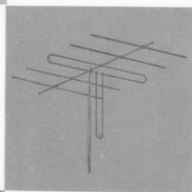
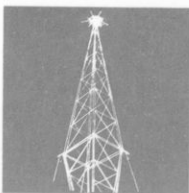


Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ
1982

19610

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

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

ΗΚΙΖΥΦ

ΥΟΙΖΑΙΜΥΤ

Μεγάλο έργο της Ελληνικής Κυβερνήσεως, η οποία προσφέρει με
ιστοσελίδα και ηλεκτρονική υποστήριξη, την οποία και
είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσει ο πολίτης, από τον οποίο
είναι δυνατόν να γίνει η καταβολή των φόρων.

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1982

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΟ
ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ
ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗΣ

ΦΥΣΙΚΗ ΤΕΧΝΗ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ
ΔΙΑΚΟΙΝΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1982

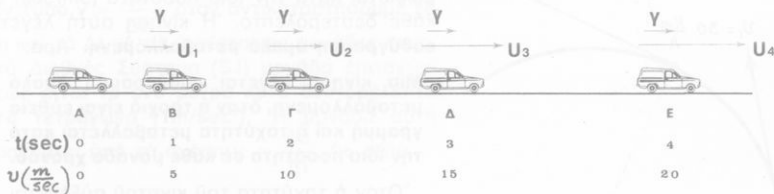
1η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ – ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ – ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

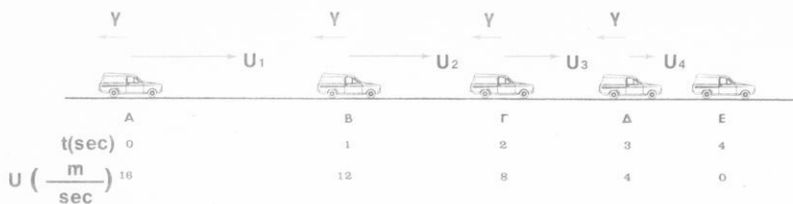
Όλα τα σώματα της φύσεως, από τα πιο μικρά (μόρια, άτομα, ηλεκτρόνια) ως τα πιο μεγάλα (πλανήτες, κτλ.) κινούνται και κανένα σώμα δεν ήρεμει. Ανάλογα με την τροχιά που διαγράφει το κινητό, διακρίνουμε τρεις κινήσεις σε εὐθύγραμμες, κυκλικές και καμπυλόγραμμες. Ανάλογα με την ταχύτητα του κινήτου, διακρίνουμε τρεις κινήσεις σε ὁμαλές και μεταβαλλόμενες. Στην εὐθύγραμμη ὁμαλή κίνηση, ὅπως γνωρίζουμε, το κινητό σε ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα και τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητας παραμένει σταθερό.

ΙΙ. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

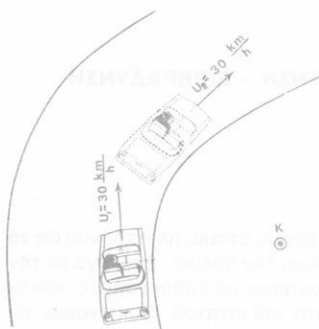


Σχ. 1. Εὐθύγραμμη ὁμαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

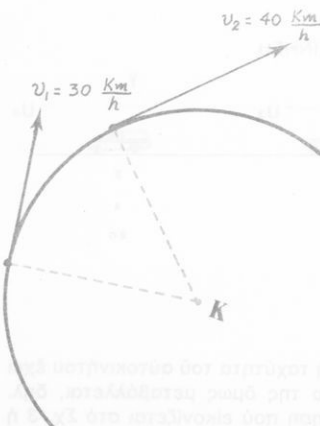
Στις κινήσεις που δείχνονται στα Σχ. 1 και 2 ἡ ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου ἔχει πάντοτε τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ φορά, τὸ μέτρο τῆς ὅμως μεταβάλλεται, δηλ. αὐξάνεται (Σχ. 1) ἢ ἐλαττώνεται (Σχ. 2). Στὴν κίνηση που εἰκονίζεται στὸ Σχ. 3 ἡ ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου ἔχει τὸ ἴδιο μέτρο σὲ κάθε σημεῖο τῆς τροφῆς, ἡ διεύθυνσή τῆς ὅμως μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 2. Ευθύγραμμη όμαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.



Σχ. 3. Κίνηση αυτοκινήτου σέ στροφή του δρόμου.



Σχ. 4. Η ταχύτητα αλλάζει μέτρο και διεύθυνση.

Στήν κίνηση πού φαίνεται στό Σχ. 4 μεταβάλλονται τό μέτρο καί ή διεύθυνση τής ταχύτητας. Οί κινήσεις πού δείχνονται στό Σχ. 1,2,3, καί 4 λέγονται **μεταβαλλόμενες**. Έπομένως:

Μία κίνηση λέγεται **μεταβαλλόμενη**, όταν μεταβάλλεται τό μέτρο τής ταχύτητας ή αλλάζει ή διεύθυνσή της ή μεταβάλλονται συγχρόνως καί τό μέτρο καί ή διεύθυνσή της, δηλ. όταν μεταβάλλεται τό διάνυσμα τής ταχύτητας.

Συνήθως οί κινήσεις τών σωμάτων (αυτοκινήτων, αεροπλάνων κτλ.) είναι μεταβαλλόμενες καί πολύ σπάνια είναι ευθύγραμμες όμαλές.

III. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

Στήν κίνηση πού παριστάνει τό Σχ. 1 ή ταχύτητα του αυτοκινήτου έχει πάντοτε τήν ίδια διεύθυνση καί φορά, τό μέτρο της όμως μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα (5m/sec) σέ κάθε δευτερόλεπτο. Η κίνηση αυτή λέγεται **ευθύγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη**. Άρα:

Μία κίνηση λέγεται **ευθύγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη**, όταν ή τροχιά είναι ευθεία γραμμή καί ή ταχύτητα μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα σέ κάθε μονάδα χρόνου.

Όταν ή ταχύτητα του κινητού αύξάνεται, ή κίνηση είναι **επιταχυνόμενη** (Σχ. 1), ενώ, όταν ή ταχύτητα του κινητού ελαττώνεται, ή κίνηση είναι **επιβραδυνόμενη** (Σχ.2).

IV. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Έννοια τής επιταχύνσεως. Η ταχύτητα του αυτοκινήτου πού εικονίζεται στό Σχ. 1 αυ-

ξάνεται κατά 5m/sec σε κάθε δευτερόλεπτο. Ή ταχύτητα όμως ενός άλλου αυτοκινήτου μπορεί να αυξάνεται με διαφορετικό ρυθμό π.χ. κατά 6m/sec σε κάθε δευτερόλεπτο. Για να προσδιορίζουμε το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται ή ταχύτητα ενός κινητού, εισάγουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, την **επιτάχυνση** γ, που ορίζεται ως εξής:

Επιτάχυνση στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση λέγεται το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το πηλίκο της αύξησεως της ταχύτητας προς το χρόνο που χρειάστηκε για την αύξηση αυτή.

$\text{επιτάχυνση} = \frac{\text{αύξηση της ταχύτητας}}{\text{χρόνος που χρειάστηκε}}$
$\gamma = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ή} \quad \gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$

όπου $\Delta u = u_2 - u_1$ = διαφορά δύο ταχυτήτων και $\Delta t = t_2 - t_1$ = διαφορά αντίστοιχων χρόνων.

Η επιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος και στην περίπτωση που εξετάζουμε έχει την ίδια διεύθυνση και φορά με την ταχύτητα (Σχ.1).

β. Μονάδες της επιταχύνσεως. Οι μονάδες μετρήσεως της επιταχύνσεως προκύπτουν από τον τύπο $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$, όταν αντικαταστήσουμε το Δu και το Δt με τις αντίστοιχες μονάδες τους. Στο Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα επιταχύνσεως είναι το **ένα μέτρο κατά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο (1m/sec²)**. Η μονάδα αυτή προκύπτει από τη σχέση $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$ ως εξής:

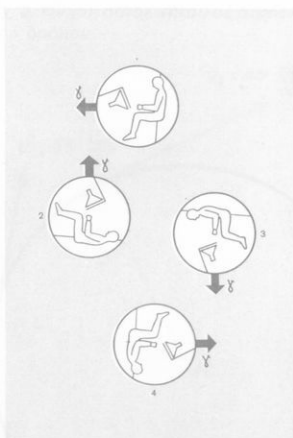
$$\gamma = \frac{1\text{m/sec}}{1\text{ sec}} \Rightarrow \gamma = 1 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

1m/sec² είναι ή επιτάχυνση ενός κινητού που ή ταχύτητά του αυξάνεται κατά 1m/sec σε κάθε δευτερόλεπτο.

Στό CGS μονάδα επιταχύνσεως είναι το **ένα εκατοστόμετρο κατά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο (1cm/sec²)**.



Σχ. 5. Ο πιλότος ενός αεροπλανούμενου αεροπλάνου χάνει σιγά - σιγά τις αισθήσεις του, όταν η επιτάχυνση του αεροπλάνου παίρνει μεγάλες τιμές.



Σχ. 6. Το κάθισμα του πιλότου των αεροπλάνων στρέφεται, έτσι ώστε το σώμα του να δέχεται πάντοτε επιτάχυνση με φορά «ράχη - στήθος».

V. ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ

Όταν η ταχύτητα του κινητού ελαττώνεται (Σχ. 2) το πηλίκο $\gamma = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta u}{\Delta t}$ είναι αρνητικό ($u_2 < u_1$) και εκφράζει **τήν αρνητική επιτάχυνση ή επιβράδυνση**. Τό διάνυσμα της επιβραδύνσεως έχει φορά αντίθετη προς την ταχύτητα του κινητού.

VI. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Οι μεγάλες επιταχύνσεις επηρεάζουν τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού και ιδίως την κυκλοφορία του αίματος. Τα αποτελέσματα της επιδράσεως αυτής διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο και γενικά εξαρτώνται από τό μέτρο, τή διεύθυνση, τή φορά και τή χρονική διάρκεια των επιταχύνσεων.

Όταν η επιτάχυνση έχει τή φορά «κεφάλι - έδρα», είναι πολύ επικίνδυνη γιατί φθάνει στό κεφάλι περισσότερο αίμα από τό κανονικό. Ό άνθρωπος αισθάνεται τότε δυσφορία, διαταραχές στήν όρασή του, πόνους στό κεφάλι και τελικά χάνει όλες τις αισθήσεις του (Σχ.5).

Τό ίδιο σχεδόν επικίνδυνη είναι και ή επιτάχυνση πού έχει τή φορά «έδρα - κεφάλι», γιατί φθάνει τότε στό κεφάλι λιγότερο αίμα από τό κανονικό, όποτε ό άνθρωπος στήν αρχή δέ βλέπει καλά και τελικά χάνει τις αισθήσεις του.

Η επιτάχυνση πού έχει τή φορά «ράχη - στήθος» ή αντίστροφα, επηρεάζει κυρίως τήν αναπνοή και είναι λιγότερο επικίνδυνη και περισσότερο άνεκτή από τόν οργανισμό μας.

Μεγάλες επιταχύνσεις δέχονται οί πιλότοι των πολεμικών αεροπλάνων και οί αστροναύτες. Από τις επιταχύνσεις αυτές όμως προστατεύονται μέ ειδικά καθίσματα (Σχ.6). Επομένως:

Οί φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπου επηρεάζονται από τις μεγάλες επιταχύνσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μία κίνηση λέγεται μεταβαλλόμενη, όταν μεταβάλλεται το διάνυσμα της ταχύτητας.
2. Όταν η ταχύτητα του κινητού αυξάνεται, η κίνηση είναι επιταχυνόμενη. Όταν η ταχύτητα ελαττώνεται η κίνηση είναι επιβραδυνόμενη.
3. Στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση η ταχύτητα μεταβάλλεται κατά την ίδια ποσότητα σε κάθε χρονική μονάδα.
4. Η επιτάχυνση (ή η επιβράδυνση) στην ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ορίζεται από τη σχέση $\gamma = \Delta u / \Delta t$ και είναι διανυσματικό μέγεθος.
5. Οι μονάδες μετρήσεως της επιταχύνσεως και της επιβραδύνσεως είναι οι εξής: 1m/sec^2 και 1cm/sec^2 .
6. Οι μεγάλες επιταχύνσεις επηρεάζουν τον ανθρώπινο οργανισμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

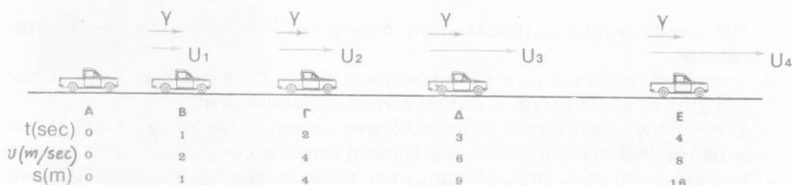
1. Η τροχιά ενός κινητού είναι ευθεία γραμμή. Πότε η κίνησή του είναι ομαλή και πότε μεταβαλλόμενη;
2. Η τροχιά ενός κινητού είναι καμπύλη γραμμή. Είναι η κίνησή του μεταβαλλόμενη; Νά δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
3. Ένα κινητό που εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση έχει επιτάχυνση 4m/sec^2 . Τι συμπεραίνετε από αυτό για την ταχύτητά του;
4. Πότε λέμε ότι αλλάζει το διάνυσμα της ταχύτητας;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα κινητό κάνει ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση και στις χρονικές στιγμές 5sec και 8sec έχει ταχύτητα 10 m/sec και 28m/sec αντίστοιχα. Πόση είναι η επιτάχυνσή του;
- *2. Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα με σταθερή επιτάχυνση 10m/sec^2 και σε κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα 3m/sec . Πόση ταχύτητα θα έχει ύστερα από 2sec;
3. Ένα κινητό εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση και σε κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα 30m/sec . Πόση είναι η επιβράδυνσή του, όταν 4sec αργότερα έχει ταχύτητα 18m/sec ;

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ (ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ)

Ι. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗ



Σχ. 1. Εύθυγράμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

Στό Σχ. 1 εικονίζεται ένα αυτοκίνητο που ξεκινάει από την ήρεμία και κινείται εύθυγράμμη. Στο ίδιο σχήμα αναγράφονται η ταχύτητα που έχει το αυτοκίνητο σε διάφορες χρονικές στιγμές και το αντίστοιχο διάστημα που διανύει αυτό.

Η κίνηση αυτού του αυτοκινήτου είναι ομαλά επιταχυνόμενη, γιατί η ταχύτητά του αυξάνεται κατά την ίδια ποσότητα (2m/sec) σε κάθε χρονική μονάδα (1sec).

Η επιτάχυνση του αυτοκινήτου βρίσκεται ως εξής:

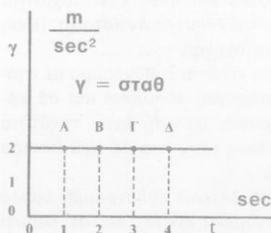
$$\gamma = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} = \frac{4\text{m/sec} - 2\text{m/sec}}{2\text{sec} - 1\text{sec}} = \frac{2\text{m/sec}}{1\text{sec}} = 2\text{m/sec}^2$$

Μπορούμε όμως να βρούμε την επιτάχυνση χρησιμοποιώντας και οποιοδήποτε άλλο ζευγάρι ταχυτήτων, π.χ. τις ταχύτητες u_4 και u_2 ή τις u_3 και u_2 . Στις περιπτώσεις αυτές προκύπτουν τα ακόλουθα:

$$\gamma = \frac{u_4 - u_2}{t_4 - t_2} = \frac{8\text{m/sec} - 4\text{m/sec}}{4\text{sec} - 2\text{sec}} = 2\text{m/sec}^2$$

$$\gamma = \frac{u_3 - u_2}{t_3 - t_2} = \frac{6\text{m/sec} - 4\text{m/sec}}{3\text{sec} - 2\text{sec}} = 2\text{m/sec}^2$$

Σχ. 2. Διάγραμμα επιταχύνσεων - χρόνου.



Παρατηρούμε λοιπόν ότι το μέτρο της επιταχύνσεως είναι σταθερό (2m/sec^2).

Επειδή η κίνηση είναι ευθύγραμμη, το διάνυσμα της επιταχύνσεως έχει πάντοτε την ίδια διεύθυνση και φορά. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι:

Στήν ευθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση το διάνυσμα της επιταχύνσεως παραμένει σταθερό.

$$\gamma = \text{σταθερή}$$

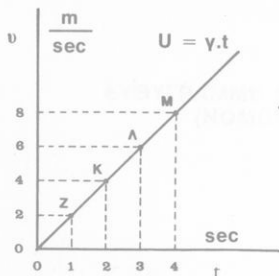
Τό συμπέρασμα αυτό μπορούμε νά τό παραστήσουμε γραφικά μέ τό διάγραμμα ΑΔ του Σχ. 2. Τό διάγραμμα αυτό προκύπτει ως εξής: Σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ο πίνακας που ακολουθεί, γράφουμε τίς αντίστοιχες τιμές της επιταχύνσεως καί του χρόνου:

t σε sec	1	2	3	4
γ σε m/sec^2	2	2	2	2

Παίρνουμε δύο ορθογώνιους άξονες (Σχ. 2). Στόν οριζόντιο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές του χρόνου μέ κάποια κλίμακα αντιστοιχίας, αντιστοιχώντας π.χ. τό 1sec στό 1cm του άξονα αυτού. Στόν κατακόρυφο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές της επιταχύνσεως αντιστοιχώντας π.χ. τό 1m/sec^2 στό 1cm του άξονα αυτού. Μέ τό γνωστό τρόπο βρίσκουμε τά σημεία Α,Β,Γ, καί Δ πού παριστάνουν αντίστοιχα τά ζεύγη τιμών του πίνακα (1sec , 2m/sec^2), (2sec , 2m/sec^2), (3sec , 2m/sec^2), καί (4sec , 2m/sec^2). Ενώνουμε μέ συνεχή γραμμή τά σημεία Α,Β,Γ, καί Δ καί βλέπουμε ότι προκύπτει ή ευθεία γραμμή ΑΔ. Τό διάγραμμα ΑΔ παριστάνει γραφικά τή σχέση $\gamma = 2\text{m/sec}^2$ (σταθερή).

II. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Στό παράδειγμα της κινήσεως πού αναφέραμε προηγουμένως (Σχ.1) παρατηρούμε ότι ή ταχύτητα του αυτοκινήτου διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ, (από 2m/sec γίνεται 4m/sec , 6m/sec κτλ.), όταν ο χρόνος αντίστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ. (από 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Από αυτό συμπεραίνουμε τόν παρακάτω νόμο της ταχύτητας:



Σχ. 3. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.

Στήν ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση ή ταχύτητα του κινητού είναι ανάλογη προς το χρόνο που κινήθηκε αυτό.

Ο νόμος αυτός εκφράζεται με τη σχέση:

$$\text{ταχύτητα} = \text{επιτάχυνση} \times \text{χρόνος}$$

$$u = \gamma t \quad \text{Νόμος της ταχύτητας}$$

Γιά νά παραστήσουμε γραφικά τό νόμο της ταχύτητας, κατασκευάζουμε πρώτα τόν παρακάτω πίνακα μετρήσεων μέ τίς τιμές πού αναγράφονται στό Σχ. 1

t σε sec	0	1	2	3	4
u σε m/sec	0	2	4	6	8

Ύστερα μέ τό γνωστό τρόπο κατασκευάζουμε τό διάγραμμα OM (Σχ.3), πού παριστάνει γραφικά τό νόμο $u = \gamma t$, όταν τό κινητό ξεκινάει από τήν ήρεμία.

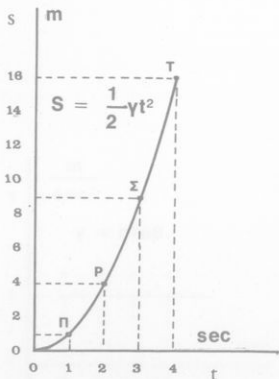
III. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στήν κίνηση πού φαίνεται στό Σχ. 1 παρατηρούμε ότι τό διάστημα πού διανύει τό αυτοκίνητο τετραπλασιάζεται, έννιαπλασιάζεται κτλ., (από 1m γίνεται 4m, 9m κτλ.), όταν ό χρόνος αντίστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ., (από 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Από αυτό συμπεραίνουμε τόν επόμενο νόμο του διαστήματος:

Στήν ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση τό διάστημα πού διανύει τό κινητό είναι ανάλογο προς τό τετράγωνο του χρόνου πού κινήθηκε αυτό.

$$s = \frac{1}{2} \gamma t^2 \quad \text{Νόμος του διαστήματος}$$

Γιά νά παραστήσουμε γραφικά τό νόμο του διαστήματος κατασκευάζουμε πρώτα τόν επόμενο πίνακα μετρήσεων μέ τίς τιμές πού αναγράφονται στό Σχ.1.



Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

t σε sec	0	1	2	3	4
s σε m	0	1	4	9	16

"Υστερα κατασκευάζουμε τό διάγραμμα ΟΤ (Σχ.4), πού παριστάνει γραφικά τό νόμο

$s = \frac{1}{2} \gamma t^2$, όταν τό κινητό ξεκινάει από τήν ήρεμία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στήν εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση:

1. Τό διάνυσμα τῆς ἐπιταχύνσεως παραμένει σταθερό.
2. Ὁ νόμος τῆς ταχύτητας ἐκφράζεται μέ τή σχέση

$$u = \gamma t$$

3. Ὁ νόμος τοῦ διαστήματος ἐκφράζεται μέ τή σχέση

$$s = \frac{1}{2} \gamma t^2$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τό νόμο τῆς ταχύτητας στήν εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.
2. Νά διατυπώσετε τό νόμο τοῦ διαστήματος στήν εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.
3. Ἐνα σῶμα ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση. Τί γνωρίζετε γιά τήν ἐπιτάχυνσή του;
4. α) Γιατί ἡ εὐθεία γραμμή ΟΜ τοῦ Σχ.3 περνάει ἀπό τήν ἀρχή τῶν ἀξόνων;
β) Ἀπό τήν καμπύλη τοῦ Σχ.4 νά βρεῖτε πόσο διάστημα ἀντιστοιχεῖ σέ χρόνο 3,5sec. Νά ἐπαληθεύσετε τό ἀποτέλεσμα αὐτό μέ τόν τύπο $s = \frac{1}{2} \gamma t^2$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ἐνα αὐτοκίνητο ξεκινάει ἀπό τήν ἀφετηρία του καί κινεῖται σέ εὐθεία λεωφόρο μέ σταθερή ἐπιτάχυνση $\gamma = 5\text{m/sec}^2$. Πόση ταχύτητα θά ἔχει καί πόσο θά ἀπέχει ἀπό τήν ἀφετηρία του, 4sec μετά τήν ἐκκίνησή του;
2. Ἐνα κινητό κινεῖται εὐθύγραμμα μέ σταθερή ἐπιτάχυνση καί σέ 5sec ἀπό τήν ἐκκίνησή του διανύει 50m. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσή του;
3. Ἐνα κινητό κινεῖται εὐθύγραμμα μέ σταθερή ἐπιτάχυνση 2m/sec^2 . Σέ πόσο χρόνο, μετά τήν ἐκκίνησή του, θά ἀπέχει ἀπό τήν ἀφετηρία του 25m;
4. Γιά τήν κίνηση πού περιγράφεται στό Σχ.1 τῆς προηγούμενης ἐνότητας, νά κατασκευάσετε τά διαγράμματα: α) ἐπιταχύνσεως - χρόνου, β) ταχύτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γνωρίζουμε από την εμπειρία μας ότι τα σώματα πέφτουν εξαιτίας του βάρους τους, όταν τα αφήσουμε ελεύθερα (χωρίς να τα ώθήσουμε) σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια της Γης. Ός την εποχή του Γαλιλαίου οι άνθρωποι πίστευαν ότι τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα. Ο Γαλιλαίος όμως και ύστερα ο Νεύτων απέδειξαν ότι αυτή η αντίληψη δεν είναι οωστή.

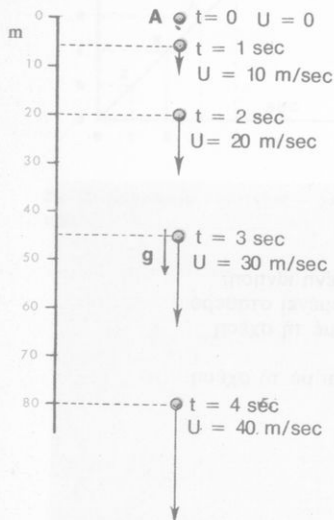
II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

Αφήνουμε ελεύθερη μία μικρή σφαίρα μέσα στον άερα, π.χ. στο σημείο Α (Σχ.1) και παρατηρούμε ότι αυτή πέφτει στο έδαφος. Στη σφαίρα αυτή ενεργούν δύο δυνάμεις, το βάρος της και η αντίσταση του άερα. Η αντίσταση του άερα εξαρτάται από τό σχήμα και την ταχύτητα του σώματος και, επειδή είναι πολύ μικρή για τη σφαίρα πού εξετάζουμε, μπορούμε να την αγνοήσουμε. Σ' αυτή την περίπτωση στη σφαίρα επιδρά μόνο τό βάρος της και η κίνηση πού κάνει λέγεται ελεύθερη πτώση. Άρα:

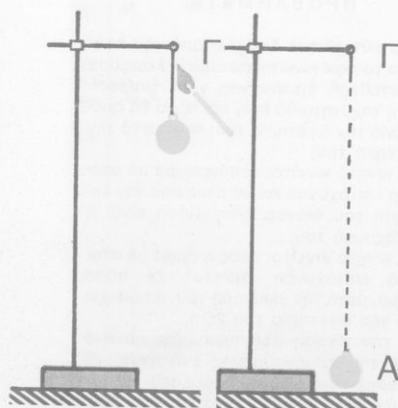
Έλεύθερη πτώση λέγεται η κίνηση πού κάνει ένα σώμα, όταν ενεργεί σ' αυτό μόνο τό βάρος του.

III. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

α. Τροχιά. Από ένα σημείο Γ κρεμάμε μία μικρή σφαίρα (Σχ.2α). Πάνω στο τραπέζι και κάτω από τη σφαίρα βάζουμε λευκό χαρτί και πάνω από αυτό βάζουμε ένα φύλλο καρμπόν. Όταν κάψουμε τό νήμα πού συγκρατεί τη σφαίρα, θά παρατηρήσουμε ότι αυτή πέφτει και σχηματίζει ένα σημάδι στο σημείο Α του λευκού χαρτιού. Όταν ύστερα κρεμάσουμε από τό ίδιο σημείο Γ τό νήμα της στάθμης (Σχ.2β) θά παρατηρήσουμε ότι η κορυφή του κώνου συμπίπτει με τό σημείο Α. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι η τροχιά της σφαίρας ήταν κατακόρυφη. Επειδή η κίνηση της σφαίρας ήταν ελεύθερη πτώση, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:



Σχ. 1. Έλεύθερη πτώση.



Σχ. 2 α. Τά σώματα πέφτουν κατακόρυφα

Ἡ τροχιά ἑνός σώματος πού ἐκτελεῖ ἐλεύθερη πτώση εἶναι κατακόρυφη.

β. **Ἐπιτάχυνση.** Ὅπως ἀναφέραμε προηγουμένως ἡ σφαῖρα πού φαίνεται στό Σχ.1 ἐκτελεῖ ἐλεύθερη πτώση. Στό ἴδιο σχῆμα ἀναγράφονται ἡ ταχύτητα τῆς σφαίρας σέ διάφορες χρονικές στιγμές καί τό ἀντίστοιχο διάστημα πού ἔχει διανύσει αὐτή. Παρατηροῦμε ὅτι ἡ ταχύτητα τῆς σφαίρας αὐξάνεται κατά τήν ἴδια ποσότητα (10m/sec) σέ κάθε χρονική μονάδα (1sec). Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι:

Ἡ ἐλεύθερη πτώση ἑνός σώματος εἶναι ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.

Ἡ ἐπιτάχυνση πού ἔχουν τά σώματα κατά τήν ἐλεύθερη πτώση τους ὀνομάζεται **ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας**, ἔχει διεύθυνση κατακόρυφη μέ φορά πρὸς τό κέντρο τῆς Γῆς καί συμβολίζεται μέ τό g (Σχ.1).

γ. **Τύποι.** Γνωρίζουμε ὅτι οἱ τύποι τῆς εὐθύγραμμης ὁμαλά ἐπιταχυνόμενης κινήσεως εἶναι:

$v = \text{σταθερή}$, $u = \gamma \cdot t$ καί $s = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$. Ἐπομένως οἱ τύποι τῆς ἐλεύθερης πτώσεως προκύπτουν ἀπό τίς παραπάνω ἐξισώσεις, ἂν ἀντικαταστήσουμε τό γ μέ τό g καί εἶναι οἱ ἑξῆς:

$g = \text{σταθερή}$	$u = g \cdot t$	$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$
----------------------	-----------------	-------------------------------

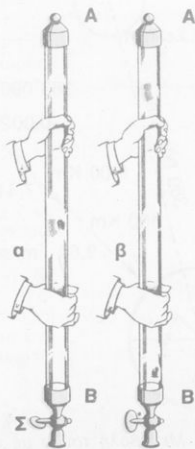
Οἱ ἐξισώσεις αὐτές μποροῦν νά παρασταθοῦν γραφικά, ὅπως καί οἱ ἀντίστοιχες ἐξισώσεις τῆς ὁμαλά ἐπιταχυνόμενης κινήσεως (βλ. 2η ἐνόητη), ὅποτε θά προκύψουν ἀνάλογα διαγράμματα.

IV. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΤΟΠΟ

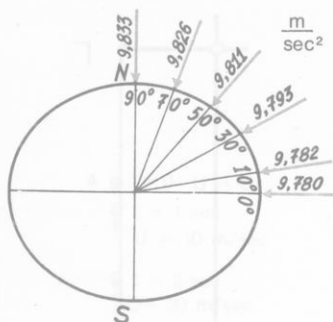
Μέσα σέ ἕνα μακρὺ γυάλινο σωλήνα, πού λέγεται σωλήνας τοῦ Νεύτωνα (Σχ.3α), βάζουμε δύο σώματα διαφορετικοῦ βάρους π.χ. ἕνα κομμάτι χαρτί καί ἕνα μεταλλικὸ κέρμα. Μέ ἀεραντλία ἀφαιροῦμε τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ σωλήνα καί κλείνουμε τὴ στρόφιγγα Σ. Ὄταν ἀναστρέψουμε τὸ σωλήνα, ὥστε καί τά δύο σώματα νά ἀρχίσουν νά πέφτουν συγχρόνως ἀπὸ τὸ ἄκρο Α, θά παρατηρήσουμε ὅτι θά φθάσουν συγχρόνως στό κάτω ἄκρο Β. Ἡ κίνηση τῶν σωμάτων



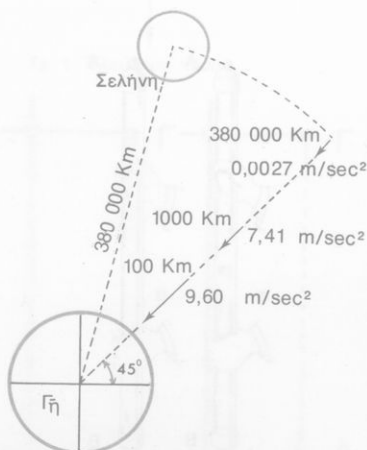
Σχ. 2 β



Σχ. 3. Σωλήνας τοῦ Νεύτωνα.



Σχ. 4. Μεταβολή του g με το γεωγραφικό πλάτος στο επίπεδο της θάλασσας.



Σχ. 5. Μεταβολή του g με το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας σε γεωγραφικό πλάτος 45° .

αυτών οφείλεται αποκλειστικά στο βάρος τους, δηλ. είναι ελεύθερη πτώση και όπως αναφέραμε, είναι ομαλά επιταχυνόμενη. Έπειδή και τα δύο σώματα χρειάζονται τον ίδιο χρόνο για να διατρέξουν την ίδια απόσταση (AB), συμπε-

ραίνουμε από τη σχέση $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$ ότι και τα δύο κινούνται με την ίδια επιτάχυνση g . Άρα:

Η επιτάχυνση της βαρύτητας σε έναν ορισμένο τόπο είναι ή ίδια για όλα τα σώματα, ανεξάρτητα από το βάρος τους.

Παρατήρηση. Αν επαναλάβουμε το παραπάνω πείραμα χωρίς να αφαιρέσουμε τον αέρα από το σωλήνα του Νεύτωνα, θα παρατηρήσουμε ότι θα φθάσει στο Β πρώτα το κέρμα και ύστερα το χαρτί (Σχ.3β). Στην περίπτωση αυτή η πτώση των σωμάτων δεν είναι ελεύθερη γιατί εμποδίζεται από την αντίσταση του αέρα που είναι διαφορετική για κάθε σώμα. Έξαιτίας λοιπόν της αντίστασής του αέρα, τα δύο σώματα διανύουν την ίδια απόσταση (AB) σε διαφορετικούς χρόνους.

V. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Από ακριβείς μετρήσεις της επιταχύνσεως της βαρύτητας g , που έγιναν σε διάφορους τόπους, αποδεικνύονται τα εξής:

1. Η τιμή του g στην επιφάνεια της θάλασσας εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου και μάλιστα αυξάνεται όταν μετακινούμαστε από τον Ισημερινό (γεωγρ. πλάτος 0° , $g = 9,78 \text{ m/sec}^2$) προς τους πόλους της Γης (γεωγρ. πλάτος 90° , $g = 9,83 \text{ m/sec}^2$) (Σχ.4).
2. Η τιμή του g σε ένα ορισμένο γεωγραφικό πλάτος εξαρτάται από το ύψος. Όταν αυξάνεται το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας το g ελαττώνεται (Σχ.5).

Στο γεωγραφικό πλάτος των 45° και στην επιφάνεια της θάλασσας είναι $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$. Σε πολύ μεγάλα ύψη το g πρακτικά μηδενίζεται. (Ειδικά για τα σχολικά προβλήματα και για να απλουστεύονται οι αριθμητικές πράξεις συχνά θεωρούμε ότι είναι $g = 10 \text{ m/sec}^2$ στην επιφάνεια της Γης).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἐλεύθερη πτώση λέγεται ἡ κίνηση πού κάνει ἓνα σῶμα, ὅταν ἐπιδρᾷ σ' αὐτό μόνο τὸ βάρος του.
2. Ἡ ἐλεύθερη πτώση εἶναι κατακόρυφη ὁμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση.
3. Οἱ νόμοι τῆς ἐλεύθερης πτώσεως ἐκφράζονται μέ τις ἐξισώσεις:

$$g = \text{σταθερή}, \quad u = g \cdot t \quad \text{καί} \quad s = \frac{1}{2} g t^2$$

4. Ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g σέ ἕναν τόπο εἶναι ἡ ἴδια γιά ὅλα τὰ σῶματα.
5. Ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸ πλάτος τοῦ τόπου καί τὸ ὕψος τοῦ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ἡ μικρὴ σφαῖρα τοῦ πειράματος τοῦ Σχ.2 φθάνει πρὶ γρήγορα στὸ σημεῖο Α, ὅταν γίνῃ τὸ πείραμα στὸν Ἰσημερινό (κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας) ἢ ὅταν γίνῃ στὸ νότιο πόλο τῆς Γῆς (κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας);
2. Μία μικρὴ σφαῖρα πέφτει ἐλεύθερα κατὰ 50m. Πότε ἡ διάρκεια τῆς ἐλεύθερης πτώσεώς της εἶναι πρὶ μεγάλη; Ὅταν γίνῃ τὸ πείραμα κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ἢ ὅταν γίνῃ σέ ὕψος 100 Km ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας; (γεωγραφικὸ πλάτος σταθερό).
3. α) Ἀφήνουμε ἐλεύθερο σέ κάποιο ὕψος ἓνα φύλλο τοῦ τετραδίου καί ἓνα μολύβι. Γιατί τὸ μολύβι φθάνει στὸ ἔδαφος γρηγορότερα ἀπὸ τὸ χαρτί; β) Τοποθετοῦμε τὸ μολύβι πάνω στὸ φύλλο τοῦ τετραδίου καί ἐπαναλαμβάνουμε τὸ πείραμα. Γιατί τώρα φθάνουν συγχρόνως καί τὰ δύο σῶματα στὸ ἔδαφος;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

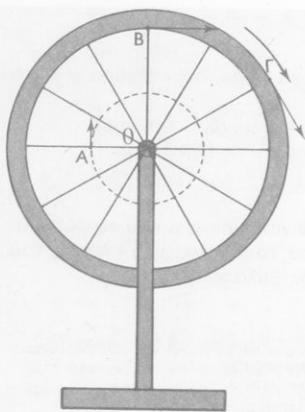
1. Στὴν κίνηση πού φαίνεται στὸ Σχ.1 νά βρεῖτε τὴν τιμὴ τοῦ g καί νά κατασκευάσετε τὰ διαγράμματα α) ἐπιταχύνσεως - χρόνου β) ταχύτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.
2. Μία πέτρα ἀφήνεται ἐλεύθερη ἀπὸ τὴν στέγη ἑνὸς οὐρανοξύστη καί φθάνει στὸ ἔδαφος ὕστερα ἀπὸ 4sec. Πόσο εἶναι τὸ ὕψος τοῦ οὐρανοξύστη, ὅταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;
3. Πόσο χρόνο χρειάζεται ἓνα σῶμα γιά νά πέσει ἐλεύθερα κατὰ 125m, ὅταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;

4η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκτός από εὐθύγραμμες κινήσεις, συναντούμε πολύ συχνά στη ζωή μας και κυκλικές κινήσεις. Τά διάφορα σημεία Α, Β, Γ κτλ. ενός τροχού πού στρέφεται (Σχ.1) κινούνται κυκλικά. Τά κέντρα τών κυκλικών τροχιών τους βρίσκονται στόν άξονα περιστροφής Ο τοῦ τροχού. Τά σημεία τής περιφέρειας τοῦ στρεφόμενου μύλου τοῦ Λούνα Πάρκ (Σχ.2) καί ὁ μοτοσικλετιστής πού κάνει τό γύρο τοῦ θανάτου (Σχ.3) ἐκτελοῦν ἐπίσης κυκλική κίνηση. Ἡ ἀπλούστερη ἀπό τίς κυκλικές κινήσεις εἶναι ἡ ὁμαλή κυκλική κίνηση.



Σχ. 1. Κυκλική κίνηση.

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Ὁ δείκτης ΟΑ τοῦ ρολογιοῦ πού δείχνει τά πρώτα λεπτά τής ώρας (Σχ.4) στρέφεται γύρω ἀπό τόν άξονα Ο. Τό άκρο Α τοῦ δείκτη κινεῖται κυκλικά καί σέ κάθε 5 πρώτα λεπτά διατρέχει ἓνα ἀπό τά ἴσα τόξα $\widehat{AB}$, $\widehat{BΓ}$, $\widehat{ΓΔ}$ κτλ. Ἡ κίνηση αὐτή τοῦ σημείου Α λέγεται ὁμαλή κυκλική κίνηση. Ἄρα:

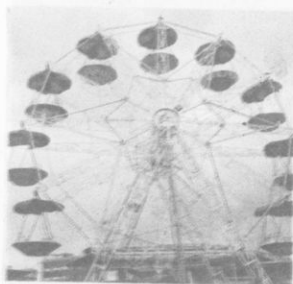
Ἐνα σῶμα ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλική κίνηση, ὅταν κινεῖται σέ κυκλική τροχιά καί σέ ἴσους χρόνους διατρέχει ἴσα τόξα.

III. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

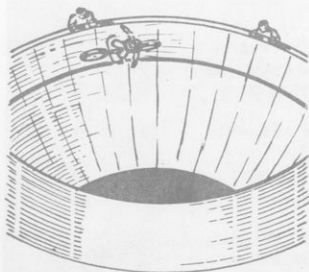
α. **Περίοδος.** Τό άκρο Α τοῦ λεπτοδείκτη (Σχ.4) χρειάζεται μία ὥρα γιά νά διατρέξει ὅλη τήν περιφέρεια. Ὁ χρόνος αὐτός λέγεται περίοδος T . Ἐπομένως:

Περίοδος μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως λέγεται ὁ χρόνος πού χρειάζεται τό κινητό γιά νά κάνει μία πλήρη στροφή.

β. **Συχνότητα.** Θεωροῦμε ἓνα σῶμα πού ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλική κίνηση καί σέ χρόνο t διαγράφει N στροφές. Τό πηλίκο $\frac{N}{t}$ φανερώνει τόν ἀριθμό τών στροφών πού διαγράφει τό κινητό σέ μία χρονική μονάδα, καί λέγεται συχνότητα ν . Ἄρα: Συχνότητα ἐνός κινητοῦ λέγεται ὁ ἀριθμός τών στροφών πού διαγράφει τό κινητό στή μονάδα τοῦ χρόνου.



Σμ. 2.



Σχ. 3.

$\text{συχνότητα} = \frac{\text{ἀριθμός στροφών}}{\text{ἀντίστοιχος χρόνος}}$
$v = \frac{N}{t}$

Μονάδα συχνότητας είναι τό 1 Χέρτζ (1 Hz) πού λέγεται καί 1 κύκλος κατά δευτερόλεπτο (1c/sec ή 1sec⁻¹). Τό 1 Hz είναι ή συχνότητα ἑνός κινητοῦ πού ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλική κίνηση καί διαγράφει μία στροφή σέ ἕνα δευτερόλεπτο. Πολλαπλάσια τοῦ Hz εἶναι τό 1 **κιλοχέρτζ** (1KHz) ἢ ἕνας χιλιόκυκλος κατά δευτερόλεπτο (1Kc/sec) καί τό 1 **μεγαχέρτζ** (1MHz) ἢ ἕνας **μεγάκυκλος** κατά δευτερόλεπτο (1Mc/sec).

1KHz = 10³ Hz καί 1 MHz = 10⁶ Hz.

γ. Σχέση περιόδου καί συχνότητας. Θεωροῦμε ἕνα κινητό πού ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλική κίνηση καί ἔχει περίοδο T. Ἄν στόν τύπο $v = \frac{N}{t}$ βάλουμε N = 1 (μία στροφή), τότε ὁ χρόνος t θά εἶναι ἴσος μέ τήν περίοδο T. Ἄρα:

$$v = \frac{1}{T}$$

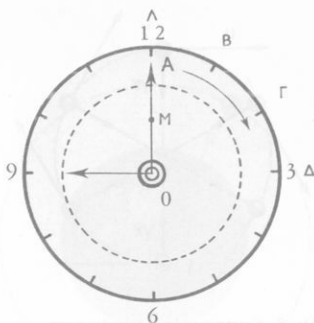
IV. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Γραμμική ταχύτητα. Ἡ μικρή σφαῖρα πού φαίνεται στό Σχ. 5 ἐκτελεῖ ὁμαλή κυκλική κίνηση κατά τή φορά τοῦ βέλους β καί σέ χρόνο t διαγράφει τό τόξο ΑΓ πού ἔχει μήκος s. Τό πηλίκο $\frac{s}{t}$ ἐκφράζει τή γραμμική ταχύτητα u τοῦ κινητοῦ. Ἐπομένως:

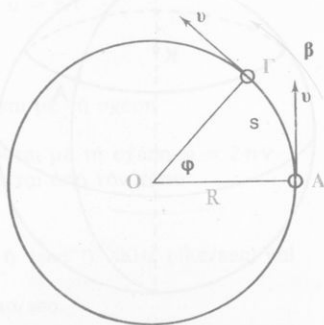
$\text{γραμμική ταχύτητα} = \frac{\text{μῆκ. τόξ. πού διανύθηκε}}{\text{ἀντίστοιχος χρόνος}}$
$u = \frac{s}{t}$

Ἡ γραμμική ταχύτητα εἶναι διανυσματικό μέγεθος, ἔχει τή διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τοῦ κύκλου στό σημεῖο πού βρίσκεται κάθε στιγμή τό κινητό καί τή φορά τῆς κινήσεως. Παρατηροῦμε λοιπόν ὅτι ἡ διεύθυνση τῆς γραμμικῆς ταχύτητας ἀλλάζει συνεχῶς, ἐνῶ τό μέτρο της ($u = \frac{s}{t}$) παραμένει σταθερό, γιατί τό κινητό σέ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα τόξα.

β. Γωνιακή ταχύτητα. Θεωροῦμε ὅτι ἡ ἀκτίνα OA (Σχ.5) στρέφεται γύρω ἀπό τό O μαζί μέ τή σφαῖρα. Στήν περίπτωση αὐτή ἡ ἀκτίνα λέγεται



Σχ. 4. Ὅμαλή κυκλική κίνηση.



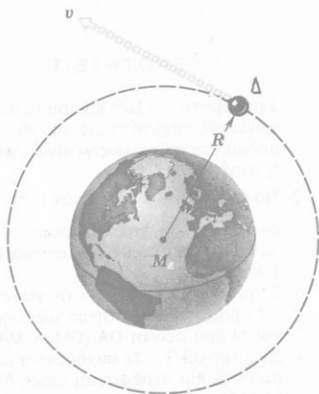
Σχ. 5. Ἡ ταχύτητα ἔχει τή διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τῆς τροχιάς.

$$\gamma_k = \frac{v^2}{R}$$

Η κεντρομόλος επιτάχυνση μετριέται σε m/sec^2 και σε cm/sec^2 .

VI. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΜΑΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Ομαλή κυκλική κίνηση εκτελούν **τά σημεία** κάθε σώματος που στρέφεται γύρω από έναν άξονά του με **σταθερή** συχνότητα, όπως **τά σημεία** των δεικτών του ρολογιού (Σχ.4) και **τά σώματα** που είναι στην επιφάνεια της Γης (Σχ.7). Την ίδια κίνηση εκτελούν και οι τεχνητοί δορυφόροι της Γης (Σχ.8). (Δεχόμαστε κυκλική τροχιά).



Σχ. 8. Δορυφόρος σε κυκλική τροχιά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, όταν κινείται σε κυκλική τροχιά και σε ίσους χρόνους διανύει ίσα τόξα.
2. Περίοδος είναι ο χρόνος που χρειάζεται το κινητό για να κάνει μία πλήρη στροφή.
Συχνότητα είναι ο αριθμός των στροφών που κάνει το κινητό σε μία χρονική μονάδα. Η συχνότητα και η περίοδος συνδέονται με τη σχέση $\nu = 1/T$.
3. Η γραμμική ταχύτητα ορίζεται από τη σχέση: $v = s/t$
Η γωνιακή ταχύτητα ορίζεται από τη σχέση:

$$\omega = \frac{\phi}{t}$$

Η γωνιακή και η γραμμική ταχύτητα συνδέονται με τη σχέση
 $v = \omega \cdot R$

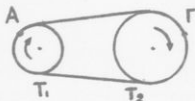
- Η γωνιακή ταχύτητα και η συχνότητα συνδέονται με τη σχέση $\omega = 2\pi \cdot \nu$
4. Το μέτρο της κεντρομόλου επιταχύνσεως δίνεται από τον τύπο

$$\gamma_k = \frac{v^2}{R}$$

5. Μονάδες της συχνότητας είναι: 1Hz (1c/sec ή $1sec^{-1}$), 1KHz (1Kc/sec) και 1MHz (1Mc/sec).
Μονάδα της γωνιακής ταχύτητας είναι το 1rad/sec.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Στην ομαλή κυκλική κίνηση τα μέτρα της γωνιακής ταχύτητας ω και της κεντρομόλου επιταχύνσεως γ_k είναι μεταβλητά ή σταθερά και γιατί;
2. Νά επιβεβαιώσετε από τον τύπο $\gamma_k = \frac{v^2}{R}$ ότι η μονάδα της κεντρομόλου επιταχύνσεως στο Διεθνές Σύστημα είναι τό 1m/sec^2 .
3. Στο Σχ.4 νά συγκρίνετε τις γωνιακές και τις γραμμικές ταχύτητες των σημείων Α και Μ του δείκτη ΟΑ ($OM = MA$).
4. Δύο τροχοί T_1 , T_2 συνδέονται με λουρί (ιμάντα) και στρέφονται όπως δείχνουν τα βέλη του σχήματος. Νά συγκρίνετε τις γραμμικές και τις γωνιακές ταχύτητες των σημείων Α και Γ των περιφερειών τους.



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό άκρο του δείκτη του ρολογιού που δείχνει τα δεύτερα λεπτά της ώρας κάνει ομαλή κυκλική κίνηση. Νά βρείτε την περίοδο και τη συχνότητα της κινήσεως αυτής.
2. Ο δείκτης του ρολογιού που αναφέρεται στο προηγούμενο πρόβλημα έχει μήκος 1cm . Νά βρείτε τη γωνιακή και τη γραμμική ταχύτητα του άκρου του.
3. Πόση είναι η γραμμική ταχύτητα ενός σώματος που βρίσκεται στον Ίσημερινό της Γης, αν η ακτίνα της είναι 6400 km ; Νά βρείτε πρώτα την περίοδο ή τη συχνότητα της κινήσεως της Γης γύρω από τον άξονά της.

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Στις προηγούμενες ενότητες μελετήσαμε διάφορες κινήσεις. Τώρα θα εξετάσουμε την αιτία που αναγκάζει τα σώματα να αλλάζουν την ταχύτητά τους καθώς και τη σχέση που έχει η αιτία αυτή με τα αποτελέσματά της.

I. Η ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Κάθε σώμα (Σχ. 1) κατά την ελεύθερη πτώση του έχει επιτάχυνση g , που είναι κατακόρυφη με φορά προς το κέντρο της Γης. Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων οφείλεται αποκλειστικά στο βάρος τους B , που είναι μία δύναμη επίσης κατακόρυφη με φορά προς το κέντρο της Γης.

Αν αφήσουμε ελεύθερο ένα σώμα σε πολύ μεγάλο ύψος (τό g είναι πρακτικά ίσο με μηδέν) το σώμα δεν πέφτει (Σχ. 2), δηλ. δεν αποκτά την επιτάχυνση της βαρύτητας g . Στο ίδιο αυτό ύψος και το βάρος του σώματος είναι πρακτικά ίσο με μηδέν. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το βάρος (δύναμη) προκαλεί στα σώματα την επιτάχυνση της βαρύτητας g , που έχει την ίδια διεύθυνση και φορά με το βάρος. Γενικεύοντας το συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε στο εξής:

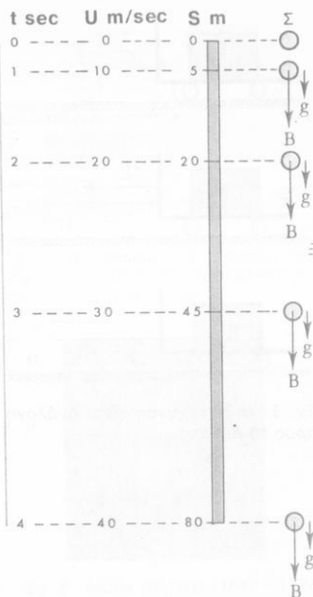
Όταν σε ένα σώμα ενεργήσει μία δύναμη, τότε το σώμα αποκτά επιτάχυνση που έχει τη διεύθυνση και τη φορά της δυνάμεως.

II. ΣΤΑΘΕΡΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Το σώμα που φαίνεται στο Σχ. 1 κατά την ελεύθερη πτώση του έχει σταθερή επιτάχυνση g . Το βάρος B του σώματος, για μικρά ύψη από την επιφάνεια της γης, είναι επίσης σταθερό. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι το σταθερό βάρος (δύναμη) προκαλεί στο σώμα σταθερή επιτάχυνση. Γενικεύοντας το συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε στο εξής:

Όταν σε ένα σώμα επιδρά μία σταθερή δύναμη, τότε το σώμα αποκτά σταθερή επιτάχυνση.

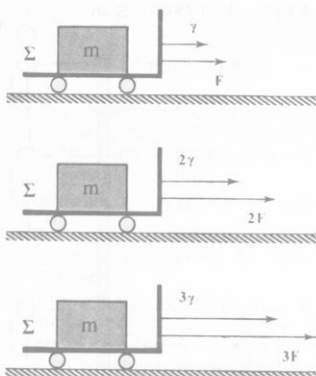
Αν η δύναμη είναι σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο και επιδρά συνεχώς σε ένα



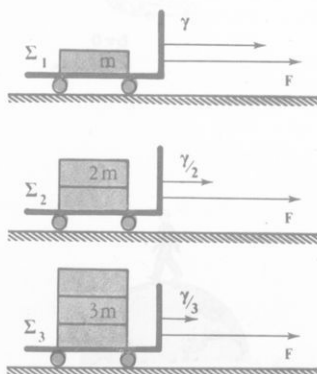
Σχ. 1. Σταθερή δύναμη προκαλεί σταθερή επιτάχυνση.



Σχ. 2. Όταν δεν υπάρχει δύναμη, ή επιτάχυνση είναι μηδενική.



Σχ. 3. Η επιτάχυνση είναι ανάλογη προς τη δύναμη.



Σχ. 4. Η επιτάχυνση είναι αντίστροφως ανάλογη προς τη μάζα

σώμα, τότε το σώμα αποκτά επιτάχυνση σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο, δηλ. εκτελεί εύθυγράμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (Σχ.1).

III. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

α. Σχέση δυνάμεως και επιταχύνσεως

Ένα σώμα Σ, που έχει μάζα m και αρχικά ήρεμο, αποκτά σταθερή επιτάχυνση γ με την επίδραση σταθερής δυνάμεως F (Σχ.3). "Αν στο ίδιο σώμα επιδράσει δύναμη διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ($2F$, $3F$ κτλ.), τότε βρίσκουμε ότι η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα γίνεται αντίστοιχα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. (2γ , 3γ κτλ.). Έπομένως:

Η επιτάχυνση, που αποκτά ένα σώμα με την επίδραση δυνάμεως, είναι ανάλογη προς τη δύναμη αυτή.

β. Σχέση μάζας και επιταχύνσεως

Ένα σώμα Σ₁, που έχει μάζα m και αρχικά ήρεμο, αποκτά σταθερή επιτάχυνση γ με την επίδραση σταθερής δυνάμεως F (Σχ.4). "Αν η ίδια δύναμη F επιδράσει σε σώμα που έχει μάζα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ($2m$, $3m$ κτλ.), τότε βρίσκουμε ότι το σώμα αυτό αποκτά αντίστοιχα επιτάχυνση δύο, τρεις κτλ. φορές μικρότερη ($\gamma/2$, $\gamma/3$ κτλ.). Έπομένως:

Η επιτάχυνση, που αποκτά ένα σώμα με την επίδραση δυνάμεως, είναι αντίστροφως ανάλογη προς τη μάζα του.

γ. Τύπος. Τα δύο προηγούμενα συμπεράσματα εκφράζονται με την παρακάτω εξίσωση που λέγεται θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής ή νόμος του Νεύτωνα:

δύναμη = μάζα × επιτάχυνση
$F = m \cdot \gamma$ Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής

Παρατήρηση. "Όταν η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα προκαλείται από δύο ή περισσότερες δυνάμεις, η δύναμη F του τύπου $F = m \cdot \gamma$ είναι η συνισταμένη των δυνάμεων αυτών (Σχ.5).

IV. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

"Όπως γνωρίζουμε, στο Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα δυνάμεως είναι το 1 Newton (1

Νιουτών, 1N). Ἡ μονάδα αὐτὴ προκύπτει ἀπὸ τὴν ἐξίσωση $F = m \cdot \gamma$, ἂν ἀντικαταστήσουμε τὴ μάζα καὶ τὴν ἐπιτάχυνση μὲ τὶς ἀντίστοιχες μονάδες τους. Ἀρα, $1N = 1Kgr \cdot \frac{m}{sec^2}$

1N εἶναι ἡ δύναμη ἡ ὁποία, ὅταν ἐπιδρᾷ σὲ σῶμα πού ἔχει μάζα 1Kgr, προσδίνει σ' αὐτὸ ἐπιτάχυνση $1m/sec^2$.

Στὸ σύστημα CGS μονάδα δυνάμεως εἶναι ἡ **δύνη (1dyn)**, πού προκύπτει ἐπίσης ἀπὸ τὴν ἐξίσωση $F = m \cdot \gamma$

$$1dyn = 1gr \cdot \frac{cm}{sec^2}$$

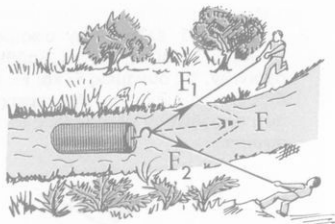
1dyn εἶναι ἡ δύναμη ἡ ὁποία, ὅταν ἐπιδρᾷ σὲ ἓνα σῶμα πού ἔχει μάζα 1gr, προσδίνει σ' αὐτὸ ἐπιτάχυνση $1cm/sec^2$.

Ἄλλες μονάδες δυνάμεως εἶναι τὸ **1 κιλοπόντ (1Kp)**, τὸ **1 πόντ (1p)** καὶ ὁ ἓνας τόνος δυνάμεως ἢ **1 μεγαπόντ (1Mp)**.

$$1Kp = 9,81 N = 981000 dyn$$

$$1Mp = 1000 Kp = 10^3 Kp$$

$$1Kp = 1000 p = 10^3 p$$



Σχ. 5. Ἡ συνισταμένη F προκαλεῖ τὴν ἴδια ἐπιτάχυνση πού προκαλοῦν οἱ συνιστώσες τῆς F_1 καὶ F_2



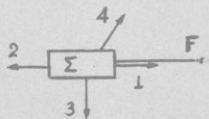
Σχ. 6. Ἰσαάκ Νεύτων (1642 - 1727).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

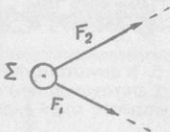
1. Ἡ δύναμη προκαλεῖ στὰ σώματα ἐπιτάχυνση, πού ἔχει τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορά τῆς δυνάμεως.
2. Ἐνα σῶμα ἀποκτᾷ σταθερὴ ἐπιτάχυνση, ὅταν ἡ δύναμη πού ἐνεργεῖ σ' αὐτὸ εἶναι σταθερή.
3. Ἐνα σῶμα ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὴ ἐπιταχυνόμενη κίνηση, ὅταν ἐνεργεῖ συνεχῶς σ' αὐτὸ δύναμη σταθερὴ κατὰ διεύθυνση, φορά καὶ μέτρο.
4. Ὁ θεμελιώδης νόμος τῆς Μηχανικῆς ἐκφράζεται μὲ τὸν τύπο:
$$F = m \cdot \gamma$$
5. Μονάδες δυνάμεως εἶναι οἱ ἑξῆς: 1N, 1Kp, 1Mp, 1p καὶ 1dyn.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ἡ δύναμη F προσδίνει στὸ σῶμα Σ μία ἐπιτάχυνση γ . Ποιὸ ἀπὸ τὰ διανύσματα (1), (2), (3), καὶ (4) ἔχει τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορά τῆς ἐπιταχύνσεως αὐτῆς;



2. Δύο παιδιά έλκουν τή σφαίρα Σ ασκώντας σ' αυτή, μέ τή βοήθεια δύο σχοινιών, τίς δυνάμεις F_1 καί F_2 . Νά σχεδιάσετε τό διάνυσμα τής επιταχύνσεως πού προσδίνουν οί δυνάμεις αυτές στή σφαίρα.

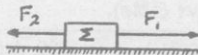


ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση επιτάχυνση θά αποκτήσει ένα σώμα μάζας 10Kg, όταν επιδράσει σ' αυτό μία δύναμη 65N;
2. Ἡ μηχανή ενός αυτοκινήτου ασκεί σ' αυτό δύναμη 1600 N πού τού προσδίνει επιτάχυνση 2m/sec^2 . Πόση είναι ἡ μάζα τοῦ αυτοκινήτου;

3. Σέ ένα σώμα επιδρά συνεχώς σταθερή δύναμη F πού τού προσδίνει επιτάχυνση γ . Ὄταν τριπλασιάσουμε τή μάζα τοῦ σώματος, ἡ επιτάχυνσή του θά μείνει ἡ ἴδια, θά ἀυξηθεῖ, θά ἐλαττωθεῖ καί πόσο;
4. Ὄταν ἡ συνισταμένη δύναμη πού ἀσκείται σέ ένα σώμα εἶναι σταθερή, ἡ κίνηση τοῦ σώματος εἶναι α. εὐθύγραμμη καί ὁμαλή; β. εὐθύγραμμη καί μεταβαλλόμενη; γ. εὐθύγραμμη καί ὁμαλά μεταβαλλόμενη; δ. τίποτε ἀπό ὅλα αὐτά;

3. Στό σώμα Σ , πού ἔχει μάζα 5Kg, ἀσκοῦνται οί δυνάμεις $F_1 = 15\text{N}$ καί $F_2 = 10\text{N}$. Πόση επιτάχυνση θά ἀποκτήσει τό σώμα;



ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

(ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ $F = m \cdot \gamma$)

ΔΡΑΣΗ - ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Ι. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

α. Άξιώμα της αδράνειας

Σύμφωνα με τό θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής, όταν σέ ένα σώμα δέν ένεργούν δυνάμεις, ή ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού ένεργούν σ' αυτό είναι μηδέν, τότε καί ή επιτάχυνση του σώματος θά είναι μηδέν.

$$F = m \cdot \gamma = 0 \Rightarrow \gamma = 0.$$

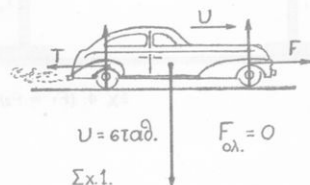
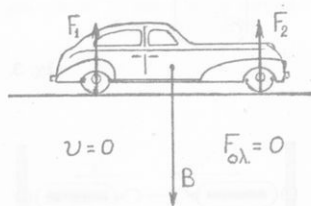
Αυτό σημαίνει ότι ή ταχύτητα του σώματος δέ μεταβάλλεται - αν τό σώμα είναι ακίνητο θά εξακολουθήσει νά παραμένει ακίνητο, ή αν κινείται θά εξακολουθήσει νά κινείται, μέ ταχύτητα σταθερή κατά μέτρο, διεύθυνση καί φορά - όταν ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού ένεργούν στό σώμα είναι μηδέν. (Σχ.1).

Τό συμπέρασμα αυτό είναι γνωστό καί ως **άξιώμα της αδράνειας** καί διατυπώθηκε άρχικά από τόν άρχαίο Έλληνα φιλόσοφο Άριστοτέλη, αλλά πήρε τήν όριστική του μορφή από τό Γαλιλαίο καί τό Νεύτωνα.

Έάν τώρα θέλουμε τό σώμα νά αλλάξει κινητική κατάσταση, δηλ. νά επιταχυνθεί ή νά επιβραδυνθεί ($\gamma \neq 0$), πρέπει νά ασκήσουμε στό σώμα μία δύναμη ($F_{ολ} \neq 0$). Από τά παραπάνω συμπεραίνουμε ότι ή ύλη έχει τήν ιδιότητα νά διατηρεί τήν ταχύτητά της σταθερή καί νά αντιδρά σέ κάθε μεταβολή της. Η ιδιότητα αυτή της ύλης λέγεται **αδράνεια**.

β. Αποτελέσματα της αδράνειας

1. "Όταν ένα αυτοκίνητο πού κινείται σταματήσει απότομα, οι επιβάτες του πέφτουν πρós τά εμπρός γιατί τό σώμα τους, λόγω της αδράνειας, προσπαθεί νά διατηρήσει τήν ταχύτητα πού είχε πριν νά σταματήσει τό αυτοκίνητο.



Σχ.1. "Όταν $F_{ολ} = 0$ ή ταχύτητα του σώματος δέ μεταβάλλεται. ("Όταν τό αυτοκίνητο κινείται μέ σταθερή ταχύτητα, ή δύναμη F πού βάζει ή μηχανή εξουδετερώνει τις τριβές T).

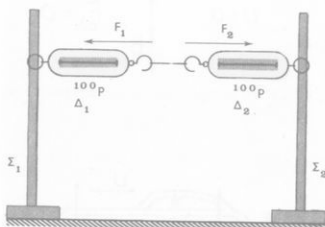


Σχ. 2.

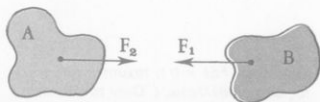
Σχ.2. "Όταν το αυτοκίνητο επιβραδύνεται (δύναμη μηχανής μικρότερη από τις τριβές) οι επιβάτες πέφτουν προς τα μπρός.



Σχ. 3.



Σχ. 4. ($F_1 = F_2$)



Σχ. 5. Τό Α άσκει στο Β την F_1 . Τό Β άσκει στο Α την F_2 . ($F_1 = F_2$).

Αντίθετα, κατά την απότομη εκκίνηση ενός αυτοκινήτου, οι επιβάτες του πέφτουν προς τα πίσω, εξαιτίας της αδράνειας.

2. Όταν η μηχανή ενός τραίνου σταματήσει απότομα, τα βαγόνια συνεχίζουν να κινούνται, λόγω της αδράνειας, με αποτέλεσμα να συγκρούονται και να εκτροχιάζονται.

3. Για να απομακρύνουμε τις σταγόνες του νερού από τα βρεγμένα χέρια μας, τα τινάζουμε. Όταν σταματήσει η κίνηση των χεριών μας, οι σταγόνες του νερού συνεχίζουν να κινούνται λόγω αδράνειας, και απομακρύνονται από τα χέρια μας. Με ανάλογο τρόπο «κατεβάζουμε» τον ύδραργγο των ιατρικών θερμομέτρων.

4. Αν με το δάχτυλό μας χτυπήσουμε δυνατά το χαρτόνι, πάνω στο οποίο στηρίζεται ένα κέρμα, το χαρτόνι εκτινάσσεται από τη θέση του, ενώ το κέρμα μένει ακίνητο και πέφτει κάτω (Σχ.3). Αυτό συμβαίνει γιατί η μικρή δύναμη τριβής που αναπτύσσεται ανάμεσα στο κέρμα και το χαρτόνι, δεν μπορεί να δώσει μεγάλη επιτάχυνση στο κέρμα ($\gamma = T/m$) ώστε να μπορέσει το κέρμα να κινηθεί μαζί με το χαρτόνι. Αν το χαρτόνι ξεκινήσει αργά (μικρή επιτάχυνση), τότε το κέρμα παρασύρεται μαζί με το χαρτόνι.

II. ΑΞΙΩΜΑ ΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

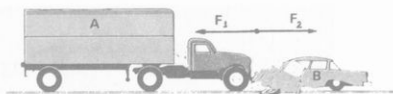
Συνδέουμε δύο δυναμόμετρα Δ_1 και Δ_2 , όπως φαίνεται στο Σχ.4, και απομακρύνουμε τα κατακόρυφα στηρίγματα Σ_1 και Σ_2 , ώστε να τενωθούν τα ελατήρια. Παρατηρούμε τότε ότι τα δυναμόμετρα δείχνουν την ίδια ένδειξη, π.χ. 100p. Αυτό σημαίνει ότι το Δ_1 άσκει στο Δ_2 τη δύναμη $F_1 = 100p$ και το Δ_2 άσκει στο Δ_1 τη δύναμη $F_2 = 100p$. Οι δυνάμεις F_1 και F_2 όπως φαίνεται στο Σχ.4, είναι αντίθετες. Από το πείραμα αυτό, αλλά και από διάφορες παρατηρήσεις, καταλήγουμε στο παρακάτω αξίωμα δράσεως και αντιδράσεως.

"Όταν ένα σώμα Α άσκει σε ένα άλλο σώμα Β μία δύναμη, τότε και το Β άσκει στο Α μία άλλη δύναμη που είναι αντίθετη της πρώτης (Σχ.5).

Σύμφωνα λοιπόν με το αξίωμα αυτό δεν υπάρχει στη φύση μία απομονωμένη δύναμη, αλλά πά-

ντοτε οι δυνάμεις παρουσιάζονται κατά ζεύγη. Οι δύο δυνάμεις κάθε τέτοιου ζεύγους είναι αντίθετες και άσκούνται σε δύο διαφορετικά σώματα. Ή μία από τις δυνάμεις αυτές (όποια θέλουμε) λέγεται **δράση** και η άλλη **αντίδραση**. Τά δύο σώματα που αλληλεπιδρούν μπορεί να βρίσκονται σε έπαφή (Σχ.4 και 6) ή σε απόσταση τό ένα από τό άλλο (Σχ.5 και 7). Μέ τη βοήθεια του αξιώματος δράσεως και αντίδρασεως μπορούμε να εξηγήσουμε τό βάδιμά μας, τήν κίνηση των τροχοφόρων (αυτοκινήτων κτλ.), τήν προώθηση των πλοίων όταν στρέφεται ό έλικάς τους, τήν προώθηση των πυραύλων όταν εκτοξεύονται προς τά πίσω τά καυσαέρια και πολλά άλλα φαινόμενα.

Παρατήρηση. "Όταν εξετάζουμε χωριστά τό καθένα από τά δύο σώματα Α ή Β (Σχ.5) που αλληλεπιδρούν, ή δράση και ή αντίδραση δέν αλληλοεξουδετερώνονται, **γιατί άσκούνται σε διαφορετικά σώματα.**



Σχ. 6. Τό Α άσκει στό Β τήν F_2 .
Τό Β άσκει στό Α τήν F_1 ($F_1 = F_2$).



Σχ. 7. Ή γή άσκει στό σώμα Σ τό βάρος του Β. Τό σώμα άσκει στή γή τή δύναμη Β' ($B = B'$).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἀδράνεια λέγεται ἡ ιδιότητα πού ἔχουν τά σώματα νά διατηροῦν τό διάνυσμα τῆς ταχύτητάς τους σταθερό, ὅταν ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων πού ἀσκοῦνται σ' αὐτά εἶναι ἴση μέ μηδέν.
2. Ἡ μάζα ἐνός σώματος ἐκφράζει τό μέτρο τῆς ἀδράνειάς του.
3. Ὄταν ἓνα σώμα Α ἀσκεῖ σέ ἓνα σώμα Β μία δύναμη (δράση), τότε καί τό Β ἀσκεῖ στό Α μία ἄλλη δύναμη (ἀντίδραση), ἀντίθετη τῆς πρώτης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί λέγεται ἀδράνεια;
2. Ἐνα σώμα κινεῖται εὐθύγραμμα. Πότε ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων πού ἀσκοῦνται σ' αὐτό εἶναι: α) μηδέν; β) διάφορη ἀπό τό μηδέν;
3. Νά ἀναφέρετε δύο παραδείγματα δράσεως - ἀντιδράσεως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἐπάνω σέ ἓνα ἀκίνητο τραπέζι ἰσορροπεῖ ἓνα σώμα. Νά ἀποδείξετε ὅτι ἡ δύναμη πού ἀσκεῖ τό σώμα στό τραπέζι εἶναι ἴση μέ τό βάρος τοῦ σώματος.
2. Τό σώμα Σ ἔχει βάρος 5Κρ. Πόση δύναμη F πρέπει νά ἐπιδρᾷ σ' αὐτό ὅταν ἀνεβαίνει ἢ κατεβαίνει μέ σταθερή ταχύτητα;



3. Τό σώμα Σ ἔχει μάζα 5 Kgr. Πόση δύναμη F πρέπει νά ἐπιδρᾷ σ' αὐτό ὅταν ἀνεβαίνει μέ σταθερή ἐπιτάχυνση $\gamma = 2 \text{ m/sec}^2$; ($B = 5\text{Κρ} \approx 50 \text{ N}$).



ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ – ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ

Ι. ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

α. Έννοια του βάρους. Από την εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι όλα τα σώματα έχουν βάρος. Για να σηκώσουμε ψηλά ένα σώμα (Σχ.1) πρέπει να ασκήσουμε σ' αυτό μία μυϊκή δύναμη, γιατί η Γη τό έλκει προς τα κάτω με μία δύναμη που λέγεται βάρος. Άρα:

Βάρος ενός σώματος λέγεται η έλκτική δύναμη που ασκεί η μάζα της Γης στη μάζα του σώματος αυτού.

Τό βάρος έχει διεύθυνση κατακόρυφη καί φορά προς τό κέντρο της Γης (Σχ.2).

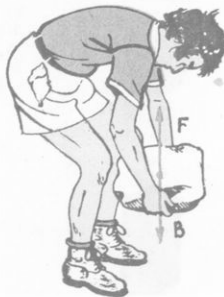
β. Σχέση βάρους καί μάζας. Θεωρούμε ένα σώμα που έχει μάζα m καί βάρος B . Όταν τό σώμα αυτό εκτελεί ελεύθερη πτώση, άποκτά επιτάχυνση g , λόγω του βάρους του B . Έφαρμόζουμε στην περίπτωση αυτή τό θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής $F = m \cdot \gamma$, παίρνοντας υπόψη μας ότι $F = B$ καί $\gamma = g$, καί βρίσκουμε ότι:

$$B = mg \quad (1)$$

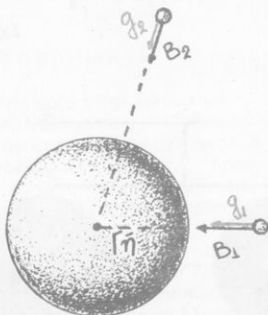
Παρατήρηση. Όταν χρησιμοποιούμε τή σχέση $B = mg$ σε διάφορα προβλήματα, πρέπει να εκφράζουμε τό βάρος B σε N , τή μάζα m σε kg καί τήν επιτάχυνση της βαρύτητας g σε m/sec^2 (Διεθνές Σύστημα).

γ. Μέτρηση του βάρους. Τό βάρος ενός σώματος μετρείται με τό δυναμόμετρο (ζυγός με έλατήριο ή κανταράκι), όπως δείχνει τό Σχ.3. Η ένδειξη του δυναμομέτρου αντιστοιχεί στο πραγματικό βάρος του σώματος, μόνο όταν τό σύστημα δυναμόμετρο - σώμα ισορροπεί (ήρεμεί ή κινείται με σταθερή ταχύτητα).

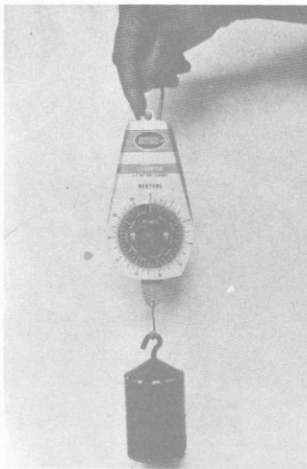
δ. Μεταβολές του βάρους. Η μάζα ενός σώματος, ως ποσότητα ύλης, παραμένει σταθερή. Αντίθετα, τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται, όπως άκριβώς καί η επιτάχυνση της βαρύτητας g , γιατί $B = mg$ καί $m = \text{σταθερή}$. Άρα τό βάρος B ενός σώματος θά εξαρτάται από τό γεωγραφικό πλάτος του τόπου καί από τό ύψος πάνω από τήν επιφάνεια της Γης, στο όποιο βρίσκεται τό σώμα (βλ. 3η ένότητα).



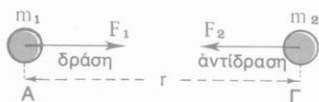
Σχ. 1.



Σχ. 2. Τό g καί τό B έχουν κατακόρυφη διεύθυνση που περνάει από τό κέντρο της γης.

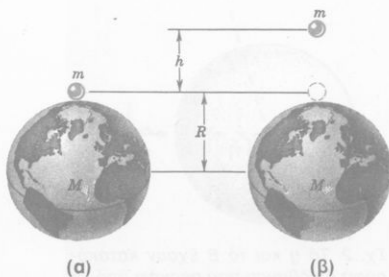


Σχ. 3. Δυναμόμετρο βαθμολογημένο σε Newton. "Όταν το σώμα ισορροπεί (ήρεται ή κινείται με σταθερή ταχύτητα) το δυναμόμετρο μετράει το βάρος του.



$$F_1 = F_2 = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Σχ. 4.



Σχ. 5.

II. ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ

Ο Νεύτων διατύπωσε το νόμο της παγκόσμιας έλξεως που έπαληθεύτηκε αργότερα πειραματικά. Κατά το νόμο αυτό ισχύουν τα ακόλουθα:

Δύο οποιαδήποτε υλικά σωματίδια με μάζες m_1 και m_2 έλκονται αμοιβαία με μία δύναμη F που έχει διεύθυνση την ευθεία που ένώνει τα δύο σωματίδια. Το μέτρο της δύναμews αυτής είναι ανάλογο προς το γινόμενο των μαζών m_1 και m_2 των σωματιδίων και αντιστρόφως ανάλογο προς το τετράγωνο της απόστάσεώς τους r (Σχ.4). Ο νόμος αυτός εκφράζεται με τη σχέση:

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2)$$

Τό K λέγεται σταθερά της παγκόσμιας έλξεως και έχει τιμή $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kgr}^2}$.

Ο νόμος της παγκόσμιας έλξεως ισχύει βέβαια και για **μεγάλα σώματα**, εφαρμόζεται όμως εύκολα όταν τα σώματα αυτά είναι **όμογενείς σφαίρες**. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε να φανταστούμε όλη τη μάζα της σφαίρας συγκεντρωμένη **στό κέντρο της**, όποτε η σφαίρα συμπεριφέρεται σαν υλικό σωματίδιο.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ ΣΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΓΗ - ΣΩΜΑ

Τό βάρος B ενός σώματος αποτελεί μία δύναμη παγκόσμιας έλξεως. "Αν θεωρήσουμε τη Γη κατά προσέγγιση σαν όμογενή σφαίρα με ακτίνα R και μάζα M , μπορούμε να εφαρμόσουμε άμέσως τόν τύπο (2), όποτε προκύπτει:

$$B = K \frac{mM}{R^2} \quad (3)$$

(m = μάζα του σώματος Σχ.5)

Από τούς τύπους (1) και (3) προκύπτει ότι

$$mg = K \frac{mM}{R^2} \Leftrightarrow g = \frac{KM}{R^2} \quad (4)$$

"Αν τό σώμα βρίσκεται σε ύψος h από την επιφάνεια της Γης (Σχ.5), οι τύποι (3) και (4) γράφονται αντίστοιχα με τόν ακόλουθο τρόπο:

$$B = K \frac{mM}{(R+h)^2} \quad \text{καί} \quad g = K \frac{M}{(R+h)^2}$$

Από τούς τύπους αυτούς φαίνεται ότι τό βάρος B καί τό g μεταβάλλονται μέ τό ύψος h.

IV. ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ «ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ»

Συνήθως όταν λέμε «βάρος σώματος» εννοούμε τή δύναμη έλξεως πού άσκει ή μάζα τής Γης στή μάζα του σώματος αυτού. Τό ίδιο όμως σώμα, όταν μεταφερθεί στήν περιοχή ενός άλλου πλανήτη, π.χ. του "Αρη, θά έλκεται πάλι μέ μία δύναμη από τόν "Αρη, ενώ δε θά έλκεται πιά από τή Γη. Αυτή τή νέα έλκτική δύναμη μπορούμε νά τή λέμε «**βάρος του σώματος στήν περιοχή του "Αρη**». Τό βάρος ενός σώματος στήν περιοχή τής Γης έχει διαφορετική τιμή από τό βάρος του ίδιου σώματος στήν περιοχή των άλλων πλανητών, γιατί ή μάζα καί ή άκτίνα τής Γης είναι διαφορετικές από τά αντίστοιχα μεγέθη των άλλων πλανητών (τύπος (3)).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Βάρος ενός σώματος είναι ή κατακόρυφη έλκτική δύναμη πού άσκει ή μάζα τής γης στή μάζα του σώματος.
2. Τό βάρος καί ή μάζα ενός σώματος συνδέονται μέ τή σχέση:
$$B = mg$$
3. Τό βάρος ενός σώματος μεταβάλλεται από τόπο σέ τόπο.
4. Ο νόμος τής παγκόσμιας έλξεως εκφράζεται μέ τή σχέση:

$$F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

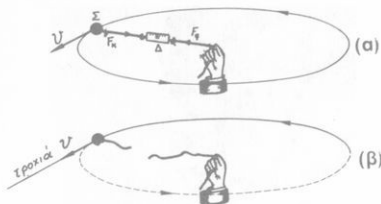
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι γνωρίζετε γιά τίς μεταβολές του βάρους ενός σώματος;
2. Γιατί μεταβάλλονται τό βάρος καί τό g, όταν αύξάνεται τό ύψος από τήν επιφάνεια τής θάλασσας;
3. Γιατί σέ έναν όρισμένο τόπο όλα τά σώματα πού πέφτουν έλεύθερα έχουν τήν ίδια επιτάχυνση τής βαρύτητας g;
4. Μέ ένα δυναμόμετρο μετράμε τό βάρος ενός σώματος πρώτα στήν επιφάνεια τής Γης καί μετά στήν επιφάνεια τής Σελήνης. Σέ ποιά από τίς δύο περιπτώσεις ή ένδειξη του δυναμομέτρου θά είναι μικρότερη καί γιατί; (Δίνεται ότι $g_2 < g_1$).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα σώμα έχει μάζα 5 Kgr. Πόσο είναι τό βάρος του σέ N; (Δίνεται $g = 10 \text{ m/sec}^2$).
2. Αν τό προηγούμενο σώμα μεταφερθεί στήν επιφάνεια τής Σελήνης, όπου υπάρχει ή επιτάχυνση τής βαρύτητας τής Σελήνης $g_2 = 1,6 \text{ m/sec}^2$, πόσο θά είναι τό βάρος του σέ N;
3. Δύο μεταλλικές σφαίρες μέ μάζες $m_1 = 1000 \text{ Kgr}$ καί $m_2 = 500 \text{ Kgr}$ βρίσκονται σέ απόσταση μεταξύ των κέντρων τους $r = 1\text{m}$. Μέ πόση δύναμη έλκονται οι σφαίρες αυτές; ($K = 6,6 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kgr}^2}$).

ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΔΥΝΑΜΗ



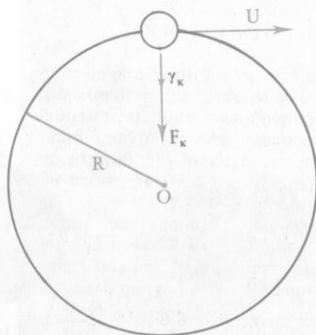
Σχ. 1. Η κεντρομόλος δύναμη συγκρατεί το σώμα σε κυκλική κίνηση.

Ι. ΣΩΜΑ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Πειραματική μελέτη. Στο ένα άκρο ενός νήματος δένουμε μία μικρή σφαίρα Σ. Παρεμβάλουμε στο νήμα ένα μικρό δυναμόμετρο Δ και με το χέρι μας, κρατώντας το άλλο άκρο του νήματος, περιστρέφουμε το σύστημα αυτό με σταθερή γωνιακή ταχύτητα σε οριζόντιο επίπεδο (Σχ.1α). Τότε η σφαίρα εκτελεί κυκλική ομαλή κίνηση. Παρατηρούμε ότι κατά τη διάρκεια της κινήσεως το νήμα είναι τεντωμένο και το δυναμόμετρο δείχνει κάποια ένδειξη, δηλ. μετράει κάποια δύναμη. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι το τεντωμένο νήμα ασκεί στη σφαίρα μία δύναμη F_{κ} .

Αν θεωρήσουμε το βάρος της σφαίρας αμελητέο, τότε η F_{κ} συμπίπτει με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στη σφαίρα. Η συνισταμένη αυτή F_{κ} , όπως φαίνεται στο Σχ. 1α, έχει διεύθυνση τη διεύθυνση της ακτίνας, έχει φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και λέγεται κεντρομόλος δύναμη. Επομένως:

“Όταν ένα σώμα εκτελεί κυκλική ομαλή κίνηση, η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ενεργούν σ’ αυτό είναι η κεντρομόλος δύναμη. Η δύναμη αυτή έχει διεύθυνση τη διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς.



Σχ. 2.

β. Θεωρητική μελέτη. Όταν ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, τότε έχει κεντρομόλο επιτάχυνση $\gamma_{\kappa} = \frac{v^2}{R}$ (Σχ.2). Σύμφωνα όμως με το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής $F=mg$, κάθε επιτάχυνση οφείλεται σε κάποια δύναμη που έχει τη διεύθυνση και τη φορά της επιταχύνσεως. Επομένως, η συνισταμένη των δυνάμεων

πού ασκούνται στο σώμα αυτό έχει τη διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο Ο (όπως και η γ_k), δηλ. είναι η **κεντρομόλος δύναμη**.

Τό μέτρο της κεντρομόλου δυνάμεως βρίσκεται από την εξίσωση $F = m\gamma$, αν αντικαταστήσουμε τό γ μέ τό γ_k , όποτε προκύπτει:

$$F_k = m\gamma_k \Leftrightarrow F_k = m \frac{v^2}{R}$$

“Αν κατά την περιστροφή της σφαίρας Σ (Σχ. 1) κόψουμε τό νήμα, θά παρατηρήσουμε ότι ή σφαίρα δέ συνεχίζει την κυκλική όμαλή κίνηση, αλλά κινείται εϋθύγραμμα κατά τη διεύθυνση της εφαπτομένης του κύκλου (Σχ.1θ). Είναι φανερό ότι μόλις κοπεί τό νήμα, καταργείται και ή δύναμη πού ασκείται στη σφαίρα, δηλ. ή κεντρομόλος δύναμη: “Αρα:

Γιά νά μπορεϊ ένα σώμα νά εκτελεϊ κυκλική όμαλή κίνηση σέ περιφέρεια ακτίνας R μέ ταχύτητα v, πρέπει νά ασκείται σ’ αυτό κεντρομόλος δύναμη μέ μέτρο.

$$F_k = \frac{mv^2}{R}$$

II. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΗ ΔΥΝΑΜΗ

Στό πείραμα του Σχ. 1α, τό τεντωμένο νήμα ασκεί στη σφαίρα την κεντρομόλο δύναμη $F_k = \frac{mv^2}{R}$. Σύμφωνα μέ τό άξίωμα δράσεως και αντιδράσεως, και ή σφαίρα άσκει στό νήμα, έπομένως και στό χέρι μας, μία αντίθετη δύναμη F_ϕ .

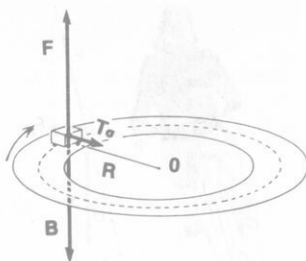
‘Η δύναμη αύτή λέγεται **φυγόκεντρη** και έχει μέτρο:

$$F_\phi = \frac{mv^2}{R}$$

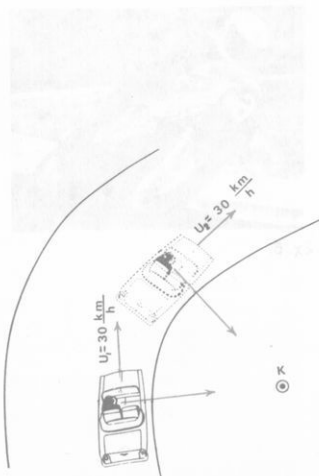
“Αρα:

‘Η φυγόκεντρη δύναμη είναι ή αντίδραση της κεντρομόλου δυνάμεως και άσκειται από τό σώμα πού κινείται κυκλικά στό σώμα (ή στά σώματα) πού άσκούν την κεντρομόλο δύναμη.

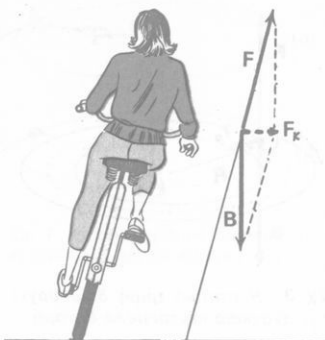
Παρατήρηση. ‘Η φυγόκεντρη δύναμη δέν άσκειται στό κυκλικά κινούμενο σώμα και γι’ αυτό δέν έπηρεάζει την κίνηση του.



Σχ. 3. ‘Η στατική τριβή δημιουργεί την αναγκαία κεντρομόλο δύναμη.



Σχ. 4.



Σχ. 5. Ο ποδηλάτης για να διαγράψει οριζόντια στροφή, κλίνει το ποδήλατο και το σώμα του προς το κέντρο της. Έτσι οι δυνάμεις B και F δίνουν ως συνισταμένη την κεντρομόλο F_k .



Σχ. 6.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο σέ μία στροφή ακτίνας R μέ. ταχύτητα u , πρέπει να άσκειται σ' αυτό μία κεντρομόλος δύναμη μέ μέτρο $F_k = \frac{mu^2}{R}$. "Όταν ή στροφή είναι οριζόντια (Σχ. 3) ή κεντρομόλος δύναμη είναι ή στατική τριβή T_o . "Άρα,

$$T_o = F_k = \frac{mu^2}{R} \quad (1)$$

Έπειδή ή T_o είναι συνήθως μικρή στους λείους δρόμους, (ένω είναι μεγαλύτερη στους τραχείς) για να ισχύει ή (1) πρέπει καί ή ταχύτητα u να είναι μικρή, όποτε τό αυτοκίνητο κινείται στή στροφή χωρίς να εκτρέπεται από τήν κυκλική πορεία του. "Όταν όμως ή ταχύτητα u είναι μεγάλη ή ό δρόμος είναι βρεγμένος, δέν ικανοποιείται ή σχέση (1) ($T_o < \frac{mu^2}{R}$), όποτε τό αυτοκίνητο δέν μπορεί να διαγράψει τή συγκεκριμένη στροφή καί εκτρέπεται από τήν πορεία του (πέφτει έξω).

Δίνοντας μία μικρή κλίση στο κατάστρωμα του δρόμου προς τό κέντρο τής τροχιάς, διευκολύνουμε τά αυτοκίνητα να κινούνται στή στροφή μέ περισσότερη ασφάλεια.

β. Ο επιβάτης του αυτοκινήτου πού κινείται σέ μία στροφή χρειάζεται κατάλληλη κεντρομόλο δύναμη, για να διαγράψει τή στροφή (Σχ. 4). Η κεντρομόλος αυτή δύναμη προέρχεται από τό κάθισμα καί τό πλευρικό τοίχωμα του αυτοκινήτου. "Αν όμως ξαφνικά άνοιξει ή πόρτα του αυτοκινήτου, ή δύναμη του τοιχώματος καταργείται. Τότε ή δύναμη από τό κάθισμα δέν έπαρκει να διατηρήσει τόν επιβάτη στήν κυκλική του τροχιά ($F < \frac{mu^2}{R}$), μέ αποτέλεσμα αυτός να πέφτει έξω από τό αυτοκίνητο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Για να μπορεί ένα σώμα να εκτελεί κυκλική όμαλή κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας R με ταχύτητα u , πρέπει να ασκείται σ' αυτό κεντρομόλος δύναμη με μέτρο

$$F_k = \frac{mu^2}{R}$$

2. Η κεντρομόλος δύναμη έχει διεύθυνση τη διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς.
3. Η φυγόκεντρη δύναμη είναι η αντίδραση στην κεντρομόλο δύναμη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

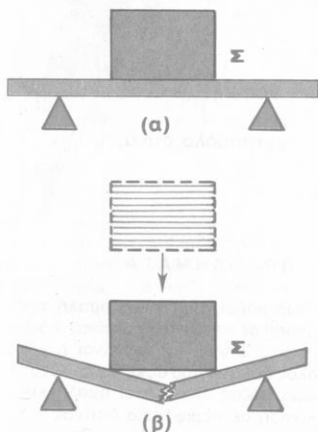
1. Πότε ένα σώμα μπορεί να εκτελεί κυκλική όμαλή κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας R με ταχύτητα u ;
2. Τι γνωρίζετε για τη διεύθυνση, τη φορά και το μέτρο της κεντρομόλου και της φυγόκεντρου δυνάμεως;
3. Γιατί ο δρομέας που προσπαθεί να διαγράψει οριζόντια στροφή χωρίς να κλίνει το σώμα του προς το κέντρο της εκτρέπεται από την κυκλική τροχιά του;
4. Ένα σώμα εκτελεί όμαλή κυκλική κίνηση.
α) Τα διανύσματα u , γ_k , F_k μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται; β) Τα μέτρα των διανυσμάτων u , γ_k , F_k μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται;
5. α) Ποιά δύναμη διατηρεί το αυτοκίνητό μας σε κυκλική τροχιά όταν το κατάστρωμα του δρόμου είναι οριζόντιο; β) Γιατί δεν μπορούμε να παίρνουμε στροφές με ταχύτερες μεγαλύτερες από κάποιο όριο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα σώμα μάζας 2kg κάνει όμαλή κυκλική κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας 0,5m με ταχύτητα 3m/sec. Πόση είναι η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται σ' αυτό;
2. Ένα σώμα μάζας 5kg κάνει όμαλή κυκλική κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας 1m με γωνιακή ταχύτητα 2rad/sec. Πόση είναι η γραμμική ταχύτητα u του σώματος και πόση είναι η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται σ' αυτό;

ΟΡΜΗ – ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

I. ΟΡΜΗ



Σχ. 1. Τό σώμα Σ ασκεί μεγαλύτερη δύναμη στη δεύτερη περίπτωση.

α. Έννοια της όρμης. Τοποθετούμε ένα βαρύ σώμα Σ πάνω σε μία λεπτή σανίδα, όπως φαίνεται στο Σχ. 1α, και παρατηρούμε ότι η σανίδα κάμπτεται λίγο, αλλά δε σπάζει. Ύστερα παίρνουμε τό ίδιο σώμα Σ καί τό αφήνουμε νά πέσει πάνω στή σανίδα από κατάλληλο ύψος. Παρατηρούμε τώρα ότι ή σανίδα σπάζει (Σχ. 1β).

Από τό πείραμα αυτό διαπιστώνουμε ότι κάθε σώμα έχει άλλη συμπεριφορά, όταν κινείται καί άλλη συμπεριφορά, όταν είναι ακίνητο. Ή διαπίστωση αυτή μάς αναγκάζει νά εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, τήν $\rho \mu \eta$, πού χαρακτηρίζει τά κινούμενα σώματα καί ορίζεται ως εξής:

Όρμη J ενός σώματος, πού έχει μάζα m καί κινείται μέ ταχύτητα u , λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό γινόμενο τής μάζας του σώματος επί τήν ταχύτητά του.

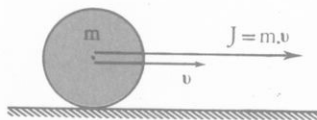
$$\text{όρμη} = \text{μάζα} \times \text{ταχύτητα}$$

$$J = m \cdot u$$

Ή όρμη είναι διανυσματικό μέγεθος καί έχει τήν ίδια διεύθυνση καί τήν ίδια φορά μέ τήν ταχύτητα (Σχ. 2).

β. Μονάδες τής όρμης. Στο Διεθνές Σύστημα μονάδα όρμης είναι τό $1\text{Kgr} \cdot \text{m}/\text{sec}$, πού προκύπτει από τή σχέση $J = m \cdot u$, αν $m = 1\text{Kgr}$ καί $u = 1\text{m}/\text{sec}$.

Στό CGS μονάδα όρμης είναι τό $1\text{gr} \cdot \text{cm}/\text{sec}$.



Σχ. 2.

Σχ.2. Όταν $F_{\text{ολ}} = 0$, ή όρμη παραμένει σταθερή.

II. ΘΕΩΡΗΜΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

α. Διατήρηση όρμης ενός σώματος.

Θεωρούμε ένα σώμα μάζας m για τό οποίο ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού ενεργούν σ' αυτό είναι μηδέν (Σχ.2). Σύμφωνα μέ τό θεμελιώδη νόμο τής Μηχανικής τό σώμα αυτό ούτε θά επιταχύνεται ούτε θά επιβραδύνεται, δηλ. θά έχει ταχύτητα u σταθερή κατά μέτρο,

διεύθυνση και φορά. Τότε βέβαια και η όρμη του σώματος αυτού θα είναι σταθερή. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι:

Όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν σε ένα σώμα είναι μηδέν, η όρμη του σώματος παραμένει σταθερή κατά μέτρο, διεύθυνση και φορά.

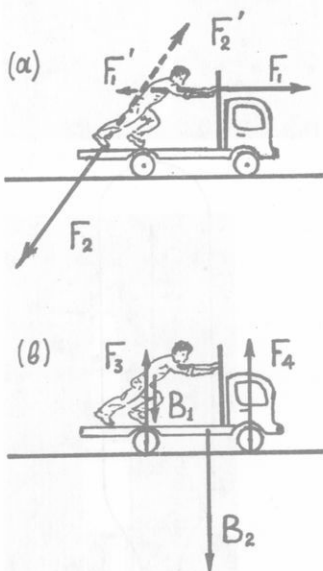
Τό συμπέρασμα αυτό μάς είναι πολύ χρήσιμο στη μελέτη του φαινομένου της συγκρούσεως ενός σώματος με άλλο, της κινήσεως του πυραύλου κτλ. Στις περιπτώσεις αυτές θα θεωρούμε τα δύο σώματα που αλληλοεπιδρούν σαν να είναι ένα σώμα, που τό λέμε σύστημα σωμάτων.

β. Διατήρηση της όρμης ενός συστήματος σωμάτων.

Σε κάθε σύστημα σωμάτων διακρίνουμε δύο ειδών δυνάμεις: Τις **έσωτερικές**, αυτές που ασκούνται σε ένα σώμα από άλλο σώμα που ανήκει στο ίδιο σύστημα, και τις **έξωτερικές**, αυτές που ασκούνται στα σώματα του συστήματος από άλλα σώματα που βρίσκονται έξω από τό σύστημα. Π.χ. στο Σχ.3 οι δυνάμεις F_1 και F_2 που άσκει ο επιβάτης στο όχημα και οι δυνάμεις F'_1 και F'_2 μέ τις όποιες αντιδρά τό όχημα είναι έσωτερικές δυνάμεις.

Οι έσωτερικές δυνάμεις, όπως φαίνεται και στο Σχ.3, εμφανίζονται πάντοτε κατά ζεύγη. Έπομένως, όταν μελετάμε τό σύστημα των σωμάτων σαν να είναι ένα σώμα, οι έσωτερικές δυνάμεις εξουδετερώνονται άμοιβαία και δέν έπηρεάζουν τήν κινητική κατάσταση του συστήματος. Άρα οι μόνες δυνάμεις που μπορούν να αλλάξουν τήν ταχύτητα άρα και τήν όρμη του συστήματος είναι οι έξωτερικές δυνάμεις. Στο Σχ.3 έξωτερικές δυνάμεις είναι τά βάρη B_1 και B_2 που προέρχονται από τήν έλξη της γής και οι δυνάμεις F_3 και F_4 που προέρχονται από τό έδαφος.

Τό αυτόκίνητο ήρεμεί και άρα έχει όρμη σταθερή (ίση μέ τό μηδέν). Έπειδή ήρεμεί τό αυτόκίνητο, ή συνισταμένη των έξωτερικων δυνάμεων είναι μηδέν. Έπομένως γενικεύο-



(Σχ. 3).

ντας τό προηγούμενο συμπέρασμα μπορούμε νά ποῦμε:

Ἄν ἡ συνισταμένη τῶν ἐξωτερικῶν δυνάμεων πού ἐνεργοῦν σέ ἓνα σύστημα σωμάτων εἶναι μηδέν, ἡ ὁρμή τοῦ συστήματος παραμένει σταθερή κατά μέτρο, διεύθυνση καί φορά.



Σχ.4. Ἀνάκρουση τοῦ ὄπλου.

Ἐφαρμόζοντας τό θεώρημα αὐτό στό σύστημα ἐπιβάτης – ὄχημα βρίσκουμε ὅτι, ἂν δέ δουλέψει ἡ μηχανή τοῦ αὐτοκινήτου γιά νά ἀσκηθεῖ μιά πρόσθετη δύναμη ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν ἐξωτερικῶν δυνάμεων νά γίνεῖ διάφορη ἀπό τό μηδέν, τό σύστημα θά παραμένει ἀκίνητο ὅσο καί νά σπρώχνει ὁ ἐπιβάτης.

γ. Ἐφαρμογές. 1. Ἀνάκρουση τοῦ ὄπλου.

Τή στιγμή πού φεύγει τό βλήμα ἀπό τό ὄπλο (Σχ. 4) παρατηροῦμε ὅτι τό ὄπλο ὀπισθοδρομεῖ (κλωτσάει). Τό φαινόμενο αὐτό λέγεται ἀνάκρουση καί ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τό σύστημα «βλήμα-ὄπλο» πρέπει νά ἔχει πάντοτε τήν ἴδια ὁρμή, αὐτή πού εἶχε καί στήν ἀρχή, δηλ. $J_{ολ}=0$. Κατά τήν ἐκपुरσοκρότηση τό βλήμα ἀποκτᾷ ὁρμή πρὸς τά ἔμπρός $J_1 = m_1 u_1$. Γιά νά συνεχίσει τό σύστημα νά ἔχει ὁρμή $J_{ολ}=0$, πρέπει τό ὄπλο νά ἀποκτήσει **ἀντίθετη** πρὸς τό βλήμα ὁρμή $J_2 = m_2 u_2$, δηλ. πρέπει νά κινηθεῖ πρὸς τά πίσω. Ἔτσι ἡ ὁλική ὁρμή τοῦ συστήματος θά εἶναι πάλι μηδέν, δηλ. $J_{ολ} = m_1 u_1 - m_2 u_2 = 0$.



Σχ.5. Ἀρχή τοῦ πυραύλου.

2. Ἀρχή τοῦ πυραύλου.

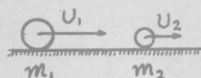
Φουσκώνουμε ἕνα στενόμακρο μπαλόνι, ἀφοῦ πρῶτα τοποθετήσουμε στό στόμιό του ἓνα στενό σωληνάκι. Ὄταν τό ἀφήσουμε ἐλεύθερο μέ τό ἀνοικτό στόμιο πρὸς τά κάτω (Σχ. 5), θά παρατηρήσουμε ὅτι ἀνεβαίνει ψηλά, ἐνῶ σιγά-σιγά ξεφουσκώνει.

Ἑρμηνεία. Τό μπαλόνι καί ὁ ἀέρας πού περιέχεται σ' αὐτό ἔχουν ἀρχικά, δηλ. πρῶν ἀρχίσει ἡ ἐκροή τοῦ ἀέρα, ὁρμή $J_{ολ} = 0$. Ὄταν ὁ ἀέρας βγαίνει ἀπό τό στενό στόμιο, ἀποκτᾷ ὁρμή κατακόρυφη πρὸς τά κάτω. Γιά νά συνεχίσει τό σύστημα νά ἔχει ὁρμή $J_{ολ} = 0$, πρέπει τό μπαλόνι νά ἀποκτήσει **ἀντίθετη** μέ τόν ἐξερχόμενο ἀέρα ὁρμή, δηλ. πρέπει νά κινηθεῖ πρὸς τά πάνω. Κατά τόν ἴδιο τρόπο ἐξηγοῦνται ἡ κίνηση τοῦ **πυραύλου** (Σχ. 6) καί ἡ προώθηση τῶν **ἀεριοθουμένων ἀεροπλάνων (Jet)**, ὅταν ἐκτο-

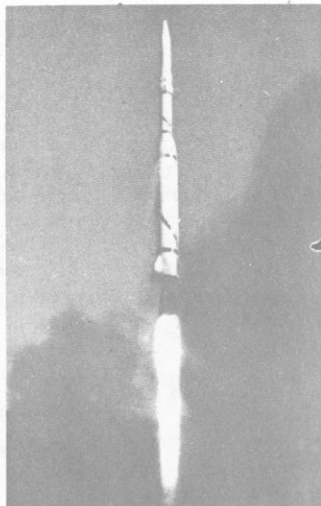
ξεύονται προς τα πίσω με μεγάλη ταχύτητα τα καυσάερια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

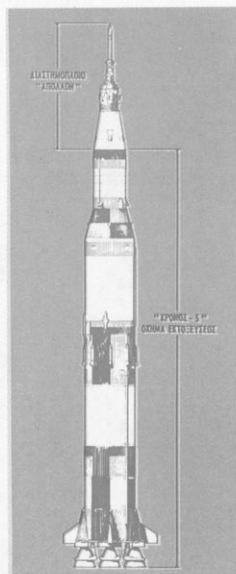
1. Οι σφαίρες του σχήματος έχουν μάζες $m_1 = 4\text{kg}$ και $m_2 = 2\text{kg}$ και κινούνται με ταχύτητες $u_1 = 2\text{m/sec}$ και $u_2 = 1\text{m/sec}$. Να βρείτε την όρμη του συστήματός τους (τό μέτρο, τη διεύθυνση και τη φορά) κατά τη χρονική στιγμή που δείχνει το σχήμα.



2. Η όρμη ενός σώματος που κινείται με ταχύτητα $u = 5\text{m/sec}$ είναι $30\text{kg}\cdot\text{m/sec}$. Πόση είναι η μάζα του σώματος;
3. Το όπλο του Σχ. 4 έχει μάζα 5kg και τό βλήμα που φεύγει απ' αυτό έχει μάζα $0,01\text{kg}$. Αν η ταχύτητα του βλήματος είναι 900m/sec , πόση θά είναι η ταχύτητα ανακρούσεως του όπλου;



Σχ.6. Πύραυλος.



Σχ.7. Ο πύραυλος που μετέφερε τους Άμερικανούς στη Σελήνη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η όρμη ενός σώματος ορίζεται από τη σχέση $J = m \cdot u$. Η όρμη έχει την ίδια διεύθυνση και την ίδια φορά με την ταχύτητα.
2. Δύο ή περισσότερα σώματα, που έχουν την ίδια κινητική κατάσταση και που τα ξεετάζουμε μαζί σαν ένα σώμα, αποτελούν σύστημα σωμάτων. Σε κάθε σύστημα σωμάτων διακρίνουμε εξωτερικές και εσωτερικές δυνάμεις.
3. Η ολική όρμη ενός συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή, όταν η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων του συστήματος είναι ίση με μηδέν.
4. Με το θεώρημα διατηρήσεως της όρμης μπορούμε να ερμηνεύσουμε την ανάκρουση τών όπλων, την προώθηση τών πυραύλων και τών αεριοθουμένων αεροπλάνων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α. Πότε ένα σώμα έχει όρμη;
β. Τι γνωρίζετε για τό μέτρο, τη διεύθυνση και τη φορά της όρμης ενός σώματος;
2. Νά διατυπώσετε τό θεώρημα διατηρήσεως της όρμης.
3. Δύο σώματα έχουν την ίδια μάζα και την ίδια κινητική ενέργεια ($E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m \cdot u^2$). Οι όρμές τών σωμάτων αούτων είναι ίσες ή άνισες;
4. Όταν ό άνθρωπος, που φαίνεται στο διπλανό σχήμα, πηδήσει πρός την αποβάθρα, ή βάρκα όπισθοχωρεί. Νά εξηγήσετε τό φαινόμενο αούτό.
5. Όταν ή συνισταμένη τών δυνάμεων που άσκούνται σέ ένα σώμα είναι ίση με τό μηδέν, ή όρμη του σώματος είναι:
α) μηδέν; β) διάφορη από τό μηδέν και σταθερή; γ) διάφορη από τό μηδέν και μεταβλητή;



10η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

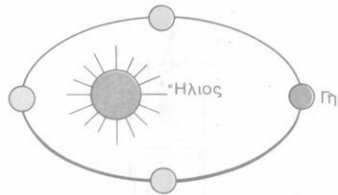
I. ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ἡ κίνηση τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο (Σχ. 1) ὁλοκληρώνεται περίπου σὲ 365 ἡμέρες καὶ ὕστερα ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο καὶ στὸν ἴδιο ἀκριβῶς χρόνο. Μία τέτοια κίνηση λέγεται **περιοδική κίνηση** ἢ γενικότερα **περιοδικό φαινόμενο**.

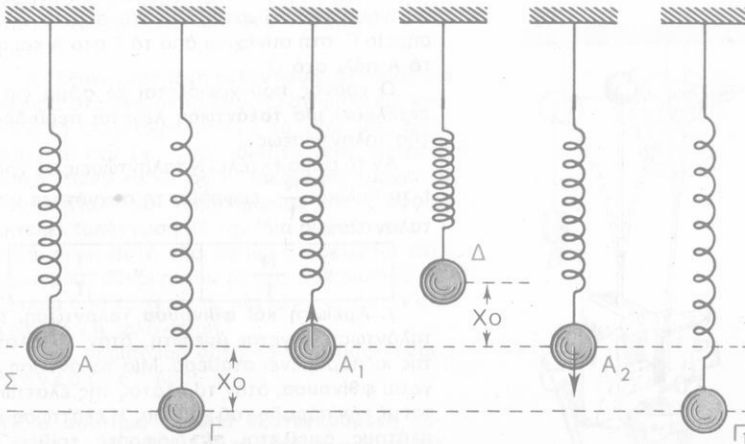
Τὸ «φλάς» τοῦ αὐτοκινήτου ἀνάβει καὶ σβήνει σὲ ὀρισμένα χρονικά διαστήματα (μὲ κάποιο ρυθμό). Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς ἐνὸς φάρου. Ἡ ἐκπομπή αὐτῆ τοῦ φωτός, πού διακόπτεται μὲ ὀρισμένο ρυθμό, εἶναι, ἐπίσης, ἓνα **περιοδικό φαινόμενο**. Ἀρα:

Ἐνα φαινόμενο λέγεται περιοδικό, ὅταν ἐπαναλαμβάνεται τὸ ἴδιο σὲ ἴσα χρονικά διαστήματα.

Στὰ περιοδικὰ φαινόμενα ἀνήκουν καὶ οἱ ταλαντώσεις.



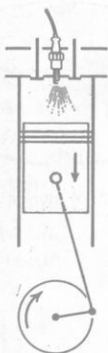
Σχ. 1. Περιοδική κίνηση



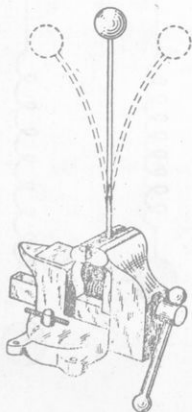
II. ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

α. **Ἐννοια τῆς ταλάντωσης.** Ἄν μὲ τὸ χέρι μας τραβήξουμε τὸ σῶμα Σ πρὸς τὰ κάτω (Σχ. 2),

Σχ. 2. Τὸ σῶμα Σ ἰσορροπεῖ ἀρχικὰ στὴ θέση Α.



Σχ. 3. Τό έμβολο τής μηχανής έκτε-
λεί ταλάντωση μέσα στόν κύλινδρο.



Σχ. 4. Ταλάντωση σφαίρας στό άκρο
έλάσματος.

τό έλατήριο έπιμηκύνεται καί τό σώμα έρχεται
στή θέση Γ. Όταν τώρα τό αφήσουμε έλεύτερο,
θά παρατηρήσουμε ότι κινείται πρός τά πάνω,
φθάνει στήν άρχική θέση ισορροπίας του (θέση
Α₁), κατόπιν έρχεται στή θέση Δ (συμμετρική
τής Γ ως πρός τήν Α₁) καί μετά κατεβαίνει, γιά
νά φθάσει τελικά στή θέση Γ₁ περνώντας από
τή θέση Α₂. Στή συνέχεια, τό σώμα επαναλαμ-
βάνει τήν ίδια παλινδρομική κίνηση μεταξύ των
άκραιών θέσεων Γ, Δ. Η κίνηση αυτή λέγεται
ταλάντωση.

Στά Σχ. 3 καί 4 βλέπουμε διάφορα σώματα
πού κάνουν ταλάντωση.

**β. Χαρακτηριστικά μεγέθη μιάς ταλαντώ-
σεως.** Τό σώμα πού φαίνεται στό Σχ. 5 εκτελεί
ταλάντωση περί τή θέση ισορροπίας του Ο καί
μεταξύ των άκραιών θέσεων Α καί Γ.

Η απόσταση μιάς τυχαίας θέσεως Δ του σώ-
ματος από τή θέση ισορροπίας του Ο λέγεται
απομάκρυνση x.

Η μέγιστη απομάκρυνση (ΟΓ) ή (ΟΑ) του σώ-
ματος από τή θέση ισορροπίας του Ο λέγεται
πλάτος x₀ τής ταλαντώσεως.

Η κίνηση του σώματος από τό σημείο Α στό
σημείο Γ καί η επιστροφή του από τό Γ στό Α
λέγεται **μία ταλάντωση**. Μία ταλάντωση είναι καί
η κίνηση του σώματος από τό σημείο Ο στό
σημείο Γ, στή συνέχεια από τό Γ στό Α καί από
τό Α πάλι στό Ο.

Ο χρόνος πού χρειάζεται τό σώμα γιά νά
εκτελέσει **μία ταλάντωση** λέγεται **περίοδος Τ**
τής ταλαντώσεως.

Αν τό σώμα εκτελεί Ν ταλαντώσεις σέ χρόνο
t, τό πηλίκο $\frac{N}{t}$, εκφράζει τή συχνότητα ν τής
ταλαντώσεως.

$v = \frac{N}{t}$	$v = \frac{1}{T}$
-------------------	-------------------

γ. Αμείωτη καί φθίνουσα ταλάντωση. Μία
ταλάντωση λέγεται **αμείωτη**, όταν τό πλάτος
της x₀ παραμένει σταθερό. Μία ταλάντωση λέ-
γεται **φθίνουσα**, όταν τό πλάτος της ελαττώνε-
ται μέ τήν πάροδο του χρόνου. Η ελάττωση του
πλάτους όφείλεται σέ διάφορες τριβές καί
άντιστάσεις, πού καταναλώνουν τή μηχανική
ένέργεια καί τή μετατρέπουν σέ άχρηστη γιά
τήν ταλάντωση θερμότητα. Κατά κανόνα, λοι-
πόν, οί ταλαντώσεις είναι φθίνουσες.

Γιά νά ἐκτελεῖ ἓνα σῶμα ἀμείωτη ταλάντωση πρέπει περιοδικά νά τοῦ δίνουμε τήν κατάλληλη ποσότητα ἐνέργειας, ὅση δηλ. χάνει ἀπό τίς τριβές καί τίς ἀντιστάσεις. Τό ἐκκρεμές ἑνός ρολοιοῦ τοῦ τοίχου (Σχ. 6) κάνει ἀμείωτη ταλάντωση, γιατί μέ τή βοήθεια ειδικοῦ μηχανισμοῦ ἀναπληρώνει τήν ἐνέργεια πού χάνει παίρνοντας ἐνέργεια ἀπό ἓνα ἐλατήριο ἢ ἀπό ἓνα σῶμα πού κατεβαίνει.

III. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΑΙ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

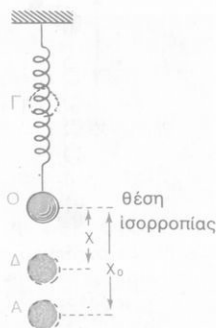
α. Ἐλεύθερη ταλάντωση. Ὅταν ἀπομακρύνουμε τό σῶμα Σ ἀπό τή θέση ἰσορροπίας του (Σχ. 2), τό παλλόμενο σύστημα «σῶμα-ἐλατήριο» ἀποκτᾷ πρόσθετη δυναμική ἐνέργεια. Χάρη στήν ἐνέργεια αὐτή τό σύστημα ἐκτελεῖ ταλάντωση, ὅταν τό ἀφήσουμε ἐλεύθερο. Ἡ ταλάντωση πού ἐκτελεῖ ἓνα σύστημα, ὅταν δώσουμε σ' αὐτό ἐνέργεια μία μόνο φορά καί ὕστερα τό ἀφήσουμε ἐλεύθερο, λέγεται ἐλεύθερη ταλάντωση.

Ἡ συχνότητα τῆς ἐλεύθερης ταλαντώσεως ἑνός συστήματος ἐξαρτᾶται μόνο ἀπό τήν κατασκευή του* (π.χ. στό παράδειγμα τοῦ Σχ. 2 ἡ συχνότητα ἐξαρτᾶται ἀπό τή μάζα τοῦ σώματος καί τό ἐλατήριο) καί λέγεται ἰδιοσυχνότητα.

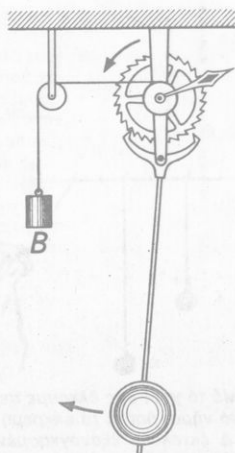
β. Ἐξαναγκασμένη ταλάντωση. Δένουμε μία σφαῖρα στό ἓνα ἄκρο ἑνός ἐλατηρίου καί κρατᾶμε τό ἄλλο ἄκρο του μέ τό χέρι μας, ὅπως φαίνεται στό Σχ. 7. Κινούμε τό χέρι μας περιοδικά (πάνω κάτω) σέ κατακόρυφη τροχιά μέ συχνότητα ν καί παρατηροῦμε ὅτι ἡ σφαῖρα ἐκτελεῖ ταλάντωση μέ τήν ἴδια συχνότητα ν . Ἡ ταλάντωση αὐτή τῆς σφαίρας ὀφείλεται στήν ἐξωτερική δύναμη πού ἀσκεῖται περιοδικά στή σφαῖρα ἀπό τό χέρι μας καί λέγεται ἐξαναγκασμένη ταλάντωση.

Στήν περίπτωση αὕτη τό χέρι μας λέγεται διεγέρτης. Ἀρα:

Ἐνα σύστημα ἐκτελεῖ ἐξαναγκασμένη ταλάντωση, ὅταν ἐπιδρᾷ σ' αὐτό περιοδικά μία

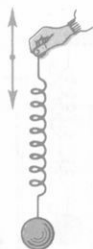


Σχ. 5.



Σχ. 6. Τό ἐκκρεμές ἑνός ρολοιοῦ τοῦ τοίχου ἐκτελεῖ ἀμείωτες ταλαντώσεις.

* καί εἶναι σταθερή, εἴτε εἶναι φθίνουσα εἴτε ἀμείωτη.



Σχ. 7. Έξαναγκασμένη ταλάντωση.

έξωτερική δύναμη (διεγέρτης) με συχνότητα ν .

Ένα σύστημα, όταν εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση, δεν κινείται με την ιδιοσυχνότητά του ν_0 , αλλά κινείται με τη συχνότητα ν του διεγέρτη.

IV. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

α. **Έννοια συντονισμού.** Όταν στο προηγούμενο πείραμα (Σχ. 7) μεταβάλλουμε τη συχνότητα του χεριού μας (του διεγέρτη), παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται και το πλάτος της ταλάντωσης. Στην περίπτωση που η συχνότητα του χεριού μας γίνει ακριβώς ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο. Θά λέμε τότε ότι το παλλόμενο σύστημα βρίσκεται σε **συντονισμό** με τις περιοδικές ώθήσεις του χεριού μας (μέ το διεγέρτη). Έπομένως:

1. **Η συνθήκη του συντονισμού είναι:**

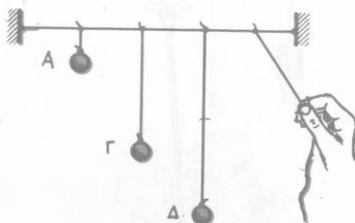
συχνότητα διεγέρτη = ιδιοσυχνότητα παλλόμενου συστήματος ή $\nu = \nu_0$

2. **Κατά το συντονισμό το πλάτος της εξαναγκασμένης ταλάντωσης γίνεται μέγιστο.**

Μπορούμε να πετύχουμε συντονισμό και με την πειραματική διάταξη που φαίνεται στο Σχ. 8.

β. **Συνέπειες και εφαρμογές του συντονισμού.** 1. Πολλές φορές ένα μέρος του άμασώματος του αυτοκινήτου (π.χ. τα τζάμια) συντονίζεται με τον κινητήρα του, όποτε το μέρος αυτό ταλαντώνεται με μεγάλο πλάτος και παράγεται ένας ισχυρός και ενοχλητικός ήχος (τρίζουν τα τζάμια). Ανάλογο φαινόμενο συμβαίνει όταν ένα αεροπλάνο πετάει πολύ χαμηλά, όποτε τρίζουν τα τζάμια των σπιτιών της περιοχής που συντονίζονται.

2. Όταν τα τμήματα του στρατού περνούν μία γέφυρα, οι στρατιώτες βαδίζουν ελεύθερα (χωρίς ρυθμό ή «βήμα»), γιατί όταν βαδίζουν ρυθμικά μπορεί να συντονισθεί η γέφυρα με κίνδυνο να καταρρεύσει.



Σχ. 8. Μέ το χέρι μας έλκουμε περιοδικά το νήμα, όποτε τα έκκρεμη Α, Γ, και Δ έκτελούν εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Μπορούμε διαδοχικά να πετύχουμε συντονισμό του χεριού μας με τα έκκρεμη Α, Γ ή Δ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

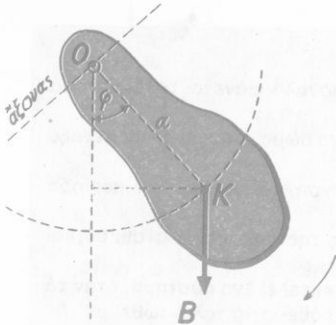
1. Περιοδικό φαινόμενο είναι τό φαινόμενο πού επαναλαμβάνεται τό ίδιο σέ ίσα χρονικά διαστήματα.
2. Ταλάντωση είναι ή περιοδική κίνηση πού κάνει ένα σώμα, όταν κινείται μεταξύ δύο άκράιων θέσεων της τροχιάς του.
3. Σέ κάθε ταλάντωση διακρίνουμε τήν απομάκρυνση, τό πλάτος, τήν περίοδο καί τή συχνότητα.
4. Μία ταλάντωση είναι άμείωτη όταν τό πλάτος της παραμένει σταθερό, καί φθίνουσα όταν τό πλάτος της ελαττώνεται.
5. Έλεύθερη ταλάντωση λέγεται ή ταλάντωση πού έκτελεί ένα σύστημα, όταν τό διεγείρουμε μία μόνο φορά καί τό αφήσουμε έλεύθερο νά ταλαντωθεί μέ τήν ιδιοσυχνότητά του.
6. Έξαναγκασμένη ταλάντωση λέγεται ή ταλάντωση πού έκτελεί ένα σύστημα, όταν επίδρα σ' αυτό περιοδικά μία έξωτερική δύναμη (διεγέρτης).
7. Τό σύστημα καί ό διεγέρτης βρίσκονται σέ συντονισμό όταν ισχύει ή σχέση: συχνότητα διεγέρτη = ιδιοσυχνότητα παλλόμενου συστήματος. Κατά τό συντονισμό τό πλάτος της εξαναγκασμένης ταλαντώσεως γίνεται μέγιστο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

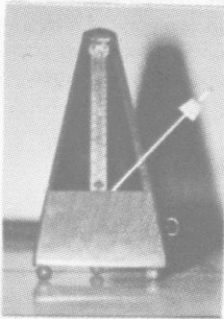
1. Πότε ένα παλλόμενο σύστημα έκτελεί έλεύθερη ταλάντωση καί πότε εξαναγκασμένη;
2. Σέ ποίο είδος ταλαντώσεως παρατηρείται τό φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ; Πότε στήν ταλάντωση αὐτή θά έχουμε συντονισμό καί ποιο εἶναι τό αποτέλεσμα του;
3. Τί είδους ενέργεια έχει τό σώμα πού ταλαντώνεται στό Σχ. 5 α) όταν περνάει από τίς άκραίες θέσεις Α καί Γ; β) όταν περνάει από τή θέση ισορροπίας του Ο; γ) όταν περνάει από τυχαία θέση Δ;
4. Σέ ποιές θέσεις της τροχιάς του τό ταλαντούμενο σώμα τοῦ Σχ. 5 έχει τή μέγιστη δυναμική ενέργεια καί σέ ποιές θέσεις έχει τή μέγιστη κινητική ενέργεια;

ΕΚΚΡΕΜΕΣ – ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

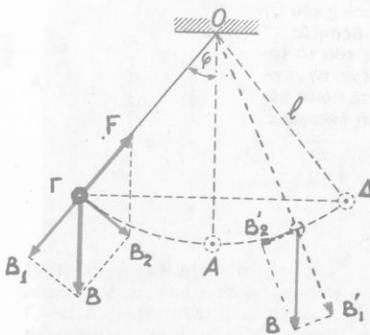
I. ΦΥΣΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ



Σχ. 1. Φυσικό εκκρεμές.



Σχ. 2. Μετρονόμος.



Σχ. 3. (α) Άπλο εκκρεμές.

Τό στερεό σώμα (μία μεταλλική πλάκα) που φαίνεται στο Σχ. 1, μπορεί νά στρέφεται γύρω από τόν οριζόντιο άξονα O, που δέν περνάει από τό κέντρο βάρους του K, καί νά ταλαντώνεται περί τή θέση ισορροπίας του. Ένα τέτοιο σώμα λέγεται **φυσικό εκκρεμές**. Τό κινητό στέλεχος του μετρονόμου (Σχ. 2) είναι επίσης ένα φυσικό εκκρεμές.

Η ταλάντωση του φυσικού εκκρεμούς οφείλεται στή ροπή του βάρους του B ως προς τόν άξονα περιστροφής O (Σχ. 1).

II. ΑΠΛΟ ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

α. Περιγραφή καί μελέτη τής κινήσεως του άπλου εκκρεμούς. Τό άπλο εκκρεμές αποτελείται από μία μικρή σφαίρα που είναι κρεμασμένη από ένα σταθερό σημείο O (Σχ. 3) μέ ένα ελαφρό καί μή έκτατό νήμα. Άν απομακρύνουμε τό άπλο εκκρεμές από τή θέση ισορροπίας του OA κατά μικρή γωνία ϕ καί μετά τό αφήσουμε ελεύθερο, θά παρατηρήσουμε ότι εκτελεί **ελεύθερη ταλάντωση** μεταξύ τών άκραιών θέσεων OG, OD, που είναι περίπου συμμετρικές τής θέσεως ισορροπίας του OA.

Η ταλάντωση του άπλου εκκρεμούς εξηγείται ως εξής:

Επάνω στή σφαίρα, όταν τήν αφήσουμε ελεύθερη στή θέση Γ, ασκούνται δύο δυνάμεις, ή δύναμη F από τό νήμα καί τό βάρος της B από τή Γη. Η δύναμη B αναλύεται στίς **συνιστώσες** B₁ (κατά τή διεύθυνση του νήματος) καί B₂ (κατά διεύθυνση κάθετη στο νήμα). Η σφαίρα αρχίζει νά κινείται προς τό A μέ τήν επίδραση τής συνιστώσας B₂. Όταν τό εκκρεμές φθάσει στή θέση ισορροπίας του OA, ή B₂ μηδενίζεται, ή σφαίρα όμως συνεχίζει νά κινείται λόγω αδράνειας.

Όταν ή σφαίρα ανεβαίνει προς τό Δ, ή συνιστώσα B₂ αλλάζει φορά (γίνεται B₂'), όποτε ή ταχύτητα υ ελαττώνεται καί μηδενίζεται γιά μία στιγμή στο Δ. Μετά τή θέση Δ επαναλαμβάνονται τά ίδια φαινόμενα.

β. Χαρακτηριστικά μεγέθη του άπλου εκ-

κρεμοῦς. Ἡ ἀπόσταση τοῦ σταθεροῦ σημείου Ο ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς σφαίρας λέγεται **μῆκος** / τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς (Σχ. 3).

Ἡ γωνία φ , κατά τὴν ὁποία ἀπομακρύνουμε τὸ ἔκκρεμές ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας τοῦ ΟΑ, λέγεται **πλάτος τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς**. Ἡ κίνηση τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀπὸ τὸ σημεῖο Γ σὲ σημεῖο Δ καὶ ἡ ἐπιστροφή του ἀπὸ τὸ Δ σὲ Γ λέγεται **μία ταλάντωση**.

Για την περίοδο και τη συχνότητα του άπλου έκκρεμοῦ ἰσχύουν ὅσα ἀναφέραμε στὶς ταλαντώσεις (10^η ἐνότητα).

γ. Μέτρηση της περιόδου του άπλου έκκρεμους. Για να βρούμε την περίοδο T του άπλου έκκρεμους, αρκεί με ένα χρονόμετρο να μετρήσουμε τη χρονική διάρκεια πολλών ταλαντώσεων και μετά να κάνουμε μία διαίρεση. Αν π.χ. για 10 ταλαντώσεις μετρήσουμε χρόνο 20 sec, η περίοδος του έκκρεμους θα είναι

$$T = \frac{20 \text{ sec}}{10} \Leftrightarrow T = 2 \text{ sec.}$$

δ. Νόμοι του άπλου έκκρεμοῦς. 1. Ἀπομακρύνουμε τὸ ἐκκρεμές Δ (Σχ. 4) ἀπὸ τὴ θέσιν ἰσορροπίας του κατὰ μικρὴ γωνία (π.χ. 5°). Μετράμε τὴν περίοδὸ του καὶ βρίσκουμε ὅτι εἶναι περίπου ἴση μὲ 1,95sec. Ἐπαναλαμβάνουμε τὸ πείραμα μὲ διαφορετικὸ πλάτος καὶ βρίσκουμε πάλι τὴν ἴδια περίοδὸ 1,95sec.

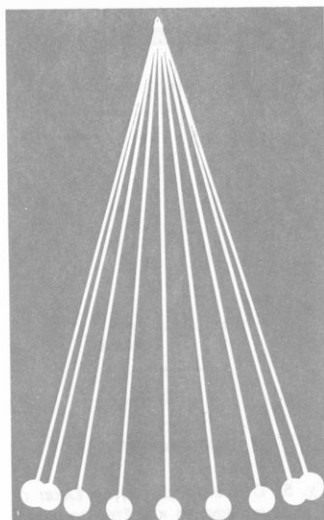
Επομένως:

Ἡ περίοδος τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τοῦ πλάτους του, ὅταν αὐτό παίρνει μικρὰς τιμὰς (π.χ. μέχρι 5°).

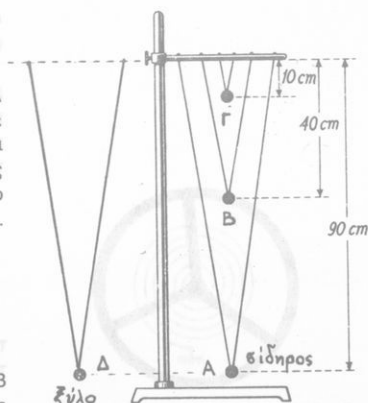
2. Μετράμε την περίοδο του εκκρεμούς Α (Σχ. 4) και βρίσκουμε ότι είναι περίπου ίση με 1,95sec, όση δηλ. και του Δ. Παρατηρούμε ότι τα δύο εκκρεμή Α και Δ έχουν τό ίδιο μήκος (90cm) και οι σφαίρες τους αποτελούνται από διαφορετικό υλικό και έχουν διαφορετική μάζα.
Αρα:

Ἡ περίοδος τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ ὕψος καὶ τῆς μάζας τῆς σφαίρας του, ὅταν τὸ μήκος του παραμένει σταθερό.

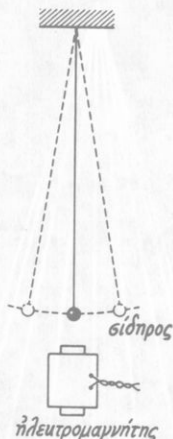
3. Μετράμε την περίοδο των εκκρεμών Α, Β και Γ (Σχ. 4) και βρίσκουμε περίπου τις τιμές που αναγράφονται στον πίνακα Ι.



Σχ. 3. β Η χρο-
νοφωτογραφία δείχνει τις διαδοχι-
κές θέσεις του άπλου έκκρεμοῦς,
ὅταν ταλαντώνεται ἐλεύθερα.



Σχ. 4.



Σχ. 5. Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει τη σιδερένια σφαίρα και έτσι προκαλεί μία φαινομενική αύξηση του βάρους της, δηλ. μία φαινομενική αύξηση του g .

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι		
	l cm	T sec
Γ	10	0,65
Β	40	1,30
Α	90	1,95

Στόν πίνακα αυτό των τιμών παρατηρούμε τά εξής: "Όταν τό μήκος l του έκκρεμους τετραπλασιάζεται ($40\text{cm} = 4 \cdot 10\text{cm}$), ή περίοδος του T διπλασιάζεται ($1,30\text{sec} = 2 \cdot 0,65\text{sec}$), $2 = \sqrt{4}$. "Όταν τό μήκος l του έκκρεμους έννεαπλασιάζεται ($90\text{cm} = 9 \cdot 10\text{cm}$), ή περίοδος του T τριπλασιάζεται ($1,95\text{sec} = 3 \cdot 0,65\text{sec}$), $3 = \sqrt{9}$. Επομένως:

Η περίοδος του άπλου έκκρεμους, σέ έναν όρισμένο τόπο, είναι ανάλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα του μήκους του.

4. "Αν μετρήσουμε τήν περίοδο ενός έκκρεμους στόν ίσημερινό τής Γης ($g=9,78 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι π.χ. περίπου $T = 1,905\text{sec}$. "Αν ξαναμετρήσουμε τήν περίοδο του ίδιου έκκρεμους στήν Αθήνα ($g=9,80 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι περίπου $T = 1,903\text{sec}$ καί αν επαναλάβουμε τή μέτρηση στόν πόλο τής Γης ($g=9,83 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε περίπου $T = 1,900\text{sec}$. Από τίς μετρήσεις αυτές παρατηρούμε ότι ή περίοδος ενός άπλου έκκρεμους μικραίνει, όταν αύξάνεται ή επιτάχυνση τής βαρύτητας g . Μέ άκριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

Η περίοδος του άπλου έκκρεμους είναι αντίστροφως ανάλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα τής επιταχύνσεως τής βαρύτητας g , όταν τό μήκος του παραμένει σταθερό.

Αυτό σημαίνει ότι, όταν τετραπλασιάζεται τό g , ή περίοδος του έκκρεμους γίνεται ίση μέ τό μισό τής αρχικής (ύποδιπλασιάζεται) κτλ.

Μπορούμε νά επαληθεύσουμε ποιοτικά τό νόμο αυτό μέ τήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 5. "Όταν μετρήσουμε τήν περίοδο



Σχ. 6. Αίωρητής συνηθισμένου ρολογιού.

του έκκρεμοῦς, πρώτα χωρίς τήν επίδραση τοῦ ηλεκτρομαγνήτη καί ὕστερα μέ τήν επίδραση τοῦ ηλεκτρομαγνήτη ἀπό κάτω, θά διαπιστώσουμε ὅτι στή δεύτερη περίπτωση ἡ περίοδος εἶναι μικρότερη. Ἐπομένως, ἡ **περίοδος τοῦ έκκρεμοῦς μικραίνει, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g.**

Οἱ τέσσερις αὐτοί νόμοι τοῦ ἀπλοῦ έκκρεμοῦς (δηλ. τά τέσσερα συμπεράσματα πού βγάλαμε ἀπό τά πειράματα) ἀποδεικνύεται ὅτι ἐκφράζονται μέ τή σχέση:

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	Τύπος τοῦ ἀπλοῦ έκκρεμοῦς
-------------------------------	---------------------------

ὅπου $\pi = 3,14$

Παρατήρηση. Ὅλοι οἱ νόμοι τοῦ ἀπλοῦ έκκρεμοῦς ἰσχύουν τότε μόνο, ὅταν τό πλάτος τῶν αἰωρήσεων εἶναι πολύ μικρό.

III. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Γιά νά μετῶμε τό χρόνο χρησιμοποιοῦμε τά ρολόγια, πού περιέχουν ἓνα κατάλληλο σύστημα, ἱκανό νά ἐκτελεῖ ἀμείωτες ταλαντώσεις μέ σταθερή καί γνωστή περίοδο. Ἡ μέτρηση τοῦ χρόνου στηρίζεται στό γεγονός ὅτι οἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονες.

Σέ πολλά ρολόγια τοίχου, τό ταλαντούμενο σύστημα εἶναι ἓνα **φυσικό έκκρεμές**, ἐνῶ στά ρολόγια χειριοῦ ἡ τσέπης εἶναι ἓνας **αἰωρητής** (Σχ. 6).

Ἐκτός ἀπό αὐτά ὑπάρχουν σήμερα καί τά **ηλεκτρονικά ρολόγια μέ χαλαζία** πού μετροῦν τό χρόνο μέ μεγάλη ἀκρίβεια, γιατί ἔχουν πολύ μικρή καί σταθερή περίοδο, περίπου ἴση μέ

$$\frac{1}{60.000} \text{ sec.}$$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Φυσικό έκκρεμές λέγεται κάθε στερεό σώμα που μπορεί να ταλαντώνεται γύρω από οριζόντιο άξονα που δέν περνάει από το κέντρο βάρους του.
2. Τό απλό έκκρεμές αποτελείται από ένα νήμα και μία μικρή σφαίρα. Τό σύστημα αυτό εκτελεί ελεύθερη ταλάντωση, όταν τό διεγείρουμε και ύστερα τό αφήσουμε ελεύθερο.
3. Ή περίοδος του απλού έκκρεμους είναι ανεξάρτητη από τό πλάτος του (όταν αυτό είναι μικρό), από τό υλικό και τή μάζα τής σφαίρας του.
4. Ή περίοδος του απλού έκκρεμους δίνεται από τή σχέση:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

5. Ή κίνηση του έκκρεμους βρίσκει εφαρμογή στη μέτρηση του χρόνου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τούς νόμους του απλού έκκρεμους.
2. Ή κίνηση του απλού έκκρεμους (Σχ. 3α) από τό Γ στό Α είναι α) όμαλή; β) επιταχυνόμενη; γ) όμαλά επιταχυνόμενη; δ) επιβραδυνόμενη; ε) όμαλά επιβραδυνόμενη; Νά απαντήσετε στά ίδια έρωτήματα και για τήν κίνηση από τό Α στό Δ.
3. Πότε τό απλό έκκρεμές του Σχ. 5 κινείται πιο γρήγορα: Όταν υπάρχει από κάτω ό μαγνήτης ή όταν αφαιρεθεί και γιατί;
4. Ποιό από τά έκκρεμή Α, Β και Γ του Σχ. 4 κινείται πιο άργά και γιατί;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση είναι ή περίοδος απλού έκκρεμους, όταν τό μήκος του είναι 1,6m και $g = 10\text{m/sec}^2$;
2. Ή περίοδος ενός μαθηματικού έκκρεμους είναι 1,3sec και τό μήκος του είναι 0,4m. Πόσο είναι τό g στον τόπο που κινείται τό έκκρεμές;
3. Απλό έκκρεμές εκτελεί 10 ταλαντώσεις σε χρόνο 20sec. Πόσο είναι τό μήκος του, όταν $g = 10\text{m/sec}^2$;

ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν φυσάει άνεμος, τό ύφασμα τής σημαίας αναδιπλώνεται καί ή αναδιπλώση αύτή διαδίδεται κατά μήκος του ύφασματος. Λέμε τότε ότι ή σημαία **κυματίζει** (Σχ.1).

Όταν ένα πλοίο κινείται, ταράζεται τό νερό τής θάλασσας. Η διαταραχή αύτή διαδίδεται στην επιφάνεια τής θάλασσας καί πολλές φορές φθάνει ως τήν άκτή. Λέμε τότε ότι στην επιφάνεια τής θάλασσας σχηματίζονται κύματα (Σχ.2).

Ο άσυρματιστής ενός πλοίου, πού κινδυνεύει από τά κύματα τής θάλασσας, εκπέμπει τό S.O.S. μέ τή βοήθεια άλλων κυμάτων, των έρτζιανών ή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Η γνώση των κυμάτων μάς είναι άπαραίτητη, γιατί τά κύματα έχουν στενή σχέση μέ τόν ήχο, τό φώς, τή ραδιοφωνία, τήν τηλεόραση κτλ.

ΙΙ. ΚΥΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

α. Όρισμός του κύματος. Η λεκάνη πού φαίνεται στο Σχ. 3α περιέχει λίγο νερό. Στην ήρεμη ελεύθερη επιφάνεια του νερού υπάρχουν κομμάτια φελλού. Ταράζουμε τήν ήρεμη επιφάνεια του νερού σέ ένα σημείο Ο μέ τή βοήθεια ενός διαπασών ή ρίχνοντας στο σημείο Ο σταγόνες νερού μέ σταγονόμετρο. Παρατηρούμε τότε ότι ή **ελαστική διαταραχή** πού δημιουργούμε στο σημείο Ο διαδίδεται στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέ τή μορφή ομόκεντρων κύκλων, πού έχουν κέντρο τό σημείο Ο καί άκτίνα συνεχώς αύξανόμενη (δηλ. σχηματίζονται κινούμενες «ρυτίδες») (Σχ. 3β). Παρατηρούμε ακόμη ότι οι φελλοί κινούνται, όμως δέν άρχίζουν όλοι συγχρόνως τήν κίνησή τους, αλλά πρώτα άρχίζει νά κινείται ό Α, ύστερα ό Β κ.ο.κ. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ή άρχική διαταραχή διαδίδεται μέ όρισμένη ταχύτητα, άφου χρειάζεται κάποιον χρόνο γιά νά διαδοθεί σέ όρισμένη άπόσταση ($υ = \frac{s}{t}$). Η διάδοση αύτή τής ελαστικής διαταραχής λέγεται κύμα ελαστικότητας. Επομένως:

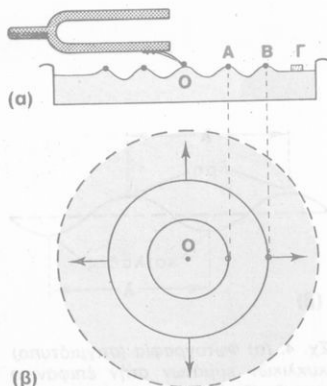
Κύμα ελαστικότητας λέγεται ή διάδοση μιās ελαστικής διαταραχής, μέσα σέ ένα ελαστικό μέσο, μέ όρισμένη ταχύτητα.



Σχ. 1.

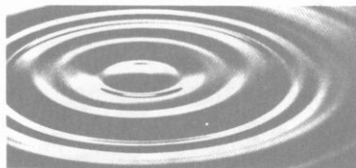


Σχ. 2

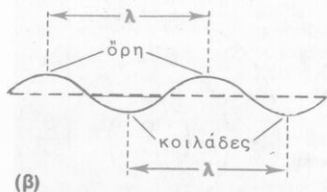


(β)

Σχ. 3. Τά κύματα άπομακρύνονται από τήν πηγή Ο.



(α)



(β)

Σχ. 4. (α) Φωτογραφία (στιγμιότυπο) κυκλικῶν κυμάτων στήν ἐπιφάνεια νεροῦ. (β) Γραφικὴ παράσταση τοῦ στιγμιότυπου ἐνός κύματος.

β. Μεταφορά ἐνέργειας μέ τά κύματα. Στό πείραμα πού ἀναφέραμε προηγουμένως (Σχ. 3α) παρατηροῦμε ἀκόμη ὅτι οἱ φελλοὶ δέ μετατοπίζονται ὀριζόντια, δηλ. δέν ἀπομακρύνονται ἀπό τό σημεῖο Ο, ἀλλά ταλαντώνονται κατακόρυφα, ὅπως καί τό σημεῖο Ο. Τήν ἴδια κίνηση μέ τούς φελλοὺς κάνουν καί τά διάφορα μόρια τῆς ἐπιφάνειας τοῦ νεροῦ μέ ἀποτέλεσμα σέ ἄλλα σημεία τῆς νά σχηματίζονται ὑψώματα, πού λέγονται «ὄρη» καί σέ ἄλλα νά σχηματίζονται κοιλάματα, πού λέγονται «κοιλιάδες». Ἐπειδὴ οἱ φελλοὶ χρειάζονται κάποια ἐνέργεια γιά νά ἀρχίσουν νά ταλαντώνονται, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ ἐνέργεια πού δώσαμε στό σημεῖο Ο μεταφέρεται διαδοχικά στά διάφορα μόρια τῆς ἐπιφάνειας τοῦ νεροῦ. Ἐπομένως:

Τά κύματα μεταφέρουν ἐνέργεια, ἀπό τό ἓνα μόριο τοῦ μέσου πού διαδίδονται στό ἄλλο, χωρίς νά μεταφέρουν τήν ὕλη τοῦ μέσου αὐτοῦ.

γ. Συχνότητα καί περίοδος τοῦ κύματος. Τό σημεῖο Ο τῆς ἐπιφάνειας τοῦ νεροῦ (Σχ. 3α), στό ὁποῖο δίνουμε ἐνέργεια ταραζώντας ἔτσι τήν ἰσορροπία του, λέγεται πηγὴ τῶν κυμάτων. Ἡ συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ σημείου Ο, δηλ. ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς, καθορίζει τὴ συχνότητα τοῦ κύματος. Ἄρα:

Ἡ συχνότητα καί ἡ περίοδος ἐνός κύματος εἶναι ἴσες ἀντιστοίχως μέ τὴ συχνότητα καί τὴν περίοδο τῆς πηγῆς τῶν κυμάτων.

δ. Στιγμιότυπο τοῦ κύματος. Ἄν φωτογραφίσουμε τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ὅταν διαδίδονται σ' αὐτὴ κύματα, θά πάρουμε μία εἰκόνα περίπου σάν αὐτὴ πού φαίνεται στό Σχ. 4. Ἡ εἰκόνα αὐτὴ λέγεται **στιγμιότυπο τοῦ κύματος** καί δείχνει καθαρά τὰ «ὄρη» καί τὰς «κοιλιάδες». Ἄν ξαναφωτογραφίσουμε τήν ἴδια ἐπιφάνεια λίγο ἀργότερα, θά πάρουμε ἓνα ἄλλο στιγμιότυπο τοῦ κύματος πού θά ἔχει πάλι «ὄρη» καί «κοιλιάδες» ὅχι ὅμως στήν ἴδια θέση μέ τό πρῶτο, γιατί τὰ «ὄρη» καί οἱ «κοιλιάδες» κινοῦνται πάνω στήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καί ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴν πηγὴ. Ἐπομένως:

Τό στιγμιότυπο τοῦ κύματος μᾶς δείχνει τὴ θέση πού ἔχουν τὰ διάφορα μόρια τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου σέ μία ὀρισμένη χρονικὴ στιγμή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

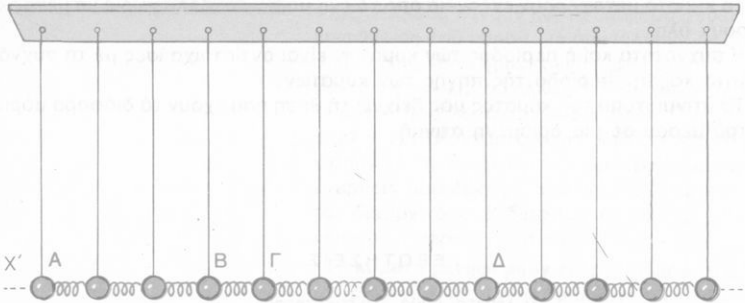
1. Κύμα ελαστικότητας λέγεται η διάδοση μιάς διαταραχής μέσα σέ ένα ελαστικό μέσο, μέ όρισμένη ταχύτητα.
2. Τά κύματα μεταφέρουν ενέργεια από τό ένα μόριο στό άλλο χωρίς νά μεταφέρουν ύλη.
3. Ή συχνότητα καί ή περίοδος τών κυμάτων είναι αντίστοιχα ίσες μέ τή συχνότητα καί τήν περίοδο τής πηγής τών κυμάτων.
4. Τό στιγμιότυπο του κύματος μās δείχνει τή θέση πού έχουν τά διάφορα μόρια του μέσου σέ μία όρισμένη στιγμή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί λέγεται κύμα ελαστικότητας;
2. Τί φανερώνει τό στιγμιότυπο του κύματος;
3. Πώς από τό πείραμα του Σχ. 3α μπορείτε νά συμπεράνετε ότι τό κύμα διαδίδεται μέ όρισμένη ταχύτητα καί όχι μέ άπειρη ταχύτητα;
4. Πώς από τό πείραμα του Σχ. 3α μπορείτε νά συμπεράνετε ότι τό κύμα μεταφέρει ενέργεια καί δέ μεταφέρει ύλη;
5. Ποιά είναι ή περίοδος καί ή συχνότητα τής ταλαντώσεως τών φελλών στο Σχ. 3α;

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ

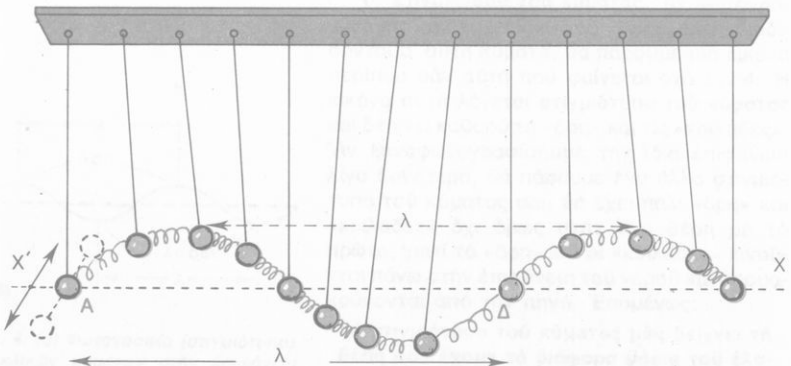
Ι. ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ



Σχ. 1. Έλαστικό μέσο (μονοδιάστατο).

Ἡ πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 1 ἀποτελεῖται ἀπό μικρές σφαῖρες, πού εἶναι κρεμασμένες μέ νήματα τοῦ ἴδιου μήκους καί συνδέονται μεταξύ τους μέ ἐλατήρια.

Ἄν θέσουμε σέ ταλάντωση τή σφαῖρα Α κατὰ διεύθυνση κάθετη στήν εὐθεία ΧΧ' (Σχ. 2), θά παρατηρήσουμε ὅτι ἀρχίζουν νά ταλαντώνονται κατὰ τήν ἴδια διεύθυνση καί οἱ ἄλλες σφαῖρες, διαδοχικά ἢ μία μετά τήν ἄλλη. Ἐπομένως, στό σύστημα αὐτό τῶν σφαιρῶν παράγονται κύματα ἐλαστικότητας πού ἔχουν πηγή τή σφαῖρα Α.



Σχ. 2. Ἐγκάρσια κύματα.

Ἡ ἐνέργεια πού δώσαμε στήν πηγή Α διαδίδεται κατὰ τή διεύθυνση Χ'Χ, γιατί κατὰ τή διεύθυνση αὕτῃ διαδίδεται καί ἡ ἀρχική διαταραχή (ταλάντωση). Ἡ διεύθυνση αὕτῃ Χ'Χ λέγεται **διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος**.

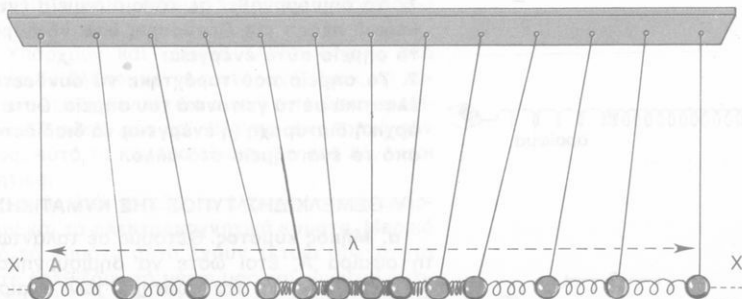
Μποροῦμε λοιπόν νά πούμε ὅτι στά κύματα πού φαίνονται στό Σχ. 2 οἱ σφαῖρες ταλαντώνονται σέ διεύθυνση κάθετη στή διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος. Τά κύματα αὐτά λέγονται **ἐγκάρσια**. Ἐπομένως:

Τά κύματα λέγονται ἐγκάρσια, ὅταν τά μόρια τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου ταλαντώνονται σέ διεύθυνση κάθετη στή διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος.

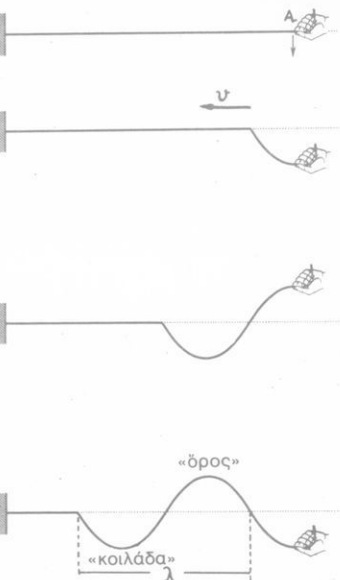
Στό Σχ. 3 φαίνονται ἐγκάρσια κύματα πού παράγονται κατὰ μήκος ἑνός τεντωμένου σχοινοῦ ἢ ἑνός ἐλαστικοῦ σωλήνα. Τά ἐγκάρσια κύματα ἐλαστικότητας σχηματίζονται μόνο στά στερεά σώματα καί κατὰ προσέγγιση στήν ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν. Κατὰ τή διάδοση τῶν ἐγκάρσιων κυμάτων τά μόρια τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου δημιουργοῦν «**ὄρη**» καί «**κοιλιάδες**», πού μετακινούνται συνεχῶς, ἔτσι ὥστε νά ἀπομακρύνονται ἀπό τήν πηγή.

II. ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ

Στήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 1 θέτομε σέ ταλάντωση τή σφαῖρα Α κατὰ τή διεύθυνση Χ'Χ. Παρατηροῦμε ὅτι καί πάλι



σχηματίζονται στό σύστημα τῶν σφαιρῶν κύματα ἐλαστικότητας. Οἱ σφαῖρες στήν περίπτωσή αὕτῃ ταλαντώνονται κατὰ τή διεύθυνση



Σχ. 3. Ἐγκάρσια κύματα κατὰ μήκος τεντωμένου σχοινοῦ ἢ ἐλαστικοῦ σωλήνα.

Σχ. 4. Διαμήκη κύματα.

διαδόσεως του κύματος Χ'Χ, με αποτέλεσμα σε άλλα μέρη να πλησιάζουν μεταξύ τους (νά πυκνώνουν) και σε άλλα μέρη να απομακρύνονται μεταξύ τους (νά αραιώνουν) (Σχ.4). Τά κύματα αυτά λέγονται **διαμήκη**. Επομένως:

Τά κύματα λέγονται διαμήκη, όταν τά μόρια του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται κατά τή διεύθυνση διαδόσεως του κύματος.

Στό Σχ. 5 φαίνονται διαμήκη κύματα πού παράγονται κατά μήκος ενός τεντωμένου ελατηρίου. Τά διαμήκη κύματα σχηματίζονται σε όλα τά σώματα, στερεά, υγρά καί αέρια. Όταν διαδίδονται διαμήκη κύματα σε ένα ελαστικό μέσο, τά μόριά του δημιουργούν **πυκνώματα καί αραιώματα** πού μετακινούνται συνεχώς, έτσι ώστε νά απομακρύνονται από τήν πηγή.

III. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

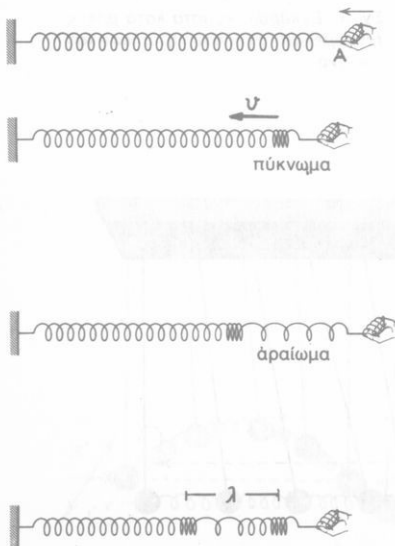
Στήν πειραματική διάταξη του Σχ. 1 αφαίρουμε ένα ελατήριο, π.χ. αυτό πού συνδέει τίς σφαίρες Β καί Γ. Ύστερα θέτουμε σε ταλάντωση τή σφαίρα Α καί παρατηρούμε ότι ή διαταραχή φθάνει ως τή σφαίρα Β, αλλά δέ διαδίδεται πιό πέρα, γιατί μεταξύ των σφαιρών Β καί Γ δέν υπάρχει ελαστικός σύνδεσμος, δηλ. ελατήριο. Στήν περίπτωση αυτή δέ σχηματίζονται κύματα στό σύστημα των σφαιρών. Επομένως:

Γιά νά σχηματιστούν κύματα ελαστικότητας πρέπει:

1. Νά δημιουργηθεί σε κάποιο σημείο ενός υλικού μέσου μία διαταραχή, δηλ. νά πάρει τό σημείο αυτό ενέργεια.
2. Τό σημείο πού ταράχθηκε νά συνδέεται ελαστικά μέ τά γειτονικά του σημεία, ώστε ή αρχική διαταραχή (ή ενέργεια) νά διαδίδεται από τό ένα σημείο στό άλλο.

IV. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ

α. Μήκος κύματος. Θέτουμε σε ταλάντωση τή σφαίρα Α, έτσι ώστε να δημιουργηθούν εγκάρσια κύματα στό σύστημα των σφαιρών (Σχ. 2) καί παρατηρούμε τό έξής. Κάποια σφαίρα, π.χ. ή Δ, αρχίζει νά ταλαντώνεται, όταν ή σφαίρα Α (πηγή κυμάτων) έχει συμπληρώσει μία ταλάντωση, δηλ. ύστερα από χρόνο μιάς



Σχ. 5. Διαμήκη κύματα κατά μήκος τεντωμένου ελατηρίου.

περιόδου T . Η απόσταση ($\Delta\lambda$) ονομάζεται μήκος κύματος λ . Άρα:

Μήκος κύματος λ λέγεται η απόσταση στην οποία διαδίδεται ή διαταραχή σε χρόνο ίσο προς την περίοδο T του κύματος.

Στά εγκάρσια κύματα το μήκος κύματος είναι ίσο με την απόσταση δύο **διαδοχικών** όρέων ή δύο **διαδοχικών** κοιλάδων (Σχ. 4 12ης ενότητας). Στά διαμήκη κύματα το μήκος κύματος είναι ίσο με την απόσταση δύο **διαδοχικών** πυκνωμάτων ή αραιωμάτων (Σχ. 4 και 5).

β. Σχέση μήκους κύματος και συχνότητας.

Από τον ορισμό του μήκους κύματος και τη γνωστή σχέση $s = u \cdot t$ προκύπτει η εξίσωση $\lambda = u \cdot T$, όπου u είναι η ταχύτητα διαδόσεως του κύματος (ταχύτητα διαδόσεως της διαταραχής).

Επειδή $T = \frac{1}{\nu}$, η εξίσωση $\lambda = u \cdot T$ γράφεται:

$$\lambda = \frac{u}{\nu} \Leftrightarrow u = \lambda \cdot \nu. \text{ Άρα:}$$

$u = \lambda \cdot \nu$	Θεμελιώδης τύπος της κυματικής
-------------------------	--------------------------------

V. ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στη φύση σχηματίζονται πολλά είδη κυμάτων ελαστικότητας, όπως τα μεγάλα κύματα του ωκεανού και της θάλασσας, τα κύματα που σχηματίζονται στα τεντωμένα σχοινιά και στα ελατήρια κτλ. Καταλαβαίνουμε ότι υπάρχουν όλα αυτά τα κύματα, γιατί **βλέπουμε** τη διαταραχή (πύκνωμα, αραιώμα, «όρος», «κοιλάδα») και την κίνησή της.

Υπάρχουν και κύματα ελαστικότητας στα οποία **δε βλέπουμε** τη διαταραχή, όμως τα κύματα αυτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε ερεθίζουν τα ατιά μας και γίνονται αντιληπτά σαν ήχος. Αυτά τα κύματα ελαστικότητας λέγονται **ήχητικά**.

Εκτός από τα κύματα ελαστικότητας υπάρχουν και τα **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**. Μερικά από τα κύματα αυτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε ερεθίζουν τα μάτια μας και γίνονται αντιληπτά σαν φως. Τα ηλεκτρομαγνητικά αυτά κύματα λέγονται **φωτεινά κύματα**. Όλα τα κύματα, ελαστικότητας και ηλεκτρομαγνητικά, είναι κινούμενες διαταραχές που μεταφέρουν ενέργεια, δε μεταφέρουν ύλη και έχουν πολλές άλ-

λες κοινές ιδιότητες. Για όλα τα κύματα ισχύει ο θεμελιώδης τύπος της κυματικής.

$$u = \lambda \cdot \nu$$

Τά αυτιά καί τά μάτια μας λοιπόν είναι **δέκτες** κυμάτων καί έρεθίζονται μέ κύματα πού έχουν κατάλληλες συχνότητες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στά εγκάρσια κύματα τά μόρια του έλαστικού μέσου ταλαντώνονται κάθετα στή διεύθυνση διαδόσεως του κύματος, σχηματίζοντας «όρη» καί «κοιλάδες».
2. Στά διαμήκη κύματα τά μόρια του έλαστικού μέσου ταλαντώνονται κατά τή διεύθυνση διαδόσεως του κύματος, σχηματίζοντας πυκνώματα καί αραιώματα.
3. Μήκος κύματος λέγεται ή απόσταση στήν όποια διαδίδεται ή διαταραχή σέ χρόνο ίσο πρός τήν περίοδο T του κύματος.
4. Ο θεμελιώδης τύπος τής κυματικής είναι: $u = \lambda \cdot \nu$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στά διαμήκη καί στά εγκάρσια κύματα;
2. Σέ ένα υλικό μέσο σχηματίζονται εγκάρσια κύματα. Ποιά από τά παρακάτω διαδίδονται τότε στό μέσο αυτό: α. ή ύλη; β. ή ενέργεια; γ. τά πυκνώματα καί τά αραιώματα; δ. τά όρη καί οι κοιλάδες; ε. τίποτε από όλα αυτά;
3. Σέ ποιά σώματα σχηματίζονται εγκάρσια κύματα καί σέ ποιά διαμήκη κύματα;
4. Η ταχύτητα διαδόσεως του κύματος εξαρτάται από τό μέσο στό όποιο σχηματίζεται τό κύμα. Όταν ένα κύμα αλλάζει μέσο διαδόσεως, τί μεταβάλλεται καί τί μένει σταθερό: α. τό μήκος κύματος; β. ή συχνότητα; γ. ή ταχύτητα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Η συχνότητα ενός κύματος είναι $750 \cdot 10^{12}$ Hz καί τό μήκος κύματος είναι $0,4 \cdot 10^{-6}$ m. Νά βρείτε τήν ταχύτητα του κύματος.
2. Η ταχύτητα των φωτεινών κυμάτων στον άέρα είναι $3 \cdot 10^8$ m/sec. Πόση είναι ή συχνότητά τους, όταν τό μήκος κύματος στον άέρα είναι $0,8 \cdot 10^{-6}$ m; Πόση γίνεται ή συχνότητα αυτή όταν τό φώς διαδίδεται στό νερό;
3. Στο πείραμα του Σχ. 1 ή σφαίρα Α έχει περίοδο 1sec καί ή ταχύτητα του κύματος πού παράγεται είναι 0,15 m/sec. Πόσο είναι τό μήκος κύματος;

Ο ΗΧΟΣ ΩΣ ΚΥΜΑ

“Όπως γνωρίζουμε, καθετί πού γίνεται αντιληπτό μέ τό αισθητήριο όργανο τής άκοής (τό αύτί) τό όνομάζουμε ήχο.

I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

‘Η πειραματική διάταξη πού εικονίζεται στό Σχ. 1 αποτελείται από ένα διαπασών καί μία σφαίρα Σ, πού βρίσκεται σέ έπαφή μέ τό ένα σκέλος του. “Όταν χτυπήσουμε τό άλλο σκέλος του διαπασών μέ ένα έλαστικό σφυράκι, θά άκούσουμε έναν ήχο καί θά δοϋμε τή σφαίρα νά άναπηδάει. Από τά άναπηδήματα τής σφαίρας καταλαβαίνουμε ότι τά σκέλη του διαπασών ταλαντώνονται, όταν αύτό παράγει ήχο. (‘Η παλμική αύτή κίνηση γίνεται τόσο γρήγορα πού τό μάτι μας δέν μπορεί νά τήν άντιληφθεί άμεσα, γι’ αύτό τό λόγο χρησιμοποιούμε τό σφαιρίδιο). Μέ άνάλογο τρόπο παράγουν ήχο οί καμπάνες τών έκκλησιών, οί χορδές τών μουσικών όργάνων κτλ. “Αρα:

‘Ο ήχος παράγεται από τίς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.

Οί ταλαντώσεις του έλάσματος Ε (Σχ.2) παράγουν ήχο.

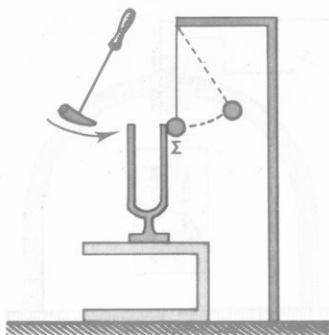
II. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

α. Μέσα διαδόσεως του ήχου. Στό πείραμα του Σχ. 1, άνάμεσα στην ήχητική πηγή (διαπασών) καί στό αύτί μας ύπάρχει άέρας. ‘Επειδή άκούμε τόν ήχο του διαπασών, συμπεραίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στόν άέρα.

“Όταν βάλουμε τό κεφάλι μας μέσα στή θάλασσα καί χτυπήσουμε μέσα στό νερό δύο πέτρες πού κρατάμε στά χέρια μας, άκούμε τόν ήχο του χτυπήματος. Από αύτό συμπεραίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στό νερό.

Τοποθετούμε ένα ρολόι στό άκρο ενός ξύλινου τραπεζιού. ‘Εφαρμόζουμε τό αύτί μας στό άλλο άκρο του τραπεζιού καί άκούμε καθαρά τούς χτύπους του ρολογιού. Από αύτό καταλαβαίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στό ξύλο.

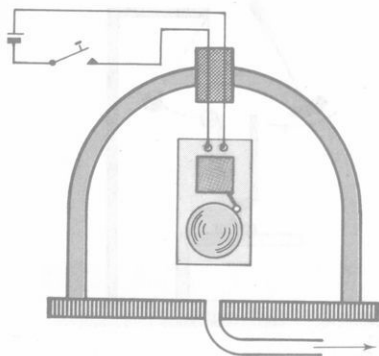
Τοποθετούμε κάτω από τόν κώδωνα άεραντλίας ένα ήλεκτρικό κουδούνι πού λειτουργεί



Σχ. 1.



Σχ. 2.



Σχ. 3.

(Σχ.3). "Όταν ο κώδωνας περιέχει αέρα, ακούμε τον ήχο του κουδουνιού. Όταν όμως αφαιρέσουμε τον αέρα από τον κώδωνα, δεν ακούμε ήχο, αν και το πλήκτρο του κουδουνιού συνεχίζει να χτυπάει το τύμπανο. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ο ήχος δέ διαδίδεται στο κενό. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι:

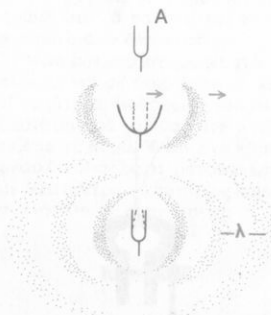
Ο ήχος διαδίδεται μόνο στα υλικά μέσα (στερεά, υγρά και αέρια), ενώ δέ διαδίδεται στο κενό.

Ιδιαίτερη σημασία για μας έχει η διάδοση του ήχου στον αέρα, γιατί ζούμε μέσα στην ατμόσφαιρα.

β. Ήχητικά κύματα. Θα εξετάσουμε τώρα τι συμβαίνει στον αέρα, όταν πάλλεται ένα διαπασών και ακούμε τον ήχο που παράγει. Όταν το σκέλος Α ενός διαπασών (Σχ. 4) κινείται προς τα δεξιά, συμπιέζει τον αέρα που είναι κοντά του, με αποτέλεσμα να σχηματιστεί ένα **πύκνωμα μορίων**. Στην περιοχή του πυκνώματος ή πίεση είναι μεγαλύτερη από πριν. Τα μόρια του πυκνώματος αυτού ώθουν στη συνέχεια τα γειτονικά τους μόρια, όποτε μετατοπίζεται το πύκνωμα στα γειτονικά μόρια. Διαπιστώνουμε λοιπόν ότι το αρχικό πύκνωμα των μορίων, δηλ. η αρχική διαταραχή, διαδίδεται μέσα στον αέρα. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι σχηματίζονται κύματα ελαστικότητας μέσα στον αέρα που περιβάλλει το διαπασών. Τα κύματα αυτά είναι διαμήκη, γιατί τα μόρια του αέρα πάλλονται κατά τη διεύθυνση που διαδίδεται η διαταραχή και σχηματίζονται πυκνώματα και αραιώματα (βλ. 13η ενότητα). Τα κύματα αυτά λέγονται **ήχητικά**. Όταν τα ήχητικά κύματα φθάσουν στο αυτί μας και το ερεθίσουν λέμε ότι ακούμε κάποιο ήχο. Επομένως:

Τα ήχητικά κύματα (ήχος) είναι κύματα ελαστικότητας που έχουν κατάλληλη συχνότητα, ώστε, ερεθίζοντας το αυτί, να δημιουργούν διάφορα ακουστικά αισθήματα.

Τα ήχητικά κύματα που διαδίδονται στα ρευστά (υγρά και αέρια) είναι μόνο διαμήκη, ενώ τα ήχητικά κύματα που διαδίδονται στα στερεά είναι διαμήκη ή εγκάρσια.



Σχ. 4. Ήχητικά κύματα.

III. ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΧΗΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

α. Συχνότητα του ήχου λέγεται η συχνότητα της παλμικής κινήσεως της ήχητικής πηγής (π.χ. του διαπασών). Η συχνότητα του ήχου φανερώνει τόν αριθμό των πυκνωμάτων ή των αραιωμάτων που παράγονται από την ήχητική πηγή σε μία χρονική μονάδα (1sec).

β. Περίοδος του ήχου λέγεται η περίοδος της παλμικής κινήσεως της ήχητικής πηγής.

γ. Μήκος κύματος λέγεται η απόσταση στην οποία φθάνει η διαταραχή (πύκνωμα ή αραιώμα) σε χρόνο ίσο προς την περίοδο του ήχου. Το μήκος κύματος είναι ίσο με την απόσταση δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή αραιωμάτων (Σχ.4).

δ. Ταχύτητα του ήχου. Η ταχύτητα διαδόσεως των ήχητικών κυμάτων εξαρτάται από το υλικό μέσο, στο οποίο διαδίδεται ο ήχος. Αποδεικνύεται ότι η ταχύτητα διαδόσεως του ήχου στα στερεά σώματα είναι πιά μεγάλη από ό,τι στα υγρά, καί στα υγρά πιά μεγάλη από ό,τι στα αέρια.

Η ταχύτητα του ήχου εξαρτάται καί από τη θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται καί η ταχύτητα του ήχου, όχι όμως ανάλογα προς αυτή. Στόν πίνακα I αναγράφονται μερικά παραδείγματα γιά την ταχύτητα του ήχου.

Γιά την ταχύτητα του ήχου ισχύει ό γνωστός τύπος της κυματικής:

$$u = \lambda \cdot \nu$$

ΠΙΝΑΚΑΣ I

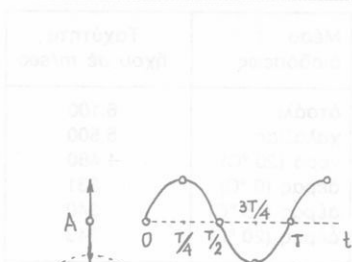
Μέσο διαδόσεως	Ταχύτητα ήχου σε m/sec
ατσάλι	6.100
χαλαζίας	5.500
νερό (20 °C)	1.480
άερας (0 °C)	331
άερας (15 °C)	340
άερας (20 °C)	343

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

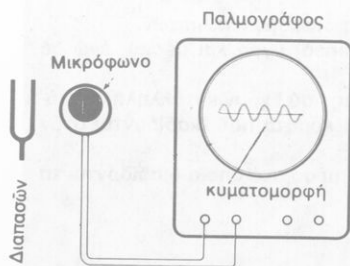
1. Ο ήχος παράγεται από τίς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.
2. Ο ήχος διαδίδεται μόνο στά υλικά μέσα (στερεά, υγρά καί αέρια), ένω δέ διαδίδεται στό κενό.
3. Τά ήχητικά κύματα είναι κύματα ελαστικότητας πού έχουν κατάλληλη συχνότητα, ώστε νά έρεθίζουν τό αúτί. Τά ήχητικά κύματα πού διαδίδονται στόν άέρα είναι διαμήκη.
4. Η ταχύτητα του ήχου εξαρτάται από τό υλικό μέσο στό όποιο διαδίδονται τά ήχητικά κύματα καί από τή θερμοκρασία.

1. Τί είναι τὰ ηχητικά κύματα;
2. Μέσα στον αέρα παράγεται ένας ήχος. Τί διαδίδονται τότε μέσα στον αέρα; α. τὰ μόρια του αέρα; β. ἡ ἐνέργεια τῆς ἡχητικῆς πηγῆς; γ. τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα; δ. τὰ ὄρη καὶ οἱ κοιλάδες; ε. τίποτε ἀπὸ ὅλα αὐτά;
3. Τὸ διαπασῶν τοῦ Σχ. 4, πάλλεται μέ συχνότητα 440 Hz. Τὸ τύμπανο (ἢ μεμβράνη) τοῦ αὐτιοῦ πού ἀκούει τὸν ἦχο τοῦ διαπασῶν πάλλεται; α. μέ τὴν ἴδια συχνότητα; β. μέ μεγαλύτερη συχνότητα; γ. μέ μικρότερη συχνότητα;
4. Ἐξω ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα γίνεται μία πολὺ μεγάλη ἐκρήξη. Θά ἀκουστέι στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς;

1. Ὁ ἦχος τοῦ διαπασῶν ἔχει συχνότητα 440 Hz. Πόσο εἶναι τὸ μήκος κύματος τοῦ ἡχου αὐτοῦ στον αέρα, ὅταν ἡ ταχύτητα τοῦ ἡχου στον αέρα εἶναι 340m/sec;
2. Ἄν ὁ ἦχος πού ἀναφέρεται στὸ προηγούμενο πρόβλημα διαδίδεται στὸ νερὸ μέ ταχύτητα 1500 m/sec, νά βρεῖτε τὸ μήκος κύματος τοῦ ἡχου αὐτοῦ στὸ νερό.
3. Στὸ ἓνα ἄκρο μιᾶς σιδηροτροχιάς πού ἔχει μήκος 12km παράγεται ἓνας δυνατός ἦχος. Νά βρεῖτε τὴ διαφορά τῶν χρόνων πού χρειάζεται ὁ ἦχος αὐτός γιὰ νά φθάσει στὸ ἄλλο ἄκρο τῆς σιδηροτροχιάς, ὅταν κινεῖται μέσα στον αέρα καὶ μέσα στὸ σίδηρο. Ἡ ταχύτητα τοῦ ἡχου στον αέρα καὶ στὸ σίδηρο εἶναι ἀντίστοιχα 340m/sec καὶ 6000 m/sec.



(Σχ. 1)



Σχ. 2.

15η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ – ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Ι. ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Όταν τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τοῦ ἡχητικοῦ κύματος διαδίδονται π.χ. στον αέρα, τὰ μόρια τοῦ αέρα ἐκτελοῦν παλινδρομικὴ κίνηση περὶ τῆς θέσης «ἰσορροπίας» τους. Στὸ Σχ. 1 ἡ διακομμένη εὐθεῖα ἀντιστοιχεῖ στὴ θέση «ἰσορροπίας» ἑνὸς μορίου Α καὶ ἡ καμπύλη δείχνει τὶς ἀποστάσεις ἀπὸ τὴ θέση ἰσορροπίας πού ἔχει τὸ μόριο αὐτὸ στὶς διάφορες χρονικὲς στιγμές.

Ἡ καμπύλη αὐτὴ, πού παριστάνει τὴν ταλάντωση κάποιου μορίου, λέγεται **κυματομορφή** καὶ ἔχει τὸ ἴδιο σχῆμα γιὰ ὅλα τὰ μόρια τοῦ μέσου. Μποροῦμε νά δοῦμε τὴν κυματομορφή τοῦ ἡχου στὴν ὀθόνη τοῦ καθοδικοῦ παλμογράφου (Σχ.2).

II. ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

α. Άπλός ήχος ή τόνος. Έχει την κυματομορφή που βλέπουμε στο Σχ. 2, λέγεται και **αρμονικός ήχος**, έχει μία όρισμένη συχνότητα και παράγεται από μερικά εργαστηριακά όργανα, όπως είναι το διαπασών, ή σειρήνα (Σχ.3) και η γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων (Σχ.4).

β. Σύνθετος ήχος ή φθόγγος. Σύνθετος ήχος είναι ο ήχος της φωνής μας και εκείνος που παράγεται από τα μουσικά όργανα. Ο ήχος αυτός λέγεται και **περιοδικός μὴ αρμονικός ήχος** και μᾶς δημιουργεί ευχάριστο αίσθημα. Ο σύνθετος ήχος μπορεί να αναλυθεί σε πολλούς **άπλους ήχους** που οι συχνότητές τους είναι ακέραια πολλαπλάσια μιάς όρισμένης συχνότητας (π.χ. 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz κτλ.). Από τους ήχους αυτούς εκείνος που έχει τη μικρότερη συχνότητα (π.χ. 100 Hz) λέγεται **θεμελιώδης ή πρώτος αρμονικός**. Οι άλλοι άπλοι ήχοι που έχουν συχνότητα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. (π.χ. 200 Hz, 300 Hz κτλ.), λέγονται **αντίστοιχα δεύτερος αρμονικός, τρίτος αρμονικός** κτλ. Κάθε σύνθετος ήχος έχει τη δική του κυματομορφή, όπως βλέπουμε στα Σχ. 5β και 6β.

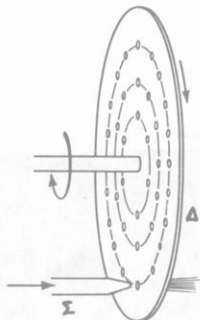
γ. Θόρυβος. Παράγεται από την κίνηση των φύλλων των δένδρων, από το σχίσμο χαρτιού ή ύφασματος, από τη συγκέντρωση πολλών ανθρώπων κτλ.

δ. Κρότος. Παράγεται κατά την έκπυρσοκρότηση του όπλου, κατά την ηλεκτρική έκκένωση στην ατμόσφαιρα (βροντή) κτλ. Έχει μεγάλη ένταση και μικρή χρονική διάρκεια.

III. ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Όταν ακούμε έναν ήχο μπορούμε να βγάλουμε διάφορα συμπεράσματα, όπως π.χ. να πούμε ότι είναι όξυς ή βαρύς, ότι είναι δυνατός ή ασθενής, ακόμα δέ ότι είναι ήχος κιθάρας ή ή φωνή κάποιου γνωστού μας ανθρώπου. Τα συμπεράσματα αυτά δέν είναι ακριβώς τα ίδια γιά όλους τους ανθρώπους που ακούνε τον ίδιο ήχο. Λέμε λοιπόν ότι ο ήχος έχει όρισμένα **υποκειμενικά γνωρίσματα**.

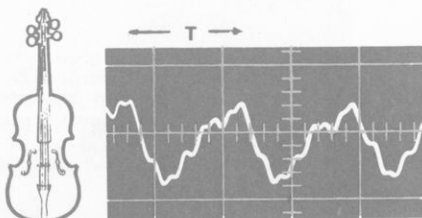
α. Ύψος του ήχου. Όταν ακούσουμε διαδο-



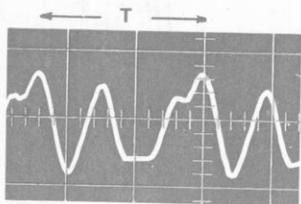
Σχ. 3. Σειρήνα. Όταν ο δίσκος Δ στρέφεται και διαβιβάσουμε σ' αυτόν ρεύμα αέρα με το σωλήνα Σ, παράγεται άπλός ήχος



Σχ. 4. Γεννήτρια ακουστών συχνοτήτων



Σχ. 5. (α) Βιολί. (β) Κυματομορφή μιάς νότας βιολιού



Σχ. 6. (α). Κλαρίνο. (β). Κυματομορφή μιᾶς νότας κλαρίνου. Ἡ καμπύλη ἐπαναλαμβάνεται ὕστερα ἀπὸ κάθε περίοδο T

χικά δύο ἤχους μέ διαφορετικές γνωστές συχνότητες, θά συμπεράνουμε ὅτι ὁ ἤχος μέ τή μεγαλύτερη συχνότητα εἶναι **ὀξύτερος** (πιό διαπεραστικός) ἀπὸ τόν ἄλλο. Ἡ γυναικεία φωνή εἶναι **λεπτή** (ὕψηλὴ) καί ἡ ἀνδρική εἶναι **βαριά** (χαμηλὴ), γιατί ἡ συχνότητα τῆς πρώτης εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τή συχνότητα τῆς δευτέρας. Ἐπομένως:

Τό ὕψος τοῦ ἤχου εἶναι ἓνα γνώρισμα πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τή συχνότητα τοῦ ἤχου καί μᾶς ἐπιτρέπει νά συμπεράνουμε ἂν ὁ ἤχος εἶναι ὀξύς (ὕψηλός) ἢ βαρὺς (χαμηλός). Ὁ ὕψηλός ἤχος ἔχει μεγάλη συχνότητα καί ὁ βαρὺς μικρὴ συχνότητα.

β. Ἀκουστότητα τοῦ ἤχου. "Ὅταν ἀκούσουμε διαδοχικά δύο ἤχους μέ τήν ἴδια συχνότητα καί διαφορετικὴ ἔνταση, θά συμπεράνουμε ὅτι οἱ ἤχοι αὐτοὶ ἔχουν τό ἴδιο ὕψος, ἀλλὰ ὁ ἓνας ἀκούγεται πιό δυνατὰ ἀπὸ τόν ἄλλο. Ὅταν χτυπάμε μέ μεγάλη δύναμη τό διαπασών, ὁ ἤχος του ἀκούγεται πιό δυνατὰ. Ἐπομένως:

Ἡ ἀκουστότητα τοῦ ἤχου εἶναι ἓνα γνώρισμα πού ἐξαρτᾶται ἀπὸ τήν ἔνταση τοῦ ἤχου καί μᾶς ἐπιτρέπει νά συμπεράνουμε ἂν ὁ ἤχος εἶναι ἰσχυρός ἢ ἀσθενής. Ὁ ἤχος πού ἔχει μεγάλη ἔνταση ἔχει καί μεγάλη ἀκουστότητα (εἶναι ἰσχυρός) καί ἀντίστροφα.

Γιὰ νά μετρήσουμε τήν ἀκουστότητα τοῦ ἤχου χρησιμοποιοῦμε τή μονάδα Phon (φών). Γιὰ ἓναν ἤχο πού μόλις ἀκούγεται λέμε ὅτι ἔχει ἀκουστότητα μηδέν Phon. Γιὰ ἓναν ἤχο πολὺ ἰσχυρό, πού προκαλεῖ πόνο στό αὐτί μας, λέμε ὅτι ἔχει ἀκουστότητα 130 Phon. Δέν πρέπει νά συγκρίνουμε τήν ἔνταση τοῦ ἤχου μέ τήν ἀκουστότητα. Ἡ ἔνταση ἑνὸς ἤχου εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τόν παρατηρητὴ πού ἀκούει τόν ἤχο, ἐνῶ ἡ ἀκουστότητα τοῦ ἴδιου ἤχου διαφέρει ἀπὸ παρατηρητὴ σέ παρατηρητὴ.

γ. Χροιά τοῦ ἤχου. "Ὅταν ἀκούσουμε διαδοχικά δύο σύνθετους ἤχους, πού παράγονται ἀπὸ διαφορετικὰ μουσικὰ ὄργανα, π.χ. κλαρίνο καί βιολί, θά συμπεράνουμε ὅτι οἱ ἤχοι αὐτοὶ εἶναι διαφορετικοί, ἂν καί μᾶς δημιουργοῦν τήν ἴδια ἐντύπωση ὕψους καί ἀκουστικότητας.

Ἀκόμη μπορούμε νά καταλάβουμε ποιά ὄργανο παράγει τόν κάθε ἦχο, χωρίς βέβαια νά τό βλέπουμε. Στήν περίπτωση αὐτή λέμε ὅτι οἱ **σύνθετοι** ἦχοι διακρίνονται ἀπό τή **χροιά τους**. Ἐπομένως:

Ἡ **χροιά** ενός σύνθετου ἡχου εἶναι τόν γνώρισμα πού μᾶς ἐπιτρέπει νά διακρίνουμε τόν ἦχο αὐτό ἀπό ἕναν ἄλλο σύνθετο ἦχο τοῦ ἴδιου ὕψους καί τῆς ἴδιας ἀκουστότητας. Ἡ **χροιά** ἐξαρτᾶται ἀπό τοὺς ἀπλοὺς ἡχους πού ἀποτελοῦν τό σύνθετο.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	Ὁρια ἀκουστῶν ἡχων
Ἀνθρώπος	16 Hz – 20.000 Hz
Σκύλος	15 Hz – 50.000 Hz
Γάτα	60 Hz – 65.000 Hz
Τζιτζικας	100 Hz – 15.000 Hz
Δελφίνι	150 Hz – 150.000 Hz
Νυχτερίδα	1000 Hz – 120.000 Hz

IV. ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΚΟΥΣΤΩΝ ΗΧΩΝ

Γιά νά ἀκούγεται ἕνας ἦχος ἀπό τό ἀνθρώπινο αὐτί, πρέπει νά ἔχει συχνότητα ἀπό 16 Hz ὡς 20000 Hz περίπου καί κατάλληλη ἔνταση.

Οἱ ἦχοι πού ἔχουν συχνότητα μικρότερη ἀπό 16 Hz λέγονται **ὑπόηχοι** καί ἐκεῖνοι πού ἔχουν συχνότητα μεγαλύτερη ἀπό 20000 Hz λέγονται **ὑπέρηχοι**.

Οἱ ὑπέρηχοι ἔχουν σήμερα πολλές ἐφαρμογές στή βιομηχανία, στήν Ἱατρική, στή Χημεία, στή Βιολογία κτλ. Τά ὅρια τῶν ἀκουστῶν ἡχων διαφέρουν ἀπό τό ἕνα ζῶο στό ἄλλο, ὅπως φαίνεται στὸν πίνακα Ι. Τά περισσότερα ζῶα ἀκοῦν περισσότερους ἡχους ἀπό ἐκεῖνους πού παράγουν. Ὁ τζιτζικας ὅμως παράγει ἡχους ἀπό 7000 Hz ὡς 100000 Hz, τρίβοντας τὰ πόδια του πάνω στή σκληρή κοιλιά του, καί ἀκούει ἡχους ἀπό 100 Hz ὡς 15000 Hz. Ὁ τζιτζικας, λοιπόν, ἀκούει ἕνα ἐλάχιστο μέρος τῶν ἡχων πού παράγει.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α. Τί γνωρίζετε γιά τόν ἀπλό ἦχο καί τί γιά τό σύνθετο; β. Νά βρεῖτε διαφορές ἀνάμεσα στὸν ἀπλό καί στό σύνθετο ἦχο.
2. Νά βρεῖτε καί νά ὀνομάσετε μερικοὺς ἀρμονικοὺς ἡχους, πού ἔχουν ὡς πρῶτο ἀρμονικὸ τόν ἦχο συχνότητας 800 Hz.
3. Τί εἶναι ὕψος τοῦ ἡχου;
4. α. Τί εἶναι ἡ ἀκουστότητα τοῦ ἡχου; β. Σέ τί διαφέρει ἡ ἀκουστότητα ενός ἡχου ἀπὸ τὴν ἔντασή του;
5. α. Τί εἶναι ἡ χροιά τοῦ ἡχου καί ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται; β. Ποιοὶ ἦχοι ἔχουν χροιά;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι ήχοι διακρίνονται σε άπλους ή τόνους, σε σύνθετους ή φθόγγους, σε θορύβους και σε κρότους.
2. Ο άπλος ήχος έχει μιά όρισμένη συχνότητα (άρμονικός) και παράγεται από μερικά εργαστηριακά όργανα.
3. Ο σύνθετος ήχος (περιοδικός μή άρμονικός) αποτελείται από πολλούς άπλους ήχους (άρμονικούς) και παράγεται από τά μουσικά όργανα.
4. Τό ύψος του ήχου εξαρτάται από τή συχνότητά του και μάς επιτρέπει νά διακρίνουμε τούς ήχους σε ύψηλους (όξεις) και σε χαμηλους (βαρείς).
5. Η άκουστότητα του ήχου εξαρτάται από τήν έντασή του και μάς επιτρέπει νά διακρίνουμε τούς ήχους σε δυνατούς και άσθενείς.
6. Η χροιά ενός σύνθετου ήχου εξαρτάται από τούς άπλους ήχους πού τόν αποτελούν και μάς επιτρέπει νά διακρίνουμε τόν ήχο αυτό από έναν άλλο σύνθετο ήχο του ίδιου ύψους και τής ίδιας άκουστότητας.
7. Τό ανθρώπινο αυτί άκούει τούς ήχους πού έχουν συχνότητα από 16 Hz ως 20000 Hz περίπου και κατάλληλη ένταση.

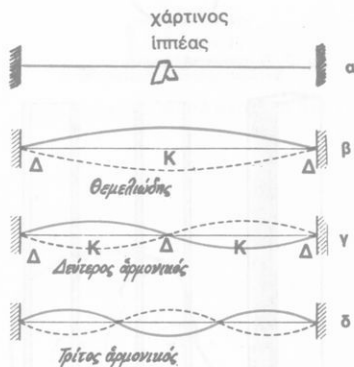
ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΑΝΤΗΧΕΙΑ

Γνωρίζουμε ότι ο ήχος παράγεται από τις παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων. Τα σώματα αυτά λέγονται **ήχογονες (ήχητικές) πηγές** και μπορεί να είναι χορδές, ήχητικοί σωλήνες, ράβδοι, μεμβράνες, κτλ. Θα μελετήσουμε τώρα μερικές από αυτές τις ήχητικές πηγές.

Ι. ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

α. Χορδές. Κατασκευάζονται από μέταλλο ή από έντερο ζώων, έχουν τη μορφή σύρματος και στερεώνονται και στα δύο άκρα τους. Όταν διεγείρουμε (κυρτώσουμε) μία τεντωμένη χορδή (Σχ.1α) και την αφήσουμε μετά ελεύθερη, θα παρατηρήσουμε ότι εκτελεί μία ιδιόρρυθμη ταλάντωση έτσι, ώστε μερικά σημεία της να μένουν πάντα ακίνητα (**δεσμοί Δ**) και μερικά άλλα να πάλλονται πάντοτε με το μέγιστο πλάτος (**κοιλίες Κ**). Τήν ύπαρξη των δεσμών και των κοιλιών μπορούμε να την επιβεβαιώσουμε και με ένα **χάρτινο ιππέα**. Ο ιππέας αυτός μένει ακίνητος, όταν τον βάλουμε σε ένα δεσμό της χορδής και τινάζεται, όταν τον βάλουμε σε μία κοιλία της. Όταν διεγείρουμε κατάλληλα τη χορδή, μπορεί να πάλλεται, όπως δείχνει το Σχ. 1β, οπότε παράγεται **άπλός ήχος** με συχνότητα ν_1 . Ο ήχος αυτός λέγεται **θεμελιώδης ή πρώτος αρμονικός**.

Η ίδια χορδή, με άλλη κατάλληλη διέγερση, μπορεί να πάλλεται, όπως δείχνει το Σχ. 1γ, οπότε παράγεται πάλι **άπλός ήχος** με συχνότητα διπλάσια ($\nu_2 = 2\nu_1$) που λέγεται **δεύτερος αρμονικός**. Με ανάλογο τρόπο η χορδή μπορεί να παράγει τον **τρίτο αρμονικό** (Σχ. 1δ, $\nu_3 = 3\nu_1$), τον **τέταρτο αρμονικό** ($\nu_4 = 4\nu_1$) κτλ. Όταν διεγείρουμε μία χορδή ελεύθερα, δηλ. χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα, (έτσι διεγείρονται οι χορδές στα έγχορδα όργανα, π.χ. οι χορδές του βιολιού με το δοξάρι) τότε παράγει ένα **σύνθετο ήχο (φθόγγο)**, που αποτελείται από όλους τους απλούς ήχους που αναφέρθηκαν. Στην περίπτωση αυτή η χορδή ταλαντώνεται με έναν πολύπλοκο τρόπο και όχι όπως φαίνεται στο Σχ.1.



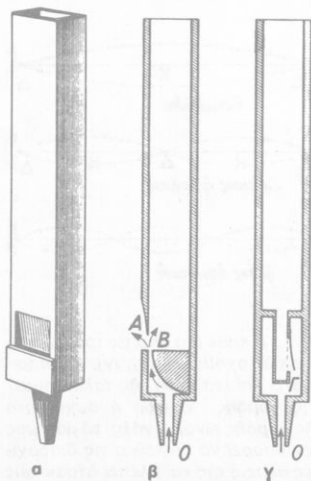
Σχ. 1. Η κάθε μία από τις τρεις γραμμές των σχημάτων (β), (γ), (δ), παριστάνει και μία θέση της ταλαντούμενης χορδής. Έπειδή η συχνότητα της χορδής είναι μεγάλη, το μάτι μας δεν μπορεί να διακρίνει τις διαδοχικές θέσεις της και βλέπει αδιάκριτα (μία στο β, δύο στο γ κτλ.)
Κ = κοιλίες, Δ = δεσμοί



Σχ. 2. "Αρπα



Σχ. 3. Βιολοντσέλλο



Σχ. 4. Άνοιχτοί ήχητικοί σωλήνες. α) Έξωτερική εμφάνιση. β) Τομή άνοι-

Αρα:

"Όταν ή χορδή διεγερθεί ελεύθερα, παράγει ένα σύνθετο ήχο πού αποτελείται από πολλούς άπλους ήχους. Οί συχνότητες τών ήχων αὐτῶν εἶναι νι, 2νι, 3νι κτλ.

"Αν διαθέτουμε ένα ἔγχορδο ὄργανο, π.χ. μία κιθάρα, μπορούμε εύκολα νά διαπιστώσουμε ὅτι ή συχνότητα νι τοῦ θεμελιώδους ήχου μιάς χορδής ἐξαρτᾶται ἀπό τά ἐξῆς: 1) Ἀπό τή δύναμη μέ τήν ὁποία τείνουμε (κουρντίζουμε) τή χορδή. ("Όταν αὐξάνεται ή δύναμη, ή συχνότητα μεγαλώνει). 2) Ἀπό τό πάχος (διάμετρο) τῆς χορδής. (Οί λεπτότερες χορδές παράγουν ὀξύτερους ήχους). 3) Ἀπό τό μήκος τῆς χορδής. ("Όταν μικραίνει τό μήκος, ή συχνότητα μεγαλώνει). Οί χορδές ὡς ήχογόνες πηγές χρησιμοποιούνται στά ἔγχορδα μουσικά ὄργανα, ὅπως εἶναι ή ἀρπα (Σχ. 2), τό βιολί, τό βιολοντσέλλο (Σχ. 3), τό πιάνο, ή λύρα, ή κιθάρα κτλ.

β. Ἡχητικοί σωλήνες. Κατασκευάζονται ἀπό μέταλλο ή ξύλο, ἔχουν σχῆμα κυλινδρικό ή πρισματικό μέ σταθερή διατομή, χοντρά τοιχώματα γιά νά μήν πάλλονται, καί περιέχουν ἀέρα. Οί ήχητικοί σωλήνες χωρίζονται σέ δύο εἶδη, σέ **άνοιχτούς**, ὅταν καί τά δύο ἄκρα τους εἶναι ἀνοιχτά (Σχ. 4), καί σέ **κλειστούς**, ὅταν τό ἐλεύθερο ἄκρο τους εἶναι κλειστό. "Όταν διεγείρουμε τόν ήχητικό σωλήνα μέ μία ἀπό τίς διατάξεις τοῦ Σχ.4, ή ἀέρια στήλη τοῦ σωλήνα ἐκτελεῖ μία ἰδιόρρυθμη ταλάντωση, ὅπως καί οί χορδές, ὁπότε παράγεται ήχος.

Οί ήχητικοί σωλήνες μποροῦν νά παράγουν τόν πρώτο ή ἀνώτερους ἁρμονικούς ήχους ἀν διεγείρονται κατάλληλα. Ἐτσι, ἀν φυσήξουμε δυνατότερα σέ ἕναν ήχητικό σωλήνα, ἀκούγεται ήχος ὀξύτερος (ἀνώτερος ἁρμονικός). Ἐπίσης, μεταβάλλοντας τό μήκος ἐνός σωλήνα, διαπιστώνουμε ὅτι μεταβάλλεται καί ή συχνότητα τοῦ παραγόμενου ήχου καί μάλιστα ή συχνότητα αὐξάνεται ὅταν τό μήκος τοῦ σωλήνα ἐλαττώνεται. Οί ήχητικοί σωλήνες ὡς ήχογόνες πηγές χρησιμοποιοῦνται στά πνευστά μουσικά ὄργανα, ὅπως εἶναι ή φλογέρα, τό κλαρίνο, τό σαξόφωνο, ή κορνέτα, ή τρομπέτα (Σχ.5) κτλ.

II. ANTHXEIA

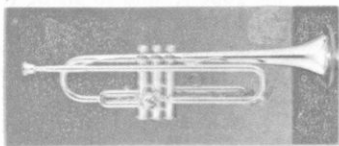
"Όταν χτυπήσουμε μέ τό ἐλαστικό σφυράκι

τό ένα σκέλος του διαπασών, θά ακούσουμε έναν **άσθενή** ήχο. Όταν αμέσως μετά τοποθετήσουμε τό διαπασών πού πάλλεται στό ξύλινο δοχείο του Σχ. 6, θά ακούσουμε **ισχυρό** ήχο. Αυτό εξηγείται ως εξής: Τό διαπασών πού πάλλεται διεγείρει τήν αέρια στήλη του δοχείου έτσι, ώστε νά εκτελεί αυτή εξαναγκασμένη ταλάντωση σέ **συντονισμό** μέ τόν ήχο του διαπασών, δηλ. ή αέρια στήλη πάλλεται μέ συχνότητα ίση πρός τή συχνότητα του διαπασών. Έπειδή κατά τό συντονισμό τό πλάτος τής ταλαντώσεως είναι μέγιστο, ό παραγόμενος ήχος είναι ισχυρός. Τό ξύλινο δοχείο μέ τήν αέρια στήλη πού περιέχει λέγεται **άντηχείο**. Άρα:

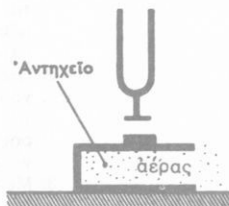
Τά άντηχεία είναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν αέρα. Όταν ό αέρας τών άντηχείων πάλλεται σέ συντονισμό μέ έναν εξωτερικό ήχο, ό ήχος αυτός ενισχύεται.

Υπάρχουν άντηχεία πού συντονίζονται μέ μία μόνο συχνότητα (μέ ένα μόνο άπλό ήχο). Άλλα πάλι άντηχεία μπορούν νά συντονίζονται μέ όλες τίς συχνότητες (μέ όλους τούς ήχους), όπως τά άντηχεία τών μουσικών όργάνων, δηλ. τά ξύλινα κιβώτια του βιολιού, τής κιθάρας κτλ. Η ανθρώπινη φωνή παράγεται από τίς παλμικές κινήσεις **τών φωνητικών χορδών** (Σχ.7) καί ενισχύεται από τή στοματική καί τή ρινική κοιλότητα πού συμπεριφέρονται σάν ένα μεταβλητό άντηχείο.

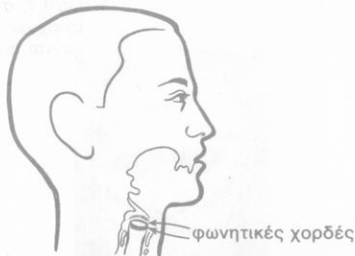
χτού ήχητικού σωλήνα χωρίς γλωσσίδα. γ) Τομή άνοιχτού ήχητικού σωλήνα μέ γλωσσίδα. (Ο = έπιστόμιο, Α = χείλος, Β = στόμιο, Γ = γλωσσίδα)



Σχ. 5. Τρομπέτα



Σχ. 6. Διαπασών καί τό άντηχείο του



Σχ. 7. Οι κινήσεις τής γλώσσας αλλάζουν τό σχήμα του άντηχείου τής στοματικής κοιλότητας καί έτσι ενισχύονται όλοι οι ήχοι τής ανθρώπινης φωνής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί χορδές μπορούν να παράγουν ένα θεμελιώδη ήχο (συχνότητας νι) και όλους τους αρμονικούς του ήχου αυτού (2νι, 3νι, 4νι κτλ).
2. Η συχνότητα νι του θεμελιώδους ήχου μιάς χορδής εξαρτάται από τό ύλικό τής χορδής, από τό μήκος τής, από τό πάχος τής, καθώς καί από τή δύναμη πού τεντώνει τή χορδή.
3. Οί ήχητικοί σωλήνες μπορούν να παράγουν ένα θεμελιώδη ήχο καί άνωτερους αρμονικούς. Η συχνότητα του θεμελιώδους ήχου καί τών αρμονικών του εξαρτάται από τό μήκος του σωλήνα.
4. Τά άντηχεΐα εΐναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν άέρα καί χρησιμοποιούνται γιά νά ένισχύουν τήν έκπομπή τών ήχων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς εξηγείται ή άλλαγή στή συχνότητα του ήχου μιάς φλογέρας μέ τό άνοιγμα μιάς τρύπας στό σωλήνα τής;
(Αρχικά όλες οι τρύπες εΐναι κλειστές)
2. Όταν κουντίζουμε (τεντώνουμε) μία χορδή τής κιθάρας, ό ήχος πού παράγεται γίνεται: α. βαρύτερος; β. ισχυρότερος; γ. όξύτερος; δ. πιό άσθενής; ε. μένει ό ίδιος;
3. Μέ τό δάκτυλό μας έμποδίζουμε ένα μέρος μιάς χορδής τής κιθάρας νά πάλλεται. Ό ήχος πού παράγεται τότε εΐναι: α. ισχυρότερος; β. πιό άσθενής; γ. βαρύτερος; δ. όξύτερος; ε. ό ίδιος όπως καί πρίν;
4. Σέ τί διαφέρουν οι ήχοι πού παράγονται από μία λεπτή καί από μία χοντρή χορδή βιολιού καί γιατί;
5. Γιατί ή στοματική κοιλότητα μπορεί νά ένισχύει όλους τούς ήχους πού παράγονται από τίς φωνητικές μας χορδές;

17η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ – ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Όταν δύο στεγνά σώματα τρίβονται μεταξύ τους, εμφανίζονται διάφορα φαινόμενα, πού μερικές φορές πέφτουν στην αντίληψή μας. Όταν π.χ. χαιδεύουμε μία γάτα με στεγνά χέρια, τό τρίχώμά της άνασηκώνεται κάθε φορά πού πλησιάζουμε τά χέρια μας σ' αυτή. Παρόμοιο φαινόμενο εμφανίζεται καί κατά τό χτένισμά μας. Άν τά μαλλιά μας είναι στεγνά, έλκονται από τή χτένα. Επίσης, άν τρίψουμε ένα πλαστικό στυλό μέ τά μάλλινα ρούχα μας καί τό πλησιάσουμε σέ χαρτάκια, τά χαρτάκια έλκονται από τό στυλό.

Τά σώματα πού έχουν τήν ιδιότητα νά έλκουν διάφορα (έλαφρά) αντικείμενα, λέμε ότι είναι ηλεκτρισμένα ή ηλεκτρικά φορτισμένα καί ή πράξη πού κάνουμε γιά νά τά φορτίσουμε λέγεται ή **λέκτριση**.

Τό φυσικό μέγεθος πού περικλείεται στό ηλεκτρισμένα σώματα καί πού προκαλεί τά διάφορα ηλεκτρικά φαινόμενα, ονομάζεται **ηλεκτρικό φορτίο**.

Ός σύμβολο του φορτίου χρησιμοποιούμε τό γράμμα Q ή q καί ως μονάδα στό Διεθνές Σύστημα τό **1Coulomb (Κουλόμπ)** ή σύντομα **1Cb**.

Τά παραπάνω φαινόμενα παρατηρούνται έντονα τίς ξηρές μέρες, π.χ. όταν κάνει παγωνιά.

Η ήλεκτριση των σωμάτων παρατηρήθηκε γιά πρώτη φορά στό **ήλεκτρο** (κεχριμπάρι) από τό Θαλή τό Μιλήσιο τόν 6ο αιώνα π.Χ. καί από τή λέξη αυτή προέκυψαν όλες οι σχετικές λέξεις.

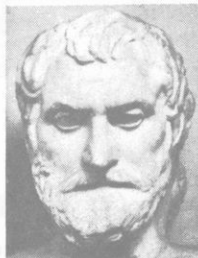
II. ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

Τό ηλεκτρικό φορτίο δέν είναι ορατό. Γίνεται όμως αισθητή ή παρουσία του από τά αποτελέσματά του.

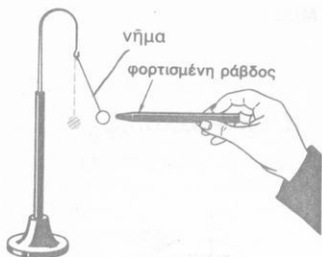
Ένα συνηθισμένο όργανο, μέ τό όποιο διαπιστώνουμε εύκολα τήν ύπαρξη ηλεκτρικών



Σχ. 1. Τά ρούχα καί τό σώμα ήλεκτρίζονται, όταν ό διάδρομος τής τσουλήθρας είναι από συνθετικό ύλικό



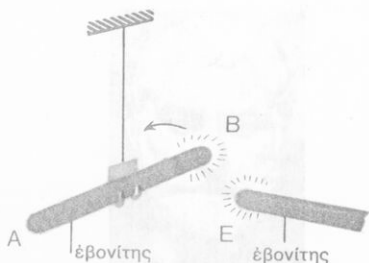
Σχ. 2. Θαλής ό Μιλήσιος



Σχ. 3. Ήλεκτρικό έκκρεμές



Σχ. 4. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα



Σχ. 5. Τά ομώνυμα φορτία απωθούνται

φορτίων σε ένα σώμα, είναι το **ήλεκτροσκόπιο**, το οποίο έχει διάφορες μορφές.

α. Ήλεκτρικό έκκρεμές. Ένα απλό ήλεκτροσκόπιο είναι το ήλεκτρικό έκκρεμές (Σχ.3). Αποτελείται από ένα ελαφρύ σφαίριδιο (κομμάτι φελλού, χαρτιού, φελιζόλ κτλ.) κρεμασμένο από λεπτό και στεγνό νήμα.

Αν πλησιάσουμε στο έκκρεμές ένα σώμα και παρατηρήσουμε έκτροπή του έκκρεμου από την κατακόρυφη θέση, σημαίνει ότι το σώμα είναι ηλεκτρικά φορτισμένο.

β. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα. Το ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα αποτελείται από μεταλλικό κύλινδρο, στο έσωτερικό του οποίου κρέμεται ένα μεταλλικό στέλεχος (Σχ.4). Το στέλεχος στηρίζεται σε πλαστικό πώμα και φέρει στην κάτω άκρη ένα ή δύο κινητά μεταλλικά φύλλα. Όταν το στέλεχος ηλεκτρίζεται τα φύλλα απωθούνται και αποκλίνουν.

Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε την ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων σε κάποιο σώμα.

III. ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Κρεμάμε μία ράβδο από έβονιτη, όπως φαίνεται στο Σχ.5. Κατόπιν τρίβουμε τη μία άκρη της με μάλλινο ύφασμα (ή δέρμα γάτας) και την αφήνουμε να ηρεμήσει. Ύστερα πλησιάζουμε στην κρεμασμένη ράβδο μία άλλη ράβδο από έβονιτη, την οποία έχουμε επίσης τρίψει με μάλλινο ύφασμα και παρατηρούμε ότι οι δύο ράβδοι απωθούνται.

Αν όμως πλησιάσουμε στην ηλεκτρισμένη ράβδο από έβονιτη μία ράβδο από γυαλί, την οποία έχουμε τρίψει με μάλλινο ή μεταξωτό ύφασμα, θα παρατηρήσουμε ότι οι ράβδοι **έλκονται** (Σχ. 5 α).

Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι πρέπει να υπάρχουν δύο είδη φορτίου: αυτό που εμφανίζεται στον έβονιτη και αυτό που εμφανίζεται στο γυαλί.

Τό φορτίο που αναπτύσσεται στον έβονιτη, όταν τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, λέγεται **αρνητικό φορτίο**, και τό φορτίο που αναπτύσσεται στο γυαλί, όταν τρίβεται με μάλλινο ή μεταξωτό ύφασμα, λέγεται **θετικό**.

Ἀλληλεπίδραση φορτίων. Ἀπό τὰ προηγούμενα πειράματα προκύπτει ὅτι τὰ **ὁμώνυμα φορτία** (φορτία πού ἔχουν τὸ ἴδιο πρόσημο) ἀπωθοῦνται, ἐνῶ τὰ **ἐτερόνυμα** ἑλκονται.

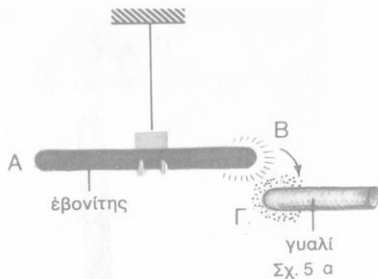
IV. ΤΡΟΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ

Εἶδαμε προηγουμένως ὅτι ἡ ἡλέκτριση τῶν σωμάτων γίνεται **μέ τριβή**, ἀλλὰ μπορεῖ νά γίνει καί μέ ἄλλους τρόπους.

α. Μέ ἐπαφή. Φέρουμε σέ ἐπαφή μία φορτισμένη μεταλλική σφαῖρα μέ τὸ στέλεχος ἑνὸς ἡλεκτροσκοπίου. Τὰ φύλλα τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν (Σχ.6). Στὴ συνέχεια ἀπομακρύνουμε τὴ σφαῖρα ἀπὸ τὸ στέλεχος καὶ παρατηροῦμε ὅτι τὰ φύλλα μένουν σέ ἀπόκλιση. Ἄρα, τὸ στέλεχος πήρε φορτία, ὅταν ἤρθε σέ ἐπαφή μέ τὴ φορτισμένη σφαῖρα, καί τὰ διατήρησε μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσή της.

Ὁ τρόπος αὐτός ἡλεκτρίσεως λέγεται ἡ **ἡλέκτριση μέ ἐπαφή**.

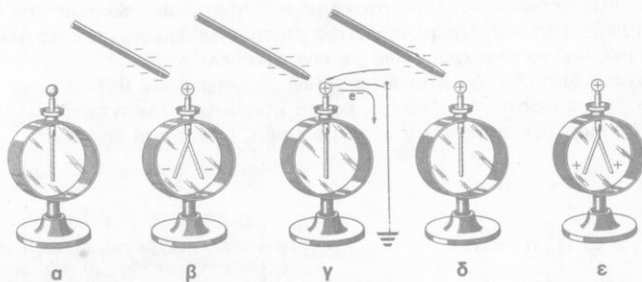
β. Μέ ἐπαγωγή. Πλησιάζουμε σ' ἓνα ἡλεκτροσκόπιο μία φορτισμένη ράβδο καὶ παρατη-



Τὰ ἐτερόνυμα φορτία ἑλκονται



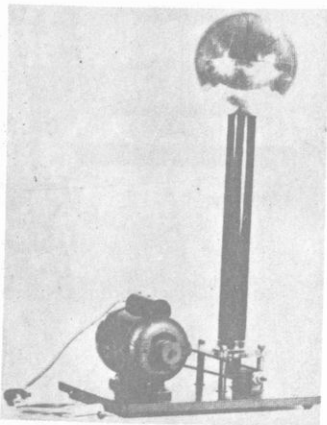
Σχ. 6. Ἡλέκτριση μέ ἐπαφή



Σχ. 7. Ἡλέκτριση μέ ἐπαγωγή

ροῦμε ὅτι τὰ φύλλα τοῦ ἀποκλίνουν, χωρίς ἡ ράβδος νά ἀκουμπήσει στὸ στέλεχος (Σχ.7,β).

Στὸ χρόνο πού ἡ φορτισμένη ράβδος βρίσκεται κοντὰ στὸ ἡλεκτροσκόπιο, ἀκουμπᾶμε τὸ δάχτυλό μας στὸ στέλεχος γιὰ μία μόνο στιγμή καί μετὰ τὸ ἀπομακρύνουμε. Κατόπιν ἀπομακρύνουμε τὴ φορτισμένη ράβδο καί βλέπουμε ὅτι τὰ μεταλλικά φύλλα ἀποκλίνουν καί παραμένουν σέ ἀπόκλιση γιὰ ἄρκετὸ χρόνο



Σχ. 8. Ήλεκτροστατική μηχανή Van de Graaf

(Σχ.7,ε). Ήρα τό ήλεκτροσκόπιο φορτίστηκε χωρίς νά έρθει σέ έπαφή μέ τό φορτισμένο σώμα.

Ο τρόπος αυτός φορτίσεως λέγεται ήλέκτριση μέ έπαγωγή.

V. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Όταν μελετάμε ηλεκτρικά φαινόμενα σάν τά προηγούμενα, χρησιμοποιούμε συχνά τίς ήλεκτροστατικές γεννήτριες, οί όποιες έχουν τήν ικανότητα νά συσσωρεύουν ηλεκτρικά φορτία σέ μεταλλικές σφαίρες (Σχ. 8). Έτσι, αντί νά παράγουμε φορτία μέ τριβή, παίρνουμε έτοιμα φορτία από τίς γεννήτριες. Τά φορτία αυτά τά παίρνουμε μέ μικρές μεταλλικές σφαίρες πού στηρίζονται σέ μονωτική λαβή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό ηλεκτρικό φορτίο είναι ένα φυσικό μέγεθος πού προκαλεί τά διάφορα ηλεκτρικά φαινόμενα. Μονάδα ηλεκτρικού φορτίου είναι τό 1Cb.
2. Τό ήλεκτροσκόπιο είναι ένα όργανο μέ τό όποίο διαπιστώνουμε τήν ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων. Διακρίνουμε δύο τύπους ήλεκτροσκοπίων: τό ήλεκτρικό έκκρεμές καί τό ήλεκτροσκόπιο μέ κινητά φύλλα.
3. Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικών φορτίων: άρνητικά καί θετικά.
4. Τά όμώνυμα φορτία άπωθούνται καί τά έτερόνυμα έλκονται.
5. Η ήλέκτριση τών σωμάτων γίνεται μέ τριβή, έπαφή καί έπαγωγή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά φορτία λέγονται άρνητικά καί ποιά θετικά;
2. Όταν χτενιζόμαστε ή χτένα ήλεκτρίζεται. Πώς γίνεται αύτή ή ήλέκτριση; Μέ τριβή, μέ έπαφή ή μέ έπαγωγή;
3. Στην ήλέκτριση μέ έπαγωγή (Σχ.8) ποιά είναι ή όρθή διαδικασία; α) Νά άπομα-

κρύνουμε συγχρόνως τό δάκτυλο καί τή φορτισμένη ράβδο; β) Νά άπομακρύνουμε πρώτα τό δάχτυλό μας καί μετά τή ράβδο; γ) Νά άπομακρύνουμε πρώτα τή ράβδο καί μετά τό δάχτυλό μας;

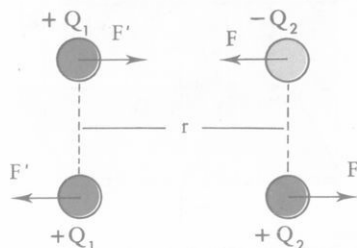
4. Όταν τά αύτοκίνητα (ή άεροπλάνα) κινούνται, φορτίζονται ηλεκτρικά. Νά έξηγήσετε γιατί συμβαίνει αύτό. Τί μέτρα παίρνουμε γιά νά διευκολύνουμε τήν άποφόρτιση;

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ – ΠΥΚΝΩΤΕΣ

I. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB (Κουλόμπ)

Θεωρούμε δύο μικρές σφαίρες, φορτισμένες με φορτία Q_1 ή μία και Q_2 ή άλλη, σε απόσταση r (Σχ. 1).

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι σφαίρες θά έλκονται ή θά άπωθοϋνται, ανάλογα με τό είδος τών φορτίων τους. Ή δύναμη F πού ένεργεί σέ κάθε σφαίρα, όπως αποδεικνύεται πειραματικά, εξαρτάται από τήν ποσότητα τών φορτίων Q_1 και Q_2 , τήν απόσταση r , και από τό υλικό πού ύπάρχει ανάμεσα στά φορτία. Μάλιστα με άκριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι ισχύει ό έξης Νόμος τοϋ Coulomb.



Σχ. 1. Ήλεκτρικές δυνάμεις

Ή δύναμη F , πού άσκειΐται μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων Q_1 και Q_2 , είναι άνάλογη πρός τό φορτίο Q_1 , άνάλογη πρός τό Q_2 και άντιστρόφως άνάλογη πρός τό τετράγωνο τής άποστάσεως r μεταξύ τών φορτίων.

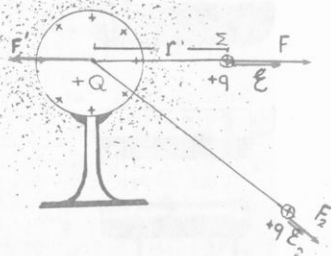
Δηλ.	$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$	Νόμος τοϋ Coulomb
------	-----------------------------------	-------------------

όπου K είναι μία φυσική σταθερά πού εξαρτάται από τό υλικό πού ύπάρχει ανάμεσα στά φορτία. Για τό κενό και τόν άέρα έχει τήν ίδια περίπου τιμή, $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{Cb^2}$ (Διεθνές Σύστημα μονάδων).

Οί δυνάμεις πού αναπτύσσονται μεταξύ δύο άκίνητων φορτίων λέγονται **ηλεκτρικές**.

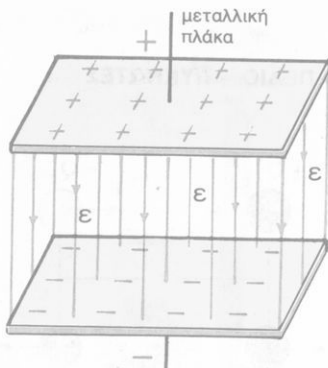
II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

α. Έννοια τοϋ πεδίου. Θεωρούμε ένα σώμα φορτισμένο με κάποιο φορτίο Q (Σχ. 2). "Αν σέ ένα σημείο Σ τοϋ χώρου γύρω από τό φορτίο Q τοποθετήσουμε ένα άλλο φορτίο q , θά άσκηθεΐ πάνω του μία ηλεκτρική δύναμη πού θά δίνεται από τό νόμο τοϋ Coulomb. Τό χώρο αυτό τόν ονομάζουμε ηλεκτρικό πεδίο. "Αρα:

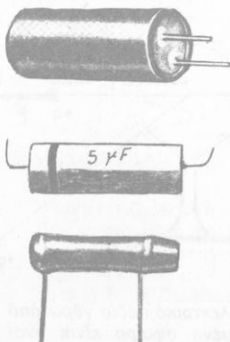


Σχ. 2. Τό ηλεκτρικό πεδίο γύρω από τή φορτισμένη σφαίρα είναι άνομοιογενές (έξασθενίζει με τήν άπόσταση)

"Ένας χώρος λέγεται ηλεκτρικό πεδίο, όταν άσκοϋνται ηλεκτρικές δυνάμεις σέ κάθε ηλεκτρικό φορτίο πού βρίσκεται μέσα σ' αυτόν.



Σχ. 3. Επίπεδος πυκνωτής. Ανάμεσα στις παράλληλες πλάκες δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο. (ϵ = σταθερό)



Σχ. 4. Μορφές πυκνωτών

Γύρω από τούς πυρήνες των ατόμων – όπως θα δούμε σε επόμενες ενότητες – υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο όμοιο με τό πεδίο πού σχηματίζεται γύρω από μία φορτισμένη σφαίρα (Σχ. 2). Μέσα στο πεδίο αυτό κινούνται τά ηλεκτρόνια των ατόμων.

β. Ένταση του πεδίου. Ένα χαρακτηριστικό μέγεθος του ηλεκτρικού πεδίου είναι ή ένταση. Η ένταση φανερώνει πόσο ισχυρό είναι τό πεδίο σε κάποιο σημείο του καί ορίζεται με τόν ακόλουθο τρόπο:

Θεωρούμε ένα φορτίο q σε κάποιο σημείο Σ του πεδίου. Αν F είναι ή δύναμη πού άσκει τό πεδίο στό φορτίο, τότε τό πηλίκο F/q εκφράζει τήν ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στό σημείο Σ .

Δηλ.

ένταση ήλ. πεδίου	=	δύναμη φορτίο	$\epsilon = \frac{F}{q}$
----------------------	---	------------------	--------------------------

Η ένταση ϵ είναι μέγεθος **διανυσματικό** καί έχει τήν ίδια διεύθυνση καί φορά με τή δύναμη πού άσκειται πάνω σε **θετικό** φορτίο.

Η μονάδα μετρήσεως της έντάσεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό

ένα νιούτον κατά κουλόμπ (1N/Cb)

καί βρίσκεται από τόν τύπο πού ορίζει τήν ένταση.

III. ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΟΜΟΙΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Όταν τό πεδίο έχει τήν ίδια ένταση ϵ σε όλα τά σημεία του, ονομάζεται **όμογενές** ηλεκτρικό πεδίο.

Ένα τέτοιο πεδίο μπορούμε νά τό πραγματοποιήσουμε με δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες, πού βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (Σχ. 3). Αν φορτίσουμε τίς πλάκες με αντίθετα φορτία, τότε ανάμεσα στις δύο πλάκες δημιουργείται ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Στή φύση δέ συναντάμε ομογενή ηλεκτρικά πεδία, αλλά **άνομοιογενή**. Τά πεδία αυτά δέν έχουν τήν ίδια ένταση σε όλα τά σημεία τους (Σχ. 2).

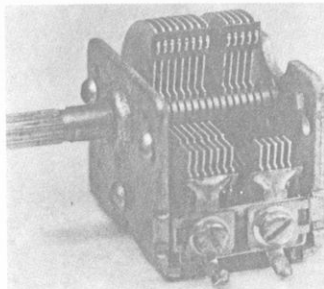
IV. ΠΥΚΝΩΤΕΣ

Τό σύστημα των δύο παράλληλων μεταλλικών πλακών του Σχ. 3 ονομάζεται **πυκνωτής** καί

οι δύο πλάκες ονομάζονται **όπλισμοί** του πυκνωτή.

Οι όπλισμοί δέν είναι απαραίτητο νά είναι παράλληλοι μεταξύ τους καί ούτε νά είναι επίπεδοι, άρκει νά είναι ηλεκτρικά μονωμένοι ό ένας από τόν άλλο. Οι πυκνωτές έχουν τήν ικανότητα νά αποθηκεύουν ηλεκτρικά φορτία καί νά τά δίνουν, όταν τά χρειαζόμαστε.

Υπάρχουν πολλών ειδών πυκνωτές καί χρησιμοποιούνται σέ ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ. (Σχ. 4, Σχ. 5).



Σχ. 5. Μεταβλητός πυκνωτής. (Χρησιμοποιείται στά ραδιόφωνα γιά τήν επιλογή σταθμών)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων άσκειται πάντοτε ηλεκτρική δύναμη πού δίνεται από τόν τύπο

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

2. Όταν βάζουμε ένα ηλεκτρικό φορτίο q σέ όποιοδήποτε σημείο ενός χώρου καί στό φορτίο q άσκειται μία ηλεκτρική δύναμη, τότε ό χώρος αυτός ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο.
3. Η ένταση ηλεκτρικού πεδίου είναι μέγεθος διανυσματικό καί όρίζεται από τόν τύπο $E = F/q$. Όταν ή ένταση E είναι ή ίδια σέ όλα τά σημεία ενός πεδίου, τό πεδίο λέγεται όμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πώς σχηματίζουμε όμογενές ηλεκτρικό πεδίο;
2. Τί πεδίο σχηματίζεται γύρω από τούς πυρήνες τών ατόμων: α) Όμογενές; β) Άνομοιογενές; γ) Σέ όρισμένα άτομα όμογενές καί σέ άλλα άνομοιογενές;
3. Νά γράψετε τό νόμο του Coulomb πού δίνει τή δύναμη F πού άσκειται στό φορτίο +q (Σχ. 2). Κατόπιν νά αποδείξετε ότι ή ένταση E στό σημείο Σ δίνεται από τή σχέση $E = K \frac{Q}{r^2}$.

- *1. Στό Σχ. 1 δίνονται τά φορτία $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{Cb}$ καί $Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{Cb}$ καί ή απόσταση $r = 2 \text{cm}$. Νά υπολογιστεί ή δύναμη F. Πόση θά είναι τότε ή δύναμη F; ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Cb}^2$).
2. Ένα φορτίο $q = 5 \cdot 10^{-10} \text{Cb}$ βρίσκεται άκίνητο σέ ένα σημείο Σ ηλεκτρικού πεδίου καί δέχεται από τό πεδίο δύναμη $12 \cdot 10^{-4} \text{N}$ (νιούτον). Πόση είναι ή ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στό σημείο Σ;
3. Σας λένε ότι ή σφαίρα στό Σχ. 2 έχει φορτίο $Q = 10^{-7} \text{Cb}$ καί ότι τό μικρό φορτίο q δέχεται δύναμη $9 \cdot 10^{-4} \text{N}$. Άν ή απόσταση r είναι 0,02m, πόσο είναι τό φορτίο q; ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Cb}^2$).

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ – ΙΣΟΤΟΠΑ

Ι. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

Από τις έρευνες, που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, έχει αποδειχτεί ότι η ύλη συγκροτείται από πολύ μικρά σωματίδια, τα **άτομα**.

Τα άτομα δεν είναι όλα ίδια μεταξύ τους και ούτε έχουν τις ίδιες διαστάσεις. Τα μικρότερα και απλούστερα άτομα τα έχει το στοιχείο υδρογόνο. (Η διάμετρός τους είναι περίπου $6m/100000000000 = 6 \cdot 10^{-11} m$).

Τα μεγαλύτερα άτομα φτάνουν μέχρι δέκα φορές τη διάμετρο του ατόμου του υδρογόνου.

α. Κάθε άτομο μοιάζει με μικρό ηλιακό σύστημα. Έχει ένα κεντρικό μέρος που λέγεται **πυρήνας** και έναν όρισμένο αριθμό ηλεκτρονίων που κινούνται γύρω από τον πυρήνα (Σχ. 1).

Τα ηλεκτρόνια εκτελούν δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω από τον πυρήνα (περιφορά) και μία γύρω από τον άξονά τους (στροβιλισμός), όπως η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο και τον άξονά της. Η μάζα τους είναι πολύ μικρή και το ηλεκτρικό τους φορτίο είναι μόνιμα αρνητικό.

Οι τροχιές των ηλεκτρονίων, γύρω από τον πυρήνα, δεχόμαστε για λόγους απλότητας ότι είναι κυκλικές. Οι ακτίνες των τροχιών αυτών δεν είναι τυχαίες, αλλά έχουν ορισμένες τιμές, που είναι χαρακτηριστικές για κάθε είδος ατόμου.

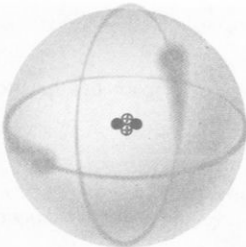
β. Ο **πυρήνας** αποτελείται από δύο είδη σωματιδίων, τα πρωτόνια και τα νετρόνια (Σχ. 1).

Τα **πρωτόνια** είναι πολύ μικρά σωματίδια, φορτισμένα μόνιμα με θετικό φορτίο, ίσο με το φορτίο των ηλεκτρονίων. Η μάζα τους είναι περίπου 1840 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου.

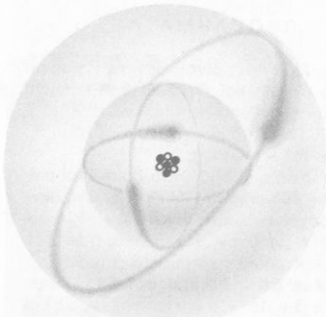
Τα άτομα στη φυσική τους κατάσταση είναι ουδέτερα, γιατί ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων τους.

Τα **νετρόνια** είναι ουδέτερα σωματίδια και έχουν μάζα ίση περίπου με τη μάζα των πρωτονίων.

● πρωτόνιο ● νετρόνιο



ήλιο $2H^4$



λίθιο $3Li^7$

Σχ. 1. Δομή των ατόμων

II. ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΑΖΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Τό άτομο του υδρογόνου περιέχει ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του, τό ήλιο περιέχει δύο, τό λίθιο τρία κ.ο.κ.

Από τά παραδείγματα αυτά προκύπτει ότι σέ κάθε στοιχείο αντιστοιχεί καί ένας όρισμένος αριθμός πρωτονίων.

Ο αριθμός των πρωτονίων πού περιέχουν τά άτομα κάθε στοιχείου ονομάζεται **ατομικός αριθμός Z** του στοιχείου.

Όταν γνωρίζουμε τόν ατομικό αριθμό, μπορούμε, από τόν πίνακα του περιοδικού συστήματος των στοιχείων, νά βρούμε άμέσως τό στοιχείο πού αντιστοιχεί στόν αριθμό αυτό.

Εκτός από τόν ατομικό αριθμό, πού προσδιορίζει ποιά είναι τό στοιχείο, υπάρχει καί ένας άλλος αριθμός, ό μαζικός αριθμός, πού προσδιορίζει τή μάζα κάθε ατόμου.

Λέγοντας **μαζικό αριθμό M**, έννοούμε τό συνολικό αριθμό πρωτονίων καί νετρονίων. Δηλ.

μαζικός αριθ. = αριθ. πρωτονίων + αριθ. νετρονίων

$M = Z + N$

Επειδή τά ηλεκτρόνια είναι περίπου 1840 φορές ελαφρότερα από τά πρωτόνια ή νετρόνια, συμπεραίνουμε ότι ή μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη κυρίως στον πυρήνα. Άν, επομένως, γνωρίζουμε τό μαζικό αριθμό ενός στοιχείου, μπορούμε νά υπολογίσουμε τή μάζα των ατόμων του.

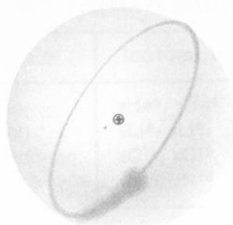
III. ΙΣΟΤΟΠΑ

Έχει βρεθεί πειραματικά ότι τό υδρογόνο αποτελείται από τρία διαφορετικά είδη ατόμων (Σχ. 2).

Τό ένα είδος περιέχει στον πυρήνα ένα μόνο πρωτόνιο καί λέγεται πρώτιο. Τό άλλο είδος περιέχει στον πυρήνα ένα πρωτόνιο καί ένα νετρόνιο καί λέγεται δευτέριο. Τέλος τό τρίτο είδος περιέχει στον πυρήνα ένα πρωτόνιο καί δύο νετρόνια καί λέγεται τρίτιο.

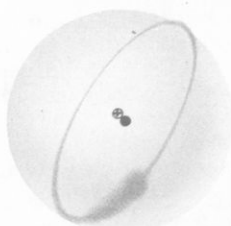
Τά τρία αυτά είδη ατόμων έχουν όλα τόν ίδιο ατομικό αριθμό (αριθμό πρωτονίων), αλλά δια-

$^1\text{H}^1$



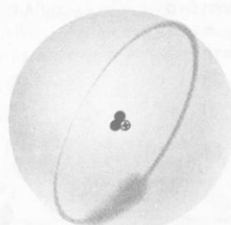
πρώτιο

$^1\text{H}^2$



δευτέριο

$^1\text{H}^3$



τρίτιο

Σχ. 2. Ίσότοπα άτομα υδρογόνου

φέρουν στον αριθμό νετρονίων, επομένως και στο μαζικό αριθμό.

Τά άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό, λέγονται ισότοπα.

Τά ισότοπα άτομα, αφού έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, ανήκουν στο ίδιο στοιχείο και έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Μόνο οι φυσικές τους ιδιότητες είναι διαφορετικές (π.χ. πυκνότητα, σημείο υγροποίησης κτλ.)

Γιά να διακρίνουμε τά ισότοπα άτομα, χρησιμοποιούμε μαζί με τό σύμβολο του στοιχείου και δύο αριθμούς, τόν ατομικό και τό μαζικό αριθμό. "Ετσι τά ισότοπα του ύδρογόνου γράφονται:



Ισότοπα άτομα συναντάμε στά περισσότερα φυσικά στοιχεία. (Τό όξυγόνο π.χ. έχει τρία ισότοπα ${}^{16}\text{O}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{18}\text{O}$).

IV. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΝ ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

α. Ήλεκτρικές. Σύμφωνα μέ τούς νόμους τής Φυσικής, γιά νά μπορεί ένα σώμα νά κινείται σέ κυκλική τροχιά, πρέπει νά ασκείται διαρκώς πάνω του μία δύναμη μέ φορά πρὸς τό κέντρο τής τροχιάς. Δηλ. πρέπει νά ασκείται μία κεντρομόλος δύναμη.

Ή δύναμη αὐτή, στήν περίπτωση τής περιφοράς τῶν ηλεκτρονίων, προέρχεται ἀπό τήν ἔλξη πού ἀσκει τό φορτίο τοῦ πυρήνα στό φορτίο τοῦ ηλεκτρονίου (Σχ. 3). "Αν εἶναι γνωστά τά φορτία αὐτά καί ἡ μεταξύ τους ἀπόσταση, μπορούμε, μέ τό νόμο τοῦ Coulomb, νά υπολογίσουμε τήν ηλεκτρική δύναμη πού ἀσκει ὁ πυρήνας στά ηλεκτρόνια.

β. Πυρηνικές. Τά πρωτόνια ἔχουν θετικό φορτίο καί ἐπομένως θά ἔπρεπε νά ἀπωθούνται μεταξύ τους. Τά νετρόνια ἐξάλλου δέν ἔχουν ηλεκτρικό φορτίο καί ἐπομένως δέ θά ἔπρεπε νά συγκρατοῦνται στόν πυρήνα. Συνεπῶς ἀν ἀναπτύσσονταν μόνο ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ τῶν συστατικῶν τῶν πυρηνῶν, οἱ πυρήνες θά διαλύονταν αὐτόματα σέ ἀνεξάρτητα πρωτόνια καί νετρόνια. Μέ τή σκέψη αὕτη θά ὑπῆρχαν μόνο άτομα ὑδρογόνου στή φύση.



Σχ. 3. Ἡ ἔλξη τοῦ πυρήνα δημιουργεῖ τήν ἀπαραίτητη κεντρομόλο δύναμη

Από αυτά συμπεραίνουμε ότι μεταξύ των συστατικών των πυρήνων πρέπει να αναπτύσσονται και άλλες δυνάμεις, που είναι έλκτικές και ισχυρότερες από τις ηλεκτρικές. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται **πυρηνικές**. Οι πυρηνικές δυνάμεις εξασφαλίζουν τη σταθερότητα των πυρήνων των ατόμων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Στοιχείο	Ισότοπα άτομα
"Ήλιο	2He^3 , 2He^4
Λίθιο	3Li^6 , 3Li^7
"Ανθρακας	6C^{12} , 6C^{13} , 6C^{14}
"Αζωτο	7N^{14} , 7N^{15} , 7N^{16}

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κάθε άτομο έχει έναν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων. Τά ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα και συγχρόνως στροβιλίζονται γύρω από τον άξονά τους.
- Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια που είναι θετικά φορτισμένα και νετρόνια που είναι ουδέτερα. Τό πλήθος των πρωτονίων είναι ίσο μέ τό πλήθος των ηλεκτρονίων στά ουδέτερα άτομα καί λέγεται ατομικός αριθμός. Τό σύνολο των πρωτονίων καί νετρονίων λέγεται μαζικός αριθμός.
- Ατομα που έχουν τόν ίδιο ατομικό αριθμό καί διαφορετικό μαζικό, λέγονται ισότοπα άτομα.
- Τά ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα χάρη στίς έλκτικές δυνάμεις που δέχονται από τόν πυρήνα. Τά πρωτόνια καί νετρόνια συγκρατούνται στόν πυρήνα χάρη στίς πυρηνικές δυνάμεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Σέ τί διαφέρουν μεταξύ τους τά ισότοπα άτομα;
- α) Πόσο είναι τό μοριακό βάρος του 1H_2 καί πόσο του 1H_2 ; β) "Αν σέ ένα δοχείο Α υπάρχουν ένα γραμμομόριο πρωτίου (1H_2) καί σέ ένα άλλο δοχείο Β υπάρχουν ένα γραμμομόριο δευτερίου (1H_2), πόσα γραμμάρια υδρογόνου υπάρχουν στό Α καί πόσα στό Β;
- Τό άτομο του Na έχει 11 πρωτόνια καί 12 νετρόνια στόν πυρήνα του. α) Πόσος είναι ό ατομικός καί ό μαζικός αριθμός του; β) Πώς θα συμβολίσουμε τό ισότοπο αυτό του νατρίου;
- Ποιές δυνάμεις συγκρατούν α) τά ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα καί β) τά πρωτόνια καί νετρόνια μέσα στόν πυρήνα; Ποιές από τίς δυνάμεις αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε μέ τό νόμο του Coulomb;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

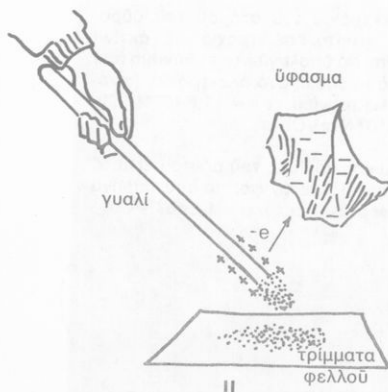
- Τό ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου κινείται σέ τροχιά μέ ακτίνα $6 \cdot 10^{-11}\text{m}$. Να υπολογίσετε τή δύναμη που ασκεί ό πυρήνας στό ηλεκτρόνιο. (φορτίο ηλεκτρονίου $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{Cb}$, $K = 9 \cdot 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{Cb}^2$)
- Ο ατομικός αριθμός του αζώτου είναι 7. Να υπολογίσετε τό φορτίο του πυρήνα του. (φορτίο ηλεκτρ. $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{Cb}$).

ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ – ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ

ΜΟΝΩΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



I



II

Σχ. 1. Κατά την ηλεκτρίση φεύγουν ηλεκτρόνια από το ένα σώμα και πηγαίνουν στο άλλο

I. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Στήν προηγούμενη ενότητα μάθαμε ότι τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα αρνητικά και οι πυρήνες των ατόμων φορτισμένοι θετικά. Το σύνολο των θετικών φορτίων σε κάθε άτομο είναι ίσο με το σύνολο των αρνητικών φορτίων, με αποτέλεσμα τα άτομα – άρα και τα υλικά σώματα – να παρουσιάζονται ηλεκτρικά ουδέτερα. Για να ηλεκτρισθεί (φορτισθεί) ένα σώμα πρέπει να διαταραχθεί η ισορροπία των θετικών και αρνητικών του φορτίων. Με άλλα λόγια πρέπει να δημιουργηθεί πλεόνασμα αρνητικού ή θετικού φορτίου. Αυτό το πλεόνασμα ηλεκτρικού φορτίου σε ένα σώμα, μπορεί να γίνει με **πρόσληψη ή αποβολή ηλεκτρονίων**.

1. Στην περίπτωση που τρίβουμε μία γυάλινη ράβδο με μάλλινο ύφασμα, φεύγουν από τη ράβδο ηλεκτρόνια και μεταβαίνουν στο ύφασμα (Σχ. 1). Έτσι η ράβδος φορτίζεται θετικά και το ύφασμα αρνητικά.

2. Στην ηλεκτρική φόρτιση του ηλεκτροσκοπίου με επαγωγή (17η ενोट.) γίνεται μετακίνηση ηλεκτρονίων από το στέλεχος προς το σώμα μας, γιατί η ράβδος που προκαλεί την ηλεκτρίση είναι αρνητικά φορτισμένη. Έτσι το στέλεχος φορτίζεται θετικά. Άρα:

Η ηλεκτρίση ενός σώματος γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων από το σώμα προς το περιβάλλον του ή και αντίστροφα.

II. ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΕΣ

Η ράβδος από έβονιτη, ή γυάλινη ράβδος, το μάλλινο ύφασμα κτλ., όταν φορτίζονται, διατηρούν τα φορτία ακίνητα στη θέση που πρωτοεμφανίζονται. Αντίθετα, το μεταλλικό στέλεχος του ηλεκτροσκοπίου, καθώς και το σώμα μας, επιτρέπουν στα φορτία να κινηθούν. Έτσι, αν αγγίσουμε ένα φορτισμένο ηλεκτροσκόπιο με το δαχτυλό μας, το ηλεκτροσκόπιο εκφορτίζεται.

Τά υλικά πού επιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικῶν φορτίων μέσα στή μάζα τους λέγονται **ἀγωγοί** τοῦ ηλεκτρισμοῦ καί ἐκεῖνα πού δέν ἐπιτρέπουν τήν κίνηση τῶν φορτίων λέγονται **μονωτές**.

Συχνά οἱ μονωτές ὀνομάζονται καί **κακοὶ ἀγωγοί** τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

Μέ ἓνα ηλεκτροσκόπιο μπορούμε εὐκόλα νά διαπιστώσουμε ποιά υλικά εἶναι ἀγωγοί καί ποιά μονωτές (Σχ. 2).

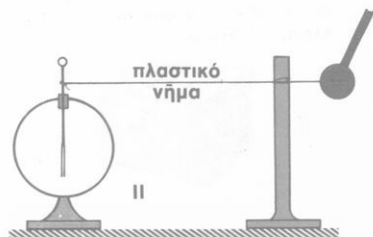
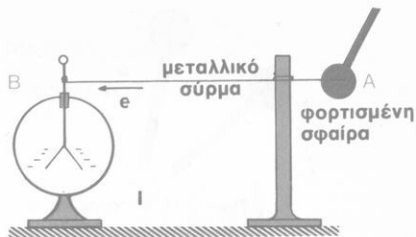
Συνδέουμε ἓνα μεταλλικό σύρμα μέ τό στέλεχος ἑνός ηλεκτροσκοπίου καί ἀκουμπᾶμε στό ἄλλο ἄκρο του μία φορτισμένη μεταλλική σφαῖρα. Παρατηροῦμε ὅτι τά φύλλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν (Σχ. 2, I). Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι τό μεταλλικό σύρμα ἄφησε νά περάσουν ηλεκτρικά φορτία μέσα ἀπό τή μάζα του καί νά μεταβοῦν ἀπό τή φορτισμένη σφαῖρα στό στέλεχος τοῦ ηλεκτροσκοπίου.

Ἄν ἐπαναλάβουμε τό ἴδιο πείραμα μέ ἓνα πλαστικό νήμα, θά παρατηρήσουμε ὅτι τά φύλλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου δέν ἀποκλίνουν (Σχ. 2, II). Μέ τέτοια πειράματα βρίσκουμε ὅτι τά μέταλλα, τό σῶμα μας, τά διαλύματα ηλεκτρολυτῶν κτλ. εἶναι ηλεκτρικοί ἀγωγοί. Ἀντίθετα, τό γυαλί, τά πλαστικά, τά στεγνά ρούχα, τό στεγνό ξύλο κτλ. εἶναι μονωτές.

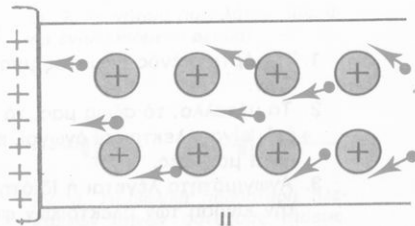
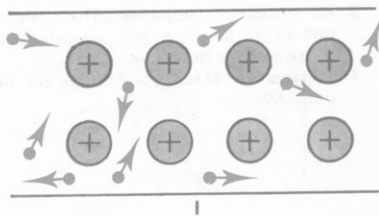
III. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Ἡ ιδιότητα πού ἔχουν τά υλικά νά ἐπιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικῶν φορτίων μέσα ἀπό τή μάζα τους λέγεται **ηλεκτρική ἀγωγιμότητα**.

Στά **μέταλλα** ἡ ἀγωγιμότητα ὀφείλεται σέ ηλεκτρόνια, τά ὁποῖα ἔχουν φύγει ἀπό τά ἄτομα καί κινούνται ἐλεύθερα μέσα στή μάζα τοῦ μετάλλου (Σχ. 3, I). Τά ηλεκτρόνια αὐτά προέρχονται ἀπό τά ἐξωτερικά ηλεκτρόνια τῶν ἀτόμων, δηλ. ἀπό τά **ηλεκτρόνια σθένους** καί ὀνομάζονται **ἐλεύθερα ηλεκτρόνια**. Ὄταν ἀπό ἓνα ἄτομο φεύγουν ηλεκτρόνια, τό ἄτομο φορτίζεται θετικά, γίνεται δηλ. ἓνα **θετικό ἰόν**. Στή μάζα λοιπόν τῶν μετάλλων ὑπάρχουν θετικά ἰόντα καί ἐλεύθερα ηλεκτρόνια. Τά ἰόντα ἔχουν ὀρισμένες θέσεις μέσα στό μέταλλο καί ἐκτελοῦν μικρές δονήσεις γύρω ἀπό αὐτές. Ἀντίθετα, τά ἐλεύθερα ηλεκτρόνια δέν παραμένουν σέ ὀρισμένες θέσεις, ἀλλά κινούνται ἀτακτά ἀνάμεσα



Σχ. 2. Οἱ ἀγωγοί ἐπιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικῶν φορτίων, ἐνῶ οἱ μονωτές ὄχι



Σχ. 3. Ἡ ἀγωγιμότητα τῶν μετάλλων ὀφείλεται στά ἐλεύθερα ηλεκτρόνια



Σχ. 4. Η κίνηση φορτίου προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι λέγεται συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος; Ποιά είναι η πραγματική φορά του ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς;
2. Πότε λέμε ότι ένα σώμα είναι ηλεκτρικά φορτισμένο;
3. Να αναφέρετε παραδείγματα μονωτών που έχετε δει να χρησιμοποιούνται σε διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα.
4. Τι είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια των μετάλλων;

στά ιόντα, όπως περίπου κινούνται τα μόρια ενός αερίου.

Αν ένας μεταλλικός αγωγός έρθει σε επαφή με ένα φορτισμένο σώμα, τότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κινούνται προς την ίδια περίπου κατεύθυνση (Σχ. 3, II). Έτσι μεταφέρεται ηλεκτρικό φορτίο από το ένα άκρο του αγωγού στο άλλο. Άρα:

Η αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια τους.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Στο πείραμα του Σχ. 2, I, το ηλεκτροσκόπιο φορτίζεται γιατί ηλεκτρικά φορτία, που μεταφέρονται με τα ηλεκτρόνια, κινούνται μέσα στο μεταλλικό σύρμα AB, από τη φορτισμένη σφαίρα προς το στέλεχος.

Η κίνηση ηλεκτρικών φορτίων προς κάποια κατεύθυνση ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Σύμφωνα με τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος, ακόμη και η κίνηση ενός φορτισμένου σώματος παράγει κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα (Σχ. 4).

Φορά του ρεύματος. Ως φορά του ηλεκτρικού ρεύματος έχει οριστεί η φορά κινήσεως του θετικού ηλεκτρικού φορτίου που λέγεται συμβατική φορά (Σχ. 4).

Στα **μέταλλα**, η πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος συμπίπτει με τη φορά κινήσεως των ηλεκτρονίων (άρνητικών φορτίων) και είναι αντίθετη προς τη συμβατική φορά του ρεύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η φόρτιση ενός σώματος μπορεί να γίνει με πρόσληψη ή αποβολή ηλεκτρονίων.
2. Τα μέταλλα, το σώμα μας, τα διαλύματα ηλεκτρολυτών, τα βρεγμένα ρούχα κτλ. είναι ηλεκτρικοί αγωγοί, ενώ τα πλαστικά, το γυαλί, το στεγνό ξύλο κτλ. είναι μονωτές.
3. Αγωγιμότητα λέγεται η ιδιότητα που έχουν διάφορα σώματα να επιτρέπουν την κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων μέσα στη μάζα τους.
4. Η κίνηση ηλεκτρικού φορτίου προς κάποια κατεύθυνση λέγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ

I. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Στήν προηγούμενη ενότητα μάθαμε ότι τό μεταλλικό σύρμα, πού φορτίζει τό στέλεχος του ηλεκτροσκοπίου, διαρρέεται γιά λίγο από ηλεκτρικό ρεύμα, όταν άκουμπάμε στό ένα άκρο του τή φορτισμένη σφαίρα. Μόλις όμως φορτισθεί τό στέλεχος καί δημιουργηθεί μία κατάσταση ηλεκτρικής ισορροπίας στά άκρα του άγωγού, παύει ή διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος.

Γιά τή συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σέ έναν άγωγό ή ηλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρικές πηγές.

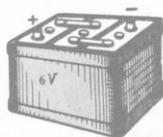
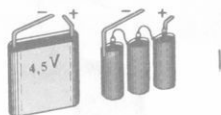
Υπάρχουν διάφορα είδη ηλεκτρικών πηγών. Οι γνωστότερες από αυτές είναι τά ηλεκτρικά στοιχεία καί οι συσσωρευτές πού μετατρέπουν τή χημική ενέργεια σέ ηλεκτρική (Σχ. 1), οι γεννήτριες πού μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σέ ηλεκτρική (Σχ. 2) καί τά φωτοστοιχεία πού μετατρέπουν τή φωτεινή ενέργεια σέ ηλεκτρική. Όταν δύο ή περισσότερα στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους, τότε σχηματίζεται μία ηλεκτρική στήλη.

II. ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ
(Έννοιες)

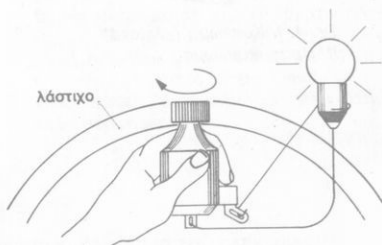
Τό ηλεκτρικό ρεύμα λέγεται συνεχές, όταν έχει διαρκώς τήν ίδια φορά. Αντίθετα, όταν ή φορά του ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικά μέ τό χρόνο, τό ρεύμα όνομάζεται έναλλασσόμενο.

Τά ηλεκτρικά στοιχεία, οι συσσωρευτές καί τά φωτοστοιχεία παράγουν συνεχές ρεύμα, ενώ οι γεννήτριες, ανάλογα μέ τήν κατασκευή τους, μπορούν νά δώσουν συνεχές ή έναλλασσόμενο ρεύμα.

Στά σπίτια μας ως πηγή ρεύματος χρησιμοποιούμε τό ρευματοδότη (κ. πρίζα), αλλά γιά τήν έκτέλεση άπλών πειραμάτων είναι άκατάλληλη πηγή, γιατί α) υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας καί β) γιατί δίνει μόνο έναλλασσόμενο ρεύμα πού δέ χρησιμεύει σέ πολλά πειράματα.



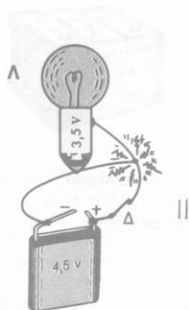
Σχ. 1. I. Ήλεκτρική στήλη μέ τρία στοιχεία. II. Μπαταρία μέ τρία στοιχεία συσσωρευτή



Σχ. 2. Γεννήτρια ποδηλάτου. (παράγει έναλλασσόμενο ρεύμα)



Σχ. 3. Συμβολική παράσταση ηλεκτρικών πηγών συνεχούς τάσεως. (Ένα στοιχείο καί τρία στοιχεία στή σειρά)



Σχ. 4. I. Κύκλωμα (κλειστό)
II. Βραχυκύκλωμα



Σχ. 5. Χημικά αποτελέσματα

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Ένα σύστημα που περιλαμβάνει ηλεκτρικές πηγές, καλώδια, ηλεκτρικές συσκευές και διακόπτη, ονομάζεται **ηλεκτρικό κύκλωμα** (Σχ. 4, I). Ο λαμπτήρας Λ, όπως και κάθε συσκευή που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια, λέγεται **ηλεκτρικός καταναλωτής**.

Όταν ένα κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα λέγεται **κλειστό**, ενώ όταν δε διαρρέεται από ρεύμα λέγεται **ανοιχτό**.

Βραχυκύκλωμα. Είναι δυνατό, μερικές φορές, να συνδεθούν οι πόλοι μιας πηγής κατευθείαν με έναν αγωγό χωρίς να παρεμβάλλεται στο κύκλωμα κατάλληλος ηλεκτρικός καταναλωτής (π.χ. κατάλληλος λαμπτήρας) (Σχ. 4, II). Ένα τέτοιο κύκλωμα ονομάζεται **βραχυκύκλωμα**.

Στό βραχυκύκλωμα περνάει πολύ ρεύμα, που είναι ικανό μερικές φορές να λιώσει τούς αγωγούς ή να προκαλέσει πυρκαγιά.

Για να αποφεύγονται οι καταστροφικές συνέπειες από τα βραχυκυκλώματα, σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή συσκευές, υπάρχουν κατάλληλες **ασφάλειες**, που διακόπτουν το κύκλωμα στην κατάλληλη χρονική στιγμή.

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από την ύλη, φέρνει ορισμένα αποτελέσματα, τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι τα θερμικά, τα μαγνητικά, τα μηχανικά και τα βιολογικά αποτελέσματα.

α) Θερμικά αποτελέσματα

Τα θερμικά αποτελέσματα του ρεύματος είναι ίσως από τα πιο φανερά και γνωστά φαινόμενα του ρεύματος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι ηλεκτρικές θερμάστρες, οι ηλεκτρικές κουζίνες κτλ. λειτουργούν χάρη στη θερμότητα που προκαλεί το ρεύμα όταν διέρχεται μέσα από τούς αγωγούς. Στις περιπτώσεις αυτές η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.

β) Χημικά αποτελέσματα

Μέσα σε ποτήρι που περιέχει διάλυμα χλωριούχου νατρίου, βυθίζουμε δύο χάλκινα καλώδια (ηλεκτρόδια) που έχουμε συνδέσει με τούς πόλους μιας πηγής συνεχούς ρεύματος και παρατηρούμε ότι πάνω στο άρνητικό ηλεκτρό-

διο έλευθερώνονται φουσαλίδες αερίου (Σχ. 5). Από αυτό συμπεραίνουμε ότι τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται από διαλύματα ηλεκτρολυτών, προξενεί χημικές μεταβολές, δηλ., χημικά φαινόμενα.

γ) Μαγνητικά αποτελέσματα

Τοποθετούμε έναν άγωγο παράλληλα προς μία μαγνητική βελόνα, που ισορροπεί με διεύθυνση «βορράς - νότος» (Σχ. 6) και διοχετεύουμε ηλεκτρικό ρεύμα στον άγωγο. Παρατηρούμε ότι ή βελόνα στρέφεται καί τείνει νά γίνει κάθετη προς τόν άγωγο. Τό γεγονός αυτό φανερώνει ότι τό ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί νά ασκήσει δυνάμεις σέ μαγνήτες, δηλ. νά φέρει μαγνητικά αποτελέσματα.

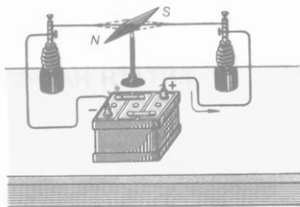
δ) Μηχανικά αποτελέσματα

Παρόμοιες δυνάμεις μέ αυτές που κινούν ή μαγνητική βελόνα βάζουν σέ λειτουργία τούς ηλεκτρικούς κινητήρες (άνεμιστήρες κτλ.), όταν αυτοί συνδέονται μέ τήν ηλεκτρική πηγή. Έτσι ή ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σέ μηχανική.

ε) Βιολογικά αποτελέσματα

Τέλος τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται από τό ανθρώπινο σώμα ή τό σώμα τών ζώων, προκαλεί βιολογικά αποτελέσματα, τά όποια είναι δυνατό νά προξενήσουν καί τό θάνατο.

Μερικά από τά αποτελέσματα αυτά είναι: εγκαύματα, χημικές αποσυνθέσεις καί τέτανος τών μυών.



Σχ. 6. Μαγνητικά αποτελέσματα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί μετατροπές ενέργειας γίνονται α) μέ ένα ηλεκτρικό στοιχείο β) μέ μία γεννήτρια καί γ) μέ έναν ηλεκτρικό κινήτηρα;
2. Για ποιούς λόγους ή πρίζα είναι ακάταλλη νά χρησιμοποιηθεί ως πηγή ρεύματος σέ κοινά πειράματα;
3. Τί είναι ηλεκτρικός καταναλωτής; Νά αναφέρετε μερικά παραδείγματα.
4. Τί βλάβες μπορεί νά προξενήσει τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται από έναν οργανισμό;
5. Σας λένε νά μετατρέψετε α) τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ χημική, β) τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ φωτεινή, γ) τή φωτεινή ενέργεια σέ ηλεκτρική καί δ) τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ μηχανική. Τί συσκευή θά χρησιμοποιήσετε στήν κάθε περίπτωση;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί ηλεκτρικές πηγές εξασφαλίζουν τήν αδιάκοπη κυκλοφορία του ηλεκτρικού ρεύματος στά ηλεκτρικά κυκλώματα. Διακρίνονται σέ ηλεκτρικά στοιχεία, συσσωρευτές, γεννήτριες, φωτοστοιχεία κτλ.
2. Τό συνεχές ρεύμα έχει σταθερή φορά, ενώ τό έναλλασσόμενο μεταβάλλει ή φορά του περιοδικά μέ τό χρόνο.
3. Ένα κύκλωμα λέγεται κλειστό όταν διαρρέεται από ρεύμα καί ανοιχτό όταν δέ διαρρέεται. Άν συμβεί νά συνδεθεί ανάμεσα στούς πόλους ηλεκτρικής πηγής ένας άγωγός, χωρίς νά παρεμβάλλεται ηλεκτρικός καταναλωτής, έχουμε βραχυκύκλωμα.
4. Τά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι θερμικά, χημικά, μαγνητικά, βιολογικά καί μηχανικά.

ΕΝΤΑΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ – ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Ι. ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι ανάλογο προς τό ρεύμα ενός ποταμού ή τή ροή νερού μέσα σέ σωλήνα. Στην περίπτωση τής ροής νερού σέ σωλήνα δέ μās ενδιαφέρει ή όλική ποσότητα του νερού, πού υπάρχει στό σωλήνα, αλλά ή ποσότητα του νερού πού περνάει από κάποια διατομή του σωλήνα στή μονάδα του χρόνου, δηλ. ή παροχή του σωλήνα. Τό ανάλογο μās ενδιαφέρει καί στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ. μās ενδιαφέρει νά γνωρίζουμε τήν ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου q πού περνάει από κάποια διατομή του αγωγού στή μονάδα του χρόνου. Τό μέγεθος αυτό πού μετράει τήν ηλεκτρική «παροχή» ενός αγωγού ονομάζεται **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος** καί ορίζεται ως εξής:

«Ένταση i του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο του φορτίου q , πού περνάει από κάποια διατομή του αγωγού σέ χρόνο t , προς τό χρόνο αυτό.

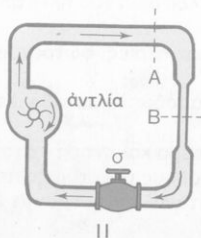
$$\text{Δηλαδή: } i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Σέ κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα ή ένταση του ρεύματος έχει τήν ίδια τιμή σέ όλα τά σημεία του κυκλώματος, δηλ. όσο φορτίο περνάει από τή διατομή Α τόσο περνάει στόν ίδιο χρόνο καί από τή διατομή Β. Άν δέ συνέβαινε αυτό, θά είχαμε διαρκή συσσώρευση ηλεκτρικού φορτίου σέ κάποιο από τά σημεία του αγωγού, γεγονός πού ούδέποτε έχει παρατηρηθεί.

Άν δίνεται ή ένταση i σέ ένα κύκλωμα, μπορούμε νά υπολογίσουμε τό φορτίο q πού περνάει από κάποια διατομή Α του κυκλώματος, λύνοντας τήν παραπάνω εξίσωση ως προς q .

$$q = i \cdot t \quad (2)$$

Μονάδα έντάσεως ήλ. ρεύματος. Στο Διεθνές Σύστημα μονάδων ως μονάδα έντάσεως



Σχ. 1. Η ροή του ηλεκτρικού φορτίου σέ αγωγό μοιάζει μέ τή ροή ύγρου σέ σωλήνα.

χρησιμοποιείται τό **1 Ampere (1A)** (Άμπέρ). Τό 1 Ampere μαζί μέ τό 1m (μέτρο), τό 1kg (χιλιόγραμμα), τό 1sec καί μερικές άλλες μονάδες αποτελούν τίς θεμελιώδεις μονάδες του Διεθνούς Συστήματος (SI Units).

Στήν πράξη χρησιμοποιούνται συχνά πολλαπλάσια καί υποπολλαπλάσια τής μονάδας A, ανάλογα μέ τήν τιμή τής εντάσεως (π.χ. $1mA = 10^{-3}A$, $1\mu A = 10^{-6}A$ κτλ.).

Από τόν τύπο (1) μπορούμε νά βρούμε τή σχέση πού συνδέει τή μονάδα φορτίου (**1 Cb**) μέ τή μονάδα εντάσεως (**1A**). Η σχέση αυτή είναι: $1A = 1Cb/sec$ ή $1Cb = 1A \cdot sec$.

Η δεύτερη σχέση μπορεί νά χρησιμοποιηθεί καί γιά τόν **όρισμό** τής μονάδας φορτίου, ή όποία στό Διεθνές Σύστημα είναι παράγωγος μονάδα (παράγεται από τό 1A καί τό 1sec).

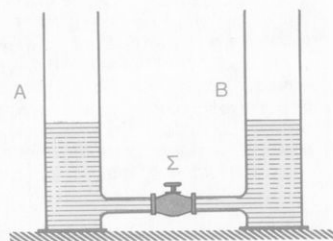
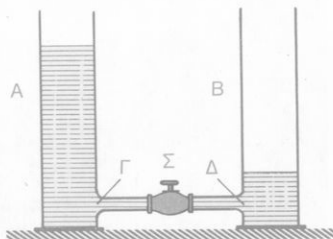
Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετρίεται μέ ειδικά όργανα πού λέγονται **άμπερόμετρα**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (προσεγγιστικά)

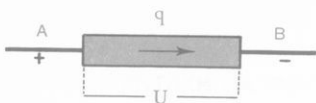
Κρυσταλλοαυχνίες (Transistors)	5 mA
Λαμπτήρας φανού τσέπης	0,2 A
Λαμπτήρες φωτισμού (100W)	≈0,5 A
Θερμοσίφωνας	10 A
Κεραυνός	20 KA

II. ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ή ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ

α. Αιτία του ηλεκτρικού ρεύματος. Γιά νά καταλάβουμε τήν αιτία πού προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα σέ έναν άγωγό, θά αναφέρουμε ένα υδραυλικό παράδειγμα. Άς υποθέσουμε ότι έχουμε δύο δοχεία A καί B συνδεμένα μέ ένα σωλήνα όριζόντιο καί τοποθετημένο κοντά στή βάση τους. Βάζουμε νερό καί στά δύο δοχεία, αλλά φροντίζουμε ή στάθμη του νερού στό ένα δοχείο νά είναι ψηλότερα από τό άλλο. Επίσης, γιά νά κινείται τό νερό μόνο όταν θέλουμε έμεις, τοποθετούμε ένα διακόπτη Σ (στροφίγγα) στό σωλήνα (Σχ. 2). Όταν ανοίγουμε τή στροφίγγα, παρατηρούμε ότι τό νερό ρέει από τό δοχείο A πρós τό δοχείο B, κι αυτό γιατί στά άκρα Γ καί Δ του σωλήνα υπάρχει **διαφορά πιέσεως**. (Η ύδροστατική πίεση στό Γ είναι μεγαλύτερη από τήν πίεση στό Δ). Τό αίτιο, λοιπόν,



Σχ. 2. Αιτία τής ροής ύγρου σέ σωλήνα είναι ή διαφορά πιέσεως στά άκρα του



Σχ. 3. Αίτια της ροής φορτίου είναι η διαφορά δυναμικού U

της ροής του νερού μέσα στο σωλήνα, είναι η διαφορά πιέσεως στα άκρα του.

Κατά ανάλογο τρόπο τό αίτιο της κυκλοφορίας ηλεκτρικού ρεύματος σέ έναν άγωγό ή σέ ένα κύκλωμα (π.χ. στόν άγωγό AB τού Σχ. 3), είναι η **διαφορά δυναμικού** στα άκρα του A καί B, πού συμβολίζεται μέ τό γράμμα U . Άρα:

Ή διαφορά δυναμικού ή ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός άγωγού είναι τό αίτιο τού ηλεκτρικού ρεύματος στόν άγωγό.

β. Όρισμός της διαφοράς δυναμικού. Ένα από τά άποτελέσματα τού ηλεκτρικού ρεύματος, όταν περνάει μέσα από άγωγούς, είναι η παραγωγή θερμότητας. Αυτό φανερώνει ότι κατά τήν κίνηση ηλεκτρικού φορτίου, από ένα σημείο ενός άγωγού σέ άλλο, παράγεται έργο, πού μετατρέπεται σέ θερμότητα.

Άς υποθέσουμε ότι κάποιο φορτίο q μετακινείται από τό άκρο A στό άκρο B ενός άγωγού καί ότι τό έργο πού παράγεται κατά τή μετακίνηση αυτή είναι W . Τό πηλίκο W/q όρίζεται ως διαφορά δυναμικού U μεταξύ τών σημείων A καί B. Έπομένως:

Διαφορά δυναμικού U μεταξύ δύο σημείων άγωγού όνομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τού έργου W , πού παράγεται κατά τήν κίνηση φορτίου q από τό ένα σημείο στό άλλο, διά τού φορτίου q .

Δηλαδή:

$$U = \frac{W}{q} \quad (3)$$

γ. Μονάδες τάσεως. Μονάδα ηλεκτρικής τάσεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό **1Volt (1V)** καί βρίσκεται από τόν παραπάνω τύπο:

$$1\text{Volt} = \frac{1\text{Joule}}{1\text{Coulomb}} \quad (1\text{V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{Cb}})$$

Θά λέμε ότι μεταξύ δύο σημείων A καί B άγωγού υπάρχει διαφορά δυναμικού 1 Volt, όταν παράγεται έργο 1 Joule κατά τή μετακίνηση φορτίου 1Cb μεταξύ τών σημείων αυτών. Έκτός από τό 1V χρησιμοποιούνται επίσης πολλαπλάσια καί υποπολλαπλάσια της μονάδας, π.χ.

$$1\text{mV} = 10^{-3} \text{ V}, \quad 1\text{KV} = 10^3 \text{ V κτλ.}$$

Ή ηλεκτρική τάση μεταξύ δύο σημείων μετριέ-

ται μέ ειδικά όργανα πού λέγονται **βολτόμετρα**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Φωτοστοιχείο	0,2 V
Ξηρό Στοιχείο	1,5 V
Συσσωρευτής αύτοκινήτου (6 στοιχεία)	12 V
Ήλεκτρικό δίκτυο οικιών (έναλλασ.)	220 V
Τάση λειτουργίας ηλεκτρ. σιδηροδρόμου (συνεχές)	500 V
Τάση κεραυνού	100 MV

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος όρίζεται από τον τύπο $i = q/t$. Οι μονάδες έντάσεως είναι τό 1A, 1mA, 1KA κτλ.
2. Ή διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ενός άγωγοϋ είναι ή αίτία πού προκαλεί τό ήλεκτρικό ρεύμα στον άγωγό καί όρίζεται από τον τύπο $U = W/q$. Μονάδες δ.δ. είναι τό 1V = 1Joule/Cb, τό 1mV κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

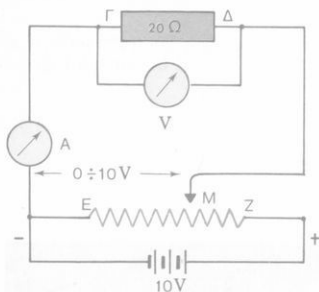
1. Ποιές από τίς παρακάτω μονάδες του Διεθνούς Συστήματος είναι θεμελιώδεις καί ποιές παράγωγες: 1A, 1V, 1Cb; Πώς όρίζονται οι παράγωγες αυτές μονάδες;
2. Τί είναι ή διαφορά δυναμικού καί πώς όρίζεται;
3. Νά αποδείξετε ότι τό έργο W πού παράγεται σέ χρόνο t στον άγωγό AB του Σχ. 3, όταν διαρρέεται από ρεύμα i, δίνεται από τον τύπο $W = iUt$.
4. Τό φορτίο πού περνάει από τή διατομή B (Σχ. 1) είναι λιγότερο, περισσότερο ή ίσο μέ τό φορτίο πού περνάει από τή διατομή A στον ίδιο χρόνο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. "Αν ή ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα του Σχ. 1 είναι 0,5 A, νά υπολογίσετε τό ήλεκτρικό φορτίο πού περνάει από τή διατομή A σέ χρόνο 6min.
2. Ή διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A καί B ενός άγωγοϋ είναι 20 Volt καί τό φορτίο πού μετακινείται από τό A στο B είναι 15,5 Cb. Πόσο έργο παράγεται κατά τή μετακίνηση αυτή;
3. Ή ένταση του ρεύματος στον άγωγό AB του Σχ. 3 είναι 0,4A καί ή διαφορά δυναμικού U στα άκρα του είναι 6V. Νά υπολογιστούν τό φορτίο q πού διέρχεται από τή διατομή A σέ χρόνο 3min καί τό έργο πού παράγεται κατά τή μετακίνηση του φορτίου αυτού από τό A στο B.

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

Ι. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ



Σχ. 1. Όταν η επαφή M μετακινείται από το E στο Z , η τάση στα άκρα του αγωγού μεταβάλλεται από 0 V έως 10 V

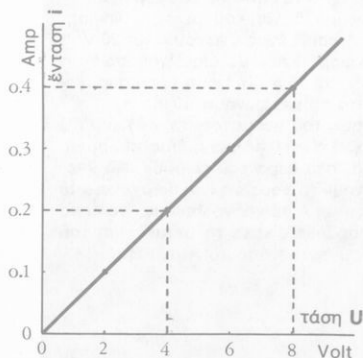
Συνδέουμε έναν αγωγό ΓΔ σε σειρά με ένα άμπερόμετρο A και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζουμε διάφορες τάσεις (π.χ. από 0 έως 10 V) (Σχ. 1). Με το άμπερόμετρο A μετράμε την ένταση του ρεύματος που περνάει μέσα από τον αγωγό ΓΔ και με ένα βολτόμετρο V μετράμε την τάση που επικρατεί στα άκρα του αγωγού.

Στή συνέχεια μεταβάλλουμε την τάση και παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται και το ρεύμα του κυκλώματος.

Ας υποθέσουμε ότι, όταν η τάση $U_{\Gamma\Delta}$ είναι 2 V , η ένταση του ρεύματος είναι $0,1\text{ A}$. Τότε, αν η τάση γίνει 4 V , παρατηρούμε ότι η ένταση γίνεται $0,2\text{ A}$ κ.ο.κ. Με ένα τέτοιο πείραμα συμπληρώνουμε τον πίνακα τιμών I .

ΠΙΝΑΚΑΣ I

$U_{\Gamma\Delta}$ σέ Volt	i σέ Amp.	U/i σέ Ohm
0	0	—
2	0,1	20
4	0,2	20
6	0,3	20
8	0,4	20



Σχ. 2. Γραφική παράσταση της έντασης i σε συνάρτηση με την τάση U

Στή συνέχεια παριστάνουμε γραφικά τα ζεύγη τιμών (U, i) σε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων και παρατηρούμε ότι τα διάφορα σημεία βρίσκονται (περίπου) σε $\epsilon \cup \theta \epsilon \iota \alpha$ γραμμή (Σχ. 2). Από το διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι:

‘Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό είναι ανάλογη προς την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του αγωγού.

‘Η πρόταση αυτή αποτελεί τή διατύπωση του νόμου του Ohm (‘ Ωm). (Στό ίδιο συμπέρασμα, δηλ. ότι η ένταση είναι ανάλογη προς την τάση, μπορούμε να καταλήξουμε κατευθείαν και από τον πίνακα των τιμών, όταν οι τιμές αυτές είναι αριθμοί άκεραιοι ή άπλοι δεκαδικοί).

Από τον πίνακα των τιμών παρατηρούμε

επίσης ότι ο λόγος U/i παραμένει **σταθερός**, ανεξάρτητα από τις τιμές που παίρνει ή τάση στα άκρα του αγωγού.

Ο λόγος αυτός μεταβάλλεται μόνο όταν τοποθετούμε άλλο αγωγό μεταξύ Γ και Δ .

Ο σταθερός λόγος $\frac{U}{i}$ εκφράζει ένα νέο φυσικό μέγεθος που ονομάζεται **αντίσταση του αγωγού** και συμβολίζεται με τό γράμμα R .

$\text{αντίσταση} = \frac{\text{τάση}}{\text{ένταση}} \quad R = \frac{U}{i} \quad (1)$
--

Η σχέση αυτή αποτελεί τή συμβολική διατύπωση του νόμου του Ohm και μπορεί νά γραφεί και ως εξής:

$i = \frac{U}{R}$	Νόμος του Ohm
-------------------	----------------------

Στά διάφορα διαγράμματα κυκλωμάτων ή αντίσταση εικονίζεται με τό σύμβολο του Σχ.3.

Μέ τόν όρο «αντίσταση» έννοούμε τή δυσκολία πού συναντάει τό ρεύμα στό πέρασμά του μέσα από τόν αγωγό. Όσο μεγαλύτερη είναι ή αντίσταση του αγωγού, τόσο μικρότερη ένταση ρεύματος περνάει μέσα από τόν αγωγό, άν ή τάση στα άκρα του αγωγού διατηρείται σταθερή.

Επίσης μέ τόν ίδιο όρο «αντίσταση» έννοούμε και τόν αγωγό πού χρησιμοποιούμε για νά βάζει έμπόδιο στό ρεύμα. Για τήν περίπτωση αυτή τελευταία χρησιμοποιείται ό όρος **αντιστάτης**. Στό έμπόριο κυκλοφορούν αντιστάτες μέ διάφορες τιμές αντιστάσεως πού είναι γραμμένες πάνω στόν αντιστάτη είτε μέ αριθμούς, είτε μέ ειδικό κώδικα χρωμάτων (Σχ. 4) (βλ. κώδικα χρωμάτων τέλος βιβλίου).

Μονάδα αντιστάσεως. Η μονάδα αντιστάσεως στό Διεθνές Σύστημα λέγεται Ohm (Ω) και όρίζεται από τήν εξίσωση (1), άν βάλουμε $U = 1V$ και $i = 1A$. Δηλ.

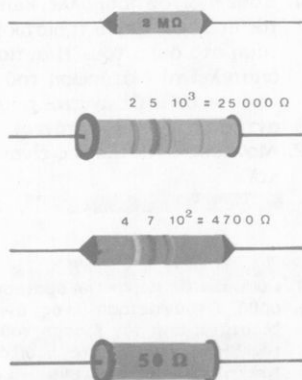
$$1\text{Ohm} = \frac{1\text{Volt}}{1\text{Amp.}} \quad \text{ή} \quad 1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (2)$$

Αναλύοντας μέ λόγια τόν τύπο (2) μπορούμε νά πούμε ότι:

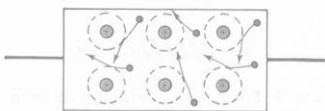
1Ω είναι ή αντίσταση εκείνου του αγωγού πού διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 1A, όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 1V.



Σχ. 3. Σύμβολο ηλεκτρικής αντίστασης



Σχ. 4. Μορφές αντιστάσεων (ή αντιστατών)



Σχ. 5. Οι συγκρούσεις δημιουργούν αντίσταση στην κίνηση των ηλεκτρονίων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένας άγωγός αντίστασης $2,4 \Omega$ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $0,5 \text{ A}$. Νά βρεθεί η ηλεκτρική τάση στα άκρα του.
2. Στα άκρα ενός άγωγού αντίστασης 20Ω εφαρμόζεται τάση 4 V . Νά υπολογιστεί η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει.
3. Στα άκρα ενός άγωγού εφαρμόζεται τάση $U = 12 \text{ V}$, όποτε ο άγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $i = 0,3 \text{ A}$. Πόση είναι η αντίσταση του άγωγού;

Έκτός από τό 1Ω χρησιμοποιούνται και τα εξής πολλαπλάσια της μονάδας:

$$1 \text{ κιλοώμ (1 kilohm)} = 1 \text{ K}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ μεγαώμ (1 megohm)} = 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

II. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

Η αγωγιμότητα των μετάλλων, ως γνωστό, οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται ανάμεσα από τα ιόντα του μετάλλου (Σχ. 5). Η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων δεν είναι τελείως ελεύθερη, γιατί υπάρχουν τα ιόντα, μέ τα οποία «συγκρούονται» τα ηλεκτρόνια, συναντώντας έτσι μία δυσκολία, ένα είδος τριβής στην κίνησή τους. Αυτή η δυσκολία που συναντούν τα ηλεκτρόνια αποτελεί την αντίσταση του άγωγού. Συνεπώς:

Η ηλεκτρική αντίσταση των μεταλλικών άγωγών οφείλεται στις συγκρούσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων με τα ιόντα των άγωγών.

Αποτέλεσμα των συγκρούσεων αυτών είναι η παραγωγή θερμότητας. Γι' αυτό, όταν ένας άγωγός διαρρέεται από ρεύμα, θερμαίνεται.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Κάθε άγωγός προβάλλει κάποια αντίσταση (έμπόδιο) στη διέλευση του ρεύματος που είναι χαρακτηριστική για τον άγωγό και ανεξάρτητη από την ηλεκτρική τάση στα άκρα του. Η αντίσταση αυτή R ισούται με $R = U/i$. Η σχέση αυτή αποτελεί τη διατύπωση του νόμου του Ohm, που γράφεται συχνά ως εξής:

$$i = U/R$$
Οι άγωγοί που παρεμβάλλουν αντίσταση στο ρεύμα λέγονται αντιστάσεις (ή αντιστάτες).
2. Μονάδες αντιστάσεως είναι τό $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$, τό $1 \text{ K}\Omega = 10^3 \Omega$, τό $1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$ κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά από τις παρακάτω προτάσεις είναι όρθή; Η αντίσταση ενός άγωγού α) εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος, β) εξαρτάται από την τάση στα άκρα του άγωγού γ) εξαρτάται μόνο από τον άγωγό και είναι ανεξάρτητη της τάσεως ή της έντασεως του ρεύματος.
2. Τι έννοούμε λέγοντας ότι ένας άγωγός έχει αντίσταση 1Ω ;
3. Τα ζεύγη τιμών (U, i) από ένα πείραμα είναι $(3,2)$, $(6,4)$, $(9,6)$, $(12,8)$ κτλ. Νά τά παραστήσετε γραφικά και νά βρείτε την αντίσταση του άγωγού. (Η τάση μετριέται σε V και η ένταση σε mA).
4. Ποῦ οφείλεται η ηλεκτρική αντίσταση των μεταλλικών άγωγών;

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ – ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Ι. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

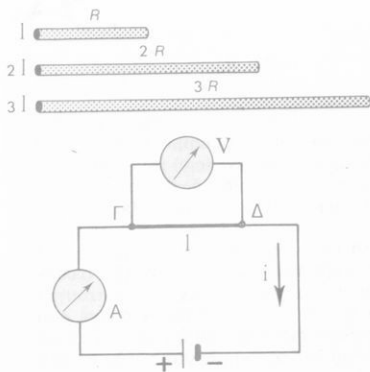
Η ηλεκτρική αντίσταση των αγωγών, όπως θα δούμε παρακάτω, εξαρτάται από τις διαστάσεις τους και από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντίσταση των αγωγών που έχουν τη μορφή σύρματος με σταθερή διατομή (έμβασδο τομής).

α. Σχέση μήκους και αντίστασης. Παίρνουμε ένα λεπτό σύρμα, π.χ. από χρωμονικελίνη, και κόβουμε τρία κομμάτια με μήκος l το πρώτο, $2l$ το δεύτερο και $3l$ το τρίτο (Σχ. 1). Στη συνέχεια με τη βοήθεια μίας πηγής, ενός αμπερομέτρου και ενός βολτομέτρου υπολογίζουμε την αντίσταση του κάθε σύρματος, εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm ($R = U/I$). Από το πείραμα αυτό βρίσκουμε ότι, όταν διπλασιάζεται το μήκος του αγωγού, διπλασιάζεται και η αντίσταση, όταν τριπλασιάζεται το μήκος τριπλασιάζεται και η αντίσταση κ.ο.κ. Επομένως:

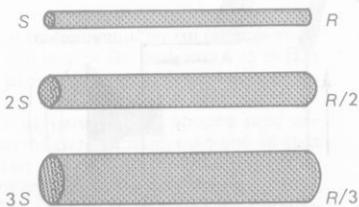
Η αντίσταση ενός αγωγού, που έχει σταθερή διατομή, είναι ανάλογη προς το μήκος του αγωγού.

β. Σχέση διατομής και αντίστασης. Παίρνουμε και πάλι ένα μεταλλικό σύρμα και κόβουμε μερικά κομμάτια που να έχουν το ίδιο μήκος l (Σχ. 2). Ύστερα με τη βοήθεια του νόμου του Ohm υπολογίζουμε τις αντιστάσεις των κομματιών και βρίσκουμε ότι, όταν τα κομμάτια είναι μονά (διατομή S), έχουν αντίσταση R , όταν είναι διπλά (διατομή $2S$), έχουν αντίσταση $R/2$ και όταν είναι τριπλά (διατομή $3S$), έχουν αντίσταση $R/3$. Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

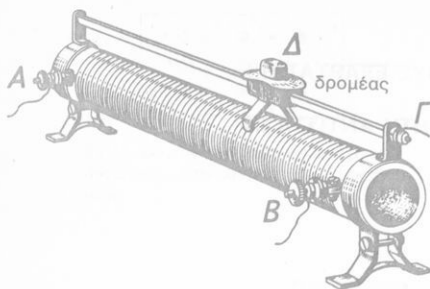
Η αντίσταση ενός αγωγού, με σταθερό μήκος, είναι αντίστροφως ανάλογη προς τη διατομή S του αγωγού.



Σχ. 1. Η αντίσταση του σύρματος εξαρτάται από το μήκος του



Σχ. 2. Η αντίσταση του σύρματος εξαρτάται από τη διατομή του



Σχ. 3. Μεταβλητή αντίσταση

Βέβαια και στις τρεις περιπτώσεις το υλικό του σύρματος παραμένει το ίδιο.

γ. **Σχέση υλικού και αντίστασης.** Παίρνουμε δύο σύρματα με το ίδιο μήκος και την ίδια διατομή, αλλά κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό. Μετράμε τις αντιστάσεις και βρίσκουμε ότι είναι διαφορετικές. Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η αντίσταση ενός αγωγού εξαρτάται από το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένος.

Συγκεντρώνοντας όλα τα προηγούμενα συμπεράσματα μπορούμε να γράψουμε τον εξής τύπο:

$\text{αντίσταση αγωγού} = \text{σταθερά} \times \frac{\text{μήκος αγωγού}}{\text{διατομή αγωγού}}$

(1)

$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$

Ο συντελεστής ρ είναι χαρακτηριστικός για κάθε υλικό και ονομάζεται **ειδική αντίσταση** του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός.

Μονάδα ειδικής αντίστασης. Λύνουμε τον τύπο (1) ως προς ρ και βρίσκουμε:

$$(2) \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

Αν στον τύπο αυτό βάλουμε $R = 1\Omega$, $S = 1\text{m}^2$ και $l = 1\text{m}$, βρίσκουμε ότι $\rho = 1\Omega \cdot \text{m}$.

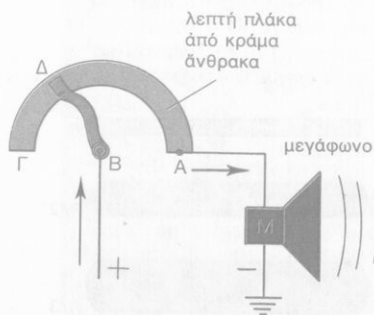
Αρα η μονάδα της ειδικής αντίστασης στο Διεθνές Σύστημα μονάδων είναι τό:

$$1\Omega \cdot \text{m}$$

(π.χ. λέμε ότι η ειδική αντίσταση σιδήρου είναι $\rho = 10 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$). Εκτός από τη μονάδα αυτή συχνά χρησιμοποιείται και η μονάδα $1\Omega \cdot \text{cm}$, που βγαίνει επίσης από τον τύπο (2) αν βάλουμε $R = 1\Omega$, $S = 1\text{cm}^2$ και $l = 1\text{cm}$.

II. ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Στις μεταβλητές αντιστάσεις μπορούμε να μεταβάλλουμε την τιμή της αντίστασης, μετατοπίζοντας ένα δρομέα Δ (Σχ. 3) ή γυρίζοντας ένα κουμπί (Σχ. 4). Η λειτουργία τους στηρίζεται στο ότι η αντίσταση ενός αγωγού με σταθερή διατομή είναι ανάλογη προς το μήκος του.



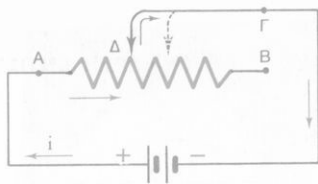
Σχ. 4. Μεταβλητή αντίσταση με άνθρακα. (Λειτουργεί ως ροοστάτης)

Οι μεταβλητές αντιστάσεις των εργαστηρίων αποτελούνται από ένα μεταλλικό σύρμα, τυλιγμένο γύρω από μονωτικό σωλήνα, και από ένα δρομέα Δ που μετακινείται πάνω στο σωλήνα, κάνοντας έπαφή με το σύρμα (Σχ. 3).

Οι μεταβλητές αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά μηχανήματα (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ.), αντί για μεταλλικό σύρμα, έχουν μία λεπτή και στενόμακρη πλάκα από κράμα του άνθρακα και ο δρομέας, αντί να μετατοπίζεται, γυρίζει γύρω από έναν άξονα (Σχ. 4).

Ροοστάτης. "Ας υποθέσουμε ότι συνδέουμε μία μεταβλητή αντίσταση, όπως φαίνεται στο Σχ. 5. Η μετακίνηση του δρομέα προς τα δεξιά αυξάνει την αντίσταση του τμήματος ΑΔ και επομένως μειώνει την ένταση του ρεύματος στο κύκλωμα. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι μία μεταβλητή αντίσταση μπορεί να ρυθμίζει το ρεύμα ενός κυκλώματος. Στην περίπτωση αυτή η μεταβλητή αντίσταση ονομάζεται **ροοστάτης**.

Οι ροοστάτες βρίσκουν εφαρμογές στις ηλεκτρονικές συσκευές για τη ρύθμιση π.χ. της έντασης του ήχου, στα ηλεκτροκίνητα οχήματα (τρολεϋ, ηλεκτρικ. τραίνα) για τη ρύθμιση της ταχύτητας κτλ.



Σχ. 5. Αρχή της λειτουργίας του ροοστάτη

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα σύρμα από σιδηρονικέλιο έχει μήκος 10 m και έμβαδό τομής (διατομή) $S=0,2 \text{ mm}^2$. Νά υπολογιστεί η αντίσταση του σύρματος, αν η ειδική αντίσταση του σιδηρονικελίου είναι $\rho=3 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. (Δίνεται ότι $0,2 \text{ mm}^2=0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$).
2. Η αντίσταση που παρουσιάζει ένα ηλεκτρικό σίδερο είναι 50 Ω . Για να την αντικαταστήσουμε, χρησιμοποιούμε σύρμα που έχει διατομή $S=0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ και ειδική αντίσταση $5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. Νά υπολογιστεί το μήκος του σύρματος που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η αντίσταση R ενός αγωγού που έχει σταθερή διατομή S είναι ανάλογη προς το μήκος l , αντιστρόφως ανάλογη προς το S και εξαρτάται από το υλικό του αγωγού ($R = \rho \cdot l / S$). Ο συντελεστής ρ ονομάζεται ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού.
2. Μεταβλητή αντίσταση λέγεται μία αντίσταση της οποίας μπορούμε να μεταβάλλουμε το μήκος και επομένως την τιμή της. Οι μεταβλητές αντιστάσεις χρησιμοποιούνται στους ροοστάτες.

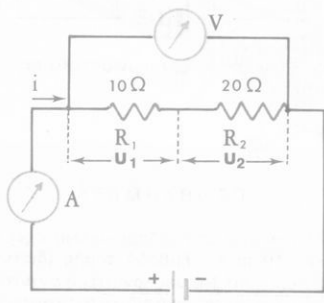
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος;
2. Σας δίνουν ένα σύρμα, που έχει μήκος 9m και αντίσταση 20 Ω , και σας λένε να κατασκευάσετε μία αντίσταση 10 Ω . Τι από τα παρακάτω θά κάνετε: α) Θά κόψετε το σύρμα σε τρία ίσα μέρη και θά πάρετε το ένα κομμάτι; β) Θά κόψετε το

- σύρμα σε δύο ίσα μέρη και θά πάρετε το ένα κομμάτι; γ) Θά διπλώσετε το σύρμα στη μέση και θά το χρησιμοποιήσετε διπλό;
3. Όταν μετακινούμε το δρομέα μιάς μεταβλητής αντιστάσεως, ποιό από τα τρία μεγέθη ρ , l και S μεταβάλλουμε, για να μεταβληθεί η αντίστασή της R ;
4. Τι είναι και πώς λειτουργεί ένας ροοστάτης; (νά κάνετε ένα σχέδιό του).

ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ – ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Ι. ΣΥΝΔΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ



Σχ. 1. Σύνδεση αντίστασεων σε σειρά

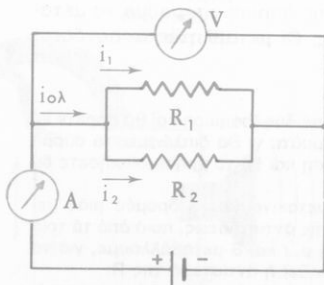
α. Σύνδεση σε σειρά: "Όταν λέμε σύνδεση σε σειρά δύο ή περισσότερων αντιστάσεων, εννοούμε μία σύνδεση στην οποία περνάει το ίδιο ρεύμα από τις αντιστάσεις (Σχ. 1). Το σύστημα όλων των αντιστάσεων μαζί παρεμβάλλει κάποια αντίσταση στο ρεύμα που τη λέμε ολική αντίσταση ($R_{ολ}$).

Παίρνουμε δύο γνωστές αντιστάσεις R_1 και R_2 (π.χ. $R_1 = 10\Omega$ και $R_2 = 20\Omega$) και τις συνδέουμε σε σειρά. Κατόπιν συνδέουμε το σύστημα των δύο αντιστάσεων με μία ηλεκτρική πηγή, παρεμβάλλοντας και ένα αμπερόμετρο στο κύκλωμα για να μετράει την ένταση του ρεύματος. Με ένα βολτόμετρο μετράμε την τάση στα άκρα του συστήματος των αντιστάσεων και από το νόμο του Ohm ($R_{ολ} = \frac{U}{i}$), υπολογίζουμε την ολική αντίσταση.

Από τη μέτρηση αυτή βρίσκουμε ότι η ολική αντίσταση είναι $R_{ολ} = 30\Omega$, δηλ. ίση με το άθροισμα των δύο αντιστάσεων R_1 και R_2 . Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και με δύο άλλες οποιεσδήποτε αντιστάσεις. "Αρα:

"Η ολική αντίσταση $R_{ολ}$ δύο αντιστάσεων R_1 και R_2 που συνδέονται σε σειρά, είναι ίση με το άθροισμα των δύο αντιστάσεων.

$R_{ολ} = R_1 + R_2$	Σύνδεση αντίστ. σε σειρά
----------------------	--------------------------



Σχ. 2. Σύνδεση αντίστασεων κατά διακλάδωση (παράλληλη σύνδεση)

Στό ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και αν χρησιμοποιήσουμε τρεις, τέσσερις κτλ. αντιστάσεις. Πάντοτε η ολική αντίσταση ισούται με το άθροισμα των αντιστάσεων.

β. Σύνδεση κατά διακλάδωση ή παράλληλη σύνδεση. "Όταν λέμε σύνδεση κατά διακλάδωση δύο ή περισσότερων αντιστάσεων εννοούμε μία σύνδεση στην οποία υπάρχει η ίδια τάση στα άκρα των αντιστάσεων (Σχ.2).

Συνδέουμε δύο αντιστάσεις, π.χ. $R_1 = R_2 = 10\Omega$, κατά διακλάδωση και με τόν τρόπο που αναφέραμε παραπάνω υπολογίζουμε την ολική αντίσταση και βρίσκουμε $R_{ολ} = 5\Omega$. Από τό πεί-

ραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι η όλική αντίσταση είναι μικρότερη από τις συνδεμένες αντιστάσεις.

Στήν παράλληλη σύνδεση αποδεικνύεται ότι ισχύει η σχέση:

$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	Σύνδεση κατά διακλάδωση
--	--------------------------------

Παρατήρηση: Η σύνδεση δύο αντιστάσεων σε σειρά ισοδυναμεί με αύξηση του μήκους ενός αγωγού και, επομένως, η όλική αντίσταση γίνεται μεγαλύτερη από την κάθε αντίσταση χωριστά, ενώ η παράλληλη σύνδεση δύο αντιστάσεων ισοδυναμεί με αύξηση της διατομής ενός αγωγού και, επομένως, η όλική αντίσταση του συστήματος γίνεται μικρότερη και από τη μικρότερη αντίσταση του συστήματος.

II. ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στή μελέτη των φαινομένων του ηλεκτρισμού χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα που ονομάζονται **όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων**. Τό γαλβανόμετρο, άμπερόμετρο, βολτόμετρο, ωμόμετρο (μετράει την αντίσταση αγωγού), βατόμετρο (μετράει την ισχύ) κτλ. είναι τα περισσότερα σε χρήση όργανα.

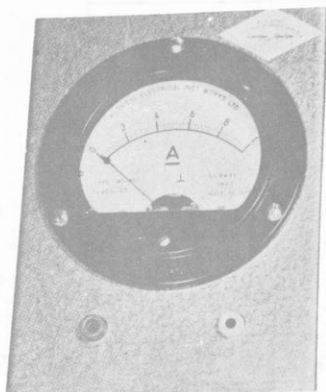
Η λειτουργία των οργάνων αυτών στηρίζεται στα άποτελέσματα που φέρνει τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν περνάει μέσα από τά υλικά (θέρμανση, χημικές μεταβολές και έκτροπή μαγνητών).

III. ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

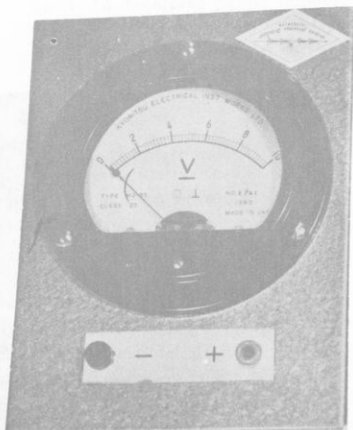
Τά όργανα αυτά έχουν παρόμοια κατασκευή μεταξύ τους και ή λειτουργία τους στηρίζεται συνήθως στα μαγνητικά άποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος (Σχ. 5).

α. Άμπερόμετρα. Τά άμπερόμετρα είναι όργανα που μετρούν την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και συνδέονται στο κύκλωμα **σε σειρά** μέ τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές (Σχ. 1). Για νά μήν έμποδίζουν τή διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τό κύκλωμα, πρέπει νά έχουν μικρή έσωτερική αντίσταση.

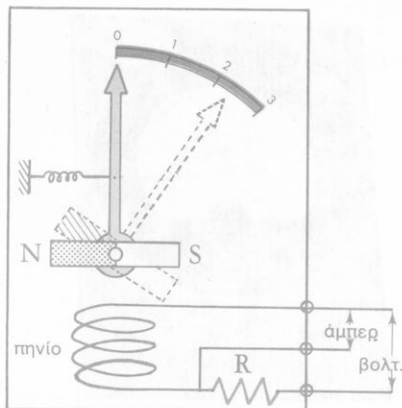
Όταν χρησιμοποιούμε ένα άμπερόμετρο, πρέπει νά προσέχουμε ή σύνδεσή του νά γίνει-



Σχ. 3. Άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος



Σχ. 4. Βολτόμετρο συνεχούς ρεύματος



Σχ. 5. Αρχή της λειτουργίας άμπερομέτρου καί βολτομέτρου συνεχούς ρεύματος

ται πάντα σέ σειρά, γιατί διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος νά κάψουμε τό όργανο.

β. Βολτόμετρα. Τά βολτόμετρα είναι όργανα πού μετρούν τήν τάση μιάς πηγής ή τή διαφορά δυναμικού ανάμεσα σέ δύο σημεία καί συνδέονται κατά διακλάδωση στό κύκλωμα (Σχ. 1).

Γιά νά μή διαταράσσουμε τό ρεύμα πού κυκλοφορεί στό κύκλωμα, πρέπει τό βολτόμετρο νά έχει μεγάλη έσωτερική αντίσταση, ώστε νά περνάει ρεύμα μικρής έντάσεως από τό όργανο. "Αν κατά λάθος συνδεθεί τό βολτόμετρο σέ σειρά στό κύκλωμα, τό όργανο δέ διατρέχει κανένα κίνδυνο.

γ. Γαλβανόμετρα. Τά γαλβανόμετρα είναι ευαίσθητα βολτόμετρα ή άμπερόμετρα καί μπορούν νά μετρούν πολύ μικρές τάσεις ή έντάσεις. "Η κατασκευή τους είναι όμοια μέ τήν κατασκευή ενός άμπερομέτρου, δηλ. έχουν πολύ μικρή έσωτερική αντίσταση.

δ. Πολύμετρα. Τά πολύμετρα είναι όργανα κατασκευασμένα νά μετρούν τήν ένταση τοῦ ηλεκτρικού ρεύματος, τήν τάση, τήν αντίσταση τῶν άγωγῶν κτλ. "Η μετατροπή τους από άμπερόμετρο σέ βολτόμετρο γίνεται μέ τήν προσθήκη κάποιας αντίστάσεως, όπως φαίνεται στό Σχ. 5.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στή σύνδεση δύο αντίστάσεων R_1 καί R_2 σέ σειρά, ή όλική αντίσταση $R_{ολ}$ δίνεται από τόν τύπο $R_{ολ} = R_1 + R_2$ καί στήν παράλληλη σύνδεση δίνεται από τόν τύπο:

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

2. Τά άμπερόμετρα συνδέονται στό κύκλωμα σέ σειρά καί τά βολτόμετρα κατά διακλάδωση. "Η λειτουργία τους στηρίζεται συνήθως στά μαγνητικά αποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Τά γαλβανόμετρα είναι ευαίσθητα βολτόμετρα ή άμπερόμετρα.

1. Διαθέτουμε ένα αμπερόμετρο. Τι θά κά-
νουμε γιά νά τό μετατρέψουμε σέ βολ-
τόμετρο;
2. α) Πώς συνδέονται σέ ένα κύκλωμα τό
αμπερόμετρο καί τό βολτόμετρο; β) Ποιό
από τά δύο όργανα κινδυνεύει νά κατα-
στραφεί σέ περίπτωση λαθεμένης συν-
δέσεως;
3. Τί είναι τά πολύμετρα;

1. Σās λένε ότι στό πείραμα του Σχ. 1 οι
άντιστάσεις είναι $R_1=5\Omega$ καί $R_2=7\Omega$.
Πόσο είναι ή όλική αντίσταση;
2. Δύο αντίστασεις $R_1=20\Omega$ καί $R_2=30\Omega$
συνδέονται σέ σειρά καί στά άκρα του
συστήματος εφαρμόζεται τάση 6V. Πόση
είναι ή ένταση του ρεύματος πού διαρ-
ρέει την κάθε αντίσταση;
3. Άν οι αντίστασεις R_1 καί R_2 της προη-
γούμενης άσκήσεως είναι συνδεμένες
σέ διακλάδωση, πόση είναι ή όλική αντί-
σταση;

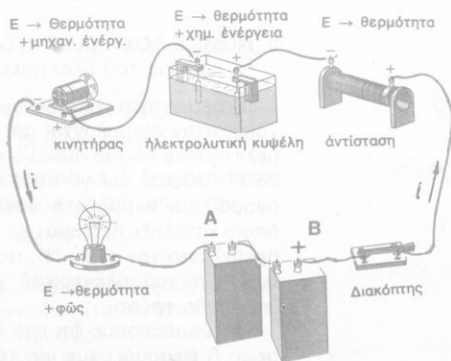
26η ΕΝΟΤΗΤΑ

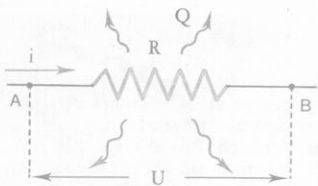
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Ι. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

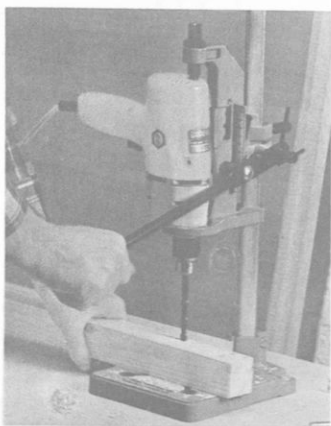
Όπως είναι γνωστό, τό ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί θερμικά, μαγνητικά καί χημικά φαινόμενα, όταν κυκλοφορεί μέσα σέ σώματα ή κατάλληλες συσκευές (Σχ. 1). Γιά νά γίνουν όμως αυτά τά φαινόμενα χρειάζεται ενέργεια, την όποία προφανώς δίνει τό ηλεκτρικό ρεύμα.

Σχ. 1. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγει ενέργεια $E = i \cdot \mathcal{U} \cdot t$, πού μετατρέπεται σέ θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ενέργεια





Σχ. 2. Θερμότητα Joule $Q = i^2 R \cdot t$



Σχ. 3.

Επειδή τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται από τήν πηγή, ή ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται τελικά από τήν ηλεκτρική πηγή.

"Ας υποθέσουμε ότι κάποιο ηλεκτρικό φορτίο q ξεκινάει από τόν πόλο Β μιās πηγής (Σχ. 1), περνάει μέσα από τούς διάφορους ηλεκτρικούς καταναλωτές καί φθάνει στόν άλλο πόλο Α. "Αν U είναι ή διαφορά δυναμικού μεταξύ τών πόλων Α καί Β, τότε, σύμφωνα μέ τόν όρισμό τής διαφοράς δυναμικού, θά ισχύει ή σχέση $U = W/q$ ή $W = q \cdot U$ (1), όπου W είναι τό έργο πού παράγει τό φορτίο q μέσα στούς ηλεκτρικούς καταναλωτές, δηλ. ή ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος. "Αν συμβολίσουμε μέ E τήν ενέργεια αυτή, τότε ή σχέση (1) γράφεται:

$$(2) E = q \cdot U$$

Τό φορτίο όμως q δίνεται από τή σχέση $q = i \cdot t$ καί επομένως ή σχέση (2) γράφεται:

(3)	$E = i \cdot U \cdot t$	ένέργεια ηλεκτρικού ρεύματος
-----	-------------------------	------------------------------

Ο τύπος αυτός τής ενέργειας είναι γενικός τύπος καί μās δίνει τήν ενέργεια πού δαπανάει ένας ηλεκτρικός καταναλωτής, στά άκρα του οποίου επικρατεί τάση U , χωρίς νά μās ενδιαφέρει αν αυτή ή ενέργεια μετατρέπεται σέ θερμική, μηχανική ή χημική ενέργεια.

Μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Ός μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας στό Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται ή γνωστή μονάδα **Joule**. "Αν στόν τύπο (3) θέσουμε $i = 1A$, $U = 1V$ καί $t = 1 \text{ sec}$, τότε βρίσκουμε ότι:

$$1 \text{ Joule} = 1A \cdot 1V \cdot 1 \text{ sec}.$$

II. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ JOULE (Τζάουλ). (Θερμική ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος)

Η θερμότητα Q πού έλευθερώνεται σέ αγώγους, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, μελετήθηκε τό 19ο αιώνα από τόν "Αγγλο φυσικό J.P. JOULE καί γι' αυτό ή θερμότητα αυτή ονομάζεται **θερμότητα Joule**. Ο νόμος στόν όποιο κατέληξε πειραματικά ό JOULE μπορεί νά βρεθεί από τόν τύπο (3), πού δίνει γενικά τήν ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος, μέ τόν ακόλουθο τρόπο.

"Ας υποθέσουμε ότι στά άκρα μιās αντίστασεως R εφαρμόζουμε μία τάση U (Σχ. 2). Τότε

μέσα στην αντίσταση θα κυκλοφορεί ένα ρεύμα i που θα δίνεται από το νόμο του Ohm

$$(4) \quad i = \frac{U}{R} \Leftrightarrow U = i \cdot R$$

“Αν στον τύπο (3) αντικαταστήσουμε την τάση U με το $i \cdot R$ και Δn , αντί για E , χρησιμοποιήσουμε το σύμβολο Q της θερμότητας, τότε προκύπτει:

$$(5) \quad Q = i^2 \cdot R \cdot t \quad \text{Νόμος του Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ A}^2 \cdot \Omega \cdot \text{sec}$$

“Ο νόμος του Joule μάς δίνει τη θερμότητα Q που παράγεται σε μία αντίσταση R μέσα σε χρόνο t , όταν η αντίσταση αυτή διαρρέεται από ρεύμα έντασης i .

Στόν τύπο (5) η θερμότητα Q μετριέται σε Joule. “Αν θέλουμε να τη μετρήσουμε σε θερμίδες (cal), που είναι μία συνηθισμένη μονάδα για τη θερμότητα, τότε πρέπει να κάνουμε μετατροπή στις μονάδες χρησιμοποιώντας τη γνωστή σχέση τους:

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ Joule} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$$

III. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

“Όπως είναι γνωστό από τη Μηχανική, η ισχύς P εκφράζεται με το λόγο της ενέργειας E που παράγεται σε χρόνο t προς το χρόνο αυτό. “Αρα και η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος θα είναι:

$$(6) \quad P = \frac{E}{t}$$

“Αντικαθιστούμε το E με το $i \cdot U \cdot t$ και βρίσκουμε:

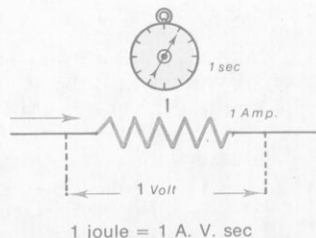
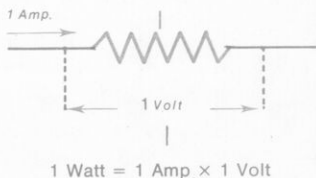
$$(7) \quad \begin{array}{|l|l|} \hline P = i \cdot U & \text{Ισχύς του ηλεκ. ρεύματος} \\ \hline \text{ισχύς} = \text{ένταση} \times \text{τάση} & \\ \hline \end{array}$$

“Αν μάς ενδιαφέρει ειδικά η θερμική ισχύς του ρεύματος, αυτή δίνεται από τον τύπο:

$$(8) \quad P = \frac{Q}{t} = i^2 R$$

Μονάδα ισχύος. “Ως μονάδα ισχύος στο Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται το Watt και από τον τύπο (7) προκύπτει ότι:

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Amp.} \times 1 \text{ Volt} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ W} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ V}$$



Σχ. 4.

Ένα watt είναι η ισχύς που καταναλώνει ένας αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα 1A, όταν στα άκρα του επικρατεί τάση 1V (Σχ. 4) και ένα Joule είναι η ενέργεια που καταναλώνει ο πιο πάνω αγωγός σε 1sec.

Εκτός από το W χρησιμοποιούνται και τα πολλαπλάσιά του.

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

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

Άλλες μονάδες ενέργειας. Από τον ορισμό της ισχύος $P = E/t$ παίρνουμε $E = P \cdot t$. Αν στον τύπο αυτό βάλουμε $P = 1\text{W}$, $t = 1\text{sec}$, τότε το E γίνεται 1 Joule. Δηλ. $1\text{Joule} = 1\text{W} \cdot 1\text{sec}$. Αν βάλουμε $P = 1\text{KW}$ και $t = 1\text{h}$, τότε το E γίνεται 1KWh (κιλοβατώρα) δηλ.

$1\text{KWh (κιλοβατώρα)} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{sec} = 3.600.000\text{ Joule}$. Η κιλοβατώρα (KWh) είναι μία μεγάλη μονάδα ενέργειας και χρησιμοποιείται στη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στα σπίτια, στα εργοστάσια κτλ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΙΣΧΥΩΝ	
Λαμπτήρας φανού τσέπης (4,5V, 0,22A)	1W
Λαμπτήρας φωτισμού (220V, 0,45A)	100W
Τηλεόραση	140W
Ηλεκτρική κουζίνα	2KW
Κινητήρας τρόλεϋ	130KW

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το ηλεκτρικό ρεύμα παίρνει ενέργεια από την ηλεκτρική πηγή και τη δίνει στους διάφορους ηλεκτρικούς καταναλωτές, παράγοντας θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ενέργεια. Η ενέργεια αυτή δίνεται από τον τύπο: $E = I \cdot U \cdot t$.
2. Ειδικά η θερμική ενέργεια δίνεται και από τον τύπο $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ και η σχέση αυτή λέγεται νόμος του Joule.
3. Η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος δίνεται από τον τύπο $P = I \cdot U$. Ειδικά για τη θερμική ισχύ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον τύπο $P = I^2 \cdot R$.
4. Οι μονάδες ενέργειας και ισχύος προκύπτουν από τους αντίστοιχους τύπους και είναι $1\text{Joule} = 1\text{A} \cdot \text{V} \cdot \text{sec}$ και $1\text{Watt} = 1\text{A} \cdot \text{V}$.

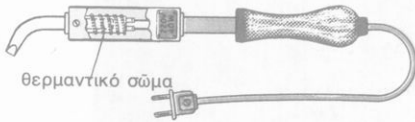
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιός είναι ο γενικός τύπος της ενέργειας του ηλεκτρικού ρεύματος και ποιός ειδικότερα ο τύπος της θερμικής ενέργειας;
2. Τι είναι ή κιλοβατώρα;
3. Πώς αποδεικνύεται θεωρητικά και πώς πειραματικά ο νόμος του Joule;
4. Θέλετε να υπολογίσετε τη θερμότητα που παράγεται σε μία αντίσταση. α) Είναι όρθο να χρησιμοποιήσετε τον τύπο $Q = i^2 R \cdot t$; β) Είναι λάθος αν χρησιμοποιήσετε τον τύπο $E = i \cdot U \cdot t$;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει αντίσταση 50Ω και συνδέεται με τάση $220V$. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίστασή της.
2. Ένα ηλεκτρικό σίδερο έχει ισχύ 500 Watt . Σε πόσες ώρες θα καταναλώσει 4 KWh ;
3. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας έχει αντίσταση $R = 100\Omega$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασεως $i = 0,5A$. Να υπολογιστεί η ισχύς που καταναλώνει ο λαμπτήρας.
4. Πόση θερμότητα παράγει σε χρόνο 80 sec ο παραπάνω λαμπτήρας;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΗΓΗΣ



Σχ. 1. Ήλεκτρικό κολλητήρι

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκει πολλές εφαρμογές στις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου. Ηλεκτροκίνητα τρέινα και ηλεκτροκίνητα λεωφορεία (τρόλεϋ) είναι βασικά μέσα συγκοινωνίας στις μεγάλες πόλεις του κόσμου, όπου το πρόβλημα της μόλυνσης της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια είναι οξύ. Όλα αυτά τα όχημα, πάρα πολλά παιδικά παιχνίδια και οικιακές συσκευές κάνουν χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία μετατρέπουν σε μηχανική. Λεπτομέρειες σχετικές με τον τρόπο της μετατροπής αυτής θα αναπτυχθούν σε επόμενες ενότητες.

Πολύ σπουδαίες εφαρμογές βρίσκει επίσης το ηλεκτρικό ρεύμα στην παραγωγή θερμότητας (θερμότητα Joule).

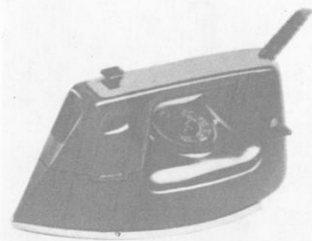
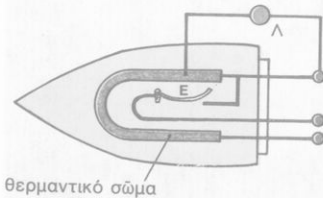
II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ JOULE

Τό κύριο εξάρτημα όλων των ηλεκτρικών συσκευών που χρησιμοποιούνται για παραγωγή θερμότητας είναι η **ηλεκτρική αντίσταση** (ή **θερμαντικό σώμα**) (Σχ. 1).

Τό θερμαντικό σώμα είναι μεταλλικό σύρμα κατασκευασμένο από ειδικά κράματα, όπως χρωμονικελίνη κτλ., τα οποία αντέχουν σε ύψηλες θερμοκρασίες. Για να προστατεύεται τό σύρμα είναι τοποθετημένο συνήθως μέσα σε μονωτικό σώμα από κεραμικό υλικό ή μαρμαρυγία (μίκρα).

1. Ήλεκτρικό σίδερο. Η θερμαινόμενη αντίσταση στά α υ τ ό μ α τ α ηλεκτρικά σίδερα προστατεύεται από κεραμικό υλικό πού έχει σχήμα πετάλου και τό οποίο στηρίζεται πάνω σε μεταλλική πλάκα (Σχ. 2). Ένα διμεταλλικό έλασμα Ε (θερμοστάτης) ανοίγει καί κλείνει αυτόματα τό κύκλωμα, διατηρώντας μέ τόν τρόπο αυτό τή θερμοκρασία της μεταλλικής πλάκας περίπου σταθερή καί σε έπιθυμητά έπίπεδα. Τό ένδεικτικό λαμπάκι Λ ανάβει κάθε φορά πού τό διμεταλλικό έλασμα κλείνει τό κύκλωμα.

2. Ήλεκτρική κουζίνα. Η παραγωγή θερμότητας



Σχ. 2. Αυτόματο ηλεκτρικό σίδερο

τητας στίς πλάκες (ή μάτια) της κουζίνας γίνεται με μία ή περισσότερες αντιστάσεις, που γιά νά προστατεύονται είναι περιτυλιγμένες με κεραμικό υλικό (Σχ. 3).

3. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας. Τά κύρια μέρη του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα είναι ένα κυλινδρικό μεταλλικό δοχείο (λέβητας), ένα θερμαντικό σώμα καί ένας θερμοστάτης (Σχ. 4).

Ο θερμοστάτης είναι ρυθμισμένος νά διακόπτει τήν παροχή του ρεύματος σέ μία θερμοκρασία (π.χ. 80°C), γιά νά αποφεύγεται τυχόν έκρηξη του θερμοσίφωνα. Γιά λόγους μεγαλύτερης προστασίας οί θερμοσίφωνες έχουν (ή πρέπει νά έχουν) καί δεύτερο σύστημα ασφάλειας, πού νά λειτουργεί σέ περίπτωση πού ο θερμοστάτης δέ λειτουργήσει.

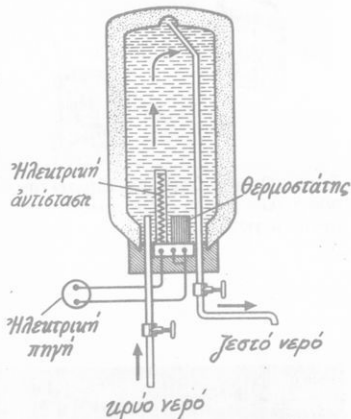
4. Λαμπτήρας πυρακτώσεως. Οί λαμπτήρες πυρακτώσεως έκτός από θερμότητα παράγουν καί φώς. Γιά νά συμβαίνει αυτό πρέπει τό θερμαντικό σώμα (νήμα) νά φθάνει σέ υψηλή θερμοκρασία (γύρω στους 2000°C) καί επομένως πρέπει τό υλικό του νήματος νά είναι πολύ δύσστηκτο. Ένα κατάλληλο μέταλλο γιά τό σκοπό αυτό είναι τό βολφράμιο μέ σ.τ. 3400°C περίπου. Γιά νά προστατεύεται τό μεταλλικό νήμα από ανάφλεξη, είναι τοποθετημένο σέ γυάλινο δοχείο πού περιέχει αδρανές αέριο (Σχ. 5).

Οί λαμπτήρες, αλλά καί κάθε ηλεκτρική συσκευή, είναι κατασκευασμένοι γιά νά λειτουργούν υπό μία όρισμένη τάση, όποτε αποδίδουν μία όρισμένη ισχύ. Η τάση κανονικής λειτουργίας καί ή ισχύς είναι γραμμένες πάνω σέ κάθε λαμπτήρα (π.χ. 220 V, 100W).

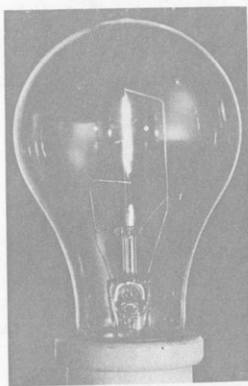
Σημείωση: Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας γιά τήν παραγωγή θερμότητας καί φωτός ή γιά τήν κίνηση μηχανών δέ ρυπαίνει τήν ατμόσφαιρα μέ βλαβερές ούσιες, όπως συμβαίνει μέ τή χρήση όλων τών καυσίμων. Παρ' όλα αυτά καί ή αλόγιστη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας – αλλά καί κάθε μορφής ενέργειας – είναι ένα είδος θερμικής ρυπάνσεως (thermal pollution) του περιβάλλοντος πού είναι δυνατό νά διαταράξει τήν ισορροπία ενός οικοσυστήματος. Γι' αυτό έκτός από τούς οικονομικούς λόγους υπάρχουν καί λόγοι οικολογικοί πού επιβάλλουν περιορισμό στήν ενεργειακή σπατάλη.



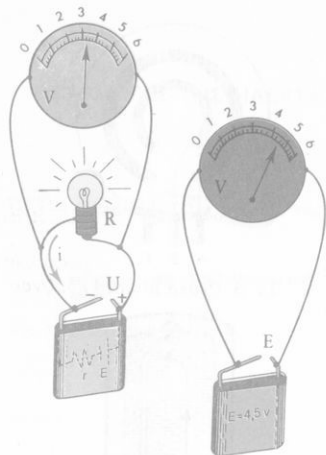
Σχ. 3. Πλάκα (ή μάτι) κουζίνας



Σχ. 4. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας



Σχ. 5. Ηλεκτρικός λαμπτήρας μεγάλης ισχύος



Σχ. 6. "Όταν η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα, η τάση στους πόλους της γίνεται μέγιστη.

III. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ ΠΗΓΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Συνδέουμε ένα λαμπάκι στους πόλους μιάς ηλεκτρικής πηγής, π.χ. μιάς ηλεκτρικής στήλης 4,5 V, και μετράμε την τάση στους πόλους της πηγής (Σχ. 6). Παρατηρούμε ότι η τάση είναι μικρότερη από 4,5 V, δηλ. μικρότερη από την τιμή της τάσεως που είναι γραμμένη πάνω στην πηγή. Κατόπιν αποσυνδέουμε τό λαμπάκι, μετράμε την τάση στους πόλους της πηγής και βρίσκουμε 4,5V. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ή διαφορά δυναμικού στους πόλους μιάς πηγής γίνεται μέγιστη, όταν ή πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα.

Η μείωση της τάσεως ανάμεσα στους πόλους, όταν ή πηγή διαρρέεται από ρεύμα, οφείλεται σέ κάποια αντίσταση που συναντάει τό ρεύμα στό έσωτερικό της πηγής. Η αντίσταση αυτή ονομάζεται **έσωτερική αντίσταση r** της πηγής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την κίνηση ηλεκτρικών οχημάτων και παιχνιδιών, για τή λειτουργία πολλών οικιακών συσκευών κτλ.
2. Ο θερμοσίφωνας, ή ηλεκτρική κουζίνα, τό ηλεκτρικό σίδερο, ή ηλεκτρική θερμάστρα κτλ. είναι συσκευές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σέ θερμική.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά αναφέρετε παραδείγματα οικιακών συσκευών που μετατρέπουν α) την ηλεκτρική ενέργεια σέ μηχανική και β) την ηλεκτρική ενέργεια σέ θερμική.
2. α) Τί χρειάζεται ό θερμοστάτης σέ ένα θερμοσίφωνα; β) Γιατί πρέπει οι θερμοσίφωνες νά έχουν και δεύτερο σύστημα ασφάλειας;
3. Τί παριστάνουν οι ένδειξεις «220V, 60W» σέ μία ηλεκτρική συσκευή;
4. α) Ποιά είναι τά κύρια μέρη ενός αυτόματου ηλεκτρικού σιδερού; β) Άν καεί τό θερμαντικό σώμα ενός αυτόματου ηλεκτρικού σιδερού, θά ανάβει τό λαμπάκι Λ, όταν τό έλασμα Ε κλείνει τό κύκλωμα; (Σχ. 2).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας φέρνει τις ένδειξεις «220V, 100W». α) Για ποιά τάση είναι κατάλληλος ο λαμπτήρας και πόση είναι τότε η ισχύς του; β) Πόσο ρεύμα περνάει από τό λαμπτήρα, αν συνδεθεί σε τάση 220V;
2. Η πλάκα μιάς ηλεκτρικής κουζίνας έχει ισχύ $P = 500W$ και ή ένταση του ρεύματος πού τη διαρρέει είναι $i = 2,5A$. Πόση είναι ή ηλεκτρική τάση πού τροφοδοτεί την κουζίνα;
3. Πόσο θά κοστίσει ή λειτουργία της παραπάνω κουζίνας αν λειτουργήσει επί 6 ώρες συνεχώς και ή τιμή της κιλοβατώρας είναι 2,2 ¢/kWh;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

28η ΕΝΟΤΗΤΑ

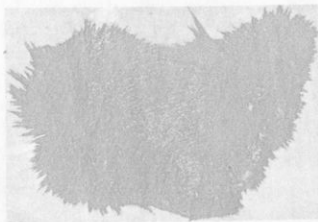
ΜΑΓΝΗΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

Ι. ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΜΑΓΝΗΤΕΣ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

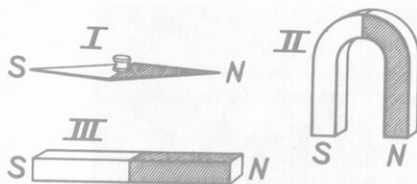
Από την αρχαιότητα ακόμη ο άνθρωπος είχε παρατηρήσει ότι ένα όρυκτό είχε την ιδιότητα νά έλκει κομμάτια από τό ίδιο ύλικό καθώς και κομμάτια σιδήρου, δέν είχε όμως την ιδιότητα νά έλκει τό ξύλο, τό χαλκό, τό άχυρο και άλλα ύλικά.

Τό όρυκτό αυτό είναι χημική ένωση του σιδήρου (Fe_3O_4) και ονομάζεται **μαγνητίτης**. Κοιτάσματά του υπάρχουν σε πολλές χώρες του κόσμου, καθώς επίσης και σε διάφορα μέρη της Ελλάδας. (π.χ. Χαλκιδική). Κομμάτια του όρυκτου αυτού αποτελούν τους φυσικούς μαγνήτες (Σχ. 1).

Σήμερα σπάνια χρησιμοποιούνται οι φυσικοί μαγνήτες, ενώ χρησιμοποιούνται εύρύτατα οι



Σχ. 1. Φυσικός μαγνήτης με ρινίσματα σιδήρου



Σχ. 2. Συνηθισμένες μορφές τεχνητών μαγνητών. (I) Μαγνητική βελόνα. (II) πεταλοειδής μαγνήτης. (III) Ραβδόμορφος μαγνήτης



Σχ. 3. Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει μόνο τα μαγνητικά υλικά

τεχνητοί μαγνήτες, που κατασκευάζονται από κράματα Fe, Ni, ή Co.

Οι κατασκευαστές δίνουν διάφορες μορφές στους μαγνήτες, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται. Στο Σχ. 2 φαίνονται μερικές από τις πιο συνηθισμένες μορφές τους.

Οι μαγνήτες, όπως αναφέραμε παραπάνω, δεν έλκουν όλα τα υλικά, αλλά μόνο ορισμένα, όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, τα κράματά τους κτλ. Τα υλικά αυτά που έλκονται από τους μαγνήτες ονομάζονται μαγνητικά υλικά.

Πειράματα με πολύ ισχυρούς μαγνήτες αποδεικνύουν ότι και άλλα υλικά παρουσιάζουν ασθενείς μαγνητικές ιδιότητες. Τέτοια υλικά είναι το χρώμιο, ο λευκόχρυσος κτλ.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

Παίρνουμε μία ράβδο από μαλακό σίδηρο (κοινά καρφιά κτλ.) και τυλίγουμε γύρω της ένα μονωμένο καλώδιο (Σχ. 3). "Ονομάζουμε τη ράβδο **πυρήνα** και το περιτυλιγμένο καλώδιο **πηνίο**. Διαβιβάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο και παρατηρούμε ότι ο πυρήνας έλκει διάφορα σιδερένια αντικείμενα, ενώ δεν άσκει καμιά δύναμη στα αντικείμενα από αλουμίνιο, χαλκό κτλ. Από το πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι το σύστημα «πηνίο-πυρήνας» αποκτά μαγνητικές ιδιότητες με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. "Αν διακόψουμε το ηλεκτρικό ρεύμα τα σιδερένια αντικείμενα παύουν να έλκονται και αποχωρίζονται από τον πυρήνα. Ένα τέτοιο σύστημα, που αποτελείται από ένα πηνίο και έναν πυρήνα από μαλακό σίδηρο, ονομάζεται **ηλεκτρομαγνήτης**.

"Όπως οι μόνιμοι μαγνήτες έτσι και οι ηλεκτρομαγνήτες κατασκευάζονται με διάφορες μορφές (Σχ. 4), (Σχ. 5).

("Αν συμβεί ο πυρήνας να είναι από χάλυβα – καταβίδια, άτσαλόκαρφα κτλ. – τα σιδερένια αντικείμενα συνεχίζουν να μένουν κολλημένα στον πυρήνα και μετά τη διακοπή του ρεύματος στο πείραμα του Σχ. 3).

III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ

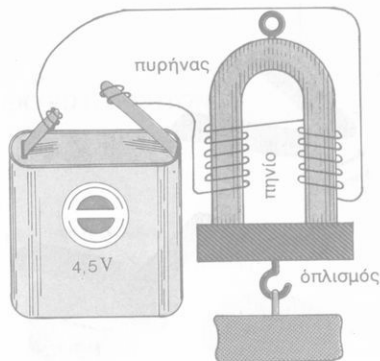
Πλησιάζουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σε καρφάκια ή ρινίσματα σιδήρου και παρατη-

ροῦμε ὅτι τὰ ἀντικείμενα αὐτά ἔλκονται ἰσχυρότερα ἀπὸ τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτη. Τὸ ἴδιο παρατηροῦμε καί σέ ἓναν ἡλεκτρομαγνήτη (Σχ. 3).

Οἱ περιοχές αὐτές τοῦ μαγνήτη ἢ ἡλεκτρομαγνήτη, πού παρουσιάζουν τὴ μεγαλύτερη ἐλκτική ἰκανότητα, ὀνομάζονται **πόλοι**.

Ἄν κρεμάσουμε σέ λεπτό νῆμα ἓνα μαγνήτη ἢ ἡλεκτρομαγνήτη, βλέπουμε τὸν ἓνα πόλο νὰ στρέφεται πρὸς τὸ βορρᾶ (North) καὶ τὸν ἄλλο πρὸς τὸν νότο (South). Ὁ πόλος πού στρέφεται πρὸς τὸ βορρᾶ λέγεται **βόρειος πόλος (N)** καὶ ὁ ἄλλος **νότιος πόλος (S)** τοῦ μαγνήτη (Σχ. 6).

Μὲ ἄπλο πείραμα ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ **ὁμώνυμοι πόλοι ἀπωθοῦνται**, ἐνῶ οἱ **ἐτερόνυμοι ἔλκονται** μεταξύ τους (Σχ. 7).



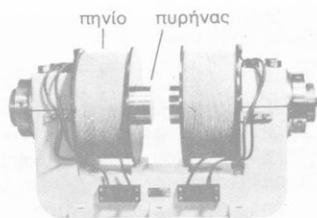
Σχ. 4. Πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνήτης

IV. ΤΟ ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΥΡΗΝΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ὡς ΜΑΓΝΗΤΗΣ

Σέ ἓνα πηνίο πού διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πλησιάζουμε ἓνα μαγνήτη καὶ παρατηροῦμε ὅτι τὸ πηνίο ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται, ὅπως ἀκριβῶς θὰ συνέβαινε καί σέ ἓνα μαγνήτη (Σχ. 8). Τὸ ἴδιο θὰ παρατηρήσουμε καί ἂν στὸ παραπάνω πηνίο πλησιάσουμε ἓνα ἄλλο πηνίο πού διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἄρα:

Κάθε πηνίο πού διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα συμπεριφέρεται ὡς ἓνας μαγνήτης.

Ἀπὸ τὰ παραπάνω προκύπτει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἔχει ἄμεση σχέση μὲ τὰ μαγνητικὰ φαινόμενα.

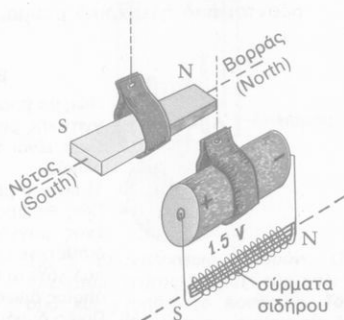


Σχ. 5. Ἰσχυρὸς ἡλεκτρομαγνήτης γιὰ ἐρευνες

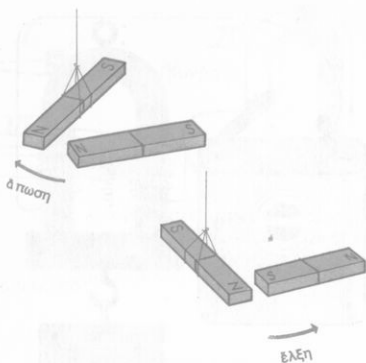
V. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Εἶναι γνωστὸ ὅτι ἀνάμεσα σέ δύο ἀκίνητα ἡλεκτρικά φορτία ἀναπτύσσονται ἐλκτικές ἢ ἀπωστικές δυνάμεις, ἀνάλογα μὲ τὸ εἶδος τῶν φορτίων. Οἱ δυνάμεις αὐτές λέγονται **ἡλεκτρικές**.

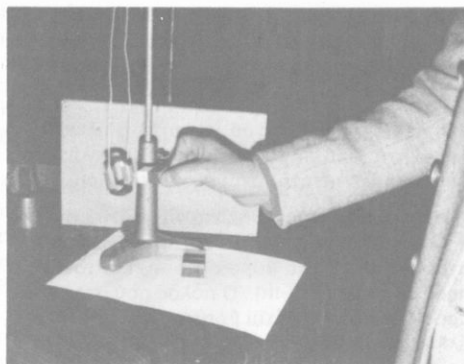
Δυνάμεις, ἐπίσης ἐλκτικές ἢ ἀπωστικές, ἀναπτύσσονται καί ἀνάμεσα σέ μαγνήτες ἢ πηνία πού διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Οἱ δυνάμεις αὐτές λέγονται **μαγνητικές**.



Σχ. 6. Ὁ πόλος πού στρέφεται πρὸς τὸ βορρᾶ λέγεται βόρειος πόλος (N)



Σχ. 7. Οι όμώνυμοι πόλοι άπωθούνται
καί οι έτερώνυμοι έλκονται



Σχ. 8. Τό πηνίο διαρρέεται από ρεύμα
καί άπωθείται από τό μαγνήτη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ο μαγνητίτης ($\text{Fe}_3 \text{O}_4$) είναι ένας φυσικός μαγνήτης.
2. Όρισμένα υλικά (σίδηρος, νικέλιο, κοβάλτιο κτλ.) έλκονται από τούς μαγνήτες καί ονομάζονται μαγνητικά υλικά.
3. Οι ηλεκτρομαγνήτες αποτελούνται από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από πυρήνα από μαλακό σίδηρο.
4. Οι ηλεκτρομαγνήτες καί τά πηνία συμπεριφέρονται ως μαγνήτες, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ηλεκτρικό ρεύμα είναι ή αίτία τών μαγνητικών φαινομένων.
5. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις αναπτύσσονται ανάμεσα σέ άκίνητα φορτία, ενώ οι μαγνητικές δυνάμεις αναπτύσσονται ανάμεσα σέ μαγνήτες ή πηνία πού διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς θά βρούμε τό βόρειο πόλο μιάς μαγνητικής βελόνας ή ενός πηνίου;
2. Ποιά είναι τά σπουδαιότερα μαγνητικά υλικά;
3. Τί είναι ο μαγνητίτης;
4. Πώς θά προσδιορίσετε τό βόρειο πόλο ενός μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη εάν διαθέτετε έναν άλλο μαγνήτη μέ γνωστή πολικότητα ή μία μαγνητική βελόνα, τής οποίας όμως δε γνωρίζετε τούς πόλους;
5. Ποιές δυνάμεις ονομάζουμε ηλεκτρικές καί ποιές μαγνητικές;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

Ι. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΟΝΙΜΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

Σέ πολλά όργανα καί συσκευές καθημερινής χρήσεως (πυξίδες, άκουστικά, μεγάφωνα, μικρούς ηλεκτροκινητήρες κτλ.) συναντάμε μόνιμους μαγνήτες. Παρακάτω θά περιγράψουμε τήν πυξίδα, ένώ τά άλλα θά τά περιγράψουμε σέ επόμενες ενότητες.

Η **πυξίδα** είναι ένα χρήσιμο όργανο γιά τόν προσανατολισμό τού ανθρώπου. Χρησιμοποιείται από πεζοπόρους, ναυτιλομένους καί αεροπόρους καί τούς βοηθάει νά χαράζουν τήν πορεία τους.

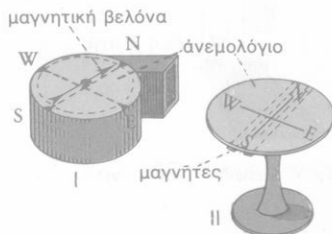
Χάρη στήν πυξίδα οί τολμηροί θαλασσοπόροι τής Άναγεννήσεως μπόρεσαν νά απομακρυνθούν από τίς άκτές τής Εύρώπης καί νά φτάσουν στήν «άγνωστη» ήπειρο, τήν Άμερική.

Κάθε πυξίδα αποτελείται από μία μαγνητική βελόνη καί ένα δίσκο πού έχει πάνω του τά σημεία τού ορίζοντα (άνεμολόγιο) (Σχ. 1).

Στίς κοινές πυξίδες τό άνεμολόγιο μένει ακίνητο, ένώ στίς **ναυτικές** πυξίδες τό άνεμολόγιο στρέφεται μαζί μέ τό μαγνήτη. Οί ναυτικές πυξίδες άρθρώνονται στά πλοία μέ ειδικό τρόπο, ώστε νά παραμένει ό δίσκος οριζόντιος παρά τούς κλυδωνισμούς τού πλοίου (Σχ. 2). Τά μεγάλα ποντοπόρα σκάφη, μαζί μέ τή ναυτική πυξίδα, χρησιμοποιούν καί ένα άλλο όργανο προσανατολισμού πού λέγεται **γυροσκοπική πυξίδα**, αλλά λειτουργεί μέ έντελώς διαφορετικό τρόπο από αυτόν τής μαγνητικής πυξίδας.

ΙΙ. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

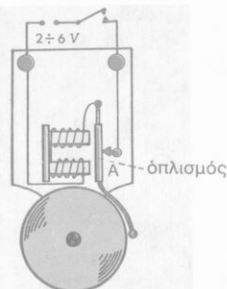
Οί ηλεκτρομαγνήτες έχουν περισσότερες εφαρμογές από τούς μόνιμους μαγνήτες. Τό ηλεκτρικό κουδούνι, ό τηλεγράφος, τό τηλέτυπο, τό τηλέφωνο κτλ. είναι μερικές από τίς συσκευές πού περιέχουν τόν ηλεκτρομαγνήτη ως απαραίτητη λειτουργική μονάδα.



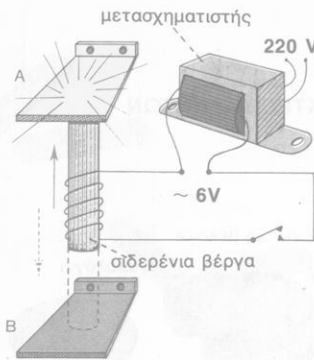
Σχ. 1. I. Κοινή πυξίδα.
II. Ναυτική πυξίδα (άρχη)



Σχ. 2. Ναυτική πυξίδα. Η γραμμή πίστωσης δείχνει τόν άξονα τού πλοίου



Σχ. 3. Έπαναληπτικό κουδούνι. Ό ηλεκτρομαγνήτης τραβάει τόν όπλισμό καί χτυπάει τό κουδούνι. Τό ρεύμα τότε διακόπτεται στό σημείο Α καί ό όπλισμός επιστρέφει στή θέση του. Κατόπιν επαναλαμβάνεται τό ίδιο



Σχ. 4. Μελωδικό κουδούνι

α. Ηλεκτρικό κουδούνι. Υπάρχουν δύο είδων ηλεκτρικά κουδούνια: τά μελωδικά καί τά επαναληπτικά (Σχ. 3). Τελευταία χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας περισσότερο τά μελωδικά (Σχ. 4).

Τά μελωδικά ηλεκτρικά κουδούνια περιλαμβάνουν δύο μεταλλικές πλάκες Α, Β καί έναν ηλεκτρομαγνήτη μέ κινητό πυρήνα. Όταν τό κύκλωμα είναι άνοιχτό, ό πυρήνας μένει άκίνητος, άκουμπώντας στήν κάτω πλάκα. Όταν όμως κλείνουμε τό κύκλωμα, ό πυρήνας τινάζεται πρός τά πάνω, χτυπάει στήν πάνω πλάκα καί παράγεται ό πρώτος ήχος. Τό τίναγμα αυτό του πυρήνα όφείλεται στή μαγνητική δύναμη, πού δέχεται από τό πηνίο πού διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Άν στή συνέχεια διακόψουμε



Σχ. 5. Άπλό διάγραμμα τηλεγράφου



Σχ. 6. Ηλεκτρομαγνήτης. (Τά κομμάτια ζυγίζουν 6 τόνους)

τό ηλεκτρικό ρεύμα, ή μαγνητική δύναμη στον πυρήνα μηδενίζεται καί ό πυρήνας πέφτει στήν κάτω πλάκα. Έτσι παράγεται ό δεύτερος ήχος.

β. Τηλέγραφος. Ό τηλεγράφος χρησιμοποιήθηκε πολύ στό παρελθόν γιά τή μεταβίβαση γραπτών μηνυμάτων. Σήμερα χρησιμοποιείται σπάνια, γιατί καθημερινά έκτοπίζεται από τό τηλετύπο πού ύπηρετεί τόν ίδιο σκοπό μέ τόν τηλεγράφο, αλλά μέ πρακτικότερο τρόπο.

Ένα άπλό διάγραμμα τηλεγράφου φαίνεται στό Σχ. 5. Όταν πιέζουμε τό διακόπτη Δ, διέρχεται ρεύμα από τόν ηλεκτρομαγνήτη καί έλκεται ή γραφίδα. Έτσι αφήνει ή γραφίδα ένα σημάδι στό χαρτί. Άν τό κύκλωμα μένει κλειστό γιά μία μόνο στιγμή, τό σημάδι είναι μία τελεία. Άν τό κύκλωμα μένει κλειστό γιά περισσότερο χρόνο, τό σημάδι είναι μία γραμμή.

Μέ ειδικό κώδικα (Α = —, Β = —·— κτλ.), πού έπινόησε ό Μόρς, μπορούμε νά μεταβιβάσουμε μηνύματα σέ μεγάλες ή μικρές άποστάσεις.



Σχ. 7. Ήλεκτρονόμος (άρχη)

Υ. Ήλεκτρονόμος (Relay, ρελέ). Ο απλός ήλεκτρονόμος περιλαμβάνει έναν **ηλεκτρομαγνήτη** και ένα λεπτό σιδερένιο έλασμα (**όπλισμός**) (Σχ. 7). Ο όπλισμός λειτουργεί ως διακόπτης στο δεύτερο κύκλωμα. Όταν τό πρώτο κύκλωμα είναι άνοικτό, τότε καί τό δεύτερο κύκλωμα μένει άνοικτό. Όταν όμως κλείσει τό πρώτο κύκλωμα, ό όπλισμός έλκεται καί κλείνει αυτόματα τό δεύτερο κύκλωμα.

Η λειτουργία αυτή του ήλεκτρονόμου μάς διευκολύνει νά καλούμε έναν άνελκυστήρα ή νά επιλέγουμε έναν τηλεφωνικό αριθμό. Στην άποστολή της «έντολής» χρησιμοποιούμε μικρές τάσεις (κύκλωμα 1) καί στην «έκτέλεση» μεγάλες τάσεις (κύκλωμα 2). Μέ τόν τρόπο αυτό άποφεύγονται μεγάλες άπώλειες ενέργειας, ιδιαίτερα όταν ή έντολή στέλνεται από μεγάλη άπόσταση (ένας από τούς ρόλους του ήλεκτρονόμου).

Οί ήλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται σέ όλους τούς αυτόματους μηχανισμούς, καθώς επίσης σέ έγκαταστάσεις, στίς όποιες ό χειρισμός γίνεται από άπόσταση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μαγνητική πυξίδα είναι όργανο προσανατολισμού και αποτελείται από έναν ευθύγραμμο μαγνήτη, στρεπτό γύρω από κατακόρυφο άξονα, και από ένα ανεμολόγιο.
2. Τό μελωδικό κουδούνι αποτελείται από ένα πηνίο, έναν κινητό πυρήνα από μαλακό σίδηρο και από δύο μεταλλικές πλάκες που παράγουν τόν ήχο.
3. Ο ηλεκτρονόμος είναι ένα όργανο άπαραίτητο στις αυτόματες εγκαταστάσεις (τηλέφωνα, άνελκυστήρες, εργοστάσια με αυτόματισμό κτλ.).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι η πυξίδα και ποιά η διαφορά μεταξύ της κοινής και της ναυτικής πυξίδας;
2. Πού χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρονόμοι;
3. Νά σχεδιάσετε έναν ηλεκτρονόμο έτσι ώστε, όταν τό πρώτο κύκλωμα κλείνει, τό δεύτερο κύκλωμα νά ανοίγει.
4. Τι από τά ακόλουθα θά συμβεί άν στό μελωδικό κουδούνι (Σχ. 4) κλείσουμε τό κύκλωμα και τό διατηρήσουμε κλειστό;
α) Ο πυρήνας θά χτυπήσει στήν πάνω πλάκα και μετά θά παραμείνει μετέωρος.
β) Ο πυρήνας θά χτυπάει διαρκώς στήν πάνω πλάκα παράγοντας ήχο. γ) Ο πυρήνας θά κινείται πάνω κάτω διαρκώς χτυπώντας και στίς δύο πλάκες.
5. Γιά νά τραβηχτεί ή γραφίδα του τηλεγραφου χρειάζεται αρκετό ρεύμα. Γι' αυτό σχεδόν πάντοτε ό τηλεγραφος χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρονόμο. Νά σχεδιάσετε ένα απλό διάγραμμα τηλεγραφου μέ ηλεκτρονόμο.
(Υπόδειξη: Στό Σχ. 5 νά παρεμβάλετε και έναν ηλεκτρονόμο).

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ - ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Είναι γνωστό ότι κάθε μαγνήτης άσκει μία δύναμη σε άλλο γειτονικό μαγνήτη. Τό ίδιο επίσης κάνει και ένα πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σε άλλο πηνίο με ρεύμα ή σε μαγνήτη (Σχ. 1).

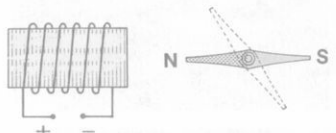
Η περιοχή του χώρου, μέσα στην οποία εμφανίζονται μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζεται **μαγνητικό πεδίο**.

Ένα εύαισθητο όργανο που μπορεί να δείξει την ύπαρξη μαγνητικών δυνάμεων, άρα και μαγνητικού πεδίου, είναι η μαγνητική βελόνα που μπορεί να στρέφεται ελεύθερα γύρω από έναν άξονα. Με τη βοήθεια, λοιπόν, μιάς μαγνητικής βελόνας διαπιστώνουμε ότι γύρω από ένα πηνίο με ρεύμα (Σχ. 1), έναν οποιοδήποτε ρευματοφόρο αγωγό (Σχ. 2) ή ένα μαγνήτη (Σχ. 3) υπάρχει μαγνητικό πεδίο.

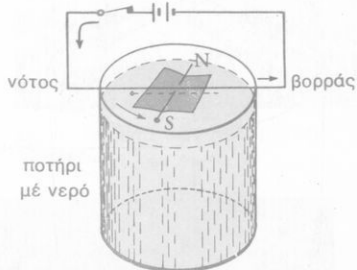
II. ΕΚΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Τοποθετούμε ένα μαγνήτη κοντά σε μία μαγνητική βελόνα, όπως φαίνεται στο Σχ. 3. Παρατηρούμε ότι η βελόνα γυρίζει και παίρνει μία νέα θέση ισορροπίας. Απομακρύνουμε λίγο τη βελόνα από τό μαγνήτη και βλέπουμε ότι η έκτροπή της από την αρχική διεύθυνση γίνεται μικρότερη. Αυτό φανερώνει ότι τό μαγνητικό πεδίο γίνεται ασθενέστερο καθώς απομακρυνόμαστε από τόν πόλο του μαγνήτη. Όταν η βελόνα απομακρυνθεί αρκετά, δέν παρατηρείται πλέον καμία έκτροπή από την αρχική της διεύθυνση (θέση Β). Μπορούμε να πούμε ότι, από την απόσταση αυτή και μετά, δέν υπάρχει, πρακτικά, μαγνητικό πεδίο.

Άρα τό μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα μαγνήτη είναι ισχυρό κοντά στους πόλους του και εξασθενίζει καθώς απομακρυνόμαστε από αυτούς. Από μία απόσταση και μετά, πρακτικά, μηδενίζεται. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από τό πόσο ισχυρός είναι ό μαγνήτης και πόσο εύαισθητη είναι η μαγνητική βελόνα.



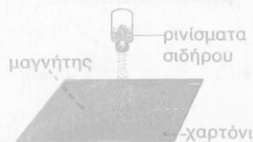
Σχ. 1. Όταν περνάει ρεύμα από τό πηνίο, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο που στρέφει τη βελόνα



Σχ. 2. Η μαγνητισμένη καρφίτσα στρέφεται και τείνει να γίνει κάθετη προς τόν άγωγό

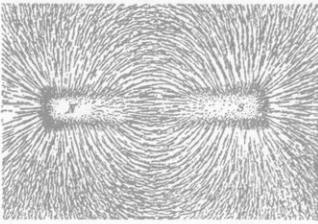


Σχ. 3

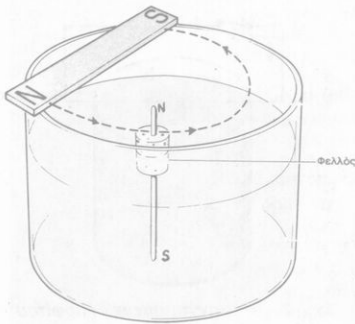


Σχ. 4.

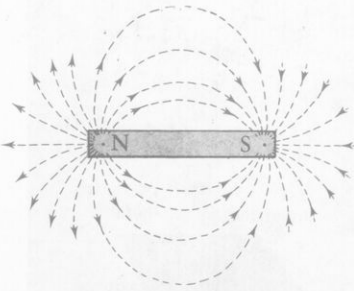
III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη



Σχ. 6. Ἡ φορά κινήσεως τοῦ βόρειου μαγνητικοῦ πόλου ὁρίζει τὴν φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν



Σχ. 7. Φορὰ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἔξω ἀπὸ τὸ μαγνήτη

Τοποθετούμε ένα χαρτόνι (ἢ μία γυάλινη πλάκα) πάνω ἀπὸ ἕνα μαγνήτη καὶ ρίχνουμε στὸ χαρτόνι ρινίσματα σιδήρου (Σχ. 4). Χτυπάμε ἑλαφρά τὸ χαρτόνι καὶ παρατηροῦμε ὅτι τὰ ρινίσματα σιδήρου διατάσσονται κατάλληλα καὶ σχηματίζουν καμπύλες γραμμές, ὅπως φαίνεται ἐντὶ φωτογραφία (Σχ. 5).

Οἱ γραμμές αὐτές πού σχηματίζουν τὰ ρινίσματα σιδήρου, ὅταν βρίσκονται σὲ μαγνητικό πεδίο, ὀνομάζονται **μαγνητικές γραμμές**. Τὸ σύνολο ὅλων τῶν γραμμῶν αὐτῶν ὀνομάζεται **μαγνητικό φάσμα**.

Ἀπὸ τὸ μαγνητικό φάσμα ἑνὸς πεδίου μποροῦμε νὰ ἀντλήσουμε πολλές πληροφορίες. Μποροῦμε π.χ. νὰ βροῦμε σὲ ποιές περιοχές τὸ πεδίο εἶναι ἰσχυρό, νὰ ποῦμε ποῖο ἀπὸ τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτη, πού παράγει τὸ πεδίο, εἶναι ὁ βόρειος πόλος κ.ο.κ.

Γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ παίρνουμε ὅλα αὐτὰ τὰ στοιχεῖα ἀπὸ τὸ φάσμα τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, πρέπει νὰ γνωρίζουμε καὶ τὴν **φορά** τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

Ἡ φορά τῶν γραμμῶν εἶναι τελείως συμβατική καὶ καθορίζεται ἀπὸ τὴν κίνηση ἑνὸς βόρειου μαγνητικοῦ πόλου, ὅπως φαίνεται στὸ πείραμα* τοῦ Σχ. 6. Ὁ βόρειος πόλος τοῦ μαγνητισμένου σύρματος κινεῖται ἀπὸ τὸ βόρειο πόλο τοῦ μαγνήτη στὸ νότιο, διαγράφοντας καμπύλη τροχιά.

Ἡ φορά κινήσεως τοῦ βόρειου μαγνητικοῦ πόλου ὁρίζει ὡς **φορά** τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

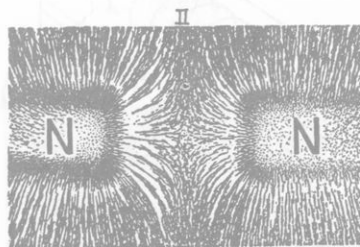
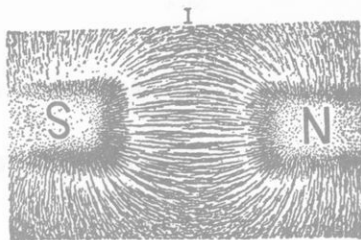
Ἀπὸ τὸν ὅρισμό αὐτὸ προκύπτει ὅτι οἱ μαγνητικές γραμμές, ἔξω ἀπὸ τὸ μαγνήτη, ἔχουν φορά ἀπὸ τὸ βόρειο πρὸς τὸ νότιο πόλο (Σχ. 7).

* Τὸ πείραμα αὐτὸ μπορεῖ νὰ γίνῃ εὐκόλα στὸ σπίτι. Χρησιμοποιήστε ἕνα ποτήρι μέ νερὸ καὶ μίαν μαγνητισμένη καρφίτσα στερεωμένη σὲ κομματάκι φελλοῦ ἀπὸ πώματα. Ἄν δὲν ἔχετε μαγνήτη, κατασκευάστε ἕναν ἡλεκτρομαγνήτη.

IV. ΠΕΔΙΟ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΥΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ

Τοποθετούμε δύο μαγνήτες με τούς έτερώνυμους πόλους τους τόν ένα απέναντι στον άλλο καί με ρινίσματα σιδήρου παίρνουμε τό φάσμα του μαγνητικού πεδίου πού σχηματίζεται από αυτούς (Σχ. 8, I). Από τό φάσμα αυτό προκύπτει ότι τό πεδίο, πού σχηματίζεται ανάμεσα στους έτερώνυμους πόλους, έχει τίς μαγνητικές γραμμές παράλληλες μεταξύ τους στή μικρή περιοχή του διακένου. Ένα τέτοιο πεδίο, στό όποιο οί μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους, ονομάζεται **όμογενές** μαγνητικό πεδίο. Κάθε άλλο πεδίο λέγεται **άνομοιογενές**.

Τό μαγνητικό πεδίο πού σχηματίζεται ανάμεσα σέ όμώνυμους πόλους είναι άνομοιογενές σέ όλη του τήν έκταση (Σχ. 8, II).



Σχ. 8. Φάσματα διαφόρων μαγνητικών πεδίων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

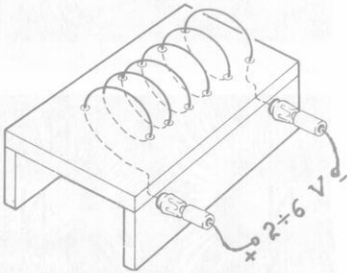
1. Μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ό χώρος μέσα στον όποιο έκδηλώνονται μαγνητικές δυνάμεις. Τά μαγνητικά πεδία έμφανίζονται γύρω από μαγνήτες, πηνία μέ ρεύμα ή όποιοιςδήποτε ρευματοφόρους άγωγούς.
2. Γιά τήν παράσταση ενός μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούμε τίς μαγνητικές γραμμές πού έχουν φορά από τό βόρειο πρός τό νότιο πόλο, στον έξωτερικό χώρο του μαγνήτη. Τό σύνολο των μαγνητικών γραμμών ενός πεδίου ονομάζεται μαγνητικό φάσμα του πεδίου.
3. Όταν οί μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου είναι παράλληλες μεταξύ τους, τό πεδίο λέγεται όμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

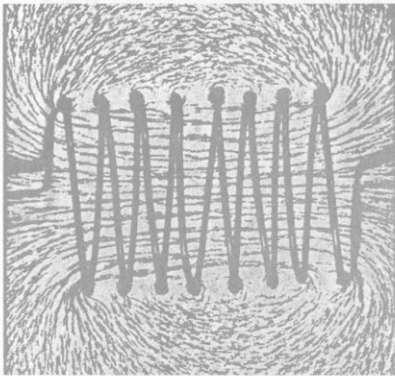
1. Πώς θά καταλάβετε άν γύρω από ένα σώμα υπάρχει μαγνητικό πεδίο;
2. α) Μέχρι πού εκτείνεται πρακτικά τό μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη; β) Από τί εξαρτάται ή απόσταση αυτή;
3. Πώς ορίζεται ή φορά των μαγνητικών γραμμών;
4. Σας λένε ότι από έναν πόλο Α βγαίνουν μαγνητικές γραμμές μέ φορά πρός τά έξω. Ποιός πόλος πρέπει νά είναι ό Α;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ

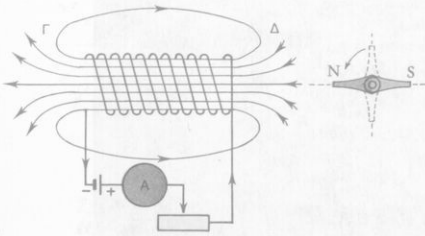
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ - ΓΗΙΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Σχ. 1. Σωληνοειδές



Σχ. 2. Μαγνητικό φάσμα σωληνοειδοῦς



Σχ. 3.

Ι. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

Τό σωληνοειδές είναι ένα είδος πηνίου πού έχει κυλινδρικό σχήμα (Σχ. 1 καί Σχ. 8).

Γιά νά πραγματοποιήσουμε έργαστηριακά τό φάσμα του μαγνητικού του πεδίου, συνδέουμε τό σωληνοειδές μέ μία ηλεκτρική πηγή καί ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου στην πλάκα στηρίξεώς του.

Παρατηρούμε ότι τά ρινίσματα διατάσσονται σέ γραμμές καί σχηματίζουν ένα φάσμα όμοιο μέ τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (Σχ. 2). Στο έσωτερικό του σωληνοειδοῦς οί μαγνητικές γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες. Άρα τό μαγνητικό πεδίο στην περιοχή εκείνη είναι σχεδόν όμογενές.

Άπό την εικόνα του φάσματος πού παίρνουμε πειραματικά, δέν μπορούμε νά συμπεράνουμε τή φορά των μαγνητικών γραμμών, ούτε νά έντοπίσουμε πού βρίσκεται ό βόρειος πόλος καί ό νότιος πόλος του πηνίου. Μπορούμε όμως μέ μία μαγνητική βελόνα νά βρούμε τό είδος των πόλων ενός πηνίου πού διαρρέεται από ρεύμα. Π.χ. ό πόλος Δ του πηνίου του Σχ. 3 είναι ό νότιος πόλος, γιατί έλκει τό βόρειο πόλο τής βελόνας.

Άφού βρούμε τούς πόλους του πηνίου, μπορούμε κατόπιν νά καθορίσουμε τή φορά των μαγνητικών γραμμών.

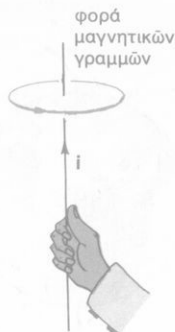
Κανόνας του δεξιού χεριού. Τή φορά των μαγνητικών γραμμών, στην πράξη, τή βρίσκουμε μέ έναν πρακτικό κανόνα, αρκεί νά γνωρίζουμε τή φορά του ηλεκτρικού ρεύματος πού περνάει από τό πηνίο (Σχ. 4). Βάζουμε τόν αντίχειρα του δεξιού μας χεριού νά δείχνει τή συμβατική φορά του ρεύματος καί λυγίζουμε τά άλλα δάχτυλα. Τότε τά λυγισμένα δάχτυλα δείχνουν τή φορά των μαγνητικών γραμμών (κανόνας του δεξιού χεριού).

II. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

Τό μαγνητικό πεδίο πού παράγει ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός φαίνεται στο Σχ. 5. Όπως προκύπτει από τη φωτογραφία του φάσματος, τά ρινίσματα σιδήρου σχηματίζουν όμόκεντρους κύκλους μέ κέντρο πάνω στόν αγωγό. Γιά νά σχηματισθούν καλά αὐτοί οί κύκλοι πρέπει τό χαρτόνι νά εἶναι κάθετο στόν αγωγό. Ἀπό τίς παρατηρήσεις αὐτές συμπεραίνουμε ὅτι:

Οἱ μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου πού σχηματίζεται ἀπό ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό, εἶναι περιφέρειες κύκλου μέ κοινό κέντρο πού βρίσκεται πάνω στόν αγωγό καί μέ τό ἐπίπεδό τους κάθετο στόν αγωγό (Σχ. 6).

Ἡ φορά τῶν γραμμῶν βρίσκεται καί πάλι μέ τόν κανόνα τοῦ δεξιῦ χεριοῦ.



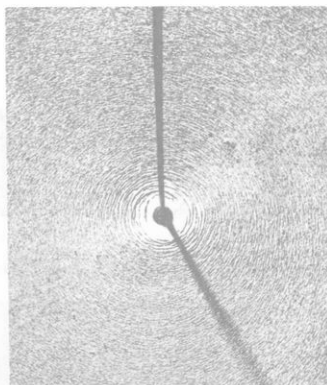
Σχ. 4. Κανόνας τοῦ δεξιῦ χεριοῦ

III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

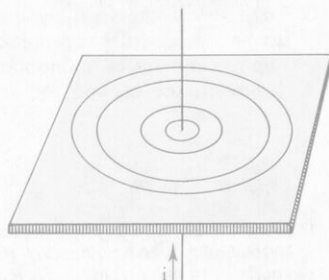
α. Μορφή τοῦ πεδίου. Ἀπό τήν καθημερινή μας ἐμπειρία γνωρίζουμε ὅτι ἡ μαγνητική βελόνα ἰσορροπεῖ πάντοτε κατά τή διεύθυνση βορρᾶς - νότος, ἂν δέν ὑπάρχει κοντά της μαγνήτης ἢ πηνίο μέ ρεύμα. Ὁ προσανατολισμός αὐτός τῆς βελόνας φανερώνει ὅτι γύρω ἀπό τή Γῆ ὑπάρχει μαγνητικό πεδίο. Τό πεδίο αὐτό λέγεται **μαγνητικό πεδίο τῆς Γῆς ἢ γεωμαγνητικό πεδίο**.

Ἄν ὑπῆρχε τρόπος νά φωτογραφήσουμε τό φάσμα τοῦ γεωμαγνητικοῦ πεδίου, θά παίρναμε μία εἰκόνα παρόμοια μέ τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (Σχ. 7). Ἀπό τή μορφή τοῦ φάσματος προκύπτει ὅτι ὁ μαγνητικός ἄξονας τῆς Γῆς δέ συμπίπτει μέ τόν ἄξονα περιστροφῆς της. Μέ ἄλλα λόγια οἱ μαγνητικοί πόλοι τῆς Γῆς δέ βρίσκονται πάνω στούς γεωγραφικούς πόλους, ἄλλα σέ ἄρκετή ἀπόσταση ἀπό αὐτούς.

β. Προέλευση τοῦ γεωμαγνητικοῦ πεδίου. Ἀπό ὅσα εἶναι γνωστά μέχρι σήμερα, τό μαγνητικό πεδίο τῆς Γῆς ὀφείλεται σέ δύο κυρίως αἰτίες: α) Σέ ἡλεκτρικά ρεύματα πού κυκλοφοροῦν στόν πυρήνα τῆς Γῆς καί β) σέ μαγνητισμένα ὑλικά πού ὑπάρχουν σέ πολλές περιοχές τοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς.



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού



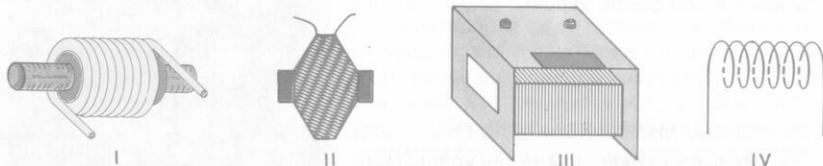
Σχ. 6. Γραφική παράσταση τοῦ φάσματος ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού



Σχ. 7.

Έκτός από-τη Γη και άλλα ούράνια σώματα έχουν μαγνητικό πεδίο, όπως ο Ήλιος, ο Άρης, ο Ζεύς κτλ.

Σημείωση: Συχνά χρησιμοποιούμε τους όρους πηνίο και σωληνοειδές. Για να γίνουν κατανοητές οι έννοιες, παραθέτουμε τις μορφές μερικών από τα πιο συνηθισμένα πηνία (Σχ. 8). Από τα σχέδια αυτά γίνεται αντιληπτό ότι σωληνοειδές είναι εκείνο το πηνίο που έχει τη μορφή στενόμακρου σωλήνα και έχει σταθερό αριθμό σπειρών σε κάθε μονάδα του μήκους του.



Σχ. 8. Μορφές πηνίων. (Ειδικά τα πηνία I και IV λέγονται σωληνοειδή πηνία)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς μοιάζει με το πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη και είναι ομογενές στο έσωτερικό του και άνομοιογενές στο εξωτερικό του.
2. Το μαγνητικό πεδίο γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό έχει κυκλικές μαγνητικές γραμμές κάθετες προς τον αγωγό.
3. Το μαγνητικό πεδίο της γης έχει μορφή παρόμοια με το πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη και οφείλεται κυρίως σε ηλεκτρικά ρεύματα που κυκλοφορούν στον πυρήνα της και σε σιδηρομαγνητικά υλικά που υπάρχουν στο φλοιό της.
4. Ο μαγνητικός άξονας της γης δέ συμπίπτει με το γεωγραφικό άξονά της.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Με τί μοιάζει το μαγνητικό φάσμα σωληνοειδούς; β) Σε ποιά περιοχή του σωληνοειδούς το πεδίο είναι ομογενές;
2. Τι μορφή έχουν οι μαγνητικές γραμμές ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού; Σημειώστε τη φορά των μαγνητικών γραμμών στο Σχ. 6.
3. Πώς θα βρείτε τους πόλους ενός πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα: α) με μια μαγνητική βελόνα; β) χωρίς μαγνητική βελόνα;
4. Ποιό οφείλεται το γήινο μαγνητικό πεδίο;

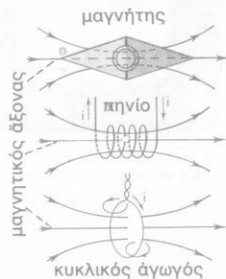
ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οί μαγνητικές ιδιότητες των υλικών ήταν γνωστές από την εποχή του Θαλή, αλλά ή έρμηνεία τους παρέμεινε άγνωστη ως τις αρχές του 20ου αιώνα.

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΔΙΠΟΛΑ

Όπως είναι γνωστό, κάθε πηνίο που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, αλλά και κάθε μαγνήτης, εμφανίζει στις άκρες του δύο πόλους, είναι δηλ. ένα **μαγνητικό δίπολο** (Σχ. 1).

Τά μαγνητικά δίπολα έχουν μία κεντρική μαγνητική γραμμή, που είναι ευθεία και λέγεται **μαγνητικός άξονας** του διπόλου. Στην περίπτωση που το μαγνητικό δίπολο είναι ένας κυκλικός άγωγος, ο μαγνητικός του άξονας είναι κάθετος προς το επίπεδο του άγωγού, όπως προκύπτει από το μαγνητικό του φάσμα.



Σχ. 1. Μαγνητικά δίπολα



Σχ. 2. Η απομόνωση ενός μαγνητικού πόλου είναι αδύνατη

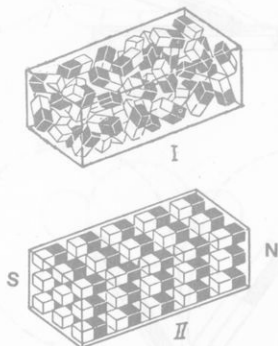
II. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΕΣ

“Αν κόψουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σε δύο κομμάτια, παρατηρούμε ότι προκύπτουν δύο μικρότεροι μαγνήτες (Σχ. 2).” “Αν τό κάθε κομμάτι κοπεί ξανά σε μικρότερα κομμάτια, προκύπτουν και πάλι μικρότεροι μαγνήτες κ.ο.κ. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι είναι αδύνατο νά χωρίσουμε και νά απομονώσουμε τούς πόλους ενός μαγνήτη. Μέ άλλα λόγια οί μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια.

“Αν ήταν δυνατό νά συνεχίσουμε τή διαίρεση των μαγνητών σε ολοένα μικρότερα κομμάτια, θά φθάναμε τελικά σε μικρότατους μαγνήτες, **στοιχειώδεις μαγνήτες**, που θά ήταν τά άτομα ή μόρια του υλικού, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος ό μαγνήτης.

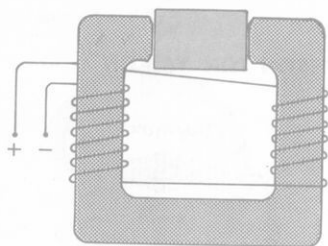
Επομένως:

Τά άτομα ή μόρια των μαγνητικών υλικών είναι μικρά μαγνητικά δίπολα, δηλ. στοιχειώδεις μαγνήτες.



Σχ. 3. Κατά τή μαγνήτιση μιās ράβδου σιδήρου οί στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται προς τήν ίδια κατεύθυνση

κομμάτι από χάλυβα



Σχ. 4. Μαγνήτιση με ηλεκτρομαγνήτη

III. ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Σε μία ράβδο σιδήρου, πού είναι άμαγνήτιση, οι στοιχειώδεις μαγνήτες είναι άτακτα διαταγμένοι (Σχ. 3, I). Με την επίδραση όμως ενός μαγνητικού πεδίου, οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται δύο έτερώνυμοι πόλοι στα άκρα της ράβδου (Σχ. 3, II). Τότε λέμε ότι η **ράβδος μαγνητίζεται**.

Αν η ράβδος είναι από μαλακό σίδηρο, ο προσανατολισμός των στοιχειωδών μαγνητών καταστρέφεται, μόλις σταματήσει ή επίδραση του μαγνητικού πεδίου. Άρα ο μαλακός σίδηρος παθαίνει **παροδική μαγνήτιση**. Αντίθετα, αν η ράβδος είναι από χάλυβα, οι στοιχειώδεις μαγνήτες παραμένουν προσανατολισμένοι και μετά την απομάκρυνση του μαγνητικού πεδίου. Ο χάλυβας, λοιπόν, παθαίνει **μόνιμη μαγνήτιση**.

Οι μόνιμοι μαγνήτες κατασκευάζονται από ειδικά κράματα σιδήρου, δηλ. από ειδικούς χάλυβες, για να διατηρούν τη μαγνήτισή τους*.

III. ΤΡΟΠΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΕΩΣ

Όπως αναφέραμε παραπάνω, για να μαγνητισθεί ο σίδηρος πρέπει να βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Τό μαγνητικό πεδίο προσανατολίζει τους στοιχειώδεις μαγνήτες, όπως ακριβώς και τη μαγνητική βελόνα. Όσο ισχυρότερο είναι τό πεδίο, τόσο καλύτερα προσανατολίζονται οι στοιχειώδεις μαγνήτες και έπομένως τόσο μεγαλύτερη γίνεται ή μαγνήτιση του σιδήρου.

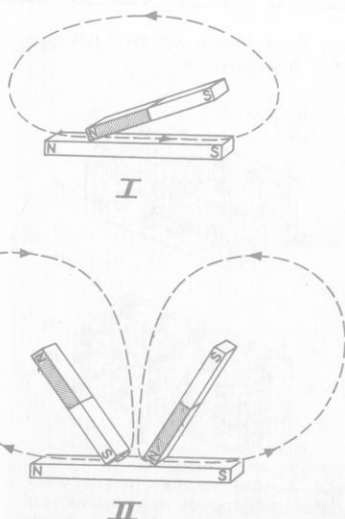
Ισχυρή μαγνήτιση μπορούμε να πετύχουμε με έναν ηλεκτρομαγνήτη. (Σχ. 4).

Αν δε διαθέτουμε ηλεκτρομαγνήτη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μαγνήτη ή ακόμη και τό γήινο μαγνητικό πεδίο, για να μαγνητίσουμε κάποιο ύλικό (Σχ. 5).

IV. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ας θυμηθούμε τη δομή των ατόμων (Σχ. 6). Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα και όρισμένα ηλεκτρόνια. Τά ηλεκτρόνια στρέφο-

* Οι ισχυροί μαγνήτες στα έργαστήρια (οι μαύροι) ει-
ναι από κράμα Al, Ni, Co.



Σχ. 5. Άπλός τρόπος μαγνητίσεως

νται γύρω από τόν πυρήνα σέ καθορισμένες τροχιές, καθώς επίσης καί γύρω από τόν έαυτό τους, όπως ακριβώς ή Γη στρέφεται γύρω από τόν Ήλιο καί τόν άξονά της.

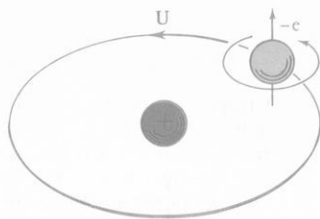
Ή κίνηση κάθε ηλεκτρονίου γύρω από τόν άτομικό πυρήνα, προκαλεί μικρό κυκλικό ρεύμα (δεχόμαστε τίς τροχιές κυκλικές), πού ή συμβατική του φορά είναι αντίθετη πρός τήν κίνηση του ηλεκτρονίου (Σχ. 7, I). Τό ρεύμα αυτό δημιουργεί μαγνητικό πεδίο όμοιο μέ τό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου άγωγού.

Ό στροβιλισμός κάθε ηλεκτρονίου γύρω από τόν άξονά του δημιουργεί επίσης ένα μαγνητικό πεδίο πού μοιάζει κάπως μέ τό πεδίο κυκλικού άγωγού* (Σχ. 7, II).

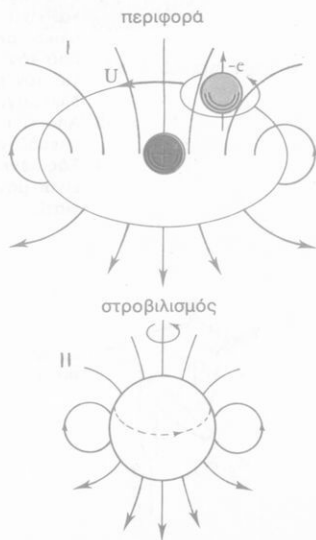
Άρα κάθε ηλεκτρόνιο ενός ατόμου, μέ τίς δύο κινήσεις πού κάνει, δημιουργεί συγχρόνως δύο μαγνητικά πεδία.

Στά άτομα ή μόρια τών μαγνητικών υλικών οί κινήσεις τών ηλεκτρονίων γίνονται μέ τέτοιο τρόπο, πού στό σύνολό τους τά άτομα ή μόρια είναι μικρά μαγνητικά δίπολα (στοιχειώδεις μαγνήτες). Αντίθετα, στά υπόλοιπα υλικά οί κινήσεις τών ηλεκτρονίων γίνονται έτσι πού τά άτομα δέν παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες. Άρα:

Οί μαγνητικές ιδιότητες τών υλικών οφείλονται στην περιφορά καί στό στροβιλισμό τών ηλεκτρονίων, πού κινούνται γύρω από τούς πυρήνες τών ατόμων.



Σχ. 6. Κάθε ηλεκτρόνιο κάνει δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω από τόν πυρήνα του ατόμου (περιφορά) καί μία γύρω από τόν έαυτό του (στροβιλισμό)



Σχ. 7. Ή περιφορά του ηλεκτρονίου γύρω από τόν πυρήνα δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο καί ό στροβιλισμός δημιουργεί δεύτερο μαγνητικό πεδίο

* Γιά νά βρίσκετε εύκολα τή φορά τών μαγνητικών γραμμών πού προκαλούνται από άρνητικά φορτία, χρησιμοποιήστε τό **άριστερό χέρι**, μέ τόν ίδιο τρόπο πού χρησιμοποιείτε τό δεξιό στή συμβατική φορά του ρεύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί μαγνήτες, τά πηνία μέ ρεύμα καί οί κυκλικοί άγωγοί μέ ρεύμα ονομάζονται μαγνητικά δίπολα.
2. Τά άτομα ή μόρια τών μαγνητικών ύλικών είναι στοιχειώδη μαγνητικά δίπολα. Η δημιουργία αυτών τών διπόλων οφείλεται στίς δύο κινήσεις (περιφορά, στροβιλισμό) πού κάνουν τά ηλεκτρόνια στά άτομα.
3. Τά μαγνητικά ύλικά μαγνητίζονται όταν οί στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται από κάποιο μαγνητικό πεδίο. Άν ό προσανατολισμός διατηρηθεί καί μετά τήν απομάκρυνση τού μαγνητικού πεδίου, ή μαγνήτιση λέγεται μόνιμη.

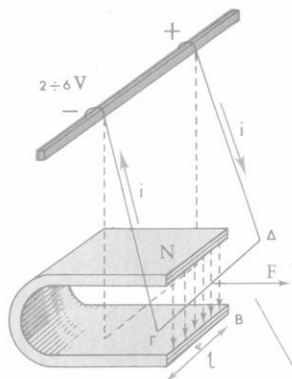
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί συμβαίνει σέ ένα ύλικό όταν μαγνητίζεται;
2. Δύο μαγνήτες έχουν τίς ίδιες διαστάσεις καί είναι κατασκευασμένοι από τό ίδιο ύλικό, αλλά ό ένας είναι ισχυρότερος από τόν άλλο. Τί συμπέρασμα βγάξετε γιά τόν προσανατολισμό τών στοιχειωδών μαγνητών τους;
3. Από τί ύλικά καί μέ ποιό τρόπο κατασκευάζονται οί μόνιμοι μαγνήτες;
4. Σας λένε ότι τό άτομο τού υδρογόνου είναι μαγνητικό δίπολο. Νά εξηγήσετε γιατί.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Ι. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ (ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ LAPLACE)

α. **Άγωγός κάθετος στις μαγνητικές γραμμές.** Χρησιμοποιούμε έναν πεταλοειδή μαγνήτη και ένα καλώδιο λυγισμένο σε σχήμα ανάποδου Π (Σχ. 1). Βάζουμε τό οριζόντιο τμήμα του ΓΔ ανάμεσα στους πόλους του μαγνήτη, φροντίζοντας να είναι κάθετο προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Κατόπιν συνδέουμε τα άκρα του καλωδίου με τους πόλους μιάς ηλεκτρικής πηγής και παρατηρούμε ότι ο άγωγός ΓΔ τινάζεται κάθετα προς τη διεύθυνσή του. Από την κίνηση αυτή συμπεραίνουμε ότι, τό μαγνητικό πεδίο ασκεί στο ρευματοφόρο άγωγό ΓΔ μία δύναμη, πού έχει διεύθυνση κάθετη στον άγωγό.



Σχ. 1. Δύναμη Laplace

“Αν προσέξουμε στο ίδιο πείραμα, θά διαπιστώσουμε ότι ή διεύθυνση της κινήσεως του άγωγού, άρα και ή δύναμη πού ασκείται πάνω του, είναι επίσης κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. “Αρα:

Σέ κάθε ευθύγραμμο ρευματοφόρο, άγωγό, πού βρίσκεται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο, ενεργεί μία δύναμη μέ διεύθυνση κάθετη προς τό επίπεδο πού σχηματίζουν ό άγωγός και οί μαγνητικές γραμμές του πεδίου.

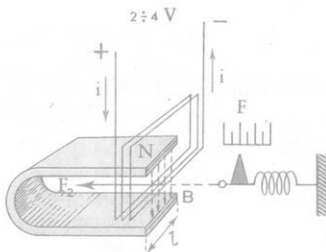
“Αν αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος, αλλάζει και ή φορά της δυνάμεως, αλλά ή δύναμη συνεχίζει να παραμένει κάθετη προς τό επίπεδο πού σχηματίζουν ό άγωγός και οί μαγνητικές γραμμές.

“Η δύναμη πού ασκούν τά μαγνητικά πεδία σέ ρευματοφόρους άγωγούς έχει την ίδια φύση μέ τη δύναμη πού ασκούν οί μαγνήτες σέ ρευματοφόρα πηνία. Είναι δηλαδή μία **μαγνητική δύναμη** και λέγεται συχνά **δύναμη LAPLACE**.

“Αν διαθέτουμε ευαίσθητο δυναμόμετρο (ικανό να δείχνει δέκατα του p), μπορούμε να μετρήσουμε τη δύναμη F μέ τόν τρόπο πού φαίνεται στο Σχ. 3. Από τέτοιες μετρήσεις



Σχ. 2 Κανόνας του δεξιού χεριού για την εύρεση της φοράς της μαγνητικής δυνάμεως πού ασκείται σέ ρευματοφόρο άγωγό



Σχ. 3.

άποδεικνύεται ότι η μαγνητική δύναμη F είναι ανάλογη προς την ένταση i του ρεύματος και ανάλογη προς το μήκος l του τμήματος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο πεδίο.

Επίσης αποδεικνύεται ότι η δύναμη εξαρτάται και από το πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο, μέσα στο οποίο βρίσκεται ο αγωγός.

Τό φυσικό μέγεθος, που προσδιορίζει πόσο ισχυρό είναι ένα μαγνητικό πεδίο σε κάποιο σημείο του Σ , λέγεται ένταση B του μαγνητικού πεδίου στο σημείο Σ .

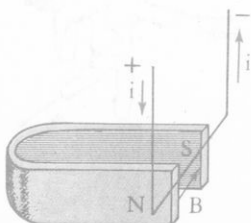
Συγκεντρώνοντας τα παραπάνω συμπεράσματα καταλήγουμε στο έξης:

μαγν. δύν.=έντ. ρεύμ.×μήκ. αγωγ.×έντ. πεδίου
ή $F = i \cdot l \cdot B$ Νόμος του Laplace

Στόν τύπο αυτό τό F μετριέται σε Newton, τό i σε Ampere, τό l σε μέτρα και τό B σε Tesla. Ο τύπος αυτός ισχύει όταν τό B είναι τό ίδιο σε όλα τά σημεία του αγωγού.

Πειραματική έπαλήθευση. Μπορούμε νά έπαληθεύσουμε τόν παραπάνω νόμο ποιοτικά μέ τά ακόλουθα πειράματα. 1) Αύξάνουμε τό ρεύμα στόν αγωγό, διατηρώντας τόν ίδιο μαγνήτη, και παρατηρούμε μεγαλύτερο τίναγμα του αγωγού. 2) Αύξάνουμε τήν ένταση του μαγνητικού πεδίου (χρησιμοποιούμε ισχυρότερο μαγνήτη) και παρατηρούμε ότι γιά τό ίδιο i και l τό τίναγμα του αγωγού γίνεται μεγαλύτερο. 3) Αύξάνουμε τό μήκος του αγωγού μέσα στό πεδίο, διατηρώντας τά άλλα μεγέθη σταθερά, και τό τίναγμα γίνεται μεγαλύτερο. (Η αύξηση του μήκους μπορεί νά γίνει μέ ένα τετραγωνικό πηνίο. Αν η είναι ό αριθμός των σπειρών του, στό πείραμα του Σχ. 2 τό πηνίο συμπεριφέρεται όπως ένας αγωγός μέ μήκος $n \cdot l$ που βρίσκεται στό ίδιο μαγνητικό πεδίο).

Ένας πρακτικός κανόνας. Γιά νά βρίσκουμε τή διεύθυνση και τή φορά της δυνάμεως F , χρησιμοποιούμε τό δεξιό μας χέρι, μέ τά τρία δάχτυλα (αντίχειρας, δείκτης, μεσαίος) τοποθετημένα σε τρεις άξονες κάθετους μεταξύ τους, όπως φαίνεται στό Σχ. 2. (κανόνας του δεξιού χεριού γιά τή δύναμη Laplace).



Σχ. 4. Σε αγωγό παράλληλο προς τίς μαγνητικές γραμμές δέν άσκειται μαγνητική δύναμη

β. Ἀγωγός παράλληλος πρὸς τὶς μαγνητικές γραμμές. Τοποθετοῦμε ἓνα ρευματοφόρο ἄγωγό παράλληλα πρὸς τὶς μαγνητικές γραμμές ἑνὸς πεδίου καὶ παρατηροῦμε ὅτι ὁ ἄγωγός παραμένει ἀκίνητος (Σχ. 4). Αὐτὸ σημαίνει ὅτι δὲν ἀσκεῖται στὸν ἄγωγό μαγνητικὴ δύναμη. Ἄν γυρίσουμε λίγο τὸ μαγνήτη, ὥστε νὰ σχηματισεῖ κάποια γωνία ἀνάμεσα στὸν ἄγωγό καὶ τὶς μαγνητικές γραμμές ὁ ἄγωγός δέχεται μία δύναμη ἀπὸ τὸ μαγνήτη.

Ἡ δύναμη αὐτὴ μεγαλώνει (τὸ τίναγμα γίνεται μεγαλύτερο) καθὼς αὐξάνεται ἡ γωνία καὶ γίνεται μέγιστη, ὅταν ὁ ἄγωγός γίνεται κάθετος στὶς μαγνητικές γραμμές. Ἄρα:

Ὅταν ἓνας ρευματοφόρος ἄγωγός εἶναι παράλληλος πρὸς τὶς μαγνητικές γραμμές ἑνὸς πεδίου, δὲν ἀσκεῖται πάνω του μαγνητικὴ δύναμη ἀπὸ τὸ πεδίο.

II. ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ Β ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Τὸ πεδίο πού σχηματίζεται στὸ ἐσωτερικὸ σωληνοειδοῦς, καθὼς καὶ τὸ πεδίο πού σχηματίζεται στὸ διάκενο ἀνάμεσα στοὺς ἐτερώνυμους πόλους τοῦ μαγνήτη τοῦ Σχ. 1, εἶναι ὁμογενές καὶ ὅπως ἔχουμε μάθει οἱ μαγνητικές γραμμές εἶναι παράλληλες μεταξύ τους.

Σὲ κάθε ὁμογενές μαγνητικὸ πεδίο οἱ μαγνητικές γραμμές εἶναι παράλληλες μεταξύ τους καὶ ἡ ἔνταση Β εἶναι **ἡ ἴδια σὲ ὅλα τὰ σημεία του.** (Σχ. 5). Γιά νὰ βροῦμε τὴν ἔνταση Β ἑνὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, λύνουμε τὸ νόμο τοῦ Laplace ὡς πρὸς Β:

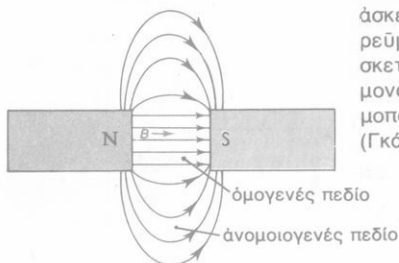
$$(1) \quad B = \frac{F}{iL}$$

Ἄν μετρήσουμε τὴ δύναμη F μὲ ἓνα δυναμόμετρο ἢ μὲ κάποιο εὐαίσθητο ζυγὸ, τὴν ἔνταση i μὲ ἓνα ἀμπερόμετρο καὶ τὸ μήκος L μὲ ἓνα μέτρο, μποροῦμε νὰ βροῦμε τὴν ἔνταση Β.

Ἡ ἔνταση Β εἶναι **διανυσματικὸ μέγεθος** καὶ ἔχει τὴν ἴδια διεύθυνση καὶ φορά μὲ τὶς μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου. Ἀπὸ τὸν τύπο (1) μποροῦμε νὰ ὀρίσουμε τὴ μονάδα ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου, πού τὴ λέμε Tesla.

$$1 \text{ Tesla} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}, \left(1 \frac{\text{Νιούτον}}{\text{Ἀμπέρ} \times \text{μέτρο}} \right)$$

Ἐνα μαγνητικὸ πεδίο ἔχει ἔνταση 1 Tesla, ἂν



Σχ. 5. Στο διάκενο, η ένταση B είναι παντού ή ίδια. (Όμογενές πεδίο)

άσκει δύναμη 1N σε άγωγό που διαρρέεται από ρεύμα 1A και ό οποίος έχει μήκος 1m και βρίσκεται κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές. Η μονάδα Tesla είναι μεγάλη και γι' αυτό χρησιμοποιείται στην πράξη συνήθως τό 1 Gauss (Γκάους)

$$1\text{Gauss} = 10^{-4} \text{ Tesla}$$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τα μαγνητικά πεδία άσκουν δυνάμεις σε ρευματοφόρους άγωγούς. Όταν ό άγωγός είναι ευθύγραμμος και έχει διεύθυνση κάθετη προς τις μαγνητικές γραμμές όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου, ή μαγνητική δύναμη δίνεται από τον τύπο $F = i \cdot l \cdot B$. Όταν ό άγωγός είναι παράλληλος προς τις μαγνητικές γραμμές, δέ δέχεται δύναμη από τό πεδίο.
2. Η μαγνητική δύναμη F (δύναμη Laplace) είναι κάθετη προς τό επίπεδο που σχηματίζουν οι μαγνητικές γραμμές και ό άγωγός.
3. Η ένταση B όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου δίνεται από τον τύπο $B = F / i \cdot l$ και μετριέται σε Tesla ($1 \text{ Tesla} = 1\text{N/A}\cdot\text{m}$).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται ή μαγνητική δύναμη σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο άγωγό; Παίξει ρολό η γωνία που σχηματίζει ό άγωγός με τις μαγνητικές γραμμές στη μαγνητική δύναμη; Πότε ή δύναμη γίνεται μέγιστη και πότε μηδέν;
2. Σε ποιές άνω τις ακόλουθες περιπτώσεις αλλάζει ή φορά της δυνάμεως στο πείραμα του Σχ. 1: α) όταν αλλάζουμε τη φορά του ρεύματος; β) όταν αλλάζουμε τη φορά των μαγνητικών γραμμών, δηλ. όταν αντιστρέφουμε τούς πόλους του μαγνήτη; γ) όταν αλλάζουμε τη φορά του ρεύματος και τη φορά των μαγνητικών γραμμών συγχρόνως;
3. Έχει σχεδιαστεί όρθα ή φορά της δυνάμεως F στο Σχ. 3;
4. Η δύναμη στο πλαίσιο του Σχ. 3 είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη στον άγωγό του Σχ. 1, μολονότι ή ένταση του ρεύματος i και ή ένταση του πεδίου B παραμένουν ίδιες και στίς δύο περιπτώσεις. Πώς δικαιολογείται αυτό;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- 1*. Άγωγός έχει μήκος 10cm, διαρρέεται από ρεύμα 2,5A και βρίσκεται σε όμογενές μαγνητικό πεδίο έντάσεως $B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla}$, κάθετα προς τις γραμμές του. Πόση δύναμη άσκειται στον άγωγό;
2. Άν στο πείραμα του Σχ. 1 ή ένταση του ρεύματος είναι 0,8A, ή δύναμη είναι $16 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ και τό μήκος του άγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι 2cm, πόση είναι ή ένταση B του μαγνητικού πεδίου μεταξύ των πόλων του μαγνήτη;
3. Τό πλαίσιο του Σχ. 3 έχει 100 σπείρες και διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 0,5A. Άν τό μήκος l της πλευράς που βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο είναι 3cm και ή ένταση του πεδίου είναι 0,4 Tesla, πόση θά είναι ή δύναμη F ;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

(ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ LAPLACE)

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι οικονομικοί και πρακτικοί κινητήρες. Πολλές οικιακές συσκευές, μεταφορικά μέσα κτλ. χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες για τη λειτουργία τους.

Ι. ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

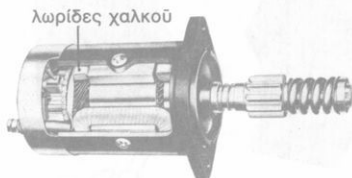
* Τοποθετούμε μία μαγνητική βελόνα στο έσωτερικό ενός πηνίου* (Σχ. 3). Διοχετεύουμε ρεύμα στο πηνίο και παρατηρούμε ότι η βελόνα εκτρέπεται από την άρχική της διεύθυνση και τείνει να κάνει τό μαγνητικό της άξονα παράλληλο προς τις γραμμές του πεδίου. Αυτό γίνεται γιατί τό μαγνητικό πεδίο του πηνίου άσκει δυνάμεις στή βελόνα πού δημιουργούν μηχανική ροπή και τήν αναγκάζουν νά στραφεί. Όταν ό μαγνητικός άξονας γίνεται παράλληλος προς τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, ή ροπή μηδενίζεται. Στή θέση αυτή ή βελόνα μπορεί νά ισορροπήσει και νά παραμείνει άκίνητη.

Αν στό πείραμα αυτό άνοιγοκλείνουμε τό κύκλωμα σέ κατάλληλη στιγμή, μπορούμε νά κάνουμε τή βελόνα νά στρέφεται άσταμάτητα. Τό άνοιγμα και κλείσιμο του κυκλώματος προκαλεί περιοδικές ώθήσεις στή βελόνα πού τή διατηρούν σέ άδιάκοπη περιστροφή. Τήν ενέργεια γιά τήν περιστροφή τής βελόνας τήν παρέχει ή ηλεκτρική πηγή. Μέ τόν τρόπο αυτό έχουμε **μετατροπή τής ηλεκτρικής ενέργειας σέ μηχανική**. Πάνω στήν άρχή αυτή στηρίζεται ή λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων.

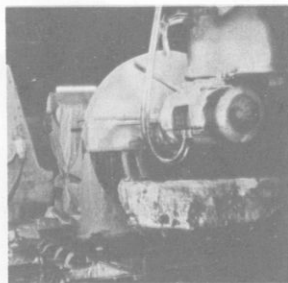
ΙΙ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Από τό προηγούμενο πείραμα προκύπτει ότι, γιά νά λειτουργεί ένας ηλεκτρικός κινητήρας, πρέπει νά περιλαμβάνει ένα μαγνητικό δίπολο, ένα πηνίο γιά νά παράγει μαγνητικό πεδίο και ένα μηχανισμό πού νά άνοιγοκλείνει αυτόματα τό ηλεκτρικό κύκλωμα.

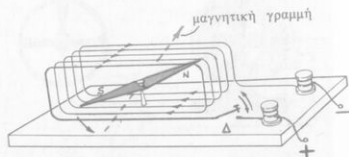
* Τό πείραμα γίνεται και όταν ή βελόνα βρίσκεται έξω, αλλά κοντά στό πηνίο.



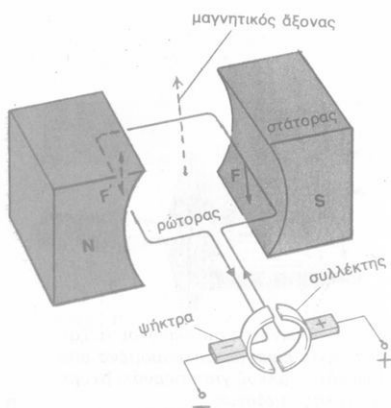
Σχ. 1. Έκκινητής αυτοκινήτου (μίζα). Τα πηνία είναι κατασκευασμένα από λωρίδες χαλκού γιατί περνάει ρεύμα μεγάλης έντάσεως



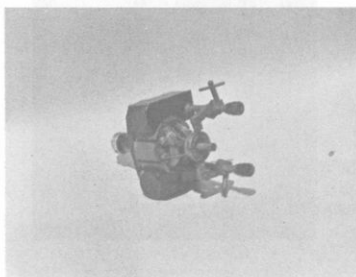
Σχ. 2. Ηλεκτρικός κινητήρας γιά τήν κοπή μαρμάρου



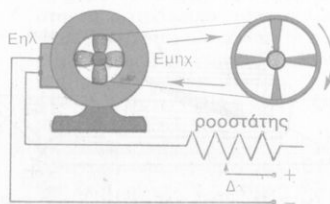
Σχ. 3. Άνοιγμα και κλείσιμο του κυκλώματος σέ κατάλληλη στιγμή διατηρεί τή μαγνητική βελόνα σέ διαρκή περιστροφή



Σχ. 4. Άπλο διάγραμμα ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος (άρχη)



Σχ. 5. Έργαστηριακός (σχολικός) κινητήρας



Σχ. 7. Μέ το ροοστάτη ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα

Μέρη του κινητήρα. Τα βασικά μέρη ενός κινητήρα είναι ο ρώτορας, ο στάτορας, ο συλλέκτης και οι δύο ψήκτρες (Σχ. 4).

Ο ρώτορας είναι τό περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής, πού στην απλούστερη περίπτωση αποτελείται από ένα μόνο πλαίσιο. Οι άκρες του πλαισίου του ρώτορα συνδέονται μέ τό συλλέκτη, ό όποιος παίρνει ρεύμα από τίς ψήκτρες (ή καρβουνάκια) καί τό διοχετεύει στό πλαίσιο του ρώτορα.

Ο στάτορας είναι τό άκίνητο μέρος του κινητήρα καί μπορεί νά είναι ένας μόνιμος μαγνήτης ή ένας ηλεκτρομαγνήτης. Ο στάτορας δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, μέσα στό όποιο περιστρέφεται ό ρώτορας.

Λειτουργία του κινητήρα. Όταν περνάει ρεύμα από τό πλαίσιο του ρώτορα, αναπτύσσεται ροπή στό πλαίσιο πού τό αναγκάζει νά περιστραφεί. Η ροπή προέρχεται από τίς μαγνητικές δυνάμεις F καί F' πού άσκούνται στους άγωγούς του πλαισίου.

Όταν ό μαγνητικός άξονας του πλαισίου γίνεται παράλληλος πρós τίς γραμμές του πεδίου, ή ροπή μηδενίζεται. Τό πλαίσιο όμως δέ σταματάει γιατί έχει άποκτήσει κάποια κινητική ενέργεια. Συνεχίζει λοιπόν τήν περιστροφή του καί δέχεται νέα ώθηση. Οι περιοδικές αυτές ώθήσεις πραγματοποιούνται χάρη στό συλλέκτη πού άνοιγοκλείνει αυτόματα τό κύκλωμα του πλαισίου. Έτσι μέ διαδοχικές ώθήσεις συνεχίζει τήν περιστροφή του ό ρώτορας.

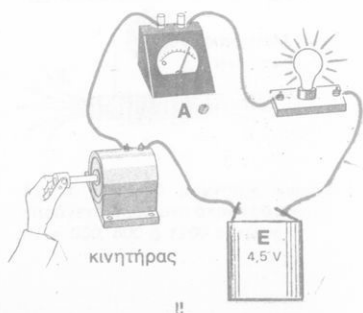
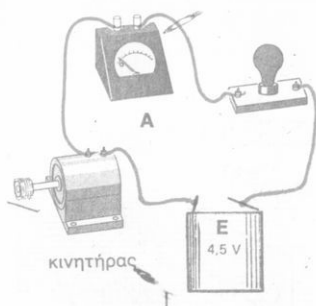
Αν ό ρώτορας συναντήσει κάποια αντίσταση, τήν ώρα πού ή ροπή είναι μηδέν, ό κινητήρας μπορεί νά σταματήσει. Αν όμως βάλουμε δύο πηνία κάθετα μεταξύ τους, όπως συμβαίνει στόν πειραματικό κινητήρα του έργαστηρίου (Σχ. 5), ή ροπή στό ρώτορα δέ μηδενίζεται ποτέ. Γιατί, όταν τό ένα πλαίσιο έχει τό μαγνητικό του άξονα παράλληλο πρós τίς γραμμές καί δέχεται ροπή μηδέν, τό άλλο έχει τόν άξονά του κάθετο πρós τίς γραμμές καί δέχεται τή μέγιστη ροπή. Για τό λόγο αυτό:

Σέ ισχυρούς κινητήρες χρησιμοποιούνται πολλά πλαίσια ώστε νά υπάρχει διαρκώς μεγάλη ροπή στό ρώτορα.

Πώς μεταβάλλεται τό ρεύμα ενός κινητήρα. Μέ ένα άμπερόμετρο μετράμε τήν ένταση του

ρεύματος που διέρχεται από έναν κινητήρα και παρατηρούμε ότι, όταν ο κινητήρας στρέφεται κανονικά, η ένταση του ρεύματος είναι μικρή (Σχ. 6). Στη συνέχεια εμποδίζουμε τον κινητήρα να στρέφεται κανονικά και παρατηρούμε ότι η ένταση του ρεύματος μεγαλώνει και γίνεται μέγιστη, όταν ο κινητήρας σταματά*. Αυτό συμβαίνει π.χ. κατά τη στιγμή της εκκινήσεως του κινητήρα.

Στους ισχυρούς κινητήρες, για να αποφεύγεται το μεγάλο ρεύμα στο ξεκίνημά τους, χρησιμοποιείται ροοστάτης, δηλ. μεταβλητή αντίσταση (Σχ. 7).



Σχ. 6. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν κινητήρα μεγαλώνει, όταν η συχνότητα περιστροφής μεικράνει.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

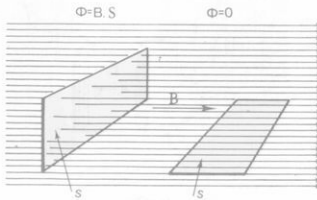
1. Η λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στη μηχανική ροπή, που αναπτύσσεται σε μαγνητικά δίπολα, όταν αυτά βρίσκονται σε μαγνητικό πεδίο. Η ροπή αυτή οφείλεται σε μαγνητικές δυνάμεις.
2. Τα κύρια μέρη ενός κινητήρα είναι ο στάτορας που δημιουργεί το μαγνητικό πεδίο, ο ρώτορας που είναι ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό δίπολο, ο συλλέκτης και οι ψήκτες.
3. Ο ρώτορας στους συνηθισμένους ηλεκτρικούς κινητήρες αποτελείται από πολλά πλαίσια (μαγνητικά δίπολα) για να άσκειται διαρκώς μεγάλη ροπή πάνω του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από πού προέρχεται η ενέργεια για την περιστροφή της βελόνας στο Σχ.3 και σε τί μετατρέπεται;
2. Ποιά είναι τα κύρια μέρη ενός ηλεκτρικού κινητήρα;
3. Τι ρόλο παίζει ο συλλέκτης στη λειτουργία του κινητήρα;
4. Γιατί ο ρώτορας των κινητήρων κατασκευάζεται συνήθως με δύο ή και περισσότερα πλαίσια που σχηματίζουν κάποια γωνία μεταξύ τους;
5. Τι χρειάζεται ο ροοστάτης σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ – ΕΠΑΓΩΓΗ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ



Σχ. 1 Μαγνητική ροή

Θεωρούμε μία επίπεδη επιφάνεια S μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B (Σχ. 1). Είναι φανερό ότι, μέσα από την επιφάνεια S , περνά ένα πλήθος μαγνητικών γραμμών. Τόσος ο αριθμός των μαγνητικών γραμμών, που διαπερνούν την επιφάνεια S , παριστάνει σχηματικά ένα φυσικό μέγεθος που λέγεται μαγνητική ροή. Όταν η επιφάνεια S είναι **κάθετη** προς τις μαγνητικές γραμμές, ή μαγνητική ροή Φ ορίζεται ως εξής:

μαγν. ροή = ένταση μαγν. πεδ. $\times$ έμβαδο επιφάν.

$$\Phi = B \cdot S$$

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα μαγνητικής ροής είναι τό 1 Weber (Βέμπερ) και ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$1 \text{ Weber} = 1 \text{ Tesla} \cdot \text{m}^2$$

Αν η επιφάνεια S γίνει **παράλληλη** προς τις μαγνητικές γραμμές, τότε καμία μαγνητική γραμμή δεν περνάει από την επιφάνεια. Η μαγνητική ροή τότε είναι $\Phi = 0$. Για κάθε άλλη θέση της επιφάνειας S ως προς τις μαγνητικές γραμμές θά περνάει κάποιος αριθμός μαγνητικών γραμμών από την επιφάνεια, δηλ. θά υπάρχει κάποια μαγνητική ροή. Η μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη, όταν η επιφάνεια γίνεται κάθετη προς τις γραμμές του πεδίου.

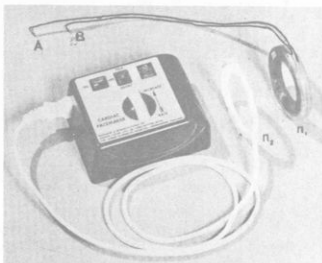
ΕΠΑΓΩΓΗ

Τό φαινόμενο της επαγωγής είναι ένα από τό βασικότερα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και έχει πολλές τεχνικές εφαρμογές. Μία από τις σύγχρονες εφαρμογές του βρίσκουμε στο βηματοδότη που εικονίζεται στο Σχ. 2.

Ι. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Τοποθετούμε ένα μαγνήτη κοντά σε ένα πηνίο και συνδέουμε τά άκρα του πηνίου με ένα εύαισθητο βολτόμετρο (γαλβανόμετρο μηδενός) (Σχ. 3).

Όταν ό μαγνήτης μένει ακίνητος, δέν παρατηρείται καμία απόκλιση στη βελόνα του βολ-



Σχ. 2. Βηματοδότης. Τό πηνίο P_1 τοποθετείται με χειρουργική επέμβαση στο έσωτερικό των τοιχωμάτων του στήθους και έξω από τό στήθος τοποθετείται τό πηνίο. P_2 Μέ ειδική γεννήτρια στέλνονται ηλεκτρικοί παλμοί στο P_2 και με έπαγωγή δημιουργείται τάση στα άκρα A, B του P_1 , τά όποια στηρίζονται στους μύς της καρδιάς. Έτσι μία άρρυθμη καρδιά μπορεί νά λειτουργεί κανονικά και με ελεγχόμενο παλμό

τομέτρου, είτε ο μαγνήτης βρίσκεται έξω από το πηνίο, είτε μέσα σ' αυτό. (Σχ. 3 I, II).

Όταν ο μαγνήτης κινείται, η βελόνα του βολτομέτρου εκτρέπεται από τη μηδενική θέση, δηλ. στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται μία ηλεκτρική τάση. Μάλιστα όταν ο μαγνήτης πλησιάζει προς το πηνίο, η βελόνα εκτρέπεται προς τη μία φορά, ενώ όταν απομακρύνεται ο μαγνήτης, η βελόνα εκτρέπεται προς την άλλη φορά.

Τό φαινόμενο αυτό, κατά το οποίο εμφανίζεται ηλεκτρική τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη) στα άκρα ενός πηνίου με την κίνηση ενός μαγνήτη, ονομάζεται **επαγωγή** και η τάση που αναπτύσσεται **επαγωγική τάση**.

II. ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Από τα προηγούμενα πειράματα φαίνεται ότι η επαγωγική τάση, άρα και τό φαινόμενο της επαγωγής, συνδέεται στενά με την κίνηση του μαγνήτη.

Η κίνηση του μαγνήτη, όπως φαίνεται καθαρά στο Σχ. 3, συνοδεύεται με μεταβολή της μαγνητικής ροής στο πηνίο.

Η αιτία που δημιουργεί ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός πηνίου, κατά τό φαινόμενο της επαγωγής, είναι η μεταβολή της μαγνητικής ροής στο έσωτερικό του πηνίου.

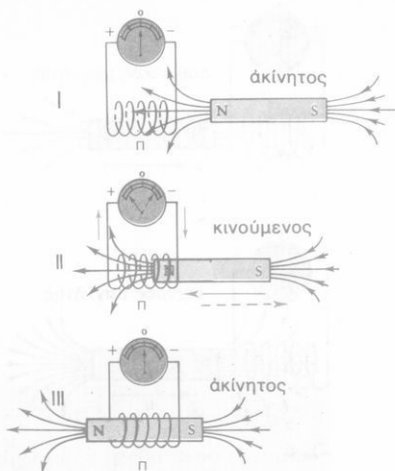
Αν στα πηνία υπάρχουν πυρήνες, οι μεταβολές της μαγνητικής ροής στο πηνίο γίνονται μεγαλύτερες και επομένως οι τάσεις στα άκρα του γίνονται μεγαλύτερες.

III. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

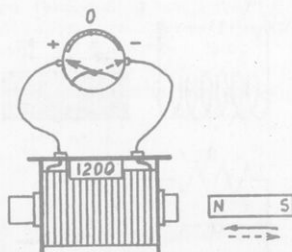
1ο πείραμα. Από τα προηγούμενα πειράματα προέκυψε ότι η επαγωγική τάση U οφείλεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ ($\Delta\Phi = \Phi_{\text{τελικό}} - \Phi_{\text{αρχ}}$).

Αν χρησιμοποιήσουμε δύο διαφορετικούς μαγνήτες (Σχ. 5) και τούς εισαγάγουμε με την ίδια περίπου ταχύτητα μέσα σ' ένα πηνίο, θα παρατηρήσουμε ότι ο ισχυρότερος μαγνήτης δημιουργεί μεγαλύτερη επαγωγική τάση.

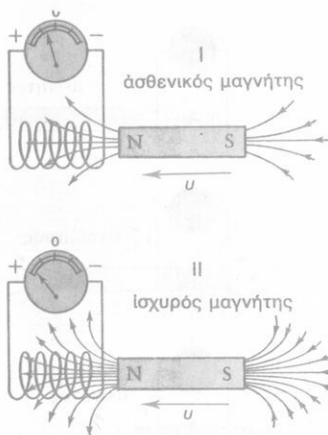
Αυτό συμβαίνει γιατί ο ισχυρότερος μαγνήτης προκαλεί μεγαλύτερη μεταβολή $\Delta\Phi$ της μα-



Σχ. 3. Όταν ο μαγνήτης κινείται παράγεται τάση στα άκρα του πηνίου. ($N = 300, 600$ ή 1200 σπείρες)



Σχ.4. Όταν στο πηνίο υπάρχει σιδερένιος πυρήνας, η επαγωγική τάση γίνεται μεγαλύτερη.



Σχ. 5.

γνητικής ροής. Με ακριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

Ἡ επαγωγική τάση είναι ανάλογη προς τη μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$

2ο πείραμα. "Αν στο προηγούμενο πείραμα κινήσουμε γρηγορότερα τούς μαγνήτες, θά παρατηρήσουμε ότι οι τάσεις γίνονται μεγαλύτερες. "Αρα, ἡ επαγωγική τάση ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς $\Delta\Phi/\Delta t$. "Όπου $\Delta\Phi$ εἶναι ἡ μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ Δt ὁ ἀντίστοιχος χρόνος.

Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ επαγωγική τάση εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

3ο πείραμα. Τέλος, ἂν χρησιμοποιήσουμε πηνία μὲ διαφορετικούς ἀριθμούς σπειρῶν n (π.χ. $n = 6, 300, 1200$) θά παρατηρήσουμε ὅτι, μὲ τὴν εἰσγωγή τοῦ ἴδιου μαγνήτη καὶ σὲ τρία πηνία καὶ μὲ τὴν ἴδια περίπου ταχύτητα, ἡ τάση εἶναι μεγαλύτερη σὲ τὸ πηνίο μὲ τίς περισσότερες σπεῖρες. Μὲ ἀκριβείς μετρήσεις καὶ πάλι ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ επαγωγική τάση σὲ ἓνα πηνίο εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου n .

Συγκεντρώνοντας τὰ πῶς πάνω συμπεράσματα, μποροῦμε νὰ γράψουμε ἓνα μόνον τύπο, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν ἔκφραση τοῦ νόμου τῆς ἐπαγωγῆς:

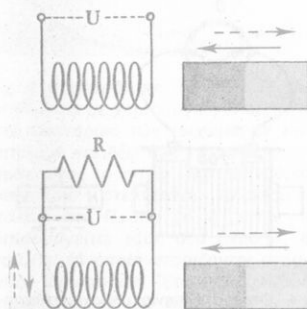
ἐπαγωγική τάση = ἀριθμ. σπειρῶν πην. $\times$ ταχύτ. μεταβολῆς μαγν. ροῆς.		
ἢ	$U_{\text{επαγ}} = n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς*

Τὴν τάση U τὴ μετράμε σὲ Volt, τὴ μεταβολὴ τῆς ροῆς $\Delta\Phi$ σὲ Weber καὶ τὸ χρόνο Δt σὲ sec. "Αρα θά ἰσχύει ἡ σχέση:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{Weber}}{\text{sec}} \quad \text{ἢ} \quad 1 \text{ Weber} = 1 \text{ V} \cdot \text{sec}$$

IV. ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

"Αν τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου δὲ συνδέονται μὲ ἑξωτερικὸ κύκλωμα, σὲ τὸ πηνίο ἀναπτύσσεται



Σχ. 6.

μόνο επαγωγική τάση χωρίς νά κυκλοφορεί ρεύμα (Σχ. 6). "Αν όμως συνδέσουμε μία αντίσταση R στα άκρα του πηνίου, ώστε νά σχηματισθεί κλειστό κύκλωμα, τότε ή επαγωγική τάση προκαλεί στό κύκλωμα ήλεκτρικό ρεύμα, του οποίου ή ένταση δίδεται από τό γνωστό νόμο του Ohm

$$i_{\text{επ}} = \frac{U_{\text{επ}}}{R}$$

* Γιά λόγους άπλουστεύσεως παραλείψαμε τό άρνητικό πρόσημο του τύπου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μαγνητική ροή Φ εκφράζει τό πλήθος τών μαγνητικών γραμμών πού διαπερνούν μία επιφάνεια S καί δίνεται από τόν τύπο $\Phi = B \cdot S$, όταν ή επιφάνεια είναι κάθετη πρós τίς μαγνητικές γραμμές.
2. Η εμφάνιση ήλεκτρικής τάσεως στά άκρα ενός πηνίου, όταν μεταβάλλεται ή μαγνητική ροή στό πηνίο, ονομάζεται επαγωγή.
3. Ο νόμος τής επαγωγής είναι:

$$U_{\text{επαγ}} = \eta \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιό είναι τό αίτιο τής εμφάνισεως τής επαγωγικής τάσεως;
2. Από τί εξαρτάται ή επαγωγική τάση στά άκρα ενός πηνίου;
3. Ποιές μονάδες χρησιμοποιούνται γιά τά μεγέθη U, ΔΦ καί Δt καί πώς συνδέονται μεταξύ τους;
4. Σας δίνουν έναν ισχυρό καί έναν ασθενή μαγνήτη, ένα πηνίο μέ 300 σπείρες καί ένα μέ 1200 σπείρες. Ποιό συνδυασμό θά κάνατε γιά νά πάρετε τή μεγαλύτερη δυνατή επαγωγική τάση;
5. Στο πείραμα του Σχ. 3, διατηρώντας τόν ίδιο μαγνήτη καί τό ίδιο πηνίο, ή τάση αύξάνεται όταν ο μαγνήτης κινείται γρηγορότερα. Ποιό από τά τρία μεγέθη η, ΔΦ καί Δt επηρεάζεται από τήν ταχύτητα του μαγνήτη καί αύξάνεται ή τάση;
6. Πότε ή μαγνητική ροή πού περνάει από μία επίπεδη επιφάνεια γίνεται μέγιστη καί πότε ελάχιστη;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα πηνίο έχει 300 σπείρες και ή μαγνητική ροή στο έσωτερικό του μεταβάλλεται κατά $2 \cdot 10^{-3}$ Weber σέ χρόνο 0,2 sec. Πόση τάση αναπτύσσεται στά άκρα του πηνίου;
2. Κατά την είσαγωγή έ ενός μαγνήτη σέ πηνίο 600 σπειρών μετρήθηκε τάση 2 V στά άκρα του πηνίου. Έάν ό χρόνος είσαγωγής ήταν 0,5 sec, πόση ήταν ή μεταβολή τής ροής στο έσωτερικό του πηνίου;
3. Ένα πηνίο έχει 1.200 σπείρες και τό διαπερνάει μαγνητική ροή $\Phi = 0,4$ Weber.
 - α) Πόση μαγνητική ροή περνάει από τήν έπιφάνεια;
 - β) Πόση γίνεται ή ροή, άν ή έπιφάνεια γίνει παράλληλη πρός τίσ γραμμές;
4. Έπιφάνεια έχει έμβαδό $S = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ και βρίσκεται κάθετα πρός τίσ μαγνητικές γραμμές πεδίου έντάσεως $B = 1/10$ Tesla.

37η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ - ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ - ΤΑΧΟΜΕΤΡΟ

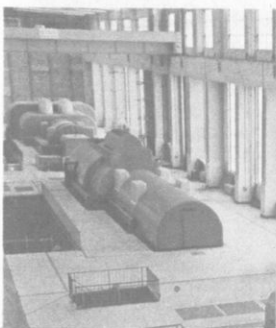
(ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν πολλών ειδών ηλεκτρικές πηγές: Τά ηλεκτρικά στοιχεία πού μετατρέπουν τή χημική ένέργεια σέ ηλεκτρική, τά φωτοστοιχεία πού μετατρέπουν τή φωτεινή ένέργεια σέ ηλεκτρική κτλ. Απ' όλες όμως τίσ γνωστές πηγές ρεύματος οι μόνες κατάλληλες, γιά νά δώσουν ρεύματα μεγάλης ισχύος γιά βιομηχανική και οικιακή χρήση, είναι οι ηλεκτρογεννήτριες (Σχ. 1).

II. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό σύστημα έ ενός πηνίου και έ ενός μαγνήτη, πού μελετήσαμε στήν προηγούμενη ένότητα, λειτουργεί ως άπλή γεννήτρια. Μετατρέπει τή μηχανική ένέργεια, πού παρέχουμε στό μαγνήτη, σέ ηλεκτρική. Θά μπορούσε λοιπόν νά χρη-



Σχ. 1. Έλεκτρογεννήτριες του άτμοηλεκτρικού σταθμού Πτολεμαΐδας

σιμοποιηθεί ως ηλεκτρογεννήτρια, αρκεί με κάποιο τρόπο να δίνουμε στο μαγνήτη διαρκή κίνηση.

α. Κατασκευή της γεννήτριας. Οι γεννήτριες έχουν συνήθως την ίδια κατασκευή με τους ηλεκτρικούς κινητήρες. Αποτελούνται κι αυτές από τό στάτορα, τό ρώτορα, τό συλλέκτη και τίς ψήκτρες (Σχ. 2).

Στή γεννήτρια του εργαστηρίου (Σχ. 3) και σε πολλές μικρές γεννήτριες τό μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τό στάτορα, πού μπορεί νά είναι μόνιμος μαγνήτης ή ηλεκτρομαγνήτης. Μέσα στό μαγνητικό πεδίο του στάτορα στρέφεται ό ρώτορας, στά άκρα του όποιου αναπτύσσεται ή έπαγωγική τάση.

β. Λειτουργία της γεννήτριας. "Όταν τό πλαίσιο είναι παράλληλο πρós τίς μαγνητικές γραμμές (Σχ. 4, I), ή μαγνητική ροή είναι μηδέν, δηλ. καμία μαγνητική γραμμή δέ διέρχεται από την έπιφάνεια του πλαισίου.

"Όταν τό πλαίσιο γίνεται κάθετο πρós τίς γραμμές, τότε ή μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη (Σχ. 4, II). "Άρα:

Η περιστροφή του πλαισίου της γεννήτριας μέσα στό μαγνητικό πεδίο προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ στό πλαίσιο, μέ αποτέλεσμα νά εμφανίζεται έπαγωγική τάση στά άκρα του.

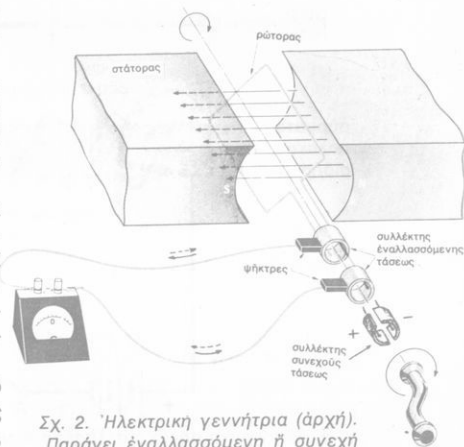
Συνδέουμε ένα λαμπάκι ή ένα βολτόμετρο στά άκρα του πλαισίου μιάς γεννήτριας και άρχίζουμε νά περιστρέφουμε τό πλαίσιο μέ όλοένα αύξανόμενη ταχύτητα (Σχ. 2). Παρατηρούμε ότι ή τάση αυξάνεται και μάλιστα, όπως αποδεικνύεται, είναι ανάλογη πρós την ταχύτητα περιστροφής. "Άρα:

Η έπαγωγική τάση μιάς γεννήτριας είναι ανάλογη πρós την ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου της.

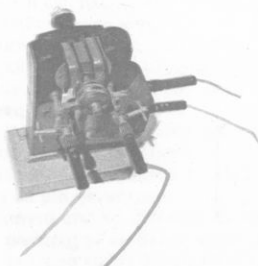
Τό συμπέρασμα αυτό είναι σύμφωνο μέ τό νόμο της έπαγωγής, γιατί ή έπαγωγική τάση είναι ανάλογη πρós την ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$.

γ. Γεννήτριες συνεχούς και έναλλασσόμενου ρεύματος.

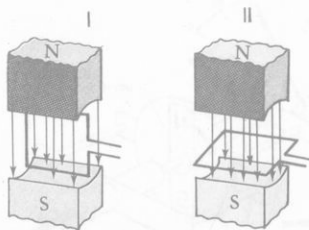
Η γεννήτρια του εργαστηρίου είναι κατα-



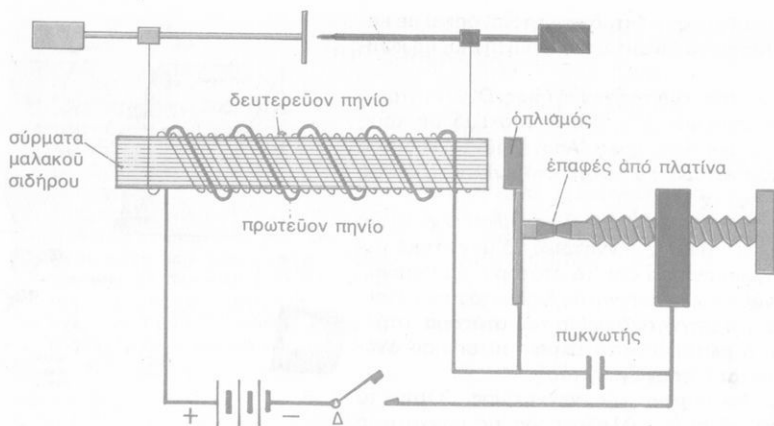
Σχ. 2. Ήλεκτρικη γεννήτρια (άρχή). Παράγει έναλλασσόμενη ή συνεχή τάση



Σχ. 3. Έργαστηριακή (σχολική) γεννήτρια



Σχ. 4. Η μαγνητική ροή στό πλαίσιο μεταβάλλεται μέ την περιστροφή



Σχ. 5. Έπαγωγικό πηνίο (πολλαπλασιαστής)

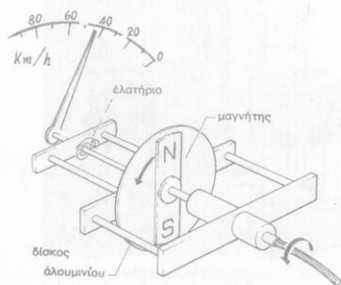
σκευασμένη έτσι ώστε να παράγει συνεχή ή εναλλασσόμενη τάση, ανάλογα με τη θέση που έχουν κάθε φορά οι ψήκτρες.

Αν οι ψήκτρες άκουμπούν στο δακτύλιο που είναι κομμένος σε δύο ίσα μέρη, η γεννήτρια παράγει συνεχή τάση. Αν οι ψήκτρες άκουμπούν στους δύο ανεξάρτητους δακτύλιους του συλλέκτη, η γεννήτρια παράγει εναλλασσόμενη τάση.

Οι περισσότερες γεννήτριες είναι κατασκευασμένες να παράγουν μία μόνο από τις δύο τάσεις, δηλ. τη συνεχή ή την εναλλασσόμενη.

δ. Ηλεκτρικές μηχανές. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι γεννήτριες λειτουργούν με τρόπο αντίστροφο προς τον τρόπο λειτουργίας των κινητήρων, δηλ. καταναλώνουν μηχανική ενέργεια και παράγουν ηλεκτρική. Θα μπορούσε επομένως ένας κινητήρας να λειτουργήσει σαν γεννήτρια και να αποδώσει ηλεκτρική ενέργεια, αν δίνανε μηχανική ενέργεια στη μηχανή, περιστρέφοντας με κάποιο τρόπο τό ρωτορα.

Παρόμοια μετατροπή μπορεί να γίνει και σε μία γεννήτρια, όχι όμως σε κάθε γεννήτρια. (Δοκιμάστε να μετατρέψετε τη γεννήτρια του εργαστηρίου σε κινητήρα με τις ψήκτρες τοποθετημένες στο συλλέκτη εναλλασσόμενης τάσεως. Τι παρατηρείτε;).



Σχ. 6. Ταχύμετρο αυτοκινήτων

Οί γεννήτριες και οί κινητήρες μαζί αποτελούν μία κατηγορία μηχανών που λέγονται **ήλεκτρικές μηχανές**. Μία ηλεκτρική μηχανή μπορεί συνήθως να λειτουργεί και ως γεννήτρια και ως κινητήρας.

III. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ Ή ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΠΗΝΙΟ

Αποτελείται από δύο πηνία που έχουν κοινό πυρήνα. Τό ένα που λέγεται **πρωτεύων** έχει λίγες σπειρές από χοντρό καλώδιο, ενώ τό άλλο που λέγεται **δευτερεύων** έχει πολλές σπειρές από λεπτό καλώδιο (Σχ. 5).

Συνδέουμε τό πρωτεύων μέ πηγή **συνεχοῦς** τάσεως (π.χ. 6V) και παρατηρούμε ότι ανάμεσα στά ηλεκτρόδια του δευτερεύοντος εμφανίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας. Αυτό φανερώνει ότι στά άκρα του δευτερεύοντος εμφανίζεται μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt).

Η ηλεκτρική τάση στό δευτερεύων είναι **έναλλασσόμενη** και παράγεται μέ έπαγωγή. (Οι περιοδικές διακοπές του ρεύματος στό πρωτεύων, που προκαλούνται από τόν όπλισμό που πάλλεται, δημιουργούν μεταβολή της μαγνητικής ροής στόν πυρήνα, δηλ. στό έσωτερικό του δευτερεύοντος πηνίου).

Ο πολλαπλασιαστής χρησιμοποιείται στους **άναφλεκτήρες** (bougies) των αυτοκινήτων για την παραγωγή σπινθήρων, στά εργαστήρια για την παραγωγή μεγάλων τάσεων κτλ.

Σημείωση. Η τάση που παράγει ένας πολλαπλασιαστής δέν είναι επικίνδυνη, άν και είναι χιλιάδες Volt, γιατί τό ρεύμα του έχει μικρή ισχύ. Γι' αυτό ή παραγωγή της στο εργατήριο δέ χρειάζεται ιδιαίτερες προφυλάξεις.

IV. TAXOMETPO AYTOKINHTOY

Τό ταχύμετρο (ή κοντέρ) είναι όργανο που μετράει την ταχύτητα των αυτοκινήτων (Σχ. 6). Αποτελείται από ένα δίσκο άλουμινίου, πάνω στον οποίο είναι στερεωμένος ό δείκτης ταχυτήτων και από ένα μαγνήτη που παίρνει κίνηση από τόν άξονα των τροχών του αυτοκινήτου. Καθώς περιστρέφεται ό μαγνήτης, δημιουργούνται έπαγωγικά ρεύματα στο δίσκο, τά όποία αναγκάζουν τό δίσκο να στραφεί. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ό μαγνήτης, τόσο ισχυρότερα ρεύματα αναπτύσσονται και τόσο περισσότερο στρέφεται ό δίσκος. Ένα έλατήριο, κατάλληλα στερεωμένο, συγκρατεί τό δίσκο και

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ποίο φαινόμενο σπηρίζεται ή παραγωγή τάσεως στις γεννήτριες;
2. Από τί εξαρτάται ή έπαγωγική τάση μιας γεννήτριας;
3. Από ποια κύρια μέρη αποτελείται και πού χρησιμοποιείται τό έπαγωγικό πηνίο;
4. Δύο από τίς ακόλουθες φράσεις είναι όρθές. Ποιές είναι αυτές;
 - α) Κάθε γεννήτρια μπορεί να λειτουργήσει και ως ηλεκτρικός κινητήρας.
 - β) Κάθε ηλεκτρ. κινητήρας μπορεί να λειτουργήσει και ως γεννήτρια.
 - γ) Οι ηλεκτρικές μηχανές συχνά μπορούν να λειτουργήσουν και ως γεννήτριες και ως κινητήρες.
 - δ) Καμία γεννήτρια δέν μπορεί να λειτουργήσει ως κινητήρας.
5. Από πού δημιουργείται τό μαγνητικό πεδίο σε μία γεννήτρια;
 - α) πάντα από τό στάτορα; β) πάντα από τό ρώτορα; γ) σε άλλες γεννήτριες από τό στάτορα και σε άλλες από τό ρώτορα;

τόν επαναφέρει στην αρχική του θέση. Με τόν τρόπο αυτό μετράμε τήν ταχύτητα τών αυτοκινήτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί γεννήτριες είναι μηχανές πού μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σέ ηλεκτρική. Ἡ λειτουργία τους στηρίζεται στό φαινόμενο τής επαγωγής.
2. Ὁ πολλαπλασιαστής μετατρέπει μία μικρή συνεχή τάση σέ μεγάλη εναλλασσόμενη, χάρη στό φαινόμενο τής επαγωγής.
3. Ἡ λειτουργία τών συνηθισμένων ταχομέτρων στηρίζεται στή δημιουργία επαγωγικῶν ρευμάτων, τά όποία δέχονται μαγνητικές δυνάμεις καί μετακινούν τό δείκτη ταχυτήτων.

38η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ – ΙΣΧΥΣ

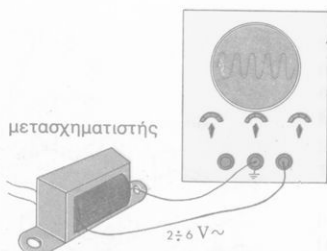
Ι. ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ (Α.Σ.)

α. Ὅρισμός. Ἐπαναλαμβάνουμε τό πείραμα τοῦ Σχ. 3 (35η καί 36η ἐνότητες) κινώντας τό μαγνήτη μέσα-ἔξω. Παρατηροῦμε ὅτι, ὅταν ὁ μαγνήτης εἰσάγεται στό πηνίο, ἡ βελόνα τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται πρὸς τή μία μεριά καί ὅταν ὁ μαγνήτης ἐξάγεται ἀπό τό πηνίο, ἡ βελόνα ἐκτρέπεται πρὸς τήν ἄλλη. Αὐτό σημαίνει ὅτι μέσα στό πηνίο κυκλοφορεῖ ρεῦμα πού δέν ἔχει οὔτε σταθερή τιμὴ ἐντάσεως οὔτε σταθερὴ φορά.

Ἐνα ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ τιμὴ καί ἡ φορά ἐντάσεως μεταβάλλονται περιοδικά μέ τό χρόνο, ὀνομάζεται **ἐ ν α λ λ α σ σ ὶ μ ε ν ο ρ ε ῦ μ α**, καί ἡ τάση πού τό παράγει **ἐ ν α λ λ α σ σ ὶ μ ε ν ῆ τ ἄ σ η**.

Τό ρεῦμα πού χρησιμοποιοῦμε στά σπίτια μας καί στίς βιομηχανίες γιά φωτισμό, γιά θέρμανση ἢ γιά κίνηση μηχανῶν εἶναι ἐναλλασσόμενο.

β. Μορφή. Τή μορφή τής ἐναλλασσόμενης τάσεως μπορούμε εὐκόλα νά τή δοῦμε μέ ἕναν **παλμογράφο** (Σχ. 1). Συνδέουμε τήν εἰσοδο τοῦ



Σχ. 1. Ἡ ἐναλλασσόμενη τάση τοῦ δικτύου τής ΔΕΗ. (Συχνότητα = 5×10 c/sec = 50 c/sec)

παλμογράφου με μία μικρή εναλλασσόμενη τάση, που δίνει ό μετασχηματιστής του έργαστηρίου καί ρυθμίζουμε τόν παλμογράφο ώστε νά πετύχουμε σταθερή εικόνα. Τότε στήν οθόνη του παλμογράφου σχηματίζεται μία κυματοειδής γραμμή, που στά μαθηματικά λέγεται ήμιτονοειδής καμπύλη. "Αρα:

Ή εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μεταβάλλεται ήμιτονοειδώς σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

Συνδέουμε κατόπιν τήν είσοδο του παλμογράφου μέ μία πηγή συνεχούς τάσεως, π.χ. μέ μία ηλεκτρική στήλη τών 4,5V, καί παρατηρούμε στήν οθόνη μία εϋθεία γραμμή (Σχ. 2). "Αρα:

Ή συνεχής ηλεκτρική τάση είναι σταθερή σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

γ. Γραφική παράσταση τής εναλλασσόμενης τάσεως.

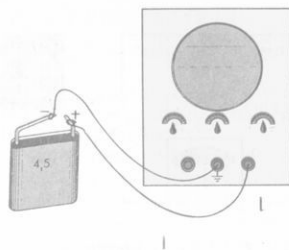
Ή μεταβολή τής εναλλασσόμενης τάσεως σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο παριστάνεται μέ μία ήμιτονοειδή καμπύλη (Σχ. 3), όμοια μέ τήν καμπύλη που βλέπουμε στήν οθόνη του παλμογράφου. Ή τιμή U που έχει ή τάση σέ κάθε χρονική στιγμή, λέγεται **στιγμιαία τάση** καί ή μέγιστη τιμή U_0 , που παίρνει ή τάση σέ όρισμένες στιγμές, λέγεται **πλάτος** τής τάσεως. Ή στιγμιαία τάση γίνεται μηδέν, μεγαλώνει, γίνεται μέγιστη, αρχίζει νά μικραίνει κ.ο.κ. Μετά από όρισμένο χρόνο T , ή τάση αρχίζει νά παθαίνει τίς ίδιες ακριβώς μεταβολές.

Ό χρόνος T , μέσα στόν όποιο ή τάση συμπληρώνει έναν όλόκληρο κύκλο μεταβολών, λέγεται περίοδος του εναλλασσόμενου ρεύματος.

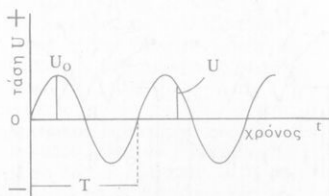
"Όταν γνωρίζουμε τήν περίοδο T , μπορούμε νά υπολογίσουμε τή συχνότητα ν του εναλλασσόμενου ρεύματος μέ τό γνωστό τύπο:

$$\nu = \frac{1}{T}$$

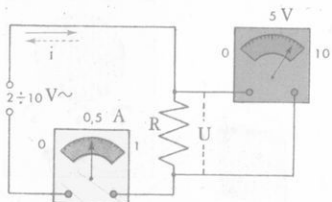
Ή συχνότητα του ρεύματος τής ΔΕΗ είναι 50 c/sec καί μπορεί εύκολα νά βρεθεί μέ έναν παλμογράφο. (Γυρίστε τό κουμπί τής συχνότητας του παλμογράφου στό ελάχιστο 10 c/sec.



Σχ. 2. Συνεχής τάση. (I) "Όπως φαίνεται στόν παλμογράφο καί (II) όπως παριστάνεται γραφικά

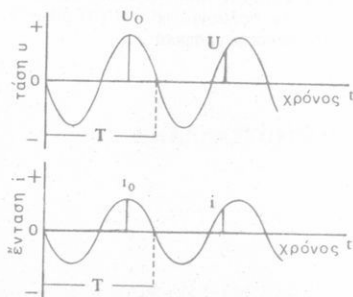


Σχ. 3. Γραφική παράσταση τής εναλλασσόμενης τάσεως. Ή στιγμιαία τάση U διαρκώς μεταβάλλεται

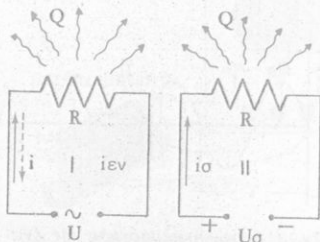


Σχ. 4. Τό άμπερόμετρο μετράει τήν ένεργό ένταση καί τό βολτόμετρο τήν ένεργό τάση

$$i_{εν} = \frac{U_{εν}}{R}$$



Σχ. 5. Γραφική παράσταση τής τάσεως U καί τής έντάσεως i έναλλασσόμενου ρεύματος



Σχ. 6. Είναι $i_{εν} = i_0$ όταν παράγεται τό ίδιο Q στόν ίδιο χρόνο

Τότε στήν όθόνη σχηματίζεται ή εικόνα του Σχ. 1).

II. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Ο νόμος του Ohm ισχύει καί στο έναλλασσόμενο ρεύμα. Έτσι, αν σέ κάποια στιγμή ή τάση στά άκρα μιάς αντίστασεως R είναι U (Σχ. 4), ή ένταση του ρεύματος i θά δίνεται από τόν τύπο:

$$i = \frac{U}{R} \quad (1A = 1 \frac{V}{\Omega})$$

Η γραφική παράσταση τής έντάσεως του ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο είναι έπίσης μία ήμιτονοειδής καμπύλη μέ περίοδο ίση μέ τήν περίοδο τής τάσεως (Σχ. 5).

III. ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΗ

Είναι γνωστό από τήν καθημερινή έμπειρία ότι τό έναλλασσόμενο ρεύμα, πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας, παράγει θερμότητα, όταν διέρχεται από τίς διάφορες ηλεκτρικές συσκευές. Άς υποθέσουμε ότι μία αντίσταση R διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα καί ότι σέ χρόνο t παράγεται θερμότητα Q (Σχ. 6). Συνδέουμε κατόπιν τήν ίδια αντίσταση R μέ πηγή συνεχούς ρεύματος καί ρυθμίζουμε τήν έντασή του i_0 , ώστε νά παράγεται ή ίδια θερμότητα Q στόν ίδιο χρόνο t . Η ένταση αúτ ή i_0 του συνεχούς ρεύματος ονομάζεται **ένεργός ένταση** του έναλλασσόμενου ρεύματος.

Η συνεχής τάση U_0 , πού παράγει στήν παραπάνω αντίσταση R ένταση ίση μέ τήν ένεργό ένταση $i_{εν}$, λέγεται **ένεργός τάση** του έναλλασσόμενου ρεύματος.

Τά άμπερόμετρα καί βολτόμετρα πού είναι κατασκευασμένα γιά έναλλασσόμενο ρεύμα δείχνουν τήν ένεργό ένταση καί ένεργό τάση αντίστοιχως. Άν i_0 είναι τό πλάτος τής έντάσεως του ρεύματος αποδεικνύεται ότι:

$$i_{εν} = 0,7i_0 \quad (\text{περίπου})$$

$$\text{Όμοίως: } U_{εν} = 0,7U_0 \quad (\text{περίπου})$$

(Τό πλάτος τής τάσεως του ηλεκτρικού δικτύου στά σπίτια μας είναι 308V καί ή ένεργός τάση 220V).

Σέ πολλές περιπτώσεις γιά λόγους συντομίας χρησιμοποιούμε τούς όρους «τάση» καί

«ένταση» και έννοούμε την «ένεργό τάση» και την «ένεργό ένταση». Όταν στά προβλήματα χρησιμοποιούμε την ένεργό ένταση, μπορούμε νά θεωρούμε τό έναλλασσόμενο ρεύμα σάν συνεχές.

IV. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Γιά νά υπολογίζουμε την ισχύ P ενός ρεύματος χρησιμοποιούμε τό γνωστό τύπο $P = i \cdot U$. Άν όπου i βάλουμε τό $i_{\text{εν}}$ και όπου U τό $U_{\text{εν}}$, τότε ό τύπος της ισχύος γράφεται:

$$P = i_{\text{εν}} U_{\text{εν}}$$

Ή Ισχύς πού υπολογίζουμε μέ τόν τύπο αυτό λέγεται **μέση ισχύς** του έναλλασσόμενου ρεύματος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί μετρούν τά άμπερόμετρα έναλλασσόμενου ρεύματος;
2. Πόση είναι ή συχνότητα και ή ένεργός τάση του ρεύματος της ΔΕΗ πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια;
3. Δύο ίδιες αντίσταςεις διαρρέονται ή μία μέ συνεχές ρεύμα έντάσεως 10 και ή άλλη μέ έναλλασσόμενο ρεύμα ένεργού έντάσεως $i_{\text{εν}}$. Έάν $i_{\text{εν}} = 10$, ποιά από τίς ακόλουθες προτάσεις είναι όρθή; α) τό συνεχές παράγει περισσότερη ισχύ β) τό έναλλασσόμενο παράγει περισσότερη ισχύ γ) τό έναλλασσόμενο ρεύμα δέ θερμαίνει την αντίσταση, γιατί πρός ή μία φορά θερμαίνει και πρός την άλλη ψύχει δ) παράγεται ή ίδια ισχύς στίς αντίσταςεις.

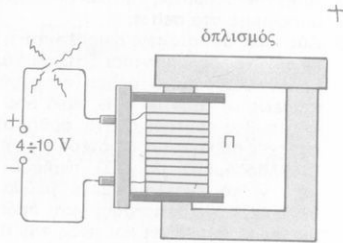
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στο έναλλασσόμενο ρεύμα ή ένταση μεταβάλλεται περιοδικά μέ τό χρόνο. Τά συνηθισμένα έναλλασσόμενα ρεύματα έχουν ήμιτονοειδή μορφή και παριστάνονται γραφικά μέ μία ήμιτονοειδή καμπύλη.
2. Τό έναλλασσόμενο ρεύμα προκαλεί θερμικά άποτελέσματα, όπως και τό συνεχές. Χρησιμοποιώντας την ένεργό ένταση μπορούμε νά θεωρούμε τό έναλλασσόμενο σάν συνεχές.
3. Ή μέση ισχύς του έναλλασσόμενου ρεύματος δίνεται από τόν τύπο $P = i_{\text{εν}} \cdot U_{\text{εν}}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών της έντάσεως ενός έναλλασσόμενου ρεύματος είναι $0,01$ sec. Πόση είναι ή περίοδος και πόση ή συχνότητα του ρεύματος;
2. Άντίσταση 50Ω συνδέεται μέ έναλλασσόμενη τάση πού έχει ένεργό τιμή $20V$. Πόση είναι ή ένεργός ένταση του ρεύματος πού διέρχεται από την αντίσταση;
3. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει κατασκευασθεί νά λειτουργεί κανονικά σέ συνεχές ρεύμα τάσεως $220V$. α) Για νά λειτουργεί κανονικά σέ έναλλασσόμενο ρεύμα, πόση πρέπει νά είναι ή ένεργός τάση; β) Έάν ή αντίσταση της θερμάστρας είναι $R = 110\Omega$, πόση θά είναι ή ένεργός ένταση;
4. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας φέρνει τίς ένδείξεις « $220V, 100W$ » και είναι συνδεδεμένος μέ τό δίκτυο των $220V$. α) Τί σημαίνουν οι πιά πάνω ένδείξεις του λαμπτήρα; β) Πόση θερμότητα σέ Joule παράγει ό λαμπτήρας σέ $1h$;

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ – ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ



Σχ. 1. Στο σημείο διακοπής του κυκλώματος πετιέται σπινθήρας

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

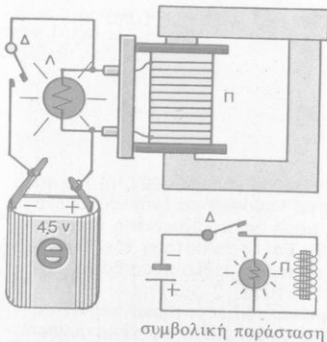
Κάθε φορά που σβήνουμε το φως ή αποσυνδέουμε έναν κινητήρα από την ηλεκτρική πηγή ή διακόπτουμε το κύκλωμα ενός πηνίου (Σχ. 1), παράγονται μικροί σπινθήρες στο σημείο διακοπής του κυκλώματος, δηλ. στο διακόπτη. Οι σπινθήρες αυτοί οφείλονται στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής που είναι μία ειδική περίπτωση της έπαγωγής.

II. ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

α. Έννοια της αυτεπαγωγής. Συνδέουμε ένα λαμπάκι Λ στα άκρα ενός πηνίου με πυρήνα (Σχ. 2). Κατόπιν συνδέουμε το σύστημα με μία ηλεκτρική πηγή συνεχούς τάσεως, φροντίζοντας η τάση της πηγής να είναι τέτοια, ώστε το λαμπάκι μόλις να ανάβει, όταν η πηγή είναι συνδεδεμένη με το σύστημα. Αποσυνδέουμε στη συνέχεια την ηλεκτρική πηγή και παρατηρούμε στο λαμπάκι μία στιγμιαία ανάλαμπη. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι, κατά τη διακοπή του ρεύματος του πηνίου, αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου μία ηλεκτρική τάση μεγαλύτερη από την τάση της ηλεκτρικής πηγής. Ανάπτυξη τάσεως στα άκρα ενός πηνίου δεν παρατηρείται μόνο κατά τη διακοπή του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, αλλά και σε κάθε μεταβολή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται αυτεπαγωγή. Έπομένως:

Αυτεπαγωγή ονομάζεται το φαινόμενο, κατά το οποίο εμφανίζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός πηνίου, όταν μεταβάλλεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

β. Εξήγηση του φαινομένου της αυτεπαγωγής. Όταν το πηνίο είναι συνδεδεμένο με την ηλεκτρική πηγή, μέσα απ' το πηνίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο (Σχ. 3). Όταν διακόπτεται το ρεύμα, μηδενίζεται το μαγνητικό πεδίο, άρα μηδενίζεται



Σχ. 2. Όταν αποσυνδέεται η πηγή, το λαμπάκι κάνει μία ανάλαμπη. (Για $E = 4,5 \text{ V}$ και $\Pi = 300$ σπείρες, πρέπει $\Lambda = 3,5 \text{ V}$)

καί ή μαγνητική ροή μέσα στό πηνίο. Μέ τή διακοπή λοιπόν του ρεύματος συμβαίνει μεταβολή τής μαγνητικής ροής στό έσωτερικό του πηνίου, μέ αποτέλεσμα νά εμφανίζεται επαγωγική τάση στά άκρα του. Άρα:

Ή αùτεπαγωγή όφείλεται στίς μεταβολές τής μαγνητικής ροής στό έσωτερικό του πηνίου, οί όποιες συνοδεύουν τίς μεταβολές τής έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τό πηνίο.

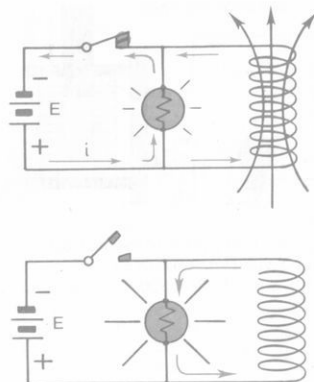
Από τά παραπάνω προκύπτει ότι ή αùτεπαγωγή είναι ένα φαινόμενο όμοιο μέ τήν επαγωγή. Ή διαφορά τους είναι ότι οί μεταβολές τής μαγνητικής ροής στήν επαγωγή προέρχονται από έξωτερικά αίτια, ενώ στήν αùτεπαγωγή προέρχονται από τίς μεταβολές του ίδιου του ρεύματος που κυκλοφορεί στό πηνίο.

γ. Τό πηνίο άποθηκεύει ένέργεια εξαιτίας τής αùτεπαγωγής. Για νά λάμψει τό λαμπάκι στό πείραμα του Σχ. 2, χρειάζεται ενέργεια. Τήν ένέργεια αùτή, προφανώς δέν τή δίνει ή ηλεκτρική πηγή - άφου ή λάμψη παρατηρείται μετά τή διακοπή του κυκλώματος - αλλά τό πηνίο. Απο αυτό συμπεραίνουμε ότι τό πηνίο, στή διάρκεια τής διακοπής του ρεύματός του, ένεργεί ως ηλεκτρική πηγή καί δίνει ηλεκτρική ένέργεια. Αλλά που βρήκε τήν ένέργεια αùτή τό πηνίο; Πότε τήν άποθήκευσε καί μέ ποιά μορφή;

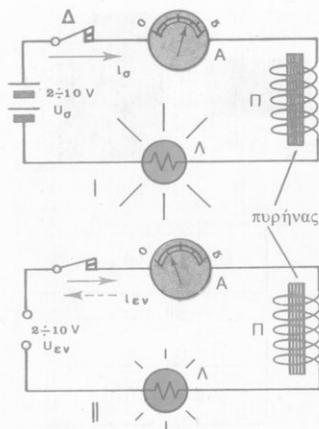
Τήν ένέργεια τήν παίρνει τό πηνίο από τήν πηγή στήν άρχή τής συνδέσεως καί τή διατηρεί άποθηκευμένη μέ τή μορφή ένέργειας μαγνητικού πεδίου. Όταν ανοίγουμε τό κύκλωμα, ή ένέργεια του πηνίου άποδίδεται στό λαμπάκι.

III. ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

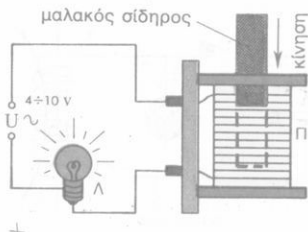
α. Έννοια τής επαγωγικής αντίστασεως. Συνδέουμε ένα πηνίο, ένα λαμπάκι καί ένα άμπερόμετρο σέ σειρά μέ ηλεκτρική πηγή συνεχούς τάσεως, όπως φαίνεται στό Σχ. 4. Ρυθμίζουμε τήν τάση τής πηγής ώστε νά φωτίζει κανονικά τό λαμπάκι καί σημειώνουμε τήν ένταση του ρεύματος (π.χ. $i_0 = 0,4A$). Κατόπιν εφαρμόζουμε στά άκρα του κυκλώματος έναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μέ ενεργό τιμή $U_{εν}$ ίση μέ τήν τάση U_0 ($U_{εν} = U_0$). Παρατηρούμε ότι τό λαμπάκι φωτίζει λιγότερο καί ότι ή ένταση $i_{εν}$



Σχ. 3. Ή διακοπή του ρεύματος μεταβάλλει τή μαγνητική ροή στό πηνίο



Σχ. 4. I. Στο συνεχές ρεύμα τό πηνίο έχει μόνο ώμική αντίσταση.
II. Στο έναλλασσόμενο έχει καί ώμική καί επαγωγική. ($L = 3 + 6V$, $P = 600$)



Σχ. 5. Ένας ροοστάτης κατάλληλος μόνο για έναλσασσόμενο ρεύμα. ($N = 3 \div 6 \text{ V}$, $P = 300$ ή 600 σπείρες)

του έναλσασσόμενου ρεύματος είναι μικρότερη από την ένταση i_0 του συνεχούς ρεύματος ($i_{\text{εν}} < i_0$). Συνεπώς το πηνίο παρεμβάλλει μεγαλύτερη αντίσταση στο έναλσασσόμενο ρεύμα από ό,τι στο συνεχές.

Η αντίσταση, πού παρεμβάλλει ένα πηνίο στο συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, λέγεται **ώμικη αντίσταση**. Η **πρόσθετη αντίσταση**, πού παρεμβάλλει το πηνίο στο έναλσασσόμενο ρεύμα, λέγεται **επαγωγική αντίσταση**.

Η ώμικη και επαγωγική αντίσταση μαζί αποτελούν την **ολική αντίσταση*** του πηνίου στο έναλσασσόμενο ρεύμα.

Αν το καλώδιο ενός πηνίου είναι αρκετά χοντρό, ώστε η ώμικη αντίσταση να είναι άσημαντη, τότε η μόνη αντίσταση του πηνίου στο έναλσασσόμενο ρεύμα είναι η επαγωγική αντίσταση (**ιδανικό πηνίο**). Έπομένως, παραλείποντας την ώμικη αντίσταση, μπορούμε να πούμε τό εξής:

Επαγωγική αντίσταση είναι η αντίσταση πού παρεμβάλλει ένα ιδανικό πηνίο στο έναλσασσόμενο ρεύμα.

Η επαγωγική αντίσταση οφείλεται στο φαινόμενο της **αυτεπαγωγής**.

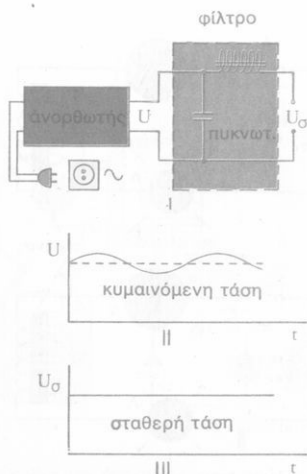
β) Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η επαγωγική αντίσταση.

Αν στο πείραμα του Σχ. 4, II αφαιρέσουμε τόν πυρήνα, παρατηρούμε ότι αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, δηλ. μικραίνει η αντίσταση. Άρα:

Η επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου είναι μεγαλύτερη, όταν στο πηνίο υπάρχει σιδερέσιος πυρήνας και αντίστροφα.

Τήν ιδιότητα αυτή μπορούμε να τήν αξιοποιήσουμε στην κατασκευή π.χ. ενός ροοστάτη, πού είναι κατάλληλος μόνο γιά τό έναλσασσόμενο ρεύμα (Σχ. 5).

Αποδεικνύεται επίσης ότι η επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου είναι ανάλογη πρὸς τή $\sigma \omega \chi \nu \delta \tau \eta \tau \alpha$ του ρεύματος και εξαρτάται από τόν



Σχ. 6. Ο άνορθωτής μετατρέπει τήν έναλσασσόμενη τάση σέ συνεχή (II) και τό φίλτρο τήν κάνει σταθερή (III)

*Η ολική αντίσταση βρίσκεται άν προσθέσουμε διανυσματικά τίς δύο αντιστάσεις και δέ θά μās άπασχολήσει στο βιβλίο αυτό.



Σχ. 7. Η κάθε συνδιάλεξη μεταφέρεται με ένα εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας. Ο διαχωρισμός των ρευμάτων, άρα και των συνδιαλέξεων, γίνεται στα τηλεφωνικά κέ-

ντρα με κατάλληλα φίλτρα. (Τό ομοαξονικό καλώδιο Αθήνας - Θεσσαλονίκης σήμερα μεταφέρει μέχρι 2.700 συνδιαλέξεις συγχρόνως)

αριθμό των σπειρών του πηνίου και από τις διαστάσεις του.

γ. Έφαρμογές της επαγωγικής αντίστασεως

Μία σπουδαία εφαρμογή της επαγωγικής αντίστασεως συναντάται στα φίλτρα (Σχ. 6).

Τά φίλτρα είναι συνήθως συστήματα πηνίων και πυκνωτών και έχουν πολλές τεχνικές εφαρμογές.

Οι γνωστές ηλεκτρονικές συσκευές (ένισχυτές, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ.) χρειάζονται για τη λειτουργία τους συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ηλεκτρικό δίκτυο στά σπίτια μας παρέχει, όπως είναι γνωστό, εναλλασσόμενο ρεύμα. Για νά βάλουμε έπομένως σέ λειτουργία τίς παραπάνω συσκευές, πρέπει πρώτα νά μετατρέψουμε τό εναλλασσόμενο ρεύμα σέ συνεχές, δηλ. νά τό άνορθώσουμε όπως συνήθως λέμε. Η μετατροπή αυτή γίνεται μέ ειδικές συσκευές πού λέγονται άνορθωτές, άπ' τους όποιους όμως ή τάση δέ βγαίνει σταθερή, αλλά κυμαινόμενη (Σχ. 6, ΙΙ). Όταν μία τέτοια κυμαινόμενη τάση οδηγείται στον ένισχυτή ή τό ραδιόφωνο, άκούγεται στά μεγάφωνα τής συσκευής ό γνωστός ένοχλητικός βόμβος. Μέ τή χρησιμοποίηση όμως κατάλληλου φίλτρου, ή τάση εξομαλύνεται και γίνεται σταθερή (Σχ. 6, ΙΙΙ).

Ειδικά φίλτρα χρησιμοποιούνται επίσης στήν τηλεφωνία για τό διαχωρισμό των συνδιαλέξεων πού μεταφέρονται μέ ένα καλώδιο (όμοαξονικό καλώδιο) (Σχ. 7).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από πού προέρχεται ή ένέργεια πού κάνει τό λαμπάκι νά φωτοβολήσει ζωηρά για λίγο, κατά τή διακοπή του κυκλώματος (Σχ. 2);
2. Σέ ποιά από τίς ακόλουθες περιπτώσεις ένα πηνίο έχει μεγαλύτερη επαγωγική αντίσταση: α) Στο συνεχές ρεύμα; β) Στο εναλλασσόμενο μέ μεγάλη συχνότητα; γ) Στο εναλλασσόμενο μέ μικρή συχνότητα;
3. Πώς μεταβάλλεται ή επαγωγική αντίσταση μέ τή συχνότητα του ρεύματος; Από τή σχέση αυτή νά εξηγήσετε γιατί ή επαγωγική αντίσταση είναι μηδέν στο συνεχές ρεύμα.
4. Στην επαγωγή και τήν άυτεπαγωγή ή έμφανιση τάσεως στά άκρα ενός πηνίου είναι αποτέλεσμα μεταβολής τής μαγνητικής ροής. Πότε θά λέμε ότι είναι επαγωγή και πότε άυτεπαγωγή;
5. Μπορεί ό ροοστάτης του Σχ. 5 νά χρησιμοποιηθεί στο συνεχές ρεύμα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι μεταβολές της έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος σέ ένα πηνίο προκαλούν ηλεκτρικές τάσεις στά άκρα του πηνίου (αυτεπαγωγή). Αποτέλεσμα της αυτεπαγωγής είναι ή έπαγωγική αντίσταση των πηνίων πού εμφανίζεται στά έναλλασσόμενα ρεύματα.
2. Τά πηνία μέ χοντρές σπείρες δέν παρουσιάζουν αντίσταση στό συνεχές ρεύμα (ώμική αντίσταση), αλλά μόνο στό έναλλασσόμενο (έπαγωγική αντίσταση).
3. Η έπαγωγική αντίσταση ενός πηνίου είναι ανάλογη πρός τή συχνότητα του ρεύματος καί έξαρτάται από τό ύλικό του πυρήνα, τόν αριθμό των σπειρών του πηνίου καί τίς διαστάσεις του.
4. Τό πηνίο έχει τήν ιδιότητα νά αποθηκεύει ένα ποσό ηλεκτρικής ενέργειας μέ τή μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου, όταν αύξάνεται τό ρεύμα, καί νά τό αποδίδει, όταν τό ρεύμα έλαττώνεται.

40η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

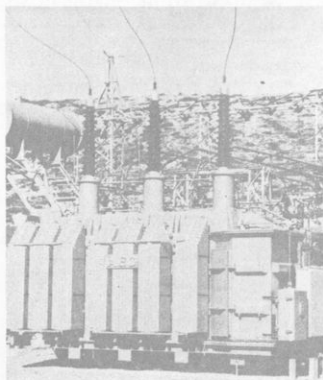
Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τά μεγάλα έργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας (υδροηλεκτρικά καί θερμοηλεκτρικά) βρίσκονται συνήθως σέ μεγάλες αποστάσεις από τίς περιοχές καταναλώσεως (πόλεις, χωριά, βιομηχανίες). Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας συμφέρει νά γίνεται μέ ύψηλή τάση καί μικρή ένταση. Η μετατροπή της σχετικά χαμηλής τάσεως, πού παράγουν οι γεννήτριες των εργοστασίων, σέ ύψηλή γίνεται μέ ειδικές συσκευές πού λέγονται μετασχηματιστές. Έπομένως:

Μετασχηματιστές λέγονται οί συσκευές πού μεταβάλλουν τήν τάση του έναλλασσόμενου ρεύματος από χαμηλή σέ ύψηλή καί αντίστροφα.

ΙΙ. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

α. Κατασκευή του μετασχηματιστή. Κάθε μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία καί έναν κοινό πυρήνα (Σχ. 4). Τά πηνία δέν



Σχ. 1. Μετασχηματιστής ύψηλης τάσεως (ΔΕΗ Μεγαλόπολεως).

έχουν τόν ίδιο αριθμό σπειρών, αλλά τό ένα έχει περισσότερες σπείρες από τό άλλο. Τό πηνίο, πού συνδέουμε μέ τήν τάση πού θέλουμε νά μετασχηματίσουμε, ονομάζεται **πρωτεύων**, καί τό άλλο, από τό όποιο παίρνουμε τή μετασχηματισμένη τάση, ονομάζεται **δευτερεύων**. Κάθε πηνίο μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ως πρωτεύων ή δευτερεύων. Αυτό εξαρτάται από τήν απαίτηση πού έχουμε κάθε φορά από τό μετασχηματιστή, άρκεί φυσικά νά μήν υπερβαίνουμε τίς τάσεις γιά τίς όποιες προορίζονται τά πηνία.

β. Λειτουργία του μετασχηματιστή.

1. Εύρεση της τάσεως. Γιά νά καταλάβουμε πώς λειτουργεί ό μετασχηματιστής κάνουμε τό ακόλουθο πείραμα (Σχ. 5). Κατασκευάζουμε μόνοι μας ένα μετασχηματιστή καί συνδέουμε τό πρωτεύων πηνίο μέ μία χαμηλή εναλλασσόμενη τάση U_1 . Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε διάφορα δευτερεύοντα πηνία, μετράμε τίς τάσεις U_2 στά άκρα τους καί συμπληρώνουμε έναν πίνακα παρόμοιο μέ τόν πίνακα I.

Από τίς μετρήσεις του πειράματος προκύπτει ότι, όταν ό αριθμός n_2 των σπειρών του δευτερεύοντος πηνίου είναι ίσος μέ τόν αριθμό n_1 των σπειρών του πρωτεύοντος, τότε καί ή τάση U_2 είναι ίση μέ τήν τάση U_1 , δηλ. δέν υπάρχει μετασχηματισμός τάσεως. Ένας τέτοιος μετασχηματιστής δέν έχει πρακτική αξία.

Όταν ό αριθμός n_2 είναι διπλάσιος από τόν αριθμό n_1 , τότε καί ή τάση U_2 είναι διπλάσια από τήν τάση U_1 . Γενικά μπορούμε νά πούμε ότι:

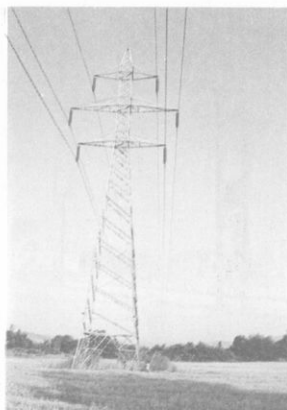
Οι τάσεις στά άκρα των πηνίων ενός μετασχηματιστή είναι ανάλογες μέ τούς αριθμούς των σπειρών των πηνίων.

Η πρόταση αυτή διατυπώνεται καί μέ τήν ακόλουθη σχέση:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Μέ τόν τύπο αυτό μπορούμε νά καθορίσουμε τόν αριθμό των σπειρών, έτσι ώστε νά παίρνουμε στό δευτερεύων πηνίο μικρότερη ή μεγαλύτερη τάση από τό πρωτεύων.

Παρατήρηση. Οι τάσεις στό δευτερεύων πηνίο μπορεί νά παρουσιάσουν μεγάλες αποκλίσεις από αυτές πού περιμένουμε από τόν



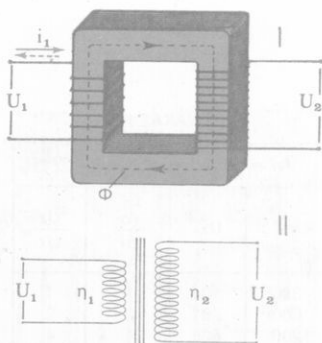
Σχ. 2. Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας γιά μεγάλες αποστάσεις. (150.000 V).

ΠΙΝΑΚΑΣ I

$n_1 = 300$		$U_1 = 10V$	
n_2	U_2	$\frac{n_2}{n_1}$	$\frac{U_2}{U_1}$
300	10	1	1
600	20	2	2
1200	40	4	4
Άρα $\frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1}$			



Σχ. 3. Μετασχηματιστής χαμηλής τάσεως. Μετατρέπει τά 15.000 V σε 220 V και τροφοδοτεί το Στεφανοβίκειο Βόλου



Σχ. 4. I. Κατασκευή του μετασχηματιστή. II. Συμβολική παράσταση του μετασχηματιστή

τύπο (1), όταν ο όπλισμός στο Σχ. 5 δεν εφάπτεται καλά στον πεταλοειδή πυρήνα ή όταν αφαιρεθεί τελείως.

2. Εύρεση της ισχύος. Προηγουμένως βρήκαμε τη σχέση που συνδέει τις τάσεις του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου, χωρίς να μας ενδιαφέρει αν το δευτερεύον κύκλωμα είναι κλειστό ή ανοικτό. Τώρα θα μελετήσουμε ειδικά την περίπτωση που το δευτερεύον κύκλωμα είναι κλειστό και επομένως καταναλώνει κάποια ενέργεια (Σχ. 6).

Όπως σε κάθε μηχανή έτσι και στους μετασχηματιστές υπάρχουν απώλειες ενέργειας και επομένως η ισχύς, που αποδίδεται στο δεύτερο κύκλωμα, είναι μικρότερη από την ισχύ που δαπανάται στο πρώτο. Στους μετασχηματιστές όμως η απόδοση είναι μεγάλη ($\approx 95\%$), γι' αυτό μπορούμε να δεχθούμε ότι η ισχύς στο δεύτερο κύκλωμα είναι ίση με την ισχύ στο πρώτο. Άρα λοιπόν θα ισχύει:

$$\text{ισχύς πρωτεύοντος} = \text{ισχύς δευτερεύοντος}$$

$$i_1 U_1 = i_2 U_2 \quad (2)$$

Η σχέση (2) γράφεται ως εξής:

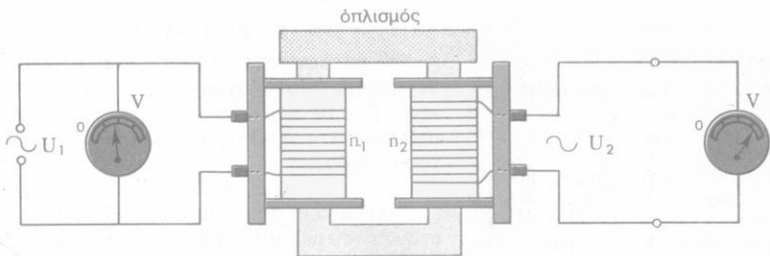
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad (3)$$

Από τις σχέσεις (1) και (3) προκύπτει ότι:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

Παρατηρούμε ότι οι εντάσεις των ρευμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τους αριθμούς των σπειρών. Έτσι το πηνίο με τις περισσότερες σπείρες διαρρέεται από ρεύμα μικρότερης εντάσεως και γι' αυτό κατασκευάζεται από λεπτότερο σύρμα.

γ. Πώς εμφανίζεται η τάση στο δευτερεύον πηνίο. Ίσως να γεννηθεί η άπορία. Πώς αναπτύσσεται τάση στο δευτερεύον, αφού τα δύο πηνία δεν έχουν ηλεκτρική επαφή; Η απάντηση είναι απλή και έχει άμεση σχέση με το φαινόμενο της επαγωγής (Σχ. 4, I). Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, το πρώτο πηνίο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Το εναλλασσόμενο ρεύμα προκαλεί αδιάκοπη μεταβολή της μαγνητικής ροής στο έσωτερικό του πηνίου, επομένως και στον πυρήνα, που είναι κοινός και γι' τα δύο πηνία. Έτσι στο έσωτερικό του δευτέρου



Σχ. 5. Στις περισσότερες σπείρες αντιστοιχεί μεγαλύτερη τάση

πηνίου θά υπάρχει ή ίδια αδιάκοπη μεταβολή της μαγνητικής ροής που θά προκαλεί στά άκρα του τάση της ίδιας συχνότητας. Άρα:

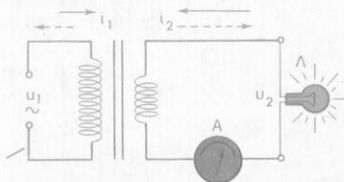
“Όταν λειτουργεί ό μετασχηματιστής, στο έσωτερικό του δευτερεύοντος πηνίου υπάρχει διαρκώς μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, μέ αποτέλεσμα νά εμφανίζεται έναλλασσόμενη τάση στά άκρα του.

Σημείωση. Κάθε μετασχηματιστής είναι κατασκευασμένος νά λειτουργεί σέ όρισμένα όρια τάσεως καί ισχύος. Τά στοιχεία αυτά είναι γραμμένα πάνω σέ κάθε μετασχηματιστή καί πρέπει νά τηρούνται, γιά νά μήν καταστραφεί από υπερθέρμανση.

III. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

“Όπως θά δούμε στό πιό κάτω παράδειγμα, όι άπώλειες σέ ένέργεια είναι μεγάλες, όταν ή τάση μέ τήν όποία μεταφέρεται ή ένέργεια είναι μικρή, ενώ είναι άμελητέες όταν ή τάση είναι πολύ μεγάλη. Γιά τό λόγο αυτό ή μεταφορά της ήλεκτρικής ένέργειας σέ μεγάλες άποστάσεις γίνεται μέ ύψηλή τάση χιλιάδων Volt (Σχ. 2).

Όι μεγάλες όμως τάσεις είναι πολύ επικίνδυνες γιά τόν άνθρωπο καί γι' αυτό ακατάλληλες γιά χρήση σέ σπίτια ή σέ βιομηχανίες. Είναι ανάγκη λοιπόν νά ανυψώνεται ή τάση, όταν πρόκειται νά μεταφερθεί ή ηλεκτρική ένέργεια σέ μεγάλες άποστάσεις καί νά μειώνεται, όταν πρόκειται νά διατεθεί στήν κατανάλωση (Σχ. 3). Κατάλληλο ρεύμα γιά τούς μετασχηματισμούς αυτούς είναι τό έναλλασσόμενο ρεύμα καί γι' αυτό τό χρησιμοποιούμε στή μεταφορά της ήλεκτρικής ένέργειας.



Σχ. 6. ‘Η ισχύς στό δευτερεύον είναι ίση μέ τήν ισχύ στό πρωτεύον όταν ή απόδοση του μετασχηματιστή είναι 100%.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποίο φαινόμενο στηρίζεται ή λειτουργία του μετασχηματιστή;
2. Μπορεί ένας μετασχηματιστής νά μετασχηματίζει συνεχή τάση;
3. Γιατί άνυψώνουν την τάση όταν πρόκειται νά μεταφερθεί ή ηλεκτρική ενέργεια σέ μεγάλες αποστάσεις καί τή χαμηλώνουν όταν πρόκειται νά διανεμηθεί στά σπίτια;
4. Ένας μετασχηματιστής μετατρέπει την τάση $U_1 = 220V$ του ηλεκτρικού δικτύου σέ $U_2 = 12V$. Μπορούμε νά συνδέσουμε τό μετασχηματιστή άνάποδα στό ηλεκτρικό δίκτυο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό πρωτεύον ενός μετασχηματιστή έχει 300 σπείρες καί τό δευτερεύον 60. Έάν ή τάση στό πρωτεύον είναι 220V, πόση θά είναι ή τάση στό δευτερεύον πηνίο;
2. Μετασχηματιστής ύψηλής τάσεως μετατρέπει τά 10000V πού παράγει ή γεννήτρια του ηλεκτρικού εργοστασίου σέ 150000V. Έάν τό δευτερεύον έχει 120 σπείρες, πόσες σπείρες πρέπει νά έχει τό πρωτεύον;
3. Ένταση του ρεύματος στό πρωτεύον πηνίο ενός μετασχηματιστή είναι 2A καί ή τάση $U_1 = 30V$. Νά βρεθεί ή ένταση στό δευτερεύον πηνίο, εάν ή τάση U_2 είναι 120V.

Παράδειγμα

Νά υπολογίσετε την ισχύ πού χάνεται ως θερμότητα στους άγωγούς μεταφοράς, όταν ισχύς $P = 10KW$ μεταφέρεται μέ άγωγούς αντίστασεως $R = 0,4\Omega$ α) μέ τάση 200V καί β) μέ τάση 200000V.

ΛΥΣΗ

Σύμφωνα μέ τόν τύπο της ισχύος $P = i \cdot U$, ή ένταση του ρεύματος θά δίνεται από τόν τύπο:

$$i = \frac{P}{U}$$

α) Όταν ή τάση είναι $U_1 = 200V$, τότε τό ρεύμα θά είναι:

$$i_1 = \frac{10000W}{200V} = 50A.$$

Η ισχύς πού χάνεται στους άγωγούς μεταφοράς ως θερμότητα θά είναι: $P_1 = i_1^2 \cdot R \Rightarrow \Rightarrow P_1 = 50^2 \cdot 0,4A^2 \cdot \Omega = 1000W$.

Άρα τό 10% της όλικής ισχύος χάνεται ως θερμότητα.

β) Όταν ή τάση είναι $U = 200000V$ τότε:

$$i_2 = \frac{10000W}{200000V} = 0,05A \Rightarrow P_2 = i_2^2 \cdot R = 0,001W$$

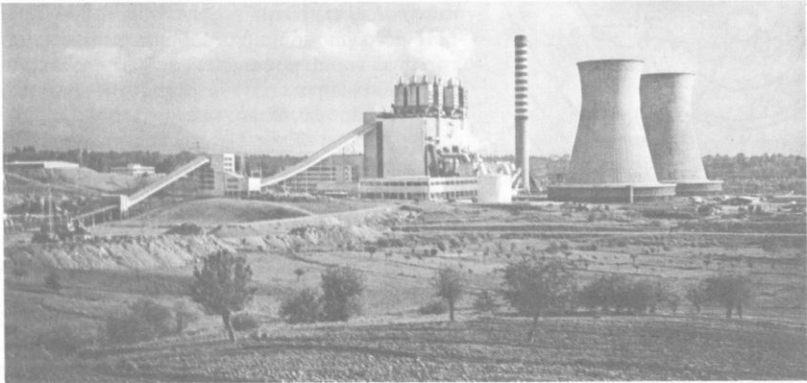
Άρα μόνο τό 0,00001% της όλικής ισχύος χάνεται ως θερμότητα μέ μία τέτοια μεταφορά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί μετασχηματιστές είναι συσκευές πού μπορούν νά άνυψώνουν ή νά χαμηλώνουν έναλλασσόμενες τάσεις.
2. Η αύξηση της τάσεως είναι άπαραίτητη γιά τή μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σέ μεγάλες αποστάσεις. Οί χαμηλές τάσεις είναι κατάλληλες γιά χρήση στά σπίτια καί στά εργοστάσια γιατί είναι λιγότερο επικίνδυνες.
3. Οί σχέσεις πού ισχύουν στην λειτουργία ιδανικών μετασχηματιστών είναι.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \text{ καί } i_1 \cdot U_1 = i_2 \cdot U_2$$
4. Η εμφάνιση τάσεως στά άκρα του δευτερεύοντος πηνίου οφείλεται στίς μεταβολές της μαγνητικής ροής στόν κοινό πυρήνα, οί όποιες προκαλούνται από τό πρωτεύον.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ – ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



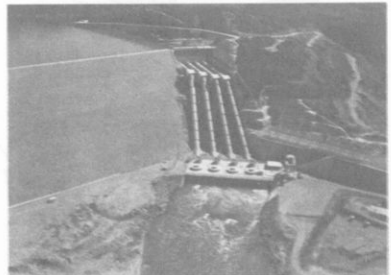
Σχ. 1. Άτμοηλεκτρικός Σταθμός Μεγαλόπολης (250 MW)

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

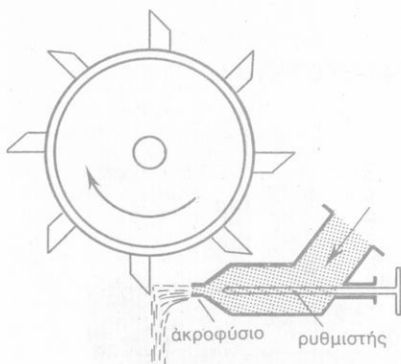
Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι ηλεκτρογεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν το μηχανικό έργο σε ηλεκτρική ενέργεια. Στίς μεγάλες ηλεκτρογεννήτριες των εργοστασίων το μηχανικό έργο είναι δυνατό να προέρχεται είτε από μία θερμική μηχανή, π.χ. άτμοστρόβιλο, είτε από μία υδραυλική μηχανή, π.χ. ύδροστρόβιλο (Σχ. 3). Τα εργοστάσια που χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια για να παράγουν ηλεκτρική ονομάζονται *θερμικά εργοστάσια* και εκείνα που εκμεταλλεύονται την πτώση του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζονται *υδροηλεκτρικά εργοστάσια* ή *υδροηλεκτρικοί σταθμοί*. Στο βιβλίο αυτό θα περιγράψουμε μόνο τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

ΙΙ. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί κατασκευάζονται κοντά σε τεχνητές λίμνες που δημιουργούνται με τη βοήθεια φραγμάτων. Μεγάλοι και ανθεκτικοί άγωγοί (σωλήνες) μεταφέρουν το



Σχ. 2. Υδροηλεκτρικός Σταθμός Καστακίου (320 MW).



Σχ. 3. Ύδροστρόβιλος (ἀρχή)

νερό από τη λίμνη στο σταθμό (Σχ. 2). Εκεί τό νερό χύνεται μέ όρμή πάνω στά πτερύγια του ύδροστρόβιλου, ό όποιος στή συνέχεια περιστρέφει τό ρώτορα μιάς γεννήτριας (Σχ. 4). Έτσι ή μηχανική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σέ ήλεκτρική.

Γιά νά μπορούμε νά ρυθμίζουμε τήν ποσότητα του νερού πού βγαίνει από τό ἀκροφύσιο του σωλήνα, τοποθετούμε στήν άκρη του σωλήνα μία μεγάλη στρόφιγγα πού λέγεται ρυθμιστής. Έτσι, έλέγχοντας τήν ποσότητα του νερού πού πέφτει στά πτερύγια, οί τεχνικοί έλέγχουν καί τήν ισχύ της γεννήτριας.

Ο έλεγχος της ισχύος είναι άπάραιτος, γιατί ή ζήτηση σέ ήλεκτρική ενέργεια δέν είναι σταθερή στή διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Είναι μεγάλη τίς πρωινές εργάσιμες ώρες καί τίς ώρες μετά τή δύση του ήλιου, ενώ είναι πολύ μικρή μετά τά μεσάνυχτα. Μέ έναν αυτόματο μηχανισμό, οί ρυθμιστές αφήνουν περισσότερο ή λιγότερο νερό, ώστε οί γεννήτριες νά καλύπτουν κάθε φορά τήν κατανάλωση.

III. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

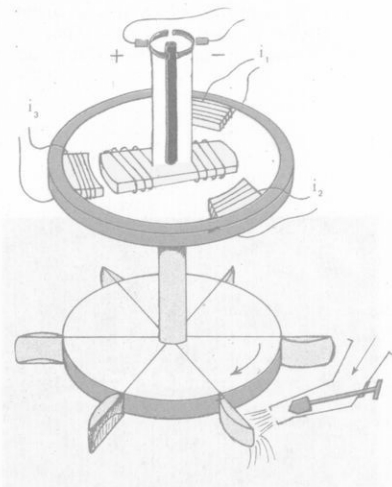
Όλες οί γεννήτριες των ήλεκτρικών σταθμών είναι έτσι κατασκευασμένες ώστε νά παράγουν ταυτόχρονα τρεις έναλλασσόμενες τάσεις καί συνεπώς τρία έναλλασσόμενα ρεύματα. Τά ρεύματα αυτά αναπτύσσονται σέ τρία άνεξάρτητα πηνία πού βρίσκονται στο στάτορα καί πού οί άξονές τους σχηματίζουν γωνία 120° ό ένας μέ τόν άλλο.

Στό Σχ. 5 φαίνεται ή άρχή της παραγωγής των τριών ταυτόχροτως ρευμάτων πού συνιστούν τό γνωστό τριφασικό ρεύμα. Άρα:

Όταν λέμε τριφασικό ρεύμα έννοούμε ένα σύστημα τριών έναλλασσόμενων ρευμάτων, πού παράγονται ταυτόχρονα σέ τρία ίδια πηνία του στάτορα πού σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.

Άν τά πηνία ήταν τελείως άσύνδετα μεταξύ τους, όπως στό Σχ. 5 καί Σχ. 6, I, ή μεταφορά της ήλεκτρικής ενέργειας στήν κατανάλωση θα άπαιτούσε έξι άγωγούς. Άν όμως πραγματοποιήσουμε τή σύνδεση πού φαίνεται στό Σχ. 6, II, ένώνοντας τούς τρεις άγωγούς σέ

διέγερση του ρώτορα



Σχ. 4. Άπλό σχέδιο ύδροηλεκτρικής γεννήτριας

έναν κοινό άγωγό ΑΒ, άποδεικνύεται ότι χρειάζονται μόνο τέσσερις άγωγοί γιά τή μεταφορά τής ίδιας ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τρεις άγωγοί ϕ_1 , ϕ_2 και ϕ_3 λέγονται τότε **φάσεις** και ό τέταρτος άγωγός, πού είναι γειωμένος και κοινός γιά τά τρία πηνία, λέγεται **ουδέτερος** άγωγός.

Ο ουδέτερος άγωγός είναι λεπτότερος άπό τίς φάσεις, γιατί τό όλικό ρεύμα πού τόν διαρρέει είναι μικρό. Άποδεικνύεται μάλιστα ότι, όταν οι αντίστάσεις R_1 , R_2 και R_3 είναι άκριβώς ίσες, ό ουδέτερος άγωγός δέ διαρρέεται καθόλου άπό ρεύμα και σέ μία τέτοια περίπτωση δέν είναι άπαραίτητος. Θά πρέπει λοιπόν στή διανομή του ρεύματος νά φροντίζουμε ώστε ή κάθε φάση νά δέχεται περίπου τό ίδιο φορτίο.

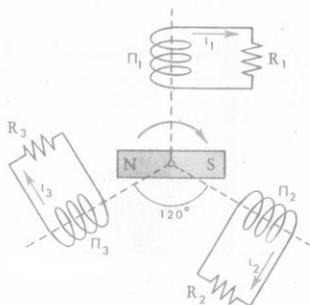
Γιά νά πετυχαίνουμε τήν ίσοκατανομή στό φορτίο, συνδέουμε τό ένα σπίτι μέ τή μία φάση, τό επόμενο μέ τήν άλλη κ.ο.κ. (Σχ. 7). Άπό τά παραπάνω προκύπτει ότι τά τριφασικά ρεύματα δέν είναι διαφορετικά στή φύση τους άπό τά «μονοφασικά» έναλλασσόμενα ρεύματα, πού μελετήσαμε σέ προηγούμενη ένότητα. Προτιμούμε όμως τό τριφασικό ρεύμα στό Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ, όπως και στά δίκτυα όλων των χωρών του κόσμου, γιατί ή μεταφορά τής ηλεκτρικής ενέργειας μέ τριφασικό ρεύμα άπαιτεί τούς μισούς σχεδόν άγωγούς άπό όσους θά άπαιτούσε ή μεταφορά τής ίδιας ενέργειας μέ «μονοφασικό ρεύμα».

Άν λάβουμε ύπόψη ότι τό Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ συνδέει όλα μαζί τά εργοστάσια του Έλλαδικού χώρου και έχει μήκος χιλιάδες χιλιόμετρα, θά καταλάβουμε καλύτερα πόση οικονομία σέ άλουμίνιο ή χαλκό γίνεται μέ τή μείωση του άριθμού των άγωγών στό μισό περίπου.

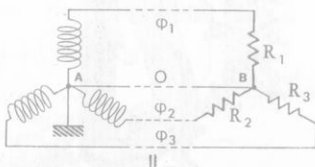
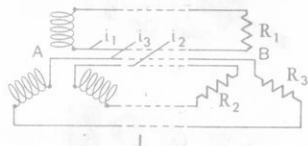
IV. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

Τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν περάσει μέσα άπό τό ανθρώπινο σώμα, είναι δυνατό νά προκαλέσει διάφορες βλάβες, πού πιθανόν νά προξενήσουν τό θάνατο. Αυτό εξαρτάται άπό τήν ένταση πού έχει τό ρεύμα, όταν περνάει άπό τό σώμα μας, και άπό τή διάρκεια διελεύσεως του ρεύματος. Ένταση μεγαλύτερη άπό 50mA μπορεί νά είναι θανατηφόρα.

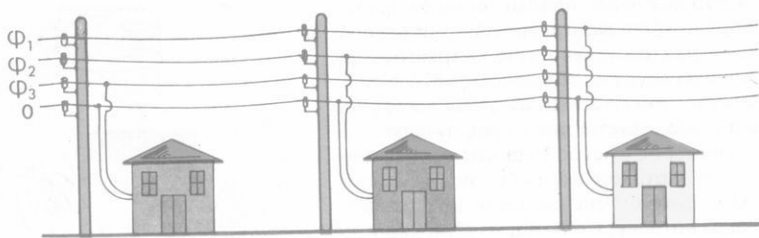
[Η ένταση του ρεύματος πού θά περάσει άπό τό σώμα κανονίζεται άπό τό νόμο του Ohm



Σχ. 5. Αρχή τής παραγωγής τριφασικού ρεύματος



Σχ. 6. Τό τριφασικό ρεύμα μπορεί νά μεταφερθεί μέ τρεις μόνο άγωγούς πού λέγονται φάσεις και ένα τέταρτο λεπτό άγωγό πού λέγεται ουδέτερος



Σχ. 7. Τρόπος συνδέσεως τών σπιτιών με τό δίκτυο 220 V



Σχ. 8. Δύο από τούς τρόπους πού κινδυνεύουμε νά πάθουμε θανατηφόρα ηλεκτροπληξία

καί εξαρτάται από τήν τάση, μέ τήν όποία έρχεται σέ έπαφή τό σώμα καί από τήν αντίσταση του σώματος. Ή αντίσταση αὐτή προέρχεται κυρίως από τήν έπιδερμίδα καί διαφέρει από άνθρωπο σέ άνθρωπο. Χοντρικά κυμαίνεται από 2ΚΩ (λεπτή έπιδερμίδα) μέχρι 20ΚΩ (χοντρή καί σκληρή έπιδερμίδα). Γιά τό ίδιο άτομο εξαρτάται από τήν κατάσταση του δέρματος (βρεγμένο, στεγνό)].

Γενικά, τάσεις μεγαλύτερες από 40 V μποροῦν νά χαρακτηρισθοῦν ως επικίνδυνες γιά τόν ανθρώπινο οργανισμό.

Έκεῖνο πού κυρίως προσβάλλεται σέ μία **ηλεκτροπληξία** είναι τό **άναπνευστικό σύστημα**, καί ό άνθρωπος πεθαίνει τελικά από άσφυξία. Τό πρώτο πού πρέπει νά κάνουμε σέ μία περίπτωση ηλεκτροπληξίας είναι νά αποσυνδέσουμε γρήγορα τόν άνθρωπο από τό ηλεκτροφόρο καλώδιο ή τή συσκευή. Γιά τό σκοπό αὐτό τόν τραβάμε άμέσως από **τά ρούχα του**, φργντίζοντας νά μήν άκουπήσουμε σέ γυμνά μέρη του σώματός του. "Αν βρίσκεται ό άνθρωπος στό **λουτρό** ή είναι βρεγμένα τά ρούχα του, τρέχουμε άμέσως στό **γενικό διακόπτη**, ή τόν τραβάμε μέ μία πλαστική σακούλα καί στήν άνάγκη μέ δικά μας χοντρά – γιά νά μήν προλάβουν νά βραχοῦν – ρούχα. **Άμέσως μετά** κάνουμε τεχνητή άναπνοή μέ όποιοδήποτε τρόπο, έστω καί άν είμαστε άπειροι, ενώ παράλληλα καλοῦμε κάποιον σέ βοήθεια γιά νά είδοποιήσει τό γιατρό.

Ή τεχνητή άναπνοή πρέπει νά συνεχισθεῖ αδιάκοπα γιά πολλές ώρες. Παράλληλα ό ηλεκτροπληκτος πρέπει νά διατηρεῖται ζεστός μέ σκεπάσματα ή θερμοφóρες.

ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ
ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ
(έτος 1971)
ισχύς σε MW

Κρεμαστά	437
Καστράκι	320
Ταυρωπός (ή Μέγδοβας)	130
Άγρας (Έδεσσα)	50
Λάδων	70

ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ
ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ
(έτος 1976)
ισχύς σε MW

Πτολεμαίδα	620
Κερατσίνι	480
Λαύριο	450
Άλιβέρι	380
Καρδιά	300
Μεγαλόπολη	250

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Διακρίνουμε δύο ειδών ηλεκτρικά εργοστάσια: τα θερμικά και τα υδροηλεκτρικά. Τα υδροηλεκτρικά μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια μιας ύδατοπτώσεως σε ηλεκτρική.
2. Οι γεννήτριες στα ηλεκτρικά εργοστάσια παράγουν τριφασικό ρεύμα, δηλ. τρία συγχρόνως ρεύματα σε τρία πηνία που βρίσκονται στο στάτορα και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.
3. Η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας με τριφασικό ρεύμα συμφέρει οικονομικά, γιατί χρειάζεται λιγότερο καλώδιο από τη μεταφορά της ίδιας ενέργειας με «μονοφασικό» ρεύμα.
4. Κατά την ηλεκτροπληξία προσβάλλεται πρώτα το αναπνευστικό σύστημα, γι' αυτό οι πρώτες βοήθειες που πρέπει να δώσουμε στον ηλεκτροπληκτό είναι η τεχνητή αναπνοή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

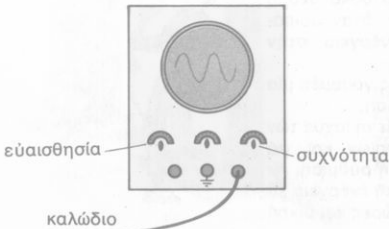
1. Πώς πετυχαίνουμε περίπου ίσοκατανομή του φορτίου στις φάσεις, όταν μοιράζουμε την ηλεκτρική ενέργεια στην κατανάλωση;
2. Τι περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές μία υδροηλεκτρική εγκατάσταση;
3. Πώς ρυθμίζεται η παραγόμενη ισχύς των υδροηλεκτρικών εργοστασίων και για ποιο λόγο είναι αναγκαία η ρύθμιση;
4. Γιατί η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη τις έσπερινές ώρες και μικρή μετά τα μεσάνυχτα;
5. Γιατί στα ηλεκτρικά εργοστάσια προτιμούμε τις τριφασικές γεννήτριες;

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Δορυφορικός σταθμός εδάφους στίς Θερμοπύλες. Ο σταθμός εξασφαλίζει ασύρματη τηλεπικοινωνία της Ελλάδας με άλλες χώρες μέσω τεχνητών δορυφόρων. Η σύνδεση με τούς δορυφόρους και τίς χώρες γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα



Σχ. 2. Τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα δημιουργούν στο καλώδιο (κεραία) έναλλασσόμενο ρεύμα

Κάθε φορά πού ανάβουμε ή σβήνουμε τό φώς και έχουμε άνοιγμένο τό ραδιόφωνο, ακούγεται ένας μικρός θόρυβος "γκρρ" στό μεγάλφωνο. Παρόμοιοι θόρυβοι (παράσιτα) ακούγονται στό ραδιόφωνο και όταν στήν ατμόσφαιρα ξεσπούν ηλεκτρικοί σπινθήρες (άστραπές, κεραυνοί).

Οι θόρυβοι αυτοί στό ραδιόφωνο προκαλούνται από ειδικά κύματα πού παράγονται κάθε φορά πού ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μεταβάλλεται και ονομάζονται ήλεκτρομαγνητικά κύματα.

II. ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΙ ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ.

Αν κάθε μεταβολή στό ρεύμα δημιουργεί ήλεκτρομαγνητικά κύματα, τότε θά πρέπει στά σπίτια μας, στά εργαστήρια και γενικά όπου υπάρχουν δίκτυα έναλλασσόμενου ρεύματος νά υπάρχουν ήλεκτρομαγνητικά κύματα, γιατί στό έναλλασσόμενο ρεύμα ή ένταση διαρκώς μεταβάλλεται.

Μπορούμε εύκολα νά διαπιστώσουμε τήν ύπαρξη αυτών των κυμάτων μέ έναν **παλμογράφο** (Σχ. 2). (Ρυθμίζουμε τήν εύαισθησία του παλμογράφου στό μέγιστο και γυρίζουμε τό κουμπί πού ρυθμίζει τή συχνότητα οριζόντιας ταλαντώσεως τής δέσμης του παλμογράφου στην περιοχή $10 \div 100\text{Hz}$.)

Βάζουμε ένα καλώδιο στην είσοδο τής κατάρυφης άποκλίσεως τής δέσμης του παλμογράφου, φροντίζοντας νά μήν άκουμπάει τό άλλο άκρο του καλωδίου πουθενά. Τότε παρατηρούμε στην οθόνη του παλμογράφου μία ήμιτονοειδή καμπύλη.

Τό καλώδιο στην είσοδο του παλμογράφου λειτουργεί όπως ή κεραία του ραδιοφώνου. Τά ήλεκτρομαγνητικά κύματα συναντούν τό καλώδιο, βάζουν σέ κίνηση τά ελεύθερα ηλεκτρόνια του και προκαλούν μέ τόν τρόπο αυτό έναλλασσόμενο ρεύμα μέσα στό καλώδιο. Τό ρεύμα αυτό, όπως είναι φυσικό, μεταβάλλεται μέ τόν τρόπο πού καθορίζουν τά κύματα. Άρα τά κύ-

ματα πρέπει να έχουν μορφή ήμιτονοειδή σαν αυτή που βλέπουμε στην οθόνη. Έπομένως:

Τό έναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί στο γύρω χώρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα που έχουν μορφή ήμιτονοειδή.

Με τόν παλμογράφο μπορούμε επίσης να μετρήσουμε τη συχνότητα του κύματος που παράγει τό έναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου της ΔΕΗ. Από τη μέτρηση αυτή προκύπτει συχνότητα 50 Hz, δηλ. ίση μέ τη συχνότητα του ρεύματος της ΔΕΗ.

III. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ

Τό ηλεκτρομαγνητικό κύμα, όπως καί ή ίδια ή λέξη τό λέει, είναι ένα σύνθετο κύμα που αποτελείται από ένα ηλεκτρικό (Σχ. 3) καί ένα μαγνητικό (Σχ. 4) κύμα.

Τό ηλεκτρικό κύμα εκφράζει τίς μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου καί τό μαγνητικό κύμα εκφράζει τίς μεταβολές του μαγνητικού πεδίου που εμφανίζονται γύρω από έναν άγωγό, που διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα. Καί τά δύο κύματα διαδίδονται μέ τήν ταχύτητα του φωτός.

Τά δύο αυτά κύματα είναι άχώριστα μεταξύ τους καί αποτελούν τό **ηλεκτρομαγνητικό κύμα** (Σχ. 5).

Τό ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι κύμα **εγκάρσιο**.

Συχνά για λόγους εύκολίας, όταν παριστάνουμε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, σχεδιάζουμε μόνο τό ηλεκτρικό κύμα.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΨΙΣΥΧΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

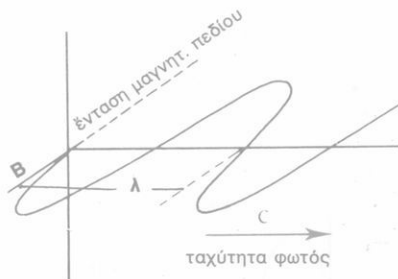
Τό έναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου της ΔΕΗ δέν είναι κατάλληλο για τήν παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που χρειάζεται ή τηλεπικοινωνία, γιατί έχει μικρή συχνότητα. Ρεύματα κατάλληλα για τήν τηλεπικοινωνία είναι όσα έχουν ύψηλές συχνότητες (**ύψισυχνα ρεύματα**).

Ύψισυχνα ρεύματα μπορούν να παραχθούν μέ ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν πυκνωτή καί ένα πηνίο (Σχ. 6, I).

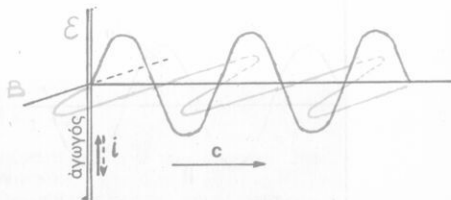
Γιά να γίνει κατανοητή ή λειτουργία ενός τέτοιου κυκλώματος εκτελούμε τό παρακάτω πείραμα (Σχ. 6, II). Φορτίζουμε τόν πυκνωτή μέ μία ηλεκτρική πηγή καί κατόπιν μέ ένα διακόπτη



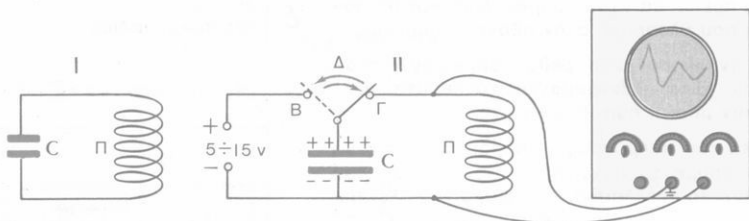
Σχ. 3. Ήλεκτρικό κύμα ($c = \lambda \nu$)



Σχ. 4. Μαγνητικό κύμα ($c = \lambda \nu$)



Σχ. 5. Τό έναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα (εγκάρσια κύματα)



Σχ. 6. Τό κύκλωμα «πυκνωτής - πηνίο» κάνει φθίνουσα ηλεκτρική ταλάντωση. (Γιά νά φανεί ή ταλάντωση γυρίζουμε τό κουμπί τής συχνότητας

τοῦ παλμογράφου σέ κατάλληλη περιοχή. π.χ. $10 \div 100 \text{ Hz}$, όταν $c = 20 \mu\text{F}$ καί $\Pi = 600$ σπείρες μέ πυρήνα)

Δ συνδέουμε τόν πυκνωτή μέ τό πηνίο. Μέ τή βοήθεια ενός παλμογράφου διαπιστώνουμε ότι μέσα στό κύκλωμα κυκλοφορεῖ, γιά μικρό χρονικό διάστημα, έναλλασσόμενο ρεύμα. Ένα τέτοιο έναλλασσόμενο ρεύμα λέγεται ειδικότερα ηλεκτρική ταλάντωση. Άρα:

Ηλεκτρική ταλάντωση λέγεται ένα έναλλασσόμενο ρεύμα πού εμφανίζεται σέ κύκλωμα πού περιλαμβάνει ένα πηνίο καί έναν πυκνωτή.

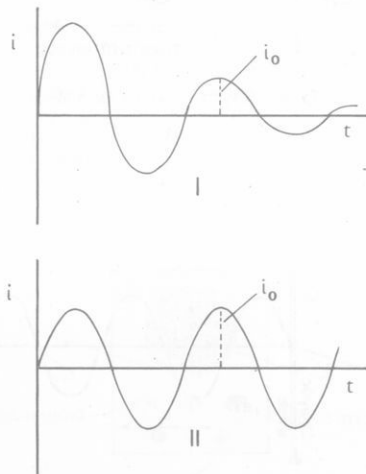
Άν στό παραπάνω πείραμα χρησιμοποιήσουμε διάφορους πυκνωτές καί πηνία, βρίσκουμε ότι ή συχνότητα τής ηλεκτρικής ταλάντωσης εξαρτάται από τόν πυκνωτή καί τό πηνίο.

Μέ μία κατάλληλη ἐπιλογή πηνίου καί πυκνωτή μπορούμε νά πραγματοποιήσουμε ηλεκτρικές ταλάντωσης μέ μεγάλη συχνότητα, δηλ. ύψισυχνα ρεύματα. Άρα:

Μέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει κατάλληλο πηνίο καί κατάλληλο πυκνωτή μπορούμε νά παράγουμε ύψισυχνα ηλεκτρικά ρεύματα.

V. ΦΘΙΝΟΥΣΑ ΚΑΙ ΑΜΕΙΩΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

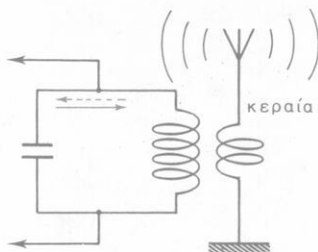
Όπως προκύπτει από τήν εικόνα πού δείχνει ό παλμογράφος στό Σχ. 6, ή ηλεκτρική ταλάντωση τοῦ κυκλώματος δέν έχει σταθερό πλάτος. Τό πλάτος μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου μικραίνει καί πολύ γρήγορα μηδενίζεται. Μιά τέτοια ηλεκτρική ταλάντωση λέγεται **φθίνουσα** (Σχ. 7, I). Αντίθετα, αν τό πλάτος μιᾶς ηλεκτρι-



Σχ. 7. I. Φθίνουσα ηλεκτρική ταλάντωση. II. Άμειωτη ηλεκτρική ταλάντωση

κής ταλαντώσεως μένει σταθερό, ή ταλάντωση λέγεται **ἀμείωτη** (Σχ. 7, II).

Ἡ ηλεκτρική ταλάντωση τοῦ κυκλώματος «πηνίο-πυκνωτής» μοιάζει μέ τήν ταλάντωση πού κάνει μία χορδή. Ὄταν ἐκτρέπουμε τή χορδή ἀπό τή θέση ἰσορροπίας καί τήν ἀφήνουμε ἐλεύθερη, αὐτή ταλαντεύεται γύρω ἀπό τή θέση ἰσορροπίας μέ πλάτος πού διαρκῶς μικραίνει καί γρήγορα γίνεται μηδέν. Ἡ μείωση τοῦ πλάτους ταλαντώσεως τῆς χορδῆς συμβαίνει γιατί ἡ μηχανική τῆς ἐνέργεια μετατρέπεται σέ **θερμότητα** καί σέ **ἡχητική ἐνέργεια** πού διαδίδεται στό περιβάλλον. Στήν περίπτωση τῆς ηλεκτρικῆς ταλαντώσεως, ἡ ἐνέργεια πού ἔχει στήν ἀρχή τό κύκλωμα (ἀποθηκευμένη στόν πυκνωτή) μετατρέπεται σέ **θερμότητα** καί σέ **ηλεκτρομαγνητική ἀκτινοβολία**. Ὅσο διαρκεῖ ἡ ηλεκτρική ταλάντωση, τόσο διαρκεῖ καί ἡ ηλεκτρομαγνητική ἀκτινοβολία.



Σχ. 8. Πομπός ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων (ἀρχή). (Στήν κεραία δημιουργοῦνται ὑψίσυχνα ρεύματα μέ ἐπαγωγή)

VI. ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΟΜΠΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στή ραδιοφωνία, στήν τηλεόραση κτλ. τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται μέ ειδικές συσκευές πού λέγονται **πομποί** καί ἀκτινοβολοῦνται στό γύρω χώρο μέ τή βοήθεια μιᾶς κεραίας. Τά κύματα αὐτά ἔχουν μεγάλη συχνότητα καί παράγονται μέ ηλεκτρικές ταλαντώσεις. Ἄρα κάθε πομπός πρέπει νά ἔχει ἓνα κύκλωμα μέ πηνίο καί πυκνωτή, τό ὁποῖο μέ κατάλληλο τρόπο νά παίρνει ἐνέργεια ἀπό μία ηλεκτρική πηγή καί νά ἐκτελεῖ ἔτσι ἀμείωτη ηλεκτρική ταλάντωση (Σχ. 8).

Τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα πού ἐκπέμπονται ἀπό τήν κεραία μεταφέρουν μέ κατάλληλο τρόπο τή φωνή, τή μουσική ἢ τίς εἰκόνες σέ μεγάλες ἀποστάσεις ἀπό τόν πομπό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε δημιουργεῖται ἓνα ὁποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα καί πότε ἓνα ἡμιτονοειδές ηλεκτρομαγνητικό κύμα;
2. Πού ὀφείλονται τά παράσιτα πού ἀκούγονται στό ραδιοφωνοῦν τίς μέρες πού ἐκδηλώνονται καταιγίδες;
3. Μποροῦμε νά δημιουργήσουμε ηλεκτρικά κύματα χωρίς νά συνοδεύονται ἀπό μαγνητικά;
4. Τί εἶναι καί πῶς παράγονται τά ὑψίσυχνα ρεύματα;
5. Γιατί ἡ ηλεκτρική ταλάντωση πού κάνει τό κύκλωμα «πηνίο - πυκνωτής» (Σχ. 6) εἶναι φθίνουσα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα σύνθετο κύμα που αποτελείται από δύο αχώριστα μεταξύ τους κύματα, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό κύμα.
2. Ηλεκτρομαγνητικό κύμα παράγεται κάθε φορά που ή ένταση του ρεύματος σε κάποιο αγωγό μεταβάλλεται. Όταν ή μεταβολή του ρεύματος είναι ήμιτονοειδής, όπως συμβαίνει στο έναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου, το κύμα έχει ήμιτονοειδή μορφή.
3. Ηλεκτρική ταλάντωση ονομάζεται τό έναλλασσόμενο ρεύμα που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ένα πηνίο και έναν πυκνωτή. Μέ ένα τέτοιο κύκλωμα και μέ κατάλληλο πυκνωτή και πηνίο παράγουμε ύψίσυχνα ρεύματα.
4. Η ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος «πηνίο-πυκνωτής» είναι φθίνουσα γιατί ή ενέργεια που δίνουμε άρχικά στο κύκλωμα μετατρέπεται σε θερμότητα και ηλεκτρομαγνητική άκτινοβολία.
5. Οί πομποί μέ κατάλληλη διάταξη παράγουν άμείωτες ηλεκτρικές ταλαντώσεις και μέ τή βοήθεια της κεραίας εκπέμπουν στο χώρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεγάλης ισχύος.

43η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τηλεπικοινωνία είναι ένας κλάδος της εφαρμοσμένης Φυσικής που άσχολείται μέ τά μέσα εκείνα, που διευκολύνουν τή μεταβίβαση μηνυμάτων σε μεγάλες άποστάσεις. Τά μηνύματα αυτά μπορεί νά είναι μουσική, φωνή, είκόνες κτλ. Γιά τήν πραγματοποίηση αυτού του σκοπού ύπάρχει πάντα ένας **πομπός** που στέλνει τό μήνυμα και ένας **δέκτης** που δέχεται τό μήνυμα.

Όταν ή σύνδεση πομπού - δέκτη γίνεται μέ καλώδια, τότε ή τηλεπικοινωνία λέγεται έν-σύρματη (Σχ. 1), ένώ όταν ή σύνδεση γίνεται μέ τή βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ή τηλεπικοινωνία λέγεται άσύρματη (Σχ. 2).

Τά μέσα έπικοινωνίας που χρησιμοποιούνται είναι πολλών ειδών, άνάλογα μέ τήν πληροφορία που θέλουμε νά μεταφέρουμε. Τό τηλέφωνο, τό τηλέτυπο, τό ραδιόφωνο και ή τηλεόραση είναι μερικά άπό τά πιό γνωστά.

Σέ προηγούμενα μαθήματα περιγράψαμε τόν τηλέγραφο, τώρα θά περιγράψουμε τό τηλέφωνο και τό τηλέτυπο. Γιά νά καταλάβετε



Σχ. 1. Ένσύρματη τηλεπικοινωνία (Τηλεφ. γραμμές Βόλου - Λάρισας)

καλύτερα τή λειτουργία του τηλεφώνου, πρέπει νά γνωρίζετε τήν κατασκευή καί τή λειτουργία του μικροφώνου καί του ακουστικού.

II. ΤΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ

Τό μικρόφωνο είναι μία συσκευή πού χρησιμοποιείται τόσο στά τηλέφωνα όσο καί σέ πολλές άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μικροφώνων, αλλά τό πιο συνηθισμένο είναι **τό μικρόφωνο μέ κόκκους άνθρακα** πού χρησιμοποιείται πολύ στήν τηλεφωνία. Αυτό τό μικρόφωνο περιέχει κόκκους άνθρακα, πού συγκρατούνται ανάμεσα σέ μία βάση από άνθρακα (τόν ύποδοχέα) καί μία λεπτή πλάκα επίσης από άνθρακα (Σχ. 3).

"Όταν δέν πέφτει ήχος στή λεπτή πλάκα, μέσα από τό κύκλωμα περνάει συνεχές ρεύμα (Σχ. 4, I). "Όταν όμως πέφτει ήχος πάνω στήν πλάκα, τό μικροφωνικό ρεύμα γίνεται μεταβαλλόμενο (Σχ. 4, III).

"Ένα απλό πείραμα, μέ τό όποιο γίνεται αντιληπτή ή άρχή τής λειτουργίας του μικροφώνου, είναι αυτό πού φαίνεται στό Σχ. 5. "Όταν φέρνουμε σέ έπαφή τά δύο ηλεκτρόδια του άνθρακα (καρβουνάκια από ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία), τό λαμπάκι ανάβει. "Αν πιέσουμε τά ηλεκτρόδια, τό φώς γίνεται ζωηρότερο. Αυτό σημαίνει πώς ή ένταση του ρεύματος γίνεται μεγαλύτερη. "Άρα:

"Όταν αύξάνει ή πίεση, τά ηλεκτρόδια του άνθρακα έρχονται σέ καλύτερη έπαφή, μικραίνει ή αντίσταση στήν έπαφή καί τό ρεύμα μεγαλώνει. Έπομένως, αν ή πίεση μεταβάλλεται περιοδικά, τότε καί τό ρεύμα θά μεταβάλλεται περιοδικά. Αυτό άκριβώς συμβαίνει στό μικρόφωνο.

Τά κύματα του ήχου πιέζουν τήν πλάκα καί αύτή τούς κόκκους μέ αποτέλεσμα νά μεταβάλλεται ή αντίσταση των κόκκων. Έτσι παράγεται μεταβαλλόμενο ρεύμα πού έχει τήν ίδια μορφή μέ τόν ήχο.

III. ΤΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ

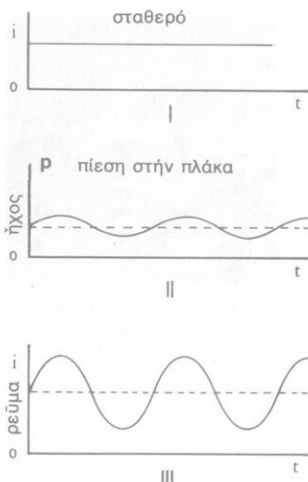
"Όπως είδαμε τό μικρόφωνο μετατρέπει τούς ήχους σέ μεταβολές ρεύματος, ενώ ένα ακουστικό κάνει άκριβώς τό αντίστροφο, δηλαδή μετατρέπει τίς μεταβολές του ρεύματος σέ ήχο.



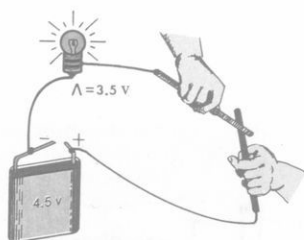
Σχ. 2. Άσύρματη τηλεπικοινωνία (Σταθμός μικροκυμάτων Γερανείων μέ κεραία τηλεόρασεως)



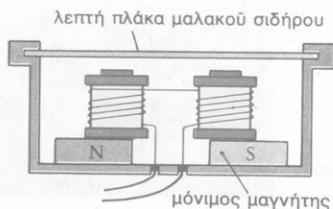
Σχ. 3. Μικρόφωνο μέ κόκκους άνθρακα



Σχ. 4. Τό μικροφωνικό ρεύμα i έχει την ίδια μορφή με τό ήχητικό κύμα



Σχ. 5. Όταν πιέζουμε τά ηλεκτρόδια άνθρακα, τό λαμπάκι ζωηρεύει



Σχ. 6. Άκουστικό

Τά κύρια μέρη τοῦ ἀκουστικοῦ εἶναι ἕνας μόνιμος μαγνήτης, δύο πηνία πού περιβάλλουν τούς πόλους τοῦ μαγνήτη καί μία λεπτή πλάκα ἀπό μαλακό σίδηρο (Σχ. 6).

Όταν δέν περνάει ρεύμα ἀπό τά πηνία, ἡ λευκή πλάκα ἔλκεται συνέχεια ἀπό τό μαγνήτη μέ **σταθερή δύναμη**.

Όταν ὅμως περνάει τό μικροφωνικό ρεύμα ἀπό τά πηνία τοῦ ἀκουστικοῦ, ἡ **δύναμη** πού ἀσκεῖται στήν πλάκα **μεταβάλλεται** στόν ἴδιο ρυθμό πού μεταβάλλεται καί τό ρεύμα. Ἔτσι ἡ λεπτή πλάκα ταλαντεύεται στό ρυθμό τοῦ ρεύματος καί ἀναπαράγεται ἦχος ὁμοιος μέ αὐτόν πού πέφτει στό μικρόφωνο.

IV. ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ

Κάθε τηλεφωνική συσκευή διαθέτει ἕνα μικρόφωνο καί ἕνα ἀκουστικό. Γιά νά μεταβιβαστεῖ ἡ φωνή ἀπό τή μία συσκευή στήν ἄλλη πρέπει νά ὑπάρχει καί μία πηγή συνεχοῦς ρεύματος (Σχ. 7) Ἡ πηγή αὐτή στίς αὐτόματες τηλεφωνικές ἐγκαταστάσεις βρίσκεται στά τηλεφωνικά κέντρα.

V. ΤΟ ΜΕΓΑΦΩΝΟ

Πολλές συσκευές τηλεπικοινωνίας, ὅπως τό ραδιόφωνο καί ἡ τηλεόραση, δέ χρησιμοποιοῦν ἀκουστικό γιά τήν ἀναπαραγωγή τοῦ ἡχου, ἀλλά megάφωνο.

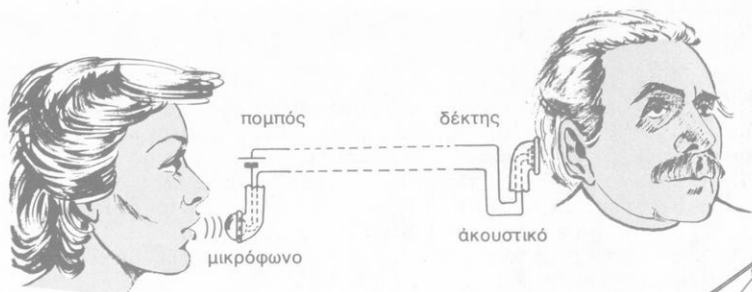
Τό megάφωνο ἔχει κατασκευή παρόμοια μέ τό ἀκουστικό. Ἀποτελεῖται δηλ. καί αὐτό ἀπό ἕνα μόνιμο μαγνήτη, ἕνα πηνίο καί μία ἐλαστική μεμβράνα ἀπό ὕφασμα ἢ χαρτόνι (Σχ. 8). Ἡ κορυφή τῆς μεμβράνας εἶναι στερεωμένη στό πηνίο καί κινεῖται μαζί του.

Τό μικροφωνικό ρεύμα, ἀφοῦ ἐνισχυθεῖ κατάλληλα μέ ἕναν **ἐνισχυτή**, διοχετεύεται στό πηνίο τοῦ megάφωνου. Ἔτσι τό πηνίο μπαίνει σέ ταλάντωση καί ἡ μεμβράνα ἀναπαράγει τόν ἦχο.

Ἐπειδὴ ἡ παλλόμενη ἐπιφάνεια τοῦ megάφωνου (μεμβράνα) εἶναι μεγαλύτερη ἀπό τήν παλλόμενη ἐπιφάνεια τοῦ ἀκουστικοῦ (πλάκα) καί τό ρεύμα ἐνισχυμένο, ὁ ἦχος τοῦ megάφωνου εἶναι πιό ἰσχυρός.

VI. ΤΟ ΤΗΛΕΤΥΠΟ (TELEX)

Τά τηλέτυπα εἶναι συσκευές πού μᾶς ἐπι-



Σχ. 7. Τηλέφωνο.

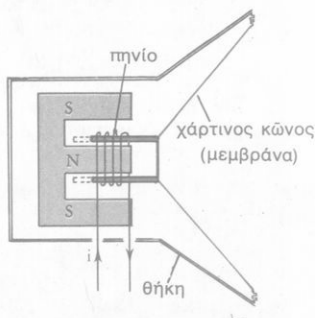
τρέπουν να στέλνουμε γραπτά μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις με την ταχύτητα του φωτός. Ο ρόλος τους επομένως είναι ανάλογος προς το ρόλο του τηλεγράφου, του οποίου αποτελούν βελτιωμένη μορφή.

Ένα τηλέτυπο μπορεί να είναι ή μόνο πομπός ή μόνο δέκτης ή συχνά και πομπός και δέκτης.

Ο πομπός ενός τηλέτυπου περιλαμβάνει ένα δίσκο επιλογής αριθμών, ένα πληκτρολόγιο (όπως ή γραφομηχανή) και ένα μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικών παλμών.

Ο δίσκος επιλογής αριθμών λειτουργεί όπως και ο αντίστοιχος δίσκος των τηλεφώνων. Με τη βοήθειά του επιλέγουμε τον αριθμό του τηλέτυπου - δέκτη που θέλουμε να συνδεθεί ο πομπός μας.

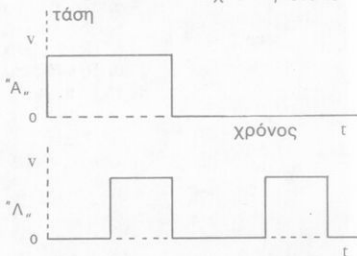
Το πληκτρολόγιο λειτουργεί σαν μία γραφομηχανή, αλλά κάθε φορά που χτυπάμε ένα πλήκτρο, ένας κατάλληλος μηχανισμός δημιουργεί ηλεκτρικούς παλμούς διαφορετικούς για κάθε γράμμα (Σχ. 10). Όταν οι παλμοί αυτοί φθάνουν στο δέκτη, διεγείρουν τους ηλεκτρομαγνήτες των πλήκτρων του δέκτη και με τον τρόπο αυτό γράφονται τα ίδια γράμματα που στείλαμε. (Τα πλήκτρα έλκονται από τους ηλεκτρομαγνήτες, όπως έλκεται ή γραφίδα του τηλεγράφου). Η σύνδεση πομπού - δέκτη μπορεί να είναι είτε ασύρματη είτε ενσύρματη, όπως και στα τηλέφωνα.



Σχ. 8. Μεγάφωνο



Σχ. 9. Τηλέτυπο



Σχ. 10. Σε κάθε γράμμα αντιστοιχεί και μία μορφή ηλεκτρικών παλμών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στην τηλεπικοινωνία υπάρχει ένας πομπός και ένας δέκτης. Οι τηλεφωνικές συσκευές λειτουργούν ταυτόχρονα ως πομποί (μικρόφωνο) και ως δέκτες (άκουστικό). Το ίδιο συμβαίνει και στα περισσότερα τηλέτυπα.
2. Το μικρόφωνο μετατρέπει τα ήχητικά κύματα σε μεταβολές ρεύματος. Οι μεταβολές αυτές φτάνουν στο άκουστικό και μετατρέπονται σε ήχητικά κύματα όμοια με τα κύματα που διεγείρουν το μικρόφωνο.
3. Το μεγάφωνο είναι συσκευή παρόμοια με το άκουστικό. Δέχεται ενισχυμένα μικροφωνικά ρεύματα και παράγει ήχητικά κύματα.
4. Το τηλέτυπο είναι μία συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μεταβίβαση γραπτών μηνυμάτων. Ο ρόλος του είναι ίδιος με το ρόλο ενός τηλεγράφου, αλλά η λειτουργία του διαφορετική. Για τη μεταβίβαση των γραμμάτων χρησιμοποιείται κώδικας από ηλεκτρικούς παλμούς, που παράγει το ίδιο το τηλέτυπο, ενώ στον τηλεγράφο, οι παλμοί αυτοί παράγονται από το χειριστή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποῦ στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ μικροφώνου με κόκκους ἀνθρακα;
2. Νά παραστήσετε γραφικά τὸ μικροφωνικὸ ρεῦμα σέ συνάρτηση μετὰ χρόνου α) ὅταν δὲν πέφτει ἤχος στὸ μικρόφωνο καὶ β) ὅταν πέφτει ἀρμονικὸς (ἡμιτονοειδὲς) ἤχος.
3. Ἀπὸ ποιά μέρη ἀποτελεῖται ἓνα ἀκουστικὸ καὶ ἓνα μεγάφωνο; Νά κάνετε ἓνα ἀπλὸ σχέδιο γιὰ τὸ κάθε ἓνα ὄργανο.
4. Γιὰ ποιούς λόγους ὁ ἤχος ἑνὸς μεγαφώνου εἶναι ἰσχυρότερος ἀπὸ τὸν ἤχο ἑνὸς ἀκουστικοῦ;
5. Τί ἀπὸ τὰ ἐπόμενα εἶναι μία τηλεφωνικὴ συσκευή; α) πομπὸς β) δέκτης γ) πομπὸς καὶ δέκτης. δ) τίποτε ἀπὸ ὅλα αὐτά.
6. Ποιά βασικὰ μέρη περιλαμβάνει ὁ πομπὸς ἑνὸς τηλέτυπου καὶ τί λειτουργία ἔχει τὸ καθένα;

ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Στό κεφάλαιο αυτό θά μελετήσουμε τό φαινόμενο τής ηλεκτρικής αγωγής τών στερεών, υγρών καί αερίων.

Σέ προηγούμενες ένότητες αναπτύχθηκε μόνο ή αγωγιμότητα τών μετάλλων καί είδαμε ότι όφείλεται σέ ένα μεγάλο πλήθος από αδέσμευτα ηλεκτρόνια πού περιπλανιούνται έλεύτερα ανάμεσα στα ίόντα τοῦ μεταλλικοῦ κρυστάλλου (έλεύτερα ηλεκτρόνια).

Στά ηλεκτρολυτικά διαλύματα τό πέρασμα τοῦ ρεύματος όφείλεται σέ θετικά καί άρνητικά ίόντα πού κινούνται έλεύτερα στή μάζα τους καί τέλος στα άέρια ή αγωγιμότητα όφείλεται τόσο σέ θετικά καί άρνητικά ίόντα όσο καί σέ έλεύτερα ηλεκτρόνια.

Τά ηλεκτρόνια, τά θετικά ίόντα καί τά άρνητικά ίόντα, λέγονται μέ μία λέξη φορεῖς τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

Ανάλογα μέ τό πλήθος τών φορέων, τά υλικά παρουσιάζουν διαφορετική αγωγιμότητα μεταξύ τους καί κατατάσσονται σέ τρεῖς κατηγορίες: Στους αγωγούς, στους ήμιαγωγούς καί στους μονωτές. Οἱ μονωτές στεροῦνται τελείως ηλεκτρικῶν φορέων, ένῶ οἱ ήμιαγωγοί έχουν μικρό αριθμό φορέων καί γι' αὐτό έχουν καί μικρή αγωγιμότητα.

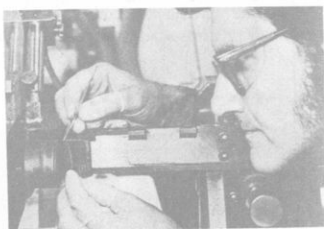
ΙΙ. ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Μερικοί από τούς πῶ γνωστούς ήμιαγωγούς εἶναι τό Si (πυρίτιο) καί τό Ge (γερμάνιο) (Σχ. 1 καί Σχ. 2). Τά στοιχεῖα αὐτά ανήκουν στήν τέταρτη ομάδα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος καί τά άτομά τους έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια στήν έξωτερική τους στιβάδα.

Η αγωγιμότητά τους όταν εἶναι καθαρά εἶναι άσήμαντη καί δέν παρουσιάζει πρακτικό ενδιαφέρον. Όταν όμως αναμειγνύονται τά στοιχεῖα αὐτά μέ άλλα στοιχεῖα (Al, As, κτλ.), αὐξάνεται πολύ ή αγωγιμότητά τους καί τότε αποκτοῦν πολλές πρακτικές εφαρμογές.



Σχ. 1. Κρύσταλλος καθαροῦ πυριτίου (Si)



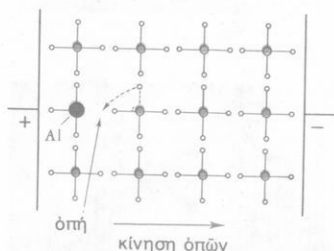
Σχ. 2. Ο κρύσταλλος Si κόβεται μέ διαμάντι σέ λεπτές φέτες καί κατόπιν μέ χημικές μεθόδους εἰσάγονται στόν κρύσταλλο προσμίξεις άλουμινίου (Al) ή άρσενικοῦ (As)



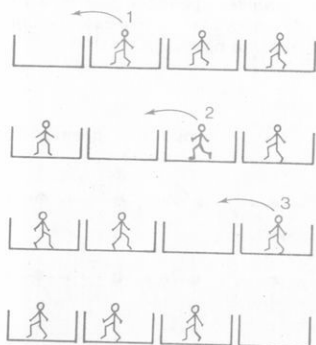
Σχ. 3. Κρυσταλλική δομή καθαροῦ πυριτίου (Si)



Σχ. 4. Ήμιαγωγός τύπου n



Σχ. 5. Ήμιαγωγός τύπου p



Σχ. 6. Μηχανικό παράδειγμα ανά-
λογο προς την κίνηση θετικής
όπης

α. Ήμιαγωγοί τύπου n

Τά άτομα στον καθαρό κρύσταλλο πυριτίου (ή γερμανίου) είναι κανονικά διαταγμένα, όπως φαίνεται στο Σχ. 3. Κάθε άτομο πυριτίου περιβάλλεται από τέσσερα άλλα άτομα, με τα οποία σχηματίζει ομοιοπολικούς δεσμούς. Έτσι κάθε άτομο στον κρύσταλλο έχει συμπληρωμένη την εξωτερική του στιβάδα με 8 ηλεκτρόνια.

Ας υποθέσουμε ότι μερικά άτομα Si αντικαθίστανται με άτομα ενός πεντασθενούς στοιχείου, όπως είναι τό As (άρσενικό) (Σχ. 4). Τά άτομα του άρσενικού έχουν 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα. Από αυτά τά τέσσερα σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς με τά γύρω άτομα Si, ενώ τό πέμπτο παραμένει αδέσμευτο. Αυτό τό πέμπτο ηλεκτρόνιο φεύγει από τό άτομο του As καί περιπλανιέται ελεύθερο μέσα στον κρύσταλλο.

Αναμειγνύοντας επομένως καθαρό Si με πεντασθενές στοιχείο, δημιουργούμε μέσα στον κρύσταλλο ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Έτσι ο κρύσταλλος αποκτά αγωγιμότητα.

Οί ήμιαγωγοί πού προκύπτουν από την ανά-
μειξη Si ή Ge με ένα πεντασθενές στοιχείο,
ονομάζονται ήμιαγωγοί τύπου n (negative = αρ-
νητικός).

β. Ήμιαγωγοί τύπου p

Ας υποθέσουμε ότι ο κρύσταλλος του Si ή Ge περιέχει έναν αριθμό ατόμων τρισθενούς στοιχείου π.χ. Al (Σχ. 5). Τό Al έχει στην εξωτερική του στιβάδα 3 μόνο ηλεκτρόνια, τά όποια δέν έπαρκούν νά συμπληρώσουν τέσσερις χημικούς δεσμούς με τά γειτονικά άτομα του Si. Έπομένως, όπου υπάρχουν άτομα τρισθενούς στοιχείου, εκεί υπάρχει καί ένας άσυμπληρωτος χημικός δεσμός, δηλ. υπάρχει κάποιο «κενό». Αυτό τό κενό ονομάζεται όπή, καί χάρη στίς όπές τό υλικό μπορεί νά άγει τόν ηλεκτρισμό.

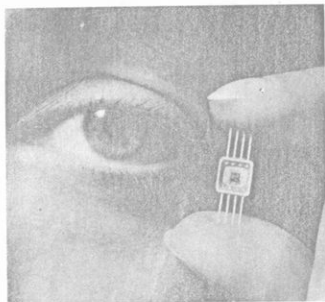
Ένας εύκολος τρόπος νά καταλάβουμε πώς οί όπές εξασφαλίζουν την αγωγιμότητα του κρυστάλλου, είναι νά τίς φανταστούμε «σάν θε-
τικά φορτία πού κινούνται ελεύθερα ανάμεσα από τά άτομα όπως περίπου τά ελεύθερα ήλε-
κτρόνια».

Στήν πραγματικότητα όμως συμβαίνει κάτι διαφορετικό. Ήλεκτρόνια από διπλανά άτομα κινούνται πρós τίς όπές, αφήνοντας πίσω τους

άλλες όπές κ.ο.κ. (Σχ. 5). Μέ τόν τρόπο αυτό οί όπές κινούνται αντίθετα πρός τά ήλεκτρόνια, δηλ. από τό θετικό πρός τόν άρνητικό πόλο τής πηγής.

Ένα μηχανικό παράδειγμα γιά τήν κατανόηση τής κινήσεως μιιάς όπής είναι τό άκόλουθο (Σχ. 6). Σέ μία σειρά από καθίσματα ύπάρχει ένα κάθισμα άδειο. Ό άνθρωπος πού κάθεται δίπλα στό άδειο κάθισμα μετακινείται κατά μία θέση, ύστερα ό άλλος κ.ο.κ. Μέ τόν τρόπο αυτό τελικά ή κενή θέση μετατοπίζεται πρός τά δεξιά, δηλ. αντίθετα πρός τήν κίνηση τών άνθρώπων. Έπειδή ή κίνηση τών όπών ίσοδυναμεί μέ κίνηση θετικών φορτίων, οί ήμιαγωγοί τής κατηγορίας αύτής λέγονται **ήμιαγωγοί τύπου p** (positive = θετικός).

Οί ήμιαγωγοί τύπου n και p χρησιμοποιούνται γιά τήν κατασκευή κρυσταλλολυχνιών (transistors) πού είναι άπαραίτητες σέ όλες τίς ήλεκτρονικές κατασκευές (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, ύπολογιστήρες κτλ).



Σχ. 7. Η μικρή τετράγωνη κατασκευή λέγεται «όλοκληρωμένο κύκλωμα» και είναι κατάλληλο γιά ύπολογιστήρες κτλ. Περιλαμβάνει αντίσταςεις, πυκνωτές και ήμιαγωγούς τύπου p και η πού σχηματίζουν 50 κρυσταλλολυχνίες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

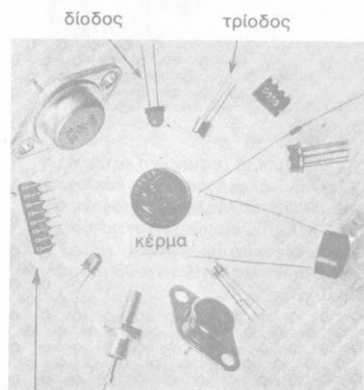
1. Γιά νά άγει ένα ύλικό τόν ήλεκτρισμό πρέπει νά έχει στή μάζα του φορείς ήλεκτρικού φορτίου. Στά μέταλλα και στους ήμιαγωγούς τύπου n, οί φορείς αύτοί είναι έλεύθερα ήλεκτρόνια, στους ήμιαγωγούς τύπου p είναι όπές, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα είναι θετικά και άρνητικά ιόντα και στά άέρια είναι θετικά και άρνητικά ιόντα και έλεύθερα ήλεκτρόνια.
2. Οί ήμιαγωγοί τύπου n παράγονται μέ πρόσμειξη πεντασθενούς στοιχείου, π.χ. As, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge και οί ήμιαγωγοί p παράγονται μέ πρόσμειξη τρισθενούς στοιχείου, π.χ. Al, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Γιά νά έχει άγωγιμότητα ένα σώμα τί πρέπει νά ύπάρχουν στή μάζα του;
2. Τί είδους φορείς ήλεκτρικού φορτίου ύπάρχουν στά μέταλλα, στους ήμιαγωγούς τύπου p, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα και στά άέρια;
3. α) Άπό πού προέρχονται τά έλεύθερα ήλεκτρόνια στους ήμιαγωγούς τύπου n; β) Πώς έξηγείται ή κίνηση όπών στους ήμιαγωγούς τύπου p;
4. Η κίνηση τών όπών ίσοδυναμεί μέ κίνηση θετικών φορτίων, άρνητικών φορτίων ή τίποτε από αύτά;

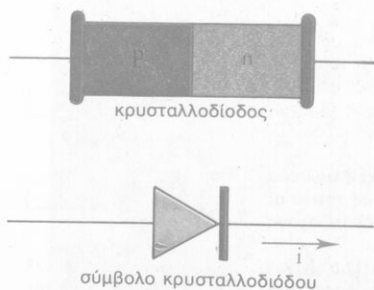
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ – ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Ι. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ



ολοκληρωμένο κύκλωμα

Σχ. 1. Κρυσταλλολυχχνίες και άλλα εξαρτήματα ηλεκτρονικών συσκευών



Σχ. 2. Συμβολικές παραστάσεις κρυσταλλοδιόδου

Μία σπουδαία εφαρμογή των ημιαγωγών τύπου n και p είναι στην κατασκευή **κρυσταλλοδίοδων** και **κρυσταλλοτριόδων**, που αποτελούν τά απαραίτητα εξαρτήματα όλων των ηλεκτρονικών συσκευών (Σχ. 1).

α. Κρυσταλλοδιόδος. Η κρυσταλλοδιόδος αποτελείται από δύο ημιαγωγούς, τόν έναν τύπου p και τόν άλλο τύπου n , κολλημένους μεταξύ τους (Σχ. 2).

Η κρυσταλλοδιόδος έχει μία σπουδαία ιδιότητα. Επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα νά περνάει μόνο κατά τή μία φορά, ενώ τό εμποδίζει κατά τήν άλλη. Έτσι, όταν ή διόδος συνδέεται κατά τήν **αγωγήμη φορά** (Σχ. 3), περνάει ρεύμα από τό κύκλωμα, ενώ όταν συνδέεται ανάποδα δέν περνάει ρεύμα.

Η ιδιότητα τής διόδου νά επιτρέπει τή μονόδρομη διέλευση του ρεύματος αξιοποιείται στην **άνορθωση** του εναλλασσόμενου ρεύματος, δηλ. στή μετατροπή του σέ συνεχές. Η ανόρθωση είναι απαραίτητη, όταν πρόκειται νά πάρουμε ενέργεια από τό ηλεκτρικό δίκτυο, γιά νά τροφοδοτήσουμε ένα ραδιόφωνο, μία τηλεόραση καί γενικά μία ηλεκτρονική συσκευή.

Ανόρθωση. Γιά νά αντιληφθούμε τί σημαίνει ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος κάνουμε τό ακόλουθο πείραμα. Συνδέουμε μία αντίσταση R μέ μία πηγή εναλλασσόμενης τάσεως καί μέ έναν παλμογράφο παρατηρούμε τή μορφή τής τάσεως που επικρατεί στά άκρα τής αντίστάσεως (Σχ. 4). Η καμπύλη στον παλμογράφο – όπως άλλωστε περιμέναμε – είναι ήμιτονοειδής, δηλ. ή τάση στά άκρα τής R είναι εναλλασσόμενη ήμιτονοειδής τάση.

Συνδέουμε κατόπιν σέ σειρά μέ τήν αντίσταση R μία κρυσταλλοδιόδο καί παρατηρούμε ότι ή καμπύλη στον παλμογράφο κόβεται στή μέση καί απομένουν μόνο τά θετικά τμήματα τής ήμιτονοειδούς καμπύλης. Αυτό σημαίνει ότι ή τάση στά άκρα τής R έπαψε νά είναι εναλλασ-

σόμενη. Τό άκρο Α είναι πάντοτε θετικό σέ σχέση μέ τό άκρο Β. Έτσι ή τάση έχει πάντα τήν ίδια φορά, μέ αποτέλεσμα καί τό ρεύμα πού περνάει μέσα από τήν R νά έχει πάντα τήν ίδια φορά (συνεχές ρεύμα), ή έντασή του όμως μεταβάλλεται μέ τό χρόνο. Είναι δηλαδή ένα συνεχές αλλά όχι σταθερό ρεύμα.

β. Κρυσταλλοτρίοδος (transistor)

Η κρυσταλλοτρίοδος ή transistor αποτελείται από τρείς διαδοχικούς ήμιαγωγούς κολλημένους μεταξύ τους καί ανάλογα μέ τή σειρά των ήμιαγωγών διακρίνουμε τήν κρυσταλλοτρίοδο p-n-p καί n-p-n (Σχ. 5).

Η μεγάλη σπουδαιότητα των transistors όφείλεται στήν ιδιότητα πού έχουν νά ένισχύουν μικρές μεταβολές τής τάσεως ή του ρεύματος. Η ιδιότητά τους αυτή βρίσκει έφαρμογή στους ένισχυτές, οί όποίοι αποτελούν βασικό μέρος του κυκλώματος όλων σχεδόν των ηλεκτρονικών συσκευών.

γ. Φωτοστοιχείο

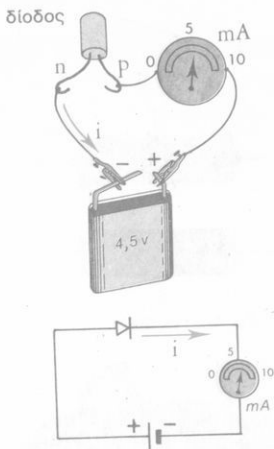
Τό φωτοστοιχείο είναι μία συσκευή πού μετατρέπει τή φωτεινή ένέργεια σέ ηλεκτρική. Τό βασικό μέρος ενός φωτοστοιχείου είναι μία κρυσταλλοδιόδος, τής όποίας ή έπαφή n-p έχει σχετικά μεγάλο έμβαδό γιά νά συλλέγει άρκετό φώς (Σχ. 6). Τό ένα από τά δύο ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένο από λεπτότατο στρώμα μετάλλου, ώστε νά είναι διαφανές στό φώς. Όταν τό φώς πέφτει στό φωτοστοιχείο, αναπτύσσεται ηλεκτρική τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων του καί τό φωτοστοιχείο λειτουργεί ως ηλεκτρική πηγή.

Τά φωτοστοιχεία χρησιμοποιούνται γιά τήν κατασκευή **φωτομέτρων** πού είναι άπαραίτητα στή φωτογραφία.

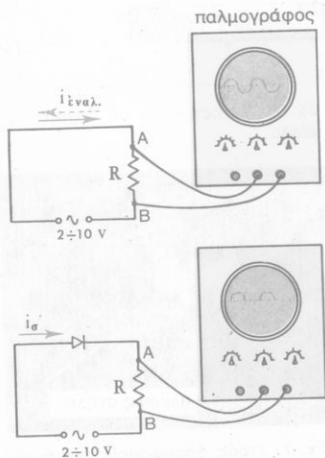
Πολλά μαζί φωτοστοιχεία συνδεδεμένα σέ σειρά αποτελούν τίς **φωτοστήλες** (ή ήλιακές στήλες) πού χρησιμοποιούνται στους δορυφόρους καί τά διαστημόπλοια γιά τήν τροφοδότησή τους μέ ηλεκτρική ένέργεια (Σχ. 7).

II. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

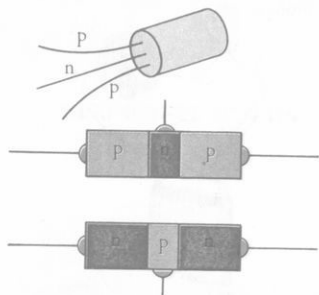
Παίρνουμε δύο διαφορετικά μέταλλα π.χ. χαλκό καί σίδηρο καί συνδέουμε τά δύο μέταλλα όπως φαίνεται στό Σχ. 8. Στή συνέχεια θερμαίνουμε τή μία έπαφή των μετάλλων, ένώ τήν άλλη τήν κρατάμε στή θερμοκρασία του περιβάλλο-



Σχ. 3. Σύνδεση κρυσταλλοδιόδου κατά τήν άγώγιμη φορά



Σχ. 4. Άπλή άνόρθωση του έναλασόμενου ρεύματος (ήμιάνορθωση)



Σχ. 5. Κρυσταλλοτρίοδοι



Σχ. 6. Φωτοστοιχείο με κρυσταλλο-
δίοδο



Σχ. 7. Στους δορυφόρους χρησιμοποιούνται ηλιακές στήλες για να λειτουργούν οι ραδιοπομποί και δέκτες τους

ντος ή τη βυθίζουμε μέσα σε δοχείο με πάγο για να διατηρείται σε θερμοκρασία 0°C . Παρατηρούμε ότι η βελόνα του γαλβανόμετρου κινείται. Τό γεγονός αυτό φανερώνει ότι μεταξύ των δύο επαφών που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, αναπτύσσεται μία ηλεκτρική τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη). Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **θερμοηλεκτρικό φαινόμενο** και παρατηρείται κάθε φορά που οι επαφές δύο διαφορετικών μετάλλων βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία. Η τάση που αναπτύσσεται ανάμεσα στις δύο αυτές επαφές ονομάζεται **θερμοηλεκτρική τάση** και αποδεικνύεται ότι είναι ανάλογη προς τη διαφορά $\Delta\theta$ των θερμοκρασιών των δύο επαφών.

Εφαρμογές 1. Τό σύστημα των δύο σε επαφή μετάλλων είναι ένα είδος ηλεκτρικής πηγής που μετατρέπει τη θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική και ονομάζεται **θερμοστοιχείο**. Πολλά μαζί θερμοστοιχεία σε σειρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος (θερμοστήλες). **2.** Έπειδή η θερμοηλεκτρική τάση συνδέεται άμεσα με τη θερμοκρασία, τό θερμοστοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως **θερμόμετρο**, αφού φυσικά βαθμολογηθεί κατάλληλα τό γαλβανόμετρό του, ώστε να δείχνει βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$). Τέτοια θερμοηλεκτρικά θερμόμετρα χρησιμοποιούνται στη μέτρηση της θερμοκρασίας της μηχανής των αυτοκινήτων κτλ.



Σχ. 8. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο

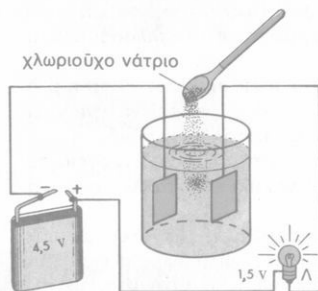
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η κρυσταλλοδιόδος αποτελείται από έναν ημιαγωγό τύπου η και έναν τύπου ρ κολλημένους μεταξύ τους. Η κρυσταλλοδιόδος άγει τό ηλεκτρικό ρεύμα μόνο κατά τή μία φορά καί χρησιμοποιείται στην ανόρθωση του έναλλασσόμενου ρεύματος.
2. Η κρυσταλλοτρίοδος (transistor) αποτελείται από τρεις ημιαγωγούς ρ-η-ρ ή η-ρ-η κολλημένους μεταξύ τους. Η κρυσταλλοτρίοδος μπορεί νά ένισχύει μικρές μεταβολές του ρεύματος ή τής τάσεως μέ κατάλληλη σύνδεση.
3. Τό φωτοστοιχείο είναι μία συσκευή πού μετατρέπει τή φωτεινή ένέργεια σέ ηλεκτρική. Τό κύριο μέρος ενός φωτοστοιχείου είναι μία κρυσταλλοδιόδος, ή όποία σκεπάζεται μέ διαφανές ηλεκτρόδιο.
4. Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο ονομάζεται ή εμφάνιση ΗΕΔ σέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει δύο διαφορετικά μέταλλα σέ έπαφή, όταν οι έπαφές των μετάλλων βρίσκονται σέ διαφορετική θερμοκρασία. Τό φαινόμενο αυτό αξιοποιείται στην κατασκευή θερμοστοιχείων καί θερμομέτρων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί είναι ή κρυσταλλοδιόδος καί τί ή κρυσταλλοτρίοδος; β) Ποιές είναι οι ιδιότητες των λυχνιών αυτών;
2. Τί είναι τό φωτοστοιχείο καί ποιά είναι τά κύρια μέρη του;
3. Τί είναι ή φωτοστήλη ή ήλιακή στήλη καί πού χρησιμοποιείται;
4. α) Τί είναι τό θερμοστοιχείο; β) "Αν ένώσουμε τίς άκρες δύο συρμάτων ενός από άλουμίνιο καί του άλλου από άργυρο (άσήμι) καί θερμάνουμε τή μία έπαφή, θά άναπτυχθεί ΗΕΔ στό κύκλωμα;

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ



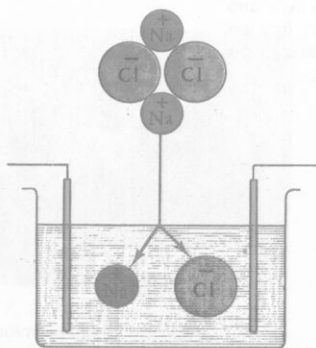
Σχ. 1. Τά διαλύματα των ηλεκτρολυτών ἄγουν τὸ ηλεκτρικὸ ρεύμα

Βάζουμε σὲ ἓνα ποτήρι ἀποσταγμένο* νερὸ καὶ βυθίζουμε σ' αὐτὸ δύο μεταλλικὲς πλάκες (ἠλεκτρόδια) κατασκευασμένες ἀπὸ τὸ ἴδιο μέταλλο. Κατόπιν συνδέουμε τὰ ἠλεκτρόδια μὲ μία πηγὴ, παρεμβάλλοντας καὶ ἓνα λαμπάκι στὸ κύκλωμα (Σχ. 1). Παρατηροῦμε ὅτι τὸ λαμπάκι δὲν ἀνάβει, γεγονός που ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ρεῦμα δὲ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἀποσταγμένο νερό. Ἐάν στὴ συνέχεια ρίξουμε στὸ νερό ἅλατι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) παρατηροῦμε ὅτι τὸ λαμπάκι φωτοβολεῖ. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ ρεῦμα τῶρα περνάει ἀπὸ τὸ ὑδατικὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου. Τὸ ἴδιο θὰ συμβεῖ ἂν ἀντὶ χλωριούχου νατρίου ρίξουμε στὸ νερό θεικὸ ὀξύ ἢ ὑδροχλωρικὸ ὀξύ, ἐνῶ δὲν παρατηρεῖται διέλευση τοῦ ρεύματος ὅταν στὸ νερό διαλύουμε ζάχαρη ἢ οἰνόπνευμα.

Οἱ οὐσίες ἐκεῖνες οἱ ὁποῖες ἄγουν τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅταν διαλύονται στὸ νερό, ὀνομάζονται ἠλεκτρολύτες.

Τὰ ὀξέα, οἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα εἶναι ηλεκτρολύτες καὶ τὰ διαλύματά τους ὀνομάζονται ηλεκτρολυτικά.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ



Σχ. 2. Ἡλεκτρολυτικὴ διάσπαση

Ὅπως εἶναι γνωστὸ, γιὰ νὰ περνáει ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἀπὸ ἓνα ὑλικό, πρέπει στὴ μάζα τοῦ ὑλικοῦ νὰ ὑπάρχουν φορεῖς ηλεκτρικοῦ φορτίου. Οἱ φορεῖς αὐτοὶ γιὰ τὰ μέταλλα καὶ τοὺς ἡμιαγωγούς τύπου η εἶναι τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, γιὰ τοὺς ἡμιαγωγούς τύπου ρ εἶναι οἱ ὁπές καὶ γιὰ τὰ ηλεκτρολυτικὰ διαλύματα εἶναι θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα.

Ὅταν στὸ ποτήρι ὑπάρχει ἀποσταγμένο νερό δὲ διέρχεται ρεῦμα ἀπὸ τὸ κύκλωμα, ἐνῶ ὅταν διαλύεται τὸ NaCl στὸ νερό, τότε διέρχεται ρεῦμα. Τὰ πειράματα αὐτὰ μᾶς πείθουν ὅτι τὰ ἰόντα δὲν προϋπάρχουν στὸ ἀποσταγμένο

* Σὲ πρόχειρο πείραμα μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσουμε πόσιμο νερό καὶ δύο κοινὰ καλώδια γιὰ ἠλεκτρόδια.

νερό, αλλά σχηματίζονται με τη διάλυση του NaCl.

Γιά να ερμηνεύσουμε την εμφάνιση των ιόντων στο διάλυμα, δεχόμαστε ότι τα μόρια του NaCl όταν διαλύονται στο νερό χωρίζονται σε δύο μέρη: σε θετικά ιόντα Na^+ και αρνητικά ιόντα Cl^- . Το φαινόμενο αυτό του χωρισμού των μορίων ενός ηλεκτρολύτη σε θετικά και αρνητικά ιόντα με την επίδραση του νερού ονομάζεται **ηλεκτρολυτική διάσπαση** (Σχ. 2).

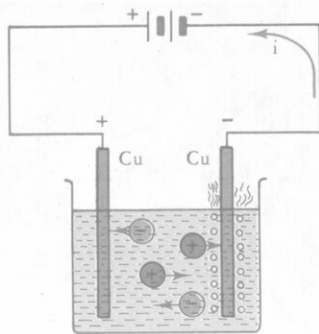
Ηλεκτρολυτική διάσπαση παθαίνουν όλοι οι ηλεκτρολύτες άμέσως μόλις διαλύονται στο νερό, δηλ. ανεξάρτητα από το αν εφαρμόζουμε τάση στα ηλεκτρόδια ή όχι.

Τά ιόντα που προκύπτουν από τη διάσπαση των μορίων μέσα στο διάλυμα κινούνται άτακτα και προς όλες τις κατευθύνσεις. Μόλις όμως συνδέσουμε τα ηλεκτρόδια με τους πόλους μιας πηγής, τα θετικά ιόντα κατευθύνονται προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο (**κάθοδος**) και τα αρνητικά ιόντα προς το θετικό ηλεκτρόδιο (**άνοδος**) (Σχ. 3). Έτσι δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα στο διάλυμα. Η παραπάνω θεωρία της διαστάσεως των μορίων των ηλεκτρολυτών και η εξήγηση της αγωγιμότητας των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων διατυπώθηκε από τον **Arrhenius** στο τέλος του 19ου αιώνα.

III. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

Αφήνουμε να περάσει ρεύμα από το διάλυμα του NaCl και παρατηρούμε ότι στην κάθοδο σχηματίζονται φυσαλίδες (Σχ. 3). Αν τα ηλεκτρόδια είναι από χαλκό, τότε το διάλυμα γύρω από το θετικό ηλεκτρόδιο αρχίζει να βράζει πράσινο. Οι μεταβολές αυτές φανερώνουν ότι, κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τα ηλεκτρολυτικά διαλύματα, συμβαίνουν ορισμένες χημικές αντιδράσεις. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ηλεκτρόλυση**. Παρόμοιες μεταβολές συμβαίνουν και σε τήγματα ηλεκτρολυτών. Οι μεταβολές αυτές, όπως προκύπτει από το πείραμα, δε συμβαίνουν σε όλη την έκταση του ηλεκτρολύτη, αλλά μόνο στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Άρα:

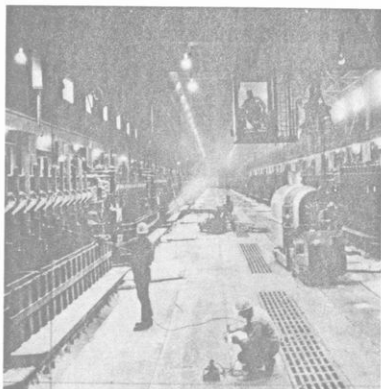
Η ηλεκτρόλυση ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζονται χημικές μεταβο-



Σχ. 3. Με το πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος εμφανίζονται χημικές μεταβολές



Σχ. 4. S. Arrhenius (Άρένιους) (1859-1927)



Σχ. 5. Ήλεκτρολυτικές κυψέλες για την παραγωγή καθαρού άλουμινίου (ήλεκτρόλυση τήγματος Al_2O_3)

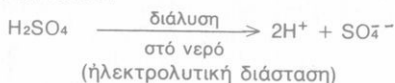
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά αναφέρετε παραδείγματα ηλεκτρολυτών.
2. Πώς εξηγείται η αγωγιμότητα των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων;
3. Ποιό ηλεκτρόδιο ονομάζεται άνοδος και ποιό κάθοδος;
4. Γιατί τό ύδατικό διάλυμα ζάχαρης δεν άγει τό ηλεκτρικό ρεύμα;
5. Ποιές χημικές μεταβολές συμβαίνουν στην κάθοδο και στην άνοδο κατά την ήλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$ με ήλεκτρόδια από χαλκό;

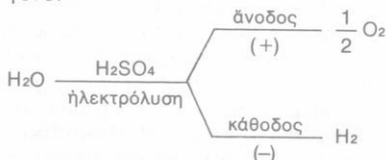
λές, όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τούς ήλεκτρολύτες.

Παραδείγματα ήλεκτρολύσεων

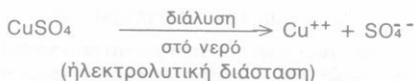
α. Ήλεκτρόλυση ύδατικού διαλύματος H_2SO_4 με ήλεκτρόδια από λευκόχρυσο. "Όταν τά μόρια του H_2SO_4 διαλύονται στό νερό, παθαίνουν διάσπαση σέ ιόντα ύδρογόνου H^+ καί θειικά ιόντα SO_4^{2-} .



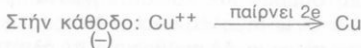
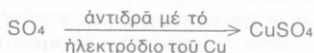
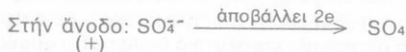
Τά ιόντα αυτά κάνουν τό νερό άγώγιμο. Έτσι, όταν εφαρμόσουμε τάση στά ήλεκτρόδια, διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα με άποτέλεσμα νά διασπώνται τελικά τό H_2O σέ ύδρογόνο καί όξυγόνο:



β. Ήλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$ με ήλεκτρόδια από χαλκό. Κατά τή διάλυση θεικού χαλκού (γαλαζοπτερας) στό νερό τά μόρια του $CuSO_4$ χωρίζονται σέ ιόντα χαλκού Cu^{++} καί σέ θειικά ιόντα.



Στή συνέχεια αν εφαρμόσουμε τάση στά ήλεκτρόδια, τά ιόντα θά κινηθούν πρός τά ήλεκτρόδια καί θά έχουμε τίς έξής χημικές μεταβολές:



Μέ τόν τρόπο αυτό τό ήλεκτρόδιο της άνόδου διαρκώς φθείρεται καί της καθόδου αύξάνει σέ μάζα. Γίνεται δηλ. μεταφορά χαλκού από τήν άνοδο στην κάθοδο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ηλεκτρολύτες λέγονται οι ουσίες που όταν διαλύονται στο νερό επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος.
2. Ο χωρισμός των μορίων των ηλεκτρολυτών σε θετικά και αρνητικά ιόντα, όταν οι ηλεκτρολύτες διαλύονται στο νερό, λέγεται ηλεκτρολυτική διάσπαση.
3. Η πρόκληση χημικών αντιδράσεων σε ηλεκτρολυτικά διαλύματα, με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, λέγεται ηλεκτρόλυση.

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

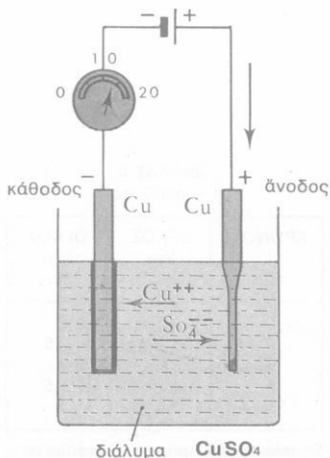
ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ι. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως ήταν ο MICHAEL FARADAY (Φάρανταϊν) που με τα πειράματά του οδηγήθηκε σε όρισμένα συμπεράσματα που συνοψίζονται στο νόμο της ηλεκτρολύσεως ή **νόμο του FARADAY** όπως αλλιώς λέγεται.

Παίρνουμε δύο πλάκες από χαλκό και τις ζυγίζουμε. Κατόπιν βυθίζουμε τις πλάκες σε ύδατικό διάλυμα θειικού χαλκού (γαλαζόπετρας) και συνδέουμε τις πλάκες με τους πόλους μίας πηγής, παρεμβάλλοντες και ένα αμπερόμετρο για να μετράμε την ένταση του ρεύματος (Σχ. 1). Αφήνουμε το κύκλωμα κλειστό για αρκετή ώρα και μετά διακόπτουμε το κύκλωμα και ζυγίζουμε τις πλάκες (ηλεκτρόδια). Παρατηρούμε ότι η μάζα του αρνητικού ηλεκτροδίου έχει αυξηθεί, ενώ του θετικού ηλεκτροδίου έχει ελαττωθεί. Η αύξηση της μάζας του αρνητικού ηλεκτροδίου οφείλεται στα ιόντα του χαλκού που αποφορτίζονται και κολλάνε στο ηλεκτρόδιο.

Με ένα τέτοιο πείραμα αποδεικνύεται ότι η μάζα m των ιόντων του χαλκού, που αποφορτίζονται στην κάθοδο, είναι ανάλογη προς την ένταση i του ρεύματος και ανάλογη προς το



Σχ. 1. Από το θετικό ηλεκτρόδιο μεταφέρεται μάζα στο αρνητικό

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ FARADAY

Στοιχείο ή ión	Σταθερά α	
	σέ gr/Cb	σέ mgr/Cb
H	$0,010 \cdot 10^{-3}$	0,010
O	$0,083 \cdot 10^{-3}$	0,083
Cu	$0,329 \cdot 10^{-3}$	0,329
Ag	$1,118 \cdot 10^{-3}$	1,118
Al	$0,093 \cdot 10^{-3}$	0,093

χρόνο t που διαρκεί ή ηλεκτρόλυση. Γενικά για κάθε είδος ιόντων αποδεικνύεται ότι ισχύει:

μάζα ιόντων που αποφορτίζονται σέ ένα ηλεκτρόδιο = σταθερά $\times$ ένταση ρεύματος $\times$ χρόνο

$$m = a \cdot i \cdot t \quad \text{Νόμος τής ηλεκτρολύσεως}$$

Η σταθερά α εξαρτάται από τό είδος τών ιόντων που αποφορτίζονται στά ηλεκτρόδια καί έχει για κάθε στοιχείο μία ορισμένη τιμή που δίνεται από πίνακες (ΠΙΝΑΚΑΣ Ι).

Οί μονάδες τής σταθεράς α προκύπτουν από τό νόμο, αν τόν λύσουμε ως πρός α.

$$a = \frac{m}{i \cdot t} = \frac{m}{q}$$

Άρα μονάδες του α θά είναι 1Kgr/Cb ή 1gr/Cb κτλ.

Σύντομη πειραματική επαλήθευση του νόμου. Ένα απλό καί σύντομο πείραμα, για τήν επαλήθευση του νόμου τής ηλεκτρολύσεως, είναι ή ηλεκτρόλυση νερού μέ ειδική συσκευή που μάς δίνει τή δυνατότητα νά μετράμε τόν όγκο του H_2 που ελευθερώνεται στην κάθοδο καί του O_2 που ελευθερώνεται στην άνοδο (Σχ. 2).

1. Εφαρμόζουμε στά ηλεκτρόδια μία σταθερή τάση (π.χ. 4,5 V) καί σημειώνουμε τούς όγκους H_2 καί O_2 κάθε 1 ή 2min. Μέ τόν τρόπο αυτό συμπληρώνουμε έναν πίνακα μετρήσεων (ΠΙΝΑΚΑΣ II).

ΠΙΝΑΚΑΣ II
(i = σταθερό)

ΧΡΟΝΟΣ t min	ΟΓΚΟΣ V_{H_2} cm^3	ΟΓΚΟΣ V_{O_2} cm^3
0	0	0
2	1	0,5
4	2	1
6	3	1,5
8	4	2

Σημείωση: Σέ πρόχειρα πειράματα ό όγκος του υδρογόνου είναι λίγο μεγαλύτερος απ' τό διπλάσιο του όγκου του οξυγόνου.

Κατόπιν παριστάνουμε γραφικά τόν όγκο τών αερίων σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο καί παρατηρούμε ότι προκύπτουν εύθειες γραμμές (Σχ. 3). Άρα ό όγκος τών αερίων που ελευθερώνονται στά ηλεκτρόδια είναι **ανάλογος** πρός τό χρόνο t . Από τή σχέση $m=d \cdot V$ προκύπτει ότι ή μάζα είναι ανάλογη πρός τόν όγκο, άρα θά είναι ανάλογη καί πρός τό χρόνο t .

2. Αύξάνουμε τήν ένταση i του ρεύματος – αύξάνοντας τήν τάση στά ηλεκτρόδια – καί παρατηρούμε ότι στον ίδιο χρόνο t παράγεται τώρα περισσότερο αέριο στά ηλεκτρόδια. Άρα ή μάζα τών αερίων που ελευθερώνονται στά ηλεκτρόδια εξαρτάται από τήν ένταση i του ρεύματος.

3. Τέλος οι ποσότητες των αερίων που παράγονται στα δύο ηλεκτρόδια είναι διαφορετικές. Άρα η μάζα του στοιχείου που ελευθερώνεται σε ένα ηλεκτρόδιο εξαρτάται από το είδος του στοιχείου.

II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

Η ηλεκτρόλυση εφαρμόζεται στην επιμετάλλωση, στην γαλβανοπλαστική, στην ηλεκτροχημεία, στη φόρτιση των συσσωρευτών κτλ.

α. Επιμετάλλωση. Όταν λέμε επιμετάλλωση, εννοούμε την εργασία που κάνουμε για να καλύψουμε ένα μεταλλικό αντικείμενο με λεπτό στρώμα από άλλο μέταλλο. Με την επιμετάλλωση επιδιώκουμε δύο σκοπούς: α) την προστασία του αντικειμένου από την όξειδωση και β) την ωραιότερη εμφάνισή του.

Με επιμετάλλωση κατασκευάζονται επάργυρα και επίχρυσα κοσμήματα, οικιακά σκεύη κτλ. (Σχ. 4). Με επιμετάλλωση επίσης κατασκευάζονται διάφορα επινικελωμένα ή επίχρωμιωμένα αντικείμενα (προφυλακτικές αυτοκινήτων, ανοξείδωτες βρύσες κτλ).

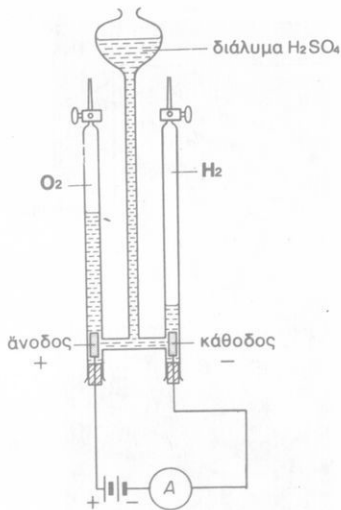
Όπως φαίνεται και στο Σχ. 4, τα αντικείμενα που θέλουμε να επιμεταλλωθούν τα συνδέουμε με τον αρνητικό πόλο της πηγής και ανάλογα με την επιμετάλλωση χρησιμοποιούμε κατάλληλο ηλεκτρολυτικό διάλυμα και κατάλληλο μέταλλο στην άνοδο.

β. Γαλβανοπλαστική. Στη γαλβανοπλαστική τέχνη εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως για να παράγουμε πιστές μεταλλικές μήτρες (καλούπια) και ομοιώματα (αντίγραφα) διαφόρων αντικειμένων. Μεγάλη εκμετάλλευση της γαλβανοπλαστικής γίνεται από τις εταιρείες παραγωγής φωνογραφικών δίσκων.

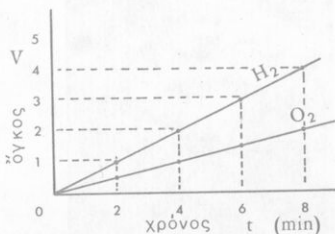
Τα κύρια στάδια παραγωγής δίσκων είναι τα εξής (Σχ. 5):

1) **Χάραξη.** Με ειδικό μηχανήμα χαράσσεται ή μορφή του ήχου πάνω σε ειδικούς δίσκους από συνθετικό υλικό.

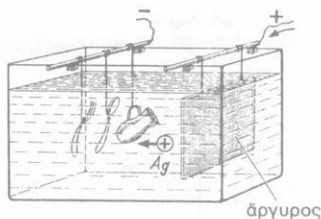
2) **Επιμετάλλωση.** Ο δίσκος, που παράγεται με τη χάραξη, σκεπάζεται με λεπτότατο στρώμα αργύρου, με ειδικό ψεκασμό, για να γίνει η επι-



Σχ. 2. Συσσκευή ηλεκτρολύσεως νερού



Σχ. 3.



Σχ. 4. Έπαργύρωση



I



II

φάνειά του αγωγίμη και κατόπιν επινικελώνεται. Τό στρώμα νικελίου, πού σχηματίζεται με την επινικέλωση, αποχωρίζεται από τό χαραγμένο δίσκο και αποτελεί τό άρνητικό αποτύπωμα του δίσκου (μήτρα).

3) Τύπωση. Οι μήτρες τοποθετούνται σέ κατάλληλη πρέσα και ανάμεσα στίς μήτρες τοποθετείται μικρή ποσότητα θερμού πλαστικού υλικού. Μέ τή συμπίεση τής πρέσας τό πλαστικό μετατρέπεται σέ δίσκο και αποτελεί ένα πιστό αντίγραφο του χαραγμένου δίσκου.

γ. Ήλεκτροχημεία. Πολλές χημικές ουσίες (ύδρογόνο, όξυγόνο, χλώριο, νάτριο, άλουμίνιο κτλ.) παράγονται μέ ήλεκτρόλυση. Χωρίς τήν ήλεκτρόλυση τό άλουμίνιο θά ήταν τόσο άκριβό μέταλλο πού δέ θά είχε ίσως χρησιμοποιηθεί άπό τόν άνθρωπο άκόμα.

Έπίσης μέ ήλεκτρόλυση καθαρίζονται τά μέταλλα άπό τίς προσμίξεις τους, όταν θέλουμε νά παρασκευάσουμε πολύ καθαρά μέταλλα.

δ. Όρισμός τής μονάδας Ampere (1A). "Αν στό πείραμα του Σχ. 1 χρησιμοποιήσουμε ήλεκτρόδια άπό Ag και διάλυμα AgNO_3 , τότε στήν κάθοδο θά αποτίθεται άργυρος, πού μπορούμε μέ ένα ζυγό νά βρίσκουμε τή μάζα του.

Άπό τό νόμο τής ήλεκτρολύσεως $m = a \cdot i \cdot t$, άν βάλουμε $a = 1,118 \text{ mgr/Cb}$ (βλέπε πίνακα), $i = 1 \text{ A}$ και $t = 1 \text{ sec}$, βρίσκουμε $m = 1,118 \text{ mgr}$.

Τήν ένταση εκείνη του ρεύματος πού αποθέτει $1,118 \text{ mgr}$ άργύρου στήν κάθοδο σέ 1 sec , τήν παίρνουμε ως μονάδα έντάσεως και τήν ονομάζουμε Ampere.

Ή μονάδα Ampere αποτελεί θεμελιώδη μονάδα γιά τό Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I. units).



III



IV

Σχ. 5. I. Χάραξη II. Κατασκευή της μήτρας με ηλεκτρόλυση III. 'Αποκόλληση της μήτρας από τό χαραγμένο δίσκο IV. Τύπωση δίσκων στην πρέσσα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μάζα m των ιόντων που αποτίθεται στην κάθοδο ή στην άνοδο είναι ανάλογη προς την ένταση i του ρεύματος, ανάλογη προς τό χρόνο ηλεκτρολύσεως t και εξαρτάται από τό είδος των ιόντων. $m = a \cdot i \cdot t$ (νόμος της ηλεκτρολύσεως).
2. Η ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται στην επιμετάλλωση, γαλβανοπλαστική, ηλεκτροχημεία, στη φόρτιση των συσσωρευτών κτλ. Στη γαλβανοπλαστική κατασκευάζουμε με τη βοήθεια της ηλεκτρολύσεως πιστές μήτρες αντικειμένων. Στην ηλεκτροχημεία παρασκευάζουμε διάφορα χημικά στοιχεία ή ενώσεις με ηλεκτρολυτική μέθοδο.
3. Η ένταση του ρεύματος, που αποθέτει στην κάθοδο της συσκευής ηλεκτρολύσεως 1,118 mgr άργύρου σέ 1 sec, ορίζεται ως μονάδα έντάσεως του ρεύματος και λέγεται Ampere.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται η μάζα ενός στοιχείου που παράγεται στην άνοδο κατά την ηλεκτρόλυση;
2. α) Τί είναι η γαλβανοπλαστική τέχνη και πού χρησιμοποιείται;
β) Ποιά είναι τά κύρια στάδια παραγωγής ενός φωνογραφικού δίσκου;
3. Πώς ορίζεται τό 1 Ampere;
4. Από τί εξαρτάται και τί μονάδες έχει η σταθερά a του νόμου του FARADAY;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόσος χρόνος χρειάζεται για να μαζευτούν στην κάθοδο 32,9gr Cu αν η ένταση του ρεύματος είναι 2A;
(αχαλκού = 0,329 $\frac{\text{mgr}}{\text{Cb}}$)
2. α) Πόση μάζα υδρογόνου παράγεται κατά την ηλεκτρόλυση του νερού, αν η ένταση του ρεύματος είναι $i=0,5\text{A}$ και ο χρόνος $t=2\text{min}$; β) Πόσος είναι ο όγκος του παραγόμενου αερίου αν η πυκνότητα του υδρογόνου μέσα στο σωλήνα της συσκευής είναι $d=0,09\text{ gr/lit} = 9 \cdot 10^{-5}\text{ gr/cm}^3$; (αυερ = 0,01 mgr/cb)
3. Θέλουμε να βαθμολογήσουμε ένα αμπερόμετρο και το συνδέουμε σε σειρά με μία συσκευή ηλεκτρολύσεως διαλύματος AgNO_3 . Παρατηρούμε ότι η βελόνα του όργανου στη διάρκεια της ηλεκτρολύσεως δείχνει διαρκώς σε μία υποδιαίρεση Γ. Η μάζα του αργύρου που παράγεται στην κάθοδο σε χρόνο $t=100\text{min}$ είναι $m=10,062\text{gr}$. Τί τιμή πρέπει να σημειώσουμε στην υποδιαίρεση Γ; (ααργύρου = 1,118 mgr/Cb).

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

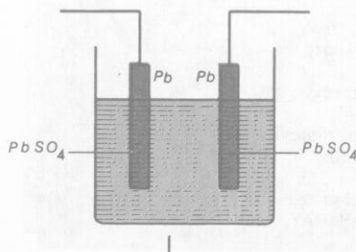
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ι. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ (κ. Μπαταρίες)

α. Έννοια του συσσωρευτή. Παίρνουμε δύο πλάκες από μόλυβδο (Pb) και τις βυθίζουμε σε ένα ποτήρι που περιέχει αραιό διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4). Ο Pb αντιδρά με το θειικό οξύ και σχηματίζεται στην επιφάνεια των πλακών ένα λεπτό στρώμα PbSO_4 , που εμποδίζει την αντίδραση να προχωρήσει σε βάθος. Έτσι η αντίδραση σταματάει στην επιφάνεια.

Μετράμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο πλακών και βρίσκουμε ότι αρχικά δεν υπάρχει καμιά τάση. Κατόπιν συνδέουμε τις πλάκες Pb με τους πόλους μιας ηλεκτρικής στήλης (4,5 V) και αφήνουμε το κύκλωμα κλειστό για λίγη ώρα (π.χ. 10min) (Σχ. 1, II).

Ύστερα αποσυνδέουμε την ηλεκτρική πηγή και μετράμε ξανά τη διαφορά δυναμικού στις δύο πλάκες της συσκευής. Παρατηρούμε ότι τώρα οι πλάκες παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού. Αν μάλιστα συνδέσουμε ένα μικρό λαμπάκι με τις δύο πλάκες, το λαμπάκι ανάβει. Αυτό σημαίνει ότι, με την ηλεκτρόλυση, η συσκευή μετατράπηκε σε ηλεκτρική πηγή. Άρα:



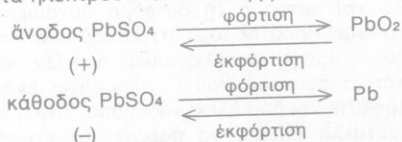
Ἡ ηλεκτρολυτική συσκευή πού περιλαμβάνει διάλυμα θεικού ὀξέος καί ηλεκτρόδια ἀπό μολύβδο μετατρέπεται μέ ηλεκτρόλυση σέ ηλεκτρική πηγή καί ὀνομάζεται συσσωρευτής.

Ἡ ΗΕΔ κάθε τέτοιου συσσωρευτῆ εἶναι 2V.

β. Φόρτιση καί ἐκφόρτιση συσσωρευτῆ. Ἀν προσέξουμε τίς πλάκες Pb, παρατηροῦμε ὅτι μέ τήν ηλεκτρόλυση ἡ πλάκα πού εἶναι συνδεμένη μέ τό θετικό πόλο τῆς ἐξωτερικῆς πηγῆς σκεπάζεται μέ ἓνα λεπτό στρώμα πού ἔχει καφέ χρώμα. Τό καφέ αὐτό στρώμα εἶναι PbO₂. Γιά νά σχηματισθεῖ τό PbO₂ χρειάζεται ἐνέργεια, πού τή χορηγεῖ ἡ ἐξωτερική ηλεκτρική πηγή. Ἀρα κατά τή **φόρτιση** ἡ ηλεκτρική ἐνέργεια μετατρέπεται σέ χημική καί ἀποθηκεύεται («συσσωρεύεται») στό ἐσωτερικό τοῦ συσσωρευτῆ.

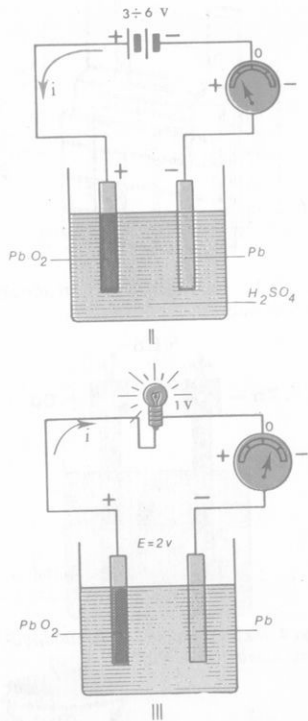
Κατά τήν **ἐκφόρτιση** τοῦ συσσωρευτῆ, ἡ χημική ἐνέργεια μετατρέπεται σέ ηλεκτρική καί ὁ συσσωρευτής λειτουργεῖ ὡς ηλεκτρική πηγή. Ἀν ἐξαντληθεῖ τό καφέ στρώμα (PbO₂), παύει ὁ συσσωρευτής νά παράγει ηλεκτρικό ρεῦμα.

Ἐπομένως ὁ συσσωρευτής ἔχει τήν ιδιότητα νά μετατρέπει τήν ηλεκτρική ἐνέργεια σέ χημική καί ἀντίστροφα τή χημική ἐνέργεια σέ ηλεκτρική. Οἱ χημικές μεταβολές πού συμβαίνουν στά ηλεκτρόδια εἶναι οἱ ἑξῆς:

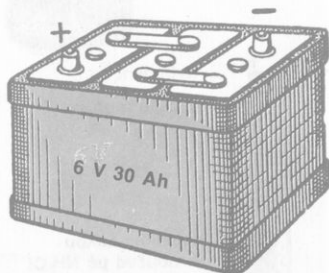


γ. Χαρακτηριστικά μεγέθη τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρίας). Πάνω στίς μπαταρίες εἶναι γραμμένα συνήθως δύο μεγέθη πού τίς χαρακτηρίζουν: ἡ **ΗΕΔ** καί ἡ **χωρητικότητα**. Οἱ μπαταρίες ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπό πολλούς συσσωρευτές συνδεμένους σέ σειρά. Ἡ μπαταρία τοῦ Σχ. 2 ἔχει τρεῖς συσσωρευτές στή σειρά καί γι' αὐτό ἡ ΗΕΔ εἶναι 6V. Στά αὐτοκίνητα ἰδιωτικῆς χρήσεως οἱ μπαταρίες παρέχουν συνήθως τάση 12V.

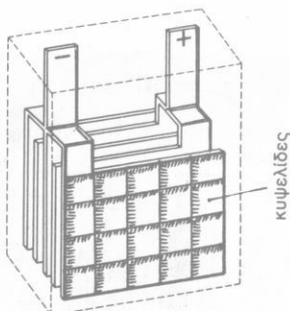
Μέ τόν ὅρο **χωρητικότητα** μπαταρίας ἐννοοῦμε τό ὅλικο ηλεκτρικό φορτίο πού μπορεῖ νά δώσει μία μπαταρία ὅταν ἐκφορτίζεται. Ἡ μονάδα πού χρησιμοποιεῖται στήν πράξη γιά τή μέτρηση τῆς χωρητικότητας μπαταρίας εἶναι ἡ **ἀμ-**



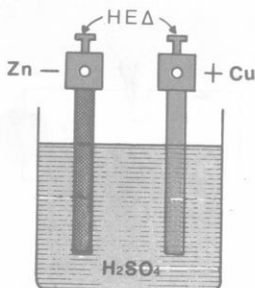
Σχ. 1. I. Ἀφόρτιστος συσσωρευτής
II. Φόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ
III. Ἐκφόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ



Σχ. 2. Μπαταρία μέ τρεῖς συσσωρευτές στή σειρά



Σχ. 3. Τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή κηρύθρας



Σχ. 4. Μεταξύ χαλκού και ψευδαργύρου εμφανίζεται ΗΕΔ



Σχ. 5. Ξηρό ηλεκτρικό στοιχείο

περώρα (1Ah). Η μονάδα αυτή προκύπτει από το γνωστό τύπο $q = i \cdot t$, αν θέσουμε $i = 1A$ και $t = 1h$.

Η μπαταρία του Σχ. 2 έχει χωρητικότητα 30Ah. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να παρέχει ρεύμα π.χ. έντασης 1A για 30h συνεχώς.

Για να είναι μεγάλη η χωρητικότητα των συσσωρευτών πρέπει τα ηλεκτρόδια να έχουν μεγάλη επιφάνεια και γι' αυτό κατασκευάζονται με μορφή κηρύθρας (Σχ. 3).

Οι συσσωρευτές των αυτοκινήτων φορτίζονται από μία μικρή γεννήτρια συνεχούς τάσεως. Όταν οι στροφές της μηχανής είναι αρκετές ο συσσωρευτής φορτίζεται. Όταν όμως «πεφτούν» οι στροφές της μηχανής, το ηλεκτρικό κύκλωμα του αυτοκινήτου (φώτα, μπουζί) παίρνει ρεύμα από τη μπαταρία και η μπαταρία εκφορτίζεται.

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

α. Έννοια του ηλεκτρικού στοιχείου. Βυθίζουμε δύο ηλεκτρόδια από διαφορετικά μέταλλα (π.χ. Cu και Zn) σε αραιό διάλυμα θειικού οξέος (H_2SO_4) και μετράμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι μεταξύ των ηλεκτροδίων υπάρχει μία ηλεκτρική τάση (Σχ. 4). Μία τέτοια συσκευή που περιλαμβάνει έναν ηλεκτρολύτη και δύο ηλεκτρόδια από διαφορετικά μέταλλα μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα και λέγεται **ηλεκτρικό στοιχείο**.

Τα ηλεκτρικά στοιχεία λειτουργούν μόνο κατά τη μία φορά, δηλ. μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, χωρίς να μπορούν να φορτισθούν, όπως συμβαίνει με τους συσσωρευτές.

β. Ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία. Στο εμπόριο κυκλοφορεί μόνο ένα είδος ηλεκτρικών στοιχείων, τα ξηρά στοιχεία, που έχουν ΗΕΔ 1,5V (Σχ. 5). Τα ηλεκτρόδια τους είναι το ένα από άνθρακα και το άλλο από ψευδαργύρο (Zn). Ως ηλεκτρολύτη έχουν χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl).

Για να μη χύνεται το διάλυμα του ηλεκτρολύτη, χρησιμοποιείται ένας πολτός από πριονίδια ξύλου, ποτισμένα με πυκνό διάλυμα NH_4Cl .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι συσσωρευτές (κ. μπαταρίες) κατά τη φόρτισή τους μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε χημική και την αποθηκεύουν στο έσωτερικό τους. Κατά την εκφόρτισή τους μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική. Οι συσσωρευτές μολύβδου περιλαμβάνουν ηλεκτρόδια από πλάκες μολύβδου και ως ηλεκτρολύτη διάλυμα θειικού όξέος.
2. Χωρητικότητα συσσωρευτή λέγεται το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής, όταν εκφορτίζεται. Η χωρητικότητα μετριέται σε Ah.
3. Τα ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία περιλαμβάνουν ένα ηλεκτρόδιο από άνθρακα και ένα από ψευδάργυρο (δοχείο). Ός ηλεκτρολύτη έχουν NH_4Cl .

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε τί διαφέρουν τα ηλεκτρικά στοιχεία από τούς συσσωρευτές;
2. α) Τι είναι η άμπερώρα; β) Νά υπολογίσετε μέ πόσα Cb ίσούται αυτή;
3. Γιατί τα ηλεκτρόδια των μπαταριών έχουν κυψελιδωτή μορφή;
4. Ποιές μεταβολές παθαίνουν οι πλάκες Pb στο πείραμα του Σχ. 1 από τη στιγμή που βυθίζονται γιά πρώτη φορά στο διάλυμα του θειικού όξέος μέχρι που φορτίζεται ο συσσωρευτής;
5. Ποιές μεταβολές παθαίνουν τα ηλεκτρόδια ενός συσσωρευτή κατά την εκφόρτιση;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 30Ah. Νά υπολογισθεί το όλικό φορτίο σε Cb που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής αν εκφορτισθεί τελείως (άδειάσει ή μπαταρία).

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Υπό όρισμένες συνθήκες ο αέρας γίνεται αγωγός (κατά μήκος της φωτεινής γραμμής)

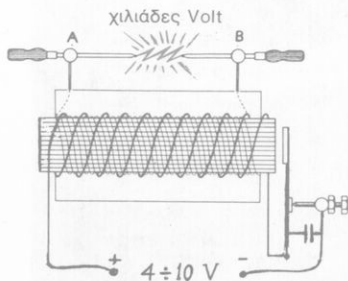
Στή συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία και υγρασία, ο αέρας και γενικά όλα τα αέρια δέν είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Άλλωστε, αν δέν συνέβαινε αυτό, τότε ανάμεσα στα γυμνά καλώδια μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως καί ανάμεσα στους πόλους μιās πρίζας, θά υπήρχε αδιάκοπη διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος. Παρ' όλα αυτά, κάτω από όρισμένες συνθήκες μπορούν καί τά αέρια νά γίνουν αγωγοί του ηλεκτρισμού (Σχ. 1).

Η λεπτή φλέβα του αέρα κατά μήκος της φωτεινής γραμμής πού σχηματίζει ή άστραπή ή ό κεραυνός, συμπεριφέρεται γιά λίγο σάν αγωγός.

ΙΙ. ΑΥΤΟΤΕΛΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Σπινθήρες παρόμοιους μέ τόν κεραυνό ή τήν άστραπή, μπορούμε νά δημιουργήσουμε στό εργαστήριο μέ έναν πολλαπλασιαστή (Σχ. 2). Ό πολλαπλασιαστής τάσεως, όπως είναι γνωστό, παίρνει στό πρώτο πηνίο μικρή τάση ($2 \div 10V$) καί παράγει στό δεύτερο πηνίο πολύ μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt). Έξαιτίας της μεγάλης τάσεως ξεσπάει ανάμεσα στά ηλεκτρόδια ηλεκτρικός σπινθήρας. Γιά νά δημιουργηθεί όμως ηλεκτρικός σπινθήρας, πρέπει στή μάζα του αερίου νά σχηματισθούν φορείς ηλεκτρισμού (ελεύθερα ηλεκτρόνια ή ιόντα). Πρέπει επομένως τό αέριο νά **ιονιστεί**. Ό ιονισμός αυτός γίνεται εξαιτίας της μεγάλης τάσεως πού επικρατεί μεταξύ των ηλεκτροδίων, χωρίς νά υπάρχουν άλλα έξωτερικά αίτια. Στην περίπτωση αυτή ή αγωγιμότητα του αερίου λέγεται **αύτοτελής**. Άρα:

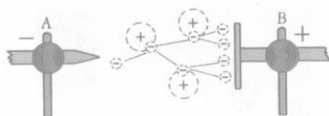
Θά λέμε ότι σέ ένα αέριο πού βρίσκεται ανάμεσα σέ δύο ηλεκτρόδια, υπάρχει **αύτοτελής αγωγιμότητα**, όταν στή μάζα του σχηματίζονται ελεύθερα ηλεκτρόνια ή ιόντα, εξαιτίας της **μεγάλης τάσεως** πού επικρατεί ανάμεσα στά ηλεκτρόδια.



Σχ. 2. Πολλαπλασιαστής τάσεως.

III. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΤΕΛΟΥΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

“Ας υποθέσουμε ότι ανάμεσα στα ηλεκτρόδια Α και Β του πολλαπλασιαστή υπάρχει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο* (Σχ. 3) και ότι το ηλεκτρόδιο Α είναι αρνητικό. Πάνω στο ηλεκτρόνιο ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις από τα ηλεκτρόδια της συσκευής, που το αναγκάζουν να κινηθεί ταχύτατα προς την άνοδο. Καθώς κινείται προς την άνοδο συγκρούεται με κάποιο άτομο (ή μόριο) του αερίου με όρμη και του αποσπᾷ ένα ηλεκτρόνιο. Έτσι σχηματίζεται ένα **θετικό ιόν** και ένα ακόμη **ελεύθερο ηλεκτρόνιο**. Στη συνέχεια τα δύο ελεύθερα ηλεκτρόνια γίνονται τέσσερα, τα τέσσερα οκτώ κ.ο.κ. Με τόν τρόπο αυτό πολύ γρήγορα – σέ κλάσμα δευτερολέπτου – παράγονται ανάμεσα στα ηλεκτρόδια τρισεκατομμύρια ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα. Τα θετικά ιόντα κινούνται προς την κάθοδο και τα ηλεκτρόνια προς την άνοδο. Έτσι εξηγείται η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τα αέρια στην αυτοτελή αγωγιμότητα.



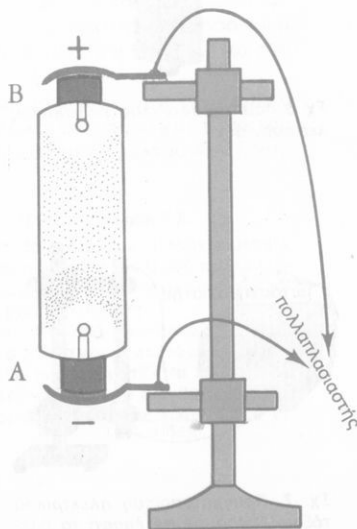
Σχ. 3. “Όταν το ηλεκτρόδιο Α είναι αρνητικό τα ηλεκτρόνια κινούνται προς το Β

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ

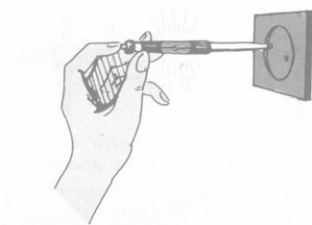
“Η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από τη μάζα ενός αερίου ονομάζεται **ηλεκτρική εκκένωση**. Συνήθως οι ηλεκτρικές εκκένώσεις αναγκάζουν τα αέρια να εκπέμπουν φως και ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παράγονται, εμφανίζονται με τρεις χαρακτηριστικές μορφές: του **σπινθήρα**, της **αίγλης**, και του **τόξου**.

α. Έκκένωση σπινθήρα. “Ο κεραυνός, ή αστραπή και ο σπινθήρας του πολλαπλασιαστή που αναφέραμε προηγουμένως είναι ηλεκτρικές εκκένώσεις που λέγονται **σπινθήρες** και έχουν τα ίδια βασικά χαρακτηριστικά. α) Συνηθισμένη πίεση αέρα και β) λεπτά φωτεινά νήματα. “Η τάση για την πραγματοποίηση του σπινθήρα είναι πολύ μεγάλη (περίπου 30.000V για μήκος σπινθήρα 1cm). Μία πρακτική εφαρμογή του ηλεκτρικού σπινθήρα βρίσκουμε στους αναφλεκτήρες (bougie) των αυτοκινήτων.

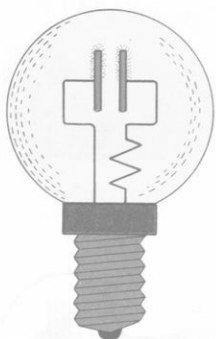
* Μέσα στον αέρα υπάρχουν πάντοτε ελάχιστα ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα χάρη στην ηλιακή ακτινοβολία και σέ άλλα εξωτερικά αίτια.



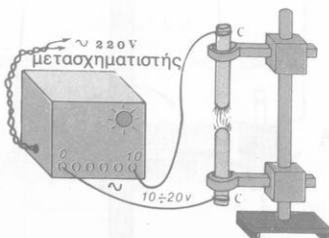
Σχ. 4. Έκκένωση αίγλης



Σχ. 5. Δοκιμαστικό τάσεως



Σχ. 6. Λαμπτήρας αΐγλης (ένδεικτικός λειτουργίας)



Σχ. 7. Πραγματοποίηση ηλεκτρικού τόξου. (Φέρουμε σέ έπαφή τά ήλεκτροδία καί άμέσως τά άπομακρύνουμε κατά 2 mm περίπου)

β. Έκκένωση αΐγλης. Μπορούμε νά διευκολύνουμε τό πέρασμα ρεύματος από ένα άέριο άν έλαττώσουμε τήν πίεσή του. Τότε ή ήλεκτρική εκκένωση γίνεται σέ χαμηλότερη – συγκριτικά μέ τό σπινθήρα – τάση. Γιά τό σκοπό αυτό κλείνουμε τό άέριο μέσα σέ ένα σωλήνα καί μέ μία άεραντλία έλαττώνουμε τήν πίεσή του μέχρι 10 Torr. Άν στά άκρα ενός τέτοιου σωλήνα έφαρμόσουμε ύψηλή τάση, παρατηρούμε ότι όλόκληρη σχεδόν ή μάζα του άερίου πού ύπάρχει στό σωλήνα άκτινοβολεί ένα διάχυτο φώς (Σχ. 4). Μία τέτοια εκκένωση όνομάζεται **εκκένωση αΐγλης**. Η εκκένωση αΐγλης βρísκει έφαρμογές σέ διάφορους σωλήνες φωτεινών διαφημίσεων (σωλήνες ήλίου, νέου κτλ.), σέ δοκιμαστικά κατσαβίδια (Σχ. 5), σέ λαμπάκια πού δείχνουν τή λειτουργία ήλεκτρικών συσκευών (κουζίνας, ήλεκτρικού σίδερου κτλ.) (Σχ. 6) καί άλλου.

γ. Έκκένωση τόξου. Συνδέουμε δύο ήλεκτροδία από άνθρακα μέ μία χαμηλή τάση (π.χ. μέ τήν έξοδο ενός μετασχηματιστή) (Σχ. 7). Φέρνουμε τά ήλεκτροδία σέ έπαφή καί μετά τά άπομακρύνουμε λίγο. Παρατηρούμε ότι τά ήλεκτροδία καί ό άέρας πού ύπάρχει ανάμεσα σ' αυτά άκτινοβολούν έντονα φώς, δηλ. στό χώρο μεταξύ των ήλεκτροδίων σχηματίζεται ήλεκτρική εκκένωση. Μία τέτοια εκκένωση όνομάζεται **εκκένωση τόξου**. Πρακτικές έφαρμογές τής εκκένωσης τόξου συναντάμε στό τόξο του άνθρακα ή βολταϊκό τόξο (ίσχυροί κινηματογραφικοί προβολείς κτλ.), στις ήλεκτροσυγκολήσεις κ.ά.

Ν. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Στήν εκκένωση τόξου ή τάση μεταξύ των ήλεκτροδίων είναι πολύ χαμηλή καί γι' αυτό δέν είναι άρκετή νά δημιουργήσει φορείς ήλεκτρισμού (έλεύθερα ήλεκτρόνια ή ίόντα) μέ τόν τρόπο πού περιγράψαμε προηγουμένως. Ό σχηματισμός λοιπόν ήλεκτρικών φορέων στήν εκκένωση τόξου πρέπει νά γίνεται διαφορετικά καί, όπως έχι αποδειχθεί, γίνεται μέ εκπομπή ήλεκτρονίων από τήν πολύ θερμή κάθοδο.

Τό φαινόμενο τής εκπομπής ήλεκτρονίων από ένα μέταλλο (ή τόν άνθρακα), όταν αυτά

βρίσκονται σε ύψηλή θερμοκρασία, λέγεται **θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων**.

Η θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων από ένα σώμα είναι φαινόμενο παρόμοιο με την εξάτμιση ενός υγρού.

Τό φαινόμενο της θερμικής έκπομπής ηλεκτρονίων βρίσκει εφαρμογή στον καθοδικό σωλήνα, στο σωλήνα παραγωγής ακτίνων Röntgen κτλ.



Σχ. 8. Ηλεκτρικό ή βολταϊκό τόξο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τα αέρια σε συνηθισμένες καταστάσεις είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, δηλ. δεν έχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Υπό όρισμένες συνθήκες (π.χ. μεγάλη τάση ή μεγάλη θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια) τα αέρια αποκτούν αγωγιμότητα.
2. Τα γνωρίσματα α) της εκκενώσεως σπινθήρα είναι συνηθισμένη πίεση και λεπτά φωτεινά νήματα β) της εκκενώσεως αίγλης, είναι χαμηλή πίεση και διάχυτη ακτινοβολία από όλη σχεδόν τη μάζα του αερίου καί γ) της εκκενώσεως τόξου είναι συνηθισμένη πίεση, ύψηλή θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια και έντονο φώς. Η τάση που χρειάζεται για τό σπινθήρα είναι μεγάλη, για την αίγλη μικρότερη καί για τό τόξο ακόμη πιό μικρή.
3. Όταν ένα μέταλλο (ή ο άνθρακας) θερμαίνεται, βγαίνουν από τό μέταλλο ελεύθερα ηλεκτρόνια που σχηματίζουν ένα λεπτό καί άόρατο νέφος γύρω του (θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων). Με τή θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων έρμηνεύεται ή άγωγιμότητα στην εκκένωση τόξου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Ποιά είναι τά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στις διάφορες μορφές εκκενώσεως; β) Για τήν ίδια άπόσταση ηλεκτροδίων σε ποιά εκκένωση χρειάζεται μεγαλύτερη καί σε ποιά μικρότερη τάση;
2. Πώς έξηγείται ό σχηματισμός ιόντων καί ελεύθερων ηλεκτρονίων στην αυτότελή άγωγιμότητα;
3. Τί εκκένωση είναι ό κεραυνός; Σπινθήρα, αίγλης ή τόξου;
4. Νά άναφέρετε μία πρακτική εφαρμογή άπό τήν κάθε μορφή εκκενώσεως.
5. Πώς σχηματίζονται τά ελεύθερα ηλεκτρόνια στό χώρο μεταξύ των ηλεκτροδίων κατά τήν εκκένωση τόξου;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. α) Πόση τάση περίπου ύπάρχει μεταξύ των ηλεκτροδίων Α καί Β του πολλαπλασιαστή (Σχ. 2), άν ό σπινθήρας πού σχηματίζεται έχει μήκος 3cm; β) Πόση διαφορά δυναμικού ύπάρχει άνάμεσα σε ένα νέφος καί τό έδαφος άν ό κεραυνός πού σχηματίζεται έχει μήκος 100m; (Δίνεται ότι για σπινθήρα μήκους 1cm χρειάζεται τάση περίπου 30.000 V).

ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Γιά νά δημιουργήσουμε ακτίνες Röntgen, χρειάζεται νά βρούμε έναν τρόπο παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων.

Στίς αυτότελεις ηλεκτρικές εκκενώσεις μάθαμε ότι κατά μήκος της στήλης του αερίου, πού υπάρχει ανάμεσα στά ηλεκτρόδια, κινούνται ηλεκτρόνια καί ιόντα. Τά ηλεκτρόνια κινούνται πρὸς τὴν ἀνοδο καί τά θετικά ιόντα πρὸς τὴν κάθοδο. Θά πρέπει λοιπὸν μέ κάποιο τρόπο νά διαχωρίσουμε τὰ ηλεκτρόνια ἀπὸ τά θετικά ιόντα. Γιά τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀνοίγουμε μία μικρὴ ὀπή ἢ λεπτὴ σχισμὴ στό ηλεκτρόδιο τῆς ἀνόδου, ὅποτε πίσω ἀπὸ τὴν ἀνοδο βγαίνουν ηλεκτρόνια (δέσμη ηλεκτρονίων) (Σχ. 1). Γιά νά κινούνται τὰ ηλεκτρόνια, ὅσο τὸ δυνατό ἐλεύθερα, ἀφαιρούμε τὸν ἀέρα μέσα ἀπὸ τὸ σωλῆνα, ὥστε ἡ πίεση νά γίνεῖ πολὺ μικρὴ (π.χ. 0,01 Torr). Μποροῦμε νά πάρουμε ἰσχυρότερη δέσμη ηλεκτρονίων (περισσότερα ηλεκτρόνια) ἂν μέ κάποιο τρόπο θερμαίνουμε τὴν κάθοδο (θερμικὴ ἐκπομπὴ ηλεκτρονίων). "Αρα :

Γιά νά σχηματίσουμε δέσμη ηλεκτρονίων, προκαλοῦμε ηλεκτρικὴ ἐκκένωση σέ ἀρκετὰ ἀραιωμένο αέριο ἢ παράγουμε ηλεκτρόνια θερμαίνοντας τὴν κάθοδο.

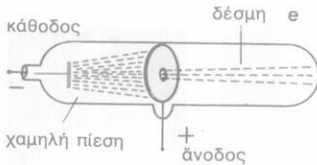
II. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Μέ εἰδικούς σωλῆνες, ὅπως εἶναι π.χ. ὁ σωλῆνας τοῦ Σχ. 2, μποροῦμε νά μελετήσουμε μερικές ἀπὸ τίς κυριότερες ιδιότητες τῶν κινούμενων ηλεκτρονίων, πού εἶναι οἱ ἐξῆς:

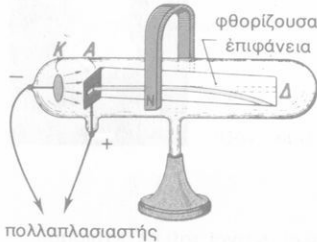
1. Τά κινούμενα ηλεκτρόνια προκαλοῦν φθορισμὸ σέ φθορίζουσες οὐσίες. "Ετσι, καθὼς τὰ ηλεκτρόνια χτυποῦν τὴ φθορίζουσα ἐπιφάνεια τοῦ ηλεκτροδίου τῆς ἀνόδου, σχηματίζεται μία φωτεινὴ γραμμὴ. Στὸ φθορισμὸ αὐτὸ ὀφείλεται καί τὸ φῶς πού παράγεται στὴν ὀθὼν τῆς τηλεοράσεως.

2. Τά ηλεκτρόνια κινούνται εὐθύγραμμα, ὅταν δέν ἐπιδρᾷ σ' αὐτά μαγνητικὸ ἢ ηλεκτρικὸ πεδίο.

3. Ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν εὐθεία πορεία, ὅταν περνοῦν μέσα ἀπὸ μαγνητικὸ πεδίο, γιὰ τὸ δέ-



Σχ. 1. Παραγωγή δέσμης ηλεκτρονίων



Σχ. 2. Τά κινούμενα ηλεκτρόνια ἐκτρέπονται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο



Σχ. 3. Röntgen, Γερμανὸς φυσικὸς (1845-1923)



Σχ. 4. Σωλῆνας παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen (ἐργαστηριακός)

χονται μαγνητική δύναμη (δύναμη Laplace) από το πεδίο (Σχ. 2).

4. Έκτρέπονται από την ευθεία πορεία, όταν περνούν μέσα από ηλεκτρικό πεδίο, π.χ. όταν πλησιάζουμε ένα φορτισμένο σώμα.

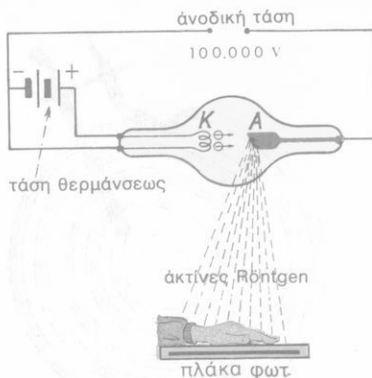
5. Τά ηλεκτρόνια, χτυπώντας με μεγάλες ταχύτητες στην άνοδο ή στα τοιχώματα του σωλήνα, παράγουν μία άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από το Γερμανό φυσικό Röntgen και προς τιμή του ή ακτινοβολία αυτή λέγεται «**άκτινες Röntgen**». (Ραϊντγκεν).

III. ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

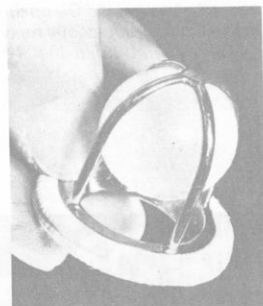
α. Παραγωγή. Οι άκτινες Röntgen παράγονται κάθε φορά που ηλεκτρόνια με μεγάλες ταχύτητες χτυπούν σε ένα αντίκειμενο. Για να παράγουμε επομένως άκτινες Röntgen, χρειαζόμαστε μία δέσμη ηλεκτρονίων και ύψηλη τάση, ώστε να αποκτούν τά ηλεκτρόνια της δέσμης μεγάλες ταχύτητες. Για πρόχειρα πειράματα οι άκτινες Röntgen παράγονται με **ηλεκτρική έκκένωση** σε σωλήνα που περιέχει πολύ άραιο αέριο (Σχ. 4). Για θεραπευτικούς, έρευνητικούς κτλ. σκοπούς, οι άκτινες Röntgen παράγονται με **αερόκενο σωλήνα** (Σχ. 5). Τότε ή δέσμη των ηλεκτρονίων παράγεται από την κάθοδο με **θερμική έκπομπή**. Καί στους δύο σωλήνες τά ηλεκτρόνια κινούνται από την κάθοδο προς την άνοδο, αποκτούν μεγάλες ταχύτητες καί χτυπώντας στο ηλεκτρόδιο της άνοδου παράγουν άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

β. Ίδιότητες των ακτίνων Röntgen. Οι άκτινες Röntgen είναι άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μεγάλη συχνότητα καί οι σπουδαιότερες από τίς ιδιότητές τους είναι οι εξής:

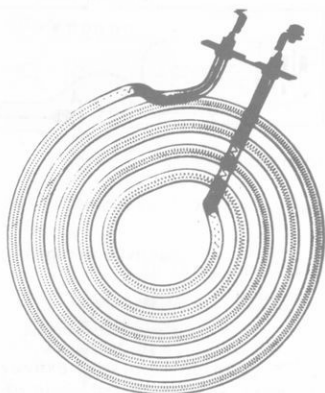
- 1) Προκαλούν φθορισμό σε φθορίζουσες ουσίες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν αξιοποιούμε στην ακτινοσκόπηση.
- 2) Δέν αλλάζουν πορεία με τήν επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου.
- 3) Προσβάλλουν τίς φωτογραφικές πλάκες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν εκμεταλλευόμαστε στην ακτινογράφηση.
- 4) Έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα καί μπορούν νά διαπεράσουν με εύκολία διάφορα



Σχ. 5. Σωλήνας παραγωγής ακτίνων Röntgen για τήν Ίατρική, Βιομηχανία κτλ



Σχ. 6. I. Τεχνητή βαλβίδα καρδιάς.
II. Άκτινογραφία θώρακα με τήν τεχνητή βαλβίδα στην καρδιά



Σχ. 7. "Έλεγχος θερμαντικού σώματος με ακτίνες Χ. Οι σπείρες δεν πρέπει να παρουσιάζουν πυκνώματα, γιατί τό σύρμα θά καεί



Σχ. 8. Άγ. Σεβαστιανός του Francia. Μέ ακτίνες Χ αποκαλύπτεται ο άρχικός σχεδιασμός του κεφαλιού

σώματα. Τά βαριά χημικά στοιχεία (μόλυβδος κτλ.) απορροφούν περισσότερο τίς ακτίνες από ό,τι τά έλαφρά στοιχεία (Η, Ο, C, κτλ.).

5) Οί ακτίνες Röntgen παρουσιάζουν έντονα βιολογικά αποτελέσματα. Περνώντας μέσα από τά κύτταρα προκαλούν εγκαύματα καί άλλες χημικές μεταβολές, πού είναι δυνατό νά καταστρέψουν τά κύτταρα. Γιά τό λόγο αυτό επιβάλλεται μεγάλη προσοχή σέ όσους χρησιμοποιούν τίς ακτίνες Χ, νά παίρνουν κατάλληλα μέτρα προστασίας. Οί ακτινολόγοι χρησιμοποιούν ειδικές ποδιές πού περιέχουν μόλυβδο, γιά νά απορροφάει τίς ακτίνες.

γ. Χρήσεις τών ακτίνων Röntgen

Χάρη στίς ιδιότητες πού αναφέραμε προηγουμένως οί ακτίνες Röntgen βρίσκουν πολλές εφαρμογές στήν Ιατρική, στή Βιομηχανία, στήν επιστημονική έρευνα κ.ά.

1. Στήν **Ιατρική** οί ακτίνες Röntgen χρησιμοποιούνται είτε γιά διάγνωση διαφόρων παθήσεων είτε γιά θεραπεία.

Στή διάγνωση, εκμεταλλευόμαστε τή διαφορετική απορρόφηση πού παθαίνουν οί ακτίνες από τά όστά, τίς σάρκες ή άλλα αντικείμενα πού βρίσκονται μέσα στόν όργανισμό (Σχ. 6).

Στή θεραπεία εκμεταλλευόμαστε τήν ιδιότητα πού έχουν τά άρρωστα κύτταρα νά καταστρέφονται εύκολότερα από τά υγιή, όταν τό σώμα του άρρώστου δέχεται τήν ακτινοβολία.

2. Στή **Βιομηχανία** οί ακτίνες Röntgen χρησιμοποιούνται γιά τόν έλεγχο εξαρτημάτων μηχανών ή συσκευών, γιά νά διαπιστωθούν τυχόν ρήγματα, κακές συγκολλήσεις ή κατασκευές κτλ. (Σχ. 7). Τέλος οί ακτίνες Röntgen χρησιμοποιούνται γιά τήν άνευρεση τής δομής τών διαφόρων κρυστάλλων, καθώς καί γιά άλλες ποικίλες έρευνες (Σχ. 8).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μέ ηλεκτρική εκκένωση σε αραιωμένο αέριο ή με θέρμανση του μετάλλου της καθόδου μπορούμε να σχηματίσουμε δέσμη ηλεκτρονίων μέσα σε ένα σωλήνα.
2. Όταν ηλεκτρόνια, που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, επιβραδύνονται απότομα (χτυπούν σε ένα αντικείμενο) παράγεται άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ακτίνες Röntgen ή X).
3. Οι ακτίνες Röntgen διεισδύουν με ευκολία μέσα στην ύλη. Τά βαριά στοιχεία απορροφούν περισσότερο τις ακτίνες X από ό,τι τα ελαφρά.
4. Οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται στη διάγνωση και θεραπεία διαφόρων παθήσεων, στον έλεγχο των βιομηχανικών προϊόντων και στην επιστημονική έρευνα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Μέ ποιούς τρόπους μπορούμε να παράγουμε δέσμη ηλεκτρονίων; β) Γιατί πρέπει η πίεση του αερίου μέσα στο σωλήνα, που σχηματίζεται ή δέσμη ηλεκτρονίων, να είναι πολύ μικρή;
2. Πώς παράγονται οι ακτίνες Röntgen και γιατί ονομάζονται έτσι;
3. Ποιές ιδιότητες των ακτίνων Röntgen εκμεταλλευόμαστε στην ακτινογράφιση του σώματός μας;
4. Γιατί οι ποδιές των ακτινολόγων περιέχουν μόλυβδο;

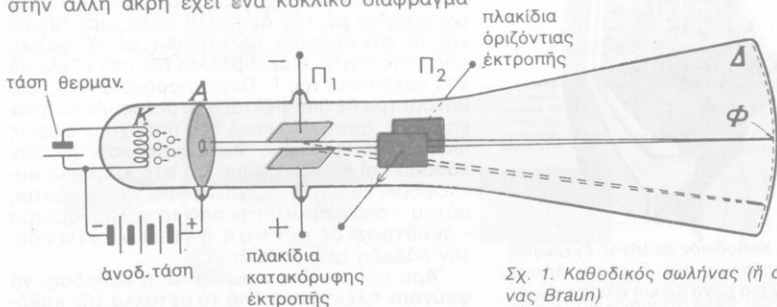
51η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

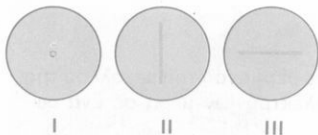
ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Ι. ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

α. Κατασκευή. Ο καθοδικός σωλήνας είναι ένας αερόκενος σωλήνας που έχει τη μορφή του Σχ. 1. Στη μία άκρη έχει την κάθοδο K και στην άλλη άκρη έχει ένα κυκλικό διάφραγμα



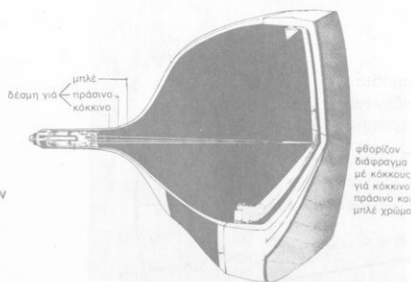
Σχ. 1. Καθοδικός σωλήνας (ή σωλήνας Braun)



Σχ. 2. Κινήσεις της δέσμης ηλεκτρονίων για διάφορες τάσεις στα πλακίδια των πυκνωτών, όπως φαίνονται στην οθόνη του σωλήνα



Σχ. 3. Ηλεκτρονικός παλμογράφος



Σχ. 4. Καθοδικός σωλήνας έγχρωμης τηλεόρασης. (Οι άχρωμοι δέκτες έχουν μία μόνο δέσμη ηλεκτρονίων)

(οθόνη) πού φθορίζει. Ανάμεσα στην κάθοδο και στο διάφραγμα υπάρχει η άνοδος Α και δύο ζευγάρια μεταλλικών πλακών (πυκνωτές):

β. Λειτουργία. Η κάθοδος πυρνώνεται με τη βοήθεια μιάς ηλεκτρικής πηγής χαμηλής τάσεως (τάση θερμάνσεως) και με τόν τρόπο αυτό εκπέμπονται από την κάθοδο ηλεκτρόνια, πού σχηματίζουν ένα ηλεκτρονικό νέφος γύρω της (θερμική έκπομπή).

Η άνοδος έχει μία μικρή όπη στο μέσο, από την οποία περνούν τά ηλεκτρόνια, όταν η άνοδος συνδέεται με τό θετικό πόλο και ή κάθοδος με τόν αρνητικό πόλο μιάς πηγής. Έτσι σχηματίζεται μία λεπτή δέσμη ηλεκτρονίων, πού χτυπάει στό φθορίζον διάφραγμα και σχηματίζει φωτεινή κηλίδα (Φ).

Αν τά πλακίδια των πυκνωτών είναι αφόρτιστα τά ηλεκτρόνια κινούνται ευθύγραμμα. Αν εφαρμόσουμε συνεχή τάση στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισεως Π₁ (τό πάνω πλακίδιο αρνητικό), τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ μετακινείται πρós τά κάτω (Σχ. 2, I). Αν εφαρμόσουμε εναλλασσόμενη τάση στα ίδια πλακίδια Π₁ τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ κινείται διαρκώς πάνω κάτω (Σχ. 2, II). Αν εφαρμόσουμε εναλλασσόμενη τάση στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισεως Π₂, τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ διαγράφει μία οριζόντια γραμμή (Σχ. 2, III).

γ. Εφαρμογές. Ο καθοδικός σωλήνας χρησιμοποιείται στους ηλεκτρονικούς παλμογράφους (Σχ. 3), στίς τηλεοράσεις (Σχ. 4) στό ραντάρ κτλ.

Μέ κινήσεις της δέσμης ηλεκτρονίων, παρόμοιες με αυτές πού περιγράψαμε παραπάνω, γίνεται ή **σάρωση** της οθόνης στους δέκτες τηλεοράσεως (Σχ. 5).

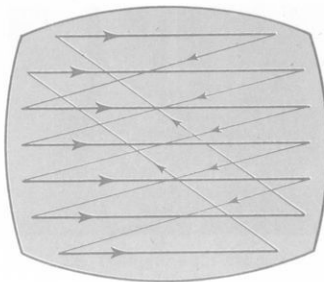
II. ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

α. Έννοια. Παίρνουμε έναν αερόκενο σωλήνα πού έχει δύο ηλεκτρόδια, ένα πλατύ και ένα στενόμακρο (Σχ. 6). Συνδέουμε τό πλατύ ηλεκτρόδιο με τόν αρνητικό πόλο μιάς πηγής και τό στενόμακρο ηλεκτρόδιο με τό θετικό πόλο της πηγής, παρεμβάλλοντας στό κύκλωμα ένα γαλβανόμετρο Γ. Παρατηρούμε ότι τό γαλβανόμετρο δέ διαρρέεται από ρεύμα. Αυτό ήταν επόμενο, αφού στό κενό δέν υπάρχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Φωτίζουμε κατόπιν τήν κάθοδο και παρατηρούμε ότι στό κύκλωμα κυκλοφορεί κάποιο ρεύμα. Η φορά του ρεύματος αυτού – όπως προκύπτει από τό γαλβανόμετρο – αντιστοιχεί σέ κίνηση ηλεκτρονίων απ' τήν κάθοδο στήν άνοδο.

Αρα πρέπει, όταν φωτίζεται ή κάθοδος, νά φεύγουν ηλεκτρόνια από τό μέταλλο της καθό-

δου. Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο** καί παρατηρείται κάθε φορά πού ένα μέταλλο δέχεται κατάλληλο φώς (άκτινοβολία). Άρα:

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο ονομάζεται ή **έξαγωγή ηλεκτρονίων** από ένα μέταλλο μέ τήν επίδραση κατάλληλης άκτινοβολίας (υπεριώδεις άκτίνες, φώς κτλ.).



Σχ. 5. Κίνηση τής δέσμης του καθοδικού σωλήνα τηλεοράσεως (σάρωση)

β. Νόμοι. Άποδεικνύεται πειραματικά ότι ισχύουν οί έξης νόμοι του φωτοηλεκτρικού φαινομένου:

1. Για νά παρατηρηθεί έκπομπή φωτοηλεκτρονίων πρέπει τό φώς (άκτινοβολία) νά έχει κατάλληλη συχνότητα.

Άπό μία όρική συχνότητα καί κάτω, πού είναι χαρακτηριστική για κάθε μέταλλο, δέ συμβαίνει έκπομπή φωτοηλεκτρονίων.

Τά πολύ δραστικά μέταλλα, όπως καίσιο, κάλιο καί νάτριο, δίνουν εύκολα φωτοηλεκτρόνια άκόμη καί μέ όρατή άκτινοβολία (φώς), ενώ άλλα μέταλλα χρειάζονται υπεριώδη άκτινοβολία – πού έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τό φώς – για νά δώσουν φωτοηλεκτρόνια. Γι' αυτό ή κάθοδος στά φωτοκύτταρα είναι σκεπασμένη μέ λεπτό στρώμα δραστικού μετάλλου (π.χ. καλίου ή καισίου).

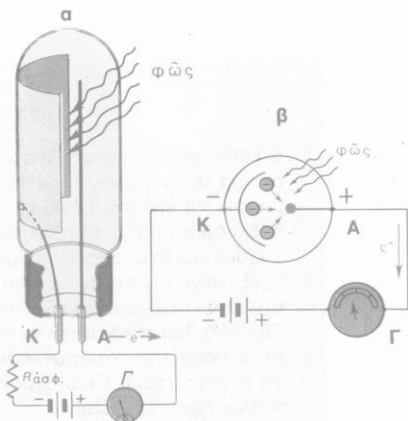
2. Όταν αύξάνει ή συχνότητα του φωτός πού πέφτει στην κάθοδο, αύξάνει καί ή ταχύτητα των φωτοηλεκτρονίων.

3. Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ., ό αριθμός των φωτοηλεκτρονίων στή μονάδα του χρόνου εξαρτάται από τή φωτεινή ενέργεια πού φτάνει στην κάθοδο, στή μονάδα του χρόνου (φωτεινή ροή). Όταν αύξάνει ή φωτεινή ροή, αύξάνει καί τό ηλεκτρικό ρεύμα.

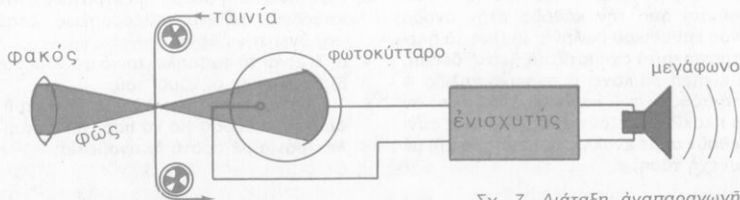
IV. ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΑ

Τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο βρίσκει έφαρμογές στά φωτοκύτταρα.

Ο αερόκενος σωλήνας μέ τήν κυλινδρική κάθοδο καί τή ραβδόμορφη άνοδο, πού περι-



Σχ. 6. (α) Φωτοκύτταρο καί συνδεσμολογία του. (β) Συμβολική παράσταση φωτοκυττάρου



Σχ. 7. Διάταξη άναπαραγωγής του ήχου στον κινηματογράφο (άρχη)

γράψαμε προηγουμένως, είναι ένα φωτοκύτταρο (Σχ. 6). Τά φωτοκύτταρα χρησιμοποιούνται σε συστήματα ασφάλειας χρηματοκιβωτίων ή άλλων χώρων, στην αυτόματη αρίθμηση αντικειμένων, στον κινηματογράφο για την αναπαραγωγή του ήχου. (Σχ. 7) κτλ.

Κινηματογράφος. Πάνω στην ταινία, και σε μία στενή λουρίδα, είναι αποτυπωμένος ο ήχος με τη μορφή διαδοχικών σκοτεινών γραμμών. Καθώς η ταινία κινείται μπροστά από ένα φωτοκύτταρο, οι σκοτεινές γραμμές διακόπτουν περιοδικά τη δέσμη φωτός που φωτίζει το φωτοκύτταρο. Έτσι μεταβάλλεται περιοδικά η φωτεινή ροή που φτάνει στο φωτοκύτταρο με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται περιοδικά και η ένταση του ρεύματος του φωτοκυττάρου. Το ρεύμα αυτό ενισχύεται με κατάλληλο ενισχυτή και οδηγείται στο μεγάφωνο, όπου αναπαράγεται ο ήχος που είναι αποτυπωμένος στην ταινία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ο καθοδικός σωλήνας είναι ένας αερόκενος σωλήνας με κατάλληλα ηλεκτρόδια για την παραγωγή λεπτής δέσμης ηλεκτρονίων. Η δέσμη των ηλεκτρονίων μπορεί να κινείται πάνω κάτω με τα πλακίδια κατακόρυφης αποκλίσεως και δεξιά αριστερά με τα πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως. Ο καθοδικός σωλήνας χρησιμοποιείται στους παλμογράφους, στην τηλεόραση, στα ραντάρ κτλ.
2. Η εξαγωγή ηλεκτρονίων από ένα μέταλλο με την επίδραση κατάλληλης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ονομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Τά πολύ δραστικά μέταλλα παράγουν φωτοηλεκτρόνια και με τό φως, ενώ τά άλλα πρέπει νά «φωτιστούν» μέ υπεριώδεις ακτίνες.
3. Τά φωτοκύτταρα είναι αερόκενοι σωλήνες πού λειτουργοῦν μέ βάση τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Πώς παράγονται τά ηλεκτρόνια πού κινούνται από την κάθοδο στην άνοδο ενός καθοδικού σωλήνα; β) Πώς τά ηλεκτρόνια αυτά σχηματίζουν λεπτή δέσμη;
2. Τί κίνηση θά κάνει ή φωτεινή κηλίδα Φ στην όθονη του καθοδικού σωλήνα, αν τά πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως συνδεθούν α) μέ ένα αλλασσόμενη τάση β) μέ συνεχή τάση;
3. Πώς κινείται ή δέσμη ηλεκτρονίων στον καθοδικό σωλήνα τηλεόρασης, όταν σαρώνει την όθονη;
4. α) Τί είναι τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο; β) Ποιοί είναι οι νόμοι του;
5. Τί επίπτωση πρέπει νά έχει τό ηλεκτρόδιο της καθόδου γιά νά παράγει φωτοηλεκτρόνια μέ όρατή ακτινοβολία;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ: ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΑ

Ι. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο Γάλλος φυσικός Bequerel (Μπεκερέλ) ανακάλυψε τό 1896 ότι τὰ ὀρυκτὰ τοῦ οὐρανίου ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἐκπέμπουν συνεχῶς μιά ἀόρατη ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία μαυρίζει τὴ φωτογραφικὴ πλάκα, προκαλεῖ φθορισμό σέ ὀρισμένα σώματα καὶ ἰονισμό στὰ ἀέρια.

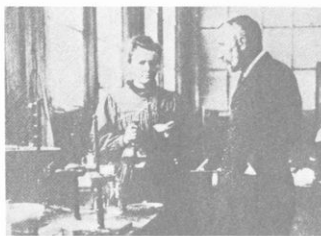
Τό φαινόμενο τῆς ἐκπομπῆς ἀόρατης ἀκτινοβολίας ἀπό διάφορα ὑλικά μελετήθηκε στή συνέχεια ἀπό τὴ Μαρία καὶ τόν Πέτρο Curie, οἱ ὁποῖοι κατόρθωσαν νὰ ἀπομονώσουν ἓνα στοιχεῖο — νέο γιὰ τὴν ἐποχή τους — πού παρουσίαζε ἔντονη ἀκτινοβολία. Τό στοιχεῖο αὐτό τό ὄνόμασαν **ράδιο** καὶ τό φαινόμενο **ραδιενέργεια**. Ἄρα:

Ραδιενέργεια ὀνομάζεται τό φαινόμενο τῆς ἐκπομπῆς ἀόρατης ἀκτινοβολίας ἀπό ὀρισμένα στοιχεῖα, πού ὀνομάζονται **ραδιενεργά** στοιχεῖα.

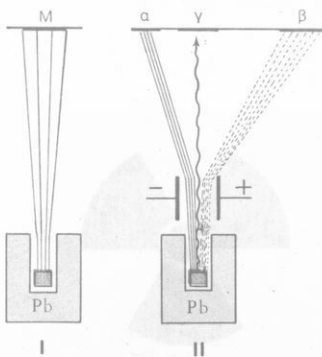
Ἡ ἐκπομπή τῆς ἀκτινοβολίας (ραδιενέργεια) ὀρισμένων στοιχείων ὀφείλεται στήν ἀστάθεια πού ἔχουν οἱ πυρήνες τους, μέ ἀποτέλεσμα νὰ παθαίνουν **αὐτόματα** μιά μικρὴ διάσπαση. Συνέπεια τῆς διασπάσεως εἶναι ἡ ἐκπομπή μικρῶν σωματιδίων καὶ συγχρόνως ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας μεγάλης συχνότητος (μικροῦ μήκους κύματος).

II. ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

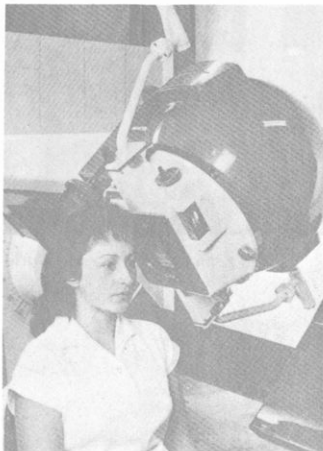
Σέ κομμάτι μολύβδου ἀνοίγουμε μιά στενόμακρη κοιλότητα καὶ στό βάθος της τοποθετοῦμε μικρὴ ποσότητα ραδιενεργῶν ὑλικῶν (Σχ. 2). Κατόπιν τοποθετοῦμε μιά φωτογραφικὴ πλάκα πάνω ἀπὸ τό δοχεῖο καὶ παρατηροῦμε ὅτι σχηματίζεται μιά μελανή κηλίδα Μ. Ἄν ὅμως ἡ ἀκτινοβολία περάσει μέσα ἀπὸ ἡλεκτρικὸ ἢ μαγνητικὸ πεδίο, ἡ φωτογραφικὴ πλάκα μαυρίζει σέ τρεῖς περιοχές α, β καὶ γ. Ἀπὸ τό πείραμα αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι ἡ ἀκτινοβολία τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων περιλαμβάνει τ ρ ῖ α ε ῖ δ η



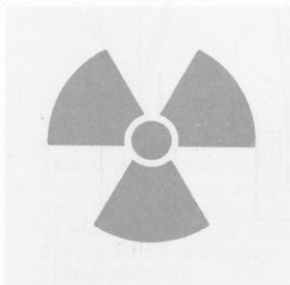
Σχ. 1. Μαρία καὶ Πέτρος Curie



Σχ. 2. Διαχωρισμός τῶν ἀκτίνων α, β, γ



Σχ. 3. Θεραπεία με ακτίνες γ που παράγονται από ραδιενεργό κοβάλτιο



Σχ. 4. Σήμα κινδύνου ραδιενέργειας

ακτίνων, τις ακτίνες α, τις ακτίνες β και τις ακτίνες γ.

Οι **ακτίνες α** είναι σωματίδια, που έχουν την ίδια μάζα και τό ίδιο φορτίο με τούς πυρήνες ήλιου ($^4\text{He}^+$). Έχουν δηλ. μάζα τετραπλάσια από τη μάζα ενός πρωτονίου και φορτίο θετικό, αλλά σε ποσότητα διπλάσιο από τό φορτίο του ηλεκτρονίου ($+2e$). Έπίσης κινούνται με μεγάλες ταχύτητες (π.χ. 20000 Km/sec).

Οι **ακτίνες β** είναι σωματίδια που έχουν την ίδια μάζα και τό ίδιο φορτίο με τά ηλεκτρόνια. Είναι με άλλα λόγια ηλεκτρόνια που εκτοξεύονται από τόν πυρήνα των ραδιενεργών στοιχείων με μεγάλες ταχύτητες που φθάνουν μέχρι 290000 Km/sec, δηλ. πλησιάζουν την ταχύτητα του φωτός.

Τά σωματίδια α και β έχουν κοινές ιδιότητες. Προκαλούν φθορισμό σε φθορίζουσες ουσίες, διαδίδονται εύθύγραμμα όταν κινούνται έξω από μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο, εκτρέπονται από την ευθεία πορεία με μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο, μαυρίζουν τη φωτογραφική πλάκα, προκαλούν ιονισμό στά αέρια και έχουν μικρή διεισδυτική ικανότητα.

Οι **ακτίνες γ** είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μεγάλη συχνότητα, μεγαλύτερη από τη συχνότητα των ακτίνων Röntgen που χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ιατρική. Έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τις ακτίνες Röntgen. Διαδίδονται εύθύγραμμα, προκαλούν φθορισμό σε φθορίζουσες ουσίες, προσβάλλουν τη φωτογραφική πλάκα, δεν εκτρέπονται από ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα, προκαλούν ιονισμό στά αέρια και αλλοιώσεις στά κύτταρα των οργάνων.

Πρέπει νά σημειώσουμε ότι δεν εκπέμπουν τις ίδιες ακτινοβολίες όλα τά ραδιενεργά στοιχεία. Άλλα εκπέμπουν σωματίδια α και άλλα σωματίδια β. Μερικά όμως εκπέμπουν μαζί με τά σωματίδια α ή με τά σωματίδια β και ακτίνες γ.

III. ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΑ

Έκτός από τά φυσικά ραδιενεργά στοιχεία είναι δυνατό νά παρατηρηθεί ραδιενέργεια (εκπομπή ακτίνων γ, σωματιδίων β κτλ.) και σε πολλά άλλα στοιχεία που στη φυσική τους κατάσταση δεν είναι ραδιενεργά. Τά στοιχεία αυτά

λέγονται ραδιενεργά ισότοπα ή **ραδιοϊσότοπα**.

Τά ραδιοϊσότοπα είναι ισότοπα μή ραδιενεργών στοιχείων και παρουσιάζουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες με αυτά. Μερικά από τα πιο γνωστά είναι ο ραδιενεργός άνθρακας (^{14}C), ο ραδιενεργός φωσφόρος, τό ραδιενεργό ιώδιο κ.ά.

Τά ραδιοϊσότοπα προέρχονται από σταθερά στοιχεία, όταν τά στοιχεία αυτά βομβαρδίζονται με σωματίδια, όπως νετρόνια, ηλεκτρόνια, πρωτόνια κ.ά. που έχουν μεγάλες ταχύτητες (π.χ. ο ραδιάνθρακας προέρχεται από τό άζωτο με απορρόφηση ενός νετρονίου). Μεγάλες ποσότητες ραδιοϊσοτόπων παρασκευάζονται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Χρήσεις. Τά ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται στην Ίατρική, Βιολογία, Χημεία, Άρχαιολογία κ.ά. Τό ραδιενεργό ιώδιο π.χ. χρησιμοποιείται για τήν παρακολούθηση τής καλής λειτουργίας του θυρεοειδούς αδένος.

IV. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οί πυρηνικές ακτινοβολίες, όπως και οί ακτίνες Röntgen, περνώντας από τόν οργανισμό του ανθρώπου ή τών ζώων προκαλούν χημικές αντιδράσεις, ιονισμό στά μόρια τών κυττάρων και εγκαύματα, τά όποία είναι δυνατό νά φέρουν και τό θάνατο. Για τό λόγο αυτό πρέπει νά λαμβάνονται κάθε φορά τά άπαραίτητα προστατευτικά μέτρα.

Οί ακτίνες α και β έχουν μικρή διεισδυτική ικανότητα γι' αυτό ή δράση τους περιορίζεται κυρίως στό δέρμα.

Οί ακτίνες γ, όπως και οί ακτίνες Röntgen, έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα και γι' αυτό είναι περισσότερο επικίνδυνες από τίς δύο άλλες.

Σέ μεγάλες δόσεις καταστρέφουν τά αιμοποιητικά όργανα και προκαλούν τή **λευχαιμία**. Επίσης, προσβάλλοντας τά γεννητικά κύτταρα, είναι δυνατό νά χαλάσουν τή χημική δομή ενός ή περισσοτέρων γονιδίων με αποτέλεσμα νά εμφανιστούν στους απογόνους νέα χαρακτηριστικά (**μετάλλαξη**).

Όταν όμως κάνουμε λογισμένη χρήση τών ακτίνων γ, μπορούμε νά θεραπεύσουμε διάφορες ασθένειες (καρκίνο κτλ.) (Σχ. 3).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ραδιενέργεια ονομάζεται τό φαινόμενο κατά τό όποίο τά άτομα όρισμένων στοιχείων εκπέμπουν από τόν πυρήνα τους διάφορα σωματίδια ή άκτίνες γ (ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία μεγάλης συχνότητας). Στή φυσική ραδιενέργεια τά σωματίδια αυτά είναι α (πυρήνες ήλιου) ή β (ήλεκτρόνια).
2. Τά ραδιοϊσότοπα είναι τεχνητά ραδιενεργά στοιχεία καί είναι ισότοπα στοιχείων πού στή φυσική τους κατάσταση δέν είναι ραδιενεργά. Παράγονται από μη ραδιενεργά στοιχεία μέ τήν επίδραση διαφόρων σωματιδίων (ήλεκτρονίων, πρωτονίων, νετρονίων κτλ.).
3. Οί πυρηνικές άκτινοβολίες (κυρίως οί άκτίνες γ) προκαλούν αλλοιώσεις στά κύτταρα, πού μπορούν νά προξενήσουν βλάβες στόν οργανισμό. Τά άρρωστα κύτταρα καταστρέφονται γρηγορότερα από τά υγιή καί γι' αυτό οί πυρηνικές άκτινοβολίες χρησιμοποιούνται στή θεραπεία όρισμένων παθήσεων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί είναι ραδιενέργεια;
2. Ποιά είναι ή φύση τών άκτίνων πού εκπέμπονται από φυσικά ραδιενεργά στοιχεία;
3. α) Τί ιδιότητες έχουν οί άκτίνες α καί β; β) Τί ιδιότητες έχουν οί άκτίνες γ;
4. Τί είναι τά ραδιοϊσότοπα καί πού χρησιμοποιούνται;
5. Τί μπορούν νά προξενήσουν οί άκτίνες γ στόν οργανισμό;
6. Πώς παράγονται τά ραδιοϊσότοπα;

ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ι. ΣΧΑΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

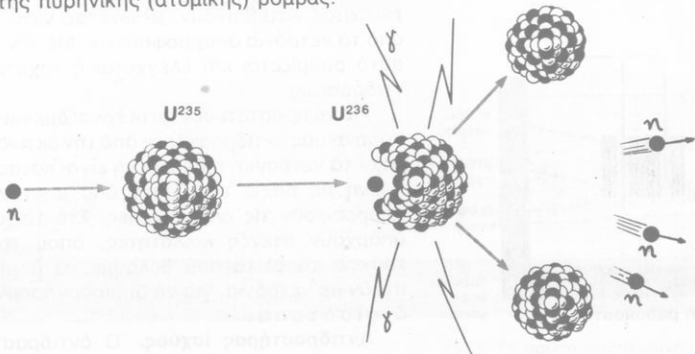
Τό φυσικό οὐράνιο ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ δύο ἰσότοπα, τὸ ${}^{238}\text{U}$ καὶ τὸ ${}^{235}\text{U}$. Ἀπὸ τὰ δύο αὐτὰ ἰσότοπα τὸ ${}^{238}\text{U}$ εἶναι τὸ κύριο συστατικό τοῦ φυσικοῦ οὐρανίου καὶ μόλις 0,7% τοῦ φυσικοῦ οὐρανίου εἶναι ${}^{235}\text{U}$.

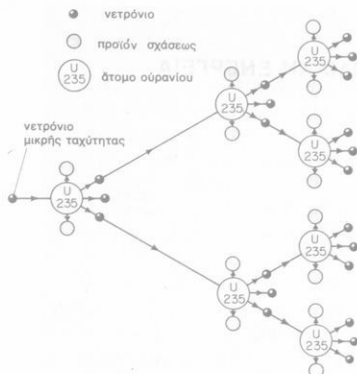
Τὸ ${}^{235}\text{U}$ ἔχει μία σπουδαία ιδιότητα. Ὄταν βομβαρδίζεται μὲ νετρόνια, οἱ πυρῆνες τοῦ κόβονται περίπου στὴ μέση καὶ σχηματίζονται δύο μικρότεροι πυρῆνες, ἐνῶ συγχρόνως ἐκπέμπονται νετρόνια καὶ ἀκτίνες γ (Σχ. 1).

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται **σχάση** (σχάζω = σκάζω, σχίζω).

Τὰ κομμάτια (θραύσματα) ποὺ προκύπτουν ἀπὸ τὴν σχάση (πυρῆνες, νετρόνια) κινοῦνται μὲ μεγάλες ταχύτητες, δηλ. ἔχουν μεγάλες κινητικές ἐνέργειες. Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῶν τῶν θραυσμάτων μαζί μὲ τὴν ἐνέργεια τῶν ἀκτίνων γ ἀποτελεῖ τὴν **πυρηνικὴ ἐνέργεια** ποὺ ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν σχάση. Ἡ ἐνέργεια αὕτὴ τελικὰ μετατρέπεται σὲ **θερμότητα**.

Ἡ πυρηνικὴ ἐνέργεια ποὺ παράγεται μὲ τὴν σχάση ἑνὸς πυρήνα ${}^{235}\text{U}$ εἶναι ἑκατομμύρια φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν χημικὴ ἐνέργεια ποὺ παράγεται κατὰ τὴν χημικὴ ἔνωση ἑνὸς ἀτόμου μὲ ἄτομα ἄλλου στοιχείου. Στὴν τεράστια αὕτὴ πυρηνικὴ ἐνέργεια ὀφείλεται ἡ καταστρεπτικὴ δύναμη τῆς πυρηνικῆς (ἀτομικῆς) βόμβας.

Σχ. 1. Σχάση τοῦ πυρήνα τοῦ ${}^{235}\text{U}$



Σχ. 2. Άλυσιδωτή αντίδραση

II. ΑΛΥΣΙΔΩΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Τά νετρόνια που ελευθερώνονται από τη σχάση των πυρήνων U^{235} είναι δυνατό – όταν ή μάζα του ούρανίου είναι αρκετή – να προκαλέσουν τη σχάση νέων πυρήνων U^{235} .

Με τόν τρόπο αυτό οι πυρηνικές αντιδράσεις, δηλ. οι σχάσεις, συνεχίζονται ή μία μετά την άλλη χωρίς διακοπή. Μία τέτοια αυτοσυντηρούμενη σειρά αντιδράσεων ονομάζεται **άλυσιδωτή αντίδραση** (Σχ. 2).

Όταν αρχίσει μία αλυσιδωτή αντίδραση, συνεχίζεται με ολοένα αυξανόμενο ρυθμό και τελικά οδηγεί σε έκρηξη ολόκληρης της μάζας του U^{235} (πυρηνική βόμβα). Με κατάλληλα όμως υλικά (π.χ. κάδμιο) μπορούμε να ελέγχουμε την αλυσιδωτή αντίδραση και αυτό το εφαρμόζουμε στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

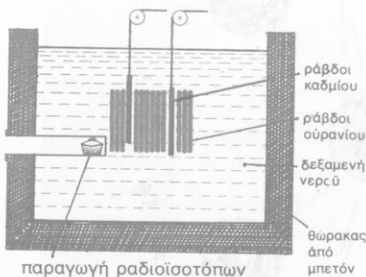
III. ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες χρησιμεύουν στην εκμετάλλευση της πυρηνικής ενέργειας για ειρηνικούς σκοπούς. Ο πυρηνικός αντιδραστήρας του Κέντρου Πυρηνικών Έρευνών «Δημόκριτος» είναι μία μεγάλη δεξαμενή γεμάτη με νερό (Σχ. 3). Μέσα στο νερό είναι βυθισμένο το σχάσιμο υλικό (U^{235}) και ανάμεσα στις πλάκες του ούρανίου υπάρχουν οι **ράβδοι ελέγχου**.

Οι **ράβδοι ελέγχου** είναι κατασκευασμένες από κάδμιο, ένα στοιχείο που έχει την ιδιότητα να απορροφάει νετρόνια. Όταν ανεβαίνουν οι ράβδοι, αυξάνεται η ταχύτητα αντίδρασης, ενώ όταν κατεβαίνουν, μειώνεται, γιατί πολλά από τα νετρόνια απορροφούνται. Με τόν τρόπο αυτό ρυθμίζεται καί ελέγχεται η ταχύτητα αντίδρασης.

Γιά να προστατεύονται οι εργαζόμενοι στους πυρηνικούς αντιδραστήρες από την ακτινοβολία γ καί τά νετρόνια, ή δεξαμενή είναι κατασκευασμένη με παχιά τοιχώματα από μπετόν, που απορροφούν τις ακτινοβολίες. Στά τοιχώματα υπάρχουν στενές κοιλάδες, όπου τοποθετούνται τά υλικά που θέλουμε να βομβαρδιστούν με νετρόνια, γιά να δημιουργήσουν ραδιοϊσότοπα.

Αντιδραστήρας ισχύος. Ο αντιδραστήρας που περιγράψαμε είναι κατάλληλος γιά πειραματικούς μόνο σκοπούς καί γιά τήν παραγωγή



Σχ. 3. Πυρηνικός αντιδραστήρας (άρχη)

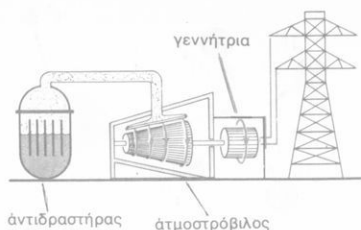
ραδιοϊσοτόπων. Όταν θέλουμε νά μετατρέψουμε τήν πυρηνική ενέργεια σέ μηχανική ή ηλεκτρική, τότε χρησιμοποιούμε τούς αντιδραστήρες ισχύος πού παρουσιάζουν όρισμένες διαφορές από τούς πειραματικούς πυρηνικούς αντιδραστήρες (Σχ. 4).

Ἡ χρήση τοῦ πυρηνικοῦ αντιδραστήρα, γιά τήν παραγωγή ηλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἔδωσε ἀρχικά στοὺς ἀνθρώπους τήν ἐντύπωση ὅτι θά ἔλυνε κατά κάποιο τρόπο τὸ ἐνεργειακὸ πρόβλημα. Οἱ δαπάνες ὅμως ἐγκαταστάσεως τῶν αντιδραστήρων, τὰ ἐξοδα ἐξορύξεως καὶ ἐπεξεργασίας τοῦ οὐρανίου καὶ ἡ μόλυνση τοῦ περιβάλλοντος ἀπὸ τὰ ραδιενεργὰ κατάλοιπα ἔκαναν τοὺς ἀνθρώπους ἐπιφυλακτικούς στὴ χρήση τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας.

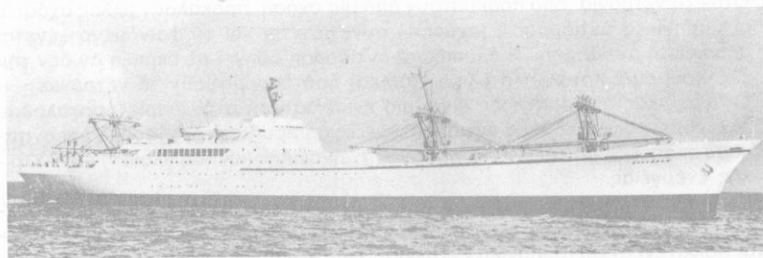
IV. ΣΥΝΤΗΞΗ ΕΛΑΦΡΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

Στὶς προηγούμενες πυρηνικὲς μεταβολές (ἀντιδράσεις), ὅπως ἡ ἐκπομπὴ σωματιδίων ἀπὸ ραδιενεργοῦς πυρῆνες καὶ ἡ σχάση τοῦ U^{235} , ὁ πυρῆνας πού παθαίνει τὴ μεταβολὴ διασπᾶται σέ μικρότερα σωματίδια. Εἶναι ὅμως δυνατό νά συμβεῖ καὶ τὸ ἀντίθετο. Δηλ. δύο ἢ περισσότεροι ἐλαφροὶ πυρῆνες μπορεῖ νά συνενωθοῦν καὶ νά ἀποτελέσουν ἕνα βαρύτερο πυρῆνα (Σχ. 6). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται **σύντηξη**.

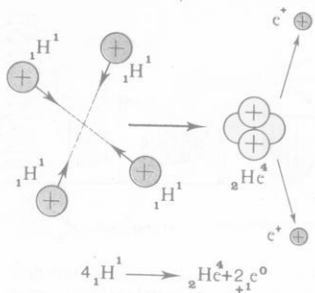
Ὅταν τέσσερις πυρῆνες ὕδρογόνου συντῇκονται, παράγεται ἕνας πυρῆνας ἡλίου καὶ δύο θετικὰ σωματίδια πού λέγονται **ποζιτρόνια**. (Τὰ ποζιτρόνια ἔχουν τὴν ἴδια μάζα μὲ τὰ ηλεκτρόνια, ἀλλὰ τὸ φορτίο τους εἶναι θετικό, δηλ. ἀντί-



Σχ. 4. Πυρηνικός ἀντιδραστήρας ισχύος καὶ ἀτμοληλεκτρικὸς σταθμός



Σχ. 5. Τὸ πρῶτο πυρηνοκίνητο ἐμπορικὸ πλοῖο «Savannah». (Σαβάννα)



Σχ. 6. Σύντηξη πυρήνων υδρογόνου

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς γίνεται η σχάση του U^{235} και ποιά είναι τα προϊόντα της;
2. Με ποιά μορφή φανερώνεται η πυρηνική ενέργεια κατά τη σχάση του ουρανίου και σε τί μετατρέπεται τελικά;
3. Τι είναι η αλυσιδωτή αντίδραση και πώς ελέγχεται;
4. Τι κάνουμε γιά νά αϋξήσουμε τήν ταχύτητα αντίδράσεως σέ έναν πυρηνικό αντίδραστήρα;
5. α) Τι είναι η σύντηξη πυρήνων; β) Τι παράγεται κατά τή σύντηξη τεσσάρων πυρήνων υδρογόνου;
6. Πώς εξηγείται η άνεξάντλητη παραγωγή ενέργειας από τόν "Ήλιο;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί πυρήνες τών ατόμων του ουρανίου 235 (U^{235}) έχουν τήν ιδιότητα νά σχίζονται περίπου στή μέση, όταν βομβαρδίζονται μέ νετρόνια. Τό φαινόμενο αϋτό λέγεται σχάση.
2. "Όταν τά νετρόνια πού προκύπτουν από μία σχάση προκαλοϋν άλλες σχάσεις, οί πυρηνικές αντίδράσεις (σχάσεις) συνεχίζονται και τό φαινόμενο λέγεται αλυσιδωτή αντίδραση. "Η αλυσιδωτή αντίδραση οδηγεί σέ έκρηξη αν δέν τήν ελέγχουμε μέ κατάλληλα υλικά (κάδμιο) πού απορροφούν τά νετρόνια.
3. "Ο πυρηνικός αντίδραστήρας είναι μία έγκατάσταση στήν όποία προκαλοϋμε ελεγχόμενες αλυσιδωτές αντίδράσεις και χρησιμοποιείται τόσο γιά έρευνητικούς σκοπούς όσο και γιά τήν παραγωγή μηχανικής (κίνηση πλοίων) ή ηλεκτρικής ενέργειας.
4. "Η συνένωση ελαφρών πυρήνων σέ ένα μεγαλύτερο πυρήνα ονομάζεται σύντηξη. Κατά τή σύντηξη πυρήνων υδρογόνου παράγεται ήλιο και έλευθερώνεται πολλή ενέργεια (πυρηνική ενέργεια). Σύντηξη πυρήνων υδρογόνου συμβαίνει στίς βόμβες υδρογόνου και στόν "Ήλιο.

θετο πρὸς τό φορτίο τῶν ἡλεκτρονίων). "Η ἐνέργεια πού ἐλευθερώνεται ἀπό τή σύντηξη τεσσάρων πυρήνων ὑδρογόνου (πυρηνική ἐνέργεια) εἶναι παραπλήσια πρὸς τήν ἐνέργεια πού παράγεται ἀπό τή σχάση ἑνὸς πυρήνα οὐρανίου, εἶναι δηλ. ἑκατομύρια φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τήν ἀντίστοιχη χημικὴ ἐνέργεια πού παράγεται ὅταν καίγεται τό ὑδρογόνο.

Βόμβα ὑδρογόνου. Στὴ βόμβα ὑδρογόνου παράγεται ἐνέργεια μέ σύντηξη πυρήνων ὑδρογόνου. Γιά νά γίνει ὁμοῦ ἡ σύντηξη αὕτὴ χρειάζεται πολὺ ὑψηλὴ θερμοκρασία (10000000 °C περίπου), ἡ ὁποία δημιουργεῖται μέ έκρηξη μιᾶς μικρῆς πυρηνικῆς βόμβας. "Η πυρηνικὴ βόμβα τότε ἐνεργεῖ σάν καψοῦλι τῆς βόμβας ὑδρογόνου.

"Ηλιακὴ ἐνέργεια. "Η ἀνεξάντλητὴ ἐνέργεια πού ἀκτινοβολεῖ διαρκῶς ὁ "Ήλιος καθὼς καὶ ἡ ἐνέργεια τῶν ἀστεριῶν ὀφείλεται σέ συντῆξεις πυρήνων ὑδρογόνου. "Η μάζα τοῦ "Ήλιου εἶναι, κατὰ τό μεγαλύτερο μέρος της, ὑδρογόνο καὶ ὑπολογίζεται ὅτι τό ὑδρογόνο αὐτό εἶναι ἄρκετό γιά νά κρατῇ τόν "Ήλιο πυρακτωμένο γιά 10000000000 χρόνια ἀκόμη.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

(Όσα από τὰ προβλήματα ἔχουν στὸν αὐ-
ξοντα ἀριθμὸ τους ἕναν ἀστερίσκο – π.χ. 2η
ἐνότητα 1* πρόβλημα – λύνονται ὑποδειγ-
ματικά στὸ τέλος τῶν ἀπαντήσεων).

1η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\gamma = 6 \text{ m/sec}^2$
- 2*. $u_z = 23 \text{ m/sec}$
3. $\gamma = -3 \text{ m/sec}^2$

2η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 1*. $u = 20 \text{ m/sec}$, $s = 40 \text{ m}$
2. $\gamma = 4 \text{ m/sec}^2$
3. $t = 5 \text{ sec}$

3η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $g = 10 \text{ m/sec}^2$
2. $s = 80 \text{ m}$
3. $t = 5 \text{ sec}$

4η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $T = 60 \text{ sec}$, $\nu = 1/60 \text{ sec}^{-1} \approx 0,016 \text{ Hz}$
2. $\omega = \frac{\pi}{30} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, $u = \frac{\pi}{30} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$
3. $u = 465 \text{ m/sec}$

5η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\gamma = 6,5 \text{ m/sec}^2$
2. $m = 800 \text{ Kgr}$
3. $\gamma = 1 \text{ m/sec}^2$

6η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 2*. $F = 5 \text{ kp}$
3. $F = 60 \text{ N}$

7η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $B = 50 \text{ N}$
2. $B_z = 8 \text{ N}$
3. $F = 33 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

8η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 1*. $F_k = 36 \text{ N}$
2. $u = 2 \text{ m/sec}$, $F_k = 20 \text{ N}$

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $J_{\text{ολ}} = 10 \text{ Kgr.m/sec}$
2. $m = 6 \text{ Kgr}$
3. $u_{\text{ολ}} = 1,8 \text{ m/sec}$

11η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $T = 0,8\pi \text{ sec} = 2,512 \text{ sec}$
2. $g = 9,33 \text{ m/sec}^2$
3. $l = 1,01 \text{ m}$

13η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $u = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
2. $v = 375 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$
3. $\lambda = 0,15 \text{ m}$

14η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\lambda = 0,77 \text{ m}$
2. $\lambda = 3,40 \text{ m}$
3. $\Delta t = 33,3 \text{ sec}$

18η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 1*. $F = F' = 6,75 \cdot 10^{-3} \text{ N}$
2. $E = 2,4 \cdot 10^6 \text{ N/Cb}$
3. $q = 4 \cdot 10^{-10} \text{ Cb}$

19η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $F = 64 \cdot 10^{-9} \text{ N}$
2. $q = 11,2 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$
3. $m = 25,6 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$

22η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 1*. $q = 180 \text{ Cb}$
2. $W = 310 \text{ Joule}$
3. $q = 72 \text{ Cb}, W = 432 \text{ Joule}$

23η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $U = 1,2 \text{ V}$
2. $i = 0,2 \text{ A}$
3. $R = 40 \Omega$

24η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $R = 15 \Omega$
2. $l = 50 \text{ m}$

25η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $R_{\text{ολ}} = 12 \Omega$
2. $i = 0,12 \text{ A}$
3. $R_{\text{ολ}} = 12 \Omega$

26η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $i = 4,4 \text{ A}$
2. $t = 8 \text{ h}$
3. $P = 25 \text{ W}$
4. $Q = 2000 \text{ Joule}$

27η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $U = 220 \text{ V}, P = 100 \text{ W}, i = 0,45 \text{ A}$
2. $U = 200 \text{ V}$
3. $6,6 \text{ δρχ.}$

33η ΕΝΟΤΗΤΑ

- 1*. $F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
2. $B = 1 \text{ Tesla}$
3. $F = 0,6 \text{ N}$

35η και 36η ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- 1*. $U_{\text{επ}} = 3 \text{ V}$
2. $\Delta\Phi = 16 \cdot 10^{-4} \text{ Weber}$
3. $\Delta t = 8 \text{ sec}$
4. $\Phi_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Weber}, \Phi_2 = 0$

38η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $T = 0,02 \text{ sec}, v = 50 \text{ Hz}$
2. $i_{\text{εν}} = 0,4 \text{ A}$
3. $U_{\text{εν}} = 220 \text{ V}, i_{\text{εν}} = 2 \text{ A}$
4. $Q = 360000 \text{ Joule}$

40η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $U_2 = 44 \text{ V}$
2. $n_1 = 8$
3. $i_2 = 0,5 \text{ A}$

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $t = 5 \cdot 10^4 \text{ sec}$
2. $m_H = 0,6 \text{ mgr}, V_H = 6,6 \text{ cm}^3$
3. $i = 1,5 \text{ A}$

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $q = 108000 \text{ Cb} = 108 \cdot 10^3 \text{ Cb}$

49η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $U_1 = 90000 \text{ V}, U_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ V}$

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

1η ΕΝΟΤΗΤΑ, 2* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$\gamma = 10 \text{ m/sec}^2$ $u_1 = 3 \text{ m/sec}$ $\Delta t = 2 \text{ sec}$	$u_2 = ?$

Λύση. Ξέρουμε ότι η επιτάχυνση δίνεται από τον τύπο:

$$\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{u_2 - u_1}{\Delta t} \Leftrightarrow u_2 - u_1 = \gamma \Delta t \Leftrightarrow$$

$$u_2 = u_1 + \gamma \Delta t.$$

Αντικαθιστούμε στον τελευταίο τύπο τα μεγέθη με τις γνωστές τιμές και βρίσκουμε:

$$\begin{aligned} u_2 &= 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}} + 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 2 \text{ sec} = \\ &= 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}} + 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}} = 23 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \end{aligned}$$

Απάντηση. Το σώμα μετά 2 sec θα έχει ταχύτητα

$$u_2 = 23 \text{ m/sec}$$

2η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$\gamma = 5 \text{ m/sec}^2$ $t = 4 \text{ sec}$	$u = ?$ $s = ?$

Λύση: Ξέρουμε ότι η ταχύτητα δίνεται από τον τύπο $u = \gamma t$. Αντικαθιστούμε τα γνωστά οπότε έχουμε:

$$u = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 4 \text{ sec} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Επίσης ξέρουμε ότι το διάστημα s δίνεται από τον τύπο

$$s = \frac{1}{2} \gamma t^2.$$

Επομένως:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot (4 \text{ sec})^2 = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 16 \text{ sec}^2 = 40 \text{ m} \end{aligned}$$

Απάντηση: Το αυτοκίνητο μετά 4 sec θα έχει ταχύτητα

$$u = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

και θα απέχει από την αφετηρία απόσταση

$$s = 40 \text{ m}.$$

6η ΕΝΟΤΗΤΑ. 2* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
---------------	----------------

$$B = 5 \text{ Kp}$$

$$F = ;$$

Λύση. Στο σώμα Σ ενεργούν δύο δυνάμεις, η F και το βάρος B . Όταν το σώμα ανεβαίνει ή κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα (επιτάχυνση = 0), πρέπει η συνισταμένη δύναμη $F_{\text{ολ}} = F - B$ να είναι μηδέν. Άρα:

$$F - B = 0 \Leftrightarrow F = B \Rightarrow F = 5 \text{ Kp}$$

Απάντηση. Για να ανεβαίνει ή να κατεβαίνει το σώμα με σταθερή ταχύτητα πρέπει να ασκείται δύναμη

$$F = 5 \text{ Kp}$$

8η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
---------------	----------------

$$m = 2 \text{ Kgr}$$

$$R = 0,5 \text{ m}$$

$$u = 3 \text{ m/sec}$$

$$F_k = ;$$

Λύση. Η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται στο σώμα δίνεται από τη σχέση:

$$F_k = \frac{mu^2}{R}$$

Αντικαθιστούμε και έχουμε:

$$F_k = 2 \text{ Kgr} \cdot \frac{(3\text{m/sec})^2}{0,5 \text{ m}} =$$

$$= 2 \text{ Kgr} \cdot \frac{9\text{m}^2/\text{sec}^2}{0,5 \text{ m}} =$$

$$= 36 \text{ Kgr} \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} = 36 \text{ N}$$

(Στην ενότητα 5 μάθαμε ότι:

$$1\text{N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{sec}^2,$$

ή, επειδή όλες οι μονάδες ανήκουν στο σύστημα SI, η δύναμη θα μετρηθεί σε N).

Απάντηση. Η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι:

$$F_k = 36 \text{ N}$$

18η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
---------------	----------------

$$Q_1 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}$$

$$Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}$$

$$r = 2 \text{ cm}$$

$$F = ;$$

$$F' = ;$$

Λύση. Γνωρίζουμε ότι η δύναμη μεταξύ δύο φορτίων Q_1 και Q_2 δίνεται από τον τύπο:

$$F = K \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (1)$$

όπου $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Cb}^2$ και r ή μεταξύ των φορτίων απόσταση. Για να αντικαταστήσουμε τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους πρέπει όλα να εκφράζονται σε μονάδες του συστήματος S.I. Άρα πρέπει να μετατρέψουμε τα cm σε m, δηλ. $r = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

Αντικαθιστούμε στον τύπο (1) τα γνωστά μεγέθη με τις τιμές τους και βρίσκουμε:

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Cb}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-8} \text{ Cb} \cdot 6 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}}{(2 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} \longleftrightarrow$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Cb}^2}{\text{Cb}^2 \cdot \text{m}^2} =$$

$$= \frac{9 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 10^{-4}} \text{ N} = \frac{270 \cdot 10^{-4}}{4} \text{ N} \longleftrightarrow$$

$$F = 67,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Η δύναμη F' είναι ίση με την F κατά το αξίωμα «δράση = αντίδραση».

Απάντηση. Η δύναμη μεταξύ των φορτίων είναι:

$$F = F' = 67,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

22η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$i = 0,5 \text{ A}$	$q = ;$
$t = 6 \text{ min} =$	
$= 6 \cdot 60 \text{ sec} = 360 \text{ sec}$	

Λύση. Γνωρίζουμε ότι το φορτίο συνδέεται με την ένταση και το χρόνο με τη σχέση

$$q = it$$

Αντικαθιστούμε τα i και t με τις τιμές τους, και έχουμε:

$$q = i \cdot t = 0,5 \text{ A} \cdot 360 \text{ sec} = 180 \text{ Cb}$$

($\text{A} \cdot \text{sec} = \text{Cb}$).

Άρα από τη διατομή A διέρχεται φορτίο

$$q = 180 \text{ Cb} \text{ σε } 6 \text{ min}.$$

33η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$l = 10 \text{ cm}$	
$i = 2,5 \text{ A}$	$F = ;$
$B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla}$	

Λύση: Στο νόμο του Laplace $F = i \cdot l \cdot B$ μάθαμε ότι η δύναμη F μετριέται σε Newton όταν η ένταση i δίνεται σε Ampere, το μήκος l σε μέτρα και η ένταση B του μαγν. πεδίου σε Tesla (μονάδες στο σύστημα S.I.). Πρέπει λοιπόν να εκφράσουμε το μήκος l του αγωγού σε μέτρα. $l = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$.

Αντικαθιστούμε και έχουμε:

$$F = 2,5 \text{ A} \cdot 0,1\text{m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N.}$$

Απάντηση: Στόν αγωγό ασκείται δύναμη

$$F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

36η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
---------------	----------------

$n = 300$ σπείρες $\Delta\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}$ $\Delta t = 0,2 \text{ sec}$	$U_{\text{επαγ}} = ;$
---	-----------------------

Λύση. Η επαγωγική τάση $U_{\text{επ}}$ είναι ανάλογη προς την ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$ και προς τον αριθμό των σπειρών του πηνίου n , δηλ. δίνεται από τον τύπο:

$$U_{\text{επ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μας, μεγέθη
οπότε προκύπτει:

$$U_{\text{επ}} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}}{0,2 \text{ sec}} \cdot 300 = 3 \cdot \frac{\text{Weber}}{\text{sec}} \longleftrightarrow$$

$$U_{\text{επ}} = 3\text{V} \text{ (Είναι γνωστό ότι } 1\text{V} = 1 \text{ Weber}/1\text{sec)}$$

ή, αφού όλες οι μονάδες των μεγεθών είναι στο σύστημα SI., η τάση θα μετριέται σε Volt).

Απάντηση. Στά άκρα του πηνίου αναπτύσσεται τάση

$$U_{\text{επ}} = 3 \text{ V}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SI

Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο	Έξισωση ορίσμού	Μονάδες στο SI
Μήκος	l, s	Θεμελιώδες	1 m
Μάζα	m	Θεμελιώδες	1 Kgr
Χρόνος	t	Θεμελιώδες	1 sec
Ένταση ρεύματος	I, i	Θεμελιώδες	1 Ampere (A)
Θερμοκρασία	θ, T	Θεμελιώδες	1 K (kelvin)
Επιτάχυνση	γ	$\gamma = \Delta u / \Delta t$	1 m/sec ²
Δύναμη	F	$F = m \cdot \gamma$	1 Newton = 1 Kgr·m/sec ²
Όρμη	J	$J = m \cdot u$	1 Kgr·m/sec
Συχνότητα	ν	$\nu = 1/T$	1 Hz = 1 sec ⁻¹
Ηλεκτρικό φορτίο	Q, q	$q = i \cdot t$	1 Coulomb = 1 A·sec
Ένταση ηλεκ. πεδίου	$\mathcal{E}$	$\mathcal{E} = F/q$	1 Newton/Coulomb
Έργο, Ενέργεια	W, E	$E = i \cdot U \cdot t$	1 Joule = 1 A·V·sec
Ισχύς (ηλεκτρ)	P	$P = i \cdot U$	1 Watt = 1 A·V
Διαφορά δυναμικού	U	$U = W/q$	1 Volt = 1 Joule/Coulomb
Αντίσταση αγωγού	R	$R = U/i$	1 Ohm = 1 Volt/Amp.
Ειδ. αντιστ. αγωγού	ρ	$\rho = R \cdot S/l$	1 Ohm·m
Ένταση μαγνητ. πεδίου	B	$B = F/i \cdot l$	1 Tesla = 1 N/A·m
Μαγνητική ροή	Φ	$\Phi = B \cdot S$	1 Weber = 1 Tesla·m ²
Επαγωγική τάση	U, E	$U = n \cdot \Delta \Phi / \Delta t$	1 Volt = 1 Weber/sec

ΠΙΝΑΚΑΣ II
ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ
Επιτάχυνση βαρύτητας (45° πλάτος, 0 m ύψος)	g	9,81 m/sec ²
Σταθερά παγκόσμιας έλξεως	k	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kgr}^2$
Φορτίο ηλεκτρονίου (στοιχειώδες ηλεκ. φορτίο)	e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$
Μάζα ηλεκτρονίου	m_e	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kgr}$
Μάζα πρωτονίου	m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ Kgr}$
Μάζα νετρονίου	m_n	$1,674 \cdot 10^{-27} \text{ Kgr}$
Ταχύτητα φωτός στο κενό	c	$3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
Ταχύτητα ήχου στον αέρα (0 °C)	u	331 m/sec

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ
ΚΩΔΙΚΑΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΩΝ
ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Μαύρο	0	Πράσινο	5
Καφέ	1	Μπλέ	6
Κόκκινο	2	Ίωδες (μώβ)	7
Πορτοκαλί	3	Γκρί	8
Κίτρινο	4	Άσπρο	9

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

Αγωγιμότητα 85
 αγωγιμότητα αερίων 171
 αγωγιμότητα ηλεκτρολυτών 171
 αγωγιμότητα ημιαγωγών 171
 αγωγιμότητα μετάλλων 85
 αγωγοί 85
 αδράνεια 27
 αεριοθεούμενα αεροπλάνα 42
 αιώρητης 52
 ακουστικό 167
 ακουστότητα 67
 ακτίνες α,β,γ 202
 ακτίνες ραϊντγκεν 195
 ακτίνιο (μονάδα) 20
 αλυσιδωτή αντίδραση 206
 αμπέρ (μονάδα) 91, 184
 αμπερόμετρο 91, 101
 αμπερώρα (μονάδα) 188
 ανάκρουση όπλου 41
 ανόρθωση 174
 αντηχείο 71
 αντίδραση δυνάμεως 30
 αντιδραστήρας 203, 206
 αντίσταση αγωγού 95, 96, 98
 αντιστάτης 95
 ασφάλεια (ηλεκτρ.) 88
 ατομικός αριθμός 81
 άτομο 80
 αύτεπαγωγή 148
 αυτοτελής αγωγιμότητα 190

B

Βάρος 32
 βάτ (μονάδα) 106
 βέμπερ (μονάδα) 136
 βόλτ (μονάδα) 92
 βολτόμετρο 93, 102
 βόμβα αδρογόνου 208
 βραχυκύκλωμα 88

Γ

Γαλβανόμετρο 102
 γαλβανοπλαστική 183
 γεννήτριες 140
 γεωμαγνητικό πεδίο 123
 γκάους (μονάδα) 131
 γραμμική ταχύτητα 19
 γωνιακή ταχύτητα 20

Δ

Δέσμη ηλεκτρονίων 194
 διαμήκη κύματα 59
 διαφορά δυναμικού 92
 διαχωριστήρας φυγοκεντρικός 37
 διεγέρτης 46
 δίπολο μαγνητικό 125
 δράση - αντίδραση 30
 δύναμη ηλεκτρική 77, 82, 113
 δύναμη κεντρομόλος 35
 δύναμη Laplace 129
 δύναμη μαγνητική 113, 129
 δύναμη πυρηνική 82
 δύναμη φυγόκεντρη 36
 δύνη (μονάδα) 25

Ε

Έγκάρσια κύματα 58
έκκένωση αΐγλης 192
έκκένωση σπινθήρα 191
έκκένωση τόξου 192
έκκρεμές απλό 49
έκκρεμές φυσικό 49
έναλλασσόμενο ρεύμα 144
ένέργεια ηλεκτρική 104
ένεργός ένταση 146
ένεργός τάση 146
ένταση ήχου 67
ένταση ηλεκτρ. πεδίου 78
ένταση ηλεκτρ. ρεύματος 90
ένταση μαγνητικού πεδίου 130, 131
επαγωγή 137
επαγωγική αντίσταση 150
επαγωγικό πηνίο 143
επιβατική άκτινα 20
επιβράδυνση 8
επιμετάλλωση 183
επιτάχυνση 7
επιτάχυνση βαρύτητας 15
έσωτερική αντίσταση 110

Η

ηλεκτρικά έργαστάσια 157
ηλεκτρική δύναμη 77, 82
ηλεκτρική έκκένωση 191
ηλεκτρική κουζίνα 108
ηλεκτρική μηχανή 142
ηλεκτρική πηγή 87
ηλεκτρική ταλάντωση 164
ηλεκτρικό κουδούνι 116
ηλεκτρικό κύκλωμα 88
ηλεκτρικό πεδίο 77
ηλεκτρικό ρεύμα 86
ηλεκτρικό σίδερο 108
ηλεκτρικό στοιχείο 188
ηλεκτρικό φορτίο 73
ηλεκτρικός κινητήρας 133
ηλέκτριση 73, 84
ηλέκτριση μέ επαφή 75
ηλέκτριση μέ επαγωγή 75
ηλέκτριση μέ τριβή 75
ηλεκτρόλυση 179
ηλεκτρολύτης 178
ηλεκτρολυτική διάσταση 179
ηλεκτρομαγνήτης 112
ηλεκτρομαγνητικό κύμα 163
ηλεκτρομαγνητικός γερανός 117
ηλεκτρόνιο 80, 127

ηλεκτρονόμος 117
ηλεκτροπληξία 160
ηλεκτροσκόπιο 73
ηλεκτροστατικές γεννήτριες 76
ηλεκτροσχημεία 184
ήλιακή ενέργεια 208
ήλιακή στήλη 175
ήμιαγωγοί 171
ήχητικά κύματα 63
ήχητικοί σωλήνες 70
ήχογόνες πηγές 69
ήχος 62

Θ

Θαλής 73
θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής 24
θεμελιώδης τύπος της κυματικής 60
θερμαντικό σώμα 108
θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων 192
θερμοηλεκτρικό φαινόμενο 176
θερμοσίφωνας 109
θερμοστοιχείο 176
θερμότητα Τζάουλ 104
θόρυβος 66

Ι

Ίσότοπα 82
ισχύς ηλεκτρ. ρεύματος 106
ισχύς έναλλασ. ρεύμ. 147

Κ

Καθοδικός σωλήνας 197
κεντρομόλος δύναμη 35
κεντρομόλος επιτάχυνση 20
κιλοβατώρα 106
κιλοπόντ 25
Κιουρί 201
Κουλόμπ (μονάδα) 73, 91
κρότος 66
κρυσταλλοειδίοδος 174
κρυσταλλοτρίοδος 175
κυκλική κίνηση 18
κύμα 54
κύματα εγκάρσια 58
κύματα διαμήκη 59
κύματα ήχητικά 63
κύματα ηλεκτρομαγνητικά 163
κυματομορφή ήχου 66

Λ

Λαμπτήρες αΐγλης 192
λαμπτήρες πυρακτώσεως 109

M

Μαγνήτες 111
μαγνητικά ύλικά 112
μαγνητική γραμμή 120
μαγνητική δύναμη 113, 129
μαγνητική ροή 136
μαγνητικό δίπολο 125
μαγνητικό πεδίο 119
μαγνητικό πεδίο γής 123
μαγνητικό πεδίο εὐθ. ἀγωγῶ 123
μαγνητικό πεδίο (ὁμογενές) 121, 131
μαγνητικό πεδίο σωληνοειδοῦς 122
μαγνητικό φάσμα 120
μαγνητικοὶ πόλοι 113
μαγνήτιση 126
μαζικός ἀριθμός 81
μεγάφωνο 168
μέση ἰσχύς 147
μεταβαλλόμενη κίνηση 6
μεταβλητὴ ἀντίσταση 98
μετασχηματιστής 152
μήκος κύματος 60
μικρόφωνο 167
μονωτές 85
μπαταρία 187

N

Νετρόνιο 80
Νιούτον (μονάδα) 25
νόμοι ἔκκρεμῶς 50
νόμος ἐπαγωγῆς 139
νόμος ἡλεκτρολύσεως 182
νόμος Κουλόμπ 77
νόμος Laplace 130
νόμος Νεύτωνα 24
νόμος παγκόσμιας ἐλξεως 33
νόμος Τζάουλ 105
νόμος Ὡμ 95

O

Ὅμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση 6
ὁμαλά μεταβαλ. κίνηση (νόμοι) 10
ὁμοαξωνικό καλώδιο 151
ὁρμή 39

Π

Πεδίο ἡλεκτρικό 77
πεδίο μαγνητικό 119
πεδίο ὁμογενές 78, 121, 131
περιοδικὰ φαινόμενα 44
περίοδος ἔκκρεμῶς 52

περίοδος ἤχου 64
περίοδος κυκλ. κινήσεως 18
περίοδος κύματος 55
περίοδος ταλαντώσεως 45
πηγές ἡλεκτρικές 87
πηγές ἡχογόνες 69
πηνίο 112, 124
πλάτος ἔκκρεμῶς 50
πλάτος ταλαντώσεως 45
πλάτος τάσεως 145
ποζιτρόνιο 207
πολλαπλασιαστής 143
πόλοι 113
πολύμετρα 102
πομπός 165
πόντ (μονάδα) 25
πρώτες βοήθειες 159
πρωτόνιο 80
πτώση τῶν σωμάτων 14
πυκνωτής 78
πυξίδα 115
πύραυλος 42
πυρήνας (ἀτόμου) 80
πυρήνας (ἡλεκτρομαγνήτη) 112
πυρηνική ἀντίδραση 206
πυρηνική δύναμη 82
πυρηνική ἐνέργεια 205
πυρηνικός ἀντιδραστήρας 203, 206

P

Ραδιενέργεια 201
ράδιο 201
ραδιοϊσότοπα 202
Ραϊντγκεν 195
ράντ (μονάδα) 20
ροοστάτης 99
ρώτορας 134

Σ

Σάρωση 198
στάτορας 134
στιγμιαία τάση 145
στιγμιότυπο κύματος 55
στοιχειώδεις μαγνήτες 125
στροβιλισμός ἡλεκτρονίου 127
συλλέκτης 134
σύνδεση ἀντιστάσεων 100
συνεχῆς τάση 145
σύντηξη 207
συντονισμός 47
συσσωρευτής 187
συχνότητα ἔκκρεμῶς 50
συχνότητα ἤχου 64

συχνότητα κυκλ. κινήσεως 18
συχνότητα κύματος 55
συχνότητα ταλαντώσεως 45
σχάση 205
σωληνοειδές 122, 124

Ω

Ωμ (μονάδα) 95
ωμική αντίσταση 150

Τ

Ταλάντωση (μηχανική) 45
ταλάντωση (ηλεκτρική) 164
τάση (ηλεκτρική) 92
ταχύμετρο 143
ταχύτητα γραμμική 19
ταχύτητα γωνιακή 20
ταχύτητα ήχου 64
Τέσλα (μονάδα) 131
Τζάουλ (μονάδα) 104
τηλέγραφος 116
τηλεπικοινωνία 166
τηλέτυπο 168, 169
τηλέφωνο 168
τόνος (ήχου) 66
τρανζίστορ 175
τριφασικό ρεύμα 158

Υ

Υδροηλεκτρικά έργα 157
υπέρηχοι 68
υπόηχοι 68
υψίσουχα ρεύματα 163, 164
ύψος ήχου 67

Φ

φαρανταίυ (νόμος) 182
φίλτρα 151
φθόγγος (ήχου) 66
φορείς ηλεκτρισμού 171
φυγόκεντρη δύναμη 36
φυγοκεντρικός διαχωριστήρας 37
φυσικό έκκριμές 49
Φών (μονάδα) 67
φωτοηλεκτρικό φαινόμενο 199
φωτοκύτταρα 199
φωτόμετρο 175
φωτοστήλη 175
φωτοστοιχείο 175

Χ

Χέρτζ (μονάδα) 19
χορδές 69
χροιά ήχου 68
χωρητικότητα συσσωρευτή 187

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γενική Φυσική: Ήλεκτρισμός, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1973
Γενική Φυσική: Όπτική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1966
Γενική Φυσική: Ατομική καί πυρηνική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου 1956
Γενική Φυσική Θερμότητα: Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1962
Φυσική: Τόμος πρώτος (Μηχ.-Άκουστ.-Θερμ.),
Κ.Δ. Άλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου, 1971
Φυσική: Τόμος δεύτερος (Όπτ.-Ήλεκ.-Πυρην.)
Κ.Δ. Άλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου 1976
Φυσική: Μηχανική - Άκουστική, Άλκ. Μάζη, 1966
Φυσική: Μαγν. - Ήλεκ. - Πυρην., Άλκ. Μάζη, 1967
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο πρώτο, Ι.Λ. Μπουρούτη, 1977
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο Δεύτερο, Ι.Λ. Μπουρούτη, 1977
Στοιχεία Φυσικής: Τόμοι Ι, ΙΙ, ΙΙΙ, ΙV, Κουγιουμζέλη - Περιστεράκη, 1961
Physics: Kenneth R. Atkins, 1970
Mechanics: Berkeley Physics course - Volume 1, 1965
Electricity and magnetism: Berkeley Physics course - Volume 2, 1965
College Physics: Sears-Zemansky, 1969
Physical Science Study Committee: Φυσική: Τόμος Ι καί ΙΙ.
Modern Physics: Williams - Trinklein - Metcalfe 1976
O. Level Physics: A.F. Abott, 1977
Earth Science, Brown - Kemper - Lewis, 1973
Modern Science: Man - Matter - Energy, Blanc - Fischler - Gardner, 1967
Exploring Physics: Book two, Tom Duncan, 1973
Science: Understanding your environment (Silver Burdett Element. School Science Program 1972)
Sciences Physiques (Bordas - Paris 1977).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α' ΜΗΧΑΝΙΚΗ

1η	ΕΝΟΤΗΤΑ:	Μεταβαλλόμενη κίνηση – Επιτάχυνση – Επιβράδυνση	Σελ.	5
2η	»	Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση (Νόμοι και γραφικές παραστάσεις)	»	10
3η	»	Ελεύθερη πτώση των σωμάτων	»	14
4η	»	Όμαλή κυκλική κίνηση	»	18
5η	»	Θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής	»	23
6η	»	Αδράνεια της ύλης – Δράση – Αντίδραση	»	27
7η	»	Βάρος των σωμάτων – Νόμος παγκόσμιας έλξεως	»	32
8η	»	Κεντρομόλος και φυγόκεντρη δύναμη	»	35
9η	»	Όρμη – Διατήρηση της όρμης	»	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β' ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ – ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

10η	»	Ταλαντώσεις – Έξαναγκασμένη ταλάντωση – Συντονισμός	»	44
11η	»	Έκκρεμές – Μέτρηση του χρόνου	»	49
12η	»	Έννοια του κύματος	»	54
13η	»	Εγκάρσια και διαμήκη κύματα – Θεμελιώδης τύπος της κυματικής	»	57
14η	»	Ο ήχος ως κύμα	»	62
15η	»	Είδη του ήχου – Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου	»	65
16η	»	Ήχογόνες πηγές – Άντηχεϊά	»	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ' ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

17η	»	Ηλεκτρικά φορτία – Ηλέκτριση – Ηλεκτροσκόπιο	»	73
18η	»	Νόμος του Coulomb – Ηλεκτρικό πεδίο – Πυκνωτές	»	77
19η	»	Δομή του ατόμου – Ισότοπα	»	80
20η	»	Εξήγηση της ηλεκτρίσεως – Αγωγοί και μονωτές – Ηλεκτρικό ρεύμα	»	84
21η	»	Ηλεκτρικές πηγές – Ηλεκτρικό κύκλωμα – Αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος	»	87
22η	»	Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος – Διαφορά δυναμικού	»	90
23η	»	Νόμος του Ohm – Αντίσταση αγωγού	»	94
24η	»	Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση αγωγού – Μεταβλητή αντίσταση	»	97
25η	»	Σύνδεση αντιστάσεων – Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων	»	100
26η	»	Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος	»	103
27η	»	Εφαρμογές της ηλεκτρικής ενέργειας – Ηλεκτρική τάση πηγής	»	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ' ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

28η	ΕΝΟΤΗΤΑ:	Μαγνήτες – Ηλεκτρομαγνήτες	111
29η	»	Εφαρμογές μαγνητών και ηλεκτρομαγνητών	» 115
30η	»	Μαγνητικό πεδίο – Μαγνητικό φάσμα	» 119
31η	»	Μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς και ευθύγραμμου αγωγού – Γήινο μαγνητικό πεδίο	» 122
32η	»	Εξήγηση των μαγνητικών ιδιοτήτων των υλικών	» 125
33η	»	Επίδραση μαγνητικού πεδίου σε ηλεκτρικά ρεύματα (Νόμος του Laplace)	» 129
34η	»	Ηλεκτρικοί κινητήρες (Εφαρμογή του νόμου Laplace)	» 133

35η, 36η	»	Μαγνητική ροή – Έπαγωγή	»	136
37η	»	Γεννήτριες – Πολλαπλασιαστής – Ταχύμετρο (Έφαρμογές του φαινομένου της έπαγωγής)	»	140
38η	»	Έναλλασσόμενο ρεύμα – Ένεργός ένταση καί τάση – Ίσχύς	»	144
39η	»	Αύτεπαγωγή – Έπαγωγική αντίσταση πηνίου	»	148
40η	»	Μετασχηματιστές – Μεταφορά της ηλεκτρικής ένέργειας	»	152
41η	»	Ήλεκτρικά έργοστάσια – Τριφασικό ρεύμα	»	157
42η	»	Ήλεκτρομαγνητικά κύματα – Ήλεκτρικές ταλαντώσεις	»	162
43η	»	Τηλεπικοινωνία	»	166

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε' ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

44η	»	Ήμιαγωγοί	»	171
45η	»	Έφαρμογές των ήμιαγωγών – Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο	»	174
46η	»	Ήλεκτρόλυση	»	178
47η	»	Νόμος της ηλεκτρολύσεως – Έφαρμογές	»	181
48η	»	Συσσωρευτές – Ήλεκτρικά στοιχεία	»	186
49η	»	Άγωγιμότητα των αερίων – Θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων	»	190
50η	»	Ακτίνες Röntgen	»	194
51η	»	Καθοδικός σωλήνας – Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	»	197

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ' ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η	»	Ραδιένέργεια – Ραδιοϊσότοπα	»	201
53η	»	Πυρηνικός αντίδραστήρας – Ήλιακή ένέργεια	»	205

ΕΚΔΟΣΗ Α' ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ – ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΗ Α' ΤΑΞΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ – ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΗ Α' ΤΑΞΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Έξωφυλλο καί καινούριες μακέτες : ΝΙΚΗ ΑΡΧΟΝΤΙΔΟΥ



024000030051

ΕΚΔΟΣΗ Δ' 1982 (VI) – ΑΝΤΙΤΥΠΑ 160.000 – ΣΥΜΒΑΣΗ 3742/28.1.82

ΕΚΤΥΠΩΣΗ – ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: "ΚΑΒΑΝΑΣ HELLAS" ΗΛΙΑΣ ΚΑΜΠΑΝΑΣ Α.Β.Ε.Ε.

