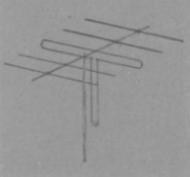


A. ΖΕΝΑΚΟΣ
N. ΛΕΚΑΤΗΣ
A. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ
1980

19846

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
Βιβλιοθήκη
Εισαγ. 19846

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
Βιβλιοθήκη
αρ. εισαγ. 19846
ταξ. αρ.

Α. ΖΕΝΑΚΟΣ
Ν. ΛΕΚΑΤΗΣ
Α. ΣΧΟΙΝΑΣ

ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1979

ΦΥΣΙΚΗ ΕΙΔΩΝΑΣΜΑΤΑ

ΣΟΦΙΑΡΑ
ΔΙΕΘΝΗ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΕΛΛΑΣ ΑΙΓΑΙΟΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: ΜΗΧΑΝΙΚΗ

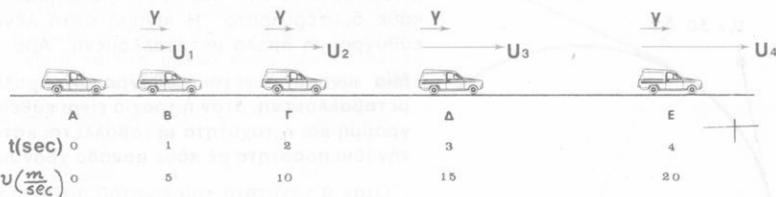
1η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ – ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ – ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

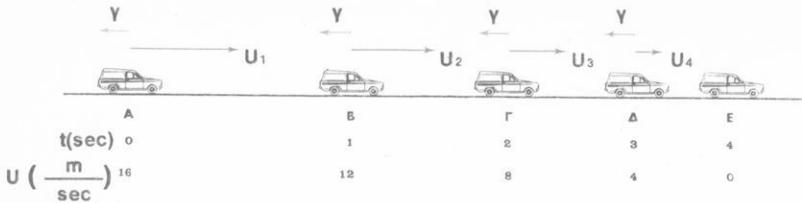
"Όλα τά σώματα τής φύσεως, άπό τά πιό μικρά (μόρια, άτομα, ήλεκτρόνια) ώς τά πιό μεγάλα (πλανήτες, κτλ.) κινοῦνται καί κανένα σώμα δέν ήρεμει. Άναλογα μέ τήν τροχιά πού διαγράφει τό κινητό, διακρίνουμε τίς κινήσεις σέ εύθυγραμμες, κυκλικές καί καμπυλόγραμμες. Άναλογα μέ τήν ταχύτητα τού κινητού, διακρίνουμε τίς κινήσεις σέ δύμαλές καί μεταβαλλόμενες. Στήν εύθυγραμμή δύμαλή κίνηση, όπως γνωρίζουμε, τό κινητό σέ ίσους χρόνους διανύει ίσα διαστήματα καί τό διάνυσμα τής ταχύτητας παραμένει σταθερό.

II. ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

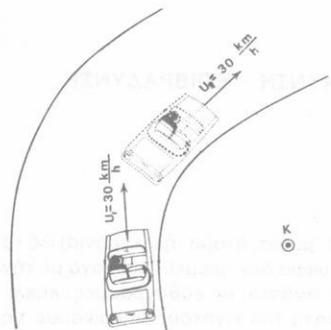


Σχ. 1. Εύθυγραμμή δύμαλή έπιταχυνόμενη κίνηση.

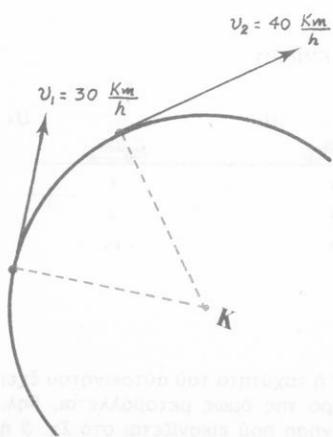
Στίς κινήσεις πού δείχνονται στά Σχ. 1 καί 2 ή ταχύτητα τού αύτοκινήτου έχει πάντοτε τήν ίδια διεύθυνση καί φορά, τό μέτρο της δύμως μεταβάλλεται, δηλ. αυξάνεται (Σχ. 1) ή έλαττώνεται (Σχ. 2). Στήν κίνηση πού εικονίζεται στό Σχ. 3 ή ταχύτητα τού αύτοκινήτου έχει τό ίδιο μέτρο σέ κάθε σημείο τής στροφής, ή διεύθυνσή της δύμως μεταβάλλεται συνεχώς.



Σχ. 2. Εύθυγραμμη όμαλά έπιβραδυνόμενη κίνηση.



Σχ. 3. Κίνηση αὐτοκινήτου σέ στροφή τοῦ δρόμου.



Σχ. 4. Η ταχύτητα άλλαζει μέτρο και διεύθυνση.

Στήν κίνηση πού φαίνεται στό Σχ. 4 μεταβάλλονται τό μέτρο και ή διεύθυνση της ταχύτητας. Οι κινήσεις πού δείχνονται στά Σχ. 1,2,3, και 4 λέγονται μεταβαλλόμενες. Έπομένως:

Μία κίνηση λέγεται μεταβαλλόμενη, όταν μεταβάλλεται τό μέτρο της ταχύτητας ή άλλαζει ή διεύθυνσή της ή μεταβάλλονται συγχρόνως και τό μέτρο και ή διεύθυνσή της, δηλ. όταν μεταβάλλεται τό διάνυσμα της ταχύτητας.

Συνήθως οι κινήσεις τών σωμάτων (αὐτοκινήτων, αεροπλάνων κτλ.) είναι μεταβαλλόμενες και πολύ σπάνια είναι εύθυγραμμες όμαλές.

III. ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

Στήν κίνηση πού παριστάνει τό Σχ. 1 ή ταχύτητα τού αὐτοκινήτου έχει πάντοτε τήν ίδια διεύθυνση και φορά, τό μέτρο της ίσμας μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα (5m/sec) σέ κάθε δευτερόλεπτο. Ή κίνηση αύτή λέγεται εύθυγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη. "Αρα:

Μία κίνηση λέγεται εύθυγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη, όταν ή τροχιά είναι εύθεια γραμμή και ή ταχύτητα μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα σέ κάθε μονάδα χρόνου.

"Όταν ή ταχύτητα τού κινητού αύξανεται, ή κίνηση είναι έπιταχυνόμενη (Σχ. 1), ένω, όταν ή ταχύτητα τού κινητού έλαττώνεται, ή κίνηση είναι έπιβραδυνόμενη (Σχ.2).

IV. ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ

α. "Εννοια τής έπιταχύνσεως. Ή ταχύτητα τού αὐτοκινήτου πού είκονίζεται στό Σχ. 1 αύ-

ξάνεται κατά 5m/sec σέ κάθε δευτερόλεπτο. Ή ταχύτητα όμως ένός άλλου αύτοκινήτου μπορεί νά αύξανεται μέ διαφορετικό ρυθμό π.χ. κατά 6m/sec σέ κάθε δευτερόλεπτο. Γιά νά προσδιορίζουμε τό ρυθμό μέ τόν όποιο μεταβάλλεται ή ταχύτητα ένός κινητοῦ, εισάγουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τήν **έπιτάχυνση** γ, πού ορίζεται ώς έξης:

Έπιτάχυνση στήν εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού έκφραζεται μέ τό πηλίκο τής αύξησεως τής ταχύτητας πρός τό χρόνο πού χρειάστηκε γιά τήν αύξηση αύτή.

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

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

όπου $\Delta u = u_2 - u_1 = \text{διαφορά δύο ταχυτήτων}$ και $\Delta t = t_2 - t_1 = \text{διαφορά άντιστοιχων χρόνων.}$

Η έπιτάχυνση είναι διανυσματικό μέγεθος και στήν περίπτωση πού έχεταί ζουμε έχει τήν **ΐδια διεύθυνση** και φορά μέ τήν ταχύτητα (Σχ.1).

Β. Μονάδες τής έπιταχύνσεως. Οι μονάδες μετρήσεως τής έπιταχύνσεως προκύπτουν άπό τόν τύπο $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$, όταν άντικαταστήσουμε τό Δυ και τό Δt μέ τίς άντιστοιχες μονάδες τους. Στό Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα έπιταχύνσεως είναι τό **ένα μέτρο κατά δευτερόλεπτο στό τετράγωνο (1m/sec²)**. Ή μονάδα αύτή προκύπτει άπό τή σχέση $\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t}$ ώς έξης:

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

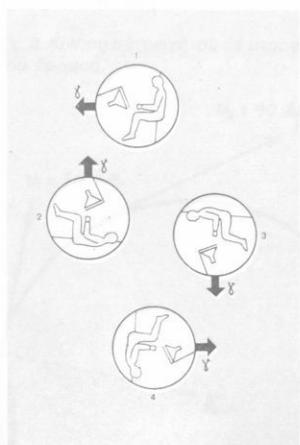
1m/sec² είναι ή έπιτάχυνση ένός κινητοῦ πού ταχύτητά του αύξανεται κατά 1m/sec σέ κάθε δευτερόλεπτο.

Στό CGS μονάδα έπιταχύνσεως είναι τό **ένα έκατοστόμετρο κατά δευτερόλεπτο στό τετράγωνο (1cm/sec²)**.

V. ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗ



Σχ. 5. Όπιλότος ένός αεριωθούμενου άεροπλάνου χάνει σιγά - σιγά τις αισθήσεις του, όταν ή επιτάχυνη τού άεροπλάνου παίρνει μεγάλες τιμές.



Σχ. 6. Τό κάθισμα τού πιλότου τών άεροπλάνων στρέφεται, έτσι ώστε τό σώμα του νά δέχεται πάντοτε επιτάχυνση μέ φορά «ράχη - στήθος».

"Όταν ή ταχύτητα τού κινητού έλαττώνεται (Σχ. 2) τό πηλίκο $\gamma = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta U}{\Delta t}$ είναι άρνητικό ($U_2 < U_1$) και έκφραζει τήν άρνητική έπιτάχυνση ή έπιβράδυνση. Τό διάνυσμα τής έπιβραδύνσεως έχει φορά άντιθετη πρός τήν ταχύτητα τού κινητού.

VI. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

Οι μεγάλες έπιταχύνσεις έπιπεραζουν τίς λειτουργίες τού άνθρωπινου οργανισμού και ιδίως τήν κυκλωφορία τού αίματος. Τά άποτέλεσματα τής έπιδράσεως αύτής διαφέρουν άπό άνθρωπο σέ άνθρωπο και γενικά έχαρτωνται άπό τό μέτρο, τή διεύθυνση, τή φορά και τή χρονική διάρκεια τών έπιταχύνσεων.

"Όταν ή επιτάχυνση έχει τή φορά «κεφάλι - ζέρα», είναι πολύ έπικινδυνή γιατί φθάνει στό κεφάλι περισσότερο αίμα άπό τό κανονικό. Ο άνθρωπος αισθάνεται τότε δυσφορία, διαταραχές στήν ορασή του, πόνους στό κεφάλι και τελικά χάνει άλεις τίς αισθήσεις του (Σχ.5).

Τό ίδιο σχεδόν έπικινδυνη είναι και ή επιτάχυνση πού έχει τή φορά «ζέρα - κεφάλι», γιατί φθάνει τότε στό κεφάλι λιγότερο αίμα άπό τό κανονικό, όπότε ο άνθρωπος στήν άρχη δέ βλέπει καλά και τελικά χάνει τίς αισθήσεις του.

"Η επιτάχυνση πού έχει τή φορά «ράχη - στήθος» ή άντιστροφα, έπηρεάζει κυρίως τήν άναπνοή και είναι λιγότερο έπικινδυνη και περισσότερο άνεκτη άπό τόν δργανισμό μας.

Μεγάλες έπιταχύνσεις δέχονται οι πιλότοι τών πολεμικών άεροπλάνων και οι αστροναύτες. Άπο τίς έπιταχύνσεις αύτές ομως προστατεύονται μέ ειδικά καθίσματα (Σχ.6). Έπομένων:

Οι φυσιολογικές λειτουργίες τού άνθρωπου έπηρεάζονται άπό τίς μεγάλες έπιταχύνσεις.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΔΑΜΟ ΗΜΙΜΑΤΙΕΡΟΥ
(Επιταχύνση της αντίστοιχης ταχύτητας των ιδιαίτερων)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μία κίνηση λέγεται μεταβαλλόμενη, όταν μεταβάλλεται τό διάνυσμα τής ταχύτητας.
- 2."Όταν ή ταχύτητα τοῦ κινητοῦ αὐξάνεται, ή κίνηση είναι έπιταχυνόμενη. "Όταν ή ταχύτητα έλαττώνεται ή κίνηση είναι έπιβραδυνόμενη.
3. Στήν εύθυγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ή ταχύτητα μεταβάλλεται κατά τήν ίδια ποσότητα σέ κάθε χρονική μονάδα.
4. Ή έπιταχυνση (ή ή έπιβράδυνση) στήν εύθυγραμμη όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση ορίζεται από τή σχέση $\gamma = \Delta v / \Delta t$ καὶ είναι διανυσματικό μέγεθος.
5. Οι μονάδες μετρήσεως τής έπιταχυνσεως καὶ τής έπιβραδύνσεως είναι οι έξης: $1m/sec^2$ καὶ $1cm/sec^2$.
6. Οι μεγάλες έπιταχυνσεις έπηρεάζουν τόν άνθρωπινο όργανισμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Η τροχιά ένός κινητού είναι ευθεία γραμμή. Πότε ή κίνησή του είναι όμαλή και πότε μεταβαλλόμενη;
2. Η τροχιά ένός κινητού είναι καμπύλη γραμμή. Είναι ή κίνησή του μεταβαλλόμενη; Νά δικαιολογήσετε τήν άπάντησή σας.
3. Ένα κινητό πού έκτελεί εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση έχει έπιταχυνση $4m/sec^2$. Τί συμπεραίνετε από αύτό γιά τήν ταχύτητά του;
4. Πότε λέμε ότι άλλαζει τό διάνυσμα τής ταχύτητας;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένα κινητό κάνει εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση καὶ στίς χρονικές στιγμές $5sec$ καὶ $8sec$ έχει ταχύτητα $10 m/sec$ καὶ $28m/sec$ άντιστοιχα. Πόση είναι ή έπιταχυνσή του;
2. Ένα σώμα κινείται εύθυγραμμα μέ σταθερή έπιταχυνση $10m/sec^2$ καὶ σέ κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα $3m/sec$. Πόση ταχύτητα θά έχει ύστερα από $2sec$;
3. Ένα κινητό έκτελει εύθυγραμμη όμαλά έπιβραδυνόμενη κίνηση καὶ σέ κάποια χρονική στιγμή έχει ταχύτητα $30m/sec$. Πόση είναι ή έπιβράδυνσή του, οταν $4sec$ άργότερα έχει ταχύτητα $18m/sec$;

**ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΟΜΑΛΑ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΗ
(ΝΟΜΟΙ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ)**

I. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΤΑΘΕΡΗ

	γ	γ	γ	γ	γ
	U_1	U_2	U_3	U_4	
A	B	G	D	E	
t(sec)	0	1	2	3	4
$v(m/sec)$	0	2	4	6	8
S(m)	0	1	4	9	16

Σχ. 1. Εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση.

Στό Σχ. 1 εικονίζεται ένα αύτοκίνητο που ξεκινάει από τήν ήρεμια και κινείται εύθυγραμμα. Στό ίδιο σχήμα άναγράφονται ή ταχύτητα που έχει το αύτοκίνητο σέ διάφορες χρονικές στιγμές και τό άντιστοιχο διάστημα που διανύει αύτό.

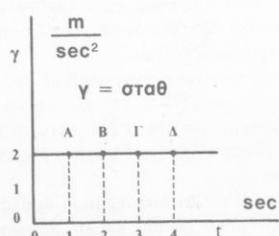
Η κίνηση αύτού τού αύτοκινήτου είναι όμαλά έπιταχυνόμενη, γιατί ή ταχύτητά του αύξανεται κατά τήν ίδια ποσότητα ($2m/sec$) σέ κάθε χρονική μονάδα ($1sec$).

Η έπιταχυνση τού αύτοκινήτου βρίσκεται ως έξης:

$$\gamma = \frac{U_2 - U_1}{t_2 - t_1} = \frac{4m/sec - 2m/sec}{2sec - 1sec} = \frac{2m/sec}{1sec} = 2m/sec^2$$

Μπορούμε όμως νά βρούμε τήν έπιταχυνση χρησιμοποιώντας και όποιοδήποτε άλλο ζευγάρι ταχυτήτων, π.χ. τίς ταχύτητες u_4 και u_2 ή τίς u_3 και u_2 . Στίς περιπτώσεις αυτές προκύπτουν τά άκολουθα:

$$\gamma = \frac{U_4 - U_2}{t_4 - t_2} = \frac{8m/sec - 4m/sec}{4sec - 2sec} = 2m/sec^2$$



Σχ. 2. Διάγραμμα έπιταχύνσεως - χρόνου.

$$\gamma = \frac{U_3 - U_2}{t_3 - t_2} = \frac{6m/sec - 4m/sec}{3sec - 2sec} = 2m/sec^2$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τό μέτρο τής έπιταχύνσεως είναι σταθερό (2m/sec^2).

Έπειδή ή κίνηση είναι εύθυγραμμη, τό διάνυσμα τής έπιταχύνσεως έχει πάντοτε τήν ίδια διεύθυνση καί φορά. Άπο τά παραπάνω συμπεραίνουμε ότι:

Στήν εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση τό διάνυσμα τής έπιταχύνσεως παραμένει σταθερό.

$$\gamma = \text{σταθερή}$$

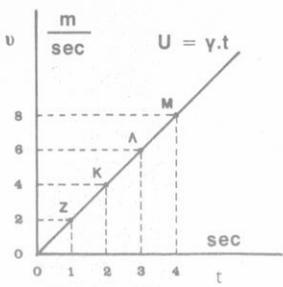
Τό συμπέρασμα αύτό μπορούμε νά τό παραστήσουμε γραφικά μέ τό διάγραμμα ΑΔ τοῦ Σχ. 2. Τό διάγραμμα αύτό προκύπτει ώς έξης: Σέ έναν πίνακα μετρήσεων, όπως είναι ό πίνακας πού άκολουθει, γράφουμε τίς άντιστοιχες τιμές τής έπιταχύνσεως καί τοῦ χρόνου:

t σέ sec	1	2	3	4
γ σέ m/sec^2	2	2	2	2

Πιάρνουμε δύο όρθιογώνιους ξένονες (Σχ. 2). Στόν όριζόντιο ξένονα παριστάνουμε τίς τιμές τοῦ χρόνου μέ κάποια κλίμακα άντιστοιχίας, άντιστοιχώντας π.χ. τό 1sec στό 1cm τοῦ ξένονα αύτοῦ. Στόν κατακόρυφο ξένονα παριστάνουμε τίς τιμές τής έπιταχύνσεως άντιστοιχώντας π.χ. τό 1m/sec^2 στό 1cm τοῦ ξένονα αύτοῦ. Μέ τό γνωστό τρόπο βρίσκουμε τά σημεῖα A,B,Γ, καί Δ πού παριστάνουν άντιστοιχα τά ζεύγη τιμών τοῦ πίνακα (1sec, 2m/sec^2), (2sec, 2m/sec^2), (3sec, 2m/sec^2), καί (4sec, 2m/sec^2). Ένώνουμε μέ συνεχή γραμμή τά σημεῖα A,B,Γ, καί Δ καί βλέπουμε ότι προκύπτει ή εύθεια 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 άναφέραμε προηγουμένως (Σχ.1) παρατηρούμε ότι ή ταχύτητα τοῦ αύτοκινητού διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ. (άπό 2m/sec γίνεται 4m/sec , 6m/sec κτλ.), όταν ό χρόνος άντιστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ. (άπό 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Άπο αύτό συμπεραίνουμε τόν παρακάτω νό μο τής ταχύτητας:



Σχ. 3. Διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου.

Στήν εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση ή ταχύτητα τοῦ κινήτου είναι άναλογη πρός τὸ χρόνο πού κινήθηκε αὐτό.

Ο νόμος αὐτός έκφραζεται μέ τὴ σχέση:

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

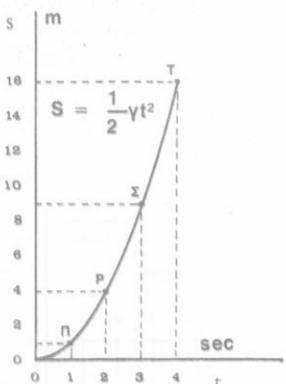
Γιά νά παραστήσουμε γραφικά τὸ νόμο τῆς ταχύτητας, κατασκευάζουμε πρώτα τὸν παρακάτω πίνακα μετρήσεων μέ τίς τιμές πού άναγράφονται στὸ Σχ. 1

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

"Υστερα μέ τό γνωστό τρόπο κατασκεύαζουμε τὸ διάγραμμα ΟΜ (Σχ.3), πού παριστάνει γραφικά τὸ νόμο $u = \gamma t$, δταν τὸ κινήτο ξεκινάει ἀπό τὴν ήρεμία.

III. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στήν κίνηση πού φαίνεται στὸ Σχ. 1 παρατηροῦμε ὅτι τὸ διάστημα πού διανύει τὸ αὐτοκίνητο τετραπλασιάζεται, ἐννιαπλασιάζεται κτλ., (ἀπό 1m γίνεται 4m, 9m κτλ.), δταν ὁ χρόνος ἀντίστοιχα διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ., (ἀπό 1sec γίνεται 2sec, 3sec κτλ.). Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε τὸν ἐπόμενο νόμο τοῦ διαστήματος:



Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

Στήν εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση τὸ διάστημα πού διανύει τὸ κινήτο είναι άναλογο πρός τὸ τετράγωνο τοῦ χρόνου πού κινήθηκε αὐτό.

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

Γιά νά παραστήσουμε γραφικά τὸ νόμο τοῦ διαστήματος, κατασκευάζουμε πρώτα τὸν ἐπόμενο πίνακα μετρήσεων μέ τίς τιμές πού άναγράφονται στὸ Σχ. 1.

t σέ sec	0	1	2	3	4
s σέ m	0	1	4	9	16

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στήν εύθυγραμμη όμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση:

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

$$u = \gamma t$$
3. Ο νόμος τοῦ διαστήματος ἐκφράζεται μέ τή σχέση

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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

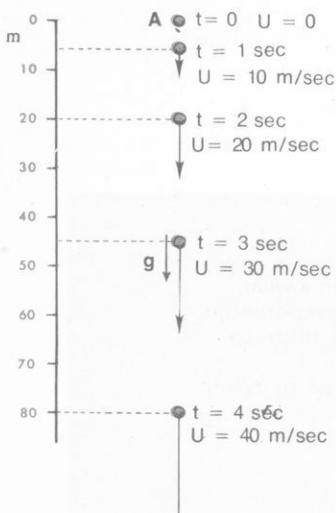
1. Νά διατυπώσετε τό νόμο τῆς ταχύτητας στήν εύθυγραμμη όμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.
2. Νά διατυπώσετε τό νόμο τοῦ διαστήματος στήν εύθυγραμμη όμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση.
3. Ένα οώμα ἔκτελει εύθυγραμμη όμαλά ἐπιταχυνόμενη κίνηση. Τί γνωρίζετε γιά τήν ἐπιτάχυνσή του;
4. α) Γιατί ή εύθειά γραμμή ΟΜ τοῦ Σχ.3 περνάει ἀπό τήν ἄρχη τῶν ἀξόνων;
 β) Άπο τήν καμπύλη τοῦ Σχ.4 νά βρείτε πόσο διάστημα ἀντιστοιχεῖ σε χρόνο 3,5sec. Νά ἐπαληθεύσετε τό ἀποτέλεσμα αὐτό μέ τόν τύπο $s = \frac{1}{2} \gamma t^2$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

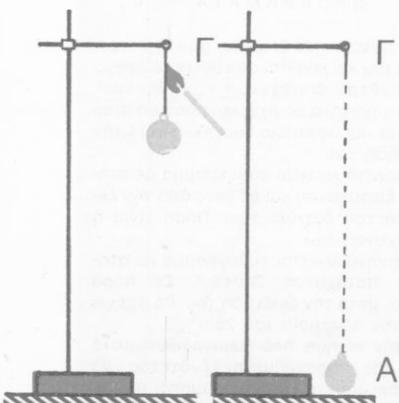
1. Ένα αύτοκίνητο ξεκινάει ἀπό τήν ἀφετηρία του καί κινεῖται σε εύθεια λεωφόρο μέ σταθερή ἐπιτάχυνση $\gamma = 5m/sec^2$. Πόση ταχύτητα θά ἔχει καί πόσο θά ἀπέχει ἀπό τήν ἀφετηρία του, 4sec μετά τήν ἐκκίνησή του;
2. Ένα κινητό κινεῖται εύθυγραμμα μέ σταθερή ἐπιτάχυνση καί σε 5sec ἀπό τήν ἐκκίνησή τοι διανύει 50m. Πόση είναι ἡ ἐπιτάχυνσή του;
3. Ένα κινητό κινεῖται εύθυγραμμα μέ σταθερή ἐπιτάχυνση $2m/sec^2$. Σέ πόσο χρόνο, μετά τήν ἐκκίνησή του, θά ἀπέχει ἀπό τήν ἀφετηρία του 25m;
4. Γιά τήν κίνηση πού περιγράφεται στό Σχ.1 τῆς προηγούμενης ἐνότητας, γά κατασκευάστε τό διαγράμματα: α) ἐπιταχύνσεως - χρόνου, β) ταχύτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Έλευθερη πτώση.



Σχ. 2 α. Τά σώματα πέφτουν κατακόρυφα

Γνωρίζουμε από τήν έμπειρία μας ότι τά σώματα πέφτουν έξαιτίας τοῦ βάρους τους, όταν τά άφησουμε έλευθερα (χωρίς νά τά ώθησουμε) σέ κάποια άπόσταση άπό τήν έπιφάνεια τής Γης. "Ως τήν έποχή τοῦ Γαλιλαίου οι ἀνθρώποι πίστευαν ότι τά βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα. Ο Γαλιλαῖος δημοσίευσε στην Ακαδημία της Φλωρεντίας την ιδέα της έλευθερης πτώσης των σώματων, η οποία επιβεβαίωσε τήν έποχή τοῦ αριστοτελούς φυσικού Καρντινού."

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

"Αφήνουμε έλευθερη μία μικρή σφαίρα μέσα στόν άέρα, π.χ. στό σημείο Α (Σχ. 1) και παρατηρούμε ότι αυτή πέφτει στό έδαφος. Στή σφαίρα αυτή ένεργοι δύο δυνάμεις, τό βάρος της καί ή άντίσταση τοῦ άέρα. Η άντίσταση τοῦ άέρα έχαρτάται από τό σχήμα καί τήν ταχύτατα τοῦ σώματος καί, ἐπειδή είναι πολύ μικρή γιά τή σφαίρα πού δεξιάζουμε, μπορούμε νά τήν άγνοήσουμε. Σ' αυτή τήν περίπτωση στή σφαίρα έπιδρα μόνο τό βάρος της καί ή κίνηση πού κάνει λέγεται έλευθερη πτώση. "Αρα:

"Έλευθερη πτώση λέγεται ή κίνηση πού κάνει ένα σώμα, όταν ένεργει σ' αυτό μόνο τό βάρος του.

III. ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ

α. Τροχιά. Από ένα σημείο Γ κρεμάμε μία μικρή σφαίρα (Σχ. 2α). Πάνω στό τραπέζι καί κάτω από τή σφαίρα βάζουμε λευκό χαρτί καί πάνω από αυτό βάζουμε ένα φύλλο καρπιτόν. "Οταν κάψουμε τό νήμα πού συγκρατεῖ τή σφαίρα, θά παρατηρήσουμε ότι αυτή πέφτει καί σχηματίζει ένα σημάδι στό σημείο Α τοῦ λευκού χαρτιού. "Οταν ύστερα κρεμάσουμε από τό ίδιο σημείο Γ τό νήμα τής στάθμης (Σχ. 2β) θά παρατηρήσουμε ότι ή κορυφή τοῦ κάνου συμπίπτει μέ τό σημείο Α. Από αύτό καταλαβαίνουμε ότι ή τροχιά τής σφαίρας ήταν κατακόρυφη. Έπειδή ή κίνηση τής σφαίρας ήταν έλευθερη πτώση, μπορούμε νά συμπεράνουμε ότι:

Η τροχιά ένός σώματος που έκτελεί έλευθερη πτώση είναι κατακόρυφη.

β. Έπιτάχυνση. "Οπως άναφέραμε προηγουμένων ή σφαίρα που φαίνεται στό Σχ.1 έκτελεί έλευθερη πτώση. Στό ίδιο σχήμα άναγράφονται ή ταχύτητα της σφαίρας σέ διάφορες χρονικές στιγμές και τό αντίστοιχο διάστημα που έχει διανύσει αυτή. Παρατηρούμε ότι ή ταχύτητα της σφαίρας αύξανεται κατά τήν ίδια ποσότητα (10m/sec) σέ κάθε χρονική μονάδα (1sec). Από αυτό συμπεραίνουμε ότι:

Η έλευθερη πτώση ένός σώματος είναι όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση.

Η έπιτάχυνση που έχουν τά σώματα κατά την έλευθερη πτώση τους ονομάζεται έπιτάχυνση της βαρύτητας, έχει διεύθυνση κατακόρυφη μέ φορά πρός τό κέντρο της Γης και συμβολίζεται μέ τό g (Σχ.1).

γ. Τύποι. Γνωρίζουμε ότι οι τύποι της εύθυγραμμης όμαλά έπιταχυνόμενης κινήσεως είναι:

$g = \text{σταθερή}$, $u = g \cdot t$ και $s = \frac{1}{2} g t^2$. Επομένως οι τύποι της έλευθερης πτώσεως προκύπτουν από τίς παραπάνω έξισώσεις, αν άντικαταστήσουμε τό γ μέ τό g και είναι οι έξης:

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

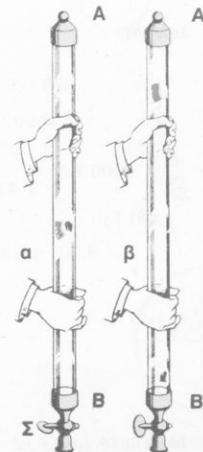
Οι έξισώσεις αύτές μπορούν νά παρασταθούν γραφικά, όπως και οι άντιστοιχες έξισώσεις της όμαλά έπιταχυνόμενης κινήσεως (βλ. 2η ένοτητα), όπότε θά προκύψουν άναλογα διαγράμματα.

IV. Η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΤΟΠΟ

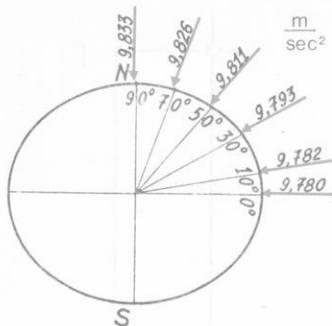
Μέσα σέ ένα μακρύ γυάλινο σωλήνα, που λέγεται σωλήνας τού Νεύτωνα (Σχ.3a), βάζουμε δύο σώματα διαφορετικού βάρους π.χ. ένα κομμάτι χαρτί και ένα μεταλλικό κέρμα. Μέ σεραντλία άφαιρούμε τόν άέρα από τό σωλήνα και κλείνουμε τή στρόφιγγα Σ. "Οταν άναστρέψουμε τό σωλήνα, ώστε και τά δύο σώματα νά άρχισουν νά πέφτουν συγχρόνως από τό άκρο A, θά παρατηρήσουμε ότι θά φθάσουν συγχρόνως στό κάτω άκρο B. Η κίνηση τών σωμάτων



Σχ. 2 β



Σχ. 3. Σωλήνας τού Νεύτωνα.



Σχ. 4. Μεταβολή τοῦ g μέ τό γεωγραφικό πλάτος στό ἐπίπεδο τῆς θάλασσας.

αύτῶν ὄφειλεται ἀποκλειστικά στό βάρος τους, δηλ. είναι ἐλεύθερη πτώση καὶ ὅπως ἀναφέραμε, είναι ὡμαλά ἐπιταχυνόμενη. Ἐπειδὴ καὶ τά δύο σώματα χρειάζονται τόν ἴδιο χρόνο γιά νά διατρέξουν τήν ἴδια ἀπόσταση (AB), συμπερινούμε ἀπό τή σχέση $s = \frac{1}{2} g t^2$ ὅτι καὶ τά δύο κινοῦνται μέ τήν ἴδια ἐπιτάχυνση g . Ἀρα:

Ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας σέ ἑνν ὄρισμένο τόπο είναι ἡ ἴδια γιά ὅλα τά σώματα, ἀνεξάρτητα ἀπό τό βάρος τους.

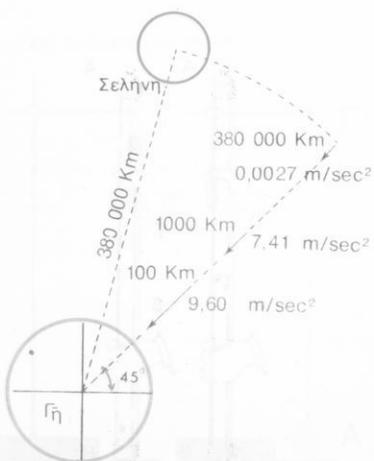
Παρατήρηση. Ἄν ἐπαναλάβουμε τό παραπάνω πείραμα χωρὶς νά ἀφαιρέσουμε τόν ἀέρα ἀπό τό σωλήνα τοῦ Νεύτωνα, θά παρατηρήσουμε ὅτι θά φθάσει στό Β πρώτα τό κέρμα καί ὑστερά τό χαρτί (Σχ.3β). Στήν περίπτωση αὐτή ἡ πτώση τῶν σωμάτων δέν είναι ἐλεύθερη γιατί ἔμποδίζεται ἀπό τήν ἀντισταση τοῦ ἀέρα πού είναι διαφορετική γιά κάθε σῶμα. Ἐξαιτίας λοιπὸν τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρα, τά δύο σώματα διανύουν τήν ἴδια ἀπόσταση (AB) σέ διαφορετικούς χρόνους.

V. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΣ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

Ἄπο ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητας g , πού ἔγιναν σέ διάφορους τόπους, ἀποδεικνύονται τά ἔξης:

1. Η τιμή τοῦ g στήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ἔξαρταί ἀπό τό γεωγραφικό πλάτος τοῦ τόπου καὶ μάλιστα αὐξάνεται ὅταν μετακινούμαστε ἀπό τον Ισημερινό (γεωγρ. πλάτος 0° , $g = 9.78 \text{ m/sec}^2$) πρός τούς πόλους τῆς Γῆς (γεωγρ. πλάτος 90° , $g = 9.83 \text{ m/sec}^2$) (Σχ.4).
2. Η τιμή τοῦ g σ' ἑνν ὄρισμένο γεωγραφικό πλάτος ἔξαρταί ἀπό τό ύψος. ὅταν αὐξάνεται τό ύψος ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας τό g ἐλαττώνεται (Σχ.5).

Στό γεωγραφικό πλάτος τῶν 45° καὶ στήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας είναι $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$. Σέ πολὺ μεγάλα ύψη τό g πρακτικά μηδενίζεται. (Εἰδικά γιά τά σχολικά προβλήματα καὶ γιά νά ἀπλουστεύονται οἱ ἀριθμητικές πράξεις συχνά θεωροῦμε ὅτι είναι $g = 10 \text{ m/sec}^2$ στήν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς).



Σχ. 5. Μεταβολή τοῦ g μέ τό ύψος ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας σέ γεωγραφικό πλάτος 45° .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Έλευθερη πτώση λέγεται ή κίνηση που κάνει ένα σώμα, όταν έπιδρα σ' αύτό μόνο τό βάρος του.

2. Η έλευθερη πτώση είναι κατακόρυφη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση.

3. Οι νόμοι της έλευθερης πτώσεως έκφραζονται με τις έξισώσεις:

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

4. Η επιτάχυνση της βαρύτητας g σε έναν τόπο είναι ή ίδια για όλα τα σώματα.

5. Η επιτάχυνση της βαρύτητας g έχαρταί από τό γεωγραφικό πλάτος του τόπου και τό ύψος του από τήν έπιφάνεια της θάλασσας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ή μικρή σφαίρα τού πειράματος τού $\Sigma\chi 2$ φθάνει πιό γρήγορα στό σημείο A, όταν γίνει τό πείραμα στόν Ισημερινό (κοντά στήν έπιφάνεια της θάλασσας) ή όταν γίνει στό νότιο πόλο τής Γης (κοντά στήν έπιφάνεια της θάλασσας);
2. Μία μικρή σφαίρα πέφτει έλευθερα κατά 50m. Πότε ή διάρκεια της έλευθερης πτώσεώς της είναι πιό μεγάλη. Όταν γίνεται τό πείραμα κοντά στήν έπιφάνεια της θάλασσας ή όταν γίνεται σε ύψος 100 Km άπό τήν έπιφάνεια της θάλασσας. (γεωγραφικό πλάτος σταθερό).
3. a) Αφήνουμε έλευθερο σέ κάποιο ύψος ένα φύλλο τού τετραδίου και νά μολύβι. Γιατί τό μολύβι φθάνει στό έδαφος γρηγορότερο από τό χαρτί; b) Τοποθετούμε τό μολύβι πάνω στό φύλλο τού τετραδίου και έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα. Γιατί τώρα φθάνουν συγχρόνως και τά δύο σωματα στό έδαφος;

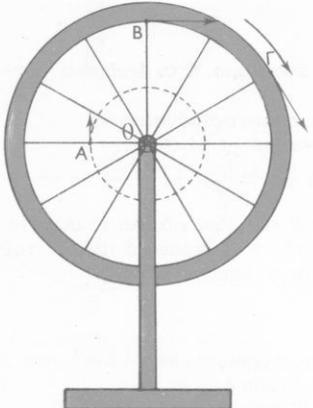
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Στήν κίνηση που φαίνεται στό $\Sigma\chi 1$ νά βρείτε τήν τιμή τού g και νά κατασκευάσετε τά διαγράμματα a) έπιταχυνσεως - χρόνου B) ταχυτητας - χρόνου, γ) διαστήματος - χρόνου.
2. Μία πέτρα άφνεται έλευθερη άπό τη στέγη ένός ούρανοξύστη και φθάνει στό έδαφος ύστερα άπό 4sec. Πόσο είναι τό ύψος τού ούρανοξύστη, όταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;
3. Πόσο χρόνο χρειάζεται ένα σώμα για νά πεσει έλευθερα κατά 125m, όταν $g = 10 \text{ m/sec}^2$;

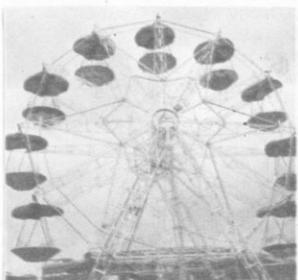
4η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

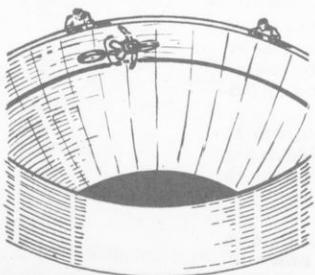
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Κυκλική κίνηση.



Σμ. 2.



Σχ. 3.

Έκτος από εύθυγραμμες κινήσεις συναντούμε πολύ συχνά στη ζωή μας και κυκλικές κινήσεις. Τα διάφορα σημεία Α,Β,Γ κτλ. ένός τροχού που στρέφεται (Σχ.1) κινούνται κυκλικά. Τά κέντρα τών κυκλικών τροχιών τους βρίσκονται στόν ξένοντα περιστροφής Ο τού τροχοῦ. Τά σημεία τής περιφέρειας τού στρεφόμενου μύλου τού Λούνα Πάρκ (Σχ.2) και ό μοτοσικλετίστης που κάνει τό γύρο τού θανάτου (Σχ.3) έκτελούν έπισης κυκλική κίνηση. Ή άπλούστερη από τίς κυκλικές κινήσεις είναι ή όμαλή κυκλική κίνηση.

II. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Ο δείκτης ΟΑ τού ρολογιού που δείχνει τά πρώτα λεπτά τής ώρας (Σχ.4) στρέφεται γύρω από τόν ξένοντα Ο. Τό **ἄρα Α** τού δείκτη κινείται κυκλικά καί σέ κάθε 5 πρώτα λεπτά διατρέχει ένα από τά ίσα τόξα ΛΒ, ΒΓ, ΓΔ κτλ. Ή κίνηση αύτή τού σημείου Α λέγεται όμαλή κυκλική κίνηση. "Άρα:

"**Ένα σώμα έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση, όταν κινείται σέ κυκλική τροχιά καί σέ ίσους χρόνους διατρέχει ίσα τόξα.**

III. ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

α. Περίοδος. Τό **ἄρα** Α τού λεπτοδείκτη (Σχ.4) χρειάζεται μία ώρα γιά νά διατρέξει όλη τήν περιφέρεια. Ό χρόνος αύτός λέγεται περίοδος Τ. Έπομένως:

Περίοδος μιᾶς όμαλής κυκλικής κινήσεως λέγεται ό χρόνος που χρειάζεται τό κινητό γιά νά κάνει μία πλήρη στροφή.

β. Συχνότητα. Θεωροῦμε ένα σώμα που έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση καί σέ χρόνο $\frac{N}{t}$ φανερώνει τόν άριθμό τών στροφών που διαγράφει τό κινητό σέ μία χρονική μονάδα, καί λέγεται σε υψητή τα v. "Άρα: Συχνότητα ένός κινητού λέγεται ό άριθμός τών στροφών που διαγράφει τό κινητό στή μονάδα τού χρόνου.

συχνότητα =	$\frac{\text{άριθμός στροφών}}{\text{άντιστοιχος χρόνος}}$
	$v = \frac{N}{t}$

Μονάδα συχνότητας είναι τό 1 Χέρτζ (1 Hz) που λέγεται και 1 κύκλος κατά δευτερόλεπτο (1/sec ή 1sec^{-1}). Το 1 Hz είναι ή συχνότητα ένός κινήτου που έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση και διαγράφει μία στροφή σε ένα δευτερόλεπτο. Πολλαπλάσια τού Hz είναι τό 1 κιλοχέρτζ (1KHz) ή ένας χιλιόκυκλος κατά δευτερόλεπτο (1Kc/sec) και τό 1 μεγαχέρτζ (1MHz) ή ένας μεγάκυκλος κατά δευτερόλεπτο (1Mc/sec).

$$1\text{KHz} = 10^3 \text{ Hz} \quad \text{και} \quad 1\text{MHz} = 10^6 \text{ Hz}.$$

γ. **Σχέση περιόδου και συχνότητας.** Θεωρούμε ένα κινητό που έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση και έχει περίοδο T . "Αν στόν τύπο $v = \frac{N}{t}$ βάλουμε $N = 1$ (μία στροφή), τότε ό χρόνος t θα είναι ίσος με τήν περίοδο T . "Αρα:

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

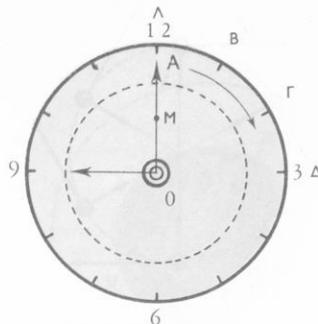
IV. TAXYTHTA STHN OMALH KYKLIKH KINHSH

α. Γραμμική ταχύτητα. Ή μικρή σφαίρα που φαίνεται στό Σχ. 5 έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση κατά τή φορά τού βέλους β και σέ χρόνο t διαγράφει τό τόξο \widehat{AG} που έχει μήκος s . Τό πηλίκο $\frac{s}{t}$ έκφραζει τή γραμμική ταχύτητα στού κινητού. Έπομένως:

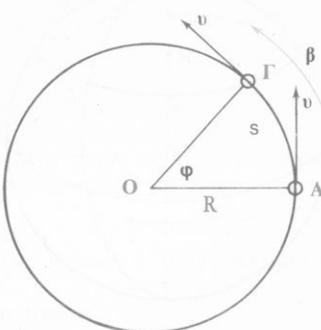
γραμμική ταχύτητα =	$\frac{\text{μήκ. τόξ. που διανύθηκε}}{\text{άντιστοιχος χρόνος}}$
	$u = \frac{s}{t}$

Η γραμμική ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος, έχει τή διεύθυνση τής έφαπτομένης τού κύκλου στό σημείο που βρίσκεται κάθε στιγμή τό κινητό και τή φορά τής κινήσεως. Παρατηρούμε λοιπόν ότι ή διεύθυνση τής γραμμικής ταχύτητας άλλαζει συνεχώς, ένω τό μέτρο της ($u = \frac{s}{t}$) παραμένει σταθερό, γιατί τό κινητό σέ ίσους χρόνους διανύει ίσα τόξα.

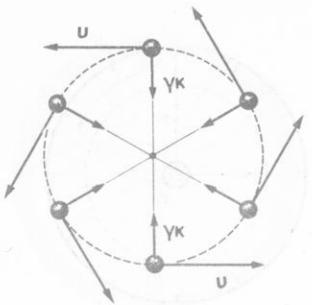
β. Γωνιακή ταχύτητα. Θεωρούμε ότι ή άκτινα OA (Σχ.5) στρέφεται γύρω από τό Ο μαζί με τή σφαίρα. Στήν περίπτωση αυτή ή άκτινα λέγεται



Σχ. 4. Όμαλή κυκλική κίνηση.



Σχ. 5. Η ταχύτητα έχει τή διεύθυνση τής έφαπτομένης τής τροχιάς.



Σχ. 6. Κεντρομόλος έπιτάχυνση.

έπιβατική και διαγράφει τή γωνία φ στόν ίδιο χρόνο t πού ή σφάρα διατρέχει τό τόδο ΑΓ. Τό πηλίκο $\frac{\phi}{t}$ έκφραζει ένα νέο φυσικό μέγεθος πού λέγεται γωνιακή ταχύτητα ω τοῦ κινητοῦ. "Αρα:

$$\text{γωνιακή ταχύτητα} = \frac{\text{γωνία πού διαγράφει ή έπιβ. άκτ.}}{\text{άντιστοιχος χρόνος}}$$

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

Μονάδα τής γωνιακής ταχύτητας είναι τό 1 άκτινο κατά δευτερόλεπτο (1 rad/sec).

γ. Σχέση γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας. Σέ χρόνο t = T ή σφάρα διατρέχει όλη τήν περιφέρεια (s = 2πR) και ή έπιβατική άκτινα διαγράφει γωνία φ = 2π rad. Έξαιτιας αύτών οι σχέσεις $u = \frac{s}{t}$ και $\omega = \frac{\phi}{t}$ γράφονται:

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

Από τίς δύο τελευταίες έξισώσεις προκύπτει:

$$u = \omega \cdot R$$

δ. Σχέση γωνιακής ταχύτητας και συχνότητας.

Η έξισωση $\omega = \frac{2\pi}{T}$ γράφεται και ώς έξης:

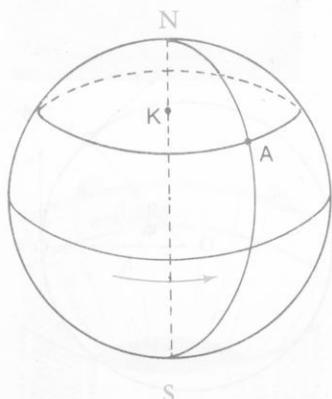
$$\omega = 2\pi \frac{1}{T}$$

Από τήν τελευταία σχέση, έπειδή $v = \frac{1}{T}$, προκύπτει:

$$\omega = 2\pi v$$

V. ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Κάθε σώμα πού έκτελει ίμαλή κυκλική κίνηση έχει έπιτάχυνση, γιατί μεταβάλλεται συνεχώς ή διεύθυνση τής γραμμικής ταχύτητας, τής όποιας ίματος τό μέτρο παραμένει σταθερό. Ή έπιτάχυνση αύτή λέγεται κεντρομόλος ο γκ. Η κεντρομόλος έπιτάχυνση έχει τή διεύθυνση τής άκτινας R και φορά πρός τό κέντρο Ο τής κυκλικής τροχιδας (Σχ.6). Τό μέτρο της δίνεται άπό τή σχέση:



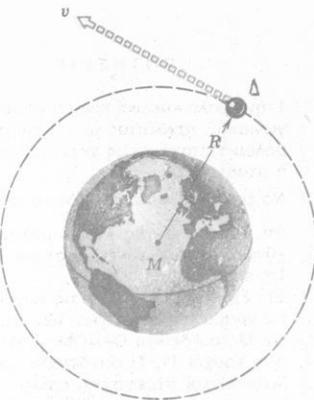
Σχ. 7. Κάθε σημείο τής γῆς κάνει ίμαλή κυκλική κίνηση.

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

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

VI. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΜΑΛΗΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

Όμαλή κυκλική κίνηση έκτελούν τά σημεία κάθε σώματος πού στρέφεται γύρω από έναν ξένονά του μέστιθερή συχνότητα, όπως τά σημεία τῶν δεικτῶν τοῦ ρολογίου (Σχ.4) και τά σώματα πού είναι στήν έπιφάνεια τῆς Γῆς (Σχ.7). Τήν ίδια κίνηση έκτελούν και οι τεχνητοί δορυφόροι τῆς Γῆς (Σχ.8). (Δεχόμαστε κυκλική τροχιά).



Σχ. 8. Δορυφόρος σέ κυκλική τροχιά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. "Ενα σώμα έκτελεί Όμαλή κυκλική κίνηση, όταν κινείται σέ κυκλική τροχιά και σέ ίσους χρόνους διατρέχει ίσα τόξα.

2. Περίοδος είναι ο χρόνος πού χρειάζεται τό κινητό γιά νά κάμει μία πλήρη στροφή.

Συχνότητα είναι ο άριθμός τῶν στροφῶν πού κάνει τό κινητό σέ μία χρονική μονάδα. Η συχνότητα και ή περίοδος συνδέονται μέ τή σχέση $v = 1/T$.

3. Η γραμμική ταχύτητα άριζεται από τή σχέση: $u = s/t$

Η γωνιακή ταχύτητα άριζεται από τή σχέση:

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

Η γωνιακή και ή γραμμική ταχύτητα συνδέονται μέ τή σχέση

$$u = \omega R$$

Η γωνιακή ταχύτητα και ή συχνότητα συνδέονται μέ τή σχέση $\omega = 2\pi v$

4. Τό μέτρο τῆς κεντρομόλου έπιπταχύνσεως δίνεται από τόν τύπο

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

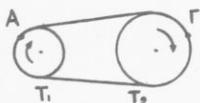
5. Μονάδες τῆς συχνότητας είναι: $1Hz$ ($1c/sec$ ή $1sec^{-1}$), $1KHz$ ($1Kc/sec$) και $1MHz$ ($1Mc/sec$).

Μονάδα τῆς γωνιακής ταχύτητας είναι τό $1rad/sec$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ПРОВАЛНАТА

- Στην όμαλή κυκλική κίνηση τά μέτρα της γωνιακής ταχύτητας ω και της κεντρομόλου έπιταχνσεως για είναι μεταβλητά ή σταθερά και γιατί;
 - Νά έπιβεβαιώσετε από τόν τύπο $\gamma = \frac{u^2}{R}$ ότι ή μονάδα της κεντρομόλου έπιταχνσεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό $1m/sec^2$.
 - Στό Σχ.4 νά συγκρίνετε τίς γωνιακές και τίς γραμμικές ταχύτητες τών σημείων A και M τού δείκτη OA ($OM = MA$).
 - Δύο τροχοί T₁, T₂ συνδέονται μέλουρι (ιμάντα) και στρέφονται σώπας δείχνουν τά βέλη τού σχήματος. Νά συγκρίνετε τίς γραμμικές και τίς γωνιακές ταχύτητες τών σημείων A και Γ τών περιφερειών τους.
 - Τό άκρο τού δείκτη τού ρολογιού πού δείχνει τά δεύτερα λεπτά της ώρας κάνει όμαλή κυκλική κίνηση. Νά βρείτε τήν περίοδο και τή συχνότητα της κινήσεως αύτής.
 - Ο δείκτης τού ρολογιού πού άναφέρεται στό προηγούμενο πρόβλημα έχει μήκος 1cm. Νά βρείτε τή γωνιακή και τή γραμμική ταχύτητα τού άκρου του.
 - Πόση είναι ή γραμμική ταχύτητα ένός σώματος πού βρίσκεται στόν Ισημερινό τής Γης, Ḁν ή άκτινα της είναι 6400 Km; Νά βρείτε πρώτα τήν περίοδο ή τή συχνότητα της κινήσεως τής Γης γύρω άπό τόν άξονά της.



5η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Στίς προηγούμενες ένότητες μελετήσαμε διάφορες κινήσεις. Τώρα θά έξετάσουμε τήν αιτία πού άναγκάζει τά σώματα νά άλλάζουν τήν ταχύτητά τους καθώς και τή σχέση πού έχει ή αιτία αυτή μέ τά άποτελέσματά της.

I. Η ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Κάθε σώμα (Σχ.1) κατά τήν έλευθερη πτώση του έχει έπιτάχυνση g , πού είναι κατακόρυφη μέ φορά πρός τό κέντρο τής Γης. Ή έλευθερη πτώση τών σωμάτων οφείλεται άποκλειστικά στό βάρος τους B , πού είναι μία δύναμη έπισης κατακόρυφη μέ φορά πρός τό κέντρο τής Γης.

"Αν άφησουμε έλευθερο ένα σώμα σέ πολύ μεγάλο ύψος (τό g είναι πρακτικά ίσο μέ μηδέν) τό σώμα δέν πέφτει (Σχ.2), δηλ. δέν άποκτά τήν έπιτάχυνση τής βαρύτητας g . Στό ίδιο αυτό ύψος και τό βάρος τού σώματος είναι πρακτικά ίσο μέ μηδέν. 'Από τά παραπάνω συμπεραίνουμε ότι τό βάρος (δύναμη) προκαλεί στά σώματα τήν έπιτάχυνση τής βαρύτητας g , πού έχει τήν ίδια διεύθυνση και φορά μέ τό βάρος. Γενικεύοντας τό συμπέρασμα αύτό καταλήγουμε στό έξης:

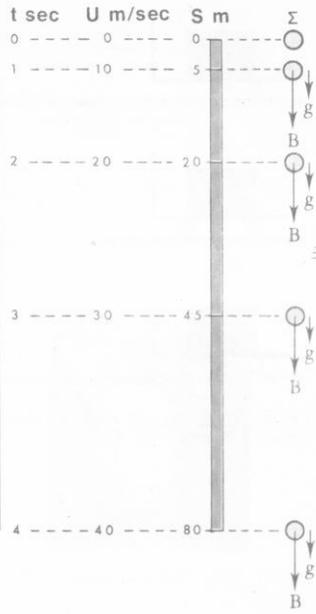
"Όταν σέ ένα σώμα ένεργήσει μία δύναμη, τότε τό σώμα άποκτά έπιτάχυνση πού έχει τή διεύθυνση και τή φορά τής δυνάμεως.

II. ΣΤΑΘΕΡΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙ ΣΤΑΘΕΡΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Τό σώμα πού φαίνεται στό Σχ. 1 κατά τήν έλευθερη πτώση του έχει σταθερή έπιτάχυνση g . Τό βάρος B τού σώματος, γιά μικρά ύψη άπό τήν έπιφάνεια τής γης, είναι έπίσης σταθερό. 'Από αύτά συμπεραίνουμε ότι τό σταθερό βάρος (δύναμη) προκαλεί στό σώμα σταθερή έπιτάχυνση. Γενικεύοντας τό συμπέρασμα αύτό καταλήγουμε στό έξης:

"Όταν σέ ένα σώμα έπιδρα μία σταθερή δύναμη, τότε τό σώμα άποκτά σταθερή έπιτάχυνση.

"Αν ή δύναμη είναι σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο και έπιδρα συνεχώς σέ ένα



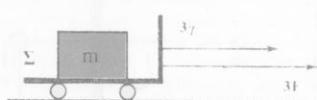
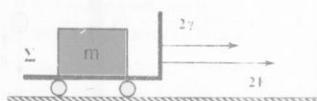
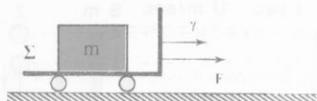
Σχ. 1. Σταθερή δύναμη προκαλεῖ σταθερή έπιτάχυνση.



$$B \approx 0 \\ g \neq 0$$



Σχ. 2. Όταν δέν ύπαρχει δύναμη, η έπιτάχυνση είναι μηδενική.



Σχ. 3. Η έπιτάχυνση είναι άναλογη πρός τη δύναμη.

σώμα, τότε το σώμα άποκτά έπιτάχυνση σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο, δηλ. έκτελεί εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση (Σχ.1).

III. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

a. Σχέση δυνάμεως και έπιταχύνσεως

Ένα σώμα Σ , πού έχει μάζα m το και άρχικά ήρεμει, άποκτά σταθερή έπιτάχυνση γ με τήν έπιδραση σταθερής δυνάμεως F (Σχ.3). "Αν στό ίδιο σώμα έπιδράσει δύναμη διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ($2F$, $3F$ κτλ.), τότε βρίσκουμε ότι ή έπιτάχυνση πού άποκτά τό σώμα γίνεται άντιστοιχα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ($2γ$, $3γ$ κτλ.). Έπομένω:

"Η έπιτάχυνση, πού άποκτά ένα σώμα με τήν έπιδραση δυνάμεως, είναι άναλογη πρός τή δύναμη αυτή.

b. Σχέση μάζας και έπιταχύνσεως

Ένα σώμα Σ_1 , πού έχει μάζα m και άρχικά ήρεμει, άποκτά σταθερή έπιτάχυνση γ με τήν έπιδραση σταθερής δυνάμεως F (Σχ.4). "Αν ή ίδια δύναμη F έπιδράσει σέ σώμα πού έχει μάζα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. ($2m$, $3m$ κτλ.), τότε βρίσκουμε ότι τό σώμα αύτό άποκτά άντιστοιχα έπιτάχυνση δύο, τρεις κτλ. φορές μικρότερη ($γ/2$, $γ/3$ κτλ). Έπομένω:

"Η έπιτάχυνση, πού άποκτά ένα σώμα με τήν έπιδραση δυνάμεως, είναι άντιστρόφως άναλογη πρός τή μάζα του.

γ. Τύπος. Τά δύο προηγούμενα συμπεράσματα έκφραζονται με τήν παρακάτω έξισωση πού λέγεται θεμελιώδης νόμος τής Μηχανικής ή νόμος τού Νεύτωνα:

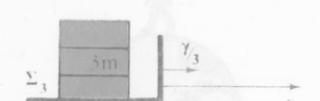
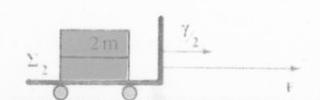
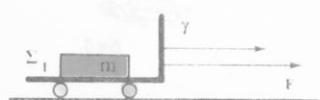
$$\text{δύναμη} = \text{μάζα} \times \text{έπιτάχυνση}$$

$$F = m \cdot \gamma \quad \boxed{\text{Θεμελιώδης νόμος τής Μηχανικής}}$$

Παρατήρηση. "Όταν ή έπιτάχυνση πού άποκτά ένα σώμα προκαλείται από δύο ή περισσότερες δυνάμεις, ή δύναμη F τού τύπου $F = m \cdot \gamma$ είναι ή συνισταμένη τών δυνάμεων αύτών (Σχ.5).

IV. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

"Οπως γνωρίζουμε, στό Διεθνές Σύστημα (S.I) μονάδα δυνάμεως είναι τό 1 Newton (1



Σχ. 4. Η έπιτάχυνση είναι άντιστρόφως άναλογη πρός τή μάζα

Νιούτον, 1N). Η μονάδα αύτή προκύπτει από την έξισωση $F = m \cdot g$, αν άντικαταστήσουμε τή μάζα και τήν έπιτάχυνση μέ τίς άντιστοιχες μονάδες τους. "Αρα, $1N = 1\text{Kgr} \cdot \frac{m}{sec^2}$

1N είναι ή δύναμη ή όποια, όταν έπιδρα σέ σώμα πού έχει μάζα 1Kgr , προσδίνει σ' αύτό έπιτάχυνση 1m/sec^2 .

Στό σύστημα CGS μονάδα δυνάμεως είναι ή δύνη (1dyn), πού προκύπτει έπισης από τήν έξισωση $F = m \cdot g$

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

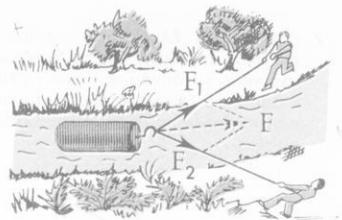
1dyn είναι ή δύναμη ή όποια όταν έπιδρα σέ ένα σώμα πού έχει μάζα 1gr , προσδίνει σ' αύτό έπιτάχυνση 1cm/sec^2 .

"Άλλες μονάδες δυνάμεως είναι τό 1 kilopont (1kp), τό 1 pónτ (1p) και ό ένας τόνος δυνάμεως ή 1 megapont (1Mp).

$$1\text{kp} = 9,81 \text{ N} = 981000 \text{ dyn}$$

$$1\text{Mp} = 1000 \text{ kp} = 10^3 \text{ kp}$$

$$1\text{kp} = 1000 \text{ p} = 10^3 \text{ p}$$



Σχ. 5. Ήσυνισταμένη F προκαλεῖ τήν ίδια έπιτάχυνση πού προκαλούν οι συνιστώσες της F_1 και F_2 .



Σχ. 6. Ισαάκ Νεύτων (1642 - 1727).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

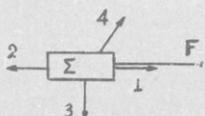
1. Η δύναμη προκαλεῖ στά σώματα έπιτάχυνση, πού έχει τή διεύθυνση και τή φορά τής δυνάμεως.
2. "Ένα σώμα άποκτά σταθερή έπιτάχυνση, όταν η δύναμη πού ένεργει σ' αύτό είναι σταθερή.
3. "Ένα σώμα έκτελει εύθυγραμμη όμαλά έπιταχυνόμενη κίνηση, όταν ένεργει συνεχώς σ' αύτό δύναμη σταθερή κατά διεύθυνση, φορά και μέτρο.
4. Ο θεμελιώδης νόμος τής Μηχανικής έκφράζεται μέ τόν τύπο:

$$F = m \cdot g$$

5. Μονάδες δυνάμεως είναι οι έξης: 1N , 1kp , 1Mp , 1p και 1dyn .

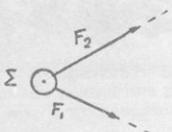
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Η δύναμη F προσδίνει στό σώμα Σ μία έπιτάχυνση g . Ποιό από τά διανύσματα (1), (2), (3), και (4) έχει τή διεύθυνση και τή φορά τής έπιταχύνσεως αύτής;



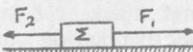
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

2. Δύο παιδιά έλκουν τή σφαίρα Σ ασκώντας σ' αυτή, μέση τή βοήθεια δύο σχοινιών, τίς δυνάμεις F_1 και F_2 . Νά σχεδιάσετε τό διάνυσμα τής έπιταχύνσεως που προσδίνουν οι δυνάμεις αυτές στή σφαίρα.



3. Σέ ἔνα σώμα έπιδρα συνεχώς σταθερή δύναμη F πού τού προσδίνει έπιταχυνση γ. "Οταν τριπλασιάσουμε τή μάζα τού σώματος, ή έπιταχυνσή του θά μείνει ή ίδια, θά αύξηθει, θά έλαπτωθει και πόσο; 4. "Οταν ή συνισταμένη δύναμη πού άσκειται σέ ἔνα σώμα είναι σταθερή, ή κίνηση τού σώματος είναι a. εύθυγραμμη και όμαλη; β. ευθύγραμμη και μεταβαλλόμενη; γ. εύθυγραμμη και όμαλά μεταβαλλόμενη; δ. τίποτε άπο δλα αύτά;

1. Πόση έπιταχυνση θά άποκτησει ένα σώμα μάζας 10Kgr , όταν έπιδράσει σ' αυτό μία δύναμη 65N ; 2. Η μηχανή ένός αύτοκινήτου άσκει σ' αυτό δύναμη 1600 N πού τού προσδίνει έπιτάχυνση 2m/sec^2 . Πόση είναι ή μάζα τού αύτοκινήτου;

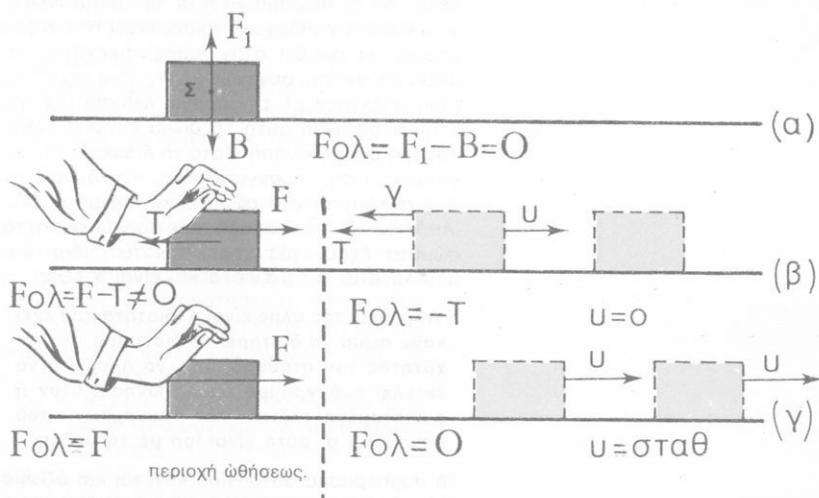


3. Στό σώμα Σ , πού έχει μάζα 5Kgr , άσκούνται οι δυνάμεις $F_1 = 15\text{N}$ και $F_2 = 10\text{N}$. Πόση έπιταχυνση θά άποκτησει τό σώμα;

6η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

ΔΡΑΣΗ – ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ



I. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

α. "Εννοια τῆς ἀδράνειας. "Ενα μικρό σῶμα Σ ισορροπεῖ στό όριζόντιο πάτωμα τοῦ σπιτιού μας (Σχ.1α). Στό σῶμα ενεργοῦν δύο δυνάμεις, τό βάρος του B καὶ ἡ δύναμη F_1 πού ἀσκεῖται ἀπό τό πάτωμα. Ἐπειδὴ τό σῶμα ισορροπεῖ, ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν είναι ἵση μὲν μηδέν ($F_{0\lambda} = F_1 - B = 0$ ή $F_1 = B$). Τό σῶμα αὐτό θά ισορροπεῖ συνεχῶς, ἂν δέν ενεργήσει σ' αὐτό μία ἄλλη δύναμη, δηλ., ἀν ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων πού ἀσκοῦνται στό σῶμα είναι συνεχῶς ἵση μὲν μηδέν ($F_{0\lambda} = 0$).

Μέ τό χέρι μας ὡθοῦμε γιά μία μόνο στιγμή τό σῶμα (Σχ.1β). Παρατηροῦμε τότε ὅτι αὐτό ἀρχίζει νά κινεῖται μέ τήν ἐπίδραση τῆς στιγμαίας δυνάμεως F τοῦ χεριοῦ μας. "Υστερά ὅμως ἀπό λίγο χρόνο τό σῶμα σταματᾷ, γιατί ἐπιβραδύνεται ἀπό τή δύναμη τῆς τριβῆς T .

"Αν ἐπαναλάβουμε τό ἴδιο πείραμα σέ όριζόντια ἐπιφάνεια πάγου (ἡ τριβή είναι πολύ μικρότερη), τό σῶμα μέ τήν ἴδια ἀρχική ώθηση θά

Σχ. 1. "Όταν $F_{0\lambda} = 0$, ἡ ταχύτητα τοῦ σώματος δέ μεταβάλλεται.

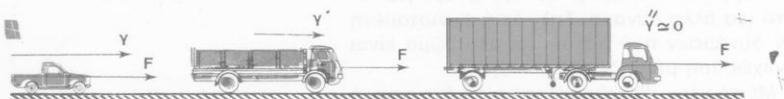
κινείται περισσότερο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι ή άρχική του ταχύτητα έλαττωνται μέ αργότερο ρυθμό (τό σώμα έχει μικρότερη έπιβράδυνση).

Φαίνεται λοιπόν λογικό νά συμπεράνουμε τό έξης: "Αν τό πειράμα γίνει σέ δριζόντια έπιφάνεια χωρίς νά ύπάρχουν τριβές (κάτι τέτοιο δέν μπορεί νά συμβεί στήν πραγματικότητα), τό σώμα θά κινείται συνεχώς μέ τήν ίδια ταχύτητα (δση άπεκτησε μέ τήν άρχική ώθηση) (Σχ.1γ). Στήν περίπτωση αύτή τό σώμα έκτελει εύθυγραμμη όμαλή κίνηση. Κατά τή διάρκεια τής κινήσεως αύτής ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού άσκούνται στό σώμα είναι ίση μέ μηδέν. 'Από ολα αύτά πού άναφέραμε προκύπτει ότι τά σώματα έχουν μία χαρακτηριστική ίδιότητα, πού λέγεται άδράνεια καί είναι ή έξης:

'Άδράνεια τής υλης είναι ή ιδιότητα πού έχει κάθε σώμα νά διατηρει τό διάνυσμα τής ταχύτητάς του σταθερό, δηλ. νά ήρεμει ή νά έκτελει εύθυγραμμη όμαλή κίνηση, όταν ή συνισταμένη άλων τών δυνάμεων πού άσκούνται σ' αύτό είναι ίση μέ τό μηδέν.

Τό συμπέρασμα αύτό, πού λέγεται καί άξιωμα τής άδράνειας, διατυπώθηκε γιά πρώτη φορά άπό τόν άρχαρο "Ελληνη φιλόσοφο Άριστοτέλη καί πήρε τήν όριστική του μορφή άπό τό Γαλιλαϊο καί τό Νεύτωνα.

β. Ή μάζα είναι μέτρο τής άδράνειας. Ή άδράνεια έκδηλωνται όταν έπιχειρήσουμε νά άλλάξουμε τήν κινητική κατάσταση τών σωμάτων, όπότε αύτά άντιδρούν, προσπαθώντας νά διατηρήσουν τήν ταχύτητά τους σταθερή.



Σχ. 2.

Θεωρούμε ένα καροτσάκι, ένα μικρό αυτοκίνητο καί ένα φορτηγό πού άρχικά ήρεμούν (Σχ.2). "Αν ώθησουμε τό καθένα άπό αύτά μέ τήν ίδια δύναμη F , θά παρατηρήσουμε ότι τό καροτσάκι άρχιζει νά κινείται γρήγορα (άποκτα μεγάλη έπιταχυνση), ένω τό μικρό αυτοκίνητο άρχιζει νά κινείται πιο άργα (άποκτα μικρότερη

έπιτάχυνση) καί τό φορτηγό παραμένει σχεδόν άκινητο*. Από αύτά καταλαβαίνουμε ότι τό καροτσάκι πού έχει τή μικρότερη μάζα παρουσιάζει καί τή μικρότερη άδρανεια, ένω τό μικρό αύτοκίνητο παρουσιάζει μεγαλύτερη άδρανεια καί τό φορτηγό πού έχει τήν πιό μεγάλη μάζα παρουσιάζει άκομη μεγαλύτερη άδρανεια. "Αρα:

Η άδρανεια πού έκδηλωνει ένα σώμα είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι ή μάζα του, δηλ. ή μάζα ένός σώματος έκφραζει τό μέτρο τής άδρανειάς του.

γ. Αποτελέσματα τής άδρανειας

1. "Οταν ένα αύτοκίνητο πού κινείται σταματήσει άπότομα, οί έπιβάτες του πέφτουν πρός τά έμπρος γιατί τό σώμα τους, λόγω τής άδρανειας, προσπαθει νά διατηρήσει τήν ταχύτητα πού είχε πρίν νά σταματήσει τό αύτοκίνητο. Άντιθετα, κατά τήν άπότομη έκκινηση ένός αύτοκινήτου, οί έπιβάτες του πέφτουν πρός τά πίσω, έξαιτίας τής άδρανειας.

2. "Οταν ή μηχανή ένός τραίνου σταματήσει άπότομα, τά βαγόνια συνεχίζουν νά κινοῦνται, λόγω τής άδρανειας, μέ άποτέλεσμα νά συγκρούονται καί νά έκτροχιάζονται.

3. Γιά νά άπομακρύνουμε τίς σταγόνες τοῦ νεροῦ άπό τά βρεγμένα χέρια μας, τά τινάζουμε. "Οταν σταματήσει ή κίνηση τών χεριών μας, οί σταγόνες τοῦ νεροῦ συνεχίζουν νά κινοῦνται λόγω άδρανειας, καί άπομακρύνονται άπό τά χέρια μας. Μέ άναλογο τρόπο «κατεβάζουμε» τόν ύδραργυρο τών ιατρικών θερμομέτρων.

4. "Αν μέ τό δάχτυλό μας χτυπήσουμε δυνατά τό χαρτόνι, πάνω στό όποιο στηρίζεται ένα κέρμα, τό χαρτόνι έκτινάζεται άπό τή θέση του, ένω τό κέρμα μένει άκινητο καί πέφτει κάτω (Σχ.3). Αύτό συμβαίνει γιατί ή μικρή δύναμη τριβής πού άναπτύσσεται άναμεσα στό κέρμα καί τό χαρτόνι, δέν μπορει νά δώσει μεγάλη έπιτάχυνση στό κέρμα. "Αν τό χαρτόνι ξεκινήσει άργα (μικρή έπιτάχυνση), τότε τό κέρμα παρασύρεται μαζί μέ τό χαρτόνι.

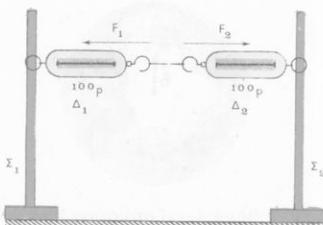
II. ΑΞΙΩΜΑ ΔΡΑΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΣ

Συνδέουμε δύο δυναμόμετρα Δ_1 καί Δ_2 , δόπως φαίνεται στό Σχ.4, καί άπομακρύνουμε τά

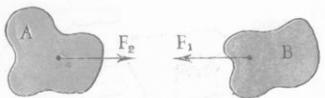
* "Αν λάβουμε ύπόψη τήν τριβή, τό φορτηγό μένει άκινητο.



Σχ. 3.



Σχ. 4. ($F_1 = F_2$)



Σχ. 5. Τό A άσκει στό B τήν F_1 . Τό B άσκει στό A τήν F_2 . ($F_1 = F_2$).

κατακόρυφα στηρίγματα Σ₁ και Σ₂, ώστε νά τεντωθούν τά έλατηρια. Παρατηρούμε τότε ότι τά δυναμόμετρα δείχνουν τήν ίδια ένδειξη, π.χ. 100p. Αύτο σημαίνει ότι τό Δ₁ άσκει στό Δ₂ τή δύναμη $F_1 = 100p$ και τό Δ₂ άσκει στό Δ₁ τή δύναμη $F_2 = 100p$. Οι δυνάμεις F_1 και F_2 δπως φαίνεται στό Σχ.4, είναι άντιθετες. Άπο τό πείραμα αύτό, άλλα και άπο διάφορες παρατηρήσεις, καταλήγουμε στό παρακάτω **άξιωμα δράσεως και άντιδράσεως**.

"Όταν ένα σώμα A άσκει σέ ένα άλλο σώμα B μία δύναμη, τότε και τό B άσκει στό A μία άλλη δύναμη πουύ είναι άντιθετη τής πρώτης (Σχ.5).



Σχ. 6. Τό A άσκει στό B τήν F_2 . Τό B άσκει στό A τήν F_1 ($F_1 = F_2$).

Σύμφωνα λοιπόν μέ τό άξιωμα αυτό δέν υπάρχει στή φύση μία άπομονωμένη δύναμη, άλλα πάντοτε οι δυνάμεις παρουσιάζονται κατά ζεύγη. Οι δύο δυνάμεις κάθε τέτοιου ζεύγους είναι άντιθετες και άσκοῦνται σέ δύο διαφορετικά σώματα. Ή μία άπό τίς δυνάμεις αύτές (όποια θέλουμε) λέγεται **δράση** και ή άλλη άντιδραση. Τά δύο σώματα πουύ άλληλεπιδρούν μπορεί νά βρίσκονται σέ έπαφη (Σχ.4 και 6) ή σέ άπόσταση τό ένα άπό τό άλλο (Σχ.5 και 7). Μέ τη βοήθεια τού άξιωμάτος δράσεως και άντιδράσεως μπορούμε νά έξηγήσουμε τό βάσισμα μας, τήν κίνηση τών τροχοφόρων (άυτοκινήτων κτλ.), τήν προώθησή τών πλοίων ήταν στρέφεται ή έλικας τους, τήν προώθηση τών πυραύλων ήταν έκτοξεύονται πρός τά πίσω τά καυσαέρια και πολλά άλλα φαινόμενα.

Παρατήρηση. "Όταν έξετάζουμε χωριστά τό καθένα άπό τά δύο σώματα A ή B (Σχ.5) πού άλληλεπιδρούν, ή δράση και ή άντιδραση δέν άλληλος ξυδετερώνονται, γιατί, άσκοῦνται σέ διαφορετικά σώματα.



Σχ. 7. Η γῆ άσκει στό σώμα Σ τό βάρος του B. Τό σώμα άσκει στή γη τή δύναμη B' ($B = B'$).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Άδράνεια λέγεται ή ιδιότητα πού έχουν τά σώματα νά διατηροῦν τό διάνυσμα τής ταχύτητάς τους σταθερό, όταν ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού άσκούνται σ' αύτά είναι ίση μέ τη μηδέν.
2. Ή μάζα ένός σώματος έκφραζει τό μέτρο τής άδράνειάς του.
3. Όταν ένα σώμα Α άσκει σέ ένα σώμα Β μία δύναμη (δράση), τότε και τό Β άσκει στό Α μία άλλη δύναμη (άντιδραση), άντιθετη τής πρώτης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Τί λέγεται άδράνεια; β) Πότε ένα σώμα έκδηλώνει μεγάλη άδράνεια;
2. Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα. Πότε ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού άσκούνται σ' αύτό είναι: α) μηδέν; β) διάφορη άπό τό μηδέν;
3. Νά άναφέρετε δύο παραδείγματα δράσεως - άντιδρασεως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Έπάνω σέ ένα άκινητο τραπέζι ισορροπεῖ ένα σώμα. Νά αποδείξετε ότι ή δύναμη πού άσκει τό σώμα στό τραπέζι είναι ίση μέ τό βάρος τού σώματος.
- *2. Τό σώμα Σ έχει βάρος 5Kg. Πόση δύναμη F πρέπει νά έπιδρα σ' αύτό όταν άνεβαίνει ή κατεβαίνει μέ σταθερή ταχύτητα;



3. Τό σώμα Σ έχει μάζα 5 Kgr. Πόση δύναμη F πρέπει νά έπιδρα σ' αύτό όταν άνεβαίνει μέ σταθερή έπιπτάχυνση γ = 2 m/sec²; (B = 5Kg ≈ 50 N).



ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ – ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΕΞΕΩΣ

I. ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ



Σχ. 1.

a. "Εννοια τοῦ βάρους. Ἀπό τήν ἐμπειρία μας γνωρίζουμε ότι ὅλα τά σώματα ἔχουν βάρος. Γιά νά σηκώσουμε ψηλά ἔνα σῶμα (Σχ.1) πρέπει νά ἀσκήσουμε σ' αὐτό μία μυϊκή δύναμη, γιατί ἡ Γῆ τό ἔλκει πρός τά κάτω μέ μία δύναμη πού λέγεται βάρος. "Αρα:

Βάρος ἐνός σώματος λέγεται ἡ ἐλκτική δύναμη πού ἀσκεῖ ἡ μάζα τῆς Γῆς στή μάζα τοῦ σώματος αὐτοῦ.

Τό βάρος ἔχει διεύθυνση κατακόρυφη και φορά πρός τό κέντρο τῆς Γῆς (Σχ.2).

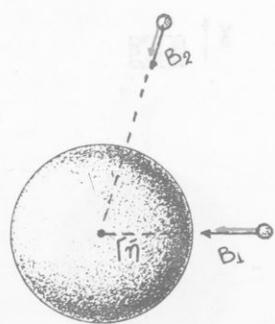
β. Σχέση βάρους και μάζας. Θεωρούμε ἔνα σώμα πού ἔχει μάζα m και βάρος B . "Οταν τό σῶμα αὐτό ἐκτελεῖ ἐλεύθερη πτώση, ἀποκτᾷ ἐπιτάχυνση g , λόγω τοῦ βάρους του B . Έφαρμόζουμε στήν περίπτωση αὐτή τό θεμελιώδη νόμο τῆς Μηχανικῆς $F = mg$, πάιρνοντας ύπόψη μας ότι $F = B$ και $g = g$, και βρίσκουμε ότι:

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

Παρατήρηση. "Οταν χρησιμοποιούμε τή σχέση $B = mg$ σέ διάφορα προβλήματα, πρέπει νά ἐκφράζουμε τό βάρος B σέ N , τή μάζα m σέ kgr και τήν ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g σέ m/sec^2 (Διεθνές Σύστημα).

γ. Μέτρηση τοῦ βάρους. Τό βάρος ἐνός σώματος μετριέται μέ τό δυναμόμετρο (ζυγός μέ ἑλατήριο ἢ κανταράκι), ὅπως δείχνει τό Σχ.3. "Η ἐνδεική τοῦ δυναμομέτρου ἀντιστοιχεῖ στό πραγματικό βάρος τοῦ σώματος, μόνο όταν τό σύστημα δυναμόμετρο - σώμα ισορροπεῖ (ήρεμει ἢ κινεῖται μέ σταθερή ταχύτητα).

δ. Μεταβολές τοῦ βάρους. "Η μάζα ἐνός σώματος, ώς ποσότητα ὅλης, παραμένει σταθερή. "Αντίθετα, τό βάρος ἐνός σώματος μεταβάλλεται, ὅπως ἀκριβώς και ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g , γιατί $B = mg$ και $m = \text{σταθερή}$. "Αρα τό βάρος B ἐνός σώματος θά ἔξαρταται ἀπό τό γεωγραφικό πλάτος τοῦ τόπου και ἀπό τό ὑψος πάνω ἀπό τήν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, στό οποίο βρίσκεται τό σώμα (βλ. 3η ἐνότητα).

Σχ. 2. Τό g και τό B ἔχουν κατακόρυφη διεύθυνση πού περνάει ἀπό τό κέντρο τῆς γῆς.

II. ΝΟΜΟΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ

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

Δύο όποιαδήποτε ύλικά σωματίδια μέ μάζες m_1 και m_2 έλκονται άμοιβα μέ μία δύναμη F πού έχει διεύθυνση τήν εύθεια πού ένωνται τά δύο σωματίδια. Τό μέτρο τής δυνάμεως αυτής είναι άναλογο πρός τό γινόμενο τών μαζών m_1 και m_2 τών σωματίδιών και άντιστρόφως άναλογο πρός τό τετράγωνο τής άποστάσεώς τους r (Σχ.4). Ο νόμος αυτός έκφραζεται μέ τή σχέση:

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

Τό K λέγεται σταθερά τής παγκόσμιας έλξεως και έχει τιμή $K = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Kgr}^2}$.

Ο νόμος τής παγκόσμιας έλξεως ισχύει βέβαια και γιά **μεγάλα σώματα**, έφαρμόζεται ομως εύκολα στα σώματα αυτά είναι θεμελιώδης σημείος σφαίρες. Στήν περίπτωση τή μάζα τής σφαίρας συγκεντρωμένη στό κέντρο της, όποτε ή σφαίρα συμπεριφέρεται σάν ύλικό σωματίδιο.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΕΛΞΕΩΣ ΣΤΟ ΖΕΥΓΟΣ ΓΗ – ΣΩΜΑ

Τό βάρος B ένός σώματος αποτελεῖ μία δύναμη παγκόσμιας έλξεως. "Άν θεωρήσουμε τή Γη κατά προσέγγιση σάν θεμελιώδης σημείο της σφαίρας μέ ακτίνα R και μάζα M , μπορούμε νά έφαρμόζουμε άμεσως τόν τύπο (2), όποτε προκύπτει:

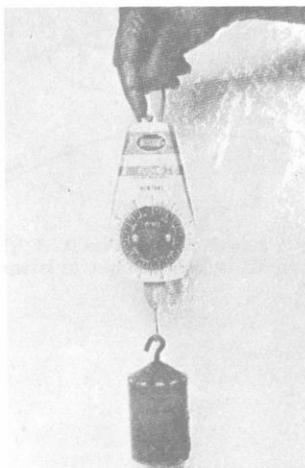
$$B = K \frac{mM}{R^2} \quad (3)$$

(m = μάζα τοῦ σώματος Σχ.5)

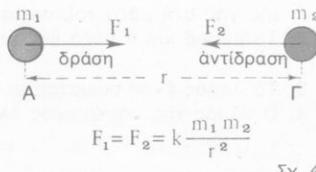
Άπο τούς τύπους (1) και (3) προκύπτει οτι

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

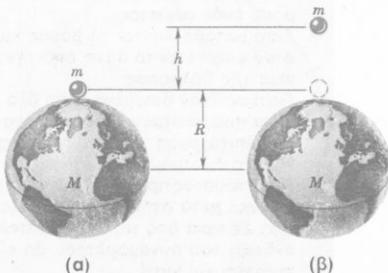
"Άν τό σώμα βρίσκεται σέ υψος h ή από τήν έπιφάνεια τής Γης (Σχ.5), οι τύποι (3) και (4) γράφονται άντιστοιχα μέ τόν άκολουθο τρόπο:



Σχ. 3. Δυναμόμετρο βαθμολογημένο σέ Newton. "Όταν τό σώμα ισορροπεῖ (ήρεμει ή κινείται μέ σταθερή ταχύτητα) τό δυναμόμετρο μετράει τό βάρος του.



Σχ. 4.



Σχ. 5.

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

Από τούς τύπους αύτούς φαίνεται ότι τό βάρος Β καὶ τό g μεταβάλλονται μέ τό ψήφος h.

IV. ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ «ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ»

Συνήθως όταν λέμε «βάρος σώματος» έννοούμε τή δύναμη έλξεως πού άσκει ή μάζα τής Γῆς στή μάζα τοῦ σώματος αύτοῦ. Τό ideo ομως σώμα, όταν μεταφερθεῖ στήν περιοχή ένός άλλου πλανήτη, π.χ. τοῦ "Αρη, θά έλκεται πάλι μέ μία δύναμη άπό τόν" Αρη, ένω θά έλκεται πιά άπό τή Γῆ. Αύτή τή νέα έλκτική δύναμη μπορούμε νά τή λέμε «βάρος τοῦ σώματος στήν περιοχή τοῦ "Αρη». Τό βάρος ένός σώματος στήν περιοχή τής Γῆς έχει διαφορετική τιμή άπό τό βάρος τοῦ ideo σώματος στήν περιοχή τῶν άλλων πλανητῶν, γιατί ή μάζα καὶ ή άκτινα τής Γῆς είναι διαφορετικές άπό τά άντιστοιχα μεγέθη τῶν άλλων πλανητῶν (τύπος (3)).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Βάρος ένός σώματος είναι ή κατακόρυφη έλκτική δύναμη πού άσκει ή μάζα τής γῆς στή μάζα τοῦ σώματος.
2. Τό βάρος καὶ ή μάζα ένός σώματος συνδέονται μέ τή σχέση:
 $B = mg$
3. Τό βάρος ένός σώματος μεταβάλλεται άπό τόπο σέ τόπο.
4. Ό νόμος τής παγκόσμιας έλξεως έκφραζεται μέ τή σχέση:

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

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Τί γνωρίζετε γιά τίς μεταβολές τοῦ βάρους ένός σώματος;
2. Γιατί μεταβάλλονται τό βάρος καὶ τό g, όταν αύξανεται τό ψήφος άπό τήν έπιφάνεια τής θάλασσας;
3. Γιατί σέ έναν ορισμένο τόπο όλα τά σώματα πού πέφτουν έλευθερα έχουν τήν ίδια έπιτάχυνση τής βαρύτητας g;
4. Μέ έναν δυναμόμετρο μετράμε τό βάρος ένός σώματος πρώτα στήν έπιφάνεια τής Γῆς καὶ μετά στήν έπιφάνεια τής Σελήνης. Σέ ποιά άπό τίς δύο περιπτώσεις ή ένδειξη τοῦ δυναμομέτρου θά είναι μικρότερη καὶ γιατί;
1. Ένα σώμα έχει μάζα 5 Kgr. Πόσο είναι τό βάρος του σέ N; (Δίνεται g = 10 m/sec²).
2. Άν τό προηγούμενο σώμα μεταφερθεῖ στήν έπιφάνεια τής Σελήνης, όπου ύπάρχει ή έπιτάχυνση τής βαρύτητας τής Σελήνης g_S = 1,6 m/sec², πόσο θά είναι τό βάρος του σέ N;
3. Δύο μεταλλικές σφαῖρες μέ μάζες m₁ = 1000 Kgr καὶ m₂ = 500 Kgr βρίσκονται σέ άποσταση μεταξύ τῶν κέντρων τους r = 1m. Μέ πόση δύναμη έλκονται οι σφαῖρες αύτές; (K = 6,6 · 10⁻¹¹ $\frac{N \cdot m^2}{Kgr^2}$).

8η ENOTHTA

KENTROMOLOS DYNAMH

"Έχουμε άναφέρει προηγουμένως (βλ. 6η ένότητα) ότι η συνισταμένη όλων των δυνάμεων πού άσκούνται σ' ένα σώμα είναι ίση με μηδέν, όταν αύτό έκτελει εύθυγραμμη όμαλή κίνηση ή ήρεμει. Τώρα θά έξετάσουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων πού ένεργούν σ' ένα σώμα, όταν αύτό έκτελει κυκλική όμαλή κίνηση.

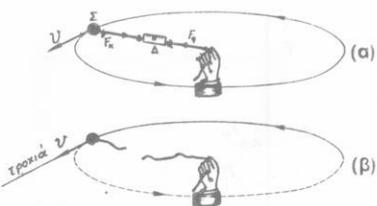
I. ΣΩΜΑ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΜΑΛΗ ΚΙΝΗΣΗ

a. Πειραματική μελέτη. Στό ένα άκρο ένός νήματος δένουμε μία μικρή σφαίρα Σ. Παρεμβάλλουμε στό νήμα ένα μικρό δυναμόμετρο Δ και μέ τό χέρι μας, κρατώντας τό άλλο άκρο τοῦ νήματος, περιστρέφουμε τό σύστημα αύτό μέ σταθερή γωνιακή ταχύτητα σέ όριζόντιο έπιπεδο (Σχ.1a). Τότε ή σφαίρα έκτελει κυκλική όμαλή κίνηση. Παρατηρούμε ότι κατά τή διάρκεια τῆς κινήσεως τό νήμα είναι τεντωμένο και τό δυναμόμετρο δείχνει κάποια ένδειξη, δηλ. μετράει κάποια δύναμη. Από αύτό καταλαβαίνουμε ότι τό τεντωμένο νήμα άσκει στή σφαίρα μία δύναμη F_K .

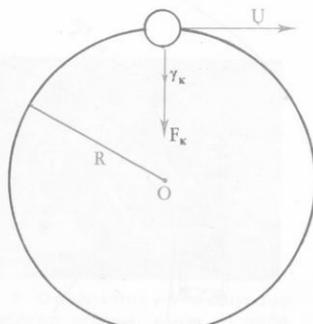
"Αν θεωρήσουμε τό βάρος τῆς σφαίρας άμελητέο, τότε ή F_K συμπίπτει μέ τή συνισταμένη τῶν δυνάμεων πού άσκούνται στή σφαίρα. Ή συνισταμένη αύτή F_K , δηπως φαίνεται στό Σχ. 1a, έχει διεύθυνση τή διεύθυνση τῆς άκτίνας, έχει φορά πρός τό κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιάς και λέγεται κεντρική δύναμη. Έπομένως:

"Οταν ένα σώμα έκτελει κυκλική όμαλή κίνηση, ή συνισταμένη όλων τῶν δυνάμεων πού ένεργούν σ' αύτό είναι ή κεντρομόλος δύναμη. Η δύναμη αύτή έχει διεύθυνση τή διεύθυνση τῆς άκτίνας και φορά πρός τό κέντρο τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

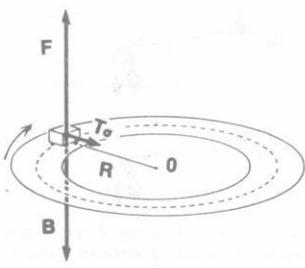
β. Θεωρητική μελέτη. "Οταν ένα σώμα έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση, τότε έχει κεντρομόλος έπιπτάχυνση $\gamma_K = \frac{U^2}{R}$ (Σχ.2). Σύμφωνα όμως μέ τό θεμελιώδη νόμο τῆς Μηχανικῆς $F=mv$, κάθε έπιπτάχυνση οφείλεται σέ κάποια δύναμη πού έχει τή διεύθυνση και τή φορά τῆς έπιπταχύνσεως. Έπομένως, ή συνισταμένη τῶν δυνάμεων



Σχ. 1. Η κεντρομόλος δύναμη συγκρατεῖ τό σώμα σέ κυκλική κίνηση.



Σχ. 2.



Σχ. 3.

πού άσκούνται στό σώμα αύτό έχει τή διεύθυνση τής άκτινας και φορά πρός τό κέντρο Ο (όπως και ή γκ), δηλ. είναι ή **κεντρομόλος δύναμη**.

Τό μέτρο τής κεντρομόλου δυνάμεως βρίσκεται από τήν έξισωση $F = mv$, ἀν ἀντικαταστήσουμε τό γ με τό γκ, όπότε προκύπτει:

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

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

γ. Δυναμική συνθήκη τής κυκλικής όμαλης κινήσεως. "Αν κατά τήν περιστροφή τής σφαίρας Σ (Σχ. 1) κόψουμε τό νήμα, θά παρατηρήσουμε ότι ή σφαίρα δέ συνεχίζει τήν κυκλική όμαλη κίνηση, άλλα κινεῖται ευθύγραμμα κατά τή διεύθυνση τής έφαπτομένης τοῦ κύκλου (Σχ.1β). Είναι φανερό ότι μόλις κοπεῖ τό νήμα, καταργεῖται και ή δύναμη πού άσκείται στή σφαίρα, δηλ. ή κεντρομόλος δύναμη: "Αρα:

Γιά νά μπορεῖ ένα σώμα νά έκτελει κυκλική όμαλη κίνηση σε περιφέρεια άκτινας R με ταχύτητα v , πρέπει νά άσκείται σ' αύτό κεντρομόλος δύναμη μέ μέτρο $F_k = \frac{mv^2}{R}$.

II. ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΗ ΔΥΝΑΜΗ

Στό πείραμα τοῦ Σχ. 1a, τό τεντωμένο νήμα άσκει στή σφαίρα τήν κεντρομόλο δύναμη $F_k = \frac{mv^2}{R}$. Σύμφωνα μέ τό άξιωμα δράσεως καιί άντιδράσεως, και ή σφαίρα άσκει στό νήμα, έπομένως καιί στό χέρι μας, μία άντιθετη δύναμη F_ϕ .

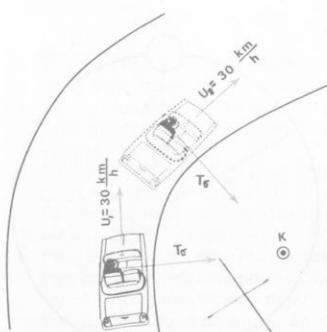
Η δύναμη αύτή λέγεται φυγόκεντρη καιί έχει μέτρο:

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

"Αρα:

Η φυγόκεντρη δύναμη είναι ή άντιδραση τής κεντρομόλου δυνάμεως καιί άσκείται από τό σώμα πού κινεῖται κυκλικά στό σώμα (ή στά σώματα) πού άσκούν τήν κεντρομόλο δύναμη.

Παρατήρηση. Η φυγόκεντρη δύναμη δέν άσκείται στό κυκλικά κινούμενο σώμα καιί γι' αύτό δέν έπηρεάζει τήν κίνησή του.



Σχ. 4. Η στατική τριβή δημιουργεῖ τήν άναγκαία κεντρομόλο δύναμη.

III. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΥ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

α. Γιά νά κινηθεί ένα αύτοκίνητο σέ μία στροφή άκτινας R μέ ταχύτητα u , πρέπει νά άσκείται σ' αύτό μία κεντρομόλος δύναμη μέ μέτρο $F_k = \frac{mu^2}{R}$. "Οταν ή στροφή είναι όριζόντια (Σχ. 3) ή κεντρομόλος δύναμη είναι ή στατική τριβή Τσ. "Άρα,

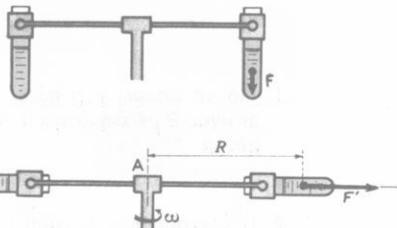
$$Tσ = F_k = \frac{mu^2}{R} \quad (1)$$

'Επειδή ή Τσ είναι συνήθως μικρή στους λείους δρόμους, (ένω είναι μεγαλύτερη στους τραχεῖς) γιά νά ισχύει ή (1) πρέπει καί ή ταχύτητα u νά είναι μικρή, όπότε τό αύτοκίνητο κινεῖται στή στροφή χωρίς νά έκτρεπεται άπό τήν κυκλική πορεία του. "Οταν δώμας ή ταχύτητα u είναι μεγάλη ή ο δρόμος είναι βρεγμένος, δέν ίκανο ποιεῖται ή σχέση (1) ($Tσ < \frac{mu^2}{R}$), όπότε τό αύτοκίνητο δέν μπορεί νά διαγράψει τή συγκεκριμένη στροφή καί έκτρεπεται άπό τήν πορεία του (πέφτει έξω).

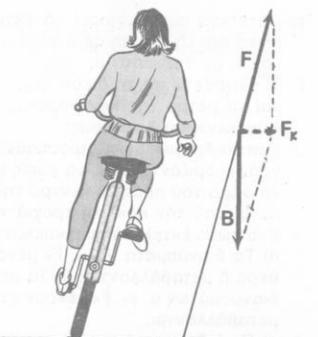
Δίνοντας μία μικρή κλίση στό κατάστρωμα τοῦ δρόμου πρό τό κέντρο τής τροχιάς, διευκολύνουμε τά αύτοκίνητα νά κινοῦνται στή στροφή μέ περισσότερη άσφάλεια.

β. Ό έπιβάτης τοῦ αύτοκινήτου πού κινεῖται σέ μία στροφή χρειάζεται κατάληη κεντρομόλο δύναμη, γιά νά διαγράψει τή στροφή (Σχ.4). Ή κεντρομόλος αύτή δύναμη προέρχεται άπό τό κάθισμα καί τό πλευρικό τοίχωμα τοῦ αύτοκινήτου. "Αν δώμας ξαφνικά άνοιξει ή πόρτα τοῦ αύτοκινήτου, ή δύναμη τοῦ τοιχώματος καταργεῖται. Τότε ή δύναμη άπό τό κάθισμα δέν έπαρκει νά διατηρήσει τόν έπιβάτη στήν κυκλική του τροχιά ($F < \frac{mu^2}{R}$), μέ άποτέλεσμα αύτός νά πέφτει έξω άπό τό αύτοκίνητο.

γ. Άρχι τοῦ φυγοκεντρικοῦ διαχωριστήρα. (Σχ.5). Οι δοκιμαστικοί σωλήνες περιέχουν αιώρημα κιμωλίας σέ νερό. "Οταν τό σύστημα περιστραφεί γύρω άπό τόν κεντρικό του ξένα, ή σκόνη τής κιμωλίας μαζεύεται στόν πυθμένα τῶν σωλήνων, δηλ. διαχωρίζεται άπό τό νερό. Μέ άναλογο τρόπο χωρίζεται τό βούτυρο άπό τό γάλα καί τό νερό άπό τά πλυμένα ρούχα μέσα στό πλυντήριο (στύψιμο ρούχων).



Σχ. 5.



Σχ. 6. Ό ποδηλάτης γιά νά διαγράψει όριζόντια στροφή, κλίνει τό ποδήλατο καί τό σώμα του πρός τό κέντρο της. "Ετοι οι δυνάμεις B καί F δίνουν ώς συνισταμένη τήν κεντρομόλο F_k .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Γιά νά μπορεί ένα σώμα νά έκτελει κυκλική όμαλή κίνηση σέ περιφέρεια άκτίνας R μέ ταχύτητα u, πρέπει νά άσκείται σ' αύτό κεντρομόλος δύναμη μέτρο

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

- Ή κεντρομόλος δύναμη έχει διεύθυνση τή διεύθυνση τής άκτίνας και φορά πρός τό κέντρο τής κυκλικής τροχιάς.
- Ή φυγόκεντρη δύναμη είναι ή άντιδραση στήν κεντρομόλο δύναμη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Πότε ένα σώμα μπορεί νά έκτελει κυκλική όμαλή κίνηση σέ περιφέρεια άκτίνας R μέ ταχύτητα u;
- Τί γνωρίζετε γιά τή διεύθυνση, τή φορά και τό μέτρο τής κεντρομόλου και τής φυγοκέντρου δυνάμεως;
- Γιατί ό δρομέας πού προσπαθεί νά διαγράψει όριζόντια στροφή χωρίς νά κλίνει τό σώμα του πρός τό κέντρο της έκτρεπεται άπό τήν κυκλική τροχιά του;
- "Ένα σώμα έκτελει όμαλή κυκλική κίνηση.
α) Τά διανύσματα u, γκ, Fk μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται; β) Τά μέτρα τών διανυσμάτων u, γκ, Fk μένουν σταθερά ή μεταβάλλονται;
- α) Ποιά δύναμη διατηρεί τό αύτοκίνητό μας σέ κυκλική τροχιά όταν τό κατάστρωμα τού δρόμου είναι όριζόντιο; β) Γιατί δέν μπορούμε νά παίρνουμε στροφές μέ ταχύτητες μεγαλύτερες άπό κάποιο θρίο;

9η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΟΡΜΗ – ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

I. ΟΡΜΗ

α. Έννοια τής όρμης. Τοποθετούμε ένα βαρύ σώμα Σ πάνω σέ μία λεπτή σανίδα, δημιουργούμε δύναμη στη σανίδα κάμπτεται λίγο, άλλα δέ σπάζει. "Υστερα παίρνουμε τό ίδιο σώμα Σ και τό άφηνουμε νά πέσει πάνω στή σανίδα από κατάλληλο ύψος. Παρατηρούμε τώρα ότι ή σανίδα σπάζει (Σχ. 1β).

Από τό πείραμα αύτό διαπιστώνουμε ότι κάθε σώμα έχει άλλη συμπεριφορά, όταν κινεῖται και άλλη συμπεριφορά, όταν είναι άκινητο. Η διαπίστωση αύτή μας άναγκάζει νά εισαγούμε ένα νέο μέγεθος, τήν όρμη, πού χαρακτηρίζει τά κινούμενα σώματα και όριζεται ώς έξης:

Όρμη J ένός σώματος, πού έχει μάζα m και κινεῖται μέ ταχύτητα u , λέγεται τό φυσικό μέγεθος πού έκφραζεται μέ τό γινόμενο τής μάζας τού σώματος έπι τήν ταχύτητά tou.

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

$$J = m \cdot u$$

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

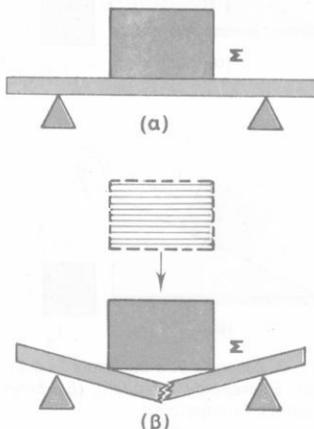
β. Μονάδες τής όρμης. Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα όρμης είναι τό $1\text{Kgr} \cdot \text{m/sec}$, πού προκύπτει άπό τή σχέση $J = m \cdot u$, ἀν $m = 1\text{Kgr}$ και $u = 1\text{m/sec}$.

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

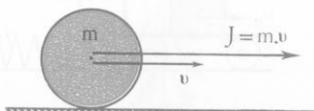
II. ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΜΗΣ

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

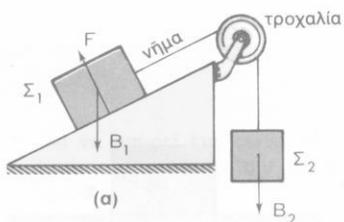
Τά σώματα Σ_1 , Σ_2 και τό νήμα πού τά συνδέει (Σχ. 3α ή 3β) άποτελούν ένα σύστημα σωμάτων, όταν τά έχετάζουμε δόλα μαζί σάν ένα σώμα. Στό παράδειγμα αύτό, τό κεκλιμένο έπίπεδο ή τροχαλία και ή Γη δέν άνηκουν στό σύστημα πού έχετάζουμε.



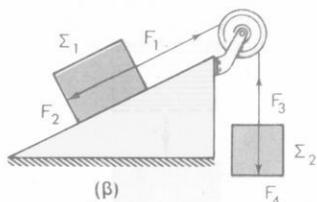
Σχ. 1. Τό σώμα Σ άσκει μεγαλύτερη δύναμη στή δεύτερη περίπτωση.



Σχ. 2.



(a)



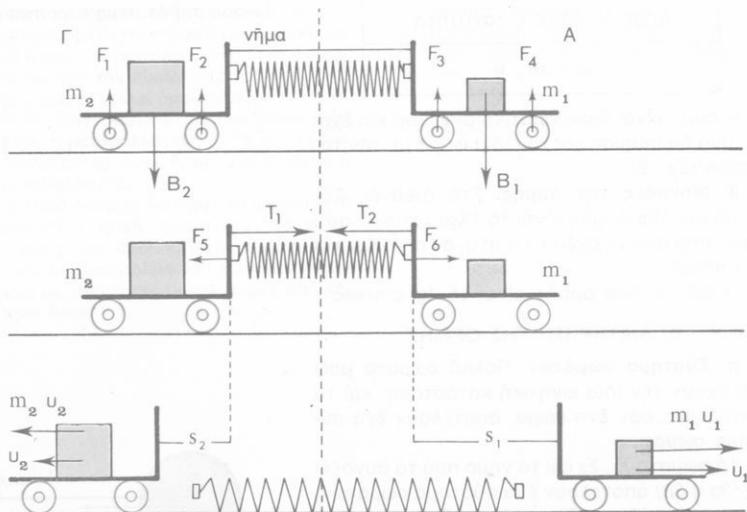
(β)

Σχ. 3. Σύστημα δύο σωμάτων Σ_1 & Σ_2 .
(a) Έξωτερικές δυνάμεις. (β) Έσωτερικές δυνάμεις.

Έξωτερικές δυνάμεις ένός συστήματος είναι οι δυνάμεις που άσκούνται στά σώματα του συστήματος από άλλα σώματα που δεν άνηκουν σ' αυτό. Τέτοιες δυνάμεις είναι τά βάρη B_1 , B_2 των Σ_1 , Σ_2 (άσκούνται από τη Γῆ) και ή F (άσκείται από τό κεκλιμένο έπίπεδο στό Σ_1) (Σχ. 3a).

Έσωτερικές δυνάμεις ένός συστήματος είναι οι δυνάμεις που άσκούνται σέ ένα σώμα του συστήματος από άλλο σώμα του ίδιου συστήματος. Τέτοιες δυνάμεις είναι (Σχ. 3β) ή F_1 (άσκείται στό Σ_1 από τό νήμα), ή F_2 (άσκείται στό νήμα από τό Σ_1), ή F_3 (άσκείται στό Σ_2 από τό νήμα) και ή F_4 (άσκείται στό νήμα από τό Σ_2). Οι έσωτερικές δυνάμεις άποτελούν ζεύγη δράσεως-άντιδράσεως ($F_1 = F_2$, $F_3 = F_4$), όπότε έχουν δειρώνονται αμοιβαία και δέν έπηρεάζουν τήν κινητική κατάσταση τού συστήματος.

β. Θεώρημα διατηρήσεως τής όρμης. Τά βαγόνια A και Γ που φαίνονται στό Σχ. 4 είναι δεμένα μέντε νήμα, έχουν άναμεσά τους ένα συμπιεσμένο έλατηριο και μπορούν νά κινούνται σέ σιδηροδρηγούς (σιδηροτροχιές) μέντε άμε-



Σχ. 4. Η όρμή τού συστήματος παραμένει μηδέν.

λητέα τριβή. Τό Γ έχει μάζα (m_2) διπλάσια από τή μάζα (m_1) τού A ($m_2 = 2m_1$).

Αρχικά τό σύστημα τῶν σωμάτων αύτῶν ἡρεμεῖ, ὅποτε ἡ ὄλική ὁρμή τοῦ συστήματος εἶναι μηδέν ($J_{\text{tot}} = 0$).

Ἄν κόψουμε τὸ νῆμα, οἱ δυνάμεις T_1 καὶ T_2 καταργοῦνται καὶ τὰ βαγόνια ἀρχίζουν νά κινοῦνται κατά ἀντίθετη φορά μέ τῇ στιγμαίᾳ ἐπίδραση τῶν δυνάμεων F_5 καὶ F_6 πού δέχονται ἀπό τό ἑλατήριο. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ βαγόνια A καὶ G σέ δρισμένο χρόνο διανύουν ἀντιστοίχως τά διαστήματα s_1 καὶ s_2 καὶ ὅτι $s_1 = 2s_2$.

Ἐπειδὴ ἡ κίνηση τους εἶναι εύθυγραμμη δόμαλή, οἱ ταχύτητές τους u_1 καὶ u_2 βρίσκονται ἀπό τούς τύπους:

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

Ἡ ὁρμή τοῦ A εἶναι $J_1 = m_1 u_1$ καὶ ἡ ὁρμή τοῦ G εἶναι $J_2 = m_2 u_2$.

Ἡ ὄλική ὁρμή τοῦ συστήματος τῶν δύο βαγονιῶν εἶναι:

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

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

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

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

Διαπιστώνουμε λοιπόν ὅτι ἡ ὄλική ὁρμή τοῦ συστήματος εἶναι πάλι μηδέν, δηλ. δέν ἄλλαξε.

Ἡ συνισταμένη τῶν ἔξωτερικῶν δυνάμεων (B_1 , B_2 , F_1 , F_2 , F_3 καὶ F_4) τοῦ συστήματος εἶναι ἵση μὲν μηδέν γιατί τό σύστημα ἰσορροπεῖ κατά τόν κατακόρυφο ἄξονα.

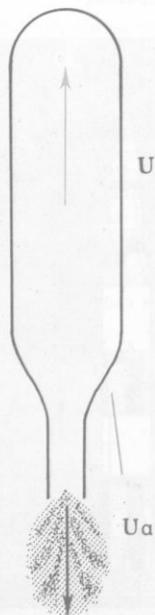
Ἀπό ὅλα αὐτά προκύπτει τό παρακάτω θεώρημα διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς:

Ἡ ὄλική ὁρμή ἐνός συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή (κατά διεύθυνση, φορά καὶ μέτρο), ὅταν ἡ συνισταμένη τῶν ἔξωτερικῶν δυνάμεων τοῦ συστήματος εἶναι ἵση μὲν μηδέν.

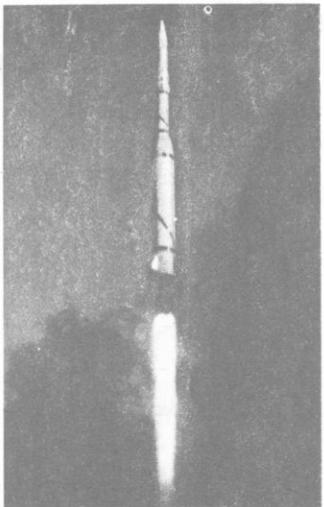
γ. Ἐφαρμογές. 1. Ἀνάκρουση τοῦ ὅπλου. Τή στιγμή πού φεύγει τό βλῆμα ἀπό τό ὅπλο (Σχ. 5) παρατηροῦμε ὅτι τό ὅπλο ὄπισθοδρομεῖ (κλωτσάει). Τό φαινόμενο αὐτό λέγεται ἀνάκρουση καὶ ἔχηγείται ὡς ἔξης: Τό σύστημα



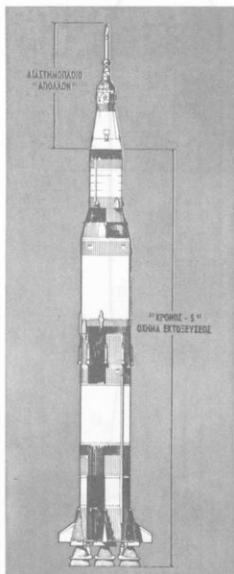
Σχ. 5. Ἀνάκρουση τοῦ ὅπλου.



Σχ. 6. Ἀρχή τοῦ πυραύλου.



Σχ. 7. Πύραυλος.



Σχ. 8. Ο πύραυλος που μετέφερε τούς Αμερικανούς στη Σελήνη.

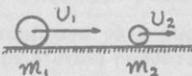
«βλήμα-όπλο» πρέπει νά έχει πάντοτε τήν ίδια όρμη, αύτή πού είχε και στήν άρχη, δηλ. $J_{0L}=0$. Κατά τήν έκπυρσοκρότηση τό βλήμα άποκτά όρμη πρός τά έμπρός. Για νά συνεχίσει τό σύστημα νά έχει όρμη $J_{0L}=0$, πρέπει τό δηλαδί νά άποκτήσει άντιθετή πρός τό βλήμα όρμη, δηλ. πρέπει νά κινηθεί πρός τά πίσω.

2. Άρχη τοῦ πυραύλου. Φουσκώνουμε ένα στενόμακρο μπαλόνι, άφοῦ πρώτα τοποθετήσουμε στό στόμιό του ένα στενό αωλάνικο. «Όταν τό άφησουμε έλευθερο μέ τό άνοικτό στόμιο πρός τά κάτω (Σχ. 6), θά παρατηρήσουμε ότι άνεβαίνει ψηλά, ένω σιγά-σιγά ξεφουσκώνει.

Έμρηνεία. Τό μπαλόνι καὶ ὁ ἀέρας πού περιέχεται σ' αύτό έχουν άρχικά, δηλ. πρίν άρχισει ἡ έκροή τοῦ ἀέρα, όρμη $J_{0L} = 0$. «Όταν ὁ ἀέρας βγαίνει ἀπό τό στενό στόμιο, άποκτά όρμη κατακόρυφη πρός τά κάτω. Γιά νά συνεχίσει τό σύστημα νά έχει όρμη $J_{0L} = 0$, πρέπει τό μπαλόνι νά άποκτήσει άντιθετη μέ τόν έξερχόμενο ἀέρα όρμη, δηλ. πρέπει νά κινηθεί πρός τά πάνω. Κατά τόν ίδιο τρόπο ἔχειγονται ή κίνηση τοῦ πυραύλου (Σχ. 7) καὶ ἡ προώθηση τῶν άεριωθουμένων άεροπλάνων (Jet), ὅταν έκτοξεύονται πρός τά πίσω μέ μεγάλη ταχύτητα τά καυσαέρια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Οι σφαῖρες τοῦ σχήματος έχουν μάζες $m_1 = 4\text{kg}$ καὶ $m_2 = 2\text{kg}$ καὶ κινοῦνται μέ ταχύτητες $u_1 = 2\text{m/sec}$ καὶ $u_2 = 1\text{m/sec}$. Νά βρείτε τήν όρμή τοῦ συστήματός τους (τό μέτρο, τή διεύθυνση καὶ τή φορά) κατά τή χρονική στιγμή πού δείχνει τό σχήμα.



2. Η όρμη ἐνός σώματος πού κινεῖται μέ ταχύτητα $u = 5\text{m/sec}$ είναι $30\text{kg}\cdot\text{m/sec}$. Πόση είναι ἡ μάζα τοῦ σώματος;
3. Τό δηλο τοῦ Σχ. 5 έχει μάζα 5kg καὶ τό βλήμα πού φεύγει ἀπ' αύτό έχει μάζα $0,01\text{kg}$. «Αν ἡ ταχύτητα τοῦ βλήματος είναι 900m/sec , πόση θά είναι ἡ ταχύτητα άνακρούσεως τοῦ δηλου;

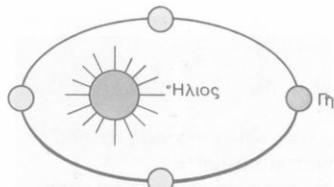
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή όρμή ένός σώματος όριζεται από τη σχέση $J = m \cdot u$. Ή όρμή έχει τήν ίδια διεύθυνση καί τήν ίδια φορά μέ τήν ταχύτητα.
2. Δύο ή περισσότερα σώματα, πού έχουν τήν ίδια κινητική κατάσταση καί πού τά έξετάζουμε μαζί σάν ένα σώμα, άποτελούν σύστημα σωμάτων.
3. Ή όλική όρμή ένός συστήματος σωμάτων παραμένει σταθερή, δταν ή συνιστά μένη τών έξωτερικών δυνάμεων τού συστήματος είναι ίση με μηδέν.
4. Μέ το θεώρημα διατηρήσεως τής όρμης μποροῦμε νά έρμηνεύσουμε τήν άνακρουση τών όπλων, τήν προώθηση τών πυραύλων καί τών άεριωθουμένων άεροπλάνων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. a. Πότε ένα σώμα έχει όρμη;
β. Τί γνωρίζετε γιά τό μέτρο, τή διεύθυνση καί τή φορά τής όρμης ένός σώματος;
2. Νά διατυπώσετε τό θεώρημα διατηρήσεως τής όρμης.
3. Δύο σώματα έχουν τήν ίδια μάζα καί τήν ίδια κινητική ένέργεια ($E_{KIV} = \frac{1}{2} m \cdot u^2$). Οι όρμες τών σωμάτων αύτών είναι ίσες ή δινίσες;
4. "Οταν ο άνθρωπος, πού φαίνεται στό διπλανό σχήμα, πηδίσει πρός τήν άποβάθρα, ή βάρκα όπισθιωρει. Νά έξηγήσετε τό φαινόμενο αύτό.
5. "Οταν ή συνισταμένη τών δυνάμεων πού άσκούνται σέ ένα σώμα είναι ίση με τό μηδέν, ή όρμη τού σώματος είναι:
α) μηδέν; β) διάφορη άπό τό μηδέν καί σταθερή; γ) διάφορη άπό τό μηδέν καί μεταβλητή;





Σχ. 1.

10η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ – ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

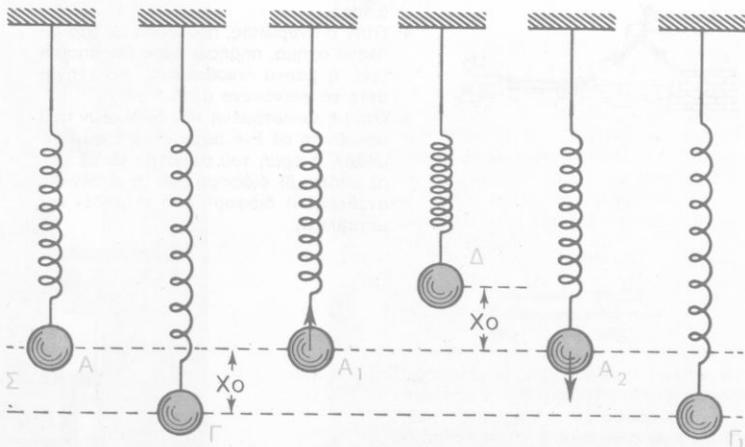
I. ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

· Ή κίνηση τῆς Γῆς γύρω από τὸν "Ηλιο" (Σχ. 1) όλοκληρώνεται περίπου σε 365 ήμέρες καὶ ὑστερὰ ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο καὶ στὸν ἴδιο ἀκριβῶς χρόνο. Μία τέτοια κίνηση λέγεται περιοδική κίνηση ἢ γενικότερα περιοδικό φαινόμενο.

Τό «φλάξ» τοῦ αὐτοκινήτου ἀνάβει καὶ σβήνει σὲ ὄρισμένα χρονικά διαστήματα (μέ κάποιο ρυθμῷ). Τό ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς ἐνός φάρου. Ή ἔκπομπή αὐτῆ τοῦ φωτός, πού διακόπτεται μὲ ὄρισμένο ρυθμό, εἶναι ἐπίσης ἔνα περιοδικό φαινόμενο. Ἀρα:

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

Στά περιοδικά φαινόμενα ἀνήκουν καὶ οἱ ταλαντώσεις.



II. ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

Σχ. 2. Τό σῶμα Σ iσορροπεῖ ἀρχικά στὴ θέση A .

a. Ἐννοία τῆς ταλαντώσεως. Ἐν μὲ τὸ χέρι μας τραβήξουμε τό σῶμα Σ πρὸς τὰ κάτω (Σχ. 2),

τό έλαττήριο έπιμηκύνεται καί τό σώμα έρχεται στη θέση Γ. "Όταν τώρα τό άφήσουμε έλευθερο, θά παρατηρήσουμε ότι κινεῖται πρός τά πάνω, φθάνει στήν άρχική θέση ίσορροπίας του (Θέση Α₁), κατόπιν έρχεται στή θέση Δ (συμμετρική τής Γ ώς πρός τήν Α₁) καί μετά κατεβαίνει, γιά νά φθάσει τελικά στή θέση Γ₁ περνώντας άπο τή θέση Α₂. Στή συνέχεια, τό σώμα έπαναλαμβάνει τήν ίδια παλινδρομική κίνηση μεταξύ τών άκρων θέσεων Γ, Δ. Ή κίνηση αύτή λέγεται **ταλάντωση**.

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

β. Χαρακτηριστικά μεγέθη μιᾶς ταλαντώσεως. Τό σώμα πού φάίνεται στό Σχ. 5 έκτελει ταλάντωση περί τή θέση ίσορροπίας του Ο καί μεταξύ τών άκρων θέσεων Α καί Γ.

Ή άποδαση μιᾶς τυχαίας θέσεως Δ τοῦ σώματος άπο τή θέση ίσορροπίας του Ο λέγεται **άπομάκρυνση x**.

Ή μέγιστη άπομάκρυνση (ΟΓ) ή (ΟΑ) τοῦ σώματος άπο τή θέση ίσορροπίας του Ο λέγεται **πλάτος x τῆς ταλαντώσεως**.

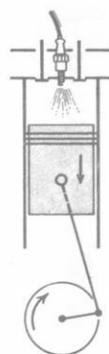
Ή κίνηση τοῦ σώματος άπο τό σημεῖο Α στό σημεῖο Γ καί ή έπιστροφή του άπο τό Γ στό Α λέγεται **μία ταλάντωση**. Μία ταλάντωση είναι καί ή κίνηση τοῦ σώματος άπο τό σημεῖο Ο στό σημεῖο Γ, στή συνέχεια άπο τό Γ στό Α καί άπο τό Α πάλι στό Ο.

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

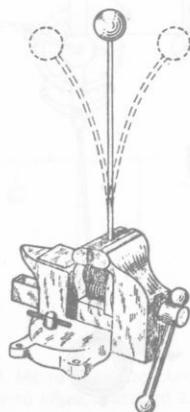
"Αν τό σώμα έκτελει N ταλαντώσεις σέ χρόνο t, τό πηλίκο $\frac{N}{t}$, έκφραζει τή συχνότητα ν τῆς ταλαντώσεως.

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

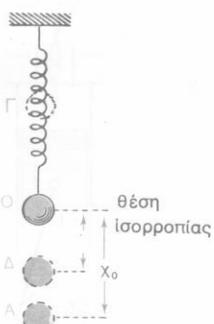
γ. **Άμειώτη καί φθίνουσα ταλάντωση.** Μία ταλάντωση λέγεται **άμειώτη**, όταν τό πλάτος τῆς x παραμένει σταθερό. Μία ταλάντωση λέγεται **φθίνουσα**, όταν τό πλάτος τῆς έλαττώνεται μέ τήν πάροδο τοῦ χρόνου. Ή έλαττωση τοῦ πλάτους οφείλεται σέ διάφορες τριβές καί άντιστάσεις, πού καταναλώνουν τή μηχανική ένέργεια καί τή μετατρέπουν σέ άχρηστη γιά τήν ταλάντωση θερμότητα. Κατά κανόνα, λοιπόν, οι ταλαντώσεις είναι φθίνουσες.



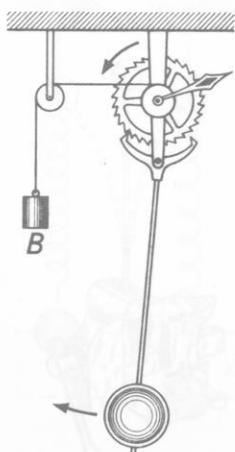
Σχ. 3. Τό έμβολο τής μηχανής έκτελει ταλάντωση μέσα στόν κύλινδρο.



Σχ. 4. Ταλάντωση σφάρας στό άκρο έλάσματος.



Σχ. 5.



Σχ. 6. Τό έκκρεμές ένός ρολογιού τοῦ τοίχου ἐκτελεῖ ἀμείωτες ταλάντωσεις.

Γιά νά ἐκτελεῖ ἔνα σώμα ἀμείωτη ταλάντωση πρέπει περιοδικά νά τοῦ δίνουμε τήν κατάλληλη ποσότητα ἑνέργειας, δῆται δηλ., χάνει ἀπό τίς τριβές καὶ τίς ἀντιστάσεις. Τό έκκρεμές ένός ρολογιού τοῦ τοίχου (Σχ. 6) κάνει ἀμείωτη ταλάντωση, γιατί μέ τή βοήθεια εἰδικοῦ μηχανισμοῦ ἀναπληρώνει τήν ἑνέργεια πού χάνει παίρνοντας ἑνέργεια ἀπό ἔνα ἐλατήριο ἢ ἀπό ἔνα σώμα πού κατεβαίνει.

III. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΑΙ ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

α. Έλευθερη ταλάντωση. "Οταν ἀπομακρύνουμε τό σώμα Σ ἀπό τή θέση ισορροπίας του (Σχ. 2), τό παλλόμενο σύστημα «σώμα-ἐλατήριο» ἀποκτᾶ πρόσθετη δυναμική ἑνέργεια. Χάρη στήν ἑνέργεια αὐτή τό σύστημα ἐκτελεῖ ταλάντωση, ὅταν τό ἀφήσουμε ἐλεύθερο. Ἡ ταλάντωση πού ἐκτελεῖ ἔνα σύστημα, ὅταν δώσουμε σ' αὐτό ἑνέργεια μία μόνο φορά καὶ ὑστερα τό ἀφήσουμε ἐλεύθερο, λέγεται ἐλεύθερη ταλάντωση.

'Η συχνότητα τής ἐλεύθερης ταλαντώσεως ἐνός συστήματος ἔχαρτάται μόνο ἀπό τήν κατασκευή του" (π.χ. στό παράδειγμα τοῦ Σχ. 2 ἡ συχνότητα ἔχαρτάται ἀπό τή μάζα τοῦ σώματος καὶ τό ἐλατήριο) καὶ λέγεται ίδιο συχνότητα.

β. Εξαναγκασμένη ταλάντωση. Δένουμε μία σφαίρα στό ἔνα ἄκρο ἑνός ἐλατηρίου καὶ κρατᾶμε τό ἄλλο ἄκρο του μέ τό χέρι μας, ὥπως φαίνεται στό Σχ. 7. Κινοῦμε τό χέρι μας περιοδικά (πάνω κάτω) σέ κατακόρυφη τροχιά μέ συχνότητα v καὶ παρατηροῦμε δῆται ἡ σφαίρα ἐκτελεῖ ταλάντωση μέ τήν ίδια συχνότητα v . Ἡ ταλάντωση αὐτή τῆς σφαίρας δφείλεται στήν ἔξωτερική δύναμη πού ἀσκεῖται περιοδικά στή σφαίρα ἀπό τό χέρι μας καὶ λέγεται ἐξαναγκασμένη ταλάντωση.

Στήν περίπτωση αὐτή τό χέρι μας λέγεται διεγέρητη. "Αρα:

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

* καὶ εἶναι σταθερή, εἴτε εἶναι φθίνουσα εἴτε ἀμείωτη.

έξωτερική δύναμη (διεγέρτης) μέση συχνότητα

V.

"Ένα σύστημα, όταν έκτελει έξαναγκασμένη ταλάντωση, δέν κινείται μέση τήν ιδιοσυχνότητά του v_0 , άλλα κινείται μέση τήν συχνότηταν τού διεγέρτη.



Σχ. 7. Έξαναγκασμένη ταλάντωση.

IV. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

a. "Εννοια συντονισμοῦ. "Όταν στό προηγούμενο πείραμα (Σχ. 7) μεταβάλλουμε τήν συχνότητα τού χεριού μας (τού διεγέρτη), παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται καί τό πλάτος τής ταλαντώσεως. Στήν περίπτωση πού ή συχνότητα τού χεριού μας γίνει άκριβως ίση μέση τήν ιδιοσυχνότητα τού συστήματος, τό πλάτος τής ταλαντώσεως γίνεται μέγιστο. Θά λέμε τότε ότι τό παλλόμενο σύστημα βρίσκεται σέ συντονισμό μέ τίς περιοδικές ώθήσεις τού χεριού μας (μέ τό διεγέρτη). Έπομένως:

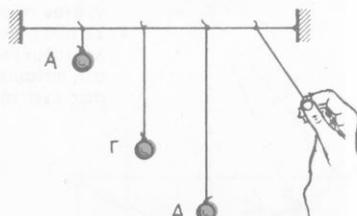
1. Η συνθήκη τού συντονισμοῦ είναι:
συχνότητα διεγέρτη = ιδιοσυχνότητα παλλόμενου συστήματος ή $v = v_0$

2. Κατά τό συντονισμό τό πλάτος τής έξαναγκασμένης ταλαντώσεως γίνεται μέγιστο.

Μπορούμε νά πετυχούμε συντονισμό καί μέ τήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 8.

β. Συνέπειες καί έφαρμογές τού συντονισμοῦ. 1. Πολλές φορές ένα μέρος τού άμαξώματος τού αύτοκινήτου (π.χ. τά τζάμια) συντονίζεται μέ τόν κινητήρα του, όπότε τό μέρος αύτό ταλαντώνεται μέ μεγάλο πλάτος καί παράγεται ένας ισχυρός καί ένοχλητικός ήχος (τρίζουν τά τζάμια). Άνδιλογο φαινόμενο συμβαίνει όταν ένα άεροπλάνο πετάει πολύ χαμηλά, όπότε τρίζουν τά τζάμια τών σπιτιών τής περιοχής πού συντονίζονται.

2. "Όταν τά τμήματα τού στρατού περνοῦν μία γέφυρα, οι στρατιώτες βαδίζουν έλευθερα (χωρίς ρυθμό ή "βήμα"), γιατί όταν βαδίζουν ρυθμικά μπορεΐ νά συντονισθεί ή γέφυρα μέ κίνδυνο νά καταρρεύσει.



Σχ. 8. Μέ τό χέρι μας έλκουμε περιοδικά τό νήμα, όπότε τά έκκρεμή Α, Γ, καί Δ έκτελούν έξαναγκασμένες ταλαντώσεις. Μπορούμε διαδοχικά νά πετύχουμε συντονισμό τού χεριού μας μέ τά έκκρεμή Α, Γ ή Δ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Περιοδικό φαινόμενο είναι τό φαινόμενο πού έπαναλαμβάνεται τό ίδιο σέ ίσα χρονικά διαστήματα.
2. Ταλάντωση είναι ή περιοδική κίνηση πού κάνει ένα σώμα, όταν κινεῖται μεταξύ δύο άκρων 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 έλαττώνεται.
5. Έλευθερη ταλάντωση λέγεται ή ταλάντωση πού έκτελεί ένα σύστημα, όταν τό διεγέρουμε μία μόνο φορά καί τό άφησουμε έλευθερο νά ταλαντωθεί μέ τήν ίδιοσυχνότητά του.
6. Έξαναγκασμένη ταλάντωση λέγεται ή ταλάντωση πού έκτελεί ένα σύστημα, όταν έπιδρα σ' αύτό περιοδικά μία έξωτερική δύναμη (διεγέρητης).
7. Τό σύστημα καί ο διεγέρητης βρίσκονται σέ συντονισμό όταν ισχύει ή σχέση: συχνότητα διεγέρτη = ίδιοσυχνότητα παλλόμενου συστήματος. Κατά τό συντονισμό τό πλάτος της έξαναγκασμένης ταλαντώσεως γίνεται μέγιστο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε ένα παλλόμενο σύστημα έκτελεί έλευθερη ταλάντωση καί πότε έξαναγκασμένη;
2. Σέ ποιό είδος ταλαντώσεως παρατηρείται τό φαινόμενο τού συντονισμού; Πότε στήν ταλάντωση αύτή θά έχουμε συντονισμό καί ποιό είναι τό άποτέλεσμά του;
3. Τι είδους ένέργειας έχει τό σώμα πού ταλαντώνεται στό Σχ. 5 α) όταν περνάει από τίς άκραιες θέσεις Α καί Γ; β) δτάν περνάει από τή θέση Ισορροπίας του Ο; γ) δτάν περνάει από τυχαία θέση Δ;
4. Σέ ποιές θέσεις τής τροχιάς του τό ταλαντούμενο σώμα τού Σχ. 5 έχει τή μέγιστη δυναμική ένέργεια καί σέ ποιές θέσεις έχει τή μέγιστη κινητική ένέργεια;

11η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΚΚΡΕΜΕΣ – ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

I. ΦΥΣΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

Τό στερεό σώμα (μία μεταλλική πλάκα) πού φαίνεται στό Σχ. 1, μπορεῖ νά στρέφεται γύρω από τόν όριζόντιο ἄξονα O , πού δέν περνάει από τό κέντρο βάρους του K , καί νά ταλαντώνεται περί τή θέση ισορροπίας του. Ένα τέτοιο σώμα λέγεται **Φυσικό έκκρεμές**. Τό κινητό στέλεχος τού μετρονόμου (Σχ. 2) είναι έπισης ένα φυσικό έκκρεμές.

Ή ταλάντωση τού φυσικού έκκρεμούς οφείλεται στή ροπή τού βάρους του B ώς πρός τόν ἄξονα περιστροφῆς O (Σχ. 1).

II. ΑΠΛΟ ή ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

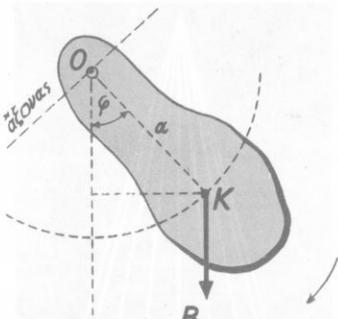
α. Περιγραφή καί μελέτη τής κινήσεως τού άπλού έκκρεμούς. Τό άπλο έκκρεμές άποτελείται από μία μικρή σφαίρα πού είναι κρεμασμένη από ένα σταθερό σημείο O (Σχ. 3) μέ ένα έλαφρό καί μή έκτατό νήμα. "Άν άπομακρύνουμε τό άπλο έκκρεμές από τή θέση ισορροπίας του OA κατά μικρή γωνία φ καί μετά τό άφήσουμε έλεύθερο, θά παρατηρήσουμε δτί έκτελεί έλεύθερη ταλάντωση μεταξύ τών άκρων θέσεων $O\Gamma$, $OΔ$, πού είναι περίπου συμμετρικές τής θέσεως ισορροπίας του OA .

Ή ταλάντωση τού άπλού έκκρεμούς έχειγείται ως έξης:

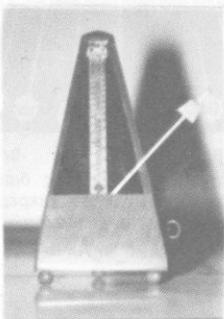
"Έπάνω στή σφαίρα, σταν τήν άφήσουμε έλεύθερη στή θέση Γ , άσκοῦνται δύο δυνάμεις, ή δύναμη F από τό νήμα καί τό βάρος της B από τή $\Gamma\Gamma$. Ή δύναμη B άναλύεται στίς συνιστώσες B_1 (κατά τή διεύθυνση τού νήματος) καί B_2 (κατά διεύθυνση κάθετη στό νήμα). Η σφαίρα άρχιζει νά κινεῖται πρός τό A μέ τήν έπιδραση τής συνιστώσας B_2 . "Όταν τό έκκρεμές φθάσει στή θέση ισορροπίας του OA , ή B_2 μηδενίζεται, ή σφαίρα άδιας συνεχίζει νά κινεῖται λόγω άδράνειας.

"Όταν ή σφαίρα άνεβαίνει πρός τό Δ , ή συνιστώσα B_2 άλλάζει φορά (γίνεται B_2'), όπότε ή ταχύτητα ή έλαστώνεται καί μηδενίζεται γιά μία στιγμή στό Δ . Μετά τή θέση Δ έπαναλαμβάνονται τά ίδια φαινόμενα.

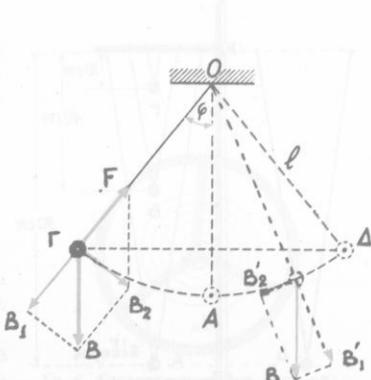
β. Χαρακτηριστικά μεγέθη τού άπλού έκ-



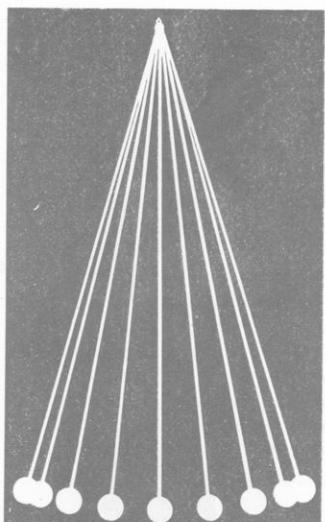
Σχ. 1. Φυσικό έκκρεμές.



Σχ. 2. Μετρονόμος.



Σχ. 3. (a) Άπλο έκκρεμές.



Σχ. 3. β Η χρονοφωτογραφία δείχνει τίς διαδοχικές θέσεις τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς, ὅταν ταλαντώνεται ἐλεύθερα.

κρεμοῦς. Ή ἀπόσταση τοῦ σταθεροῦ σημείου Ο ἀπό τὸ κέντρο τῆς σφαίρας (δηλ. τὸ μῆκος περίπου τοῦ νήματος) λέγεται **μῆκος / τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς** (Σχ. 3).

Ἡ γυνίᾳ φ, κατά τὴν ὁποία ἀπομακρύνουμε τό ἐκκρεμές ἀπό τὴ θέση ισορροπίας του ΟΑ, λέγεται **πλάτος τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς**. Ἡ κίνηση τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπό τὸ σημεῖο Γ στὸ σημεῖο Δ καὶ ἡ ἐπιστροφή του ἀπό τὸ Δ στὸ Γ λέγεται **μία ταλάντωση**.

Γιά τὴν περίοδο καί τὴ συχνότητα τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς ισχύουν ὅσα ἀναφέραμε στὶς ταλαντώσεις (10η ἐνότητα).

γ. Μέτρηση τῆς περίοδου τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς. Γιά νά βροῦμε τὴν περίοδο Τ τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς, ἀρκεῖ μέ ἓνα χρονόμετρο νά μετρήσουμε τὴ χρονική διάρκεια πολλῶν **ταλαντώσεων** καὶ μετά νά κάνουμε μία διαίρεση. "Αν π.χ. γιά 10 ταλαντώσεις μετρήσουμε χρόνο 20sec, ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς θά είναι $T = \frac{20 \text{ sec}}{10} \Leftrightarrow T = 2 \text{ sec}$.

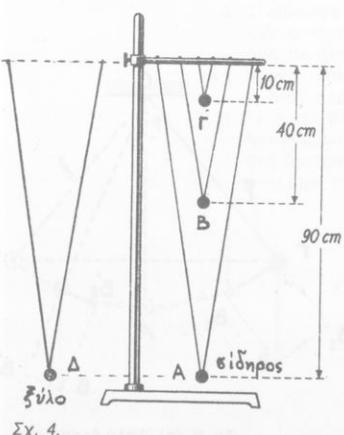
δ. **Νόμοι τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς.** 1. Απομακρύνουμε τό ἐκκρεμές Δ (Σχ. 4) ἀπό τὴ θέση ισορροπίας του κατά μικρή γυνία (π.χ. 5°). Μετράμε τὴν περίοδο του καὶ βρίσκουμε ὅτι είναι περίπου 1.95sec. Ἐπαναλαμβάνουμε τό πείραμα μέ διαφορετικό πλάτος καὶ βρίσκουμε πάλι τὴν ίδια περίοδο 1.95sec. Ἐπομένως:

Ἡ περίοδος τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς είναι ἀνεξάρτητη ἀπό τὸ πλάτος του, ὅταν αὐτό παίρνει μικρές τιμές (π.χ. μέχρι 5°).

2. Μετράμε τὴν περίοδο τοῦ ἐκκρεμοῦς Α (Σχ. 4) καὶ βρίσκουμε ὅτι είναι περίπου 1.95sec, δῆλο. καὶ τοῦ Δ. Παρατηροῦμε ὅτι τά δύο ἐκκρεμή Α καὶ Δ ἔχουν τὸ ίδιο μῆκος (90cm) καὶ οἱ σφαῖρες τους ἀποτελοῦνται ἀπό διαφορετικό ύλικό καὶ ἔχουν διαφορετική μάζα. "Αρα:

Ἡ περίοδος τοῦ άπλου ἐκκρεμοῦς είναι ἀνεξάρτητη ἀπό τὸ ύλικό καὶ τὴ μάζα τῆς σφαίρας του, ὅταν τὸ μῆκος του παραμένει σταθερό.

3. Μετράμε τὴν περίοδο τῶν ἐκκρεμῶν Α,Β καὶ Γ (Σχ. 4) καὶ βρίσκουμε περίπου τίς τιμές πού ἀναγράφονται στὸν πίνακα I.



Σχ. 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	<i>l</i> cm	T sec
Γ	10	0,65
Β	40	1,30
Α	90	1,95

Στόν πίνακα αύτό τών τιμών παρατηρούμε τά έξης: "Οταν τό μήκος *l* του έκκρεμούς τετραπλασιάζεται ($40\text{cm} = 4 \cdot 10\text{cm}$), ή περιόδος του T διπλασιάζεται ($1,30\text{sec} = 2 \cdot 0,65\text{sec}$), $2 = \sqrt{4}$." Οταν τό μήκος *l* του έκκρεμούς έννεαπλασιάζεται ($90\text{cm} = 9 \cdot 10\text{cm}$), ή περιόδος του T τριπλασιάζεται ($1,95\text{sec} = 3 \cdot 0,65\text{sec}$), $3 = \sqrt{9}$.

'Επομένων:

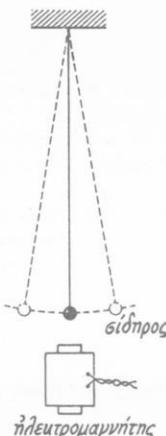
'Η περίοδος τού άπλου έκκρεμούς, σε έναν όρισμένο τόπο, είναι άναλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα τού μήκους του.

4. "Αν μετρήσουμε τήν περίοδο ένός έκκρεμούς στόν ίσημερινό τής Γης ($g=9,78 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι π.χ. περίπου $T = 1,905\text{sec}$. 'Αν ξαναμετρήσουμε τήν περίοδο τού ιδίου έκκρεμούς στήν Αθήνα ($g=9,80 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε ότι είναι περίπου $T = 1,903\text{sec}$ καί ἄν έπαναλάβουμε τή μέτρηση στόν πόλο τής Γης ($g=9,83 \text{ m/sec}^2$), θά βρούμε περίπου $T = 1,900\text{sec}$. 'Από τίς μετρήσεις αύτές παρατηρούμε ότι ή περίοδος ένός άπλου έκκρεμούς μικραίνει, όταν αύξανεται ή έπιταχύνεται τής βαρύτητας *g*. Μέ άκριβεις μετρήσεις αποδεικνύεται ότι:

'Η περίοδος τού άπλου έκκρεμούς είναι άντιστρόφως άναλογη πρός τήν τετραγωνική ρίζα τής έπιταχύνσεως τής βαρύτητας *g*, όταν τό μήκος του παραμένει σταθερό.

Αύτό σημαίνει ότι, όταν τετραπλασιάζεται τό *g*, ή περίοδος τού έκκρεμούς γίνεται ίση με τό μισό τής άρχικης (ύποδιπλασιάζεται) κτλ.

Μπορούμε νά έπαληθεύσουμε ποιοτικά τό νόμο αύτό μέ τήν πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 5. "Οταν μετρήσουμε τήν περίοδο



Σχ. 5. Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει τή σιδερένια σφαίρα καί έται προκαλει μία φαινομενική αύξηση τού βάρους της, δηλ. μία φαινομενική αύξηση τού *g*.



Σχ. 6. Αιώρητής συνηθισμένου ρολογιού.

τοῦ ἐκκρεμοῦς, πρώτα χωρίς τήν ἐπίδραση τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη καὶ ὕστερα μὲ τήν ἐπίδραση τοῦ ἡλεκτρομαγνήτη ἀπό κάτω, θά διαπιστώσουμε ὅτι στή δεύτερη περίπτωση ἡ περίοδος εἶναι μικρότερη. Ἐπομένως, ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς μικραίνει, ὅταν αὔξανεται ἡ ἐπιτάχυνση τῆς βαρύτητας g.

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

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

ὅπου $\pi = 3,14$

Παρατήρηση. "Ολοι οι νόμοι τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς ισχύουν τότε μόνο, ὅταν τό πλάτος τῶν αἰωρήσεων εἶναι πολύ μικρό.

III. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Γιά νά μετράμε τό χρόνο χρησιμοποιοῦμε τά ρολόγια, πού περιέχουν ἔνα κατάλληλο σύστημα, ίκανό νά ἐκτελεῖ ἀμείωτες ταλαντώσεις μέ σταθερή καὶ γνωστή περίοδο. Ἡ μέτρηση τοῦ χρόνου στηρίζεται στό γεγονός ὅτι οι αιωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ισόχρονες.

Σέ πολλά ρολόγια τοίχου, τό ταλαντούμενο σύστημα εἶναι ἔνα φυσικό ἐκκρεμές, ἐνώ στά ρολόγια χεριοῦ ἡ τσέπης εἶναι ἔνας αιωρητής (Σχ. 6).

"Ἐκτός ἀπό αὐτά ὑπάρχουν σήμερα καὶ τά ἡλεκτρονικά ρολόγια μέ χαλαζία πού μετροῦν τό χρόνο μέ μεγάλη ἀκρίβεια, γιατί ἔχουν πολύ μικρή καὶ σταθερή περίοδο, περίπου ἵση μέ $\frac{1}{60.000}$ sec.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Φυσικό έκκρεμές λέγεται κάθε στερεό σώμα που μπορεί νά ταλαντώνεται γύρω από διαζόντιο άξονα πού δέν περνάει από τό κέντρο βάρους του.
- Τό άπλο έκκρεμές αποτελείται από ένα νήμα καί μία μικρή σφαίρα. Τό σύστημα αύτό έκτελει έλευθερη ταλάντωση, όταν τό διεγείρουμε καί υστερα τό άφησουμε έλευθερο.
- Ή περίοδος τού άπλου έκκρεμούς είναι άνεξάρτητη από τό πλάτος του (όταν αύτό είναι μικρό), από τό ύλικο καί τή μάζα τής σφαίρας του.
- Ή περίοδος τού άπλου έκκρεμούς δίνεται από τή σχέση:

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

- Ή κίνηση τού έκκρεμούς βρίσκει έφαρμογή στή μέτρηση τού χρόνου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Νά διατυπώσετε τούς νόμους τού άπλου έκκρεμούς.
- Ή κίνηση τού άπλου έκκρεμούς (Σχ. 3a) από τό Γ στό Α είναι α) άμαλή; β) έπιταχνόμενη; γ) άμαλά έπιταχνόμενη; δ) έπιβραδυνόμενη; ε) άμαλά έπιβραδυνόμενη; Νά άπαντήσετε στά ίδια έρωτήματα καί γιά τήν κίνηση από τό Α στό Δ.
- Πότε τό άπλο έκκρεμές τού Σχ. 5 κινεῖται πιο γρήγορα: "Οταν ύπάρχει από κάτω ό μαγνήτης ή όταν άφαιρεθεί καί γιατί;
- Ποιό από τά έκκρεμή Α,Β καί Γ τού Σχ. 4 κινεῖται πιο άργα καί γιατί;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Πόση είναι ή περίοδος άπλου έκκρεμούς, όταν τό μήκος του είναι 1,6m καί $g = 10m/sec^2$;
- Ή περίοδος ένός μαθηματικού έκκρεμούς είναι 1,3sec καί τό μήκος του είναι 0,4m. Πόσο είναι τό g στόν τόπο πού κινεῖται τό έκκρεμές;
- Άπλο έκκρεμές έκτελει 10 ταλαντώσεις σέ χρόνο 20sec. Πόσο είναι τό μήκος του, όταν $g = 10m/sec^2$;

ENNOIA TOY KYMATOS

I. EISAGOGH

"Οταν φυσάει άνεμος, τό ύφασμα τής σημαίας άναδιπλώνεται καί ή αναδίπλωση αύτή διαδίδεται κατά μήκος τοῦ ύφασματος. Λέμε τότε ότι η σημαία κυματίζει (Σχ. 1).

"Οταν ένα πλοίο κινεῖται, ταράζεται τό νερό τής θάλασσας. Ή διαταραχή αύτή διαδίδεται στήν έπιφάνεια τής θάλασσας καί πολλές φορές φθάνει ώς τήν άκτη. Λέμε τότε ότι στήν έπιφάνεια τής θάλασσας σχηματίζονται κύματα (Σχ. 2).

'Όταν φυσάει άνεμος πλοίου, πού κινδυνεύει από τά κύματα τής θάλασσας, έκπεμπει τό S.O.S. μέ τη βοήθεια άλλων κυμάτων, τῶν έρτζιανών ή ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

'Η γνώση τῶν κυμάτων μᾶς είναι άπαραίτητη, γιατί τά κύματα έχουν στενή σχέση μέ τόν ξήρο, τό φῶς, τή ραδιοφωνία, τήν τηλεόραση κτλ.

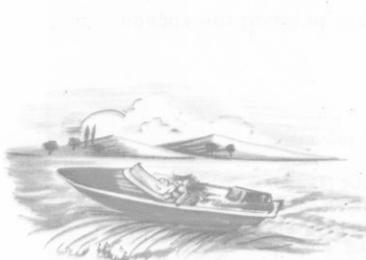
II. KYMATA ELASTIKOTHTAS

a. Όρισμός τοῦ κύματος. Ή λεκάνη πού φαίνεται στό Σχ. 3a περιέχει λίγο νερό. Στήν ήρεμη έλευθερη έπιφάνεια τοῦ νερού ύπαρχουν κομμάτια φελλού. Ταράζουμε τήν ήρεμη έπιφάνεια τοῦ νερού σέ ενα σημείο Ο μέ τη βοήθεια ένός διαπασῶν ή ρίχνοντας στό σημείο Ο σταγόνες νεροῦ μέ σταγονόμετρο. Παρατηρούμε τότε ότι ή ελαστική διαταραχή πού δημιουργούμε στό σημείο Ο διαδίδεται στήν έλευθερη έπιφάνεια τοῦ νερού μέ τή μορφή ομόκεντρων κύκλων, πού έχουν κέντρο τό σημείο Ο καί άκτινα συνεχῶς αύξανόμενη (δηλ. σχηματίζοντας κινούμενες «ρυτίδες») (Σχ. 3b). Παρατηρούμε άκομή ότι οι φελλοί κινούνται, άμως δέν άρχιζουν όλοι συγχρόνως τήν κίνησή τους, άλλα πρώτα άρχιζει νά κινεῖται ο Α, ύστερα ο Β κ.ο.κ. Από αύτό συμπεραίνουμε ότι ή άρχική διαταραχή διαδίδεται μέ δρισμένη ταχύτητα, άφού χρειάζεται κάποιο χρόνο γιά νά διαδοθεί σέ δρισμένη άπόσταση ($s = \frac{s}{t}$). Ή διάδοση αύτή τής ελαστικής διαταραχῆς λέγεται κύμα ελαστικότητας.

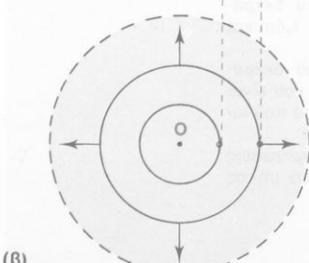
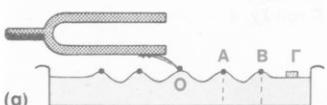
Κύμα ελαστικότητας λέγεται ή διάδοση μᾶς ελαστικής διαταραχῆς, μέσα σέ ένα ελαστικό μέσο, μέ δρισμένη ταχύτητα.



Σχ. 1.



Σχ. 2



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

β. Μεταφορά ένέργειας με τά κύματα. Στό πείραμα πού άναφέραμε προηγουμένως (Σχ. 3α) παρατηρούμε άκόμη ότι οι φελλοί δέ μετατοπίζονται όριζόντια, δηλ. δέν άπομακρύνονται από τό σημείο Ο, άλλα ταλαντώνονται κατακόρυφα, όπως καί τό σημείο Ο. Τήν ίδια κίνηση μέτούς φελλούς κάνουν καί τά διάφορα μόρια τῆς έπιφάνειας τοῦ νεροῦ μέταπολεμένα σέ άλλα σημεία της νά σχηματίζονται ύψωματα, πού λέγονται «*ὅρη*» καί σέ άλλα νά σχηματίζονται κοιλώματα, πού λέγονται «*κοιλάδες*». Έπειδή οι φελλοί χρειάζονται κάποια ένέργεια γιά νά άρχισουν νά ταλαντώνονται, συμπεραίνουμε ότι ή ένέργεια πού δώσαμε στό σημείο Ο μεταφέρεται διαδοχικά στά διάφορα μόρια τῆς έπιφάνειας τοῦ νεροῦ. Έπομένως:

Τά κύματα μεταφέρουν ένέργεια, από τό ένα μόριο τοῦ μέσου πού διαδίδονται στό άλλο, χωρίς νά μεταφέρουν τήν ύλη τοῦ μέσου αύτοῦ.

γ. Συχνότητα καί περίοδος τοῦ κύματος. Τό σημείο Ο τῆς έπιφάνειας τοῦ νεροῦ (Σχ. 3α), στό οποίο δίνουμε ένέργεια ταράζοντας έτσι τήν Ισορροπία του, λέγεται πηγή τῶν κυμάτων. Ἡ συχνότητα ταλαντώσεως τοῦ σημείου Ο, δηλ. ή συχνότητα τῆς πηγῆς, καθορίζει τή συχνότητα τοῦ κύματος. «Αρα:

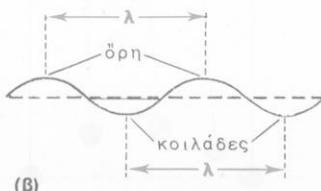
Ἡ συχνότητα καί ή περίοδος ένός κύματος είναι ἵσες ἀντιστοίχως μέτη συχνότητα καί τήν περίοδο τῆς πηγῆς τῶν κυμάτων.

δ. Στιγμιότυπο τοῦ κύματος. «Αν φωτογραφίσουμε τήν έπιφάνεια τοῦ νεροῦ, όταν διαδίδονται ο' αύτή κύματα, θά πάρουμε μία εικόνα περίπου σάν αύτή πού φαίνεται στό Σχ. 4. Ἡ εικόνα αύτή λέγεται στιγμιότυπο τοῦ κύματος καί δείχνει καθαρά τά «*ὅρη*» καί τίς «*κοιλάδες*». «Αν ξαναφωτογραφίσουμε τήν ίδια έπιφάνεια λίγο άργότερα, θά πάρουμε ἔνα άλλο στιγμιότυπο τοῦ κύματος πού θά έχει πάλι «*ὅρη*» καί «*κοιλάδες*», όχι δύμα στήν ίδια θέση μέτο πρώτο, γιατί τά «*ὅρη*» καί οι «*κοιλάδες*» κινούνται πάνω στήν έπιφάνεια τοῦ νεροῦ καί άπομακρύνονται από τήν πηγή. Έπομένως:

Τό στιγμιότυπο τοῦ κύματος μᾶς δείχνει τή θέση πού έχουν τά διάφορα μόρια τοῦ έλαστικοῦ μέσου σέ μία όρισμένη χρονική στιγμή.



(a)



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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Κύμα έλαστικότητας λέγεται ή διάδοση μιᾶς διαταραχῆς μέσα σέ ένα έλαστικό μέσο, μέ δρισμένη ταχύτητα.
2. Τά κύματα μεταφέρουν ένέργεια από τό ένα μόριο στό άλλο χωρίς νά μεταφέρουν ύλη.
3. Ή συχνότητα καί ή περίοδος τῶν κυμάτων είναι άντιστοιχα τοσες μέ τή συχνότητα καί τήν περίοδο τής πηγής τῶν κυμάτων.
4. Τό στιγμιότυπο τοῦ κύματος μᾶς δείχνει τή θέση πού έχουν τά διάφορα μόρια τοῦ μέσου σέ μία δρισμένη στιγμή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί λέγεται κύμα έλαστικότητας;
2. Τί φανερώνει τό στιγμιότυπο τοῦ κύματος;
3. Πώς άπό τό πείραμα τοῦ Σχ. 3α μπορεῖτε νά συμπεράνετε δτι τό κύμα διαδίδεται μέ δρισμένη ταχύτητα καί δχι μέ δπειρη ταχύτητα;
4. Πώς άπό τό πείραμα τοῦ Σχ. 3α μπορεῖτε νά συμπεράνετε δτι τό κύμα μεταφέρει ένέργεια καί δέ μεταφέρει ύλη;
5. Ποιά είναι ή περίοδος καί ή συχνότητα τής ταλαντώσεως τῶν φελλῶν στό Σχ. 3α;

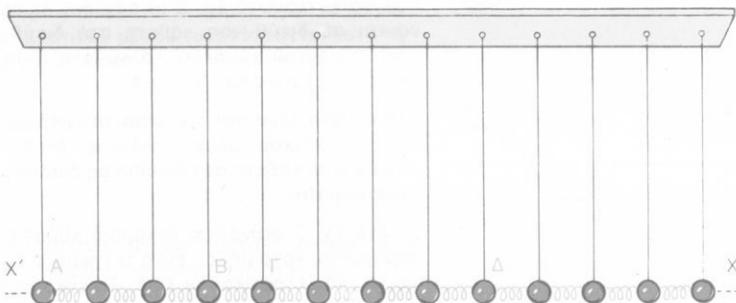
(6)

Ιστοτόκοτοι περιφραστοί τοι ε γά
επικαίητα επιτηδεύματα την περιοχή της Αθηναϊκής πεδιάδας

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ

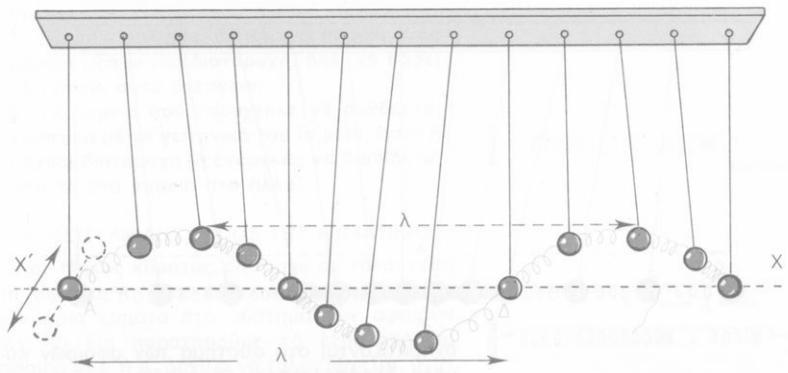
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ

I. ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ

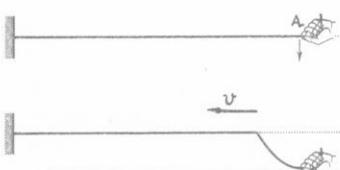


Ή πειραματική διάταξη πού φαίνεται στό Σχ. 1 άποτελείται από μικρές σφαίρες, πού είναι κρεμασμένες με νήματα του ίδιου μήκους και συνδέονται μεταξύ τους με έλαστηρια.

"Αν θέσουμε σέταλάντωση τή σφαίρα Α κατά διεύθυνση κάθετη στήν εύθεια Χ'Χ (Σχ. 2), θά παρατηρήσουμε ότι άρχιζουν νά ταλαντώνονται κατά τήν ίδια διεύθυνση και οι άλλες σφαίρες, διαδοχικά ή μία μετά τήν άλλη. Έπομένως, στό σύστημα αύτό τῶν σφαιρῶν παράγονται κύματα έλαστικότητας πού έχουν πηγή τή σφαίρα Α.

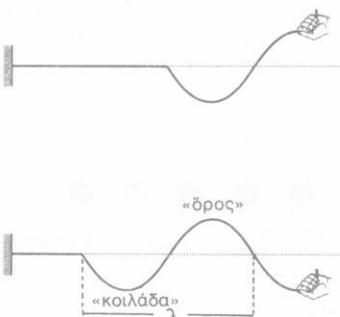


Σχ. 2. Έγκαρσια κύματα.



Η ένέργεια που δώσαμε στήν πηγή Α διαδίδεται κατά τη διεύθυνση Χ'Χ, γιατί κατά τη διεύθυνση αυτή διαδίδεται και ή άρχική διαταραχή (ταλάντωση). Η διεύθυνση αυτή Χ'Χ λέγεται διεύθυνση διαδόσεως τού κύματος.

Μπορούμε λοιπόν νά πούμε ότι στά κύματα που φαίνονται στό Σχ. 2 οι σφαίρες ταλαντώνονται σε διεύθυνση κάθετη στή διεύθυνση διαδόσεως τού κύματος. Τά κύματα αυτά λέγονται εγκάρσια. Έπομένως:



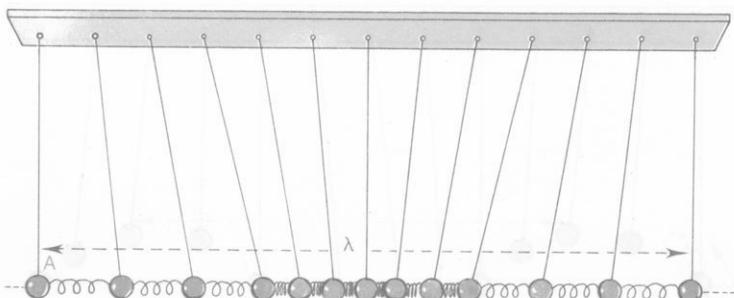
Σχ. 3. Έγκάρσια κύματα κατά μήκος τεντωμένου σχοινιού ή έλαστικού σωλήνα.

Τά κύματα λέγονται έγκάρσια, όταν τά μόρια τού έλαστικού μέσου ταλαντώνονται σε διεύθυνση κάθετη στή διεύθυνση διαδόσεως τού κύματος.

Στό Σχ. 3 φαίνονται έγκάρσια κύματα που παράγονται κατά μήκος ένός τεντωμένου σχοινιού ή ένός έλαστικού σωλήνα. Τά έγκάρσια κύματα έλαστικότητας σχηματίζονται μόνο στα στερεά σώματα και κατά προσέγγιση στήν έπιφάνεια τών υγρών. Κατά τή διάδοση τών έγκαρσιων κυμάτων τά μόρια τού έλαστικού μέσου δημιουργούν «öρη» και «κοιλάδες», πού μετακινούνται συνεχώς, έτσι ώστε νά άπομακρύνονται από τήν πηγή.

II. ΔΙΑΜΗΚΗ ΚΥΜΑΤΑ

Στήν πειραματική διάταξη που φαίνεται στό Σχ. 1 θέτουμε σέ ταλάντωση τή σφαίρα Α κατά τή διεύθυνση Χ'Χ. Παρατηρούμε ότι και πάλι



Σχ. 4. Διαμήκη κύματα.

σχηματίζονται στό σύστημα τών σφαιρών κύματα έλαστικότητας. Οι σφαίρες στήν περίπτωση αυτή ταλαντώνονται κατά τή διεύθυνση

διαδόσεως τοῦ κύματος Χ'Χ, μέ αποτέλεσμα σέ
ἄλλα μέρη νά πλησιάζουν μεταξύ τους (νά πυ-
κνώνουν) καί σέ άλλα μέρη νά απομακρύνονται
μεταξύ τους (νά άραιώνουν) (Σχ.4). Τά κύματα
αύτά λέγονται διαμήκη. Ἐπομένως:

**Τά κύματα λέγονται διαμήκη, όταν τά μόρια
τοῦ έλαστικού μέσου ταλαντώνονται κατά τή
διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος.**

Στό Σχ. 5 φαίνονται διαμήκη κύματα πού
παράγονται κατά μῆκος ἐνός τεντωμένου έλα-
τηρίου. Τά διαμήκη κύματα σχηματίζονται σέ
ὅλα τά σώματα, στερεά, ύγρα καί άερια. "Όταν
διαδίδονται διαμήκη κύματα σέ ἔνα έλαστικό
μέσο, τά μόριά του δημιουργούν πυκνώματα καί
άραιώματα πού μετακινούνται συνεχῶς, ἔτσι
ώστε νά απομακρύνονται ἀπό τήν πηγή.

III. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΕΛΑ- ΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

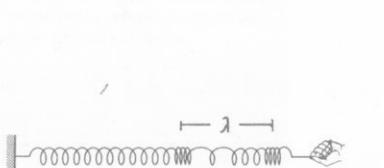
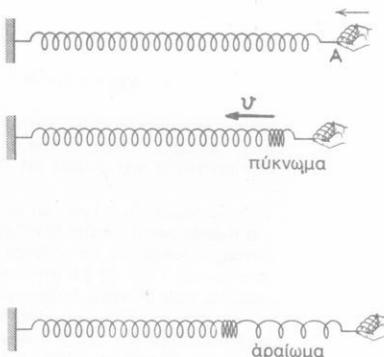
Στήν πειραματική διάταξη τοῦ Σχ. 1 ἀραι-
ρύμε ἔνα έλατηριο, π.χ. αὐτό πού συνδέει τίς
σφαίρες Β καί Γ. "Υστερα θέτουμε σέ ταλά-
ντωση τή σφαίρα Α καί παρατηροῦμε ὅτι ή δια-
ταραχή φθάνει ώς τή σφαίρα Β, ἀλλά δέ διαδί-
δεται πιό πέρα, γιατί μεταξύ τῶν σφαιρῶν Β καί
Γ δέν υπάρχει έλαστικός σύνδεσμος, δηλ. έλα-
τηριο. Στήν περίπτωση αύτή δέ σχηματίζονται
κύματα στό σύστημα τῶν σφαιρῶν. Ἐπομένων:

**Γιά νά σχηματιστούν κύματα έλαστικότητας
πρέπει:**

1. Νά δημιουργηθεῖ σέ κάποιο σημείο ἐνός
ύλικοῦ μέσου μία διαταραχή, δηλ. νά πάρει
τό σημείο αὐτό ἐνέργεια.
2. Τό σημείο πού ταράχτηκε νά συνδέεται
έλαστικά μέ τά γειτονικά του σημεῖα, ώστε ή
άρχική διαταραχή (ή ἐνέργεια) νά διαδίδεται
ἀπό τό ἔνα σημείο στό άλλο.

IV. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ

α. Μῆκος κύματος. Θέτουμε σέ ταλάντωση
τή σφαίρα Α, ἔτσι ώστε να δημιουργηθούν
ἐγκάρσια κύματα στό σύστημα τῶν σφαιρῶν
(Σχ. 2) καί παρατηροῦμε τό έξης. Κάποια
σφαίρα, π.χ. ή Δ, ἀρχίζει νά ταλαντώνεται, ὅταν
ή σφαίρα Α (πηγή κυμάτων) ἔχει συμπληρώσει
μία ταλάντωση, δηλ. ύστερα ἀπό χρόνο μιᾶς



Σχ. 5. Διαμήκη κύματα κατά μῆκος
τεντωμένου έλατηρίου.

περιόδου Τ. Η άπόσταση (ΑΔ) όνομάζεται μήκος κύματος λ. "Άρα:

Μήκος κύματος λ λέγεται ή άπόσταση στήν όποια διαδίδεται ή διαταραχή σε χρόνο ίσο πρός τήν περίοδο Τ τοῦ κύματος.

Στά έγκαρσια κύματα τό μήκος κύματος είναι ίσο μέ τήν άπόσταση δύο διαδοχικών όρεων ή δύο διαδοχικών κοιλάδων (Σχ. 4 12ης ένότητας). Στά διαμήκη κύματα τό μήκος κύματος είναι ίσο μέ τήν άπόσταση δύο διαδοχικών πυκνωμάτων ή άραιωμάτων (Σχ. 4 καὶ 5).

β. Σχέση μήκους κύματος καὶ συχνότητας. Από τόν όρισμό τοῦ μήκους κύματος καὶ τή γνωστή σχέση $s = u \cdot t$ προκύπτει ή έξισωση $\lambda = u \cdot T$, δηλαδή $u = \lambda \cdot T$, οπου υ είναι ή ταχύτητα διαδόσεως τοῦ κύματος (ταχύτητα διαδόσεως τής διαταραχῆς). Έπειδή $T = \frac{1}{v}$, ή έξισωση $\lambda = u \cdot T$ γράφεται:

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

$u = \lambda \cdot v$	Θεμελιώδης τύπος τής κυματικῆς
-----------------------	--------------------------------

V. ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στή φύση σχηματίζονται πολλά εϊδη κυμάτων έλαστικότητας, όπως τά μεγάλα κύματα τοῦ ώκεανοῦ καὶ τής θάλασσας, τά κύματα πού σχηματίζονται στά τεντωμένα σχοινιά καὶ στά έλατηρια κτλ. Καταλαβαίνουμε ότι ύπαρχουν δλα αύτά τά κύματα, γιατί βλέπουμε τή διαταραχή (πύκνωμα, άραιώμα, «δρος», «κοιλάδα») καὶ τήν κίνησή της.

Ύπαρχουν καὶ κύματα έλαστικότητας στά όποια δέ βλέπουμε τή διαταραχή, όμως τά κύματα αύτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε έρεθιζουν τά αύτιά μας καὶ γίνονται άντιληπτά σάν ήχος. Αύτά τά κύματα έλαστικότητας λέγονται ήχητικά.

Έκτός από τά κύματα έλαστικότητας ύπαρχουν καὶ τά ήλεκτρομαγνητικά κύματα. Μερικά από τά κύματα αύτά έχουν τέτοια συχνότητα ώστε έρεθιζουν τά μάτια μας καὶ γίνονται άντιληπτά σάν φῶς. Τά ήλεκτρομαγνητικά αύτά κύματα λέγονται φωτεινά κύματα. Όλα τά κύματα, έλαστικότητας καὶ ήλεκτρομαγνητικά, είναι κινούμενες διαταραχές πού μεταφέρουν ένέργεια, δέ μεταφέρουν υλη καὶ έχουν πολλές ολ-

λες κοινές ιδιότητες. Για όλα τά κύματα ίσχυει ό
θεμελιώδης τύπος τής κυματικής.

$$u = \lambda v$$

Τά αύτιά και τά μάτια μας λοιπόν είναι δέκτες κυμάτων και έρεθίζονται με κύματα που έχουν κατάλληλες συχνότητες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στά έγκαρσια κύματα τά μόρια τοῦ έλαστικοῦ μέσου ταλαντώνονται κάθετα στή διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος, σχηματίζοντας «δρη» και «κοιλάδες».
2. Στά διαμήκη κύματα τά μόρια τοῦ έλαστικοῦ μέσου ταλαντώνονται κατά τή διεύθυνση διαδόσεως τοῦ κύματος, σχηματίζοντας πυκνώματα και άραιώματα.
3. Μήκος κύματος λέγεται ή απόσταση στήν όποια διαδίδεται ή διαταραχή σέ χρόνο ίσο πρός τήν περίοδο Τ τοῦ κύματος.
4. Ο θεμελιώδης τύπος τής κυματικής είναι: $u = \lambda \cdot v$

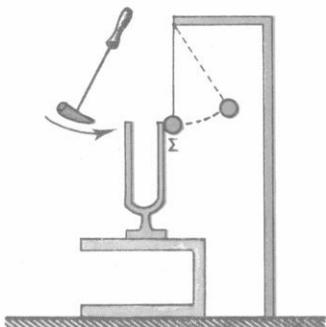
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές διαφορές ύπαρχουν άναμεσα στά διαμήκη και στά έγκαρσια κύματα;
2. Σέ ένα ύλικό μέσο σχηματίζονται έγκαρσια κύματα. Ποιά άπό τά παρακάτω διαδίδονται τότε στό μέσο αυτό: α. ή υλη; β. ή ένέργεια; γ. τά πυκνώματα και τά άραιώματα; δ. τά δρη και οι κοιλάδες; ε. τίποτε άπό όλα αύτά;
3. Σέ ποιά σώματα σχηματίζονται έγκαρσια κύματα και σέ ποιά διαμήκη κύματα;
4. Η ταχύτητα διαδόσεως τοῦ κύματος έχει τάπαται άπό τό μέσο στό όποια σχηματίζεται τό κύμα. "Όταν ένα κύμα άλλαζει μέσο διαδόσεως, τί μεταβάλλεται και τί μένει σταθερό: α. τό μήκος κύματος; β. ή συχνότητα; γ. ή ταχύτητα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Η συχνότητα ένός κύματος είναι $750 \cdot 10^{12}$ Hz και τό μήκος κύματος είναι $0,4 \cdot 10^{-6}$ m. Νά βρείτε τήν ταχύτητα τοῦ κύματος.
2. Η ταχύτητα τών φωτεινών κυμάτων στόν άέρα είναι $3 \cdot 10^8$ m/sec. Πόση είναι ή συχνότητά τους, όταν τό μήκος κύματος στόν άέρα είναι $0,8 \cdot 10^{-6}$ m; Πόση γίνεται ή συχνότητα αύτή όταν τό φῶς διαδίδεται στό νερό;
3. Στό πείραμα τοῦ Σχ. 1 ή σφαίρα A έχει περίοδο 1 sec και ή ταχύτητα τοῦ κύματος πού παράγεται είναι 0,15 m/sec. Πόσο είναι τό μήκος κύματος;

Ο ΗΧΟΣ ΩΣ ΚΥΜΑ



Σχ. 1.

"Οπως γνωρίζουμε, καθετι πού γίνεται άντιληπτό μέ το αισθητήριο όργανο της άκοης (τό αύτι) το όνομάζουμε ήχο.

I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

'Η πειραματική διάταξη πού είκονιζεται στό Σχ. 1 άποτελείται από ένα διαπασών και μία σφαίρα Σ, πού βρίσκεται σε έπαφη μέ το ένα σκέλος του. "Όταν χτυπήσουμε τό άλλο σκέλος τού διαπασών μέ ένα έλαστικό σφυράκι, θά άκούσουμε έναν ήχο και θά δοῦμε τή σφαίρα νά άναπηδάει. 'Από τά άναπηδήματα τής σφαίρας καταλαβαίνουμε ότι τά σκέλη τού διαπασών ταλαντώνονται, όταν αύτό παράγει ήχο. ('Η παλμική αύτή κίνηση γίνεται τόσο γρήγορα πού τό μάτι μας δέν μπορεῖ νά τήν άντιλθει ομεσα, γι' αύτό τό λόγο χρησιμοποιούμε τό σφαιρίδιο). Μέ άναλογο τρόπο παράγουν ήχο οι καμπάνες τών έκκλησιών, οι χορδές τών μουσικών όργανων κτλ. "Άρα:

'Ο ήχος παράγεται από τίς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.

Οι ταλαντώσεις τού έλάσματος Ε (Σχ.2) παράγουν ήχο.

II. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

a. Μέσα διαδόσεως τοῦ ήχου. Στό πείραμα τοῦ Σχ. 1, άναμεσα στήν ήχητική πηγή (διαπασών) και στό αύτή μας ύπάρχει άέρας. 'Επειδή άκούμε τόν ήχο τοῦ διαπασών, συμπεράίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στόν άέρα.

"Όταν βάλουμε τό κεφάλι μας μέσα στή θάλασσα και χτυπήσουμε μέσα στό νερό δύο πέτρες πού κρατάμε στά χέρια μας, άκούμε τόν ήχο τοῦ χτυπήματος. 'Από αύτό συμπεράίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στό νερό.

Τοποθετούμε ένα ρολόι στό άκρο ένός ξύλινου τραπεζιού. 'Εφαρμόζουμε τό αύτή μας στό άλλο άκρο τού τραπεζιού και άκούμε καθαρά τούς χτύπους τού ρολογιού. 'Από αύτό καταλαβαίνουμε ότι ό ήχος διαδίδεται στό ξύλο.

Τοποθετούμε κάτω από τόν κώδωνα άεραντλίας ένα ηλεκτρικό κουδούνι πού λειτουργεί



Σχ. 2.

(Σχ.3). "Οταν ὁ κώδωνας περιέχει άέρα, ἀκοῦμε τὸν ἥχο τοῦ κουδουνιοῦ." Οταν δύναμη ἀφαρέσουμε τὸν ἄέρα ἀπό τὸν κώδωνα, δὲν ἀκοῦμε τὸν ἥχο, ἔν το πλήκτρο τοῦ κουδουνιοῦ συνεχίζει νά χτυπάει τὸ τύμπανο. Ἀπό αὐτό καταλαβαίνουμε ὅτι ὁ ἥχος δέ διαδίδεται στὸ κενό. Ἀπό τὰ παραπάνω συμπεραίνουμε ὅτι:

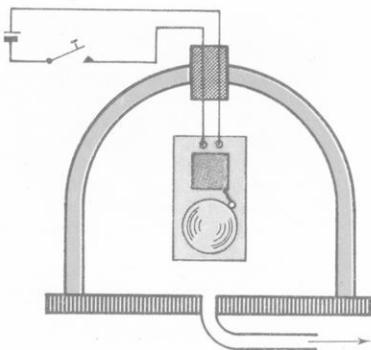
Ο ἥχος διαδίδεται μόνο στὰ ὑλικά μέσα (στερεά, ύγρα καὶ ἀέρια), ἐνῶ δέ διαδίδεται στὸ κενό.

Ίδιαίτερη σημασία γιά μᾶς ἔχει ἡ διάδοση τοῦ ἥχου στὸν ἄέρα, γιατί ζοῦμε μέσα στὴν ἀτμόσφαιρα.

β. Ἡχητικά κύματα. Θά ἔξετάσουμε τώρα τί συμβαίνει στὸν ἄέρα, ὅταν πάλλεται ἔνα διαπασών καὶ ἀκοῦμε τὸν ἥχο πού παράγει. "Οταν τὸ σκέλος Α ἐνός διαπασῶν (Σχ. 4) κινεῖται πρός τὰ δεξιά, συμπιέζει τὸν ἄέρα πού εἶναι κοντά του, μέ τὸ ποτέλεσμα νά σχηματιστεῖ ἔνα πύκνωμα μορίων. Στήν περιοχή τοῦ πυκνώματος ἡ πίεση εἶναι μεγαλύτερη ἀπό πρίν. Τά μόρια τοῦ πυκνώματος αὐτοῦ ὠθοῦν στή συνέχεια τά γειτονικά τους μόρια, ὅπότε μετατοπίζεται τό πύκνωμα στὰ γειτονικά μόρια. Διαπιστώνουμε λοιπόν ὅτι τό ἀρχικό πύκνωμα τῶν μορίων, δηλ. ἡ ἀρχική διαταραχή, διαδίδεται μέσα στὸν ἄέρα. Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι σχηματίζονται κύματα ἐλαστικότητας μέσα στὸν ἄέρα πού περιβάλλει τό διαπασῶν. Τά κύματα αὐτά εἶναι διαμήκη, γιατί τά μόρια τοῦ ἄέρα πάλλονται κατά τή διεύθυνση πού διαδίδεται ἡ διαταραχή καὶ σχηματίζονται πυκνώματα καὶ ἀραιώματα (βλ. 13η ἐνότητα). Τά κύματα αὐτά λέγονται ἡχητικά. "Οταν τά ἡχητικά κύματα φθάσουν στό αὐτί μας καὶ τό ἐρεθίσουν λέμε ὅτι ἀκοῦμε κάποιο ἥχο. Ἐπομένως:

Τά ἡχητικά κύματα (ἥχος) εἶναι κύματα ἐλαστικότητας πού ἔχουν κατάλληλη συχνότητα, ώστε, ἐρεθίζοντας τό αὐτί, νά δημιουργοῦν διάφορα ἀκουστικά αἰσθήματα.

Τά ἡχητικά κύματα πού διαδίδονται στά ρευστά (ύγρα καὶ ἀέρια) εἶναι μόνο διαμήκη, ἐνῶ τά ἡχητικά κύματα πού διαδίδονται στά στερεά εἶναι διαμήκη ἡ ἐγκάρσια.



Σχ. 3.



Σχ. 4. Ἡχητικά κύματα.

III. ΔΙΑΦΟΡΑ ΗΧΗΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

α. Συχνότητα του ήχου λέγεται ή συχνότητα της παλμικής κινήσεως της ήχητικής πηγῆς (π.χ. τοῦ διατίσαων). Ή συχνότητα του ήχου φανερώνει τόν άριθμό τῶν πυκνωμάτων ή τῶν άραιωμάτων πού παράγονται ἀπό τήν ήχητική πηγή σέ μία χρονική μονάδα (1sec).

β. Περιόδος τοῦ ήχου λέγεται ή περίοδος της παλμικής κινήσεως τῆς ήχητικής πηγῆς.

γ. Μήκος κύματος λέγεται ή ἀπόσταση στήν όποια φθάνει ή διαταραχή (πύκνωμα ή άραιωμα) σέ χρόνο ἵσο πρός τήν περίοδο τοῦ ήχου. Τό μήκος κύματος είναι ἵσο μέτρο τήν ἀπόσταση δύο διαδοχικῶν πυκνωμάτων ή άραιωμάτων (Σχ.4).

δ. Ταχύτητα τοῦ ήχου. Ή ταχύτητα διαδόσεως τῶν ήχητικῶν κυμάτων ἔξαρταται ἀπό τό ύλικό μέσο, στό όποιο διαδίδεται ο ήχος. Αποδεικνύεται οτι η ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ήχου στά στερεά σώματα είναι πιο μεγάλη ἀπό ὅ, τι στά ύγρα, καὶ στά ύγρα πιο μεγάλη ἀπό ὅ, τι στά άερια.

Η ταχύτητα τοῦ ήχου ἔξαρται καὶ ἀπό τή θερμοκρασία. "Όταν αὔξανεται η θερμοκρασία, αὔξανεται καὶ η ταχύτητα τοῦ ήχου, ὅχι ὅμως ἀνάλογα πρός αὐτή. Στόν πίνακα I ἀναγράφονται μερικά παραδείγματα γιά τήν ταχύτητα τοῦ ήχου.

Γιά τήν ταχύτητα τοῦ ήχου ισχύει ό γνωστός τύπος τής κυματικής:

$$u = \lambda \cdot v$$

ΠΙΝΑΚΑΣ I

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

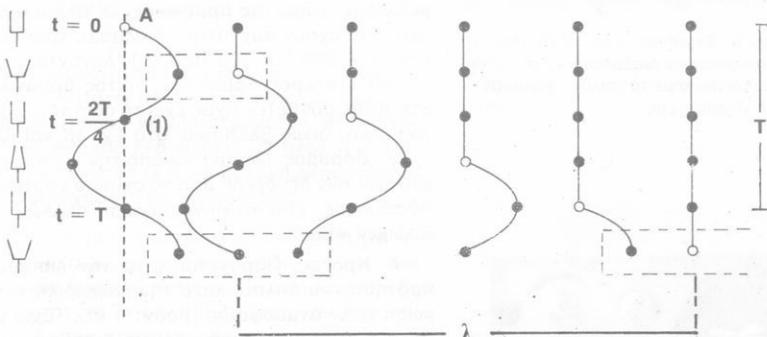
- Ο ήχος παράγεται ἀπό τίς παλμικές κινήσεις διαφόρων σωμάτων.
- Ο ήχος διαδίδεται μόνο στά ύλικά μέσα (στερεά, ύγρα καὶ άερια), ἐνώ δέ διαδίδεται στό κενό.
- Τά ήχητικά κύματα είναι κύματα ἐλαστικότητας πού ἔχουν κατάλληλη συχνότητα, ὥστε νά ἐρεθίζουν τό αὐτή. Τά ήχητικά κύματα πού διαδίδονται στόν άέρα είναι διαμήκη.
- Η ταχύτητα τοῦ ήχου ἔξαρταται ἀπό τό ύλικό μέσο στό όποιο διαδίδονται τά ήχητικά κύματα καὶ ἀπό τή θερμοκρασία.

- Tί είναι τά ήχητικά κύματα;
- Mέσα στόν άέρα παράγεται ένας ήχος. Τί διαδίδονται τότε μέσα στόν άέρα; α. τά μόρια τού άέρα; β. ή ένέργεια της ήχητικής πηγής; γ. τά πυκνώματα και τά άραιώματα; δ. τά δρι και οί κοιλάδες; ε. τίποτε από δλα αύτά;
- Tό διαπασών τού Σχ. 4, πάλλεται μέ συχνότητα 440 Hz. Tό τύμπανο (ή μεμβράνη) tόυ αύτού πού άκουει tόν ήχο tόυ διαπασών πάλλεται: α. μέ tήν ίδια συχνότητα; β. μέ μεγαλύτερη συχνότητα; γ. μέ μικρότερη συχνότητα;
- "Έξω από tήν άτμοσφαιρα γίνεται mία πολύ μεγάλη έκρηξη. Θά άκουστει στήν έπιφανεια tής Γῆς:

15η ENOTHTA

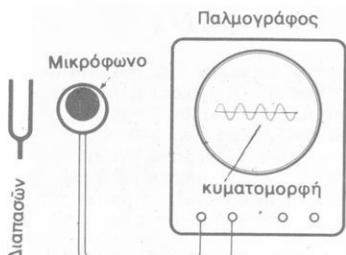
ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ – ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

I. KYMATOMORFΗ TΟΥ ΗΧΟΥ

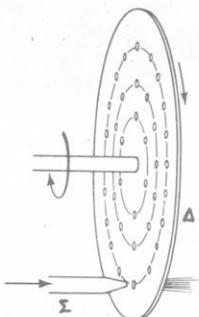


"Όταν tά πυκνώματα και tά άραιώματα tού ήχητικού κύματος διαδίδονται p.x. στόν άέρα, tά μόρια tού άέρα έκτελούν παλινδρομική κίνηση περί tή θέση «ισορροπίας» tούς. Στό Σχ. 1 ή kατακόρυφη εύθεια άντιστοιχεί tή θέση «ισορροπίας» tού πρώτου μορίου και ή kαμπύλη

Σχ. 1. Kάθε σειρά δείχνει tή θέση tών μορίων tού άέρα σέ μά όρισμένη χρονική στιγμή (στιγμότυπα κύματος). Ή kαμπύλη (1) παριστάνει tήν tαλάντωση tού μορίου A' (kymatometerή tού ήχου).



Σχ. 2.



Σχ. 3. Σειρήνα. "Όταν ό δίσκος Δ στρέφεται καί διαβιβάσουμε σ' αὐτόν ρεύμα άρεσ μέ το σωλήνα Σ , παράγεται άπλος ήχος



Σχ. 4. Γεννήτρια άκουστων συχνοτήτων

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

Η καμπύλη αύτή, πού παριστάνει τήν ταλάντωση κάποιου μορίου, λέγεται κυματομορφή καί έχει τό ίδιο σχήμα για όλα τά μόρια τού μέσου. Μπόρούμε νά δούμε τήν κυματομορφή τού ήχου στήν θύρων τού καθοδικού παλμογράφου (Σχ.2).

II. ΕΙΔΗ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

α. Απλός ήχος ή τόνος. "Έχει τήν κυματομορφή πού βλέπουμε στό Σχ. 2, λέγεται καί άρμονικός ήχος, έχει μία όρισμένη συχνότητα καί παράγεται από μερικά έργαστριακά όργανα, όπως είναι τό διαπασών, ή σειρήνα (Σχ.4) καί ή γεννήτρια άκουστων συχνοτήτων (Σχ.4).

β. Σύνθετος ήχος ή φθόγγος. Σύνθετος ήχος είναι ό ήχος τής φωνής μας καί έκεινος πού παράγεται από τά μουσικά όργανα. 'Ο ήχος αύτός λέγεται καί περιοδικός μή άρμονικός ήχος καί μᾶς δημιουργεῖ εύχάριστο αίσθημα. 'Ο σύνθετος ήχος μπορεῖ νά αναλυθεῖ σε πολλούς άπλους ήχους πού οι συχνότητές τους είναι άκεραια πολλαπλάσια μιάς όρισμένης συχνότητας (π.χ. 100 Hz; 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz κτλ.). 'Από τούς ήχους αύτούς έκεινος πού έχει τή μικρότερη συχνότητα (π.χ. 100 Hz) λέγεται θεμελιώδης ή πρώτος άρμονικός. Οι άλλοι άπλοι ήχοι πού έχουν συχνότητα διπλάσια, τριπλάσια κτλ. (π.χ. 200 Hz, 300 Hz κτλ.), λέγονται άντιστοιχα δεύτερος άρμονικός, τρίτος άρμονικός κτλ. Κάθε σύνθετος ήχος έχει τή δική του κυματομορφή, όπως βλέπουμε στά Σχ. 5β καί 6β.

γ. Θόρυβος. Παράγεται από τήν κίνηση τών φύλλων τών δένδρων, από τό σχίσιμο χαρτιού ή ύψασματος, από τή συγκέντρωση πολλών άνθρωπων κτλ.

δ. Κρότος. Παράγεται κατά τήν έκπυρσοκρότηση τού άπλου, κατά τήν ήλεκτρική έκκενωση στήν άτμοσφαιρα (βροντή) κτλ. 'Έχει μεγάλη ένταση καί 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, άκομα δέ ότι είναι ήχος κιθάρας ή ή

φωνή κάποιου γνωστοῦ μας άνθρώπου. Τά συμπεράσματα αὐτά δέν είναι άκριβώς τά ίδια γιά όλους τούς άνθρωπους πού άκουνε τόν ίδιο ήχο. Λέμε λοιπόν ότι ο ήχος έχει όρισμένα ύποκειμενικά γνωρίσματα.

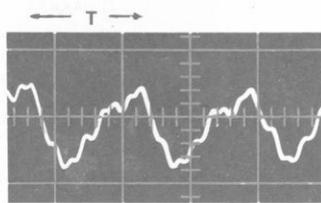
α. "Υψος τοῦ ἥχου." Οταν άκούσουμε διαδοχικά δύο ήχους μέ διαφορετικές γνωστές συχνότητες, θά συμπεράνουμε ότι ο ήχος μέ τή μεγαλύτερη συχνότητα είναι δέξιερος (πιό διαπεραστικός) από τόν αλλο. Ή γυναικεία φωνή είναι λεπτή (ύψηλή) και ή άνδρική είναι βαριά (χαμηλή), γιατί ή συχνότητα τής πρώτης είναι μεγαλύτερη από τή συχνότητα τής δεύτερης. Έπομένως:

Τό ύψος τοῦ ἥχου είναι ένα γνώρισμα πού έξαρταται από τή συχνότητα τοῦ ἥχου και μᾶς έπιτρέπει νά συμπεράνουμε αν ο ήχος είναι δέξις (ύψηλός) ή βαρύς (χαμηλός). Ο ύψηλός ήχος έχει μεγάλη συχνότητα και ο βαρύς μικρή συχνότητα.

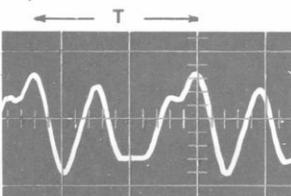
β. Ακουστότητα τοῦ ἥχου. Οταν άκούσουμε διαδοχικά δύο ήχους μέ τήν ίδια συχνότητα και διαφορετική ένταση, θά συμπεράνουμε ότι οι ήχοι αύτοί έχουν τό ίδιο ύψος, αλλά ή δέξιας ήχουγεται πιο δυνατά από τόν αλλο. Οταν χτυπάμε μέ μεγάλη δύναμη τό διαπασών, ο ήχος του άκουγεται πιο δυνατά. Έπομένως:

Η άκουστότητα τοῦ ἥχου είναι ένα γνώρισμα πού έξαρταται από τήν ένταση τοῦ ἥχου και μᾶς έπιτρέπει νά συμπεράνουμε αν ο ήχος είναι ισχυρός ή άσθενής. Ο ήχος πού έχει μεγάλη ένταση έχει και μεγάλη άκουστότητα (είναι ισχυρός) και άντιστροφα.

Γιά νά μετρήσουμε τήν άκουστότητα τοῦ ήχου χρησιμοποιούμε τή μονάδα Phon (φών). Γιά έναν ήχο πού μόλις άκουγεται λέμε ότι έχει άκουστότητα μηδέν Phon. Γιά έναν ήχο πολύ ισχυρό, πού προκαλεῖ πόνο στο αύτή μας, λέμε ότι έχει άκουστότητα 130 Phon. Δέν πρέπει νά συγχέουμε τήν ένταση τοῦ ήχου μέ τήν άκουστότητα. Η ένταση ένός ήχου είναι άνεξάρτητη από τόν παρατηρητή πού άκουει τόν ήχο, ένω ή άκουστότητα τοῦ ίδιου ήχου διαφέρει από παρατηρητή σέ παρατηρητή.



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



Σχ. 6. (α). Κλαρίνο. (β). Κυματομορφή μιάς νότας κλαρίνου. Ή καμπύλη έπαναλαμβάνεται υπότερα από κάθε περίοδο Τ

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	"Ορια άκουστων ηχων
"Ανθρωπος	16 Hz – 20.000 Hz
Σκύλος	15 Hz – 50.000 Hz
Γάτα	60 Hz – 65.000 Hz
Τζίτζικας	100 Hz – 15.000 Hz
Δελφίνι	150 Hz – 150.000 Hz
Νυχτερίδα	1000 Hz – 120.000 Hz

γ. Χροιά τού ήχου. "Οταν άκουσουμε διαδοχικά δύο σύνθετους ήχους, πού έχουν την ίδια συχνότητα και τήν ίδια ένταση, άλλα παράγονται από διαφορετικά μουσικά όργανα, π.χ. κλαρίνο και βιολί, θά συμπεράνουμε ότι οι ήχοι αυτοί είναι διαφορετικοί, διαφορετικά μουσικά όργανα παράγει τόν κάθε ήχο, χωρίς βέβαια νά τό βλέπουμε. Στήν περίπτωση αυτή λέμε ότι οι σύνθετοι ήχοι διακρίνονται από τή χροιά τους. Επομένως:

'Η χροιά ένός σύνθετου ήχου είναι τό γνωρισμα πού μᾶς έπιπτρεπε νά διακρίνουμε τόν ήχο, αύτό από έναν άλλο σύνθετο ήχο του ίδιου υψους και τής ίδιας άκουστότητας. Ήχοι έξαρταί από τους άπλους ήχους πού αποτελούν τό σύνθετο.

IV. ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΚΟΥΣΤΩΝ ΗΧΩΝ

Γιά νά άκουγεται ένας ήχος από τό άνθρωπινο αύτι, πρέπει νά έχει συχνότητα από 16 Hz ώς 20000 Hz περίπου και κατάλληλη ένταση.

Οι ήχοι πού έχουν συχνότητα μικρότερη από 16 Hz λέγονται ύπόχροι και έκεινοι πού έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από 20000 Hz λέγονται ύπερχροι.

Οι ύπερχροι έχουν σήμερα πολλές έφαρμογές στή βιομηχανία, στήν ιατρική, στή Χημεία, στή Βιολογία κτλ. Τά ορια τών άκουστων ηχων διαφέρουν από τό ένα ζώο στό άλλο, όπως φαίνεται στόν πίνακα I. Τά περισσότερα ζώα άκουν περισσότερους ήχους από έκεινους πού παράγουν. Ο τζίτζικας ζώωας παράγει ήχους από 7000 Hz ώς 100000 Hz, τριβοντας τά πόδια του πάνω στή σκληρή κοιλιά του, και άκούει ήχους από 100 Hz ώς 15000 Hz. Ο τζίτζικας, λοιπόν, άκούει ένα έλαχιστο μέρος τών ηχων πού παράγει.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι ήχοι διακρίνονται σέ απλους ή τόνους, σέ σύνθετους ή φθόγγους, σέ θορύβους και σέ κρότους.
- Ο απλός ήχος έχει μιά όρισμένη συχνότητα (άρμονικός) και παράγεται από μερικά έργαστριακά όργανα.

3. Ο σύνθετος ήχος (περιοδικός μή άρμονικός) άποτελείται από πολλούς άπιλούς ήχους (άρμονικούς) και παράγεται από τά μουσικά όργανα.
4. Τό ύψος τού ήχου έξαρταται από τή συχνότητά του και μᾶς έπιτρέπει νά διακρίνουμε τούς ήχους σέ ύψηλούς (όξεις) και σέ χαμηλούς (βαρεῖς).
5. Ή άκουστότητα τού ήχου έξαρταται από τήν έντασή του και μᾶς έπιτρέπει νά διακρίνουμε τούς ήχους σέ δυνατούς και ασθενεῖς.
6. Ή χροιά ένός σύνθετου ήχου έξαρταται από τούς άπλούς ήχους πού τόν άποτελούν και μᾶς έπιτρέπει νά διακρίνουμε τόν ήχο αύτό από έναν άλλο σύνθετο ήχο τού ίδιου ύψους και τής ίδιας άκουστότητας.
7. Τό άνθρωπινο αύτή άκονει τούς ήχους πού έχουν συχνότητα από 16 Hz ώς 20000 Hz περίπου και κατάλληλη ένταση.

16η ΕΝΟΤΗΤΑ

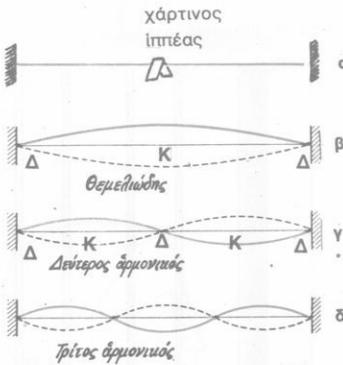
ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΑΝΤΗΞΕΙΑ

Γνωρίζουμε ότι ο ήχος παράγεται από τίς παλιμκές κινήσεις διαφόρων σωμάτων. Τά σώματα αύτά λέγονται ήχογόνες (ήχητικές) πηγές και μπορεῖ νά είναι χορδές, ήχητικοί σωλήνες, ράβδοι, μεμβράνες, κτλ. Θά μελετήσουμε τώρα μερικές από αυτές τίς ήχητικές πηγές.

I. ΗΧΟΓΟΝΕΣ ΠΗΓΕΣ

a. Χορδές. Κατασκευάζονται από μέταλλο ή από έντερο ζώων, έχουν τή μορφή σύρματος και στερεώνονται και στά δύο άκρα τους. "Οταν διεγέρουμε (κυρτώσουμε) μία τεντωμένη χορδή (Σχ.1α) και τήν άφησουμε μετά έλευθερη, θά παρατηρήσουμε ότι έκτελει μία ιδιόρυθμη ταλαντωση έτσι, ώστε μερικά σημεία της νά μένουν πάντα άκινητα (δεσμοί Δ) και μερικά άλλα νά πάλλονται πάντοτε με τό μεγιστο πλάτος (κοιλίες Κ). Τήν υπαρχη τών δεσμών και τών κοιλιών μποροῦμε νά τήν έπιβεβαιώσουμε και μέ ένα χάρτινο ίππεας. Ο ίππεας αύτός μένει άκινητος, όταν τόν βάλουμε σέ ένα δεσμό τής χορδής και τινάζεται, όταν τόν βάλουμε σέ μία κοιλία της. "Οταν διεγέρουμε κατάλληλα τή χορδή, μπορεῖ νά πάλλεται, όπως δείχνει τό Σχ. 1β, όπότε παράγεται άπλος ήχος μέ συχνότητα νι. Ο ήχος αύτός λέγεται θεμελιώδης ή πρώτος άρμονικός.

'Η ίδια χορδή, μέ άλλη κατάλληλη διέγερση,



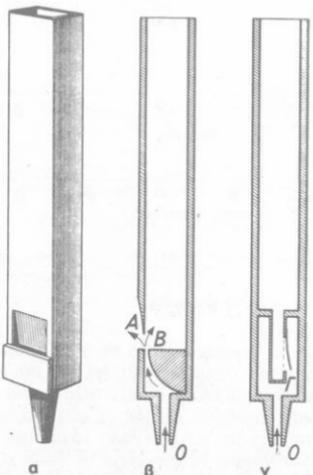
Σχ. 1. Ή κάθε μία από τίς τρεῖς γραμμές τών σχημάτων (β), (γ), (δ), παριστάνει και μία θέση τής ταλαντούμενης χορδῆς. Έπειδή ή συχνότητα τής χορδῆς είναι μεγάλη, τό μάτι μας δέν μπορεῖ νά διακρίνει τίς διαδοχικές θέσεις τής και βλέπει άτράκτους (μία στό β, δύο στό γ κτλ.).
 K = κοιλίες, Δ = δεσμοί



Σχ. 2. Άρπα



Σχ. 3. Βιολοντσέλλο



Σχ. 4. Ἀνοιχτοί ἡχητικοί σωλῆνες. α) Ἐξωτερική ἐμφάνιση. β) Τομή ἀνοι-

μπορεῖ νά πάλλεται, ὅπως δείχνει τό Σχ. 1γ, όπότε παράγεται πάλι ἀπλός ἥχος μέ συχνότητα διπλάσια ($v_2 = 2v_1$) πού λέγεται **δεύτερος ἄρμονικός**. Μέ άναλογο τρόπο ή χορδή μπορεῖ νά παράγει τόν **τρίτο ἄρμονικό** (Σχ. 1δ, $v_3 = 3v_1$), τόν **τέταρτο ἄρμονικό** ($v_4 = 4v_1$) κτλ. "Οταν διεγείρουμε μία χορδή ἐλεύθερα, δηλ. χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα, (ἔτσι διεγείρονται οι χορδές στά ἔγχορδα ὅργανα, π.χ. οι χορδές τοῦ βιολιοῦ μέ τό δοξάρι) τότε παράγει ἔνα σύνθετο ἥχο (φθόγγο), πού ἀποτελεῖται ἀπό δύος τούς ἀπλούς ἥχους πού ἀναφέρθηκαν. Στήν περίπτωση αὐτή ή χορδή ταλαντώνεται μέ ἔναν πολύτλακο τρόπο και δχι ὅπως φαίνεται στό Σχ. 1. "Αρα:

"Οταν ή χορδή διεγερθεῖ ἐλεύθερα, παράγει ἔνα σύνθετο ἥχο πού ἀποτελεῖται ἀπό πολλούς ἀπλούς ἥχους. Οι συχνότητες τῶν ἥχων αὐτῶν είναι $v_1, 2v_1, 3v_1$ κτλ.

"Αν διαθέτουμε ἔνα ἔγχορδο ὅργανο, π.χ. μία κιθάρα, μποροῦμε εύκολα νά διαπιστώσουμε ὅτι ή συχνότητα v_1 τοῦ θεμελιώδους ἥχου μίας χορδῆς ἔξαρταί ἀπό τά ἑδῆς: 1) Ἀπό τή δύναμη μέ τήν ὁποία τείνουμε (κουρντίζουμε) τή χορδή. ("Οταν αὔξανεται ή δύναμη, ή συχνότητα μεγαλώνει). 2) Ἀπό τό πάχος (διάμετρο) τής χορδῆς. (Οι λεπτότερες χορδές παράγουν δέρτερους ἥχους). 3) Ἀπό τό μῆκος τῆς χορδῆς. ("Οταν μικραίνει τό μῆκος, ή συχνότητα μεγαλώνει). Οι χορδές ὡς ἥχογόνες πηγές χρησιμοποιοῦνται στά ἔγχορδα μουσικά ὅργανα, ὅπως είναι ή ἄρπα (Σχ. 2), τό βιολί, τό βιολοντσέλο (Σχ. 3), τό πιάνο, ή λύρα, ή κιθάρα κτλ.

β. Ἑχητικοί σωλῆνες. Κατασκευάζονται ἀπό μέταλλο ή ξύλο, ἔχουν σχῆμα κυλινδρικό ή πρισματικό μέ σταθερή διατομή, χοντρά τοιχώματα γιά νά μήν πάλλονται, καί περιέχουν ἀέρα. Οι ἡχητικοί σωλῆνες χωρίζονται σέ δύο εἰδῆ, σέ **ἀνοιχτούς**, ὅταν καί τά δύο ἄκρα τους είναι ἀνοιχτά (Σχ. 4), καί σέ **κλειστούς**, ὅταν τό ἐλεύθερο ἄκρο τους είναι κλειστό. "Οταν διεγείρουμε τόν ἡχητικό σωλήνα μέ μία ἀπό τίς διατάξεις τοῦ Σχ. 4, ή ἀερία στήλη τοῦ σωλήνα ἐκτελεῖ μία ιδιόρρυθμη ταλάντωση, ὅπως καί οι χορδές, όπότε παράγεται ἥχος.

Οι ἡχητικοί σωλῆνες μποροῦν νά παράγουν τόν πρώτο ή ἀνώτερους ἄρμονικούς ἥχους ἃν

διεγέρονται κατάλληλα. "Ετσι, αν φυσήσουμε δυνατότερα σέ εναν ήχητικό σωλήνα, άκούγεται ήχος όξυτερος (άνώτερος άρμονικός). Έπισης, μεταβάλλοντας τό μήκος ενός σωλήνα, διαπιστώνουμε ότι μεταβάλλεται καί ή συχνότητα τού παραγόμενου ήχου καί μάλιστα ή συχνότητα αὐξάνεται όταν τό μήκος τού σωλήνα έλαττωνεται. Οι ήχητικοί σωλήνες ως ήχογόνες πηγές χρησιμοποιούνται στά πνευστά μουσικά οργανα, όπως είναι ή φλογέρα, τό κλαρίνο, τό σαξόφωνο, ή κορνέτα, ή τρομπέτα (Σχ.5) κτλ.

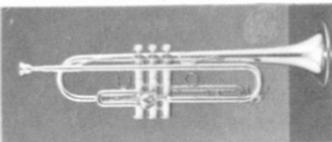
II. ANTHXEIA

"Οταν χτυπήσουμε μέ τό έλαστικό σφυράκι τό ένα σκέλος τού διαπασών, θά άκούσουμε έναν **άσθενή** ήχο. "Οταν άμεσως μετά τοποθετήσουμε τό διαπασών πού πάλλεται στό ξύλινο δοχείο τού Σχ. 6, θά άκούσουμε **ισχυρό** ήχο. Αύτό έχειται ως έξης: Τό διαπασών πού πάλλεται διεγείρει τήν **άερια** στήλη τού δοχείου **έτσι**, ώστε νά έκτελει αυτή **έξαναγκασμένη** ταλάντωση σέ **συντονισμό** μέ τόν ήχο τού διαπασών, δηλ. ή **άερια** στήλη πάλλεται μέ συχνότητα **ΐση** πρός τή συχνότητα τού διαπασών. Έπειδή κατά τό **συντονισμό** τό πλάτος τής ταλαντώσεως είναι μέγιστο, ο παραγόμενος ήχος είναι **ισχυρός**. Τό ξύλινο δοχείο μέ τήν **άερια** στήλη πού περιέχει λέγεται **άντηχειο**. "Αρα:

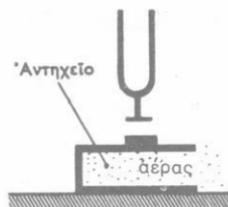
Τά άντηχεια είναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν **άερα.** "Οταν ό **άερας** τών άντηχειών πάλλεται σέ **συντονισμό** μέ έναν **έξωτερικό** ήχο, ο ήχος αυτός **ένισχυεται**.

Τά άντηχεια χρησιμοποιούνται για τήν καλή έκπυπτή τών ήχων. "Υπάρχουν άντηχεια πού συντονίζονται μέ μία μόνο συχνότητα (μέ ένα μόνο άπλο ήχο). "Άλλα πάλι άντηχεια μποροῦν νά συντονίζονται μέ **όλες** τίς συχνότητες (μέ **όλους** τούς ήχους), όπως τά **άντηχεια** τών μουσικών οργάνων, δηλ. τά ξύλινα κιβώτια τού βιολιού, τής κιθάρας κτλ. Ή **άνθρωπην** φωνή παράγεται **άπο** τίς παλμικές **κινήσεις** **τών φωνητικών χορδών** (Σχ.7) και **ένισχύεται** **άπο** τή **στοματική** και τή **ρινική** κοιλότητα πού **συμπειριφέρονται** σάν **ένα** μεταβλητό **άντηχειο**. Ό φωταγώγος τών πολυκατοικιών λειτουργεί ως **άντη-**

χτού ήχητικού σωλήνα χωρίς **γλωσσίδα**. γ) **Τομή** **άνοιχτου ήχητικού σωλήνα** μέ **γλωσσίδα**. (0 = **επιστόμιο**, A = **χείλος**, B = **στόμιο**, Γ = **γλωσσίδα**)



Σχ. 5. **Τρομπέτα**



Σχ. 6. **Διαπασών καί τό άντηχειο του**



Σχ. 7. **Οι κινήσεις τής γλώσσας** **άλλαζουν** τό **σχήμα** τού **άντηχειου** τής **στοματικής** **κοιλότητας** και **έτσι** **ένισχύονται** **όλοι** οι **ήχοι** τής **άνθρωπην** φωνής

χεῖο, γι' αὐτό οἱ φωνές τῶν ἐνοίκων ἐνός ὄρόφου ἀκούγονται καὶ στούς ἄλλους ὄρόφους, ὅταν τά παράθυρα τοῦ φωταγωγοῦ εἶναι ἀνοιχτά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οἱ χορδές μποροῦν νά παράγουν ἔνα θεμελιώδη ἥχο (συχνότητας ν1) καὶ ὅλους τούς ἀρμονικούς τοῦ ἥχου αὐτοῦ (2ν1, 3ν1, 4ν1 κτλ.).
2. Ἡ συχνότητα ν1 τοῦ θεμελιώδους ἥχου μιᾶς χορδῆς ἔξαρτάται ἀπό τό ύλικό τῆς χορδῆς, ἀπό τό μῆκος τῆς, ἀπό τό πάχος τῆς, καθώς καὶ ἀπό τή δύναμη πού τεντώνει τή χορδή.
3. Οἱ ἡχητικοί σωλήνες μποροῦν νά παράγουν ἔνα θεμελιώδη ἥχο καὶ ἀνώτερους ἀρμονικούς. Ἡ συχνότητα τοῦ θεμελιώδους ἥχου καὶ τῶν ἀρμονικῶν του ἔξαρτάται ἀπό τό μῆκος τοῦ σωλήνα.
4. Τά ἀντηχεῖα εἰναι κοιλότητες μέ κατάλληλες διαστάσεις πού περιέχουν ἀέρα καὶ χρησιμοποιοῦνται γιά τήν καλή ἐκπομπή τῶν ἥχων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πῶς ἔξηγεῖται ἡ ἀλλαγή στή συχνότητα τοῦ ἥχου μιᾶς φλογέρας μέ τό ἀνοιγμα μιᾶς τρύπας στό σωλήνα τῆς;
2. Όταν κουρντίζουμε (τεντώνουμε) μία χορδή τῆς κιθάρας, ὁ ἥχος πού παράγεται γίνεται: α. βαρύτερος; β. ισχυρότερος; γ. δέρυτερος; δ. πιό ἀσθενής; ε. μένει ὁ ίδιος;
3. Μέ τό δάκτυλό μας ἐμποδίζουμε ἔνα μέρος μιᾶς χορδῆς τῆς κιθάρας νά πάλλεται. Ὁ ἥχος πού παράγεται τότε είναι: α. ισχυρότερος; β. πιό ἀσθενής; γ. βαρύτερος; δ. δέρυτερος; ε. ὁ ίδιος δηως καὶ πρίν;
4. Σέ τί διαφέρουν οἱ ἥχοι πού παράγονται ἀπό μία λεπτή καὶ ἀπό μία χοντρή χορδή βιολοῦ καὶ γιατί;
5. Γιατί ἡ στοματική κοιλότητα μπορεῖ νά ἐνισχύει δλους τούς ἥχους πού παράγονται ἀπό τίς φωνητικές μας χορδές;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ: ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

17η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ – ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Όταν δύο στεγνά σώματα τρίβονται μεταξύ τους, έμφανιζονται διάφορα φαινόμενα, πού μερικές φορές πέφτουν στήν αντίληψή μας. "Όταν π.χ. χαϊδεύουμε μία γάτα με στεγνά χέρια, τό τρίχωμά της άνασκωνται κάθε φορά πού πλησιάζουμε τά χέρια μας σ' αυτή. Παρόμοιο φαινόμενο έμφανιζεται καί κατά τό χτενίσμα μας. "Αν τά μαλλιά μας είναι στεγνά, έλκονται άπο τή χτένα. Έπισης, άν τρίφουμε ένα πλαστικό στυλό με τά μάλλινα ρούχα μας καί τό πλησιάσουμε σέ χαρτάκια, τά χαρτάκια έλκονται άπο τό στυλό.

Τά σώματα πού έχουν τήν ιδιότητα νά έλκουν διάφορα (έλαφρά) άντικείμενα, λέμε ότι είναι ή λεκτρισμένα ή ηλεκτρικά φορτισμένα καί ή πράξη πού κάνουμε γιά νά τά φορτίσουμε λέγεται ήλεκτριση.

Τό φυσικό μέγεθος πού περικλείεται στά ήλεκτρισμένα σώματα καί πού προκαλεῖ τά διάφορα ήλεκτρικά φαινόμενα, όνομάζεται ήλεκτρικό φορτίο.

"Ως σύμβολο τοῦ φορτίου χρησιμοποιούμε τό γράμμα Q ή q καί ώς μονάδα στό Διεθνές Σύστημα τό 1Coulomb (Κουλόμπ) ή σύντομα 1Cb.

Τά παραπάνω φαινόμενα παρατηροῦνται έντονα τίς Εηρές μέρες, π.χ. δτάν κάνει παγώνια.

Τό ήλεκτριση τών σωμάτων παρατηρήθηκε γιά πρώτη φορά στό ήλεκτρο (κεχριμπάρι) άπό τό Θαλή τό Μιλήσιο τόν δο αιώνα π.Χ. καί άπο τή λέξη αυτή προέκυψαν δλες οι σχετικές λέξεις.

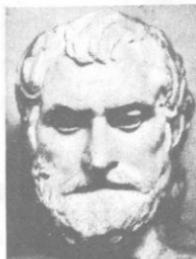
II. ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

Τό ήλεκτρικό φορτίο δέν είναι όρατό. Γίνεται όμως αισθητή ή παρουσία του άπο τά άποτελέσματά του.

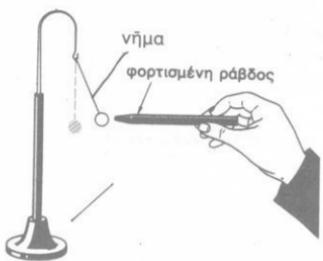
"Ένα συνηθισμένο δργανο, μέ τό όποιο διαπιστώνουμε εύκολα τήν ύπαρξη ήλεκτρικών



Σχ. 1. Τά ρούχα καί τό σώμα ήλεκτρισούνται, δτάν ό διάδρομος τής τσουλήθρας είναι άπο συνθετικό ύλικο



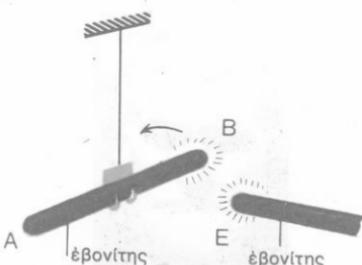
Σχ. 2. Θαλής ο Μιλήσιος



Σχ. 3. Ήλεκτρικό έκκρεμές



Σχ. 4. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα



Σχ. 5. Τά όμώνυμα φορτία άπωθούνται

φορτίων σέ ενα σῶμα, είναι το **ήλεκτροσκόπιο**, τό όποιο έχει διάφορες μορφές.

α. Ήλεκτρικό έκκρεμές. "Ενα άγιλό ήλεκτροσκόπιο είναι το ηλεκτρικό έκκρεμές (Σχ.3). Αποτελείται από ένα έλαφρό σφαιρίδιο (κομμάτι φελλού, χαρτιού, φελιζόλ κτλ.) κρεμασμένο από λεπτό καί στεγνό νήμα.

"Αν πλησιάσουμε στό έκκρεμές ένα σῶμα καί παρατηρήσουμε έκτροπή του έκκρεμούς από την κατακόρυφη θέση, σημαίνει ότι το σῶμα είναι ηλεκτρικά φορτισμένο.

β. Ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα. Τό ήλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα αποτελείται από μεταλλικό κύλινδρο, στό έσωτερικό του όποιου κρέμεται ένα μεταλλικό στέλεχος (Σχ.4). Τό στέλεχος στηρίζεται σέ πλαστικό πῶμα καί φέρει στήν κάτω άκρη ένα ή δύο κινητά μεταλλικά φύλλα. "Οταν τό στέλεχος ήλεκτριζεται τά φύλλα άπωθούνται καί αποκλίνουν.

Μέ τόν τρόπο αύτό μπορούμε νά διαπιστώνουμε τήν ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων σέ κάποιο σῶμα.

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) καί τήν άφήνουμε νά ήρεμήσει. "Υστερα πλησάζουμε στήν κρεμασμένη ράβδο μία άλλη ράβδο από έβονίτη, τήν όποια έχουμε έπισης τρίψει με μάλλινο ύφασμα καί παρατηρούμε ότι οι δύο ράβδοι άπωθούνται.

"Αν δημιουργήσουμε στήν ηλεκτρισμένη ράβδο από έβονίτη μία ράβδο από γυαλί, τήν όποια έχουμε τρίψει με μάλλινο ή μεταχωτό ύφασμα, θά παρατηρήσουμε ότι οι ράβδοι έλκονται (Σχ. 5 α).

'Από τό πείραμα αύτό συμπεραίνουμε ότι πρέπει νά ύπαρχουν δύο είδη φορτίου: αύτό πού έμφανίζεται στόν έβονίτη καί αύτό πού έμφανίζεται στό γυαλί.

Tό φορτίο πού άναπτύσσεται στόν έβονίτη, ζητανταν τρίβεται με μάλλινο ύφασμα, λέγεται άρνητικό φορτίο, και τό φορτίο πού άναπτύσσεται στό γυαλί, ζητανταν τρίβεται με μάλλινο ή μεταχωτό ύφασμα, λέγεται θετικό.

Άλληλεπιδραση φορτίων. Από τά προηγούμενα πειράματα προκύπτει ότι τά όμώνυμα φορτία (φορτία πού έχουν τό ίδιο πρόσημο) άπωθούνται, ένω τά έτερώνυμα έλκονται.

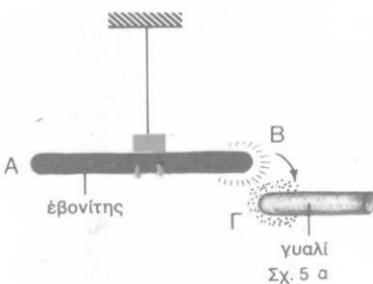
IV. ΤΡΟΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ

Είδαμε προηγουμένως ότι ή ήλεκτριση τών σωμάτων γίνεται μέ τριβή, άλλα μπορεῖ νά γίνει και μέ άλλους τρόπους.

α. Μέ έπαφή. Φέρουμε σέ έπαφή μία φορτισμένη μεταλλική σφαίρα μέ τό στέλεχος ένός ήλεκτροσκοπίου. Τά φύλλα τοῦ ήλεκτροσκοπίου άποκλίνουν (Σχ.6). Στή συνέχεια άπομακρύνουμε τή σφαίρα άπό τό στέλεχος και παρατηροῦμε ότι τά φύλλα μένουν σέ άποκλιση. "Αρα, τό στέλεχος πήρε φορτία, όταν ήρθε σέ έπαφή μέ τή φορτισμένη σφαίρα, και τά διατήρησε μετά τήν άπομάκρυνσή της.

Ο τρόπος αύτός ήλεκτρισεως λέγεται ήλέκτριση μέ έπαφή.

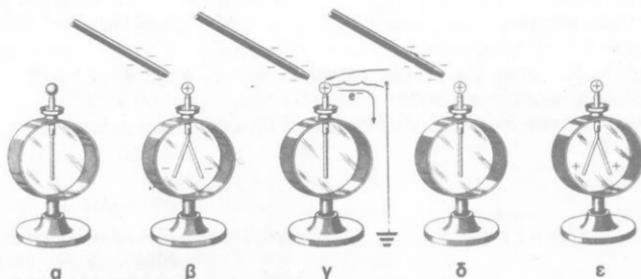
β. Μέ έπαγωγή. Πλησιάζουμε σ' ένα ήλεκτροσκόπιο μία φορτισμένη ράβδο και παρατη-



Τα έτερώνυμα φορτία έλκονται



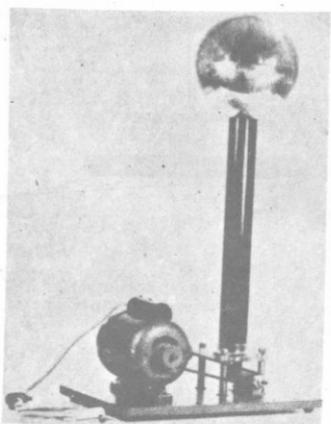
Σχ. 6. Ήλέκτριση μέ έπαφή



Σχ. 7. Ήλέκτριση μέ έπαγωγή

ροῦμε ότι τά φύλλα του άποκλίνουν, χωρίς ή ράβδος νά άκουμπήσει στό στέλεχος (Σχ.7.β).

Στό χρόνο πού ή φορτισμένη ράβδος βρίσκεται κοντά στό ήλεκτροσκόπιο, άκουμπάμε τό δάχτυλό μας στό στέλεχος γιά μία μόνο στιγμή και μετά τό άπομακρύνουμε. Κατόπιν άπομακρύνουμε τή φορτισμένη ράβδο και βλέπουμε ότι τά μεταλλικά φύλλα άποκλίνουν και παραμένουν σέ άποκλιση γιά άρκετό χρόνο



Σχ. 8. Ήλεκτροστατική μηχανή *Van de Graaf*

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

Ο τρόπος αύτός φορτίσεως λέγεται ή λέκτριση μέ έπαγωγή.

V. ΉΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

"Οταν μελετάμε ήλεκτρικά φαινόμενα σάν τά προηγούμενα, χρησιμοποιούμε συχνά τίς ήλεκτροστατικές γεννήτριες, οι οποίες έχουν τήν ίκανότητα νά συσσωρεύουν ήλεκτρικά φορτία σέ μεταλλικές σφαῖρες (Σχ. 8). "Ετσι, άντι νά παράγουμε φορτία μέ τριβή, παίρνουμε έτοιμα φορτία από τίς γεννήτριες. Τά φορτία αύτά τά παίρνουμε μέ μικρές μεταλλικές σφαῖρες πού στηρίζονται σέ μονωτική λαβή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό ήλεκτρικό φορτίο είναι ένα φυσικό μέγεθος πού προκαλεῖ τά διάφορα ήλεκτρικά φαινόμενα. Μονάδα ήλεκτρικού φορτίου είναι τό 1Cb.
2. Τό ήλεκτροσκόπιο είναι ένα άργανο μέ τό όποιο διαπιστώνουμε τήν υπαρξη ήλεκτρικών φορτίων. Διακρίνουμε δύο τύπους ήλεκτροσκόπιών: τό ήλεκτρικό έκκρεμές καί τό ήλεκτροσκόπιο μέ κινητά φύλλα.
3. Ύπάρχουν δύο ειδή ήλεκτρικών φορτίων: άρνητικά καί θετικά.
4. Τά ομώνυμα φορτία άπωθοῦνται καί τά έτερωνυμα έλκονται.
5. Η ήλεκτριση τών σωμάτων γίνεται μέ τριβή, έπαφή καί έπαγωγή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιά φορτία λέγονται άρνητικά καί ποιά θετικά;
2. "Οταν χτενιζόμαστε ή χτένα ήλεκτρίζεται. Πώς γίνεται αύτή η ήλεκτριση; Μέ τριβή, μέ έπαφή ή μέ έπαγωγή;
3. Στήν ήλεκτριση μέ έπαγωγή (Σχ.8) ποιά είναι ή άρθρη διαδικασία; α) Νά άπομα-

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

4. "Οταν τά αύτοκίνητα (ή άεροπλάνα) κινούνται, φορτίζονται ήλεκτρικά. Νά έγγιγστε γιατί συμβαίνει αύτό. Τί μέτρα παίρνουμε γιά νά διευκολύνουμε τήν άποφόρτιση;

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ – ΠΥΚΝΩΤΕΣ

I. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ COULOMB (Κουλόμπ)

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

Σύμφωνα μέτα τα προηγούμενα, οι σφαίρες θά έλκονται ή θά άπωθούνται, άναλογα μέτα τό είδος τών φορτίων τους. Η δύναμη F που ένενεργεί σε κάθε σφαίρα, όπως άποδεικνύεται πειραματικά, έχαρταται από τήν ποσότητα τών φορτίων Q_1 και Q_2 , τήν απόσταση r , και από τό ύλικό που ύπαρχει άνάμεσα στά φορτία. Μάλιστα μέτα άκριβεις μετρήσεις άποδεικνύεται ότι ισχύει ό εξής

Νόμος τού Coulomb.

Η δύναμη F , που άσκεται μεταξύ δύο ήλεκτρικών φορτίων Q_1 και Q_2 , είναι άναλογη πρός τό Q_1 και Q_2 και αντιστρόφως άναλογη πρός τό τετράγωνο τής αποστάσεως r μεταξύ τών φορτίων.

$$\Delta\eta. \quad F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad \text{Νόμος τού Coulomb}$$

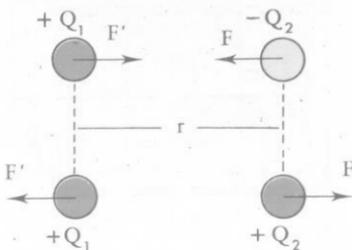
όπου K είναι μία φυσική σταθερά που έχαρταται από τό ύλικό που ύπαρχει άνάμεσα στά φορτία. Γιά τό κενό και τόν άρα έχει τήν ίδια περίπου τιμή, $K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2 \cdot \text{b}^2}$ (Διεθνές Σύστημα μονάδων).

Οι δυνάμεις που άναπτύσσονται μεταξύ δύο άκινητων φορτίων λέγονται **ήλεκτρικές**.

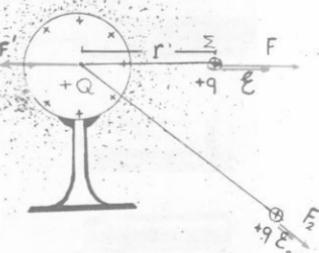
II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

a. **Έννοια τού πεδίου.** Θεωρούμε ένα σώμα φορτισμένο μέτα κάποιο φορτίο Q (Σχ. 2). "Αν σέ ένα σημείο Σ τού χώρου γύρω από τό φορτίο Q τοποθετήσουμε ένα άλλο φορτίο q , θά άσκηθει πάνω του μία ηλεκτρική δύναμη που θά δίνεται από τό νόμο τού Coulomb. Τό χώρο αύτό τόν ονομάζουμε ηλεκτρικό πεδίο. "Άρα:

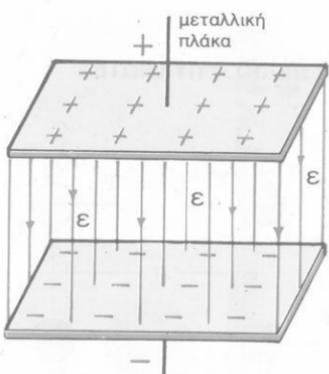
"Ενας χώρος λέγεται ηλεκτρικό πεδίο, όταν άσκούνται ηλεκτρικές δυνάμεις σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο που βρίσκεται μέσα σ' αύτόν.



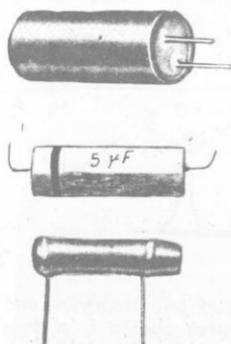
Σχ. 1. Ήλεκτρικές δυνάμεις



Σχ. 2. Τό ηλεκτρικό πεδίο γύρω από τή φορτισμένη σφαίρα είναι άνομοιογενές (έξασθενίζει μέτην απόσταση)



Σχ. 3. Έπίπεδος πυκνωτής. Άνάμεσα στίς παράλληλες πλάκες δημιουργείται όμογενές ήλεκτρικό πεδίο. (ϵ = σταθερό)



Σχ. 4. Μορφές πυκνωτών

Γύρω από τούς πυρήνες των άτομων – όπως θά δούμε σε έπόμενες ένοτητες – ύπαρχει ήλεκτρικό πεδίο όμοιο με τό πεδίο που σχηματίζεται γύρω από μία φορτισμένη σφαίρα (Σχ. 2). Μέσα στό πεδίο αύτό κινοῦνται τά ηλεκτρόνια των άτομων.

β. Ένταση τού πεδίου. "Ενα χαρακτηριστικό μέγεθος τού ήλεκτρικού πεδίου είναι ή ένταση. Ή ένταση ση φανερώνει πόσο ισχυρό είναι τό πεδίο σε κάποιο σημείο του και ορίζεται με τόν άκολουθο τρόπο:

Θεωρούμε ένα φορτίο q σε κάποιο σημείο S τού πεδίου. "Αν F είναι ή δύναμη που άσκει τό πεδίο στό φορτίο, τότε τό πηλικό F/q έκφραζει τήν ένταση τού ήλεκτρικού πεδίου στό σημείο S .

$$\text{Δηλ.} \quad \frac{\text{ένταση}}{\text{ήλ. πεδίου}} = \frac{\text{δύναμη}}{\text{φορτίο}} \quad \epsilon = \frac{F}{q}$$

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

Η μονάδα μετρήσεως τής έντασεως στό Διεθνές Σύστημα είναι τό

ένα νιούτον κατά κουλόμπ (1N/Cb) και βρίσκεται από τόν τύπο πού ορίζει τήν ένταση.

III. ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΚΑΙ ΑΝΟΜΟΙΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

"Οταν τό πεδίο έχει τήν ίδια ένταση ϵ σε όλα τά σημεία του, ονομάζεται όμογενές ήλεκτρικό πεδίο.

"Ενα τέτοιο πεδίο μπορούμε νά τό πραγματοποιήσουμε με δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες, πού βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (Σχ. 3). "Αν φορτίσουμε τίς πλάκες με άντιθετα φορτία, τότε άνάμεσα στίς δύο πλάκες δημιουργείται όμογενές ήλεκτρικό πεδίο.

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

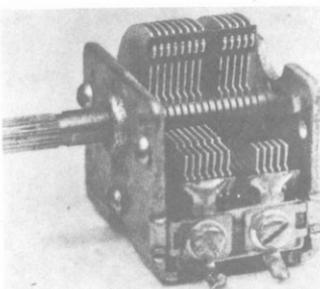
IV. ΠΥΚΝΩΤΕΣ

Τό σύστημα τών δύο παράλληλων μεταλλικών πλακών τού Σχ. 3 ονομάζεται πυκνωτής και

οι δύο πλάκες ονομάζονται όπλισμοί του πυκνωτή.

Οι όπλισμοί δέν είναι άπαραίτητο νά είναι παράλληλοι μεταξύ τους και ουτε νά είναι έπι-πεδοι, άρκει νά είναι ήλεκτρικά μονωμένοι ο ένας από τόν άλλο. Οι πυκνωτές έχουν την ίκανότητα νά άποθηκεύουν ήλεκτρικά φορτία και νά τά δίνουν, όταν τά χρειαζόμαστε.

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



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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μεταξύ δύο ήλεκτρικών φορτίων άσκείται πάντοτε ήλεκτρική δύναμη πού δίνεται από τόν τύπο

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

2. "Όταν βάζουμε ένα ήλεκτρικό φορτίο q σέ όποιοδήποτε σημείο ένός χώρου και στό φορτίο q άσκείται μία ήλεκτρική δύναμη, τότε ο χώρος αύτός ονομάζεται ήλεκτρικό πεδίο.

3. Η ένταση ήλεκτρικού πεδίου είναι μεγέθος διανυσματικό και άριζεται από τόν τύπο $\Sigma = F/q$. "Όταν η ένταση Σ είναι ή ίδια σέ όλα τά σημεία ένός πεδίου, τόπεδο λέγεται όμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Πώς σχηματίζουμε όμογενές ήλεκτρικό πεδίο;
- Τί πεδίο σχηματίζεται γύρω από τούς πυρηνες τών άτομων; α) Όμογενές; β) Άνομοιογενές; γ) Σέ άρισμένα άτομα όμογενές και σέ άλλα άνομοιογενές;
- Νά γράψετε τό νόμο τοῦ Coulomb πού δίνει τή δύναμη F πού άσκείται στό φορτίο +q (Σχ. 2). Κατόπιν νά άποδειξετε ότι η ένταση Σ στό σημείο Σ δίνεται από τή σχέση $\Sigma = K \frac{Q}{r^2}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Στό Σχ. 1 δίνονται τά φορτία $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} Cb$ και $Q_2 = 6 \cdot 10^{-8} Cb$ και ή άπόσταση $r=2cm$. Νά υπολογιστεί ή δύναμη F. Πόστ θά είναι τότε ή δύναμη F; ($K = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/Cb^2$).
- "Ένα φορτίο q = $5 \cdot 10^{-10} Cb$ βρίσκεται ακίνητο σέ ένα σημείο Σ ήλεκτρικού πεδίου και δέχεται από τό πεδίο δύναμη $12 \cdot 10^{-4} N$ (νιούτον). Πόση είναι ή ένταση τοῦ ήλεκτρικού πεδίου στό σημείο Σ;
- Σάς λένε ότι η σφαίρα στό Σχ. 2 έχει φορτίο $Q = 10^{-7} Cb$ και ότι τό μικρό φορτίο q δέχεται δύναμη $9 \cdot 10^{-4} N$. "Αν ή άπόσταση r είναι 0,02m, πόσο είναι τό φορτίο q; ($K = 9 \cdot 10^9 N \cdot m^2/Cb^2$).

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ATOMΟΥ – ΙΣΟΤΟΠΑ

I. ΔΟΜΗ ΤΟΥ ATOMΟΥ

Από τις έρευνες, πού έχουν γίνει μέχρι σήμερα, έχει άποδειχτεί ότι ή υλη συγκροτείται από πολύ μικρά σωματίδια, τά **ἄτομα**.

Τά **ἄτομα** δέν είναι όλα ίδια μεταξύ τους καί ούτε έχουν τις ίδιες διαστάσεις. Τά μικρότερα και άπλουστερα **ἄτομα** τά έχει τό στοιχείο ύδρογόνο. (Η διάμετρός τους είναι περίπου $6m/10000000000 = 6 \cdot 10^{-11} m$).

Τά μεγαλύτερα **ἄτομα** φτάνουν μέχρι δέκα φορές τή διάμετρο τοῦ άτομου τοῦ ύδρογόνου.

α. Κάθε **ἄτομο** μοιάζει με μικρό ήλιακό σύστημα. "Έχει ένα κεντρικό μέρος πού λέγεται πυρήνας και έναν όρισμένο άριθμό ήλεκτρονίων πού κινούνται γύρω από τόν πυρήνα (Σχ. 1).

Τά ήλεκτρονία είναι έκτελούν δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω από τόν πυρήνα (περιφορά) και μία γύρω από τόν ξενόνα τους (στροβίλισμός), όπως ή Γη κινεῖται γύρω από τόν Ήλιο και τόν ξενόνα της. Ή μάζα τους είναι πολύ μικρή και τό ήλεκτρικό τους φορτίο είναι μόνιμα άρνητικό.

Οι τροχιές τών ήλεκτρονίων, γύρω από τόν πυρήνα, δεχόμαστε για λόγους άπλοτητας ότι είναι κυκλικές. Οι άκτινες τών τροχών αύτών δέν είναι τυχαίες, άλλα έχουν όρισμένες τιμές, πού είναι χαρακτηριστικές για κάθε είδος άτομου.

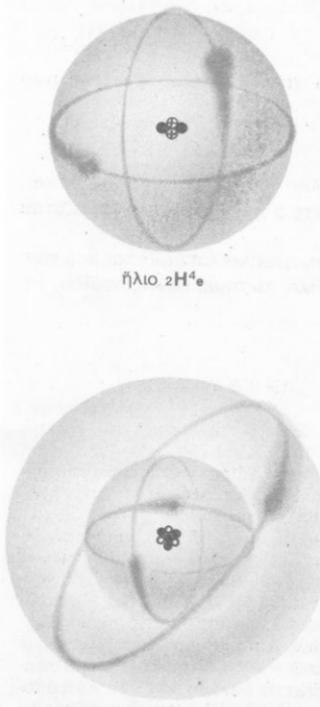
β. Ό πυρήνας άποτελείται από δύο είδη σωματιδίων, τά **πρωτόνια** και τά **νετρόνια** (Σχ. 1).

Τά **πρωτόνια** είναι πολύ μικρά σωματίδια, φορτισμένα μόνιμα με θετικό φορτίο, ίσο με τό φορτίο τών ήλεκτρονίων. Ή μάζα τους είναι περίπου 1840 φορές μεγαλύτερη από τή μάζα τοῦ ήλεκτρονίου.

Τά **άτομα** στή φυσική τους κατάσταση είναι ούδέτερα, γιατί ό άριθμός τών πρωτονίων είναι ίσος με τόν άριθμό τών ηλεκτρονίων τους.

Τά **νετρόνια** είναι ούδέτερα σωματίδια και έχουν μάζα ίση περίπου με τή μάζα τών πρωτονίων.

Θ πρωτόνιο • νετρόνιο



Σχ. 1. Δομή τῶν ἀτόμων

II. ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΑΖΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

Τό ατομο τοῦ ύδρογόνου περιέχει ἔνα πρωτόνιο στὸν πυρήνα του, τό ήλιο περιέχει δύο, τό λίθιο τρία κ.ο.κ.

Από τὰ παραδείγματα αὐτά προκύπτει ὅτι σὲ κάθε στοιχεῖο ἀντιστοιχεῖ καὶ ἔνας ὄρισμένος ἀριθμός πρωτονίων.

Ο ἀριθμός τῶν πρωτονίων πού περιέχουν τά ἀτομα κάθε στοιχείου ὀνομάζεται **ἀτομικός ἀριθμός Z** τοῦ στοιχείου.

Όταν γνωρίζουμε τὸν ἀτομικό ἀριθμό, μποροῦμε, ἀπό τὸν πίνακα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος τῶν στοιχείων, νά βροῦμε ἀμέσως τὸ στοιχεῖο πού ἀντιστοιχεῖ στὸν ἀριθμό αὐτό.

Ἐκτός ἀπό τὸν ἀτομικό ἀριθμό, πού προσδιορίζει ποιό εἶναι τὸ στοιχεῖο, ὑπάρχει καὶ ἔνας ἄλλος ἀριθμός, ὁ μαζικός ἀριθμός, πού προσδιορίζει τὴ μάζα κάθε ἀτόμου.

Λέγοντας **μαζικό ἀριθμό M**, ἐννοοῦμε τὸ συνολικό ἀριθμό πρωτονίων καὶ νετρονίων. Δηλ.

μαζικός ἀριθ.=ἀριθ. πρωτονίων+ἀριθ. νετρονίων

$$M = Z + N$$

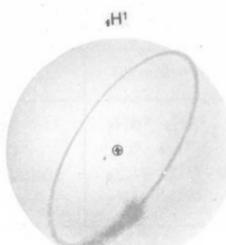
Ἐπειδὴ τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι περίπου 1840 φορές ἐλαφρότερα ἀπό τὰ πρωτόνια ἢ νετρόνια, συμπεραίνουμε ὅτι ἡ μάζα τοῦ ἀτόμου εἶναι συγκεντρωμένη κυρίως στὸν πυρήνα. Ἀν, ἐπομένως, γνωρίζουμε τὸ μαζικό ἀριθμό ἐνός στοιχείου, μποροῦμε νά υπολογίσουμε τὴ μάζα τῶν ἀτόμων του.

III. ΙΣΟΤΟΠΑ

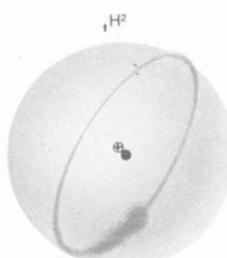
Ἐχει βρεθεῖ πειραματικά ὅτι τὸ ύδρογόνο ἀποτελεῖται ἀπό τρία διαφορετικά εἴδη ἀτόμων (Σχ. 2).

Τό ἔνα είδος περιέχει στὸν πυρήνα ἔνα μόνο πρωτόνιο καὶ λέγεται πρώτιο. Τό ἄλλο είδος περιέχει στὸν πυρήνα ἔνα πρωτόνιο καὶ ἔνα νετρόνιο καὶ λέγεται δευτέριο. Τέλος τό τρίτο είδος περιέχει στὸν πυρήνα ἔνα πρωτόνιο καὶ δύο νετρόνια καὶ λέγεται τρίτιο.

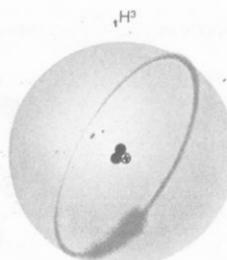
Τά τρία αὐτά εἴδη ἀτόμων ἔχουν δλα τὸν ἴδιο ἀτομικό ἀριθμό (ἀριθμό πρωτονίων), ἀλλά δια-



πρώτιο



δευτέριο



τρίτιο

Σχ. 2. Ισότοπα ἀτομα ύδρογόνου

φέρουν στόν άριθμό νετρονίων, έπομένως και στό μαζικό άριθμό.

Τά ατόμα που έχουν τόν ίδιο άτομικό άριθμό, άλλα διαφορετικό μαζικό άριθμό, λέγονται ίσοτα.

Τά ισότοπα ατόμα, άφού έχουν τόν ίδιο άτομικό άριθμό, άνήκουν στό ίδιο στοιχείο και έχουν τίς ίδιες χημικές ιδιότητες. Μόνο οι φυσικές τους ιδιότητες είναι διαφορετικές (π.χ. πυκνότητα, σημείο υγροποιήσεως κτλ.).

Για νά διακρίνουμε τά ισότοπα ατόμα, χρησιμοποιούμε μαζί μέ τό σύμβολο τοῦ στοιχείου και δύο άριθμούς, τόν άτομικό και τό μαζικό άριθμό. "Ετσι τά ισότοπα τοῦ ύδρογόνου γράφονται:



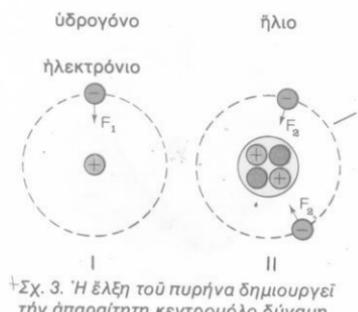
'Ισότοπα ατόμα συναντάμε στά περισσότερα φυσικά στοιχεία. (Τό δευτέριο π.χ. έχει τρία ισότοπα ${}_{\text{a}}^{\text{16}}\text{O}$, ${}_{\text{a}}^{\text{17}}\text{O}$, ${}_{\text{a}}^{\text{18}}\text{O}$).

IV. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΝ ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

α. Ήλεκτρικές. Σύμφωνα μέ τούς νόμους τής Φυσικής, γιά νά μπορεί ένα σώμα νά κινεῖται σε κυκλική τροχιά, πρέπει νά άσκειται διαρκώς πάνω του μία δύναμη μέ φορά πρός τό κέντρο τής τροχιάς. Δηλ. πρέπει νά άσκειται μία κεντρομόλος δύναμη.

Η δύναμη αύτή, στήν περίπτωση τής περιφορᾶς τῶν ήλεκτρονίων, προέρχεται από τήν έλξη πού άσκει τό φορτίο τοῦ πυρήνα στό φορτίο τοῦ ήλεκτρονίου (Σχ. 3). "Αν είναι γνωστά τά φορτία αύτά καί ή μεταξύ τους άποσταση, μπορούμε, μέ τό νόμο τοῦ Coulomb, νά ύπολογισούμε τήν ηλεκτρική δύναμη πού άσκει ό πυρήνας στά ήλεκτρόνια.

β. Πυρηνικές. Τά πρωτόνια έχουν θετικό φορτίο καί έπομένως θά έπρεπε νά άπωθούνται μεταξύ τους. Τά νετρόνια έξαλλου δέν έχουν ηλεκτρικό φορτίο καί έπομένως δέ θά έπρεπε νά υγκρατούνται στόν πυρήνα. Συνεπώς ἀν άναπτύσσονται μόνο ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ τῶν συστατικῶν τῶν πυρήνων, οἱ πυρήνες θά διαλύνονταν αύτόματα σέ άνεξάρτητα πρωτόνια καί νετρόνια. Μέ τή σκέψη αύτή θά ύπηρχαν μόνο ατόμα ύδρογόνου στή φύση.



Σχ. 3. Η έλξη τοῦ πυρήνα δημιουργεῖ τήν άπαραίτητη κεντρομόλο δύναμη

Από αύτά συμπεραίνουμε ότι μεταξύ τών συστατικών τών πυρήνων πρέπει νά άναπτύσσονται καί ἄλλες δυνάμεις, πού είναι έλκτικές καί ισχυρότερες από τίς ήλεκτρικές. Οι δυνάμεις αύτές ονομάζονται πυρηνικές. Οι πυρηνικές δυνάμεις έχασφαλίζουν τή σταθερότητα τών πυρήνων τών άτομων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Στοιχείο	Ίσοτοπα άτομα
“Ηλιο	$^2\text{He}^3$, $^2\text{He}^4$
Λίθιο	$^3\text{Li}^6$, $^3\text{Li}^7$
“Ανθρακας	$^6\text{C}^{12}$, $^6\text{C}^{13}$, $^6\text{C}^{14}$
“Αζωτο	$^7\text{N}^{14}$, $^7\text{N}^{15}$, $^7\text{N}^{16}$

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κάθε άτομο έχει έναν όρισμένο άριθμό ήλεκτρονίων. Τά ήλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα καί συγχρόνως στροβιλίζονται γύρω από τόν ξενόν τους.
- Ο πυρήνας άποτελείται από πρωτόνια πού είναι θετικά φορτισμένα καί νετρόνια πού είναι ουδέτερα. Τό πλήθος τών πρωτονίων είναι ίσο με τό πλήθος τών ήλεκτρονίων στά ουδέτερα άτομα καί λέγεται άτομικός άριθμός. Τό σύνολο τών πρωτονίων καί νετρονίων λέγεται μαζικός άριθμός.
- Άτομα πού έχουν τόν ίδιο άτομικό άριθμό καί διαφορετικό μαζικό, λέγονται ίσοτοπα άτομα.
- Τά ήλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα χάρη στίς έλκτικές δυνάμεις πού δέχονται από τόν πυρήνα. Τά πρωτόνια καί νετρόνια συγκρατοῦνται στόν πυρήνα χάρη στίς πυρηνικές δυνάμεις.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

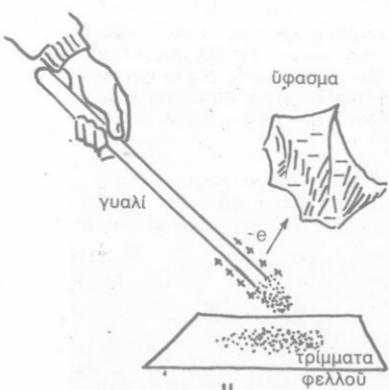
- Σέ τί διαφέρουν μεταξύ τους τά ίσοτοπα άτομα;
- α) Πόσο είναι τό μοριακό βάρος τού $^1\text{H}_1$ καί πόσο τού $^1\text{H}_2$; β) Άν σέ ένα δοχείο Α ύπαρχε ένα γραμματόριο πρωτίου ($^1\text{H}_1$) καί σέ ένα άλλο δοχείο Β ύπαρχε ένα γραμματόριο δευτέριου ($^1\text{H}_2$), πόσα γραμμάρια ύδρογονου ύπάρχουν στό Α καί πόσα στό Β;
- Τό άτομο τού Να έχει 11 πρωτόνια καί 12 νετρόνια στόν πυρήνα του. α) Πόσας είναι ο άτομικός καί ο μαζικός άριθμός του; β) Πώς θά συμβολίσουμε τό ίσοτοπο αύτο τού νατρίου;
- Ποιές δυνάμεις συγκρατοῦν α) τά ήλεκτρόνια πού περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα καί β) τά πρωτόνια καί νετρόνια μέσα στόν πυρήνα; Ποιές άπό τίς δυνάμεις αύτές μπορούμε νά υπολογίσουμε μέ τό νόμο τού Coulomb;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Τό ήλεκτρόνιο τού άτομου τού ύδρογόνου κινεῖται σέ τροχιά μέ άκτινα $6 \cdot 10^{-11}\text{m}$. Νά υπολογίσετε τή δύναμη πού άσκει ο πυρήνας στό ήλεκτρόνιο. (φορτίο ήλεκτρονίου $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ Cb}$, $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Cb}^2$)
- Ο άτομικός άριθμός τού άζωτου είναι 7. Νά υπολογίσετε τό φορτίο τού πυρήνα του. (φορτίο ήλεκτρο. $e = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{ Cb}$).

ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ – ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

I. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ



Σχ. 1. Κατά την ηλέκτριση φεύγουν ηλεκτρόνια άπό το ένα σώμα και πηγαίνουν στο άλλο

Στήν προηγούμενη ένότητα μάθαμε ότι τά ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα άρνητικά και οι πυρήνες τῶν άτομων φορτισμένοι θετικά. Τό σύνολο τῶν θετικῶν φορτίων σέ κάθε άτομο είναι ίσο με τό σύνολο τῶν άρνητικῶν φορτίων, μέ αποτέλεσμα τά άτομα – ἄρα και τά ύλικά σώματα – νά παρουσιάζονται ηλεκτρικά ούδετερα. Γιά νά ηλεκτρισθεῖ (φορτισθεῖ) ένα σώμα πρέπει νά διαταραχθεῖ ή λοσρροπία τῶν θετικῶν και άρνητικῶν του φορτίων. Μέ ἄλλα λόγια πρέπει νά δημιουργηθεῖ πλεόνασμα άρνητικοῦ ή θετικοῦ φορτίου. Αύτό τό πλεόνασμα ήλεκτρικού φορτίου σέ ένα σώμα, μπορεῖ νά γίνει μέ πρόσληψη ή άποβολή ηλεκτρονίων.

1. Στήν περίπτωση πού τρίβουμε μία γυαλινή ράβδο μέ μάλλινο ύφασμα, φεύγουν ἀπό τή ράβδο ηλεκτρόνια και μεταβαίνουν στό ύφασμα (Σχ. 1). "Ετσι ή ράβδος φορτίζεται θετικά και τό ύφασμα άρνητικά.

2. Στήν ηλεκτρική φόρτιση τοῦ ηλεκτροσκοπίου μέ έπαγωγή (17η ένοτ.) γίνεται μετακίνηση ηλεκτρονίων ἀπό τό στέλεχος πρός τό σώμα μας, γιατί ή ράβδος πού προκαλεῖ τήν ηλέκτριση είναι άρνητικά φορτισμένην. "Ετσι τό στέλεχος φορτίζεται θετικά. "Αρα:

"Η ηλεκτριση ένός σώματος γίνεται μέ μεταφορά ηλεκτρονίων ἀπό τό σώμα πρός τό περιβάλλον του ή και άντιστροφα.

II. ΑΓΩΓΟΙ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΕΣ

"Η ράβδος ἀπό έβονίτη, ή γυαλινή ράβδος, τό μάλλινο ύφασμα κτλ., ὅταν φορτίζονται, διατηροῦν τά φορτία άκινητα στή θέση πού πρωτοεμφανίζονται. Αντίθετα, τό μεταλλικό στέλεχος τοῦ ηλεκτροσκοπίου, καθώς και τό σώμα μας, ἐπιτρέπουν στά φορτία νά κινηθοῦν. "Ετσι, ἂν ἀγγίσουμε ένα φορτισμένο ηλεκτροσκόπιο μέ τό δαχτυλό μας, τό ηλεκτροσκόπιο ἐκφορτίζεται.

Τά ύλικά πού έπιτρέπουν τήν κίνηση ήλεκτρικών φορτίων μέσα στή μάζα τους λέγονται άγωγοί οι τού ήλεκτρισμού και εκείνα πού δέν έπιτρέπουν τήν κίνηση τῶν φορτίων λέγονται μονωτές.

Συχνά οι μονωτές ονομάζονται καί κακοί άγωγοί τού ήλεκτρισμοῦ.

Μέντα ήλεκτροσκόπιο μποροῦμε εύκολα νά διαπιστώσουμε ποιά ύλικά είναι άγωγοί καί ποιά μονωτές (Σχ. 2).

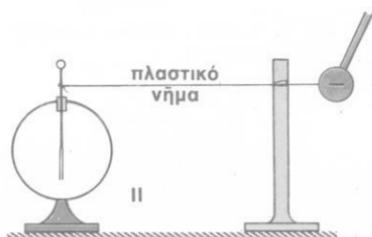
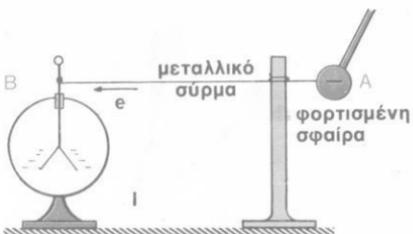
Συνδέουμε ένα μεταλλικό σύρμα μέ τό στέλεχος ένός ήλεκτροσκοπίου καί άκουμπάμε στό άλλο άκρο του μία φορτισμένη μεταλλική σφαίρα. Παρατηροῦμε δήτι τά φύλλα τού ήλεκτροσκοπίου άποκλίνουν (Σχ. 2, I). Από αύτό συμπεραίνουμε δήτι τό μεταλλικό σύρμα άφησε νά περάσουν ήλεκτρικά φορτία μέσα από τή μάζα του καί νά μεταβοῦν από τή φορτισμένη σφαίρα στό στέλεχος τού ήλεκτροσκοπίου.

"Αν έπαναλάβουμε τό ίδιο πείραμα μέ ένα πλαστικό νήμα, θά παρατηρήσουμε δήτι τά φύλλα τού ήλεκτροσκοπίου δέν άποκλίνουν (Σχ. 2, II). Μέ τέτοια πειράματα βρίσκουμε δήτι τά μέταλλα, τό σώμα μας, τά διαλύματα ήλεκτρολυτῶν κτλ. είναι ήλεκτρικοί άγωγοί. Άντιθετα, τό γυαλί, τά πλαστικά, τά στεγνά ρούχα, τό στεγνό ξύλο κτλ. είναι μονωτές.

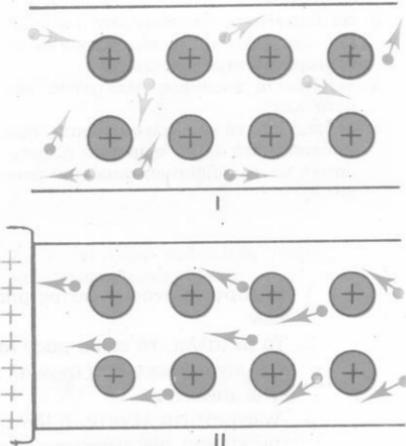
III. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Η ιδιότητα πού έχουν τά ύλικά νά έπιτρέπουν τήν κίνηση ήλεκτρικών φορτίων μέσα από τή μάζα τους λέγεται ήλεκτρική άγωγιμότητα.

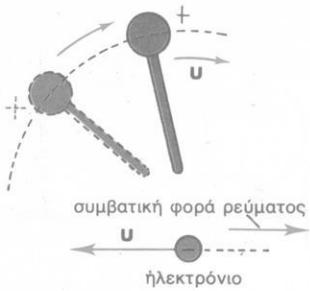
Στά μέταλλα ή άγωγιμότητα οφείλεται σέ ήλεκτρόνια, τά δύοια έχουν φύγει από τά άτομα καί κινοῦνται έλευθερά μέσα στή μάζα τού μετάλλου (Σχ. 3, I). Τά ήλεκτρόνια αύτά προέρχονται από τά έξωτερικά ήλεκτρόνια τῶν άτομων, δηλ. από τά ήλεκτρόνια σθένους καί ονομάζονται έλευθερα ήλεκτρόνια. "Οταν από ένα άτομο φεύγουν ήλεκτρόνια, τό άτομο φορτίζεται θετικά, γίνεται δηλ. ένα θετικό ίόν. Στή μάζα λοιπόν τῶν μετάλλων ύπαρχουν θετικά ίόντα καί έλευθερα ήλεκτρόνια. Τά ίόντα έχουν όρισμένες θέσεις μέσα στό μετάλλο καί έκτελούν μικρές δονήσεις γύρω από αύτές. Άντιθετα, τά έλευθερα ήλεκτρόνια δέν παραμένουν σέ ορισμένες θέσεις, άλλα κινοῦνται άτακτα άνάμεσα



Σχ. 2. Οι άγωγοί έπιτρέπουν τήν κίνηση ήλεκτρικών φορτίων, ένω οι μονωτές οχι



Σχ. 3. Η άγωγιμότητα τῶν μετάλλων οφείλεται σέ έλευθερα ήλεκτρόνια



Σχ. 4. Η κίνηση φορτίου προκαλεῖ ήλεκτρικό ρεύμα

στά ιόντα, ὅπως περίπου κινοῦνται τά μόριά ἐνός ἀερίου.

"Ἄν ἔνας μεταλλικός ἄγωγός ἔρθει σέ επαφή μέ ένα φορτισμένο σῶμα, τότε τά ἐλεύθερα ἡλεκτρόνιά του κινοῦνται πρός τήν ἵδια περίπου κατεύθυνση (Σχ. 3, II)." Ἔτοι μεταφέρεται ἡλεκτρικό φορτίο ἀπό τό ένα ἄκρο τοῦ ἄγωγοῦ στό ἄλλο "Αρά:

Ἡ ἀγωγιμότητα τῶν μετάλλων ὀφείλεται στά ἐλεύθερα ἡλεκτρόνιά τους.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Στό πείραμα τοῦ Σχ. 2, I, τό ἡλεκτροσκόπιο φορτίζεται γιατί ἡλεκτρικά φορτία, πού μεταφέρονται μέ τά ἡλεκτρόνια, κινοῦνται μέσα στό μεταλλικό σύρμα AB, ἀπό τή φορτισμένη σφαίρα. πρός τό στέλεχος.

Ἡ κίνηση ἡλεκτρικῶν φορτίων πρός κάποια κατεύθυνση ὄνομάζεται ἡ λεκτρικό ρεύμα.

Σύμφωνα μέ τόν ὄρισμό τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀκόμη καὶ ἡ κίνηση ἐνός φορτισμένου σώματος παράγει κάποιο ἡλεκτρικό ρεύμα (Σχ. 4).

Φορά τοῦ ρεύματος. Ὡς φορά τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχει ὄρισθει ἡ φορά κινήσεως τοῦ θετικοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου πού λέγεται συμβατική φορά (Σχ. 4).

Στά μέταλλα, ἡ πραγματική φορά τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος συμπίπτει μέ τή φορά κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων (ἀρνητικῶν φορτίων) καὶ είναι ἀντίθετη πρός τή συμβατική φορά τοῦ ρεύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ἡ φόρτιση ἐνός σώματος μπορεῖ νά γίνει μέ πρόσληψη ἡ ἀποβολή ἡλεκτρίνων.
2. Τά μέταλλα, τό σώμα μας, τά διαλύματα ἡλεκτρολυτῶν, τά βρεγμένα ροῦχα κτλ. είναι ἡλεκτρικοί ἄγωγοί, ἐνώ τά πλαστικά, τό-γυαλί, τό στεγνό ξύλο κτλ. είναι μονωτές.
3. Ἀγωγιμότητα λέγεται ἡ ιδιότητα πού ἔχουν διάφορα σώματα νά ἐπιτρέπουν τήν κίνηση τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων μέσα στή μάζα τους.
4. Ἡ κίνηση ἡλεκτρικοῦ φορτίου πρός κάποια κατεύθυνση λέγεται ἡλεκτρικό ρεύμα.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ

I. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Στήν προηγούμενη ένότητα μάθαμε ότι τό μεταλλικό σύρμα, πού φορτίζει τό στέλεχος τού ήλεκτροσκοπίου, διαρρέεται γιά λίγο άπό ήλεκτρικό ρεύμα, όταν άκουμπαμε στό ένα άκρο του τή φορτισμένη σφαίρα. Μόλις ζώμως φορτισθεί τό στέλεχος καί δημιουργηθεί μία κατάσταση ήλεκτρικής ισορροπίας στά άκρα τού άγωγού, παύει ή διέλευσή ήλεκτρικού ρεύματος.

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

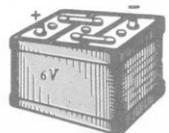
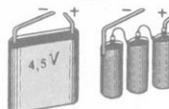
Υπάρχουν διάφορα είδη ήλεκτρικών πηγών. Οι γνωστότερες από αύτές είναι τά ήλεκτρικά στοιχεία καί οι συσσωρευτές ένας πού μετατρέπουν τή χημική ένέργεια σε ήλεκτρική (Σχ. 1), οι γεννήτριες πού μετατρέπουν τή μηχανική ένέργεια σε ήλεκτρική (Σχ. 2) καί τά φωτοστοιχεία πού μετατρέπουν τή φωτεινή ένέργεια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

II. ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ ("Εννοιες")

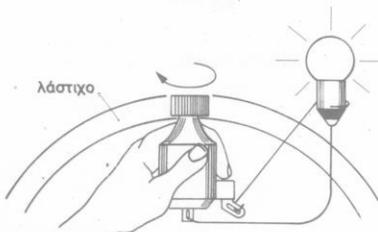
Τό ήλεκτρικό ρεύμα λέγεται συνεχές, όταν έχει διαρκώς τήν ίδια φορά. Αντίθετα, όταν ή φορά τού ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικά μέ τό χρόνο, τό ρεύμα δύναται εν αλλασσόμενο.

Τά ήλεκτρικά στοιχεία, οι συσσωρευτές καί τά φωτοστοιχεία παράγουν συνεχές ρεύμα, ένω οι γεννήτριες, άναλογα μέ τήν κατασκευή τους, μπορούν νά δώσουν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα.

Στά σπίτια μας ως πηγή ρεύματος χρησιμοποιούμε τό ρευματοδότη (κ. πρίζα), άλλα γιά τήν έκτελεση άπλων πειραμάτων είναι άκατάλληλη πηγή, γιατί α) ύπάρχει κίνδυνος ήλεκτροπληξίας καί β) γιατί δίνει μόνο εναλλασσόμενο ρεύμα πού δέ χρησιμεύει σε πολλά πειράματα.



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



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



Σχ. 3. Συμβολική παράσταση ήλεκτρικών πηγών συνεχούς τάσεως. ("Ενα στοιχείο καί τρία στοιχεία στή σειρά")



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



Σχ. 5. Χημικά άποτελέσματα

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

"Ένα συστήμα πού περιλαμβάνει ήλεκτρικές πηγές, καλώδια, ήλεκτρικές συσκευές και διακόπτη, όνομάζεται ήλεκτρικό κύκλωμα (Σχ.4.I). Ο λαμπτήρας Λ, όπως και κάθε συσκευή πού καταναλώνει ήλεκτρική ένέργεια, λέγεται ηλεκτρικός καταναλωτής.

"Όταν ένα κύκλωμα διαρρέεται από ήλεκτρικό ρεύμα λέγεται κλειστό, ένω όταν δέ διαρρέεται από ρεύμα λέγεται άνοιχτο.

Βραχικύκλωμα. Είναι δυνατό, μερικές φορές, νά συνδεθούν οι πόλοι μιάς πηγής κατευθείαν μέ έναν άγνωστο χωρίς νά παρεμβάλλεται στό κύκλωμα κατάλληλος ήλεκτρικός καταναλωτής (π.χ. κατάλληλος λαμπτήρας) (Σχ. 4.II). "Ένα τέτοιο κύκλωμα όνομάζεται βραχικύκλωμα.

Στό βραχικύκλωμα περνάει πολύ ρεύμα, πού είναι ίκανο μερικές φορές νά λιώσει τους άγνωστους ή νά προκαλέσει πυρκαγιά.

Γιά νά άποφεύγονται οι καταστρεπτικές συνέπειες από τά βραχικύκλωματα, σέ δλεες τίς ήλεκτρικές έγκαταστάσεις ή συσκευές, ύπάρχουν κατάλληλες άσφαλειες, πού διακόπτουν τό κύκλωμα στήν κατάλληλη χρονική στιγμή.

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

"Όταν τό ήλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από τήν υλη, φέρνει θερμότητα, τά σπουδαιότερα από τά όποια είναι τά θερμικά, τά μαγνητικά, τά μηχανικά, τά χημικά και τά βιολογικά άποτελέσματα.

α) Θερμικά άποτελέσματα

Τά θερμικά άποτελέσματα τού ρεύματος είναι ίσως από τά πιό φανερά και γνωστά φαινόμενα τού ρεύματος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι ήλεκτρικές θερμάστρες, οι ήλεκτρικές κουζίνες κτλ. λειτουργούν χάρη στή θερμότητα πού προκαλεί τό ρεύμα όταν διέρχεται μέσα από τους άγνωστους. Στίς περιπτώσεις αύτές ή ήλεκτρική ένέργεια μετατρέπεται σέ θερμική.

β) Χημικά άποτελέσματα

Μέσα σέ ποτήρι πού περιέχει διάλυμα χλωριούχου νατρίου, βιθίζουμε δύο χάλκινα καλώδια (ήλεκτρόδια) πού έχουμε συνδέσει μέ τους πόλους μιάς πηγής συνεχούς ρεύματος και παρατηρούμε ότι πάνω στό άρνητικό ήλεκτρό-

διο ἐλευθερώνονται φυσαλίδες ἀερίου (Σχ. 5). Ἀπό αὐτό συμπεραίνουμε ότι τό δηλεκτρικό ρεύμα, ὅταν διέρχεται από διαλύματα ἡλεκτρολυτῶν, προξενεῖ χημικές μεταβολές, δηλ., χημικά φαινόμενα.

γ) Μαγνητικά ἀποτελέσματα

Τοποθετοῦμε ἔναν ἀγωγό παράλληλα πρός μία μαγνητική βελόνα, πού ἰσορροπεῖ μέδια θυσητή «βορράς - νότος» (Σχ. 6) καὶ διοχετεύουμε ἡλεκτρικό ρεύμα στὸν ἀγωγό. Παρατηροῦμε ότι ἡ βελόνα στρέφεται καὶ τίνει νά γίνει κάθετη πρός τὸν ἀγωγό. Τό γεγονός αὐτὸ φαινερώνει ότι τό δηλεκτρικό ρεύμα μπορεῖ νά ἀσκήσει δυνάμεις σέ μαγνήτες, δηλ. νά φέρει μαγνητικά ἀποτελέσματα.

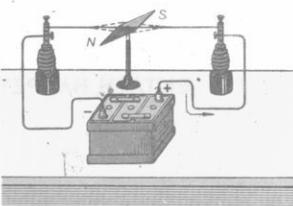
δ) Μηχανικά ἀποτελέσματα

Παρόμοιες δυνάμεις μέδια αὐτές πού κινοῦν τὴ μαγνητική βελόνα βάζουν σέ λειτουργία τούς δηλεκτρικούς κινητήρες (ἀνεμιστῆρες κτλ.), ὅταν αὐτοί συνδέονται μέ τὴν ἡλεκτρική πηγή. Ἐτοι ἡ ἡλεκτρική ἐνέργεια μετατρέπεται σέ μηχανική.

ε) Βιολογικά ἀποτελέσματα

Τέλος τό δηλεκτρικό ρεύμα, ὅταν διέρχεται από τό ἀνθρώπινο σῶμα ἢ τό σῶμα τῶν ζώων, προκαλεῖ βιολογικά ἀποτελέσματα, τά όποια εἰναι δυνατό νά προξενήσουν καὶ τό θάνατο.

Μερικά ἀπό τά ἀποτελέσματα αὐτά εἰναι: ἐγκαύματα, χημικές ἀποσυνθέσεις καὶ τέτανος τῶν μυῶν.



Σχ. 6. Μαγνητικά ἀποτελέσματα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Τί μετατροπές ἐνέργειας γίνονται α) μέδια ἡλεκτρικό στοιχείο β) μέδια γεννητρία καὶ γ) μέδια ἡλεκτρικού κινητήρα;
- Γιά ποιούς λόγους ἡ πρίζα είναι ἀκατάλληλη νά χρησιμοποιηθεί ώς πηγή ρεύματος σέ κοινά πειράματα;
- Τί είναι ἡλεκτρικός καταναλωτής; Νά άναφέρετε μερικά παραδείγματα.
- Τί βλάβες μπορεῖ νά προξενήσει τό δηλεκτρικό ρεύμα, ὅταν διέρχεται από ἄνευ όργανομό;
- Σάς λένε νά μετατρέψετε α) τὴν δηλεκτρική ἐνέργεια σέ χημική, β) τὴν δηλεκτρική ἐνέργεια σέ φωτεινή, γ) τὴ φωτεινή ἐνέργεια σέ δηλεκτρική καὶ δ) τὴν δηλεκτρική ἐνέργεια σέ μηχανική.
Τί συσκευή θά χρησιμοποιήσετε στήν κάθε περίπτωση;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι δηλεκτρικές πηγές ἔχασφαλίζουν τὴν ἀδιάκοπη κυκλοφορία τοῦ δηλεκτρικοῦ ρεύματος στά δηλεκτρικά κυκλώματα.
Διακρίνονται σέ δηλεκτρικά στοιχεῖα, συσσωρευτές, γεννήτριες, φωτοστοιχεῖα κτλ.
- Τό συνεχές ρεύμα ἔχει σταθερή φορά, ἐνώ τό ἐναλλασσόμενο μεταβάλλει τή φορά του περιοδικά μέ τό χρόνο.
- Ἐνα κύκλωμα λέγεται κλειστό ὅταν διαρρέεται από ρεύμα καὶ ἀνοιχτό ὅταν δέ διαρρέεται. Ἀν συμβεῖ νά συνδεθεῖ ἀνάμεσα στούς πόλους δηλεκτρικῆς πηγῆς ἔνας ἀγωγός, χωρίς νά παρεμβάλλεται δηλεκτρικός καταναλωτής, ἔχουμε βραχυκύλωμα.
- Τά ἀποτελέσματα τοῦ δηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰναι θερμικά, χημικά, μαγνητικά, βιολογικά καὶ μηχανικά.

ΕΝΤΑΣΗ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ – ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

I. ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό δηλεκτρικό ρεύμα είναι κάτι άναλογο πρός τό ρεύμα ένός ποταμού ή τή ροή νερού μέσα σέ σωλήνα. Στήν περίπτωση τής ροής νερού σέ σωλήνα δέ μᾶς ένδιαφέρει ή δύλική ποσότητα τοῦ νεροῦ, πού ύπαρχει στό σωλήνα, άλλα ή ποσότητα τοῦ νεροῦ πού περνάει από κάποια διατομή τοῦ σωλήνα στή μονάδα τοῦ χρόνου, δηλ. ή παροχή τοῦ σωλήνα. Τό άναλογο μᾶς ένδιαφέρει καί στήν περίπτωση τοῦ ηλεκτρικού ρεύματος, δηλ. μᾶς ένδιαφέρει νά γνωρίζουμε τήν ποσότητα τοῦ ηλεκτρικού φορτίου q πού περνάει από κάποια διατομή τοῦ άγωγού στή μονάδα τοῦ χρόνου. Τό μέγεθος αύτό πού μετράει τήν ηλεκτρική «παροχή» ένός άγωγού όνομάζεται ένταση τοῦ ηλεκτρικού ρεύματος καί όριζεται ώς έξης:

“Ένταση i τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος όνομάζεται τό φυσικό μέγεθος πού έκφραζεται μέ τό πηλικό τοῦ φορτίου q, πού περνάει από κάποια διατομή τοῦ άγωγού σέ χρόνο t, πρός τό χρόνο αύτό.

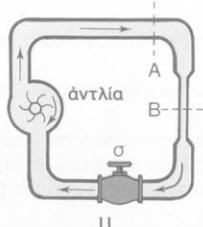
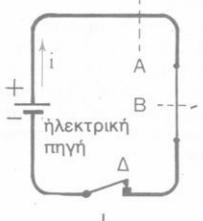
$$\text{Δηλαδή: } i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Σέ κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα ή ένταση τοῦ ρεύματος έχει τήν ίδια τιμή σέ δλα τά σημεία τοῦ 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 τοῦ άγωγού, γεγονός πού ούδεποτε έχει παραπτηρθεῖ.

“Αν δίνεται ή ένταση i σέ ένα κύκλωμα, μπορούμε νά ύπολογίσουμε τό φορτίο q πού περνάει από κάποια διατομή A τοῦ κυκλώματος, λύνοντας τήν παραπάνω έξισωση ώς πρός q.

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

Μονάδα έντάσεως ήλ. ρεύματος. Στό Διεθνές Σύστημα μονάδων ώς μονάδα έντάσεως



Σχ. 1. Ήροή τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου σέ άγωγό μοιάζει μέ τή ροή ύγρου σέ σωλήνα.

χρησιμοποιείται τό 1 Ampere (1A) ('Αμπέρ). Τό 1 Ampere μαζί με τό 1m (μέτρο), τό 1kg (χιλιόγραμμο), τό 1sec και μερικές άλλες μονάδες άποτελούν τίς θεμελιώδεις μονάδες τοῦ Διεθνούς Συστήματος (SI Units).

Στήν πράξη χρησιμοποιούνται συχνά πολλαπλάσια και ύποπολλαπλάσια τῆς μονάδας A, άναλογα με τήν τιμή τῆς έντασεως (π.χ. $1mA = 10^{-3}A$, $1\mu A = 10^{-6} A$ κτλ.).

'Από τόν τύπο (1) μπορούμε νά βροῦμε τή σχέση πού συνδέει τή μονάδα φορτίου (**1 Cb**) μέτρη μονάδα έντασεως (**1A**). Ή σχέση αύτή είναι: $1A = 1Cb/sec$ ή $1Cb = 1A \cdot sec$.

'Η δεύτερη σχέση μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ καί γιά τόν όρισμό τῆς μονάδας φορτίου, ή όποια στό Διεθνές Σύστημα είναι παράγωγος μονάδα (παράγεται άπό τό 1A καί τό 1sec).

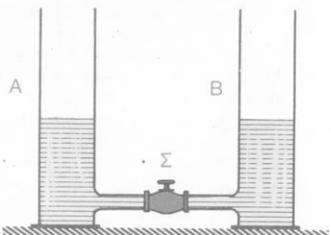
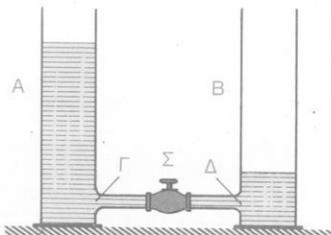
'Η ένταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μετριέται μέτρη ειδικά δργανα πού λέγονται **άμπερόμετρα**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΗΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (προσεγγιστικά)

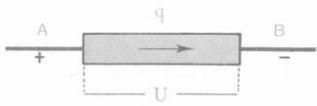
Κρυσταλλούχνιες (Transistors)	5 mA
Λαμπτήρας φανοῦ τσέτης	0,2 A
Λαμπτήρες φωτισμοῦ (100W)	$\approx 0,5 A$
Θερμοσίφωνας	10 A
Κεραυνός	20 KA

II. ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ή ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗΣ

a. Αίτια τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος. Γιά νά καταλάβουμε τήν αίτια πού' προκαλεῖ ήλεκτρικό ρεύμα σέ έναν άγνωστο, θά άναφέρουμε ένα ύδραυλικό παράδειγμα. "Ας ύποθέσουμε ότι έχουμε δύο δοχεία A καί B συνδεμένα μέτρη ένα σωλήνα οριζόντιο καί τοποθετημένο κοντά στή βάση τους. Βάζουμε νερό καί στά δύο δοχεία, άλλα φροντίζουμε ή στάθμη τοῦ νεροῦ στό ένα δοχείο νά είναι ψηλότερα άπό τό δλλο. 'Επισής, γιά νά κινεῖται τό νερό μόνο όταν θέλουμε έμεις, τοποθετούμε ένα διακόπτη Σ (στρόφιγγα) στό σωλήνα (Σχ. 2). "Όταν άνοιγουμε τή στρόφιγγα, παρατηρούμε ότι τό νερό ρέει άπό τό δοχείο A πρός τό δοχείο B, κι αύτό γιατί στά άκρα Γ καί Δ τοῦ σωλήνα ύπάρχει **διαφορά πίεσεως**. ('Η ύδροστατική πίεση στό Γ είναι μεγαλύτερη άπό τήν πίεση στό Δ). Τό αίτιο, λοιπόν,



Σχ. 2. Αίτια τῆς ροής ύγρου σέ σωλήνα είναι ή διαφορά πίεσεως στά άκρα του



Σχ. 3. Αιτία τής ροής φορτίου είναι ή διαφορά δυναμικού U

τής ροής του νερού μέσα στό σωλήνα, είναι ή διαφορά πίεσεων στά άκρα του.

Κατά άναλογο τρόπο τό αίτιο τής κυκλοφορίας ήλεκτρικού ρεύματος σέ έναν άγωγό ή σέ ένα κύκλωμα (π.χ. στόν άγωγό AB τού Σχ. 3), είναι ή διαφορά δυναμικού στά άκρα του A και B, πού συμβολίζεται μέ τό γράμμα U . 'Αρα:

'Η διαφορά δυναμικού ή ήλεκτρική τάση στά άκρα ένός άγωγού είναι τό αίτιο τού ήλεκτρικού ρεύματος στόν άγωγο.

β. Όρισμός τής διαφορᾶς δυναμικοῦ. 'Ενα άπό τά άποτελέσματα τού ήλεκτρικού ρεύματος, όταν περνάει μέσα άπό άγωγούς, είναι ή παραγωγή θερμότητας. Αύτό φανερώνει οτι κατά τήν κίνηση ήλεκτρικού φορτίου, άπο ένα σημείο ένός άγωγού σέ άλλο, παράγεται έργο, πού μετατρέπεται σέ θερμότητα.

"Ας ύποθέσουμε ότι κάποιο φορτίο q μετακινεῖται άπό τό άκρο A στό άκρο B ένός άγωγού καί ότι τό έργο πού παράγεται κατά τή μετακίνηση αύτή είναι W . Τό πηλίκο W/q ορίζεται ως διαφορά δυναμικού U μεταξύ τῶν σημείων A και B. 'Επομένως:

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

Δηλαδή:

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

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

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

Θά λέμε ότι μεταξύ δύο σημείων A και B άγωγού ύπάρχει διαφορά δυναμικοῦ 1 Volt, όταν παράγεται έργο 1 Joule κατά τή μετακίνηση φορτίου 1Coulomb μεταξύ τῶν σημείων αύτῶν. Έκτός άπό τό 1V χρησιμοποιούνται έπισης πολλαπλάσια καί ύποπολλαπλάσια τής μονάδας, π.χ.

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

Η ήλεκτρική τάση μεταξύ δύο σημείων μετριέ-

ται μέ ειδικά δργανα πού λέγονται βολτόμετρα.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η ένταση του ήλεκτρικού ρεύματος όριζεται από τον τύπο $i = q/t$. Οι μονάδες έντασεως είναι τό 1A, 1mA, 1KA κτλ.
2. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων ένός άγωγού είναι ή αιτία που προκαλεί τό ήλεκτρικό ρεύμα στόν άγωγό και όριζεται από τόν τύπο $U = W/q$. Μονάδες δ.δ. είναι τό 1V = 1Joule/Cb, τό 1mV κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιές από τις παρακάτω μονάδες τοῦ Διεθνοῦ Συστήματος είναι θεμελιώδεις και ποιές παράγωγες: 1A, 1V, 1Cb; Πώς όριζονται οι παράγωγες αύτές μονάδες;
2. Τι είναι ή διαφορά δυναμικού και πώς όριζεται;
3. Νά αποδείξετε ότι τό έργο W πού παράγεται σέ χρόνο t στόν άγωγό AB τοῦ Σχ. 3, όταν διαρρέεται από ρεύμα i, δίνεται από τόν τύπο $W = iUt$.
4. Τό φορτίο πού περνάει από τή διατομή B (Σχ. 1) είναι λιγότερο, περισσότερο ή ίσο μέ τό φορτίο πού περνάει από τή διατομή A στόν ίδιο χρόνο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. Αν ή ένταση τού ήλεκτρικού ρεύματος στό κύκλωμα τοῦ Σχ. 1 είναι 0,5 A, νά ύπολογιστε τό ήλεκτρικό φορτίο πού περνάει από τή διατομή A σέ χρόνο 6min.
2. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ τών σημείων A και B ένός άγωγού είναι 20 Volt και τό φορτίο πού μετακινεῖται από τό A στό B είναι 15,5 Cb. Πόσο έργο παράγεται κατά τή μετακίνηση αύτή;
3. Η ένταση τού ρεύματος στόν άγωγό AB τοῦ Σχ. 3 είναι 0,4A και η διαφορά δυναμικού U στά άκρα του είναι 6V. Νά ύπολογιστούν τό φορτίο η πού διέρχεται από τή διατομή A σέ χρόνο 3min και τό έργο πού παράγεται κατά τή μετακίνηση τού φορτίου αύτου από τό A στό B.

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

I. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ – ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

Συνδέουμε έναν άγωγό ΓΔ σε σειρά με ένα άμπερόμετρο Α και στά άκρα του συστήματος έφαρμόζουμε διάφορες τάσεις (π.χ. από 0 έως 10V) (Σχ. 1). Μέ τό άμπερόμετρο Α μετράμε τήν ένταση τού ρεύματος πού περνάει μέσα από τόν άγωγό ΓΔ και μέ ένα βολτόμετρο V μετράμε τήν τάση πού έπικρατεί στά άκρα τού άγωγού.

Στή συνέχεια μεταβάλλουμε τήν τάση και παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται και τό ρεύμα τού κυκλώματος.

“Α ύποθέσουμε ότι ένταση Η τάση είναι 2V, ή ένταση τού ρεύματος είναι 0,1A. Τότε, άν ή τάση γίνει 4V, παρατηρούμε ότι ή ένταση γίνεται 0,2A κ.ο.κ. Μέ ένα τέτοιο πείραμα συπληρώνουμε τόν πίνακα τιμών I.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

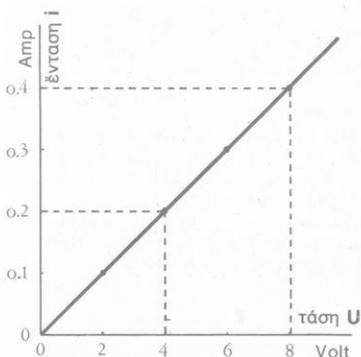
U σε Volt	i σε Amp.	U/i σε Ohm
0	0	—
2	0,1	20
4	0,2	20
6	0,3	20
8	0,4	20

Στή συνέχεια παριστάνουμε γραφικά τά ζεύγη τιμών (U , i) σε ένα όρθογώνιο σύστημα άξονων και παρατηρούμε ότι τά διάφορα σημεία βρίσκονται (περίπου) σε ε θεία γραμμή (Σχ. 2). Άπο τό διάγραμμα συμπεραίνουμε ότι:

‘Η ένταση τού ρεύματος πού διαρρέει έναν άγωγό είναι άναλογη πρός τήν τάση πού έφαρμόζεται στά άκρα τού άγωγού.

‘Η πρόταση αυτή άποτελεῖ τή διατύπωση τού νόμου τού Ohm (“Ωμ.). (Στό ίδιο συμπέρασμα, δηλ. ότι ή ένταση είναι άναλογη πρός τήν τάση, μπορούμε νά καταλήξουμε κατευθείαν και από τόν πίνακα τών τιμών, όταν οι τιμές αύτές είναι άριθμοί άκεραιοι ή άπλοι δεκαδικοί).

Άπο τόν πίνακα τών τιμών παρατηρούμε



Σχ. 2. Γραφική παράσταση τής έντασης i σε συνάρτηση με τήν τάση U

έπισης διάφορα διαγράμματα κυκλωμάτων ή αντίσταση είκονίζεται με τό σύμβολο τού Σχ.3.

Ο λόγος αύτός μεταβάλλεται μόνο όταν το ποθετούμε άλλο άγωγό μεταξύ Γ και Δ.

Ο σταθερός λόγος $\frac{U}{i}$ έκφραζε ένα νέο φυσικό μέγεθος που ονομάζεται αντίσταση τού άγωγού και συμβολίζεται μέ τό γράμμα R.

$$\text{άντισταση} = \frac{\text{τάση}}{\text{ενταση}} \quad R = \frac{U}{i} \quad (1)$$

Η σχέση αύτή αποτελεί τή συμβολική διατύπωση τού νόμου τού Ohm και μπορεί νά γραφεί και ώς έξης:

$i = \frac{U}{R}$	Nόμος τού Ohm
-------------------	---------------

Στά διάφορα διαγράμματα κυκλωμάτων ή αντίσταση είκονίζεται μέ τό σύμβολο τού Σχ.3.

Μέ τό δρο «άντισταση» έννοούμε τή δυσκολία πού συναντάει τό ρεύμα στό πέρασμά του μέσα από τόν άγωγό. Όσο μεγαλύτερη είναι ή αντίσταση τού άγωγού, τόσο μικρότερη είναιτη ρεύματος περνάει μέσα από τόν άγωγό, έναν ή τάση στά άκρα τού άγωγού διατηρείται σταθερή.

Έπισης μέ τόν ίδιο δρο «άντισταση» έννοούμε και τόν άγωγό πού χρησιμοποιούμε γιά νά βάζει έμπόδιο στό ρεύμα. Γιά τήν περίπτωση αύτή τελευταία χρησιμοποιείται ό δρος αντίστατης. Στό έμποριο κυκλοφορούν αντίστατες μέ διάφορες τιμές αντίστάσεως πού είναι γραμμένες πάνω στόν αντίστατη είτε μέ άριθμούς, είτε μέ ειδικό κώδικα χρωμάτων (Σχ. 4) (βλ. κώδικα χρωμάτων τέλος βιβλίου).

Μονάδα αντίστασεως. Ή μονάδα αντίστάσεως στό Διεθνές Σύστημα λέγεται Ohm ("Ωμ") και όριζεται από τήν έξισωση (1), ένα βάλουμε U = 1V και i = 1A. Δηλ.

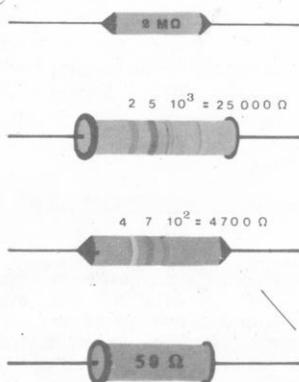
$$1\text{Ohm} = \frac{1\text{Volt}}{1\text{Amp.}} \quad \text{ή } 1\Omega = \frac{1V}{1A} \quad (2)$$

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

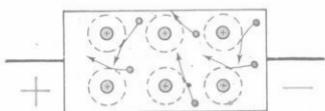
1Ω είναι ή αντίσταση έκεινου τού άγωγού πού διαρρέεται από τό ρεύμα έντάσεως 1A, όταν στά άκρα του έφαρμόζεται τάση 1V.



Σχ. 3. Σύμβολο ήλεκτρικής αντίστασεως



Σχ. 4. Μορφές αντίστασεων (ή αντίστατων)



Σχ. 5. Οι συγκρούσεις δημιουργοῦν ἀντίσταση στήν κίνηση τῶν ἡλεκτρονίων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Ένας ἀγωγός ἀντιστάσεως $2,4 \Omega$ διαρρέεται ἀπό ρεῦμα ἐντάσεως $0,5 A$. Νά βρεθεῖ ἡ ἡλεκτρική τάση στά ἄκρα του.
- Στά ἄκρα ἔνος ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 20Ω ἐφαρμόζεται τάση $4V$. Νά υπολογιστεῖ ἡ ἔνταση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος πού τόν διαρρέει.
- Στά ἄκρα ἔνος ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται τάση $U = 12 V$, δόποτε δὲ ἀγωγός διαρρέεται ἀπό ρεῦμα ἐντάσεως $i = 0,3 A$. Πόση είναι ἡ ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ;

Ἐκτός ἀπό τό 1Ω χρησιμοποιοῦνται καὶ τά ἑξῆς πολλαπλάσια τῆς μονάδας:

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

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

II. ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

Ἡ ἀγωγιμότητα τῶν μετάλλων, ὡς γνωστό, ὀφείλεται στά ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια πού κινοῦνται ἀνάμεσα ἀπό τά ιόντα τοῦ μετάλλου (Σχ. 5). Ἡ κίνηση αὐτή τῶν ἡλεκτρονίων δέν εἰναι τελείως ἐλεύθερη, γιατί ύπάρχουν τά ιόντα, μέ τά ὅποια «συγκρούονται» τά ἡλεκτρόνια, μετά τά συναντώντας ἔτσι μία δυσκολία, ἔνα είδος τριβῆς στήν κίνηση τους. Αὐτή ἡ δυσκολία πού συναντοῦν τά ἡλεκτρόνια ἀποτελεῖ τήν ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ. Συνεπῶς:

Ἡ ἡλεκτρική ἀντίσταση τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν ὀφείλεται στίς συγκρούσεις τῶν ἐλεύθερων ἡλεκτρονίων μέ τά ιόντα τῶν ἀγωγῶν.

Ἀποτέλεσμα τῶν συγκρούσεων αὐτῶν είναι ἡ παραγωγὴ θερμότητας. Γι' αὐτό, ὅταν ἔνας ἀγωγός διαρρέεται ἀπό ρεῦμα, θερμαίνεται.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Κάθε ἀγωγός προβάλλει κάποια ἀντίσταση (ἐμπόδιο) στή διέλευση τοῦ ρεύματος πού είναι χαρακτηριστική γιά τόν ἀγωγό καὶ ἀνεξάρτητη ἀπό τήν ἡλεκτρική τάση στά ἄκρα του. Ἡ ἀντίσταση αὐτή R ισούται μέ $R = U/i$. Ἡ σχέση αὐτή ἀποτελεῖ τή διατύπωση τοῦ Νόμου τοῦ Ohm, πού γράφεται συχνά ὡς ἑξῆς:
 $i = U/R$. Οι ἀγωγοί πού παρεμβάλλουν ἀντίσταση στό ρεῦμα λέγονται ἀντιστάσεις (ἢ ἀντιστάτες).
- Μονάδες ἀντιστάσεως είναι τό $1\Omega = 1V/A$, τό $1K\Omega = 10^3 \Omega$, τό $1M\Omega = 10^6 \Omega$ κτλ.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ποιά ἀπό τίς παρακάτω προτάσεις είναι ὀρθή; Ἡ ἀντίσταση ἔνος ἀγωγοῦ α) ἔξαρταται ἀπό τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος, β) ἔξαρταται ἀπό τήν τάση στά ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ γ) ἔξαρταται μόνο ἀπό τόν ἀγωγό καὶ είναι ἀνεξάρτητη τῆς τάσεως ή τῆς ἔντασεως τοῦ ρεύματος.
- Τί ἐννοοῦμε λέγοντας ὅτι ἔνας ἀγωγός ἔχει ἀντίσταση 1Ω ;
- Τά ζεύγη τιμῶν (U, i) ἀπό ἕνα πείραμα είναι $(3,2)$, $(6,4)$, $(9,6)$, $(12,8)$ κτλ. Νά τά παραστήσετε γραφικά καὶ νά βρεθεῖ τήν ἀντίσταση τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἡ τάση μετριέται σέ V καὶ ἡ ἔνταση σέ mA).
- Ποὺ ὀφείλεται ἡ ἡλεκτρική ἀντίσταση τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν;

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η

ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ – ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

I. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ
ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ

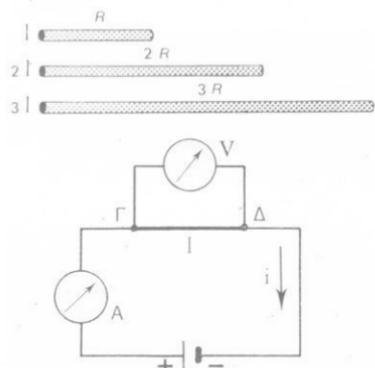
Η ηλεκτρική άντισταση των άγωγών, όπως θά δούμε παρακάτω, έξαρταται από τις διαστάσεις τους και άπο τό υλικό άπο τό διπολίο είναι κατασκευασμένο. Ιδιαίτερο ένδιαφέρον παρουσιάζει ή άντισταση των άγωγών που έχουν τη μορφή σύρματος με σταθερή διατομή (έμβασδό τομής).

a. **Σχέση μήκους και άντιστάσεως.** Παίρνουμε ένα λεπτό σύρμα, π.χ. άπο χρωμονικέλινη, και κόβουμε τρία κομμάτια με μήκος 1/ τό πρώτο, 2/ τό δεύτερο και 3/ τό τρίτο (Σχ. 1). Στή συνέχεια με τή βοήθεια μιᾶς πηγῆς, ένός άμπερομέτρου και ένός βολτομέτρου υπόλογιζουμε τήν άντισταση τού κάθε σύρματος, έφαρμοζόντας τό νόμο τού Ohm ($R = U/i$). Άπο τό πείραμα αύτό βρίσκουμε ότι, όταν διπλασιάζεται τό μήκος τού άγωγού, διπλασιάζεται και ή άντισταση, όταν τριπλασιάζεται τό μήκος τριπλασιάζεται και ή άντισταση κ.ο.κ. Έπομένως:

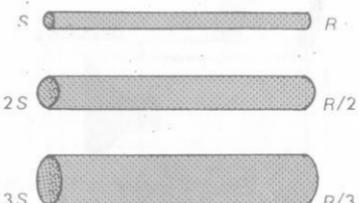
Η άντισταση ένός άγωγού, πού έχει σταθερή διατομή, είναι άναλογη πρός τό μήκος τού άγωγού.

b. **Σχέση διατομής και άντιστάσεως.** Παίρνουμε και πάλι ένα μεταλλικό σύρμα και κόβουμε μερικά κομμάτια πού νά έχουν τό ίδιο μήκος 1 (Σχ. 2). "Υστερα με τή βοήθεια τού νόμου τού Ohm υπόλογιζουμε τίς άντιστάσεις τών κομματών και βρίσκουμε ότι, όταν τά κομμάτια είναι μονά (διατομή S), έχουν άντισταση R, όταν είναι διπλά (διατομή 2S), έχουν άντισταση R/2 και όταν είναι τριπλά (διατομή 3S), έχουν άντισταση R/3. Άπο τό πείραμα αύτό συμπεραίνουμε ότι:

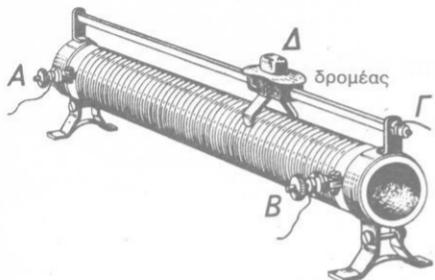
Η άντισταση ένός άγωγού, μέ. σταθερό μήκος, είναι άντιστρόφως άναλογη πρός τή διατομή S τού άγωγού.



Σχ. 1. Η άντισταση τού σύρματος έξαρταται από τό μήκος του



Σχ. 2. Η άντισταση τού σύρματος έξαρταται από τή διατομή του



Σχ. 3. Μεταβλητή άντισταση

Βέβαια και στίς τρεις περιπτώσεις τό ύλικό του σύρματος παραμένει τό ίδιο.

γ. Σχέση ύλικού και άντιστάσεως. Παίρνουμε δύο σύρματα με τό ίδιο μήκος και τήν ίδια διατομή, άλλα κατασκευασμένα από διαφορετικό ύλικό. Μετράμε τίς άντιστάσεις και βρίσκουμε ότι είναι διαφορετικές. Από τό πείραμα αυτό συμπεραίνουμε ότι:

“Η άντισταση ένός άγωγού έχεται από τό ύλικό, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος.

Συγκεντρώνοντας όλα τά προηγούμενα συμπεράσματα μποροῦμε νά γράψουμε τόν έξης τύπο:

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

(1)	$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$
-----	------------------------------

Ο συντελεστής ρ είναι χαρακτηριστικός γιά κάθε ύλικό και ονομάζεται ειδική άντισταση τού ύλικού, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος ο άγωγός.

Μονάδα ειδικής άντιστάσεως. Λύνουμε τόν τύπο (1) ώς πρός ρ και βρίσκουμε:

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

“Αν στόν τύπο αύτό βάλουμε $R = 1\Omega$, $S = 1m^2$ και $l = 1m$, βρίσκουμε ότι $\rho = 1\Omega \cdot m$.

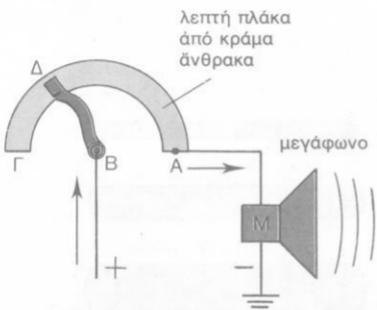
“Αρα ή μονάδα τής ειδικής άντιστάσεως στό Διεθνές Σύστημα μονάδων είναι τό:

$$1\Omega \cdot m$$

(π.χ. λέμε ότι ή ειδική άντισταση σιδήρου είναι $\rho = 10 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$). Εκτός από τή μονάδα αύτή συχνά χρησιμοποιείται και ή μονάδα $1\Omega \cdot cm$, που βγαίνει έπισης από τόν τύπο (2) άν βάλουμε $R = 1\Omega$, $S = 1cm^2$ και $l = 1cm$.

II. METABALHTH ANTISTASIH

Στίς μεταβλητές άντιστάσεις μποροῦμε νά μεταβάλλουμε τήν τιμή τής άντιστάσεως, μετατοπίζοντας ένα δρομέα Δ (Σχ. 3) ή γυρίζοντας ένα κουμπί (Σχ. 4). Ή λειτουργία τους στηρίζεται στό ότι ή άντισταση ένός άγωγού μέ σταθερή διατομή είναι άναλογη πρός τό μήκος του.



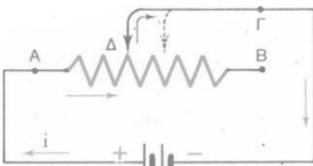
Σχ. 4. Μεταβλητή άντισταση μέ άνθρακα. (Λειτουργεί ώς ροοστάτης)

Οι μεταβλητές άντιστάσεις των έργαστηρίων άποτελούνται από ένα μεταλλικό σύρμα, τυλιγμένο γύρω από μονωτικό σωλήνα, και από ένα δρομέα Δ που μετακινείται πάνω στό σωλήνα, κάνοντας έπαφή με τό σύρμα (Σχ. 3).

Οι μεταβλητές άντιστάσεις που χρησιμοποιούνται στά ήλεκτρονικά μηχανήματα (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ.), αντί για μεταλλικό σύρμα, έχουν μία λεπτή και στενόμακρη πλάκα από κράμα του άνθρακα και ο δρομέας, άντι νά μετατοπίζεται, γυρίζει γύρω από έναν ξενα (Σχ. 4).

Ροοστάτης. "Ας ύποθεσουμε ότι συνδέουμε μία μεταβλητή άντισταση, όπως φαίνεται στό Σχ. 5. Η μετακίνηση τού δρομέα πρός τά δεξιά αύξανει τήν άντισταση τού τμήματος ΑΔ και έπομένων μειώνει τήν ένταση τού ρεύματος στό κύκλωμα. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι μία μεταβλητή άντισταση μπορεί νά ρυθμίζει τό ρεύμα ένός κύκλουματος. Στήνη περίπτωσα αυτή η μεταβλητή άντισταση όνομάζεται **ροοστάτης**.

Οι ροοστάτες βρίσκουν έφαρμογές στίς ήλεκτρονικές συσκευές γιά τή ρύθμιση π.χ. τής έντασεως τού ήχου, στά ήλεκτροκίνητα όχήματα (τρόλεϋ, ήλεκτρικ. τραίνα) γιά τή ρύθμιση τής ταχύτητας κτλ.



Σχ. 5. Άρχη τής λειτουργίας τού ροοστάτη

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- "Ενα σύρμα από σιδηρονικέλιο έχει μήκος 10 m και έμβαδο τομῆς (διατομή) $S=0,2 \text{ mm}^2$. Νά ύπολογιστεί ή άντισταση τού σύρματος, άν ή ειδική άντισταση τού σιδηρονικελίου είναι $\rho=3 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. (Δίνεται ήτο $0,2 \text{ mm}^2=0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$).
- "Η άντισταση πού παρουσιάζει ένα ήλεκτρικό σίδερο είναι 50Ω . Γιά νά τήν άντικαταστήσουμε, χρησιμοποιούμε σύρμα που έχει διατομή $S=0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ και ειδική άντισταση $5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$. Νά ύπολογιστεί τό μήκος τού σύρματος πού πρέπει νά χρησιμοποιήσουμε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

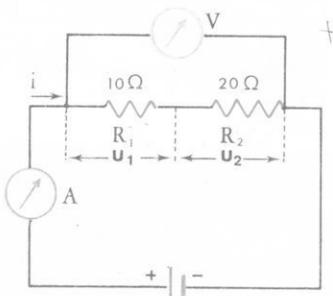
- "Η άντισταση R ένός άγωγού πού έχει σταθερή διατομή S είναι άναλογη πρός τό μήκος l , άντιστρόφως άναλογη πρός τό S και έξαρτη από τό ύλικό τού άγωγού ($R = \rho \cdot l / S$). Ο συντελεστής ρ όνομάζεται ειδική άντισταση τού ύλικού τού άγωγού.
- Μεταβλητή άντισταση λέγεται μία άντισταση τής όποιας μπορούμε νά μεταβάλλουμε τό μήκος και έπομένων τήν τιμή της. Οι μεταβλητές άντιστάσεις χρησιμοποιούνται στούς ροοστάτες.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- "Από τί έξαρτηται ή άντισταση ένός μεταλλικού σύρματος;
- Σᾶς δίνουν ένα σύρμα, πού έχει μήκος 9m και άντισταση 20Ω , και σᾶς λένε νά κατασκευάσετε μία άντισταση 10Ω . Τί από τά παρακάτω θά κάνετε: α) Θά κόψετε τό σύρμα σέ τρια ίσα μέρη και θά πάρετε τό ένα κομμάτι; β) Θά κόψετε τό σύρμα σέ τρια ίσα μέρη και θά πάρετε τό σύρμα σέ δύο ίσα μέρη και θά πάρετε τό ένα κομμάτι; γ) Θά διπλώσετε τό σύρμα στή μέση και θά τό χρησιμοποιήσετε διπλό;
- "Οταν μετακινούμε τό δρομέα μιᾶς μεταβλητής άντιστάσεως, ποιο από τά τρία μεγέθη ρ , l και S μεταβάλλουμε, γιά νά μεταβληθεί ή άντιστασή της R ;
- Tί είναι και πώς λειτουργεί ένας ροοστάτης; (νά κάνετε ένα σχέδιό του).

ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ – ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

I. ΣΥΝΔΕΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ



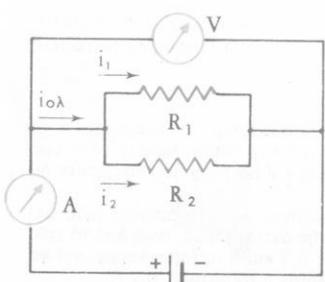
Σχ. 1. Σύνδεση άντιστάσεων σέ σειρά

α. Σύνδεση σέ σειρά: "Όταν λέμε σύνδεση σέ σειρά δύο ή περισσότερων άντιστάσεων, έννοούμε μία σύνδεση στήν οποία περνάει τό ίδιο ρεύμα από τις άντιστάσεις (Σχ. 1). Τό σύστημα δύλων τών άντιστάσεων μαζί παρεμβάλλει κάποια άντισταση στό ρεύμα πού τή λέμε ολική άντισταση ($R_{\text{ολ}}$)."

Παρίσουμε δύο γνωστές άντιστάσεις R_1 και R_2 (π.χ. $R_1 = 10\Omega$ και $R_2 = 20\Omega$) και τίς συνδέουμε σέ σειρά. Κατόπιν συνδέουμε τό σύστημα τών δύο άντιστάσεων μέ μία ηλεκτρική πηγή, παρεμβάλλοντας και ένα άμπερόμετρο στό κύκλωμα γιά νά μετράει τήν ένταση τοῦ ρεύματος. Μέ ένα βολτόμετρο μετράμε τήν τάση στά άκρα τοῦ συστήματος τών άντιστάσεων και από τό νόμο τοῦ Ohm ($R_{\text{ολ}} = \frac{U}{i}$), ύπολογίζουμε τήν ολική άντισταση.

"Από τή μέτρηση αύτή βρίσκουμε ότι ή ολική άντισταση είναι $R_{\text{ολ}} = 30\Omega$, δηλ. ίση μέ τό άθροισμα τών δύο άντιστάσεων R_1 και R_2 . Στό ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και μέ δύο άλλες όποιεςδήποτε άντιστάσεις. "Άρα:

"Η ολική άντισταση $R_{\text{ολ}}$ δύο άντιστάσεων R_1 και R_2 πού συνδέονται σέ σειρά, είναι ίση μέ τό άθροισμα τών δύο άντιστάσεων.



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

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 \quad \boxed{\text{Σύνδεση άντιστ. σέ σειρά}}$$

Στό ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και ιανχρησιμοποιήσουμε τρεις, τέσσερις κτλ. άντιστάσεις. Πάντοτε ή ολική άντισταση ισούται μέ τό άθροισμα τών άντιστάσεων.

β. Σύνδεση κατά διακλάδωση ή παράλληλη σύνδεση: "Όταν λέμε σύνδεση κατά διακλάδωση ή περισσότερων άντιστάσεων έννοούμε μία σύνδεση στήν οποία ύπάρχει ή ίδια τάση στά άκρα τών άντιστάσεων (Σχ.2)."

Συγδέουμε δύο άντιστάσεις, π.χ. $R_1 = R_2 = 10\Omega$, κατά διακλάδωση και μέ τόν τρόπο πού άναφέραμε παραπάνω ύπολογίζουμε τήν ολική άντισταση και βρίσκουμε $R_{\text{ολ}} = 5\Omega$. Από τό πεί-

ραμα αύτό συμπεραίνουμε ότι ή όλική άντι-σταση είναι μικρότερη από τίς συνδεμένες άντιστάσεις.

Στην παράλληλη σύνδεση άποδεικνύεται ότι ισχύει ή σχέση:

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \boxed{\text{Σύνδεση κατά διακλάδωση}}$$

Παρατήρηση: Ή σύνδεση δύο άντιστάσεων σέ σειρά ίσοδυναμεῖ μέ αὐξηση τοῦ μήκους ένός άγωγοῦ καί, έπομένως, ή όλική άντισταση γίνεται μεγαλύτερη από τήν κάθε άντισταση χωριστά, ένω ή παράλληλη σύνδεση δύο άντιστάσεων ίσοδυναμεῖ μέ αὐξηση τῆς διατομῆς ένός άγωγοῦ καί, έπομένως, ή όλική άντισταση τοῦ συστήματος γίνεται μικρότερη καὶ από τή μικρότερη άντισταση τοῦ συστήματος.

II. ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στή μελέτη τῶν φαινομένων τοῦ ήλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦνται εἰδικά ὅργανα πού όνομάζονται ὅργανα ή λεκτρικῶν μετρήσεων. Τό γαλβανόμετρο, άμπερόμετρο, βολτόμετρο, ώμόμετρο (μετράει τήν άντισταση άγωγοῦ), βατόμετρο (μετράει τήν ισχύ) κτλ. είναι τά περισσότερο σέ χρήση ὅργανα.

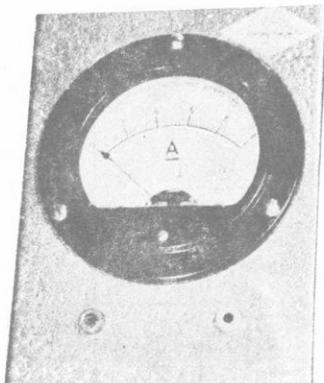
Η λειτουργία τῶν ὅργανων αὐτῶν στηρίζεται στά άποτελέσματα πού φέρνει τό ήλεκτρικό ρεύμα, όταν περνάει μέσα άπό τά ύλικά (θέρμανση, χημικές μεταβολές καὶ έκτροπή μαγνητών).

III. ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ ΚΑΙ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ

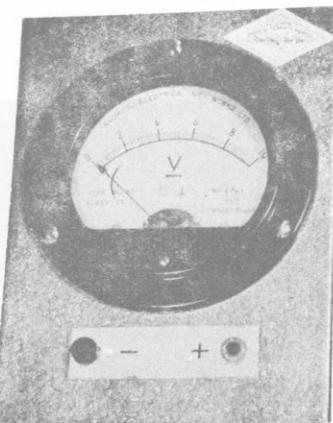
Τά ὅργανα αύτά ἔχουν παρόμοια κατασκευή μεταξύ τους καί ή λειτουργία τους στηρίζεται συνήθως στά μαγνητικά άποτελέσματα τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος (Σχ. 5).

α. Άμπερόμετρα. Τά άμπερόμετρα είναι ὅργανα πού μετροῦν τήν ἐνταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ συνδέονται στό κύκλωμα σέ σειρά μέ τίς διάφορες ήλεκτρικές συσκευές (Σχ. 7). Γιά νά μήν έμποδίζουν τή διέλευση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα άπό τό κύκλωμα, πρέπει νά ἔχουν μικρή ἐσωτερική άντισταση.

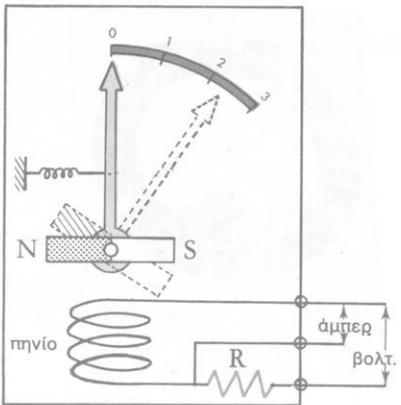
“Οταν χρησιμοποιοῦμε ἔνα άμπερόμετρο, πρέπει νά προσέχουμε ή σύνδεσή του νά γίνε-



Σχ. 3. Άμπερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος



Σχ. 4. Βολτόμετρο συνεχοῦς ρεύματος



Σχ. 5. Άρχη τής λειτουργίας άμπερομέτρου και βολτόμετρου συνεχούς ρεύματος

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

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

Γιά νά μή διαταράσσουμε τό ρεύμα πού κυκλοφορεῖ στό κύκλωμα, πρέπει τό βολτόμετρο νά έχει με γάλη έσωτερική άντισταση, ώστε νά περνάει ρεύμα μικρής έντασεως άπό τό όργανο. "Αν κατά λάθος συνδεθεί τό βολτόμετρο σέ σειρά στό κύκλωμα, τό όργανο δέ διατρέχει κανένα κίνδυνο.

γ. Γαλβανόμετρα. Τά γαλβανόμετρα είναι εύαίσθητα βολτόμετρα ή άμπερόμετρα καί μπορούν νά μετρούν πολύ μικρές τάσεις ή έντασεις. Ή κατασκευή τους είναι όμοια μέ τήν κατασκευή ένός άμπερομέτρου, δηλ. έχουν πολύ μικρή έσωτερική άντισταση.

δ. Πολύμετρα. Τά πολύμετρα είναι όργανα κατασκευασμένα νά μετρούν τήν ένταση τού ήλεκτρικού ρεύματος, τήν τάση, τήν άντισταση τών άγωγῶν κτλ. Ή μετατροπή τους άπό άμπερόμετρο σέ βολτόμετρο γίνεται μέ τήν προσθήκη κάποιας άντιστάσεως, δημοσιεύεται στό Σχ. 5.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Στή σύνδεση δύο άντιστάσεων R_1 καί R_2 σέ σειρά, ή όλική άντισταση $R_{\text{ολ}}$ δίνεται άπό τόν τύπο $R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2$ καί στήν παράλληλη σύνδεση δίνεται άπό τόν τύπο:

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

- Τά άμπερόμετρα συνδέονται στό κύκλωμα σέ σειρά καί τά βολτόμετρα κατά διακλάδωση. Ή λειτουργία τους στρίζεται συνήθως στά μαγνητικά άποτελέσματα τού ήλεκτρικού ρεύματος.
- Τά γαλβανόμετρα είναι εύαίσθητα βολτόμετρα ή άμπερόμετρα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Διαθέτουμε ένα άμπερόμετρο. Τί θά κάνουμε για νά τό μετατρέψουμε σέ βολτόμετρο;
- α) Πώς συνδέονται σέ ένα κύκλωμα τό άμπερόμετρο καί τό βολτόμετρο; β) Ποιό άπό τό δύο δργανα κινδυνεύει νά καταστραφεί σέ περίπτωση λαθεμένης συνδέσεως;
- Τί είναι τά πολύμετρα;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Σᾶς λένε ότι στό πείραμα τού Σχ. 1 οι άντιστάσεις είναι $R_1=5\Omega$ καί $R_2=7\Omega$. Πόσο είναι ή διλκή άντισταση;
- Δύο άντιστάσεις $R_1=20\Omega$ καί $R_2=30\Omega$ συνδέονται σέ σειρά καί στά άκρα τού συστήματος έφαρμόζεται τάση 6V. Πόση είναι ή ένταση τού ρεύματος πού διαρρέει τή κάθε άντισταση;
- Άν οι άντιστάσεις R_1 καί R_2 τής προηγούμενης άσκήσεως είναι συνδεμένες σέ διακλάδωση, πόση είναι ή διλκή άντισταση;

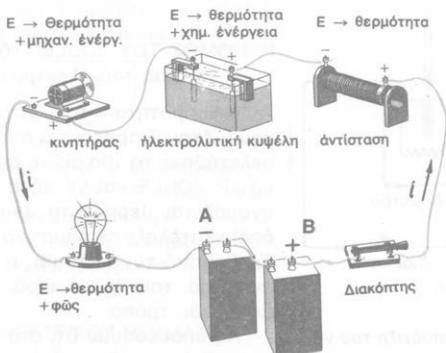
26η ΕΝΟΤΗΤΑ

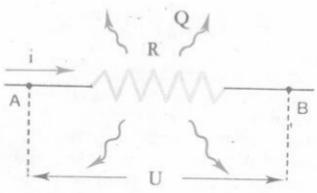
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

I. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όπως είναι γνωστό, τό ήλεκτρικό ρεύμα προκαλεί θερμικά, μαγνητικά καί χημικά φαινόμενα, όταν κυκλοφορεί μέσα σέ σώματα ή κατάλληλες συσκευές (Σχ. 1). Για νά γίνουν δημως αύτά τά φαινόμενα χρειάζεται ένέργεια, τήν όποια προφανώς δίνει τό ήλεκτρικό ρεύμα.

Σχ. 1. Τό ήλεκτρικό ρεύμα παράγει ένέργεια $E = i \cdot u \cdot t$, πού μετατρέπεται σέ θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ένέργεια





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

Έπειδή τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται από τήν πηγή, ή ηλεκτρική ένέργεια προέρχεται τελικά από τήν ηλεκτρική πηγή.

"Ας ύποθέσουμε ότι κάποιο ηλεκτρικό φορτίο ή ξεκινάει από τόν πόλο Β μαζί πηγῆς (Σχ. 1), περνάει μέσα από τούς διάφορους ήλεκτρικούς καταναλωτές καί φθάνει στόν άλλο πόλο Α. Άν U είναι ή διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τών πόλων Α καί Β, τότε, σύμφωνα με τόν όρισμό τής διαφοράς δυναμικοῦ, θά ισχύει ή σχέση $U = W/q$ ή $W = q \cdot U$ (1), όπου W είναι τό έργο που παράγει τό φορτίο q μέσα στούς ηλεκτρικούς καταναλωτές, δηλ. ή ένέργεια τού ηλεκτρικού ρεύματος. Άν συμβολίσουμε με E τήν ένέργεια αυτή, τότε ή σχέση (1) γράφεται:

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

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

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

Ό τύπος αύτός τής ένέργειας είναι γενικός τύπος καί μᾶς δίνει τήν ένέργεια που δαπανάει ένας ηλεκτρικός καταναλωτής, στά άκρα τού όποιου έπικρατεῖ τάση U, χωρίς νά μᾶς ένδιαφέρει άν αύτή ή ένέργεια μετατρέπεται σέ θερμική, μηχανική ή χημική ένέργεια.

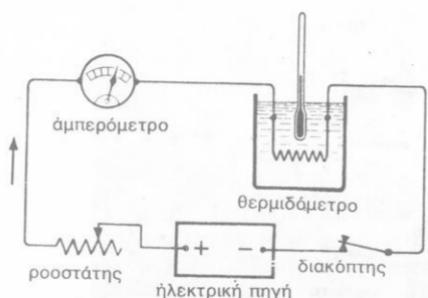
Μονάδα ηλεκτρικής ένέργειας. Ή μονάδα ηλεκτρικής ένέργειας στό Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται ή γνωστή μονάδα Joule. "Άν στόν τύπο (3) θέσουμε $i = 1A$, $U = 1V$ καί $t = 1\text{ sec}$, τότε βρίσκουμε ότι:

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

II. NOMOS TOY JOULE (Τζάουλ). (Θερμική ένέργεια τού ηλεκτρικοῦ ρεύματος)

Ή θερμότητα Q που έλευθερώνεται σέ άγωγούς, όταν διαρρέονται από ήλεκτρικό ρεύμα, μελετήθηκε τό 19ο αιώνα από τόν "Αγγλο φυσικό J.P. JOULE καί γι' αυτό ή θερμότητα αυτή ονομάζεται θερμότητα Joule. Ό νόμος στόν όποιο κατέληξε πειραματικά ή JOULE μπορεῖ νά βρεθεῖ από τόν τύπο (3), που δίνει γενικά τήν ένέργεια τού ηλεκτρικοῦ ρεύματος, μέ τόν άκολουθο τρόπο.

"Άς ύποθέσουμε ότι στά άκρα μιᾶς άντιστάσεως R έφαρμόζουμε μία τάση U (Σχ. 2). Τότε



Σχ. 3. Πειραματική απόδειξη τού νόμου τού Joule

μέσα στήν άντισταση θά κυκλοφορεί ένα ρεύμα
i που θά δίνεται από τό νόμο τοῦ Ohm

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

"Αν στόν τύπο (3) άντικαταστήσουμε τήν
τάση U μέ τό ũσο της i.R και ἄν, άντι γιά E, χρη-
σιμοποιήσουμε τό σύμβολο Q τῆς θερμότητας,
τότε προκύπτει:

(5) Q = i².R.t Νόμος τοῦ Joule

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

Ο νόμος τοῦ Joule μᾶς δίνει τή θερμότητα Q
που παράγεται σέ μιά άντισταση R μέσα σέ
χρόνο t, δταν ή άντισταση αύτή διαρρέεται άπό¹
ρεύμα έντασεως i.

Στόν τύπο (5) ή θερμότητα Q μετριέται σέ
Joule. "Αν θέλουμε νά τή μετρήσουμε σέ θερμί-
δες (cal), που είναι μία συνηθισμένη μονάδα γιά
τή θερμότητα, τότε πρέπει νά κάνουμε μετα-
τροπή στίς μονάδες χρησιμοποιώντας τή γνω-
στή σχέση τους:

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

Πειραματική άπόδειξη τοῦ νόμου τοῦ Joule

Γιά τήν πειραματική άπόδειξη τοῦ νόμου
τοῦ Joule πραγματοποιοῦμε τό κύκλωμα τοῦ Σχ.
3.

Μέ τό ροοστάτη ρυθμίζουμε τήν ένταση τοῦ
ρεύματος i καί μέ τό θερμιδόμετρο ύπολογί-
ζουμε κάθε φορά τή θερμότητα Q, που έλευθε-
ρώνεται στήν άντισταση, άπό τό γνωστό τύπο
τῆς θερμιδομετρίας:

θερμότητα = είδικη θερμότητα × μάζα ×
μεταβολή θερμοκρασίας

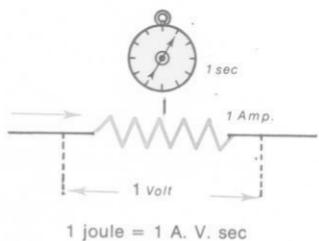
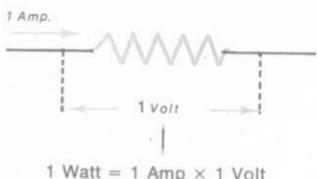
η (6) Q = c.m.Δθ

Κατόπιν κάνουμε τά έξης:

- 1) Μεταβάλλουμε μόνο τήν ένταση i καί
βρίσκουμε ότι ή θερμότητα Q είναι άναλογη
πρός τό τετράγωνο τοῦ i. 2) Μεταβάλλουμε
μόνο τήν άντισταση R καί βρίσκουμε ότι τό Q
είναι άναλογη πρός τήν R καί 3) Διατηροῦμε τά i
καί R σταθερά καί παρατηροῦμε ότι ή θερμό-
τητα είναι άναλογη πρός τό χρόνο t.

III. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

"Οπως είναι γνωστό άπό τή Μηχανική, ή



Σχ. 4.

ίσχυς Ρ έκφραζεται με τό λόγο τής ένέργειας Ε που παράγεται σε χρόνο t πρός τό χρόνο αύτο. "Αρα και ή ισχύς του ήλεκτρικού ρεύματος θα είναι:

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

'Αντικαθιστούμε τό E με τό ίσο του I.U.t και βρίσκουμε:

(7)	$P = i.U$	Ισχύς του ήλεκ. ρεύματος
	ισχύς = ένταση × τάση	

"Αν μᾶς ένδιαφέρει ειδική ή θερμική ισχύς του ρεύματος, αυτή δίνεται από τόν τύπο:

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

Μονάδα ισχύος. Ως μονάδα ισχύος στό Διεθνές Σύστημα χρησιμοποιείται τό Watt και από τόν τύπο (7) προκύπτει διτι:

$$1Watt = 1Amp. \times 1 Volt \ \& \ 1W = 1A.1V.$$

"Ενα watt είναι ή ισχύς πού καταναλώνει ένας άγωγός πού διαρρέεται από ρεύμα 1A, όταν στά άκρα του έπικρατεί τάση 1V (Σχ. 4) και ένα Joule είναι ή ένέργεια πού καταναλώνει ο πιο πάνω άγωγός σε 1sec.

"Εκτός από τό W χρησιμοποιούνται και τά πολλαπλάσιά του.

$$1KW (κιλοβάτ) = 10^3 W$$

$$1MW (μεγαβάτ) = 10^6 W$$

"Άλλες μονάδες ένέργειας. Από τόν όρισμό τής ισχύος $P = E/t$ παίρνουμε $E = P.t$. "Αν στόν τύπο αύτό βάλουμε $P = 1W$, $t = 1sec$, τότε τό E γίνεται 1 Joule. Δηλ. 1Joule = 1W.1sec. "Αν βάλουμε $P = 1KW$ και $t = 1h$, τότε τό E γίνεται 1KWh (κιλοβατώρα) δηλ.

1KWh (κιλοβατώρα) = $1000W.3600sec = 3.600.000 Joule$. Ή κιλοβατώρα (KWh) είναι μία μεγάλη μονάδα ένέργειας και χρησιμοποιείται στή μέτρηση τής ήλεκτρικής ένέργειας πού 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
'Ηλεκτρική κουζίνα	2KW
Κινητήρας τρόλευ	130KW

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τό ήλεκτρικό ρεῦμα παίρνει ένέργεια από τήν ήλεκτρική πηγή καί τή δίνει στούς διάφορους ήλεκτρικούς καταναλωτές, παράγοντας θερμική, χημική, μηχανική, φωτεινή κτλ. ένέργεια. Ή ένέργεια αύτή δίνεται από τόν τύπο: $E = i \cdot U \cdot t$.
2. Ειδικά ή θερμική ένέργεια δίνεται καί από τόν τύπο $O = i^2 R \cdot t$ καί ή σχέση αύτή λέγεται νόμος τοῦ Joule.
3. Ή ισχύς τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος δίνεται από τόν τύπο $P = i \cdot U$. Ειδικά γιά τή θερμική ισχύ μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε καί τόν τύπο $P = i^2 R$.
4. Οι μονάδες ένέργειας καί ισχύος προκύπτουν από τούς άντιστοιχους τύπους καί είναι $1 \text{ Joule} = 1 \text{ A} \cdot \text{V} \cdot \text{sec}$ καί $1 \text{ Watt} = 1 \text{ A} \cdot \text{V}$.

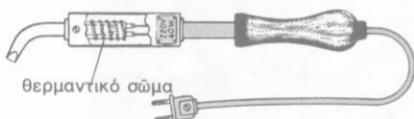
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιος είναι ο γενικός τύπος τής ένέργειας τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος καί ποιός ειδικότερα ο τύπος τής θερμικής ένέργειας;
2. Τί είναι ή κιλόβατώρα;
3. Πώς άποδεικνύεται θεωρητικά καί πώς πειραματικά ο νόμος τοῦ Joule;
4. Θέλετε νά ύπολογίσετε τή θερμότητα πού παράγεται σε μία άντισταση, α) Είναι όρθδο νά χρησιμοποιήσετε τόν τύπο $O = i^2 R \cdot t$; β) Είναι λάθος άν χρησιμοποιήσετε τόν τύπο $E = i \cdot U \cdot t$;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Μία ήλεκτρική θερμάστρα έχει άντισταση 50Ω καί συνδέεται μέ τάση $220V$. Νά ύπολογίσετε τήν ένταση τοῦ ρεύματος πού διαρρέει τήν άντιστασή της.
2. Ένα ήλεκτρικό σίδερο έχει ισχύ 500 Watt , Σέ πόσες ώρες θά καταναλώσει 4 kWh ;
3. Ένα ήλεκτρικός λαμπτήρας έχει άντισταση $R = 100\Omega$ καί διαρρέεται από ρεῦμα έντάσεως $i = 0,5A$. Νά ύπολογιστεί η ισχύς πού καταναλώνει ο λαμπτήρας.
4. Πόση θερμότητα παράγει σέ χρόνο 80 sec ο παραπάνω λαμπτήρας;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΗΕΔ ΠΗΓΗΣ



Σχ. 1. Ήλεκτρικό κολλητήρι

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

‘Η ήλεκτρική ένέργεια βρίσκει πολλές έφαρμογές στίς καθημερινές δραστηριότητες του άνθρωπου. Ήλεκτροκίνητα τραίνα και ήλεκτροκίνητα λεωφορεία (τρόλευ) είναι βασικά μέσα συγκοινωνίας στίς μεγάλες πόλεις του κόσμου, όπου τό πρόβλημα τής μολύνσεως τής άτμου-σφαιρας άπό τά καυσαέρια είναι οξύ. ‘Ολα αύτά τά όχήματα, πάρα πολλά παιδικά παιχνίδια και οικιακές συσκευές κάνουν χρήση τής ήλεκτρικής ένέργειας, τήν όποια μετατρέπουν σέ μηχανική. Λεπτομέρειες σχετικές μέ τόν τρόπο τής μετατροπής αύτης θά άναπτυχθούν σέ έπόμενες έννοτητες.

Πολύ σπουδαίες έφαρμογές βρίσκει έπισης τό ηλεκτρικό ρεύμα στήν παραγωγή θερμότητας (θερμότητα Joule).

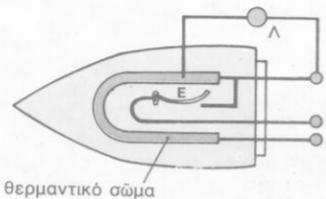
II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ JOULE

Τό κύριο έξαρτημα όλων τών ήλεκτρικών συσκευών πού χρησιμοποιούνται γιά παραγωγή θερμότητας είναι ή ηλεκτρική άντισταση (ή θερμαντικό σώμα) (Σχ. 1).

Τό θερμαντικό σώμα είναι μεταλλικό σύρμα κατασκευασμένο άπό ειδικά κράματα, όπως χρωμονικελίνη κτλ., τά όποια άντέχουν σέ ύψη-λές θερμοκρασίες. Γιά νά προστατεύεται τό σύρμα είναι τοποθετημένο συνήθως μέσα σέ μονωτικό σώμα άπό κεραμικό ύλικο ή μαρμαρυγία (μίκα).

1. Ήλεκτρικό σίδερο. Η θερμαίνομενη άντισταση στά αύτό ματα ήλεκτρικά σίδερα προστατεύεται άπό κεραμικό ύλικο πού έχει σχήμα πετάλου και τό όποιο στηρίζεται πάνω σέ μεταλλική πλάκα (Σχ. 2). ‘Ενα διμεταλλικό έλασμα E (θερμοστάτης) άνοιγει και κλείνει αύτόματα τό κύκλωμα, διατηρώντας μέ τόν τρόπο αύτό τή θερμοκρασία τής μεταλλικής πλάκας περίπου σταθερή και σέ έπιθυμητά έπιπεδα. Τό ένδεικτικό λαμπάκι Λ άναβει κάθε φορά πού τό διμεταλλικό έλασμα κλείνει τό κύκλωμα.

2. Ήλεκτρική κουζίνα. Η παραγωγή θερμό-



Σχ. 2. Αύτόματο ήλεκτρικό σίδερο



της στις πλάκες (ή μάτια) τῆς κουζίνας γίνεται μέ μία ἡ περισσότερες ἀντιστάσεις, πού γιά νά προστατεύονται είναι περιτυλιγμένες μέ κεραμικό ύλικο (Σχ. 3).

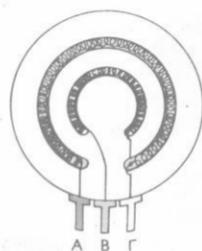
3. Ήλεκτρικός θερμοσίφωνας. Τά κύρια μέρη τοῦ ηλεκτρικοῦ θερμοσίφωνα είναι ἔνα κυλινδρικό μεταλλικό δοχεῖο (λέβητας), ἔνα θερμαντικό σώμα καὶ ἔνας θερμοστάτης (Σχ. 4).

Ο θερμοστάτης είναι ρυθμισμένος νά διακόπτει τήν παροχή τοῦ ρεύματος σέ μία θερμοκρασία (π.χ. 80°C), γιά νά ἀποφεύγεται τυχόν ἔκρηξη τοῦ θερμοσίφωνα. Γιά λόγους μεγαλύτερης προστασίας οἱ θερμοσίφωνες ἔχουν (ή πρέπει νά ἔχουν) καὶ δεύτερο σύστημα ἀσφαλειας, πού νά λειτουργεῖ σέ περίπτωση πού ὁ θερμοστάτης δέ λειτουργήσει.

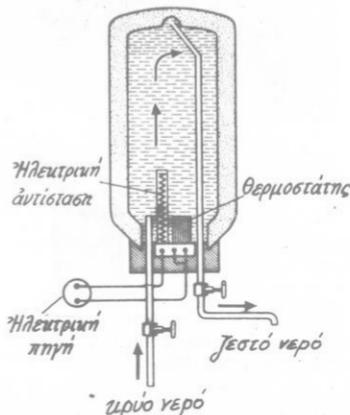
4. Λαμπτήρας πυρακτώσεως. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως ἐκτός ἀπό θερμότητα παράγουν καὶ φῶς. Γιά νά συμβαίνει αὐτό πρέπει τὸ θερμαντικό σώμα (νῆμα) νά φθάνει σέ ύψηλή θερμοκρασία (γύρω στούς 2000°C) καὶ ἐπομένων πρέπει τὸ ύλικό τοῦ νήματος νά είναι πολὺ δύστηκτο. "Ενα κατάλληλο μεταλλο γιά τό σκοπό αὐτό είναι τό βολφράμιο μέ σ.τ. 3400°C περίπου. Γιά νά προστατεύεται τό μεταλλικό νῆμα ἀπό ἀνάφλεξη, είναι τοποθετημένο σέ γυάλινο δοχεῖο πού περιέχει ἀδρανές ἀέριο (Σχ. 5).

Οι λαμπτήρες, ἄλλα καὶ κάθε ηλεκτρική συσκευή, είναι κατασκευασμένοι γιά νά λειτουργοῦν ὑπό μία ὀρισμένη τάση, ὅποτε ἀποδίδουν μία ὀρισμένη ίσχυ. Ή τάση κανονικής λειτουργίας καὶ ἡ ίσχυς είναι γραμμένες πάνω σέ κάθε λαμπτήρα (π.χ. 220 V, 100W).

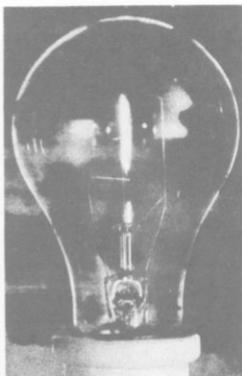
Σημείωση: Ή χρήση τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας γιά τήν παραγωγή θερμότητας καὶ φωτός ή γιά τήν κίνηση μηχανῶν δέ ρυπαίνει τήν ἀτμόσφαιρα μέ βλαβερές ούσιες, ὥπως συμβαίνει μέ τή χρήση ὅλων τῶν καυσίμων. Παρ' ὅλα αὐτά καὶ ή ἀλόγιστη χρήση τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας – είναι ἔνα εἰδός θερμικῆς ρυπάνσεως (thermal pollution) τοῦ περιβάλλοντος πού είναι δυνατό νά διαταράξει τήν ισορροπία ἐνός οικοσυστήματος. Γι' αὐτό ἐκτός ἀπό τούς οικονομικούς λόγους ὑπάρχουν καὶ λόγοι οικολογικοί πού ἐπιβάλλουν περιορισμό στήν ἐνέργειακή σπάταλη.



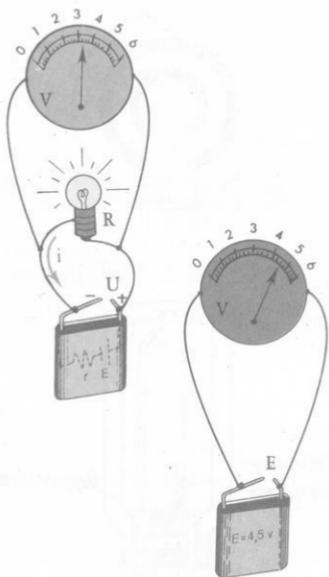
Σχ. 3. Πλάκα (ή μάτι) κουζίνας



Σχ. 4. Ήλεκτρικός θερμοσίφωνας



Σχ. 5. Ήλεκτρικός λαμπτήρας μεγάλης ίσχυός



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

III. ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΗΓΗΣ (ΗΕΔ) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Συνδέουμε ένα λαμπάκι στούς πόλους μιᾶς ήλεκτρικής πηγῆς, π.χ. μιᾶς ήλεκτρικής στήλης 4,5 V, καὶ μετράμε τήν τάση στούς πόλους τής πηγῆς (Σχ. 6). Παρατηρούμε ότι ή τάση είναι μικρότερη ἀπό 4,5 V, δηλ. μικρότερη ἀπό τήν τιμή τής τάσεως πού είναι γραμμένη πάνω στήν πηγή. Κατόπιν ἀποσυνδέουμε τό λαμπάκι, μετράμε τήν τάση στούς πόλους τής πηγῆς καὶ βρίσκουμε 4,5V. Ἀπό τό πείραμα αὐτό συμπεραίνουμε ότι ή διαφορά δυναμικοῦ στούς πόλους μιᾶς πηγῆς γίνεται μέγιστη, ὅταν ή πηγή δέ διαρρέεται ἀπό ρεύμα.

Ή μέγιστη ήλεκτρική τάση πού ἐμφανίζεται στούς πόλους μιᾶς πηγῆς, ὅταν ή πηγή δέ διαρρέεται ἀπό ρεύμα, ὀνομάζεται ή λεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) Ε τής πηγῆς.

Ή μείωση τής τάσεως ἀνάμεσα στούς πόλους, ὅταν ή πηγή διαρρέεται ἀπό ρεύμα, ὀφείλεται σέ κάποια ἀντίσταση πού συναντάει τό ρεύμα στό ἔσωτερικό τής πηγῆς. Ή ἀντίσταση αὐτή ὀνομάζεται ἔσωτερική ἀντίσταση r τής πηγῆς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή ήλεκτρική ἐνέργεια χρησιμοποιεῖται γιά τήν κίνηση ήλεκτρικῶν ὄχημάτων καὶ παιχνιδιών, γιά τή λειτουργία πολλῶν οἰκιακῶν συσκευῶν κτλ.
2. Ο θερμοσίφωνας, ή ήλεκτρική κουζίνα, τό ήλεκτρικό σίδερο, ή ήλεκτρική θερμάστρα κτλ. είναι συσκευές πού μετατρέπουν τήν ήλεκτρική ἐνέργεια σέ θερμική.
3. Ή τάση πού ἐμφανίζεται στούς πόλους μιᾶς πηγῆς, ὅταν αὐτή δέ διαρρέεται ἀπό ρεύμα, ὀνομάζεται ήλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) Ε τής πηγῆς.

- Nά άναφέρετε παραδείγματα οικιακών συσκευών πού μετατρέπουν α) τήν ήλεκτρική ένέργεια σε μηχανική και β) τήν ήλεκτρική ένέργεια σε θερμική.
- α) Τι χρειάζεται ότι θερμοστάτης σε ένα θερμοσίφωνα; β) Γιατί πρέπει οι θερμοσίφωνες νά έχουν και δεύτερο σύστημα άσφαλειας;
- Τί παριστάνουν οι ένδειξεις «220V, 60W» σε μία ήλεκτρική συσκευή;
- α) Ποιαί είναι τά κύρια μέρη ένός αύτόματου ήλεκτρικού σίδερου; β) "Άν καεί τό θερμαντικό σώμα ένός αύτόματου ήλεκτρικού σίδερου, θά άναβει τό λαμπτάκι Λ, οπαν τό έλασμα Ε κλείνει τό κύκλωμα; (Σχ. 2).
- Τί είναι ή ήλεκτρεγερτική δύναμη μιᾶς ήλεκτρικής πηγής;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

28η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΑΓΝΗΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

I. ΦΥΣΙΚΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΜΑΓΝΗΤΕΣ –
ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

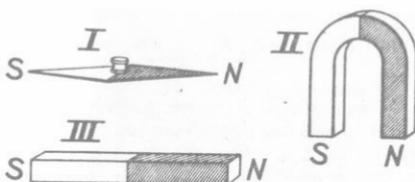
Από τήν άρχαιότητα άκόμη ό ανθρωπος είχε παρατηρήσει ότι ένα όρυκτό είχε τήν ιδιότητα νά έλκει κομμάτια από τό ΐδιο ύλικο καθώς και κομμάτια σιδήρου, δέν είχε δύμας τήν ιδιότητα νά έλκει τό ξύλο, τό χαλκό, τό όχυρο και άλλα ύλικα.

Τό όρυκτό αύτό είναι χημική ένωση τού σιδήρου (Fe_3O_4) και δόνομαζεται μαγνητίτης. Κοιτάσματά του ύπαρχουν σε πολλές χώρες τού κόσμου, καθώς έπισης και σε διάφορα μέρη τής Έλλαδας. (π.χ. Χαλκιδική). Κομμάτια τού όρυκτού αύτού άποτελούν τούς φυσικούς μαγνήτες (Σχ. 1).

Σήμερα σπάνια χρησιμοποιούνται οι φυσικοί μαγνήτες, ένω χρησιμοποιούνται εύρυτατα οι



Σχ. 1. Φυσικός μαγνήτης μέριματα σιδήρου



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



Σχ. 3. Ό γλεκτρομαγνήτης ἔλκει μόνο τα μαγνητικά ύλικα

τεχνητοί μαγνήτες, πού κατασκευάζονται ἀπό κράματα Fe, Ni, ή Co.

Οι κατασκευαστές δίνουν διάφορες μορφές στούς μαγνήτες, ἀνάλογα μέ τή χρήση γιά τήν όποια προορίζονται. Στό Σχ. 2 φαίνονται μερικές ἀπό τίς πιό συνηθισμένες μορφές τους.

Οι μαγνήτες, ὅπως ἀναφέραμε παραπάνω, δέν ἔλκουν ὄλα τά ύλικά, ἀλλά μόνο όρισμένα, ὅπως τό σίδηρο, τό νικέλιο, τό κοβάλτιο, τά κράματα τους κτλ. Τά ύλικά αὐτά πού ἔλκονται ἀπό τούς μαγνήτες ὀνομάζονται μαγνητικά ύλικα.

Πειράματα μέ πολύ ισχυρούς μαγνήτες ἀποδεικνύουν ὅτι καὶ ἄλλα ύλικά παρουσιάζουν ἀσθενεῖς μαγνητικές ιδιότητες. Τέτοια ύλικα είναι τό χρώμιο, ὁ λευκόχρυσος κτλ.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΕΣ

Παίρνουμε μία ράβδο ἀπό μαλακό σίδηρο (κοινά καρφιά κτλ.) καὶ τυλίγουμε γύρω της ἔνα μονωμένο καλώδιο (Σχ. 3). "Όνομάζουμε τή ράβδο πυρήνα καὶ τό περιτυλιγμένο καλώδιο πηνίο. Διαβιβάζουμε ἡλεκτρικό ρεῦμα στό πηνίο καὶ παρατηροῦμε ὅτι ὁ πυρήνας ἔλκει διάφορα σιδερένια ἀντικείμενα, ἐνώ δέν ἀσκεῖ καμιά δύναμη στά ἀντικείμενα ἀπό ἀλουμίνιο, χαλκό κτλ. Ἀπό τό πείραμα αὐτό συμπεραίνουμε ὅτι τό σύστημα «πηνίο-πυρήνας» ἀποτά μαγνητικές ιδιότητες μέ τή διέλευση τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. "Αν διακόψουμε τό ἡλεκτρικό ρεῦμα τά σιδερένια ἀντικείμενα παύουν νά ἔλκονται καὶ ἀποχωρίζονται ἀπό τόν πυρήνα. "Ενα τέτοιο σύστημα, πού ἀποτελεῖται ἀπό ἔνα πηνίο καὶ ἔναν πυρήνα ἀπό μαλακό σίδηρο, ὀνομάζεται ἡλεκτρομαγνήτης.

"Οπως οἱ μόνιμοι μαγνήτες ἔται καὶ οἱ ἡλεκτρομαγνήτες κατασκευάζονται μέ διάφορες μορφές (Σχ. 4), (Σχ. 5).

"(Άν συμβεῖ ὁ πυρήνας νά είναι ἀπό χάλυβα-κατασβίδια, ἀτσαλόκαρφα κτλ. – τά σιδερένια ἀντικείμενα συνεχίζουν νά μένουν κολλημένα στόν πυρήνα καὶ μετά τή διακοπή τοῦ ρεύματος στό πείραμα τοῦ Σχ. 3).

III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΙ ΠΟΛΟΙ

Πλησιάζουμε ἔνα ραβδόμορφο μαγνήτη σέ καρφάκια ἢ ρινίσματα σιδήρου καὶ παρατη-

ρούμε ότι τά άντικείμενα αυτά έλκονται ισχυρότερα από τά άκρα τού μαγνήτη. Τό ίδιο παρατηρούμε καί σέ έναν ήλεκτρομηγνήτη (Σχ. 3).

Οι περιοχές αύτές τού μαγνήτη ή ήλεκτρομαγνήτη, πού παρουσιάζουν τή μεγαλύτερη έλκτική ικανότητα, ονομάζονται πόλοι.

"Αν κρεμάσουμε σέ λεπτό νήμα ένα μαγνήτη ή ήλεκτρομαγνήτη, βλέπουμε τόν ένα πόλο νά στρέφεται πρός τό βορρά (North) καί τόν άλλο πρός τό νότο (South). Ό πόλος πού στρέφεται πρός τό βορρά λέγεται βόρειος πόλος (N) καί ό άλλος νότιος πόλος (S) τού μαγνήτη (Σχ. 6).

Μέ απόλο πείραμα άποδεικνύεται ότι οι όμωνυμοι πόλοι άπωθούνται, ένων οι έτερωνυμοι έλκονται μεταξύ τους (Σχ. 7).

IV. ΤΟ ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ ΠΥΡΗΝΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΕΡΕΤΑΙ ΩΣ ΜΑΓΝΗΤΗΣ

Σέ ένα πηνίο πού διαρρέεται άπό ρεῦμα πλησιάζουμε ένα μαγνήτη καί παρατηρούμε ότι τό πηνίο έλκεται ή άπωθεται, όπως άκριβώς θά συνέβαινε καί σέ ένα μαγνήτη (Σχ. 8). Τό ίδιο παρατηρήσουμε καί ἀν στό παραπάνω πηνίο πλησιάσουμε ένα άλλο πηνίο πού διαρρέεται άπό ήλεκτρικό ρεῦμα. "Άρα:

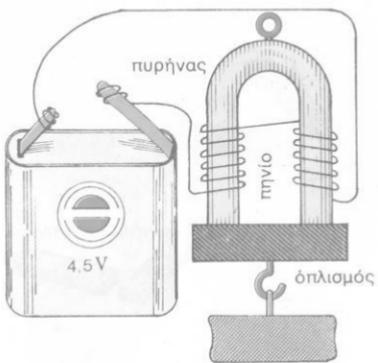
Κάθε πηνίο πού διαρρέεται άπό ήλεκτρικό ρεῦμα συμπεριφέρεται ώς ένας μαγνήτης.

"Από τά παραπάνω προκύπτει ότι τό ήλεκτρικό ρεῦμα έχει άμεση σχέση μέ τά μαγνητικά φαινόμενα.

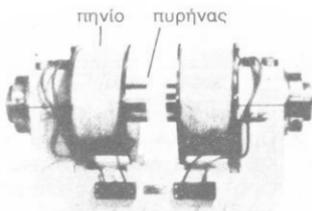
V. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Είναι γνωστό ότι άνάμεσα σέ δύο άκινητα ήλεκτρικά φορτία άναπτύσσονται έλκτικές ή άπωστικές δυνάμεις, άνάλογα μέ τό είδος τών φορτίων. Οι δυνάμεις αύτές λέγονται ήλεκτρικές.

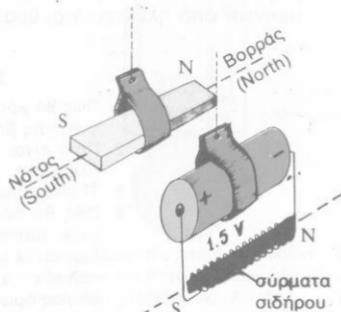
Δυνάμεις, έπισης έλκτικές ή άπωστικές, άναπτύσσονται καί άνάμεσα σέ μαγνήτες ή πηνία πού διαρρέονται άπό ήλεκτρικό ρεῦμα. Οι δυνάμεις αύτές λέγονται μαγνητικές.



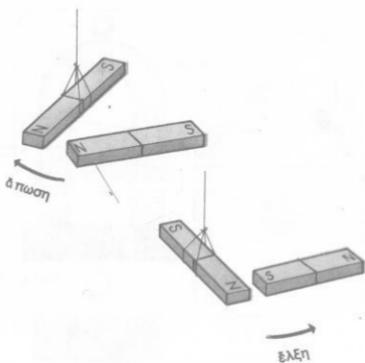
Σχ. 4. Πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης



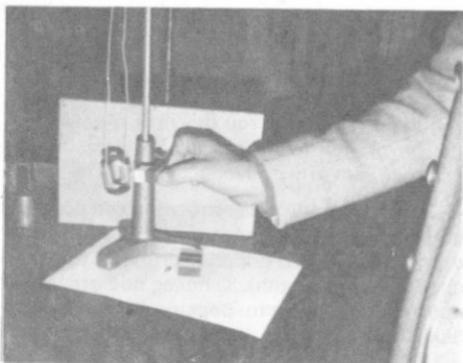
Σχ. 5. Ισχυρός ήλεκτρομαγνήτης γιά έρευνες



Σχ. 6. Ό πόλος πού στρέφεται πρός τό βορρά λέγεται βόρειος πόλος (N)



Σχ. 7. Οι όμώνυμοι πόλοι άπωθούνται καὶ οἱ ἑτερώνυμοι ἔλκονται



Σχ. 8. Τὸ πηνίο διαρρέεται ἀπό ρεῦμα καὶ ἀπωθεῖται ἀπό τὸ μαγνῆτη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ό μαγνητίτης (*Fe₃O₄*) εἰναι ἔνας φυσικός μαγνήτης.
2. Όρισμένα ὡλικά (σίδηρος, νίκελιο, κοβάλτιο κτλ.) ἔλκονται ἀπό τούς μαγνήτες καὶ ὄνομάζονται μαγνητικά ὡλικά.
3. Οι ἡλεκτρομαγνήτες ἀποτελοῦνται ἀπό ἔνα πηνίο τυλιγμένο γύρω ἀπό πυρήνα ἀπό μαλακό σίδηρο.
4. Οι ἡλεκτρομαγνήτες καὶ τά πηνία συμπεριφέρονται ὡς μαγνήτες, ὅταν διαρρέονται ἀπό ἡλεκτρικό ρεῦμα. Τό ἡλεκτρικό ρεῦμα εἰναι ἡ αιτία τῶν μαγνητικῶν φαινομένων.
5. Οι ἡλεκτρικές δυνάμεις ἀναπτύσσονται ἀνάμεσα σέ ἀκίνητα φορτία, ἐνώ οι μαγνητικές δυνάμεις ἀναπτύσσονται ἀνάμεσα σέ μαγνήτες ἢ πηνία πού διαρρέονται ἀπό ἡλεκτρικό ρεῦμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πῶς θά βροῦμε τό βόρειο πόλο μιᾶς μαγνητικής βελόνας ἢ ἐνός πηνίου;
2. Ποιά εἰναι τά σπουδαιότερα μαγνητικά ὡλικά;
3. Τί είναι ὁ μαγνητίτης;
4. Πῶς θά προσδιορίσετε τό βόρειο πόλο ἐνός μαγνήτη ἢ ἡλεκτρομαγνήτη ἐάν διαθέτετε ἔναν ἄλλο μαγνήτη με γνωστή πολικότητα ἢ μία μαγνητική βελόνα, τῆς ὁποίας δυος δέ γνωρίζετε τούς πόλους;
5. Ποιές δυνάμεις ὄνομάζουμε ἡλεκτρικές καὶ ποιές μαγνητικές;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΑΓΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΟΝΙΜΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

Σέ πολλά όργανα και συσκευές καθημερινής χρήσεως (πυξίδες, άκουστικά, μεγάφωνα, μικρούς ήλεκτροκινητήρες κτλ.) συναντάμε μόνιμους μαγνήτες. Παρακάτω θά περιγράψουμε σέ επόμενες ένοτητες.

Ή πυξίδα είναι ένα χρήσιμο όργανο για τόν προσαντολισμό τού ἀνθρώπου. Χρησιμοποιεῖται από πεζοπόρους, ναυτιλομένους και άεροπόρους και τούς βοηθάει νά χαράζουν τήν πορεία τους.

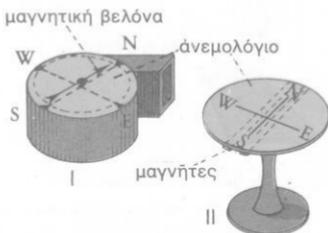
Χάρη στήν πυξίδα οι τολμηροί θαλασσοπόροι τής Αναγεννήσεως μπόρεσαν νά απόμακρυνθούν από τίς άκτές τής Εύρωπης και νά φτάσουν στήν «ἄγνωστη» ήπειρο, τήν Αμερική.

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

Στίς κοινές πυξίδες τό άνεμολόγιο μένει άκινητο, ένω στίς ναυτικές πυξίδες τό άνεμολόγιο στρέφεται μαζί με τό μαγνήτη. Οι ναυτικές πυξίδες άθρωνονται στά πλοιά με ειδικό τρόπο, ώστε νά παραμένει ο δίσκος όριζοντιος παρά τούς κλυδωνισμούς τού πλοίου (Σχ. 2). Τά μεγάλα ποντοπόρα σκάφη, μαζί με τή ναυτική πυξίδα, χρησιμοποιούν και ένα άλλο όργανο προσαντολισμού πού λέγεται γυροσκοπική πυξίδα, άλλα λειτουργεῖ μέ έντελως διαφορετικό τρόπο από αύτόν τής μαγνητικής πυξίδας.

II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΩΝ

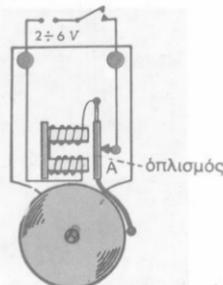
Οι ήλεκτρομαγνήτες έχουν περισσότερες εφαρμογές από τούς μόνιμους μαγνήτες. Τό ήλεκτρικό κουδούνι, ο τηλέγραφος, τό τηλέτυπο, τό τηλέφωνο κτλ. είναι μερικές από τίς συσκευές πού περιέχουν τόν ήλεκτρομαγνήτη ώς άπαραίτητη λειτουργική μονάδα.



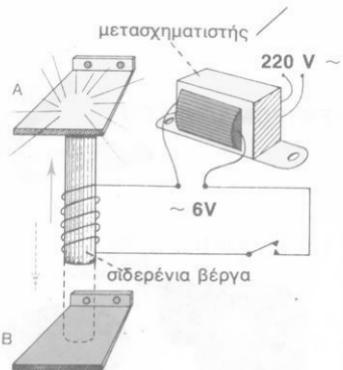
Σχ. 1. I. Κοινή πυξίδα.
II. Ναυτική πυξίδα (άρχη)



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



Σχ. 3. Έπαναληπτικό κουδούνι. Ή ήλεκτρομαγνήτης τραβάει τόν όπλισμο και χτυπάει τό κουδούνι. Τό ρεύμα τότε διακόπτεται στό σημείο Α και ο όπλισμός έπιστρέφει στή θέση του. Κατόπιν έπαναλαμβάνεται τό ίδιο



Σχ. 4. Μελωδικό κουδούνι



Σχ. 5. Άπλο διάγραμμα τηλέγραφου



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

α. Ήλεκτρικό κουδούνι. Ύπάρχουν δύο ειδών ήλεκτρικά κουδούνια: τά μελωδικά και τά έπαναληπτικά (Σχ. 3). Τελευταία χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας περισσότερο τά μελωδικά (Σχ. 4).

Τά μελωδικά ήλεκτρικά κουδούνια περιλαμβάνουν δύο μεταλλικές πλάκες Α, Β και έναν ήλεκτρομαγνήτη μέση κινητό πυρήνα. "Οταν τό κύκλωμα είναι άνοιχτό, ο πυρήνας μένει άκινητος, άκουμπωντας στήν κάτω πλάκα. "Οταν δημιουργήσουμε τό κύκλωμα, ο πυρήνας τινάζεται πρός τά πάνω, χτυπάει στήν πάνω πλάκα και παράγεται ο πρώτος ήχος. Τό τίναγμα αύτό τού πυρήνα όφειλεται στή μαγνητική δύναμη, που δέχεται άπο τό πηνίο πού διαρρέεται άπο ήλεκτρικό ρεύμα. "Αν στή συνέχεια διακόψουμε

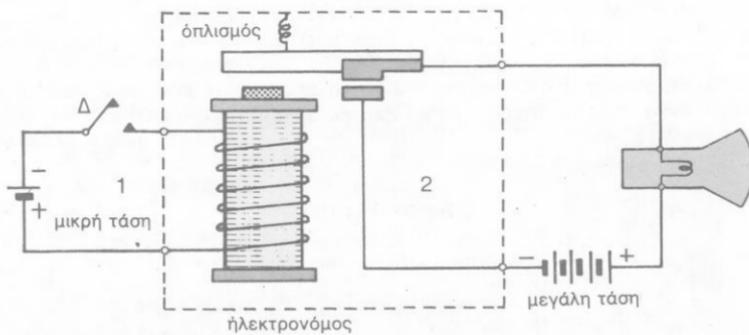
τό ηλεκτρικό ρεύμα, ή μαγνητική δύναμη στόν πυρήνα μηδενίζεται και ο πυρήνας πέφτει στήν κάτω πλάκα. "Ετσι παράγεται ο δεύτερος ήχος.

β. Τηλέγραφος. Ό τηλέγραφος χρησιμοποιήθηκε πολύ στό παρελθόν γιά τή μεταβίβαση γραπτών μηνυμάτων. Σήμερα χρησιμοποιείται σπάνια, γιατί καθημερινά έκτοπίζεται άπο τό τηλέτυπο πού ύπηρετεί τόν ίδιο σκοπό μέ τόν τηλέγραφο, άλλα μέ πρακτικότερο τρόπο.

"Ένα άπλο διάγραμμα τηλέγραφου φαίνεται στό Σχ. 5. "Οταν πιέζουμε τό διακόπτη Δ, διέρχεται ρεύμα άπο τόν ηλεκτρομαγνήτη και έλκεται η γραφίδα. "Έτσι άφνει η γραφίδα ένα σημάδι στό χαρτί. "Αν τό κύκλωμα μένει κλειστό γιά μία μόνο στιγμή, τό σημάδι είναι μία τελεία. "Αν τό κύκλωμα μένει κλειστό γιά περισσότερο χρόνο, τό σημάδι είναι μία γραμμή.

Μέ ειδικό κώδικα (Α = —, Β = —· κτλ.), πού έπινόνσες ο Μόρς, μπορούμε νά μεταβιβάζουμε μηνύματα σέ μεγάλες ή μικρές άποστάσεις.

γ. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός. Όρισμένοι γερανοί, προορισμένοι νά ανυψώνουν σιδερένια άντικείμενα, χρησιμοποιούν ισχυρούς ή-λεκτρομαγνήτες και λέγονται ήλεκτρομαγνητικοί γερανοί. Τέτοιοι γερανοί χρησιμοποιούνται σέ χαλυβουργίες, μηχανουργεία κτλ. (Σχ. 6). Παρόμοιοι ήλεκτρομαγνήτες, άλλα σέ πολύ μικρότερο μέγεθος, χρησιμοποιούνται άπό χειρουργούς ιατρούς, γιά νά βγάζουν ρινίσματα σιδήρου ή άλλα μικρά σιδερένια άντικείμενα, που μπήκαν στό μάτι ή σέ άλλο μέρος του σώματος μετά άπό κάποιο άτυχημα.



δ. Ήλεκτρονόμος (Relay, ρελέ). Ο άπλος ήλεκτρονόμος περιλαμβάνει έναν ήλεκτρομαγνήτη και ένα λεπτό σιδερένιο έλασμα (όπλισμό) (Σχ. 7). Ο όπλισμός λειτουργεί ως διακόπης στό δεύτερο κύκλωμα. "Όταν τό πρώτο κύκλωμα είναι άνοικτό, τότε και τό δεύτερο κύκλωμα μένει άνοικτό. "Όταν όμως κλείσει τό πρώτο κύκλωμα, ο όπλισμός έλκεται και κλείνει αυτόματα τό δεύτερο κύκλωμα.

Η λειτουργία αύτή του ήλεκτρονόμου μᾶς διευκολύνει νά καλούμε έναν άνελκυστήρα ή νά έπιλέγουμε έναν τηλεφωνικό άριθμό. Στήν άποστολή τής «έντολής» χρησιμοποιούμε μικρές τάσεις (κύκλωμα 1) και στήν «έκτελεση» μεγάλες τάσεις (κύκλωμα 2). Μέ τόν τρόπο αύτό άποφεύγονται μεγάλες άπωλειες ένέργειας. Ιδιαίτερα όταν ή έντολή στέλνεται άπό μεγάλη άποσταση (ένας άπό τούς ρόλους του ήλεκτρονόμου).

Σχ. 7. Ήλεκτρονόμος (άρχή)

Οι ήλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται σέ δόλους τούς αυτόματους μηχανισμούς, καθώς έπισης σέ έγκαταστάσεις, στίς οποίες ό χειρισμός γίνεται από άποσταση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Η μαγνητική πυξίδα είναι δρύγανο προσανατολισμοῦ καί άποτελεῖται από έναν εύθυγραμμό μαγνήτη, στρεπτό γύρω από κατακόρυφο ζεύκνα, καί από ένα ανεμολόγιο.
2. Τό μελωδικό κουδούνι αποτελεῖται από ένα πηνίο, έναν κινητό πυρήνα από μαλακό σίδηρο καί από δύο μεταλλικές πλάκες πού παράγουν τόν ήχο.
3. Ο ήλεκτρομαγνητικός γερανός χρησιμοποιείται στήν άνυψωση σιδερένιων άντικειμένων πού έχουν μεγάλο βάρος.
4. Ο ήλεκτρονόμος είναι ένα δρύγανο άπαραίτητο στίς αυτόματες έγκαταστάσεις (τηλέφωνα, άνελκυστήρες, έργοστάσια μέ αυτοματισμό κτλ.).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί είναι ή πυξίδα καί ποιά ή διαφορά μεταξύ τής κοινής καί τής ναυτικής πυξίδας;
2. Πού χρησιμοποιούνται οι ήλεκτρονόμοι;
3. Νά σχεδιάσετε έναν ήλεκτρονόμο έτοι ώστε, όταν τό πρώτο κύκλωμα κλείνει, τό δεύτερο κύκλωμα νά άνοιγε.
4. Τί από τά άκολουθα θά συμβεῖ άν στό μελωδικό κουδούνι (Σχ. 4) κλείσουμε τό κύκλωμα καί τό διατηρήσουμε κλειστό;
α) Ο πυρήνας θά χτυπήσει στήν πάνω πλάκα καί μετά θά παραμείνει μετέωρος.
β) Ο πυρήνας θά χτυπάει διαρκώς στήν πάνω πλάκα παράγοντας ήχο.
γ) Ο πυρήνας θά κινεῖται πάνω κάτω διαρκώς χτυπώντας καί στίς δύο πλάκες.
5. Γιά νά τραβήχτει ή γραφίδα τού τηλέγραφου χρειάζεται άρκετό ρεύμα. Γι' αύτό σχεδόν πάντοτε ό τηλέγραφος χρησιμοποιεί έναν ήλεκτρονόμο. Νά σχεδιάσετε ένα άπλό διάγραμμα τηλέγραφου μέ ήλεκτρονόμο.
(Υπόδειξη: Στό Σχ. 5 νά παρεμβάλετε καί έναν ήλεκτρονόμο).

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ - ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

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

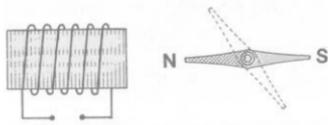
Η περιοχή του χώρου, μέσα στήν όποια έμφανιζονται μαγνητικές δυνάμεις, ονομάζεται μαγνητικό πεδίο.

"Ένα εύαίσθητο όργανο που μπορεί νά δειξει τήν υπαρξη μαγνητικών δυνάμεων, άρα και μαγνητικού πεδίου, είναι ή μαγνητική βελόνα που μπορεί νά στρέφεται έλευθερα γύρω από έναν ξενονα. Μέ τη βοήθεια, λοιπόν, μιᾶς μαγνητικής βελονάς διαπιστώνουμε ότι γύρω από ένα πηνίο μέρευμα (Σχ. 1), έναν ήποιοδήποτε ρευματόφρο ήγωγό (Σχ. 2) ή ένα μαγνήτη (Σχ. 3) ύπαρχει μαγνητικό πεδίο.

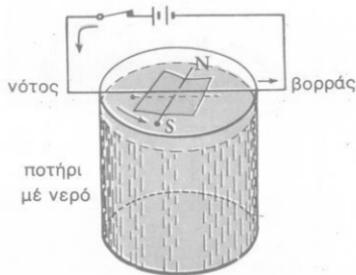
II. ΕΚΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Τοποθετούμε ένα μαγνήτη κοντά σε μία μαγνητική βελόνα, όπως φαίνεται στό Σχ. 3. Παρατηρούμε ότι ή βελόνα γυρίζει και πάιρει μία νέα θέση ισορροπίας. Άπομακρύνουμε λίγο τή βελόνα από το μαγνήτη και θέπουμε ότι ή έκτροπη της από τήν άρχική διεύθυνση γίνεται μικρότερη. Αύτό φανερώνει ότι τό μαγνητικό πεδίο γίνεται άσθενέστερο καθώς άπομακρύνομαστε από τόν πόλο τού μαγνήτη. "Όταν ή βελόνα άπομακρυνθεί άρκετά, δέν παρατηρείται πλέον καμία έκτροπη από τήν άρχική της διεύθυνση (θέση Β). Μπορούμε νά πούμε ότι, από τήν άπόσταση αύτή και μετά, δέν ύπάρχει, πρακτικά, μαγνητικό πεδίο.

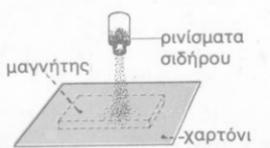
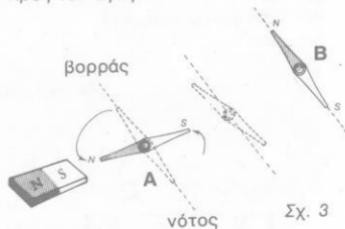
"Αρα τό μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα μαγνήτη είναι ισχυρό κοντά στούς πόλους του και έξασθενίζει καθώς άπομακρυνόμαστε από αυτούς. Άπο μία άπόσταση και μετά, πρακτικά, μηδενίζεται. Η άπόσταση αύτή έχει τάπται από τό πόσο ισχυρός είναι ο μαγνήτης και πόσο εύαίσθητη είναι ή μαγνητική βελόνα.



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

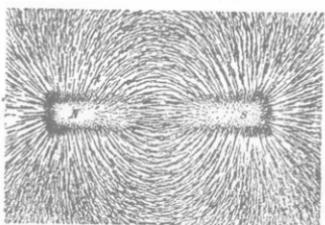


Σχ. 2. Η μαγνητισμένη καρφίτσα στρέφεται και τείνει νά γίνει κάθετη πρός τόν ήγωγό

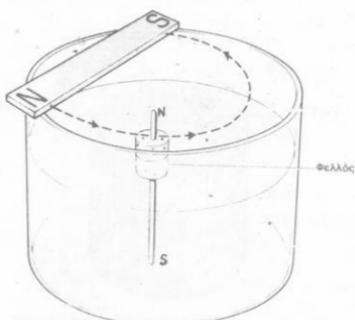


Σχ. 4.

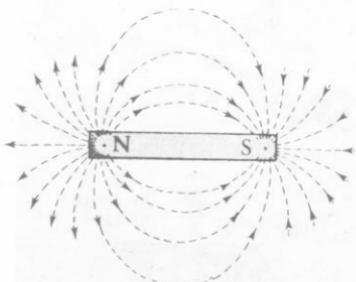
III. ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη



Σχ. 6. Η φορά κινήσεως τού βόρειου μαγνητικού πόλου δρίζει τή φορά τών μαγνητικών γραμμών



Σχ. 7. Φορά τών μαγνητικών γραμμών έξω άπο τό μαγνήτη

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

Οι γραμμές αύτές πού σχηματίζουν τά ρινίσματα σιδήρου, ὅταν βρίσκονται σέ μαγνητικό πεδίο, ονομάζονται μαγνητικές γραμμές. Τό σύνολο όλων τών γραμμών αύτών ονομάζεται μαγνητικό φάσμα.

Από τό μαγνητικό φάσμα ένός πεδίου μπορούμε νά άντλησουμε πολλές πληροφορίες. Μπορούμε π.χ. νά βρούμε σέ ποιές περιοχές τό πεδίο είναι ισχυρό, νά πούμε ποιό άπο τά άκρα τού μαγνήτη, πού παράγει τό πεδίο, είναι ό βόρειος πόλος κ.ο.κ.

Γιά νά μπορούμε νά πάρουμε όλα αύτά τά στοιχεία άπο τό φάσμα τών μαγνητικών γραμμών, πρέπει νά γνωρίζουμε και τή φορά τών μαγνητικών γραμμών.

Η φορά τών γραμμών είναι τελείως συμβατική και καθορίζεται άπο τήν κίνηση ένός βόρειου μαγνητικού πόλου, ὅπως φαίνεται στό πείραμα* τού Σχ. 6. Ο βόρειος πόλος τού μαγνητισμένου σύρματος κινείται άπο τό βόρειο πόλο τού μαγνήτη στό νότιο, διαγράφοντας καμπύλη τροχιά.

Η φορά κινήσεως τού βόρειου μαγνητικού πόλου δρίζεται ώς φορά τών μαγνητικών γραμμών.

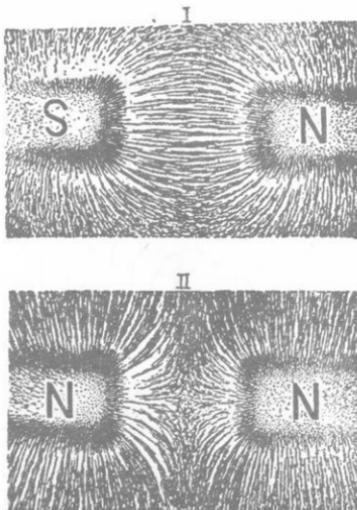
Από τόν δρισμό αύτό προκύπτει ότι οι μαγνητικές γραμμές, έχω άπο τό μαγνήτη, έχουν φορά άπο τό βόρειο πρός τό νότιο πόλο (Σχ. 7).

* Τό πείραμα αύτό μπορεῖ νά γίνει εύκολα στό σπίτι. Χρησιμοποιήστε ένα ποτήρι μέ νερό και μία μαγνητισμένη καρφίτσα στερεωμένη σέ κομματάκι φελλού άπο πώματα. Άν δέν έχετε μαγνήτη, κατασκευάστε έναν ήλεκτρομαγνήτη.

IV. ΠΕΔΙΟ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΥΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥΣ ΠΟΛΟΥΣ

Τοποθετούμε δύο μαγνήτες μέτα τουών έτερών νυμούς πόλους τους τόν ενα ἀπέναντι στόν ἄλλο καὶ μὲ ρινίσματα σιδήρου παίρνουμε τό φάσμα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πού σχηματίζεται ἀπό αὐτούς (Σχ. 8, I). Ἀπό τό φάσμα ἀύτό προκύπτει ὅτι τό πεδίο, πού σχηματίζεται ἀνάμεσα στούς ἔτερώνυμους πόλους, ἔχει τίς μαγνητικές γραμμές παράλληλες μεταξύ τους στή μικρή περιοχή τοῦ διακένου. "Ἐνα τέτοι πεδίο, στό ὅποιο οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους, ὀνομάζεται ὁμογενές μαγνητικό πεδίο. Κάθε ἄλλο πεδίο λέγεται ἀνομοιογενές.

Τό μαγνητικό πεδίο πού σχηματίζεται ἀνάμεσα σέ ὄμώνυμους πόλους είναι ἀνομοιογενές σέ ὅλη του τήν ἔκταση (Σχ. 8, II).



Σχ. 8. Φάσματα διαφόρων μαγνητικῶν πεδίων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

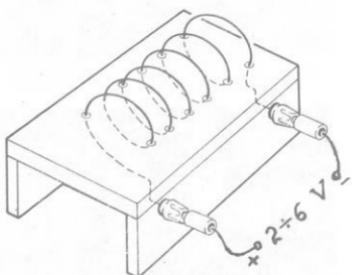
1. Μαγνητικό πεδίο ὀνομάζεται ὁ χῶρος μέσα στόν ὅποιο ἐκδηλώνονται μαγνητικές δυνάμεις. Τά μαγνητικά πεδία ἐμφανίζονται γύρω ἀπό μαγνήτες, πηνία μέρευμα ἢ ὄποιουσδήποτε ρευματοφόρους ἀγάωνος.
2. Γιά τήν παράσταση ἐνός μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιοῦμε τίς μαγνητικές γραμμές πού ἔχουν φορά ἀπό τό βόρειο πρός τό νότιο πόλο, στόν ἔξωτερικό χώρο τοῦ μαγνήτη. Τό σύνολο τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐνός πεδίου ὀνομάζεται μαγνητικό φάσμα τοῦ πεδίου.
3. "Οταν οι μαγνητικές γραμμές ἐνός πεδίου είναι παράλληλες μεταξύ τους, τό πεδίο λέγεται ὁμογενές.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

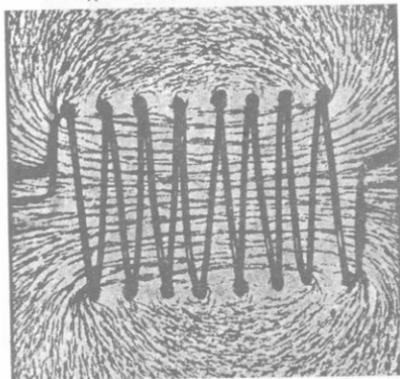
1. Πῶς θά καταλάβετε ἄν γύρω ἀπό ἔνα σῶμα ὑπάρχει μαγνητικό πεδίο;
2. a) Μέχρι πού ἐκτείνεται πρακτικά τό μαγνητικό πεδίο ἐνός μαγνήτη ἢ ἡλεκτρομαγνήτη; b) Ἀπό τί ἐξαρτάται ἡ ἀπόσταση αὐτῆς;
3. Πῶς ὀρίζεται ἡ φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν;
4. Σᾶς λένε ὅτι ἀπό ἔναν πόλο A βγαίνουν μαγνητικές γραμμές μέ φορά πρός τά ἔω. Ποιός πόλος πρέπει νά είναι ὁ A;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΚΑΙ

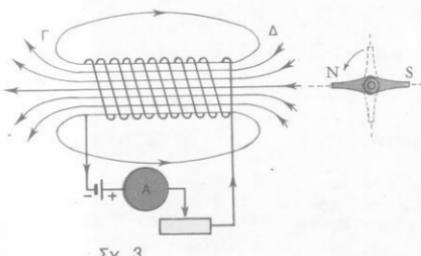
ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ - ΓΗΙΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ



Σχ. 1. Σωληνοειδές



Σχ. 2. Μαγνητικό φάσμα σωληνοειδούς



Σχ. 3.

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

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

Γιά νά πραγματοποιήσουμε έργαστριακά τό φάσμα τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου, συνδέουμε τό σωληνοειδές με μία ήλεκτρική πηγή καί ρίχνουμε ρινίσματα σιδήρου στήν πλάκα στηρίζεως του.

Παρατηροῦμε ότι τά ρινίσματα διατάσσονται σέ γραμμές καί σχηματίζουν ένα φάσμα όμοιο μέ τό φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτη (Σχ. 2). Στό έσωτερικό τοῦ σωληνοειδούς οι μαγνητικές γραμμές είναι σχεδόν παράλληλες. "Άρα τό μαγνητικό πεδίο στήν περιοχή έκείνη είναι σχεδόν όμοιονές.

"Από τήν εικόνα τοῦ φάσματος πού παίρνουμε πειραματικά, δέν μποροῦμε νά συμπεράνουμε τή φορά τών μαγνητικών γραμμών, ούτε νά έντοπίσουμε ποῦ βρίσκεται ὁ βόρειος πόλος καί ὁ νότιος πόλος τοῦ ίππιου. Μποροῦμε όμως μέ μία μαγνητική βελόνα νά βροῦμε τό είδος τών πόλων ἐνός πηγίου πού διαρρέεται ἀπό ρεῦμα. Π.χ. ὁ πόλος Δ τοῦ πηγίου τοῦ Σχ. 3 είναι ὁ νότιος πόλος, γιατί ἔλκει τό βόρειο πόλο τῆς βελόνας.

"Αφού βροῦμε τούς πόλους τοῦ πηγίου, μποροῦμε κατόπιν νά καθορίσουμε τή φορά τών μαγνητικών γραμμών.

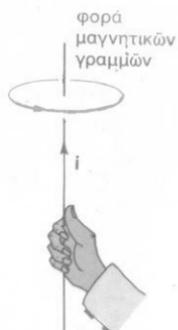
Κανόνας τοῦ δεξιού χεριοῦ. Τή φορά τών μαγνητικών γραμμών, στήν πράξη, τή βρίσκουμε μέ ἐναν πρακτικό κανόνα, ἀρκεῖ νά γνωρίζουμε τή φορά τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος πού περνάει ἀπό τό πηγίο (Σχ. 4). Βάζουμε τόν ἀντίχειρα τοῦ δεξιού μας χεριοῦ νά δείχνει τή συμβατική φορά τοῦ ρεύματος καί λυγίζουμε τά ἄλλα δάχτυλα. Τότε τά λυγισμένα δάχτυλα δείχνουν τή φορά τών μαγνητικών γραμμών (κανόνας τοῦ δεξιού χεριοῦ).

II. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ

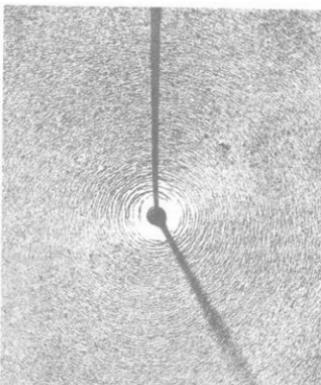
Τό μαγνητικό πεδίο που παράγει ένας εύθυγραμμος ρευματοφόρος άγωγός φαίνεται στό Σχ. 5. "Όπως προκύπτει από τή φωτογραφία τού φάσματος, τά ρινίσματα σιδήρου σχηματίζουν όμοκεντρους κύκλους μέ κέντρο πάνω στόν άγωγό. Γιά νά σχηματισθούν καλά αύτοι οι κύκλοι πρέπει τό χαρτόνι νά είναι κάθετο στόν άγωγό. Από τίς παρατηρήσεις αύτές συμπεραινουμε δητι:

Οι μαγνητικές γραμμές τού πεδίου που σχηματίζεται από εύθυγραμμο ρευματοφόρο άγωγό, είναι περιφέρειες κύκλου μέ κοινό κέντρο που βρίσκεται πάνω στόν άγωγό και μέ τό επίπεδό τους κάθετο στόν άγωγό (Σχ. 6).

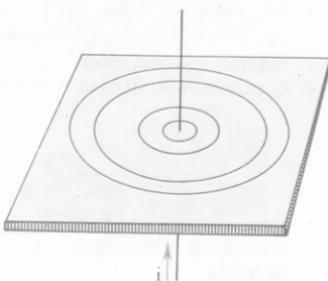
Ή φορά τών γραμμών βρίσκεται και πάλι μέ τόν κανόνα τού δεξιού χεριού.



Σχ. 4. Κανόνας τού δεξιοῦ χεριοῦ



Σχ. 5. Μαγνητικό φάσμα εύθυγραμμου ρευματοφόρου άγωγου



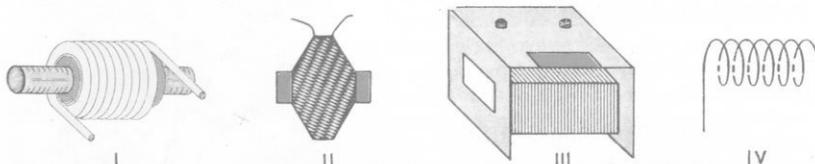
Σχ. 6. Γραφική παράσταση τοῦ φάσματος εύθυγραμμου ρευματοφόρου άγωγου



Σχ. 7.

Έκτος από τη Γη και άλλα ουράνια σώματα έχουν μαγνητικό πεδίο, όπως ο "Ηλιος, ο Αρης, ο Ζεύς κτλ.

Σημείωση: Συχνά χρησιμοποιούμε τούς όρους πηνίο και σωληνοειδές. Γιά νά γίνουν κατανοητές οι έννοιες, παραθέτουμε τίς μορφές μερικών από τα πιο συνηθισμένα πηνία (Σχ. 8). Από τα σχέδια αυτά γίνεται άντιληπτό ότι σωληνοειδές είναι έκεινο τό πηνίο που έχει τη μορφή στενόμακρου σωλήνα και έχει σταθερό άριθμό σπιερών σε κάθε μονάδα του μήκους του.



Σχ. 8. Μορφές πηνίων. (Ειδικά τά πηνία I και IV λέγονται σωληνοειδή πηνία)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Τό μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς μοιάζει με τό πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη και είναι όμογενές στό έσωτερικό του και άνομοιογενές στό έξωτερικό του.
- Τό μαγνητικό πεδίο γύρω από εύθυγραμμό ρευματοφόρο άγωγό έχει κυκλικές μαγνητικές γραμμές κάθετες πρός τόν άγωγό.
- Τό μαγνητικό πεδίο τής γής έχει μορφή παρόμοια με τό πεδίο ραβδόμορφου μαγνήτη και όφειλεται κυρίως σέ ηλεκτρικά ρεύματα πού κυκλοφορούν στόν πυρήνα της και σέ σιδηρομαγνητικά ύλικά πού ύπάρχουν στό φλοιό της.
- Ο μαγνητικός άξονας τής γής δέ συμπίπτει με τό γεωγραφικό άξονά της.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Μέ τί μοιάζει τό μαγνητικό φάσμα σωληνοειδούς; β) Σέ ποιά περιοχή του είναι όμογενές;
- Τι μορφή έχουν οι μαγνητικές γραμμές εύθυγραμμου ρευματοφόρου άγωγού;
- Σημειώστε τή φορά τών μαγνητικών γραμμών στό Σχ. 6.
- Πώς θά βρείτε τούς πόλους ένός πηνίου πού διαρρέεται από ρεύμα: α) μέ μία μαγνητική βελόνα; β) χωρις μαγνητική βελόνα;
- Πού όφειλεται τό γήινο μαγνητικό πεδίο;

ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Οι μαγνητικές ιδιότητες των ύλικών ήταν γνωστές από τήν έποχή του Θαλῆ, άλλα ή έρμηνεία τους παρέμεινε σήγνωστη ώς τίς άρχες τού 20ου αιώνα.

I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΔΙΠΟΛΑ

"Όπως είναι γνωστό, κάθε πηγίο πού διαρέεται από ήλεκτρικό ρεύμα, άλλα και κάθε μαγνήτης, έμφανιζει στίς άκρες του δύο πόλους, είναι δηλ. ένα μαγνητικό δίπολο (Σχ. 1).

Τα μαγνητικά δίπολα έχουν μία κεντρική μαγνητική γραμμή, πού είναι εύθεια και λέγεται μαγνητικός άξονας του διπόλου. Στην περίπτωση πού το μαγνητικό δίπολο είναι ένας κυκλικός άγωγός, ο μαγνητικός του άξονας είναι κάθετος πρός τό επίπεδο του άγωγού, όπως προκύπτει από τό μαγνητικό του φάσμα.

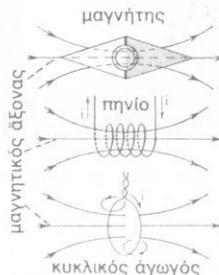
II. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΜΑΓΝΗΤΕΣ

"Αν κόφουμε ένα ραβδόμορφο μαγνήτη σέ δύο κομμάτια, παρατηρούμε ότι προκύπτουν δύο μικρότεροι μαγνήτες (Σχ. 2). "Αν τό κάθε κομμάτι κοπει ξανά σέ μικρότερα κομμάτια, προκύπτουν και πάλι μικρότεροι μαγνήτες κ.ο.κ. "Από αύτά συμπεραίνουμε ότι είναι άδυντανο νά χωρίσουμε και νά άπομονώσουμε τούς πόλους ένας μαγνήτη. Μέ άλλα λόγια οι μαγνητικοί πόλοι έμφανιζονται πάντα σέ ζευγάρια.

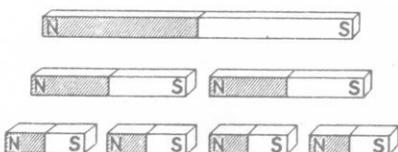
"Αν ήταν δυνατό νά συνεχίσουμε τή διαίρεση των μαγνητών σε όλοένα μικρότερα κομμάτια, θά φθάναμε τελικά σέ μικρότατους μαγνήτες, στοιχειώδεις μαγνήτες, πού θά ήταν τά άτομα ή μόρια του ύλικου, από τό όποιο είναι κατασκευασμένος ο μαγνήτης.

'Επομένως:

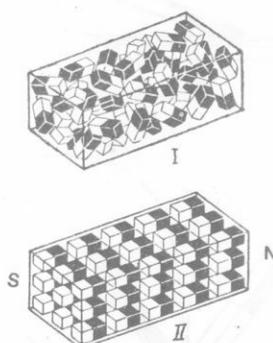
Τά άτομα ή μόρια των μαγνητικών ύλικών είναι μικρά μαγνητικά δίπολα, δηλ. στοιχειώδεις μαγνήτες.



Σχ. 1. Μαγνητικά δίπολα

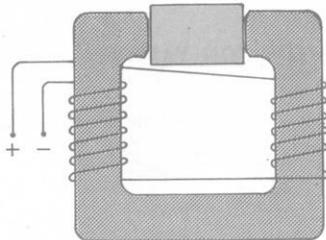


Σχ. 2. Η άπομόνωση ένός μαγνητικού πόλου είναι άδυντη



Σχ. 3. Κατά τή μαγνήτιση μάς ράβδου αιδήρου οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται πρός τήν ίδια κατεύθυνση

κομμάτι από χάλυβα



Σχ. 4. Μαγνήτιση με ήλεκτρομαγνήτη

III. ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Σέ μία ράβδο σιδήρου, πού είναι άμαγνήτιστη, οι στοιχειώδεις μαγνήτες είναι άπακτα διαταγμένοι (Σχ. 3, I). Μέ την έπιδραση ζημιάς ένός μαγνητικού πεδίου, οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται πρός την ίδια κατεύθυνση, μέ αποτέλεσμα νά έμφανίζονται δύο έτερώνυμοι πόλοι στά άκρα της ράβδου (Σχ. 3, II). Τότε λέμε ότι ή **ράβδος μαγνητίζεται**.

"Αν ή ράβδος είναι από μαλακό σίδηρο, ό προσανατολισμός τών στοιχειωδών μαγνητών καταστρέφεται, μόλις σταματήσει ή έπιδραση τού μαγνητικού πεδίου. "Αρα ο μαλακός σίδηρος παθαίνει **παροδική μαγνήτιση**. Αντίθετα, άν ή ράβδος είναι από χάλυβα, οι στοιχειώδεις μαγνήτες παραμένουν προσανατολισμένοι καί μετά τήν άπομάκρυνση τού μαγνητικού πεδίου. 'Ο χάλυβας, λοιπόν, παθαίνει **μόνιμη μαγνήτιση**.

Οι μόνιμοι μαγνήτες κατασκευάζονται από ειδικά κράματα σιδήρου, δηλ. από ειδικούς χάλυβες, γιά νά διατηρούν τή μαγνήτισή τους*.

III. ΤΡΟΠΟΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΕΩΣ

"Όπως άναφέραμε παραπάνω, γιά νά μαγνητισθεί ο σίδηρος πρέπει νά βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Τό μαγνητικό πεδίο προσανατολίζει τούς στοιχειώδεις μαγνήτες, όπως άκριβώς καί τή μαγνητική βελόνα. "Οσο ισχυρότερο είναι τό πεδίο, τόσο καλύτερα προσανατολίζονται οι στοιχειώδεις μαγνήτες καί έπομένως τόσο μεγαλύτερη γίνεται ή μαγνήτιση τού σιδήρου.

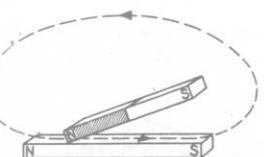
Ισχυρή μαγνήτιση μπορούμε νά πετύχουμε μέ έναν ήλεκτρομαγνήτη. (Σχ. 4).

"Αν δέ διαθέτουμε ήλεκτρομαγνήτη, μπορούμε νά χρησιμοποιήσουμε ένα μαγνήτη ή άκομτη καί τό γήινο μαγνητικό πεδίο, γιά νά μαγνητίσουμε κάποιο ύλικο (Σχ. 5).

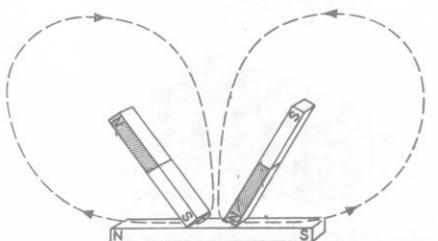
IV. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

"Ας θυμηθούμε τή δομή τών άτομων (Σχ. 6). Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα καί άρισμένα ηλεκτρόνια. Τά ηλεκτρόνια στρέφο-

* Οι ισχυροί μαγνήτες στά έργαστηρια (οι μαύροι) είναι από κράμα Al, Ni, Co.



I



II

Σχ. 5. Απλός τρόπος μαγνητίσεως

νται γύρω άπό τόν πυρήνα σέ καθορισμένες τροχιές, καθώς έπίσης και γύρω άπό τόν έαυτό τους, όπως άκριβώς ή Γη στρέφεται γύρω άπό τόν "Ηλιο και τόν δξονά της.

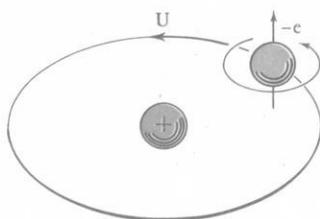
"Η κίνηση κάθε ήλεκτρονίου γύρω άπό τόν άτομικό πυρήνα, προκαλεί μικρό κυκλικό ρεῦμα (δεχόμαστε τίς τροχιές κυκλικές), πού ή συμβατική του φορά είναι άντιθετη πρός τήν κίνηση τού ήλεκτρονίου (Σχ. 7, I). Τό ρεῦμα αύτό δημιουργεῖ μαγνητικό πεδίο δύμοιο μέ τό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου άγωγού.

'Ο στροβιλισμός κάθε ήλεκτρονίου γύρω άπό τόν δξονά του δημιουργεῖ έπίσης ένα μαγνητικό πεδίο πού μοιάζει κάπως μέ τό πεδίο κυκλικού άγωγού* (Σχ. 7, II).

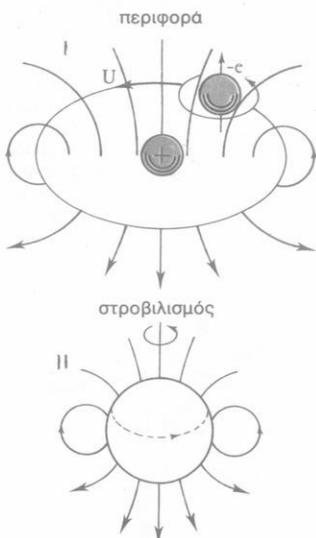
"Αρα κάθε ήλεκτρόνιο ένός άτομου, μέ τίς δύο κινήσεις πού κάνει, δημιουργεῖ συγχρόνως δύο μαγνητικά πεδία.

Στά άτομα ή μόρια τών μαγνητικών ύλικών οί κινήσεις τών ήλεκτρονίων γίνονται μέ τέτοιο τρόπο, πού στό σύνολό τους τά άτομα ή μόρια είναι μικρά μαγνητικά δίπολα (στοιχειώδεις μαγνήτες). Άντιθετα, στά ύπόλοιπα ύλικά οί κινήσεις τών ήλεκτρονίων γίνονται έτσι πού τά άτομα δέν παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες.

Οι μαγνητικές ιδιότητες τών ύλικών όφειλονται στήν περιφορά και στό στροβιλισμό τών ήλεκτρονίων, πού κινοῦνται γύρω άπό τούς πυρήνες τών άτομων.



Σχ. 6. Κάθε ήλεκτρόνιο κάνει δύο συγχρόνως κινήσεις. Μία γύρω άπό τόν πυρήνα τού άτομου (περιφορά) και μία γύρω άπό τόν έαυτό του (στροβιλισμό)



Σχ. 7. Η περιφορά τού ήλεκτρονίου γύρω άπό τόν πυρήνα δημιουργεῖ ένα μαγνητικό πεδίο και ο στροβιλισμός δημιουργεῖ δεύτερο μαγνητικό πεδίο

* Για νά βρίσκετε εύκολα τή φορά τών μαγνητικών γραμμών πού προκαλοῦνται άπό άρνητικά φορτία, χρησιμοποιήστε τό άριστερό χέρι, μέ τόν ίδιο τρόπο πού χρησιμοποιείτε τό δεξιό στή συμβατική φορά τού ρεύματος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι μαγνήτες, τά πηνία μέρευμα καί οί κυκλικοί άγωγοί μέρευμα όνομάζονται μαγνητικά δίπολα.
2. Τά ατόμα ή μόρια τών μαγνητικών ύλικών είναι στοιχειώδη μαγνητικά δίπολα. Η δημιουργία αύτών τών διπόλων όφειλεται στίς δύο κινήσεις (περιφορά, στροβιλισμό) πού κάνουν τά ήλεκτρόνια στά ατόμα.
3. Τά μαγνητικά ύλικά μαγνητίζονται όταν οι στοιχειώδεις μαγνήτες προσανατολίζονται από κάποιο μαγνητικό πεδίο. Αν ό προσανατολισμός διατηρηθεί καί μετά τήν άπομάκρυνση τοῦ μαγνητικού πεδίου, ή μαγνήτιση λέγεται μόνιμη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί συμβαίνει σέ ενα ύλικό όταν μαγνητίζεται;
2. Δύο μαγνήτες έχουν τίς ίδιες διαστάσεις καί είναι κατασκευασμένοι από τό ίδιο ύλικό, άλλα δύο ένας είναι ισχυρότερος από τόν άλλο. Τί συμπέρασμα βγάζετε γιά τόν προσανατολισμό τών στοιχειώδων μαγνητών τους;
3. Από τί ύλικά καί μέρευμα κατασκευάζονται οι μόνιμοι μαγνήτες;
4. Σάς λένε ότι τό ατόμο τοῦ ύδρογόνου είναι μαγνητικό δίπολο. Νά έξηγήσετε γιατί.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

I. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ

ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ (ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ LAPLACE)

α. Άγωγός κάθετος στίς μαγνητικές γραμμές. Χρησιμοποιούμε έναν πετάλοειδή μαγνήτη και ένα καλώδιο λυγισμένο σε σχήμα άναποδου Π (Σχ. 1). Βάζουμε τό όριζόντιο τμήμα του ΓΔ άνάμεσα στούς πόλους τοῦ μαγνήτη, φροντίζοντας νά είναι κάθετο πρός τίς μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου. Κατόπιν συνδέουμε τά άκρα τοῦ καλωδίου μέ τούς πόλους μιᾶς ήλεκτρικής πηγής καὶ παρατηρούμε ότι ό άγωγός ΓΔ τινάζεται κάθετα πρός τή διεύθυνση του. Από τήν κίνηση αυτή συμπεραίνουμε ότι, τό μαγνητικό πεδίο άσκει στό ρευματοφόρο άγωγό ΓΔ μία δύναμη, πού έχει διεύθυνση κάθετη στόν άγωγό.

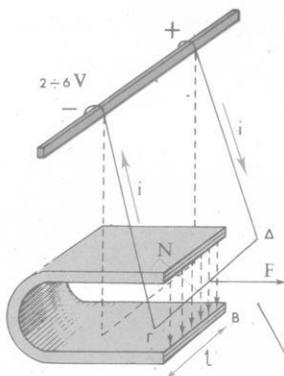
"Αν προσέξουμε στό ίδιο πείραμα, θά διαπιστώσουμε ότι ή διεύθυνση τής κινήσεως τού άγωγού, άρα καὶ ή δύναμη πού άσκειται πάνω του, είναι έπισης κάθετη στίς μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου. "Αρα:

Σέ κάθε εύθυγραμμο ρευματοφόρο, άγωγό, πού βρίσκεται μέσα σέ μαγνητικό πεδίο, ένεργει μία δύναμη μέ διεύθυνση κάθετη πρός τό έπιπεδο πού σχηματίζουν ό άγωγός καὶ οἱ μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου.

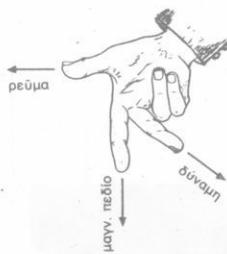
"Αν άλλάξουμε τή φορά τοῦ ρεύματος, άλλάζει καὶ ή φορά τής δυνάμεως, άλλα ή δύναμη συνεχίζει νά παραμένει κάθετη πρός τό έπιπεδο πού σχηματίζουν ό άγωγός καὶ οἱ μαγνητικές γραμμές.

Η δύναμη πού άσκοῦν τά μαγνητικά πεδία σέ ρευματοφόρους άγωγούς έχει τήν ίδια φύση μέ τή δύναμη πού άσκοῦν οἱ μαγνήτες σέ ρευματοφόρα πηνία. Είναι δηλαδή μία μαγνητική δύναμη καὶ λέγεται συχνά δύναμη LAPLACE.

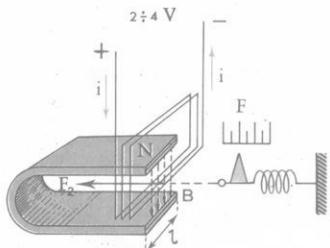
"Αν διαθέτουμε εύαίσθητο δυναμόμετρο (ικανό νά δείχνει δέκατα τοῦ p), μπορούμε νά μετρήσουμε τή δύναμη F μέ τόν τρόπο πού φαίνεται στό Σχ. 3. Από τέτοιες μετρήσεις



Σχ. 1. Δύναμη Laplace



Σχ. 2 Κανόνας τοῦ δεξιού χεριοῦ γιά τήν εύρεση τής φοράς τής μαγνητικής δυνάμεως πού άσκείται σέ ρευματοφόρο άγωγό



Σχ. 3.

άποδεικνύεται ότι ή μαγνητική δύναμη F είναι άναλογη πρός την ένταση i του ρεύματος και άναλογη πρός τό μήκος l του τμήματος του άγωγού που βρίσκεται μέσα στό πεδίο.

Επίσης άποδεικνύεται ότι ή δύναμη έξαρται και άπο τό πόσο ισχυρό είναι τό μαγνητικό πεδίο, μέσα στό όποιο βρίσκεται ο άγωγός.

Τό φυσικό μέγεθος, πού προσδιορίζει πόσο ισχυρό είναι ένα μαγνητικό πεδίο σέ κάποιο σημείο του Σ , λέγεται **Ένταση B τού μαγνητικού πεδίου στό σημείο Σ .**

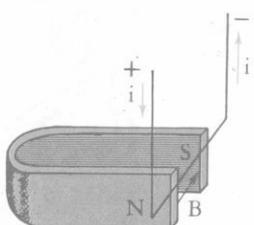
Συγκεντρώνοντας τά παραπάνω συμπεράσματα καταλήγουμε στό έξης:

μαγν. δύν.=έντ. ρεύμ. × μήκ. άγωγ. × έντ. πεδίου
$\eta \quad F = i \cdot l \cdot B$ Νόμος τού Laplace

Στόν τύπο αύτό τό F μετριέται σέ Newton, τό σέ Ampere, τό l σέ μέτρα και τό B σέ Tesla. Ό τύπος αύτός ισχύει όταν τό B είναι τό ίδιο σέ όλα τά σημεία τού άγωγού.

Πειραματική έπαλθευση. Μπορούμε νά έπαλθεύσουμε τόν παραπάνω νόμο ποιοτικά μέ τά άκολουθα πειράματα. 1) Αύξάνουμε τό ρεύμα στόν άγωγό, διατηρώντας τόν ίδιο μαγνήτη, και παρατηρούμε μεγαλύτερο τίναγμα τού άγωγού. 2) Αύξάνουμε τήν ένταση τού μαγνητικού πεδίου (χρησιμοποιούμε ισχυρότερο μαγνήτη) και παρατηρούμε ότι γιά τό ίδιο i και $/$ τό τίναγμα τού άγωγού γίνεται μεγαλύτερο. 3) Αύξάνουμε τό μήκος τού άγωγού μέσα στό πεδίο, διατηρώντας τά άλλα μεγέθη σταθερά, και τό τίναγμα γίνεται μεγαλύτερο. (Η αύξηση τού μήκους μπορεί νά γίνει μέ ένα τετραγωνικό πηνίο. "Αν η είναι ό άριθμός τών σπειρών του, στό πείραμα τού Σχ. 2 τό πηνίο συμπεριφέρεται όπως ένας άγωγός μέ μήκος $n.l$ που βρίσκεται στό ίδιο μαγνητικό πεδίο).

"Ενας πρακτικός κανόνας. Γιά νά βρίσκουμε τή διεύθυνση και τή φορά τής δυνάμεως F , χρησιμοποιούμε τό δεξιό μας χέρι, μέ τά τρία δάχτυλα (άντιχειρας, δείκτης, μεσαίος) τοποθετημένα σέ τρεις άξονες κάθετους μεταξύ τους, όπως φαίνεται στό Σχ. 2. (κανόνας τού δεξιού χεριού γιά τή δύναμη Laplace).



Σχ. 4. Σέ άγωγό παράλληλο πρός τίς μαγνητικές γραμμές δέν άσκεται μαγνητική δύναμη

β. Άγωγός παράλληλος πρός τίς μαγνητικές γραμμές. Τοποθετούμε ένα ρευματοφόρο άγωγό παράλληλα πρός τίς μαγνητικές γραμμές ένός πεδίου και παρατηρούμε ότι ο άγωγός παραμένει άκινητος (Σχ. 4). Αύτό σημαίνει ότι δέν άσκειται στόν άγωγό μαγνητική δύναμη. "Αν γυρίσουμε λίγο τό μαγνήτη, ώστε νά σχηματίστει κάποια γωνία άναμεσα στόν άγωγό και τίς μαγνητικές γραμμές ο άγωγός δέχεται μία δύναμη άπο τό μαγνήτη.

"Η δύναμη αύτή μεγαλώνει (τό τίναγμα γίνεται μεγαλύτερο) καθώς αυξάνεται ή γωνία και γίνεται μέγιστη, όταν ο άγωγός γίνεται κάθετος στίς μαγνητικές γραμμές. "Αρα:

"Όταν ένας ρευματοφόρος άγωγός είναι παράλληλος πρός τίς μαγνητικές γραμμές ένός πεδίου, δέν άσκειται πάνω του μαγνητική δύναμη άπο τό πεδίο.

II. ΕΥΡΕΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ Β ΟΜΟΓΕΝΟΥΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Τό πεδίο πού σχηματίζεται στό έσωτερικό σωληνοειδούς, καθώς και τό πεδίο πού σχηματίζεται στό διάκενο άναμεσα στούς έτερώνυμους πόλους τοῦ μαγνήτη τοῦ Σχ. 1, είναι όμοιγενές και όπως έχουμε μάθει οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους.

Σέ κάθε όμοιγενές μαγνητικό πεδίο οι μαγνητικές γραμμές είναι παράλληλες μεταξύ τους και ή ένταση Β είναι ή *ΐδια σέ όλα τά σημεία του.* (Σχ. 5). Γιά νά βρούμε τήν ένταση Β ένός όμοιγενούς μαγνητικού πεδίου, λύνουμε τό νόμο τοῦ Laplace ώς πρός Β:

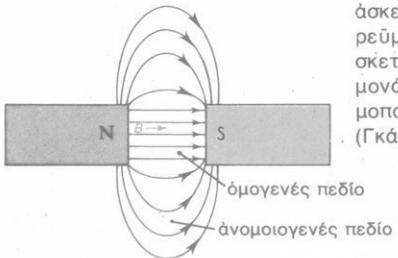
$$(1) \quad \boxed{B = \frac{F}{iL}}$$

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

Τή ένταση Β είναι **διανυσματικό** μέγεθος και έχει τήν *ΐδια διεύθυνση* και φορά μέ τίς μαγνητικές γραμμές τοῦ πεδίου. Από τόν τύπο (1) μπορούμε νά δρύσουμε τή μονάδα έντάσεως μαγνητικού πεδίου, πού τή λέμε Tesla.

$$1 \text{ Tesla} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}, (1 \frac{\text{Νιούτον}}{\text{Αμπέρ} \times \text{μέτρο}})$$

"Ενα μαγνητικό πεδίο έχει ένταση 1 Tesla, αν



άσκει δύναμη 1N σε άγωγό πού διαρρέεται από ρεύμα 1A καί ό όποιος έχει μήκος 1m και βρίσκεται κάθετα πρός τίς μαγνητικές γραμμές. Ή μονάδα Tesla είναι μεγάλη καί γι' αυτό χρησιμοποιείται στήν πράξη συνήθως τό 1 Gauss (Γκάους)

$$1\text{Gauss} = 10^{-4} \text{ Tesla}$$

Σχ. 5. Στό διάκενο, ή ένταση B είναι παντού ή ίδια. (Όμοιογενές πεδίο)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Τά μαγνητικά πεδία άσκουν δυνάμεις σε ρευματοφόρους άγωγούς. "Οταν ο άγωγός είναι εύθυγραμμος και έχει διεύθυνση κάθετη πρός τίς μαγνητικές γραμμές ούτοις μαγνητικού πεδίου, η μαγνητική δύναμη δίνεται από τόν τύπο $F = i \cdot l \cdot B$. "Οταν ο άγωγός είναι παράλληλος πρός τίς μαγνητικές γραμμές, δέ δέχεται δύναμη από τό πεδίο.
- Η μαγνητική δύναμη F (δύναμη Laplace) είναι κάθετη πρός τό έπιπεδο πού σχηματίζουν οι μαγνητικές γραμμές και ό άγωγός.
- Η ένταση B ούτοις μαγνητικού πεδίου δίνεται από τόν τύπο $B = F / i \cdot l$ και μετριέται σε Tesla ($1\text{ Tesla} = 1\text{N/A} \cdot \text{m}$).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Από τί έξαρτάται ή μαγνητική δύναμη σέ ρευματοφόρο άγωγό; Παιζει ρόλο ή γωνία πού σχηματίζει, ό άγωγός με τίς μαγνητικές γραμμές στή μαγνητική δύναμη; Πότε ή δύναμη γίνεται μεγιστηριακή πάντα μηδέν;
- Σέ ποιές από τίς άκολουθες περιπτώσεις άλλάζει ή φορά τής δυνάμεως στό πείραμα τού Σχ. 1: a) όταν άλλάζουμε τή φορά τού ρεύματος; b) όταν άλλάζουμε τή φορά τών μαγνητικών γραμμών, δηλ. όταν αντιστρέφουμε τούς πόλους τού μαγνήτη; γ) όταν άλλάζουμε τή φορά τών μαγνητικών γραμμών συνχρόνως;
- Έχει σχεδιαστεί άρθρα ή φορά τής δυνάμεως F στό Σχ. 3;
- Η δύναμη στό πλαίσιο τού Σχ. 3 είναι μεγαλύτερη από τή δύναμη στόν άγωγό τού Σχ. 1, μαλονότι ή ένταση τού ρεύματος ι και ή ένταση τού πεδίου B παραμένουν ίδιες και στίς δύο περιπτώσεις. Πώς δικαιολογείται αυτό;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- * Άγωγός έχει μήκος 10cm , διαρρέεται από ρεύμα 2A και βρίσκεται σέ ούτοις μαγνητικού πεδίο έντασεως $B = 2 \cdot 10^{-3}\text{ Tesla}$, κάθετα πρός τίς γραμμές του. Πόση δύναμη άσκεται στόν άγωγό;
- * Αν στό πείραμα τού Σχ. 1 ή ένταση τού ρεύματος είναι 0.8A , η δύναμη είναι $16 \cdot 10^{-3}\text{ N}$ και τό μήκος τού άγωγού πού βρίσκεται μέσα στό μαγνητικό πεδίο είναι 2cm , πόση είναι ή ένταση B τού μαγνητικού πεδίου μεταξύ τών πόλων τού μαγνήτη;
- * Τό πλαίσιο τού Σχ. 3 έχει 100 cm σπείρες και διαρρέεται από ρεύμα έντασεως 0.5A . "Αν τό μήκος / τής πλευράς πού βρίσκεται στό μαγνητικό πεδίο είναι 3cm και ή ένταση τού πεδίου είναι 0.4 Tesla , πόση θά είναι ή δύναμη F ;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

(ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ LAPLACE)

Οι ήλεκτρικοί κινητήρες είναι οικονομικοί καί πρακτικοί κινητήρες. Πολλές οικιακές συσκευές, μεταφορικά μέσα κτλ. χρησιμοποιούν ήλεκτρικούς κινητήρες για τή λειτουργία τους.

I. ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥΣ

Τοποθετούμε μία μαγνητική βελόνα στό έσωτερικό ένος πηνίου* (Σχ. 3). Διοχετεύουμε ρεύμα στό πηνίο καί παρατηρούμε ότι ή βελόνα έκτρεπεται από τήν άρχική της διεύθυνση καί τείνει νά κάνει τό μαγνητικό της ξένονα παράλληλο πρός τίς γραμμές του πεδίου. Αύτό γίνεται γιατί τό μαγνητικό πεδίο του πηνίου άσκει δυνάμεις στή βελόνα πού δημιουργούν μηχανική ροτητή καί τήν άναγκάζουν νά στραφει. "Οταν θ μαγνητικές ξένονας γίνεται παράλληλος πρός τίς μαγνητικές γραμμές του πεδίου, ή ροτητή μπενίζεται. Στή θέση αύτή ή βελόνα μπορει νά ισορροπήσει καί νά παραμείνει άκινητη.

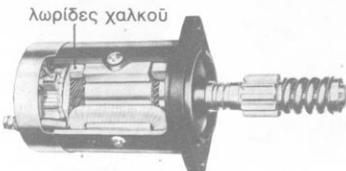
"Αν στό πείραμα αύτό άνοιγοκλείνουμε τό κύκλωμα σέ κατάλληλη στιγμή, μπορούμε νά κάνουμε τή βελόνα νά στρέφεται άσταμάτητα. Τό άνοιγμα καί κλείσιμο του κυκλώματος προκαλει περιοδικές ώθήσεις στή βελόνα πού τή διατηρούν σέ άδιάκοπη περιστροφή. Τήν ένέργεια γιά τήν περιστροφή τής βελόνας τήν παρέχει ή ήλεκτρική πηγή. Μέ τόν τρόπο αύτό έχουμε μετατροπή τής ήλεκτρικής ένέργειας σέ μηχανική. Πάνω στήν άρχη αύτή στηρίζεται ή λειτουργία τών ήλεκτρικών κινητήρων.

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

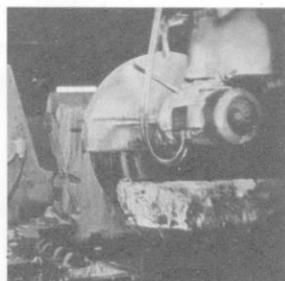
Από τό προηγούμενο πείραμα προκύπτει ότι, γιά νά λειτουργει ένας ήλεκτρικός κινητήρας, πρέπει νά περιλαμβάνει ένα μαγνητικό δίπολο, ένα μαγνητικό πεδίο καί ένα μηχανισμό πού νά άνοιγοκλείνει αύτόματα τό ήλεκτρικό κύκλωμα.

Μέρη τού κινητήρα. Τά βασικά μέρη ένος

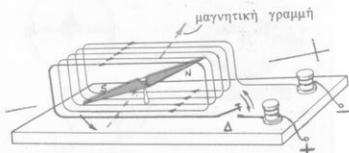
* Τό πείραμα γίνεται καί όταν ή βελόνα βρίσκεται ξώ, άλλα κοντά στό πηνίο.



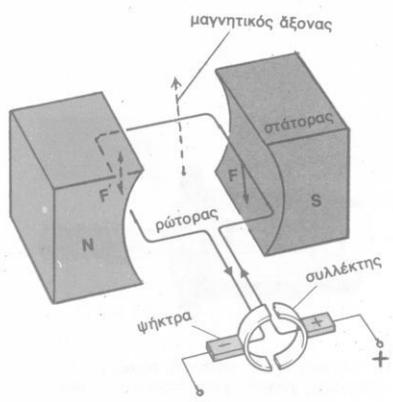
Σχ. 1. Έκκινητής αυτοκινήτου (μίζα). Τά πηνία είναι κατασκευασμένα από λωρίδες χαλκού γιατί περνάει ρεύμα μεγάλης έντασεως



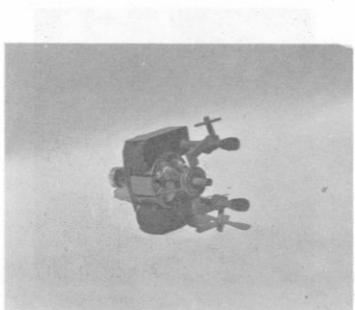
Σχ. 2. Ήλεκτρικός κινητήρας γιά τήν κοπή μαρμάρου



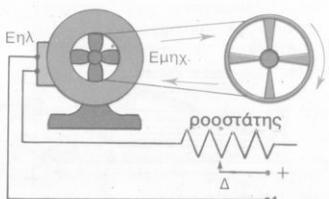
Σχ. 3. Άνοιγμα καί κλείσιμο τού κυκλώματος σέ κατάλληλη στιγμή διατηρει τή μαγνητική βελόνα σέ διαρκή περιστροφή



Σχ. 4. Άπλο διάγραμμα ήλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος (άρχή)



Σχ. 5. Έργαστηριακός (σχολικός) κινητήρας



Σχ. 7. Μέ το ροοστάτη ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής τού κινητήρα

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

Ο ρώτορας είναι τό περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής, που στήν απλούστερη περίπτωση άποτελείται από ένα μόνο πλάισιο. Οι άκρες τού πλαισίου τού ρώτορα συνδέονται μέ τό συλλέκτη, ό δηποτος παίρνει ρεύμα από τις ψήκτρες (ή καρβουνάκια) και τό διοχετεύει στό πλαίσιο τού ρώτορα.

Ο στάτορας είναι τό άκινητο μέρος τού κινητήρα και μπορεί νά είναι ένας μόνιμος μαγνήτης ή ένας ήλεκτρομαγνήτης. Ο στάτορας δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, μέσα στό δηποτο περιστρέφεται ό ρώτορας.

Λειτουργία τού κινητήρα. "Όταν περνάει ρεύμα από τό πλαίσιο τού ρώτορα, άναπτύσσεται ροπή στό πλαίσιο πού τό άναγκαζει νά περιστραφει. Ή ροπή προέρχεται από τις μαγνητικές δυνάμεις F και F' πού άσκουνται στούς άγωγούς τού πλαισίου.

"Όταν ό μαγνητικός ξένος τού πλαισίου γίνεται παράλληλος πρός τις γραμμές τού πεδίου, ή ροπή μηδενίζεται. Τό πλαίσιο ίμως δέ σταματάει γιατί έχει άποκτησει κάποια κινητική ένέργεια. Συνεχίζει λοιπόν τήν περιστροφή του και δέχεται νέα ώθηση. Οι περιοδικές αύτές ώθησεις πραγματοποιούνται χάρη στό συλλέκτη πού άνοιγκοκλείνει αύτόματα τό κύκλωμα τού πλαισίου. "Έτσι μέ διαδοχικές ώθησεις συνεχίζει τήν περιστροφή του ό ρώτορας.

"Αν ό ρώτορας συναντήσει κάποια άντισταση, τήν ώρα πού ή ροπή είναι μηδέν, ό κινητήρας μπορεί νά σταματήσει. "Αν ίμως βάλλουμε δύο πηγία κάθετα μεταξύ τους, ζητώ συμβαίνει στόν πειραματικό κινητήρα τού έργαστηρίου (Σχ. 5), ή ροπή στό ρώτορα δέ μηδενίζεται ποτέ. Γιατί, ζητώ τό ένα πλαίσιο έχει τό μαγνητικό του ξένο παράλληλο πρός τις γραμμές και δέχεται ροπή μηδέν, τό άλλο έχει τόν ξένο του κάθετο πρός τις γραμμές και δέχεται τή μέγιστη ροπή. Γιά τό λόγο αύτό:

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

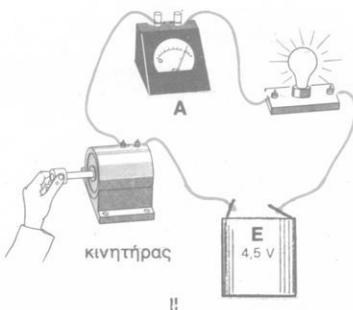
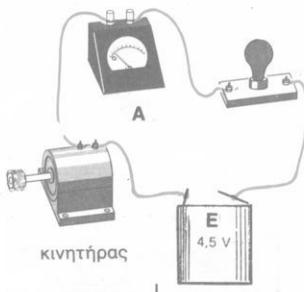
Πώς μεταβάλλεται τό ρεύμα ένός κινητήρα. Μέ ένα άμπερόμετρο μετράμε τήν ένταση τού

ρεύματος που διέρχεται άπο την κινητήρα και παρατηρούμε ότι, όταν ο κινητήρας στρέφεται κανονικά, ή ένταση του ρεύματος είναι μικρή (Σχ. 6). Στή συνέχεια έμποδίζουμε τόν κινητήρα νά στρέφεται κανονικά και παρατηρούμε ότι ή ένταση του ρεύματος μεγαλώνει και γίνεται μεγιστηρια, όταν ο κινητήρας σταματά*. Αύτο συμβαίνει π.χ. κατά τή στιγμή της έκκινησεως του κινητήρα.

Στούς ισχυρούς κινητήρες, γιά νά άποφεύγεται το μεγάλο ρεύμα στό ξεκίνημά τους, χρησιμοποιείται ροοστάτης, δηλ. μεταβλητή άντισταση (Σχ. 7).

* Οι μεταβολές αύτές του ρεύματος μπορεί νά παρατηρηθούν και μέ μικρούς κινητήρες άπο παιχνίδια.

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



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

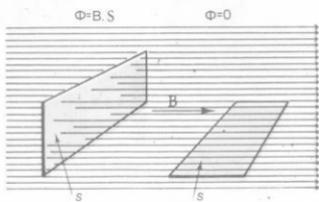
1. Η λειτουργία των ήλεκτρικών κινητήρων στηρίζεται στή μηχανική ροπή, πού άναπτυσσεται σέ μαγνητικά δίπολα, όταν αύτά βρίσκονται σέ μαγνητικό πεδίο. Η ροπή αύτή οφείλεται σέ μαγνητικές δυνάμεις.
2. Τά κύρια μέρη ένός κινητήρα είναι στάτορας πού δημιουργεί τό μαγνητικό πεδίο, ό ρώτορας πού είναι ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό δίπολο, ό συλλέκτης και οι ψήκτρες.
3. Ο ρώτορας στούς συνηθισμένους ήλεκτρικούς κινητήρες άποτελείται άπο πολλά πλαίσια (μαγνητικά δίπολα) γιά νά άσκεται 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 ένός ήλεκτρικού κινητήρα;
3. Τί ρόλο παίζει ό συλλέκτης στή λειτουργία του κινητήρα;
4. Γιατί ο ρώτορας των κινητήρων κατασκευάζεται συνήθως μέ δύο ή και περισσότερα πλαίσια πού σχηματίζουν κάποια γωνία μεταξύ τους;
5. Τί χρειάζεται ό ροοστάτης σέ έναν ήλεκτρικό κινητήρα;

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ – ΕΠΑΓΩΓΗ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΗ



Σχ. 1 Μαγνητική ροή

Θεωροῦμε μία έπιπεδη έπιφάνεια S μέσα σέ όμοι γεννητικό πεδίο έντασης B (Σχ. 1). Είναι φανερό ότι, μέσα από τήν έπιφάνεια S , περνά ένα πλήθος μαγνητικών γραμμών. Τό πλήθος αύτό τῶν μαγνητικών γραμμών, πού διαπερνοῦν τήν έπιφάνεια S , παριστάνει σχηματικά ένα φυσικό μέγεθος πού λέγεται μαγνητική ροή. "Όταν ή έπιφάνεια S είναι κάθετη πρός τίς μαγνητικές γραμμές, ή μαγνητική ροή Φ όριζεται ως έξης:

$$\text{μαγν. ροή} = \text{ένταση μαγν. πεδ.} \times \text{έμβαδό έπιφαν.}$$

$$\Phi = B \cdot S$$

Στό Διεθνές Σύστημα μονάδα μαγνητικής ροής είναι τό 1 Weber (Βέμπερ) και όριζεται από τόν παρακάτω τύπο:

$$1 \text{ Weber} = 1 \text{ Tesla} \cdot \text{m}^2$$

"Άν ή έπιφάνεια S γίνει παράλληλη πρός τίς μαγνητικές γραμμές, τότε καμία μαγνητική γραμμή δέν περνάει από τήν έπιφάνεια. Ή μαγνητική ροή τότε είναι $\Phi = 0$. Γιά, κάθε άλλη θέση τής έπιφάνειας S ως πρός τίς μαγνητικές γραμμές θά περνάει κάποιος άριθμός μαγνητικών γραμμών από τήν έπιφάνεια, δηλ. θά υπάρχει κάποια μαγνητική ροή. Ή μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη, όταν ή έπιφάνεια γίνεται κάθετη πρός τίς γραμμές τού πεδίου.

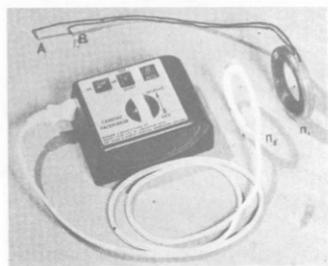
ΕΠΑΓΩΓΗ

Τό φαινόμενο τής έπαγωγής είναι ένα άπο τά βασικότερα φαινόμενα τού ηλεκτρισμοῦ και έχει πολλές τεχνικές έφαρμογές. Μία από τίς σύγχρονες έφαρμογές του βρίσκουμε στό βηματοδότη πού είκονίζεται στό Σχ. 2.

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

Τοποθετούμε ένα μαγνήτη κοντά σέ ένα πηνίο και συνδέουμε τά άκρα τού πηνίου μέ ένα εύασθιτο βολτόμετρο (γαλβανόμετρο μηδενός) (Σχ. 3).

"Όταν ο μαγνήτης μένει άκινητος, δέν παρατηρείται καμία απόκλιση στή βελόνα τού βολ-



Σχ. 2. Βηματοδότης. Τό πηνίο P_1 τοποθετείται μέ χειρουργική έπεμβαση στό έσωτερικό τῶν τοιχωμάτων τού στήθους και ξέω από τό στήθος τοποθετείται τό πηνίο. P_2 Μέ ειδική γεννητηρία στέλνονται ήλεκτρικοί παλμοί στό P_2 και μέ έπαγωγή δημιουργείται τάση στά άκρα A , B τού P_1 , τά όποια στηρίζονται στούς μύς τής καρδιᾶς. "Έτσι μία άρρυθμη καρδιά μπορεί νά λειτουργεί κανονικά και μέ έλεγχόμενο παλμό

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

"Όταν ό μαγνήτης κινεῖται, ή βελόνα τού βολτομέτρου έκτρέπεται άπο τή μηδενική θέση, ότηλ, στά άκρα τού πηνίου άναπτύσσεται μία ήλεκτρική τάση. Μάλιστα όταν ό μαγνήτης πλησιάζει πρός τό πηνίο, ή βελόνα έκτρέπεται πρός τή μία φορά, ένω όταν άπομακρύνεται ό μαγνήτης, ή βελόνα έκτρέπεται πρός τήν άλλη φορά.

Τό φαινόμενο αύτό, κατά τό όποιο έμφανίζεται ήλεκτρική τάση (ήλεκτρεγερτική δύναμη) στά άκρα ένός πηνίου μέ τήν κίνηση ένός μαγνήτη, ίδνομάζεται έ πα γωγή καί ή τάση πού άναπτύσσεται έ πα γωγική τάση.

II. ΑΙΤΙΑ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

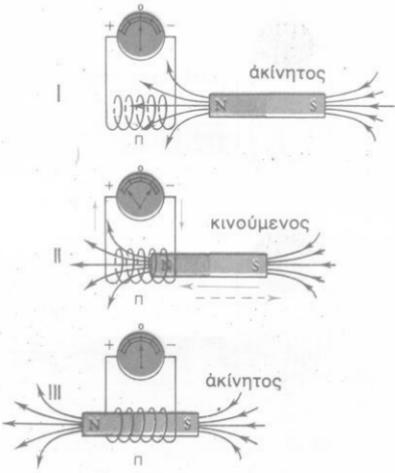
Άπο τά προηγούμενα πειράματα φαίνεται ότι ή έπαγωγική τάση, άρα καί τό φαινόμενο τής έπαγωγῆς, συνδέεται στενά μέ τήν κίνηση τού μαγνήτη.

Ή κίνηση τού μαγνήτη, όπως φαίνεται καθαρά στό Σχ. 3, συνοδεύεται μέ μεταβολή τής μαγνητικής ροής στό πηνίο. Ποιά είναι έπομενως ή πραγματική αιτία τού φαινομένου τής έπαγωγῆς; Είναι ή κίνηση τού μαγνήτη ή ή μεταβολή τής μαγνητικής ροής στό πηνίο;

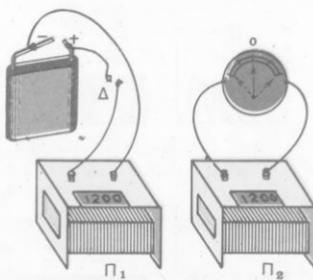
Γιά νά δώσουμε άπαντηση στό έρωτημα αύτό, κάνουμε ένα άλλο πείραμα. Τοποθετούμε δύο πηνία Π_1 καί Π_2 τό ένα δίπλα στό άλλο, όπως φαίνεται στό Σχ. 4. Διοχετεύουμε ήλεκτρικό ρεύμα στό πηνίο Π_1 καί παρατηροῦμε ότι γιά μιά μόνο στιγμή έμφανίζεται ήλεκτρική τάση στά άκρα τού δεύτερου πηνίου. Διακόπτουμε τό ρεύμα στό πρώτο πηνίο καί πάρατηροῦμε ότι πάλι έμφανίζεται στιγμαία τάση στά άκρα τού δεύτερου πηνίου.

Οι μεταβολές τού ήλεκτρικού ρεύματος στό πρώτο πηνίο προκαλούν μεταβολές στό μαγνητικό πεδίο πού δημιουργείται γύρω του. Οι μεταβολές αύτές τού μαγνητικού πεδίου μεταβάλλουν τή μαγνητική ροή στό έσωτερικό τού δεύτερου πηνίου καί δημιουργείται ήλεκτρεγερτική δύναμη (ήλεκτρική τάση) στά άκρα του. "Άρα:

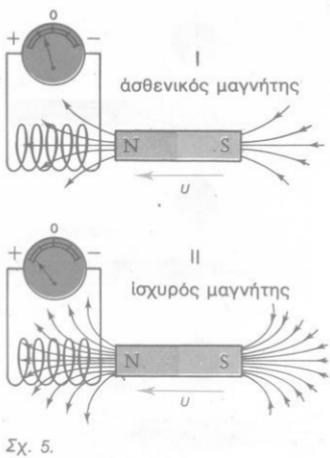
Ή αιτία πού δημιουργεῖ ήλεκτρική τάση στά άκρα ένός πηνίου, κατά τό φαινόμενο τής



Σχ. 3. "Όταν ό μαγνήτης κινεῖται παράγεται τάση στά άκρα τού πηνίου.
($\Pi = 300, 600 \text{ ή } 1200$ σπείρες)



Σχ. 4. Μεταβολές τού ρεύματος στό Π_1 προκαλούν έπαγωγική τάση στά άκρα τού Π_2 .



Σχ. 5.

έπαγωγής, είναι ή μεταβολή της μαγνητικής ροής στό έσωτερικό του πηνίου.

"Αν στά πηγία ύπαρχουν πυρήνες, οι μεταβολές της μαγνητικής ροής στό Π₂ γίνονται μεγαλύτερες και έπομένως οι τάσεις στά άκρα του γίνονται μεγαλύτερες.

III. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

1ο πείραμα. "Από τά προηγούμενα πειράματα προέκυψε ότι ή έπαγωγική τάση U όφειλεται στή μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ ($\Delta\Phi = \text{Φτελικό} - \text{Φαρχ}$).

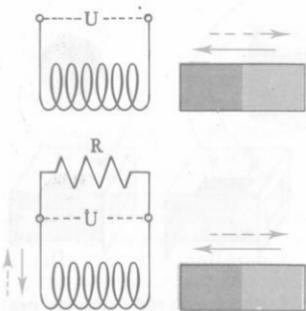
"Αν χρησιμοποιήσουμε δύο διαφορετικούς μαγνήτες (Σχ. 5) και τούς είσαγαγούμε μέ τήν ίδια περίπου ταχύτητα μέσα σ' ένα πηνίο, θά παρατηρήσουμε ότι ο ισχυρότερος μαγνήτης δημιουργεῖ μεγαλύτερη έπαγωγική τάση.

Αύτό συμβαίνει γιατί ο ισχυρότερος μαγνήτης προκαλεί μεγαλύτερη μεταβολή $\Delta\Phi$ της μαγνητικής ροής. Μέ άκριβείς μετρήσεις άποδεικνύεται ότι:

Η έπαγωγική τάση είναι άναλογη πρός τήν μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$

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

Άποδεικνύεται ότι:



Σχ. 6.

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

3ο πείραμα. Τέλος, άν χρησιμοποιήσουμε πηνία μέ διαφορετικούς άριθμούς σπειρών n (π.χ. $n = 6, 300, 1200$) θά παρατηρήσουμε ότι, μέ τήν είσαγωγή τοῦ ίδιου μαγνήτη και στά τρία πηνία και μέ τήν ίδια περίπου ταχύτητα, η τάση είναι μεγαλύτερη στό πηνίο μέ τίς περισσότερες σπειρές. Μέ άκριβείς μετρήσεις και πάλι άποδεικνύεται ότι:

Η έπαγωγική τάση σε ένα πηνίο είναι άναλογη πρός τόν άριθμό τών σπειρών τοῦ πηγίου π.

Συγκεντρώνοντας τά πιό πάνω συμπεράσματα, μπορούμε νά γράψουμε ένα μόνο τύπο, ό δόποίος αποτελεῖ τήν έκφραση τοῦ νόμου τής έπαγωγῆς:

$$\text{έπαγωγική τάση} = \text{άριθμ. σπειρών πην.} \times \text{ταχύτ. μεταβολής μαγν. ροῆς.}$$

$$\eta \quad U_{\text{επαγ}} = n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{Νόμος τής έπαγωγῆς*}$$

Τήν τάση U τή μετράμε σε Volt, τή μεταβολή τής ροῆς $\Delta \Phi$ σε Weber καί τό χρόνο Δt σε sec.
Άρα θά ισχύει ή σχέση:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{Weber}}{\text{sec}} \quad \text{ή } 1 \text{ Weber} = 1 \text{V} \cdot \text{sec}$$

IV. ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ PEYMA

"Αν τά άκρα τοῦ πηνίου δέ. συνδέονται μέ έξωτερικό κύκλωμα, στό πηνίο άναπτύσσεται μόνο έπαγωγική τάση χωρίς νά κυκλοφορεῖ ρεῦμα (Σχ. 6)." "Αν δώμας συνδέουμε μία άντισταση R στά άκρα τοῦ πηνίου, ώστε νά σχηματισθεῖ κλειστό κύκλωμα, τότε ή έπαγωγική τάση προκαλεῖ στό κύκλωμα ήλεκτρικό ρεῦμα, τοῦ όποίου ή ένταση δίδεται άπό τό γνωστό νόμο τοῦ Ohm

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

* Γιά λόγους άπλουστεύσεως, παραλείψαμε τό άρνητικό πρόσημο τοῦ τύπου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ποιό είναι τό αίτιο τής έμφανίσεως τής έπαγωγῆς τάσεως;
- Από τί έξαρται ή έπαγωγική τάση στά άκρα ένός πηνίου;
- Ποιές μονάδες χρησιμοποιούνται γιά τά μεγέθη U , $\Delta \Phi$ καί Δt καί πώς συνδέονται μεταξύ τους;
- Σάς δίνουν έναν λόγωρο καί έναν άσθενή μαγνήτη, ένα πηνίο μέ 300 σπειρές καί ένα μέ 1200 σπειρές. Ποιό συνδυασμό θά κάνετε γιά νά πάρετε τή μεγαλύτερη δυνατή έπαγωγική τάση;
- Στό πείραμα τοῦ Σχ. 3, διατηρώντας τόν ίδιο μαγνήτη καί τό ίδιο πηνίο, ή τάση αύξανεται δταν ό μαγνήτης κινείται γρηγορότερα. Ποιό άπό τά τρία μεγέθη η, $\Delta \Phi$ καί Δt έπειρεάζεται άπό τήν ταχύτητα τοῦ μαγνήτη καί αύξανεται ή τάση;
- Πότε ή μαγνητική ροή πού περνάει άπό μία έπιπεδη έπιφάνεια γίνεται μέγιστη καί πότε έλαχιστη;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η μαγνητική ροή Φ έκφραζει τό πλήθος τών μαγνητικών γραμμών πού διαπερνοῦν μία έπιφάνεια S καί δίνεται άπό τόν τύπο $\Phi = B \cdot S$, δταν ή έπιφάνεια είναι κάθετη πρός τίς μαγνητικές γραμμές.
- Η έμφανιση ήλεκτρικής τάσεως στά άκρα ένός πηνίου, δταν μεταβάλλεται ή μαγνητική ροή στό πηνίο, όνομαζεται έπαγωγή.
- Ο νόμος τής έπαγωγῆς είναι:

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- *1. "Ένα πηνίο έχει 300 σπείρες και ή μαγνητική ροή στό έσωτερικό του μεταβάλλεται κατά $2 \cdot 10^{-3}$ Weber σε χρόνο 0,2 sec. Πόση τάση άναπτύσσεται στά άκρα τού πηνίου;
 2. Κατά τήν είσαγωγή ένός μαγνήτη σε πηνίο 600 σπειρών μετρήθηκε τάση 2 V στά άκρα τού πηνίου. Έάν ο χρόνος είσαγωγής ήταν 0,5 sec, πόση ήταν ή μεταβολή τής ροής στό έσωτερικό τού πηνίου;
 3. "Ένα πηνίο έχει 1.200 σπείρες και τό διαπερνάει μαγνητική ροή $\Phi = 0,4$ Weber.
- Στή συνέχεια μειώνεται ή ροή μέ σταθερό ρυθμό, ώσπου νά μηδενιστεῖ, καί παρατηρείται τάση 60 V στά άκρα τού πηνίου. Πόσος χρόνος χρειάστηκε γιά νά μηδενιστεῖ ή μαγνητική ροή;
4. Επιφάνεια έχει έμβασδό $S = 4 \cdot 10^{-4} m^2$ καί βρίσκεται κάθετα πρός τίς μαγνητικές γραμμές πεδίου έντασεως $B = 1/10$ Tesla.
 - a) Πόση μαγνητική ροή περνάει άπό τήν επιφάνεια;
 - b) Πόση γίνεται ή ροή, ἀν ή επιφάνεια γίνει παράλληλη πρός τίς γραμμές;

37η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ - ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ - ΤΑΧΟΜΕΤΡΟ

(ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Ήλεκτρογεννήτριες τού άτμοηλεκτρικού σταθμού Πτολεμαΐδας

"Υπάρχουν πολλών ειδών ήλεκτρικές πηγές; Τά ήλεκτρικά στοιχεία πού μετατρέπουν τή χημική ένέργεια σέ ήλεκτρική, τά φωτοστοιχεία πού μετατρέπουν τή φωτεινή ένέργεια σέ ήλεκτρική κτλ. Απ' όλες ίδιας τίς γνωστές πηγές ρεύματος οι μόνες κατάλληλες, γιά νά δώσουν ρεύματα μεγάλης ισχύος γιά βιομηχανική και οικιακή χρήση, είναι οι ήλεκτρογεννήτριες (Σχ. 1).

II. ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τό σύστημα ένός πηνίου και ένός μαγνήτη, πού μελετήσαμε στήν προηγούμενη ένοτήτα, λειτουργεί ώς άπλή γεννήτρια. **Μετατρέπει τή μηχανική ένέργεια, πού παρέχουμε στό μαγνήτη, σέ ήλεκτρική.** Θά μπορούσε λοιπόν νά χρη-

σιμοποιηθεῖ ώς ήλεκτρογεννήτρια, άρκει μέ κάποιο τρόπο νά δίναμε στό μαγνήτη διαρκή κίνηση.

α. Κατασκευή τῆς γεννήτριας. Οι γεννήτριες χουν συνήθως τήν ίδια κατασκευή μέ τούς ήλεκτρικούς κινητήρες. Αποτελούνται κι αύτές άπο τό στάτορα, τό ρώτορα, τό συλλέκτη καί τίς ψήκτρες (Σχ. 2).

Στή γεννήτρια τοῦ έργαστηρίου (Σχ. 3) καί σε πολλές μικρές γεννήτριες τό μαγνητικό πεδίο δημιουργεῖται άπο τό στάτορα, πού μπορεῖ νά είναι μόνιμος μαγνήτης ή ήλεκτρομαγνήτης. Μέσα στό μαγνητικό πεδίο τοῦ στάτορα στρέφεται ό ρώτορας, στά άκρα τοῦ όποιου άναπτύσσεται ή έπαγωγική τάση.

β. Λειτουργία τῆς γεννήτριας. "Οταν τό πλαίσιο είναι παράλληλο πρός τίς μαγνητικές γραμμές (Σχ. 4, I), ή μαγνητική ροή είναι μηδέν, δηλ. καμία μαγνητική γραμμή δέ διέρχεται άπο τήν έπιφάνεια τοῦ πλαισίου.

"Οταν τό πλαίσιο γίνεται κάθετο πρός τίς γραμμές, τότε ή μαγνητική ροή γίνεται μέγιστη (Σχ. 4, II)." Αρα:

'Η περιστροφή τοῦ πλαισίου τῆς γεννήτριας μέσα στό μαγνητικό πεδίο προκαλεῖ μεταβολή τῆς μαγνητικής ροής ΔΦ στό πλαίσιο, μέ άποτέλεσμα νά έμφανιζεται ήλεκτρεγερτική δύναμη (έπαγωγική τάση) στά άκρα του.

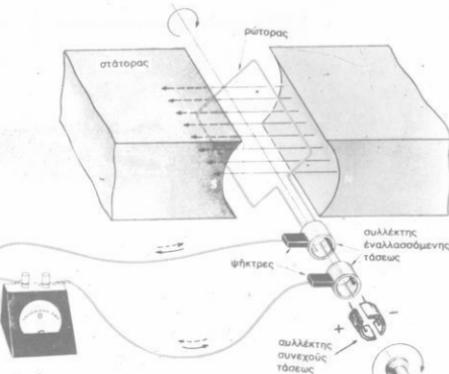
Συνδέουμε ένα λαμπάκι ή ένα βολτόμετρο στά άκρα τοῦ πλαισίου μιᾶς γεννήτριας καί άρχιζουμε νά περιστρέψουμε τό πλαίσιο μέ ζόλο-ένα αύξανόμενη ταχύτητα (Σχ. 2). Παρατηρούμε δτι ή τάση αύξανεται καί μάλιστα, δπως άποδεικνύεται, είναι άναλογη πρός τήν ταχύτητα περιστροφής τοῦ πλαισίου της.

'Η ήλεκτρεγερτική δύναμη μιᾶς γεννήτριας είναι άναλογη πρός τήν ταχύτητα περιστροφής τοῦ πλαισίου της.

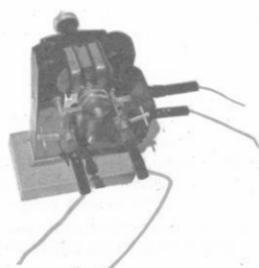
Τό συμπέρασμα αύτό είναι σύμφωνο μέ τό νόμο τής έπαγωγῆς, γιατί ή έπαγωγική τάση είναι άναλογη πρός τήν ταχύτητα μεταβολής τής μαγνητικής ροής ΔΦ/Δt.

γ. Γεννήτριες συνεχούς καί έναλλασσόμενου ρεύματος.

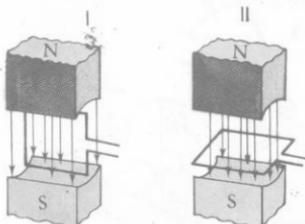
'Η γεννήτρια τοῦ έργαστηρίου είναι κατα-



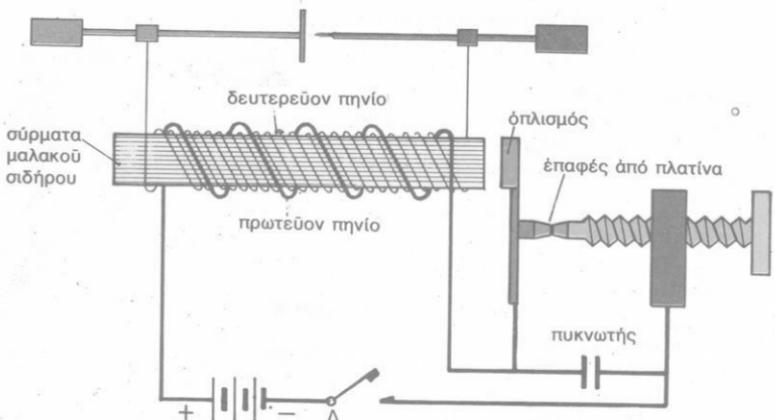
Σχ. 2. Ήλεκτρική γεννήτρια (άρχι). Παράγει έναλλασσόμενη ή συνεχή τάση



Σχ. 3. Έργαστηριακή (σχολική) γεννήτρια



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



Σχ. 5. Έπαγωγικό πηνίο (πολλαπλασιαστής)

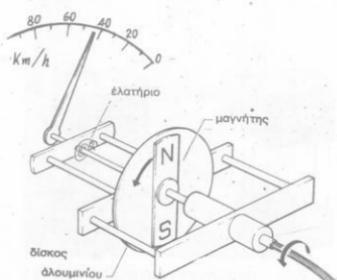
σκευασμένη έτσι ώστε νά παράγει συνεχή ή έναλλασσόμενη τάση, άναλογα μέ τή θέση πού έχουν κάθε φορά οι ψήκτρες.

"Αν οι ψήκτρες άκουμποιν στό δακτύλιο πού είναι κομμένος σέ δύο ίσα μέρη, ή γεννήτρια παράγει συνεχή τάση. "Αν οι ψηκτήρες άκουμποιν στούς δύο άνεξάρτητους δακτύλιους τού συλλέκτη, ή γεννήτρια παράγει έναλλασσόμενη τάση.

Οι περισσότερες γεννήτριες είναι κατασκευασμένες νά παράγουν μία μόνο άπό τίς δύο τάσεις, δηλ. τή συνεχή ή τήν έναλλασσόμενη.

δ. Ήλεκτρικές μηχανές. Άπο τά παραπάνω προκύπτει ότι οι γεννήτριες λειτουργούν μέ τρόπο άντιστροφο πρός τόν τρόπο λειτουργίας τῶν κινητήρων, δηλ. καταναλώνουν μηχανική ένέργεια καί παράγουν ηλεκτρική. Θά μπορούσε επομένως ένας κινητήρας νά λειτουργήσει σάν γεννήτρια καί νά άποδώσει ήλεκτρική ένέργεια, ἀν δίναμε μηχανική ένέργεια στή μηχανή, περιστρέφοντας μέ κάποιο τρόπο τό ρύτορα.

Παρόμοια μετατροπή μπορεῖ νά γίνει καί σε μία γεννήτρια, όχι όμως σε κάθε γεννήτρια. (Δοκιμάστε νά μετατρέψετε τή γεννήτρια τού έργαστηρίου σέ κινητήρα μέ τίς ψήκτρες τοποθετημένες στό συλλέκτη έναλλασσόμενης τάσεως. Τί παρατηρείτε;).



Σχ. 6. Ταχόμετρο αύτοκινήτων

Οι γεννήτριες καί οι κινητήρες μαζί άποτελούν μία κατηγορία μηχανών πού λέγονται ήλεκτρικές μηχανές. Μία ήλεκτρική μηχανή μπορεῖ συνήθως νά λειτουργεῖ καί ώς γεννήτρια καί ώς κινητήρας.

III. ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ "Η ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΠΗΝΙΟ

Άποτελείται από δύο πηνία πού έχουν κοινό πυρήνα. Τό ένα πού λέγεται **πρωτεύον** έχει λίγες σπείρες από χοντρό καλώδιο, έναν τό αλλο πού λέγεται **δευτερεύον** έχει πολλές σπείρες από λεπτό καλώδιο (Σχ. 5).

Συνδέουμε τό πρωτεύον μέ πηγή **συνεχοῦς** τάσεως (π.χ. 6V) καί παρατηρούμε ότι άναμεσα στά ήλεκτρόδια τού δευτερεύοντος έμφανίζεται ήλεκτρικός σπινθήρας. Αύτό φανερώνει ότι στά άκρα τού δευτερεύοντος έμφανίζεται μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt).

Η ήλεκτρική τάση στό δευτερεύον είναι **έναλλασσόμενη** καί παράγεται μέ έπαγωγή. (Οι περιοδικές διακοπές τού ρεύματος στό πρωτεύον, πού προκαλούνται από τόν όπλισμό πού πάλλεται, δημιουργοῦν μεταβολή τής μαγνητικής ροής στον πυρήνα, δηλ. στό έσωτερικό τού δευτερεύοντος πηνίου).

Ο πολλαπλασιαστής χρησιμοποιείται στούς **άναφλεκτήρες** (bougies) τών αύτοκινήτων γιά τήν παραγωγή σπινθήρων, στά έργαστηρια γιά τήν παραγωγή μεγάλων τάσεων κτλ.

Σημείωση. Η τάση πού παράγει ένας πολλαπλασιαστής δέν είναι έπικινδυνη, ἄν καί είναι χιλιάδες Volt, γιατί τό ρεύμα του έχει μικρή ισχύ. Γι' αύτό η παραγωγή της στό έργαστηριο δέ χρειάζεται ιδιαίτερες προφυλάξεις.

IV. TAXOMETΡΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Τό ταχόμετρο (ἢ κοντέρ) είναι δργανό πού μετράει τήν ταχύτητα τών αύτοκινήτων (Σχ. 6). Άλιτελείται από ένα δίσκο άλουμινου, πάνω στόν όποιο είναι στερεωμένος ο δείκτης ταχυτήτων καί από ένα μαγνήτη πού παίρνει κίνηση από τόν άξονα τών τροχών τού αύτοκινήτου. Καθώς περιστρέφεται ο μαγνήτης, δημιουργοῦνται έπαγωγικά ρεύματα στό δίσκο, τά όποια άναγκάζουν τό δίσκο νά στραφεί. "Οσο πιό γρήγορα περιστρέφεται ο μαγνήτης, τόσο ισχυρότερα ρεύματα άναπτυσσονται καί τόσο περισσότερο στρέφεται ο δίσκος. "Ενα έλατήριο, κατάλληλα στερεώμένο, συγκρατεί τό δίσκο καί

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποιο φαινόμενο στηρίζεται ή παραγωγή τάσεως στίς γεννήτριες;
 2. Από τί έξαρτάται ή τάση (ήλεκτρεγερτική δύναμη) μίας γεννήτριας;
 3. Από ποιά κύρια μέρη άποτελείται τό έπαγωγικό πηνίο;
 4. Δύο από τίς άκολουθες φράσεις είναι όρθιες. Ποιες είναι αυτές:
 - α) Κάθε γεννήτρια μπορεί νά λειτουργήσει καί ώς κινητήρας.
 - β) Κάθε κινητήρας μπορεί νά λειτουργήσει καί ώς γεννήτρια.
 - γ) Οι ήλεκτρικές μηχανές συχνά μποροῦν νά λειτουργήσουν καί ώς γεννήτριες.
 - δ) Καμία γεννήτρια δέν μπορεί νά λειτουργήσει ώς κινητήρας.
5. Από πού δημιουργείται τό μαγνητικό πεδίο σέ μία γεννήτρια:
 - α) πάντα από τό στάτορα; β) πάντα από τό ρώτορα; γ) σέ άλλες γεννήτριες από τό στάτορα καί σέ άλλες από τό ρώτορα;

τόν έπαναφέρει στήν άρχική του θέση. Μέ τόν τρόπο αύτό μετράμε τήν ταχύτητα των αύτοκινητών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι γεννήτριες είναι μηχανές πού μετατρέπουν τή μηχανική ένέργεια σε ήλεκτρική. Η λειτουργία τους στηρίζεται στό φαινόμενο τής έπαγωγής.
2. Ο πολλαπλασιαστής μετατρέπει μία μικρή συνεχή τάση σε μεγάλη έναλλασσόμενη, χάρη στό φαινόμενο τής έπαγωγής.
3. Η λειτουργία των συνηθισμένων ταχομέτρων στηρίζεται στή δημιουργία έπαγωγικών ρευμάτων, τά όποια δέχονται μαγνητικές δυνάμεις και μετακινούν τό δείκτη ταχυτήτων.

38η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ PEYMA – ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ – ΙΣΧΥΣ

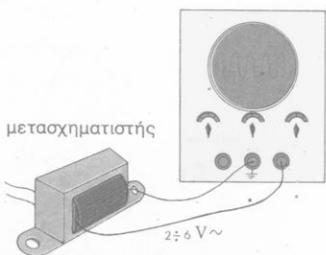
I. ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ PEYMA (A.C.)

α. Όρισμός. Έπαναλαμβάνουμε τό πείραμα τού Σχ. 3 (35η και 36η ένότητες) κινώντας τό μαγνήτη μέσα-ξέω. Παρατηρούμε ότι, όταν ό μαγνήτης είσαγεται στό πηνίο, ή βελόνα τού γαλβανομέτρου έκτρεπεται πρός τή μία μεριά και όταν ό μαγνήτης έξαγεται από τό πηνίο, ή βελόνα έκτρεπεται πρός τήν άλλη. Αύτό σημαίνει ότι μέσα στό πηνίο κυκλοφορεῖ ρεύμα πού δέν έχει ούτε σταθερή τιμή έντάσεως ούτε σταθερή φορά.

"Ενα ρεύμα, τού όποιου ή τιμή και ή φορά έντάσεως μεταβάλλονται περιοδικά μέ τό χρόνο, όνομάζεται ένα λαλασσόμενο ρεύμα, και ή τάση πού τό παράγει έναλλασσόμενη τάση.

Τό ρεύμα πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας και στίς βιομηχανίες γιά φωτισμό, γιά θέρμανση ή γιά κίνηση μηχανών είναι έναλλασσόμενο.

β. Μορφή. Τή μορφή τής έναλλασσόμενης τάσεως μπορούμε εύκολα νά τή δοῦμε, μέ έναν παλμογράφο (Σχ. 1). Συνδέουμε τήν είσοδο τού



Σχ. 1. Ή-έναλλασσόμενη τάση τού δικτύου τής ΔΕΗ. (Συχνότητα = 5×10 α/sec = $50c/sec$)

παλμογράφου μέ μία μικρή έναλλασσόμενη τάση, πού δίνει ό μετασχηματιστής τοῦ έργαστρίου και ρυθμίζουμε τόν παλμογράφο ώστε νά πετύχουμε σταθερή είκόνα. Τότε στήν θόρόνη τοῦ παλμογράφου σχηματίζεται μία κυματοειδής γραμμή, πού στά μαθηματικά λέγεται ήμιτονοειδής καμπύλη. "Αρα:

"Η έναλλασσόμενη ήλεκτρική τάση μεταβάλλεται ήμιτονοειδῶς σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

Συνδέουμε κατόπιν τήν είσοδο τοῦ παλμογράφου μέ μία πηγή συνεχοῦς τάσεως, π.χ. μέ μία ήλεκτρική στήλη τών 4,5V, και παρατηροῦμε στήν θόρόνη μία εύθεια γραμμή (Σχ. 2). "Αρα:

"Η συνεχής ήλεκτρική τάση είναι σταθερή σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο.

γ. Γραφική παράσταση τής έναλλασσόμενης τάσεως.

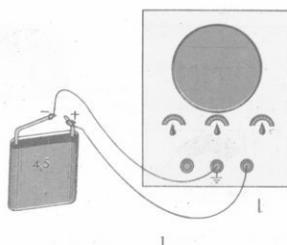
Η μεταβολή τής έναλλασσόμενης τάσεως σέ συνάρτηση^η μέ τό χρόνο παριστάνεται μέ μία ήμιτονοειδή καμπύλη (Σχ. 3), δημοια μέ τήν καμπύλη πού βλέπουμε στήν θόρόνη τοῦ παλμογράφου. Ή τιμή U πού έχει ή τάση σέ κάθε χρονική στιγμή, λέγεται στιγμαία τάση και ή μέγιστη τιμή U_0 , πού παίρνει ή τάση σέ όρισμένες στιγμές, λέγεται πλάτος τής τάσεως. Η στιγμαία τάση γίνεται μηδέν, μεγαλώνει, γίνεται μέγιστη, άρχιζει νά μικραίνει κ.ο.κ. Μετά από όρισμένο χρόνο T , ή τάση άρχιζει νά παθαίνει τίς ίδιες άκριβως μεταβολές.

Ο χρόνος T , μέσα στόν όποιο ή τάση συμπληρώνει έναν όλοκληρο κύκλο μεταβολών, λέγεται περίοδος τοῦ έναλλασσόμενου ρεύματος.

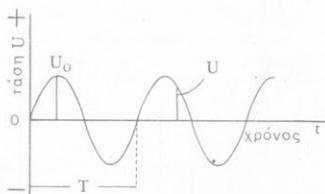
"Όταν γνωρίζουμε τήν περίοδο T , μποροῦμε νά ύπολογισούμε τή συχνότητα ν τοῦ έναλλασσόμενου ρεύματος μέ τό γνωστό τύπο:

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

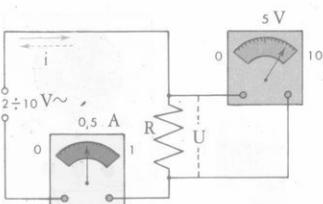
Η συχνότητα τοῦ ρεύματος τής ΔΕΗ είναι 50 c/sec και μπορεῖ εύκολα νά βρεθεῖ μέ έναν παλμογράφο. (Γυρίστε τό κουμπί τής συχνότητας τοῦ παλμογράφου στό έλαχιστο 10 c/sec.



Σχ. 2. Συνεχής τάση. (I) "Όπως φαίνεται στόν παλμογράφο και (II) σπως παριστάνεται γραφικά

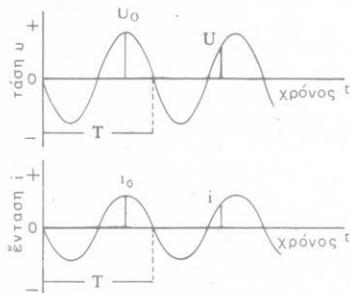


Σχ. 3. Γραφική παράσταση τής έναλλασσόμενης τάσεως. Η στιγμαία τάση U διαρκώς μεταβάλλεται

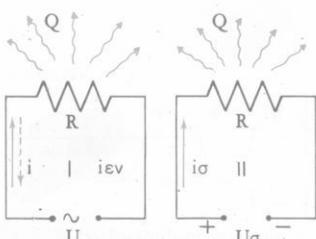


Σχ. 4. Τό αμπερόμετρο μετράει τήν ένεργο ένταση και τό βολτόμετρο τήν ένεργο τάση

$$i_{ev} = \frac{U_{ev}}{R}$$



Σχ. 5. Γραφική παράσταση τής τάσεως U και τής έντασεως i έναλλασσόμενου ρεύματος



Σχ. 6. Είναι $i_{ev} = i_{os}$ όταν παράγεται τό ίδιο Q στόν ίδιο χρόνο

Τότε στήν ούτον σχηματίζεται ή εικόνα τού Σχ. 1).

II. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Ο νόμος τού Οhm ισχύει καί στό έναλλασσόμενο ρεύμα. "Έτσι, άν σέ κάποια στιγμή ή τάση στά άκρα μας άντιστάσεως R είναι U (Σχ. 4), ή ένταση τού ρεύματος i θά δίνεται άπο τόν τύπο:

$$i = \frac{U}{R} \quad (1A = 1 \frac{V}{\Omega})$$

Η γραφική παράσταση τής έντασεως τού ρεύματος σε συνάρτηση με τό χρόνο είναι έπισης μία ήμιτρονοειδής καμπύλη μέ περίοδο ίση με τήν περίοδο τής τάσεως (Σχ. 5).

III. ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΑΣΗ

Είναι γνωστό άπο τήν καθημερινή έμπειριά ότι τό έναλλασσόμενο ρεύμα, πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια μας, παράγει θερμότητα, όταν διέρχεται άπο τίς διάφορες ήλεκτρικές συσκευές. "Άς ύποθέσουμε ότι μία άντισταση R διαρρέεται άπο έναλλασσόμενο ρεύμα καί ότι σέ χρόνο τ παράγεται θερμότητα Q (Σχ. 6). Συνδέουμε κατόπιν τήν ίδια άντισταση R μέ πηγή συνεχούς ρεύματος καί ρυθμίζουμε τήν έντασή του i_{os} , ώστε νά παράγεται ή ίδια θερμότητα Q στόν ίδιο χρόνο t . Ή ένταση αύτή i_{os} τού συνεχούς ρεύματος όνομάζεται ή ενεργός ένταση τού έναλλασσόμενου ρεύματος.

Η συνεχής τάση U_{os} πού παράγει στήν παραπάνω άντισταση R ένταση ίση με τήν ένεργο ένταση i_{os} , λέγεται ή ενεργός ένταση τού έναλλασσόμενου ρεύματος.

Τά αμπερόμετρα καί βολτόμετρα πού είναι κατασκευασμένα γιά έναλλασσόμενο ρεύμα δείχνουν τήν ένεργο ένταση καί ένεργο τάση άντιστοίχως. "Άν ιο είναι τό πλάτος τής έντασης τού ρεύματος άποδεικνύεται ότι:

$$i_{os} = 0,7i_{ev} \quad (\text{περίπου})$$

Όμοιώς: $U_{os} = 0,7U_{ev}$ (περίπου)

(Τό πλάτος τής τάσεως τού ήλεκτρικού δικτύου στά σπίτια μας είναι 308V καί ή ένεργος τάση 220V).

Σέ πολλές περιπτώσεις γιά λόγους συντομίας χρησιμοποιούμε τούς όρους «τάση» καί

«ένταση» καί έννοοῦμε τήν «ένεργο τάση» καί τήν «ένεργό ένταση». "Όταν στά προβλήματα χρησιμοποιούμε τήν ένεργο ένταση, μπορούμε νά θεωρούμε τό έναλλασσόμενο ρεῦμα σάν συνεχές.

IV. ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Γιά νά ύπολογίζουμε τήν ισχύ P ένός ρεύματος χρησιμοποιούμε τό γνωστό τύπο $P = i \cdot U$. "Άν όπου ι βάλουμε τό i καί όπου U τό U_{ev} , τότε ό τύπος τής ισχύος γράφεται:

$$P = i_{ev} \cdot U_{ev}$$

Η ισχύς πού ύπολογίζουμε μέ τόν τύπο αύτό λέγεται μέση ισχύς τού έναλλασσόμενου ρεύματος.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Τί μετροῦν τά άμπερόμετρα έναλλασσόμενου ρεύματος;
- Πόση είναι ή συχνότητα καί ή ένεργος τάση τού ρεύματος τής ΔΕΗ πού χρησιμοποιούμε στά σπίτια;
- Δύο ίδιες άντιστάσεις διαρρέονται ή μία μέ συνεχές ρεῦμα έντασεως ια καί ή δλλη μέ έναλλασσόμενο ρεῦμα ένεργού έντασεως i_{ev} . Έάν $i_{ev} = i_0$, ποιά άπο τίς άκολουθες προτάσεις είναι όρθη; α) τό συνεχές παράγει περισσότερη ισχύ β) τό έναλλασσόμενο παράγει περισσότερη ισχύ γ) τό έναλλασσόμενο ρεῦμα δέ θερμαίνει τήν άντισταση, γιατί πρός τή μία φορά θερμαίνει καί πρός τήν δλλη ψύχει δ) παράγεται ή ίδια ισχύς στίς άντιστάσεις.

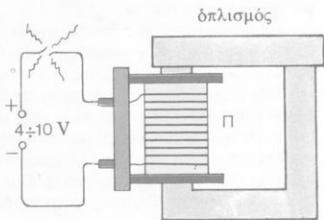
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Στό έναλλασσόμενο ρεῦμα ή ένταση μεταβάλλεται περιοδικά μέ τό χρόνο. Τά συνηθισμένα έναλλασσόμενα ρεύματα έχουν ήμιτονοειδή μορφή καί παριστάνονται γραφικά μέ μία ήμιτονοειδή καμπύλη.
- Τό έναλλασσόμενο ρεῦμα προκαλεί θερμικά άποτελέσματα, όπως καί τό συνεχές. Χρησιμοποιώντας τήν ένεργο ένταση μπορούμε νά θεωρούμε τό έναλλασσόμενο σάν συνεχές.
- Η μέση ισχύς τού έναλλασσόμενου ρεύματος δίνεται άπο τόν τύπο
 $P = i_{ev} \cdot U_{ev}$.

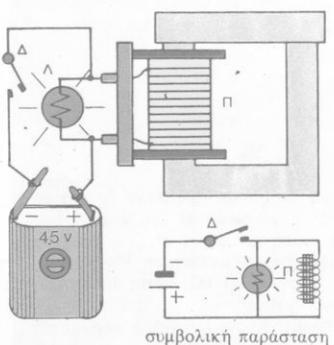
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Τό χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών μηδενισμών τής έντασεως ένός έναλλασσόμενου ρεύματος είναι 0,01 sec. Πόση είναι ή περίοδος καί πόση ή συχνότητα τού ρεύματος;
- Άντισταση 50Ω συνδέεται μέ έναλλασσόμενη τάση πού έχει ένεργο τιμή 20V. Πόση είναι ή ένεργος ένταση τού ρεύματος πού διέρχεται άπο τήν άντισταση;
- Μία ήλεκτρική θερμάτρα έχει κατασκευασθεί νά λειτουργεί κανονικά σέ συνεχές ρεῦμα τάσεως 220V. α) Γιά νά λειτουργεί κανονικά σέ έναλλασσόμενο ρεῦμα, πόση πρέπει νά είναι ή ένεργος τάση; β) Έάν ή άντισταση τής θερμάτρας είναι $R = 110\Omega$, πόση θά είναι ή ένεργος ένταση;
- "Ένας ήλεκτρικός λαμπτήρας φέρνει τίς ένδειξεις «220V, 100W» καί είναι σύνδεμένος μέ τό δίκτυο τών 220V. α) Τί σημαίνουν οι πού πάνω ένδειξεις τού λαμπτήρα; β) Πόση θερμότητα σέ Joule παράγει ο λαμπτήρας σέ 1h;

ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ – ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ



Σχ. 1. Στό σημείο διακοπής τοῦ κυκλώματος πετιέται σπινθήρας



Σχ. 2. Όταν άποσυνδέεται ή πηγή, τό λαμπάκι κάνει μά αναλαμπή. Για $E = 4.5 \text{ V}$ και $\Pi = 300 \text{ σπείρες}$, πρέπει $\Lambda = 3.5 \text{ V}$

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε φορά που σβήνουμε τό φῶς ή άποσυνδέουμε έναν κινητήρα άπο την ήλεκτρική πηγή ή διακόπτουμε τό κύκλωμα ένός πηνίου (Σχ. 1), παράγονται μικροί σπινθήρες στό σημείο διακοπής τοῦ κυκλώματος, δηλ. στό διακόπτη. Οι σπινθήρες αύτοί δφεύλονται στό φαινόμενο τῆς αύτεπαγωγῆς που είναι μία ειδική περίπτωση τῆς έπαγωγῆς.

II. ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

a. Έννοια τῆς αύτεπαγωγῆς. Συνδέουμε ένα λαμπάκι Λ στά άκρα ένός πηνίου μέ πυρήνα (Σχ. 2). Κατόπιν συνδέουμε τό σύστημα μέ μία ήλεκτρική πηγή συνεχούς τάσεως, φροντίζοντας ή τάση τῆς πηγῆς νά είναι τέτοια, ώστε τό λαμπάκι μόλις νά άναβει, σταν ή πηγή είναι συνδεμένη μέ τό σύστημα. Άποσυνδέουμε στή συνέχεια τήν ήλεκτρική πηγή και παρατηρούμε στό λαμπάκι μία στιγματιά άναλαμπή. Τό γεγονός αύτό φανερώνει ότι, κατά τή διακοπή τοῦ ρεύματος τοῦ πηνίου, άναπτυσσεται στά άκρα τοῦ πηνίου μία ήλεκτρική τάση μεγαλύτερη άπό τήν τάση τῆς ήλεκτρικής πηγῆς. Άναπτυξη τάσεως στά άκρα ένός πηνίου δέν παρατηρείται μόνο κατά τή διακοπή τοῦ ρεύματος που διαρρέει τό πηνίο, άλλα καί σέ κάθε μεταβολή τῆς έντασεως τοῦ ρεύματος που διαρρέει τό πηνίο. Αύτό τό φαινόμενο όνομάζεται αύτεπαγωγή. Έπομένων:

Αύτεπαγωγή ή όνομάζεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο έμφανίζεται ήλεκτρική τάση στά άκρα ένός πηνίου, σταν μεταβάλλεται ή ένταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος που διαρρέει τό πηνίο.

β. Έξηγηση τοῦ φαινομένου τῆς αύτεπαγωγῆς. "Όταν τό πηνίο είναι συνδεμένο μέ τήν ήλεκτρική πηγή, μέσα άπ' τό πηνίο διέρχεται ήλεκτρικό ρεύμα που δημιουργεῖ ένα μαγνητικό πεδίο (Σχ. 3). Όταν διακόπτεται τό ρεύμα, μηδενίζεται τό μαγνητικό πεδίο, άρα μηδενίζεται

καί ή μαγνητική ροή μέσα στό πηνίο. Μέ τη διακοπή λοιπόν τού ρεύματος συμβαίνει μεταβολή τής μαγνητικής ροής στό έσωτερικό τού πηνίου, μέ αποτέλεσμα νά έμφανιζεται έπαγωγική τάση στά άκρα του. 'Αρα:

'Η αύτεπαγωγή οφείλεται στίς μεταβολές τής μαγνητικής ροής στό έσωτερικό τού πηνίου, οι οποίες συνοδεύουν τίς μεταβολές τής έντασεως τού ήλεκτρικού ρεύματος πού διαρρέει τό πηνίο.

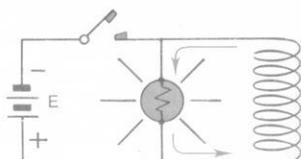
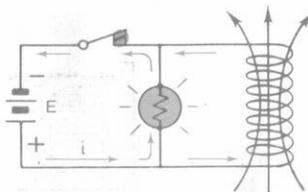
'Από τά παραπάνω προκύπτει ότι ή αύτεπαγωγή είναι ένα φαινόμενο όμοιο μέ τήν έπαγωγή. 'Η διαφορά τους είναι ότι οι μεταβολές τής μαγνητικής ροής στήν έπαγωγή προέρχονται από έξωτερικά αίτια, ένω στήν αύτεπαγωγή προέρχονται από τίς μεταβολές τού ίδιου τού ρεύματος πού κυκλοφορεί στό πηνίο.

γ. Τό πηνίο, αποθηκεύει ένέργεια έξαιτιας τής αύτεπαγωγής. Γιά νά λάμψει τό λαμπάκι στό πείραμα τού Σχ. 2, χρειάζεται ένέργεια. Τήν ένέργεια αύτη, προφανώς δέν τή δίνει ή ήλεκτρική πηγή – άφου ή λάμψη παρατηρεῖται μετά τή διακοπή τού κυκλώματος – άλλα τό πηνίο. 'Από αύτό συμπεραίνουμε ότι τό πηνίο, στή διάρκεια τής διακοπής τού ρεύματός του, ένεργειά ώς ήλεκτρική πηγή καί δίνει ήλεκτρική ένέργεια. 'Άλλα πού βρήκε τήν ένέργεια αύτή τό πηνίο; 'Πότε τήν αποθηκεύεσε καί μέ ποιά μορφή;

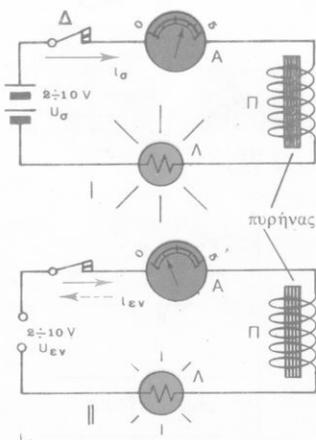
Τήν ένέργεια τήν παίρνει τό πηνίο από τήν πηγή στήν άρχη τής συνδέσεων καί τή διατηρεῖ αποθηκεύμένη μέ τή μορφή ένέργειας μαγνητικού πεδίου. 'Οταν άνοιγουμε τό κύκλωμα, ή ένέργεια τού πηνίου αποδίδεται στό λαμπάκι.

III. ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΠΗΝΙΟΥ

α. "Εννοια τής έπαγωγικής άντιστάσεως. Συνδέουμε ένα πηνίο, ένα λαμπάκι καί ένα άμπερόμετρο σέ σειρά μέ ήλεκτρική πηγή συνεχούς τάσεως, δημοσίας, δημοσίας που θυμίζουμε τήν τάση τής πηγής ώστε νά φωτίζει κανονικά τό λαμπάκι καί σημειώνουμε τήν ένταση τού ρεύματος (π.χ. $i_0 = 0,4A$). Κατόπιν έφαρμόζουμε στά άκρα τού κυκλώματος έναλλασσόμενη ήλεκτρική τάση μέ ένεργο τιμή U_{ev} ίση μέ τήν τάση U_0 ($U_{ev} = U_0$). Παρατηρούμε ότι τό λαμπάκι φωτίζει λιγότερο καί ότι ή ένταση i_{ev}

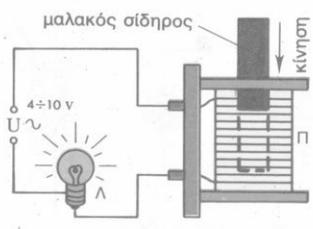


Σχ. 3. 'Η διακοπή τού ρεύματος μεταβάλλει τή μαγνητική ροή στό πηνίο

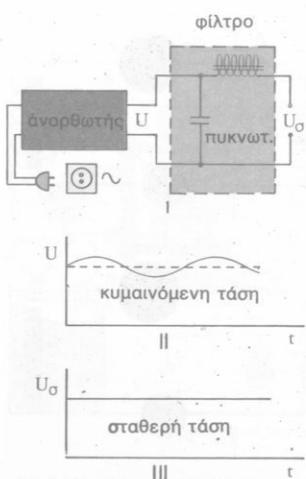


Σχ. 4. I. Στό συνεχές ρεύμα τό πηνίο έχει μόνο άμική άντισταση.

II. Στό έναλλασσόμενο έχει καί άμική καί έπαγωγική. ($\Lambda = 3 \div 6 V$, $P = 600$)



Σχ. 5. Ένας ροοστάτης κατάλληλος μόνο για έναλλασσόμενο ρεύμα.
($\Lambda = 3 \div 6 \text{ V}$, $\Pi = 300 \div 600 \text{ spēires}$)



Σχ. 6. Ο ανορθωτής μετατρέπει την έναλλασσόμενη τάση σε συνεχή (II) και τό φίλτρο την κάνει σταθερή (III)

τού έναλλασσόμενου ρεύματος είναι μικρότερη από τήν ένταση ισ τού συνεχούς ρεύματος ($i_e < i_0$). Συνεπώς τό πηνίο παρεμβάλλει μεγαλύτερη άντισταση στό έναλλασσόμενο ρεύμα από δ, τι στό συνεχές.

Η άντισταση, πού παρεμβάλλει ένα πηνίο στό συνεχές ήλεκτρικό ρεύμα, λέγεται ώμικη άντισταση. Η πρόσθετη άντισταση, πού παρεμβάλλει τό πηνίο στό έναλλασσόμενο ρεύμα, λέγεται έπαγωγική άντισταση.

Η ώμικη και έπαγωγική άντισταση μαζί από τελούν τήν ολική άντισταση* τού πηνίου στό έναλλασσόμενο ρεύμα.

Άν τό καλώδιο ένός πηνίου είναι άρκετά χοντρό, ώστε ή ώμική άντισταση νά είναι άσημαντη, τότε ή μόνη άντισταση τού πηνίου στό έναλλασσόμενο ρεύμα είναι ή έπαγωγική άντισταση (ιδανικό πηνίο). Έπομένως, παραείποντας τήν ώμική άντισταση, μπορούμε νά πούμε τό έξης:

Έπαγωγική άντισταση είναι ή άντισταση πού παρεμβάλλει ένα ιδανικό πηνίο στό έναλλασσόμενο ρεύμα.

Η έπαγωγική άντισταση όφειλεται στό φαινόμενο τής αύτεπαγωγῆς.

β) Παράγοντες από τούς όποιους έχαρταται ή έπαγωγική άντισταση.

Άν στό πείραμα τού Σχ. 4, II άφαιρεσούμε τόν πυρήνα, παραπρούμε δτι αύξανεται ή ένταση τού ρεύματος, δηλ. μικραίνει ή άντισταση. Αρα:

Η έπαγωγική άντισταση ένός πηνίου είναι μεγαλύτερη, όταν στό πηνίο ύπάρχει σιδερένιος πυρήνας και άντιστροφα.

Τήν ιδιότητα αύτή μπορούμε νά τήν άξιοποιήσουμε στήν κατασκευή π.χ. ένός ροοστάτη, πού είναι κατάλληλος μόνο γιά τό έναλλασσόμενο ρεύμα (Σχ. 5).

Αποδεικνύεται έπισης δτι ή έπαγωγική άντισταση ένός πηνίου είναι άναλογη πρός τή συχνότητα τού ρεύματος και έχαρταται από τόν

*Η ολική άντισταση βρίσκεται άν προσθέσουμε διανυσματικά τίς δύο άντιστάσεις και δέ θά μᾶς απασχολήσει στό βιβλίο αύτό.



Σχ. 7. Ή κάθε συνδιάλεξη μεταφέρεται μέ ενα έναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας. Ο διαχωρισμός τών ρευμάτων, άρα καί τών συνδιαλέξεων, γίνεται στά τηλεφωνικά κέ-

ντρα μέ κατάλληλα φίλτρα. (Τό όμοα-ξονικό καλώδιο Αθηνας - Θεσσαλονίκης σήμερα μεταφέρει μέχρι 2.700 συνδιαλέξεις συγχρόνως)

άριθμό τών σπειρών τοῦ πηγίου καί ἀπό τίς διαστάσεις του.

γ. Έφαρμογές τῆς ἐπαγγικῆς ἀντιστάσεως

Μία σπουδαία ἐφαρμογή τῆς ἐπαγγικῆς ἀντιστάσεως συναντᾶται στά φίλτρα (Σχ. 6).

Τά φίλτρα είναι συνήθως συστήματα πηνίων καί πυκνωτῶν καί ἔχουν πολλές τεχνικές ἐφαρμογές.

Οι γνωστές ἡλεκτρονικές συσκευές (ἐνισχυτές, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις κτλ.) χρειάζονται γιά τή λειτουργία τους συνεχές ἡλεκτρικό ρεύμα. Τό ἡλεκτρικό δίκτυο στά σπίτια μας παρέχει, ὅπως είναι γνωστό, έναλλασσόμενο ρεύμα. Γιά νά βάλουμε ἐπομένως σέ λειτουργία τίς παραπάνω συσκευές, πρέπει πρώτα νά μετατρέψουμε τό έναλλασσόμενο ρεύμα σέ συνεχές, δηλ. νά τό ἀνορθώσουμε ὅπως συνήθως λέμε. Ή μετατροπή αὐτή γίνεται μέ ειδικές συσκευές πού λέγονται ἀνορθωτές, ἀπ' ταύς δύοις δύμας ή τάση δέ βγαίνει σταθερή, ἀλλά κυμαινόμενη (Σχ. 6, II). "Όταν μία τέτοια κυμανόμενη τάση δόηγεται στόν ἐνισχυτή ή τό ραδιόφωνο, ἀκούγεται στά μεγάφωνα τῆς συσκευῆς ὡ γνωστός ἐνοχλητικός βόμβος. Μέ τή χρησιμοποίηση δύμας κατάλληλου φίλτρου, ή τάσης ἔξομαλύνεται καί γίνεται σταθερή (Σχ. 6, III).

Ειδικά φίλτρα χρησιμοποιούνται ἐπίσης στήν τηλεφωνία γιά τό διαχωρισμό τών συνδιαλέξεων πού μεταφέρονται μέ ενα καλώδιο (όμοαξονικό καλώδιο) (Σχ. 7).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από πού προέρχεται ή ἐνέργεια πού κάνει τό λαμπάκι νά φωτισθούσει ζωηρά γιά λίγο, κατά τή διακοπή τοῦ κυκλώματος (Σχ. 2);
2. Σέ ποιά ἀπό τίς ἀκόλουθες περιπτώσεις ἔνα πηγίο ἔχει μεγαλύτερη ἐπαγγική ἀντίσταση: α) Στό συνεχές ρεύμα; β) Στό έναλλασσόμενο μέ μεγάλη συχνότητα; γ) Στό έναλλασσόμενο μέ μικρή συχνότητα;
3. Πώς μεταβάλλεται ή ἐπαγγική ἀντίσταση μέ τή συχνότητα τοῦ ρεύματος; Από τή σχέση αυτή νά ἐξηγήσετε γιατί ή ἐπαγγική ἀντίσταση είναι μηδέν στό συνεχές ρεύμα.
4. Στήν ἐπαγγή καί τήν αὐτεπαγγή ή ἐμφάνιση τάσεως στά ὄκρα ἐνός πηγίου είναι ἀποτέλεσμα μεταβολῆς τής μαγνητικῆς ροής. Πότε θά λέμε δτί είναι ἐπαγγή καί πότε αὐτεπαγγή;
5. Μπορεῖ ϋ ροοστάπης τοῦ Σχ. 5 νά χρησιμοποιηθεί στό συνεχές ρεύμα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι μεταβολές της έντασεως του ήλεκτρικού ρεύματος σε ένα πηνίο προκαλούν ηλεκτρικές τάσεις στά ακρα του πηνίου (αύτεπαγωγή). Αποτέλεσμα της αύτεπαγωγής είναι ή έπαγωγική άντισταση τών πηνίων πού έμφανίζεται στα έναλλασσόμενα ρεύματα.
2. Τα πηνία μέχρι τρές σπειρες δέν παρουσιάζουν άντισταση στό συνεχές ρεύμα (ώμική άντισταση), άλλα μόνο στό έναλλασσόμενο (έπαγωγική άντισταση).
3. Η έπαγωγική άντισταση, ένας πηνίου είναι άναλογη πρός τη συχνότητα του ρεύματος και έξαρτη από τό ύλικό του πυρήνα, τόν άριθμό τών σπειρών του πηνίου και τίς διαστάσεις του.
4. Τό πηνίο έχει τήν ιδιότητα νά άποθηκεύει ένα ποσό ήλεκτρικής ένέργειας μέ τή μορφή ένέργειας μαγνητικού πεδίου, όταν αύξανεται τό ρεύμα, και νά τό άποδιδει όταν τό ρευμα έλαττωνεται.

40η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ – ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

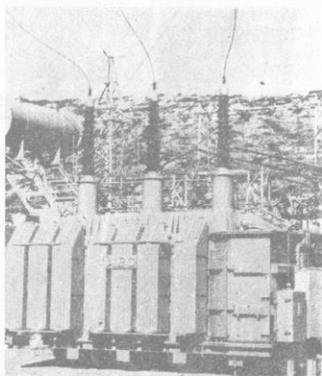
Τά μεγάλα έργοστάσια ήλεκτρικής ένέργειας (ύδροηλεκτρικά και θερμοηλεκτρικά) βρίσκονται συνήθως σέ μεγάλες άποστάσεις άπό τίς περιοχές καταναλώσεως (πόλεις, χωριά, βιομηχανίες). Ή μεταφορά τής ήλεκτρικής ένέργειας συμφέρει νά γίνεται μέ ύψηλή τάση και μικρή ένταση. Ή μετατροπή τής σχετικά χαμηλής τάσεως, πού παράγουν οι γεννήτριες τών έργοστασών, σέ ύψηλή γίνεται μέ ειδικές φυσικές πού λέγονται μετασχηματιστές.

Έπομένως:

Μετασχηματιστές λέγονται οι συσκευές πού μεταβάλλουν τήν τάση του έναλλασσόμενου ρεύματος άπό χαμηλή σέ ύψηλή και άντιστροφα.

II. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

a. Κατασκευή τού. μετασχηματιστή. Κάθε μετασχηματιστής άποτελείται από δύο πηνία και έναν κοινό πυρήνα (Σχ. 4). Τά πηνία δέν



Σχ. 1. Μετασχηματιστής ύψηλής τάσεως (ΔΕΗ Μεγαλοπόλεως).

έχουν τόν ίδιο άριθμό σπειρών, άλλα τό ένα έχει περισσότερες σπείρες από τό άλλο. Τό πηνίο, πού συνδέουμε μέ τήν τάση πού θέλουμε νά μετασχηματίσουμε, όνομάζεται **πρωτεύον**, και τό άλλο, από τό όποιο παίρνουμε τή μετασχηματισμένη τάση, όνομάζεται **δευτερεύον**. Κάθε πηνίο μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ώς πρωτεύον ή δευτερεύον. Αύτό έχαρταται από τήν άπαίτηση πού έχουμε κάθε φορά από τό μετασχηματιστή, άρκει φυσικά νά μήν ύπερβαίνουμε τίς τάσεις γιά τίς όποιες προορίζονται τά πηνία.

β. Λειτουργία τοῦ μετασχηματιστῆ.

1. Εύρεση τής τάσεως. Γιά νά καταλάβουμε πῶς λειτουργεί ὁ μετασχηματιστής κάνουμε τό άκόλουθο πείραμα (Σχ. 5). Κατασκευάζουμε μόνοι μας ένα μετασχηματιστή και συνδέουμε τό πρωτεύον πηνίο μέ μία χαμηλή έναλλασσόμενη τάση U_1 . Στή συνέχεια χρησιμοποιούμε διάφορα δευτερεύοντα πηνία, μετράμε τίς τάσεις U_2 στά άκρα τους και συμπληρώνουμε έναν πίνακα παρόμοιο μέ τόν πίνακα I.

Από τίς μετρήσεις τοῦ πειράματος προκύπτει ότι; οταν ὁ άριθμός n_2 τῶν σπειρών τοῦ δευτερεύοντος πηνίου είναι ίσος μέ τόν άριθμό n_1 τῶν σπειρών τοῦ πρωτεύοντος, τότε και ή τάση U_2 είναι ίση μέ τήν τάση U_1 , δηλ. δέν ύπάρχει μετασχηματισμός τάσεως. "Ενας τέτοιος μετασχηματιστής δέν έχει πρακτική άξια.

"Οταν ὁ άριθμός n_2 είναι διπλάσιος από τόν άριθμό n_1 , τότε και ή τάση U_2 είναι διπλάσια από τήν τάση U_1 . Γενικά μπορούμε νά πούμε ότι:

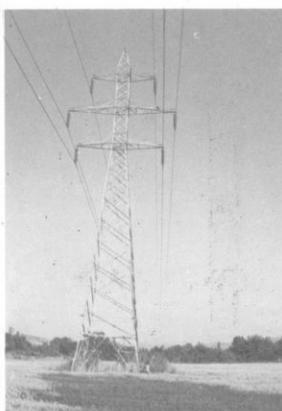
Οι τάσεις στά άκρα τῶν πηνίων. ένός μετασχηματιστῆ είναι άναλογες μέ τούς άριθμούς τῶν σπειρών τῶν πηνίων.

Η πρόταση αύτή διατυπώνεται και μέ τήν άκολουθη σχέση:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Μέ τόν τύπο αύτό μπορούμε νά καθορίζουμε τόν άριθμό τῶν σπειρών, έτσι ώστε νά παίρνουμε στό δευτερεύον πηνίο μικρότερη ή μεγαλύτερη τάση από τό πρωτεύον.

Παρατήρηση. Οι τάσεις στό δευτερεύον πηνίο μπορεῖ νά παρουσιάσουν μεγάλες αποκλίσεις από αύτές πού περιμένουμε από τόν



Σχ. 2. Γραμμές μεταφορᾶς ηλεκτρικής ένέργειας 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 τό Στεφανοβίκειο Βόλου

τύπο (1), όταν ό όπλισμός στό Σχ. 5 δέν έφαπτεται καλά στό πεταλοειδή πυρήνα ή όταν άφαιρεθεί η τερείωση.

2. Εύρεση τής ισχύος. Προηγουμένων βρήκαμε τή σχέση πού συνδέει τίς τάσεις τού πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου, χωρίς νά μᾶς ένδιαφέρει αν τό δευτερεύον κύκλωμα είναι κλειστό ή άνοικτό. Τώρα θά μελετήσουμε ειδικά τήν περίπτωση πού τό δευτερεύον κύκλωμα είναι κλειστό και έπομένων καταναλώνει κάποια ένέργεια (Σχ. 6).

"Όπως σέ κάθε μηχανή έτσι και στούς μετασχηματιστές ύπάρχουν άπωλειες ένέργειας και έπομένων ή ισχύς, πού άποδίζεται στό δεύτερο κύκλωμα, είναι μικρότερη από τήν ισχύ πού δαπανάται στό πρώτο. Στούς μετασχηματιστές δημοσ ή άποδοση είναι μεγάλη ($\approx 95\%$), γι' αύτό μπορούμε νά δεχθούμε ότι ή ισχύς στό δεύτερο κύκλωμα είναι λιγότερη με τήν ισχύ στό πρώτο. Άρα λοιπόν θά ισχύει:

Ισχύς πρωτεύοντος = ισχύς δευτερεύοντος

$$i_1 U_1 = i_2 U_2 \quad (2)$$

Η σχέση (2) γράφεται ως έξης:

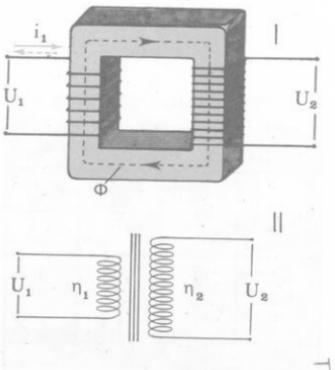
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad (3)$$

Από τίς σχέσεις (1) και (3) προκύπτει ότι:

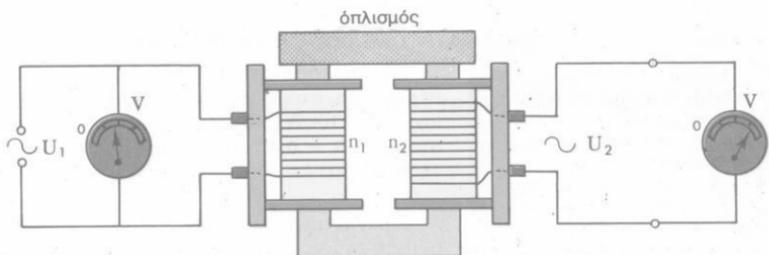
$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

Παρατηρούμε ότι οι έντασεις τών ρευμάτων είναι άντιστρόφων ανάλογες πρός τούς άριθμούς τών σπειρών. "Ετσι τό πηνίο μέ τίς περισσότερες σπειρίτες διαρρέεται από ρεύμα μικρότερης έντασεως και γι' αύτό κατασκευάζεται άπο λεπτότερο σύρμα.

γ. Πώς έμφανιζεται ή τάση στό δευτερεύον πηνίο. "Ισως νά γεννηθεί ή άπορια. Πώς άναπτύσσεται τάση στό δευτερεύον, άφου τά δύο πηνία δέν έχουν ήλεκτρική έπαφή; Ή άπαντηση είναι άπλη και έχει άμεση σχέση μέ τό φαινόμενο τής έπαγωγής (Σχ. 4, I). "Όπως άναφέραμε και πιό πάνω, τό πρώτο πηνίο διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα. Τό έναλλασσόμενο ρεύμα προκαλεί άδιάκοπη μεταβολή τής μαγνητικής ροής στό έσωτερικό τού πηνίου, έπομένων και στόν πυρήνα, πού είναι κοινός και γιά τά δύο πηνία. "Ετσι στό έσωτερικό τού δεύτερου



Σχ. 4. I. Κατασκευή τού μετασχηματιστή. II. Συμβολική παράσταση τού μετασχηματιστή



Σχ. 5. Στίς περισσότερες σπείρες άντιστοιχεῖ μεγαλύτερη τάση

πηνίου θά ύπάρχει ή ίδια άδιάκοπη μεταβολή της μαγνητικής ροής που θά προκαλεῖ στά άκρα του τάση της ίδιας συχνότητας. "Αρα:

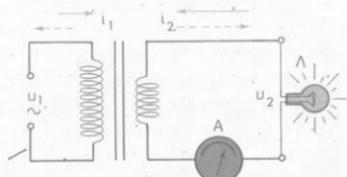
"Οταν λειτουργεῖ ό μετασχηματιστής, στό έσωτερικό του δευτερεύοντος πηνίου ύπάρχει διαρκώς μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, μέ όποτέλεσμα νά έμφανιζεται έναλλασσόμενη τάση στά άκρα του.

Σημείωση: Κάθε μετασχηματιστής είναι κατασκευασμένος νά λειτουργεῖ σέ όρισμένα όρια τάσεως και ίσχυος. Τά στοιχεία αύτά είναι γραμμένα πάνω σέ κάθε μετασχηματιστή και πρέπει νά τηρούνται, για νά μήν καταστραφεῖ από ύπερθέρμανση.

III. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

"Όπως θά δοῦμε στό πιό κάτω παράδειγμα, οι άπωλειες σέ ένέργεια είναι μεγάλες, όταν ή τάση μέ τήν όποια μεταφέρεται ή ένέργεια είναι μικρή, ένω είναι άμελητέες όταν ή τάση είγαι πολύ μεγάλη. Γιά τό λόγο αύτό η μεταφορά της ήλεκτρικής ένέργειας σέ μεγάλες άποστασεις γίνεται μέ ύψηλή τάση χιλιάδων Volt (Σχ. 2).

Όι μεγάλες δύναμεις τάσεις είναι πολύ έπικινδυνες γιά τόν ανθρωπο και γι' αύτό άκαταλληλες γιά χρήση σέ σπίτια ή σέ βιομηχανίες. Είναι άναγκη λοιπόν νά άνυψωνεται ή ήλεκτρική ένέργεια σέ μεγάλες άποστασεις και νά μειώνεται, όταν πρόκειται νά διατεθεῖ στήν κατανάλωση (Σχ. 3). Κατάλληλο ρεύμα γιά τούς μετασχηματισμούς αύτούς είναι τό έναλλασσόμενο ρεύμα και γι' αύτό τό χρησιμοποιούμε στή μεταφορά της ήλεκτρικής ένέργειας.



Σχ. 6. Ή λογή στό δευτερεύον είναι ίση μέ τήν λογή στό πρωτεύον όταν ή άποδοση τού μετασχηματιστή είναι 100%.

Παράδειγμα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Σέ ποιο φαινόμενο στηρίζεται ή λειτουργία τού μετασχηματιστή;
- Μπορεῖ ένας μετασχηματιστής νά μετασχηματίσει συνεχή τάση;
- Γιατί άνυψωνουν τή τάση όταν πρόκειται νά μεταφερθεῖ ή ήλεκτρική ένέργεια σέ μεγάλες αποστάσεις καί τή χαμηλώνουν όταν πρόκειται νά διανεμηθεῖ στά σπίτια;
- "Ένας μετασχηματιστής μετατρέπει τήν τάση $U_1 = 220V$ τού ήλεκτρικού δίκτυου σέ $U_2 = 12V$. Μπορούμε νά συνδέσουμε τό μετασχηματιστή άναποδα στό ήλεκτρικό δίκτυο;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- Τό πρωτεύον ένός μετασχηματιστή έχει 300 σπείρες καί τό δευτερεύον 60. Έάν ή τάση στό πρωτεύον είναι 220V, πόση θά είναι ή τάση στό δευτερεύον πηνίο;
- Μετασχηματιστής ύψηλής τάσεως μετατρέπει τά 10000W πού παράγει ή γεννήτρια τού ήλεκτρικού έργοστασίου σέ 150000V. Έάν τό δευτερεύον έχει 120 σπείρες, πόσες σπείρες πρέπει νά έχει τό πρωτεύον;
- Η ένταση τού ρεύματος στό πρωτεύον πηνίο ένός μετασχηματιστή είναι 2A καί ή τάση $U_1 = 30V$. Νά βρεθεῖ ή ένταση στό δευτερεύον πηνίο, έάν ή τάση U_2 είναι 120V.

ΛΥΣΗ

Σύμφωνα μέ τόν τύπο τής ισχύος $P = i \cdot U$, ή ένταση τού ρεύματος θά δίνεται άπό τόν τύπο:

$$i = \frac{P}{U}$$

a) "Όταν ή τάση είναι $U_1 = 200V$, τότε τό ρεύμα θά είναι:

$$i_1 = \frac{10000W}{200V} = 50A.$$

"Η ισχύς πού χάνεται στούς άγωγούς μεταφορᾶς ώς θερμότητα θά είναι: $P_1 = i_1^2 \cdot R \Rightarrow P_1 = 50^2 \cdot 0,4A^2 \cdot \Omega = 1000W$.

"Άρα τό 10% τής όλικής ισχύος χάνεται ώς θερμότητα.

b) "Όταν ή τάση είναι $U = 200000V$ τότε:

$$i_2 = \frac{10000W}{200000V} = 0,05A \Rightarrow P_2 = i_2^2 \cdot R = 0,001W$$

"Άρα μόνο τό 0,00001% τής όλικής ισχύος χάνεται ώς θερμότητα μέ μία τέτοια μεταφορά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι μετασχηματιστές είναι συσκευές πού μποροῦν νά άνυψωνουν ή νά χαμηλώνουν έναλλασσόμενες τάσεις.
- Η αύξηση τής τάσεως είναι άπαραίτητη γιά τή μεταφορά τής ήλεκτρικής ένέργειας σέ μεγάλες αποστάσεις. Οι χαμηλές τάσεις είναι κατάλληλες γιά χρήση στά σπίτια καί στά έργοστάσια γιατί είναι λιγότερο έπικινδυνες.
- Οι σχέσεις πού ισχύουν στήν λειτουργία ιδανικών μετασχηματιστών είναι:
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{καί} \quad i_1 \cdot U_1 = i_2 \cdot U_2$$
- Η έμφρανη τάσεως στά άκρα τού δευτερεύοντος πηνίου όφείλεται στίς μεταβολές τής μαγνητικής ροής στόν κοινό πυρήνα, οι όποιες προκαλούνται άπό τό πρωτεύον.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ – ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ



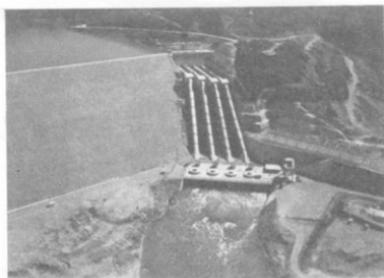
Σχ. 1. Ατμοηλεκτρικός Σταθμός Με γαλοπόλεως (250 MW)

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

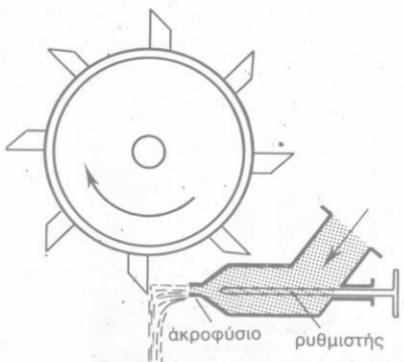
Σύμφωνα με τά προηγούμενα, οί ήλεκτρογεννήτριες είναι μηχανές πού μετατρέπουν τό μηχανικό έργο σε ήλεκτρική ένέργεια. Στίς μεγάλες ήλεκτρογεννήτριες τών έργοστασίων τό μηχανικό έργο είναι δυνατό νά προέρχεται είτε από μία θερμική μηχανή, π.χ. άτμοστρόβιλο, είτε από μία ύδραυλική μηχανή, π.χ. ύδροστρόβιλο (Σχ. 3). Τά έργοστάσια πού χρησιμοποιούν θερμική ένέργεια γά νά παράγουν ήλεκτρική όνομάζονται θερμικά έργοστάσια και έκεινα πού έκμεταλλεύονται τήν πτώση ταύ νερού γιά τήν παραγωγή ήλεκτρικής ένέργειας όνομάζονται ύδροηλεκτρικά έργοστάσια ή ύδροηλεκτρικοί σταθμοί. Στό βιβλίο αύτό θά περιγράψουμε μόνο τά ύδροηλεκτρικά έργοστάσια.

II. ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ

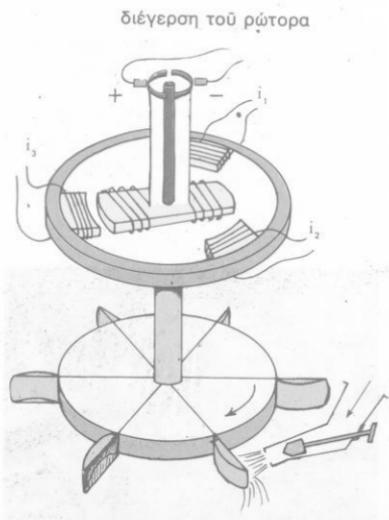
Οί ύδροηλεκτρικοί σταθμοί κατασκευάζονται κοντά σέ τεχνητές λίμνες πού δημιουργούνται μέ τή βόθηεια φραγμάτων. Μεγάλοι και άνθεκτικοί άγωγοι (σωλήνες) μεταφέρουν τό



Σχ. 2. Ύδροηλεκτρικός Σταθμός Καστρακίου (320 MW).



Σχ. 3. Ύδροστρόβιλος (άρχη)



Σχ. 4. Απλό σχέδιο ύδροηλεκτρικής γεννήτριας

νερό ἀπό τὴ λίμνη στὸ σταθμό (Σχ. 2). Ἐκεῖ τὸ νερό χύνεται μὲν ὅρμῃ πάνω στὰ πτερύγια τοῦ ὕδροστρόβιλου, ὃ ὀποῖος στὴ συνέχεια περιστρέφει τὸ ρώτορα μᾶς γεννήτριας (Σχ. 4). "Ἐτοι ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια τοῦ νεροῦ μετατρέπεται σὲ ἡλεκτρική.

Γιά νά μποροῦμε νά ρυθμίζουμε τὴν ποσότητα τοῦ νεροῦ πού βγαίνει ἀπό τὸ ἄ κρο φύσιο τοῦ σωλήνα, τοποθετοῦμε στὴν ἄκρη τοῦ σωλήνα μία μεγάλη στρόφιγγα πού λέγεται ρυθμιστής. "Ἐτοι, ἐλέγχοντας τὴν ποσότητα τοῦ νεροῦ πού πέφτει στὰ πτερύγια, οἱ τεχνικοί ἐλέγχουν καὶ τὴν ισχὺ τῆς γεννήτριας.

Ο ἔλεγχος τῆς ισχύος είναι ἀπαραίτητος, γιατί ἡ ζήτηση σὲ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια δέν είναι σταθερή στὴ διάρκεια τοῦ εἰκοσιτετράρου. Εἶναι μεγάλη τίς πρωινές ἐργάσιμες ὥρες καὶ τίς ὥρες μετά τὴ δύση τοῦ ἥλιου, ἐνῶ είναι πολὺ μικρή μετά τὰ μεσάνυχτα. Μέ ἔναν αὐτόματο μηχανισμό, οἱ ρυθμιστές ἀφήνουν περισσότερο ἢ λιγότερο νερό, ὥστε οἱ γεννήτριες νά καλύπτουν κάθε φορά τὴν κατανάλωση.

III. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

"Ολες οἱ γεννήτριες τῶν ἡλεκτρικῶν σταθμῶν είναι ἔτοι κατασκευασμένες ὥστε νά παράγουν ταυτόχρονα τρεῖς ἐναλλασσόμενες τάσεις καὶ συνεπῶς τρία ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Τὰ ρεύματα αὐτά ἀναπτύσσονται σὲ τρία ἀνεξάρτητα πηνία πού βρίσκονται στὸ στάτορα καὶ πού οἱ ἀξονές τους σχηματίζουν γωνία 120° ὁ ἔνας μέ τὸν ἄλλο.

Στὸ Σχ. 5 φαίνεται ἡ ἀρχὴ τῆς παραγωγῆς τῶν τριῶν ταυτοχρόνων ρευμάτων πού συνιστοῦν τὸ γνωστό τριφασικό ρεύμα. "Αρα:

"Οταν λέμε τριφασικό ρεύμα ἐννοοῦμε ἔνα σύστημα τριῶν ἐναλλασσόμενων ρευμάτων, πού παράγονται ταυτόχρονα σὲ τρία ἴδια πηνία τοῦ στάτορα πού σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.

"Αν τὰ πηνία ἡταν τελείως ἀσύνδετα μεταξύ τους, ὅπως στὸ Σχ. 5 καὶ Σχ. 6, I, ἡ μεταφορά τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας στὴν κατανάλωση θά ἀπαιτοῦσε ἔξι ἀγωγούς. "Αν δῶμας πραγματοποιήσουμε τὴ σύνδεση πού φαίνεται στὸ Σχ. 6, II, ἐνώνοντας τούς τρεῖς ἀγωγούς σὲ

εναν κοινό άγωγό AB, άποδεικνύεται ότι χρειάζονται μόνο τέσσερις άγωγοί γιά τή μεταφορά τής ίδιας ήλεκτρικής ένέργειας. Οι τρεῖς άγωγοί φ1, φ2 καί φ3 λέγονται τότε φάσεις καί ο τέταρτος άγωγός, που είναι γειωμένος καὶ κοινός γιά τά τρία πηνία, λέγεται ούδέτερος άγωγός.

Ο ούδέτερος άγωγός είναι λεπτότερος από τίς φάσεις, γιατί τό δίλικ ρεῦμα που τόν διαρρέει είναι μικρό. Αποδεικνύεται μάλιστα ότι, όταν οι άντιστάσεις R1, R2 καὶ R3 είναι άκριβώς ίσες, ο ούδέτερος άγωγός δέ διαρρέεται καθόλου από ρεῦμα καὶ σέ μία τέτοια περίπτωση δέν είναι άπαραίτητος. Θά πρέπει λοιπόν στή διανομή τοῦ ρεύματος νά φροντίζουμε ώστε ή κάθε φάση νά δέχεται περίπου τό ίδιο φορτίο.

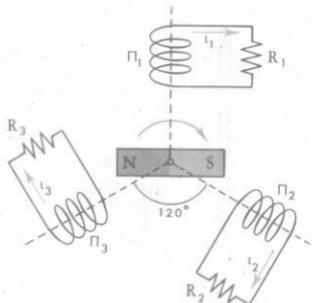
Γιά νά πετυχαίνουμε τήν ισοκατανομή στό φορτίο, συνδέουμε τό ένα σπίτι μέ τή μία φάση; τό έπόμενο μέ τήν άλλη κ.ο.κ. (Σχ. 7). Από τά παραπάνω προκύπτει ότι τά τριφασικά ρεύματα δέν είναι διαφορετικά στή φύση τους από τά «μονοφασικά» έναλλασσόμενα ρεύματα, πού μελετήσαμε σέ προηγούμενη ένότητα. Προτιμούμε θώμας τό τριφασικό ρεῦμα στό Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ, οπως καὶ στά δίκτυα δύων τών χωρών τοῦ κόσμου, γιατί ή μεταφορά τής ήλεκτρικής ένέργειας μέ τριφασικό ρεῦμα άπαιτει τούς μισούς σχεδόν άγωγούς από θσους θά άπαιτουσε ή μεταφορά τής ίδιας ένέργειας μέ «μονοφασικό ρεῦμα».

“Αν λάβουμε ύπόψη ότι τό Έθνικό δίκτυο τής ΔΕΗ συνδέει ζλα μάζι τά έργοστάσια τοῦ Έλλαδικού χώρου καὶ έχει μήκος χιλιάδες χιλιόμετρα, θά καταλάβουμε καλύτερα πόση οίκονομία σέ άλουμινο ή χαλκό γίνεται μέ τή μείωση τοῦ άριθμοῦ τῶν άγωγῶν στό μισό περίπου.

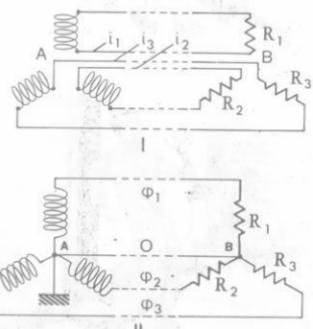
IV. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΣ

Τό ήλεκτρικό ρεῦμα, όταν περάσει μέσα από τό άνθρωπο σώμα, είναι δυνατό νά προκαλέσει διάφορες βλάβες, που πιθανό νά προξενήσουν τό θάνατο. Αύτό έχαρταί από τήν ένταση που έχει τό ρεῦμα, όταν περνάει από τό σώμα μας, καὶ από τή διάρκεια διελεύσεως τοῦ ρεύματος. “Ένταση μεγαλύτερη από 50mA μπρει νά είναι θανατηφόρα.

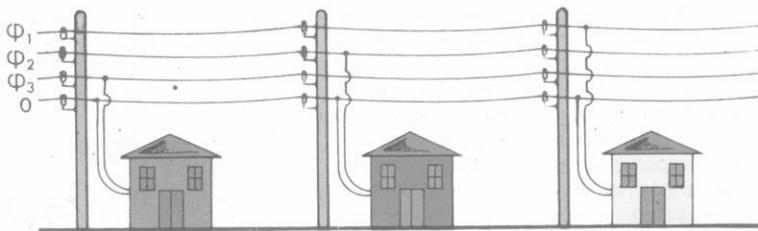
[Η ένταση τοῦ ρεύματος πού θά περάσει από τό σώμα κανονίζεται από τό νόμο τοῦ Ohm·



Σχ. 5. Άρχη τής παραγωγής τριφασικού ρεύματος



Σχ. 6. Τό τριφασικό ρεῦμα μπορει νά μεταφερθει μέ τρεῖς μόνο άγωγούς πού λέγονται φάσεις καὶ ένα τέταρτο λεπτό άγωγό πού λέγεται ούδέτερος



Σχ. 7. Τρόπος συνδέσεως τῶν σπιτιών μὲ τὸ δίκτυο 220 V

καὶ ἐξαρτᾶται ἀπό τὴν τάση, μέ τὴν ὅποια ἔρχεται σὲ ἐπαφή τὸ σῶμα καὶ ἀπό τὴν ἀντίσταση τοῦ σώματος. Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ προέρχεται κυρίως ἀπό τὴν ἐπιδερμίδα καὶ διαφέρει ἀπό ἄνθρωπο σὲ ἄνθρωπο. Χοντρικά κυμαίνεται ἀπό 2ΚΩ (λεπτή ἐπιδερμίδα) μέχρι 20ΚΩ (χοντρή καὶ σκληρή ἐπιδερμίδα). Γιά τό ἵδιο ἄτομο ἔξαρταται ἀπό τὴν κατάσταση τοῦ δέρματος (βρεγμένο, στεγνό)].

Γενικά, τάσεις μεγαλύτερες ἀπό 40 V μποροῦν νά χαρακτηρισθοῦν ως ἐπικινδυνες γιά τὸν ἄνθρωπινο ὄγρανισμό.

Ἐκείνο πού κυρίως προσβάλλεται σὲ μία **ήλεκτροπληξία** είναι τὸ **ἀναπνευστικό σύστημα**, καὶ ὁ ἄνθρωπος πεθαίνει τελικά ἀπό ἀσφυξία. Τό πρῶτο πού πρέπει νά κάνουμε σὲ μία περίπτωση ἡλεκτροπληξίας είναι νά ἀποσυνδέσουμε γρήγορα τὸν ἄνθρωπο ἀπό τὸ ηλεκτροφόρο καλώδιο ἢ τὴν συσκευή. Γιά τό σκοπό αὐτό τὸν τραβάμε ἀμέσως ἀπό τὰ ρούχα του, φροντίζοντας νά μήν ἀκουμπήσουμε σὲ γυμνά μέρη τοῦ σώματός του. "Αν βρίσκεται ὁ ἄνθρωπος στὸ λουτρό ἢ είναι βρεγμένα τὰ ρούχα του, τρέχουμε ἀμέσως στὸ γενικό διακόπτη, ἢ τὸν τραβάμε μέ μια πλαστική σακούλα καὶ στὴν ἀνάγκη μέ δικά μας χοντρά – γιά νά μήν προλάβουν νά βραχοῦν – ρούχα. Αμέσως μετά κάνουμε τεχνητή ἀναπνοή μὲ ὅποιοδήποτε τρόπο, ἔστω καὶ ἂν είμαστε ἀπειροί, ἐνῶ παράλληλα καλούμε κάποιον σὲ βοήθεια γιά νά εἰδοποιήσει τὸ γιατρό.

Ἡ τεχνητή ἀναπνοή πρέπει νά συνεχισθεῖ ἀδιάκοπα γιά πολλές ὥρες. Παράλληλα ὁ ηλεκτρόπληκτος πρέπει νά διατηρεῖται ζεστός μέ σκεπάσματα ἢ θερμοφόρες.



Σχ. 8. Δύο ἀπό τοὺς τρόπους που κινδυνεύουμε νά πάθουμε θανατηφόρα ηλεκτροπληξία

**KYPIOTEROI
YDROHLEKTRIKOI STAATHMOI**
(έτος 1971)
ισχύς σε MW

Κρεμαστά	437
Καστράκι	320
Ταυρωπός (ή Μέγδοβας)	130
"Άγρας ("Εδεσσα)	50
Λάδων	70

**KYPIOTERA
THEPMEKA EPGOSTASIA**
(έτος 1976)
ισχύς σε MW

Πτολεμαΐδα	620
Κερατσίνι	480
Λαύριο	450
Άλιβερι	380
Καρδιά	300
Μεγαλόπολη	250

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

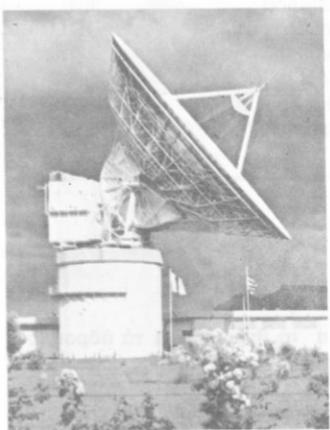
1. Διακρίνουμε δύο ειδών ήλεκτρικά έργοστάσια: τά θερμικά καί τά ύδροηλεκτρικά. Τά ύδροηλεκτρικά μετατρέπουν τή μηχανική ένέργεια μιᾶς ύδατοπτώσεως σε ήλεκτρική.
2. Οι γεννήτριες στά ήλεκτρικά έργοστάσια παράγουν τριφασικό ρεῦμα, δηλ. τρία συγχρόνως ρεύματα σε τρία πηνία πού βρίσκονται στό στάτορα καί σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120°.
3. Ή μεταφορά ήλεκτρικής ένέργειας μέ τριφασικό ρεῦμα συμφέρει οικονομικά, γιατί χρειάζεται λιγότερο καλώδιο από τή μεταφορά τής ίδιας ένέργειας μέ «μονοφασικό» ρεῦμα.
4. Κατά τήν ήλεκτροπληξία πρόσβαλλεται πρώτα τό άναπνευστικό σύστημα, γι' αύτό οι πράτες βοήθειες πού πρέπει νά δώσουμε στόν ήλεκτρόπληκτο είναι ή τεχνητή άναπνοη.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

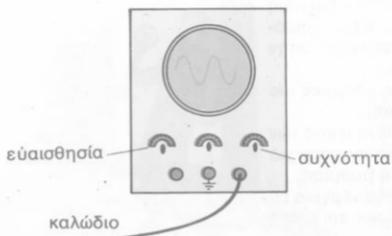
1. Πώς πετυχαίνουμε περίπου ίσοκατανομή τοῦ φορτίου στίς φάσεις, όταν μοιράζουμε τήν ήλεκτρική ένέργεια στήν κατανάλωση;
2. Τί περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές μία ύδροηλεκτρική έγκατάσταση;
3. Πώς ρυθμίζεται ή παραγόμενη ισχύς τών ύδροηλεκτρικών έργοστασιών καί γιά ποιό λόγο είναι άναγκαία ή ρύθμιση;
4. Γιατί η ζήτηση σε ήλεκτρική ένέργεια είναι μεγάλη τίς ήσπερινές ώρες καί μικρή μετά τά μεσάνυκτα;
5. Γιατί στά ήλεκτρικά έργοστάσια προτιμούμε τίς τριφασικές γεννήτριες;

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Σχ. 1. Δορυφορικός σταθμός έδαφους στης θερμοπύλες. Ο σταθμός έξασφαλίζει άσύρματη τηλεπικοινωνία της Ελλάδας μέσα από διάφορες ρεύματα με τούς δορυφόρους και τις χώρες που γίνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κύματα.



Σχ. 2. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δημιουργούν στο καλώδιο (κεραία) έναλλασσόμενο ρεύμα

Κάθε φορά πού άναβουμε ή σβήνουμε τό φῶς και έχουμε άνοιγμένο τό ραδιόφωνο, άκούγεται ένας μικρός θόρυβος "γκρρ" στό μεγάφωνο. Παρόμοιοι θόρυβοι (παράσιτα) άκούγονται στό ραδιόφωνο και οταν στήν άτμοσφαιρα ξεσπούν ηλεκτρικοί σπινθήρες (άστραπές, κεραυνοί).

Οι θόρυβοι αύτοί στό ραδιόφωνο προκαλούνται από ειδικά κύματα πού παράγονται κάθε φορά πού ή ένταση τού ηλεκτρικού ρεύματος μεταβάλλεται και ονομάζονται ήλεκτρομαγνητικά κύματα.

II. ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΙ ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ.

"Αν κάθε μεταβολή στό ρεύμα δημιουργεί ήλεκτρομαγνητικά κύματα, τότε θά πρέπει στά σπίτια μας, στά έργαστρια και γενικά όπου υπάρχουν δίκτυα έναλλασσόμενου ρεύματος νά ύπάρχουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, γιατί στό έναλλασσόμενο ρεύμα ή ένταση διαρκώς μεταβάλλεται.

Μπορούμε εύκολα νά διαπιστώσουμε τήν ύπαρξη αύτών τών κυμάτων μέ σεν παλμογράφο (Σχ. 2). (Ρυθμίζουμε τήν εύαισθησία τού παλμογράφου στό μέγιστο και γυρίζουμε τό κουμπί πού ρυθμίζει τή συχνότητα όριζοντιας ταλαντώσεως τής δέσμης τού παλμογράφου στήν περιοχή $10 \div 100\text{Hz}$.)

Βάζουμε ένα καλώδιο στήν είσοδο τής κατακόρυφης άποκλίσεως τής δέσμης τού παλμογράφου, φροντίζοντας νά μήν άκουμπαί τό άλλο άκρο τού καλωδίου πουθενά. Τότε παρατηρούμε στήν θύρων τού παλμογράφου μία ήμιτονο ειδή καμπύλη.

Τό καλώδιο στήν είσοδο τού παλμογράφου λειτουργεί όπως ή κεραία τού ραδιοφώνου. Τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα συναντώνται τό καλώδιο, βάζουν σέ κίνηση τά έλευθερα ηλεκτρόνιά του και προκαλούν μέ τόν τρόπο αύτό έναλλασσόμενο ρεύμα μέσα στό καλώδιο. Τό ρεύμα αύτό, όπως είναι φυσικό, μεταβάλλεται μέ τόν τρόπο πού καθορίζουν τά κύματα. "Αρα τά κύ-

ματα πρέπει νά έχουν μορφή ήμιτονοειδή σάν αύτή πού βλέπουμε στήν θόρόν. Έπομένως:

Τό έναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεῖ στό γύρω χώρο ήλεκτρομαγνητικά κύματα πού έχουν μορφή ήμιτονοειδή.

Μέ τόν παλμογράφο μποροῦμε επίσης νά μετρήσουμε τή συχνότητα τού κύματος πού παράγει τό έναλλασσόμενο ρεύμα τού ήλεκτρικού δικτύου τής ΔΕΗ. Άπο τή μέτρηση αύτή προκύπτει συχνότητα 50 Hz, δηλ. ίση με τή συχνότητα τού ρεύματος τής ΔΕΗ.

III. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ

Τό ήλεκτρομαγνητικό κύμα, δημιουργεῖται από τό ίδιο λέξη, είναι ένα σύνθετο κύμα πού αποτελείται από ένα ήλεκτρικό (Σχ. 3) και ένα μαγνητικό (Σχ. 4) κύμα.

Τό ήλεκτρικό κύμα έκφραζει τίς μεταβολές τού ήλεκτρικού πεδίου και τό μαγνητικό κύμα έκφραζει τίς μεταβολές τού μαγνητικού πεδίου πού έμφανιζονται γύρω από έναν άγωνο, πού διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα. Και τά δύο κύματα διαδίδονται με τήν ταχύτητα τού φωτός.

Τά δύο αύτά κύματα είναι άχωριστα μεταξύ τους και αποτελούν τό ηλεκτρομαγνητικό κύμα (Σχ. 5).

Τό ήλεκτρομαγνητικό κύμα είναι κύμα έγκαρσιο.

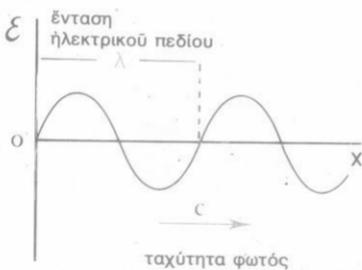
Συχνά γιά λόγους εύκολιας, όταν παριστάνουμε ένα ήλεκτρομαγνητικό κύμα, σχεδιάζουμε μόνο τό ήλεκτρικό κύμα.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΨΙΣΥΧΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τό έναλλασσόμενο ρεύμα τού ήλεκτρικού δικτύου τής ΔΕΗ δέν είναι κατάλληλο γιά τήν παραγωγή ήλεκτρομαγνητικών κυμάτων πού χρειάζεται ή τηλεπικοινωνία, γιατί έχει μικρή συχνότητα. Ρεύματα κατάλληλα γιά τήν τηλεπικοινωνία είναι άσα έχουν υψηλές συχνότητες (ύψισυχα ρεύματα).

Ύψισυχα ρεύματα μποροῦν νά παραχθοῦν μέ ένα ήλεκτρικό κύκλωμα πού περιλαμβάνει έναν πυκνωτή και ένα πηνίο (Σχ. 6, I).

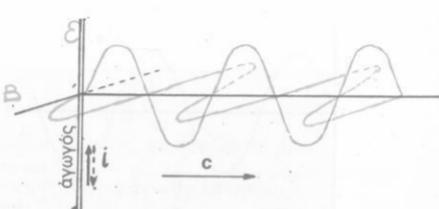
Γιά νά γίνει κατανοητή ή λειτουργία ένός τέτοιου κυκλώματος έκτελούμε τό παρακάτω πείραμα (Σχ. 6, II). Φορτίζουμε τόν πυκνωτή μέ μία ήλεκτρική πηγή και κατόπιν μέ ένα διακόπτη



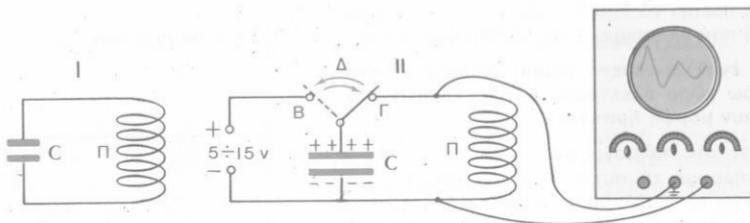
Σχ. 3. Ήλεκτρικό κύμα ($c = \lambda \cdot v$)



Σχ. 4. Μαγνητικό κύμα ($c = \lambda \cdot v$)



Σχ. 5. Τό έναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεῖ ήλεκτρομαγνητικά κύματα (έγκαρσια κύματα)



Σχ. 6. Τό κύκλωμα «πυκνωτής - πηνίο» κάνει φθίνουσα ήλεκτρική ταλάντωση. (Για νά φανεί ή ταλάντωση γυρίζουμε τό κουμπί τής συχνότητας

τοῦ παλμογράφου σέ κατάλληλη περιοχή, π.χ. $10 \div 100 \text{ Hz}$, όταν $C = 20 \mu\text{F}$ καὶ $\Pi = 600$ σπείρες μέ πυρήνα)

Δ συνδέουμε τόν πυκνωτή μέ τό πηνίο. Μέ τή βοήθεια ένός παλμογράφου διαιπιστώνουμε ότι μέσα στό κύκλωμα κυκλοφορεῖ, γιά μικρό χρονικό διάστημα, έναλλασσόμενο ρεῦμα. "Ενα τέτοιο έναλλασσόμενο ρεῦμα λέγεται εἰδικότερα ήλεκτρική ταλάντωση. "Αρα:

'Ηλεκτρική ταλάντωση λέγεται ένα έναλλασσόμενο ρεῦμα πού ἐμφανίζεται σέ κύκλωμα πού περιλαμβάνει ένα πηνίο καὶ έναν πυκνωτή.

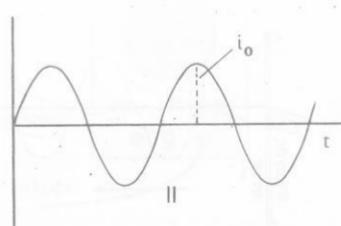
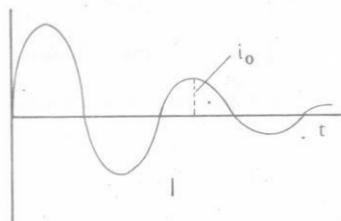
"Άν στό παραπάνω πείραμα χρησιμοποιήσουμε διάφορους πυκνωτές καὶ πηνία, βρίσκουμε ότι ή συχνότητα τής ήλεκτρικής ταλαντώσεως έξαρτᾶται ἀπό τόν πυκνωτή καὶ τό πηνίο.

Μέ μία κατάλληλη ἐπιλογή πηνίου καὶ πυκνωτή μποροῦμε νά πραγματοποιήσουμε ήλεκτρικές ταλαντώσεις μέ μεγάλη συχνότητα, δηλ. ύψισυχα ρεύματα. "Αρα:

Μέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει κατάλληλο πηνίο καὶ κατάλληλο πυκνωτή μποροῦμε νά παράγουμε ύψισυχα ήλεκτρικά ρεύματα.

V. ΦΘΙΝΟΥΣΑ ΚΑΙ ΑΜΕΙΩΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗ

"Οπως προκύπτει ἀπό τήν εἰκόνα πού δείχνει ό παλμογράφος στό Σχ. 6, ή ηλεκτρική ταλάντωση τοῦ κυκλώματος δέν ἔχει σταθερό πλάτος. Τό πλάτος μέ τό πέρασμα τοῦ χρόνου μικράνει καὶ πολύ γρήγορα μηδενίζεται. Μιά τέτοια ήλεκτρική ταλάντωση λέγεται φθίνουσα (Σχ. 7, I). "Αντίθετα, ἄν τό πλάτος μιὰς ηλεκτρι-



Σχ. 7. I. Φθίνουσα ήλεκτρική ταλάντωση. II. Αμειωτή ηλεκτρική ταλάντωση

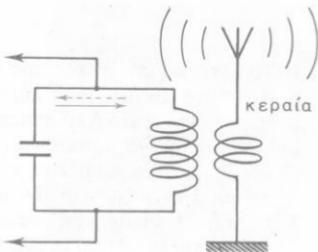
κής ταλαντώσεως : ένει σταθερό, ή ταλάντωση λέγεται άμειώτη (Σχ. 7, II).

Η ήλεκτρική ταλάντωση τοῦ κυκλώματος «πηνίο-πυκνωτής» μοιάζει με τήν ταλάντωση πού κάνει μία χορδή. «Όταν έκτρέπουμε τή χορδή άπό τή θέση ισορροπίας καί τήν άφηνουμε έλευθερη, αύτή ταλαντεύεται γύρω άπό τή θέση ισορροπίας μέ πλάτος πού διαρκώς μικραίνει καί γρήγορα γίνεται μηδέν. Η μείωση τοῦ πλάτους ταλαντώσεως τής χορδῆς συμβαίνει γιατί ή μηχανική τής ένέργεια μετατρέπεται σέ θερμότητα καί σέ ηχητική ένέργεια πού διαδίδεται στό περιβάλλον. Στήν περίπτωση τής ήλεκτρικής ταλαντώσεως, ή ένέργεια πού έχει στήν άρχή τό κύκλωμα (άποθηκευμένη στόν πυκνωτή) μετατρέπεται σέ θερμότητα καί σέ ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία. Όσο διαρκεῖ ή ήλεκτρική ταλάντωση, τόσο διαρκεῖ καί ή ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία.

VI. ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΟΜΠΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Στήν ραδιοφωνία, στήν τηλεόραση κτλ. τά ήλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται μέ ειδικές συσκευές πού λέγονται πομποί καί άκτινοβολούνται στό γύρω χώρο μέ τή βοήθεια μιᾶς κεραίας. Τά κύματα αύτά έχουν μεγάλη συχνότητα καί παράγονται μέ ήλεκτρικές ταλαντώσεις. «Άρα κάθε πομπός πρέπει νά έχει ένα κύκλωμα μέ πηνίο καί πυκνωτή, τό όποιο μέ κατάλληλο τρόπο νά παίρνει ένέργεια άπό μία ήλεκτρική πηγή καί νά έκτελει έτσι άμειώτη ήλεκτρική ταλάντωση (Σχ. 8).

Τά ήλεκτρομαγνητικά κύματα πού έκπεμπονται άπό τήν κεραία μεταφέρουν μέ κατάλληλο τρόπο τή φωνή, τή μουσική ή τίς είκόνες σέ μεγάλες άποστάσεις άπό τόν πομπό.



Σχ. 8. Πομπός ήλεκτρομαγνητικών κυμάτων (άρχη): (Στήν κεραία δημιουργούνται ύψισυχα ρεύματα μέ επαγγήλη)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Πότε δημιουργείται ένα όποιοδήποτε ήλεκτρομαγνητικό κύμα καί πότε ένα ήμιτονοειδές ήλεκτρομαγνητικό κύμα;
- Ποῦ όφειλονται τά παράσιτα πού άκουγονται στό ραδιόφωνο τίς μέρες πού έκδηλωνονται καταιγίδες;
- Μπορούμε νά δημιουργήσουμε ήλεκτρι-
- κά κύματα χωρίς νά συνοδεύονται άπό μαγνητικά;
- Τί είναι καί πώς παράγονται τά ύψισυχα ρεύματα;
- Γιατί ή ήλεκτρική ταλάντωση πού κάνει τό κύκλωμα «πηνίο - πυκνωτής» (Σχ. 6) είναι φθίνουσα;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Το ήλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα σύνθετο κύμα πού άποτελείται από δύο άχωρίστα μεταξύ τους κύματα, τό ήλεκτρικό και τό μαγνητικό κύμα.
2. Ήλεκτρομαγνητικό κύμα παράγεται κάθε φορά πού ή ένταση τοῦ ρεύματος σέ κάποιον άγωγό μεταβάλλεται. "Όταν ή μεταβολή τοῦ ρεύματος είναι ήμιτονοειδής, όπως συμβαίνει στό έναλλασσόμενο ρεύμα τοῦ ήλεκτρικού δικτύου, τό κύμα έχει ήμιτονοειδή μορφή.
3. Ήλεκτρική ταλάντωση όνομάζεται' τό έναλλασσόμενο ρεύμα πού έμφανίζεται σέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει ένα πήνιο και έναν πυκνωτή. Μέ ένα τέτοιο κύκλωμα και μέ κατάλληλο πυκνωτή και πήνιο παράγουμε ύψισυχα ρεύματα.
4. Η ήλεκτρική ταλάντωση τοῦ κυκλώματος «πήνιο-πυκνωτής» είναι φθίνουσα γιατί ή ένέργεια πού δίνουμε άρχικά στό κύκλωμα μετατρέπεται σέ θερμότητα και ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία.
5. Οι πομποί μέ κατάλληλη διάταξη παράγουν άμείωτες ήλεκτρικές ταλαντώσεις και μέ τή βοήθεια τής κεραίας έκπεμπουν στό χώρο ήλεκτρομαγνητικά κύματα μεγάλης ίσχυός.

43η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τηλεπικοινωνία είναι ένας κλάδος τῆς έφαρμοσμένης Φυσικής πού άσχολείται μέ τά μέσα έκεινα, πού διευκολύνουν τή μεταβίβαση μηνυμάτων σέ μεγάλες άποστάσεις. Τά μηνυμάτα αύτά μπορεῖ νά είναι μουσική, φωνή, εικόνες κτλ. Γιά τήν πραγματοποίηση αύτού τού σκοπού ύπάρχει πάντα ένας πομπός πού στέλνει τό μήνυμα και ένας δέκτης πού δέχεται τό μήνυμα.

Όταν ή σύνδεση πομπού - δέκτη γίνεται μέ καλώδια, τότε ή τηλεπικοινωνία λέγεται ένσύρματη (Σχ. 1), ένω όταν ή σύνδεση γίνεται μέ τή βοήθεια ήλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ή τηλεπικοινωνία λέγεται άσύρματη (Σχ. 2).

Τά μέσα έπικοινωνίας πού χρησιμοποιούνται είναι πολλῶν ειδῶν, άναλογα μέ τήν πληροφορία πού θέλουμε νά μεταφέρουμε. Τό τηλέφωνο, τό τηλέτυπο, τό ραδιόφωνο και ή τηλεόραση είναι μερικά από τά πιό γνωστά.

Σέ προηγούμενα μαθήματα περιγράφαμε τόν τηλέγραφο, τώρα θά περιγράψουμε τό τηλέφωνο και τό τηλέτυπο. Γιά νά καταλάβετε



Σχ. 1. Έναύρματη τηλεπικοινωνία (Τηλεφ. γραμμές Βόλου - Λάρισας)

καλύτερα τη λειτουργία τοῦ τηλεφώνου, πρέπει νά γνωρίζετε τήν κατασκευή καί τή λειτουργία τοῦ μικρόφωνου καί τοῦ άκουστικοῦ.

II. ΤΟ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ

Τό μικρόφωνο είναι μία συσκευή πού χρησιμοποιείται τόσο στά τηλέφωνα όσο καί σέ πολλές άλλες ήλεκτρονικές συσκευές. Ύπάρχουν διάφοροι τύποι μικροφώνων, άλλα τό ποδ συνήθισμένο είναι τό μικρόφωνο μέ κόκκους **ἄνθρακα** πού χρησιμοποιείται πολύ στήν τηλεφωνία. Αύτό τό μικρόφωνο περιέχει κόκκους άνθρακα, πού συγκρατοῦνται άνάμεσα σέ μία βάση άπό άνθρακα (τόν ύποδοχέα) καί μία λεπτή πλάκα έπισης άπό άνθρακα (Σχ. 3).

"Όταν δέν πέφτει ήχος στή λεπτή πλάκα, μέσα άπό τό κύκλωμα περνάει συνεχές ρεῦμα (Σχ. 4, I). "Όταν δημως πέφτει ήχος πάνω στήν πλάκα, τό μικροφωνικό ρεῦμα γίνεται μεταβάλλομενο (Σχ. 4, III).

"Ένα άπλο πείραμα, μέτο όποιο γίνεται άντιληπτή ή άρχη τής λειτουργίας τοῦ μικροφώνου, είναι αύτό πού φαίνεται στό Σχ. 5. "Όταν φέρνουμε σέ έπαφή τά δύο ήλεκτρόδια τοῦ άνθρακα (καρβουνάκια άπό ξηρά ήλεκτρικά στοιχεία), τό λαμπτάκι άναβει. "Άν πιέσουμε τά ήλεκτρόδια, τό φῶς γίνεται ζωηρότερο. Αύτό σημαίνει πώς ή ένταση τοῦ ρεύματος γίνεται μεγαλύτερη. "Αρα:

"Όταν αύξανει ή πίεση, τά ήλεκτρόδια τοῦ άνθρακα" έρχονται σέ καλύτερη έπαφή, μικραίνει ή άντισταση στήν έπαφή καί τό ρεῦμα μεγαλώνει. "Έπομένως, άν ή πίεση μεταβάλλεται περιοδικά, τότε καί τό ρεῦμα θά μεταβάλλεται περιοδικά. Αύτό άκριβώς συμβαίνει στό μικρόφωνο.

Τά κύματα τοῦ ήχου πιέζουν τήν πλάκα καί αύτή τούς κόκκους μέ άποτέλεσμα νά μεταβάλλεται ή άντισταση τών κόκκων. "Έτοι παράγεται μεταβάλλομενο ρεῦμα πού έχει τήν ίδια μορφή μέ τόν ήχο.

III. ΤΟ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ

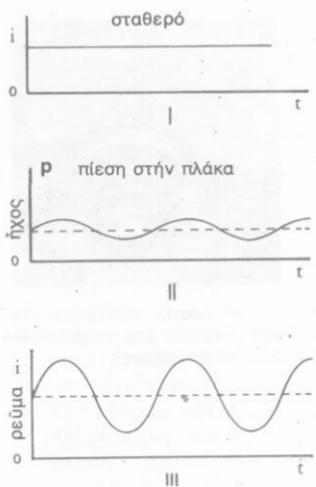
"Όπως είδαμε τό μικρόφωνο μετατρέπει τούς ήχους σέ μεταβολές ρεύματος, ένω ένα άκουστικό κάνει άκριβώς τό άντιστροφο, δηλαδή μετατρέπει τίς μεταβολές τοῦ ρεύματος σέ ήχο.



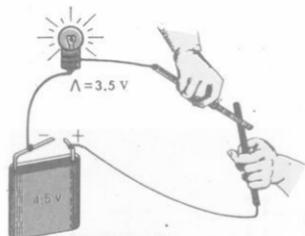
Σχ. 2. Άσύρματη τηλεπικοινωνία (Σταθμός μικροκυμάτων Γερανείων μέ κεδαία τηλεοράσεως)



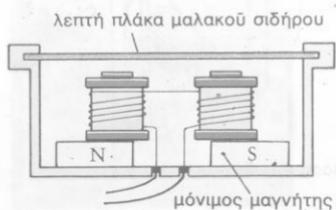
Σχ. 3. Μικρόφωνο μέ κόκκους άνθρακα



Σχ. 4. Τό μικροφωνικό ρεῦμα i ἔχει τήν ίδια μορφή μέτρι ηχητικό κύμα



Σχ. 5. "Όταν πίξουμε τά ήλεκτροδια ανθρακα, τό λαμπάκι ζωηρεύει"



Σχ. 6. Ακουστικό

Τά κύρια μέρη τού άκουστικού είναι ένας μόνιμος μαγνήτης, δύο πηνία πού περιβάλλουν τούς πόλους τού μαγνήτη και μία λεπτή πλάκα από μαλακό σιδήρο (Σχ. 6).

"Όταν δέν περνάει ρεῦμα από τά πηνία, ή λεπτή πλάκα ξλεκται συνέχεια από τό μαγνήτη μέτρι σταθερή δύναμη.

"Όταν όμως περνάει τό μικροφωνικό ρεῦμα από τά πηνία τού άκουστικού, ή δύναμη πού άσκεται στήν πλάκα μεταβάλλεται στόν ίδιο ρυθμό πού μεταβάλλεται και τό ρεῦμα. "Ετσι ή λεπτή πλάκα ταλαντεύεται στό ρυθμό τού ρεύματος και άναπαράγεται ήχος θμοίος μέτρι αύτόν πού πέφτει στό μικρόφωνο.

IV. ΤΟ ΤΗΛΕΦΩΝΟ

Κάθε τηλεφωνική συσκευή διαθέτει ένα μικρόφωνο και ένα άκουστικό. Γιά νά μεταβιβαστεί ή φωνή από τή μία συσκευή στήν άλλη πρέπει νά ύπαρχει και μία πηγή συνεχούς ρεύματος (Σχ. 7) Η πηγή αύτή στής αύτόματες τηλεφωνικές έγκαταστάσεις βρίσκεται στά τηλεφωνικά κέντρα.

V. ΤΟ ΜΕΓΑΦΩΝΟ

Πολλές συσκευές τηλεπικοινωνίας, όπως τό ραδιόφωνο και ή τηλεόραση, δέ χρησιμοποιούν άκουστικό γιά τήν άναπαραγωγή τού ήχου, άλλα μεγάφωνο.

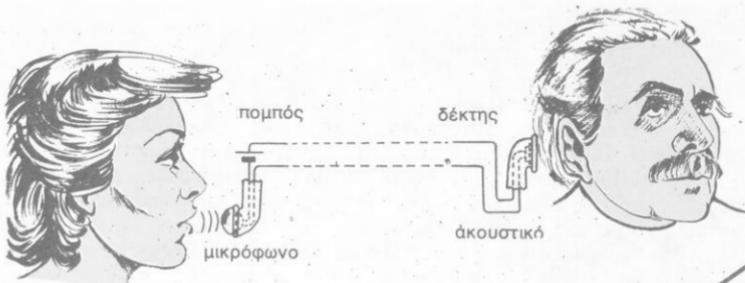
Τό μεγάφωνο έχει κατασκευή παρόμοια μέτρι άκουστικό. Άποτελείται δηλ. και αύτό από ένα μόνιμο μαγνήτη, ένα πηνίο και μία λέπτη μεβράνα από ύφασμα ή χαρτόνι (Σχ. 8). Ή κορυφή τής μεβράνας είναι στερεωμένη στό πηνίο και κινεῖται μαζί του.

Τό μικροφωνικό ρεῦμα, αφού ένισχυθεί κατάλληλα μέ έναν ένισχυτή, διοχετεύεται στό πηνίο τού μεγαφώνου. "Ετσι τό πηνίο μπαίνει σε ταλάντωση και ή μεβράνα άναπαράγει τόν ήχο.

"Επειδή ή παλλόμενη έπιφάνεια τού μεγαφώνου (μεβράνα) είναι μεγαλύτερη από τήν παλλόμενη έπιφάνεια τού άκουστικού (πλάκα) και τό ρεῦμα ένισχυμένο, ο ήχος τού μεγαφώνου είναι πιο ισχυρός.

VI. ΤΟ ΤΗΛΕΤΥΠΟ (TELEX)

Τά τηλέτυπα είναι συσκευές πού μᾶς έπι-



Σχ. 7. Τηλέφωνο.

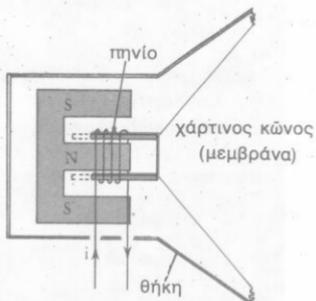
τρέπουν νά στέλνουμε γραπτά μηνύματα σέ μεγάλες αποστάσεις μέ τήν ταχύτητα τοῦ φωτός. Ό ρόλος τούς έπομενως είναι άναλογος πρός τό ρόλο τοῦ τηλέγραφου, τοῦ όποιου άποτελούν βελτιωμένη μορφή.

"Ενα τηλέτυπο μπορεῖ νά είναι ή μόνο πομπός ή μόνο δέκτης ή συχνά και πομπός και δέκτης.

Ο πομπός ο ένός τηλέτυπου περιλαμβάνει ένα δίσκο έπιλογής άριθμών, ένα πληκτρολόγιο (δηπως ή γραφομηχανή) και ένα μηχανισμό παραγωγῆς ήλεκτρικῶν παλμῶν.

Ο δίσκος έπιλογής άριθμών λειτουργεῖ όπως και ο διάντοιχος δίσκος τῶν τηλεφώνων. Μέ τή βοήθεια του έπιλέγουμε τὸν άριθμό τοῦ τηλέτυπου - δέκτη πού θέλουμε νά συνδεθεῖ ο πομπός μας.

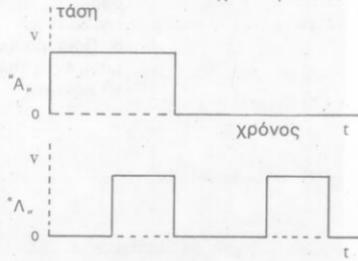
Τό πληκτρολόγιο λειτουργεῖ σάν μία γραφομηχανή, άλλα κάθε φορά πού χτυπάμε ένα πλήκτρο, ένας κατάλληλος μηχανισμός δημιουργεῖ ήλεκτρικούς παλμούς διαφορετικούς γιά κάθε γράμμα (Σχ. 10). "Όταν οι παλμοί αύτοί φθάνουν στό δέκτη, διεγείρουν τούς ήλεκτρομαγνήτες τῶν πλήκτρων τοῦ δέκτη και μέ τὸν τρόπο αὐτό γράφονται τά ̄δια γράμματα πού στείλαμε. (Τά πλήκτρα έλκονται από τούς ήλεκτρομαγνήτες, όπως έλκεται ή γραφίδα τοῦ τηλέγραφου). Ή σύνδεση πομποῦ - δέκτη μπορεῖ νά είναι εἴτε άσύρματη εἴτε ένσύρματη, δηπως και στά τηλέφωνα.



Σχ. 8. Μεγάφωνο



Σχ. 9. Τηλέτυπο



Σχ. 10. Σέ κάθε γράμμα άντιστοιχεῖ και μία μορφή ήλεκτρικῶν παλμῶν

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Στήν τηλεπικοινωνία ύπαρχει ἔνας πομπός και ἔνας δέκτης. Οἱ τηλεφωνικές συσκευές λειτουργοῦν ταυτόχρονα ώς πομποί (μικρόφωνο) καὶ ώς δέκτες (άκουστικό). Τό ἵδιο συμβαίνει καὶ στά περισσότερα τηλέτυπα.
2. Τό μικρόφωνο μετατρέπει τά ἡχητικά κύματα σέ μεταβολές ρεύματος. Οἱ μεταβολές αὐτές φτάνουν στό ἀκουστικό καὶ μετατρέπονται σέ ἡχητικά κύματα ὅμοια μέ τά κύματα πού διεγείρουν τό μικρόφωνο.
3. Τό μεγάφωνο εἶναι συσκευή παρόμοια μέ τό ἀκουστικό. Δέχεται ἐνισχυμένα μικροφωνικά ρεύματα καὶ παράγει ἡχητικά κύματα.
4. Τό τηλέτυπο εἶναι μία συσκευή πού χρησιμοποιεῖται γιά τή μεταβίβαση γραπτῶν μηνυμάτων. Ὁ ρόλος του εἶναι ἴδιος μέ τό ρόλο ἐνός τηλέγραφου, ἀλλά ἡ λειτουργία του διαφορετική. Γιά τή μεταβίβαση τῶν γραμμάτων χρησιμοποιεῖται κώδικας ἀπό ἡλεκτρικούς παλμούς, πού παράγει τό ἵδιο τό τηλέτυπο, ἐνώ στό τηλέγραφο, οἱ παλμοί αὐτοί παράγονται ἀπό τό χειριστή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σέ ποιά ἀρχή στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ μικροφώνου μέ κόκκους ἄνθρακα;
2. Νά παράστησετε γραφικά τό μικροφωνικό ρεύμα σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο α) ὅταν δέν πέφτει ἥχος στό μικρόφωνο καὶ β) ὅταν πέφτει ἀρμονικός (ἡμιτονοειδής) ἥχος.
3. Ἀπό ποιά μέρη ἀποτελεῖται ἔνα ἀκουστικό καὶ ἔνα μεγάφωνο; Νά κάνετε ἔνα ἀπλό σχέδιο γιά τό κάθε ἔνα δργανο.
4. Γιά ποιούς λόγους ὁ ἥχος ἐνός μεγαφώνου εἶναι ισχυρότερος ἀπό τόν ἥχο ἐνός ἀκουστικοῦ;
5. Τί ἀπό τά ἐπόμενα εἶναι μία τηλεφωνική συσκευή; α) πομπός β) δέκτης γ) πομπός καὶ δέκτης.
6. Ποιά βασικά μέρη περιλαμβάνει ὁ πομπός ἐνός τηλέτυπου καὶ τί λειτουργία ἔχει τό καθένα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε: ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

44η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Στό κεφάλαιο αύτό θά μελετήσουμε τό φαινόμενο τής ήλεκτρικής άγωγής τών στερεών, ύγρων καί άεριών.

Σέ προηγούμενες ένδοτητες άναπτυχθήκε μόνο ή άγωγιμότητα τών μετάλλων καί είδαμε ότι όφειλεται σέ ένα μεγάλο πλήθος άπο άδεσμευτα ήλεκτρόνια πού περιπλανούνται έλευθερα άνάμεσα στά ιόντα τού μεταλλικού κρυστάλλου (έλευθερα ήλεκτρόνια).

Στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα τό πέρασμα τού ρεύματος όφειλεται σέ θετικά καί άρνητικά ιόντα πού κινούνται έλευθερα στή μάζα τους καί τέλος στά άερια ή άγωγιμότητα όφειλεται τόσο σέ θετικά καί άρνητικά ιόντα σσο καί σέ έλευθερα ήλεκτρόνια.

Τά ήλεκτρόνια, τά θετικά ιόντα καί τά άρνητικά ιόντα, λέγονται μέ μία λέξη φορείς τού ήλεκτρισμού.

Άναλογα μέ τό πλήθος τών φορέων, τά ύλικά παρουσιάζουν διαφορετική άγωγιμότητα μεταξύ τους καί κατατάσσονται σέ τρεις κατηγορίες: Στούς άγωγούς, στούς ήμιαγωγούς καί στούς μονωτές. Οι μονωτές στερούνται τελείως ήλεκτρικών φορέων, ένω οι ήμιαγωγοί έχουν μικρό άριθμό φορέων καί γι' αύτό έχουν καί μικρή άγωγιμότητα.

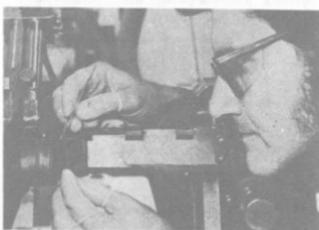
II. ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Μερικοί άπο τούς πιο γνωστούς ήμιαγωγούς είναι τό Si (πυρίτο) καί τό Ge (γερμάνιο) (Σχ. 1 καί Σχ. 2). Τά στοιχεία αύτά άνήκουν στήν τεταρτη ομάδα τού περιοδικού συστήματος καί τά άτομά τους έχουν τέσσερα ήλεκτρόνια στήν έξωτερή τους στιβάδα.

Η άγωγιμότητά τους δταν είναι καθαρά είναι άσήμαντη καί δέν παρουσιάζει πρακτικό ένδιαφέρον. "Οταν ίμως άναμειγνύονται τά στοιχεία αύτά μέ άλλα στοιχεία (Al, As, κτλ.), αύξάνεται πολύ ή άγωγιμότητά τους καί τότε άποκτούν πολλές πρακτικές έφαρμογές.



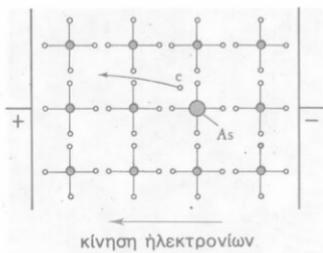
Σχ. 1. Κρύσταλλος καθαροῦ πυρίτου (Si)



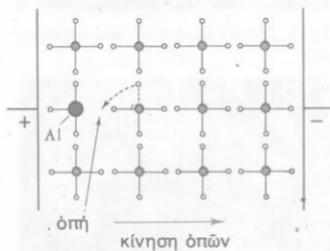
Σχ. 2. Ο κρύσταλλος Si κόβεται μέ διαμάντι σέ λεπτές φέτες καί κατόπιν μέ χημικές μεθόδους εισάγονται στόν κρύσταλλο προσμίξεις άλουμινίου (Al) ή άρσενικού (As)



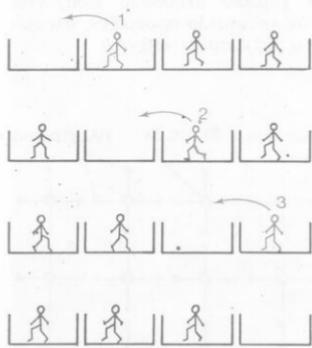
Σχ. 3. Κρυσταλλική δομή καθαροῦ πυρίτου (Si)



Σχ. 4. Ἡμιαγωγός τύπου η



Σχ. 5. Ἡμιαγωγός τύπου P



Σχ. 6. Μηχανικό παράδειγμα ἀνάλογο πρός τὴν κίνηση θετικῆς ὀπῆς

a. Ἡμιαγωγοί τύπου n

Τά άτομα στόν καθαρό κρύσταλλο πυριτίου (ή γερμανίου) είναι κανονικά διαταγμένα, ὥπως φαίνεται στό Σχ. 3. Κάθε άτομο πυριτίου περιβάλλεται από τέσσερα ἄλλα άτομα, μέτα τά όποια σχηματίζει ομοιοπολικούς δεσμούς. "Ετοι κάθε άτομο στόν κρύσταλλο έχει συμπληρωμένη τήν ἔξωτερή του στιβάδα μέτα 8 ήλεκτρονία.

"Ἄς ὑπόθεσομε τὶ μερικὰ ἄτομα Si ἀντικαθίστανται μὲν ἄτομα ἐνός πεντασθενοῦς στοιχείου, ὅπως εἶναι τὸ As (ἀρσενικό) (Σχ. 4). Τά ἄτομα τοῦ ἀρσενικοῦ ἔχουν 5 ἡλεκτρόνια στήν ἔξωτερη τους στιβάδα. Ἀπό αὐτά τά τέσσερα σχηματίζουν ὁμοιοπολικούς δεσμούς μὲ τά γύρω ἄτομα Si, ἐνώ το πέμπτο παραμένει ἀδέσμευτο. Αὐτὸ τό πέμπτο ἡλεκτρόνιο φεύγει ἀπό τό ἄτομο τοῦ As καὶ περιπλανιέται ἐλεύθερο μέσα στὸν κρύσταλλο.

΄Αναμειγνύοντας έπομένως καθαρό Si μέ πεντασθενές στοιχείο, δημιουργοῦμε μέσα στόν κρύσταλλο ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια.

"Έτσι ο κρύσταλλος άποκτά άγωγιμότητα.

β. Ἡμιαγωγοί τύπου ρ

“Ας ύποθέσουμε δτι ο κρύσταλλος του Si ή Ge περιέχει έναν άριθμό άτομων τρισθενούς στοιχείου π.χ. Al (Σχ. 5). Τό Al έχει στήν έξωτερική του στιβάδα 3 μόνο ηλεκτρόνια, τά οποία δέν έπαρκον νά συμπληρώσουν τέσσερις χημικούς δεσμούς μέ τα γειτονικά άτομα του Si. Έπομένως, όπου ούπάρχουν άτομα τρισθενούς στοιχείου, έκει ούπάρχει καί ένας άσυμπλήρωτος χημικός δεσμός, δηλ. ούπάρχει κάποιο «κενό». Αύτό το κενό ονομάζεται οπή, και χάρη στις άπεις το ύλικο μπορει νά άγει τόν ηλεκτρισμό.

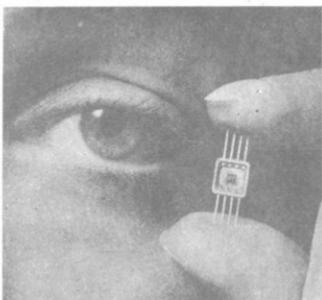
"Ενας εύκολος τρόπος νά καταλάβουμε πώς οι όπές έχασφαλίζουν τήν άγωγιμότητα τού κρυστάλλου, είναι νά τίς φανταστούμε «σάν θετικά φορτία πού κινούνται έλευθερα άναμεσα από τά στομά σπώς περίπου τά έλευθερα ήλεκτρονία».

Στήν πραγματικότητα όμως συμβαίνει κάτι διαφορετικό. Ήλεκτρόνια όπό διπλανά ἄτομα κινοῦνται πρός τίς όπές, ἀφήνοντας πίσω τους

ἄλλες όπές κ.ο.κ. (Σχ. 5). Μέ τόν τρόπο αύτό οι όπές κινοῦνται άντιθετα πρός τά ήλεκτρονία, δηλ. άπό τό θετικό πρός τόν άρνητικό πόλο τής πηγῆς.

"Ενα μηχανικό παράδειγμα γιά τήν κατανόηση τής κινήσεως μιᾶς όπής είναι τό άκόλουθο (Σχ. 6). Σέ μία σειρά άπό καθίσματα ύπαρχει ένα κάθισμα άδειο. Ο άνθρωπος πού κάθεται δίπλα στό άδειο κάθισμα μετακινεῖται κατά μία θέση, υπερερα ό άλλος κ.ο.κ. Μέ τόν τρόπο αύτό τελικά ή κενή θέση μετατοπίζεται πρός τά δεξιά, δηλ. άντιθετα πρός τήν κίνηση τών άνθρωπων. Έπειδή ή κίνηση τών όπων ισοδυναμεῖ μέ κίνηση θετικών φορτίων, οι ήμιαγωγοί τής κατηγορίας αύτής λέγονται ήμιαγωγοί τύπου ρ (positive = θετικός).

Οι ήμιαγωγοί τύπου η και ρ χρησιμοποιούνται γιά τήν κατασκευή κρυσταλλούχνιών (transistors) πού είναι άπαραίτητες σέ όλες τίς ήλεκτρονικές κατασκευές (ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, ύπολογιστήρες κτλ.).



Σχ. 7. Η μικρή τετράγωνη κατασκευή λέγεται «διοκλήτρωμένο κύκλωμα» και είναι κατάλληλη γιά ύπολογιστήρες κτλ. Περιλαμβάνει άντιστάσεις, πυκνωτές και ήμιαγωγούς τύπου ρ και η πού σχηματίζουν 50 κρυσταλλούχνιες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

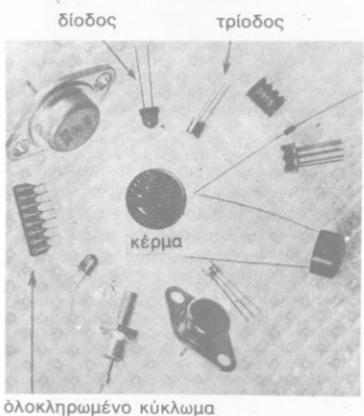
- Γιά νά άγει ένα ύλικό τόν ήλεκτρισμό πρέπει νά έχει στή μάζα του φορείς ήλεκτρικού φορτίου. Στά μέταλλα και στούς ήμιαγωγούς τύπου η, οι φορείς αύτοί είναι έλευθερα ήλεκτρονία, στούς ήμιαγωγούς τύπου ρ είναι όπές, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα είναι θετικά και άρνητικά ιόντα και στά άερια είναι θετικά και άρνητικά ιόντα και έλευθερα ήλεκτρονία.
- Οι ήμιαγωγοί τύπου η παράγονται μέ πρόσμειξη πεντασθενούς στοιχείου, π.χ. As, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge και οι ήμιαγωγοί ρ παράγονται μέ πρόσμειξη τρισθενούς στοιχείου, π.χ. Al, σέ καθαρό κρύσταλλο Si ή Ge.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Γιά νά έχει άγωγιμότητα ένα σώμα τί πρέπει νά ύπάρχουν στή μάζα του;
- Τί είδους φορείς ήλεκτρικού φορτίου ύπαρχουν στά μέταλλα, στούς ήμιαγωγούς τύπου ρ, στά ήλεκτρολυτικά διαλύματα και στά άερια;
- α) Από πού προέρχονται τά έλευθερα ήλεκτρονία στούς ήμιαγωγούς τύπου η;
β) Πώς έξηγεται ή κίνηση όπων στούς ήμιαγωγούς τύπου ρ;
- Η κίνηση τών όπων ισοδυναμεῖ μέ κίνηση θετικών φορτίων, άρνητικών φορτίων ή τίποτε άπό αύτά;

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΩΓΩΝ – ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

I. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΑΓΟΓΩΝ



Σχ. 1. Κρυσταλλούχνιες και ἄλλα
ἐξαρτήματα ἡλεκτρονικῶν συ-
σκευῶν



Σχ^η 2. Συμβολικές παραστάσεις κρυπταλλοδιόδου

Μία σπουδαία έφαρμογή των ήμιαγωγών τύπου η κατασκευή κρυσταλλοδιόδων και κρυσταλλοτριόδων, πού άποτελούν τά άπαραίτητα έξαρτήματα όλων των ήλεκτρονικών συσκευών (Σχ. 1).

α. Κρυσταλλοδιόδος. Ἡ κρυσταλλοδιόδος, ἀποτελεῖται ἀπό δύο ἡμιαγωγούς, τὸν ἔναν τύπου ρ καὶ τὸν ἄλλο τύπου π, κολλημένους μεταξύ τους (Σχ. 2).

Ἡ κρυσταλλοδίօδος ἔχει μία σπουδαία ίδιότητα. Ἐπιτρέπει στὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα νά περνάει μόνο κατά τὴ μία φορά, ἐνῶ τὸ ἐμποδίζει κατά τὴν ἄλλη. Ἔτοι, ὅταν ἡ δίօδος συνδέεται κατά τὴν ἀγώνιμη φορά (Σχ. 3), περνάει ρεῦμα ἀπό τὸ κύκλωμα, ἐνῶ ὅταν συνδέεται ἀνάποδα δέν περνάει ρεῦμα.

΄Η Ιδιότητα τής διόδου νά έπιπρέπει τή μονόδρομη διέλευση τοῦ ρεύματος ἀξιοποιεῖται στήν ἀνόρθωση τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, διότι στη μετατροπή του σὲ συνεχές. Ή ἀνόρθωση είναι ἀπαραίτητη, ὅταν πρόκειται νά πάρουμε ἐνέργεια ἀπό τὸ ἡλεκτρικό δίκτυο, γιά νά τροφοδοτήσουμε ἔνα ραδιόφωνο, μία πλεόραση καὶ γενικά μία ἡλεκτρονική συσκευή.

Άνορθωση. Γιά νά άντιληφθούμε τί σημαίνει άνόρθωση τού έναλλασσόμενου ρεύματος κάνουμε τό άκολουθο πείραμα. Συνδέουμε μία άντισταση R μέ μία πηγή έναλλασσόμενης τάσεως και μέ έναν παλμογράφο παρατηρούμε τή μορφή τῆς τάσεως πού έπικρατει στά άκρα τῆς άντιστάσεως (Σχ. 4). Ή καμπύλη στόν παλμογράφο - δηπως άλλωστε περιμέναμε - είναι ήμιτονοειδής, δηλ. ή τάση στά άκρα R είναι έναλλασσόμενη ήμιτονοειδής τάση.

Συνδέουμε κατόπιν σέ σειρά μέ την. ἀντίσταση της Ρ μία κρυσταλλούδιο και παραπτοῦμε διτή η καμπύλη στὸν παλαιγράφο κόβεται στὴ μέση καὶ ἀπόμενουν μόνο τὰ θετικά τμῆματα τῆς ήμιτονοειδούς καμπύλης. Αὔτοῦ στημάνει διτή ή τάσο στὰ ἄκρα τῆς Ρ ἐπιπλεόν γά εἶναι ἔνολλασ-

σόμενη. Το άκρο A είναι πάντοτε θετικό σέ σχέση με τό άκρο B. "Ετσι ή τάση έχει πάντα τήν ίδια φορά, μέ απότελεσμα καί τό ρεύμα πού περνάει μέσα από τήν R νά έχει πάντα τήν ίδια φορά (συνεχές ρεύμα), ή έντασή του ίμως μεταβάλλεται μέ τό χρόνο. Είναι δηλαδή ένα συνεχές άλλα όχη σταθερό ρεύμα.

β. Κρυσταλλοτρίοδος (transistor)

Η κρυσταλλοτρίοδος ή transistor άποτελεῖται από τρεῖς διαδοχικούς ήμιαγωγούς κολλημένους μεταξύ τους καί άναλογα μέ τή σειρά τῶν ήμιαγωγῶν διακρίνουμε τήν κρυσταλλοτρίοδο p-n-p καί n-p-n (Σχ. 5).

Η μεγάλη σπουδαιότητα τῶν transistors οφείλεται στήν ίδιότητα πού έχουν νά ένισχύουν μικρές μεταβολές τής τάσεως ή τοῦ ρεύματος. Η ίδιότητά τους αύτη βρίσκει έφαρμογή στούς ένισχυτές, οι οποίας άποτελούν βασικό μέρος τοῦ κυκλώματος ὅλων σχεδόν τῶν ηλεκτρονικῶν συσκευῶν.

γ. Φωτοστοιχείο

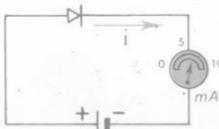
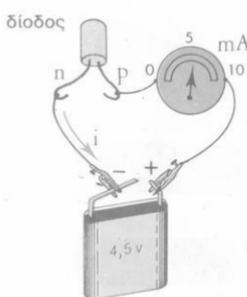
Τό φωτοστοιχείο είναι μία συσκευή πού μετατρέπει τή φωτεινή ένέργεια σέ ηλεκτρική. Τό βασικό μέρος ένός φωτοστοιχείου είναι μία κρυσταλλοδίοδος, τής οποίας ή έπαφή p-n έχει σχετικά μεγάλο έμβαδό γιά νά συλλέγει άρκετό φῶς (Σχ. 6). Τό ένα από τά δύο ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένο από λεπτότατο στρώμα μετάλλου, ώστε νά είναι διαφανές στό φῶς. "Οταν τό φῶς πέφτει στό φωτοστοιχείο, άναπτύσσεται ηλεκτρική τάση μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων του καί τό φωτοστοιχείο λειτουργεῖ ως ηλεκτρική πηγή.

Τά φωτοστοιχεία χρησιμοποιούνται γιά τήν κατασκευή φωτομέτρων πού είναι άπαραίτητα στή φωτογραφία.

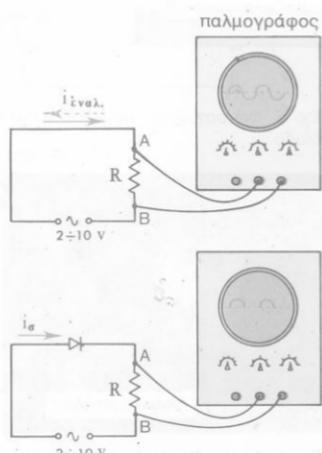
Πολλά μαζί φωτοστοιχεία συνδέμενά σέ σειρά άποτελούν τίς φωτοστήλες (ή ήλιασκές στήλες) πού χρησιμοποιούνται στούς δορυφόρους καί τά διαστημόπλοια γιά τήν τροφοδότησή τους μέ ηλεκτρική ένέργεια (Σχ. 7).

II. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

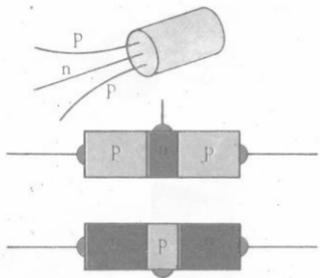
Παίρνουμε δύο διαφορετικά μέταλλα π.χ. χαλκό καί σίδηρο καί συνδέουμε τά δύο μέταλλα δημοσίως φαίνεται στό Σχ. 8. Στή συνέχεια θερμαίνουμε τή μία έπαφή τῶν μετάλλων, ένω τήν άλλη τήν κρατάμε στή θερμοκρασία τοῦ περιβάλλο-



Σχ. 3. Σύνδεση κρυσταλλοδίοδου κατά τήν άγνωμη φορά



Σχ. 4. Απλή άνόρθωση τοῦ έναλασ- σόμενου ρεύματος (ήμιανόρθωση)



Σχ. 5. Κρυσταλλοτρίοδοι



Σχ. 6. Φωτοστοιχεῖο μέ κρυσταλλοδίοδο

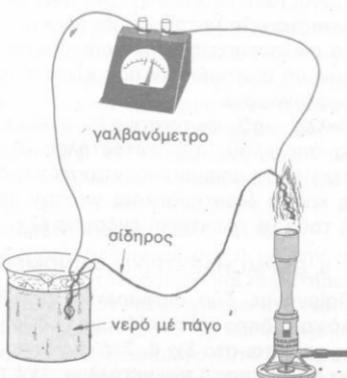


Σχ. 7. Στούς δορυφόρους χρησιμοποιούνται ήλιακές στήλες γιά νά λειτουργοῦν οι ραδιοπομποί καί δέκτες τούς

τοῖς ἡ τῇ βυθίζουμε μέσα σέ δοχεῖο μέ πάγο γιά νά διατηρεῖται σέ θερμοκρασία 0°C. Παρατηρούμε ότι ή βελόνα τοῦ γαλβανομέτρου κινεῖται. Τό γεγονός αὐτό φανερώνει ότι μεταξύ τῶν δύο ἐπαφῶν πού βρίσκονται σέ διαφορετική θερμοκρασία, ἀναπτύσσεται μία ηλεκτρική τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη). Τό φαινόμενο αὐτό ὄνομάζεται θερμοηλεκτρικό φαινόμενο καί παρατηρεῖται κάθε φορά πού οἱ ἐπαφές δύο διαφορετικών μεταλλών βρίσκονται σέ διαφορετική θερμοκρασία. Ή τάση πού ἀναπτύσσεται ἀνάμεσα στίς δύο αὐτές ἐπαφές ὄνομάζεται θερμοηλεκτρική τάση καί ἀποδεικνύεται ότι είναι ἀνάλογη πρός τή διαφορά Δθ τῶν θερμοκρασιῶν τῶν δύο ἐπαφῶν.

Έφαρμογές 1. Τό σύστημα των δύο σε έπαφή μετάλλων, είναι ένα είδος ήλεκτρικής πηγής που μετατρέπει τή θερμική ένέργεια σε ήλεκτρική και όνομάζεται **θερμοστοιχείο**. Πολλά μαζί θερμοστοιχεία σε σειρά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τήν παραγωγή ήλεκτρικού ρεύματος (θερμοστήλες). **2.** Επειδή ή θερμοηλεκτρική τάση συνδέεται άμεσα με τή θερμοκρασία, τό θερμοστοιχείο μπορεί νά χρησιμοποιηθεί ώς **θερμόμετρο**, άφού φυσικά βαθμολογηθεί κατάλληλα τό γαλβανόμετρό του, ώστε νά δειχνεί βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$). Τέτοια θερμοηλεκτρικά θερμόμετρα χρησιμοποιούνται στή μέτρηση τής θερμοκρασίας τής μηχανής τών αύτοκινήτων κτλ.

χαλκός



Σχ. 8. Θερμοπλεκτρικό στοιχείο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

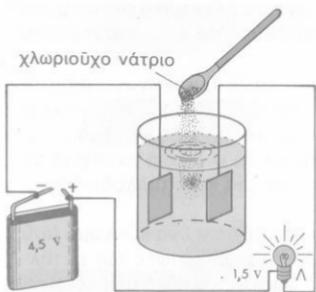
1. Ή κρυσταλλοδίοδος άποτελείται από έναν ήμιαγωγό τύπου η και έναν τύπου ρ κολλημένους μεταξύ τους. Ή κρυσταλλοδίοδος άγει τό δηλεκτρικό ρεύμα μόνο κατά τή μία φορά και χρησιμοποιείται στήν άνόρθωση τοῦ έναλλασσόμενου ρεύματος.
2. Ή κρυσταλλοτρίοδος (transistor) άποτελείται από τρεῖς ήμιαγωγούς ρ-η-ρ ή η-ρ-η κολλημένους μεταξύ τους. Ή κρυσταλλοτρίοδος μπορεί νά ένισχύει μικρές μεταβολές τοῦ ρεύματος ή τῆς τάσεως μέ κατάλληλη σύνδεση.
3. Τό φωτοστοιχείο είναι μία συσκευή πού μετατρέπει τή φωτεινή ένέργεια σέ δηλεκτρική. Τό κύριο μέρος ένός φωτοστοιχείου είναι μία κρυσταλλοδίοδος, ή όποια σκεπάζεται μέ διαφανές δηλεκτρόδιο.
4. Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο όνομάζεται ή έμφάνιση ΗΕΔ σέ ένα κύκλωμα πού περιλαμβάνει δύο διαφορετικά μέταλλα σέ έπαφή, δυταν οι έπαφές τών μετάλλων βρίσκονται σέ διαφορετική θερμοκρασία. Τό φαινόμενο αύτό άξιοποιείται στήν κατασκευή θερμοστοιχείων και θερμομέτρων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. a) Τί είναι ή κρυσταλλοδίοδος και τί ή κρυσταλλοτρίοδος; β) Ποιές είναι οι ιδιότητες τῶν λυχνιών αύτῶν;
2. Τί είναι τό φωτοστοιχείο και ποιά είναι τά κύρια μέρη του;
3. Τί είναι ή φωτοστήλη ή ήλιακή στήλη και ποῦ χρησιμοποιείται;
4. a) Τί είναι τό θερμοστοιχείο; β) "Άν ένώσουμε τίς δύο συρμάτων ένός άπό άλουμινο και τοῦ ἄλλου άπό άργυρο (άσήμι) και θερμάνουμε τή μία έπαφή, θά άναπτυχθεί ΗΕΔ στό κύκλωμα;

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

I. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΗ



Σχ. 1. Τα διαλύματα των ηλεκτρολυτών οδηγούν τό ηλεκτρικό ρεύμα

Βάζουμε σέ ένα ποτήρι άποσταγμένο* νερό και βυθίζουμε σ' αυτό δύο μεταλλικές πλάκες (ήλεκτρόδια) κατασκευασμένες από τό ίδιο μέταλλο. Κατόπιν συνδέουμε τά ηλεκτρόδια μέ μία πηγή, παρεμβάλλοντας και ένα λαμπτάκι στό κύκλωμα (Σχ. 1). Παρατηρούμε ότι τό λαμπτάκι δέν άναβει, γεγονός πού άποδεικνύει ότι τό ρεύμα δέ διέρχεται από τό άποσταγμένο νερό. Έάν στή συνέχεια ρίξουμε στό νερό άλατι (χλωριούχο νάτριο, NaCl) παρατηρούμε ότι τό λαμπτάκι φωτοβολεῖ. Αυτό σημαίνει ότι τό ρεύμα τώρα περνάει από τό ύδατικό διάλυμα του χλωριούχου νατρίου. Τό ίδιο θά συμβεί άν τό χλωριούχο νατρίου ρίξουμε στό νερό θειικό όξυ ή ύδροχλωρικό όξυ, ένω δέν παρατηρείται διέλευση τού ρεύματος όταν στό νερό διαλύουμε ζάχαρη ή οινόπνευμα.

Οι ούσιες έκεινες οι οποίες άγουν τό ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διαλύονται στό νερό, ονομάζονται ή λεκτρολύτες.

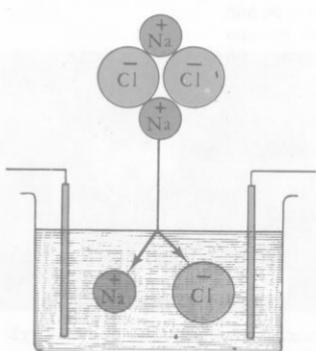
Τά άξεα, οι βάσεις και τά άλατα είναι ηλεκτρολύτες και τά διαλύματά τους ονομάζονται ηλεκτρολυτικά.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΙΚΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ

"Όπως είναι γνωστό, γιά νά περνάει ηλεκτρικό ρεύμα από ένα ύλικό, πρέπει στή μάζα τού ύλικου νά υπάρχουν φορείς ηλεκτρικού φορτίου. Οι φορείς αύτοι γιά τά μέταλλα και τούς ήμιαγωγούς τύπου πείναι τά έλευθερα ηλεκτρόνια, γιά τούς ήμιαγωγούς τύπου πείναι οι όπες και τά ηλεκτρολυτικά διαλύματα είναι θετικά και άρνητικά ίόντα.

"Όταν στό ποτήρι ύπάρχει άποσταγμένο νερό δέ διέρχεται ρεύμα από τό κύκλωμα, ένω όταν διαλύεται τό NaCl στό νερό, τότε διέρχεται ρεύμα. Τά πειράματα αύτά μάς πείθουν ότι τά ιόντα δέν προϋπάρχουν στό άποσταγμένο

* Σέ πρόχειρο πείραμα μπορούμε νά χρησιμοποιησουμε πόσιμο νερό και δύο κοινά καλώδια γιά ηλεκτρόδια.



Σχ. 2. Ήλεκτρολυτική διάσταση

νερό, άλλα σχηματίζονται μέ τή διάλυση τοῦ NaCl.

Γιά νά έρμηνεύσουμε τήν έμφανιση τῶν ιόντων στό διάλυμα, δεχόμαστε ότι τά μόρια τοῦ NaCl σταν διαλύονται στό νέρό χωρίζονται σέ δύο μέρη: σέ θετικά ίόντα Na^+ καί ἀρνητικά ίόντα Cl^- . Τό φαινόμενο αύτό τοῦ χωρισμοῦ τῶν μορίων ἐνός ήλεκτρολύτη σέ θετικά καί ἀρνητικά ίόντα μέ τήν ἐπίδραση τοῦ νερού ὄνομάζεται **ήλεκτρολυτική διάσταση** (Σχ. 2).

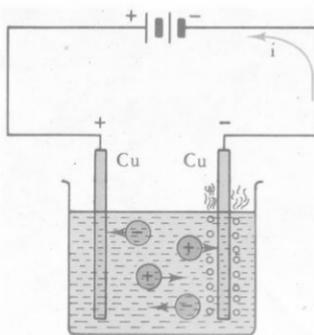
Ήλεκτρολυτική διάσταση παθαίνουν ὅλοι οἱ ήλεκτρολύτες ἀμέσως μόλις διαλύονται στό νερό, δηλ. ἀνεξάρτητα ἀπό τό ἄν έφαρμόζουμε τάση στά ήλεκτρόδια ἡ δχι.

Τά ίόντα πού προκύπτουν ἀπό τή διάσταση τῶν μορίων μέσα στό διάλυμα κινοῦνται ἄτακτα καί πρός δλες τίς κατευθύνσεις. Μόλις ὅμως συνδέσουμε τά ήλεκτρόδια μέ τούς πόλους μιᾶς πηγῆς, τά θετικά ίόντα κατευθύνονται πρός τό ἀρνητικό ήλεκτρόδιο (**κάθοδος**) καί τά ἀρνητικά ίόντα πρός τό θετικό ήλεκτρόδιο (**ἀνοδος**) (Σχ. 3). "Ετοι δημιουργεῖται ήλεκτρικό ρεῦμα στό διάλυμα. Ή παραπάνω θεωρία τῆς διαστάσεως τῶν μορίων τῶν ήλεκτρολυτῶν καί ἡ ἔξηγηση τῆς ἀγωγιμότητας τῶν ηλεκτρολυτικῶν διαλυμάτων διατυπώθηκε ἀπό τόν **Arrhenius** στό τέλος τοῦ 19ου αἰώνα.

III. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

Αφήνουμε νά περάσει ρεῦμα ἀπό τό διάλυμα τοῦ NaCl καί παρατηροῦμε ότι στήν κάθοδο σχηματίζονται φυσαλίδες (Σχ. 3). "Αν τά ήλεκτρόδια είναι ἀπό χαλκό, τότε τό διάλυμα γύρω ἀπό τό θετικό ήλεκτρόδιο ἀρχίζει νά βάφεται πράσινο. Οι μεταβολές αὐτές φανερώνουν ότι, κατά τή διέλευση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπό τά ηλεκτρολυτικά διαλύματα, συμβαίνουν δρισμένες χημικές ἀντιδράσεις. Τό φαινόμενο αύτό ὄνομάζεται **ήλεκτρολύση**. Παρόμοιες μεταβολές συμβαίνουν καί σέ τήγματα ήλεκτρολυτῶν. Οι μεταβολές αὐτές, δόπως προκύπτει ἀπό τό πείραμα, δέ συμβαίνουν σέ δλη τήν ἔκταση τοῦ ήλεκτρολύτη, ἀλλά μόνο στήν ἐπιφάνεια τῶν ήλεκτροδίων: "Αρα:

Η λεκτρόλυση ονομάζεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο έμφανίζονται χημικές μεταβο-



Σχ. 3. Μέ τό πέρασμα τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος έμφανίζονται χημικές μεταβολές



Σχ. 4. S. Arrhenius (Ἀρένιους) (1859-1927)

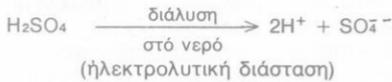


Σχ. 5. Ήλεκτρολυτικές κυψέλες γιά τήν παραγωγή καθαρού άλουμινιού (ήλεκτρόλυση τήγματος Al_2O_3)

λές, όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από τούς ήλεκτρολύτες.

Παραδείγματα ήλεκτρολύσεως

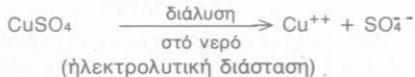
α. Ήλεκτρόλυση ύδατος διαλύματος H_2SO_4 με ήλεκτρόδια από λευκόχρυσο. "Όταν τά μόρια του H_2SO_4 διαλύονται στό νερό, παθαίνουν διάσταση σέ ίόντα ύδρογονου H^+ και θειικά ίόντα SO_4^{2-} "



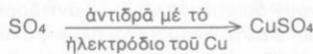
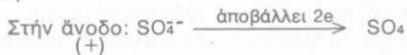
Τά ίόντα αύτά κάνουν τό νερό άγωγιμο. Έτσι, όταν έφαρμόζουμε τάση στά ήλεκτρόδια, διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα με άποτέλεσμα νά διασπάται τελικά τό H_2O σέ ύδρογόνο και άξειγόνο:



β. Ήλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$ με ήλεκτρόδια από χαλκό. Κατά τή διάλυση θειικού χαλκού (γαλαζόπετρας) στό νερό τά μόρια του $CuSO_4$ χωρίζονται σέ ίόντα χαλκού Cu^{2+} και σέ θειικά ίόντα.



Στή συνέχεια άν έφαρμόσουμε τάση στά ήλεκτρόδια, τά ίόντα θά κινηθούν πρός τά ήλεκτρόδια και θά έχουμε τίς έξης χημικές μεταβολές:



Μέ τόν τρόπο αύτό τό ήλεκτρόδιο τής άνοδου διαρκώς φθείρεται και τής καθόδου αύξανει σέ μάζα. Γίνεται δηλ. μεταφορά χαλκού από τήν άνοδο στήν κάθοδο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ηλεκτρολύτες λέγονται οι ούσίες πού όταν διαλύονται στό νερό έπιπρέπουν τή διέλευση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος.
2. Ο χωρισμός τῶν μορίων τῶν ήλεκτρολυτῶν σέ θετικά καί ἀρνητικά ιόντα, όταν οἱ ηλεκτρολύτες διαλύονται στό νερό, λέγεται ήλεκτρολυτική διάσταση.
3. Ή πρόκληση χημικῶν ἀντιδράσεων σέ ήλεκτρολυτικά διαλύματα, μέ τή διέλευση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, λέγεται ηλεκτρόλυση.

47η ΕΝΟΤΗΤΑ

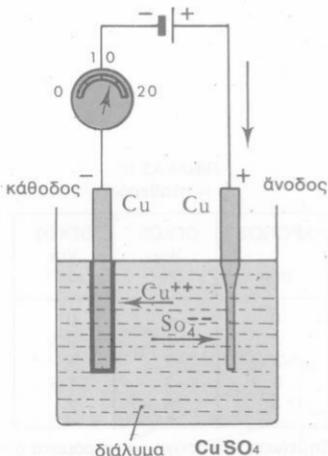
ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

I. ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

΄Από τούς πρώτους πού άσχολήθηκαν μέ τό φαινόμενο τῆς ήλεκτρολύσεως ήταν ὁ MICHAEL FARADAY (Φάρανταίου) πού μέ τά πειράματά του δύογήθηκε σέ δρισμένα συμπεράσματα πού συνοψίζονται στό νόμο τῆς ήλεκτρολύσεως ή νόμο τοῦ FARADAY ὡπας ἀλλιώς λέγεται.

Παίρνουμε δύο πλάκες ἀπό χαλκό καί τίς ζυγίζουμε. Κατόπιν βιθίζουμε τίς πλάκες σέ ύδατικό διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (γαλαζόπετρας) καί συνδέουμε τίς πλάκες μέ τούς πόλους μιᾶς πηγῆς, παρεμβάλλοντας καί ἔνα ἀμπερόμετρο γιά νά μετράμε τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος (Σχ. 1). Άφήνουμε τό κύκλωμα κλειστό γιά ἀρκετή ὥρα καί μετά διακόπτουμε τό κύκλωμα καί ζυγίζουμε τίς πλάκες (ήλεκτρόδια). Παρατηρούμε ὅτι ἡ μάζα τοῦ ἀρνητικοῦ ήλεκτροδίου ἔχει αὔξηση, ἐνώ τοῦ θετικοῦ ήλεκτροδίου ἔχει ἐλαττώθει. Ή αὔξηση τῆς μάζας τοῦ ἀρνητικοῦ ήλεκτροδίου διφειλεται στά ιόντα τοῦ χαλκοῦ πού ἀποφορτίζονται καί κολλάνε στό ήλεκτρόδιο.

Μέ ἔνα τετοιο πείραμα ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ μάζα μ τῶν ιόντων τοῦ χαλκοῦ, πού ἀποφορτίζονται στήν κάθοδο, είναι ἀνάλογη πρός τήν ἔνταση ι τοῦ ρεύματος καί ἀνάλογη πρός τό



Σχ. 1. Από τό θετικό ήλεκτρόδιο μεταφέρεται μάζα στό ἀρνητικό

ΠΙΝΑΚΑΣ I
ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ FARADAY

Στοιχείο ή ίόν	Σταθερά α	
	σέ gr/Cb	σέ 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 τ πού διαρκεῖ ή ηλεκτρόλυση. Γενικά γιά κάθε είδος ιόντων άποδεικνύεται ότι ίσχυει:

μάζα ιόντων που άποφορτίζονται σε ένα ηλεκτρόδιο = σταθερά × ένταση ρεύματος × χρόνο

$$m = a.i.t \quad \text{Νόμος της ηλεκτρολύσεως}$$

Η σταθερά α έχαρταται από τό είδος τών ιόντων που άποφορτίζονται στά ηλεκτρόδια και έχει γιά κάθε στοιχείο μία δρισμένη τιμή που δίνεται από πίνακες (ΠΙΝΑΚΑΣ I).

Οι μονάδες της σταθεράς α προκύπτουν από τό νόμο, αν τόν λύσουμε ώς πρός α.

$$a = \frac{m}{i.t} = \frac{m}{q}$$

"Αρα μονάδες τού α θά είναι 1Kgr/Cb ή 1gr/Cb κτλ.

Σύντομη πειραματική έπαλήθευση τού νόμου. "Ενα άπλο και σύντομο πείραμα, γιά τήν έπαλήθευση τού νόμου της ηλεκτρολύσεως, είναι ή ηλεκτρόλυση νερού μέν ειδική συσκευή που μάζα δίνει τή δυνατότητα νά μετρήμε τόν δύγκο τού H₂ πού έλευθερώνεται στήν κάθοδο (Σχ. 2).

1. Έφαρμόζουμε στά ηλεκτρόδια μία σταθερή τάση (π.χ. 4,5 V) και σημειώνουμε τούς δύγκους H₂ και O₂ κάθε 1 ή 2min. Μέ τόν τρόπο αύτό συμπληρώνουμε έναν πίνακα μετρήσεων (ΠΙΝΑΚΑΣ II).

ΠΙΝΑΚΑΣ II
(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: Σέ πρόχειρα πειράματα δύγκος τού ύδρογόνου είναι λίγο μεγαλύτερος απ' τό διπλάσιο τού δύγκου τού άξυγόνου.

Κατόπιν παριστάνουμε γραφικά τόν δύγκο τών άεριών σέ συνάρτηση μέ τό χρόνο και παρατηρούμε ότι προκύπτουν εύθειες γραμμές (Σχ. 3). "Αρα ό δύγκος τών άεριών πού έλευθερώνονται στά ηλεκτρόδια είναι άναλογος πρός τό χρόνο τ. Από τή σχέση m=d.V προκύπτει ότι ή μάζα είναι άναλογη πρός τόν δύγκο, άρα θά είναι άναλογη και πρός τό χρόνο t.

2. Αύξανουμε τήν ένταση i τού ρεύματος – αυξάνοντας τήν τάση στά ηλεκτρόδια – καί παρατηρούμε ότι στόν ίδιο χρόνο t παράγεται τώρα περισσότερο άεριο στά ηλεκτρόδια. "Αρα ή μάζα τών άεριών πού έλευθερώνονται στά ηλεκτρόδια έχαρταται από τήν ένταση i τού ρεύματος.

3. Τέλος οι ποσότητες των άεριών που παράγονται στά δύο ήλεκτρόδια είναι διαφορετικές. "Αρα ή μάζα τοῦ στοιχείου πού έλευθερώνεται σέ ένα ήλεκτρόδιο έξαρται από τό είδος τοῦ στοιχείου.

II. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

Η ήλεκτρόλυση έφαρμόζεται στήν έπιμετάλλωση, στήν γαλβανοπλαστική, στήν ήλεκτροχυμεία, στή φόρτιση των συσσωρευτών κτλ.

α. Έπιμετάλλωση. "Όταν λέμε έπιμετάλλωση, έννοούμε τήν έργασία πού κάνουμε γιά νά καλύψουμε ένα μεταλλικό άντικειμένο μέλεπτό στρώμα από δόλλο μέταλλο. Μέ τήν έπιμετάλλωση έπιδιώκουμε δύο σκοπούς: α) τήν προστασία τοῦ άντικειμένου από τήν δεξιδώση καί β) τήν ώραιότερη έμφανισή του.

Μέ έπιμετάλλωση κατασκευάζονται έπάργυρα καί έπιχρυσα κοσμήματα, οικιακά σκεύη κτλ. (Σχ. 4). Μέ έπιμετάλλωση έπιστρηση κατασκευάζονται διάφορα έπινικελωμένα ή έπιχρωμιωμένα άντικειμένα (προφυλακτήρες αύτοκινήτων, άνοξείδωτες βρύσες κτλ).

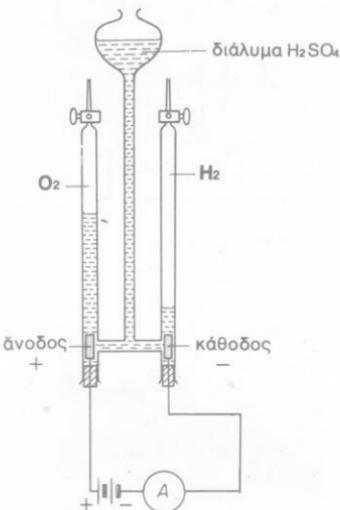
"Οπως φαίνεται καί στό Σχ. 4, τά άντικειμένα πού θέλουμε νά έπιμεταλλωθοῦν τά συνδέουμε μέ τόν άρνητικό πόλο τής πηγής καί άνάλογα μέ τήν έπιμετάλλωση χρησιμοποιούμε κατάλληλο ήλεκτρολυτικό διάλυμα καί κατάλληλο μέταλλο στήν άνοδο.

β. Γαλβανοπλαστική. Στή γαλβανοπλαστική τέχνη έκμεταλλευόμαστε τό φαινόμενο τής ήλεκτρολύσεως γιά νά παράγουμε πιστές μεταλλικές μήτρες (καλούπια) καί όμοιώματα (άντιγραφα) διαφόρων άντικειμένων. Μεγάλη έκμεταλλευση τής γαλβανοπλαστικής γίνεται από τίς έταιρειες παραγωγής φωνογραφικών δίσκων.

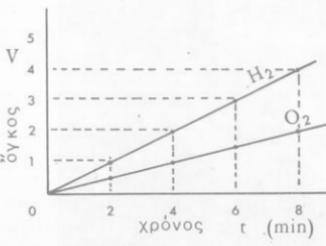
Τά κύρια στάδια παραγωγής δίσκων είναι τά έξης (Σχ. 5):

1) Χάραξη. Μέ ειδικό μηχάνημα χαράσσεται ή μορφή τοῦ ίχου πάνω σέ ειδικούς δίσκους άπό συνθετικό ύλικό.

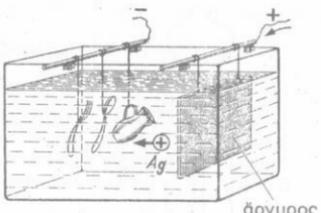
2) Έπιμετάλλωση. Ό δίσκος, πού παράγεται μέ τή χάραξη, σκεπάζεται μέ λεπτότατο στρώμα άργυρου, μέ ειδικό ψεκασμό, γιά νά γίνει ή έπι-



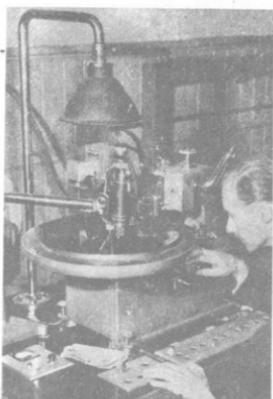
Σχ. 2. Συσκευή ήλεκτρολύσεως νερού



Σχ. 3.



Σχ. 4. Έπαργύρωση



I



II

φάνειά του άγωγιμη καί κατόπιν έπινικελώνεται. Τό στρώμα νικελίου, πού σχηματίζεται μέ τήν έπινικέλωση, άποχωρίζεται από τό χαραγμένο δίσκο καί άποτελεί τό άρνητικό άποτύπωμα τού δίσκου (μήτρα).*

3) Τύπωση. Οι μήτρες τοποθετούνται σέ κατάλληλη πρέσα καί άνάμεσα στίς μήτρες τοποθετεῖται μικρή ποσότητα θερμού πλαστικού ύλικού. Μέ τή συμπίεση τής πρέσας τό πλαστικό μετατρέπεται σε δίσκο καί άποτελεί ένα πιστό άντιγραφο τού χαραγμένου δίσκου.

γ. Ήλεκτροχημεία. Πολλές χημικές ούσεις (ύδρογόνο, δειγόνο, χλώριο, νάτριο, άλουμινιό κτλ.) παράγονται μέ ήλεκτρόλυση. Χωρίς τήν ήλεκτρόλυση τό άλουμινιό θά ήταν τόσο άκριβό μέταλλο πού δέ θά είχε ίσως χρησιμοποιηθεί από τόν άνθρωπο άκομα.

*Επίσης μέ ήλεκτρόλυση καθαρίζονται τά μέταλλα από τίς προσαμίξεις τους, όταν θέλουμε νά παρασκευάσουμε πολύ καθαρά μέταλλα.

δ. Όρισμός τής μονάδας Ampere (1A). "Αν στό πείραμα τού Σχ. 1 χρησιμοποιήσουμε ήλεκτρόδια από Ag καί διάλυμα AgNO_3 , τότε στήν κάθοδο θά άποτιθεται άργυρος, πού μπορούμε μέ ένα ζυγό νά βρίσκουμε τή μάζα του.

Από τό νόμο τής ήλεκτρολύσεως $m = a \cdot i \cdot t$, αν βάλουμε $a = 1,118 \text{ mgr/Cb}$ (βλέπε πίνακα), $i = 1 \text{ A}$ καί $t = 1 \text{ sec}$, βρίσκουμε $m = 1,118 \text{ mgr}$.

Τήν ένταση έκείνη τού ρεύματος πού άποθετει $1,118 \text{ mgr}$ άργυρου στήν κάθοδο σέ 1 sec , τήν παίρνουμε ώς μονάδα έντάσεως καί τήν ονομάζουμε Ampere.

*Η μονάδα Ampere άποτελεί θεμελιώδη μονάδα γιά τό Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I. units).



III

Σχ. 5. I. Χάραξη II. Κατασκευή τῆς μήτρας μέν ήλεκτρόλυση III. Αποκόλληση τῆς μήτρας ἀπό τὸ χαραγμένο δίσκο IV. Τύπωση δίσκων στήν πρέσσα



IV

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ή μάζα ὅ τῶν ιόντων πού ἀποτίθεται στήν κάθοδο ἢ στήν ἄνοδο είναι ἀνάλογη πρός τὴν ἔνταση ἵ τοῦ ρεύματος, ἀνάλογη πρὸς τὸ χρόνο ηλεκτρολύσεως τ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπό τὸ εἶδος τῶν ιόντων. $m = ai \cdot t$ (νόμος τῆς ηλεκτρολύσεως).
2. Ή ηλεκτρόλυση χρησιμοποιεῖται στήν ἐπιμετάλλωση, γαλβανοπλαστική, ηλεκτροχημεία, στὴ φόρτιση τῶν συσσωρευτῶν κτλ. Στὴ γαλβανοπλαστική κατασκευάζουμε μέ τῇ βοήθεια τῆς ηλεκτρολύσεως πιστές μήτρες ἀντικειμένων. Στήν ηλεκτροχημεία παρασκευάζουμε διάφορα χημικά στοιχεία ἢ ἐνώσεις μέ ηλεκτρολυτική μέθοδο.
3. Ή ἔνταση τοῦ ρεύματος, πού ἀποθέτει στήν κάθοδο τῆς συσκευῆς ηλεκτρολύσεως 1,118 mgr ἀργύρου σέ 1 sec, ὥριζεται ώς μονάδα ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ λέγεται Ampere.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ἀπό τὶ ἔξαρτᾶται ἡ μάζα ἐνός στοιχείου πού παράγεται στήν ἄνοδο κατά τὴν ηλεκτρόλυση;
2. a) Τὶ είναι ἡ γαλβανοπλαστική τέχνη καὶ ποὺ χρησιμοποιεῖται;
b) Ποια είναι τὰ κύρια στάδια παραγωγῆς ἐνός φωνογραφικοῦ δίσκου;
3. Πῶς ὥριζεται τὸ 1Ampere;
4. Ἀπό τὶ ἔξαρτᾶται καὶ τὶ μονάδες ἔχει ἡ σταθερά α τοῦ νόμου τοῦ FARADAY;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόσος χρόνος χρειάζεται γιά νά μαζευτούν στήν κάθοδο 32,9gr Cu αν ή ένταση τού ρεύματος είναι 2A;

$$(αχαλκού = 0,329 \frac{\text{mgr}}{\text{Cb}})$$
2. a) Πόση μάζα ύδρογόνου παράγεται κατά τήν ήλεκτρολύση τού νερού, αν ή ένταση τού ρεύματος είναι $i=0,5\text{A}$ και ό χρόνος $t = 2\text{min}$; β) Πόσος είναι ο δύκος τού παραγόμενου άεριου αν ή πυκνότητα τού ύδρογόνου μέσα στό σωλήνα τής συσκευής είναι $d = 0,09 \text{ gr/lit} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ gr/cm}^3$; ($\alpha_{\text{δρ}} = 0,01 \text{ mgr/cb}$) .
3. Θέλουμε νά βαθμολογήσουμε ένα άμπερόμετρο και τό συνδέουμε σέ σειρά μέ μιά συσκευή ήλεκτρολύσεως διαλύματος AgNO_3 . Παρατηρούμε ότι ή βελόνα τού όργανου στή διάρκεια τής ήλεκτρολύσεως δείχνει διαρκώς σέ μία ύποδιαίρεση Γ. Ή μάζα τού όργανου που παράγεται στήν κάθοδο σέ χρόνο $t=100\text{min}$ είναι $m=10,062\text{gr}$. Τί τιμή πρέπει νά σημειωθούμε στήν ύποδιαίρεση Γ; ($\alpha_{\text{δρ}} = 1,118 \text{ mgr/Cb}$).

48η ENOTHTA

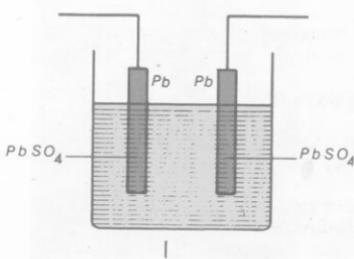
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

I. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΜΟΛΥΒΔΟΥ (κ. Μπαταρίες)

a. "Εννοια τού συσσωρευτή. Παίρνουμε δύο πλάκες άπό μόλυβδο (Pb) και τίς βυθίζουμε σέ ένα ποτήρι που περιέχει άραιό διάλυμα θειικού όξεος (H_2SO_4). Ο Pb άντιδρα μέ τό θειικό όξυ και σχηματίζεται στήν έπιφανεια τών πλακών ένα λεπτό στρώμα PbSO_4 , πού έμποδίζει τήν άντιδραση νά προχωρήσει σέ βάθος. Έτσι ή άντιδραση σταματάει στήν έπιφάνεια.

Μετράμε τή διαφορά δυναμικού μεταξύ τών δύο πλακών και βρίσκουμε ότι άρχικά δέν ύπάρχει καμιά τάση. Κατόπιν συνδέουμε τίς πλάκες Pb μέ τούς πόλους μιάς ήλεκτρικής στήλης (4,5 V) και άφήνουμε τό κύκλωμα κλειστό γιά λίγη ώρα (π.χ. 10min) (Σχ. 1, II).

"Στερεα άποσυνδέουμε τήν ήλεκτρική πηγή και μετράμε ξανά τή διαφορά δυναμικού στής δύο πλάκες τής συσκευής. Παρατηρούμε ότι τώρα οι πλάκες παρουσιάζουν διαφορά δυναμικού. Αν μάλιστα συνδέουμε ένα μικρό λαμπάκι μέ τίς δύο πλάκες, τό λαμπάκι άναψει. Αύτο σημαίνει ότι, μέ τήν ήλεκτρολύση, ή συσκευή μετατράπηκε σέ ήλεκτρική πηγή. "Αρα:



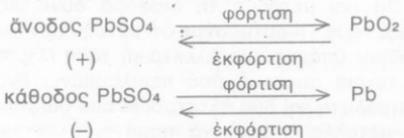
Η ήλεκτρολυτική συσκευή πού περιλαμβάνει διάλυμα θειικού όξεος και ήλεκτρόδια από μόλυβδο μετατρέπεται μέ-ήλεκτρόλυση σε ήλεκτρική πηγή και ονομάζεται συσσωρευτής.

Η ΗΕΔ κάθε τέτοιου συσσωρευτή είναι 2V.

β. Φόρτιση και έκφροτιση συσσωρευτή. "Αν προσέχουμε τίς πλάκες Pb, παρατηρούμε ότι μέ τήν ήλεκτρόλυση ή πλάκα πού είναι συνδεμένη μέ τό θειικό πόλο τής έξωτερικής πηγής σκεπάζεται μέ ένα λεπτό στρώμα πού έχει καρφέ χρώμα. Τό κάθε αύτο στρώμα είναι PbO₂. Γιά νά σχηματισθεί τό PbO₂ χρειάζεται ένέργεια, πού τή χρηγεί ή έξωτερική ήλεκτρική πηγή. Άρα κατά τή φόρτιση ή ήλεκτρική ένέργεια μετατρέπεται σε χημική και άποθηκεύεται («συσσωρεύεται») στό έσωτερικό τού συσσωρευτή.

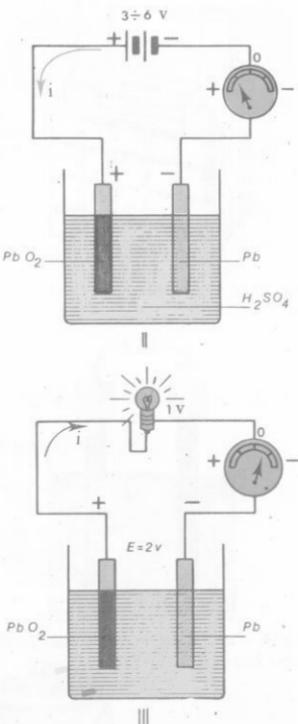
Κατά τήν έκφροτιση τού συσσωρευτή, ή χημική ένέργεια μετατρέπεται σε ήλεκτρική και ο συσσωρευτής λειτουργεί ως ήλεκτρική πηγή. "Αν έχαντληθεί τό καφέ στρώμα (PbO₂), παύει ο συσσωρευτής νά παράγει ήλεκτρικό ρεύμα.

Έπομένων ο συσσωρευτής έχει τήν ιδιότητα νά μετατρέπει τήν ήλεκτρική ένέργεια σε χημική και άντιστροφα τή χημική ένέργεια σε ήλεκτρική. Οι χημικές μεταβολές πού συμβαίνουν στά ήλεκτρόδια είναι οι έξης:

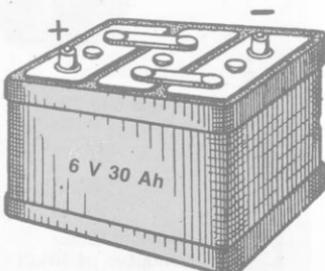


γ. Χαρακτηριστικά μεγέθη τών συσσωρευτών (μπαταρίας). Πάνω στίς μπαταρίες είναι γραμμένα συνήθως δύο μεγέθη πού τίς χαρακτηρίζουν: ή ΗΕΔ και ή χωρητικό τη τάση. Οι μπαταρίες άποτελούνται συνήθως άπο πολλούς συσσωρευτές συνδεμένους σε σειρά. Η μπαταρία τού Σχ. 2 έχει τρεις συσσωρευτές στή σειρά και γ' αύτό ΗΕΔ είναι 6V. Στά αύτοκίνητα ιδιωτικής χρήσεως οι μπαταρίες παρέχουν συνήθως τάση 12V.

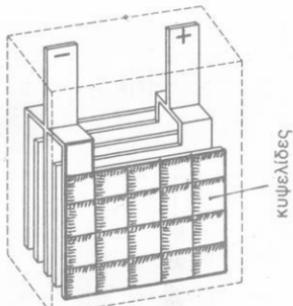
Μέ τόν όρο χωρητικότητα μπαταρίας έννοούμε τό όλικο ήλεκτρικό φορτίο πού μπορεῖ νά δώσει μία μπαταρία δυταν έκφροτίζεται. Η μονάδα πού χρησιμοποιείται στήν πράξη γιά τή μέτρηση τής χωρητικότητας μπαταρίας είναι ή άμ-



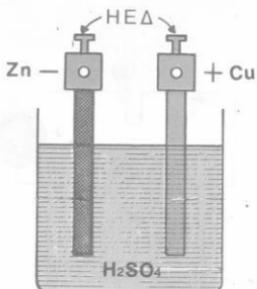
Σχ. 1. I. Άφροτιστος συσσωρευτής
II. Φόρτιση τού συσσωρευτή
III. Έκφροτιση τού συσσωρευτή



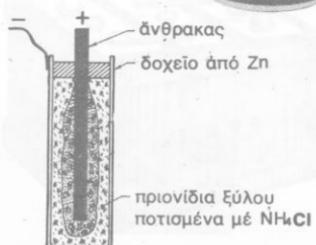
Σχ. 2. Μπαταρία μέ τρεις συσσωρευτές στή σειρά



Σχ. 3. Τά ήλεκτρόδια έχουν τή μορφή κηρύθρας



Σχ. 4. Μεταξύ χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου ἐμφανίζεται ΗΕΔ



Σχ. 5. Ξηρό ήλεκτρικό στοιχείο

περώρα (1Ah). Ή μονάδα αύτή προκύπτει άπο τό γνωστό τύπο $q = i \cdot t$, ἵνα θέσουμε $i=1A$ καὶ $t = 1h$.

Η μπαταρία τοῦ Σχ. 2 έχει χωρητικότητα 30Ah. Αύτό σημαίνει διτι μπορεῖ νά παρέχει ρεύμα π.χ. ἐντάσεως 1A για 30h συνεχῶς.

Γιά νά είναι μεγάλη ή χωρητικότητα τών συσσωρευτών πρέπει τά ήλεκτρόδια νά έχουν μεγάλη ἐπιφάνεια καὶ γι' αύτό κατασκευάζονται μέ μορφή κηρύθρας (Σχ. 3).

Οι συσσωρευτές τών αύτοκινήτων φορτίζονται άπο μία μικρή γεννήτρια συνεχοῦς τάσεως. "Οταν οι στροφές τῆς μηχανῆς είναι ἀρκετές ο συσσωρευτής φορτίζεται. "Οταν δημος «πεφτουν» οι στροφές τῆς μηχανῆς, τό ήλεκτρικό κύκλωμα τοῦ αύτοκινήτου (φώτα, μπουζι) παίρνει ρεύμα άπο τή μπαταρία καὶ ή μπαταρία ἐκφορτίζεται.

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

α. "Εννοια τοῦ ήλεκτρικοῦ στοιχείου. Βυθίζουμε δύο ήλεκτρόδια άπο διαφορετικά μέταλλα (π.χ. Cu καὶ Zn) σέ άραιό διάλυμα θειικοῦ δέξιος (H_2SO_4) καὶ μετράμε τή διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τους. Παρατηροῦμε διτι μεταξύ τών ήλεκτροδίων ύπάρχει μία ήλεκτρική τάση (Σχ. 4). Μία τέτοια συσκευή πού περιλαμβάνει έναν ήλεκτρολύτη καὶ δύο ήλεκτρόδια άπο διαφορετικά μέταλλα μπορεῖ νά παράγει ήλεκτρικό ρεύμα καὶ λέγεται ήλεκτρικό στοιχείο.

Τά ήλεκτρικά στοιχεία λειτουργούν μόνο κατά τή μία φορά, δηλ. μετατρέπουν τή χημική ένέργεια σέ ήλεκτρική, χωρίς νά μποροῦν νά φορτισθοῦν, ὅπως συμβαίνει μέ τούς συσσωρευτές.

β. Ξηρά ήλεκτρικά στοιχεία. Στό εμπόριο κυκλοφορεῖ μόνο ένα είδος ήλεκτρικών στοιχείων, τά ξηρά στοιχεία, πού έχουν ΗΕΔ 1,5V (Σχ. 5). Τά ήλεκτρόδια τους είναι τό ένα άπο ανθρακα καὶ τό άλλο άπο ψευδάργυρο (Zn). Ός ηλεκτρολύτη έχουν χλωριούχο άμμώνιο (NH_4Cl).

Γιά νά μή χύνεται τό διάλυμα τοῦ ήλεκτρολύτη, χρησιμοποιεῖται ένας πολτός άπο πριονίδια ξύλου, ποτισμένα μέ πυκνό διάλυμα NH_4Cl .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Οι συσσωρευτές (κ. μπαταρίες) κατά τή φόρτισή τους μετατρέπουν τήν ήλεκτρική ένέργεια σέ χημική καί τήν άποθηκεύουν στό έσωτερικό τους. Κατά τήν έκφόρτισή τους μετατρέπουν τή χημική ένέργεια σέ ηλεκτρική. Οι συσσωρευτές μολύβδου περιλαμβάνουν ήλεκτρόδια από πλάκες μολύβδου καί ώς ήλεκτρολύτη διάλυμα θειικοῦ δέξος.
2. Χωρητικότητα συσσωρευτή λέγεται τό συνολικό ήλεκτρικό φορτίο πού μπορεῖ νά δώσει ό συσσωρευτής, όταν έκφορτίζεται. Ή χωρητικότητα μετριέται σέ Ah.
3. Τά ξηρά ήλεκτρικά στοιχεία περιλαμβάνουν ένα ήλεκτρόδιο από άνθρακα καί ένα από ψευδάργυρο (δοχείο). Ής ήλεκτρολύτη έχουν NH₄Cl.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1: Σέ τί διαφέρουν τά ήλεκτρικά στοιχεία από τούς συσσωρευτές;
- 2: a) Τί είναι ή άμπερώρα; β) Νά ύπολογίσετε μέ πόσα Cb ισούται αύτή;
3. Γιατί τά ήλεκτρόδια τών μπαταριών έχουν κυψελιδωτή μορφή;
4. Ποιές μεταβολές παθαίνουν οι πλάκες Pb στό πείραμα τοῦ Σχ. 1 από τή στιγμή πού βυθίζονται γιά πρώτη φορά στό διάλυμα τοῦ θειικοῦ δέξος μέχρι πού φορτίζεται ό συσσωρευτής;
5. Ποιές μεταβολές παθαίνουν τά ήλεκτρόδια ένός συσσωρευτή κατά τήν έκφόρτισή;

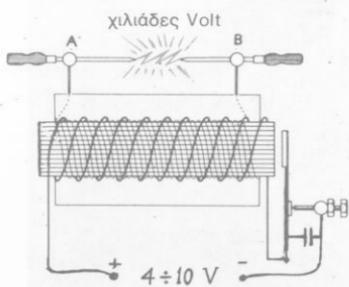
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 30Ah. Νά ύπολογισθεί τό άλικό φορτίο σέ Cb πού μπορεῖ νά δώσει ό συσσωρευτής άν έκφορτισθεί τελείως (άδειάσει ή μπαταρία).

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ – ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ



Σχ. 1. Ύπο όρισμένες συνθήκες ό
άέρας γίνεται άγνωστος (κατά μήκος
τής φωτεινής γραμμής)



Σχ. 2. Πολλαπλασιαστής τάσεως

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στή συνηθισμένη άτμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία και ύγρασία, ό αέρας και γενικά δύλα τά άερια δέν είναι καλοί άγνωστοι του ήλεκτρισμού. "Άλλωστε, άν δέν συνέβαινε αύτό, τότε άναμεσα στά ζύμνα καλώδια μεταφοράς τής ήλεκτρικής ένέργειας, δημοσιεύεται ή ανάμεσα στούς πόλους μιᾶς πρίζας, θά υπήρχε άδιάκοπη διαρροή ήλεκτρικού ρεύματος. Παρ' όλα αύτά, κάτω από ορισμένες συνθήκες μποροῦν και τά άερια νά γίνουν άγνωστοι του ήλεκτρισμού (Σχ. 1).

Ή λεπτή φλέβα του άέρα κατά μήκος τής φωτεινής γραμμής πού σχηματίζει ή άστραπή ή ό κεραυνός, συμπεριφέρεται γιά λίγο σάν άγνωστος.

II. ΑΥΤΟΤΕΛΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Σπινθήρες παρόμοιους μέ τόν κεραυνού ή τήν άστραπή, μποροῦμε νά δημιουργήσουμε στό έργαστήριο μέ έναν πολλαπλασιαστή (Σχ. 2). Ο πολλαπλασιαστής τάσεως, δημοσιεύεται γνωστό, παίρνει στό πρώτο πηνίο μικρή τάση ($2 \div 10$ V) και παράγει στό δεύτερο πηνίο πολύ μεγάλη τάση (χιλιάδες Volt). Έξαιτίας τής μεγάλης τάσεως ξεσπάει άναμεσα στά ήλεκτρόδια ήλεκτρικός σπινθήρας. Γιά νά δημιουργηθεί άδιακοπή ήλεκτρικός σπινθήρας, πρέπει στή μάζα του άεριου νά σχηματισθούν φορείς ήλεκτρισμού (έλευθερα ήλεκτρόνια ή ιόντα). Πρέπει επομένως το άεριο νά ιονιστεί. Ό ιονισμός αύτός γίνεται έξαιτίας τής μεγάλης τάσεως πού έπικρατεί μεταξύ τών ήλεκτροδίων, χωρίς νά υπάρχουν άλλα έξωτερικά αίτια. Στήν περίπτωση αύτή ή άγωγιμότητα του άεριου λέγεται αύ το τελής. "Αρά:

Θά λέμε ότι σέ ένα άεριο πού βρίσκεται άναμεσα σέ δύο ήλεκτρόδια, ύπάρχει αύτοτελής άγωγιμότητα, όταν στή μάζα του σχηματίζονται έλευθερα ήλεκτρόνια ή ιόντα, έξαιτίας τής μεγάλης τάσεως πού έπικρατεί άναμεσα στά ήλεκτρόδια.

III. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΥΤΟΤΕΛΟΥΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

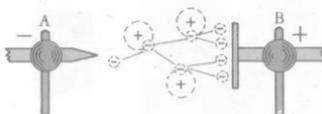
"Ας υποθέσουμε ότι άνάμεσα στά ήλεκτρόδια Α καὶ Β τού πολλαπλασιαστή ύπάρχει ένα έλευθερο ήλεκτρόνιο* (Σχ. 3) καὶ ότι τό ήλεκτρόδιο Α είναι άρνητικό. Πάνω στό ήλεκτρόνιο άσκούνται ήλεκτρικές δυνάμεις από τά ήλεκτρόδια τής συσκευής, πού τό άναγκάζουν νά κινηθεῖ ταχύτατα πρός τήν ἄνοδο. Καθώς κινεῖται πρός τήν ἄνοδο συγκρούεται μέ κάποιο ἄτομο (ἢ μόριο) τοῦ ἀερίου μέ όρμη καὶ τοῦ ἀποστά ένα ήλεκτρόνιο. "Ετοι σχηματίζεται ένα θετικό ιόν καὶ ένα άκόμη έλευθερο ήλεκτρόνιο. Στή συνέχεια τά δύο έλευθερα ήλεκτρόνια γίνονται τέσσερα, τά τέσσερα ὡκτώ κ.ο.κ. Μέ τόν τρόπο αύτό πολύ γρήγορά – σέ κλάσμα δευτερολέπτου – παράγονται άνάμεσα στά ήλεκτρόδια τρισκατομμύρια έλευθερα ήλεκτρόνια καὶ ιόντα. Τά θετικά ιόντα κινοῦνται πρός τήν κάθοδο καὶ τά ήλεκτρόνια πρός τήν ἄνοδο. "Ετοι έξηγείται ή διέλευση τού ήλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα από τά άερια στήν αὐτοτελή ἀγωγιμότητα.

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ

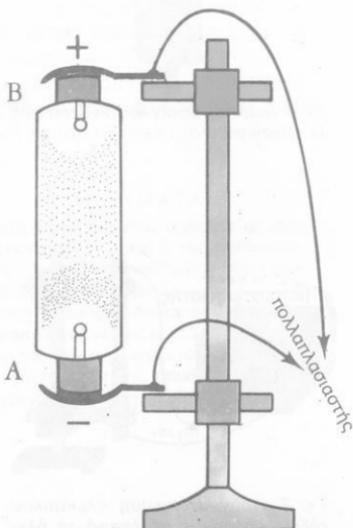
'Η διέλευση τού ήλεκτρικοῦ ρεύματος από τή μάζα ένός άερίου όνομάζεται ήλεκτρική ἐκκένωση. Συνήθως οι ήλεκτρικές ἐκκενώσεις άναγκάζουν τά άερια νά έκπεμψουν φῶν καὶ άνάλογα μέ τίς συνθῆκες κάτω από τίς οποίες παράγονται, έμφανίζονται μέ τρείς χαρακτηριστικές μορφές: τοῦ σπινθήρα, τής αίγλης, καὶ τού τόξου.

α. Έκκενωση σπινθήρα. Ό κεραυνός, ή ἀστραπή καὶ ὁ σπινθήρας τού πολλαπλασιαστή πού άναφέραμε προηγουμένων είναι ήλεκτρικές ἐκκενώσεις πού λέγονται σπινθήρες καὶ έχουν τά ίδια βασικά χαρακτηριστικά. α) Συνηθισμένη πίεση ἀερά καὶ β) λεπτά φωτεινά νήματα. Ή τάση γιά τήν πραγματοποίηση τού σπινθήρα είναι πολύ μεγάλη (περίπου 30.000V γιά μήκος σπινθήρα 1cm). Μία πρακτική ἔφαρμογή τού ήλεκτρικοῦ σπινθήρα βρίσκουμε στούς άναφλεκτήρες (bougie) τῶν αὐτοκινήτων.

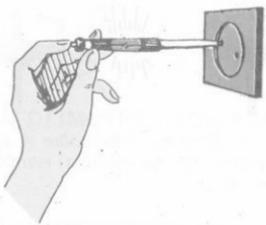
* Μέσα στόν άερα ύπάρχουν πάντοτε έλάχιστα έλευθερα ήλεκτρόνια καὶ ιόντα χάρη στήν ήλιακή ἀκτινοβολία καὶ σέ ἄλλα έξωτερικά αἴτια.



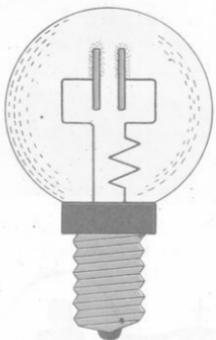
Σχ. 3. "Όταν τό ήλεκτρόδιο Α είναι άρνητικό τά ήλεκτρόνια κινοῦνται πρός τό B



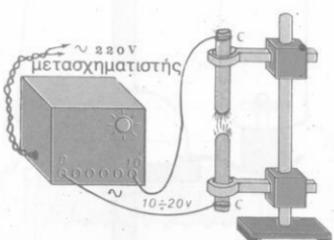
Σχ. 4. Έκκενωση αίγλης



Σχ. 5. Δοκιμαστικό τάσεως



Σχ. 6. Λαμπτήρας αιγλης (ένδεικτικός λειτουργίας)



Σχ. 7. Πραγματοποίηση ηλεκτρικού τόξου. (Φέρουμε σε έπαφη τά ήλεκτρόδια και άμεσως τά άπομακρύνουμε κατά 2 mm περίπου)

β. Έκκένωση αιγλης. Μπορούμε νά διευκολύνουμε τό πέρασμα ρεύματος άπό ένα άεριο ξαλατώσουμε τήν πίεσή του. Τότε ή ηλεκτρική έκκένωση γίνεται σέ χαμηλότερη – συγκριτικά μέ τό σπινθήρα – τάση. Γιά τό σκοπό αύτό κλείνουμε τό άεριο μέσα σέ ξαλήνα και μία άεραντλία ξαλατώνουμε τήν πίεσή του μέχρι 10 Torr. "Αν στά άκρα ένός τέτοιου οι ουρανοί είναι έφαρμόσουμε ύψηλή τάση, παρατηρούμε οτι δόλοκληρη σχεδόν ή μάζα τού άεριου πού υπάρχει στό οικονομικό άκτινοβολεί ένα διάχυτο φῶς (Σχ. 4). Μία τέτοια έκκένωση όνομάζεται έκκένωση αιγλης. Ή έκκένωση αιγλης βρίσκεται έφαρμογές σέ διάφορους οικονομικούς φωτεινών διαφημίσεων (οικονομικές ήλιου, νέου κτλ.), σέ δοκιμαστικά καταστήματα (Σχ. 5), σέ λαμπτήρια πού δείχνουν τή λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών (κουζίνας, ηλεκτρικού σίδερου κτλ.) (Σχ. 6) και άλλοι.

γ. Έκκένωση τόξου. Συνδέομε δύο ήλεκτρόδια από ένανθρακα' μέ μία χαμηλή τάση (π.χ. μέ τήν ξέδιο ένός μετασχηματιστή) (Σχ. 7). Φέρνουμε τά ήλεκτρόδια σέ έπαφή και μετά τά άπομακρύνουμε λίγο. Παρατηρούμε οτι τά ήλεκτρόδια και ο άερας πού υπάρχει άναμεσα σ' αύτά άκτινοβολούν έντονα φῶς, δηλ. στό χώρο μεταξύ τών ήλεκτρόδιών σχηματίζεται ηλεκτρική έκκένωση. Μία τέτοια έκκένωση όνομάζεται έκκένωση τόξου. Πρακτικές έφαρμογές τής έκκενωσεως τόξου συναντάμε στό τόξο του άνθρακα ή βολταϊκό τόξο (ισχυροί κινηματογραφικοί προβολείς κτλ.), στίς ηλεκτροσυγκολλήσεις κ.ά.

V. ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Στήν έκκένωση τόξου ή τάση μεταξύ τών ήλεκτρόδιών είναι πολύ χαμηλή και γι' αύτό δέν είναι άρκετή νά δημιουργήσει φορείς ηλεκτρισμού (έλευθερα ηλεκτρόνια ή ίόντα) μέ τόν τρόπο πού περιγράψαμε προηγουμένως. Ο σχηματισμός λοιπόν ηλεκτρικών φορέων στήν έκκένωση τόξου πρέπει νά γίνεται διαφορετικά καί, οπως έχει άποδειχθεί, γίνεται μέ έκπομπή ηλεκτρονών από τήν πολύ θερμή κάθοδο.

Τό φαινόμενο τής έκπομπής ήλεκτρονίων άπό ένα μέταλλο (ή τόν άνθρακα), σταν αύτά

βρίσκονται σέ ύψηλή θερμοκρασία, λέγεται
θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων.

Η θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων από ένα σῶμα είναι φαινόμενο παρόμοιο με τήν έξατμιση ένός υγρού.

Τό φαινόμενο τής θερμικής έκπομπής ήλεκτρονίων βρίσκει έφαρμογή στόν καθοδικό σωλήνα, στό σωλήνα παραγωγῆς άκτινων Röntgen κτλ.



Σχ. 8. Ήλεκτρικό ή βολταϊκό τόξο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Τά άερια σέ συνηθισμένες καταστάσεις είναι κακοί άγωγοί του ήλεκτρισμοῦ, δηλ. δέν έχουν φορεῖς ήλεκτρικού φορτίου. Υπό όρισμένες συνθήκες (π.χ. μεγάλη τάση ή μεγάλη θερμοκρασία στά ήλεκτρόδια) τά άερια άποκτονται άγωγιμότητα.
2. Τά γνωρίσματα α) τής έκκενώσεως σπινθήρα είναι συνηθισμένη πίεση καί λεπτά φωτεινά νήματα β) τής έκκενώσεως αιγλής, είναι χαμηλή πίεση καί διάχυτη άκτινοβολία από όλη σχεδόν τη μάζα του άεριου καί γ) τής έκκενώσεως τόξου είναι συνηθισμένη πίεση, ύψηλή θερμοκρασία στά ήλεκτρόδια καί έντονο φως. Η τάση πού χρειάζεται για τό σπινθήρα είναι μεγάλη, για τήν αιγλή μικρότερη καί για τό τόξο άκομη πιο μικρή.
3. Οταν ένα μέταλλο (ή δ' ανθράκας) θερμαίνεται, βγαίνουν από τό μέταλλο έλευθερα ήλεκτρόνια πού σχηματίζουν ένα λεπτό καί άρρατο νέφος γύρω του (θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων). Μέ τή θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων έρμηνεύεται ή άγωγιμότητα στήν έκκενωση τόξου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Ποιά είναι τά χαρακτηριστικά γνωρίσματα στής διάφορες μορφές έκκενώσεως; β) Γιά τήν ίδια άπόσταση ήλεκτρόδιων σέ ποιά έκκενωση χρειάζεται μεγαλύτερη καί σέ ποιά μικρότερη τάση;
2. Πώς έξηγειται ό σχηματισμός ιόντων καί έλευθερων ήλεκτρονίων στήν αύτοτελή άγωγιμότητα;
3. Τί έκκενωση είναι διά κεραυνός; Σπινθήρα, αιγλής ή τόξου;
4. Νά άναφέρετε μία πρακτική έφαρμογή από τήν κάθε μορφή έκκενώσεως.
5. Πώς σχηματίζονται τά έλευθερα ήλεκτρόδια στό χώρο μεταξύ τών ήλεκτρόδιων κατά τήν έκκενωση τόξου;

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. α) Πόση τάση περίπου ύπαρχει μεταξύ τών ήλεκτρόδιων Α καί Β τού πολλαπλασιαστή (Σχ. 2), δην ό σπινθήρας πού σχηματίζεται έχει μήκος 3cm;
β) Πόση διαφορά δυναμικού ύπαρχει άνωμεσα σέ ένα νέφος καί τό διάφορος δην ό κεραυνός πού σχηματίζεται έχει μήκος 100m; (Δίνεται δηι για σπινθήρα μήκους 1cm χρειάζεται τάση περίπου 30.000 V).

ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

I. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΔΕΣΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Γιά νά δημιουργήσουμε άκτινες Röntgen, χρειάζεται νά βροῦμε έναν τρόπο παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων.

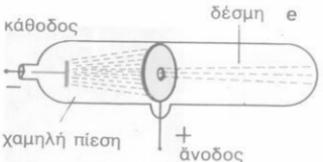
Στίς αύτοτελείς ηλεκτρικές έκκενώσεις μάθαμε ότι κατά μήκος τής σπήλαιης τού άεριου, πού ύπάρχει άνάμεσα στά ηλεκτρόδια, κινούνται ηλεκτρόνια και ίόντα. Τά ηλεκτρόνια κινούνται πρός τήν άνοδο και τά θετικά ίόντα πρός τήν κάθοδο. Θά πρέπει λοιπόν μέ κάποιο τρόπο νά διαχωρίσουμε τά ηλεκτρόνια από τά θετικά ίόντα. Γιά τό σκοπού αύτό άνοιγουμε μία μικρή όπή ή λεπτή σχισμή στό ηλεκτρόδιο τής άνόδου, όποτε πίσω από τήν άνοδο βαίνουν ηλεκτρόνια (δέσμη ηλεκτρονίων) (Σχ. 1). Γιά νά κινούνται τά ηλεκτρόνια, δσο τό δυνατό έλευθερα, άφαιρούμε τόν άερα μέσα από τό σωλήνα, ώστε ή πίεση νά γίνει πολύ μικρή (π.χ. 0,01 Torr). Μπορούμε νά πάρουμε ισχυρότερη δέσμη ηλεκτρονίων (περισσότερα ηλεκτρόνια) αν μέ κάποιο τρόπο θερμαίνουμε τήν κάθοδο (θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων). "Άρα :

Γιά νά σχηματίσουμε δέσμη ηλεκτρονίων, προκαλούμε ηλεκτρική έκκενωση σέ άρκετά άραιωνέ αέριο ή παράγουμε ηλεκτρόνια θερμαίνοντας τήν κάθοδο.

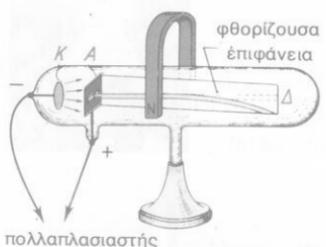
II. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Μέ ειδικούς σωλήνες, όπως είναι π.χ. ο σωλήνας τού Σχ. 2, μπορούμε νά μελετήσουμε μερικές από τίς κυριότερες ιδιότητες τών κινούμενων ηλεκτρονίων, πού είναι οι έξης:

1. Τά κίνουμένα ηλεκτρόνια προκαλούν φθορισμό σέ φθορίζουσες ούσιες. "Ετσι, καθώς τά ηλεκτρόνια χτυπούν τή φθορίζουσα έπιφανεια τού ηλεκτροδίου τής άνόδου, σχηματίζεται μία φωτεινή γραμμή. Στό φθορισμό αύτό όφειλεται και τό φῶς πού παράγεται στήν άθόνη τής τηλεοράσεως.
2. Τά ηλεκτρόνια κινούνται εύθυγραμμα, όταν δέν έπιδραστα αύτά μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο.
3. Έκτρέπονται από τήν εύθεια πορεία, όταν περνοῦν μέσα από μαγνητικό πεδίο, γιατί δέ-



Σχ. 1. Παραγωγή δέσμης ηλεκτρονίων



Σχ. 2. Τά κινούμενα ηλεκτρόνια έκτρέπονται από τό μαγνητικό πεδίο



Σχ. 3. Röntgen, Γερμανός φυσικός (1845-1923)



Σχ. 4. Σωλήνας παραγωγής άκτινων Röntgen (έργαστρη πλακός)

χονται μαγνητική δύναμη (δύναμη Laplace) άπο τό πεδίο (Σχ. 2).

4. Έκτρέπονται από τήν εύθεια πορεία, όταν περνοῦν μέσα από ήλεκτρικό πεδίο, π.χ. όταν πλησιάζουμε ένα φορτισμένο σώμα.

5. Τά ήλεκτρόνια, χτυπώντας μέ μεγάλες ταχύτητες στήν άνοδο ή στά τοιχώματα τού σωλήνα, παράγουν μία άσρατη ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία. Τό φαινόμενο αύτό παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τό Γερμανό φυσικό Röntgen και πρός τιμή του ή άκτινοβολία αύτή λέγεται «άκτινες Röntgen». (Ραΐντγκεν).

III. ΑΚΤΙΝΕΣ RÖNTGEN ή ΑΚΤΙΝΕΣ X

α. Παραγωγή. Οι άκτινες Röntgen παράγονται κάθε φορά πού ήλεκτρόνια μέ μεγάλες ταχύτητες χτυποῦν σέ ένα άντικείμενο. Γιά νά παράγουμε έπομένως άκτινες Röntgen, χρειαζόμαστε μία δέσμη ήλεκτρονίων και ύψηλή τάση, ώστε νά άποκτούν τά ήλεκτρόνια τής δέσμης μεγάλες ταχύτητες. Γιά πρόχειρα πειράματα οι άκτινες Röntgen παράγονται μέ ήλεκτρική έκκενωση σέ σωλήνα πού περιέχει πολύ άραιό άεριο (Σχ. 4). Γιά θεραπευτικούς, έρευνητικούς κτλ. σκοπούς, οι άκτινες Röntgen παράγονται μέ άερόκενο σωλήνα (Σχ. 5). Τότε ή δέσμη τών ήλεκτρονίων παράγεται από τήν κάθοδο μέ θερμική έκπομπή. Καί στούς δύο σωλήνες τά ήλεκτρόνια κινούνται άπο τήν κάθοδο πρός τήν άνοδο, άποκτούν μεγάλες ταχύτητες και χτυπώντας στό ήλεκτρόδιο τής άνόδου παράγουν άσρατη ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία.

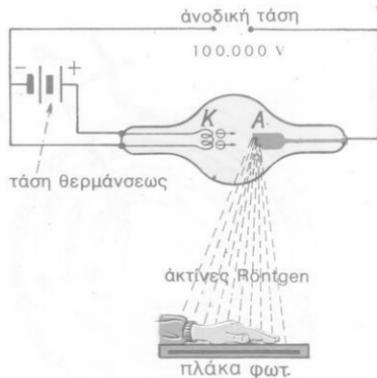
β. Ιδιότητες τών άκτινων Röntgen. Οι άκτινες Röntgen είναι άσρατη ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία μέ πολύ μεγάλη συχνότητα και οι σπουδαιότερες από τίς ιδιότητές τους είναι οι έξης:

1) Προκαλούν φθορισμό σέ φθορίζουσες ούσιες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν άξιοποιούμε στήν άκτινοσκόπηση.

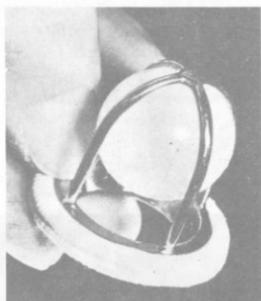
2) Δέν άλλαζουν πορεία μέ τήν έπιδραση ήλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου.

3) Προσβάλλουν τίς φωτογραφικές πλάκες. Τήν ιδιότητα αυτή τήν έκμεταλλευμάστε στήν άκτινογράφηση.

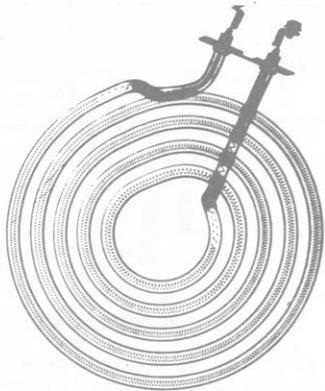
4) Έχουν μεγάλη διεισδυτική ίκανότητα και μποροῦν νά διαπεράσουν μέ εύκολιά διάφορα



Σχ. 5. Σωλήνας παραγωγής άκτινων Röntgen γιά τήν ιατρική, Βιομηχανία κτλ



Σχ. 6. I. Τεχνητή βαλβίδα καρδιᾶς.
II. Άκτινογραφία θώρακα μέ τήν τεχνητή βαλβίδα στήν καρδιά



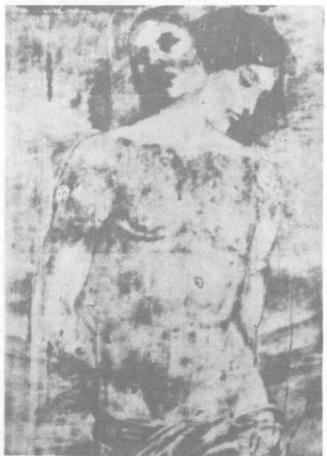
Σχ. 7. Ἐλεγχος θερμαντικοῦ σώματος μὲν ἀκτίνες X. Οἱ σπεῖρες δένν πρέπει νά παρουσιάζουν πυκνώματα, γιατί τό σύρμα θά καιτ

σώματα. Τά βαριά χημικά στοιχεῖα (μόλυβδος κτλ.) ἀπορρροφοῦν περισσότερο τίς ἀκτίνες ἀπό ὅ,τι τά ἐλαφρά στοιχεῖα (H, O, C, κτλ.).

5) Οι ἀκτίνες Röntgen παρουσιάζουν ἔντονα βιολογικά ἀποτελέσματα. Περνώντας μέσα ἀπό τά κύτταρα προκαλοῦν ἐγκαύματα καὶ ἄλλες χημικές μεταβολές, πού εἶναι δυνατό νά καταστρέψουν τά κύτταρα. Γιά τό λόγο αύτό ἐπιβάλλεται μεγάλη προσοχή σέ ὅσους χρησιμοποιοῦν τίς ἀκτίνες X, νά παίρνουν κατάλληλα μέτρα προστασίας. Οι ἀκτινολόγοι χρησιμοποιοῦν εἰδικές ποδιές πού περιέχουν μόλυβδο, γιά νά ἀπορροφάει τίς ἀκτίνες.

γ. Χρήσεις τῶν ἀκτίνων Röntgen

Χάρα στίς ιδιότητες πού ἀναφέραμε προηγουμένων οἱ ἀκτίνες Röntgen βρίσκουν πολλές ἐφαρμογές στήν Ἰατρική, στή Βιομηχανία, στήν ἐπιστημονική ἔρευνα κ.ἄ.



Σχ. 8. Ἀγ. Σεβαστιανός τοῦ Francia. Μέν ἀκτίνες X ἀποκαλύπτεται ὡς ἀρχικός σχεδιασμός τοῦ κεφαλοῦ

1. Στήν Ἰατρική οἱ ἀκτίνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἴτε γιά διάγνωση ση διαφόρων παθήσεων εἴτε γιά θεραπεία.

Στή διάγνωση, ἐκμεταλλεύμαστε τή διαφορετική ἀπορρόφηση πού παθαίνουν οἱ ἀκτίνες ἀπό τά ὄστα, τίς σάρκες ἢ ἄλλα ἀντικείμενα πού βρίσκονται μέσα στόν ὄργανοισμό (Σχ. 6).

Στή θεραπεία ἐκμεταλλεύμαστε τήν ιδιότητα πού ἔχουν τά ἄρρωστα κύτταρα νά καταστρέφονται εύκολότερα ἀπό τά ὑγή, ὅταν τό σῶμα τοῦ ἄρρωστου δέχεται τήν ἀκτινοβολία.

2. Στή Βιομηχανία οἱ ἀκτίνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται γιά τόν ἔλεγχο ἔξαρτημάτων μηχανῶν ἢ συσκευών, γιά νά διαπιστωθοῦν τυχόν ρήγματα, σακές συγκολλήσεις ἢ κατασκευές κτλ. (Σχ. 7). Τέλος οἱ ἀκτίνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται γιά τήν ἀνεύρεση τής δομῆς τῶν διαφόρων κρυστάλλων, καθώς καὶ γιά ἄλλες ποικιλεῖς ἔρευνες (Σχ. 8).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Μέ ήλεκτρική έκκενωση σέ άραιωμένο άεριο ή μέ θέρμανση του μετάλλου τής καθόδου μπορούμε νά σχηματίσουμε δέσμη ήλεκτρονίων μέσα σέ ένα σωλήνα.
2. Όταν ήλεκτρόνια, πού κινούνται μέ μεγάλες ταχύτητες, έπιβραδύνονται από-τομα (χτυπούν σέ ένα αντικείμενο) παράγεται άρατη ήλεκτρομαγνητική ήλεκτρονοβολία (άκτινες Röntgen ή X).
3. Οι ήλεκτρονοβολίες διεισδύουν μέ εύκολια μέσα στήν ύλη. Τά βαριά στοιχεία απορροφούν περισσότερο τίς ήλεκτρονοβολίες.
4. Οι ήλεκτρονοβολίες χρησιμοποιούνται στή διάγνωση και θεραπεία διαφόρων παθήσεων, στόν έλεγχο τών βιομηχανικών προϊόντων και στήν έπιστημονική έρευνα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. a) Μέ ποιούς τρόπους μπορούμε νά παράγουμε δέσμη ήλεκτρονίων; b) Γιατί πρέπει ή πίεση του άερου μέσα στό σωλήνα, πού σχηματίζεται η δέσμη ήλεκτρονίων, νά είναι πολύ μικρή;
2. Πώς παράγονται οι ήλεκτρονοβολίες Röntgen και γιατί ονομάζονται έτσι;
3. Ποιές ιδιότητες τών ήλεκτρονοβολίων Röntgen έκμεταλλεύμαστε στήν ήλεκτρογράφηση τού σώματός μας;
4. Γιατί οι ποδιές τών ήλεκτρονοβολίων περιέχουν μόλυβδο;

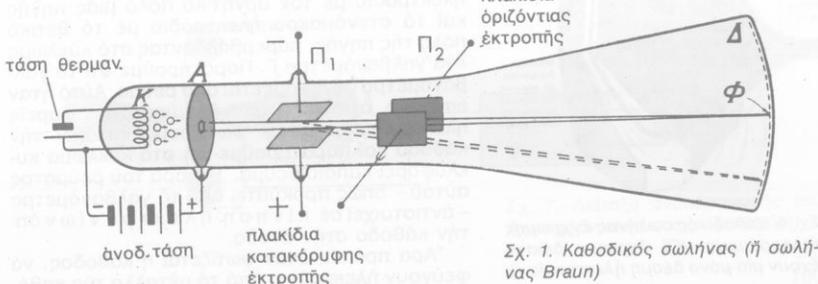
51η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

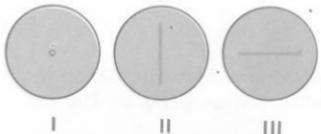
ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

I. ΚΑΘΟΔΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ

a. Κατασκευή. Ό καθοδικός σωλήνας είναι ένας άερόκενος σωλήνας πού έχει τή μορφή του Σχ. 1. Στή μία άκρη έχει τήν κάθοδο K και στήν άλλη άκρη έχει ένα κυκλικό διάφραγμα



Σχ. 1. Καθοδικός σωλήνας (ή σωλήνας Braun)



Σχ. 2. Κινήσεις τῆς δέσμης ἡλεκτρονίων γιά διάφορες τάσεις στά πλακίδια τῶν πυκνωτῶν, ὅπως φαίνονται στήν ὄθόνη τοῦ σωλήνα



Σχ. 3. Ἡλεκτρονικός παλμογράφος

(όθόνη) πού φθορίζει. Ἀνάμεσα στήν κάθοδο καί στό διάφραγμα ύπαρχει ἡ ἄνοδος Α καὶ δύο ζευγάρια μεταλλικῶν πλακῶν (πυκνωτές).

β. Λειτουργία. Ή κάθοδος πυρώνεται μὲ τή βοήθεια μᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς χαμηλῆς τάσεως (τάση θερμάνσεως) καί μὲ τὸν τρόπο αὐτό ἐκπέμπονται ἀπό τήν κάθοδο ἡλεκτρόνια, πού σχηματίζουν ἔνα ἡλεκτρονικό νέφος γύρω τῆς (θερμής ἐκπομπῆς).

Ἡ ἄνοδος ἔχει μία μικρή ὅπη στό μέσο, ἀπό τήν ὁποια περούνται τὰ ἡλεκτρόνια, ὅταν ἡ ἄνοδος συνδέεται μὲ τό θετικό πόλο καὶ ἡ κάθοδος μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλο μᾶς πηγῆς. "Ἐτοι σχηματίζεται μίσι λεπτή δέσμη ἡλεκτρονίων, πού χτυπάει στό φθορίζον διάφραγμα καὶ σχηματίζει φωτεινή κηλίδα (Φ).

"Ἄν τά πλακίδια τῶν πυκνωτῶν εἰναι ἀφόρτιστα τά ἡλεκτρόνια κινοῦνται εύθύγραμμα. "Ἄν ἐφαρμόσουμε συνεχὴ τάση στά πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως Π₁ (τό πάνω πλακίδιο ἀρνητικό), τότε ἡ φωτεινή κηλίδα Φ μετακινεῖται πρός τὰ κάτω (Σχ. 2, I). "Ἄν ἐφαρμόσουμε ἐναλλασσόμενη τάση στά ίδια πλακίδια Π₁ τότε ἡ φωτεινή κηλίδα Φ κινεῖται διαρκώς πάνω κάτω (Σχ. 2, II). "Ἄν ἐφαρμόσουμε ἐναλλασσόμενη τάση στά πλακίδια ὥριζόντιας ἀποκλίσεως Π₂, τότε ἡ φωτεινή κηλίδα Φ διαγράφει μία ὥριζόντια γραμμή (Σχ. 2, III).

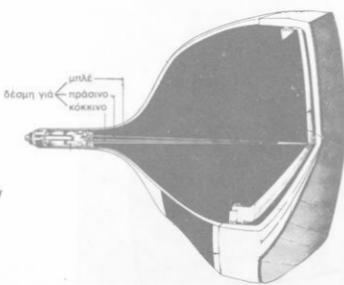
γ. Έφαρμογές. Ὁ καθοδικός σωλήνας χρησιμοποιεῖται στούς ἡλεκτρονικούς παλμογράφους (Σχ. 3), στίς τηλεοράσεις (Σχ. 4) στά ραντάρ κτλ.

Μέ κινήσεις τῆς δέσμης ἡλεκτρονίων, παρόμοιες μὲ αὐτές πού περιγράψαμε παραπάνω, γίνεται ἡ σάρωση τῆς ὄθόνης στούς δέκτες τηλεοράσεως (Σχ. 5).

II. ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ

α. Ἐννοία. Παίρνουμε ἔναν ἀερόκενο σωλήνα πού ἔχει δύο ἡλεκτρόδια, ἔνα πλατύ καὶ ἔνα στενόμακρο (Σχ. 6). Συνδέουμε τό πλατύ ἡλεκτρόδιο μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλο μᾶς πηγῆς καὶ τό στενόμακρο ἡλεκτρόδιο μὲ τό θετικό πόλο τῆς πηγῆς, παρεμβάλλοντας στό κύκλωμα ἔνα γαλβανόμετρο Γ. Παρατηροῦμε ὅτι τό γαλβανόμετρο δέ διαρρέεται ἀπό ρεῦμα. Αὐτό ἡταν ἐπόμενο, ἀφού στό κενό δέν ύπάρχουν φορεῖς ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Φωτίζουμε κατόπιν τήν κάθοδο καὶ παρατηροῦμε ὅτι στό κύκλωμα κυκλοφορεῖ κάποιο ρεῦμα. Ἡ φορά τοῦ ρεύματος αὐτοῦ – ὅπως προκύπτει ἀπό τό γαλβανόμετρο – ἀντιστοιχεῖ σε κίνηση ἡ λεκτρονιών ἡντην τήν κάθοδο στήν ἄνοδο.

"Ἄρα πρέπει, ὅταν φωτίζεται ἡ κάθοδος, νά φεύγουν ἡλεκτρόνια ἀπό τό μεταλλο τῆς καθό-



Σχ. 4. Καθοδικός σωλήνας ἔγχρωμης τηλεοράσεως. (Οἱ ἔχουμεν δέκτες ἔχουν μία μόνο δέσμη ἡλεκτρονίων)

δου. Τό φαινόμενο αύτό όνομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο καί παρατηρεῖται κάθε φορά πού ένα μέταλλο δέχεται κατάλληλο φῶς (άκτινοβολία). "Αρα:

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο όνομάζεται ή έξαγωγή ήλεκτρονίων από ένα μέταλλο με τήν επίδραση κατάλληλης άκτινοβολίας (ύπεριωδεις άκτινες, φῶς κτλ.).

β. Νόμοι. Άποδεικνύεται πειραματικά ότι ισχύουν οι έξης νόμοι τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου:

1. Γιά νά παρατηρηθεί έκπομπή φωτοηλεκτρονίων πρέπει τό φῶς (άκτινοβολία) νά έχει κατάλληλη συχνότητα.

Από μία δρική συχνότητα καί κάτω, πού είναι χαρακτηριστική γιά κάθε μέταλλο, δέ συμβαίνει έκπομπή φωτοηλεκτρονίων.

Τά πολύ δραστικά μέταλλα, όπως καίσιο, κάλιο καί νάτριο, δίνουν εύκολα φωτοηλεκτρόνια ακόμη καί μέ δρατή άκτινοβολία (φῶς), ένω άλλα μέταλλα χρειάζονται ύπερωδή άκτινοβολία – πού έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τό φῶς – γιά νά δώσουν φωτοηλεκτρόνια. Γι' αύτό η κάθοδος στά φωτοκύτταρα είναι σκεπασμένη μέ λεπτό στρώμα δραστικοῦ μετάλλου (π.χ. καλίου ή καισίου).

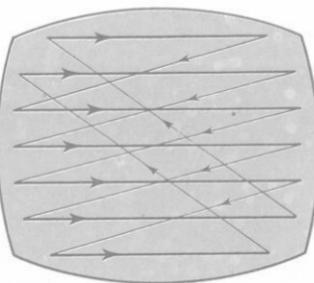
2. "Όταν αύξανει ή συχνότητα τοῦ φωτός πού πέφεται στήν κάθοδο, αύξανει καί ή ταχύτητα τά τών φωτοηλεκτρονίων.

3. Ή ένταση τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος, δηλ., ο άριθμός τών φωτοηλεκτρονίων στή μονάδα τοῦ χρόνου έξαρται από τή φωτεινή ένέργεια πού φτάνει στήν κάθοδο, στή μονάδα τοῦ χρόνου (φωτεινή ροή). "Όταν αύξανει ή φωτεινή ροή, αύξανει καί τό ήλεκτρικό ρεύμα.

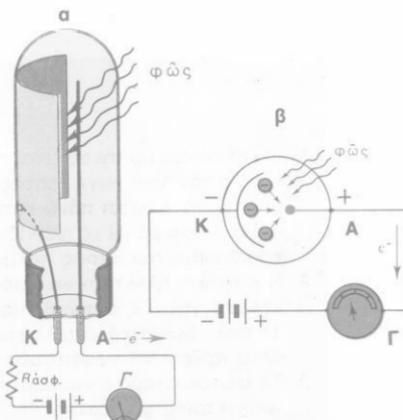
IV. ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΑ

Τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο βρίσκει έφαρμογές στά φωτοκύτταρα.

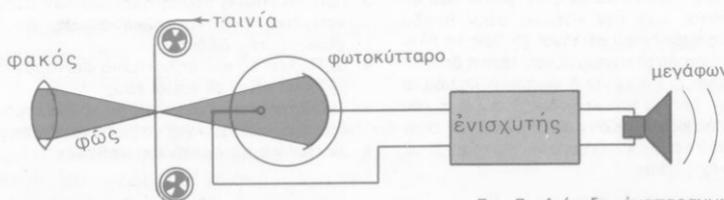
Ο άερόκενος σωλήνας με τήν κυλινδρική κάθοδο καί τήν ραβδόμορφη ἄνοδο, πού περι-



Σχ. 5. Κίνηση τῆς δέσμης τοῦ καθοδικοῦ σωλήνα τηλεοράσεως (σάρωση)



Σχ. 6. (α) Φωτοκύτταρο καί συνδεσμολογία του. (β) Συμβολική παράσταση φωτοκυττάρου



Σχ. 7. Διάταξη άναπαραγωγῆς τοῦ ήχου στόν κινηματογράφο (άρχη)

γράψαμε προηγουμένως, είναι ἔνα φωτοκύτταρο (Σχ. 6). Τά φωτοκύτταρα χρησιμοποιούνται σέ συστήματα άσφαλειας χρηματοκιβωτίων ή άλλων χώρων, στήν αὐτόματη ἀριθμηση ἀντικειμένων, στόν κινηματογράφο γιά τήν ἀναπαραγωγή τοῦ ἥχου. (Σχ. 7) κτλ.

Κινηματογράφος. Πάνω στήν ταινία, καί σέ μία στενή λουρίδα, είναι ἀπότυπωμένος ὁ ἥχος μέ τή μορφή διαδοχικῶν σκοτεινῶν γραμμῶν. Καθώς ἡ ταινία κινεῖται μπροστά ἀπό ἔνα φωτοκύτταρο, οἱ σκοτεινές γραμμές διακόπτουν περιοδικά τή δέσμη φωτός πού φωτίζει τό φωτοκύτταρο: "Ετοι μεταβάλλεται περιοδικά ἡ φωτεινή ροή πού φτάνει στό φωτοκύτταρο μέ ἀποτέλεσμα νά μεταβάλλεται περιοδικά καί ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τοῦ φωτοκυττάρου. Τό ρεύμα αὐτό ἐνισχύεται μέ κατάλληλο ἐνισχυτή καί ὁδηγεῖται στό μεγάφωνο, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος πού είναι ἀπότυπωμένος στήν ταινία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ὁ καθοδικός σωλήνας είναι ἔνας ἀερόκενος σωλήνας μέ κατάλληλα ἡλεκτρόδια γιά τήν παραγωγή λεπτῆς δέσμης ἡλεκτρονίων. Ἡ δέσμη τῶν ἡλεκτρονίων μπορεῖ νά κινεῖται πάνω κάτω μέ τά πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως καί δεξιά ἀριστερά μέ τά πλακίδια ὄριζόντιας ἀποκλίσεως. Ὁ καθοδικός σωλήνας χρησιμοποιείται στούς παλμογράφους, στήν τηλεόραση, στά ραντάρ κτλ.
2. Ἡ ἔξαγωγή ἡλεκτρονίων ἀπό ἔνα μέταλλο μέ τήν ἐπίδραση κατάλληλης ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ὄνομάζεται φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Τά πολύ δραστικά μέταλλα παράγουν φωτοηλεκτρόνια καί μέ τό φῶς, ἐνῶ τά ἄλλα πρέπει νά «φωτιστοῦν» μέ ὑπεριώδεις ἀκτίνες.
3. Τά φωτοκύτταρα είναι ἀερόκενοι σωλήνες πού λειτουργούν μέ βάση τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. α) Πώς παράγονται τά ἡλεκτρόνια πού κινοῦνται ἀπό τήν κάθοδο στήν ἄνοδο ἐνός καθοδικοῦ σωλήνα; β) Πώς τά ἡλεκτρόνια αὐτά σχηματίζουν λεπτή δέσμη;
2. Τί κίνηση θά κάνει ἡ φωτεινή κηλίδα φ στήν ὅθόνη τοῦ καθοδικοῦ σωλήνα, ἀν τά πλακίδια ὄριζόντιας ἀποκλίσεως συνδεθοῦν α) μέ ἐναλλασσόμενη τάση β) μέ συνεχή τάση;
3. Πώς κινεῖται ἡ δέσμη ἡλεκτρονίων στόν καθοδικό σωλήνα τηλεοράσεως, δταν σαρώνει τήν ὅθόνη;
4. α) Τί είναι τό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο; β) Ποιοί είναι οι νόμοι του;
5. Τί ἐπίστρωση πρέπει νά ἔχει τό ἡλεκτρόδιο τῆς καθόδου γιά νά παράγει φωτοηλεκτρόνια μέ δρατή ἀκτινοβολία;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ: ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η ΕΝΟΤΗΤΑ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ - ΡΑΔΙΟΪΣΤΟΠΑ

I. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ο Γάλλος φυσικός Bequerel (Μπεκερέλ) άνακαλύψε το 1896 ότι τά δρυκτά του ούρανου έχουν τήν ιδιότητα νά έκπεμπουν συνεχών μιά άόρατη άκτινοβολία, ή όποια μαυρίζει τή φωτογραφική πλάκα, προκαλεῖ φθορισμό σέ όρισμένα σώματα καί ιονισμό στά άέρια.

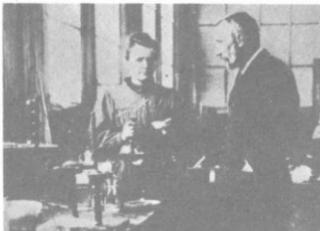
Τό φαινόμενο τής έκπομπής άόρατης άκτινοβολίας από διάφορα ύλικά μελετήθηκε στή συνέχεια από τή Μαρία καί τόν Πέτρο Curie, οι όποιοι κατόρθωσαν νά άπομονώσουν ένα στοιχείο – νέο γιά τήν έποχή τους – πού παρουσίαζε έντονη άκτινοβολία. Τό στοιχείο αύτό τό δόνόμασαν ράδιο καί τό φαινόμενο ραδιενέργεια. "Αρα:

Ραδιενέργεια ονομάζεται τό φαινόμενο τής έκπομπής άόρατης άκτινοβολίας από όρισμένα στοιχεία, πού όνομάζονται ραδιενεργά στοιχεία.

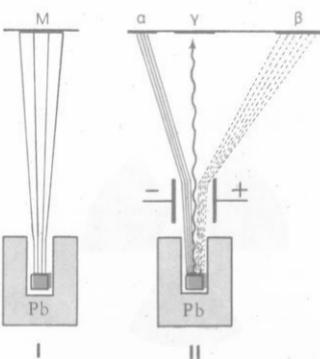
Ή έκπομπή τής άκτινοβολίας (ραδιενέργεια) όρισμένων στοιχείων οφείλεται στήν ά στάθεια πού έχουν οι πυρήνες τους, μέ άποτέλεσμα νά παθαίνουν αύτόματα μία μικρή διάσπαση στη ση. Συνέπεια τής διασπάσεως είναι ή έκπομπή μικρών σωματείων καί συγχρόνως ήλεκτρομαγνητικής άκτινοβολίας μεγάλης συχνότητας (μικροῦ μήκους κύματος).

II. ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

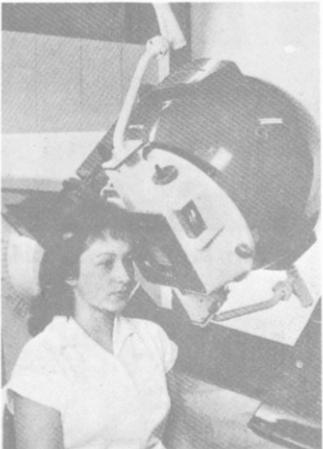
Σέ κομμάτι μολύβδου άνοιγουμε μία στενόμακρη κοιλότητα καί στό βάθος της τοποθετούμε μικρή ποσότητα ραδιενεργών ύλικων (Σχ. 2). Κατόπιν τοποθετούμε μία φωτογραφική πλάκα πάνω άπό τό δοχείο καί παρατηρούμε ότι σχηματίζεται μία μελανή κηλίδα M. "Αν θμως ή άκτινοβολία περάσει μέσα άπό ήλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο, ή φωτογραφική πλάκα μαυρίζει σέ τρεις περιοχές α, β καί γ. 'Από τό πείραμα αύτό συμπεραίνουμε ότι ή άκτινοβολία τών ραδιενεργών στοιχείων περιλαμβάνει τρία είδη



Σχ. 1. Μαρία καί Πέτρος Curie



Σχ. 2. Διαχωρισμός τῶν άκτινων α, β, γ.



Σχ. 3. Θεραπεία μέν άκτινες γ πού παράγονται από ραδιενεργό κοβάλτιο



Σχ. 4. Σήμα κινδύνου ραδιενέργειας

άκτινων, τίς άκτινες α, τίς άκτινες β και τίς άκτινες γ.

Οι άκτινες α είναι σωματίδια, πού έχουν τήν ίδια μάζα και τό ίδιο φορτίο μέ τούς πυρήνες ήλιου (He⁴). Έχουν δηλ. μάζα τετραπλάσια από τή μάζα ένός πρωτονίου και φορτίο θετικό, άλλα σέ ποσότητα διπλάσιο από τό φορτίο τού ήλεκτρονίου (+ 2e). Έπισης κινούνται μέ μεγάλες ταχύτητες (π.χ. 20000 Km/sec).

Οι άκτινες β είναι σωματίδια πού έχουν τήν ίδια μάζα και τό ίδιο φορτίο μέ τά ήλεκτρόνια. Είναι μέ άλλα λόγια ήλεκτρόνια πού έκτοξεύονται από τόν πυρήνα τών ραδιενεργών στοιχείων μέ μεγάλες ταχύτητες πού φθάνουν μέχρι 290000 Km/sec, δηλ. πλησιάζουν τήν ταχύτητα τού φωτός.

Τά σωματίδια α και β έχονται κοινές ιδιότητες. Προκαλούν φθορισμό σέ φθορίζουσες ούσιες, διαδίονται εύθυγραμμα όταν κινούνται έξω από μαγνητικό ή ήλεκτρικό πεδίο, έκτρέπονται από τήν εύθεια πορεία μέ μαγνητικό ή ήλεκτρικό πεδίο, μαυρίζουν τή φωτογραφική πλάκα, προκαλούν ιονισμό στά άερια και έχουν μικρή διεισδυτική ίκανότητα.

Οι άκτινες γ είναι ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία μέ πολύ μεγάλη συχνότητα, μεγαλύτερη από τή συχνότητα τών άκτινων Röntgen πού χρησιμοποιούνται συνήθως στήν Ιατρική. Έχουν τίς ίδιες ιδιότητες μέ τίς άκτινες Röntgen. Διαδίονται εύθυγραμμα, προκαλούν φθορισμό σέ φθορίζουσες ούσιες, προσβάλλουν τή φωτογραφική πλάκα, δέν έκτρέπονται από ήλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, έχουν μεγάλη διεισδυτική ίκανότητα, προκαλούν ιονισμό στά άερια και άλλοιώσεις στά κύτταρα τών όργανων.

Πρέπει νά σημειώσουμε ότι δέν έκπεμπουν τίς ίδιες άκτινοβολίες όλα τά ραδιενεργά στοιχεία. Άλλα έκπεμπουν σωματίδια α και άλλα σωματίδια β. Μερικά όμως έκπεμπουν μαζί μέ τά σωματίδια α ή μέ τά σωματίδια β και άκτινες γ.

III. ΡΑΔΙΟΪΣΤΟΠΑ

Έκτός από τά φυσικά ραδιενεργά στοιχεία είναι δυνατό νά παρατηρηθεῖ ραδιενέργεια (έκπομπή άκτινων γ, σωματίδιων β κτλ.) και σέ πολλά άλλα στοιχεία πού στή φυσική τους κατάσταση δέν είναι ραδιενεργά. Τά στοιχεία αύτά

λέγονται ραδιενεργά ισότοπα ή ραδιοϊσότοπα.

Τά ραδιοϊσότοπα είναι ισότοπα μή ραδιενεργών στοιχείων καὶ παρουσιάζουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες μέ αύτά. Μερικά ἀπό τά πιό γνωστά είναι ὁ ραδιενεργός ανθρακας (eC^{14}), ὁ ραδιενεργός φωσφόρος, τό ραδιενεργό ίώδιο κ.ἄ.

Τά ραδιοϊσότοπα προέρχονται ἀπό σταθερά στοιχεῖα, ὅταν τά στοιχεῖα αὐτά βομβαρδίζονται μὲ σωματίδια, ὅπως νετρόνια, ήλεκτρόνια, πρωτόνια κ.ἄ. πού ἔχουν μεγάλες ταχύτητες (π.χ. ὁ ραδιοάνθρακας προέρχεται ἀπό τό ἄζωτο μὲ ἀπορρόφηση ἐνός νετρονίου). Μεγάλες ποσότητες ραδιοϊσότοπων παρασκευάζονται στούς πυρηνικούς ἀντιδραστήρες.

Χρήσεις. Τά ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιοῦνται στήν Ιατρική, Βιολογία, Χημεία, Αρχαιολογία κ.ἄ. Τό ραδιενεργό ίώδιο π.χ. χρησιμοποιεῖται γιά τήν παρακολούθηση τῆς καλῆς λειτουργίας τοῦ θυρεοειδοῦς ἀδένος.

IV. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οἱ πυρηνικές ἀκτινοβολίες, ὅπως καὶ οἱ ἀκτίνες Röntgen, περνώντας ἀπό τὸν ὄργανισμό τοῦ ἀνθρώπου ἢ τῶν ζώων προκαλοῦν χημικές ἀντιδράσεις, ιονισμό στὰ μόρια τῶν κυττάρων καὶ ἐγκαύματα, τά ὅποια είναι δυνατό νά φέρουν καὶ τό θάνατο. Γιά τό λόγο αὐτό πρέπει νά λαμβάνονται κάθε φορά τά ἀπαραίτητα προστατευτικά μέτρα.

Οἱ ἀκτίνες α καὶ β ἔχουν μικρή διεισδυτική ίκανότητα γι' αὐτό ἡ δράση τους περιορίζεται κυρίως στό δέρμα.

Οἱ ἀκτίνες γ, ὅπως καὶ οἱ ἀκτίνες Röntgen, ἔχουν μεγάλη διεισδυτική ίκανότητα καὶ γι' αὐτό είναι περισσότερο ἐπικινδυνές ἀπό τίς δύο ἄλλες.

Σέ μεγάλες δόσεις καταστρέφουν τά αίμο-ποιητικά ὄργανα καὶ προκαλοῦν τή λευχαιμία. Ἐπίσης, προσβάλλοντας τά γεννητικά κύτταρα, είναι δυνατό νά χαλάσουν τή χημική δομή ἐνός ἥ περισσοτέρων γονιδίων μὲ ἀποτέλεσμα νά ἐμφανιστοῦν στούς ἀπογόνους νέα χαρακτηριστικά (μετάλλαξη).

"Οταν ὅμως κάνουμε λογισμένη χρήση τῶν ἀκτίνων γ, μποροῦμε νά θεραπεύσουμε διάφορες ἀσθένειες (καρκίνο κτλ.) (Σχ. 3).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1. Ραδιενέργεια όνομάζεται τό φαινόμενο κατά τό όποιο τά ατομα όρισμένων στοιχείων έκπεμπουν άπό τόν πυρήνα τους διάφορα σωματίδια ή άκτινες γ (ήλεκτρομαγνητική άκτινοβολία μεγάλης συχνότητας).
Στή φυσική ραδιενέργεια τά σωματίδια αύτά είναι α (πυρήνες ήλιου) ή β (ήλεκτρόνια).
2. Τά ραδιοϊσότοπα είναι τεχνητά ραδιενέργα στοιχεία καί είναι ισότοπα στοιχείων πού στή φυσική τους κατάσταση δέν είναι ραδιενέργα. Παράγονται άπό μή ραδιενέργα στοιχεία μέ τήν έπιδραση διαφόρων σωματιδίων (ήλεκτρονίων, πρωτονίων, νετρονίων κτλ.).
3. Οι πυρηνικές άκτινοβολίες (κυρίως οι άκτινες γ) προκαλοῦν άλλοιώσεις στά κύτταρα, πού μποροῦν νά προξενήσουν βλάβες στόν όργανισμό. Τά άρωστα κύτταρα καταστρέφονται γρηγορότερα άπό τά ύγιη καί γι' αύτό οι πυρηνικές άκτινοβολίες χρησιμοποιούνται στή θεραπεία όρισμένων παθήσεων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί είναι ραδιενέργεια;
2. Ποιά είναι ή φύση τών άκτινων πού έκπεμπονται άπό φυσικά ραδιενέργα στοιχεία;
3. α) Τί ιδιότητες έχουν οι άκτινες α καί β; β)
Τί ιδιότητες έχουν οι άκτινες γ;
4. Τί είναι τά ραδιοϊσότοπα καί πού χρησιμοποιούνται;
5. Τί μποροῦν νά προξενήσουν οι άκτινες γ στόν όργανισμό;
6. Πώς παράγονται τά ραδιοϊσότοπα;

ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ – ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

I. ΣΧΑΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

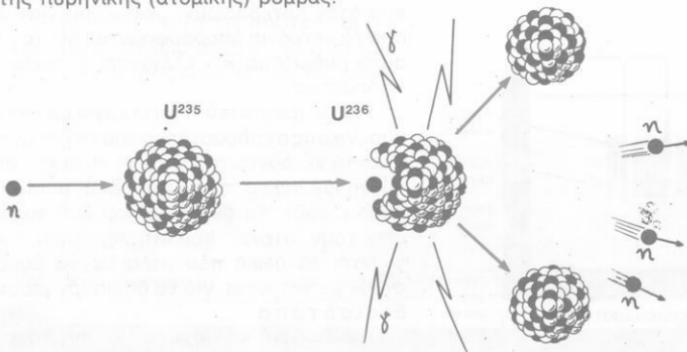
Τό φυσικό ούρανο άποτελείται κυρίως από δύο ισότοπα, τό $\text{^{238}U}$ και τό $\text{^{235}U}$. Από τά δύο αυτά ισότοπα τό $\text{^{238}U}$ είναι τό κύριο συστατικό τού φυσικού ούρανίου και μόλις 0,7% τού φυσικού ούρανίου είναι $\text{^{235}U}$.

Τό $\text{^{235}U}$ έχει μία σπουδαία ιδιότητα. "Όταν βομβαρδίζεται μέ νετρόνια, οί πυρήνες του κόβονται περίπου στή μέση και σχηματίζονται δύο μικρότεροι πυρήνες, ένω συγχρόνως έκπειπονται νετρόνια και άκτινες γ (Σχ. 1).

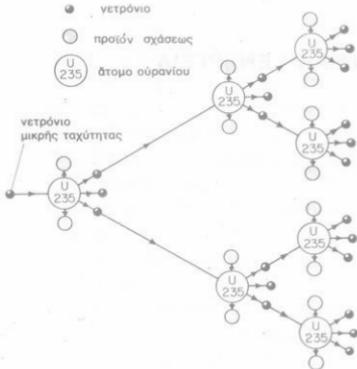
Τό φανόμενο αύτό όνομαζεται **σχάση** (σχάζω = σκάζω, σχίζω).

Τά κομμάτια (θραύσματα) πού προκύπτουν από τή σχάση (πυρήνες, νετρόνια) κινοῦνται μέ μεγάλες ταχύτητες, δηλ. έχουν μεγάλες κινητικές ένέργειες. Ή κινητική ένέργεια αύτών τών θραυσμάτων μαζί μέ τήν ένέργεια τών άκτινων γ άποτελεί τήν **πυρηνική ένέργεια** πού έλευθερώνεται κατά τή σχάση. Ή ένέργεια αύτή τελικά μετατρέπεται σέ **θερμότητα**.

Η πυρηνική ένέργεια πού παράγεται μέ τή σχάση ένός πυρήνα $\text{^{235}U}$ είναι έκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από τή χημική ένέργεια πού παράγεται κατά τή χημική ένωση ένός άτομου μέ άτομα άλλου στοιχείου. Στην τεράστια αύτή πυρηνική ένέργεια όφειλεται ή καταστρεπτική δύναμη τής πυρηνικής (άτομικής) βόμβας.



Σχ. 1. Σχάση τού πυρήνα τού $\text{^{235}U}$



Σχ. 2. Άλυσιδωτή άντιδραση

II. ΑΛΥΣΙΔΩΤΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

Τά νετρόνια πού έλευθερώνονται από τή σχάση τών πυρήνων U^{235} είναι δυνατό – όταν ή μάζα τοῦ ούρανίου είναι άρκετή – νά προκαλέσουν τή σχάση νέων πυρήνων U^{235} .

Μέ τόν τρόπο αύτό οι πυρηνικές άντιδρασης δράσεις, δηλ. οι σχάσεις, συνεχίζονται ή μία μετά τήν άλλη χωρίς διακοπή. Μία τέτοια αύτο-συντηρούμενη σειρά άντιδρασεων όνομάζεται άλυσιδωτή άντιδραση (Σχ. 2).

"Όταν άρχισει μία άλυσιδωτή άντιδραση, συνεχίζεται μέ όλοένα αύξανόμενο ρυθμό καί τελικά άδηγητή σε έκρηκη όλοκληρης τής μάζας τοῦ U^{235} (πυρηνική βόμβα). Μέ κατάλληλα όμως ύλικα (π.χ. κάδμιο) μπορούμε νά έλεγχουμε τήν άλυσιδωτή άντιδραση καί αύτό τό έφαρμοδόζουμε στούς πυρηνικούς άντιδραστήρες.

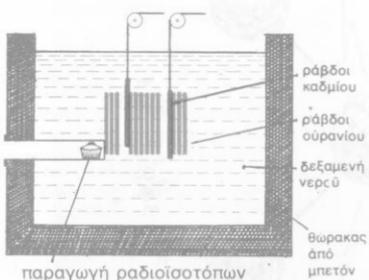
III. ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ

Οι πυρηνικοί άντιδραστήρες χρησιμεύουν στήν έκμετάλλευση τής πυρηνικής ένέργειας γιά είρηνικούς σκοπούς. Ο πυρηνικός άντιδραστήρας τοῦ Κέντρου Πυρηνικῶν Έρευνών «Δημόκριτος» είναι μία μεγάλη δεξαμενή γεμάτη μέ νερό (Σχ. 3). Μέσα στό νερό είναι βυθισμένο τό σχάσιμο ύλικο (U^{235}) καί άναμεσα στίς πλάκες τοῦ ούρανίου ύπαρχουν οι ράβδοι έλεγχου.

Οι ράβδοι έλεγχου είναι κατασκευασμένες από κάδμιο, ένα στοιχείο πού έχει τήν ιδιότητα νά άπορροφάει νετρόνια. "Όταν άνεβαίνουν οι ράβδοι, αύξανεται ή ταχύτητα άντιδρασεως, ένω θταν κατεβαίνουν, μειώνεται, γιατί πολλά από τά νετρόνια άπορροφούνται. Μέ τόν τρόπο αύτό ρυθμίζεται καί έλεγχεται ή ταχύτητα άντιδρασεως.

Γιά νά προστατεύονται οι έργαζόμενοι στούς πυρηνικούς άντιδραστήρες από τήν άκτινοβολία γ καί τά νετρόνια, ή δεξαμενή είναι κατασκευασμένη μέ παχιά τοιχώματα από μπετόν, πού άπορροφούν τίς άκτινοβολίες. Στά τοιχώματα ύπαρχουν στενές κοιλότητες, όπου τοποθετούνται τά ύλικά πού θέλουμε νά βομβαρδίστουν μέ νετρόνια, γιά νά δημιουργήσουν ραδιογένεση.

Άντιδραστήρας ισχύος. Ο άντιδραστήρας πού περιγράψαμε είναι κατάλληλος γιά πειραματικούς, μόνο σκοπούς καί γιά τήν παραγωγή



Σχ. 3. Πυρηνικός άντιδραστήρας (άρχη)

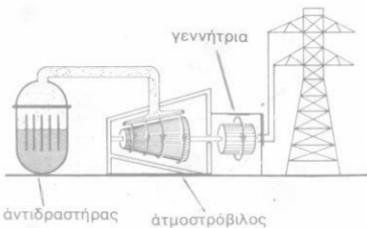
ραδιοϊσοτόπων. "Οταν θέλουμε νά μετατρέψουμε τήν πυρηνική ένέργεια σέ μηχανική ή ήλεκτρική, τότε χρησιμοποιούμε τούς άντιδραστήρες ίσχ ύ ος πού παρουσιάζουν δρισμένες διαφορές από τούς πειραματικούς πυρηνικούς άντιδραστήρες (Σχ. 4).

Ή χρήση τοῦ πυρηνικοῦ άντιδραστήρα, γιά τήν παραγωγή ήλεκτρικής ένέργειας, έδωσε άρχικά στούς άνθρώπους τήν έντυπωση ότι θά έλινε κατά κάποιο τρόπο τό ένεργειακό πρόβλημα. Οι δαπάνες όμως έγκαταστάσεως τῶν άντιδραστήρων, τά ξεοδα έξορύζεως καί έπεξεργασίας τοῦ ούρανίου καί ή μόλινση τοῦ περιβάλλοντος από τά ραδιενεργά κατάλοιπα έκαναν τούς άνθρώπους έπιφυλακτικούς στή χρήση τῆς πυρηνικής ένέργειας.

IV. ΣΥΝΤΗΞΗ ΕΛΑΦΡΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

Στίς προηγούμενες πυρηνικές μεταβολές (άντιδράσεις), όπως ή έκπομπή σωματίδων από το ραδιενεργούς πυρήνες καί ή σχάση τοῦ Υ²³⁵, ό πυρήνας πού παθάνει τή μεταβολή διασπάται σέ μικρότερα σωματίδια. Είναι όμως δυνατό νά συμβεῖ καί τό άντιθετο. Δηλ. δύο ή περισσότεροι έλαφροί πυρήνες μπορεῖ νά συνενωθοῦν καί νά άποτελέσουν ένα βαρύτερο πυρήνα (Σχ. 6). Τό φαινόμενο αύτό ονομάζεται σύντηξη.

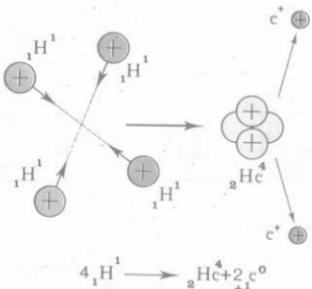
"Οταν τέσσερις πυρήνες ύδρογονου συντήκονται, παράγεται ένας πυρήνας ήλιου καί δύο θετικά σωματίδια πού λέγονται ποζιτρόνια. (Τά ποζιτρόνια έχουν τήν ίδια μάζα μέ τά ήλεκτρόνια, άλλα τό φορτίο τους είναι θετικό, δηλ. άντι-



Σχ. 4. Πυρηνικός άντιδραστήρας ιαχύος καί ατμοληλεκτρικός σταθμός



Σχ. 5. Τό πρώτο πυρηνοκίνητο έμπορικό πλοίο «Savannah». (Σαβάννα)



Σχ. 6. Σύντηξη πυρήνων ύδρογόνου

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Πώς γίνεται ή σχάση του U^{235} και ποιά είναι τά προϊόντα της;
- Μέ ποιά μορφή φανερώνεται ή πυρηνική ένέργεια κατά τη σχάση του ούρανίου και σε οποιονδήποτε τελικά;
- Τί είναι ή άλυσιδωτή άντιδραση και πώς έλεγχεται;
- Τί κάνουμε για νά αύξησουμε τήν ταχύτητα άντιδρασεως σε έναν πυρηνικό άντιδραστήρα;
- α) Τί είναι ή σύντηξη πυρήνων; β) Τί παράγεται κατά τη σύντηξη τεσσάρων πυρήνων ύδρογόνου;
- Πώς έχει γίνει η άνεξάντλητη παραγωγή ένέργειας από τον "Ηλιο";

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι πυρήνες των άτομων του ούρανίου 235 (U^{235}) έχουν τήν ιδιότητα νά σχίζονται περίπου στη μέση, όταν βομβαρδίζονται μέ νετρόνια. Τό φαινόμενο αύτό λέγεται σχάση.
- "Όταν τά νετρόνια πού προκύπτουν από μία σχάση προκαλούν άλλες σχάσεις, οι πυρηνικές άντιδρασεις (σχάσεις) συνεχίζονται καί τό φαινόμενο λέγεται άλυσιδωτή άντιδραση. Η άλυσιδωτή άντιδραση δύνηται σε έκρηξη ἀν δέν τήν έλεγχουμε μέ κατάλληλα υλικά (κάδμιο) πού άπορροφούν τά νετρόνια.
- Ο πυρηνικός άνιδραστήρας είναι μία έγκατάσταση στήν όποια προκαλούμε έλεγχόμενες άλυσιδωτές άντιδρασεις καί χρησιμοποιείται τόσο γιά έρευνητικούς σκοπούς όσο καί γιά τήν παραγωγή μηχανικής (κίνηση πλοιών) ή ήλεκτρικής ένέργειας.
- Η συνένωση έλαφρών πυρήνων σε ένα μεγαλύτερο πυρήνα όνομάζεται σύντηξη. Κατά τή σύντηξη πυρήνων ύδρογόνου παράγεται ήλιο καί έλευθερώνεται πολλή ένέργεια (πυρηνική ένέργεια). Σύντηξη πυρήνων ύδρογόνου συμβαίνει στίς βόμβες ύδρογόνου καί στόν "Ηλιο".

**ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
ΣΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ**

(Όσα από τά προβλήματα έχουν στόν αύξοντα άριθμό τους έναν άστερισκο – π.χ. 2η ένοτητα 1* πρόβλημα – λύνονται ύποδειγματικά στό τέλος τών άπαντήσεων).

1η ENOTHTA

1. $\gamma = 6 \text{ m/sec}^2$
- 2*. $u_2 = 23 \text{ m/sec}$
3. $\gamma = -3 \text{ m/sec}^2$

2η ENOTHTA

- 1*. $u = 20 \text{ m/sec}$, $s = 40 \text{ m}$
2. $\gamma = 4 \text{ m/sec}^2$
3. $t = 5 \text{ sec}$

3η ENOTHTA

1. $g = 10 \text{ m/sec}^2$
2. $s = 80 \text{ m}$
3. $t = 5 \text{ sec}$

4η ENOTHTA

1. $T = 60 \text{ sec}$, $v = 1/60 \text{ sec}^{-1} = 0,016 \text{ Hz}$
2. $\omega = \frac{\pi}{30 \text{ sec}} \text{ rad}$, $u = \frac{\pi}{30 \text{ sec}} \text{ cm}$
3. $u = 465 \text{ m/sec}$

5η ENOTHTA

1. $\gamma = 6,5 \text{ m/sec}^2$
2. $m = 800 \text{ Kgr}$
3. $\gamma = 1 \text{ m/sec}^2$

6η ENOTHTA

- 2*. $F = 5 \text{ kp}$
3. $F = 60 \text{ N}$

7η ENOTHTA

1. $B = 50 \text{ N}$
2. $B_\Sigma = 8 \text{ N}$
3. $F = 33 \cdot 10^{-6} \text{ N}$

8η ENOTHTA

- 1*. $F_k = 36 \text{ N}$
2. $u = 2 \text{ m/sec}$, $F_k = 20 \text{ N}$

9η ENOTHTA

1. $J_{\text{ολ}} = 10 \text{ Kgr.m/sec}$
2. $m = 6 \text{ Kgr}$
3. $\text{υωπλ.} = 1,8 \text{ m/sec}$

11η ENOTHTA

1. $T = 0,8\pi$ sec = 2,512 sec
2. $g = 9,33$ m/sec²
3. $l = 1,01$ m

13η ENOTHTA

1. $u = 3 \cdot 10^8$ m/sec
2. $v = 375 \cdot 10^{12}$ Hz
3. $\lambda = 0,15$ m

14η ENOTHTA

1. $\lambda = 0,77$ m
2. $\lambda = 3,40$ m
3. $\Delta t = 33,3$ sec

18η ENOTHTA

- 1*. $F = F' = 6,75 \cdot 10^{-3}$ N
2. $E = 2,4 \cdot 10^6$ N/Cb
3. $q = 4 \cdot 10^{-10}$ Cb

19η ENOTHTA

1. $F = 64 \cdot 10^{-9}$ N
2. $q = 11,2 \cdot 10^{-19}$ Cb
3. $m = 25,6 \cdot 10^{-24}$ gr

22η ENOTHTA

- 1*. $q = 180$ Cb
2. $W = 310$ Joule
3. $q = 72$ Cb, $W = 432$ Joule

23η ENOTHTA

1. $U = 1,2$ V
2. $i = 0,2$ A
3. $R = 40$ Ω

24η ENOTHTA

1. $R = 15$ Ω
2. $l = 50$ m

25η ENOTHTA

1. $R_{\text{ohm}} = 12$ Ω
2. $i = 0,12$ A
3. $R_{\text{ohm}} = 12$ Ω

26η ENOTHTA

1. $i = 4,4$ A
2. $t = 8$ h
3. $P = 25$ W
4. $Q = 2000$ Joule

27η ENOTHTA

1. $U = 220$ V, $P = 100$ W, $i = 0,45$ A
2. $U = 200$ V
3. 6,6 δρχ.

33η ENOTHTA

- 1*. $F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
2. $B = 1 \text{ Tesla}$
3. $F = 0,6 \text{ N}$

35η καί 36η ENOTHTΕΣ

- 1*. $U_{\text{en}} = 3 \text{ V}$
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 ENOTHTA

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 ENOTHTA

1. $U_2 = 44 \text{ V}$
2. $n_1 = 8$
3. $i_2 = 0,5 \text{ A}$

47η ENOTHTA

1. $t = 5 \cdot 10^4 \text{ sec}$
2. $m_H = 0,6 \text{ mgr}, V_H = 6,6 \text{ cm}^3$
3. $i = 1,5 \text{ A}$

48η ENOTHTA

1. $q = 108000 \text{ Cb} = 108 \cdot 10^3 \text{ Cb}$

49η ENOTHTA

1. $U_1 = 90000 \text{ V}, U_2 = 3 \cdot 10^8 \text{ V}$

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ

1η ENOTHTA, 2^o Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$\gamma = 10 \text{ m/sec}^2$	
$u_1 = 3 \text{ m/sec}$	$u_2 = ?$
$\Delta t = 2 \text{ sec}$	

Άλση: Ξέρουμε ότι ή έπιτάχυνση δίνεται από τὸν τύπο:

$$\gamma = \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{u_2 - u_1}{\Delta t} \Leftrightarrow u_2 - u_1 = \gamma \cdot \Delta t \Leftrightarrow$$

$$u_2 = u_1 + \gamma \cdot \Delta t.$$

'Αντικαθιστοῦμε στὸν τελευταῖο τύπο τὰ μεγέθη μὲ τὶς γνωστές τιμές καὶ βρίσκουμε:

$$\begin{aligned} u_2 &= 3 \cdot \frac{m}{sec} + 10 \cdot \frac{m}{sec^2} \cdot 2 \text{ sec} = \\ &= 3 \frac{m}{sec} + 20 \frac{m}{sec} = 23 \frac{m}{sec} \end{aligned}$$

'Απάντηση: Τὸ σῶμα μετά 2 sec θά ἔχει ταχύτητα

$$u_2 = 23 \text{ m/sec}$$

2η ENOTHTA, 1^o Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	Άγνωστα μεγέθη
$\gamma = 5 \text{ m/sec}^2$	$u = ?$
$t = 4 \text{ sec}$	$s = ?$

Άλση: Ξέρουμε ότι ή ταχύτητα δίνεται από τὸν τύπο $u = \gamma \cdot t$. Αντικαθιστοῦμε τὰ γνωστά ὅποτε ἔχουμε:

$$u = 5 \frac{m}{sec^2} \cdot 4 \text{ sec} = 20 \frac{m}{sec}.$$

'Επίσης ξέρουμε ότι τὸ διάστημα s δίνεται από τὸν τύπο

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

'Επομένως:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{m}{sec^2} \cdot (4 \text{ sec})^2 = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{m}{sec^2} \cdot 16 \text{ sec}^2 = 40 \text{ m} \end{aligned}$$

'Απάντηση: Τὸ αὐτοκίνητο μετά 4 sec θά ἔχει ταχύτητα

$$u = 20 \frac{m}{sec}$$

καὶ θά ἀπέχει ἀπό τὴν ἀφετηρία ἀπόσταση

$$s = 40 \text{ m.}$$

6η ENOTHTA. 2* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
---------------	-----------------

$$B = 5 \text{ Kp} \quad F = ;$$

Λύση. Στό σώμα Σ ένεργοιν δύο δυνάμεις, ή F και τό βάρος B . Όταν τό σώμα άνεβαίνει ή κατεβαίνει μέσταθερή ταχύτητα (έπιτάχυνση = 0), πρέπει ή συνισταμένη δύναμη $F_{\text{ολ}} = F - B$ νά είναι μηδέν. Άρα:

$$F - B = 0 \Leftrightarrow F = B \Rightarrow F = 5 \text{ Kp}$$

Απάντηση. Γιά νά άνεβαίνει ή νά κατεβαίνει τό σώμα μέσταθερή ταχύτητα πρέπει νά άσκεται δύναμη

$$F = 5 \text{ Kp}$$

8η ENOTHTA, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
---------------	-----------------

$$m = 2 \text{ Kgr}$$

$$R = 0,5 \text{ m}$$

$$u = 3 \text{ m/sec}$$

Λύση. Ή κεντρομόλος δύναμη πού άσκεται στό σώμα δίνεται άπό τή σχέση:

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

Άντικαθιστούμε 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:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2,$$

ή, έπειδή δλες οι μονάδες άνηκουν στό σύστημα SI, ή-δύναμη θά μετριέται σέ N).

Απάντηση. Ή κεντρομόλος δύναμη πού άσκεται στό σώμα είναι:

$$F_k = 36 \text{ N}$$

18η ENOTHTA, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
---------------	-----------------

$$Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Cb}$$

$$Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}$$

$$r = 2 \text{ cm}$$

Λύση. Γνωρίζουμε ότι ή δύναμη μεταξύ δύο φορτίων Q_1 και Q_2 δίνεται άπό τόν 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 ή μεταξύ τών φορτίων άπόσταση. Γιά νά άντικαταστήσουμε τά γνωστά μεγέθη μέ τίς τιμές τους πρέπει όλα νά έκφραζονται σέ μονάδες του συστήματος SI. "Αρα πρέπει νά μετατρέψουμε τά cm σέ m, δηλ. $r = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

"Αντικαθιστούμε στόν τύπο (1) τά γνωστά μεγέθη μέ τίς τιμές τους και βρίσκουμε:

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{Cb}^2} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-8} \text{Cb} \cdot 6 \cdot 10^{-9} \text{Cb}}{(2 \cdot 10^{-2} \text{ m})^2} \iff$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-8} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Cb}^2}{\text{Cb}^2 \cdot \text{m}^2} =$$

$$= \frac{9 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 10^{-4}} \text{ N} = \frac{270 \cdot 10^{-4}}{4} \text{ N} \iff$$

$$F = 67,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

"Η δύναμη F' είναι ίση μέ τήν F κατά τό άξινα «δράση = άντιδραση».

"Απάντηση. Η δύναμη μεταξύ τών φορτίων είναι:

$$F = F' = 67,5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

22η ENOTHTA, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
$i = 0,5 \text{ A}$	$q = ;$
$t = 6 \text{ min} =$	
$= 6 \cdot 60 \text{ sec} = 360 \text{ sec}$	

Λύση. Γνωρίζουμε ότι τό φορτίο συνδέεται μέ τήν ένταση και τό χρόνο μέ τή σχέση

$$q = it$$

"Αντικαθιστούμε τά i και t μέ τίς τιμές τους, και έχουμε:

$$q = it = 0,5 \text{ A} \cdot 360 \text{ sec} = 180 \text{ Cb}$$

($\text{A} \cdot \text{sec} = \text{Cb}$).

"Αρα άπό τή διάτομή A διέρχεται φορτίο

$$q = 180 \text{ Cb} \text{ σέ } 6 \text{ min.}$$

33η ENOTHTA, 1* Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη	"Αγνωστα μεγέθη
$I = 10 \text{ cm}$	
$i = 2,5 \text{ A}$	$F = ;$
$B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Tesla}$	

Λύση: Στό νόμο τού Laplace $F = i/B$ μάθαμε ότι ή δύναμη F μετριέται σέ Newton θταν ή ένταση i δίνεται σέ Ampere, τό μήκος l σέ μέτρα και ή ένταση B τού μαγν. πεδίου σέ Tesla (μονάδες στό σύστημα SI.). Πρέπει λοιπόν νά έκφρασουμε τό μήκος l τού άγωγού σέ 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 άσκεται δύναμη

$$F = 5 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

36η ΕΝΟΤΗΤΑ, 1^ο Πρόβλημα

Γνωστά μεγέθη | "Αγνωστα μεγέθη

$$n = 300 \text{ σπειρές}$$

$$\Delta\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ sec}$$

$$U_{\text{επ}} = ?$$

Λύση. Ή έπαιγνική τάση $U_{\text{επ}}$ είναι άναλογη πρός τήν ταχύτητα μεταβολής τῆς μαγνητικής ροής $\Delta\Phi/\Delta t$ και πρός τόν άριθμό τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου n . δηλ. δίνεται άπό τόν τύπο:

$$U_{\text{επ}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$$

Αντικαθιστούμε τά γνωστά μας, μεγέθη όποτε προκύπτει:

$$U_{\text{επ}} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ Weber}}{0,2 \text{ sec}} \cdot 300 = 3 \cdot \frac{\text{Weber}}{\text{sec}} \iff$$

$U_{\text{επ}} = 3V$ (Είναι γνωστό ότι $1V = 1 \text{ Weber}/1 \text{ sec}$
ή, άφού δλες οι μονάδες τῶν μεγεθῶν είναι στό σύστημα SI, ή τάση θά μετριέται σέ Volt).

Απάντηση. Στά άκρα τοῦ πηνίου άναπτύσσεται τάση

$$U_{\text{επ}} = 3 \text{ V}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ SI

Φυσικό μέγεθος	Σύμβολο	Έξισωση δρισμού	Μονάδες στό SI
Μήκος	<i>l, s</i>	Θεμελιώδες	1 m
Μάζα	<i>m</i>	Θεμελιώδες	1 Kgr
Χρόνος	<i>t</i>	Θεμελιώδες	1 sec
Ένταση ρεύματος	<i>I, i</i>	Θεμελιώδες	1 Ampere (A)
Θερμοκρασία	<i>θ, T</i>	Θεμελιώδες	1 K (kelvin)
Έπιπτάχυνση	<i>γ</i>	$\gamma = \Delta u / \Delta t$	1 m/sec ²
Δύναμη	<i>F</i>	$F = m \cdot \gamma$	1 Newton = 1 Kgr·m/sec ²
Όρμη	<i>J</i>	$J = m \cdot u$	1 Kgr·m/sec
Συχνότητα	<i>v</i>	$v = 1/T$	1 Hz = 1 sec ⁻¹
Ηλεκτρικό φορτίο	<i>Q, q</i>	$q = i \cdot t$	1 Coulomb = 1 A·sec
Ένταση ήλεκ. πεδίου	<i>E</i>	$E = F/q$	1 Newton/Coulomb
Έργο, Ένέργεια	<i>W, E</i>	$E = i \cdot U \cdot t$	1 Joule = 1 A·V·sec
Ισχύς (ήλεκτρο)	<i>P</i>	$P = i \cdot U$	1 Watt = 1 A·V
Διαφορά δυναμικού	<i>U</i>	$U = W/q$	1 Volt = 1 Joule/Coulomb
Αντίσταση άγωγού	<i>R</i>	$R = U/i$	1 Ohm = 1 Volt/Amp.
Ειδ. άντιστ. άγωγού	<i>ρ</i>	$\rho = R \cdot S/I$	1 Ohm·m
Ένταση μαγνητ. πεδίου	<i>B</i>	$B = F/I \cdot l$	1 Tesla = 1 N/A·m
Μαγνητική ροή	<i>Φ</i>	$\Phi = B \cdot S$	1 Weber = 1 Tesla·m ²
Επαγωγική τάση	<i>U, E</i>	$U = n \cdot \Delta \Phi / \Delta t$	1 Volt = 1 Weber/sec

ΠΙΝΑΚΑΣ II
ΜΕΡΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ

ΜΕΓΕΘΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΤΙΜΗ
Έπιπτάχυνση βαρύτητας (45° πλάτος, 0 m υψος)	<i>g</i>	9,81 m/sec ²
Σταθερά παγκόσμιας έλξεως	<i>k</i>	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Kgr}^2$
Φορτίο ήλεκτρονίου (στοιχειώδες ήλεκ. φορτίο)	<i>e</i>	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$
Μάζα ήλεκτρονίου	<i>me</i>	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kgr}$
Μάζα πρωτονίου	<i>mp</i>	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ Kgr}$
Μάζα νετρονίου	<i>mn</i>	$1,674 \cdot 10^{-27} \text{ Kgr}$
Ταχύτητα φωτός στό κενό	<i>c</i>	$3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
Ταχύτητα ήχου στόν άέρα (0 °C)	<i>u</i>	331 m/sec

ΠΙΝΑΚΑΣ III
ΚΩΔΙΚΑΣ ΧΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΩΝ
ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Μαύρο	0	Πράσινο	5
Καφέ	1	Μπλέ	6
Κόκκινο	2	Ίώδες	(μώβ)
Πορτοκαλί	3	Γκρι	8
Κίτρινο	4	"Ασπρο	9

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

A

Άγωγιμότητα 85
 άγωγιμότητα άερίων 171
 άγωγιμότητα ηλεκτρολυτών 171
 άγωγιμότητα ήμαιαγωγών 171
 άγωγιμότητα μετάλλων 85
 άγωγοι 85
 άδρανεια 27
 άερωθούμενα άεροπλάνα 42
 αιώρητής 52
 άκουστικό 167
 άκουστότητα 67
 άκτινες α.β.γ 202
 άκτινες ραϊνγκεν 195
 άκτινο (μονάδα) 20
 άλυσιδωτή άντιδραση 206
 άμπερ (μονάδα) 91, 184
 άμπερόμετρο 91, 101
 άμπερώρα (μονάδα) 188
 άνάκρουση διπλού 41
 άνόρθωση 174
 άντηξιο 71
 άντιδραση δυνάμεως 30
 άντιδραστήρας 203, 206
 άντισταση άγωγού 95, 96, 98
 άντιστάτης 95
 άσφαλεια (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
 βραχύκυκλωμα 88

Γ

Γαλβανόμετρο 102
 γαλβανοπλαστική 183
 γεννήτριες 140
 γεωμαγνητικό πεδίο 123
 γκάους (μονάδα) 137
 γραμμική ταχύτητα 19
 γωνιακή ταχύτητα 20

Δ

Δέσμη ήλεκτρονίων 194
 διαμήκη κύματα 59
 διαφορά δυναμικού 92
 διαχωριστήρας φυγοκεντρικός 37
 διεγέρτης 46
 δίπολο μαγνητικό 125
 δράση - άντιδραση 30
 δύναμη ήλεκτρική 77, 82, 113
 δύναμη κεντρουμόλος 35
 δύναμη Laplace 129
 δύναμη μαγνητική 113, 129
 δύναμη πυρηνική 82
 δύναμη φυγοκεντρητή 36
 δύνη (μονάδα) 25

Ε

- Έγκαρσια κύματα 58
 έκκενωση αίγλης 192
 έκκενωση σπινθήρα 191
 έκκενωση τόξου 192
 έκκρεμές άπλο 49
 έκκρεμές φυσικό 49
 έναλλασσόμενο ρεύμα 144
 ένεργεια ήλεκτρική 104
 ένεργος ένταση 146
 ένεργος τάση 146
 ένταση ήχου 67
 ένταση ήλεκτρ. πεδίου 78
 ένταση ήλεκτρ. ρεύματος 90
 ένταση μαγνητικού πεδίου 130, 131
 έπαγωγή 137
 έπαγωγική άντισταση 150
 έπαγωγικό πνηγό 143
 έπιβατική άκτινα 20
 έπιβράδυνση 8
 έπιμετάλλωση 183
 έπιτάχυνση 7
 έπιτάχυνση βαρύτητας 15
 έσωτερική άντισταση 110

Η

- Ήλεκτρεγερτική δύναμη 110
 ήλεκτρικά έργοστάσια 157
 ήλεκτρική δύναμη 77, 82
 ήλεκτρική έκκενωση 191
 ήλεκτρική κουζίνα 108
 ήλεκτρική μηχανή 142
 ήλεκτρική πηγή 87
 ήλεκτρική ταλάντωση 164
 ήλεκτρικό κουδούνι 116
 ήλεκτρικό κύκλωμα 88
 ήλεκτρικό πεδίο 77
 ήλεκτρικό ρεύμα 86
 ήλεκτρικό σίδερο 108
 ήλεκτρικό στοιχείο 188
 ήλεκτρικό φορτίο 73
 ήλεκτρικός κινητήρας 133
 ήλεκτριση 73, 84
 ήλεκτριση μέ έπαφή 75
 ήλεκτριση μέ έπαγωγή 75
 ήλεκτριση μέ τριβή 75
 ήλεκτρόλυση 179
 ήλεκτρολύτης 178
 ήλεκτρολυτική διάσταση 179
 ήλεκτρομαγνήτης 112
 ήλεκτρομαγνητικό κύμα 163
 ήλεκτρομαγνητικός γερανός 117
 ήλεκτρόνιο 80, 127

- ήλεκτρονόμος 117
 ήλεκτροπλήξια 160
 ήλεκτροσκόπιο 73
 ήλεκτροστατικές γεννήτριες 76
 ήλεκτροχημεία 184
 ήλιακη ένέργεια 208
 ήλιακή στήλη 175
 ήμιαγωγοί 171
 ήχητικά κύματα 63
 ήχητικοί σωλήνες 70
 ήχογόνες πηγές 69
 ήχος 62

Θ

- Θαλής 73
 θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής 24
 θεμελιώδης τύπος της κυματικής 60
 θερμαντικό σώμα 108
 θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων 192
 θερμολεκτρικό φάνινόμενο 176
 θερμοσίφωνας 109
 θερμοστοιχείο 176
 θερμότητα Τζάουλ 104
 θόρυβος 66

Ι

- Ισότοπα 82
 ισχύς ήλεκτρ. ρεύματος 106
 ισχύς έναλλασ. ρεύμ. 147

Κ

- Καθοδικός σωλήνας 197
 κεντρομόλος δύναμη 35
 κεντρομόλος έπιτάχυνση 20
 κιλοβατώρα 106
 κιλοπόντ 25
 Κιουρι 201
 Κουλόμη (μονάδα) 73, 91
 κρότος 66
 κρυσταλλοδίοδος 174
 κρυσταλλοτρίοδος 175
 κυκλική κίνηση 18
 κύμα 54
 κύματα έγκαρσια 58
 κύματα διαμήκη 59
 κύματα ήχητικά 63
 κύματα ήλεκτρομαγνητικά 163
 κυματομορφή ήχου 66

Λ

- Λαμπτήρες αίγλης 192
 λαμπτήρες πυρακτώσεως 109

M

Μαγνήτες 111
μαγνητικά ύλικά 112
μαγνητική γραμμή 120
μαγνητική δύναμη 113, 129
μαγνητική ροή 136
μαγνητικό δίπολο 125
μαγνητικό πεδίο 119
μαγνητικό πεδίο γῆς 123
μαγνητικό πεδίο εύθ. άγωγού 123
μαγνητικό πεδίο (όμογενές) 121, 131
μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς 122
μαγνητικό φάσμα 120
μαγνητικοί πόλοι 113
μαγνήτιση 126
μαζικός άριθμός 81
μεγάφωνο 168
μέση ισχύς 147
μεταβαλλόμενη κίνηση 6
μεταβλητή άντισταση 98
μετασχηματιστής 152
μήκος κύματος 60
μικρόφωνο 167
μονωτές 85
μπαταρία 187

N

Νετρόνιο 80
Νιούτον (μονάδα) 25
νόμοι έκκρεμούς 50
νόμος έπαγωγής 139
νόμος ήλεκτρολύσεως 182
νόμος Κουλόμητ 77
νόμος Laplace 130
νόμος Νεύτωνα 24
νόμος παγκόσμιας έλξεως 33
νόμος Τζάουλ 105
νόμος "Ωμ 95

O

Όμαλά μεταβαλλόμενη κίνηση 6
όμαλά μεταβάλ. κίνηση (νόμοι) 10
όμοαδωνικό καλώδιο 151
όρμη 39

P

Πεδίο ήλεκτρικό 77
πεδίο μαγνητικό 119
πεδίο όμογενές 78, 121, 131
περιοδικά φαινόμενα 44
περιόδος έκκρεμούς 52

περίοδος ήχου 64
περίοδος κυκλ. κινήσεως 18
περίοδος κύματος 55
περίοδος ταλαντώσεως 45
πηγές ήλεκτρικές 87
πηγές ήχογόνες 69
πηνίο 112, 124
πλάτος έκκρεμούς 50
πλάτος ταλαντώσεως 45
ποζιτρόνιο 207
πολλαπλασιαστής 143
πόλοι 113
πολύμετρα 102
πομπός 165
πόντ (μονάδα) 25
πρώτες βοήθειες 159
πρωτόνιο 80
πτώση τών σωμάτων 14
πυκνωτής 78
πυξίδα 115
πύραυλος 42
πυρήνας (άτομου) 80
πυρήνας (ήλεκτρομαγνήτη) 112
πυρηνική άντιδραση 206
πυρηνική δύναμη 82
πυρηνική ένέργεια 205
πυρηνικός άντιδραστήρας 203, 206

P

Ραδιενέργεια 201
ράδιο 201
ραδιοισότοπα 202
Ραιντκυρ 195
ράντ (μονάδα) 20
ροστάτης 99
ρώτορας 134

S

Σάρωση 198
στάτορας 134
στιγματία τάση 145
στιγμότυπο κύματος 55
στοιχειώδεις μαγνήτες 125
στροβιλισμός ήλεκτρονίου 127
συλλέκτης 134
σύνδεση άντιστάσεων 100
συνεχής τάση 145
σύντηξη 207
συντονισμός 47
συσσωρευτής 187
συχνότητα έκκρεμούς 50
συχνότητα ήχου 64

συχνότητα κυκλ. κινήσεως 18
συχνότητα κύματος 55
συχνότητα ταλαντώσεως 45
σχάση 205
σωληνοειδές 122, 124

Τ

Ταλάντωση (μηχανική) 45
ταλάντωση (ηλεκτρική) 164
τάση (ηλεκτρική) 92
ταχόμετρο 143
ταχύτητα γραμμική 19
ταχύτητα γνωστική 20
ταχύτητα ήχου 64
Τέσλα (μονάδα) 131
Τζάουλ (μονάδα) 104
τηλέγραφος 116
τηλεπικοινωνία 166
τηλέτυπο 168, 169
τηλέφωνο 168
τόνος (ήχου) 66
τρανζίστορ 175
τριφανικό ρεύμα 158

Ω

Ωμ (μονάδα) 95
ώμική άντισταση 150

Υ

Υδροηλεκτρικά έργοστάσια 157
ύπερηχοι 68
ύπόηχοι 68
ύψισυχα ρεύματα 163, 164
ύψος ήχου 67

Φ

φαρανταίου (νόμος) 182
φίλτρα 151
φθόγγος (ήχου) 66
φορείς ηλεκτρισμοῦ 171
φυγόκεντρη δύναμη 36
φυγοκεντρικός διαχωριστήρας 37
φυσικό έκκρεμές 49
Φών (μονάδα) 67
φωτοηλεκτρικό φαινόμενο 199
φωτοκύτταρα 199
φωτόμετρο 175
φωτοστήλη 175
φωτοστοιχεῖο 175

Χ

Χέρτζ (μονάδα) 19
χορδές 69
χροιά ήχου 68
χωρητικότητα φυσσωρευτή 187

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γενική Φυσική: Ήλεκτρισμός, Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου, 1973
Γενική Φυσική: Όπτικη, Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου, 1966
Γενική Φυσική: Άτομική και πυρηνική, Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου 1956
Γενική Φυσική Θερμότητα: Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου, 1962
Φυσική: Τόμος πρώτος (*Μηχ.-Άκουστ.-Θερμ.*),
Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου, 1971
Φυσική: Τόμος δεύτερος ('Οπτ.-Ήλεκ.-Πυρην.)
Κ.Δ. 'Αλεξοπούλου – Δ.Ι. Μαρίνου 1976
Φυσική: Μηχανική - Άκουστική, 'Αλκ. Μάζη, 1966
Φυσική: Μαγν. - Ήλεκ. - Πυρην., 'Αλκ. Μάζη, 1967
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο πρώτο, Ι.Λ. Μπουρούτη, 1977
Πειράματα Φυσικής: Βιβλίο Δεύτερο, Ι.Λ. Μπουρόύτη, 1977
Στοιχεία Φυσικής: Τόμοι I, II, III, IV, 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 I και II.
Modern Physics: Wiliams - Trinklein - Metcalfe 1976
O. Level Physics: A.F. Abbott, 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:					
2η	»	Μεταβαλλόμενη κίνηση – Έπιπλανηση – Έπιβράδυνση Έύθυγραμμη όμαλά έπιπλανηση κίνηση (Νόμοι και γραφικές παραστάσεις)		»	5 10
3η	»	Έλεύθερη πτώση τῶν σωμάτων		»	14
4η	»	Όμαλή κυκλική κίνηση		»	18
5η	»	Θεμελιώδης νόμος τῆς Μηχανικῆς		»	23
6η	»	Άδρενία τῆς ύλης – Δράση – Άντιδραση		»	27
7η	»	Βάρος τῶν σωμάτων – Νόμος παγκόσμιας ἔλεως		»	32
8η	»	Κεντρομόλος Καί φυγόκεντρη δύναμη		»	35
9η	»	Όρμη – Διατήρηση τῆς όρμῆς		»	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β' ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ – ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

10η	»	Ταλαντώσεις – Έξαναγκασμένη ταλάντωση – Συντονισμός	»	44
11η	»	Έκκρεμές – Μέτρηση τοῦ χρόνου	»	49
12η	»	Έννοια τοῦ κύματος	»	54
13η	»	Έγκαρσια καὶ διαμήκη κύματα – Θεμελιώδης τύπος τῆς κυματικῆς	»	57
14η	»	Ο ἥχος ὡς κύμα	»	62
15η	»	Εἰδη τοῦ ἥχου – Ύποκειμενικά χαρακτηριστικά τοῦ ἥχου	»	65
16η	»	Ἡχογόνες πηγές – Αντηχεία	»	69

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ' ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

17η	»	Ηλεκτρικά φορτία – Ήλεκτριση – Ήλεκτροσκόπιο	»	73
18η	»	Νόμος τοῦ Coulomb – Ήλεκτρικό πεδίο – Πυκνωτές	»	77
19η	»	Δομή τοῦ άτομου – Ισότοπα	»	80
20η	»	Έξηγηση τῆς ήλεκτρίσεως – Αγωγοί καὶ μονωτές – Ήλεκτρικό ρεῦμα	»	84
21η	»	Ηλεκτρικές πηγές – Ήλεκτρικό κύκλωμα – Αποτελέσματα τοῦ ήλεκτρικού ρεύματος	»	87
22η	»	Ένταση τοῦ ήλεκτρικού ρεύματος – Διαφορά δυναμικοῦ	»	90
23η	»	Νόμος τοῦ Ohm – Αντίσταση ἀγωγοῦ	»	94
24η	»	Παράγοντες ἀπό τούς ὅποιους ἔξαρται ἡ ἀντίσταση ἀγωγοῦ – Μεταβλητή ἀντίσταση	»	97
25η	»	Σύνδεση ἀντιστάσεων – Οργανα ήλεκτρικῶν μετρήσεων	»	100
26η	»	Ένέργεια καὶ ισχύς τοῦ ήλεκτρικού ρεύματος	»	103
27η	»	Ἐφαρμογές τῆς ήλεκτρικῆς ἐνέργειας – ΗΕΔ πηγῆς	»	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ' ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

28η ΕΝΟΤΗΤΑ:					
29η	»	Μαγνήτες – Ήλεκτρομαγνήτες			111
30η	»	Ἐφαρμογές μαγνητῶν καὶ ήλεκτρομαγνητῶν			115
31η	»	Μαγνητικό πεδίο – Μαγνητικό φάσμα			119
		Μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς καὶ εύθυγραμμου ἀγωγοῦ – Γήινο μαγνητικό πεδίο			122
32η	»	Έξηγηση τῶν μαγνητικῶν ιδιοτήτων τῶν ύλικων			125
33η	»	Έπιδραση μαγνητικοῦ πεδίου σὲ ήλεκτρικά ρεύματα (Νόμος τοῦ Laplace)			129
34η	»	Ηλεκτρικοί κινητήρες (Ἐφαρμογή τοῦ νόμου Laplace)			133

35η, 36η	»	Μαγνητική ροή – Έπαγωγή	»	136
37η	»	Γεννήτριες – Πολλαπλασιαστής – Ταχόμετρο (Έφαρμογές του φαινομένου τής έπαγωγής)	»	140
38η	»	Έναλλασσόμενο ρεύμα – Ένεργός ένταση και τάση – Ισχύς	»	144
39η	»	Αύτεπαγωγή – Έπαγωγική άντισταση πηνίου	»	148
40η	»	Μετασχηματιστές – Μεταφορά της ήλεκτρικής ένέργειας	»	152
41η	»	Ήλεκτρικά έργοστάσια – Τριφασικό ρεύμα	»	157
42η	»	Ήλεκτρομαγνητικά κύματα – Ήλεκτρικές ταλαντώσεις	»	162
43η	»	Τηλεπικοινωνία	»	166

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε΄ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

44η	»	Ήμιαγωγοί	»	171
45η	»	Έφαρμογές των ήμιαγωγών – Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο	»	174
46η	»	Ήλεκτρόλυση	»	178
47η	»	Νόμος της ήλεκτρολύσεως – Έφαρμογές	»	181
48η	»	Συσσωρευτές – Ήλεκτρικά στοιχεία	»	186
49η	»	Άγωγιμότητα των άεριών – Θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων	»	190
50η	»	Άκτινες Röntgen	»	194
51η	»	Καθοδικός σωλήνας – Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	»	197

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΣΤ΄ ΠΥΡΗΝΙΚΗ

52η	»	Ραδιενέργεια – Ραδιοϊσότοπα	»	201
53η	»	Πυρηνικός αντιδραστήρας – Ήλιακή ένέργεια	»	205

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥΣ – ΟΙΟ ΟΦΥ ΛΟΥΤΟΥΝΑ – ΟΙΟ ΟΦΥ ΤΑ ΠΕΙΔΩΝ

ΕΞΩΦΥΣΤΙΚΟ ΝΑΟΣ ΑΙΓΑΙΟΝ ΚΑΙ ΕΛΛΑΣ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ
Εξώφυλλο και καινούριες μακέτες : NIKH ARΧΟΝΤΙΔΟΥ

«Τά ἀντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τό κάτωθι βιβλιόσημο γιά ἀπόδειξη τῆς γνησιότητας αὐτῶν.

³ Αντίτυπο στερούμενο τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψύτυπο. Ο διαθέτων, πωλών ἢ χρησιμοποιῶν αὐτό διώκεται κατά τίς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ Νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 ('Εφ. Κυδ. 1946, Α' 108).



ΕΚΔΟΣΗ Α' 1980 (II) – ΑΝΤΙΤΥΠΑ 160.000 – ΣΥΜΒΑΣΗ 3349/28.1.80

ΕΚΤΥΠΩΣΗ: ΑΘΗΝΑΪΚΗ ΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ - ΙΩΑΝ. ΚΟΥΣΟΥΛΗΣ
ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: Δ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Δημήτρης Καραβάσης



024000044745