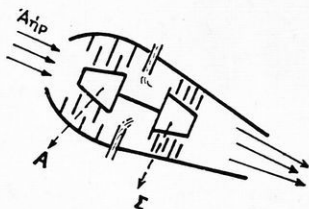


762216

ΙΩΑΝΝΟΥ Π. ΤΣΙΤΟΥΡΙΔΟΥ



ΦΥΣΙΚΗ

Συγιστάται ως διδακτικόν διὰ τῆς ὑπ' ἀριθ.
146048/12.10.67 Ὑπουργείου Παιδείας.

Γ' ΤΑΞΕΩΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

52853

ΙΩΑΝΝΟΥ Π. ΤΣΙΤΟΥΡΙΔΟΥ

ΦΥΣΙΚΟΥ - ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ

Β. ΓΥΜΝΑΣΙΑΡΧΟΥ

Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΤΑΞΙΣ Γ'

Ένεκρίθη ως διδακτικόν διὰ τῆς ὑπ' ἀριθ.
8/23.9.67 πράξεως τῆς Ἐπιτροπῆς Κρίσεως
διδακτικῶν βιβλίων Ὑπουργείου Παιδείας.

1904/67

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

1967

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

ΕΚΔΟΣΗ



Αριθμός έκδοσης: 1/91
Αριθμός φύλλου: 1/1

ΕΚΔΟΣΗ

1991

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Τὸ περιεχόμενον τῆς Φυσικῆς.

Ἡ Φυσικὴ ὡς ἐπιστῆμη εἶναι ἡ θεμελιώδης ἐπιστῆμη τοῦ φυσικοῦ κόσμου. Εἰς τὴν Φυσικὴν περιγράφονται τὰ διάφορα φυσικὰ φαινόμενα καὶ εὐρίσκονται οἱ νόμοι τοὺς ὁποίους ἀκολουθοῦν αἱ διάφοροι φυσικαὶ μεταβολαί.

Ὡς φυσικὰ φαινόμενα ὀρίζονται γενικῶς αἱ φυσικαὶ μεταβολαὶ αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν εἰς τὸν φυσικὸν κόσμον. Μία σειρά φυσικῶν φαινομένων εἶναι ἡ ἔξις: Τὸ ὕδωρ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς ἐξατμίζεται πρὸς ἀτμόν. Οἱ ἀτμοὶ ἀνερχόμενοι εἰς τὰ ὑψηλότερα ψυχρὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαιράς ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν τὰ σταγονίδια τοῦ ὕδατος, δηλαδή τὰ νέφη. Αἱ σταγόνες τοῦ ὕδατος ἐν συνεχείᾳ πίπτουν πρὸς τὴν γῆν σχηματίζουσαι τὴν βροχὴν. Τὸ ὕδωρ τῆς βροχῆς κατὰ τὴν πτώσιν ἐπὶ τῆς γῆς διαπερᾷ τὰ ἐπιφανειακὰ πετρώματα καὶ διαλύει μέρος τῶν ὑλικῶν των, τελικῶς δὲ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς ὡς ὕδωρ πηγῆς πόσιμον.

Ἡ ἀνάγκη τῆς συστηματικῆς μελέτης τῶν διαφόρων φυσικῶν φαινομένων ὠδήγησεν εἰς τὴν δημιουργίαν τῶν διαφόρων ἐιδικῶν κεφαλαίων τῆς Φυσικῆς. Οὕτω διακρίνονται τὰ κεφάλαια τῆς Μηχανικῆς, τῆς θερμότητος τοῦ ἤλεκτρισμοῦ τῆς ἀτομικῆς καὶ πυρηνικῆς Φυσικῆς κ.ἄ.

2. Μετρήσεις.

Κατὰ τὴν παρατήρησιν μιᾶς φυσικῆς μεταβολῆς γίνεται χρῆσις διαφόρων μεγεθῶν, ὡς εἶναι ἡ ταχύτης ἀνέμου, ἡ ἰσχύς πυραύλου, τὸ βάρος σώματος κ.ἄ.

Τὰ διάφορα φυσικὰ μεγέθη, ἔχουν διαφόρους τιμὰς π.χ. ἡ ταχύτης ὀρισμένου ἀνέμου εἶναι μικροτέρα ἢ μεγαλυτέρα τῆς ταχύτητος ἐνὸς ἄλλου ἀνέμου. Διὰ τὸν λόγον αὐτόν, δι' ἕκαστον εἶδος φυσικῶν μεγεθῶν, λαμβάνομεν, ἐν ὁμοειδῆς μεγεθὸς ὡς πρὸς τὸ ὁποῖον συγκρίνομεν ὅλα τὰ ἄλλα. Τὸ μέγεθος αὐτὸ τὸ ὀρίζομεν ὡς μονάδα μετρήσεως. Διὰ τὴν μέτρησιν π.χ. ἐνὸς ὀρισμένου μήκους, λαμβάνομεν ὡς μονάδα μετρήσεως τὸ μέτρον, διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου τὸ δευτερόλεπτον κ.ο.κ.

Διὰ τὴν πλήρη περιγραφὴν ἐνὸς φαινομένου γίνεται χρῆσις διαφόρων φυσικῶν μεγεθῶν. Ὡς π.χ. κατὰ τὴν παρατήρησιν τῆς κινήσεως ἐνὸς δορυφόρου τῆς γῆς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζομεν τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται, τὴν ταχύτητα μὲ τὴν ὁποίαν κινεῖται, τὸν χρόνον περιφορᾶς αὐτοῦ κ. ἄ. Διὰ νὰ ὑπάρχη συμ-

φωνία εις τὰς ἀνωτέρω μετρήσεις χρησιμοποιούνται διεθνῶς αἱ αὐταὶ μονάδες μετρήσεως. Οὕτω ἐδημιουργήθησαν τὰ διάφορα συστήματα μονάδων μ.ε.τ.ρ.ή.σ.ε.ω.ς. Εἰς ἕκαστον σύστημα μονάδων μετρήσεως ὑπάρχει μία ὁρισμένη μονὰς μετρήσεως δι' ἕκαστον φυσικὸν μέγεθος.

Τὰ χρησιμοποιούμενα συστήματα μονάδων μετρήσεως εἶναι, τὸ σύστημα C.G.S. (θεωρητικόν), τὸ M.K.S. (πρακτικόν) καὶ τὸ M.Kp.S. (τεχνικόν).

Ὁ κατωτέρω πίναξ δίδει τὰς μονάδας μετρήσεως δι' ὁρισμένα μεγέθη εἰς τὰ τρία συστήματα μονάδων.

Σύστημα	Διάστημα S	Μᾶζα m	Χρόνος t	Δύναμις F	Ἔργον W	Ίσχύς P	Ἐντασις ρεύματος I
MKSA	μέτρον	χιλιόγραμ- μον	δευτερόλε- πτον	Νιούτον	Τζάουλ	Βάττ	Ἄμπερ
	Metre	Kilo- gramme	Second	Newton	Joule	Watt	Ampere
	m	kg	sec	Nt	J	W	A
CGS	ἑκατοστό- μετρον	γραμμιά- ριον		δύνη	ἔργιον		
	Centime- tre	Gramme	Second	dyne	erg	erg sec	
	cm	g		dyn	erg		
MKpS	μέτρον			χιλιόγραμμον βάρους	χιλιόγραμ μόμετρον		
	Metre		Second	Kilogram- me poids		kgm sec	
	m			kgp	kgm		

$$1 \text{ kg} = 9,81 \text{ Nt} \quad \text{καὶ} \quad 1 \text{ kgm} = 9,81 \text{ j}$$

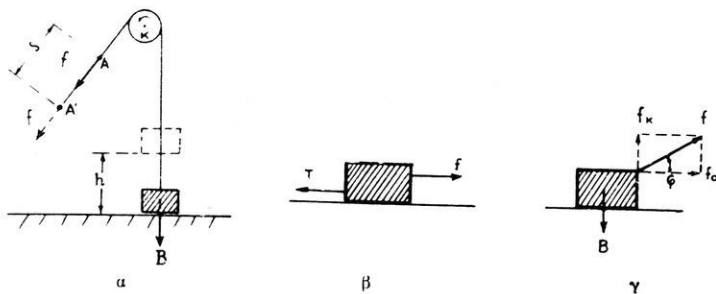
$$1 \text{ Nt} = 10^5 \text{ dyn} \quad \text{καὶ} \quad 1 \text{ j} = 10^7 \text{ erg}$$

Σημειώσεις: Ὅταν πρὸ τῶν διαφόρων μονάδων ἔχωμεν τὰ σύμβολα M, K, m καὶ μ σημαίνουν ἀντιστοίχως ἑκατομμύριον, χίλια, χιλιοστὸν καὶ ἑκατομμυριοστὸν, π.χ. 1 Kg = 1000 g (γραμμάρια).

ΕΡΓΟΝ

1. Έννοια του Έργου.

Λιά τῆς αὐλάκος τροχαλίας K διέρχεται νῆμα εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου προσδένεται σῶμα βάρους B , (σχ. 1, α). Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ νήματος ἐφαρμόζεται δύναμις F . Ὄταν ἡ δύναμις F μεταφέρῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἐκ



Σχ. 1. Έργον δυνάμεως.

τοῦ A εἰς τὸ A' , τὸ σῶμα ἀνέρχεται εἰς ὕψος $h = AA'$ ἀπὸ τοῦ ἐδάφους. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις F ἐξετέλεσεν ἓν ἔρ γ ο ν. Γενικῶς, ὀρίζεται ὅτι:

Μία δύναμις ἐκτελεῖ ἔργον ἐπὶ ἐνὸς σώματος ὅταν ἐνεργοῦσα ἐναντίον μιᾶς ἀνθισταμένης δυνάμεως θέτῃ εἰς κίνησιν τὸ σῶμα.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 1, α ἡ ἀνθισταμένη δύναμις εἶναι τὸ βάρος τοῦ σώματος B . Εἰς τὴν περίπτωσιν 1, β τὸ σῶμα κινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως F . Ἡ δύναμις F ἐκτελεῖ ἔργον ἀντιδρῶσα εἰς τὴν δύναμιν τῆς τριβῆς T , ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐπιπέδου καὶ τοῦ ὀλισθαίνοντος σώματος.

Αἱ δυνάμεις B τοῦ βάρους καὶ T τῆς τριβῆς εἰς τὰς ἀνωτέρω δύο περιπτώσεις ἐκτελοῦν ἐπίσης ἔργον ἐναντίον τῶν δυνάμεων F . Τὸ ἔργον αὐτῶν καλεῖται ἀνθιστάμενον ἔρ γ ο ν, ἐνῶ τὸ ἔργον τῶν δυνάμεων F καλεῖται κινητήριον ἔρ γ ο ν.

Θεωρούμεν ἤδη τὴν περίπτωση 1, γ ὅπου ἡ δύναμις F ἐνεργεῖ ἐπὶ γωνίαν α ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν κινήσεως τοῦ σώματος. Ἀναλύομεν τὴν δύναμιν F εἰς δύο συνιστώσας, μίαν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος τὴν F_0 καὶ ἄλλην κάθετον πρὸς αὐτήν. Ἐκ τῶν δύο αὐτῶν συνιστωσῶν, ἡ δύναμις F_0 ἐκτελεῖ ἔργον ἐνῶ ἡ δύναμις F_x , κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν κινήσεως, δὲν ἐκτελεῖ ἔργον. Ἐργον ἐπίσης δὲν ἐκτελεῖ καὶ ἡ δύναμις τοῦ βάρους B (σχ. 1, γ).

2. Ἐξίσωσις τοῦ ἔργου.

Τὸ μέγεθος τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖται ὑπὸ τῆς δυνάμεως F (σχ. 1, α), εἶναι ἀνάλογον,

α) πρὸς τὸ μέγεθος αὐτῆς, δηλαδὴ πρὸς τὸ βάρος B τὸ ὁποῖον ἀνυψώνει καὶ

β) πρὸς τὴν μετατόπισίν της, δηλαδὴ πρὸς τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον ἀνυψώνεται τὸ σῶμα.

Μεταξὺ ἐπομένως τοῦ ἔργου W τῆς δυνάμεως F καὶ τῆς μετατόπισεως S ἰσχύει ἡ σχέσις:

$$W = F \cdot S$$

Τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F εἰς τὴν περίπτωση 1, γ εἶναι ἴσον πρὸς $W = F_0 \cdot S$, ὅπου S εἶναι ἡ μετατόπισις τῆς δυνάμεως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως.

3. Μονάδες ἔργου.

Αἱ μονάδες τοῦ ἔργου ὁρίζονται ἐκ τῶν μονάδων τῆς δυνάμεως F καὶ τοῦ διαστήματος S .

Οὔτω εἰς τὸ πρακτικὸν σύστημα ἡ δύναμις μετρεῖται εἰς Nt ἐνῶ ἡ μετατόπισις εἰς m , ὅποτε τὸ ἔργον δίδεται εἰς Joule (τζόουλ), ἐκ τῆς σχέσεως:

$$W \text{ (Joule)} = F \text{ (Nt)} \times S \text{ (m)}$$

Εἰς τὸ τεχνικὸν σύστημα, ὅπου $F = kgp$ καὶ $S = m$ τὸ ἔργον ἐδρίσκειται εἰς χιλιογραμμόμετρα (kgm), ἐκ τῆς σχέσεως

$$W \text{ (kgm)} = F \text{ (kgp)} \times S \text{ (m)}$$

Ἐπειδὴ δὲ $1 kgp = 9,81 Nt$ θὰ εἶναι καὶ

$$1 kgm = 9,81 J \text{ (Joule)}$$

Ἐφαρμογή: Γερανὸς ἀνυψώνει σῶμα βάρους $1000 Kgp (= 10tp)$ εἰς ὕψος $10 m$. Ζητεῖται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὁ γερανός.

Εἶναι $W = F \cdot S = 1000 \cdot 10 = 10.000 Kgm = 9,81 \times 10.000 \text{ Joule}$ ἢ ἐπειδὴ $1600 Kgp = 9810 Nt$ εἶναι $W = 9810 \cdot 10 = 98100 \text{ Joule}$.

Ι Σ Χ Υ Σ

1. Όρισμός Ισχύος - Τύπος.

Εἰς μίαν μηχανὴν ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει ἀλλὰ καὶ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποῖου παράγεται τὸ ἔργον. Πρὸς τοῦτο διὰ τὴν ἐκτίμησιν τῆς ἰκανότητος μιᾶς μηχανῆς λαμβάνομεν τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Τὸ μέγεθος τοῦ ἔργου τούτου καλοῦμεν ἰσχύον τῆς μηχανῆς. Ἡ ἰσχύς δηλαδὴ μιᾶς μηχανῆς παριστᾷ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐὰν διὰ P παραστήσωμεν τὴν ἰσχύον μιᾶς μηχανῆς καὶ W τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον αὐτὴ ἐκτελεῖ εἰς χρόνον t , τότε εἶναι:

$$P = \frac{W}{t}$$

2. Μονάδες Ισχύος.

Ἐὰν τὸ ἔργον W μετρεῖται εἰς Joule καὶ ὁ χρόνος t εἰς sec τότε ἡ ἰσχύς P ὀρίζεται εἰς Watts (πρακτικὸν σύστημα), εἶναι δηλαδὴ:

$$P \text{ (Watts)} = \frac{W \text{ (Joule)}}{t \text{ (sec)}} \quad (1)$$

Ὅταν ληφθῶν $W = \text{kgm}$ καὶ $t = \text{sec}$ (τεχνικὸν σύστημα) ἡ ἰσχύς εὐρίσκεται εἰς $\frac{\text{Kgm}}{\text{sec}}$ εἶναι δὲ $1 \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}} = 9,81 \text{ Watts}$ ἢ W .

Εἰς τὴν πράξιν ἡ ἰσχύς λαμβάνεται καὶ εἰς ἵππους, εἶναι δὲ 1 CV (ἵππος) $= 75 \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}}$

Ἐφαρμογή: Ἀντλία μεταφέρει 12 m^3 ὕδατος εἰς ὕψος 20 m ἐντὸς 10 h (ὥρων). Ζητεῖται ἡ ἰσχύς τῆς ἀντλίας.

Ἡ ἀντλία εἰς χρόνον $t = 10 \text{ h} = 36000 \text{ sec}$ ἐξτελέσειν ἔργον ἰσον πρὸς $W = B \times S = 12000 \text{ (Kgr)} \cdot 20 \text{ (m)} = 240.000 \text{ Kgm}$. Ἡ ἰσχύς ἐπομένως τῆς ἀντλίας εἶναι: $P = \frac{W}{t} = \frac{240.000}{36.000} = 6,6 \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}} = 65 \text{ w}$.

3. Μεγάλαι μονάδες ἔργου.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) ἔχομεν: $W = P \cdot t$. Ἐὰν τεθῶν $P = \text{KW}$ (κιλοβάττ) καὶ $t = \text{h}$ (ὥραι), τὸ ἔργον εὐρίσκεται εἰς κιλοβαττωρία (KWh), εἶναι δηλαδὴ $W \text{ (KWh)} = P \text{ (KW)} \times t \text{ (h)}$.

Εὐρίσκεται δὲ ὅτι: $1 \text{ KWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ sec} = 3.600.000 \text{ Joule}$.

Μηχανὴ ἰσχύος 5 KW εἰς 10 h ἐκτελεῖ ἔργον $5 \times 10 = 50 \text{ KWh}$.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1. Έννοια της ενέργειας.

Έν σῶμα ἐξ ὀρισμοῦ περιέχει ἐνέργειαν ὅταν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον.

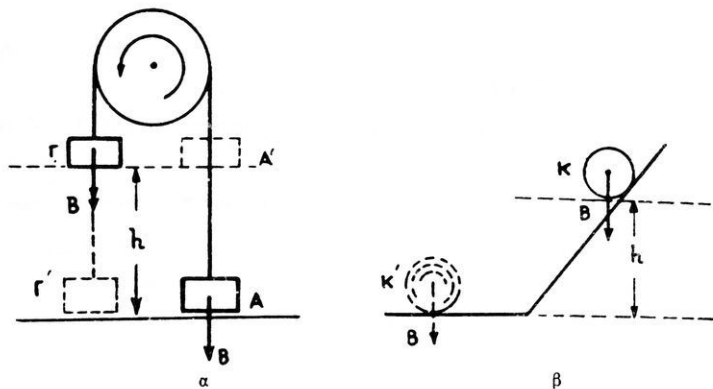
Τὸ σῶμα Γ (σχ. 2, α) περιέχει ἐνέργειαν, διότι δύναται καταρχόμενον νὰ ἀνυψώσῃ τὸ σῶμα A , ἴσου πρὸς αὐτὸ βάρος, εἰς τὴν θέσιν A' εἰς ὕψος h . Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ σώματος A εἰς τὴν θέσιν A' κατηναλώθη ἔργον ἴσον πρὸς $B \cdot h$. Τὸ ἔργον αὐτὸ ἀπεδόθη ἐκ τοῦ σώματος Γ κατὰ τὴν κάθοδόν του εἰς τὴν θέσιν Γ' .

Τὸ σῶμα A εἰς τὴν νέαν του θέσιν A' (σχ. 2, α), περιέχει καὶ αὐτὸ ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ λόγφ θέσεως, τοῦ σώματος A' ἢ τοῦ Γ , καλεῖται *δυναμικὴ ἐνέργεια*, παρέχεται δὲ ἐκ τῆς σχέσεως:

$$W = B \cdot h$$

ὅπου B τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις αὐτοῦ ἐκ τοῦ ἐδάφους.

Ἡ ἐνέργεια δηλαδὴ ἐνὸς σώματος μετρεῖται μὲ τὸ ποσὸν τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον δύναται αὐτὸ νὰ ἐκτελέσῃ, εὐρίσκεται δὲ εἰς μονάδας ἔργου.



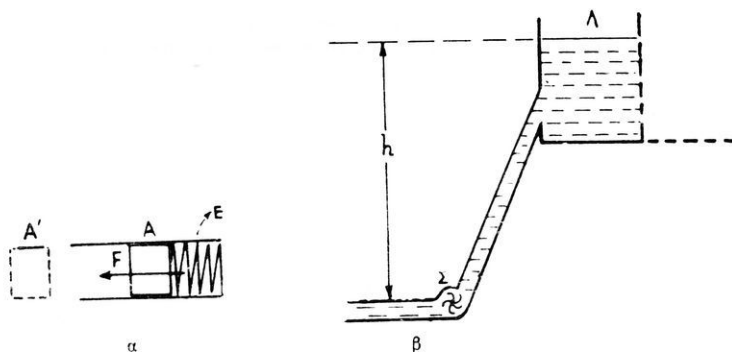
Σχ. 2. Δυναμικὴ καὶ κινητικὴ ἐνέργεια.

*Ἄν ἡ σφαῖρα K (σχ. 2, β) ἀφεθῇ ἐλευθέρως νὰ κινηθῇ ἐπὶ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, κατέρχεται αὐτοῦ καὶ φθάνει εἰς τὴν θέσιν K' . Εἰς τὴν θέσιν αὐ-

τήν ἢ σφαῖρα ἔχει ἐνέργειαν, διότι δένεται νά παρασῆρη σῶμα τὸ ὁποῖον θέτομεν πρὸ αὐτοῦ. Ἡ σφαῖρα εἰς τὴν θέσιν K' ἔχει ἐνέργειαν λόγῳ τῆς ταχύτητος τὴν ὁποῖαν ἔχει. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ καλεῖται *κινητικὴ ἐνέργεια*.

Ἡ σφαῖρα εἰς τὴν θέσιν K ἔχει ἐνέργειαν δυναμικὴν ἴσην πρὸς $B.h$. Αὕτη κατὰ τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας πρὸς τὰ κάτω, μετατρέπεται εἰς κινητικὴν. Εἰς τὴν θέσιν K' ἡ σφαῖρα ἔχει μόνον κινητικὴν ἐνέργειαν, ἡ δυναμικὴ εἶναι ἴση μὲ μηδέν.

Εἰς τὸ σχῆμα 3, α τὸ σῶμα A εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἐλατηρίου E . Ἄν τὸ σῶμα ἀφεθῆ ἐλεύθερον, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως (πίεσεως) F , ὠθεῖται πρὸς τὰ ἔξω. Τὸ ἐλατήριον δηλαδὴ ἐκτελεῖ ἔργον, περιέχει δηλαδὴ ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐλατηρίου εἶναι ἐνέργεια λόγῳ θέσεως δηλαδὴ δυναμικὴ.



Σχ. 3. Δυναμικὴ ἐνέργεια ἐλατηρίου καὶ ὕδατος

Εἰς τὸ σχῆμα 3, β τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης λήπτει ἀπὸ ὕψους h ἐπὶ ἐνὸς στρόβιλου Σ καὶ προκαλεῖ τὴν κίνησιν (περιστροφὴν) αὐτοῦ. Τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης δηλαδὴ ἐκτελεῖ ἔργον. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ὕδατος τῆς λίμνης εἶναι δυναμικὴ. Ἄν ὕδωρ βάρους B προσπέσῃ ἐκ τῆς λίμνης ἐπὶ τοῦ στρόβιλου προσδίδει εἰς τὸν στρόβιλον ἐνέργειαν κινητικὴν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἴση πρὸς τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν τοῦ ὕδατος εἰς τὸ ὕψος h ἤτοι ἴση πρὸς $B.h$.

2. Ἀρχὴ διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

Ἡ σφαῖρα τοῦ σχήματος 2, β εἰς τὴν θέσιν K ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν. Καθὼς ἡ σφαῖρα κατέρχεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου, ἡ δυναμικὴ τῆς ἐνέργεια ἐλαττοῦται ἐνῶ ταυτοχρόνως λόγῳ τῆς ταχύτητος τὴν ὁποῖαν ἀποκτὰ ἐμφα-

νίζεται ἐπ' αὐτῆς κινητικῆ ἐνέργεια. Αἱ δύο ἐνέργειαι κινητικῆ καὶ δυναμικῆ ἀποτελοῦν δύο μορφάς τῆς καλουμένης μηχανικῆς ἐνεργείας.

Κατὰ τὴν ἀνωτέρω κίνησιν τῆς σφαίρας παρατηρεῖται συνεχῶς μία μετατροπὴ ἐνεργείας ἐκ μιᾶς μορφῆς εἰς τὴν ἄλλην. Κατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς τὸ συνολικὸν ποσὸν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας παραμένει σταθερόν. Ἡ κινητικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια τῆς σφαίρας W_K' εἰς τὴν θέσιν K' εἶναι ἴση μὲ τὴν δυναμικὴν τῆς ἐνεργείαν W_K εἰς τὴν θέσιν K . Εἰς μίαν ἄλλην ἐνδιάμεσον θέσιν εἶναι :

$$W_{ολ} = W_{δυν} + W_{κιν} = W_K' = W_K$$

Τὸ αὐτό, ὡς εἶδομεν, παρατηρεῖται καὶ εἰς τὴν περίπτωσηὶν τῆς ὕδατοπτώσεως. Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ὕδατος εἰς τὴν θέσιν τοῦ στροβίλου προῆλθεν ἐκ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ ὕδατος εἰς τὸ ὕψος τῆς λίμνης καὶ εἶναι ἴση πρὸς αὐτήν.

Ἐφαρμογή: Ἀπὸ ὕψος 60 m προσπίπτουν εἰς στροβίλον 2 m³ ὕδατος εἰς 1 min. Ζητοῦνται, α) ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία παρέχεται εἰς τὸν στροβίλον εἰς 1 min καὶ β) ἡ ἰσχύς τοῦ στροβίλου.

α) Εἶναι $W_{κιν} = W_{δυν} = B \cdot h = 2000 \cdot 60 = 120.000 \text{ Kgm}$.

β) Ἐπίσης $P = \frac{w}{t} = \frac{120.000}{60} \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}} = 2.000 \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}} = 2000 \times 9,81 \text{ Watts}$.

Στροβίλος

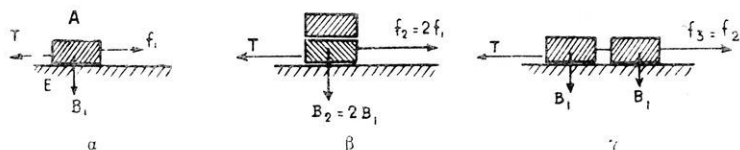
Τ Ρ Ι Β Η

1. Τριβή ολίσθησεως.

Ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου E ἰσορροπεῖ ἓν σῶμα A (σχ. 4, α) ἂν θέλωμεν τὸ σῶμα νὰ κινηθῇ ὁμαλῶς ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου πρέπει νὰ καταβάλωμεν πρὸς τοῦτο μίαν δύναμιν F_1 . Ἡ δύναμις αὕτη ἀπαιτεῖται πρὸς ἐξουδετέρωσιν τῆς δυνάμεως T , τὴν ὁποίαν καλοῦμεν δύναμιν τριβῆς, ἢ ἀπλῶς τριβήν. Ἡ δύναμις αὕτη T ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν ἐπιφανειῶν ἐπαφῆς τοῦ ἐπιπέδου καὶ τοῦ σώματος καὶ ἔχει φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν κινήσεως τοῦ σώματος.

Τὴν δύναμιν F_1 ἢ ὁποία εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν T δύναμιν νὰ προσδιορίσωμεν δι' ἑνὸς δυναμομέτρου διὰ τοῦ ὁποίου σύρομεν τὸ σῶμα.

Ἐπὶ τοῦ σώματος A τοποθετοῦμεν ἤδη καὶ δεύτερον σῶμα ὅμοιον πρὸς αὐτὸ, (σχ. 4, β). Ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς σώματος καὶ ἐπιπέδου παραμένει ἡ αὐτή, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν 4, α, τὸ βάρος ὅμως B_2 τῶν δύο σωμάτων εἶναι



Σχ. 4. Τριβὴ ολίσθησεως.

$B_2 = 2B_1$. Μετῶντες ἤδη τὴν δύναμιν τριβῆς εὐρίσκομεν ὅτι αὕτη εἶναι ἴση πρὸς $2F_1$ ἢτοι διπλασία τῆς προηγουμένης. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι:

ἡ δύναμις τριβῆς ολίσθησεως εἶναι ἀνάλογος τῆς δυνάμεως τῆς κατέτου πρὸς τὴν ἐπιφανείαν ολίσθησεως.

Εἰς τὰς δύο ἀνωτέρω περιπτώσεις αἱ πιέσεις τὴν ἐπιφανείαν ολίσθησεως δυνάμεις εἶναι τὰ βάρη, B_1 καὶ B_2 ἀντιστίχως.

Τοποθετοῦμεν ἓν συνεχεῖα τὰ δύο ὅμοια σώματα τὸ ἓν πλησίον τοῦ ἄλλου ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου καὶ συνδέομεν αὐτά. Ἡ ἐπιφάνεια ἤδη ἐπαφῆς τοῦ ἐπιπέδου μετὰ τῶν σωμάτων εἶναι διπλασία τῆς περιπτώσεως 4, β, ἡ ὅλική ὅμως δύναμις τῶν σωμάτων ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου παραμένει ἡ αὐτὴ ἴση πρὸς $2B_1$. Ἡ ἀναπτυσσομέ-

νη εις τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δύναμις τριβῆς παραμένει ἢ αὐτὴ μὲ τὴν περίπτωσιν 4, 6, ἥτοι εἶναι $F_3 = T_3 = T_2$. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι:

ἡ δύναμις τριβῆς ὀλισθήσεως εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ μεγέθους τῆς ἐπιφανείας ἐπαφῆς τοῦ σώματος μετὰ τοῦ ἐπιπέδου ὀλισθήσεως.

*Ἄν ἤδη καταστήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐπιπέδου Ε περισσότερον ὁμαλὴν π.χ. τοποθετοῦντες ἐπ' αὐτῆς πλάκα ὑαλίνην, παρατηροῦμεν ὅτι, ἡ δύναμις τριβῆς καθίσταται μικροτέρα. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι:

ἡ τριβὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν δύο ὀλισθαίνοντων ἐπιφανειῶν.

— Εἰς τὰς περιπτώσεις τοῦ σχήματος 4 λαμβάνομεν τὸν λόγον τῆς δυνάμεως F, ἴσης πρὸς τὴν τριβὴν T, πρὸς τὴν πιέζουσαν τὸ ὀλισθαίνον ἐπίπεδον δύναμιν B_1 ὁπότε ἔχομεν ἀντιστοιχῶς: $\frac{T_1}{B_1}, \frac{T_2}{B_2} = \frac{2T_1}{2B_1} = \frac{T_1}{B_1}$ καὶ $\frac{T_3}{B_3} = \frac{2T_1}{2B_1} = \frac{T_1}{B_1}$

Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λόγος $\frac{F}{B}$ καὶ εἰς τὰς τρεῖς περιπτώσεις εἶναι ὁ αὐτός. Τὸν λόγον αὐτὸν παριστῶμεν διὰ μ καὶ καλοῦμεν συντελεστήν τριβῆς ὀλισθήσεως.

Ὁ συντελεστὴς τριβῆς ὀλισθήσεως $\mu = \frac{T}{B}$ εἶναι χαρακτηριστικὸς τῆς φύσεως τῶν ὀλισθαίνοντων ἐπιφανειῶν. Ὄψω διὰ χάλυβα ὀλισθαίνοντα ἐπὶ χάλυβος εἶναι $\mu = 0,15$, ἐνῶ διὰ χάλυβα ἐπὶ μετάλλου μὲ λιπαντικὰ εἶναι $\mu = 0,03$.

2. Τριβὴ κυλίσεως.

Κατὰ τὴν κύλιση σφαίρας ἢ τροχοῦ ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς αὐτῶν ἀναπτύσσεται ἐπίσης δύναμις τριβῆς, ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν κινήσεως τοῦ σώματος. Ἡ δύναμις αὐτὴ τριβῆς καλεῖται τριβὴ κυλίσεως.

Ἡ τριβὴ κυλίσεως εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως. Ὡς παράδειγμα, θεωροῦμεν ὅτι αὐτοκίνητον κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίας ὁδοῦ μὲ ὠρισμένην ταχύτητα. Διακόπτομεν τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς του, ὁπότε τὸ αὐτοκίνητον συνεχίζει νὰ κινῆται μὲ ταχύτητα τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ ἐλαττοῦται ὀλίγον κατ' ὀλίγον. Ἡ ἐλάττωσις αὐτῆ τῆ ταχύτητος ὀφείλεται εἰς τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως καὶ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. *Ἄν ὅμως εἰς ὠρισμένην χρονικὴν στιγμήν ἐφαρμοσθοῦν αἱ τροχοπέδα τοῦ αὐτοκινήτου ἢ ταχύτης του ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου καθίσταται ἴση πρὸς μηδέν. Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν τροχοπέδων, ἐπὶ τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου, ἡ κίνησις τῶν τροχῶν ἀπὸ κύλισις μετατρέπεται εἰς ὀλισθήσιν. Ἡ ἀναπτυσσομένη εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι μεγίστη, εἰς αὐτὴν δὲ ὀφείλεται ἡ στάσις τοῦ αὐτοκινήτου.

Γενικῶς διὰ τὴν ἐλάττωσιν τῆς τριβῆς, μεταξὺ κινουμένων σωμάτων, μετατρέπομεν τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως εἰς τριβὴν κυλίσεως. Εἰς τοὺς ἄξονας τῶν αὐτοκινήτων τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν ἐνσφαιρῶν τριβῶν (ρουλεμάν).

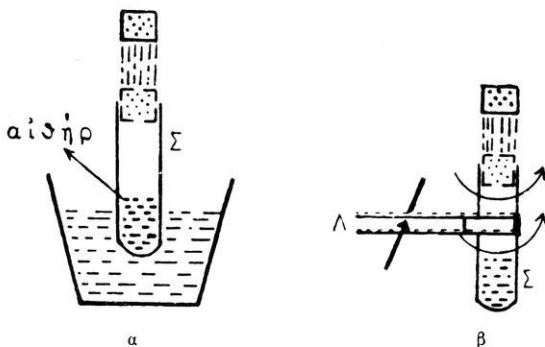
ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

1. Θερμική ενέργεια.

Ἐντὸς δοκιμαστικοῦ σωλῆνος (σχ. 5, α) τοποθετοῦμεν ὀλίγον αἰθέρα καὶ κλείομεν αὐτὸν διὰ πώματος ἐλαστικοῦ. Τὸν σωλῆνα θυθίζομεν ἐν συνεχείᾳ ἐντὸς ζέοντος ὕδατος. Μετ' ὀλίγον παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πῶμα ἐκτινάσσεται ἐκ τοῦ σωλῆνος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Μὲ τὴν θέρμανσιν τοῦ αἰθέρος παράγονται ἄτμοι αὐτοῦ. Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος ὕδατος ἀποκοτῶν μεγάλην πίεσιν. Ἐπὶ τὴν πίεσιν αὐτὴν τῶν ἀτμῶν τὸ πῶμα ἐκτινάσσεται.



Σχ. 5. Μετατροπὴ μεταξὺ μηχανικῆς καὶ θερμικῆς ἐνεργείας.

Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος ἐξετέλεσαν ἐν μηχανικὸν ἔργον, περιεῖχον δὲ ὑπὸ πίεσιν δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ προσεφέρθη εἰς τοὺς ἀτμοὺς ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἢ ἄλλως ὡς *θερμικὴ ἐνέργεια*.

Τὸ αὐτὸ ὡς ἄνω φαινόμενον παρατηροῦμεν ἂν τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα, περιέχοντα αἰθέρα, φέρομεν εἰς φυγοκεντρικὴν μηχανήν. Περιερίγγομεν τὸν σωλῆνα διὰ ξυλίνης λαβίδος σταθερῶς καὶ θέτομεν εἰς περιστροφὴν τὸν σωλῆνα (σχ. 5, β). Διὰ τῆς τριβῆς, ἢ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς τοῦ σωλῆνος καὶ τῆς λαβίδος, παράγεται θερμότης, ἢ ὅποια θερμαίνει τὸν αἰθέ-

ρα όποτε δημιουργούνται και πάλιν άτομοί αυτού υπό πίεσιν. Ένταύθα παρατηρούμεν μίαν μετατροπήν κατ' άρχήν μηχανικῆς ένεργείας εἰς θερμικήν και έν συνεχείᾳ μετατροπήν τῆς θερμικῆς ένεργείας (θερμότητος) εἰς μηχανικήν.

Μετατροπαί μεταξὺ θερμικῆς καί μηχανικῆς ένεργείας παρατηροῦνται και εἰς άλλας περιπτώσεις ώς κατά τήν τριβήν πυρρίου, κατά τήν κάμψιν ράβδου έν σιδήρου κ. ἄ. Εἰς όλας αὐτάς τάς περιπτώσεις παρατηρεῖται ότι:

τὸ ποσὸν τῆς παραγομένης θερμικῆς ένεργείας εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὸ καταναλωθὲν ποσὸν μηχανικῆς ένεργείας. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει και κατά τήν μετατροπήν θερμικῆς ένεργείας εἰς μηχανικήν.

2. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος.

Τὴν ποσοτικὴν σχέσιν μεταξὺ θερμικῆς ένεργείας και μηχανικῆς ένεργείας εὐρίσκομεν κατά διαφόρους μετρήσεις.

Ἡ θερμικὴ ένέργεια μετρεῖται, ώς γνωστόν, εἰς θερμίδας (calorie, cal), ένῶ ἀντιστοίχως ἡ μηχανικὴ εἰς Joule ἢ Kgm.

Ἔχει εὐρεθῆ ὅτι κατά τήν μετατροπήν 4,19 Joule ἢ 0,426 Kgm εἰς θερμότητα παράγεται θερμότης ἴση πρὸς 1 cal. Ἡ ποσότης αὐτῆ τῶν 4,19 Joule ἀνά 1 cal ἀποτελεῖ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμόν τῆς θερμότητος, παρίσταται δὲ διὰ J. Εἶναι ἐπομένως $J = 4,19 \frac{\text{Joule}}{\text{cal}}$ ἢ $0,426 \frac{\text{Kgm}}{\text{cal}}$

Ἡ σχέσις ἤδη μεταξὺ μηχανικοῦ ἔργου και θερμότητος δύναται νὰ παρασταθῆ ὡς ἑξῆς:

$$W = J \cdot Q \quad \text{ἢ} \quad W_{(J)} = 4,19 Q_{(\text{cal})} \quad \text{καὶ} \quad W_{(\text{Kgm})} = 0,426 Q_{(\text{cal})}.$$

Ἐφαρμογή: Ἀπὸ ἴψους 354 m πίπτουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους 16 Kg ὕδατος. Ἄν ὅλη ἡ μηχανικὴ ένέργεια τοῦ ὕδατος μετατραπῆ εἰς θερμότητα, ζητεῖται τὸ ποσὸν αὐτῆς.

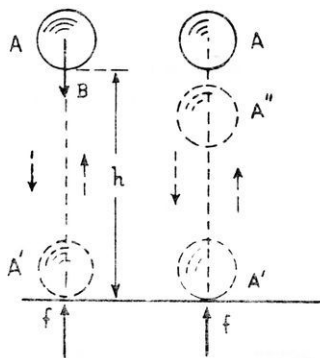
Ἡ δυναμικὴ ένέργεια τοῦ ὕδατος, ἥτις μετατρέπεται εἰς θερμότητα εἶναι $W = B \cdot h = 10.854 = 8540 \text{ Kgm}$, ἐπομένως ἔχομεν: $8540 = 0,426 \cdot Q$ ἢ $Q = 20047 \text{ cal}$.

ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

1. Μετατροπαι ενεργειας - Αρχη.

Θεωρήσωμεν τὴν ἐλαστικὴν σφαῖραν A εἰς ὕψος h ἀπὸ τοῦ ἐδάφους (σχ. 6). Ἀφίεται ἡ σφαῖρα ἐλευθέρᾳ, ἐκ τῆς θέσεως αὐτῆς, νὰ πέσῃ. Αὕτη προσκρούει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀναπηδᾷ εἰς ὠρισμένον ὕψος ἀπ' αὐτοῦ. Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐδάφους εἶναι ἐλαστικὴ ἡ σφαῖρα μετὰ τὴν ἀνάκρουσίν της φθά-
νει εἰς ὕψος h ἴσον μὲ τὸ ἀρχικόν (σχ. 6, α). Ἐὰν ὅμως ἡ ἐπιφάνεια δὲν εἶναι ἐλαστικὴ ἀ-
ναπηδᾷ εἰς μικρότερον ὕψος (σχ. 6, β).



Σχ. 6. Κρούσις σφαίρας.

Κατὰ τὴν πρόσκρουσίν της ἡ σφαῖρα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν. Αὕτη μετατρέπεται, κατὰ τὴν ἐπαφὴν της μὲ τὸ ἔδαφος, εἰς ἔργον παραμορφώσεως, δηλαδὴ εἰς δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ἐπὶ τοῦ ἐδάφους τότε, λόγω τῆς παραμορφώσεως αὐτοῦ, ὑφίσταται μία πίεσις πρὸς τὴν σφαῖραν. Ἡ πίεσις αὕτη F ἀναγκάζει τὴν σφαῖραν νὰ ἀναπηδήσῃ.

Ἐὰν ἡ κρούσις σφαίρας καὶ ἐδάφους εἶναι ἐλαστικὴ ἔχομεν μετατροπὰς μόνον μηχανικῆς ἐνεργείας, δηλαδὴ κινητικῆς εἰς δυναμικὴν καὶ ἀντιστρόφως. Ἡ σφαῖρα τότε

κινεῖται μεταξὺ τῶν θέσεων A καὶ A' (σχ. 6, α). Εἰς περιπτώσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἔχομεν μόνιμον παραμόρφωσιν τῆς σφαίρας ἢ τοῦ ἐδάφους, δηλαδὴ κρούσιν μὴ ἐλαστικὴν, ἔχομεν ἐλάττωσιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας. Μέρος αὐτῆς μετατρέπεται τότε εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν ὅποτε ἡ σφαῖρα κατὰ τὰς ἀναπηδήσεις χάνει συνεχῶς εἰς ὕψος.

Εἰς τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν μετατροπὰς μεταξὺ διαφόρων εἰδῶν ἐνεργείας. Κατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς ἐνεργειῶν ἰσχύει ὁ νόμος τῆς διατήρησεως τῆς ἐνεργείας ὁ ὁποῖος ἐκφράζεται ὡς ἑξῆς:

Κατὰ τὰς διαφόρους μετατροπὰς ἐνεργείας, ἐκ μιᾶς μορφῆς εἰς ἄλλην, τὸ

ἄθροισμα τῶν διαφόρων αὐτῶν μορφῶν ἐνεργείας, εἰς ἐκάστην χρονικὴν στιγμήν, παραμένει σταθερόν.

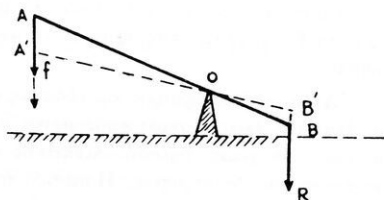
2. Ἀπλαῖ μηχαναί.

Μηχαναὶ γενικῶς καλοῦνται συστήματα διὰ τῶν ὁποίων μία μορφή ἐνεργείας μετατρέπεται εἰς ἄλλην. Μία βενζινομηχανὴ π.χ. μετατρέπει θερμοκίνη ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν.

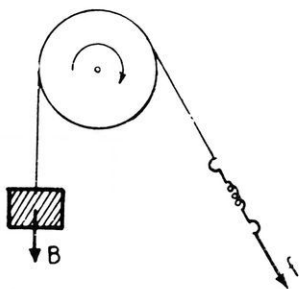
Εἰς τὰς ἀπλαῖς μηχαναῖς ἔχομεν μετατροπὴν μηχανικῆς ἐνεργείας καὶ πάλιν εἰς μηχανικὴν. Ὁρισμέναι ἀπλαῖ μηχαναὶ εἶναι ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τὸ βαροῦλλον κ. ἄ.

Μοχλός. Ὁ μοχλός ἀποτελεῖται ἐκ μιᾶς ράβδου AB ἢ ὅποια δύνανται νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα O . Εἰς τὸ ἄκρον A τῆς ράβδου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις F ἢ ὅποια ἰσορροπεῖ τὴν ἀντίστασιν R (σχ. 7). Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἰσορροπίας ἰσχύει ἡ σχέση: $F \cdot (AO) = R \cdot (BO)$ ἢ $\frac{F}{R} = \frac{BO}{AO}$.

Ἄν ἡ δύναμις F μετακινηθῇ κατὰ μικρὸν διάστημα AA' ἢ ἀντίστασις ἐπίσης μετατοπίσεται κατὰ BB' . Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων $AA'O$ καὶ $BB'O$



Σχ. 7. Μοχλός.



Σχ. 8. Τροχαλία.

ἔχομεν $\frac{AO}{BO} = \frac{AA'}{BB'}$. Συνδιάζοντας ἤδη τὴν σχέσιν αὐτὴν μετὰ τὴν ἀνωτέρω εὑρεθεῖσαν ἔχομεν:

$$\frac{F}{R} = \frac{BB'}{AA'} \quad \text{ἢ} \quad F \cdot (AA') = R \cdot (BB').$$

Τὸ γινόμενον $F \cdot (AA')$ παριστᾷ τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως, ἐνῶ τὸ $R \cdot (BB')$ τὸ ἔργον τῆς ἀντίστασεως. Ἐκ τῆς εὑρεθείσης σχέσεως φαίνεται ἐπομένως ὅτι, εἰς τὸν μοχλὸν τὸ κινήτηριον ἔργον ἢ δαπανώμενον εἶναι ἴσον μετὰ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον ἢ ὠφέλιμον.

Τροχαλία. Ἡ τροχαλία (σχ. 8) ἀποτελεῖται ἀπὸ κυκλικὸν δίσκου, ὁ ὁποῖος φέρεται εἰς τὴν περιφέρειάν του αὐλακα, δύναται δὲ νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ δίσκου καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ. Διὰ τῆς αὐλακῆς τῆς τροχαλίας διέρχεται νῆμα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ νήματος ἐφαρμόζεται ἡ ἀντίστασις (βάρος) ἐνῶ εἰς τὸ ἄλλο ἐνεργεῖ ἡ κινουσα δύναμις F .

Ἄν ἡ δύναμις F μετακινήθῃ κατὰ διάστημα S καὶ τὸ βάρος B ἀνυψοῦται ἐπίσης κατὰ διάστημα S . Ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν ἀπώλειαι, λόγῳ τριβῆς, θὰ εἶναι $W_F = W_B$ ἢ $F \cdot S = B \cdot S$ ἀπὸ ὅπου $F = B$. Ἡ δύναμις δηλαδὴ εἶναι ἴση μὲ τὸ πρὸς ἀνύψωσιν βάρος.

Ἄν ἐν τούτοις τὴν δύναμιν F τὴν μετρήσωμεν διὰ δυναμομέτρου παρατηροῦμεν ὅτι εἶναι κατὰ τι μεγαλυτέρα τοῦ B . Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως B , εἶναι δηλαδὴ $F \cdot S > B \cdot S$. Ἐν μέρει τοῦ κινήτηριου ἔργου, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν, μετατρέπεται εἰς ἔργον τριβῆς.

3. Ἀπόδοσις μηχανῆς.

Ὅρίζεται ὡς ἀπόδοσις μηχανῆς ὁ λόγος:

$$A = \frac{\text{ὠφέλιμον ἔργον}}{\text{δαπανώμενον ἔργον}}$$

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς τροχαλίας εἶναι:

$$A = \frac{B \cdot S}{F \cdot S} = \frac{B}{F}$$

Ὁ λόγος αὐτὸς παρέχει τὸ ποσοστὸν τοῦ δαπανωμένου ἔργου τὸ ὁποῖον μετατρέπεται εἰς ὠφέλιμον.

Ἄν εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς τροχαλίας εἶναι $F = 550$ gr καὶ $B = 500$ gr θὰ ἔχωμεν, $A = \frac{500}{550} = 0,9$ ἢ 90%. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὰ 10% τοῦ κινήτηριου ἔργου δαπανῶνται εἰς ἔργον τριβῆς ἢ ἄλλως μετατρέπονται εἰς θερμότητα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Έργον.

1. Δύναμις 3 Nt μεταφέρει εν σῶμα, κατά την διεύθυνσίν της, εις απόστασιν 12 m. Ζητείται τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως εις Joule καὶ Kgm.
2. Ἄνθρωπος βάρους 75 Kgp ἀνέρχεται εις κλίμακα, εις ὕψος 12 m. Ζητείται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὁ ἄνθρωπος ἐναντίον τῆς βαρύτητος.
3. Σῶμα σύρεται εις ὀριζόντιον ἐπίπεδον ὑπὸ δυνάμεως 10 Kgp ἢ ὁποία σχηματίζει γωνίαν 30° μετὰ τὴν κατακόρυφον. Τὸ σῶμα μεταφέρεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατὰ 8 m. Ζητείται τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως.
4. Στύλος ἔχει ὕψος 5 m καὶ βάρος 20 Kgp. Τὸ κ. β. τοῦ στύλου εὐρίσκεται εις ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τῆς βάσεώς του. Εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ στύλου φέρεται βάρος 4 Kgp. Ζητείται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον δαπανᾶται διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ στύλου ἐκ τῆς ὀριζοντίας θέσεως εις τὴν κατακόρυφον.
5. Ἀντλία ὕδατος μεταφέρει 100 γαλλόνια ὕδατος εις ὕψος 10 m, ἐντὸς 1 min. Ζητείται τὸ ὠφέλιμον ἔργον τῆς ἀντλίας εις 1 h.

II. Ἴσχύς.

6. Ὑπολογίσατε τὴν ἰσχὺν μηχανῆς ἢ ὁποία παράγει ἔργον 300 Kgm ἐντὸς 1 min., εις CV.
7. Ἀνυψωτὴρ ἀνυψώνει σῶμα βάρους 500 Kgp εις ὕψος 20 m ἐντὸς 1 min. Ζητείται ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ εις Watts καὶ CV.
8. Ἡ ἰσχὺς κινητήρος εἶναι $\frac{1}{3}$ CV. Ζητείται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ κινητήρος ἐντὸς 10 h.
9. Κινητὴρ καταναλίσκει ἰσχὺν 400 W. Ζητείται τὸ δαπανώμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ κινητήρος ἔργον ἐντὸς 30 h, εις Kwh.
10. Αὐτοκίνητον κινεῖται μετὰ σταθερὰν ταχύτητα 72 km/h εις ὀριζοντίαν ὁδόν. Ἡ δύναμις τῆς μηχανῆς εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση πρὸς 37.5 Kgp. Ζητείται ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανῆς.

III. Ἐνέργεια.

11. Σῶμα μάζης 2 Kg ἀνυψοῦται εις ὕψος 15 m. Ζητείται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἐδαπανήθη πρὸς τοῦτο καὶ ἡ ἐνέργεια τοῦ σώματος εις τὴν θέσιν αὐτήν.
12. Σῶμα βάρους 5 Kgp ἀφίεται νὰ πέσῃ ἀπὸ ὕψος 10 m. Ζητοῦνται ἡ

δυναμική και ή κινητική ενέργεια του σώματος όταν το σώμα εύρϊσκεται εις ύψος 10 m και 3 m από του εδάφους, ως και όταν έλθη εις επαφήν με το έδαφος.

13. Σφαίρα ελαστική μάζης 500 g άφίνεται να πέση επί του εδάφους από ύψος 2 m. Κατά την άναπήδησίν του το σώμα φθάνει εις ύψος 1,8 m. Ζητείται το ποσόν της μηχανικής ενέργειας το όποιον μετετρέπη εις θερμότητα.

14. Σφαίρα άφίνεται να κυλίση από της κορυφής κεκλιμένου επιπέδου ύψους 2 m. Ζητείται να εύρεθη ή ενέργεια της σφαίρας όταν αύτη φθάση εις την βάση του επιπέδου, επί όριζοντίου επιπέδου.

IV. Τριβή.

15. Είς αυτοκίνητον βάρους 3 τnp, κινούμενον επί όριζοντίας όδοϋ, εφαρμόζονται αί τροχοπέδα. "Αν ό συντελεστής τριβής είναι 0,2, ζητείται ή άναπτυσσομένη δύναμις τριβής.

16. "Υπό μηχανής ισχύος 40 CV κινείται αυτοκίνητον με σταθεράν ταχύτητα 36 Km/h. Ζητείται ή αντίστασις ή όποία προβάλλεται εις το αυτοκίνητον.

V. 'Απλαϊ μηχαναϊ - 'Απόδοσις μηχανής.

17. Ράβδος AOB στρέφεται περι σημείον O. "Αν είναι AO = 20 cm και OB = 60 cm ζητούνται, α) ή δύναμις ή όποία πρέπει να εφαρμοσθή εις το B δια να ίσορροπή ή ράβδος, άν εις το A υπάρχη βάρος 100 Kgr και β) πόση θα είναι ή μετατόπισις της δυνάμεως άν το βάρος άνυψωθή κατά 10 cm.

18. Διά τροχαλίας άνυψούται βάρος 300 Kgr εις ύψος 8 m. "Αν ή απόδοσις της μηχανής είναι 70% ζητούνται, α) ή δύναμις ή όποία άνυψώνει το βάρος και β) το έργον της δυνάμεως.

19. "Ανυψωτήρ ισχύος 120 CV άνυψώνει σώμα βάρους 5 τnp εις ύψος 35 m, έντός 20 sec. Ζητείται ή απόδοσις της μηχανής.

VI. Μετατροπαϊ ενέργειας.

20. Είς την άσκησιν 13, ζητείται το παραγόμενον ποσόν θερμότητας.

21. Μηχανή έχει άπώλειαν 0,25 CV. "Αν αύτη παρέχεται ως θερμότης ζητείται ή παρεχομένη ποσότης θερμότητος εις 1 h.

22. "Ηλεκτρικός θερμαντήρ εύρίσκεται έντός 400 g ύδατος θερμοκρασίας 10° C. "Ο θερμαντήρ καταναλίσκει ισχόν 84 W και έντός 10 min ή θερμοκρασία του ύδατος άνέρχεται εις 40° C. "Εάν δέν υπάρχουν άπώλειαι, ζητείται το μηχανικόν ισοδύναμον της θερμότητος.

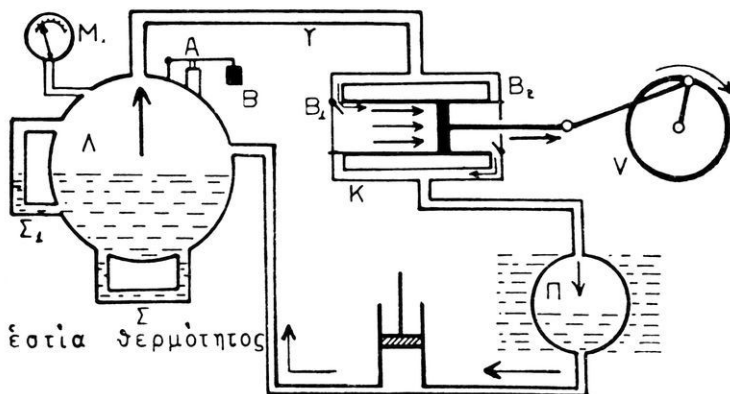
ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΝ

Α'. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΑΙ

1. Θερμική μηχανή.

Μία θερμική μηχανή καλουμένη συνήθως ατμομηχανή αποτελείται από τὰ ἑξῆς κυρίως μέρη: α) Τὸν λέβητα, β) τὸν κύλινδρον καὶ γ) τὸν συμπυκνωτήν.

Εἰς τὸν λέβητα Λ (σχ. 9) περιέχεται ὕδωρ τὸ ὁποῖον θερμαίνεται εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν μετατρέπεται εἰς ἀτμόν, μεγάλης πίεσεως. Ἡ θερμοκρασία εἰς τὸν λέβητα εἶναι συνήθως 180°C ὅποτε ἡ πίεσις τῶν παραγομένων ἀτμῶν εἶναι 10 ἀτμόσφαιραι ἢ περίπου 10 Kgr/cm^2 .



Σχ. 9. Παράστασις ατμομηχανῆς.

Διὰ σωληνώσεων ὁ ἀτμὸς διαβιβάζεται εἰς τὸν κύλινδρον Κ. Εἰς αὐτὸν εἰσέρχεται ὁ ἀτμὸς διὰ δύο εἰσόδων B_1 καὶ B_2 . Ὅταν ἡ εἰσόδος B_1 εἶναι ἀνοικτὴ ἢ B_2 εἶναι κλειστὴ καὶ ἀντιστρόφως. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου δύναται νὰ κινεῖται παλινδρομικῶς ἔμβολον τὸ ὁποῖον συνδέεται διὰ συστήματος μοχλῶν μὲ σφόδρον (τροχόν) V.

Κατὰ τὴν εἰσόδον τοῦ ἀτμοῦ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ἐπιφέρεται πίεσις ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, ὅποτε τοῦτο κινεῖται καὶ θέτει εἰς περιστροφὴν τὸν σφόνδύλον V. Ἡ περιστροφικὴ κίνησις τοῦ σφονδύλου δύναται νὰ μετατραπῇ ἐν συνεχείᾳ εἰς οἰανδήποτε ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ὡς εἰς ἠλεκτρικὴν, μηχανικὴν κλπ.

Όταν τὸ ξυμβολὸν κινούμενον φθάσῃ εἰς τὸ ἄκρον τοῦ κυλίνδρου κλείει ἢ μία εἰσοδος ἔστω ἢ B_1 καὶ ἀνοίγει ἢ B_2 , δι' ἑνὸς συστήματος τοῦ ἀτμολόμου σὺνδεομένου μὲ τὸν συμπυκνωτὴν. Ὁ ἀτμὸς ἤδη εἰσερχόμενος ἐκ τῆς ἄλλης πλευρᾶς τοῦ ἐμβόλου κινεῖ αὐτὸν ἀντιθέτως τῆς προηγουμένης περιπτώσεως.

Ὁ ἀτμὸς ὁ ὁποῖος περιζυλίεται εἰς τὸ ὀπισθεν μέρος τοῦ ἐμβόλου ὀδηγεῖται διὰ μιᾶς ἐξόδου πρὸς τὸν συμπυκνωτὴν Π. Ἐκεῖ ὁ ἀτμὸς ὀδηγούμενος εἰς περιβάλλον χαμηλῆς θερμοκρασίας ὑφίσταται συμπύκνωσιν πρὸς σταγονίδια ὕδατος. Οὕτω ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὀπισθίου μέρους τοῦ ἐμβόλου καθίσταται μικρά. Ἄν ὁ ἀτμὸς παρέμενεν εἰς ὀπισθεν τοῦ ἐμβόλου χώρον θὸ ἐπρόβαλεν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν αὐτοῦ.

2. Συνθήκαι λειτουργίας τῆς μηχανῆς.

Οἱ σωλῆνες Σ περιέχουν ὕδωρ τοῦ λέβητος ὥστε τὸ ὕδωρ αὐτοῦ νὰ θερμαίνεται ἐνδόλως καὶ ἄνευ ἀπολειῶν θερμότητος. Ἡ ἀσφαλιστικὴ διακλείς Α μετὰ τοῦ βαριδίου Β ρυθμίζει τὴν θερμοκρασίαν βρασμοῦ τοῦ ὕδατος, δηλαδὴ τὴν πίεσιν τῶν ἀτμῶν. Ὁ πλευρικός σωλὴν Σ, ἐπιτρέπει τὴν παρατήρησιν τοῦ ὕψους τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ λέβητος.

Ὁ σωλὴν Τ θερμαίνεται ἰδιαίτερος ὥστε κατὰ τὴν διόδον τοῦ ἀτμοῦ δι' αὐτοῦ νὰ ὑποστῇ ὁ ἀτμὸς ὑπερθέρμανσιν, ἐνῶ ὁ συμπυκνωτὴς περιλούεται ἀπὸ ὕδωρ ρέον ὥστε νὰ διατηρεῖται ἡ θερμοκρασία του σταθερά.

3. Ὑπολογισμὸς τοῦ παραγομένου ἔργου.

Ἐὰν P_1 εἶναι ἡ πίεσις τοῦ εἰσερχομένου εἰς τὸν κύλινδρον ἀτμοῦ καὶ P_2 ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ εἰς τὸν συμπυκνωτὴν, τὸ ξυμβολὸν ὑφίσταται συνισταμένην πίεσιν ἰσην πρὸς $P_1 - P_2$. Ἡ συνισταμένη δύναμις ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, ἐπιφανείας S , θὰ εἶναι:

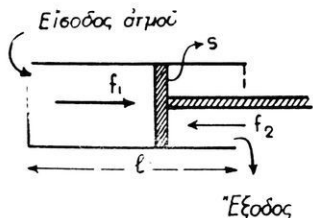
$$f = f_1 - f_2 = (P_1 - P_2) \cdot S$$

Τὸ ἔργον ἐπομένως διὰ μιάν ἀπλήν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶναι: $W = f \cdot l = (P_1 - P_2) \cdot S \cdot l$, ἐπεὶ δὲ τὸ γινόμενον $S \cdot l$ παριστᾷ τὸν ὄγκον V τοῦ κυλίνδρου ἔρχομεν:

$$W = (P_1 - P_2) \cdot V$$

Ἐκ τῆς σχέσεως αὐτῆς φαίνεται ὅτι: ἡ ἰσχὺς θερμικῆς μηχανῆς ἀξάνει δι' ἀξήσεως τῆς διαφορᾶς τῶν πιέσεων P_1 καὶ P_2 . Ἡ πίεσις P_1 ἀξάνει δι' ἀξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀτμοῦ, ἐνῶ ἡ πίεσις P_2 ἐ-

λαττοῦται δι' ἐλαττώσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ συμπυκνωτοῦ.



Σχ. 10. Ὑπολογισμὸς ἔργου.

Ἐφαρμογή: Ὁ κύλινδρος θερμοκῆς μηχανῆς ἔχει ὄγκον $30 \text{ dm}^3 = 30.000 \text{ cm}^3$. Ἡ πίεσις τοῦ εἰσερχομένου ἀτμοῦ εἶναι $10 \frac{\text{kgp}}{\text{cm}^2}$ ἐνῶ τοῦ ἐξερχομένου $1 \frac{\text{kgp}}{\text{cm}^2}$ (ἐξέρχεται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν). Ἄν εἰς 1 min ἐκτελοῦνται 120 παλινδρομήσεις τοῦ ἐμβόλου, ζητεῖται ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς.

Διὰ μίαν ἀπλὴν διαδρομὴν παράγεται ἔργον ἴσον πρὸς

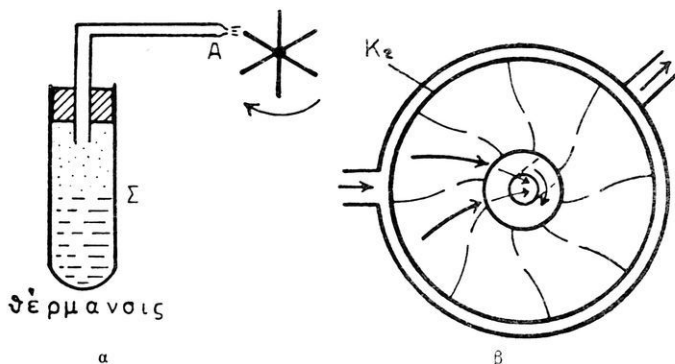
$$W = (P_1 - P_2) \cdot V = (20 - 1) \cdot 30000 = 280000 \text{ Kgp} \times \text{cm} = 2700 \text{ Kgm}$$

ἡ ἰσχύς ἐπομένως τῆς μηχανῆς θὰ εἶναι:

$$P = \frac{120 \times 2.700}{60} = 5.400 \frac{\text{Kgm}}{\text{sec}} = 72 \text{ CV}$$

4. Ἀτμοστρόβιλοι (turbines).

Ἄρχῆ τῶν ἀτμοστρόβιλων: Εἰς δοχεῖον Σ (σχ. 11, α) περιέχεται ὕδωρ τὸ ὁποῖον θερμαίνεται ζέει, ὅποτε παράγονται ἀτμοὶ ὕδατος.



Σχ. 11. Ἀτμοστρόβιλος.

Οἱ ἀτμοὶ ἐξερχόμενοι τοῦ δοχείου διὰ μιᾶς στενώσεως Α προσπίπτουν ἐπὶ μικροῦ μύλου τὸν ὁποῖον θέτουν εἰς περιστροφὴν. Ἡ θερμοκῆ ἐπομένως ἐνέργεια, παρεχομένη ὡς ἐνέργεια τῶν ἀτμῶν, μετατρέπεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τοὺς ἀτμοστρόβιλοὺς (σχ. 11, β) διακρίνουμεν δύο κυλίνδρους μὲ πτερυγία, τὸν K_2 σταθερὸν (Stator) καὶ τὸν K_1 κινητὸν (Rotor). Ὁ ἀτμὸς εἰσερχόμενος πλαγίως διὰ τῶν πτερυγίων τοῦ K_2 προσπίπτει ἐπὶ τῶν πτερυγίων τοῦ K_1 καὶ προσδίδει εἰς αὐτὰ ὄθησιν.

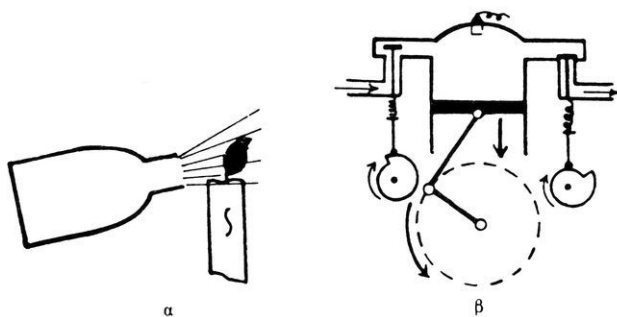
Τὸ παραγόμενον εἰς τοὺς ἀτμοστρόβιλους ἔργον εἶναι ἔργον ἐκτονώσεως, παράγεται δηλαδὴ κατὰ τὴν μετάβασιν τῶν ἀτμῶν ἀπὸ μεγάλης πίεσιν εἰς μικράν, μὲ ταυτῶρον αὐξῆσιν τοῦ ὄγκου των.

Ἀτμοστρόβιλοι, ὡς οἱ ἀνωτέρω, χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς θερμοηλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις τῆς Πτολεμαίδος, Ἀλιβερίου κ. ἄ.

Β' ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

1. Ἀρχὴ λειτουργίας μηχανῶν ἐσωτ. καύσεως.

Εἰς ὑάλινον δοχεῖον προσθέτομεν ὀλίγας σταγόνας βενζίνης καὶ πωματί-
ζομεν αὐτό. Θερμαίνομεν ἐν συνεχείᾳ τὸ δοχεῖον μετὰ προσοχῆς, ὅποτε αὐτὸ πλη-
ροῦται ὑπὸ ἀτμῶν βενζίνης, εἰς μίγμα μετὰ τοῦ ὑπάρχοντος ἀέρος. Ἐξάγομεν
ἤδη τὸ πῶμα τοῦ δοχείου καὶ συγχρόνως πλησιάζομεν τὸ στόμιον αὐτοῦ εἰς φλό-
γα κηρίου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι οἱ ἀτμοὶ τῆς βενζίνης ἀναφλέγονται ἐνῶ τὰ
καυσαέρια ὠθοῦν τὴν φλόγα ὑπὸ πίεσιν (σχ. 12, α). Τὴν πίεσιν αὐτὴν τῶν πα-
ραγομένων καυσαερίων ἐκμεταλευόμεθα εἰς τὰς μηχανὰς ἐσωτερικῆς καύσεως.



Σχ. 12. Μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως.

Ἐκάστη μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα *κ υ λ ι ν δ ρ ο ν*
(σχ. 12, β) ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει *ε ξ μ β ο λ ο ν* δυνάμενον νὰ κινηθῆ παλινδρο-
μικῶς. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καίεται ἓν καύσιμον συνήθως βενζίνη ἢ πετρέλαιον,
ὅποτε τὰ παραγόμενα καυσαέρια ὠθοῦν τὸ ἔμβολον. Ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ
ἔμβολου μετατρέπεται εἰς τὸν σφόνδυλον V εἰς περιστροφικὴν.

Ἡ πίεσις ἐκ τῆς καύσεως τῶν καυσίμων ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Τὰ χρησιμοποιούμενα καύσιμα εἰς μίγμα μετὰ τοῦ ἀέρος καίονται ὅποτε
παράγονται διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος καὶ ἀτμοὶ ὕδατος. Ἐξ ὑπολογισμῶν εὐρί-
σκεται ὅτι ὁ ὄγκος τῶν ἀνωτέρω παραγομένων καυσαερίων εἶναι *μ ε γ α λ ύ τ ε-*
ρ ο ς τοῦ συνολικοῦ ὄγκου τῶν ἀτμῶν τοῦ καυσίμου καὶ τοῦ χρησιμοποιηθέντος
ὀξυγόνου τοῦ ἀέρος. Ἡ αὔξησις αὐτῆ τοῦ ὄγκου τῶν ἀερίων ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα
τὴν αὔξησιν τῆς πίεσεως τῶν ἀερίων ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.

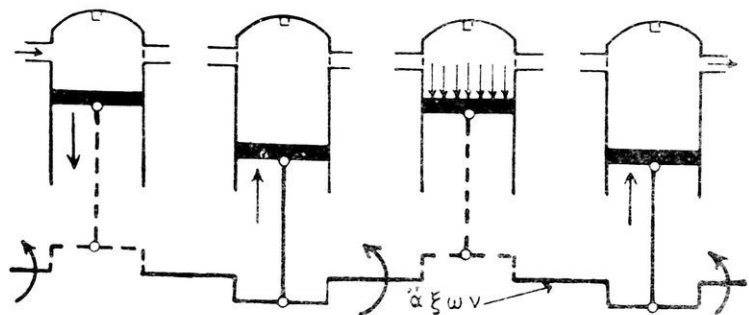
Κατά την καύσιν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου παράγεται ἐπίσης καὶ μεγάλη ποσότης θερμότητος. Ἀποτέλεσμα αὐτῆς εἶναι νὰ ἀυξηθῇ ἡ θερμοκρασία τῶν ἀερίων τοῦ κυλίνδρου. Αὐξήσις ὅμως τῆς θερμοκρασίας τῶν ἀερίων σημαίνει καὶ αὐξήσιν τῆς πίεσεως αὐτῶν.

Ἡ πίεσις ἐπιμένοντος τῶν ἀερίων ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ὀφείλεται ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς τὸν μεγαλύτερον ὄγκον τῶν καυσαερίων καὶ ἀφ' ἑτέρου εἰς τὴν ἐκτόνωσιν τὴν ὁποίαν ὑφίστανται τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς παραγομένης ποσότητος θερμότητος.

Διὰ τὴν καύσιν 1 gal βενζίνης (3.785 dm^3) ἀπαιτοῦνται 24.81 m^3 ἀέρος, ἐνῶ ἐκ τῆς καύσεως 100 g βενζίνης παράγονται 1100 Kcal.

2. Τετράχρονοι βενζινοκινητήρες.

Εἰς τοὺς κινητήρας αὐτοὺς διακρίνομεν τέσσαρας χρόνους λειτουργίας. Εἰς τὸ σχῆμα 13 διακρίνονται οἱ τέσσαρες χρόνοι μὲ τὴν σειρὰν, οἱ ἑξῆς:



Σχ. 13. Τέσσαρες κύλινδροι εἰς τὸν αὐτὸν στρωματοφόρον ἄξωνα.

1ος χρόνος: ἀναρρόφησησις. Τὸ ἔμβολον κινεῖται πρὸς τὰ κάτω ἐνῶ συγχρόνως μίγμα βενζίνης καὶ ἀέρος εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον.

2ος χρόνος: συμπίεσις. Τὸ ἔμβολον κινεῖται πρὸς τὰ ἄνω καὶ συμπιέζει τὸ μίγμα.

3ος χρόνος: ἐκρηξις, ἐκτόνωσις. Πρῶτον τὸ ἔμβολον φθάσει εἰς τὴν ἀνωτέραν θέσιν εἰς τὸν κύλινδρον, κλείει ἐν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα καὶ προκαλεῖται σπινθήρ εἰς τὸν ἀναφλεκτήρα (bougie). Τὸ μίγμα ἤδη ἀναφλέγεται καὶ τὰ παραγόμενα ἀέρια ἐκτονωόμενα πιέζουν τὸ ἔμβολον καὶ τὸ κινοῦν πρὸς τὰ κάτω. Τὰ ἀέρια δηλαδή, εἰς τὴν φάσιν αὐτὴν ἐκτελοῦν ἔργον.

4ος χρόνος: ἐξαγωγή. Τὸ ἔμβολον κινεῖται πάλιν πρὸς τὰ ἄνω καὶ τὰ καυσαέρια ἐξέρχονται ἐκ τῆς βαλβίδος ἐξαγωγῆς ἀερίων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων χρόνων φαίνεται ὅτι ἔργον παράγεται μόνον κατὰ τὸν τρίτον χρόνον. Αἱ κινήσεις εἰς τοὺς τρεῖς ἄλλους χρόνους ἐκτελοῦνται μὲ τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποῖα ἀποταμιεύεται, κατὰ τὸν τρίτον χρόνον, εἰς τὸν σφόνδυλον.

Διὰ τὴν ἐξάλειψιν τῶν ἐνδιαμέσων τριῶν νεκρῶν χρόνων εἰς τὰς μηχανὰς χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες ἢ περισσότεροι κύλινδροι προσηρμοσμένοι εἰς ξένα ἄξονα (σχ. 13). Ἐκαστος κύλινδρος εὐρίσκεται εἰς διάφορον φάσιν λειτουργίας.

Ἡ ἔναρξις τῆς κινήσεως τοῦ ἐμβόλου ἐπιτυγχάνεται μὲ ἰδιαίτερον σύστημα ὡς π.χ. δι' ἐνὸς κινητήρος ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ μὲ τὴν ἐνέργειαν τοῦ συσσωρευτοῦ τοῦ αὐτοκινήτου.

Εἰς τὸν κύλινδρον ἡ βενζίνη εἰσέρχεται εἰς μίγμα μετὰ τοῦ ἀέρος εἰς λεπτότατα σταγονίδια. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται δι' εἰδικοῦ συστήματος τοῦ ἐξ α ε ρ ω τ ἦ ρ ο ς (carbureteur).

3. Δίχρονοι κινητήρες.

Οἱ δίχρονοι κινητήρες χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς μηχανὰς μικρᾶς ἰσχύος. Εἰς αὐτοὺς ἡ εἰσόδος τοῦ καυσίμου (ἀναρρόφησης) γίνεται συγχρόνως μὲ τὴν ἔξοδον τῶν καυσαερίων (ἐξαγωγή). Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται λόγῳ τοῦ ὅτι τὸ μίγμα τῶν καυσίμων εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ὑπὸ πίεσιν ὅποτε ἐκδιώκονται καὶ τὰ ἐκ τῆς καύσεως ἀέρια.

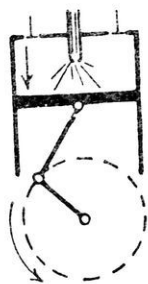
4. Μηχανὴ Diesel (νετςελ).

Αἱ μηχαναὶ Diesel ἀποτελοῦνται καὶ αὐταὶ ἀπὸ τετράχρονον κινητήρα (σχ. 14). Εἰς αὐτὰς ἀντὶ βενζίνης χρησιμοποιεῖται πετρέλαιον. Κατὰ τοὺς τέσσαρας χρόνους παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς:

1ος χρόνος. Τὸ ἐμβόλον κατέρχεται καὶ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον.

2ος χρόνος. Τὸ ἐμβόλον ἀνέρχεται καὶ ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ συμπιέζεται. Κατὰ τὴν συμπίεσιν αὐτὴν ἔχομεν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος. Εἰς πίεσιν 40 ἀτμοσφαιρῶν ἢ θερμοκρασίᾳ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου φθάνει εἰς τοὺς 500° C.

3ος χρόνος. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εἰσάγεται ὑπὸ πίεσιν διὰ μᾶς ἀντλίας πετρέλαιον. Εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίᾳ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, παρουσίᾳ τοῦ ἀέ-



Σχ. 14. Μηχανὴ Diesel.

ρος τὸ πετρέλαιον ἀναφλέγεται καὶ τὰ παραγόμενα καυσαέρια ἐκτονούμενα κινουῦν τὸ ἔμβολον πρὸς τὰ κάτω.

4ος χρόνος. Τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται καὶ τὰ καυσαέρια ἐξέρχονται τοῦ κυλίνδρου.

Εἰς τοὺς κυλίνδρους Diesel ὑπάρχει συνήθως εἰς μικρὸς βοηθητικὸς χῶρος, ὁ π ρ ο θ ἄ λ α μ ο ς, εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ ἔναρξις τῆς ἀναφλέξεως.

Διὰ τὴν προθέρμανσιν τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχει συνήθως ἐν θερμαινόμενον ἀπὸ ἠλεκτρικὴν πηγὴν σύρμα, ἐνῶ διὰ τοὺς μικροὺς κινητήρας ἡ προθέρμανσις γίνεται ἐξωτερικῶς. Εἰς τοὺς μεγάλους κινητήρας ὑπάρχει ἀπὸ συμπιεσμένος ὁ ὁποῖος διαβιβάζεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ ἐπιτυγχάνεται οὕτω ἡ ἔναρξις τῆς κινήσεως τοῦ ἐμβόλου.

ΠΥΡΑΥΛΟΙ - ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΑ

1. Αρχή λειτουργίας πυραύλων.

Δοχείον Δ πλήρες ύδατος (σχ. 15) συνδέεται με έν ὀρθογώνιον σωλήνα Σ, δι' ἐνὸς ἐλαστικοῦ σωλήνος Ε. Ὁ ὀρθογώνιος σωλήν εἰς τὸ ἐλεύθερον ἄκρον του κλείεται διὰ πώματος, ἰσορροπεῖ δὲ πλήρης ὕδατος εἰς τὴν θέσιν (α).

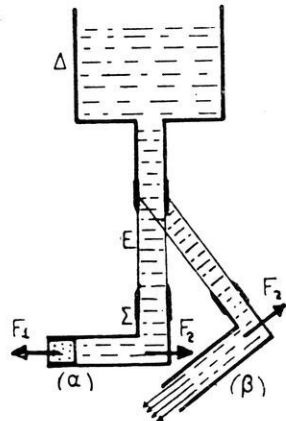
Ἀφαιροῦμεν ἤδη τὸ πῶμα ἐκ τοῦ σωλήνος Σ ὁπότε ἀρχεται ἐξ αὐτοῦ ἡ ἐκροὴ ὕδατος, ἐνῶ ταυτοχρόνως τοῦτο ὑψίσταται ὡθισιν ἀντίθετον πρὸν τὴν ροὴν τοῦ ὕδατος, ἰσορροπῶν τελικῶς εἰς τὴν νέαν θέσιν (β).

Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας (α) ἐπὶ τοῦ πώματος καὶ τῆς ἀπέναντι ἐπιφανείας τοῦ δοχείου Σ ἐνεργοῦν αἱ ἰσὶαι καὶ ἀντίθετοι δυνάμεις F_1 καὶ F_2 , ὀφειλόμεναι εἰς τὴν πίεσιν τοῦ ὑπερκειμένου ὕδατος. Εὐθὺς ὡς ἀφαιρεθῆ τὸ πῶμα, ἡ δύναμις F_1 παύει νὰ ὑψίσταται, παραμένει δὲ καὶ ἐνεργεῖ μόνον ἡ δύναμις F_2 . Αὕτη κινεῖ τὸν σωλήνα πρὸς τὴν νέαν θέσιν ἰσορροπίας.

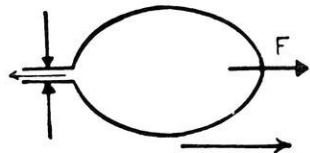
— Ἐλαστικὸς ἀεροθάλαμος (φοῦσκα) κλινδροειδής, περιέχει ἀέρα ὑπὸ πίεσιν. Ἀφίνομεν νὰ ἐξέλθῃ ὁ ἀήρ ἐκ τοῦ ἀεροθαλάμου ὁπότε παρατηροῦμεν κίνησιν αὐτοῦ ἀντίθετον πρὸς τὴν ροὴν ἐξόδου τοῦ ἀέρος. Καὶ ἐνταῦθα ἡ κίνησις ὀφείλεται εἰς τὴν δύναμιν F_2 (σχ. 16).

— Ἀνάλογον φαινόμενον παρατηρεῖται καὶ εἰς τὸν ὕδραυλικὸν στρόβιλον (σχ. 17). Ἡ ἐξοδος ὕδατος ἐκ τῶν σωληνίσκων προκαλεῖ ἀντιδράσεις ἐπὶ τῶν σωλήνων, με συνέπειαν νὰ ὑποστῇ ὁ στρόβιλος, περιστροφὴν.

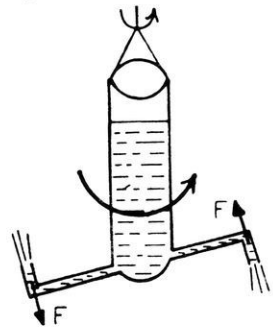
Εἰς ὅλας τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις αἱ ἀντιδράσεις, εἰς τὰς ὁποίας



Σχ. 15.



Σχ. 16.

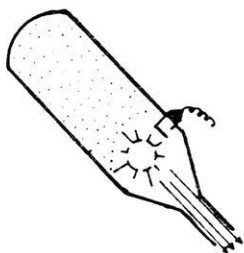


Σχ. 17. Ὑδραυλικὸς στρόβιλος.

ὀφείλονται αἱ κινήσεις, ὀφείλονται εἰς τὴν ροὴν ἑνὸς ρευστοῦ πρὸς μίαν κατεύθυνσιν. Ἡ ἀντίδρασις εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν ροῆς τοῦ ρευστοῦ.

2. Πύραυλοι (rocket).

Εἰς τὴν ἀνωτέρω ἀρχὴν τῆς ἀντιδράσεως, ἐκ τῆς ροῆς ρευστῶν, στηρίζονται καὶ οἱ πύραυλοι.



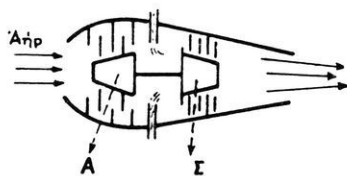
Σχ. 18. Ἀρχὴ πυραύλου.

Ἐκαστος πύραυλος (σχ. 18) περιέχει ἐντὸς αὐτοῦ τὸ καύσιμον ὕλικόν καὶ τὸ ὀξειδωτικόν.

Ὅταν δι' ἀναφλεκτῆρος προκληθῇ σπινθήρ τὸ καύσιμον καίεται ὑπὸ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ παρεχομένου ἐκ τοῦ ὀξειδωτικοῦ. Κατὰ τὴν καῖσιν αὐτὴν παράγεται θερμότης ὡς καὶ προϊόντα καύσεως εἰς ἀερίαν κατάστασιν, λόγῳ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας ἣ ὁποία ἐπικρατεῖ ἐντὸς τοῦ πυραύλου. Τὰ διάφορα αὐτὰ καυσάερια ἀποκτοῦν μεγίστην πίεσιν καὶ ἐξερχόμενα τοῦ πυραύλου προκαλοῦν τὴν κίνησιν αὐτοῦ ἀντιθέτως πρὸς τὴν ροὴν τῶν.

Ἄν m μᾶζα καυσασερίων ἐξερχεται ἐκ τοῦ πυραύλου εἰς 1 sec, μὲ ταχύτητα v , τότε ἡ μᾶζα M τοῦ πυραύλου ἀποκτᾷ εἰς τὸ τέλος ἐκάστου δευτερολέπτου ταχύτητα V , ἣ ὁποία εὑρίσκειται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$M \cdot V = m \cdot v$$



Σχ. 19. Ἀεριοθούμενον.

3. Ἀεριοθούμενα (Jet).

Εἰς τὰ ἀεριοθούμενα ὑπάρχει ἐντὸς αὐτοῦ μόνον τὸ καύσιμον ἐνῶ ἡ καῖσις αὐτοῦ ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρος. Ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἰσέρχεται ἐκ τοῦ ἐμπροσθίου μέρους αὐτοῦ (σχ. 19). Οὗτος ἐν συνεχείᾳ διὰ τῆς ἀντλίας A συμπιέζεται καὶ ὑπὸ πίεσιν ἀναμιγνύεται μὲ τὸ καύσιμον τοῦοποιον καὶ καίει.

Κατὰ τὴν ἔξοδόν τῶν τὰ καυσάερια κινοῦν στρόβιλον Σ διὰ τοῦ ὁποίου λειτουργεῖ ἡ ἀντλία τελικῶς δὲ ἐξερχόμενα προκαλοῦν τὴν ὄθησιν τοῦ συστήματος.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι εἰς τοὺς πυραύλους τὸ ὀξειδωτικὸν πε-

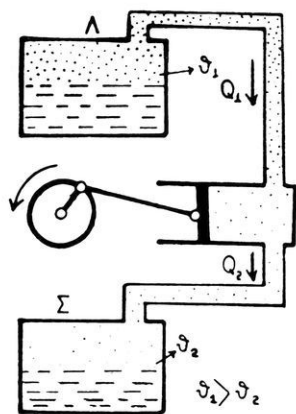
ριέχεται ἐντὸς αὐτῶν ἐνῶ εἰς τὰ ἀεριωθούμενα ὡς ὀξειδωτικὸν χρησιμοποιεῖται τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Οἱ πύραυλοι ἐπομένως δύνανται νὰ κινηθοῦν καὶ ἐκτὸς τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς γῆς, εἰς τὸ κενόν.

Ὡς καύσιμον εἰς τοὺς πυραύλους δύνανται νὰ χρησιμοποιηθῇ οἰνόπνευμα, ὑδραξίνη κ. ἄ. ἐνῶ ὡς ὀξειδωτικὸν ὑγρὸν ὀξυγόνον, νιτρικὸν ὀξύ κ. ἄ.

Εἰς πυραύλους μεγάλης ἰσχύος τὰ καύσιμα περιέχονται εἰς περισσοτέρους τοῦ ἐνὸς χώρους (ὀρόφους). Ὅταν τὸ καύσιμον ἐνὸς τούτων ἐξαντληθῇ ἀποχωρίζεται τοῦ ὑπολοίπου σώματος.

ΑΠΟΔΟΣΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Ως απόδοσις θερμικής μηχανής ορίζεται ὁ λόγος τῆς ὠφελίμου μηχανικῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν δαπανωμένην θερμικὴν ἐνέργειαν.



Σχ. 20. Ἀπόδοσις μηχανῆς.

Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 20 μελετᾶται ἡ ἀπόδοσις μιᾶς θερμομηχανῆς ὡς ἑξῆς:

Ὁ ἀτμὸς ὁ ὁποῖος παράγεται εἰς τὸν λέβητα Λ εὐρισκόμενος εἰς θερμοκρασίαν θ_1 περιέχει θερμότητα Q_1 . Τὴν θερμότητα αὐτὴν μεταφέρει κινούμενος πρὸς τὸν κλινδρον ὅπου μέρος αὐτῆς μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Ἐν συνεχείᾳ ὁ ἀτμὸς ἐξέρχεται πρὸς τὸν συμπυκνωτὴν Σ εἰς θερμοκρασίαν $\theta_2 < \theta_1$. Εἰς τὸν συμπυκνωτὴν ὁ ἀτμὸς ἤδη περιέχει θερμότητα $Q_2 < Q_1$. Ἡ διαφορά τῶν θερμοτήτων $Q_1 - Q_2$ παρεσχέθη εἰς τὴν μηχανὴν ὑπὸ τοῦ ἀτμοῦ. Μέρος αὐτῆς ἀξιοποιεῖται πρὸς μηχανικὸν ἔργον ἐνῶ ἄλλο χάνεται.

Ὅριζεται ὡς θεωρητικὴ ἀπόδοσις μηχανῆς ἡ θερμοδυναμικὸς συντε-

λε.σ.τῆς ἀποδόσεως ὁ λόγος:

$$n = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{ἔξ οὗ} \quad n = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273} \quad (1)$$

Ἄν δὲ W εἶναι τὸ παραγόμενον μηχανικὸν ἔργον ὑπὸ τῆς μηχανῆς ὡς ἀπόδοσις αὐτῆς ορίζεται ἡ σχέση:

$$A = \frac{W}{J(Q_1 - Q_2)}$$
 ὅπου $J \cdot (Q_1 - Q_2)$ τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς δαπανηθείσης θερμότητος.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) φαίνεται ὅτι ἡ θεωρητικὴ ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς αὐξάνει διὰ αὐξήσεως τῆς διαφορᾶς τῶν θερμοκρασιῶν $\theta_1 - \theta_2$. Διὰ $\theta_1 = \theta_2$ εἶναι $n = 0$.

Διὰ τὰς συνήθεις ἀτμομηχανὰς εἶναι $n = 0,25$, ἐνῶ εἰς τὰς μηχανὰς Diesel εἶναι $n = 0,35$

Ἡ πραγματικὴ ἀπόδοσις μιᾶς θερμικῆς μηχανῆς εἶναι περίπου τὰ 30% τῆς θεωρητικῆς. Εἰς μίαν ἐπομένως ἀτμομηχανὴν μόνον τὰ $0,25 \times 30 = 0,075 = 7,5\%$ τῆς θερμότητος Q_1 , τοῦ ἀτμοῦ τοῦ λέβητος, μετατρέπονται εἰς μηχανικὸν ἔργον.

Ἐφαρμογή: Ἡ θερμοκρασία τοῦ λέβητος ἀτμομηχανῆς εἶναι 200°C ἐνῶ τοῦ συμπικνωτοῦ 27°C . Ζητεῖται ἡ θεωρητικὴ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς.

$$\text{Εἶναι } n = \frac{200 - 27}{200 + 273} = 0,36 \text{ ἢ } 36\%.$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Θερμικά μηχανά.

1. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐμβόλου εἰς κύλινδρον ἀτμομηχανῆς εἶναι 2000 cm^2 . Ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ ἐκ τοῦ λέβητος εἶναι 12 Kgr/cm^2 ἐνῶ ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπυκνωτὴν εἶναι 1 Kgr/cm^2 . Ζητοῦνται:

α) ἡ πιέζουσα τὸ ἐμβολον δύναμις.

β) τὸ ἐκτελούμενον κατὰ μίαν ἀπλὴν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου ἔργον, ἂν τὸ μήκος αὐτοῦ εἶναι 20 cm , καὶ

γ) ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανῆς, ἂν ἐκτελοῦνται 100 πλήρεις διαδρομαὶ τοῦ ἐμβόλου εἰς 1 min .

2. Θερμητικὴ μηχανὴ ἐργάζεται μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν 105° C καὶ 15° C . Ὅταν αὕτη παράγει ἔργον ἴσον πρὸς 1200 J , ποῖον τὸ ἀντιστοίχως προσφερόμενον ποσὸν θερμότητος Q_1 εἰς τὴν μηχανήν.

3. Θερμικὴ μηχανὴ καταναλίσκει $3,5 \text{ tn}$ λιθάνθρακος εἰς μίαν ὥραν. Ἄν κατὰ τὴν καύσιν 1 g λιθάνθρακος παρέχεται θερμότης ἴση πρὸς 12.000 cal , ζητοῦνται:

α) ἡ ποσότης θερμότητος ἡ ὁποία παρέχεται εἰς τὸν λέβητα εἰς 1 h ,

β) τὸ παραγόμενον εἰς 1 h μηχανικὸν ἔργον ὑπὸ τῆς μηχανῆς, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτῆς εἶναι $0,09$ καὶ

γ) ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανῆς.

4. Θερμικὴ μηχανὴ λειτουργεῖ μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν 180° C καὶ 27° C . Ἄν τὰ 40% τῆς προσφερομένης εἰς τὴν μηχανήν θερμότητος χάνονται ζητεῖται ἡ πραγματικὴ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς.

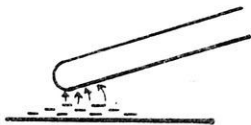
5. Ἡ μᾶζα πυροβόλου εἶναι 3 tn . Ἄν δι' αὐτοῦ βάλλεται βλήμα μάζης 12 Kg , μὲ ταχύτητα 500 m/sec , ζητεῖται ἡ ταχύτης ἀνακρούσεως τοῦ πυροβόλου.

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ - ΠΗΓΑΙ ΗΛΕΤΡ. ΦΟΡΤΙΩΝ

1. Είδη ηλεκτρικών φορτίων.

Τρίβομεν ράβδον ἐξ ἔβονίτου ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος καὶ πλησιάζομεν αὐτὴν εἰς μικρὰ τεμάχια χάρτου. Τὰ τεμάχια τοῦ χάρτου παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκονται ὑπὸ τῆς ράβδου (σχ. 21). Λέγομεν ὅτι ἡ ράβδος τοῦ ἔβονίτου μὲ τὴν τριβὴν ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος ἀπέκτησεν ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται ἡ ἀνωτέρω ἰδιότης του.



Σχ. 21. Ἡλεκτρισμός διὰ τριβῆς.

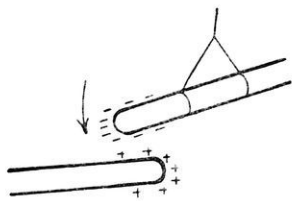
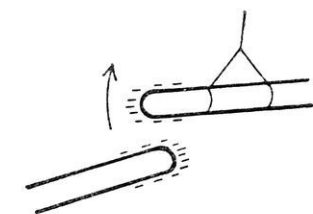
Ἡλεκτρικὰ φορτία ἀποκτᾶ καὶ ράβδος ἐξ ὑάλου κατὰ τὴν τριβὴν τῆς ἐπὶ μεταξωτοῦ ὑφάσματος ἢ νάυλου.

Ἐξαρτῶμεν δι' ἐνὸς νήματος ράβδον ἐξ ἔβονίτου φορτισμένην καὶ πλησίον αὐτῆς φέρομεν δευτέραν ράβδον ἐπίσης φορτισμένην, ἐξ ἔβονίτου (σχ. 22, α). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐξηρητημένη ράβδος ἀπωθεῖται καὶ ἀπομακρύνεται ὑπὸ τῆς ράβδου τὴν ὁποῖαν πλησιάζομεν πρὸς αὐτήν.

Τὸ αὐτὸ ἄποσιν θὰ παρατηρήσωμεν ἐὰν αἱ ἀνωτέρω δύο ράβδοι ἦσαν ἀμφοτέραι ἐξ ὑάλου φορτισμένα.

Ἄν ὅμως εἰς τὴν ἐξηρητημένην φορτισμένην ράβδον ἐξ ἔβονίτου, πλησιάζομεν ράβδον ἐξ ὑάλου φορτισμένην, ἡ ράβδος τοῦ ἔβονίτου ἔλκεται ὑπὸ τῆς ὑάλου καὶ πλησιάζει πρὸς αὐτήν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι:

α) Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τὰ ὁποῖα ἀναπτύσσονται εἰς τὴν ράβδον τοῦ ἔβονίτου εἶναι διάφορα τῶν φορτίων τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται εἰς τὴν ὑάλον. Ὀνομάζομεν, κατὰ συνθήκην, τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία εἰς τὴν ὑάλον



Σχ. 22. Ἐλευθέραις πόλιν.

θετικὰ ἐνῶ τὰ φορτία εἰς τὸν ἔβονίτην ἀρνητικά.

β) Μεταξύ τῶν ὁμοίων (ὁμώνυμων) ἠλεκτρικῶν φορτίων, ὅταν αὐτὰ εὐρεθοῦν τὸ ἐν ἀπέναντι τοῦ ἄλλου ὑφίσταται ἀμοιβαίως ἄ π ω σ ι ς, ἐνῶ μεταξὺ ἑτερώνυμων ἔ λ ξ ι ς.

2. Ἄγωγοι καὶ μονωτικὰ σώματα.

Τρίβομεν εἰς μάλλινον ὕφασμα μεταλλικὴν ράβδον, κρατῶντες αὐτὴν διὰ λαβῆς ἐξ ἑβονίτου ἢ ὑάλου (σχ. 23). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ράβδου ἐμφανίζονται ἠλεκτρικὰ φορτία. Συνδέομεν ἐν συνεχείᾳ τὴν φορτισμένην μεταλλικὴν ράβδον μὲ τὴν γῆν δι' ἑνὸς μεταλλικοῦ σύρματος ἢ διὰ τοῦ σώματός μας. Τὰ φορτία τῆς ράβδου παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἐξαφανίζονται, ἡ ράβδος δηλαδὴ παύει νὰ παρουσιάζει ἑλκτικὴν ἰκανότητα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία διὰ τοῦ σύρματος διαρροῦν πρὸς τὴν γῆν.

Ἐκ τούτων φαίνεται ὅτι, α) τὰ σώματα ἑβονίτης, ὑάλου κ. ἄ. δὲν μεταφέρουν διὰ τῆς μάξης τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, καλοῦνται δὲ διὰ τοῦτο μονωτικὰ σώματα ἢ ἀπλῶς μονωτὰ καὶ β) τὰ μεταλλικὰ σώματα ἐπιτρέπουν τὴν διόδον δι' αὐτῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, καλοῦνται δὲ διὰ τοῦτο καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ἀπλῶς ἄ γ ω γ οί.

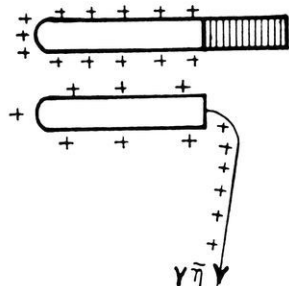
Δι' ἄγωγῶν μεταφέρεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὰς κατοικίας μας, ἐνῶ κατὰ τὴν διαδρομὴν τῶν οἱ ἄγωγοι στηρίζονται ἐπὶ μονωτικῶν σωμάτων, διὰ νὰ μὴν ἔχωμεν διαρροὴν φορτίων πρὸς τὴν γῆν.

3. Πηγὰ ἠλεκτρικῶν φορτίων.

ἠλεκτρικὰ φορτία παράγονται κατὰ διαφόρους τρόπους. Αἱ μηχαναὶ εἰς τὰς ὁποίας τὰ φορτία παράγονται διὰ τριβῆς καλοῦνται ἠλεκτρικαὶ μηχαναί. Εἰς αὐτὰς φορτία ἀντίθετα συγκεντρῶνται εἰς δύο μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς (σφαίρας), μεμονωμένους.

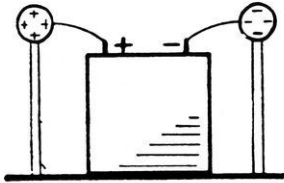
Διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν γεννητριῶν φορτία παράγονται συνεχῶς μεταφερόμενα συγχρόνως εἰς τὴν κατανάλωσιν. Γνωσταὶ γεννήτριαι εἶναι οἱ συσσωρευταὶ τῶν αὐτοκινήτων, τὰ dynamo κ. ἄ.

Εἰς ἐκάστην γεννήτριαν διακρίνομεν δύο ἀκροδέκτας. Εἰς τὸν ἕνα τῶν ἀκροδεκτῶν συγκεντρῶνται θετικὰ φορτία, ἐνῶ εἰς τὸν ἄλλον ἀρνητικὰ. Τοὺς



Σχ. 23. Ἄγωγοι καὶ μονωτὰ.

ἀκροδέκτας τῆς γεννητρίας ὀνομάζομεν *πόλους* αὐτῆς. Διακρίνομεν τὸν *θετικὸν* καὶ τὸν *ἀρνητικὸν* πόλον.



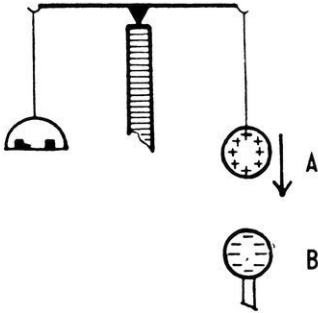
Σχ. 24. Γεννήτρια.

Ἐάν τοὺς πόλους γεννητρίας συνδέσωμεν μὲ μεταλλικὰς σφαίρας μεμονωμένας, εἰς αὐτάς, ἐκ τῆς γεννητρίας, μεταφέρονται φορτία. Ἡ μία τῶν σφαιρῶν (σχ. 24) φορτίζεται μὲ θετικὰ φορτία ἢ δὲ ἄλλη μὲ ἀρνητικά.

Δυνάμεθα δηλαδὴ νὰ φορτίσωμεν ἓν σῶμα π.χ. μὲ θετικὸν φορτίον ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμεν αὐτὸ μὲ τὸν θετικὸν πόλον γεννητρίας, τῆς ὁποίας τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἔχομεν συνδέσει μὲ τὴν γῆν (γεῖωσις).

4. Ἠλεκτρικὰ φορτία, μονὰς (Coulomb).

Ἐκ τοῦ ἄκρου τῆς φάλαγγος ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν σφαῖραν Α φορτισμένην, ἔστω μὲ θετικὸν φορτίον. Τὴν σφαῖραν ἰσοροποῦμεν διὰ σταθμῶν, τοποθετημένων ἐπὶ δίσκων ἐξηρητημένων ἐκ τοῦ ἄλλου ἄκρου τῆς φάλαγγος τοῦ ζυγοῦ (σχ. 25).



Σχ. 25. Μέτρησης ἡλ. δυνάμεων.

Εἰς ἀπόστασιν r κάτωθεν τῆς σφαίρας Α φέρομεν ἑτέραν σφαῖραν Β, φορτισμένην δι' ἀρνητικὸν φορτίον. Ἡ σφαῖρα Α ἔλκεται ὑπὸ τῆς Β καὶ πλησιάζει πρὸς αὐτήν. Διὰ νὰ ἐπανέλθῃ ὁ ζυγὸς εἰς τὴν θέσιν ἰσοροπίας προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ δίσκου σταθμὰ ἔστω βάρους β .

Τὴν σφαῖραν Β φέρομεν ἐν συνεχείᾳ εἰς ἀπόστασιν $\frac{r}{2}$ ἀπὸ τὴν Α. Διὰ τὴν ἰσοροπίαν ἤδη τοῦ ζυγοῦ παρατηροῦμεν ὅτι ἀπαιτοῦνται σταθμὰ 4 β. Ἐάν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο σφαιρῶν γίνῃ $3r$ τὰ σταθμὰ θὰ ἔπρεπε νὰ εἶναι $\frac{\beta}{9}$. Ἐκ τούτων φαίνεται ὅτι:

Ἡ δύναμις μεταξὺ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Φέρομεν τὴν σφαῖραν Β εἰς ἐπαφὴν μὲ ἄλλην σφαῖραν Γ ἴσην πρὸς αὐτήν καὶ ἀφόρτιστον. Τὰ φορτία τῆς Β εἰς τὴν περιπτώσιν αὐτὴν κατανέμονται μεταξὺ αὐτῆς καὶ τῆς σφαίρας Γ.

Πλησιάζομεν ἐν συνεχείᾳ τὴν Β εἰς ἀπόστασιν r κάτωθεν τῆς Α. Ἡ σφαῖ-

ρα Α ἔλκεται τώρα με δύναμιν $\frac{\beta}{2}$. Με τὴν αὐτὴν δύναμιν $\frac{\beta}{2}$ ἔλκει καὶ ἡ σφαῖρα Γ τὴν Α ὅταν τεθῆ εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' αὐτῆς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἑξῆς:

α) Αἱ ἴσαι σφαῖραι Β καὶ Γ μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῶν ἀποκοτῶν τὰ αὐτὰ φορτία, ἔλκουν δὲ τὴν Α ἐκ τῆς ἰδίας ἀποστάσεως μετὰ τὴν αὐτὴν δύναμιν.

β) Ἡ σφαῖρα Β μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μετὰ τὴν Γ ἔχει φορτίον ἴσον μετὰ τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ, ἔλκει δὲ τὴν σφαῖραν Α μετὰ τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς δυνάμεως.

— Ὅλαι αἱ ἀναφερθεῖσαι περιπτώσεις παρέχουν τὴν ἔννοιαν ἠλεκτρικῶν φορτίων διαφόρων τιμῶν. Πρὸς μέτρησιν αὐτῶν θεωροῦμεν ἕν ὠρισμένον φορτίον τὸ ὅποιον λαμβάνομεν ὡς μονάδα. Εἰς τὸ πρακτικὸν σύστημα μονάδων μετρήσεως ὡς μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ Coulomb (Cb).

Μεταξὺ δύο φορτίων q καὶ q' , εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν r μεταξὺ τῶν, εὐρίσκεται ὅτι, ἐνεργεῖ δύναμις f παρεχομένη ἐκ τῆς σχέσεως:

$$f = 9 \cdot 10^9 \frac{q \cdot q'}{r^2} \quad (\text{νόμος τοῦ Coulomb})$$

Εἰς αὐτὴν δίδονται ἡ δύναμις εἰς Nt, τὰ φορτία εἰς Cb, ἐνῶ ἡ ἀπόστασις εἰς m (πρακτικὸν σύστημα).

Ἐφαρμογή: Δύο φορτισμένα σφαῖρα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἔχουν ἀντιστοίχως φορτία, $5 \cdot 10^{-9}$ Cb καὶ $4 \cdot 10^{-10}$ Cb. Ζητεῖται ἡ μεταξὺ τῶν ἀσκοιμένη δύναμις.

$$\text{Εἶναι } F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-10}}{(0,30)^2} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Nt.}$$

ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

1. Μόρια - Άτομα.

Κατὰ τὴν διαίρεσιν τῶν διαφόρων ὑλικῶν σωμάτων καταλήγομεν, ὡς γνωστόν, εἰς λίαν μικρὰ τμήματα τῆς ὕλης τὰ **μόρια**. Ὡς μόριον ἐνὸς σώματος ὀρίζεται γενικῶς τὸ μικρότερον τμήμα τῆς ὕλης τὸ ὁποῖον διατηρεῖ τὰς ιδιότητας τοῦ σώματος.

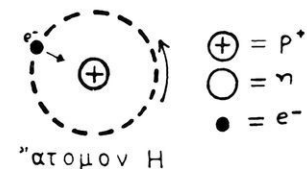
Διὰ διαίρέσεως, ἔτι περαιτέρω, τῶν μορίων καταλήγομεν εἰς τὰ ἀπειροελάχιστα τμήματα τῆς ὕλης τὰ **ἄτομα**.

Οὕτω, τὸ ὕδωρ ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια τὰ ὁποῖα διαιρούμενα δίδουν ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ὀξυγόνου.

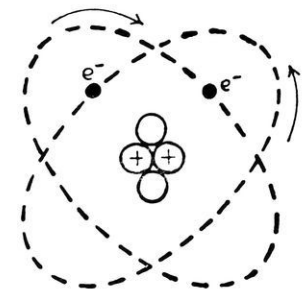
Λυνάμεθα ἐπομένως νὰ διατυπώσωμεν γενικῶς ὅτι ὁ ὑλικὸς κόσμος ἀποτελεῖται ἀπὸ συζροτήματα ἀτόμων τῶν διαφόρων χημικῶν στοιχείων.

Τὴν σκέψιν αὐτὴν τῆς ατομικῆς συζροτήσεως τῆς ὕλης διετύπωσεν πρῶτος ὁ Ἑλληὴ φιλόσοφος Δημόκριτος τὸν 5ον π. Χ. αἰῶνα.

2. Σύστασις τοῦ ἀτόμου.



ἄτομον Η



ἄτομον He

Διάφορα φαινόμενα, ὡς ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἢ ἀκτινοβολία τοῦ ραδίου κ. ἄ. ὀδηγοῦν εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι τὰ ἄτομα τῶν στοιχείων δὲν εἶναι ἄτμητα, ἀλλὰ ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλῆθος συστατικῶν. Ἡ ὑπαρξίς τῶν δομικῶν λίθων τοῦ ἀτόμου διαπιστοῦται σήμερον δι' εἰδικῶν συσκευῶν.

Τὰ συστατικὰ αὐτὰ τοῦ ἀτόμου πρῶτος ὁ Rutherford ἐτοποθέτησεν εἰς θέσεις ἐντὸς τοῦ ἀτόμου καὶ οὕτω ἐδημιούργησεν τὸ ατομικὸν πρότυπον (σχ. 26).

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἑξῆς μέρη καὶ συστατικὰ:

- α) ἀπὸ τὸν πυρῆνα. Οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἀτόμου καὶ εἰς αὐτὸν θεωρεῖται συγκεντρωμένη σχεδὸν ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου.

Σχ. 26. Κατασκευὴ ἀτόμου.

Εἰς τὸν πυρῆνα περιέχονται δύο εἰδῶν σωματίδια, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια.

Τὰ πρωτόνια εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίοντιόν, ἴσον πρὸς $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Παρίστανται δὲ συνήθως ὡς p^+ .

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb εἶναι τὸ ἐλάχιστον συναντῶμενον ἠλεκτρικὸν φορτίον καλεῖται δὲ διὰ τοῦτο στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον

Τὰ νετρόνια εἶναι σωματίδια οὐδέτερα ἠλεκτρικῶς. Παρίστανται ὡς n.

Ἡ μᾶζα ἐνὸς νετρονίου εἶναι ἴση πρὸς τὴν μᾶζαν ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἴση πρὸς $1,67 \cdot 10^{-27}$ Kg. Εἰς ἓν γραμμάριον δηλαδὴ πρωτονίων ἢ νετρονίων περιέχονται $6 \cdot 10^{23}$ σωματίδια ἐξ αὐτῶν.

β) ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια: Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι σωματίδια φορτισμένα μὲ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐκαστον ἠλεκτρόνιον φέρει φορτίον ἴσον μὲ τὸ φορτίον ἐνὸς πρωτονίου δηλ. $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Παρίστανται μὲ e^- καὶ περιφέρονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς κυκλικὰς ἢ ἔλλειπτικὰς τροχιάς.

Ἡ μᾶζα ἐνὸς ἠλεκτρονίου εἶναι ἐλαχίστη, ἴση περίπου πρὸς τὸ $\frac{1}{2.000}$ τῆς μᾶζης ἐνὸς πρωτονίου.

— Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν πρότυπον ἀτόμου φαίνεται ὅτι, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἀτόμου (πυρῆνα) εἶναι συγκεντρωμένα θετικά φορτία, ἐνῶ εἰς τὴν περιφέρειαν ἀρνητικά.

Εἰς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἄτομον τὰ θετικὰ φορτία εἶναι ἴσα μὲ τὰ ἀρνητικά. Ὁ ἀριθμὸς ἐπομένως τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων.

Ἐκ τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου ὑφίσταται δύναμις ἐλκτικὴ πρὸς τὰ ἠλεκτρόνια τῆς περιφέρειας τοῦ ἀτόμου. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ ἀναγκάζουσα τὰ ἠλεκτρόνια νὰ κινουῦνται περὶ τὸν πυρῆνα. Ἡ κίνησις αὕτη τῶν ἠλεκτρονίων δύναται νὰ παραβληθῇ μὲ τὴν κίνησιν τῶν δορυφόρων περὶ τὴν γῆν.

— Τὰ διάφορα χημικὰ στοιχεῖα ἔχουν διάφορον ἀριθμὸν πρωτονίων εἰς τὸν πυρῆνα των. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ὁ ὁποῖος καλεῖται καὶ ἀτομικὸς ἀριθμὸς εἶναι ἀριθμὸς χαρακτηριστικὸς ἐκάστου στοιχείου. Οὕτω τὸ ὀξυγόνον ἔχει ἀτ. ἀριθμὸν 8, τὸ ὕδρογόνον 1, τὸ ἄζωτον 7, ὁ ἀνθραξ 6 κ.ο.κ.

*Ἄν ὑποθεθῇ ὅτι ἐκ τοῦ πυρῆνος ἐνὸς ἀτόμου ἀζώτου ἐξάγεται, διὰ βομβαρδισμοῦ, ἓν πρωτόνιον, τὸ ἀπομένον ἄτομον παύει νὰ εἶναι ἄτομον ἀζώτου ἀλλὰ ἄνθρακος (μεταστοιχείωσις).

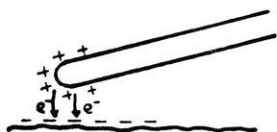
Ὁ ἀριθμὸς ὁ ὁποῖος παριστᾷ τὸ ἄθροισμα τῶν πρωτονίων καὶ νετρονίων τοῦ πυρῆνος ἀτόμου καλεῖται μαζικὸς ἀριθμὸς.

3. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρισεως σωματίων.

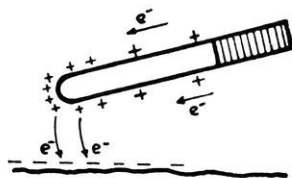
*Ἄν ἐξ ἐνὸς οὐδέτερου ἀτόμου ἀφαιρεθοῦν ἐκ τῆς περιφέρειας τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ἄτομον μένει φορτισμένον μὲ θετικὸν φορτίον. *Ἄν ἀντιθέτως εἰς ἄτομον

ουδέτερον προστεθοῦν ἠλεκτρόνια τοῦτο φορτίζεται ἀρνητικῶς, λόγω περισσείας τῶν ἀρνητικῶν φορτίων εἰς τὸ ἄτομον.

Οὕτω, περίσσεια θετικῶν φορτίων ἐπὶ ὑαλίνης ράβδου σημαίνει ὅτι, κατὰ τὴν τριβὴν αὐτῆς μετὰ τὸ ὑφάσμα διαφεύγουν ἐξ αὐτῆς ἠλεκτρόνια. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ μεταφερόμενα εἰς τὸ ὑφάσμα φορτίζουν αὐτὸ μετὰ ἀρνητικῶν φορτίων (σχ. 27, α), ἐνῶ ἡ ράβδος φορτίζεται θετικῶς λόγω περισσείας τῶν πρωτονίων, ἐν σχέσει πρὸς τὰ ὑπάρχοντα εἰς αὐτὴν ἠλεκτρόνια.



Τὰ φορτία εἰς τοὺς μονωτάς ὑαλον, ἐβονίτην, κλπ. παραμένουν εἰς τὴν θέσιν ὅπου παράγονται. Ἐὰν ὅμως θεωρήσωμεν μεταλλικὴν ράβδον (σχ. 27, β) τριβομένην ἐπὶ ὑφάσματος εἰς ἓν σημεῖον παρατηροῦμεν ὅτι:



Σχ. 27. Ἐξηγήσεις ἠλεκτρίσεως

Ἡ ράβδος φορτίζεται εἰς ὅλην τὴν μάζαν. Ἡλεκτρόνια ἐξ ἄλλων περιοχῶν τῆς ράβδου κινούνται διὰ τῆς μάζης αὐτῆς καὶ ἔρχονται πρὸς τὰ σημεῖα ὅπου ὑπάρχουν ὀλιγώτερα ἠλεκτρόνια. Εἰς τοὺς μεταλλικοὺς δηλαδὴ ἀγωγοὺς ὑπάρχοντες ἠλεκτρόνια τὰ καλούμενα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια

τὰ ὁποῖα κινούνται εὐχερῶς διὰ τῆς μάζης τοῦ μετάλλου, χωρὶς νὰ εἶναι δεσμευμένα εἰς ὠρισμένα ἄτομα.

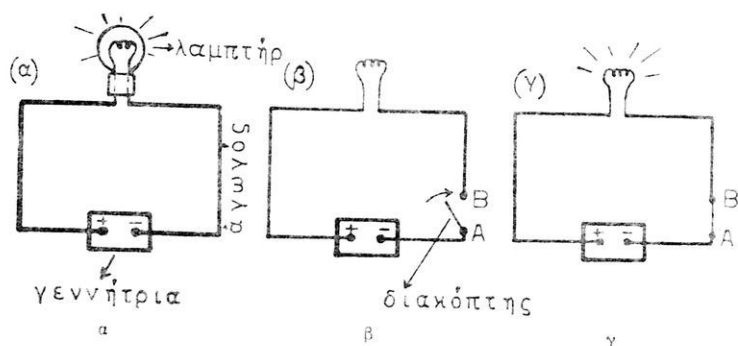
Εἰς τοὺς μονωτάς δὲν ὑπάρχουν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

1. Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα - Κύκλωμα.

Λαμβάνομεν μίαν γεννήτριαν καὶ ἓν μικρὸν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα. Ὡς γεννήτρια δύναται νὰ ληφθῆ συσσωρευτής, ξηρὰ στήλη ἢ καὶ λήψις ἐκ τοῦ δικτύου τῆς πόλεως (διὰ μετασχηματιστοῦ καὶ ἀνορθοῦτοῦ).

Τοὺς ἀκροὺς δέξας τοῦ λαμπτήρος συνδέομεν διὰ συρμάτων (ἀγωγῶν) μετὰ τοὺς πόλους τῆς γεννήτριας. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ (σχ. 28, α). Διὰ τοῦ λαμπτήρος λέγομεν τότε ὅτι διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ σύστημα τῆς γεννήτριας τῶν ἀγωγῶν καὶ τοῦ λαμπτήρος ἀποτελεῖ ἓν



Σχ. 28. Ἡλεκτρικὰ κυκλώματα

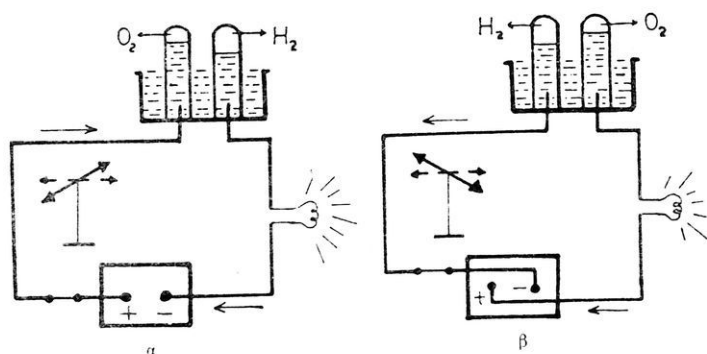
ἠλεκτρικὸν κύκλωμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν καθ' ἣν διὰ τοῦ κυκλώματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ κύκλωμα ἀναφέρεται ὡς κλειστόν. Ἐάν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρξει διακοπὴ ὅπότε δι' αὐτοῦ δὲν διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ κύκλωμα χαρακτηρίζεται ὡς ἀνοικτὸν (σχ. 28, β).

Ἡ διακοπὴ καὶ ἀποκατάστασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς κύκλωμα ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ διακόπτου. Εἰς τὴν περίπτωσιν 28, β ὁ διακόπτης εἶναι ἀνοικτός, ὅπότε τὸ κύκλωμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Εἰς τὸ σχῆμα 28, γ ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός καὶ τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

2. Ἀποτελέσματα ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Σχηματίζομεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 29, α. Εἰς τοῦτο ἔχομεν συνδέσει ἓν σειρῶν, γεννήτριαν, διακόπτην, βολτᾶμετρον καὶ λαμπτήρα.

Τὸ βολταμέτρον ἀποτελεῖται ἀπὸ δοχείον ὑάλινον ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὕδωρ ὀξενισμένον δι' ὀλίγων σταγόνων ὀξέος τινοῦ. Εἰς τὸ δοχείον καὶ ἐντὸς τοῦ ὕδατος καταλήγουν δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα, τὰ καλούμενα ἠλεκτροδία τοῦ βολταμέτρον (σχ. 29). Ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων ὑπάρχουν ἀνεστραμμένοι δύο δοκιμαστικοὶ σωλήνες πλήρεις ὕδατος.



Σχ. 29. Ἀποτελέσματα ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Κλείομεν τὸν διακόπτην εἰς τὸ κύκλωμα ὅποτε αὐτὸ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Κατὰ μῆζος ἤδη τοῦ κυκλώματος παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς:

1. Ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Κατὰ τὴν δίοδον δηλαδή ρεύματος ἐκ τοῦ λαμπτήρος παράγεται φῶς, ἔχομεν δηλαδή φωτεινὰ φαινόμενα.

Παρατήρησις τοῦ λαμπτήρος δεικνύει ὅτι οὗτος ἔχει ἐπίσης θερμοανθῆ. Ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν δηλαδή, κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' αὐτῶν, παράγεται θερμότης.

2. Εἰς τὰ ἠλεκτροδία τοῦ βολταμέτρον παράγονται φυσαλίδες ἀερίων, αἱ ὁποῖαι ἀνερχόμεναι συγκεντρῶνται ἐντὸς τῶν δοκιμαστικῶν σωλήνων ἐξδιώκουσαι τὸ ὕδωρ. Τὰ παραγόμενα ἀέρια εἶναι ὀξυγόνον, ὑπεράνω τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ συνδεομένου μετὰ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητήριος καὶ ὕδρογόνον ὑπεράνω τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου. Παρατηροῦμεν δηλαδή ὅτι τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' αὐτοῦ, ἀναλύεται εἰς τὰ συστατικά του, ὀξυγόνον καὶ ὕδρογόνον. Ἦτοι κατὰ τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ βολταμέτρον παρατηροῦνται χημικὰ φαινόμενα.

3. Ἄν ἤδη κατὰ μῆζος τῶν ἀγωγῶν καὶ πλησίον αὐτῶν φέρωμεν μαγνητικὴν βελόνην παρατηροῦμεν ἐκτροπὴν αὐτῆς ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως ἰσοροπίας. Κατὰ μῆζος ἐπομένως ἀγωγῶν διαρροεομένων ὑπὸ ρεύματος παρατηροῦνται μαγνητικὰ φαινόμενα.

3. Φορά τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Εἰς τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 29, β' ἀλλάσσομεν τὴν σύνδεσιν τῶν συρμάτων ρευματοληπτῶν, μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητριάς, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι,

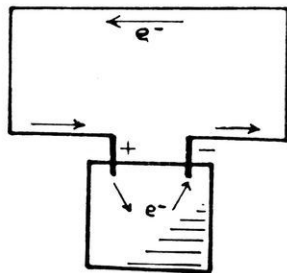
ἡ μαγνητικὴ θελὼνῃ ἐκτέπεται ἐκ τῆς θέσεως ἰσοροπίας κατ' ἀντίθετον φορᾶν τῆς προηγουμένης 29, α, ἐνῶ εἰς τὸ βολτάμετρον τὰ ἀέρια συγκεντροῦνται εἰς διαφορετικά, ἀπὸ τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, ἠλεκτροδία.

Ἡ ἀλλαγὴ αὐτῆ τῶν φαινομένων δικαιολογεῖται ἂν παραδεχθῶμεν ὅτι εἰς τὸ πείραμα 29, β' ἡ φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἀντίθετος τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος τῆς περιπτώσεως 29, α. Ὡς φορᾶν τοῦ ρεύματος ὀρίζομεν κατὰ συνθήκην τὴν κίνησιν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς γεννητριάς πρὸς τὸν ἀρνητικόν, εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα αὐτῆς.

4. Ἐξήγησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητριάς εἶναι, ὡς γνωστόν, συγκεντρωμένα ἠλεκτροικά φορτία, θετικά εἰς τὸν θετικὸν πόλον αὐτῆς καὶ ἀρνητικά εἰς τὸν ἀρνητικόν. Τοῦτο σημαίνει ὅτι εἰς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς ὑπάρχει περίσσεια πρωτονίων ἔναντι τῶν ἠλεκτρονίων, ἐνῶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν πόλον περίσσεια ἠλεκτρονίων. Ὄταν ἦδη συνδεθῶν οἱ δύο πόλοι τῆς γεννητριάς μεταξὺ τῶν, δι' ἀγωγῶν σύματος, συμβαίνει τὸ ἑξῆς:

Ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου ἠλεκτρόνια κινοῦνται διὰ τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγῶν καὶ φθάνουν εἰς τὸν θετικὸν πόλον. Ἐκεῖ τὰ ἠλεκτρόνια συμπληρῶνουν τὸ ὑπάρχον ἕλλειμμα ἠλεκτρονίων ἤτοι τὰ κενὰ ἠλεκτρονίων, μὲ ἄμεσον ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωσιν τοῦ θετικοῦ φορτίου τοῦ θετικοῦ πόλου. Τὰ κινούμενα αὐτὰ ἠλεκτρόνια εἶναι τὰ ἀναφερθέντα ἤδη ἐλευθέρως ἠλεκτρονία. Πρωτόνια ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου εἶναι ἀδύνατον νὰ κινήθωιν, διότι εὐρίσκονται σταθερῶς τοποθετημένα εἰς τοὺς πυρήνας τῶν ατόμων.



Σχ. 30. Πραγματικὴ φορὰ ρεύματος.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων δι' αὐτῶν. Ἡ πραγματικὴ ἐπομένως φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικὸν τῆς γεννητριάς (σχ. 30). Ἡ ληφθεῖσα ἤδη κατὰ συνθήκην φορὰ, ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον, καλεῖται συμβατικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος.

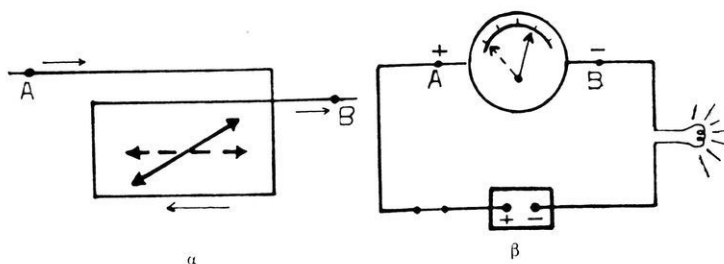
Μὲ τὴν κίνησιν τῶν ἠλεκτρονίων πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς θὰ

πρόπη κάποτε νά εξουδετερωθῇ ὅλον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πόλου. Θὰ πρόπη δηλαδὴ τὸ ρεῦμα νά διακοπῇ, ἐντὸς ὀλίγων. Τοῦτο ὅμως δὲν συμβαίνει, τὸ δὲ κύκλωμα συνεχίζει νά διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ διατήρησις αὐτῆ τοῦ ρεύματος δικαιολογεῖται μόνον ἂν παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ γεννήτρια παράγει συνεχῶς νέα φορτία, θετικά εἰς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ἀρνητικά εἰς τὸν ἀρνητικόν. Εἰς τὴν ιδιότητα ἀκριβῶς αὐτὴν ὀφείλει ἡ γεννήτρια καὶ τὴν ὀνομασίαν της.

Αἱ γεννήτρια ὡς ἐκ τῆς λειτουργίας των δύνανται νά χαρακτηρισθοῦν καὶ ὡς ἀντλία ἠλεκτρονίων.

5. Γαλβανόμετρα.

Τὰ γαλβανόμετρα εἶναι ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νά διαπισώσωμεν ἂν ἐν κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.



Σχ. 31. Γαλβανόμετρον, α) ὀρχή, β) εἰς κύκλωμα.

Τὰ γαλβανόμετρα μὲ κινητὸν μαγνήτην περιέχουν ὡς βασικὸν ὄργανον μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εὐρίσκεται ἐντὸς πλαισίου ἐξ ἀγωγῶν (σχ. 31, α) διὰ τοῦ ὁποῦν διέρχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ὄταν τὸ πλάσιον τῆς βελόνης διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἡ βελόνη ἀποκλίνει τῆς θέσεως ἰσορροπίας. Αὕτη παρασέρει κατὰ τὴν κίνησίν της ἓνα δείκτην, ἡ κίνησις τοῦ ὁποῦν (σχ. 31, β) δεικνύει τὴν διέλευσιν ρεύματος.

Τὸ γαλβανόμετρον διὰ τὴν λειτουργίαν του παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα, ὅποτε διέρχεται δι' αὐτοῦ τὸ ὅλον ρεῦμα τοῦ κυκλώματος (σχ. 31, β).

Δι' ἀλλαγῆς τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρον κινεῖται ἀντιθέτως τῆς προηγουμένης φορᾶς.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

1. Ἀγωγιμότης τῶν ὑγρῶν

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῆς ἀγωγιμότητος τῶν ὑγρῶν λαμβάνομεν ἓν ὑάλινον δοχεῖον εἰς τὸ ὁποῖον περιέχεται ὕδωρ, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου βυθίζονται δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα (σχ. 32). Τὸ σύστημα ἀποτελεῖ ἓν βολτάμετρον τὰ δὲ ἐλάσματα ἀποτελοῦν τὰ ἠλεκτροδία τοῦ βολταμέτρου.

Ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου θέτομεν κατ' ἀρχὴν ὕδωρ ἀπεσταγμένον. Συνδέομεν ἓν συνεχεῖα τὸ βολτάμετρον, ἓν σειρᾷ μὲ γαλβανόμετρον καὶ λαμπτήρα, μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητορίας (σχ. 32). Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς γεννητορίας διὰ διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν τὸ γαλβανόμετρον καὶ τὸν λαμπτήρα. Οὐδεμίαν ἔνδειξιν παρέχουν διηλεύσεως, ρεύματος. Τὸ ἀπεσταγμένον δηλαδὴ ὕδωρ δὲν ἐπιτρέπει δι' αὐτοῦ τὴν διέλευσιν ρεύματος.

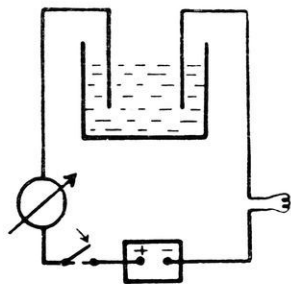
Προσθέτομεν ἤδη οἰνόπνευμα εἰς τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ. Καὶ πάλιν ἐκ τοῦ κυκλώματος δὲν διέρχεται ρεῦμα. Τὰ σώματα ἐπομένως ὕδωρ καὶ οἰνόπνευμα εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ βολταμέτρου προσθέτομεν ὀλίγας σταγόνας ὀξέος τινοῦ καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην. Παρατηροῦμεν ἐνταῦθα ὅτι ὁ δείκτης τοῦ γαλβανόμετρου ἀπομακρύνεται ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας, ἐνῶ ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Τὸ κύκλωμα δηλαδὴ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ διάλυμα ἐπομένως τοῦ ὀξέος εἰς τὸ ὕδωρ παρουσιάζει ἀ γ ω γ ι μ ὄ τ η τ α.

Δι' ἀναλόγων πειραμάτων εὐρίσκομεν ὅτι ἀγωγιμότητα παρουσιάζουν καὶ τὰ διαλύματα τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ διαλύματα εἰς ὕδωρ τῶν ὀξέων βάσεων καὶ ἀλάτων ἀναφέρονται ὡς ἠλεκτρολυτικὰ διαλύματα τὰ δὲ σώματα ἠ λ ε κ τ ρ ο λ ὕ τ α ι.

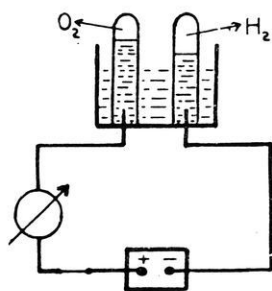
2. Φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐντὸς βολταμέτρου ἔχομεν διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος καὶ ὑπεράνω τῶν δύο ἠλεκτροδίων αὐτοῦ ὑπάρχον ἀνεστραμμένοι δύο δοκιμαστικοὶ σωληνες πλήρεις ὕδατος.



Σχ. 32. Βολτάμετρον.

Συνδόμενον τὸ βολτάμετρον ἐν σειρᾷ μὲ γαλβανόμετρον καὶ γεννήτριαν καὶ κλείομεν διὰ τοῦ διακόπτου τὸ κύκλωμα τῆς γεννητηρίας. Παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ κυκλώματος διέρχεται ρεῦμα, ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρον συγκεντρῶνται φουσαλίδες ἀερίων. Αἱ φουσαλίδες ἀνερχόμεναι συγκεντρῶνται εἰς τὸ ἄνω μέρος τῶν σωλήνων (σχ. 33).



Σχ. 33. Παρατήρησις ἠλεκτρολύσεως.

προϊόντων εἰς τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρον κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' ἠλεκτρολύτου ὀφείλεται εἰς τὴν διάσπασιν τοῦ ἠλεκτρολύτου. Εἰς τὴν ἀνωτέρω περιγραφείσαν περίπτωσιν ἔχομεν ἐμμέσως διάσπασιν τοῦ ὕδατος.

Τὸ ἀνωτέρω παρατηρηθὲν φαινόμενον τῆς ἀποθέσεως προϊόντων, ἐκ διάσπασεως τοῦ ἠλεκτρολύτου, εἰς τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρον κατὰ τὴν δίοδον δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται ἠλεκτρολύσις.

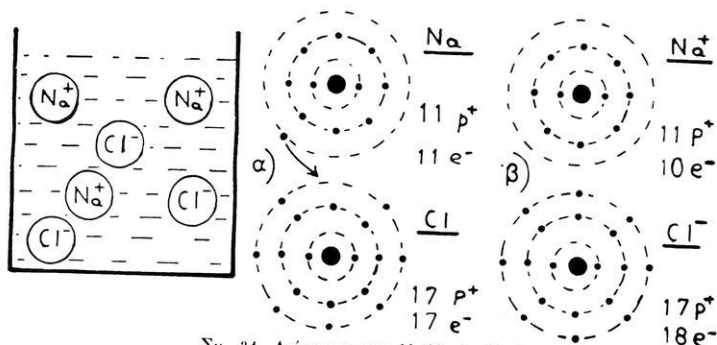
3. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἡ ἠλεκτρολύσις ἐξηγεῖται μὲ τὴν θεωρίαν τῆς ἠλεκτρικῆς διάσπασεως ἢ θεωρίαν τοῦ Arrhenius. Κατ' αὐτήν, ὅταν ἐν ὕδρῳ ἢ βάσει ἢ ἄλλας διαλυθῇ ἐντὸς ὕδατος μέρος τῶν μορίων του διίσταται εἰς φορτισμένα ἄτομα ἢ συγκροτήματα ἀτόμων φορτισμένα τὰ καλούμενα ἰόντα. Κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν παράγονται συγχρόνως θετικὰ ἰόντα καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα.

Θεωρήσωμεν ὡς παράδειγμα τὴν διάλυσιν ἁλατος μαγειρικοῦ (NaCl) ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Κατὰ τὴν διάλυσιν του τὸ NaCl διασπᾶται εἰς δύο ἰόντα, ἐν ἰὼν νατρίου καὶ ἐν ἰὼν χλωρίου.

Τὸ ἰὼν νατρίου εἶναι ἄτομον Na μὲ θετικὸν φορτίον (σχ. 34), παρίσταται δὲ ὡς Na^+ . Ἐσηματίσθη ἐξ ἐνὸς οὐτετέρου ἀτόμου Na δι' ἀγαμέμνω ἐκ τῆς ἐξωτερικῆς του σιβάδος ἐνὸς ἠλεκτρονίου (σχ. 34, α, β). Ἐκαστον ἰὼν νατρίου φέρει φορτίον ἴσον πρὸς $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

Τὸ Ἴον τοῦ χλωρίου εἶναι ἄτομον χλωρίου εἰς τὴν ἐξωτερικὴν στιβάδα τοῦ ὁποίου ἔχει προστεθῆ ἓν ἠλεκτρόνιον, φέρει διὰ τοῦτο ἀρνητικὸν φορτίον καὶ παρίσταται ὡς Cl^- . Τὸ ἠλεκτρόνιον τὸ ἔλαβεν ἐκ τοῦ ἀτόμου τοῦ νατρίου (σχ. 34, α, β). Ἐχει ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον πρὸς τὸ στοιχειῶδες.



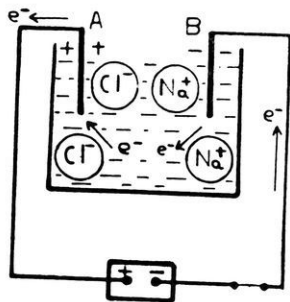
Σχ. 34. Διάσπασις τοῦ NaCl εἰς ἰόντα.

Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναφέρονται γνωστοὶ ἠλεκτρολύται καὶ τὰ ἰόντα εἰς τὰ ὁποῖα αὐτὰ διίστανται.

ἠλεκτρολύτης	H_2SO_4	HCl	NaOH	Ca(OH)_2	NaCl	CuSO_4
Θετικὸν ἰόν	2H^+	H^+	Na^+	Ca^{++}	Na^+	Cu^{++}
ἀρνητικὸν ἰόν	$\text{SO}_4^{=}$	Cl^-	OH^-	2OH^-	Cl^-	$\text{SO}_4^{=}$

Συνδομεν ἤδη τὸ βολτάμετρον μὲ τὴν γεννήτριαν καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα διὰ διακόπτον. Λιὰ τοῦ βολταμέτρον ἤδη διέρχεται ρεῦμα ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτρόδια αὐτοῦ μεταφέρονται ἰόντα Na^+ καὶ ἰόντα Cl^- . Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Κατὰ τὴν σύνδεσιν τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρον μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίως μεταφέρονται εἰς αὐτὰ φορτία, εἰς τὸ Α θετικὰ (σχ. 35) ἐνῶ εἰς τὸ Β ἀρνητικὰ, τὰ ἠλεκτρόδια δηλαδὴ φορτίζονται. Ἐπὶ τὴν ἐπίδρασιν ἤδη τῶν φορτίων αὐτῶν ἐπὶ τῶν φορτισμένων ἰόντων τὰ ὁποῖα πρ ο ὕ π ά ρ χ ο υ ν εἰς τὸ διάλυμα, τὰ ἰόντα προσανατολίζονται καὶ ὀδηγῶνται εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ θετικὰ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον (κάθοδον) ἐνῶ τὰ ἀρνητικὰ εἰς τὸ θετικὸν (ἀνοδον).



Σχ. 35. Ἐξήγησις ἠλεκτρολύσεως.

Όταν τὰ θετικά ἰόντα Na^+ φθάσουν εἰς τὴν κάθοδον, δέχονται ἐξ αὐτῆς ἕκαστον ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ μετατρέπονται εἰς οὐδέτερα ἄτομα. Ἀντιστοίχως τὰ ἰόντα Cl^- μεταφερόμενα εἰς τὴν ἄνοδον δίδουν εἰς αὐτὴν ἠλεκτρόνια καὶ ἀποφορτίζονται.

Τελικῶς εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἀποτίθενται οὐδέτερα ἄτομα Na καὶ Cl ἀντιστοίχως.

Ἡ ἀγωγιμότης ἐπομένως τῶν ἠλεκτρολυτικῶν ἀγωγῶν ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι, ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἰόντων τοῦ ἠλεκτρολύτου. Ἐντὸς δηλαδὴ τῶν ἠλεκτρολυτικῶν ἀγωγῶν ὡς φορεῖς φορτίων εἶναι τὰ ἰόντα, ἐνῶ εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς τὰ ἠλεκτρόνια.

4. Δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις

Ἄν τὰ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἀποτιθέμενα εἰς τὰ ἠλεκτρόδια προϊόντα ἀντιδροῦν μετὰ τοῦ ὕδατος ἢ τῶν ἠλεκτροδίων, ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου λαμβάνουν χώραν καὶ ἄλλαι δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις.

Οὕτω, κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος H_2SO_4 εἰς τὰ ἠλεκτρόδια λαμβάνονται ἰόντα 2H^+ καὶ SO_4^- . Τὰ ἰόντα H^+ ἐλευθεροῦνται εἰς τὴν κάθοδον ὡς ἐλεύθερα ἄτομα ὕδρογόνου. Εἰς τὴν ἄνοδον ὅμως ἔχομεν τὴν ἀντίδρασιν $\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}$, ὁπότε εἰς αὐτὴν ἐλευθεροῦται ὀξυγόνο.

Τελικῶς δηλαδὴ ὡς φαίνεται ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἀντιδράσεως ἔχομεν διάσπασιν τῶν μορίων τοῦ ὕδατος.

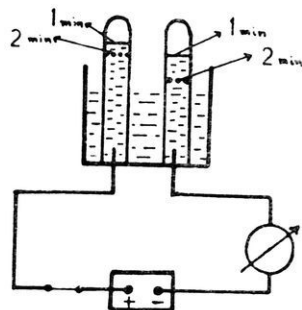
ΠΟΣΟΤΙΚΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

1. Νόμοι του Faraday (Φάραντζί).

Εἰς βολτάμετρον περιέχον ὀξεινισμένον ὕδωρ διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεύμα ὅποτε παρατηροῦμεν, εἰς τοὺς δύο δοκιμαστικούς σωλήνες ὑπεράνω τῶν ἠλεκτροδίων, συγκέντρωσιν ἀερίων ὑδρογόνου καὶ ὀξειγόνου (σχ. 36).

Μετροῦμεν τοὺς ὄγκους τῶν ἀερίων, οἱ ὅποιοι συλλέγονται ἐντὸς τῶν σωλήνων, μετὰ τοῦ χρόνου. Διαπιστοῦμεν ὅτι οἱ ὄγκοι τῶν συλλεγομένων ἀερίων ἐπομένως καὶ αἱ ποσότητες αὐτῶν εἶναι ἀνάλογοι τῶν χρόνων.

Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα φαίνεται ἡ ἀναλογία αὐτὴ διὰ τὰ δύο ἀέρια. Παρατηροῦμεν π.χ. ὅτι εἰς 2 min συλλέγονται 1 cm³ ὑδρογόνου ἐνῶ εἰς 4 min 2 cm³ ἐξ αὐτοῦ.



Σχ. 36. Ἡλεκτρόλυσις.

Εἰς	Ὄξειγόνου	Ὑδρογόνου
1 min	0,5 cm ³	1 cm ³
2 min	1,0	2
3 min	1,5	3
4 min	2,0	4

— Συγκρίνοντας ἤδη τοὺς ὄγκους τῶν λαμβανομένων ἀερίων ὑδρογόνου καὶ ὀξειγόνου παρατηροῦμεν ὅτι εὐρίσκονται εἰς σχέσιν 2:1, ἥτοι διὰ 22,4 l ὑδρογόνου λαμβάνονται ἀντιστοιχῶς 11,2 l ὀξειγόνου. Εἰς 22,4 l ὑδρογόνου ὅμως περιέχονται 2 g αὐτοῦ ἐνῶ ἐξ 11,2 l ὀξειγόνου 16 g ὀξειγόνου. Ἀποτίθενται ἐπομένως εἰς ἀναλογίαν ὄγκων 2:1 ἐνῶ εἰς ἀναλογίαν βαρῶν 2:16 ἢ 1:8.

Ὅριζομεν ἤδη ὡς χημικὸν ἰσοδύναμον ἐνὸς στοιχείου τὸν λόγον τοῦ ἀτομικοῦ του βάρους A πρὸς τὸ σθένος του n. Εἶναι δηλαδή:

$$\text{Χημικὸν ἰσοδύναμον} = \frac{A}{n}$$

Τὰ χημικὰ ἰσοδύναμα τῶν στοιχείων ὑδρογόνου καὶ ὀξειγόνου εἶναι ἀντιστοιχῶς: $\frac{1}{1} = 1$ καὶ $\frac{16}{2} = 8$.

Εἰς τὴν ἀνωτέρω περίπτωσιν τῆς ἠλεκτρολύσεως παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀποτιθέμεναι ποσότητες H_2 καὶ O_2 εὐρίσκονται εἰς σχέσιν τῶν χημικῶν τῶν ἰσοδυνάμων ἥτοι 1:8. Ἐκ τούτου διατυπῶται γενικῶς ὅτι:

Αἱ μᾶζαι τῶν στοιχείων τῶν ἀποτιθεμένων κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἑνὸς βολταμέτρου, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ χημικὰ ἰσοδύναμα αὐτῶν.

Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἀποτελεῖ τὸν 1ον νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως ἢ τὸν νόμον τοῦ Faraday.

— Ἐξετάζομεν ἤδη τὴν μᾶζαν τῶν στοιχείων ἢ ὅποια ἀποτίθεται εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἐν σχέσει πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ φορτίου ἢ ὅποια διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου.

Εἰς ἐκάστην ἀπόθεσιν ἰόντος ὕδρογόνου εἰς τὴν κάθodon, ἐν ἠλεκτρονίον ἀποσπᾶται ἐκ τῆς καθόδου. Ἡ ποσότης ἐπομένως τῶν ἠλεκτρονίων τὰ ὅποια ἀποσπῶνται ἐκ τῆς καθόδου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἰόντων τὰ ὅποια ἀποτίθενται εἰς αὐτήν. Τὰ ἀποσπώμενα ὅμως ἠλεκτρόνια ἐκ τῆς καθόδου εἶναι τὰ ἐκτελοῦντα τὸν κύκλον εἰς τὸ κύκλωμα, ἥτοι δι' αὐτῶν μεταφέρονται τὰ φορτία εἰς τὸ κύκλωμα. Ὁ ἀριθμὸς ἐπομένως τῶν μεταφερομένων ἠλεκτρονίων ἢ φορτίων εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀποτιθεμένων ἀτόμων τοῦ ὕδρογόνου. Καὶ τελικῶς:

Ἡ μᾶζα τῶν στοιχείων ἢ ὅποια ἀποτίθεται εἰς τὰ ἠλεκτρόδια ἑνὸς βολταμέτρου εἶναι ἀνάλογος τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ βολταμέτρου.

Ἡ ἀνωτέρω παρατήρησις ἀποτελεῖ δεῦτερον νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐκ τῶν ἀναφερθέντων νόμων ἠλεκτρολύσεως ἐξάγεται ἡ σχέσις:

$$m = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n} \cdot Q$$

ὅπου m ἡ μᾶζα τοῦ στοιχείου, τοῦ ἀποτιθεμένου εἰς ἕν τῶν ἠλεκτροδίων, εἰς γραμμάρια, A/n τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ Q ἡ διερχομένη ποσότης ἠλεκτρικοῦ φορτίου εἰς Cb.

Τὸ γινόμενον $\frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n}$, χαρακτηριστικὸν ἐκάστου στοιχείου, παριστᾷ τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ.

2. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος Coulomb.

Ἄν ἡ ἀποτιθεμένη ποσότης στοιχείου εἰς ἕν ἠλεκτρόδιον εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ τότε ἐκ τῆς προηγουμένης σχέσεως ἔχομεν:

$$m = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n} = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n} \cdot Q \quad \text{ἐξ ἧς } Q = 1 \text{ Cb}$$

Ἦτοι ποσότης ἠλεκτρικοῦ φορτίου ὀρίζεται ἴση μετὰ 1 Cb ὅταν διερχομένη

διὰ βολταμέτρου ἀποθέτει εἰς τὰ ἠλεκτρόδια αὐτοῦ στοιχεῖα, εἰς ποσότητας ἴσας πρὸς τὰ ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα αὐτῶν.

3. Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὀρίζεται ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ εἰς 1 sec. Αὕτη παρέχεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$I = \frac{Q}{t}$$

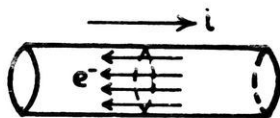
ὅπου I ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ Q ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς χρόνον t .

Ἄν τὸ φορτίον Q ληφθῆ εἰς Cb καὶ ὁ χρόνος εἰς sec, ἡ ἔντασις I ὀρίζεται εἰς Ampere (A), εἶναι δηλαδὴ:

$$I_{(A)} = \frac{Q \text{ (Cb)}}{t \text{ (sec)}}$$

Διὰ $Q = 0,2$ Cb καὶ $t = 2$ sec εἶναι $I = \frac{0,2}{2} = 0,1$ A

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετράται διὰ τῶν ἀμπερομέτρων. Τὰ ὄργανα αὐτὰ εἶναι ὡς τὰ ἀναφερόμενα γαλβανόμετρα, βαθμολογηθέντα ὁμως εἰς Ampere. Ὅταν ἐν ἀμπερομέτρων παρεμβληθῆ εἰς κύκλωμα δι' αὐτοῦ διέρχεται ὅλον τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος, ὁ δὲ δείκτης του παρέχει δι' ἀπλῆς ἀναγνώσεως τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος.



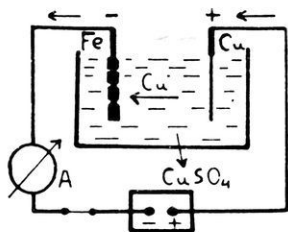
Σχ. 37. Ἔντασις ρεύματος.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΕΩΣ

1. Επιμετάλλωσις αντικειμένων.

Λαμβάνομεν βολτάμετρον με διάλυμα θειϊκού χαλκοῦ (CuSO_4) καὶ ἠλεκτρόδια τὸ ἓν ἐκ Cu καὶ τὸ ἄλλο ἐκ Fe .

Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας μετὰ τὸ ἠλεκτρόδιον (πλάκα) τοῦ χαλκοῦ καὶ τὸν ἀρνητικὸν μετὰ τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρον ρεῦμα (σχ. 38). Παρατηροῦμεν ὅτι:



Σχ. 38. Επιμετάλλωσις διὰ Cu .

ἀποτίθενται ἐπ' αὐτῆς. Τὰ ἰόντα SO_4^- ἀντιστοίχως εἰς τὴν ἀνοδὸν ἀντιδρῶν μετὰ τοῦ Cu καὶ παρέχουν CuSO_4 , ὅποτε ἀφ' ἑνὸς μὲν φθείρεται τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ Cu , ἀφ' ἑτέρου ὁ ἠλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται εἰς τὸ διάλυμα.

Παραδείγματα, ὡς ἀνωτέρω, ἐπιμεταλλώσεων ἀναφέρονται εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου. Οὔτω δι' εἰδικῶν διαλυμάτων ἐπιτυγχάνονται ἐπιμεταλλώσεις, ἐπιχρυσώσεις κλπ.

Εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις ἐπιμεταλλώσεων τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς τὴν κάθοδον. Ὡς διάλυμα λαμβάνεται ἄλλας τοῦ στοιχείου ἐπιμεταλλώσεως ἐνῶ ὡς ἀνοδος τὸ στοιχεῖον ἐπιμεταλλώσεως.

2. Ἄλλαι ἐφαρμογαί.

Διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως λαμβάνονται καθαρὰ μέταλλα, ἂν τὸ πρὸς γάθαρσιν μέταλλον ληφθῇ ὡς ἀνοδος. Ἡ μέθοδος αὐτὴ χρησιμοποιεῖται ὅπου ὑπάρχει ἄφθονος ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Διὰ ἠλεκτρολύσεως ἐπίσης λαμβάνεται πλῆθος χημικῶν στοιχείων καὶ ἐνώσεων, ὡς ὕδρογόνον, ἀργίλιον, καυστικὸν νάτριον κλπ.

3. Βαθμολογία άμπερομέτρων.

Παραβιάζομεν τὸ πρὸς βαθμολόγησιν ὄργανον εἰς τὸ κύκλωμα βολταμέτρου (σχ. 39). Κλείομεν τὸ κύκλωμα ὅποτε διὰ τοῦ ὄργανου διέρχεται ρεῦμα, ἐνῶ ὁ δείκτης του κινεῖται καὶ παραμένει σταθερὸς εἰς ὠρισμένην θέσιν, τὴν ὁποίαν σημειοῦμεν.

Διὰ τῆς διόδου ρεύματος ἐκ τοῦ βολταμέτρου, ἔστω βολταμέτρου Cu , ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον Cu . Μετὰ χρόνον t ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ ρεύματος διακόπτομεν τὸ ρεῦμα καὶ ζυγίζομεν τὴν ἀποτιθεμένην μάζαν τοῦ χαλκοῦ, εὐρίσκομεν δὲ αὐτὴν ἔστω ἰσην πρὸς m . Ἐκ τῆς σχέσεως:

$$m = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n} \cdot Q = \frac{1}{96.500} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t$$

εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν I , γνωστῶν ὄντων τῶν m , A/n καὶ t . Τὴν τιμὴν αὐτὴν τοῦ I θέτομεν εἰς τὴν θέσιν τοῦ δείκτη τοῦ ἀμπερομέτρου.

Διὰ νέων μετρήσεων λαμβάνομεν καὶ ἄλλας ἐνδείξεις ἐπὶ τοῦ ἀμπερομέτρου.

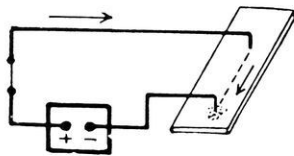


Σχ. 39. Βαθμολογία ἀμπερομέτρου.

4. Διάκρισις τῶν πόλων γεννητρίας.

Λαμβάνομεν διηθητικὸν χάρτην καὶ βυθίζομεν αὐτὸν εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου. Εἰς τὸν χάρτην προσθέτομεν καὶ ἐλαχίστην λευκὴν κόνιν φαινολοφθαλείνης.

Εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν δύο σύματα καὶ τὰ ἄκρα αὐτῶν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν διαβραχέντα διηθητικὸν χάρτην, εἰς μικρὰν μεταξὺ τῶν ἀπόστασιν (σχ. 40). Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα. Τὸ κύκλωμα κλείει διὰ τοῦ διαλύματος τοῦ $NaCl$ εἰς τὸν χάρτην.



Σχ. 40. Διάκρισις πόλων.

Εὐθὺς μὲ τὴν διόδον ρεύματος, εἰς μίαν τῶν ἐπαφῶν μὲ τὸν χάρτην, παρατηρεῖται σχηματισμὸς ἐρυθρᾶς κηλίδος. Ἡ ἐπαφὴ αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς. Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Κατὰ τὴν διόδον τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ χάρτου γίνεται ἠλεκτρόλυσις τοῦ $NaCl$. Τὸ Na ἐλευθεροῦται εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς, ὅπου ἐνοῦμενον μετὰ τοῦ ὕδατος δίδει $NaOH$, δηλαδὴ βάσιν, κατὰ τὴν ἀντίδρασιν $Na + H_2O \rightarrow NaOH + H$. Εἰς τὴν σχηματισθεῖσαν βάσιν ὀφείλεται ἡ ἐρυθρὰ κηλὶς. Ἡ φαινολοφθαλεῖν εἰς βασικὸν περιβάλλον λαμβάνει χροῶν ἐρυθρὰν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Ηλεκτρικά φορτία.

1. Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἡ ἀκτίς τῆς τροχιάς τοῦ περιφερομένου ἠλεκτρονίου εἶναι $r = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m. Ζητεῖται ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν ἔλκεται τὸ ἠλεκτρόνιον ὑπὸ τοῦ πρωτονίου τοῦ πυρήνος.

2. Δι' ἐνὸς ἀγωγοῦ διέρχονται 10^{20} ἠλεκτρόνια. Ζητεῖται τὸ ποσὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τὸ ὁποῖον μεταφέρεται ὑπὸ τῶν ἀνωτέρω ἠλεκτρονίων.

3. Ἐν ἄτομον ὀριζμένον στοιχείου ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 8 καὶ μαζικὸν 16. Ζητεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ νετρονίων τοῦ πυρήνος του ὡς καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων αὐτοῦ, ὅταν εὐρίσκεται εἰς οὐδετέραν κατάστασιν.

4. Κατὰ τὴν τριβὴν μεταλλικῆς ράβδου ἐμφανίζονται εἰς αὐτὴν θετικὰ φορτία ἴσα πρὸς 3,2 Cb. Τὰ φορτία διαρρέουν πρὸς τὴν γῆν διὰ συνδέσεως τῆς ράβδου δι' ἀγωγοῦ μὲ τὴν γῆν. Ζητεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων τὰ ὁποῖα διέρχονται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ.

5. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι φορτισμέναι ἔχουν ἐκάστη φορτία $+0,2$ m Cb καὶ $-0,5$ m Cb. Φέρονται αἱ σφαῖραι εἰς ἐπαφὴν καὶ ἐν συνεχείᾳ, ἀποχωρίζονται. Ζητοῦνται: α) τὸ εἶδος τοῦ φορτίου ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὸν ἀποχωρισμὸν αὐτῶν καὶ β) τὸ συνολικὸν φορτίον τῶν δύο σφαιρῶν μετὰ τὸν ἀποχωρισμὸν.

6. Δύο σφαῖραι ἐκάστη τῶν ὁποίων περιέχει φορτίον ἴσον πρὸς $+2$ m Cb εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 2 cm μεταξὺ των. Ζητεῖται ἡ μεταξὺ αὐτῶν δύναμις.

II. Ηλεκτρὸλυσις - Ἐντασις ρεύματος.

7. Διὰ βολταμέτρον περιέχοντος διάλυμα ὀξεινισμένου ὕδατος διέρχεται φορτίον ἴσον πρὸς 0,8 Cb. Ζητεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων τοῦ ὑδρογόνου τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον.

8. Εἰς τὴν ἀνοδον βολταμέτρον δι' ὀξεινισμένου ὕδατος μεταφέρονται, εἰς χρόνον 5 min, 20 cm³ ὀξυγόνου. Ζητεῖται ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον.

9. Εἰς 1 cm³ ὑδρογόνου περιέχονται $5,4 \cdot 10^{19}$ ἄτομα ὑδρογόνου. Ἐν εἰς τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρον ἀποτίθενται 20 cm³ ὑδρογόνου, ζητεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον διήλθεν διὰ τοῦ βολταμέτρον.

10. Ἀπὸ ἀγωγὸν διέρχεται φορτίον 0,1 Cb ἐντὸς 4 sec. Ζητεῖται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ ἀγωγοῦ.

11. Βολτόμετρον δι' ὀξυνισμένου ὕδατος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 20 mA ἐπὶ χρόνον 4 h. Ζητοῦνται,

α) ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἢ ὅποια διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου,

β) ἡ ἀποτιθεμένη μᾶζα τοῦ ὕδρογόνου εἰς τὴν κάθοδον,

γ) ἡ μᾶζα τοῦ ὀξυγόνου εἰς τὴν ἄνοδον.

δ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποτιθεμένων ἀτόμων τοῦ ὕδρογόνου καὶ

ε) ἡ μᾶζα εἰς γραμμάρια ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου.

12. Βολτάμετρον δι' ἐπιχρῶσασιν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2 A. Εἰς πόσον χρόνον θὰ ἀποτεθοῦν 0,2 g χρυσοῦ. ($A = 197$ καὶ $n = 3$).

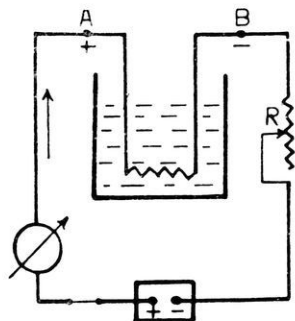
13. Πρὸς βαθμολογίαν ἀμπερομέτρου τοποθετοῦμεν αὐτὸ εἰς κύκλωμα βολταμέτρου διὰ θειικοῦ χαλκοῦ. Εἰς χρόνον 965 sec ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον 0,64 g Cu. Ποία θὰ πρέπη νὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου. Διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι $A = 64$ καὶ $n = 2$.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ — ΘΕΡΜΟΤΗΣ JOULE

ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

1. Θερμότης Joule.

Έντός του ύδατος δοχείου (σχ. 41) βυθίζομεν λεπτόν σύρμα εκ χαλκού, τὰ άκρα του οποίου συνδέομεν με τούς πόλους γεννητρίας. Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς πηγῆς δια διακόπτου, ὁπότε δια τοῦ κυκλώματος παρατηροῦμεν δίοδον ρεύματος.



Σχ. 41. Θερμότης Joule.

Δι' ἑνὸς θερμομέτρου παρακολουθοῦμεν ἤδη τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος τοῦ δοχείου. Παρατηροῦμεν ὅτι, καθ' ὃν χρόνον τὸ σύρμα τοῦ χαλκοῦ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος συνεχῶς αὐξάνει. Τὸ ὕδωρ ἐπομένως τοῦ δοχείου δέχεται συνεχῶς θερμότητα. Ἡ θερμότης αὐτὴ παρέχεται εἰς τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ σύρματος τοῦ χαλκοῦ. Κατὰ τὴν δίοδον δηλαδὴ τοῦ ρεύματος δια τοῦ σύρματος ἀναπτύσσεται εἰς αὐτὸν θερμότης. Ἡ θερμότης αὐτὴ καλεῖται *θερμότης Joule*.

Θερμότης Joule παράγεται εἰς τούς ἠλεκτρικούς λαμπτήρας δια σύρματος ὡς καὶ τὰς ἠλεκτρικὰς θερμικὰς συσκευὰς (κουζίνας, θερμοσίφωνα κλπ.).

2. Σχέσις θερμότητος Joule καὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἡ θερμότης, ὡς γνωστόν, εἶναι μία μορφή ἐνεργείας. Ἡ ἐμφάνισις ἐπομένως αὐτῆς εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα προϋποθέτει, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἀνάλωσιν ἄλλης μορφῆς ἐνεργείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἰς θερμότητα μετατρέπεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Ἐάν Q εἶναι τὸ ποσοῦν τῆς ἐμφανιζομένης θερμικῆς ἐνεργείας εἰς *calorie* τότε ἡ δαπανωμένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς *Joule* συνδέεται με αὐτὴν δια τῆς γνωστῆς σχέσεως:

$$W_{(\text{Joule})} = 4,19 Q_{(\text{cal})}$$

Ἐφαρμογή: Δι' ἀγωγῶν ἐβρισκομένου ἐντὸς ὕδατος μάζης 500 g καὶ θερμοκρασίας 15° C διέρχεται ρεῖμα ἠλεκτρικόν, ὁπότε ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς τοὺς 20° C. Ζητεῖται ἡ καταναλωθεῖσα δια τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Ἡ ἀποδοθεῖσα ποσότης θερμότητος εἰς τὸ ὕδωρ παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 500 \cdot (20 - 15) = 2500 \text{ cal.}$$

Ἡ ἰσοδύναμος ἐπομένως ποσότης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι:

$$W = 4.19 \cdot 2500 = 10450 \text{ Joule.}$$

3. Ἐξήγησις τῆς θερμότητος Joule.

Δίοδος ρεύματος διὰ τῶν ἀγωγῶν σημαίνει, ὡς γνωστόν, κίνησις ἠλεκτρονίων διὰ τῶν ἀγωγῶν Ἡ κίνησις αὐτῆ τῶν ἠλεκτρονίων ἐπιτεγχάνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως ἢ ὁποῖα ἀσκεῖται ἐπ' αὐτῶν ὑπὸ τῆς γεννητριᾶς. Ἐπίδρασις ὅμως δυνάμεως με ἀποτέλεσμα τὴν κίνησιν, σημαίνει ἐκτέλεσιν ἔργου. Ὑπὸ τῆς γεννητριᾶς ἐπομένως παράγεται ἔργον παρεχόμενον εἰς τὰ ἠλεκτρόνια ὑπὸ μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας, τὰ ἠλεκτρόνια δηλαδὴ αὐξάνουν τὴν ταχύτητά των.

Κατὰ τὴν κίνησιν ὅμως τῶν ἠλεκτρονίων διὰ τῆς μάζης τῶν ἀγωγῶν, προσκρούουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων αὐτῶν καὶ παρέχουν εἰς αὐτὰ μέρος τῆς ἐνεργείας των. Τὰ ἄτομα τῶν ἀγωγῶν ἤδη τίθενται εἰς κίνησιν. Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ φαίνεται ἐξωτερικῶς ὡς παροχὴ θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν.

Ἡ θερμότης Joule ἐπομένως δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ὀφείλεται εἰς τὸ ἔργον τριβῆς τῶν ἠλεκτρονίων, ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν.

4. Διαφορὰ δυναμικοῦ - Μονὰς δυναμικοῦ.

Εἰς τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 41 ἀντικαθιστῶμεν τὸ χαλκῖνον σύρμα δι' ἄλλου σύρματος εἴτε ἐκ χαλκοῦ διαφόρου μήκους, εἴτε ἐξ ἄλλου μετάλλου ἕστω ἐκ σιδήρου

Ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, δι' ἑνὸς ροοστάτου R, ὥστε αὕτη νὰ εἶναι ἡ ἴδια ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ χαλκῖνον σύρματος. Μετὰ χρόνον t εἰς τὰς δύο περιπτώσεις χαλκῖνον σύρματος καὶ σιδηροῦ παρατηροῦμεν ὅτι ἐμφανίζονται διάφορα ποσὰ θερμότητος, ἕστω ἀντιστοίχως Q_1 καὶ Q_2 . Ἡ καταναλισκομένη δηλαδὴ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἶναι διάφορος εἰς τὰς δύο περιπτώσεις.

Ἡ ποσότης ὅμως ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἢ ὁποῖα διήλθεν ἐκ τῶν συρμάτων καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ ἴση πρὸς I.t.

Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι:

Ἐκ τῆς γεννητριᾶς παρέχεται εἰς τὰ αὐτὰ ἠλεκτρικὰ φορτία διάφορος ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια ἢ ὁποῖα παρέχεται, εἰς ἐκάστην τῶν περιπτώσεων, εἰς τὴν μονάδα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ὑπὸ τῆς γεννητριᾶς, ὀρίζεται ὡς διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B τοῦ ἀγωγοῦ καὶ παρίσταται διὰ

V. Εἰς φορτίον ἐπομένως Q διερχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ AB, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἐπιζητεῖ διαφορά δυναμικοῦ V, παρέχεται ἐνέργεια ἴση πρὸς:

$$W = V \cdot Q$$

5. Μονὰς δυναμικοῦ.

Εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἂν ἡ ἐνέργεια μετρηθῇ εἰς Joule καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον εἰς Cb, ἡ διαφορά δυναμικοῦ V λαμβάνεται εἰς Volts (V), εἶναι δηλαδὴ:

$$W_{(\text{Joule})} = V_{(\text{volts})} Q_{(\text{cb})}$$

Διὰ $Q = 120 \text{ Cb}$ καὶ $W = 10450 \text{ Joule}$ εἶναι: $V = W/Q = 204,5 \text{ Volts}$ ἢ V.

6. Βολτόμετρα.

Τὰ βολτόμετρα εἶναι ὄργανα ὅμοια μὲ τὰ ἀμπερόμετρα, διὰ τῶν ὁποίων ὅμως μετροῦμεν τὴν διαφοράν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς κυκλώματος εἰς Volts.

Οἱ ἀποδέχται τοῦ βολτομέτρου συνδέονται μὲ τὰ σημεῖα A καὶ B, τῶν ὁποίων ζητοῦμεν τὴν διαφοράν δυναμικοῦ (σχ. 42), χωρὶς νὰ διακοπῇ τὸ κύκλωμα.

Ἐξ τῶν βολτομέτρων διέρχεται μόνον ἐλάχιστον ρεῦμα τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ εἰς τὰ ἀμπερόμετρα διέρχεται ὅλον τὸ ρεῦμα.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἢ ὁποῖα διέρχεται διὰ τοῦ βολτομέτρου εἶναι ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἢ ὁποῖα ἐπιζητεῖ εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B. Ἐπομένως καὶ αἱ

Σχ. 42. Σύνδεσις βολτομέτρου.

ἐνδείξεις τοῦ βολτομέτρου εἶναι ἀνάλογοι τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ — ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

1. Νόμος του Ohm.

Λαμβάνομεν λεπτόν σύρμα AB και συνδέομεν τὰ ἄκρα του δι' ἀγωγῶν με τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλομεν ἀμπερόμετρον ἐνῶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος συνδέομεν βολτόμετρον (σγ. 43).

Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας διὰ διακόπτον και παρατηροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τῶν δύο ὄργανων. Διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου μετροῦται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἥτις διαφέρει τὸ κύκλωμα, ἐπομένως και τὸν ἀγωγὸν AB, ἐνῶ διὰ τοῦ βολτομέτρου μετρεῖται ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος.

Εἰς ὄρισμένην ἔντασιν I ἀντιστοιχεῖ ὄρισμένη τάσις V εἰς τὰ ἄκρα A και B τοῦ ἀγωγοῦ. Διὰ τοῦ ροοστάτου Γ μεταβάλλομεν τὴν ἔντασιν εἰς τὸ κύκλωμα ὅποτε ἀντιστοίχως μεταβάλλεται και ἡ τάσις V. Εἰς τιμὰς I_1, I_2, I_3, \dots τῆς ἐντάσεως λαμβάνομεν τάσεις V_1, V_2, V_3, \dots . Μεταξὺ τῶν τιμῶν V και I παρατηροῦμεν ὅτι ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_3}{I_3} = \dots = \frac{V}{I}$$

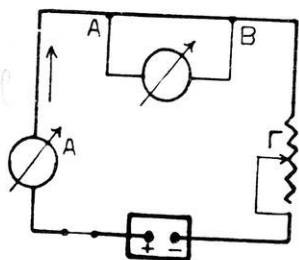
Ἐκ τῆς σχέσεως αὐτῆς φαίνεται ὅτι διπλασιαζομένης τῆς τάσεως V διπλασιάζεται και ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἢ διαρρέουσα τὸ ἀγωγὸν και γενικῶς: ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος ἀγωγὸν εἶναι ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἢ ὁποῖα ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ (νόμος τοῦ Ohm).

Τὸν σταθερὸν λόγον $\frac{V}{I}$ παριστῶμεν διὰ R και καλοῦμεν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, ἥτοι $R = \frac{V}{I}$

2. Μονάδες ἀντιστάσεως.

Ἄν ἡ τάσις V μετρηθῇ εἰς Volts και ἡ ἔντασις I εἰς Ampere ἐκ τῆς σχέσεως $R = \frac{V}{I}$ ἡ ἀντίστασις εὐρίσκεται εἰς Ohms (ὄμ). Εἶναι δηλαδή:

$$R_{(\text{ohm})} = \frac{V (\text{volt})}{I (\text{Amp})}$$



Σχ. 43. Νόμος τοῦ Ohm.

Διὰ $V = 12 \text{ V}$ καὶ $I = 0,2 \text{ A}$ εἶναι $R = \frac{12}{0,2} = 60 \text{ Ohm}$ ἢ Ω .

3. Μέτρησις ἀντιστάσεως.

Διὰ τὴν μέτρησιν ἀντιστάσεως ἀγωγῶ συνδέομεν τὸν ἀγωγὸν εἰς κύκλωμα γεννητρίας (σχ. 43) καὶ καθ' ὃν χρόνον οὗτος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος μετροῦμεν α) τὴν τάσιν V εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ, δι' ἐνὸς βολτομέτρου καὶ β) τὴν ἔντασιν I ἣτις διαρρέει τὸν ἀγωγόν, δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου. Ἡ ἀντίστασις R εὐρίσκεται ἤδη ἐκ τῆς σχέσεως $R = \frac{V}{I}$

ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ — ΝΟΜΟΣ JOULE

ΙΣΧΥΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

1. Νόμος του Joule.

Ἄγωγος AB ἀντιστάσεως R (σχ. 44) διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος I, ἐνῶ εἰς τὰ ἄκρα του ἐπιβρατεῖ τάσις V. Ἐκ τοῦ ἄγωγου εἰς χρόνον t διέρχεται φορτίον $Q = I \cdot t$. Ἐπὶ τοῦ κινουμένου φορτίου παρέχεται ὑπὸ τῆς πηγῆς ἐνέργεια ἴση πρὸς $W = Q \cdot V$. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἰς τὸν ἄγωγόν AB μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Τὸ μέγεθος αὐτὸ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας δύναται νὰ γραφῇ ὡς ἑξῆς:

$$W = V \cdot Q = V \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t \quad (1)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) δύναται νὰ εὑρεθῇ ἡ καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς τὸν ἄγωγόν AB, διὰ μετρήσεως τῶν V καὶ I καὶ τοῦ χρόνου t.

Διὰ $V = \text{Volts}$, $I = \text{A}$, $t = \text{sec}$, $R = \text{Ohm}$ ἡ ἐνέργεια εὐρίσκεται εἰς Joule. (πρακτικὸν σύστημα).

Ἡ ἰσοδύναμος ποσότης θερμότητος ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸν ἄγωγόν παρέχεται ἐκ τῆς γνωστῆς σχέσεως $W = 4,19 Q$ ἢ

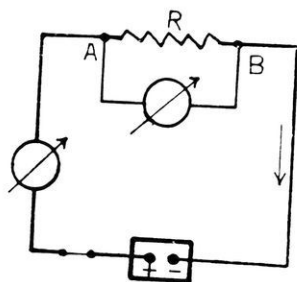
$$Q = 0,239 W = 0,239 R I^2 t \quad (2)$$

ὅπου ἡ θερμότης μετρεῖται εἰς calorie καὶ ἡ ἠλεκτρ. ἐνέργεια εἰς Joule.

Ἡ σχέσις (2) παρέχει τὸν νόμον τοῦ Joule. Κατ' αὐτήν, ἡ ποσότης θερμότητος ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἄγωγόν, διαρρέομενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀνεξάρτητος τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος.

2. Ἴσχύς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἰς ἄγωγόν παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $P = \frac{W}{t}$



Σχ. 44. Ἐνέργεια ρεύματος.

ὅπου W ἡ καταναλισκομένη εἰς τὸν ἀγωγὸν ἐνέργεια εἰς χρόνον t .

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει διὰ τὴν ἰσχύν:

$$P = \frac{W}{t} = V \cdot I = RI^2$$

Ἡ ἰσχὺς διὰ $V = \text{Volts}$, $I = \text{A}$ καὶ $R = \text{Ohm}$ εὐρίσκεται εἰς Watts .

Εἰς ἑκάστην ἠλεκτρικὴν συσκευὴν ἀναγράφεται πάντοτε ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ τάσις εἰς τὴν ὁποίαν λειτουργεῖ. Διὰ τῶν δύο αὐτῶν ἀριθμῶν καθορίζονται πλήρως τὰ χαρακτηριστικὰ τῆς συσκευῆς.

Ἐάν π.χ. εἰς λαμπτήρα ἀναγράφονται αἱ ἐνδείξεις 60 W καὶ 220 V , τοῦτο σημαίνει ὅτι οὗτος λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 60 W .

Ἡ διαρρέουσα τὸν λαμπτήρα ἔντασις εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως $P = VI$ ἴση πρὸς $I = \frac{60}{220} = 0,273 \text{ A} = 273 \text{ mA}$,

ἐνῶ ἡ ἀντίστασις τοῦ σώματος τοῦ λαμπτήρος εἶναι $R = \frac{V}{I} = \frac{220}{0,273} = 806 \Omega$.

Ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ τοῦ λαμπτήρος εἰς 10 h εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως $W = P \cdot t = 60 \cdot 10 = 600 \text{ Wh} = 0,6 \text{ Kwh}$.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ JOULE

1. Δαμπτήρες πυρακτώσεως.

Οί λαμπτήρες πυρακτώσεως αποτελούνται από υάλινον σφαιρικόν δοχείον έντός του οποίου ύπάρχει σπείραμα εκ λεπτού σύρματος, μεγάλης αντίστάσεως. Το σύρμα αποτελείται από δύστηκτον μέταλλον συνήθως από Βολφράμιον (σχ. 45). Έντός του δοχείου έχομεν κενόν αέρος ή αδρανές αέριον άζωτον ή άργόν. Τα άκρα του σύρματος έξέρχονται του δοχείου δια μονωτικής βάσεως.

Όταν διά του σπειράματος του Βολφραμίου διέρχεται ρεύμα άναπτύσσεται εις αυτό θερμότης. Εις την άναπτυσσομένη ύψηλην θερμοκρασίαν των 2700°, εν μέρος της ηλεκτρικής ενεργείας παρέχεται επίσης ως φωτεινή ενέργεια.

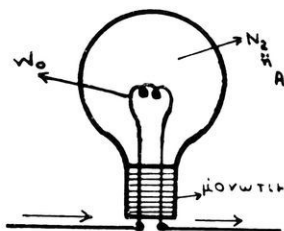
Η άπόδοσις των λαμπτήρων πυρακτώσεως φθάνει μέχρι τα 15%. Τουτο σημαίνει ότι τα 15% εκ της δαπανομένης ηλεκτρικής ενεργείας εις τον λαμπτήρα μετατρέπονται εις φως ενώ τα 85% χάνονται ως θερμότης. Η άπόδοσις του λαμπτήρος αύξάνει δι' αύξήσεως της θερμοκρασίας του σύρματος.

Έκαστος λαμπτήρ λειτουργεί εις ώρισμένην τάσιν και καταναλίσκει ώρισμένην ισχύν. Αν τεθή εις τάσιν μικροτέραν της λειτουργίας του καταναλίσκει μικροτέραν ισχύν και μόλις φωτοβολεί. Εις μεγαλυτέραν τάσιν διαρρέεται υπό ρεύματος μεγάλης έντάσεως όποτε ο λαμπτήρ ενόχλως καταστρέφεται.

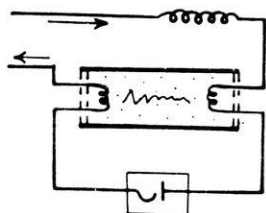
2. Δαμπτήρες φθορισμού.

Αποτελούνται έξ ένός κυλινδρικού υάλινου σωλήνος εις τα άκρα του οποίου ύπο χουν δύο ηλεκτροδία (σχ. 46). Έντός του σωλήνος ύπάρχει αδρανές αέριον υπό μικράν πίεσιν, ως και σταγών ύδρογύρου. Εις τα έσωτερικά τοιχώματα του σωλήνος ύπάρχει έπιστρωμένη φθορίζουσα ούσια.

Όταν διά των ηλεκτροδίων διέλθη ηλεκτρικόν ρεύμα αυτά θερμαίνονται και ή σταγών του ύδρογόνου έξαερούται, όποτε ο σωλήν πληροϋται δι' άτμών υ-



Σχ. 45. Λαμπτήρ πυρακτώσεως.



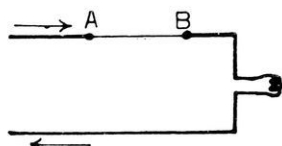
Σχ. 46. Λαμπτήρ φθορισμού.

δραργύρου. Έν συνεχεία δι' ειδικού συστήματος τοῦ ἐκκινητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξάρτημα τοῦ λαμπτήρος, ἐπιτυγχάνεται ἔκρηξις σπινθήρος διὰ τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδραργύρου, ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ ὕδραργύρου ἐκπέμπουν ἤδη μίαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν καλουμένην ὑπεριώδη. Αὕτη προσπίπτει ἐπὶ τῆς φθοριζούσης ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς λυχνίας ἀπὸ ὅπου ἐκπέμπεται ἐν συνεχεία ὀρατὴ ἀκτινοβολία.

Ἡ ἀπόδοσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι περίπου 50%, δηλαδὴ πενταπλασία ὡς ὀκταπλασία τῆς ἀποδόσεως τῶν λαμπτήρων πυρακτώσεως.

3. Ἀσφάλεια ἠλεκτρικῆ τήξεως.

Αἱ ἀσφάλεια ἀποτελοῦνται ἐκ σύρματος λεπτοῦ, σχετικῶς εὐτήκτου, ἀποτελουμένου ἐκ κράματος μολύβδου. Παρεμβάλλονται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ κυκλώματα (σχ. 47) καὶ χρησιμεύουν διὰ τὴν πρόληψιν τυχόν ὑπερεντάσεων, καταστροφικῶν διὰ τὸ κύκλωμα.



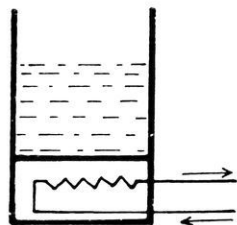
Σχ. 47. Ἀσφάλεια τήξεως.

Ἄν πρὸς στιγμήν ἤ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα αὐξηθῇ πέραν τῆς ἀντοχῆς τοῦ σύρματος AB τῆς ἀσφάλειας, τὸ σύρμα τήκεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται.

Ἀσφάλεια κατασκευάζονται δι' ἀντοχὴν εἰς ρεῦμα ἐντάσεως 5 A, 10 A, 20 A κλπ.

4. Ἡλεκτρικὴ θέρμανσις.

Τὰ διάφορα θερμικὰ ἠλεκτρικὰ σώματα, ὡς αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, οἱ θερμοσίφωνες κλπ., περιέχουν ἀντιστάσεις (σύρματα) αἱ ὁποῖαι θερμαίνονται κατὰ τὴν δίοδον δι' αὐτῶν ἠλεκτρ. ρεύματος. Εἰς αὐτὰ ὀλικῶς σχεδὸν ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα.



Σχ. 48. Ἡλεκτρικὸς θραστήηρ.

Ἡ ἰσχὺς τὴν ὁποίαν καταναλίσκουν εἶναι συνήθως μεγάλη. Οὔτω ἡ ἰσχὺς ἠλεκτρικοῦ σιδήρου εἶναι 450 W μιᾶς ἠλεκτρικῆς κουζίνας περίπου 4500 W, ἐνῶ ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ θραστήηρος 500 W (σχ. 48).

Ἐκ τῆς σχέσεως $P = VI = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$ φαίνεται ὅτι:

Εἰς ἠλεκτρικὰς θερμικὰς συσκευάς, λειτουργούσας ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν, ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἡ ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι μικρά.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Ήλεκτρική ενέργεια.

1. Άγωγός εύρίζεται βυθισμένος έντος 300 g ύδατος. "Όταν διά τοῦ ἄγωγου διέλθῃ ρεύμα ἐπὶ τι χρονικὸν διάστημα ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται ἀπὸ τοὺς 15° C εἰς τοὺς 21° C. Ζητοῦνται, α) ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἀπεδόθη ὑπὸ τοῦ ἄγωγου εἰς τὸ ὕδωρ καὶ β) ἡ καταναλωθεῖσα ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

2. Μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B ἄγωγου ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 110 V. Πόση ἐνέργεια προσφέρεται εἰς φορτίον 1 Cb ὅταν αὐτὸ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A εἰς τὸ B.

3. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τμημα κυκλώματος εἶναι 0,2 A, ἐνῶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ εἶναι 6 V. Ζητεῖται ἡ καταναλισκωμένη ἐνέργεια εἰς τὸ τμημα τοῦ κυκλώματος, εἰς 1 h.

4. Δι' ἑνὸς ἄγωγου, συνδέεται μὲ τὴν γῆν τὸ ἔν σύρμα ρευματοδότη (πρῶτος), τάσεως 220 V ὡς πρὸς τὴν γῆν. Πόση ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια καταναλίσκεται εἰς τὸν ἄγωγὸν διὰ τὴν μεταφορὰν 20 Cb δι' αὐτοῦ πρὸς τὴν γῆν.

5. Ἡλεκτρόνιον κινεῖται μεταξὺ δύο σημείων διαφορᾶς δυναμικοῦ 10.000 V. Ζητεῖται ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ ἠλεκτρόνιον, ἂν τὸ φορτίον του εἶναι $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

II. Ἀντίστασις ἄγωγου.

6. Ἄγωγός διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 0,1 A ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμόζεται τάσις 10 V. Ζητεῖται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου.

7. Ἄγωγός ἀντιστάσεως 500 Ω διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2 A. Ζητεῖται ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα του.

8. Εἰς τὰ ἄκρα δύο χωριστῶν ἀντιστάσεων R_1 καὶ R_2 ἐφαρμόζεται ἡ αὐτὴ τάσις V. Ἄν αἱ ἀντιστάσεις διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων ἀντιστοίχως 0,2 A καὶ 0,6 A, ζητεῖται ὁ λόγος τῶν δύο ἀντιστάσεων.

9. Λαμπτήρ πυρακτώσεως λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 0,5 A. Ζητεῖται ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος.

III. Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς ρεύματος.

10. Ἀντίστασις 100 Ω διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,5 A. Ζητεῖται ἡ καταναλισκωμένη εἰς τὴν ἀντίστασιν ἐνέργεια εἰς 10 h.

11. Ηλεκτρική θερμάστρα ισχύος 2000 W εργάζεται επί 4 h ημερησίως. Πόσον κοστίζει ή χοήσις της τήν ήμέραν, αν 1 Kwh τιμάται 1,20 δραχμάς.
12. Ηλεκτρικόν σίδηρον ισχύος 450 W λειτουργεί υπό τάσιν 220 V. Ζητείται ή αντίστασις τής συσκευής και ή έντασις ήτις διαρρέει ατήν.
13. Ηλεκτρικός βραστήρ έχει ισχύν 500 W. Πόση θερμότης παράγεται εις αυτόν έντός 30 min;
14. Εις θερμοσίφωνα ισχύος 2500 W υπάρχουν 8 dm³ ύδατος θερμοκρασίας 15° C. Επί πόσον χρόνον θερμαινόμενον τὸ ύδωρ αὐτοῦ θά φθάση εις τοὺς 80° C.
15. Εις κύκλωμα ηλεκτρικῆς κουζίνας, μεγίστης ισχύος 4500 W, παρεμβάλλεται ασφάλεια. Ζητείται ποία πρέπει νά εἶναι ή άντοχή τής ασφαλείας εις Ampere.
16. Συσκευή τηλεοράσεως έχει ηλεκτρικὴν ισχύν 300 W. Ζητείται ή κατανάλωσις τής συσκευῆς εις Kwh όταν αἴτη ἐργασθῆ 30 ήμέρας και επί 3 h ήμερησίως.
17. Εις θερμικὴν συσκευὴν ἀναγράφονται αἱ ένδείξεις 250 W και 220 V. Ἐάν ή συσκευή τεθῆ υπό τάσιν 110 V ποία ή έντασις τοῦ ρεύματος ή ὅποια θά διαρρέη τήν συσκευήν;

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΑΓΩΓΟΥ

1. Μεταβολή αντίστασεως αγωγού.

Εἰς κύκλωμα γεννητρίας παρεμβάλλομεν, μεταξὺ δύο σημείων A καὶ B, ἀντίστασιν R (σχ. 49). Ἡ ἀντίστασις R ἀποτελεῖται ἐκ λεπτοῦ σύρματος ἐκ σιδήρου μήκους l.

Κλείομεν τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας διὰ διακόπτου, ὁπότε διὰ τῆς ἀντίστασεως διέρχεται ρεῦμα. Διὰ τοῦ βολτομέτρου V καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου A εὐρίσκομεν ἀντιστοίχως τὴν τάσιν V εἰς τὰ ἄκρα τῆς R καὶ τὴν διαρρέουσαν αὐτὴν ἔντασιν I. Ἡ τιμὴ τῆς ἀντίστασεως εὐρίσκεται ἰση πρὸς $R = V/I$.

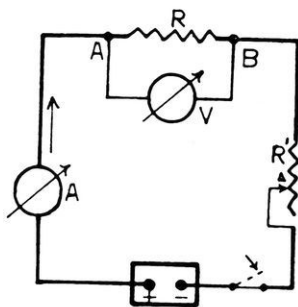
Μεταξὺ τῶν A καὶ B θέτομεν ἓν συνεχεῖα σύρμα πάλιν ἐκ σιδήρου τῆς αὐτῆς μετὰ τὸ ἀρχικὸν τομῆς, διπλασίον ὅμως μήκους 2 l. Μετροῦμεν τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ ὁπότε εὐρίσκομεν αὐτὴν ἰσην πρὸς 2 R, δηλαδὴ διπλασίαν τῆς προηγουμένης (σχ. 50, α). Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι,

ἡ ἀντίστασις αγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος αὐτοῦ
 — Ὁ ροοστάτης R' τὸν ὁποῖον παρεμβάλλομεν συνήθως εἰς τὰ κυκλώματα εἶναι ἀγωγὸς μεταβλητοῦ μήκους. Αὐξάνοντες τὸ μήκος αὐτοῦ παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα μεγάλην ἀντίστασιν, με ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως εἰς τὸ κύκλωμα. Δι' ἐλαττώσεως τοῦ μήκους τοῦ ροοστάτου ἐλαττώνομεν τὴν ἀντίστασίν του, αὐξάνομεν ἐπομένως τὴν ἔντασιν τοῦ κυκλώματος. Ὁ ροοστάτης ἀναφέρεται διὰ τοῦτο καὶ ὡς μεταβλητὴ ἀντίστασις.

— Λαμβάνομεν ἤδη δύο σύρματα ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕλικου τοῦ αὐτοῦ μήκους ἀλλὰ διαφόρου τομῆς. Ἡ ἐπιφάνεια τῆς τομῆς τοῦ ἑνὸς s_1 ἔστω ὅτι εἶναι διπλασία τῆς τομῆς τοῦ ἄλλου s_2 ἤτοι $s_1 = 2 s_2$. Διὰ μετρήσεως τῶν ἀντιστάσεων τῶν δύο συρμάτων εὐρίσκομεν ὅτι, εἶναι $R_2 = 2 R_1$ (σχ. 50, β), ἤτοι,

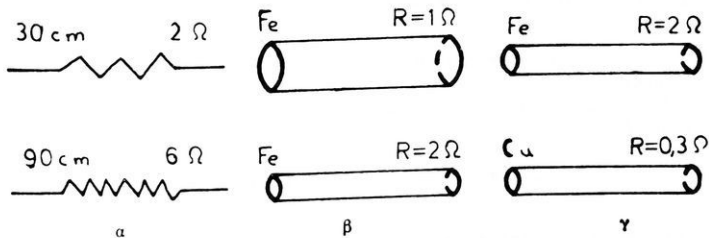
ἡ ἀντίστασις αγωγοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ $\epsilon \mu \beta \alpha \delta \nu$ τῆς τομῆς αὐτοῦ.

— Ἡ ἀντίστασις αγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἐπίσης καὶ ἐκ τοῦ υλικοῦ ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται. Οὔτω, δύο σύρματα τὸ ἓν ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο ἐκ



Σχ. 49. Μέτρησης ἀντίστασεως.

σιδήρου τού αὐτοῦ μήκους καὶ τομῆς ἔχουν διάφορον ἀντίστασιν (σχ. 50, γ). Ἡ ἀντίστασις τού σιδήρου εἶναι μεγαλύτερα τῆς τού χαλκοῦ.



Σχ. 50. Μεταβολαὶ ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ.

2. Εἰδικὴ ἀντίστασις.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηρήσεων δυνάμεθα νὰ γράψωμε διὰ τὴν ἀντίστασιν R τὸ τύπον:

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

ὅπου l τὸ μήκος τού ἀγωγοῦ καὶ σ τὸ ἔμβαδὸν τῆς τομῆς αὐτοῦ. Ὁ συντελεστὴς ρ καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τού ὕλικου τού σώματος.

Διὰ $l = 1 \text{ cm}$ καὶ $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ ἔχομεν $R = \rho$. Παριστᾷ δηλαδὴ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ μήκους 1 cm καὶ τομῆς 1 cm^2 .

Δι' ὠρισμένα ὕλικὰ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις δίδεται κατωτέρω εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$

Ἀργύρου	1,5	Νικελίου	12
Χαλκοῦ	1,7	Ἰδραργύρου	94
Ἀλουμινίου	2,5	Constantan	50
Σιδήρου	10	Χρωμονικελίου	137

Ὁρισμένα ἄλλα σώματα παρουσιάζουν μεγάλας τιμὰς τού ρ , π.χ. διὰ τὸν ἄνθρακα εἶναι $\rho = 5000 \Omega \cdot \text{cm}$, τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ $5 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ διὰ τὸ καουτσούκ $10^{10} \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$.

Ὡς φαίνεται ἐκ τῶν δοθεισῶν τιμῶν:

Τὰ ὕλικὰ ἄργυρος, χαλκὸς καὶ ἀργίλιον παρουσιάζουν τὴν μικροτέραν ἀντίστασιν ἢ τὴν μεγαλύτεραν ἀγωγιμότητα. Οἱ ἀγωγοὶ μεταφορᾶς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας κατασκευάζονται διὰ τοῦτο ἐκ χαλκοῦ ἢ ἀργιλίου, συνήθως δὲ ἐκ κράματος αὐτῶν.

Τὰ ὕλικὰ χρωμονικελίτης, ἄνθραξ, constantan χρησιμοποιοῦνται διὰ κα-

τασκευήν ἀντιστάσεων λόγω τοῦ ὅτι παρουσιάζουν μικρὰν σχετικῶς ἀγωγιμότητα.

Τὸ καουτσούκ χαρακτηρίζεται, λόγω τῆς μεγάλης του εἰδικῆς ἀντιστάσεως, ὡς μονωτικόν. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιεῖται εὐρέως διὰ τὴν μόνωσιν ἠλεκτρικῶν καλωδίων.

Ἐφαρμογή: Ἄγωγός ἐξ ἀλουμινίου ἔχει μήκος 5 km καὶ τομὴν 4 cm². Ζητεῖται ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ.

Διὰ τὸ ἀργίλιον εἶναι $\rho = 2,5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Ἐπειδὴ δὲ εἶναι $l = 5 \text{ km} = 500000 \text{ cm}$ καὶ $\sigma = 4 \text{ cm}^2$ ἔχομεν:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = 2,5 \cdot \frac{500000}{4} = 312500 \mu\Omega = 0,312 \Omega.$$

3. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

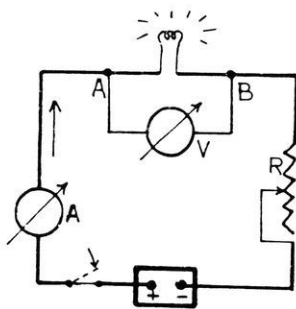
Εἰς κύκλωμα γεννητριᾶς (σχ. 51) παρεμβάλλομεν λαμπτήρα πυρακτώσεως. Ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην R τοῦ κυκλώματος ὥστε τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος μόλις νὰ ἐρυθροπορευοῖται. Μετροῦμεν ἤδη τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος τοῦ λαμπτήρος, δι' ἀναγνώσεως τῶν ἐνδείξεων τοῦ βολτομέτρου V καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου A.

Ἐλαττώνομεν ἐν συνεχείᾳ τὴν ἀντίστασιν εἰς τὸ κύκλωμα διὰ τοῦ ροοστάτου ὁπότε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἐντονώτερον. Μετροῦμεν πάλιν τὴν ἀντίστασιν τοῦ λαμπτήρος, εἰς τὴν νέαν κατάστασιν. Εὐρίσκομεν αὐτὴν τώρα μεγαλυτέραν τῆς προηγουμένης.

Ἡ αὔξησις τοῦ φωτισμοῦ τοῦ λαμπτήρος ὀφείλεται, ὡς γνωστόν, εἰς τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ σύρματος αὐτοῦ. Ἐπομένως ἀνωτέρω παρατηροῦμεν αὔξησιν τῆς ἀντιστάσεως τοῦ σύρματος δι' αὔξησεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ. Τὸ παρατηρηθὲν φαινόμενον ἰσχύει δι' ὅλα γενικῶς τὰ μέταλλα.

Εἰς τὸν ἄνθρακα, δι' αὔξησεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ, παρατηροῦμεν ἐλάττωσιν τῆς ἀντιστάσεώς του.

Εἰς ὠρισμένα κράματα μετάλλων, ὡς εἰς τὰ κράματα τοῦ νικελίου μετὰ τοῦ χαλκοῦ (constantan, μαγγανίτης κ.ἄ.) παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀντίστασις των παραμένει σταθερὰ μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Διὰ τοῦτο τὰ ὑλικά αὐτὰ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν σταθερῶν ἢ προτύπων ἀντιστάσεων καὶ εἰς τὰ ὄργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων.

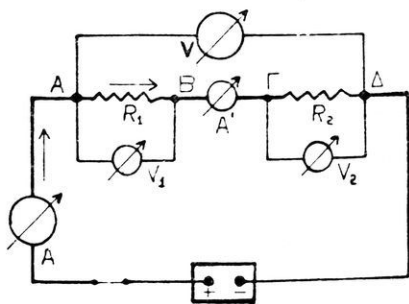


Σχ. 51. Μεταβολὴ ἀντιστάσεως.

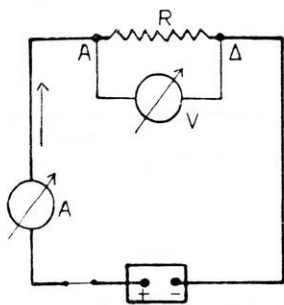
ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

1. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Εἰς τὸ σχῆμα 52 αἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 συνδέονται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα τῆς γεννητριάς. Ζητοῦμεν γὰ εἴρωμεν ἀντίστασιν R (σχ. 53) ἢ ὁποία νὰ δύναιτο νὰ ἀντικαταστήσῃ τὰς δύο αὐτὰς ἀντιστάσεις. Ἡ ἀντίστασις R εἶναι ἡ ἰσοδύναμος τῶν R_1 καὶ R_2 .



Σχ. 52. Ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.



Σχ. 53. Ἴσοδύναμος ἀντίστασις.

Εἰς τὸ σχῆμα 52 τὸ ἀμπερόμετρον Λ δεῖχνει τὴν αὐτὴν ἔνδειξιν μὲ τὸ ἀμπερόμετρον Λ' . Κατὰ μῆκος ἐπομένως τοῦ κυκλώματος ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ ἤτοι:

$$I = I_1 = I_2$$

ὅπου I_1 καὶ I_2 αἱ διαφορέουσαι τὰς ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 ἐντάσεις.

Διὰ βολτομέτρων εἰρρίζεται ἐπίσης ὅτι αἱ τάσεις V_1 καὶ V_2 εἰς τὰ ἄκρα τῶν ἀντιστάσεων R_1 καὶ R_2 συνδέονται μετὰ τῆς τάσεως V , εἰς τὰ τελικὰ ἄκρα αὐτῶν Λ καὶ Δ , διὰ τῆς σχέσεως.

$$V = V_1 + V_2$$

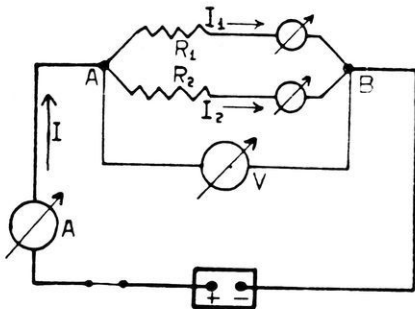
Ἐπειδὴ ὁμοῦς εἶναι $R = V/I$ ἔχομεν:

$$R = \frac{V_1 + V_2}{I} = \frac{V_1}{I} + \frac{V_2}{I} = R_1 + R_2$$

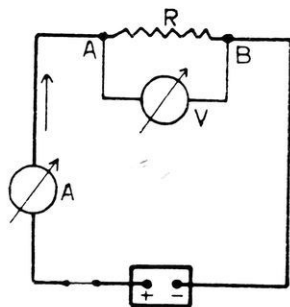
Κατά την σύνδεσιν, ἐπομένως, ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ ἰσχύουν αἱ σχέσεις,
 $I = I_1 = I_2$, $V = V_1 + V_2$ καὶ $R = R_1 + R_2$.

2. Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ.

Εἰς τὸ σχῆμα 54 αἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 συνδέονται παραλλήλως. Τὸ ρεύμα εἰσέρχεται εἰς αὐτὰς ἀπὸ τοῦ κοινοῦ σημείου (κόμβου) Α καὶ ἐξέρχεται ἐπίσης ἐκ τοῦ κοινοῦ σημείου Β.



Σχ. 54. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων.



Σχ. 55. Ὀλικὴ ἀντίστασις.

Εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν ἡ τάσις V εἶναι κοινὴ καὶ διὰ τὰς δύο ἀντιστάσεις, ἥτοι εἶναι $V = V_1 = V_2$.

Δι' ἀμπερομέτρων ἐπίσης εὐρίσκεται ὅτι $I = I_1 + I_2$. Ἡ ἔντασις δηλαδὴ I κατανέμεται ἐκ τοῦ κόμβου Α εἰς τὰς δύο ἀντιστάσεις.

Ἡ ἰσοδύναμος ἢ ὅλικη ἀντίστασις αὐτῶν R εὐρίσκεται ἤδη ὡς ἑξῆς:

$$\text{εἶναι } R = \frac{V}{I} \text{ ἢ } \frac{1}{R} = \frac{I}{V} \text{ καὶ } \frac{1}{R} = \frac{I_1 + I_2}{V} = \frac{I_1}{V} + \frac{I_2}{V} \text{ ἔξ ἧς } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \text{ ἢ } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Εἰς τὴν παράλληλον ἐπομένως σύνδεσιν ἰσχύουν αἱ σχέσεις:

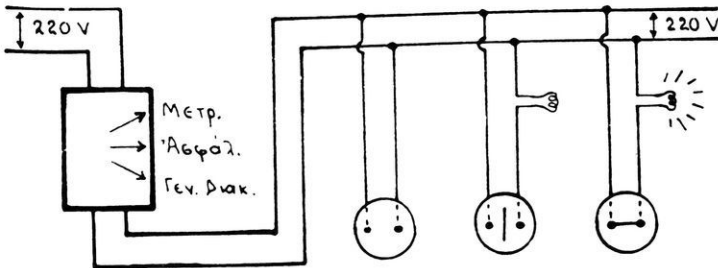
$$I = I_1 + I_2, \quad V = V_1 = V_2 \quad \text{καὶ} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

3. Διανομὴ ηλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐκ τοῦ γενικοῦ δικτύου τῆς πόλεως λαμβάνεται ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια διὰ δύο ἀγωγῶν. Μεταξὺ αὐτῶν ἐπικρατεῖ τάσις 220 V (σχ. 56).

Οἱ ἀγωγοὶ διέρχονται δι' ἐνὸς μετρητοῦ καὶ ἀσφαλειῶν καὶ ἐν συνεχείᾳ ὀδηγοῦνται εἰς τὴν κατανάλωσιν.

Αί διάφοροι καταναλώσεις, λαμπτήρες, θραστήρες κλπ., συνδέονται πα-
ραλλήλως πρὸς τὴν τάσιν. Εἰς τὰ ἄκρα δηλαδή ἐκάστης συσκευῆς ἐπικρατεῖ τάσις
220 V, ἐνῶ τὰ ρεύματα ὅλων τῶν συσκευῶν προστίθενται καὶ διέρχονται διὰ



Σχ. 56. Διανομὴ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

τοῦ αὐτοῦ μετρητοῦ. Ὁ μετρητὴς μετρεῖ τὴν καταναλισκωμένην ἠλεκτρικὴν ἐνέρ-
γειαν εἰς τὴν ἐγκατάστασιν, εἰς Kwh.

Ἄν οἱ δύο ἀγωγοὶ μεταξὺ τῶν ὁποίων ἡ τάσις εἶναι 220 V, ἔρθουν εἰς
ἐπαφὴν, ἔχομεν βραχυκύκλωμα. Δι' αὐτῶν τότε διέρχεται μέγιστον ρεύ-
μα τὸ ὁποῖον δύναται νὰ καταστρέψῃ τὴν ἐγκατάστασιν. Πρὸς τοῦτο εἰς ἕκα-
στον κύκλωμα, ὑπάρχει σύρμα ἀσφαλείας ἢ γενικῶς ἀσφάλεια διὰ τῆς ὁποίας δια-
κόπτεται τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν εἴσοδον καὶ ἔξοδον τοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ μετρη-
τοῦ ὑπάρχουν ἐπίσης γενικαὶ ἀσφάλεια.

Εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τὸ μεταλλικὸν σῶμα αὐτῶν συνδέεται μὲ
τὴν γῆν δι' ἀγωγοῦ, ἔχομεν δηλαδή γείωσιν. Ἄν ἀπὸ θλάβην τῆς συσκευῆς
ἔν ἠλεκτροφόρον καλώδιον ἔρθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ σῶμα τῆς συσκευῆς, διὰ τῆς
γειώσεως μεταφέρεται τὸ ρεῦμα πρὸς τὴν γῆν. Ἄνευ τῆς γειώσεως ὑπάρχει ὁ
κίνδυνος τῆς διαρροῆς τῶν φορτίων ἐκ τῆς συσκευῆς διὰ τοῦ σώματός μας πρὸς
τὴν γῆν, ὑπάρχει δηλαδή κίνδυνος ἠλεκτροπληξίας.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Αντίστασις άγωγού.

1. Άγωγός έχει μήκος 60 cm και αντίστασιν 2 Ω. Ζητείται ή αντίστασις 20 cm εκ του άγωγού.
2. Δύο άγωγοί εκ χαλκού έχουν τό αυτό μήκος. Η τομή του ένός είναι 0,2 cm² ένω του άλλου 4 mm². Αν ή αντίστασις του πρώτου είναι 10 Ω, ζητείται ή αντίστασις του δευτέρου.
3. Άγωγός έχει μήκος 12 Km και διάμετρον 1,2 cm. Αν ή ειδική αντίστασις αυτού είναι $2,4 \cdot 10^{-8}$ Ω.cm, ζητείται ή αντίστασις του άγωγού.

II. Σύνδεσις αντίστάσεων.

4. Τρεις αντίστάσεις 2 Ω, 3 Ω και 0,5 Ω συνδέονται έν σειρά. Είς τά άκρα αυτών εφαρμόζεται τάσις 6 V. Ζητούνται, α) ή όλική των αντίστασις, β) ή διαρρέουσα αυτών έντασις ρεύματος και γ) ή τάσις είς τά άκρα εκάστης.
5. Δύο αντίστάσεις 4 Ω και 12 Ω συνδέονται καταλλήλως. Είς τά άκρα των εφαρμόζεται τάσις 4 V. Ζητούνται α) ή όλική αντίστασις αυτών, β) ή έντασις του ρεύματος είς εκάστην και γ) ή όλική έντασις είς τό κύκλωμα.
6. Είς κατοικίαν λειτουργούν συγχρόνως δύο λαμπτήρες των 60 W, 220 V και είς θραστήη 500 W, 220 V. Ζητείται ή έντασις του ρεύματος ή διαρρέουσα τόν μετροτήη.
7. Είς κύκλωμα κατοικίας ύπάρχει ασφάλεια 5 A. Ποιάς ισχύος συσκευή δύναται νά συνδεθί είς τό κύκλωμα;
8. Συνδέομεν έν σειρά δύο λαμπτήρας μέ χαρακτηριστικά 60 W, 220 V και 30 W, 110 V αντίστοίχως. Έν συνεχεία τάς συνδέομεν είς δίκτυον 220 V. Ζητούνται α) ή έντασις του ρεύματος εκάστου λαμπτήρος, β) εάν ύπάρχη περίπτωσης καταστροφής του δευτέρου λαμπτήρος και γ) ή τάσις είς τά άκρα εκάστου.
9. Η ηλεκτρική συσκευή 220 W, 110 V πρόκειται νά συνδεθί είς δίκτυον 220 V. Ποία αντίστασις πρέπει νά συνδεθί έν σειρά προς τήν συσκευήν αν γνωρίζωμεν ότι ή συσκευή είναι απαραίτητον νά λειτουργή είς 110 V.
10. Είς κατοικίαν λειτουργούν α) ήλεκτρική κουζίνα ισχύος 2500 W επί 3 h ήμερησίως και β) τρεις λαμπτήρες 75 W επί 6 h ήμερησίως έκαστος. Αν ή

ἄρχικὴ ἔνδειξις τοῦ μετρητοῦ εἶναι 3621 Kwh, ποία ἡ ἔνδειξις αὐτοῦ εἰς τὸ τέλος τῆς ἡμέρας;

11. Ἡλεκτρικὸν σίδηρον 500 W, 220 V καὶ θερμοσίφων 1500 W, 220 V συνδέονται παραλλήλως εἰς δίκτυον 220 V. Ζητοῦνται α) ἐκ ποίας συσκευῆς διέρχεται περισσότερον ρεῦμα, β) ἐὰν ἀσφάλειαι τῶν 10 A εἶναι ἀρκετὴ διὰ τὴν ταυτόχρον λειτουργίαν των, γ) ἡ ἀντίστασις ἐκάστης συσκευῆς καὶ δ) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸν κοινὸν ἀγωγόν.

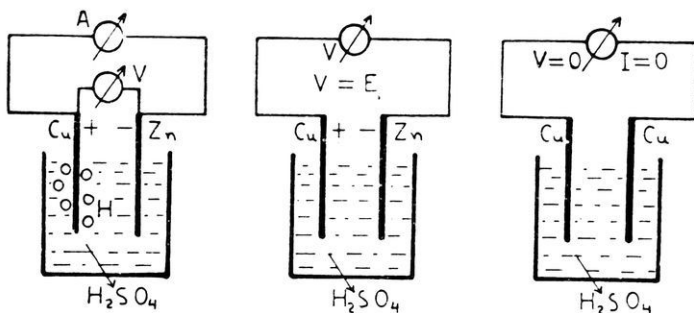
12. Ἀμπερόμετρον καὶ βολτόμετρον εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ εἰς τὸ αὐτὸ κύκλωμα. Ἄν ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου εἶναι 0,5 A τοῦ δὲ βολτομέτρου 200 V, ζητεῖται ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου.

13. Ἀντίστασις AB εἶναι ἴση πρὸς 4 Ω. Εἰς τὸ σημεῖον B συνδέονται ἐν συνεχείᾳ παραλλήλως δύο ἀντιστάσεις ΒΓ ἀντιστοίχως ἴσαι πρὸς 3 Ω καὶ 6 Ω. Ζητεῖται ἡ ὅλικὴ ἀντίστασις ΑΓ.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ - ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΕΜΦ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ

1. Ἡλεκτρικὸν στοιχείον.

Λαμβάνομεν ὑάλινον δοχεῖον ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον προσθέτομεν ὀλίγας σταγόνας θειικοῦ ὀξεύς. Ἐντὸς τοῦ ὕδατος βυθίζομεν δύο μεταλλικὰς πλάκας, τὴν μίαν ἐκ χαλκοῦ καὶ τὴν ἄλλην ἐκ ψευδαργύρου (σχ. 7). Συνδέομεν ἐν συνεχείᾳ τὰς δύο πλάκας μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου.



Σχ. 57. Ἡλεκτρικὸν στοιχείον. Σχ. 58. Μέτρησης emf. Σχ. 59. Ἡ emf = 0.

Διὰ τοῦ βολτομέτρου παρατηροῦμεν ὅτι, μεταξὺ τῶν δύο πλάκων τῆς συσκευῆς ἐμφανίζεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἐὰν αἱ πλάκες συνδεθοῦν δι' ἀμπερομέτρου τοῦτο θὰ δεικνύη διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Τὸ ἀνωτέρω ἐπομένως σύστημα τῶν δύο πλάκων καὶ τοῦ ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖ μίαν γεννήτριαν ρεύματος, καλεῖται δὲ ἠλεκτρικὸν στοιχείον. Αἱ δύο πλάκες ἀποτελοῦν τὰ ἠλεκτρόδια ἢ πόλους τοῦ στοιχείου.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν στοιχείον, δι' ἀμπερομέτρου φαίνεται ὅτι, εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἐκ τοῦ Cu πρὸς τὸν Zn . Ἡ πλάξ ἐπομένως τοῦ Cu ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ στοιχείου ἐνῶ ἡ τοῦ Zn τὸν ἀρνητικόν.

Ἡ ἐμφανιζομένη μεταξὺ τῶν δύο πλάκων διαφορὰ δυναμικοῦ καλεῖται ἠλεκτρογενετική δύναμις τοῦ στοιχείου καὶ παρίσταται διὰ E ἢ emf (electromotive force). Αὕτη μετρεῖται διὰ βολτομέτρου εἰς Volts ὅταν διὰ τοῦ στοιχείου δὲν

διέρχεται ρεύμα (σχ. 58). Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 57, καθ' ἣν διέρχεται ρεύμα διὰ τῆς γεννητρίας καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου ἢ μετρομένη διαφορά δυναμικοῦ εἶναι μικρότερα τῆς emf .

Ἄν ἀντὶ ἠλεκτρολύτου εἰς τὸ ἀνωτέρω σύστημα ἔχομεν ὕδωρ ἀπεσταγμένον, μεταξὺ τῶν πλακῶν δὲν θὰ ἔχομεν emf .

Ἐπίσης, δὲν θὰ ἔχομεν ἐμφάνισιν emf ἂν, ἐνῶ ἔχομεν διάλυμα ἠλεκτρολύτου, χρησιμοποιοῦμεν ἠλεκτρόδια ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕλικου (σχ. 59).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι,

ἠλεκτρογενετική δύναμις ἐμφανίζεται μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ἀγωγῶν (πλακῶν) ἐκ διαφόρου ὕλικου βυθιζομένων ἐντὸς ἠλεκτρολύτου.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου ἠλεκτρόνια ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου αὐτοῦ κινοῦνται, διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος, πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἐκ τῆς πηγῆς δηλαδὴ παρέχεται ἐνέργεια ἠλεκτρικὴ εἰς τὰ φορτία. Ἡ ἠλεκτρικὴ αὐτὴ ἐνέργεια ὀφείλεται εἰς καταναλωθεῖσαν ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἰσοδύναμον $\chi\eta\mu\iota\kappa\acute{\eta}\nu\ \acute{\epsilon}\nu\acute{\epsilon}\rho\gamma\epsilon\iota\alpha\nu$. Ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἔχομεν ἐπίδρασιν τοῦ θεϊκοῦ ὀξεῖος ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ Ζη μὲ ἀποτέλεσμα τὴν διάβρωσιν αὐτοῦ.

2. Πόλωσις ἠλεκτροδίων.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν στοιχεῖον, γνωστὸν ὡς στοιχ. Volta, συνδέομεν τοὺς δύο πόλους δι' ἐνὸς βολτομέτρου. Τὸ βολτόμετρον παρέχει τὴν emf τοῦ στοιχείου, ἡ τιμὴ δὲ αὐτῆς συνεχῶς ἐλαττοῦται καὶ τείνει βραδῶς πρὸς τὸ μηδέν. Ἄν ἀντὶ βολτομέτρου χρησιμοποιήσωμεν ἀμπερόμετρον δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεύμα τὸ ὁποῖον μηδενίζεται ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου. Καὶ εἰς τὰς δύο ἀνωτέρω περιπτώσεις παρατηροῦμεν ὅτι τελικῶς τὸ ρεύμα, εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ στοιχείου, διακόπτεται.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ καλεῖται πόλωσις τοῦ στοιχείου.

Ἄν μετὰ τὴν πόλωσιν τοῦ στοιχείου ἀπομακρύνομεν ἐκ τῶν ἠλεκτροδίων τὰς συγκεντρωθείσας κατὰ τὴν ἠλεκτρολυσιν φουαλίδας ἀερίων, παρατηροῦμεν ὅτι ἐμφανίζεται πάλιν emf . Ἡ πόλωσις ἐπομένως τῶν ἠλεκτροδίων ὀφείλεται εἰς τὴν συσσώρευσιν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων ἀερίων, ἢ ἄλλως εἰς τὴν ἀλλοίωσιν τῶν ἠλεκτροδίων.

3. Ἀντιπολωτικά στοιχεῖα.

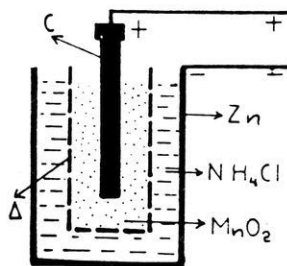
Εἰς τὰ ἀντιπολωτικά στοιχεῖα ἀποφεύγεται ἡ ἀλλοίωσις τῶν ἠλεκτροδίων. Γνωστὸν ἀντιπολωτικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ στοιχεῖον Leclanché (σχ. 60). Ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς δοχείου ἐκ ψευδαργύρου (τσίζκου) ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει διά-

λυμα χλωριούχου άμμωνίου. Είς τὸ διάλυμα βυθίζεται ἐν πορῶδες δοχεῖον ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχονται πυρολουσίτης καὶ ἐν ἠλεκτρόδιον ἐξ ἄνθρακος.

Ὁ ἄνθραξ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ στοιχείου. Τὸ ὑδρογόνον τὸ ὁποῖον βαίνει πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, ἐνοῦται μετὰ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ πυρολουσίτου καὶ σχηματίζει ὕδωρ. Οὕτω ἀποφεύγεται ἡ ἀπόθεσις αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ἄνθρακος ἀποφεύγεται δηλαδή ἡ πόλωσις τοῦ στοιχείου.

Ἡ emf τοῦ στοιχείου Leclanché εἶναι 1.5 V.

Ἄν εἰς στοιχείον Leclanché τὸ χλωριούχον ἄμμωνιον ἐμποτισθῇ εἰς προνίδια ἢ κυτταρίνην σχηματίζεται τὸ ξηρὸν στοιχεῖον. Τὰ χρησιμοποιούμενα εἰς ἠλεκτρικοὺς φανούς, φορητὰ ραδιόφωνα κλπ. στοιχεῖα, εἶναι ξηρὰ στοιχεῖα Leclanché. Συνήθως χρησιμοποιοῦνται περισσότερα τοῦ ἐνὸς στοιχεῖα ἀποτελοῦντα μίαν στήλην ἠλεκτρικῶν στοιχείων.



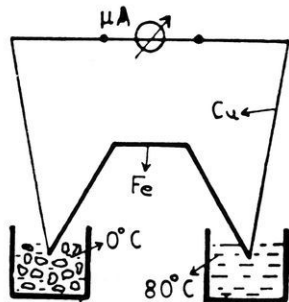
Σχ. 60. Στοιχείον Leclanché.

4. Θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα.

Εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγῶν ἐκ σιδήρου (ἐλάσματα) συνδέομεν δύο ἀγωγούς ἐκ χαλκοῦ (ἐλάσματα). Τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τῶν ἀγωγῶν ἐκ χαλκοῦ τὰ συνδέομεν μετὰ τοὺς ἀκροδέκτας εἰσισθήτου ἀμπερομέτρου (μικροαμπερομέτρου), ὅποτε σχηματίζομεν ἐν κύκλωμα ἐκ τῶν ἀγωγῶν.

Βυθίζομεν ἐν συνεχεῖα τὰς ἐπαφὰς σιδήρου - χαλκοῦ τὴν μίαν εἰς τριμίματα πάγου καὶ τὴν ἄλλην εἰς θερμὸν ὕδωρ (σχ. 61). Διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου παρατηροῦμεν ἤδη ὅτι διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἔχομεν δημιουργίαν ἐνὸς στοιχείου.

Ἄν αἱ δύο ἐπαφαὶ σιδήρου χαλκοῦ εὐρίσκονται εἰς περιβάλλον τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας, εἰς τὸ κύκλωμα δὲν παρατηρεῖται διόδος ρεύματος. Ἡ αἰτία ἐπομένως ἐμφανίσσεως emf, εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ὀφείλεται εἰς τὴν ὑπάρχουσαν μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν διαφορὰν θερμοκρασίας.



Σχ. 61. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Τὸ παρατηρούμενον ἀνωτέρω φαινόμενον ἐμφανίσεως emf καλεῖται θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον τὸ δὲ περιγραφὴν στοιχείον θερμοηλεκτρικόν.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἢ διερχομένη διὰ τοῦ κυκλώματος ὠρισμένον θερμοηλεκτρικῶν στοιχείου εἶναι ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς θερμοκρασίας μεταξύ τῶν δύο ἐπαφῶν.

Θερμοηλεκτρικαὶ στήλαι χρησιμοποιοῦνται, σήμερον εὐθέως διὰ τὴν εὑρεσιν διαφορᾶς θερμοκρασιῶν, μεταξύ δύο σημείων.

ΙΣΧΥΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ - ΣΥΝΔΕΣΙΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

1. Ίσχυς γεννητριάς

Είς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 62 περιλαμβάνεται γεννήτρια καὶ ἀντίστασις R . Ὄταν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα εἰς τὰ διάφορα τμήματα αὐτοῦ (ἀντιστάσεις) ἔχομεν κατανάλωσιν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας καὶ ἐμφάνισιν θερμικῆς ἀντιστοίχως.

Ἄν P εἶναι ἡ καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἰσχύς εἰς τὸ κύκλωμα, αὕτη παρέρχεται ἐκ τῆς γεννητριάς καὶ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα. Ἦτοι εἶναι :

$$P = E \cdot I$$

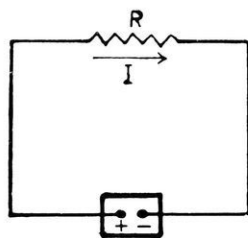
Ὁ συντελεστὴς E συνδέει τὴν ἰσχὴν P μὲ τὴν ἔντασιν I τοῦ κυκλώματος καὶ παριστᾷ τὴν ἠλεκτρογενετικήν δύναμιν (emf) τῆς γεννητριάς.

Ἡ emf μετρεῖται εἰς Volts ὅταν $P =$ Watts καὶ $I =$ Amp.



$$V_{AB} = V$$

$$P = V \cdot I$$



$$E = \text{emf}$$

$$P = E \cdot I$$

Σχ. 62. Κύκλωμα γεννητριάς.

2. Νόμος τοῦ Ohm εἰς κύκλωμα γεννητριάς.

Ἄν R εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις κυκλώματος γεννητριάς καὶ r ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητριάς τότε, ἂν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , ἡ καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἰσχύς θὰ εἶναι $RI^2 + rI^2$. Αὕτη εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἰσχὴν τῆς γεννητριάς, ἐπομένως εἶναι :

$$P = E \cdot I = RI^2 + rI^2 \quad \eta \quad E = RI + rI = (R + r) \cdot I$$

Ἄν διὰ $R_{ολ}$ παραστήσωμεν τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν $R + r$ τοῦ κυκλώματος λαμβάνομεν τὸ νόμον τοῦ Ohm εἰς κύκλωμα γεννητριάς ὑπὸ τὴν μορφήν :

$$E = R_{ολ} \cdot I$$

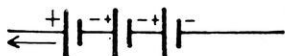
Ἡ σχέσις αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν σχέσιν $V = R \cdot I$ ἥτις ἰσχύει διὰ τμήμα κυκλώματος.

Ἐφαρμογή: Στοιχείον Leclanché emf 1,5 V παρέχει εἰς ἑξωτερικὴν ἀντίστασιν 6Ω ρεύμα ἐντάσεως 0,2A. Ζητεῖται ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου.

Εἶναι $E = R_{ολ} \cdot I$ καὶ $1,5 = (6 + r) \cdot 0,2$ ἐξ ἧς $r = 1,5\Omega$.

3. Σύνδεσις γεννητριῶν.

Αἱ γεννήτριαι εἶναι δυνατὸν νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρά, ἐν παραλλήλῳ καὶ μικτῶς. Κατὰ τὴν ἐν σειράν σύνδεσιν (σχ. 63, α) ὁ θετικὸς πόλος τῆς μιᾶς γεννητριάς συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν τῆς ἄλλης, ὁ θετικὸς ἐν συνεχείᾳ τῆς δευτέρας μὲ τὸν ἀρνητικὸν τῆς τρίτης κ.ο.κ. Ἡ emf τοῦ συστήματος εἶναι:

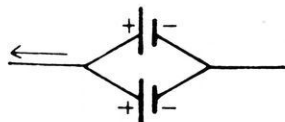


$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

ὅπου E_1, E_2, \dots αἱ emf ἐκάστης τῶν γεννητριῶν.

Εἰς τὴν ἐν παραλλήλῳ σύνδεσιν (σχ. 63, β), ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν ἐνοῦνται μεταξύ των καὶ παρέχουν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συστήματος, ἐνῶ οἱ ἀρνητικοὶ ἐνοῦνται ἐπίσης μεταξύ των δίδον τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συστήματος. Διὰ $E_1 = E_2 = E_3 = \dots$ εἶναι καὶ $E =$



$$E = E_1 = E_2$$

Σχ. 63. Σύνδεσις γεννητριῶν.

$E_1 = E_2 = \dots$ ὅπου E ἡ emf τοῦ συστήματος.

Ἐφαρμογή: Δύο στοιχεῖα emf $E_1 = 1,5$ V καὶ $E_2 = 1,3$ V καὶ ἑσωτερικῶν ἀντιστάσεων $r_1 = 2,5$ Ω καὶ $r_2 = 1,5$ Ω συνδέονται ἐν σειρά μὲ ἑξωτερικὴν ἀντίστασιν 20 Ω. Ζητεῖται ἡ ἔντασις τοῦ κυκλώματος.

Εἶναι $E = 1,5 + 1,3 = 2,8$ V, $R_{ολ} = 20 + 2,5 + 1,5 = 24$ Ω, ὁπότε $2,8 = 24 \cdot I$ καὶ

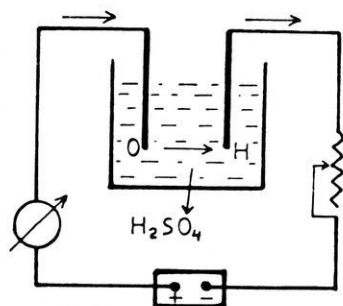
$$I = \frac{2,8}{24} = 0,12$$
 A.

Ἐὰν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν κατ' ἀντίθεσιν εἶναι $E = E_1 - E_2 = 1,5 - 1,3 = 0,2$ V.

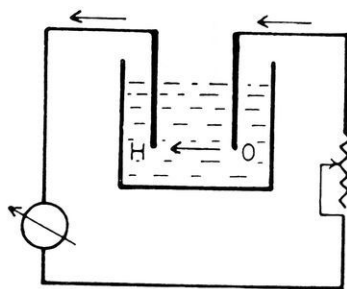
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

1. Πόλωσης ηλεκτροδίων βολταμέτρου.

Δι' ενός βολταμέτρου με ὅμοια ἠλεκτρόδια, περιέχοντος διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος εἰς ὕδωρ, διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (σχ. 64). Μετ' ὀλίγον χρόνον διακόπτομεν τὸ ρεῦμα καὶ συνδέομεν τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου δι' ἑνὸς ἀμπερομέτρου, χωρὶς νὰ ὑπάρχη εἰς τὸ κύκλωμα ἡ γεννήτρια (σχ. 65). Παρατηροῦμεν ὅτι, τὸ ἀμπερομέτρον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ βολταμέτρον δηλαδὴ κατέστη πηγὴ ἠλεκτροικῆς ἐνεργείας, ἥτοι γεννήτρια.



Σχ. 64. Πόλωσης ἠλεκτροδίων.



Σχ. 65. Ρεῦμα πόλωσης.

Τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ βολταμέτρον ὡς γεννήτρια εἶναι ἀντίθετον πρὸς τὸ ρεῦμα τροφοδοτήσεως. Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι, ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια παρέχεται εἰς τὸ βολταμέτρον καὶ ἀποταμιεύεται ὡς χημικὴ, ἐν συνεχείᾳ αὐτὴ ἀποδίδεται εἰς τὸ κύκλωμα πάλιν ὡς ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Κατὰ τὴν τροφοσίτησιν τοῦ βολταμέτρου, εἰς τὰ ἠλεκτρόδια αὐτοῦ ἀποτίθενται μονομοριακαὶ στιβάδες ἀερίων ὀξυγόνου καὶ ὑδρογόνου ἀντιστοίχως. Τὰ ἠλεκτρόδια οὕτω ἀλλοιοῦνται, ἔχομεν δηλαδὴ πόλωσιν αὐτῶν. Ἡ ἀλλοίωσις ὅμως τῶν ἠλεκτροδίων, δηλαδὴ ἡ πόλωσις αὐτῶν, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν δημιουργίαν ἀσυμμετρίας ἀγωγῶν ἐπομένως ἐμφάνισιν *emf*.

Ἐὰν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου συνδεθῶν δι' ἀμπερομέτρον πρὸ τῆς διόδου δι' αὐτοῦ ρεύματος, οὐδεμίαν θὰ ἔχωμεν ἔνδειξιν ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσηιν αὐτὴν ἔχομεν συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν.

2. Συσσωρευται μολύβδου.

Διὰ τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου ἐπιτυγχάνεται ὥστε νὰ ἔχωμεν ρεῦμα πολώσεως ἐπ' ἀρκετὸν χρόνον.

Οὗτοι περιέχουν ὡς ἠλεκτρολύτην διάλυμα θειικοῦ ὀξέος καὶ ὡς ἠλεκτρόδια πλάκας ἐκ μολύβδου. Ἰπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ θειικοῦ ὀξέος τὰ ἠλεκτροδία του καλύπτονται ὑπὸ $PbSO_4$.

Ὅταν διὰ τοῦ συσσωρευτοῦ διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τὰ ἠλεκτροδία του ἀλλοιοῦνται ὑπὸ τῶν ἀποτιθεμένων εἰς αὐτὰ ἀερίων ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Ὁξυτω μετατρέπονται ἀντιστοίχως εἰς PbO_2 καὶ Pb . Ἔχομεν δηλαδή πόλωσιν τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ φάσις αὐτὴ ἐργασίας ὀρίζεται ὡς φ ὀ ρ τ ι σ ι ς τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ἐὰν ἤδη συνδέσωμεν τὴ ἠλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν (σ.χ. 65), θὰ ἔχωμεν ρεῦμα πολώσεως. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔχει φορὰν ἀντίθετον τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως. Αἱ ἀποθέσεις ἐπομένως τῶν ἀερίων ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου θὰ γίνουιν εἰς ἀντίθετα τῶν προηγουμένων ἠλεκτροδία. Διὰ τῶν ἀερίων αὐτῶν τὰ ἠλεκτροδία μετατρέπονται καὶ πάλιν εἰς $PbSO_4$, ὁπότε ἔχομεν συμμετρίαν ἀγωγῶν μὲ συνέπειαν τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος πολώσεως. Κατὰ τὴν ἀνωτέρω λειτουργίαν τοῦ συσσωρευτοῦ ἔχομεν ἀποφόρτισιν αὐτοῦ.

Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς μολύβδου εἶναι δυνατόν νὰ ἀποταμιευθοῦν μεγάλαι ποσότητες ἠλεκτρικῶν φορτίων, αἱ ὁποῖαι ἀποδίδονται κατὰ τὴν ἀποφόρτισιν. Ἢ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ παρέχει τὸ φορτίον τὸ ὁποῖον οὐδὲς ἀποδίδει. Ἡ χωρητικότης μετρεῖται εἰς ἀμπερώρια (Ah) ἐκ τῆς σχέσεως $Q = I \cdot t$, ὅταν ἡ ἔντασις παρέχεται εἰς A καὶ ὁ χρόνος εἰς h.

Οὔτω, συσσωρευτῆς αὐτοκινήτου χωρητικότητος 60 Ah παρέχει εἰς κῶκλωμα ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἐπὶ χρόνον $t = \frac{Q}{I} = \frac{60}{0,5} = 120 \text{ h}$.

Οἱ συσσωρευταὶ φορτίζονται μὲ μεγάλην ἔντασιν, συνήθως τὸ δέκατον τῆς χωρητικότητός των. Συσσωρευτῆς π.χ. 60 Ah φορτίζεται ὑπὸ ρεύματος 6 A. Τὸ τέλος τῆς φορτίσεως συσσωρευτοῦ φαίνεται ἐκ τῶν ἀφθόνων ἀερίων τὰ ὁποῖα ἐξέρχονται ἐκ τῶν ἠλεκτροδίων του ἢ ἀπὸ τὸ καστανέρυθρον χροῖμα τὸ ὁποῖον λαμβάνει ὁ θειικός του πόλος. Ἡ emf συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι 2 V καὶ διατηρεῖται σταθερὰ καθ' ὅλην σχεδὸν τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας του.

Οἱ συσσωρευταὶ τῶν αὐτοκινήτων φορτίζονται ὑπὸ μιᾶς γεννητρίας (dynampos) ἢ ὁποῖα λειτουργεῖ κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ αὐτοκινήτου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Ηλεκτρικά πηγές.

1. Ηλεκτρική σήλη έχει emf 10 V και εσωτερική αντίσταση 10 Ω. Συνδέεται με εξωτερική αντίσταση 4 Ω. Ζητούνται, α) η ένταση του ρεύματος εις τὸ κύκλωμα, β) ἡ διαφορά δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως τῶν 4 Ω, γ) ἡ διαφορά δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα τῆς σήλης ὅταν αὕτη διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ δ) ἡ διαφορά δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα αὐτῆς ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

2. Γεννήτρια ἔχει emf ἴση πρὸς 120 V καὶ παρέχει εις ἐξωτερικὸν κύκλωμα ρεῦμα ἐντάσεως 20 A. Ἐάν ἡ διαφορά δυναμικοῦ εις τὰ ἄκρα τῆς γεννητρίας εἶναι 110 V, ζητεῖται ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας.

3. Εἰς κύκλωμα ὑπάρχον ἐν σειρά α) γεννήτρια emf 60 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,2 Ω, β) ἐπίσης γεννήτρια emf 12 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 4,8 Ω καὶ γ) ἀντίστασις 13 Ω. Αἱ γεννήτρια εἶναι συνδεδεμένα κατ' ἀντίθεσιν. Ζητεῖται ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εις τὸ κύκλωμα.

4. Ὅκτὼ στοιχεῖα, ἕκαστον μὲ emf 1,5 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 2 Ω, συνδέονται ἐν σειρά καὶ σχηματίζουν κύκλωμα. Ζητεῖται ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εις τὸ κύκλωμα.

5. Δύο στοιχεῖα emf 1,5 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 2 Ω ἕκαστον, συνδέονται παραλλήλως. Τὸ κύκλωμά των κλείεται ἐξωτερικῶς δι' ἀντίστασιν 5,5 Ω. Ζητούνται α) ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εις τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν, β) ἡ τάσις εις τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως καὶ γ) ἡ διερχομένη δι' ἑκάστης γεννητρίας ένταση ρεύματος.

6. Γεννήτρια ἔχει emf 20 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 4 Ω. Εἰς τοὺς πόλους τῆς συνδέονται παραλλήλως δύο ἀντιστάσεις 3 Ω καὶ 6 Ω. Ζητεῖται τὸ ρεῦμα τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τῆς γεννητρίας.

7. Κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν emf 16 V καὶ $r = 4 \Omega$ καὶ ἐν βολτάμετρον ἀντιστάσεως 2 Ω. Ὅταν διὰ τοῦ βολταμέτρον διέλθῃ ρεῦμα, εις τὰ ἄκρα του ἀναπτύσσεται λόγῳ πολώσεως emf ἴση πρὸς 2 V ἀντίθετος τῆς γεννητρίας (ἀντιηλεκτρικὴ δύναμις). Ζητεῖται ἡ ένταση τοῦ ρεύματος εις τὸ κύκλωμα.

8. Εἰς κύκλωμα γεννητρίας emf 2 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,5 Ω ὑπάρχει ἀμπερόμετρον ἀντιστάσεως 0,5 Ω. Ζητεῖται ἡ ένδειξις τοῦ ἀμπερομέτρον.

9. Εἰς τοὺς πόλους γεννητοῦ με $E = 120 \text{ V}$ καὶ $r = 100 \Omega$, συνδέεται βολτόμετρον ἀντιστάσεως 500Ω . Ζητοῦνται, α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ βολτομέτρου, β) ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου καὶ γ) ποία θὰ εἶναι ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου ἂν ἔχει ἀντίστασιν 1100Ω .

10. Γεννήτρια emf 120 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 60Ω σχηματίζει κύκλωμα με ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν 30Ω . Ζητοῦνται α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, β) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, ἂν ἐν σημείον αὐτοῦ συνδεθῇ με τὴν γῆν καὶ γ) ἂν τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως συνδεθοῦν με τὴν γῆν ποῖον ρεῦμα θὰ διέλθῃ διὰ τῆς γεννητοῦ, (ἀντίστασις τῆς γῆς $R = 0$).

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

1. Μαγνητική Ιδιότης - Μαγνήται.

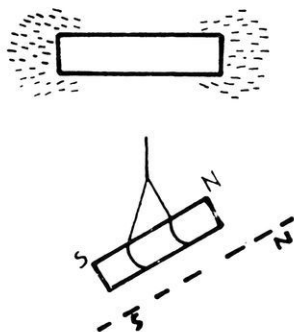
Υπάρχουν εις τὴν φύσιν ὠρισμένα σώματα, ὡς τὸ μαγνητικὸν ὄξυδιον τοῦ σιδήρου, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκουν πρὸς αὐτὰ ρινίσματα σιδήρου. Ἡ ιδιότης αὕτη τῶν σωμάτων καλεῖται μαγνητικὴ τὰ δὲ σώματα καλοῦνται ἀντιστοίχως **μ α γ ν ῆ τ α ι**.

Τοὺς μαγνήτας ἀναλόγως τῆς μορφῆς, τὴν ὁποίαν τοὺς δίδομεν, τοὺς διακρίνομεν εἰς ραβδόμορφους, πεταλοειδεῖς καὶ μαγνητικὰς βελόνας.

2. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.

Εἰς ραβδόμορφον μαγνήτην πλησιάζομεν ρινίσματα σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα ἐλκόμενα ὑπὸ τοῦ μαγνήτου συγκεντροῦνται εἰς τὰ δύο ἄκρα αὐτοῦ (σχ. 66). Τὰ ἄκρα τοῦ μαγνήτου εἰς τὰ ὅποια παρατηροῦνται ἔντονοι αἱ μαγνητικαὶ ιδιότητες αὐτοῦ καλοῦνται **π ὅ λ ο ι** τοῦ μαγνήτου.

Ἐξαρτῶμεν ἐν συνεχείᾳ τὸν ραβδόμορφον μαγνήτην ἐλευθέρως διὰ νήματος, ἐκ τοῦ μέσου αὐτοῦ, ὥστε νὰ διατηρεῖται εἰς ὀριζοντιάν θέσιν. Ἀπομακρύνομεν τὸν μαγνήτην ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας καὶ ἀφίνομεν αὐτὸν ἐλεύθερον. Ὁ μαγνήτης ταλαντοῦται καὶ τελικῶς καταλήγει εἰς ὠρισμένην θέσιν πάντοτε τὴν αὐτὴν, μὲ διεύθυνσιν ἀπὸ νότου πρὸς βορρᾶν, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων τοῦ βλέπει πάντοτε πρὸς τὴν αὐτὴν κατεύθυνσιν βορρᾶν ἢ νότον. Ὁ πόλος τοῦ μαγνήτου ὁ ὅποιος προσανατολιζέται πρὸς τὸν βόρειον πόλον τῆς γῆς ὀρίζεται ὡς **β ὀ ρ ε ι ο ς** πόλος τοῦ μαγνήτου, ἐνῶ ὁ ἄλλος ὡς **ν ὄ τ ι ο ς** πόλος. Σημειοῦνται δὲ ὁ πρῶτος διὰ **N** (North) καὶ ὁ δεύτερος διὰ **S** (South).



Σχ. 66. Πόλοι μαγνήτου.

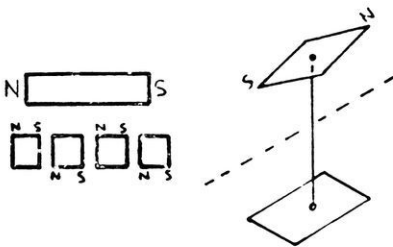
3. Μοριακοὶ μαγνήται.

Λαμβάνομεν μαγνήτην καὶ διαιροῦμεν αὐτὸν εἰς πλῆθος μικρῶν τεμαχίων. Παρατηροῦντες ἐν συνεχείᾳ τὰ προκίψαντα τεμάχια διαπιστώνομεν ὅτι ἔ-

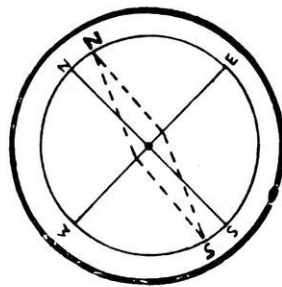
καστον ἐξ αὐτῶν εἶναι καὶ ἓν μαγνητικὸν δίπολον (σχ. 67), ἔχει δηλαδή δύο μαγνητικούς πόλους, N καὶ S. Ἡ παρατήρησις αὐτὴ ὀδηγεῖ εἰς τὴν ὑπόθεσιν ὅτι ἡ μαγνητικὴ ιδιότης τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς μοριακῆς καταστάσεως αὐτῶν ἢ ὅτι τὰ μόρια τῶν σωμάτων εἶναι μαγνητικὰ δίπολα. Τὰ μοριακὰ δίπολα ἀποτελοῦν τοὺς μοριακοὺς μαγνήτας.

4. Μαγνητικὴ πυξίς.

Ἡ μαγνητικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἐκ μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης καὶ ἑνὸς ἀνεμολογίου συνδεδεμένου μετὰ τῆς βελόνης. Ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Εἰς τὴν θέσιν ἰσοροπίας τῆς ἡ βελὸνὴ λαμβάνει κατεύθυνσιν ἐκ τοῦ N πρὸς S μετὰ τὸν N πόλον τῆς πρὸς τὸν βόρειον πόλον τῆς γῆς.



Σχ. 67. Μοριακοὶ μαγνήται.



Σχ. 68. Μαγν. βελὸνὴ καὶ πυξίς.

Εἰς τὴν θέσιν ἰσοροπίας τῆς βελόνης ἡ μαγνητικὴ πυξίς μᾶς παρέχει τὰ χάρτα σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος.

Διὰ τὰ παραμένη ἡ βελὸνὴ τῆς πυξίδος ὀριζοντία εἰς τὰ πλοῖα χρησιμοποιοῦν εἰδικὸν σύστημα διὰ τὴν ἐξάρτησίν τῆς.

Ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ δὲν δεικνύει ἀκριβῶς τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους τῆς γῆς ἀλλὰ σημεῖα γειτονικά πρὸς αὐτούς. Διὰ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀρίζονται οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς γῆς. Ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ βελὸνὴ μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου καλεῖται ἀπόκλισις τοῦ τόπου καὶ ἀναγράφεται εἰς ὅλους τοὺς ναυτικοὺς χάρτας.

5. Ἐπίδρασις μαγνητικῶν πόλων.

Ἄν πρὸ τοῦ N πόλου μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 69) πλησιάσωμεν τὸν N πόλον ραβδομορφοῦ μαγνήτου παρατηροῦμεν ὅτι ὁ N πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται

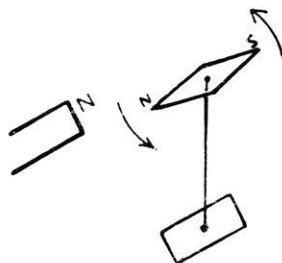
καὶ ἀπομακρύνεται ἐνῶ ἀντιστοίχως ἐλκόμενος πλησιάζει ὁ S πόλος. Τελικῶς ἡ βελόνη ἰσορροπεῖ μὲ τὸν S πόλον τῆς ἔναντι τοῦ N πόλου τοῦ μαγνήτου.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι, μεταξὺ τῶν μαγνητικῶν πόλων ἐφίστανται ἐπιδράσεις δυνάμεων καὶ εἰδικῶς,

μεταξὺ ὁμονόμων πόλων ἀναπτύσσονται δυνάμεις ἀπωστικαὶ ἐνῶ μεταξὺ ἑτερονόμων ἐλκτικαί.

Τὸ μέγεθος τῆς ἐλκτικῆς ἢ ἀπωστικῆς δυνάμεως ἐξαρτᾶται α) ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων καὶ β) ἐξ αὐτῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων. Οὔτω θεωροῦνται μαγνήται μὲ μικρὰν ἢ μεγάλην μ α γ ν η τ ι κ ἢ π ο α ὀ τ η τ α (ἢ μᾶζαν) τῶν πόλων τῶν.

Εἰς ἕκαστον μαγνήτην οἱ δύο πόλοι N καὶ S ἔχουν τὴν αὐτὴν μαγνητικὴν ποσότητα.

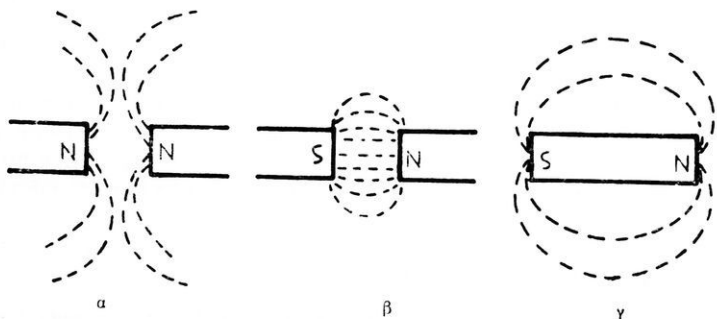


Σχ. 69. Ἐπιδράσεις πόλων.

6. Μαγνητικὸν πεδίον - Μαγνητικὰ φάσματα.

Ἄν εἰς τὸν χώρον περὶ ἑνὸς μαγνήτου φέρωμεν μαγνητικὴν βελόνην αὐτή, ὡς εἶδομεν, ἐφίσταται ἐκ μέρους τοῦ μαγνήτου ἐπίδρασις δυνάμεως. Ὁ χώρος αὐτὸς περὶ τοῦ μαγνήτου ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἂν τεθῆ μαγνητικὸς πόλος ἐφίσταται τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως ἐκ μέρους τοῦ μαγνήτου, ὀρίζεται ὡς *μαγνητικὸν πεδίον* τοῦ μαγνήτου.

Ἄν εἰς τὸ πεδίον ραβδομορφου μαγνήτου φέρωμεν σιδήρου (ἐπὶ ὑαλίνης πλακῶς) παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκονται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου καὶ διατίθενται ἐντὸς τοῦ πεδίου κατὰ γραμμὰς. Αἱ γραμμᾶι ἄρχονται ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουν εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 70, α).



Σχ. 70. Μορφᾶι μαγνητικῶν πεδίων.

Αἱ γραμμῆς τὰς ὁποίας ἀκολουθοῦν τὰ ρινίσματα ἀποτελοῦν τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου, ἐνῶ τὸ σύνολον αὐτῶν παριστᾷ τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ πεδίου. Διὰ τῶν μαγνητικῶν φασμάτων παρέχεται ἡ μορφή τοῦ πεδίου.

Εἰς τὰ σχήματα 70, β καὶ 70, γ ὑπάρχουν τὰ φάσματα μεταξὺ δύο ἐτερωνύμων καὶ ὁμωνύμων πόλων ἀντιστοίχως.

7. Μαγνητικὴ ἐπαγωγή.

Εἰς τὰς περιπτώσεις τῶν σχημάτων 70 ἀντὶ ρινισμάτων σιδήρου λαμβάνομεν μαγνητικὰς βελόνας. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ αὐταὶ διατίθενται ἐντὸς τῶν πεδίων, ὡς καὶ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μὲ προσανατολισμένους τοὺς πόλους των. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι:

Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου ὅταν εὔρεθοῦν ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου καθίστανται μαγνητικὰ δίπολα, λόγῳ δὲ τούτου προσανατολιζοῦνται ἐντὸς τοῦ πεδίου πρὸς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ τῆς δημιουργίας μαγνητικῶν πόλων ἐπὶ σωμάτων, δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, καλεῖται μαγνητικὴ ἐπαγωγή.

Τὸ φαινόμενον τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Ὄταν τεμάχιον σιδήρου εὔρεθῇ ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου οἱ μοριακοὶ του μαγνηταί προσανατολιζοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Τελικῶς οἱ Ν πόλοι τῶν μοριακῶν μαγνητῶν στρέφονται πρὸς τὸν S πόλον τοῦ ἐπιδρωῦντος μαγνήτου, ἐνῶ οἱ S πρὸς τὸν Ν. Οὕτω εἰς τὰ δύο ἄκρα τῆς ράβδου ἔχομεν δημιουργίαν δύο ἐτερωνύμων πόλων, δηλαδὴ δημιουργίαν μαγνήτου.

Ἄν ἐντὸς τοῦ πεδίου φέρωμεν μαλακὸν σίδηρον οὗτος μετὰ τὴν ἔξοδόν του ἐκ τοῦ πεδίου παύει νὰ εἶναι μαγνήτης, ἔχομεν δηλαδὴ παροδικὴν μαγνητισίαν. Ἄν ὅμως ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου ἔχομεν χάλυβα, οὗτος καὶ ἐκτὸς τοῦ πεδίου διατηρεῖ τὴν μαγνητικὴν του ιδιότητα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν μόνιμον μαγνητισίαν, ἐπομένως δημιουργίαν μονίμου μαγνήτου.

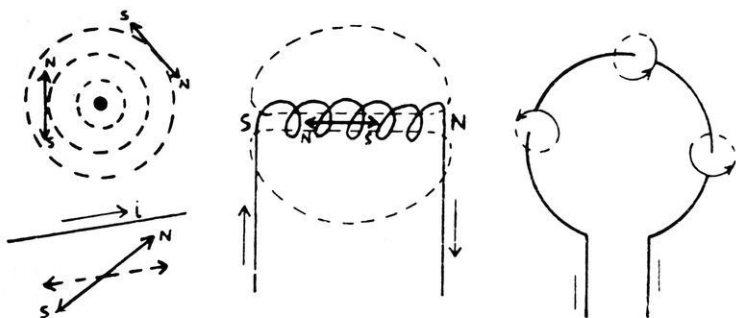
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΡΕΥΜΑΤΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

1. Πεδίον εὐθύγραμμου ρεύματος.

Θεωρήσωμεν εὐθύγραμμον ἄγωγόν διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐν πλησίον αὐτοῦ φέρωμεν μαγνητικὴν βελόνην αἷτη ὑφίσταται ἐπίδρασιν δυνάμεων ἐκ μέρους τοῦ ἄγωγου. Παρατηροῦμεν δηλαδή ὑπαρξιν μαγνητικοῦ πεδίου περὶ τὸν ἄγωγόν καὶ γενικῶς,

ὅταν ἄγωγός διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος περίξ αὐτοῦ δημιουργεῖται μαγνητικὸν πεδίον.

Τὴν μορφήν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος παρατηροῦμεν ὡς ἑξῆς: Ἐπὶ χάρτου τοποθετοῦμεν ρινίσματα σιδήρου ἢ μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας καὶ καθέτως πρὸς αὐτὸν διαπεροῦμεν τὸν ἄγωγόν (σχ. 71, α). Ἐφ' ὅσον ὁ ἄγωγός διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος τὰ ρινίσματα διατίθενται ἐπὶ τοῦ χάρτου κυκλικῶς περὶ



Σχ. 71. Μαγνητικὸν πεδίον, α) εὐθύγραμμου ἄγωγου, β) σωληνοειδοῦς, γ) κυκλικοῦ ἄγωγου.

τὸν ἄγωγόν. Αἱ δυναμικαὶ δηλαδή γραμμαὶ τοῦ πεδίου εἶναι περιφέρειαί κύκλου μὲ κέντρον τὸν ἄγωγόν.

Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν δηλαδή ἡ φορά πρὸς τὴν ὁποίαν τείνουν νὰ κινηθοῦν οἱ Ν πόλοι τῶν μαγνητικῶν βελονῶν, ὅταν εὑρεθοῦν ἐντὸς τοῦ πεδίου, εὑρίσκειται διὰ τοῦ κανόνος τοῦ δεξιοστροφικοῦ κοιλίου. Κατ' αὐτόν,

ἂν θεωρήσωμεν ὅτι ὁ κοιλίας προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος τότε ἡ φορά περιστροφῆς τοῦ κοιλίου δίδει τὴν φοράν κινήσεως τοῦ Ν πόλου ἐντὸς τοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

2. Πεδίον κυκλικού άγωγού.

Δι' αναλόγον πειράματος με τὸ άνωτέρω εύρίσκεται ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου κυκλικοῦ άγωγοῦ (σχ. 71, γ) περιβάλλουν κυκλικῶς τὸν άγωγόν. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ επιπέδου τοῦ άγωγοῦ αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὸ επίπεδον. Ἐν έπομένως εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου ἔχομεν μαγνητικὴν βελόνην αὐτῆ διατίθεται καθέτως πρὸς τὸ επίπεδον τοῦ κύκλου.

3. Πεδίον σωληνοειδοῦς.

Ἐν σωληνοειδῆς άποτελεῖται ἀπὸ παραλλήλους κυκλικὰς σπείρας (σχ. 71, β). Ὅταν τοῦτο διαρρεῖται ὑπὸ ρεύματος, ἔχομεν ἓν σύστημα κυκλικῶν καὶ παραλλήλων ρευμάτων.

Διὰ ριμισμάτων τὸ μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος εύρίσκεται ὅτι ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ πεδίον εὐθυγράμμου μαγνήτου. Εἰς τὸ έσωτερικὸν αὐτοῦ αἱ γραμμαὶ διατίθενται παραλλήλως πρὸς τὸν άξονα τοῦ σωληνοειδοῦς ἐνῶ ἐξωτερικῶς άρχονται ἐκ τοῦ ἐνὸς άκρου του (πόλου) καὶ καταλήγουν εἰς τὸ άλλο. Ἡ ἀντιστοιχία τοῦ σωληνοειδοῦς πρὸς ραβδόμορφον μαγνήτην φαίνεται καὶ ἐκ τοῦ ὅτι, ἂν έξαρτήσωμεν τὸ σωληνοειδῆς ἑλευθέρως τοῦτο διατίθεται ἐκ βορρᾶ πρὸς νότον. Εἰς τὸ σωληνοειδῆς έπομένως διακρίνομεν δύο πόλους τὸν N καὶ τὸν S.

Ἐν αἱ περιελίξεις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι δεξιόστροφαι τότε N πόλος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σωληνοειδοῦς εἰς τὴν έξοδον τοῦ ρεύματος ἐξ αὐτοῦ ἐνῶ S εἰς τὴν εἴσοδον. Δι' ἀριστερόστροφον περιελίξιν ἰσχύει τὸ ἀντίθετον.

Τὸ πεδίον τοῦ μαγνήτου ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς ὅπου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παραλλήλαι χαρακτηρίζεται ὡς ὁ μ ο γ ε ν έ ζ. Ἐντὸς αὐτοῦ εἰς οἰονδήποτε σημείον εἰς πόλος μαγνητικὸς ὑφίσταται τὴν αὐτὴν δύναμιν ἐκ τοῦ πεδίου. Ἐκτὸς τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ δὲν εἶναι παραλλήλαι καὶ τὸ πεδίον χαρακτηρίζεται ὡς ἁ ν ο μ ο ι ο γ ε ν έ ζ.

4. Ἡλεκτρομαγνήται.

Ἐντὸς σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάζομεν διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς ρεῖμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος τοῦ σιδήρου καθίσταται μαγνήτης με δύο πόλους N καὶ S. Ὁ N πόλος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν N πόλον τοῦ σωληνοειδοῦς ἐνῶ ὁ S εἰς τὸν S (σχ. 72).

Ἐξάγομεν ἓν συνεχεῖα τὴν ράβδον ἐκ τοῦ σωληνοειδοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης. Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς, έπομένως, ὁ μαλακὸς σίδηρος, ὑπὸ τὴν επίδρασιν τοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, ὑφίσταται μαγνητικὴν έπαγωγὴν. Μετὰ τὴν έξοδον τοῦ σιδήρου ἐκ τοῦ πεδίου οἱ μοριακοὶ του

μαγνήται διατίθενται ἀτάκτως καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀπομαγνητίζεται ἡ ράβδος.

Ἐάν, καθ' ὄν χρόνον ἡ ράβδος τοῦ σιδήρου εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς, διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ὁ σιδήρος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης.

Τὸ σύστημα τοῦ σωληνοειδοῦς (πηγίου) καὶ τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀποτελεῖ ξένα ἡλεκτρομαγνήτην. Εἰς τοὺς ἡλεκτρομαγνήτας ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου προστίθεται εἰς τὸ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς.

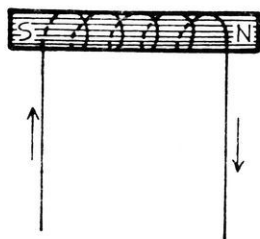
Ἐάν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγωμεν ράβδον ἐκ γάλυθου, ἡ ράβδος κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς καθίσταται μόνιμος μαγνήτης.

Εἰς τοὺς πόλους τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν φέρονται συνήθως πλάκες ἐκ σιδήρου, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸν ὀπλισμὸν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου.

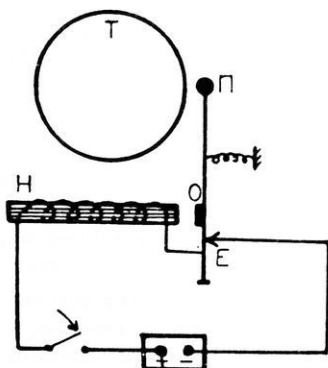
5. Ἐφαρμογαὶ ἡλεκτρομαγνητῶν.

Αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν στηρίζονται εἰς τὴν ιδιότητα αὐτῶν νὰ εἶναι μαγνήται μόνον κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' αὐτῶν.

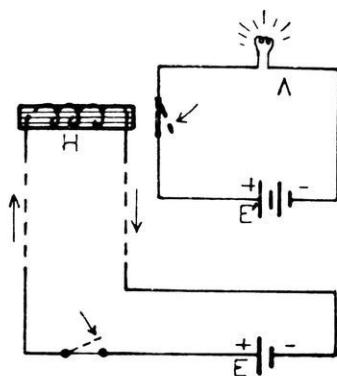
Ἡλεκτρικὸς κώδων: Ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου II τοῦ ὁποίου ὁ ὀπλισμὸς O συνδέεται μὲ ἐν πλῆκτρον Π (σχ. 73). Τὸ πλῆκτρον διὰ



Σχ. 72. Ἡλεκτρομαγνήτης.



Σχ. 73. Ἡλεκτρικὸς κώδων.



Σχ. 74. Ἡλεκτρονόμος.

κρούσεως ἐπὶ τοῦ τυμπάνου Γ παράγει ἤχον. Τὸ κύκλωμα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου κλείει διὰ μιᾶς ἐπαφῆς Ε.

Κλείομεν τὸν διακόπτην ὅποτε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τότε λειτουργεῖ καὶ ἔλκει πρὸς αὐτὸν τὸν ὀπλισμὸν τοῦ Ο ὁ ὁποῖος ἐν συνεχείᾳ παρασύρει τὸ πλήκτρον Π πρὸς τὸ τύμπανον. Μὲ τὴν ἀπομάκρυνσιν ὅμως τοῦ ὀπλισμοῦ ἐκ τῆς ἀρχικῆς θέσεως διακόπτεται ἡ ἐπαφή εἰς τὸ σημεῖον Ε καὶ τὸ ρεῦμα διακόπτεται. Ὁ ὀπλισμὸς ἤδη ἐπανερχεται εἰς τὴν προηγουμένην θέσιν ὠθούμενον δι' ἐλατηρίου. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἀποκαθίσταται ἐκ νέου τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος καὶ τὸ πλήκτρον ὠθούμενον πάλιν κρούει τὸ τύμπανον. Οὕτω διὰ συνεχῶν διακοπῶν καὶ ἀποκαταστάσεων τοῦ κυκλώματος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἔχομεν διαδοχικοὺς ἤχους ἐκ τοῦ τυμπάνου.

Ἡλεκτρονόμος (Relais): Δι' αὐτῶν δυνάμεθα νὰ διακόψωμεν ἢ νὰ ἀποκαταστήσωμεν κυκλώματα, τὰ ὅποια διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων μεγάλων ἐντάσεων, εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ ἡμᾶς. Διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρονόμων χρησιμοποιοῦνται ἀσθενῆ ρεύματα. Χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα εἰς τὰς τηλεπικοινωνίας καὶ τὴν αὐτόματον τηλεφωνίαν.

Παραστατικῶς ἡ λειτουργία ἐνὸς ἠλεκτρονόμου φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 74.

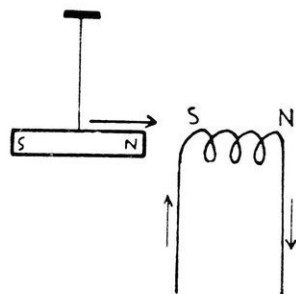
Διὰ μικρᾶς γεννητρίας Ε δημιουργοῦμεν ἀσθενές ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου Η. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἔλκει τότε τὸν ὀπλισμὸν τοῦ καὶ δι' αὐτοῦ κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας Ε', ὅπου λειτουργεῖ ὁ λαμπτήρ Α, διαρρέομενος ὑπὸ ἰσχυροῦ ρεύματος.

ΑΜΟΙΒΑΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΟΥ

1. Ἐπίδρασις ρεύματος ἐπὶ μαγνήτου.

Δι' ἐνός νημάτος ἐξαρτῶμεν ραβδόμορφον μαγνήτην NS καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸν εἰς ὀριζοντίαν θέσιν (σχ. 75). Πρὸ τοῦ μαγνήτου φέρομεν σωληνοειδῆς ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ συμπίπτῃ μετὰ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου.

Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν διαβιβάζομεν ρεῦμα διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὁ μαγνήτης θὰ κινηθῇ πρὸς τὸ σωληνοειδῆς ἢ θὰ ἀπομακρυνθῇ αὐτοῦ, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος τοῦ σωληνοειδοῦς. Ἐπὶ τοῦ μαγνήτου δηλαδὴ ἐνεργεῖ ἐκ μέρους τοῦ πηνίου, ὅταν αὐτὸ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, μία δύναμις. Ἡ δύναμις αὕτη ἀναπτύσσεται ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ μαγνήτου.



Σχ. 75. Ἐπίδρασις ρεύματος ἐπὶ μαγνήτου.

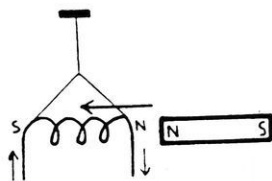
Δι' ἀλλαγῆς τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδῆς ἔχομεν ἀλλαγὴν τῶν μαγνητικῶν πόλων αὐτοῦ. Ἐπομένως, θὰ ἔχομεν καὶ ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς τῆς ἐπίδρασεως ἐπ' αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ μαγνήτου δυνάμειως.

2. Ἐπίδρασις μαγνήτου ἐπὶ ρεύματος.

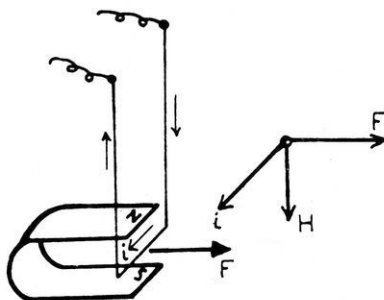
Ἐξαρτῶμεν σωληνοειδῆς διὰ νημάτων, οὕτως ὥστε νὰ δύναται νὰ κινεῖται ἐλευθέρως (σχ. 76). Ἐναντι αὐτοῦ καὶ μὲ τὸν αὐτὸν ἄξονα ἔχομεν ραβδόμορφον μαγνήτην NS. Ὅταν τὸ σωληνοειδῆς δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος οὐδεμίᾳ μεταξὺ σωληνοειδοῦς καὶ μαγνήτου ὑφίσταται δύναμις. Διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς διαβιβάζομεν ἤδη ρεῦμα, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι, τοῦτο κινεῖται πρὸς τὸν μαγνήτην ἢ ἀπομακρύνεται αὐτοῦ ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος. Ἐπὶ τοῦ μαγνήτου δηλαδὴ ἐνεργεῖ δύναμις ἐλκτική ἢ ἀπωστική ἐπὶ τοῦ ρεύματος τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ἡ ἐπίδρασις μαγνήτου ἐπὶ ρεύματος εὐθιγρόαμιμον ἀγωγοῦ δύναται νὰ παρατηρηθῇ διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 77. Ἐν τμήμα ἀγωγοῦ ὀριζόντιον,

ἐξαρτᾶται ἐλευθέρως καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὅταν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διαβιβασθῇ ρεῦμα οὗτος κινεῖται πρὸς τὰ ἔσω ἢ ἔξω τοῦ



Σχ. 76. Ἐπίδρασις μαγνήτου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 77. Ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις.

μαγνήτου, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος. Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ δηλαδή ἐνεργεῖ δύναμις ἐκ τοῦ μαγνήτου.

Ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος καὶ ὁφείλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν τοῦ μαγνήτου καλεῖται ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Αὕτη ἀλλάσσει φορᾶν εἴτε δι' ἀλλαγῆς τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος εἴτε δι' ἀλλαγῆς τῆς φορᾶς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου π.χ. δι' ἀλλαγῆς τῆς θέσεως τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εἰς τὸ πείραμα τῆς διατάξεως 77.

Ἡ φορὰ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως εὐρίσκεται διὰ τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς. Ἐκτείνομεν τοὺς τρεῖς δακτύλους ἀντίχειρα, δείκτην καὶ μέσον, τῆς δεξιᾶς χειρὸς καὶ σχηματίζομεν ἐν τρισσορθῶνιον σύστημα. Ἄν ἤδη ὁ ἀντίχειρ τεθῇ κατὰ τὴν φορᾶν τοῦ ρεύματος, ὁ δείκτης κατὰ τὴν φορᾶν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, δηλαδή ἐκ τοῦ Ν πόλου πρὸς τὸν S, τότε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φορᾶν τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως.

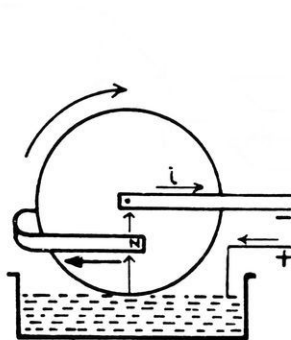
Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἀντιδράσεως τοῦ μαγνήτου ἐπὶ τῆς δυνάμεως μετὰ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ τοῦ μαγνήτου. εἶναι δὲ ἴση μετὰ τὴν δύναμιν αὐτήν.

ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

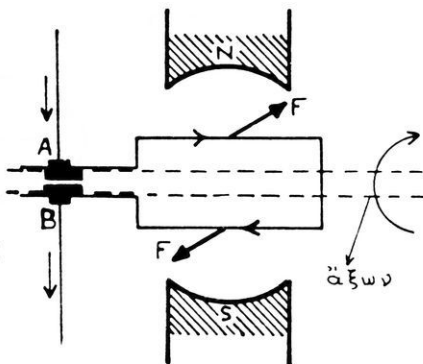
1. Τροχός του Barlow.

Κυκλικός δίσκος εκ χαλκού δύναται να στρέφεται περι όριζόντιον άξονα, κάθετον τής επιφανείας του δίσκου και διερχόμενον εκ του κέντρου αυτού (σχ. 78). Ο δίσκος εις την περιφέρειάν του βυθίζεται εντός μάξης ύδραργύρου.

Συνδέομεν τόν άξονα του δίσκου και την μάξαν του ύδραργύρου με τούς πόλους μιās γεννητοίρας. Διά μιās άκτινος τότε του δίσκου κλείει τó κύκλωμα



Σχ. 78. Τροχός Barlow.



Σχ. 79. Αρχή ηλεκτροκινητήρων.

τής γεννητοίρας. Αν ήδη, καθέτως προς την επιφάνειαν του δίσκου, εφαρμόσωμεν μαγνητικόν πεδίον ό χαλκινός δίσκος τίθεται εις περιστροφήν. Τοúτο όφείλεται εις την δύναμιν ή όποία ενεργεί εκ του πεδίου επί του ρεύματος του διαρρέοντος κατ' άκτινα τόν δίσκον.

Η άνωτέρω διάταξις άποτελεί τόν τροχόν του Barlow. Δι' αυτού ηλεκτρική ένεργεια μετατρέπεται εις μηχανικήν. Άποτελεί έπομένως ό τροχός έν ηλεκτρικόν κινητήρα.

2. Ηλεκτροκινητήρες.

Η διάταξις του σχήματος 79 παριστá την άρχην λειτουργίας ένός ηλεκτρικού κινητήρος. Έν όρθογώνιον σύστημα άγωγών (πλαίσιον) εύρίσκεται εντός μαγνητικού πεδίου. Εις έκαστον τμήμα τότε του άγωγού, όταν οúτος διαρρέεται υπό ρεύματος, ενεργεί εκ του πεδίου ηλεκτρομαγνητική δύναμις. Έπί την ένεργειαν του αναπτυσσομένου ήδη $\xi \epsilon \upsilon \gamma \omicron \upsilon \varsigma$ δυνάμεων, τó πλαίσιον τίθεται εις περιστροφήν.

Τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου συνδέονται, χωριστὰ ἕκαστον, μετὰ δύο μεταλλικῶν ἡμικυλίνδρων, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται μεμονωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς. Εἰς τοὺς ἡμικυλίνδρους ἐφάπτονται δύο μεταλλικαὶ ἐπαφαὶ (ψηκτραι), διὰ τῶν ὁποίων τὸ ρεῦμα φέρεται εἰς τὸ πλαίσιον. Ἡ σημασία τῶν ἡμικυλίνδρων φαίνεται ἐκ τοῦ ἐξῆς:

Ἐποθέσωμεν ὅτι παρέχουμεν εἰς τὸ πλαίσιον ρεῦμα σταθερᾶς φορᾶς καὶ ὅτι κατ' ἀρχὴν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πλαισίου εἶναι παράλληλος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ἐπὶ τοῦ πλαισίου εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν (σχ. 79) ἐνεργεῖ ἐν ζεύγος δυνάμεων τὸ ὅποιον θέτει εἰς περιστροφὴν τὸ πλαίσιον. Τὸ πλαίσιον κινούμενον φθάνει εἰς τὴν θέσιν ὅπου ἡ ἐπιφάνειά του εἶναι κάθετος πρὸς τὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καὶ τείνει νὰ συνεχίσῃ τὴν κίνησιν. Ἐφ' ὅσον ὁμως τὸ πλαίσιον περάσει τὴν ἑσικὴν αὐτὴν θέσιν τὸ ἐνεργοῦν ἐπ' αὐτοῦ ζεύγος δυνάμεων ἔχει φορὰν ἀντίθετον τῆς φορᾶς περιστροφῆς. Ἐνεργεῖ ἐπομένως ὡς τροχοπέδη εἰς τὴν κίνησιν τοῦ πλαισίου. Ἄν ὁμως τὴν στιγμὴν αὐτὴν, καθ' ἣν τὸ πλαίσιον φθάνει εἰς τὴν κάθετον θέσιν, ἀλλάξῃ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου, τὸ ζεύγος τῶν ἐνεργουσῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν δυνάμεων θὰ ἔχη τὴν φορὰν τῆς κινήσεως. Θὰ συνεχίσῃ δηλαδὴ ἡ στροφὴ τοῦ πλαισίου. Ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν ἡμικυλίνδρων καὶ τῶν σταθερῶν κατὰ θέσιν ψηκτρῶν.

Εἰς τοὺς ἐν χρῆσει κινητήρας ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου ἔχομεν πολλὰ πλαίσια τὰ ὁποῖα τυλίσσονται ἐπὶ πυρήνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὸ κινούμενον μέρος τοῦ κινητήρος καλεῖται γενικῶς rotor ἐνῶ τὸ σταθερὸν τμήμα stator.

Ἐπειδὴ ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν τοῦ πλαισίου εἶναι πολὺ μικρά, κατὰ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα τροφοδοσίας βοηθητικὴ ἀντίστασις, πρὸς ἀποφυγὴν ἐπικινδύνων μεγάλων ρευμάτων. Μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως αὕτη ἐξάγεται τοῦ κυκλώματος. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τροφοδοσίας καθίσταται μικρά.

Τὸ μεγαλύτερον μέρος τῆς παρεχομένης εἰς τοὺς κινητήρας ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἐν μικρὸν ὁμως μέρος ἀποβάλλεται εἰς αὐτοὺς ὡς θερμικὴ ἐνέργεια. Εἰς ἕκαστον ἐπομένως κινητήρα διακρίνομεν τὴν ὀφείλιμον ἰσχὴν καὶ τὴν καταναλισκομένην ἰσχύν. Ὁ λόγος τῶν δύο αὐτῶν ποσῶν ὀρίζει τὴν ἀπόδοσιν τοῦ κινητήρος. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων εἶναι περίπου 95 - 98 %.

Θεωρήσωμεν ὡς παράδειγμα ἐξαεριστήρα ἰσχύος 44 W, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ εἰς τάσιν 220 V καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 0,2 A. Ἄν ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν τοῦ κινητήρος εἶναι 20 Ω, ἔχομεν:

$$P_{\text{δ.α.}} = 44 \text{ W}, P_{\text{θερμικὴ}} = R \cdot I^2 = 20 \cdot (0,2)^2 = 0,8 \text{ W καὶ}$$

$$P_{\text{ῶφ.}} = 44 - 0,8 = 43,2 \text{ W}$$

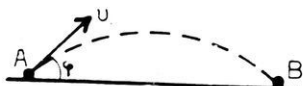
$$\text{ἐπομένως καὶ } \Lambda = \frac{P_{\text{ῶφ.}}}{P_{\text{δ.α.}}} = \frac{43,2}{44} = 0,98 \text{ ἢ } 98 \%$$

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΚΙΝΗΣΕΙΣ

1. Κίνησις - Τροχιά.

Ἐν σώμα λέγεται ὅτι ἠρεμεῖ ὅταν δὲν ἀλλάσῃ τὴν θέσιν του σχετικῶς μετὰ τὰ σώματα τὰ ὁποῖα τὸ περιβάλλουν. Ὡς κίνησις ἐπομένως ὀρίζεται ἡ περίπτωσις καθ' ἣν τὸ σῶμα ἀλλάσσει θέσεις ἐν σχέσει πρὸς τὸ θεωρούμενον περιβάλλον. Ὄτῳ ἔν σώμα εὐρισκόμενον ἐπὶ μιᾷ κινουμένης ἀμαξοστοιχίας δύναται νὰ ἠρεμῇ ὡς πρὸς αὐτήν, κινεῖται ὅμως ὡς πρὸς τὴν γῆν.



Σχ. 1. Τροχιά κινήτου.

Κατὰ τὴν κίνησιν του ἔν σώμα διέρχεται ἐκ διαφόρων σημείων. Τὸ σύνολον τῶν σημείων ἐκ τῶν ὁποίων διέρχεται τὸ σῶμα ὀρίζουν τὴν τροχιάν τοῦ σώματος. Εἰς τὸ σχῆμα 1 ἡ καμπύλη AB παριστᾷ τὴν τροχιάν ἐνὸς σώματος τὸ ὁποῖον βλήθην διήνυσε τὴν ἀπόστασιν AB.

2. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλή.

Κινητὸν ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον κίνησιν ὅταν ἡ τροχιά τὴν ὁποίαν διαγράφει εἶναι εὐθεῖα. Ὡς ὁμαλή δὲ χαρακτηρίζεται ἡ κίνησις κινήτου ὅταν αὐτὸ διαγράφῃ εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα.

Ἄν παρακολουθῶμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ μετρητοῦ χιλιομέτρων ἐνὸς αυτοκινήτου κινουμένου μετὰ ὁμαλὴν κίνησιν θὰ παρατηρήσωμεν τὰς ἐξῆς ἐνδείξεις μετὰ τοῦ χρόνου:

Ἐνδείξεις μετρητοῦ εἰς Km	3258	3260	3262	3264	...
Χρόνος εἰς min	0	2	4	6	...

Ἐκ τῶν ἐνδείξεων αὐτῶν φαίνεται ὅτι τὸ κινητὸν εἰς ἐκάστην χρονικὴν περίοδον 2 min διανύει διάστημα 2 Km ἤτοι εἰς ἕκαστον min διανύει διάστημα 1 Km.

Εἰς τὴν ὁμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν ὀρίζομεν ὡς ταχύτητα τὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διανύει τὸ κινητὸν εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Αὕτη παρέχεται ἐκ τῆς σχέσεως $v = \frac{s}{t}$ ὅπου v ἡ ταχύτης τοῦ κινήτου καὶ S τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον ἐπ' αὐτοῦ εἰς χρόνον t .

Όταν τὸ διάστημα μετρεῖται εἰς m καὶ ὁ χρόνος εἰς sec ἡ ταχύτης εὐρίσκειται εἰς m/sec (μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον).

Ἡ ταχύτης ὀρίζεται ὡς ποσὸν ἀνυσματικόν. Ἦτοι ὀρίζεται διὰ τοῦ μέτρου αὐτῆς καὶ ἐνὸς ἀνύσματος (σχ. 1). Εἰς τὴν ὀμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν ἡ ταχύτης παραμένει σταθερά, ἦτοι διατηρεῖ σταθερὸν τὸ μέτρον, τὴν φορὰν καὶ τὴν διεύθυνσίν της.

Ἄν κινητὸν κινούμενον μὲ ὀμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν διανύσῃ εἰς 6 min διάστημα 6 Km, ἡ ταχύτης του θὰ εἶναι :

$$v = \frac{S}{t} = \frac{6000 \text{ m}}{360 \text{ sec}} = 16,6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Ἡ ταχύτης τῶν κινητῶν δίδεται συνήθως καὶ εἰς Km/h. Εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα εἶναι $S = 6 \text{ Km}$ καὶ $t = 6 \text{ min} = 6/60 \text{ h} = 9,1 \text{ h}$, ἐπομένως καὶ $v = 6/0,1 = 60 \text{ Km/h}$.

3. Κίνησις μεταβαλλομένη.

Ἡ κίνησις κινητοῦ χαρακτηρίζεται ὡς μεταβαλλομένη ἢ ἀνισοταχῆς, ὅταν ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ δὲν εἶναι σταθερά. Αὐτοκίνητον π.χ. κινούμενον ἐκ τῆς Θεσσαλονίκης πρὸς τὰς Ἀθήνας κινεῖται μὲ κίνησιν ἀνισοταχῆ.

Εἰς τὴν μεταβαλλομένην κίνησιν ὀρίζομεν ὡς μέσην ταχύτητα τὸ πηλίκον τοῦ ὀλικῶς διανυθέντος ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διαστήματος διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου, ἦτοι

Ἄν αὐτοκίνητον διανῆ ἀπόστασιν 512 Km εἰς 8 h κινεῖται μὲ μέσην ταχύτητα ἴσην πρὸς $512/8 = 64 \text{ Km/h}$.

ΚΙΝΗΣΙΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΟΜΑΛΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ

1. Κίνησις επιταχυνομένη.

"Αν παρακολουθήσωμεν τὸν μετρητὴν ταχυτήτων αὐτοκινήτου κατὰ τὴν ἐκκίνησιν αὐτοῦ παρατηροῦμεν ὅτι, ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἀυξάνει συνεχῶς. Τὸ αὐτοκίνητον εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχει κίνησιν ἐπιταχυνομένην. Μετὰ ὀρισμένην χρονικὴν στιγμήν ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου παύει νὰ ἀυξάνη, διατηρουμένη σταθερά. Τὸ κινητὸν ἤδη κινεῖται μὲ κίνησιν ὁμαλήν. "Αν κατὰ τινα στιγμήν, ἐνῶ τὸ αὐτοκίνητον κινεῖται, ἐφαρμοσθοῦν αἱ τροχοπέδα, ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου θὰ ἐλαττοῦται μέχρις ὅτου μηδενισθῇ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι ἐπιβραδυνομένη.

Παρακολουθοῦμεν ἤδη τὴν κίνησιν αὐτοκινήτου εἰς ὁμαλὴν εὐθύγραμμον ὁδόν. Κατὰ τὴν ἐκκίνησιν αὐτοῦ αἱ ἐνδείξεις τοῦ ταχυμέτρου θὰ εἶναι π.χ. αἱ ἑξῆς:

ταχύτης εἰς Km/h	0	1,8	3,6	5,4	...	34,2	36	36
» εἰς m/sec	0	0,5	1,0	1,5	...	9,5	10	10
χρόνος εἰς sec	0	1	2	3	...	19	20	21

Ἐκ τῶν τιμῶν αὐτῶν φαίνεται ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ αὐτοκινήτου εἰς τὸ τέλος ἐκάστου δευτερολέπτου ἀυξάνει πάντοτε κατὰ 1,8 Km/h ἢ 0,5 m/sec. Ἡ κίνησις αὐτὴ τοῦ αὐτοκινήτου κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης του ἀυξάνει κατὰ τὸ αὐτὸ πάντοτε ποσό, εἰς τὸ τέλος ἐκάστου δευτερολέπτου, καλεῖται κίνησις ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη.

Ἡ ταχύτης τοῦ κινητοῦ εἰς τὸ ἄνωτέρω παράδειγμα ἀυξάνει ὁμαλῶς μέχρι καὶ τὸ εἰκοστὸν δευτερολέπτον. Ἐν συνεχείᾳ τὸ κινητὸν κινεῖται μὲ ὁμαλὴν κίνησιν. "Αν ἐν συνεχείᾳ παρακολουθήσωμεν τὴν κίνησιν τοῦ κινητοῦ μετὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν τροχοπέδων του παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἐλαττοῦται καὶ πάλιν ὁμαλῶς. Εἰς τὸ τέλος δηλαδὴ ἐκάστης χρονικῆς στιγμῆς ἔχομεν σταθερὰν ἐλάττωσιν τῆς ταχύτητος αὐτοῦ. Ἡ κίνησις αὐτὴ χαρακτηρίζεται ὡς ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη.

Ἡ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη καὶ ἡ ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις χαρακτηρίζονται γενικῶς ὡς κινήσεις ὁμαλῶς μεταβαλλόμεναι. Ἐφ' ὅσον δὲ μία ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι καὶ εὐθύγραμμος καλεῖται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.

2. Επιτάχυνσις - Τύποι τῆς κινήσεως.

Εἰς τὴν ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν ὀρίζομεν ὡς ἐπιτάχυνσιν τὴν σταθερὰν μεταβολὴν τῆς ταχύτητος τοῦ κινήτου εἰς τὸ τέλος ἐκάστου δευτερολέπτου. Εἰς τὴν ἐπιταχνομένην κίνησιν ἡ μεταβολὴ εἶναι θετικὴ, ἔχομεν δηλαδὴ θετικὴν ἐπιτάχυνσιν ἐνῶ εἰς τὴν ἐπιβραδυνομένην κίνησιν ἔχομεν ἐπιτάχυνσιν ἀρνητικὴν ἢ ἀπλῶς ἐπιβράδυνσιν.

Ἡ ἐπιτάχυνσις παρίσταται διὰ γ καὶ μετρεῖται εἰς m/sec ἀνά sec ἢ m/sec². Εἰς τὸ ληφθὲν παράδειγμα ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι $\gamma = 0.5$ m/sec ἀνά ἐν sec.

Ἄν κινήτῳ κινούμενῳ μὲ ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν ἔχει κατὰ τινα χρονικὴν στιγμήν ταχύτητα v_0 (ἀρχικὴ ταχύτης) μετὰ χρόνον t θὰ ἔχη ταχύτητα v παρεχομένην ἐξ ὁρισμοῦ ἐκ τῆς σχέσεως:

$$v = v_0 + \gamma t$$

ὅπου γ ἡ σταθερὰ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως.

Εἰς τὸ παράδειγμά μας ἡ ταχύτης εἰς τὸ τέλος τοῦ 4ου δευτερολέπτου εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως ἴση πρὸς $v = 0 + 0.5 \cdot 4 = 2$ m/sec. Ἔχει ληφθῆ διὰ $t = 0$ $v_0 = 0$.

Τὴν ταχύτητα εἰς τὸ τέλος τοῦ 4ου δευτερολέπτου εὐρίσκομεν καὶ ἂν ὡς ἀρχὴν τῶν χρόνων λάβομεν τὸ τέλος τοῦ 2ου δευτερολέπτου. Τότε θὰ ἔχομεν: $v_0 = 1$ m/sec, $t = 2$ sec καὶ $\gamma = 0.5$ m/sec² ὁπότε $v = 1 + 0.5 \cdot 2 = 2$ m/sec. Καταλήγομεν δηλαδὴ εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα.

Τὸ διάστημα S τὸ ὁποῖον διανύει κινήτῳ εἰς χρόνον t μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχνομένην κίνησιν παρέχεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} \gamma t^2$$

Ἄν διὰ $t = 0$ εἶναι $v_0 = 0$ ἔχομεν, $S = \frac{1}{2} \gamma t^2$.

Εἰς τὸ παράδειγμά μας τὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διανύει τὸ αὐτοκίνητον εἰς 5 sec εἶναι $S = \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 5^2 = 6.25$ m ἐνῶ εἰς 10 sec $S = \frac{1}{2} \cdot 0.5 \cdot 10^2 = 25$ m.

ΕΛΕΥΘΕΡΑ ΠΤΩΣΙΣ ΣΩΜΑΤΩΝ

1. Μελέτη τῆς κινήσεως.

Ἀφίνομεν ἐν σῶμα ἐλεύθερον, ἀπὸ ὠρισμένον ὕψος, νὰ πέσῃ πρὸς τὴν γῆν. Τὸ σῶμα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως τοῦ βάρους του παρατηροῦμεν ὅτι κινεῖται μὲ συνεχῶς αὐξανομένην ταχύτητα, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς κατακορύφου. Διὰ προσδιορισμοῦ τῶν θέσεων εἰς τὰς ὁποίας εὐρίσκεται τὸ σῶμα εἰς τὸ τέλος ἐκάστου δευτερολέπτου (χρονοφωτογραφικὴ μέθοδος) εὐρίσκομεν ὅτι ἡ κίνησις τοῦ σώματος εἶναι *εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη*.

Ἡ κίνησις τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ σῶμα ριπτόμενον κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω εἶναι ἐπίσης κίνησις ὁμαλῶς μεταβαλλομένη μὲ ἀρνητικὴν ἐπιτάχυνσιν.

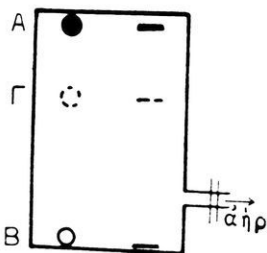
Λαμβάνομεν ἤδη ἐν δάλινον σωλῆνα τὸν ὁποῖον τοποθετοῦμεν κατακορύφως. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὸ ἄνω μέρος αὐτοῦ θέτομεν μίαν μικρὰν σφαιρὰν μεταλλικὴν καὶ ἐν τεμαχίῳ χάρτου (σχ 2). Ἀφαιροῦμεν ἐν συνεχεῖα ἐκ τοῦ σωλῆνος τὸν ἀέρα δι' ἀντλίας καὶ δι' εἰδικῶν συστήματος ἀφίνομεν τὰ δύο σῶματα νὰ πέσουν ταυτοχρόνως ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (πείραμα τοῦ Νεύτωνος).

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ σφαιρὰ καὶ τὸ τεμαχίον τοῦ χάρτου φθάνουν εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ σωλῆνος *ταυτοχρόνως*. Τὰ σῶματα ἐπομένως εἰς ἐκάστην χρονικὴν στιγμήν εὐρίσκοντο εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἢ ἄλλως εἰς ἐκάστην χρονικὴν στιγμήν εἶχον τὴν *αὐτὴν ταχύτητα*.

Ἐκ τῆς παρατηρήσεως αὐτῆς συνάγεται ὅτι ἡ ταχύτης καὶ τῶν δύο σωματίων κατὰ τὴν πτώσιν των ἠῶσανε κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν εἰς τὸ τέλος ἐκάστης χρονικῆς στιγμῆς ἢ ὅτι τὰ σῶματα εἶχον τὴν *αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν* κατὰ τὴν πτώσιν των.

Ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτὴ εἶναι κοινὴ δι' ὅλα τὰ σῶματα καὶ εἶναι ἴση πρὸς $9,81 \text{ m/sec}^2$ διὰ μέγα πλάτη τῆς γῆς, παρίσταται διὰ τοῦ g καὶ καλεῖται *ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος*.

Ἡ τιμὴ τοῦ g εἰς τοὺς πόλους τῆς γῆς εἶναι ἴση πρὸς $9,83 \text{ m/sec}^2$, ἐνῶ



Σχ. 2. Σωλῆν τοῦ Νεύτωνος.

εις τὸν ἰσημερινὸν εἶναι $g = 9,78 \text{ m/sec}^2$. Ἐλαττοῦται δηλαδὴ ἐκ τῶν πόλων πρὸς τὸν ἰσημερινόν.

2. Τύποι τῆς κινήσεως.

Ἐφ' ὅσον ἡ κίνησις τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη ἰσχύουν οἱ τύποι :

$$v = v_0 + gt \quad \text{καὶ} \quad S = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$$

ὅπου g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος.

Οἱ τύποι οὗτοι ἀπλοποιῶνται διὰ $v_0 = 0$.

Ἐφαρμογή: Ἐν σῶμα ρίπτεται πρὸς τὰ ἄνω με ἀρχικὴν ταχύτητα 5 m/sec . Ζητεῖται τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον θὰ ἀνέλθῃ τὸ σῶμα καὶ ὁ χρόνος ἀνόδου. Δίδεται $g = 10 \text{ m/sec}^2$.

Εἰς τὴν σχέσιν $v = v_0 + gt$ θέτομεν τὰς τιμὰς, $v = 0$, διότι εἰς τὸ ἀνώτατον ὕψος ἡ ταχύτης τοῦ σώματος μηδενίζεται, $v_0 = 5 \text{ m/sec}$ καὶ $g = -10 \text{ m/sec}^2$ διότι ἔχομεν ἐπιβράδυναι, ὁπότε ἔχομεν:

$$0 = 5 - 10t \quad \text{ἢ} \quad t = 0,5 \text{ sec, ὁ χρόνος ἀνόδου.}$$

Ὁ χρόνος καθόδου εἶναι ὁ αὐτὸς μετὰ τὸν χρόνον ἀνόδου, δηλαδὴ $0,5 \text{ sec}$.

Ἐκ τῆς δευτέρας ἡδὴ σχέσεως εἰρήσκομεν:

$$S = 5 \cdot 0,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,5^2 = 2,5 - 1,25 = 1,25 \text{ m.}$$

ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

1. Ἀρχὴ τῆς ἀδραναείας.

Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδραναείας ἐκφράζεται ὡς ἑξῆς:

Ἐν σῶμα εὐρισκόμενον ἐν ἡρεμίᾳ ἢ κινούμενον μὲ ὀμαλὴν εὐθύγραμμον κίνησιν, δὲν μεταβάλλει τὴν κινήτικὴν του κατάστασιν, ἂν ἐπ' αὐτοῦ δὲν ἐπιδράσῃ ἑξωτερικὴ δύναμις. Τὰ σῶματα δηλαδὴ ἐπιταχύνονται μόνον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑξωτερικῆς δυνάμεως.

Ὡς παράδειγμα θεωροῦμεν ὅτι εὐρισκόμεθα ἐπὶ κινουμένου ὀχήματος. Ἄν τὸ ὄχημα ἐπιβραδυνθῇ πρὸς στιγμὴν, τὸ σῶμα μας πίπτει πρὸς τὰ ἔμπρῳς. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ σῶμα μας τείνει νὰ διατηρήσῃ τὴν ἀρχικὴν του κίνησιν. Ἄν ἀντιθέτως τὸ ὄχημα εὐρισκόμενον ἐν ἡρεμίᾳ κινήθῃ πρὸς τὰ ἔμπρῳς τὸ σῶμα μας πίπτει πρὸς τὰ ὀπίσω. Τὸ σῶμα μας καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀδρανεῖ, τείνει δηλαδὴ νὰ διατηρήσῃ τὴν ἀρχικὴν του κατάστασιν τῆς ἡρεμίας.

Ἡ ἀνωτέρω ἰδιότης τῶν σωμάτων καθ' ἣν τείνουσιν νὰ διατηρήσουσιν τὴν κινήτικὴν των κατάστασιν καλεῖται ἀδρανεῖα τῶν σωμάτων.

2. Θεμελιώδης νόμος τῆς Μηχανικῆς.

Ὅταν εἰς ἓν σῶμα ἐνεργῇ δύναμις τὸ σῶμα κινεῖται μὲ κίνησιν μεταβαλλομένην. Εἰς τὸ σῶμα δηλαδὴ προσδίδεται ὑπὸ τῆς δυνάμεως f μία ἐπιτάχυνσις γ .

Ἡ ἐπιτάχυνσις αὐτὴ γ ἔχει τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως f , εἶναι δὲ ἀνάλογος τῆς δυνάμεως f καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς μᾶζης τοῦ σώματος.

Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\gamma = \frac{f}{m} \quad (1)$$

ὅπου m ἢ ὄρισθεῖσα μᾶζα τοῦ σώματος, ἣτις εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον ὠρισμένον σῶμα.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως φαίνεται ὅτι:

α) διὰ σταθερὰν δύναμιν f , ἐφ' ὅσον καὶ ἡ μᾶζα εἶναι σταθερὰ ἢ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι σταθερά. Ἦτοι, δύναμις σταθερὰ ἐνεργοῦσα ἐπὶ σώματος κινεῖ αὐτὸ μὲ κίνησιν ὀμαλῶς ἐπιταχυνομένην.

β) διὰ $f = 0$ είναι καὶ $\gamma = 0$. Δηλαδή ἂν ἔν σῶμα ἡρεμῇ καὶ δὲν ἐνεργήσῃ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις τὸ σῶμα θὰ συνεχίξῃ νὰ ἡρεμῇ. Ἐπίσης ἔν σῶμα κινούμενον θὰ κινεῖται ἄνευ ἐπιταχύνσεως, δηλαδή μὲ εὐθύγραμμον ὀμαλὴν κίνησιν, ἂν ἐπ' αὐτοῦ δὲν ἐνεργήσῃ δύναμις.

Θεωροῦμεν ἤδη δύο σφαίρας ἴσων ὄγκων, τὴν μίαν ἐκ μολύβδου καὶ τὴν ἄλλην ἐκ φελλοῦ. Ἐνεργοῦμεν ἐπ' αὐτῶν μὲ τὴν αὐτὴν δύναμιν f . Ἡ σφαῖρα ἐκ φελλοῦ παρατηροῦμεν ὅτι ἐπιταχύνεται περισσότερον ἀπὸ τὴν σφαῖραν ἐκ μολύβδου. Ἐκ τῆς σχέσεως ὅμως 1 φαίνεται ὅτι ἡ ὀρισθεῖσα μᾶζα τῆς σφαίρας ἐκ φελλοῦ πρέπει νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς μᾶζης τῆς σφαίρας ἐκ μολύβδου.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω παραδείγματος φαίνεται ὅτι ἡ ὀρισθεῖσα μᾶζα m , εἰς τὴν σχέσιν 1, ὀρίζει καὶ τὸ ποσὸν τῆς ἔλης τὸ ὅποιον περιέχεται εἰς ἔν σῶμα.

Ἐἰς τὸν τύπον 1, ἂν ἡ δύναμις f ληφθῇ εἰς Nt καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἰς m/sec^2 , ἡ μᾶζα m τοῦ σώματος εὐρίσκεται εἰς Kg .

Ἐφαρμογή: Ὅχημα μᾶζης $3tn$ ἔχει κατὰ τὴν ἐκκίνησίν του ἐπιτάχυνσιν ἴσην πρὸς $0,5 m/sec^2$. Ζητεῖται ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ ὀχήματος δύναμις.

Ἐἰς τὴν σχέσιν 1 ἔχομεν, $m = 3tn = 3000 Kg$ καὶ $\gamma = 0,5 m/sec^2$, ἐπομένως θὰ εἶναι $f = m \cdot \gamma = 3000 \cdot 0,5 = 1500 Nt = 153 Kgp$.

3. Βάρος τῶν σωμάτων.

Κατὰ τὴν πτώσιν των τὰ σώματα κινοῦνται, ὡς γνωστόν, μὲ ὀμαλῶς ἐπιταχυνομένην κίνησιν καὶ ἐπιτάχυνσιν g ἴσην πρὸς $9,81 m/sec^2$. Ἡ ἐπιτάχυνσις ὅμως αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν ἐπ' αὐτῶν τῆς δυνάμεως τοῦ βάρους των B . Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ γράψωμεν συμφῶνως πρὸς τὴν σχέσιν 1, τὸν τύπον:

$$g = \frac{B}{m} \quad \text{ἔξ οὗ } B = m \cdot g$$

Ἐἰς τὴν σχέσιν αὐτὴν, ὅταν ἡ μᾶζα m ληφθῇ εἰς Kg καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις g εἰς m/sec^2 , τὸ βᾶρος B εὐρίσκεται εἰς Nt .

ΟΜΑΛΗ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

1. Όρισμοί.

Έν σώμα εκτελεί όμαλήν κυκλικήν κίνησιν όταν κινούμενον επί περιφερείας κύκλου διαγράφει εις ίσους χρόνους ίσα τόξα.

Η ταχύτης εις την όμαλήν κυκλικήν κίνησιν είναι, έξ όρισμοϋ, σταθερά κατά μέτρον. Η διεύθυνσις όμως αυτής μεταβάλλεται συνεχώς. Το άνυσμα τής ταχύτητος είναι εφαπτόμενον εις έκαστον σημείον τής τροχιάς του κινητοϋ (σχ. 3).

Ο χρόνος έντός του οποίου το κινητόν διαγράφει μίαν πλήρη περιφέρειαν όρίζεται ως περίοδος του κινητοϋ παρίσταται διά T και μετρεΐται εις sec. Ο αριθμός των περιστροφών τās οποίās εκτελεί το κινητόν εις 1 sec όρίζεται ως συχνότης αυτού, παρίσταται διά ν και μετρεΐται εις κύκλους ανά δευτερόλεπτον c/sec ή Hertz (Hz). Είναι $1 \text{ c/sec} = 1 \text{ Hz}$. Έξ όρισμοϋ είναι $\nu = 1/T$.

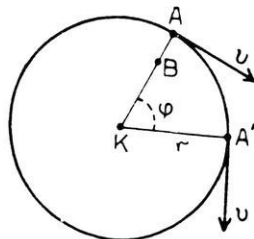
Αν ως παράδειγμα έν κινητόν διαγράφει 150 στροφάς εις 3 min, τοϋτο έχει συχνότητα $\nu = 150/180 = 0,83 \text{ c/sec}$, ένϋ ή περίοδος του είναι $T = 180/150 = 1,2 \text{ sec}$.

2. Γραμμική και γωνιακή ταχύτης.

Θεωρούμεν ότι κινητόν κινούμενον με όμαλήν κυκλικήν κίνησιν διανύει το τόξον $AA' = S$, εις χρόνον t (σχ. 3). Το πληζιον του διαστήματος S προς τον χρόνον t , όρίζεται ως γραμμική ταχύτης του κινητοϋ. Αν ήδη θεωρήσωμεν ως χρόνον κινήσεως την περίοδον T , το κινητόν εις τον χρόνον αυτόν διαγράφει όλην την περιφέρειαν δηλαδή διάστημα ίσον προς $2\pi r$, όπου r ή ακτίς του κύκλου. Η γραμμική ταχύτης τότε όρίζεται διά τής σχέσεως:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T} \quad (1)$$

Έκ του όρισμοϋ τής γραμμικής ταχύτητος (σχέσις 1) φαίνεται ότι, δύο σημεία A και B έχοντα την αυτήν περίοδον και απέχοντα διάφορον άπόστασιν εκ του κέντρου τής κινήσεως K , έχουν διάφορον



Σχ. 3. Κυκλική κίνησις.

γραμμικὴν ταχύτητα. Δύο σημεία δηλαδή τῆς αὐτῆς ἀκτίνος τροχοῦ ἔχουν διάφορον γραμμικὴν ταχύτητα.

Διὰ τὴν ἐνιαίαν μελέτην τῆς κινήσεως ὄλων τῶν σημείων τῆς αὐτῆς ἀκτίνος ἐνὸς τροχοῦ ὀρίζεται ἡ γωνιακὴ ταχύτης. Αὕτη παρίσταται διὰ τοῦ λόγου $\omega = \varphi/t$ ὅπου φ ἡ γωνία τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ κινητὸν εἰς χρόνον t . Ἐν ὧς χρόνος κινήσεως λεφθῆ ἡ περίοδος T ἡ γωνία τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ κινητὸν εἶναι 360° ἢ 2π ἀκτίνια (rad). Ἡ γωνιακὴ ταχύτης ω ἐπομένως δύναται νὰ εὔρεθῆ ἐκ τῶν σχέσεων:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$$

ὅταν ἡ γωνία φ μετρεῖται εἰς rad καὶ ὁ χρόνος t εἰς sec ἡ γωνιακὴ ταχύτης ω εὔρισκεται εἰς rad/sec ἢ sec^{-1} .

Δύο σημεία A καὶ B ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνος τροχοῦ ἔχουν ἐξ ὀρισμοῦ τὴν αὐτὴν γωνιακὴν ταχύτητα ω διάφορον ὅμως γραμμικὴν v .

Ἐκ τῶν σχέσεων 1 καὶ 2 ἔχομεν:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi}{T} \cdot r = \omega r$$

Ἐφαρμογή: Δύο σημεία A καὶ B εἰρίσκονται ἐπὶ μιᾶς ἀκτίνος τροχοῦ, ἀπέχουν δὲ ἐκ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ ἀποστάσεις 50 cm καὶ 40 cm ἀντιστοίχως. Ὁ τροχὸς ἐκτελεῖ 120 στροφὰς εἰς 1 min. Ζητοῦνται, τὰ v , T , ω , καὶ ω τῶν σημείων.

Εἶναι $v = 120/60 = 2$ c/sec καὶ $T = 1/2 = 0,5$ sec ὁπότε,

$$v_1 = 2\pi/T = 2 \cdot 3,14 \cdot 50/0,5 = 6,28 \text{ m/sec.}$$

$$v_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 40/0,5 = 5,024 \text{ m/sec καὶ}$$

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega = 2\pi/T = 2 \cdot 3,14/0,5 = 12,56 \text{ rad/sec.}$$

ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΚΑΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΣ ΔΥΝΑΜΙΣ

1. Κεντρομόλος δύναμις

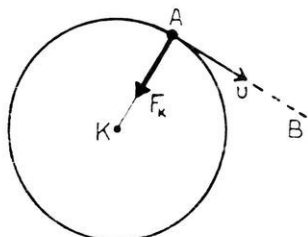
Έστω ότι αυτοκίνητον κινείται επί κυκλικής τροχιάς. Πρὸς στιγμήν, εἰς τὴν θέσιν Α (σχ. 4), ἀφίνομεν αὐτὸ νὰ κινηθῆ ἑλευθέρον, ἐγκαταλείπομεν δηλαδὴ τὴν διεύθυνσιν αὐτοῦ. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ αὐτοκίνητον παύει νὰ κινεῖται ἐπὶ τῆς κυκλικῆς ὁδοῦ, κινούμενον κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ Α.

Διὰ νὰ ἐπαναφέρωμεν ἤδη τὸ αὐτοκίνητον εἰς τὴν κυκλικὴν τροχίαν φέρομεν τοὺς τροχοὺς αὐτοῦ πλαγίως πρὸς τὴν διεύθυνσιν κινήσεως καὶ πρὸς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀναπτύσσεται μία δύναμις ἐκ τοῦ καταστρώματος τῆς ὁδοῦ πρὸς τοὺς τροχοὺς τοῦ αὐτοκινήτου με διεύθυνσιν πρὸς τὸ κέντρον τῆς κινήσεως. Ἡ δὲ αὕτη ἀναγκάζει τὸ αὐτοκίνητον νὰ κινηθῆ εἰς τὴν κυκλικὴν τροχίαν, καλεῖται δὲ κεντρομόλος δύναμις.

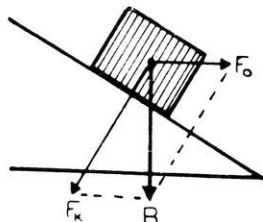
Διὰ τὴν κίνησιν ἐπομένως ἑνὸς σώματος ἐπὶ κυκλικῆς τροχιάς εἶναι ἀπαραίτητος ἡ ἐφαρμογὴ ἐπ' αὐτοῦ κεντρομόλου δυνάμεως.

Πρὸς διευκόλυνσιν τῆς κινήσεως ὀχημάτων ἐπὶ καμπύλης ὁδοῦ, εἰς τὸ κατάστρωμα τῆς ὁδοῦ δίδεται μία κλίσις πρὸς τὸ κέντρον τῆς κινήσεως.

Διὰ τοῦ τρόπου αὐτοῦ ἐπιτυγχάνεται ὥστε νὰ ἀναπτυχθῆ πρὸς τὸ κέντρον τῆς κινήσεως κεντρομόλος δύναμις, ἡ συνιστώσα F_0 τοῦ βάρους τοῦ ὀχήματος (σχ. 5). Τὸ βάρος Β τοῦ ὀχήματος ἀναλύεται εἰς δύο συνιστώσας. Μίαν τὴν F_K κάθετον πρὸς τὸ κατάστρωμα τῆς ὁδοῦ καὶ ἄλλην τὴν F_0 ὀριζοντίαν, πρὸς τὸ κέντρον τῆς κινήσεως. Ἡ συνιστώσα F_K ἰσορροπεῖται ὑπὸ τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐδάφους ἐνῶ ἡ F_0 ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις ὑποβοηθοῦσα τὴν κίνησιν τοῦ ὀχήματος ἐπὶ τῆς καμπύλης τροχιάς.



Σχ. 4. Κεντρομόλος δύναμις.



Σχ. 5. Ἡ συνιστώσα F_0 ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις.

Διὰ τὴν κίνησιν ἐπίσης ποδηλάτου εἰς καμπύλην τροχίαν κλείνεται ὑπὸ τοῦ ἀναβάτου τὸ σῶμα του πρὸς τὸ κέντρον τῆς τροχιάς ὥστε νὰ δημιουργηθῆῖ συνισταῶσα κεντρομόλος δύναμις.

Ὅσον ἡ ταχύτης ἐνὸς κινήτου εἶναι μεγάλη, τόσο καὶ ἡ ἀπαραίτητος διὰ τὴν κίνησιν τοῦ κινήτου εἰς κυκλικὴν τροχίαν κεντρομόλος δύναμις εἶναι μεγάλη. Ἐν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐνεργοῦσα κεντρομόλος δύναμις εἶναι μικροτέρα τῆς ἀπαραίτητου, τὸ κινήτον δὲν εἰσέρχεται εἰς τὴν τροχίαν καὶ ἐπιτρέπεται αὐτῆς. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν διὰ μεγάλας ταχύτητας ἡ κλίσις τῆς ὁδοῦ εἶναι μεγάλη.

Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἐπίσης μεγάλη διὰ μεγάλην καμπυλότητα τῆς ὁδοῦ, δηλαδὴ διὰ μικρὰν ἀκτίνα περιφορᾶς. Διὰ τοῦτο εἰς ὁδοὺς μεγάλης καμπυλότητος ἀναπτύσσεται μικρὰ ταχύτης τῶν ὀχημάτων.

2. Φυγόκεντρος δύναμις

Εἰς τὸ ἄζρον νήματος προσδένομεν σῶμα καὶ περιστρέφομεν αὐτὸ (σχ. 6). Τὸ σῶμα τότε κινεῖται εἰς κυκλικὴν τροχίαν ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν κεντρομόλου δυνάμεως ἐνεργοῦσης εἰς τὸ σῶμα καὶ ὀφειλομένης εἰς ἔλξιν διὰ τῆς χειρὸς μας.

Κατὰ τὴν περιστροφὴν ἤδη τοῦ σώματος ἐπὶ τῆς χειρὸς μας αἰσθανόμεθα πίεσιν ὑπὸ μιᾶς δυνάμεως. Ἡ δύναμις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίδρασιν τοῦ σώματος καὶ καλεῖται φυγόκεντρος δύναμις.

Τὸ σῶμα κινούμενον ἐπὶ κυκλικῆς τροχιάς τείνει νὰ κινήθῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος v . Διὰ τῆς χειρὸς μας ὅμως τείνομεν καὶ ἀναγκάζομεν αὐτὸ νὰ κινήθῃ εἰς κυκλικὴν τροχίαν. Εἰς τὴν μεταβολὴν αὐτὴν τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα ἀντιδρᾷ

Σχ. 6. Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις.

πρὸς τὴν χεῖρα μας, με δύναμιν ἴσην καὶ ἀντίθετον. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ φυγόκεντρος δύναμις.

Ἐν κατὰ τινα στιγμήν κοπῆ τὸ νῆμα διὰ τοῦ ὁποίου συγκρατεῖται τὸ σῶμα, τοῦτο κινεῖται κατὰ τὴν v , μὴ ὑπαρχούσης πλέον κεντρομόλου δυνάμεως. Ταυτοχρόνως ὅμως ἐκλείπει καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις. Ἡ φυγόκεντρος δηλαδὴ δύναμις ἐφίσταται ὡς ἀντίδρασις ἐφ' ὅσον ὑπάρχει κεντρομόλος δύναμις.

ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

ΚΙΝΗΣΙΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ · ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΙ

1. Παγκόσμιος έλξις - Κίνησις πλανητών

Ἐς παρατηρήσωμεν τὴν κίνησιν τοῦ δορυφόρου τῆς γῆς, τῆς σελήνης. Αὕτη κινεῖται περὶ τὴν γῆν εἰς κυκλικὴν περίου τροχίαν μέσης ἀκτίνος 384.400 Km καὶ μὲ μέσην ταχύτητα 3988 Km/h. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας ἢ σελήνη θὰ ἔπρεπε κινουμένη μετὰ τὴν ἀνωτέρω ταχύτητα εὐθυγράμμως νὰ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς γῆς (σχ. 7). Τὸ ὅτι ὅμως κινεῖται κυκλικῶς περὶ τὴν γῆν δεικνύει ὅτι ἐπ' αὐτῆς ἐνεργεῖ δυνάμεις κεντρομόλους, μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὴν γῆν. Ἡ δυνάμις αὕτη ἐξασκεῖται ἐκ τῆς γῆς πρὸς τὴν σελήνην.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ τῆς ἐλλξεως μεταξὺ τῶν δύο ἀνωτέρω οὐρανίων σωμάτων εἶναι γενικὸν καὶ ἀναφέρεται ὡς παγκόσμιος ἐλλξις. Αὕτη διατυπῶνται ὡς ἐξῆς:

Μεταξὺ δύο ὑλικῶν σημείων εὐρισκομένων εἰς ὀρισμένην μεταξὺ τῶν ἀπόστασιν ὑφίσταται ἐλλξις.

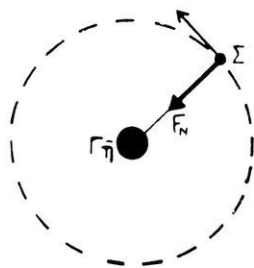
Ἡ δυνάμις αὕτη ἐλλξεως, καλουμένη καὶ Νευτώνιος δυνάμις, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεγέθους τῶν μαζῶν ἀνξανομένη μετ' αὐτῶν καὶ ἐκ τῆς μεταξὺ τῶν ἀποστάσεως, ἐλαττωμένη δι' ἀνξήσεως αὐτῆς.

Ἡ παγκόσμιος ἐλλξις εἶναι δυνάμις ἀμοιβαία. Ὅταν δηλαδὴ ἡ γῆ ἔλκει τὴν σελήνην συγχρόνως ἔλκει καὶ ἡ σελήνη τὴν γῆν μετὰ δυνάμιν ἴσην καὶ ἀντίθετον.

Ἡ παραδοχὴ τῆς ὑπάρξεως τῆς δυνάμεως τοῦ Νεύτωνος ἐξηγεῖ ὅλας τὰς κινήσεις τῶν οὐρανίων σωμάτων ὡς καὶ τὴν κίνησιν τῶν σωμάτων ἐπὶ αὐτῶν.

Ὅπῳ, τὸ βάρος τοῦ σώματος εἶναι ἡ δυνάμις ἐλλξεως μεταξὺ γῆς καὶ σώματος. Τὸ βάρος σώματος ἀνξάνει δι' ἀνξήσεως τῆς μάζης αὐτοῦ καὶ ἐλαττοῦται ὅσον ἀπομακρύνεται ἀπὸ τῆς γῆς (μετὰ τοῦ ὕψους).

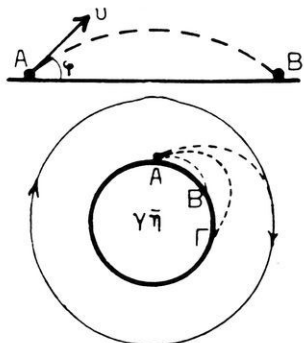
Οἱ διάφοροι πλανῆται εἶναι δορυφόροι τοῦ ἡλίου κινούμενοι περὶ αὐτὸν εἰς περίου κυκλικὰς τροχιάς, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ἐλκτικῆς δυνάμεως τοῦ ἡλίου.



Σχ. 7. Κίνησις τῆς σελήνης.

2. Τεχνητοί δορυφόροι

Σώμα βάλλεται υπό γωνίαν φ ως πρὸς τὸν ὀρίζοντα μὲ μίαν ταχύτητα u (σχ. 8). Τὸ σῶμα διαγράφει καμπύλην τροχίαν ἐλκόμενον ὑπὸ τῆς γῆς καὶ τελικῶς πίπτει ἐπ' αὐτῆς ἀφοῦ διανύσει ἀπόστασιν AB . Ἄν ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν βάλλεται τὸ σῶμα αὐξήθῃ τοῦτο διανύει ἀπόστασιν $ΑΓ$ μεγαλύτεραν τῆς προηγουμένης. Εἰς μίαν ὠρισμένην, ἀρκετὰ μεγάλην, ταχύτητα τὸ σῶμα δὲν θὰ συναντήσῃ πλέον τὴν γῆν, ἀλλὰ θὰ περιφέρεται περὶ αὐτὴν ὡς δορυφόρος (σχ. 8, β).



Σχ. 8. Κίνησις δορυφόρων.

Ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν κινεῖται ἔν σῶμα ὡς δορυφόρος τῆς γῆς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῆς εἶναι 8 Km/sec ἢ 28800 Km/h . Ἡ ταχύτης αὐτὴ καλεῖται κ ρ ἰ σ ι μ ο ς ταχύτης.

Οἱ δορυφόροι τίθενται εἰς τροχίαν μεταφερόμενοι ὑπὸ πυραύλων. Οἱ πύραυλοι κατ' ἀρχὴν ἔχουν μικρὰς ταχύτητας. Ὅσον ὕμωσ ἀνέρχονται ὑπὸ τὴν ὄψθιν τῶν ἐξερχομένων καυσασερίων ἐπιταχύνονται καὶ ἀποκοτῶν μεγάλας ταχύτητας. Ὅταν φθάσουν εἰς τὸ ὠρισμένον ὕψος ἀποχωρίζεται ἐκ τῶν πυραύλων ὁ δορυφόρος καὶ βάλλεται νὰ κινήθῃ πλαγίως πρὸς τὴν γῆν. Δορυφόροι εἶναι δυνατόν νὰ καταστοῦν καὶ οἱ ὁδηγοὶ πύραυλοι.

Ἄν ἐν σῶμα ἀποκτήσῃ ταχύτητα μεγαλύτεραν τῶν $11,2 \text{ Km/sec}$ φεύγει ἐκ τῆς γῆς καὶ καθίσταται κοσμικὸς δορυφόρος, στρεφόμενος πλέον περὶ τὸν ἥλιον.

Εὐρεῖα εἶναι σήμερον ἡ χρῆσις τῶν δορυφόρων. Συνήθως εἰς αὐτοὺς περιέχονται ὄργανα μετρήσεων διὰ τῶν ὁποίων μετρεῖται ἡ θερμοκρασία τῶν περιοχῶν ἐκ τῶν ὁποίων διέρχονται, ἡ κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ὁ ἀριθμὸς τῶν μετεωριτῶν κλπ. Τὰ σήματα ἐκ τῶν δορυφόρων ἀποστέλλονται πρὸς τὴν γῆν δι' ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

Διὰ τῶν δορυφόρων ἐλήφθησαν ἐνδρακίνας φωτογραφίαι τῶν διαφόρων περιοχῶν τῆς γῆς ὡς καὶ τῆς σελήνης. Εἰδικοὶ δορυφόροι χρησιμοποιοῦνται ὡς κέντρα ἀναμεταδόσεως εἰδικῶν προγραμμάτων τηλεοράσεως καὶ γενικῶς διὰ τὴν ἀσφάλειαν ἐπικοινωνιᾶν τῶν διαφόρων περιοχῶν τῆς γῆς.

Διὰ δορυφόρων μεταφέρονται σήμερον εἰς τὸ διάστημα ἄνθρωποι οἱ ὁποῖοι ἐξερχόμενοι αὐτῶν δύνανται αὐτοὶ οἱ ἴδιοι νὰ κινῶνται ὡς δορυφόροι τῆς γῆς. Διὰ τὴν κίνησίν των εἰς τὸν χῶρον οἱ διαστημάνθρωποι χρησιμοποιοῦν πιστόλια ἀντιδράσεως.

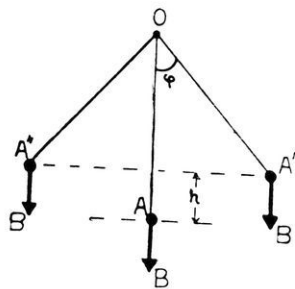
ΑΠΛΟΥΝ ΕΚΚΡΕΜΕΣ

1. Ὁρισμοί.

Ἐν ἀπλοῦν ἢ μαθηματικῶν ἐκκρεμές ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν ὕλικον σημεῖον τὸ ὁποῖον ἐξαρτᾶται ἐξ ἑνὸς σημείου, διὰ νήματος ἀβαροῦς (σχ. 9).

Τὸ ἐκκρεμές εἰς τὴν θέσιν OA ἰσορροπεῖ. Ἄν μεταφερθῇ εἰς τὴν θέσιν OA' καὶ ἀφεθῇ ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ κινηθῇ πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ θὰ ἐκτελέσῃ περιοδικὴν κίνησιν κινούμενον μεταξὺ τῶν θέσεων OA' καὶ OA'' .

Εἰς τὴν θέσιν OA' τὸ ἐκκρεμές ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ὡς πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἴσην πρὸς $B \cdot h$. Εἰς τὴν θέσιν OA αὕτη μετατρέπεται εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν διὰ τὴν μετατροπὴν καὶ πάλιν εἰς τὴν θέσιν OA'' εἰς δυναμικὴν. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἐπομένως εἰς τὰς θέσεις OA' καὶ OA'' εἶναι ἡ αὐτή, ἄρα τὰ σημεῖα A' καὶ A'' θὰ εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἕψος ἀπὸ τοῦ σημείου A .



Σχ. 9. Ἀπλοῦν ἐκκρεμές.

Ἡ κίνησις τοῦ ἐκκρεμοῦς χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὴν ὁρισμένην συχνότητα αὐτοῦ. Ἐν ἐκκρεμές δηλαδὴ ἐκτελεῖ εἰς 1 sec τὸν αὐτὸν πάντοτε ἀριθμὸν ἀπλῶν ἢ πλήρων αἰωρήσεων.

2. Νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἡ συχνότης ἐνός ἐκκρεμοῦς δι' αἰωρήσεως μικροῦ πλάτους, δηλαδὴ διὰ μικρᾶς γωνίας φ (σχ. 9), εὐρίσκεται ὅτι,

α) ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους αὐτοῦ. Δι' αὐξήσεως τοῦ μήκους του αὐξάνει καὶ ἡ περιόδός του, ἐλαττοῦται δηλαδὴ ἡ συχνότης του.

β) εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς μάζης τοῦ ἐκκρεμοῦς. Διὰ μεταβολῆς δηλαδὴ τῆς μάζης του, διατηροῦντες σταθερὸν τὸ μήκος του, ἡ συχνότης του δὲν μεταβάλλεται.

γ) ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος. Ἄν κάτωθεν τῆς μάζης ἐκκρεμοῦς, ἀποτελουμένης ἐκ σιδήρου, φέρομεν μαγνήτην, ἢ κίνησις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπιταχύνεται, αὐξάνει δηλαδὴ ἡ συχνότης αὐτοῦ. Οὔτω ὥρολόγιον δι' ἐκκρεμοῦς ἂν μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἰσημεριοῦ εἰς τοὺς πόλους θὰ κινεῖται ταχύτερον.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I Κίνησις δμαλή.

1. Αεροπλάνον κινείται με σταθεράν ταχύτητα 800 Km/h. Είς πόσον χρόνον δια ύψι απόστασιν 1200 Km;

2. Τό ύδωρ ποταμού κινείται με ταχύτητα 3 m/sec. Σχεδιά αφίνεται εις έν σημείον αὐτοῦ καί παρασύρεται ὑπ' αὐτοῦ. Είς ποίαν απόστασιν ἀπό τῆς ἀρχικῆς θέσεως θά φθάσῃ ἡ σχεδιά μετά 2 h;

3. Δύο αὐτοκίνητα ἐκκινοῦν ταυτοχρόνως ἐκ δύο πόλεων ἀπεχόντων 120 Km, καί κινοῦνται πρὸς συνάντησίν των. Αἱ ταχύτητες τῶν αὐτοκινήτων εἶναι 60 Km/h καί 40 Km/h, ἀντιστοίχως. Ζητοῦνται, α) μετά πόσον χρόνον ἀπό τῆς ἐκκινήσεώς των θά συναντηθοῦν καί β) εἰς ποίαν θέσιν θά συναντηθοῦν.

4. Αεροπλάνον κινείται με ταχύτητα 500 Km/h. Ὅταν εὑρίσκεται ὑπεράνω πόλεως Α ἔχει κατεύθυνσιν ἐκ W πρὸς E. Μετά 1,5 h, ἀφ' ἧς στιγμῆς εὑρίσκετο ὑπεράνω τῆς πόλεως Α, ἀλλάσσει διεύθυνσιν καί κινείται ἐκ S πρὸς N. Μετά 1 h ἀπό τῆς στιγμῆς αὐτῆς φθάνει εἰς πόλιν Γ. Ζητεῖται ἡ απόστασις μεταξὺ τῶν πόλεων Α καί Γ.

II Κίνησις μεταβαλλομένη.

5. Ζητεῖται ἡ μέση ταχύτης πεζοῦ, ὅστις εἰς 4 h διανύει απόστασιν 25 Km.

6. Κινητὸν ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καί ἐντὸς 20 sec ἡ ταχύτης του ἀύξάνει εἰς 54 Km/h. Ζητεῖται ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ κινητοῦ εἰς m/sec².

7. Αὐτοκίνητον κινείται με ταχύτητα 72 Km/h. Ἐφαρμόζονται εἰς αὐτὸ αἱ τροχοπέδα ὁποῦτε σταματᾷ ἐντὸς 12 sec. Ζητοῦνται:

α) ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως καί β) τὸ διάστημα τὸ ὁποῖον διήνυσε τὸ αὐτοκίνητον ἕως ὅτου σταματήσῃ.

8. Κινητὸν ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καί κινείται με ἐπιτάχυνσιν 10 m/sec². Ζητεῖται μετά πόσον χρόνον θά ἀποκτήσῃ ταχύτητα 120 m/sec.

III Πτώσις σωμάτων.

9. Σῶμα ἀφίνεται νὰ πέσῃ ἐξ ὀρισιμένου ὕψους πρὸς τὴν γῆν. Ἄν ἡ πτώσις του διαρκεῖ 3 sec καί εἶναι $g = 10 \text{ m/sec}^2$, ζητοῦνται α) ἡ ταχύτης τοῦ σώματος ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν γῆν, β) τὸ ὕψος ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἔπεσεν καί γ) ἡ ταχύτης του μετά 2 sec ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

10. Ἀλεξιπτωτιστὴς πίπτει μὲ ὁμαλὴν κίνησιν πρὸς τὴν γῆν ἀπὸ ὕψους 500 m. Ἄν ἡ ταχύτης του εἶναι 9 m/sec, μετὰ πόσον χρόνον θὰ φθάσῃ εἰς τὴν γῆν.

11. Σῶμα ρίπτεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 20 m/sec. Ἄν εἶναι $g = 10 \text{ m/sec}^2$, ζητοῦνται α) ἐπὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται τὸ σῶμα, β) εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ καὶ γ) ποῖος ὁ ὀλικὸς χρόνος πτήσεως τοῦ σώματος.

IV Ἐξίσωσις τῆς δυναμικῆς.

12. Εἰς σῶμα μάζης 2 Kg ἐνεργεῖ δύναμις ἴση πρὸς 3 Nt Ζητεῖται ἡ ἐπιτάχυνσις μὲ τὴν ὁποίαν κινεῖται τὸ σῶμα.

13. Ἡ προωστικὴ δύναμις πυραύλου μάζης 3 tn εἶναι 5 tnp. Ζητεῖται ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ ὁποία προσδίδεται εἰς τὸν πύραυλον ὑπὸ τῆς ὠθούσης δυνάμεως.

14. Σῶμα ἔχει μᾶζαν 2 Kg. Ζητεῖται τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς Nt καὶ Kgp.

15. Αὐτοκίνητον μάζης 3 tn κινεῖται μὲ ταχύτητα 20 m/sec. Ἐφαρμόζονται αἱ τροχοπέδαι του καὶ τὸ αὐτοκίνητον σταματᾷ μετὰ χρόνον 10 sec. Ζητοῦνται, α) ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεώς του καὶ β) ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐνήργησεν ἐπὶ τοῦ αὐτοκινήτου.

V Κυκλικὴ κίνησις.

16. Τροχὸς ἐκτελεῖ 300 c/min. Ζητεῖται ἡ γωνιακὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης σημείου τοῦ τροχοῦ ἀπέχοντος 30 cm ἀπὸ τοῦ ἄξονος τοῦ τροχοῦ.

17. Ἐν σημείον τοῦ χεῖλους τροχοῦ στροβίλου ἀκτίνος 3 m κινεῖται μὲ γραμμικὴν ταχύτητα 15 m/sec. Ζητεῖται ἡ γωνιακὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ.

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΩΣ - ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Φύσις τοῦ φωτός.

Εἰς ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῖμα ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι οὗτος ἐκπέμπει φῶς. Εἰς τὸν λαμπτήρα καταναλίσκεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἐνῶ ἀντιστοίχως ἐμφανίζεται θερμικὴ ἐνέργεια καὶ φῶς. Τὸ φῶς ἐπομένως εἶναι καὶ αὐτὸ μία μορφή ἐνεργείας ἀφοῦ προέκυψεν ἀπὸ κατανάλωσιν ἐνεργείας, ἄλλης μορφῆς.

Ἄν φῶς προσέσῃ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῶς παρατηροῦμεν ὅτι ἐπιφέρει ἀλλοίωσιν αὐτῆς, παρατηροῦμεν δηλαδὴ μίαν χημικὴν μεταβολήν. Διὰ τοῦ ἡλιακοῦ ἐπίσης φωτός συντηροῦνται οἱ ζῳικοὶ καὶ οἱ φυτικοὶ ὄργανισμοί. Μία βασικὴ λειτουργία τῶν φυτῶν ἢ ἀφομοίωσις ἐκτελεῖται μόνον παρουσίᾳ φωτός.

Τὰ ἀνωτέρω ἀναφερθέντα παραδείγματα δεικνύουν ὅτι τὸ φῶς εἶναι πράγματι μία μορφή ἐνεργείας. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια παρεχομένη εἰς τὰ σώματα εἶναι δυνατόν νὰ μετατραπῇ εἰς ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας. Εἰς τοὺς ἡλιακοὺς π.χ. συσσωρευτὰς ἀποταμιεύεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν φωτεινῆς ἐνεργείας ἐκ τοῦ ἡλίου.

2. Παραγωγή φωτός.

Φῶς παράγεται κατὰ τὴν θέρμανσιν τῶν σωμάτων εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Οὔτω τὸ σύρμα τοῦ βολφραμίου εἰς τοὺς λαμπτήρας θερμαίνεται εἰς τοὺς 2500° C, ἐνῶ ὁ ἥλιος ἐκπέμπει φῶς εὐρισκόμενος εἰς θερμοκρασίαν ἑκατοτομμυρίων βαθμῶν Κελσίου. Εἰς τὴν γλῶσσαν κηρίον κόκκοι ἀνθρακῶς εὐρισκόμενοι εἰς περιβάλλον ὑψηλῆς θερμοκρασίας ἐρυθροπυροῦνται καὶ ἐκπέμπουν φῶς.

Φῶς παράγεται ἐπίσης ἐκ ψυχρῶν ἐπιφανειῶν, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Εἰς αὐτοὺς ὑπεριώδης ἀόρατος ἀκτινοβολία, τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ τὸ φῶς, προσπίπτει ἐπὶ τῆς φθοριζούσης ψυχρᾶς ἐπιφανείας ἐκ τῆς ὁποίας ἐν συνεχείᾳ ἐκπέμπεται φῶς.

3. Διάδοσις τοῦ φωτός.

Τὸ φῶς διαδίδεται διὰ τῶν διαφόρων ὀπτικῶν μέσων ὡς διὰ τοῦ ἀέρος, τοῦ ὕδατος, τῆς γύλων κ.ἄ. ἀλλὰ καὶ διὰ τοῦ κενοῦ. Ἡ ἀκτινοβολία τοῦ ἡλίου φθί-

νει εις τὴν γῆν ἀφοῦ διανύσει ἐνδιάμεσον κενὸν διάστημα μεταξὺ γῆς καὶ ἡλίου. Ἐπίσης ὁ λαμπτήρ πυρακτώσεως θὰ παρέχει φῶς καὶ ἂν ἐκ τοῦ σωλήνος ἀφαιρέσωμεν τὸν ὑπάρχοντα ἀέρα.

Τὸ φῶς διαδίδεται ἐντὸς τῶν διαφόρων μέσων εὐθυγράμμως. Τοῦτο δεικνύεται ἐκ τῆς σκιᾶς ἢ ὁποῖα σχηματίζεται ὀπισθεν ἐνὸς σκιεροῦ σώματος. Αἱ ἐκλείψεις ἐπίσης τῆς σελήνης καὶ τοῦ ἡλίου ἐξηγοῦνται μὲ τὴν παραδοχὴν τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν μὲ ταχύτητα 300.000 Km/sec. Ἡ ταχύτης αὕτη εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ταχύτης. Ἐντὸς τῶν διαφόρων ὀπτικῶν μέσων ἢ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα τῆς τιμῆς αὐτῆς. Εἰς τὸν ἀέρα λαμβάνεται ἡ ταχύτης τοῦ φωτός περίπου ἴση μὲ τὴν ταχύτητα εἰς τὸ κενόν. Εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι ἴση πρὸς τὰ $\frac{3}{4}$ τῆς ταχύτητος εἰς τὸ κενόν.

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τῶν 300.000 Km/sec διαδίδονται καὶ ὠρισμένα ἄλλα ἀκτινοβολία ὡς τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα, αἱ ἀκτῖνες X, τὰ σήματα διὰ τῶν ἠλεκτρικῶν καλωδίων κ.ἄ. "Ὅλαι αὐταὶ αἱ ἀκτινοβολία εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ τὸ φῶς καὶ ἀποτελοῦν μίαν ἐνιαίαν ἀκτινοβολίαν τὴν ἠ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ῆ ν ἀ κ τ ι ν ο β ο λ ί α ν.

— Τὸ φῶς διερχόμενον διὰ τῶν διαφόρων σωμάτων ἐν μέρει ἀπορροφᾶται. Ἐπάρχουν σώματα τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῶν ὅλη σχεδὸν ἡ φωτεινὴ ἀκτινοβολία. Τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται διαφανῆ. Ἄλλα ἐκ τῶν σωμάτων ἀπορροφοῦν ἐξ ὀλοκλήρου τὴν ἀκτινοβολίαν ἢ ἀνακλοῦν αὐτήν, ὁπότε δὲν διέρχεται δι' αὐτῶν φῶς. Τὰ σώματα αὐτὰ χαρακτηρίζονται ὡς σκιερά.

"Ἐν σῶμα φαίνεται ὅταν ἐξ αὐτοῦ ἔλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας φῶς. Τὰ σώματα ἐπομένως φαίνονται ὅταν φωτίζονται.

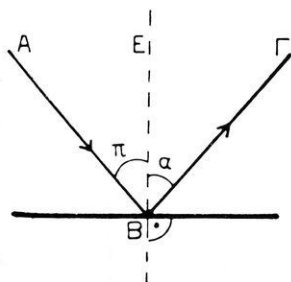
— "Ὅσον μεγάλη καὶ ἂν φαίνεται ἡ ταχύτης τοῦ φωτός ὑπάρχουν ἐν τούτοις ἀστέρες ἀπὸ τοὺς ὁποίους διὰ νὰ φθάσῃ τὸ φῶς των μέχρι τῆς γῆς χρειάζεται ὀλόκληρα ἔτη ἢ καὶ ἑκατομμύρια ἔτη. "Ὅταν ἐπομένως βλέπομεν ἕνα ἀστὲρα τὴν στιγμὴν αὐτὴν παρακολουθοῦμεν τὸ τί συνέβῃ εἰς αὐτὸν πρὸ ἐτῶν, ὅταν δηλαδὴ ἐκκίνησε ἐξ αὐτῶν τὸ φῶς διὰ νὰ ἔλθῃ πρὸς τὴν γῆν.

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Όροιμοί.

Ἐπί λείας ἐπιφανείας ῥίπτομεν δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 10). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ δέσμη μετὰ τὴν πρόσπτωσίν της ἐπ' αὐτῆς ἀλλάσσει διεύθυνσιν διαδιδομένη πάλιν ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας δέσμη ἀκτίνων AB καλεῖται προσπίπτουσα δέσμη, ἐνῶ ἡ προερχομένη ἐξ ἀνακλάσεως δέσμη ΒΓ ἀνακλωμένη. Ἡ ἀνακλωσα λεία ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ ἐν κάτοπτρον.

Εἰς τὸ σημεῖον Β ὅπου ἡ προσπίπτουσα δέσμη συναντᾷ τὸ κάτοπτρον Κ (σχ. 10) κέρομεν τὴν EB κάθετον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς AB μετὰ τὴν κάθετον εἰς τὸ ἐπίπεδον, καλεῖται γωνία προσπτώσεως, ἐνῶ ἡ γωνία τῆς ἀνακλωμένης δέσμης μετὰ τῆς καθέτου γωνία ἀνακλάσεως.



Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Ἡ γωνία τῆς ἀνακλωμένης δέσμης μετὰ τῆς καθέτου γωνία ἀνακλάσεως.

Ἡ ἀνάκλασις παρατηρεῖται καὶ ὅταν ἡ φωτεινὴ δέσμη προσπέσῃ ἐπὶ τραχείας ἐπιφανείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ δέσμη ἀνακλᾶται πρὸς ὅλας τὰς δυνατὰς διευθύνσεις. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ καλεῖται διάχυσις. Τὸ φῶς μετὰ τὴν διάχυσιν προσπίπτει ἐπὶ τῶν διαφόρων σωμάτων ὅποτε τὰ σώματα καθίστανται ὄρατά.

2. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως.

Κατὰ τὴν ἀνάκλασιν μιᾶς δέσμης ἐπὶ ἐνὸς κατόπτρου παρατηροῦμεν ὅτι ἀκολουθοῦνται οἱ ἑξῆς νόμοι:

α) ἡ γωνία προσπτώσεως π εἶναι πάντοτε ἴση μετὰ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως α . Εἶναι δηλαδή $\pi = \alpha$ (σχ. 10).

β) ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς, ἡ κάθετος εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται πάντοτε ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο οὐρεῖται ὡς ἐπίπεδον προσπτώσεως.

Οι δύο ανωτέρω νόμοι τῆς ἀνακλάσεως ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ ἀκρίθειαν δι' ἑνὸς ὄργανου καλουμένου *θροδολίχου*. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς κατακορῖφου κυκλικοῦ δίσκου διηρημένου εἰς μοίρας. Εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ τοποθετεῖται κάτοπτρον καθέτως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κύκλου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου καὶ προσπίπτει ἡ φωτεινὴ δέσμη τῆς ὁποίας παρακολουθοῦμεν τὴν ἀνάκλασιν.

3. Εἶδωλα ἀντικειμένων.

Ἄν ἔν ἀντιζεῖμενον τεθῆ πρὸ ἑνὸς κατόπτρου, παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ κατόπτρου σχηματίζεται ἡ μορφή τοῦ ἀντιζεῖμενου. Ἡ εἰκὼν αὐτῆ τοῦ ἀντιζεῖμενου ἀποτελεῖ τὸ *εἶδωλον* αὐτοῦ.

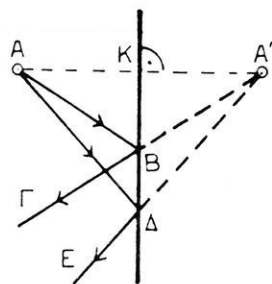
Εἶδωλα ἀντιζεῖμενων λαμβάνομεν δι' ὄλων τῶν κατόπτρων, οἷασδήποτε μορφῆς. Τὰ λαμβανόμενα εἶδωλα εἶναι δυνατὸν νὰ ληφθοῦν ἐπὶ ὁθόνης ὅποτε καλοῦνται *πραγματικὰ* ἄλλα δὲ ἀπλῶς φαίνονται ἐντὸς τοῦ κατόπτρου καὶ καλοῦνται *φανταστικά*.

Εἶδωλα πραγματικὰ ἀντιζεῖμενων εἶναι τὰ παρατηρούμενα π.χ. ἐπὶ ὁθόνης κινηματογράφου ἑνῶ φανταστικά παρατηροῦμεν ἐντὸς καθρέπτου.

4. Ἐπίπεδα κάτοπτρα.

Πρὸ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου *K* (σχ. 11) φέρομεν τὸ ἀντιζεῖμενον *A*. Ἐκ τοῦ *A* αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλῶμεναι ἀποκλίνον κατὰ τὰς ἀκτίνας *ΒΓ* καὶ *ΔΕ*. Αἱ ἀνακλῶμεναι αὐταὶ ἀκτίνες προεκτείνονται συναντῶνται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου εἰς τὴν θέσιν *A'*. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν *A'* φαίνεται τὸ εἶδωλον τοῦ *A*, *φανταστικόν*.

Ἡ εὐθεῖα *AA'* ἣ ὁποία ἐνώνει τὰ σημεῖα *A* καὶ *A'* εὐρίσκειται ὅτι εἶναι κάθετος πρὸς τὸ κάτοπτρον καὶ τέμνεται ὑπ' αὐτοῦ εἰς τὸ μέσον. Εἶναι ἐπομένως ἡ θέσις τοῦ εἶδωλου *A'* συμμετρικὴ πρὸς τὸ ἀντιζεῖμενον *A* ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὰ εἶδωλα ἐπομένως τῶν ἀντιζεῖμενων σχηματίζονται διὰ τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων φανταστικὰ καὶ συμμετρικὰ αὐτῶν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.



Σχ. 11. Εἶδωλον σημείου.

Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζονται ἐξ ὑαλίνης πλάκῃς ὅταν ἡ μία ἐπιφάνεια αὐτῆς ἐπιστροφῆθῆ διὰ ὀργάνου. Κατοπτρικὴ ἔσθ' ἡ ἐπιφάνεια ἠερμυδῶντος ὕδατος.

Ἐάν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν τότε παρέχουν περισσότερα τοῦ ἐνὸς εἰδῶλα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐάν φ εἶναι ἡ γωνία τῶν κατόπτρων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδῶλων ν παρέχεται ἐκ τῆς σχέσεως $\nu = 360/\varphi$. Ἐάν ὁ ν εὐρεθῆ ἄριστος ἀφαιρούμεν μίαν μονάδα. Π.χ. διὰ $\varphi = 30^\circ$ εἶναι $\nu = 12$ ἐπομένως σχηματίζονται 11 εἰδῶλα ἐνὸς ἀντικειμένου τιθεμένου μεταξύ αὐτῶν.

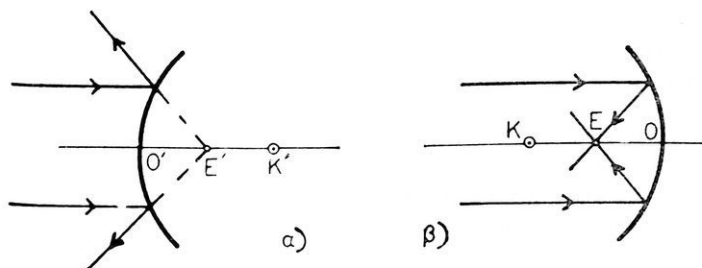
Διὰ δύο παραλλήλων κατόπτρων σχηματίζεται ἄπειρος ἀριθμὸς εἰδῶλων, ἐνὸς ἀντικειμένου τιθεμένου μεταξύ αὐτῶν.

5. Σφαιρικά κάτοπτρα.

Ἐάν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια κατόπτρου εἶναι ἐπιφάνεια σφαίρας τὸ κάτοπτρον καλεῖται σφαιρικόν. Τὰ σφαιρικά κάτοπτρα διακρίνονται εἰς κοίλα κάτοπτρα καὶ εἰς κυρτά. Τῶν κοίλων κατόπτρων κατοπτρική εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας, ἐνῶ τῶν κυρτῶν ἡ ἐξωτερικὴ.

Τὸ κέντρον τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας τῶν κατόπτρων καλεῖται κέντρον καμπυλότητος, ἡ δὲ εὐθεῖα ἥτις διέρχεται ἐκ τοῦ κέντρον καμπυλότητος K καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου O (σχ. 12) καλεῖται κύριος ἄξων.

Ἡ κορυφή τοῦ κατόπτρου ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ μέσον τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας κοίλου κατόπτρου ῥίπτωμεν παράλληλον δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ (σχ. 12, β). Αἱ ἀκτίνες ἀνακλῶμεναι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου συγκεντροῦνται ἐν συνεχείᾳ εἰς ἓν



Σχ. 12. Κυρία ἐστία κατόπτρων.

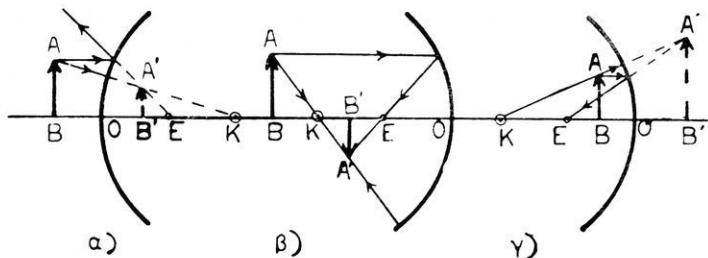
σημεῖον E ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ σημεῖον αὐτὸ ὀρίζεται ὡς κυρία ἐστία τοῦ κατόπτρου, εἶναι δὲ πραγματικὴ διότι εἰς αὐτὴν συγκεντροῦνται αἱ ἴδιαι αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των.

Ἐάν ἤδη εἴψωμεν ἐπὶ κυρτοῦ κατόπτρου (σχ. 12, α), δέσμην παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνων, αὕτη μετὰ τὴν ἀνάκλασίν τῆς ἀποκλείνει. Αἱ προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων αὐτῶν συναντῶνται πάλιν ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ παρέχουν τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν E' τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἐστίας τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἐκ τῆς κορυφῆς αὐτῶν καλεῖται ἐστιακὴ ἀπόστασις παρίσταται διὰ f καὶ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἕμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, εἶναι δηλαδή $f = R/2$.

6. Εἰδῶλα διὰ κυρτῶν καὶ κοίλων κατόπτρων.

Φέρομεν πρὸ κυρτοῦ κατόπτρου τὴν φλόγα κηρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι (σχ. 13, α), τὸ εἶδωλον αὐτῆς σχηματίζεται φανταστικόν, μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου καὶ ὄρθιον, ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Ἄν ἀπομακρύνωμεν τὴν φλόγα ἐκ τοῦ κατόπτρου, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτῆς ἀπομακρύνεται αὐτοῦ.



Σχ. 13. Σχηματισμὸς εἰδώλων εἰς κάτοπτρα.

Ἄν φέρομεν τὴν φλόγα πρὸ κοίλου κατόπτρου λαμβάνομεν διάφορα εἶδῶλα ἀναλόγως τῆς θέσεως τοῦ ἀντικειμένου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

Ἄν τὸ ἀντικείμενον τεθῆ πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἀνεστραμμένον, πραγματικόν καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου, μεταξὺ ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος (σχ. 13, β).

Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκηται εἰς K καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς K , κάτωθεν αὐτοῦ, ἀνεστραμμένον πραγματικόν καὶ ἴσον.

Ἄν τὸ ἀντικείμενον τεθῆ μεταξὺ K καὶ E τὸ εἶδωλον του σχηματίζεται πέραν τοῦ K , ἀνεστραμμένον, μεγαλύτερον καὶ πραγματικόν. Τὰ σημεῖα διὰ τοῦτο μεταξὺ τοῦ K καὶ E καλοῦνται συζυγῆ τῶν σημείων τῶν εὐρισσομένων πέραν τοῦ K .

Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου τιθεμένου εἰς E σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον.

Ἄν ἤδη τὸ ἀντικείμενον τεθῆ μεταξὺ ἐστίας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου τὸ εἶδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου, φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Τὰ κοίλα κάτοπτρα πλὴν τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας συγκεντρώνουν καὶ οἰανδήποτε ἄλλην ἀκτινοβολίαν. Π.χ. διὰ κοίλου κατόπτρου συγκεντροῦνται εἰς

τήν ἔστιαν αὐτοῦ κύματα ραδιοφωνικά καθιστάμενα οὕτω αἰσθητά, ἄν εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τοποθετηθῇ ραδιοφωνικὸς δέκτης. Διὰ κοίλων κατόπτρων ἐπίσης οἱ ὀδοντίατροι παρατηροῦν τοὺς ὀδόντας, τιθεμένους μεταξὺ ἔστιας καὶ κορυφῆς τοῦ κατόπτρου.

7. Τύποι τῶν κατόπτρων.

Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως $OB = p$ τοῦ ἀντικειμένου ἐκ τοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως $OB' = q$ τοῦ εἰδώλου ἐκ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως f ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

Διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα ἡ f εἶναι θετικὴ ἐνῶ διὰ τὰ κυρτὰ ἀρνητικὴ. Ἐπίσης διὰ φανταστικὰ εἴδωλα ἡ ἀπόστασις q εἶναι ἀρνητικὴ.

Μεταξὺ τῶν μεγεθῶν E καὶ A τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου ἀντιστοίχως ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{E}{A} = \frac{q}{p}$$

Ἐφαρμογὴ: Ἀντικείμενον ἕκρους 2 cm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἐκ σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀκτίνος καμπυλότητος 10 cm. Ζητεῖται ἡ θέσις, τὸ μέγεθος καὶ τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου ἐάν τὸ κάτοπτρον εἶναι α) κοῖλον καὶ β) κυρτόν.

α) Διὰ κοῖλον κάτοπτρον εἶναι $f = R/2 = 10/2 = 5$ cm, $A = 1$ cm καὶ $P = 15$ cm. Ἐκ τῶν ἄνωτέρω ἐπομένως σχέσεων εὐρίσκεται:

$$1/5 = 1/15 + 1/q \quad \text{ἔξ ἧς } q = 7,5 \text{ cm}$$

$$\text{ἐπίσης } E/2 = 7,5/15 \quad \text{ἔξ ἧς } E = 1 \text{ cm}$$

Ἐπειδὴ δὲ τὸ q εὐρέθη θετικὸν τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν.

β) Διὰ κυρτόν κάτοπτρον εἶναι $f = -5$ cm, $P = 15$ cm καὶ $A = 2$ cm, ἐπομένως καὶ $1/-5 = 1/15 + 1/q$ ἔξ ἧς $q = -3,75$ cm, τὸ εἶδωλον δηλαδὴ εἶναι φανταστικὸν κείμενον εἰς ἀπόστασιν 3,75 cm ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

$$\text{Ἐπίσης εἶναι } E/2 = 3,75/15 \quad \text{ἔξ ἧς } E = 0,5 \text{ cm.}$$

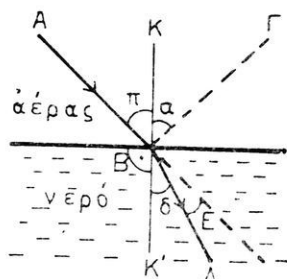
ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Όρισμοί.

Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἠρεμοῦντος ὕδατος ρίπτομεν δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων AB (σχ. 14). Μέρως τότε τῆς δέσμης ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, ἐνῶ ἄλλο διέρχεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ διαδίδεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν BA , διάφορον τῆς AB . Τὸ φαινόμενον αὐτὸ τῆς ἀλλαγῆς τῆς διευθύνσεως ἀκτίνος ὅταν αὕτη μεταβαίη ἀπὸ ἐν ὀπτικῶν μέσων εἰς ἄλλο καλεῖται *διὰ θλάσις τοῦ φωτός*.

Ἡ ἀκτίς AB καλεῖται *προσπίπτουσα ἀκτίς* ἐνῶ ἡ ἀκτίς BA *διαθλωμένη*. Ἡ γωνία E τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διαθλωμένη ἀκτίς μετὰ τῆς προσπίπτουσας καλεῖται *γωνία ἐκτροπῆς*. Ἡ γωνία $ABK = \pi$ ἢ ὁποία σχηματίζεται ὑπὸ τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος καὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπίπτουσας KB , καλεῖται *γωνία προσπίπτουσας*, ἐνῶ ἡ γωνία $\Delta BK' = \delta$ γωνία διαθλάσεως. Ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται ὅτι εἶναι $E = \pi - \delta$.

Εἰς τὸ σχῆμα 14 ἡ διαθλωμένη ἀκτίς ἐκτροπευμένη πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ ὕδωρ χαρακτηρίζεται ὡς ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον τοῦ ἀέρος. Ὅταν ἀντιθέτως ἀκτίς μεταβαίη ἐκ πυκνότερου ὀπτικῶς μέσου πρὸς ἀραιότερον, ἐκτρέπεται καὶ ἀπομαζώνεται τῆς καθέτου. Ὅς τὸ πλέον ὀπτικῶς ἀραιὸν μέσον λαμβάνεται τὸ κενόν, εἰς τὴν πρᾶξιν δὲ ὁ ἀήρ.



Σχ. 14. Διάθλασις τοῦ φωτός.

2. Φαινόμενα ὀφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν.

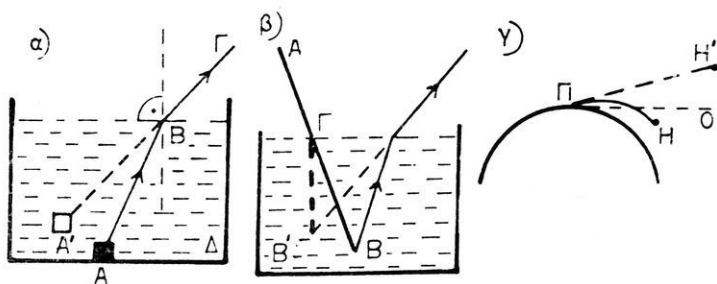
Ἄν εἰς τὸν πυθμένα δοχείου πλήρους ὕδατος θέσωμεν ἀντικείμενον παρατηροῦμεν ὅτι φαίνεται νὰ εὐρίσκειται ἐμφυλότερα ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν ἐπέθη. Ἔχουμεν δηλαδή μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν τοῦ ἀντικειμένου. Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Αἱ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου A (σχ. 15, α) προερχόμεναι ἀκτίνες φθάνουν εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ὕδατος - ἀέρος ὅπου διαθλῶνται. Κατὰ τὴν ἔξοδόν

των εκ του ύδατος ἐκτρέπονται ἀπομακρυνόμενοι τῆς καθέτου. Ὁ ὀφθαλμὸς μας ἤδη παρατηρεῖ τὴν ἐξερχομένην δέσμην κατὰ τὴν διεύθυνσίν της, ἤτοι κατὰ τὴν ΓΒ. Εἰς τὴν προέκτασιν αὐτῆς εἰς τὴν θέσιν Α' ὑψηλότερον τῆς προηγουμένης, φαίνεται τὸ εἶδωλον τοῦ Α.

Διὰ τοῦ ἰδίου τρόπου δικαιολογεῖται καὶ τὸ φαινόμενον τοῦ σχήματος 15, β, εἰς τὸ ὁποῖον ῥάβδος ΑΒ βυθιζομένη ἐντὸς ὕδατος φαίνεται κεκαμένη εἰς τὸ σημεῖον Γ.

Αἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου διαθλώνται καὶ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ὅταν διέρχονται ἐκ τῶν διαφόρων στρωμάτων αὐτοῦ, διαφόρου ὀπτικῶς πυκνότητος. Τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι συνήθως ὀπτικῶς πυκνότερα τῶν ἀνωτέρων. Οὕτω, ὅταν μία ἀκτίς ἐκ τοῦ ἡλίου Η (σχ. 15, γ) βαίνει πρὸς τὸν παρατηρητὴν Π, διέρχεται ἐξ ἀραιότερων στρωμάτων πρὸς πυκνότερα. Διὰ τὸν



Σχ. 15. Φαινόμενα ὁφειλόμενα εἰς τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός.

λόγον αὐτὸν κατὰ τὴν πορείαν της ἐκτρέπεται συνεχῶς καὶ τελικῶς καταλήγει εἰς τὸν παρατηρητὴν κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΠΗ'. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔχομεν ἀνατολήν τοῦ ἡλίου ἐνωρίτερον τῆς πραγματικῆς καὶ δύσιν ἀργότερον, ἔχομεν δηλαδή αὐξῆσιν τῆς διαρκείας τῆς ἡμέρας.

3. Νόμοι τῆς διαθλάσεως.

Αὐξάνοντες τὴν γωνίαν προσπτώσεως μιᾶς ἀκτίνος παρατηροῦμεν ὅτι αὐξάνει ἀντιστοίχως καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως. Ἡ αὐξήσις των δὲν εἶναι ἀνάλογος, ἀκολουθοῦν ὅμως μιάν κανονικότητα μεταβολῆς παρεχομένην ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\frac{\eta_{\mu\delta}}{\eta_{\nu\delta}} = \eta = \frac{c_0}{c}$$

Ὁ συντελεστὴς η εἶναι σταθερὸς δι' ὁρισμένον ὀπτικὸν μέσον καὶ καλεῖται *δείκτης διαθλάσεως* αὐτοῦ.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως φαίνεται ὅτι, εἰς οἰανδήποτε θέσιν διαθλάσεως, τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως παραμένει σταθερόν.

Ἡ σχέσηις αὕτη ἐκφράζει τὸν πρῶτον νόμον τῆς διαθλάσεως.

Αἱ τιμαὶ c_0 καὶ c εἰς τὴν σχέσιν, παρέχουν ἀντιστοίχως, τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ἀέρος (κενοῦ) καὶ ἐντὸς τοῦ ὀπτικοῦ μέσου. Ἐν ἐπομένῳ γνωρίζομεν τὸν δείκτην διαθλάσεως n ἐνὸς ὕλικου, δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν καὶ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ὕλικου.

Αἱ τιμαὶ τοῦ n εἶναι πάντοτε μεγαλύτεραι τῆς μονάδος, εἶναι ἐπομένῳ καὶ $c_0 > c$.

Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕδατος εἶναι $\sqrt{2}$ ἐνῶ τοῦ ὕδατος $4/3$.

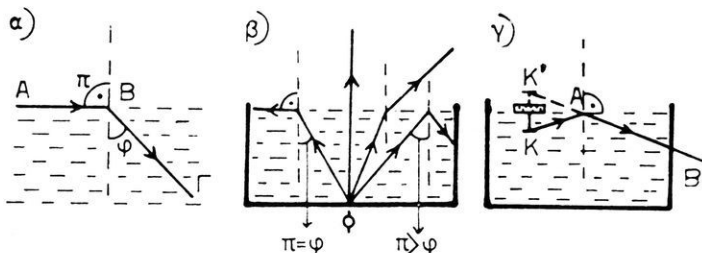
Ὁ ἀνωτέρω νόμος δύναται νὰ ἀποδειχθῇ διὰ θεωρολίχου, ἂν εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ τοποθετήσωμεν τὸ ὀπτικὸν μέσον.

Διὰ τοῦ θεωρολίχου εὐρίσκεται ἐπίσης ὅτι, ἡ ἀκτίς προσπτώσεως ὡς καὶ ἡ ἀκτίς διαθλάσεως κείνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου μετὰ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν διαθλώσαν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

Ἡ παρατήρησις αὕτη παρέχει τὸν δεῦτερον νόμον τῆς διαθλάσεως.

4. Ὅρικὴ γωνία - Ὀλικὴ ἀνάκλασις.

Αὐξάνοντες τὴν γωνίαν προσπτώσεως μιᾶς ἀκτίνος, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐκ τοῦ ἀέρος πρὸς ἓν ὀπτικὸν μέσον, αὐξάνει ὡς εἶδομεν καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως. Ὅταν ἡ δέσμη AB προσπίπτει σχεδὸν παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ (σχ. 16, α), ἐντὸς τοῦ μέσου εἰσέρχεται κατὰ τὴν $BΓ$ ὑπὸ τὴν μεγαλύτεραν γωνίαν διαθλάσεως. Ἡ γωνία αὕτη διαθλάσεως, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ



Σχ. 16. Ὅρικὴ γωνία, ὀλικὴ ἀνάκλασις.

εἰς γωνίαν προσπτώσεως 90° , καλεῖται ὀρικὴ γωνία καὶ παρίσταται διὰ φ . Ἐν ἀντιστοίχῳ δέσμη ἀκτίνων ἐκ τοῦ ὀπτικοῦ μέσου προσπέση ἐπὶ τῆς δια-

χωριστικής επιφανείας, υπό γωνίαν ἴσην πρὸς τὴν ὀρικὴν, ἐξέρχεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρέχει καὶ τὴν ἔννοιαν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.

Ἐάν ᾗδη μία ἀκτίς προσπέσῃ ἐκ μέσου πυκνοτέρου πρὸς μέσον ἀραιότερον (ὔδωρ - ἀήρ) ὑπὸ γωνίαν μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς ἢ ἀκτίς δὲν ἐξέρχεται εἰς τὸ ἀραιότερον μέσον ἀλλὰ ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (σχ. 16, β). Τὸ φαινόμενον καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις.

Ἐάν κλάσιν τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἔχομεν καὶ εἰς τὰς περιπτώσεις προσπτώσεως τῆς δέσμης ὑπὸ γωνίαν μικροτέραν τῆς ὀρικῆς. Κατ' αὐτὰς ὁμως μέρος μόνον τῆς δέσμης ἀνακλᾶται.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα τὰ παρατηροῦμεν διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 16, β. Εἰς τὸν πυθμένα δοχείου πλήρους ὕδατος ἔχομεν φωτεινὴν πηγὴν. Αὕτη καλύπτεται δι' ἀδιαφανοῦς καλύματος εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχον ὠρισμένα σιγμαί, ἐκ τῶν ὁποίων δύνανται νὰ ἐξέρχωνται ἐντὸς τοῦ ὕδατος δέσμαι ἀκτίνων. Αἱ δέσμαι διαδιδόμεναι ἐντὸς τοῦ ὕδατος προσπίπτουν ἐν συνεχείᾳ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ὅποτε ἄλλη μὲν ἐξέρχεται παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν (εἰς ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ), ἄλλη καθέτως ἐξερχομένη ἄνευ ἐκτροπῆς, τρίτη ὑπὸ γωνίαν μικροτέραν τῆς ὀρικῆς ἐξερχομένη τοῦ ὕδατος καὶ ἄλλη ὑπὸ γωνίαν μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς, ἢ ὁποία ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν.

Τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως παρατηρεῖται καὶ διὰ τοῦ πειράματος 16, γ. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ὕδατος ἔχομεν τεμάχιον φελλοῦ εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ ὁποίου ὑπάρχει καρφίς. Παρατηροῦντες πλαγίως ἐντὸς τοῦ ὕδατος βλέπομεν τὴν καρφίδα ὀρθίαν ἐπὶ τοῦ φελλοῦ.

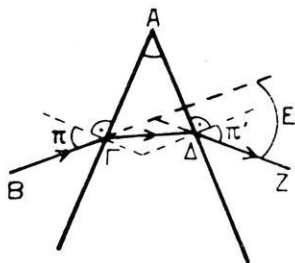
Π Ρ Ι Σ Μ Α Τ Α

1. Όψεις.

Ἐν πρίσμα ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς ὀπτικοῦ μέσου, τὸ ὁποῖον περατοῦται εἰς δύο ἐπιπέδους ἐπιφανείας τεμνομένας. Ἡ εὐθεῖα καθ' ἣν τέμνονται τὰ ἐπίπεδα καλεῖται ἀκμή τοῦ πρίσματος, ἐνῶ ἡ γωνία Λ (σχ. 17) τὴν ὁποῖον σχηματίζουν τὰ ἐπίπεδα, διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος.

Εἰς τὸ σχῆμα 17 ἔχομεν μίαν τομὴν τοῦ πρίσματος κάθετον πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν κυρίαν τομὴν. Ὄταν μία ἀκτὶς ΒΓ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μᾶς πλευρᾶς τοῦ πρίσματος διέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ καὶ τελικῶς προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἄλλης πλευρᾶς ἐξέρχεται ὡς ἀναδυομένη ΔΖ.

Ἡ γωνία E τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ἀναδυομένη ἀκτὶς ΔΖ μετὰ τῆς προεκτάσεως τῆς προσπίπτουσας ΒΓ εἶναι ἡ γωνία ἐκτροπῆς.



Σχ. 17. Διάθλασις διὰ πρίσματος

2. Ἀνάδυσις ἀκτίνος ἐκ πρίσματος.

Διὰ νὰ ἐξέλθῃ ἡ ἀκτὶς ἐκ τοῦ πρίσματος (σχ. 17) πρέπει νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ΑΔ ὑπὸ γωνίαν μικροτέραν τῆς ὀρικῆς. Τοῦτο συμβαίνει ὅταν εἶναι $A \leq 2\varphi$, ὅπου A ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ φ ἡ ὀρικὴ γωνία τοῦ ὀπτικοῦ μέσου.

Διὰ νὰ ἔχομεν ἀνάδυσιν ὅλων τῶν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτόντων ἀκτίνων πρέπει νὰ εἶναι $A \leq \varphi$. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν διέρχονται ἐκ τοῦ πρίσματος καὶ ἀκτῖνες πίπτουσαι καθέτως πρὸς τὴν πρώτην ἐπιφάνειαν τοῦ πρίσματος.

3. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.

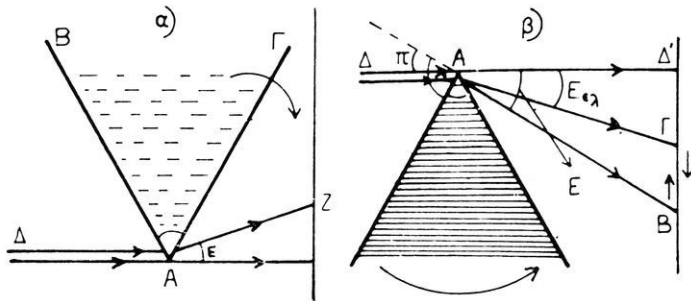
α) Τὸ κοῖλον ἀνεστραμμένον πρίσμα ΒΓΑ (σχ. 18, α) πληροῦμεν δι' ὕδατος καὶ ῥίπτομεν ἐπ' αὐτοῦ δέσμη ἀκτίνων ΔΑ. Μέρος αὐτῆς διερχόμενον διὰ

τοῦ πρίσματος διαθλάται κατὰ τὴν AZ , ἐνῶ ἄλλο διευθίνεται εὐθυγράμμως. Ἡ γωνία τὴν ὅποιαν σχηματίζουν αἱ δύο δέσμαι εἶναι ἡ γωνία ἐκτροπῆς E .

Μετακινούμεν τὴν ἐπιφάνειαν ΓA τοῦ πρίσματος διατηροῦντες σταθερὰν τὴν BA , ὅποτε αὐξάνει ἡ γωνία A τοῦ πρίσματος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, δι' αὐξήσεως τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος αὐξάνει καὶ ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

β) Λαμβάνομεν πρίσματα μὲ τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν ἀλλὰ ἐκ διαφόρου ὑλικοῦ (πολύπρισμα). Ἐπ' αὐτῶν ῥίπτομεν ῥέσμην ἀκτίνων ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐξ ἐκάστου πρίσματος ἐξέρχεται ἡ δέσμη μὲ διάφορον ἐκτροπήν. Τὰ ὀπτικῶς πυκνότερα σώματα ἐκτρέπουν τὸ φῶς περισσότερον.

γ) Διατηροῦντες ἤδη σταθερὰν τὴν γωνίαν A τοῦ πρίσματος μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως (σχ. 18, β), στρέφοντες τὸ πρίσμα περὶ τὸ A κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους. Παρατηροῦμεν ὅτι, δι' ἐλάττωσεως τῆς γωνίας π ἐλαττοῦται κατ' ἀρχὴν καὶ ἡ γωνία E . Εἰς ὀρισμένην ὅμως τιμὴν τῆς π ἡ E παύει



Σχ. 18. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.

νὰ ἐλαττοῦται. Ἄν ἐκ τῆς θέσεως αὐτῆς συνεχίσωμεν τὴν ἐλάττωσιν τῆς π , ἡ κηλὶς Γ ἐπὶ τῆς ὀθόνης κατέρχεται πρὸς τὴν ἀρχικὴν θέσιν B , αὐξάνει δηλαδὴ ἡ E .

Ἡ θέσις διὰ τὴν ὅποιαν ἔχομεν τὴν μικροτέραν γωνίαν ἐκτροπῆς χαρακτηρίζεται ὡς θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος γωνία ἐκτροπῆς ὡς ἐλαχίστη ἐκτροπή.

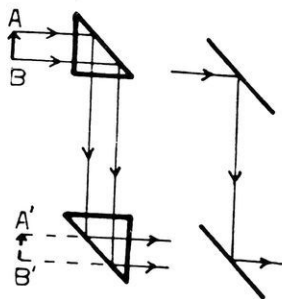
4. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως

Ἐν ὀρθογώνιον καὶ ἰσοσκελὲς πρίσμα (σχ. 19), ἀποτελεῖ ἓν πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Ὅταν ἐπ' αὐτοῦ προσπέσουν ἀκτίνες καθέτως πρὸς μίαν κά-

θετον πλευράν του, αὐται εἰσέρχονται ἐντὸς αὐτοῦ ἄνευ ἐκτροπῆς καὶ προσιπτόν ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ὑπὸ γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀριζῆς. Ὡς ἐκ τούτου ἐκεῖ ὑφίστανται ὀλικὴν ἀνάκλασιν, ἐν συνεχείᾳ δὲ ἐξέρχονται ἐκ τῆς ἄλλης καθέτου πλευρᾶς αὐτοῦ πάλιν καθέτως ἄνευ ἐκτροπῆς.

Διὰ συστήματος δύο πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως παρατηροῦμεν τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου AB (σχ. 19) εἰς τὴν θέσιν $A'B'$. Τὸ σύστημα αὐτὸ ἀποτελεῖ ἐν περισκόπιον. Εἰς τὰ περισκόπια δύνανται νὰ τοποθετηθοῦν εἰς τὴν θέσιν τῶν πρισμάτων κάτοπτρα (σχ. 19, β).

Τὰ περισκόπια χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ὑποβρύχια, ὅταν αὐτὰ εὐρίσκονται ἐν καταδίσει, διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης. Ἐπίσης καὶ διὰ τὴν ἐκ χαρακωμάτων ἐπόπτευσιν.



Σχ. 19. Περισκόπιον.

Φ Α Κ Ο Ι

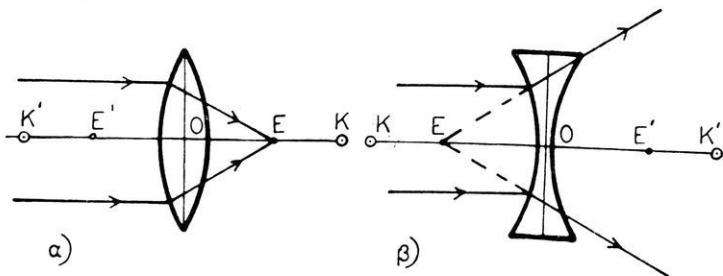
1. Όροιμοί.

Οί φακοί αποτελούνται ἐξ ἐνὸς ὀπτικοῦ μέσου τὸ ὁποῖον περιβάλλεται ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Ἡ εὐθεῖα $ΚΚ'$ ἣτις ἐνώνει τὰ κέντρα τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ καλεῖται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓν σημεῖον καλούμενον ὀπτικὸν κέντρον.

Οί φακοί διακρίνονται εἰς συγκλίνοντας καὶ ἀποκλίνοντας.

Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ, διέρχεται διὰ τοῦ φακοῦ καὶ συγκεντρῶνται εἰς ἓν σημεῖον E ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 20, α). Τὸ σημεῖον αὐτὸ ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ. Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἔχομεν δύο πραγματικὰς κυρίας ἐστίας, ἀνά μίαν ἐξ ἐκάστου μέρους τοῦ φακοῦ.



Σχ. 20. Κυρία ἐστία φακῶν.

Εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ ἀποκλίνει. Αἱ προεκτάσεις αὐτῶν συναντῶνται εἰς ἓν σημεῖον E ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 20, β), τὴν ἐστίαν τοῦ φακοῦ. Εἰς ἕκαστον ἀποκλίνοντα φακὸν ἔχομεν δύο φανταστικὰς κυρίας ἐστίας.

Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἐστίας ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου καλεῖται ἐστιακὴ ἀπόστασις.

2. Εἶδωλα ἀντικειμένων.

Θεωροῦμεν ἀντικείμενον AB (φλόγα κηρίου) πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ O (σχ. 21, α). Διὰ τοῦ φακοῦ σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου

εις τὴν θέσιν $A'B'$ πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον. Πλησιάζοντες ἤδη τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὸν φακὸν παρατηροῦμεν ὅτι τὸ εἶδωλον ἀπομακρύνεται ἔξ αὐτοῦ καὶ ἀντιστρόφως.

Διὰ φακῶν, ὡς ἀνωτέρω, λαμβάνεται τὸ εἶδωλον ἀντικείμενον ἐπὶ τῆς ὁδοῦ τῆς κινήματος (διὰ τῶν προβολέων), ὡς ἐπίσης καὶ τὸ εἶδωλον ἀντικείμενον ἐπὶ τοῦ φίλμ φωτογραφικῆς μηχανῆς.

Ἄν τὸ ἀντικείμενον τοποθετηθῆ μεταξὺ ἐστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικείμενου φαίνεται ἐντὸς τοῦ φακοῦ (σχ. 21, β), σχηματίζεται δηλαδή εἶδωλον φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον.

Δι' ἐνὸς φακοῦ, ὡς ἀνωτέρω, χρησιμοποιουμένου ὡς ἀπλοῦ μικροσκοπίου, παρατηροῦμεν μικρὰ ἀντικείμενα μεγεθυμένα.

Ἄν πρὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ φέρωμεν ἀντικείμενον AB λαμβάνομεν τὸ εἶδωλον $A'B'$ φανταστικόν ὄρθιον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικείμενου. (σχ. 21, γ).

Φακοὶ ἀποκλίνοντες χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ τῶν μύλων. Οἱ πρεσβύωπες χρησιμοποιοῦν φακοὺς συγκλίνοντας.

Τὰ διάφορα ὀπτικά ὄργανα εἶναι συστήματα φακῶν συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων. Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται π.χ. ἐξ δύο συγκλινόντων φακῶν ὀριζομένων εἰς ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν.

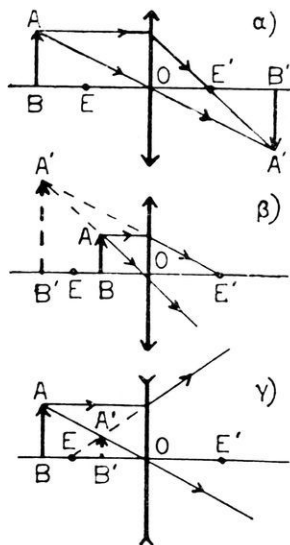
3. Τύποι τῶν φακῶν.

Ἄν διὰ p καὶ q παραστήσωμεν τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἶδωλου ἀντιστοίχως ἀπὸ τοῦ φακοῦ καὶ διὰ f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ, μεταξὺ αὐτῶν ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad \text{καὶ} \quad \frac{E}{A} = \frac{q}{p}$$

ὅπου E καὶ A τὰ μεγέθη τοῦ εἶδωλου καὶ τοῦ ἀντικείμενου ἀντιστοίχως.

Διὰ συγκλίνοντας φακοὺς εἶναι f θετικόν, ἐνῶ δι' ἀποκλίνοντας ἀρνητικόν. Ἡ ἀπόστασις q τοῦ εἶδωλου λαμβάνεται ἀρνητικὴ διὰ φανταστικῶν εἶδωλων.



Σχ. 21. Εἶδωλα διὰ φακῶν.

4. Ίσχύς φακοῦ.

Ὁ λόγος $1/f$ φακοῦ ὀρίζεται ὡς ἰσχὺς αὐτοῦ. Ὄταν ἡ f μετρεῖται εἰς m ἡ ἰσχὺς εὐρίσκεται εἰς **διοπτρίας**. Διὰ f μικρὸν ἡ ἰσχὺς εἶναι μεγάλη, ἔχομεν δηλαδὴ μεγαλυτέραν συγκεντρωσιν ἢ ἀποκέντρωσιν τῶν ἀκτίνων.

Ἐφαρμογή: Ἐν ἀντικείμενον ὕψους 4 cm τεθῆ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ $f = 20\text{ cm}$, εὐρίσκομεν: α) ἐκ τῆς πρώτης τῶν σχέσεων $q = -20\text{ cm}$, τὸ εἶδον δηλαδὴ σχηματίζεται φανταστικὸν καὶ β) ἐκ τῆς δευτέρας τῶν σχέσεων $E = 8\text{ cm}$.

Ἐάν εἶναι $P = 40\text{ cm}$ εὐρίσκομεν $q = 40\text{ cm}$ καὶ $E = 4\text{ cm}$.

Ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀνωτέρω φακοῦ εἶναι $1/f = 1/0,20 = 5$ διοπτρίαί.

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

1. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός.

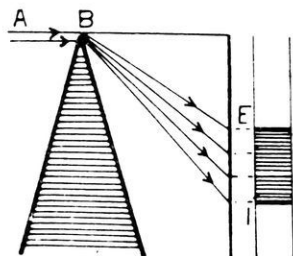
Δέσμη ἡλιακοῦ φωτός ἢ ἐκ λαμπτήρος ἀφίεται νὰ προσπέσῃ ἐπὶ ὑαλίνου πρίσματος (σχ. 22). Ἐκ τοῦ πρίσματος τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀναδέεται μία κωνικὴ δέσμη ἀκτίνων, τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν ἐπὶ ὀθόνης.

Ἐπὶ τῆς ὀθόνης παρατηροῦμεν ὅτι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες ἀντιστοιχοῦν εἰς διάφορα χρώματα. Τὸ φῶς ἐπομένως τοῦ ἡλίου εἶναι σύνθετον ἀποτελούμενον ἀπὸ πλήθους χρωμάτων. Διὰ τοῦ πρίσματος τὸ λευκὸν φῶς τοῦ ἡλίου ἀναλύεται εἰς τὰ χρώματα ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται. Τὸ εἶδωλον EI τὸ λαμβανόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ἐπὶ τῆς ὀθόνης, ἀποτελεῖ τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.

Τὰ χρώματα εἰς τὸ φάσμα εὗρισκονται μὲ τὴν ἑξῆς σειράν, ἐρυθρὸν, πορτοκαλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, θαθὸν κυανοῦν καὶ ἰώδες. Τὸ ἰώδες ἐκτρέπεται περισσότερον ὄλων τῶν ἀκτίνων ἐνῶ τὸ ἐρυθρὸν ὀλιγώτερον. Ἄν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος διαβιβαθοῦν ἐκάστη διὰ πρίσματος δὲν ἀναλύονται εἰς ἄλλα χρώματα. Ἐκάστη ἐπομένως ἐξ αὐτῶν ἀποτελεῖ μονοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν ἢ ἀπλῆν.

Ἄν διὰ φακοῦ συγκεντρώσωμεν εἰς ἓν σημεῖον τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἔχομεν δηλαδή ἀνασύνθεσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Δι' ἀναμίξεως ἐπίσης κίτρινης καὶ κυανῆς ἀκτινοβολίας, συγκεντροῦντες αὐτὰς διὰ φακοῦ ἐπὶ ὀθόνης λαμβάνομεν λευκὸν φῶς. Τὰ χρώματα κίτρινον καὶ κυανοῦν καλοῦνται διὰ τοῦτο συμπληρωματικά. Συμπληρωματικά εἶναι καὶ τὰ χρώματα ἐρυθρὸν, πράσινον καὶ ἰώδες. Διὰ συνδυασμοῦ ἀνὰ δύο τῶν τριῶν αὐτῶν χρωμάτων λαμβάνομεν ἐπίσης ὅλα τὰ χρώματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ τρία αὐτὰ χρώματα καλοῦνται βασικά.

Σύνθετον φῶς ἐκπέμπουν ὅλα τὰ σώματα θερμαινόμενα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Μονοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν παρέχουν οἱ ἄτμοι ὀρισμένων μετάλλων. Οἱ ἄτμοι τοῦ νατρίου π.χ. παρέχουν κίτρινην μονοχρωματικὴν δέσμη.



Σχ. 22. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός.

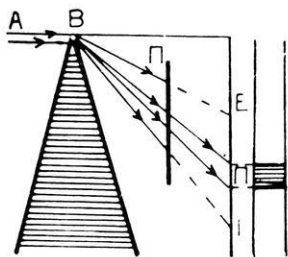
2. Χρῶμα τῶν σωμάτων.

Εἰς τὴν ἔξοδον δέσμης λευκοῦ φωτὸς ἐκ πρίσματος, τοποθετοῦμεν πλάκα ὑαλίνην Π χρώματος πρασίνου. Παρατηροῦντες ἤδη τὸ φάσμα ἐπὶ τῆς ὁδοῦ νῆς διαπιστοῦμεν ὅτι ἐπὶ αὐτοῦ ὑπάρχει μόνον πρασίνῃ ἀκτινοβολία (σχ. 23).

Ἡ πρασίνῃ δηλαδὴ πλάξ ἀπερρόφησεν ὅλας τὰς ἄλλας ἀκτινοβολίας, ἐνῶ ἐπέτρεψεν τὴν δίοδον τῆς πρασίνης.

Ἄν ἤδη φέρωμεν τὴν πλάκα ἐπὶ τοῦ φάσματος εἰς τὴν ὁδόν, αὕτη φαίνεται μετὸ χρῶμα τῆς μόνον εἰς τὴν πρασίνῃ περιοχὴν τοῦ φάσματος.

Ἐκ τούτων φαίνεται ὅτι ἡ πρασίνῃ πλάξ ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει δὲ τὴν διέλευσιν ἢ καὶ ἀνάγκασιν μόνον τῆς πρασίνης.



Σχ. 23. Φάσμα ἀναρροφήσεως.

Τὰ διάφορα σώματα ἀπορροφῶν γενικῶς καὶ διάφορον ἀκτινοβολίαν. Τὸ χρῶμα αὐτῶν καθορίζεται εἴτε ἐκ τῆς ἀκτινοβολίας τὴν ὁποίαν ἀγίνουν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῶν εἴτε ἐκ τῆς ἀκτινοβολίας τὴν ὁποίαν ἀνακλῶν.

Ἢταν ἐν σῶμα ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας φαίνεται μαῦρον, ἐνῶ ὅταν τὰς ἀνακλᾷ ἐπίσης ὅλας φαίνεται λευκό. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἐνῶ σπινιστῶνται τὰ λευκὰ φορέματα διὰ τὸ θέρος ἀποφεύγονται τὰ μαῦρα.

Ἢταν ἐν κυανοῦν ὕφασμα παρατηρεῖται διὰ λαμπτήρων πυρακτώσεως δυσκόλως διακρίνεται ἐκ τοῦ μαύρου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ λαμπτήρ παρέχει ἀσθενῆ κυανῆν ἀκτινοβολίαν, μόλις διακρινομένην. Διὰ λαμπτήρων ὅμως φθορισμοῦ, πλουσίων εἰς κυανῆν ἀκτινοβολίαν, τὸ κυανοῦν ὕφασμα διακρίνεται εὐχερῶς τοῦ μαύρου.

Αἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου διαδιδόμεναι διὰ τῆς ἀτμοσφαιρας διαχέονται. Μεγαλύτεραν διάχυσιν ἐφίστανται αἱ ἀκτινοβολαὶ κυανῆ καὶ ἰώδης. Ὁ οὐρανὸς διὰ τοῦτο φαίνεται μετὸ χρῶμα τῶν διαχουμένων ἀκτινοβολῶν, ἐνῶ αἱ ἀπ' εὐθείας ἀκτίνες τοῦ ἡλίου κατὰ τὰς προΐνές ἢ ἀπογευματινὰς ὥρας φαίνονται περισσώτερον ἐρυθραί. Ἐξ αὐτῶν ἐλλείπουν τότε περισσώτεροι κυαναὶ ἀκτίνες λόγῳ διαχύσεως αὐτῶν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας.

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

1. Ένταση φωτεινής πηγής.

Αι διάφοροι φωτεινάι πηγαί παρέχουν φως τὸ ὁποῖον προσπίπτον ἐπὶ τῶν σωμάτων καθιστᾷ αὐτὰ ὁρατά.

Ἄν λάβωμεν ἓνα λαμπτήρα πυρακτώσεως μεγάλης ἰσχύος καὶ μίαν φλόγα κηρίου καὶ φέρομεν αὐτὰ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ μιᾶς ὀθόνης, χωριστὰ ἕκαστον, παρατηροῦμεν ὅτι, ὁ λαμπτήρ φωτίζει τὴν ὀθόνην περισσότερον ἀπὸ τὴν φλόγα τοῦ κηρίου. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὀθόνης εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ λαμπτήρος λέγομεν ὅτι εἶναι μεγαλύτερος τοῦ φωτισμοῦ τῆς φλογός.

Εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα ὀρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἡ φωτεινὴ ἔντασις τοῦ λαμπτήρος εἶναι μεγαλύτερα τῆς φωτεινῆς ἐντάσεως τῆς φλογός. Γενικῶς ὀρίζεται ὅτι ἡ φωτεινὴ ἔντασις μιᾶς πηγῆς εἶναι τόσον μεγαλύτερα ὅσον ἡ ποσότης τῆς φωτεινῆς ἐνεργείας ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἐξ αὐτῆς εἶναι μεγάλη.

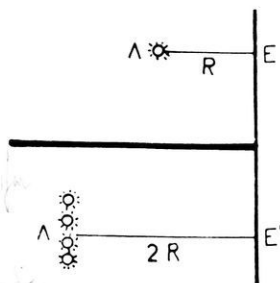
Εἰς τοὺς λαμπτήρας φωτισμοῦ ἐνδιαφέρει νὰ μετατρέπεται ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλύτερα ποσότης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς φωτεινὴν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται δι' αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος τοῦ λαμπτήρος. Εἰς λαμπτήρας μεγάλης ἰσχύος ἢ ἀπόδοσις εἶναι μεγάλη φθάνει μέχρι τὰ 20% (500 W) ἐνῶ εἰς τοὺς λαμπτήρας μικρᾶς ἰσχύος π.χ. τῶν 25 W, εἶναι 10%.

Εἰς τοὺς λαμπτήρας φθορισμοῦ ἢ ἀπόδοσις εἶναι 45%. Τὰ 45% δηλαδὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπονται ἐντὸς αὐτῶν εἰς φωτεινὴν.

2. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας.

Ὁ φωτισμὸς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται, α) ἐκ τῆς ἐντάσεως τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐπιφάνεια φωτίζεται περισσότερον ὑπὸ πηγῆς μεγαλύτερας φωτεινῆς ἐντάσεως.

β) Ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς. Ἀξιοσημείωτης τῆς ἀποστάσεως τῆς πηγῆς ἐλαττοῦται ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας. Ἄν ἡ



Σχ. 24. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I Κάτοπτρα.

1. Δένδρον ύψους 3 m εϋρίσκεται εις απόστασιν 8 m, εκ κατακορύφου κατόπτρου. Ζητείται ή θέσις και τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου τοῦ δένδρου, διὰ τοῦ κατόπτρου.

2. Δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν 45° . Πόσα εἰδῶλα ἐνὸς ἀντικειμένου παρέχουν;

3. Εἰς απόστασιν 20 cm ἀπὸ κοίλου κατόπτρου ἀκτίνος καμπυλότητος 30 cm τοποθετεῖται ἀντικείμενον. Ζητείται ή θέσις και τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου.

4. Διὰ κυρτοῦ κατόπτρου ἐστ. ἀποστάσεως 4 cm σχηματίζεται τὸ εἶδῶλον ἀντικειμένου εϋρισκομένου εις απόστασιν 10 m ἀπ' αὐτοῦ. Ζητείται ή θέσις τοῦ εἰδώλου.

5. Σχιμὴ ὕψους 3 mm (πάχος) τοποθετεῖται εις απόστασιν 2 cm ἀπὸ κοίλου κάτοπτρου ἐστ. ἀποστάσεως 5 cm. Ζητείται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου τῆς σχιμῆς και ή απόστασις αὐτοῦ εκ τοῦ κατόπτρου.

6. Τὸ εἶδῶλον σελήνης σχηματίζεται δι' ἐνὸς κοίλου κατόπτρου ἐστ. ἀποστάσεως 10 cm. Ἡ ἀπόστασις γῆς - σελήνης εἶναι 386.000 Km, ἐνῶ ή διάμετρος τῆς σελήνης 3540 Km. Ζητείται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου τῆς σελήνης.

7. Εἰς απόστασιν 15 cm ἀπὸ κάτοπτρου φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας ὕψους 2 cm. Ζητείται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου τοῦ ὀφθαλμοῦ μας ὅταν τὸ κάτοπτρον εἶναι α) ἐπίπεδον, β) κοῖλον με $f = 20$ cm και γ) κυρτὸν με $f = 20$ cm.

II Διαθλάσις τοῦ φωτός.

8. Ἀκτὶς προσπίπτει εκ τοῦ ἀέρος ἐπὶ πλακὸς ἐξ ὕαλου ἐπὶ γωνίαν 45° . Ἐάν ή ἀντίστοιχος γωνία διαθλάσεως εἶναι 30° , ζητείται ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕαλου.

9. Ὁ δείκτης διαθλάσεως ὕδατος εἶναι $\sqrt{2}$. Ζητείται ή ὀρικὴ γωνία αὐτοῦ.

10. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία πρίσματος εἶναι 60° ή δὲ ὀρικὴ γωνία τοῦ ὕδατος τοῦ πρίσματος 42° . Ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς αὐτοῦ. Ζητείται ἂν ή ἀκτὶς θὰ ἐξέλθῃ εκ τῆς ἄλλης πλευρᾶς.

III. Φακοί.

11. Πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστὶ ἀποστίσεως 20 cm τίθεται φωτεινὸν σημεῖον. Ζητεῖται ἡ θέσις καὶ τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου τοῦ σημείου, ὅταν αὐτὸ τεθῆ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, α) 40 cm β) 10 cm καὶ γ) 20 cm.

12. Εἰς ἀπόστασιν 18 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 12 cm, τίθεται ἀντικείμενον. Ζητεῖται ἡ θέσις καὶ τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου.

13. Διὰ φακὸν ὃ φωτογραφικῆς μηχανῆς λαμβάνομεν ἐπὶ τοῦ φιλμ τοῦ εἰδώλου ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἐκ τοῦ φακοῦ. Ἄν τὸ φιλμ ἀπέχει ἐκ τοῦ φακοῦ 10 cm, ζητεῖται ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ.

14. Κινηματογραφικὴ μηχανὴ προβάλλει ἀντικείμενον διαφανὲς ὕψους 3 cm ἐπὶ οὐθόνης ἣτις ἀπέχει ἐκ τοῦ φακοῦ προβολῆς 60 m. Τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου ἐπὶ τῆς οὐθόνης εἶναι 6 m. Ζητοῦνται, α) ἡ ἀπόστασις τῆς ταινίας ἐκ τοῦ φακοῦ προβολῆς καὶ β) ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ.

15. Πρὸσβόθου βλέπει εὐχρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 1 m. Διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εἰς ἀπόστασιν 25 cm χρησιμοποιεῖ συγκλίνοντα φακοῦς. Ζητεῖται ἡ ἰσχύς τῶν φακῶν, αὐτῶν, ἂν γνωρίζομεν ὅτι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου διὰ τοῦ φακοῦ σχηματίζεται εἰς τὴν ἀπόστασιν τοῦ 1 m.

16. Μύωψ βλέπει εὐχρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ του. Ζητεῖται ἡ ἰσχύς τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ διὰ νὰ διακρίνῃ εὐχρινῶς ἀντικείμενα εἰς ἀπόστασιν 30 cm. Οὗτος βλέπει διὰ τοῦ φακοῦ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου εἰς ἀπόστασιν 10 cm.

IV Ἀπόδοσις λαμπτήρος.

17. Λαμπτήρ πρῶτακτώσεως ἰσχύος 100 W ἐδράζεται ἐντὸς ὕδατος θερμομέτρου. Διαρρέεται ἐπὶ ρεύματος ἐπὶ 10 min καὶ παράγει εἰς τὸ θερμοδόμετρον θερμότητα 12.000 cal. Ζητεῖται α) τὸ ποσοῦν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας τὸ ὁποῖον ἀπεδόθη ὡς φῶς καὶ β) ἡ φωτεινὴ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτήρος.

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΗΧΟΥ

1. Παραγωγή ήχου.

Πιέζομεν πρὸς στιγμὴν χορδὴν ἠχητικοῦ ὄργανου καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀφίνομεν αὐτὴν ἐλευθέραν. Ἡ χορδὴ τότε πάλλεται ἐνῶ σύγχρονως παράγεται ἦχος. Ἐάν ἐπίσης πλῆξωμεν δι' ἐνὸς ὄργανου τὰ σκέλη ἐνὸς διαπασῶν (σχ. 1), παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ πάλλονται ἐνῶ ταυτοχρόνως παράγεται ἦχος. Τὰς δονήσεις τοῦ διαπασῶν τὰς παρακολουθοῦμεν δι' ἐνὸς ἐξηρητημένου σφαιριδίου, τὸ ὁποῖον φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ ἐν σκέλος τοῦ διαπασῶν. Τὸ σφαιρίδιον παρατηροῦμεν ὅτι ἐκτελεῖ συνεχεῖς ἀναπηδήσεις.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι ὁ ἦχος παράγεται ὑπὸ σωματίων τὰ ὁποῖα ἐκτελοῦν παλμικὰς κινήσεις ἢ ἄλλως ταλαντοῦνται.

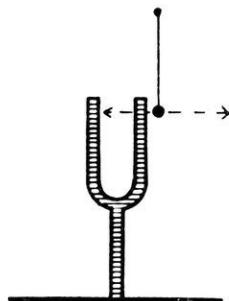
Ἐκάστη ταλάντωσις χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς συχνότητος αὐτῆς. ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι ἦχος γίνεται ἀκουστός ὅταν αἱ ταλαντώσεις τῶν δονουμένων σωματίων ἔχουν συχνότητας μεταξὺ τῶν 16 c/sec καὶ 20 Kc/sec.

Κατὰ τὴν κίνησιν τῶν χειρῶν μας δὲν ἀκούομεν ἦχον διότι οὗτος εἶναι συχνότητος μικροτέρας τῶν 16 c/sec. Ἡ κίνησις ὁμως τῶν πτερυγῶν μελίσης γίνεται ἀντιληπτὴ ὡς ἀκουστός ἦχος.

Ἦχος παράγεται διὰ ἐγκόρδων ὄργάνων εἰς ἃ πάλλονται χορδαί, ὡς καὶ διὰ πνευστῶν ὄργάνων. (φλογέρα, τρομπέτα κ. ἄ.) εἰς τὰ ὁποῖα πάλλεται ὁ ἀήρ τὸν ὁποῖον περιέχουν.

2. Διάδοσις τοῦ ἡχου.

Εἰς τὸν κώδωνα ἀεραντλίας φέρομεν ἠλεκτρικὸν κώδωνα τοῦ ὁποίου τὸ κύκλωμα κλείεται ἐξωτερικῶς. Ἐφ' ὅσον ἐντὸς τοῦ κώδωνος ὑπάρχει ἀήρ, καθ' ὃν χρόνον τὸ πλῆκτρον πλήττει τὸ τύμπανον τοῦ κώδωνος ἀκούεται ἦχος. Ἐκ τοῦ



Σχ. 25. Διαπασῶν.

κώδωνος αφαιρείται ὀλίγον κατ' ὀλίγον ὁ περιεχόμενος ἀήρ. Ἡ ἔντασις τότε τοῦ ἤχου τὸν ὅποιον ἀκούομεν συνεχῶς ἐλαττοῦται. Ὄταν τελικῶς ἐκκενωθῇ ὁ κώδων ἐκ τοῦ ἀέρος ἤχος δὲν ἀκούεται, ἐνῶ τὸ πλῆκτρον συνεχίζει νὰ κτυπᾷ ἐπὶ τοῦ τυμπάνου.

Ἄν τὸν ἠλεκτρικὸν κώδωνα μεταφέρωμεν ἐντὸς ὕδατος, ὅταν οὗτος πάλλεται διὰ τοῦ ὕδατος μεταφέρεται εἰς ἡμᾶς ἤχος.

Ἐκ τῶν παρατηρήσεων αὐτῶν φαίνεται ὅτι:

ὁ ἤχος διαδίδεται διὰ τῶν διαφορῶν ὑλικῶν μέσων, ἐνῶ δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν.

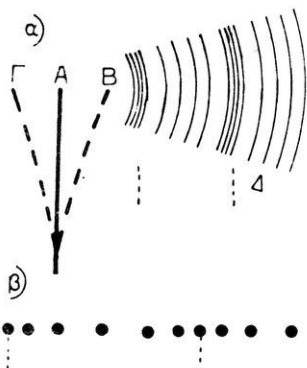
Οὔτω παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῶ ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία δὲν ἔχει ἀνάγκην ὑλικοῦ φορέως διὰ τὴν διάδοσιν αὐτῆς, ὁ ἤχος διαδίδεται μόνον δι' ὑλικῶν φορέων.

Ἡ διάδοσις τοῦ ἤχου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Ὄταν ἐν σῶμα πάλλεται, ἔστω ἐν ἔλασμα (σχ. 2), παρασύρει εἰς κίνησιν τὰ μόρια τοῦ ἀέρος μὲ τὰ ὅποια ἔρχεται εἰς ἐπαφήν. Τὰ μόρια ὅμως τοῦ ἀέρος συνδέονται μεταξὺ τῶν διὰ τῶν δυνάμεων συνοχῆς. Ὄταν ἐπομένως ἐν μόριον κινήθῃ παρασύρει εἰς τὴν κίνησιν του καὶ τὰ ἄλλα μόρια μὲ ἀποτέλεσμα κινούμενα τὰ μόρια νὰ σχηματίζουν ἄλλοῦ μὲν πυκνώματα ἀέρος ἄλλοῦ δὲ ἀραιώματα (σχ. 2, α). Αἱ διαφοραὶ αὐταὶ τῶν πυκνοτήτων τοῦ ἀέρος προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ὄτων μας ὡς κύματα

πίεσεως. Εἰς τὰ πυκνώματα ἀντιστοιχοῦν μέγιστα πίεσεως ἐνῶ εἰς τὰ ἀραιώματα ἐλάτιστα πίεσεως. Αἱ πίεσις αὐταὶ εἶναι περιοδικαὶ καὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν συχνότητα τοῦ παλλομένου σώματος, δηλαδὴ τοῦ ἤχου.

Ἡ διάδοσις τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα δύνανται νὰ παραβληθῇ μὲ τὴν κίνησιν σφαιρῶν ἐν σειρᾷ (σχ. 2, β) συνδεδεμένων μεταξὺ τῶν δι' ἐλατηρίων. Ἄν μία σφαῖρα μετατοπισθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν σφαιρῶν παρασύρει εἰς τὴν κίνησιν της καὶ τὴν γειτονικὴν της σφαῖραν αὕτη πάλιν τὴν γειτονικὴν της κ.ο.κ. Ἐκάστη σφαῖρα τελικῶς κινεῖται περιοδικῶς περὶ μίαν μέσσην θέσιν ἣτοι ταλαντοῦται. Ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς κινήσεως εἶναι ἡ δημιουργία πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων ἐκ σφαιρῶν, τροχωροῦντων. Ἐχομεν ἐνταῦθα μίαν κύμανσιν ἣτις λόγῳ τῆς μορφῆς της καλεῖται διαμήκης. Ὁ ἤχος ἐπίσης εἶναι διαμήκης κύμανσις.



Σχ. 2. Διάδοσις ἤχου.

Ἡ διάδοσις τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα δύνανται νὰ παραβληθῇ μὲ τὴν κίνησιν σφαιρῶν ἐν σειρᾷ (σχ. 2, β) συνδεδεμένων μεταξὺ τῶν δι' ἐλατηρίων. Ἄν μία σφαῖρα μετατοπισθῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν σφαιρῶν παρασύρει εἰς τὴν κίνησιν της καὶ τὴν γειτονικὴν της σφαῖραν αὕτη πάλιν τὴν γειτονικὴν της κ.ο.κ. Ἐκάστη σφαῖρα τελικῶς κινεῖται περιοδικῶς περὶ μίαν μέσσην θέσιν ἣτοι ταλαντοῦται. Ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς κινήσεως εἶναι ἡ δημιουργία πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων ἐκ σφαιρῶν, τροχωροῦντων. Ἐχομεν ἐνταῦθα μίαν κύμανσιν ἣτις λόγῳ τῆς μορφῆς της καλεῖται διαμήκης. Ὁ ἤχος ἐπίσης εἶναι διαμήκης κύμανσις.

ΤΑΧΥΤΗΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ · ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

1. Ταχύτης του ήχου.

Ο ήχος διαδίδεται με διάφορον ταχύτητα ἐντός τῶν διαφόρων μέσων. Οὕτω ἂν ἤχος παραχθῆ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ ἡμᾶς ἀκούομεν αὐτὸν δύο φορές. Πρῶτον διὰ τοῦ ἐδάφους καὶ δεύτερον διὰ τοῦ ἀέρος. Ὁ ἤχος δηλαδὴ διὰ τοῦ ἐδάφους διαδίδεται μὲ μεγαλυτέραν ταχύτητα.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τοὺς 20° C εἰς m/sec εἶναι εἰς τὸν ἀέρα 380, εἰς τὸ ὕδρογόνον 1460, ὕδωρ 1600, ξύλον 5600, σίδηρον 6560 καὶ εἰς ὕalon 6707.

Τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα μετροῦμεν ὡς ἑξῆς. Δύο τόποι Α καὶ Β συνδέονται διὰ τηλεφώνου. Εἰς τὸν τόπον Α παράγεται ἤχος ὅστις διὰ τοῦ τηλεφώνου ἀκούεται εἰς τὸν τόπον Β σχεδὸν ταυτοχρόνως μὲ τὴν παραγωγὴν του. Ἄν ἦδη ὁ ἤχος ἀκουσθῆ εἰς τὸ Β μετὰ χρόνον t ἀπὸ τῆς παραγωγῆς του, διὰ τοῦ ἀέρος, ἡ ταχύτης του θὰ εἶναι $v = S/t$ ὅπου S ἡ μεταξὺ τῶν δύο τόπων ἀπόστασις.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω εἰς τοὺς 0° C ὁ ἤχος διαδίδεται διὰ τοῦ ἀέρος μὲ ταχύτητα 331 m/sec, ἐνῶ εἰς τοὺς 15° C μὲ 340 m/sec. Δι' αὐξησιν 1° C ἡ ταχύτης αὐξάνει περίπου κατὰ 0,6 m/sec.

2. Ὑπερηχητικαὶ ταχύτητες.

Τὰ ἀεροπλάνα κινοῦνται συνήθως μὲ ταχύτητας μικροτέρας τοῦ ἤχου. Τὰ βλήματα τῶν πυροβόλων κινοῦνται μὲ ταχύτητα μεγαλυτέραν τοῦ ἤχου δηλαδὴ μὲ ὑπερηχητικὴν ταχύτητα. Ὡρισμένα τῶν ἀεριοθουμένων κινοῦνται ἐπίσης μὲ ὑπερηχητικὰς ταχύτητας.

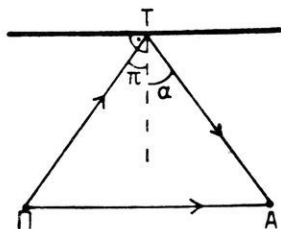
Ὅταν ἡ ταχύτης ἀεροπλάνου φθάσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου τότε ἀναπτύσσεται ἐπ' αὐτοῦ μία πρόσθετος ἀντίστασις ὡς κύμα πίεσεως. Διὰ νὰ ὑπερβικῆσῃ τὸ ἀεροπλάνον τὸ κύμα αὐτό, καλούμενον κρουστικὸν κύμα, πρέπει νὰ δαπανήσῃ πρόσθετον ἐνέργειαν.

Διὰ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ κρουστικοῦ κύματος, τὸ ὁποῖον πολλάκις προκαλεῖ τὴν καταστροφὴν τοῦ ἀεροπλάνου, εἰς τὰ ὑπερηχητικὰ ἀεροπλάνα δίδεται ἰδιαίτερον σχῆμα. Εἰς τὸ πρόσθιον μέρος των φέρον ἀκίδα ἐνῶ αἱ πτέρυγές των ἔχουν σχῆμα δέλτα.

3. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου.

Κατὰ τὴν διάδοσίν του ὁ ἤχος συναντᾷ διάφορα σώματα ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀνακλᾶται. Ἡ ἀνάκλασις του ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

Ἐπιθέτομεν ὅτι παρατηρητῆς Α εὐρίσκεται εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦχοι Τ. Εἰς τὴν θέσιν Π παράγεται ὑπὸ ἠχητικῆς πηγῆς ἤχος. Ὁ παρατηρητῆς ἀκούει ἐκ τῆς πηγῆς δύο ἤχους. Τὸν ἕνα κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΠΑ, δηλαδὴ ἀπ' εὐθείας καὶ τὸν ἄλλον ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ τοῦχοι, κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΤΑ.



Σχ. 27. Ἀνάκλασις ἤχου

Ἐχει παρατηρηθῆ ὅτι διὰ νὰ ἀκούσῃ ὁ παρατηρητῆς χωριστὰ τοὺς δύο ἀνωτέρω ἤχους πρέπει ἢ διαφορά τῶν ἀποστάσεων ΠΤΑ καὶ ΠΑ νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 34 m. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα τῶν 34 m ἔχομεν τὸ φαινόμενον τῆς συνήχουσεως. Ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἤχος τότε προστίθεται εἰς τὸν ἀπ' εὐθείας καὶ παρέρχει εἰς αὐτὸν ἐνοχλητικὴν παράτασιν. Διὰ διαφορὰν μεγαλυτέραν τῶν 34 m ἀκούομεν δύο χωριστοὺς ἤχους, ἔχομεν τότε τὴν ἡχώ.

Ὁ ἤχος τὰ 34 m τὰ διανύει εἰς 1/10 sec. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἐκάστη ἐντύπωσις ἤχου διαρκεῖ εἰς τὰ ὦτα μας 1/10 sec. Εἶναι δηλαδὴ δυνατὸν νὰ ἀκούσωμεν ἤχους διακρινομένους ἀλλήλων ὅταν οὗτοι παράγονται τὸ πολὺ 10 ἐντὸς 1 sec.

Εἰς τοὺς διαφόρους χώρους συναυλιῶν, ἐκπομπῶν, θεάτρων κλπ. καταβάλλεται προσπάθεια ὥστε νὰ ἀποφεύγεται ὅσον εἶναι δυνατὸν ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἤχος. Οἷτω εἰς τοὺς θαλάμους ἐκπομπῶν οἱ τοῖχοι καλύπτονται δι' εἰδικῆς ἐπενδύσεως ἢ ὁποῖα ἀπορροφᾷ τοὺς ἤχους, ἐνῶ εἰς τὰ θέατρα λαμβάνεται πρόνοια ὥστε ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἤχος νὰ συμπύπτῃ σχεδὸν μὲ τὸν ἀπ' εὐθείας, ὅποτε τὸν καθιστᾷ ἰσχυρότερον.

4. Βυθομετρήσεις.

Ἀπὸ πλοίου στέλλομεν σῆμα πρὸς τὸν πυθμένα λίμνης ἢ θαλάσσης. Τὸ ἀκουστικὸν σῆμα ἀνακλῶμενον ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιστρέφει καὶ ἀκούεται μετὰ χρόνον t. Ἐὰν v εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὸ βάθος h εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$2h = v.t$$

Διὰ $v = 1600$ m/sec καὶ $t = 3$ sec εἶναι $2h = 2600 \cdot 3$ καὶ $h = 2400$ m.

ΓΝΩΡΙΣΜΑΤΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΗΧΩΝ

1. "Ύψος του ήχου.

Θέτομεν εἰς παλμιζὴν κίνησιν δύο χορδὰς μίαν λεπτήν καὶ μίαν παχέαν. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λεπτὴ χορδὴ παράγει ὀξύτερον ἦχον τῆς ἄλλης. Ἐπίσης ἡ λεπτὴ πάλλεται μὲ μεγαλύτεραν συχνότητα. Ἐκ τούτου φαίνεται ὅτι, ἡ συχνότης τῆς ταλαντώσεως χαρακτηρίζει τὴν ὀξύτητα τοῦ ἦχου. Ἦχος εἶναι ὀξὺς ὅταν ἡ συχνότης αὐτοῦ εἶναι μεγάλη ἐνῶ ἦχος μὲ μικρὰν συχνότητα εἶναι βαθύς. Ἡ συχνότης δηλαδὴ ἐνὸς ἦχου καθορίζει τὸ ὕψος αὐτοῦ.

Οἱ ἀκουστοὶ ἦχοι ἔχουν συχνότητας μεταξὺ 16 c/sec καὶ 20 Kc/sec. Οἱ ἦχοι οἱ ἔχοντες συχνότητα κάτω τῶν 16 Hz χαρακτηρίζονται ὡς ὑπόηχοι, ἐνῶ οἱ ἄνω τῶν 20 KHz ὡς ὑπερήχοι. Τὸ ὄριον τῶν ἀκουστῶν συχνοτήτων εἶναι διάφορον διὰ τὰ διάφορα ἄτομα. Οὔτω ἐνήλικες ἀκούουν μολὺς μέχρι 16 Kc/sec. Τὸ ὕψος ἐπίσης τῶν φωνητικῶν ἡχῶν ποικίλλει μεταξὺ τῶν ἀτόμων. Ἡ γυναικεία φωνὴ εἶναι μεγαλύτερου ὕψους τῆς ἀνδρικῆς, ἐνῶ τῆς παιδικῆς τῆς τῶν ἐνηλίκων.

2. "Ἔντασις τοῦ ἦχου.

Ἄν ἐν διαπασῶν τὸ κτυπήσωμεν ἐλαφρῶς παράγει ἦχον ἀσθενῆ. Δι' ἰσχυροῦ κτυπήματος παράγει ἦχον ἰσχυρότερον, ἦχον δηλαδὴ μεγαλύτερας ἐντάσεως. Ἡ ἐντασις τοῦ ἦχου τοῦ κεραινοῦ εἶναι ἐπίσης κατὰ πολὺν μεγαλύτερα τοῦ ἦχου ἐνὸς ἐλάσματος.

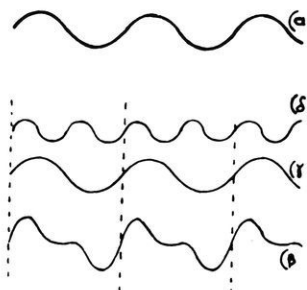
Ἡ ἐντασις ἐπομένως ἐνὸς ἦχου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ τρόπου διεγέρσεως ἐνὸς σώματος καὶ ἐκ τοῦ ἡχογόνου σώματος.

Ἡ ἐντασις τοῦ ἦχου ἡ ὁποία μεταφέρεται εἰς ἐν σημεῖον, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς πηγῆς, ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἐκ τῆς ἀποστάσεως. Ἀξιοσημείωτος αὐτῆς ἐλαττοῦται κατὰ πολὺν ἡ ἐντασις.

Διὰ ἦχου μεγάλης ἐντάσεως εἶναι δυνατόν νὰ ἔχωμεν ρῆξιν τοῦ ἀκουστικοῦ μας τυμπάνου, ἢ καὶ θραῦσιν τῶν ὕαλων παραθύρων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν μεταφέρει τὸ κύμα εἶναι μεγάλη. Ἡ ἐντασις ἐπομένως τοῦ ἦχου δύνανται νὰ καθορίσῃ τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀκουστικοῦ κύματος.

3. Χροιά τοῦ ἤχου.

Τοὺς ἤχους τοὺς διακρίνομεν εἰς ἀπλοὺς καὶ σύνθετους. Ἀπλοῦς ἤχος εἶναι ὁ ἤχος ἐνὸς διαπασῶν (σχ. 4 α). Ἡ φωνὴ τοῦ ἀνθρώπου καὶ ὁ ἤχος τῶν ἠχητικῶν ὀργάνων εἶναι σύνθετοι ἤχοι (σχ. 4, β).



Σχ. 4. Ἀπλοὶ καὶ σύνθετοι ἤχοι.

Τὴν μορφήν ἐνὸς ἤχου τὴν παρατηροῦμεν δι' ἐνὸς παλμογράφου. Ὁ ἤχος παράγεται πρὸ μικροφώνου τὸ ὅποιον συνδέεται μετὰ τοῦ παλμογράφου. Ἐπὶ τῆς ὁθόνης τοῦ παλμογράφου λαμβάνομεν διὰ μὲν τὸν ἀπλοῦν ἤχον τὴν μορφήν 4, α, διὰ δὲ τὸν σύνθετον τὴν 4, β.

Αἱ καμπύλαι 4, α καὶ 4, β παρατηροῦμεν ὅτι εἶναι περιοδικαί. Ἡ μὲν πρώτη παρουσιάζει ἀπλὴν ταλάντωσιν ἢ δὲ δευτέρα σύνθετον.

Αἱ ταλαντώσεις 4, γ καὶ 4, δ εἶναι ἐπίσης ἀπλᾶι. Διὰ ταυτοχρόνου ἐπιδράσεως αὐτῶν ἐπὶ τοῦ παλμογράφου παρέχεται καμπύλη τῆς μορφῆς 4, β. Ἡ ταλάντωσις δηλαδὴ 4, β εἶναι σύνθετος παρεχομένη ἐκ τῆς συνθέσεως τῶν δύο κυμάνσεων γ καὶ δ.

Ἡ συχνότης τῆς κυμάνσεως γ εἶναι ἢ αὐτὴ μὲ τὴν τῆς β ἐνῶ ἢ συχνότης τῆς δ διπλασία τῆς β. Ἡ κύμανσις γ τῆς ὁποίας ἢ συχνότης εἶναι ἢ αὐτὴ μὲ τῆς συνθέτου καλεῖται *θεμελιώδης ἐνῶ* ἢ κύμανσις δ, δευτέρα *ἀρμονική*.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω φαίνεται ὅτι ἐκάστη περιοδικὴ σύνθετος κύμανσις ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν θεμελιώδη συχνότητα καὶ τὰς ἀρμονικὰς τῆς.

Δύο σύνθετοι ἤχοι τῆς αὐτῆς συχνότητος διαφέρουν ὡς ἤχοι ἐκ τοῦ πλήθους τῶν ἀρμονικῶν τὰς ὁποίας περιέχουν. Οἱ ἀρμονικοὶ δηλαδὴ ἤχοι παρέχουν τὴν *χροιά*ν τοῦ ἤχου.

Διὰ ταινίας μαγνητοφώνου παρατηροῦμεν ὅτι δὲν ἀποδίδεται πλήρως ἢ χροιά τῆς φωνῆς. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι εἰς τὴν ταινίαν δὲν ἀναγράφονται καλῶς ὅλοι οἱ ἀρμονικοὶ τοῦ ἤχου, δὲν ἔχομεν δηλαδὴ *πιστότητα* ἐγγραφῆς.

ΧΟΡΔΑΙ - ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

1. Χορδαί.

Μία χορδή αποτελείται εξ ενός νήματος, συνήθως μεταλλικού, τεινομένου μεταξύ δύο σημείων Α και Β, έστω δι' ενός βάρους (σχ. 5).

Πάλλομεν την χορδήν όποτε αύτη παράγει ήχον ώρισμένης συχνότητας.

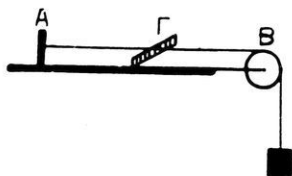
Αύξάνομεν ήδη την τάσιν της χορδής δι' αύξήσεως του έξηρημένου βάρους. Ή συχνότης του ήχου της χορδής παρατηρούμεν τότε ότι αύξάνει, δηλαδή

ή συχνότης του ήχου χορδής αύξάνει δι' αύξήσεως της τάσεως αυτής.

Μεταξύ των σημείων Α και Β τοποθετούμεν ίππέα Γ, όποτε ελαττώνομεν τó μήκος της χορδής. Διά $AB = 2AG$ ή συχνότης δονήσεως της χορδής ΑΓ είναι διπλασία της ΑΒ, ήτοι,

ή συχνότης χορδής είναι αντίστροφως ανάλογος του μήκους αυτής.

Διά χορδὰς ήδη με τó αυτό μήκος, υπό την αύτην τάσιν, αλλά με διάφορον τομήν παρατηρούμεν ότι διά μικράν τομήν ή συχνότης είναι μεγαλύτερα.



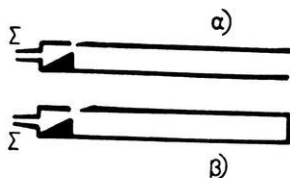
Σχ. 5. Χορδή.

2. Ήχητικοί σωλήνες.

Οί ήχητικοί σωλήνες είναι σωλήνες κυλινδρικοί ή πρισματικοί. Διακρίνονται εις άνοικτούς και κλειστούς σωλήνας.

Οί άνοικτοί σωλήνες (σχ. 6, α) είναι άνοικτοί και εκ των δύο άκρων, ενώ οί κλειστοί είναι άνοικτοί μόνον εκ του ενός άκρου (σχ. 6, β).

Όταν φρυσώμεν διά του άκρου ενός σωλήνος προκαλούμεν ταλαντώσεις του έντός αυτών άέρος. Ώρισμένα εκ των ταλαντώσεων, ώρισμένης συχνότητας, ενισχύονται εκ των σωλήνων και γίνονται άκουσταί.



Σχ. 6. Ήχητικοί σωλήνες.

Δι' ἐλαττώσεως τοῦ μήκους τῶν ἠχητικῶν σωλῆνων ἡ συχνότης ἢ ὁποία ἐνισχύεται δι' αὐτῶν αὐξάνει. Εἰς τοὺς ἠχητικούς σωλῆνας ἰσχύει ὅτι, ἡ συχνότης τὴν ὁποῖαν παράγουν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ μήκους αὐτῶν. Ἐὰν διπλασιασθῇ δηλαδὴ τὸ μήκος των ἡ συχνότης των ἐλαττοῦται εἰς τὸ ἥμισυ.

Δύο ἠχητικοὶ σωλῆνες ὁ εἰς κλειστός καὶ ὁ ἄλλος ἀνοικτός ὅταν παράγουν τὴν αὐτὴν συχνότητα, παρατηροῦμεν ὅτι δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν χροιάν. Ὁ ἦχος δηλαδὴ τοῦ ἐνὸς διακρίνεται τοῦ ἄλλου. Τοῦτο συμβαίνει διότι εἰς τοὺς ἀνοικτοὺς σωλῆνας παράγονται ὁ θεμελιώδης ἦχος καὶ ὅλοι οἱ ἀρμονικοὶ του, ἐνῶ εἰς τοὺς κλειστοὺς ὁ θεμελιώδης καὶ μόνον οἱ ἀρμονικοὶ περιττῆς τάξεως.

3. Μουσικὴ κλίμαξ.

Εἰς τὴν μουσικὴν χρησιμοποιοῦνται ὁρισμένοι ἀπλοὶ ἦχοι ἢ φθόγγοι οἱ ὁποῖοι ἐκλέγονται καταλλήλως καὶ ἀποτελοῦν τὴν μουσικὴν κλίμακα. Οἱ φθόγγοι εἰς ἐκάστην κλίμακα ἔχουν λόγον συχνότητων ἀκέραιον ἀριθμὸν. Ὁ λόγος τῶν συχνότητων τῶν φθόγγων καλεῖται μουσικὸν διάστημα.

Εἰς τὴν χρησιμοποιουμένην μείζονα συγκεκριμένην κλίμακα χρησιμοποιοῦνται οἱ ἑξῆς φθόγγοι (νότες)

do	re	mi	fa	sol	la	si	do re..
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

Οἱ φθόγγοι εἶναι ὁκτώ καὶ ἀποτελοῦν μίαν ὀγδόην. Εἰς τὸ τέλος ἐκάστης ὀγδῆς συνεχίζει νέα ὀγδὴ. Τὸ μουσικὸν διάστημα ἐκάστης ὀγδῆς εἶναι $2:1 = 2$. Κάτωθεν τῶν φθόγγων ἀνωτέρω, ἀναγράφεται τὰ διάστημα ἐκάστης μετὰ τὸν ἀρχικὸν φθόγγον.

Τὸ διάστημα μεταξὺ τοῦ fa καὶ mi εὐρίσκεται ἴσον πρὸς $4/3:5/4 = 16/15$.

Αἱ συχνότητες τῶν φθόγγων τῆς κλίμακος ὁρίζονται ἂν ὁρισθῇ ἡ συχνότης ἐνὸς φθόγγου. Ὡς θεμελιώδης ὁρίσθη ὁ la τῆς δευτέρας ὀγδῆς εἰς τὸν ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ συχνότης 440 Hz. Τὸ διάστημα ἐνὸς φθόγγου μιᾶς ὀγδῆς καὶ τοῦ ἀντιστοίχου τῆς ἐπομένης ὀγδῆς εἶναι 1:2.

Ἡ συχνότης τοῦ do εὐρίσκεται ἴση πρὸς $440:5/3 = 264$ Hz ἐνῶ τοῦ si, ἐπομένου, $264 \times 15/8 = 495$ Hz.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

I. Διάδοσις του ήχου.

1. Ζητείται ή ταχύτης αεροπλάνου κινουμένου με την ταχύτητα του ήχου, εις Km/h.

2. Ζητείται ή ταχύτης του ήχου εις τους 10° C, αν εις τους 0° C ειναί 331 m/sec.

3. Ήχος παράγεται εις τόπον A και ακούεται εις τόπον B μετά 8 sec. Ζητείται ή απόστασις των δύο τόπων, αν ή ταχύτης του ήχου ειναί 340 m/sec.

4. Παρατηρητής εύρισκεται μεταξυ ήχητικης πηγης και τοίχου. Ουτος ακούει τον ήχον της πηγης και μετά 3 sec ακούει τον εξ ανακλάσεως ήχον. Ζητείται ή απόστασις του παρατηρητου εκ του τοίχου.

5. Σταγών βροχης πίπτει, με όμαλήν κίνησιν και ταχύτητα 40 m/sec, εντός φρέατος βάθους 10 m. Ζητείται ό χρόνος ό όποίος διαρρέει από της στιγμης που ή σταγών διέρχεται εκ του χείλους του φρέατος μέχρις ότου ακουσθη ό κτύπος της σταγόνος επί του ύδατος, εις τό ύψος του φρέατος. Ή ταχύτης του ήχου ειναί 340 m/sec.

II. Ήχητικαί πηγαί.

6. Ή θεμελιώδης συχνότης χορδης ειναί 440 Hz. Ζητείται ό τρίτος άρμονικός ό παραγόμενος υπό της χορδης.

7. Ήχητικός σωλήν μήκους 20 cm παράγει ήχον 850 Hz. Ζητείται ή συχνότης την όποιαν θα πράγη ό σωλήν, όταν τό μήκος του γίνη α) 40 cm, β) 10 cm, και γ) 25 cm.

8. Ή συχνότης του la_2 , της δευτέρας (μεσαίας) όγδόςης, ειναί 440 Hz. Ζητείται ή συχνότης του la_1 , του la_2 , του do_2 και re_3 .

9. Ή συχνότης χορδης ειναί 520 Hz. Ζητείται ή συχνότης αυτης όταν τό μήκος της έλαττωθη εις τό $1/3$ του άρχικου.

ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΕΩΝ

Διὰ τὴν καλὴν ἀπόθεσιν τοῦ μετάλλου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐπὶ ἐνὸς ἀντικειμένου τὸ ἀντικείμενον καθαρίζεται τελείως. Ὁ καθαρισμὸς τοῦ ἐπιτυγχάνεται, εἰς λουτρόν ἀραιᾶς διαλύσεως θειικοῦ ἢ νιτρικοῦ ὀξέος, διὰ ψήκτρας πρὸς ἀπομάκρυνσιν τῶν ὀξειδώσεων καὶ τῶν λιπαρῶν οὐσιῶν.

Πρὸς διευκόλυνσιν τῆς ἀποθέσεως τῶν μετάλλων λαμβάνονται εἰδικὰ διαλύματα, περιέχοντα ἄλλας τοῦ μετάλλου, τὰ ἑξῆς:

1. Ἐπιψευδάργυρος: Διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου.
2. Ἐπινικέλωσις: 4 g διπλοῦ θειικοῦ ἄλατος νικελίου καὶ ἀμμωνίου, 4 g ἀνθρακικοῦ ἀμμωνίου καὶ 100 g ἀπεσταγμένου ὕδατος.
3. Ἐπιχρωμίωσις: Ἀντὶ νικελίου ἄλλας χρωμίου, ὡς ἀνωτέρω, μὲ τὰς αὐτὰς ἀναλογίας.
4. Ἐπιγάλωσις: 25 g θειικοῦ χαλκοῦ, 55 g ὀξαλικοῦ ὀξέος, 50 g ἀμμωνιακοῦ ἄλατος καὶ 1000 g ἀπεσταγμένου ὕδατος.
5. Ἐπαργύρωσις: 25 g κυανιοῦχου ἀργύρου, 50 g κυανιοῦχου καλίου καὶ 1000 g ἀπεσταγμ. ὕδατος.
6. Ἐπιχρῶσις: 7 g κυανιοῦχου καλίου, 3 g χλωριούχου χρυσοῦ καὶ 1000 g ὕδατος.

Ἡ ἐπαργύρωσις καὶ ἐπιχρῶσις γίνονται ἀφοῦ πρῶτον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀντικειμένου ἐπιγαλκωθῆ ἢ ἐπινικελωθῆ.

Τὸ βολτάμετρον, εἰς τὸ ὁποῖον γίνεται ἡ ἐπιμετάλλωσις, συνδέεται εἰς συνεχῆ τάσιν 8 V, καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος μεγάλης ἐντάσεως.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Εἰσαγωγή	3
Ἔργον	5
Ἴσχύς	7
Ἐνέργεια	8
Τριβὴ	11
Θερμικὴ ἐνέργεια	13
Λογὴ διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας	15
Ἄσκησεις	18
Ἀτμομηχαναὶ	20
Μηχαν. ἔσωτ. καύσεως	23
Πύρρανοι — Ἀεριοθούμενα	27
Ἀπόδοσις θερμικῆς μηχανῆς	30
Ἄσκησεις	32
Ἡλεκτρ. φορτία — Πηγαὶ	33
Σύστασις τῆς βλῆς	37
Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα	40
Ἡλεκτρόλυσις	44
Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως	48
Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως	51
Ἄσκησεις	53
Ἡλεκτρ. ἐνέργεια — Θερμότης Joule	55
Ἀντίστασις ἀγωγῶ — Νόμος τοῦ Ohm	58
Νόμος τοῦ Joule — Ἴσχύς ἠλ. ρεύματος	60
Ἐφαρμογαὶ τῆς θερμότητος Joule	62
Ἄσκησεις	64
Πειραματικὴ μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγῶ	66
Σύνδεσις ἀντιστάσεων	69
Ἄσκησεις	72
Ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ — Στοιχεῖα	74

	Σελ.
Ίσχύς γεννητριᾶς — Σύνδεσις γεννητριῶν	78
Συσσωρευταί	80
Ἀσκήσεις	82
Μαγνητισμὸς	84
Μαγνητ. πεδίων ρεύματος	88
Ἀμοιβαία ἐπίδρασις ρεύματος καὶ μαγνήτου	92
Ἠλεκτροκινητήρες	94
Κινήσεις	
Εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις	96
Κίνησις εὐθύγρ. ὁμαλῶς μεταβαλλομένη	98
Ἐλευθέρα πτώσις σωμάτων	100
Νόμος τῆς κινήσεως	102
Ὅμαλὴ κυκλικὴ κίνησις	104
Κεντρομόλος καὶ φυγόκεντρος δύναμις	106
Παγκόσμιος ἔλξις	108
Ἀπλοῦν ἔκκρεμῆς	110
Ἀσκήσεις	111
Διάδοσις τοῦ φωτός — Φύσις τοῦ φωτός	113
Ἀνάκλασις τοῦ φωτός	115
Διάθλασις τοῦ φωτός	120
Πρῶσιματα	124
Φακοὶ	127
Ἀνάυσις τοῦ φωτός — Χρῶμα τῶν σωμάτων	130
Φωτομετρία	132
Ἀσκήσεις	134
Παραγωγή καὶ διάδοσις ἤχου	136
Ταχύτης τοῦ ἤχου — Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου	138
Γνωρίσματα μουσικῶν ἤχων	140
Χορδαὶ — Ἠχητικὰ σωλῆνες	142
Ἀσκήσεις	144
Διαλύματα ἐπιμεταλλώσεων	145



024000028501

ΤΙΜΑΤΑΙ ΔΡΑΧ. 40

Έκδοτικός Οίκος Μ. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ ΤΙΟΙ, Θεσσαλονίκη
Τηλ. 76 400, 44 736