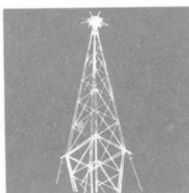


Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ
1981

19611

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΗΚΙΣΥΦ
ΥΟΙΣΑΙΜΥΤ

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1981

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΗΚΙΣΙΚΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΕΥΝΑΣ

1987 ΑΘΗΝΑ

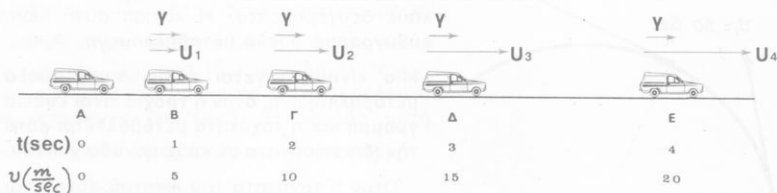
1η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ – ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ – ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

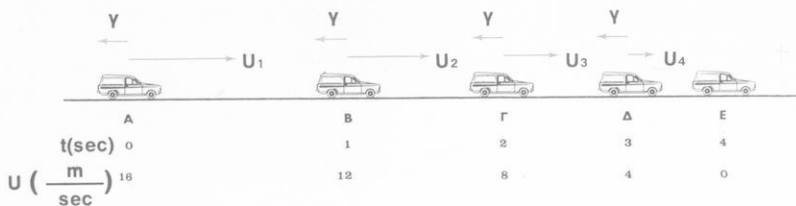
“Όλα τὰ σώματα τῆς φύσεως, ἀπό τὰ πιο μικρά (μόρια, ἄτομα, ἠλεκτρόνια) ὡς τὰ πιο μεγάλα (πλανῆτες, κτλ.) κινούνται καί κανένα σώμα δέν ἡρεμεῖ. Ἀνάλογα μέ τήν τροχιά πού διαγράφει τό κινήτο, διακρίνουμε τίς κινήσεις σέ εὐθύγραμμες, κυκλικές καί καμπυλόγραμμες. Ἀνάλογα μέ τήν ταχύτητα τοῦ κινήτου, διακρίνουμε τίς κινήσεις σέ ὁμαλές καί μεταβαλλόμενες. Στήν εὐθύγραμμη ὁμαλή κίνηση, ὅπως γνωρίζουμε, τό κινήτο σέ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα διαστήματα καί τό διάνυσμα τῆς ταχύτητας παραμένει σταθερό.

II. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

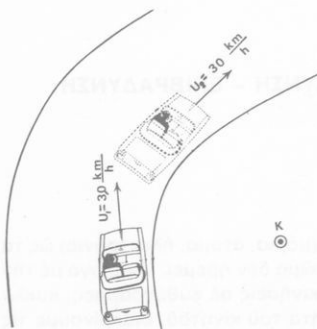


Σχ. 1. Εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.

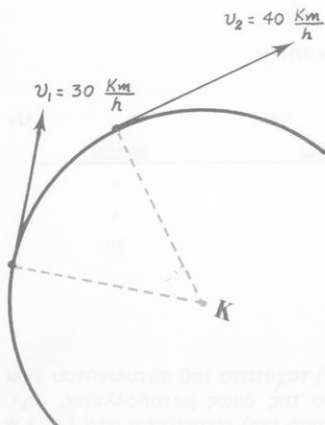
Στίς κινήσεις πού δείχνονται στό Σχ. 1 καί 2 ἡ ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου ἔχει πάντοτε τήν ἴδια διεύθυνση καί φορά, τό μέτρο τῆς ὅμως μεταβάλλεται, δηλ. αὐξάνεται (Σχ. 1) ἢ ἐλαττώνεται (Σχ. 2). Στήν κίνηση πού εἰκονίζεται στό Σχ. 3 ἡ ταχύτητα τοῦ αὐτοκινήτου ἔχει τό ἴδιο μέτρο σέ κάθε σημεῖο τῆς στροφῆς, ἡ διεύθυνσή τῆς ὅμως μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 2. Ευθύγραμμη ομαλά 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 ομαλές.

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 ομαλά μεταβαλλόμενη**. Άρα:

Μία κίνηση λέγεται ευθύγραμμη ομαλά 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 σέ κάθε δευτερόλεπτο. 'Η ταχύτητα όμως ενός άλλου αυτοκινήτου μπορεί νά αΰξάνεται μέ διαφορετικό ρυθμό π.χ. κατά 6m/sec σέ κάθε δευτερόλεπτο. Για νά προσδιορίζουμε τό ρυθμό μέ τόν όποιο μεταβάλλεται ή ταχύτητα ενός κινητού, εισάγουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος. τήν έπιτάχυνση γ , πού όρίζεται ως εξής:

'Επιτάχυνση στήν εϋθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται μέ τό πηλίκο τής αΰξήσεως τής ταχύτητας πρός τό χρόνο πού χρειάστηκε για τήν αΰξηση αΰτή.

$$\text{έπιτάχυνση} = \frac{\text{αΰξηση τής ταχύτητας}}{\text{χρόνος πού χρειάστηκε}}$$

$$\gamma = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} \quad \eta \quad \gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$$

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

'Η έπιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος καί στήν περίπτωση πού εξετάζουμε έχει τήν ίδια διεύθυνση καί φορά μέ τήν ταχύτητα (Σχ.1).

β. Μονάδες τής έπιταχύνσεως. Οί μονάδες μετρήσεως τής έπιταχύνσεως προκύπτουν από τόν τύπο $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$, όταν αντικαταστήσουμε τό Δu καί τό Δt μέ τίς αντίστοιχες μονάδες τους. Στο Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα έπιταχύνσεως είναι τό ένα μέτρο κατά δευτερόλεπτο στό τετράγωνο (1m/sec^2). 'Η μονάδα αΰτή προκύπτει από τή 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/sec^2 είναι ή έπιτάχυνση ενός κινητού πού ή ταχύτητά του αΰξάνεται κατά 1m/sec σέ κάθε δευτερόλεπτο.

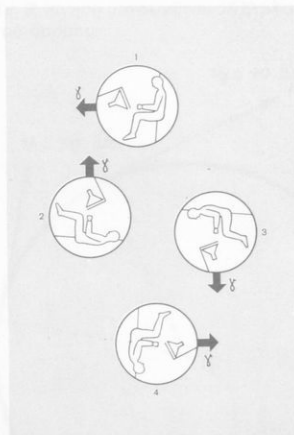
Στό CGS μονάδα έπιταχύνσεως είναι τό ένα εκατοστόμετρο κατά δευτερόλεπτο στό τετράγωνο (1cm/sec^2).

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**. Το διάνυσμα της επιβραδύνσεως έχει φορά αντίθετη προς την ταχύτητα του κινητού.



Σχ. 5. Ο πιλότος ενός αεριωθούμενου 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».

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 το μέτρο, τη διεύθυνση, τη φορά και τη χρονική διάρκεια των επιταχύνσεων.

Όταν η επιτάχυνση έχει τη φορά «κεφάλι - έδρα», είναι πολύ επικίνδυνη γιατί φθάνει στο κεφάλι περισσότερο αίμα από το κανονικό. Ο άνθρωπος αισθάνεται τότε δυσφορία, διαταραχές στην όρασή του, πόνο στο κεφάλι και τελικά χάνει όλες τις αισθήσεις του (Σχ.5).

Τό ίδιο σχεδόν επικίνδυνη είναι και η επιτάχυνση που έχει τη φορά «έδρα - κεφάλι», γιατί φθάνει τότε στο κεφάλι λιγότερο αίμα από το κανονικό, οπότε ο άνθρωπος στην άρχή δέ βλέπει καλά και τελικά χάνει τις αισθήσεις του.

Η επιτάχυνση που έχει τη φορά «ράχη - στήθος» ή **αντίστροφα**, επηρεάζει κυρίως την αναπνοή και είναι λιγότερο επικίνδυνη και περισσότερο ανεκτή από τον οργανισμό μας.

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

Οι φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπου επηρεάζονται από τις μεγάλες επιταχύνσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μία κίνηση λέγεται μεταβαλλόμενη, όταν μεταβάλλεται τό διάνυσμα τής ταχύτητας.
2. "Όταν ή ταχύτητα του κινητού αύξάνεται, ή κίνηση είναι επιταχυνόμενη. "Όταν ή ταχύτητα ελαττώνεται ή κίνηση είναι επιβραδυνόμενη.
3. Στην ευθύγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ή ταχύτητα μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα σέ κάθε χρονική μονάδα.
4. Η επιτάχυνση (ή ή επιβράδυνση) στήν ευθύγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση όρίζεται από τή σχέση $\gamma = \Delta u / \Delta t$ καί είναι διανυσματικό μέγεθος.
5. Οί μονάδες μετρήσεως τής επιταχύνσεως καί τής επιβραδύνσεως είναι οί έξής: 1 m/sec^2 καί 1 cm/sec^2 .
6. Οί μεγάλες επιταχύνσεις επηρεάζουν τόν ανθρώπινο όργανισμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

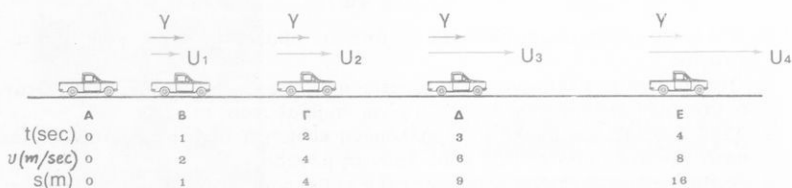
1. Η τροχιά ενός κινητού είναι εϋθεια γραμμή. Πότε ή κίνησή του είναι όμαλή καί πότε μεταβαλλόμενη;
2. Η τροχιά ενός κινητού είναι καμπύλη γραμμή. Είναι ή κίνησή του μεταβαλλόμενη; Νά δικαιολογήσετε τήν άπάντησή σας.
3. Ένα κινητό πού έκτελεί ευθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση έχει επιτάχυνση 4 m/sec^2 . Τί συμπεραίνετε από αυτό γιά τήν ταχύτητά του;
4. Πότε λέμε ότι αλλάζει τό διάνυσμα τής ταχύτητας;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα κινητό κάνει ευθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση καί στίς χρονικές στιγμές 5sec καί 8sec έχει ταχύτητα 10 m/sec καί 28 m/sec αντίστοιχα. Πόση είναι ή επιτάχυνσή του;
- *2. Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα μέ σταθερή επιτάχυνση 10 m/sec^2 καί σέ κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα 3 m/sec . Πόση ταχύτητα θά έχει ύστερα από 2sec;
3. Ένα κινητό έκτελεί ευθύγραμμη όμαλά επιβραδυνόμενη κίνηση καί σέ κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα 30 m/sec . Πόση είναι ή επιβράδυνσή του, όταν 4sec άργότερα έχει ταχύτητα 18 m/sec ;

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ (ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ)

1. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗ



Σχ. 1. Ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση.

Στό Σχ. 1 εικονίζεται ένα αυτοκίνητο που ξεκινάει από την ήρεμία και κινείται ευθύγραμμη. 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:

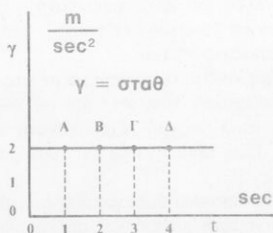
$$\gamma = \frac{u_2 - u_1}{t_2 - t_1} = \frac{4\text{m/sec} - 2\text{m/sec}}{2\text{sec} - 1\text{sec}} = \frac{2\text{m/sec}}{1\text{sec}} = 2\text{m/sec}^2$$

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 επιταχύνσεως - χρόνου.



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

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

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

$$\gamma = \text{σταθερή}$$

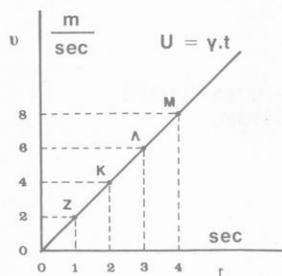
Τό συμπέρασμα αυτό μπορούμε να το παραστήσουμε γραφικά με το διάγραμμα ΑΔ του Σχ. 2. Τό διάγραμμα αυτό προκύπτει ως εξής: Σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ο πίνακας που ακολουθεί, γράφουμε τίς αντίστοιχες τιμές τής επιταχύνσεως και τού χρόνου:

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 τού χρόνου μέ κάποια κλίμακα αντίστοιχίας, αντίστοιχώντας π.χ. τό 1sec στό 1cm τού άξονα αύτου. Στόν κατακόρυφο άξονα παριστάνουμε τίς τιμές τής επιταχύνσεως αντίστοιχώντας π.χ. τό 1m/sec^2 στό 1cm τού άξονα αύτου. Μέ τό γνωστό τρόπο βρίσκουμε τά σημεία Α, Β, Γ, και Δ πού παριστάνουν αντίστοιχα τά ζεύγη τιμών τού πίνακα (1sec, 2m/sec^2), (2sec, 2m/sec^2), (3sec, 2m/sec^2), και (4sec, 2m/sec^2). Ένώνουμε μέ συνεχή γραμμή τά σημεία Α, Β, Γ, και Δ και 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 τής κινήσεως πού αναφέραμε προηγουμένως (Σχ. 1) παρατηρούμε ότι ή ταχύτητα τού αυτοκινήτου διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ, (άπό 2m/sec γίνεται 4m/sec , 6m/sec κτλ.), όταν ο χρόνος αντίστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ. (άπό 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Από αυτό συμπεραίνουμε τόν παρακάτω νόμο τής ταχύτητας:



Σχ. 3. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.

Στήν εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση ἡ ταχύτητα τοῦ κινητοῦ εἶναι ἀνάλογο πρὸς τὸ χρόνο πού κινήθηκε αὐτό.

Ὁ νόμος αὐτός ἐκφράζεται μὲ τὴ σχέση:

ταχύτητα = ἐπιτάχυνση × χρόνο	
$u = \gamma t$	Νόμος τῆς ταχύτητας

Γιὰ νὰ παραστήσουμε γραφικὰ τὸ νόμο τῆς ταχύτητας, κατασκευάζουμε πρῶτα τὸν παρακάτω πίνακα μετρήσεων μὲ τίς τιμές πού ἀναγράφονται στὸ Σχ. 1

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

Ἵστερα μὲ τὸ γνωστὸ τρόπο κατασκευάζουμε τὸ διάγραμμα OM (Σχ.3), πού παριστάνει γραφικὰ τὸ νόμο $u = \gamma t$, ὅταν τὸ κινητὸ ξεκινάει ἀπὸ τὴν ἡρεμία.

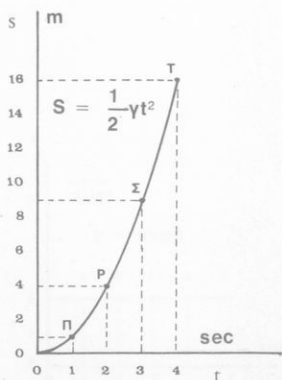
III. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στὴν κίνηση πού φαίνεται στὸ Σχ. 1 παρατηροῦμε ὅτι τὸ διάστημα πού διανύει τὸ αὐτοκίνητο τετραπλασιάζεται, ἐννιαπλασιάζεται κτλ., (ἀπὸ 1m γίνεται 4m, 9m κτλ.), ὅταν ὁ χρόνος ἀντίστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ., (ἀπὸ 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνουμε τὸν ἐπόμενο νόμο τοῦ διαστήματος:

Στὴν εὐθύγραμμη ὁμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση τὸ διάστημα πού διανύει τὸ κινητὸ εἶναι ἀνάλογο πρὸς τὸ τετράγωνο τοῦ χρόνου πού κινήθηκε αὐτό.

$s = \frac{1}{2} \gamma t^2$	Νόμος τοῦ διαστήματος
------------------------------	------------------------------

Γιὰ νὰ παραστήσουμε γραφικὰ τὸ νόμο τοῦ διαστήματος κατασκευάζουμε πρῶτα τὸν ἐπόμενο πίνακα μετρήσεων μὲ τίς τιμές πού ἀναγράφονται στὸ Σχ.1.



Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

t σε sec	0	1	2	3	4
s σε m	0	1	4	9	16

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στήν εϋθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση:

1. Τό διάστημα τής επιτάχυνσεως παραμένει σταθερό.
2. Ό νόμος τής ταχύτητας εκφράζεται μέ τή σχέση
 $u = \gamma \cdot t$
3. Ό νόμος του διαστήματος εκφράζεται μέ τή σχέση

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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τό νόμο τής ταχύτητας στήν εϋθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση.
2. Νά διατυπώσετε τό νόμο του διαστήματος στήν εϋθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση.
3. Ένα όμα έκτελει εϋθύγραμμη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Τι γνωρίζετε γιά τήν επιτάχυνσή του;
4. α) Γιατί ή εϋθεια γραμμή ΟΜ του Σχ.3 περνάει από τήν άρχή των άξόνων;
β) Από τήν καμπύλη του Σχ.4 νά βρείτε πόσο διάστημα αντιστοιχεί σε χρόνο 3,5sec. Νά επαληθεύσετε τό αποτέλεσμα αυτό μέ τόν τύπο $s = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Ένα αυτοκίνητο ξεκινάει από τήν άφετηρία του καί κινείται σε εϋθεία λεωφόρο μέ σταθερή επιτάχυνση $\gamma = 5\text{m/sec}^2$. Πόση ταχύτητα θά έχει καί πόσο θά απέχει από τήν άφετηρία του, 4sec μετά τήν εκκίνησης του;
2. Ένα κινητό κινείται εϋθύγραμμα μέ σταθερή επιτάχυνση καί σε 5sec από τήν εκκίνησης του διανύει 50m. Πόση είναι ή επιτάχυνσή του;
3. Ένα κινητό κινείται εϋθύγραμμα μέ σταθερή επιτάχυνση 2m/sec^2 . Σε πόσο χρόνο, μετά τήν εκκίνησης του, θά απέχει από τήν άφετηρία του 25m;
4. Για τήν κίνηση πού περιγράφεται στό Σχ.1 τής προηγούμενης ένότητας, νά κατασκευάσετε τά διαγράμματα: α) επιτάχυνσεως - χρόνου, β) ταχύτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γνωρίζουμε από την εμπειρία μας ότι τα σώματα πέφτουν έξαιτίας του βάρους τους, όταν τὰ αφήσουμε ελεύθερα (χωρίς νὰ τὰ ώθήσουμε) σὲ κάποια ἀπόσταση ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς. Ὡς τὴν ἐποχὴ τοῦ Γαλιλαίου οἱ ἄνθρωποι πίστευαν ὅτι τὰ βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα. Ὁ Γαλιλαῖος ὅμως καὶ ὕστερα ὁ Νεύτων ἀπέδειξαν ὅτι αὐτὴ ἡ ἀντίληψη δὲν εἶναι σωστὴ.

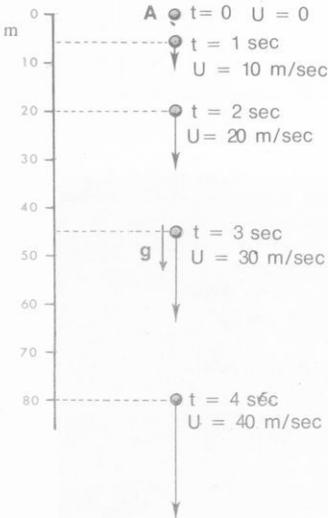
II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

Ἀφήνουμε ελεύθερη μίᾳ μικρὴ σφαῖρα μέσα στὸν ἀέρα, π.χ. στὸ σημεῖο Α (Σχ.1) καὶ παρατηροῦμε ὅτι αὐτὴ πέφτει στὸ ἔδαφος. Στὴ σφαῖρα αὐτὴ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, τὸ βᾶρος τῆς καὶ ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα. Ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀέρα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα καὶ τὴν ταχύτητα τοῦ σώματος καί, ἐπειδὴ εἶναι πολὺ μικρὴ γιὰ τὴ σφαῖρα πού ἐξετάζουμε, μπορούμε νὰ τὴν ἀγνοήσουμε. Σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση στὴ σφαῖρα ἐπιδρᾶ μόνο τὸ βᾶρος τῆς καὶ ἡ κίνηση πού κάνει λέγεται ἐλεύθερη πτώση. Ἄρα:

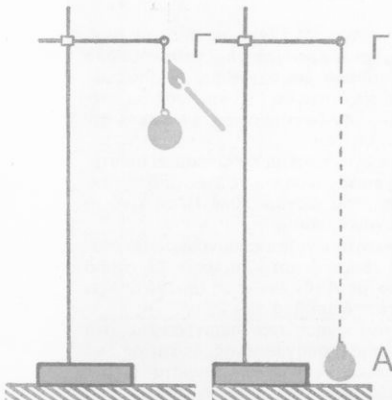
Ἐλεύθερη πτώση λέγεται ἡ κίνηση πού κάνει ἓνα σῶμα, ὅταν ἐνεργεῖ σ' αὐτὸ μόνο τὸ βᾶρος του.

III. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

α. Τροχιά. Ἀπὸ ἓνα σημεῖο Γ κρεμάμε μίᾳ μικρὴ σφαῖρα (Σχ.2α). Πάνω στὸ τραπέζι καὶ κάτω ἀπὸ τὴ σφαῖρα βάζουμε λευκὸ χαρτί καὶ πάνω ἀπὸ αὐτὸ βάζουμε ἓνα φύλλο καρμπόν. Ὄταν κάψουμε τὸ νῆμα πού συγκρατεῖ τὴ σφαῖρα, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι αὐτὴ πέφτει καὶ σχηματίζει ἓνα σημάδι στὸ σημεῖο Α τοῦ λευκοῦ χαρτιοῦ. Ὄταν ὕστερα κρεμάσουμε ἀπὸ τὸ ἴδιο σημεῖο Γ τὸ νῆμα τῆς στάθμης (Σχ.2β) θὰ παρατηρήσουμε ὅτι ἡ κορυφὴ τοῦ κώνου συμπίπτει μὲ τὸ σημεῖο Α. Ἀπὸ αὐτὸ καταλαβαίνουμε ὅτι ἡ τροχιά τῆς σφαῖρας ἦταν κατακόρυφη. Ἐπειδὴ ἡ κίνηση τῆς σφαῖρας ἦταν ἐλεύθερη πτώση, μπορούμε νὰ συμπεράνουμε ὅτι:



Σχ. 1. Ἐλεύθερη πτώση.



Σχ. 2 α. Τὰ 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:

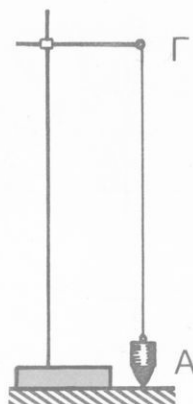
$\gamma = \text{σταθερή}$, $u = \gamma \cdot t$ καί $s = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$. Ἐπομένως οἱ τύποι τῆς ἐλεύθερης πτώσεως προκύπτουν ἀπό τῆς παραπάνω ἐξισώσεις, ἂν ἀντικαταστήσουμε τό γ μέ τό g καί εἶναι οἱ ἑξῆς:

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

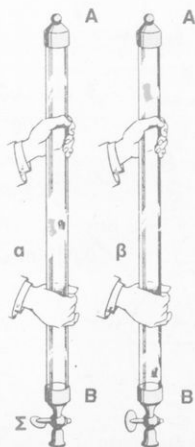
Οἱ ἐξισώσεις αὐτές μπορούν νά παρασταθοῦν γραφικά, ὅπως καί οἱ ἀντίστοιχες ἐξισώσεις τῆς ὁμαλά ἐπιταχυνόμενης κινήσεως (βλ. 2η ἐνότητα), ὅποτε θά προκύψουν ἀνάλογα διαγράμματα.

IV. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΤΟΠΟ

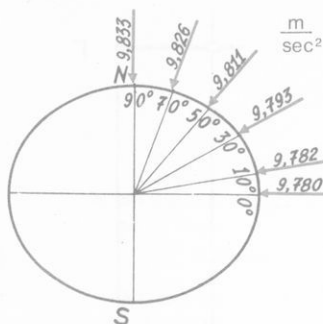
Μέσα σέ ἕνα μακρύ γυάλινο σωλήνα, πού λέγεται σωλήνας τοῦ Νεύτωνα (Σχ.3α), βάζουμε δύο σώματα διαφορετικοῦ βάρους π.χ. ἕνα κομμάτι χαρτί καί ἕνα μεταλλικό κέρμα. Μέ ἀεραντλία ἀφαιροῦμε τόν ἀέρα ἀπό τό σωλήνα καί κλείνουμε τή στρόφιγγα Σ. Ὅταν ἀναστρέψουμε τό σωλήνα, ὥστε καί τά δύο σώματα νά ἀρχίσουν νά πέφτουν συγχρόνως ἀπό τό 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.

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

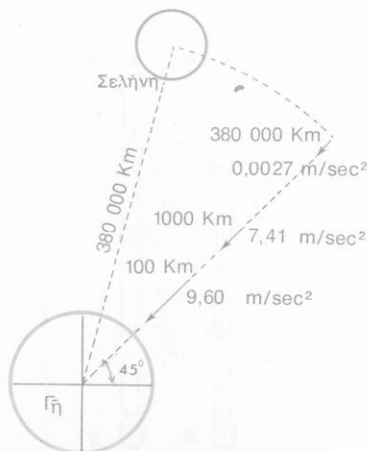
Ή επιτάχυνση της βαρύτητας σε έναν ορισμένο τόπο είναι ή ίδια για όλα τα σώματα, ανεξάρτητα από το βάρος τους.

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

V. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Από ακριβείς μετρήσεις της επιταχύνσως της βαρύτητας g , που έγιναν σε διάφορους τόπους, αποδεικνύονται τά εξής:

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



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

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 τά σχολικά προβλήματα και για νά απλουστεύονται οι αριθμητικές πράξεις συχνά θεωρούμε ότι είναι $g = 10 \text{ m/sec}^2$ στην επιφάνεια της Γης).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. 'Ελεύθερη πτώση λέγεται ή κίνηση πού κάνει ένα σώμα, όταν επιδρά σ' αυτό μόνο τό βάρος του.
2. 'Η ελεύθερη πτώση είναι κατακόρυφη όμαλά επιταχυνόμενη κίνηση.
3. Οι νόμοι τής ελεύθερης πτώσεως εκφράζονται μέ τίς εξισώσεις:

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

4. 'Η επιτάχυνση τής βαρύτητας g σέ έναν τόπο είναι ή ίδια γιά όλα τά σώματα.
5. 'Η επιτάχυνση τής βαρύτητας g εξαρτάται από τό γεωγραφικό πλάτος του τόπου καί τό ύψος του από τήν επιφάνεια τής θάλασσας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ή μικρή σφαίρα του πειράματος του Σχ.2 φθάνει πιό γρήγορα στό σημείο Α, όταν γίνει τό πείραμα στόν 'Ισημερινό (κοντά στήν επιφάνεια τής θάλασσας) ή όταν γίνει στό νότιο πόλο τής Γης (κοντά στήν επιφάνεια τής θάλασσας);
2. Μία μικρή σφαίρα πέφτει ελεύθερα κατά 50m. Πότε ή διάρκεια τής ελεύθερης πτώσεώς της είναι πιό μεγάλη; Όταν γίνεται τό πείραμα κοντά στήν επιφάνεια τής θάλασσας ή όταν γίνεται σέ ύψος 100 Km από τήν επιφάνεια τής θάλασσας; (γεωγραφικό πλάτος σταθερό).
3. α) Αφήνουμε ελεύθερο σέ κάποιο ύψος ένα φύλλο του τετραδίου καί ένα μολύβι. Γιατί τό μολύβι φθάνει στό έδαφος γρηγορότερα από τό χαρτί; β) Τοποθετούμε τό μολύβι πάνω στό φύλλο του τετραδίου καί επαναλαμβάνουμε τό πείραμα. Γιατί τώρα φθάνουν συγχρόνως καί τά δύο σώματα στό έδαφος;

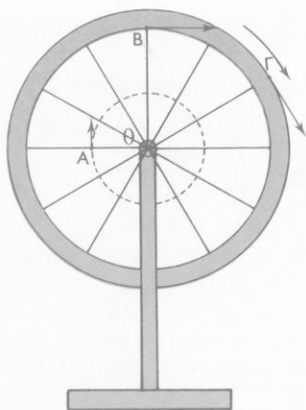
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Στην κίνηση πού φαίνεται στό Σχ.1 νά βρείτε τήν τιμή του g καί νά κατασκευάσετε τά διαγράμματα α) επιταχύνσεως - χρόνου β) ταχύτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.
2. Μία πέτρα αφήνεται ελεύθερη από τή στέγη ενός ούρανοξύστη καί φθάνει στό έδαφος ύστερα από 4sec. Πόσο είναι τό ύψος του ούρανοξύστη, όταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;
3. Πόσο χρόνο χρειάζεται ένα σώμα γιά νά πέσει ελεύθερα κατά 125m, όταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;

ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έκτός από ευθύγραμμες κινήσεις συναντούμε πολύ συχνά στη ζωή μας και κυκλικές κινήσεις. Τά διάφορα σημεία Α, Β, Γ κτλ. ενός τροχού που στρέφεται (Σχ.1) κινούνται κυκλικά. Τά κέντρα τών κυκλικών τροχιών τους βρίσκονται στόν άξονα περιστροφής Ο του τροχού. Τά σημεία τής περιφέρειας του στρεφόμενου μύλου του Λούνα Πάρκ (Σχ.2) και ό μοτοσικλετιστής που κάνει τό γύρω του θανάτου (Σχ.3) έκτελούν επίσης κυκλική κίνηση. Ή άπλούστερη από τίς κυκλικές κινήσεις είναι ή ομαλή κυκλική κίνηση.

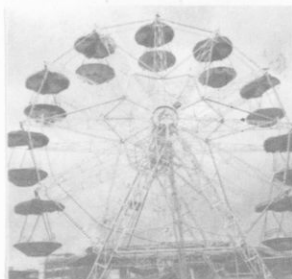


Σχ. 1. Κυκλική κίνηση.

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Ό δείκτης ΟΑ του ρολογιού που δείχνει τά πρώτα λεπτά τής ώρας (Σχ.4) στρέφεται γύρω από τόν άξονα Ο. Τό άκρο Α του δείκτη κινείται κυκλικά και σε κάθε 5 πρώτα λεπτά διατρέχει ένα από τά ίσα τόξα \widehat{AB} , \widehat{BF} , \widehat{FD} κτλ. Ή κίνηση αυτή του σημείου Α λέγεται ομαλή κυκλική κίνηση. Άρα:

Ένα σώμα έκτελει ομαλή κυκλική κίνηση, όταν κινείται σε κυκλική τροχιά και σε ίσους χρόνους διατρέχει ίσα τόξα.



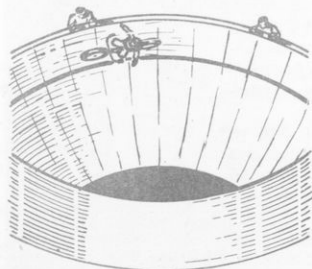
Σμ. 2.

III. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

α. Περίοδος. Τό άκρο Α του λεπτοδείκτη (Σχ.4) χρειάζεται μία ώρα για νά διατρέξει όλη τήν περιφέρεια. Ό χρόνος αυτός λέγεται περίοδος Τ. Έπομένως:

Περίοδος μιάς ομαλής κυκλικής κίνησης λέγεται ό χρόνος που χρειάζεται τό κινητό για νά κάνει μία πλήρη στροφή.

β. Συχνότητα. Θεωρούμε ένα σώμα που έκτελει ομαλή κυκλική κίνηση και σε χρόνο t διαγράφει Ν στροφές. Τό πηλίκο $\frac{N}{t}$ φανερώνει τόν αριθμό τών στροφών που διαγράφει τό κινητό σε μία χρονική μονάδα, και λέγεται συχνότητα ν. Άρα: Συχνότητα ενός κινητού λέγεται ό αριθμός τών στροφών που διαγράφει τό κινητό στη μονάδα του χρόνου.



Σχ. 3.

$\text{συχνότητα} = \frac{\text{ἀριθμὸς στροφῶν}}{\text{ἀντίστοιχος χρόνος}}$
$v = \frac{N}{t}$

Μονάδα συχνότητας είναι τὸ 1 Χέρτζ (1 Hz) πού λέγεται καί 1 κύκλος κατὰ δευτερόλεπτο (1c/sec ἢ 1sec⁻¹). Τὸ 1 Hz εἶναι ἡ συχνότητα ἑνὸς κινητοῦ πού ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση καὶ διαγράφει μία στροφή σέ ἕνα δευτερόλεπτο. Πολλαπλάσια τοῦ Hz εἶναι τὸ 1 κίλοχέρτζ (1KHz) ἢ ἕνας χιλιοκύκλος κατὰ δευτερόλεπτο (1Kc/sec) καὶ τὸ 1 μεγαχέρτζ (1MHz) ἢ ἕνας megacyclus κατὰ δευτερόλεπτο (1Mc/sec).

1KHz = 10³ Hz καὶ 1 MHz = 10⁶ Hz.

γ. Σχέση περιόδου καὶ συχνότητας. Θεωροῦμε ἕνα κινητὸ πού ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση καὶ ἔχει περίοδο T. Ἄν στὸν τύπο $v = \frac{N}{t}$ βάλουμε N = 1 (μία στροφή), τότε ὁ χρόνος t θὰ εἶναι ἴσος μὲ τὴν περίοδο T. Ἄρα:

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

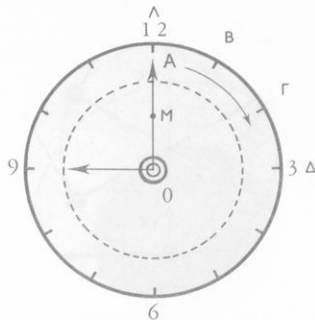
IV. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. Γραμμικὴ ταχύτητα. Ἡ μικρὴ σφαῖρα πού φαίνεται στὸ Σχ. 5 ἐκτελεῖ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνηση κατὰ τὴ φορά τοῦ βέλους β καὶ σέ χρόνο t διαγράφει τὸ τόξο ΑΓ πού ἔχει μῆκος s. Τὸ πηλίκο $\frac{s}{t}$ ἐκφράζει τὴ γραμμικὴ ταχύτητα u τοῦ κινητοῦ. Ἐπομένως:

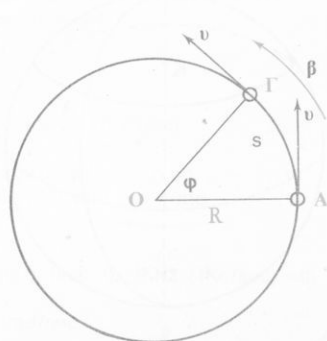
$\text{γραμμικὴ ταχύτητα} = \frac{\text{μῆκ. τόξ. πού διανύθηκε}}{\text{ἀντίστοιχος χρόνος}}$
$u = \frac{s}{t}$

Ἡ γραμμικὴ ταχύτητα εἶναι διανυσματικὸ μέγεθος, ἔχει τὴ διεύθυνση τῆς ἐφαπτομένης τοῦ κύκλου στὸ σημεῖο πού βρίσκεται κάθε στιγμή τὸ κινητὸ καὶ τὴ φορά τῆς κινήσεως. Παρατηροῦμε λοιπὸν ὅτι ἡ διεύθυνση τῆς γραμμικῆς ταχύτητας ἀλλάζει συνεχῶς, ἐνῶ τὸ μέτρο τῆς ($u = \frac{s}{t}$) παραμένει σταθερό, γιατί τὸ κινητὸ σέ ἴσους χρόνους διανύει ἴσα τόξα.

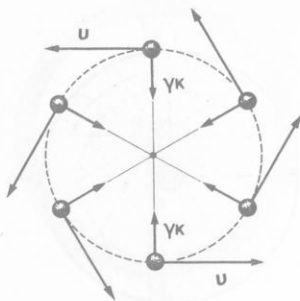
β. Γωνιακὴ ταχύτητα. Θεωροῦμε ὅτι ἡ ἀκτίνα OA (Σχ.5) στρέφεται γύρω ἀπὸ τὸ O μαζί μὲ τὴ σφαῖρα. Στὴν περίπτωση αὐτὴ ἡ ἀκτίνα λέγεται



Σχ. 4. Ὅμαλὴ κυκλικὴ κίνηση.



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



Σχ. 6. Κεντρομόλος επιτάχυνση.

επιβατική και διαγράφει τη γωνία φ στον ίδιο χρόνο t που η σφαίρα διατρέχει τό τόξο $\overline{ΑΓ}$. Τό ημίκυκλο $\frac{\varphi}{2\pi}$ εκφράζει ένα νέο φυσικό μέγεθος που λέγεται **γωνιακή ταχύτητα** ω του κινήτου. Άρα:

γωνιακή ταχύτητα = $\frac{\text{γωνία που διαγράφει ή επιβ. άκτ.}}{\text{αντίστοιχος χρόνος}}$
$\omega = \frac{\varphi}{t}$

Μονάδα της γωνιακής ταχύτητας είναι τό 1 ακίντιο κατά δευτερόλεπτο (1 rad/sec).

γ. Σχέση γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας.
Σέ χρόνο $t = T$ ή σφαίρα διατρέχει όλη τήν περιφέρεια ($s = 2\pi R$) και ή επιβατική άκτίνα διαγράφει γωνία $\varphi = 2\pi$ rad. Έξαιτίας αύτών οι σχέσεις $u = \frac{s}{t}$ και $\omega = \frac{\varphi}{t}$ γράφονται:

$$u = \frac{2\pi R}{T} \quad \text{και} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Άπό τίς δύο τελευταίες εξισώσεις προκύπτει:

$$u = \omega R$$

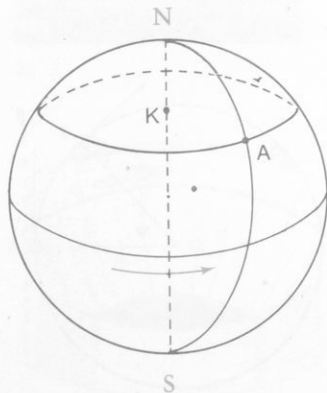
δ. Σχέση γωνιακής ταχύτητας και συχνότητας.

Ή εξίσωση $\omega = \frac{2\pi}{T}$ γράφεται και ώς εξής:

$$\omega = 2\pi \frac{1}{T}$$

Άπό τήν τελευταία σχέση, επειδή $\nu = \frac{1}{T}$, προκύπτει:

$$\omega = 2\pi \nu$$



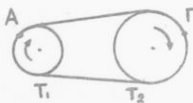
Σχ. 7. Κάθε σημείο τής γής κάνει όμαλή κυκλική κίνηση.

V. ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Κάθε σώμα που εκτελεί όμαλή κυκλική κίνηση έχει επιτάχυνση, γιατί μεταβάλλεται συνεχώς ή διεύθυνση τής γραμμικής ταχύτητας, τής όποίας όμως τό μέτρο παραμένει σταθερό. Ή επιτάχυνση αύτή λέγεται **κεντρομόλος γκ**. Ή κεντρομόλος επιτάχυνση έχει τή διεύθυνση τής άκτίνας R και φορά πρός τό κέντρο O τής κυκλικής τροχιάς (Σχ.6). Τό μέτρο τής δίνεται από τή σχέση:

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Στην ομαλή κυκλική κίνηση τά μέτρα της γωνιακής ταχύτητας ω και της κεντρομόλου επιταχύνσεως γ_k είναι μεταβλητά ή σταθερά και γιατί;
2. Νά επιβεβαιώσετε από τόν τύπο $\gamma_k = \frac{u^2}{R}$ ότι ή μονάδα της κεντρομόλου επιταχύνσεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό 1 m/sec^2 .
3. Στο Σχ.4 νά συγκρίνετε τίς γωνιακές και τίς γραμμικές ταχύτητες τών σημείων A και M τού δείκτη OA (OM = MA).
4. Δύο τροχοί T_1 , T_2 συνδέονται μέ λουρί (ίμάντα) και στρέφονται όπως δείχνουν τά βέλη τού σχήματος. Νά συγκρίνετε τίς γραμμικές και τίς γωνιακές ταχύτητες τών σημείων A και Γ τών περιφερειών τους.



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό άκρο τού δείκτη τού ρολογιού πού δείχνει τά δεύτερα λεπτά της ώρας κάνει ομαλή κυκλική κίνηση. Νά βρείτε τήν περίοδο και τή συχνότητα της κινήσεως αύτης.
2. Ο δείκτης τού ρολογιού πού αναφέρεται στό προηγούμενο πρόβλημα έχει μήκος 1 cm . Νά βρείτε τή γωνιακή και τή γραμμική ταχύτητα τού άκρου του.
3. Πόση είναι ή γραμμική ταχύτητα ενός σώματος πού βρίσκεται στόν Ήσημερινό της Γης, άν ή άκτίνα της είναι 6400 km ; Νά βρείτε πρώτα τήν περίοδο ή τή συχνότητα της κινήσεως της Γης γύρω από τόν άξονά της.

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Στίς προηγούμενες ενότητες μελετήσαμε διάφορες κινήσεις. Τώρα θα εξετάσουμε τήν αίτια πού αναγκάζει τά σώματα νά αλλάζουν τήν ταχύτητά τους καθώς και τή σχέση πού έχει ή αίτια αύτή μέ τά αποτελέσματά της.

I. Η ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Κάθε σώμα (Σχ.1) κατά τήν ελεύθερη πτώση του έχει επιτάχυνση g , πού είναι κατακόρυφη μέ φορά πρός τό κέντρο τής Γης. Ή ελεύθερη πτώση τών σωμάτων όφείλεται αποκλειστικά στό βάρος τους B , πού είναι μία δύναμη επίσης κατακόρυφη μέ φορά πρός τό κέντρο τής Γης.

Ήν άφήσουμε ελεύθερο ένα σώμα σέ πολύ μεγάλο ύψος (τό g είναι πρακτικά ίσο μέ μηδέν) τό σώμα δέν πέφτει (Σχ.2), δηλ. δέν άποκτά τήν επιτάχυνση τής βαρύτητας g . Στο ίδιο αυτό ύψος και τό βάρος του σώματος είναι πρακτικά ίσο μέ μηδέν. Από τά παραπάνω συμπεραίνουμε ότι τό βάρος (δύναμη) προκαλεί στά σώματα τήν επιτάχυνση τής βαρύτητας g , πού έχει τήν ίδια διεύθυνση και φορά μέ τό βάρος. Γενικεύοντας τό συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε στό έξής:

Όταν σέ ένα σώμα ένεργήσει μία δύναμη, τότε τό σώμα άποκτά επιτάχυνση πού έχει τή διεύθυνση και τή φορά τής δυνάμεως.

II. ΣΤΑΘΕΡΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Τό σώμα πού φαίνεται στό Σχ. 1 κατά τήν ελεύθερη πτώση του έχει σταθερή επιτάχυνση g . Τό βάρος B του σώματος, γιά μικρά ύψη από τήν έπιφάνεια τής γής, είναι επίσης σταθερό. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι τό σταθερό βάρος (δύναμη) προκαλεί στό σώμα σταθερή επιτάχυνση. Γενικεύοντας τό συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε στό έξής:

Όταν σέ ένα σώμα έπιδρά μία σταθερή δύναμη, τότε τό σώμα άποκτά σταθερή επιτάχυνση.

Ήν ή δύναμη είναι σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο και έπιδρά συνεχώς σέ ένα



Σχ. 1. Σταθερή δύναμη προκαλεί σταθερή επιτάχυνση.

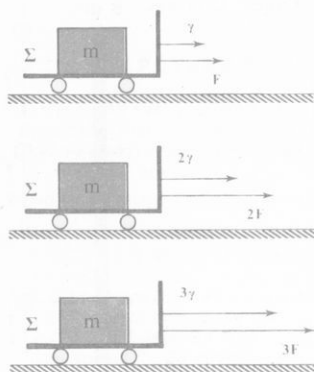


$$B \approx 0$$

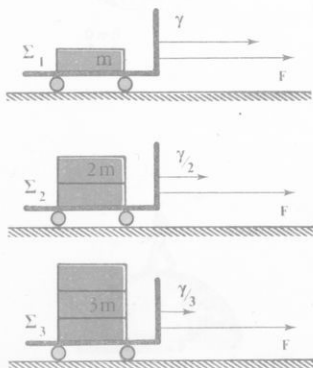
$$g \approx 0$$



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



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



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

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

III. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

α. Σχέση δυνάμεως και επιταχύνσεως

Ένα σώμα Σ, που έχει μάζα m και αρχικά ήρεμοί, 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.). Επομένως:

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 ήρεμοί, 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.). Επομένως:

Η επιτάχυνση, που αποκτά ένα σώμα με την επίδραση δυνάμεως, είναι αντίστροφα 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, ή δύναμη F του τύπου $F = m \cdot \gamma$ που 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

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

1N εἶναι ἡ δυνάμη 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 $F = m \cdot \gamma$

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

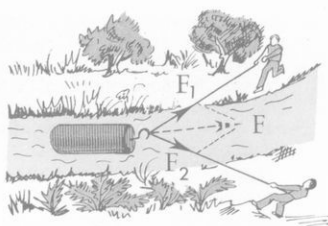
1dyn εἶναι ἡ δυνάμη ἡ ὁποία, ὅταν ἐπιδρᾷ σὲ ἓνα σῶμα πού ἔχει μάζα 1gr, προσδίνει σ' αὐτὸ ἐπιτάχυνση $1cm/sec^2$.

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 ανιστώσεως τῆς F_1 καὶ F_2



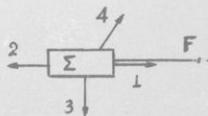
Σχ. 6. Ἰσαάκ Νεύτων (1642 - 1727).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

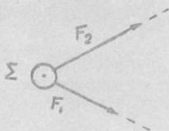
1. Ἡ δυνάμη προκαλεῖ στὰ σῶματα ἐπιτάχυνση, πού ἔχει τὴ διεύθυνση καὶ τὴ φορά τῆς δυνάμεως.
2. Ἐνα σῶμα ἀποκτᾷ σταθερὴ ἐπιτάχυνση, ὅταν ἡ δυνάμη πού ἐνεργεῖ σ' αὐτὸ εἶναι σταθερὴ.
3. Ἐνα σῶμα ἐκτελεῖ εὐθύγραμμη ὁμαλὰ ἐπιταχυνόμενη κίνηση, ὅταν ἐνεργεῖ συνεχῶς σ' αὐτὸ δυνάμη σταθερὴ κατὰ διεύθυνση, φορά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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ἡ δυνάμη F προσδίνει στὸ σῶμα Σ μίαν 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 άσκώντας σ' αυτή, μέ τή βοήθεια δύο σχοινηών, τίς δυνάμεις F_1 και F_2 . Νά σχεδιάσετε τό διάνυσμα τής επιτάχυνσεως πού προσδίδουν οί δυνάμεις αυτές στή σφαίρα.

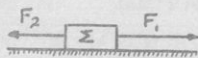


3. Σέ ένα σώμα επιδρά συνεχώς σταθερή δύναμη F πού του προσδίνει επιτάχυνση γ . Όταν τριπλασιάσουμε τή μάζα του σώματος, ή επιτάχυνσή του θά μείνει ή ίδια, θά αύξηθει, θά ελαττωθεί και πόσο;
4. Όταν ή συνισταμένη δύναμη πού άσκείται σέ ένα σώμα είναι σταθερή, ή κίνηση του σώματος είναι α. ευθύγραμμη και όμαλή; β. ευθύγραμμη και μεταβαλλόμενη; γ. ευθύγραμμη και όμαλά μεταβαλλόμενη; δ. τίποτε από όλα αυτά;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση επιτάχυνση θά άποκτήσει ένα σώμα μάζας 10Kgr, όταν επιδράσει σ' αυτό μία δύναμη 65N;
2. Η μηχανή ενός αυτοκινήτου άσκει σ' αυτό δύναμη 1600 N πού του προσδίνει επιτάχυνση 2m/sec^2 . Πόση είναι ή μάζα του αυτοκινήτου;

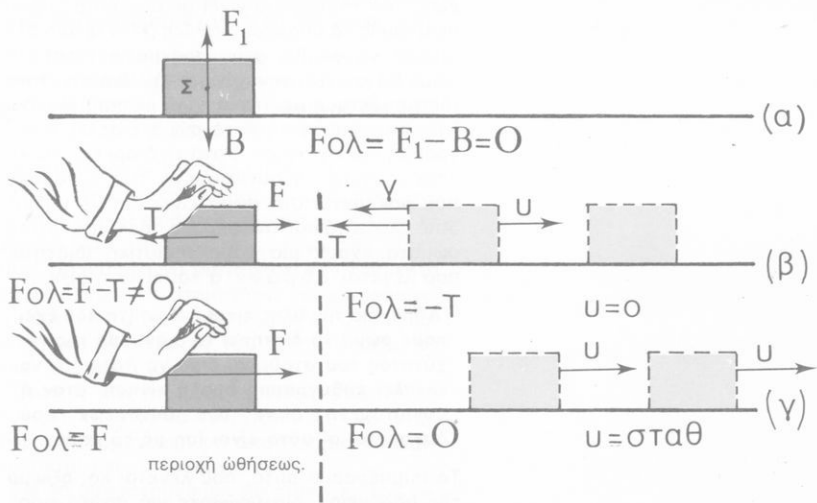
3. Στο σώμα Σ , πού έχει μάζα 5Kgr, άσκούνται οί δυνάμεις $F_1 = 15\text{N}$ και $F_2 = 10\text{N}$. Πόση επιτάχυνση θά άποκτήσει τό σώμα;



6η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

ΔΡΑΣΗ - ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ



1. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

α. Έννοια της αδράνειας. Ένα μικρό σώμα Σ ισορροπεί στο οριζόντιο πάτωμα του σπιτιού μας (Σχ. 1α). Στο σώμα ενεργούν δύο δυνάμεις, το βάρος του B και η δύναμη F_1 που ασκείται από το πάτωμα. Έπειδή το σώμα ισορροπεί, ή συνισταμένη των δυνάμεων αυτών είναι ίση με μηδέν ($F_{ολ} = F_1 - B = 0$ ή $F_1 = B$). Το σώμα αυτό θα ισορροπεί συνεχώς, αν δεν ενεργήσει σ' αυτό μία άλλη δύναμη, δηλ, αν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα είναι συνεχώς ίση με μηδέν ($F_{ολ} = 0$).

Μέ το χέρι μας ώθησμε για μία μόνο στιγμή το σώμα (Σχ. 1β). Παρατηρούμε τότε ότι αυτό αρχίζει να κινείται με την επίδραση της στιγμιαίας δυνάμεως F του χεριού μας. Ύστερα όμως από λίγο χρόνο το σώμα σταματά, γιατί επιβραδύνεται από τη δύναμη της τριβής T .

Αν επαναλάβουμε το ίδιο πείραμα σε οριζόντια επιφάνεια πάγου (ή τριβή είναι πολύ μικρότερη), το σώμα με την ίδια αρχική ώθηση θα

Σχ. 1. Όταν $F_{ολ} = 0$, η ταχύτητα του σώματος δε μεταβάλλεται.

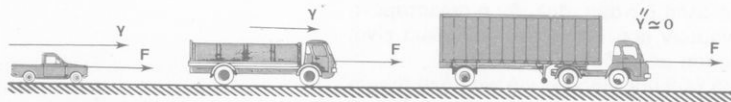
κινείται περισσότερο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι η **άρχική του ταχύτητα ελαττώνεται με αργότερο ρυθμό** (τό σώμα έχει μικρότερη επιβράδυνση).

Φαίνεται λοιπόν λογικό να συμπεράνουμε τό εξής: "Αν τό πείραμα γίνει σέ οριζόντια έπιφάνεια χωρίς νά υπάρχουν τριβές (κάτι τέτοιο δέν μπορεί νά συμβεί στην πραγματικότητα), τό σώμα θά κινείται συνεχώς μέ τήν ίδια ταχύτητα (όση απέκτησε μέ τήν αρχική ώθηση) (Σχ.1γ). Στην περίπτωση αυτή τό σώμα εκτελεί εϋθύγραμμη όμαλή κίνηση. Κατά τή διάρκεια τής κινήσεως αυτής ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού άσκοϋνται στό σώμα είναι ίση μέ μηδέν. Από όλα αυτά πού αναφέραμε προκύπτει ότι τά σώματα έχουν μία χαρακτηριστική ιδιότητα, πού λέγεται **άδράνεια** καί είναι ή εξής:

Άδράνεια τής ύλης είναι ή ιδιότητα πού έχει κάθε σώμα νά διατηρεί τό διάνυσμα τής ταχύτητάς του σταθερό, δηλ. νά ήρεμεί ή νά εκτελεί εϋθύγραμμη όμαλή κίνηση, όταν ή συνισταμένη όλων τών δυνάμεων πού άσκοϋνται σ' αυτό είναι ίση μέ τό μηδέν.

Τό συμπέρασμα αυτό, πού λέγεται καί **άξίωμα τής αδράνειας**, διατυπώθηκε γιά πρώτη φορά από τόν άρχαίο Έλληνα φιλόσοφο Άριστοτέλη καί πήρε τήν όριστική του μορφή από τό Γαλιλαίο καί τό Νεύτωνα.

β. Η μάζα είναι μέτρο τής αδράνειας. Η αδράνεια εκδηλώνεται όταν επιχειρήσουμε νά αλλάξουμε τήν κινητική κατάσταση τών σωμάτων, όποτε αυτά αντίδρουν, προσπαθώντας νά διατηρήσουν τήν ταχύτητά τους σταθερή.



Σχ. 2.

Θεωρούμε ένα καροτσάκι, ένα μικρό αυτόκινητο καί ένα φορτηγό πού αρχικά ήρεμοϋν (Σχ.2). "Αν ώθήσουμε τό καθένα από αυτά μέ τήν ίδια δύναμη F , θά παρατηρήσουμε ότι τό καροτσάκι αρχίζει νά κινείται γρήγορα (άποκτά μεγάλη επιτάχυνση), ενώ τό μικρό αυτόκινητο αρχίζει νά κινείται πιό άργά (άποκτά μικρότερη

ἐπιτάχυνση) καί τό φορτηγό παραμένει σχεδόν ἀκίνητο*. Ἀπό αὐτά καταλαβαίνομε ὅτι τό καρροτσάκι πού ἔχει τή μικρότερη μάζα παρουσιάζει καί τή μικρότερη ἀδράνεια, ἐνῶ τό μικρό αὐτοκίνητο παρουσιάζει μεγαλύτερη ἀδράνεια καί τό φορτηγό πού ἔχει τήν πιό μεγάλη μάζα παρουσιάζει ἀκόμη μεγαλύτερη ἀδράνεια. Ἄρα:

Ἡ ἀδράνεια πού ἐκδηλώνει ἕνα σῶμα εἶναι τόσο μεγαλύτερη, ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μάζα του, δηλ. ἡ μάζα ἑνός σώματος ἐκφράζει τό μέτρο τῆς ἀδράνειάς του.

γ. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδράνειας

1. Ὃταν ἕνα αὐτοκίνητο πού κινεῖται σταματήσει ἀπότομα, οἱ ἐπιβάτες του πέφτουν πρὸς τὰ ἔμπροσ γιὰτί τό σῶμα τους, λόγω τῆς ἀδράνειας, προσπαθεῖ νά διατηρήσει τήν ταχύτητα πού εἶχε πρὶν νά σταματήσει τό αὐτοκίνητο. Ἀντίθετα, κατά τήν ἀπότομη ἐκκίνηση ἑνός αὐτοκινήτου, οἱ ἐπιβάτες του πέφτουν πρὸς τὰ πίσω, ἐξαιτίας τῆς ἀδράνειας.

2. Ὃταν ἡ μηχανή ἑνός τραίνου σταματήσει ἀπότομα, τὰ βαγόνια συνεχίζουν νά κινουῦνται, λόγω τῆς ἀδράνειας, μέ ἀποτέλεσμα νά συγκρούονται καί νά ἐκτροχιάζονται.

3. Γιά νά ἀπομακρύνουμε τίς σταγόνες τοῦ νεροῦ ἀπό τὰ βρεγμένα χέρια μας, τὰ τινάζουμε. Ὃταν σταματήσει ἡ κίνηση τῶν χεριῶν μας, οἱ σταγόνες τοῦ νεροῦ συνεχίζουν νά κινουῦνται λόγω ἀδράνειας, καί ἀπομακρύνονται ἀπό τὰ χέρια μας. Μέ ἀνάλογο τρόπο «κατεβάζουμε» τόν ὑδράργυρο τῶν ἱατρικῶν θερμομέτρων.

4. Ἄν μέ τό δάχτυλό μας χτυπήσουμε δυνατά τό χαρτόνι, πάνω στό ὁποῖο στηρίζεται ἕνα κέρμα, τό χαρτόνι ἐκτινάζεται ἀπό τή θέση του, ἐνῶ τό κέρμα μένει ἀκίνητο καί πέφτει κάτω (Σχ.3). Αὐτό συμβαίνει γιὰτί ἡ μικρή δύναμη τριβῆς πού ἀναπτύσσεται ἀνάμεσα στό κέρμα καί τό χαρτόνι, δέν μπορεῖ νά δώσει μεγάλη ἐπιτάχυνση στό κέρμα. Ἄν τό χαρτόνι ξεκινήσει ἀργά (μικρή ἐπιτάχυνση), τότε τό κέρμα παρασύρεται μαζί μέ τό χαρτόνι.

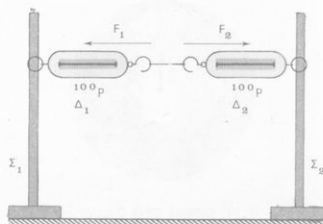
II. ΑΞΙΟΜΕΤΡΑ ΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

Συνδέομε δύο δυναμόμετρα Δ_1 καί Δ_2 , ὅπως φαίνεται στό Σχ.4, καί ἀπομακρύνουμε τὰ

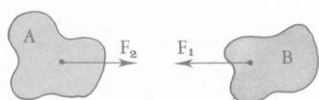
* Ἄν λάβουμε ὑπόψη τήν τριβή, τό φορτηγό μένει ἀκίνητο.



Σχ. 3.



Σχ. 4. ($F_1 = F_2$)



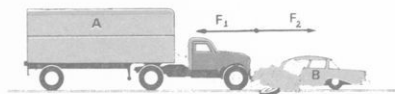
Σχ. 5. Τό Α άσκει στο Β τήν F_1 . Τό Β άσκει στο Α τήν F_2 . ($F_1 = F_2$).

κατακόρυφα στηρίγματα Σ_1 και Σ_2 , ώστε νά τενηθωούν τά ελατήρια. Παρατηρούμε τότε ότι τά δυναμόμετρα δείχνουν τήν ίδια ένδειξη, π.χ. 100ρ. Αυτό σημαίνει ότι τό Δ_1 άσκει στο Δ_2 τή δύναμη $F_1 = 100\rho$ και τό Δ_2 άσκει στο Δ_1 τή δύναμη $F_2 = 100\rho$. Οί δυνάμεις F_1 και F_2 όπως φαίνεται στο Σχ.4, είναι αντίθετες. Από τό πείραμα αυτό, άλλα και από διάφορες παρατηρήσεις, καταλήγουμε στο παρακάτω **άξίωμα δράσεως και αντίδράσεως**.

Όταν ένα σώμα Α άσκει σέ ένα άλλο σώμα Β μία δύναμη, τότε και τό Β άσκει στο Α μία άλλη δύναμη πού είναι αντίθετη τής πρώτης (Σχ.5).

Σύμφωνα λοιπόν μέ τό άξίωμα αυτό δέν υπάρχει στή φύση μία απομονωμένη δύναμη, άλλα πάντοτε οί δυνάμεις παρουσιάζονται κατά ζεύγη. Οί δύο δυνάμεις κάθε τέτοιου ζεύγους είναι αντίθετες και άσκούνται σέ δύο διαφορετικά σώματα. Η μία από τίς δυνάμεις αυτές (όποια θέλουμε) λέγεται **δράση** και ή άλλη **αντίδραση**. Τά δύο σώματα πού αλληλεπιδρούν μπορεί νά βρίσκονται σέ έπαφή (Σχ.4 και 6) ή σέ απόσταση τό ένα από τό άλλο (Σχ.5 και 7). Μέ τή βοήθεια του άξιώματος δράσεως και αντίδράσεως μπορούμε νά εξηγήσουμε τό βάδισμά μας, τήν κίνηση τών τροχοφόρων (αυτοκινήτων κτλ.), τήν προώθηση τών πλοίων όταν στρέφεται ό έλικάς τους, τήν προώθηση τών πυραύλων όταν εκτοξεύονται πρós τά πίσω τά καυσάερια και πολλά άλλα φαινόμενα.

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



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



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

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 ἕνα σώμα Α ἀσκεῖ σέ ἕνα 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; β) Πότε ἕνα σώμα ἐκδηλώνει μεγάλη 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 ἕνα ἀκίνητο τραπέζι ἰσορροπεῖ ἕνα 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 ἐπιδρά σ' αὐτό ὅταν ἀνεβαίνει ἢ κατεβαίνει μέ σταθερή ταχύτητα;



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



ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ – ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ

Ι. ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ



Σχ. 1.

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 ή έλκτική δύναμη που ασκεί ή μάζα της Γης στή μάζα του σώματος αυτού.

Τό βάρος έχει διεύθυνση κατακόρυφη και φορά προς τό κέντρο τής Γης (Σχ.2).

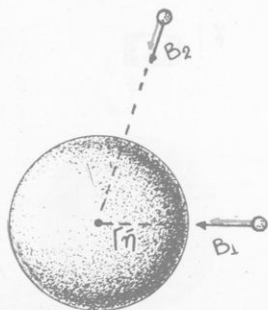
β. Σχέση βάρους και μάζας. Θεωρούμε ένα σώμα που έχει μάζα m και βάρος B . Όταν τό σώμα αυτό εκτελεί ελεύθερη πτώση, άποκτά επιτάχυνση g , λόγω του βάρους του B . Εφαρμόζουμε στήν περίπτωση αυτή τό θεμελιώδη νόμο τής Μηχανικής $F = m \cdot \gamma$, παίρνοντας υπόψη μας ότι $F = B$ και $\gamma = g$, και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

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

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

γ. Μέτρηση του βάρους. Τό βάρος ενός σώματος μετρίεται με τό δυναμόμετρο (ζυγός με έλατήριο ή κανταράκι), όπως δείχνει τό Σχ.3. Η ένδειξη του δυναμομέτρου αντιστοιχεί στό πραγματικό βάρος του σώματος, μόνο όταν τό σύστημα δυναμόμετρο - σώμα ίσορροπεί (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 ακριβώς και ή επιτάχυνση τής βαρύτητας g , γιατί $B = mg$ και $m = \text{σταθερή}$. Άρα τό βάρος B ενός σώματος θά εξαρτάται από τό γεωγραφικό πλάτος του τόπου και από τό ύψος πάνω από τήν επιφάνεια τής Γης, στό όποιο βρίσκεται τό σώμα (βλ. 3η ένότητα).



Σχ. 2. Τό g και τό B έχουν κατακόρυφη διεύθυνση που περνάει από τό κέντρο τής γης.

II. ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ

Ο Νεύτων διατύπωσε τόν νόμο τής παγκόσμιας έλξεως πού έπαληθεύτηκε άργότερα πειραματικά. Κατά τόν νόμο αυτό ισχύουν τά ακόλουθα:

Δύο όποιαδήποτε ύλικά σωματίδια μέ μάζες m_1 καί m_2 έλκονται άμοιβαία μέ μία δύναμη F πού έχει διεύθυνση τήν ευθεία πού ένώνει τά δύο σωματίδια. Τό μέτρο τής δυνάμεως αυτής είναι άνάλογο πρός τό γινόμενο τών μαζών m_1 καί m_2 τών σωματιδίων καί αντίστροφως άνάλογο πρός τό τετράγωνο τής άποστάσεώς τους r (Σχ.4). Ό νόμος δύναμης εκφράζεται μέ τή σχέση:

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

Τό K λέγεται σταθερά τής παγκόσμιας έλξεως καί έχει τιμή $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{Kg r^2}$

Ό νόμος τής παγκόσμιας έλξεως ισχύει βέβαια καί γιά **μεγάλα σώματα**, εφαρμόζεται όμως εύκολα όταν τά σώματα αυτά είναι **όμογενείς σφαίρες**. Στην περίπτωση αυτή μπορούμε νά φανταστούμε όλη τή μάζα τής σφαίρας συγκεντρωμένη **στό κέντρο τής**, όποτε ή σφαίρα συμπεριφέρεται σάν ύλικό σωματίδιο.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ ΣΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΓΗ - ΣΩΜΑ

Τό βάρος B ενός σώματος αποτελεί μία δύναμη παγκόσμιας έλξεως. Αν θεωρήσουμε τή Γη κατά προσέγγιση σάν όμογενή σφαίρα μέ άκτίνα R καί μάζα M , μπορούμε νά εφαρμόσουμε άμέσως τόν τύπο (2), όποτε προκύπτει:

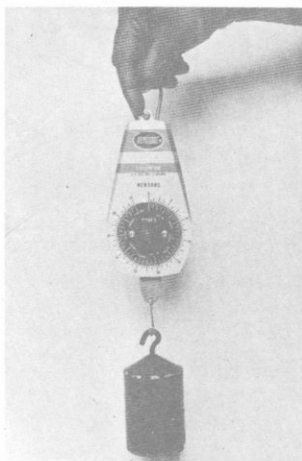
$$B = K \frac{mM}{R^2} \quad (3)$$

(m = μάζα του σώματος Σχ.5)

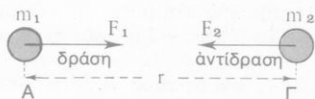
Άπό τούς τύπους (1) καί (3) προκύπτει ότι

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

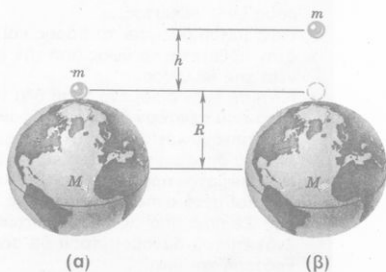
Άν τό σωμα βρίσκεται σέ ύψος h από τήν επιφάνεια τής Γής (Σχ.5), οι τύποι (3) καί (4) γράφονται αντίστοιχα μέ τόν ακόλουθο τρόπο:



Σχ. 3. Δυναμόμετρο βαθμολογημένο σέ Newton. Όταν τό σωμα ίσορροπεί (ήρμευι ή κινείται μέ σταθερή ταχύτητα) τό δυναμόμετρο μετράει τό βάρος του.



$$F_1 = F_2 = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{Σχ. 4.}$$



Σχ. 5.

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

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 Γής 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 Γή. Αύτή τή νέα έλκτική δύναμη μπορούμε νά τή λέμε «**βάρος του σώματος στήν περιοχή του "Αρη**». Τό βάρος ενός σώματος στήν περιοχή τής Γής έχει διαφορετική τιμή από τό βάρος του ίδιου σώματος στήν περιοχή των άλλων πλανητών, γιατί ή μάζα καί ή άκτίνα τής Γής 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 γής 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. Τί γνωρίζετε γιά τίς μεταβολές του βάρους ενός σώματος;
2. Γιατί μεταβάλλονται τό βάρος καί τό g, όταν αúξάνεται τό ύψος από τήν επιφάνεια τής θάλασσας;
3. Γιατί σέ έναν ορισμένο τόπο όλα τά σώματα-πού πέφτουν ελεύθερα έχουν τήν ίδια επιτάχυνση τής βαρύτητας g;
4. Μέ ένα δυναμόμετρο μετράμε τό βάρος ενός σώματος πρώτα στήν επιφάνεια τής Γής καί μετά στήν επιφάνεια τής Σελήνης. Σέ ποιά από τίς δύο περιπτώσεις ή ένδειξη του δυναμομέτρου θά είναι μικρότερη καί γιατί;

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 άπόσταση 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

Έχουμε αναφέρει προηγουμένως (βλ. 6η ενότητα) ότι η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα είναι ίση με μηδέν, όταν αυτό εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ή ήρεμει. Τώρα θά εξετάσουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ενεργούν σ' ένα σώμα, όταν αυτό εκτελεί κυκλική ομαλή κίνηση.

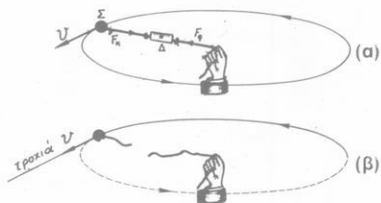
I. ΣΩΜΑ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

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_k .

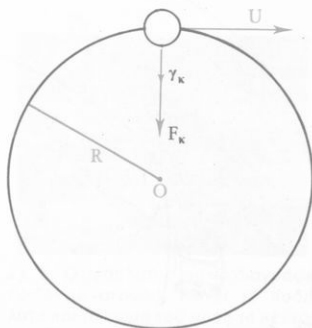
Αν θεωρήσουμε το βάρος της σφαίρας αμελητέο, τότε η F_k συμπίπτει με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στη σφαίρα. Η συνισταμένη αυτή F_k , όπως φαίνεται στο Σχ. 1α, έχει διεύθυνση τη διεύθυνση της ακτίνας, έχει φορά προς το κέντρο της κυκλικής τροχιάς και λέγεται κεντρομόλος δύναμη. Επομένως:

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.

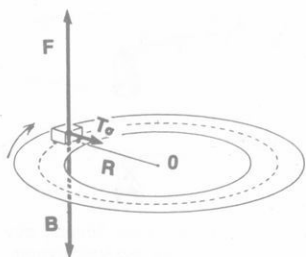
β. Θεωρητική μελέτη. Όταν ένα σώμα εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, τότε έχει κεντρομόλο επιτάχυνση $\gamma_k = \frac{v^2}{R}$ (Σχ.2). Σύμφωνα όμως με το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής $F = m\gamma$, κάθε επιτάχυνση οφείλεται σε κάποια δύναμη που έχει τη διεύθυνση και τη φορά της επιταχύνσεως. Επομένως, η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



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



Σχ. 2.



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

πού ασκούνται στο σώμα αυτό έχει τη διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς το κέντρο O (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:

$$F_k = m\gamma_k \Leftrightarrow F_k = m \frac{u^2}{R} \quad \eta$$

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

γ. Δυναμική συνθήκη της κυκλικής όμαλης κινήσεως. "Αν κατά τήν περιστροφή της σφαίρας Σ (Σχ. 1) κόψουμε τό νήμα, θά παρατηρήσουμε ότι ή σφαίρα δέ συνεχίζει τήν κυκλική όμαλή κίνηση, αλλά κινείται εϋθύγραμμα κατά τή διεύθυνση της έφαπτομένης του κύκλου (Σχ. 1β). Είναι φανερό ότι μόλις κοπεί τό νήμα, καταργείται και ή δύναμη πού ασκείται στη σφαίρα, δηλ. ή κεντρομόλος δύναμη: "Άρα:

Γιά νά μπορεί ένα σώμα νά εκτελεϊ κυκλική όμαλή κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας R μέ ταχύτητα u, πρέπει νά ασκείται σ' αυτό κεντρομόλος δύναμη μέ μέτρο $F_k = \frac{mu^2}{R}$.

II. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΗ ΔΥΝΑΜΗ

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

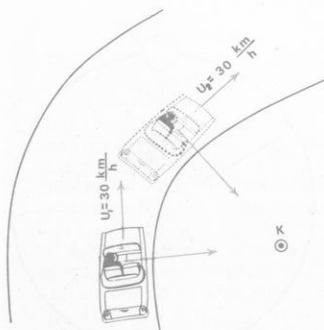
Η δύναμη αυτή λέγεται **φυγόκεντρη** και έχει μέτρο:

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

"Άρα:

"Η **φυγόκεντρη δύναμη** είναι ή αντίδραση της κεντρομόλου δυνάμεως και ασκείται από τό σώμα πού κινείται κυκλικά στο σώμα (ή στα σώματα) πού ασκούν τήν κεντρομόλο δύναμη.

Παρατήρηση. Η φυγόκεντρη δύναμη δέν ασκείται στο κυκλικά κινούμενο σώμα και γι' αυτό δέν επηρεάζει τήν κίνηση του.



Σχ. 4.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Γιά νά κινηθεί ένα αυτοκίνητο σέ μία στροφή άκτινας R μέ ταχύτητα u , πρέπει νά 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 $T_σ$. Άρα,

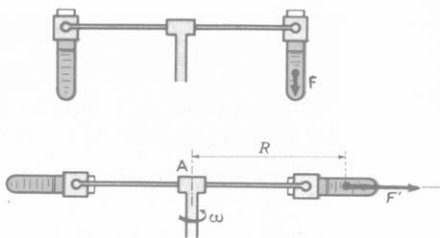
$$T_σ = F_k = \frac{mu^2}{R} \quad (1)$$

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

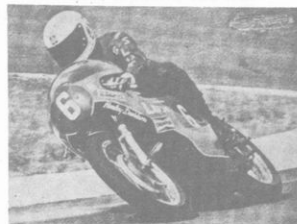
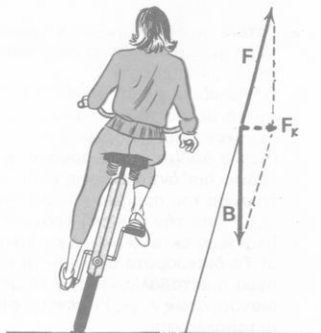
Δίνοντας μία μικρή κλίση στό κατάστρωμα του δρόμου πρός τό κέντρο τής τροχιάς, διευκολύνουμε τά αυτοκίνητα νά κινούνται στή στροφή μέ περισσότερη ασφάλεια.

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

γ. **Άρχή του φυγοκεντρικού διαχωριστήρα.** (Σχ.5). Οι δοκιμαστικοί σωλήνες περιέχουν αιώρημα κιμωλίας σέ νερό. Όταν τό σύστημα περιστραφεί γύρω από τόν κεντρικό του άξονα, ή σκόνη τής κιμωλίας μαζεύεται στόν πυθμένα των σωλήνων, δηλ. διαχωρίζεται από τό νερό. Μέ άνάλογο τρόπο χωρίζεται τό βούτυρο από τό γάλα καί τό νερό από τά πλυμένα ρούχα μέσα στό πλυντήριο (στύψιμο ρούχων).



Σχ. 5.Μέ τήν περιστροφή αύξάνεται φαινομενικά τό βάρος των κόκκων του αιώρηματος



Σχ. 6. Ό ποδηλάτης γιά νά διαγράψει οριζόντια στροφή, κλίνει τό ποδήλατο καί τό σώμα του πρός τό κέντρο τής. Έτσι οι δυνάμεις B καί F δίνουν ως συνισταμένη τήν κεντρομόλο F_k .

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 τή διεύθυνση της ακτίνας και φορά προς τό κέντρο τής κυκλικής τροχιάς.
3. Η φυγόκεντρη δύναμη είναι ή αντίδραση στήν κεντρομόλο δύναμη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ένα σώμα μπορεί να εκτελεί κυκλική όμαλή κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας R με ταχύτητα u ;
2. Τί γνωρίζετε γιά τή διεύθυνση, τή φορά και τό μέτρο τής κεντρομόλου και τής φυγόκεντρου δυνάμεως;
3. Γιατί ό δρομέας πού προσπαθει να διαγράψει όριζόντια στροφή χωρίς να κλίνει τό σώμα του προς τό κέντρο της έκτρέπεται από τήν κυκλική τροχιά του;
4. Ένα σώμα εκτελεί όμαλή κυκλική κίνηση.
α) Τά διανύσματα u , γ_k , F_k μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται; β) Τά μέτρα τών διανυσμάτων u , γ_k , F_k μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται;
5. α) Ποιά δύναμη διατηρεί τό αυτοκίνητό μας σε κυκλική τροχιά όταν τό κατάστρωμα του δρόμου είναι όριζόντιο; β) Γιατί δέν μπορούμε να παίρνουμε στροφές με ταχύτητες 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 ή κεντρομόλος δύναμη πού ασκείται σ' αυτό;
2. Ένα σώμα μάζας 5kg κάνει όμαλή κυκλική κίνηση σε περιφέρεια ακτίνας 1m με γωνιακή ταχύτητα 2rad/sec. Πόση είναι ή γραμμική ταχύτητα u του σώματος και πόση είναι ή κεντρομόλος δύναμη πού ασκείται σ' αυτό;

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΟΡΜΗ – ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

I. ΟΡΜΗ

α. Έννοια τής όρμης. Τοποθετούμε ένα βαρύ σώμα Σ πάνω σέ μία λεπτή σανίδα, όπως φαίνεται στο Σχ. 1α, και παρατηρούμε ότι ή σανίδα κάμπτεται λίγο, αλλά δέ σπάζει. Ύστερα παίρνουμε τό ίδιο σώμα Σ και 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 και άλλη συμπεριφορά, όταν είναι άκίνητο. Ή διαπίστωση αυτή μάς αναγκάζει νά εισάγουμε ένα νέο μέγεθος, τήν ό ρ μ ή , πού χαρακτηρίζει τά κινούμενα σώματα και όρίζεται ως εξής:

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

όρμή = μάζα × ταχύτητα
$J = m \cdot u$

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

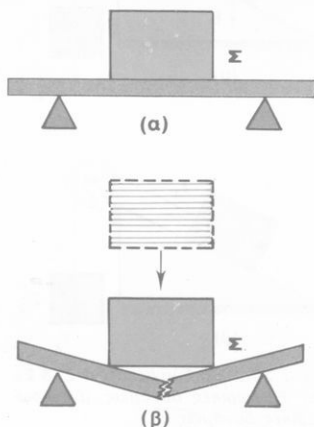
β. Μονάδες τής όρμης. Στο Διεθνές Σύστημα μονάδα όρμης είναι τό $1\text{Kgr} \cdot \text{m}/\text{sec}$, πού προκύπτει από τή σχέση $J = m \cdot u$, άν $m = 1\text{Kgr}$ και $u = 1\text{m}/\text{sec}$.

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

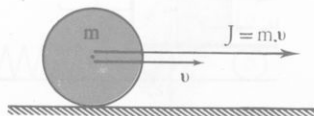
II. ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

α. Σύστημα σωμάτων. Πολλά σώματα μαζί πού έχουν τήν ίδια κινητική κατάσταση και τά εξετάζουμε σάν ένα σώμα, αποτελούν ένα σύστημα σωμάτων.

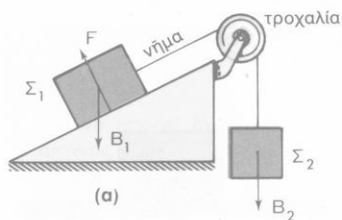
Τά σώματα Σ_1, Σ_2 και τό νήμα πού τά συνδέει (Σχ. 3α ή 3β) αποτελούν ένα σύστημα σωμάτων, όταν τά εξετάζουμε όλα μαζί σάν ένα σώμα. Στο παράδειγμα αυτό, τό κεκλιμένο επίπεδο ή τροχαλία και ή Γη δέν ανήκουν στό σύστημα πού εξετάζουμε.



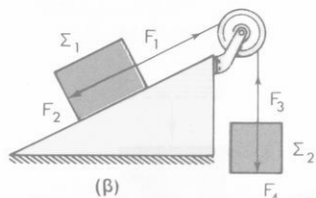
Σχ. 1. Τό σώμα Σ άσκει μεγαλύτερη δύναμη στή δεύτερη περίπτωση.



Σχ. 2.



(α)



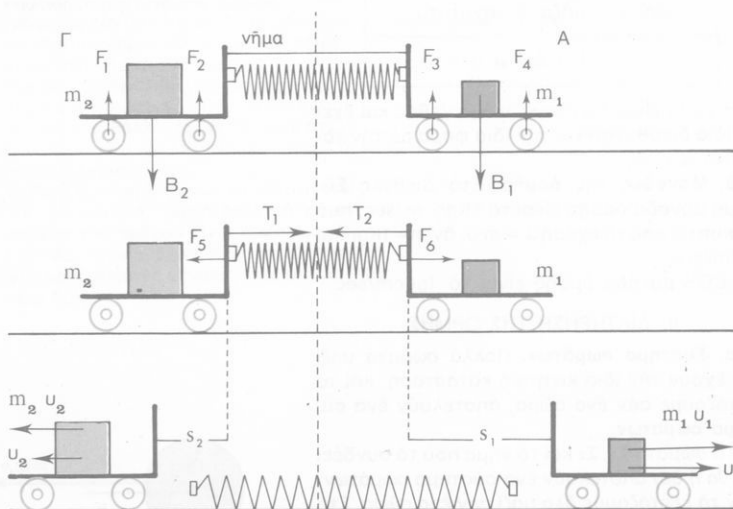
(β)

Σχ. 3. Σύστημα δύο σωμάτων Σ_1 & Σ_2
 (α) Έξωτερικές δυνάμεις. (β) Έσω-
 τερικές δυνάμεις.

Έξωτερικές δυνάμεις ενός συστήματος είναι οι δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα του συστήματος από άλλα σώματα που **δεν ανήκουν σ' αυτό**. Τέτοιες δυνάμεις είναι τα βάρη B_1, B_2 των Σ_1, Σ_2 (ασκούνται από τη Γῆ) και η F (άσκειται από τὸ κεκλιμένο επίπεδο στὸ Σ_1) (Σχ. 3α).

Έσωτερικές δυνάμεις ενός συστήματος είναι οι δυνάμεις που ασκούνται σέ ένα σώμα του συστήματος **ἀπὸ ἄλλο σῶμα τοῦ ἴδιου συστήματος**. Τέτοιες δυνάμεις είναι (Σχ. 3β) ἡ F_1 (άσκειται στὸ Σ_1 ἀπὸ τὸ νῆμα), ἡ F_2 (άσκειται στὸ νῆμα ἀπὸ τὸ Σ_1), ἡ F_3 (άσκειται στὸ Σ_2 ἀπὸ τὸ νῆμα) καὶ ἡ F_4 (άσκειται στὸ νῆμα ἀπὸ τὸ Σ_2). Οἱ ἐσωτερικές δυνάμεις ἀποτελοῦν ζεύγη δράσεως-ἀντιδράσεως ($F_1 = F_2, F_3 = F_4$), ὁπότε ἐξουδετερῶνεται ἁμοιβαία καὶ **δεν ἐπηρεάζουν τὴν κινητικὴ κατάσταση τοῦ συστήματος**.

β. Θεώρημα διατηρήσεως τῆς ὀρμῆς. Τὰ βαγόνια Α καὶ Β που φαίνονται στὸ Σχ. 4 εἶναι δεμένα με ἓνα νῆμα, ἔχουν ἀνάμεσα τους ἓνα συμπίεσμένο ἐλατήριο καὶ μποροῦν νὰ κινῶνται σέ σιδηροδρογούς (σιδηροτροχιές) με ἄμε-



Σχ. 4. Ἡ ὀρμή τοῦ συστήματος παραμένει μηδέν.

λητέα τριβή. Τὸ Β ἔχει μάζα (m_2) διπλάσια ἀπὸ τὴ μάζα (m_1) τοῦ Α ($m_2 = 2m_1$).

Αρχικά τὸ σύστημα τῶν σωμάτων αὐτῶν ἠρεμεῖ, ὁπότε ἡ ὀλική ὄρμη τοῦ συστήματος εἶναι μηδέν ($J_{ολ} = 0$).

Ἄν κόψουμε τὸ νῆμα, οἱ δυνάμεις T_1 καὶ T_2 καταργοῦνται καὶ τὰ βαγόνια ἀρχίζουν νὰ κινοῦνται κατὰ ἀντίθετη φορά μὲ τὴ στιγμιαία ἐπίδραση τῶν δυνάμεων F_5 καὶ F_6 ποὺ δέχονται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ βαγόνια Α καὶ Β σὲ ὀρισμένο χρόνο διανύουν ἀντιστοίχως τὰ διαστήματα s_1 καὶ s_2 καὶ ὅτι $s_1 = 2s_2$.

Ἐπειδὴ ἡ κίνησή τους εἶναι εὐθύγραμμη ὁμαλή, οἱ ταχύτητές τους u_1 καὶ u_2 βρίσκονται ἀπὸ τοὺς τύπους:

$$u_1 = \frac{s_1}{t} \text{ καὶ } u_2 = \frac{s_2}{t}.$$

Ἡ ὄρμη τοῦ Α εἶναι $J_1 = m_1 u_1$ καὶ ἡ ὄρμη τοῦ Β εἶναι $J_2 = m_2 u_2$.

Ἡ ὀλική ὄρμη τοῦ συστήματος τῶν δύο βαγονιών εἶναι:

$$J'_{ολ} = J_1 - J_2 \Leftrightarrow J'_{ολ} = m_1 u_1 - m_2 u_2 \Leftrightarrow$$

$$J'_{ολ} = m_1 \frac{s_1}{t} - m_2 \frac{s_2}{t} \Leftrightarrow$$

$$J'_{ολ} = \frac{m_1 s_1}{t} - \frac{2m_1 \frac{s_1}{2}}{t} \text{ (γιατί } m_2 = 2m_1$$

$$\text{καὶ } s_1 = 2s_2) \Leftrightarrow J'_{ολ} = 0$$

Διαπιστώνουμε λοιπὸν ὅτι ἡ ὀλική ὄρμη τοῦ συστήματος εἶναι πάλι μηδέν, δηλ. **δέν ἄλλαξε**.

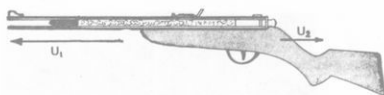
Ἡ συνισταμένη τῶν ἐξωτερικῶν δυνάμεων (B_1, B_2, F_1, F_2, F_3 καὶ F_4) τοῦ συστήματος εἶναι ἴση μὲ μηδέν γιατί τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ κατὰ τὸν κατακόρυφο ἀξονα.

Ἀπὸ ὅλα αὐτὰ προκύπτει τὸ παρακάτω θεώρημα διατηρήσεως τῆς ὄρμης:

Ἡ ὀλική ὄρμη ἑνὸς συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή (κατὰ διεύθυνση, φορά καὶ μέτρο), ὅταν ἡ συνισταμένη τῶν ἐξωτερικῶν δυνάμεων τοῦ συστήματος εἶναι ἴση μὲ μηδέν.

γ. Ἐφαρμογές. 1. Ἀνάκρουση τοῦ ὄπλου.

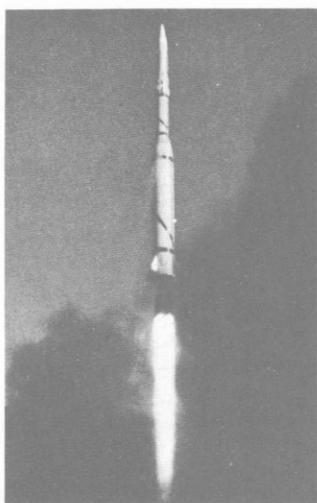
Τὴ στιγμὴ ποὺ φεύγει τὸ βλήμα ἀπὸ τὸ ὄπλο (Σχ. 5) παρατηροῦμε ὅτι τὸ ὄπλο ὀπισθοδρομεῖ (κλωτσαίει). Τὸ φαινόμενο αὐτὸ λέγεται ἀνάκρουση καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὸ σύστημα



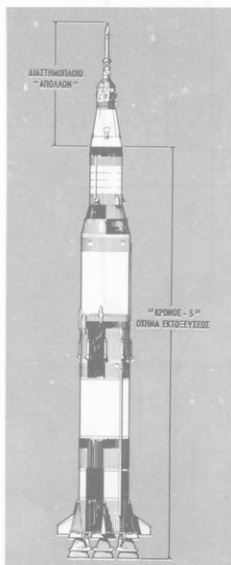
Σχ. 5. Ἀνάκρουση τοῦ ὄπλου.



Σχ. 6. Ἀρχὴ τοῦ πυραύλου.



Σχ. 7. Πύραυλος.



Σχ. 8. Ο πύραυλος που μετέφερε τους Άμερικανούς στη Σελήνη.

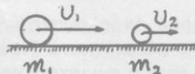
«βλήμα-όπλο» πρέπει να έχει πάντοτε την ίδια όρμη, αυτή που είχε και στην αρχή, δηλ. $J_{ολ}=0$. Κατά την έκπυρσοκρότηση το βλήμα αποκτά όρμη προς τα εμπρός. Για να συνεχίσει το σύστημα να έχει όρμη $J_{ολ}=0$, πρέπει το όπλο να αποκτήσει **αντίθετη** προς το βλήμα όρμη, δηλ. πρέπει να κινηθεί προς τα πίσω.

2. Αρχή του πυραύλου. Φουσκώνουμε ένα στενόμακρο μπαλόνι, αφού πρώτα τοποθετήσουμε στο στόμιό του ένα στενό σωληνάκι. Όταν το αφήσουμε ελεύθερο με το άνοικτο στόμιό προς τα κάτω (Σχ. 6), θα παρατηρήσουμε ότι ανεβαίνει ψηλά, ενώ σιγά-σιγά ξεφουσκώνει.

Έρμηνεία. Τό μπαλόνι και ο αέρας που περιέχεται σ' αυτό έχουν αρχικά, δηλ. πριν αρχίσει η έκροη του αέρα, όρμη $J_{ολ} = 0$. Όταν ο αέρας βγαίνει από το στενό στόμιο, αποκτά όρμη κατακόρυφη προς τα κάτω. Για να συνεχίσει το σύστημα να έχει όρμη $J_{ολ} = 0$, πρέπει το μπαλόνι να αποκτήσει **αντίθετη** με τόν εξερχόμενο αέρα όρμη, δηλ. πρέπει να κινηθεί προς τα πάνω. Κατά τόν ίδιο τρόπο εξηγούνται η κίνηση του **πυραύλου** (Σχ. 7) και η προώθηση τών **αεριοθωμένων αεροπλάνων (Jet)**, όταν εκτοξεύονται προς τα πίσω με μεγάλη ταχύτητα τα καυσαέρια.

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 $u_2 = 1\text{m/sec}$. Νά βρείτε την όρμη του συστήματός τους (τό μέτρο, τή διεύθυνση και τή φορά) κατά τή χρονική στιγμή που δείχνει τό 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 ή μάζα του σώματος;
3. Τό όπλο του Σχ. 5 έχει μάζα 5kg και τό βλήμα που φεύγει απ' αυτό έχει μάζα $0,01\text{kg}$. Αν ή ταχύτητα του βλήματος είναι 900m/sec , πόση θά είναι ή ταχύτητα ανακρούσεως του όπλου;

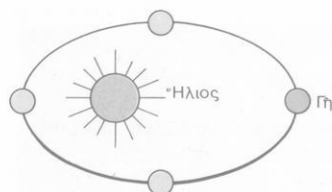
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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 πού τά ξεετάζουμε μαζί σαν ένα σώμα, αποτελούν σύστημα σωμάτων.
Σέ κάθε σύστημα σωμάτων διακρίνουμε έξωτερικές και έσωτερικές δυνάμεις.
3. Η όλική όρμη ενός συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή, όταν ή συνισταμένη των έξωτερικών δυνάμεων του συστήματος είναι ίση μέ μηδέν.
4. Μέ τό θεώρημα διατηρήσεως τής όρμης μπορούμε νά έρμηνεύσουμε τήν ανάκρουση των όπλων, τήν πρόωθηση των πυραύλων και των άεριοθουμένων άεροπλάνων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α. Πότε ένα σώμα έχει όρμη;
β. Τί γνωρίζετε γιά τό μέτρο, τή διεύθυνση και τή φορά τής όρμης ενός σώματος;
2. Νά διατυπώσετε τό θεώρημα διατηρήσεως τής όρμης.
3. Δύο σώματα έχουν τήν ίδια μάζα και τήν ίδια κινητική ενέργεια ($E_{κιν} = \frac{1}{2} m \cdot u^2$). Οι όρμές των σωμάτων αυτών είναι ίσες ή άνισες;
4. Όταν ό άνθρωπος, πού φαίνεται στό διπλανό σχήμα, πηδήσει πρós τήν αποβάθρα, ή βάρκα όπισθοχωρεί. Νά εξηγήσετε τό φαινόμενο αυτό.
5. Όταν ή συνισταμένη των δυνάμεων πού άσκούνται sé ένα σώμα είναι ίση μέ τό μηδέν, ή όρμη του σώματος είναι:
α) μηδέν; β) διάφορη από τό μηδέν και σταθερή; γ) διάφορη από τό μηδέν και μεταβλητή;





Σχ. 1. Περιοδική κίνηση

10η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

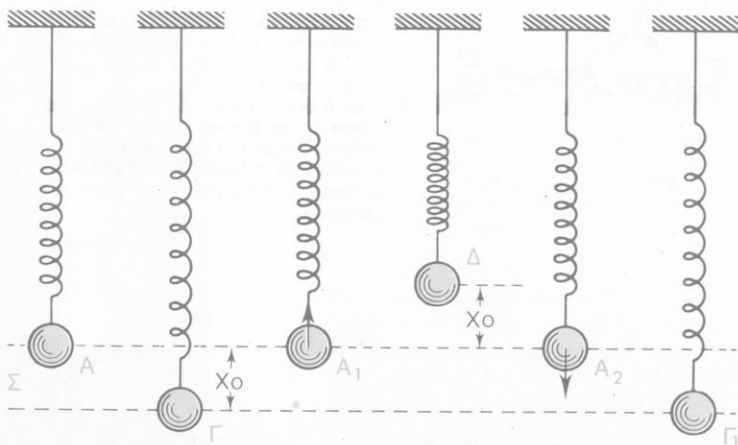
I. ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ἡ κίνηση τῆς Γῆς γύρω ἀπὸ τὸν Ἥλιο (Σχ. 1) ὀλοκληρῶνεται 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 ρυθμὸ). Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς ἐνὸς φάρου. Ἡ ἐκπομπή αὐτῆ τοῦ φωτός, πού διακόπτεται μὲ ὀρισμένο ρυθμὸ, εἶναι ἐπίσης ἓνα **περιοδικό φαινόμενο**. Ἄρα:

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

Στὰ περιοδικά φαινόμενα ἀνήκουν καὶ οἱ ταλαντώσεις.



II. ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

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

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

τό ελατήριο επιμηκύνεται και τό σώμα έρχεται στή θέση Γ. Όταν τώρα τό αφήσουμε ελεύθερο, θά παρατηρήσουμε ότι κινείται προς τά πάνω, φθάνει στήν αρχική θέση ισορροπίας του (θέση Α₁), κατόπιν έρχεται στή θέση Δ (συμμετρική τής Γ ως προς τήν Α₁) και μετά κατεβαίνει, γιά νά φθάσει τελικά στή θέση Γ₁ περνώντας από τή θέση Α₂. Στή συνέχεια, τό σώμα επαναλαμβάνει τήν ίδια παλινδρομική κίνηση μεταξύ των άκρικών θέσεων Γ, Δ. Η κίνηση αυτή λέγεται **ταλάντωση**.

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

β. Χαρακτηριστικά μεγέθη μιάς ταλαντώσεως. Τό σώμα πού φαίνεται στό Σχ. 5 εκτελεί ταλάντωση περί τή θέση ισορροπίας του Ο και μεταξύ των άκρικών θέσεων Α και Γ.

Η απόσταση μιάς τυχαίας θέσεως Δ του σώματος από τή θέση ισορροπίας του Ο λέγεται **άπομάκρυνση x**.

Η μέγιστη άπομάκρυνση (ΟΓ) ή (ΟΑ) του σώματος από τή θέση ισορροπίας του Ο λέγεται **πλάτος x₀** τής ταλαντώσεως.

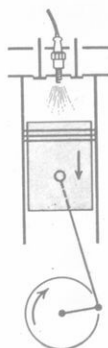
Η κίνηση του σώματος από τό σημείο Α στό σημείο Γ και ή επιστροφή του από τό Γ στό Α λέγεται **μία ταλάντωση**. Μία ταλάντωση είναι και ή κίνηση του σώματος από τό σημείο Ο στό σημείο Γ, στή συνέχεια από τό Γ στό Α και από τό Α πάλι στό Ο.

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

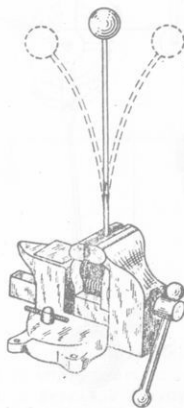
Αν τό σώμα εκτελεί N ταλαντώσεις σέ χρόνο t, τό πηλίκο $\frac{N}{t}$, εκφράζει τή συχνότητα ν τής ταλαντώσεως.

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

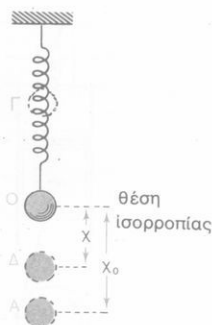
γ. Αμείωτη και φθίνουσα ταλάντωση. Μία ταλάντωση λέγεται **αμείωτη**, όταν τό πλάτος της x₀ παραμένει σταθερό. Μία ταλάντωση λέγεται **φθίνουσα**, όταν τό πλάτος της ελαττώνεται μέ τήν πάροδο του χρόνου. Η ελάττωση του πλάτους οφείλεται σέ διάφορες τριβές και αντίστάσεις, πού καταναλώνουν τή μηχανική ενέργεια και τή μετατρέπουν σέ άχρηστη γιά τήν ταλάντωση θερμότητα. Κατά κανόνα, λοιπόν, οι ταλαντώσεις είναι φθίνουσες.



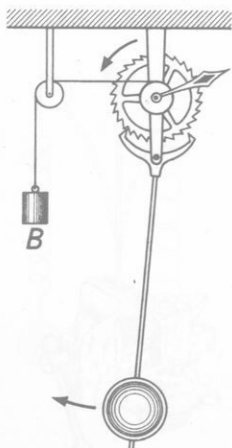
Σχ. 3. Τό έμβολο τής μηχανής εκτελεί ταλάντωση μέσα στον κύλινδρο.



Σχ. 4. Ταλάντωση σφαίρας στό άκρο έλάσματος.



Σχ. 5.



Σχ. 6. Τό εκκρεμές ενός ρολογιού του τοίχου εκτελεί αμείωτες ταλαντώσεις.

Γιά νά εκτελεῖ ἓνα σῶμα ἀμείωτη ταλάντωση πρέπει περιοδικά νά τοῦ δίνουμε τήν κατάλληλη ποσότητα ἐνέργειας, ὅση δηλ. χάνει ἀπό τίς τριβές καί τίς ἀντιστάσεις. Τό ἐκκρεμές ἐνός ρολογιοῦ τοῦ τοίχου (Σχ. 6) κάνει ἀμείωτη ταλάντωση, γιατί μέ τή βοήθεια ἐιδικοῦ 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. Ὄταν ἀπομακρύνουμε τό σῶμα Σ ἀπό τή θέση ἰσορροπίας του (Σχ. 2), τό παλλόμενο σύστημα «σῶμα-ἐλατήριο» ἀποκτᾶ 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 ἐνός 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 ἐνός 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.

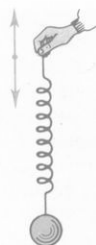
Στήν περίπτωση αὐτή τό χέρι μας λέγεται διεγέρτης. Ἄρα:

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

* καί εἶναι σταθερή, εἴτε εἶναι φθίνουσα εἴτε ἀμείωτη.

έξωτερική δύναμη (διεγέρτης) με συχνότητα ν .

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



Σχ. 7. Έξαναγκασμένη ταλάντωση.

IV. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

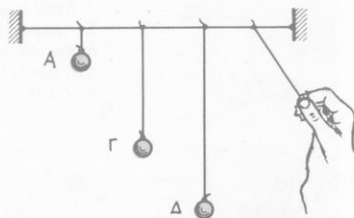
α. **Έννοια συντονισμού.** Όταν στο προηγούμενο πείραμα (Σχ. 7) μεταβάλλουμε τη συχνότητα του χεριού μας (του διεγέρτη), παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται και το πλάτος της ταλάντωσης. Στην περίπτωση που η συχνότητα του χεριού μας γίνει ακριβώς ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο. Θα 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 άμαξώματος του αυτοκινήτου (π.χ. τά τζάμια) συντονίζεται με τον κινητήρα του, όποτε το μέρος αυτό ταλαντώνεται με μεγάλο πλάτος και παράγεται ένας ισχυρός και ενοχλητικός ήχος (τρίζουν τά τζάμια). Ανάλογο φαινόμενο συμβαίνει όταν ένα αεροπλάνο πετάει πολύ χαμηλά, όποτε τρίζουν τά τζάμια των σπιτιών της περιοχής που συντονίζονται.

2. Όταν τά τμήματα του στρατού περνούν μία γέφυρα, οί στρατιώτες βαδίζουν ελεύθερα (χωρίς ρυθμό ή «βήμα»), γιατί όταν βαδίζουν ρυθμικά μπορεί νά συντονισθεί ή γέφυρα με τον κίνδυνο νά καταρρεύσει.



Σχ. 8. Με τό χέρι μας έλκουμε περιοδικά τό νήμα, όποτε τά έκκρεμή Α, Γ, και Δ εκτελούν εξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Μπορούμε διαδοχικά νά πετύχουμε συντονισμό του χεριού μας με τά έκκρεμή 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 άκραιών θέσεων τής τροχιάς του.
3. Σέ κάθε ταλάντωση διακρίνουμε τήν άπομάκρυνση, 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 τής έξαναγκασμένης ταλαντώσεως γίνεται μέγιστο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ένα παλλόμενο σύστημα έκτελεί έλεύθερη ταλάντωση καί πότε έξαναγκασμένη;
2. Σέ ποίο είδος ταλαντώσεως παρατηρείται τό φαινόμενο του συντονισμού; Πότε στήν ταλάντωση αυτή θά έχουμε συντονισμό καί ποίο είναι τό αποτέλεσμα του;
3. Τί είδους ενέργεια έχει τό σώμα πού ταλαντώνεται στό Σχ. 5 α) όταν περνάει από τίς άκραιες θέσεις Α καί Γ; β) όταν περνάει από τή θέση ίσορροπίας του Ο; γ) όταν περνάει από τυχαία θέση Δ;
4. Σέ ποιές θέσεις τής τροχιάς του τό ταλαντούμενο σώμα του Σχ. 5 έχει τή μέγιστη δυναμική ενέργεια καί σέ ποιές θέσεις έχει τή μέγιστη κινητική ενέργεια;

ΕΚΚΡΕΜΕΣ – ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

I. ΦΥΣΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

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 , και 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.

Ή ταλάντωση του φυσικού εκκρεμοῦς οφείλεται στή **ροπή** του βάρους του B ως προς τόν άξονα περιστροφής O (Σχ. 1).

II. ΑΠΛΟ Ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

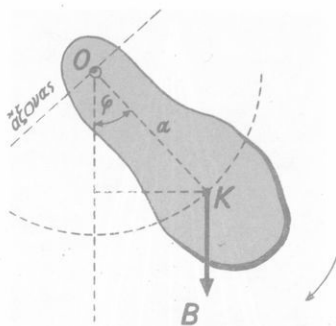
α. Περιγραφή και μελέτη τής κινήσεως του άπλου εκκρεμοῦς. Τό άπλο εκκρεμές αποτελείται από μία μικρή **σφαίρα** που είναι κρεμασμένη από ένα σταθερό σημείο O (Σχ. 3) μέ ένα ελαφρό και μή έκτατό νήμα. "Αν άπομακρύνουμε τό άπλο εκκρεμές από τή θέση ισορροπίας του OA κατά μικρή γωνία φ και μετά τό αφήσουμε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

Ή ταλάντωση του άπλου εκκρεμοῦς εξηγείται ως εξής:

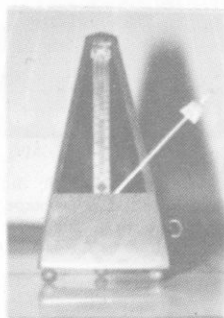
Έπάνω στή σφαίρα, όταν τήν αφήσουμε ελεύθερη στή θέση Γ , ασκούνται δύο δυνάμεις, ή δύναμη F από τό νήμα και τό βάρος της B από τή $\Gamma\eta$. Ή δύναμη B αναλύεται στίς **συνιστώσες** B_1 (κατά τή διεύθυνση του νήματος) και B_2 (κατά διεύθυνση κάθετη στο νήμα). Ή σφαίρα αρχίζει νά κινείται προς τό A μέ τήν επίδραση τής συνιστώσας B_2 . Όταν τό εκκρεμές φθάσει στή θέση ισορροπίας του OA , ή B_2 μηδενίζεται, ή σφαίρα όμως συνεχίζει νά κινείται λόγω αδράνειας.

Όταν ή σφαίρα ανεβαίνει προς τό Δ , ή συνιστώσα B_2 αλλάζει φορά (γίνεται B_2'), οπότε ή ταχύτητα u ελαττώνεται και μηδενίζεται γιά μία στιγμή στο Δ . Μετά τή θέση Δ επαναλαμβάνονται τά ίδια φαινόμενα.

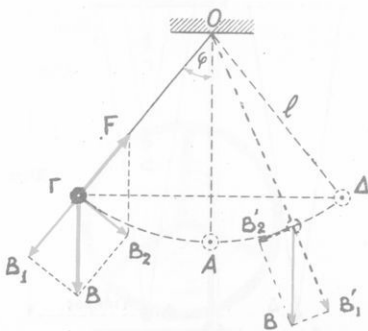
β. Χαρακτηριστικά μεγέθη του άπλου εκ-



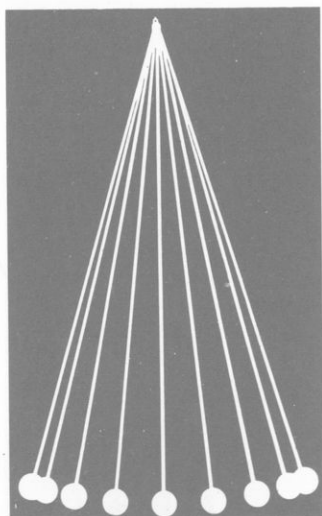
Σχ. 1. Φυσικό εκκρεμές.



Σχ. 2. Μετρονόμος.



Σχ. 3. (α) Άπλο εκκρεμές.



Σχ. 3. β 'Η χρονοφωτογραφία δείχνει τις διαδοχικές θέσεις του άπλου έκκρεμου, όταν ταλαντώνεται ελεύθερα.

κρεμούς. 'Η απόσταση του σταθερού σημείου Ο από τό κέντρο της σφαίρας (δηλ. τό μήκος περίπου του νήματος) λέγεται **μήκος /** του **άπλου έκκρεμου** (Σχ. 3).

'Η **γωνία φ**, κατά την οποία απομακρύνουμε τό έκκρεμές από τή θέση ισορροπίας του ΟΑ, λέγεται **πλάτος του άπλου έκκρεμου**. 'Η κίνηση του έκκρεμου από τό σημείο Γ στό σημείο Δ καί ή επιστροφή του από τό Δ στό Γ λέγεται **μία ταλάντωση**.

Γιά τήν περίοδο καί τή συχνότητα του άπλου έκκρεμου ισχύουν όσα αναφέραμε στις ταλαντώσεις (10η ένότητα).

γ. **Μέτρηση τής περιόδου του άπλου έκκρεμου**. Γιά νά βρούμε τήν περίοδο Τ του άπλου έκκρεμου, άρκεί μέ ένα χρονόμετρο νά μετρήσουμε τή χρονική διάρκεια πολλών **ταλαντώσεων** καί μετά νά κάνουμε μία διαίρεση. 'Αν π.χ. γιά 10 ταλαντώσεις μετρήσουμε χρόνο 20sec, ή περίοδος του έκκρεμου θά είναι

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

δ. **Νόμοι του άπλου έκκρεμου**. 1. 'Απομακρύνουμε τό έκκρεμές Δ (Σχ. 4) από τή θέση ισορροπίας του κατά μικρή γωνία (π.χ. 5°). Μετράμε τήν περίοδο του καί βρίσκουμε ότι είναι περίπου ίση μέ 1,95sec. 'Επαναλαμβάνουμε τό πείραμα μέ διαφορετικό πλάτος καί βρίσκουμε πάλι τήν ίδια περίοδο 1,95sec.

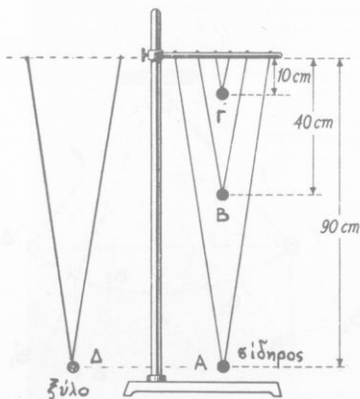
'Επομένως:

'Η περίοδος του άπλου έκκρεμου είναι ανεξάρτητη από τό πλάτος του, όταν αυτό παίρνει μικρές τιμές (π.χ. μέχρι 5°).

2. Μετράμε τήν περίοδο του έκκρεμου Α (Σχ. 4) καί βρίσκουμε ότι είναι περίπου ίση μέ 1,95sec, όση δηλ. καί του Δ. Παρατηρούμε ότι τά δύο έκκρεμή Α καί Δ έχουν τό ίδιο μήκος (90cm) καί οί σφαίρες τους αποτελούνται από διαφορετικό ύλικό καί έχουν διαφορετική μάζα. 'Αρα:

'Η περίοδος του άπλου έκκρεμου είναι ανεξάρτητη από τό ύλικό καί τή μάζα της σφαίρας του, όταν τό μήκος του παραμένει σταθερό.

3. Μετράμε τήν περίοδο των έκκρεμων Α, Β καί Γ (Σχ. 4) καί βρίσκουμε περίπου τίς τιμές που αναγράφονται στον πίνακα Ι.



Σχ. 4.

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

Στόν πίνακα αυτό τών τιμών παρατηρούμε τά εξής: "Όταν τό μήκος l του έκκρεμοῦς 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 έκκρεμοῦς 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:

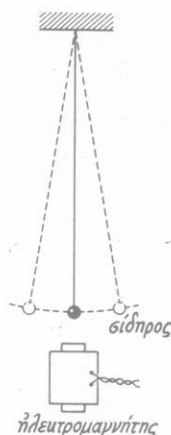
Η περίοδος του άπλου έκκρεμοῦς, σέ έναν όρισμένο τόπο, είναι ανάλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα του μήκους του.

4. "Αν μετρήσουμε τήν περίοδο ενός έκκρεμοῦς στόν ίσημερινό τής Γῆς ($g = 9,78 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι π.χ. περίπου $T = 1,905\text{sec}$. "Αν ξαναμετρήσουμε τήν περίοδο του ίδιου έκκρεμοῦς στόν Ἀθήνα ($g = 9,80 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι περίπου $T = 1,903\text{sec}$ καί ἂν ἐπαναλάβουμε τή μέτρηση στόν πόλο τής Γῆς ($g = 9,83 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε περίπου $T = 1,900\text{sec}$. Ἀπό τίς μετρήσεις αὐτές παρατηρούμε ότι ή περίοδος ενός άπλου έκκρεμοῦς μικραίνει, όταν αὐξάνεται ή ἐπιτάχυνση τής βαρύτητας g . Μέ ακριβεῖς μετρήσεις ἀποδεικνύεται ότι:

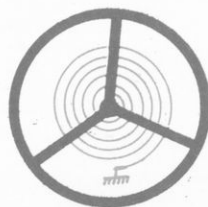
Η περίοδος του άπλου έκκρεμοῦς είναι ἀντιστρόφως ανάλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα τής ἐπιτάχυνσεως τής βαρύτητας g , όταν τό μήκος του παραμένει σταθερό.

Αυτό σημαίνει ότι, όταν τετραπλασιάζεται τό g , ή περίοδος του έκκρεμοῦς γίνεται ἴση μέ τό μισό τής ἀρχικῆς (ὑποδιπλασιάζεται) κτλ.

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



Σχ. 5. Ὁ ἤλεκτρομαγνήτης ἔλκει τή σιδερένια σφαῖρα καί ἐτσι προκαλεῖ μία φαινομενική αὐξηση του βάρους τῆς, δηλ. μία φαινομενική αὐξηση του g .



Σχ. 6. Αἰωρητής συνηθισμένου ρολογιού.

του έκκρεμοῦς, πρῶτα χωρὶς τὴν ἐπίδραση τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη καὶ ὕστερα μὲ τὴν ἐπίδραση τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη ἀπὸ κάτω, θὰ διαπιστώσουμε ὅτι στὴ δευτέρη περίπτωση ἡ περίοδος εἶναι μικρότερη. Ἐπομένως, ἡ περίοδος τοῦ έκκρεμοῦς μικραίνει, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g .

Οἱ τέσσερις αὐτοὶ νόμοι τοῦ ἀπλοῦ έκκρεμοῦς (δηλ. τὰ τέσσερα συμπεράσματα πού βγάλαμε ἀπὸ τὰ πειράματα) ἀποδεικνύεται ὅτι ἐκφράζονται μὲ τὴ 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 τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων εἶναι πολὺ μικρὸ.

III. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Γιὰ νὰ μετράμε τὸ χρόνο χρησιμοποιοῦμε τὰ ρολόγια, πού περιέχουν ἓνα κατάλληλο σύστημα, ἱκανὸ νὰ ἐκτελεῖ ἀμείωτες ταλαντώσεις μὲ σταθερὴ καὶ γνωστὴ περίοδο. Ἡ μέτρηση τοῦ χρόνου στηρίζεται στὸ γεγονός ὅτι οἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονες.

Σέ πολλὰ ρολόγια τοίχου, τὸ ταλαντούμενο σύστημα εἶναι ἓνα φυσικὸ έκκρεμές, ἐνῶ σὰ ρολόγια χεριοῦ ἢ τσέπης εἶναι ἓνας αἰωρητῆς (Σχ. 6).

Ἐκτός ἀπὸ αὐτὰ ὑπάρχουν σήμερα καὶ τὰ ἠλεκτρονικὰ ρολόγια μὲ χαλαζία πού μετροῦν τὸ χρόνο μὲ μεγάλη ἀκρίβεια, γιατί ἔχουν πολὺ μικρὴ καὶ σταθερὴ περίοδο, περίπου ἴση μὲ

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Φυσικό έκκρεμές λέγεται κάθε στερεό σώμα που μπορεί να ταλαντώνεται γύρω από οριζόντιο άξονα που δεν 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. Η περίοδος του άπλου έκκρεμοῦς είναι ανεξάρτητη από τό πλάτος του (όταν αυτό είναι μικρό), από τό ύλικό και τή μάζα τής σφαίρας του.
4. Η περίοδος του άπλου έκκρεμοῦς δίνεται από τή σχέση:

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

5. Η κίνηση του έκκρεμοῦς βρίσκει εφαρμογή στή μέτρηση του χρόνου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά διατυπώσετε τούς νόμους του άπλου έκκρεμοῦς.
2. Η κίνηση του άπλου έκκρεμοῦς (Σχ. 3α) από τό Γ στό Α είναι α) όμαλή; β) επιταχυνόμενη; γ) όμαλά επιταχυνόμενη; δ) επιβραδυνόμενη; ε) όμαλά επιβραδυνόμενη; Νά απαντήσετε στά ίδια ερωτήματα 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 η περίοδος άπλου έκκρεμοῦς, όταν τό μήκος του είναι 1,6m και $g = 10\text{m/sec}^2$;
2. Η περίοδος ενός μαθηματικού έκκρεμοῦς είναι 1,3sec και τό μήκος του είναι 0,4m. Πόσο είναι τό g στον τόπο που κινείται τό έκκρεμές;
3. Άπλό έκκρεμές εκτελεί 10 ταλαντώσεις σε χρόνο 20sec. Πόσο είναι τό μήκος του, όταν $g = 10\text{m/sec}^2$;

ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όταν φυσάει άνεμος, τό ύφασμα τής σημαίας αναδιπλώνεται καί ή αναδιπλωση αὐτή διαδίδεται κατά μήκος τοῦ ύφάσματος. Λέμε τότε ὅτι ή σημαία **κυματίζει** (Σχ.1).

Όταν ένα πλοίο κινείται, ταραζεται τό νερό τής θάλασσας. Η διαταραχή αὐτή διαδίδεται στήν ἐπιφάνεια τής θάλασσας καί πολλές φορές φθάνει ὡς τήν ἀκτή. Λέμε τότε ὅτι στήν ἐπιφάνεια τής θάλασσας σχηματίζονται κύματα (Σχ.2).

Ό ἀσυρματιστής ἑνός πλοίου, πού κινδυνεύει ἀπό τά κύματα τής θάλασσας, ἐκπέμπει τό S.O.S. μέ τή βοήθεια ἄλλων κυμάτων, τῶν **ερτζιανῶν ἢ ἠλεκτρομαγνητικῶν** κυμάτων.

Η γνώση τῶν κυμάτων μᾶς εἶναι ἀπαραίτητη, γιατί τά κύματα ἔχουν στενή σχέση μέ τόν ἤχο, τό φῶς, τή ραδιοφωνία, τήν τηλεόραση κτλ.

II. ΚΥΜΑΤΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

α. Όρισμός τοῦ κύματος. Η λεκάνη πού φαίνεται στό Σχ. 3α περιέχει λίγο νερό. Στήν ἤρεμη ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ ὑπάρχουν κομμάτια φελλοῦ. Ταραζοῦμε τήν ἤρεμη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ σέ ἕνα σημεῖο O μέ τή βοήθεια ἑνός διαπασῶν ἢ ρίχνοντας στό σημεῖο O σταγόνες νεροῦ μέ σταγονόμετρο. Παρατηροῦμε τότε ὅτι ή **ἐλαστική διαταραχή** πού δημιουργοῦμε στό σημεῖο O διαδίδεται στήν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέ τή μορφή ὁμόκεντρων κύκλων, πού ἔχουν κέντρο τό σημεῖο O καί ἀκτίνα συνεχῶς αὐξανόμενη (δηλ. σχηματίζονται κινούμενες «ρυτίδες») (Σχ. 3β). Παρατηροῦμε ἀκόμη ὅτι οἱ φελλοῖ κινούνται, ὁμως δέν ἀρχίζουν ὅλοι συγχρόνως τήν κίνησή τους, ἀλλά πρῶτα ἀρχίζει νά κινεῖται ὁ A, ὕστερα ὁ B κ.ο.κ. Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι ή ἀρχική διαταραχή διαδίδεται μέ ὀρισμένη ταχύτητα, ἀφοῦ χρειάζεται κάποιον χρόνο γιά νά διαδοθεῖ σέ ὀρισμένη ἀπόσταση ($u = \frac{s}{t}$). Η διάδοση αὐτή τής ἐλαστικῆς διαταραχῆς λέγεται **κύμα ἐλαστικότητας**. Ἐπομένως:

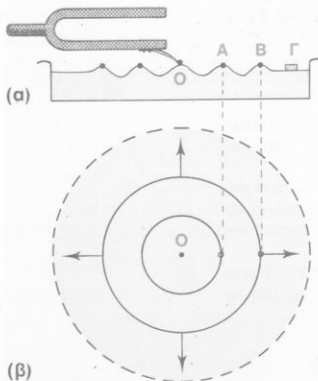
Κύμα ἐλαστικότητας λέγεται ή διάδοση μιάς ἐλαστικῆς διαταραχῆς, μέσα σέ ἕνα ἐλαστικό μέσο, μέ ὀρισμένη ταχύτητα.



Σχ. 1.



Σχ. 2.



Σχ. 3. Τά κύματα ἀπομακρύνονται ἀπό τήν πηγή O.

β. Μεταφορά ενέργειας με τὰ κύματα. Στο πείραμα πού αναφέραμε προηγουμένως (Σχ. 3α) παρατηρούμε ακόμη ότι οι φελλοί δέ μετατοπίζονται οριζόντια, δηλ. δέν απομακρύνονται από τό σημείο Ο, άλλα ταλαντώνονται κατακόρυφα, ὅπως καί τό σημείο Ο. Τήν ἴδια κίνηση μέ τούς φελλούς κάνουν καί τὰ διάφορα μόρια τῆς ἐπιφάνειας τοῦ νεροῦ μέ ἀποτέλεσμα σέ άλλα σημεία τῆς νά σχηματίζονται ὑψώματα, πού λέγονται «**ὄρη**» καί σέ άλλα νά σχηματίζονται κοιλώματα, πού λέγονται «**κοιλιάδες**». Ἐπειδή οἱ φελλοί χρειάζονται κάποια ἐνέργεια γιά νά ἀρχίσουν νά ταλαντώνονται, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ ἐνέργεια πού δώσαμε στό σημείο Ο μεταφέρεται διαδοχικά στά διάφορα μόρια τῆς ἐπιφάνειας τοῦ νεροῦ. Ἐπομένως:

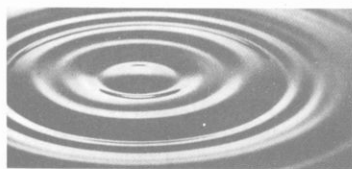
Τά κύματα μεταφέρουν ἐνέργεια, ἀπό τό ἓνα μόριο τοῦ μέσου πού διαδίδονται στό ἄλλο, χωρίς νά μεταφέρουν τήν ὕλη τοῦ μέσου αὐτοῦ.

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

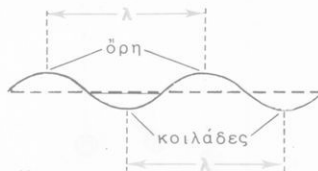
Ἡ συχνότητα καί ἡ περίοδος ἑνός κύματος εἶναι ἴσες ἀντιστοίχως μέ τή συχνότητα καί τήν περίοδο τῆς πηγῆς τῶν κυμάτων.

δ. Στιγμιότυπο τοῦ κύματος. Ἄν φωτογραφίσουμε τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ὅταν διαδίδονται σ' αὐτή κύματα, θά πάρουμε μία εἰκόνα περίπου σάν αὐτή πού φαίνεται στό Σχ. 4. Ἡ εἰκόνα αὐτή λέγεται **στιγμιότυπο τοῦ κύματος** καί δείχνει καθαρά τὰ «**ὄρη**» καί τίς «**κοιλιάδες**». Ἄν ξαναφωτογραφίσουμε τήν ἴδια ἐπιφάνεια λίγο ἀργότερα, θά πάρουμε ἓνα ἄλλο στιγμιότυπο τοῦ κύματος πού θά ἔχει πάλι «**ὄρη**» καί «**κοιλιάδες**» ὄχι ὁμως στήν ἴδια θέση μέ τό πρῶτο, γιατί τὰ «**ὄρη**» καί οἱ «**κοιλιάδες**» κινούνται πάνω στήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καί ἀπομακρύνονται ἀπό τήν πηγή. Ἐπομένως:

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



(α)



(β)

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

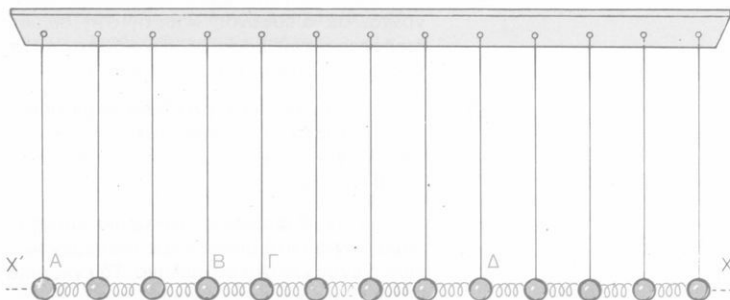
1. Κύμα ελαστικότητας λέγεται ή διάδοση μιάς διαταραχής μέσα σέ ένα ελαστικό μέσο, με όρισμένη ταχύτητα.
2. Τά κύματα μεταφέρουν ενέργεια από τό ένα μόριο στό άλλο χωρίς νά μεταφέρουν ύλη.
3. Ή συχνότητα καί ή περίοδος τών κυμάτων είναι άντίστοιχα ίσες με τή συχνότητα καί τήν περίοδο τής πηγής τών κυμάτων.
4. Τό στιγμιότυπο του κύματος μάς 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 με όρισμένη ταχύτητα καί όχι με άπειρη ταχύτητα;
4. Πώς από τό πείραμα του Σχ. 3α μπορείτε νά συμπεράνετε ότι τό κύμα μεταφέρει ενέργεια καί δε μεταφέρει ύλη;
5. Ποιά είναι ή περίοδος καί ή συχνότητα τής ταλαντώσεως τών φελλών στό Σχ. 3α;

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ

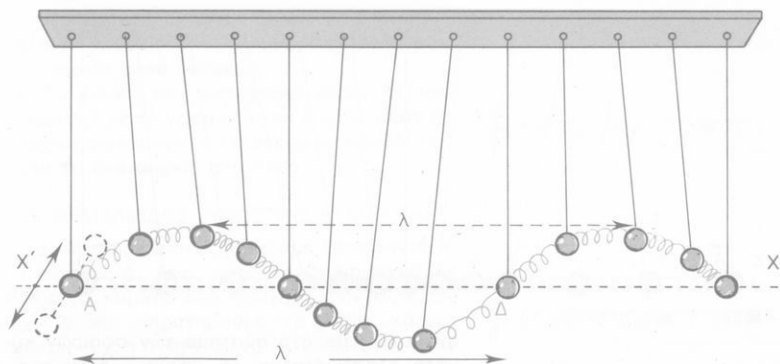
Ι. ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ



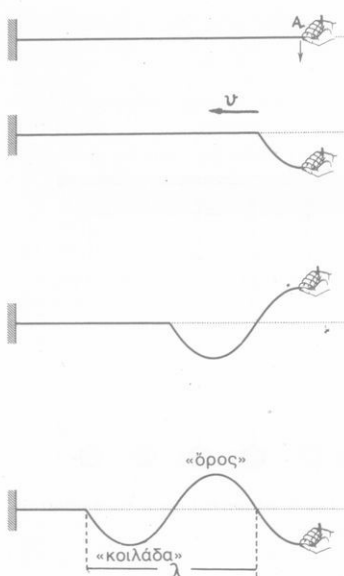
Σχ. 1. Έλαστικό μέσο (μονοδιάστατο).

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 κατά διεύθυνση κάθετη στήν εὐθεῖα Χ'Χ (Σχ. 2), θά παρατηρήσουμε ὅτι ἀρχίζουν νά ταλαντώνονται κατά τήν ἴδια διεύθυνση καί οἱ ἄλλες σφαῖρες, διαδοχικά ἢ μία μετά τήν ἄλλη. Ἐπομένως, στό σύστημα αὐτό τῶν σφαιρῶν παράγονται κύματα ἐλασικότητας πού ἔχουν πηγή τή σφαῖρα Α.



Σχ. 2. Ἐγκάρσια κύματα.



Σχ. 3. Έγκάρσια κύματα κατά μήκος τεντωμένου σχοινοῦ ἢ ἐλαστικοῦ σωλήνα.

Ἡ ἐνέργεια πού δώσαμε στήν πηγή A διαδίδεται κατά τή διεύθυνση X'X, γιατί κατά τή διεύθυνση αὐτή διαδίδεται καί ἡ ἀρχική διαταραχή (ταλάντωση). Ἡ διεύθυνση αὐτή X'X λέγεται **διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος**.

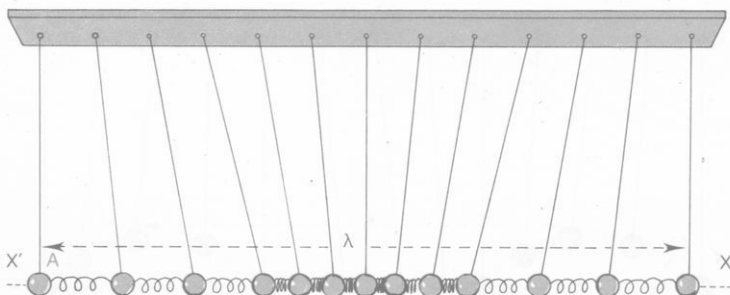
Μποροῦμε λοιπόν νά ποῦμε ὅτι στά κύματα πού φαίνονται στό Σχ. 2 οἱ σφαῖρες ταλαντώνονται σέ διεύθυνση κάθετη στή διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος. Τά κύματα αὐτά λέγονται **ἐγκάρσια**. Ἐπομένως:

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 κατά μήκος ἑνός τεντωμένου σχοινοῦ ἢ ἑνός ἐλαστικοῦ σωλήνα. Τά ἐγκάρσια κύματα ἐλαστικότητας σχηματίζονται μόνο στά στερεά σώματα καί κατά προσέγγιση στήν ἐπιφάνεια τῶν ὑγρῶν. Κατά τή διάδοση τῶν ἐγκάρσιων κυμάτων τά μόρια τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου δημιουργοῦν «ὄρη» καί «κοιλιάδες», πού μετακινοῦνται συνεχῶς, ἔτσι ὥστε νά ἀπομακρύνονται ἀπό τήν πηγή.

II. ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ

Στήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 1 θέτομε σέ ταλάντωση τή σφαῖρα A κατά τή διεύθυνση X'X. Παρατηροῦμε ὅτι καί πάλι



Σχ. 4. Διαμήκη κύματα.

σχηματίζονται στό σύστημα τῶν σφαιρῶν κύματα ἐλαστικότητας. Οἱ σφαῖρες στήν περίπτωσή αὐτή ταλαντώνονται κατά τή διεύθυνση

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

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

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

III. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

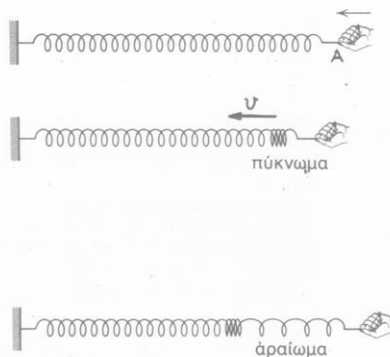
Στήν πειραματική διάταξη του Σχ. 1 άφαιρούμε ένα ελατήριο, π.χ. αυτό που συνδέει τίς σφαίρες Β καί Γ. Ύστερα θέτουμε σε ταλάντωση τή σφαίρα Α καί παρατηρούμε ότι ή διαταραχή φθάνει ως τή σφαίρα Β, αλλά δέ διαδίδεται πιό πέρα, γιατί μεταξύ τών σφαιρών Β καί Γ δέν υπάρχει **ελαστικός σύνδεσμος**, δηλ.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

Γιά να σχηματιστούν κύματα ελαστικότητας πρέπει:

1. Νά δημιουργηθεί σε κάποιο σημείο ενός υλικού μέσου μία διαταραχή, δηλ. να πάρει τό σημείο αυτό ενέργεια.
2. Τό σημείο που ταραχτήκε να συνδέεται ελαστικά μέ τά γειτονικά του σημεία, ώστε ή αρχική διαταραχή (ή ενέργεια) να 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 τών σφαιρών (Σχ. 2) καί παρατηρούμε τό έξής. Κάποια σφαίρα, π.χ. ή Δ, αρχίζει να 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 (Δd) ονομάζεται μήκος κύματος λ . Άρα:

Μήκος κύματος λ λέγεται ή 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 ένότητας). 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 όρισμό του μήκους κύματος και τη γνωστή σχέση $s = u \cdot t$ προκύπτει ή εξίσωση $\lambda = u \cdot T$, όπου u είναι ή ταχύτητα διαδόσεως του κύματος (ταχύτητα διαδόσεως τής διαταραχής). Έπειδή $T = \frac{1}{\nu}$, ή εξίσωση $\lambda = u \cdot T$ γράφεται:

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

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

V. ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στή φύση σχηματίζονται πολλά είδη κυμάτων ελαστικότητας, όπως τά μεγάλα κύματα του ώκεανού και τής θάλασσας, τά κύματα πού σχηματίζονται στά τεντωμένα σχοινιά και στά ελατήρια κτλ. Καταλαβαίνουμε ότι υπάρχουν όλα αυτά τά κύματα, γιατί **βλέπουμε** τή διαταραχή (πύκνωμα, αραιώμα, «όρος», «κοιλάδα») και τήν κίνησή της.

Υπάρχουν και κύματα ελαστικότητας στά όποια **δέ βλέπουμε** τή διαταραχή, όμως τά κύματα αυτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε έρεθίζουν τά αϊτιά μας και γίνονται άντιληπτά σάν ήχος. Αϊτά τά κύματα ελαστικότητας λέγονται **ήχητικά**.

Έκτός από τά κύματα ελαστικότητας υπάρχουν και τά **ήλεκτρομαγνητικά κύματα**. Μερικά από τά κύματα αυτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε έρεθίζουν τά μάτια μας και γίνονται άντιληπτά σάν φώς. Τά ήλεκτρομαγνητικά αϊτά κύματα λέγονται **φωτεινά κύματα**. Όλα τά κύματα, ελαστικότητας και ήλεκτρομαγνητικά, είναι κινούμενες διαταραχές πού μεταφέρουν ενέργεια, δέ μεταφέρουν ύλη και έχουν πολλές άλλ-

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

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

Τά αυτιά και τὰ μάτια μας λοιπόν είναι **δέκτες** κυμάτων και ἐρεθίζονται με κύματα που έχουν κατάλληλες συχνότητες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στά ἐγκάρσια κύματα τὰ μόρια του ἐλαστικού μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διαδόσεως του κύματος, σχηματίζοντας «ὄρη» και «κοιλάδες».
2. Στά διαμήκη κύματα τὰ μόρια του ἐλαστικού μέσου ταλαντώνονται κατά τὴ διεύθυνση διαδόσεως του κύματος, σχηματίζοντας πυκνώματα και ἀραιώματα.
3. Μήκος κύματος λέγεται ἡ ἀπόσταση στήν ὁποία διαδίδεται ἡ διαταραχή σέ χρόνο ἴσο πρὸς τὴν περίοδο T του κύματος.
4. Ὁ θεμελιώδης τύπος τῆς κυματικῆς είναι: $u = \lambda \cdot \nu$

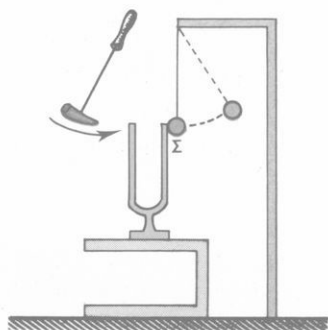
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές διαφορές υπάρχουν ἀνάμεσα σὲ διαμήκη και σὲ ἐγκάρσια κύματα;
2. Σέ ἓνα ὑλικό μέσο σχηματίζονται ἐγκάρσια κύματα. Ποιά ἀπὸ τὰ παρακάτω διαδίδονται τότε σὲ τὸ μέσο αὐτό: α. ἡ ὕλη; β. ἡ ἐνέργεια; γ. τὰ πυκνώματα και τὰ ἀραιώματα; δ. τὰ ὄρη και οἱ κοιλάδες; ε. τίποτε ἀπὸ ὅλα αὐτά;
3. Σέ ποιά σώματα σχηματίζονται ἐγκάρσια κύματα και σέ ποιά διαμήκη κύματα;
4. Ἡ ταχύτητα διαδόσεως του κύματος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μέσο σὲ ὅποιο σχηματίζεται τὸ κύμα. Ὅταν ἓνα κύμα ἀλλάζει μέσο διαδόσεως, τί μεταβάλλεται και τί μένει σταθερό: α. τὸ μήκος κύματος; β. ἡ συχνότητα; γ. ἡ ταχύτητα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ἡ συχνότητα ἑνὸς κύματος είναι $750 \cdot 10^{12}$ Hz και τὸ μήκος κύματος είναι $0,4 \cdot 10^{-6}$ m. Νά βρεῖτε τὴν ταχύτητα του κύματος.
2. Ἡ ταχύτητα τῶν φωτεινῶν κυμάτων στὸν ἀέρα είναι $3 \cdot 10^8$ m/sec. Πόση είναι ἡ συχνότητά τους, ὅταν τὸ μήκος κύματος στὸν ἀέρα είναι $0,8 \cdot 10^{-6}$ m; Πόση γίνεται ἡ συχνότητα αὐτὴ ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται σὲ τὸ νερό;
3. Στὸ πείραμα του Σχ. 1 ἡ σφαῖρα Α ἔχει περίοδο 1sec και ἡ ταχύτητα του κύματος πού παράγεται είναι 0,15 m/sec. Πόσο είναι τὸ μήκος κύματος;

Ο ΗΧΟΣ ΩΣ ΚΥΜΑ



Σχ. 1.

Όπως γνωρίζουμε, καθετί που γίνεται αντιληπτό με το αισθητήριο όργανο της άκοης (τό αυτή) το ονομάζουμε ήχο.

I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Η πειραματική διάταξη που εικονίζεται στο Σχ. 1 αποτελείται από ένα διαπασών και μία σφαίρα Σ, που βρίσκεται σε έπαφή με το ένα σκέλος του. Όταν χτυπήσουμε το άλλο σκέλος του διαπασών με ένα ελαστικό σφυράκι, θα ακούσουμε έναν ήχο και θα δούμε τη σφαίρα να αναπηδάει. Από τα αναπηδήματα της σφαίρας καταλαβαίνουμε ότι τα σκέλη του διαπασών ταλαντώνονται, όταν αυτό παράγει ήχο. (Η παλμική αυτή κίνηση γίνεται τόσο γρήγορα που το μάτι μας δεν μπορεί να την αντιληφθεί άμεσα, γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε το σφαιρίδιο). Με ανάλογο τρόπο παράγουν ήχο οι καμπάνες των εκκλησιών, οι χορδές των μουσικών οργάνων κτλ. Άρα:

Ο ήχος παράγεται από τις παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.

Οι ταλαντώσεις του ελάσματος Ε (Σχ.2) παράγουν ήχο.

II. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

α. Μέσα διαδόσεως του ήχου. Στο πείραμα του Σχ. 1, ανάμεσα στην ήχητική πηγή (διαπασών) και στο αυτί μας υπάρχει άερας. Επειδή ακούμε τον ήχο του διαπασών, συμπεραίνουμε ότι ο ήχος διαδίδεται στον αέρα.

Όταν βάλουμε το κεφάλι μας μέσα στη θάλασσα και χτυπήσουμε μέσα στο νερό δύο πέτρες που κρατάμε στα χέρια μας, ακούμε τον ήχο του χτυπήματος. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι ο ήχος διαδίδεται στο νερό.

Τοποθετούμε ένα ρολόι στο άκρο ενός ξύλινου τραπεζιού. Εφαρμόζουμε το αυτί μας στο άλλο άκρο του τραπεζιού και ακούμε καθαρά τους χτύπους του ρολογιού. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι ο ήχος διαδίδεται στο ξύλο.

Τοποθετούμε κάτω από τον κώδωνα αεραντλίας ένα ηλεκτρικό κουδούνι που λειτουργεί



Σχ. 2.

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

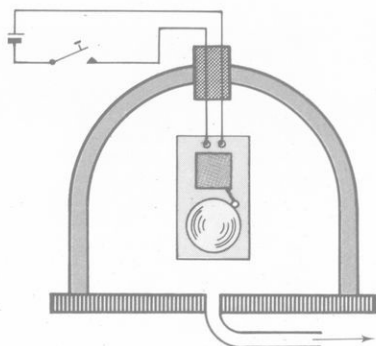
Ο ήχος διαδίδεται μόνο στα υλικά μέσα (στερεά, υγρά και αέρια), ενώ δε διαδίδεται στο κενό.

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 η πίεση είναι μεγαλύτερη από πριν. Τα μόρια του πυκνώματος αυτού ωθούν στη συνέχεια τα γειτονικά τους μόρια, οπότε 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. 3.



Σχ. 4. Ήχητικά κύματα.

III. ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΧΗΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

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

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

γ. Μήκος κύματος λέγεται ή απόσταση στην οποία φθάνει ή 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 ή ταχύτητα διαδόσεως του ήχου στα στερεά σώματα είναι πιό μεγάλη από ό,τι στα υγρά, και στα υγρά πιό μεγάλη από ό,τι στα αέρια.

Η ταχύτητα του ήχου εξαρτάται και από τή θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία, αυξάνεται και ή ταχύτητα του ήχου, όχι όμως ανάλογα προς αυτή. Στόν πίνακα I αναγράφονται μερικά παραδείγματα για τήν ταχύτητα του ήχου.

Γιά τήν ταχύτητα του ήχου ισχύει ο γνωστός τύπος της κυματικής:

$$u = \lambda \nu$$

ΠΙΝΑΚΑΣ I

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ο ήχος παράγεται από τίς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.
2. Ο ήχος διαδίδεται μόνο στά υλικά μέσα (στερεά, υγρά και αέρια), ενώ δε διαδίδεται στό κενό.
3. Τά ήχητικά κύματα είναι κύματα ελαστικότητας πού έχουν κατάλληλη συχνότητα, ώστε νά έρεθίζουν τό αυτί. 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 και από τή θερμοκρασία.

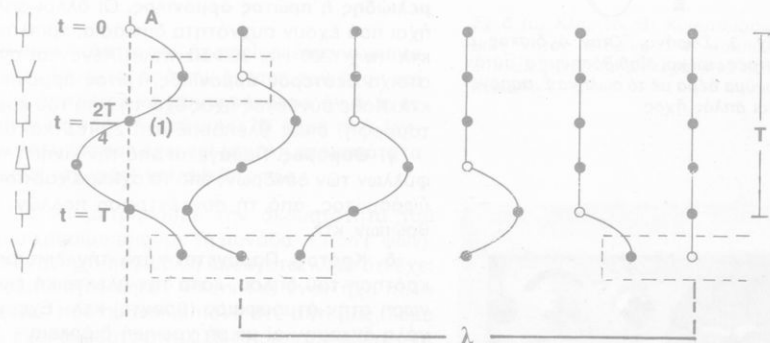
1. Τι είναι τα ήχητικά κύματα;
2. Μέσα στον αέρα παράγεται ένας ήχος. Τι διαδίδονται τότε μέσα στον αέρα; α. τα μόρια του αέρα; β. η ενέργεια της ήχητικής πηγής; γ. τα πυκνώματα και τα αραιώματα; δ. τα όρη και οι κοιλάδες; ε. τίποτε από όλα αυτά;
3. Τό διαπασών του Σχ. 4, πάλλεται με συχνότητα 440 Hz. Τό τύμπανο (ή μεμβράνη) του αυτιού πού ακούει τόν ήχο του διαπασών πάλλεται: α. με τήν ίδια συχνότητα; β. με μεγαλύτερη συχνότητα; γ. με μικρότερη συχνότητα;
4. Έξω από τήν ατμόσφαιρα γίνεται μία πολύ μεγάλη έκρηξη. Θα άκουστεί στήν επιφάνεια τής Γης;

1. Ό ήχος του διαπασών έχει συχνότητα 440 Hz. Πόσο είναι τό μήκος κύματος του ήχου αυτού στον αέρα, όταν ή ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340m/sec;
2. Αν ό ήχος πού αναφέρεται στό προηγούμενο πρόβλημα διαδίδεται στό νερό με ταχύτητα 1500 m/sec, νά βρείτε τό μήκος κύματος του ήχου αυτού στό νερό.
3. Στο ένα άκρο μιάς σιδηροτροχιάς πού έχει μήκος 12km παράγεται ένας δυνατός ήχος. Νά βρείτε τή διαφορά τών χρόνων πού χρειάζεται ό ήχος αυτός για νά φθάσει στό άλλο άκρο τής σιδηροτροχιάς, όταν κινείται μέσα στον αέρα και μέσα στό σίδηρο. Ό ταχύτητα του ήχου στον αέρα και στό σίδηρο είναι αντίστοιχα 340m/sec και 6000 m/sec.

15η ΕΝΟΤΗΤΑ

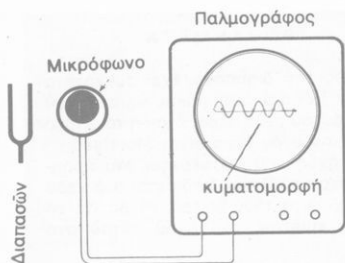
ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ – ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

I. ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

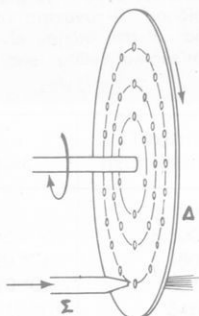


Όταν τά πυκνώματα και τά αραιώματα του ήχητικού κύματος διαδίδονται π.χ. στον αέρα, τά μόρια του αέρα εκτελούν παλινδρομική κίνηση περί τή θέση «ισορροπίας» τους. Στο Σχ. 1 ή κατακόρυφη εύθεια αντιστοιχεί στή θέση «ισορροπίας» του πρώτου μορίου και ή καμπύλη

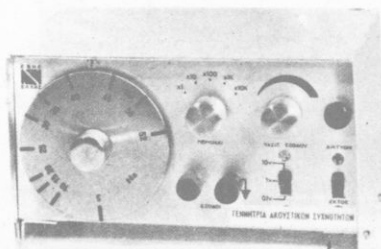
Σχ. 1. Κάθε σειρά δείχνει τή θέση τών μορίων του αέρα σε μιά ορισμένη χρονική στιγμή (στιγμιότυπα κύματος). Ό καμπύλη (1) παριστάνει τήν ταλάντωση του μορίου Α (κυματομορφή του ήχου).



Σχ. 2.



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



Σχ. 4. Γεννήτρια άκουστών συχνοτήτων

(1) δείχνει τίς θέσεις πού έχει τό μόριο αυτό στίς διάφορες χρονικές στιγμές.

Η καμπύλη αυτή, πού παριστάνει τήν ταλάντωση κάποιου μορίου, λέγεται **κυματομορφή** και έχει τό ίδιο σχήμα γιά όλα τά μόρια του μέσου. Μπορούμε νά δούμε τήν κυματομορφή του ήχου στήν θόνη του καθοδικού παλμογράφου (Σχ.2).

II. ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

α. Άπλός ήχος ή τόνος. Έχει τήν κυματομορφή πού βλέπουμε στό Σχ. 2 , λέγεται και **άρμονικός** ήχος, έχει μία όρισμένη συχνότητα και παράγεται από μερικά έργαστηριακά όργανα, όπως είναι τό διαπασών, ή σειρήνα (Σχ.3) και ή γεννήτρια άκουστών συχνοτήτων (Σχ.4).

β. Σύνθετος ήχος ή φθόγγος. Σύνθετος ήχος είναι ό ήχος τής φωνής μας και εκείνος πού παράγεται από τά μουσικά όργανα. Ό ήχος αυτός λέγεται και **περιοδικός μή άρμονικός** ήχος και μάς δημιουργεί εύχάριστο αίσθημα. Ό σύνθετος ήχος μπορεί νά αναλυθεί σέ πολλούς άπλούς ήχους πού οι συχνότητές τους είναι άκέραια πολλαπλάσια μιάς όρισμένης συχνότητας (π.χ. 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz κτλ.). Από τούς ήχους αυτούς εκείνος πού έχει τή μικρότερη συχνότητα (π.χ. 100 Hz) λέγεται **θεμελιώδης ή πρώτος άρμονικός**. Οι άλλοι άπλοί ήχοι πού έχουν συχνότητα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. (π.χ. 200 Hz, 300 Hz κτλ.), λέγονται αντίστοιχα **δεύτερος άρμονικός, τρίτος άρμονικός** κτλ. Κάθε σύνθετος ήχος έχει τή δική του κυματομορφή, όπως βλέπουμε στό Σχ. 5β και 6β.

γ. Θόρυβος. Παράγεται από τήν κίνηση των φύλλων των δένδρων, από τό σχίσιμο χαρτιού ή ύφασματος, από τή συγκέντρωση πολλών ανθρώπων κτλ.

δ. Κρότος. Παράγεται κατά τήν εκπυροκρότηση του όπλου, κατά τήν ηλεκτρική εκκένωση στήν άτμόσφαιρα (βροντή) κτλ. Έχει μεγάλη ένταση και μικρή χρονική διάρκεια.

III. ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

Όταν άκούμε έναν ήχο μπορούμε νά βγάλουμε διάφορα συμπεράσματα, όπως π.χ. νά πούμε ότι είναι όξυς ή βαρύς, ότι είναι δυνατός ή άσθενής, άκόμα δε ότι είναι ήχος κιθάρας ή ή

φωνή κάποιου γνωστού μας ανθρώπου. Τά συμπεράσματα αυτά δέν είναι ακριβώς τά ίδια γιά όλους τούς ανθρώπους πού άκούνε τόν ίδιο ήχο. Λέμε λοιπόν ότι ό ήχος έχει όρισμένα **υποκειμενικά γνωρίσματα**.

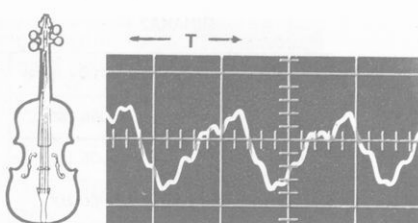
α. Ύψος του ήχου. Όταν άκούσουμε διαδοχικά δύο ήχους μέ διαφορετικές **γνωστές** συχνότητες, θά συμπεράνουμε ότι ό ήχος μέ τή μεγαλύτερη συχνότητα είναι **όξύτερος** (πιό διαπεραστικός) από τόν άλλο. Ή γυναικεία φωνή είναι **λεπτή (ύψηλή)** καί ή άνδρική είναι **βαριά (χαμηλή)**, γιατί ή συχνότητα τής πρώτης είναι μεγαλύτερη από τή συχνότητα τής δεύτερης. Έπομένως:

Τό ύψος του ήχου είναι ένα γνώρισμα πού εξαρτάται από τή συχνότητα του ήχου καί μās επιτρέπει νά συμπεράνουμε άν ό ήχος είναι **όξύς (ύψηλός)** ή **βαρύς (χαμηλός)**. Ό ύψηλός ήχος έχει μεγάλη συχνότητα καί ό βαρύς μικρή συχνότητα.

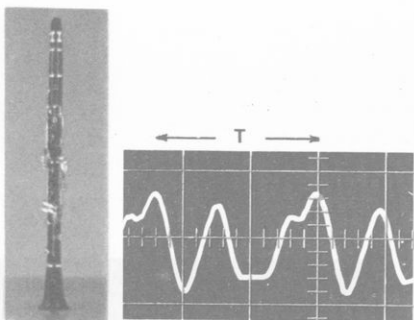
β. Άκουστότητα του ήχου. Όταν άκούσουμε διαδοχικά δύο ήχους μέ τήν ίδια συχνότητα καί διαφορετική **ένταση**, θά συμπεράνουμε ότι οι ήχοι αυτοί έχουν τό ίδιο ύψος, αλλά ό ένας άκούγεται πιό δυνατά από τόν άλλο. Όταν χτυπάμε μέ μεγάλη δύναμη τό διαπασών, ό ήχος του άκούγεται πιό δυνατά. Έπομένως:

Ή **άκουστότητα** του ήχου είναι ένα γνώρισμα πού εξαρτάται από τήν ένταση του ήχου καί μās επιτρέπει νά συμπεράνουμε άν ό ήχος είναι **ισχυρός** ή **άσθενής**. Ό ήχος πού έχει μεγάλη ένταση έχει καί μεγάλη άκουστότητα (είναι ισχυρός) καί αντίστροφα.

Γιά νά μετρήσουμε τήν άκουστότητα του ήχου χρησιμοποιούμε τή μονάδα Phon (φών). Γιά έναν ήχο πού μόλις άκούγεται λέμε ότι έχει άκουστότητα μηδέν Phon. Γιά έναν ήχο πολύ ισχυρό, πού προκαλεί πόνο στό αύτί μας, λέμε ότι έχει άκουστότητα 130 Phon. Δέν πρέπει νά συγχέουμε τήν **ένταση** του ήχου μέ τήν **άκουστότητα**. Ή ένταση ενός ήχου είναι ανεξάρτητη από τόν παρατηρητή πού άκούει τόν ήχο, ενώ ή άκουστότητα του ίδιου ήχου διαφέρει από παρατηρητή σέ παρατηρητή.



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



Σχ. 6. (α) Κλαρίνο. (β) Κυματομορφή μās νότας κλαρινού. Ή καμπύλη επαναλαμβάνεται ύστερα από κάθε περίοδο T

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	Όρια άκουστών ήχων
Άνθρωπος	16 Hz – 20.000 Hz
Σκύλος	15 Hz – 50.000 Hz
Γάτα	60 Hz – 65.000 Hz
Τζιτζίκας	100 Hz – 15.000 Hz
Δελφίνι	150 Hz – 150.000 Hz
Νυχτερίδα	1000 Hz – 120.000 Hz

γ. Χροιά του ήχου. Όταν ακούσουμε διαδοχικά δύο σύνθετους ήχους, που έχουν την ίδια συχνότητα και την ίδια ένταση, αλλά παράγονται από διαφορετικά μουσικά όργανα, π.χ. κλαρίνο και βιολί, θά συμπεράνουμε ότι οι ήχοι αυτοί είναι διαφορετικοί, αν και μās δημιουργούν την ίδια εντύπωση ύψους και ακουστότητας. Ακόμη μπορούμε να καταλάβουμε ποιό όργανο παράγει τόν κάθε ήχο, χωρίς βέβαια να τό βλέπουμε. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι οι σύνθετοι ήχοι διακρίνονται από τή χροιά τους. Έπομένως:

Η χροιά ενός σύνθετου ήχου είναι τό γνώρισμα πού μās επιτρέπει νά διακρίνουμε τόν ήχο αυτό από έναν άλλο σύνθετο ήχο τού ίδιου ύψους και τής ίδιας ακουστότητας. Η χροιά εξαρτάται από τούς άπλους ήχους πού αποτελούν τό σύνθετο.

IV. ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΚΟΥΣΤΩΝ ΗΧΩΝ

Γιά νά ακούγεται ένας ήχος από τό ανθρώπινο αυτί, πρέπει νά έχει συχνότητα από 16 Hz ως 20000 Hz περίπου και κατάλληλη ένταση.

Οι ήχοι πού έχουν συχνότητα μικρότερη από 16 Hz λέγονται **υπόηχοι** και εκείνοι πού έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από 20000 Hz λέγονται **υπέρηχοι**.

Οι υπέρηχοι έχουν σήμερα πολλές εφαρμογές στή βιομηχανία, στή Ιατρική, στή Χημεία, στή Βιολογία κτλ. Τά όρια τών ακουστών ήχων διαφέρουν από τό ένα ζωο στό άλλο, όπως φαίνεται στόν πίνακα Ι. Τά περισσότερα ζωα ακούν περισσότερους ήχους από εκείνους πού παράγουν. Ό τζιτζίκας όμως παράγει ήχους από 7000 Hz ως 100000 Hz, τρίβοντας τά πόδια του πάνω στή σκληρή κοιλιά του, και ακούει ήχους από 100 Hz ως 15000 Hz. Ό τζιτζίκας, λοιπόν, ακούει ένα ελάχιστο μέρος τών ήχων πού παράγει.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- α. Τι γνωρίζετε γιά τόν άπλό ήχο και τί γιά τό σύνθετο; β. Νά βρείτε διαφορές ανάμεσα στόν άπλό και στό σύνθετο ήχο.
- Νά βρείτε και νά ονομάσετε μερικούς αρμονικούς ήχους, πού έχουν ως πρώτο αρμονικό τόν ήχο συχνότητας 800 Hz.
- Τί είναι ύψος τού ήχου;
- α. Τι είναι ή ακουστότητα τού ήχου; β. Σέ τί διαφέρει ή ακουστότητα ενός ήχου από τήν έντασή του;
- α. Τι είναι ή χροιά τού ήχου και από τί εξαρτάται; β. Ποιοί ήχοι έχουν χροιά;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι ήχοι διακρίνονται σέ άπλους ή τόνους, σέ σύνθετους ή φθόγγους, σέ θορύβους και σέ κρότους.
- Ό άπλός ήχος έχει μιά ορισμένη συχνότητα (αρμονικός) και παράγεται από μερικά έργαστηριακά όργανα.

3. Ο σύνθετος ήχος (περιοδικός μη αρμονικός) αποτελείται από πολλούς απλούς ήχους (αρμονικούς) και παράγεται από τὰ μουσικά ὄργανα.
4. Τό ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ συχνότητά του καὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε τοὺς ἤχους σὲ ὕψηλούς (ὀξεῖς) καὶ σὲ χαμηλούς (βαρεῖς).
5. Ἡ ἀκουστότητα τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασή του καὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε τοὺς ἤχους σὲ δυνατούς καὶ ἀσθενεῖς.
6. Ἡ χροιά ἐνὸς σύνθετου ἤχου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀπλοὺς ἤχους ποὺ τὸν ἀποτελοῦν καὶ μᾶς ἐπιτρέπει νὰ διακρίνουμε τὸν ἤχο αὐτὸ ἀπὸ ἕναν ἄλλο σύνθετο ἤχο τοῦ ἴδιου ὕψους καὶ τῆς ἴδιας ἀκουστότητας.
7. Τό ἀνθρώπινο αὐτί ἀκούει τοὺς ἤχους ποὺ ἔχουν συχνότητα ἀπὸ 16 Hz ὡς 20000 Hz περίπου καὶ κατάλληλη ἔνταση.

16η ΕΝΟΤΗΤΑ

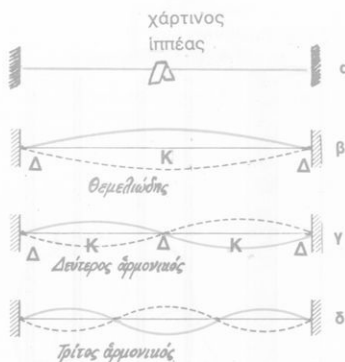
ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΑΝΤΗΧΕΙΑ

Γνωρίζουμε ὅτι ὁ ἤχος παράγεται ἀπὸ τὶς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **ἠχογόνες (ἠχητικές) πηγές** καὶ μπορεί νὰ εἶναι χορδές, ἠχητικοὶ σωλήνες, ράβδοι, μεμβράνες, κτλ. Θὰ μελετήσουμε τώρα μερικές ἀπὸ αὐτές τὶς ἠχητικές πηγές.

1. ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

α. Χορδές. Κατασκευάζονται ἀπὸ μέταλλο ἢ ἀπὸ ἔντερο ζῶων, ἔχουν τὴ μορφή σύρματος καὶ στερεώνονται καὶ στὰ δύο ἄκρα τους. Ὄταν διεγείρουμε (κυρτώσουμε) μίαν τεντωμένη χορδὴ (Σχ.1α) καὶ τὴν ἀφήσουμε μετὰ ἐλεύθερη, θὰ παρατηρήσουμε ὅτι ἐκτελεῖ μίαν ἰδιορρυθμὴ ταλάντωση ἔτσι, ὥστε μερικά σημεῖα τῆς νὰ μένουν πάντα ἀκίνητα (**δεσμοὶ Δ**) καὶ μερικά ἄλλα νὰ πάλλονται πάντοτε μὲ τὸ μέγιστο πλάτος (**κοιλίες Κ**). Τὴν ὑπαρξὴ τῶν δεσμῶν καὶ τῶν κοιλιῶν μπορούμε νὰ τὴν ἐπιβεβαιώσουμε καὶ μὲ ἕνα **χάρτινο ἰππέας**. Ὁ ἰππέας αὐτός μένει ἀκίνητος, ὅταν τὸν βάλουμε σὲ ἕνα δεσμό τῆς χορδῆς καὶ τινάζεται, ὅταν τὸν βάλουμε σὲ μίαν κοιλία τῆς. Ὄταν διεγείρουμε κατάλληλα τὴν χορδὴ, μπορεί νὰ πάλ्लεται, ὅπως δείχνει τὸ Σχ. 1β, ὁπότε παράγεται **ἄπλός ἤχος** μὲ συχνότητα νι. Ὁ ἤχος αὐτός λέγεται **θεμελιώδης ἢ πρῶτος ἀρμονικός**.

Ἡ ἴδια χορδὴ, μὲ ἄλλη κατάλληλη διεγερση,



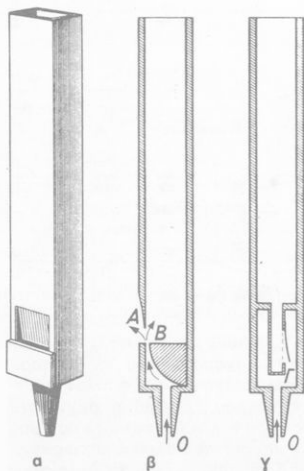
Σχ. 1. Ἡ κάθε μία ἀπὸ τὶς τρεῖς γραμμές τῶν σχημάτων (β), (γ), (δ), παριστάνει καὶ μίαν θέσιν τῆς ταλαντούμενης χορδῆς. Ἐπειδὴ ἡ συχνότητα τῆς χορδῆς εἶναι μεγάλη, τὸ μάτι μας δὲν μπορεί νὰ διακρίνει τὶς διαδοχικές θέσεις τῆς καὶ βλέπει ἀτράκτους (μία στὸ β, δύο στὸ γ κτλ.)
Κ = κοιλίες, Δ = δεσμοί



Σχ. 2. Άρπα



Σχ. 3. Βιολοντσέλλο



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

μπορεί νά πάλλεται, όπως δείχνει τό Σχ. 1γ, όποτε παράγεται πάλι άπλός ήχος μέ συχνότητα διπλάσια ($v_2 = 2v_1$) πού λέγεται **δεύτερος άρμονικός**. Μέ άνάλογο τρόπο ή χορδή μπορεί νά παράγει τόν **τρίτο άρμονικό** (Σχ. 1δ, $v_3 = 3v_1$), τόν **τέταρτο άρμονικό** ($v_4 = 4v_1$) κτλ. Όταν διεγείρουμε μία χορδή ελεύθερα, δηλ. χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα, (έτσι διεγείρονται οί χορδές στά έγχορδα όργανα, π.χ. οί χορδές τού βιολιού μέ τό δοξάρι) τότε παράγει ένα **σύνθετο ήχο (φθόγγο)**, πού αποτελείται από όλους τούς άπλούς ήχους πού αναφέρθηκαν. Στην περίπτωση αυτή ή χορδή ταλαντώνεται μέ έναν πολύπλοκο τρόπο καί όχι όπως φαίνεται στό Σχ. 1. Άρα:

Όταν ή χορδή διεγερθεί ελεύθερα, παράγει ένα σύνθετο ήχο πού αποτελείται από πολλούς άπλούς ήχους. Οί συχνότητες τών ήχων αυτών είναι $v_1, 2v_1, 3v_1$ κτλ.

Άν διαθέτουμε ένα έγχορδο όργανο, π.χ. μία κιθάρα, μπορούμε εύκολα νά διαπιστώσουμε ότι ή συχνότητα v_1 τού θεμελιώδους ήχου μιάς χορδής εξαρτάται από τά έξης: 1) Από τή δύναμη μέ τήν όποία τείνουμε (κουρντίζουμε) τή χορδή. (Όταν αύξάνεται ή δύναμη, ή συχνότητα μεγαλώνει). 2) Από τό πάχος (διάμετρο) τής χορδής. (Οί λεπτότερες χορδές παράγουν όξύτερους ήχους). 3) Από τό μήκος τής χορδής. (Όταν μικραίνει τό μήκος, ή συχνότητα μεγαλώνει). Οί χορδές ως ήχογόνες πηγές χρησιμοποιούνται στά έγχορδα μουσικά όργανα, όπως είναι ή άρπα (Σχ. 2), τό βιολί, τό βιολοντσέλο (Σχ. 3), τό πιάνο, ή λύρα, ή κιθάρα κτλ.

β. Ήχητικοί σωλήνες. Κατασκευάζονται από μέταλλο ή ξύλο, έχουν σχήμα κυλινδρικό ή πρισματικό μέ σταθερή διατομή, χοντρά τοιχώματα γιά νά μήν πάλλονται, καί περιέχουν άέρα. Οί ήχητικοί σωλήνες χωρίζονται σέ δύο είδη, σέ **άνοιχτούς**, όταν καί τά δύο άκρα τους είναι άνοιχτά (Σχ. 4), καί σέ **κλειστούς**, όταν τό ελεύθερο άκρο τους είναι κλειστό. Όταν διεγείρουμε τόν ήχητικό σωλήνα μέ μία από τίς διατάξεις τού Σχ. 4, ή άέρια στήλη τού σωλήνα εκτελεί μία ιδιόρρυθμη ταλάντωση, όπως καί οί χορδές, όποτε παράγεται ήχος.

Οί ήχητικοί σωλήνες μπορούν νά παράγουν τόν πρώτο ή άνώτερος άρμονικούς ήχους άν

διδείρονται κατάλληλα. Έτσι, αν φυσήξουμε δυνατότερα σέ έναν ήχητικό σωλήνα, ακούγεται ήχος οξύτερος (άνώτερος αρμονικός). Επίσης, μεταβάλλοντας τό μήκος ενός σωλήνα, διαπιστώνουμε ότι μεταβάλλεται καί ή συχνότητα του παραγόμενου ήχου καί μάλιστα ή συχνότητα αύξάνεται όταν τό μήκος του σωλήνα ελαττώνεται. Οί ήχητικοί σωλήνες ως ήχογόνες πηγές χρησιμοποιούνται στά πνευστά μουσικά όργανα, όπως είναι ή φλογέρα, τό κλαρίνο, τό σαξόφωνο, ή κορνέτα, ή τρομπέτα (Σχ.5) κτλ.

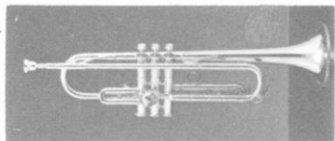
II. ANTHXEIA

Όταν χτυπήσουμε μέ τό ελαστικό σφυράκι τό ένα σκέλος του διαπασών, θά ακούσουμε έναν **ασθενή** 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:

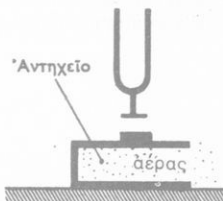
Τά άντηχεία είναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν άέρα. Όταν ό άερας τών άντηχείων πάλλεται σέ συντονισμό μέ έναν έξωτερικό ήχο, ό ήχος αυτός ενισχύεται.

Τά άντηχεία χρησιμοποιούνται γιά τήν καλή έκπομπή τών ήχων. Υπάρχουν άντηχεία πού συντονίζονται μέ μία μόνο συχνότητα (μέ ένα μόνο άπλό ήχο). Άλλα πάλι άντηχεία μπορούν νά συντονίζονται μέ όλες τές 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 τές παλμικές κινήσεις **τών φωνητικών χορδών** (Σχ.7) καί ενισχύεται από τή στοματική καί τή ρινική κοιλότητα πού συμπεριφέρονται σάν ένα μεταβλητό άντηχείο. Ό φωταγωγός τών πολυκατοικιών λειτουργεί ως άντη-

χτού ήχητικού σωλήνα χωρίς γλωσσίδα. γ) Τομή άνοιχτού ήχητικού σωλήνα μέ γλωσσίδα. (0 = έπιστόμιο, Α = χείλος, Β = στόμιο, Γ = γλωσσίδα)



Σχ. 5. Τρομπέτα



Σχ. 6. Διαπασών καί τό άντηχείο του



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

χείο, γι' αυτό οι φωνές των ενοίκων ενός όρφου ακούγονται και στους άλλους όρφους, όταν τά παράθυρα του φωταγωγού είναι ανοιχτά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί χορδές μπορούν να παράγουν ένα θεμελιώδη ήχο (συχνότητας ν_1) και όλους τους αρμονικούς του ήχου αυτού ($2\nu_1$, $3\nu_1$, $4\nu_1$ κτλ).
2. Η συχνότητα ν_1 του θεμελιώδους ήχου μιάς χορδής εξαρτάται από τό ύλικό της χορδής, από τό μήκος της, από τό πάχος της, καθώς και από τή δύναμη πού τεντώνει τή χορδή.
3. Οί ήχητικοί σωλήνες μπορούν να παράγουν ένα θεμελιώδη ήχο και άνωτερους αρμονικούς. Η συχνότητα του θεμελιώδους ήχου και των αρμονικών του εξαρτάται από τό μήκος του σωλήνα.
4. Τά άνηχεία είναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν άέρα και χρησιμοποιούνται για τήν καλή έκπομπή των ήχων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

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 τρίχωμά της άνασηκώνεται κάθε φορά πού πλησιάζουμε τά χέρια μας σ’ αυτή. Παρόμοιο φαινόμενο εμφανίζεται καί κατά τό χτένισμά μας. “Αν τά μαλλιά μας είναι στεγνά, έλκονται από τή χτένα. Επίσης, αν 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 ήλέκτριση.

Τό φυσικό μέγεθος πού περικλείεται στά ηλεκτρισμένα σώματα καί πού προκαλεί τά διάφορα ηλεκτρικά φαινόμενα, ονομάζεται ήλεκτρικό φορτίο.

Ως 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 ήλέκτριση 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.

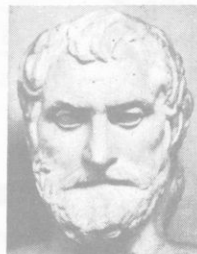
II. ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

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

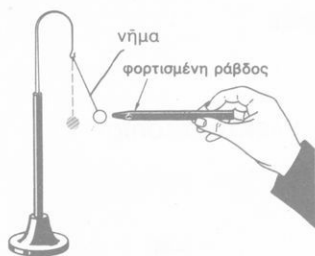
“Ενα συνηθισμένο όργανο, μέ τό όποιο διαπιστώνουμε εύκολα τήν ύπαρξη ήλεκτρικών



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



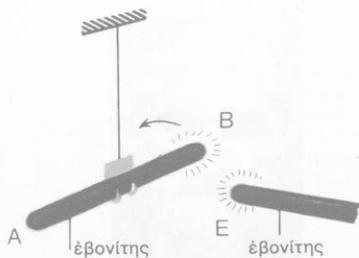
Σχ. 2. Θαλής ό Μιλήσιος.



Σχ. 3. Ήλεκτρικό έκκρεμές



Σχ. 4. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα



Σχ. 5. Τά ομώνυμα φορτία άπωθούνται

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

α. Ήλεκτρικό έκκρεμές. Ένα άπλό ήλεκτροσκόπιο είναι τό ήλεκτρικό έκκρεμές (Σχ.3). Αποτελείται από ένα ελαφρό σφαιρίδιο (κομμάτι φελλού, χαρτιού, φελιζόλ κτλ.) κρεμασμένο από λεπτό και στεγνό νήμα.

Αν πλησιάσουμε στό έκκρεμές ένα σώμα και παρατηρήσουμε έκτροπή του έκκρεμούς από τήν κατακόρυφη θέση, σημαίνει ότι τό σώμα είναι ήλεκτρικά φορτισμένο.

β. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα. Τό ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα αποτελείται από μεταλλικό κύλινδρο, στό έσωτερικό του οποίου κρέμεται ένα μεταλλικό στέλεχος (Σχ.4). Τό στέλεχος στηρίζεται σε πλαστικό πώμα και φέρει στόν κάτω άκρη ένα ή δύο κινητά μεταλλικά φύλλα. Όταν τό στέλεχος ήλεκτριζεται τά φύλλα άπωθούνται και άποκλίνουν.

Μέ τόν τρόπο αυτό μπορούμε νά διαπιστώσουμε τήν ύπαρξη ήλεκτρικών φορτίων σε κάποιο σώμα.

III. ΕΙΔΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Κρεμάμε μία ράβδο από έβονίτη, όπως φαίνεται στό Σχ.5. Κατόπιν τρίβουμε τή μία άκρη της με μάλλινο ύφασμα (ή δέρμα γάτας) και τήν αφήνουμε νά ήρεμήσει. Ύστερα πλησιάζουμε στόν κρεμασμένη ράβδο μία άλλη ράβδο από έβονίτη, τήν όποία έχουμε επίσης τρίψει με μάλλινο ύφασμα και παρατηρούμε ότι οι δύο ράβδοι **άπωθούνται**.

Αν όμως πλησιάσουμε στόν ήλεκτρισμένη ράβδο από έβονίτη μία ράβδο από γυαλί, τήν όποία έχουμε τρίψει με μάλλινο ή μεταξωτό ύφασμα, θά παρατηρήσουμε ότι οι ράβδοι **έλκονται** (Σχ. 5 α).

Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι πρέπει νά υπάρχουν δύο είδη φορτίου: αυτό πού έμφανίζεται στόν έβονίτη και αυτό πού έμφανίζεται στό γυαλί.

Τό φορτίο πού αναπτύσσεται στόν έβονίτη, όταν τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, λέγεται **αρνητικό φορτίο**, και τό φορτίο πού αναπτύσσεται στό γυαλί, όταν τρίβεται με μάλλινο ή μεταξωτό ύφασμα, λέγεται **θετικό**.

Άλληλεπίδραση φορτίων. Από τὰ προηγούμενα πειράματα προκύπτει ὅτι τὰ ὁμώνυμα φορτία (φορτία πού ἔχουν τὸ ἴδιο πρόσημο) ἀπωθούνται, ἐνῶ τὰ ἐτερόνυμα ἑλκνται.

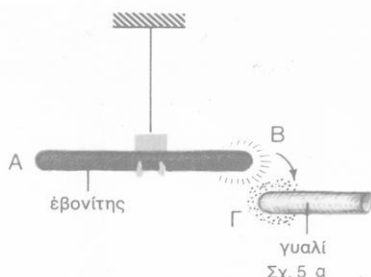
IV. ΤΡΟΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ

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

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

Ὁ τρόπος αὐτὸς ἠλεκτρίσεως λέγεται ἠλέκτριση μέ ἐπαφή.

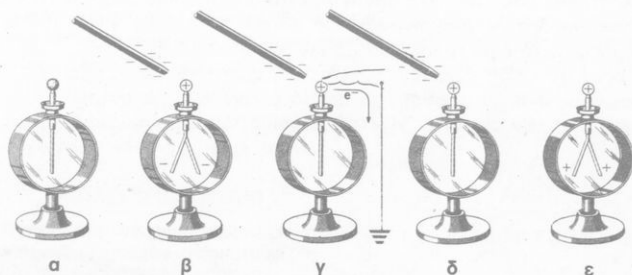
β. Μέ ἐπαγωγή. Πλησιάζουμε σ' ἕνα ηλεκτροσκόπιο μία φορτισμένη ράβδο καί παρατη-



Τὰ ἐτερόνυμα φορτία ἑλκνται



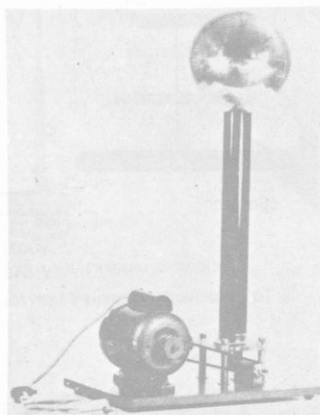
Σχ. 6. Ἠλέκτριση μέ ἐπαφή



Σχ. 7. Ἠλέκτριση μέ ἐπαγωγή

ροῦμε ὅτι τὰ φύλλα του ἀποκλίνουν, χωρὶς ἡ ράβδος νά ἀκουμπήσει στό στέλεχος (Σχ.7,β).

Στό χρόνο πού ἡ φορτισμένη ράβδος βρίσκεται κοντά στό ηλεκτροσκόπιο, ἀκουμπάμε τὸ δάχτυλό μας στό στέλεχος γιά μία μόνο στιγμή καί μετά τὸ ἀπομακρύνουμε. Κατόπιν ἀπομακρύνουμε τὴ φορτισμένη ράβδο καί βλέπουμε ὅτι τὰ μεταλλικά φύλλα ἀποκλίνουν καί παραμένουν σέ ἀπόκλιση γιά ἄρκετό χρόνο



Σχ. 8. Ήλεκτροστατική μηχανή Van de Graaf

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

Ό τρόπος αυτός φορτίσεως λέγεται ήλέκτριση μέ έπαγωγή.

V. ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Όταν μελετάμε ήλεκτρικά φαινόμενα σάν τά προηγούμενα, χρησιμοποιούμε συχνά τίς ήλεκτροστατικές γεννήτριες, οί όποιες έχουν τήν ικανότητα νά συσσωρεύουν ήλεκτρικά 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 ήλεκτρικό φορτίο είναι ένα φυσικό μέγεθος πού προκαλεί τά διάφορα ήλεκτρικά φαινόμενα. Μονάδα ήλεκτρικού φορτίου είναι τό 1Cb.
2. Τό ήλεκτροσκόπιο είναι ένα όργανο μέ τό όποιο διαπιστώνουμε τήν ύπαρξη ήλεκτρικών φορτίων. Διακρίνουμε δύο τύπους ήλεκτροσκοπίων: τό ήλεκτρικό έκκρεμές και τό ήλεκτροσκόπιο μέ κινητά φύλλα.
3. Ύπάρχουν δύο είδη ήλεκτρικών φορτίων: άρνητικά και θετικά.
4. Τά όμώνυμα φορτία άπωθούνται και τά έτερόνυμα έλκονται.
5. Η ήλέκτριση των σωμάτων γίνεται μέ τριβή, έπαφή και έπαγωγή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά φορτία λέγονται άρνητικά και ποιά θετικά;
2. Όταν χτενιζόμαστε ή χτένα ήλεκτρίζεται. Πώς γίνεται αυτή ή ήλέκτριση; Μέ τριβή, μέ έπαφή ή μέ έπαγωγή;
3. Στην ήλέκτριση μέ έπαγωγή (Σχ.8) ποιά είναι ή όρθή διαδικασία; α) Νά άπομακρύνουμε συγχρόνως τό δάκτυλο και τί φορτισμένη ράβδο; β) Νά άπομακρύνουμε πρώτα τό δάκτυλό μας και μετά τί ράβδο; γ) Νά άπομακρύνουμε πρώτα τί ράβδο και μετά τό δάκτυλό μας;
4. Όταν τά αυτοκίνητα (ή άεροπλάνα) κινούνται, φορτίζονται ήλεκτρικά. Νά έξηγήσετε γιατί συμβαίνει αυτό. Τί μέτρα παίρνουμε για 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 θα έλκονται ή θα άπωθούνται, ανάλογα με το είδος των φορτίων τους. Η δύναμη F που ενεργεί σε κάθε σφαίρα, όπως αποδεικνύεται πειραματικά, εξαρτάται από την ποσότητα των φορτίων Q_1 και Q_2 , την απόσταση r , και από το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στα φορτία. Μάλιστα με ακριβείς μετρήσεις αποδεικνύεται ότι ισχύει ο εξής Νόμος του Coulomb.

Η δύναμη F , που ασκείται μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων Q_1 και Q_2 , είναι ανάλογη προς το φορτίο Q_1 , ανάλογη προς το Q_2 και αντίστροφα ανάλογη προς το τετράγωνο της απόστασεως r μεταξύ των φορτίων.

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

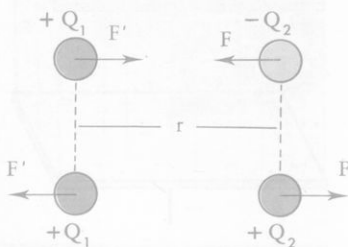
όπου K είναι μία φυσική σταθερά που εξαρτάται από το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στα φορτία. Για το κενό και τον αέρα έχει την ίδια περίπου τιμή, $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{Cb^2}$ (Διεθνές Σύστημα μονάδων).

Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ δύο ακίνητων φορτίων λέγονται ηλεκτρικές.

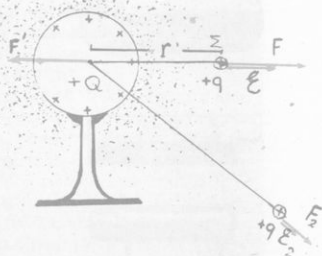
II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

α. Έννοια του πεδίου. Θεωρούμε ένα σώμα φορτισμένο με κάποιο φορτίο Q (Σχ. 2). Αν σε ένα σημείο Σ του χώρου γύρω από το φορτίο Q τοποθετήσουμε ένα άλλο φορτίο q , θα ασκηθεί πάνω του μία ηλεκτρική δύναμη που θα δίνεται από το νόμο του Coulomb. Το χώρο αυτό τον ονομάζουμε ηλεκτρικό πεδίο. Άρα:

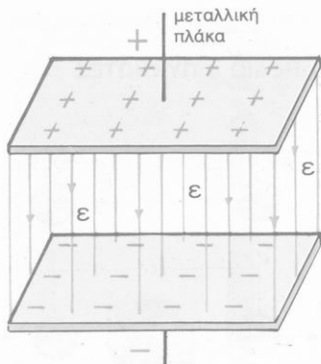
Ένας χώρος λέγεται ηλεκτρικό πεδίο, όταν ασκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν.



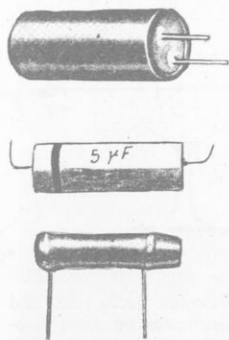
Σχ. 1. Ηλεκτρικές δυνάμεις



Σχ. 2. Το ηλεκτρικό πεδίο γύρω από τη φορτισμένη σφαίρα είναι ανομοιογενές (εξασθενίζει με την απόσταση)



Σχ. 3. Επίπεδος πυκνωτής. Ανάμεσα στις παράλληλες πλάκες δημιουργείται όμογενές ηλεκτρικό πεδίο. ($\epsilon = \text{σταθερό}$)



Σχ. 4. Μορφές πυκνωτών

Γύρω από τούς πυρήνες των ατόμων – όπως θα δούμε σε επόμενες ενότητες – υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο όμοιο με τό πεδίο που 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 που 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 που άσκειται πάνω σε θετικό φορτίο.

Η μονάδα μετρήσεως τής έντάσεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό

ένα νιούτον κατά κουλόμπ (1N/Cb)

καί βρίσκεται από τόν τύπο που 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, που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (Σχ. 3). Αν φορτίσουμε τίς πλάκες με αντίθετα φορτία, τότε ανάμεσα στις δύο πλάκες δημιουργείται όμογενές ηλεκτρικό πεδίο.

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

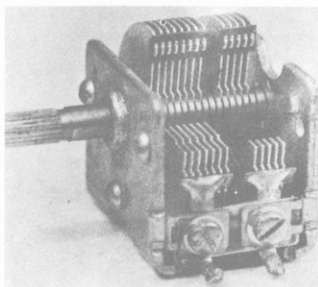
IV. ΠΥΚΝΩΤΕΣ

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 και ούτε νά είναι επίπεδοι, αρκεί νά είναι ηλεκτρικά μονωμένοι ό ένας από τόν άλλο. Οί πυκνωτές έχουν τήν ικανότητα νά αποθηκεύουν ηλεκτρικά φορτία και νά τά δίνουν, όταν τά χρειαζόμαστε.

Υπάρχουν πολλών ειδών πυκνωτές και χρησιμοποιούνται σε ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ. (Σχ. 4, Σχ. 5).



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων ασκείται 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 σε οποιοδήποτε σημείο ενός χώρου και στό φορτίο q ασκείται μία ηλεκτρική δύναμη, τότε ό χώρος αυτός ονομάζεται ηλεκτρικό πεδίο.
3. Η ένταση ηλεκτρικού πεδίου είναι μέγεθος διανυσματικό και όρίζεται από τόν τύπο $E = F/q$. Όταν ή ένταση E είναι ή ίδια σε όλα τά σημεία ενός πεδίου, τό πεδίο λέγεται όμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Στο Σχ. 1 δίνονται τά φορτία $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{Cb}$ και $Q_2 = 6 \cdot 10^{-8} \text{Cb}$ και 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 σε ένα σημείο Σ ηλεκτρικού πεδίου και 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 $Q = 10^{-7} \text{Cb}$ και ότι τό μικρό φορτίο q δέχεται δύναμη $9 \cdot 10^{-4} \text{N}$. Αν ή απόσταση r είναι $0,02 \text{m}$, πόσο είναι τό φορτίο q ; ($K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Cb}^2$).

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ – ΙΣΟΤΟΠΑ

I. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

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

Τά άτομα δέν είναι όλα ίδια μεταξύ τους και ούτε έχουν τις ίδιες διαστάσεις. Τά μικρότερα και απλούστερα άτομα τά έχει τό στοιχείο ύδρογόνο. (Η διάμετρός τους είναι περίπου $6\text{m}/100000000000 = 6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$).

Τά μεγαλύτερα άτομα φτάνουν μέχρι δέκα φορές τή διάμετρο του ατόμου του ύδρογόνου.

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

Τά ηλεκτρόνια έκτελούν δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω από τόν πυρήνα (περιφορά) και μία γύρω από τόν άξονά τους (στροβιλισμός), όπως ή Γη κινείται γύρω από τόν Ήλιο και τόν άξονά της. Η μάζα τους είναι πολύ μικρή και τό ηλεκτρικό τους φορτίο είναι μόνιμα άρνητικό.

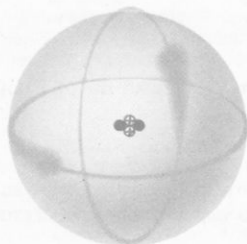
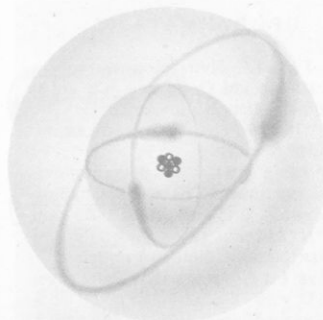
Οί τροχιές των ηλεκτρονίων, γύρω από τόν πυρήνα, δεχόμαστε για λόγους απλότητας ότι είναι κυκλικές. Οί άκτίνες των τροχιών αυτών δέν είναι τυχαίες, αλλά έχουν όρισμένες τιμές, που είναι χαρακτηριστικές για κάθε είδος ατόμου.

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

Τά **πρωτόνια** είναι πολύ μικρά σωματίδια, φορτισμένα μόνιμα μέ θετικό φορτίο, ίσο μέ τό φορτίο των ηλεκτρονίων. Η μάζα τους είναι περίπου 1840 φορές μεγαλύτερη από τή μάζα του ηλεκτρονίου.

Τά άτομα στή φυσική τους κατάσταση είναι ουδέτερα, γιατί ό αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος μέ τόν αριθμό των ηλεκτρονίων τους.

Τά **νετρόνια** είναι ουδέτερα σωματίδια και έχουν μάζα ίση περίπου μέ τή μάζα των πρωτονίων.

ήλιο ${}^1_1\text{H}$ λίθιο ${}^3_3\text{Li}$

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.

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

Ο αριθμός των πρωτονίων πού περιέχουν τό άτομο κάθε στοιχείου όνομάζεται **ατομικός αριθμός Z** του στοιχείου.

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

Εκτός άπό τόν ατομικό αριθμό, πού προσδιορίζει ποίο είναι τό στοιχείο, ύπάρχει καί ένας άλλος αριθμός, ό μαζικός αριθμός, πού προσδιορίζει τή μάζα κάθε άτόμου.

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

μαζικός αριθ. = αριθ. πρωτονίων + αριθ. νετρονίων
$M = Z + N$

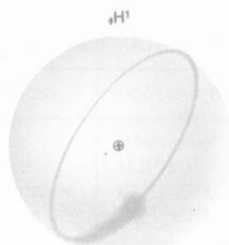
Επειδή τά ηλεκτρόνια είναι περίπου 1840 φορές ελαφρότερα άπό τά πρωτόνια ή νετρόνια, συμπεραίνουμε ότι ή μάζα του άτόμου είναι συγκεντρωμένη κυρίως στόν πυρήνα. Άν, έπομένως, γνωρίζουμε τό μαζικό αριθμό ενός στοιχείου, μπορούμε νά ύπολογίσουμε τή μάζα των άτόμων του.

III. ΙΣΟΤΟΠΑ

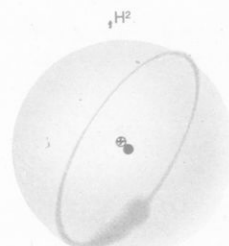
Έχει βρεθεί πειραματικά ότι τό υδρογόνο αποτελείται άπό τρία διαφορετικά είδη άτόμων (Σχ. 2).

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

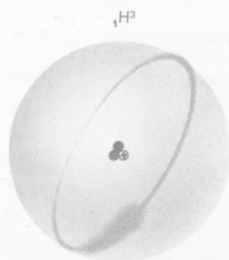
Τά τρία αυτά είδη άτόμων έχουν όλα τόν ίδιο ατομικό αριθμό (αριθμό πρωτονίων), αλλά δια-



πρώτιο



δευτέριο



τρίτιο

Σχ. 2. Ίσότοπα άτομα ύδρογόνου

φέρουν στόν αριθμό νετρονίων, επομένως και στο μαζικό αριθμό.

Τά άτομα πού έχουν τόν ίδιο ατομικό αριθμό, αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό, λέγονται ισότοπα.

Τά ισότοπα άτομα, αφού έχουν τόν ίδιο ατομικό αριθμό, ανήκουν στό ίδιο στοιχείο καί έχουν τίς ίδιες χημικές ιδιότητες. Μόνο οί φυσικές τους ιδιότητες είναι διαφορετικές (π.χ. πυκνότητα, σημείο ύγροποιήσεως κτλ.)

Γιά νά διακρίνουμε τά ισότοπα άτομα, χρησιμοποιούμε μαζί μέ τό σύμβολο του στοιχείου καί δύο αριθμούς, τόν ατομικό καί τό μαζικό αριθμό. Έτσι τά ισότοπα του ύδρογόνου γράφονται:



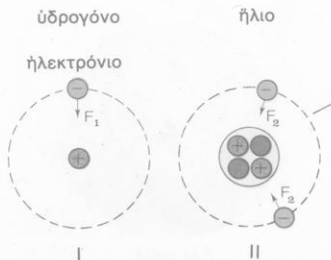
Ίσότοπα άτομα συναντάμε στά περισσότερα φυσικά στοιχεία. (Τό όξυγόνο π.χ. έχει τρία ισότοπα ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$).

ΙV. 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 πρός τό κέντρο τής τροχιάς. Δηλ. πρέπει νά ασκείται μία κεντρομόλος δύναμη.

Ή δύναμη αυτή, στήν περίπτωση τής περιφοράς των ηλεκτρονίων, προέρχεται από τήν έλξη πού ασκεί τό φορτίο του πυρήνα στό φορτίο του ηλεκτρονίου (Σχ. 3). "Αν είναι γνωστά τά φορτία αυτά καί ή μεταξύ τους απόσταση, μπορούμε, μέ τό νόμο του Coulomb, νά υπολογίσουμε τήν ηλεκτρική δύναμη πού ασκεί ό πυρήνας στό ηλεκτρόνιο.

β. Πυρηνικές. Τά πρωτόνια έχουν θετικό φορτίο καί επομένως θά έπρεπε νά άπωθούνται μεταξύ τους. Τά νετρόνια εξάλλου δέν έχουν ηλεκτρικό φορτίο καί επομένως δέ θά έπρεπε νά συγκρατούνται στόν πυρήνα. Συνεπώς άν άναπτύσσονταν μόνο ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ των συστατικών των πυρήνων, οί πυρήνες θά διαλύονταν αυτόματα σέ ανεξάρτητα πρωτόνια καί νετρόνια. Μέ τή σκέψη αυτή θά ύπήρχαν μόνο άτομα ύδρογόνου στή φύση.



Σχ. 3. Ή έλξη του πυρήνα δημιουργεί τήν άπαραίτητη 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	Ίσότοπα άτομα
Ήλιο	${}^2\text{He}^3, {}^2\text{He}^4$
Λίθιο	${}^3\text{Li}^6, {}^3\text{Li}^7$
Άνθρακας	${}^6\text{C}^{12}, {}^6\text{C}^{13}, {}^6\text{C}^{14}$
Άζωτο	${}^7\text{N}^{14}, {}^7\text{N}^{15}, {}^7\text{N}^{16}$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κάθε άτομο έχει έναν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων. Τα 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. Το πλήθος των πρωτονίων είναι ίσο με το πλήθος των ηλεκτρονίων στα ουδέτερα άτομα και λέγεται ατομικός αριθμός. Το σύνολο των πρωτονίων και νετρονίων λέγεται μαζικός αριθμός.
- Άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό και διαφορετικό μαζικό, λέγονται **ισότοπα άτομα**.
- Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα χάρη στις έλκτικές δυνάμεις που δέχονται από τον πυρήνα. Τα πρωτόνια και νετρόνια συγκρατούνται στον πυρήνα χάρη στις πυρηνικές δυνάμεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Σε τί διαφέρουν μεταξύ τους τα ισότοπα άτομα;
- α) Πόσο είναι το μοριακό βάρος του ${}^1\text{H}_2$ και πόσο του ${}^1\text{H}_2$; β) Αν σε ένα δοχείο Α υπάρχει ένα γραμμόριο πρωτίου (${}^1\text{H}^1$) και σε ένα άλλο δοχείο Β υπάρχει ένα γραμμόριο δευτερίου (${}^1\text{H}_2$), πόσα γραμμάρια υδρογόνου υπάρχουν στο Α και πόσα στο Β;
- Τό άτομο του Na έχει 11 πρωτόνια και 12 νετρόνια στον πυρήνα του. α) Πόσος είναι ο ατομικός και ο μαζικός αριθμός του; β) Πώς θα συμβολίσουμε το ισότοπο αυτό του νατρίου;
- Ποιές δυνάμεις συγκρατούν α) τα ηλεκτρόνια που περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα και β) τα πρωτόνια και νετρόνια μέσα στον πυρήνα; Ποιές από τις δυνάμεις αυτές μπορούμε να υπολογίσουμε με τό νόμο του Coulomb;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

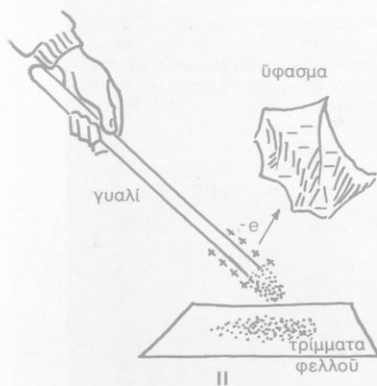
- Τό ηλεκτρόνιο του ατόμου του υδρογόνου κινείται σε τροχιά με ακτίνα $6 \cdot 10^{-11}\text{m}$. Νά υπολογίσετε τη δύναμη που άσκει ο πυρήνας στο ηλεκτρόνιο. (φορτίο ηλεκτρονίου $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{Cb}$, $K = 9 \cdot 10^9\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{Cb}^2$)
- Ο ατομικός αριθμός του άζωτου είναι 7. Νά 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 τό ένα σώμα και πηγαίνουν στο άλλο

I. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Στήν προηγούμενη ένότητα μάθαμε ότι τά ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα αρνητικά και οι πυρήνες τών ατόμων φορτισμένοι θετικά. Τό σύνολο τών θετικών φορτίων σε κάθε άτομο είναι ίσο μέ τό σύνολο τών αρνητικών φορτίων, μέ αποτέλεσμα τά άτομα – άρα και τά υλικά σώματα – νά παρουσιάζονται ηλεκτρικά ουδέτερα. Για νά ηλεκτρισθεί (φορτισθεί) ένα σώμα πρέπει νά διαταραχθεί ή ισορροπία τών θετικών καί αρνητικών του φορτίων. Μέ άλλα λόγια πρέπει νά δημιουργηθεί πλεόνασμα αρνητικού ή θετικού φορτίου. Αυτό τό πλεόνασμα ηλεκτρικού φορτίου σε ένα σώμα, μπορεί νά γίνει μέ πρόσληψη ή αποβολή ηλεκτρονίων.

1. Στήν περίπτωση πού τρίβουμε μία γυάλινη ράβδο μέ μάλλινο ύφασμα, φεύγουν από τή ράβδο ηλεκτρόνια καί μεταβαίνουν στο ύφασμα (Σχ. 1). Έτσι ή ράβδος φορτίζεται θετικά καί τό ύφασμα αρνητικά.

2. Στήν ηλεκτρική φόρτιση του ηλεκτροσκοπίου μέ επαγωγή (17η ένοτ.) γίνεται μετακίνηση ηλεκτρονίων από τό στέλεχος πρós τό σώμα μας, γιατί ή ράβδος πού προκαλεί τήν ηλεκτρίση είναι αρνητικά φορτισμένη. Έτσι τό στέλεχος φορτίζεται θετικά. Άρα:

‘Η ηλεκτρίση ενός σώματος γίνεται μέ μεταφορά ηλεκτρονίων από τό σώμα πρós τό περιβάλλον του ή καί αντίστροφα.

II. ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΕΣ

‘Η ράβδος από έβονίτη, ή γυάλινη ράβδος, τό μάλλινο ύφασμα κτλ., όταν φορτίζονται, διατηρούν τά φορτία άκίνητα στή θέση πού πρωτοεμφανίζονται. Αντίθετα, τό μεταλλικό στέλεχος του ηλεκτροσκοπίου, καθώς καί τό σώμα μας, επιτρέπουν στά φορτία νά κινηθούν. Έτσι, άν άγγίξουμε ένα φορτισμένο ηλεκτροσκόπιο μέ τό δαχτυλό μας, τό ηλεκτροσκόπιο εκφορτίζεται.

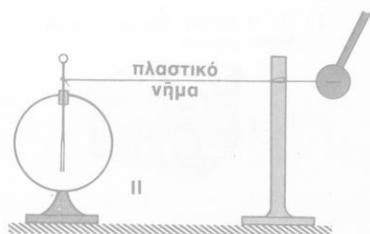
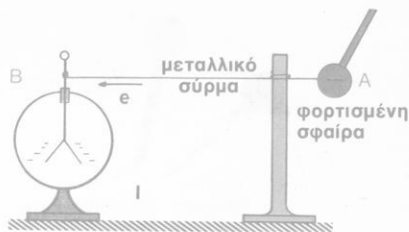
Τά υλικά πού επιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα στη μάζα τους λέγονται άγωγοί του ηλεκτρισμού καί εκείνα πού δέν επιτρέπουν τήν κίνηση τών φορτίων λέγονται μονωτές.

Συχνά οι μονωτές ονομάζονται καί κακοί άγωγοί του ηλεκτρισμού.

Μέ ένα ηλεκτροσκόπιο μπορούμε εύκολα νά διαπιστώσουμε ποιά υλικά είναι άγωγοί καί ποιά μονωτές (Σχ. 2).

Συνδέουμε ένα μεταλλικό σύρμα μέ τό στέλεχος ενός ηλεκτροσκοπίου καί άκουμπάμε στό άλλο άκρο του μία φορτισμένη μεταλλική σφαίρα. Παρατηρούμε ότι τά φύλλα του ηλεκτροσκοπίου άποκλίνουν (Σχ. 2, I). Άπό αυτό συμπεραίνουμε ότι τό μεταλλικό σύρμα άφησε νά περάσουν ηλεκτρικά φορτία μέσα άπό τή μάζα του καί νά μεταβούν άπό τή φορτισμένη σφαίρα στό στέλεχος του ηλεκτροσκοπίου.

Άν επαναλάβουμε τό ίδιο πείραμα μέ ένα πλαστικό νήμα, θά παρατηρήσουμε ότι τά φύλλα του ηλεκτροσκοπίου δέν άποκλίνουν (Σχ. 2, II). Μέ τέτοια πειράματα βρίσκουμε ότι τά μέταλλα, τό σώμα μας, τά διαλύματα ηλεκτρολυτών κτλ. είναι ηλεκτρικοί άγωγοί. Άντίθετα, τό γυαλί, τά πλαστικά, τά στεγνά ρούχα, τό στεγνό ξύλο κτλ. είναι μονωτές.

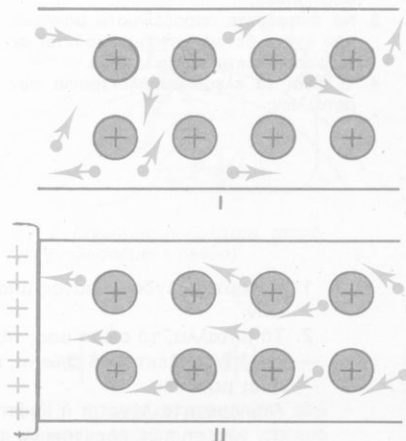


Σχ. 2. Οί άγωγοί επιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικών φορτίων, ενώ οί μονωτές όχι.

III. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Ή ιδιότητα πού έχουν τά υλικά νά επιτρέπουν τήν κίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα άπό τή μάζα τους λέγεται **ηλεκτρική άγωγιμότητα**.

Στά μέταλλα ή άγωγιμότητα οφείλεται σέ ηλεκτρόνια, τά όποία έχουν φύγει άπό τά άτομα καί κινούνται ελεύθερα μέσα στη μάζα του μετάλλου (Σχ. 3, I). Τά ηλεκτρόνια αυτά προέρχονται άπό τά εξωτερικά ηλεκτρόνια τών ατόμων, δηλ. άπό τά **ηλεκτρόνια σθένους** καί ονομάζονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**. Όταν άπό ένα άτομο φεύγουν ηλεκτρόνια, τό άτομο φορτίζεται θετικά, γίνεται δηλ. ένα **θετικό ίόν**. Στη μάζα λοιπόν τών μετάλλων υπάρχουν θετικά ίόντα καί ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τά ίόντα έχουν όρισμένες θέσεις μέσα στό μέταλλο καί έκτελούν μικρές δονήσεις γύρω άπό αυτές. Άντίθετα, τά ελεύθερα ηλεκτρόνια δέν παραμένουν σέ όρισμένες θέσεις, αλλά κινούνται άτακτα άνάμεσα



Σχ. 3. Ή άγωγιμότητα τών μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα 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. Νά αναφέρετε παραδείγματα μονωτών πού έχετε δει νά 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 τό ένα άκρο του αγωγού στο άλλο Άρα:

Η αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια τους.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Στό πείραμα του Σχ. 2, I, τό ηλεκτροσκόπιο φορτίζεται γιατί ηλεκτρικά φορτία, πού μεταφέρονται μέ τά ηλεκτρόνια, κινούνται μέσα στό μεταλλικό σύρμα AB, από τή φορτισμένη σφαίρα πρós τό στέλεχος.

Η κίνηση ηλεκτρικών φορτίων πρós κάποια κατεύθυνση ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Σύμφωνα μέ τόν όρισμό του ηλεκτρικού ρεύματος, άκόμη καί ή κίνηση ενός φορτισμένου σώματος παράγει κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα (Σχ. 4).

Φορά του ρεύματος. Ός φορά του ηλεκτρικού ρεύματος έχει όρισθεί ή φορά κινήσεως του θετικού ηλεκτρικού φορτίου πού λέγεται συμβατική φορά (Σχ. 4).

Στά **μέταλλα**, ή πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος συμπίπτει μέ τή φορά κινήσεως των ηλεκτρονίων (άρνητικων φορτίων) καί είναι αντίθετη πρós τή συμβατική φορά του ρεύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η φόρτιση ενός σώματος μπορεί νά γίνει μέ πρόσληψη ή αποβολή ηλεκτρονίων.
2. Τά μέταλλα, τό σώμα μας, τά διαλύματα ηλεκτρολυτών, τά βρεγμένα ρούχα κτλ. είναι ηλεκτρικοί αγωγοί, ενώ τά πλαστικά, τό γυαλί, τό στεγνό ξύλο κτλ. είναι μονωτές.
3. Αγωγιμότητα λέγεται ή ιδιότητα πού έχουν διάφορα σώματα νά επιτρέπουν τήν κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων μέσα στή μάζα τους.
4. Η κίνηση ηλεκτρικού φορτίου πρós 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 τού ήλεκτροσκοπίου, διαρρέεται γιά λίγο από ήλεκτρικό ρεύμα, όταν άκουμπάμε στό ένα άκρο του τή φορτισμένη σφαίρα. Μόλις όμως φορτισθεί τό στέλεχος καί δημιουργηθεί μία κατάσταση ήλεκτρικής ίσορροπίας στά άκρα τού άγωγού, παύει ή διέλευση ήλεκτρικού ρεύματος.

Γιά τή συνεχή παροχή ήλεκτρικού ρεύματος σέ έναν άγωγό ή ήλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιούνται οι ήλεκτρικές πηγές.

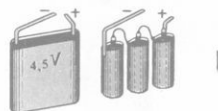
Υπάρχουν διάφορα είδη ήλεκτρικών πηγών. Οί γνωστότερες από αυτές είναι τά ήλεκτρικά στοιχεία καί οι συσσωρευτές πού μετατρέπουν τή χημική ενέργεια σέ ήλεκτρική (Σχ. 1), οι γεννήτριες πού μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια σέ ήλεκτρική (Σχ. 2) καί τά φωτοστοιχεία πού μετατρέπουν τή φωτεινή ενέργεια σέ ήλεκτρική.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

II. ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ
(Έννοιες)

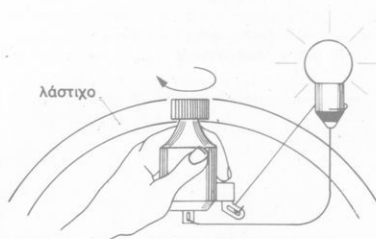
Τό ήλεκτρικό ρεύμα λέγεται συνεχές, όταν έχει διαρκώς τήν ίδια φορά. Αντίθετα, όταν ή φορά τού ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικά μέ τό χρόνο, τό ρεύμα ονομάζεται έναλλασσόμενο.

Τά ήλεκτρικά 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 εκτέλεση άπλών πειραμάτων είναι άκατάλληλη πηγή, γιατί α) υπάρχει κίνδυνος ήλεκτροπληξίας 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 ήλεκτρικών πηγών συνεχούς τάσεως. (Ένα στοιχείο καί τρία στοιχεία στή σειρά)

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 **άνοιχτό**.

Βραχυκύκλωμα. Είναι δυνατό, μερικές φορές, να συνδεθούν οι πόλοι μίας πηγής κατευθείαν με έναν άγωγο 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 τους άγωγούς ή να προκαλέσει πυρκαγιά.

Για να αποφεύγονται οι καταστρεπτικές 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

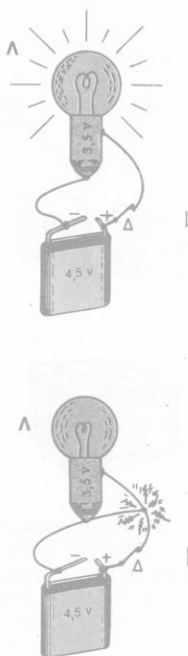
Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από την ύλη, φέρνει ορισμένα αποτελέσματα, τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι τα θερμικά, τα μαγνητικά, τα μηχανικά, τα χημικά και τα βιολογικά αποτελέσματα.

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 τους άγωγούς. 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 τους πόλους μίας πηγής συνεχούς ρεύματος και παρατηρούμε ότι πάνω στο άρνητικό ηλεκτρό-



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



Σχ. 5. Χημικά αποτελέσματα

διο έλευθερώνονται φυσαλίδες 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 πρὸς μία μαγνητική βελόνα, πού ισορροπεί με διεύθυνση «βορράς - νότος» (Σχ. 6) και διοχετεύουμε ηλεκτρικό ρεύμα στὸν άγωγό. Παρατηρούμε ὅτι ἡ βελόνα στρέφεται καί τείνει νά γίνει κάθετη πρὸς τόν άγωγό. Τό γεγονός αυτό φανερώνει ὅτι τό ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί νά άσκήσει δυνάμεις σέ μαγνήτες, δηλ. νά φέρει μαγνητικά άποτελέσματα.

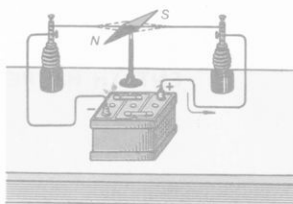
δ) Μηχανικά άποτελέσματα

Παρόμοιες δυνάμεις με αυτές πού κινούν τή μαγνητική βελόνα βάζουν σέ λειτουργία τούς ηλεκτρικούς κινητήρες (άνεμιστήρες κτλ.), ὅταν αυτοί συνδέονται με τήν ηλεκτρική πηγή. "Ετσι ἡ ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σέ μηχανική.

ε) Βιολογικά άποτελέσματα

Τέλος τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται από τό ανθρώπινο σώμα ἢ τό σώμα τών ζώων, προκαλεί βιολογικά άποτελέσματα, τά ὁποία είναι δυνατό νά προξενήσουν καί τό θάνατο.

Μερικά από τά άποτελέσματα αυτά είναι: έγκαύματα, χημικές άποσυνθέσεις καί τέτανος τών μυών.



Σχ. 6. Μαγνητικά άποτελέσματα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί μετατροπές ενέργειας γίνονται α) με ένα ηλεκτρικό στοιχείο β) με μία γεννήτρια καί γ) με έναν ηλεκτρικό κινητήρα;
2. Γιά ποιούς λόγους ἡ πρίζα είναι άκατάλληλη νά χρησιμοποιηθεῖ ὡς πηγή ρεύματος σέ κοινά πειράματα;
3. Τί είναι ηλεκτρικός καταναλωτής; Νά αναφέρετε μερικά παραδείγματα.
4. Τί βλάβες μπορεί νά προξενήσει τό ηλεκτρικό ρεύμα, ὅταν διέρχεται από έναν οργανισμό;
5. Σās 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 στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Διακρίνονται σέ ηλεκτρικά στοιχεία, συσσωρευτές, γεννήτριες, φωτιστοειχία κτλ.
2. Τό συνεχές ρεύμα έχει σταθερή φορά, ενώ τό έναλλασσόμενο μεταβάλλει τή φορά του περιοδικά με τό χρόνο.
3. "Ενα κύκλωμα λέγεται κλειστό ὅταν διαρρέεται από ρεύμα καί άνοιχτό ὅταν δέ διαρρέεται. "Αν συμβεί νά συνδεθεῖ ανάμεσα στούς πόλους ηλεκτρικής πηγής ένας άγωγός, χωρίς νά παρεμβάλλεται ηλεκτρικός καταναλωτής, έχουμε βραχυκύκλωμα.
4. Τά άποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι θερμικά, χημικά, μαγνητικά, βιολογικά καί μηχανικά.

ΕΝΤΑΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ – ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

I. ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό ηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι ανάλογο πρός τό ρεύμα ενός ποταμού ή τή ροή νερού μέσα σέ σωλήνα. Στην περίπτωση τής ροής νερού σέ σωλήνα δέ μάς 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 μάς ενδιαφέρει καί στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ. μάς ενδιαφέρει νά γνωρίζουμε τήν ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου q πού περνάει από κάποια διατομή του άγωγού στή μονάδα του χρόνου. Τό μέγεθος αυτό πού μετράει τήν ηλεκτρική «παροχή» ενός άγωγού ονομάζεται ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος καί όρίζεται 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 άγωγού σέ χρόνο t , πρός τό χρόνο αυτό.

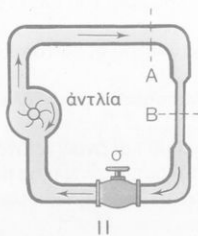
$$\text{Δηλαδή: } i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

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 A τόσο περνάει στόν ίδιο χρόνο καί από τή διατομή B. “Αν δέ συνέβαινε αυτό, θά είχαμε διαρκή συσσώρευση ηλεκτρικού φορτίου σέ κάποιο από τά σημεία του άγωγού, γεγονός πού ούδέποτε έχει παρατηρηθεί.

“Αν δίνεται ή ένταση i σέ ένα κύκλωμα, μπορούμε νά υπολογίσουμε τό φορτίο q πού περνάει από κάποια διατομή A του κυκλώματος, λύνοντας τήν παραπάνω εξίσωση ως πρός 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 άγωγό 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 έντάσεως (π.χ. $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ κτλ.).

Άπό τόν τύπο (1) μπορούμε νά βρούμε τή σχέση πού συνδέει τή μονάδα φορτίου (**1 Cb**) μέ τή μονάδα έντάσεως (**1A**). Ή σχέση αύτή είναι: $1\text{A} = 1\text{Cb}/\text{sec}$ ή $1\text{Cb} = 1\text{A}\cdot\text{sec}$.

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

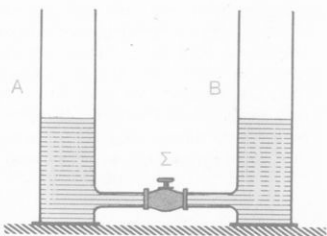
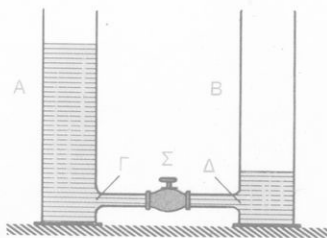
Ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετρείται μέ ειδικά όργανα πού λέγονται **άμπερόμετρα**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΤΑΣΕΩΝ
ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ
(προσεγγιστικά)

Κρυσταλλολυχνίες (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. "Ας 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 άπό τό άλλο. Ήπίσης, γιά νά κινείται τό νερό μόνο όταν θέλουμε έμεις, τοποθετούμε ένα διακόπτη Σ (στροφήιγγα) στό σωλήνα (Σχ. 2). "Όταν ανοίγουμε τή στροφήιγγα, παρατηρούμε ότι τό νερό ρέει άπό τό δοχείο A πρós τό δοχείο B, κι αυτό γιατί στά άκρα Γ καί Δ του σωλήνα υπάρχει **διαφορά πίεσεως**. (Ή υδροστατική πίεση στό Γ είναι μεγαλύτερη άπό τήν πίεση στό Δ). Τό αίτιο, λοιπόν,



Σχ. 2. Αιτία τής ροής ύγρου σέ σωλήνα είναι ή διαφορά πίεσεως 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 το αίτιο της κυκλοφορίας ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν άγωγο ή σε ένα κύκλωμα (π.χ. στον άγωγο AB του Σχ. 3), είναι η **διαφορά δυναμικού** στα άκρα του A και B , που συμβολίζεται με τό γράμμα U . Άρα:

Η διαφορά δυναμικού ή ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός άγωγού είναι τό αίτιο του ηλεκτρικού ρεύματος στον άγωγο.

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

Άς υποθέσουμε ότι κάποιο φορτίο q μετακινείται από τό άκρο A στο άκρο B ενός άγωγού και ότι τό έργο πού παράγεται κατά τή μετακίνηση αυτή είναι W . Τό πηλίκο W/q ορίζεται ως διαφορά δυναμικού U μεταξύ των σημείων A και B . Επομένως:

Διαφορά δυναμικού U μεταξύ δύο σημείων άγωγού ονομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού εκφράζεται με τό πηλίκο του έργου W , πού παράγεται κατά τήν κίνηση φορτίου q από τό ένα σημείο στο άλλο, διά του φορτίου q .

Δηλαδή:

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

γ. Μονάδες τάσεως. Μονάδα ήλεκτρικής τάσεως στο Διεθνές Σύστημα είναι τό **1 Volt (1V)** και 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 και B άγωγού ύπάρχει διαφορά δυναμικού 1 Volt , όταν παράγεται έργο 1 Joule κατά τή μετακίνηση φορτίου 1Cb μεταξύ των σημείων αυτών. Εκτός από τό 1V χρησιμοποιούνται επίσης πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια της μονάδας, π.χ.

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

Η ήλεκτρική τάση μεταξύ δύο σημείων μετρίε-

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

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. 'Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος όρίζεται από τον τύπο $i = q/t$. Οί μονάδες έντάσεως είναι τό 1A, 1mA, 1kA κτλ.
2. 'Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ενός άγωγού είναι ή αίτία πού προκαλεί τό ηλεκτρικό ρεύμα στον άγωγό καί όρίζεται από τον τύπο $U = W/q$. Μονάδες δ.δ. είναι τό 1V = 1Joule/Cb, τό 1mV κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποίες 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 άποδείξετε ότι τό έργο W πού παράγεται σε 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 τη διατομή B (Σχ. 1) είναι λιγότερο, περισσότερο ή ίσο μέ τό φορτίο πού περνάει από τη διατομή A στον ίδιο χρόνο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. 'Αν ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα του Σχ. 1 είναι 0,5 A, νά υπολογίσετε τό ηλεκτρικό φορτίο πού περνάει από τη διατομή A σε χρόνο 6min.
2. 'Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A καί B ενός άγωγού είναι 20 Volt καί τό φορτίο πού μετακινείται από τό A στο B είναι 15,5 Cb. Πόσο έργο παράγεται κατά τη μετακίνηση αυτή;
3. 'Η 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 τη διατομή A σε χρόνο 3min καί τό έργο πού παράγεται κατά τη μετακίνηση του φορτίου αυτού από τό A στο B.

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

I. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

Συνδέουμε έναν αγωγό ΓΔ σε σειρά με ένα άμπερόμετρο Α και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζουμε διάφορες τάσεις (π.χ. από 0 έως 10V) (Σχ. 1). Με το άμπερόμετρο Α 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 $U_{ΓΔ}$ είναι 2V, η ένταση του ρεύματος είναι 0,1A. Τότε, αν η τάση γίνει 4V, παρατηρούμε ότι η ένταση γίνεται 0,2A κ.ο.κ. Με ένα τέτοιο πείραμα συμπληρώνουμε τον πίνακα τιμών I.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

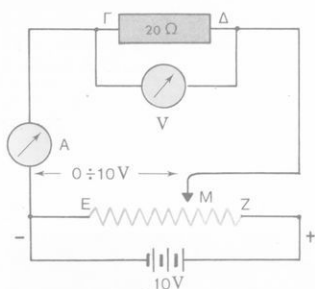
$U_{ΓΔ}$ σε Volt	i σε Amp.	U/i σε Ohm
0	0	—
2	0,1	20
4	0,2	20
6	0,3	20
8	0,4	20

Στή συνέχεια παριστάνουμε γραφικά τὰ ζεύγη τιμών (U, i) σε ένα ορθογώνιο σύστημα αξόνων και παρατηρούμε ότι τὰ διάφορα σημεία βρίσκονται (περίπου) σε εὐθεία γραμμή (Σχ. 2). Από τὸ διάγραμμα συμπεραίνουμε ὅτι:

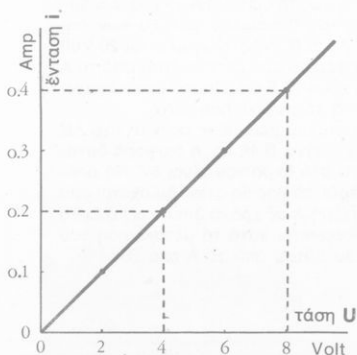
Ἡ ένταση τοῦ ρεύματος πού διαρρέει ἕναν ἄγωγό είναι ἀνάλογη πρὸς τὴν τάση πού ἐφαρμόζεται στὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγού.

Ἡ πρόταση αὐτὴ ἀποτελεῖ τὴ διατύπωση τοῦ νόμου τοῦ Ohm ($\Omega\mu$). (Στὸ ἴδιο συμπέρασμα, δηλ. ὅτι ἡ ένταση είναι ἀνάλογη πρὸς τὴν τάση, μπορούμε νὰ καταλήξουμε κατευθείαν καὶ ἀπὸ τὸν πίνακα τῶν τιμῶν, ὅταν οἱ τιμές αὐτές είναι ἀριθμοὶ ἀκέραιοι ἢ ἀπλοὶ δεκαδικοί).

Ἀπὸ τὸν πίνακα τῶν τιμῶν παρατηροῦμε



Σχ. 1. Ὄταν ἡ ἐπαφή M μετακινεῖται ἀπὸ τὸ E στὸ Z, ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγού μεταβάλλεται ἀπὸ 0 V ἕως 10 V.



Σχ. 2. Γραφικὴ παράσταση τῆς ἐντάσεως i σὲ συνάρτηση μὲ τὴν τάση U

επίσης ότι ο λόγος U/i παραμένει **σταθερός**, ανεξάρτητα από τις τιμές που παίρνει η 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**.

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

Η σχέση αυτή αποτελεί τη συμβολική διατύπωση του νόμου του Ohm και μπορεί να 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 τον όρο «αντίσταση» εννοούμε τή δυσκολία που 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» εννοούμε και τόν αγωγό που χρησιμοποιούμε για νά βάζει εμπόδιο στό ρεύμα. Για τήν περίπτωση αυτή τελευταία χρησιμοποιείται ό όρος **αντιστάτης**. Στό εμπόριο κυκλοφορούν αντιστάτες μέ διάφορες τιμές αντιστάσεως που είναι γραμμένες πάνω στον 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.

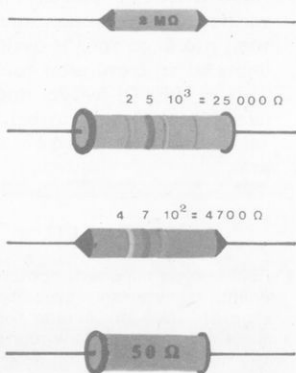
$$1\text{Ohm} = \frac{1\text{Volt}}{1\text{Amp.}} \quad \text{ή} \quad 1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (2)$$

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

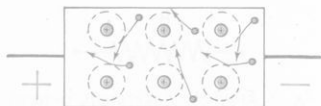
1Ω είναι ή αντίσταση εκείνου του αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 1A, όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση 1V.



Σχ. 3. Σύμβολο ηλεκτρικής αντίστασης



Σχ. 4. Μορφές αντιστάσεων (ή αντιστατών)



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

Έκτός από το 1Ω χρησιμοποιούνται και τά έξης πολλαπλάσια τής μονάδας:

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

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

II. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

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

Η ηλεκτρική αντίσταση των μεταλλικών άγωγών οφείλεται στις συγκρούσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων μέ τά ιόντα των άγωγών.

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Ένας άγωγός αντίστασews $2,4 \Omega$ διαρρέεται από ρεύμα έντάσews $0,5 \text{ A}$. Νά βρεθεί ή ηλεκτρική τάση στά άκρα του.
- Στά άκρα ενός άγωγού αντίστασews 20Ω έφαρμόζεται τάση 4V . Νά υπολογιστεί ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος πού τόν διαρρέει.
- Στά άκρα ενός άγωγού έφαρμόζεται τάση $U = 12 \text{ V}$, όποτε ή άγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντάσews $i = 0,3 \text{ A}$. Πόση είναι ή αντίσταση του άγωγού;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κάθε άγωγός προβάλλει κάποια αντίσταση (έμπόδιο) στη διέλευση του ρεύματος πού είναι χαρακτηριστική για τόν άγωγό και ανεξάρτητη από τήν ηλεκτρική τάση στά άκρα του. Η αντίσταση αυτή R ισούται μέ $R = U/i$. Η σχέση αυτή άποτελεί τή διατύπωση του νόμου του Ohm, πού γράφεται συχνά ως έξης:

$$i = U/R$$
Οί άγωγοί πού παρεμβάλλουν αντίσταση στό ρεύμα λέγονται αντίστασεις (ή αντίστές).
- Μονάδες αντίστασews 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

- Ποιά από τίς παρακάτω προτάσεις είναι όρθή; Η αντίσταση ενός άγωγού α) εξαρτάται από τήν ένταση του ρεύματος, β) εξαρτάται από τήν τάση στά άκρα του άγωγού γ) εξαρτάται μόνο από τόν άγωγό και είναι ανεξάρτητη τής τάσews ή τής έντάσews του ρεύματος.
- Τί έννοούμε λέγοντας ότι ένας άγωγός έχει αντίσταση 1Ω ;
- Τά ζεύγη τιμών (U, i) από ένα πείραμα είναι $(3,2)$, $(6,4)$, $(9,6)$, $(12,8)$ κτλ. Νά τά παραστήσετε γραφικά και νά βρείτε τήν αντίσταση του άγωγού. (Η τάση μετρίεται σέ V και ή ένταση σέ mA).
- Πού οφείλεται ή ηλεκτρική αντίσταση των μεταλλικών άγωγών;

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ – ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Ι. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

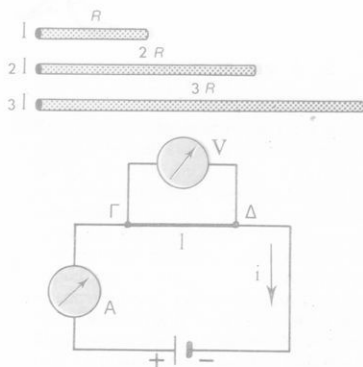
Η ηλεκτρική αντίσταση των αγωγών, όπως θα δούμε παρακάτω, εξαρτάται από τρεις διαστάσεις τους και από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντίσταση των αγωγών που έχουν τη μορφή σύρματος με σταθερή διατομή (έμβαδό τομής).

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 μιάς 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:

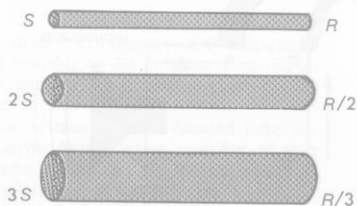
Η αντίσταση ενός αγωγού, που έχει σταθερή διατομή, είναι ανάλογη προς το μήκος του αγωγού.

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:

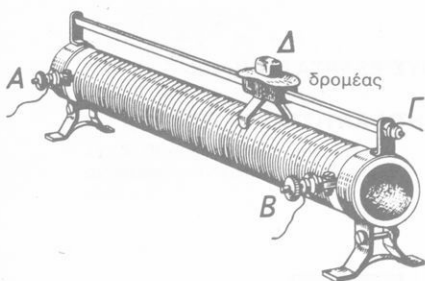
Η αντίσταση ενός αγωγού, με σταθερό μήκος, είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τη διατομή S του αγωγού.



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 ύλικό του σύρματος παραμένει τό ίδιο.

γ. **Σχέση ύλικού και αντίστασως.** Παίρνουμε δύο σύρματα με τό ίδιο μήκος και την ίδια διατομή, αλλά κατασκευασμένα από διαφορετικό ύλικό. Μετράμε τις αντίστασεις και βρίσκουμε ότι είναι διαφορετικές. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η αντίσταση ενός άγωγού εξαρτάται από τό ύλικό, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος.

Συγκεντρώνοντας όλα τά προηγούμενα συμπεράσματα μπορούμε νά γράψουμε τόν έξής τύπο:

$\text{άντίσταση άγωγού} = \text{σταθερά} \times \frac{\text{μήκος άγωγού}}{\text{διατομή άγωγού}}$

(1)

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

Ο συντελεστής ρ είναι χαρακτηριστικός για κάθε ύλικό και ονομάζεται **ειδική αντίσταση** του ύλικού, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος ό άγωγός.

Μονάδα ειδικής αντίστασως. Λύνουμε τόν τύπο (1) ως προς ρ και βρίσκουμε:

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

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

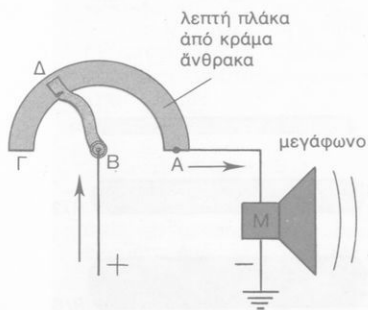
Αρα ή μονάδα της ειδικής αντίστασως ό Διεθνές Σύστημα μονάδων είναι τό:

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

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

II. ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Στις μεταβλητές αντίστασεις μπορούμε νά μεταβάλλουμε τήν τιμή της αντίστασως, μετατοπίζοντας ένα δρομέα Δ (Σχ. 3) ή γυρίζοντας ένα κουμπί (Σχ. 4). Η λειτουργία τους στηρίζεται στό ότι ή αντίσταση ενός άγωγού με σταθερή διατομή είναι άνάλογο προς τό μήκος του.



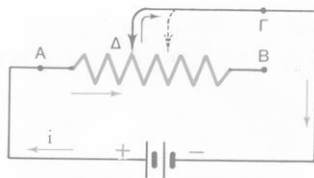
Σχ. 4. Μεταβλητή αντίσταση με άνθρακα. (Λειτουργεί ως ροοστάτης)

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

Οι μεταβλητές αντιστάσεις που χρησιμο-
ποιούνται στα ηλεκτρονικά μηχανήματα (ρα-
διόφωνα, 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
έπομένως μειώνει την ένταση του ρεύματος
στο κύκλωμα. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι μία μετα-
βλητή αντίσταση μπορεί να ρυθμίζει το ρεύμα
ένος 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 όχη-
ματα (τρόλεϋ, ηλεκτρικ. τράινα) για τη ρύθμιση
της ταχύτητας κτλ.



Σχ. 5. Αρχή της λειτουργίας του ροο-
στάτη

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα σύρμα από σιδηρονικέλιο έχει μή-
κος 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 $\rho=3 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. (Δί-
νεται ότι $0,2 \text{ mm}^2=0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$).
2. 'Η αντίσταση που παρουσιάζει ένα ήλε-
κτρικό σίδηρο είναι 50 Ω . Για να την αντί-
καταστήσουμε, χρησιμοποιούμε σύρμα
πού έχει διατομή $S=0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ και ει-
δική αντίσταση $5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. Νά υπολογι-
στεί το μήκος του σύρματος πού πρέπει
να χρησιμοποιήσουμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. 'Η αντίσταση R ενός άγωγού πού έχει σταθερή διατομή S είναι ανάλογη προς
τό μήκος l, αντίστροφως ανάλογη προς τό S και εξαρτάται από τό ύλικό του
άγωγού ($R = \rho \cdot l/S$). 'Ο συντελεστής ρ ονομάζεται ειδική αντίσταση του ύλικού
του άγωγού.
2. Μεταβλητή αντίσταση λέγεται μία αντίσταση της οποίας μπορούμε να μετα-
βάλλουμε τό μήκος και έπομένως την τιμή της. Οι μεταβλητές αντιστάσεις
χρησιμοποιούνται στους ροοστάτες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται η αντίσταση ενός με-
ταλλικού σύρματος;
2. Σας δίνουν ένα σύρμα, πού έχει μήκος
9m και αντίσταση 20 Ω , και σας λένε να
κατασκευάσετε μία αντίσταση 10 Ω . Τί
από τά παρακάτω θά κάνετε: α) Θά κό-
ψετε τό σύρμα σε τρία ίσα μέρη και θά
πάρετε τό ένα κομμάτι; β) Θά κόψετε τό

- σύρμα σε δύο ίσα μέρη και θά πάρετε τό
ένα κομμάτι; γ) Θά διπλώσετε τό σύρμα
στή μέση και θά τό χρησιμοποιήσετε δι-
πλό;
3. Όταν μετακινούμε τό δρομέα μιάς με-
ταβλητής αντιστάσεως, ποιά από τά τρία
μεγέθη ρ , l και S μεταβάλλουμε, για να
μεταβληθεί η αντίστασή της R;
 4. Τί είναι και πώς λειτουργεί ένας ροοστά-
της; (νά κάνετε ένα σχέδιό του).

ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ – ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Ι. ΣΥΝΔΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

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:

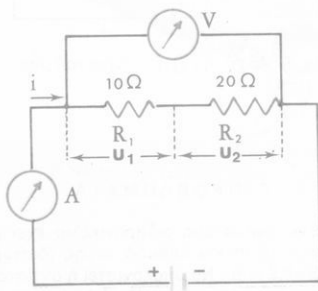
"Η ολική αντίσταση $R_{ολ}$ δύο αντιστάσεων R_1 και R_2 που συνδέονται σε σειρά, είναι ίση με το άθροισμα των δύο αντιστάσεων.

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

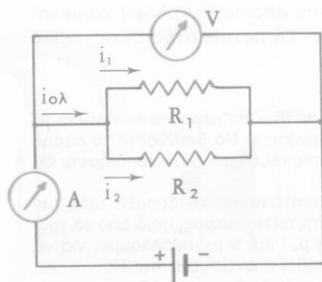
Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και αν χρησιμοποιήσουμε τρεις, τέσσερις κτλ. αντιστάσεις. Πάντοτε η ολική αντίσταση ισούται με το άθροισμα των αντιστάσεων.

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 τον τρόπο που αναφέραμε παραπάνω υπολογίζουμε την ολική αντίσταση και βρίσκουμε $R_{ολ} = 5\Omega$. Από το πεί-



Σχ. 1. Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά



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

ραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι η όλικη 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 άγωγου και, επομένως, η όλικη αντίσταση γίνεται μεγαλύτερη από τήν κάθε αντίσταση χωριστά, ενώ η παράλληλη σύνδεση δύο αντιστάσεων ισοδυναμεί με αύξηση της διατομής ενός άγωγου και, επομένως, η όλικη αντίσταση του συστήματος γίνεται μικρότερη και από τή 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, ώμόμετρο (μετράει τήν αντίσταση άγωγού), βατόμετρο (μετράει τήν ισχύ) κτλ. είναι τά περισσότερο σε χρήση όργανα.

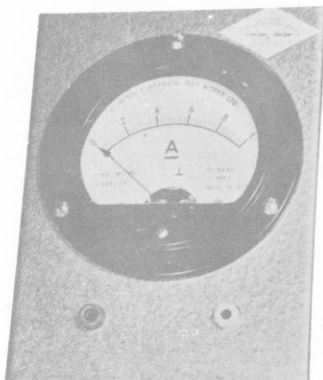
Η λειτουργία των οργάνων αυτών στηρίζεται στα άποτελέσματα που φέρνει τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν περνάει μέσα από τά υλικά (θέρμανση, χημικές μεταβολές και έκτροπή μαγνητών).

III. ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

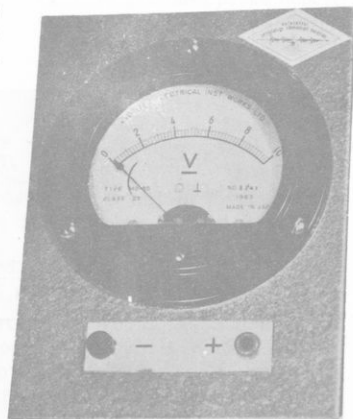
Τά όργανα αυτά έχουν παρόμοια κατασκευή μεταξύ τους και ή λειτουργία τους στηρίζεται συνήθως στα μαγνητικά άποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος (Σχ. 5).

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

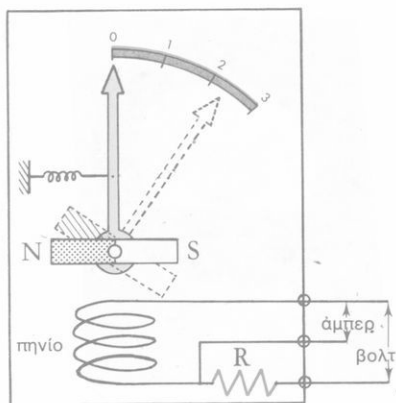
Όταν χρησιμοποιούμε ένα άμπερόμετρο, πρέπει νά προσέχουμε ή σύνδεσή του νά γίνει-



Σχ. 3. Άμπερόμετρο συνεχούς ρεύματος



Σχ. 4. Βολτόμετρο συνεχούς ρεύματος



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

ται πάντα σε σειρά, γιατί διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος να κάψουμε τό όργανο.

β. Βολτόμετρα. Τά βολτόμετρα είναι όργανα πού μετρούν τήν τάση μίας πηγής ή τή διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε 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 σε 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 του ήλεκτρικού ρεύματος, τήν τάση, τήν αντίσταση των άγωγών κτλ. Η μετατροπή τους από άμπερόμετρο σε βολτόμετρο γίνεται μέ τήν προσθήκη κάποιας αντίστάσεως, όπως φαίνεται στό Σχ. 5.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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

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

2. Τά άμπερόμετρα συνδέονται στό κύκλωμα σε σειρά καί τά βολτόμετρα κατά διακλάδωση. Η λειτουργία τους στηρίζεται συνήθως στά μαγνητικά άποτελέσματα του ήλεκτρικού ρεύματος.
3. Τά γαλβανόμετρα είναι ευαίσθητα βολτόμετρα ή άμπερόμετρα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Διαθέτουμε ένα αμπερόμετρο. Τι θά κάνουμε για νά τό μετατρέψουμε σέ βολτόμετρο;
2. α) Πώς συνδέονται σέ ένα κύκλωμα τό αμπερόμετρο καί τό βολτόμετρο; β) Ποιό από τά δύο όργανα κινδυνεύει νά καταστραφεί σέ περίπτωση λαθεμένης συνδέσεως;
3. Τι είναι τά πολύμετρα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Σās λένε ότι στό πείραμα του Σχ. 1 οι αντιστάσεις είναι $R_1=5\Omega$ καί $R_2=7\Omega$. Πόσο είναι ή όλική αντίσταση;
2. Δύο αντιστάσεις $R_1=20\Omega$ καί $R_2=30\Omega$ συνδέονται σέ σειρά καί στά άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάση 6V. Πόση είναι ή ένταση του ρεύματος που διαρρέει την κάθε αντίσταση;
3. Αν οι αντιστάσεις R_1 καί R_2 της προηγούμενης άσκησης είναι συνδεμένες σέ διακλάδωση, πόση είναι ή όλική αντίσταση;

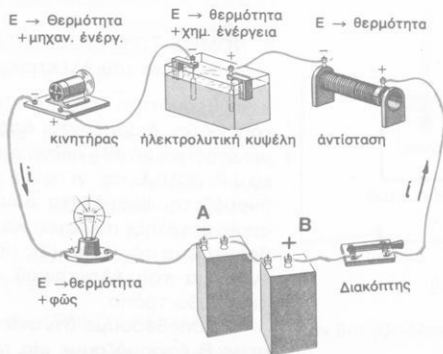
26η ΕΝΟΤΗΤΑ

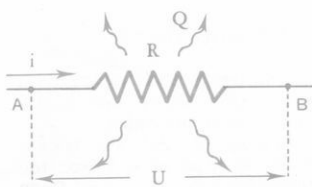
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

I. 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). Για νά γίνουν όμως αυτά τά φαινόμενα χρειάζεται ή ενέργεια, την όποία προφανώς δίνει τό ηλεκτρικό ρεύμα.

Σχ. 1. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγει ήνέργεια $E = i \cdot U \cdot t$, που μετατρέπεται σέ θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ήνέργεια





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

Έπειδή 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 αύτή, 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:

$$(3) E = i \cdot U \cdot t \quad \text{ένέργεια ηλεκτρικού ρεύματος}$$

Ό τύπος αύτός τής ενέργειας είναι γενικός τύπος καί μάς δίνει τήν ενέργεια πού δαπανάει ένας ηλεκτρικός καταναλωτής, στά άκρα του οποίου επικρατεί τάση U , χωρίς νά μάς ενδιαφέρει άν αύτή ή ενέργεια μετατρέπεται σέ θερμική, μηχανική ή χημική ενέργεια.

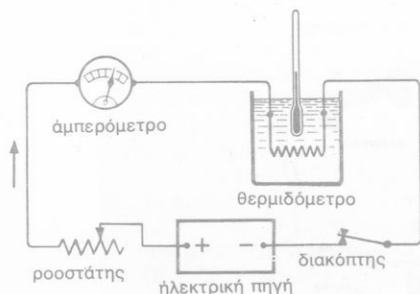
Μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Ός μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας στό Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται ή γνωστή μονάδα **Joule**. “Αν στόν τύπο (3) θέσουμε $i = 1A$, $U = 1V$ καί $t = 1 \text{ sec}$, τότε βρίσκουμε ότι:

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

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

“Η θερμότητα Q πού ελευθερώνεται σέ άγωγούς, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, μελετήθηκε τό 19ο αιώνα από τόν “Αγγλο φυσικό J.P. JOULE καί γι’ αύτό ή θερμότητα αύτή ονομάζεται **θερμότητα Joule**. “Ο νόμος στόν όποίο 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 αντίστασης R εφαρμόζουμε μία τάση U (Σχ. 2). Τότε



Σχ. 3. Πειραματική απόδειξη του νόμου του Joule

μέσα στην αντίσταση θά κυκλοφορεί ένα ρεύμα i που θά δίνεται από τό νόμο του Ohm

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

“Αν στόν τύπο (3) αντικαταστήσουμε τήν τάση U μέ τό ίσο της $i \cdot R$ καί άν, αντί γιά E , χρησιμοποιήσουμε τό σύμβολο Q τής θερμότητας, τότε προκύπτει:

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

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

“Ο νόμος του Joule μάς δίνει τή θερμότητα Q πού παράγεται σέ μία αντίσταση R μέσα σέ χρόνο t , όταν ή αντίσταση ατή διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως i .

Στόν τύπο (5) ή θερμότητα Q μετριέται σέ Joule. “Αν θέλουμε νά τή μετρήσουμε σέ θερμίδες (cal), πού είναι μία συνηθισμένη μονάδα γιά τή θερμότητα, τότε πρέπει νά κάνουμε μετατροπή στίς μονάδες χρησιμοποιώντας τή γνωστή σχέση τους:

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

Πειραματική απόδειξη του νόμου του Joule

Γιά τήν πειραματική απόδειξη του νόμου του Joule πραγματοποιούμε τό κύκλωμα του Σχ. 3.

Μέ τό ροοστάτη ρυθμίζουμε τήν ένταση του ρεύματος i καί μέ τό θερμιδόμετρο ύπολογίζουμε κάθε φορά τή θερμότητα Q , πού έλευθερώνεται στην αντίσταση, από τό γνωστό τύπο τής θερμιδομετρίας:

$$\boxed{\text{θερμότητα} = \text{ειδική θερμότητα} \times \text{μάζα} \times \text{μεταβολή θερμοκρασίας}}$$

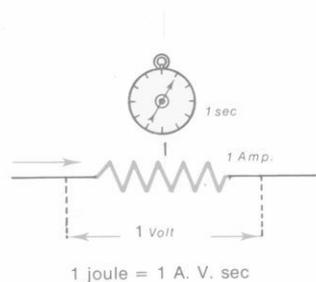
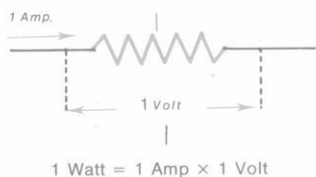
$$\eta \quad (6) \quad \boxed{Q = c \cdot m \cdot \Delta\theta}$$

Κατόπιν κάνουμε τά έξής:

1) Μεταβάλλουμε μόνο τήν ένταση i καί βρίσκουμε ότι ή θερμότητα Q είναι ανάλογη πρós τό τετράγωνο του i . 2) Μεταβάλλουμε μόνο τήν αντίσταση R καί βρίσκουμε ότι τό Q είναι ανάλογο πρós τήν R καί 3) Διατηρούμε τά i καί R σταθερά καί παρατηρούμε ότι ή θερμότητα είναι ανάλογη πρós τό χρόνο t .

III. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

“Όπως είναι γνωστό από τή Μηχανική, ή



Σχ. 4.

Ισχύς P εκφράζεται με τό λόγο της ενέργειας E που παράγεται σε χρόνο t προς τό χρόνο αυτό. Άρα καί ή ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος θά είναι:

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

Άντικαθιστούμε τό E με τό ίσο του $i.U.t$ καί βρίσκουμε:

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

Άν μās ενδιαφέρει ειδικά ή **θερμική ισχύς** του ρεύματος, αυτή δίνεται από τόν τύπο:

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

Μονάδα ισχύος. Ός μονάδα ισχύος στό Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται τό Watt καί από τόν τύπο (7) προκύπτει ότι:

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

Ένα watt είναι ή ισχύς που καταναλώνει ένας άγωγός που διαρρέεται από ρεύμα 1A, όταν στά άκρα του έπικρατεί τάση 1V (Σχ. 4) καί ένα Joule είναι ή ενέργεια που καταναλώνει ό πιο πάνω άγωγός σε 1sec.

Έκτός από τό W χρησιμοποιούνται καί τά πολλαπλάσιά του.

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

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

Άλλες μονάδες ενέργειας. Άπό τόν όρισμό της ισχύος $P = E/t$ παίρνουμε $E = P.t$. Άν στόν τύπο αυτό βάλουμε $P = 1\text{W}$, $t = 1\text{sec}$, τότε τό E γίνεται 1 Joule. Δηλ. **1Joule = 1W.1sec.** Άν βάλουμε $P = 1\text{KW}$ καί $t = 1\text{h}$, τότε τό E γίνεται 1KWh (κιλοβατώρα) δηλ.

1KWh (κιλοβατώρα) = 1000W.3600sec = 3.600.000 Joule. Η κιλοβατώρα (KWh) είναι μία μεγάλη μονάδα ενέργειας καί χρησιμοποιείται στή μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στά σπίτια, στά έργοστάσια κτλ.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παίρνει ενέργεια από την ηλεκτρική πηγή και τή δίνει στους διάφορους ηλεκτρικούς καταναλωτές, παράγοντας θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ενέργεια. Ή ενέργεια αυτή δίνεται από τόν τύπο:
 $E = i \cdot U \cdot t$.
2. Ειδικά ή θερμική ενέργεια δίνεται καί από τόν τύπο $Q = i^2 R \cdot t$ καί ή σχέση αυτή λέγεται νόμος του Joule.
3. Ή ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος δίνεται από τόν τύπο $P = i \cdot U$. Ειδικά για τή θερμική ισχύ μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε καί τόν τύπο $P = i^2 R$.
4. Οί μονάδες ενέργειας καί ισχύος προκύπτουν από τούς αντίστοιχους τύπους καί είναι $1 \text{ Joule} = 1 \text{ A} \cdot \text{V} \cdot \text{sec}$ καί $1 \text{ Watt} = 1 \text{ A} \cdot \text{V}$.

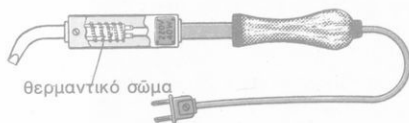
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιός είναι ό γενικός τύπος τής ενέργειας του ηλεκτρικού ρεύματος καί ποιός ειδικότερα ό τύπος τής θερμικής ενέργειας;
2. Τί είναι ή κιλοβατώρα;
3. Πώς αποδεικνύεται θεωρητικά καί πώς πειραματικά ό νόμος του Joule;
4. Θέλετε νά υπολογίσετε τή θερμότητα πού παράγεται σέ μία αντίσταση. α) Είναι όρθό νά χρησιμοποιήσετε τόν τύπο $Q = i^2 R \cdot t$; β) Είναι λάθος άν χρησιμοποιήσετε τόν τύπο $E = i \cdot U \cdot t$;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει αντίσταση 50Ω καί συνδέεται μέ τάση 220 V . Νά υπολογίσετε τήν ένταση του ρεύματος πού διαρρέει τήν αντίσταση τής.
2. Ένα ηλεκτρικό σίδερο έχει ισχύ 500 Watt . Σέ πόσες ώρες θά καταναλώσει 4 kWh ;
3. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας έχει αντίσταση $R = 100 \Omega$ καί διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως $i = 0,5 \text{ A}$. Νά υπολογιστεί ή ισχύς πού καταναλώνει ό λαμπτήρας.
4. Πόση θερμότητα παράγει σέ χρόνο 80 sec ό παραπάνω λαμπτήρας;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΗΕΔ ΠΗΓΗΣ



Σχ. 1. Ήλεκτρικό κολλητήρι

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκει πολλές εφαρμογές στις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου. Ήλεκτροκίνητα τραίνα και ηλεκτροκίνητα λεωφορεία (τρόλεϋ) είναι βασικά μέσα συγκοινωνίας στις μεγάλες πόλεις του κόσμου, όπου τό πρόβλημα της μόλυνσως της ατμόσφαιρας από τά καυσάερια είναι δξύ. Όλα αυτά τά όχήματα, πάρα πολλά παιδικά παιχνίδια και οικιακές συσκευές κάνουν χρήση τής ηλεκτρικής ενέργειας, τήν όποία μετατρέπουν σέ μηχανική. Λεπτομέρειες σχετικές μέ τόν τρόπο τής μετατροπής αΰτής θά αναπτυχθούν σέ έπόμενες ένότητες.

Πολύ σπουδαίες έφαρμογές βρίσκει έπίσης τό ήλεκτρικό ρεύμα στήν παραγωγή θερμότητας (θερμότητα Joule).

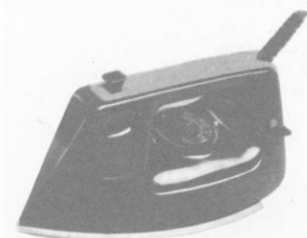
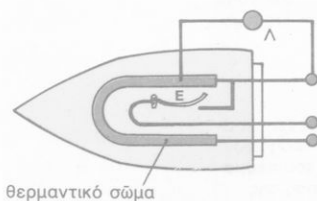
II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ JOULE

Τό κύριο εξάρτημα όλων τών ήλεκτρικών συσκευών πού χρησιμοποιούνται γιά παραγωγή θερμότητας είναι ή ήλεκτρική αντίσταση (ή θερμαντικό σώμα) (Σχ. 1).

Τό θερμαντικό σώμα είναι μεταλλικό σύρμα κατασκευασμένο από ειδικά κράματα, όπως χρωμονικελίνη κτλ., τά όποια αντέχουν σέ ύψηλές θερμοκρασίες. Γιά νά προστατεύεται τό σύρμα είναι τοποθετημένο συνήθως μέσα σέ μονωτικό σώμα από κεραμικό ύλικό ή μαρμαρυγία (μίκια).

1. Ήλεκτρικό σίδερο. Η θερμαινόμενη αντίσταση στά α ύ τ ό μ α τ α ήλεκτρικά σίδερα προστατεύεται από κεραμικό ύλικό πού έχει σχήμα πετάλου και τό όποιο στηρίζεται πάνω σέ μεταλλική πλάκα (Σχ. 2). Ένα διμεταλλικό έλασμα E (θερμοστάτης) άνοίγει και κλείνει αυτόματα τό κύκλωμα, διατηρώντας μέ τόν τρόπο αυτό τή θερμοκρασία τής μεταλλικής πλάκας περίπου σταθερή και σέ έπιθυμητά έπίπεδα. Τό ένδεικτικό λαμπάκι Λ άνάβει κάθε φορά πού τό διμεταλλικό έλασμα κλείνει τό κύκλωμα.

2. Ήλεκτρική κουζίνα. Η παραγωγή θερμότητας



Σχ. 2. Αυτόματο ήλεκτρικό σίδερο

τητας στις πλάκες (ή μάτια) της κουζίνας γίνεται με μία ή περισσότερες αντίστασεις, που για να προστατεύονται είναι περιτυλιγμένες με κεραμικό ύλικό (Σχ. 3).

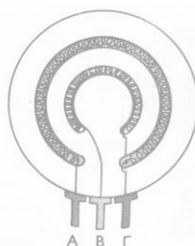
3. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα. Τα κύρια μέρη του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα είναι ένα κυλινδρικό μεταλλικό δοχείο (λέβητας), ένα θερμαντικό σώμα και ένας θερμοστάτης (Σχ. 4).

Ο θερμοστάτης είναι ρυθμισμένος να διακόπτει την παροχή του ρεύματος σε μία θερμοκρασία (π.χ. 80°C), για να αποφεύγεται τυχόν έκρηξη του θερμοσίφωνα. Για λόγους μεγαλύτερης προστασίας οι θερμοσίφωνες έχουν (ή πρέπει να έχουν) και δεύτερο σύστημα ασφάλειας, που να λειτουργεί σε περίπτωση που ο θερμοστάτης δέ λειτουργήσει.

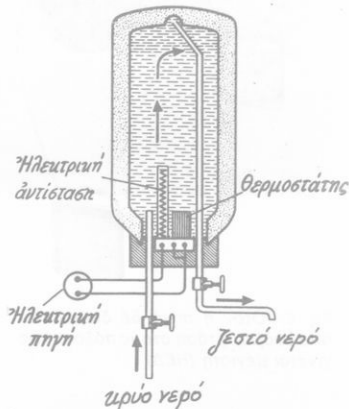
4. Λαμπτήρας πυρακτώσεως. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως εκτός από θερμότητα παράγουν και φως. Για να συμβαίνει αυτό πρέπει το θερμαντικό σώμα (νήμα) να φθάνει σε υψηλή θερμοκρασία (γύρω στους 2000°C) και επομένως πρέπει το ύλικό του νήματος να είναι πολύ δύσστοχο. Ένα κατάλληλο μέταλλο για το σκοπό αυτό είναι το βολφράμιο με σ.τ. 3400°C περίπου. Για να προστατεύεται το μεταλλικό νήμα από ανάφλεξη, είναι τοποθετημένο σε γυάλινο δοχείο που περιέχει αδρανές αέριο (Σχ. 5).

Οι λαμπτήρες, αλλά και κάθε ηλεκτρική συσκευή, είναι κατασκευασμένοι για να λειτουργούν υπό μία ορισμένη τάση, οπότε αποδίδουν μία ορισμένη ισχύ. Η τάση κανονικής λειτουργίας και η ισχύς είναι γραμμένες πάνω σε κάθε λαμπτήρα (π.χ. 220 V, 100W).

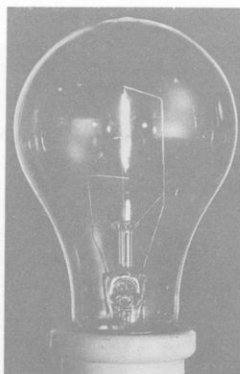
Σημείωση: Η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας και φωτός ή για την κίνηση μηχανών δε ρυπαίνει την ατμόσφαιρα με βλαβερές ουσίες, όπως συμβαίνει με τη χρήση όλων των καυσίμων. Παρ' όλα αυτά και η αλόγιστη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας – αλλά και κάθε μορφής ενέργειας – είναι ένα είδος θερμικής ρυπάνσεως (thermal pollution) του περιβάλλοντος που είναι δυνατό να διαταράξει την ισορροπία ενός οικοσυστήματος. Γι' αυτό εκτός από τους οικονομικούς λόγους υπάρχουν και λόγοι οικολογικοί που επιβάλλουν περιορισμό στην ενεργειακή σπατάλη.



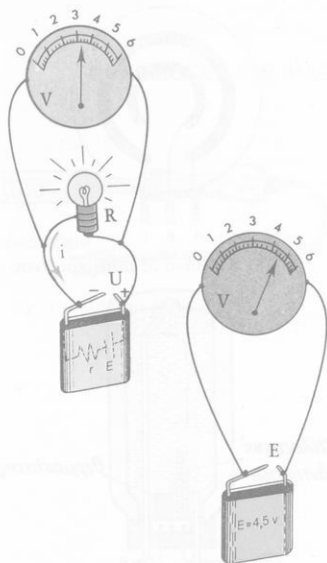
Σχ. 3. Πλάκα (ή μάτι) κουζίνας



Σχ. 4. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα



Σχ. 5. Ηλεκτρικός λαμπτήρας μεγάλης ισχύος



Σχ. 6. Όταν η πηγή δέ διαρρέεται από ρεύμα, η τάση στους πόλους της γίνεται μέγιστη (ΗΕΔ)

III. ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΗΓΗΣ (ΗΕΔ) 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 δέ διαρρέεται από ρεύμα.

Ή μέγιστη ηλεκτρική τάση πού εμφανίζεται στους πόλους μιάς πηγής, όταν ή πηγή δέ διαρρέεται από ρεύμα, ονομάζεται ή **ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) E** της πηγής.

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται γιά τήν κίνηση ηλεκτρικών όχημάτων και παιχνιδιών, γιά τή λειτουργία πολλών οικιακών συσκευών κτλ.
2. Ό θερμοσίφοντας, ή ηλεκτρική κουζίνα, τό ηλεκτρικό σίδερο, ή ηλεκτρική θερμάστρα κτλ. είναι συσκευές πού μετατρέπουν τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ θερμική.
3. Ή τάση πού εμφανίζεται στους πόλους μιάς πηγής, όταν αυτή δέ διαρρέεται από ρεύμα, ονομάζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) της πηγής.

1. Νά αναφέρετε παραδείγματα οικιακών συσκευών που μετατρέπουν α) την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική και β) την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική.
 2. α) Τί χρειάζεται ο θερμοστάτης σε ένα θερμοσίφωνα; β) Γιατί πρέπει οι θερμοσίφωνες να έχουν και δεύτερο σύστημα ασφάλειας;
 3. Τί παριστάνουν οι ένδειξεις «220V, 60W» σε μία ηλεκτρική συσκευή;
 4. α) Ποιά είναι τα κύρια μέρη ενός αυτόματου ηλεκτρικού σίδηρου; β) Άν καεί το θερμαντικό σώμα ενός αυτόματου ηλεκτρικού σίδηρου, θά ανάβει τό λαμπάκι Λ, όταν τό έλασμα Ε κλείνει τό κύκλωμα; (Σχ. 2).
 5. Τί είναι ή ηλεκτρεγερτική δύναμη μιās ηλεκτρικής πηγής;
1. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας φέρνει τίς ένδειξεις «220V, 100W». α) Για ποιά τάση είναι κατάλληλος ο λαμπτήρας και πόση είναι τότε ή ισχύς του; β) Πόσο ρεύμα περνάει από τό λαμπτήρα, άν συνδεθεί σε τάση 220V;
 2. Η πλάκα μιās ηλεκτρικής κουζίνας έχει ισχύ $P = 500W$ και ή ένταση του ρεύματος που τή διαρρέει είναι $i = 2,5A$. Πόση είναι ή ηλεκτρική τάση που τροφοδοτεί τήν κουζίνα;
 3. Πόσο θά κοστίσει ή λειτουργία τής παραπάνω κουζίνας άν λειτουργήσει επί 6 ώρες συνεχώς και ή τιμή τής κιλοβατώρας είναι 2,2 δρχ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

28η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΑΓΝΗΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

Ι. ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΜΑΓΝΗΤΕΣ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

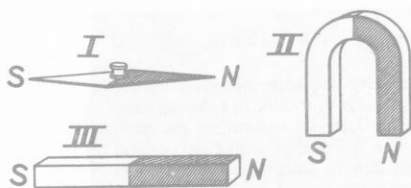
Από τήν αρχαιότητα ακόμη ο άνθρωπος είχε παρατηρήσει ότι ένα όρυκτό είχε τήν ιδιότητα νά έλκει κομμάτια από τό ίδιο ύλικό καθώς και κομμάτια σιδήρου, δέν είχε όμως τήν ιδιότητα νά έλκει τό ξύλο, τό χαλκό, τό άχυρο και άλλα ύλικά.

Τό όρυκτό αυτό είναι χημική ένωση του σιδήρου (Fe_3O_4) και ονομάζεται **μαγνητίτης**. Κοιτάσματα του υπάρχουν σε πολλές χώρες του Έλλάδας. (π.χ. Χαλκιδική). Κομμάτια του όρυκτού αυτού αποτελούν τούς **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 όρισμένα, όπως το σίδηρο, το νικέλιο, το κοβάλτιο, τα κράματα 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 τό περιτυλιγμένο καλώδιο **πηνίο**. Διαβιβάσουμε 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 τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι τό σύστημα «πηνίο-πυρήνας» αποκτά μαγνητικές ιδιότητες με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αν διακόψουμε τό ηλεκτρικό ρεύμα τό σιδερένια αντικείμενα παύουν νά έλκονται και αποχωρίζονται από τόν πυρήνα. Ένα τέτοιο σύστημα, που αποτελείται από ένα πηνίο και έναν πυρήνα από μαλακό σίδηρο, ονομάζεται **ηλεκτρομαγνήτης**.

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

(Αν συμβεί ό πυρήνας νά είναι από χάλυβα-κατσαβίδια, άτσάλοκαρφα κτλ. - τό σιδερένια αντικείμενα συνεχίζουν νά μένουν κολλημένα στόν πυρήνα και μετά τη διακοπή του ρεύματος στό πείραμα του Σχ. 3).

III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ

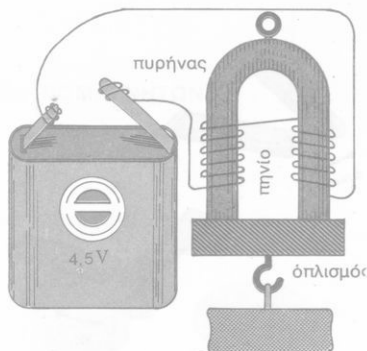
Πλησιάζουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σε καρφάκια ή ρινίσματα σιδήρου και παρατη-

ροῦμε ὅτι τὰ ἀντικείμενα αὐτὰ ἔλκονται ἰσχυρότερα ἀπὸ τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτη. Τό ἴδιο παρατηροῦμε καί σέ ἓναν ἠλεκτρομαγνήτη (Σχ. 3).

Οἱ περιοχές αὐτές τοῦ μαγνήτη ἢ ἠλεκτρομαγνήτη, πού παρουσιάζουν τή μεγαλύτερη ἑλκτική ἰκανότητα, ὀνομάζονται πόλοι.

Ἄν κρεμάσουμε σέ λεπτό νήμα ἓνα μαγνήτη ἢ ἠλεκτρομαγνήτη, βλέπουμε τόν ἓνα πόλο νά στρέφεται πρὸς τὸ βορρᾶ (North) καί τόν ἄλλο πρὸς τόν νότο (South). Ὁ πόλος πού στρέφεται πρὸς τὸ βορρᾶ λέγεται **βόρειος πόλος (N)** καί ὁ ἄλλος **νότιος πόλος (S)** τοῦ μαγνήτη (Σχ. 6).

Μέ ἀπλό πείραμα ἀποδεικνύεται ὅτι οἱ ὁμώνυμοι πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῶ οἱ ἐτερόνυμοι ἔλκονται μεταξύ τους (Σχ. 7).



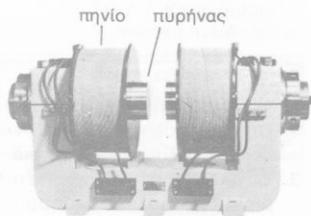
Σχ. 4. Πεταλοειδῆς ἠλεκτρομαγνήτης

IV. ΤΟ ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΥΡΗΝΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ώΣ ΜΑΓΝΗΤΗΣ

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

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

Ἀπὸ τὰ παραπάνω προκύπτει ὅτι τὸ ἠλεκτρικό ρεῦμα ἔχει ἄμεση σχέση μέ τὰ μαγνητικά φαινόμενα.

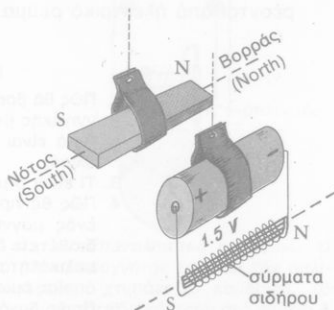


Σχ. 5. Ἴσχυρός ἠλεκτρομαγνήτης γιὰ ἐρευνες

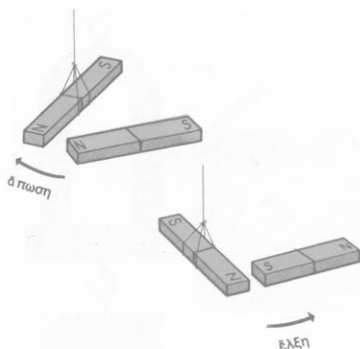
V. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Εἶναι γνωστό ὅτι ἀνάμεσα σέ δύο ἀκίνητα ἠλεκτρικά φορτία ἀναπτύσσονται ἑλκτικές ἢ ἀπωστικές δυνάμεις, ἀνάλογα μέ τὸ εἶδος τῶν φορτίων. Οἱ δυνάμεις αὐτές λέγονται **ἠλεκτρικές**.

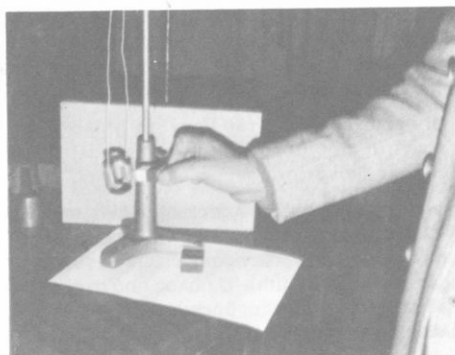
Δυνάμεις, ἐπίσης ἑλκτικές ἢ ἀπωστικές, ἀναπτύσσονται καί ἀνάμεσα σέ μαγνήτες ἢ πηνία πού διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικό ρεῦμα. Οἱ δυνάμεις αὐτές λέγονται **μαγνητικές**.



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



Σχ. 7. Οι όμώνυμοι πόλοι άπωθούνται και οι ετερώνυμοι έλκονται



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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ο μαγνητίτης ($Fe_3 O_4$) είναι ένας φυσικός μαγνήτης.
2. Όρισμένα υλικά (σίδηρος, νικέλιο, κοβάλτιο κτλ.) έλκονται από τούς μαγνήτες και ονομάζονται μαγνητικά υλικά.
3. Οι ηλεκτρομαγνήτες αποτελούνται από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από πυρήνα από μαλακό σίδηρο.
4. Οι ηλεκτρομαγνήτες και τά πηνία συμπεριφέρονται ως μαγνήτες, όταν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τό ηλεκτρικό ρεύμα είναι ή αίτια τών μαγνητικών φαινομένων.
5. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις αναπτύσσονται ανάμεσα σε άκίνητα φορτία, ενώ οι μαγνητικές δυνάμεις αναπτύσσονται ανάμεσα σε μαγνήτες ή πηνία πού διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

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

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΟΝΙΜΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

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

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

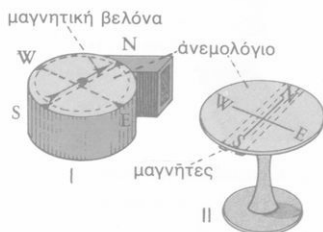
Χάρη στήν πυξίδα οί τολμηροί θαλασσοπόροι τής Άναγεννήσεως μπόρεσαν νά απομακρυνθούν από τίς άκτές τής Εύρώπης καί νά φτάσουν στήν «άγνωστη» ήπειρο, τήν Άμερική.

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

Στίς κοινές πυξίδες τό άνεμολόγιο μένει άκίνητο, ενώ στίς **ναυτικές** πυξίδες τό άνεμολόγιο στρέφεται μαζί μέ τό μαγνήτη. Οί ναυτικές πυξίδες άρθρώνονται στά πλοία μέ ειδικό τρόπο, ώστε νά παραμένει ό δίσκος όριζόντιος παρά τούς κλυδωνισμούς του 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.

II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

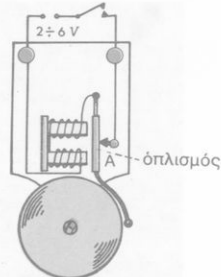
Οί ηλεκτρομαγνήτες έχουν περισσότερες εφαρμογές από τούς μόνιμους μαγνήτες. Τό ηλεκτρικό κουδούνι, ό τηλεγράφος, τό τηλετύπο, τό τηλεφωνο κτλ. είναι μερικές από τίς συσκευές πού περιέχουν τόν ηλεκτρομαγνήτη ως άπαραίτητη λειτουργική μονάδα.



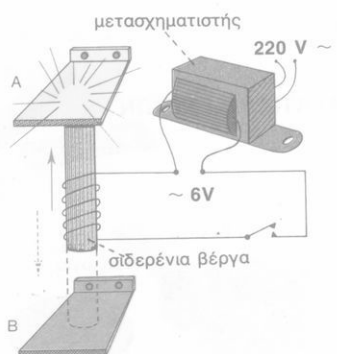
Σχ. 1. I. Κοινή πυξίδα.
II. Ναυτική πυξίδα (άρχη)



Σχ. 2. Ναυτική πυξίδα. Ή γραμμή πίστεως δείχνει τόν άξονα του πλοίου



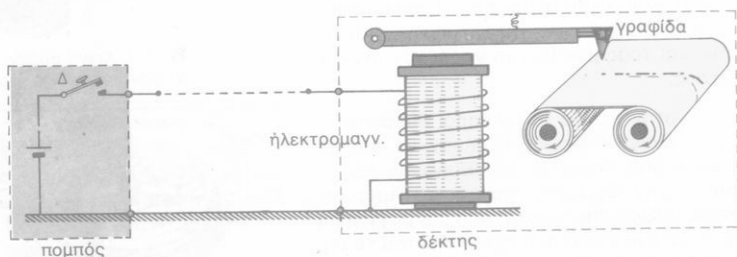
Σχ. 3. Έπαναληπτικό κουδούνι. Ό ηλεκτρομαγνήτης τραβάει τόν όπλισμό καί χτυπάει τό κουδούνι. Τό ρεύμα τότε διακόπτεται στο σημείο A καί ό όπλισμός επιστρέφει στή θέση του. Κατόπιν επαναλαμβάνεται τό ίδιο



Σχ. 4. Μελωδικό κουδούνι

α. Ηλεκτρικό κουδούνι. Υπάρχουν δύο ειδών ηλεκτρικά κουδούνια: τά μελωδικά και τά επαναληπτικά (Σχ. 3). Τελευταία χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας περισσότερο τά μελωδικά (Σχ. 4).

Τά μελωδικά ηλεκτρικά κουδούνια περιλαμβάνουν δύο μεταλλικές πλάκες Α, Β και έναν ηλεκτρομαγνήτη με κινητό πυρήνα. Όταν τó κύκλωμα είναι ανοιχτό, ό πυρήνας μένει ακίνητος, άκουμπώντας στην κάτω πλάκα. Όταν όμως κλείνουμε τó κύκλωμα, ό πυρήνας τινάζεται πρός τά πάνω, χτυπάει στην πάνω πλάκα και παράγεται ό πρώτος ήχος. Τό τίναγμα αυτό τού πυρήνα όφείλεται στην μαγνητική δύναμη, πού δέχεται άπό τó πηνίο πού διαρρέεται άπό ηλεκτρικό ρεύμα. Άν στην συνέχεια διακόψουμε



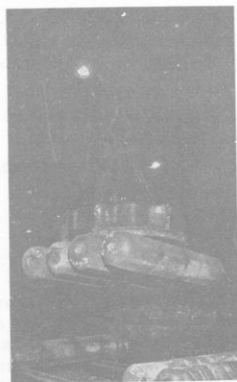
Σχ. 5. Άπλό διάγραμμα τηλεγράφου

τό ηλεκτρικό ρεύμα, ή μαγνητική δύναμη στον πυρήνα μηδενίζεται και ό πυρήνας πέφτει στην 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 έκτοπιζεται άπό τó τηλετύπο πού ύπηρετεί τόν ίδιο σκοπό μέ τόν τηλεγράφο, άλλα μέ πρακτικότερο τρόπο.

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

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



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

γ. **Ηλεκτρομαγνητικός γερανός.** Όρισμένοι γερανοί, προορισμένοι να ανυψώνουν σιδερένια αντικείμενα, χρησιμοποιούν ισχυρούς ηλεκτρομαγνήτες και λέγονται **ηλεκτρομαγνητικοί γερανοί**. Τέτοιοι γερανοί χρησιμοποιούνται σε χαλυβουργίες, μηχανουργεία κτλ. (Σχ. 6). Παρόμοιοι ηλεκτρομαγνήτες, αλλά σε πολύ μικρότερο μέγεθος, χρησιμοποιούνται από χειρουργούς ιατρούς, για να βγάλουν ρινίσματα σιδήρου ή άλλα μικρά σιδερένια αντικείμενα, που μπήκαν στο μάτι ή σε άλλο μέρος του σώματος μετά από κάποιο ατύχημα.



Σχ. 7. Ηλεκτρονόμος (άρχη)

δ. **Ηλεκτρονόμος (Relay, ρελέ).** Ο απλός ηλεκτρονόμος περιλαμβάνει έναν **ηλεκτρομαγνήτη** και ένα λεπτό σιδερένιο έλασμα (**όπλισμό**) (Σχ. 7). Ο όπλισμός λειτουργεί ως διακόπτης στο δεύτερο κύκλωμα. Όταν το πρώτο κύκλωμα είναι ανοικτό, τότε και το δεύτερο κύκλωμα μένει ανοικτό. Όταν όμως κλείσει το πρώτο κύκλωμα, ο όπλισμός έλκεται και κλείνει αυτόματα το δεύτερο κύκλωμα.

Η λειτουργία αυτή του ηλεκτρονόμου μας διευκολύνει να καλοῦμε έναν ανελκυστήρα ή να επιλέγουμε έναν τηλεφωνικό αριθμό. Στην αποστολή της «έντολης» χρησιμοποιούμε μικρές τάσεις (κύκλωμα 1) και στην «έκτέλεση» μεγάλες τάσεις (κύκλωμα 2). Μέ τον τρόπο αυτό αποφεύγονται μεγάλες απώλειες ενέργειας, ιδιαίτερα όταν η έντολη στέλνεται από μεγάλη απόσταση (ένας από τους ρόλους του ηλεκτρονόμου).

Οί ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται σε όλους τούς αυτόματους μηχανισμούς, καθώς επίσης σε εγκαταστάσεις, στις οποίες ό χειρισμός γίνεται από απόσταση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή μαγνητική πυξίδα είναι όργανο προσανατολισμού καί αποτελείται από έναν εύθύγραμμο μαγνήτη, στρεπτό γύρω από κατακόρυφο άξονα, καί από ένα ανεμολόγιο.
2. Τό μελωδικό κουδούνι αποτελείται από ένα πηνίο, έναν κινητό πυρήνα από μαλακό σίδηρο καί από δύο μεταλλικές πλάκες πού παράγουν τόν ήχο.
3. Ή ηλεκτρομαγνητικός γερανός χρησιμοποιείται στην άνύψωση σιδερένιων αντικειμένων πού έχουν μεγάλο βάρος.
4. Ή ηλεκτρονόμος είναι ένα όργανο άπαραίτητο στις αυτόματες εγκαταστάσεις (τηλέφωνα, άνελκυστήρες, έργοστάσια μέ αυτόματισμό κτλ.).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί είναι ή πυξίδα καί ποιά ή διαφορά μεταξύ τής κοινής καί τής ναυτικής πυξίδας;
2. Πού χρησιμοποιούνται οί ηλεκτρονόμοι;
3. Νά σχεδιάσετε έναν ηλεκτρονόμο έτσι ώστε, όταν τό πρώτο κύκλωμα κλείνει, τό δεύτερο κύκλωμα νά άνοίγει.
4. Τί από τά ακόλουθα θά συμβεί άν στο μελωδικό κουδούνι (Σχ. 4) κλείσουμε τό κύκλωμα καί τό διατηρήσουμε κλειστό;
α) Ή πυρήνας θά χτυπήσει στην πάνω πλάκα καί μετά θά παραμείνει μετέωρος.
β) Ή πυρήνας θά χτυπάει διαρκώς στην πάνω πλάκα παράγοντας ήχο. γ) Ή πυρήνας θά κινείται πάνω κάτω διαρκώς χτυπώντας καί στις δύο πλάκες.
5. Για νά τραβηχτεί ή γραφίδα του τηλεγραφου χρειάζεται άρκετό ρεύμα. Γι' αυτό σχεδόν πάντοτε ό τηλεγραφος χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρονόμο. Νά σχεδιάσετε ένα άπλό διάγραμμα τηλεγραφου μέ ηλεκτρονόμο.
(Ύπόδειξη: Στό Σχ. 5 νά παρεμβάλετε καί έναν ηλεκτρονόμο).

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ - ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

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

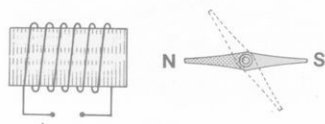
Η περιοχή του χώρου, μέσα στην οποία εμφανίζονται μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζεται **μαγνητικό πεδίο**.

Ένα ευαίσθητο 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 άγωγό (Σχ. 2) ή ένα μαγνήτη (Σχ. 3) υπάρχει μαγνητικό πεδίο.

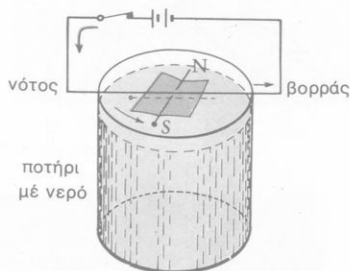
II. ΕΚΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

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 τον μαγνήτη και βλέπουμε ότι η έκτροπή της από την αρχική διεύθυνση γίνεται μικρότερη. Αυτό φανερώνει ότι το μαγνητικό πεδίο γίνεται ασθενέστερο καθώς απομακρυνόμαστε από τον πόλο του μαγνήτη. Όταν η βελόνα απομακρυνθεί αρκετά, δεν παρατηρείται πλέον καμία έκτροπή από την αρχική της διεύθυνση (θέση Β). Μπορούμε να πούμε ότι, από την απόσταση αυτή και μετά, δεν υπάρχει, **πρακτικά**, μαγνητικό πεδίο.

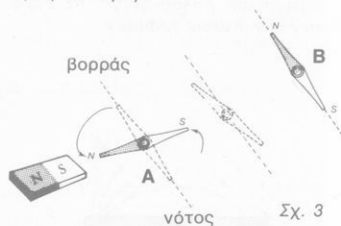
Άρα το μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα μαγνήτη είναι ισχυρό κοντά στους πόλους του και εξασθενίζει καθώς απομακρυνόμαστε από αυτούς. Από μία απόσταση και μετά, πρακτικά, μηδενίζεται. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από τό πόσο ισχυρός είναι ο μαγνήτης και πόσο ευαίσθητη είναι η μαγνητική βελόνα.



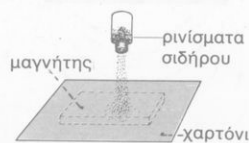
Σχ. 1. Όταν περνάει ρεύμα από τό πηνίο, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο που στρέφει τή βελόνα



Σχ. 2. Η μαγνητισμένη καρφίτσα στρέφεται και τείνει νά γίνει κάθετη πρὸς τόν άγωγό

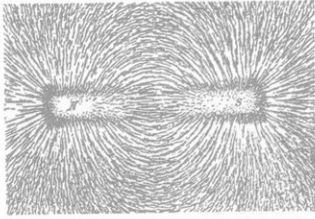


Σχ. 3

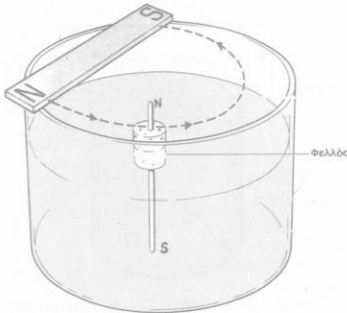


Σχ. 4.

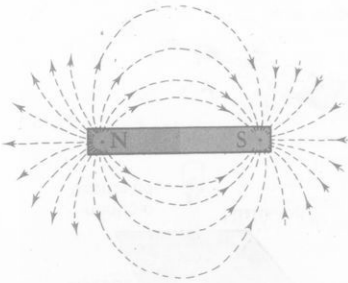
III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη



Σχ. 6. Η φορά κινήσεως του βόρειου μαγνητικού πόλου όριζει τή φορά των μαγνητικών γραμμών



Σχ. 7. Φορά των μαγνητικών γραμμών έξω από τό μαγνήτη

Τοποθετούμε ένα χαρτόνι (ή μία γυάλινη πλάκα) πάνω από ένα μαγνήτη και ρίχνουμε στό χαρτόνι ρινίσματα σιδήρου (Σχ. 4). Χτυπάμε ελαφρά τό χαρτόνι και παρατηρούμε ότι τά ρινίσματα σιδήρου διατάσσονται κατάλληλα και σχηματίζουν καμπύλες γραμμές, όπως φαίνεται στή φωτογραφία (Σχ. 5).

Οί γραμμές αυτές πού σχηματίζουν τά ρινίσματα σιδήρου, όταν βρίσκονται σέ μαγνητικό πεδίο, ονομάζονται μαγνητικές γραμμές. Τό σύνολο όλων των γραμμών αυτών ονομάζεται μαγνητικό φάσμα.

Από τό μαγνητικό φάσμα ενός πεδίου μπορούμε νά αντλήσουμε πολλές πληροφορίες. Μπορούμε π.χ. νά βρούμε σέ ποιές περιοχές τό πεδίο είναι ισχυρό, νά πούμε ποιό από τά άκρα του μαγνήτη, πού παράγει τό πεδίο, είναι ο βόρειος πόλος κ.ο.κ.

Γιά νά μπορούμε νά παίρνουμε όλα αυτά τά στοιχεία από τό φάσμα των μαγνητικών γραμμών, πρέπει νά γνωρίζουμε και τή φορά των μαγνητικών γραμμών.

Η φορά των γραμμών είναι τελείως συμβατική και καθορίζεται από τήν κίνηση ενός βόρειου μαγνητικού πόλου, όπως φαίνεται στό πείραμα* του Σχ. 6. Ο βόρειος πόλος του μαγνητισμένου σύρματος κινείται από τό βόρειο πόλο του μαγνήτη στό νότιο, διαγράφοντας καμπύλη τροχιά.

Η φορά κινήσεως του βόρειου μαγνητικού πόλου όριζεται ως φορά των μαγνητικών γραμμών.

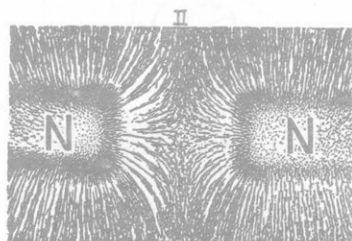
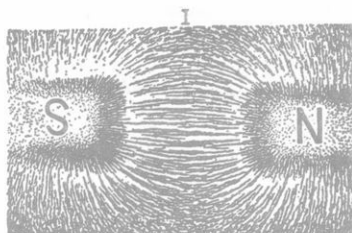
Από τόν όρισμό αυτό προκύπτει ότι οι μαγνητικές γραμμές, έξω από τό μαγνήτη, έχουν φορά από τό βόρειο προς τό νότιο πόλο (Σχ. 7).

* Τό πείραμα αυτό μπορεί νά γίνει εύκολα στό σπίτι. Χρησιμοποιήστε ένα ποτήρι μέ νερό και μία μαγνητισμένη καρφίτσα στερεωμένη σέ κομματάκι φελλού από πώματα. Αν δέν έχετε μαγνήτη, κατασκευάστε έναν ηλεκτρομαγνήτη.

IV. ΠΕΔΙΟ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΥΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ

Τοποθετούμε δύο μαγνήτες με τούς έτερώνυμους πόλους τους τόν ένα άπέναντι στόν άλλο και μέ 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 όποίο οί μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους, όνομάζεται **όμογενές μαγνητικό πεδίο**. Κάθε άλλο πεδίο λέγεται **άνομοιογενές**.

Τό μαγνητικό πεδίο πού σχηματίζεται ανάμεσα σε όμώνυμους πόλους είναι άνομοιογενές σε όλη του τήν έκταση (Σχ. 8, II).



Σχ. 8. Φάσματα διαφόρων μαγνητικών πεδίων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

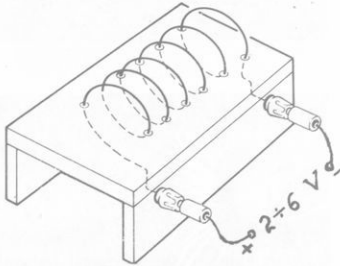
1. Μαγνητικό πεδίο όνομάζεται ό χώρος μέσα στόν όποίο έκδηλώνονται μαγνητικές δυνάμεις. Τά μαγνητικά πεδία έμφανίζονται γύρω από μαγνήτες, πηνία μέ ρεύμα ή όποιοσδήποτε ρευματοφόρους άγωγούς.
2. Για τήν παράσταση ενός μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούμε τίς μαγνητικές γραμμές πού έχουν φορά από τό βόρειο πρός τό νότιο πόλο, στόν έξωτερικό χώρο του μαγνήτη. Τό σύνολο τών μαγνητικών γραμμών ενός πεδίου όνομάζεται μαγνητικό φάσμα του πεδίου.
3. Όταν οί μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου είναι παράλληλες μεταξύ τους, τό πεδίο λέγεται όμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

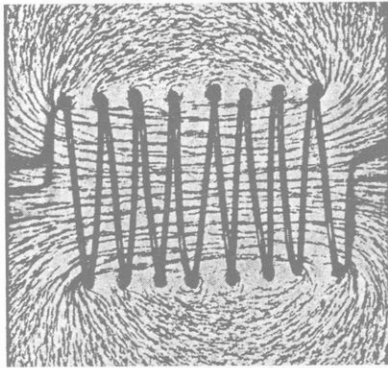
1. Πώς θά καταλάβετε άν γύρω από ένα σώμα ύπάρχει μαγνητικό πεδίο;
2. α) Μέχρι πού εκτείνεται πρακτικά τό μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη ή ήλεκτρομαγνήτη; β) Από τί εξαρτάται ή άπόσταση αύτή;
3. Πώς όρίζεται ή φορά τών μαγνητικών γραμμών;
4. Σας λένε ότι από έναν πόλο Α βγαίνουν μαγνητικές γραμμές μέ φορά πρός τά έξω. Ποιάς πόλος πρέπει νά είναι ό Α;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ

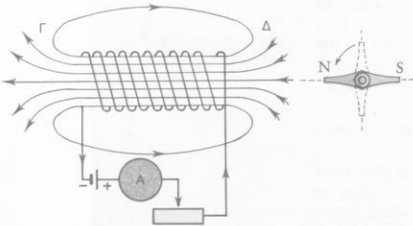
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ - ΓΙΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Σχ. 1. Σωληνοειδές



Σχ. 2. Μαγνητικό φάσμα σωληνοειδούς



Σχ. 3.

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

Τό σωληνοειδές είναι ένα είδος πηνίου που έχει κυλινδρικό σχήμα (Σχ. 1 και Σχ. 8).

Γιά να πραγματοποιήσουμε εργαστηριακά τό φάσμα του μαγνητικού του πεδίου, συνδέουμε τό σωληνοειδές μέ μία ηλεκτρική πηγή και ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου στην πλάκα στηρίξεώς του.

Παρατηρούμε ότι τά ρινίσματα διατάσσονται σέ γραμμές και σχηματίζουν ένα φάσμα όμοιο μέ τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (Σχ. 2). Στο έσωτερικό του σωληνοειδούς οι μαγνητικές γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες. Άρα τό μαγνητικό πεδίο στην περιοχή εκείνη είναι σχεδόν όμογενές.

Άπό τήν εικόνα του φάσματος που παίρνουμε πειραματικά, δέν μπορούμε νά συμπεράνουμε τή φορά των μαγνητικών γραμμών, ούτε νά εντοπίσουμε που βρίσκεται ό βόρειος πόλος και ό νότιος πόλος του πηνίου. Μπορούμε όμως μέ μία μαγνητική βελόνα νά βρούμε τό είδος των πόλων ενός πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα. Π.χ. ό πόλος Δ του πηνίου του Σχ. 3 είναι ό νότιος πόλος, γιατί έλκει τό βόρειο πόλο της βελόνας.

Άφου 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, άρκει νά γνωρίζουμε τή φορά του ηλεκτρικού ρεύματος που περνάει από τό πηνίο (Σχ. 4). Βάζουμε τόν αντίχειρα του δεξιού μας χεριού νά δείχνει τή συμβατική φορά του ρεύματος και 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 εϋθύγραμμος ρευματοφόρος άγωγός φαίνεται στο Σχ. 5. Όπως προκύπτει από τή φωτογραφία του φάσματος, τά ρινίσματα σιδήρου σχηματίζουν όμόκεντρους κύκλους με κέντρο πάνω στον άγωγό. Για νά σχηματισθούν καλά αυτοί οί κύκλοι πρέπει τό χαρτόνι νά είναι κάθετο στον άγωγό. Από τίς παρατηρήσεις αυτές συμπεραίνουμε ότι:

Οί μαγνητικές γραμμές του πεδίου πού σχηματίζεται από εϋθύγραμμο ρευματοφόρο άγωγό, είναι περιφέρειες κύκλου με κοινό κέντρο πού βρίσκεται πάνω στον άγωγό και με τό επίπεδό τους κάθετο στον άγωγό (Σχ. 6).

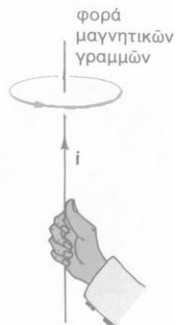
Ό φορά των γραμμών βρίσκεται και πάλι με τόν κανόνα του δεξιού χεριού.

III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΓΗΣ

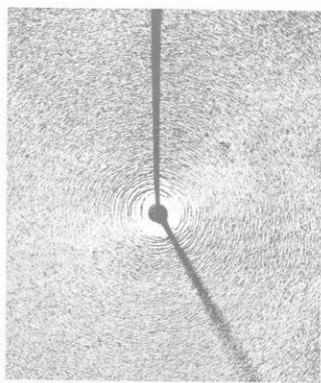
α. Μορφή του πεδίου. Από τήν καθημερινή μας έμπειρία γνωρίζουμε ότι ή μαγνητική βελόνα ισορροπεί πάντοτε κατά τή διεύθυνση βορράς - νότος, άν δέν υπάρχει κοντά της μαγνήτης ή πηνίο με ρεύμα. Ό προσανατολισμός αυτός της βελόνας φανερώνει ότι γύρω από τή Γή υπάρχει μαγνητικό πεδίο. Τό πεδίο αυτό λέγεται **μαγνητικό πεδίο τής Γής** ή **γεωμαγνητικό πεδίο**.

Όν ύπρχε τρόπος νά φωτογραφήσουμε τό φάσμα του γεωμαγνητικού πεδίου, θά παίρναμε μία εικόνα παρόμοια με τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (Σχ. 7). Από τή μορφή του φάσματος προκύπτει ότι ό μαγνητικός άξονας τής Γής δέ συμπίπτει με τόν άξονα περιστροφής της. Με άλλα λόγια οί μαγνητικοί πόλοι τής Γής δέ βρίσκονται πάνω στους γεωγραφικούς πόλους, αλλά σέ άρκετή άπόσταση από αυτούς.

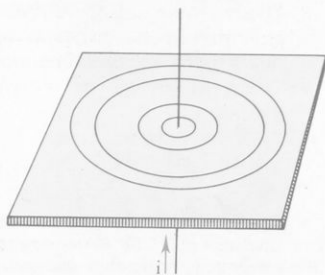
β. Προέλευση του γεωμαγνητικού πεδίου. Από όσα είναι γνωστά μέχρι σήμερα, τό μαγνητικό πεδίο τής Γής όφειλεται σέ δύο κυρίως αίτίες: α) Σέ ήλεκτρικά ρεύματα πού κυκλοφορούν στον πυρήνα τής Γής και β) στα μαγνητισμένα υλικά πού υπάρχουν σέ πολλές περιοχές του φλοιού τής Γής.



Σχ. 4. Κανόνας του δεξιού χεριού



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα εϋθύγραμμου ρευματοφόρου άγωγού



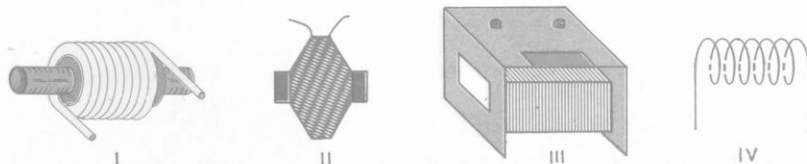
Σχ. 6. Γραφική παράσταση του φάσματος εϋθύγραμμου ρευματοφόρου άγωγού



Σχ. 7.

Ἐκτός ἀπὸ τῆ Γῆ καὶ ἄλλα οὐράνια σώματα ἔχουν μαγνητικό πεδίο, ὅπως ὁ Ἥλιος, ὁ Ἄρης, ὁ Ζεὺς κτλ.

Σημείωση: Συχνά χρησιμοποιοῦμε τοὺς ὄρους πηνίο καὶ σωληνοειδές. Γιὰ νὰ γίνουιν κατανοητές οἱ ἔννοιες, παραθέτοῦμε τὶς μορφές μερικῶν ἀπὸ τὰ πιὸ συνηθισμένα πηνία (Σχ. 8). Ἀπὸ τὰ σχέδια αὐτὰ γίνετα ἀντιληπτό ὅτι **σωληνοειδές** εἶναι ἐκεῖνο τὸ πηνίο πού ἔχει τὴ μορφή στενόμακρου σωλῆνα καὶ ἔχει σταθερὸ ἀριθμὸ σπειρῶν σὲ κάθε μονάδα τοῦ μήκους του.



Σχ. 8. Μορφές πηνίων. (Εἰδικά τὰ πηνία I καὶ IV λέγονται σωληνοειδῆ πηνία)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τὸ μαγνητικό πεδίο σωληνοειδοῦς μοιάζει μὲ τὸ πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη καὶ εἶναι ὁμογενές στὸ ἐσωτερικό του καὶ ἀνομοιογενές στὸ ἐξωτερικό του.
2. Τὸ μαγνητικό πεδίο γύρω ἀπὸ εὐθύγραμμο ρευματοφόρο ἀγωγὸ ἔχει κυκλικές μαγνητικές γραμμές κάθετες πρὸς τὸν ἀγωγὸ.
3. Τὸ μαγνητικό πεδίο τῆς γῆς ἔχει μορφή παρόμοια μὲ τὸ πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη καὶ ὀφείλεται κυρίως σὲ ἠλεκτρικὰ ρεύματα πού κυκλοφοροῦν στὸν πυρήνα τῆς καὶ σὲ σιδηρομαγνητικὰ ὑλικά πού ὑπάρχουν στὸ φλοιὸ τῆς.
4. Ὁ μαγνητικὸς ἄξονας τῆς γῆς δέ συμπίπτει μὲ τὸ γεωγραφικὸ ἄξονά τῆς.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Μὲ τί μοιάζει τὸ μαγνητικό φάσμα σωληνοειδοῦς; β) Σὲ ποιά περιοχὴ τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίο εἶναι ὁμογενές;
2. Τί μορφὴ ἔχουν οἱ μαγνητικὲς γραμμές εὐθύγραμμου ρευματοφόρου ἀγωγοῦ; Σημειώστε τὴ φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν στὸ Σχ. 6.
3. Πῶς θὰ βρεῖτε τοὺς πόλους ἐνός πηνίου πού διαρρέετα ἀπὸ ρεῦμα: α) μὲ μία μαγνητικὴ βελόνα; β) χωρὶς μαγνητικὴ βελόνα;
4. Ποῦ ὀφείλεται τὸ γήινο μαγνητικό πεδίο;

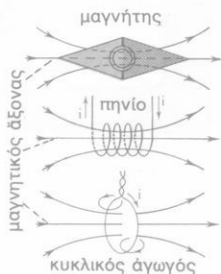
ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι μαγνητικές ιδιότητες των υλικών ήταν γνωστές από την εποχή του Θαλή, αλλά η έρμηνεία τους παρέμεινε άγνωστη ως τις αρχές του 20ου αιώνα.

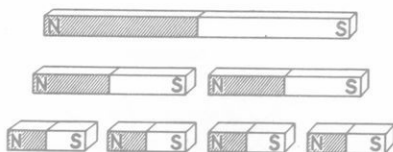
I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΔΙΠΟΛΑ

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 άπομωνωση ενός μαγνητικού πόλου είναι αδύνατη

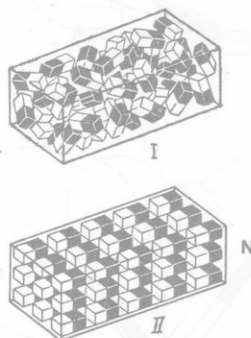
II. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΕΣ

Αν κόψουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σε δύο κομμάτια, παρατηρούμε ότι προκύπτουν δύο μικρότεροι μαγνήτες (Σχ. 2). Αν το κάθε κομμάτι κοπεί ξανά σε μικρότερα κομμάτια, προκύπτουν και πάλι μικρότεροι μαγνήτες κ.ο.κ. Από αυτά συμπεραίνουμε ότι είναι αδύνατο να χωρίσουμε και να απομονώσουμε τους πόλους ενός μαγνήτη. Με άλλα λόγια οι μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια.

Αν ήταν δυνατό να συνεχίσουμε τη διαίρεση των μαγνητών σε ολοένα μικρότερα κομμάτια, θα φθάναμε τελικά σε μικρότατους μαγνήτες, **στοιχειώδεις μαγνήτες**, που θα ήταν τά άτομα ή μόρια του υλικού, από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο μαγνήτης.

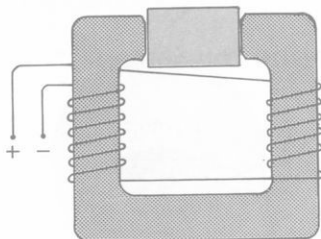
Επομένως:

Τά άτομα ή μόρια των μαγνητικών υλικών είναι μικρά μαγνητικά δίπολα, δηλ. στοιχειώδεις μαγνήτες.



Σχ. 3. Κατά τη μαγνήτιση μιάς ράβδου σιδήρου οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση

κομμάτι από χάλυβα



Σχ. 4. Μαγνήτιση με ηλεκτρομαγνήτη

III. ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Σε μία ράβδο σιδήρου, πού είναι άμαγνήτιστη, 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 η 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. Το μαγνητικό πεδίο προσανατολίζει τους στοιχειώδεις μαγνήτες, όπως ακριβώς και τη μαγνητική βελόνα. Όσο ισχυρότερο είναι το πεδίο, τόσο καλύτερα προσανατολίζονται οι στοιχειώδεις μαγνήτες και έπομένως τόσο μεγαλύτερη γίνεται η μαγνήτιση του σιδήρου.

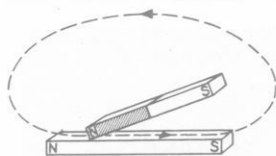
Ίσχυρή μαγνήτιση μπορούμε να πετύχουμε με έναν ηλεκτρομαγνήτη. (Σχ. 4).

Αν δέ διαθέτουμε ηλεκτρομαγνήτη, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μαγνήτη ή ακόμη και το γήινο μαγνητικό πεδίο, για να μαγνητίσουμε κάποιο ύλικό (Σχ. 5).

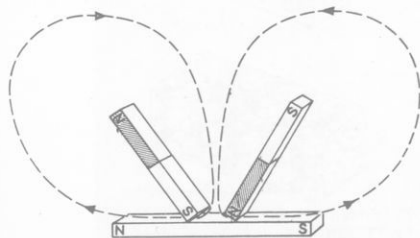
IV. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

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) είναι από κράμα Al, Ni, Co.



I



II

Σχ. 5. Άπλός τρόπος μαγνήτισεως

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 (δεχόμεστε 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.

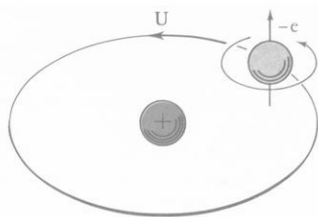
Ο στροβιλισμός κάθε ηλεκτρονίου γύρω από τόν άξονά του δημιουργεί επίσης ένα μαγνητικό πεδίο που μοιάζει κάπως μέ τό πεδίο κυκλικού άγωγού* (Σχ. 7, II).

Άρα κάθε ηλεκτρόνιο ενός άτόμου, μέ τίς δύο κινήσεις πού κάνει, δημιουργεί συγχρόνως δύο μαγνητικά πεδία.

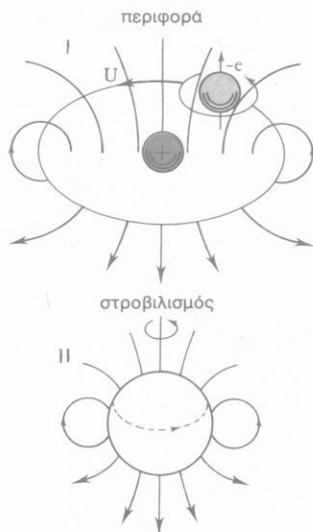
Στά άτομα ή μόρια τών μαγνητικών υλικών οι κινήσεις τών ηλεκτρονίων γίνονται μέ τέτοιο τρόπο, πού στό σύνολό τους τά άτομα ή μόρια είναι μικρά μαγνητικά δίπολα (στοιχειώδεις μαγνήτες). Αντίθετα, στα ύπόλοιπα υλικά οι κινήσεις τών ηλεκτρονίων γίνονται έτσι πού τά άτομα δέν παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες. Άρα:

Οί μαγνητικές ιδιότητες τών υλικών οφείλονται στήν περιφορά καί στό στροβιλισμό τών ηλεκτρονίων, πού κινούνται γύρω από τούς πυρήνες τών άτόμων.

* Γιά νά βρισκете 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.



Σχ. 6. Κάθε ηλεκτρόνιο κάνει δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω από τόν πυρήνα του άτόμου (περιφορά) καί μία γύρω από τόν έαυτό του (στροβιλισμός)



Σχ. 7. Ή περιφορά του ηλεκτρονίου γύρω από τόν πυρήνα δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο καί ο στροβιλισμός δημιουργεί δεύτερο μαγνητικό πεδίο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί μαγνήτες, τά πηνία μέ ρεύμα καί οί κυκλικοί άγωγοί μέ ρεύμα ονομάζονται μαγνητικά δίπολα.
2. Τά άτομα ή μόρια τών μαγνητικών υλικών είναι στοιχειώδη μαγνητικά δίπολα. Η δημιουργία αυτών τών διπόλων όφείλεται στις δύο κινήσεις (περιφορά, στροβιλισμό) πού κάνουν τά ηλεκτρόνια στά άτομα.
3. Τά μαγνητικά υλικά μαγνητίζονται όταν οί στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται από κάποιο μαγνητικό πεδίο. Αν ό προσανατολισμός διατηρηθεϊ καί μετά τήν απομάκρυνση τού μαγνητικού πεδίου, ή μαγνήτιση λέγεται μόνιμη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι συμβαίνει σέ ένα υλικό όταν μαγνητίζεται;
2. Δύο μαγνήτες έχουν τίς ίδιες διαστάσεις καί είναι κατασκευασμένοι από τό ίδιο υλικό, αλλά ό ένας είναι ισχυρότερος από τόν άλλο. Τι συμπέρασμα βγάξετε για τόν προσανατολισμό τών στοιχειωδών μαγνητών τους;
3. Από τί υλικά 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 όριζόντιο τμήμα του ΓΔ ανάμεσα στους πόλους του μαγνήτη, φροντίζοντας νά είναι κάθετο προς τίς μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Κατόπιν συνδέουμε τά άκρα του καλωδίου μέ τούς πόλους μιάς ηλεκτρικής πηγής και παρατηρούμε ότι ο άγωγός ΓΔ τινάζεται κάθετα προς τή διεύθυνσή του. Από τήν κίνηση αυτή συμπεραίνουμε ότι, τό μαγνητικό πεδίο άσκει στό ρευματοφόρο άγωγό ΓΔ μία δύναμη, πού έχει διεύθυνση κάθετη στον άγωγό.

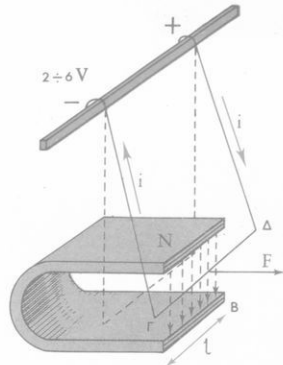
“Αν προσέξουμε στό ίδιο πείραμα, θά διαπιστώσουμε ότι ή διεύθυνση τής κινήσεως του άγωγού, άρα και ή δύναμη πού άσκειται πάνω του, είναι επίσης κάθετη στις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. “Αρα:

Σέ κάθε ευθύγραμμο ρευματοφόρο, άγωγό, πού βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, ενεργεί μία δύναμη μέ διεύθυνση κάθετη προς τό επίπεδο πού σχηματίζουν ο άγωγός και οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου.

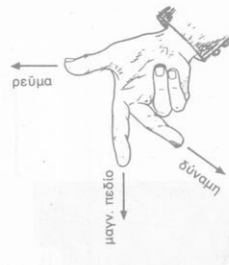
“Αν αλλάξουμε τή φορά του ρεύματος, αλλάζει και ή φορά τής δυνάμεως, αλλά ή δύναμη συνεχίζει νά παραμένει κάθετη προς τό επίπεδο πού σχηματίζουν ο άγωγός και οι μαγνητικές γραμμές.

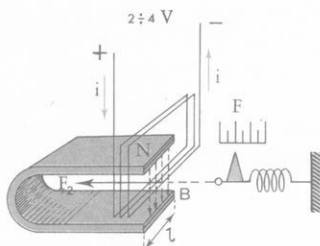
“Η δύναμη πού άσκούν τά μαγνητικά πεδία σε ρευματοφόρους άγωγούς έχει τήν ίδια φύση μέ τή δύναμη πού άσκούν οι μαγνήτες σε ρευματοφόρα πηνία. Είναι δηλαδή μία **μαγνητική δύναμη** και λέγεται συχνά **δύναμη LAPLACE**.

“Αν διαθέτουμε ευαίσθητο δυναμόμετρο (ικανό νά δείχνει δέκατα του ρ), μπορούμε νά μετρήσουμε τή δύναμη F μέ τόν τρόπο πού φαίνεται στό Σχ. 3. Από τέτοιες μετρήσεις



Σχ. 1. Δύναμη Laplace





Σχ. 3.

αποδεικνύεται 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 .

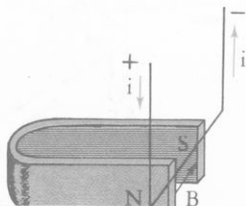
Συγκεντρώνοντας τά παραπάνω συμπεράσματα καταλήγουμε στο έξης:

μαγν. δύν.=έντ. ρεύμ.×μήκ. αγωγ.×έντ. πεδίου
ή $F = i \cdot l \cdot B$ Νόμος του Laplace

Στόν τύπο αυτό τό F μετρίεται σε Newton, τό i σε Ampere, τό l σε μέτρα και τό B σε Tesla. Ό τύπος αυτός ισχύει όταν τό B είναι τό ίδιο σε όλα τά σημεία του αγωγού.

Πειραματική επαλήθευση. Μπορούμε νά επαληθεύσουμε τόν παραπάνω νόμο ποιοτικά μέ τά ακόλουθα πειράματα. 1) Αυξάνουμε τό ρεύμα στόν αγωγό, διατηρώντας τόν ίδιο μαγνήτη, και παρατηρούμε μεγαλύτερο τίναγμα του αγωγού. 2) Αυξάνουμε τήν ένταση του μαγνητικού πεδίου (χρησιμοποιούμε ισχυρότερο μαγνήτη) και παρατηρούμε ότι γιά τό ίδιο i και l τό τίναγμα του αγωγού γίνεται μεγαλύτερο. 3) Αυξάνουμε 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 n είναι ο 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 βρισκουμε τή διεύθυνση και τή φορά της δυνάμεως F , χρησιμοποιούμε τό δεξιό μας χέρι, μέ τά τρία δάχτυλα (άντίχειρας, δείκτης, μεσαίος) τοποθετημένα σε τρεις άξονες κάθετους μεταξύ τους, όπως φαίνεται στό Σχ. 2. (κανόνας του δεξιού χεριού γιά τή δύναμη Laplace).



β. Άγωγός παράλληλος προς τις μαγνητικές γραμμές. Τοποθετούμε ένα ρευματοφόρο άγωγό παράλληλα προς τις μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου και παρατηρούμε ότι ο άγωγός παραμένει ακίνητος (Σχ. 4). Αυτό σημαίνει ότι δεν άσκειται στον άγωγό μαγνητική δύναμη. "Αν γυρίσουμε λίγο τό μαγνήτη, ώστε νά σχηματιστεί κάποια γωνία ανάμεσα στον άγωγό και τις μαγνητικές γραμμές ο άγωγός δέχεται μία δύναμη από τό μαγνήτη.

"Η δύναμη αυτή μεγαλώνει (τό τίναγμα γίνεται μεγαλύτερο) καθώς αύξάνεται ή γωνία και γίνεται μέγιστη, όταν ο άγωγός γίνεται κάθετος στις μαγνητικές γραμμές. "Άρα:

"Όταν ένας ρευματοφόρος άγωγός είναι παράλληλος προς τις μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου, δέν άσκειται πάνω του μαγνητική δύναμη από τό πεδίο.

II. ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΞΕΩΣ Β ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Τό πεδίο πού σχηματίζεται στό έσωτερικό σωληνοειδούς, καθώς και τό πεδίο πού σχηματίζεται στό διάκενο ανάμεσα στους έτερώνυμους πόλους του μαγνήτη του Σχ. 1, είναι όμογενές και όπως έχουμε μάθει οί μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους.

Σέ κάθε όμογενές μαγνητικό πεδίο οί μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους και ή ένταση Β είναι ή **ίδια σέ όλα τά σημεία του**. (Σχ. 5). Γιά νά βρούμε τήν ένταση Β ενός όμογενούς μαγνητικού πεδίου, λύνουμε τό νόμο του Laplace ως προς Β:

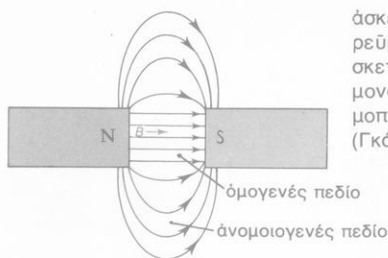
$$(1) \quad \mathbf{B} = \frac{\mathbf{F}}{i\mathbf{l}}$$

"Αν μετρήσουμε τή δύναμη F μέ ένα δυναμόμετρο ή μέ κάποιο ευαίσθητο ζυγό, τήν ένταση i μέ ένα άμπερόμετρο και τό μήκος l μέ ένα μέτρο, μπορούμε νά βρούμε τήν ένταση Β.

"Η ένταση Β είναι **διανυσματικό** μέγεθος και έχει τήν ίδια διεύθυνση και φορά μέ τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου. Από τόν τύπο (1) μπορούμε νά όρίσουμε τή μονάδα έντάσεως μαγνητικού πεδίου, πού τή λέμε Tesla.

$$1 \text{ Tesla} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}}, \left(1 \frac{\text{Νιοϋτον}}{\text{Άμπερ} \times \text{μέτρο}} \right)$$

"Ένα μαγνητικό πεδίο έχει ένταση 1 Tesla, άν



Σχ. 5. Στο διάκενο, η ένταση B είναι παντού η ίδια. (Ομογενές 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. Τά μαγνητικά πεδία άσκουν δυνάμεις σε ρευματοφόρους άγωγούς. Όταν ό άγωγός είναι ευθύγραμμος και έχει διεύθυνση κάθετη προς τις μαγνητικές γραμμές όμογενοός 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 όμογενοός μαγνητικού πεδίου δίνεται από τον τύπο $B = F / i \cdot l$ και μετριέται σε Tesla (1 Tesla = 1N/A·m).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από τί εξαρτάται ή μαγνητική δύναμη σε ευθύγραμμο ρευματοφόρο άγωγό; Παίζει ρόλο ή γωνία που σχηματίζει ό άγωγός με τις μαγνητικές γραμμές στή μαγνητική δύναμη; Πότε ή δύναμη γίνεται μέ γιστη και πότε μηδέν;
2. Σε ποιές από τις ακόλουθες περιπτώσεις αλλάζει ή φορά της δυνάμεως στο πείραμα του Σχ. 1: α) όταν αλλάζουμε τή φορά του ρεύματος; β) όταν αλλάζουμε τή φορά των μαγνητικών γραμμών, δηλ. όταν άντιστρέφουμε τούς πόλους του μαγνήτη; γ) όταν αλλάζουμε τή φορά του ρεύματος και τή 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 τή 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 όμογενοές μαγνητικό πεδίο έντάσεως $B = 2 \cdot 10^{-3}$ Tesla, κάθετα προς τις γραμμές του. Πόση δύναμη άσκειται στον άγωγό;
2. Αν στο πείραμα του Σχ. 1 ή ένταση του ρεύματος είναι 0,8A, ή δύναμη είναι $16 \cdot 10^{-3}$ 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. Αν 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.

I. 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 άναγκάζουν 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.

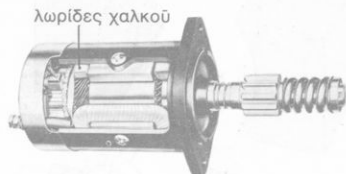
*Αν στό πείραμα αυτό άνοιγοκλείνουμε τό κύκλωμα σέ κατάλληλη στιγμή, μπορούμε νά κάνουμε τή βελόνα νά στρέφεται άσταμάτητα. Τό άνοιγμα και κλείσιμο του κυκλώματος προκαλεί περιοδικές ώθήσεις στή βελόνα πού τή διατηρούν σέ άδιάκοπη περιστροφή. Τήν ενέργεια γιά τήν περιστροφή τής βελόνας τήν παρέχει ή ηλεκτρική πηγή. Μέ τόν τρόπο αυτό έχουμε μετατροπή τής ηλεκτρικής ενέργειας σέ μηχανική. Πάνω στήν άρχή αυτή στηρίζεται ή λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων.

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

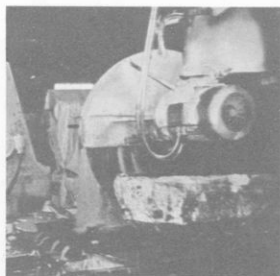
Από τό προηγούμενο πείραμα προκύπτει ότι, γιά νά λειτουργεί ένας ηλεκτρικός κινητήρας, πρέπει νά περιλαμβάνει ένα μαγνητικό δίπολο, ένα μαγνητικό πεδίο και ένα μηχανισμό πού νά άνοιγοκλείνει αυτόματα τό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Μέρη του κινητήρα. Τά βασικά μέρη ενός

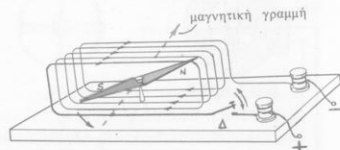
* Τό πείραμα γίνεται και όταν ή βελόνα βρίσκεται έξω, άλλα κοντά στό πηνίο.



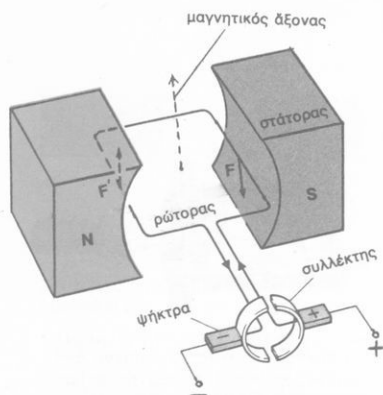
Σχ. 1. Έκκινητής αυτοκινήτου (μίζα). Τά πηνία είναι κατασκευασμένα από λωρίδες χαλκού γιατί περνάει ρεύμα μεγάλης έντάσεως



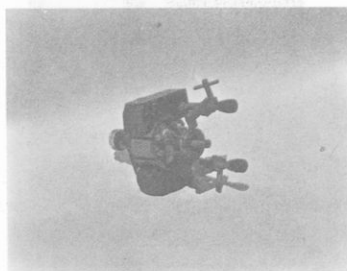
Σχ. 2. Ηλεκτρικός κινητήρας γιά τήν κοπή μαρμάρου



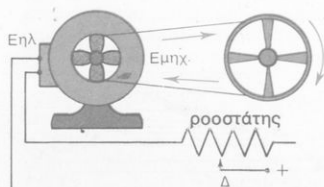
εικάζεται ό ροοστάτης σέ έναν ηλεκτικό κινητήρα;



Σχ. 4. Άπλο διάγραμμα ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος (άρχη)



Σχ. 5. Έργαστηριακός (σχολικός) κινητήρας



τος i και η ένταση του πεδίου B παρουν ίδιες και στις δύο περιπτώσεις, δικαιολογείται αυτό;

κινητήρα είναι ο ρώτορας, ο στάτορας, ο συλλέκτης και οι δύο ψήκτρες (Σχ. 4).

Ο ρώτορας είναι τό περιστρεφόμενο μέρος τής μηχανής, πού στήν άπλουστερη περίπτωση άποτελείται από ένα μόνο πλαίσιο. Οι άκρες του πλαισίου του ρώτορα συνδέονται με τό συλλέκτη, ό όποιος παίρνει ρεύμα από τίσ ψήκτρες (ή καρβουνάκια) και τό διοχετεύει στό πλαίσιο του ρώτορα.

Ο στάτορας είναι τό άκίνητο μέρος του κινητήρα και 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 και 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 και δέχεται νέα ώθηση. Οι περιοδικές αυτές ώθήσεις πραγματοποιούνται χάρη στό συλλέκτη πού άνοιγγοκλείνει αυτόματα τό κύκλωμα του πλαισίου. Έτσι με 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 εργαστηρίου (Σχ. 5), ή ροπή στό ρώτορα δέ μηδενίζεται ποτέ. Γιατί, όταν τό ένα πλαίσιο έχει τό μαγνητικό του άξονα παράλληλο πρós τίσ γραμμές και δέχεται ροπή μηδέν, τό άλλο έχει τόν άξονά του κάθετο πρós τίσ γραμμές και δέχεται τή μέγιστη ροπή. Για τό λόγο αυτό:

Σέ ισχυρούς κινητήρες χρησιμοποιούνται πολλά πλαίσια ώστε νά υπάρχει διαρκώς μεγάλη ροπή στό ρώτορα.

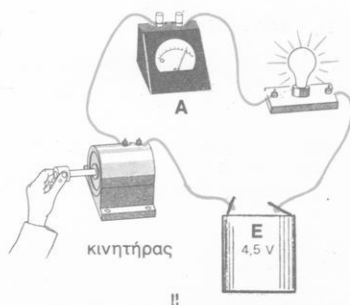
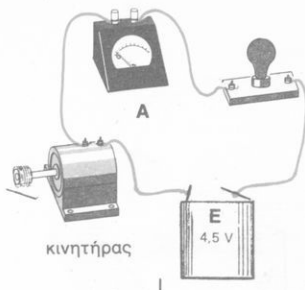
Πώς μεταβάλλεται τό ρεύμα ενός κινητήρα. Μέ ένα άμπερόμετρο μετράμε τήν ένταση του

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 τόν 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, γιά να άποφεύγεται τό μεγάλο ρεύμα στό ξεκίνημά τους, χρησιμοποιείται ροοστάτης, δηλ. μεταβλητή αντίσταση (Σχ. 7).

* Οί μεταβολές αυτές του ρεύματος μπορεί να παρατηρηθούν και μέ μικρούς κινητήρες από παιχνίδια.

Σχ. 6. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει έναν κινητήρα μεγαλώνει, όταν ή συχνότητα περιστροφής μικραίνει.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

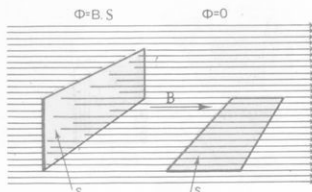
1. Η λειτουργία τών ηλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στή μηχανική ροπή, που αναπτύσσετε ας μαγνητικά δίπολα, όταν αυτά βρισκονται σέ μαγνητικό πεδίο. Η ροπή αυτή όφείλεται σέ μαγνητικές δυνάμεις.
2. Τά κύρια μέρη ενός κινητήρα είναι ό στάτορας που δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, ό ρώτορας που είναι ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό δίπολο, ό συλλέκτης και οι ψήκτες.
3. Ο ρώτορας στους συνηθισμένους ηλεκτρικούς κινητήρες άποτελείται από πολλά πλαίσια (μαγνητικά δίπολα) γιά να άσκειται διαρκώς μεγάλη ροπή πάνω του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από πού προέρχεται ή ένέργεια γιά τήν περιστροφή τής βελόνας στό Σχ.3 και σέ τί μετατρέπεται;
2. Ποιά είναι τά κύρια μέρη ενός ηλεκτρικού κινητήρα;
3. Τί ρόλο παίξει ό συλλέκτης στή λειτουργία του κινητήρα;
4. Γιατί ό ρώτορας τών κινητήρων κατασκευάζεται συνηθως μέ δύο ή και περισσότερα πλαίσια που σχηματίζουν κάποια γωνία μεταξύ τους;
5. Τί χρειάζεται ό ροοστάτης σέ έναν ηλεκτρικό κινητήρα;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ - ΕΠΑΓΩΓΗ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ



Σχ. 1 Μαγνητική ροή

Θεωρούμε μία επίπεδη επιφάνεια S μέσα σε όμογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B (Σχ. 1). Είναι φανερό ότι, μέσα από την επιφάνεια S , περνά ένα πλήθος μαγνητικών γραμμών. Το πλήθος αυτό 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:

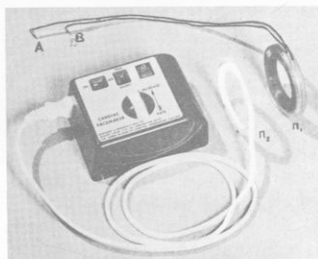
μαγν. ροή = ένταση μαγν. πεδ. \times έμβαδό επιφάν.

$$\Phi = B \cdot S$$

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 δέν 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.



Σχ. 2. Βηματοδότης. Τό πηνίο P_1 τοποθετείται με χειρουργική επέμβαση στο εσωτερικό των τοιχωμάτων του στήθους και έξω από τό στήθος τοποθετείται τό πηνίο. P_2 Μέ ειδική γεννήτρια στέλνονται ηλεκτρικοί παλμοί στό P_2 και με επαγωγή δημιουργείται τάση στά άκρα A, B του P_1 , τά όποια στηρίζονται στους μύς της καρδιάς. Έτσι μία άρρυθμη καρδιά μπορεί νά λειτουργεί κανονικά και με έλεγχόμενο παλμό

ΕΠΑΓΩΓΗ

Τό φαινόμενο της επαγωγής είναι ένα από τά βασικότερα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και έχει πολλές τεχνικές εφαρμογές. Μία από τις σύγχρονες εφαρμογές του βρίσκουμε στό βηματοδότη που εικονίζεται στό Σχ. 2.

I. 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 άκίνητος, δέν παρατηρείται καμία απόκλιση στή βελόνα του βολ-

τομέτρου, είτε ο μαγνήτης βρίσκεται έξω από το πηνίο, είτε μέσα σ' αυτό. (Σχ. 3 I, III).

"Όταν ο μαγνήτης κινείται, ή 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, ή βελόνα εκτρέπεται προς τη μία φορά, ενώ όταν απομακρύνεται ο μαγνήτης, ή βελόνα εκτρέπεται προς την άλλη φορά.

Τό φαινόμενο αυτό, κατά τό όποίο εμφανίζεται ηλεκτρική τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη) στά άκρα ενός πηνίου μέ τήν κίνηση ενός μαγνήτη, όνομάζεται έπαγωγική τάση.

II. ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

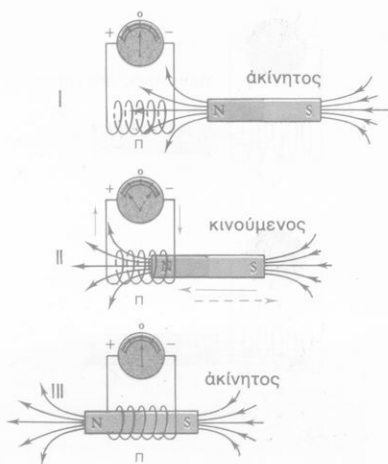
"Από τά προηγούμενα πειράματα φαίνεται ότι ή έπαγωγική τάση, άρα και τό φαινόμενο τής έπαγωγής, συνδέεται στενά μέ τήν κίνηση του μαγνήτη.

"Η κίνηση του μαγνήτη, όπως φαίνεται καθαρά στο Σχ. 3, συνοδεύεται μέ μεταβολή τής μαγνητικής ροής στο πηνίο. Ποιά είναι έπομένως ή πραγματική αίτια του φαινομένου τής έπαγωγής; Είναι ή κίνηση του μαγνήτη ή ή μεταβολή τής μαγνητικής ροής στο πηνίο;

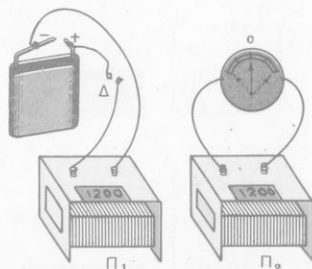
Γιά νά δώσουμε άπάντηση στο έρώτημα αυτό, κάνουμε ένα άλλο πείραμα. Τοποθετούμε δύο πηνία Π₁ και Π₂ τό ένα δίπλα στο άλλο, όπως φαίνεται στο Σχ. 4. Διοχετεύουμε ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο Π₁ και παρατηρούμε ότι για μία μόνο στιγμή εμφανίζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα του δεύτερου πηνίου. Διακόπτουμε τό ρεύμα στο πρώτο πηνίο και παρατηρούμε ότι πάλι εμφανίζεται στιγμιαία τάση στα άκρα του δεύτερου πηνίου.

Οι μεταβολές του ηλεκτρικού ρεύματος στο πρώτο πηνίο προκαλούν μεταβολές στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται γύρω του. Οι μεταβολές αυτές του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλουν τή μαγνητική ροή στο έσωτερικό του δεύτερου πηνίου και δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ηλεκτρική τάση) στα άκρα του. "Αρα:

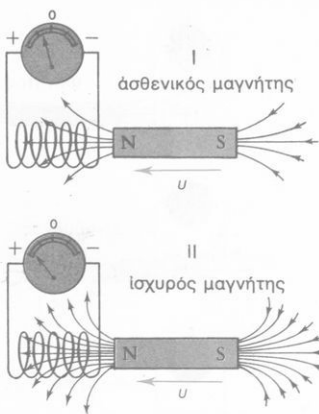
"Η αίτια που δημιουργεί ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός πηνίου, κατά τό φαινόμενο τής



Σχ. 3. "Όταν ο μαγνήτης κινείται παράγεται τάση στα άκρα του πηνίου. (Π = 300, 600 ή 1200 σπειρές)



Σχ. 4. Μεταβολές του ρεύματος στο Π₁ προκαλούν έπαγωγική τάση στα άκρα του Π₂.



Σχ. 5.

έπαγωγής, είναι η μεταβολή της μαγνητικής ροής στο έσωτερικό του πηνίου.

"Αν στά πηνία υπάρχουν πυρήνες, οι μεταβολές της μαγνητικής ροής στο Π_2 γίνονται μεγαλύτερες και επομένως οι τάσεις στά άκρα του γίνονται μεγαλύτερες.

III. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

1ο πείραμα. Από τὰ προηγούμενα πειράματα προέκυψε ότι η έπαγωγική 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 εισάγουμε με την ίδια περίπου ταχύτητα μέσα σ' ένα πηνίο, θά παρατηρήσουμε ότι ο ισχυρότερος μαγνήτης δημιουργεί μεγαλύτερη έπαγωγική τάση.

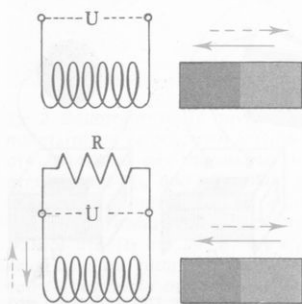
Αυτό συμβαίνει γιατί ο ισχυρότερος μαγνήτης προκαλεί μεγαλύτερη μεταβολή $\Delta\Phi$ της μαγνητικής ροής. Με άκριβεις μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

Η έπαγωγική τάση είναι ανάλογη προς τή μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$

2ο πείραμα. "Αν στό προηγούμενο πείραμα κινήσουμε γρηγορότερα τούς μαγνήτες, θά παρατηρήσουμε ότι οι τάσεις γίνονται μεγαλύτερες. "Αρα, η έπαγωγική τάση εξαρτάται από τήν ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$. "Όπου $\Delta\Phi$ είναι η μεταβολή της μαγνητικής ροής και Δt ο αντίστοιχος χρόνος.

"Αποδεικνύεται ότι:

Η έπαγωγική τάση είναι ανάλογη προς τήν ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$



Σχ 6.

3ο πείραμα. Τέλος, αν χρησιμοποιήσουμε πηνία με διαφορετικούς αριθμούς σπειρών n (π.χ. $n = 6, 300, 1200$) θά παρατηρήσουμε ότι, με τήν εισαγωγή του ίδιου μαγνήτη και στά τρία πηνία και με τήν ίδια περίπου ταχύτητα, η τάση είναι μεγαλύτερη στό πηνίο με τίς περισσότερες σπείρες. Με άκριβεις μετρήσεις και πάλι αποδεικνύεται ότι:

Ἡ ἐπαγωγικὴ τάση σὲ ἓνα πηνίο εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸν ἀριθμὸ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου n .

Συγκεντρῶνοντας τὰ πῶ πάνω συμπεράσματα, μπορούμε νά γράψουμε ἓνα μόνο τύπο, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν ἔκφραση τοῦ νόμου τῆς ἐπαγωγῆς:

ἐπαγωγικὴ τάση = ἀριθμ. σπειρῶν πην. × ταχύτ. μεταβολῆς μαγν. ροῆς.

ἢ	$U_{\text{επαγ}} = n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς*
---	---------------------------------------------------------	---------------------

Τὴν τάση U τῆ μετράμε σὲ Volt, τῆ μεταβολῆ τῆς ροῆς $\Delta\Phi$ σὲ Weber καὶ τὸ χρόνο Δt σὲ sec. Ἄρα 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

Ἄν τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου δέ συνδέονται μὲ ἔξωτερικό κύκλωμα, στὸ πηνίο ἀναπτύσσεται μόνον ἐπαγωγικὴ τάση χωρὶς νά κυκλοφορεῖ ρεῦμα (Σχ. 6). Ἄν ὅμως συνδέσουμε μίαν ἀντίσταση R στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου, ὥστε νά σχηματισθεῖ κλειστὸ κύκλωμα, τότε ἡ ἐπαγωγικὴ τάση προκαλεῖ στὸ κύκλωμα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔνταση δίδεται ἀπὸ τὸ γνωστὸ νόμο τοῦ Ohm

$$i_{\text{επ}} = \frac{U_{\text{επ}}}{R}$$

* Γιά λόγους ἀπλουστεύσεως παραλείψαμε τὸ ἀρνητικὸ πρόσημο τοῦ τύπου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιὸ εἶναι τὸ αἷτιο τῆς ἐμφανίσεως τῆς ἐπαγωγικῆς τάσεως;
2. Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται ἡ ἐπαγωγικὴ τάση στὰ ἄκρα ἑνὸς πηνίου;
3. Ποιές μονάδες χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὰ μεγέθη U , $\Delta\Phi$ καὶ Δt καὶ πῶς συνδέονται μεταξύ τους;
4. Σὰς δίνουν ἓναν ἰσχυρὸ καὶ ἓναν ἀσθενῆ μαγνήτη, ἓνα πηνίο μὲ 300 σπείρες καὶ ἓνα μὲ 1200 σπείρες. Ποιὸ συνδυασμὸ θά κάνατε γιὰ νά πάρετε τὴν μεγαλύτερη δυνατὴ ἐπαγωγικὴ τάση;
5. Στὸ πείραμα τοῦ Σχ. 3, διατηρώντας τὸν ἴδιο μαγνήτη καὶ τὸ ἴδιο πηνίο, ἡ τάση αὐξάνεται ὅταν ὁ μαγνήτης κινεῖται γρηγορότερα. Ποιὸ ἀπὸ τὰ τρία μεγέθη η , $\Delta\Phi$ καὶ Δt ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ μαγνήτη καὶ αὐξάνεται ἡ τάση;
6. Πότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ ποῦ περνάει ἀπὸ μίαν ἐπίπεδη ἐπιφάνεια γίνεται μέγιστη καὶ πότε ἐλάχιστη;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ Φ ἐκφράζει τὸ πλῆθος τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ποῦ διαπερνοῦν μίαν ἐπιφάνεια S καὶ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο $\Phi = B \cdot S$, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι κάθετη πρὸς τίς μαγνητικὲς γραμμές.
2. Ἡ ἐμφάνιση ἠλεκτρικῆς τάσεως στὰ ἄκρα ἑνὸς πηνίου, ὅταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροὴ στὸ πηνίο, ὀνομάζεται ἐπαγωγή.
3. Ὁ νόμος τῆς ἐπαγωγῆς εἶναι:

$$U_{\text{επαγ}} = \eta \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

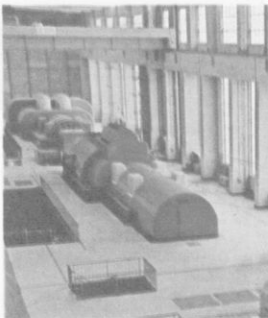
- *1. Ένα πηνίο έχει 300 σπείρες και η μαγνητική ροή στο έσωτερικό του μεταβάλλεται κατά $2 \cdot 10^{-3}$ Weber σε χρόνο 0,2 sec. Πόση τάση αναπτύσσεται στα άκρα του πηνίου;
2. Κατά την εισαγωγή ενός μαγνήτη σε πηνίο 600 σπειρών μετρήθηκε τάση 2 V στα άκρα του πηνίου. Εάν ο χρόνος εισαγωγής ήταν 0,5 sec, πόση ήταν η μεταβολή της 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 την επιφάνεια;
 - β) Πόση γίνεται η ροή, αν η επιφάνεια γίνει παράλληλη προς τις γραμμές;
4. Επιφάνεια έχει έμβαδο $S = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ και βρίσκεται κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές πεδίου έντασεως $B = 1/10$ Tesla.

37η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ - ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ - ΤΑΧΟΜΕΤΡΟ

(ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Ηλεκτρογεννήτριες του άτμοηλεκτρικού σταθμού Πτολεμαΐδας

Υπάρχουν πολλών ειδών ηλεκτρικές πηγές: Τά ηλεκτρικά στοιχεία που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική, τά φωτοστοιχεία που μετατρέπουν τη φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική κτλ. Από όλες όμως τις γνωστές πηγές ρεύματος οι μόνες κατάλληλες, για να δώσουν ρεύματα μεγάλης ισχύος για βιομηχανική και οικιακή χρήση, είναι οι ηλεκτρογεννήτριες (Σχ. 1).

II. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό σύστημα ενός πηνίου και ενός μαγνήτη, που μελετήσαμε στην προηγούμενη ένότητα, λειτουργεί ως άπλη γεννήτρια. **Μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια, που παρέχουμε στο μαγνήτη, σε ηλεκτρική.** Θά μπορούσε λοιπόν να χρη-

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 το στάτορα, το ρώτορα, το συλλέκτη και τις ψήκτες (Σχ. 2).

Στή γεννήτρια του εργαστηρίου (Σχ. 3) και σε πολλές μικρές γεννήτριες το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από το στάτορα, που μπορεί να είναι μόνιμος μαγνήτης ή ηλεκτρομαγνήτης. Μέσα στο μαγνητικό πεδίο του στάτορα στρέφεται ο ρώτορας, στά άκρα του οποίου αναπτύσσεται η επαγωγική τάση.

β. Λειτουργία της γεννήτριας. Όταν το πλαίσιο είναι παράλληλο προς τις μαγνητικές γραμμές (Σχ. 4, I), η μαγνητική ροή είναι μηδέν, δηλ. καμία μαγνητική γραμμή δε διέρχεται από την επιφάνεια του πλαισίου.

Όταν το πλαίσιο γίνεται κάθετο προς τις γραμμές, τότε η μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη (Σχ. 4, II). Άρα:

Η περιστροφή του πλαισίου της γεννήτριας μέσα στο μαγνητικό πεδίο προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ στο πλαίσιο, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (επαγωγική τάση) στα άκρα του.

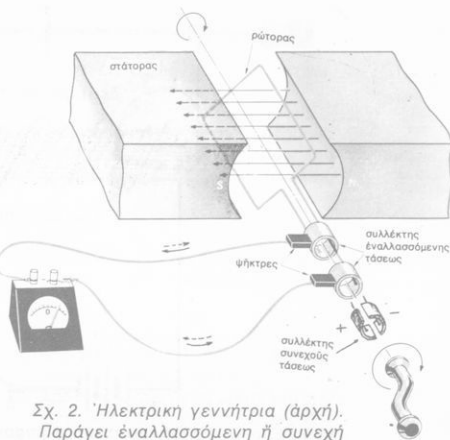
Συνδέουμε ένα λαμπάκι ή ένα βολτόμετρο στα άκρα του πλαισίου μιάς γεννήτριας και αρχίζουμε να περιστρέφουμε το πλαίσιο με όλοένα αυξανόμενη ταχύτητα (Σχ. 2). Παρατηρούμε ότι η τάση αυξάνεται και μάλιστα, όπως αποδεικνύεται, είναι ανάλογη προς την ταχύτητα περιστροφής. Άρα:

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιάς γεννήτριας είναι ανάλογη προς την ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου της.

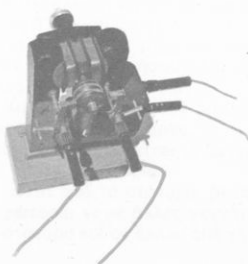
Τό συμπέρασμα αυτό είναι σύμφωνο με τό νόμο της επαγωγής, γιατί η επαγωγική τάση είναι ανάλογη προς την ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$.

γ. Γεννήτριες συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.

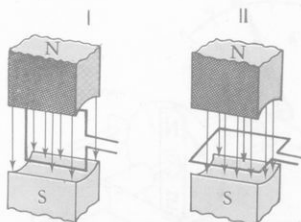
Η γεννήτρια του εργαστηρίου είναι κατα-



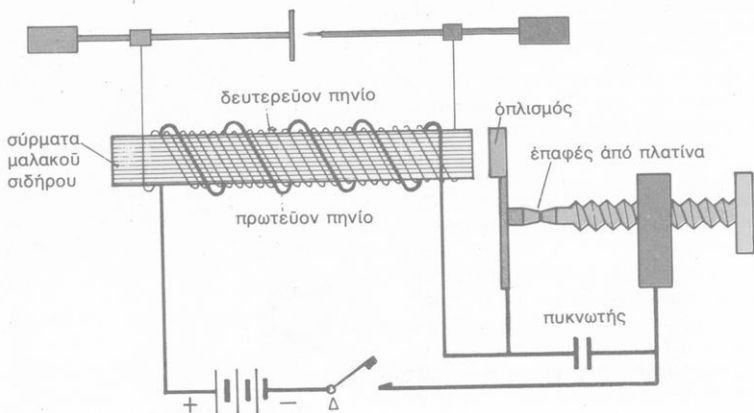
Σχ. 2. Ήλεκτρικη γεννήτρια (άρχη). Παράγει εναλλασσόμενη ή συνεχή τάση



Σχ. 3. Έργαστηριακή (σχολική) γεννήτρια



Σχ. 4. Ή μαγνητική ροή στό πλαίσιο μεταβάλλεται μέ τήν περιστροφή



Σχ. 5. Έπαγωγικό πηνίο (πολλαπλασιαστής)

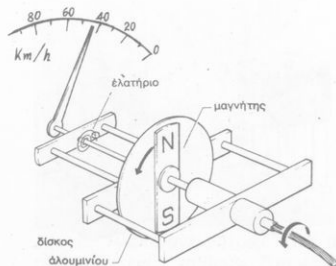
σκευασμένη έτσι ώστε να παράγει συνεχή ή εναλλασσόμενη τάση, ανάλογα με τη θέση που έχουν κάθε φορά οι ψήκτες.

“Αν οι ψήκτες άκουμπούν στο δακτύλιο που είναι κομμένος σε δύο ίσα μέρη, η γεννήτρια παράγει συνεχή τάση.” Αν οι ψηκτῆρες 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. τῆ συνεχή ἢ τῆν εναλλασσόμενη.

δ. Ἡλεκτρικές μηχανές. Ἀπό τὰ παραπάνω προκύπτει ὅτι οἱ γεννήτριες λειτουργοῦν με τρόπο ἀντίστροφο πρὸς τὸν τρόπο λειτουργίας τῶν κινητῶρων, δηλ. καταναλῶνουν μηχανική ἐνέργεια καὶ παράγουν ἠλεκτρική. Θὰ μπορούσε ἐπομένως ἕνας κινητῆρας νὰ λειτουργήσει σὰν γεννήτρια καὶ νὰ ἀποδώσει ἠλεκτρική ἐνέργεια, ἂν δῖναμε μηχανική ἐνέργεια στῆ μηχανή, περιστρέφοντας με κάποιο τρόπο τὸ ρῶτορα.

Παρόμοια μετατροπή μπορεί νὰ γίνει καὶ σὲ μία γεννήτρια, ὄχι ὁμως σὲ κάθε γεννήτρια. (Δοκιμάστε νὰ μετατρέψετε τῆ γεννήτρια τοῦ ἐργαστηρίου σὲ κινητῆρα με τῆς ψῆκτες τοποθετημένες στὸ συλλέκτη εναλλασσόμενης τάσεως. Τί παρατηρεῖτε;).



Σχ. 6. Ταχύμετρο αὐτοκινήτων

Οι γεννήτριες και οι κινητήρες μαζί αποτελούν μία κατηγορία μηχανών που λέγονται **ηλεκτρικές 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 **πρωτεύον** έχει λίγες σπείρες από χοντρό καλώδιο, ενώ τό άλλο που λέγεται **δευτερεύον** έχει πολλές σπείρες από λεπτό καλώδιο (Σχ. 5).

Συνδέουμε τό πρωτεύον μέ πηγή **συνεχούς** τάσεως (π.χ. 6V) και παρατηρούμε ότι ανάμεσα στό ηλεκτρόδια του δευτερεύοντος εμφανίζεται ηλεκτρικός σπινθήρας. Αυτό φανερώνει ότι στό άκρα του δευτερεύοντος εμφανίζεται μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt).

Η ηλεκτρική τάση στό δευτερεύον είναι **έναλλασσόμενη** και παράγεται μέ επαγωγή. (Οι περιοδικές διακοπές του ρεύματος στό πρωτεύον, που προκαλούνται από τόν όπλισμό που πάλλεται, δημιουργούν μεταβολή τής μαγνητικής ροής στον πυρήνα, δηλ. στό έσωτερικό του δευτερεύοντος).

Ο πολλαπλασιαστής χρησιμοποιείται στους **άναφλεκτήρες** (bougies) των αυτοκινήτων για τήν παραγωγή σπινθήρων, στό έργαστήρια για τήν 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 η παραγωγή της στό έργαστήριο δέ χρειάζεται ιδιαίτερες προφυλάξεις.

IV. ΤΑΧΟΜΕΤΡΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Τό ταχύμετρο (ή κοντέρ) είναι όργανο που μετράει τήν ταχύτητα των αυτοκινήτων (Σχ. 6). Αποτελείται από ένα δίσκο άλουμινίου, πάνω στόν όποιο είναι στερεωμένος ό δείκτης ταχυτήτων και από ένα μαγνήτη που παίρνει κίνηση από τόν άξονα των τροχών του αυτοκινήτου. Καθώς περιστρέφεται ό μαγνήτης, δημιουργούνται επαγωγικά ρεύματα στό δίσκο, τά όποια άναγκάζουν τό δίσκο να στραφεί. Όσο πιο γρήγορα περιστρέφεται ό μαγνήτης, τόσο ισχυρότερα ρεύματα άναπτύσσονται και τόσο περισσότερο στρέφεται ό δίσκος. Ένα έλατήριο, κατάλληλα στερεωμένο, συγκρατεί τό δίσκο και

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποίο φαινόμενο στηρίζεται η παραγωγή τάσεως στις γεννήτριες;
2. Από τί έξαρτάται η τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη) μίας γεννήτριας;
3. Από ποιά κύρια μέρη αποτελείται και που χρησιμοποιείται τό επαγωγικό πηνίο;
4. Δύο από τίς ακόλουθες φράσεις είναι όρθες. Ποίες 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 που 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 τον τρόπο αυτό μετράμε την ταχύτητα των αυτοκινήτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί γεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο της επαγωγής.
2. Ο πολλαπλασιαστής μετατρέπει μία μικρή συνεχή τάση σε μεγάλη εναλλασσόμενη, χάρη στο φαινόμενο της επαγωγής.
3. Η λειτουργία των συνηθισμένων ταχομέτρων στηρίζεται στη δημιουργία επαγωγικών ρευμάτων, τα όποια δέχονται μαγνητικές δυνάμεις και μετακινούν το δείκτη ταχυτήτων.

38η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ – ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ – ΙΣΧΥΣ

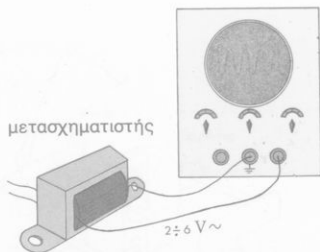
Ι. ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ (A.C.)

α. **Όρισμός.** Επαναλαμβάνουμε το πείραμα του Σχ. 3 (35η και 36η ενότητες) κινώντας το μαγνήτη μέσα-έξω. Παρατηρούμε ότι, όταν ο μαγνήτης εισάγεται στο πηνίο, ή βελόνα του γαλβανομέτρου εκτρέπεται προς τη μία μεριά και όταν ο μαγνήτης εξάγεται από το πηνίο, ή βελόνα εκτρέπεται προς την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι μέσα στο πηνίο κυκλοφορεί ρεύμα που δεν έχει ούτε σταθερή τιμή εντάσεως ούτε σταθερή φορά.

“Ένα ρεύμα, του οποίου ή τιμή και ή φορά εντάσεως μεταβάλλονται περιοδικά με το χρόνο, ονομάζεται **εναλλασσόμενο ρεύμα**, και ή τάση που τό παράγει **εναλλασσόμενη τάση**.”

Τό ρεύμα που χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας και στις βιομηχανίες για φωτισμό, για θέρμανση ή για κίνηση μηχανών είναι εναλλασσόμενο.

β. **Μορφή.** Τή μορφή τής εναλλασσόμενης τάσεως μπορούμε εύκολα νά τή δούμε με έναν **παλμογράφο** (Σχ. 1). Συνδέουμε τήν είσοδο του



Σχ. 1. Η εναλλασσόμενη τάση του δικτύου τής ΔΕΗ. (Συχνότητα = 5×10 c/sec = 50c/sec)

παλμογράφου με μία μικρή έναλλασσόμενη τάση, πού δίνει ο μετασχηματιστής του εργαστηρίου και ρυθμίζουμε τόν παλμογράφο ώστε νά πετύχουμε σταθερή εικόνα. Τότε στήν οθόνη τού παλμογράφου σχηματίζεται μία κυματοειδής γραμμή, πού στά μαθηματικά λέγεται **ήμιτονοειδής καμπύλη**. Άρα:

Ή έναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μεταβάλλεται ήμιτονοειδώς σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

Συνδέουμε κατόπιν τήν είσοδο τού παλμογράφου μέ μία πηγή συνεχούς τάσεως, π.χ. μέ μία ηλεκτρική στήλη τών 4,5V, και παρατηρούμε στήν οθόνη μία εύθεια γραμμή (Σχ. 2). Άρα:

Ή συνεχής ηλεκτρική τάση είνι σταθερή σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

γ. Γραφική παράσταση τής έναλλασσόμενης τάσεως.

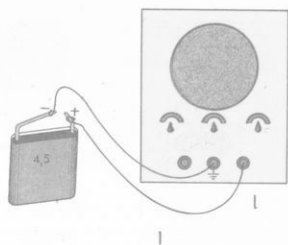
Ή μεταβολή τής έναλλασσόμενης τάσεως σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο παριστάνεται μέ μία ήμιτονοειδή καμπύλη (Σχ. 3), ὅμοια μέ τήν καμπύλη πού βλέπουμε στήν οθόνη τού παλμογράφου. Ή τιμή U πού ἔχει ἡ τάση σέ κάθε χρονική στιγμή, λέγεται **στιγμιαία τάση** καί ἡ μέγιστη τιμή U_0 , πού παίρνει ἡ τάση σέ ὀρισμένες στιγμές, λέγεται **πλάτος** τής τάσεως. Ή στιγμιαία τάση γίνεται μηδέν, μεγαλώνει, γίνεται μέγιστη, ἀρχίζει νά μικραίνει κ.ο.κ. Μετά ἀπό ὀρισμένο χρόνο T , ἡ τάση ἀρχίζει νά παθαίνει τίς ἴδιες ἀκριβώς μεταβολές.

Ο χρόνος T , μέσα στόν ὁποῖο ἡ τάση συμπληρώνει ἕναν ὁλόκληρο κύκλο μεταβολῶν, λέγεται περίοδος τού έναλλασσόμενου ρεύματος.

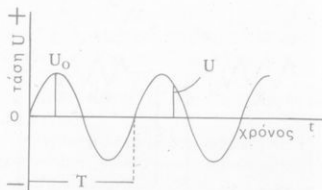
Όταν γνωρίζουμε τήν περίοδο T , μπορούμε νά ὑπολογίσουμε τή συχνότητα ν τού έναλλασσόμενου ρεύματος μέ τό γνωστό τύπο:

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

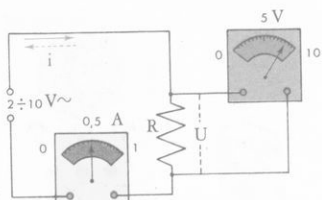
Ή συχνότητα τού ρεύματος τής ΔΕΗ είνι 50 c/sec καί μπορεί εύκολα νά βρεθεῖ μέ ἕναν παλμογράφο. (Γυρίστε τό κουμπι τής συχνότητος τού παλμογράφου στό ἐλάχιστο 10 c/sec.



Σχ. 2. Συνεχῆς τάση, (I) Ὅπως φαίνεται στόν παλμογράφο καί (II) ὅπως παριστάνεται γραφικά

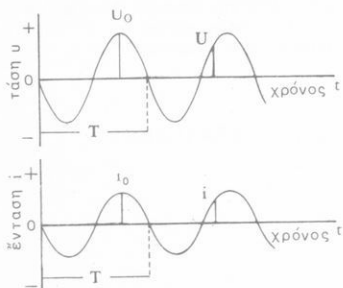


Σχ. 3. Γραφική παράσταση τής έναλλασσόμενης τάσεως. Ή στιγμιαία τάση U διαρκῶς μεταβάλλεται

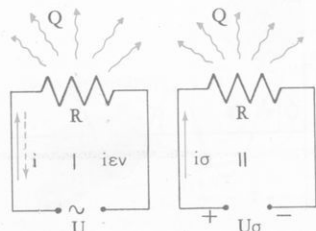


Σχ. 4. Το άμπερόμετρο μετράει την ενεργό ένταση και το βολτόμετρο την ενεργό τάση

$$i_{ev} = \frac{U_{ev}}{R}$$



Σχ. 5. Γραφική παράσταση της τάσεως U και της έντασης i έναλλασσόμενου ρεύματος



Σχ. 6. Είναι $i_{ev} = i_0$ όταν παράγεται τό ίδιο Q στον ίδιο χρόνο

Τότε στην όθονή σχηματίζεται ή εικόνα του Σχ. 1).

II. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Ο νόμος του Ohm ισχύει και στο έναλλασσόμενο ρεύμα. Έτσι, αν σε κάποια στιγμή ή τάση στα 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 της έντασεως του ρεύματος σε συνάρτηση μέ τό χρόνο είναι επίσης μία ήμιτονοειδής καμπύλη μέ περίοδο ίση μέ την περίοδο της τάσεως (Σχ. 5).

III. ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΗ

Είναι γνωστό από την καθημερινή έμπειρία ότι τό έναλλασσόμενο ρεύμα, πού χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας, παράγει θερμότητα, όταν διέρχεται από τίς διάφορες ήλεκτρικές συσκευές. Άς υποθέσουμε ότι μία αντίσταση R διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα και ότι σε χρόνο t παράγεται θερμότητα Q (Σχ. 6). Συνδέουμε κατόπιν την ίδια αντίσταση R μέ πηγή συνεχούς ρεύματος και ρυθμίζουμε την έντασή του i_0 , ώστε νά παράγεται ή ίδια θερμότητα Q στον ίδιο χρόνο t. Η ένταση αυτή i_0 του συνεχούς ρεύματος ονομάζεται **ένεργός ένταση** του έναλλασσόμενου ρεύματος.

Η συνεχής τάση U_0 , πού παράγει στην παραπάνω αντίσταση R ένταση ίση μέ την ενεργό ένταση i_{ev} , λέγεται **ένεργός τάση** του έναλλασσόμενου ρεύματος.

Τά άμπερόμετρα και βολτόμετρα πού είναι κατασκευασμένα για έναλλασσόμενο ρεύμα δείχνουν την ενεργό ένταση και ενεργό τάση αντίστοιχως. Αν i_0 είναι τό πλάτος της έντάσεως του ρεύματος αποδεικνύεται ότι:

$$i_{ev} = 0,7i_0 \quad (\text{περίπου})$$

$$\text{Όμοίως: } U_{ev} = 0,7U_0 \quad (\text{περίπου})$$

(Τό πλάτος της τάσεως του ήλεκτρικού δικτύου στα σπίτια μας είναι 308V και ή ενεργός τάση 220V).

Σέ πολλές περιπτώσεις για λόγους συντομίας χρησιμοποιούμε τούς όρους «τάση» και

«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 $P = i \cdot U$. Αν όπου i βάλουμε τό $i_{εν}$ και όπου U τό $U_{εν}$, τότε ό τύπος τής ισχύος γράφεται:

$$P = i_{εν} \cdot U_{εν}$$

Η 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 τής ΔΕΗ πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια;
3. Δύο ίδιες αντίστάσεις διαρρέονται ή μία μέ συνεχές ρεύμα έντάσεως i_0 και ή άλλη μέ έναλλασσόμενο ρεύμα ένεργού έντάσεως $i_{εν}$. Εάν $i_{εν} = i_0$, 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 πρós τή μία φορά θερμαίνει και πρós τήν άλλη ψύχει δ) παράγεται ή ίδια ισχύς στίς αντίστάσεις.

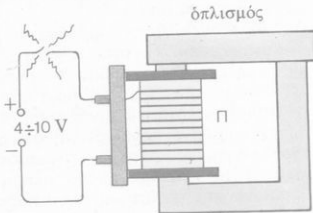
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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. Η μέση ισχύς του έναλλασσόμενου ρεύματος δίνεται από τόν τύπο $P = i_{εν} \cdot U_{εν}$.

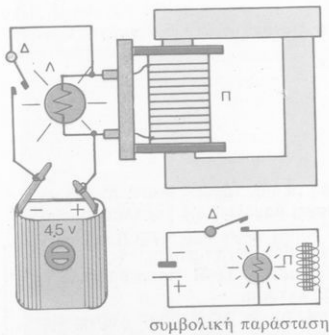
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τό χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών τής έντάσεως ενός έναλλασσόμενου ρεύματος είναι 0,01 sec. Πόση είναι ή περίοδος και πόση ή συχνότητα του ρεύματος;
2. Αντίσταση 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) Γιά νά λειτουργεί κανονικά σέ έναλλασσόμενο ρεύμα, πόση πρέπει νά είναι ή ένεργός τάση; β) Εάν ή αντίσταση τής 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 πύ 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



Σχ. 2. Όταν αποσυνδέεται η πηγή, το λαμπάκι κάνει μία αναλαμπή. (Για $E = 4,5 \text{ V}$ και $\Pi = 300$ σπειρές, πρέπει $\Lambda = 3,5 \text{ V}$)

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 ατέπαγωγής που είναι μία ειδική περίπτωση της έπαγωγής.

II. ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

α. Έννοια της ατέπαγωγής. 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 αναλαμπή. 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 ατέπαγωγή. Επομένως:

Ατέπαγωγή ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο εμφανίζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα ενός πηνίου, όταν μεταβάλλεται ή ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.

β. Εξήγηση του φαινομένου της ατέπαγωγής. 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

καί ἡ μαγνητική ροή μέσα στό πηνίο. Μὲ τὴ διακοπὴ λοιπὸν τοῦ ρεύματος συμβαίνει μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἐπὶ ἐσωτερικὸ τοῦ πηνίου, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐμφανίζεται ἐπαγωγικὴ τάση στὰ ἄκρα του. Ἄρα:

Ἡ αὐτεπαγωγή ὀφείλεται στὶς μεταβολές τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἐπὶ ἐσωτερικὸ τοῦ πηνίου, οἱ ὁποῖες συνοδεύουν τὶς μεταβολές τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος πού διαρρέει τὸ πηνίο.

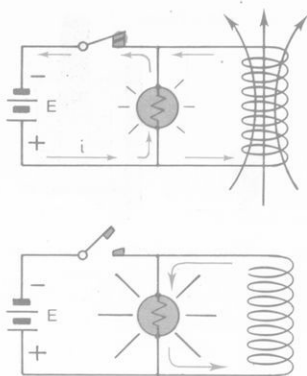
Ἀπὸ τὰ παραπάνω προκύπτει ὅτι ἡ αὐτεπαγωγή εἶναι ἓνα φαινόμενο ὁμοιο μὲ τὴν ἐπαγωγή. Ἡ διαφορὰ τους εἶναι ὅτι οἱ μεταβολές τῆς μαγνητικῆς ροῆς στὴν ἐπαγωγή προέρχονται ἀπὸ ἐξωτερικὰ αἴτια, ἐνῶ στὴν αὐτεπαγωγή προέρχονται ἀπὸ τὶς μεταβολές τοῦ ἴδιου τοῦ ρεύματος πού κυκλοφορεῖ στό πηνίο.

γ. Τὸ πηνίο ἀποθηκεύει ἐνέργεια ἐξαιτίας τῆς αὐτεπαγωγῆς. Γιά νὰ λάμψει τὸ λαμπάκι στό πείραμα τοῦ Σχ. 2, χρειάζεται ἐνέργεια. Τὴν ἐνέργεια αὐτὴ, προφανῶς δὲν τὴ δίνει ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ – ἀφοῦ ἡ λάμψη παρατηρεῖται μετὰ τὴ διακοπὴ τοῦ κυκλώματος – ἀλλὰ τὸ πηνίο. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνουμε ὅτι τὸ πηνίο, στὴ διάρκεια τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματός του, ἐνεργεῖ ὡς ἠλεκτρικὴ πηγὴ καὶ δίνει ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἀλλὰ πού βρῆκε τὴν ἐνέργεια αὐτὴ τὸ πηνίο; Πότε τὴν ἀποθήκευσε καὶ μὲ ποιά μορφή;

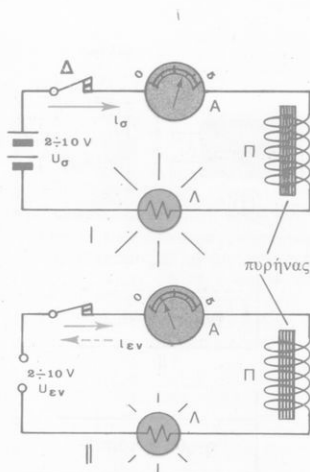
Τὴν ἐνέργεια τὴν παίρνει τὸ πηνίο ἀπὸ τὴν πηγὴ στὴν ἀρχὴ τῆς συνδέσεως καὶ τὴ διατηρεῖ ἀποθηκευμένη μὲ τὴ μορφή ἐνέργειας μαγνητικοῦ πεδίου. Ὄταν ἀνοίγουμε τὸ κύκλωμα, ἡ ἐνέργεια τοῦ πηνίου ἀποδίδεται στό λαμπάκι.

III. ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

α. Ἐννοια τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως. Συνδέουμε ἓνα πηνίο, ἓνα λαμπάκι καὶ ἓνα ἄμπερόμετρο σὲ σειρά μὲ ἠλεκτρικὴ πηγὴ συνεχοῦς τάσεως, ὅπως φαίνεται στό Σχ. 4. Ρυθμίζουμε τὴν τάση τῆς πηγῆς ὥστε νὰ φωτίζει κανονικὰ τὸ λαμπάκι καὶ σημειώνουμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος (π.χ. $i_0 = 0,4A$). Κατόπιν ἐφαρμόζουμε στὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐναλλασσόμενη ἠλεκτρικὴ τάση μὲ ἐνεργὸ τιμὴ U_{ev} ἴση μὲ τὴν τάση U_0 ($U_{ev} = U_0$). Παρατηροῦμε ὅτι τὸ λαμπάκι φωτίζει λιγότερο καὶ ὅτι ἡ ἔνταση i_{ev}



Σχ. 3. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος μεταβάλλει τὴ μαγνητικὴ ροὴ στό πηνίο



Σχ. 4. I. Στὸ συνεχές ρεῦμα τὸ πηνίο ἔχει μόνο ὠμικὴ ἀντίσταση.
II. Στὸ ἐναλλασσόμενο ἔχει καὶ ὠμικὴ καὶ ἐπαγωγικὴ. ($\Lambda = 3 + 6V$, $\Pi = 600$)



Σχ. 5. Ένας ροοστάτης κατάλληλος μόνο για έναλασσόμενο ρεύμα. ($\Lambda = 3 \div 6 \text{ V}$, $\Pi = 300 \text{ ή } 600 \text{ σπειρές}$)

του έναλασσόμενου ρεύματος είναι μικρότερη από την ένταση i_0 του συνεχούς ρεύματος ($i_{\text{εν}} < i_0$). Συνεπώς το πηνίο παρεμβάλλει μεγαλύτερη αντίσταση στο έναλασσόμενο 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 έναλασσόμενο ρεύμα, λέγεται **επαγωγική αντίσταση**.

Η **ώμικη** και **επαγωγική αντίσταση** μαζί αποτελούν την **ολική αντίσταση*** του πηνίου στο έναλασσόμενο ρεύμα.

Αν τό καλώδιο ενός πηνίου είναι αρκετά χοντρό, ώστε ή **ώμικη αντίσταση** νά είναι άσημαντη, τότε ή **μόνη αντίσταση** του πηνίου στο έναλασσόμενο ρεύμα είναι ή **επαγωγική αντίσταση (ιδανικό πηνίο)**. Έπομένως, παραλείποντας την **ώμικη αντίσταση**, μπορούμε νά πούμε τό **έξης**:

Έπαγωγική αντίσταση είναι ή αντίσταση πού παρεμβάλλει ένα ιδανικό πηνίο στο έναλασσόμενο ρεύμα.

Η **επαγωγική αντίσταση** όφειλεται στο φαινόμενο τής **αυτεπαγωγής**.

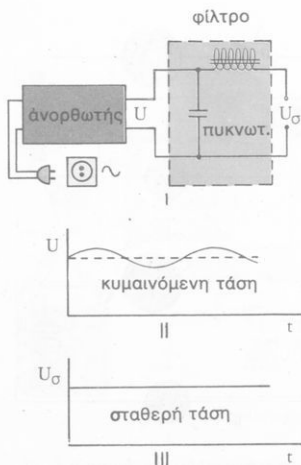
β) Παράγοντες από τούς οποίους **έξαρτάται ή **επαγωγική αντίσταση**.**

Αν στο πείραμα του Σχ. 4, II αφαιρέσουμε τόν πυρήνα, παρατηρούμε ότι **αυξάνεται** ή **ένταση** του ρεύματος, δηλ. **μικραίνει** ή **άντίσταση**. Άρα:

Η **επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου είναι **μεγαλύτερη**, όταν στο πηνίο **ύπάρχει σιδερένιος πυρήνας** και **άντίστροφα**.**

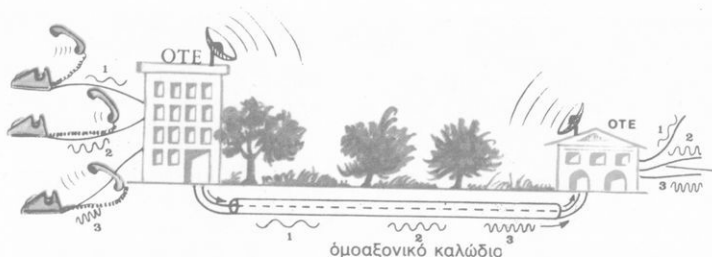
Τήν ιδιότητα αυτή μπορούμε νά τήν αξιοποιήσουμε στήν κατασκευή π.χ. ενός ροοστάτη, πού είναι κατάλληλος μόνο για τό **έναλασσόμενο ρεύμα** (Σχ. 5).

Αποδεικνύεται **έπίσης** ότι ή **επαγωγική αντίσταση** ενός πηνίου είναι **ανάλογη** πρὸς τή $\sigma \omega \chi \nu \acute{o} \tau \eta \tau \alpha$ του ρεύματος και **έξαρτάται** από τόν



Σχ. 6. Ο **άνορθωτής** μετατρέπει τήν **έναλασσόμενη τάση** σε **συνεχή** (II) και τό **φίλτρο** τήν **κάνει σταθερή** (III)

*Η **ολική αντίσταση** βρίσκεται αν προσθέσουμε **διανυσματικά** τίς δύο **αντιστάσεις** και **δέ** θά **μάς** **άποσχολήσει** στο βιβλίο αυτό.



Σχ. 7. Ἡ κάθε συνδιάλεξη μεταφέρεται μέ ἓνα ἐναλλασσόμενο ρεύμα ὑψηλῆς συχνότητας. Ὁ διαχωρισμός τῶν ρευμάτων, ὅρα καί τῶν συνδιαλέξεων, γίνεται στά τηλεφωνικά κέ-

ντρα μέ κατάλληλα φίλτρα. (Τό ὁμοαξονικό καλώδιο Ἀθήνας - Θεσσαλονίκης σήμερα μεταφέρει μέχρι 2.700 συνδιαλέξεις συγχρόνως)

ἀριθμό τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου καί ἀπό τίς διαστάσεις του.

γ. Ἐφαρμογές τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντίστασεως

Μία σπουδαία ἐφαρμογή τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντίστασεως συναντᾶται στά φίλτρα (Σχ. 6).

Τά φίλτρα εἶναι συνήθως συστήματα πηνίων καί πυκνωτῶν καί ἔχουν πολλές τεχνικές ἐφαρμογές.

Οἱ γνωστές ἠλεκτρονικές συσκευές (ἐνισχυτές, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ.) χρειάζονται γιά τή λειτουργία τους συνεχές ἠλεκτρικό ρεύμα. Τό ἠλεκτρικό δίκτυο στά σπίτια μας παρέχει, ὅπως εἶναι γνωστό, ἐναλλασσόμενο ρεύμα. Γιά νά βάλουμε ἐπομένως σέ λειτουργία τίς παραπάνω συσκευές, πρέπει πρῶτα νά μετατρέψουμε τό ἐναλλασσόμενο ρεύμα σέ συνεχές, δηλ. νά τό ἀνορθώσουμε ὅπως συνήθως λέμε. Ἡ μετατροπή αὐτή γίνεται μέ εἰδικές συσκευές πού λέγονται ἀνορθωτές, ἀπ' τοῦς ὁποίους ὁμως ἡ τάση δέ βγαίνει σταθερή, ἀλλά κυμαινόμενη (Σχ. 6, II). Ὅταν μία τέτοια κυμαινόμενη τάση ὀδηγεῖται στόν ἐνισχυτή ἢ τό ραδιόφωνο, ἀκούγεται στά μεγάφωνα τῆς συσκευῆς ὁ γνωστός ἐνοχλητικός βόμβος. Μέ τή χρησιμοποίηση ὁμως κατάλληλου φίλτρου, ἡ τάση ἐξομαλύνεται καί γίνεται σταθερή (Σχ. 6, III).

Εἰδικά φίλτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης στήν τηλεφωνία γιά τό διαχωρισμό τῶν συνδιαλέξεων πού μεταφέρονται μέ ἓνα καλώδιο (ὁμοαξονικό καλώδιο) (Σχ. 7).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ἀπό πού προέρχεται ἡ ἐνέργεια πού κάνει τό λαμπάκι νά φωτοβολήσει ζωηρά γιά λίγο, κατά τή διακοπή τοῦ κυκλώματος (Σχ. 2);
2. Σέ ποιά ἀπό τίς ἀκόλουθες περιπτώσεις ἓνα πηνίο ἔχει μεγαλύτερη ἐπαγωγική ἀντίσταση: α) Στό συνεχές ρεύμα; β) Στό ἐναλλασσόμενο μέ μεγάλη συχνότητα; γ) Στό ἐναλλασσόμενο μέ μικρή συχνότητα;
3. Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐπαγωγική ἀντίσταση μέ τή συχνότητα τοῦ ρεύματος; Ἀπό τή σχέση αὐτή νά ἐξηγήσετε γιατί ἡ ἐπαγωγική ἀντίσταση εἶναι μηδέν στό συνεχές ρεύμα.
4. Στήν ἐπαγωγή καί τήν αὐτεπαγωγή ἡ ἐμφάνιση τάσεως στά ἄκρα ἑνός πηνίου εἶναι ἀποτέλεσμα μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Πότε θά λέμε ὅτι εἶναι ἐπαγωγή καί πότε αὐτεπαγωγή;
5. Μπορεῖ ὁ ροοστάτης τοῦ Σχ. 5 νά χρησιμοποιηθεῖ στό συνεχές ρεύμα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι μεταβολές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα πηνίο προκαλούν ηλεκτρικές τάσεις στα άκρα του πηνίου (αυτεπαγωγή). Αποτέλεσμα της αυτεπαγωγής είναι η επαγωγική αντίσταση των πηνίων που εμφανίζεται στα εναλλασσόμενα ρεύματα.
2. Τα πηνία με χοντρές σπείρες δέν παρουσιάζουν αντίσταση στο συνεχές ρεύμα (ώμική αντίσταση), αλλά μόνο στο εναλλασσόμενο (επαγωγική αντίσταση).
3. Η επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου είναι ανάλογη προς τη συχνότητα του ρεύματος και εξαρτάται από το ύψος του πυρήνα, τον αριθμό των σπειρών του πηνίου και τις διαστάσεις του.
4. Το πηνίο έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει ένα ποσό ηλεκτρικής ενέργειας με τη μορφή ενέργειας μαγνητικού πεδίου, όταν αυξάνεται το ρεύμα, και να τό αποδίδει, όταν το ρεύμα ελαττώνεται.

40η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

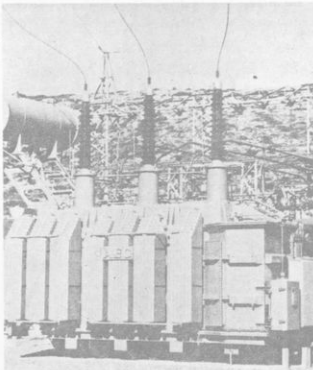
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τά μεγάλα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας (ύδροηλεκτρικά και θερμοηλεκτρικά) βρίσκονται συνήθως σε μεγάλες αποστάσεις από τις περιοχές καταναλώσεως (πόλεις, χωριά, βιομηχανίες). Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας συμφέρει να γίνεται με υψηλή τάση και μικρή ένταση. Η μετατροπή της σχετικά χαμηλής τάσεως, που παράγουν οι γεννήτριες των εργοστασίων, σε υψηλή γίνεται με ειδικές συσκευές που λέγονται μετασχηματιστές. Επομένως:

Μετασχηματιστές λέγονται οι συσκευές που μεταβάλλουν την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος από χαμηλή σε υψηλή και αντίστροφα.

II. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

α. Κατασκευή του μετασχηματιστή. Κάθε μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία και έναν κοινό πυρήνα (Σχ. 4). Τα πηνία δέν



Σχ. 1. Μετασχηματιστής ύψλης τάσεως (ΔΕΗ Μεγαλοπόλεως).

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 **πρωτεύον**, καί τό άλλο, από τό όποιο παίρνουμε τή μετασχηματισμένη τάση, ονομάζεται **δευτερεύον**. Κάθε πηνίο μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ως πρωτεύον ή δευτερεύον. Αυτό εξαρτάται από τήν απαίτηση πού έχουμε κάθε φορά από τό μετασχηματιστή, άρκει φυσικά νά μήν υπερβαίνουμε τίς τάσεις γιά τίς όποίες προορίζονται τά πηνία.

β. Λειτουργία του μετασχηματιστή.

1. **Εύρεση τής τάσεως.** Γιά νά καταλάβουμε πώς λειτουργεί ό μετασχηματιστής κάνουμε τό ακόλουθο πείραμα (Σχ. 5). Κατασκευάζουμε μόνοι μας ένα μετασχηματιστή καί συνδέουμε τό πρωτεύον πηνίο μέ μία χαμηλή έναλλασσόμενη 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:

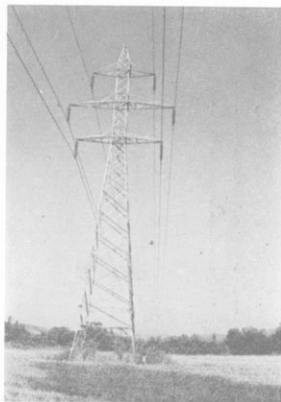
Οί τάσεις στά άκρα των πηνίων ενός μετασχηματιστή είναι ανάλογες μέ τούς αριθμούς των σπειρών των πηνίων.

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 δευτερεύον πηνίο μικρότερη ή μεγαλύτερη τάση από τό πρωτεύον.

Παρατήρηση. Οί τάσεις στό δευτερεύον πηνίο μπορεί νά παρουσιάσουν μεγάλες αποκλίσεις από αυτές πού περιμένουμε από τόν



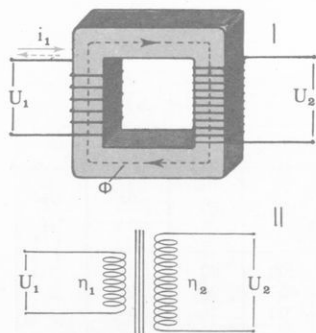
Σχ. 2. Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας γιά μεγάλες αποστάσεις. (150.000 V).

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
*Αρα $\frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1}$			



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 δέν 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 (=95%), γι' αυτό μπορούμε να δεχθούμε ότι η ισχύς στο δεύτερο κύκλωμα είναι ίση με την ισχύ στο πρώτο. Άρα λοιπόν θα ισχύει:

$$\text{Ισχύς πρωτεύοντος} = \text{Ισχύς δευτερεύοντος}$$

$$i_1 \cdot U_1 = i_2 \cdot U_2 \quad (2)$$

Η σχέση (2) γράφεται ως εξής:

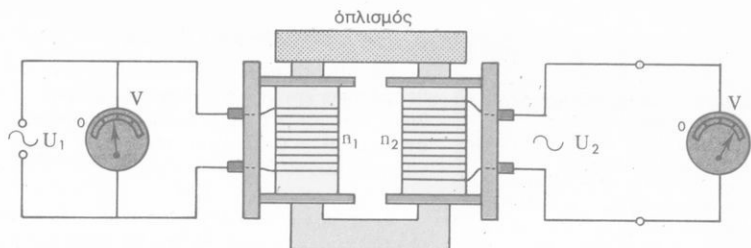
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad (3)$$

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 νά γεννηθεί ή άπορία. Πώς αναπτύσσεται τάση στο δευτερεύον, αφού τά δύο πηνία δέν έχουν ηλεκτρική επαφή; Η απάντηση είναι άπλή και έχει άμεση σχέση με τό φαινόμενο της επαγωγής (Σχ. 4, I). Όπως αναφέραμε και πιό πάνω, τό πρώτο πηνίο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Τό εναλλασσόμενο ρεύμα προκαλεί άδιάκοπη μεταβολή της μαγνητικής ροής στό έσωτερικό του πηνίου, επομένως και στόν πυρήνα, που είναι κοινός και γιά τά δύο πηνία. Έτσι στό έσωτερικό του δευτερου



Σχ. 5. Στις περισσότερες σπείρες αντιστοιχεί μεγαλύτερη τάση

πηνίου θά υπάρχει ή ίδια αδιάκοπη μεταβολή τής μαγνητικής ροής πού θά προκαλεί στά άκρα του τάση τής ίδιας συχνότητας. Άρα:

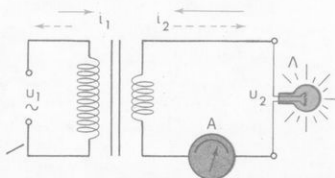
Όταν λειτουργεί ό μετασχηματιστής, στό έσωτερικό του δευτερεύοντος πηνίου υπάρχει διαρκώς μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, μέ αποτέλεσμα νά εμφανίζεται έναλλασσόμενη τάση στά άκρα του.

Σημείωση. Κάθε μετασχηματιστής είναι κατασκευασμένος νά λειτουργεί sé όρισμένα όρια τάσεως καί ισχύος. Τά στοιχεία αυτά είναι γραμμένα πάνω sé 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 sé ένέργεια είναι μεγάλες, όταν ή τάση μέ τήν όποία μεταφέρεται ή ένέργεια είναι μικρή, ένw είναι άμελητέες όταν ή τάση είναι πολύ μεγάλη. Γιά τό λόγο αυτό ή μεταφορά τής ηλεκτρικής ένέργειας sé 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 sé σπίτια ή sé βιομηχανίες. Είναι ανάγκη λοιπόν νά άνυψώνεται ή τάση, όταν πρόκειται νά μεταφερθεί ή ηλεκτρική ένέργεια sé μεγάλες άποστάσεις καί νά μειώνεται, όταν πρόκειται νά διατεθεί στην κατανάλωση (Σχ. 3). Κατάλληλο ρεύμα γιά τούς μετασχηματισμούς αυτούς είναι τό έναλλασσόμενο ρεύμα καί γι' αυτό τό χρησιμοποιούμε στή μεταφορά τής ηλεκτρικής ένέργειας.



Σχ. 6. Η ισχύς στό δευτερεύον είναι ίση μέ τήν ισχύ στό πρωτεύον όταν ή απόδοση του μετασχηματιστή είναι 100%.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ποίο φαινόμενο στηρίζεται η λειτουργία του μετασχηματιστή;
2. Μπορεί ένας μετασχηματιστής να μετασχηματίσει συνεχή τάση;
3. Γιατί ανυψώνουν την τάση όταν πρόκειται να μεταφερθεί ή ηλεκτρική ενέργεια σε μεγάλες αποστάσεις και τη χαμηλώνουν όταν πρόκειται να διανεμηθεί στα σπίτια;
4. Ένας μετασχηματιστής μετατρέπει την τάση $U_1 = 220V$ του ηλεκτρικού δικτύου σε $U_2 = 12V$. Μπορούμε να συνδέσουμε το μετασχηματιστή ανάποδα στο ηλεκτρικό δίκτυο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Το πρωτεύον ενός μετασχηματιστή έχει 300 σπείρες και το δευτερεύον 60. Εάν η τάση στο πρωτεύον είναι 220V, πόση θα είναι η τάση στο δευτερεύον πηνίο;
2. Μετασχηματιστής υψηλής τάσεως μετατρέπει τά 10000V που παράγει η γεννήτρια του ηλεκτρικού εργοστασίου σε 150000V. Εάν το δευτερεύον έχει 120 σπείρες, πόσες σπείρες πρέπει να έχει το πρωτεύον;
3. Η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον πηνίο ενός μετασχηματιστή είναι 2A και η τάση $U_1 = 30V$. Να βρεθεί η ένταση στο δευτερεύον πηνίο, εάν η τάση U_2 είναι 120V.

Παράδειγμα

Νά υπολογίσετε την ισχύ που χάνεται ως θερμότητα στους αγωγούς μεταφοράς, όταν ισχύς $P = 10KW$ μεταφέρεται με αγωγούς αντίστασεως $R = 0,4\Omega$ α) με τάση 200V και β) με τάση 200000V.

ΛΥΣΗ

Σύμφωνα με τον τύπο της ισχύος $P = i \cdot U$, η ένταση του ρεύματος θα δίνεται από τον τύπο:

$$i = \frac{P}{U}$$

α) Όταν η τάση είναι $U_1 = 200V$, τότε το ρεύμα θα είναι:

$$i_1 = \frac{10000W}{200V} = 50A.$$

Η ισχύς που χάνεται στους αγωγούς μεταφοράς ως θερμότητα θα 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 όλικης ισχύος χάνεται ως θερμότητα.

β) Όταν η 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 όλικης ισχύος χάνεται ως θερμότητα με μία τέτοια μεταφορά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί μετασχηματιστές είναι συσκευές που μπορούν να ανυψώνουν ή να χαμηλώνουν έναλλασόμενες τάσεις.
2. Η αύξηση της τάσεως είναι απαραίτητη για τή μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Οί χαμηλές τάσεις είναι κατάλληλες για χρήση στα σπίτια και στα εργοστάσια γιατί είναι λιγότερο επικίνδυνες.
3. Οί σχέσεις που ισχύουν στην λειτουργία ιδανικών μετασχηματιστών είναι:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \text{ και } i_1 \cdot U_1 = i_2 \cdot U_2$$

4. Η εμφάνιση τάσεως στα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου οφείλεται στις μεταβολές της μαγνητικής ροής στον κοινό πυρήνα, οί όποιες προκαλούνται από τό πρωτεύον.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ – ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



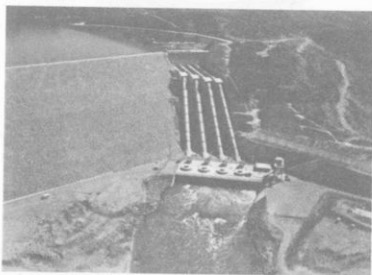
Σχ. 1. Άτμοηλεκτρικός Σταθμός Μεγαλοπόλεως (250 MW)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

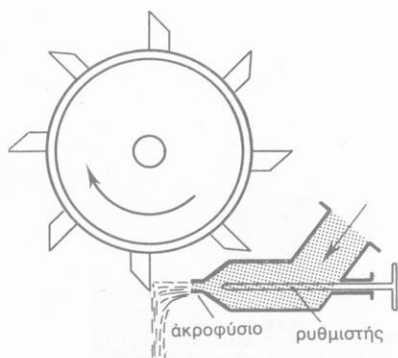
Σύμφωνα με τα προηγούμενα, οι ηλεκτρογεννήτριες είναι μηχανές που μετατρέπουν το μηχανικό έργο σε ηλεκτρική ενέργεια. Στις μεγάλες ηλεκτρογεννήτριες των εργοστασίων το μηχανικό έργο είναι δυνατό να προέρχεται είτε από μία θερμική μηχανή, π.χ. ατμοστρόβιλο, είτε από μία υδραυλική μηχανή, π.χ. υδροστρόβιλο (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.

II. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ

Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί κατασκευάζονται κοντά σε τεχνητές λίμνες που δημιουργούνται με τη βοήθεια φραγμάτων. Μεγάλοι και άνθεκτικοί άγωγοί (σωλήνες) μεταφέρουν το



Σχ. 2. Υδροηλεκτρικός Σταθμός Καστρακίου (320 MW).



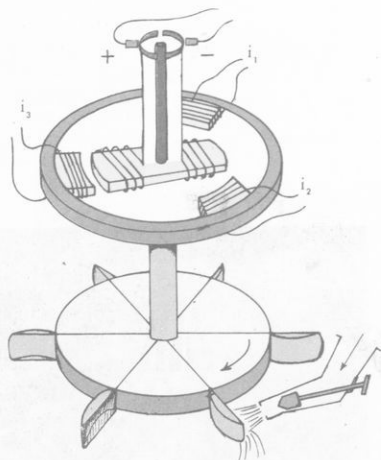
Σχ. 3. Ύδροστρόβιλος (άρχη)

νερό από τη λίμνη στο σταθμό (Σχ. 2). Έκεί το νερό χύνεται με όρμη πάνω στα πτερύγια του ύδροστρόβιλου, ο οποίος στη συνέχεια περιστρέφει το ρώτορα μιας γεννήτριας (Σχ. 4). Έτσι η μηχανική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

Για να μπορούμε να ρυθμίζουμε την ποσότητα του νερού που βγαίνει από το άκροφύσιο του σωλήνα, τοποθετούμε στην άκρη του σωλήνα μία μεγάλη στρόφιγγα που λέγεται ρυθμιστής. Έτσι, ελέγχοντας την ποσότητα του νερού που πέφτει στα πτερύγια, οι τεχνικοί ελέγχουν και την ισχύ της γεννήτριας.

Ο έλεγχος της ισχύος είναι απαραίτητος, γιατί η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι σταθερή στη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Είναι μεγάλη τις πρωινές εργασίμες ώρες και τις ώρες μετά τη δύση του ήλιου, ενώ είναι πολύ μικρή μετά τα μεσάνυχτα. Μέ έναν αυτόματο μηχανισμό, οι ρυθμιστές αφήνουν περισσότερο ή λιγότερο νερό, ώστε οι γεννήτριες να καλύπτουν κάθε φορά την κατανάλωση.

διέγερση του ρώτορα



Σχ. 4. Άπλο σχέδιο ύδροηλεκτρικής γεννήτριας

III. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Όλες οι γεννήτριες των ηλεκτρικών σταθμών είναι έτσι κατασκευασμένες ώστε να παράγουν ταυτόχρονα τρεις εναλλασσόμενες τάσεις και συνεπώς τρία εναλλασσόμενα ρεύματα. Τα ρεύματα αυτά αναπτύσσονται σε τρία ανεξάρτητα πηνία που βρίσκονται στο στάτορα και που οι άξονές τους σχηματίζουν γωνία 120° ο ένας με τον άλλο.

Στό Σχ. 5 φαίνεται η αρχή της παραγωγής των τριών ταυτοχρόνως ρευμάτων που συνιστούν το γνωστό τριφασικό ρεύμα. Άρα:

Όταν λέμε τριφασικό ρεύμα εννοούμε ένα σύστημα τριών εναλλασσόμενων ρευμάτων, που παράγονται ταυτόχρονα σε τρία ίδια πηνία του στάτορα που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.

Αν τα πηνία ήταν τελειώς ασύνδετα μεταξύ τους, όπως στο Σχ. 5 και Σχ. 6, I, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην κατανάλωση θα απαιτούσε έξι αγωγούς. Αν όμως πραγματοποιήσουμε τη σύνδεση που φαίνεται στο Σχ. 6, II, ενώνοντας τους τρεις αγωγούς σε

έναν κοινό άγωγό AB, αποδεικνύεται ότι χρειάζονται μόνο τέσσερις άγωγοί για 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 για τά τρία πηνία, λέγεται **ουδέτερος** άγωγός.

Ό ουδέτερος άγωγός είναι λεπτότερος από τής φάσεις, γιατί τό όλικό ρεύμα πού τον διαρρέει είναι μικρό. Αποδεικνύεται μάλιστα ότι, όταν οι αντίστάσεις R_1 , R_2 και R_3 είναι άκριβώς ίσες, ό ουδέτερος άγωγός δε διαρρέεται καθόλου από ρεύμα και σε μία τέτοια περίπτωση δεν είναι απαραίτητος. Θά πρέπει λοιπόν στή διανομή του ρεύματος νά φροντίζουμε ώστε ή κάθε φάση νά δέχεται περίπου τό ίδιο φορτίο.

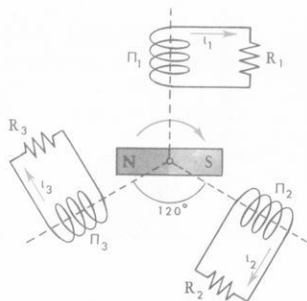
Γιά νά πετυχαίνουμε τήν ισοκατανομή στο φορτίο, συνδέουμε τό ένα σπίτι με τή μία φάση, τό επόμενο με τήν άλλη κ.ο.κ. (Σχ. 7). Από τά παραπάνω προκύπτει ότι τά τριφασικά ρεύματα δεν είναι διαφορετικά στή φύση τους από τά «μονοφασικά» εναλλασσόμενα ρεύματα, πού μελετήσαμε σε προηγούμενη ένότητα. Προτιμούμε όμως τό τριφασικό ρεύμα στο Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ, όπως και στα δίκτυα όλων των χωρών του κόσμου, γιατί ή μεταφορά τής ηλεκτρικής ενέργειας με τριφασικό ρεύμα άπαιτεί τούς μισούς σχεδόν άγωγούς από όσους θά άπαιτούσε ή μεταφορά τής ίδιας ενέργειας με «μονοφασικό ρεύμα».

Αν λάβουμε υπόψη ότι τό Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ συνδέει όλα μαζί τά εργοστάσια του Έλλαδικού χώρου και έχει μήκος χιλιάδες χιλιόμετρα, θά καταλάβουμε καλύτερα πόση οικονομία σε άλουμίνιο ή χαλκό γίνεται με τή μείωση του αριθμού των άγωγών στο μισό περίπου.

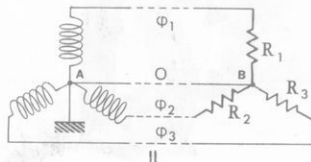
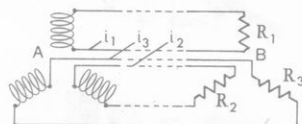
IV. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

Τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν περάσει μέσα από τό ανθρώπινο σώμα, είναι δυνατό νά προκαλέσει διάφορες βλάβες, πού πιθανό νά προξενήσουν τό θάνατο. Αυτό εξαρτάται από τήν ένταση πού έχει τό ρεύμα, όταν περνάει από τό σώμα μας, και από τή διάρκεια διελεύσεως του ρεύματος. Ένταση μεγαλύτερη από 50mA μπορεί νά είναι θανατηφόρα.

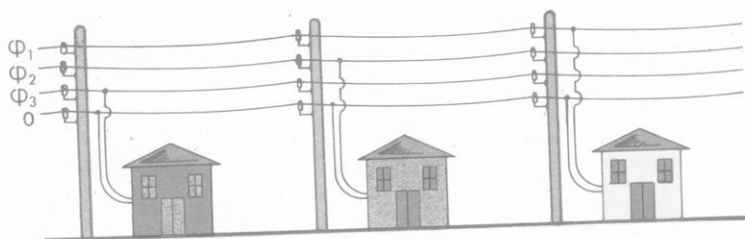
[Η ένταση του ρεύματος πού θά περάσει από τό σώμα κανονίζεται από τό νόμο του Ohm



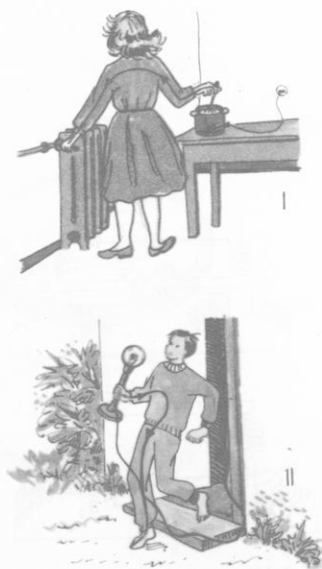
Σχ. 5. Αρχή τής παραγωγής τριφασικού ρεύματος



Σχ. 6. Τό τριφασικό ρεύμα μπορεί νά μεταφερθεί με τρεις μόνο άγωγούς πού λέγονται φάσεις και ένα τέταρτο λεπτό άγωγό πού λέγεται ουδέτερος



Σχ. 7. Τρόπος συνδέσεως των σπιτιών με το δίκτυο 220 V



Σχ. 8. Δύο από τούς τρόπους που κινδυνεύουμε να πάθουμε θανατηφόρα ηλεκτροπληξία

καί εξαρτάται από τήν τάση, μέ τήν όποία έρχεται σέ έπαφή τό σώμα καί από τήν αντίσταση του σώματος. Ή αντίσταση αύτή 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 μπορούν να χαρακτηρισθούν ως επικίνδυνες για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Έκείνο που κυρίως προσβάλλεται σέ μία ηλεκτροπληξία είναι τό **αναπνευστικό σύστημα**, καί ό άνθρωπος πεθαίνει τελικά από ασφυξία. Τό πρώτο που πρέπει να κάνουμε σέ μία περίπτωση ηλεκτροπληξίας είναι να αποσυνδέσουμε γρήγορα τον άνθρωπο από τό ηλεκτροφόρο καλώδιο ή τή συσκευή. Γιά τό σκοπό αυτό τον τραβάμε άμέσως από **τά ρούχα του**, φροντίζοντας να μήν ακουμπήσουμε σέ γυμνά μέρη του σώματός του. "Αν βρίσκεται ό άνθρωπος στό λουτρό ή είναι βρεγμένο τά ρούχα του, τρέχουμε άμέσως στό **γενικό διακόπτη**, ή τον τραβάμε μέ μία πλαστική σακούλα καί στην ανάγκη μέ δικά μας χοντρά - γιά να μήν προλάβουν να βραχούν - ρούχα. **Άμέσως μετά κάνουμε τεχνητή αναπνοή** μέ οποιοδήποτε τρόπο, έστω καί αν είμαστε άπειροι, ενώ παράλληλα καλούμε κάποιον σέ βοήθεια γιά να ειδοποιήσει τό γιατρό.

Ή τεχνητή αναπνοή πρέπει να συνεχισθεί άδιάκοπα γιά πολλές ώρες. Παράλληλα ό ηλεκτροπληκτος πρέπει να διατηρείται ζεστός μέ σκεπάσματα ή θερμοφόρες.

ΚΥΡΙΟΤΕΡΟΙ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ (έτος 1971) ισχύς σε MW		ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ (έτος 1976) ισχύς σε MW	
Κρεμαστά	437	Πτολεμαΐδα	620
Καστράκι	320	Κερατσίνι	480
Ταυρωπός (ή Μέγδοβας)	130	Λαύριο	450
Άγρας ("Έδεσσα)	50	Άλιβέρι	380
Λάδων	70	Καρδιά	300
		Μεγαλόπολη	250

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Διακρίνουμε δύο ειδών ηλεκτρικά εργοστάσια. τὰ θερμικά καί τὰ υδροηλεκτρικά. Τά υδροηλεκτρικά μετατρέπουν τή μηχανική ενέργεια μιάς ύδατοπτώσεως σε ηλεκτρική.
2. Οί γεννήτριες στά ηλεκτρικά εργοστάσια παράγουν τριφασικό ρεύμα, δηλ. τρία συγχρόνως ρεύματα σε τρία πηνία πού βρίσκονται στό στάτορα καί σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.
3. Η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας μέ τριφασικό ρεύμα συμφέρει οικονομικά, γιατί χρειάζεται λιγότερο καλώδιο από τή μεταφορά τής ίδιας ενέργειας μέ «μονοφασικό» ρεύμα.
4. Κατά τήν ηλεκτροπληξία προσβάλλεται πρώτα τό αναπνευστικό σύστημα, γι' αυτό οί πρώτες βοήθειες πού πρέπει νά δώσουμε στόν ηλεκτροπληκτο είναι ή τεχνητή αναπνοή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς πετυχαίνουμε περίπου ίσοκατανομή του φορτίου στις φάσεις, όταν μοιράζουμε τήν ηλεκτρική ενέργεια στην κατανάλωση;
2. Τί περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές μία υδροηλεκτρική εγκατάσταση;
3. Πώς ρυθμίζεται ή παραγόμενη ισχύς των υδροηλεκτρικών εργοστασίων καί γιά ποιό λόγο είναι αναγκαία ή ρύθμιση;
4. Γιατί ή ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγάλη τις έσπερινές ώρες καί μικρή μετά τά μεσάνυκτα;
5. Γιατί στά ηλεκτρικά εργοστάσια προτιμούμε τις τριφασικές γεννήτριες;

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Δορυφορικός σταθμός εδάφους στις Θερμοπούλες. Ο σταθμός εξασφαλίζει ασύρματα τηλεπικοινωνία της Ελλάδας με άλλες χώρες μέσω τεχνητών δορυφόρων. Η σύνδεση μέν τούς δορυφόρους και τις χώρες γίνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Κάθε φορά που ανάβουμε ή σβήνουμε τὸ φῶς καὶ ἔχουμε ἀνοιγμένο τὸ ραδιόφωνο, ἀκούγεται ἕνας μικρὸς θόρυβος "γκρρ" στὸ μεγάφωνο. Παρόμοιοι θόρυβοι (παράσιτα) ἀκούγονται στὸ ραδιόφωνο καὶ ὅταν στὴν ἀτμόσφαιρα ξεσποῦν ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες (ἀστραπές, κεραυνοί).

Οἱ θόρυβοι αὐτοὶ στὸ ραδιόφωνο προκαλοῦνται ἀπὸ εἰδικὰ κύματα πού παράγονται κάθε φορά πού ἡ ἔνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μεταβάλλεται καὶ ὀνομάζονται ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

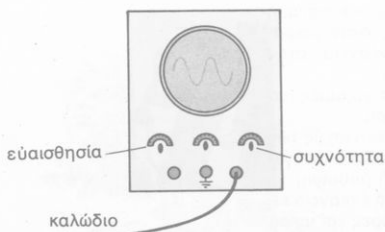
II. ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΙ ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ.

"Αν κάθε μεταβολή στὸ ρεύμα δημιουργεῖ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τότε θὰ πρέπει στὰ σπίτια μας, στὰ ἐργαστήρια καὶ γενικά ὅπου ὑπάρχουν δίκτυα ἐναλλασσόμενου ρεύματος νὰ ὑπάρχουν ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, γιατί στὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα ἡ ἔνταση διαρκῶς μεταβάλλεται.

Μποροῦμε εὐκολὰ νὰ διαπιστώσουμε τὴν ὑπαρξη αὐτῶν τῶν κυμάτων μὲ ἕναν **παλμογράφο** (Σχ. 2). (Ρυθμίζουμε τὴν εὐαισθησία τοῦ παλμογράφου στὸ μέγιστο καὶ γυρίζουμε τὸ κουμπὶ πού ρυθμίζει τὴ συχνότητα ὀριζόντιας ταλαντώσεως τῆς δέσμης τοῦ παλμογράφου στὴν περιοχὴ $10 \div 100\text{Hz}$.)

Βάζουμε ἕνα καλῶδιο στὴν εἴσοδο τῆς κατὰκόρυφης ἀποκλίσεως τῆς δέσμης τοῦ παλμογράφου, φροντίζοντας νὰ μὴν ἀκουμπάει τὸ ἄλλο ἄκρο τοῦ καλῶδιου πουθενά. Τότε παρατηροῦμε στὴν ὀθόνη τοῦ παλμογράφου μία ἡμιτονοειδῆ καμπύλη.

Τὸ καλῶδιο στὴν εἴσοδο τοῦ παλμογράφου λειτουργεῖ ὅπως ἡ κεραία τοῦ ραδιοφώνου. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα συναντοῦν τὸ καλῶδιο, βάζουν σὲ κίνηση τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια του καὶ προκαλοῦν μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα μέσα στὸ καλῶδιο. Τὸ ρεύμα αὐτὸ, ὅπως εἶναι φυσικό, μεταβάλλεται μὲ τὸν τρόπο πού καθορίζουν τὰ κύματα. "Ἄρα τὰ κύ-



Σχ. 2. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα δημιουργοῦν στὸ καλῶδιο (κεραία) ἐναλλασσόμενο ρεύμα

ματα πρέπει να έχουν μορφή ήμιτονοειδή σαν αυτή που βλέπουμε στην οθόνη. Έπομένως:

Τό εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί στο γύρω χώρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα που έχουν μορφή ήμιτονοειδή.

Με τόν παλμογράφο μπορούμε επίσης να μετρήσουμε τή συχνότητα του κύματος που παράγει τό εναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου τής ΔΕΗ. Από τή μέτρηση αυτή προκύπτει συχνότητα 50 Hz, δηλ. ίση μέ τή συχνότητα του ρεύματος τής ΔΕΗ.

III. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ

Τό ηλεκτρομαγνητικό κύμα, όπως και ή ίδια ή λέξη τό λέει, είναι ένα σύνθετο κύμα που αποτελείται από ένα ηλεκτρικό (Σχ. 3) και ένα μαγνητικό (Σχ. 4) κύμα.

Τό ηλεκτρικό κύμα εκφράζει τīs μεταβολές του ηλεκτρικού πεδίου και τό μαγνητικό κύμα εκφράζει τīs μεταβολές του μαγνητικού πεδίου που εμφανίζονται γύρω από έναν άγωγό, που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα. Καί τά δύο κύματα διαδίδονται μέ τήν ταχύτητα του φωτός.

Τά δύο αυτά κύματα είναι άχωριστα μεταξύ τους και αποτελούν τό **ηλεκτρομαγνητικό κύμα** (Σχ. 5).

Τό ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι κύμα **έγκάρσιο**.

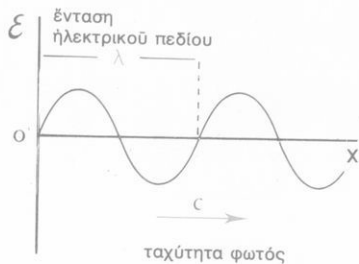
Συχνά για λόγους εύκολίας, όταν παριστάνουμε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, σχεδιάζουμε μόνο τό ηλεκτρικό κύμα.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΨΙΣΥΧΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τό εναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου τής 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**).

Ψίσιχνα ρεύματα μπορούν να παραχθούν μέ ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν πυκνωτή και ένα πηνίο (Σχ. 6, I).

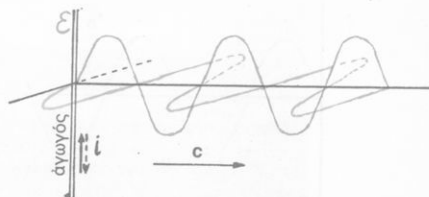
Γιά να γίνει κατανοητή ή λειτουργία ενός τέτοιου κυκλώματος έκτελούμε τό παρακάτω πείραμα (Σχ. 6, II). Φορτίζουμε τόν πυκνωτή μέ μία ηλεκτρική πηγή και κατόπιν μέ ένα διακόπτη



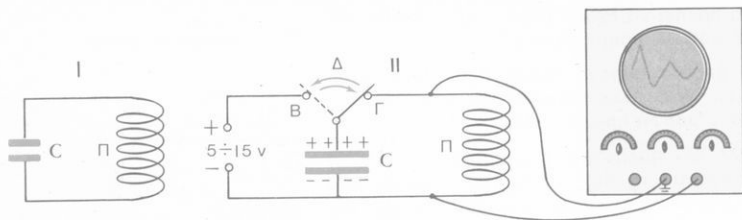
Σχ. 3. Ήλεκτρικό κύμα ($c = \lambda \nu$)



Σχ. 4. Μαγνητικό κύμα ($c = \lambda \nu$)



Σχ. 5. Τό εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα (έγκάρσια κύματα)



Σχ. 6. Τό κύκλωμα «πυκνωτής - πηνίο» κάνει φθίνουσα ηλεκτρική ταλάντωση. (Για να φανεί ή ταλάντωση γυρίζουμε τό κουμπί τής συχνότητας

του παλμογράφου σε κατάλληλη περιοχή. π.χ. $10 \div 100$ Hz, όταν $c = 20 \mu\text{F}$ και $\Pi = 600$ σπειρές με πύρηνα)

Δ συνδέουμε τόν πυκνωτή μέ τό πηνίο. Μέ τή βοήθεια ενός παλμογράφου διαπιστώνουμε ότι μέσα στό κύκλωμα κυκλοφορεί, γιά μικρό χρονικό διάστημα, έναλλασσόμενο ρεύμα. Ένα τέτοιο έναλλασσόμενο ρεύμα λέγεται ειδικότερα ηλεκτρική ταλάντωση. Άρα:

Ηλεκτρική ταλάντωση λέγεται ένα έναλλασσόμενο ρεύμα πού εμφανίζεται σε κύκλωμα πού περιλαμβάνει ένα πηνίο και έναν πυκνωτή.

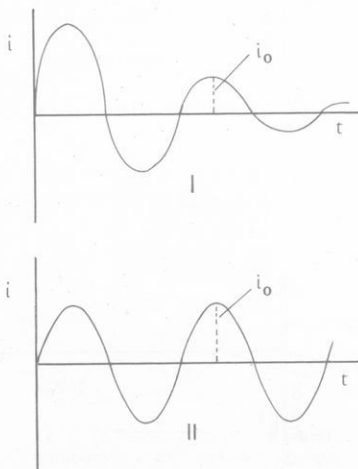
Άν στό παραπάνω πείραμα χρησιμοποιήσουμε διάφορους πυκνωτές και πηνία, βρίσκουμε ότι ή συχνότητα τής ηλεκτρικής ταλαντώσεως εξαρτάται από τόν πυκνωτή και τό πηνίο.

Μέ μία κατάλληλη επιλογή πηνίου και πυκνωτή μπορούμε να πραγματοποιήσουμε ηλεκτρικές ταλαντώσεις μέ μεγάλη συχνότητα, δηλ. ύψισυχνα ρεύματα. Άρα:

Μέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει κατάλληλο πηνίο και κατάλληλο πυκνωτή μπορούμε να παράγουμε ύψισυχνα ηλεκτρικά ρεύματα.

V. ΦΘΙΝΟΥΣΑ ΚΑΙ ΑΜΕΙΩΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

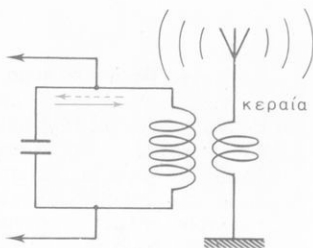
Όπως προκύπτει από τήν εικόνα πού δείχνει ό παλμογράφος στό Σχ. 6, ή ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος δέν έχει σταθερό πλάτος. Τό πλάτος μέ τό πέρασμα του χρόνου μικραίνει και πολύ γρήγορα μηδενίζεται. Μιά τέτοια ηλεκτρική ταλάντωση λέγεται **φθίνουσα** (Σχ. 7, I). Άντίθετα, αν τό πλάτος μιάς ηλεκτρι-



Σχ. 7. I. Φθίνουσα ηλεκτρική ταλάντωση. II. Άμειωτη ηλεκτρική ταλάντωση

κής ταλαντώσεως γίνεται σταθερό, ή ταλάντωση λέγεται **άμειωτη** (Σχ. 7, II).

Η ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος «πηνίο-πυκνωτής» μοιάζει με την ταλάντωση που κάνει μία χορδή. Όταν εκτρέπουμε τη χορδή από τη θέση ισορροπίας και την αφήνουμε ελεύθερη, αυτή ταλαντεύεται γύρω από τη θέση ισορροπίας με πλάτος που διαρκώς μικραίνει και γρήγορα γίνεται μηδέν. Η μείωση του πλάτους ταλαντώσεως της χορδής συμβαίνει γιατί ή μηχανική της ενέργεια μετατρέπεται σε **θερμότητα** και σε **ήχητική ενέργεια** που διαδίδεται στο περιβάλλον. Στην περίπτωση της ηλεκτρικής ταλαντώσεως, ή ενέργεια που έχει στην άρχη τό κύκλωμα (άποθηκευμένη στον πυκνωτή) μετατρέπεται σε **θερμότητα** και σε **ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία**. Όσο διαρκεί ή ηλεκτρική ταλάντωση, τόσο διαρκεί και ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.



Σχ. 8. Πομπός ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (άρχη). (Στην κεραία δημιουργούνται ύψισυχνα ρεύματα με επαγωγή)

VI. ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΟΜΠΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στή ραδιοφωνία, στην τηλεόραση κτλ. ή ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται με ειδικές συσκευές που λέγονται **πομποί** και ακτινοβολούνται στο γύρω χώρο με τη βοήθεια μίας κεραίας. Τά κύματα αυτά έχουν μεγάλη συχνότητα και παράγονται με ηλεκτρικές ταλαντώσεις. Άρα κάθε πομπός πρέπει νά έχει ένα κύκλωμα με πηνίο και πυκνωτή, τό οποίο με κατάλληλο τρόπο νά παίρνει ενέργεια από μία ηλεκτρική πηγή και νά εκτελεί έτσι άμειωτη ηλεκτρική ταλάντωση (Σχ. 8).

Τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από την κεραία μεταφέρουν με κατάλληλο τρόπο τή φωνή, τή μουσική ή τίς εικόνες σε μεγάλες αποστάσεις από τόν πομπό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε δημιουργείται ένα οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα και πότε ένα ήμιτονοειδές ηλεκτρομαγνητικό κύμα;
2. Που όφειλονται τά παρσίτα που ακούγονται στο ραδιόφωνο τίς μέρες που εκδηλώνονται καταγίδες;
3. Μπορούμε νά δημιουργήσουμε ηλεκτρικά κύματα χωρίς νά συνοδεύονται από μαγνητικά;
4. Τι είναι και πώς παράγονται τά ύψισυχνα ρεύματα;
5. Γιατί ή ηλεκτρική ταλάντωση που κάνει τό κύκλωμα «πηνίο - πυκνωτής» (Σχ. 6) είναι 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 η ένταση του ρεύματος σε κάποιον αγωγό μεταβάλλεται. Όταν η μεταβολή του ρεύματος είναι ήμιτονοειδής, όπως συμβαίνει στο έναλλασσόμενο ρεύμα του ηλεκτρικού δικτύου, το κύμα έχει ήμιτονοειδή μορφή.
3. Ηλεκτρική ταλάντωση ονομάζεται το έναλλασσόμενο ρεύμα που εμφανίζεται σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει ένα πηνίο και έναν πυκνωτή. Με ένα τέτοιο κύκλωμα και με κατάλληλο πυκνωτή και πηνίο παράγουμε ύψισυχνα ρεύματα.
4. Η ηλεκτρική ταλάντωση του κυκλώματος «πηνίο-πυκνωτής» είναι φθίνουσα γιατί η ενέργεια που δίνουμε αρχικά στο κύκλωμα μετατρέπεται σε θερμότητα και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.
5. Οί πομποί με κατάλληλη διάταξη παράγουν αμειωτες ηλεκτρικές ταλαντώσεις και με τη βοήθεια της κεραίας εκπέμπουν στο χώρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεγάλης ισχύος.

43η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τηλεπικοινωνία είναι ένας κλάδος της εφαρμοσμένης Φυσικής που ασχολείται με τα μέσα εκείνα, που διευκολύνουν τη μεταβίβαση μηνυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις. Τα μηνύματα αυτά μπορεί να είναι μουσική, φωνή, εικόνες κτλ. Για την πραγματοποίηση αυτού του σκοπού υπάρχει πάντα ένας **πομπός** που στέλνει το μήνυμα και ένας **δέκτης** που δέχεται το μήνυμα.

Όταν η σύνδεση πομπού - δέκτη γίνεται με καλώδια, τότε η τηλεπικοινωνία λέγεται **ένσύρματη** (Σχ. 1), ενώ όταν η σύνδεση γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, η τηλεπικοινωνία λέγεται **άσύρματη** (Σχ. 2).

Τα μέσα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται είναι πολλών ειδών, ανάλογα με την πληροφορία που θέλουμε να μεταφέρουμε. Το τηλεόφωνο, το τηλέτυπο, το ραδιόφωνο και η τηλεόραση είναι μερικά από τα πιο γνωστά.

Σε προηγούμενα μαθήματα περιγράψαμε τον τηλεγράφο, τώρα θα περιγράψουμε το τηλέφωνο και το τηλέτυπο. Για να καταλάβετε



Σχ. 1. Ένσύρματη τηλεπικοινωνία (Τηλεφ. γραμμές Βόλου - Λάρισας)

καλύτερα τη λειτουργία του τηλεφώνου, πρέπει να γνωρίζετε την κατασκευή και τη λειτουργία του μικροφώνου και του ακουστικού.

II. ΤΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ

Τό μικρόφωνο είναι μία συσκευή που χρησιμοποιείται τόσο στα τηλέφωνα όσο και σε πολλές άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μικροφώνων, αλλά τό πιό συνηθισμένο είναι τό μικρόφωνο μέ κόκκους άνθρακα που χρησιμοποιείται πολύ στην τηλεφωνία. Αυτό τό μικρόφωνο περιέχει κόκκους άνθρακα, που συγκρατούνται ανάμεσα σε μία βάση από άνθρακα (τόν υποδοχέα) και 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 άπλό πείραμα, μέ τό όποιο γίνεται αντιληπτή ή άρχή τής λειτουργίας του μικροφώνου, είναι αυτό που φαίνεται στό Σχ. 5. "Όταν φέρνουμε σε 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 σε καλύτερη έπαφή, μικραίνει ή αντίσταση στην έπαφή και τό ρεύμα μεγαλώνει. Έπομένως, αν ή πίεση μεταβάλλεται περιοδικά, τότε και τό ρεύμα θά μεταβάλλεται περιοδικά. Αυτό άκριβώς συμβαίνει στό μικρόφωνο.

Τά κύματα του ήχου πιέζουν τήν πλάκα και αυτή τούς κόκκους μέ αποτέλεσμα νά μεταβάλλεται ή αντίσταση των κόκκων. Έτσι παράγεται μεταβαλλόμενο ρεύμα που έχει τήν ίδια μορφή μέ τόν ήχο.

III. ΤΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ

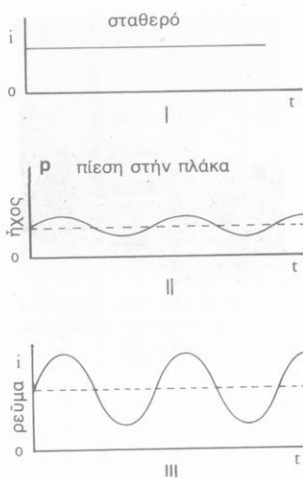
"Όπως είδαμε τό μικρόφωνο μετατρέπει τούς ήχους σε μεταβολές ρεύματος, ενώ ένα ακουστικό κάνει άκριβώς τό αντίστροφο, δηλαδή μετατρέπει τίς μεταβολές του ρεύματος σε ήχο.



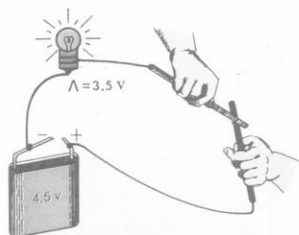
Σχ. 2. Ασύρματη τηλεπικοινωνία (Σταθμός μικροκυμάτων Γερανείων μέ κεραία τηλεοράσεως)



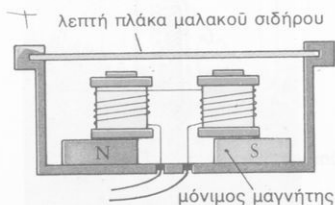
Σχ. 3. Μικρόφωνο μέ κόκκους άνθρακα



Σχ. 4. Το μικροφωνικό ρεύμα i έχει την ίδια μορφή με το ήχητικό κύμα



Σχ. 5. Όταν πιέζουμε τα ηλεκτρόδια άνθρακα, το λαμπάκι ζωηρεύει



Σχ. 6. Άκουστικό

Τά κύρια μέρη του άκουστικού είναι ένας μόνιμος μαγνήτης, δύο πηνία που περιβάλλουν τους πόλους του μαγνήτη και μία λεπτή πλάκα από μαλακό σίδηρο (Σχ. 6).

Όταν δέν περνάει ρεύμα από τά πηνία, ή λευκή πλάκα έλκεται συνέχεια από τό μαγνήτη μέ **σταθερή δύναμη**.

Όταν όμως περνάει τό μικροφωνικό ρεύμα από τά πηνία του άκουστικού, ή **δύναμη** που άσκειται στην πλάκα **μεταβάλλεται** στον ίδιο ρυθμό που μεταβάλλεται και τό ρεύμα. Έτσι ή λεπτή πλάκα ταλαντεύεται στο ρυθμό του ρεύματος και αναπαράγεται ήχος όμοιος μέ αυτόν που πέφτει στο μικρόφωνο.

IV. ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ

Κάθε τηλεφωνική συσκευή διαθέτει ένα μικρόφωνο και ένα άκουστικό. Για νά μεταβιβαστεί ή φωνή από τή μία συσκευή στην άλλη πρέπει νά υπάρχει και μία πηγή συνεχούς ρεύματος (Σχ. 7) Η πηγή αυτή στις αυτόματες τηλεφωνικές εγκαταστάσεις βρίσκεται στα τηλεφωνικά κέντρα.

V. ΤΟ ΜΕΓΑΦΩΝΟ

Πολλές συσκευές τηλεπικοινωνίας, όπως τό ραδιόφωνο και ή τηλεόραση, δέ χρησιμοποιούν άκουστικό για τήν αναπαραγωγή του ήχου, αλλά μεγάφωνο.

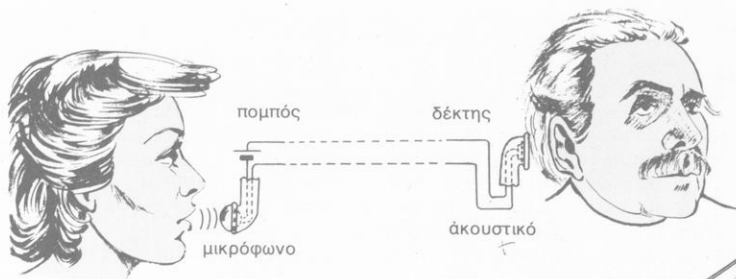
Τό μεγάφωνο έχει κατασκευή παρόμοια μέ τό άκουστικό. Αποτελείται δηλ. και αυτό από ένα μόνιμο μαγνήτη, ένα πηνίο και μία έλαστική μεβράνα από ύφασμα ή χαρτόνι (Σχ. 8). Η κορυφή τής μεβράνας είναι στερεωμένη στο πηνίο και κινείται μαζί του.

Τό μικροφωνικό ρεύμα, αφού ένισχυθεί κατάλληλα μέ έναν **ένισχυτή**, διοχετεύεται στο πηνίο του μεγαφώνου. Έτσι τό πηνίο μπαίνει σε ταλάντωση και ή μεβράνα αναπαράγει τόν ήχο.

Έπειδή ή παλλόμενη επιφάνεια του μεγαφώνου (μεβράνα) είναι μεγαλύτερη από τήν παλλόμενη επιφάνεια του άκουστικού (πλάκα) και τό ρεύμα ένισχυμένο, ό ήχος του μεγαφώνου είναι πιό ισχυρός.

VI. ΤΟ ΤΗΛΕΤΥΠΟ (TELEX)

Τά τηλέτυπα είναι συσκευές που μās έπι-



Σχ. 7. Τηλέφωνο.

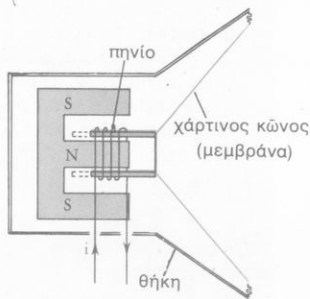
τρέπουν να στέλνουμε γραπτά μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις με την ταχύτητα του φωτός. Ο ρόλος τους έπομένως είναι ανάλογος προς τό ρόλο του τηλέγραφου, του οποίου άποτελούν βελτιωμένη μορφή.

Ένα τηλέτυπο μπορεί να είναι ή μόνο πομπός ή μόνο δέκτης ή συχνά καί πομπός καί δέκτης.

Ο πομπός ενός τηλέτυπου περιλαμβάνει ένα δίσκο επιλογής αριθμών, ένα πληκτρολόγιο (όπως ή γραφομηχανή) καί ένα μηχανισμό παραγωγής ηλεκτρικών παλμών.

Ο δίσκος επιλογής αριθμών λειτουργεί όπως καί ο αντίστοιχος δίσκος των τηλεφώνων. Με τή βοήθειά του επιλέγουμε τόν αριθμό του τηλέτυπου - δέκτη πού θέλουμε να συνδεθεί ο πομπός μας.

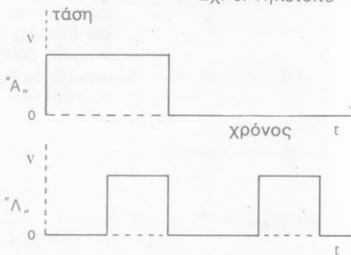
Τό πληκτρολόγιο λειτουργεί σάν μία γραφομηχανή, αλλά κάθε φορά πού χτυπάμε ένα πλήκτρο, ένας κατάλληλος μηχανισμός δημιουργεί ηλεκτρικούς παλμούς διαφορετικούς γιά κάθε γράμμα (Σχ. 10). Όταν οί παλμοί αυτοί φθάνουν στό δέκτη, διεγείρουν τούς ηλεκτρομαγνήτες των πλήκτρων του δέκτη καί μέ τόν τρόπο αυτό γράφονται τά ίδια γράμματα πού στείλαμε. (Τά πλήκτρα έλκονται από τούς ηλεκτρομαγνήτες, όπως έλκεται ή γραφίδα του τηλέγραφου). Η σύνδεση πομπού - δέκτη μπορεί να είναι είτε άσύρματη είτε ένσύρματη, όπως καί στά τηλεφωνα.



Σχ. 8. Μεγάφωνο



Σχ. 9. Τηλέτυπο



Σχ. 10. Σε κάθε γράμμα αντίστοιχεί καί 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). Τό ίδιο συμβαίνει και στα περισσότερα τηλέτυπα.
2. Τό μικρόφωνο μετατρέπει τά ήχητικά κύματα σέ μεταβολές ρεύματος. Οι μεταβολές αυτές φτάνουν στό άκουστικό και μετατρέπονται σέ ήχητικά κύματα όμοια μέ τά κύματα πού διεγείρουν τό μικρόφωνο.
3. Τό μεγάφωνο είναι συσκευή παρόμοια μέ τό άκουστικό. Δέχεται ενισχυμένα μικροφωνικά ρεύματα και παράγει ήχητικά κύματα.
4. Τό τηλέτυπο είναι μία συσκευή πού χρησιμοποιείται γιά τή μεταβίβαση γραπτών μηνυμάτων. Ό ρόλος του είναι ίδιος μέ τό ρόλο ενός τηλέγραφου, αλλά ή λειτουργία του διαφορετική. Γιά τή μεταβίβαση τών γραμμάτων χρησιμοποιείται κώδικας από ηλεκτρικούς παλμούς, πού παράγει τό ίδιο τό τηλέτυπο, ενώ στόν τηλέγραφο, οι παλμοί αυτοί παράγονται από τό χειριστή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού στηρίζεται ή λειτουργία τού μικροφώνου μέ κόκκους άνθρακα;
2. Νά παραστήσετε γραφικά τό μικροφωνικό ρεύμα σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο α) όταν δέν πέφτει ήχος στό μικρόφωνο και β) όταν πέφτει άρμονικός (ήμιτονοειδής) ήχος.
3. Από ποιά μέρη αποτελείται ένα άκουστικό και ένα μεγάφωνο; Νά κάνετε ένα απλό σχέδιο γιά τό κάθε ένα όργανο.
4. Γιά ποιούς λόγους ό ήχος ενός μεγαφώνου είναι ισχυρότερος από τόν ήχο ενός άκουστικού;
5. Τί από τά έπόμενα είναι μία τηλεφωνική συσκευή; α) πομπός β) δέκτης γ) πομπός και δέκτης. δ) τίποτε από όλα αυτά.
6. Ποιά βασικά μέρη περιλαμβάνει ό πομπός ενός τηλέτυπου και τί λειτουργία έχει τό καθένα;

44η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Στό κεφάλαιο αυτό θά μελετήσουμε τό φαινόμενο τής ηλεκτρικής άγωγής τών στερεών, υγρών καί αερίων.

Σέ προηγούμενες ένότητες αναπτύχθηκε μόνο ή άγωγιμότητα τών μετάλλων καί είδαμε ότι όφείλεται σέ ένα μεγάλο πλήθος από άδόμευτα ηλεκτρόνια πού περιπλανιούνται ελεύθερα άνάμεσα στά ίόντα τού μεταλλικού κρυστάλλου (ελεύθερα ηλεκτρόνια).

Στά ηλεκτρολυτικά διαλύματα τό πέρασμα τού ρεύματος όφείλεται σέ θετικά καί άρνητικά ίόντα πού κινούνται ελεύθερα στή μάζα τους καί τέλος στά άέρια ή άγωγιμότητα όφείλεται τόσο σέ θετικά καί άρνητικά ίόντα όσο καί σέ ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Τά ηλεκτρόνια, τά θετικά ίόντα καί τά άρνητικά ίόντα, λέγονται μέ μία λέξη φορείς τού ήλεκτρισμού.

Ανάλογα μέ τό πλήθος τών φορέων, τά υλικά παρουσιάζουν διαφορετική άγωγιμότητα μεταξύ τους καί κατατάσσονται σέ τρείς κατηγορίες: Στους άγωγούς, στους ήμιαγωγούς καί στους μονωτές. Οί μονωτές στερούνται τελειώς ηλεκτρικών φορέων, ενώ οί ήμιαγωγοί έχουν μικρό άριθμό φορέων καί γι' αυτό έχουν καί μικρή άγωγιμότητα.

II. ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Μερικοί από τούς πιό γνωστούς ήμιαγωγούς είναι τό Si (πυρίτιο) καί τό Ge (γερμάνιο) (Σχ. 1 καί Σχ. 2). Τά στοιχεία αυτά άνήκουν στή τέταρτη όμάδα τού περιοδικού συστήματος καί τά άτομά τους έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια στή έξωτερική τους στιβάδα.

Η άγωγιμότητά τους όταν είναι καθαρά είναι άσήμαντη καί δέν παρουσιάζει πρακτικό ενδιαφέρον. Όταν όμως άναμειγνύονται τά στοιχεία αυτά μέ άλλα στοιχεία (Al, As, κτλ.), αύξάνεται πολύ ή άγωγιμότητά τους καί τότε άποκτούν πολλές πρακτικές εφαρμογές.



Σχ. 1. Κρύσταλλος καθαρού πυριτίου (Si)



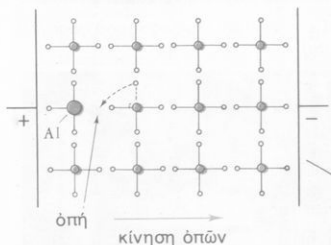
Σχ. 2. Ο κρύσταλλος Si κόβεται μέ διαμάντι σέ λεπτές φέτες καί κατόπιν μέ χημικές μεθόδους εισάγονται στόν κρύσταλλο προσμίξεις άλουμινίου (Al) ή άρσενικού (As)



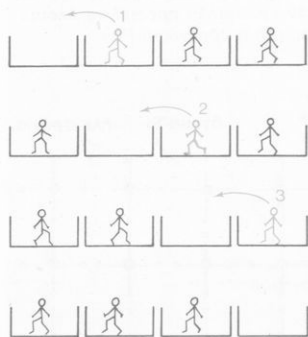
Σχ. 3. Κρυσταλλική δομή καθαρού πυριτίου (Si)



Σχ. 4. Ήμιαγωγός τύπου n



Σχ. 5. Ήμιαγωγός τύπου p



Σχ. 6. Μηχανικό παράδειγμα ανάλογο 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 τά όποια σχηματίζει όμοιοπολικούς δεσμούς. Έτσι κάθε άτομο στον κρύσταλλο έχει συμπληρωμένη τήν έξωτερική 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 στήν έξωτερική τους στιβάδα. Από αυτά τά τέσσερα σχηματίζουν όμοιοπολικούς δεσμούς με τά γύρω άτομα Si, ενώ τό πέμπτο παραμένει άδέσμευτο. Αυτό τό πέμπτο ηλεκτρόνιο φεύγει από τό άτομο του As καί περιπλανιέται ελεύθερο μέσα στον κρύσταλλο.

Άναμειγνύοντας έπομένως καθαρό Si με πεντασθενές στοιχείο, δημιουργούμε μέσα στον κρύσταλλο ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Έτσι ό κρύσταλλος άποκτά άγωγιμότητα.

Οί ήμιαγωγοί πού προκύπτουν από τήν άνάμειξη Si ή Ge με ένα πεντασθενές στοιχείο, όνομάζονται **ήμιαγωγοί τύπου n** (negative = άρνητικός).

β. Ήμιαγωγοί τύπου p

“Ας υποθέσουμε ότι ό κρύσταλλος του Si ή Ge περιέχει έναν αριθμό ατόμων τρισθενούς στοιχείου π.χ. Al (Σχ. 5). Τό Al έχει στήν έξωτερική 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 άσυμπλήρωτος χημικός δεσμός, δηλ. υπάρχει κάποιο «κενό». Αυτό τό κενό όνομάζεται **όπή**, καί χάρη στις όπές τό υλικό μπορεί νά άγει τόν ηλεκτρισμό.

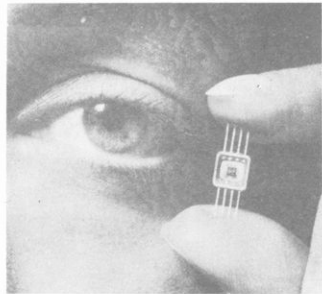
“Ενας εύκολος τρόπος νά καταλάβουμε πώς οι όπές εξασφαλίζουν τήν άγωγιμότητα του κρυστάλλου, είναι νά τίς φανταστούμε «**σάν θετικά φορτία πού κινούνται ελεύθερα ανάμεσα από τά άτομα όπως περίπου τά ελεύθερα ηλεκτρόνια**».

Στήν πραγματικότητα όμως συμβαίνει κάτι διαφορετικό. Ήλεκτρόνια από διπλάνα άτομα κινούνται προς 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 μιάς 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 ανθρώπων. Έπειδή ή κίνηση τών όπών ισοδυναμεί μέ κίνηση θετικών φορτίων, οί ήμιαγωγοί τής κατηγορίας αύτής λέγονται **ήμιαγωγοί τύπου p** (positive = θετικός).

Οί ήμιαγωγοί τύπου n καί 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» καί είναι κατάλληλο γιά ύπολογιστήρες κτλ. Περιλαμβάνει αντίσταςεις, πυκνωτές καί ήμιαγωγούς τύπου p καί η πού σχηματίζουν 50 κρυσταλλολυχνίες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

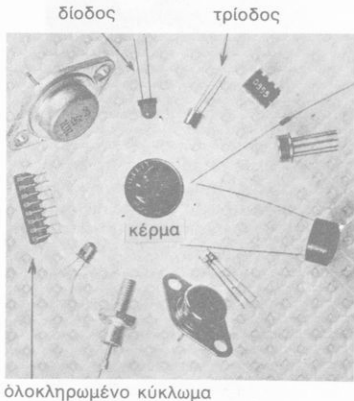
1. Γιά νά άγει ένα ύλικό τόν ήλεκτρισμό πρέπει νά έχει στή μάζα του φορείς ήλεκτρικού φορτίου. Στά μέταλλα καί στούς ήμιαγωγούς τύπου η, οί φορείς αύτοί είναι έλεύθερα ήλεκτρόνια, στούς ήμιαγωγούς τύπου p είναι όπές, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα είναι θετικά καί άρνητικά ίόντα καί στά άέρια είναι θετικά καί άρνητικά ίόντα καί έλεύθερα ήλεκτρόνια.
2. Οί ήμιαγωγοί τύπου η παράγονται μέ πρόσμειξη πεντασθενούς στοιχείου, π.χ. As, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge καί οί ήμιαγωγοί p παράγονται μέ πρόσμειξη τρισθενούς στοιχείου, π.χ. Al, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

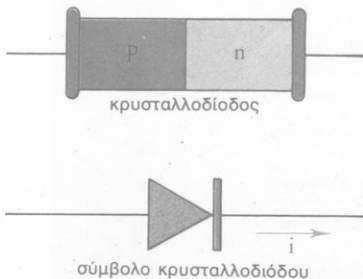
1. Γιά νά έχει άγωγιμότητα ένα σώμα τί πρέπει νά ύπάρχουν στή μάζα του;
2. Τί είδους φορείς ήλεκτρικού φορτίου ύπάρχουν στά μέταλλα, στούς ήμιαγωγούς τύπου p, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα καί στά άέρια;
3. α) Άπό πού προέρχονται τά έλεύθερα ήλεκτρόνια στούς ήμιαγωγούς τύπου n; β) Πώς έξηγείται ή κίνηση όπών στούς ήμιαγωγούς τύπου p;
4. Η κίνηση τών όπών ισοδυναμεί μέ κίνηση θετικών φορτίων, άρνητικών φορτίων ή τίποτε από αύτά;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ – ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ



Σχ. 1. Κρυσταλλολιχνίες και άλλα εξαρτήματα ηλεκτρονικών συσκευών



Σχ. 2. Συμβολικές παραστάσεις κρυσταλλοδίοδου

Μία σπουδαία εφαρμογή των ημιαγωγών τύπου n και p είναι στην κατασκευή **κρυσταλλοδίοδων** και **κρυσταλλοτρίοδων**, που αποτελούν τα απαραίτητα εξαρτήματα όλων των ηλεκτρονικών συσκευών (Σχ. 1).

α. Κρυσταλλοδίοδος. Ή κρυσταλλοδίοδος αποτελείται από δύο ημιαγωγούς, τόν έναν τύπου p και τόν άλλο τύπου n , κολλημένους μεταξύ τους (Σχ. 2).

Ή κρυσταλλοδίοδος έχει μία σπουδαία ιδιότητα. Επιτρέπει στο ηλεκτρικό ρεύμα νά περνάει μόνο κατά τή μία φορά, ενώ τό εμποδίζει κατά τήν άλλη. Έτσι, όταν ή δίοδος συνδέεται κατά τήν **αγώγιμη φορά** (Σχ. 3), περνάει ρεύμα από τό κύκλωμα, ενώ όταν συνδέεται ανάποδα δέν περνάει ρεύμα.

Ή ιδιότητα τής δίοδου νά επιτρέπει τή μονόδρομη διέλευση του ρεύματος αξιοποιείται στην **άνόρθωση** του έναλλασσόμενου ρεύματος, δηλ. στή μετατροπή του σέ συνεχές. Ή άνόρθωση είναι απαραίτητη, όταν πρόκειται νά πάρουμε ενέργεια από τό ηλεκτρικό δίκτυο, γιά νά τροφοδοτήσουμε ένα ραδιόφωνο, μία τηλεόραση και γενικά μία ηλεκτρονική συσκευή.

Άνόρθωση. Γιά νά άντιληφθούμε τί σημαίνει άνόρθωση του έναλλασσόμενου ρεύματος κάνομε τό ακόλουθο πείραμα. Συνδέουμε μία αντίσταση R μέ μία πηγή έναλλασσόμενης τάσεως και μέ έναν παλμογράφο παρατηρούμε τή μορφή τής τάσεως που επικρατεί στά άκρα τής αντίστάσεως (Σχ. 4). Ή καμπύλη στόν παλμογράφο – όπως άλλωστε περιμέναμε – είναι ήμιτονοειδής, δηλ. ή τάση στά άκρα τής R είναι έναλλασσόμενη ήμιτονοειδής τάση.

Συνδέουμε κατόπιν σέ σειρά μέ τήν αντίσταση R μία κρυσταλλοδίοδο και παρατηρούμε ότι ή καμπύλη στόν παλμογράφο κόβεται στή μέση και άπομένουν μόνο τά θετικά τμήματα τής ήμιτονοειδούς καμπύλης. Αυτό σημαίνει ότι ή τάση στά άκρα τής R έπαψε νά είναι έναλλασ-

σόμενη. Τό άκρο Α είναι πάντοτε θετικό σε 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 ένταση 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 οφείλεται στην ιδιότητα πού έχουν νά ενισχύουν μικρές μεταβολές τής τάσεως ή του ρεύματος. Η ιδιότητά τους αυτή βρίσκει εφαρμογή στους ενισχυτές, οι όποιοι αποτελούν βασικό μέρος του κυκλώματος όλων σχεδόν των ηλεκτρονικών συσκευών.

γ. Φωτοστοιχείο

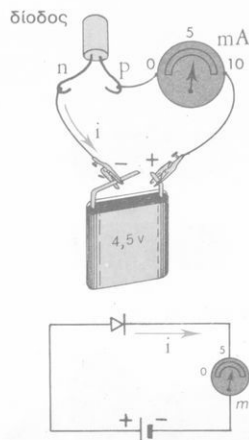
Τό φωτοστοιχείο είναι μία συσκευή πού μετατρέπει τή φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική. Τό βασικό μέρος ενός φωτοστοιχείου είναι μία κρυσταλλοδιόδος, τής όποίας ή έπαφή n-p έχει σχετικά μεγάλο έμβαδό γιά νά συλλέγει άρκετό φώς (Σχ. 6). Τό ένα από τά δύο ηλεκτροδία είναι κατασκευασμένο από λεπτότατο στρώμα 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 απαραίτητα στη φωτογραφία.

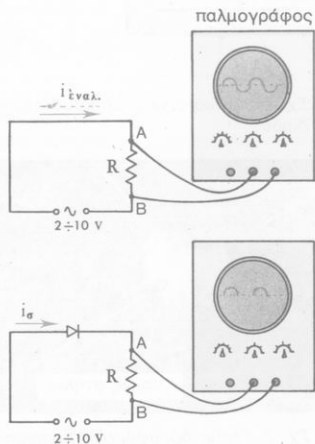
Πολλά μαζί φωτοστοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά αποτελούν τics **φωτοστήλες** (ή ήλιακές στήλες) πού χρησιμοποιούνται στους δορυφόρους καί τά διαστημόπλοια γιά τήν τροφοδότησή τους μέ ηλεκτρική ενέργεια (Σχ. 7).

II. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

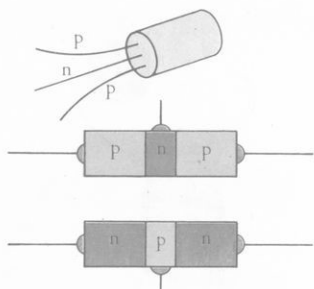
Παίρνουμε δύο διαφορετικά μέταλλα π.χ. χαλκό καί σίδηρο καί συνδέουμε τά δύο μέταλλα όπως φαίνεται στό Σχ. 8. Στη συνέχεια θερμαίνουμε τή μία έπαφή των μετάλλων, ενώ τήν άλλη τήν κρατάμε στη θερμοκρασία του περιβάλλο-



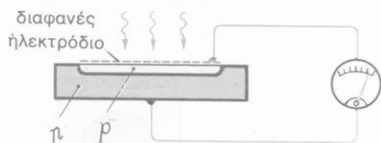
Σχ. 3. Σύνδεση κρυσταλλοδιόδου κατά τήν άγωγήμη φορά



Σχ. 4. Άπλή άνόρθωση του έναλασόμενου ρεύματος (ήμιανόρθωση)



Σχ. 5. Κρυσταλλοτρίοδοι



Σχ. 6. Φωτοστοιχείο με κρυσταλλο-
δίοδο



Σχ. 7. Στούς δορυφόρους χρησιμοποιούνται ήλιακές στήλες για να λειτουργούν οι ραδιοπομπές 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. Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι μεταξύ των δύο επαφών που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία, αναπτύσσεται μία ηλεκτρική τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη). Το 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. Το 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.** Επειδή η θερμοηλεκτρική τάση συνδέεται άμεσα με τη θερμοκρασία, το θερμοστοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως **θερμόμετρο**, αφού φυσικά βαθμολογηθεί κατάλληλα το γαλβανόμετρό του, ώστε να δείχνει βαθμούς Κελσίου (°C). Τέτοια θερμοηλεκτρικά θερμόμετρα χρησιμοποιούνται στη μέτρηση της θερμοκρασίας της μηχανής των αυτοκινήτων κτλ.



Σχ. 8. Θερμοηλεκτρικό στοιχείο

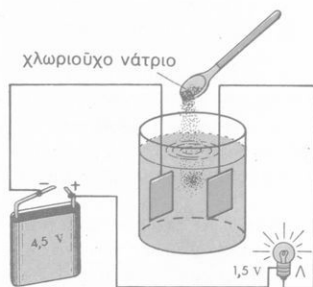
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η κρυσταλλοδιόδος αποτελείται από έναν ήμιαγωγό τύπου η και έναν τύπου ρ κολλημένους μεταξύ τους. Η κρυσταλλοδιόδος άγει τό ηλεκτρικό ρεύμα μόνο κατά τή μία φορά και χρησιμοποιείται στην ανόρθωση του έναλλασσόμενου ρεύματος.
2. Η κρυσταλλοτρίοδος (transistor) αποτελείται από τρεις ήμιαγωγούς 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 επαφή, όταν οι επαφές των μετάλλων βρίσκονται σέ διαφορετική θερμοκρασία. Τό φαινόμενο αυτό αξιοποιείται στην κατασκευή θερμοστοιχείων και θερμομέτρων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί είναι ή κρυσταλλοδιόδος και τί ή κρυσταλλοτρίοδος; β) Ποιές είναι οι ιδιότητες των λυχνιών αύτών;
2. Τί είναι τό φωτοστοιχείο και ποιά είναι τά κύρια μέρη του;
3. Τί είναι ή φωτοστήλη ή ήλιακή στήλη και πού χρησιμοποιείται;
4. α) Τί είναι τό θερμοστοιχείο; β) "Αν ένώσουμε τής άκρες δύο συρμάτων ενός από άλουμίνιο και του άλλου από άργυρο (άσήμι) και θερμάνουμε τή μία επαφή, θά άναπτυχθεί ΗΕΔ στό κύκλωμα;

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ



Σχ. 1. Τα διαλύματα των ηλεκτρολυτών άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.

Βάζουμε σε ένα ποτήρι αποσταγμένο* νερό και βυθίζουμε σ' αυτό δύο μεταλλικές πλάκες (ηλεκτρόδια) κατασκευασμένες από τό ίδιο μέταλλο. Κατόπιν συνδέουμε τὰ ηλεκτρόδια με μία πηγή, παρεμβάλλοντας καί ένα λαμπάκι στό κύκλωμα (Σχ. 1). Παρατηρούμε ότι τό λαμπάκι δέν ανάβει, γεγονός πού αποδεικνύει ότι τό ρεύμα δέ διέρχεται από τό αποσταγμένο νερό. Εάν στή συνέχεια ρίξουμε στό νερό άλάτι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) παρατηρούμε ότι τό λαμπάκι φωτοβολεί. Αυτό σημαίνει ότι τό ρεύμα τώρα περνάει από τό ύδατικό διάλυμα του χλωριούχου νατρίου. Τό ίδιο θα συμβεί άν αντί χλωριούχου νατρίου ρίξουμε στό νερό θειικό όξύ ή ύδροχλωρικό όξύ, ενώ δέν παρατηρείται διέλευση του ρεύματος όταν στό νερό διαλύουμε ζάχαρη ή οινόπνευμα.

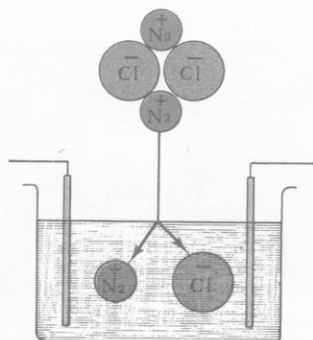
Οι ουσίες εκείνες οι οποίες άγουν τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διαλύονται στό νερό, ονομάζονται **ηλεκτρολύτες**.

Τά όξέα, οι βάσεις καί τά άλατα είναι ηλεκτρολύτες καί τά διαλύματά τους ονομάζονται **ηλεκτρολυτικά**.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

Όπως είναι γνωστό, γιά νά περνάει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα ύλικό, πρέπει στή μάζα του ύλικού νά υπάρχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Οι φορείς αυτοί γιά τά μέταλλα καί τούς ήμιαγωγούς τύπου η είναι τά ελεύθερα ηλεκτρόνια, γιά τούς ήμιαγωγούς τύπου ρ είναι οι όπές καί γιά τά ηλεκτρολυτικά διαλύματα είναι θετικά καί άρνητικά ίόντα.

Όταν στό ποτήρι υπάρχει αποσταγμένο νερό δέ διέρχεται ρεύμα από τό κύκλωμα, ενώ όταν διαλύεται τό NaCl στό νερό, τότε διέρχεται ρεύμα. Τά πειράματα αυτά μάς πείθουν ότι τά ίόντα δέν προϋπάρχουν στό αποσταγμένο



Σχ. 2. Ηλεκτρολυτική διάσπαση

* Σε πρόχειρο πείραμα μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε πόσιμο νερό καί δύο κοινά καλώδια γιά ηλεκτρόδια.

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).

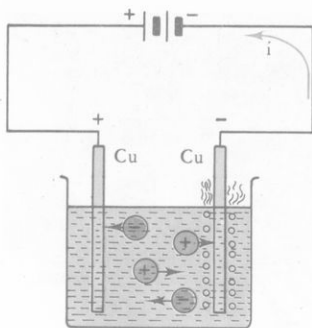
Ηλεκτρολυτική διάσπαση παθαίνουν όλοι οι ηλεκτρολύτες άμέσως μόλις διαλύονται στο νερό, δηλ. ανεξάρτητα από το αν εφαρμόζουμε τάση στα ηλεκτρόδια ή όχι.

Τα 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 μιάς 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 διασπάσεως 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 βάφεται 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:

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 αλουμινίου (ήλεκτρόλυση τήγματος Al_2O_3)

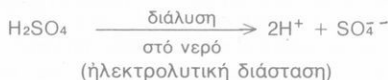
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Νά αναφέρετε παραδείγματα ηλεκτρολυτών.
2. Πώς εξηγείται η άγωγιμότητα των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων;
3. Ποιό ηλεκτρόδιο ονομάζεται άνοδος και ποιό κάθοδος;
4. Γιατί τό ύδατικό διάλυμα ζάχαρης δέν άγει τό ηλεκτρικό ρεύμα;
5. Ποιές χημικές μεταβολές συμβαίνουν στην κάθοδο και στην άνοδο κατά την ήλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$ με ήλεκτρόδια από χαλκό;

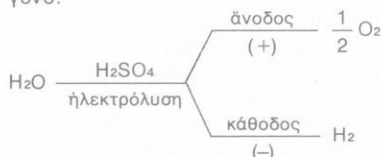
λής, όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τούς ήλεκτρολύτες.

Παραδείγματα ήλεκτρολύσεων

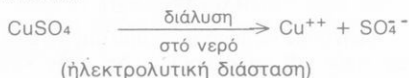
α. Ήλεκτρόλυση ύδατικού διαλύματος H_2SO_4 με ήλεκτρόδια από λευκόχρυσο. Όταν τά μόρια του H_2SO_4 διαλύονται στο νερό, παθαίνουν διάσπαση σέ ιόντα ύδρογόνου H^+ και θειικά ιόντα SO_4^{2-} .



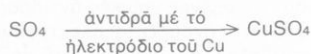
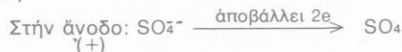
Τά ιόντα αυτά κάνουν τό νερό άγώγιμο. Έτσι, όταν εφαρμόζουμε τάση στά ήλεκτρόδια, διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα νά διασπάται τελικά τό H_2O σέ ύδρογόνο και όξυγόνο:



β. Ήλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$ με ήλεκτρόδια από χαλκό. Κατά τή διάλυση θειικού χαλκού (γαλαζόπετρας) στό νερό τά μόρια του $CuSO_4$ χωρίζονται σέ ιόντα χαλκού Cu^{++} και σέ θειικά ιόντα.



Στή συνέχεια άν εφαρμόσουμε τάση στά ήλεκτρόδια, τά ιόντα θά κινηθούν πρós τά ήλεκτρόδια και θά έχουμε τís εξής χημικές μεταβολές:



Μέ τόν τρόπο αυτό τό ήλεκτρόδιο τής άνόδου διαρκώς φθείρεται και τής 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 διάσταση.
3. Η πρόκληση χημικών αντιδράσεων σε ηλεκτρολυτικά διαλύματα, με τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, λέγεται ηλεκτρόλυση.

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

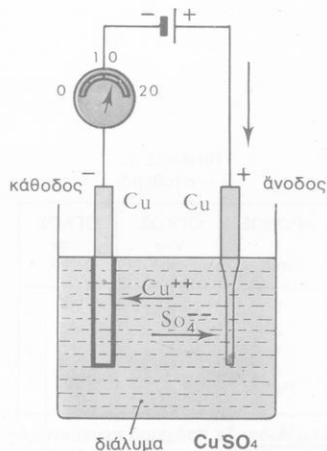
ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Ι. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

Από τους πρώτους που ασχολήθηκαν με το φαινόμενο της ηλεκτρολύσεως ήταν ο MICHAEL FARADAY (Φάρανταίυ) που με τα πειράματά του οδηγήθηκε σε ορισμένα 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 μιας πηγής, παρεμβάλλοντας 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 Ιόν	Σταθερά α	
	σε gr/Cb	σε mgr/Cb
H	0,010.10 ⁻³	0,010
O	0,083.10 ⁻³	0,083
Cu	0,329.10 ⁻³	0,329
Ag	1,118.10 ⁻³	1,118
Al	0,093.10 ⁻³	0,093

χρόνο t που διαρκεί η ηλεκτρόλυση. Γενικά για κάθε είδος ιόντων αποδεικνύεται ότι ισχύει:

$$\text{μάζα ιόντων που αποφορτίζονται σε ένα ηλεκτρόδιο} = \text{σταθερά} \times \text{ένταση ρεύματος} \times \text{χρόνο}$$

$$m = a \cdot i \cdot t \quad \text{Νόμος τής ηλεκτρολύσεως}$$

Η σταθερά α εξαρτάται από τό είδος των ιόντων που αποφορτίζονται στα ηλεκτρόδια και 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 προς 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 άπλό και σύντομο πείραμα, για τήν επαλήθευση του νόμου τής ηλεκτρολύσεως, είναι η ηλεκτρόλυση νερού με ειδική συσκευή που μάς δίνει τή δυνατότητα νά μετράμε τόν όγκο του H₂ που ελευθερώνεται στην κάθοδο και του O₂ που ελευθερώνεται στην άνοδο (Σχ. 2).

1. Εφαρμόζουμε στα ηλεκτρόδια μία σταθερή τάση (π.χ. 4,5 V) και σημειώνουμε τούς όγκους H₂ και O₂ κάθε 1 ή 2min. Με τόν τρόπο αυτό συμπληρώνουμε έναν πίνακα μετρήσεων (ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ).

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ
(i = σταθερό)

ΧΡΟΝΟΣ t min	ΟΓΚΟΣ V _{H₂} cm ³	ΟΓΚΟΣ V _{O₂} cm ³
0	0	0
2	1	0,5
4	2	1
6	3	1,5
8	4	2

Σημείωση: Σε πρόχειρα πειράματα ό όγκος του υδρογόνου είναι λίγο μεγαλύτερος απ' τό διπλάσιο του όγκου του οξυγόνου.

Κατόπιν παριστάνουμε γραφικά τόν όγκο των αερίων σε συνάρτηση με τό χρόνο και παρατηρούμε ότι προκύπτουν ευθείες γραμμές (Σχ. 3). Άρα ό όγκος των αερίων που ελευθερώνονται στα ηλεκτρόδια είναι **ανάλογος** προς τό χρόνο t. Από τή σχέση m=d.V προκύπτει ότι η **μάζα** είναι **ανάλογη** προς τόν όγκο, άρα θά είναι **ανάλογη** και προς τό χρόνο t.

2. Αυξάνουμε τήν ένταση i του ρεύματος – αυξάνοντας τήν τάση στα ηλεκτρόδια – και παρατηρούμε ότι στόν ίδιο χρόνο t παράγεται τώρα περισσότερο αέριο στα ηλεκτρόδια. Άρα η **μάζα** των αερίων που ελευθερώνονται στα 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. Έπιμετάλλωση. 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 οξείδωση και β) την ωραιότερη εμφάνισή του.

Με επιμετάλλωση κατασκευάζονται επάργυρα και επίχρυσα κοσμήματα, οικιακά σκεύη κτλ. (Σχ. 4). Με επιμετάλλωση επίσης κατασκευάζονται διάφορα επινικλωμένα ή επιχρωμωμένα αντικείμενα (προφυλακτήρες αυτοκινήτων, ανοξειδωτες βρύσες κτλ).

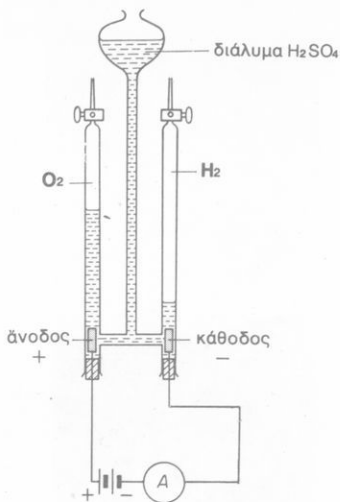
Όπως φαίνεται και στο Σχ. 4, τα αντικείμενα που θέλουμε να επιμεταλλωθούν τά συνδέουμε με τον αρνητικό πόλο της πηγής και ανάλογα με την επιμετάλλωση χρησιμοποιούμε κατάλληλο ηλεκτρολυτικό διάλυμα και κατάλληλο μέταλλο στην άνοδο.

β. Γαλβανοπλαστική. Στη γαλβανοπλαστική τέχνη εκμεταλλευόμαστε το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσεως για να παράγουμε πιστές μεταλλικές μήτρες (καλούπια) και ομοιώματα (αντίγραφα) διαφόρων αντικειμένων. Μεγάλη εκμετάλλευση της γαλβανοπλαστικής γίνεται από τις εταιρείες παραγωγής φωνογραφικών δίσκων.

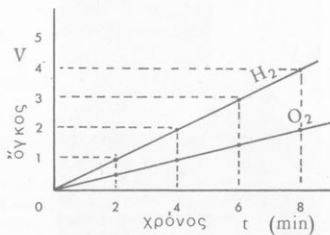
Τα κύρια στάδια παραγωγής δίσκων είναι τα εξής (Σχ. 5):

1) Χάραξη. Με ειδικό μηχάνημα χαράσσεται η μορφή του ήχου πάνω σε ειδικούς δίσκους από συνθετικό υλικό.

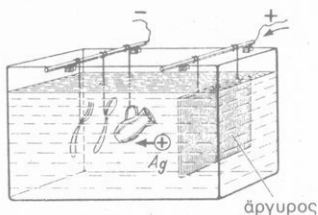
2) Έπιμετάλλωση. Ο δίσκος, που παράγεται με τη χάραξη, σκεπάζεται με λεπτότατο στρώμα αργύρου, με ειδικό ψεκασμό, για να γίνει ή επι-



Σχ. 2. Συσκευή ηλεκτρόλυσεως νερού



Σχ. 3.



Σχ. 4. Έπαργύρωση



φάνειά του αγωγίμη και κατόπιν επινικελώνεται. Τό στρώμα νικελίου, πού σχηματίζεται μέ τήν επινικέλωση, αποχωρίζεται από τό χαραγμένο δίσκο και αποτελεί τό άρνητικό άποτύπωμα του δίσκου (μήτρα).

3) Τύπωση. Οί μήτρες τοποθετούνται σε κατάλληλη πρέσα και ανάμεσα στίς μήτρες τοποθετείται μικρή ποσότητα θερμού πλαστικού ύλικού. Μέ τή συμπίεση τής πρέσας τό πλαστικό μετατρέπεται σε 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 από τόν άνθρωπο άκόμα.

Έπίσης μέ ήλεκτρόλυση καθαρίζονται τά μέταλλα από τίς προσμίξεις τους, όταν θέλουμε νά παρασκευάσουμε πολύ καθαρά μέταλλα.

δ. Όρισμός τής μονάδας Ampere (1A). Άν στό πείραμα του Σχ. 1 χρησιμοποιήσουμε ήλεκτρόδια από Ag και διάλυμα $AgNO_3$, τότε στήν κάθοδο θά αποτίθεται άργυρος, πού μπορούμε μέ ένα ζυγό νά βρούμε τή μάζα του.

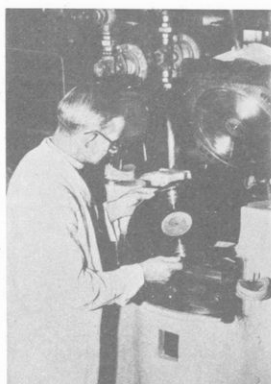
Άπό τό νόμο τής ήλεκτρολύσεως $m = a.i.t$, άν βάλουμε $a=1,118mgr/Cb$ (βλέπε πίνακα), $i = 1A$ και $t = 1sec$, βρίσκουμε $m = 1,118mgr$.

Τήν ένταση εκείνη του ρεύματος πού αποθέτει 1,118mgr άργύρου στήν κάθοδο σε 1sec, 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 το 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 το χρόνο ηλεκτρολύσεως t και εξαρτάται από το 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 άργιρου 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 τα κύρια στάδια παραγωγής ενός φωνογραφικού δίσκου;
3. Πώς ορίζεται το 1Ampere;
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 32,9g Cu αν η ένταση του ρεύματος είναι 2A;
(αχλακού = $0,329 \frac{\text{mgr}}{\text{Cb}}$)
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 $d = 0,09 \text{ gr/lit} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ gr/cm}^3$; (αυδρ = $0,01 \text{ mgr/cb}$)
3. Θέλουμε να βαθμολογήσουμε ένα αμπερόμετρο και τό συνδέουμε σε σειρά με μία συσκευή ηλεκτρόλυσεως διαλύματος AgNO_3 . Παρατηρούμε ότι η βελόνα του όργανου στη διάρκεια της ηλεκτρόλυσεως 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; (αργύρου = $1,118 \text{ mgr/Cb}$).

48η ΕΝΟΤΗΤΑ

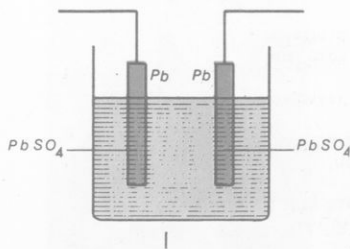
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

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 όξεος (H_2SO_4). Ο Pb αντιδρά με το θειικό όξι 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 δέν υπάρχει καμιά τάση. Κατόπιν συνδέουμε τις πλάκες Pb με τούς πόλους μιάς ηλεκτρικής στήλης (4,5 V) και αφήνουμε τό κύκλωμα κλειστό για λίγη ώρα (π.χ. 10min) (Σχ. 1,11).

Ύστερα άποσυνδέουμε 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, τό λαμπάκι ανάβει. Αυτό σημαίνει ότι, με την ηλεκτρόλυση, η συσκευή μετατράπηκε σε ηλεκτρική πηγή. Άρα:



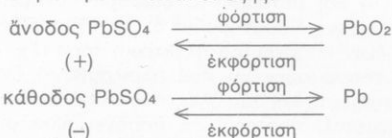
Ἡ ηλεκτρολυτική συσκευή πού περιλαμβάνει διάλυμα θεικού ὀξέος καί ηλεκτρόδια ἀπό μόλυβδο μετατρέπεται μέ ηλεκτρόλυση σέ ηλεκτρική πηγή καί ὀνομάζεται συσσωρευτής.

Ἡ ΗΕΔ κάθε τέτοιου συσσωρευτῆ εἶναι 2V.

β. Φόρτιση καί ἐκφόρτιση συσσωρευτῆ. Ἄν 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 σχημαθῆί τό PbO₂ χρειάζεται ἐνέργεια, πού τή χορηγεῖ ἡ ἐξωτερική ηλεκτρική πηγή. Ἄρα κατά τή **φόρτιση** ἡ ηλεκτρική ἐνέργεια μετατρέπεται σέ χημική καί ἀποθηκεύεται («συσσωρεύεται») στό ἐσωτερικό τοῦ συσσωρευτῆ.

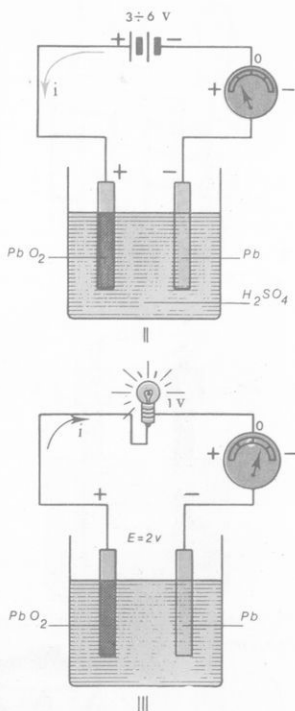
Κατά τήν **ἐκφόρτιση** τοῦ συσσωρευτῆ, ἡ χημική ἐνέργεια μετατρέπεται σέ ηλεκτρική καί ὁ συσσωρευτής λειτουργεῖ ὡς ηλεκτρική πηγή. Ἄν ἐξαντληθεῖ τό καφέ στρώμα (PbO₂), παύει ὁ συσσωρευτής νά παράγει ηλεκτρικό ρεῦμα.

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 ἐξῆς:

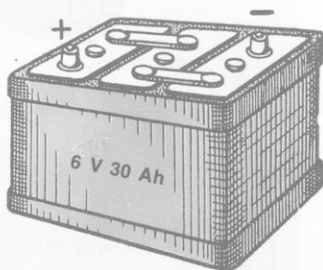


γ. Χαρακτηριστικά μεγέθη τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρίας). Πάνω στίς μπαταρίες εἶναι γραμμένα συνήθως δύο μεγέθη πού τίς χαρακτηρίζουν: ἡ ΗΕΔ καί ἡ χωρητικότητά τους. Οἱ μπαταρίες ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπό πολλούς συσσωρευτές συνδεμένους σέ σειρά. Ἡ μπαταρία τοῦ Σχ. 2 ἔχει τρεῖς συσσωρευτές στή σειρά καί γι' αὐτό ἡ ΗΕΔ εἶναι 6V. Στά αὐτοκίνητα ἰδιωτικῆς χρήσεως οἱ μπαταρίες παρέχουν συνήθως τάση 12V.

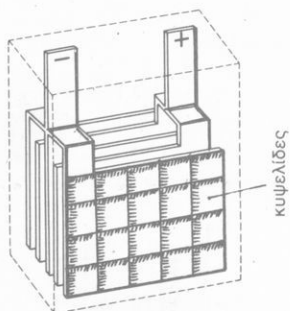
Μέ τόν ὄρο **χωρητικότητα** μπαταρίας ἐννοοῦμε τό ὅλικο ηλεκτρικό φορτίο πού μπορεῖ νά δώσει μία μπαταρία ὅταν ἐκφορτίζεται. Ἡ μονάδα πού χρησιμοποιεῖται στήν πράξη γιά τή μέτρηση τῆς χωρητικότητας μπαταρίας εἶναι ἡ ἄμ-



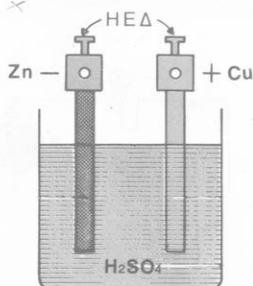
Σχ. 1. I. Ἀφόρτιστος συσσωρευτής II. Φόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ III. Ἐκφόρτιση τοῦ συσσωρευτῆ



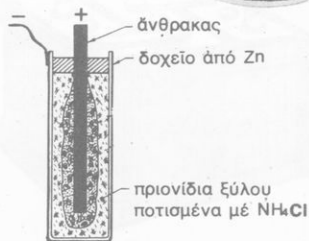
Σχ. 2. Μπαταρία μέ τρεῖς συσσωρευτές στή σειρά



Σχ. 3. Τά 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. έντάσεως 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 «πεφτουν» 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 ηλεκτρόδιά τους είναι το ένα από άνθρακα και το άλλο από ψευδάργυρο (Zn). Ός ηλεκτρολύτη έχουν χλωριούχο άμμωνιο (NH_4Cl).

Για να μη χύνεται το διάλυμα του ηλεκτρολύτη, χρησιμοποιείται ένας πολτός από πριονίδια ξύλου, ποτισμένα με πυκνό διάλυμα NH_4Cl .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οί συσσωρευτές (κ. μπαταρίες) κατά τή φόρτισή τους μετατρέπουν τήν ηλεκτρική ενέργεια σέ χημική και τήν αποθηκεύουν στό έσωτερικό τους. Κατά τήν εκφόρτισή τους μετατρέπουν τή χημική ενέργεια σέ ηλεκτρική. Οί συσσωρευτές μολύβδου περιλαμβάνουν ηλεκτρόδια από πλάκες μολύβδου και ώς ηλεκτρολύτη διάλυμα θειικού όξεος.
2. Χωρητικότητα συσσωρευτή λέγεται τό συνολικό ηλεκτρικό φορτίο πού μπορεί νά δώσει ό συσσωρευτής, όταν εκφορτίζεται. Ή χωρητικότητα μετρείται σέ Ah.
3. Τά ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία περιλαμβάνουν ένα ηλεκτρόδιο από άνθρακα και ένα από ψευδάργυρο (δοχείο). Ώς ηλεκτρολύτη έχουν NH_4Cl .

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ τί διαφέρουν τά ηλεκτρικά στοιχεία από τούς συσσωρευτές;
2. α) Τί είναι ή άμπερώρα; β) Νά ύπολογίσετε μέ πόσα Cb ισούται αύτή;
3. Γιατί τά ηλεκτρόδια τών μπαταριών έχουν κυψελιδωτή μορφή;
4. Ποιές μεταβολές παθαίνουν οι πλάκες Pb στό πείραμα του Σχ. 1 από τή στιγμή πού βυθίζονται για πρώτη φορά στό διάλυμα του θειικού όξεος μέχρι πού φορτίζεται ό συσσωρευτής;
5. Ποιές μεταβολές παθαίνουν τά ηλεκτρόδια ενός συσσωρευτή κατά τήν εκφόρτιση;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 30Ah. Νά ύπολογισθεί τό όλικό φορτίο σέ Cb πού μπορεί νά δώσει ό συσσωρευτής άν εκφορτισθεί τελείως (άδειάσει ή μπαταρία).

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ



Σχ. 1. Υπό όρισμένες συνθήκες ο αέρας γίνεται αγωγός (κατά μήκος της φωτεινής γραμμής)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

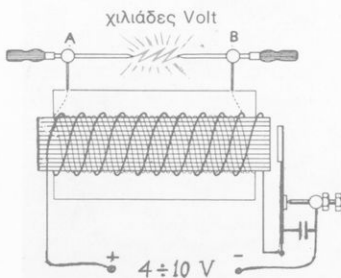
Στή συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία και υγρασία, ο αέρας και γενικά όλα τα αέρια δέν είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. "Αλλωστε, αν δέν συνέβαινε αυτό, τότε ανάμεσα στά γυμνά καλώδια μεταφοράς τής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και ανάμεσα στους πόλους μιάς πρίζας, θά υπήρχε αδιάκοπη διαρροή ηλεκτρικού ρεύματος. Παρ' όλα αυτά, κάτω από όρισμένες συνθήκες μπορούν και τά αέρια νά γίνουν αγωγοί του ηλεκτρισμού (Σχ. 1).

Η λεπτή φλέβα του αέρα κατά μήκος τής φωτεινής γραμμής πού σχηματίζει ή άστραπη ή ό κεραυνός, συμπεριφέρεται γιά λίγο σάν αγωγός.

II. ΑΥΤΟΤΕΛΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Σπινθήρες παρόμοιους μέ τόν κεραυνό ή τήν άστραπη, μπορούμε νά δημιουργήσουμε στό έργαστήριο μέ έναν πολλαπλασιαστή (Σχ. 2). Ό πολλαπλασιαστής τάσεως, όπως είναι γνωστό, παίρνει στό πρώτο πηνίο μικρή τάση ($2 \div 10V$) και παράγει στό δεύτερο πηνίο πολύ μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt). Έξαιτίας τής 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 τής μεγάλης τάσεως πού επικρατεί μεταξύ των ηλεκτροδίων, χωρίς νά υπάρχουν άλλα έξωτερικά αίτια. Στην περίπτωση αυτή ή αγωγιμότητα του αερίου λέγεται **αυτοτελής**. "Αρα:

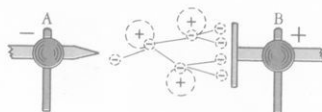
Θά λέμε ότι σέ ένα αέριο πού βρίσκεται ανάμεσα σέ δύο ηλεκτρόδια, υπάρχει **αυτοτελής αγωγιμότητα**, όταν στή μάζα του σχηματίζονται ελεύθερα ηλεκτρόνια ή ιόντα, εξαιτίας τής **μεγάλης τάσεως** πού επικρατεί ανάμεσα στά ηλεκτρόδια.



Σχ. 2. Πολλαπλασιαστής τάσεως

III. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΤΕΛΟΥΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

"Ας υποθέσουμε ότι ανάμεσα στα ηλεκτρόδια A και B του πολλαπλασιαστή υπάρχει ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο* (Σχ. 3) και ότι το ηλεκτρόδιο A 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 αποσπά 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. Μέ τον τρόπο αυτό πολύ γρήγορα – σε 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.



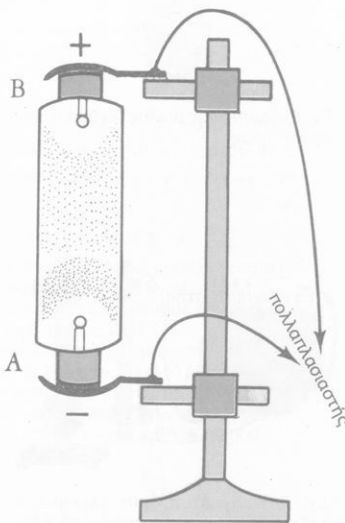
Σχ. 3. "Όταν το ηλεκτρόδιο A είναι αρνητικό τα ηλεκτρόνια κινούνται προς το B

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ

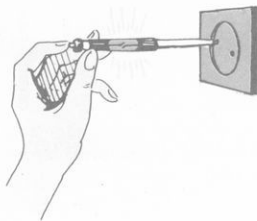
Η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από τη μάζα ενός αερίου ονομάζεται **ηλεκτρική εκκένωση**. Συνήθως οι ηλεκτρικές εκκενώσεις αναγκάζουν τα αέρια να εκπέμπουν φως και ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παράγονται, εμφανίζονται με τρεις χαρακτηριστικές μορφές: του **σπινθήρα**, της **αίγλης**, και του **τόξου**.

α. Εκκένωση σπινθήρα. Ο κεραυνός, ή άστραπη και ο σπινθήρας του πολλαπλασιαστή που αναφέραμε προηγουμένως είναι ηλεκτρικές εκκενώσεις 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.

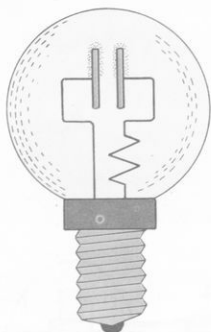
* Μέσα στον αέρα υπάρχουν πάντοτε ελάχιστα ελεύθερα ηλεκτρόνια και ιόντα χάρη στην ηλιακή ακτινοβολία και σε άλλα εξωτερικά αίτια.



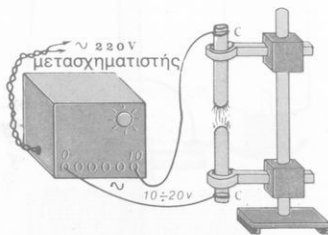
Σχ. 4. Έκκένωση αίγλης



Σχ. 5. Δοκιμαστικό τάσεως



Σχ. 6. Λαμπτήρας αίγλης (ένδεικτικός λειτουργίας)



Σχ. 7. Πραγματοποίηση ηλεκτρικού τόξου. (Φέρουμε σε έπαφή τὰ ηλεκτροδία καί άμέσως τὰ άπομακρύνουμε κατά 2 mm περίπου)

β. Έκκέωση αίγλης. Μπορούμε νά διευκολύνουμε τό πέρασμα ρεύματος από ένα άέριο άν ελαττώσουμε τήν πίεσή του. Τότε ή ηλεκτρική εκκέωση γίνεται σε χαμηλότερη – συγκριτικά με τό σπινθήρα – τάση. Για τό σκοπό αυτό κλείνουμε τό άέριο μέσα σε ένα σωλήνα καί με μία άεραντλία ελαττώνουμε τήν πίεσή του μέχρι 10 Torr. Άν στά άκρα ενός τέτοιου σωλήνα εφαρμόσουμε ύψηλή τάση, παρατηρούμε ότι όλόκληρη σχεδόν ή μάζα του άερίου που ύπάρχει στό σωλήνα άκτινοβολεί ένα διάχυτο φώς (Σχ. 4). Μία τέτοια εκκέωση όνομάζεται **εκκέωση αίγλης**. Η εκκέωση αίγλης βρίσκει εφαρμογές σε διάφορους σωλήνες φωτεινών διαφημίσεων (σωλήνες ήλίου, νέου κτλ.), σε δοκιμαστικά καταβίδια (Σχ. 5), σε λαμπάκια που δείχνουν τή λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών (κουζίνας, ηλεκτρικού σίδερου κτλ.) (Σχ. 6) καί άλλου.

γ. Έκκέωση τόξου. Συνδέουμε δύο ηλεκτροδία από άνθρακα με μία χαμηλή τάση (π.χ. με τήν έξοδο ενός μετασχηματιστή) (Σχ. 7). Φέρνουμε τὰ ηλεκτροδία σε έπαφή καί μετά τὰ άπομακρύνουμε λίγο. Παρατηρούμε ότι τὰ ηλεκτροδία καί ό άέρας που ύπάρχει ανάμεσα σ' αυτά άκτινοβολούν έντονα φώς, δηλ. στό χώρο μεταξύ των ηλεκτροδίων σχηματίζεται ηλεκτρική εκκέωση. Μία τέτοια εκκέωση όνομάζεται **εκκέωση τόξου**. Πρακτικές εφαρμογές τής εκκενώσεως τόξου συναντάμε στό τόξο του άνθρακα ή βολταϊκό τόξο (ισχυροί κινηματογραφικοί προβολείς κτλ.), στις ηλεκτροσυγκολήσεις κ.ά.

V. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Στήν εκκέωση τόξου ή τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι πολύ χαμηλή καί γι' αυτό δέν είναι άρκετή νά δημιουργήσει φορείς ηλεκτρισμού (έλεύθερα ηλεκτρόνια ή ίόντα) με τόν τρόπο που περιγράψαμε προηγουμένως. Ό σχηματισμός λοιπόν ηλεκτρικών φορέων στήν εκκέωση τόξου πρέπει νά γίνεται διαφορετικά καί, όπως έχει άποδειχθεί, γίνεται με έκπομπή ηλεκτρονίων από τήν πολύ θερμή κάθοδο.

Τό φαινόμενο τής έκπομπής ηλεκτρονίων 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.

Το φαινόμενο της θερμικής έκπομπής ηλεκτρονίων βρίσκει εφαρμογή στον καθοδικό σωλήνα, στο σωλήνα παραγωγής ακτίνων Röntgen κτλ.



Σχ. 8. Ηλεκτρικό ή βολταϊκό τόξο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά αέρια σε συνηθισμένες καταστάσεις είναι κακοί άγωγοί του ηλεκτρισμού, δηλ. δεν έχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Υπό όρισμένες συνθήκες (π.χ. μεγάλη τάση ή μεγάλη θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια) τά αέρια αποκτούν αγωγιμότητα.
2. Τά γνωρίσματα α) της εκκενώσεως σπινθήρα είναι συνηθισμένη πίεση και λεπτά φωτεινά νήματα β) της εκκενώσεως αϊγλης, είναι χαμηλή πίεση και διάχυτη ακτινοβολία από όλη σχεδόν τή μάζα του αερίου και γ) της εκκενώσεως τόξου είναι συνηθισμένη πίεση, ύψηλή θερμοκρασία στα ηλεκτρόδια και έντονο φώς. Η τάση πού χρειάζεται για τό σπινθήρα είναι μεγάλη, για τήν αϊγλη μικρότερη και για τό τόξο ακόμη πιό μικρή.
3. Όταν ένα μέταλλο (ή ο άνθρακας) θερμαίνεται, βγαίνουν από τό μέταλλο ελεύθερα ηλεκτρόνια πού σχηματίζουν ένα λεπτό και άορατο νέφος γύρω του (θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων). Με τή θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων έρμηεύεται ή αγωγιμότητα στήν εκκένωση τόξου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Ποιά είναι τά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στις διάφορες μορφές εκκενώσεως; β) Για τήν ίδια απόσταση ηλεκτροδίων σε ποιά εκκένωση χρειάζεται μεγαλύτερη και σε ποιά μικρότερη τάση;
2. Πώς εξηγείται ο σχηματισμός ιόντων και ελεύθερων ηλεκτρονίων στήν αύτοτελή αγωγιμότητα;
3. Τί εκκένωση είναι ο κεραυνός; Σπινθήρα, αϊγλης ή τόξου;
4. Νά αναφέρετε μία πρακτική εφαρμογή από τήν κάθε μορφή εκκενώσεως.
5. Πώς σχηματίζονται τά ελεύθερα ηλεκτρόνια στό χώρο μεταξύ τών ηλεκτροδίων κατά τήν εκκένωση τόξου;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

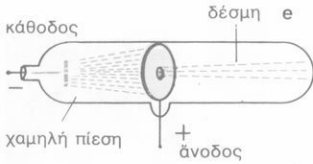
1. α) Πόση τάση περίπου υπάρχει μεταξύ τών ηλεκτροδίων Α και Β του πολλαπλασιαστή (Σχ. 2), αν ο σπινθήρας πού σχηματίζεται έχει μήκος 3cm; β) Πόση διαφορά δυναμικού υπάρχει ανάμεσα σε ένα νέφος και τό έδαφος αν ο κεραυνός πού σχηματίζεται έχει μήκος 100m; (Δίνεται ότι για σπινθήρα μήκους 1cm χρειάζεται τάση περίπου 30.000 V).

ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

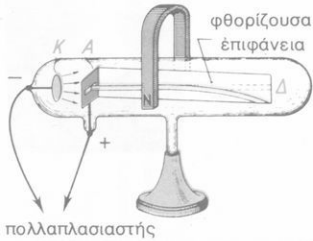
I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Γιά νά δημιουργήσουμε ακτίνες Röntgen, χρειάζεται νά βρούμε έναν τρόπο παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων.

Στίς αυτότελεϊς ηλεκτρικές εκκενώσεις μάθαμε ότι κατά μήκος τῆς στήλης τοῦ αερίου, πού ὑπάρχει ἀνάμεσα στά ηλεκτρόδια, κινούνται ἠλεκτρόνια καί ἰόντα. Τά ἠλεκτρόνια κινούνται πρὸς τὴν ἀνόδο καί τά θετικά ἰόντα πρὸς τὴν κάθοδο. Θά πρέπει λοιπὸν μέ κάποιο τρόπο νά διαχωρίσουμε τὰ ἠλεκτρόνια ἀπὸ τά θετικά ἰόντα. Γιά τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀνοίγουμε μία μικρὴ ὀπὴ ἢ λεπτὴ σχισμὴ στό ηλεκτρόδιο τῆς ἀνόδου, ὅποτε πίσω ἀπὸ τὴν ἀνόδο βγαίνουν ἠλεκτρόνια (δέσμη ηλεκτρονίων) (Σχ. 1). Γιά νά κινούνται τὰ ἠλεκτρόνια, 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 ἠλεκτρόνια) ἂν μέ κάποιο τρόπο θερμαῖνουμε τὴν κάθοδο (θερμικὴ ἐκπομπὴ ηλεκτρονίων). Ἄρα :



Σχ. 1. Παραγωγή δέσμης ηλεκτρονίων



Σχ. 2. Τά κινούμενα ἠλεκτρόνια ἐκτρέπονται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸ πεδίο



Σχ. 3. Röntgen, Γερμανὸς φυσικὸς (1845-1923)

Γιά νά σχηματίσουμε δέσμη ἠλεκτρονίων, προκαλοῦμε ἠλεκτρικὴ ἐκκένωση σέ ἀρκετὰ ἀραιωμένο αέριο ἢ παράγουμε ἠλεκτρόνια 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 ἰδιότητες τῶν κινούμενων ἠλεκτρονίων, πού εἶναι οἱ ἑξῆς:

1. Τά κινούμενα ἠλεκτρόνια προκαλοῦν φθορισμὸ σέ φθορίζουσες οὐσίες. Ἐτσι, καθὼς τὰ ἠλεκτρόνια χτυποῦν τὴ φθορίζουσα ἐπιφάνεια τοῦ ηλεκτροδίου τῆς ἀνόδου, σχηματίζεται μία φωτεινὴ γραμμὴ. Στὸ φθορισμὸ αὐτὸ ὀφείλεται καί τὸ φῶς πού παράγεται στὴν θόνη τῆς τηλεοράσεως.

2. Τά ἠλεκτρόνια κινούνται εὐθύγραμμα, ὅταν δέν ἐπιδρᾷ σ' αὐτὰ μαγνητικὸ ἢ ἠλεκτρικὸ πεδίο.

3. Ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν εὐθεία πορεία, ὅταν περνοῦν μέσα ἀπὸ μαγνητικὸ πεδίο, γιατί δέ-



Σχ. 4. Σωλῆνας παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen (ἐργαστηριακός)

χονται μαγνητική δύναμη (δύναμη Laplace) από το πεδίο (Σχ. 2).

4. Έκτρέπονται από την εύθεια πορεία, όταν περνούν μέσα από ηλεκτρικό πεδίο, π.χ. όταν πλησιάζουμε ένα φορτισμένο σώμα.

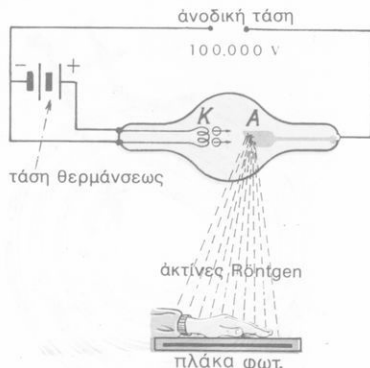
5. Τά ηλεκτρόνια, χτυπώντας με μεγάλες ταχύτητες στην άνοδο ή στα τοιχώματα του σωλήνα, παράγουν μία άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από το Γερμανό φυσικό Röntgen και προς τιμή του ή ακτινοβολία αυτή λέγεται «**ακτίνες Röntgen**». (Ραϊντγκεν).

III. ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

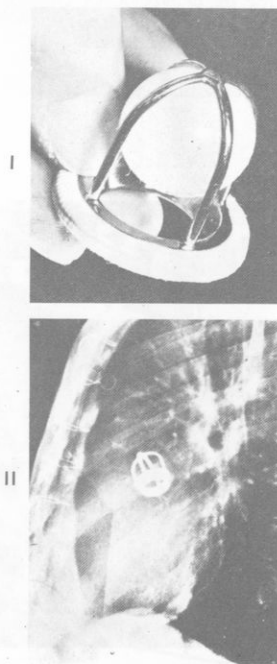
α. Παραγωγή. Οι ακτίνες Röntgen παράγονται κάθε φορά που ηλεκτρόνια με μεγάλες ταχύτητες χτυπούν σε ένα αντικείμενο. Γιά να παράγουμε επομένως ακτίνες Röntgen, χρειαζόμαστε μία δέσμη ηλεκτρονίων και ύψηλή τάση, ώστε να αποκοτούν τά ηλεκτρόνια της δέσμης μεγάλες ταχύτητες. Γιά πρόχειρα πειράματα οι ακτίνες Röntgen παράγονται με **ηλεκτρική εκκένωση** σε σωλήνα που περιέχει πολύ άραιο αέριο (Σχ. 4). Γιά θεραπευτικούς, έρευνητικούς κτλ. σκοπούς, οι ακτίνες Röntgen παράγονται με αερόκενο σωλήνα (Σχ. 5). Τότε ή δέσμη τών ηλεκτρονίων παράγεται από τήν κάθοδο με **θερμική έκπομπή**. Καί στους δύο σωλήνες τά ηλεκτρόνια κινούνται από τήν κάθοδο προς τήν άνοδο, αποκοτούν μεγάλες ταχύτητες καί χτυπώντας στό ηλεκτρόδιο τής άνοδου παράγουν άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

β. Ιδιότητες τών ακτίνων Röntgen. Οι ακτίνες Röntgen είναι άορατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μεγάλη συχνότητα καί οι σπουδαιότερες από τίς ιδιότητές τους είναι οι έξης:

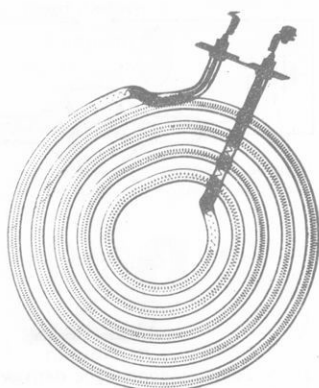
- 1) Προκαλούν φθορισμό σε φθορίζουσες ουσίες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν αξιοποιούμε στην ακτινοσκόπηση.
- 2) Δέν αλλάζουν πορεία με τήν επίδραση ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου.
- 3) Προσβάλλουν τίς φωτογραφικές πλάκες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν εκμεταλλευόμαστε στην ακτινογράφιση.
- 4) Έχουν μεγάλη διεισδυτική 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. Ακτινογραφία θώρακα με τήν τεχνητή βαλβίδα στην καρδιά



Σχ. 7. Έλεγχος θερμαντικού σώματος με ακτίνες Χ. Οι σπείρες δέν πρέπει να παρουσιάζουν πικνώματα, γιατί τό σύρμα θά καεί



Σχ. 8. Άγ. Σεβαστιανός του Francia. Με ακτίνες Χ αποκαλύπτεται ο αρχικός 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 έγκαύματα και άλλες χημικές μεταβολές, πού είναι δυνατό νά καταστρέψουν τά κύτταρα. Για 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, για νά απορροφάει τίς ακτίνες.

γ. Χρήσεις τών ακτίνων Röntgen

Χάρη τίς ιδιότητες πού αναφέραμε προηγουμένως οί ακτίνες Röntgen βρίσκουν πολλές εφαρμογές στήν Ίατρική, στή Βιομηχανία, στήν επιστημονική έρευνα κ.ά.

1. Στήν Ίατρική οί ακτίνες Röntgen χρησιμοποιούνται είτε για διάγνωση διαφόρων παθήσεων είτε για θεραπεία.

Στή διάγνωση, εκμεταλλευόμαστε τή διαφορετική απορρόφηση πού παθαίνουν οί ακτίνες από τά όστά, τίς σάρκες ή άλλα αντικείμενα πού βρίσκονται μέσα στόν οργανισμό (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 για τόν έλεγχο εξαρτημάτων μηχανών ή συσκευών, για νά διαπιστωθούν τυχόν ρήγματα, κακές συγκολλήσεις ή κατασκευές κτλ. (Σχ. 7). Τέλος οί ακτίνες Röntgen χρησιμοποιούνται για τήν άνεύρεση τής δομής τών διαφόρων κρυστάλλων, καθώς και για 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. Τα 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 ή 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 εκμεταλλεύμαστε στην ακτινογράφηση του σώματός μας;
4. Γιατί οι ποδιές των ακτινολόγων περιέχουν μόλυβδο;

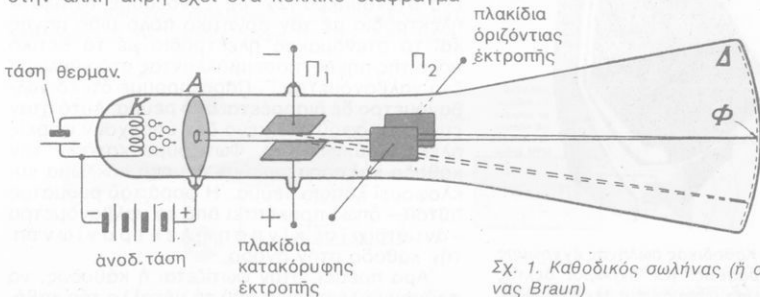
51η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

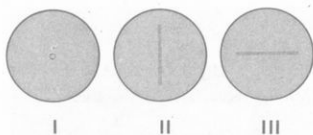
ΦΩΤΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

Ι. ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

α. Κατασκευή. Ο καθοδικός σωλήνας είναι ένας αερόκενος σωλήνας που έχει τή μορφή του Σχ. 1. Στη μία άκρη έχει τήν 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

(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 έκπομπη).

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 άρνητικό πόλο μιάς πηγής. Έτσι σχηματίζεται μία λεπτή δέσμη ηλεκτρονίων, πού χτυπάει στό φθορίζον διάφραγμα και σχηματίζει φωτεινή κηλίδα (Φ).

Αν τά πλακίδια τών πυκνωτών είναι άφορτιστα τά ηλεκτρόνια κινούνται εϋθύγραμμα. Αν εφαρμόσουμε συνεχή τάση στό πλακίδια κατακόρυφης άποκλίσεως Π₁ (τό πάνω πλακίδιο άρνητικό), τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ μετακινείται πρós τά κάτω (Σχ. 2, I). Αν εφαρμόσουμε έναλλασσόμενη τάση στό ίδια πλακίδια Π₁ τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ κινείται διαρκώς πάνω κάτω (Σχ. 2, II). Αν εφαρμόσουμε έναλλασσόμενη τάση στό πλακίδια όριζόντιας άποκλίσεως Π₂, τότε ή φωτεινή κηλίδα Φ διαγράφει μία όριζόντια γραμμή (Σχ. 2, III).

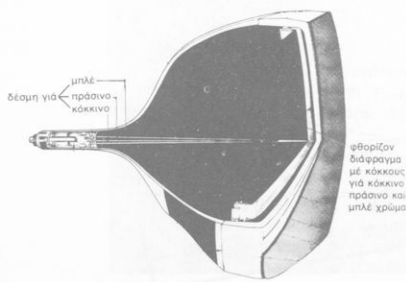
γ. Έφαρμογές. Ο καθοδικός σωλήνας χρησιμοποιείται στους ηλεκτρονικούς παλμογράφους (Σχ. 3), στις τηλεοράσεις (Σχ. 4) στό ραντάρ κτλ.

Μέ κινήσεις της δέσμης ηλεκτρονίων, παρόμοιες με αυτές πού περιγράψαμε παραπάνω, γίνεται ή **σάρωση** της οθόνης στους δέκτες τηλεοράσεως (Σχ. 5).

II. ΦΩΤΗΛΕΚΤΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

α. Έννοια. Παίρνουμε έναν αερόκενο σωλήνα πού έχει δύο ηλεκτρόδια, ένα πλατύ και ένα στενόμακρο (Σχ. 6). Συνδέουμε τό πλατύ ηλεκτρόδιο με τόν άρνητικό 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 έπόμενο, αφού στό κενό δέν υπάρχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Φωτίζουμε κατόπιν την κάθοδο και παρατηρούμε ότι στό κύκλωμα κυκλοφορεί κάποιο ρεύμα. Η φορά τού ρεύματος αυτού - όπως προκύπτει από τό γαλβανόμετρο - αντιστοιχεί σέ κίνηση ήλεκτρονίων από την κάθοδο στην άνοδο.

Αρα πρέπει, όταν φωτίζεται ή κάθοδος, να φεύγουν ηλεκτρόνια από τό μέταλλο της καθό-



Σχ. 4. Καθοδικός σωλήνας έγχρωμης τηλεοράσεως. (Οί άχρωμοι δέκτες έχουν μία μόνο δέσμη ηλεκτρονίων)

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 (ύπεριώδεις άκτίνες, φώς κτλ.).

β. Νόμοι. Άποδεικνύεται πειραματικά ότι ίσχύουν οί έξης νόμοι τού 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 ύπεριώδη 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 καϊσίου).

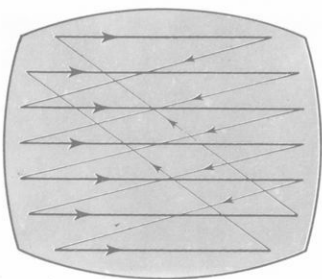
2. Όταν αύξάνει ή συχνότητα τού φωτός πού πέφτει στήν κάθοδο, αύξάνει καί ή **ταχύτητα** των φωτοηλεκτρονίων.

3. Η ένταση τού ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ., ό αριθμός των φωτοηλεκτρονίων στή μονάδα τού χρόνου εξαρτάται από τή φωτεινή ενέργεια πού φτάνει στήν κάθοδο, στή μονάδα τού χρόνου (φωτεινή ροή). Όταν αύξάνει ή φωτεινή ροή, αύξάνει καί τό ηλεκτρικό ρεύμα.

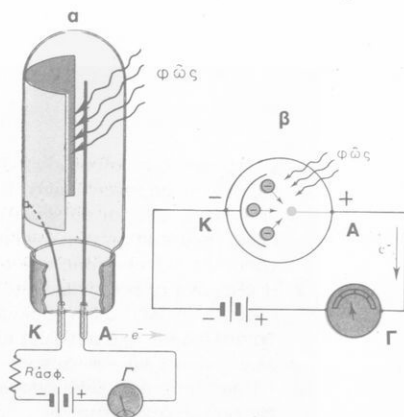
IV. ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΑ

Τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο βρίσκει έφαρμογές στά φωτοκύτταρα.

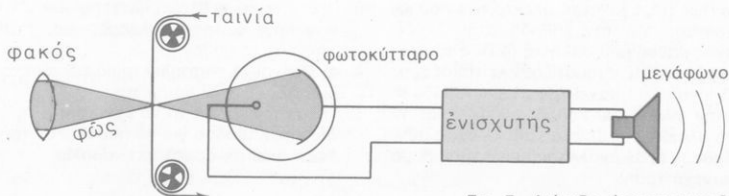
Ο άερόκενος σωλήνας μέ τήν κυλινδρική κάθοδο καί τή ραβδόμορφη άνοδο, πού περι-



Σχ. 5. Κίνηση τής δέσμης τού καθοδικού σωλήνα τηλεόρασεως (σάρωση)



Σχ. 6. (α) Φωτοκύτταρο καί συνδεσμολογία του. (β) Συμβολική παράσταση φωτοκυττάρου



Σχ. 7. Διάταξη άναπαραγωγής τού ήχου στόν 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 μέ τό φώς, ενώ τά άλλα πρέπει νά «φωτιστούν» μέ υπεριώδεις ακτίνες.
3. Τά φωτοκύτταρα είναι αερόκενοι σωλήνες πού λειτουργούν 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. Τι κίνηση θά κάνει ή φωτεινή κηλίδα Φ στην οθόνη του καθοδικού σωλήνα, άν τά πλακίδια οριζόντιας αποκλίσεως συνδεθούν α) μέ εναλλασσόμενη τάση β) μέ συνεχή τάση;
3. Πώς κινείται ή δέσμη ηλεκτρονίων στον καθοδικό σωλήνα τηλεόρασης, όταν σαρώνει την οθόνη;
4. α) Τι είναι τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο; β) Ποιοί είναι οι νόμοι του;
5. Τι επίστροψη πρέπει νά έχει τό ηλεκτρόδιο της καθόδου γιά νά παράγει φωτοηλεκτρόνια μέ ορατή ακτινοβολία;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ: ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΑ

Ι. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο Γάλλος φυσικός Bequerel (Μπεκερέλ) ανακάλυψε τό 1896 ότι τά όρυκτά του ούρανίου έχουν τήν ιδιότητα νά εκπέμπουν συνεχώς μία άόρατη άκτινοβολία, ή όποία μαυρίζει τή φωτογραφική πλάκα, προκαλεί φθορισμό σέ όρισμένα σώματα καί ιονισμό στά άέρια.

Τό φαινόμενο τής έκπομπής άόρατης άκτινοβολίας από διάφορα ύλικά μελετήθηκε στή συνέχεια από τή Μαρία καί τόν Πέτρο Curie, οί όποίοι κατόρθωσαν νά άπομονώσουν ένα στοιχείο - νέο γιά τήν εποχή τους - πού παρουσίαζε έντονη άκτινοβολία. Τό στοιχείο αυτό τό όνόμασαν **ράδιο** καί τό φαινόμενο **ραδιενέργεια**. Άρα:

Ραδιενέργεια όνομάζεται τό φαινόμενο τής έκπομπής άόρατης άκτινοβολίας από όρισμένα στοιχεία, πού όνομάζονται **ραδιενεργά στοιχεία**.

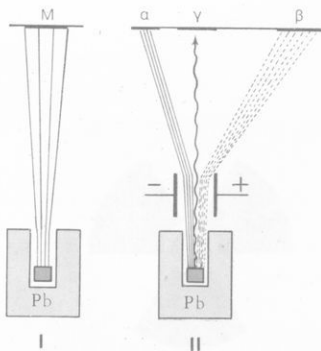
Η έκπομπή τής άκτινοβολίας (ραδιενέργεια) όρισμένων στοιχείων όφείλεται στήν άστάθεια πού έχουν οί πυρήνες τους, μέ άποτέλεσμα νά παθαίνουν **αύτόματα** μία μικρή διάσπαση. Συνέπεια τής διασπάσεως είναι ή έκπομπή μικρών σωματιδίων καί συγχρόνως ηλεκτρομαγνητικής άκτινοβολίας μεγάλης συχνότητας (μικρού μήκους κύματος).

ΙΙ. ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

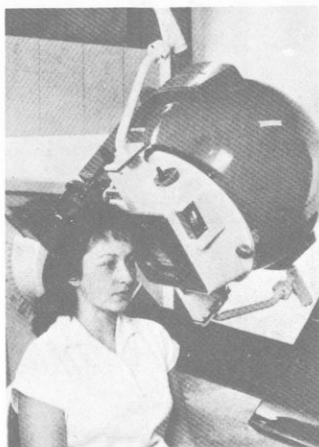
Σέ κομμάτι μολύβδου άνοίγουμε μία στενόμακρη κοιλότητα καί στό βάθος της τοποθετούμε μικρή ποσότητα ραδιενεργών ύλικών (Σχ. 2). Κατόπιν τοποθετούμε μία φωτογραφική πλάκα πάνω από τό δοχείο καί παρατηρούμε ότι σχηματίζεται μία μελανή κηλίδα Μ. Άν όμως ή άκτινοβολία περάσει μέσα από ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο, ή φωτογραφική πλάκα μαυρίζει σέ τρεις περιοχές α, β καί γ. Άπό τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι ή άκτινοβολία των ραδιενεργών στοιχείων περιλαμβάνει τ ρ ι α ε ὶ δ η



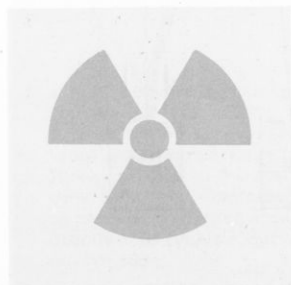
Σχ. 1. Μαρία καί Πέτρος Curie



Σχ. 2. Διαχωρισμός των άκτινων 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 τους 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). Επίσης 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 έκτοξεύονται 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 ευθύγραμμα όταν κινούνται έξω από μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο, εκτρέπονται από τήν εύθεια πορεία με μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο, μαυρίζουν τή φωτογραφική πλάκα, προκαλούν ιονισμό στά αέρια και έχουν μικρή διεισδυτική ικανότητα.

Οι **ακτίνες γ** είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με πολύ μεγάλη συχνότητα, μεγαλύτερη από τή συχνότητα των ακτίνων Röntgen που χρησιμοποιούνται συνήθως στήν Ιατρική. Έχουν τίσ ίδιες ιδιότητες με τίσ ακτίνες Röntgen. Διαδίδονται ευθύγραμμα, προκαλούν φθορισμό σε φθορίζουσες ουσίες, προσβάλλουν τή φωτογραφική πλάκα, δέν εκτρέπονται από ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, έχουν μεγάλη διεισδυτική ικανότητα, προκαλούν ιονισμό στά αέρια και αλλοιώσεις στά κύτταρα των οργάνων.

Πρέπει νά σημειώσουμε ότι δέν εκπέμπουν τίσ 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 στή φυσική τους κατάσταση δέν 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 τά πιό 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 μέ σωματίδια, όπως νετρόνια, ηλεκτρόνια, πρωτόνια κ.ά. πού έχουν μεγάλες ταχύτητες (π.χ. ο ραδιοάνθρακας προέρχεται από τό άζωτο μέ άπορρόφηση ενός νετρονίου). Μεγάλες ποσότητες ραδιοϊσοτόπων παρασκευάζονται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες.

Χρήσεις. Τά ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται στην Ίατρική, Βιολογία, Χημεία, Αρχαιολογία 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 άκτινοβολίες, όπως και οί άκτινες Röntgen, περνώντας από τόν οργανισμό του ανθρώπου ή των ζώων προκαλούν χημικές αντιδράσεις, ιονισμό στά μόρια των κυττάρων και έγκαύματα, τά όποία είναι δυνατό νά φέρουν και τό θάνατο. Για τό λόγο αυτό πρέπει νά λαμβάνονται κάθε φορά τά άπαραίτητα προστατευτικά μέτρα.

Οί άκτινες α και β έχουν μικρή διεισδυτική ικανότητα γι' αυτό ή δράση τους περιορίζεται κυρίως στό δέρμα.

Οί άκτινες γ, όπως και οί άκτινες 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 μέ άποτέλεσμα νά εμφανιστούν στους άπογόνους νέα χαρακτηριστικά (**μετάλλαξη**).

Όταν όμως κάνουμε λογισμένη χρήση των άκτινων 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 ακτίνες γ (ήλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 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 μή ραδιενεργά στοιχεία μέ τήν επίδραση διαφόρων σωματιδίων (ήλεκτρονίων, πρωτονίων, νετρονίων κτλ.).
3. Οί πυρηνικές ακτινοβολίες (κυρίως οί ακτίνες γ) προκαλούν αλλοιώσεις στά κύτταρα, πού μπορούν νά προξενήσουν βλάβες στόν όργανισμό. Τά άρρωστα κύτταρα καταστρέφονται γρηγορότερα από τά ύγιή καί γι' αυτό οί πυρηνικές ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται στή θεραπεία όρισμένων παθήσεων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι ραδιενέργεια;
2. Ποιά είναι ή φύση τών ακτίνων πού εκπέμπονται από φυσικά ραδιενεργά στοιχεία;
3. α) Τι ιδιότητες έχουν οί ακτίνες α καί β; β) Τι ιδιότητες έχουν οί ακτίνες γ;
4. Τι είναι τά ραδιοϊσότοπα καί πού χρησιμοποιούνται;
5. Τι μπορούν νά προξενήσουν οί ακτίνες γ στόν όργανισμό;
6. Πώς παράγονται τά ραδιοϊσότοπα;

ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1. ΣΧΑΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

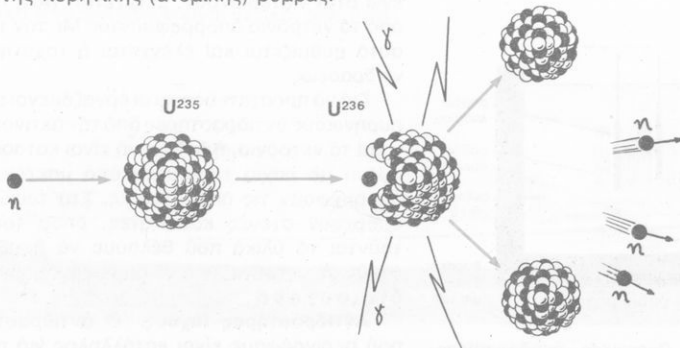
Τό φυσικό ούράνιο αποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, τό ${}_{92}\text{U}^{238}$ καί τό ${}_{92}\text{U}^{235}$. Από τά δύο αυτά ισότοπα τό U^{238} είναι τό κύριο συστατικό του φυσικού ούρανίου καί μόλις 0,7% του φυσικού ούρανίου είναι U^{235} .

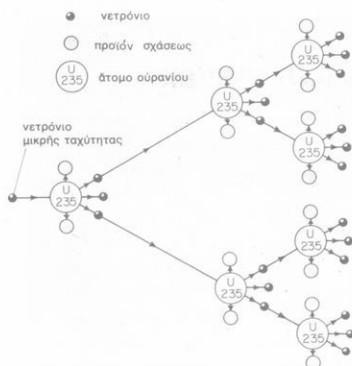
Τό U^{235} έχει μία σπουδαία ιδιότητα. Όταν βομβαρδίζεται μέ νετρόνια, οί πυρήνες του κόβονται περίπου στη μέση καί σχηματίζονται δύο μικρότεροι πυρήνες, ενώ συγχρόνως εκπέμπονται νετρόνια καί ακτίνες γ (Σχ. 1).

Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **σχάση** (σχάζω = σκάζω, σχίζω).

Τά κομμάτια (θραύσματα) πού προκύπτουν από τή σχάση (πυρήνες, νετρόνια) κινούνται μέ μεγάλες ταχύτητες, δηλ. έχουν μεγάλες κινητικές ενέργειες. Η κινητική ενέργεια αυτών των θραυσμάτων μαζί μέ τήν ενέργεια των ακτίνων γ αποτελεί τήν **πυρηνική ενέργεια** πού ελευθερώνεται κατά τή σχάση. Η ενέργεια αυτή τελικά μετατρέπεται σέ **θερμότητα**.

Η πυρηνική ενέργεια πού παράγεται μέ τή σχάση ενός πυρήνα U^{235} είναι εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από τή χημική ενέργεια πού παράγεται κατά τή χημική ένωση ενός ατόμου μέ άτομα άλλου στοιχείου. Στην τεράστια αυτή πυρηνική ενέργεια οφείλεται ή καταστροφική δύναμη τής πυρηνικής (ατομικής) βόμβας.

Σχ. 1. Σχάση του πυρήνα του U^{235}



Σχ. 2. Άλυσιδωτή αντίδραση

II. ΑΛΥΣΙΔΩΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Τά νετρόνια πού ελευθερώνονται από τή σχάση των πυρήνων U^{235} είναι δυνατόν – όταν ή μάζα του ουρανίου είναι αρκετή – νά προκαλέσουν τή σχάση νέων πυρήνων U^{235} .

Μέ τόν τρόπο αυτό οί πυρηνικές αντίδρασεις, δηλ. οί σχάσεις, συνεχίζονται ή μία μετά τήν άλλη χωρίς διακοπή. Μία τέτοια αυτοσυντηρούμενη σειρά αντιδράσεων ονομάζεται **άλυσιδωτή αντίδραση** (Σχ. 2).

Όταν άρχισι μία άλυσιδωτή αντίδραση, συνεχίζεται μέ όλοένα αύξανόμενο ρυθμό καί τελικά οδηγει σέ έκρηξη όλόκληρης τής μάζας του U^{235} (πυρηνική βόμβα). Μέ κατάλληλα όμως υλικά (π.χ. κάδμιο) μπορούμε νά ελέγχουμε τήν άλυσιδωτή αντίδραση καί αυτό τό εφαρμόζουμε στούς πυρηνικούς αντιδραστήρες.

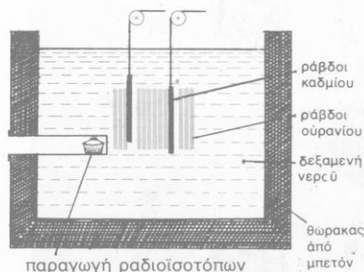
III. ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Οί πυρηνικοί αντιδραστήρες χρησιμεύουν στήν έκμετάλλευση τής πυρηνικής ενέργειας γιά ειρηνικούς σκοπούς. Ό πυρηνικός αντιδραστήρας του Κέντρου Πυρηνικών Έρευνών «Δημόκριτος» είναι μία μεγάλη δεξαμενή γεμάτη μέ νερό (Σχ. 3). Μέσα στό νερό είναι βυθισμένο τό σχάσιμο υλικό (U^{235}) καί ανάμεσα στίς πλάκες του ουρανίου υπάρχουν οί **ράβδοι έλέγχου**.

Οί **ράβδοι έλέγχου** είναι κατασκευασμένες από κάδμιο, ένα στοιχείο πού έχει τήν ιδιότητα νά άπορροφάει νετρόνια. Όταν ανεβαίνουν οί ράβδοι, αύξάνεται ή ταχύτητα αντιδράσεως, ένώ όταν κατεβαίνουν, μειώνεται, γιατί πολλά από τά νετρόνια άπορροφούνται. Μέ τόν τρόπο αυτό ρυθμίζεται καί ελέγχεται ή ταχύτητα αντίδράσεως.

Γιά νά προστατεύονται οί εργαζόμενοι στούς πυρηνικούς αντιδραστήρες από τήν άκτινοβολία γ καί τά νετρόνια, ή δεξαμενή είναι κατασκευασμένη μέ παχιά τοιχώματα από μπετόν, πού άπορροφούν τίς άκτινοβολίες. Στά τοιχώματα υπάρχουν στενές κοιλότητες, όπου τοποθετούνται τά υλικά πού θέλουμε νά βομβαρδιστούν μέ νετρόνια, γιά νά δημιουργήσουν ραδιοϊσότοπα.

Αντιδραστήρας ισχύος. Ό αντιδραστήρας πού περιγράψαμε είναι κατάλληλος γιά πειραματικούς μόνο σκοπούς καί γιά τήν παραγωγή



Σχ. 3. Πυρηνικός αντιδραστήρας (άρχή)

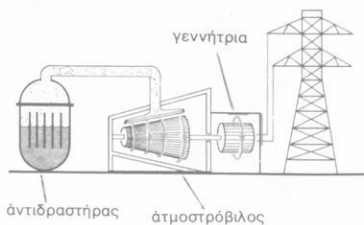
ραδιοϊσοτόπων. "Όταν θέλουμε να μετατρέψουμε την πυρηνική ενέργεια σε μηχανική ή ηλεκτρική, τότε χρησιμοποιούμε τους αντιδραστήρες ισχύος που παρουσιάζουν όρισμένες διαφορές από τους πειραματικούς πυρηνικούς αντιδραστήρες (Σχ. 4).

Η χρήση του πυρηνικού αντιδραστήρα, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, έδωσε αρχικά στους ανθρώπους την εντύπωση ότι θα έλυσε κατά κάποιο τρόπο τό ενεργειακό πρόβλημα. Οι δαπάνες όμως εγκαταστάσεως των αντιδραστήρων, τά έξοδα εξορύξεως καί επεξεργασίας του ουρανίου καί ή μόλυνση του περιβάλλοντος από τά ραδιενεργά κατάλοιπα έκαναν τούς ανθρώπους έπιφυλακτικούς στη χρήση τής πυρηνικής ενέργειας.

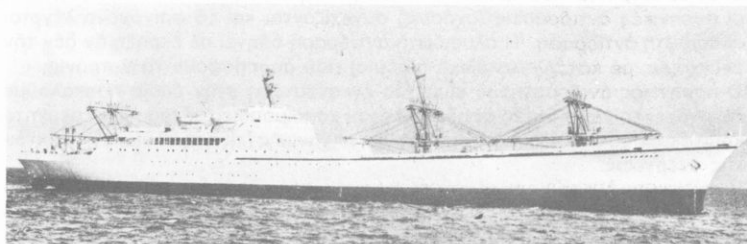
IV. ΣΥΝΤΗΞΗ ΕΛΑΦΡΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

Στίς προηγούμενες πυρηνικές μεταβολές (άντιδράσεις), όπως ή έκπομπή σωματιδίων α από ραδιενεργούς πυρήνες καί ή σχάση του U^{235} , ό πυρήνας πού παθαίνει τή μεταβολή διασπάζεται σε μικρότερα σωματίδια. Είναι όμως δυνατό νά συμβεί καί τό αντίθετο. Δηλ. δύο ή περισσότεροι έλαφροί πυρήνες μπορεί νά συννωθούν καί νά αποτελέσουν ένα βαρύτερο πυρήνα (Σχ. 6). Τό φαινόμενο αυτό όνομάζεται **σύντηξη**.

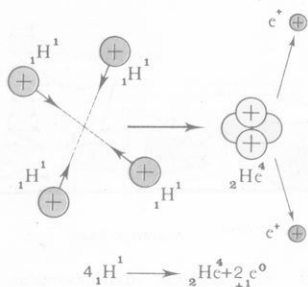
"Όταν τέσσερις πυρήνες ύδρογόνου συντήκονται, παράγεται ένας πυρήνας ήλίου καί δύο θετικά σωματίδια πού λέγονται **ποζιτρόνια**. (Τά ποζιτρόνια έχουν τήν ίδια μάζα μέ τά ηλεκτρόνια, αλλά τό φορτίο τους είναι θετικό, δηλ. αντί-



Σχ. 4. Πυρηνικός αντιδραστήρας ισχύος καί ατμοηλεκτρικός σταθμός



Σχ. 5. Τό πρώτο πυρηνοκίνητο εμπορικό πλοίο «Savanna». (Σαβάννα)



Σχ. 6. Σύντηξη πυρήνων υδρογόνου

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς γίνεται η σχάση του U^{235} και ποιά είναι τὰ προϊόντα της;
2. Μέ ποιά μορφή φανερώνεται η πυρηνική ενέργεια κατά τή σχάση του ούρανίου και σέ τί μετατρέπεται τελικά;
3. Τί είναι ή άλυσιδωτή αντίδραση και πώς ελέγχεται;
4. Τί κάνουμε γιά νά αύξησουμε τήν ταχύτητα αντίδρασεως σέ έναν πυρηνικό αντίδραστήρα;
5. α) Τί είναι ή σύντηξη πυρήνων; β) Τί παράγεται κατά τή σύντηξη τεσσάρων πυρήνων υδρογόνου;
6. Πώς εξηγείται ή άνεξάντλητη παραγωγή ενέργειας από τόν Ήλιο;

θετο πρὸς τό φορτίο τῶν ἠλεκτρονίων). Ἡ ἐνέργεια πού ἐλευθερώνεται ἀπό τή σύντηξη τεσσάρων πυρήνων υδρογόνου (πυρηνική ἐνέργεια) εἶναι παραπλήσια πρὸς τήν ἐνέργεια πού παράγεται ἀπό τή σχάση ενός πυρήνα ούρανίου, εἶναι δηλ. ἑκατομμύρια φορές μεγαλύτερη ἀπό τήν ἀντίστοιχη χημική ἐνέργεια πού παράγεται ὅταν καίγεται τό ὑδρογόνο.

Βόμβα υδρογόνου. Στή βόμβα υδρογόνου παράγεται ἐνέργεια μέ σύντηξη πυρήνων υδρογόνου. Γιά νά γίνει ὁμως ή σύντηξη αὐτή χρειάζεται πολὺ ὑψηλή θερμοκρασία (10000000 °C περίπου), ή ὁποία δημιουργεῖται μέ ἔκρηξη μιᾶς μικρῆς πυρηνικῆς βόμβας. Ἡ πυρηνική βόμβα τότε ἐνεργεῖ σάν καψοῦλι τῆς βόμβας υδρογόνου.

Ἡλιακή ἐνέργεια. Ἡ ἀνεξάντλητη ἐνέργεια πού ἀκτινοβολεῖ διαρκῶς ὁ Ήλιος καθῶς καί ή ἐνέργεια τῶν ἀστεριῶν ὀφείλεται σέ συντήξεις πυρήνων υδρογόνου. Ἡ μάζα τοῦ Ήλιου εἶναι, κατά τό μεγαλύτερο μέρος της, υδρογόνο καί ὑπολογίζεται ὅτι τό ὑδρογόνο αὐτό εἶναι ἀρκετό γιά νά κρατήσει τόν Ήλιο πυρακτωμένο γιά 1000000000 χρόνια ἀκόμη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οἱ πυρήνες τῶν ἀτόμων τοῦ ούρανίου $235\ (U^{235})$ ἔχουν τήν ἰδιότητα νά σχίζονται περίπου στή μέση, ὅταν βομβαρδίζονται μέ νετρόνια. Τό φαινόμενο αὐτό λέγεται σχάση.
2. Ὄταν τά νετρόνια πού προκύπτουν ἀπό μία σχάση προκαλοῦν ἄλλες σχάσεις, οἱ πυρηνικές ἀντιδράσεις (σχάσεις) συνεχίζονται καί τό φαινόμενο λέγεται ἀλυσιδωτή ἀντίδραση. Ἡ ἀλυσιδωτή ἀντίδραση ὁδηγεῖ σέ ἔκρηξη ἂν δέν τήν ἐλέγχουμε μέ κατάλληλα ὑλικά (κάδμιο) πού ἀπορροφοῦν τά νετρόνια.
3. Ὁ πυρηνικός ἀνιδραστήρας εἶναι μία ἐγκατάσταση στήν ὁποία προκαλοῦμε ἐλεγχόμενες ἀλυσιδωτές ἀντιδράσεις καί χρησιμοποιεῖται τόσο γιά ἐρευνητικούς σκοποὺς ὅσο καί γιά τήν παραγωγή μηχανικῆς (κίνηση πλοίων) ἢ ηλεκτρικῆς ἐνέργειας.
4. Ἡ συνένωση ἐλαφρῶν πυρήνων σέ ἓνα μεγαλύτερο πυρήνα ὀνομάζεται σύντηξη. Κατά τή σύντηξη πυρήνων υδρογόνου παράγεται ἥλιο καί ἐλευθερώνεται πολλή ἐνέργεια (πυρηνική ἐνέργεια). Σύντηξη πυρήνων υδρογόνου συμβαίνει στίς βόμβες υδρογόνου καί στόν Ήλιο.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

(Όσα από τὰ προβλήματα έχουν στὸν αὐ-
ξοντα ἀριθμὸ τους ἓναν ἀστερίσκο – π.χ. 2η
ἐνότητα 1* πρόβλημα – λύνονται ὑποδειγ-
ματικά στὸ τέλος τῶν ἀπαντήσεων).

1η ΕΝΟΤΗΤΑ

1. $\gamma = 6 \text{ m/sec}^2$
- 2*. $u_2 = 23 \text{ m/sec}$
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. $\omega = \frac{\pi \text{ rad}}{30 \text{ sec}}$, $u = \frac{\pi \text{ cm}}{30 \text{ sec}}$
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. $l \approx 1,01\text{m}$

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. $6,6 \text{ } \delta\rho\chi.$

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*. $U_{\text{EM}} = 3 \text{ V}$
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. $i_{\text{EV}} = 0,4 \text{ A}$
3. $U_{\text{EV}} = 220 \text{ V}, i_{\text{EV}} = 2 \text{ A}$
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. $m_{\text{H}} = 0,6 \text{ mgr}, V_{\text{H}} = 6,6 \text{ cm}^3$
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
$\gamma = 10 \text{ m/sec}^2$	$u_2 = ?$
$u_1 = 3 \text{ m/sec}$	
$\Delta t = 2 \text{ sec}$	

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 τὰ μεγέθη με τὶς γνωστές τιμές καὶ 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. Τὸ σῶμα μετὰ 2 sec θὰ ἔχει ταχύτητα

$$u_2 = 23 \text{ m/sec}$$

2η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$\gamma = 5 \text{ m/sec}^2$	$u = ?$
$t = 4 \text{ sec}$	$s = ?$

Λύση: Ξέρουμε ὅτι ἡ ταχύτητα δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο $u = \gamma t$. Αντικαθιστούμε τὰ γνωστά ὁπότε ἔχουμε:

$$u = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 4 \text{ sec} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Ἐπίσης ξέρουμε ὅτι τὸ διάστημα s δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο

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

Ἐπομένως:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot (4 \text{ sec})^2 = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \cdot 16 \text{ sec}^2 = 40 \text{ m} \end{aligned}$$

Απάντηση: Τὸ αὐτοκίνητο μετὰ 4 sec θὰ ἔχει ταχύτητα

$$u = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

καὶ θὰ ἀπέχει ἀπὸ τὴν ἀφετηρία ἀπόσταση

$$s = 40 \text{ m}.$$

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
---------------	----------------

$m = 2 \text{ Kgr}$	$F_k = ;$
$R = 0,5 \text{ m}$	
$u = 3 \text{ m/sec}$	

Λύση. Η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται στο σώμα δίνεται από τη σχέση:

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

Αντικαθιστούμε και έχουμε:

$$F_k = 2 \text{ Kgr} \cdot \frac{(3\text{m/sec})^2}{0,5 \text{ m}} =$$

$$= 2 \text{ Kgr} \cdot \frac{9\text{m}^2/\text{sec}^2}{0,5 \text{ m}} =$$

$$= 36 \text{ Kgr} \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} = 36 \text{ N}$$

(Στήν ένότητα 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
---------------	----------------

$Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Cb}$	$F = ;$
$Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}$	$F' = ;$
$r = 2 \text{ cm}$	

Λύση. Γνωρίζουμε ότι η δύναμη μεταξύ δύο φορτίων Q_1 και Q_2 δίνεται από τον τύπο:

$$F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad (1)$$

όπου $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Cb}^2$ και r η 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 τό 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
---------------	----------------

$i = 0,5 \text{ A}$ $t = 6 \text{ min} =$ $= 6 \cdot 60 \text{ sec} = 360 \text{ sec}$	$q = ?$
----------------------------------------------------------------------------------------------	---------

Λύση. Γνωρίζουμε ότι τό φορτίο συνδέεται με την ένταση και τό χρόνο με τη σχέση

$$q = it$$

Αντικαθιστούμε τά 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 $q = 180 \text{ Cb}$ σε 6 min .

33η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
---------------	----------------

$l = 10 \text{ cm}$ $i = 2,5 \text{ A}$ $B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla}$	$F = ?$
-----------------------------------------------------------------------------------	---------

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, τό μήκος l σε μέτρα και η ένταση B τού μαγν. πεδίου σε Tesla (μονάδες στό σύστημα S.I.). Πρέπει λοιπόν να εκφράσουμε τό μήκος l τού άγωγού 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 άγωγό άσκειται δύναμη

$$F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

36η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη | Άγνωστα μεγέθη

$$n = 300 \text{ σπειρες}$$

$$\Delta\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ sec}$$

$$U_{\text{επαγ}} = ;$$

Λύση. Η επαγωγική τάση $U_{\text{επαγ}}$ 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:

$$U_{\text{επαγ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$$

Αντικαθιστούμε τα γνωστά μας, μεγέθη όποτε προκύπτει:

$$U_{\text{επαγ}} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}}{0,2 \text{ sec}} \cdot 300 = 3 \cdot \frac{\text{Weber}}{\text{sec}} \iff$$

$$U_{\text{επαγ}} = 3\text{V} \text{ (Είναι γνωστό ότι } 1\text{V} = 1 \text{ Weber}/1 \text{ sec)}$$

ή, αφού όλες οι μονάδες των μεγεθών είναι στο σύστημα S.I., η τάση θά μετριέται σε Volt).

Απάντηση. Στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται τάση

$$U_{\text{επαγ}} = 3 \text{ V}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SI

Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο	Έξισωση ορισμού	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	ϵ	$\epsilon = F/q$	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 άγωγού	R	$R = U/i$	1 Ohm = 1 Volt/Amp.
Ειδ. άντιστ. άγωγού	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 ΙΙ
ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ
Επιτάχυνση βαρύτητας (45° πλάτος, 0 m ύψος)	g	9,81 m/sec ²
Σταθερά παγκόσμιας έλξεως	k	6,67·10 ⁻¹¹ N·m ² /Kgr ²
Φορτίο ηλεκτρονίου (στοιχειώδες ηλεκ. φορτίο)	e	1,6·10 ⁻¹⁹ Cb
Μάζα ηλεκτρονίου	m_e	9,1·10 ⁻³¹ Kgr
Μάζα πρωτονίου	m_p	1,672·10 ⁻²⁷ Kgr
Μάζα νετρονίου	m_n	1,674·10 ⁻²⁷ Kgr
Ταχύτητα φωτός στο κενό	c	3·10 ⁸ m/sec
Ταχύτητα ήχου στον άέρα (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

Άγωγιμότητα 85
 άγωγιμότητα αερίων 171
 άγωγιμότητα ηλεκτρολυτών 171
 άγωγιμότητα ήμιαγωγών 171
 άγωγιμότητα μετάλλων 85
 άγωγοί 85
 άδράνεια 27
 άεριωθούμενα άεροπλάνα 42
 αίωρητής 52
 άκουστικό 167
 άκουστότητα 67
 άκτίνες α,β,γ 202
 άκτίνες ράιντγκεν 195
 άκτίνο (μονάδα) 20
 άλυσιδωτή αντίδραση 206
 άμπερ (μονάδα) 91, 184
 άμπερόμετρο 91, 101
 άμπερώρα (μονάδα) 188
 άνάκρουση όπλου 41
 άνόρθωση 174
 άνηχείο 71
 αντίδραση δυνάμεως 30
 αντίδραστήρας 203, 206
 αντίσταση άγωγού 95, 96, 98
 άντιστάτης 95
 άσφάλεια (ήλεκτρ.) 88
 άτομικός άριθμός 81
 άτομο 80
 αύτεπαγωγή 148
 αύτοτελής άγωγιμότητα 190

B

Βάρος 32
 βάτ (μονάδα) 106
 βέμπερ (μονάδα) 136
 βόλτ (μονάδα) 92
 βολτόμετρο 93, 102
 βόμβα ύδρογόνου 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 φυγόκεντρικός 37
 διεγέρτης 46
 δίπολο μαγνητικό 125
 δράση - αντίδραση 30
 δύναμη ήλεκτρική 77, 82, 113
 δύναμη κεντρομόλος 35
 δύναμη Laplace 129
 δύναμη μαγνητική 113, 129
 δύναμη πυρηνική 82
 δύναμη φυγόκεντρη 36
 δύνη (μονάδα) 25

E

Έγκάρσια κύματα 58
έκκένωση αίγλης 192
έκκένωση σπινθήρα 191
έκκένωση τόξου 192
έκκρεμές απλό 49
έκκρεμές φυσικό 49
εναλλασσόμενο 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
έπαγωγή 137
έπαγωγική αντίσταση 150
έπαγωγικό πηνίο 143
έπιβατική άκτια 20
έπιβράδυνση 8
έπιμετάλλωση 183
έπιτάχυνση 7
έπιτάχυνση βαρύτητας 15
έσωτερική αντίσταση 110

H

Ήλεκτρεγερτική δύναμη 110
ηλεκτρικά έργοστάσια 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
ηλεκτρομαγνητής 112
ηλεκτρομαγνητικό κύμα 163
ηλεκτρομαγνητικός γερανός 117
ηλεκτρόνιο 80, 127

ηλεκτρονόμος 117
ηλεκτροπληξία 160
ηλεκτροσκόπιο 73
ηλεκτροστατικές γεννήτριες 76
ηλεκτροχημεία 184
ήλιακή ενέργεια 208
ήλιακή στήλη 175
ήμιαγωγοί 171
ήχητικά κύματα 63
ήχητικοί σωλήνες 70
ήχογονες πηγές 69
ήχος 62

Θ

Θαλής 73
θεμελιώδης νόμος τής Μηχανικής 24
θεμελιώδης τύπος τής κυματικής 60
θερμαντικό σώμα 108
θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων 192
θερμοηλεκτρικό φαινόμενο 176
θερμοσίφωνα 109
θερμοστοιχείο 176
θερμότητα Τζάουλ 104
θόρυβος 66

I

Ίσοτοπα 82
ισχύς ηλεκτρ. ρεύματος 106
ισχύς έναλλασ. ρεύμ. 147

K

Καθοδικός σωλήνας 197
κεντρομόλος δύναμη 35
κεντρομόλος έπιτάχυνση 20
κιλοβατώρα 106
κιλοπόντ 25
Κιουρί 201
Κουλόμπ (μονάδα) 73, 91
κρότος 66
κρυσταλλοδιόδος 174
κρυσταλλοτριόδος 175
κυκλική κίνηση 18
κύμα 54
κύματα έγκάρσια 58
κύματα διαμήκη 59
κύματα ήχητικά 63
κύματα ηλεκτρομαγνητικά 163
κυματομορφή ήχου 66

Λ

Λαμπτήρες αίγλης 192
λαμπτήρες πυρακτώσεως 109

M

Μαγνήτες 111
 μαγνητικά υλικά 112
 μαγνητική γραμμή 120
 μαγνητική δύναμη 113, 129
 μαγνητική ροή 136
 μαγνητικό δίπολο 125
 μαγνητικό πεδίο 119
 μαγνητικό πεδίο γής 123
 μαγνητικό πεδίο εύθ. άγωγού 123
 μαγνητικό πεδίο (όμογενές) 121, 131
 μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς 122
 μαγνητικό φάσμα 120
 μαγνητικοί πόλοι 113
 μαγνήτιση 126
 μαζικός αριθμός 81
 μεγάφωνο 168
 μέση ισχύς 147
 μεταβαλλόμενη κίνηση 6
 μεταβλητή αντίσταση 98
 μετασχηματιστής 152
 μήκος κύματος 60
 μικρόφωνο 167
 μονωτές 85
 μπαταρία 187

N

Νετρόνιο 80
 Νιούτον (μονάδα) 25
 νόμοι έκκρεμους 50
 νόμος έπαγωγής 139
 νόμος ηλεκτρολύσεως 182
 νόμος Κουλόμπ 77
 νόμος Laplace 130
 νόμος Νεύτωνα 24
 νόμος παγκόσμιας έλξεως 33
 νόμος Τζάουλ 105
 νόμος Ωμ 95

O

Όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση 6
 όμαλά μεταβαλ. κίνηση (νόμοι) 10
 όμοαξωνικό καλώδιο 151
 όρμη 39

Π

Πεδίο ηλεκτρικό 77
 πεδίο μαγνητικό 119
 πεδίο όμογενές 78, 121, 131
 περιοδικά φαινόμενα 44
 περίοδος έκκρεμους 52

περίοδος ήχου 64
 περίοδος κυκλ. κινήσεως 18
 περίοδος κύματος 55
 περίοδος ταλαντώσεως 45
 πηγές ηλεκτρικές 87
 πηγές ήχογόνες 69
 πηνίο 112, 124
 πλάτος έκκρεμους 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 των σωμάτων 14
 πυκνωτής 78
 πυξίδα 115
 πύραυλος 42
 πυρήνας (ατόμου) 80
 πυρήνας (ηλεκτρομαγνητή) 112
 πυρηνική αντίδραση 206
 πυρηνική δύναμη 82
 πυρηνική ενέργεια 205
 πυρηνικός αντιδραστήρας 203, 206

P

Ραδιενέργεια 201
 ράδιο 201
 ραδιοϊσότοπα 202
 Ράιντγκεν 195
 ράντ (μονάδα) 20
 ροοστάτης 99
 ρώτορας 134

Σ

Σάρωση 198
 στάτορας 134
 στιγμιαία τάση 145
 στιγμιότυπο κύματος 55
 στοιχειώδεις μαγνήτες 125
 στροβιλισμός ηλεκτρονίου 127
 συλλέκτης 134
 σύνδεση αντίστάσεων 100
 συνεχής τάση 145
 σύντηξη 207
 συντονισμός 47
 συσσωρευτής 187
 συχνότητα έκκρεμους 50
 συχνότητα ήχου 64

συχνότητα κυκλ. κινήσεως 18
συχνότητα κύματος 55
συχνότητα ταλαντώσεως 45
σχάση 205
σωληνοειδές 122, 124

Ω

Ωμ (μονάδα) 95
ωμική αντίσταση 150

T

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 εργοστάσια 157
υπέρηχοι 68
υπόηχοι 68
υψίσυχνα ρεύματα 163, 164
ύψος ήχου 67

Φ

φαρναταίου (νόμος) 182
φίλτρα 151
φθόγγος (ήχου) 66
φορείς ηλεκτρισμού 171
φυγόκεντρο δύναμη 36
φυγόκεντρικός διαχωριστήρας 37
φυσικό έκκρεμές 49
Φών (μονάδα) 67
φωτοηλεκτρικό φαινόμενο 199
φωτοκύτταρα 199
φωτόμετρο 175
φωτοστήλη 175
φωτοστοιχείο 175

X

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 και πυρηνική, Κ.Δ. Άλεξοπούλου 1956
- Γενική Φυσική Θερμότητα: Κ.Δ. Άλεξοπούλου, 1962
- Φυσική: Τόμος πρώτος (Μηχ.-Άκουστ.-Θερμ.),
Κ.Δ. Άλεξοπούλου - Δ.Ι. Μαρίνου, 1971
- Φυσική: Τόμος δεύτερος (Όπτ.-Ήλεκ.-Πυρην.)
Κ.Δ. Άλεξοπούλου - Δ.Ι. Μαρίνου 1976
- Φυσική: Μηχανική - Άκουστική, 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 και 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 – Εξαναγκασμένη 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	»	Ήχογονες πηγές – Άητηση	»	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ' ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

17η	»	Ηλεκτρικά φορτία – Ηλεκτρισση – 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 – ΗΕΔ 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 – Ταχόμετρο (Έφαρμογές του φαινομένου τής έπαγωγής)	»	140
38η	»	Έναλλασσόμενο ρεύμα – Ένεργός ένταση καί τάση – Ίσχύς	»	144
39η	»	Αύτεπαγωγή – Έπαγωγική αντίσταση πηνίου	»	148
40η	»	Μετασχηματιστές – Μεταφορά τής 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 τών ήμιαγωγών – Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο	»	174
46η	»	Ήλεκτρόλυση	»	178
47η	»	Νόμος τής ηλεκτρολύσεως – Έφαρμογές	»	181
48η	»	Συσσωρευτές – Ήλεκτρικά στοιχεία	»	186
49η	»	Άγωγιμότητα τών αερίων – Θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων	»	190
50η	»	Άκτίνες Röntgen	»	194
51η	»	Καθοδικός σωλήνας – Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	»	197

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ' ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η	»	Ραδιένέργεια – Ραδιοϊσότοπα	»	201
53η	»	Πυρηνικός αντίδραστήρας – Ήλιακή ένέργεια	»	205

Εξώφυλλο καί καινούριες μακέτες : ΝΙΚΗ ΑΡΧΟΝΤΙΔΟΥ

«Τά αντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τό κάτωθι βιβλιόσημο γιά ἀπόδειξη τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

Ἄντίτυπο στερούμενο τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπο. Ὁ διαθέτων, πωλῶν ἢ χρησιμοποιῶν αὐτό διώκεται κατά τίς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ Νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἐφ. Κυβ. 1946, Α' 108).



024000030038

ΕΚΔΟΣΗ Γ' 1981 - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 150.000 - ΣΥΜΒΑΣΗ 3467/17.9.80

ΕΚΤΥΠΩΣΗ: ΑΘΗΝΑΪΚΗ ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΔΑΝ. ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ
ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Δ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

