση τοῦ διηλεκτρικοῦ

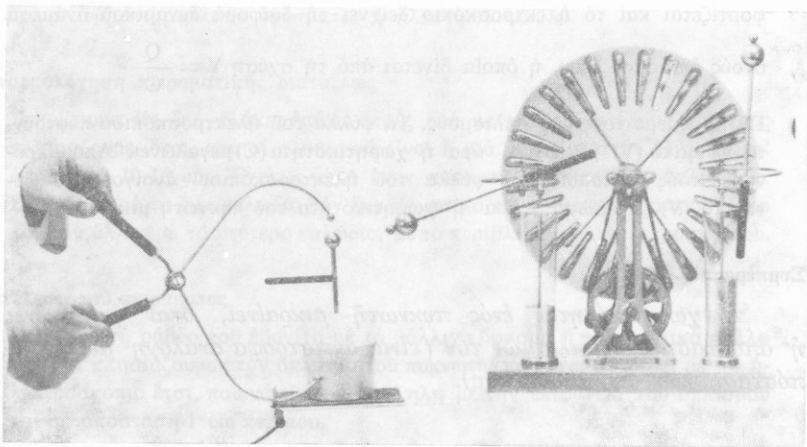
Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά ἤλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.
2. Μιά λουγδονική λάγηνος πού λύνεται.
3. Ἐνας ἐκκενωτής μέ ἄρθρωση.
4. Ἐνα καλώδιο συνδέσεως μήκους 1m.
5. Δυό κροκόδειλοι.
6. Μιά πλάκα χάλκινη (τῆς συσκευῆς τῆς γαλβανοπλαστικῆς).

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Γέρνουμε τόν ἕναν ἀκροδέκτη τῆς ἤλεκτροστατικῆς μηχανῆς καί τόν φέρ-
νουμε σ' ἐπαφή μέ τόν ἐσωτερικό ὄπλισμό τῆς λαγῆνου. Γειώνουμε τόν ἐ-
ξωτερικό ὄπλισμό τῆς λαγῆνου στή χάλκινη πλάκα μέ τή βοήθεια τοῦ κα-
λώδιου καί τῶν κροκόδειλων.
- β) Βάζουμε σέ λειτουργία τή μηχανή. Ἡ λάγηνος φορτίζεται. Διακόπτουμε τήν
ἐπαφή μέ τήν ἤλεκτροστατική μηχανή καί μέ τόν ἐκκενωτή συνδέουμε τοὺς
δύο ὄπλισμούς τῆς λαγῆνου (εἰκ. 173). Παρατηροῦμε μικρό σπινθήρα. Ἡ
λάγηνος εκφορτίζεται.
- γ) Φορτίζουμε τή λάγηνο, συνδέοντας καθένα ἀπό τοὺς ὄπλισμούς της ἀντί-

Εἰκ. 173



στοιχα με τούς ακροδέκτες της μηχανής Wimshurst. “Υστερα λύνουμε τή λάγηνo κι αγγίζουμε με τό χέρι μας τούς δυό όπλισμούς. Συναρμολογούμε πάλι τή λάγηνo και με τόν έκκενωτή φέρνουμε σ’ έπαφή τούς δυό όπλισμούς. Παρατηρούμε πάλι ήλεκτρικό σπινθήρα. ‘Ο σπινθήρας αυτός οφείλεται σέ φορτία, πού δημιουργήθηκαν στούς όπλισμούς της λαγήνου εξαιτίας της πολώσεως του διηλεκτρικού της.

Συμπεράσματα

Γιά νά φορτίσουμε μιιά λάγηνo, συνδέουμε τόν έναν όπλισμό με τόν έναν ακροδέκτη της ήλεκτροστατικής μηχανής και γειώνουμε τόν άλλο.

“Αν συνδέσουμε τούς δυό όπλισμούς της λαγήνου, ή λάγηνος εκφορτίζεται. Η ενέργεια πού περιέχει μετατρέπεται σέ θερμότητα.

Μετά τήν εκφόρτιση της λαγήνου δημιουργούνται στούς όπλισμούς της ηλεκτρικά φορτία πού οφείλονται στην πόλωση του διηλεκτρικού της.



ΠΟΛΛΑΠΛΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ ΣΕΛΗΝΙΟΥ

ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΕΩΣ

Ο πολλαπλός μετασχηματιστής, πού τό Ύπουργείο Έθνικῆς Παιδείας χορηγεῖ στά σχολεῖα, εἶναι μιὰ πάρα πολύ χρήσιμη συσκευή, γιατί ἀποτελεῖ τήν κύρια πηγή τροφοδοτήσεως τῶν ἡλεκτρικῶν κυκλωμάτων στά πιά πολλά πειράματα.

Αὐτός δίνει ποικιλία ἀπό τάσεις ἐναλλασσόμενου ρεύματος καί τήν ἔνταση πού χρειάζεται γιά τίς πιά πολλές περιπτώσεις. Ὄταν συνδυάζεται μέ τόν ἀνορθωτή σεληνίου, δίνει τάσεις ὡς 55 Volt καί ἔνταση συνεχοῦς ρεύματος ὡς 10 Amp.

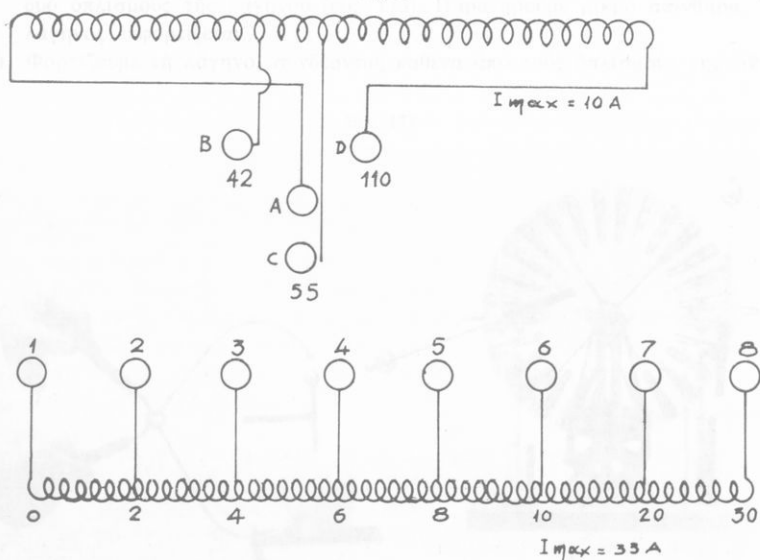
Περιγραφή καί λειτουργία τοῦ πολλαπλοῦ μετασχηματιστή

Ο πολλαπλός μετασχηματιστής ἔχει δύο ἀνεξάρτητες περιελίξεις δευτερεύοντος, πού μποροῦν νά συνδυάζονται ἢ μιὰ μέ τήν ἄλλη, καθώς θά περιγράψουμε πιά κάτω (σχ. 1).

Ἡ μιὰ περιέλιξη συνδέεται μέ τέσσερις ἀκροδέκτες (μπόρνες), πού σημειώνονται μέ τά στοιχεῖα Α, Β, C, D.

Ἡ ἄλλη περιέλιξη, πού ἀποτελεῖται ἀπό πιά παχύ σύρμα, συνδέεται μέ ὀκτώ ἀκροδέκτες ἀριθμημένους 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 καί 8.

Σχ. 1



Ο πολλαπλός μετασχηματιστής δίνει σάν πίο μεγάλη ισχύ 1000 Watt.

Οί συνδυασμοί που μπορούν νά γίνουν, γιά νά πάρουμε διάφορες τάσεις, είν-
ναι οί παρακάτω:

α) Στή πρώτη περιέλιξη (ομάδα άκροδεκτών A, B, C, D).

Λήψη μεταξύ	των άκροδεκτών	A-B	λαμβάνόμενη τάση	42 V
»	»	»	A-C	» 55 V
»	»	»	A-D	» 110 V
»	»	»	B-C	» 13 V (55-42 = 13)
»	»	»	B-D	» 68 V (110-42 = 68)
»	»	»	C-D	» 55 V (110-55 = 55)

Οί τάσεις 42, 55, 110 βρίσκονται γραμμένες κάτω από τούς άκροδέκτες B, C, D αντίστοιχα καί ισχύουν, μόνο όταν οί άκροδέκτες συνδυάζονται μέ τόν άκροδέκτη που έχει τό στοιχείο A (κόκκινη μπόρνα).

β) Στή δεύτερη περιέλιξη (ομάδα άκροδεκτών 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8).

Λήψη μεταξύ των άκροδεκτών	1-2	λαμβάνόμενη τάση	2 V
»	»	»	4 V
»	»	»	6 V
»	»	»	8 V
»	»	»	10 V
»	»	»	20 V
»	»	»	30 V

Οί τάσεις αυτές βρίσκονται γραμμένες κάτω από τούς άκροδέκτες αντίστοιχα 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 καί ισχύουν, όταν συνδυάζονται μέ τόν άκροδέκτη του άριθμού 1 (κόκκινη μπόρνα).

Αν χρησιμοποιήσουμε στή δεύτερη περιέλιξη δυό όποιουσδήποτε άκροδέ-
κτες, ή τάση που παίρνουμε ίσούται μέ τή διαφορά των τάσεων που είναι
γραμμένες στους άκροδέκτες. Έτσι π.χ.

Λήψη μεταξύ άκροδεκτών	6-2	λαμβάνόμενη τάση	10-2 = 8 V
»	»	»	30-8 = 12 V
»	»	»	20-4 = 26 V

Κ.Ο.Κ.

γ) Μπορούμε νά κάνουμε συνδυασμούς μέ τίς δυό περιελίξεις μέ τόν παρακάτω
τρόπο :

Γεφυρώνουμε έξωτερικά τίς δυό περιελίξεις μ' ένα καλώδιο καί τότε ή λήψη
γίνεται από έναν άκροδέκτη τής πρώτης κι έναν άκροδέκτη τής δεύτερης πε-
ριελίξεως. Ανάλογα μέ τόν τρόπο τής γεφυρώσεως καί τής εκλογής των ά-
κροδεκτών κατά τή λήψη μπορούμε νά έχουμε τό άθροισμα ή τή διαφορά
των τάσεων που είναι γραμμένες στους άκροδέκτες.

Περίπτωση 1η. Διαφορά τάσεων.

Αν η γεφύρωση γίνει ανάμεσα στους άκροδέκτες Β, C, D της πρώτης περιελίξεως και του 1 (κόκκινου) της δεύτερης και η λήψη από τον άκροδέκτη Α (κόκκινο) της πρώτης περιελίξεως και ενός άλλου της δεύτερης, η τάση που παίρνουμε είναι η διαφορά των τάσεων που είναι γραμμένες στους άκροδέκτες π.χ.

Γεφύρωση των άκροδεκτών	Λήψη από τους άκροδέκτες	Λαμβανόμενη τάση
B — 1	A — 2	40 = 42 — 2
	A — 3	38 = 42 — 4
	A — 4	36 = 42 — 6
	A — 5	34 = 42 — 8
	A — 6	32 = 42 — 10
	A — 7	22 = 42 — 20
	A — 8	12 = 42 — 30
C — 1	A — 2	53 = 55 — 2
	A — 3	51 = 55 — 4
	A — 4	49 = 55 — 6
	A — 5	47 = 55 — 8
	A — 6	45 = 55 — 10
	A — 7	35 = 55 — 20
	A — 8	25 = 55 — 30
D — 1	A — 2	108 = 110 — 2
	A — 3	106 = 110 — 4
	A — 4	104 = 110 — 6
	A — 5	102 = 110 — 8
	A — 6	100 = 110 — 10
	A — 7	90 = 110 — 20
	A — 8	80 = 110 — 30

Περίπτωση 2η. Άθροισμα τάσεων.

Αν η γεφύρωση γίνει ανάμεσα σ' έναν από τους άκροδέκτες Β, C, D της πρώτης περιελίξεως και του 8 (τελευταίου της δεύτερης) και η λήψη από τον άκροδέκτη Α (κόκκινο) της πρώτης περιελίξεως και κάποιου άλλου της δεύτερης, η τάση που παίρνουμε βρίσκεται, αν προσθέσουμε στην τιμή που είναι αντίστοιχα γραμμένη στους άκροδέκτες Β, C, D τη διαφορά μεταξύ της τιμής που είναι γραμμένη στον άκροδέκτη της δεύτερης περιελίξεως που γεφυρώθηκε τον 8 (30 V) και της τιμής που είναι γραμμένη στον άκροδέκτη λήψεως της δεύτερης περιελίξεως π.χ.

Γεφύρωση των άκροδεκτών	Λήψη από τους άκρο-δέκτες	Λαμβανόμενη τάση
B — 8	A — 7	$52 = 42 + (30 - 20)$
	A — 6	$62 = 42 + (30 - 10)$
	A — 5	$64 = 42 + (30 - 8)$
	A — 4	$66 = 42 + (30 - 6)$
	A — 3	$68 = 42 + (30 - 4)$
	A — 2	$70 = 42 + (30 - 2)$
	A — 1	$72 = 42 + (30 - 0)$
C — 8	A — 7	$65 = 55 + (30 - 20)$
	A — 6	$75 = 55 + (30 - 10)$
	A — 5	$77 = 55 + (30 - 8)$
	A — 4	$79 = 55 + (30 - 6)$
	A — 3	$81 = 55 + (30 - 4)$
	A — 2	$83 = 55 + (30 - 2)$
	A — 1	$85 = 55 + (30 - 0)$
D — 8	A — 7	$120 = 110 + (30 - 20)$
	A — 6	$130 = 110 + (30 - 10)$
	A — 5	$132 = 110 + (30 - 8)$
	A — 4	$134 = 110 + (30 - 6)$
	A — 3	$136 = 110 + (30 - 4)$
	A — 2	$138 = 110 + (30 - 2)$
	A — 1	$140 = 110 + (30 - 0)$

Περίπτωση 3η. Γενική περίπτωση.

Αν γεφυρώσουμε έναν άκροδέκτη από τους B, C, D της πρώτης περιελίξεως και κάποιον άλλο από τη δεύτερη και ή λήψη γίνει από κάποιο της πρώτης και κάποιο άλλο της δεύτερης, ή τάση που παίρνουμε θα υπολογιστεί με τον παρακάτω τρόπο:

Βρίσκουμε τη διαφορά των τάσεων που είναι γραμμένες στο γεφυρωμένο άκροδέκτη και τον άκροδέκτη λήψεως της πρώτης περιελίξεως (μειωτέος είναι η τάση που είναι γραμμένη στο γεφυρωμένο άκροδέκτη).

Βρίσκουμε τό ίδιο τη διαφορά των τάσεων που είναι γραμμένες στο γεφυρωμένο άκροδέκτη και τον άκροδέκτη λήψεως της δεύτερης περιελίξεως (μειωτέος η τάση που είναι γραμμένη στο γεφυρωμένο άκροδέκτη).

Αν οι δύο διαφορές που βρήκαμε είναι όμοιες, ή τάση είναι ίση με τό

ἄθροισμα τῶν ἀπόλυτων τιμῶν τους, ἂν εἶναι ἑτερόσημες εἶναι ἴση μέ τή διαφο-
ρά τῶν ἀπόλυτων τιμῶν τους.

Παραδείγματα

Γεφύρω- ση τῶν ἀ- κροδεκτῶν	Λήψη ἀπό ἄκροδέκτες	Διαφορά 1ης περιελίξεως	Διαφορά 2ης περιελίξεως	Λαμβανό- μενη τάση
C — 6	D — 7	$55 - 110 = -55$	$10 - 20 = -10$	65
	B — 2	$55 - 42 = 13$	$10 - 3 = 8$	21
	D — 3	$55 - 110 = -55$	$10 - 4 = 6$	49
	B — 8	$55 - 42 = 13$	$10 - 30 = -20$	7
B — 4	C — 6	$42 - 55 = -13$	$6 - 10 = -4$	17
	A — 2	$42 - 0 = 42$	$6 - 2 = 4$	46
	D — 1	$42 - 110 = -68$	$6 - 0 = 6$	62
	C — 3	$42 - 55 = -13$	$6 - 4 = 2$	11

Προσοχή

Ποτέ δέ γεφυρώνουμε δυό ἄκροδέκτες τῆς ἴδιας περιελίξεως, γιατί προκαλεῖ-
ται βραχυκύκλωμα.

Συνδυασμός τοῦ πολλαπλοῦ μετασχηματιστῆ μέ τόν ἀνορθωτή σεληνίου

Ἄν θέλουμε νά ἔχουμε συνεχές ρεῦμα, πρέπει νά χρησιμοποιήσουμε τό μετα-
σχηματιστή σέ συνδυασμό μέ τόν ἀνορθωτή σεληνίου.

Ὁ ἀνορθωτής σεληνίου ἔχει τέσσερις ἄκροδέκτες ἀπό δυό σέ κάθε μικρότε-
ρη πλευρά τῆς βάσεώς του. Ἀνάμεσα στούς δυό ἄκροδέκτες, τῆς μιᾶς πλευρᾶς
εἶναι χαραγμένη ἡ ἡμιτονοειδῆς καμπύλη (—) καί στούς ἄκροδέκτες τῆς ἄλλης
πλευρᾶς τά σημεῖα σύν (+) καί πλήν (—).

Γιά νά χρησιμοποιήσουμε τόν ἀνορθωτή, συνδέουμε μέ δυό καλώδια τοὺς
ἄκροδέκτες πού ἔχουν τήν ἡμιτονοειδῆ καμπύλη μέ δυό ἄκροδέκτες λήψεως τοῦ
μετασχηματιστῆ καί ἀπό τοὺς ἄκροδέκτες τῆς ἄλλης πλευρᾶς τοῦ ἀνορθωτῆ παίρ-
νουμε συνεχῆ τάση (πλήρη ἀνορθωμένη ὄχι ὅμως ἐξομαλυνμένη). Τόν ἀνορθωτή
σεληνίου δέν πρέπει νά τόν συνδέουμε σέ τάση πιο μεγάλη ἀπό 55 Volt. Ἡ πιο
μεγάλη ἔνταση ρεύματος πού ἐπιτρέπεται νά περάσει ἀπό τόν ἀνορθωτή εἶναι
10 Ampère.

Ἐπιτρεπόμενο ρεῦμα ἀπό τίς περιελίξεις τοῦ πολλαπλοῦ μετασχηματιστῆ

Ὁ πολλαπλός μετασχηματιστής μπορεί νά δίνει σάν πιο μεγάλη ἰσχύ 1000
Watt. Ἐτσι στήν πρώτη περιέλιξη καί κάτω ἀπό τήν πιο μεγάλη τάση τῶν 110

Volt μπορεί νά περάσει ρεύμα περίπου 9 Ampré. *Αν περάσει ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως, τότε μπορεί τό σύρμα τής περιελίξεως νά καταστραφεί.

Φανερό είναι πώς καί κάτω από μικρότερες τάσεις τών 42 ή 55 Volt δέν επιτρέπεται ή ένταση τοῦ ρεύματος νά εἶναι μεγαλύτερη ἀπό 9 Ampré. Στή δεύτερη περιελίξη καί κάτω ἀπό τήν πιο μεγάλη τάση τών 30 Volt μπορεί νά περάσει ρεύμα περίπου 33 Ampré. Τό ἴδιο καί κάτω ἀπό πιο μικρές τάσεις ή ένταση τοῦ ρεύματος δέν πρέπει νά ξεπεράσει τήν παραπάνω τιμή.

*Αν ἔχουμε συνδυασμό τών δυό περιελίξεων, ή πιο μεγάλη ένταση πού επιτρέπεται εἶναι τών 9 Ampré, ἀφοῦ τό ρεύμα θά περνᾷ καί ἀπό τό σύρμα τής πρώτης περιελίξεως πού δέν ἀντέχει σέ μεγαλύτερη ένταση.

Γιά πολύ μικρό χρονικό διάστημα οἱ ἐντάσεις μποροῦν νά εἶναι αὐξημένες ὥς 30%.

Πραγματοποίηση συνδεσμολογίας ηλεκτρικού κυκλώματος που έχει πηγή, διακόπτη και λάμπα. Κύκλωμα ανοιχτό, κύκλωμα κλειστό. Καθορισμός της φοράς του ρεύματος με χημικό τρόπο

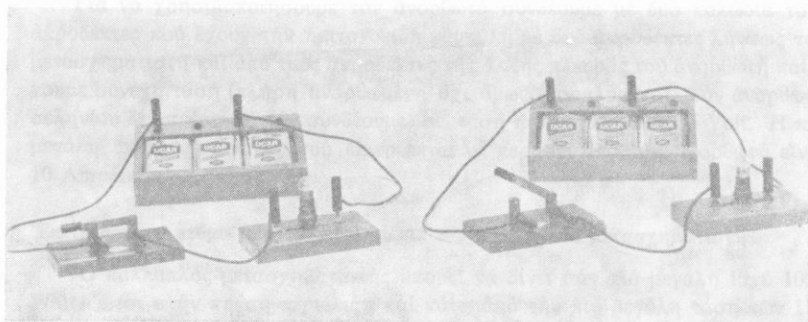
Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων με τρεις στήλες των 4,5 V.
2. Ένας διακόπτης άπλός, μαχαιωτός.
3. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.
4. Ένα καλώδιο μήκους 30 cm.
5. Δύο καλώδια μήκους 50 cm.
6. Μιά πλάκα χάλκινη.
7. Μιά άκίδα σιδερένια ή ένα σιδερένιο καρφί.
8. Ένα φύλλο διηθητικού χαρτιού.
9. Ένα μπουκαλάκι με διάλυμα $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$.
10. Ένα μικρό πινέλο.
11. Δύο κροκόδειλοι.
12. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Συνδέουμε στη σειρά την πηγή με τη λάμπα σε τάση 4,5 V, βάζοντας ανάμεσά τους το διακόπτη. Η λάμπα δέ φωτοβολεί. Το κύκλωμα είναι ανοιχτό. Κλείνουμε το διακόπτη. Το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα· είναι κλειστό, ή λάμπα φωτοβολεί (εικ. 174).
- β) Αποσυνδέουμε το διακόπτη από το κύκλωμα και στά άκρα των ελεύθερων άκροδεκτών των καλωδίων εφαρμόζουμε τούς δύο κροκόδελους. Με τόν έναν κροκόδειλο συνδέουμε τη χάλκινη πλάκα και με τόν άλλο συγκρατούμε τη

Εικ. 174

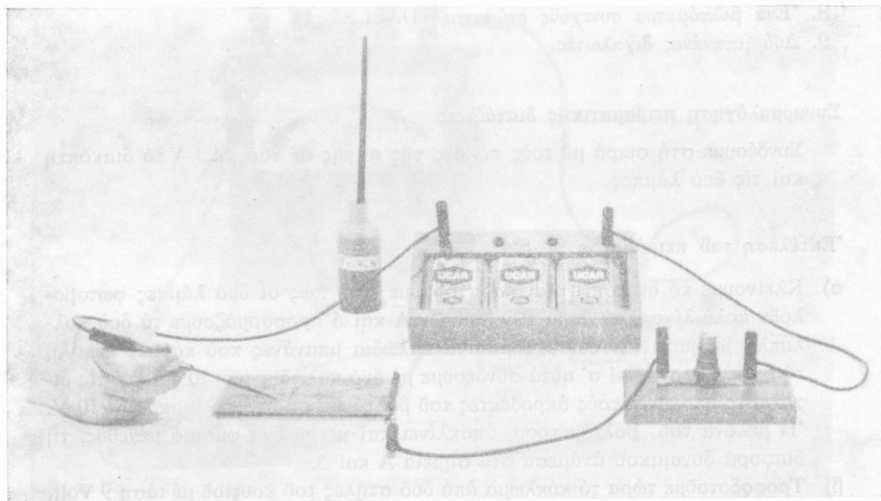


σιδερένια άκίδα ή τό καρφί. Σκεπάζουμε μέ διηθητικό χαρτί τή χάλκινη πλάκα καί μέ τό πινέλο τό βρέχουμε μέ τό διάλυμα. Τραβάμε μιά γραμμή μέ τήν άκίδα στήν επιφάνεια του βρεγμένου διηθητικού χαρτιού. 'Η άκίδα γράφει μιά γαλάζια γραμμή (εϊκ. 175). 'Αλλάζουμε τούς άκροδέκτες στους πόλους τής πηγής καί τραβάμε πάλι μιά γραμμή. Τώρα ή άκίδα δέ γράφει. 'Η άκίδα γράφει γαλάζια γραμμή, μόνο όταν είναι συνδεμένη μέ τό θετικό πόλο τής πηγής. Τό κύκλωμα κλείνεται μέ τήν άκίδα, τό ηλεκτρολυτικό διάλυμα καί τή χάλκινη πλάκα. Τό διάλυμα του διηθητικού χαρτιού ηλεκτρολύεται. 'Όταν ή άκίδα είναι συνδεμένη μέ τό θετικό πόλο (άνοδο), προσβάλλεται από τό εκκλύόμενο χλώριο, πού προέρχεται από τήν ηλεκρόλυση του NH_4Cl , καί παράγεται FeCl_3 . 'Ο FeCl_3 μέ τό $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ σχηματίζει κυανούν του Βερολίνου, πού γράφει μιά γαλάζια γραμμή. 'Η συμβατική φορά του ρεύματος καθορίζεται σάν τή φορά από τό θετικό πόλο τής πηγής πρós τόν άρνητικό. Ξανακάνουμε τό ίδιο μέ έναλλασσόμενο ρεύμα πού παίρνουμε από τόν πολλοπλό μετασχηματιστή. Βλέπουμε πώς ή άκίδα γράφει πάνω στο διηθητικό χαρτί γραμμή διακοπτόμενη. 'Η άκίδα γράφει τό κάθε κομματάκι τής γραμμής, μόνο όταν γίνεται θετικό ηλεκτρόδιο, καί παύει νά γράφει, σάν γίνεται κάθοδος. Μ' αυτό τόν τρόπο μπορούμε νά αναγνωρίσουμε τό έναλλασσόμενο ρεύμα.

Συμπέρασμα

"Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα, όταν είναι κλει-

Εϊκ. 175



στό. Μπορούμε με χημικό τρόπο νά δρίσουμε τό είδος τῶν πόλων τῆς πηγῆς κι ἀπό αὐτό τή φορά τοῦ ρεύματος. Μπορούμε ἀκόμα νά ἀναγνωρίσουμε ἂν τό ρεῦμα πού περνᾷ ἀπό τό κύκλωμα εἶναι ἐναλλασσόμενο ἢ συνεχές.

ΠΕΙΡΑΜΑ 14ο

Ἔννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἢ τάσεως. Μέτρηση τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἀνάμεσα σέ δύο σημεῖα τοῦ κυκλώματος. Πῶς συνδέουμε τό βολτόμετρο γιά τή μέτρηση τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἀνάμεσα σέ δύο σημεῖα τοῦ κυκλώματος

Ἀπαραίτητα ὄργανα

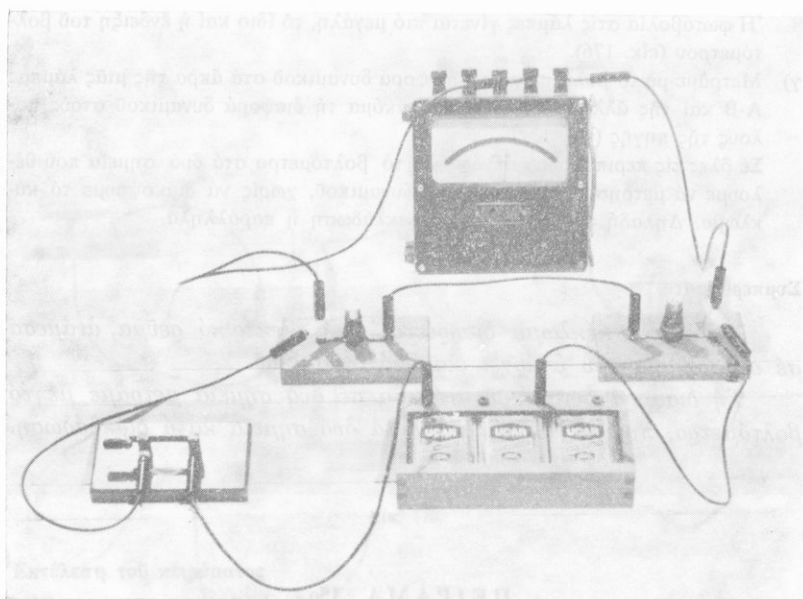
1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού νά ἔχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας διακόπτης ἀπλῶς μαχαιρωτός.
3. Δυό λάμπες 6-8 V σέ βάσεις.
4. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
5. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
6. Δυό πολλαπλά βύσματα.
7. Δυό καλώδια μήκους 70 cm.
8. Ἐνα βολτόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).
9. Δυό μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

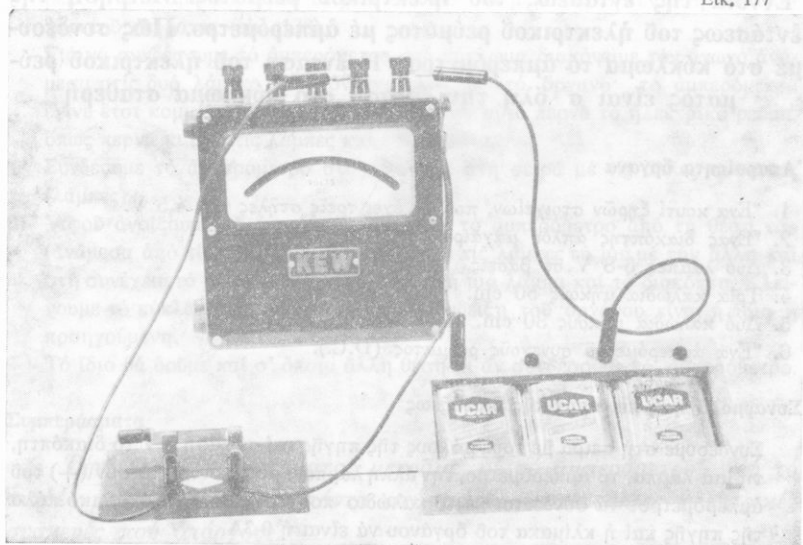
Συνδέουμε στή σειρά μέ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς σέ τάση 4,5 V τό διακόπτη καί τίς δυό λάμπες.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη καί παρατηροῦμε τότε πῶς οἱ δυό λάμπες φωτοβολοῦν πολύ λίγο. Στά ἄκρα τῶν λαμπῶν Α καί Δ προσαρμόζουμε τά δυό πολλαπλά βύσματα (ἂν δέν ἔχουμε στά καλώδια μπανάνες πού κάνουν εὐκόλη τή διακλάδωση) καί σ' αὐτά συνδέουμε μέ δυό καλώδια τῶν 70 cm καί τίς διχαλωτές μπανάνες τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ βολτόμετρου στήν κλίμακα τῶν 10 V. Ἡ βελόνα τοῦ βολτόμετρου ἀποκλίνει καί μετρᾷ ἕνα φυσικό μέγεθος, τή διαφορὰ δυναμικοῦ ἀνάμεσα στά σημεῖα Α καί Δ.
- β) Τροφοδοτοῦμε τώρα τό κύκλωμα ἀπό δυό στήλες τοῦ κουτιοῦ μέ τάση 9 Volt.



Εικ. 176



Εικ. 177

Ἡ φωτοβολία στὶς λάμπες γίνεται πιό μεγάλη, τὸ ἴδιο καὶ ἡ ἔνδειξη τοῦ βολτόμετρου (εἰκ. 176).

- γ) Μετῶμε μὲ τὸ βολτόμετρο τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ στὰ ἄκρα τῆς μιᾶς λάμπας Α-Β καὶ τῆς ἄλλης Γ-Δ. Μετῶμε ἀκόμα τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ στοὺς πόλους τῆς πηγῆς (εἰκ. 177).

Σὲ ὅλες τὶς περιπτώσεις συνδέουμε τὸ βολτόμετρο στὰ δύο σημεῖα ποὺ θέλουμε νὰ μετρήσουμε τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, χωρὶς νὰ διακόψουμε τὸ κύκλωμα. Δηλαδή συνδέουμε κατὰ διακλάδωση ἢ παράλληλα.

Συμπεράσματα

Ὅταν ἓνα κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα τοῦ ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ.

Τὴ διαφορὰ δυναμικοῦ ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα μετῶμε μὲ τὸ βολτόμετρο, ποὺ τὸ συνδέουμε μὲ τὰ δύο σημεῖα κατὰ διακλάδωση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 15ο

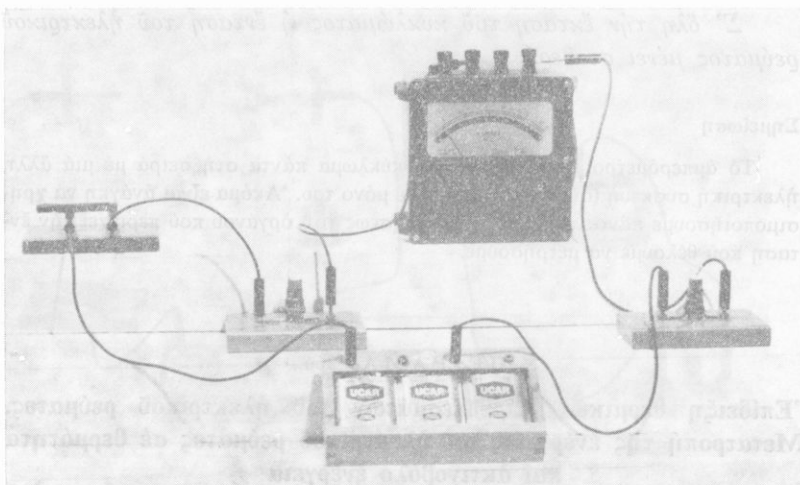
Ἔννοια τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μέτρηση τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ ἀμπερόμετρο. Πῶς συνδέουμε στὸ κύκλωμα τὸ ἀμπερόμετρο. Ἡ ἔνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι σ' ὅλη τὴν ἔκταση στὸ κύκλωμα σταθερή

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων, ποὺ νὰ ἔχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας διακόπτης ἀπλὸς μαχαίρωτός.
3. Δυὸ λάμπες 6-8 V σὲ βάσεις.
4. Τρία καλώδια μήκους 50 cm.
5. Δυὸ καλώδια μήκους 30 cm.
6. Ἐνα ἀμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Συνδέουμε στὴ σειρὰ μὲ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς καὶ σὲ τάση 9 V τὸ διακόπτη, τὴ μιὰ λάμπα, τὸ ἀμπερόμετρο, τὴν ἄλλη λάμπα, προσέχοντας τὸ σὺν (+) τοῦ ἀμπερόμετρου νὰ συνδέεται μὲ τὸ καλώδιο ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς καὶ ἡ κλίμακα τοῦ ὄργανου νὰ εἶναι ἡ 0-3A.



Είκ. 178

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τὸ διακόπτη καὶ παρατηροῦμε πὼς οἱ λάμπες φωτοβολοῦν καὶ ἡ βελόνα τοῦ ἀμπερόμετρου δείχνει ἓνα φυσικὸ μέγεθος, τὴν ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (εἰκ. 178).

Γιὰ νὰ συνδέσουμε τὸ ἀμπερόμετρο στὸ κύκλωμα, διακόψαμε τὸν ἀγωγὸ ἀνάμεσα στὶς δύο λάμπες καὶ τὸν ἐνώσαμε μὲ τὸ ὄργανο· τὸ ἀμπερόμετρο ἔγινε ἔτσι κομμάτι τοῦ ἀγωγοῦ καὶ μέσα ἀπ' αὐτὸ περνᾷ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅπως περνᾷ κι ἀπὸ τὶς λάμπες καὶ τὰ καλώδια.

Συνδέουμε τὸ ἀμπερόμετρο στὸ κύκλωμα στὴ σειρά μὲ τὶς ἄλλες συσκευές (λάμπες).

- β) Ἀφοῦ ἀνοίξουμε τὸ διακόπτη, βγάζουμε τὸ ἀμπερόμετρο ἀπὸ τὴ θέση του (ἀνάμεσα ἀπὸ τὶς δύο λάμπες), συνδέουμε τὶς λάμπες τὴ μιὰ μὲ τὴν ἄλλη καὶ στὴ συνέχεια τὸ ἀμπερόμετρο ἀνάμεσα στὴ μιὰ λάμπα καὶ τὸ διακόπτη. Κλείνουμε τὸ κύκλωμα καὶ βλέπουμε πὼς ἡ ἔνδειξη τοῦ ὀργάνου εἶναι ἡ ἴδια ἢ προηγούμενη.

Τὸ ἴδιο θὰ δοῦμε καὶ σ' ὅποια ἄλλη θέση κι ἂν συνδέσουμε τὸ ἀμπερόμετρο.

Συμπεράσματα

Τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος μετράμε μὲ τὸ ἀμπερόμετρο, πού τὸ συνδέουμε στὸ κύκλωμα πάντα στὴ σειρά μὲ τὶς ἄλλες ἡλεκτρικὲς συσκευές πού διπάρχουν.

Σ' όλη τήν έκταση τοῦ κυκλώματος ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μένει σταθερή.

Σημείωση

Τό ἀμπερόμετρο τοποθετεῖται στό κύκλωμα πάντα στή σειρά μέ μιά ἄλλη ἡλεκτρική συσκευή (ἀντίσταση) καί ποτέ μόνο του. Ἀκόμα εἶναι ἀνάγκη νά χρησιμοποιήσουμε πάντα τήν περιοχή μετρήσεως τοῦ ὀργάνου πού περιέχει τήν ἔνταση πού θέλουμε νά μετρήσουμε.

ΠΕΙΡΑΜΑ 16ο

Ἐπίδειξη θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μετατροπή τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σέ θερμότητα καί ἀκτινοβολο ἐνέργεια

Ἀπαραίτητα ὄργανα

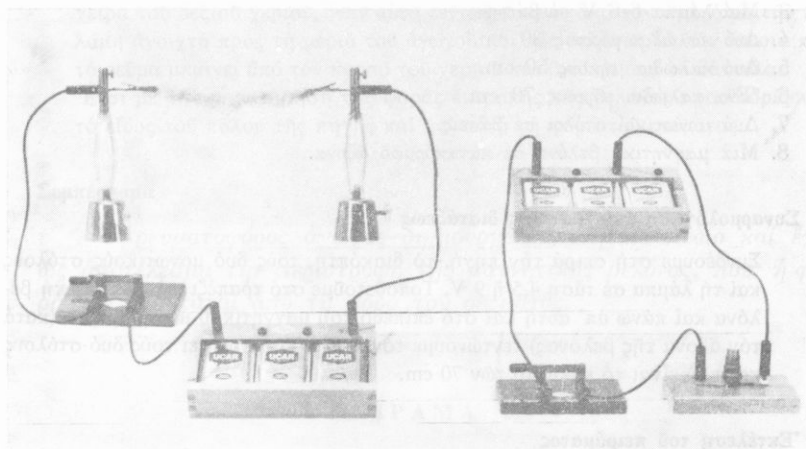
1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού νά ἔχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.
3. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
4. Ἐνα καλώδιο μήκους 30 cm.
5. Δυό καλώδια μήκους 70 cm.
6. Δυό μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.
7. Δυό κροκόδειλοι.
8. Ἐνα κομμάτι ἀτσαλόμαλλου.

Συνάρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Συνδέουμε τόν ἕναν πόλο τῆς πηγῆς καί τό διακόπτη μέ τό καλώδιο τῶν 30 cm καί τόν ἄλλο ἀκροδέκτη τοῦ διακόπτη μέ τόν ἕνα μονωτικό στύλο. Συνδέουμε ὕστερα τόν ἄλλο μονωτικό στύλο μέ τόν ἄλλο πόλο τῆς πηγῆς σέ τάση 4,5 V ἢ 9 V. Στά ἄκρα τῶν ἀκροδεκτῶν τῶν καλωδίων τῶν συνδεμένων μέ τούς μονωτικούς στύλους, πού προεξέχουν, συνδέουμε τούς δυό κροκόδελους καί μ' αὐτούς συγκρατοῦμε μιά λεπτή τούφα ἀτσαλόμαλλου, ἐνώνοντας μ' αὐτό τόν τρόπο ἡλεκτρικά τούς δυό μονωτικούς στύλους.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη. Τό ἡλεκτρικό ρεύμα πού περνᾷ ἀπό τό ἀτσαλόμαλλο



Εικ. 179

τό θερμαίνει. Τό ατσαλόμαλλο ἐρυθροπυρρώνεται καί τελικά καίγεται.

- β) Ἀποσυνδέουμε τούς μονωτικούς στύλους καί στά ἐλεύθερα ἄκρα τῶν ἀγωγῶν συνδέουμε τούς ἀκροδέκτες τῆς λάμπας. Ἡ λάμπα φωτοβολεῖ, γιατί τό νῆμα τῆς ὑπερθερμαίνεται (εἰκ. 179).

Συμπέρασμα

Τό ἡλεκτρικό ρεῦμα θερμαίνει τούς ἀγωγούς πού ἀπό μέσα τους περνᾷ καί οἱ ἀγωγοί σέ ὀρισμένες περιπτώσεις, ἐπειδὴ θερμαίνονται πάρα πολύ, φωτοβολοῦν. Ἐτσι ἔχουμε μετατροπή τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σέ θερμότητα καί ἀκτινοβόλο ἐνέργεια.

ΠΕΙΡΑΜΑ 17ο

**Ἐπίδειξη μαγνητικῶν αποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.
Καθορισμός τοῦ εἶδους τοῦ πόλου τῆς πηγῆς καί τῆς φορᾶς τοῦ
ἡλεκτρικοῦ ρεύματος**

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού νά ἔχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας διακόπτης ἀπλῶς μαχαίρωτός.

3. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.
4. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
5. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
6. Ένα καλώδιο μήκους 70 cm.
7. Δυό μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.
8. Μιά μαγνητική βελόνα σε κατακόρυφο άξονα.

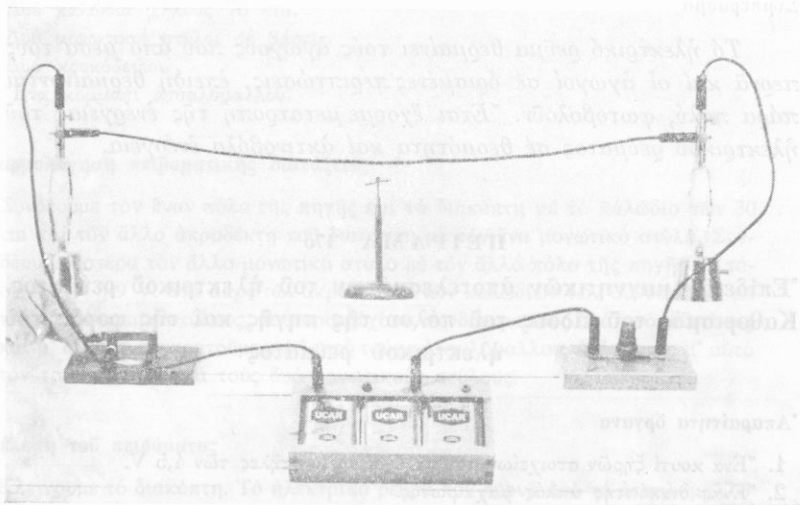
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Συνδέουμε στη σειρά την πηγή, τό διακόπτη, τούς δυό μονωτικούς στύλους καί τή λάμπα σε τάση 4,5 ή 9 V. Τοποθετούμε στό τραπέζι τή μαγνητική βελόνα καί πάνω απ' αὐτή καί στό επίπεδο τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (κατά τόν ἄξονα τῆς βελόνας) τεντώνουμε τόν ἄγωγό πού συνδέει τούς δυό στύλους καί πού εἶναι τό καλώδιο τῶν 70 cm.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη· τότε ἡ λάμπα φωτοβολεῖ, ἡ μαγνητική βελόνα στρέφεται μέ τρόπο πού νά γίνει κάθετη στό ρευματοφόρο ἄγωγό (εἰκ. 180). Παρατηροῦμε τή φορά πού προσπαθεῖ νά κινηθεῖ ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνας.
- β) Ἐναλλάσσουμε τούς πόλους τῆς πηγῆς καί κλείνουμε πάλι τό διακόπτη. Παρατηροῦμε πῶς ἡ βελόνα τώρα στρέφεται μέ ἀντίθετη φορά. Ἡ φορά πού ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνας δίνεται ἀπό τόν ἀντί-

Εἰκ. 180



χειρα του δεξιού χεριού, όταν αυτό τεντωθεί πάνω υπό τον άγωγό με την παλάμη ανοιχτή προς τη μεριά του άγωγού και της βελόνας, με την έννοια πώς το ρεύμα μπαίνει από τον καρπό του χεριού και βγαίνει από τα δάκτυλα.

Έτσι με την παρατήρηση της φοράς έκτροπής της βελόνας προσδιορίζουμε το είδος του πόλου της πηγής και άπ' αυτό τη φορά του ρεύματος.

Συμπέρασμα

Ο ρευματοφόρος άγωγός δημιουργεί μαγνητικό πεδίο και έχει ως αποτέλεσμα την περιστροφή της μαγνητικής βελόνας, πού η φορά της εξαρτάται από τη φορά του ρεύματος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 18ο

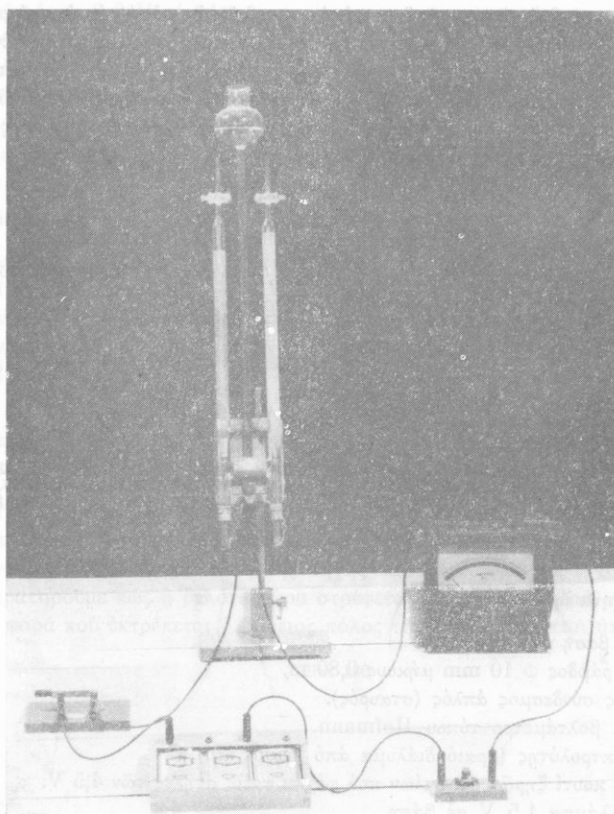
Επίδειξη χημικών αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή ενέργειας ηλεκτρικού ρεύματος σε χημική ενέργεια και αντίστροφα

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Ένα βολτάμετρο τύπου Hofmann.
5. Ήλεκτρολύτης (άραιό διάλυμα από θειικό όξύ).
6. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού φέρνει τρεις στήλες των 4,5 V.
7. Μιά λάμπα 1,5 V σε βάση.
8. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
9. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
10. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
11. Τρία καλώδια μήκους 70 cm.
12. Δυό μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

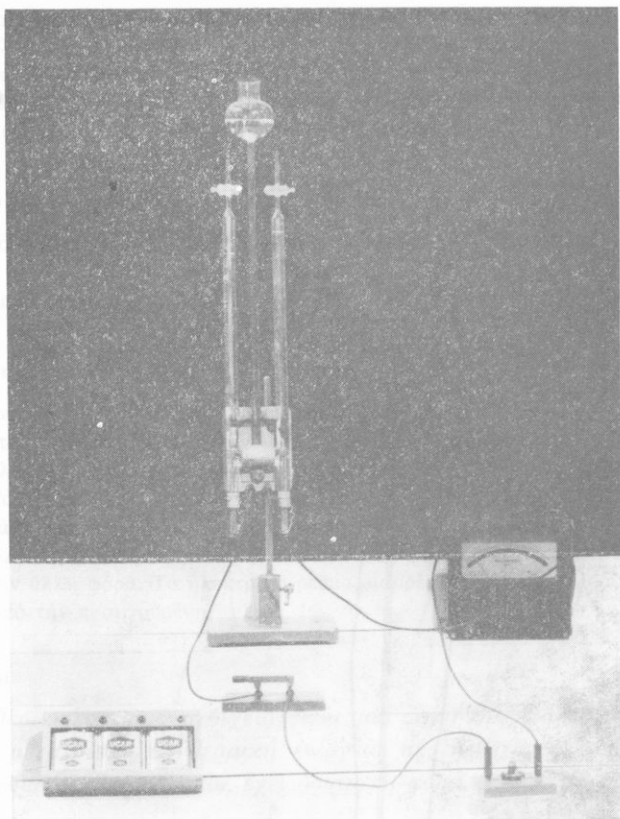
- α) Βιδώνουμε στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και σ' αυτή με τό σύνδεσμο στηρίζουμε τό βολτάμετρο πού τό γεμίζουμε με τόν ήλεκτρολύτη.
- β) Συνδέουμε στη σειρά με τούς πόλους της πηγής τη λάμπα, τό άμπερόμετρο, τό βολτάμετρο και τό διακόπτη, χρησιμοποιώντας γιά περιοχή μετρήσεως του άμπερόμετρου τήν 0—3A.



Εικ. 181

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη τότε ή λάμπα φωτοβολεί. Τό άμπερόμετρο δείχνει τήν ένταση τοῦ ρεύματος καί στό βολτάμετρο γίνεται ηλεκτρόλυση τοῦ νεροῦ (εἰκ. 181). Μέ τό ηλεκτρικό ρεύμα πετυχαίνουμε μιά χημική αντίδραση, τή διάσπαση τοῦ νεροῦ. Ἐάν ή ένδειξη τοῦ άμπερόμετρον εἶναι πῶς μικρή ἀπό 0,3Α, χρησιμοποιοῦμε τήν περιοχή μετρήσεως 0—0,3 Α.
- β) Ἀνοίγουμε τό διακόπτη, βγάζουμε τήν πηγή ἀπό τό κύκλωμα καί συμπληρώνουμε τό κύκλωμα συνδέοντας τό διακόπτη μέ τή λάμπα, ἀλλά προηγουμένως ἐναλλάσσουμε τή σύνδεση στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ άμπερόμετρον. Κλείνουμε τό



Εικ. 182

διακόπτη καί βλέπουμε πώς τό αμπερόμετρο δείχνει ότι πέρασε ρεύμα, πού γίνεται φανερό πώς είχε αντίθετη φορά από τό προηγούμενο (εϊκ. 182). Τό βολτάμετρο συμπεριφέρεται ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ή χημική ενέργεια μετατρέπεται σέ ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος.

Συμπέρασμα

Τό ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί χημικές αντιδράσεις, γιατί μετατρέπεται ή ενέργειά του σέ χημική ενέργεια. Μπορεί αντίστροφα ή χημική ενέργεια νά γίνει ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος.

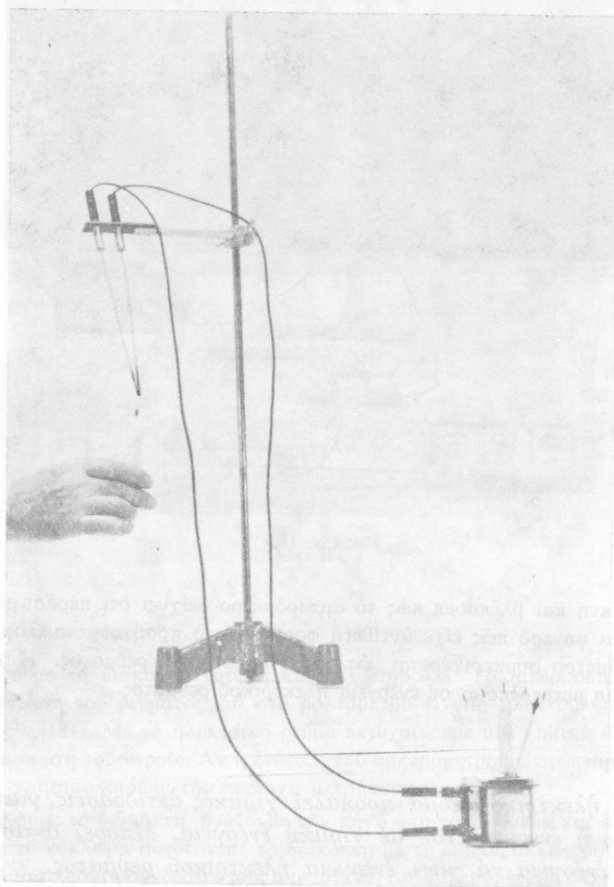
ΠΕΙΡΑΜΑ 19ο

Πηγές ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο

Απαραίτητα όργανα

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

Εικ. 183



3. "Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
5. "Ένα θερμοηλεκτρικό στοιχείο.
6. "Ένα γαλβανόμετρο μηδενός μέ πηγίο 300 σπειρών.
7. "Ένα κερλί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Βιδώνουμε τή ράβδο των 0,80 m πάνω στή χυτοσιδερένια βάση. Πάνω σ' αὐτή στό μέσο τοῦ ὕψους τῆς στερεώνουμε τόν άπλό σύνδεσμο καί σ' αὐτόν τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Θερμαίνουμε τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο μέ τή φλόγα τοῦ κεριοῦ καί βλέπουμε πώς ἡ βελόνα τοῦ γαλβανόμετρου ἀποκλίνει κατά μιά φορά (εἰκ. 183). Τό κύκλωμα διαρρέεται ἀπό ρεύμα, πού ἡ πηγή του εἶναι τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο.
- β) Ἐναλλάσσουμε τά καλώδια συνδέσεως στά ἄκρα τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου καί θερμαίνουμε πάλι ἡ βελόνα τοῦ γαλβανόμετρου ἀποκλίνει τώρα πρὸς τήν ἄλλη φορά. Τό ἡλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τό κύκλωμα μέ ἀντίθετη φορά ἀπό τήν προηγούμενη.

Συμπέρασμα

Τό θερμοηλεκτρικό στοιχείο εἶναι μιά πηγή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, πού μετατρέπει τή θερμική ἐνέργεια σέ ἡλεκτρική. Τό ἡλεκτρικό ρεύμα πού παράγεται ἔχει ὁρισμένη φορά.

ΠΕΙΡΑΜΑ 206

Πηγές ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Μετατροπή κινητικῆς ἐνέργειας σέ ἡλεκτρική. Ἀρχή τῆς μαγνητοηλεκτρικῆς γεννήτριας

Ἀπαραίτητα ὄργανα

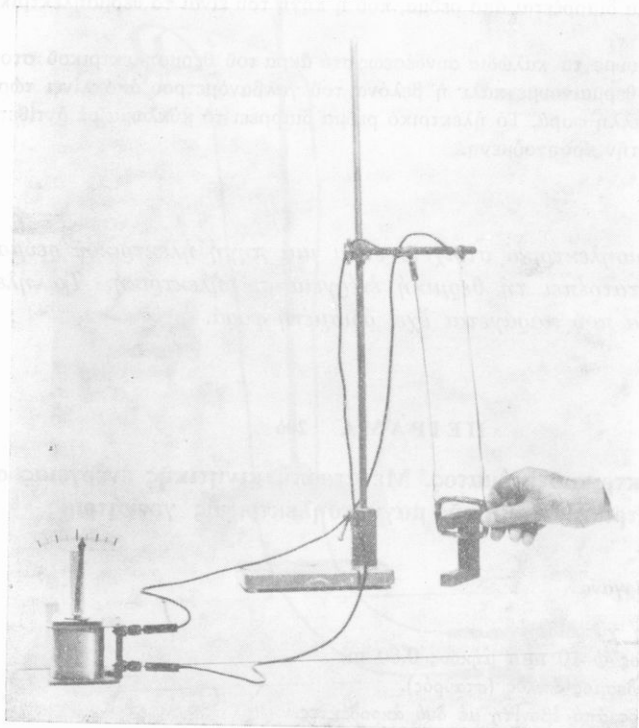
1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. "Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά ράβδος ἀπό ἐβονίτη μέ δυό ἀκροδέκτες.

5. Ένα αιώρομένο πηνίο.
6. Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
7. Ένας όπλισμός μαγνητών.
8. Ένα γαλβανόμετρο μηδενός με πηνίο 300 σπειρών.
9. Δυό καλώδια μήκους 1 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε τή ράβδο των 0,80 m πάνω στη χυτοσιδερένια βάση και σ' αὐτή στο μέσο τοῦ ὕψους της στηρίζουμε τόν ἀπλό σύνδεσμο καί συγκρατοῦμε μ' αὐτόν ὀριζόντια τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη.
- β) Ἀπό τοὺς ἀκροδέκτες τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτη κρεμάμε τό αἰωρούμενο πηνίο καί τά ἄκρα του συνδέουμε μέ καλώδια μέ τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ γαλβανόμετρου.
- γ) Βάζουμε τόν ὀπλισμό ἀνάμεσα στοὺς δυό ἐτερόσημους πόλους τῶν ραβδόμορφων μαγνητῶν μέ τέτοιο τρόπο, πού τό σύνολο νά σχηματίζει ἕναν πεταλοειδή μαγνήτη.

Εἰκ. 184



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τοποθετοῦμε τὸν πεταλοειδῆ μαγνήτη, πού κατασκευάσαμε, κάτω ἀπὸ τὸ αἰωρούμενο πηνίο ἔτσι, πού τὸ ἐπίπεδο τῶν δυὸ σκελῶν του νὰ εἶναι κατακόρυφο καὶ κάθετο στοῦ ἐπίπεδο τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Κανονίζουμε τὸ ὕψος τοῦ συνδέσμου τόσο, πού τὸ πηνίο αἰωρούμενο νὰ μπαίνει στοῦ πάνω σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς μαγνήτη.
- β) Κινούμε παλινδρομικά τὸ πηνίο καὶ βλέπουμε πῶς τὸ γαλβανόμετρο δείχνει πῶς περνᾷ ρεῦμα καὶ μάλιστα ἄλλοτε πρὸς τὴ μιὰ φορά κι ἄλλοτε πρὸς τὴν ἀντίθετη (εἰκ. 184).
- γ) Κρατᾷμε τὸ πηνίο μὲ τὸ χέρι ἀκίνητο καὶ κινούμε παλινδρομικά τὸ μαγνήτη. Τὸ γαλβανόμετρο δείχνει πάλι πῶς περνᾷ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα.
- δ) Ἀποσυνδέουμε τὸν πεταλοειδῆ μαγνήτη καί, παίρνοντας τὸν ἓνα ραβδόμορφο μὲ τὸ χέρι, τὸν βάζουμε καὶ τὸν βγάζουμε μέσα στοῦ πηνίο ἢ κρατᾷμε τὸ μαγνήτη ἀκίνητο καὶ κινούμε τὸ πηνίο πρὸς αὐτόν. Βλέπουμε καὶ πάλι πῶς τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα.

Συμπεράσματα

Ὅταν ἓνας ἀγωγός (πηνίο) κινεῖται σχετικὰ πρὸς ἓνα μαγνήτη ἢ ἓνας μαγνήτης πρὸς τὸν ἀγωγό, στὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ δημιουργεῖται μιὰ διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἄν τὰ ἄκρα αὐτὰ συνδεθοῦν ἔτσι, πού νὰ σχηματιστεῖ κλειστό κύκλωμα, αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα.

Πάνω σ' αὐτὴ τὴν ἀρχὴ στηρίζεται ἡ κατασκευή τῶν μαγνητο-ἠλεκτρικῶν γεννητριῶν.

Σημείωση

Ἄν δὲν ἔχουμε ὀπλισμὸ μὲ ἀρκετὸ πάχος πού νὰ μπορεῖ νὰ στηρίξει ἀρκετὰ τοὺς ραβδόμορφους μαγνήτες, τοποθετοῦμε ἀνάμεσά τους ἓνα κουτί ἀπὸ σπέρτα καὶ τὸν ὀπλισμὸ, κι ἔτσι τὸ σύστημα ἀποτελεῖ πεταλοειδῆ μαγνήτη.

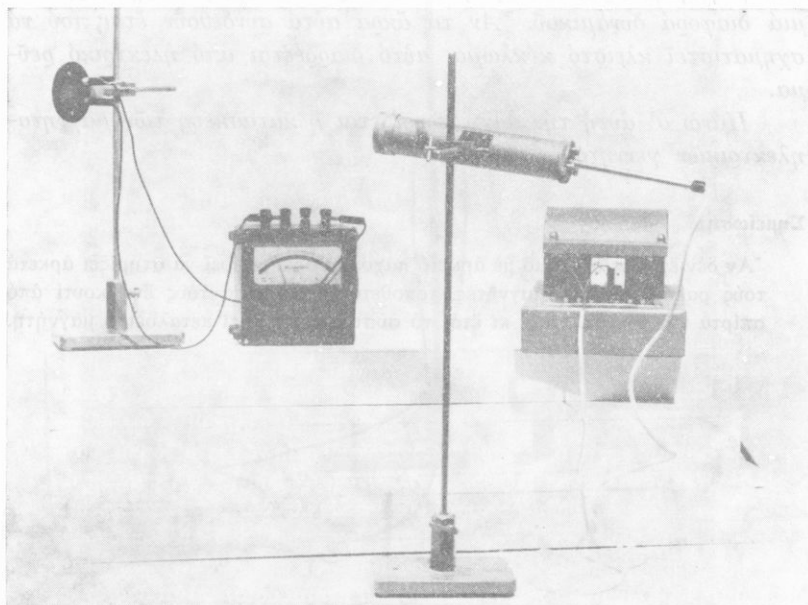
Πηγές ηλεκτρικού ρεύματος.

Μετατροπή της ακτινοβολίας ενέργειας σε ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος

*Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Μιά λαβίδα άπλή.
5. Ένα φωτοστοιχειό σεληνίου.
6. Ένα μιλλιαμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
7. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
8. Ένας προβολέας Reuter.
9. Δυό καλώδια συνδέσεως μήκους 70 cm.
10. Δυό μπανάνες διχαλωτές.

Elk. 185



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Πάνω στis δύο χυτοσιδερένιες βάσεις βιδώνουμε τις δύο ράβδους και σ' αυτές σέ ύψος 30-40 cm στερεώνουμε τους δύο συνδέσμους. Στο σύνδεσμο της μίας ράβδου συνδέουμε τή λαβίδα και μ' αυτή συγκρατούμε τό φωτοστοιχείο από τό πάνω μέρος των άκροδεκτών του έτσι, πού τό επίπεδό του νά είναι κατακόρυφο. Στο σύνδεσμο της άλλης ράβδου συνδέουμε τόν προβολέα Reuter μέ τό στέλεχος οριζόντιο.
- β) Συνδέουμε τους άκροδέκτες του φωτοστοιχείου μέ τους άκροδέκτες του μιλιαμπερόμετρου στην κλίμακα 0—10 mA μέ τά δύο καλώδια και τις διχαλωτές μπανάνες.

Εκτέλεση του πειράματος

Τροφοδοτούμε τόν προβολέα Reuter από τό μετασχηματιστή μέ τάση 4 V και ρίχνουμε παράλληλη δέσμη κάθετα στην επιφάνεια του φωτοστοιχείου από απόσταση 30-40 cm. Τό μιλιαμπερόμετρο δείχνει ότι περνά ηλεκτρικό ρεύμα (εϊκ. 185). Άν τό μιλιαμπερόμετρο δέ δείχνει νά περνά ρεύμα, αλλάζουμε τή σύνδεση στους άκροδέκτες του ή στους άκροδέκτες του φωτοστοιχείου. Τροφοδοτούμε στή συνέχεια τόν προβολέα μέ τάσεις 6V και 8 V. Η ένδειξη του μιλιαμπερόμετρου γίνεται πιό μεγάλη.

Συμπέρασμα

Στό φωτοστοιχείο έχουμε μετατροπή της ακτινοβόλου ενέργειας σέ ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 22ο

Νόμος του ΟΗΜ. Έννοια της αντίστασεως άγωγού. Από ποιού παράγοντες εξαρτάται ή αντίσταση ενός άγωγού

Απαραίτητα όργανα

1. Δύο βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δύο ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.

4. Τέσσερις σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένα κουτί νόμου του ΟΗΜ που έχει μέσα:
 - α) δυό πλακίδια έβονίτη με τρείς άκροδέκτες και σύνδεσμο,
 - β) δυό πολλαπλά βύσματα,
 - γ) δυό τριπλούς διακλαδωτήρες,
 - δ) έναν κροκίδειλο,
 - ε) τέσσερις μπανάνες διχλωτές,
 - στ) σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm μήκους 1 m,
 - ζ) σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,7 mm μήκους 1 m,
 - η) σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 1 mm μήκους 1 m,
 - θ) σύρμα σιδήρου ϕ 0,5 mm μήκους 1 m και
 - ι) σύρμα χαλκού ϕ 0,5 mm μήκους 1 m.
6. Ένας κανόνας 1 m άριθμημένος.
7. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
8. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
9. Ένας ροοστάτης 10Ω, 5Α.
10. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50 m.
13. Δυό καλώδια μήκους 0,30 m.
14. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων που έχει τρείς στήλες των 4,5 V.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

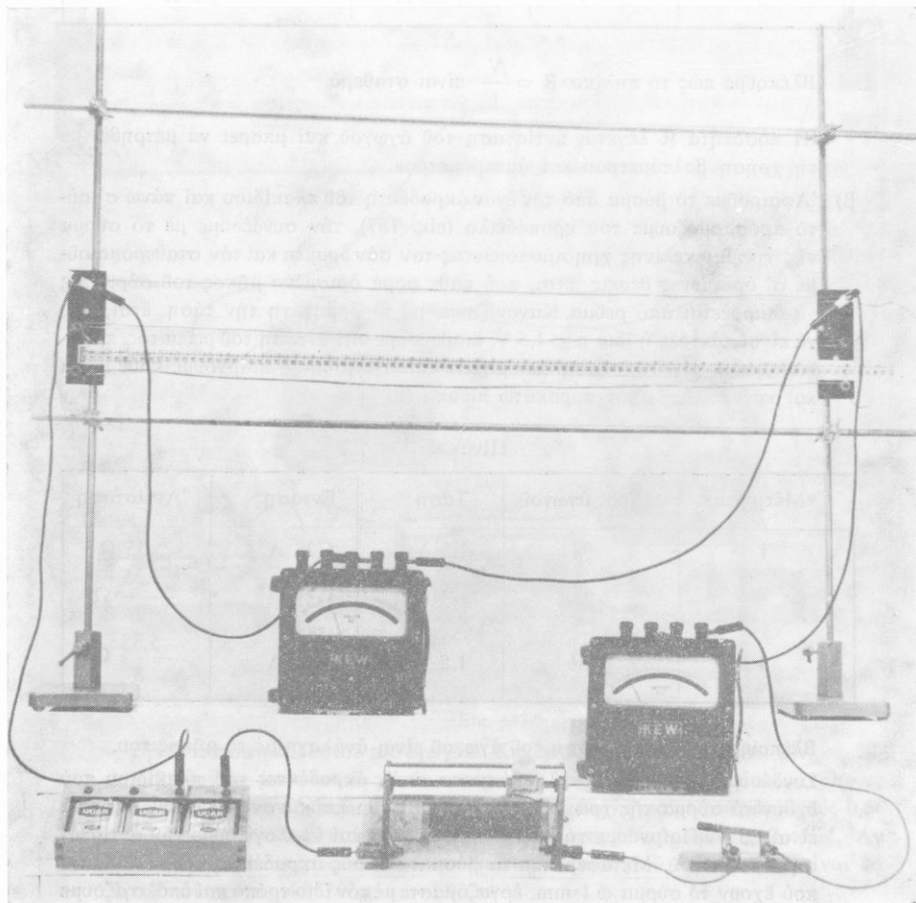
- α) Βιδώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς δυό ράβδους των 0,80 m, άπομακρύνουμε τούς όρθοστάτες που σχηματίστηκαν έτσι σ' άπόσταση περίπου 1 m τόν ένα από τόν άλλο και τούς συνδέουμε μεταξύ τους με τούς δυό συνδέσμους και τή ράβδο του 1,10 m στο πιό κάτω μέρος κοντά στίς βάσεις τους.
- β) Στηρίζουμε πάνω στίς κατακόρυφες ράβδους των όρθοστατών γύρω στο μέσο του ύψους τους τά δυό πλακίδια του έβονίτη και βάζουμε στά κατάλληλα στηρίγματα που έχουν τόν άριθμημένο κανόνα. Χαλαρώνουμε τόν ένα σύνδεσμο που κρατά τήν όριζόντια ράβδο και με μετακίνηση του αντίστοιχου όρθοστατή πετυχαίνουμε τήν άπόσταση των άκροδεκτών των πλακιδίων νά είναι π.χ. 94 cm κι ύστερα στερεώνουμε καλά τό σύνδεσμο. Συνδέουμε τούς δυό όρθοστάτες στο πάνω μέρος με τούς δυό συνδέσμους και τήν άλλη ράβδο του 1,10 m.
- γ) Στους άκροδέκτες των πλακιδίων τεντώνουμε τά τρία σύρματα ϕ 0,5 mm χρωμονικελίνης, ϕ 0,7 mm χρωμονικελίνης και ϕ 1 mm χρωμονικελίνης.
- δ) Στους άκροδέκτες των πλακιδίων που έχουν τό σύρμα ϕ 0,5 mm συνδέουμε τά δυό πολλαπλά βύσματα και συναρμολογούμε τό κύκλωμα με τόν παρακάτω τρόπο : Συνδέουμε τό ένα άκρο του σύρματος με τήν πηγή, τήν πηγή με τό ροοστάτη, τό ροοστάτη με τό διακόπτη, τό διακόπτη με τό άμπερό-

μετρο καί τελικά τό ἀμπερόμετρο μέ τό ἄλλο ἄκρο τοῦ σύρματος. Συνδέου-
με ἀκόμη παράλληλα πρὸς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος τό βολτόμετρο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη καί μέ τή βοήθεια τοῦ ροοστάτη ἐφαρμόζουμε στά
ἄκρα τοῦ σύρματος τάσεις διαδοχικά 1,5V, 2V, 3V (λήψη ἀπό πηγή 4,5 V),
ὅπως μᾶς δείχνει τό βολτόμετρο, ἐνῶ τήν ἴδια στιγμή μέ τό ἀμπερόμετρο

Εἰκ. 186



παρακολουθούμε αντίστοιχα τις τιμές της έντασης του ρεύματος (είκ. 186). Καταρτίζουμε τον παρακάτω πίνακα I:

Πίνακας I

Μέτρηση	Τάση	Ένταση	Αντίσταση $R = \frac{V}{I}$
1	1,5 V	0,28 A	5,35 Ω
2	2 V	0,375 A	5,35 Ω
3	3 V	0,56 A	5,35 Ω

Βλέπουμε πώς το πηλίκο $R = \frac{V}{I}$ είναι σταθερό.

Η ποσότητα R λέγεται αντίσταση του αγωγού και μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση βολτόμετρου και αμπερόμετρου.

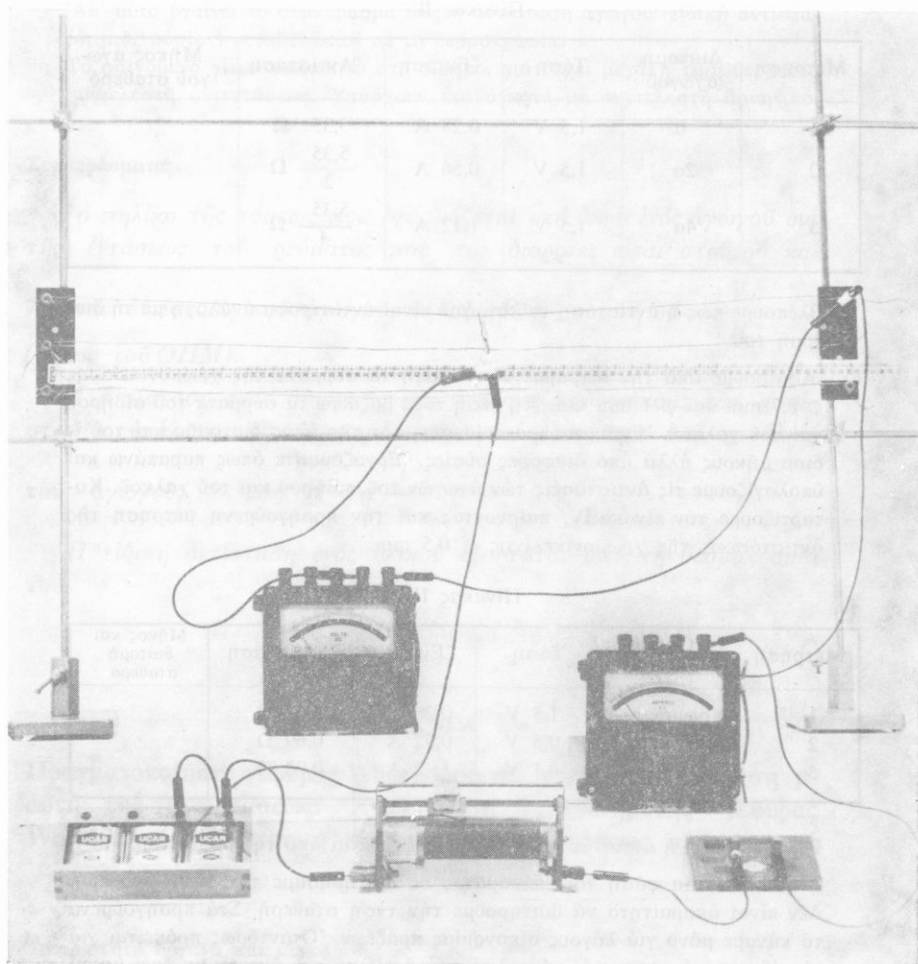
- β) Αφαιρούμε το βύσμα από τον έναν άκροδέκτη του πλακιδίου και πάνω σ' αυτό προσαρμόζουμε τον κροκόδειλο (είκ. 187), τον συνδέουμε με το σύρμα της χρωμονικελίνης χρησιμοποιώντας τον σάν δρομέα και τον σταθεροποιούμε σ' όρισμένες θέσεις έτσι, που κάθε φορά ορισμένο μήκος του σύρματος να διαρρέεται από ρεύμα. Κανονίζουμε με το ροοστάτη την τάση έτσι, που να είναι πάντοτε η ίδια π.χ. 1,5 V, διαβάζουμε την ένταση του ρεύματος, προσδιορίζουμε την αντίσταση των μηκών του αγωγού που παίρνουμε κάθε φορά και καταρτίζουμε τον παρακάτω πίνακα II:

Πίνακας II

Μέτρηση	Μήκος αγωγού	Τάση	Ένταση	Αντίσταση
1	94	1,5 V	0,28 A	5,35 Ω
2	47	1,5 V	0,56 A	$\frac{5,35}{2}$ Ω
3	31	1,5 V	0,84 A	$\frac{5,35}{3}$ Ω

Βλέπουμε πώς η αντίσταση του αγωγού είναι ανάλογη με το μήκος του.

- γ) Συνδέουμε τα δύο πολλαπλά βύσματα στους άκροδέκτες του πλακιδίου που έχουν το σύρμα της χρωμονικελίνης ϕ 0,7 mm και κανονίζουμε την τάση να είναι 1,5 V. Παίρνουμε την τιμή της έντασης και υπολογίζουμε την αντίσταση του αγωγού. Μεταφέρουμε τα βύσματα στους άκροδέκτες των πλακιδίων που έχουν το σύρμα ϕ 1 mm, εργαζόμαστε με τον ίδιο τρόπο και υπολογίζουμε



Εικ. 187

τήν αντίσταση καί αὐτοῦ τοῦ ἀγωγοῦ. Καταρτίζουμε τόν παρακάτω πίνακα III, λαβαίνοντας ὑπόψη πὼς οἱ διατομές τῶν τριῶν συρμάτων εἶναι ἀνάλογες μέ τὰ τετράγωνα τῶν διαμέτρων τους, δηλαδή ἀνάλογες μέ τοὺς ἀριθμούς $0,5^2 = 0,25$, $0,7^2 = 0,49$ καί $1^2 = 1$ · δηλαδή ἀνάλογες τῶν ἀριθμῶν 1, 2 καί 4. Ἄν λοιπόν ἡ διατομή τοῦ πρώτου σύρματος εἶναι a , τοῦ δεύτερου θά εἶναι $2a$ καί τοῦ τρίτου $4a$.

Πίνακας III

Μέτρηση	Διατομή άγωγου	Τάση	Ένταση	Αντίσταση	Μήκος άγω- γού σταθερό
1	a	1,5 V	0,28 A	5,35 Ω	
2	$2a$	1,5 V	0,56 A	$\frac{5,35}{2}$ Ω	
3	$4a$	1,5 V	1,12 A	$\frac{5,35}{4}$ Ω	

Βλέπουμε πώς η αντίσταση του άγωγου είναι αντίστροφα ανάλογη με τη διατομή του.

- δ) Αφαιρούμε από την πειραματική διάταξη τὰ σύρματα της χρωμονικελίνης ϕ 0,7 mm και ϕ 1 mm και στή θέση τους βάζουμε τὰ σύρματα του σιδήρου και του χαλκού. Έχουμε τώρα τρία σύρματα της ίδιας διατομής και του ίδιου μήκους αλλά από διάφορες ουσίες. Έργαζόμαστε όπως παραπάνω και υπολογίζουμε τις αντιστάσεις των άγωγών του σιδήρου και του χαλκού. Καταρτίζουμε τον πίνακα IV, παίρνοντας και την προηγούμενη μέτρηση της αντιστάσεως της χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm.

Πίνακας IV

Μέτρηση	Ουσία άγωγου	Τάση	Ένταση	Αντίσταση	Μήκος και διατομή σταθερά
1	Χρωμονικελ.	1,5 V	0,28 A	5,35 Ω	
2	Σίδηρος	0,5 V	0,72 A	0,69 Ω	
3	Χαλκός	0,1 V	1, 2 A	0,08 Ω	

Βλέπουμε πώς η αντίσταση του άγωγου εξαρτάται από την ουσία του.

Στήν τελευταία φάση του πειράματος δέ διατηρήσαμε την τάση σταθερή. Δέν είναι απαραίτητο νά διατηρούμε την τάση σταθερή. Στά προηγούμενα τό κάναμε μόνο για λόγους οικονομίας πράξεων. Όταν όμως πρόκειται για τό σίδηρο και προπαντός τό χαλκό, πού η ειδική του αντίσταση έχει μικρή τιμή, για τάση 1,5 V θά είχαμε πολύ μεγάλες εντάσεις ρεύματος, μέ αποτέλεσμα νά διαπυρωθούν οί άγωγοί ή νά πάθει ζημιά τό άμπερόμετρο.

- ε) Προσδιορίζουμε άκόμη μία φορά την αντίσταση του σύρματος του σιδήρου. Χρησιμοποιώντας τάση 1 V ή 1,5 V, παρατηρούμε πώς τό σύρμα θερμαίνεται και η τιμή πού βρίσκουμε για την αντίσταση στήν τάση 1 V είναι πιά μεγάλη άπ' αυτή πού βρήκαμε προηγουμένως, κι άκόμα μεγαλύτερη είναι για την τάση των 1,5 V, πού ο άγωγός θερμαίνεται πιά πολύ.

Ἀπ' αὐτό βγαίνει τὸ συμπέρασμα πὸς ἡ ἀντίσταση ἄγωγος (εἰδικὴ ἀντίσταση μιᾶς οὐσίας) μεταβάλλεται μέ τή θερμοκρασία. Τό φαινόμενο γίνεται αἰσθητό στό σίδηρο, γιατί ἔχει μεγάλη τιμὴ θερμοκοῦ συντελεστή ἀντιστάσεως. Ὑπάρχουν καί ἄγωγοι μέ συντελεστή ἀρνητικό.

Συμπεράσματα

Τό πηλίκο τῆς τάσεως πού ἐφαρμόζεται στά ἄκρα ἑνὸς ἄγωγος διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος πού τὸν διαρρέει εἶναι σταθερό καί λέγεται ἀντίσταση τοῦ ἄγωγος, δηλαδή $R = \frac{V}{I}$ ἢ $I = \frac{V}{R}$ (νόμος τοῦ OHM).

Ἡ ἀντίσταση ἑνὸς ἄγωγος εἶναι ἀνάλογη τοῦ μήκους του, ἀντίστροφα ἀνάλογη τῆς διατομῆς του καί ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικό τοῦ ἄγωγος, δηλαδή $R = \rho \frac{l}{\sigma}$.

Ἡ εἰδικὴ ἀντίσταση ἑνὸς ὕλικου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τή θερμοκρασία του.

ΠΕΙΡΑΜΑ 23ο

Πραγματοποίηση γέφυρας Wheatstone μέ χορδὴ καί μέτρηση μ' αὐτὴ τῆς ἀντιστάσεως. Ἀναγνώριση τυποποιημένης γέφυρας Wheatstone καί μέτρηση μ' αὐτὴ τῆς ἀντιστάσεως σύρματος σέ Ohm/m

***Απαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά**

1. Δυὸ βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυὸ ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Τέσσερις σύνδεσμοι ἄπλοι (σταυροί).
5. Δυὸ πλακίδια ἀπὸ ἑβρόνιτη μέ τρεῖς ἀκροδέκτες καί σύνδεσμο.
6. Ἕνας ὀρειχάλκινος δακτύλιος.
7. Τρία πολλαπλά βύσματα.

8. Πέντε κροκόδειλοι.
9. Ένας κανόνας αρίθμημένος μήκους 1 m.
10. Ένα σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm μήκους 1,10 m.
11. Σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,2 mm μήκους 5 m.
12. Ένα πλακίδιο από άμianto.
13. Ένα γαλβανόμετρο μηδενός σέ πηγίο 300 σπειρών.
14. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
15. Ένα κουτί ξηρά στοιχειά που νά έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
16. Ένας ροοστάτης 10 Ω , 5A.
17. Μιά αντίσταση γνωστή (π.χ. 10 Ω).
18. Μιά αντίσταση άγνωστη γιά μέτρηση.
19. Τέσσερα καλώδια 1 m.
20. Τέσσερα καλώδια 0,30 m.
21. Δυό καλώδια 0,50 m.
22. Μιά τυποποιημένη γέφυρα Wheatstone.

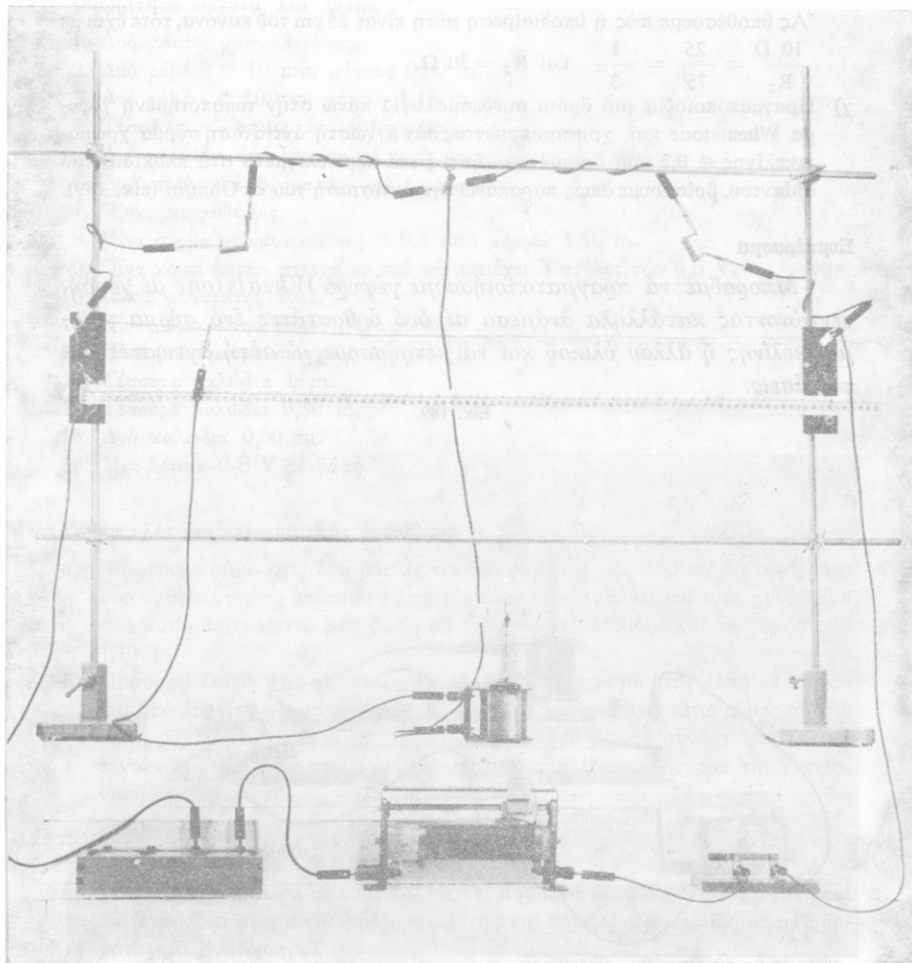
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στις δυό βάσεις τίς δυό ράβδους των 0,80 m. Βάζουμε σ' απόσταση 1 m τόν έναν από τόν άλλο τούς όρθοστάτες που σχηματίσαμε και τούς συνδέουμε στό κάτω άκρο κοντά στή βάση τους μέ τούς δυό συνδέσμους και τή ράβδο των 1,10 m.
- β) Προσαρμόζουμε τίς κατακόρυφες ράβδους περίπου στή μέση τά δυό πλακίδια του έβονίτη έτσι, που οί άκροδέκτες τους νά στρέφονται πρός τό έξω μέρος τής διατάξεως, και βάζουμε στά κατάλληλα στηρίγματα τόν αρίθμημένο κανόνα. Χαλαρώνουμε τόν ένα σύνδεσμο, που συνδέει τήν όριζόντια ράβδο, και μετακινούμε τόν αντίστοιχο όρθοστάτη, γιά νά πετύχουμε οί άκροδέκτες των δυό πλακιδίων νά είναι σέ απόσταση 1 m, και στερεώνουμε έπειτα τό σύνδεσμο. Έστερα συνδέουμε τούς δυό όρθοστάτες στό πάνω μέρος μέ τούς δυό άλλους συνδέσμους και τή δεύτερη ράβδο των 1,10 m, έχοντας όμως από πριν τοποθετήσει στή ράβδο τόν όρειχάλκινο δακτύλιο.
- γ) Τεντώνουμε άνάμεσα στους άκροδέκτες των πλακιδίων τό σύρμα τής χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm. Στερεώνουμε στή μέση τής όριζόντιας ράβδου τόν όρειχάλκινο δακτύλιο και δένουμε πάνω σ' αυτόν μέ νήμα τό ένα πολλαπλό βύσμα. Πιάνουμε μέ δυό κροκόδειλους από τά άκρα της τήν γνωστή αντίσταση των 10 Ω και τή συνδέουμε, χρησιμοποιώντας δυό καλώδια των 0,30 m, πρός τή μιά πλευρική ύποδοχή του πολλαπλού βύσματος και τό ένα άκρο του σύρματος χρωμονικελίνης. Συνδέουμε μέ τόν ίδιο τρόπο τήν άγνωστη αντίσταση πρός τήν άλλη πλευρική ύποδοχή του βύσματος και τό άλλο άκρο του σύρματος χρωμονικελίνης. Πραγματοποιήσαμε έτσι μιά γέφυρα Wheatstone μέ χορδή.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Στα άκρα της γέφυρας που έχουμε τοποθετήσει τα δύο πολλαπλά βύσματα συνδέουμε στη σειρά πηγή 4,5 V, ροοστάτη και διακόπτη. Με ένα καλώδιο του 1m συνδέουμε τον έναν ακροδέκτη του γαλβανόμετρου με την κεντρική υποδοχή του πολλαπλού βύσματος που κρέμεται από το δακτύλιο και στον άλλο

Εικ. 188



ἀκροδέκτη τοῦ ὀργάνου συνδέουμε τὸ ἓνα ἄκρο τοῦ ἄλλου καλώδιου τοῦ 1 m, ποῦ ἔχει στό ἄλλο ἄκρο κροκόδειλο καί μπορούμε ἔτσι νά μετακινούμε αὐτό πάνω στή χορδή τῆς γέφυρας (τοῦ σύρματος ἀπό χρωμονικελίνη) σάν δρομέα.

- β) Κλείνουμε τὸ διακόπτη καί μετακινούμε τὸ δρομέα πάνω στή χορδή. Βρίσκουμε μιά θέση ποῦ γι' αὐτή ἡ ἔνδειξη τοῦ γαλβανόμετρου γίνεται μηδέν (εἰκ.

$$188). \text{ Τότε εἶναι φανερό πὼς ἔχουμε } \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Ἄς ὑποθέσουμε πὼς ἡ ὑποδιαίρεση αὐτὴ εἶναι 25 cm τοῦ κανόνα, τότε ἔχουμε

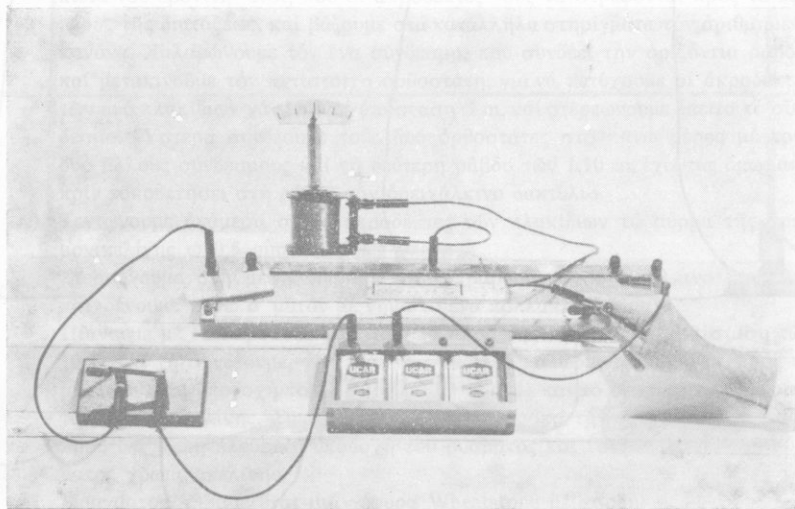
$$\frac{10 \, \Omega}{R_2} = \frac{25}{75} = \frac{1}{3} \quad \text{καὶ } R_2 = 30 \, \Omega.$$

- γ) Πραγματοποιούμε μιά ὁμοία συνδεσμολογία πάνω στήν τυποποιημένη γέφυρα Wheatstone καί, χρησιμοποιώντας σάν ἄγνωστη ἀντίσταση σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,2 mm ὀρισμένου μήκους καί περιτυλιγμένο στό πλακίδιο τοῦ ἀμιάντου, βρίσκουμε ὅπως παραπάνω τὴν ἀντίστασή του σέ Ohm/m (εἰκ. 189).

Συμπέρασμα

Μποροῦμε νά πραγματοποιήσουμε γέφυρα Wheatstone μέ χορδή, τενιτώνοντας κατάλληλα ἀνάμεσα σέ δύο ὀρθοστάτες ἓνα σύρμα χρωμονικελίνης ἢ ἄλλου ὑλικοῦ καί νά μετρήσουμε μ' αὐτὴ ἄγνωστες ἀντιστάσεις.

Εἰκ. 189



Πραγματοποίηση ποτενσιόμετρου και διαπίστωση μ' αυτό ότι μπορούμε να πάρουμε διάφορες τάσεις μικρότερες από μία ορισμένη μεγαλύτερη τιμή.

Ποτενσιομετρική σύνδεση του ροοστάτη

Απαραίτητα όργανα και υλικά

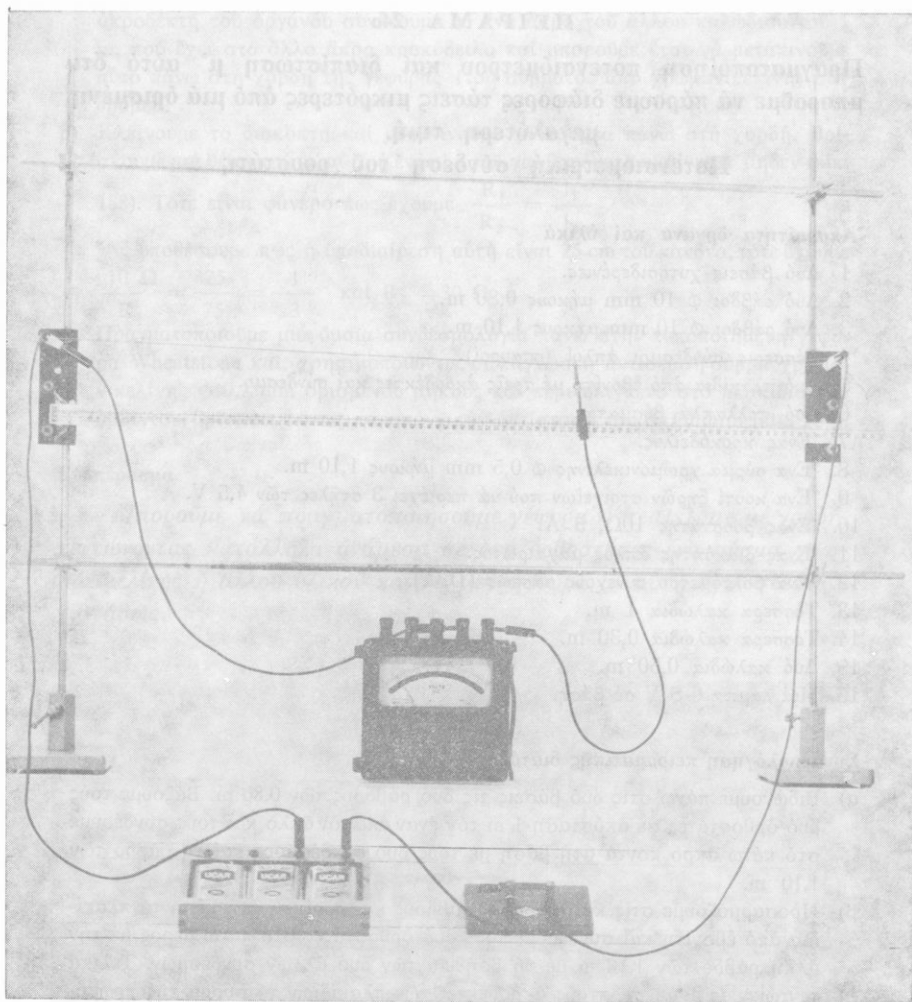
1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Τέσσερις σύνδεσμοι άπλοι (σταυροί).
5. Δυό πλακίδια από έβονίτη με τρείς άκροδέκτες και σύνδεσμο.
6. Δυό πολλαπλά βύσματα.
7. Ένας κροκόδειλος.
8. Ένα σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm μήκους 1,10 m.
9. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού νά περιέχει 3 στήλες τών 4,5 V.
10. Ένας ροοστάτης 10 Ω , 5 A.
11. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
12. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
13. Τέσσερα καλώδια 1 m.
14. Τέσσερα καλώδια 0,30 m.
15. Δυό καλώδια 0,50 m.
16. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στις δυό βάσεις τίς δυό ράβδους τών 0,80 m. Βάζουμε τούς δυό όρθοστάτες σέ άπόσταση 1 m τόν έναν από τόν άλλο και τούς συνδέουμε στό κάτω άκρο κοντά στή βάση με τούς δυό συνδέσμους και τή ράβδο τών 1,10 m.
- β) Προσαρμόζουμε στις κατακόρυφες ράβδους και περίπου στή μέση τά πλακίδια από έβονίτη και συνδέουμε τούς δυό όρθοστάτες στό πάνω μέρος με τήν άλλη ράβδο τών 1,10 m με τή βοήθεια τών δυό άλλων συνδέσμων. Τελικά τεντώνουμε ανάμεσα στους άκροδέκτες τών πλακιδίων τό σύρμα τής χρωμονικελίνης.

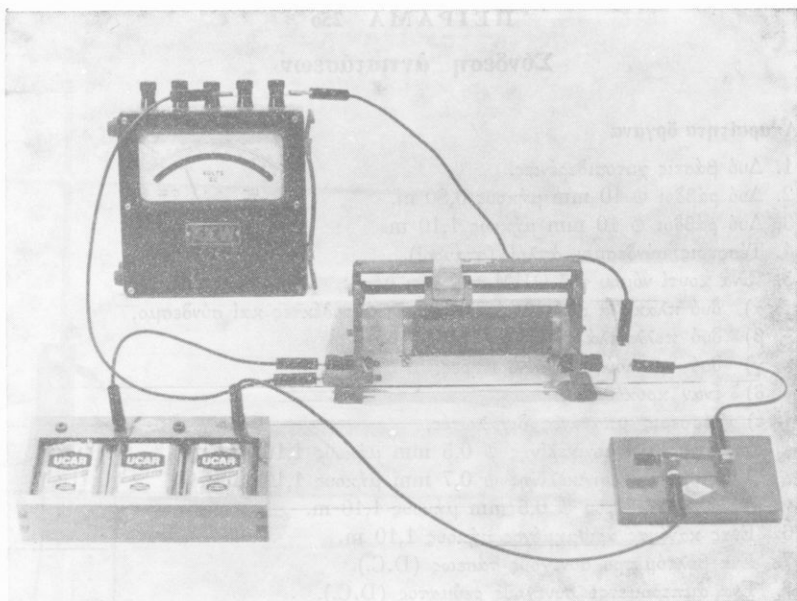
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Συνδέουμε στή σειρά με τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V τό διακόπτη και τό τεντωμένο σύρμα τής χρωμονικελίνης και παράλληλα στά άκρα του σύρματος τό βολτόμετρο.



Εικ. 190

- β) Κλείνουμε τό διακόπτη. Τό βολτόμετρο δείχνει τήν τάση πού υπάρχει ανάμεσα στά άκρα του σύρματος, π.χ. 4 V.
- Αποσυνδέουμε τόν άκροδέκτη του καλώδιου από τό ένα άκρο του σύρματος, βάζουμε σ' αυτό τόν κροκόδειλο καί συνδέουμε μ' αυτό ένα σημείο πάνω



Εικ. 191

στό σύρμα κοντά στο άκρο. Τό βολτόμετρο μᾶς δίνει πάλι τήν ἴδια τάση.

Μετακινούμε τόν κροκόδειλο σάν δρομέα πάνω στό σύρμα πρὸς τό ἄλλο ἄκρο (εἰκ. 190). Ἡ ἔνδειξη στό βολτόμετρο μικραίνει συνεχῶς ὥς τό μηδέν.

- γ) Συνδέουμε μέ τούς πόλους τῆς πηγῆς στή σειρά τό διακόπτη καί τό ροοστάτη, χρησιμοποιώντας τούς δύο μαύρους ἀκροδέκτες τοῦ ροοστάτη. Στή συνέχεια συνδέουμε τό βολτόμετρο παράλληλα μέ τούς δύο ἀκροδέκτες τοῦ ροοστάτη, μέ τή διαφορά πὼς ἀπό τούς δύο ἀκροδέκτες πού βρίσκονται πρὸς τό ἴδιο μέρος τοῦ ροοστάτη χρησιμοποιοῦμε τόν ἐλεύθερο, πού εἶναι μέ κόκκινο χρῶμα καί πού ἐνώνεται μέ τή ράβδο πού ἔχει τό δρομέα (εἰκ. 191). Μετακινούμε τό δρομέα ἀπὸ τό ἓνα ἄκρο τοῦ ροοστάτη στό ἄλλο καί παίρνουμε τάσεις ἀπὸ μιά ὀρισμένη μεγαλύτερη τιμὴ ὥς τό μηδέν.

Συμπεράσματα

Μέ τό ποτενσιόμετρο μπορούμε νά πάρουμε τάσεις ἀπὸ μιά μεγάλη τιμὴ ὥς τό μηδέν.

Μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε τό ροοστάτη σάν ποτενσιόμετρο, ἂν τόν συνδέσουμε μέ τόν κατάλληλο τρόπο.

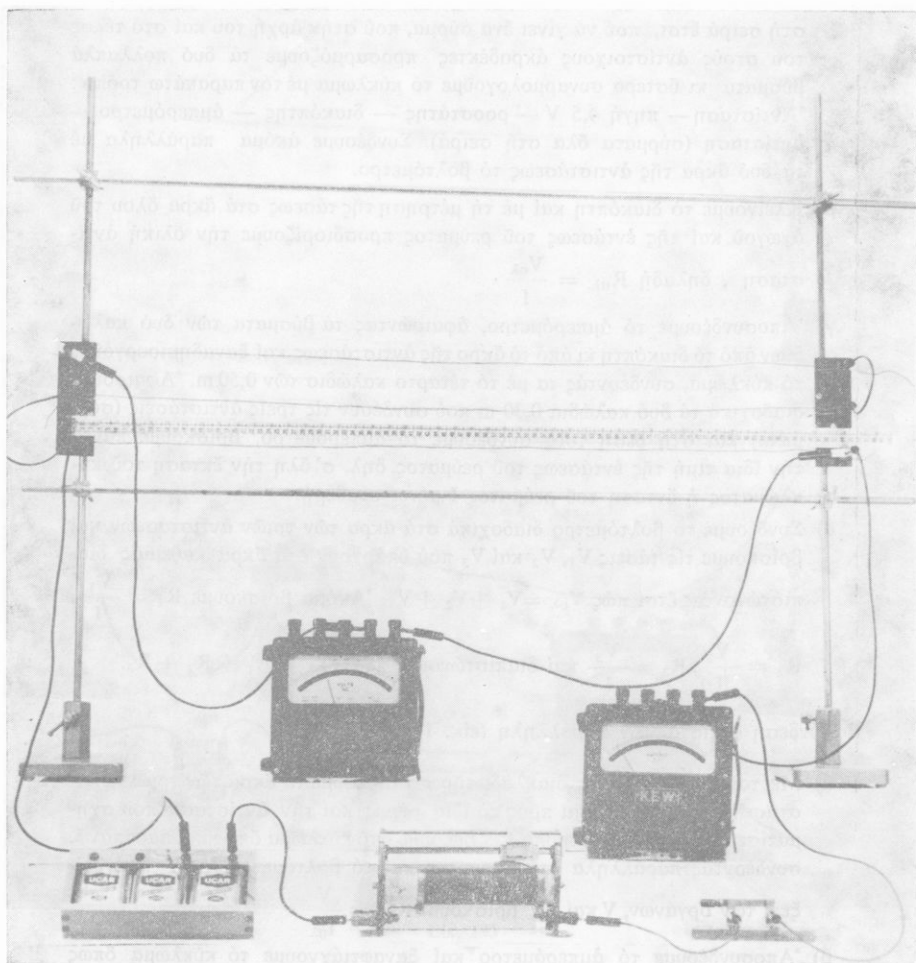
Σύνδεση άντιστάσεων

Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένεες.
2. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 1,10 m.
4. Τέσσερις σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
5. Ένα κουτί νόμου του ΟΗΜ που έχει μέσα:
 - α) δυό πλακίδια από έβονίτη με τρείς άκροδέκτες και σύνδεσμο,
 - β) δυό πολλαπλά βύσματα,
 - γ) δυό τριπλούς διακλαδωτήρες,
 - δ) έναν κοινόδειο,
 - ε) τέσσερις μπανάνες διχλωτές,
 - στ) σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm μήκους 1,10 m,
 - ζ) σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,7 mm μήκους 1,10 m και
 - η) σύρμα σιδήρου ϕ 0,5 mm μήκους 1,10 m.
6. Ένας κανόνας άριθμημένος μήκους 1,10 m.
7. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
8. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
9. Ένας ροοστάτης 10Ω, 5A.
10. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50 m.
13. Δυό καλώδια μήκους 0,30 m.
14. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων που νά έχει 3 στήλες των 4,5 V.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στις δυό βάσεις τίς ράβδους των 0,80 m, βάζουμε τούς όρθοστατές σέ άπόσταση ενός περίπου μέτρου τόν έναν άπό τόν άλλο και τούς συνδέουμε στό κάτω μέρος κοντά τίς βάσεις με τή ράβδο των 1,10 m με τή βοήθεια των δυό συνδέσμων.
- β) Στηρίζουμε τίς κατακόρυφες ράβδους των όρθοστατών περίπου στή μέση τά δυό πλακίδια του έβονίτη και τοποθετούμε στά κατάλληλα στηρίγματα που έχουν τόν άριθμημένο κανόνα. Χαλαρώνουμε τόν ένα σύνδεσμο, που συγκρατεί τήν όριζόντια ράβδο, μετακινούμε τόν αντίστοιχο όρθοστάτη και πετυχαίνουμε ή άπόσταση των άκροδεκτών των πλακίδιων νά είναι όρισμένη π.χ. 1 m και ύστερα στερεώνουμε καλά τό σύνδεσμο. Συνδέουμε μετά τούς δυό όρθοστατές στό πάνω μέρος με τή βοήθεια των συνδέσμων με τήν άλλη ράβδο των 1,10 m.



Εικ. 192

γ) Ἀνάμεσα στους ἀκροδέκτες τῶν πλακιδίων τεντώνουμε τὰ σύρματα τῆς χρωμ-
 ονικελίνης ϕ 0,5 mm καί ϕ 0,7 mm καί τοῦ σιδήρου ϕ 0,5 mm.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

I Σύνδεση ἀντιστάσεων στή σειρά (εἰκ. 192).

α) Μέ τὰ δύο καλώδια τῶν 0,30 m συνδέουμε τίς τρεῖς παραπάνω ἀντιστάσεις

στή σειρά έτσι, πού νά γίνει ένα σύρμα, πού στήν ἀρχή του καί στο τέλος του στούς ἀντίστοιχους ἀκροδέκτες προσαρμόζουμε τά δύο πολλαπλά βύσματα κι ὕστερα συναρμολογοῦμε τό κύκλωμα μέ τόν παρακάτω τρόπο : Ἀντίσταση — πηγή 4,5 V — ροοστάτης — διακόπτης — ἀμπερόμετρο — ἀντίσταση (σύρματα ὅλα στή σειρά). Συνδέουμε ἀκόμα παράλληλα μέ τά δύο ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως τό βολτόμετρο.

- β) Κλείνουμε τό διακόπτη καί μέ τή μέτρηση τῆς τάσεως στά ἄκρα ὅλου τοῦ ἀγωγοῦ καί τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος προσδιορίζουμε τήν ὁλική ἀντίσταση, δηλαδή $R_{ολ} = \frac{V_{ολ}}{I}$.

- γ) Ἀποσυνδέουμε τό ἀμπερόμετρο, ἀφαιρώντας τά βύσματα τῶν δύο καλώδιων ἀπό τό διακόπτη κι ἀπό τό ἄκρο τῆς ἀντιστάσεως καί ξαναδημιουργοῦμε τό κύκλωμα, συνδέοντάς τα μέ τό τέταρτο καλώδιο τῶν 0,50 m. Ἀφαιροῦμε διαδοχικά τά δύο καλώδια 0,30 m πού συνδέουν τίς τρεῖς ἀντιστάσεις (σύρματα) καί στή θέση τους συνδέουμε τό ἀμπερόμετρο. Βρίσκουμε πάντα τήν ἴδια τιμή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δηλ. σ' ὅλη τήν ἔκταση τοῦ κυκλώματος ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος I μένει σταθερή.

- δ) Συνδέουμε τό βολτόμετρο διαδοχικά στά ἄκρα τῶν τριῶν ἀντιστάσεων καί βρίσκουμε τίς τάσεις V_1 , V_2 καί V_3 πού ὑπάρχουν στά ἄκρα καθεμιάς· διαπιστώνοντας ἔτσι πῶς $V_{ολ} = V_1 + V_2 + V_3$. Ἀκόμα βρίσκουμε $R_1 = \frac{V_1}{I}$,

$$R_2 = \frac{V_2}{I}, R_3 = \frac{V_3}{I} \text{ καί διαπιστώνουμε πῶς } R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3.$$

II Σύνδεση ἀντιστάσεων παράλληλη (εἰκ. 193).

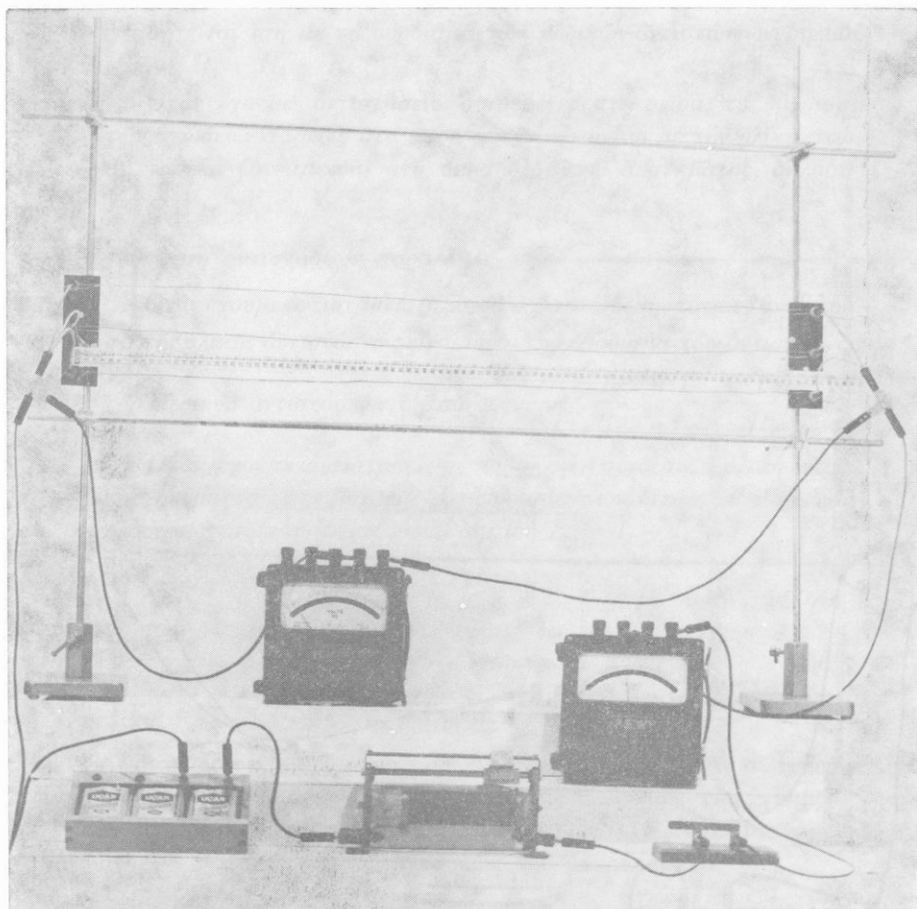
- α) Μέ τούς δύο τριπλοῦς διακλαδωτῆρες συνδέουμε τά ἄκρα τῶν τριῶν ἀντιστάσεων πού βρίσκονται πρὸς τό ἴδιο μέρος καί τήν ἀντίσταση πού σχηματίστηκε μ' αὐτόν τόν τρόπο $R_{ολ}$ βάζουμε στό κύκλωμα ὅπως καί παραπάνω, συνδέοντας παράλληλα στά ἄκρα τῆς καί τό βολτόμετρο. Ἀπό τίς ἐνδείξεις τῶν ὀργάνων, V καί $I_{ολ}$, βρίσκουμε $R_{ολ} = \frac{V}{I_{ολ}}$.

- β) Ἀποσυνδέουμε τό ἀμπερόμετρο καί ξαναφτιάχνουμε τό κύκλωμα ὅπως καί πῶς πάνω.

Ἀποσυνδέουμε τό ἕνα σκέλος τοῦ τριπλοῦ βραχυκυκλωτήρα ἀπό τόν ἀκροδέκτη τοῦ πλακιδίου πού ἔχει τό σύρμα τοῦ σιδήρου καί τό ξανασυνδέουμε, βάζοντας στή σειρά καί τό ἀμπερόμετρο. Τό ὄργανο μᾶς δείχνει ἐνταση I_1 τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τό σύρμα τοῦ σιδήρου (εἰκ. 194).

Μέ τόν ἴδιο τρόπο βρίσκουμε τίς ἐντάσεις I_2 καί I_3 τῶν ρευμάτων πού διαρρέουν τά δύο ἄλλα σύρματα.

Διαπιστώνουμε ὅτι $I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3$. Ἀπό τίς τιμές πού βρήκαμε I_1 , I_2 ,



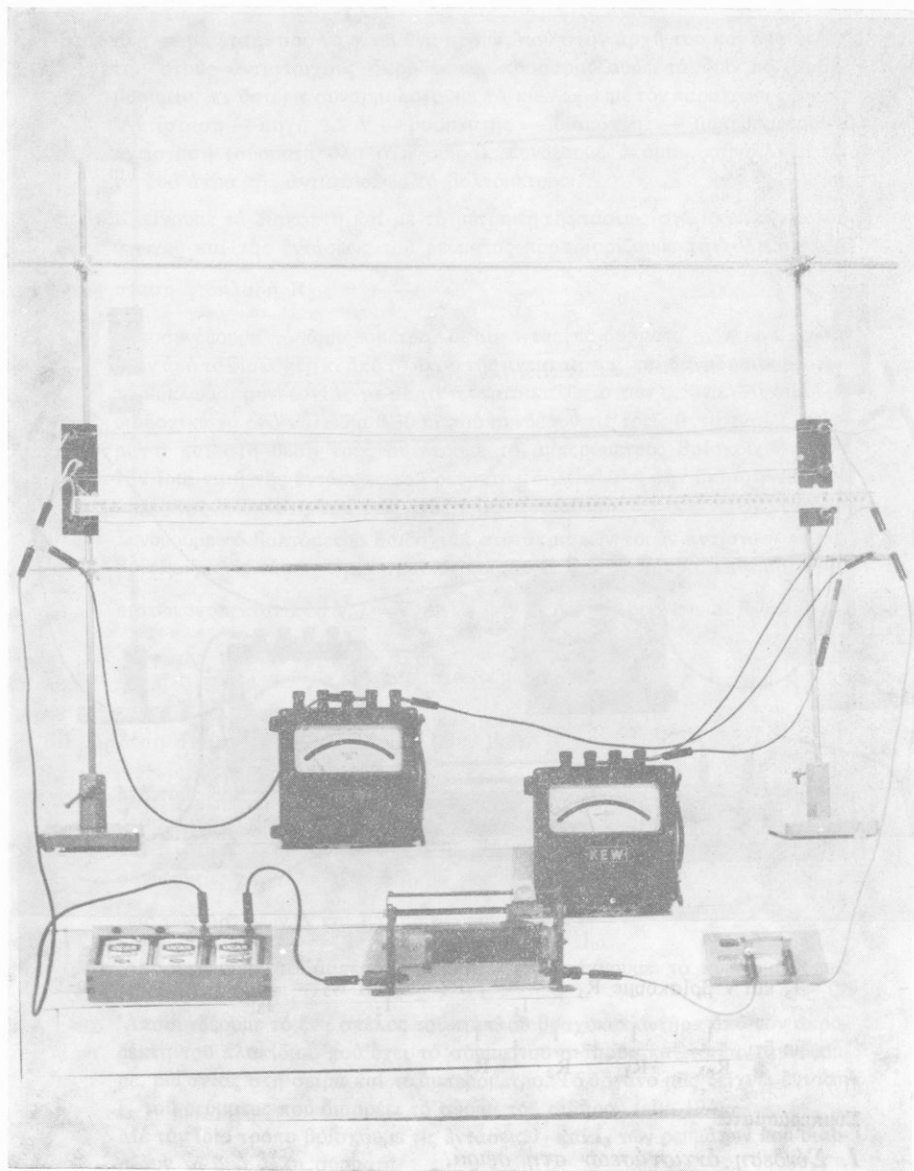
Είκ. 193

I_3 και V βρίσκουμε $R_1 = \frac{V}{I_1}$, $R_2 = \frac{V}{I_2}$, $R_3 = \frac{V}{I_3}$ και διαπιστώνου-
με ότι $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$.

Συμπεράσματα

I. Σύνδεση αντίσταςεων στή σειρά.

"Όταν έχουμε αντίσταςεις συνδεμένες στή σειρά, ή όλική αντί-



Εικ. 194

σταση είναι ίση με τό άθροισμα τών μερικών αντίστάσεων, δηλαδή

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Όταν έχουμε αντίστασεις συνδεμένες στή σειρά, τό άθροισμα τών πτώσεων τάσεως στά άκρα αυτών είναι ίσο με τήν όλική πτώση τάσεως (δυναμικού) στά άκρα όλου τού συστήματος, δηλαδή

$$V_{ολ} = V_1 + V_2 + V_3.$$

II. Σύνδεση αντίστασεων παράλληλη.

Όταν έχουμε αντίστασεις μέ παράλληλη σύνδεση, τότε τό αντίστροφο της όλικής αντίστάσεως είναι ίσο μέ τό άθροισμα τών αντιστρόφων τών μερικών αντίστάσεων, δηλαδή

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Όταν έχουμε αντίστασεις μέ παράλληλη σύνδεση, ή όλική ένταση τού ρεύματος είναι ίση μέ τό άθροισμα τών εντάσεων που διαρρέουν τίς μερικές αντίστασεις, δηλαδή $I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 260

Διαπίστωση της πτώσεως τάσεως στά άκρα ηλεκτρικών συσκευών.

- α) Πτώση τάσεως, όταν αυξάνεται ή αντίσταση της γραμμής.
β) Πτώση τάσεως, όταν αυξάνεται τό φορτίο της εγκαταστάσεως (αύξηση της έντάσεως τού ρεύματος)

Άπαραίτητα όργανα καί υλικά

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 άπλοί (σταυροί).
5. Δυό πλακίδια από έβονίτη μέ τρείς άκροδέκτες καί σύνδεσμο.
6. Δυό σύρματα χρωμονικελίνης ϕ 0,5 mm μήκους 1,10 m.
7. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
8. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.

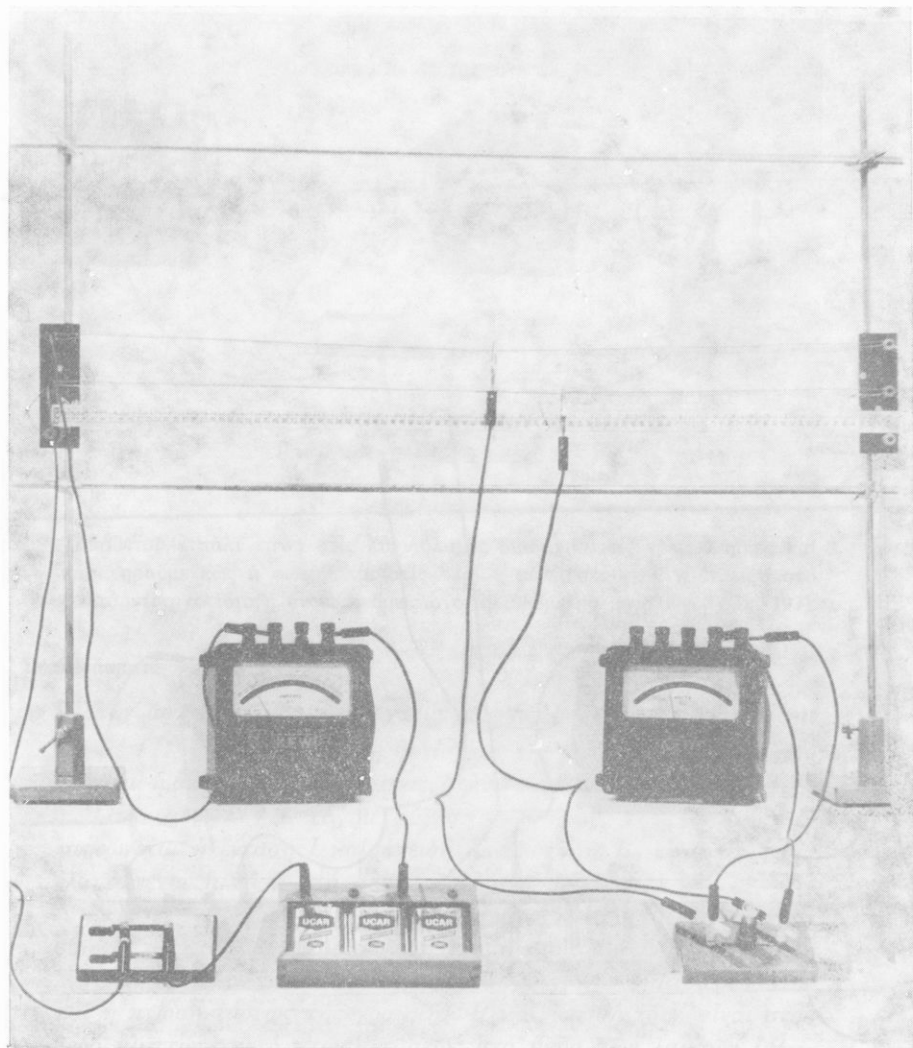
9. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
10. Ένα σύστημα από τέσσερις λάμπες 6-8 V σέ βάση.
11. Δυό κροκόδειλοι.
12. Τέσσερα καλώδια 1 m.
13. Τέσσερα καλώδια 0,30 m.
14. Δυό καλώδια 0,50 m.
15. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
16. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού νά έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
17. Ένας συσσωρευτής 6 V.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στίς δυό βάσεις τίς ράβδους τών 0,80 m, βάζουμε τούς όρθοστάτες σέ απόσταση 1 m περίπου καί τούς συνδέουμε στό κάτω μέρος κοντά στή βάση μέ τή ράβδο τών 1,10 m μέ τή βοήθεια τών δυό συνδέσμων.
- β) Προσαρμόζουμε στίς δυό κατακόρυφες ράβδους καί στή μέση τους τά πλακίδια από έβονίτη καί συνδέουμε τούς δυό όρθοστάτες καί στό άνω μέρος μέ τούς άλλους δυό συνδέσμους καί τή ράβδο τών 1,10 m. Τεντώνουμε άνάμεσα στούς άκροδέκτες τών πλακιδίων τά δυό σύρματα τής χρωμονικελίνης.

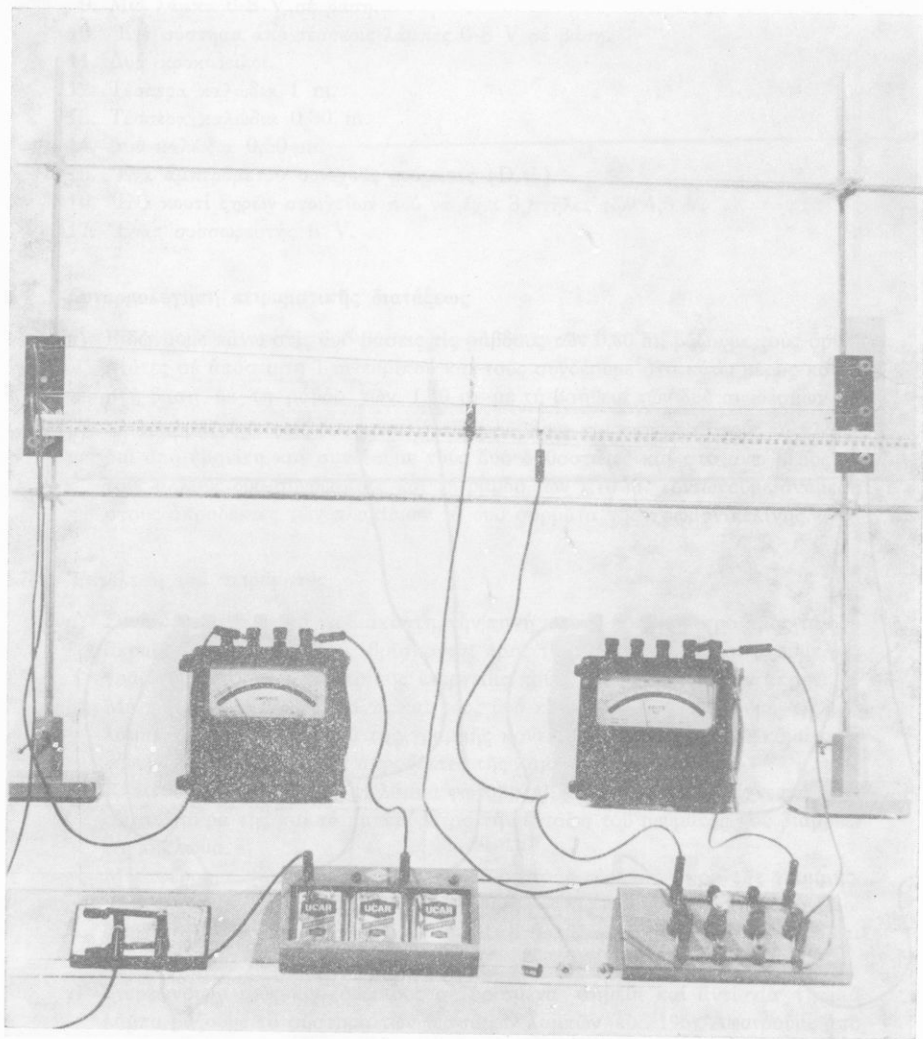
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Συνδέουμε στή σειρά τό διακόπτη, τήν πηγή καί τό άμπερόμετρο πρós τά δυό άκρα τών συρμάτων πού βρίσκονται πρós τό ίδιο μέρος. Έτσι έχουμε μιά γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πού είναι άνοιχτή στήν άκρη.
- β) Μέ τά δυό καλώδια του 1 m καί τούς δυό κροκόδειλους συνδέουμε τή μιά λάμπα μέ τά δυό σύρματα τής γραμμής κοντά στήν άρχή τους. Άκόμα συνδέουμε παράλληλα στούς άκροδέκτες τής λάμπας τό βολτόμετρο.
Κλείνουμε τό διακόπτη. Η λάμπα φωτοβολεί, τό βολτόμετρο δείχνει τήν τάση στά άκρα της καί τό άμπερόμετρο τήν ένταση του ρεύματος πού διαρρέει τό κύκλωμα.
Μεταφέρουμε συνεχώς τούς κροκόδειλους πρós τό άλλο άκρο τής γραμμής. Η φωτοβολία τής λάμπας λιγοστεύει καί ή ένδειξη του βολτόμετρου τό ίδιο έχουμε πτώση τάσεως στά άκρα τής λάμπας. Παρατηρούμε συγχρόνως ότι ή ένταση του ρεύματος μικραίνει (εϊκ. 195).
- γ) Στερεώνουμε τούς κροκόδειλους σέ όρισμένα σημεία καί αντί γιά τή μιά λάμπα βάζουμε τό σύστημα τών τεσσάρων λαμπών (εϊκ. 196). Άφαιρούμε από τή βάση τίς τρείς από τίς τέσσερις λάμπες καί κλείνουμε τό διακόπτη. Παρατηρούμε τήν ίδια ένδειξη του βολτόμετρου καί του άμπερόμετρου καί τήν ίδια φωτοβολία τής λάμπας. Τοποθετούμε στίς λυχνιολαβές διαδοχικά καί τίς τρείς υπόλοιπες λάμπες. Παρατηρούμε πώς ή φωτοβολία στίς λάμπες συνεχώς μικραίνει, τό ίδιο μικραίνει καί ή ένδειξη στό βολτόμετρο καί συγχρόνως ή



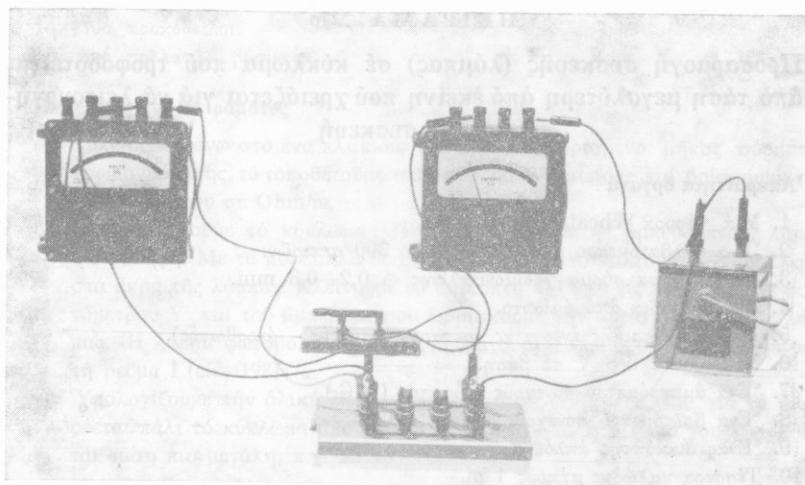
Εικ. 195

ἔνδειξη στό ἀμπερόμετρο μεγαλώνει συνέχεια. Ἔχουμε πτώση τάσεως στά ἄκρα τῶν λαμπῶν, ἡ ἔνταση ὅμως τοῦ ρεύματος τῆς γραμμῆς συνέχεια μεγαλώνει.



Εικ. 196

- δ) Συνδέουμε στη σειρά με τούς πόλους τού συσσωρευτή τό σύστημα με τίς τέσσερις λάμπες, τό άμπερόμετρο καί τό διακόπτη. Συνδέουμε τό βολτόμετρο όπως καί προηγούμενα καί αφαιρώντας τίς τρεις λάμπες κλείνουμε τό διακόπτη.



Εικ. 197

Τοποθετούμε πάλι πάνω στις λυχνιολαβές διαδοχικά τις τρεις λάμπες και παρατηρούμε πώς ή φωτοβολία στις λάμπες μένει σταθερή, ή ένδειξη στο βολτόμετρο τό ίδιο, ή ένδειξη όμως στο άμπερόμετρο μεγαλώνει (εικ. 197).

Συμπεράσματα

Στήν άρχή τής γραμμής έχουμε διαφορά δυναμικού V πού είναι ίση μέ IR_1 , όπου R_1 είναι ή αντίσταση τής γραμμής, καί IR_2 , όπου R_2 είναι ή αντίσταση τής λάμπας, δηλ. $V=IR_1+IR_2=I(R_1+R_2)$.

"Όταν αύξηθει τό R_1 , μέ αύξηση του μήκους τής γραμμής, ελαττώνεται ή ένταση I καί, έπειδή ή αντίσταση R_2 είναι σταθερή, ελαττώνεται ή τάση στά άκρα τής λάμπας IR_2 .

"Όταν ή αντίσταση τής γραμμής είναι σταθερή R_1 , τότε μέ τήν προσθήκη στο κύκλωμα περισσότερων λαμπών σέ παράλληλη σύνδεση ελαττώνεται τό R_2 , μέ αποτέλεσμα νά αύξηθει ή ένταση I του ρεύματος καί ή πτώση τάσεως τής γραμμής IR_1 καί, έπειδή τό V είναι σταθερό, ελαττώνεται ή πτώση τάσεως στά άκρα των λαμπών IR_2 .

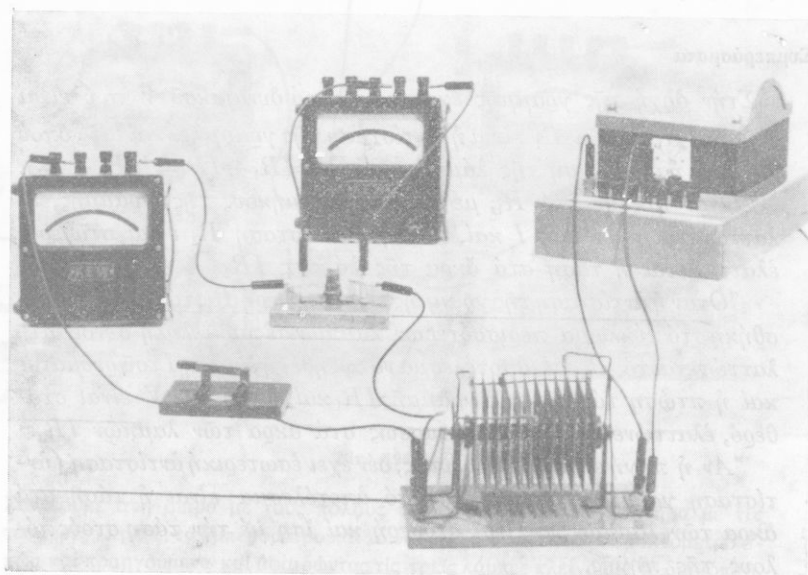
"Αν ή πηγή είναι συσσωρευτής, δέν έχει έσωτερική αντίσταση (άντίσταση γραμμής) καί R_1 καί τό αποτέλεσμα είναι ή τάση στά άκρα των λαμπών νά είναι σταθερή καί ίση μέ τήν τάση στους πόλους τής πηγής.

Προσαρμογή συσκευής (λάμπας) σε κύκλωμα πού τροφοδοτείται από τάση μεγαλύτερη από εκείνη πού χρειάζεται για νά λειτουργήσει ή συσκευή

***Απαραίτητα όργανα**

1. Μιά γέφυρα Wheatstone.
2. Ένα γαλβανόμετρο μηδενός σε πηνίο 300 σπειρών.
3. Πέντε μέτρα σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,2—0,3 mm.
4. Δυό πλακίδια από άμianto.
5. Πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (μετασχηματιστής - άνορθωτής).
6. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.
7. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
8. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
9. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50 m.
12. Δυό καλώδια μήκους 0,30 m.
13. Τέσσερις μπανάνες διχαλωτές.

Εικ. 198



14. Δυό χοροδόδελοι.

15. Δυό πολλαπλά βύσματα.

Εκτέλεση τοῦ πειράματος

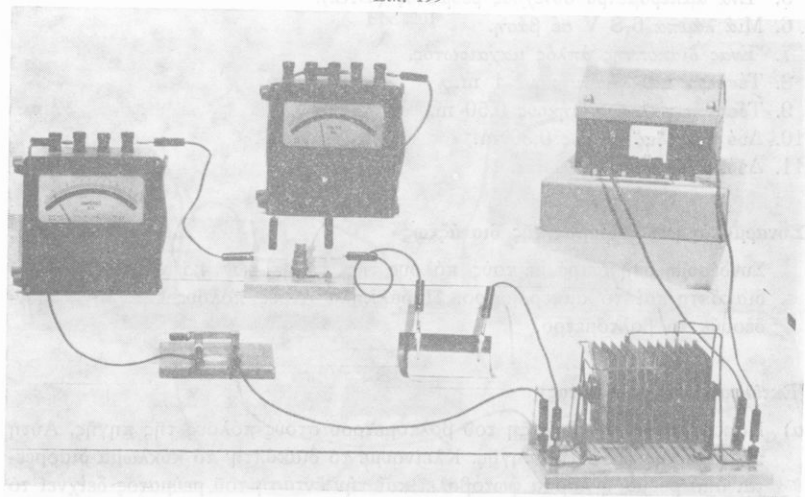
- α) Τυλίγουμε πάνω στο ἕνα πλακίδιο τοῦ ἀμιάντου ὀρισμένο μήκος σύρματος χρωμονικελίνης, τό τοποθετοῦμε στή γέφυρα Wheatstone καί βρίσκουμε τήν ἀντίστασή του σέ Ohm/m.
- β) Συναρμολογοῦμε τό κύκλωμα : Πηγὴ 6 V, διακόπτης, ἀμπερόμετρο, λάμπα 6-8 V, πηγὴ. Μὲ τὰ πολλαπλά βύσματα συνδέουμε τό βολτόμετρο παράλληλα στὰ ἄκρα τῆς λάμπας. Κλείνουμε τὴ διακόπτη καί ἀπὸ τίς ἐνδείξεις τοῦ βολτόμετρου V καί τοῦ ἀμπερόμετρου I βρίσκουμε τὴν ἀντίσταση R_L τῆς λάμπας. Ἡ λάμπα φωτοβολεῖ (ἡ συσκευή λειτουργεῖ καλῶς), ὅταν περνᾷ ἀπ' αὐτὴ ρεῦμα I (εἰκ. 198).
- γ) Ὑπολογίζουμε τὴν ὁλικὴ ἐξωτερικὴ ἀντίσταση ποὺ χρειάζεται, γιὰ νὰ διαρρέεται πάλι τό κύκλωμα ἀπὸ ρεῦμα μὲ ἔνταση I, ἂν στὰ ἄκρα τοῦ ἐφαρμοζέται τάση πιο μεγάλη, π.χ. 30 V.

Ἀπὸ τὴ σχέση $V_2 = I R_{ολ}$ βρίσκουμε $R_{ολ} = \frac{U_2}{I}$, ἀλλὰ $R_{ολ} = R_L + R_x$, ὅπου

R_x εἶναι ἡ ἀντίσταση ποὺ πρέπει νὰ συνδέσουμε στὴ σειρά μὲ τὴ λάμπα, γιὰ νὰ λειτουργεῖ στὴ νέα τάση. Ἔχουμε λοιπὸν $R_x = R_{ολ} - R_L$.

- δ) Ἀπὸ τὴν ἀντίσταση ποὺ βρήκαμε στὸ σύρμα χρωμονικελίνης σέ Ohm/m βρίσκουμε πόσο μῆκος ἀπὸ τό σύρμα αὐτὸ χρειάζεται, γιὰ νὰ πραγματοποιήσουμε τὴν ἀντίσταση R_x . Κόβουμε ἕνα κομμάτι ἀπὸ τό σύρμα στὸ μῆκος

Εἰκ. 199



πού υπολογίσαμε, τό τυλίγουμε σ' ένα πλακίδιο από άμίαντο, τό τοποθετοῦμε πάνω στό άλλο πλακίδιο, συνδέουμε μέ τή βοήθεια τῶν δύο κροκόδειλων στή σειρά μέ τή λάμπα (εἰκ. 199), ἐφαρμόζουμε στά ἄκρα τοῦ κυκλώματος τή μεγαλύτερη τάση V_2 καί κλείνουμε τό διακόπτη. Ἡ λάμπα φωτοβολεῖ καί τό ἀμπερόμετρο δείχνει πάλι ἔνταση I.

Συμπέρασμα

Μποροῦμε νά προσαρμόσουμε συσκευή σέ τάση μεγαλύτερη ἀπό ἐκείνη πού χρειάζεται γιά τή λειτουργία της, συνδέοντάς τη σέ σειρά μέ μιᾶ ἀντίσταση κατάλληλα ὑπολογισμένη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 28ο

Διαπίστωση καί ὑπολογισμός τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς πηγῆς. Ὑπολογισμός τῆς ΗΕΔ τῆς πηγῆς. Μέτρηση τῆς ΗΕΔ

***Απαραίτητα ὄργανα**

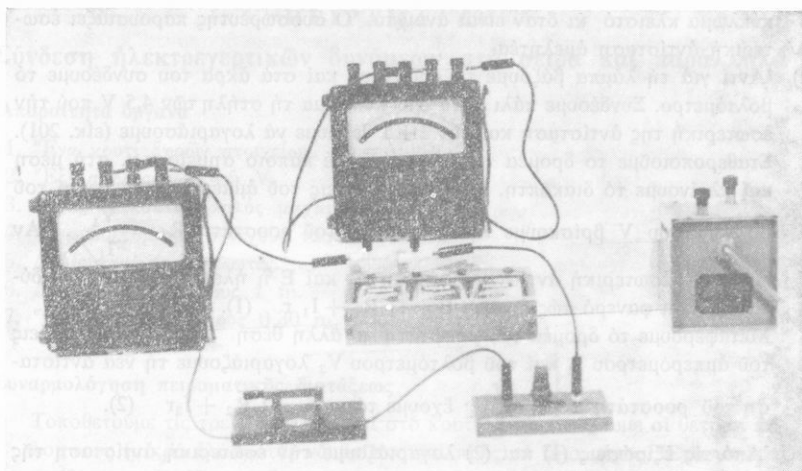
1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού νά ἔχει 3 στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας συσσωρευτής.
3. Ἐνας ροοστάτης 10Ω, 5A.
4. Ἐνα βολτόμετρο συνεχοῦς τάσεως (D.C.).
5. Ἐνα ἀμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).
6. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
7. Ἐνας διακόπτης ἀπλός μαχαιρωτός.
8. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
9. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50 m.
10. Δύο καλώδια μήκους 0,30 m.
11. Δύο μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Συνδέουμε στή σειρά μέ τούς πόλους τῆς πηγῆς τῶν 4,5 V τή λάμπα, τό διακόπτη καί τό ἀμπερόμετρο. Παράλληλα στούς πόλους τῆς πηγῆς συνδέουμε τό βολτόμετρο.

***Εκτέλεση τοῦ πειράματος**

- α) Παρατηροῦμε τήν ἔνδειξη τοῦ βολτόμετρου στούς πόλους τῆς πηγῆς. Αὐτή παριστᾷ τήν ΗΕΔ τῆς πηγῆς. Κλείνουμε τό διακόπτη· τό κύκλωμα διαρρέεται ἀπό ρεῦμα, ἡ λάμπα φωτοβολεῖ καί τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος δείχνει τό

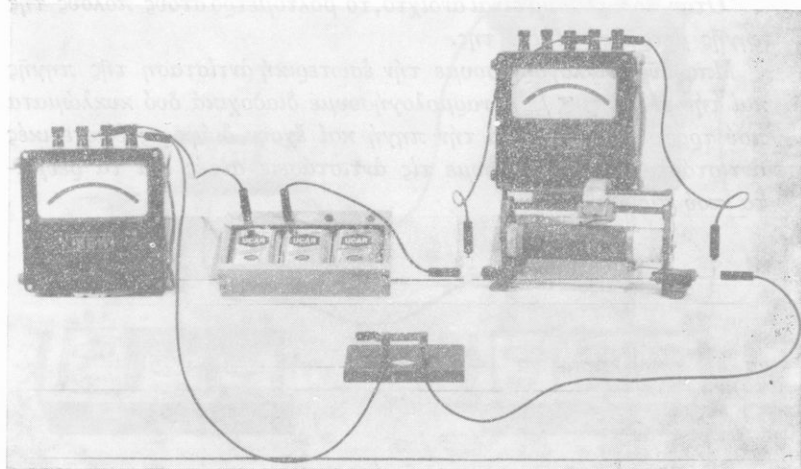


Είκ. 200

ἀμπερόμετρο. Ἡ ἔνδειξη τοῦ βολτόμετρου εἶναι τώρα πιά μικρή (εἰκ. 200). Ἡ πώση τάσεως στους πόλους τῆς πηγῆς, ὅταν διαρρέεται τὸ κύκλωμα ἀπὸ ἠλεκτρικὸ ρεῖσμα, εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς πηγῆς.

- β) Ἀντὶ γιὰ τὴν πηγὴ (στήλη 4,5 V) βάζουμε τὸ συσσωρευτὴ 6 V καὶ ἐργαζόμαστε μὲ τὸν ἴδιο τρόπο. Ἡ ἔνδειξη τοῦ βολτόμετρου εἶναι ἡ ἴδια κι ὅταν εἶναι τὸ

Είκ. 201



κύκλωμα κλειστό κι όταν είναι ανοιχτό. Ο συσσωρευτής παρουσιάζει εσωτερική αντίσταση αμελητέα.

- γ) Αντί για τή λάμπα βάζουμε τό ροοστάτη καί στή άκρα του συνδέουμε τό βολτόμετρο. Συνδέουμε πάλι ξανά στό κύκλωμα τή στήλη τών 4,5 V πού τήν εσωτερική της αντίσταση καί τήν ΗΕΔ θέλουμε νά λογαριάσουμε (είκ. 201). Σταθεροποιούμε τό δρομέα τοῦ ροοστάτη σέ κάποιο σημείο π.χ. στή μέση καί κλείνουμε τό διακόπτη. Από τίς ένδείξεις τοῦ άμπερόμετρου I καί τοῦ βολτόμετρου V βρίσκουμε τήν αντίσταση τοῦ ροοστάτη $R_1 = \frac{V_1}{I_1}$. "Αν

είναι r ἡ εσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς καί E ἡ ἠλεκτρεγερτική της δύναμη, εἶναι φανερό πώς ἔχουμε $E = I_1 R_1 + I_1 r$ (1).

Μεταφέρουμε τό δρομέα τοῦ ροοστάτη σ' ἄλλη θέση κι από τίς ένδείξεις τοῦ άμπερόμετρου I₂ καί τοῦ βολτόμετρου V₂ λογαριάζουμε τή νέα αντίσταση τοῦ ροοστάτη $R_2 = \frac{V_2}{I_2}$. ἔχουμε τώρα $E = I_2 R_2 + I_2 r$ (2).

Από τίς ἐξισώσεις (1) καί (2) λογαριάζουμε τήν εσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς καί τήν ΗΕΔ της.

Συμπεράσματα

Ἡ ἠλεκτρική πηγή παρουσιάζει εσωτερική αντίσταση πού ἔχει ὡς άποτέλεσμα νά δημιουργεῖ πτώση τάσεως στους πόλους της, όταν τό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα.

Υπάρχουν ἠλεκτρικές πηγές μέ αμελητέα εσωτερική αντίσταση.

Όταν τό κύκλωμα εἶναι ανοιχτό, τό βολτόμετρο στους πόλους τῆς πηγῆς μετρά τήν ΗΕΔ της.

Μποροῦμε νά λογαριάσουμε τήν εσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς καί τήν ΗΕΔ της, άν συναρμολογήσουμε διαδοχικά δύο κυκλώματα πού τροφοδοτοῦνται από τήν πηγή καί ἔχουν διάφορες ἐξωτερικές ἀντιστάσεις καί μετρήσουμε τίς ἀντιστάσεις αὐτές καί τά ρεύματα πού τίς διαρρέουν.

Σύνδεση ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων στη σειρά και παράλληλα

Απαραίτητα όργανα

1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων.
2. Έξι στήλες τών 4,5 V.
3. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
4. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
5. Δυό μπανάνες διχαλωτές.
6. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
7. Ένα καλώδιο μήκους 0,30 m.

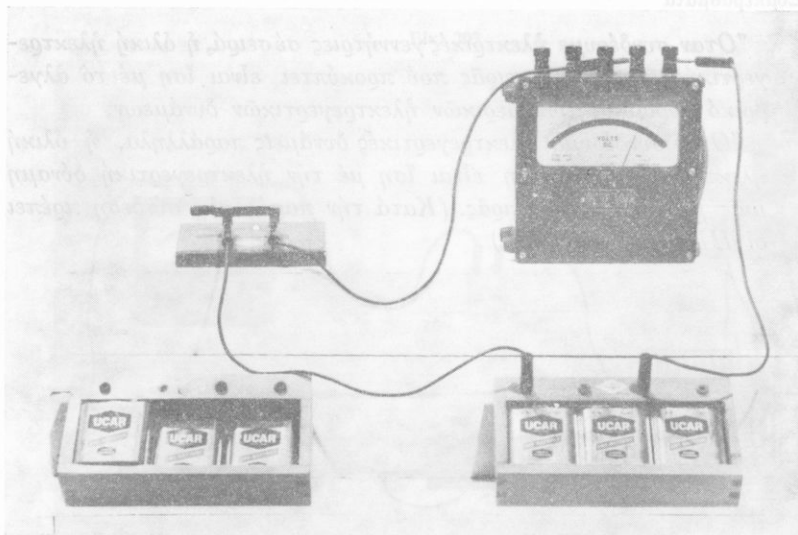
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Τοποθετούμε τις τρεις στήλες μέσα στο κουτί και προσέχουμε οι θετικοί πόλοι τους (μικρά ελάσματα) να βρίσκονται προς τό ίδιο μέρος. Έχουμε έτσι συνδέσει τρεις ηλεκτρικές γεννήτριες της ίδιας ΗΕΔ στη σειρά.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Συνδέουμε τούς δυό πρώτους διαδοχικούς άκροδέκτες του κουτιού (τούς δυό πόλους της μιᾶς στήλης) μέ τούς άκροδέκτες του βολτόμετρου, βάζοντας

Εικ. 202



στό κύκλωμα και τό διακόπτη. Κλείνουμε τό διακόπτη· τό βολτόμετρο δείχνει τήν ΗΕΔ τῆς μιᾶς στήλης E_1 . Μεταφέρουμε τό βύσμα τοῦ καλωδίου ἀπό τό δεύτερο ἀκροδέκτη τοῦ κουτιοῦ στόν τρίτο κι ὕστερα στόν τέταρτο. Συνδέουμε ἔτσι στή σειρά τίς δύο στήλες (εἰκ. 202) κι ὕστερα τίς τρεῖς. Τό βολτόμετρο μᾶς δείχνει 2Ε καί 3Ε ἀντίστοιχα.

Αὐτό γίνεται ἂν οἱ στήλες ἦταν ἀχρησιμοποίητες, ἀλλοιῶς πρέπει νά μετρήσουμε τήν ΗΕΔ κάθε στήλης καί τότε θά βρίσκουμε τό ἄθροισμα τῶν ΗΕΔ τῶν δύο ἢ τῶν τριῶν στηλῶν.

- β) Πάνω ἀπό τίς τρεῖς στήλες στό κουτί τοποθετοῦμε καί τίς ἄλλες τρεῖς κατά τόν ἴδιο τρόπο. Ἔτσι ἔχουμε δύο σειρές ἀπό τρεῖς στήλες συνδεμένες παράλληλα. Συνδέουμε μέ τούς ἀκροδέκτες τοῦ βολτόμετρο τοὺς ἀκριανούς ἀκροδέκτες τοῦ κουτιοῦ (τοὺς πόλους τῶν σειρῶν τῶν τριῶν στηλῶν). Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἔνδειξη τοῦ ὀργάνου εἶναι ἡ ἴδια ὅπως ἦταν καί στή μιὰ σειρά.
- γ) Βγάζουμε τήν ἐπάνω σειρά τῶν στηλῶν, ἀφαιροῦμε τή μιὰ ἀκριανή στήλη τῆς πρώτης σειρᾶς, ἀναστρέφουμε τοὺς πόλους καί τήν ξανατοποθετοῦμε στή θέση τῆς. Ἄν μετρήσουμε τήν ΗΕΔ στά ἄκρα τῆς σειρᾶς τῶν τριῶν στηλῶν, τή βρίσκουμε ἴση μέ E_1 , δηλαδή $E_1 = 2E_1 - E_1$. Ἡ ΗΕΔ τῆς τελευταίας στήλης ἀφαιρεῖται ἀπό τό ἄθροισμα τῶν ΗΕΔ τῶν δύο ἄλλων στηλῶν. Ἀνάλογο φαινόμενο ἔχουμε στή λήψη διαφορῶν τάσεων στό μετασχηματιστή. Ἔχουμε στήν πραγματικότητα πρόσθεση ΗΕΔ ἀπό ἐπαγωγή.

Συμπεράσματα

Ὄταν συνδέουμε ἠλεκτρικὲς γεννήτριες σέ σειρά, ἡ ὀλική ἠλεκτρεγερτική δύναμη τῆς σειρᾶς πού προκύπτει εἶναι ἴση μέ τό ἀλγεβρικό ἄθροισμα τῶν μερικῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων.

Ὄταν συνδέουμε ἠλεκτρεγερτικὲς δυνάμεις παράλληλα, ἡ ὀλική ἠλεκτρεγερτική δύναμη εἶναι ἴση μέ τήν ἠλεκτρεγερτική δύναμη μιᾶς μόνο πηγῆς ἢ σειρᾶς. (Κατά τήν παράλληλη σύνδεση πρέπει οἱ ΗΕΔ νά εἶναι ἴσες.)

Επαλήθευση του νόμου του Joule

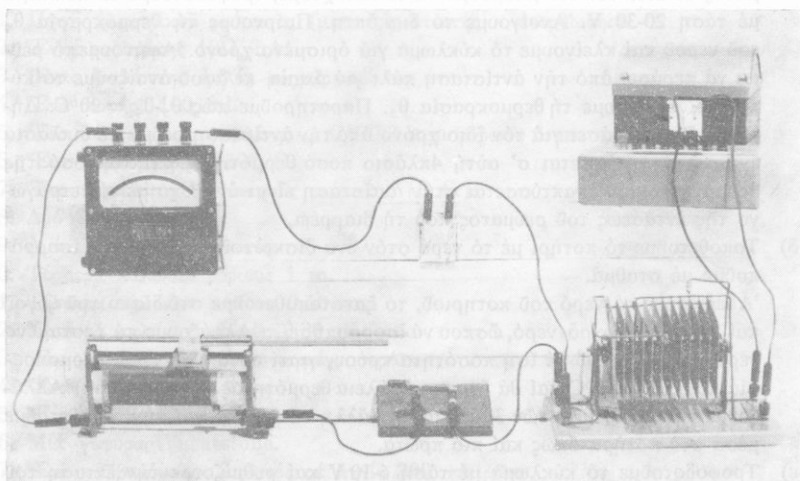
Απαραίτητα όργανα καί υλικά

1. Πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (μετασχηματιστής - άνορθωτής).
2. Ένας ροοστάτης 10Ω , 5A.
3. Ένας διακόπτης απλός μαχαιρωτός.
4. Ένα ποτήρι 100 ml.
5. Ένα σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,2-0,3 mm μήκους 0,60 m περίπου.
6. Ένα θερμόμετρο 0-50°C.
7. Ένα αμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
8. Δύο κροκόδειλοι.
9. Δύο μπανάνες διχαλωτές.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50m.
12. Δύο καλώδια μήκους 0,30 m.
13. Ένα μπουκάλι με άποσταγμένο νερό.
14. Ένας ζυγός.
15. Ένα κουτί με σταθμά.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

α) Κόβουμε από τό σύρμα της χρωμονικελίνης ένα κομμάτι 15 cm κι ένα άλλο

Είκ. 203



30 cm και τά τυλίγουμε σε λεπτή ράβδο ξτσι, που νά πάρουν τό σχήμα ελατήριου.

- β) Συνδέουμε σε σειρά μέ τούς πόλους τής πηγής (άνορθωτή) τό διακόπτη, τό ροοστάτη, τό άμπερόμετρο και τό σύρμα χρωμονικελίνης 30 cm (άντίσταση) μέ τή βοήθεια τών δυό κροκόδειλων.

Τοποθετούμε τήν αντίσταση μέσα στό ποτήρι και χύνουμε μέσα σ' αυτό περίπου 100 cm³ άποσταγμένο νερό. Προσέχουμε οί σπείρες του ελατήριου νά μήν άγγίζουν ή μιá στήν άλλη.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη, άφού τροφοδοτήσουμε τό κύκλωμα πρώτα μέ τάση 12-14 V, και μέ τό ροοστάτη ρυθμίζουμε τήν ένταση του ρεύματος σέ 1 A (εϊκ. 203). Άνοίγουμε τό διακόπτη.

- β) Παίρνουμε τή θερμοκρασία του νερού π.χ. θ_1 και κλείνουμε τό διακόπτη, σημειώνοντας ταυτόχρονα τό χρόνο που κλείσαμε τό κύκλωμα. Μετά άπό 5 min άκριβώς σημειώνουμε τήν άνύψωση τής θερμοκρασίας $\theta_2 - \theta_1$, όπου θ_2 είναι ή ένδειξη του θερμόμετρου στό τέλος τών 5 min, π.χ. $\theta_2 - \theta_1 = 5^\circ\text{C}$. Άφήνουμε τό κύκλωμα κλειστό 5 min άκόμα και άνοίγοντας τό διακόπτη σημειώνουμε τή θερμοκρασία θ_3 . Παρατηρούμε πώς $\theta_3 - \theta_1 = 10^\circ\text{C}$. Δηλαδή σέ διπλάσιο χρόνο έχουμε διπλάσια άνύψωση τής θερμοκρασίας.

Τό ποσό τής θερμότητας που άναπτύχθηκε στήν αντίσταση είναι άνάλογο προς τό χρόνο που διαρρεόταν άπό ήλεκτρικό ρεύμα.

- γ) Κλείνουμε τό διακόπτη και μέ τό ροοστάτη ρυθμίζουμε τήν ένταση του ρεύματος σέ 2 A. Άν δέν μπορούμε νά τό πετύχουμε, τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ τάση 20-30 V. Άνοίγουμε τό διακόπτη. Παίρνουμε τή θερμοκρασία θ_4 του νερού και κλείνουμε τό κύκλωμα γιά όρισμένο χρόνο. Άφήνουμε τό ρεύμα νά περάσει άπό τήν αντίσταση πάλι γιά 5 min κι άφού άνοίξουμε τό κύκλωμα, παίρνουμε τή θερμοκρασία θ_5 . Παρατηρούμε πώς $\theta_5 - \theta_4 = 20^\circ\text{C}$. Δηλαδή, όταν περάσει γιά τόν ίδιο χρόνο άπό τήν αντίσταση ρεύμα μέ διπλάσια ένταση, άναπτύσσεται σ' αυτή 4πλάσιο ποσό θερμότητας. Ή τό ποσό τής θερμότητας που άναπτύσσεται στήν αντίσταση είναι άνάλογο μέ τό τετράγωνο τής έντάσεως του ρεύματος που τή διαρρέει.

- δ) Τοποθετούμε τό ποτήρι μέ τό νερό στόν ένα δίσκο του ζυγού και τό ίσορροπούμε μέ σταθμά.

Άδειάζουμε τό νερό του ποτηριού, τό ξανατοποθετούμε στό δίσκο του ζυγού και χύνουμε ψυχρό νερό, ώσπου νά ίσορροπήσει. (Άλλάζουμε τό ζεσταμένο νερό του ποτηριού μέ ίση ποσότητα κρύου, γιατί αυτό είχε τώρα θερμοκρασία πάνω άπό 40°C και θά έχουμε άπώλεια θερμότητας άπό εξάτμιση.) Άλλάζουμε τήν αντίσταση τών 30 cm μέ τήν άλλη τών 15 cm και τήν τοποθετούμε μέσα στό ποτήρι, όπως και πιο πρώτα.

- ε) Τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ τάση 6-10 V και ρυθμίζουμε τήν ένταση του

ρεύματος σέ 1 A, αφήνουμε νά περάσει τό ρεύμα από τήν αντίσταση πάλι γιά 5 min. Παρατηρούμε πώς ή ανύψωση τῆς θερμοκρασίας εἶναι τώρα τό μισό τῆς πρώτης, δηλ. 2,5°C. Δηλαδή τό ποσό τῆς θερμότητας πού ἀναπτύσσεται στήν αντίσταση εἶναι ἀνάλογο μέ τήν τιμή τῆς ἀντιστάσεως.

Συμπέρασμα

Τό ποσό τῆς θερμότητας πού ἀναπτύσσεται σέ μιά αντίσταση πού διαρρέεται ἀπό ἡλεκτρικό ρεῦμα εἶναι ἀνάλογο μέ τό χρόνο πού περνά τό ρεύμα, ἀνάλογο μέ τό τετράγωνο τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καί ἀνάλογο μέ τήν αντίσταση, δηλαδή

$$Q = RI^2t \text{ Joule.}$$

Σημείωση

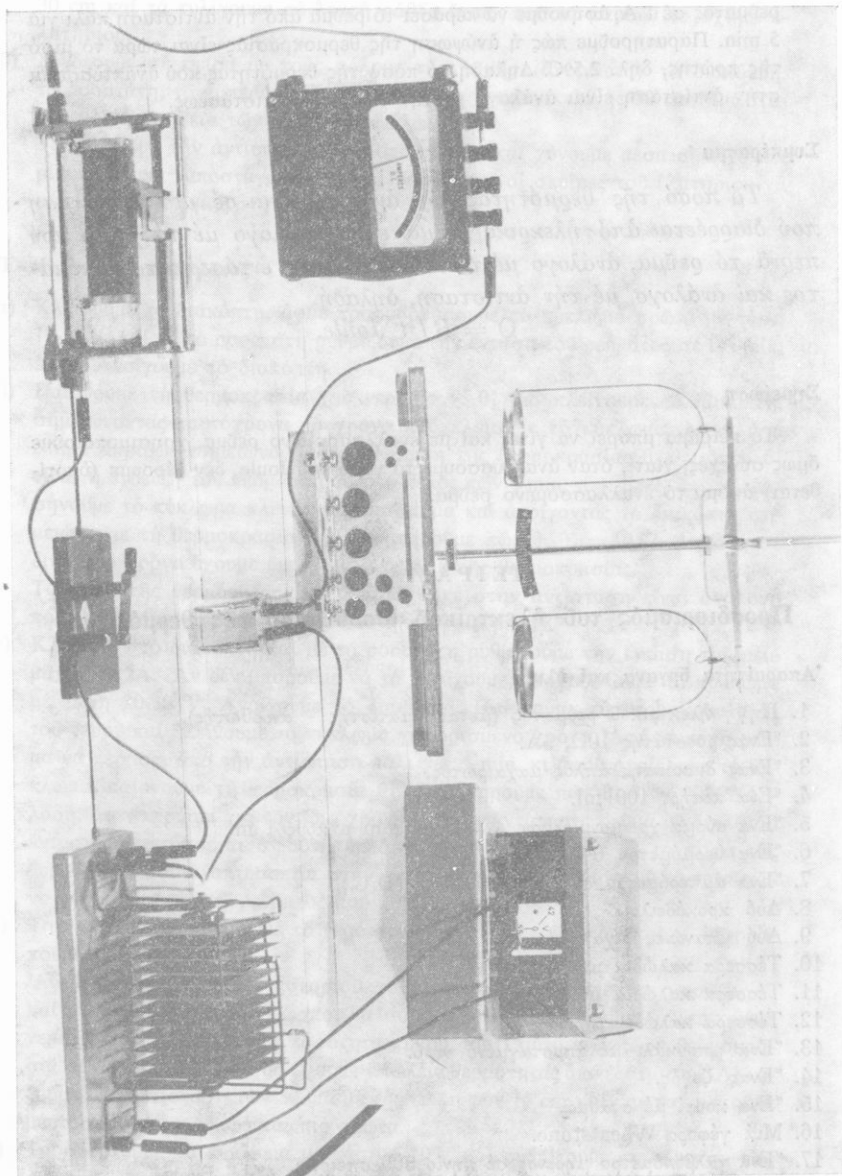
Τό πείραμα μπορεῖ νά γίνη καί μέ ἐναλλασσόμενο ρεύμα, χρησιμοποιοῦμε ὅμως συνεχές, γιατί, ὅταν ἀναπτύσσουμε τό νόμο τοῦ Joule, δέν ξέρουμε (ὁποτί-θεται) ἀκόμα τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 31ο

Προσδιορισμός τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἰσοδύναμου τῆς θερμότητας

*Απαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Πηγή ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (μετασχηματιστής - ἀνορθωτής).
2. Ἕνας ροοστάτης 10Ω, 5A.
3. Ἕνας διακόπτης ἀπλός μαχαιρωτός.
4. Ἕνα ποτήρι 100 ml.
5. Ἕνα σύρμα χρωμονικελίνης ϕ 0,2-0,3 mm μήκους 1 m.
6. Ἕνα θερμόμετρο 0-50° C.
7. Ἕνα ἀμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).
8. Δύο κροκόδειλοι.
9. Δύο μπανάνες διχαλωτές.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,50 m.
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,30 m.
13. Ἕνα μπουκάλι μέ ἀποσταγμένο νερό.
14. Ἕνας ζυγός.
15. Ἕνα κουτί μέ σταθμά.
16. Μιά γέφυρα Wheatstone.
17. Ἕνα γαλβανόμετρο μηδενός σέ πηνίο 300 σπειρῶν.



Εικ. 204

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Ζυγίζουμε τό ποτήρι καί βρίσκουμε τή μάζα του $m = 40 \text{ gr}$. Ἀπό τούς πίνακες βρίσκουμε τήν εἰδική θερμότητα τοῦ γυαλιοῦ $C = 0,19 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}}$ καί λογαριάζουμε τό ἰσοδύναμο σέ νερό τοῦ ποτηριοῦ $K = m \cdot c = 7,6 \frac{\text{cal}}{\text{grad}}$.
- β) Στό δίσκο τῶν σταθμῶν προσθέτουμε σταθμιά $92,4 \text{ gr}$ καί χύνουμε μέσα στό ποτήρι ἀποσταγμένο νερό, ὥσπου νά ἰσορροπήσει. Ἐτσι ἔχουμε ἀπό ἀποψη θερμοχωρητικότητας 100 gr νερό λογαριάζοντας καί τό ἰσοδύναμο σέ νερό τοῦ ποτηριοῦ.
- γ) Μέ τή γέφυρα τοῦ Wheatstone μετράμε τήν ἀντίσταση τοῦ σύρματος πού τό ἔχουμε φτιάξει σάν ἐλατήριο τυλίγοντάς το σέ λεπτή ράβδο, π.χ. $R = 8,18 \Omega$.
- δ) Συνδέουμε σέ σειρά μέ τούς πόλους τῆς πηγῆς (ἀνορθωτῇ) τό διακόπτη, τό ροοστάτη, τό ἄμπερόμετρο καί τήν ἀντίσταση μέ τή βοήθεια καί τῶν δυο θερμοκώδελων. Βάζουμε τήν ἀντίσταση μέσα στό νερό τοῦ ποτηριοῦ καί προ-σέχουμε οἱ σπείρες νά μήν ἀγγίζουν ἢ μιὰ στήν ἄλλη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τό κύκλωμα μέ τάση $10-14 \text{ V}$ κι ἀφοῦ κλείσουμε τό διακόπτη ρυθμίζουμε μέ τό ροοστάτη τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος σέ 1 A (εἰκ. 204). Ἀνοίγουμε τό διακόπτη.
- β) Παίρνουμε τή θερμοκρασία τοῦ νεροῦ καί κλείνουμε πάλι τό διακόπτη, σημειώνοντας συγχρόνως τό χρόνο πού ἀρχίζει νά περνᾷ τό ρεῦμα. Ἀφήνουμε νά περάσει στό κύκλωμα ρεῦμα ἀκριβῶς 5 min καί τό διακόπτουμε. Βγάζουμε τήν ἀντίσταση ἀπό τό ποτήρι κι ἀνακατεύοντας καλά τό νερό μέ τό θερμόμετρο παίρνουμε τή θερμοκρασία. Διαπιστώνουμε πὼς ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ αὐξήθηκε κατὰ $\Delta\theta = 5,8^\circ \text{ C}$.
- γ) Κάνουμε τούς παρακάτω ὑπολογισμούς:
Τό ποσό τῆς θερμότητος πού πήρε τό νερό εἶναι
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 100 \text{ gr} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{gr. grad}} \cdot 5,8 \text{ grad} = 580 \text{ cal}.$$

Στήν ἀντίσταση καταναλώθηκε ἐνέργεια $W = I^2 R t$ ἢ $W = 2454 \text{ Joule}$ ($I =$

1 A , $R = 8,18 \Omega$, $t = 300 \text{ sec}$). Ἐχουμε $Q = aW$ καί $a = \frac{Q}{W} =$

$$\frac{580 \text{ cal}}{2454 \text{ Joule}} = 0,235 \frac{\text{cal}}{\text{Joule}}.$$

Ἡ τιμὴ πού βρήκαμε πλησιάζει πολὺ τήν πραγματική.

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά προσδιορίσουμε τό ηλεκτρικό ισodύναμο τῆς θερμότητας, ἂν περάσουμε ρεῦμα ὀρισμένης ἐντάσεως γιά ὀρισμένο χρό-νο ἀπό γνωστή ἀντίσταση βυθισμένη μέσα σέ ὀρισμένη μάζα νεροῦ καί προσδιορίσουμε τήν αὔξηση τῆς θερμοκρασίας. Ἀπό τό πείραμα βρήκαμε $\alpha = 0,235 \frac{\text{cal}}{\text{Joule}}$.

ΠΕΙΡΑΜΑ 32ο

Πραγματοποίηση βραχυκυκλώματος καί ἐπίδειξη τῆς χρησιμότητας τῶν ἀσφαλειῶν

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

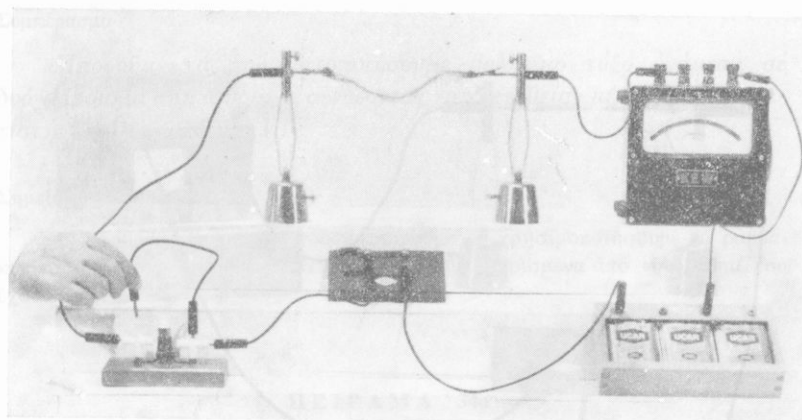
1. Πηγή ηλεκτρικοῦ ρεύματος 6-8 V (μετασχηματιστής - ἄνορθωτής).
2. Ἐνας διακόπτης ἀπλῶς μαχαιρωτός.
3. Ἐνα ἀμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).
4. Δυό μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.
5. Δυό κροκόδειλοι.
6. Τέσσερα καλώδια 0,50 m.
7. Δυό καλώδια 0,30 m.
8. Λίγο ἀτσαλόμαλλο (πολύ λεπτό).
9. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
10. Δυό πολλαπλά βύσματα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συνδέουμε σέ σειρά μέ τούς πόλους τῆς πηγῆς τό διακόπτη, τή λάμπα, τόν ἕνα μονωτικό στύλο, τό δεύτερο μονωτικό στύλο καί τό ἀμπερόμετρο στήν κλίμακα 0-3A. Οἱ δυό μονωτικοί στύλοι συνδέονται ὁ ἕνας μέ τόν ἄλλο μέ μιὰ πολύ λεπτή τούφα ἀπό ἀτσαλόμαλλο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη. Ἡ λάμπα φωτοβολεῖ καί τό ἀμπερόμετρο δείχνει τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος (κλίμακα 0 — 3A).
- β) Μ' ἕνα καλώδιο 0,30 m καί χρησιμοποιώντας τά πολλαπλά βύσματα βραχυκλώνουμε τούς ἀκροδέκτες τῆς λάμπας (εἰκ. 205). Ἡ λάμπα παύει νά φωτο-



Εικ. 205

βολεί, ή ένδειξη του άμπερόμετρου μεγαλώνει άπότομα, ή τούφα του άτσαλόμαλλου έρυθροπυρώνεται καί καίγεται, ένεργώντας σάν ασφάλεια καί τό ρεύμα διακόπτεται.

Συμπέρασμα

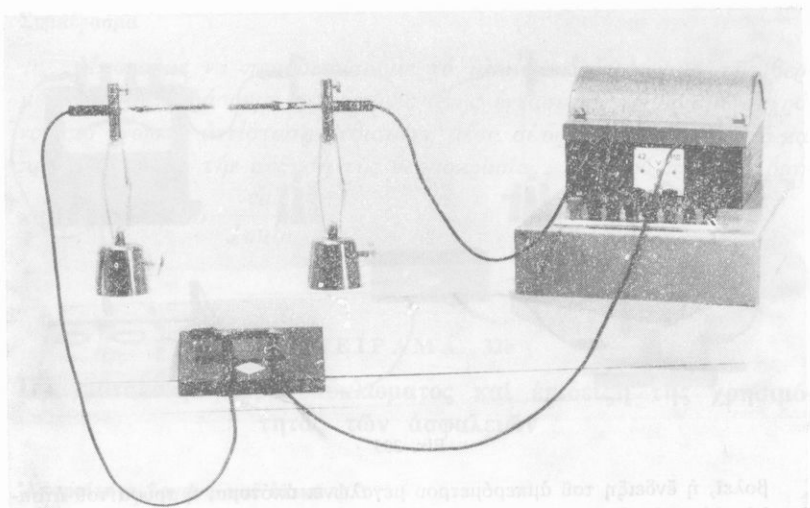
“Όταν σ’ ένα κύκλωμα οί άγωγοί έννοθούν μέ τέτοιο τρόπο, πού νά μένει έξω άπό τό κύκλωμα μιά αντίσταση ή άλλη κατανάλωση (άποδέκτης), λέμε ότι έγινε βραχυκύκλωμα καί ή ένταση του ρεύματος μεγαλώνει πάρα πολύ. Για νά άποφύγουμε τίς ζημιές, βάζουμε στό κύκλωμα λεπτούς άγωγούς πού νά λειώνουν εύκολα καί πού μόλις αύξηθει ή ένταση του ρεύματος λειώνουν καί διακόπτουν τό ρεύμα (έσφάλειες).

ΠΕΙΡΑΜΑ 33ο

Πραγματοποίηση βολταϊκού τόξου

*Απαραίτητα όργανα καί ύλικά

1. Πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (μετασχηματιστής).
2. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
3. Δυό μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.



Εικ. 206

4. Δυό κροκόδειλοι.
5. Δυό κάρβουνα βολταϊκού τόξου.
6. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
7. Ένα καλώδιο μήκους 0,50 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Συνδέουμε με τούς πόλους τῆς πηγῆς τοὺς δυό μονωτικούς στύλους κι ἀνάμεσα στὴν πηγὴ καὶ σιόν ἕναν ἀπ' αὐτοὺς τὸ διακόπτη. Στὰ ἄκρα τῶν ἀκροδεκτῶν τῶν καλωδίων πού ἐξέχουν λίγο κατὰ τὴ σύνδεσή τους με τοὺς μονωτικούς στύλους ἐφαρμόζουμε τοὺς δυό κροκόδελους καὶ μ' αὐτοὺς συγκρατοῦμε ὀριζόντια καὶ στὸ ἴδιο ὕψος τὰ δυό κάρβουνα τοῦ βολταϊκοῦ τόξου.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Πλησιάζουμε τοὺς μονωτικούς στύλους ἔτσι, πού τὰ δυό κάρβουνα νά ἀγγίζουν ἐλαφρά στὴν ἄκρη τους. Τροφοδοτοῦμε τὸ κύκλωμα με τάση 14-16 V ἀπὸ τὸ μετασχηματιστὴ, κλείνουμε τὸ διακόπτη κι ἀμέσως ἀπομακρύνουμε τὰ κάρβουνα 1-2 mm. Παρατηροῦμε πὼς σχηματίζεται ἔντονα ἓνα φωτεινὸ τόξο (εἰκ. 206).

Χρησιμοποιοῦμε ἐναλλασσόμενο ρεῖμα, γιατί στὸ κύκλωμα περνᾷ ρεῖμα σὲ μεγάλῃ ἐνταση 30-40 A καὶ δέν ἔχουμε τὰ μέσα νά πάρουμε ρεῖμα συνεχῆς τέτοιας ἐντάσεως.

Συμπέρασμα

Μπορούμε νά πραγματοποιήσουμε βολταϊκό τόξο ανάμεσα σε δυό ραβδάκια από άνθρακα, συνδέοντάς τα κατευθείαν με τό μετασχηματιστή σε τάση 14-16 V.

Σημείωση

Σάν κάρβουνα βολταϊκού τόξου μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε τά ραβδάκια του άνθρακα από ηλεκτρικές στήλες καλά καθαρισμένα από τήν πίσσα πού έχουν επάνω τους.

ΠΕΙΡΑΜΑ 34ο

Μαγνητικό πεδίο γύρω από ρευματοφόρο άγωγό. Πείραμα του Oersted

*Απαραίτητα όργανα

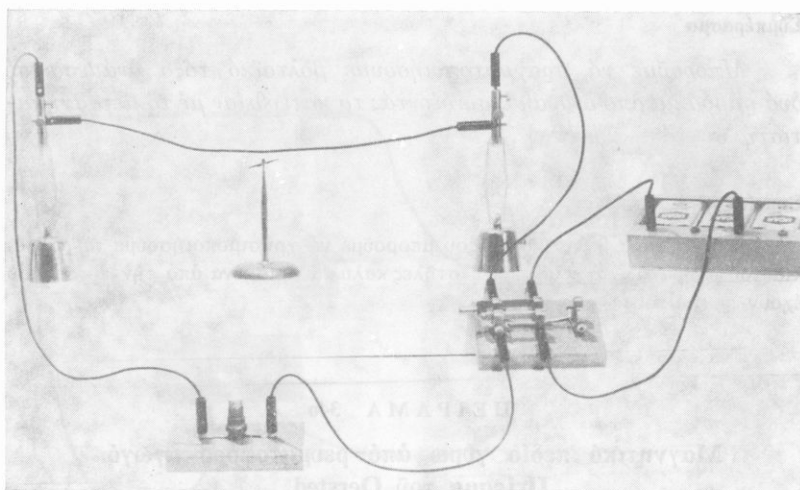
1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού νά έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
2. Μιά μαγνητική βελόνα σε κατακόρυφο άξονα.
3. Δυό μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.
4. Δυό καλώδια 0,30 m.
5. Τρία καλώδια 1 m.
6. Ένας διακόπτης αναστροφέας.
7. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Συνδέουμε τούς δυό πόλους τής πηγής με τά καλώδια τών 0,30 m με τούς δυό μεσαίους άκροδέκτες του διακόπτη σε τάση 4,5 V. Συνδέουμε ακόμα τά άκρα του ενός καλώδιου του 1 m με τούς δυό μονωτικούς στύλους και τούς βάζουμε σε τέτοια απόσταση, πού τό καλώδιο νά είναι τεντωμένο. Τελικά συνδέουμε τούς δυό μονωτικούς στύλους με τούς άκροδέκτες του διακόπτη πού βρίσκονται πρós τήν ίδια μεριά, βάζοντας και τή λάμπα στο κύκλωμα στη σειρά.

*Εκτέλεση του πειράματος

- α) Βάζουμε τή μαγνητική βελόνα κάτω από τό τεντωμένο καλώδιο κι αλλάζουμε τή θέση στους μονωτικούς στύλους έτσι, πού τό καλώδιο νά πάρει τή διεύθυνση του άξονα τής βελόνας. Κλείνουμε τό διακόπτη και παρατηρούμε πώς



Εικ. 207

ή βελόνα στρέφεται και τείνει να γίνει κάθετη στη διεύθυνση του ρεύματος (εικ. 207). Παρατηρούμε τους πόλους της πηγής και ορίζουμε τη φορά του ρεύματος. Τοποθετούμε την παλάμη του δεξιού χεριού κατά τέτοιο τρόπο, πού η έσωτερική της επιφάνεια να στρέφεται στη μεριά του άγωγού πού είναι πάνω από τη μαγνητική βελόνα και τό ρεύμα να μπαίνει από τόν καρπό και να βγαίνει από τά δάκτυλα· τότε μέ τήν παρατήρηση της φοράς πού εκτρέπεται ο βόρειος πόλος της μαγνητικής βελόνας προς τη διεύθυνση του αντίχειρα βγάζουμε τό γνωστό κανόνα του δεξιού χεριού.

- β) Αναστρέφουμε τή φορά του ρεύματος και βλέπουμε πώς αναστρέφεται και ή φορά της έκτροπής του βόρειου πόλου της βελόνας, πράγμα πού φανερώνει πώς έχει αναστραφεί και ή φορά του μαγνητικού πεδίου πού δημιουργείται γύρω από τόν άγωγό.
- γ) Τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ πιό μεγάλη τάση 9 V· ή έκτροπή της βελόνας είναι μεγαλύτερη. Τό μαγνητικό πεδίο γίνεται πιό ισχυρό.

Συμπέρασμα

Γύρω από ρευματοφόρο άγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, πού ή ένταση και ή φορά του εξαρτώνται από τήν ένταση και τή φορά του ρεύματος.

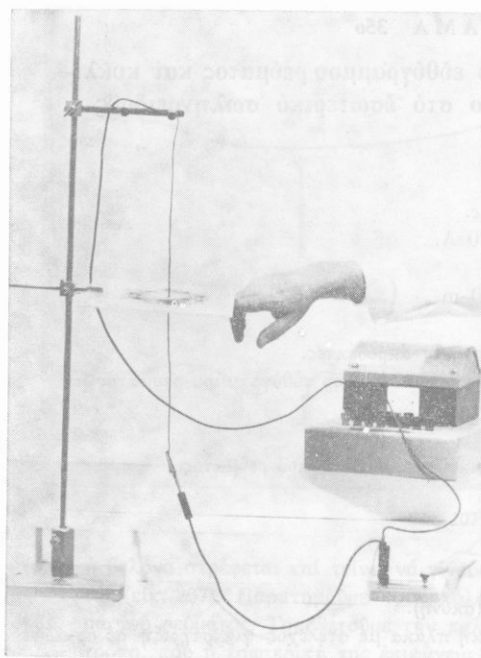
Μελέτη του μαγνητικού πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος καὶ κυκλικοῦ ρεύματος. Μαγνητικό πεδίο στό ἐσωτερικό σωληνοειδοῦς

Ἀπαραίτητα ὄργανα καὶ ὕλικά

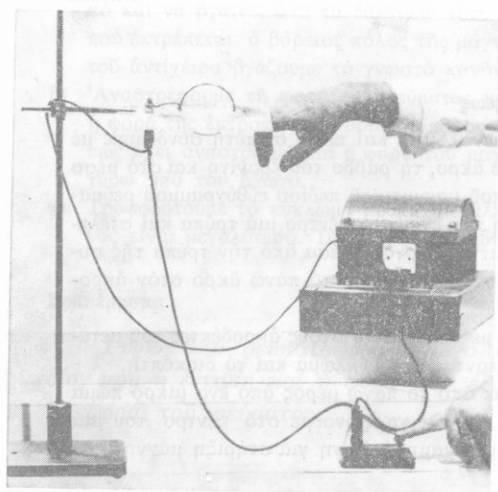
1. Ἐνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
2. Ἐνας ἀνορθωτὴς σελήνιου 55 V, 10 A.
3. Μία βάση χυτοσιδερένια.
4. Μία ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
5. Δυὸ σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
6. Μία ράβδος ἀπὸ ἐβονίτη μὲ μονωτικούς ἀκροδέκτες.
7. Μία συσκευή γιὰ τὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος μὲ σύρμα χαλκοῦ ϕ 2 mm μήκους 50 cm.
8. Ἐνας κροκόδειλος.
9. Μία συσκευή γιὰ τὴ μελέτη μαγνητικοῦ πεδίου κυκλικοῦ ρεύματος.
10. Μία μαγνητικὴ βελόνα μικρῆ.
11. Λίγες καρφίτσες.
12. Μικρά πώματα ἀπὸ φελλό.
13. Μία ξυριστικὴ λεπίδα.
14. Ἐνα κομτί μὲ ρινίσματα σιδήρου (σκόνη).
15. Ἐνα σωληνοειδὲς ἐπάνω σέ πλαστικὴ πλάκα μὲ στέλεχος γιὰ στήριξη σέ ὀρθοστάτη.
16. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.
17. Δυὸ καλώδια μήκους 1 m.
18. Δυὸ καλώδια μήκους 50 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στὴ βάση τὴ ράβδο τῶν 0,80 m καὶ πάνω σ' αὐτὴ συνδέουμε μὲ τοὺς συνδέσμους, κοντὰ στό πάνω ἄκρο, τὴ ράβδο τοῦ ἐβονίτη καὶ στό μέσο μὲ τὸ στέλεχος τῆς τῆς συσκευῆ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος (μιά πλάκα ἀπὸ πλαστικὴ ὕλη ποὺ ἔχει στό κέντρο μιά τρύπα καὶ στέλεχος γιὰ τὴ στήριξη στὸν ὀρθοστάτη). Περνοῦμε μέσα ἀπὸ τὴν τρύπα τῆς συσκευῆς τὸ χάλκινο σύρμα καὶ τὸ στερεώνουμε μὲ τὸ πάνω ἄκρο στὸν ἀκροδέκτη τῆς ράβδου ἀπὸ ἐβονίτη.
- β) Συνδέουμε τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος μὲ τὰ καλώδια στοὺς ἀκροδέκτες τοῦ μετασχηματιστῆ σὲ τάση 2-4 V, συνδέοντας στό κύκλωμα καὶ τὸ διακόπτη.
- γ) Μὲ τὴν ξυριστικὴ λεπίδα κόβουμε ἀπὸ τὸ πάνω μέρος ἀπὸ ἓνα μικρὸ πῶμα φελλοῦ ἓνα κομμάτι ὕψους 1-1,5 cm καὶ καρφώνουμε στό κέντρο του μιά καρφίτσα κατασκευάζοντας ἔτσι μιά χαμηλὴ βάση γιὰ στήριξη μαγνητικῆς βελόνας.

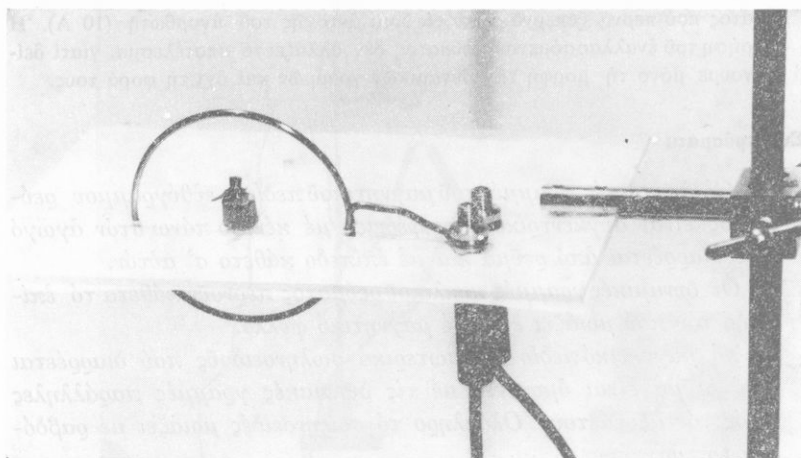


Εικ. 208
Εικ. 209



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Ρίχνουμε πάνω στήν πλάκα ρινίσματα σιδήρου καί κλείνουμε τό διακόπτη, κτυπάμε τήν πλάκα ἐλαφρά μέ τό δάκτυλο. Τά ρινίσματα τοποθετοῦνται σύμφωνα μέ τίς δυναμικές γραμμές πού γίνονται ἔτσι ὁρατές σάν συγκεντρικές περιφέρειες μέ κέντρο τό σημεῖο πού ὁ ἄγωγός περνᾷ μέσα ἀπό τήν πλάκα (εἰκ. 208).
- β) Ἀφαιροῦμε τόν ἐπάνω σύνδεσμο μέ τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη. Στόν ἄλλο σύνδεσμο ἀντί γιά τή συσκευή πού εἴχαμε βάζουμε τήν ἄλλη πού εἶναι κατάλληλη γιά τή μελέτη τοῦ φάσματος κυκλικοῦ ρεύματος. Πραγματοποιοῦμε τή συνδεσμολογία καί τροφοδοτοῦμε τή νέα διάταξη ἀπό τό μετασχηματιστή μέ τήν ἴδια τάση 2-4 V. Ἐργαζόμαστε ὅπως πῶς πάνω καί παρατηροῦμε πῶς οἱ δυναμικές γραμμές σχηματίζουν περιφέρειες μέ κέντρα τά σημεῖα πού ὁ κυκλικός ἄγωγός περνᾷ τήν πλάκα (εἰκ. 209). Οἱ δυναμικές γραμμές εἶναι κάθετες στό ἐπίπεδο τοῦ κυκλικοῦ ἄγωγου. (Οἱ ἐφαπτόμενες τῶν δυναμικῶν γραμμῶν στά σημεῖα πού βρίσκονται πάνω στήν εὐθεία πού ἐνώνει τά κέντρα τῶν 2 ὁμάδων τῶν συγκεντρικῶν περιφερειῶν πού σχηματίζονται.)
- γ) Συνδέουμε μέ τό μετασχηματιστή στήν ἴδια τάση τόν ἀνορθωτή καί ἀπ' αὐτόν τροφοδοτοῦμε τήν πειραματική διάταξη.



Είκ. 210

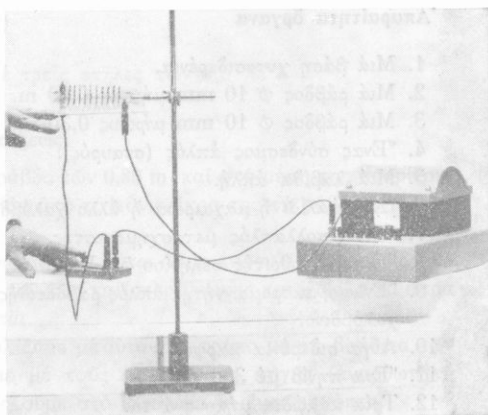
Αφαιρούμε από την πλάκα τὰ ρινίσματα καί τοποθετούμε τή μαγνητική βελόνα στηριγμένη πάνω στήν κατασκευασμένη χαμηλή βάση (μέ τήν καρφίτσα καί τό πῶμα τοῦ φελλοῦ) στό κέντρο τοῦ κυκλικοῦ ἄγωγου. Κλείνουμε γιά μιὰ στιγμή τό διακόπτη καί παρατηροῦμε πῶς ἡ μαγνητική βελόνα προσανατολίζεται ἔτσι, πού ὁ ἄξονάς της νά γίνει κάθετος στό ἐπίπεδο τοῦ κυκλικοῦ ἄγωγου (εἰκ. 210).

- δ) Ἀντί γιά τήν παραπάνω συσκευή βάζουμε κατόπιν τό σωληνοειδές. Ἀφαιρούμε τόν ἀνορθωτή καί πραγματοποιοῦμε τή συνδεσμολογία κατευθειάν ἀπό τό μετασχηματιστή σέ τάση 2-4 V.

Είκ. 211

Ρίχνουμε τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καί ἐργαζόμαστε ὅπως παραπάνω. Παρατηροῦμε πῶς σχηματίζεται τό μαγνητικό φάσμα πού οἱ δυναμικές γραμμές του εἶναι μέσα στό πηνίο παράλληλες πρὸς τόν ἄξονά του καί ἔξω ἀπό τό πηνίο εἶναι τέτοιες, πού νά μοιάζει τό φάσμα μέ τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (εἰκ. 211).

Στίς περιπτώσεις α, β, δ χρησιμοποιοῦμε τό μετασχηματιστή χωρίς ἀνορθωτή γιατί στά πειράματα αὐτά ἡ ἔνταση τοῦ ρεύ-



ματος πού περνά ξεπερνά πολύ τό όριο άντοχής τοῦ άνορθωτῆ (10 A). Ἡ χρήση τοῦ έναλλασσόμενου ρεύματος δέν αλλάζει τό άποτέλεσμα, γιατί δείχνουμε μόνο τή μορφή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καί ὄχι τή φορά τους.

Συμπεράσματα

Οἱ δυναμικές γραμμές τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμοι ρεύματος εἶναι συγκεντρικές περιφέρειες μέ κέντρο πάνω στόν άγωγό πού διαρρέεται άπό ρεύμα καί μέ επίπεδο κάθετο σ' αὐτόν.

Οἱ δυναμικές γραμμές κυκλικοῦ ρεύματος περνοῦν κάθετα τό ἐπίπεδό του πού μοιάζει ἔτσι μέ μαγνητικό φύλλο.

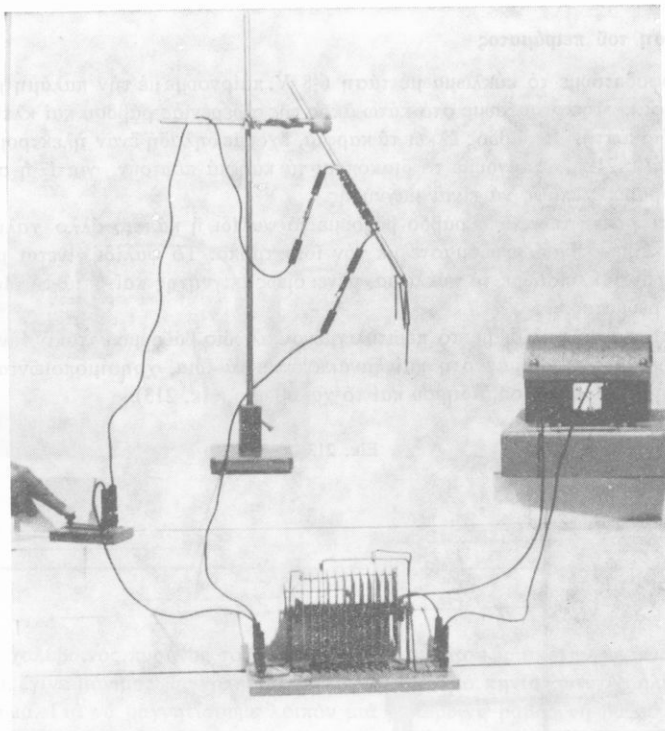
Τό μαγνητικό πεδίο στό έσωτερικό σωληνοειδοῦς πού διαρρέεται άπό ρεύμα εἶναι ὁμογενές μέ τίς δυναμικές γραμμές παράλληλες πρὸς τόν άξονά του. Ὁλόκληρο τό σωληνοειδές μοιάζει μέ ραβδόμορφο μαγνήτη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 36ο

Πῶς μπορούμε νά κατασκευάσουμε ἕναν ἠλεκτρομαγνήτη καί ποιές ιδιότητες ἔχει. Πῶς μπορούμε νά μαγνητίσουμε καί νά ἀπομαγνητίσουμε μιά χαλύβδινη ράβδο

*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 άπλός (σταυρός).
5. Μιά λαβίδα άπλή.
6. Ἕνα ψαλίδι ἢ μαχαιράκι ἢ ἄλλο χαλύβδινο ἀντικείμενο.
7. Ἕνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
8. Ἕνας άνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
9. Ἕνας ἠλεκτρομαγνήτης άπλός ραβδοειδής μέ δύο πυρῆνες, ἕνα σιδερένιο καί ἕνα χαλύβδινο.
10. Λίγα σιδερένια καρφιά.
11. Ἕνα πηνίο μέ 300 σπείρες.
12. Τρία καλώδια μήκους 1 m.



Εικ. 212

13. Τρία καλώδια μήκους 0,30 m.
14. Ένας διακόπτης μπουτόν.
15. Δύο κροκόδειλοι.
16. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων με τρεις στήλες των 4,5 V.

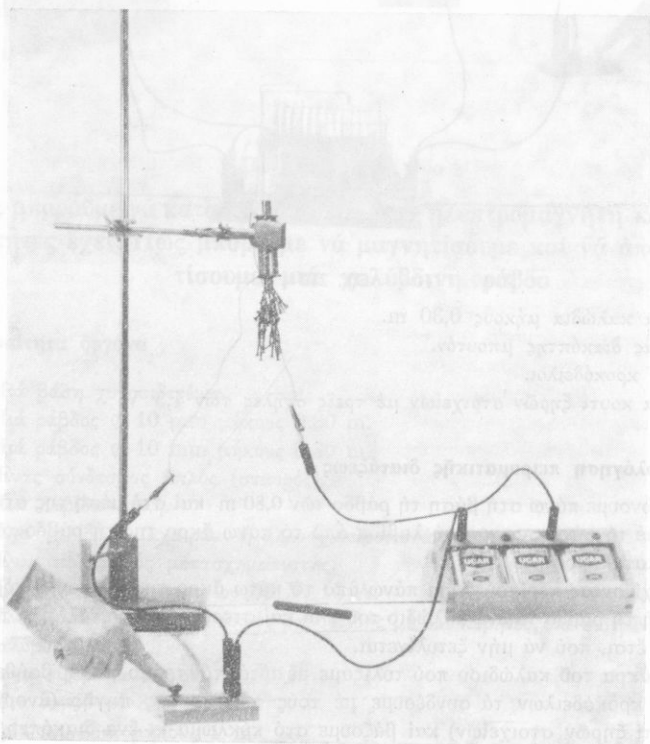
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

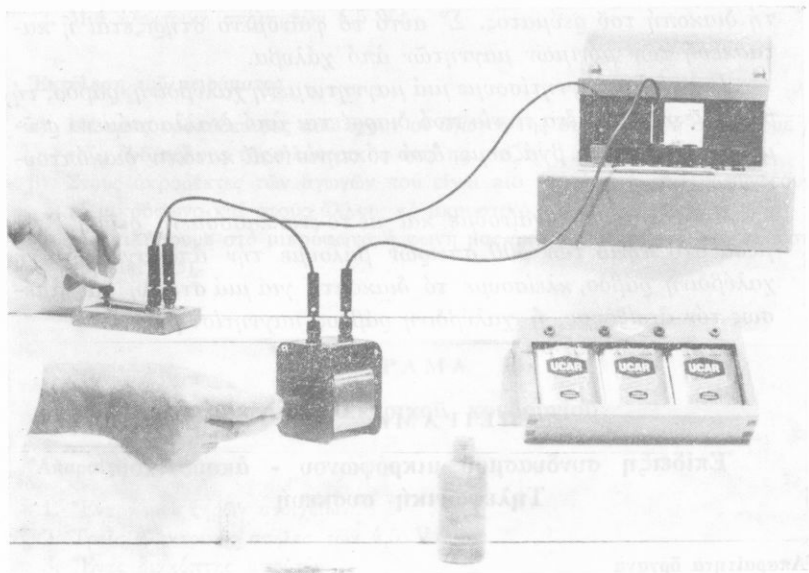
- α) Βιδώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στη μέση της στηρίζουμε με το σύνδεσμο και τη λαβίδα από το πάνω άκρο της τη ράβδο των 0,30 m κατακόρυφη.
 Αρχίζοντας περίπου 5 cm πάνω από το κάτω άκρο της τυλίγουμε γύρω από αυτή τη ράβδο το ένα καλώδιο του 1 m και στερεώνουμε κατάλληλα τα άκρα του έτσι, που να μην ξετυλίγεται.
- β) Τα άκρα του καλώδιου που τυλίξαμε με αυτόν τον τρόπο με τη βοήθεια των δυο κροκόδειλων τα συνδέουμε με τους πόλους της πηγής (άνορθωτη ή κουτί ξηρών στοιχείων) και βάζουμε στο κύκλωμα κι ένα διακόπτη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τὸ κύκλωμα μέ τάση 6-8 V, παίρνουμε μέ τήν παλάμη μερικά καρφιά, τὰ πλησιάζουμε στό κάτω ἄκρο τῆς σιδερένιας ράβδου καί κλείνουμε τὸ διακόπτη. Ἡ ράβδος ἔλκει τὰ καρφιά, ἔχουμε δηλαδή ἓναν ἠλεκτρομαγνήτη (εἰκ. 212). Ἀνοίγουμε τὸ διακόπτη· τὰ καρφιά πέφτουν, γιατί ἡ σιδερένια ράβδος ἔπαψε νά εἶναι μαγνήτης.
- β) Ἀντί γιά τή σιδερένια ράβδο βάζουμε τὸ ψαλίδι ἢ κάποιο ἄλλο χαλύβδινο ἀντικείμενο καί ἐργαζόμαστε μέ τόν ἴδιο τρόπο. Τό ψαλίδι γίνεται μαγνήτης, ὅταν κλείσουμε τὸ κύκλωμα, μένει ὅμως μαγνήτης καί μετά τή διακοπή τοῦ ρεύματος.
- γ) Ἀντί γιά τὸ ψαλίδι μέ τὸ περιτυλιγμένο καλὼδιο βάζουμε κατόπιν τόν τυποποιημένο ἠλεκτρομαγνήτη καί ξανακάνουμε τὰ ἴδια, χρησιμοποιώντας τόν πυρήνα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου καί τὸ χαλύβδινο (εἰκ. 213).

Εἰκ. 213





Είκ. 214

- δ) Ο χαλύβδινος πυρήνας του ηλεκτρομαγνήτη, όταν βρισκόταν μέσα στο πηνίο, έγινε μόνιμος μαγνήτης, μόλις πέρασε από το πηνίο συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Για να μαγνητίσουμε λοιπόν μία χαλύβδινη ράβδο, τη βάζουμε μέσα σ' ένα πηνίο και περνάμε από αυτό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.
- ε) Αποσυνδέουμε τον άνορθωτή από το μετασχηματιστή και συνδέουμε τους άκρο-δέκτες του πηνίου των 300 σπειρών με το μετασχηματιστή σε τάση 8-10 V, βάζοντας στο κύκλωμα και διακόπτη. Βάζουμε μέσα στο πηνίο το μαγνητισμένο χαλύβδινο πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτη, κλείνουμε το διακόπτη και στη συνέχεια βγάζουμε πρώτα τον πυρήνα από το πηνίο κι ύστερα ανοίγουμε το διακόπτη. Παρατηρούμε, δοκιμάζοντας με τά καρφιά, πώς ο πυρήνας απομαγνητίστηκε (είκ. 214).

Συμπεράσματα

Όταν βάζουμε μία σιδερένια ράβδο μέσα σ' ένα πηνίο που διαρρέεται από συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, η ράβδος γίνεται μαγνήτης. Η μαγνήτιση της ράβδου διαρκεί όσο διαρκεί και η διέλευση του ρεύματος. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η κατασκευή των ηλεκτρομαγνητών.

Αν η ράβδος είναι χαλύβδινη, η μαγνήτιση εξακολουθεί και μετά

τή διακοπή του ρεύματος. Σ' αυτό τό φαινόμενο στηρίζεται ή κατασκευή τών μόνιμων μαγνητῶν ἀπό χάλυβα.

Γιά νά ἀπομαγνητίσουμε μιά μαγνητισμένη χαλύβδινη ράβδο, τή βάζουμε μέσα σ' ένα πηνίο πού διαρρέεται ἀπό ἐναλλασσόμενο ρεύμα καί ὕστερα τή βγάζουμε ἀπό τό πηνίο καί κατόπιν διακόπτουμε τό ρεύμα.

Μαγνήτιση πετυχαίνουμε καί μέ τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα. Ἄν μέσα στό πηνίο τών 300 σπειρῶν βάλουμε τήν ἀπομαγνητισμένη χαλύβδινη ράβδο, κλείσουμε τό διακόπτη γιά μιά στιγμή καί ἀμέσως τόν ἀνοίξουμε, ή χαλύβδινη ράβδος μαγνητίστηκε.

ΠΕΙΡΑΜΑ 37ο

Ἐπίδειξη συνδυασμοῦ μικρόφωνου - ἀκουστικοῦ. Τηλεφωνική συσκευή

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά συσκευή τηλεφώνου πού ἔχει μικρόφωνο, ἀκουστικό καί ἀγωγούς συνδέσεως μέ ἀκροδέκτες.

Εἰκ. 215



2. Μιά ηλεκτρική στήλη των 4,5 V. (αριθμός - σημασία των συνθηκών του πειράματος Δ, Γ, Β, Α περιγράφεται στη μεθοδολογία του πειράματος).

Εκτέλεση του πειράματος

- Με τούς κροκόδειλους που έχουν οι άγωγοί της συσκευής τη συνδέουμε με τούς δυο πόλους της ηλεκτρικής στήλης.
- Στους ακροδέκτες των άγωγων που είναι πιο κοντά στη στήλη συνδέουμε τό μικρόφωνο καί στους άλλους τό άκουστικό.
- Αν μιλήσουμε στό μικρόφωνο, ή φωνή μας άκούγεται καθαρά στό άκουστικό (είκ. 215).

ΠΕΙΡΑΜΑ 38ο

Λειτουργία ηλεκτρικού κουδουνιού

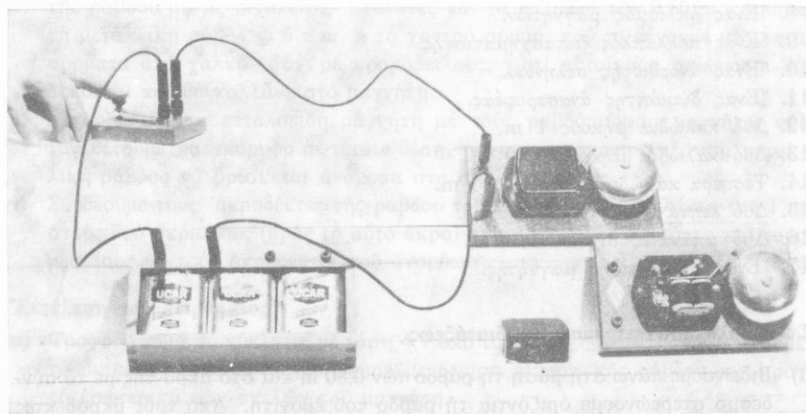
Απαραίτητα όργανα

- Ένα κουτί ξηρών στοιχείων.
- Τρείς ηλεκτρικές στήλες των 4,5 V.
- Ένας διακόπτης μπουτόν.
- Τρία καλώδια συνδέσεως μήκους 0,50m.
- Ένα ηλεκτρικό κουδούνι σέ βάση.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- Τοποθετούμε μέσα στό κουτί των ξηρών στοιχείων τίς τρείς στήλες έτσι,

Είκ. 216



πού οι θετικοί πόλοι (μικρά - ελάσματα) νά βρίσκονται πρὸς τὸ ἴδιό μέρος, καί σημειώνουμε τοὺς ἀκροδέκτες μὲ τίς ἐνδείξεις Α, Β, Γ, Δ μὲ ἀρχὴ τὸ θετικὸ πόλο.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Συνδέουμε τὸν πόλο Α τῆς πηγῆς μὲ τὸ διακόπτη καὶ αὐτὸν μὲ τὸν ἑναν ἀκροδέκτη τοῦ κουδουνιοῦ. Συνδέουμε ὕστερα τὸν πόλο Β ἢ Γ τῆς πηγῆς μὲ τὸν ἄλλο ἀκροδέκτη τοῦ κουδουνιοῦ καὶ κλείνουμε τὸ διακόπτη (εἰκ. 216). Τὸ κουδούνι χτυπᾷ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 39ο

Ἐπίδραση μαγνητικοῦ πεδίου σέ ρεῦμα.

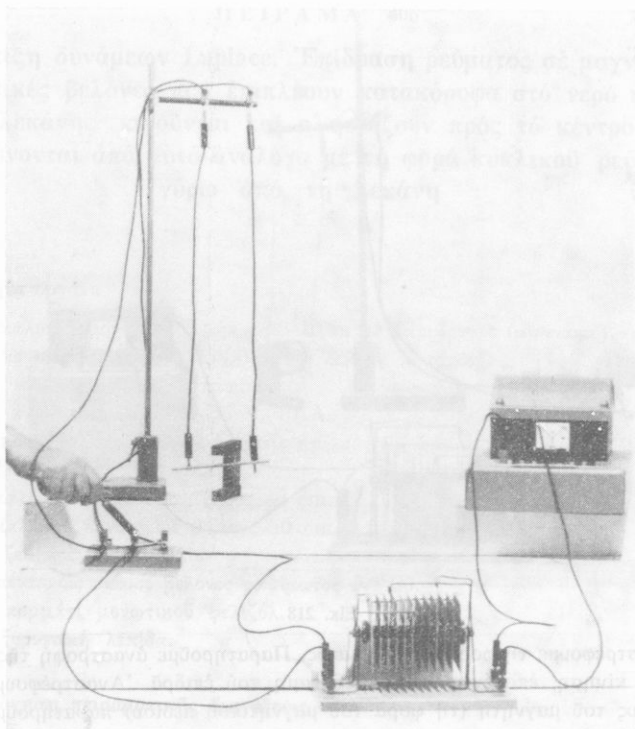
Δυνάμεις Laplace

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάρη χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλὸς (σταυρός).
4. Μιά ράβδος ἀπὸ ἐβονίτη μὲ δύο ἀκροδέκτες.
5. Μιά ράβδος χάλκινη ἢ ἀπὸ ἀλουμίνιο ϕ 5 mm μήκους 10-15 cm ἢ χοντρό σύρμα.
6. Ἕνα αἰωρούμενο πηνίο.
7. Ἕνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
8. Ἕνας ὀπλισμὸς μαγνητῶν.
9. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
10. Ἕνας ἀνορθωτὴς σεληνίου.
11. Ἕνας διακόπτης ἀναστροφῆας.
12. Δυὶ καλώδια μήκους 1 m.
13. Δυὶ καλώδια μήκους 0,50 m.
14. Τέσσερα καλώδια μήκους 0,30 m.
15. Δυὶ λεπτὰ σύρματα ἀπὸ χαλκὸ.
16. Δυὶ μπανάνες διχαλωτές.
17. Ἕνας πεταλοειδὴς μαγνήτης.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στὴ βάση τῆ ράβδου τῶν 0,80 m καὶ στὸ ἄκρο τῆς μὲ τὸ σύνδεσμο στερεώνουμε ὀριζόντια τῆ ράβδου τοῦ ἐβονίτη. Ἀπὸ τοὺς ἀκροδέκτες



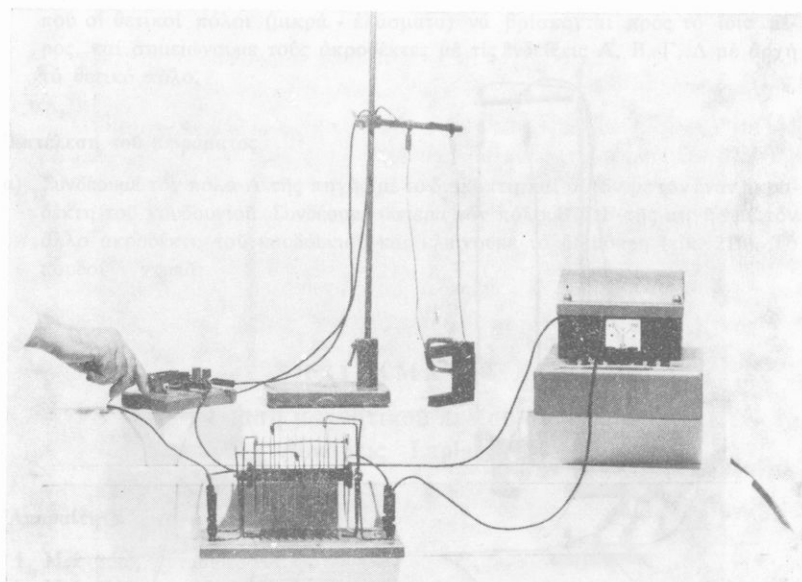
Είκ. 217

της ράβδου με τις διχαλωτές μπανάνες και τὰ καλώδια των 0,50 m κρεμάμε τη μεταλλική ράβδο ϕ 5 mm ή τὸ χοντρό σύρμα, πού τὸ δένουμε με λεπτά σύρματα ἀπὸ χαλκὸ κι ὄχι με κροκόδειλους, γιατί αὐτοὶ σάν σιδερένιοι θὰ ἔλκονται καὶ θὰ κολλᾶνε στὸ μαγνήτη.

- β) Συναρμολογοῦμε πεταλοειδῆ μαγνήτη με τοὺς ραβδόμορφους μαγνήτες καὶ τὸν θέτουμε κατακόρυφο σὲ τέτοια θέση, πού ἡ κρεμασμένη ὀριζόντια μεταλλική ράβδος νὰ βρίσκεται ἀνάμεσα στὰ σκέλη του.
- γ) Συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τῆς ράβδου τοῦ ἐβονίτη με τὰ καλώδια τοῦ 1 m στοὺς δύο ἀκριανούς (πρὸς τὸ αὐτὸ ἄκρο) ἀκροδέκτες τοῦ διακόπτη καὶ τοὺς μεσαίους με τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ ἀνορθωτῆ.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τὸ κύκλωμα με τάση 4 V ἀπὸ τὸ μετασχηματιστὴ καὶ κλείνουμε τὸ διακόπτη (είκ. 217). Παρατηροῦμε ζωηρὴ κίνηση τῆς ράβδου π.χ. πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ των σκελῶν τοῦ μαγνήτη.



Εικ. 218

Ἀναστρέφουμε τή φορά τοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμε ἀναστροφή τῆς φοράς στήν κίνηση, ἐπομένως καί στή δύναμη πού ἐπιδρά. Ἀναστρέφουμε τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτη (τή φορά τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου)· παρατηροῦμε πάλι ἀναστροφή στή φορά κατὰ τήν κίνηση.

- β) Ἀλλάζουμε τήν εὐθύγραμμη ράβδο μέ τό αἰωρούμενο πηνίο (εἰκ. 218). Παρατηροῦμε τά ἴδια ἀποτελέσματα ἀλλά πιά ἔντονα. Ἀντικαθιστοῦμε τό μαγνήτη μέ τόν πιά ἀσθενή τυποποιημένο πεταλοειδή καί παρατηροῦμε ἀσθενέστερη τή δύναμη πού ἐπιδρά.

Τροφοδοτοῦμε τό κύκλωμα μέ τάση 6 V· τότε μεγαλώνει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τόν ἄγωγό. Παρατηροῦμε πώς ἡ δύναμη πού ἐπιδρά σ' αὐτόν γίνεται πιά ἔντονη.

Συμπέρασμα

Ὅταν ἓνας ρευματοφόρος ἄγωγός βρίσκεται μέσα σ' ἓνα ὁμογενές μαγνητικό πεδίο, δέχεται τήν ἐπίδραση μιᾶς δυνάμεως Laplace, πού ἡ ἔντασή της ἐξαρτᾶται ἀπό τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος καί τήν ἔνταση τοῦ πεδίου, καί ἡ φορά της ἀπό τή φορά τοῦ ρεύματος καί τή φορά τοῦ πεδίου.

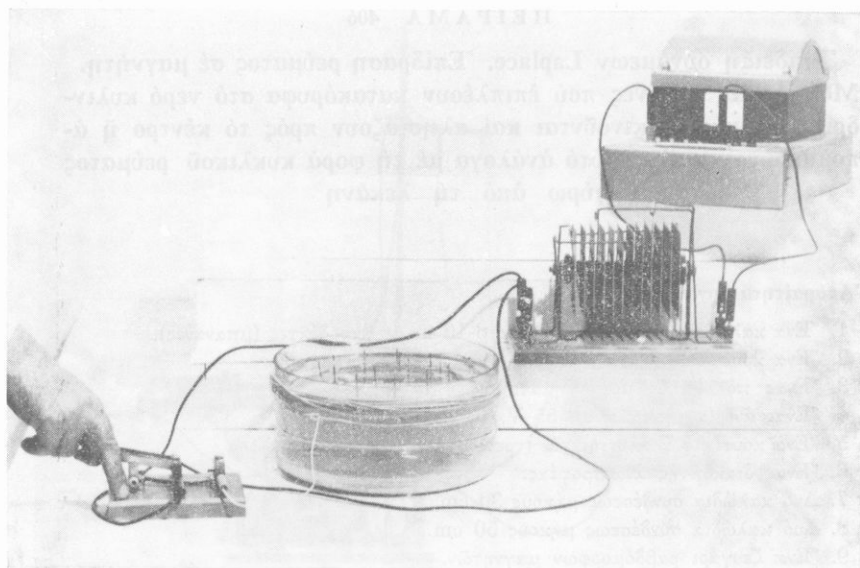
Ἐπίδειξη δυνάμεων Laplace. Ἐπίδραση ρεύματος σέ μαγνήτη.
Μαγνητικές βελόνες πού ἐπιπλέουν κατακόρυφα στό νερό κυλινδρικής λεκάνης κινούνται καί πλησιάζουν πρὸς τὸ κέντρο ἢ ἀπομακρύνονται ἀπὸ αὐτὸ ἀνάλογα μὲ τὴ φορά κυκλικοῦ ρεύματος γύρω ἀπὸ τὴ λεκάνη

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα καλὼδιο μονοπολικό μήκους 8-10 m μὲ ἀκροδέκτες (μπανάνες).
2. Ἐνα κρυσταλλωτήριο ϕ 25-30 cm ἢ λεκάνη πλαστική.
3. Ἐνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
4. Ἐνας ἀνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
5. Ἐνα κουτί μὲ ξηρὰ στοιχεῖα (τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V).
6. Ἐνας διακόπτης ἀναστροφῆς.
7. Δυὸ καλῶδια συνδέσεως μήκους 30 cm.
8. Δυὸ καλῶδια συνδέσεως μήκους 50 cm.
9. Ἐνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.
10. Δεκαπέντε ὡς εἴκοσι βελόνες ραψίματος Νο 20.
11. Ἐνα κομμάτι μονωτικοῦ φελιζόλ.
12. Μιά ξυριστική λεπίδα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Στὸ κρυσταλλωτήριο καί 2-3 cm κάτω ἀπὸ τὰ χεῖλη του περιτυλίγουμε τὸ καλῶδιο, ἀφήνοντας στὰ ἄκρα του μᾶκρος 25-30 cm. Γεμίζουμε τὸ κρυσταλλωτήριο μὲ νερὸ ὡς τὸ ὕψος τοῦ περιτυλιγμένου καλῶδιου.
- β) Μὲ τὴν ξυριστική λεπίδα κόβουμε μικρά κομμάτια φελιζόλ σέ τέτοιο μέγεθος, πού, ὅταν περάσουμε σ' ἓνα ἀπὸ αὐτὰ μιά βελόνα καί τὸ βάλουμε στὴ λεκάνη μὲ τὸ νερὸ, ἡ βελόνα νά ἰσορροπεῖ κατακόρυφα μὲ τὰ 3/4 τοῦ μήκους τῆς κάτω ἀπὸ τὸ κομματάκι τοῦ φελιζόλ. Κόβουμε τέτοια κομματάκια τόσα, ὅσες εἶναι οἱ βελόνες πού ἔχουμε, καί τίς περνᾶμε σ' αὐτὰ ὅπως παραπάνω. Μὲ τὸν ἓνα ραβδόμορφο μαγνήτη μαγνητίζουμε τίς βελόνες, τρίβοντας τὴν καθεμιά στό μέρος πού βρίσκεται κάτω ἀπὸ τὸ φελιζόλ ἀπὸ μιά φορά. Τίς τοποθετοῦμε μέσα στό νερὸ τῆς λεκάνης. Αὐτὲς ἀπωθοῦν ἢ μιά τὴν ἄλλη καί τοποθετοῦνται στὰ τοιχώματα σέ ἴσους ἀποστάσεις ἢ μιά ἀπὸ τὴν ἄλλη.
- γ) Συνδέουμε τὰ ἄκρα τοῦ περιτυλιγμένου καλῶδιου μὲ τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ διακόπτη ἀναστροφῆς καί αὐτὸν μὲ τὸ κουτί τῶν ξηρῶν στοιχείων σέ τάση 4,5 ἢ 9 V ἢ μὲ τὸν ἀνορθωτὴ πού εἶναι συνδεμένος μὲ τὸ μετασχηματιστὴ σέ τάση 4-8 V.



Εικ. 219

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Κλείνουμε τὸ διακόπτη καὶ παρατηροῦμε τὶς βελόνες νὰ ξεκολλοῦν ἀπὸ τὰ τοιχώματα τῆς λεκάνης καὶ νὰ συγκεντρώνονται στὸ κέντρο τῆς, τοποθετημένες σὲ κανονικὰ γεωμετρικὰ σχήματα ἐξαιτίας τῶν ἀπωστικῶν δυνάμεων καθεμιᾶς πρὸς τὶς ἄλλες.

Ἀναστρέφουμε τὴ φορά τοῦ ρεύματος. Οἱ βελόνες κινοῦνται τώρα κατὰ τὴ διεύθυνση τῶν ἀκτίνων ἀπὸ τὸ κέντρο πρὸς τὴν περιφέρεια (εἰκ. 219).

Ξανακάνουμε τὸ ἴδιο πολλές φορές. Ἄν μερικές ἀπὸ τὶς βελόνες μένουν κολλημένες στὰ τοιχώματα καὶ δέν κινοῦνται πρὸς τὸ κέντρο, βγάζουμε μὲ τὴν ξυριστικὴ λεπίδα ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ φελιζόλ, ἀφήνοντας τόσο μόνο, ὅσο χρειάζεται, γιὰ νὰ μὴ βυθιστεῖ ἡ βελόνα.

Συμπέρασμα

Κάθε βελόνα εἶναι ἓνας κατακόρυφος μαγνήτης ἢ ἓνα κατακόρυφο μαγνητικὸ πεδίο. Γύρω ἀπὸ τὸ κρυσταλλωτῆριο ἢ τὴ λεκάνη ἔχουμε κυκλικὸ ρεῦμα κατὰ τὴ διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης στὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου. Σὲ κάθε βελόνα ἐπιδρᾷ δυνάμη Laplace, ἡ ὁποία εἶναι κάθετη στὴ διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ στὴ διεύθυνση

του ρεύματος, δηλ. κατά τή διεύθυνση τῆς ἀκτίνας τοῦ δοχείου μέ φορά ἀνάλογα μέ τή φορά τοῦ ρεύματος ἀπό τό κέντρο πρὸς τήν περιφέρεια ἢ καί ἀντίστροφα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 41ο

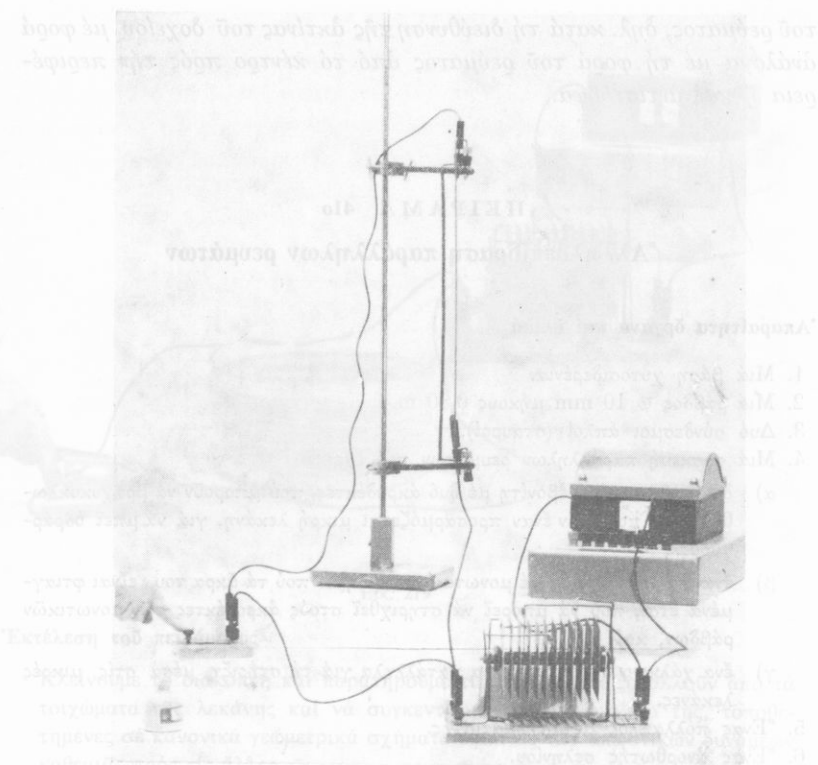
Ἀλληλοεπίδραση παράλληλων ρευμάτων

Ἀπαραίτητα ὄργανα καί ὕλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
4. Μιά συσκευὴ παράλληλων ρευμάτων πού ἔχει :
 - α) δυό ράβδους ἀπὸ ἐβονίτη μέ δυό ἀκροδέκτες, πού μποροῦν νά βραχυκυκλωθοῦν καί πού στὸν ἕναν προσαρμόζεται μικρὴ λεκάνη, γιὰ νά μπεῖ ὑδράργυρος.
 - β) ἓνα χάλκινο σύρμα μέ μονωτικὸ περίβλημα πού τὰ ἄκρα του εἶναι φτιαγμένα ἔτσι, πού νά μπορεῖ νά στηριχθεῖ στοὺς ἀκροδέκτες τῶν μονωτικῶν ράβδων, καί
 - γ) ἓνα χάλκινο σύρμα μέ ἄκρα κατάλληλα γιὰ τή στήριξη μέσα στίς μικρὲς λεκάνες.
5. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
6. Ἕνας ἀνορθωτὴς σεληνίου.
7. Δυό καλῶδια μήκους 1 m.
8. Δυό καλῶδια μήκους 50 cm.
9. Τρία καλῶδια μήκους 30 cm.
10. Ἕνας διακόπτης μπουτόν.
11. Ἕνα μπουκαλάκι μέ ὑδράργυρο.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στὴ βάση τὴ ράβδο τῶν 0,80 m καί σ' αὐτὴ, στὰ δυό ἄκρα τῆς, μέ τοὺς συνδέσμους στηρίζουμε τίς δυό ράβδους ἐβονίτη μέ τοὺς ἀκροδέκτες βραχυκυκλωμένους. Στούς ἐσωτερικοὺς ἀκροδέκτες τῶν ράβδων συνδέουμε τὸ χάλκινο σύρμα πού ἔχει τὸ μονωτικὸ περίβλημα καί τὸ ἄλλο μέ τὰ ἄκρα τὸ στηρίζουμε μέσα στίς δυό μικρὲς λεκάνες. Παρατηροῦμε πὼς τὸ σύρμα αὐτὸ μπορεῖ νά περιστρέφεται γύρω ἀπὸ κατακόρυφο ἄξονα παράλληλο πρὸς αὐτό. Προσθέτουμε μέσα στίς μικρὲς λεκάνες λίγες σταγόνες ὑδράργυ-

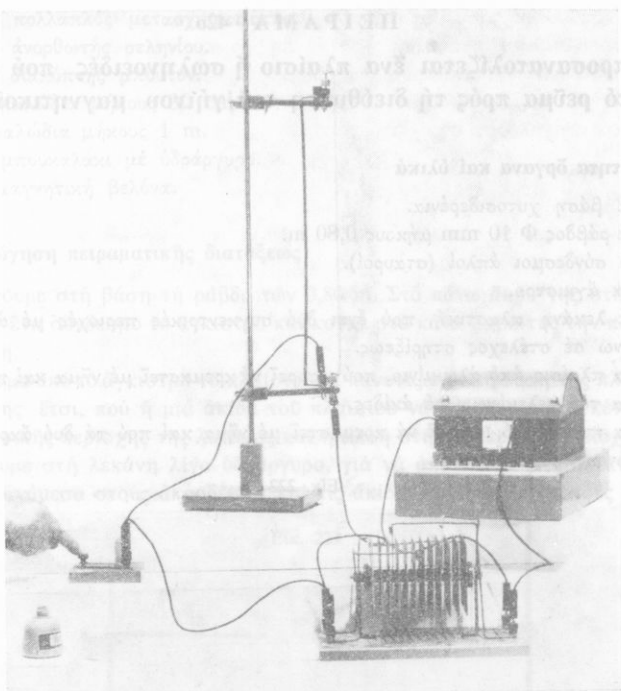


Εικ. 220

ρου καί ισορροπούμε τό κινητό σύρμα σέ θέση πού απέχει από τό ακίνητο 2-3 cm. Συνδέουμε τούς εσωτερικούς άκροδέκτες τών ράβδων μέ τούς άκροδέκτες τού άνορθωτή καί βάζουμε στό κύκλωμα καί τό διακόπτη μπουτόν.

Έκτέλεση τού πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ τάση 16-20 V καί κλείνουμε γιά μιá στιγμή τό διακόπτη· τό κινητό σύρμα τότε στρέφεται καί πλησιάζει τό άλλο. Τά δύο σύρματα διαρρέονται από όμόρροπα ρεύματα κι ανάμεσά τους αναπτύσσονται έλκτικές δυνάμεις (εϊκ. 220).
- β) Άφαιρούμε τό βραχυκυκλωτήρα από τή χαμηλότερη ράβδο καί συνδέουμε τώρα τά δύο σύρματα μέ τούς πόλους τού άνορθωτή μέ τούς δύο άκροδέκτες τής ράβδου αυτής. Φέρνουμε τά δύο σύρματα σέ θέση κοντά τό ένα στό άλλο καί κλείνουμε τό διακόπτη γιά μιá στιγμή. Παρατηρούμε ζωηρή άπωση ά-



Εικ. 221

νάμεσα στά δύο ρεύματα. Τώρα οί δύο άγωγοί διαρρέονται από ρεύματα αντίθετης φοράς (εϊκ. 221).

Συμπέρασμα

Ανάμεσα σέ παράλληλα ρεύματα αναπτύσσονται δυνάμεις Laplace, έλκτικές ή άπωστικές, ανάλογα άν τά ρεύματα εϊναι τής ίδιας ή αντίθετης φοράς.

Σημείωση

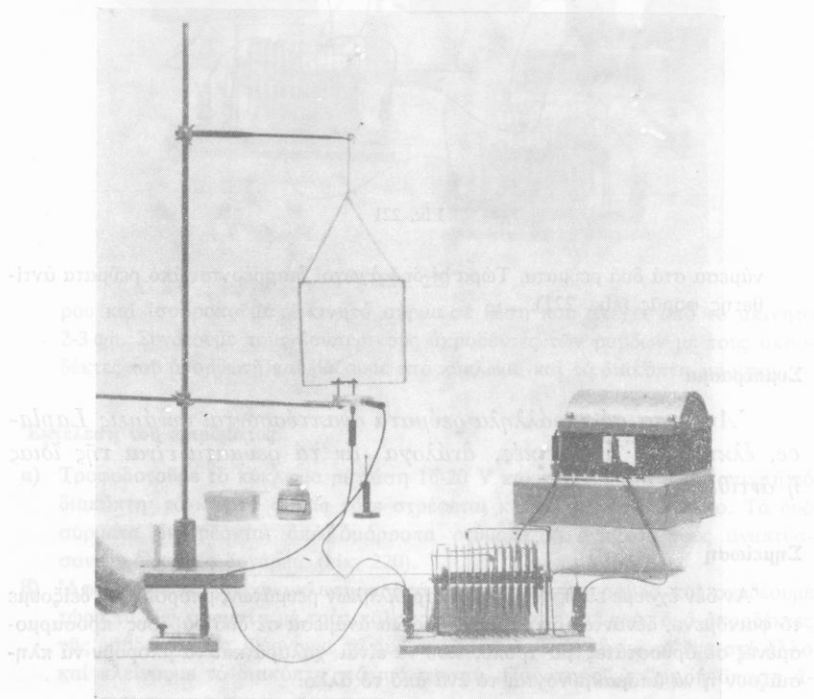
Αν δέν έχουμε ειδική συσκευή παράλληλων ρευμάτων, μπορούμε νά δείξουμε τό φαινόμενο, δένοντας δύο κοινά καλώδια ανάμεσα σέ δύο ράβδους προσαρμοσμένες σέ όρθοστάτες μέ τρόπο, πού νά εϊναι χαλαρά καί νά μπορούν νά πλησιάσουν ή νά άπομακρύνονται τό ένα από τό άλλο.

Πώς προσανατολίζεται ένα πλαίσιο ή σωληνοειδές πού διαρρέεται από ρεύμα προς τή διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου

Απαραίτητα όργανα καί υλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος Φ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Δυό σύνδεσμοι άπλοί (σταυροί).
4. Ένα άγκιστρο.
5. Μιά λεκάνη πλαστική, πού έχει δυό συγκεντρικές περιοχές μέ άκροδέκτες έπάνω σέ στέλεχος στηρίζεως.
6. Ένα πλαίσιο από άλουμίνιο, πού μπορεί νά κρεμαστεί μέ νήμα καί πού τά δυό άκρα του τελειώνουν σέ άκίδες.
7. Ένα πηνίο, πού μπορεί νά κρεμαστεί μέ νήμα καί πού τά δυό άκρα του τελειώνουν σέ άκίδες.

Εικ. 222

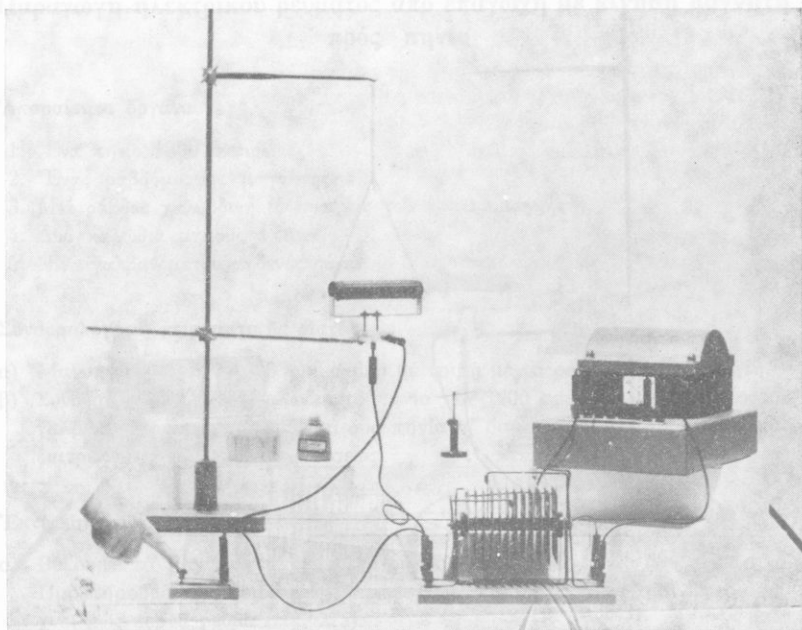


8. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
9. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
10. Ένας διακόπτης μπουτόν.
11. Τρία καλώδια μήκους 30 cm.
12. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
13. Ένα μπουκαλάκι με υδράργυρο.
14. Μιά μαγνητική βελόνα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στη βάση τη ράβδο των 0,80 m. Στο πάνω άκρο της στηρίζουμε με τόν ένα σύνδεσμο τό άγκιστρο καί κοντά στό κάτω άκρο της τήν πλαστική λεκάνη.
- β) Κρεμάμε από τό άγκιστρο τό πλαίσιο καί κανονίζουμε τή θέση τής πλαστικής λεκάνης έτσι, πού ή μιά ακίδα του πλαισίου νά βρίσκεται στό κέντρο τής έσωτερικής περιοχής τής λεκάνης καί ή άλλη στήν έξωτερική περιοχή. Προσθέτουμε στή λεκάνη λίγο υδράργυρο, γιά νά αποκατασταθεί ήλεκτρική επαφή ανάμεσα στους άκροδέκτες καί τίς ακίδες καί συνδέουμε τούς άκροδέ-

Είκ. 223



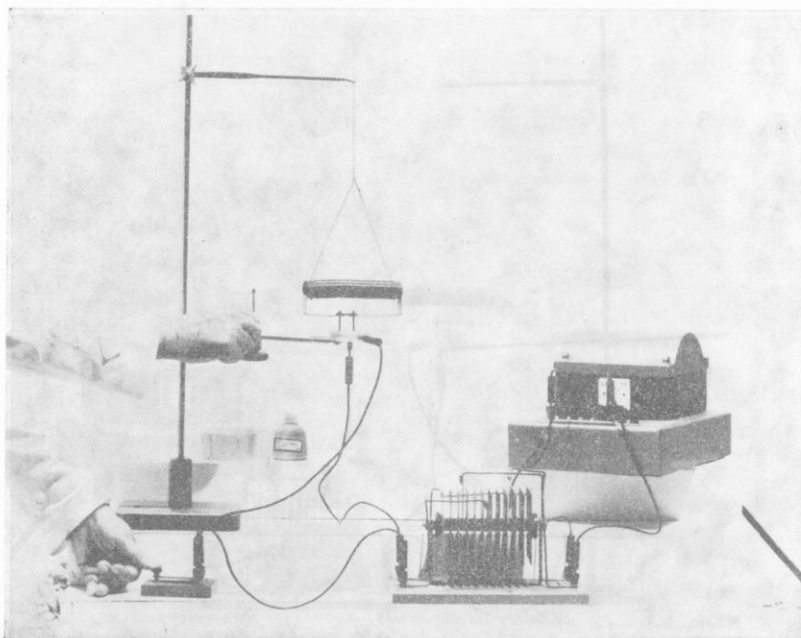
κτες τῆς λεκάνης μέ τούς ἀκροδέκτες τοῦ ἀνορθωτῆ, βάζοντας στό κύκλωμα καί τό διακόπτη μπουτόν.

- γ) Τοποθετοῦμε στό τραπέζι μας τή μαγνητική βελόνα καί στρέφουμε ὅλη τή διάταξη ἔτσι, πού τό πλαίσιο, καθώς ἰσορροπεῖ, νά εἶναι παράλληλο μέ τή μαγνητική βελόνα.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τό κύκλωμα μέ τάση 8-10 V, χρησιμοποιώντας καί ἀνορθωτή, καί κλείνουμε μόνο γιά πολύ λίγο χρόνο τό διακόπτη (ὥσπου ἡ κίνηση τοῦ πλαισίου νά γίνει φανερή). Παρατηροῦμε πώς τό πλαίσιο πάει νά προσανατολιστεῖ καί γίνεται κάθετο στή διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (εἶκ. 222).
- β) Ἀντί γιά τό πλαίσιο βάζουμε τώρα τό πηνίο καί φροντίζουμε ὁ ἄξονάς του νά εἶναι κάθετος στή διεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελόνας (τά ἐπίπεδα τῶν σπειρῶν παράλληλα στή διεύθυνση τῆς βελόνας ὅπως καί γιά τό πλαίσιο). Κλείνουμε τό διακόπτη καί παρατηροῦμε πώς ὁ ἄξονας τοῦ πηνίου πάει νά γίνει παράλληλος στό μαγνητικό μεσημβρινό. Ἀλλάζουμε τή φορά τοῦ ρεύ-

Εἶκ. 224



ματος καί παρατηρούμε στροφή τοῦ πηνίου κατὰ 180° (εἰκ. 223).

- γ) Πλησιάζουμε τὸ βόρειο πόλο τῆς μαγνητικῆς βελόνας στοῦ ἄκρο τοῦ πηνίου, πού εἶναι στραμμένο στοῦ βορρά. Παρατηροῦμε ἄπωση. Ἄν ἀντίθετα πλησιάσουμε τὸ νότιο πόλο, παρατηροῦμε ἔλξη (εἰκ. 224). Τά ἀντίστροφα θά δοῦμε, ἂν πλησιάσουμε τοὺς πόλους τῆς βελόνας στοῦ ἄκρο τοῦ πηνίου πού εἶναι στραμμένο πρὸς τὸ νότο.

Συμπεράσματα

Πηνίο πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα μοιάζει ἀπόλυτα μέ ραβδόμορφο μαγνήτη μέ δυὸ πόλους ἐτερόνυμους καί πού, ἂν εἶναι κρεμασμένο κατ'ἀλλήλα, προσανατολίζεται σάν καί τὸ μαγνήτη.

Τὸ πλαίσιο πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα εἶναι ἓνα πηνίο μέ μιὰ μόνο σπείρα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 43ο

Παραγωγή ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀπὸ ἐπαγωγή μέ κίνηση μαγνήτη πρὸς πηνίο

*Απαραίτητα ὄργανα

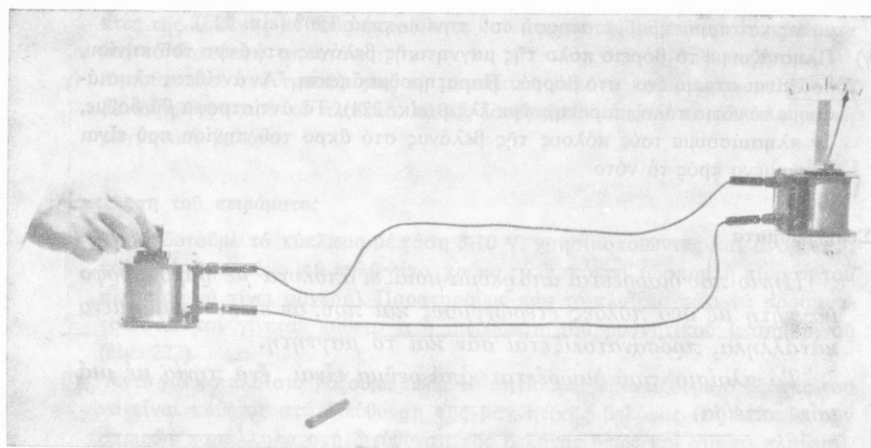
1. Ἐνα πηνίο 1200 σπειρῶν.
2. Ἐνας ραβδόμορφος μαγνήτης.
3. Μιὰ ράβδος χαλύβδινη (ὁ πυρήνας τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη).
4. Δυὸ καλώδια μήκους 1 m.
5. Ἐνα γαλβανόμετρο μηδενὸς σὲ πηνίο 300 σπειρῶν.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Μαγνητίζουμε τὴ χαλύβδινη ράβδο μέ τριβὴ μέ τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη.
- β) Συνδέουμε μέ τὰ δυὸ καλώδια τὸ πηνίο τῶν 1200 σπειρῶν μέ τὸ πηνίο τοῦ γαλβανομέτρου καί θέτουμε τὰ δυὸ πηνία σ' ὅσο πιὸ μεγάλη ἀπόσταση μᾶς ἐπιτρέπουν τὰ καλώδια συνδέσεως.

*Εκτέλεση τοῦ πειράματος

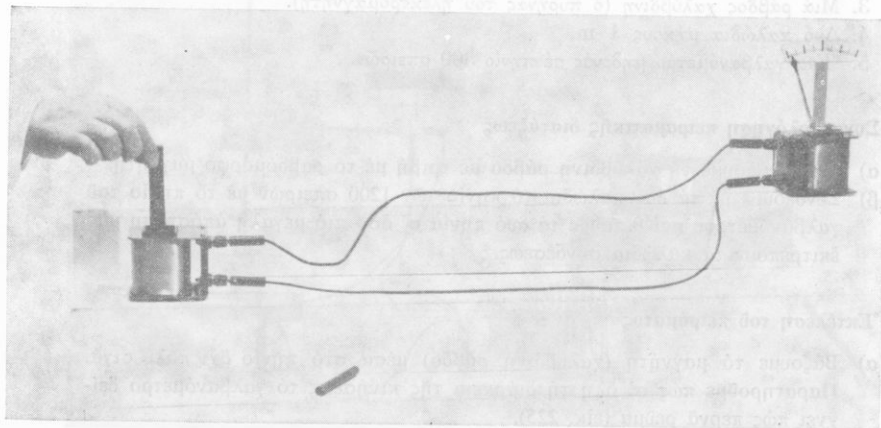
- α) Βάζουμε τὸ μαγνήτη (χαλύβδινη ράβδο) μέσα στοῦ πηνίου ὄχι πολὺ σιγά. Παρατηροῦμε πὼς σ' ὅλη τὴ διάρκεια τῆς κινήσεως τὸ γαλβανόμετρο δειχνεῖ πὼς περνᾷ ρεῦμα (εἰκ. 225).



Εικ. 225

- β) Ἀκινητοποιούμε τή μαγνητισμένη ράβδο μέσα στο πηνίο. Τό γαλβανόμετρο δέ δείχνει νά περνᾷ ρεύμα.
- γ) Βγάζουμε μέ τήν ἴδια, ὅπως καί πρωτότερα, ταχύτητα τό μαγνήτη ἀπό τό πηνίο. Τό γαλβανόμετρο δείχνει πάλι πὼς περνᾷ ρεύμα μέ φορά ἀντίθετη ἀπὸ τό προηγούμενο (εἰκ. 226).
- δ) Ξανακάνουμε τὰ ἴδια, μετακινώντας τό μαγνήτη μέ μεγάλη ταχύτητα. Ἡ ἀπόκλιση τοῦ γαλβανόμετρον εἶναι τώρα πιο μεγάλη. Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος πού παράγεται εἶναι μεγαλύτερη.

Εικ. 226



- ε) Χρησιμοποιούμε αντί για τή χαλύβδινη ράβδο τόν ισχυρό ραβδόμορφο μαγνήτη. Τό παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα είναι πολύ ισχυρό.
- στ) Κρατούμε τό μαγνήτη σταθερό καί μετακινούμε τό πηνίο. Παρατηρούμε τά ίδια αποτελέσματα.

Συμπεράσματα

Τό ρεύμα πού παράγεται μέ τόν παραπάνω τρόπο είναι αποτελεσμα τής δημιουργίας ΗΕΔ στά άκρα του πηνίου από επαγωγή.

Η ΗΕΔ από επαγωγή αναπτύσσεται στά άκρα του πηνίου, μόνο όταν ο μαγνήτης κινείται προς τό πηνίο ή κι αντίστροφα, δηλαδή όταν μεταβάλλεται ή μαγνητική ροή πού περνά από τίς σπειρες του πηνίου.

Η ΗΕΔ από επαγωγή είναι ανάλογη μέ τήν ταχύτητα τής μεταβολής τής μαγνητικής ροής.

ΠΕΙΡΑΜΑ 44ο

Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από επαγωγή:

- α) Μέ κίνηση ρευματοφόρου πηνίου (πρωτεδοντος) μέσα σέ άλλο πηνίο (δευτερεδον).
- β) Μέ μεταβολή τής μαγνητικής ροής στά δύο πηνία από τήν κίνηση μέσα στό πρωτεδον ενός πυρήνα από μαλακό σίδηρο.
- γ) Μέ διακοπή καί άποκατάσταση του ρεύματος στό πρωτεδον πηνίο.
- δ) Μέ αύξηση καί ελάττωση τής έντάσεως του ρεύματος στό πρωτεδον πηνίο μέ τή χρήση ενός ροοστάτη

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων μέ 3 στήλες των 4,5 V.
2. Ένα ζευγάρι επαγωγικών πηνίων μέ πυρήνα από μαλακό σίδηρο.
3. Ένα γαλβανόμετρο μηδενός σέ πηνίο 300 σπειρών.
4. Ένας ροοστάτης 10Ω, 5Α.
5. Ένας διακόπτης άπλής μαχαίρωτός.
6. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
7. Δύο καλώδια μήκους 50 cm.
8. Δύο καλώδια μήκους 30 cm.

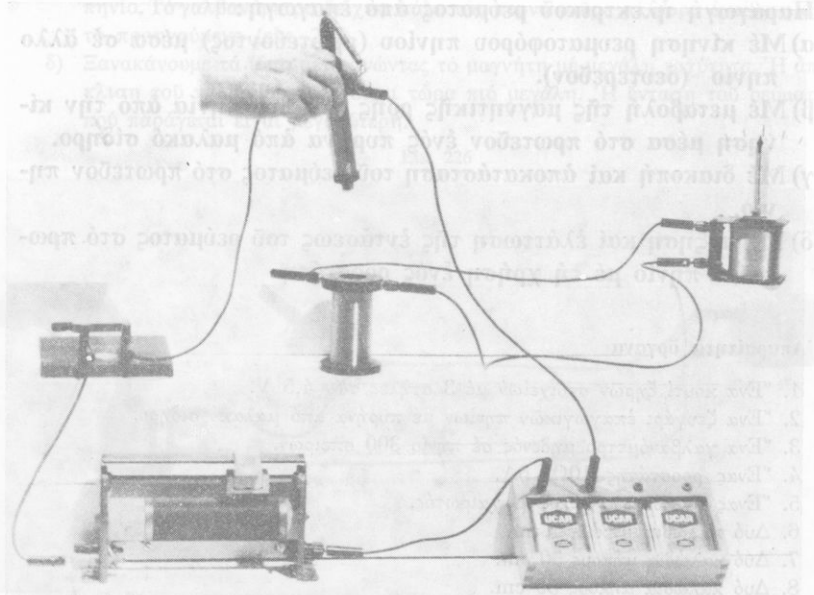
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

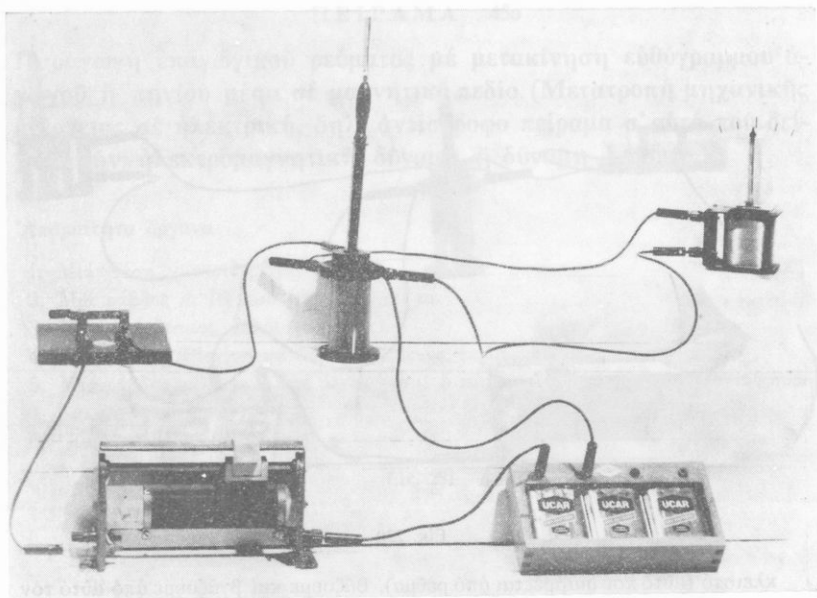
- α) Βάζουμε τó ένα μέσα στο άλλο τά δυό πηνία (ζευγάρι επαγωγικών πηνίων) καί συνδέουμε τούς άκροδέκτες τού έσωτερικού μέ τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V στή σειρά καί μέ τó ροοστάτη καί τó διακόπτη.
- β) Συνδέουμε τούς άκροδέκτες τού έξωτερικού πηνίου μέ τά καλώδια τού 1 m μέ τούς άκροδέκτες τού πηνίου τού γαλβανόμετρου καί τó απομακρύνουμε, όσο μās επιτρέπει τó μήκος τών καλώδιων

Έκτέλεση τού πειράματος

- α) Κλείνουμε τó διακόπτη καί βάζουμε μέ άρκετή ταχύτητα τó ρευματοφόρο πηνίο (πρωτεύον) μέσα στο δευτερεύον (είκ. 227). 'Η βελόνα τού γαλβανόμετρου άποκλίνει. 'Αφήνουμε τó πρωτεύον άκίνητο. Τό γαλβανόμετρο δέ δείχνει νά περνά ρεύμα. Βγάζουμε τó πρωτεύον από τó δευτερεύον· τó γαλβανόμετρο δείχνει ότι περνά ρεύμα αντίθετης φοράς σ' όλη τή διάρκεια τής έξαγωγής. Ξανακάνουμε τά ίδια έχοντας μέσα στο πρωτεύον τόν πυρήνα τού μαλακού σιδήρου. Τό ρεύμα πού παράγεται στο κύκλωμα τού δευτερεύοντος είναι πολύ ισχυρό.
- β) 'Αφήνουμε τó πρωτεύον πηνίο μέσα στο δευτερεύον σέ άκίνησίά μέ τó διακόπτη

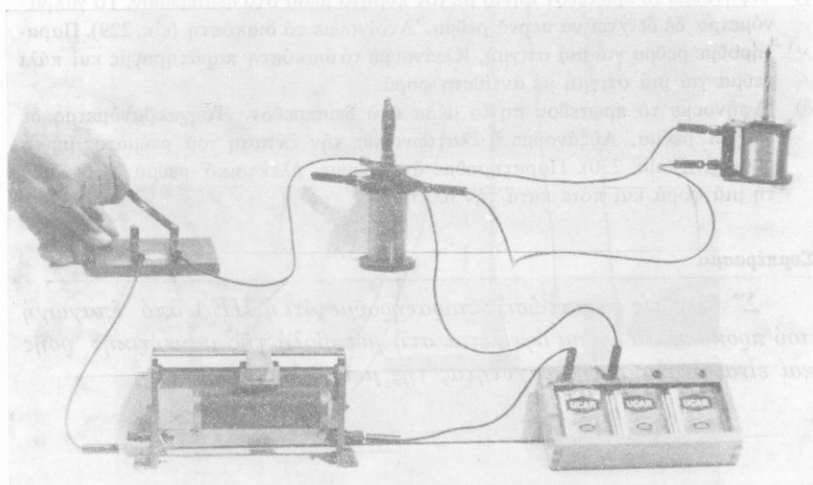
Είκ. 227

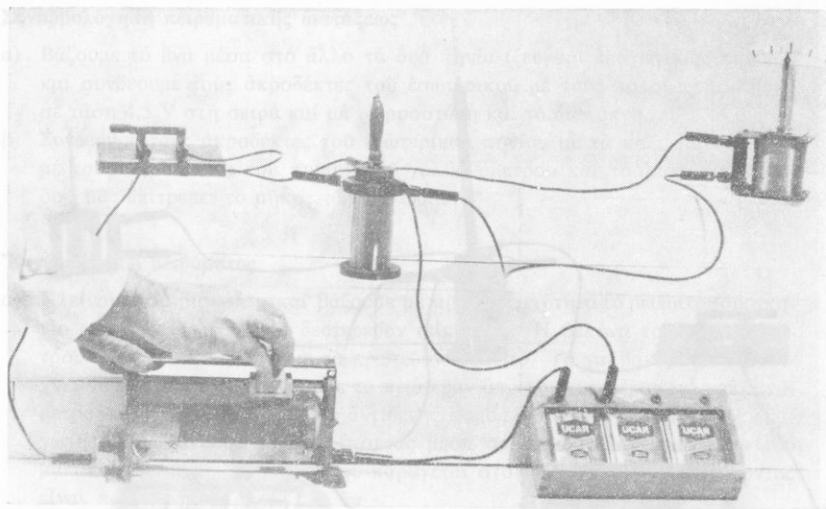




Εικ. 228

Εικ. 229





Είκ. 230

- κλειστό (αυτό που διαρρέεται από ρεύμα). Βάζουμε και βγάζουμε από αυτό τόν πυρήνα του σιδήρου. Παρατηρούμε πώς από τό γαλβανόμετρο περνά ρεύμα άλλοτε κατά τή μιά φορά κι άλλοτε κατά τήν άλλη (είκ. 228). Αφήνουμε τόν πυρήνα ακίνητο. Από τό γαλβανόμετρο δέν περνά ρεύμα.
- γ) Αφήνουμε τό πρωτεύον πηνίο μέ τόν πυρήνα μέσα στο δευτερεύον. Τό γαλβανόμετρο δέ δείχνει νά περνά ρεύμα. Ανοίγουμε τό διακόπτη (είκ. 229). Παρατηρούμε ρεύμα γιά μιά στιγμή. Κλείνουμε τό διακόπτη παρατηρούμε καί πάλι ρεύμα γιά μιά στιγμή μέ αντίθετη φορά.
- δ) Αφήνουμε τό πρωτεύον πηνίο μέσα στο δευτερεύον. Τό γαλβανόμετρο δέ δείχνει ρεύμα. Αδξάνουμε ή ελαττώνουμε τήν ένταση του ρεύματος μέ τό ροοστάτη (είκ. 230). Παρατηρούμε ότι έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα πότε κατά τή μιά φορά καί πότε κατά τήν άλλη.

Συμπέρασμα

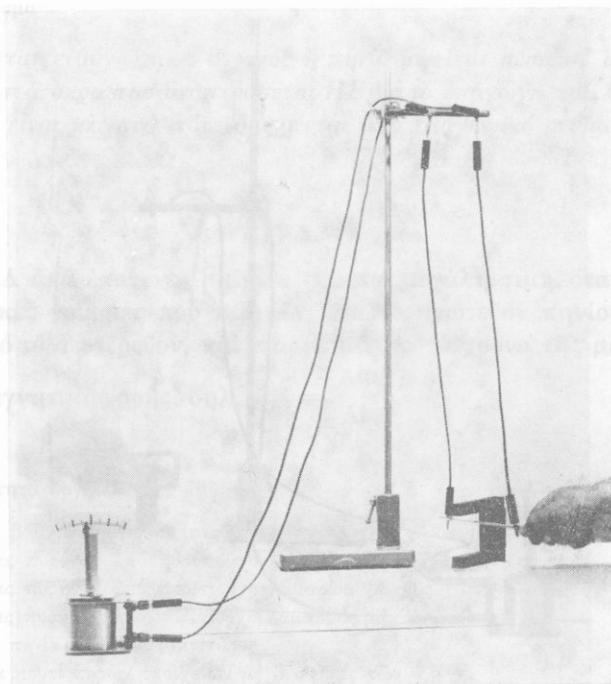
Σ' όλες τές περιπτώσεις παρατηρούμε ότι ή ΗΕΔ από έπαγωγή πού προκαλεί τό ρεύμα οφείλεται στή μεταβολή τής μαγνητικής ροής καί είναι ανάλογη τής ταχύτητας τής μεταβολής αυτής.

Παραγωγή επαγωγικού ρεύματος με μετακίνηση ευθύγραμμου αγωγού ή πηνίου μέσα σέ μαγνητικό πεδίο. (Μετατροπή μηχανικής ενέργειας σέ ηλεκτρική, δηλ. αντίστροφο πείραμα σ' αυτό πού δείχνει τήν ηλεκτρομαγνητική δύναμη ή δύναμη Laplace.)

Απαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
3. Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
4. Μιά ράβδος έβονίτη μέ δυό μονωτικούς άκροδέκτες.
5. Μιά ράβδος χάλκινη ή από άλουμίνιο ϕ 5 mm μήκους 10-15 cm ή χοντρό σύρμα.
6. Ένα αιώρομένο πηνίο.

Εικ. 231

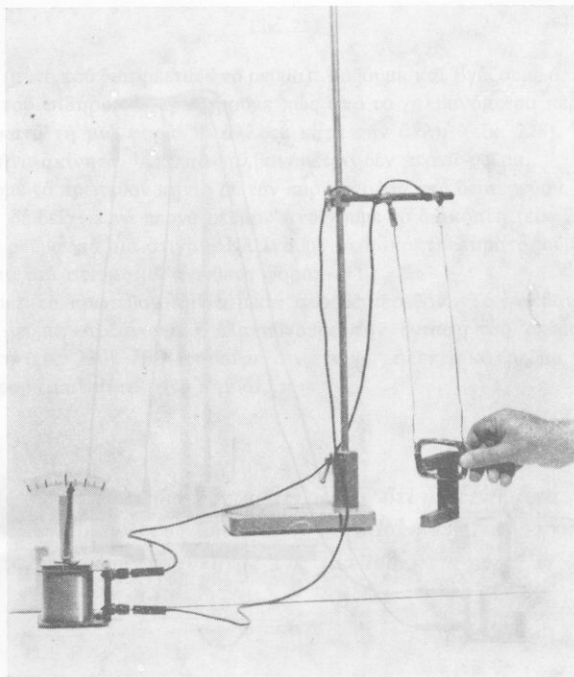


7. "Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών
8. "Ένας όπλισμός μαγνητών.
9. "Ένα σπιντόκουτο άδαιο.
10. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
11. Δύο καλώδια μήκους 0,50 m.
12. Δύο λεπτά χάλκινα σύρματα.
13. Δύο μπανάνες διχλωτές.
14. "Ένα γαλβανόμετρο μηδενός σε πηνίο 300 σπειρών.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στη βάση τη ράβδο των 0,80 m και στο πάνω μέρος της στερεώνουμε οριζόντια με τό σύνδεσμο τη ράβδο του έβονίτη. Από τούς άκροδέκτες της ράβδου αυτής κρεμάμε με τίς διχλωτές μπανάνες καί τά καλώδια των 50 cm τη χάλκινη ράβδο ή τό χοντρό σύρμα, δένοντας στά κάτω άκρα των καλωδίων με τά λεπτά χάλκινα σύρματα κι όχι με τούς κροκόδειλους, πού ως σιδερένιοι θά κολλούσαν στό μαγνήτη.

Είκ. 232



- β) Συνδέουμε τούς άκροδέκτες τής ράβδου τού έβονίτη, μέ τά καλώδια τού 1 m, μέ τούς άκροδέκτες τού πηνίου τού γαλβανόμετρου, πού τό άπομακρύνουμε, όσο φτάνουν τά καλώδια.
- γ) Συναρμολογούμε πεταλοειδή μαγνήτη μέ τούς ραβδόμορφους, βάζοντας άνάμεσά τους τό σπριτόκουτο καί συνδέοντας τούς δυό έτερόνυμους πόλους μέ τόν όπλισμό τού πεταλοειδή μαγνήτη καί τόν τοποθετούμε κατακόρυφο σέ τέτοια θέση, πού ή κρεμασμένη χάλκινη ράβδος νά βρίσκεται άνάμεσα στά σκέλη του.

Έκτέλεση τού πειράματος

- α) Μετακινούμε όχι πολύ σιγά τήν όριζόντια ράβδο άνάμεσα στά σκέλη τού μαγνήτη (εϊκ. 231). Παρατηρούμε πώς τό κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα άλλοτε πρός τή μιá φορά καί άλλοτε πρός τήν άλλη.
- β) Άντί γιά τήν κρεμασμένη ράβδο βάζουμε τό αϊωρούμενο πηνίο καί έργαζόμαστε τό ίδιο (εϊκ. 232). Παρατηρούμε τό ίδιο άποτέλεσμα.

Συμπέρασμα

“Όταν ειδοθύγραμμος άγωγός ή πηνίο κινείται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο, στά άκρα του αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή καί, άν τό κύκλωμα είναι κλειστό, τότε διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 460

“Η ΗΕΔ από επαγωγή παίρνει τήν πιό μεγάλη τιμή, όταν όλες οι δυναμικές γραμμές πού περνούν από τό πρωτεύον πηνίο περνούν καί από τό δευτερεύον, καί εξαρτάται από τό χρόνο τής μεταβολής

τής μαγνητικής ροής, δηλ. $E_{επ} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Άπαραίτητα όργανα

1. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
2. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U
3. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα μακρύς.
5. Δυό πηνία τών 600 σπειρών.
6. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων μέ 3 στήλες τών 4,5 V.

7. Ένας διακόπτης μπουτόν.
8. Ένα γαλβανόμετρο μηδενός σε πηνίο 300 σπειρών.
9. Μιά λάμπα 3,5 V, 200 mA σε βύσση.
10. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
11. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
12. Ένα καλώδιο μήκους 30 cm.

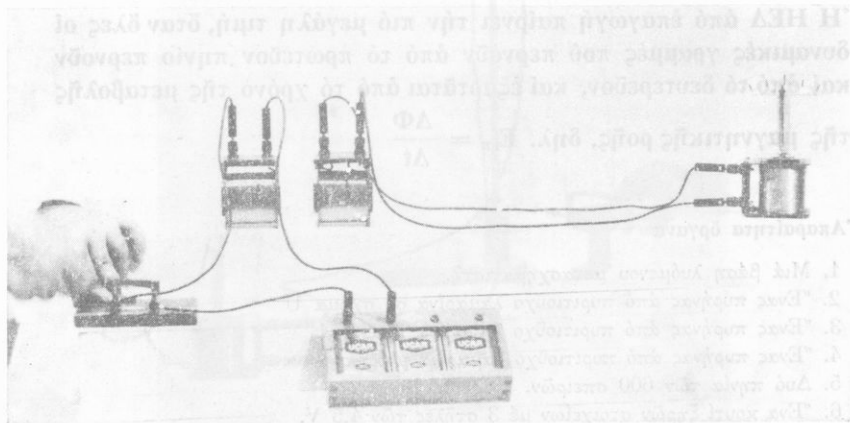
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

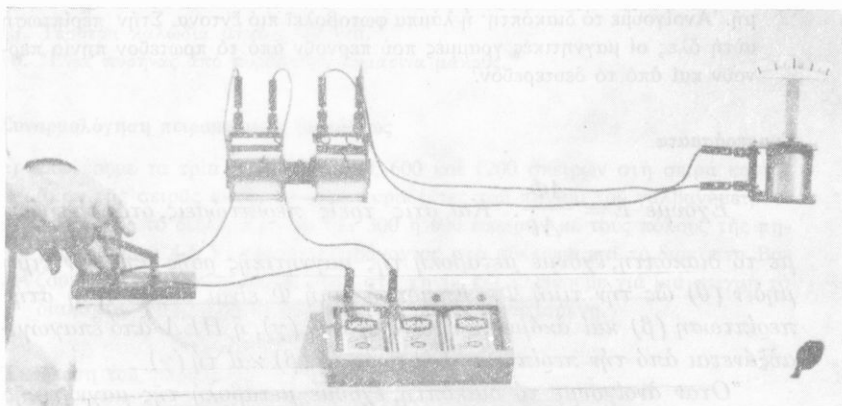
- α) Τοποθετούμε τά δυό πηνία στο τραπέζι με τούς άξονες οριζόντιους στην ίδια ευθεία και σε απόσταση 1-2 cm τό ένα από τό άλλο. Συνδέουμε τούς άκροδέκτες του ενός πηνίου με τούς πόλους τής πηγής σε τάση 4,5 V, βάζοντας στο κύκλωμα τό διακόπτη, καί τούς άκροδέκτες του άλλου πηνίου με τά καλώδια του 1 m με τό πηνίο του γαλβανόμετρου.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη, όποτε τό γαλβανόμετρο άποκλίνει έλαφρά. Ή ΗΕΔ από έπαγωγή στά άκρα του δευτερεύοντος πηνίου είναι μικρή. Λίγες μόνο δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του πρωτεύοντος πηνίου περνούν από τό δευτερενόν (εικ. 233) καί γι' αυτό ή τιμή τής μεταβολής τής μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ είναι μικρή. Άνοίγουμε τό διακόπτη. Τό γαλβανόμετρο άποκλίνει με αντίθετη φορά λίγο περισσότερο από πρίν.
- β) Βάζουμε μέσα στά δυό πηνία τό μακρύ πυρήνα τής πυριτιούχου λαμαρίνας (εικ. 234) καί εργαζόμαστε όπως καί παραπάνω. Παρατηρούμε πώς τό γαλβανόμετρο άποκλίνει βίαια ως τό άκρο τής κλίμακας. Ή ΗΕΔ στά άκρα του

Εικ. 233





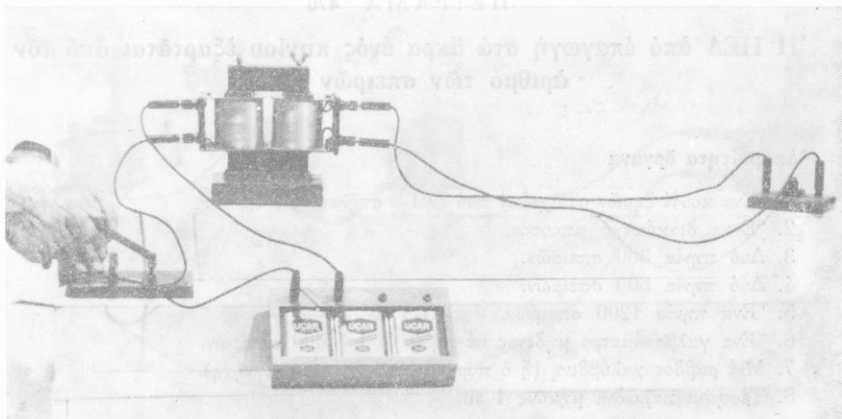
Εικ. 234

δευτερεύοντος πηνίου είναι πολύ μεγαλύτερη. Πολύ πιο πολλές μαγνητικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου του πρωτεύοντος πηνίου περνούν από το δευτερεύον εξαιτίας της μαγνητικής διαπερατότητας του σιδήρου.

Αντί για το γαλβανόμετρο βάζουμε στη θέση του τη λάμπα· η λάμπα δέ φωτοβολεί.

- γ) Τοποθετούμε τον πυρήνα που έχει σχήμα U στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή, προσαρμόζουμε σ' αυτόν τα δύο πηνία και στερεώνουμε πάνω από αυτά το βραχύ πυρήνα. Έχουμε τώρα τα δύο πηνία συζευγμένα επαγωγικά. Συνδέουμε τα πηνία όπως και πιο πάνω, τό ένα με την πηγή και τό άλλο με τη λάμπα. Κλείνουμε τό διακόπτη (εικ. 235)· η λάμπα φωτοβολεί γιά μιά στιγ-

Εικ. 235



μή. Ἀνοίγουμε τὸ διακόπτη· ἡ λάμπα φωτοβολεῖ πρὸς ἔντονα. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ὅλες οἱ μαγνητικὲς γραμμὲς ποὺ περνοῦν ἀπὸ τὸ πρῶτεῦν πηνίο περνοῦν καὶ ἀπὸ τὸ δευτερεῦον.

Συμπεράσματα

ἔχουμε $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Καί στίς τρεῖς περιπτώσεις, ὅταν κλείνουμε τὸ διακόπτη, ἔχουμε μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἀπὸ τὴν τιμὴ μηδέν (0) ὡς τὴν τιμὴ Φ . Ἐπειδὴ ἡ τιμὴ Φ εἶναι μεγαλύτερη στὴν περίπτωση (β) καὶ ἀκόμα πρὸς μεγάλη στή (γ), ἡ ΗΕΔ ἀπὸ ἐπαγωγὴ αὐξάνεται ἀπὸ τὴν περίπτωση (α) πρὸς τὴν (β) καὶ τὴν (γ).

Ὅταν ἀνοίγουμε τὸ διακόπτη, ἔχουμε μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἀπὸ τὴν τιμὴ Φ στὴν τιμὴ μηδέν (0), δηλαδὴ τὴν ἴδια, ὅπως καὶ ὅταν κλείνουμε τὸ διακόπτη. Ὁ χρόνος ὅμως Δt τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος εἶναι πρὸς μικρὸς ἀπὸ τὸ χρόνο τῆς ἀποκαταστάσεως αὐτοῦ καὶ ἔτσι ὁ λόγος $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ εἶναι πρὸς μεγάλος. Ἡ ΗΕΔ ἀπὸ ἐπαγωγὴ

ἐξαρτᾶται λοιπὸν ἀπὸ τὸ λόγο $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν ταχύτητα τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς).

ΠΕΙΡΑΜΑ 47ο

Ἡ ΗΕΔ ἀπὸ ἐπαγωγὴ στὰ ἄκρα ἑνὸς πηνίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν του

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού ἔχει 3 στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.
3. Δυὸ πηνία 300 σπειρῶν.
4. Δυὸ πηνία 600 σπειρῶν.
5. Ἐνα πηνίο 1200 σπειρῶν.
6. Ἐνα γαλβανόμετρο μηδενὸς σὲ πηνίο 300 ἢ 600 σπειρῶν.
7. Μιά ράβδος χαλύβδινη (ἢ ὁ πυρήνας τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη).
8. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.

9. Τέσσερις καλώδια μήκους 30 cm.
10. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα μακρύς.

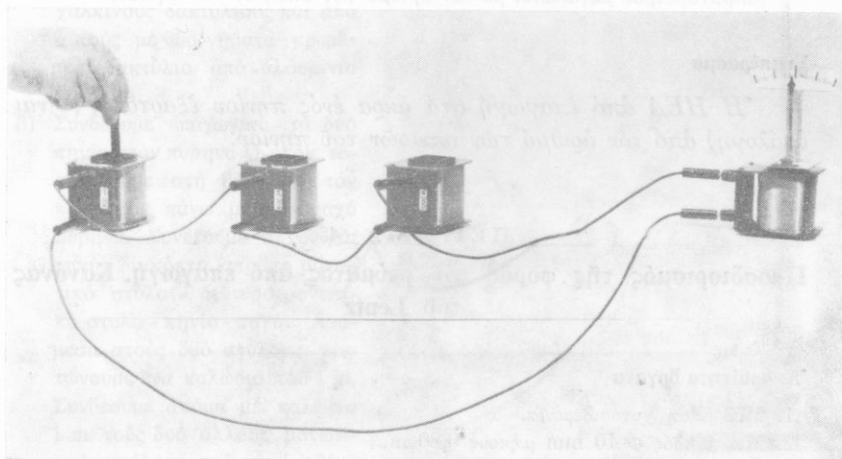
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

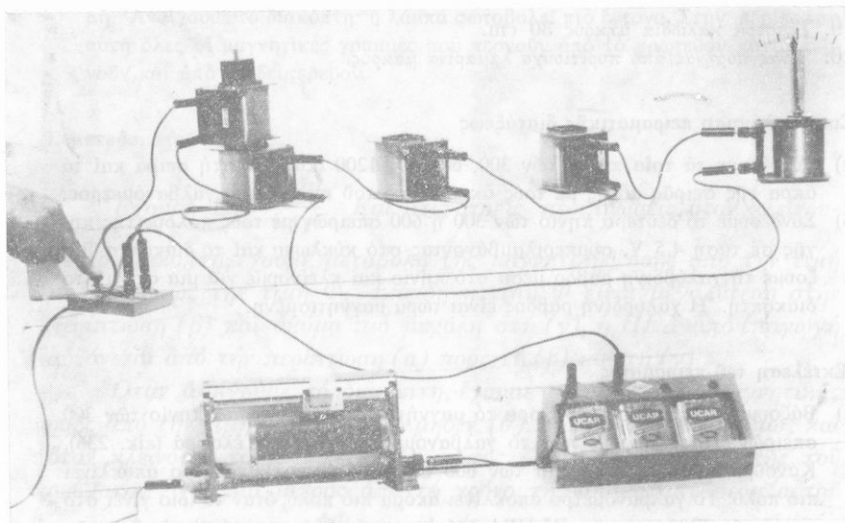
- α) Συνδέουμε τα τρία πηνία των 300, 600 και 1200 σπειρών στη σειρά και τα άκρα της σειράς αυτής με τους ακροδέκτες του πηνίου του γαλβανόμετρου.
β) Συνδέουμε το δεύτερο πηνίο των 300 ή 600 σπειρών με τους πόλους της πηγής σε τάση 4,5 V, συμπεριλαμβάνοντας στο κύκλωμα και το διακόπτη. Βάζουμε τη χαλύβδινη ράβδο μέσα στο πηνίο και κλείνουμε για μία στιγμή το διακόπτη. Η χαλύβδινη ράβδος είναι τώρα μαγνητισμένη.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Βάζουμε και βγάζουμε γρήγορα το μαγνήτη μέσα στο πρώτο πηνίο των 300 σπειρών. Παρατηρούμε πώς το γαλβανόμετρο αποκλίνει ελαφρά (εικ. 236). Κάνουμε το ίδιο στο πηνίο των 600 σπειρών· το γαλβανόμετρο αποκλίνει πιο πολύ. Το γαλβανόμετρο αποκλίνει ακόμα πιο πολύ, όταν το ίδιο γίνει στο πηνίο των 1200 σπειρών. Η ΗΕΔ από επαγωγή αυξάνεται με τον αριθμό των σπειρών του πηνίου.
β) Τοποθετούμε πάνω από το πηνίο των 300 σπειρών το άλλο πηνίο των 300 ή 600 σπειρών και μέσα στα δύο πηνία το μακρύ πυρήνα της πυριτιούχου λαμαρίνας. Συνδέουμε τους ακροδέκτες του πάνω πηνίου με την πηγή των 4,5 V και στο κύκλωμα βάζουμε στη σειρά το ροοστάτη και το διακόπτη. Κλείνουμε

Εικ. 236





Εικ. 237

τό διακόπτη καί παρατηρούμε πώς ή βελόνα του γαλβανόμετρου άποκλίνει. Ρυθμίζουμε τό ροοστάτη έτσι, πού, όταν κλείνουμε τό διακόπτη, ή ένδειξη του γαλβανόμετρου νά είναι μικρή (εϊκ. 237). Μεταφέρουμε τό πάνω πηνίο μέ τόν πυρήνα σέ όμοια θέση πάνω άπό τό πηνίο των 600 σπειρών κι ύστερα των 1200 σπειρών καί ξανακάνουμε τά ίδια. Βλέπουμε πώς ή άπόκλιση του γαλβανόμετρου μεγαλώνει μέ τόν άριθμό των σπειρών του πηνίου.

Συμπέρασμα

‘Η ΗΕΔ άπό επαγωγή στά άκρα ενός πηνίου εξαρτάται (είναι άνάλογη) άπό τόν άριθμό των σπειρών του πηνίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 48ο

Προσδιορισμός τής φοράς του ρεύματος άπό επαγωγή. Κανόνας του Lentz

‘Απαραίτητα όργανα

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

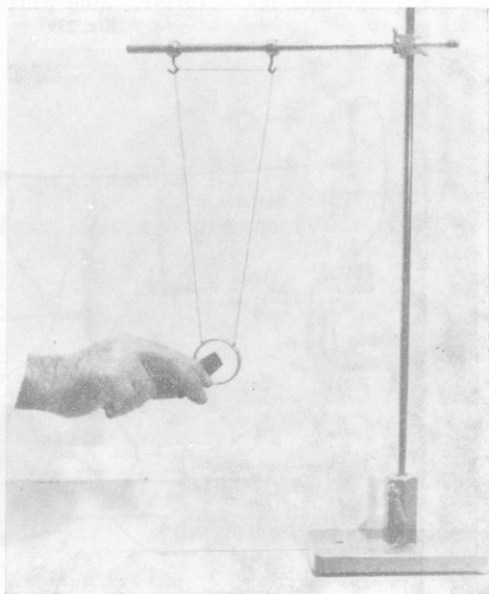
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,30 m.
4. Δυό δρειχάλκινοι δακτύλιοι.
5. "Ένας σύνδεσμος άπλός (σταυρός).
6. "Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
7. "Ένας δακτύλιος άπό άλουμίνιο ή χαλκό (άπό τή σειρά τών δακτύλιων πού άναπηδοϋν).
8. "Ένα νήμα κοινό μήκους 60-80 cm.
9. "Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
10. "Ένας διακόπτης μπουτόν.
11. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
12. "Ένας πυρήνας άπό πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
13. "Ένας πυρήνας άπό πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
14. Δυό πηνία 600 σπειρών.
15. Τέσσερις μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.
16. Δυό μαγνητικές βελόνες σέ κατακόρυφο άξονα.
17. Πέντε καλώδια μήκους 50 cm.
18. Τρία καλώδια μήκους 1 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε πάνω στή βάση τή ράβδο τών 0,80 m καί πάνω σ' αυτή στηρίζουμε μέ τό σύνδεσμο κοντά στο πάνω άκρο της όριζόντια τή ράβδο τών 0,30 m. Πάνω σ' αυτή τή ράβδο στερεώνουμε τούς δυό δρειχάλκινους δακτύλιους καί άπό αϋτούς μέ δυό νήματα κρεμάμε τό δακτύλιο άπό άλουμίνιο ή χαλκό.

- β) Συνδέουμε έπαγωγικά τά δυό πηνία στόν πυρήνα U, τόν τοποθετοϋμε στή βάση καί τόν κλείνουμε πάνω μέ τό βραχύ πυρήνα. Συνδέουμε σέ σειρά: πηγή - διακόπτη - πρώτο μονωτικό στύλο - δεύτερο μονωτικό στύλο - πηνίο - πηγή. Άνάμεσα στους δυό στύλους τεντώνουμε ένα καλώδιο τοϋ 1 m. Συνδέουμε άκόμα μέ καλώδιο 1 m τούς δυό άλλους μονωτικούς στύλους καί τόν καθένα

Είκ. 238



από αυτούς με τούς ακροδέκτες του άλλου πηνίου. Τοποθετούμε κάτω από τὰ τεντωμένα ανάμεσα στους μονωτικούς στύλους καλώδια τῆς μαγνητικῆς βελόνης καί τὰ προσανατολίζουμε κατὰ τή διεύθυνση τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (διεύθυνση τοῦ μεγάλου ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνας).

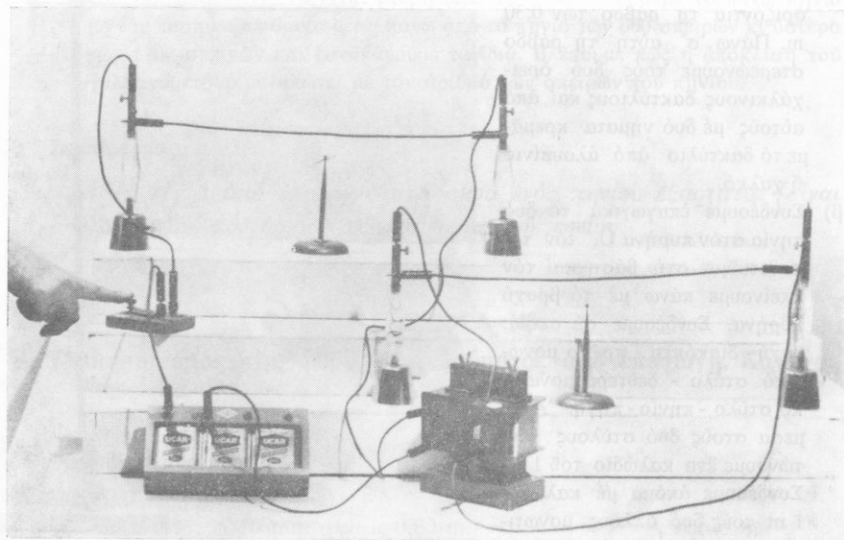
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Πλησιάζουμε σιγά σιγά τὸ ραβδόμορφο μαγνήτη στὸν κρεμασμένο δακτύλιο. Παρατηροῦμε πὼς ὁ δακτύλιος μένει ἀκίνητος, ἀνεπηρέαστος ἀπὸ τὸ μαγνήτη (εἰκ. 238). Πλησιάζουμε τὸ μαγνήτη γρήγορα στὸ δακτύλιο, προσπαθώντας νὰ τὸν περάσουμε μέσα στὸ δακτύλιο. Ὁ δακτύλιος ἀπωθεῖται. Βάζουμε τὸ μαγνήτη μέσα στὸ δακτύλιο καί τὸν κρατᾶμε ἀκίνητο. Τὸν βγάζουμε ὕστερα πολὺ γρήγορα· παρατηροῦμε πὼς ὁ δακτύλιος ἔλκεται ἀπὸ τὸ μαγνήτη.

Καί στίς δύο περιπτώσεις ὁ δακτύλιος διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸ ρεῖμα καί γίνεται μαγνήτης μὲ τὸν ὁμώνυμο πόλο πρὸς τὸν πόλο τοῦ μαγνήτη πού πλησιάζει, γι' αὐτὸ καί ἀπωθεῖται, καί μὲ ἐτερόνυμο πόλο πρὸς τὸν πόλο τοῦ μαγνήτη πού ἀπομακρύνεται, καί γι' αὐτὸ ἔλκεται.

Καί στίς δύο περιπτώσεις τὸ ρεῖμα ἀπὸ ἐπαγωγὴ ἔχει τέτοια φορά, πού προσπαθεῖ νὰ διατηρήσει σταθερὴ τὴ μαγνητικὴ ροή πού περνᾷ ἀπὸ τὸ δακτύλιο, νὰ ἐξουδετερώσει δηλ. τὴ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς πού εἶναι ἡ αἰτία τῆς παραγωγῆς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

Εἰκ. 239



β) Κλείνουμε τό διακόπτη τῆς β' συνδεσμολογίας καί παρατηροῦμε πῶς ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνας πού εἶναι στό κύκλωμα πού ἔχει τήν πηγὴ (τό πρωτεύον) κινεῖται πρὸς μιὰ φορά, ἐνῶ ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνας τοῦ ἄλλου κυκλώματος (δευτερεύοντος) κινεῖται γιὰ μιὰ στιγμή μέ ἀντίθετη φορά (εἰκ. 239). Ὅταν κλείσει ὁ διακόπτης, ἡ μαγνητικὴ ροὴ πού περνᾷ ἀπὸ τό δευτερεύον πηνίο μεταβάλλεται ἀπὸ τήν τιμὴ μηδέν (0) ὡς τήν τιμὴ Φ. Τό δευτερεύον πηνίο διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἀντίθετης φορᾶς ἔτσι, πού νά δημιουργηθεῖ μαγνητικὴ ροὴ πού πάει νά ἐξουδετερώσει αὐτὴ πού προέρχεται ἀπὸ τό πρωτεύον Φ. Ἀνοίγουμε τό διακόπτη ἡ βελόνα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος στρέφεται τώρα ἀντίθετα πρὸς τήν προηγούμενη φορά ἢ ὁμόρροπα πρὸς τὴν φορά τοῦ πρωτεύοντος κυκλώματος. Κατὰ τό ἄνοιγμα τοῦ διακόπτη ἡ μαγνητικὴ ροὴ πού περνᾷ ἀπὸ τό δευτερεύον μεταβάλλεται ἀπὸ τήν τιμὴ Φ ὡς τήν τιμὴ μηδέν (0). Τό ρεῦμα ἀπὸ ἐπαγωγὴ πού ἀναπτύσσεται εἶναι ὁμόρροπο πρὸς τό ρεῦμα τοῦ πρωτεύοντος κυκλώματος καί πάει νά διατηρήσει σταθερὴ τὴ μαγνητικὴ ροὴ Φ.

Συμπέρασμα

Τό ρεῦμα ἀπὸ ἐπαγωγὴ, τό ὁποῖο ὀφείλεται στὴ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς πού περνᾷ ἀπὸ τὸν ἄγωγό, ἔχει τέτοια φορὰ, πού πάει νά διατηρήσει σταθερὴ τὴ μαγνητικὴ ροή. Ἀντιστέκεται δηλαδή στὴν αἰτία πού τό δημιουργεῖ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 49ο

Ἐπίδειξη συσκευῆς δακτύλιων πού ἀναπηδοῦν

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
2. Μιὰ βάση λυόμενου μετασχηματιστῆ.
3. Ἐνας πυρήνας σέ σχῆμα U ἀπὸ πυριτιοῦχο λαμαρίνα.
4. Ἐνας πυρήνας ἀπὸ πυριτιοῦχο λαμαρίνα μακρὺς.
5. Μιὰ σειρά δακτύλιων πού ἀναπηδοῦν.
6. Δυὸ καλώδια μήκους 1 m.
7. Ἐνα καλώδιο μήκους 0,50 m.
8. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.
9. Ἐνα πηνίο 300 σπειρῶν.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα που έχει σχήμα U και προσαρμόζουμε στο ένα σκέλος του τό πηνίο. Πάνω στο ίδιο σκέλος και πάνω από τό πηνίο βιδώνουμε τό μακρύ πυρήνα κατακόρυφο.
- β) Συνδέουμε τά άκρα του πηνίου προς τούς πόλους του μετασχηματιστή σε τάση 20, 30, 55, ή 110 V, βάζοντας στο κύκλωμα και τό διακόπτη.

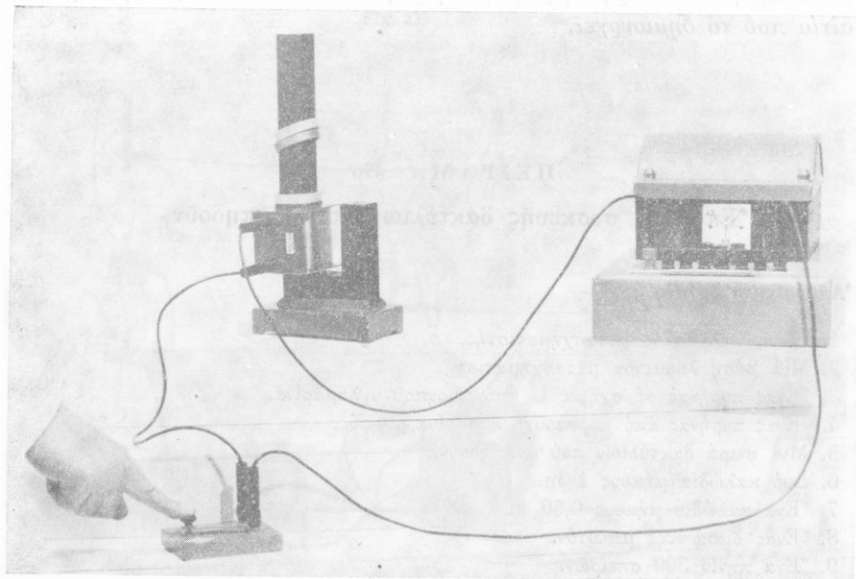
Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε στο πηνίο τούς όλόκληρους δακτύλιους από άλουμίνιο ή χαλκό και κλείνουμε γιά μιά στιγμή τό διακόπτη. Οί δακτύλιοι άναπνδούν σέ άρκετό ύψος, που εξαρτάται από τήν τάση που εφαρμόζουμε στο πηνίο (είκ. 240).
- β) Βγάξουμε τούς δακτύλιους και βάζουμε στη θέση τους τόν κομμένο δακτύλιο και κλείνουμε πάλι γιά μιά στιγμή τό διακόπτη. Δέν παρατηρούμε καμιά κίνηση του δακτύλιου.

Συμπεράσματα

Στήν πρώτη περίπτωση στους δακτύλιους δημιουργείται επαγωγ-

Είκ. 240



γικό ρεύμα εναλλασσόμενο, όπως και τό πρωτεύον, σέ κάθε στιγμή όμως αντίρροπο πρός αυτό. Έτσι ανάμεσα στό πηνίο καί τούς δακτύλιους αναπτύσσονται μαγνητικές δυνάμεις άπωστικές καί οί δακτύλιοι αναπηδοϋν.

Όταν ό δακτύλιος εΐναι κομμένος, δέν κυκλοφορεΐ σ' αυτόν ήλεκτρικό ρεύμα καί δέν μπορεί νά ύποστέϊ καμιά άπωση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 506

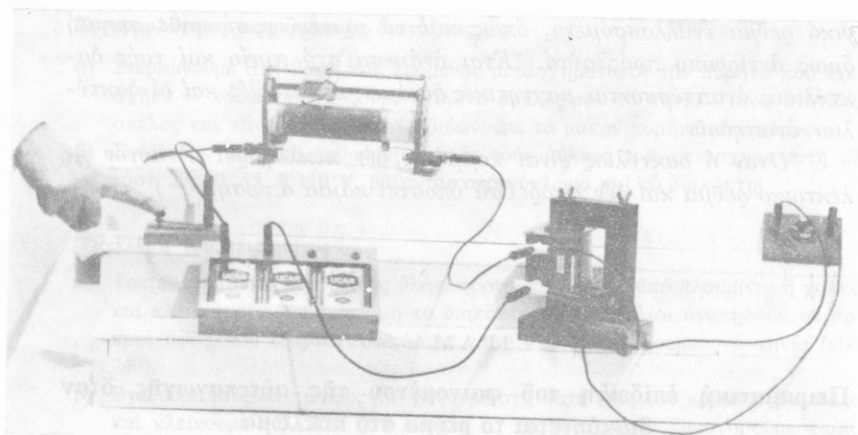
Πειραματική επίδειξη τοϋ φαινομένου τής αϋτεπαγωγής, όταν διακόπτεται τό ρεύμα στό κύκλωμα

Απαραΐτητα όργανα

1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Ένας πυρήνας από πυριτιοϋχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιοϋχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ένα πηνίο 300 σπειρών.
6. Μιά λάμπα 3,5 V σέ βάση.
7. Ένας διακόπτης μπουτόν.
8. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
9. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
10. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
11. Δυό πολλαπλά βύσματα.
12. Ένας ροοστάτης 10 Ω, 5 A.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- a) Στερεώνουμε στή βάση τοϋ λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα πού έχει σχήμα U καί θέτουμε στό ένα σκέλος του τό πηνίο μέ τίς 300 σπείρες. Συμπληρώνουμε κλειστό μαγνητικό κύκλωμα, βάζοντας από πάνω τό βραχύ πυρήνα.
- β) Συνδέουμε μέ τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V τό ροοστάτη, τό διακόπτη καί τό πηνίο στή σειρά.
- γ) Συνδέουμε τή λάμπα παράλληλα (σέ διακλάδωση) μέ τούς άκροδέκτες τοϋ πηνίου μέ τή βοήθεια τών πολλαπλών βυσμάτων.



Εικ. 241

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε το διακόπτη (εικ. 241). Το ηλεκτρικό ρεύμα διακλαδίζεται στους άκροδέκτες του πηνίου και διαρρέει το πηνίο και τη λάμπα παράλληλα. Κανονίζουμε με το ροοστάτη να φωτοβολεί η λάμπα πάρα πολύ λίγο.
- β) Άνοίγουμε το διακόπτη. Η λάμπα φωτοβολεί έντονα για μία στιγμή, τη στιγμή της διακοπής του ρεύματος. Κατά τη στιγμή της διακοπής του ρεύματος στους άκροδέκτες του πηνίου δημιουργείται από αυτεπαγωγή ΗΕΔ όμορροπη, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, με την τάση της πηγής, που προστίθεται σ' αυτή και έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργήσει έντονο ρεύμα στο κύκλωμα της λάμπας.

Συμπέρασμα

Κατά τη διακοπή του ρεύματος σε κύκλωμα που έχει πηνίο αναπτύσσεται στα άκρα του ΗΕΔ από αυτεπαγωγή όμορροπη με την ΗΕΔ του ρεύματος που διακόπηκε.

Καθυστέρηση της αποκαταστάσεως του ρεύματος σε κύκλωμα που έχει αυτεπαγωγή

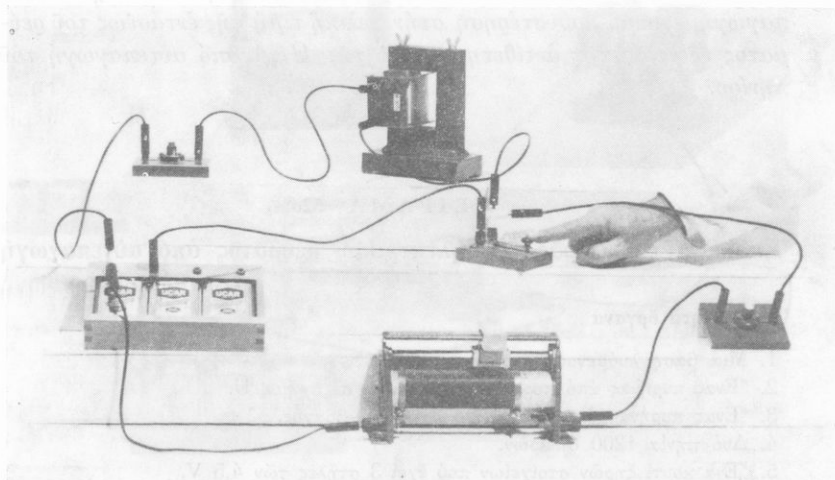
*Απαραίτητα όργανα

1. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων με τρεις στήλες των 4,5 V.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σε σχήμα U.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ένα πηνίο 1200 σπειρών.
6. Δύο λάμπες 3,5 V σε βάσεις.
7. Ένας διακόπτης μπουτόν.
8. Ένας ροοστάτης 10 Ω, 5 A.
9. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
10. Δύο καλώδια μήκους 50 cm.
11. Τρία καλώδια μήκους 30 cm.
12. Δύο πολλαπλά βύσματα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τον πυρήνα που έχει σχήμα U και βάζουμε στο ένα σκέλος του το πηνίο των 1200 σπειρών. Συμπληρώνουμε κλειστό μαγνητικό κύκλωμα, τοποθετώντας το βραχύ

Eik. 242



πυρήνα και στερεώνοντάς τον σταθερά με τīs βίδες (πεταλούδες).

- β) Συνδέουμε σέ σειρά με τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V τó διακόπτη, τή μιá λάμπα και τó πηνίο.
- γ) Συνδέουμε áκόμα σέ σειρά με τόν ένα πόλο τής πηγής και με τόν άκροδέκτη τού διακόπτη τó ροοστάτη και τήν áλλη λάμπα έτσι, πού τά δυό κυκλώματα νά είνai συνδεμένα παράλληλα (σέ διακλάδωση).

Έκτέλεση τού πειράματος

- α) Κλείνουμε τó διακόπτη και ρυθμίζουμε τó ροοστάτη, ώσπου ή φωτιστικότητα στίς δυό λάμπες νά είνai ή ίδια. Άνοίγουμε τó διακόπτη, πού εξαιτίας τής θέσεώς του διακόπονται και τά δυό κυκλώματα με τó άνοιγμά του.
- β) Κλείνουμε τó διακόπτη και παρατηρούμε πώς φωτοβολεί πρώτα ή λάμπα τού κυκλώματος πού έχει τó ροοστάτη και ύστερα ή λάμπα τού κυκλώματος πού έχει τó πηνίο (είκ. 242).
- Μόλις κλείσουμε τó διακόπτη, ή λάμπα τού πρώτου κυκλώματος φωτοβολεί. Στό δεύτερο όμως κύκλωμα, πού έχει τήν áτεπαγωγή, ή ένταση τού ρεύματος άργεί νά πάρει τήν πιό μεγάλη τιμή εξαιτίας τής άναπτυσσόμενης αντίρροπής ΗΕΔ τού πηνίου. Έτσι με τó νά έχουμε σάν δείχτη τήν πρώτη λάμπα καταλαβαίνουμε τήν καθυστέρηση τής άποκαταστάσεως τού ρεύματος εξαιτίας τής áτεπαγωγής.

Συμπέρασμα

Όταν κλείνουμε ένα διακόπτη σ' ένα κύκλωμα πού έχει áτεπαγωγή, έχουμε καθυστέρηση στήν τελική τιμή τής έντάσεως τού ρεύματος εξαιτίας τής αντίθετης φορᾶς τής ΗΕΔ από áτεπαγωγή τού πηνίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 52ο

Έπίδειξη τής φορᾶς τού ήλεκτρικού ρεύματος από áτεπαγωγή

Άπαραίτητα όργανα

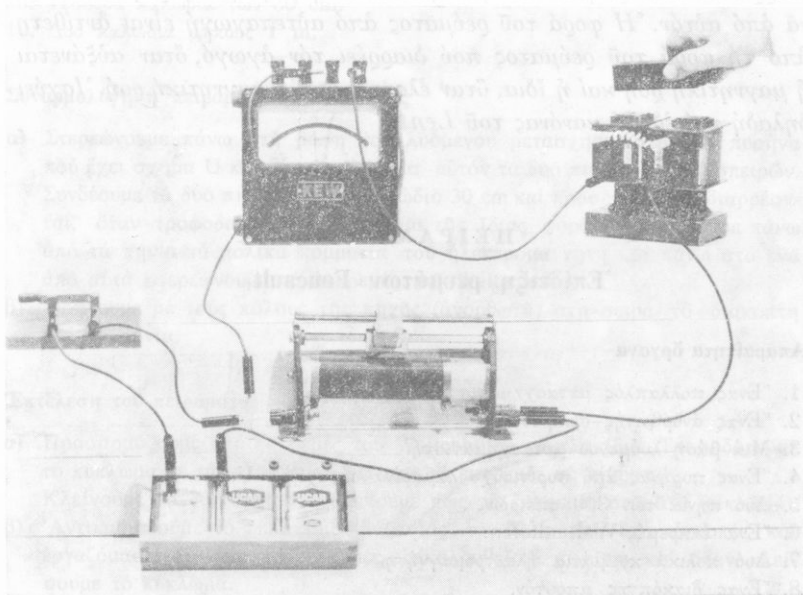
1. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
2. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
3. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
4. Δυό πηνία 1200 σπειρών.
5. Ένα κουτί ζηρῶν στοιχείων πού έχει 3 στήλες τῶν 4,5 V.

6. "Ένας ροοστάτης 10 Ω, 5 A.
7. "Ένας διακόπτης άπλως μαχαίρωτός.
8. "Ένα μιλιαμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
9. Τρία καλώδια μήκους 50 cm.
10. Τρία καλώδια μήκους 30 cm.
11. Δύο μπανάνες διχλωωτές.
12. "Ένα πολλαπλό βύσμα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα σέ σχήμα U και βάζουμε σ' αυτόν τά δυό πηνία. Τά βραχυκυκλώνουμε μέ ένα καλώδιο 30 cm και προσέχουμε νά περνά τό ρεύμα και από τά δυό πηνία κατά τήν ίδια φορά.
- β) Συνδέουμε μέ τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 4,5 V τό ροοστάτη ποτενσιομετρικά και βάζουμε στό κύκλωμα και τό διακόπτη.
- γ) Συνδέουμε τούς άκροδέκτες του ροοστάτη (τόν άκροδέκτη του δρομέα κι έναν από τούς δυό άλλους) μέ τή βοήθεια του πολλαπλού βύσματος στη σειρά μέ τά πηνία και τό μιλιαμπερόμετρο σέ κλίμακα 100 mA.

Εικ. 243



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τὸ διακόπτη καὶ ρυθμίζουμε τὴν τάση ἔτσι, πού ὁ δείκτης τοῦ μιλλιαμπερόμετρου νά βρίσκεται στή μέση τῆς κλίμακας (50 mA). Παίρνουμε τὸ βραχὺ πυρήνα καὶ ἀπὸ ἀπόσταση περίπου 15 cm πάνω ἀπὸ τὰ πηνία (μέ τὸν πυρήνα U) κάνουμε μιά ἀπότομη κίνηση πλησιάζοντάς τον στὸν πυρήνα U (εἰκ. 243). Παρατηροῦμε πὼς ὁ δείκτης τοῦ μιλλιαμπερόμετρου κινεῖται πρὸς τὶς μικρότερες τιμές τῆς κλίμακας καὶ ξαναγυρίζει στή θέση του. Κατὰ τὸ πλησίασμα τοῦ πυρήνα δημιουργήθηκε γιὰ μιά στιγμή ἕνα ρεῦμα ἀντίθετης φορᾶς. Ρεῦμα ἀπὸ αὐτεπαγωγή. Ἡ μαγνητικὴ ροή πού περνᾷ ἀπὸ τὰ πηνία μεγάλωσε, γιὰτὶ κατὰ τὸ πλησίασμα τοῦ πυρήνα μεγάλωσε ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγή.
- β) Ἀπομακρύνουμε τὸν πυρήνα. Παρατηροῦμε πὼς ὁ δείκτης τοῦ μιλλιαμπερόμετρου κινεῖται πρὸς τὶς μεγαλύτερες τιμές τῆς κλίμακας. Δημιουργήθηκε ρεῦμα ἀπὸ αὐτεπαγωγή τῆς ἴδιας φορᾶς μ' αὐτὸ πού διαρρέει τὸ πηνίο, γιὰτὶ ἐλαττώθηκε ἡ μαγνητικὴ ροή.

Συμπέρασμα

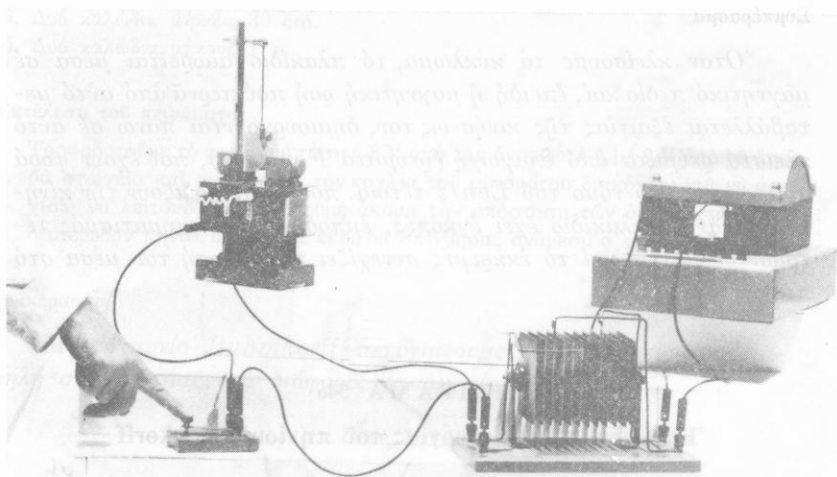
Τὸ ρεῦμα ἀπὸ αὐτεπαγωγή δημιουργεῖται σ' ἕναν ἄγωγό πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή πού περνᾷ ἀπὸ αὐτόν. Ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἀπὸ αὐτεπαγωγή εἶναι ἀντίθετη ἀπὸ τὴ φορὰ τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τὸν ἄγωγό, ὅταν ἀδξάνεται ἡ μαγνητικὴ ροή καὶ ἡ ἴδια, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ μαγνητικὴ ροή. Ἰσχύει δηλαδή καὶ ἐδῶ ὁ κανόνας τοῦ *Lentz*.

ΠΕΙΡΑΜΑ 53ο

Ἐπίδειξη ρευμάτων Foucault

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
2. Ἐνας ἀνορθωτὴς σεληνίου.
3. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστῆ.
4. Ἐνας πυρήνας ἀπὸ πυριτιῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
5. Δυὸ πηνία τῶν 300 σπειρῶν.
6. Ἐνα ἐκκρεμές Waltenhofen.
7. Δυὸ πολικὰ κομμάτια ἡλεκτρομαγνήτη.
8. Ἐνας διακόπτης μπουτόν.



Εικ. 244

9. Τέσσερα καλώδια των 30 cm.
10. Δύο καλώδια μήκους 1 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στερεώνουμε πάνω στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα που έχει σχήμα U και θέτουμε πάνω σ' αυτόν τα δύο πηνία των 300 σπειρών. Συνδέουμε τα δύο πηνία με ένα καλώδιο 30 cm και προσέχουμε να διαρρέονται, όταν τροφοδοτηθούν, από ρεύμα της ίδιας φοράς. Στερεώνουμε πάνω από τα πηνία τα πολικά κομμάτια του ηλεκτρομαγνήτη και πάνω στο ένα από αυτά στερεώνουμε το έκκρεμές του Waltenhofen.
- β) Συνδέουμε με τους πόλους της πηγής (άνορθωτή) στη σειρά τό διακόπτη και τα πηνία.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Προσαρμόζουμε στο έκκρεμές του Waltenhofen τό πλακίδιο. Τροφοδοτούμε τό κύκλωμα με τάση 20 V και θέτουμε τό έκκρεμές σε κίνηση. Κλείνουμε τό διακόπτη και βλέπουμε πώς τό έκκρεμές σταματά (εικ. 244).
- β) Άντικαθιστούμε τό πλακίδιο βάζοντας τό άλλο πού έχει έγκοπές και έργαζόμαστε τό ίδιο. Τό έκκρεμές εξακολουθεί νά κινείται και όταν κλείσουμε τό κύκλωμα.

Συμπέρασμα

Όταν κλείσουμε τό κύκλωμα, τό πλακίδιο αιώρεται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο καί, έπειδή ή μαγνητική ροή πού περνά από αυτό μεταβάλλεται εξαιτίας τής κινήσεως του, δημιουργοῦνται πάνω σέ αυτό κλειστά ρεύματα από επαγωγή (ρεύματα Foucault), πού έχουν φορά σύμφωνα μέ τό νόμο του Lenz τέτοια, πού νά εμποδίζουν τήν κίνηση. Όταν τό πλακίδιο έχει έγκοπές, εμποδίζεται ό σχηματισμός τέτοιων ρευμάτων καί τό έκκρεμές συνεχίζει τήν κίνησή του μέσα στό πεδίο.

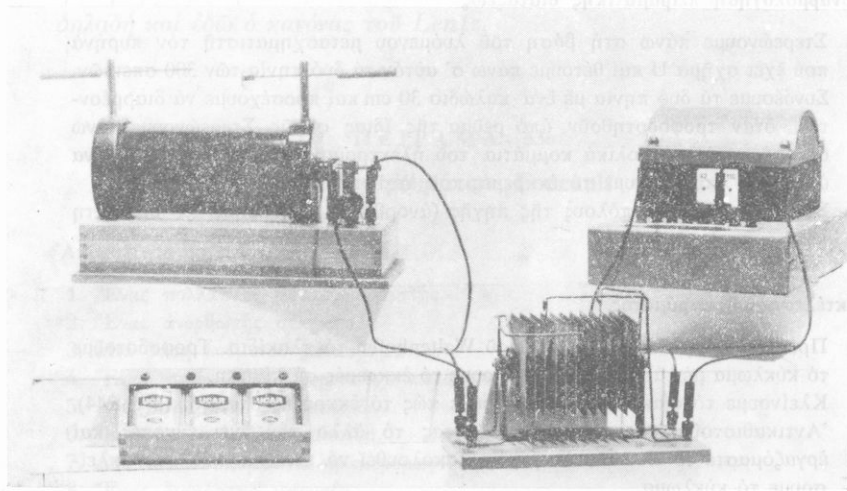
ΠΕΙΡΑΜΑ 54ο

Έπίδειξη τής λειτουργίας του πηνίου Ruhmkorff

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού έχει 3 στήλες τών 4,5 V.
4. Ένα πηνίο Ruhmkorff.

Εικ. 245



5. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
6. Δυό καλώδια μήκους 1 m.

Εκτέλεση του πειράματος

Τροφοδοτούμε τό πηνίο μέ τάση 6-8 V από τόν άνορθωτή ή μέ 9 V από τά ξηρά στοιχεία καί ρυθμίζουμε τόν κοχλία τοῦ αὐτόματου διακόπτη, γιά νά ἀρ- χίσει νά λειτουργεῖ. Ρυθμίζουμε ἀκόμα τήν ἀπόσταση τῶν ἀκροδεκτῶν στό δευτερεῦον πηνίο, ὥσπου νά ἐκτραγεῖ σπινθήρας ἀνάμεσα σ' αὐτούς (εἶκ. 245).

Συμπέρασμα

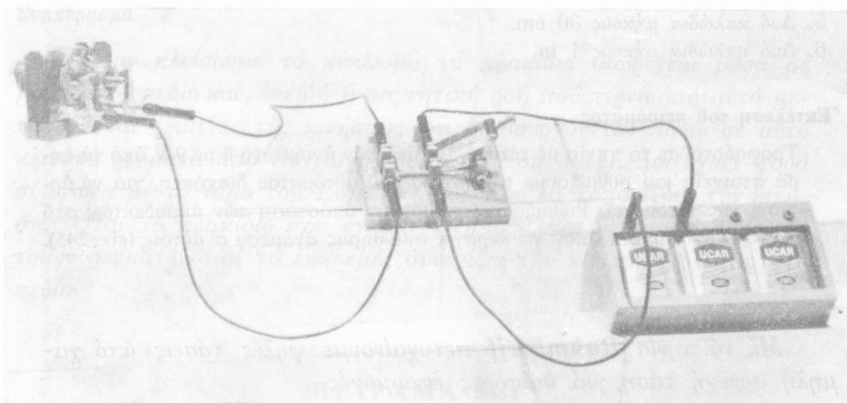
Μέ τό πηνίο *Ruhmkorff* πετυχαίνουμε ψηλές τάσεις ἀπό χα- μηλή συνεχή τάση, γιά διάφορες ἐφαρμογές.

ΠΕΙΡΑΜΑ 55ο

Συναρμολόγηση καί λειτουργία κινητήρα - γεννήτριας

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ἐνας άνορθωτής σελήνιου 55 V, 10 A.
3. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού ἔχει 3 στήλες τῶν 4,5 V.
4. Μιά βάση γιά τή συναρμολόγηση τοῦ συστήματος κινητήρα - γεννήτριας.
5. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
6. Ἐνας πυρήνας ἀπό συμπαγή χυτοσίδηρο σέ σχῆμα U.
7. Ἐνας ἡλεκτρικός κινητήρας (ἐπαγωγέας - ἐπαγωγίμο σέ σχῆμα τυμπάνου).
8. Μιά ἡλεκτρική γεννήτρια (ἐπαγωγέας - ἐπαγωγίμο σχῆμα διπλοῦ ταῦ [I I]).
9. Ἐνας ἱμάντας συνδέσεως τοῦ κινητήρα μέ τή γεννήτρια.
10. Μιά λάμπα 1,5 V σέ βάση.
11. Ἐνα γαλβανόμετρο μηδενός μέ πηνίο 300 σπειρῶν.
12. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
13. Τέσσερα πολλαπλά βύσματα.
14. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.
15. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
16. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
17. Τέσσερα πηνία 300 ἢ 600 σπειρῶν ἢ δυό πηνία τῶν 300 καί δυό τῶν 600 σπει- ρῶν.
18. Ἐνας διακόπτης ἀναστροφέας.
19. Ἐνας διακόπτης ἀπλός μαχαιωτός.



Είκ. 246

20. "Ένα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητών.
21. "Ένα κομμάτι γερό νήμα μήκους 50 cm περίπου.

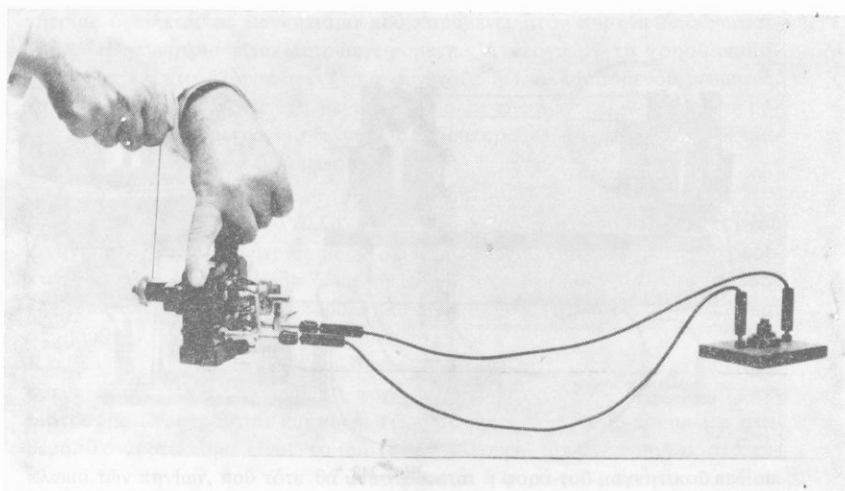
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στη βάση τους δύο πυρήνες που έχουν σχήμα U και τοποθετούμε σ' αυτούς τάπηνιά ανά δύο όμοια, προσέχοντας να διαρρέονται από ρεύμα της ίδιας φοράς, όταν τροφοδοτηθούν, γιατί τότε τα δύο άκρα του πυρήνα γίνονται ετερόνυμοι πόλοι.
- β) Παίρνουμε τον ηλεκτρικό κινητήρα και στο κάτω μέρος του (στην περιοχή που τον στηρίζουμε στον πυρήνα U) προσκολλάμε τους δύο ραβδόμορφους μαγνήτες με τους ομώνυμους πόλους προς το ίδιο μέρος.

Έκτέλεση του πειράματος

A. Κινητήρας και γεννήτρια με επαγωγή μόνιμο μαγνήτη.

- α) Συνδέουμε τους δύο ακροδέκτες του ηλεκτρικού κινητήρα με τους πόλους της πηγής (κουτί ξηρών στοιχείων σε τάση 4,5 V ή ανορθωτής σε τάση 4-6 V), βάζοντας στο κύκλωμα και το διακόπτη αναστροφής. Κλείνουμε το διακόπτη· παρατηρούμε τότε πώς το επαγωγίμο περιστρέφεται. Ο κινητήρας λειτουργεί. Άναστρέφουμε τη φορά του ρεύματος· αναστρέφεται τότε και η φορά περιστροφής του κινητήρα (είκ. 246).
- β) Άποσυνδέουμε την πηγή και το διακόπτη και στους ακροδέκτες του κινητήρα συνδέουμε τη λάμπα των 1,5 V. Τυλίγουμε το νήμα στην τροχαλία του επαγωγίμου και τραβώντας το απότομα προκαλούμε μία γρήγορη περιστροφή (είκ. 247). Η λάμπα τότε φωτοβολεί. Ο κινητήρας λειτουργεί τώρα σαν γεννήτρια.



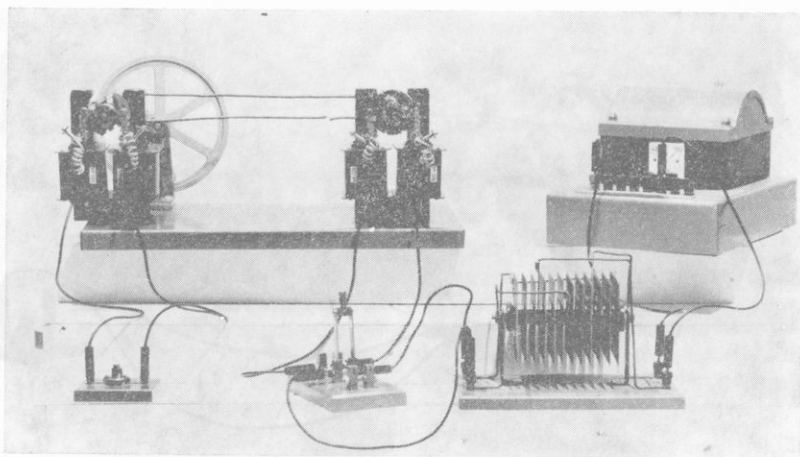
Εικ. 247

- γ) Ξανακάνουμε τά ίδια, βάζοντας τη γεννήτρια αντί του κινητήρα με τις ψήκτρες σ' επαφή με τους ήμιδακτύλιους. Τά αποτελέσματα είναι τά ίδια. Άν έχουμε τις ψήκτρες σ' επαφή με τους δακτύλιους πού δέν είναι κομμένοι στη μέση, έχουμε τότε γεννήτρια έναλλασσόμενου ρεύματος.
- Β. Κινητήρας καί γεννήτρια με έπαγωγέα ηλεκτρομαγνήτη.
- α) Σύνδεση έπαγωγέα καί έπαγωγίμου στη σειρά.

Στόν έναν πυρήνα από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U πάνω από τά πηνία προσαρμόζουμε τόν ηλεκτρικό κινητήρα καί στόν άλλο πυρήνα τή γεννήτρια. Συνδέουμε μέ τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm τούς έπάνω άκροδέκτες τών τεσσάρων πηνίων μέ τούς άκροδέκτες τών έπαγωγίων πού βρίσκονται από πάνω τους. Έτσι έχουμε συνδέσει τούς έπαγωγείς καί τά έπαγωγήμα στη σειρά.

Συνδέουμε τούς δύο άκροδέκτες πού έμειναν στην πρώτη διάταξη (σχήμα τυμπάνου) μέ τούς πόλους τής πηγής σέ τάση 8-10 V, βάζοντας στό κύκλωμα καί τόν άναστροφέα. Κλείνουμε τό διακόπτη καί παρατηρούμε πώς ή συσκευή λειτουργεί σάν κινητήρας. Προσέχουμε τή φορά τής περιστροφής. Άναστρέφουμε τή φορά του ρεύματος, όποτε ή φορά τής περιστροφής δέν αλλάζει, δηλαδή ή περιστροφή είναι ανεξάρτητη από τή φορά του ρεύματος. Αυτό γίνεται, γιατί ή άναστροφή τής φοράς του ρεύματος έχει σάν αποτέλεσμα καί τήν άναστροφή τής φοράς του μαγνητικού πεδίου. Έτσι ό κινητήρας μπορεί νά λειτουργήσει καί μέ έναλλασσόμενο ρεύμα.

Συνδέουμε τούς άκροδέκτες του κινητήρα μέ τό μετασχηματιστή, χωρίς τή μεσολάβηση του άνορθωτή, σέ τάση 10 V. Ό κινητήρας δέ λειτουργεί. Συνδέουμε σέ τάση 30-35 V. Ό κινητήρας λειτουργεί. Στο έναλλασσόμενο ρεύμα

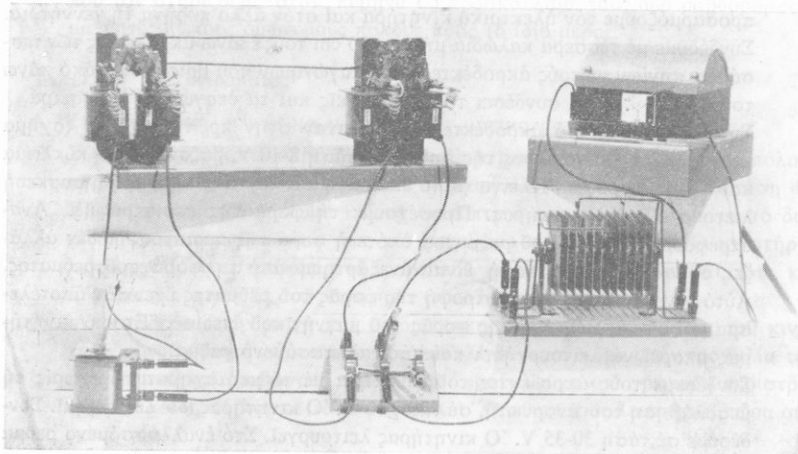


Είκ. 248

χρειάζεται για τη λειτουργία του κινητήρα υψηλή τάση, γιατί τα πηνία παρουσιάζουν επαγωγική αντίσταση.

Συνδέουμε τις τροχαλίες των δυο διατάξεων με τόν ίμάντα και τούς δυο άκροδέκτες που απόμειναν στη δεύτερη διάταξη (γεννήτρια) τούς συνδέουμε με τη λάμπα των 1,5 V· θέτουμε σε λειτουργία τόν κινητήρα με τροφοδότηση από συνεχή τάση και τότε τό κύκλωμα της γεννήτριας διαρρέεται από ρεύμα που προκαλεί τη φωτοβολία της λάμπας (είκ. 248). Ή διέγερση της γεν-

Είκ. 249



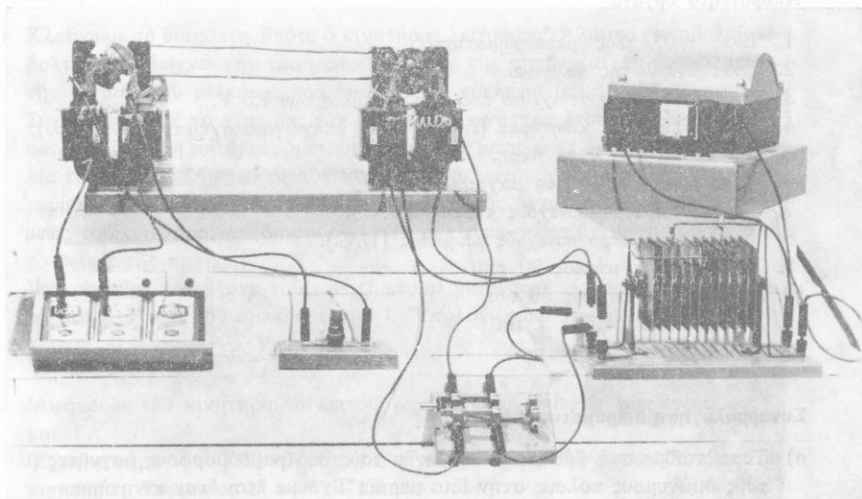
νήτριας οφείλεται σέ μαγνητισμό πού παραμένει στόν πυρήνα από χυτοσίδηρο. Ἡ γεννήτρια εἶναι αὐτοδιεγερόμενη. Ἀνάλογα μέ τή χρησιμοποίηση τοῦ συλλέκτη ἔχουμε γεννήτρια συνεχοῦς ἢ ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Ἄν δέν μπορούμε νά πετύχουμε τή φωτοβολία τῆς λάμπας, ἀντί γι' αὐτή βάζουμε τό γαλβανόμετρο μηδενός καί παρατηροῦμε τή δημιουργία ρεύματος πάρα πολύ μικρῆς ἐντάσεως (εἰκ. 249).

β) Σύνδεση ἐπαγωγέα καί ἐπαγωγίμου παράλληλα.

Συνδέουμε τόν ἕνα μέ τόν ἄλλο τοὺς ἐπάνω ἀκροδέκτες τῶν πηνίων καί τοῦ κινητήρα καί τῆς γεννήτριας μέ τά καλώδια τῶν 30 cm. Τοὺς κάτω ἀκροδέκτες τοῦ κινητήρα μέ τοὺς πόλους τῆς πηγῆς σέ τάση 6-8 V. Μέ τοὺς πόλους τῆς ἴδιας πηγῆς συνδέουμε παράλληλα τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ ἐπαγωγίμου καί στό κύκλωμα αὐτό βάζουμε καί τόν ἀναστροφέα.

Κλείνουμε τό διακόπτη, ὅποτε ὁ κινητήρας περιστρέφεται κατὰ μιά ὁρισμένη φορά. Ἀναστρέφουμε τή φορά τοῦ ρεύματος, ὅποτε ἡ φορά τῆς περιστροφῆς ἀναστρέφεται καί αὐτή. Τώρα τό μαγνητικό πεδίο παραμένει σταθερό. Τό ἀποτέλεσμα εἶναι τό ἴδιο κι ἂν βάλουμε τόν ἀναστροφέα στό κύκλωμα τῶν πηνίων, πού τότε θά ἀναστρέφεται ἡ φορά τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Συνδέουμε τίς τροχαλίες τῶν δυῶ διατάξεων μέ τόν ἱμάντα, τροφοδοτοῦμε τά πηνία τῆς γεννήτριας μέ τάση 6-8 V ἀπό τὴν ἴδια πηγή πού τροφοδοτεῖ τόν κινητήρα ἢ κι ἀπό ἄλλη καί συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τῆς μέ τή λάμπα τῶν 6-8 V. Θέτουμε σέ κίνηση τόν κινητήρα, ὅποτε ἡ γεννήτρια παράγει ρεῦμα πού ἔχει σάν ἀποτέλεσμα τή φωτοβολία τῆς λάμπας (εἰκ. 250).

Εἰκ. 250



Συμπεράσματα

Η γεννήτρια και ο κινητήρας είναι μηχανές αντιστρέψιμες και μπορούν να μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα.

Τό μαγνητικό πεδίο του κινητήρα ή της γεννήτριας μπορεί να είναι από μόνιμο μαγνήτη ή από ηλεκτρομαγνήτη.

Όταν τό μαγνητικό πεδίο είναι από ηλεκτρομαγνήτη, ο επαγωγέας συνδέεται με τό επαγωγίμο στη σειρά ή παράλληλα. Στή σύνδεση στη σειρά ο κινητήρας μπορεί να λειτουργεί και με έναλ-
λασσόμενο ρεύμα αλλά σε μεγαλύτερη τάση.

Γιά να αναστρέψουμε τη φορά του κινητήρα, πρέπει ο επαγωγέας και τό επαγωγίμο να συνδέονται παράλληλα και με τρόπο πού ή αναστροφή της φοράς του ρεύματος να γίνεται μόνο στό ένα κύ-
κλωμα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 56ο

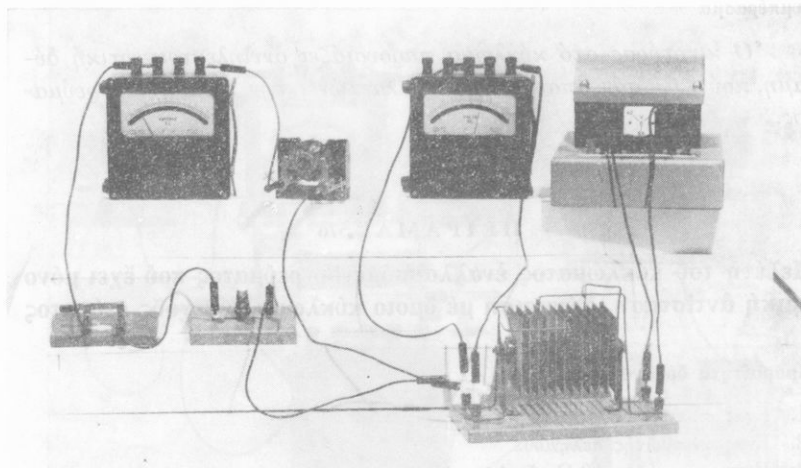
Επίδειξη της αντιηλεκτρικής δυνάμεως κινητήρα και μέτρησή της

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού έχει 3 στήλες των 4,5 V.
4. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας (επαγωγέας - επαγωγίμο σχήματος τυμπάνου).
5. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.
6. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
7. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
8. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
9. Τρία καλώδια μήκους 30 cm.
10. Δύο καλώδια μήκους 50 cm.
11. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
12. Δύο πολλαπλά βύσματα.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Τοποθετούμε στη βάση του επαγωγέα τούς δύο ραβδόμορφους μαγνήτες με τούς όμώνυμους πόλους στην ίδια μεριά. Έχουμε έτσι έναν κινητήρα.



Εικ. 251

- β) Συνδέουμε στη σειρά με τους πόλους της πηγής (του άνορθωτή) σε τάση 8-10 V ή από το κουτί με τα ξηρά στοιχεία σε τάση 9-13,5 V τη λάμπα, το διακόπτη, το αμπερόμετρο και τον κινητήρα. Συνδέουμε παράλληλα με τους πόλους της πηγής το βολτόμετρο με τη βοήθεια των πολλαπλών βυσμάτων.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε το διακόπτη, όποτε ο κινητήρας λειτουργεί, ή λάμπα φωτοβολεί, το βολτόμετρο δείχνει την τάση στους πόλους της πηγής και το αμπερόμετρο την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα (εικ. 251).

Συγκρατούμε με το χέρι μας τον άξονα του κινητήρα έτσι, πού να μή στρέφεται. Η ένδειξη του αμπερόμετρου μεγαλώνει· μεγαλώνει όμως και η φωτοβολία της λάμπας. Αφήνουμε τον κινητήρα να λειτουργεί, όποτε η ένταση του ρεύματος μειώνεται. Αυτό είναι αποτέλεσμα της αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης του κινητήρα, πού δημιουργεί στο κύκλωμα ρεύμα αντίθετης φοράς από το ρεύμα της πηγής.

Συγκρατούμε τον άξονα του κινητήρα και παίρνουμε τις ένδειξεις του βολτόμετρου V και του αμπερόμετρου I. Υπολογίζουμε την ωμική αντίσταση

$$\text{του κυκλώματος } R = \frac{V}{I}.$$

- γ) Αφήνουμε τον κινητήρα να λειτουργεί και παίρνουμε τις νέες ένδειξεις V' και I'.

Έχουμε τώρα $V' = IR + E'$, όπου E' είναι η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη του κινητήρα. Έπομένως $E' = V' - IR$.

Συμπέρασμα

Ο κινητήρας στο κύκλωμα παρουσιάζει αντιηλεκτρεγερτική δύναμη, πού έχει σαν αποτέλεσμα να ελαττώνει την ένταση του ρεύματος.

ΠΕΙΡΑΜΑ 57ο

Μελέτη του κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος πού έχει μόνο ωμική αντίσταση. Σύγκριση με όμοιο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος

Απαραίτητα όργανα

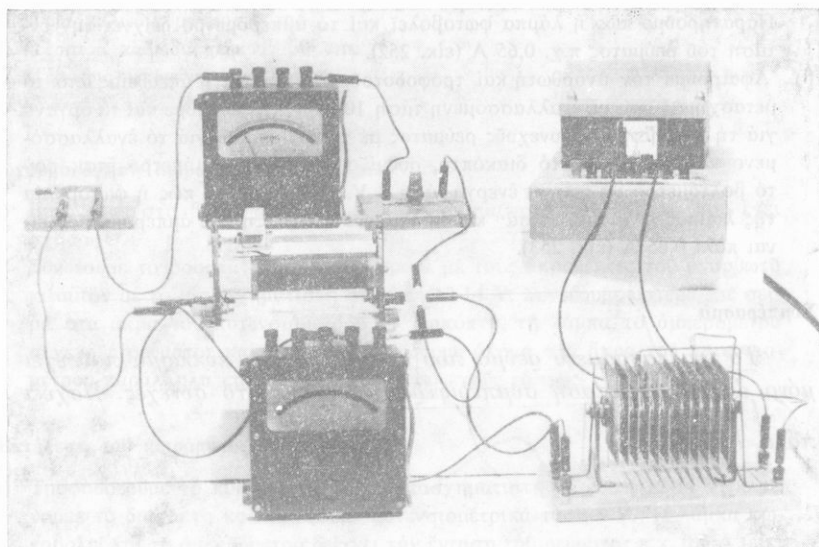
1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Ένας ροοστάτης $10\ \Omega$, $5\ \text{A}$.
4. Μία λάμπα 6-8 V σέ βάση.
5. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
6. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
7. Ένα άμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
8. Ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενης τάσεως (A.C.).
9. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιωτός.
10. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
13. Δύο πολλαπλά βύσματα.
14. Τέσσερις μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συνδέουμε με τον πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 10-14 V τον άνορθωτή και στους άκροδέκτες του ποτενσιόμετρου τό ροοστάτη.
- β) Στους άκροδέκτες του ποτενσιόμετρου συνδέουμε στή σειρά τό διακόπτη, τό άμπερόμετρο του συνεχούς ρεύματος και τή λάμπα. Συνδέουμε ακόμη στους ίδιους άκροδέκτες παράλληλα τό βολτόμετρο τής συνεχούς τάσεως.

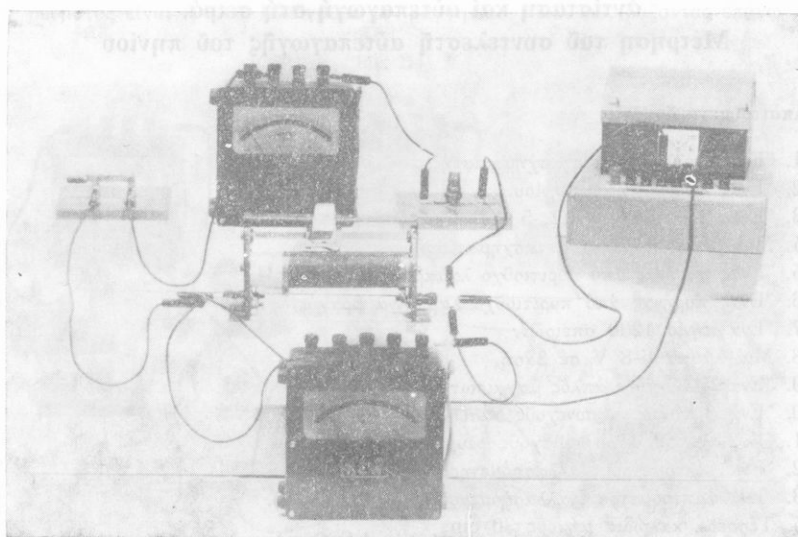
Εκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε από τό μετασχηματιστή τό κύκλωμα μέ τάση 10-14 V και, αφού κλείσουμε τό διακόπτη, ρυθμίζουμε τό ποτενσιόμετρο έτσι, πού τό βολτόμετρο νά δείχνει όρισμένη τάση π.χ. 8 V.



Εικ. 252

Εικ. 253



Παρατηρούμε πώς ή λάμπα φωτοβολεί και τό άμπερόμετρο δείχνει τήν ένταση του ρεύματος π.χ. 0,65 Α (είκ. 252).

- β) Άφαιρούμε τόν άνορθωτή και τροφοδοτούμε τό ροοστάτη άπευθείας από τό μετασχηματιστή μέ έναλλασσόμενη τάση 10-12 V. Άλλάζουμε και τά όργανα γιά τή μέτρηση του συνεχούς ρεύματος μέ τά αντίστοιχα γιά τό έναλλασσόμενο και, κλείνοντας τό διακόπτη, ρυθμίζουμε τό ποτενσιόμετρο έτσι, πού τό βολτόμετρο νά δείχνει ενεργό τάση 8 V. Παρατηρούμε πώς ή φωτοβολία της λάμπας είναι ή ίδια σάν και πρώτα και ή ένδειξη του άμπερόμετρου είναι πάλι 0,65 Α (είκ. 253).

Συμπέρασμα

Τό έναλλασσόμενο ρεύμα πού περνά από ένα κύκλωμα πού έχει μόνο όμική αντίσταση συμπεριφέρεται σάν και τό συνεχές. Ίσχύει

$$\text{πάλι } I = \frac{V}{R}.$$

ΠΕΙΡΑΜΑ 58ο

581 313

Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει όμική αντίσταση και αùτεπαγωγή στή σειρά.

Μέτρηση του συντελεστή αùτεπαγωγής του πηνίου

Άπαιτούμενα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Ένας ροοστάτης 10 Ω, 5 Α.
4. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
5. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
6. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
7. Ένα πηνίο 1200 σπειρών.
8. Μιά λάμπα 6-8 V σέ βάση.
9. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.
10. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
11. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
12. Ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενης τάσεως (A.C.).
13. Ένα άμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
14. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.

15. Τρία καλώδια μήκους 1 m.
16. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
17. Τέσσερις μπανάνες διχαλωτές.
18. Δύο πολλαπλά βύσματα.

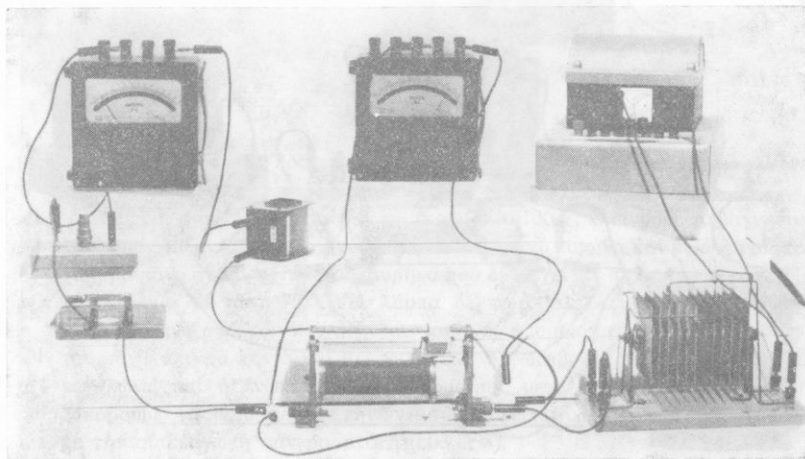
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

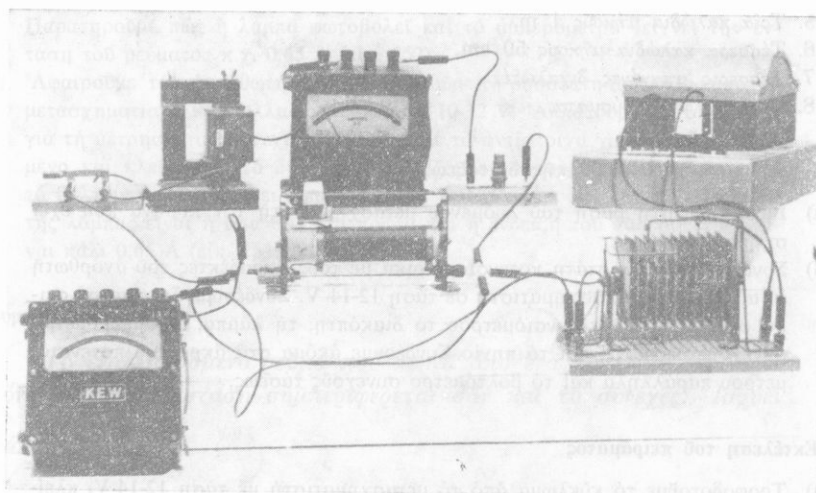
- α) Βιδώνουμε στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα που έχει σχήμα U.
- β) Συνδέουμε το ροοστάτη ποτενσιομετρικά με τους άκροδέκτες του άνορθωτή κι αυτόν με το μετασχηματιστή σε τάση 12-14 V. Συνδέουμε ύστερα σε σειρά στα άκρα του ποτενσιόμετρου το διακόπτη, τη λάμπα, το άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος και το πηνίο. Συνδέουμε ακόμα στα άκρα του ποτενσιόμετρου παράλληλα και το βολτόμετρο συνεχούς τάσεως.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε το κύκλωμα από το μετασχηματιστή με τάση 12-14 V, κλείνουμε το διακόπτη και παίρνουμε ποτενσιομετρικά τάση 9 V. Η λάμπα φωτοβολεί και το άμπερόμετρο δείχνει την ένταση του ρεύματος π.χ. 0,6 A (είκ. 254). Βρίσκουμε την ωμική αντίσταση του κυκλώματος $R_{\Omega} = \frac{V}{I} = 15\Omega$.
- β) Προσαρμόζουμε το πηνίο στο βραχίονα του πυρήνα U, όποτε η ένταση του ρεύματος είναι η ίδια. Κλείνουμε το μαγνητικό κύκλωμα, βάζοντας επάνω

Είκ. 254

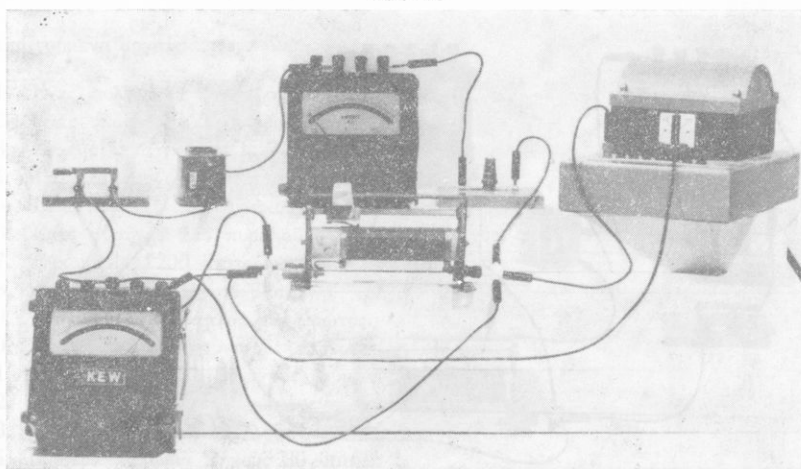




Εικ. 255

- από το πηνίο το βραχύ πυρήνα, όποτε η ένταση του ρεύματος μένει η ίδια (εικ. 255). Σ' αυτές τις περιπτώσεις μεγαλώσαμε διαδοχικά την αυτεπαγωγή (L) του πηνίου. Αυτή δεν είχε καμιά επίδραση στο συνεχές ρεύμα.
- γ) Βγάζουμε τόν άνορθωτή από το κύκλωμα, συνδέουμε κατευθείαν από το μετασχηματιστή σε τάση 10 V, αντικαθιστούμε τα όργανα βολτόμετρο και άμπερόμετρο με τα αντίστοιχα για το έναλλασσόμενο ρεύμα και αφήνουμε

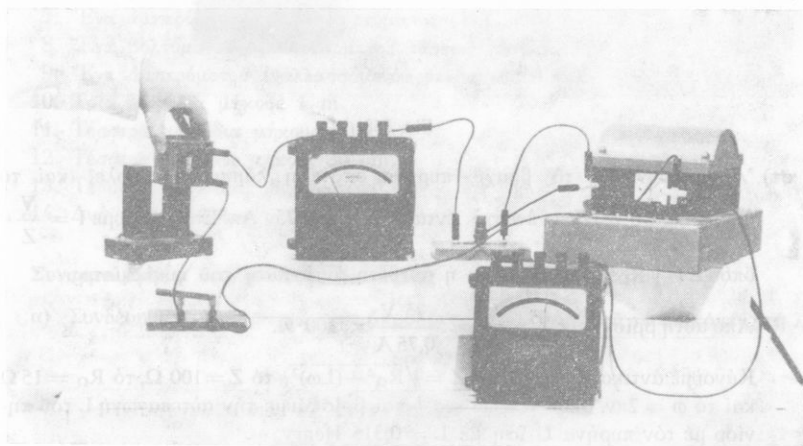
Εικ. 256



τό πηνίο έξω από τόν πυρήνα. Παίρνουμε μέ τό ποτενσιόμετρο ενεργό τάση 9 V, όση καί πρῶτα μέ τό συνεχές ρεύμα, καί κλείνουμε τό διακόπτη. Τώρα τό άμπερόμετρο δείχνει ένταση 0,45 A καί ή λάμπα δέ φωτοβολεί (είκ. 256). Στο κύκλωμα μπήκε μιá αντίσταση.

Τοποθετούμε τό πηνίο στό βραχίονα τοῦ πυρήνα U, όποτε ή ένταση τοῦ ρεύματος γίνεται σχεδόν μηδέν. Η αντίσταση δηλαδή μεγάλωσε, αὐξήθηκε όμως καί ή αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου πού εἶναι καί ή αἰτία τῆς αντίστάσεως. Η αὐτεπαγωγή ενεργεί στό εναλλασσόμενο ρεύμα σάν αντίσταση $R_L = L\omega$.

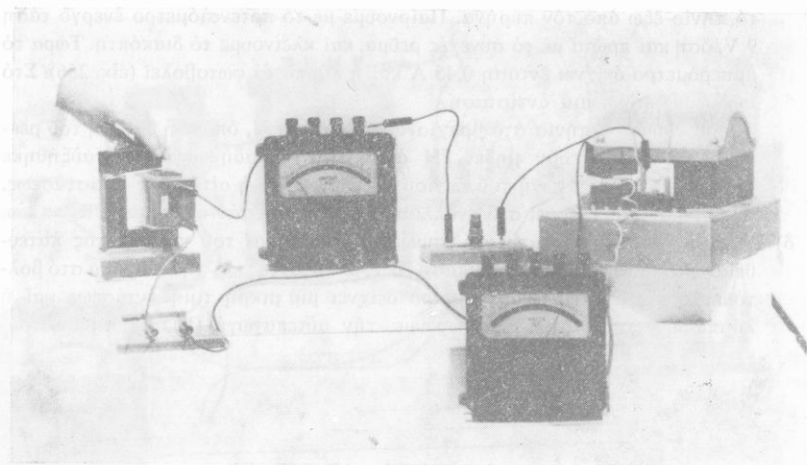
- δ) Ἀφαιρούμε τό ροοστάτη καί συνδέουμε τά άκρα τοῦ κυκλώματος κατευθείαν στό μετασχηματιστή σέ τάση 30 V, αλλάζοντας καί τήν κλίμακα στό βολτόμετρο σέ 0-50 V. Τό άμπερόμετρο δείχνει μιá μικρή τιμή έντάσεως καί ή λάμπα δέ φωτοβολεί. Ἐλαττώνουμε τήν αὐτεπαγωγή (L) τοῦ πηνίου τρα-



Είκ. 257

βώντας το σιγά σιγά πρὸς τά πάνω· ή ένδειξη τοῦ άμπερόμετρον μεγάλώνει καί ή λάμπα φωτοβολεί όλο καί πió πολύ (είκ. 257).

- ε) Ἀλλάζουμε τήν κλίμακα τοῦ βολτόμετρον σέ 0-100 V, κλείνουμε τό μαγνητικό κύκλωμα, βάζοντας επάνω από τό πηνίο τό βραχύ πυρήνα καί βιδώνοντάς τον χαλαρά μόνο στό βραχίονα τοῦ πυρήνα πού δέν έχει τό πηνίο, τροφοδοτούμε τό κύκλωμα μέ τάση 75 V. Η λάμπα δέ φωτοβολεί. Στρέφουμε τό βραχύ πυρήνα γύρω από τόν κοχλία έτσι, πού νά απομακρύνεται από τήν έπαφή του πάνω από τό πηνίο καί βλέπουμε πώς ή φωτοβολία τῆς λάμπας όλο καί μεγάλώνει καί ή ένδειξη τοῦ άμπερόμετρον μεγάλώνει συνέχεια κι αὐτή. Μπορούμε νά μεταβάλλουμε τήν ένταση τοῦ ρεύματος, όταν χρησιμοποιήσουμε τήν αὐτεπαγωγή σάν ροοστάτη (είκ. 258).



Εικ. 258

στ) Ἀπομακρύνουμε τὸ βραχύ πυρήνα, ὅποτε ἡ λάμπα φωτοβολεῖ καὶ τὸ ἀμπερόμετρο δείχνει ἐνεργὸ ἔνταση $I = 0,75 \text{ A}$. Ἐτσι ἔχουμε $I = \frac{V}{Z}$,

ὅπου $Z = \sqrt{R_\Omega^2 + (L\omega)^2}$ εἶναι ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος.

$$\text{Ἀπὸ αὐτὴ βρίσκουμε } Z = \frac{V}{I} = \frac{75 \text{ V}}{0,75 \text{ A}} = 100 \Omega.$$

Κάνουμε ἀντικατάσταση στὴ $Z = \sqrt{R_\Omega^2 + (L\omega)^2}$, τὸ $Z = 100 \Omega$, τὸ $R_\Omega = 15 \Omega$ καὶ τὸ $\omega = 2\pi\nu$, ὅπου $\nu = 50 \text{ sec}^{-1}$ καὶ βρίσκουμε τὴν αὐτεπαγωγὴ L τοῦ πηνίου μὲ τὸν πυρήνα U ἴση μὲ $L = 0,315 \text{ Henry}$.

Συμπεράσματα

Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἑνὸς πηνίου δὲν ἔχει καμιά ἐπίδραση στὸ συνεχές ρεῦμα.

Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἑνὸς πηνίου ἐνεργεῖ σάν ἀντίσταση στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς L τοῦ πηνίου μὲ τὸν πυρήνα τοῦ σχήματος U βρέθηκε ἴσος μὲ $0,315 \text{ Henry}$.

Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει ωμική αντίσταση καί χωρητική αντίσταση (πυκνωτή) στη σειρά. Μέτρηση τής χωρητικότητας του πυκνωτή

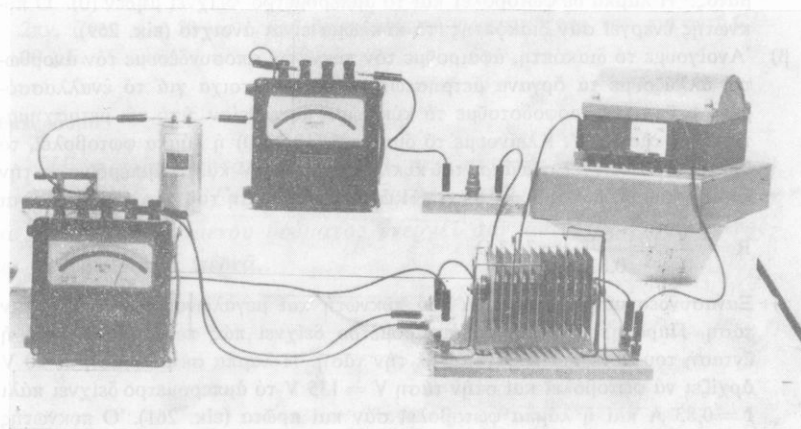
Απαραίτητα όργανα

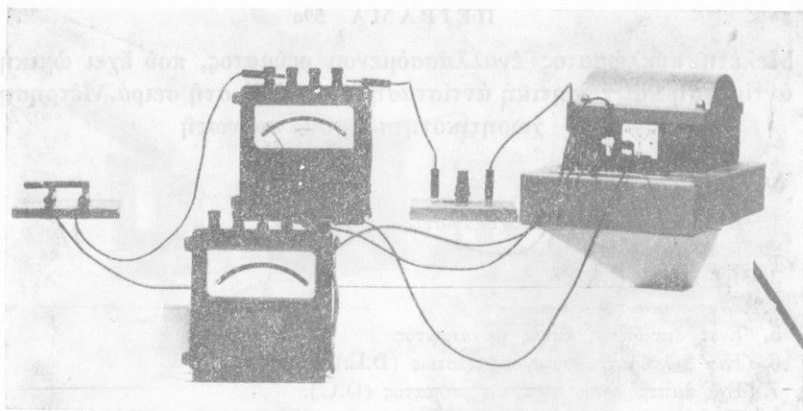
1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Μιά λάμπα 6-8 V.
4. Ένας πυκνωτής 20 μF .
5. Ένας διακόπτης άπλως μαχαιρωτός.
6. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
7. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
8. Ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενης τάσεως (A.C.).
9. Ένα άμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
10. Τρία καλώδια μήκους 1 m.
11. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
12. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
13. Τέσσερις μπανάνες διχλωτές.
14. Δύο κροκόδειλοι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

α) Συνδέουμε στη σειρά με τούς άκροδέκτες του άνορθωτή τό διακόπτη, τή λά-

Είκ. 259





Εικ. 260

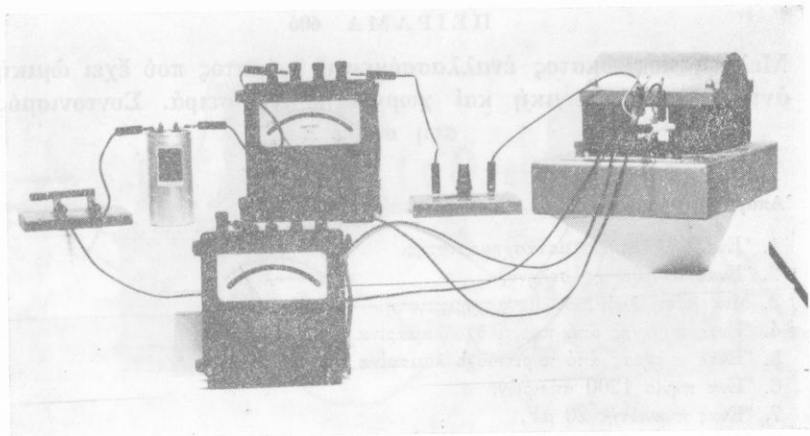
μπα, τό άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος καί τόν πυκνωτή. Συνδέουμε άκόμα παράλληλα στους ίδιους άκροδέκτες τό βολτόμετρο συνεχούς τάσεως στήν κλίμακα 0-50 V.

Έκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη καί τροφοδοτοῦμε τό κύκλωμα από τό μετασχηματιστή μέ τάση 6 V, αὐξάνοντάς τη συνέχεια ὡς τά 42 V. Τό βολτόμετρο στους πόλους τοῦ άνορθωτή μᾶς δείχνει κάθε φορά τήν τάση στά ἄκρα τοῦ κυκλώματος. Ἡ λάμπα δέ φωτοβολεῖ καί τό άμπερόμετρο δείχνει μηδέν (0). Ὁ πυκνωτής ἐνεργεῖ σάν διακόπτης· τό κύκλωμα εἶναι άνοιχτό (εἰκ. 259).
- β) Ἀνοίγουμε τό διακόπτη, ἀφαιροῦμε τόν πυκνωτή, ἀποσυνδέουμε τόν άνορθωτή, ἀλλάζουμε τά ὄργανα μετρήσεως μέ τά αντίστοιχα γιά τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα καί τροφοδοτοῦμε τό κύκλωμα κατευθειάν ἀπό τό μετασχηματιστή μέ τάση 6 V. Κλείνουμε τό διακόπτη (εἰκ. 260)· ἡ λάμπα φωτοβολεῖ, τό βολτόμετρο δείχνει στά ἄκρα τοῦ κυκλώματος $V=6\text{ V}$ καί τό άμπερόμετρο τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος $I=0,83\text{ A}$. Ἡ ὠμική αντίσταση τοῦ κυκλώματος εἶναι

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6\text{ V}}{0,83\text{ A}} = 7,23\ \Omega.$$

- γ) Ξανασυνδέουμε στό κύκλωμα τόν πυκνωτή καί μεγαλώνουμε συνέχεια τήν τάση. Παρατηροῦμε πῶς τό άμπερόμετρο δείχνει πῶς περνᾷ ρεύμα, πού ἡ ἔντασή του συνέχεια αὐξάνεται μέ τήν τάση. Ἡ λάμπα σέ μιά τάση 80-90 V ἀρχίζει νά φωτοβολεῖ καί στήν τάση $V=135\text{ V}$ τό άμπερόμετρο δείχνει πάλι $I=0,83\text{ A}$ καί ἡ λάμπα φωτοβολεῖ σάν καί πρῶτα (εἰκ. 261). Ὁ πυκνωτής



Είκ. 261

επιτρέπει στο εναλλασσόμενο ρεύμα νά περάσει, αλλά παρουσιάζει σ' αυτό μία αντίσταση, τή χωρητική αντίσταση $R_c = \frac{1}{C\omega}$.

Από αυτά πού μᾶς δόθηκαν στό πείραμα καί σύμφωνα μέ τό νόμο τοῦ Ohm ἔχουμε πώς ἡ ὅλική αντίσταση τοῦ κυκλώματος (σύνθετη αντίσταση) εἶναι

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{135 \text{ V}}{0,83 \text{ A}} = 163 \, \Omega, \text{ ἀλλά } Z = \sqrt{R_{\Omega}^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}}.$$

Γιά νά βροῦμε τό C , ἀντικαθιστοῦμε τό $Z = 163 \, \Omega$, τό $R = 7,23 \, \Omega$ καί τό $\omega = 2\pi\nu$, ὅπου $\nu = 50 \text{ sec}^{-1}$, καί βρίσκουμε τή χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ $C = 20 \, \mu\text{F}$.

Συμπέρασμα

Ἡ χωρητικότητα (πυκνωτής) στό συνεχές ρεύμα παρουσιάζει ἄπειρο αντίσταση. Ἐνεργεῖ σάν διακόπτης. Ὁ πυκνωτής στό κύκλωμα τοῦ εναλλασσόμενου ρεύματος ἐνεργεῖ σάν αντίσταση καί ἐπιτρέπει στό ρεύμα νά περνᾷ.

Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος πού έχει ωμική αντίσταση, επαγωγική και χωρητική στη σειρά. Συντονισμός στη σειρά

Απαραίτητα όργανα

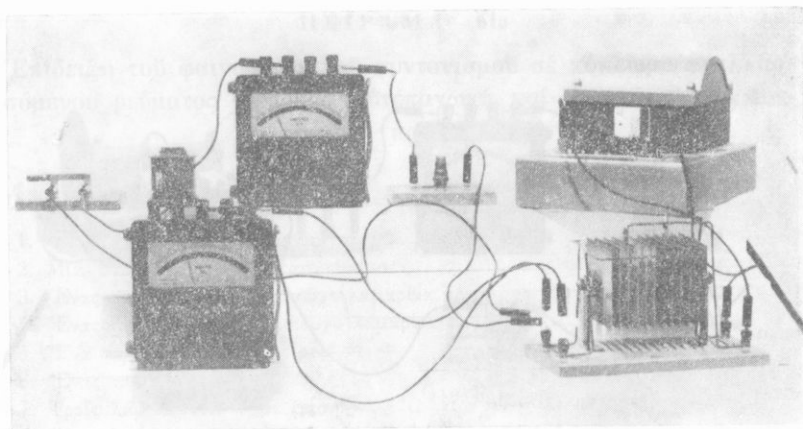
1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου.
3. Μία βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
5. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
6. Ένα πηνίο 1200 σπειρών.
7. Ένας πυκνωτής 20 μF .
8. Μία λάμπα 6-8 V σέ βάση.
9. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
10. Ένα άμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
11. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
12. Ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενης τάσεως (A.C.).
13. Δύο καλώδια μήκους 30 cm.
14. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
15. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
16. Δύο κροκόδειλοι.
17. Τέσσερις μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τον πυρήνα του σχήματος U.
- β) Συνδέουμε στη σειρά με τους άκροδέκτες του άνορθωτή τό διακόπτη, τη λάμπα, τό άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος και τό πηνίο. Συνδέουμε ακόμα στους ίδιους άκροδέκτες παράλληλα τό βολτόμετρο συνεχούς τάσεως.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη και τροφοδοτούμε τό κύκλωμα από τό μετασχηματιστή μέ τάση 20-30 V. Έη λάμπα φωτοβολεί, τό άμπερόμετρο δείχνει ένταση του ρεύματος I και τό βολτόμετρο την τάση U στά άκρα του κυκλώματος (είκ. 262). Έη ωμική αντίσταση του κυκλώματος είναι $R_0 = \frac{V}{I}$ (1).
- β) Κόβουμε τό ρεύμα, βγάζουμε από τό κύκλωμα τον άνορθωτή, βάζουμε τό πη-



Εικ. 262

νίο στόν ένα βραχίονα του πυρήνα U και συμπληρώνουμε τό μαγνητικό κύκλωμα μέ τό βραχύ πυρήνα πάνω από τό πηνίο, πού τόν βιδώνουμε χαλαρά μόνο στό βραχίονα του πυρήνα πού δέν έχει πηνίο. Συνδέουμε τώρα στή σειρά στους άκροδέκτες του μετασχηματιστή σέ τάση 20-30 V τό διακόπτη, τή λάμπα, τό άμπερόμετρο (A.C.), τό πηνίο καί τόν πυκνωτή. Συνδέουμε άκόμα παράλληλα μέ τους ίδιους άκροδέκτες τό βολτόμετρο (A.C.). Διαλέγουμε μιά τάση τέτοια, πού τό βολτόμετρο νά δείχνει τιμή V , όση έδειχνε καί πρώτα στό συνεχές ρεύμα.

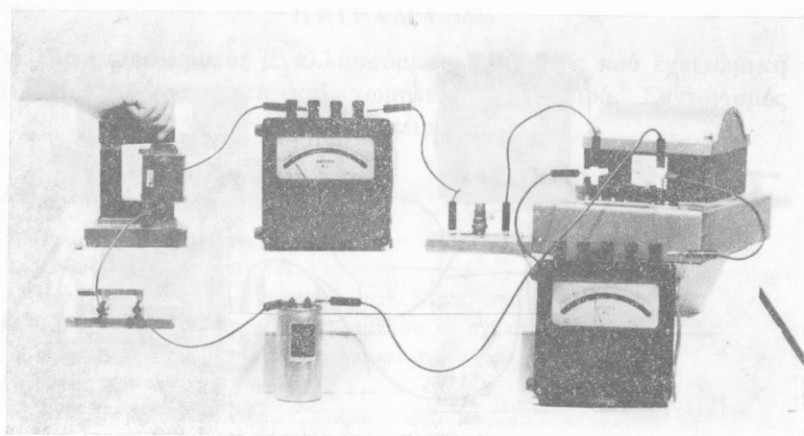
- γ) Κλείνουμε τό διακόπτη· τό άμπερόμετρο δείχνει πώς περνά ρεύμα, ή λάμπα όμως δέ φωτοβολεί, δηλ. ή ένταση του ρεύματος είναι μικρή, γιατί ή σύνθετη

άντίσταση στό κύκλωμα είναι μεγάλη, $Z = \sqrt{R_{\Omega}^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$.

Στρέφουμε σιγά σιγά τό βραχύ πυρήνα γύρω από τόν κοχλία του μέ τρόπο, πού ή επαφή του μέ τόν πυρήνα U πάνω από τό πηνίο νά έλαττώνεται (εικ. 263). Η άυτεπαγωγή του πηνίου έλαττώνεται καί ή επαγωγική αντίσταση του πηνίου $L\omega$ τό ίδιο. Η ένδειξη του άμπερόμετρου μεγαλώνει καί ή λάμπα φωτοβολεί συνέχεια όλο καί πίο πολύ.

Αν εξακολουθήσουμε νά στρέφουμε τόν πυρήνα, ή ένταση του ρεύματος καί ή φωτοβολία της λάμπας παίρνουν τήν πίο μεγάλη τιμή καί στή συνέχεια έλαττώνονται. Αν παρατηρήσουμε ατή τήν πίο μεγάλη τιμή της έντάσεως, τή βρίσκουμε ίση μέ τήν προηγούμενη τιμή I του συνεχούς ρεύματος.

Είναι φανερό πώς ή τιμή του λόγου $\frac{V}{I} = Z$ (2) χαρακτηρίζει τήν τιμή της σύνθετης αντίστάσεως του κυκλώματος γιά τήν κατάσταση ατή.



Εικ. 263

Συγκρίνοντας τις εξισώσεις (1) και (2) βρίσκουμε πώς $R_0 = Z$ ή

$$R_0 = \sqrt{R_0^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}, \text{ και από αυτή τη σχέση έχουμε}$$

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \quad \text{ή} \quad L\omega = \frac{1}{C\omega}.$$

Λέμε τότε πώς το κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό.

Συμπεράσματα

Σέ κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει ωμική, επαγωγική και χωρητική αντίσταση, ή ένταση του ρεύματος εξαρτάται από τις σχετικές τιμές της επαγωγικής και της χωρητικής αντιστάσεως για όρισμένη ωμική αντίσταση.

Όταν ή επαγωγική και ή χωρητική αντίσταση είναι ίσες, το κύκλωμα παρουσιάζει μόνο την ωμική αντίσταση και ή ένταση παίρνει την πιο μεγάλη τιμή. Τό κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό.

Ἐπίδειξη τοῦ φαινομένου τοῦ συντονισμοῦ σέ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος πού ἔχει αὐτεπαγωγή καί χωρητικότητα συνδεμένες παράλληλα

Ἀπαραίτητα ὄργανα

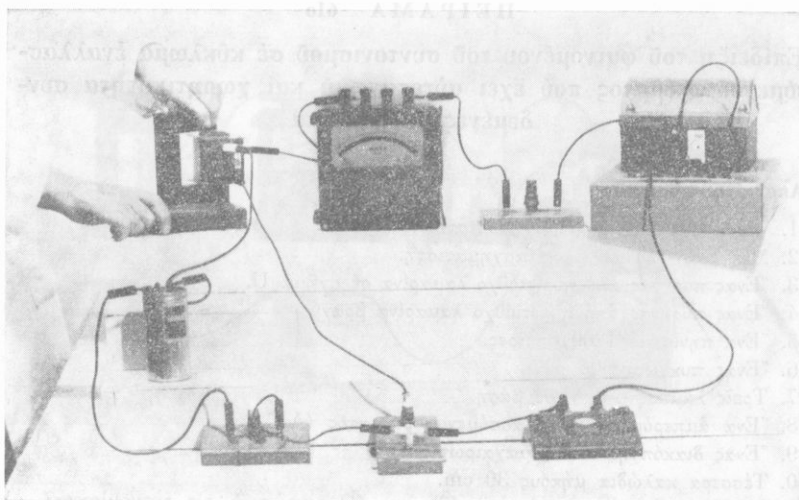
1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
4. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ἐνα πηνίο μέ 1200 σπείρες.
6. Ἐνας πυκνωτής 20 μF .
7. Τρεῖς λάμπες 6-8 V σέ βάση.
8. Ἐνα ἀμπερόμετρο ἐναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
9. Ἐνα διακόπτης ἀπλός μαχαιωτός.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
11. Ἐξί καλώδια μήκους 50 cm.
12. Ἐνα καλώδιο μήκους 1 m.
13. Δύο χρομόδειλοι.
14. Δύο μπανάνες διχλωτές.
15. Δύο πολλαπλά βύσματα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στή βάση τοῦ λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα μέ τό σχῆμα U, βάζουμε στόν ἕνα βραχίονά του τό πηνίο καί πάνω ἀπό αὐτό τό βραχύ πυρήνα, πού τόν βιδώνουμε χαλαρά μόνο στό βραχίονα πού δέν ἔχει πηνίο.
 - β) Συνδέουμε παράλληλα καί κατά τρόπο, πού νά σχηματιστεῖ κλειστό κύκλωμα, τόν ἕναν ἀκροδέκτη τοῦ πηνίου π.χ. τόν πιό χαμηλό μέ τή μιᾶ λάμπα Λ_L , τή λάμπα μέ τήν ἄλλη λάμπα Λ_c , ἀφοῦ στόν ἀκροδέκτη της βάλουμε τό ἕνα πολλαπλό βύσμα, κι αὐτή μέ τόν ἕναν ὅπλισμό τοῦ πυκνωτῆ καί κλείνουμε τό κύκλωμα, συνδέοντας τόν ἄλλο ὅπλισμό τοῦ πυκνωτῆ μέ τόν ἄλλο ἀκροδέκτη τοῦ πηνίου, πού σ' αὐτόν ἔχουμε τοποθετήσει τό ἄλλο πολλαπλό βύσμα. Ἐτσι ἔχουμε συναρμολογήσει ἕνα κύκλωμα Thomson.
- Συνδέουμε στή σειρά μέ τούς πόλους τοῦ πολλαπλοῦ μετασχηματιστή καί σέ τάση 75-85 V τήν τρίτη λάμπα Λ , τό ἀμπερόμετρο σέ κλίμακα 0-3 A, τό κύκλωμα Thomson καί τό διακόπτη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Κλείνουμε τό διακόπτη· τότε ἡ λάμπα Λ_c φωτοβολεῖ μέτρια. Παρατηροῦμε πώς ἡ λάμπα Λ φωτοβολεῖ λιγότερο καί ἡ Λ_L καθόλου. Τό ἀμπερόμετρο δείχνει



Είκ. 264

τήν ένταση του όλικου ρεύματος πού περνά από τή λάμπα Λ κι οί φωτοβολίες στίς λάμπες Λ_c καί Λ_L χαρακτηρίζουν τά ρεύματα των κλάδων πού έχουν αντίστοιχα τόν πυκνωτή καί τό πηνίο (είκ. 264).

- β) Στρέφουμε τό βραχύ πυρήνα σιγά σιγά γύρω από τόν κοχλία του έτσι, πού ή επαφή του μέ τόν πυρήνα U πάνω από τό πηνίο συνέχεια νά ελαττώνεται· τότε ή επαγωγική αντίσταση του πηνίου ελαττώνεται, ή λάμπα Λ_L αρχίζει νά φωτοβολεί, ή φωτοβολία τής λάμπας Λ_c μεγαλώνει καί σέ μιά στιγμή οί λάμπες Λ_c καί Λ_L φωτοβολούν τό ίδιο. Από τούς κλάδους του κυκλώματος περνά τό ίδιο ισχυρό ρεύμα. Παρατηρούμε πώς ή λάμπα Λ δέ φωτοβολεί καθόλου καί ή ένδειξη του άμπερόμετρου είναι μηδέν (0). Τό κύριο κύκλωμα δέ διαρρέεται από ρεύμα. Τά δυό ρεύματα των κλάδων φτάνουν στους κόμπους πού συναντιούνται μέ διαφορά φάσεως 180° , όπότε άναιρεί τό ένα τό άλλο· έτσι ρεύμα κυκλοφορεί μόνο στους δυό κλάδους του κυκλώματος. Αυτό γίνεται, μόνο όταν οί έντάσεις των δυό ρευμάτων είναι ίσες ή όταν οί αντιστάσεις των δυό κλάδων είναι ίσες ή όταν $R_L = R_c$ ή $L\omega = \frac{1}{C\omega}$, όποτε υπάρχει συντονισμός.

Συμπέρασμα

Αν έχουμε αυτεπαγωγή καί χωρητικότητα συνδεδεμένες παράλληλα σ' ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, τό κύριο ρεύμα μη-

δενίζεται καί κυκλοφορεῖ ρεῦμα μόνο στους κλάδους τοῦ κυκλώματος, ὅταν ἔχουμε $L\omega = \frac{I}{C\omega}$.

Σημείωση

Πετυχαίνουμε τὸ συντονισμό, ὅταν ἰσχύει ἡ σχέση $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ἢ

$T = 2\pi \sqrt{LC}$. Ἄν στὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐφαρμοστεῖ καὶ ἄλλη ἐναλλασσόμενη τάση κυκλικῆς συχνότητος ω' , γι' αὐτὴ δὲν ὑπάρχει συντονισμός καὶ στὸ κύριο κύκλωμα θά κυκλοφορεῖ ρεῦμα ποῦ θά εἶναι ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς δευτέρας τάσεως.

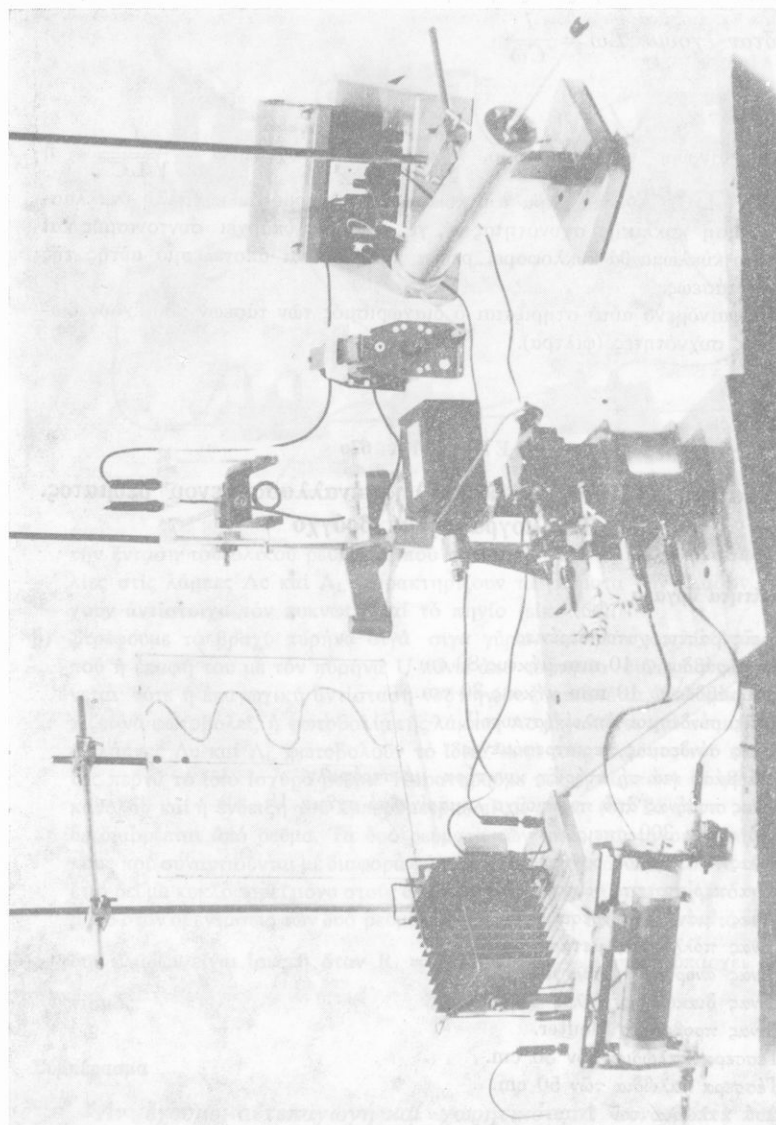
Στὸ φαινόμενο αὐτὸ στηρίζεται ὁ διαχωρισμός τῶν τάσεων ποῦ ἔχουν διαφορετικὲς συχνότητες (φίλτρα).

ΠΕΙΡΑΜΑ 62ο

Πειραματικὴ εὕρεση τῆς καμπύλης ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Παλμογράφος μέ βρόγχο

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Τρεῖς βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Τρεῖς ράβδοι ϕ 10 mm μήκους 80 cm.
3. Μία ράβδος ϕ 10 mm μήκους 30 cm.
4. Τρεῖς σύνδεσμοι ἀπλοί (σταυροί).
5. Ἕνας σύνδεσμος περιστρεφόμενος.
6. Μία βάση γιὰ τὴ στήριξη κινητήρα μέ στρόφαλο.
7. Ἕνας πυρήνας ἀπὸ πυριτιοῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
8. Δυὸ πηνία 300 σπειρῶν.
9. Ἕνας ηλεκτρικὸς κινητήρας.
10. Ἕνα περιστρεπτό κάτοπτρο.
11. Ἕνας ἱμάντας συνδέσεως.
12. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
13. Ἕνας ἀνορθωτὴς σεληνίου.
14. Ἕνας διακόπτης ἀπλὸς μαχαίρωτός.
15. Ἕνας προβολέας Reuter.
16. Τέσσερα καλώδια τῶν 30 cm.
17. Τέσσερα καλώδια τῶν 50 cm.
18. Δυὸ καλώδια τοῦ 1 m.
19. Δυὸ ροοστάτες 10 Ω , 5 A.



Εικ. 265

20. Ένας βρόγχος σε πλαίσιο.
21. Ένας πεταλοειδής μαγνήτης με στέλεχος, που μπορεί να προσαρμοστεί στο πηνίο του βρόγχου.
22. Μία οθόνη αδιαφανής.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στη βάση τον πυρήνα του σχήματος U και σ' αυτόν συναρμολογούμε τον κινητήρα. Βγάζουμε από το στρόφαλο της βάσεως τη λαβή και στη θέση της συναρμολογούμε το περιστρεπτό κάτοπτρο. Συνδέουμε την τροχαλία του κινητήρα με την τροχαλία του κατόπτρου με τον ίμαντα.
- β) Προσαρμόζουμε τον πεταλοειδή μαγνήτη στο πλαίσιο του βρόγχου, συναρμολογούμε ορθοστάτη και πάνω σ' αυτόν στηρίζουμε τη διάταξη του βρόγχου με το βρόγχο κατακόρυφο.
- γ) Συναρμολογούμε δεύτερο ορθοστάτη και πάνω σ' αυτόν με τον περιστρεφόμενο σύνδεσμο στηρίζουμε τον προβολέα Reuter που έχει το διάφραγμα με την κυκλική όπη.
- δ) Συναρμολογούμε και τρίτο ορθοστάτη και στη μέση του με ένα σύνδεσμο στερεώνουμε οριζόντια τη ράβδο των 30 cm και σ' αυτή με άλλο σύνδεσμο την οθόνη με το στέλεχος της προς τα πάνω.

Έκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τον προβολέα Reuter με τάση 6-8 V και ρυθμίζουμε τις θέσεις όλων των μερικών διατάξεων της πειραματικής εγκαταστάσεως έτσι, που μία στενή φωτεινή δέσμη που ξεκινά από τον προβολέα να ανακλάται πρώτα στο κάτοπτρο του βρόγχου, ύστερα πάνω στο περιστρεπτό κάτοπτρο και τελικά να πέφτει πάνω στην οθόνη που πάνω της θα σχηματίζει μία φωτεινή κηλίδα.
- β) Τροφοδοτούμε το βρόγχο με εναλλασσόμενη τάση 2-4 V, βάζοντας μέσα στο κύκλωμα και το ροοστάτη. Ρυθμίζουμε με τον ειδικό κοχλία το τένωμα των συρμάτων του βρόγχου έτσι, που το κάτοπτρό του να πάλλεται με το πιο μεγάλο πλάτος. Παρατηρούμε στην οθόνη πώς η φωτεινή κηλίδα φαίνεται τώρα σαν οριζόντια φωτεινή γραμμή εξαιτίας της διάρκειας του αίσθηματος (μεταισθήματος).
- γ) Τροφοδοτούμε τελικά τον κινητήρα με συνεχή τάση 10-20 V, βάζοντας στο κύκλωμα το δεύτερο ροοστάτη. Το περιστρεπτό κάτοπτρο περιστρέφεται και στην οθόνη παρατηρούμε μία ήμιτονοειδή καμπύλη, τη χαρακτηριστική του εναλλασσόμενου ρεύματος. Με το ροοστάτη ρυθμίζουμε τις στροφές του κινητήρα έτσι, που να πετυχαίνουμε το πιο καλό αποτέλεσμα (εικ. 265)

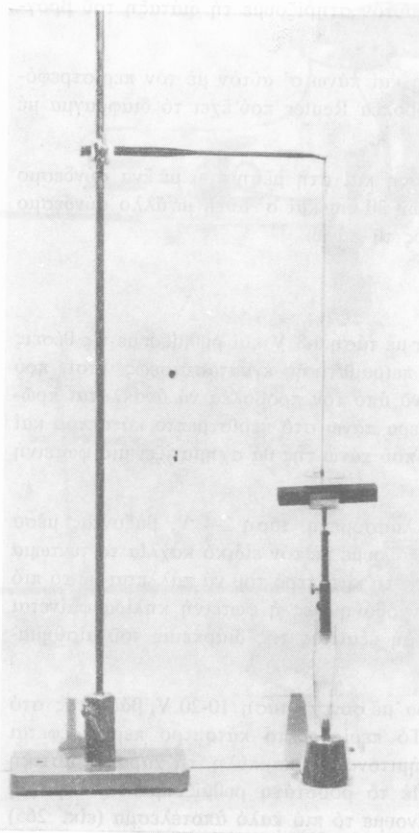
Συμπέρασμα

Με τόν παλμογράφο μέ βρόγχο μπορούμε νά δείξουμε τήν εικόνα της περιοδικής μεταβολής του εναλλασσόμενου ρεύματος, δηλ. τή χαρακτηριστική ήμιτονοειδή καμπύλη αὐτοῦ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 63ο

Ἀρχή τῆς λειτουργίας τῶν ἐπαγωγικῶν ἠλεκτροκινητῶρων

Εἰκ. 266



Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος $\varnothing 10$ mm μήκους 80 m.
3. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
4. Ἕνα ἄγκιστρο.
5. Ἕνας δίσκος ἀπό ἀλουμίνιο ἢ χαλκό $\varnothing 6-8$ cm πού ἔχει στό κέντρο ἄγκιστρο (ὁ δίσκος τῆς συσκευῆς ὑδροστατικῆς πίεσεως).
6. Ἕνα κομμάτι ἀπό κοινό νῆμα 30-40 cm.
7. Ἕνας μονωτικός στύλος σέ βάση.
8. Ἕνα σάγμα γιά στήριξη ραβδόμορφου μαγνήτη μέ ἀκίδα στήριξεως.
9. Ἕνα ζευγάρι ραβδόμορφων μαγνητῶν.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί στό πάνω ἄκρο της συνδέουμε μέ τόν σύνδεσμο τόν ἄγκιστρο. Προσδένουμε μέ τόν νῆμα τόν δίσκο ἀπό ἀλουμίνιο καί τόν κρεμάμε ἀπό τόν ἄγκιστρο, φροντίζοντας τόν ἐπίπεδό του νά εἶναι ὀριζόντιο.

- β) Πάνω στο μονωτικό στύλο προσαρμόζουμε την άκίδα με το σάγμα, πού πάνω του τοποθετούμε οριζόντιο το ραβδόμορφο μαγνήτη.
- Τοποθετούμε το μονωτικό στύλο κάτω από το δίσκο και κανονίζουμε το ύψος του άγκίστρου τόσο, πού νά απέχει ο δίσκος πολύ λίγο από το μαγνήτη.

Εκτέλεση του πειράματος

Θέτουμε σε περιστροφική κίνηση το μαγνήτη γύρω από κατακόρυφο άξονα. Παρατηρούμε πώς και ο δίσκος στρέφεται κατά την ίδια φορά (είκ. 266). Όταν περιστρέφεται ο μαγνήτης, έχουμε ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο πού παρασύρει σε περιστροφή το δίσκο κατά την ίδια φορά, γιατί πάνω σ' αυτόν αναπτύσσονται ρεύματα Foucault.

Συμπέρασμα

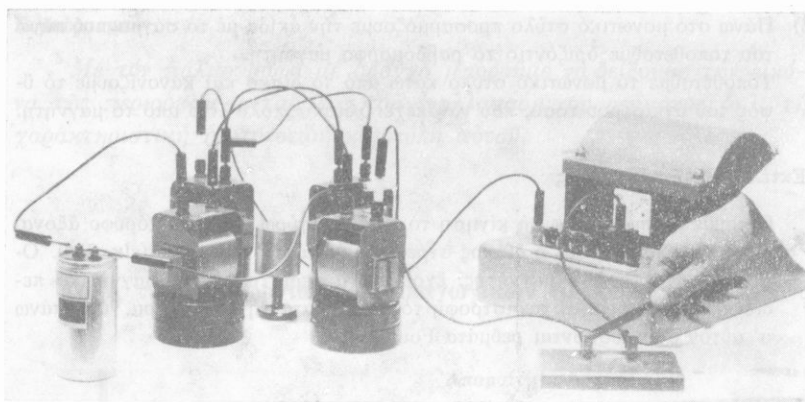
Όταν ένας αγωγός πού πάνω του είναι δυνατό νά αναπτυχθούν ρεύματα Foucault βρίσκεται μέσα σέ στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο κι είναι τοποθετημένος έτσι, πού νά μπορεί νά στρέφεται γύρω από άξονα κάθετο στή διεύθυνση του πεδίου, τότε ο αγωγός αυτός στρέφεται μέ γωνιακή ταχύτητα πού πάει νά γίνει ίδια μέ την ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 64ο

Πραγματοποίηση ασύγχρονου κινητήρα

Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Τέσσερα πηνία 1200 σπειρών.
3. Τέσσερις πυρήνες βραχείς από πυριτιούχο λαμαρίνα.
4. Ένας χάλκινος κύλινδρος $\varnothing$ 5 cm ύψους 6-8 cm.
5. Μιά άκίδα γιά στήριξη μαγνητικής βελόνας.
6. Ένας πυκνωτής 20 μ F.
7. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
8. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
9. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
10. Δυό πολλαπλά βύσματα.
11. Ένας διακόπτης άπλός μαχαιρωτός.



Εικ. 267

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- Συνδέουμε τά πηνία δύο δύο με τά καλώδια των 30 cm καί φροντίζουμε νά διαρρέονται από ρεύμα με την ίδια φορά. Τά τοποθετούμε με τέτοιο τρόπο, πού οί άξονες των πηνίων κατά ζευγάρι νά είναι συνέχεια καί οί άξονες των δύο ζευγαριών κάθετοι ό ένας στον άλλο. Βάζουμε μέσα στά πηνία τούς πυρήνες.
- Συνδέουμε τά δύο άκρα του ενός ζευγαριού των πηνίων με τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 20 V, βάζοντας στό κύκλωμα καί τό διακόπτη. Στά ίδια άκρα των πηνίων συνδέουμε παράλληλα τά δύο άκρα του άλλου ζευγαριού των πηνίων, βάζοντας στό κύκλωμα στή σειρά τόν πυκνωτή.
- Στό κέντρο των άξόνων των πηνίων πού διασταυρώνονται τοποθετούμε τήν άκίδα στηρίξεως τής μαγνητικής βελόνας καί πάνω σ' αυτή στηρίζουμε άνάποδα τό χάλκινο κύλινδρο. Τοποθετούμε τά πηνία σέ κατάλληλα ύποστηρίγματα έτσι, πού τά κέντρα των πυρήνων νά βρίσκονται στό μισό του ύψους του χάλκινου κυλίνδρου.

Εκτέλεση του πειράματος

Κλείνουμε τό διακόπτη καί παρατηρούμε πώς ό χάλκινος κύλινδρος στρέφεται γύρω από τήν άκίδα στηρίξεως (εικ. 267). Εξαιτίας του πυκνωτή ύπάρχει διαφορά φάσεως 90° στά ρεύματα των δύο κλάδων, με συνέπεια νά δημιουργείται στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, πού τό παρακολουθεί ό χάλκινος κύλινδρος, γιατί δημιουργούνται σ' αυτόν ρεύματα Foucault.

Συμπέρασμα

Οί ασύγχρονοι κινητήρες έχουν ως κινητό τμήμα κατάλληλη

διάταξη (κλωβό) πού στρέφεται μέσα σέ στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο μέ γωνιακή ταχύτητα πού πάει νά γίνει ἴση μέ τήν ταχύτητα τοῦ στρεφόμενου πεδίου.

Σημείωση 1η

Μποροῦμε νά πετύχουμε τό πείραμα καί μέ πηνία τῶν 600 ἢ καί τῶν 300 σπειρῶν, ἀλλά πρέπει τότε νά χρησιμοποιήσουμε πιό ψηλή τάση.

Σημείωση 2η

Ἀντί γιά τό χάλκινο κύλινδρο (Faraday) ΗΛ 130.0, μποροῦμε νά χρησιμοποιήσουμε ἕνα μεταλλικό δοχεῖο ΘΕ 110.0 ἢ τήν κυκλική πλάκα τῆς συσκευῆς ἰσορροπίας τύπου Γ (ΜΣ 070.0) ἢ ἀκόμα καί ἕνα μεταλλικό κουτί ἀπό κονσέρβα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 65ο

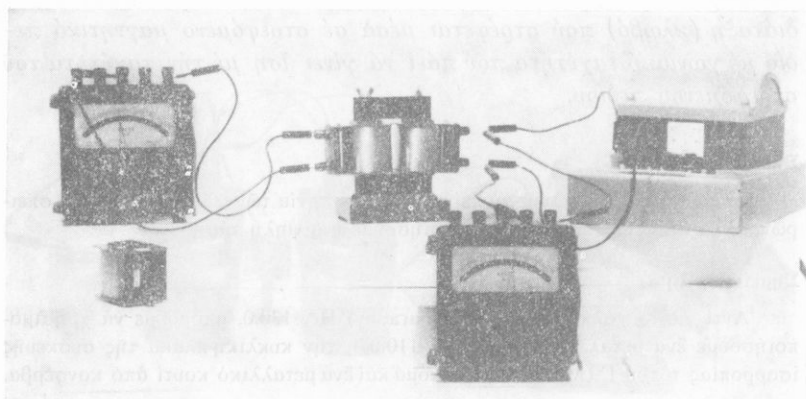
Πραγματοποίηση μετασχηματιστῆ γιά ὑψωση τάσεως καί γιά ὑποβιβασμό τάσεως

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστῆ.
3. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
4. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ἐνα πηνίο 300 σπειρῶν.
6. Ἐνα πηνίο 600 σπειρῶν.
7. Ἐνα πηνίο 1200 σπειρῶν.
8. Ἐνα βολτόμετρο ἐναλλασσόμενης τάσεως (Α.Υ.).
9. Δύο καλώδια μήκους 50 cm.
10. Δύο καλώδια μήκους 1 m.
11. Δύο πολλαπλά βύσματα.
12. Δύο μπανάνες διχαλωτές.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στή βάση τοῦ λυόμενου μετασχηματιστῆ τόν πυρήνα σέ σχῆμα U, βάζουμε σ' αὐτόν τά δύο πηνία τῶν 300 σπειρῶν καί τῶν 600 σπειρῶν καί πάνω ἀπό αὐτά τό βραχύ πυρήνα πού τόν βιδώνουμε στερεά. Πραγματοποιήσαμε ἔτσι ἕνα μετασχηματιστῆ ὑψώσεως ἢ υποβιβασμοῦ τάσεως.



Εικ. 268

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Προσαρμόζουμε στους ἀκροδέκτες τοῦ πηνίου τῶν 300 σπειρῶν τὰ δύο πολλαπλά βύσματα καί τὰ συνδέουμε μέ τό μετασχηματιστή σέ τάση π.χ. 6 V. Ἐπαληθεύουμε τήν τάση αὐτή, συνδέοντας παράλληλα στά ἴδια ἄκρα τοῦ πηνίου τῶν 300 σπειρῶν τό βολτόμετρο καί σημειώνουμε τήν ἔνδειξη (εἰκ. 268). Ἀποσυνδέουμε τό βολτόμετρο ἀπό τό πηνίο τῶν 300 σπειρῶν (πρωτεύον) καί τό συνδέουμε στους ἀκροδέκτες τοῦ πηνίου τῶν 600 σπειρῶν (δευτερεύον). Παρατηροῦμε πῶς ἡ ἔνδειξη τοῦ βολτόμετρου εἶναι περίπου διπλάσια τῆς πρώτης. Ἔτσι ἐπαληθεύουμε τή σχέση $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$, ὅπου n_1 καί n_2 εἶναι οἱ ἀριθμοί τῶν σπειρῶν καθενός ἀπό τὰ δύο πηνία.
- β) Τροφοδοτοῦμε τό πρωτεύον πηνίο μέ τάσεις 10 V, 20 V, 30 V καί βρίσκουμε ἀντίστοιχα στό δευτερεύον περίπου 20 V, 40 V, 60 V. Προσέχουμε νά χρησιμοποιοῦμε κάθε φορά τήν ἀνάλογη κλίμακα τοῦ βολτόμετρου. Ὁ μετασχηματιστής πού χρησιμοποιεῖται κατ' αὐτόν τόν τρόπο εἶναι μετασχηματιστής ὑψώσεως τάσεως.
- γ) Ἀντιστρέφουμε τό μετασχηματιστή καί χρησιμοποιοῦμε γιά πρωτεύον τό πηνίο τῶν 600 σπειρῶν, πού στους ἀκροδέκτες του τοποθετοῦμε τὰ πολλαπλά βύσματα καί τροφοδοτοῦμε μέ τάσεις 10 V, 20 V, 30 V, 42 V. Τό βολτόμετρο στά ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος (300 σπεῖρες) μᾶς δείχνει περίπου 5 V, 10 V, 15 V, 21 V ἀντίστοιχα. Ὁ μετασχηματιστής πού χρησιμοποιεῖται κατ' αὐτόν τόν τρόπο εἶναι μετασχηματιστής ὑποβιβασμοῦ τάσεως.
- δ) Ἀντικαθιστοῦμε τό πηνίο τῶν 600 σπειρῶν μέ τό πηνίο τῶν 1200 σπειρῶν καί σχηματίζουμε μετασχηματιστή μέ λόγο μετασχηματισμοῦ 1 : 4. Ἔργα-

ζόμαστε όπως και πιο πάνω και βρίσκουμε πάντοτε να ισχύει η σχέση

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Συμπέρασμα

Μέ το μετασχηματιστή μπορούμε να υψώσουμε ή να υποβιβάσουμε την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος, όποτε πάντα ο λόγος των τάσεων στά άκρα των δυό πηνίων θά είναι ἴσος μέ τό λόγο του αριθμοῦ των σπειρών τους, δηλ. τό λόγο μετασχηματισμοῦ τοῦ μετασχηματιστή.

ΠΕΙΡΑΜΑ 660

Πραγματοποίηση πολλαπλοῦ μετασχηματιστή υποβιβασμοῦ τάσεως 110 V σέ 2, 4, 6, 8 V

Ἀπαραίτητα ὄργανα

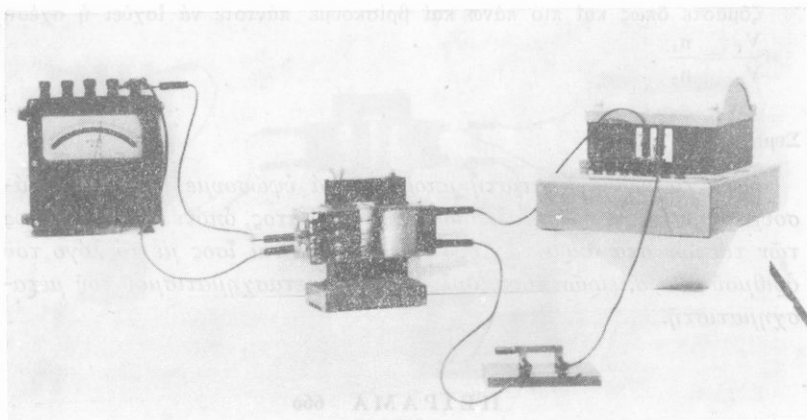
1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
4. Ἐνας πυρήνας βραχύς ἀπό πυριτιούχο λαμαρίνα.
5. Ἐνα πηνίο 600 σπειρών.
6. Ἐνα πηνίο πολλαπλό.
7. Ἐνας διακόπτης ἀπλός μαχαρωτός.
8. Τέσσερα καλώδια των 50 cm.
9. Ἐνα καλώδιο 1 m.
10. Δυό μπανάνες διχαλωτές.
11. Ἐνα βολτόμετρο ἐναλλασσόμενης τάσης (A.C.).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

Βιδώνουμε πάνω στή βάση τοῦ λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα σέ σχῆμα U καί στά δυό σκέλη του βάζουμε τά δυό πηνία. Τοποθετοῦμε πάνω ἀπό αὐτά τό βραχύ πυρήνα καί τόν βιδώνουμε μέ τούς κοχλίες. Ἔχουμε τώρα συναρμολογήσει ἕναν πολλαπλό μετασχηματιστή πού υποβιβάζει τήν τάση.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Συνδέουμε τούς ἀκροδέκτες τοῦ πηνίου των 600 σπειρών μέ τόν πολλαπλό



Εικ. 269

μετασχηματιστή σέ τάση 110 V καί βάζουμε στό κύκλωμα καί τό διακόπτη. Κλείνουμε τό διακόπτη καί συνδέουμε τό βολτόμετρο στους διάφορους άκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος πολλαπλοῦ πηνίου· διαπιστώνουμε πώς μπορούμε νά πάρουμε διάφορες τάσεις (εἰκ. 269).

Συμπέρασμα

Στό δευτερεῶν πηνίο ὑπάρχουν διάφοροι άκροδέκτες πού ἀντιστοιχοῦν κάθε φορά σέ διαφορετικό ἀριθμό σπειρῶν. Ἐτσι, συνδέοντας τό βολτόμετρο σέ διάφορους άκροδέκτες, παίρνουμε διάφορες τάσεις ἀνάλογα μέ τόν ἀριθμό τῶν σπειρῶν πού περιλαμβάνονται ἀνάμεσα στους άκροδέκτες πού χρησιμοποιοῦμε.

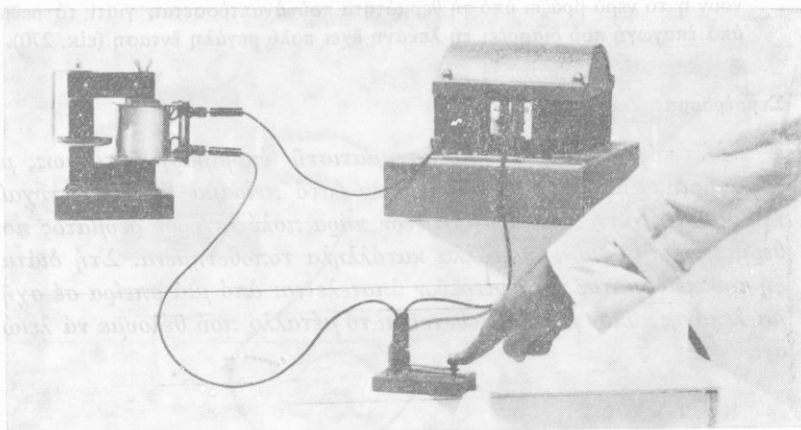
Μέ ἀνάλογο τρόπο λειτουργεῖ καί ὁ τυποποιημένος πολλαπλός μετασχηματιστής.

ΠΕΙΡΑΜΑ 670

Πραγματοποίηση ἐπαγωγικοῦ κλιβάνου

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.



Είκ. 270

3. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ένα πηνίο με 600 ή 300 σπείρες.
6. Μιά λεκάνη τήξεως μολύβδου.
7. Ένας διακόπτης μπουτόν.
8. Δυό καλώδια τών 50 cm.
9. Ένα καλώδιο του 1 m.
10. Κομμάτια μολύβδου ή κασσίτερου.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

α) Βιδώνουμε πάνω στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα σέ σχήμα U και βάζουμε τό πηνίο στόν ένα βραχίονα καί τή λεκάνη τήξεως στόν άλλο. Τοποθετούμε πάνω τό βραχύ πυρήνα καί τόν βιδώνουμε καλά μέ τούς κατάλληλους κοχλίες έτσι, πού ή κεφαλή (πεταλούδα) του κοχλίου πού είναι πρós τό μέρος τής λεκάνης νά συγκρατεί τό διχαλωτό άκρο του στελέχους της.

Έχουμε τώρα συναρμολογήσει ένα μετασχηματιστή πού τό πρωτεύον του έχει 600 ή 300 σπείρες καί τό δευτερεύον μόνο μία, τή λεκάνη.

Έκτέλεση του πειράματος

Συνδέουμε τούς άκροδέκτες του πηνίου μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 110 V, βάζοντας στό κύκλωμα καί τό διακόπτη. Βάζουμε μέσα στη λεκάνη κομμάτια από μολύβδο ή κασσίτερο ή λίγο νερό.

Κλείνουμε τό διακόπτη καί πολύ σύντομα ό μολύβδος ή ό κασσίτερος λειώ-

νουν ή τό νερό βράζει από τή θερμότητα πού αναπτύσσεται, γιατί τό ρεύμα από έπαγωγή πού διαρρέει τή λεκάνη έχει πολύ μεγάλη ένταση (είκ. 270).

Συμπέρασμα

Μέ τό σχηματισμό μετασχηματιστή ύποβιβασμού τάσεως, με λόγο μετασχηματισμού πολύ μεγάλο (στό πείραμα 600:1), πετυχαίνουμε τήν ανάπτυξη στό δευτερεύον πάρα πολύ ισχυρού ρεύματος πού θερμαίνει καί λειώνει μέταλλα κατάλληλα τοποθετημένα. Στή διάταξη του πειράματος τό δευτερεύον αποτελείται από μιά σπείρα σέ σχήμα λεκάνης, όπου μέσα τοποθετείται τό μέταλλο πού θέλουμε νά λειώσει.

ΠΕΙΡΑΜΑ 68ο

Πραγματοποίηση διατάξεως γιά τή συγκόλληση μεταλλικών αντικείμενων (πόντα)

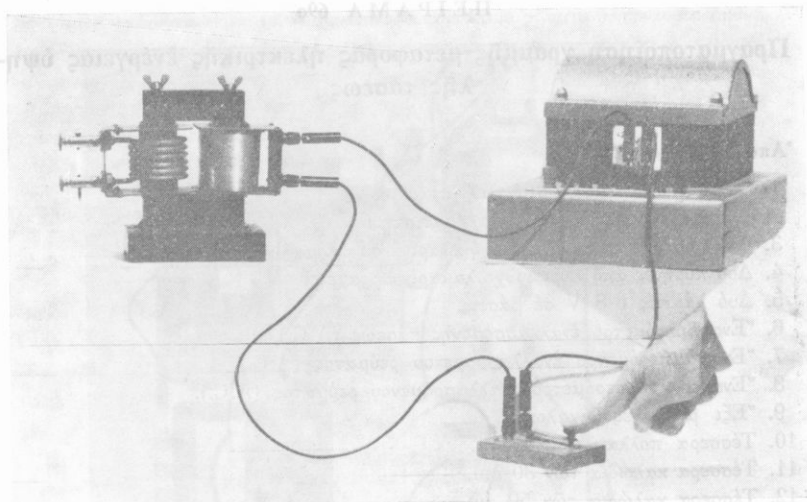
*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
4. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχύς.
5. Ένα πηνίο από 600 ή 300 σπείρες.
6. Ένα πηνίο μέ 6 σπείρες.
7. Ένας διακόπτης μπουτόν.
8. Δυό καλώδια τών 50 cm.
9. Ένα καλώδιο του 1 m.
10. Ένα καρφί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

Βιδώνουμε στή βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα σέ σχήμα U καί στά δυό σκέλη του προσαρμόζουμε τά δυό πηνία. Τοποθετούμε πάνω από αυτά τό βραχύ πυρήνα καί τόν βιδώνουμε.

Έχουμε συναρμολογήσει ένα μετασχηματιστή πού τό πρωτεύον του έχει 600 ή 300 σπείρες καί τό δευτερεύον μόνο 6.



Εικ. 271

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ πηνίου μέ τίς 600 ἢ 300 σπείρες μέ τόν πολ-
λαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 110 V, βάζοντας καί τό διακόπτη. Βραχυκυ-
κλώνουμε τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ πηνίου τῶν 6 σπειρῶν μέ τό καρφί, βιδώνοντας
καλά τοὺς κοχλίες. Κλείνουμε τό διακόπτη καί πάρα πολύ σύντομα παρατη-
ροῦμε πῶς τό καρφί κοκκινίζει (ἐρυθροπυρρώνεται), στή συνέχεια λευκοπυ-
ρώνεται καί κόβεται (εἰκ. 271).

Συμπέρασμα

Ἐξαιτίας τοῦ μεγάλου λόγου μετασχηματισμοῦ τό ρεῦμα πού
διαρρέει τό δευτερεῦον πηνίο εἶναι πάρα πολύ ἰσχυρό καί προκαλεῖ
τή θέρμανση καί τήν κοπή τοῦ καρφιοῦ.

Πραγματοποίηση γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ύψους τάσεως

Απαραίτητα όργανα

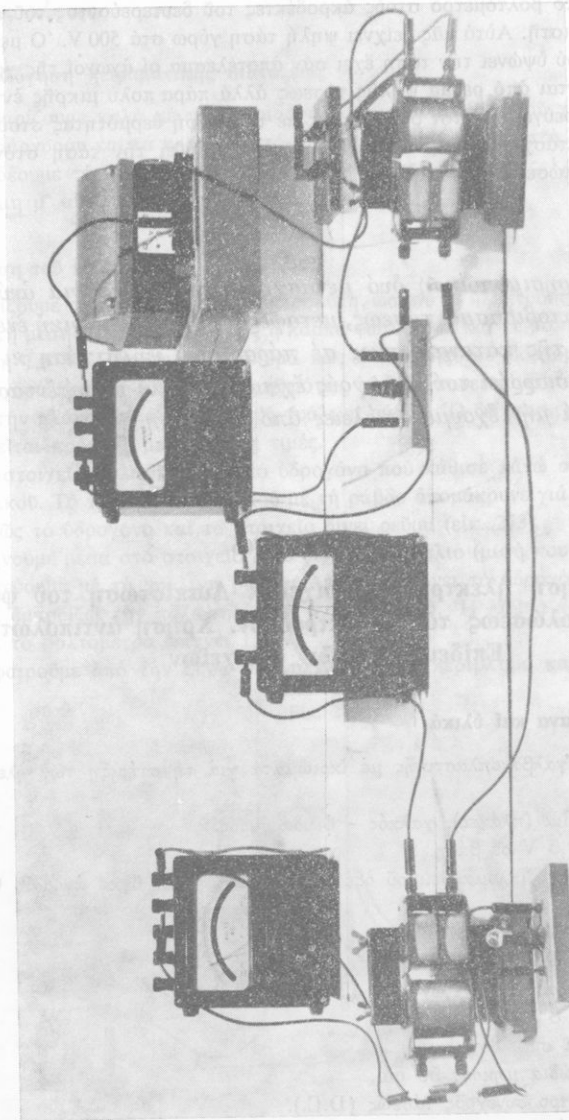
1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Δυό βάσεις λυόμενου μετασχηματιστή.
3. Δυό πυρήνες από πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχήμα U.
4. Δυό πυρήνες από πυριτιούχο λαμαρίνα βραχείς.
5. Δυό λάμπες 6-8 V σέ βάσεις.
6. Ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενης τάσεως (A.C.).
7. Ένα άμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
8. Ένα μιλλιαμπερόμετρο έναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).
9. Έξι μπανάνες διχλωτές.
10. Τέσσερα πολλαπλά βύσματα.
11. Τέσσερα καλώδια τών 30 cm.
12. Τέσσερα καλώδια τών 50 cm.
13. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
14. Δυό πηνία μέ 300 σπειρές.
15. Δυό πηνία μέ 24000 σπειρές.
16. Ένας διακόπτης άπλός μαχαίρωτός.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Βιδώνουμε στίς βάσεις του λυόμενου μετασχηματιστή τούς πυρήνες που έχουν σχήμα U και στά σκέλη τους βάζουμε από ένα πηνίο τών 300 σπειρών και ένα τών 24000 σπειρών. Στερεώνουμε από πάνω τούς βραχείς πυρήνες κι έχουμε έτσι συναρμολογήσει δυό μετασχηματιστές.
- β) Τόν έναν από αυτούς χρησιμοποιούμε για άνύψωση τάσεως, που τόν συνδέουμε μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 8-10 V, βάζοντας στο κύκλωμα τό διακόπτη, τή λάμπα και τό άμπερόμετρο.
- γ) Τόν άλλο τόν χρησιμοποιούμε για ύποβιβασμό τάσεως και συνδέουμε τούς άκροδέκτες του πηνίου τών 24000 σπειρών μέ τούς άκροδέκτες του όμοιου πηνίου του πρώτου μετασχηματιστή, βάζοντας στο κύκλωμα και τό μιλλιαμπερόμετρο στην κλίμακα 0-10 mA.
- δ) Στο δευτερεύον του δεύτερου μετασχηματιστή συνδέουμε τή δεύτερη λάμπα.

Εκτέλεση του πειράματος

- α) Τροφοδοτούμε τό άρχικό κύκλωμα μέ τάση 8-10 V. Τό άμπερόμετρο δείχνει πώς περνά ρεύμα περίπου 0,6 A. Τό μιλλιαμπερόμετρο δείχνει πώς περνά



Εικ. 272

- ρεύμα πάρα πολύ μικρής έντάσεως 2-3 mA και ή λάμπα φωτοβολεί (είκ. 272).
- β) Συνδέουμε τό βολτόμετρο στους άκροδέκτες του δευτερεύοντος του πρώτου μετασχηματιστή. Αυτό μās δείχνει ψηλή τάση γύρω στά 500 V. 'Ο μετασχηματιστής πού υψώνει τήν τάση έχει σαν άποτέλεσμα οί άγωγοί τής γραμμής νά διαρρέονται από ρεύμα ψηλής τάσεως άλλα πάρα πολύ μικρής έντάσεως και νά άποφεύγονται έτσι οί άπώλειες μέ τή μορφή θερμότητας στους άγωγούς. 'Ο μετασχηματιστής υποβιβασμού υποβιβάζει τήν τάση στον τόπο τής καταναλώσεως.

Συμπέρασμα

Μέ τή χρησιμοποίηση δυό μετασχηματιστών, ένα γιά ανύψωση και ένα γιά υποβιβασμό τάσεως, μεταφέρουμε τήν ηλεκτρική ενέργεια στους τόπους τής καταναλώσεως σε πάρα πολύ ψηλή τάση κι έτσι τό ρεύμα πού διαρρέει τους άγωγούς έχει πάρα πολύ μικρή ένταση, μέ άποτέλεσμα νά μίγν έχουμε άπώλειες από θέρμανση.

ΠΕΙΡΑΜΑ 706

Πραγματοποίηση ηλεκτρικού στοιχείου. Διαπίστωση του φαινομένου τής πολώσεως των ηλεκτροδίων. Χρήση αντιπολωτικού.
Έπίδειξη ξηρών στοιχείων

Άπαραίτητα όργανα και ύλικά

1. Μιά λεκάνη γαλβανοπλαστικής μέ ικρίώματα γιά τή στήριξη των ηλεκτροδίων.
2. Δυό ηλεκτρόδια (πλάκες), χαλκός - ψευδάργυρος.
3. Μιά λάμπα 1,5 V σε βάση.
4. 'Ηλεκτρολύτης (διάλυμα θειικού όξέος μέ 10-20% κατ' όγκο άγοραϊο θειικό όξύ).
5. Μιά γυάλινη ράβδος.
6. Διχρωμικό κάλιο.
7. Μιά στήλη ξηρών στοιχείων των 4,5 V.
8. Μιά λάμπα 6-8 V σε βάση.
9. Ένα κομμάτι σμυριδόχαρτου.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
11. Ένα βολτόμετρο συνεχούς τάσεως (D.C.).
12. Ένα πλαστικό κουταλάκι.

13. Δυό κροκόδειλοι.

14. Ένας κόφτης.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Καθαρίζουμε καλά μέ τό σμυριδόχαρτο τά ηλεκτρόδια τοῦ χαλκοῦ καί τοῦ ψευδάργυρου καί τά κρεμάμε ἀπό τό εἰδικό ἱκρίωμα μέσα στή λεκάνη.
- β) Συνδέουμε τά ηλεκτρόδια μέ τοὺς ἀκροδέκτες τῆς λάμπας 1,5 V. Συνδέουμε ἀκόμη μ' αὐτά παράλληλα τό βολτόμετρο.

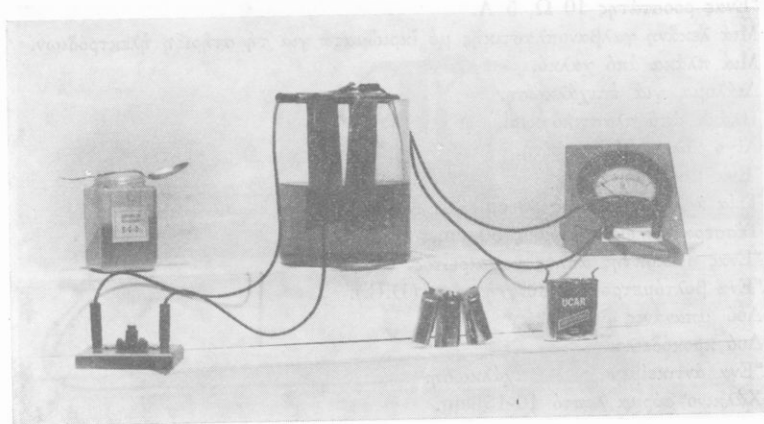
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Γεμίζουμε τή λεκάνη μέ τόν ηλεκτρολύτη, ὥσπου τά ηλεκτρόδια νά καλυπτοῦν ὡς τή μέση. Παρατηροῦμε πὼς ἡ λάμπα φωτοβολεῖ καί τό βολτόμετρο δείχνει τάση 1,5 V. Παρατηροῦμε ἀκόμα πὼς ὁ δείκτης τοῦ βολτόμετρου κινεῖται γρήγορα πρὸς τό μηδέν καί συγχρόνως ἡ λάμπα παύει νά φωτοβολεῖ. Τρίβουμε τὴν πλάκα τοῦ χαλκοῦ μέ τή γυάλινη ράβδο. Ὁ δείκτης τοῦ βολτόμετρου κινεῖται πρὸς τίς μεγαλύτερες τιμές.

Τό στοιχείο πολώθηκε ἀπὸ τό ὕδρογόνο πού κάθισε πάνω στήν πλάκα τοῦ χαλκοῦ. Τό τρίψιμο τοῦ χαλκοῦ μέ τή ράβδο ἀπομάκρυνε γιά μιά στιγμή μερικῶς τό ὕδρογόνο καί τό στοιχείο δίνει ρεῦμα (εἰκ. 273).

- β) Ρίχνουμε μέσα στό στοιχείο λίγο διχρωμικό κάλιο (μισή κουταλιά) καί ἀνακατεύουμε μέ τή γυάλινη ράβδο. Αὐτό ὀξειδώνει τό ὕδρογόνο πού βγαίνει καί ἐμποδίζει τὴν πόλωση· εἶναι ἀντιπολωτικό. Ἡ λάμπα τώρα φωτοβολεῖ καί τό βολτόμετρο δείχνει 1,5 V.
- γ) Ἀφαιροῦμε ἀπὸ τὴν ξηρά στήλη τό χάρτινο περίβλημα καί ἐπιδεικνύουμε

Εἰκ. 273



τά τρία στοιχεία πού τήν αποτελούν. Δείχνουμε τόν τρόπο πού εἶναι βαλμένο τό παραφινωμένο χαρτί ὡς μονωτικό ἀνάμεσα στά δοχεῖα ἀπό ψευδάργυρο τῶν στοιχείων καί τόν τρόπο πού συνδέονται αὐτά μεταξύ τους.

Τροφοδοτοῦμε τή λάμπα τῶν 6-8 V, συνδέοντας τοὺς ἀκροδέκτες τῆς μέ ἓνα, δύο ἢ τρία σέ σειρά στοιχεία καί διαπιστώνουμε τό ἀποτέλεσμα. Συνδέουμε ἀκόμη τά στοιχεία μέ τό βολτόμετρο καί διαπιστώνουμε τάσεις 1,5 V, 3 V, 4,5 V.

- δ) Καταστρέφουμε ἓνα στοιχείο καί δείχνουμε τά ηλεκτρόδια, τόν ηλεκτρολύτη καί τό ἀντιπολωτικό.

Συμπέρασμα

Πραγματοποιοῦμε ηλεκτρικό στοιχείο μέ τή χρήση ηλεκτρολῦτη ἀπό διάλυμα θεικοῦ ὀξέος καί ηλεκτρόδιων ἀπό χαλκό καί ψευδάργυρο. Ἐπειδή αὐτό τό στοιχείο πολώνεται, χρησιμοποιοῦμε διχρωμικό κάλιο ὡς ἀντιπολωτικό.

Τά συνηθισμένα ξηρά στοιχεία ἔχουν ηλεκτρόδια ἀπό ψευδάργυρο καί ἄνθρακα, ηλεκτρολῦτη ἀπό χλωριοῦχο ἀμμώνιο καί ἀντιπολωτικό πυρολουσίτη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 71ο

Ἐπιχάλκωση μεταλλικοῦ ἀντικείμενου. Γαλβανοπλαστική

*Απαραίτητα ὄργανα καί ὀλικά

1. Ἐνα κουτί ξηρῶν στοιχείων πού ἔχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
2. Ἐνας ροοστάτης 10 Ω, 5 A.
3. Μιά λεκάνη γαλβανοπλαστικῆς μέ ικρίωματα γιά τή στήριξη ηλεκτρόδιων.
4. Μιά πλάκα ἀπό χαλκό.
5. Διάλυμα γιά ἐπιχάλκωση.
6. Πλάκα ἀπό πλαστικό κερί.
7. Λίγο κολλοειδή γραφίτη.
8. Ἐνα μικρό πινέλο.
9. Τρία καλώδια μήκους 30 cm.
10. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
11. Ἐνας διακόπτης ἀπλός μαχαίρωτός.
12. Ἐνα βολτόμετρο γιά συνεχή τάση (D.C.).
13. Δυό μπανάνες διχλωωτές.
14. Δυό κροκώδελοι.
15. Ἐνα ἀντικείμενο γιά ἐπιχάλκωση.
16. Χάλκινο σύρμα λεπτό 10-15 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

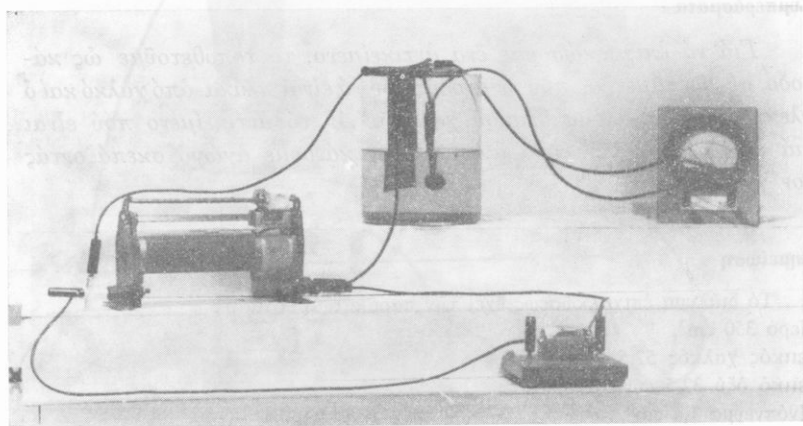
- α) Γεμίζουμε ως τή μέση τή λεκάνη με τό διάλυμα γιά επιχάλκωση καί από τό ειδικό Ικρίωμα κρεμάμε τήν πλάκα του χαλκού καί τό αντικείμενο γιά επιχάλκωση, π.χ. νόμισμα μιᾶς δραχμῆς, πού τό συγκρατοῦμε μ' ἕναν κροκόδειλο στήν ἄκρη ἑνός καλώδιου ἔτσι, πού νά βυθίζεται μέσα στό διάλυμα.
- β) Συνδέουμε τό ροοστάτη ποτενσιομετρικά μέ τήν πηγὴ σέ τάση 4,5 V, βάζοντας στό κύκλωμα καί τό διακόπτη καί ὕστερα τά ἄκρα τοῦ ποτενσιόμετρον μέ τήν πλάκα τοῦ χαλκού καί τό αντικείμενο. Προσέχουμε ἡ πλάκα τοῦ χαλκοῦ νά συνδέεται μέ τό θετικό πόλο τῆς στήλης.
- Συνδέουμε παράλληλα μέ τά ἠλεκτρόδια τῆς λεκάνης τό βολτόμετρο.
- γ) Κόβουμε ἕνα κομματάκι ἀπό τό πλαστικό κερί, τό ζεσταίνουμε λίγο καί πιέζουμε πάνω σ' αὐτό ἕνα νόμισμα ἔτσι, πού νά ἀποτυπωθεῖ ἡ ὄψη του στό κερί. Κολλᾶμε πάνω σ' αὐτό τό χάλκινο σύρμα παράλληλα μέ τό ἐπίπεδο τοῦ ἀποτυπώματος. Διαλύουμε σ' ἕνα μικρό ποτήρι μικρὴ ποσότητα κολλοειδοῦς γραφίτη καί μέ τό πινέλο σκεπάζουμε ὁλόκληρο τό ἀποτύπωμα, φροντίζοντας νά ὑπάρχει ἐπαφή μέ τό γραφίτη τοῦ ἀποτυπώματος καί τοῦ χάλκινου σύρματος. Ἀφήνουμε τό κομμάτι πού σκεπάσαμε μέ τό γραφίτη νά ξεραθεῖ.

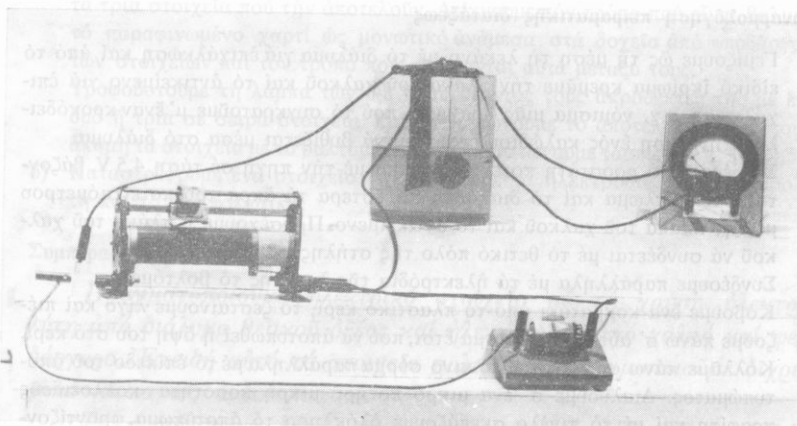
Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Ἐπιχάλκωση

Κλείνουμε τό διακόπτη καί μέ τό ποτενσιόμετρο ρυθμίζουμε τήν τάση στά ἠλεκτρόδια τῆς λεκάνης 0,2—0,3 V. Μετά ἀπό λίγα λεπτά τό νόμισμα, πού θά πρέπει νά εἶναι καθαρό πρὶν μπεῖ στό βολτάμετρο, ἔχει επιχάλκωθεῖ (εἰκ. 274).

Εἰκ. 274





Εικ. 275

β) Γαλβανοπλαστική

Αφαιρούμε τό νόμισμα καί βάζουμε στή θέση του γιά κάθοδο τό άποτύπωμα πού έχει σκεπαστεί μέ τό γραφίτη. Πάρα πολύ γρήγορα καί αυτό σκεπάζεται από χαλκό (εικ. 275).

Αν αφήσουμε τό βολτάμετρο σέ λειτουργία πολλή ώρα (2-3 ώρες), μπορούμε, λειώνοντας τό κερί, νά πάρουμε χάλκινη τήν άποτυπωμένη δψη τοῦ νομίσματος.

Συμπεράσματα

Γιά νά επιχαλώσουμε ένα αντικείμενο, τό τοποθετούμε ως κάθοδο σέ βολτάμετρο, πού ή άνοδος του νά είναι πλάκα από χαλκό καί ο ήλεκτρολύτης διάλυμα θεικού χαλκού. Αν τό αντικείμενο πού είναι γιά επιχάλκωση δέν είναι άγωγός, τόν κάνουμε άγωγό σκεπάζοντάς τον μέ γραφίτη.

Σημείωση

Τό διάλυμα επιχαλώσεως έχει τήν παρακάτω σύσταση :

Νερό 350 cm³,

θεικός χαλκός 52,5 gr,

θεικό όξύ 32,5 cm³ (άγοραίο),

οινόπνευμα 1,4 cm³.

Πραγματοποίηση συσσωρευτή μολύβδου. Φόρτιση καί εκφόρτιση του συσσωρευτή

Απαραίτητα όργανα καί υλικά

1. Μιά λεκάνη γαλβανοπλαστικής με ικρίωματα για στήριξη ηλεκτροδίων.
2. Δυό ηλεκτρόδια (πλάκες) μολύβδου.
3. Μιά λάμπα πυρακτώσεως 1,5 V σέ βάση.
4. Ήλεκτρολύτης (διάλυμα θειικού όξέος 10-20%).
5. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων πού έχει τρεῖς στήλες τῶν 4,5 V.
6. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

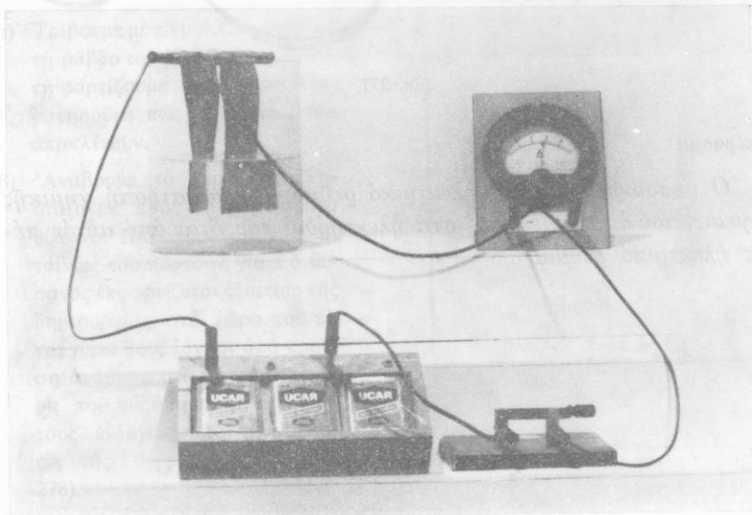
Μέ τό ειδικό ικρίωμα τοποθετούμε μέσα στή λεκάνη τίς δυό πλάκες τοῦ μολύβδου καί τή γεμίζουμε μέ ήλεκτρολύτη, ὥσπου οἱ δυό πλάκες νά σκεπαστοῦν ὡς τή μέση περίπου.

Εκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Φόρτιση

Συνδέουμε τίς δυό πλάκες μέ τήν πηγή τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σέ τάση 4,5 V (εἰκ. 276).

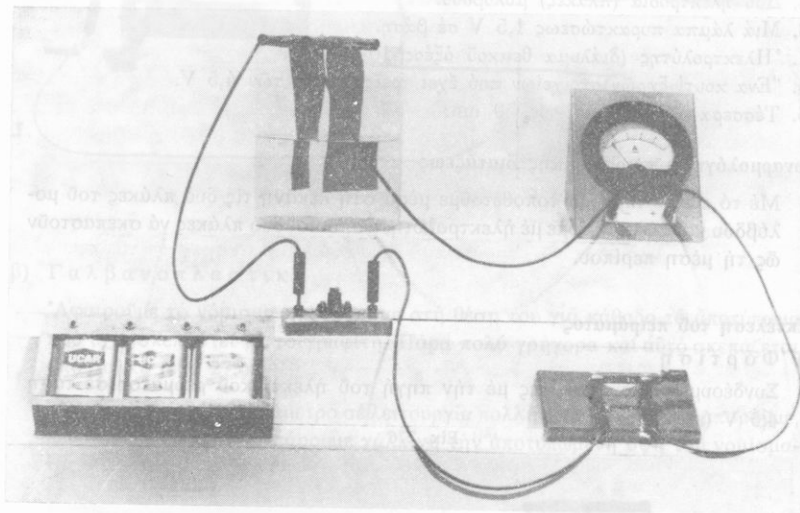
Εἰκ. 276



Παρατηρούμε πώς αυτές αλλάζουν σιγά σιγά χρώμα. Άφήνουμε τό συσσωρευτή νά φορτιστεί γιά 5 λεπτά περίπου.

β) Έκφόρτιση

Άποσυνδέουμε τήν πηγή καί στή θέση της τοποθετούμε τή λάμπα. Ή λάμπα φωτοβολεί (είκ. 277). Τά ηλεκτρόδια σιγά σιγά παίρνουν πάλι τό άρχικό τους χρώμα· ό συσσωρευτής έκφορτίστηκε.



Είκ. 277

Συμπέρασμα

Ό συσσωρευτής δίνει ηλεκτρικό ρεύμα από μετατροπή χημικής ενέργειας, πού άποταμιεύτηκε στά ηλεκτρόδιά του, όταν από αυτόν πέρασε ηλεκτρικό ρεύμα.

Έπίδειξη ιονισμού κρούσεως και ιονισμού από επίδραση υπερϊώδους ακτινοβολίας

Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 1 m.
3. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
4. Ένας σύνδεσμος απλός (σταυρός).
5. Ένας ορειχάλκινος δακτύλιος.
6. Ένας ηλεκτρικός θύσανος που μπορεί να κρεμαστεί με νήμα.
7. Μιά ράβδος από ξβονίτη.
8. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
9. Ένα κερί.
10. Μιά πηγή υπερϊώδους ακτινοβολίας.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

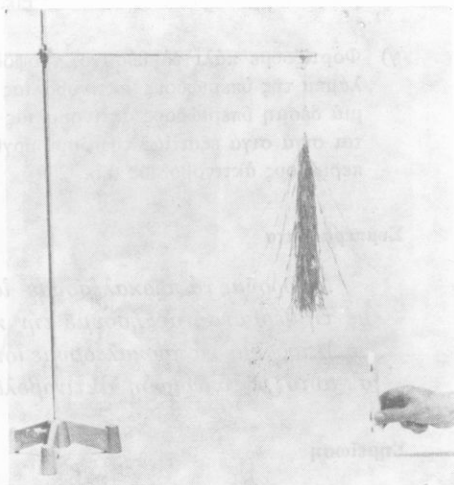
Βιδώνουμε στη βάση τη ράβδο του 1 m και στο πάνω άκρο της στηρίζουμε με το σύνδεσμο οριζόντια τη ράβδο των 0,80 m. Στο άκρο της οριζόντιας ράβδου στερεώνουμε το δακτύλιο και από αυτόν κρεμάμε το θύσανο.

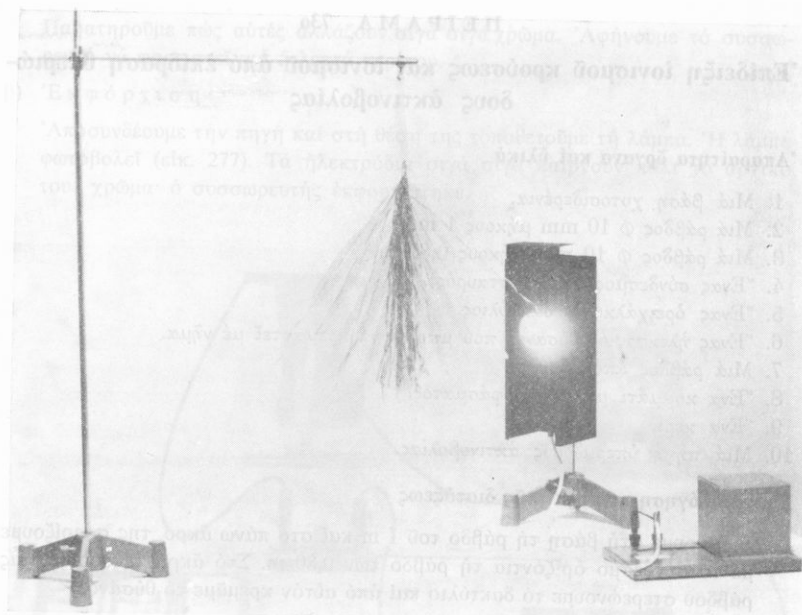
Εικ. 278

Έκτέλεση του πειράματος

α) Τρίβουμε με το μάλλινο ύφασμα τη ράβδο του ξβονίτη και με αυτή φορτίζουμε το θύσανο. Παρατηρούμε πώς οι ταινίες του αποκλίνουν.

β) Ανάβουμε το κερί και πλησιάζουμε προς το φορτισμένο θύσανο. Παρατηρούμε πώς οι ταινίες του πέφτουν, γιατί ο θύσανος εκφορτίζεται εξαιτίας της δημιουργίας, στο χώρο που είναι γύρω του, ιόντων από κρούση ανάμεσα στα μόρια του αέρα που αυξήθηκε ή κινητική τους ενέργεια από την αύξηση της θερμοκρασίας (εικ. 278).





Εικ. 279

- γ) Φορτίζουμε πάλι τό θύσανο, τροφοδοτούμε από τό δίκτυο τής πόλεως τή λάμπα τής υπεριώδους ακτινοβολίας μέσω του ειδικού τσώκ καί ρίχνουμε μιά δέσμη υπεριώδους ακτινοβολίας επάνω στό θύσανο. Αυτός εκφορτίζεται σιγά σιγά εξαιτίας τής δημιουργίας ιόντων από τήν απορρόφηση τής υπεριώδους ακτινοβολίας (εικ. 279).

Συμπεράσματα

Μπορούμε νά προκαλέσουμε ιονισμό κορούσεως σ' ένα αέριο, αν μέ τή θέρμανση αδιάξήσουμε τήν κινητική ενέργεια των μορίων του.

Μπορούμε νά προκαλέσουμε ιονισμό σ' ένα αέριο, αν επιδράσουμε σ' αυτό μέ υπεριώδη ακτινοβολία.

Σημείωση

Τό θύσανο πρέπει νά κρεμάμε μέ πλαστικό νήμα, γιατί αλλιώς τά φορτία διαρρέονται.

Έπίδειξη ιονισμού κρούσεως και ιονισμού με επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας

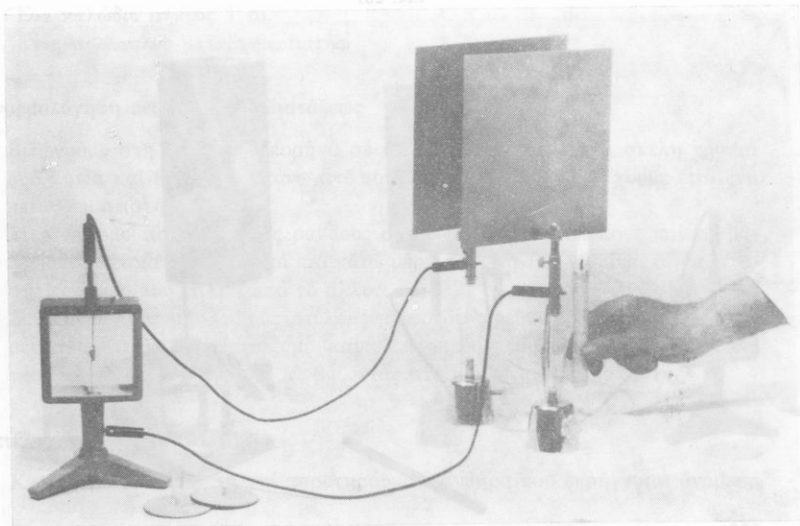
Απαραίτητα όργανα και υλικά

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Μιά πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας.
3. Δυό μονωτικοί στύλοι σε βάσεις.
4. Δυό πλάκες επίπεδου πυκνωτή (επίπεδοι άγωγοί).
5. Ένα ηλεκτροσκόπιο.
6. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
7. Δυό κροχόδειλοι.
8. Μιά ράβδος από έβονιτη.
9. Ένα κομμάτι μάλλινου ύφασματος.
10. Ένα κερί.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Στηρίζουμε τίς δυό πλάκες του επίπεδου πυκνωτή στους δυό μονωτικούς στύλους και συνδέουμε τή μιά μέ τό ηλεκτροσκόπιο και τήν άλλη μέ τή μεταλλική θήκη του ηλεκτροσκόπιου.

Εικ. 280



Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

α) Ἐπίδειξη ἰονισμοῦ κρούσεως

Πλησιάζουμε τίς δύο πλάκες σ' ἀπόσταση 1-2 cm τή μιὰ ἀπό τήν ἄλλη. Τρίβουμε τή ράβδο τοῦ ἐβονίτη μέ τό μάλλινο ὕφασμα καί φορτίζουμε μ' αὐτή μέ ἐπίδραση τήν πλάκα πύ εἶναι συνδεμένη μέ τό ἡλεκτροσκόπιο. Τό ἡλεκτροσκόπιο μᾶς δείχνει πῶς ὁ πυκνωτής πού σχηματίστηκε ἔχει ἡλεκτρικό φορτίο. Ἀνάβουμε τό κερί καί πλησιάζουμε τή φλόγα του στοῦ κάτω μέρος ἀνάμεσα στούς ὀπλισμούς τοῦ πυκνωτή. Ὁ πυκνωτής ἐκφορτίζεται γρήγορα, γιατί ἀνάμεσα στούς ὀπλισμούς του σχηματίζονται ἰόντα ἀπό τίς κρούσεις τῶν μορίων τοῦ ἀέρα μεταξύ τους, πού θερμάνθηκαν καί ἀπόκτησαν μεγαλύτερη κινητική ἐνέργεια (εἰκ. 280).

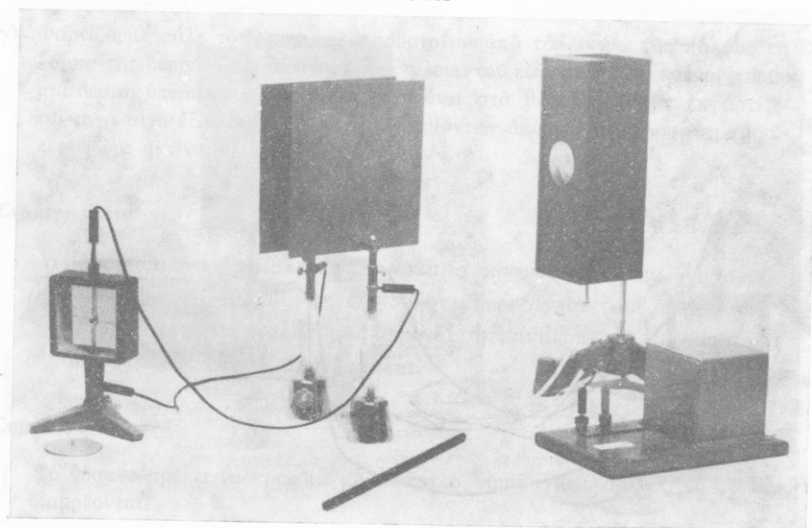
β) Ἐπίδειξη ἰονισμοῦ μέ ἀπορρόφηση ἀκτινοβολίας.

Φορτίζουμε πάλι τόν πυκνωτή, ὅπως παραπάνω, καί φωτίζουμε τό γῶρο ἀνάμεσα στούς ὀπλισμούς του μέ τή λάμπα τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων. Ὁ πυκνωτής ἐκφορτίζεται, ὅπως μᾶς δείχνει τό ἡλεκτροσκόπιο, γιατί ἀνάμεσα στούς ὀπλισμούς του σχηματίζονται ἰόντα ἀπό τήν ἀπορρόφηση τῶν μορίων τοῦ ἀέρα ἐνέργειας ἀπό τήν ἀκτινοβολία (εἰκ. 281).

Συμπεράσματα

Μποροῦμε νά προκαλέσουμε ἰονισμό σ' ἕνα ἀέριο, ἂν τοῦ δώσου-

Εἰκ. 281



με ενέργεια μέ θέρμανση, γιατί τότε προκαλούμε κρούση των μορίων μεταξύ τους μέ μεγάλες ταχύτητες.

Μπορούμε ακόμη νά προκαλέσουμε ιονισμό σ' ένα αέριο μέ επίδραση σ' αυτό υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΠΕΙΡΑΜΑ 75ο

Ἐπίδειξη ἀναρριχώμενου σπινθήρα (φαινόμενο αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητας)

Ἀπαραίτητα ὄργανα

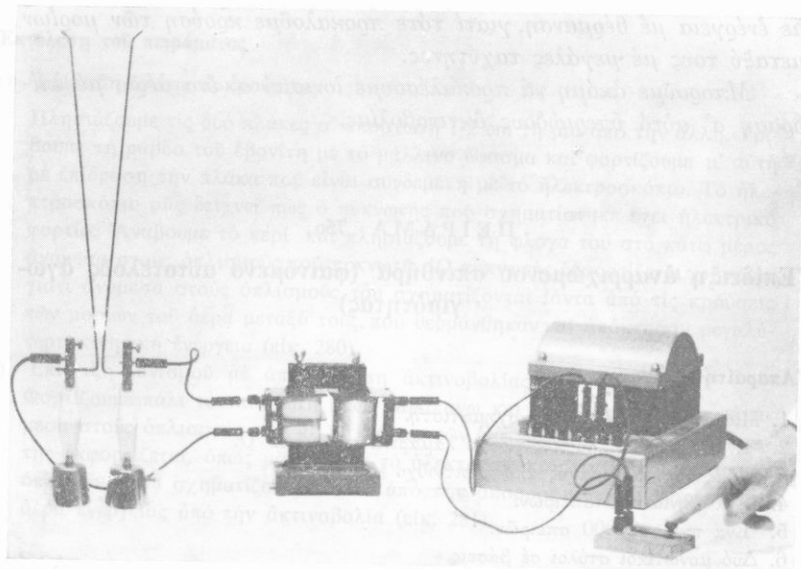
1. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
2. Ἕνας πυρήνας ἀπό πυριτιούχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
3. Ἕνας πυρήνας βραχύς ἀπό πυριτιούχο λαμαρίνα.
4. Ἕνα πηνίο 300 σπειρῶν.
5. Ἕνα πηνίο 24000 σπειρῶν.
6. Δυό μονωτικοί στύλοι σέ βάσεις.
7. Δυό ράβδοι ἀπό χάλυβα $\varnothing$ 2—3 mm, κατάλληλα λυγισμένες.
8. Ἕνας διακόπτης μπουτόν.
9. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
10. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
11. Ἕνα καλώδιο μήκους 1 m.
12. Ἕνας πολλαπλός μετασχηματιστής.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- a) Βιδώνουμε στή βάση τόν πυρήνα σέ σχῆμα U, βάζουμε στά σκέλη του τά δυό πηνία καί βιδώνουμε πάνω ἀπό αὐτά τό βραχύ πυρήνα. Ἔχουμε ἔτσι ἕνα μετασχηματιστή.
 - β) Στερεώνουμε τίς χαλύβδινες ράβδους στούς μονωτικούς στύλους καί τίς βάζουμε σέ τέτοια θέση, πού τά πιά κάτω μέρη τῶν ράβδων νά εἶναι σ' ἀπόσταση 1 cm περίπου τό ἕνα ἀπό τό ἄλλο.
- Συνδέουμε τοὺς μονωτικούς στύλους μέ τό δευτερεῖον (24000 σπείρες) τοῦ μετασχηματιστή πού φτιάξαμε καί τό πρωτεῖον του μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ τάση 110 V, βάζοντας στό κύκλωμα καί διακόπτη.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

Κλείνουμε τό διακόπτη καί παρατηροῦμε σπινθήρα πού ἐκρήγνυνται ἀνάμεσα



Εικ. 282

στις ράβδους στο κάτω μέρος και πού αναρριχᾶται, φτάνει στο πάνω μέρος και εξαφανίζεται, γιὰ νὰ σχηματιστεῖ νέος ἀπὸ κάτω κ.ο.κ. (εἰκ. 282).

Ὁ σπινθήρας σχηματίζεται στὴν ἀρχὴ στὴν πιὸ κοντινὴ ἀπόσταση ἀνάμεσα στὶς ράβδους, ὁ ἀέρας θερμαίνεται, ἰονίζεται, γίνεται ἐλαφρότερος καὶ ἀνεβαίνει. Ὁ σπινθήρας τώρα σχηματίζεται στὴν περιοχὴ τοῦ ἰονισμένου ἀέρα καὶ παρακολουθεῖ τὴν ἄνοδὸ τοῦ κατὰ μῆκος τῶν ράβδων, ὥσπου ἐξαιτίας τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τῶν ράβδων διακόπτεται. Ἄν ὁ σπινθήρας δὲ σχηματιστεῖ, πλησιάζουμε πιὸ πολὺ τὶς δύο ράβδους καὶ τὶς τρίβουμε μὲ συμριδόχαρτο, ἀφοῦ πρῶτα διακόψουμε τὴν παροχὴ τάσεως.

Συμπεράσματα

Ὁ ἀναρριχώμενος σπινθήρας μᾶς δείχνει πῶς, ἂν ἀνάμεσα σὲ δύο ἀγωγούς στὸν ἀέρα ὑπάρχει κατάλληλη διαφορὰ δυναμικοῦ, ἐκρήγνυται ἠλεκτρικὸς σπινθήρας στὴν περιοχὴ τῶν ἀγωγῶν πού παρουσιάζει τὴ μικρότερη ἀντίσταση.

Αὕτὴ εἶναι ἡ θέση τῆς πιὸ μικρῆς ἀποστάσεως ἢ κάποια ἄλλη θέση πού ὁ ἀέρας ἔχει γίνει ἀγώγιμος, γιὰτὶ ὑπάρχουν ἰόντα.

Ἐκκένωση αἰγλης καί ἐφαρμογές της

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ἐνας ἀνορθωτής σεληνίου.
3. Ἐνας συσσωρευτής 6-12 V.
4. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
5. Μιά ράβδος ϕ 10 mm μήκους 0,80 m.
6. Μιά σειρά ἀερόκενων σωλήνων.
7. Δυό ἀπλοί σύνδεσμοι ἀπό μονωτικό ὕλικό γιά τή σύνδεση τῶν ἀερόκενων σωλήνων.
8. Ἐνα ἐπαγωγικό πηνίο Ruhmkorff.
9. Ἐνα στήριγμα ἀερόκενων σωλήνων
10. Μιά σειρά σωλήνων Geissler.
11. Μιά λάμπα αἰγλης σέ βάση.
12. Ἐνα δοκιμαστικό τάσεως.
13. Δυό καλώδια μήκους 30 cm.
14. Δυό καλώδια μήκους 50 cm.
15. Δυό καλώδια μήκους 1 m.
16. Ἐνας διακόπτης ἀπλός μαχαίρωτός.
17. Ἐνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

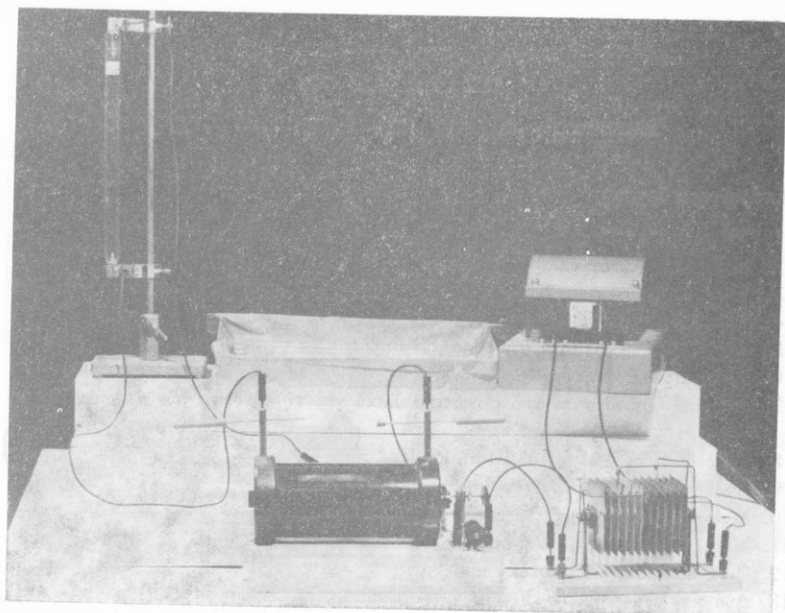
Βιδώνουμε στή βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί πάνω σ' αὐτή μέ τούς μονωτικούς συνδέσμους στηρίζουμε τόν πρῶτο (N^ο 1) ἀερόκενο σωλήνα.

Συνδέουμε τούς ἀκροδέκτες τῶν μονωτικῶν συνδέσμων μέ τούς ἀκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Ruhmkorff, χρησιμοποιώντας τά καλώδια τοῦ 1 m.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

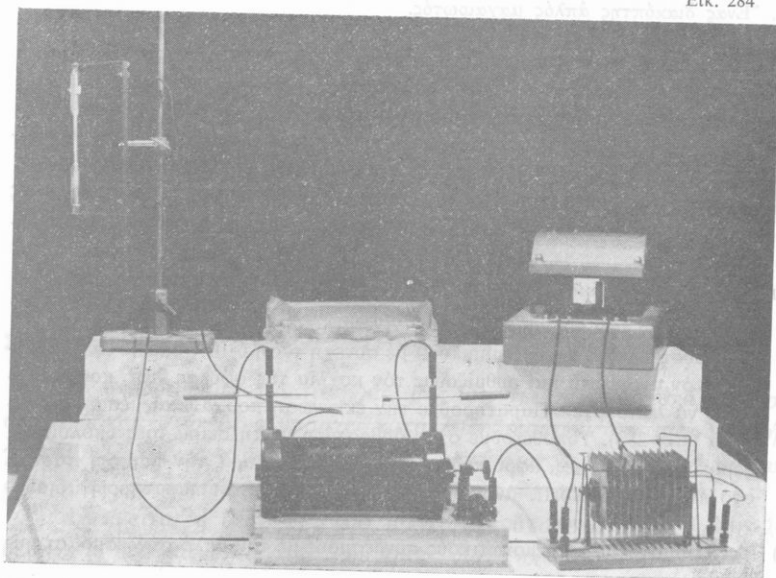
Ἡ ἐκτέλεση τῶν πειραμάτων αὐτῶν γίνεται ἀπαραίτητα σέ σκοτεινό χῶρο.

- α) Τροφοδοτοῦμε τό πηνίο Ruhmkorff μέ συνεχή τάση 6-10 V ἀπό τό συσσωρευτή ἢ τόν ἀνορθωτή καί ρυθμίζουμε τόν κοχλία τῆς σφύρας ἔτσι, πού νά ἀρχίσει νά λειτουργεῖ. Παρατηροῦμε τήν ἐκκένωση πού γίνεται μέσα στοῦ σωλήνα (εἰκ. 283). Τοποθετοῦμε στόν ὀρθοστάτη μέ τή σειρά τούς ὑπόλοιπους ἀερόκενους σωλήνες, ἀφοῦ πρῶτα κόβουμε κάθε φορά τήν παροχή τάσεως στό πηνίο Ruhmkorff, ἀνοίγοντας τό διακόπτη. Ἐτσι παρατηροῦμε διαδοχικά ὅλες τίς φάσεις τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.
- β) Ἀντικαθιστοῦμε τούς μονωτικούς συνδέσμους μέ τόν ἀπλό σύνδεσμο, στηρί-



Είκ. 283

Είκ. 284



ζουμε πάνω σ' αὐτόν τό στήριγμα ἀερόκενων σωλήνων, σ' αὐτό τόν ἕνα σωλήνα Geissler καί συνδέουμε τὰ ἄκρα του στό δευτερεῖον τοῦ πηνίου Ruhmkorff. Παρατηροῦμε τήν ἐκκένωση καί τή φωτοβολία τοῦ ἀερίου πού βρίσκεται μέσα σ' αὐτόν (εἰκ. 284). Ἀντικαθιστοῦμε τό σωλήνα Geissler μέ ἄλλο, πού νά ἔχει μέσα ἄλλο ἀέριο. Παρατηροῦμε πώς τό χρῶμα τοῦ φωτός πού ἐκπέμπεται εἶναι χαρακτηριστικό τοῦ ἀερίου πού βρίσκεται μέσα στό σωλήνα.

γ) Συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τῆς βάσεως τῆς λάμπας αἴγλης μέ τό δευτερεῖον τοῦ πηνίου Ruhmkorff. Παρατηροῦμε ἔντονη φωτοβολία. Συνδέουμε κατόπιν τοὺς ἀκροδέκτες τῆς λάμπας μέ τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ διάφορες τάσεις· ἡ λυχνία πάλι φωτοβολεῖ.

δ) Βάζουμε μέσα σ' ἕναν ἀπό τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ μετασχηματιστή τό δοκιμαστικό τάσεως καί κρατᾶμε τό πίσω μέρος του μέ τό δάκτυλο. Ἡ μικρή λάμπα τοῦ δοκιμαστικοῦ φωτοβολεῖ.

Βάζουμε τό δοκιμαστικό τάσεως διαδοχικά στίς τρεῖς τρύπες τῆς πρίζας τῆς αἰθουσῆς μας. Παρατηροῦμε πώς σέ μιά μόνο ἡ λάμπα φωτοβολεῖ. Δηλαδή μόνο ἡ μιά τρύπα εἶναι κατάλληλη ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.

Συμπεράσματα

Πραγματοποιοῦμε ἐκκένωση αἴγλης μέσα σέ σωληνες πού ἔχουν ἀέριο μέ ἐλαττωμένη πίεση.

Ἡ μορφή τῆς ἐκκενώσεως ἐξαρτᾶται ἀπό τήν πίεση τοῦ ἀερίου καί τό χρῶμα τοῦ φωτός πού ἐκπέμπεται ἀπό τή φύση τοῦ ἀερίου.

Ἐφαρμογές τῆς ἐκκενώσεως αἴγλης εἶναι οἱ σωληνες Geissler, ἡ λάμπα αἴγλης, τό δοκιμαστικό τάσεως καί ἄλλα.

ΠΕΙΡΑΜΑ 77ο

Καθοδικές ἀκτίνες καί ιδιότητες αὐτῶν

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ἕνας ἀνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
3. Ἕνα πηνίο Ruhmkorff.
4. Ἕνας καθοδικός σωλήνας μέ ἀρθρωτό σταυρό.
5. Ἕνας καθοδικός σωλήνας μέ ὀθόνη πού φθορίζει.
6. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 30 cm.

7. Δυό καλώδια συνδέσεως μήκους 1 m.
8. Δυό κροκόδειλοι.
9. Ένας πεταλοειδής μαγνήτης.

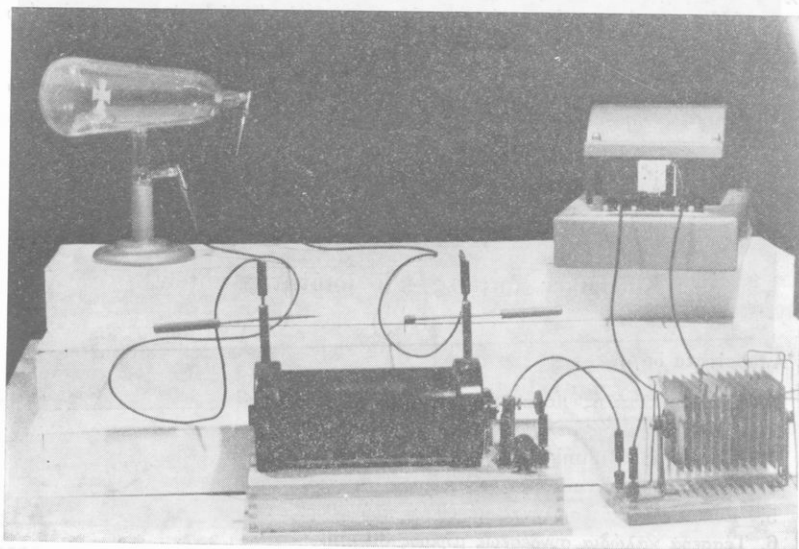
Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συνδέουμε τόν άνορθωτή στό μετασχηματιστή μέ τά καλώδια τών 30 cm σέ τάση 8-10 V καί από αὐτόν μέ τά ἄλλα δυό καλώδια τών 30 cm τροφοδοτοῦμε τό πηνίο Ruhmkorff.
- β) Μέ τά δυό καλώδια τοῦ 1 m συνδέουμε τούς ἀκροδέκτες τοῦ καθοδικοῦ σωλήνα πού ἔχει τόν ἀρθρωτό σταυρό μέ τή βοήθεια τών δυό κροκόδειλων μέ τούς ἀκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος τοῦ πηνίου Ruhmkorff.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τό μετασχηματιστή ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως. Κλίνουμε τόν καθοδικό σωλήνα ἔτσι, πού ὁ ἀρθρωτός σταυρός νά πέσει κάτω, καί ρυθμίζουμε τόν κοχλία τῆς σφύρας τοῦ πηνίου Ruhmkorff, ὥστε νά ἀρχίσει νά λειτουργεῖ. Παρατηροῦμε πῶς τά τοιχώματα τοῦ σωλήνα πού εἶναι ἀπέναντι ἀπό τήν κάθοδο ἐκπέμπουν πρᾶσινο φῶς πού προέρχεται ἀπό τό φθορισμό τοῦ γυαλιοῦ. Ἄν αὐτό δέ γίνεται πολύ εὐκρινές, ἐναλλάσσουμε τούς ἀκροδέκτες τοῦ

Εἰκ. 285



πηνίου Ruhmkorff, διακόπτοντας πρώτα την παροχή τάσεως.

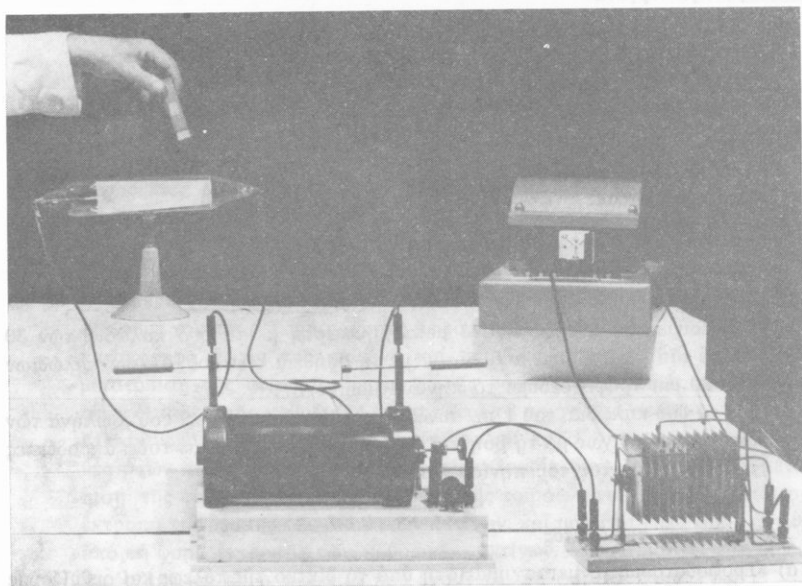
Κλίνουμε τό σωλήνα έτσι, πού ό άρθρωτός σταυρός νά σηκωθεί όρθιος. Παρατηρούμε στην περιοχή του σωλήνα πού φθορίζει τή «σκιά» του σταυρού.

Ή καθοδική άκτινοβολία διαδίδεται εύθύγραμμη καί δέν προσβάλλει τά τοιχώματα του σωλήνα πού βρίσκονται πίσω από τό σταυρό, κι έτσι παρουσιάζεται ή «σκιά» (είκ. 285).

- β) Κόβουμε την παροχή τάσεως, βγάζοντας τό ένα βύσμα του καλώδιου από τό μετασχηματιστή καί αντί γιά τόν καθοδικό σωλήνα πού είχαμε βάζουμε τόν άλλο πού έχει την όθόνη πού φθορίζει. Κλείνουμε τό κύκλωμα καί εργαζόμαστε όπως καί πιό πάνω. Εύκολα παρατηρούμε στην όθόνη του σωλήνα, πού φθορίζει, λεπτή φωτεινή δέσμη πού προέρχεται από τό φθορισμό της εξαιτίας της προσβολής της όθόνης από την καθοδική άκτινοβολία. Διαπιστώνουμε καί εδώ την εύθύγραμμη διάδοση της καθοδικής άκτινοβολίας.

Πάνω από τόν καθοδικό σωλήνα πλησιάζουμε τόν πεταλοειδή μαγνήτη μέ τό επίπεδο των σκελών του κάθετο στον άξονα του σωλήνα καί στη διεύθυνση της καθοδικής δέσμης μέσα σ' αυτόν. Παρατηρούμε έκτροπή της καθοδικής δέσμης πρós τά πάνω ή πρós τά κάτω. Άλλάζουμε τή θέση των πόλων του πεταλοειδούς μαγνήτη. Ή έκτροπή της καθοδικής δέσμης αντιστρέφεται (είκ. 286).

Είκ. 286



Ἡ φορά τῆς ἐκτροπῆς μέσα στό μαγνητικό πεδίο δείχνει πῶς ἡ καθοδική δέσμη ἀποτελεῖται ἀπό κινούμενα μέ πολύ μεγάλη ταχύτητα σωματία, τά ὁποῖα ἔχουν ἀρνητικό φορτίο.

Συμπεράσματα

Ἡ καθοδική ἀκτινοβολία παράγεται μέσα σέ ἀερόκενους σωλῆνες, πού περιέχουν ἀέριο σέ πολύ μικρή πίεση, καί κατευθύνεται ἀπό τήν ἀνόδο στήν ἀνόδο.

Ἡ καθοδική ἀκτινοβολία διαδίδεται εὐθύγραμμα, προκαλεῖ τό φθορισμό τοῦ γυαλιοῦ καί ἄλλων σωμάτων καί ἐκτρέπεται ἀπό τό μαγνητικό πεδίο. Ἡ καθοδική ἀκτινοβολία εἶναι κινούμενα μέ πολύ μεγάλη ταχύτητα ἀρνητικά φορτισμένα σωματία.

ΠΕΙΡΑΜΑ 78ο

Παραγωγή καί μελέτη τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων

Ἀπαραίτητα ὄργανα

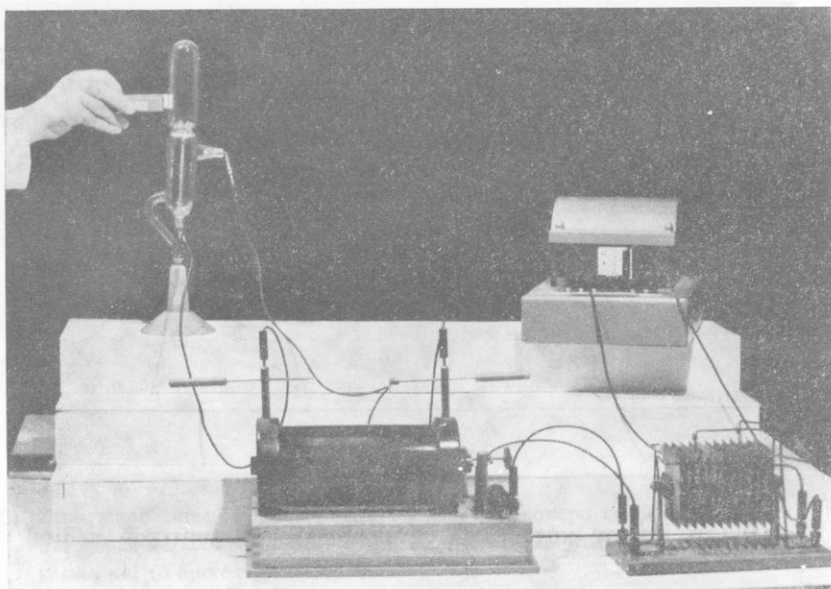
1. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ἐνας ἀνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
3. Ἐνα πηνίο Ruhmkorff.
4. Ἐνας σωλήνας διαυλικῶν ἀκτίνων.
5. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 30 cm.
6. Δύο καλώδια συνδέσεως μήκους 1 m.
7. Δύο κροκόδειλοι.
8. Ἐνας πεταλοειδῆς μαγνήτης.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Συνδέουμε τόν ἀνορθωτή στό μετασχηματιστή μέ τά δύο καλώδια τῶν 30 cm σέ τάση 8-10 V καί ἀπό αὐτόν μέ τή βοήθεια τῶν δύο ἄλλων καλωδίων τῶν 30 cm τροφοδοτοῦμε τό πηνίο Ruhmkorff.
- β) Μέ τά δύο καλώδια τοῦ 1 m συνδέουμε τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ σωλῆνα τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων μέ τή βοήθεια τῶν δύο κροκόδειλων μέ τοὺς ἀκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος τοῦ πηνίου Ruhmkorff.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- α) Τροφοδοτοῦμε τό μετασχηματιστή ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως καί ρυθμίζουμε



Εικ. 287

τόν κοχλία της σφύρας του πηνίου, για να αρχίσει να λειτουργεί.

Παρατηρούμε στη βάση του σωλήνα πρασινωπό φώς, που προέρχεται από τό φθορισμό του γυαλιού, γιατί πάνω σ' αυτό πέφτει ή καθοδική ακτινοβολία.

*Αν αυτό δέν είναι πολύ εύκρινές, κόβουμε τό ρεύμα και έναλλάσσουμε τούς ακροδέκτες στο δευτερεύον του πηνίου Ruhmkorff.

*Ακόμα παρατηρούμε φωτεινό φαινόμενο και στο χώρο του σωλήνα πάνω από τη διάτρητη κάθοδο, που προέρχεται από τή διέγερση που προκαλούν οί θετικές ή διαυλικές ακτίνες που περνούν από τή διάτρητη κάθοδο (είκ. 287).

- β) Στην περιοχή της καθοδικής ακτινοβολίας, κάτω από τή διάτρητη κάθοδο, πησιάζουμε τόν πεταλοειδή μαγνήτη μέ τό επίπεδο των σκελών του κάθετο στον κατακόρυφο άξονα του σωλήνα και στην καθοδική δέσμη. Παρατηρούμε μετατόπιση της φωτεινής περιοχής της βάσεως του σωλήνα, που οφείλεται στην έκτροπή της καθοδικής δέσμης από τό μαγνητικό πεδίο.

Μετακινούμε τό μαγνήτη προς τά πάνω και προσέχουμε να μήν αλλάξει ή θέση των πόλων, δηλ. ή φορά του μαγνητικού πεδίου. Παρατηρούμε μετατόπιση της φωτεινής περιοχής της κορυφής του σωλήνα, που οφείλεται στην έκτροπή της δέσμης των διαυλικών ακτίνων, και μάλιστα κατά φορά αντίθετη από τή φορά έκτροπής των καθοδικών ακτίνων. Αυτό σημαίνει πώς οί διαυλικές ακτίνες είναι σωμάτια που έχουν θετικό φορτίο.

Συμπεράσματα

Μέσα στον καθοδικό σωλήνα εκτός από τις καθοδικές ακτίνες που κινούνται από την κάθοδο προς την άνοδο έχουμε και άλλη ακτινοβολία, που κινείται αντίθετα και που μπορούμε να τη δούμε πέρα από την κάθοδο, αν αυτή είναι διάτρητη.

Η ακτινοβολία αυτή λέγεται θετική ή διανλική ακτινοβολία και αποτελείται από σωμάτια θετικά φορτισμένα. Ο καθορισμός της φύσεως της ακτινοβολίας αυτής προσδιορίζει ανάλογες ιδιότητες με τις ιδιότητες της καθοδικής.

Σημείωση

Η εκτέλεση του πειράματος πρέπει να γίνεται σε σκοτεινό χώρο.

ΠΕΙΡΑΜΑ 79ο

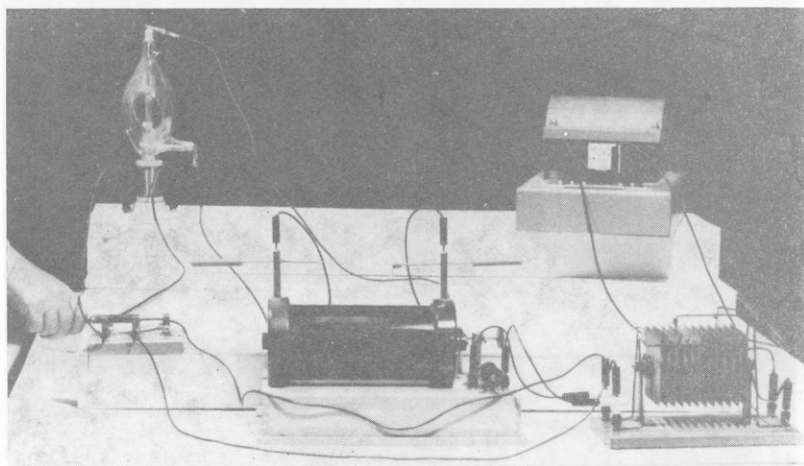
Κίνηση ιόντων κάτω από την επίδραση μαγνητικού πεδίου

*Απαραίτητα όργανα

1. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
2. Ένας άνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
3. Ένα κουτί ξηρών στοιχείων που έχει 3 στήλες των 4,5 V.
4. Ένα πηνίο Ruhmkorff.
5. Ένας διακόπτης αναστροφής.
6. Ένας σωλήνας De la Rive.
7. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 30 cm.
8. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 50 cm.
9. Δύο καλώδια συνδέσεως μήκους 1 m.
10. Δύο πολλαπλά βύσματα.
11. Δύο κροκόδειλοι.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Συνδέουμε τον άνορθωτή σεληνίου με το μετασχηματιστή σε τάση 8-10 V. Τοποθετούμε στους άκροδέκτες λήψεως του άνορθωτή τα δύο πολλαπλά βύσματα και με τα άλλα δύο καλώδια των 30 cm τροφοδοτούμε το πηνίο Ruhmkorff. Με τα καλώδια του 1 m, χρησιμοποιώντας και τους δύο κροκόδελους, συνδέουμε τους δύο άκροδέκτες του σωλήνα De la Rive με τους άκροδέκτες του δευτερεύοντος πηνίου.



Είκ. 288

β) Στους άκροδέκτες λήψεως του άνορθωτή μέ τά τέσσερα καλώδια των 50 cm συνδέουμε παράλληλα τό πηνίο του σωλήνα De la Rive βάζοντας στο κύκλωμα καί τό διακόπτη άναστροφεί.

Τό πηνίο του σωλήνα De la Rive μπορούμε νά τροφοδοτήσουμε καί από τό κουτί των ξηρών στοιχείων σέ τάση 4,5-9 V.

Έκτέλεση του πειράματος

Τροφοδοτούμε τό μετασχηματιστή από τό δίκτυο της πόλεως καί ρυθμίζουμε τή σφύρα του πηνίου Ruhmkorff, γιά νά άρχίσει νά λειτουργεί.

Παρατηρούμε μέσα στο σωλήνα De la Rive έκκένωση από τό μεταλλικό δακτύλιο στο άλλο ηλεκτρόδιο. Κλείνουμε τό διακόπτη άναστροφεί. Η φωτεινή δέσμη μέσα στο σωλήνα De la Rive περιστρέφεται έτσι, πού κάθε σημείο της νά γράφει κύκλο μέ κέντρο πάνω στην ευθεία πού ένώνει τό κέντρο του δακτύλιου μέ τό ηλεκτρόδιο πού βρίσκεται πρós τά πάνω (είκ. 288). Μέ τό διακόπτη άναστροφεί άναστρέφουμε τή φορά του ρεύματος στο πηνίο του σωλήνα, άναστρέφοντας έτσι τή φορά του μαγνητικού πεδίου πού έχει δημιουργηθεί. Η φορά περιστροφής της φωτεινής έκκενώσεως άναστρέφεται.

Έρμηνεία — Συμπεράσματα

Τό μαγνητικό πεδίο μέσα στο σωλήνα έχει διεύθυνση περίπου όριζόντια, από τό σιδερένιο πυρήνα πρós τά τοιχώματα ή αντίστροφα (κατά τήν άκτίνα του κυλίνδρου). Η διεύθυνση του ρεύματος είναι ή

διεύθυνση τῆς ἐκκενώσεως, δηλαδή κατακόρυφη. Ἡ δύναμις Laplace θά εἶναι κάθετη πάνω στίς δύο παραπάνω διευθύνσεις, δηλαδή θά εἶναι κατά τήν ἐφαπτομένη τοῦ περίπου κυλινδρικοῦ σωλήνα μέ φορά πού ἐξαρτᾶται ἀπό τή φορά τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἔτσι κάθε φορτισμένο σωματίο, καί ὁλόκληρη ἡ δέσμη, θά κινηθεῖ κυκλικά μέ φορά πού ἐξαρτᾶται ἀπό τή φορά τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Κατά συνέπεια ἴοντα πού κινοῦνται μέσα σέ ὁμογενές μαγνητικό πεδίο κάθετα πρὸς τή διεύθυνσή του διαγράφουν περιφέρεια κύκλου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 806

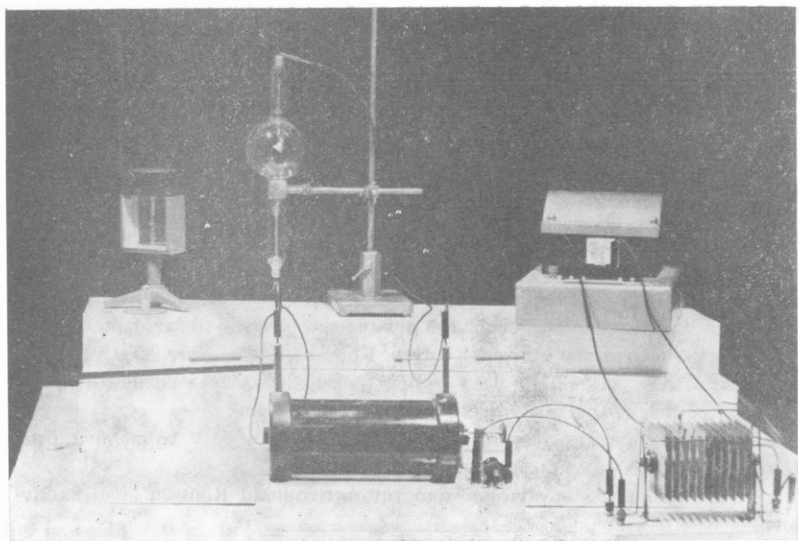
Παραγωγή καί ἀνίχνευση ἀκτινοβολίας Roentgen

Ἀπαραίτητα ὄργανα

1. Ἕνας πολλαπλὸς μετασχηματιστής.
2. Ἕνας ἀνορθωτὴς σεληνίου 55 V, 10 A.
3. Ἕνα πηνίο Ruhmkorff.
4. Ἕνας σωλήνας παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen.
5. Τέσσερα καλώδια συνδέσεως μήκους 30 cm.
6. Δυὸ καλώδια συνδέσεως μήκους 1 m.
7. Δυὸ κροκόδειλοι.
8. Ἕνα ἡλεκτροσκόπιο.
9. Μιά ράβδος γυάλινη.
10. Ἕνα κομμάτι πλαστικοῦ φύλλου.
11. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
12. Μιά ράβδος $\varnothing$ 10 mm μήκους 0,80 m.
13. Ἕνας σύνδεσμος ἀπλός (σταυρός).
14. Μιά λαβίδα ἀπλή.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- a) Βιδώνουμε πάνω στή χυτοσιδερένια βάση τή ράβδο τῶν 0,80 m καί σ' αὐτὴ σέ ὕψος 20-25 cm στηρίζουμε τὸν ἀπλό σύνδεσμο καί πάνω του τή λαβίδα. Μέ τή λαβίδα συγκρατοῦμε τὸ σωλήνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἀπὸ τήν περιοχή πού βρίσκεται κοντά στήν κάθοδο, κάτω ἀπὸ τὸ σφαιρικό του μέρος, ἔτσι, πού νά βρίσκεται κατακόρυφος μέ τήν ἄνοδο πρὸς τὰ πάνω.



Εικ. 289

- β) Συνδέουμε τον ανορθωτή σεληνίου με τό μετασχηματιστή σέ τάση 8-10 V με τά δυό καλώδια των 30 cm καί από αὐτόν μέ τά ἄλλα δυό καλώδια τροφοδοτοῦμε τό πηνίο Ruhmkorff. Τελικά συνδέουμε μέ τά δυό καλώδια τοῦ 1 m μέ τή βοήθεια των δυό κροκοδείλων τούς ἀκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος τοῦ πηνίου Ruhmkorff μέ τούς ἀκροδέκτες τοῦ σωλήνα των ἀκτίνων Röntgen. Ἀπομακρύνουμε τό σωλήνα ἀπό τό πηνίο, ὅσο μᾶς ἐπιτρέπουν τά καλώδια.

Ἐκτέλεση τοῦ πειράματος

- Τροφοδοτοῦμε τό μετασχηματιστή ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως καί ρυθμίζουμε τή σφύρα τοῦ πηνίου Ruhmkorff, γιά νά ἀρχίσει νά λειτουργεῖ. Κόβουμε τό ρεύμα ἀνοίγοντας τό διακόπτη τοῦ πηνίου.
- Τρίβουμε μέ τό πλαστικό φύλλο τή γυάλινη ράβδο καί μέ αὐτή φορτίζουμε ἐπιδρώντας τό ἠλεκτροσκόπιο, τό ὁποῖο βάζουμε κοντά στό σωλήνα Röntgen στήν πορεία τῆς δέσμης πού ἐκπέμπει, ὅταν διεγερθεῖ.
- Κλείνουμε τό διακόπτη τοῦ πηνίου Ruhmkorff· τότε ὁ σωλήνας διεγείρεται καί τό ἠλεκτροσκόπιο ἐκφορτίζεται πολύ γρήγορα. Ἄν τό ἠλεκτροσκόπιο δέν ἐκφορτίζεται, ἐναλλάσσουμε τούς ἀκροδέκτες των καλωδίων στούς ἀκροδέκτες τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καί ξανακάνουμε τή φόρτιση καί ἐκφόρτιση τοῦ ἠλεκτροσκοπίου σέ διάφορες θέσεις καί ἀποστάσεις ἀπό τό σωλήνα (εἰκ. 289).

Συμπέρασμα

"Όταν ηλεκτρόνια που κινούνται γρήγορα (καθοδική ακτινοβολία) πέφτουν σέ δύστηκτο μέταλλο (άνοδος), εκπέμπεται ακτινοβολία διεισδυτική που βγαίνει από τά τοιχώματα του σωλήνα, προκαλεί ιονισμό του αέρα και εκφορτίζει τό ηλεκτροσκόπιο. Αυτή ή ακτινοβολία λέγεται ακτινοβολία Roentgen ή ακτίνες X.

Σημείωση

Σ' όλη τή διάρκεια της λειτουργίας του σωλήνα εκείνος που κάνει τό πείραμα πρέπει νά βρίσκεται στή μεριά του πηνίου σέ απόσταση τό λιγότερο ενός μέτρου από τό σωλήνα των ακτίνων Röntgen. Καί κάθε φορά, όταν θέλει νά φορτίσει και νά μεταφέρει σέ άλλη θέση τό ηλεκτροσκόπιο, πρέπει νά σταματά τή λειτουργία του σωλήνα, κλείνοντας τό διακόπτη του πηνίου.

Σέ καμιά περίπτωση οί μαθητές δέν πρέπει νά πλησιάζουν τό σωλήνα, όταν λειτουργεί σέ απόσταση πιό μικρή από 1 m.

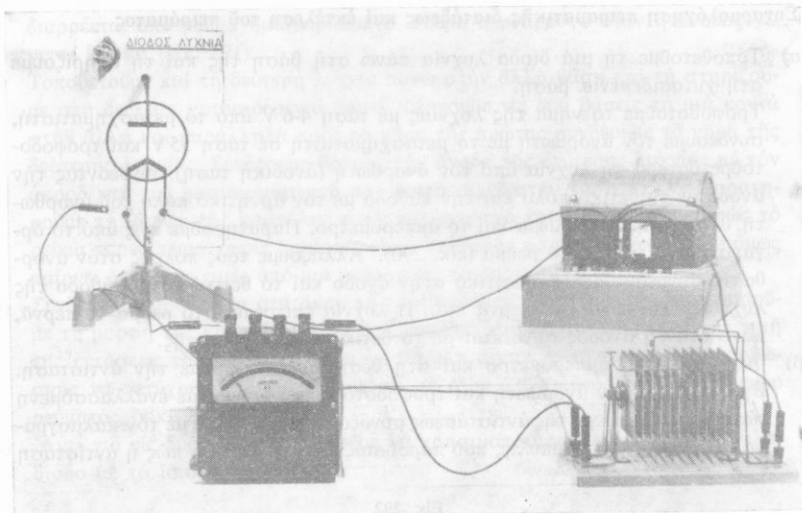
Η προσβολή του οργανισμού από τήν ακτινοβολία Röntgen είναι επικίνδυνη.

ΠΕΙΡΑΜΑ 81ο

Χρήση της διόδου ηλεκτρονικής λυχνίας ως άνορθώτριας

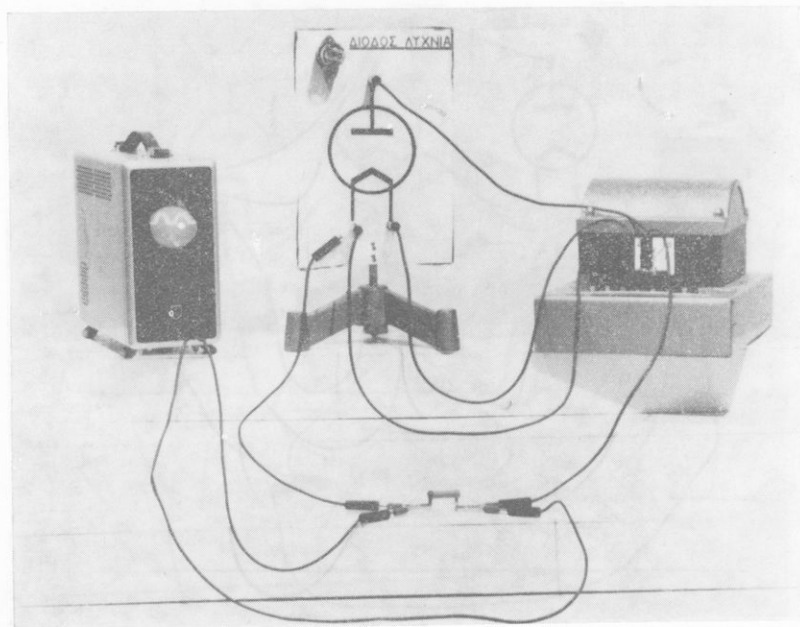
Απαραίτητα όργανα

1. Δυό βάσεις χυτοσιδερένιες.
2. Δυό βάσεις διόδου ηλεκτρονικής λυχνίας.
3. Δυό διόδοι ηλεκτρονικές λυχνίες.
4. Ένας πολλαπλός μετασχηματιστής.
5. Ένας άνορθώτης σεληνίου 55 V, 10 A.
6. Ένα άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος (D.C.).
7. Ένας καθοδικός παλμογράφος.
8. Μιά αντίσταση 15 KΩ.
9. Ένας πυκνωτής 20 μF.
10. Δυό μπανάνες διχαλωτές.
11. Έξι πολλαπλά βύσματα.
12. Τέσσερις χροκόδειλοι.
13. Τέσσερα καλώδια μήκους 30 cm.
14. Τέσσερα καλώδια μήκους 50 cm.
15. Τέσσερα καλώδια μήκους 1 m.



Εικ. 290

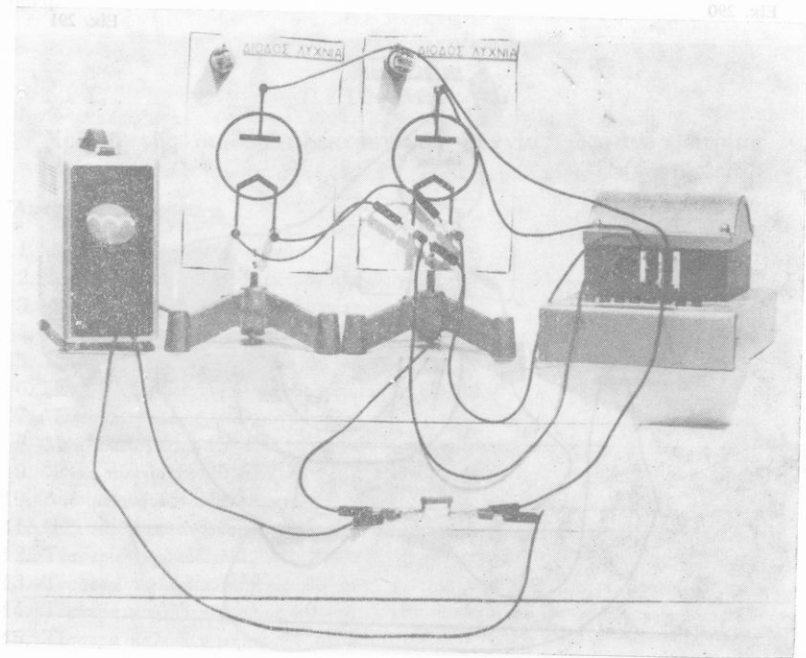
Εικ. 291



Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως και εκτέλεση του πειράματος

- α) Τοποθετούμε τη μιὰ δίοδο λυχνία πάνω στη βάση της και τη στηρίζουμε στη χυτοσιδερένια βάση.
- Τροφοδοτούμε τό νήμα της λυχνίας μέ τάση 4-6 V από τό μετασχηματιστή, συνδέουμε τόν άνορθωτή μέ τό μετασχηματιστή σέ τάση 55 V καί τροφοδοτούμε ύστερα τή λυχνία από τόν άνορθωτή (άνοδική τάση), συνδέοντας τήν άνοδο μέ τό θετικό πόλο καί τήν κάθοδο μέ τόν άρνητικό πόλο του άνορθωτή, θέτοντας στό κύκλωμα καί τό άμπερόμετρο. Παρατηρούμε πώς από τό όργανο περνά ηλεκτρικό ρεύμα (εϊκ. 290). Άλλάζουμε τούς πόλους στόν άνορθωτή, συνδέοντας τόν άρνητικό στήν άνοδο καί τό θετικό στήν κάθοδο της λυχνίας. Τό ρεύμα δέν περνά πιά. Ή λυχνία επιτρέπει στό ρεύμα νά περνά, μόνο όταν ή άνοδος συνδέεται μέ τό θετικό πόλο της πηγής.
- β) Άφαιρούμε τό άμπερόμετρο καί στη θέση του συνδέουμε τήν αντίσταση. Βγάζουμε καί τόν άνορθωτή καί τροφοδοτούμε τή λυχνία μέ έναλλασσόμενη τάση 55 V. Τά άκρα της αντίστάσεως συνδέουμε παράλληλα μέ τόν παλμογράφο. Ή μορφή της καμπύλης πού παρουσιάζεται μās δείχνει πώς ή αντίσταση

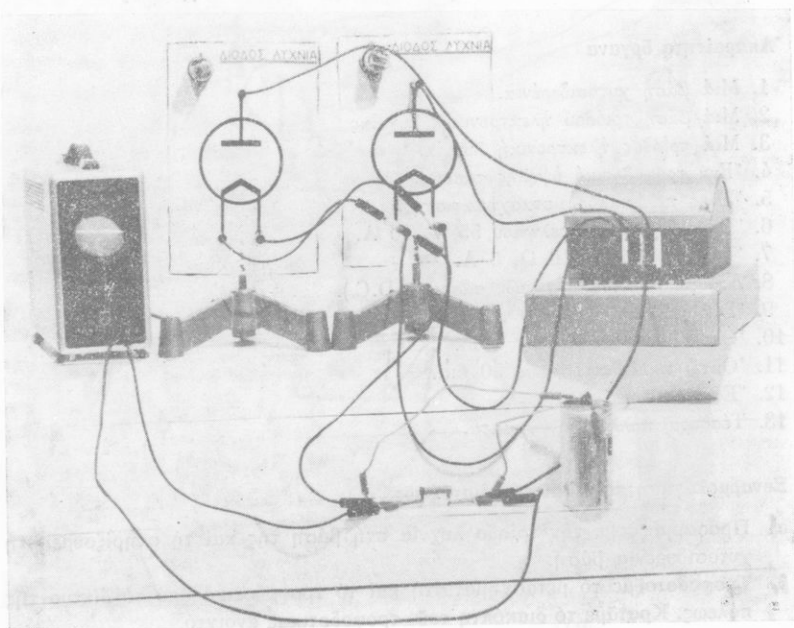
Εϊκ. 292



διαρρέεται από ρεύμα ήμιανορθωμένο. Ρεύμα περνά, μόνο όταν ή άνοδος γίνεται θετική (είκ. 291).

- γ) Τοποθετούμε και τή δεύτερη λυχνία πάνω στην άλλη βάση και τή στηρίζουμε στη δεύτερη χυτοσιδερένια βάση. Φέρνουμε τις δύο βάσεις τή μιά κοντά στην άλλη και παράλληλα προς τό νήμα τής πρώτης συνδέουμε τό νήμα τής δεύτερης λυχνίας. Συνδέουμε ύστερα τήν άνοδο τής δεύτερης λυχνίας μέ τόν άκροδέκτη του μετασχηματιστή που άντιστοιχεί στην τάση 110 V. Παρατηρούμε τή μορφή τής καμπύλης στον παλμογράφο και διαπιστώνουμε πώς τό ρεύμα περνά τώρα χωρίς διακοπή, είναι σταθερής φοράς, ή έντασή του όμως παίρνει διάφορες τιμές από μιά μεγάλη ως τό μηδέν (0) (είκ. 292).
- δ) Συνδέουμε παράλληλα στά άκρα τής άντιστάσεως τόν πυκνωτή. Παρατηρούμε τή μορφή τής καμπύλης στον παλμογράφο και διαπιστώνουμε πώς ή τιμή τής έντάσεως του ρεύματος είναι μέ μεγάλη προσέγγιση σταθερή. Κατορθώσαμε νά πετύχουμε πλήρη άνόρθωση μέ εξομάλυνση ενός έναλλασσόμενου ρεύματος (είκ. 293).
- ε) Άντί για τις δύο διόδους μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε μιά λυχνία διπλού διόδο με τό ίδιο αποτέλεσμα.

Είκ. 293



Συμπεράσματα

Ἡ δίοδος ἡλεκτρονική λυχνία ἐπιτρέπει τῇ δίοδο ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μόνο ὅταν ἡ ἄνοδος εἶναι συνδεμένη μέ τό θετικό πόλο τῆς πηγῆς.

Τῇ δίοδο ἡλεκτρονική λυχνία χρησιμοποιοῦμε ὡς ἀνορθώτρια. Πετυχαίνουμε πλήρη ἀνόρθωση μέ ἐξομάλυνση μέ τή χρησιμοποίηση δυό διόδων λυχνιῶν (ἢ μιᾶς διπλοδίοδου), μιᾶς κατάλληλης ἀντιστάσεως καί ἐνός πυκνωτῆ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 82ο

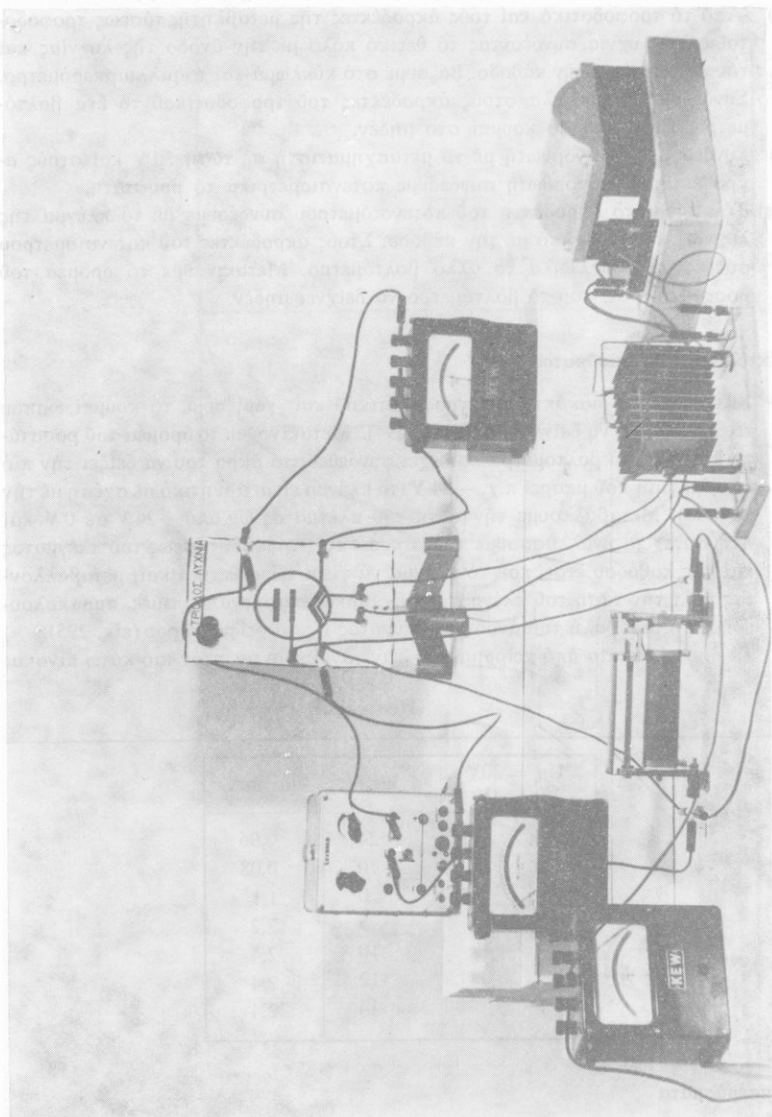
Μελέτη τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τήν τάση πλέγματος τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας. Χάραξη τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης τοῦ πλέγματος

*Απαραίτητα ὄργανα

1. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
2. Μιά βάση τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας
3. Μιά τριόδος ἡλεκτρονική λυχνία.
4. Ἐνα τροφοδοτικό ὑψηλῆς τάσεως.
5. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.
6. Ἐνας ἀνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
7. Ἐνας ροοστάτης 10 Ω, 5 A.
8. Δυό βολτόμετρα συνεχοῦς τάσεως (D.C.).
9. Ἐνα μιλλιαμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος (D.C.).
10. Ὀκτώ καλώδια μήκους 1 m.
11. Ὀκτώ καλώδια μήκους 50 cm.
12. Ἐξι μπανάνες διχαλωτές.
13. Τέσσερα πολλαπλά βύσματα.

Συναρμολόγηση πειραματικῆς διατάξεως

- α) Προσαρμόζουμε τήν τριόδου λυχνία στή βάση της καί τή στηρίζουμε στή χυτοσιδερένια βάση.
- β) Τροφοδοτοῦμε τό μετασχηματιστή καί τό τροφοδοτικό ἀπό τό δίκτυο τῆς πόλεως. Κρατᾶμε τό διακόπτη τοῦ τροφοδοτικοῦ ἀνοιχτό.



Εικ. 294

- γ) Τροφοδοτούμε τό νήμα τής λυχνίας από τό μετασχηματιστή μέ τάση 4 V.
- δ) 'Από τό τροφοδοτικό καί τούς άκροδέκτες τής μεταβλητής τάσεως τροφοδοτούμε τή λυχνία, συνδέοντας τό θετικό πόλο μέ τήν άνοδο τής λυχνίας καί τόν άρνητικό μέ τήν κάθοδο. Βάζουμε στό κύκλωμα καί τό μιλλιαμπερόμετρο. Συνδέουμε παράλληλα στούς άκροδέκτες του τροφοδοτικού τό ένα βολτόμετρο. Γυρίζουμε τό κουμπί στό μηδέν.
- ε) Συνδέουμε τόν άνορθωτή μέ τό μετασχηματιστή σέ τάση 30 V καί στούς άκροδέκτες του άνορθωτή συνδέουμε ποτενσιόμετρον συνδέουμε μέ τό πλέγμα τής λυχνίας καί τό θετικό μέ τήν κάθοδο. Στούς άκροδέκτες του ποτενσιόμετρον συνδέουμε παράλληλα τό άλλο βολτόμετρο. Μετακινούμε τό δρομέα του ροοστάτη έτσι, πού τό βολτόμετρο νά δείχνει μηδέν.

Έκτέλεση του πειράματος

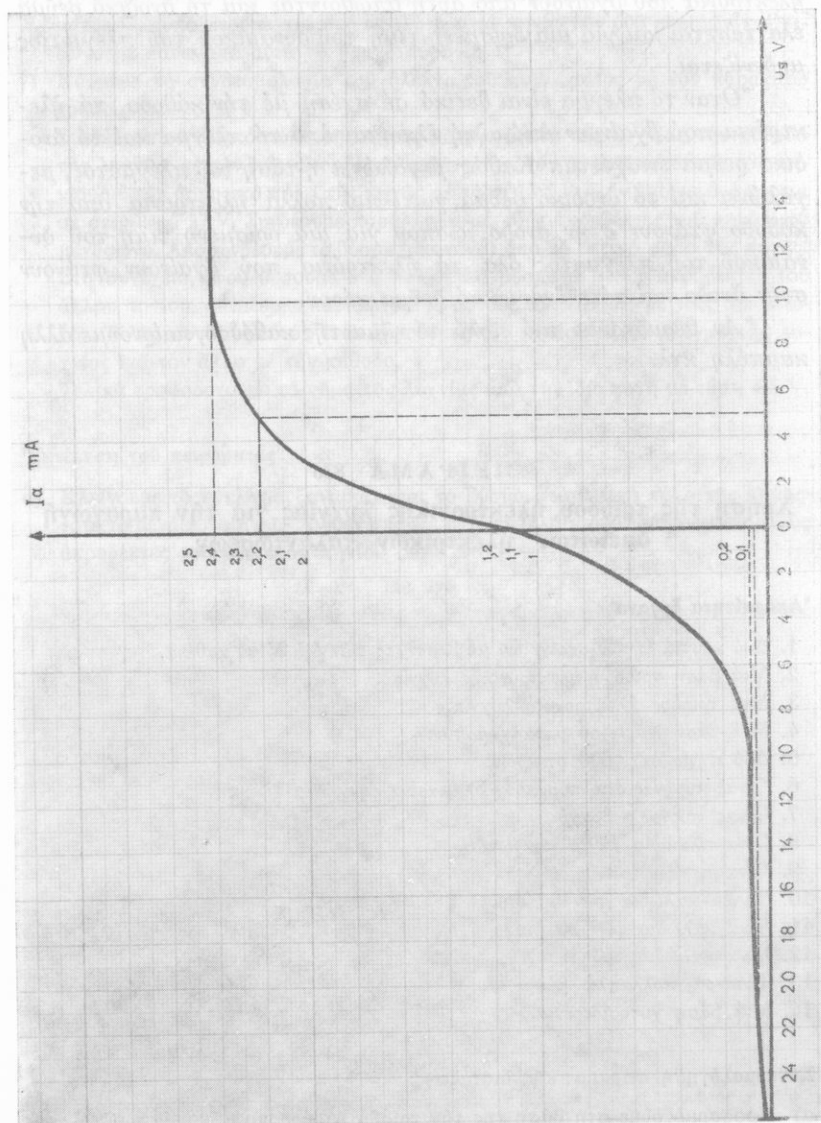
- α) Κλείνουμε τό διακόπτη του τροφοδοτικού καί γυρίζουμε τό κουμπί, ώσπου τό βολτόμετρο νά δείχνει 30 V (είκ. 294). Μετακινούμε τό δρομέα του ροοστάτη έτσι, πού τό βολτόμετρο πού έχει συνδεθεί στά άκρα του νά δείξει τήν πιό μεγάλη τιμή πού μπορεί π.χ. —24 V (τό πλέγμα είναι άρνητικό σέ σχέση μέ τήν κάθοδο). Μεταβάλλουμε τήν τάση του πλέγματος U_g από —24 V σέ 0 V καί στή συνέχεια εναλλάσσουμε τούς άκροδέκτες τροφοδοτήσεως του πλέγματος καί τής καθόδου έτσι, πού τό πλέγμα νά γίνει τώρα θετικό καί, μεταβάλλοντας πάλι τήν τάση του πλέγματος σέ διαρκώς πιό μεγάλες τιμές, παρακολουθούμε τή μεταβολή του άνοδικου ρεύματος ως τό ρεύμα κόρου (είκ. 295). Τά άποτελέσματα από πείραμα πού έγινε αναφέρονται στόν πιό κάτω πίνακα:

Πίνακας I

$U_a = 30V$ $V_0 = 4V$	$U_g \text{ V}$	$I_a \text{ mA}$
	— 24	0,06
	— 10	0,08
	0	1,1
	5	2,2
	10	2,4
	12	2,4
	14	2,4

Συμπεράσματα

“Όταν τό πλέγμα είναι άρνητικό σέ σχέση μέ τήν κάθοδο, τά



Εικ. 295. Γραφική παράσταση της μεταβολής του άνοδικού ρεύματος σε συνάρτηση με την τάση πλέγματος.

ηλεκτρόνια που βγαίνουν από αυτή απωθούνται και το ανοδικό ρεύμα ελαττώνεται και για μία ορισμένη τιμή του δυναμικού του πλέγματος μηδενίζεται.

"Όταν το πλέγμα είναι θετικό σε σχέση με την κάθοδο, τα ηλεκτρόνια που βγαίνουν από αυτή έλκονται από το πλέγμα και το ανοδικό ρεύμα ενισχύεται. Καθώς μεγαλώνει η τάση του πλέγματος, μεγαλώνει και το ανοδικό ρεύμα, γιατί πιο πολλά ηλεκτρόνια από την κάθοδο φτάνουν στην άνοδο, ώσπου για μία ορισμένη τιμή του δυναμικού του πλέγματος όλα τα ηλεκτρόνια που βγαίνουν φτάνουν στην άνοδο και τότε έχουμε το ρεύμα κόρου.

"Αν θερμάνουμε πιο πολύ το νήμα της καθόδου, παίρνουμε άλλη καμπύλη κτλ.

ΠΕΙΡΑΜΑ 83ο

Χρήση της τριόδου ηλεκτρονικής λυχνίας για την παραγωγή αμείωτων ηλεκτρικών ταλαντώσεων

*Απαραίτητα όργανα

1. Δύο κουτιά ξηρών στοιχείων με 3 στήλες των 4,5 V τό καθένα.
2. Μία βάση τριόδου ηλεκτρονικής λυχνίας.
3. Μία τριόδος ηλεκτρονική λυχνία.
4. Μία βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
5. Δύο πηνία των 600 σπειρών.
6. Ένας πυρήνας από πυριτιούχο λαμαρίνα σε σχήμα U.
7. Ένας πυρήνας βραχύς.
8. Ένα πλακίδιο πέντε πυκνωτών.
9. Ένα μεγάφωνο.
10. Έννέα καλώδια των 50 cm.
11. Ένα καλώδιο των 30 cm.
12. Ένα καλώδιο του 1 m.
13. Τέσσερα πολλαπλά βύσματα.
14. Μία βάση χυτοσιδερένια.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Προσαρμόζουμε στη βάση της την τριόδο ηλεκτρονική λυχνία και τη στηρίζουμε στη χυτοσιδερένια βάση.

β) Προσαρμόζουμε στη βάση του λυόμενου μετασχηματιστή τον πυρήνα σχήματος U, τοποθετούμε στα δύο σκέλη του τα πηνία των 600 σπειρών και βιδώνουμε πάνω από αυτά το βραχύ πυρήνα.

γ) Κάνουμε τη συνδεσμολογία του ηλεκτρικού κυκλώματος με τον παρακάτω τρόπο.

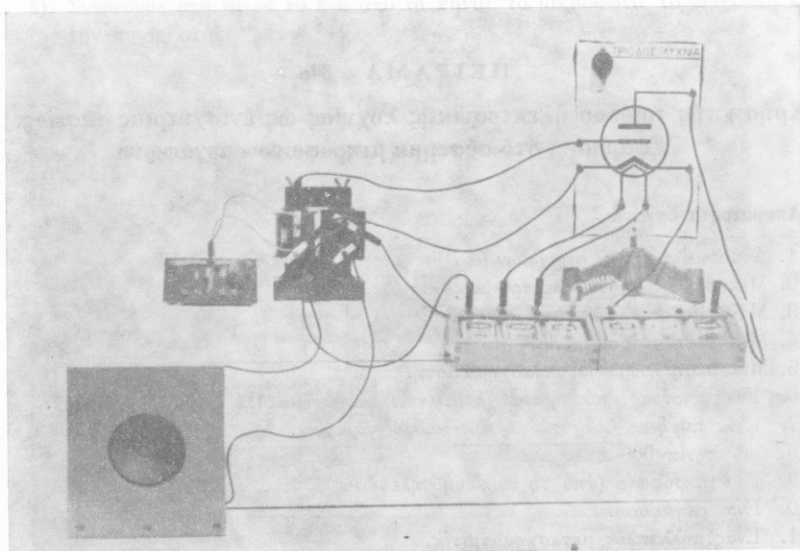
Συνδέουμε το θετικό πόλο της πηγής με την άνοδο της λυχνίας, την κάθοδο της λυχνίας με τον έναν άκροδέκτη του πηνίου, τον άλλο άκροδέκτη του πηνίου με τον αρνητικό πόλο της πηγής σε τάση 13,5 V ή, αν έχουμε δύο κουτιά σε σειρά, με 27 V. Συνδέουμε παράλληλα με τους άκροδέκτες του πηνίου το megάφωνο. Αποσυνδέουμε το βύσμα (μπανάνα) από το θετικό πόλο της πηγής. Στη συνέχεια, αφού θέσουμε δύο πολλαπλά βύσματα στους άκροδέκτες του άλλου πηνίου, συνδέουμε παράλληλα με αυτούς το πλακίδιο με τους 5 πυκνωτές. Τέλος συνδέουμε τον έναν άκροδέκτη του πηνίου με το πλέγμα της λυχνίας και τον άλλο με την κάθοδο.

Τελικά τροφοδοτούμε το νήμα της λυχνίας από την ίδια πηγή με τάση 4,5 V.

Εκτέλεση του πειράματος

α) Κλείνουμε το κύκλωμα, ξαναβάζοντας το βύσμα στο θετικό πόλο της πηγής· τότε το megάφωνο ήχει. Αν δεν ακούμε ήχο, εναλλάσσουμε τα βύσματα στους άκροδέκτες του δεύτερου πηνίου (εik. 296).

Εικ. 296



- β) Μεταφέρουμε τό βύσμα, τό συνδεμένο μέ τούς πυκνωτές τοῦ πλακίδιου, ἔτσι, πού νά συνδέεται διαδοχικά μέ τούς διάφορους πυκνωτές. Ἀκοῦμε κάθε φορά ἕχο διαφορετικῆς συχνότητας.
- γ) Ξεβιδώνουμε τόν ἕναν κοχλία ἀπό τόν πυρήνα καί χαλαρώνουμε τό δεύτερο. Στρέφουμε τό βραχύ πυρήνα γύρω ἀπό ἄξονα τό χαλαρό κοχλία, ὅποτε ἡ αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου μεταβάλλεται. Παρατηροῦμε μεταβολή τῆς συχνότητος τοῦ ἤχου.

Συμπεράσματα

Τό πηνίο μαζί μέ τόν πυκνωτή ἀποτελοῦν ἓνα κύκλωμα *Thomson*, πού ταλαντώνεται μέ μιὰ ἰδιοσυχνότητα χαρακτηριστική τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ταλάντωση αὐτή ἐπηρεάζει τό ἀνοδικό ρεῦμα, πού ἡ ἔντασή του κυμαίνεται μέ τήν ἴδια συχνότητα καί δίνει συνέχεια νέες ὥθήσεις στό κύκλωμα *Thomson*. Οἱ ταλαντώσεις αὐτές, ἂν εἶναι μέσα στά ὅρια τῶν ἀκουστικῶν συχνοτήτων, ὅταν διαβιβαστοῦν στό μεγάφωνο, προκαλοῦν τήν παραγωγή ἤχου.

Ἡ ἰδιοσυχνότητα τοῦ κυκλώματος *Thomson* ἐξαρτᾶται ἀπό τή χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ καί τήν αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου.

ΠΕΙΡΑΜΑ 84ο

**Χρήση τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας ὡς ἐνισχύτριας τάσεως.
Ἐφαρμογή στό σύστημα μικρόφωνο - μεγάφωνο**

Ἀπαραίτητα ὄργανα

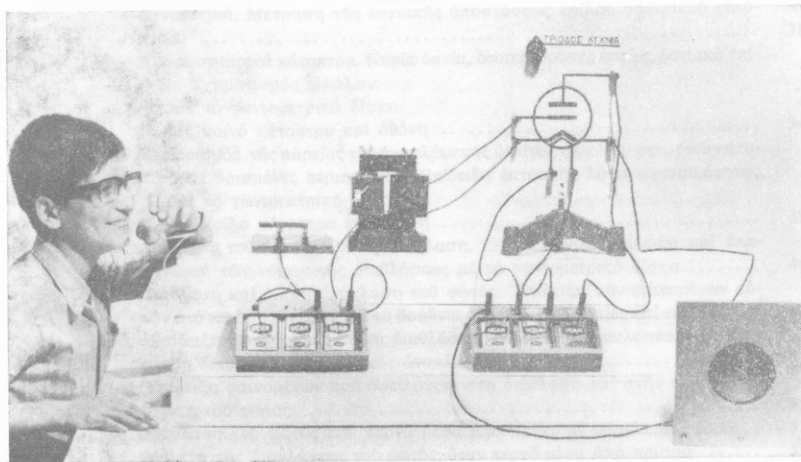
1. Δυό κουτιά ξηρῶν στοιχείων μέ 3 στήλες τό καθένα τῶν 4,5 V.
2. Μιά βάση τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας.
3. Μιά τριόδος ἠλεκτρονική λυχνία.
4. Μιά βάση χυτοσιδερένια.
5. Μιά βάση λυόμενου μετασχηματιστή.
6. Ἐνας πυρήνας ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα σέ σχῆμα U.
7. Ἐνας πυρήνας βραχύς ἀπό πυριτιοῦχο λαμαρίνα.
8. Δυό πηνία 600 σπειρῶν.
9. Ἐνα μικρόφωνο (ἀπό τή συσκευή τηλεφώνου).
10. Ἐνα μεγάφωνο.
11. Ἐνας πολλαπλός μετασχηματιστής.

12. Ένας άνορθωτής σεληνίου 55 V, 10 A.
13. Ένας διακόπτης άπλως μαχαιωτός.
14. Τέσσερα καλώδια τών 30 cm.
15. Τρία καλώδια τών 50 cm.
16. Δυό καλώδια τού 1 m.

Συναρμολόγηση πειραματικής διατάξεως

- α) Προσαρμόζουμε στή βάση της τήν τρίοδο ήλεκτρονική λυχνία καί τή στηρίζουμε στή χυτοσιδερένια βάση.
- β) Προσαρμόζουμε στή βάση τού λυόμενου μετασχηματιστή τόν πυρήνα U. Τοποθετούμε στά δυό σκέλη του τά πηνία καί βιδώνουμε άπό πάνω τό βραχύ πυρήνα.
- γ) Συνδεσμοιολογούμε τό ήλεκτρικό κύκλωμα μέ τόν παρακάτω τρόπο.
Συνδέουμε τό θετικό πόλο της πηγής μέ τήν άνοδο της λυχνίας, τήν κάθοδο της λυχνίας μέ τόν έναν άκροδέκτη τού μεγάφωνου καί τόν άλλο άκροδέκτη τού μεγάφωνου μέ τόν άρνητικό πόλο της πηγής. Ως πηγή χρησιμοποιούμε τό ένα κουτί τών ξηρών στοιχείων παίρνοντας τάση 13,5 V ή συνδέουμε σέ σειρά τά δυό κουτιά, όποτε παίρνουμε πίο μεγάλη τάση ως 27 V. Μπορούμε άκόμα νά χρησιμοποιήσουμε τόν πολλαπλό μετασχηματιστή σέ συνδυασμό μέ τόν άνορθωτή σέ τάση 12-30V. Συνδέουμε άκόμα τό νήμα της λυχνίας σέ τάση 4-6 V.
- δ) Συνδέουμε στή σειρά τό ένα άπό τά πηνία, τό μικρόφωνο, τό διακόπτη καί τήν πηγή, στήλη τών 4,5 V.

Εικ. 297



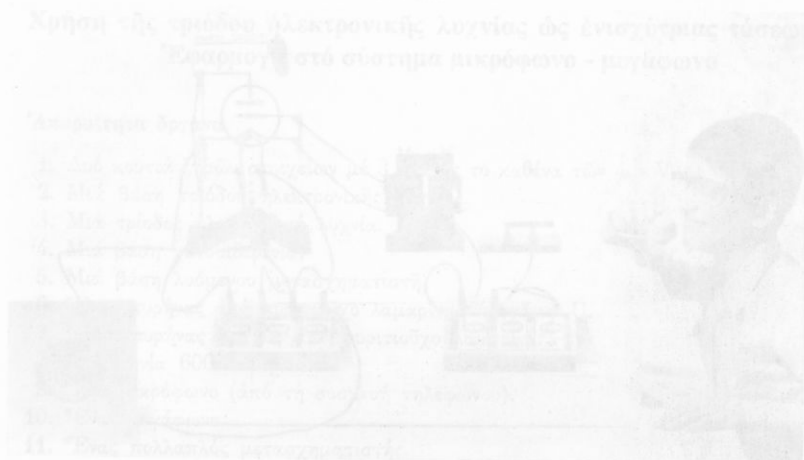
- ε) Συνδέουμε τόν έναν άκροδέκτη του άλλου πηνίου μέ τό πλέγμα τής λυχνίας καί τόν άλλο μέ τήν κάθοδό της (είκ. 297).

Έκτέλεση του πειράματος

Κλείνουμε τό διακόπτη καί μιλάμε μπροστά στό μικρόφωνο. Άκούμε τή φωνή μας ισχυρή από τό μέγάφωνο.

Συμπέρασμα

Ο ήχος διαμορφώνει τό ρεύμα πού διαρρέει τό πηνίο, τό όποιο είναι συνδεμένο μέ τό μικρόφωνο, κι αυτό έχει ως αποτέλεσμα νά αναπτύσσεται στά άκρα του άλλου πηνίου μία τάση διαμορφωμένη σάν τή συχνότητα του μικροφωνικού ρεύματος. Η τάση αυτή ενισχύμενη μέ τή λυχνία διαβιβάζεται στό μέγάφωνο καί άκούμε τή φωνή μας ενισχυμένη.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΟΠΤΙΚΗ

	Σελίδα
Πείραμα 1ο. Συναρμολόγηση οπτικής τράπεζας	5
» 2ο. Ήξάσκηση στή χρήση του προβολέα Reuter. Δέσμες συγκλίνουσες, παράλληλες, αποκλίνουσες	7
» 3ο. Ήπίδειξη τής εθθύγραμμης διαδόσεως του φωτός	10
» 4ο. Ήπίδειξη εθθύγραμμης διαδόσεως του φωτός. Δέσμες συγκλίνουσες, παράλληλες και αποκλίνουσες στο χώρο	11
» 5ο. Συνέπειες τής εθθύγραμμης διαδόσεως του φωτός. Σκιά, παρασκιά, σκοτεινός θάλαμος	14
» 6ο. Ήνάκλαση, διάχυση και άπορρόφηση του φωτός	17
» 7ο. Ήνάκλαση και νόμοι τής άνακλάσεως. I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο. II. Μέ κοινό κάτοπτρο και όθόνη	21
» 8ο. Είδωλα επίπεδων κατόπτρων	23
» 9ο. Ήπίεδα κάτοπτρα, παράλληλα και υπό γωνία	25
» 10ο. Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα. Κυρία έστία, δευτερεύουσες έστίες, έστιακό επίπεδο, έστιακή απόσταση. I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο. II. Μέ τό κοίλο κάτοπτρο και όθόνη	26
» 11ο. Σχηματισμός ειδώλων μέ κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο. Είδωλα πραγματικά και φανταστικά. Μέτρηση τής έστιακής άποστάσεως κοίλου σφαιρικού κατόπτρου	31
» 12ο. Κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα. Κυρία έστία, δευτερεύουσες έστίες, έστιακό επίπεδο. Σχηματισμός ειδώλων. I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο. II. Μέ κοινό κάτοπτρο και όθόνη	34
» 13ο. Καθορισμός τής πορείας τής άνακλώμενης ακτίνας σέ κοίλο σφαιρικό κάτοπτρο σέ όρισμένες περιπτώσεις Ήπίδειξη έκτροπής λόγω σφαιρικότητας. I. Μέ τό γωνιομετρικό δίσκο. II. Μέ κοίλο κάτοπτρο και όθόνη	39
» 14ο. Διάθλαση του φωτός. Όλική άνάκλαση. Όρική γωνία. Ήπίδειξη και επαλήθευση των νόμων τής διαθλάσεως μέ τό γωνιομετρικό δίσκο	46
» 15ο. Διάθλαση και όλική άνάκλαση του φωτός. Ήπίδειξη των φαινομένων αυτών στο νερό τής λεκάνης μέ τή βοήθεια φθορίζουσας ουσίας και καπνού ...	50
» 16ο. Ήπίδειξη των φαινομένων τής διαθλάσεως και όλικής άνακλάσεως μέ τή συσκευή διαθλάσεως και όλικής άνακλάσεως	53
» 17ο. Ήπίδειξη φαινομένων πού όφείλονται στή διάθλαση και στήν όλική άνάκλαση του φωτός	55
» 18ο. Διάθλαση του φωτός πού περνά μέσα από πλάκα μέ παράλληλες έδρες ..	57
» 19ο. Μελέτη τής διαθλάσεως του φωτός, όταν περνά μέσα από πρίσμα	59

Πείραμα 206. Μελέτη της διαθλάσεως του φωτός, όταν περνά μέσα από πρίσμα. Χρησιμοποίηση κοίλου πρίσματος	62
» 21ο. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς φωτεινῆς ἀκτίνης πού διαθλάται, όταν περνά μέσα από πρίσμα, ἐξαρτᾶται ἀπό τὸ δείκτη διαθλάσεως τοῦ ὕλικου τοῦ πρίσματος. Ἐπίδειξη μὲ πολυπρίσμα	64
» 22ο. Μελέτη τῶν ιδιοτήτων τῶν πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως	66
» 23ο. Διάθλαση δέσμης φωτεινῶν ἀκτίνων, όταν περνά μέσα ἀπὸ φακό. Κυρία ἔστια, δευτερεύουσες ἔστιες, ἔστιακὸ ἐπίπεδο. I. Πάνω στὸ γωνιομετρικὸ δίσκο. II. Πάνω σὲ ὁδὸν μὲ φακοὺς τῆς σειρᾶς φακῶν	70
» 24ο. Οἱ δύο ἔστιες λεπτοῦ φακοῦ εἶναι συμμετρικὲς ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδόν του. Καθορισμὸς τῆς πορείας τῆς διαθλώμενης ἀκτίνης, όταν περνά ἀπὸ φακό, σὲ ὁρισμένες περιπτώσεις. I. Ἐπίδειξη πάνω στὸ γωνιομετρικὸ δίσκο. II. Ἐπίδειξη μὲ τοὺς φακοὺς τῆς σειρᾶς φακῶν ἐπάνω στὴν ὁδὸν	76
» 25ο. Σχηματισμὸς εἰδῶλων φωτεινῶν ἀντικειμένων μὲ συγκλίνοντα φακό. Εἰδῶλα πραγματικά καὶ φανταστικά. Μέτρηση τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως συγκλίνοντος φακοῦ καὶ ὑπολογισμὸς τῆς ἰσχύος του	84
» 26ο. Σχηματισμὸς εἰδῶλων φωτεινῶν ἀντικειμένων μὲ ἀποκλίνοντα φακό	87
» 27ο. Πραγματοποίηση ὁμοεξονικοῦ συστήματος φακῶν. Προσδιορισμὸς τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τῆς ἰσχύος ἀποκλίνοντος φακοῦ μὲ συνδυασμὸ του πρὸς συγκλίνοντα γνωστῆς ἰσχύος	89
» 28ο. Ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδῶλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου πού σχηματίζει ἓνας συγκλίνων φακὸς μὲ ἓνα δεῦτερο συγκλίνοντα φακό	93
» 29ο. Πραγματοποίηση πραγματικοῦ εἰδῶλου (φανταστικοῦ ἀντικειμένου) μὲ ἀποκλίνοντα φακό. Μέτρηση τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ	94
» 30ῶ. Ἐπίδειξη τῆς αἰτίας τῶν ἀνωμαλιῶν τῆς ὁράσεως, μυωπίας καὶ ὑπερμετρωπίας καὶ διόρθωσίν τους	97
» 31ο. Ἐπίδειξη τῆς ἀρχῆς τοῦ κινηματογράφου	99
» 32ο. Πραγματοποίηση περισκόπιου μὲ ἐπίπεδα κάτοπτρα καὶ μὲ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως	100
» 33ο. Πραγματοποίηση ἀπλοῦ καὶ σύνθετου μικροσκοπίου	103
» 34ο. Πραγματοποίηση ἀστρονομικῆς διόπτρας καὶ διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου	104
» 35ο. Πραγματοποίηση διασκοπικοῦ προβολέα	107
» 36ο. Νόμοι τῆς φωτομετρίας	108
» 37ο. Ἀνάλυση τοῦ φωτός μὲ πρίσμα. Φάσμα. Ἀνασύνθεση τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος	113
» 38ο. Ἀνασύνθεση τοῦ φωτός μὲ τὸ δίσκο τοῦ Νεύτωνα	116
» 39ο. Ἀνάλυση τοῦ φωτός μὲ πρίσμα. Φάσμα. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλά. Ἀνασύνθεση τοῦ λευκοῦ φωτός μὲ πρίσμα ἢ συγκλίνοντα φακό.	117
» 40ῶ. Ἀνασύνθεση τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος μὲ περιστρεπτό κάτοπτρο. Συμπληρωματικὰ χρώματα	122
» 41ο. Φάσματα ἐκπομπῆς συνεχῆ. Φάσματα ἀπορροφῆσεως συνεχῆ	125
» 42ο. Φάσματα ἐκπομπῆς γραμμικά	128
» 43ο. Χρῶμα τῶν σωμάτων	130
» 44ο. Περίθλαση τοῦ φωτός	132
» 45ο. Μέτρηση τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός μὲ ὀπτικὸ φράγμα	134
» 46ο. Πόλωση τοῦ φωτός μὲ πλακίδιο Polaroid, Στροφή τοῦ ἐπιπέδου πόλωσης ἀπὸ ζαχαροδιάλυμα	136

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Σελίδα

Πείραμα	1ο. Ἐπίδειξις τοῦ φαινομένου τοῦ μαγνητισμοῦ. Διάφοροι τύποι μαγνητῶν ...	141
»	2ο. Πόλοι τοῦ μαγνήτη. Διάκρισις τῶν πόλων	143
»	3ο. Ἐπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων μεταξύ τους	145
»	4ο. Κατασκευὴ μαγνήτη. Μαγνήτιση μὲ προστριβὴ μὲ μόνιμο μαγνήτη	147
»	5ο. Μαγνήτιση μὲ ηλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἀπομαγνήτιση	148
»	6ο. Μαγνήτιση ἀπὸ ἐπαγωγῆς	151
»	7ο. Ἀμοιβαία ἐξουδετέρωσις τῶν πόλων	153
»	8ο. Οἱ πόλοι τοῦ μαγνήτη εἶναι ἀδύνατο νὰ χωριστοῦν. Ἐξήγησις τῆς μαγνητίσσεως μὲ τὴ θεωρίαν τῶν μοριακῶν μαγνητῶν	154
»	9ο. Ἐννοια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	156
»	10ο. Αἰσθητοποίηση τῆς μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς μὲ τὴν κίνησις ἐλευθεροῦ πόλου	157
»	11ο. Αἰσθητοποίηση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς...	159
»	12ο. Μαγνητικὴ θωράκιση.....	162
»	13ο. Ἐξάρτησις τῆς μαγνητίσσεως ἀπὸ τὴ θερμοκρασίαν.....	163
»	14ο. Κατασκευὴ πυλίδας μὲ πρόχειρα μέσα	165

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Πείραμα	1ο. Ἠλέκτρισις μὲ τριβή. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἄγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ	167
»	2ο. Ὑπάρχουν δύο εἶδη ηλεκτρικῶν φορτίων. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν ηλεκτρικῶν φορτίων	171
»	3ο. Ἠλέκτρισις ἑνὸς σώματος ἀπὸ τὴν ἐπαφὴν τοῦ μὲ ἄλλο ηλεκτρισμένο σῶμα...	174
»	4ο. Ἠλέκτρισις σώματος μὲ τὴν ἐπίδρασις ἄλλου σώματος ηλεκτρισμένου ...	176
»	5ο. Σχηματισμὸς ηλεκτρικοῦ σπινθήρα	180
»	6ο. Ἐννοια τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου	182
»	7ο. Αἰσθητοποίηση τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου. Ἠλεκτρικῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἠλεκτρικά φάσματα	183
»	8ο. Πραγματοποίηση ὁμογενοῦς ηλεκτρικοῦ πεδίου	185
»	9ο. Κατανομή τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου πάνω στὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ	187
»	10ο. Ἠλεκτρικὴ θωράκιση	190
»	11ο. Πυκνωτές. Πυκνωτὴς μὲ ἐπίπεδους ὀπλισμοὺς. Ἐξάρτησις τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτῆ ἀπὸ τὴν ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν του.....	192
»	12ο. Λουγδουνικὴ λάγηνος. Φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση τῆς λαγίνου. Πόλωσις τοῦ διηλεκτρικοῦ	194
»	— Πολλαπλὸς μετασχηματιστὴς καὶ ἀνορθωτὴς σεληνίου. Ὁδηγίαι χρήσεως ..	196
»	13ο. Πραγματοποίηση συνδεσμολογίας ηλεκτρικοῦ κυκλώματος πού ἔχει πηγὴ, διακόπτη καὶ λάμπα. Κύκλωμα ἀνοιχτό, κύκλωμα κλειστό. Καθορισμὸς τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος μὲ χημικὸ τρόπο	202
»	14ο. Ἐννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἢ τάσεως. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἀνάμεσα σὲ δύο σημεῖα τοῦ κυκλώματος	204

381

Πείραμα 15ο. Έννοια της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος. Μέτρηση της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος με αμπερόμετρο. Πώς συνδέουμε στο κύκλωμα το αμπερόμετρο. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι σ' όλη την έκταση στο κύκλωμα σταθερή	206
» 16ο. Έπίδειξη θερμικών αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή της ενέργειας του ηλεκτρικού ρεύματος σε θερμότητα και ακτινοβολία ενέργειας	208
» 17ο. Έπίδειξη μαγνητικών αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος. Καθορισμός του είδους του πόλου της πηγής και της φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος	209
» 18ο. Έπίδειξη χημικών αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή ενέργειας ηλεκτρικού ρεύματος σε χημική ενέργεια και αντίστροφα	211
» 19ο. Πηγές ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο	214
» 20ο. Πηγές ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Αρχή της μαγνητοηλεκτρικής γεννήτριας	215
» 21ο. Πηγές ηλεκτρικού ρεύματος. Μετατροπή της ακτινοβόλου ενέργειας ηλεκτρικού ρεύματος	218
» 22ο. Νόμος του OHM. Έννοια της αντίστασης άγωγού. Από ποιούς παράγοντες εξαρτάται η αντίσταση ενός άγωγού	219
» 23ο. Πραγματοποίηση γέφυρας Wheatstone με χορδή και μέτρηση μ' αυτή της αντίστασης. Αναγνώριση τυποποιημένης γέφυρας Wheatstone και μέτρηση μ' αυτή της αντίστασης σύρματος σε Ohm/m	225
» 24ο. Πραγματοποίηση ποτενσιόμετρου και διαπίστωση μ' αυτό ότι μπορούμε να πάρουμε διάφορες τάσεις μικρότερες από μία ορισμένη μεγαλύτερη τιμή. Ποτενσιομετρική σύνδεση ροοστάτη	229
» 25ο. Σύνδεση αντιστάσεων	232
» 26ο. Διαπίστωση της πτώσεως της τάσεως στα άκρα ηλεκτρικών συσκευών. α) Πτώση της τάσεως, όταν αυξάνεται η αντίσταση της γραμμής β) Πτώση της τάσεως, όταν αυξάνεται το φορτίο της εγκαταστάσεως (αύξηση της έντασεως του ρεύματος)	237
» 27ο. Προσαρμογή συσκευής (λάμπας) σε κύκλωμα που τροφοδοτείται από τάση μεγαλύτερη από εκείνη που χρειάζεται για να λειτουργήσει η συσκευή	242
» 28ο. Διαπίστωση και ύπολογισμός της εσωτερικής αντίστασεως της πηγής. Υπολογισμός της ΗΕΔ της πηγής. Μέτρηση της ΗΕΔ	244
» 29ο. Σύνδεση ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων στη σειρά και παράλληλα	247
» 30ο. Έπαλήθευση του νόμου του Joule	249
» 31ο. Προσδιορισμός του ηλεκτρικού ισοδυνάμου της θερμότητας	251
» 32ο. Πραγματοποίηση βραχυκυκλώματος και επίδειξη της χρησιμότητας των ασφαλειών	254
» 33ο. Πραγματοποίηση βολταϊκού τόξου	255
» 34ο. Μαγνητικό πεδίο γύρω από ρευματοφόρο άγωγό. Πείραμα του Oersted	257
» 35ο. Μελέτη του μαγνητικού πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος και κυκλικού ρεύματος. Μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό σωληνοειδούς	259
» 36ο. Πώς μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν ηλεκτρομαγνήτη και ποιές ιδιότητες έχει. Πώς μπορούμε να μαγνητίσουμε και να άπομαγνητίσουμε μία χαλύβδινη ράβδο	262
» 37ο. Έπίδειξη συνδυασμού μικρόφωνου - άκουστικού. Τηλεφωνική συσκευή	266
» 38ο. Λειτουργία ηλεκτρικού κουδουνιού	267

Πείραμα 39ο. 'Επίδραση μαγνητικού πεδίου σέ ρεύμα, Δυνάμεως Laplace	268
» 40ό. 'Επίδειξη δυνάμεων Laplace. 'Επίδραση ρεύματος σέ μαγνήτη. Μαγνητικές βελόνες πού επιπλέουν κατακόρυφα στό νερό κυλινδρικής λεκάνης κινούνται καί πλησιάζουν πρός τό κέντρο ή απομακρύνονται από αυτό ανάλογα μέ τή φορά κυκλικού ρεύματος γύρω από τή λεκάνη	271
» 41ο. 'Αλληλεπίδραση παράλληλων ρευμάτων	273
» 42ο. Πώς προσανατολίζεται ένα πλαίσιο ή σωληνοειδές πού διαρρέεται από ρεύμα πρός τή διεύθυνση του γήινου μαγνητικού πεδίου	276
» 43ο. Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από επαγωγή μέ κίνηση μαγνήτη πρός πηνίο	279
» 44ο. Παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από επαγωγή :	
α) Μέ κίνηση ρευματοφόρου πηνίου (πρωτεύοντος) μέσα σέ άλλο πηνίο (δευτερεύον).	
β) Μέ μεταβολή τής μαγνητικής ροής στά δυό πηνία από τήν κίνηση μέσα στό πρωτεύον ενός πυρήνα από μαλακό σίδηρο.	
γ) Μέ διακοπή καί άποκατάσταση του ρεύματος στό πρωτεύον πηνίο.	
δ) Μέ αύξηση καί ελάττωση τής εντάσεως του ρεύματος στό πρωτεύον πηνίο μέ τή χρήση ενός ροοστάτη	281
» 45ο. Παραγωγή επαγωγικού ρεύματος μέ μετακίνηση εϋθύγραμμου άγωγού ή πηνίου μέσα σέ μαγνητικό πεδίο. (Μετατροπή μηχανικής ενέργειας σέ ηλεκτρική, δηλ. αντίστροφο πείραμα σ' αυτό πού δείχνει τήν ηλεκτρομαγνητική δύναμη ή δύναμη Laplace.)	285
» 46ο. 'Η ΗΕΔ από επαγωγή παίρνει τήν πιό μεγάλη τιμή, όταν όλες οί δυναμικές γραμμές πού περνούν από τό πρωτεύον πηνίο περνούν καί από τό δευτερεύον, καί εξαρτάται έπό τό χρόνο τής μεταβολής τής μαγνητικής ροής, δηλ.	
$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	287
» 47ο. 'Η ΗΕΔ από επαγωγή στά άκρα ενός πηνίου εξαρτάται από τόν αριθμό τών σπειρών του	290
» 48ο. Προσδιορισμός τής φοράς του ρεύματος από επαγωγή. Κανόνας του Lenz	292
» 49ο. 'Επίδειξη συσκευής δακτύλιων πού άναπηδοϋν	295
» 50ό. Πειραματική επίδειξη του φαινομένου τής αϋτεπαγωγής, όταν διακόπτεται τό ρεύμα στό κύκλωμα	297
» 51ο. Καθυστέρηση τής άποκαταστάσεως του ρεύματος σέ κύκλωμα πού έχει αϋτεπαγωγή	299
» 52ο. 'Επίδειξη τής φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος από αϋτεπαγωγή	300
» 53ο. 'Επίδειξη ρευμάτων Foucault	302
» 54ο. 'Επίδειξη τής λειτουργίας του πηνίου Ruhmkorff	304
» 55ο. Συναρμολόγηση καί λειτουργία κινητήρα - γεννήτριας	305
» 56ο. 'Επίδειξη τής αντιηλεκτρεγερτικής δυνάμεως κινητήρα καί μέτρησης τής	310
» 57ο. Μελέτη του κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος πού έχει μόνο όμική αντίσταση. Σύγκριση μέ όμοιο κύκλωμα συνεχούς ρεύματος	312
» 58ο. Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει όμική αντίσταση καί αϋτεπαγωγή στή σειρά. Μέτρηση του συντελεστή αϋτεπαγωγής του πηνίου	314
» 59ο. Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει όμική αντίσταση καί χωρητική αντίσταση (πυκνωτή) στή σειρά. Μέτρηση τής χωρητικότητας του πυκνωτή	319
» 60ό. Μελέτη κυκλώματος έναλλασσόμενου ρεύματος, πού έχει όμική αντίσταση, επαγωγική καί χωρητική στή σειρά. Συντονισμός σέ σειρά	322

Πείραμα 61ο. 'Επίδειξη του φαινομένου του συντονισμού σέ κύκλωμα ἐναλλασσόμενου ρεύματος, πού ἔχει αὐτεπαγωγή καί χωρητικότητα συνδεμένες παράλληλα ...	325
» 62ο. Πειραματική εὕρεση τῆς καμπύλης ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Παλμογρά- φος μέ βρόγχο	327
» 63ο. 'Αρχή τῆς λειτουργίας τῶν ἐπαγωγικῶν ἡλεκτροκινητῆρων	330
» 64ο. Πραγματοποίηση ἀσύγχρονου κινητήρα	331
» 65ο. Πραγματοποίηση μετασχηματιστῆ γιά ὕψωση τάσεως καί γιά ὑποβιβασμό τά- σεως	333
» 66ο. Πραγματοποίηση πολλαπλοῦ μετασχηματιστῆ ὑποβιβασμοῦ 110V σέ 2, 4, 6, 8V	335
» 67ο. Πραγματοποίηση ἐπαγωγικοῦ κλιβάνου	336
» 68ο. Πραγματοποίηση διατάξεως γιά τή συγκόλληση μεταλλικῶν ἀντικείμενων (πόντα)	338
» 69ο. Πραγματοποίηση γραμμῆς μεταφορᾶς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας ὑψηλῆς τάσεως	340
» 70ό. Πραγματοποίηση ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. Διπίστωση τοῦ φαινομένου τῆς πο- λώσεως τῶν ἡλεκτροδίων. Χρήση ἀντιπολωτικοῦ. 'Επίδειξη ξηρῶν στοιχείων	342
» 71ο. 'Επιχάλκωση μεταλλικοῦ ἀντικείμενου. Γαλβανοπλαστική	344
» 72ο. Πραγματοποίηση συσσωρευτῆ μολύβδου. Φόρτιση καί ἐκφόρτιση τοῦ συσ- σωρευτῆ	347
» 73ο. 'Επίδειξη ἰονισμοῦ κρούσεως καί ἰονισμοῦ ἀπό ἐπίδραση ὑπεριώδους ἀκτι- νοβολίας	349
» 74ο. 'Επίδειξη ἰονισμοῦ κρούσεως καί ἰονισμοῦ μέ ἐπίδραση ὑπεριώδους ἐκτι- νοβολίας	351
» 75ο. 'Επίδειξη ἀναρριχώμενου σπινθήρα (φαίνόμενο αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητας) ..	353
» 76ο. 'Εκκένωση αἰγλῆς καί ἐφαρμογές τῆς	355
» 77ο. Καθοδικές ἀκτίνες καί ἰδιότητες αὐτῶν	357
» 78ο. Παραγωγή καί μελέτη τῶν διαλυτικῶν ἀκτίνων	360
» 79ο. Κίνηση ἰόντων κάτω ἀπό τήν ἐπίδραση μαγνητικοῦ πεδίου	362
» 80ό. Παραγωγή καί ἀνίχνευση ἀκτινοβολίας Röntgen	364
» 81ο. Χρήση τῆς διόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας ὡς ἀνορθώτριας	366
» 82ο. Μελέτη τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τήν τάση πλέγματος τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας. Χάραξη τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης τοῦ πλέγματος	370
» 83ο. Χρήση τῆς τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας γιά τήν παραγωγή ἀμειώτων ἡ- λεκτρικῶν ταλαντώσεων	374
» 84ο. Χρήση τῆς τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας ὡς ἐνισχυτριάς τάσεως. 'Εφαρ- μογή στό σύστημα μικρόφωνο - μεγάφωνο	376



024000029855

ΕΚΔΟΣΗ Α'. ΒΙΒΛΙΟ Β' 1977 — ΑΝΤΥΤ. 5.000 — ΣΥΜΒ.: 2807/7-3-77
ΣΤΟΙΧΕΙΟΘΕΣΙΑ - ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : ΣΤΡΑΤΗΣ ΚΛΑΠΑΚΗΣ

A handwritten signature in dark ink, consisting of a large, stylized capital letter 'A' at the top, followed by a vertical line, and then a series of loops and a long downward stroke at the bottom.

