



# ΦΥΣΙΚΗ

## ΑΡΧΑΙΑ

Εκδόσεις του Εθνικού Ακαδημαϊκού Λαογραφικού Αρχείου  
1950-1955, Τόμος Α΄

ΕΚΔΟΣΗ  
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ  
ΕΚΔΟΣΗ



Ε

2

φ 25

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΟΥΝΑΡΗ

Γούναρης (Νικόλαος)

# ΦΥΣΙΚΗ

## ΑΛΦΑ

Διά τούς υποψηφίους του 'Ακαδημαϊκού 'Απολυτηρίου  
1965—1966, Τύπου 'Αλφα

ΠΛΗΡΗΣ ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΤΑ ΔΕΛΥΜΕΝΩΝ  
ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

196

ΕΚΔΟΤΗΣ  
ΠΕΤΡΟΣ Κ. ΡΑΝΟΣ  
ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ 5ε - ΑΘΗΝΑΙ  
1965





Ε 2 ΦΕΔ

Γούναρη (Νικολαου)

# Φ Υ Σ Ι Κ Η

## Α Λ Φ Α

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΟΥΝΑΡΗ

Διά τους υποψηφίους του 'Ακαδημαϊκοῦ 'Απολυτηρίου  
1965 - 1966, τύπου ἄλφα

ΠΛΗΡΗΣ ΘΕΩΡΙΑ ΜΕΤΑ ΛΕΛΥΜΕΝΩΝ  
ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

ΕΚΔΟΤΗΣ  
ΠΕΤΡΟΣ Κ. ΡΑΝΟΣ  
ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ 5ε - ΑΘΗΝΑΙ  
1965

Handwritten signatures and stamps at the bottom of the page, including a circular stamp and the number 5.

002  
ΚΑΕ  
ΕΤ3  
252

ΦΥΣΙΚΗ

ΑΦΛΑ

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΤΟΥΜΑΡΗ

ΠΑΡΗΣ ΜΕΡΟΣ ΜΕΤΑ ΔΕΙΞΕΙΣ  
ΕΚΤΙΜΩΣΕΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΕΤΡΟΣ Κ. ΠΑΝΟΣ  
ΠΕΡΙΣΣΩΝ 2 - ΑΘΗΝΑΙ  
1982

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΠΡΩΤΟΝ

# ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Α) ΕΡΓΟΝ - ΙΣΧΥΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

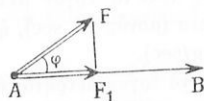
#### (1) Ἔργον δυνάμεως

§ 1.—Τὸ ἔργον εἶναι μηχανικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ὅταν μετατοπίζεται τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως.

Τὸ ἔργον δυνάμεως ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$W = F \cdot s$$

ὅπου  $F$  ἡ δύναμις,  $s$  ἡ μετατόπισις (διαδρομὴ) καὶ  $W$  τὸ ἔργον. Ἐὰν ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως δὲν συμπίπτῃ μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατόπισεως, εἰς τὸν ἄνω τύπον λαμβάνομεν, ἀντὶ τῆς δυνάμεως  $F$ , τὴν προβολὴν τῆς,  $F_1$ , ἐπὶ τῆς διεύθυνσεως τῆς μετατόπισεως.



Τὸ ἔργον  $W$  τῆς δυνάμεως  $F$ , ὅταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς  $A$  ὑποστῇ τὴν μετατόπισιν  $(AB)$ , ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$W = F \cdot (AB).$$

Τὸ ἔργον  $W$  τῆς δυνάμεως  $F$ , ὅταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς  $A$  ὑποστῇ τὴν μετατόπισιν  $(AB)$ , ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :  $W = F_1 \cdot (AB)$ , ὅπου  $F_1$  ἡ προβολὴ τῆς  $F$  ἐπὶ τῆς  $AB$ . Εἶναι δηλ.  $F_1 = F \cdot \sin \varphi$ .

#### (2) Μονάδες ἔργου

§ 2.—(α) Ἐὰν ἡ δύναμις μετρηθῇ εἰς δύναν (μονὰς : 1 dyne) καὶ ἡ μετατόπισις εἰς ἑκατοστόμετρα (μονὰς : 1 cm), τὸ ἔργον μετρεῖται εἰς ἔργα (μονὰς : 1 erg).

(β) Ἐὰν ἡ δύναμις μετρηθῇ εἰς χιλιόγραμμα (μονὰς : 1 kg<sup>\*</sup>) καὶ ἡ μετατόπισις εἰς μέτρα (μονὰς : 1 m), τὸ ἔργον μετρεῖται εἰς χιλιογραμμόμετρα (μονὰς : 1 kg<sup>\*</sup> · m).

(γ) Ἐὰν ἡ δύναμις μετρηθῇ εἰς νευτόνια ἢ νιούτον (μονὰς : 1 Nt) καὶ ἡ μετατόπισις εἰς μέτρα, τὸ ἔργον μετρεῖται εἰς τζάουλ (μονὰς : 1 joule).

(δ) Ἄλλαι μονάδες ἔργου εἶναι :

Τὸ βατώριον : 1 wh = 3600 joules

Τὸ κιλοβατώριον ἢ κιλοβατώρα : 1 kwh = 3.600.000 joules καὶ

Ὁ ὥριαῖος ἵππος : 1 HPh = 746 wh = 0,746 kwh.

## ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΑΝΩ ΜΟΝΑΔΩΝ

- § 3.—1 gr\* = 981 dynes  
 1 kg\* = 1000 gr\* = 981.000 dynes  
 1 Nt =  $10^5$  dynes =  $\frac{1}{9,81}$  kg\*, ὁπότε 1 kg\* = 9,81 Nt  
 1 m = 100 cm.

## (3) Ἴσχύς δυνάμεως

§ 4.—Ἴσχύς δυνάμεως παραγούσης ἔργον ὀνομάζεται τὸ πηλίκον τοῦ παραγομένου ἔργου διὰ τοῦ χρόνου εἰς τὸν ὁποῖον παράγεται. Εἶναι ἐπομένως :

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

ὅπου N ἡ ἰσχύς τῆς δυνάμεως, W τὸ ἔργον καὶ t ὁ χρόνος.

## (4) Μονάδες ἰσχύος

§ 5.—(α) Ἐὰν τὸ ἔργον μετρηθῆται εἰς ἔργια (μονάς : 1 erg) καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα (μονάς : 1 sec), ἡ ἰσχύς μετρεῖται εἰς ἔργια ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονάς : 1 erg/sec).

(β) Ἐὰν τὸ ἔργον μετρηθῆται εἰς χιλιογραμμόμετρα (μονάς : 1 kg\*. m) καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἰσχύς μετρεῖται εἰς χιλιογραμμόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονάς : 1 kg\*. m/sec).

(γ) Ἐὰν τὸ ἔργον μετρηθῆται εἰς τζάουλ (μονάς 1 joule) καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἰσχύς μετρεῖται εἰς βὰτ (μονάς : 1 watt = 1 joule/sec).

(δ) Ἄλλαι μονάδες ἰσχύος εἶναι :

$$\text{Τὸ κιλοβάτ : } 1 \text{ kw} = 1000 \text{ w} = 1000 \text{ joules/sec}$$

$$\text{Τὸ μεγαβάτ : } 1 \text{ Mw} = 1000 \text{ kw} = 10^6 \text{ joules/sec}$$

$$\begin{aligned} \text{Ὁ ἵππος : } 1 \text{ HP} &= 76 \text{ kg*. m/sec} = 76.9,81 \text{ Nt. m/sec} \\ &= 746 \text{ w} = 0,746 \text{ kw.} \end{aligned}$$

## (5) Ἔργον παραγόμενον καὶ ἔργον καταναλισκόμενον

§ 6.—Μία δύναμις ἀναπτύσσεται πάντοτε ὑπὸ τινος σώματος A καὶ ἐξασκεῖται ἐπὶ σώματος B. Ὄταν σύρῳ π.χ. διὰ σχοινίου βαρὺ σῶμα ἐπὶ τινος ἐπιπέδου, ἢ χεῖρ μου (σῶμα A) ἀναπτύσσει δύναμιν, ἣτις ἐξασκεῖται μέσῳ τοῦ σχοινίου ἐπὶ τοῦ βαρέος σώματος (σῶμα B). Ἐὰν εἶναι F ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ τὸ σῶμα A ἐπὶ τοῦ B καὶ s ἡ μετατόπισις (διαδρομὴ) κατὰ τὴν φορὰν τῆς F, λέγομεν ὅτι τὸ A ἢ ἡ F παράγουν ἢ ἐκτελοῦν ἢ δίδουν ἔργον, τὸ δὲ B καταναλίσκει ἢ ἀπορροφᾷ ἔργον. Μία ἀντλία π.χ. (σῶμα A) παράγει ἔργον, ὅταν λειτουργῶσα ἀντλεῖ ὕδωρ : Ἐφαρμόζει ἐπὶ τοῦ ὕδατος (σῶμα B) μίαν κατακόρυφον

καὶ πρὸς τὰ ἄνω δύνειμιν καὶ μετατοπίζει τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς πρὸς τὰ ἄνω. Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ ἀντλία καταναλίσκεται ὑπὸ τοῦ ἀνυψουμένου ὕδατος.

### (6) Ἐνέργεια καὶ μορφαι αὐτῆς

§ 7.—Ἡ ἐνέργεια εἶναι φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον σχετίζεται μὲ τὴν δυνατότητα ἐκτελέσεως ἔργου. Λέγομεν ὅτι σῶμα παρέχει ἐνέργειαν, ὅταν ἐκτελεῖ ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο μετρεῖ ἐξ ὀρισμοῦ, τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος. Λέγομεν ὅτι σῶμα ἀπορροφᾷ ἢ καταναλίσκει ἐνέργειαν, ὅταν ἀπορροφᾷ ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο, ἐξ ὀρισμοῦ, μετρεῖ τὴν αὔξησιν τῆς ἐνεργείας τοῦ σώματος. Ἡ ἐνέργεια μετρεῖται ἐπομένως μὲ μονάδας ἔργου εἴτε ὡς ἐλάττωσις εἴτε ὡς αὔξησις.

Διακρίνομεν διαφόρους μορφὰς ἐνεργείας. Αἱ κυριώτεραι εἶναι :

(α) Μηχανικὴ ἐνέργεια.—Σῶμα κινούμενον, λόγῳ τῆς ταχύτητός του, ἔχει ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ὀνομάζομεν μηχανικὴν κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν εἰσοδυσιν π.χ. βλήματος ἐντὸς ἀκινήτου ξύλου, τὸ ξύλον ἀντιτάσσει εἰς τὴν κίνησιν τοῦ βλήματος δύναμιν  $R$  (τριβή), ἡ ὁποία ὀλιγοστεύει τὴν ταχύτητά του. Ἡ ἀντίδρασις τῆς  $R$ , ἔστω  $\Delta$ , ἔχουσα τὴν φορὰν τῆς ταχύτητος, παράγει ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾶται ὑπὸ τοῦ ξύλου. Ὡστε τὸ ξύλον ἀπορροφᾷ ἔργον, ἐνῶ ἡ ταχύτης τοῦ βλήματος μειοῦται.

Σῶμα εὐρισκόμενον ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους, λόγῳ τῆς θέσεώς του ἔχει ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ὀνομάζομεν μηχανικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ἀφίνοντες π.χ. τὸ σῶμα ἐλευθέρου φθάνει τοῦτο εἰς τὸ ἔδαφος ἔχον ταχύτητά τινα, ἀποκτᾷ δηλ. κινητικὴν ἐνέργειαν. Λόγῳ τῆς ἐνεργείας ταύτης δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον καὶ νὰ σταματήσῃ. Ἐρχόμενον, ἐπομένως, τὸ σῶμα ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς του θέσεως εἰς τὸ ἔδαφος, ἐκτελεῖ ἔργον.

(β) Θερμότης.—Ὀνομάζομεν θερμότητα τὴν μορφήν ἐκείνην τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία παρέχεται ὑπὸ θερμοῦ σώματος εἰς ψυχρόν, λόγῳ ἀκριβῶς τῆς διαφορᾶς θερμοκρασιῶν. Εἶναι δηλ. ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία παρέχεται ὑπὸ σώματος, ὅταν τοῦτο ψύχεται. Ὅτι σῶμα, ψυχόμενον, δύναται νὰ παράσῃ ἔργον, ἀποδεικνύεται ἐκ τῆς λειτουργίας τῶν ἀτμομηχανῶν : Ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου τῆς μηχανῆς εἰσερχόμενος ὕδρατμος ἀσκει δύναμιν ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου. Κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ ἐμβόλου παρέχει εἰς αὐτὸ ἔργον, ἐνῶ συγχρόνως ψύχεται.

(γ) Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.—Εἶναι ἡ ἐνέργεια τῶν ἠλεκτρισμένων σωμάτων καὶ τῶν ἠλεκτρικῶν γεννητριῶν. Μία γεννήτρια π.χ. εἶναι μία μηχανή, ἡ ὁποία θέτει εἰς κίνησιν ἠλεκτρικὰ φορτία (γεννᾷ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα), τὰ ὁποῖα κατὰ τὴν κίνησίν των δύναται νὰ ἐκτελέσουν ἔργον. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διερχόμενον π.χ. δι' ἠλεκτρικοῦ κινητήρος θέτει αὐτὸν εἰς περιστροφὴν καὶ τὸν καθιστᾷ ἱκανὸν νὰ ἐκτελέσῃ ἔργον, διερχόμενον δὲ διὰ λεπτοῦ σύρματος ἀναπτύσσει θερμότητα, ἡ ὁποία, ὡς ἐλέγχθη, δύναται νὰ παράσῃ ἔργον.

(δ) Χημικὴ ἐνέργεια.—Αὕτη εἶναι ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται κατὰ

τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις. Κατὰ τὴν καθῶν π.χ. τῆς βενζίνης εἰς τοὺς βενζινοκηνητήρας, ἡ χημικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται ἀρχικῶς εἰς θερμότητα καὶ τελικῶς εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

(ε) Ἀκτινοβόλος ἐνέργεια.—Εἶναι ἡ ἐνέργεια ἡ μεταφερομένη ὑπὸ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὸ φῶς τὰ χερτζιανὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὰς κεραίας τῶν ραδιοφωνικῶν πομπῶν, αἱ ἀκτῖνες X, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὰς ἀκτινοσκοπήσεις τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, αἱ ἀκτῖνες γάμμα τοῦ ραδίου κλπ. εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Τούτων ἡ ἐνέργεια ἀπορροφουμένη ὑπὸ τῶν σωμάτων δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμότητα, ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, μηχανικὴν ἐνέργειαν, κλπ. Δεχόμενοι π. χ. τὰς ἡλιακὰς ἀκτῖνας, θερμαίνομεθα.

(στ) Πυρηνικὴ ἐνέργεια.—Εἶναι ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις (διασπάσεις ἢ συντήξεις τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης). Κατὰ τὴν αὐτόματον π.χ. διάσπασιν τῶν πυρήνων τοῦ ραδίου ἀπελευθεροῦται θερμότης. Κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἀτομικῆς βόμβας ἀναπτύσσεται τεραστία ποσότης θερμότητος καὶ παράγονται τρομακτικὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα.

(ζ) Ἐνέργεια μάζης.—Διεπιστώθη ὅτι ὕλικά σωμάτια (ἠλεκτρόνια) δύναται νὰ ἐξαφανισθοῦν μὲ σύγχρονον ἀνάπτυξιν ἐνεργείας (ἀκτινοβολία). Τὸ φαινόμενον τοῦτο (ἐξαύλωσις) ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ὕλικὴ μᾶζα εἶναι μορφή ἐνεργείας, ὀνομαζομένη ἐνέργεια μάζης.

## (7) Αἱ δύο μορφαὶ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας : Κινητικὴ καὶ δυναμικὴ

§ 8.—(α) Κινητικὴ ἐνέργεια.—Κινητικὴ ἐνέργεια κινουμένου σώματος ὀνομάζεται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράσχη μέχρις ὅτου σταματήσῃ. Τὸ ἔργον τοῦτο E ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

ὅπου m ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ v ἡ ταχύτης αὐτοῦ.

Ἐὰν ἡ m μετρηθῇ εἰς γραμμάρια (μονὰς : 1 gr) καὶ ἡ v εἰς ἑκατοστόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονὰς : 1 cm/sec), ἡ E μετρεῖται εἰς ἔργια (μονὰς : 1 erg).

Ἐὰν ἡ m μετρηθῇ εἰς χιλιόγραμμα (μονὰς : 1 kg) καὶ ἡ v εἰς μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονὰς : 1 m/sec), ἡ E μετρεῖται εἰς τζάουλ (μονὰς : 1 joule).

(β) Δυναμικὴ ἐνέργεια.—Δυναμικὴ ἐνέργεια σώματος εὐρισκομένου ὑπεράνω ὀριζοντίου ἐπιπέδου ὀνομάζεται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράσχη, ὅταν ἔλθῃ ἀνευ ταχύτητος ἀπὸ τῆς θέσεως εἰς τὴν ὁποῖαν εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐν λόγω ἐπίπεδον. Τὸ ἔργον W τοῦτο ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$W = B \cdot h$$

ὅπου B τὸ βάρος τοῦ σώματος καὶ h ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῆς θέσεως εἰς τὴν ὁποῖαν εὐρίσκεται ἀπὸ τοῦ ἐν λόγω ἐπιπέδου.

Ἐπειδὴ εἶναι  $B = m \cdot g$ , ὅπου  $g = 9,81 \text{ m/sec}^2 = 981 \text{ cm/sec}^2$  ἢ ἐπιτάχυνσις τῆς ἐλευθέρως πτώσεως τῶν σωμάτων, ὁ ἄνω τύπος γράφεται :

$$W = mgh$$

Ἐὰν ἡ  $m$  μετρηθῆται εἰς γραμμάρια (μονὰς : 1 gr), ἡ  $g$  εἰς ἑκατοστόμετρα ἀνὰ τετραγωνικὸν δευτερόλεπτον ( $g = 981 \text{ cm/sec}^2$ ), τὸ  $h$  εἰς ἑκατοστόμετρα (μονὰς : 1 cm), ἡ ἐνέργεια  $W$  μετρεῖται εἰς ἔργια (μονὰς : 1 erg).

Ἐὰν ἡ  $m$  μετρηθῆται εἰς χιλιόγραμμα (μονὰς : 1 kg), ἡ  $g$  εἰς μέτρα ἀνὰ τετραγωνικὸν δευτερόλεπτον ( $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ ), ἡ  $W$  μετρεῖται εἰς τζάουλ (μονὰς : 1 joule).

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον  $W = B \cdot h$ , τὸ  $B$  μετρηθῆται εἰς χιλιόγραμμα δυνάμεως (μονὰς : 1 kg\*) καὶ τὸ  $h$  εἰς μέτρα (μονὰς : 1 m), ἡ  $W$  μετρεῖται εἰς χιλιογραμμόμετρα (μονὰς : 1 kg\* · m = 9,81 joules).

### (8) Μετατροπαὶ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας

§ 9.—Εἰς φαινόμενα κινήσεως εἶναι δυνατὴ ἡ μετατροπὴ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς δυναμικὴν καὶ ἀντιστρόφως. Ἐὰν εἰς τὰ φαινόμενα ταῦτα, σῶμα δὲν παρέχη οὔτε ἀπορροφᾷ ἔργον ἢ ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, τὸ ἄθροισμα τῆς κινητικῆς καὶ τῆς δυναμικῆς του ἐνεργείας παραμένει ἀμετάβλητον.

Ἐστω π. χ. ὅτι τὸ σῶμα, μάζης  $m$ , ἐκτοξεύεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μὲ ταχύτητα  $v_0$  ἐκ σημείου  $A$  εὐρισκομένου εἰς ὕψος  $h$  ἀπὸ ὀριζοντίου ἐπιπέδου  $MN$ . εἰς τὴν θέσιν  $A$  τὸ σῶμα ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν

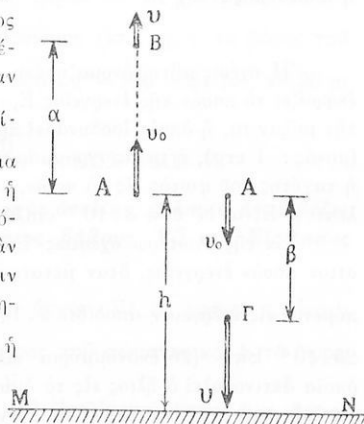
$$E_A = \frac{1}{2} m v_0^2, \text{ δυναμικὴν δέ, ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον } MN, W_A = mgh.$$

Καθὼς τὸ σῶμα ἀνέρχεται ἡ ταχύτης του ἐλαττοῦται, δηλ. ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια ἐλαττοῦται, ἐνῶ συγχρόνως ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια αὐξάνεται. Ἐὰν εἴς τινα θέσιν  $B$ , εὐρισκομένην εἰς ἀπόστασιν  $a$  ἀπὸ τοῦ  $A$ , ἡ ταχύτης του εἶναι  $v$ , ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια γίνεται  $E_B = \frac{1}{2} m v^2$ , ἡ δὲ δυναμικὴ του  $W_B = mg(h + a)$ . Ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v^2 + mg(a + h) \quad \text{δηλ.}$$

$$E_A + W_A = E_B + W_B.$$

\* Ἀντιστρόφως, ἐὰν ἐκτοξεύσωμεν τὸ σῶμα ἐκ τοῦ  $A$  κατακορύφως πρὸς τὰ





κάτω, καθώς κατέρχεται ή ταχύτης του αυξάνεται, δηλ. ή κινητική του ενέργεια αυξάνεται, ένῳ συγχρόνως ή δυναμική του ενέργεια ἐλαττοῦται. Εἰς τὴν θέσιν Α ή κινητική του ενέργεια εἶναι  $E_A = \frac{1}{2} m v_0^2$ , ή δὲ δυναμική του  $W_A = mgh$ .

Ἐὰν εἰς θέσιν Γ, εἰς ἀπόστασιν β κάτωθεν τοῦ Α ή ταχύτης του ἔχει γίνει υ, ή κινητική του ενέργεια εἶναι  $E_\Gamma = \frac{1}{2} m v^2$ , ή δὲ δυναμική του  $W_\Gamma = mg(h - \beta)$ . Ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh = \frac{1}{2} m v^2 + mg(h - \beta) \quad \text{δηλ.}$$

$$E_A + W_A = E_\Gamma + W_\Gamma$$

### (9) Ἀρχή τῆς ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας

§ 10. — Ἡ μᾶζα ἐνὸς σώματος μετρεῖ τὸ ποσὸν τῆς ὕλης αὐτοῦ, διότι ἐὰν προσθέσωμεν ὕλην εἰς ἕν σῶμα αυξάνεται ή μᾶζα αὐτοῦ. Ἀπεδείχθη ὅμως ὅτι ή μᾶζα ἐνὸς σώματος αυξάνεται καὶ ὅταν ἀπορροφήσῃ ἐνέργειαν οἰασδήποτε μορφῆς, ἐλαττοῦται δέ, ὅταν ἀποδώσῃ ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια ἐπομένως καὶ ή μᾶζα εἶναι ἰσοδύναμα φυσικά μεγέθη.

Ἡ ποσοτική σχέση, ή ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ μάζης καὶ ἐνεργείας εἶναι ή ἀκόλουθος :

$$E = m c^2.$$

Ἡ σχέση αὕτη, ὀνομαζομένη **σχέσις ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας**, ἐκφράζει τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας E, τὸ ὁποῖον ἰσοδυναμεῖ πρὸς τὴν μᾶζαν m ή τὴν μᾶζαν m, ή ὁποία ἰσοδυναμεῖ πρὸ τὴν ἐνέργειαν E. Ἡ E μετρεῖται εἰς ἔργα (μονὰς : 1 erg), ή m εἰς γραμμάρια (μονὰς : 1 gr) καὶ ὁ συντελεστής c εἶναι ή ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν, μετρουμένη εἰς ἑκατοστόμετρα ἀνά δευτερόλεπτον. Εἶναι δὲ  $c = 3 \cdot 10^{10}$  cm/sec.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως ἔπεται ὅτι μικρὸν ποσὸν μάζης παρέχει τεράστιον ποσὸν ἐνεργείας, ὅταν μετατραπῇ εἰς ἐνέργειαν. 1 gr μάζης π. χ. μετατρέπομενον εἰς ἐνέργειαν ἀποδίδει  $9 \cdot 10^{20}$  ergs  $= 9 \cdot 10^{13}$  joules  $= \frac{9 \cdot 10^{13}}{3600000} = 25 \cdot 10^6$  kWh (25 ἑκατομμύρια κιλοβατῶρα). Τὰ τεράστια ποσὰ ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολεῖ ὁ ἥλιος εἰς τὸ διάστημα, προκύπτουν ἀπὸ μετατροπὴν μάζης εἰς ἐνέργειαν : 4,5 ἑκατομμύρια τόνοι μάζης ἀνά δευτερόλεπτον.

(10) Παραδείγματα λύσεως προβλημάτων  
 έργου, ισχύος και ένεργειας

1.—*Άνθρωπος σύρει αντικείμενον, εφαρμόζων επ' αυτού δύναμιν 8 kg\*. Εάν το σώμα μετατοπισθῆ, κατά τήν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, κατά 30 cm, πόσον έργον απεργόφησε το σώμα; Το έργον τουτο να εκφρασθῆ εις ergs, kg\*.m, joules, wh και kwh.*

**Λύσις.** Το έργον  $W$  τῆς δυνάμεως  $F$ , όταν το σημειον εφαρμογῆς της μετατοπισθῆ, κατά τήν διεύθυνσιν της, κατά μήκος  $s$ , είναι:  $W = F \cdot s$ . Ἐπειδή είναι  $F = 8 \text{ kg}^* = 8 \cdot 9,81 \text{ Nt} = 8 \cdot 9,81 \cdot 10^5 \text{ dynes}$  και  $s = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$ , λαμβάνομεν:

$$W = 8 \cdot 9,81 \cdot 10^5 \cdot 30 = 235,44 \cdot 10^6 \text{ ergs} \quad \eta$$

$$W = 8 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 23,544 \text{ joules} \quad \eta$$

$$W = 8 \cdot 0,3 = 2,4 \text{ kg}^* \cdot \text{m}.$$

Ἐπειδή ἐξ άλλου είναι  $1 \text{ wh} = 3600 \text{ joules}$ , θα είναι  $W = \frac{23,544}{3600} = 0,00654 = 654 \cdot 10^{-5} \text{ wh} = 654 \cdot 10^{-8} \text{ kwh}$ .

2.—*Να υπολογισθῆ εις watts, ἡ ισχύς ἡ απαιτουμένη πρὸς ἀνάψωσιν σώματος, βάρους 500 kg\*, εις ὕψος 20 m, ἐντὸς ἐνὸς λεπτοῦ (1 min).*

**Λύσις.** Ἡ ισχύς  $N$ , όταν παράγεται έργον  $W$ , εις χρόνον  $t$ , είναι:  $N = \frac{W}{t}$ . Ἄλλὰ  $W = F \cdot s$ , ὅπου  $F$  ἡ δύναμις (ἴση πρὸς το βάρους τοῦ σώματος) και  $s$  τὸ ὕψος. Ἐπειδή είναι  $F = 500 \text{ kg}^* = 500 \cdot 9,81 \text{ Nt}$ ,  $s = 20 \text{ m}$  και  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$ , λαμβάνομεν:

$$N = \frac{F \cdot s}{t} = \frac{500 \cdot 9,81 \cdot 20}{60} = 1635 \text{ watts}.$$

3.—*Να υπολογισθῆ εις ἵππους ἡ ισχύς ἀντλίας, ἡ ὁποία ἀναβιβάζει 300 λίτρα ὕδατος ἀνὰ λεπτόν, ἀπὸ φρεάτιος βάθους 25 m. Εἰς ἵππος (1 HP) ἰσοῦται πρὸς 76 kg\*.m sec.*

**Λύσις.** Ἡ ισχύς  $N$ , όταν παράγεται έργον  $W$  εις χρόνον  $t$ , είναι:  $N = \frac{W}{t}$ . Ἄλλὰ  $W = B \cdot h$ , ὅπου  $B$  τὸ βάρους τοῦ σώματος και  $h$  τὸ ὕψος.

Ἦτοι  $N = \frac{B \cdot h}{t}$ . Ἐπειδή είναι  $B = 300 \text{ kg}^*$  (ἐν λίτρον ὕδατος ἔχει βάρους  $1 \text{ kg}^*$ ),  $h = 25 \text{ m}$  και  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ sec}$ , λαμβάνομεν:

$$N = \frac{B \cdot h}{t} = \frac{300 \cdot 25}{60} = 125 \text{ kg}^* \cdot \text{m/sec}.$$

Και ἀφοῦ  $1 \text{ HP} = 76 \text{ kg}^* \cdot \text{m/sec}$

$$\text{θα είναι} \quad N = \frac{125}{76} = 1,64 \text{ HP}.$$

4.—*Ηλεκτρική μηχανή τροφοδοτεί 20000 λαμπτήρας, έκαστος τῶν ὁποίων καταναλίσκει ἰσχύν 40 watts. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς εἰς kw, καὶ ἡ τιμὴ τῆς καταναλισμένης ὑφ' ἐκάστου λαμπτήρος ἐνεργείας εἰς 5 ὥρας, δοθέντος ὅτι ἡ τιμὴ ἐνὸς κιλοβατῶριου εἶναι 1,8 δρχ.*

**Λύσις.** (α) Ἡ συνολικὴ ἰσχύς  $N$  εἶναι :  $N = 20000 \cdot 40 = 8 \cdot 10^5 \text{ w} = 800 \text{ kw}$ .

(β) Ἡ ἐνέργεια  $W$ , ἡ καταναλισκομένη ὑφ' ἐκάστου λαμπτήρος ἰσχύος  $N_1$  εἰς χρόνον  $t$ , εἶναι :  $W = N_1 \cdot t$ . Ἐπειδὴ εἶναι  $N_1 = 40 \text{ w} = 0,04 \text{ kw}$  καὶ  $t = 5 \text{ h}$  (ὥραι), ἔχομεν :

$W = 0,04 \cdot 5 = 0,2 \text{ kw h}$  καὶ ἐπειδὴ ἕκαστον κιλοβατῶριον τιμᾶται 1,8 δρχ., ἡ συνολικὴ τιμὴ  $\alpha$  θὰ εἶναι  $\alpha = 0,2 \cdot 1,8 = 0,36 \text{ δρχ.}$  (36 λεπτά).

5.—*Πόσῃν κινητικὴν ἐνέργειαν ἔχει σῶμα μάζης 100 gr, κινούμενον μὲ ταχύτητα 100 m/sec ;*

**Λύσις.** Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια  $E$  σώματος μάζης  $m$ , ἔχοντος ταχύτητα  $v$  εἶναι :  $E = \frac{1}{2} mv^2$ . Ἐπειδὴ εἶναι  $m = 100 \text{ gr} = 0,1 \text{ kg}$  καὶ  $v = 10000 \text{ cm/sec} = 100 \text{ m/sec}$ , ἔχομεν :

$$E = \frac{1}{2} 100 \cdot 10000^2 = 5 \cdot 10^9 \text{ ergs} \quad \eta$$

$$E = \frac{1}{2} 0,1 \cdot 100^2 = 500 \text{ joules.}$$

6.—*Σῶμα ἐκτοξεύεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μὲ ταχύτητα 20 m/sec. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης του θὰ ἔξη γίνεαι 5 m/sec.*

**Λύσις.** Ἐστω ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος  $W_1$  εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐκτοξεύσεως εἶναι μηδέν. Ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια  $E_1$  θὰ εἶναι  $E_1 = \frac{1}{2} mv_1^2$ , ὅπου  $m$  ἡ μᾶζα του καὶ  $v_1 = 20 \text{ m/sec}$ . Εἰς τὸ ὕψος  $h$  ὅπου ἡ ταχύτης  $v_2$  θὰ εἶναι  $v_2 = 5 \text{ m/sec}$ , ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια  $W_2$  θὰ εἶναι  $W_2 = mgh$ . Ἐπειδὴ τὸ ἄρθροισμα τῆς κινητικῆς καὶ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας παραμένει ἀμετάβλητον :  $E_1 + W_1 = E_2 + W_2$ , θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{1}{2} mv_1^2 = mgh + \frac{1}{2} mv_2^2 \quad \eta \quad v_1^2 - v_2^2 = 2gh \quad \eta \quad h = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad \eta$$

$$\frac{20^2 - 5^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{375}{19,62} = 19,1 \text{ m.}$$

7.—*Ἀεροπλάνον ἵπταται ὀριζοντίως εἰς ὕψος 500 m μὲ ταχύτητα 180 km/h. Ἐὰν ἀφεθῇ ἐκ τοῦ ἀεροπλάνου σῶμα βάρους 2 kg\*, ποίαν*

κινητικήν ενέργειαν θὰ ἔχη τὸ σῶμα τοῦτο τὴν στιγμὴν καθ' ἣν φθάνει εἰς τὸ ἔδαφος ;

**Λύσις.** Θεωροῦντες ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἶναι μηδέν, αὕτη θὰ εἶναι  $W = mgh$  εἰς τὸ ὕψος  $h = 500$  m, ὅπου  $m = 2$  kg ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ  $g = 9,81$  m/sec<sup>2</sup>. (Ἡ μᾶζα σώματος εἰς kg ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ διὰ τοῦ ὁποίου ἐκφράζεται καὶ τὸ βάρος του εἰς kg\*.) Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια  $E_1$  τοῦ σώματος, καθ' ἣν στιγμὴν ἀφίεται εἶναι

$$E_1 = \frac{1}{2} m v_1^2, \text{ ὅπου } v_1 = 180 \text{ km/h} = 180 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ sec}} = 50 \text{ m/sec (1 χιλιόμετρον = 1 km = 1000 m καὶ 1 ὥρα = 1 h = 3600 sec).}$$

Ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, ὡς ἐλέχθη, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια  $W_2$  ἰσοῦται πρὸς μηδέν, ἡ δὲ κινητικὴ ἐνέργεια  $E_2$  εἶναι ἡ ζητούμενη. Ἐπειδὴ τὸ ἄθροισμα τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας παραμένει ἀμετάβλητον :  $E_2 + W_2 = E_1 + W_1$ , θὰ ἔχωμεν :

$$E_2 = \frac{1}{2} m v_1^2 + mgh = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 50^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot 500 = 12310 \text{ joules.}$$

**8.—**Κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἀτομικῆς βόμβας, 20 gr μάζης μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν. Ἐὰν ἡ ἐνέργεια αὕτη μειωτέρεται εἰς ἠλεκτρικὴν, ἐπὶ πόσον χρόνον ἠδύνατο νὰ τροφοδοιῆσῃ ἐγκατάστασιν καταναλίσκουσαν ἰσχὺν 50000 kw ;

**Λύσις.** Ἡ ἐνέργεια  $E$  τῆς μάζης  $m$ , δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου  $E = mc^2$ , ὅπου  $c$  ἡ ταχύτης τοῦ φωτός. Θέτοντες  $m = 20$  gr καὶ  $c = 3 \cdot 10^{10}$  cm/sec, λαμβάνομεν :  $E = 20 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 18 \cdot 10^{21}$  ergs. Ἐπειδὴ εἶναι  $10^7$  ergs =

$$1 \text{ joule, ἡ } E = \frac{18 \cdot 10^{21}}{10^7} = 18 \cdot 10^{14} \text{ joules.}$$

Ἐξ ἄλλου, ἡ ἐνέργεια  $E$  ἡ καταναλισκομένη ὑπὸ ἐγκαταστάσεως ἰσχύος  $N$  εἰς χρόνον  $t$ , εἶναι  $E = N \cdot t$ , ὁπότε  $t = \frac{E}{N}$ . Ἐπειδὴ εἶναι  $N = 50000 \text{ kw} = 50.000.000 = 5 \cdot 10^7 \text{ w}$ , ἔχομεν :

$$t = \frac{18 \cdot 10^{14}}{5 \cdot 10^7} = 36 \cdot 10^6 \text{ sec} = \frac{36 \cdot 10^6}{3600} = 10^4 \text{ h (ὥραι)} = \frac{10^4}{24} = 417 \text{ ἡμέραι}$$

(εἰκοσιτετράωρα).

## B) ΘΕΡΜΟΤΗΣ

### (1) Μέτρησις ποσῶν θερμότητος (θερμιδομετρία)

§ 11.— **Θερμότης** ὀνομάζεται ἡ μορφή ἐκεῖνῃ τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία παρέχεται ὑπὸ θερμοῦ σώματος εἰς ψυχρόν, λόγῳ διαφορᾶς θερμοκρασιῶν. Εἶναι δηλ. ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν δίδει σῶμα, ὅταν ψύχεται. Ἐὰν π. χ. βυθίσωμεν θερμὸν σῶμα ἐντὸς ψυχροῦ ὕδατος, τὸ σῶμα παρέχει θερμότητα εἰς τὸ ὕδωρ καὶ ἡ θερ-

μοκρασία του ελαττοῦται (ψύχεται), τὸ δὲ ὕδωρ ἀπορροφᾷ θερμότητα καὶ ἡ θερμοκρασία του αὐξάνεται (θερμαίνεται).

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q$ , τὸ ὁποῖον λαμβάνει σῶμα θερμαινόμενον κατὰ  $\Delta\theta$  βαθμοὺς ἢ τὸ ὁποῖον ἀποδίδει σῶμα ψυχόμενον κατὰ  $\Delta\theta$  βαθμοὺς, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

ὅπου  $m$  ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ  $c$  μέγεθος χαρακτηριστικὸν τοῦ ὕλικου τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **εἰδικὴ θερμότης τοῦ σώματος**. Τὸ  $Q$  μετρεῖται εἰς θερμίδας (μονὰς : 1 cal), ἢ  $m$  εἰς γραμμάρια (μονὰς : 1 gr), ἢ  $\Delta\theta$  εἰς βαθμοὺς Κελσίου (μονὰς : 1 grad ἢ  $1^\circ\text{C}$ ), ἢ δὲ  $c$  εἰς θερμίδας ἀνὰ γραμμάριον καὶ βαθμὸν Κελσίου (μονὰς : 1 cal/gr grad).

Τὸ γινόμενον  $m \cdot c = K$  τῆς μᾶζης  $m$  σώματος ἐπὶ τὴν εἰδικὴν θερμότητα αὐτοῦ  $c$  ὀνομάζεται **θερμοχωρητικότης** τοῦ σώματος, ὁπότε ὁ τύπος :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

δύναται νὰ γραφῆι :

$$Q = K \cdot \Delta\theta$$

Ἡ θερμοχωρητικότης μετρεῖται εἰς θερμίδας ἀνὰ βαθμὸν Κελσίου (μονὰς : 1 cal/grad).

Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος, ἐξ ὀρισμοῦ, εἶναι :  $\text{C}_\text{H}_2\text{O} = 1 \text{ cal/gr grad}$ .

## (2) Μέτρησις ποσοῦ θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μιγμάτων

§ 12.—Τὸ πρὸς μέτρησιν ποσὸν θερμότητος (π.χ. τὸ ἀναπτυσσόμενον κατὰ τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ σύρματος) ἀναπτύσσεται ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ. Τὸ δοχεῖον ὀνομάζεται **Θερμιδόμετρον** καὶ ἔχει τοιαύτην κατασκευήν, ὥστε νὰ παρεμποδίζεται ἡ ἔξοδος θερμότητος ἢ ἡ εἴσοδος θερμότητος ἐκ τοῦ περιβάλλοντος (εἶναι δηλ. θερμοικῶς μονωμένον). Ἔστω ὅτι εἶναι :

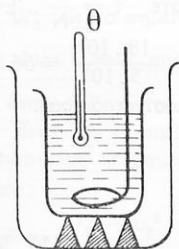
$m_1$  = ἡ μᾶζα τοῦ θερμιδομέτρου

$c_1$  = ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ θερμιδομέτρου

$m_2$  = ἡ μᾶζα τοῦ περιεχομένου ὕδατος

$\theta_0$  = ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ συνόλου καὶ

$\theta$  = ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ συνόλου.



Θερμιδόμετρον δι' ὕδατος

Τὸ ἀναπτυχθὲν ποσὸν θερμότητος θὰ εἶναι :

$$Q = m_1 \cdot c_1 (\theta - \theta_0) + m_2 (\theta - \theta_0) = (m_1 c_1 + m_2) (\theta - \theta_0).$$

### (3) Μέτρησις ειδικῶν θερμότητων διὰ τῆς μεθόδου τῶν μιγμάτων

§ 13. — Πρὸς μέτρησιν τῆς ειδικῆς θερμότητος στερεοῦ π.χ. ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Λαμβάνομεν τεμάχιον τοῦ στερεοῦ καὶ φέρομεν αὐτὸ εἰς γνωστὴν θερμοκρασίαν, διάφορον τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμοδομέτρου. Βυθίζομεν ὑστερον αὐτὸ ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ θερμοδομέτρου καὶ σημειώνομεν τὴν θερμοκρασίαν ἰσορροπίας (τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν τοῦ συνόλου). Ἐστω ὅτι εἶναι:

$m_1 =$  ἡ μᾶζα τοῦ δοχείου (τοῦ θερμοδομέτρου)

$c_1 =$  ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ θερμοδομέτρου

$m_2 =$  ἡ μᾶζα τοῦ περιεχομένου ὕδατος

$\Theta_0 =$  ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ συνόλου

$m =$  ἡ μᾶζα τοῦ βυθιζομένου στερεοῦ

$X =$  ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ στερεοῦ

$\Theta =$  ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ στερεοῦ καὶ

$t =$  ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ συνόλου.

Ἐὰν εἶναι  $\Theta > \Theta_0$  θὰ εἶναι  $t > \Theta_0$  καὶ  $t < \Theta$ . Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου:

τὸ δοχεῖον ἔλαβε θερμότητα:  $Q_1 = m_1 \cdot c_1 (t - \Theta_0)$ ,

τὸ ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρου ἔλαβε θερμότητα:  $Q_2 = m_2 (t - \Theta_0)$

τὸ βυθισθὲν σῶμα ἀπέδωσε θερμότητα:  $Q_3 = m \cdot X \cdot (\Theta - t)$ .

Ἐπειδὴ λόγῳ τῆς θερμοκῆς μονώσεως, τὸ ὑπὸ τοῦ σώματος ἀποδοθὲν ποσὸν θερμότητος  $Q_3$  ἰσοῦται μὲ τὰ ὑπὸ τοῦ ὕδατος καὶ τοῦ δοχείου ἀπορροφηθέντα ποσὰ θερμότητος  $Q_1 + Q_2$ , θὰ ἔχωμεν:

$$m \cdot X \cdot (\Theta - t) = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - \Theta_0) + m_2 (t - \Theta_0) \quad \eta$$

$$X = \frac{(m_1 \cdot c_1 + m_2) (t - \Theta_0)}{m (\Theta - t)}$$

### Παραδείγματα εὐρέσεως ποσῶν θερμότητος καὶ ειδικῶν θερμότητων

1.—Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἀπαιτούμενον ποσὸν θερμότητος, ὅπως 1,2 kg οἶνοπνεύματος θερμομανθῶν ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τοῦ δωματίου ( $18^\circ \text{C}$ ) εἰς τὴν θερμοκρασίαν ζέσεως αὐτοῦ ( $78,4^\circ \text{C}$ ). Εἰδικὴ θερμότης τοῦ οἶνοπνεύματος: 0,6 cal gr grad.

Λύσις. Τὸ ποσὸν τοῦτο θὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τοῦ τύπου  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\Theta$ , ὅπου εἶναι  $m = 1200$  gr,  $c = 0,6$  cal/gr grad καὶ  $\Delta\Theta = 78,4 - 18 = 60,4^\circ \text{C}$ . Εἶναι δηλ.  $Q = 1200 \cdot 0,6 \cdot 60,4 = 43488$  cal = 43,5 kcal.

2.—Σιδηροῦν σῶμα, μᾶξης 80 gr, ἔχον θερμοκρασίαν  $100^\circ \text{C}$ , ρίπτεται ἐντὸς 200 gr ὕδατος περιεχομένου ἐντὸς σιδηροῦ δοχείου μᾶξης 50 gr.. Τὸ ὕδωρ (καὶ τὸ δοχεῖον) ἔχουν ἀρχικὴν θερμοκρασίαν  $20^\circ \text{C}$ , ἀπο-

κτοῦν δὲ θερμοκρασίαν  $24^{\circ}\text{C}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ σιδήρου.

**Λύσις.** Ἐστω  $x$  ἡ ἄγνωστος εἰδικὴ θερμότης. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad \text{ὑπολογίζομεν :}$$

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἔλαβε τὸ σιδηροῦν δοχεῖον :

$$Q_1 = 50 \cdot x \cdot (24 - 20) = 200 \cdot x$$

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἔλαβε τὸ ὕδωρ :

$$Q_2 = 200 \cdot (24 - 20) = 800 \text{ cal.}$$

Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἔδωσε τὸ σιδηροῦν σῶμα :

$$Q = 80 \cdot x \cdot (100 - 24) = 6080 x$$

Ἐπειδὴ εἶναι  $Q_1 + Q_2 = Q$ , ἔχομεν :

$$200 \cdot x + 800 = 6080 \cdot x$$

$$5880 \cdot x = 800 \quad \text{καὶ} \quad x = \frac{80}{588} = 0,136 \text{ cal/gr grad.}$$

3.—Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τοῦ ἀνθρακος, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ θερμανθοῦν 20 λίτρα ὕδατος ἀπὸ  $20^{\circ}\text{C}$  εἰς  $80^{\circ}\text{C}$ . Ἐκαστον γραμμάριον ἀνθρακος, καίομενον, ἀποδίδει 8500 cal.

**Λύσις.** Ἡ ἀπαιτουμένη ποσότης θερμότητος  $Q$  δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ , ὅπου  $m = 20000 \text{ gr}$  (ἐκαστον λίτρον ὕδατος εἶναι 1 kg),  $c = 1 \text{ cal/gr grad}$  καὶ  $\Delta\theta = 80 - 20 = 60^{\circ}\text{C}$ . Ἦτοι  $Q = 20000 \cdot 60 = 1200000 \text{ cal}$ . Τὰ γραμμάρια  $m_1$  τοῦ ἀπαιτουμένου ἀνθρακος θὰ εἶναι :

$$m_1 = \frac{1200000}{8500} = 141 \text{ gr.}$$

4.—Ἀναμιγνύομεν 200 gr ὕδατος  $10^{\circ}\text{C}$ , 300 gr  $25^{\circ}\text{C}$ , 100 gr  $18^{\circ}\text{C}$ , 150 gr  $78^{\circ}\text{C}$  καὶ 68 gr  $98^{\circ}\text{C}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θερμοκρασία ἰσορροπίας.

**Λύσις.** Φανταζόμεθα ὅτι ὅλα τὰ ποσὰ τοῦ ὕδατος ψύχονται μέχρι  $0^{\circ}\text{C}$ . Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q$ , τὸ ὁποῖον ἀποδίδουν, εἶναι :  $Q = 200 \cdot 10 + 300 \cdot 25 + 100 \cdot 18 + 150 \cdot 78 + 68 \cdot 98 = 2000 + 7500 + 1800 + 11700 + 6664 = 29664 \text{ cal}$ . Τὸ ποσὸν τοῦτο, προφανῶς, θὰ θερμάνῃ ὅλοκληρον τὸ ποσὸν τοῦ ὕδατος  $m = 200 + 300 + 100 + 150 + 68 = 818 \text{ gr}$  ἀπὸ τοῦ μηδενὸς μέχρι τῆς ζητουμένης θερμοκρασίας  $\theta$  :  $Q = m \cdot \theta$  (τὸ  $c$  ἰσοῦται πρὸς 1). Ἦτοι  $\theta = \frac{29664}{818} = 36,3^{\circ}\text{C}$ .

5.—Τῇ βοηθείᾳ ἀνιστίασεως θερμοινομένης δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, θερμαίνομεν κατὰ  $15^{\circ}\text{C}$  500 gr ὕδατος εἰς χρόνον 6 min. Κατὰ πόσον

θὰ θερμάνη ἢ αὐτὴ ἀντίστασις, 800 gr ὑγροῦ τινός, εἰδικῆς θερμοτήτος 0,3 cal/gr grad, εἰς χρόνον 8 min ;

**Λύσις.** Τὸ ἀναπτυχέν ποσὸν θερμότητος εἰς 6 min εἶναι :

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 500 \cdot 1 \cdot 15 = 7500 \text{ cal.}$  Ἐπομένως ἀναπτύσσεται ποσὸν θερμότητος  $\frac{7500}{6} = 1250 \text{ cal}$  ἀνὰ min. Εἰς 8 min θὰ ἀναπτυχθῆ ποσὸν

θερμότητος  $Q = 1250 \cdot 8 = 10000 \text{ cal.}$  Τοῦτο θὰ θερμάνη κατὰ  $\Delta\theta^{\circ}$  τὰ 800 gr τοῦ ὑγροῦ, εἰδικῆς θερμοτήτος  $c = 0,3 \text{ cal/gr grad.}$  Οὕτως ἔχομεν :

$$10000 = 800 \cdot 0,3 \cdot \Delta\theta \quad \text{καὶ} \quad \Delta\theta = \frac{10000}{240} = 41,7^{\circ} \text{C.}$$

#### (4) Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα καὶ τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν

§ 14.—(α) Πολυάριθμα εἶναι τὰ φαινόμενα μετατροπῆς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα.

(1) Προστριβόντες ζωηρῶς τὰς χεῖρας μας θερμαίνονται.

(2) Ὄταν κόπτωμεν ξύλον ἢ μέταλλον διὰ πρίονος οὗτος θερμαίνεται

(3) Τὰ πυρεία ἀνάπτουν διὰ τριβῆς. Ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης προκαλεῖ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας μέχρι ἀναφλέξεως τοῦ πυρείου.

(4) Τὰ προστριβόμενα τμήματα τῶν μηχανῶν θερμαίνονται.

Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς μετατρέπεται εἰς θερμότητα τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως, ἥτις ἀπαιτεῖται πρὸς κατανίκησιν τῶν δυνάμεων τριβῆς.

(5) Κατὰ τὴν τροχοπέδησιν τῶν ὀχημάτων ἀναπτύσσεται εἰς τὰς πέδας θερμότης.

(6) Κατὰ τὴν πρόσπτωσιν βλήματος ἐπὶ ἀνευδότου ἐπιφανείας, τὸ βλήμα σταματᾷ καὶ θερμαίνεται. Δυνατὸν μάλιστα νὰ τακῆ ἐκ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος.

(7) Ἐλαστικὴ σφαῖρα προσπίπτουσα μὲ ταχύτητά τινα ἐπὶ σκληρᾶς ἐπιφανείας, δὲν ἐπιστρέφει μὲ τὴν ἴδιαν ταχύτητα, ἀλλὰ μικροτέραν.

Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἡ κινητικὴ ἐνέργεια (τοῦ αὐτοκινήτου, τοῦ βλήματος) ἢ μέρος αὐτῆς (τῆς ἐλαστικῆς σφαίρας), μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

(β) Ἀλλὰ καὶ ἀντίστροφα φαινόμενα, μετατροπῆς τῆς θερμότητος εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, δυνάμεθα νὰ ἀναφέρωμεν.

(1) Εἰς ὅλας τὰς θερμοκᾶς μηχανὰς (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητῆρες, πετρελαιομηχαναί) ἀναπτύσσεται μηχανικὴ ἐνέργεια διὰ καταναλώσεως θερμότητος.

(2) Κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν ἀερίου, ὅταν κατὰ τὴν διαστολὴν του τὸ ἀέριον ὠθῆ σῶμα διὰ δυνάμεως, ὁπότε παράγεται μηχανικὸν ἔργον, τὸ ἀέριον ψύχεται.



## (5) Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος

§ 15.—Ἐπειδὴ ἡ θερμότης εἶναι ἐνέργεια, δύναται νὰ μετρηθῆ με μονάδας ἔργου (§ 2). Συνήθως ὁμως μετρεῖται με μονάδα τὴν θερμίδα (1 cal) ἢ τὴν χιλιοθερμίδα (1 kcal = 1000 cal). Ἐὰν θέλωμεν νὰ εὐρωμεν τὸ ποσὸν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας  $W$ , τὸ ὁποῖον ἰσοδυναμεῖ με τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q$  ἢ ἀντιστρόφως τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q$ , τὸ ὁποῖον ἰσοδυναμεῖ πρὸς τὸ ποσὸν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας  $W$  θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν ἀκόλουθον ἐξίσωσιν τοῦ ἰσοδύναμου :

$$W = JQ.$$

Ὁ συντελεστὴς  $J$  ὀνομάζεται **μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος** καὶ ἡ ἀριθμητικὴ του τιμὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς μονάδας. Ὁ συντελεστὴς οὗτος παριστᾷ τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς μίαν μονάδα θερμότητος ( $J = W$ , ὅταν  $Q = 1$ ). Διὰ πολυαριθμῶν πειραμάτων εὐρέθη ὅτι :

$$\begin{aligned} J &= 4,18 \cdot 10^7 \text{ erg/cal} = 4,18 \cdot 10^{10} \text{ erg/kcal} = \\ &= 4,18 \text{ joule/cal} = 4180 \text{ joule/kcal} = \\ &= 0,427 \text{ kg}^* \cdot \text{m/cal} = 427 \text{ kg}^* \cdot \text{m/kcal}, \text{ κ.ο.κ.} \end{aligned}$$

Ταῦτα σημαίνουν ὅτι μία θερμὶς (1 cal) ἰσοδυναμεῖ πρὸς  $4,18 \cdot 10^7$  ergs ἢ 4,18 joules ἢ  $0,427 \text{ kg}^* \cdot \text{m}$ , κ. ο. κ.

**Παράδειγματα**

1.—*Πόση θερμότης ἀναπτύσσεται, ὅταν αὐτοκίνητον μάζης 1200 kg κινούμενον με ταχύτητα 54 km/h, σταματήσῃ; Τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος εἶναι 4,18 joules/cal.*

**Λύσις.** Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι :

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 15^2 = 600 \cdot 225 = 135 \text{ joules (διότι } 54 \text{ km/h} = \\ &= 54 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ sec}} = 15 \text{ m/sec)}. \text{ Τὸ ἀντίστοιχον ποσὸν θερμότητος } Q \text{ εὐρί-} \\ &\text{σκειται ἐκ τῆς ἐξισώσεως τοῦ ἰσοδύναμου :} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{W}{J} = \frac{135000 \text{ joules}}{4,18 \text{ joules/cal}} = 32300 \text{ cal} = 32,3 \text{ kcal.}$$

2.—*Υδράργυρος πίπτει ἀπὸ ὕψους 12 m ἐπὶ τινος ἐπιφανείας. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας του, ἐὰν ὑποθεθῆ ὅτι ἡ ἀναπτυχθεῖσα θερμότης ἀπερροφήθῃ μόνον ἀπὸ τὸν ὑδράργυρον. Εἰδικὴ θερμότης αὐτοῦ: 0,033 cal/gr grad. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος:  $4,18 \cdot 10^7$  ergs/cal.*

**Λύσις.** Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια  $E$  τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν θέσιν, ἀφ' ἧς ἀνεχώρησε, εἶναι  $E = m \cdot g \cdot h$  (θεωροῦμεν ὅτι αὕτη εἶναι μηδὲν εἰς τὸ ἐπίπεδον ἀφίξεως), ὅπου  $h = 20 \text{ m} = 2000 \text{ cm}$ ,  $m$  ἡ μάζα αὐτοῦ καὶ  $g = 981 \text{ cm/sec}^2$ . Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς κινητικὴν εἰς τὸ σημεῖον ἀφίξεως καὶ ἡ κινητικὴ εἰς θερμότητα κατὰ τὴν κρούσιν. Ἡ θερμότης αὕτη  $Q$  παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου :  $Q = \frac{E}{J}$ , ὅπου  $J = 4,18 \cdot 10^7 \text{ ergs/cal}$ . Αὕτη ἀπορροφουμένη ὑπὸ  $m$  μάζης ὑδραργύρου θὰ ἀνυψώσῃ τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ κατὰ  $\Delta\theta$  βαθμοὺς Κελσίου. Τὴν ἀνυψώσιν ταύτην ὑπολογίζομεν ἐκ τοῦ τύπου  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ , ὅπου  $c = 0,033 \text{ cal/grgrad}$  ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὑδραργύρου. Οὕτως ἔχομεν :

$$\Delta\theta = \frac{Q}{m \cdot c} = \frac{E}{J \cdot m \cdot c} = \frac{mgh}{J \cdot m \cdot c} = \frac{gh}{J \cdot c} = \frac{981 \cdot 2000}{4,18 \cdot 10^7 \cdot 0,033} = \frac{981 \cdot 20}{418 \cdot 33} = 1,42^\circ\text{C}.$$

**3.—Σφαῖρα μάζης 200 gr ἀφίεται νὰ πέσῃ ἀπὸ ὕψους 60 m ἐπὶ ἀνεκδοτόν ἐπιφανείας, μετὰ δὲ τὴν κρούσιν ἀναπηδᾷ εἰς ὕψος 20 m. Ζητεῖται τὸ κατὰ τὴν κρούσιν ἀναπτύχθην ποσὸν θερμότητος. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος :  $427 \text{ kg}^* \cdot \text{m/kcal}$ .**

**Λύσις.** Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία μετετρέπη εἰς θερμότητα κατὰ τὴν κρούσιν, ἴσουςται μὲ τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ἀπωλέσθη καὶ ἡ ὁποία εἶναι  $W_1 - W_2 = Bh_2 - Bh_1 = B(h_2 - h_1) = 0,2(60 - 20) = 8 \text{ kg}^* \cdot \text{m}$ . Ἡ ἐμφανισθεῖσα ποσότης θερμότητος ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$Q = \frac{W}{J} = \frac{8}{427} \text{ kcal} = \frac{8000}{427} = 18,7 \text{ cal}.$$

**4.—Σῶμα βάρους 1 τόννου ὀλισθαίνει κατὰ μῆκος κεκλιμένου ἐπιπέδου, παρουσιάζοντος κλίσιν  $30^\circ$  μετὰ τοῦ ὀριζοντος. Τὴν σιγμὴν καθ' ἣν εἶχε διανύσει 21 m ἡ ταχύτης του ἦτο  $4 \text{ m/sec}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀνεπτύχθη λόγῳ τριβῆς. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος :  $0,427 \text{ kg}^* \cdot \text{m/cal}$ .**

**Λύσις.** Ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν σημείων A, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἀνεχώρησε, καὶ B, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ταχύτητα  $v = 4 \text{ m/sec}$ , εἶναι  $h = (AB) \eta\mu\phi = 21 \cdot \frac{1}{2} = 10,5 \text{ m}$  ( $\eta\mu 30^\circ = 0,5$ ). Εἰς τὸ A ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ σώματος εἶναι  $W_1 = B \cdot h$ , ὅπου B τὸ βᾶρος τοῦ σώματος ἴσον πρὸς  $1000 \text{ kg}^*$ , καὶ ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια  $E_1 = 0$ . Εἰς τὸ B ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια εἶναι  $W_2 = 0$  καὶ ἡ κινητικὴ του  $E_2 = \frac{1}{2} mv^2$ . Ἡ ἀπώλεια μηχανικῆς ἐνεργείας ἐπομένως εἶναι  $W_1 - E_2$ . Αὕτη μετετρέπη εἰς θερμότητα

$$\text{τητα } Q = \frac{W_1 - E_2}{J} = \frac{1000 \cdot 10,5 - \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 16}{0,427 \cdot 9,81} \text{ cal (τά } \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 16$$

$$\text{joules ισοϋνται πρὸς } \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 16 \text{ kg}^* \cdot \text{m}). \quad \text{Ἦτοι ἔχομεν:}$$

$$Q = \frac{10500 \cdot 9,81 - 8000}{9,81 \cdot 0,427} = \frac{95005}{418887} \cdot 10^5 = 22680 \text{ cal.}$$

5.—Διὰ τὴν θέρμανσιν δωματίου χρησιμοποιεῖται ἠλεκτρικὴ θερμάστρα καταναλίσκουσα 300 kWh ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας κατὰ μῆνα. Νὰ υπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῶν χρημάτων, τὰ ὁποῖα θὰ ἐξοικονομοῦντο, ἐὰν ἐχρησιμοποιητο θερμάστρα ἀνθρακίτου. Θὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι 40% τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καϋσιν τοῦ ἀνθρακός θερμότητος ἐκφεύγουν διὰ τῆς καπνοδόχου, ὅτι ἡ τιμὴ ἐνὸς κιλοβατῶριου εἶναι 0,65 δραχ., ὅτι ἡ τιμὴ ἐνὸς τόννου ἀνθρακίτου εἶναι 1800 δραχ. καὶ ὅτι 1 gr ἀνθρακίτου καίόμενον ἀποδίδει 8500 cal. Τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος εἶναι 4,2 joules/cal.

**Λύσις.** Ἐπειδὴ 1 kWh ἐνεργείας ἰσοῦται πρὸς 3600000 joules (§ 2, δ), τὰ 300 kWh εἶναι  $300 \cdot 3600000 = 108 \cdot 10^7$  joules. Ταῦτα ἀναπτύσσουν ποσὸν θερμότητος  $Q = \frac{W}{J} = \frac{108 \cdot 10^7}{4,2} = \frac{18}{7} \cdot 10^8$  cal. Ἐξ ἄλλου, ἐξ 100 ἀναπτυσσομένων θερμίδων αἱ 60 παραμένουν ἐντὸς τοῦ δωματίου. Διὰ νὰ παραμείνουν  $\frac{18}{7} \cdot 10^8$  cal πρέπει νὰ ἀναπτυχθοῦν  $\frac{100}{60} \cdot \frac{18}{7} \cdot 10^8 = \frac{3}{7} \cdot 10^9$  cal. Τέλος, ἐπειδὴ 1 gr ἀνθρακός ἀποδίδει 8500 cal, τὰ ἀπαιτούμενα πρὸς καϋσιν γραμμάρια ἀνθρακός θὰ εἶναι  $\frac{3}{7} \frac{10^9}{8500} = \frac{3}{595} \cdot 10^7$ . Ταῦτα εἶναι  $\frac{30}{595}$  τόννοι (ἕκαστος τόννος εἶναι 1000 kg = 1000000 gr). Ἡ τιμὴ τῶν  $\frac{30}{595}$  τόννων ἀνθρακός εἶναι  $\frac{30}{595} \cdot 1800 = 90,75$  δραχ., ἐνῶ ἡ τιμὴ τῶν 300 kWh εἶναι  $300 \cdot 0,65 = 195$  δραχ. Θὰ ἐπῆρξατο ἐπομένως οἰκονομία  $195 - 90,75 = 104,25$  δραχ.

## (6) Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας

§ 16.—Ἡ μετατροπὴ τῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς δυναμικὴν καὶ ἀντιστρόφως (§ 29), ἢ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα καὶ ἀντιστρόφως (§ 14), ἀποτελοῦν παραδείγματα μετατροπῆς μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ἄλλην (§ 7). Τὸ φαινόμενον εἶναι γενικὸν : Ἡ χημικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμότητα (καυσις ἄνθρακος), ἢ μηχανικὴ εἰς ἠλεκτρικὴν (ὑδροηλεκτρικαὶ ἐγκαταστάσεις), ἢ ἠλεκτρικὴ εἰς θερμότητα (ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ θερμάνσεως) ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν (ἠλεκτρικοὶ κινητήρες), κ.ο.κ.

Εἰς ὅλας τὰς ἀνωτέρω μετατροπὰς ἰσχύει ἡ ἀρχὴ (ἢ νόμος) τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὸν νόμον τοῦτον, ὅστις ἀποτελεῖ ἓνα τῶν θεμελιωδεστέρων νόμων τῆς φύσεως, κατὰ τὰς διαφόρους μετατροπὰς τῆς ἐνεργείας τὸ συνολικὸν ποσὸν αὐτῆς παραμένει σταθερὸν. Ἡ ἐνέργεια ἐπομένως εἶναι φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὅποιον δὲν δημιουργεῖται οὔτε καταστρέφεται, δύναται ὅμως νὰ ἀλλάσῃ μορφάς. Κατὰ τὰς μετατροπὰς ταύτας, ποσὸν ἐνεργείας μορφῆς τινος ἐξαφανιζόμενον παρέχει ἰσοδύναμον ποσὸν ἐνεργείας ἄλλης μορφῆς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

# ΟΠΤΙΚΗ

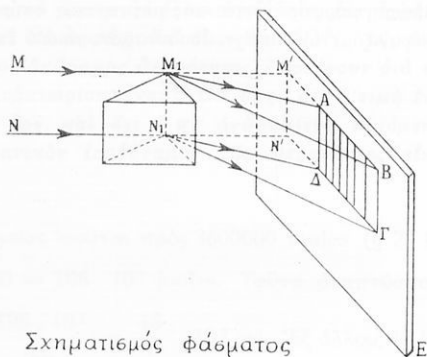
### Α) ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ - ΦΑΣΜΑΤΑ

#### (1) Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος

§ 17.—Ἐὰν ρίψωμεν ἐπὶ πρίσματος ἐπίπεδον φωτεινὴν δέσμη  $MM_1N_1N$ , τὸ ἐπίπεδον τῆς ὁποίας εἶναι παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος  $M_1N_1$ , λαμβάνομεν πολλὰς δέσμας διαφόρων χρωμάτων. Τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται ἀνάλυσις τοῦ φωτός.

Ἐάν, εἰς τὴν πορείαν τοῦ ἐκ τοῦ πρίσματος ἐξερχομένου φωτός, παρεμβάλωμεν διάφραγμα  $E$ , παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος, σχηματίζεται ἐκεῖ ἕγχρους ταινία  $ABΓΔ$ . Τὴν χρωματισμένην αὐτὴν ταινίαν, ἣτις λαμβάνεται κατὰ τὸν περιγραφέντα τρόπον κατὰ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτός διὰ πρίσματος, ὀνομάζομεν **φάσμα** τοῦ φωτός τούτου.

Ἐὰν τὸ ἀναλυθὲν φῶς προκύπτῃ ἐκ διαπύρου στερεοῦ, π.χ. ἐκ τοῦ διαπυρωμένου νήματος ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ φάσμα συνίσταται ἐκ συνεχοῦς ταινίας (μὴ παρουσιαζούσης διακοπῆς) εἰς τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν κατὰ σειρὰν τὰ ἀκόλουθα χρώματα: ἐρυθρὸν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες. Ἡ μετὰ βίαιως εἰς τὸν ἕτερον δὲν γίνεται ἀποτόμως ἀλλὰ βαθμιαίως εἰς τρόπον ὥστε εἰς τὸ φάσμα ὑπάρχουν πολλαὶ χρωματικαὶ ἀποχρώσεις. Ὄταν τὸ φάσμα παρουσιάξῃ τὴν περιγραφείσαν μορφήν, τὸ ἀναλυθὲν φῶς ὀνομάζεται **λευκόν**.



Σχηματισμός φάσματος ἐπὶ διαφράγματος

Ἐρυθρὸν	πορτοκαλλόχρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
---------	-----------------	----------	----------	---------	-------

Τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός

Εἰς τὸ σχῆμα τοῦτο παρίσταται ἡ σειρὰ καὶ ἡ σχετικὴ ἕκτασις τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός.

Ἐάν τὸ ἀναλυθὲν φῶς προκύπτῃ ἐκ φωτοβολοῦντος ἀερίου, ὅπως εἶναι π.χ. τὸ φῶς τῶν σωλήνων τῶν φωτεινῶν ἐπιγραφῶν, τὸ φάσμα δὲν εἶναι συνεχές. Παρουσιάζεται ὑπὸ τὴν μορφήν ἀπομονωμένων γραμμῶν, διαφόρων χρωμάτων. Τὸ φῶς εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην χαρακτηρίζεται ὡς σύνθετον ἢ πολυχρωματικόν.

## (2) Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος

§ 18. Αἱ διαφόρων χρωμάτων ἀκτῖνες τοῦ φάσματος ὀνομάζονται καὶ ἀκτινοβολαί. Παρουσιάζουν δὲ τὰς ἀκολούθους ιδιότητες :

(α) Ἀνακλῶνται καὶ διαθλῶνται, ὅπως ὅλαι αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες καὶ διαδίδονται εὐθυγράμμως μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα εἰς τὸ κενόν, μὲ διαφόρους δὲ ταχύτητας ἐντὸς διαφανοῦς οὐσίας. Αἱ ἐρυθραὶ π. χ. διαδίδονται μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα τῶν ἰωδῶν.

(β) Ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος εἶναι **μονοχρωματικὴ**. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν διάθλασιν δὲν ὑφίσταται ἀνάλυσιν. Κατὰ τὴν διόδον π. χ. πρασίνης ἀκτίνος τοῦ φάσματος διὰ δευτέρου πρίσματος, λαμβάνομεν πάλιν πρᾶσινη ἀκτίνα.

(γ) Διαφανῆς οὐσία (ῥυαλὸς π.χ.) παρουσιάζει διαφόρους δείκτας διαθλάσεως διὰ τὰς διαφόρους ἀκτῖνας τοῦ φάσματος. Οὗτος εἶναι μεγαλύτερος διὰ τὰς ἰώδεις καὶ γίνεται τόσον μικρότερος, ὅσον τὸ χρῶμα τῆς θεωρουμένης ἀκτίνος κείται πλησιέστερον πρὸς τὸ ἐρυθρὸν εἰς τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός. Τοῦτο, ἀποδεικνύεται ὅτι ὀφείλεται, εἰς τὴν διάφορον ταχύτητα καὶ λόγῳ τῆς ιδιότητος ταύτης τὸ σύνθετον φῶς ἀναλύεται : Εἰς τὸ προσπίπτον φῶς συνυπάρχουν ἀκτῖνες διαφόρων χρωμάτων, αἱ ὁποῖα ἐκτρέπονται ἀνίσως. Αἱ ἰώδεις, μεγαλύτερου δείκτου διαθλάσεως, περισσότερον τῶν ἐρυθρῶν διὰ τὰς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι μικρότερος.

(δ) Ἀπασαὶ αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ φάσματος μεταφέρουν ἐνέργειαν, ἣ ὁποία ὀνομάζεται **ἀκτινοβόλος ἐνέργεια**. Ἡ ἐνέργεια αὕτη ἐκδηλοῦται διὰ διαφόρων ἀποτελεσμάτων. Οὕτω π.χ. προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ διεγείρουν τὸ φωτεινὸν αἶσθημα. Ἰδιαιτέρως εὐπαθῆς εἶναι ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὰς κίτρινάς καὶ τὰς πρασίνας ἀκτῖνας (φωτεινὰ χρώματα). Αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες παρουσιάζουν ἰδιαιτέρως ἔντονα **θερμικὰ ἀποτελέσματα** : Μετακινοῦντες κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος εὐαίσθητον θερμομέτρον διαπιστοῦμεν τὴν μεγαλύτεραν ἀνύψωσιν θερμοκρασίας εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Αἱ ἰώδεις ἀκτῖνες παρουσιάζουν ἰδιαιτέρως ἔντονα **χημικὰ ἀποτελέσματα** : Φωτογραφικὴ πλάξ ὑφίσταται ἔντονον ἀμαύρωσιν εἰς τὴν ἰώδη περιοχὴν, ἐνῶ κοινὴ φωτογραφικὴ πλάξ εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν δὲν ἀμαυροῦται.

## (3) Ὑπέρυθροι καὶ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολαί

§ 19.—Εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς, τὸ φῶς βολταϊκοῦ τόξου καὶ ἄλλων φωτεινῶν πηγῶν, ἐκτὸς τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπάρχουν καὶ **ἀόρατοι** ἀκτινοβολαί, αἱ

ὁποῖα λαμβάνονται κατὰ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος. Αὐταὶ ἐπεκτείνουσι τὸ ὄρατὸν φάσμα κατ' ἀμφοτέρα τὰ ἄκρα. Καὶ αἱ μὲν κείμεναι ἐν συνεχείᾳ πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν ὀνομάζονται **ὑπέρυθροι**, αἱ δὲ ἐν συνεχείᾳ πρὸς τὴν ἰώδη **ὑπεριώδεις**.

## I. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ

§ 20.—(α) Δὲν εἶναι ὄραταί (δὲν διεγείρουσι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως). Ἐνακλῶνται καὶ διαθλῶνται, ὡς αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες.

(β) Παρουσιάζουσι ἔντονα θερμικὰ ἀποτελέσματα: Ἐν αἰσθητὸν θερμόμετρον φερόμενον πέραν τῆς ἐρυθρᾶς περιοχῆς τοῦ ἡλιακοῦ π.χ. φάσματος, παρουσιάζει σημαντικὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας καὶ εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὄρατοῦ ἐρυθροῦ ἄκρου.

(γ) Εἰδικαὶ φωτογραφικαὶ πλάκες ἀμυροῦνται εἰς περιοχὴν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ ἄκρου, καὶ εἰς ἰκανὴν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ.

(δ) Ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῶν περισσοτέρων διαφανῶν οὐσιῶν (ὔδατος, ὕδατος, γαλαζίας) καὶ ἡ ἐνέργειά των μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Ἄλλα ὅμως οὐσίαι εἶναι διαφανεῖς εἰς αὐτάς, ὅπως π.χ. τὸ ὀρυκτὸν χλωριούχον νάτριον.

(ε) Δὲν ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῆς ὀμίχλης. Λόγῳ τούτου, τῇ βοήθειᾳ εἰδικῶν φωτογραφικῶν πλακῶν, δύναται νὰ ληφθῶν φωτογραφία ἀντικειμένων (ἐκτεμπόντων ὑπεριώδους ἀκτίνης) διὰ μέσου τῆς ὀμίχλης ἢ τῶν νεφῶν.

(στ) Ἐπέρυθροι ἀκτινοβολία ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν θερμῶν σωμάτων, χωρὶς ταῦτα νὰ εἶναι φωτοβόλα, ὅπως π.χ. ἀπὸ τὰς θερμὰς ἐπιφανείας τῶν θερμαντικῶν σωμάτων τῆς κεντρικῆς θερμάνσεως (καλοριφέρ).

## II. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΙΩΔΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ

§ 21.—(α) Δὲν εἶναι ὄραταί. Ἐνακλῶνται καὶ διαθλῶνται ὡς αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες.

(β) Παρουσιάζουσι ἔντονα χημικὰ ἀποτελέσματα: Φωτογραφικὴ πλάξ ἀμυροῦται πέραν τῆς ἰώδους περιοχῆς τοῦ ἡλιακοῦ π.χ. φάσματος καὶ εἰς ἰκανὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὄρατοῦ ἰώδους ἄκρου. Μετατρέπουσι τὸ ὀξυγόνον εἰς ὕδρον, κλπ.

(γ) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν ὀρισμένων οὐσιῶν. Προσπίπτουσαι δηλ. ἐπὶ ὀρισμένων οὐσιῶν καθιστοῦν αὐτάς φωτοβόλους (φθορίζουσαι οὐσίαι). Ἐπεριώδεις ἀκτίνες π.χ. παραγόμεναι εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν **λαμπτήρων φθορισμοῦ** (κατὰ τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἀτμῶν ὕδραργύρου), ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῆς ἐπιχειοῦσης τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ λαμπτήρος οὐσίας, ἢ ὁποῖα ἐκπέμπει ἔντονον φῶς φθορισμοῦ.

(δ) Ἐρεθίζουσι τὸ δέρμα καὶ τοὺς ὀφθαλμούς. Τὸ μαύρισμα τοῦ δέρματος ὑπὸ τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων ὀφείλεται εἰς αὐτάς. Δυνατὸν ὅμως νὰ προκαλέσουν ἐπικίνδυνα ἐγκαύματα. Ὄταν εἶναι ἰδιαίτερος ἔντονος δύναται νὰ προκαλέσουν τυφλῶσιν. Προστατεύουσι τοὺς ὀφθαλμούς ἀπ' αὐτῶν φέροντες διόπτρας ἐκ κοι-

νῆς ὕαλον, ἥτις τὰς ἀπορροφᾶ. Ὑπεριώδεις ἀκτῖνες χρησιμοποιοῦνται πρὸς ἀποστείρωσιν τοῦ ὕδατος καὶ εἰς τὴν θεραπευτικὴν (θεραπεία τῆς ραχίτιδος, κλπ.).

(ε) Ἀπορροφῶνται ὑπὸ τῶν περισσοτέρων διαφανῶν οὐσιῶν (ὑαλος, ὕδωρ, ἄηρ). Ἄλλαι ὅμως οὐσίαι εἶναι διαφανεῖς εἰς αὐτάς, ὅπως π.χ. τὸ καθαρὸν διοξειδίου τοῦ πυριτίου (χαλαζίας).

#### (4) Φάσματα ἐκπομπῆς καὶ φάσματα ἀπορροφῆσεως

§ 22.—Ὀνομάζομεν φάσμα ἐκπομπῆς φωτοβόλου σώματος, τὸ φάσμα τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν δι' ἀναλύσεως, διὰ πρίσματος, τοῦ φωτός τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει τὸ σῶμα. Φάσμα ἀπορροφῆσεως δὲ διαφανοῦς σώματος, ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν δι' ἀναλύσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐξέρχεται ἀπὸ τοῦ σώματος, ὅταν προσέσῃ ἐπ' αὐτοῦ λευκὸν φῶς.

### I. ΦΑΣΜΑΤΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

§ 23.—(α) Τὰ φάσματα ἐκπομπῆς τῶν διαπύρων στερεῶν καὶ ὑγρῶν εἶναι συνεχῆ. Συνιστοῦν δηλ. ἔγχρωμον ταινίαν μὴ παρουσιάζουσαν διακοπὴν. Τοιαῦτα εἶναι τὰ φάσματα ἐκπομπῆς τοῦ διαπύρου νήματος λαμπτήρος πυρακτώσεως, τῶν διαπύρων ἀνθράκων βολταϊκοῦ τόξου, διαπύρων ρευστῶν μετάλλων (σιδήρου, γαλκοῦ, κλπ.). Τὰ συνεχῆ ταῦτα φάσματα ἐκπομπῆς δὲν χαρακτηρίζουν τὴν οὐσίαν τοῦ ἐκπέμποντος τὸ φῶς σώματος. Ἐκ τῆς μελέτης αὐτῶν δηλ. δὲν δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν ποία εἶναι ἡ φύσις τοῦ διαπύρου σώματος.

(β) Τὰ φάσματα ἐκπομπῆς τῶν φωτοβόλων ἀερίων καὶ ἀτμῶν εἶναι γραμμικά. Συνίστανται δηλ. ἐκ διακεκριμένων φωτεινῶν γραμμῶν (φασματικαὶ γραμμαὶ) διαφόρων χρωμάτων.

Τοιαῦτα εἶναι τὰ φάσματα ἐκπομπῆς τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐγκλεισμένα ἐντὸς τῶν σωλῆνων τῶν φωτεινῶν ἐπιγραφῶν, ὅταν δι' αὐτῶν διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις), τὸ φάσμα τῆς φλογὸς φωταερίου ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσῆχθῃ μεταλλικὸν νάτριον ἢ κάλιον, κ.ο.κ. Τὰ γραμμικά ταῦτα φάσματα ἐκπομπῆς εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ ἐκπέμποντος ἀερίου ἢ ἀτμοῦ, εἰς τρόπον ὅστε ἐκ τῆς μελέτης αὐτῶν δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν περὶ τῆς φύσεως τῆς ἐκπεμπούσης οὐσίας. Τὸ φάσμα π.χ. τοῦ φωτοβολοῦντος ὕδρογόνου συνίσταται ἐκ μιᾶς ερυθρᾶς γραμμῆς, δύο κυανῶν καὶ μιᾶς ἰώδους. Τὸ φάσμα τῶν φωτοβόλων ἀτμῶν νατρίου συνίσταται ἐκ δύο γειτονικῶν κίτρινων γραμμῶν, κ.ο.κ.

Τὰ γραμμικά φάσματα ἐκπομπῆς εἶναι ἀποτέλεσμα φαινομένων συμβαινόντων ἐντὸς τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

(γ) Πολυπλοκώτερα φάσματα ἐκπομπῆς εἶναι τὰ ταινιωτά, συνιστάμενα ἐκ ταινιῶν περιλαμβανουσῶν μέγαν ἀριθμὸν φασματικῶν γραμμῶν, λίαν γειτονικῶν. Ταῦτα εἶναι ἀποτέλεσμα φαινομένων συμβαινόντων ἐντὸς τῶν μορίων τῆς ὕλης.



## II. ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΕΩΣ

§ 24.—(α) Οὐδὲν ὕλικὸν σῶμα εἶναι ἀπολύτως διαφανές, δηλ. περατὸν εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. **Στερεὸν** ἢ **ὕγρὸν** σῶμα, **ἄχρουν** ἢ **ἔγχρωμον**, ἀπορροφᾷ ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτοῦ, ὄρισμένας περιοχὰς τοῦ φάσματος (**ζώνας**). Τὸ φάσμα, ἐπομένως, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν δι' ἀναλύσεως τοῦ ἀπὸ τοῦ σώματος ἐξερχομένου φωτός δηλ. τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τοῦ σώματος, παρουσιάζει ὄρισμένας σκοτεινὰς ζώνας (**ζῶναι ἀπορροφήσεως**). Ἐπειδὴ μία οὐσία ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ὄρισμένην ἢ ὄρισμένας ζώνας, δυνάμεθα ἐκ τῆς μελέτης τῶν φασμάτων ἀπορροφήσεως αὐτῶν νὰ συμπεράνωμεν περὶ τῆς φύσεως τῆς ἀπορροφούσης οὐσίας. Διάλυμα π.χ. αἵματος ἀπορροφᾷ δύο ζώνας τοῦ φάσματος, μίαν εἰς τὴν κιτρινήν καὶ μίαν εἰς τὴν πρασίην περιοχὴν. Ἡ συνήθης ὕαλος ἀπορροφᾷ τὰς ὑπερῷθρους καὶ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. κ.ο.κ.

(β) **Ἀέρια** ἢ **ἄτμοι**, ὅταν εὐρίσκωνται εἰς σχετικῶς χαμηλὴν θερμοκρασίαν, ἀπορροφοῦν ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς ὄρισμένας μόνον φασματικὰς γραμμὰς καὶ μάλιστα ἐκείνας τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν, ὅταν εἶναι φωτοβόλα. Οὕτω π.χ. ἐὰν διέλθῃ λευκὸν φῶς διὰ μέσου ἀτμῶν νατρίου εὐρισκομένων εἰς σχετικῶς χαμηλὴν θερμοκρασίαν, τὸ λαμβανόμενον φάσμα ἀπορροφήσεως παρουσιάζει δύο σκοτεινὰς γραμμὰς εἰς τὴν κιτρινήν περιοχὴν καὶ εἰς τὰς θέσεις, ὅπου εὐρίσκονται αἱ **γραμμὰι ἐκπομπῆς** τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Ἐκ τῆς μελέτης, ἐπομένως, τοῦ φάσματος ἀπορροφήσεως τῶν αερίων καὶ ἀτμῶν δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν ποῖα ἢ φύσις τῆς ἀπορροφούσης αερίου οὐσίας.

### (5) Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός

§ 25.—Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός εἶναι **γραμμικὸν φάσμα ἀπορροφήσεως**. Εἶναι δηλ. συνεχές φάσμα διατεμνόμενον ἀπὸ μέγαν ἀριθμὸν σκοτεινῶν γραμμῶν (**γραμμὰι Fraunhofer** — Φραουνχόφερ).

Τὸ ἡλιακὸν φῶς ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Ἥλιου, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **φωτόσφαιρα**. Αὕτη συνίσταται ἐκ λίαν πυκνῶν αερίων εὐρισκομένων εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν (6000° K), τὸ δὲ ὑπ' αὐτῆς ἐκπεμπόμενον φῶς δίδει συνεχές φάσμα. Ἡ φωτόσφαιρα ὅμως περιβάλλεται ὑπὸ παχέος στρώματος αερίων καὶ ἀτμῶν εὐρισκομένων εἰς χαμηλὴν σχετικῶς θερμοκρασίαν, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **χρωμόσφαιρα**. Ἡ χρωμόσφαιρα αὕτη ἀπορροφᾷ ἐκ τοῦ δι' αὐτῆς διερχομένου φωτός τῆς φωτοσφαίρας τὰς χαρακτηριστικὰς γραμμὰς ἐκπομπῆς τῶν συστατικῶν τῆς στοιχείων. Οὕτω δὲ προκύπτουν αἱ σκοτεινὰι γραμμὰι τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

Ἐκ τῆς μελέτης τῶν σκοτεινῶν γραμμῶν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν, ποῖα εἶναι τὰ συστατικὰ στοιχεῖα τῆς χρωμοσφαίρας. Εὐρίσκοντες π.χ. δύο σκοτεινὰς γραμμὰς εἰς τὴν θέσιν τῶν γραμμῶν ἐκπομπῆς τοῦ νατρίου, συμπεραίνομεν ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαιραν ὑπάρχουν ἄτμοι νατρίου, κ.ο.κ.

Οὕτω διεπιστώθη ὅτι εἰς τὴν ἡλιακὴν ἀτμόσφαιραν εὐρίσκονται τὰ στοιχεῖα ὑδρογόνον, νάτριον, ἀσβέστιον, κ. ἄ. Σημαντικὸν εἶναι ὅτι ἐκ τῆς μελέτης τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ἀνεκαλύφθη ἡ παρουσία εἰς τὸν ἥλιον τοῦ στοιχείου ἡλίου, τὸ ὁποῖον ἀργότερον εὐρέθη καὶ εἰς τὴν Γῆν.

Εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς εὐρίσκονται καὶ σκοτειναὶ γραμμαὶ προερχόμενα ἀπὸ ἀπορροφήσεις τῶν ἀερίων τῆς γῆνης ἀτμοσφαιρας (ἔξυγόνον, ἄζωτον, διοξειδίον τοῦ ἀνθρακος, κλπ.). Αἱ γραμμαὶ αὐτὰ ὀνομάζονται **γῆναι γραμμαὶ**.

## B) ΘΕΩΡΙΑΙ ΠΕΡΙ ΤΗΣ ΦΥΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΘΛΑΣΙΣ

### (1) Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτὸς

#### I. ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (NEWTON)

§ 26.—Κατὰ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς, ἡ ὁποία διευτυπώθη ὑπὸ τοῦ Newton (Νιούτον), τὸ φῶς εἶναι ἄνευ βάρους σωματία, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὰ φωτεινὰ σώματα καὶ κινοῦνται ἐντὸς ὁμογενοῦς μέσου εὐθύγραμμως μὲ ὀρισμένην ταχύτητα.

Μὲ τὴν θεωρίαν αὐτὴν ἐξηγοῦνται εὐκόλως ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς, λόγφ τῆς ὁποίας δημιουργεῖται σκιά ὀπισθεν τῶν φωτιζομένων ἀδιαφανῶν σωμάτων καὶ ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς. Δὲν δύναται ὅμως ἡ θεωρία αὕτη νὰ ἐξηγήσῃ ποσοτικῶς τὴν διάθλασιν οὔτε τὰ φαινόμενα τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς ὅπως εἶναι ἡ **συμβολή**, ἡ **παράθλασις**, κ. ἄ. Λόγφ τούτου ἡ θεωρία τῆς ἐκπομπῆς δὲν εἶναι σήμερον παραδεκτή.

#### II. ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΚΥΜΑΝΣΕΩΝ (HUYGENS)

§ 27.—Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ ὁποία διευτυπώθη ὑπὸ τοῦ Huygens (Χούγκενς), τὸ φῶς εἶναι κυματικὸν φαινόμενον. Ἡ φωτεινὴ πηγὴ δηλ. ἀναπτύσσει κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται διὰ τοῦ κενοῦ ἢ διὰ μέσου τῶν διαφανῶν σωμάτων κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον λίθος ριπτόμενος εἰς σημεῖον τῆς ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὕδατος ἀναπτύσσει κύματα διαδιδόμενα διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος μακράν, μὲ ὀρισμένην ταχύτητα. Τὸ ταλαντούμενον μέσον, τὸ ὁποῖον μεταφέρει τὰ φωτεινὰ κύματα ὀνομάσθη **αἰθήρ**.

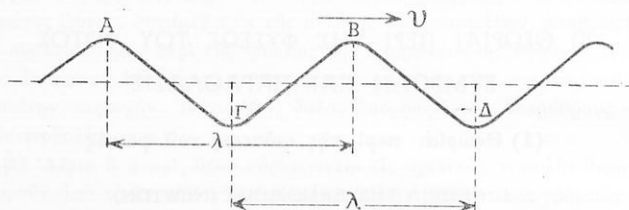
Τὰ φωτεινὰ κύματα, ὅπως καὶ τὰ διὰ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος διαδιδόμενα κύματα, χαρακτηρίζονται διὰ τοῦ μήκους κύματος αὐτῶν  $\lambda$ . Τὸ μῆκος τοῦτο εἶναι ἡ ἀπόστασις  $\lambda$  εἰς τὴν ὁποῖαν διαδίδεται ἓν κύμα (μία διαταραχὴ) κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς περιόδου  $T$ . Ἐὰν ἐπομένως ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν κυμάτων εἶναι  $v$ , ἔχομεν τὴν σχέσιν :

$$\lambda = v \cdot T.$$

Ἐπειδὴ ἡ **συχνότης** ταλαντώσεως  $\nu$  εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν περιόδων, αἵτινες περιλαμβάνονται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, εἶναι δηλ.  $\nu \cdot T = 1$ , ἡ ἄνω σχέσις γράφεται καί :

$$\lambda \cdot \nu = \upsilon.$$

Τὸ μῆκος κύματος αἰσθητοποιεῖται διὰ τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ δύο διαδοχικῶν «ὄρέων» (ἀνυψώσεων) ἢ «κοιλάδων» (κοιλωμάτων) κατὰ τὴν διάδοσιν κυμάτων διὰ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος εἰς τι σημεῖον τῆς ὁποίας παράγεται περιοδική



Τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$ , κατὰ τὴν διάδοσιν κυμάτων διὰ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος, μετὰ ταχύτητα  $\upsilon$ , εἶναι ἡ ἀπόστασις AB μεταξὺ δύο «ὄρέων» ἢ ΓΔ, μεταξὺ δύο «κοιλάδων». Ἡ ἀπόστασις αὕτη ἰσοῦται μετὰ τὸ διάστημα τὸ ὅποιον διανύει ἓν κύμα (μία ἀνύψωσις π.χ.) εἰς χρόνον μιᾶς περιόδου (δηλ. εἰς τὸν χρόνον καθ' ὃν ἓν σημεῖον ἐκτελεῖ πλήρη ταλάντωσιν: κατέλθῃ καὶ ἀνέλθῃ). Ἡ περίοδος  $T$ , ἡ συχνότης  $\nu$ , ἡ ταχύτης διαδόσεως  $\upsilon$  καὶ τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  συνδέονται διὰ τῶν σχέσεων:  $\lambda = \upsilon \cdot T$  καὶ  $\lambda \cdot \nu = \upsilon$ .

διαταραγῇ (βυθίζομεν περιοδικῶς τὸν δάκτυλον εἰς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας ὕδατος εὐρισκομένον ἐντὸς εὐρείας λεκάνης).

Ἡ κυματικὴ θεωρία ἐξηγεῖ ἐκτὸς τῶν φαινομένων τῆς εὐθυγράμμου διάδοσεως, τῆς ἀνακλάσεως καὶ τῆς διαθλάσεως καὶ ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς ὅπως εἶναι ἡ συμβολή, ἡ παράθλασις κ. ἄ., τὰ ὁποῖα δὲν ἐξηγοῦνται μετὰ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

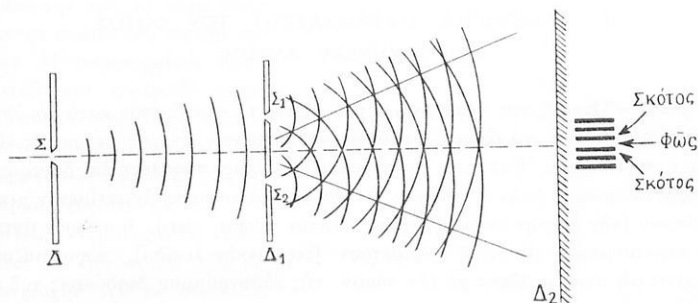
## (2) Συμβολή καὶ παράθλασις τοῦ φωτός

### I. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΥΤΩΝ

§ 28.—**Συμβολή κυμάτων** ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον τῆς συναντήσεως κυμάτων ἀναχωρούντων ἀπὸ δύο διακεκριμένας πηγᾶς. Φαινόμενα **συμβολῆς τοῦ φωτός** εἶναι τὰ φαινόμενα ἐνισχύσεως, ἐξασθενήσεως ἢ καὶ ἀποσβέσεως τοῦ φωτός εἰς σημεία ὅπου συμβάλλουν φωτεινὰ κύματα ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας.

Φαινόμενα συμβολῆς δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μετὰ τὸ ἀκόλουθον **πείραμα τοῦ Young** (Γιάγκ): Φωτίζομεν στενὸν ἄνοιγμα  $\Sigma$  (σχισμὴ) ἐπὶ διαφράγματος  $\Delta$  μετὰ μονοχρωματικὸν φῶς. Ἐκ τούτου ἀναχωροῦν φωτεινὰ κύματα,

τὰ ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ ἐτέρου διαφράγματος  $\Delta_1$  φέροντος δύο σχισμὰς  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$  (σχισμαὶ τοῦ Young), ἴσον ἀπεχούσας τῆς  $\Sigma$ . Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τοῦ ἐκ τῶν σχισμῶν  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$  ἐξερχομένου φωτὸς τοποθετήσωμεν λευκὸν διάφραγμα  $\Delta_2$ , παρατηροῦμεν ἐπ' αὐτοῦ ἀριθμὸν τινα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν γραμμῶν παραλ-



Συμβολὴ τοῦ φωτὸς διὰ δύο σχισμῶν  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$  (πείραμα τοῦ Young): Τὰ ἐκ τῶν σχισμῶν προκύπτοντα φωτεινὰ κύματα συμβάλλουν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος  $\Delta_2$  καὶ παράγουν σειρὰν λαμπρῶν καὶ σκοτεινῶν χροσσῶν συμβολῆς.

λήλων πρὸς τὰς σχισμὰς (χροσσοὶ συμβολῆς). Τὰ ἐκ τῶν φωτεινῶν πηγῶν, δηλ.  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$ , προερχόμενα φωτεινὰ κύματα συμβάλλοντα, προκαλοῦν ἐνίσχυσιν τοῦ φωτὸς εἰς τὰς θέσεις τῶν λαμπρῶν χροσσῶν καὶ ἀπόσβεσιν εἰς τὰς θέσεις τῶν σκοτεινῶν.

Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐρμηνεύονται, ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν, ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα τὰ προερχόμενα ἐκ φωτεινῆς πηγῆς, φθάνοντα εἰς ἓν σημεῖον προκαλοῦν ἐκεῖ μίαν περιοδικὴν κίνησιν, ἡ ὅποια εἰς τὴν περίπτωσιν ὑδατηρῶν κυμάτων εἶναι περιοδικὴ ἀνύψωσις καὶ ταπείνωσις. Ἐὰν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον καταφθάνουν κύματα καὶ ἐξ ἐτέρας πηγῆς, εἶναι δυνατόν ταῦτα νὰ προκαλοῦν ἀνύψωσιν, ὅταν καὶ τὰ ἐκ τῆς πρώτης πηγῆς κύματα προκαλοῦν ἀνύψωσιν, ὁπότε ἡ συνολικὴ ἀνύψωσις θὰ εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἡ περιοδικὴ κίνησις, ἀποκτιῶσα μεγαλύτερον πλάτος, γίνεται αἰσθητὴ ὡς φαινόμενον μεγαλυτέρας ἐντάσεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι τὰ κύματα ἔρχονται ἐν φάσει ἢ ὅτι εἶναι σύμφωνα. Ἐὰν ὁμως τὰ κύματα τῆς δευτέρας πηγῆς προκαλοῦν ταπείνωσιν, ὅταν τὰ κύματα τῆς πρώτης πηγῆς προκαλοῦν ἀνύψωσιν, ἡ συνολικὴ ἀνύψωσις θὰ εἶναι μηδὲν ἢ μικροτέρα. Τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι τώρα ἡ περιοδικὴ κίνησις νὰ γίνεται ὑπὸ μικρότερον πλάτος ἢ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη, ὁπότε παράγεται φαινόμενον μικροτέρας ἐντάσεως ἢ μηδέν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι τὰ κύματα ἔρχονται με ἀντιθέτους φάσεις ἢ ὅτι εἶναι ἀσύμφωνα.

Φαινόμενα συμβολῆς δύνανται νὰ παρατηρηθοῦν μόνον ἐὰν αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι σύμφωνοι. Ἀποδεικνύεται δὲ ὅτι εἰς σημεῖον Α τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς εἶναι ἐνίσχυσις τοῦ φωτὸς, ἐὰν ἡ διαφορὰ τῶν ἀποστάσεων αὐτοῦ

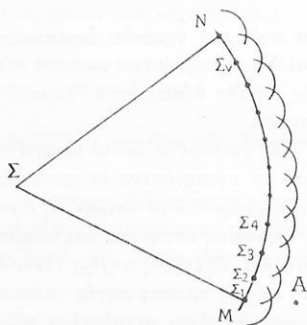
ἀπὸ τὰς πηγὰς εἶναι μηδὲν ἢ ἀκέραιος ἀριθμὸς μηκῶν κύματος  $\lambda$ , ἀπόσβεσις δὲ τοῦ φωτός, ἐὰν ἢ ἐν λόγῳ διαφορὰ εἶναι περιττὸς ἀριθμὸς ἡμίσεων τοῦ μήκους κύματος :  $(2\kappa + 1) \frac{\lambda}{2}$ , ὅπου  $\kappa = 0, 1, 2, \dots$

## II. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΘΛΑΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΥΤΩΝ

§ 29.—<sup>3</sup>Ονομάζεται **παράθλασις τοῦ φωτός** τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς παρακάμπτει τὰ ἄκρα ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων, ἐκτροπόμενον τῆς εὐθύγραμμου πορείας του. Ἐὰν π. χ. μονοχρωματικὸν φῶς προσπέσῃ ἐπὶ διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὀπὴν ἢ σχισμὴν, ἢ συναντήσῃ ἀδιαφανὲς ἀντικείμενον μικρῶν διαστάσεων (τὴν αἰχμὴν βελόνης, τρίχα, λεπτὸν σύρμα, κλπ.), ἢ σκιερὸν ἀντικείμενον περατούμενον εἰς σαφῆ περιμέτρον (ξυριστικὴν λεπίδα), παρουσιάζονται φαινόμενα μὴ συμφωνοῦντα μὲ τὸν νόμον τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Οὕτως ἐμφανίζεται φῶς ὀπισθεν τῶν ἀντικειμένων, ἐκεῖ ὅπου ἔπρεπε νὰ ἔχωμεν σκιὰν κατὰ τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν, εἰς δὲ τὴν περιοχὴν ὅπου ἔπρεπε νὰ ὑπάρχῃ φῶς ὁμοιομόρφου ἐντάσεως ἐμφανίζονται σκοτειναὶ γραμμαὶ μεταξὺ τῶν ὁποίων τὸ φῶς παρουσιάζεται μὲ ἀνομοιόμορφον ἔντασιν.

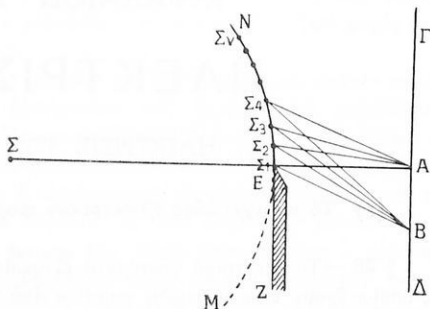
Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἐρμηνεύονται μὲ τὴν ἀρχὴν τοῦ Huygens καὶ τὴν ἀρχὴν τῆς συμβολῆς. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ Huygens τὰ σημεῖα εἰς τὰ ὁποῖα φθάνει φωτεινὸν κύμα καὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὴν ὀνομαζομένην ἐπιφάνειαν κύματος, δύναται νὰ θεωρηθοῦν ὡς σύγχρονοι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπονσαι φωτεινὰ κυματίδια πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις μακρὰν τῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ ἀποτέλεσμα, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς σημείον Α ἐκ τῶν κυμάτων τὰ ὁποῖα προέρχονται ἐκ φωτεινῆς πηγῆς Σ εἶναι τὸ αὐτὸ εἴτε θεωρήσωμεν φθάνοντα τὰ ἐκ τῆς Σ κύματα εἴτε τὰ κυματίδια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὰ σημεῖα  $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots$  τῆς ἐπιφανείας κύματος MN. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα συμβολῆς τῶν κυματιδίων τούτων.

Ἐὰν μεταξὺ τῆς σημειακῆς φωτεινῆς πηγῆς Σ καὶ τοῦ διαφράγματος Δ παρεμβληθῇ σκιερὸν ἀντικείμενον EZ ἔχον εὐθύγραμμον ἀκμὴν (ξυριστικὴν λεπίδα



Ἄρχη τοῦ Huygens : Ἡ ταλάντωσις τοῦ σημείου Α ἐκ τῶν κυμάτων τὰ ὁποῖα ἔρχονται ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Σ εἶναι ἢ αὐτὴ ὡς ἐὰν εἰς τὸ Α ἦρχοντο τὰ κυματίδια τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὰς συγχρόνουσ φωτεινάς πηγὰς  $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \dots$ , αἵτινες κείνται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας κύματος MN, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὴν Σ.

π. χ.), κατά την εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός ἔπρεπε εἰς τὴν περιοχὴν AB νὰ ὑπάρχῃ σκιά σαφῶς χωριζομένη ἀπὸ τὴν περιοχὴν ΑΓ εἰς τὴν ὁποίαν τὸ φῶς ὄφειλε νὰ ἔχῃ ὁμοιόμορφον ἔντασιν. Ἐν τούτοις εἰς τὴν περιοχὴν AB παρατηρεῖται φῶς ἀσαφῶς χωριζόμενον ἀπὸ τὴν πρὸς τὰ κάτω εὐρισκομένην σκιάν, ἐνῶ εἰς τὴν περιοχὴν ΑΓ παρατηρεῖται σειρά σκοτεινῶν καὶ φωτεινῶν γραμμῶν. Ταῦτα ἐξηγοῦνται, ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὴν πηγὴν Σ διὰ τῶν φωτεινῶν πηγῶν  $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots$  αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας κύματος MN. Οὕτω δύναται νὰ ἐμφανισθῇ φῶς εἰς τὴν περιοχὴν AB ἐκ συμβολῆς τῶν κυματιδίων τῶν ἐρχομένων ἀπὸ τὰς  $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots$ , ἐνῶ τὰ εἰς τὴν περιοχὴν ΑΓ συμβάλλοντα κυματίδια δύναται νὰ προκαλέσῃ σκότος, ἐὰν τὸ ἀποτέλεσμα



Φαινόμενον παραθλάσεως τοῦ φωτός εἰς τὴν ἀκμὴν E σκιεροῦ ἀντικειμένου EZ. Εἰς τὴν γεωμετρικὴν σκιάν AB ἐμφανίζεται φῶς, ἐνῶ εἰς τὴν περιοχὴν ΑΓ, ὅπου ἔπρεπε νὰ εἶναι ὁμοιόμορφος φωτισμὸς ἐμφανίζονται γραμμαὶ ἐναλλάξ φωτειναὶ καὶ σκοτειναί.

τῆς συμβολῆς εἶναι ἀκίνησία, φῶς δὲ μεγαλυτέρας ἢ μικροτέρας ἔντασεως ἐὰν τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς εἶναι ταλάντωσις μεγαλυτέρου ἢ μικροτέρου πλάτους.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΡΙΤΟΝ

## ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

### Α) ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

#### (1) Τὸ στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον $e$ καὶ οἱ φορεῖς του

§ 30.—Τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα εἶναι ἀποτέλεσμα ὀρισμένων ἰδιοτήτων, τὰς ὁποίας ἔχουν τὰ στοιχειώδη σωματία ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ ἄτομα τῆς ὕλης.

Τὰ σωματία ταῦτα εἶναι τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια. Ἡ μᾶζα τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι πολὺ μικρὰ ( $9 \cdot 10^{-28}$  gr). Τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια ἔχουν κατὰ πολὺ μεγαλυτέραν μᾶζαν: ἕκαστον τούτων ἔχει μᾶζαν 1840 φορὰς μεγαλυτέραν τῶν ἠλεκτρονίων.

Αἱ ἰδιότητες τῶν σωματίων τούτων, εἰς τὰς ὁποίας ὀφείλονται τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα εἶναι :

(α) Τὰ ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται μεταξὺ τῶν.

(β) Τὰ πρωτόνια ἀπωθοῦνται μεταξὺ τῶν.

(γ) Μεταξὺ ἠλεκτρονίων καὶ πρωτονίων ἀσχοῦνται ἑλκτικαὶ δυνάμεις. Αὗται εἶναι διάφοροι τῶν ἑλξεων, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς τὴν (ὕλικήν) μᾶζαν τῶν (νευτόνιος ἑλξις).

(δ) Μεταξὺ ἠλεκτρονίων ἢ πρωτονίων καὶ νετρονίων δὲν ἀσχοῦνται δυνάμεις.

Αἱ δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἑξασχοῦνται μεταξὺ τῶν στοιχειωδῶν τούτων σωματίων, ὀνομαζόνται ἠλεκτρικαὶ δυνάμεις, ἢ δὲ αἰτία εἰς τὴν ὁποίαν ὀφείλονται ὀνομάζεται ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρουν τὰ ἠλεκτρόνια ὀνομάζεται ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἐκεῖνο δὲ τὸ ὁποῖον φέρουν τὰ πρωτόνια θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὰ νετρόνια δὲν φέρουν ἠλεκτρικὸν φορτίον.

Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι φυσικὰ μεγέθη. Ἐκαστον ἠλεκτρόνιον φέρει ὀρισμένον ποσὸν ἀρνητικοῦ φορτίου, ἕκαστον δὲ πρωτόνιον φέρει ἴσον ποσὸν θετικοῦ φορτίου. Τὸ φορτίον ἑνὸς ἠλεκτρονίου παρίσταται διὰ τοῦ συμβόλου  $e$ , ὁπότε τὸ φορτίον ἑνὸς πρωτονίου θὰ παρασταθῇ διὰ τοῦ συμβόλου  $-e$ . Τυχὸν ἀρνητικὸν φορτίον  $Q$  θὰ εἶναι ἀκέραιος ἀριθμὸς φορτίων  $e$  ( $Q = ne$ , ὅπου  $n$  ἀκέραιος), τυχὸν δὲ θετικὸν φορτίον  $Q'$  θὰ εἶναι ἀκέραιος ἀριθμὸς φορτίων  $-e$  ( $Q' = -me$ , ὅπου  $m$  ἀκέραιος).

Ἐκαστον ἄτομον ὕλης συνίσταται ἐκ δύο περιοχῶν : τοῦ πυρῆνος καὶ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ περιβλήματος. Ὁ πυρῆν καταλαμβάνει πολὺ μικρὸν χώρον (ἔχει

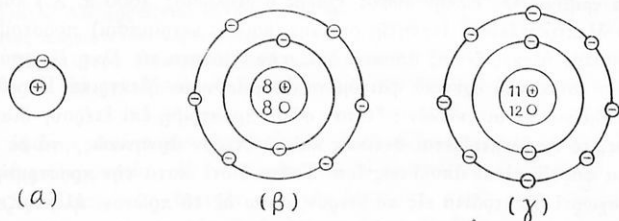
διάμετρον  $10^{-12}$  cm) καὶ συνίσταται ἐκ στενωῶς συνδεδεμένων πρωτονίων καὶ νετρονίων. Φέρει ἐπομένως ὁ πυρὴν φορτίον— $Ze$ , ὅπου  $Z$  ὁ περιεχόμενος ἀριθμὸς πρωτονίων (ἀτομικὸς ἀριθμὸς). Τὸ ἠλεκτρονικὸν περιβλήμα συνίσταται ἐκ  $Z$  ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται περὶ τὸ πυρῆνος εἰς σχετικῶς μεγάλας ἀποστάσεις (ἢ διάμετρος ὀλοκλήρου τοῦ ἀτόμου εἶναι περίπου 10000 φορές μεγαλύτερα τῆς διαμέτρου τοῦ πυρῆνος).

Ἐπειδὴ τὸ συνολικὸν θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ( $-Ze$ ) ἰσοῦται πρὸς τὸ συνολικὸν ἀρνητικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων τοῦ ἠλεκτρονικοῦ περιβλήματος ( $Ze$ ), τὸ ἄτομον δὲν παρουσιάζει ἠλεκτρικὰς ιδιότητες ὡς πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν του (εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον). Ὑπὸ ὠρισμένης ὁμως συνθήκας εἶναι δυνατὴ ἡ ἀπόσπασις ἀπὸ ἀτόμου τινός, ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἠλεκτρονίων. Τὸ ἄτομον τότε παραμένει θετικῶς φορτισμένον, μὲ φορτίον  $-e$ ,  $-2e$ , κ.ο.κ. Τὸ θετικῶς φορτισμένον τοῦτο ἄτομον ὀνομάζεται **θετικὸν ἰόν**. Εἶναι ἐπίσης δυνατὴ ἡ πρόσληψις ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἠλεκτρονίων. Τὸ ἄτομον τότε ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον  $e$ ,  $2e$ , κ.ο.κ. Τὸ ἀρνητικῶς φορτισμένον τοῦτο ἄτομον ὀνομάζεται **ἀρνητικὸν ἰόν**.

Τὸ φαινόμενον μετατροπῆς οὐδέτερου ἀτόμου εἰς ἰόν ὀνομάζεται **ιονισμὸς τοῦ ἀτόμου**.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἔπεται ὅτι ἠλεκτρικὰς ιδιότητες παρουσιάζουν τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ ἰόντα (θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ). Τὰ σωματῖα ταῦτα ὀνομάζονται **φορεῖς τῶν φορτίων**. Οὕτω τὸ ἠλεκτρόνιον εἶναι φορεὺς τοῦ στοιχειώδους ἀρνητικοῦ φορτίου  $e$ , τὰ θετικὰ ἰόντα εἶναι φορεῖς τῶν θετικῶν φορτίων  $-e$ ,  $-2e$ , κ.λ.π. (ἐὰν ἔχουν ἀποβάλλει 1, 2, κλπ. ἠλεκτρόνια), τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἰόντα εἶναι φορεῖς τῶν ἀρνητικῶν φορτίων  $e$ ,  $2e$ , κλπ. (ἐὰν ἔχουν προσλάβει 1, 2, κλπ. ἠλεκτρόνια).

Ἴόντα, ἐξ ἄλλου, δύνανται νὰ γίνουν ὄχι ἀπλᾶ ἄτομα, ἀλλὰ ομάδες ἀτόμων, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **ρίζαι**.



(α) Τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογονου : Ὁ πυρὴν του εἶναι ἀπλοῦν πρωτονίον. Πέριξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται ἓν ἠλεκτρόνιον.

(β) Τὸ ἄτομον τοῦ ὀξυγόνου : Ὁ πυρὴν του συνίσταται ἐξ 8 πρωτονίων καὶ 8 νετρονίων. Τὸ ἠλεκτρονικὸν του περιβλήμα συνίσταται ἐξ 8 ἠλεκτρονίων διατεταγμένων εἰς δύο στοιβάδας. Ἡ πλησιεστέρη πρὸς τὸν πυρῆνα περιλαμβάνει 2 ἠλεκτρόνια, ἡ δὲ ἀπωτέρη 8.

(γ) Θετικὸν ἰόν νατρίου : Ὁ πυρὴν του συνίσταται ἐξ 11 πρωτονίων καὶ 10 νετρονίων. Τὸ οὐδέτερον ἄτομον περιλαμβάνει 11 ἠλεκτρόνια εἰς 3 στοιβάδας. Τὸ ἐπὶ τῆς ἐξωτάτης στοιβάδος ἠλεκτρόνιον εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἰόντος ἐλλείπει.



## (2) Ἀγωγοὶ καὶ μονωταὶ

§ 31.—Ἐν ἡ περισσότερα ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων τῆς ἔξωτερικῆς στοιβάδος τῶν ἀτόμων σωμάτων τινῶν, δύνανται εὐκόλως νὰ ἀποσπασθοῦν καὶ νὰ κινῶνται ἐλευθέρως ἐντὸς τοῦ σώματος. Τὰ ἠλεκτρόνια ταῦτα ὀνομάζονται **ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια** καὶ τὰ σώματα τὰ ἔχοντα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια ὀνομάζονται **καλοὶ ἄγωγοι** ἢ ἀπλῶς **ἄγωγοι**. Καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι τὰ μέταλλα (ἄργυρος, χαλκός, κ.ἄ.), ὁ ἄνθραξ, τὸ ἀνθρώπινον σῶμα, τὸ ὑγρὸν ἔδαφος, κ. ἄ. Σώματα μὴ περιέχοντα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια (ἢ περιέχοντα ὀλίγα) ὀνομάζονται **κακοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μονωταὶ ἢ διηλεκτρικά**. Μονωταὶ εἶναι ἡ ὕαλος, ὁ ἔβονίτης, τὸ ἠλεκτρον, ἡ πορσελίανη, ἡ μέταξα, κ.ἄ.

Λόγω τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων τῶν ἄγωγῶν, ἐὰν ἀναπτυχθῇ φορτίον εἷς τι σημεῖον ἄγωγου, τὸ φορτίον τοῦτο ἐξαπλοῦται ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἄγωγου, ἐνῶ φορτίον ἀναπτυσσόμενον εἷς τι σημεῖον μονωτοῦ παραμένει εἰς τὴν θέσιν ταύτην (δὲν ὑπάρχουν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τῶν ὁποίων ἡ μετακίνησις κατανέμει τὸ φορτίον εἰς ὀλόκληρον τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος).

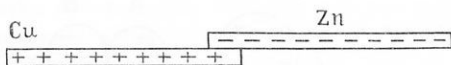
## (3) Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων διὰ τριβῆς, ἐξ ἐπαφῆς καὶ ἐξ ἐπαγωγῆς

§ 32.—Ἡ ἠλεκτρίσις σώματος, δηλ. ἡ ἐμφάνισις ἠλεκτρικῶν φορτίων, εἶναι ἀποτέλεσμα προσλήψεως ἢ ἀποβολῆς ἠλεκτρονίων. Οὕτω σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτριζόμενον ἔχει περίσσειαν ἠλεκτρονίων, θετικῶς δὲ ἔχει ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων.

Ἐπάρχοντων πολυάριθμοι τρόποι ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.

(α) ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΔΙΑ ΤΡΙΒΗΣ. Ὁ τὸ πρῶτον γνωσθεὶς τρόπος ἠλεκτρίσεως εἶναι ὁ διὰ τριβῆς. Ὁ Ἕλλην σοφὸς Θαλῆς ὁ Μηλήσιος (600 π. Χ.) παρατήρησεν ὅτι τὸ ἠλεκτρον (εἶδος τεχνητῆς ρητίνης, κοινῶς κεχοιμάρυ) προστριβόμενον μεθ' ὑφάσματος ἠλεκτρίζεται, ἀποκτῶ δηλ. τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἐλαφρὰ σωματίδια. Λόγω τούτου τὰ σχετικὰ φαινόμενα ὀνομάσθησαν ἠλεκτρικά. Εὐρέθη ὅμως ὅτι τὸ φαινόμενον εἶναι γενικόν: Ὅταν σῶμα προστριβῆ ἐπὶ ἑτέρου, διαφορετικῆς φύσεως, τὸ ἐν ἠλεκτρίζεται θετικῶς καὶ τὸ ἕτερον ἀρνητικῶς, τὰ δὲ ἑτερόνυμα ταῦτα φορτία εἶναι ἀπολύτως ἴσα. Τοῦτο διότι κατὰ τὴν προστριβὴν τὸ ἐν σῶμα παραχωρεῖ ἠλεκτρόνια εἰς τὸ ἕτερον, οὕτω δὲ τὸ πρῶτον ἠλεκτρίζεται θετικῶς (ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων) τὸ ἕτερον δὲ ἀρνητικῶς (περίσσεια ἠλεκτρονίων). Κατὰ τὴν προστριβὴν π.χ. ἔβονίτου μετὰ δέρματος, ἡ ράβδος ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς τὸ δὲ δέσμα θετικῶς. Κατὰ τὴν προστριβὴν, ἐξ ἄλλου, ὑαλίνης ράβδου μετὰ μεταξίνου ὑφάσματος, ἡ ράβδος ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ἐνῶ τὸ ὑφασμα ἀρνητικῶς. Τρέχον αὐτοκίνητον ἠλεκτρίζεται κατὰ τὴν προστριβὴν του μετὰ τὸν ἀέρα (πρὸς ἀπομάκρυνσιν τοῦ φορτίου τούτου ὠρισμένα ὄχηματα σύρουν μεταλλικὴν ἄλυσσον διὰ τῆς ὁποίας τὸ φορτίον τοῦτο ἀπάγεται εἰς τὴν γῆν). Κατὰ τὴν προστριβὴν τῆς κενὸς μετὰ τῆς κόμης, αὕτη ἠλεκτρίζεται κ.ο.κ.

(β) ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΕΞ ΕΠΑΦΗΣ. Εἰς τὴν πραγματικότητα ἡ ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς εἶναι ἡλέκτρισις ἐξ ἐπαφῆς. Ὄταν δύο σώματα διαφορετικῆς φύσεως τεθοῦν εἰς ἐπαφήν, γίνεται αὐτόματος μεταφορὰ ηλεκτρονίων ἀπὸ τοῦ ἑνὸς εἰς τὸ ἕτερον. Ἐὰν π. χ. τεθοῦν εἰς ἐπαφήν ράβδος ἐκ χαλκοῦ μὲ ράβδον ἐκ ψευδαργύρου, ἡλεκτρόνια μετακινουῦνται αὐτομάτως ἀπὸ τὸν χαλκὸν πρὸς τὸν ψευδάργυρον καὶ ὁ μὲν χαλκὸς φορτίζεται θετικῶς, ὁ δὲ ψευδάργυρος ἀρνητικῶς. Ἡ προστριβὴ διευκολύνει τὴν ἐπαφήν, ἥτοι κατὰ τὴν προστριβὴν ἔρχονται εἰς ἐπαφήν περισσότερα σημεῖα τῶν δύο ἐπιφανειῶν.

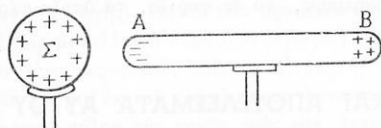


Ὄταν δύο ράβδοι ἐκ χαλκοῦ καὶ ψευδαργύρου τεθοῦν εἰς ἐπαφήν, ἡλεκτρίζονται ἐξ ἐπαφῆς (ἡλέκτρισις ἐξ ἐπαφῆς).

Ἄγωγός δύναται νὰ ἡλεκτρισθῆ καὶ ἐὰν τεθῆ εἰς ἐπαφήν πρὸς ἕτερον ἡλεκτρισμένον ἄγωγόν: Τὸ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου ἄγωγου φορτίον κατανέμεται ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας τῶν δύο ἄγωγῶν, οὔτινες ἀποτελοῦν ἓνα καὶ μόνον ἄγωγόν.

(γ) ΗΛΕΚΤΡΙΣΙΣ ΕΞ ΕΠΑΓΩΓΗΣ. Ἄγωγός δύναται νὰ ἡλεκτρισθῆ ἐὰν τεθῆ πλησίον φορτισμένου σώματος. Τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται ἡλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἐὰν π. χ. φέρωμεν πλησίον τοῦ φορτισμένου σώματος Σ ἄγωγόν ΑΒ,

οὗτος φορτίζεται ἐξ ἐπαγωγῆς: εἰς τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ Σ ἄκρον Α ἐμφανίζεται ἑτερόνυμον φορτίον τοῦ φορτίου τοῦ Σ, εἰς δὲ τὸ ἀπώτερον ἄκρον Β ὁμώνυμον. Ἡ ἡλέκτρισις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἄγωγός ΑΒ. Ταῦτα ἔλκονται ὑπὸ τοῦ Σ, ὅταν εἶναι ἡλεκτρισμένον θετικῶς, ἀπωθοῦνται δὲ ὅταν εἶναι ἡλεκτρισμένον ἀρνητικῶς.

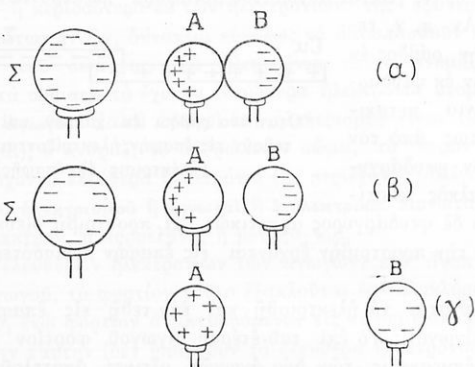


Ὁ ἄγωγός ΑΒ φορτίζεται ἐξ ἐπαγωγῆς τιθέμενος πλησίον τοῦ φορτισμένου σώματος Σ: Τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ΑΒ ἔλκονται ὑπὸ τοῦ Σ πρὸς τὸ ἄκρον Α.

Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν εἰς τὸ ἄκρον Α τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸ Σ ἐμφανίζεται ἀρνητικὸν φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς, εἰς δὲ τὸ ἀπώτερον ἄκρον Β, ἀπὸ ὅπου ἔφυγαν τὰ ἡλεκτρόνια, θετικόν. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν τὰ ἀπωθούμενα ἡλεκτρόνια συσσωρεύονται εἰς τὸ ἀπώτερον ἄκρον Β, ἐνῶ εἰς τὸ πλησιέστερον Α ἐμφανίζεται θετικὸν φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς, λόγῳ ἑλλείμματος ἡλεκτρονίων. Προφανῶς τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυχθέντα φορτία εἶναι ἴσα ἀπολύτως: Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ Σ, τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ΑΒ ἀνακατανέμονται ὡς ἀρχικῶς καὶ ὁ ἄγωγός ἐπανέρχεται εἰς οὐδετέραν κατάστασιν.

Δυναμέθα ὁμῶς νὰ ἐπιτύχωμεν μόνιμον φόρτισιν ἐξ ἐπαγωγῆς, ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸν ἄγωγόν ΑΒ διὰ δύο ἐν ἐπαφῇ εὐρισκομένων μεταλλικῶν σφαιρῶν Α καὶ Β.

Ἐάν διακόψωμεν τὴν ἐπαφὴν τῶν σφαιρῶν προτοῦ ἀπομακρύνωμεν τὸ  $\Sigma$  καὶ μετὰ ταῦτα ἀπομακρύνωμεν αὐτό, αἱ σφαῖραι παραμένουν μονίμως φορτι-



Μόνιμος φόρτισις ἐξ ἐπαγωγῆς : (α) Τὸ  $\Sigma$  ἀναπτύσσει φορτία ἐξ ἐπαγωγῆς, θετικὰ εἰς τὴν ἀγωγὸν σφαῖραν A καὶ ἀρνητικὰ εἰς τὴν B. (β) Διακόπτομεν τὴν ἐπαφὴν τῶν A καὶ B διὰ μικρᾶς μετακινήσεως. (γ) Ἀπομακρύνοντες τὸ  $\Sigma$ , αἱ σφαῖραι A καὶ B παραμένουν μονίμως φορτισμένα.

σμένα, ἡ μία θετικῶς καὶ ἡ ἑτέρα ἀρνητικῶς, τὰ δὲ φορτία, τὰ ὁποῖα φέρουν εἶναι ἴσα ἀπολύτως.

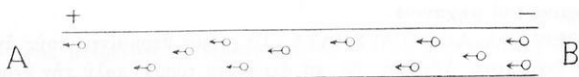
## B) ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΥΤΟΥ

### (1) Ἑρμηνεία τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πραγματικὴ καὶ συμβατικὴ φορά του

§ 33.—Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι προσανατολισμένη κίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων. Τὰ φορτία ταῦτα φέρονται ἐπὶ ὕλικῶν σωματίων, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται φορεῖς τῶν φορτίων. Εἶναι δὲ οἱ φορεῖς οὗτοι ἠλεκτρόνια καὶ ἰόντα (θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ).

Τὸ μέσον διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα, δηλ. ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖνται οἱ φορεῖς, ὀνομάζεται ἀγωγός. Διακρίνομεν τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς, τοὺς ἠλεκτρολύτας καὶ τοὺς ἀερίους ἀγωγούς. Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος διὰ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ, κινούμενοι φορεῖς εἶναι τὰ ἐντὸς αὐτοῦ εὕρισκόμενα ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Ὄταν τὸ ρεῦμα διέρχεται δι' ἠλεκτρολύτου, οἱ κινούμενοι φορεῖς εἶναι ἰόντα ἀμφοτέρων τῶν σημείων. Τέλος, κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' ἀερίου, ὅποτε τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις, οἱ κινούμενοι φορεῖς εἶναι ἠλεκτρόνια καὶ ἰόντα ἀμφοτέρων τῶν σημείων.

Ἡ κίνησις τῶν φορέων, εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐπι-  
 τυγχάνεται δι' ἀναπτύξεως δυνάμεων ἐπ' αὐτῶν τῇ βοήθειᾳ συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι  
 ὀνομάζονται ἠλεκτρικαὶ πηγαί. Ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ ἀναπτύσσει εἰς δύο σημεῖα της,  
 τὰ ὁποῖα ὀνομάζομεν **πόλους** αὐτῆς, μίαν **διαφορὰν δυναμικοῦ**. Ὁ εἰς ὑψηλότε-  
 ρον δυναμικὸν πόλος ὀνομάζεται **θετικὸς πόλος**, ὁ δὲ εἰς χαμηλότερον **ἀρνητικὸς**  
**πόλος**. Ἐὰν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς πηγῆς θέσωμεν ἄγωγόν (μέσον δηλ. εἰς τὸ  
 ὁποῖον εὑρίσκονται φορεῖς φορτίων δυνάμενοι νὰ κινηθοῦν), ἡ ὑφισταμένη δια-  
 φορὰ δυναμικοῦ ἀναπτύσσει δυνάμεις ἐπὶ τῶν φορέων, λόγῳ τῶν ὁποίων οὗτοι τί-



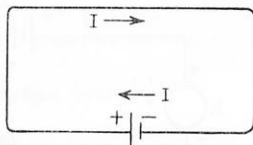
Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντὸς μεταλλικοῦ ἄγωγου : Ὅταν τὰ ἄκρα αὐτοῦ συν-  
 δεθοῦν μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς, λόγῳ τῆς ὑπαρχούσης διαφορᾶς  
 δυναμικοῦ, ἀναπτύσσονται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρονίων, θέτουσαι αὐτὰ εἰς  
 κίνησιν ἀπὸ τὸ χαμηλὸν δυναμικὸν (ἀρνητικὸς πόλος τῆς πηγῆς B) πρὸς τὸ  
 ὑψηλὸν (θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς A). Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως ταύτης εἶναι  
 ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φορὰν, ἡ ὁποία εἶναι ἀπὸ τὸ ὑψηλὸν δυνα-  
 μικὸν (+ A) πρὸς τὸ χαμηλὸν (- B) διὰ τοῦ ἄγωγου AB.

θενται εἰς κίνησιν· καὶ ἐπὶ μὲν τῶν θετικῶν φορέων ἡ δύναμις ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ  
 ὑψηλοτέρου πρὸς τὸ χαμηλότερον δυναμικὸν (ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν  
 πόλον τῆς πηγῆς), ἐπὶ δὲ τῶν ἀρνητικῶν ἡ δύναμις ἔχει ἀντίθετον φορὰν. Οὕτω  
 τὰ ἐντὸς μεταλλικοῦ σύρματος (ἄγωγος) ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὅταν συνδεθοῦν τὰ  
 ἄκρα αὐτοῦ πρὸς τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς, θὰ ἀρχίσουν κινούμενα (ἠλεκ-  
 τρικὸν ρεῦμα) ἐκ τοῦ χαμηλοτέρου δυναμικοῦ πρὸς τὸ ὑψηλότερον, δηλ. ἐκ τοῦ  
 ἀρνητικοῦ πόλου τῆς πηγῆς πρὸς τὸν θετικόν. Ἡ κίνησις δὲ αὕτη **συνεχίζεται**  
**ἐντὸς τῆς πηγῆς**, διότι τὰ ἠλεκτρικὰ φορ-  
 τία δὲν ἀποταμιεύονται. Ἐπομένως τὰ  
 ἠλεκτρόνια ἐντὸς τῆς πηγῆς κινοῦνται  
 ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν.

Τὸ σύνολον, τὸ ἀποτελούμενον ἐκ  
 τῆς πηγῆς καὶ τοῦ ἄγωγου τοῦ συνδέ-  
 οντος τοὺς πόλους της, ὀνομάζεται  
**ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**.

Ὁνομάζομεν **φορὰν τοῦ ρεύματος**  
 τοῦ διαρρέοντος ἄγωγόν, τὴν ἐκ τοῦ  
 ὑψηλοτέρου πρὸς τὸ χαμηλότερον δυ-  
 ναμικὸν δηλ. ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς  
 τὸν ἀρνητικόν. Ἐπομένως ἡ φορὰ τοῦ  
 ρεύματος ἐντὸς τῆς πηγῆς εἶναι ἐκ τοῦ  
 ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικόν.

Ἐκ τούτων ἔπεται ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φο-



Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα: Ἡ πηγὴ παρίσταται

διὰ τοῦ συμβόλου  $\begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array}$ . Ἡ φορὰ τοῦ

ρεύματος I εἶναι ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου  
 πρὸς τὸν ἀρνητικόν διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ  
 ἄγωγου, ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ δὲ πρὸς τὸν θε-  
 τικόν διὰ μέσου τῆς πηγῆς. Ἡ φορὰ τῆς  
 κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι ἀντίθετος.

ράν κινήσεως τῶν ηλεκτρονίων. Ἡ παραδοχὴ τῆς φορᾶς ταύτης τοῦ ρεύματος (συμβατικὴ φορὰ) δὲν ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς ἐρμηνείας τῶν φαινομένων. Ἐξ ἄλλου, εἰς τὴν περίπτωσιν ρεύματος καθ' ἣν ὑφίσταται κίνησις θετικῶν φορέων (θετικῶν ἰόντων), ἡ φορὰ κινήσεως αὐτῶν συμπίπτει μὲ τὴν συμβατικὴν φορὰν τοῦ ρεύματος.

## (2) Ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος

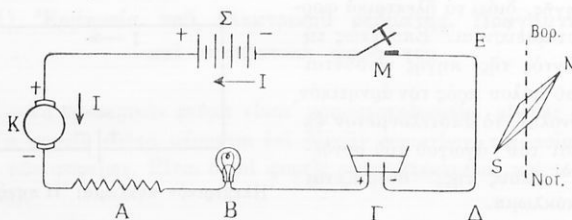
§ 34. — Τὰ κυριώτερα ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι **θερμικά, χημικά καὶ μηχανικά.**

(α) **ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.** Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγοὺς διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται. Δύναται δὲ νὰ ἀνυψώσῃ τόσον πολὺ τὴν θερμοκρασίαν, ὥστε νὰ καταστήσῃ τὸν ἀγωγὸν φωτοβόλον. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἰδιότητος ταύτης γίνονται πρὸς θέρμανσιν (ἠλεκτρικὰ θερμάστρα, κουζίνα, βραστήρες, κλπ.) καὶ φωτισμὸν (λαμπτήρες πυρακτώσεως).

(β) **ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.** Διερχόμενον τὸ ρεῦμα δι' ὀρισμένων ἀγωγῶν (ἠλεκτρολύται), προκαλεῖ χημικὰ διασπάσεις καὶ ἐν συνεχείᾳ ἄλλας χημικὰς ἀντιδράσεις. Διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διασπᾶται π.χ. τὸ ὕδωρ εἰς ὕδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.

(γ) **ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀναπτύσσει δυνάμεις ἐπὶ τῶν μαγνητῶν καὶ ἐπὶ ρευματοφόρων ἀγωγῶν. Συνεπείᾳ τῶν δυνάμεων τούτων προκαλεῖ κινήσεις. Οὕτω τὸ ρεῦμα κινεῖ τοὺς ἠλεκτρικοὺς κινητήρας, οἱ ὅποιοι παρέχουν μηχανικὴν ἐνέργειαν, πολὺτιμον πρὸς ἐκτέλεσιν χρησίμων ἔργων (τροχιόδρομοι, σιδηρόδρομοι, ἀντλίας, ἀνελκυστήρες, ἀνεμιστήρες, κλπ.).

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, πρὸς τούτοις, διερχόμενον διὰ τοῦ σώματός μας, δύναται νὰ προκαλέσῃ τιναγμούς, παραλύσεις, ἐγκαύματα ἢ καὶ τὸν θάνατον (φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα).



Ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος : Ἐὰν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα διὰ τοῦ διακόπτη Μ, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ὑπὸ τῆς πηγῆς Σ (συστοιχία πηγῶν) παρεχόμενον ρεῦμα, θερμαίνει τὸ σύρμα Α, λευκοπυρρώνει λόγφ θερμάνσεως τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος Β καὶ καθιστᾷ αὐτὸ φωτοβόλον (θερμικά καὶ φωτεινὰ ἀποτελέσματα), ἀποσυνθέτει τὸ ὕδωρ τῆς συσκευῆς Γ (βολτάμετρον) (χημικὰ ἀποτελέσματα), ἐκτρέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην NS, ἣτις ἔχει τεθῆ ὑπεράνω τοῦ σύρματος ΔΕ ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροσίας τῆς, ἣτις παρίσταται διὰ τῆς διακεκομμένης γραμμῆς Boρ—Noτ καὶ θέτει εἰς κίνησιν τὸν ἠλεκτρικὸν κινητήρα Κ (μηχανικὰ ἀποτελέσματα).

## Γ) ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

## (1) Ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

§ 35.—᾽Ονομάζεται ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος  $I$ , τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου  $Q$ , τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τομῆς τινος τοῦ κυκλώματος, διὰ τοῦ χρόνου  $t$  εἰς τὸν ὁποῖον διήλθε. Ἦτοι :

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

Ἡ ἔντασις μετρεῖται εἰς ἀμπέρ (μονάς : 1 ampère = 1 A) ὅταν τὸ φορτίον μετρηθῆ εἰς κουλόμπ (μονάς : 1 coulomb = 1 Cb) καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα (μονάς : 1 sec). Τὸ χιλιοστὸν τῆς μονάδος ἀμπέρ ὀνομάζεται μιλιאַμπέρ (1 m A) : 1 m A =  $10^{-3}$  A.

Εὐρίσκεται ὅτι 1 coulomb ἀρνητικοῦ φορτίου εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρουν  $6,25 \cdot 10^{18}$  ἠλεκτρόνια ἢ ὅτι τὸ φορτίον ἑνὸς ἠλεκτρονίου εἶναι  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  coulomb.

Ἐπειδὴ τὰ κινούμενα ἠλεκτρικὰ φορτία δὲν ἀποταμιεύονται, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἴδια καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος.

## (2) Ἀντίστασις ἀγωγοῦ

§ 36.—᾽Ονομάζεται ἀντίστασις ἀγωγοῦ  $R$ , ἔχοντος μορφὴν ἰσοπαχοῦς σύρματος, ἐξ ὁμογενοῦς ὕλικου, ἡ ποσότης :

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

ὅπου  $l$  τὸ μῆκος του,  $\sigma$  τὸ ἐμβαδὸν τῆς τομῆς του καὶ  $\rho$  συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἀπὸ τὸ ὕλικόν τοῦ ἀγωγοῦ, ὅστις ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

## (3) Νόμος τοῦ Ohm εἰς τμήμα ἀγωγοῦ

§ 37.—Θεωρήσωμεν τμήμα ἀγωγοῦ  $AB$  εἰς κύκλωμα διαρρέομενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐὰν εἶναι  $I$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος,  $R$  ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ  $AB$  καὶ  $U$  ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, εὐρίσκεται ὅτι τὰ μεγέθη ταῦτα συνδέονται διὰ τῆς σχέσεως :

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{ἢ} \quad U = I \cdot R.$$

Ἡ σχέση αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ ohm (ὄμ), ὅτι δηλ. ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος ἀγωγὸν ἀντιστάσεως  $R$ , ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ὑφισταμένης διαφορᾶς δυναμικοῦ  $U$ , διὰ τῆς ἀντιστάσεως  $R$ .

Εἰς τὸν τύπον  $U = IR$ , ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$  μετρεῖται εἰς βόλτ (μονὰς : 1 volt = 1 V), ἡ ἔντασις  $I$  εἰς ἀμπέρ καὶ ἡ ἀντίστασις  $R$  εἰς ὦμ (μονὰς : 1 ohm = 1 Ω). Τὸ ἑκατομμυριοστὸν τῆς μονάδος ὦμ ὀνομάζεται μικρὸμ (1 μΩ) :  $1 \mu\Omega = 10^{-6} \Omega$ .

Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀντιστάσεως  $R$  ἀγωγοῦ ἐκ τοῦ τύπου :  $R = \rho \frac{l}{\sigma}$ , αὕτη ὑπολογίζεται εἰς ὦμ ἐὰν τὸ μῆκος  $l$  μετρηθῆται εἰς ἑκατοστόμετρα, ἡ τομὴ  $\sigma$  εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα (μονὰς : 1 cm<sup>2</sup>) καὶ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις  $\rho$  εἰς ὦμ ἐπὶ ἑκατοστόμετρα (μονὰς : 1 ohm . cm = 1 Ω cm).

#### (4) Νόμος τοῦ Ohm εἰς κλειστὸν κύκλωμα

§ 38.—Μία ἠλεκτρικὴ πηγὴ, ἣτις ὀνομάζεται καὶ γεννήτρια (ρεύματος), χαρακτηρίζεται ὑπὸ μεγέθους  $E$ , τὸ ὅλοϊον ὀνομάζεται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητοῦ (§ 42). Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  καὶ αἱ ἀντιστάσεις τῶν ἀγωγῶν, οἱ ὅποιοι συμμετέχουν εἰς τὸ κύκλωμα, καθορίζουν τὴν ἔντασιν  $I$  τοῦ ρεύματος, συμφώνως πρὸς τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα :

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

$R$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν, οἵτινες συνδέουν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς (ἔξωτερικὴ ἀντίστασις) καὶ  $r$  ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς (ἔσωτερικὴ ἀντίστασις), ἥτοι : ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος κλειστὸν κύκλωμα ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $E$  τῆς πηγῆς, δι' ὀλοκλήρου τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κυκλώματος (ἀθροίσματος τῆς ἔξωτερικῆς ἀντιστάσεως  $R$  καὶ τῆς ἐσωτερικῆς  $r$ ).

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$  μετρεῖται εἰς ampères, αἱ ἀντιστάσεις  $R$  καὶ  $r$  εἰς ohms καὶ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  εἰς volts (ὅπως καὶ αἱ διαφοραὶ δυναμικοῦ).

#### Παράδειγμα τ α

1.—*Ἄγωγος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 A. Νὰ υπολογισθῇ τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς 3 min καὶ ὁ χρόνος εἰς τὸν ὁποῖον θὰ διέλθῃ τὸ αὐτὸ φορτίον, ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνῃ 6 A.*

Λύσις. (α) Ἐπειδὴ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$  ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου  $Q$  διὰ τοῦ χρόνου  $t$ , δηλ.  $I = \frac{Q}{t}$ , θὰ ἔχωμεν  $Q = It$ .  
Θέτοντες  $I = 5 A$  καὶ  $t = 3 \text{ min} = 3 \cdot 60 = 180 \text{ sec}$ , λαμβάνομεν :  
 $Q = 5 \cdot 180 = 900 \text{ Cb}$ .

(β) Λύοντες τὸν τύπον  $Q = It$  ὡς πρὸς  $t$ :  $t = \frac{Q}{I}$  καὶ θέτοντες

$$Q = 900 \text{ Cb καὶ } I = 6 \text{ A, λαμβάνομεν: } t = \frac{900}{6} = 150 \text{ sec} = 2 \text{ min } 30 \text{ sec.}$$

2.—Τὸ ἠλεκτρονίον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου ἐκτελεῖ  $0,6 \cdot 10^{16}$  περιστροφὰς ἀνὰ δευτερόλεπτον πέριξ τοῦ πυρήνους. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς σημεῖον τῆς τροχιάς τοῦ ἠλεκτρονίου. Φορτίον αὐτοῦ  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$ .

Λύσις. Τὸ φορτίον  $Q$ , τὸ ὁποῖον διέρχεται εἰς χρόνον  $t = 1 \text{ sec}$  διὰ σημείου τῆς τροχιάς τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι  $0,6 \cdot 10^{16}$  φορὰ τὸ  $e$ , δηλ.  $Q = 0,6 \cdot 10^{16} \cdot e = 0,6 \cdot 10^{16} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,96 \cdot 10^{-3} \text{ Cb}$ .

Ἡ ἔντασις  $I$  τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι:  $I = \frac{Q}{t} = 0,96 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 0,96 \text{ mA}$ .

3.—Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις χαλκίνου σύρματος μήκους  $50 \text{ km}$ , τοῦ ὁποῖου ἡ τομὴ εἶναι κύκλος ἀκτίνος  $2,2 \text{ mm}$  (χιλιοστόμετρα). Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι  $\rho = 1,57 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ cm}$  (ἢ  $1,57 \mu\Omega \text{ cm}$ ).

Λύσις. Αὕτη ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου  $R = \rho \frac{l}{\sigma}$ , ὅπου  $\rho = 1,57 \cdot 10^{-6} \Omega \text{ cm}$ ,  $l = 50 \text{ km} = 50 \cdot 1000 \text{ m} = 50 \cdot 1000 \cdot 100 = 5 \cdot 10^6 \text{ cm}$  καὶ  $\sigma = \pi r^2$  (ἐμβαδὸν κύκλου,  $r$  ἡ ἀκτίς του)  $= 3,14 \cdot 0,22^2 \text{ cm}^2$  ( $1 \text{ mm} = 0,1 \text{ cm}$ ). Ἦτοι ἔχομεν:  $R = 1,57 \cdot 10^{-6} \frac{5 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 0,22^2} = \frac{5 \cdot 157}{314 \cdot 0,22^2} = \frac{5 \cdot 10^4}{2 \cdot 22^2} = 51,65 \Omega$ .

4.—Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $0,9 \text{ A}$ , ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμοσθῇ τάσις (διαφορὰ δυναμικοῦ)  $120 \text{ V}$ . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις του.

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου  $I = \frac{U}{R}$  λαμβάνομεν:  $R = \frac{U}{I}$ . Θέτομεν  $U = 120 \text{ V}$  καὶ  $I = 0,9 \text{ A}$  καὶ λαμβάνομεν:  $R = \frac{120}{0,9} = 133 \Omega$ .

5.—Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ διὰ τοῦ ὁποῖου διέρχεται φορτίον  $144 \text{ Cb}$  εἰς  $5 \text{ min}$ , ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ  $12 \text{ V}$ .

Λύσις. Εὐρίσκομεν πρῶτον τὴν ἔντασιν  $I$  τοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ τύπου



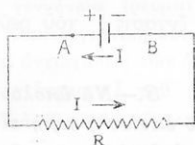
$I = \frac{R}{t}$ , θέτοντες  $Q = 144 \text{ Cb}$  και  $t = 5 \text{ min} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ sec}$ .  $I = \frac{144}{300} = 0,48 \text{ A}$ . Υστερον υπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν  $R$  ἐκ τοῦ τύπου  $U = IR$  ἢ  $R = \frac{U}{I}$ , θέτοντες  $U = 12 \text{ V}$  και  $I = 0,48 \text{ A}$ .  $R = \frac{12}{0,48} = \frac{1200}{48} = 25 \Omega$ .

6.— Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις πηγῆς (ἠλεκτρικοῦ στοιχείου) εἶναι  $1,8 \text{ V}$ , ἡ δὲ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις  $0,1 \Omega$ . Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους τῆς μεὶ σύρμα ἀντιστάσεως  $10 \Omega$ , ποία θὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος και ποία ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς;

Λύσις. (α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$  υπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου:

$I = \frac{E}{R + r}$ , ὅπου  $E = 1,8 \text{ V}$  ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς,  $r = 0,1 \Omega$  ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις και  $R = 10 \Omega$  ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις:

$$I = \frac{1,8}{10 + 0,1} = \frac{1,8}{10,1} = 0,178 \text{ A} = 178 \text{ mA}$$



(β) Ἡ διαφορά δυναμικοῦ  $U = V_A - V_B$  εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἶναι και διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς  $R$ . Εἶναι ὅμως  $U = IR$ . Θέτοντες  $I = 0,178 \text{ A}$  και  $R = 10 \Omega$  εὐρίσκομεν  $U = 0,178 \cdot 10 = 1,78 \text{ Volt}$ .

7.— Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις κυκλώματος εἶναι  $20 \Omega$ , τὸ διαρρέον τοῦτο ρεῦμα ἔχει ἔντασιν  $80 \text{ mA}$ , ἡ δὲ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς εἶναι  $2 \text{ V}$ . Νὰ υπολογισθῇ ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς και ἡ ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασις.

Λύσις. (α) Ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς  $V_A - V_B = U$  (βλέπε τὸ ἀνωτέρω σχῆμα) εἶναι και διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως  $R = 20 \Omega$ . Θέτοντες εἰς τὸν τύπον  $U = IR$  τὴν τιμὴν ταύτην τῆς  $R$  και  $I = 80 \text{ mA} = 0,08 \text{ A}$ , εὐρίσκομεν:

$$U = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ V}$$

(β) Θέτοντες εἰς τὸν τύπον  $I = \frac{E}{R + r}$ ,  $I = 0,08 \text{ A}$ ,  $E = 2 \text{ V}$  και  $R = 20 \Omega$ ,

λαμβάνομεν:  $0,08 = \frac{2}{20 + r}$  ἢ  $8(20 + r) = 200$  ἢ  $20 + r = 25$ , ὁπότε  $r = 5 \Omega$ .

8.— Κλείνοτες τὸ κύκλωμα γεννητρίας ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως  $20 \text{ V}$  και ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως  $120 \Omega$ , λαμβάνομεν ρεῦμα ἐντάσεως  $50 \text{ mA}$ . Ζητεῖται ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος και ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς.

**Λύσις.** Θέτοντες εις τὸν τύπον  $I = \frac{E}{R+r}$ ,  $I = 50 \text{ mA} = 0,05 \text{ A}$ ,  $E = 20 \text{ V}$

καὶ  $r = 120 \Omega$ , λαμβάνομεν:  $\frac{5}{100} = \frac{20}{R+120}$  ἢ  $5(R+120) = 2000$

ἢ  $R+120 = 400$ , ὁπότε  $R = 280 \Omega$ . Ἐξ ἄλλου εἶναι:  $U = IR =$   
 $= \frac{5}{100} \cdot 280 = 14 \text{ Volts}$ .

## Δ) ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### (1) Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

§ 39.—Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρικοῦ φορτίου (θετικοῦ) ἀπὸ ὑψηλοτέρου εἰς χαμηλότερον δυναμικὸν παράγεται ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο, ἀναλόγως τῆς συσκευῆς διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται τὸ φορτίον, δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμότητα, εἰς χημικὴν ἢ μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν μετακίνησίν των, ἐπομένως, ἀπὸ ὑψηλότερον εἰς χαμηλότερον δυναμικὸν, τὰ φορτία παρέχουν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν **ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** ἢ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Τὸ ποσὸν  $W$  τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἢ ὁποία παρέχεται εἰς τμήμα κυκλώματος  $AB$ , εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $V_A - V_B = U$ , ὅταν διὰ τοῦ τμήματος τούτου διέλθῃ φορτίον  $Q$ , δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$W = U \cdot Q.$$

Ἡ ἐνέργεια  $W$  μετρεῖται εἰς τζάουλ (μονὰς:  $1 \text{ joule} = 1 \text{ J}$ ), ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς βόλτ (μονὰς:  $1 \text{ volt} = 1 \text{ V}$ ) καὶ τὸ φορτίον  $Q$  εἰς κουλόμπ (μονὰς:  $1 \text{ coulomb} = 1 \text{ Cb}$ ).

Ἐὰν διαρέσωμεν τὴν ἐνέργειαν  $W$  διὰ τοῦ χρόνου εἰς τὸν ὁποῖον ἀναπτύσσεται, λαμβάνομεν τὴν **ἰσχὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος**  $N = \frac{W}{t}$ , ἣτις δίδεται εἰς τὸ θεωρούμενον τμήμα τοῦ κυκλώματος, δηλ. τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν δίδει τὸ ρεῦμα ἀνὰ πᾶσαν μονάδα χρόνου, π. χ.  $1 \text{ sec}$ . Ἐὰν λοιπὸν διαρέσωμεν ἀμφοτέρω τὰ μέλη τοῦ ἄνω τύπου διὰ τοῦ χρόνου  $t$ , λαμβάνομεν:

$$\frac{W}{t} = U \frac{Q}{t} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot I$$

διότι  $\frac{Q}{t}$  εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$ .

Εἰς τὸν τύπον  $N = U \cdot I$  ἡ ἰσχύς μετρεῖται εἰς βὰτ (μονὰς:  $1 \text{ watt} = 1 \text{ W}$ ), ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$  εἰς βόλτ (μονὰς:  $1 \text{ volt}$ ) καὶ ἡ ἔντασις  $I$  εἰς ἀμπὲρ (μονὰς:  $1 \text{ ampère}$ ).

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον :

$$W = N \cdot t$$

ἡ ἰσχὺς  $N$  μετρηθῆ εἰς κιλοβάτ (μονάς :  $1 \text{ kw} = 1000 \text{ watts}$ ) καὶ ὁ χρόνος  $t$  εἰς ὥρας (μονάς :  $1 \text{ h}$ ), ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος  $W$  μετρεῖται εἰς κιλοβατώρεια ἢ κιλοβατώρας (μονάς :  $1 \text{ kwh} = 3\,600\,000 \text{ joules}$ ). Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα π.χ. ἰσχύος  $2 \text{ kw}$  καίονσα ἐπὶ τρεῖς ὥρας καταναλίσκει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν  $W = N \cdot t = 2 \text{ kw} \cdot 3 \text{ h} = 6 \text{ kwh}$ .

## (2) Νόμοι τοῦ Joule

§ 40.—Ἐὰν μεταξὺ δύο σημείων κυκλώματος διαρρομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ , τῶν ὁποίων ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι  $U$ , ὑπάρξη μόνον μία ἀντίστασις  $R$ , ἡ ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως ταύτης καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια  $W = U \cdot I \cdot t$  εἰς χρόνον  $t$ , μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Τὸ φαινόμενον μετατροπῆς τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἐντὸς τῶν ἀντιστάσεων εἰς θερμότητα, ὀνομάζεται **ἀποτέλεσμα Joule**.

Θέτοντες εἰς τὸν ἄνω τύπον ἀντὶ  $U$  τὸ ἴσον τοῦ  $IR$  (νόμος τοῦ ohm), λαμβάνομεν :

$$W = I^2 R t.$$

Εἰς τὸν τύπον τοῦτον ἡ ἐνέργεια  $W$  μετρεῖται εἰς τζάουλ (μονάς :  $1 \text{ Joule}$ ), ἡ ἔντασις  $I$  εἰς ἀμπέρ (μονάς :  $1 \text{ ampère}$ ), ἡ ἀντίστασις  $R$  εἰς ὄμ (μονάς :  $1 \text{ ohm}$ ) καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα (μονάς :  $1 \text{ sec}$ ). Ἐπειδὴ ὅμως ἡ θερμότης  $Q'$  μετρεῖται συνήθως εἰς θερμίδας (μονάς :  $1 \text{ cal}$ ) ἢ χιλιοθερμίδας (μονάς :  $1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal}$ ), μία δὲ θερμὶς ἰσοδυναμεῖ πρὸς  $4,18 \text{ joules}$ , τὰ  $W \text{ joules}$  θὰ ἰσοδυναμοῦν πρὸς  $\frac{W}{4,18} \text{ cal}$ . Ἡ ἐμφανιζομένη, ἐπομένως, θερμότης  $Q'$  θὰ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$Q' = \frac{1}{4,18} I^2 R t \quad \eta \quad Q' = 0,24 I^2 R t \text{ (περίπου).}$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι **νόμοι τοῦ Joule** :

«Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q'$ , τὸ ὅπλιον ἀναπτύσσεται ἐντὸς ἀγωγοῦ διαρρομένου ὑπὸ ρεύματος εἰς χρόνον τινά, εἶναι :

- (α) ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως  $I$  τοῦ ρεύματος.
- (β) ἀνάλογον τῆς ἀντιστάσεως  $R$  τοῦ ἀγωγοῦ καὶ
- (γ) ἀνάλογον τοῦ χρόνου  $t$ ».

Κατὰ τὴν δίοδον π.χ. ρεύματος ἐντάσεως  $10 \text{ ampères}$  ( $I = 10 \text{ amp}$ ) εἰς χρόνον  $3 \text{ min}$  ( $t = 3 \text{ min} = 3 \cdot 60 = 180 \text{ sec}$ ) διὰ σώματος ἀντιστάσεως  $160 \text{ ohms}$  ( $R = 160 \text{ ohms}$ ), ἀναπτύσσεται θερμότης :

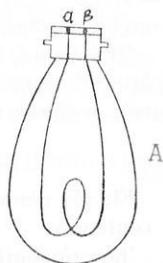
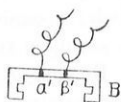
$$Q' = 0,24 I^2 R t = 0,24 \cdot 10^2 \cdot 160 \cdot 180 = 691\,200 \text{ cal} = 691,2 \text{ kcal.}$$

### (3) Ἐφαρμογαὶ τοῦ νόμου τοῦ Joule (Λαμπτήρ πυρακτώσεως, συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος)

#### (α) ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ

§ 41.—Μία τῶν σπουδαιότερων ἐφαρμογῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ὁ ἠλεκτροφωτισμός. Τὸ παρεχόμενον φῶς εἶναι πλούσιον καὶ σταθερόν. Ἐναντι τῶν ἄλλων μέσων φωτισμοῦ (καύσις φωταερίου, πετρελαίου, κλπ.) παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν καταναλίσκεται ὀξυγόνον τοῦ ἀέρος. Εἶναι δὲ καὶ οἰκονομικός.

Ἐντὸς υαλίνης φούσγος, περιεχοῦσης ἀδρανῆς ἀέριον (ἥλιον, ἀργόν, κρυπτόν), ὑπὸ μικρὰν πίεσιν, εὐρίσκειται σύρμα ἐκ δυστήκτου μετάλλου (βολφραμίον), τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου α καὶ β κεῖνται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς μονωτικῆς ἐπιφανείας τοῦ λαμπτήρος. Ὅταν ὁ λαμπτήρ Α κοχλιωθῆ ἔντὸς καταλλήλου ὑποδοχέως Β, τὰ ἄκρα α καὶ β τοῦ νήματος τίθενται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὰ ἄκρα α' καὶ β' δύο συρμάτων, τὰ ὁποῖα, ὅταν ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός, παρουσιάζουν τὴν τάσιν (διαφορὰν δυναμικοῦ) τοῦ τροφοδοτοῦντος δικτύου. Διερχομένου τοῦ ρεύματος τὸ νήμα διαπυροῦται, ἐκ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος ( $Q' = 0,24 I^2 Rt$ ) καὶ φωτοβολεῖ.



Λαμπτήρ πυρακτώσεως

#### (β) ΣΥΣΚΕΥΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

Τὴν θερμότητα ( $Q' = 0,24 I^2 Rt$ ), ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν διόδον τοῦ ρεύματος δι' ἀντιστάσεως χρησιμοποιούμεν, τῇ βοηθείᾳ ἐιδικῶν συσκευῶν, δι' ὠρισμένους σκοποὺς. Οὕτω κατασκευάζονται ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, βραστήρες, σίδηρα, κλπ. Αἱ συσκευαὶ αὗται περιέχουν ἐντὸς μονωτικῆς ὕλης (μαρμαρυγίας, κεραμικὸν ὕλικόν, κλπ.) καταλλήλους ἀντιστάσεις (R) εἰς τὰς ὁποίας ἀναπτύσσεται θερμότης κατὰ τὴν διόδον τοῦ ρεύματος.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος δι' οἰκιακὰς χρήσεις εἶναι εὐχρηστοὶ καὶ ἐξασφαλίζουν τὴν καθαριότητα. Δὲν εἶναι ὅμως οἰκονομικαί.

### (4) Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς παρεχομένη ὑπὸ γεννητριάς συνεχοῦς ρεύματος εἰς κλειστὸν κύκλωμα

§ 42.—Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰ διάφορα τμήματα κυκλώματος καὶ ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος, μηχανικῆς ἢ χημικῆς ἐνεργείας, παρέχεται ὑπὸ τῆς γεννητριάς (πηγῆς), ἡ ὁποία ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

\* Ἀφοῦ ὅμως ἡ πηγὴ παρέχει ἐνέργειαν, θὰ πρέπει καὶ νὰ λαμβάνη ἐνέργειαν

γειαν (ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας). Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ πηγὴ καὶ μετατρέπει εἰς ἠλεκτρικὴν, δύναται νὰ εἶναι χημικὴ (ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα φορητῶν ραδιοφώνων, συσσωρευταὶ αὐτοκινήτων, κλπ.), θερμότης (θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα), ἀκτινοβόλος ἐνέργεια (φωτοστοιχεῖα), κατ' ἐξοχὴν δὲ μηχανικὴ (δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ ἢ γεννήτρια). Αἱ μεγάλαι π.χ. μηχαναὶ ἠλεκτροπαραγωγῆς εἶναι γεννήτρια μετατρέπουσα τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν. (Τὴν μηχανικὴν ταύτην ἐνέργειαν λαμβάνουν, ἕξ ἄλλου, κατὰ τὸ πλεῖστον, ἀπὸ αἰμομηχανάς, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν θερμότητα, ἣτις ἀναπτύσσεται ἐκ τῆς καύσεως καυσίμου τινὸς ὑλικοῦ (ἄνθρακος, πετρελαίου, κλπ.) εἰς μηχανικὴν).

Εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἐνέργεια  $W$ , τὴν ὁποίαν παρέχει γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της εἶναι ἀνάλογος τοῦ διερχομένου δι' αὐτῆς φορτίου  $Q$ . Ἦτοι εἶναι:  $W = E \cdot Q$ . Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας  $E$ , ὁ ὁποῖος εἶναι χαρακτηριστικὸν τῆς γεννητριάς μέγεθος, ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητριάς**.

Ἡ ἐνέργεια, ἐπομένως,  $W$ , τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα, ὅταν δι' αὐτῆς διέλθῃ φορτίον  $Q$ , ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς πηγῆς  $E$ , ἐπὶ τὸ φορτίον  $Q$  :

$$W = E \cdot Q.$$

Εἰς τὸν τύπον τοῦτον ἡ  $W$  μετρεῖται εἰς joules, ἡ  $E$  εἰς volts καὶ τὸ  $Q$  εἰς coulombs.

Ἐὰν τὸ φορτίον  $Q$  διῆλθε εἰς χρόνον  $t$ , θὰ ἔχωμεν  $Q = It$ , ὅπου  $I$  ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος (εἰς ampères). Θέτοντες εἰς τὸν ἄνω τύπον ἀντὶ  $Q$  τὸ ἴσον τοῦ  $It$ , λαμβάνομεν :  $W = E \cdot I \cdot t$  ἢ  $\frac{W}{t} = E \cdot I$ . Ἄλλὰ  $\frac{W}{t}$  εἶναι ἡ ἰσχὺς  $N$  (ἐνέργεια ἀνὰ μονάδα χρόνου). Οὕτω λαμβάνομεν τὸν τύπον τῆς ἰσχύος :

$$N = E \cdot I$$

Ἡ ἰσχὺς δηλ., τὴν ὁποίαν παρέχει πηγὴ εἰς τὸ κύκλωμά της ὑπὸ μορφῆν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς τῆς δυνάμεως  $E$ , ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος  $I$ .

Εἰς τὸν τύπον  $N = E \cdot I$  ἡ  $N$  μετρεῖται εἰς watts, ἡ  $E$  εἰς volts καὶ ἡ  $I$  εἰς ampères.

**Σημείωσις.** Συνεχῆς ὀνομάζεται τὸ ρεῦμα, ἐὰν ἡ φορὰ του διατηρῆται ἡ αὐτή. Ὑπάρχουν ρεύματα, ὀνομαζόμενα **ἐναλλασσόμενα**, τῶν ὁποίων ἡ φορὰ ἀλλάσσει περιοδικῶς. Παρ' ὅτι τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ἔχουν εὐρυτάτας ἐφαρμογὰς, εἰς τὸ παρὸν βιβλίον γίνεται λόγος μόνον περὶ συνεχῶν ρευμάτων.

## Π α ρ α δ ε ί γ μ α τ α

1.—'Ηλεκτρική αντίσταση  $20\ \Omega$  τίθεται εις κύκλωμα υπό τάσιν  $200\ \text{V}$ . Νά υπολογισθοῦν: α) ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει εἰς  $5\ \text{min}$ , β) ἡ ἰσχύς της καὶ γ) ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος.

**Λύσις.** (γ) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος  $I$  εὑρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου  $I = \frac{U}{R}$ .

Θέτοντες  $U = 200\ \text{V}$  καὶ  $R = 20\ \Omega$  εὑρίσκομεν  $I = \frac{200}{20} = 10\ \text{A}$ .

(β) Ἡ ἰσχύς  $N$  υπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου  $N = U \cdot I$ . Θέτοντες  $U = 200\ \text{V}$  καὶ  $I = 10\ \text{A}$  εὑρίσκομεν  $N = 200 \cdot 10 = 2000\ \text{W} = 2\ \text{kw}$ .

(α) Τὴν ἐνέργειαν  $W$  υπολογίζομεν ἐκ τοῦ τύπου  $W = N \cdot t$ , ἐὰν θέσωμεν  $N = 2000\ \text{W}$  καὶ  $t = 5\ \text{min} = 5 \cdot 60 = 300\ \text{sec}$ :  $W = 2000 \cdot 300 = 6 \cdot 10^5\ \text{joules}$ . Ἐὰν εἰς τὸν αὐτὸν τύπον ἐθέτομεν  $N = 2\ \text{kw}$  καὶ  $t = 5\ \text{min} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12}\ \text{h}$ , θὰ εὑρίσκομεν τὴν ἐνέργειαν εἰς κιλοβατώρας (μονὰς:  $1\ \text{kwh}$ ):

$$W = 2 \cdot \frac{1}{12} = \frac{1}{6} = 0,167\ \text{kwh}.$$

2.—'Αντίστασις καταναλίσκει ἰσχὴν  $660\ \text{W}$  ὑπὸ τάσιν  $120\ \text{V}$ . Πόσῃ ἰσχὴν θὰ καταναλίσκη ὑπὸ τάσιν  $220\ \text{V}$ ;

**Λύσις.** Ἐκ τοῦ τύπου  $N = I \cdot U$ , ὅπου  $N = 660\ \text{W}$  καὶ  $U = 120\ \text{V}$ , εὑρίσκομεν τὴν ἔντασιν τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος, ὑπὸ τάσιν  $120\ \text{V}$ :

$$I = \frac{N}{U} = \frac{660}{120} = \frac{11}{2}\ \text{A}.$$

Καὶ ἐκ τῆς ἐντάσεως  $I = 5,5\ \text{A}$  τὴν τιμὴν

τῆς ἀντιστάσεως, ἐκ τοῦ τύπου  $U = IR$ . Ἦτοι  $R = \frac{U}{I} = \frac{120}{5,5}\ \Omega$ . Ἡ

ἀντίστασις αὕτη ὑπὸ τάσιν  $U_1 = 220\ \text{V}$  θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως

$$I_1 = \frac{U_1}{R} = \frac{220}{120} \cdot 5,5\ \text{A}$$

καὶ, ἐπομένως, θὰ καταναλίσκη ἰσχὴν

$$N_1 = U_1 \cdot I_1 = 220 \cdot \frac{220}{120} \cdot 5,5 = 2218\ \text{W}.$$

3.—'Ηλεκτρικὸν μαγειρεῖον λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $110\ \text{V}$  καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $6\ \text{A}$ . Ζητοῦνται: α) ἡ ἀντίστασις του, β) ἡ ἀπορροφουμένη ἰσχύς καὶ γ) ἡ δαπάνη διὰ τὴν ἐπὶ  $5$  ὥρας λειτουργίαν του. Ἡ τιμὴ  $1\ \text{kwh}$  ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι  $1,8\ \text{δρχ}$ .

**Λύσις.** (α) Ἐκ τοῦ τύπου  $U = IR$  υπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν  $R$ ,

θέτοντες  $U = 110 \text{ V}$  και  $I = 6 \text{ A}$ . Ἦτοι  $R = \frac{U}{I} = \frac{110}{6} = 18,33 \Omega$ .

(β) Ἐκ τοῦ τύπου  $N = U \cdot I$  εὐρίσκομεν τὴν καταναλισκομένην ἰσχύον  $N$ , θέτοντες  $U = 110 \text{ V}$  και  $I = 6 \text{ A}$ . Ἦτοι  $N = 110 \cdot 6 = 660 \text{ W}$ .

(γ) Ἡ καταναλισκομένη ἐνέργεια  $W$  ὑπὸ συσκευῆς ἰσχύος  $N$  εἰς χρόνον  $t$ , παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου  $W = N \cdot t$ . Θέτοντες  $N = 0,66 \text{ kw}$  και  $t = 5 \text{ h}$ , εὐρίσκομεν τὴν ἐνέργειαν εἰς κιλοβατώρας:  $W = 0,66 \cdot 5 = 3,3 \text{ kwh}$ . Καὶ ἐπειδὴ  $1 \text{ kwh}$  τιμᾶται  $1,8 \text{ δρχ.}$ , ἡ δαπάνη θὰ εἶναι:

$$\alpha = 3,3 \cdot 1,8 = 5,94 = 6 \text{ δρχ. (περίπου).}$$

**4.—Ἡλεκτρικὸς κινητὴρ ἰσχύος 8 HP (ἵππων), λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 V και κινεῖ ἀντλίαν ἀνυψοῦσαν ὕδωρ κατὰ 8 m. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος και β) τὸ ὕδωρ τὸ ὁποῖον ἀνυψοῦται εἰς 15 ὥρας.**

**Λύσις.** (α) 1 HP εἶναι 746 W (§ 5, δ). Ἐπειδὴ εἶναι  $N = U \cdot I$ , θέτοντες  $N = 8 \cdot 746 \text{ W}$  και  $U = 220 \text{ V}$ , εὐρίσκομεν:

$$I = \frac{N}{U} = \frac{8 \cdot 746}{220} = 27,1 \text{ A.}$$

(β) Τὸ εἰς χρόνον  $t \text{ sec}$  παραγόμενον ὑπὸ τῆς ἀντλίας ἔργον  $W \text{ kg} \cdot \text{m}$  εἶναι  $W = N \cdot t$ . Θέτοντες  $N = 8 \cdot 76 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}$  (§ 5, δ) και  $t = 15 \cdot 3600 \text{ sec}$ , εὐρίσκομεν:  $W = 8 \cdot 76 \cdot 15 \cdot 3600 \text{ kg} \cdot \text{m}$ . Τὸ ἔργον τοῦτο παρουσιάζεται ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια  $B \cdot h$  τοῦ ἀνυψωθέντος ὕδατος, βάρους  $B$ , εἰς ὕψος  $h = 8 \text{ m}$ . Ἦτοι ἔχομεν  $W = B \cdot h$  και

$$B = \frac{W}{h} = \frac{8 \cdot 76 \cdot 15 \cdot 3600}{8} = 4104000 \text{ kg} \cdot \text{m} = 4104 \text{ ton} \cdot \text{m} \text{ (τόνοι).}$$

**5.—Ἡλεκτρικὸς βραστήρ ἰσχύος 400 W, φέρει εἰς κατάστασιν βρασμοῦ 430 gr ὕδατος, ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας τῶν 20 °C. Δοθέντος ὅτι τὰ 60 % (ἑξήκοντα τοῖς ἑκατὸν) τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος θερμαίνουν τὸ ὕδωρ, νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος καθ' ὃν ἐλειτούργησε ὁ βραστήρ.**

**Λύσις.** Ὑπολογίζομεν τὸ ἀπαιτηθὲν διὰ τὴν θέρμανσιν ποσὸν θερμότητος, ἐκ τοῦ τύπου  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$  (§ 11), θέτοντες  $m = 430 \text{ gr}$ ,  $c = 1 \text{ cal/gr grad}$  και  $\Delta\theta = 100 - 20 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  (τὸ ὕδωρ βράζει εἰς  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Ἦτοι:  $Q = 430 \cdot 80 \text{ cal}$ . Τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος ὁμῶς ἀναπτυχθὲν ποσὸν θερμότητος

$Q_1$  εἶναι μεγαλύτερον:  $Q_1 = \frac{100}{60} Q$  (ἔξ 100 ἀναπτυσσομένων θερμίδων

αἱ 60 χρησιμοποιοῦνται πρὸς θέρμανσιν): εἶναι δηλ.  $Q_1 = \frac{100}{60} \cdot 430 \cdot 80 =$

$= \frac{430 \cdot 400}{3}$  cal. Γνωρίζομεν ὅτι εἰς τὸ ποσὸν θερμότητος  $Q_1$  ἀντιστοιχεῖ μηχανικὴ ἐνέργεια  $W = Q \cdot J$  (§ 15) ὅπου  $J = 4,18$  joules/cal, ἐνῶ  $W = N \cdot t$ . Ἐχομεν λοιπὸν:  $N \cdot t = Q \cdot J$  καὶ  $t = \frac{Q \cdot J}{N} = \frac{430 \cdot 400 \cdot 4,18}{400 \cdot 3} = 599,8$  sec  $\approx 600$  sec = 10 min. Δηλ. ὁ χρόνος λειτουργίας τοῦ βραστήρος εἶναι 10 (πρῶτα) λεπτά (περίπου).

**6.—** Ἀντίστασις διαρροεμένη ὑπὸ ρεύματος παρουσιάζει εἰς τὰ ἄκρα τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 50 V καὶ ἀποδίδει ἰσχὴν 240 θερμίδων ἀνὰ δευτερόλεπτον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις αὕτη. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος = 4,2 joules.

**Λύσις.** Ἐκ τοῦ τύπου  $N = U \cdot I$  ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος  $I$ , θέτοντες  $U = 50$  V καὶ  $N = 240 \cdot 4,2$  joules (1 cal = 4,2 joules, αἱ 240 cal = 240 · 4,2 joules). Οὕτω λαμβάνομεν:  $I = \frac{240 \cdot 4,2}{50} = 20,16$  A.

Τώρα, ἐκ τοῦ τύπου  $U = IR$ , ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{50}{20,16} = 2,5 \Omega \text{ (περίπου).}$$

**7.—** Ἡλεκτρικὸς βραστήρ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2 A, ὅταν εἶναι συνδεδεμένος εἰς δίκτυον τάσεως 220 V καὶ αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν ἐνὸς λίτρον ὕδατος ἀπὸ 15°C εἰς 65°C εἰς ἓν τέταρτον τῆς ὥρας. Ζητεῖται πόσον τοῖς ἑκατὸν τῆς καταναλισκομένης ἐνεργείας χρησιμοποιεῖται πρὸς θέρμανσιν τοῦ ὕδατος. Μία θερμὶς ἰσοδυναμεῖ πρὸς 4,2 joules.

**Λύσις.** Ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος εἶναι  $\rho = 1$  gr/cm<sup>3</sup>, καὶ τὸ ἓν λίτρον εἶναι ὄγκος  $V = 1000$  cm<sup>3</sup>, ἡ μᾶζα τοῦ θερμαινομένου ὕδατος  $m$  εἶναι:  $m = \rho \cdot V = 1000$  gr. Τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος  $Q$ , τὸ ὁποῖον ἀπερρόφησε τὸ ὕδωρ, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ , ὅπου  $m = 1000$  gr,  $c = 1$  cal/gr grad καὶ  $\Delta\theta = 65 - 15 = 50$  °C. Εἶναι δηλαδή  $Q = 1000 \cdot 50 = 50000$  cal. Τὸ εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ βραστήρος ἀναπτυσθὲν ποσὸν θερμότητος, ἐξ ἄλλου, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$Q_1 = \frac{1}{4,2} U \cdot I \cdot t, \text{ ἂν θέσωμεν } U = 220 \text{ V, } I = 2 \text{ A καὶ } t = 15 \text{ min} =$$

$$15 \cdot 60 = 900 \text{ sec. Ἐχομεν λοιπὸν: } Q_1 = \frac{220 \cdot 2 \cdot 900}{4,2} = 94285 \text{ cal.}$$

Ἐξ 94285 cal αἵτινες ἀνεπτύχθησαν, ἐχρησιμοποιήθησαν 50000 cal.

$$\text{Ἄρα ἐξ } 100 \text{ ἀναπτυσσομένων, χρησιμοποιοῦνται } \frac{50000}{94285} \cdot 100 = 53.$$

Ἦτοι ἔχομεν χρησιμοποίησιν 53% (ἐπὶ τῆς καταναλισκομένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἢ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος).



**8.**—Νὰ υπολογισθῆ ἡ δαπάνη διὰ τὴν θέρμανσιν 80 λίτρων ὕδατος, δι' ἠλεκτρικοῦ θερμοσίφωνος ἰσχύος 1 kw, ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας 20°C εἰς 80°C, ἐὰν 1 kwh ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἔχει τιμὴν 1,1 δρχ. Πόση θὰ ἦτο ἡ δαπάνη ἐὰν ἡ ἰσχύς τοῦ θερμοσίφωνος ἦτο 4 kw; Ὑπάρχει πλεονέκτημα, διὰν χρησιμοποιῆται ὁ δεύτερος ἀντὶ τοῦ πρώτου;

**Λύσις.** Δεχόμενοι ὅτι ὁλόκληρος ἡ εἰς τὴν ἀντίστασιν ἀναπτυσσομένη θερμότης χρησιμοποιεῖται πρὸς θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, ἐπειδὴ ἡ ἀπαιτούμενη θερμότης εἶναι ὠρισμένη, ὠρισμένη εἶναι καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἐξ' ἧς θὰ προκύψῃ. Ἦτοι ἡ ἀπαιτούμενη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἰσχύν.

Ἡ ἀπαιτούμενη θερμότης  $Q$  εἶναι ἴση πρὸς  $m \cdot c \cdot \Delta\theta = 80 \cdot 000 \cdot (80 - 20) = 80000 \cdot 60 = 48 \cdot 10^5 \text{ cal}$ . Ἐπειδὴ 1 cal  $\doteq$  4,2 joules, ἡ θερμότης  $48 \cdot 10^5 \text{ cal}$  προκύπτει ἀπὸ  $48 \cdot 10^5 \cdot 4,2 \text{ joules} = 2016 \cdot 10^4 \text{ joules}$ .

Εἶναι ἐξ ἄλλου γνωστὸν ὅτι 1 kwh = 3600 000 joules (§ 2, δ). Τὰ  $2016 \cdot 10^4 \text{ joules}$  εἶναι ἐπομένως  $\frac{2016 \cdot 10^4}{36 \cdot 10^5} = \frac{2016}{360} = 5,6 \text{ kwh}$ . Ἡ δαπάνη θὰ εἶναι, ἐπομένως:  $5,6 \cdot 1,1 = 6,16 \text{ δρχ}$ .

Ἐκ τοῦ τύπου:  $W = N \cdot t$  προκύπτει ὅτι ἡ ἐνέργεια  $W$  ἀναπτύσσεται ὑπὸ ἰσχύν  $N$  εἰς τόσον μικρότερον χρόνον, ὅσον ἡ ἰσχύς εἶναι μεγαλύτερα. Ἐὰν ἐπομένως ὑπὸ ἰσχύν  $N = 1 \text{ kw}$  ὁ χρόνος ἀναπτύξεως τῆς ἐνεργείας  $W$  εἶναι  $t$ , ὑπὸ ἰσχύν  $N_1 = 4 \text{ kw}$  θὰ εἶναι  $t_1$  καὶ θὰ ἔχωμεν  $1 \cdot t = 4 \cdot t_1$  καὶ  $t_1 = \frac{t}{4}$ . Δηλ. ὁ χρόνος μετὰ τὴν ἰσχύν 4 kw εἶναι τὸ τέταρτον τοῦ χρόνου μετὰ ἰσχύν 1 kw. Μετὰ μεγαλύτεραν δηλ. ἰσχύν ἡ θέρμανσις γίνεται εἰς μικρότερον χρόνον.

## Ε) ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΕΚΚΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΘΟΔΙΚΑΙ ΑΚΤΙΝΕΣ

### (1) Ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων

§ 43.—Ὑπὸ συνήθη πίεσιν τὰ ἀέρια εἶναι κακοὶ ἀγωγοί. Τοῦτο διότι ἐντὸς τῶν ἀερίων ἐλάχιστα μόνον ἰόντα (καὶ ἠλεκτρόνια) ὑπάρχουν. Ἐὰν π.χ. μεταξὺ δύο σημείων  $A$  καὶ  $B$  παρουσιαζόντων διαφορὰν δυναμικοῦ, εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, τὰ ἐλάχιστα ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν θὰ κινηθοῦν, τὰ ἀρνητικὰ πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ ὑψηλοτέρου δυναμικοῦ καὶ τὰ θετικὰ πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ χαμηλοτέρου δυναμικοῦ. Οὕτω θὰ προκύψῃ ἀσθενέστατον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρκεῖ ἐφ' ὅσον ὑφίστανται ἰόντα.

Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν  $A$  καὶ  $B$  εἶναι ἀρχοῦντως μεγάλη, τὰ ἀρ-  
χικῶς ὑπάρχοντα ἰόντα τίθενται εἰς ταχυτάτην κίνησιν καὶ προσπίπτοντα ἐπὶ τῶν οὐδετέρων ἀτόμων τοῦ ἀερίου μετατρέπουν αὐτὰ εἰς ἰόντα, δι' ἀποσπάσεως ἐνὸς

περισσοτέρων ηλεκτρονίων, ἐνῶ τὰ ηλεκτρόνια ταῦτα προσκολλόμενα ἐπὶ ἄλλων οὐδετέρων ἀτόμων μετατρέπουν καὶ αὐτὰ εἰς ἰόντα (ἀρνητικά). Τὰ νέα ταῦτα ἰόντα διὰ νέων κρούσεων ἀναπτύσσουν νέα ἰόντα κ.ο.κ. Πολλαπλασιαζομένων κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῶν ἰόντων (ιονισμὸς κρούσεως), δημιουργεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα σημαντικῆς ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον συνοδεύεται μετὰ φωτεινοῦ φαινομένου. Τὸ φαινόμενον τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου αἰρίου ὀνομάζεται **ηλεκτρικὴ ἐκκένωσις**. Ἡ περιγραφείσα ηλεκτρικὴ ἐκκένωσις εἰς τὸν αἶρα ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ὀνομάζεται **σπινθήρ**.

Ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις δύναται νὰ παραχθῇ ὄχι μόνον δι' αὐξήσεως τῆς τάσεως (διαφορᾶς δυναμικοῦ), ἀλλὰ καὶ δι' ἐλαττώσεως τῆς πίεσεως. Τότε τὰ ἀρχικῶς ὑπάρχοντα ἰόντα διανύουν μεγαλύτερον δρόμον ἀπὸ τῆς μιᾶς κρούσεως μέχρι τῆς ἐπομένης, (διότι λόγῳ τῆς ἀραιώσεως τὰ μόρια εὐρίσκονται εἰς μεγαλύτερας ἀπ' ἀλλήλων ἀποστάσεις), καὶ κατὰ τὴν διαδρομὴν ταύτην ἀποκοτῶν μεγαλύτεραν ταχύτητα. Ἡ κρούσις τότε καθίσταται περισσότερον ἀποτελεσματικὴ, ὅσον ἀφορᾷ τὴν δημιουργίαν ἰόντων. Ἡ προκύπτουσα ηλεκτρικὴ ἐκκένωσις συνοδεύεται μὲ διάφορα φωτεινὰ φαινόμενα. Ταῦτα ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν πίεσιν καὶ τὴν φύσιν τοῦ αἰρίου.

## (2) Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν αἰρίων

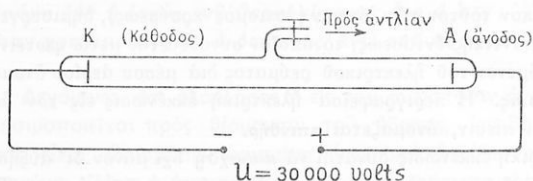
§ 44.—Εἰς τὰ ἄκρα ὑαλίνου σωλήνος, μήκους 80 cm περίπου, εἶναι συντετηγμένα δύο σύρματα (ηλεκτρόδια), τὰ ἐντὸς τοῦ σωλήνος ἄκρα τῶν ὁποίων φέρουν δύο μεταλλικοὺς δίσκους Κ καὶ Λ. Φέρομεν τὰ ηλεκτρόδια ταῦτα εἰς ὑψηλὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (30 000 volts). Τὸ ηλεκτρόδιον Κ τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς (χαμηλὸν δυναμικὸν) ὀνομάζεται **κάθοδος**, τὸ ἕτερον δὲ **ἀνοδος**. Τῇ βοηθείᾳ ἀεραντλίας ἀφαιροῦμεν προοδευτικῶς τὸν αἶρα (ἢ ἕτερον αἶριον περιεχόμενον ἐντὸς τοῦ σωλήνος). Παρατηροῦμεν τότε τὰ ἀκόλουθα φαινόμενα :

(α) Ὅταν ἡ πίεσις εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν (760 mmHg = 760 Torr), ἐκκένωσις δὲν γίνεται.

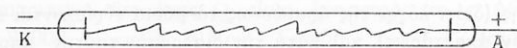
(β) Ἀπὸ τῆς τιμῆς τῆς πίεσεως 40 Torr περίπου, παράγεται ἐκκένωσις ὑπὸ τὴν μορφήν ἀκανονίστων φωτεινῶν νημάτων (σχήματος zig - zag), τὰ ὁποῖα συνδέουν τὰ δύο ηλεκτρόδια (σπινθήρ).

(γ) Ἐλαττουμένης τῆς πίεσεως τὰ φωτεινὰ νήματα διαπλατύνονται καὶ σχηματίζουν σταθερὰν φωτεινὴν στήλην, ἢ ὁποία πληροῖ ὁλόκληρον τὸν σωλήνα. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν ἡ πίεσις λάβῃ τιμὴν 10 Torr, περίπου. Ἡ φωτεινὴ αὕτη στήλη ὀνομάζεται **θετικὴ στήλη** καὶ εἶναι χρωματισμένη. Τὸ χρῶμα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ αἰρίου. Εἶναι π. χ. πορφυροῦν μὲ αἶρα, λευκὸν μὲ διοξειδίον τοῦ ἀνθρακος, κ.ο.κ. Σωληνεὶς παρουσιάζοντες τὴν μορφήν αὐτὴν ἐκκενώσεως ὀνομάζονται **σωληνεὶς Geissler** (Γκάϊσλερ).

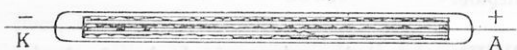
(δ) Ἐλαττωμένης τῆς πίεσεως ἡ θετική στήλη βραχύνεται καὶ ὕστερον ἀπὸ σειρὰν φωτεινῶν φαινομένων, ὁλόκληρον τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινόν. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγεται τότε σπουδαῖον φαινόμενον: Ἐκ τῆς



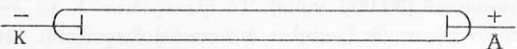
Πίεσις 760 Torr : Ἐκκένωσις δέν γίνεται



Πίεσις 40 Torr : Σπινθήρ



Πίεσις 10 Torr : Θετική στήλη  
(Σωλήν Geissler)



Πίεσις 0,01 Torr : Ἐκ τῆς καθόδου ἐκπέμπονται  
καθοδικαὶ ἀκτίνες (Σωλήν Crookes).

καθόδου ἐξέρχονται ἠλεκτρόνια, τὰ ὅποια κινούμενα ἐντὸς τοῦ σωλῆνος συνιστοῦν τὰς **καθοδικὰς ἀκτίνες**. Ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἶναι τότε 0,01 Torr. Σωλῆνες δὲ παρουσιάζοντες τὴν μορφήν αὐτὴν ἐκκενώσεως ὀνομάζονται **σωλῆνες Crookes** (Κρούξ).

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ

### Λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον

§ 45. —Τὸ φῶς τῆς **θετικῆς στήλης**, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν δίοδον ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διὰ μέσου ἀραιοῦ ἀερίου ὑπὸ κατάλληλον πίεσιν (σωλῆνες Geissler, πίεσις 10 Torr) χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς περιπτώσεις.

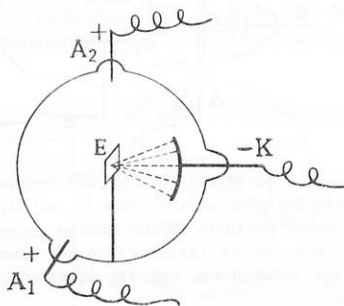
(α) Μακροὶ στενοὶ σωλῆνες περιέχοντες διάφορα ἀέρια, χρησιμοποιοῦνται πρὸς κατασκευὴν φωτεινῶν ἐπιγραφῶν καὶ σχεδιασμάτων. Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ

ρεύματος εκπέμπουν φῶς διαφόρων χρωμάτων : τὸ νέον παρέχει χροῶμα ἐρυθρόν, τὸ ξέον κυανοῦν, τὸ ἥλιον κιτρινερυθρόν, ὁ ἀήρ ροδόχρουν, κ.ο.κ. Τὸ παρεχόμενον φῶς ὀνομάζεται **ψυχρὸν φῶς**, διότι τὸ φωτοβολοῦν ἀέριον εὐρίσκεται εἰς χαμηλὴν θερμοκρασίαν ( $100^{\circ}$  C περίπου).

(β) Οἱ **λαμπτήρες φθορισμοῦ**, χρησιμοποιούμενοι εὐρύτατα πρὸς φωτισμόν, περιέχουν ἀτμούς ὕδραργύρου. Ἡ παραγομένη ἐκκένωσις μέσῳ τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδραργύρου, συνοδεύεται μὲ ἐκπομπὴν φωτός, τὸ ὁποῖον περιέχει εἰς μεγάλην ἔντασιν ἀοράτους ὑπεριώδεις ἀκτῖνας. Τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ λαμπτήρος εἶναι ἐπιχρισμένον μὲ **φθορίζουσαν οὐσίαν**, δηλ. οὐσίαν, ἣ ὁποία ἀπορροφᾷ αὐτὰς καὶ καθίσταται φωτεινὴ, ἐκπέμπουσα ἔντονον φῶς προσομοιάζον πρὸς τὸ λευκόν.

### (3) Καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Φύσις καὶ παραγωγή αὐτῶν.

§ 46. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες εἶναι ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν κάθodon λειτουργοῦντος σωλῆνος Crookes. Ὡς γνωστὸν



Παραγωγή καθοδικῶν ἀκτῖνων εἰς σωλῆνα Crookes. Ἡ κάθodos K ἔχει σχῆμα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Αἱ καθέτως πρὸς ταύτην ἐκπεμπόμεναι καθοδικαὶ ἀκτῖνες συγκεντρῶνται εἰς τὴν κορυφαίαν ἐστίαν αὐτοῦ E. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν ἔχει τεθῆ ἔλασμα ἐξ ἀργιλίου, τὸ ὁποῖον διαπυροῦται : ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν ἠλεκτρονίων τῆς καθοδικῆς δέσμης μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα εἶναι ἀνεξάρτητα τῆς θέσεως τῆς ἀνόδου (A<sub>1</sub> ἢ A<sub>2</sub>). Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια ἐπιταχύνονται εἰς μικρὰν περιοχὴν περὶ τὴν κάθodon.

οἱ σωλῆνες Crookes περιέχουν ἀέρα ὑπὸ λίαν μικρὰν πίεσιν (0,01 Torr) καὶ φέρουν δύο ἠλεκτροδία. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων τάσεως τὰ ἐντὸς τοῦ ἀέρος ἀναπτυσσόμενα θετικὰ ἰόντα προσπίπτουν μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ τῆς καθόδου καὶ προσδίδοντα εἰς τὰ συσσωρευμένα ἐκεῖ ἠλεκτρόνια ἐνέργειαν προκαλοῦν τὴν ἔξοδον αὐτῶν. Τὰ ἐξερχόμενα ταῦτα ἠλεκτρόνια ἐπιταχύνονται εἰς

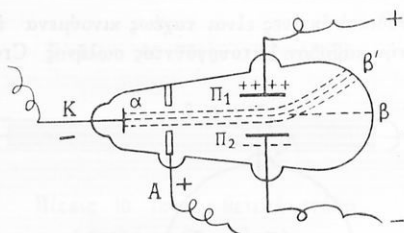
μικράν περιοχὴν περὶ τὴν κάθοδον, λόγῳ τῆς ὑφισταμένης τάσεως, καὶ ἀποκτῶντα μεγάλας ταχύτητας συνιστοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας.

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ιδιότητες :

(α) Προσπίπτουσαι ἐπὶ ὀρισμένων οὐσιῶν καθιστοῦν αὐτὰς φωτεινὰς (φθορισμός).

(β) Ἐκπέμπονται καθέτως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου καὶ κινουῦνται εὐθύγραμμως.

(γ) Ἐχουν κινητικὴν ἐνέργειαν. Προσπίπτουσαι π. χ. ἐπὶ ἐλαφροῦ μύλου θέτουν αὐτὸν εἰς περιστροφὴν. Κατὰ τὴν πρόσπτωσίν των ἐπὶ ὑλικῶν σωμάτων σταματοῦν, ἡ δὲ κινητικὴ των ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Ὄταν ἡ τα-



Ἡ καθοδικὴ δέσμη αβ ἐκτρέπεται τῆς εὐθύγραμμου πορείας της, ὅταν διέλθῃ διὰ μέσον δύο πλακῶν Π<sub>1</sub> καὶ Π<sub>2</sub>, φορτισμένων δι' ἑτερονόμων φορτίων: Τὰ συνιστῶντα αὐτὴν ἠλεκτρόνια, φέροντα ἀρνητικὸν φορτίον ἔλκονται ὑπὸ τῆς θετικῆς πλακῶς καὶ ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς ἀρνητικῆς.

χύτης των εἶναι πολὺ μεγάλη ἀναπτύσσουν τὰς ἀκτῖνας X ἢ ἀκτῖνας Roentgen δηλ. ἀόρατον ἀκτινοβολίαν λίαν μικρῶν μικρῶν κύματος.

(δ) Προκαλοῦν χημικὰς ἀντιδράσεις. Μαυρίζουν π. χ. τὰς φωτογραφικὰς πλάκας.

(ε) Ἀπορροφῶνται ταχέως ὑπὸ τῆς ὕλης.

(στ) Ἐλκονται ὑπὸ θετικῶς φορτισμένων σωμάτων καὶ ἀπωθοῦνται ὑπὸ ἀρνητικῶς φορτισμένων.

(ζ) Ἐκτρέπονται τῆς εὐθύγραμμου πορείας των πλησίον μαγνητῶν ἢ ρευματοφόρων ἀγωγῶν.

## ΣΤ) ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

## (1) Ἀγωγιμότης εἰς τὸ κενόν

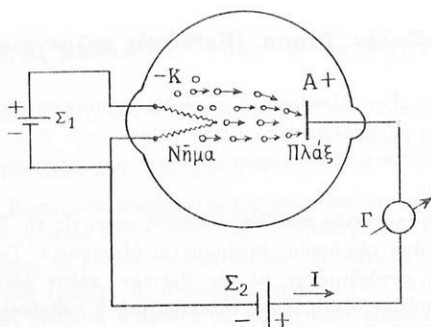
§ 47.—Τὸ ἀπόλυτον κενὸν δὲν εἶναι ἀγωγός, διότι εἰς τὸ κενὸν δὲν ὑπάρχουν φορεῖς φορτίων, οἱ ὁποῖοι ὑπὸ τὸν ἐπίδρασιν μιᾶς τάσεως θὰ εἰτίθεντο εἰς κίνησιν καὶ θὰ παρήγετο τὸ φαινόμενον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐν τούτοις δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν ρεῦμα εἰς τὸ κενόν, ἔαν ἐντὸς τούτου εἰσαχθοῦν φορεῖς φορτίων κατὰ τινὰ τρόπον.

Ἡ πλέον ἐνδιαφέρουσα περίπτωσης ρεύματος εἰς τὸ κενὸν εἶναι ἡ κίνησις ἠλεκτρονίων. Ὁ δὲ συνηθέστερος τρόπος παραγωγῆς τῶν ἠλεκτρονίων τούτων εἶναι ἡ ἀπόσπασις αὐτῶν ἀπὸ μετάλλου διὰ θερμάνσεως.

## (2) Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων

§ 48.—Τὰ μέταλλα θερμανόμενα, ἀπὸ τινος θερμοκρασίας, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ μετάλλου (2000° C π.χ. διὰ τὸ βολφράμιον), ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων καὶ



Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων: Ὅταν ἡ κάθοδος K εἶναι διάλυρος, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὰ ὑπὸ τοῦ νήματος ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς ἀνόδου κινοῦνται ἐλευθέρως εἰς τὸν κενὸν τοῦ σωλῆνος καὶ τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν.

δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἐξάτμισις τῶν ἐντὸς τοῦ μετάλλου εὑρισκομένων ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

Πρὸς παρατήρησιν τοῦ φαινομένου χρησιμοποιεῖται κενὸς σωλῆν (ἔχουν ἀφαιρεθῇ καὶ τὰ τελευταῖα ἴχνη ἀέρος) εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ὁποίου ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια. Τὸ ἓν, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **νήμα**, εἶναι λεπτὸν σύρμα δυνάμενον νὰ διαπυρρωθῇ διὰ ρεύματος παρεχομένου ὑπὸ ἐξωτερικῆς πηγῆς  $\Sigma_1$ , τὸ ἕτερον δὲ ὀνομάζεται **πλάξ**.

Συνδέοντες τὸ διαπυρωμένον νῆμα μετὸν ἀρνητικὸν πόλον  $K$  (κάθοδος) ἠλεκτρικῆς πηγῆς  $\Sigma_2$  καὶ τὴν πλάκα μετὸν θετικὸν  $A$  (ἀνοδος), παρατηροῦμεν, τῇ βοηθείᾳ εἰδικοῦ ὄργάνου  $\Gamma$  (μυλιαμετρομέτρου), ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τοῦ θερμοῦ νήματος. Ταῦτα ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς ἀνόδου κλείουν τὸ κύκλωμα. Οὕτω ἐντὸς μὲν τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος ὀνομάζεται **διόδος ἠλεκτρονικῶς σωλῆν**, τὸ ρεῦμα συνίσταται εἰς κίνησιν ἠλεκτρονίων εἰς τὸ κενόν, εἰς δὲ τὸ ὑπόλοιπον κύκλωμα, ὡς γνωστόν, εἰς κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων τῶν ἀγωγῶν αὐτοῦ.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὴν πλάκα μετὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς  $\Sigma_2$  καὶ τὸ νῆμα μετὸν θετικὸν τὸ ρεῦμα διακόπτεται : τὰ ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς πλακῶς.

Ἐὰν ἡ πλάξ εἶναι ἀφόρτιστος δυνατὸν νὰ ἔχωμεν ἀσθενέστατον ρεῦμα : τινὰ τῶν ἀπὸ τοῦ νήματος ἐξερχομένων ἠλεκτρονίων, ἔχοντα μεγαλυτέρας ταχύτητας τῶν ἄλλων, δύνανται νὰ φθάσουν ἀφ' ἑαυτῶν εἰς τὴν πλάκα, κλείοντα οὕτω τὸ κύκλωμα. Τὰ περισσότερα ὅμως σχηματίζουν πέριξ τοῦ νήματος νέφος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **φορτίον χώρου**. Μετὴν ἀποβολὴν τῶν ἠλεκτρονίων τὸ νῆμα παραμένει φορτισμένον θετικῶς, ἔλκον δὲ τὰ ἐξερχόμενα ἠλεκτρόνια δὲν ἀφήνει αὐτὰ νὰ ἀπομακρυνθοῦν πολὺ.

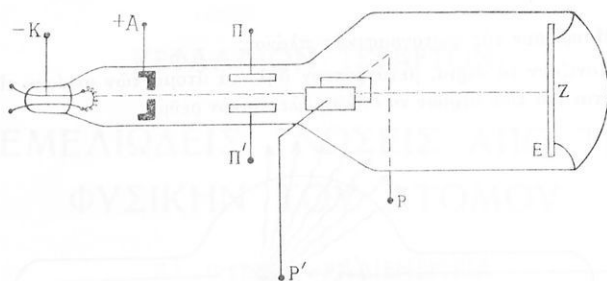
### (3) Σωλῆν Braun (Καθοδικὸς παλμογράφος)

§ 49.—Οὗτος εἶναι ἠλεκτρονικὴ συσκευή χρησιμοποιουμένη πρὸς παρακολούθησιν ταχύτατα μεταβαλλομένων φαινομένων, ὅπως π. γ. μιᾶς ταχέως μεταβαλλομένης τάσεως, ἀποτελεῖ δὲ κύριον ὄργανον τῶν συσκευῶν τηλεοράσεως καὶ τῶν δεκτῶν ραντάρ.

Ἀποτελεῖται ἀπὸ κενὸν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον διαπυρωμένην κάθοδον  $K$ , ἀπὸ τῆς ὁποίας ἐκπέμπονται ἠλεκτρόνια. Ταῦτα ἐπιταχύνονται πρὸς τὴν ἀνοδον  $A$ , συνδεδεμένην μετὸν θετικὸν πόλον ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων τούτων στενὴ δέσμη (ἠλεκτρονικὴ ἢ καθοδικὴ δέσμη) διέρχεται διὰ μικρᾶς ὀπῆς τῆς ἀνόδου καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ διαφράγματος  $E$  ἐπιχρισμένου με φθοριζουσαν οὐσίαν, προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν φωτεινῆς κηλίδος  $Z$ .

Ἡ ἐκ τῆς ὀπῆς τῆς ἀνόδου ἐξερχομένη ἠλεκτρονικὴ δέσμη, δύνανται νὰ ἐκτραπῇ κατὰ κατακόρυφον ἢ ὀριζοντίαν διεύθυνσιν, τῇ βοηθείᾳ δύο ζευγῶν πλακῶν  $\Pi$ ,  $\Pi'$  καὶ  $P$ ,  $P'$ , αἱ ὁποῖαι φορτίζονται δι' ἀντιθέτων φορτίων ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ τοῦ σωλῆνος. Αἱ πλάκες  $\Pi$ ,  $\Pi'$  εἶναι ὀριζόντιαι καὶ προκαλοῦν κατακόρυφον ἐκτροπήν, ἐνῶ αἱ  $P$  καὶ  $P'$  εἶναι κατακόρυφοι καὶ προκαλοῦν ὀριζοντίαν ἐκτροπήν. Ὅταν ἡ  $\Pi$  εἶναι θετικὴ, ἡ ἐκτροπὴ τῆς ἠλεκτρονικῆς δέσμης γίνεται πρὸς τὰ ἄνω καὶ ἡ κηλὶς  $Z$  ἀνέρχεται, ἐνῶ, ἐὰν εἶναι ἀρνητικὴ, ἡ κηλὶς κατέρχεται. Ἐὰν, ἐξ ἄλλου, ἡ  $P$  εἶναι θετικὴ ἢ  $Z$  μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ χάρτου (ὀριζοντίως) κατὰ τὴν φορὰν ἐκ τοῦ ἀναγνώστου πρὸς τὸν χάρτην, ἐνῶ, ἐὰν εἶναι ἡ  $P'$  θετικὴ ἢ φορὰ εἶναι ἀντίθετος.

Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι λίαν μικρά, μεταβαλλομένης τῆς φορτίσεως τῶν πλακῶν (τῆς μεταξὺ αὐτῶν διαφορᾶς δυναμικοῦ), ἡ κηλὶς μετατο-



Σωλήν Braun ἢ Καθοδικὸς παλμογράφος.

πίζεται συγχρόνως, δηλ. χωρὶς καθυστέρησιν, ἥτοι ἡ κηλὶς παρακολουθεῖ τὴν τάσιν, ὅσον ταχέως καὶ ἂν μεταβάλλεται αὕτη. Ἡ ἰδιότης δὲ αὕτη εἶναι σπουδαιοτάτη.

#### (4) Ἀκτῖνες Roentgen. Φύσις τῶν ἀκτίνων Roentgen

§ 50.—Αἱ ἀκτῖνες Roentgen ἢ ἀκτῖνες X εἶναι ἀόρατος ἀκτινοβολία πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, χιλίας καὶ πλέον φορᾶς μικροτέρου τοῦ μήκους κύματος τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν δηλ. τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Roentgen παράγονται εἰς τοὺς σωλήνας Coolidge (Κούλιτζ). Οὗτοι εἶναι σωλήνες κενοὶ ἀέρος, φέροντες δύο ἠλεκτρόδια. Τὸ ἓν τούτων, ἡ κάθοδος K, εἶναι νήμα, τὸ ὁποῖον πυρακτούμενον δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Τὸ ἕτερον, ἡ ἀνόδος A, συνίσταται ἐκ δυστήκτου μετάλλου (βολφράμιον). Ἐὰν συνδεθῇ ἡ ἀνόδος μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ἡ κάθοδος μὲ τὸν ἀρνητικόν, τὰ ἀπὸ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια, ἐλκόμενα ἰσχυρῶς ὑπὸ τῆς ἀνόδου ἀποκοτῶν μεγάλας ταχύτητος, προσπίπτοντα δὲ ἐπὶ τῆς ἀνόδου σταματοῦν. Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν περισσοτέρων ἐξ αὐτῶν μετατρέπεται εἰς θερμότητα. Μερικῶν ὅμως ἠλεκτρονίων ἡ κινητικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς ἀκτινοβόλον ἐνέργειαν. Ἡ ἀπὸ τῆς ἀνόδου ἐκπεμπομένη ἀκτινοβολία αὕτη εἶναι αἱ ἀκτῖνες Roentgen. Αἱ ἀκτῖνες αὗται, διαπερῶσαι τὴν ὕαλον τοῦ σωλήνος, ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα.

Αἱ ἀκτῖνες Roentgen ἔχουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητες :

(α) Διαδίδονται εὐθυγράμμως μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ φορτισμένων σωμάτων, οὔτε ὅταν διέρχωνται πηλοσίων μαγνητῶν ἢ ρευματοφόρων ἀγωγῶν. Συμπεριφέρονται δηλ., ὅπως αἱ φωτει-

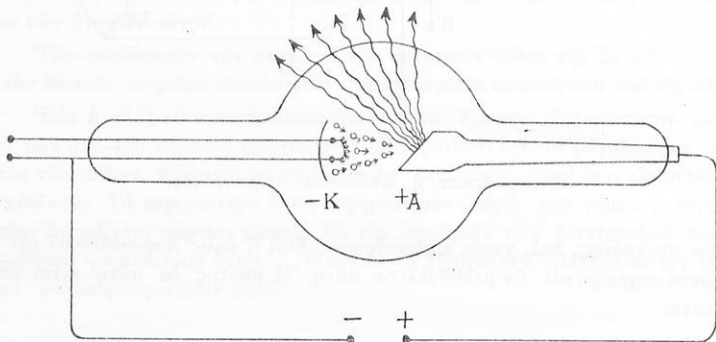


ναί ακτίνες. Παρατηρούνται μάλιστα με τὰς ακτίνας Roentgen καὶ φαινόμενα συμβολῆς καὶ παραθλάσεως.

(β) Προσπίπτουσαι ἐπὶ ὄρισμένων οὐσιῶν καθιστοῦν αὐτὰς φωτεινὰς (φθορισμός).

(γ) Μαυρίζουν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας.

(δ) Ἴονίζουσι τὰ ἀέρια, μετατρέπουσι δηλ. τὰ ἄτομα τῶν ἀερίων εἰς ἰόντα, ὅποτε δύναται διὰ τῶν ἀερίων νὰ διέλθῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.



Σωλὴν ἀκτίνων Roentgen (σωλὴν Coolidge) ἐν λειτουργίᾳ.

(ε) Διέρχονται δι' ἀδιαφανῶν σωμάτων, ὅπως εἶναι ὁ χάρτης, ὑφάσματα, αἱ σάρκες τοῦ σώματός μας, κλπ. Εἰς τὴν ιδιότητα ταύτην στηρίζεται ἡ χρῆσις τῶν ἀκτίνων Roentgen πρὸς διερεύνησιν τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος, διὰ τὴν ἀποκάλυψιν βλαβῶν, αἵτινες προήλθον ἀπὸ ἀσθενείας ἢ δυστυχήματα (βλάβαι πνευμόνων, στομάχου, κατὰγματα ὀστέων, ὑπαρξίς ξένων σωμάτων, ὅπως π.χ. βλημάτων, βελονῶν, κλπ.): μεταξὺ λειτουργοῦντος σωλήνος Coolidge καὶ διαφράγματος ἐπιχρισμένου με φθορίζουσαν εἰς τὰς ακτίνας Roentgen οὐσίαν (ἀκτινοσκοπικὸν διάφραγμα), παρεντίθεται τὸ ἀνθρώπινον σῶμα. Ἐπειδὴ τὰ διάφορα μόρια τοῦ ὄργανισμοῦ ἀπορροφοῦν ἀνίσως αὐτὰς, σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σκιὰ διαφόρου ἐντάσεως τῶν μορίων τούτων. Οὕτω π.χ. ἡ σκιὰ τῶν ὀστέων εἶναι πυκνή, ἐνῶ ἡ σκιὰ τῶν σαρκῶν ἐλάχιστα διακρίνεται. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἀποκαλύπτονται αἱ τυχόν ὑπάρχουσαι βλάβαι ἢ ἡ ὑπαρξίς ξένων σωμάτων ἐντὸς τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος (ἀκτινοσκόπησις). Ἐὰν εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἀκτινοσκοπικοῦ διαφράγματος τεθῇ φωτογραφικὴ πλάξ, λαμβάνεται φωτογραφία τῆς ἀνωτέρω εἰκόνης (ἀκτινογραφία).

(στ) Παρουσιάζουσι ἰσχυρὰν βιολογικὴν δρᾶσιν: καταστρέφουσι τὰ ζωικὰ κύτταρα, ἰδίως, ὅταν ταῦτα εἶναι νέα. Τῆς ιδιότητος ταύτης γίνεται χρῆσις πρὸς καταπολέμησιν τοῦ καρκίνου (ἀκτινοθεραπεία), διότι φονεύουσι ταχύτερον τὰ καρκινικὰ κύτταρα (εὐρισκόμενα εἰς ταχεῖαν ἀνάπτυξιν) τῶν ὑγιῶν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

# ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΦΥΣΙΚΗΝ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

### Α) ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### (1) Μελέτη τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ραδίου

§ 51.—Τὸ στοιχεῖον **ράδιον**, ὅπως καὶ ἄλλα τινὰ στοιχεῖα (οὐράνιον, θόριον, πολώνιον, κλπ.), ἔχει τὴν ιδιότητα, χωρὶς καμμίαν ἔξωτερικὴν αἰτίαν, νὰ ἐκπέμπῃ ἀκτινοβολίας. Αἱ ἐκπεμπόμεναι αὗται ἀκτινοβολαὶ ἀποκαλύπτονται ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα τῶν. Ταῦτα δὲ εἶναι : α) προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν ὠρισμένων οὐσιῶν, β) διέρχονται δι' ἀδιαφανῶν σωμάτων, γ) μαυρίζουν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας καὶ δ) ἰονίζουσι τὸν ἀέρα, δηλ. καθιστοῦν αὐτὸν ἀγωγόν.

Ἀπεδείχθη, ὅτι αἱ ἀκτινοβολαὶ αὗται τοῦ ραδίου περιλαμβάνουν τρία εἶδη ἀκτίνων. Τὰ εἶδη ταῦτα χαρακτηρίζονται διὰ τῶν ἐλληνικῶν γραμμάτων α, β καὶ γ.

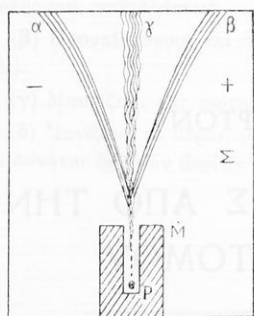
Αἱ **ἀκτίνες ἄλφα** (α) εἶναι ταχέως κινούμενοι πυρῆνες τοῦ στοιχείου ἡλίου. Εἶναι δηλ. σωμάτια φέροντα φορτίον θετικόν, δύο πρωτονίων. Αἱ ταχύτητες αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους  $16 \cdot 10^6$  m/sec.

Αἱ **ἀκτίνες βῆτα** (β) εἶναι ἠλεκτρόνια κινούμενα μὲ ἐκτάκτως μεγάλας ταχύτητας. Εἶναι ἐπομένως τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας, (§ 46) δηλ. σωμάτια φέροντα φορτίον ἀρνητικόν. Αἱ ταχύτητες αὐτῶν κυμαίνονται μετὰξὺ  $120 \cdot 10^6$  καὶ  $290 \cdot 10^6$  m/sec.

Αἱ **ἀκτίνες γάμα** (γ) εἶναι κυμάνσεις λίαν μικροῦ μήκους κύματος. Εἶναι ἐπομένως τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ τὰς φωτεινὰς ἀκτίνας καὶ τὰς ἀκτίνας Roentgen (§ 50), διαφέρουσαι ἀπὸ αὐτὰς μόνον κατὰ τὸ μῆκος κύματος (τοῦτο εἶναι 1000 καὶ πλέον φορὰς μικρότερον τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀκτίνων Roentgen). Αἱ ἀκτίνες αὗται ἔχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἰκανότητα, δυνάμεναι νὰ διαπεράσῃν μεταλλικὰ στρώματα σημαντικοῦ πάχους. Ἐν γένει ἔχουν τὰς αὐτὰς ιδιότητες μὲ τὰς ἀκτίνας Roentgen καὶ χρησιμοποιοῦνται, ὡς καὶ ἐκεῖνα.

Τὰ τρία ταῦτα εἶδη ἀκτίνων διαχωρίζονται, ἂν μικρὰ ποσότης ραδίου P

τεθῆ εἰς τὸν πυθμῆνα ἐπιμήκους κοιλότητος ἐντὸς τεμαχίου μολύβδου Μ, εὐρισκο-



Διαχωρισμός τῶν ἀκτίνων α, β, γ τοῦ ραδίου.

μένου εἰς κενὸν θάλαμον Σ. Αἱ ἀπὸ τῆς κοιλότητος ἐξερχόμεναι ἀκτίνες διέρχονται διὰ μέσου δύο πλακῶν φορτισμένων ἐτερωνύμως. Αἱ ἀκτίνες β, φέρουσαι ἀρνητικὸν φορτίον ἔλκονται ὑπὸ τῆς θετικῆς πλακῶς πρὸς τὰ δεξιὰ, αἱ ἀκτίνες α, φέρουσαι θετικὸν φορτίον ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀρνητικῆς πλακῶς πρὸς τ' ἀριστερά, αἱ δὲ ἀκτίνες γ, μὴ φέρουσαι φορτίον, συνεχίζουν τὴν εὐθύγραμμον πορείαν των. Οὕτως ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῶς, εὐρισκομένης εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ θαλάμου, σχηματίζονται τρεῖς κηλίδες α, β, γ, προκύπτουσαι ἐκ τοῦ διαχωρισμοῦ τῶν τριῶν εἰδῶν ἀκτίνων.

## (2) Τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα

§ 52.— Ἐκτὸς τοῦ ραδίου ὑπάρχουν εἰς τὴν φύσιν καὶ ἄλλα στοιχεῖα ἐκπέμποντα ραδιενέργειαν, τὰ ὅποια δηλ. αὐτομάτως ἐκπέμπουν ἀκτινοβολίας. Ταῦτα ὀνομάζονται φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα διότι ὑπάρχουν καὶ ραδιενεργὰ στοιχεῖα κατασκευαζόμενα τεχνητῶς (τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα). Ἄλλα ἐξ αὐτῶν ἐκπέμπουν μόνον ἀκτίνες α καὶ γ, ἄλλα δὲ μόνον ἀκτίνες β καὶ γ. Αἱ ραδιενεργοὶ οὐσίαι εἶνα συνήθως μίγματα ραδιενεργῶν στοιχείων, ὅποτε ἐμφανίζονται καὶ τὰ τρία ταῦτα εἶδη ἀκτίνων.

Τοιαῦτα στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ θόριον, τὸ πολώνιον, τὸ ραδόνιον, κ. ἄ. Κατατάσσονται δὲ εἰς τρεῖς οἰκογενεῖας. Τὴν οἰκογένειαν οὐρανίου-ραδίου, τὴν οἰκογένειαν ἀκτινίου καὶ τὴν οἰκογένειαν θορίου.

## (3) Ἡ μεταστοιχείωσις τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων

§ 53.— Ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου διασπάσεως τῶν πυρῆνων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Κατὰ τὴν διάσπασιν ταύτην ἐκπέμπονται ἀπὸ τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου σωμάτια (α ἢ β), ὅποτε ἀλλοιώνεται ἡ συζρότησις τοῦ πυρῆνος. Ἀποτέλεσμα τῆς ἀλλοιώσεως ταύτης εἶναι ἡ ἐμφάνισις πυρῆνος νέου στοιχείου. Οὕτω π. χ. μετὰ τὴν ἐκπομπὴν σωματίου ἄλφα ἀπὸ τοῦ πυρῆνος τοῦ ραδίου, ὁ ἀπομένων πυρῆν δὲν εἶναι πλέον πυρῆν ραδίου ἀλλὰ ἐτέρου στοιχείου, τοῦ ραδονίου. Τὸ ραδόνιον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργόν: ἀπὸ τοῦ πυρῆνος του ἐκπέμπεται νέον σωμάτιον ἄλφα, ὁ δὲ ἀπομένων πυρῆν εἶναι πυρῆν ἐτέρου στοιχείου, τοῦ πολωνίου, κ.ο.κ. Τὸ φαινόμενον μετατροπῆς ἐνὸς χημικοῦ στοιχείου εἰς ἕτερον ὀνομάζεται μεταστοιχείωσις. Ἡ ραδιενέργεια, ἐπομένως, εἶναι ἀποτέλεσμα φυσικῆς μεταστοιχείωσεως.

“Όλα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα προκύπτουν τὸ ἓν ἀπὸ τὸ ἄλλο, δι’ αὐτομάτου διασπάσεως (μεταστοιχειώσεως) λέγονται ὅτι ἀποτελοῦν μίαν ραδιενεργὸν οἰκογένειαν. Ὡς ἀνεφέρθη (§ 52), ὅλα τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἀνήκουν εἰς τρεῖς οἰκογενεῖας.

Εἶναι ἐνδιαφέρον νὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ ταχύτης διασπάσεως ραδιενεργοῦ στοιχείου δὲν δύναται νὰ ἀλλάξῃ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν φυσικῶν παραγόντων ὅπως εἶναι ἡ θερμοκρασία, ἡ πίεσις, ἡ παρουσία ἠλεκτρικῶν φορτίων ἢ μαγνητῶν, κλπ. Δὲν ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἀπὸ χημικοὺς παράγοντας. Τὸ ράδιον π. χ. ἀκτινοβολεῖ μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα εἴτε εἶναι ἐλεύθερον, εἴτε εὐρίσκεται εἰς τὸ μόριον χημικῆς ἐνώσεως.

## B) ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

### (1) Ὁ πυρῆν καὶ τὰ περίξ αὐτοῦ κινούμενα ἠλεκτρόνια

§ 54.—Τὸ ἄτομον οἰουδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένας περιοχάς, τὸν πυρῆνα καὶ τὸ ἠλεκτρονικὸν περιβλήμα. Ὁ πυρῆν εἶναι λίαν μικρὰ περιοχὴ τοῦ ἀτόμου. Ἡ διάμετρος του εἶναι περίπου  $10^{-12}$  cm, ἐνῶ ἡ διάμετρος ὁλοκλήρου τοῦ ἀτόμου εἶναι περίπου  $10^{-8}$  cm, δηλ. 10000 φορές μεγαλυτέρα. Ὁ πυρῆν φέρει θετικὸν φορτίον καὶ περιλαμβάνει ὁλόκληρον σχεδὸν τὴν μᾶζαν τοῦ ἀτόμου. Τὸ δὲ ἠλεκτρονικὸν περιβλήμα συνίσταται ἀπὸ ἀριθμὸν τινα ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται μὲ μεγάλας ταχύτητας περίξ τοῦ πυρῆνος. Ταῦτα ἐλκόμενα ὑπὸ τοῦ πυρῆνος (φέρροντος ἀντίθετον φορτίον) ἐμποδίζονται νὰ ἀπομακρυνθοῦν ἀπ’ αὐτοῦ, ἐξαναγκάζόμενα οὕτω νὰ περιφέρονται περίξ αὐτοῦ.

### (2) Τὰ δύο νουκλεόνια (πρωτόνιον καὶ νετρόνιον)

54.—Τὰ συστατικὰ τοῦ πυρῆνος εἶναι σωματία, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται νουκλεόνια. Ταῦτα εἶναι δύο εἰδῶν : πρωτόνιον καὶ νετρόνιον. Ἐκαστον πρωτόνιον εἶναι σωματίον φέρον θετικὸν φορτίον, ἴσον (ἀπολύτως) πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου, τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ μᾶζα εἶναι 1840 φορές περίπου μεγαλυτέρα τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτρονίου. Ἐκαστον δὲ νετρόνιον εἶναι ἀφόρτιστον σωματίον, τοῦ ὁποίου ἡ μᾶζα εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

Τὰ νουκλεόνια εὐρίσκονται λίαν πλησίον ἀλλήλων καὶ συγκρατοῦνται εἰς τὸν πυρῆνα δι’ ἰσχυροτάτων δυνάμεων. Λόγω τούτου ἡ διάσπασις τοῦ πυρῆνος εἶναι δυσχερεστάτη. Εἰς λίαν βαρεῖς ὅμως πυρῆνας (ραδιενεργὰ στοιχεῖα § 52) ἡ διάσπασις γίνεται αὐτομάτως.

Κατὰ τὰς αὐτομάτους (ἀλλὰ καὶ τὰς τεχνητὰς) διασπάσεις τῶν πυρῆνων εἶναι δυνατὴ ἡ ἔξοδος ἀπ’ αὐτῶν ἠλεκτρονίου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἓν νετρόνιον δύναται νὰ ἐκπέμψῃ ἠλεκτρόνιον καὶ νὰ μετατραπῇ εἰς πρωτόνιον :

νετρόνιον  $\longrightarrow$  ἠλεκτρόνιον + πρωτόνιον.

Είναι επίσης δυνατή ἡ ἔξοδος ἐκ τοῦ πυρῆνος σωματίου, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **ποζιτρόνιον**. Τοῦτο ἔχει μᾶζαν ὅσῃν καὶ τὸ ἠλεκτρόνιον, ἀλλὰ φορτίον θετικὸν (ὅσον καὶ τὸ πρωτόνιον). Τοῦτο ἀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ πρωτόνιον δύναται νὰ ἐμπέμψῃ ποζιτρόνιον καὶ νὰ μετατραπῇ εἰς νετρόνιον :

πρωτόνιον —> ποζιτρόνιον + νετρόνιον.

Παρατηροῦμεν λοιπὸν ὅτι τὰ νουκλεόνια δύναται νὰ μετατρέπονται τὸ ἓν εἰς τὸ ἕτερον.

### (3) Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐντὸς τοῦ πυρῆνος πρωτονίων

§ 56.—Ἐὰν γράψωμεν τὰ χημικὰ στοιχεῖα τὸ ἓν κατόπιν τοῦ ἄλλου, κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε ἕκαστον τούτων νὰ εἶναι βαρύτερον τῶν προηγουμένων του, κατὰ τὴν σειρᾶν, ὡς λέγομεν, ἀξανάτων ἀτομικῶν βαρῶν, ἐπιτυγχάνομεν μίαν ταξινομήσιν τῶν χημικῶν στοιχείων, ἣτις ὀνομάζεται **περιοδικὸν σύστημα**. Ὁ αὐξων ἀριθμὸς στοιχείου εἰς τὸ περιοδικὸν τοῦτο σύστημα ὀνομάζεται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου** καὶ συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα Z. Οὔτω π. χ. ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ πρώτου, τοῦ ἐλαφροτέρου ἀτόμου, τοῦ ὕδρογόνου, εἶναι 1, ἐνῶ τοῦ τελευταίου, τοῦ βαρυτέρου ἀτόμου, τοῦ ἐννενηκοστοῦ δευτέρου, τοῦ οὐρανίου, εἶναι 92. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ ὀγδοῦ στοιχείου, τοῦ ὀξυγόνου, εἶναι 8, κ. ο. κ.

Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου παριστᾷ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων τοῦ ἠλεκτρονικοῦ περιβλήματος τοῦ ἀτόμου του, ἀλλὰ καὶ τὸν ἀριθμὸν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος του. Οὔτω τὸ ἠλεκτρονικὸν περίβλημα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου συνίσταται ἐξ ἑνὸς μόνου ἠλεκτρονίου, τοῦ οὐρανίου ἐξ 92 ἠλεκτρονίων, τοῦ ὀξυγόνου ἐξ 8, κ.ο.κ. Ἀλλὰ ἓν εἶναι καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος τοῦ ὕδρογόνου, 92 ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου, 8 τοῦ ὀξυγόνου, κ.ο.κ.

### (4) Ὁ ἐντὸς τοῦ πυρῆνος ἀριθμὸς νετρονίων, ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος

§ 57.—Πλὴν τοῦ **συνήθους** ὕδρογόνου οἱ πυρῆνες ὅλων τῶν ἀτόμων περιέχουν ἀριθμὸν τινα νετρονίων. Τὸ ἄθροισμα τοῦ ἀριθμοῦ τῶν περιεχομένων εἰς τὸν πυρῆνα νετρονίων καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ ὀνομάζεται **μαζικὸς ἀριθμὸς**. Οὗτος σχετίζεται μὲ τὸ **ἀτομικὸν βάρος** τοῦ θεωρουμένου στοιχείου: εἶναι ὁ γειτονικώτερος τοῦ ἀτομικοῦ βάρους ἀκέραιος ἀριθμὸς.

Ἐπειδὴ τὰ νετρόνια δὲν φέρουν ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ συνολικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι τὸ θετικὸν φορτίον τῶν πρωτονίων του καὶ ἐπειδὴ ὁ συνολικὸς ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων τοῦ ἠλεκτρονικοῦ περιβλήματος ἰσοῦται πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, τὸ συνολικὸν φορτίον παντὸς ἀτόμου εἶναι μηδέν: δηλ. τὸ ἄτομον ἀπὸ τίνος, μικρᾶς ἀποστάσεως δὲν παρουσιάζει ἠλεκτρικὰς ιδιό-

τητας. Αί ιδιότητες αὐτὰ θὰ ἐμφανισθοῦν, ὅταν ἀποσπασθοῦν ἀπὸ τοῦ ἀτόμου ἐν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, ὁπότε μετατρέπεται εἰς θετικὸν ἰδὸν ἢ ἐὰν προσκολληθοῦν ἐν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, ὁπότε μετατρέπεται εἰς ἀρνητικὸν ἰδὸν (§ 30).

### (5) Τὰ ἰσότοπα στοιχεῖα

§ 58.—Τὰ ἄτομα ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ χημικοῦ στοιχείου δὲν εἶναι ὅλα ὅμοια, ὅσον ἀφορᾷ τὴν σύστασιν τοῦ πυρήνος τῶν. Ἐνῶ δηλ. ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἔχουν διαφόρους μαζικοὺς ἀριθμοὺς, δηλ. οἱ πυρήνες τῶν περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων, διαφόρους δὲ ἀριθμοὺς νετρονίων. Τὰ ἄτομα ταῦτα ὀνομάζονται **ισότοπα τοῦ στοιχείου**. Τὸ εἰς τὴν φύσιν π. χ. εὐρισκόμενον ὕδρογόνον εἶναι μίγμα τριῶν ἰσοτόπων. Ταῦτα εἶναι τὸ **σύνηθες ὕδρογόνον** ἢ **πρώτιον**, τὸ **βαρὺ ὕδρογόνον** ἢ **δευτέριον** καὶ τὸ **ὑπερβαρὺ ὕδρογόνον** ἢ **τρίτιον**. Οἱ πυρήνες τῶν περιέχουν ἀνὰ ἓν πρωτόνιον, τοῦ δευτερίου ὅμως ὁ πυρὴν περιέχει καὶ ἓν νετρόνιον, τοῦ δὲ τριτίου καὶ δύο νετρόνια.

Λίαν ἐνδιαφέρουσα εἶναι ἡ περίπτωσις τῶν τριῶν ἰσοτόπων τοῦ οὐράνιου. Ταῦτα εἶναι: τὸ οὐράνιον διακόσια τριάκοντα ὀκτώ (μαζικὸς ἀριθμὸς  $A = 238$ , ἀτομικὸς ἀριθμὸς  $Z = 92$ , ἀριθμὸς νετρονίων πυρῆνος  $238 - 92 = 146$ ), τὸ οὐράνιον διακόσια τριάκοντα πέντε ( $A = 235$ ,  $Z = 92$ , ἀριθμὸς νετρονίων πυρῆνος  $235 - 92 = 143$ ) καὶ τὸ οὐράνιον διακόσια τριάκοντα τέσσαρα ( $A = 234$ ,  $Z = 92$ , ἀριθμὸς νετρονίων  $234 - 92 = 142$ ).

Τὰ ἰσότοπα στοιχεῖα παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητες. Αἱ φυσικαὶ ὅμως ιδιότητες, αἱ ὁποῖαι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ ἀτομικὸν βᾶρος παρουσιάζουν μικροτέρας ἢ μεγαλυτέρας διαφορὰς.

Ἡ ἐντελῶς ἰδιαιτέρα ιδιότης, τὴν ὁποῖαν παρουσιάζει τὸ οὐράνιον διακόσια τριάκοντα πέντε νὰ ὑφίσταται **σχάσιν** (νὰ διασπᾶται δηλ. εἰς δύο σχεδὸν ἰσοβαρεῖς πυρήνας) ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν νετρονίων, ὠδήγησεν εἰς τὴν κατασκευὴν τῆς **ἀτομικῆς βόμβας**.

### Προβλήματα ἐπὶ τῶν ἀκτινοβολιῶν

**ΣΗΜΕΙΩΣΙΣ.**—Τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτινοβολιῶν εἶναι λίαν μικρὰ καὶ λόγῳ τούτου μετροῦνται μὲ μικρὰς μονάδας, ὡς εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:

$$1 \text{ χιλιοστόμετρον} = 1 \text{ mm (μιλιμέτρ)} = \frac{1}{1000} \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}.$$

$$1 \text{ μικρὸν} = 1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}.$$

$$1 \text{ μιλιμικρὸν} = 1 \text{ mμ} = 10^{-3} \mu = 10^{-9} \text{ m}.$$

$$1 \text{ ἄγκστρομ} = 1 \text{ \AA} = \frac{1}{10} \text{ mμ} = 10^{-10} \text{ m}.$$

Αί δὲ συχνότητες μετροῦνται εἰς ἀριθμοὺς ταλαντώσεων (περιοδῶν) ἀνὰ δευτερόλεπτον ἢ εἰς χιλιάδας ταλαντώσεων ἀνὰ δευτερόλεπτον. Μία ταλάντωσις ἀνὰ δευτερόλεπτον ὀνομάζεται καὶ εἷς κύκλος ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονὰς : 1 c/sec ἢ 1 sec<sup>-1</sup>), μία δὲ χιλιάς ταλαντώσεων ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ εἷς χιλιοκύκλος ἀνὰ δευτερόλεπτον (μονὰς : 1 kc/sec = 1000 sec<sup>-1</sup>).

1.—Τὸ μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας εἶναι 6000  $\text{\AA}$ . Ζητεῖται ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης. Ταχύτης τοῦ φωτὸς  $3 \cdot 10^8$  m/sec.

Λύσις. Γνωρίζομεν ὅτι μεταξὺ μήκους κύματος  $\lambda$ , συχνότητος  $\nu$  καὶ ταχύτητος διαδόσεως κυμάτων  $u$ , ὑφίσταται ἡ σχέση (§ 27) :

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

Θέτοντες  $\lambda = 6000 \text{\AA} = 6000 \cdot 10^{-8} = 6 \cdot 10^{-5}$  cm καὶ  $u = 3 \cdot 10^8$  m/sec =  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec, εὐρίσκομεν :

$$\nu = \frac{u}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{6 \cdot 10^{-5}} = \frac{30}{6} \cdot 10^{14} = 5 \cdot 10^{14} \text{ c/sec (κύκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτον)}.$$

2.—Τὸ μῆκος κύματος φωτεινῆς ἀκτινοβολίας εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 0,4  $\mu$ . Νὰ εὐρεθῇ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης εἰς χιλιοκύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτον, γνωστοῦ ὄντος διὴ τῆς ταχύτης διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 300 000 km/sec (χιλιόμετρα ἀνὰ δευτερόλεπτον).

Λύσις. Θέτοντες εἰς τὸν τύπον  $\nu \cdot \lambda = u$ ,  $\lambda = 0,4 \mu = 0,4 \cdot 10^{-4}$  cm =  $4 \cdot 10^{-5}$  cm καὶ  $u = 300\,000$  km/sec =  $3 \cdot 10^5 \frac{1000 \text{ m}}{\text{sec}} = 3 \cdot 10^8 \frac{100 \text{ cm}}{\text{sec}}$  =  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec, λαμβάνομεν :  $\nu = \frac{u}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{4 \cdot 10^{-5}} = \frac{30}{4} \cdot 10^{14} = 7,5 \cdot 10^{14}$  c/sec (κύκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτον) =  $7,5 \cdot 10^{11} = 75 \cdot 10^{10}$  kc/sec (χιλιόκυκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτον).

3.—Τὸ μῆκος κύματος φωτεινῆς ἀκτινοβολίας εἶναι 5893  $\text{\AA}$  εἰς τὸν ἀέρα, ὅπου ἡ ταχύτης διαδόσεως εἶναι  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec. Ἐὰν ἡ ταχύτης διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι ἴση πρὸς τὰ  $\frac{3}{4}$  τῆς εἰς τὸν ἀέρα, ποῖον τὸ μῆκος κύματος αὐτῆς εἰς τὸ ὕδωρ ; Νὰ ὑπολογισθῇ καὶ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας.

Λύσις. (α) Ἐστῶσαν  $\lambda_0$  τὸ μῆκος κύματος εἰς τὸν ἀέρα καὶ  $\lambda$  εἰς τὸ

ὕδωρ,  $v_0$  καὶ  $v$  αἱ ταχύτητες εἰς τὸν ἀέρα καὶ τὸ ὕδωρ, ἀντιστοίχως καὶ  $v$  ἡ συχνότης. Θὰ ἔχωμεν :

$$\begin{aligned} v \cdot \lambda_0 &= v_0 \\ v \cdot \lambda &= v \end{aligned}$$

Διαιροῦντες λαμβάνομεν :

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{v_0} \quad \eta \quad \lambda = \lambda_0 \frac{v}{v_0}. \quad \text{Εἶναι ὁμως } v = \frac{3}{4} v_0, \quad \text{ὁπότε } \lambda = \lambda_0 \frac{3}{4} =$$

$$= \frac{3}{4} \cdot 5893 = 4419,75 \text{ \AA}.$$

(β) Θέτοντες εἰς τὸν τύπον  $v \cdot \lambda_0 = v_0$ ,  $v_0 = 3 \cdot 10^{10}$  cm/sec

καὶ  $\lambda_0 = 5893 \text{ \AA} = 5893 \cdot 10^{-8}$  cm, λαμβάνομεν :

$$v = \frac{v_0}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{5893 \cdot 10^{-8}} = \frac{30000}{5893} \cdot \frac{10^6}{10^{-8}} = 5,09 \cdot 10^{14} \text{ c/sec} =$$

$$= 5,09 \cdot 10^{11} \text{ kc/sec}.$$

4.—*Ἡ ἀπόστασις φωτεινῆς πηγῆς, ἐκπεμπούσης φῶς συχνότητος  $5 \cdot 10^{11}$  kc/sec καὶ διαφράγματος εἶναι 30 mm. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν κυμάτων (δηλ. τῶν μηκῶν κύματος), τὰ ὁποῖα περιέχονται μεταξὺ τῆς πηγῆς καὶ τοῦ διαφράγματος. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec.*

**Λύσις.** Ἐκ τοῦ τύπου  $v \cdot \lambda = v$  ἢ  $\lambda = \frac{v}{v}$ , εὐρίσκομεν τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$ , θέτοντες  $v = 3 \cdot 10^{10}$  cm/sec καὶ  $v = 5 \cdot 10^{11}$  kc/sec =  $5 \cdot 10^{14}$  c/sec :

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^{10}}{5 \cdot 10^{14}} = \frac{30}{5} \cdot 10^{-5} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ cm}.$$

Ἐὰν εἶναι  $x$  ὁ ἀριθμὸς τῶν περιεχομένων κυμάτων εἰς τὸ μῆκος  $s = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$ , θὰ ἔχωμεν :

$$x \cdot \lambda = s \quad \text{καὶ} \quad x = \frac{s}{\lambda} = \frac{3}{6 \cdot 10^{-5}} = \frac{3 \cdot 10^5}{6} = 5 \cdot 10^4 = 50000 \text{ κύματα}.$$

5.—*Θεωροῦμεν ἀκτινοβολίαν μήκους κύματος 0,5 μ εἰς τὸ κενόν. Πόσαι ταλαντώσεις παράγονται εἰς ἓν χιλιοστὸν τοῦ δευτερολέπτου ; Ταχύτης τῆς ἀκτινοβολίας εἰς τὸ κενὸν 300 000 km/sec.*



**Λύσις.** Ἡ περίοδος  $T$  (χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως) τῆς ἀκτινοβολίας δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :  $\lambda = \nu \cdot T$ . Θέτοντες  $\lambda = 0,5 \mu = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$  καὶ  $\nu = 300\,000 \text{ km/sec} = 3 \cdot 10^5 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$ , εὐρίσκομεν  $T = \frac{\lambda}{\nu} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{10}} = \frac{5}{3} \cdot 10^{-15} \text{ sec}$ . Ἐὰν εἶναι  $x$  ὁ ἀριθμὸς τῶν ταλαντώσεων εἰς χρόνον  $t = \frac{1}{1000} \text{ sec}$ , θὰ ἔχωμεν :  $xT = t$  καὶ

$$x = \frac{t}{T} = \frac{10^{-3}}{\frac{5}{3} \cdot 10^{-15}} = \frac{3}{5} \cdot 10^{12} = \frac{30}{5} \cdot 10^{11} = 6 \cdot 10^{11} \text{ ταλαντώσεις.}$$

Τ Ε Λ Ο Σ

**ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΟΥΝΑΡΗ**

**ΦΥΣΙΚΗ**

- ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ** : ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ  
**ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ** : ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ, ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ, ΚΥΜΑΤΙΚΗ,  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ, ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ  
**ΤΟΜΟΣ ΤΡΙΤΟΣ** : ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ  
**ΤΟΜΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΣ** : ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ, ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ,  
ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ, ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ  
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ.



**ΧΗΜΕΙΑ**

- ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ** : ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, ΑΜΕΤΑΛΛΑ, ΜΕΤΑΛΛΑ  
**ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ** : ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

**ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΓΟΥΝΑΡΗΣ**  
Έμμ. Μπενάκη 60  
Τηλ. 626-353 — ΑΘΗΝΑΙ

# ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΕΤΡΟΥ Κ. ΡΑΝΟΥ

—ΟΔΟΣ ΠΕΣΜΑΖΟΓΛΟΥ 5ε • ΤΗΛ. 225-175 • ΑΘΗΝΑΙ—

## ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΑ ΒΙΒΛΙΑ - ΛΕΞΙΚΑ



ΒΑΛΕΤΑ Γ.—*Ἀναλύσεις Λογοτεχνικῶν κειμένων.* Ὀλόκληρος ἡ ἐξεταστέα ὕλη διὰ τὴν ἀπόκτησιν τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ Ἀπολυτηρίου μετὰ τῶν κειμένων.

ΔΑΝΤΗ ΞΕΝ.—*Ἡ δημοτικὴ καὶ ἡ Ὀρθογραφία τῆς.* Ὅλοι οἱ ὀρθογραφικοὶ κανόνες, οἱ ἀπλοποιήσεις τῆς Ἀκαδημίας. Ὀρθογραφικὰ γυμνάσματα. Ἐκδοσὴ 1965.

ΔΑΝΤΗ ΞΕΝ.—*Πρακτικὸν σύστημα Ὀρθογραφίας.* Καθαρευούσι καὶ Δημοτικῆς.

ΘΕΜΕΛΗ.—*Διδασκαλία Νέων Ἑλληνικῶν.*

ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ.—*Ἐκθέσεις Ἰδεῶν.*

ΡΑΝΟΥ.—*Δεξικὸν Γαλλοελληνικὸν καὶ Ἑλληνογαλλικὸν* μετὰ Γαλλικῆς Γραμματικῆς. Δεμένον εἰς ἓνα τόμον.

ΡΑΝΟΥ.—*Δεξικὸν Ἀγγλοελληνικὸν καὶ Ἑλληνοαγγλικὸν* μετὰ Ἀγγλικῆς Γραμματικῆς. Δεμένον εἰς ἓνα τόμον.

ΡΑΝΟΥ.—*Ἐπίτομη Ἀνθολογία Ποιήσεως.*

ΦΛΩΡΟΥ.—*Ὑποδειγματικὴ διδασκαλία Λογοτεχνημάτων.*



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (ΙΤΥΥΔΕΚ)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ



0020638086

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ



