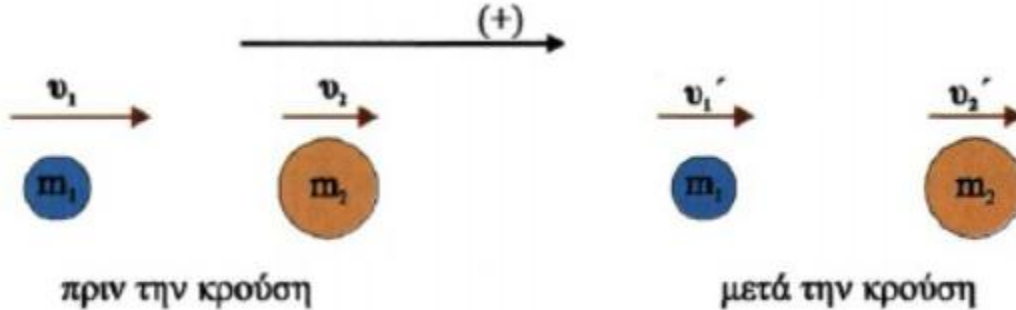


Τεύχος Γ'

Κεφ. 5 Κρούσεις

5.3 Ελαστική κρούση δύο σφαιρών σελ. 156 – 157



$$\text{ΑΔΟ : } P_{\alpha\rho\chi} = P_{\tau\epsilon\lambda} \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1)$$

$$\text{Διατήρηση Κινητικής Ενέργειας } K_{\alpha\rho\chi} = K_{\tau\epsilon\lambda} \Rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

$$\text{Η σχέση (1) γίνεται: } m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_2) \quad (3)$$

και η σχέση (2) :

$$m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2(v_2'^2 - v_2^2) \xrightarrow{\text{εφαρμοζω ταυτότητα}} m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2(v_2' - v_2)(v_2' + v_2) \quad (4)$$

Διαιρώ $\frac{(4)}{(3)}$ και έχω: $(v_1 + v_1') = (v_2' + v_2)$ λύνω ως προς v_2' , δηλ. $v_2' = v_1 + v_1' - v_2$ (5) και το αντικαθιστώ στην σχέση (1), οπότε έχω:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2(v_1 + v_1' - v_2) \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_1 + m_2 v_1' - m_2 v_2 \Rightarrow$$

$$(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2 v_2 = (m_1 + m_2)v_1' \Rightarrow v_1' = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} v_1 + \frac{2m_2}{(m_1 + m_2)} v_2$$

και αντικαθιστώντας την προηγούμενη σχέση στην (5) έχω:

$$v_2' = v_1 + \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} v_1 + \frac{2m_2}{(m_1 + m_2)} v_2 - v_2 \Rightarrow$$

$$v_2' = \frac{(m_1 + m_2)v_1 + (m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} + \frac{2m_2 v_2 - (m_1 + m_2)v_2}{(m_1 + m_2)} \Rightarrow v_2' = \frac{2m_1 v_1}{(m_1 + m_2)} + \frac{(m_2 - m_1)v_2}{(m_1 + m_2)}$$

Σημείωση : Κατά τον υπολογισμό των ταχυτήτων των σφαιρών υποθέσαμε ότι οι σφαίρες μετά την κρούση συνεχίζουν να κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Αν μετά τις πράξεις προκύψει αρνητική τιμή για την u_1 θα συμπεράνουμε ότι η Σ_1 άλλαξε φορά κίνησης μετά την κρούση.

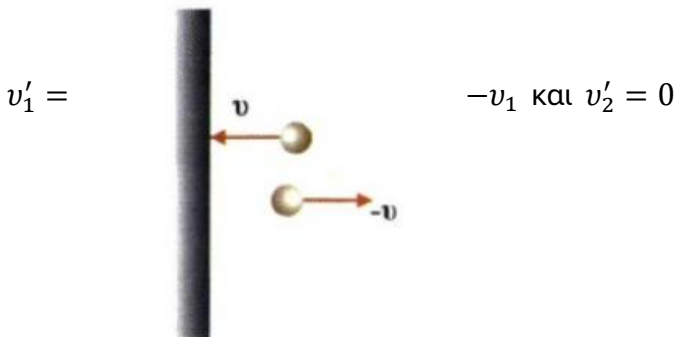
Εάν $m_1 = m_2$ τότε:

$u_1' = u_2$ και $u_2' = u_1$, δηλαδή οι δύο σφαίρες ανταλλάσσουν ταχύτητες.

Εάν $u_2 = 0$, δηλ. η σφαίρα 2 ήταν αρχικά ακίνητη, τότε:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} v_1 \quad \text{και} \quad v_2' = \frac{2m_1 v_1}{(m_1 + m_2)}$$

5.4 Ελαστική κρούση Σώματος με άλλο ακίνητο πολύ μεγάλης μάζας. σελ. 157 – 158



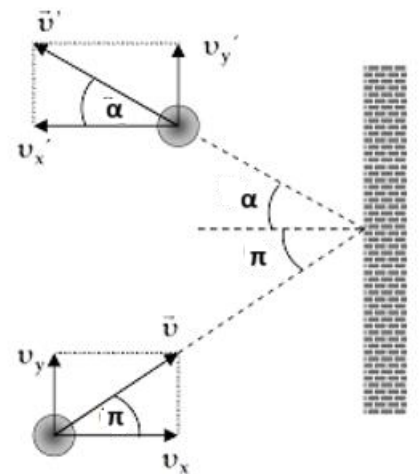
Πλάγια ελαστική κρούση. Η δύναμη που ασκείται στην σφαίρα είναι κάθετη στον τοίχο, άρα **μεταβάλλεται μόνον η x συνιστώσα** της ταχύτητας. Συγκεκριμένα, αλλάζει μόνον η φορά της, αλλά όχι το μέτρο της.

Επειδή η κρούση είναι ελαστική, $K_{αρχ} = K_{τελ}$ άρα $v^2 = v'^2$, επομένως οι ταχύτητες πριν και μετά την κρούση έχουν ίσα μέτρα, $v = v'$.

Επίσης $v_y = v_y'$ (δεν ασκείται δύναμη στον y άξονα)

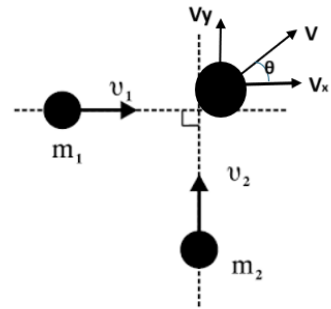
$$\eta_{μπ} = \frac{v_y}{v} \quad \text{και} \quad \eta_{μα} = \frac{v_y'}{v'}$$

άρα $\eta_{μπ} = \eta_{μα}$ και $\pi = \alpha$, δηλ. γωνία πρόσπτωσης = γωνία ανάκλασης.



!! Παραδείγματα 5.1 και 5.2 σελ. 158 – 159

Παράδειγμα 5.2 να μελετηθεί πολύ προσεκτικά!!!

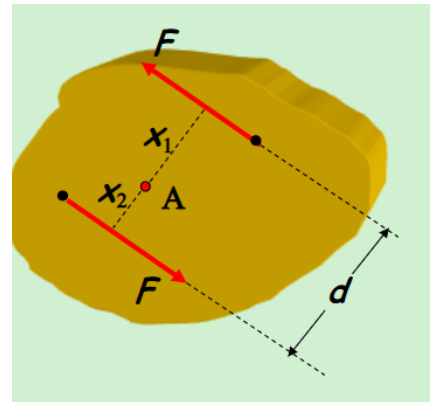


Κεφ. 4 Μηχανική στερεού σώματος

Η κύλιση του τροχού σελ. 112

Αποδείξεις: $v_{cm} = \omega R$ και $\alpha_{cm} = \alpha_{γων} R$

Ζεύγος δυνάμεων – ροπή ζεύγους : απόδειξη της σχέσης: $\tau = F_1 d$
σελ.114



Κεφ. 1 Μηχανικές Ταλαντώσεις

§ 1.3 Δυναμική προσέγγιση, απόδειξη της σχέσης $\sum F = -Dx$

Απόδειξη της σχέσης **1.8**, $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$

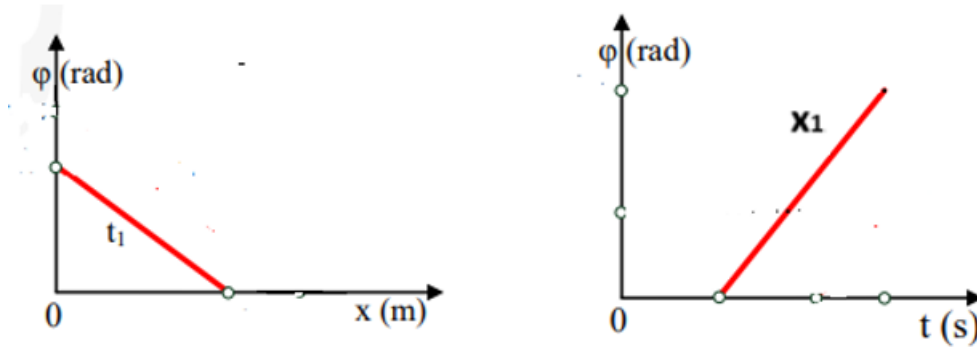
Παράδειγμα 1.1 πολύ καλά!!! (απόδειξη ότι ένα σώμα κάνει Α.Α.Τ.)

Ενεργειακή προσέγγιση. Απόδειξη σχέσης: $E = \frac{1}{2}DA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$ σελ. 13 - 14

Κεφ. 2 Κύματα

§ 2.2 Η μαθηματική περιγραφή του αρμονικού κύματος . Απόδειξη της εξίσωσης του κύματος :

$$y = A\eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$



Γραφικές παραστάσεις φάσης με την θέση (για συγκεκριμένη χρονική στιγμή) και τον χρόνο (για συγκεκριμένη θέση)

§2.4 Συμβολή δύο κυμάτων

Ενισχυτική συμβολή $|r_1 - r_2| = N\lambda$, $N = 0,1,2 \dots$

Απόσβεση $|r_1 - r_2| = (2N + 1)\frac{\lambda}{2}$, $N = 0,1,2 \dots$

!!! Παράδειγμα 2.1

§ 2.5 Στάσιμα κύματα

Απόδειξη της σχέσης $y = 2A\sigma\eta\nu 2\pi \frac{x}{\lambda} \eta\mu 2\pi \frac{t}{T}$ σελ. 53 ,

$A' = 2A\sigma\eta\nu 2\pi \frac{x}{\lambda}$ πλάτος ταλάντωσης σημείων στασίμου κύματος

και απόδειξη των σχέσεων 2.14 και 2.15

Δεσμοί στασίμου κύματος (συνεχώς ακίνητα σημεία) $x = (2\kappa + 1)\frac{\lambda}{4}$ (2.14)

Κοιλίες στασίμου κύματος (μέγιστο πλάτος ταλάντωσης) $x = \kappa\frac{\lambda}{2}$ (2.15)

!!! Παράδειγμα 2.2

Κεφ.4 Μαγνητικό Πεδίο

§4.3 Απόδειξη της σχέσης: $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I}{r}$, μαγνητικό πεδίο **κυκλικού αγωγού**, από τον νόμο των Biot & Savart. Σελ. 148, 149

§4.4 Νόμος Ampere : απόδειξη σχέσης $\sum \mathbf{B} d\mathbf{l} \sin\theta = \mu_0 I$ σελ.151 – 152

!!! Παράδειγμα 4.1 – απόδειξη της σχέσης για το μαγνητικό πεδίο **ευθύγραμμου αγωγού** $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{a}$ σελ.153

!!! Παράδειγμα 4.2 – απόδειξη της σχέσης για το μαγνητικό πεδίο **σωληνοειδούς** $\mathbf{B} = \mu_0 I n$

§4.8 Κίνηση φορτίου σε μαγνητικό πεδίο.

i. Κάθετα στις δυναμικές γραμμές

$\mathbf{F} = B|q|\mathbf{v}$, η F είναι κάθετη στην ταχύτητα, άρα η F παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου, δηλ.

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

$$\text{Άρα } B|q|v = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{B|q|} \quad (4.11)$$

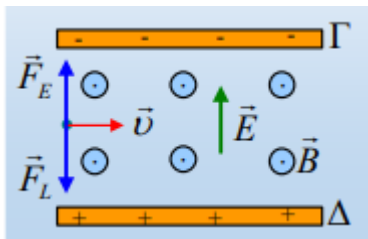
$$\text{Από την σχέση της περιόδου } v = \frac{2\pi R}{T} \xrightarrow{(4.11)} T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow T = \frac{2\pi \frac{mv}{Bq}}{v} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{Bq}, \quad \mathbf{T} = \frac{2\pi m}{Bq} \quad (4.12)$$

ii. Κίνηση με τυχαία γωνία στις δυναμικές γραμμές

Λόγω της κάθετης συνιστώσας $v_{\perp}$ κάνει ομαλή κίνηση με $R = \frac{mv_{\perp}}{B|q|}$ και

λόγω της παράλληλης συνιστώσας $v_{\parallel}$ κάνει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Έτσι σε χρόνο μιας περιόδου προχωρά στον x άξονα κατά $\beta = v_{\parallel} T = v_{\parallel} \frac{2\pi m}{Bq}$, βήμα της έλικας.

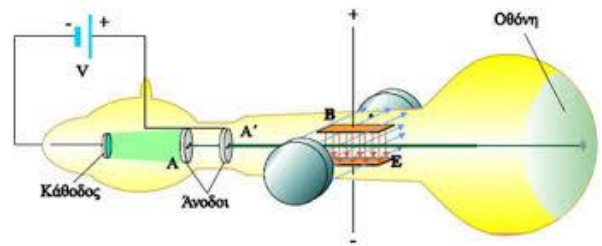
§ 4.9 Επιλογές ταχυτήτων



Επιλέγουμε τις εντάσεις των πεδίων ώστε η ηλεκτρική δύναμη να εξισορροπείται από την μαγνητική. Τότε η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή.

$$Bv|q| = E|q| \Rightarrow v = \frac{E}{B} \quad (4.13)$$

Πείραμα Thomson – μέτρηση του λόγου e/m .



Ηλεκτρόνια αρχικά επιταχύνονται από τάση V και από το θεώρημα έργου – ενέργειας :

$$\frac{1}{2}mv^2 = Ve \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad (\alpha) \quad (4.14)$$

Στην συνέχεια εισέρχεται σε ένα φίλτρο ταχυτήτων (επιλογέας ταχυτήτων) , $v = \frac{E}{B}$ (β)

$$\sqrt{\frac{2eV}{m}} = \frac{E}{B} \Rightarrow \frac{2eV}{m} = \frac{E^2}{B^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{E^2}{2VB^2}$$

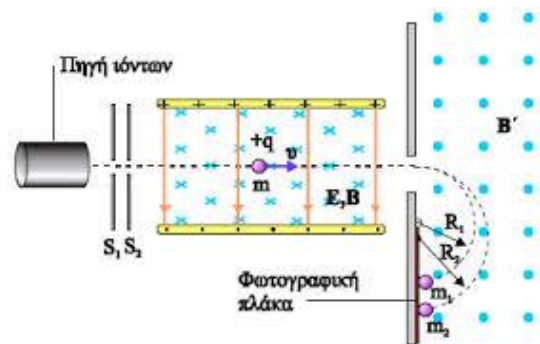
Φασματογράφος μάζας (Aston) $\rightarrow$ διαχωρίζει ισότοπα

$$v = \frac{E}{B}$$

Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς $R = \frac{mv}{B'q} = \frac{mE}{BB'q} \Rightarrow$

$$\frac{m}{q} = \frac{RBB'}{E} \quad (4.17) \quad \text{δύο σωματίδια με ίδιο φορτίο και}$$

διαφορετική μάζα (ισότοπα) αφήνουν διαφορετικά ίχνη στην φωτογραφική πλάκα.



§4.11 Δύναμη Laplace ανάμεσα σε δύο παράλληλους ρευματοφόρους αγωγούς. $F = BIl\mu\phi$

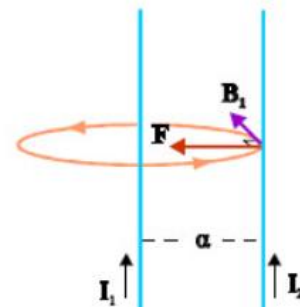
$$\text{Ορισμός Tesla } 1T = 1 \frac{N}{Am}$$

$$\text{Από σχέσεις } 4.21 \quad B_1 = \frac{\mu_0 2I_1}{4\pi r} \quad \& \quad 4.22 \quad F_2 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi a} l$$

προκύπτει

$$\text{Δύναμη ανά μονάδα μήκους} \quad \frac{F}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{a} \quad \& \text{ορισμός Ampere}$$

1A είναι το ρεύμα που όταν διαρρέει καθένα από δύο παράλληλους αγωγούς που βρίσκονται σε απόσταση 1m μεταξύ τους, ο ένας αγωγός ασκεί σε κάθε μέτρο του άλλου δύναμη 2×10^{-7} N.



Κεφ. 5 Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

§5.2 Παράδειγμα 5.1 !!! απόδειξη σχέσης (5.4) για το συνολικό φορτίο.

$$E_{\varepsilon\pi} = N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}, \quad I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R}$$

και από τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I \Delta t$ έχουμε:

$$\Delta q = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} \Delta t \Rightarrow \Delta q = \frac{1}{R} N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} \Delta t, \text{ έχουμε } \Delta q = N \frac{|\Delta\Phi|}{R} \quad (5.4)$$

Προσοχή στις παρατηρήσεις σελ. 186 – επίσης στο σχήμα γράφει αντίσταση R_2 , ενώ είναι αντίσταση R_1

§ 5.3 Ευθύγραμμος αγωγός κινούμενος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.

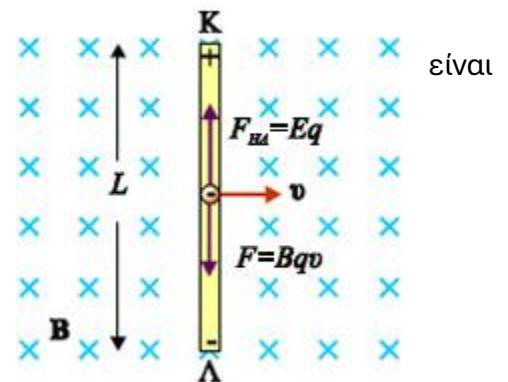
Αποδείξεις τύπου : $E_{\varepsilon\pi} = BvL$

1^η απόδειξη (σελ. 188): $F_{\eta\lambda} = F \Rightarrow E|q| = Bv|q| \Rightarrow E = Bv$

Όταν σταματήσει η μετακίνηση φορτίου το ηλ. πεδίο μεταξύ Κ και Λ ομογενές, άρα $E = \frac{V_{KL}}{L} \Rightarrow V_{KL} = EL = BvL$,

Δηλαδή στο αγωγό αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή :

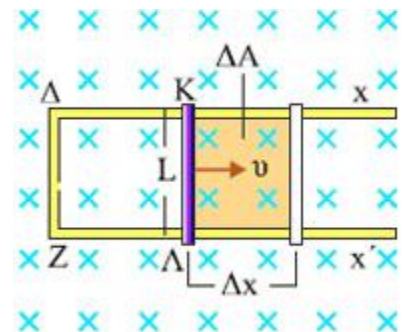
$$E_{\varepsilon\pi} = BvL$$



2^η απόδειξη (σελ. 189)

Ο αγωγός που κινείται και οι ακίνητοι αγωγοί σχηματίζουν ένα κλειστό πλαίσιο σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου με αυξανόμενο εμβαδόν Α. Σύμφωνα με το νόμο του Faraday, στο πλαίσιο θα αναπτυχθεί ΗΕΔ από επαγωγή

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = \frac{B\Delta A}{\Delta t} = \frac{BL\Delta x}{\Delta t} = BL \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} = BLv$$

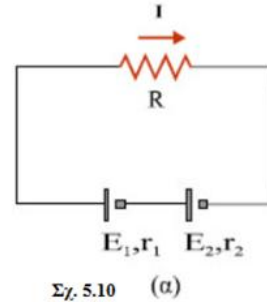


2^{ος} κανόνας Kirchhoff : Κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής σ' ένα κύκλωμα το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού ισούται με μηδέν. $\Sigma(\Delta V) = 0$

Σελ. 190 Σημείωση . Προσοχή!!! **Είναι εντός ύλης η συγκεκριμένη σημείωση**

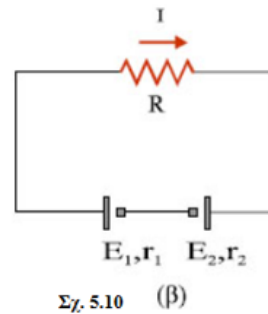
Αν σε ένα κύκλωμα υπάρχουν δύο πηγές, συνδεδεμένες όπως δείχνει το σχήμα 5.10α , η συνολική ηλεκτρεγερτική δύναμη είναι:

$$E_{o\lambda} = E_1 + E_2 \quad \text{και το ρεύμα} \quad I = \frac{E_{o\lambda}}{R_{o\lambda}} = \frac{E_1 + E_2}{R_{o\lambda}}$$



Αν οι δύο πηγές, συνδεδεμένες όπως δείχνει το σχήμα 5.10α , η συνολική ηλεκτρεγερτική δύναμη είναι:

$$E_{o\lambda} = E_1 - E_2 \quad \text{και το ρεύμα} \quad I = \frac{E_{o\lambda}}{R_{o\lambda}} = \frac{E_1 - E_2}{R_{o\lambda}}$$



Αρχή της διατήρησης της ενέργειας στο φαινόμενο της επαγωγής.
(σελ. 193)

$$E_{\varepsilon\pi} = BvL \text{ και } I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R},$$

$$\text{Άρα } I = \frac{BvL}{R}$$

Σε χρονικό διάστημα Δt , το ρεύμα, λόγω φαινομένου Joule, θα δώσει στο περιβάλλον θερμότητα

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{B^2 v^2 L^2}{R} \Delta t$$

Για να διατηρήσουμε την κίνηση του αγωγού ΚΛ με σταθερή ταχύτητα, πρέπει να ασκήσουμε δύναμη F αντίθετη της F_L

$$F = F_L = BIL = B \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R} L = \frac{B^2 v L^2}{R}$$

Σε χρονικό διάστημα Δt ο αγωγός μετατοπίζεται κατά $\Delta x = v \Delta t$ και το έργο της F στο ίδιο χρονικό διάστημα θα είναι:

$$W_F = F \Delta x = \frac{B^2 v L^2}{R} v \Delta t = \frac{B^2 v^2 L^2}{R} \Delta t$$

Δηλαδή, προσφέρουμε έργο ίσο με την θερμότητα που παράχθηκε.

§5.5 Στρεφόμενος αγωγός, σελ. 194

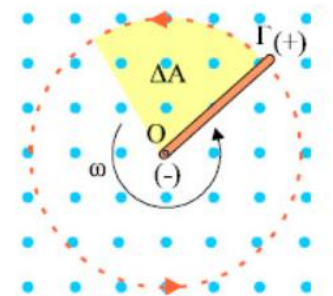
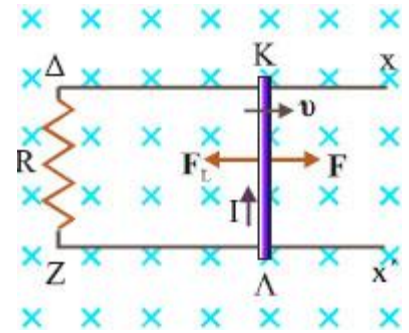
$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{\Delta(BA)}{\Delta t} = B \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Σε μια περίοδο T σαρώνει επιφάνεια $\Delta A = \pi L^2$

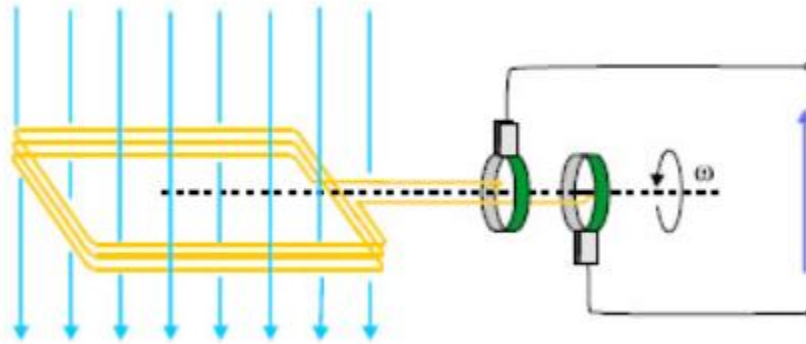
και ισχύει η σχέση $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$$\text{άρα } E_{\varepsilon\pi} = B \frac{\pi L^2}{T} = B \frac{\pi L^2}{\frac{2\pi}{\omega}} = B \frac{\omega L^2}{2} \Rightarrow E_{\varepi} = \frac{1}{2} B \omega L^2$$

$$\text{Στρεφόμενος δίσκος } E_{\varepsilon\pi} = \frac{1}{2} B \omega r^2$$



§ 5.6 Στρεφόμενο πλαίσιο – εναλλασσόμενη τάση



Την χρονική στιγμή $t = 0$ το επίπεδο του πλαισίου είναι κάθετο στο $\mathbf{B}$ και σε χρόνο t το πλαίσιο θα έχει στραφεί κατά γωνία $\theta = \omega t$.

Η μαγνητική ροή μέσα από την επιφάνεια του πλαισίου θα είναι $\Phi_B = BA \sin \omega t$.

$$E_{\varepsilon\pi} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = \omega BA \eta \mu \omega t \quad \text{και εάν έχει } N \text{ πείρες,} \quad E_{\varepsilon\pi} = N \omega BA \eta \mu \omega t$$

θέτω $V = N \omega BA$ πλάτος τάσης (μέγιστη τιμή) και $E_{\varepsilon\pi} = v$, οπότε $v = V \eta \mu \omega t$

§ 5.7 Εναλλασσόμενο ρεύμα - § 5.8 Ενεργός τάση - ένταση

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V \eta \mu \omega t}{R} = \frac{V}{R} \eta \mu \omega t = I \eta \mu \omega t, \quad I = \frac{V}{R} = \frac{N \omega BA}{R} \text{ πλάτος έντασης}$$

$$V_{\varepsilon\nu} = \frac{V}{\sqrt{2}}, \quad I_{\varepsilon\nu} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

§5.9 Νόμος Joule, ισχύς εναλλασσομένου ρεύματος.

$$Q = I_{\varepsilon\nu}^2 R t, \quad \text{στιγμιαία ισχύς } p = v i \Rightarrow p = i^2 R$$

$$\text{Μέση ισχύς εναλλασσομένου ρεύματος} \quad P = \frac{W}{T}, \quad P = V_{\varepsilon\nu} I_{\varepsilon\nu}, \quad P = I_{\varepsilon\nu}^2 R$$

§ 5.14 Αυτεπαγωγή σελ. 206, 207 προσοχή στις γραφικές παραστάσεις 5.36 και 5.37

$$E_{\varepsilon\pi} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad E_{\text{αντ}} = -L \frac{di}{dt}$$

Ενέργεια που αποθηκεύεται στο πηνίο: $U = \frac{1}{2} L I^2$

Υπολογισμός συντελεστή αυτεπαγωγής πηνίου:

Μαγνητικό πεδίο πηνίου: $B = \mu_o I n$ ($n = \frac{N}{l}$ σπείρες ανά μονάδα μήκους)

Από κάθε σπείρα του πηνίου περνάει μαγνητική ροή $\Phi_B = BA = \mu_o \eta A i$ (A το εμβαδόν της σπείρας)

ΗΕΔ από αυτεπαγωγή: $E_{\alpha\upsilon\tau} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = -N \frac{dBA}{dt} = -NA\mu_o \eta \frac{di}{dt} = -NA\mu_o \frac{N}{l} \frac{di}{dt} = -\mu_o \frac{N^2}{l} A \frac{di}{dt}$

Το γινόμενο $\mu_o \frac{N^2}{l} A$ είναι ο συντελεστής αυτεπαγωγής L και εξαρτάται από τα γεωμετρικά υλικά του πηνίου. $L = \mu_o \frac{N^2}{l} A$

Εάν το πηνίο περιέχει πυρήνα από υλικό μαγνητικής διαπερατότητας μ , ο συντελεστής αυτεπαγωγής του θα είναι: $L = \mu\mu_o \frac{N^2}{l} A$

Παράδειγμα 5 – 6 σελίδα 209 πολύ καλά!!!

Κεφ. 7 Στοιχεία κβαντομηχανικής

§ 7.1 & 7.2 Ακτινοβολία Μέλανος Σώματος παράδειγμα 7.1 σελ. 228 – 229

§ 7.3 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

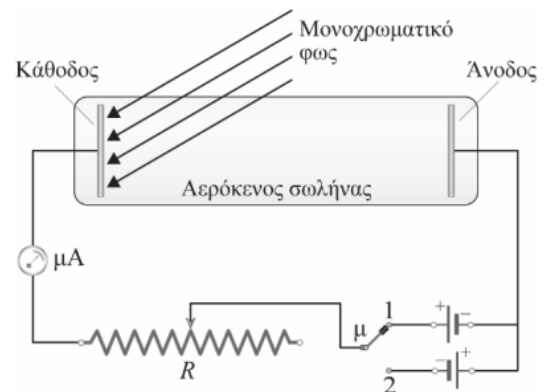
Έργο εξαγωγής: “Η ελάχιστη ενέργεια που απαιτείται για να εξαχθούν τα υψηλότερης ενέργειας ηλεκτρόνια από το μέταλλο”. (σελ. 230 , διόρθωση σύμφωνα με τις οδηγίες διδασκαλίας)

Σελ. 231 , μέγιστη κινητική ενέργεια φωτοηλεκτρονίου : $K_{max} = hf - \phi$ διόρθωση της σχέσης (7.2)

Για να εξέλθει ένα ηλεκτρόνιο από το μέταλλο πρέπει $hf - \phi \geq 0$, δηλ. $hf \geq \phi \Rightarrow f \geq \frac{\phi}{h}$

Συχνότητα κατωφλίου $f_o \geq \frac{\phi}{h}$

$K_{max} = hf - \phi$ φωτοηλεκτρική εξίσωση



*** Εάν θέλουμε να εμποδίσουμε τα ηλεκτρόνια που εξέρχονται να φτάσουν στο άλλο ηλεκτρόδιο – δηλ. να μηδενιστεί το φωτορεύμα – θα πρέπει να εφαρμόσουμε **αρνητική** τάση μεταξύ ανόδου – καθόδου (ο διακόπτης στην θέση 2) τέτοια ώστε $eV_o = \frac{1}{2}mv^2$

Η τάση αυτή λέγεται **τάση αποκοπής** και από την φωτοηλεκτρική εξίσωση προκύπτει

$$eV_o = hf - \phi \Rightarrow V_o = \frac{h}{e}f - \frac{\phi}{e}$$

Η παραπάνω σχέση παριστάνεται γραφικά με ευθεία που έχει κλίση $\kappa = e\phi\theta = \frac{h}{e}$ και περνάει από τα σημεία $(\frac{\phi}{h}, 0)$ και $(0, -\frac{\phi}{e})$

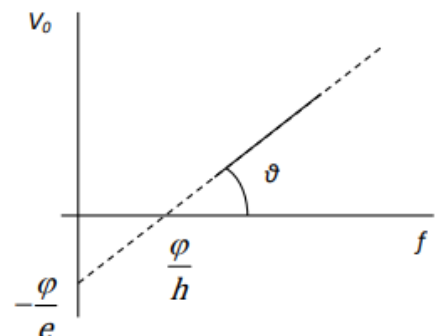
Από το διάγραμμα $V_o(f)$ μπορούμε να υπολογίσουμε την σταθερά Plank.

Ορμή φωτονίων

Από την ειδική θεωρία σχετικότητας έχουμε : $E = pc$ και η ενέργεια φωτονίου $E = hf$

Άρα : $p = \frac{hf}{c}$ και $c = \lambda f$. Έτσι $p = \frac{h}{\lambda}$ (7.3)

Παράδειγμα 7.2 !!!



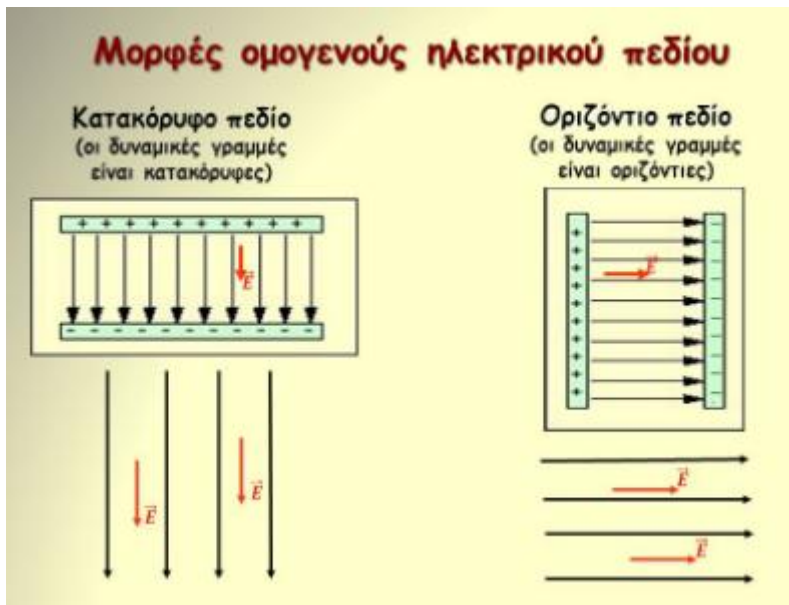
ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

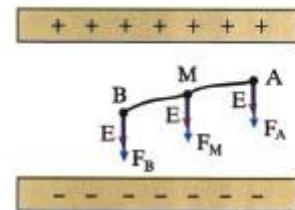
ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ (ή Ηλεκτρικό Πεδίο) σε ένα σημείο

Είναι ίση με τη δύναμη που ασκείται στη μονάδα θετικού φορτίου $+q_0$ που βρίσκεται στο σημείο αυτό

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q_0} \quad (\text{Μονάδα μέτρησης: N/C})$$



Ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο : η έντασή του είναι η ίδια σε κάθε σημείο του.



Οι δυνάμεις στις θέσεις A, B, M ομογενούς πεδίου σε θετικό φορτίο q είναι ίσες, όπως και σε κάθε άλλο σημείο του.

!!!! Κίνηση φορτισμένου σωματίου σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο Ο νόμος του Νεύτωνα μας δίνει

$$F = E \cdot q = m \cdot a$$

Δυναμικό σε ένα σημείο

Δυναμικό σε μία θέση (Γ) ηλεκτρικού πεδίου, ονομάζεται το μονόμετρο φυσικό μέγεθος, που είναι ίσο με το πηλίκο της δυναμικής ενέργειας φορτίου q στη θέση Γ προς το φορτίο αυτό.

$$V_\Gamma = \frac{U_\Gamma}{q} \quad (\text{Μονάδα: 1 Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ C}})$$

Το δυναμικό σε μία θέση (Γ) του πεδίου είναι $V_\Gamma = +10\text{V}$ σημαίνει ότι, αν βρεθεί στη θέση (Γ) φορτίο δοκιμαστικό φορτίο $+1\text{C}$, θα έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια $+10\text{J}$ ή ισοδύναμα, αν βρεθεί στη θέση (Γ) δοκιμαστικό φορτίο -1C , θα έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια -10J

Η διαφορά $V_{\Sigma} - V_P$ ονομάζεται **διαφορά δυναμικού** μεταξύ των σημείων (Σ) και (P) και συμβολίζεται $V_{\Sigma P}$ και είναι:

$$V_{\Sigma P} = V_{\Sigma} - V_P = \frac{U_{\Sigma}}{q} - \frac{U_P}{q} = \frac{U_{\Sigma} - U_P}{q} = \frac{W_{\Sigma \rightarrow P}}{q}$$

Δηλ. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων (Σ) και (P) ηλεκτρικού πεδίου ισούται με το πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου κατά τη μεταφορά δοκιμαστικού φορτίου q από τη θέση (Σ) στη θέση (P), προς το φορτίο αυτό.

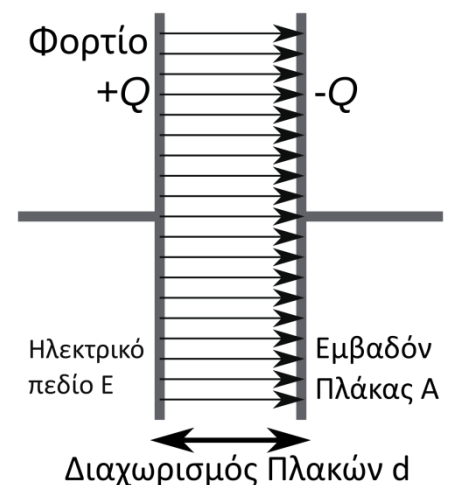
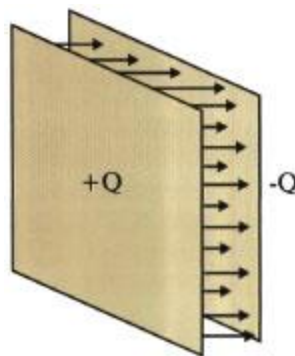
$$V_{\Sigma P} = \frac{W_{\Sigma \rightarrow P}}{q}$$

Επίπεδος πυκνωτής

Ο **επίπεδος πυκνωτής** αποτελείται από δύο όμοια λεπτά και επίπεδα μεταλλικά φύλλα (πλάκες), που βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση σε σχέση με τις διαστάσεις τους.

Τα δύο μεταλλικά φύλλα ονομάζονται **οπλισμοί του πυκνωτή**

Φορτίζοντας τον πυκνωτή δημιουργούμε, ανάμεσα στους οπλισμούς του, ομογενές ηλεκτρικό πεδίο



Η απόλυτη τιμή $|Q|$ του φορτίου ενός από τους δύο οπλισμούς του, λέγεται **φορτίο του πυκνωτή**. Η διαφορά $V_A - V_B$ ή V_{AB} ή V ονομάζεται διαφορά δυναμικού ή τάση του πυκνωτή.

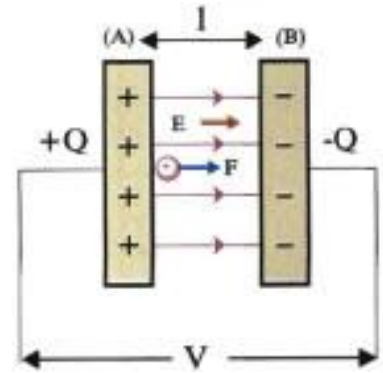
Χωρητικότητα C ενός πυκνωτή ονομάζεται το μονόμετρο φυσικό μέγεθος που είναι ίσο με το πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου Q του πυκνωτή, προς την τάση V του πυκνωτή.

$$C = \frac{Q}{V} \quad (\text{μονάδα: } 1\text{Farad} = \frac{1\text{Coulomb}}{1\text{Volt}}, 1\text{F})$$

Ενέργεια φορτισμένου πυκνωτή: $U = \frac{Q \cdot V}{2} = \frac{C V^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$

Σχέση μέτρου έντασης και διαφοράς δυναμικού σε ομογενές ηλεκτροστατικό πεδίο

Έστω ότι δοκιμαστικό φορτίο $+q$, αφήνεται αρχικά πολύ κοντά στον οπλισμό (Α) ενός πυκνωτή του οποίου η τάση είναι V και η απόσταση των οπλισμών του ℓ . Λόγω του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, το φορτίο δέχεται δύναμη $F = E \cdot q$, και μετακινείται μέχρι τον οπλισμό (Β). Κατά τη μετακίνηση, η δύναμη του πεδίου παράγει έργο:



$$W_{AB} = F \cdot \ell \quad \text{ή} \quad W_{AB} = E \cdot q \cdot \ell \quad (\text{I})$$

Το έργο αυτό μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση :

$$W_{AB} = q \cdot V \quad (\text{II})$$

Επομένως, από τις (I) και (II) έχουμε: $E \cdot q \cdot \ell = q \cdot V$ ή

$$E = \frac{V}{\ell}$$

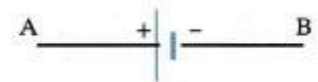
Από τη σχέση αυτή προκύπτει μία άλλη μονάδα μέτρησης της έντασης E του πεδίου: 1V/m .

Η μονάδα 1V/m είναι ισοδύναμη με την γνωστή μονάδα 1N/C .

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ηλεκτρική πηγή: Η ηλεκτρική πηγή δημιουργεί στα άκρα της διαφορά δυναμικού (τάση) και προσφέρει στο κύκλωμα την ενέργειά της.

Πηγή συνεχούς τάσης: Ο θετικός και ο αρνητικός πόλος είναι καθορισμένοι



Πηγή εναλλασσόμενης τάσης: Ο θετικός και ο αρνητικός πόλος εναλλάσσονται



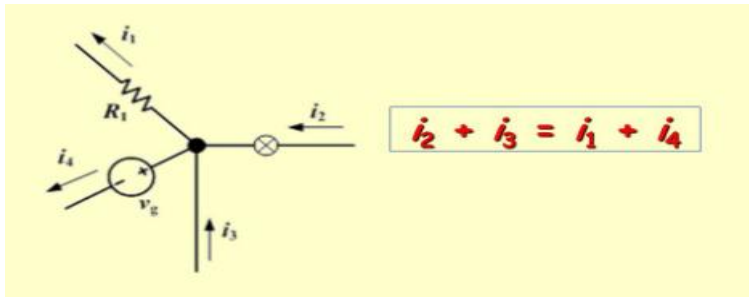
Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων και στην περίπτωση των μεταλλικών αγωγών τα ηλεκτρικά φορτία είναι τα ηλεκτρόνια

Ορισμός έντασης ηλεκτρικού ρεύματος : $I = \frac{q}{t}$

$$(1A = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ second}})$$

Όσο φορτίο διέρχεται από κάποια διατομή του αγωγού ανά μονάδα χρόνου, τόσο φορτίο διέρχεται από οποιαδήποτε άλλη διατομή ενός αγωγού ανά μονάδα χρόνου. Αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

1^{ος} Κανόνας Kirchhoff (συνέπεια της αρχής διατήρησης του ηλ. Φορτίου)



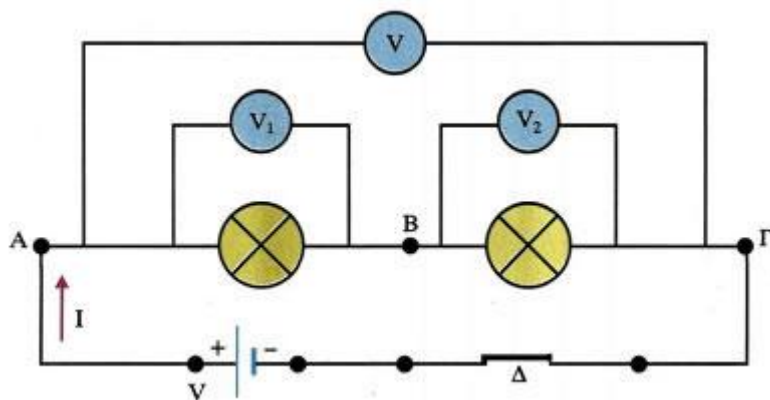
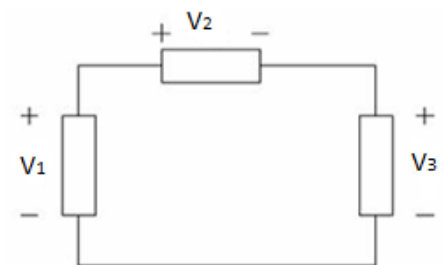
Σ' έναν κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων ισούται με μηδέν, δηλαδή:

$$\Sigma I = 0$$

2^{ος} Κανόνας Kirchhoff (συνέπεια της αρχής διατήρησης της ενέργειας)

Κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής σ' ένα κύκλωμα το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού ισούται με μηδέν.

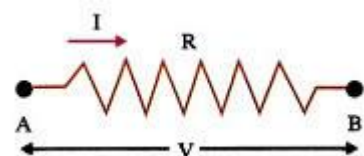
$$\Sigma(\Delta V) = 0$$



$$V_{A\Gamma} = V_{AB} + V_{B\Gamma}$$

Αντίσταση αγωγού $R = \frac{V}{I}$ $(1\Omega = \frac{1V}{1A})$

Νόμος του Ohm για αντιστάτη $I = \frac{V}{R}$

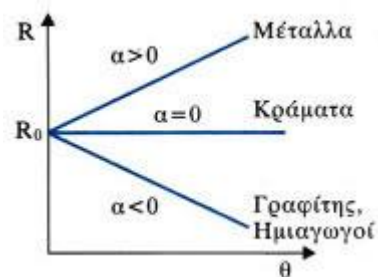


Η αντίσταση R ενός αγωγού, που έχει τη μορφή κυλινδρικού σύρματος,
 α) είναι ανάλογη του μήκους ℓ του αγωγού
 β) είναι αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού S της διατομής του αγωγού
 γ) εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και τη θερμοκρασία του.

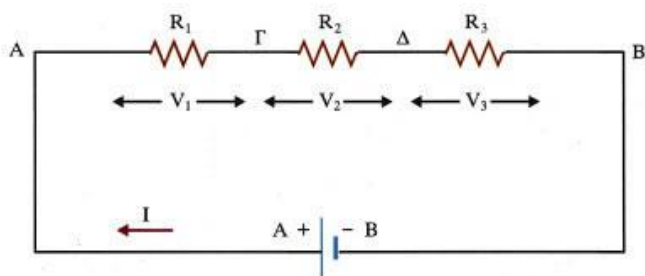
$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

και

$$R = R_0(1 + \alpha\theta)$$



Σύνδεση σε σειρά

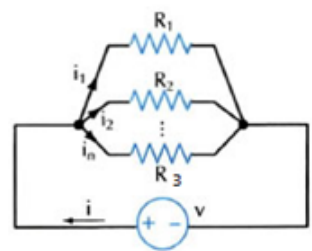


$$R_{o\lambda} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$V_{o\lambda} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I = I_{o\lambda}$$

Παράλληλη σύνδεση

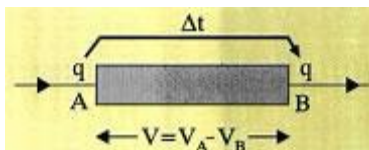


$$\frac{1}{R_{o\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$I_{o\lambda} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{o\lambda}$$

Ενέργεια ηλεκτρικού ρεύματος



$$W = U_A - U_B \Rightarrow qV_A - qV_B \Rightarrow W = q(V_A - V_B) \Rightarrow W = qV \xRightarrow{I = \frac{q}{t}} W = V \cdot I \cdot t$$

Ο παραπάνω τύπος ισχύει για κάθε συσκευή

Αν η συσκευή είναι **αντιστάτης**, τότε χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ohm ($I = \frac{V}{R}$) έχουμε:

$$\begin{array}{l}
 W = V \cdot I \cdot t \\
 \begin{array}{l}
 \xrightarrow{V = IR} W = I^2 \cdot R \cdot t \\
 \xrightarrow{I = V/R} W = \frac{V^2}{R} \cdot t
 \end{array}
 \end{array}
 \quad (I) \quad \text{Ισχύς ηλεκτρικού ρεύματος}$$

$$P = \frac{W}{t} \quad (1W = 1 \frac{J}{s})$$

1W(1 βατ) είναι η ηλεκτρική ισχύς, όταν η προσφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι 1J, σε χρόνο 1s.

Με βάση τον ορισμό της ηλεκτρικής ισχύος ($P = W/t$) και τους τύπους που δίνουν την ηλεκτρική ενέργεια, για κάθε συσκευή ισχύει:

$$P = V \cdot I$$

Αν η συσκευή είναι αντιστάτης (ωμική αντίσταση), τότε ισχύει ο νόμος του Ohm ($I = \frac{V}{R}$), οπότε έχουμε:

$$\begin{array}{l}
 P = V \cdot I \\
 \begin{array}{l}
 \xrightarrow{V = IR} P = I^2 R \\
 \xrightarrow{I = \frac{V}{R}} P = \frac{V^2}{R}
 \end{array}
 \end{array}$$

Από τον ορισμό της ισχύος μιας συσκευής προκύπτει:

$$W = P \cdot t \Rightarrow 1Wh = 1W \cdot 1h$$

1Wh (βατώρα) είναι η ενέργεια που «καταναλώνει» μια συσκευή ισχύος 1W, όταν λειτουργήσει για χρόνο 1h.

$$1Wh = 1W \cdot 1h = 1W \cdot 3600s = 3600J.$$

1KWh είναι η ενέργεια που «καταναλώνει» μια συσκευή ισχύος 1KW, όταν λειτουργήσει για χρόνο 1h.

$$1KWh = 1KW \cdot 1h = 1000W \cdot 3600s = 3.600.000J.$$

Νόμος του Joule

Το ποσό θερμότητας Q που εκλύεται σ' ένα μεταλλικό αγωγό σταθερής θερμοκρασίας είναι ανάλογο του τετραγώνου της έντασης I του ρεύματος που τον διαρρέει, ανάλογο της αντίστασης του R και ανάλογο του χρόνου t διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος.

$$\left. \begin{array}{l} W = Q \\ W = I^2 R t \end{array} \right\} Q = I^2 R t \quad (\text{Joule}) \quad \text{Θεμελιώδης νόμος της θερμοδομετρίας: } Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Μονάδα θερμότητας: cal (calorie) , $1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$ ($1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule}$) $Q = \alpha \cdot I^2 \cdot R \cdot t$ $\alpha = 0,24$
cal/Joule

Ενδείξεις κανονικής λειτουργίας συσκευής

Σε ηλεκτρικό λαμπτήρα πυρακτώσεως σημειώνονται οι ενδείξεις: 220V, 100W.

Η ένδειξη 220V σημαίνει ότι, για να λειτουργεί κανονικά ο λαμπτήρας, πρέπει στα άκρα του να εφαρμόζεται τάση $V_k = 220\text{V}$, που λέγεται κανονική τάση λειτουργίας.

Η ένδειξη 100W σημαίνει ότι, όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά, «καταναλώνει» ισχύ $P_k = 100\text{W}$, που λέγεται κανονική ισχύς λειτουργίας.

ΗΕΔ Πηγής

Το πηλίκο της ενέργειας W που παίρνει ένα φορτίο q από την πηγή προς το φορτίο αυτό είναι ένα μέγεθος, που χαρακτηρίζει την πηγή και ονομάζεται **ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής (ΗΕΔ)**.

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q} \quad (\text{Μονάδα : 1 Volt})$$

$$\mathcal{E} = \frac{W}{q} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{W/t}{q/t} \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{P}{I}$$

Δηλαδή, η **ηλεκτρεγερτική δύναμη $\mathcal{E}$ μιας πηγής** δίνεται και από το πηλίκο της ισχύος P , που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, προς την ένταση του ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα. $\mathcal{E} = \frac{P}{I}$

Η εσωτερική αντίσταση της πηγής r εκφράζει τη δυσκολία, που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα, όταν διέρχεται μέσα από την πηγή.

Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα

Σε χρονικό διάστημα t , η πηγή δίνει ενέργεια

$$W = P \cdot t = \mathcal{E} \cdot I \cdot t$$

Η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα στην αντίσταση R : $Q_R = I^2 \cdot R \cdot t$ και

στην αντίσταση r της πηγής: $Q_r = I^2 \cdot r \cdot t$

Από την διατήρηση της ενέργειας:

$$W = Q_R + Q_r \Rightarrow \mathcal{E} \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t + I^2 \cdot r \cdot t \Rightarrow$$

$$\mathcal{E} = I \cdot R + I \cdot r \Rightarrow \mathcal{E} = I \cdot (R + r) \Rightarrow \mathcal{E} = I \cdot R_{ολ}$$

Και
$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{ολ}}$$

Η τάση στα άκρα της πηγής $V_A - V_B$ λέγεται πολική τάση της πηγής και συμβολίζεται με V_{π} .

Αλλά $V_{\pi} = V_R = I \cdot R$ έτσι μπορούμε να γράψουμε: $V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r$

- Η ηλεκτρεγερτική δύναμη $\mathcal{E}$ της πηγής είναι ίση με την τάση V_{π} στους πόλους της πηγής, όταν η πηγή δε διαρρέεται από ρεύμα ($I = 0$) ή όταν η εσωτερική αντίσταση της πηγής είναι μηδέν ($r=0$ ιδανική πηγή).

$$V_{\pi} = \mathcal{E} - I \cdot r \xrightarrow{I=0 \text{ ή } r=0} V_{\pi} = \mathcal{E}$$

