


Κεφ 10: Στατικός Ηλεκτρισμός

Ηλεκτρικό φορτίο: είναι το φυσικό μέγεθος που δίνει στα σώματα την ιδιότητα της ηλεκτρικότητας.

Μονάδα (S.I.): 1 Coulomb (1C)

Ιδιότητες του ηλ. φορτίου

- ① Το ηλ. φορτίο είναι θεμελιώδες γνώρισμα της ύλης.
- ② Είναι δύο ειδών: θετικό - αρνητικό.
- ③ Το ηλεκτρικό φορτίο ΔΙΑΤΗΡΕΙΤΑΙ.

Α.Δ.Η.Φ.: Σε ένα ηλεκτρικά μονωμένο σύστημα σωμάτων το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο διατηρείται σταθερό.

- ④ Το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντισμένη ποσότητα.

Ανλαδή: υπάρχει μια ελάχιστη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου ελεύθερη στη φύση (στοιώδες ηλ. φορτίο) και κάθε μεγαλύτερη ποσότητα είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής.

$$Q = N \cdot e, \quad N \in \mathbb{Z}$$

και: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ στοιχειώδες ηλ. φορτίο

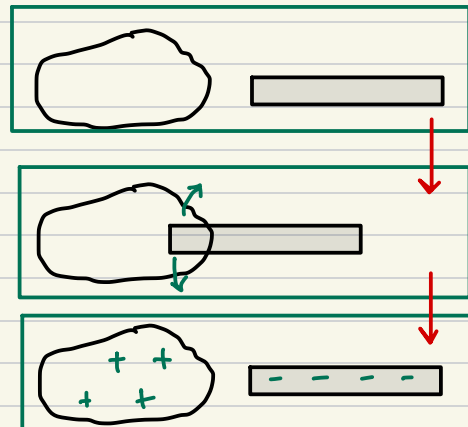
▷ Τα υλικά (στερεά, υγρά, αέρια) ανάλογα με τις ηλεκτρικές τους ιδιότητες διακρίνονται σε :

- ① Αγωγοί : είναι υλικά που επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στο εσωτερικό τους.
- ② Μονωτές : είναι υλικά που δεν επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στο εσωτερικό τους.
- ③ Ημιαγωγοί : είναι υλικά που κάποιες φορές επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στο εσωτερικό τους και κάποιες άλλες όχι.

▷ Τρόποι ηλεκτρίσης :

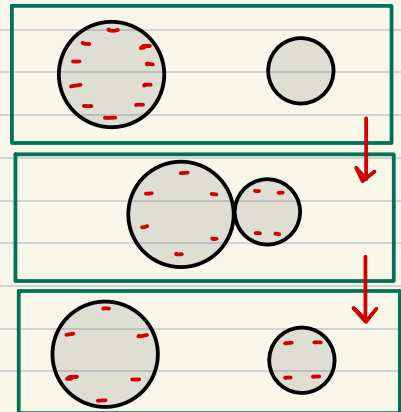
① Με τριβή

Ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το ένα σώμα στο άλλο και τα σώματα φορτίζονται με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία.

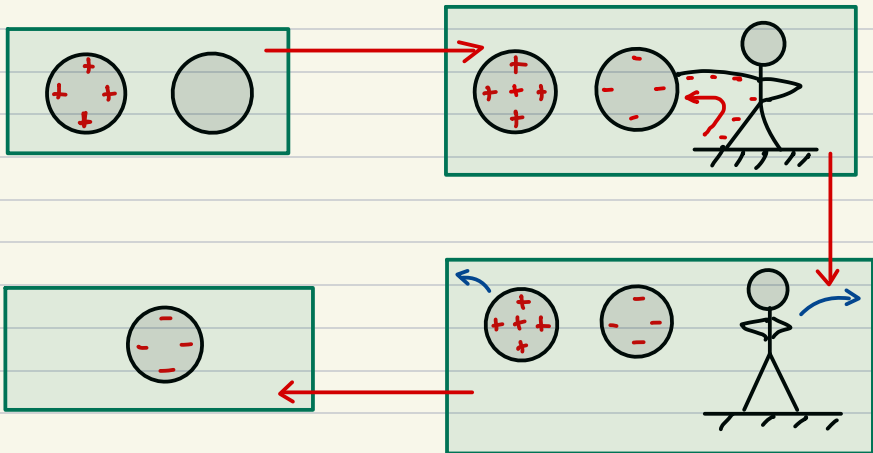


② Με επαφή :

Τα σώματα αποκτούν
ίδιου είδους ηλεκτρικό
φορτίο.



③ Με επαγωγή :



Νόμος του Coulomb



Η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο σημειακών ηλ. φορτίων είναι ανάλογη των ηλ. φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης.

Δηλαδή:

$$F = k \frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Διηλεκτρική
εξάερα του
κενού

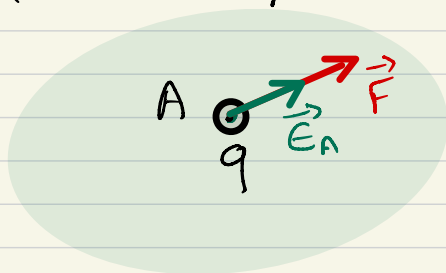
Παρατηρήσεις:

- ① Ο νόμος ισχύει και για μικρά, σφαιρικά, ομοιόμορφα φορτισμένα σώματα.
- ② Οι δυνάμεις Coulomb είναι κεντρικές και συντηρητικές.

Ηλεκτρικό πεδίο: ονομάζεται η ιδιότητα που αποκτά ο χώρος να ασκεί ηλεκτρικές δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία που θα βρεθούν σε αυτόν.
Πηγή (ή αλλιώς αίτιο δημιουργίας) του ηλεκτρικού πεδίου είναι ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά φορτία

Το ηλεκτρικό πεδίο ασκεί όπως είπαμε δύναμη σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο (κατάλληλο υπόθεμα).

$$\begin{aligned} A: q &\leadsto F \\ 2q &\leadsto 2F \\ 3q &\leadsto 3F \end{aligned}$$



Ένταση ηλ. πεδίου

Ορισμός: Ονομάζουμε ένταση ηλ. πεδίου σε σημείο A ενός ηλ. πεδίου το διανυσματικό μέγεθος που έχει:

(i) μέτρο $|\vec{E}_A| = \frac{|\vec{F}|}{q}$ όπου q ένα ηλ. φορτίο που

τοποθετούμε στο A και $|\vec{F}|$ το μέτρο της ηλ. δύναμης που δέχεται από το πεδίο

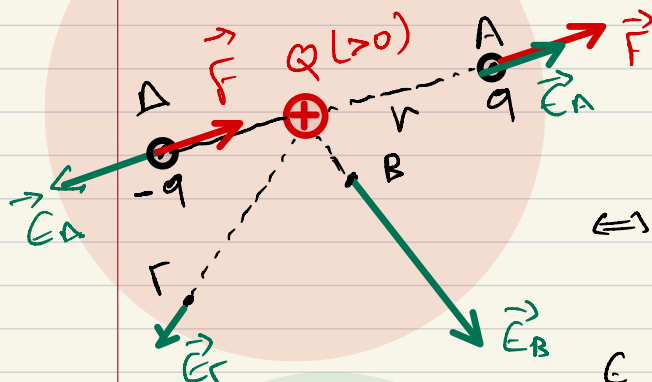
(ii) Κατεύθυνση: $\vec{E} \parallel \vec{F}$ αν $q > 0$
 $\vec{E} \perp \vec{F}$ αν $q < 0$

$$\vec{E}_A = \frac{\vec{F}}{q}$$

Μονάδα (S.I.): 1 N/C

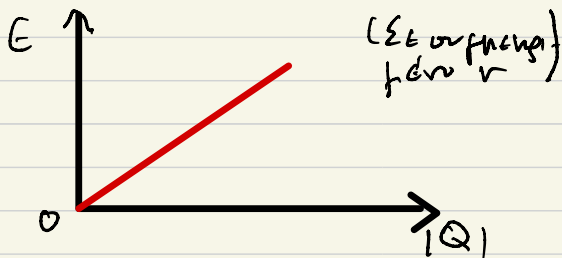
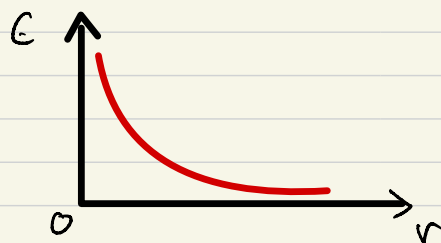
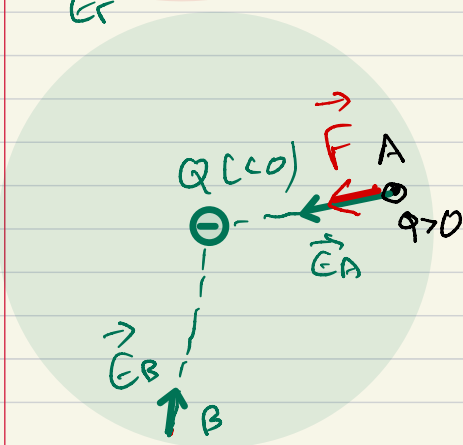
Όταν πηγή του ηλ. πεδίου είναι ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο

Ηλ. πεδίο Coulomb



$$E_A = \frac{F}{q} = \frac{k \frac{|Q \cdot q|}{r^2}}{q}$$

$$\Leftrightarrow E_A = k \cdot \frac{|Q|}{r^2}$$



Δυναμικές γραμμές

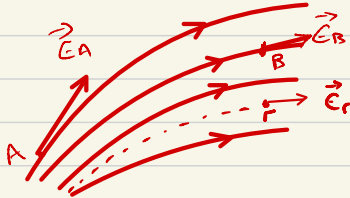
Είναι κάποιες νοητές γραμμές που μας βοηθούν να απεικονίσουμε οπτική αίσθηση του ηλεκτρικού πεδίου.

Σχεδιάζονται σύμφωνα με τις παρακάτω ιδιότητες:

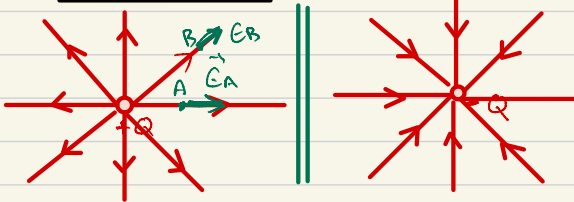
- 1 Σε κάθε σημείο τους η ένταση του ηλ. πεδίου είναι εφαπτόμενη.
- 2 Έχουν φορά από τα θετικά φορτία-πηγές προς τα αρνητικά.
- 3 Όσο πιο πυκνές σχεδιάζονται σε κάποια περιοχή τόσο μεγαλύτερο είναι το μέτρο της έντασης εκεί.
- 4 Απο κάθε σημείο του πεδίου διέρχεται μια δυναμική γραμμή.
- 5 Δύο δυναμικές γραμμές ποτέ δεν τέμνονται.
- 6 Δύο δυναμικές γραμμές ποτέ δεν εφάπτονται.
- 7 Οι δυν. γραμμές των ηλεκτρικών πεδίων είναι γραμμές ανοικτές.
- 8 Κατά τη φορά μιας δυναμικής γραμμής το δυναμικό ελλαττώνεται.
- 9 Οι δυν. γραμμές τέρνουν κάθετα τις ισοδυναμικές επιφάνειες.

→ Θα εξηγηθούν παρακάτω, αφού μάθουμε για το δυναμικό.

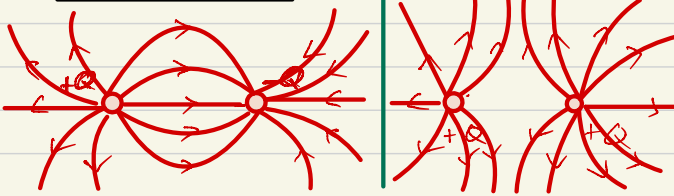
Δυναμικές γραμμές - παραδείγματα



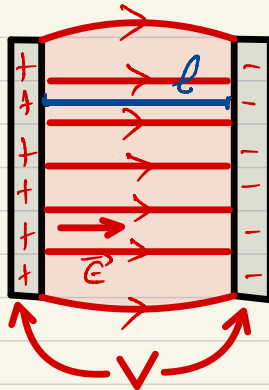
Πεδίο Coulomb



Πεδίο ηλ. διπόλου



Ομογενές ηλ. πεδίο ($\vec{E} = \sigma \omega \theta$)



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

Ηλεκτροστατική Δυναμική Ενέργεια δύο σημειακών ηλ. φορέων

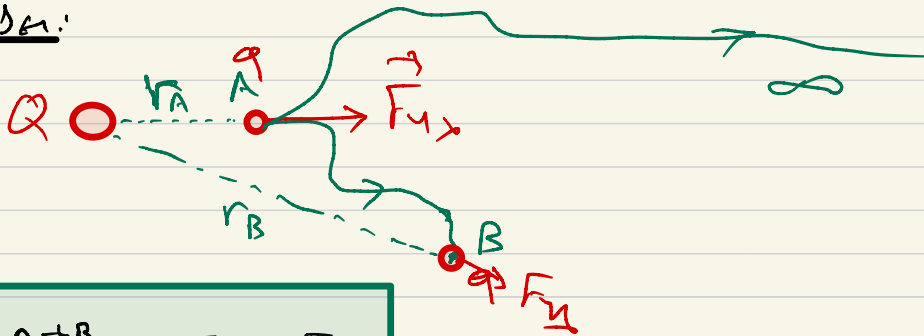
$$q_1 \circ \text{---} r \text{---} \circ q_2$$

$$U_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r}$$

Αν $q_1 q_2 > 0$ τότε $U_{12} > 0$ και οι δυνάμεις
(ορόσημα) είναι απωστικές.

Αν $q_1 q_2 < 0$ τότε $U_{12} < 0$ και οι δυνάμεις
(εξερόσημα) είναι ελκτικές.

Παράδειγμα:

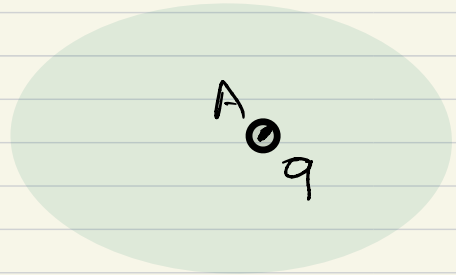


$$W_{F_{12}}^{A \rightarrow B} = U_A - U_B = -\Delta U_{AB}$$

$$W_{F_{12}}^{A \rightarrow \infty} = U_A - U_{\infty}^{\rightarrow 0} = U_A$$

Δυναμικό ηλ. πεδίου

$$\begin{aligned} A: q &\sim U_A \\ 2q &\sim 2U_A \\ 3q &\sim 3U_A \end{aligned}$$



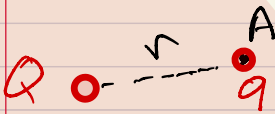
$$V_A = \frac{U_A}{q}$$

Μονάδα (S.I.)

$$1 \text{ Volt} = 1 \frac{\text{Joule}}{\text{C}}$$

π.χ. A: $V_A = 3\text{V}$ Σημειώστε ότι αν βάλω στο A ένα ηλ. φορτίο $q = 1\text{C}$ αυτό θα αποκτήσει δυναμική ενέργεια $U_A = 3\text{joule}$.

Δυναμικό σε πεδίο Coulomb



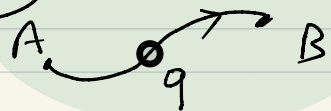
$$V_A = \frac{U_{\text{ηλ}}}{q} = \frac{k \frac{Qq}{r}}{q} \quad (=)$$

$$V_A = k \frac{Q}{r}$$

$$W_{\text{ηλ}}^{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

Διαφορά δυναμικών

$$V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q} = \frac{W_{\text{ηλ}}^{A \rightarrow B}}{q}$$

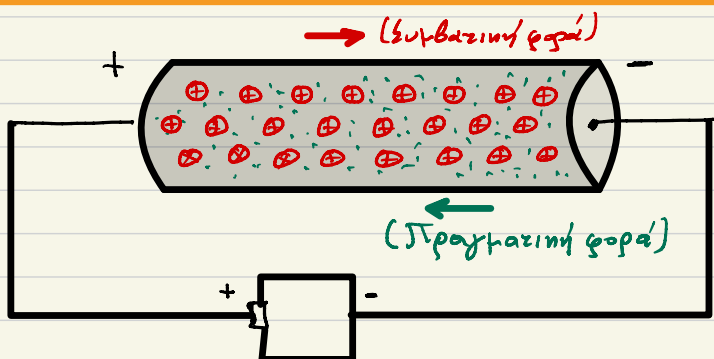


ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Ηλεκτρικό ρεύμα: Είναι η ομαδική και προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων.

Συμβατική φορά: Είναι η υποθετική φορά κίνησης των θετικών ηλ. φορτίων.

Πραγματική φορά: Είναι η φορά κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων.



Πηγές: προσφέρουν ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα.

- α) Μπαταρίες (Χημική $\rightarrow$ Ηλεκτρική)
- β) Γεννήτριες (Μηχανική $\rightarrow$ Ηλεκτρική)
- γ) Φωτοβολταϊκά (Φωτεινή $\rightarrow$ Ηλεκτρική)

Καταναλωτές: απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια και τη μετατρέπουν σε άλλη μορφή ή απλά στη λειτουργία τους.

Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος

Είναι το πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου q που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο Δt προς το χρόνο αυτό.

Δηλαδή:

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

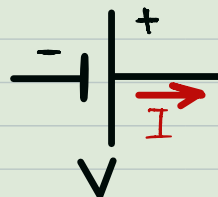
Μονάδα (S.I.) : $1A = 1 \frac{C}{s}$ 1C = 1A.s

Διαφορά δυναμικού σε αήρα πηγής

Είναι το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας $W_{ηλ}$ που απορροφά ηλεκτρικό φορτίο q από την πηγή όταν διέρχεται από αυτή, προς το φορτίο q .

Δηλαδή:

$$V_{πηγής} = \frac{W_{ηλ}}{q}$$



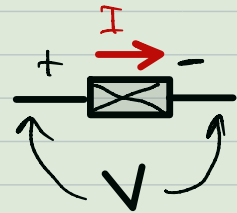
Μονάδα: $1 \text{ Volt} = 1 \frac{\text{Joule}}{C}$

Διαφορά δυναμικού στα άκρα καταναλωτή

Είναι το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας $W_{ηλ}$ που απορροφά ο καταναλωτής από ηλεκτρικό φορτίο q που διέρχεται από αυτόν, προς το ηλεκτρικό φορτίο q .

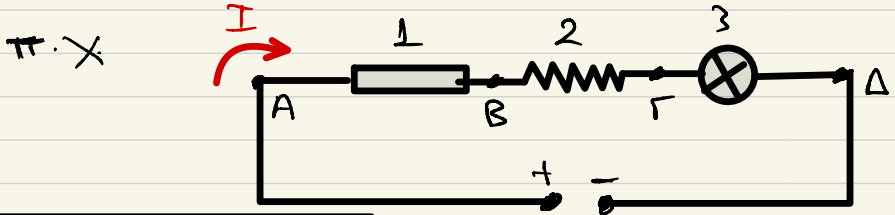
Δηλαδή:

$$V_{κατ} = \frac{W_{ηλ}}{q}$$



Ιδιότητες της έντασης ηλ. ρεύματος

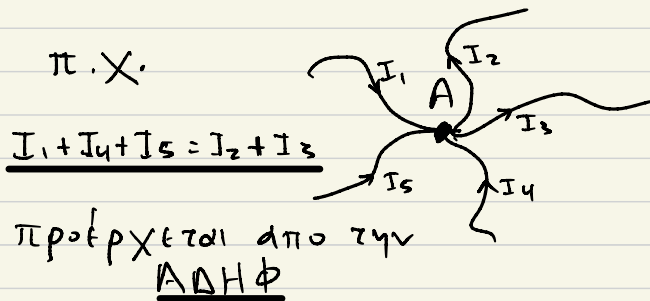
① Συνδεση κατ'α σειρά



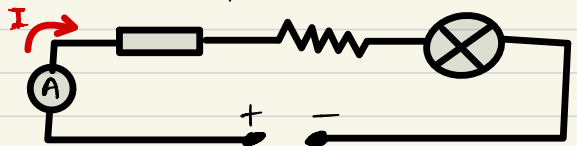
$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

→ Προκύπτει από την
ΑΔΗΦ

② 1ος κανόνας Kirchhoff: (ή κανόνας των νόμβων)

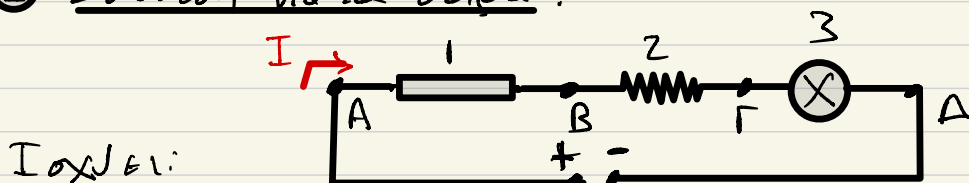


③ Την ένταση I σε κάποιο κλάδο τη μετράμε με το αμπερόμετρο. Αυτό συνδέεται κατ'α σειρά στον κλάδο του οποίου την ένταση θέλουμε να μετρήσουμε.



Ιδιότητες της διαφοράς δυναμικού

① Σύνδεση κατά σειρά:



Ισχύει:

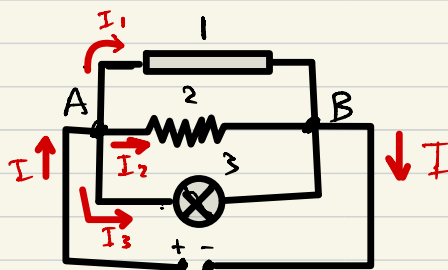
$$V_{AB} + V_{B\Gamma} + V_{\Gamma\Delta} = V_{A\Delta}$$

Πράγματι, από ΑΔΕ:

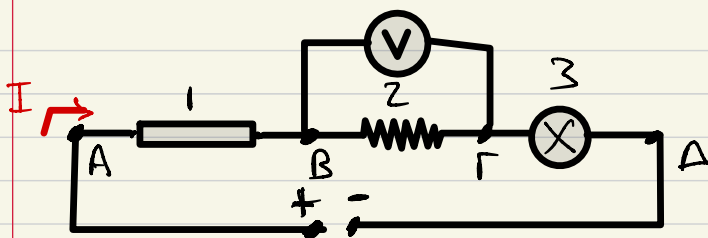
$$\begin{aligned} W_{\eta\lambda}^{A \rightarrow B} + W_{\eta\lambda}^{B \rightarrow \Gamma} + W_{\eta\lambda}^{\Gamma \rightarrow \Delta} &= W_{\eta\lambda}^{A \rightarrow \Delta} \Rightarrow \\ qV_{AB} + qV_{B\Gamma} + qV_{\Gamma\Delta} &= qV_{A\Delta} \Rightarrow \\ \underline{V_{AB} + V_{B\Gamma} + V_{\Gamma\Delta} = V_{A\Delta}} \end{aligned}$$

② Σύνδεση κατά διακλάδωση (παράλληλα)

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_{AB}$$



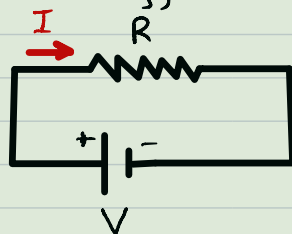
③ Την διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός τμήματος κυκλώματος τη μετράμε με το βολτόμετρο. Αυτό σκάνει κατά διακλάδωση ή το τμήμα του οποίου τη διαφ. δυναμικού θέλουμε να μετρήσουμε.



Ηλεκτρική Αντίσταση

Ορίζεται ως το πηλίκο της τάσης V στα άκρα ενός αγωγού προς την ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει.
Δηλαδή:

$$R = \frac{V}{I}$$

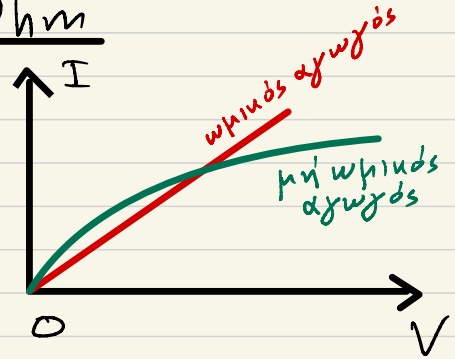


Μονάδα (S.I.) : $1 \text{ Ohm} \left(1 \Omega = 1 \frac{V}{A} \right)$

Νόμος του Ohm

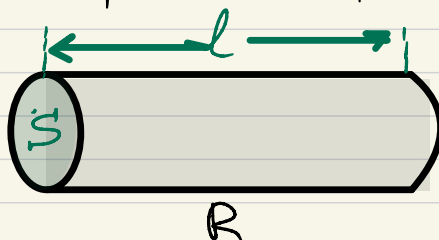
Σε μεταλλικούς αγωγούς σταθερής θερμοκρασίας η ένταση του ηλ. ρεύματος που τους διαρρέει είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού στα άκρα τους.
Πηλαδή:

$$I = \frac{1}{R} \cdot V$$



Από τις εξαρτάται η αντίσταση

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



ρ : Ειδική αντίσταση του αγωγού (Ω·m)

l : Μήκος (m)

S : Εμβαδόν διατομής (m²)

Επίσης: $\rho_{\theta} = \rho_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$

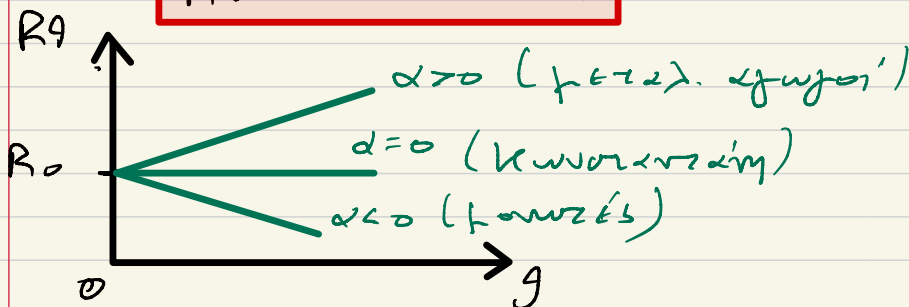
ρ_0 : ειδική αντίσταση στους 0°C

ρ_{θ} : -||- -||- -||- θ °C

α : θερμικός συντελεστής.

$$\rho_{\theta} = \rho_0 (1 + \alpha \cdot \theta) \Leftrightarrow \rho_{\theta} \cdot \frac{l}{S} = \rho_0 \frac{l}{S} (1 + \alpha \cdot \theta)$$

$$\Rightarrow R_{\theta} = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$$



Σύνδεση αντιστάσεων

Ισοδύναμη οδινή αντίσταση $R_{0\lambda}$:

① Κατα σειρά:

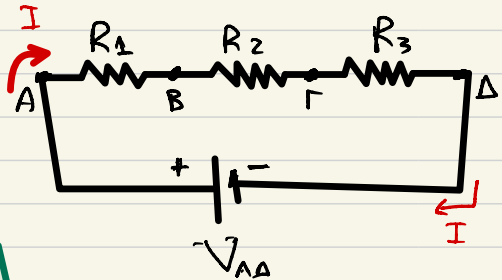
Ισχύουν:

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I \quad (1)$$

$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = V$$

$$\text{ή} \quad V_{AB} + V_{BF} + V_{FD} = V_{AD} \quad (2)$$

$$R_{0\lambda} = R_1 + R_2 + R_3$$



$$\text{Παράγεται: } R_{0\lambda} = \frac{V_{AD}}{I} \stackrel{(2)}{=} \frac{V_{AB} + V_{BF} + V_{FD}}{I}$$

$$\Leftrightarrow R_{0\lambda} = \frac{V_{AB}}{I} + \frac{V_{BF}}{I} + \frac{V_{FD}}{I} \Leftrightarrow$$

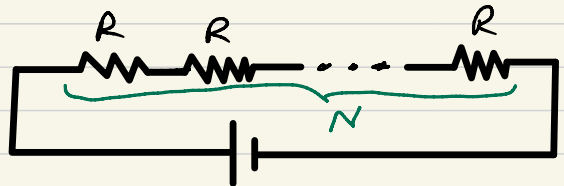
$$\Leftrightarrow R_{0\lambda} = R_1 + R_2 + R_3$$

Παρατήρηση: Για N -zo πλήθος

όμοιες & αντιστάσεις σε σειρά:

$$R_{0\lambda} = \underbrace{R + R + \dots + R}_N \Leftrightarrow$$

$$R_{0\lambda} = N \cdot R$$



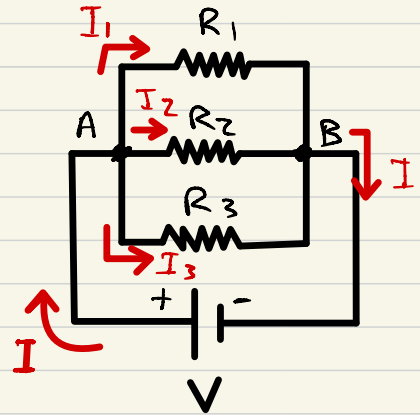
② Κατα διακλάδωση:
(η παράλληλη)

Ισχύουν:

$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = V = V_{AB} \quad (1)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2)$$

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



Πράγματι: $R_{eq} = \frac{V_{AB}}{I} \stackrel{(2)}{\Leftrightarrow} R_{eq} = \frac{V_{AB}}{I_1 + I_2 + I_3}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{V_{AB}} \Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{I_1}{V_{AB}} + \frac{I_2}{V_{AB}} + \frac{I_3}{V_{AB}}$$

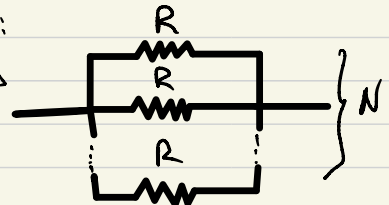
$$\Leftrightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Παρατηρήσεις:

α) Για Ν-το πλήθος όμοιες αντιστάσεις
κατα διακλάδωση ισχύει:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \underbrace{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R}}_N = \frac{N}{R} \Leftrightarrow$$

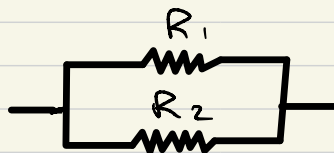
$$R_{eq} = \frac{R}{N}$$



β) Ειδικά για δύο αντιστάσεις να α-
δανλίσκωμ τοxύβη:

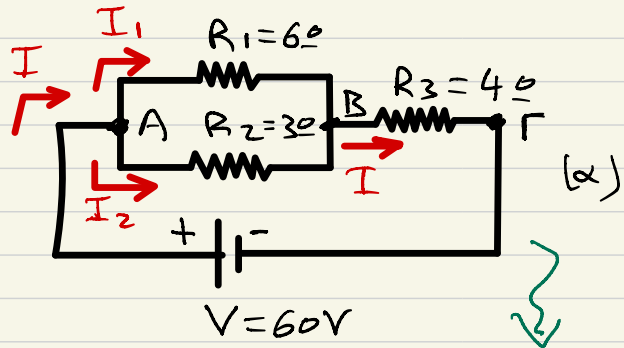
$$\frac{1}{R_{\alpha}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$\Rightarrow R_{\alpha} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



Παράδειγμα μελέτης συνδυασμού:

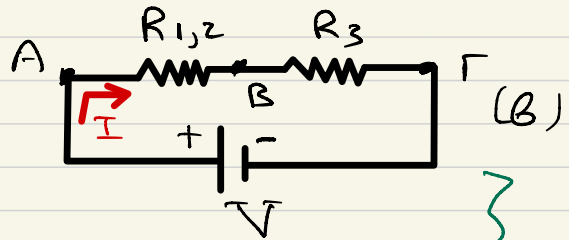
- α) R_{02} ;
 β) $P_{\text{πώληση}}$
 και διαγ. συνάρτηση
 σε κάθε αντιστάση



α) $\mathcal{E}_x(\beta)$:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} \Omega \Leftrightarrow$$

$$\underline{R_{1,2} = 2\Omega}$$

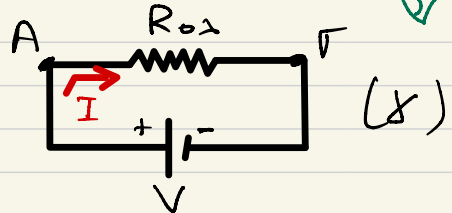


$\mathcal{E}_x(\gamma)$:

$$R_{02} = R_{1,2} + R_3 \Leftrightarrow$$

$$R_{02} = (2 + 4)\Omega \Leftrightarrow$$

$$\underline{R_{02} = 6\Omega}$$



β) $\mathcal{E}_x(\gamma)$: $I = \frac{V_{AB}}{R_{02}} = \frac{60V}{6\Omega} \Leftrightarrow \boxed{I = 10A}$

$\mathcal{E}_x(\beta)$:

$$V_{AB} = I \cdot R_{1,2} = 10 \cdot 2V \Leftrightarrow$$

$$\boxed{V_{AB} = 20V}$$

$$V_{BF} = I \cdot R_3 = 10 \cdot 4V \Leftrightarrow$$

$$\boxed{V_{BF} = 40V}$$

$\mathcal{E}_x(\alpha)$: $I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} \Leftrightarrow$

$$\boxed{I_1 = \frac{20}{6}A = \frac{10}{3}A}$$

$$\boxed{I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{20}{3}A}$$

$$R_1 = 1,5\Omega$$

$$R_2 = 2\Omega$$

$$R_3 = 3\Omega$$

$$R_4 = 4\Omega$$

$$R_5 = 9\Omega$$

$$V = 90V$$

R_{ox} ;

Potenzia;

$$R_{234} = R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_{234} = 9\Omega$$

$$R_{2345} = \frac{R_{234} \cdot R_5}{R_{234} + R_5}$$

$$R_{2345} = \frac{9 \cdot 9}{9 + 9} = \underline{\underline{4,5\Omega}}$$

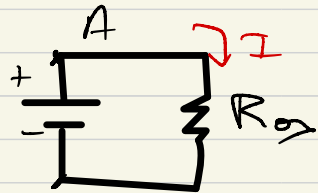
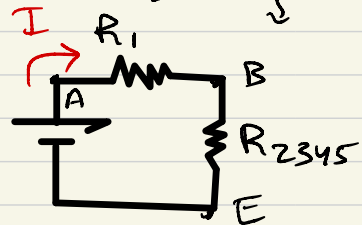
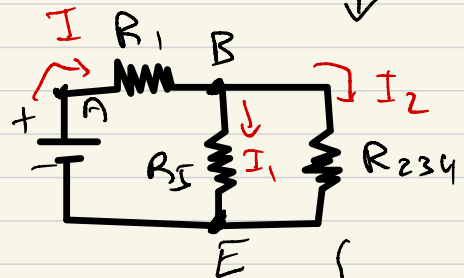
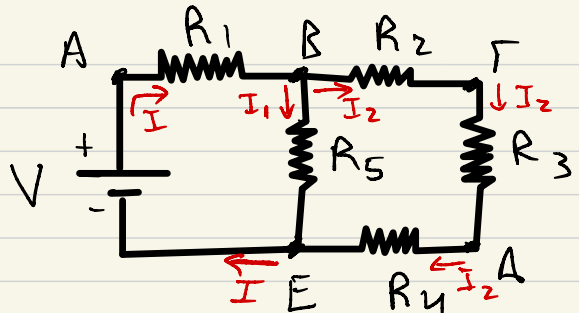
$$R_{ox} = R_1 + R_{2345} = 6\Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{ox}} = \frac{90\Omega}{6} = \underline{\underline{15A}}$$

$$V_{BE} = I \cdot R_{2345} = \underline{\underline{67,5V}}$$

$$I_1 = \frac{V_{BE}}{R_5} = \frac{67,5}{9} = 7,5A$$

$$I_2 = \frac{V_{BE}}{R_{234}} = \frac{67,5}{9} = 7,5A$$

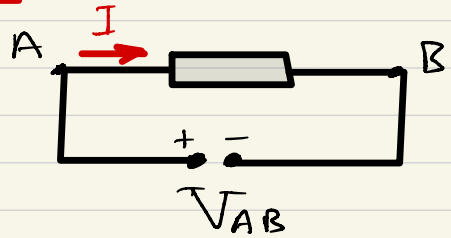


Ηλεκτρική Ενέργεια

Ισχύει:

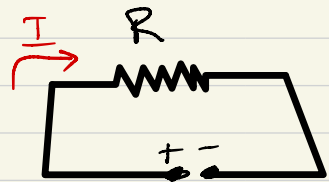
$$\left. \begin{aligned} W_{\eta\lambda} &= V_{AB} \cdot q \\ I &= \frac{q}{\Delta t} \Rightarrow q = I \cdot \Delta t \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot \Delta t$$



Είδη για αντιστάτες:

Φαίνεται joule:



$$W_{\eta\lambda} = Q.$$

$$W_{\eta\lambda} = V \cdot I \cdot \Delta t \quad \left\{ \begin{aligned} V &= I \cdot R \rightarrow W_{\eta\lambda} = Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t \\ I &= \frac{V}{R} \rightarrow W_{\eta\lambda} = Q = \frac{V^2}{R} \Delta t \end{aligned} \right.$$

Νόμος Joule

Ηλεκτρική ισχύς:

$$P_{\eta\lambda} = \frac{W_{\eta\lambda}}{\Delta t}$$

Από:

$$P_{\eta\lambda} = V \cdot I$$

$$V = I \cdot R$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$P_R = I^2 \cdot R$$

$$P_R = \frac{V^2}{R}$$

Μονάδα (S.I.): $1W = 1 \frac{\text{joule}}{\text{sec}}$

Άλλες μονάδες ηλεκτρικής Ενέργειας

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$

$$\text{Βατώρα: } 1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3600 \text{ joule}$$

$$\text{Κιλοβατώρα: } 1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ Wh} = 3.600.000 \text{ joule}$$

Κανονική λειτουργία θερμικής συσκευής

Σε έναν ηλεκτρικό θερμοσίφωνα αναγράφονται τα εξής: $4840 \text{ W} - 220 \text{ V}$.

Οι ενδείξεις αυτές μας πληροφορούν ότι ο θερμοσίφωνας για να λειτουργήσει κανονικά, θα πρέπει να συνδεθεί σε τάση $V_0 = 220 \text{ V}$.

Τότε καταναλώνει ηλ. ισχύ $P_0 = 4840 \text{ W}$.

(Αυτά λένουνται στοιχείο κανονικής λειτουργίας)

Από αυτά μπορούμε επίσης να βρούμε:

▷ Το ρεύμα κανονικής λειτουργίας:

$$P_0 = V_0 \cdot I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{4840 \text{ W}}{220 \text{ V}} \Rightarrow \underline{\underline{I_0 = 22 \text{ A}}}$$

▷ Την ωμική αντίσταση της συσκευής:

$$R_0 = \frac{V_0}{I_0} = \frac{220 \text{ V}}{22 \text{ A}} \Rightarrow \underline{\underline{R_0 = 10 \, \Omega}}$$

Κλειστό κύκλωμα - ΗΕΔ πηγής

$$E = \frac{W_{ηλ}}{q}$$

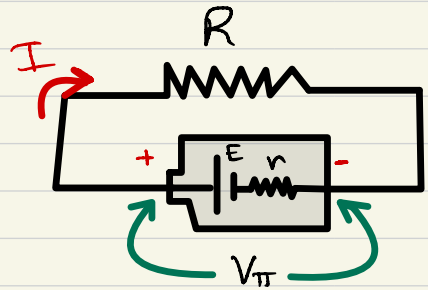
όπου:

E : Ηλεκτρεγερτική δύναμη πηγής. (σε Volt)

$W_{ηλ}$: Η ηλ. ενέργεια που παίρνει ποσότητα ηλ. φορτίου q από την πηγή προκειμένου να κινηθεί σε όλο το κύκλωμα και να επιστρέψει στην πηγή.

r : Εσωτερική αντίσταση πηγής

V_{π} : Πολινή τάση



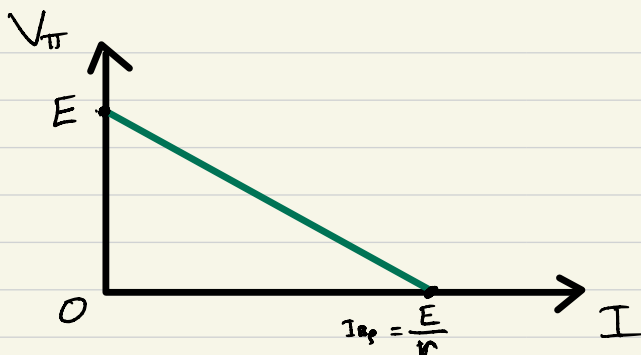
$$I = \frac{E}{R + r}$$

Νόμος Ohm για κλειστό κύκλωμα.

Πολινή τάση:

$$V_{\pi} = E - I \cdot r$$

$$\underline{\underline{V_{\pi} = E - I \cdot r}}$$



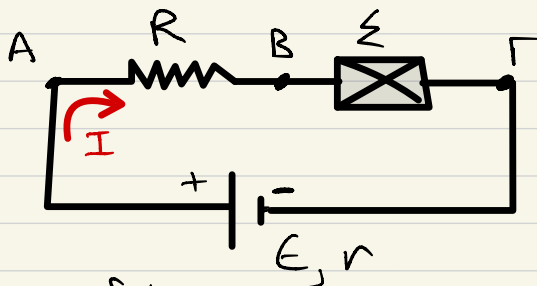
$I_{0r} = \frac{E}{r}$: Ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Παράδειγμα :

$$E = \frac{W_{\text{ηλ}}}{q} \Rightarrow E = \frac{\frac{W_{\text{ηλ}}}{\Delta t}}{\frac{q}{\Delta t}} \Rightarrow E = \frac{P_{\text{ηλ}}}{I}$$

$P_{\text{ηλ}}$: Η ισχύς με την οποία η πηγή
προσφορεύει το ηλεκτρικό. (όλο το ηλεκτρικό)

Τύποι ισχύος



- ① Ηλεκτρική ισχύς που δίνει η πηγή σε όλο το κύκλωμα.

$$P_{\text{ολ}} = E \cdot I$$

- ② Ηλ. ισχύς που δίνει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα:

$$P_{\text{ολ(εξ)}} = V_{\text{π}} \cdot I$$

- ③ Ηλ. ισχύς που μετατρέπεται σε θερμική στο εσωτερικό της πηγής. (Απώλειες)

$$P_r = I^2 \cdot r$$

- ④ Ηλ. ισχύς που απορροφάται από καίτιο ζήτημα κυκλώματος ΒΓ.

$$P_{\text{ολ(ΒΓ)}} = V_{\text{ΒΓ}} \cdot I$$

- ⑤ Ηλ. ισχύς που απορροφά μια αντίσταση R:

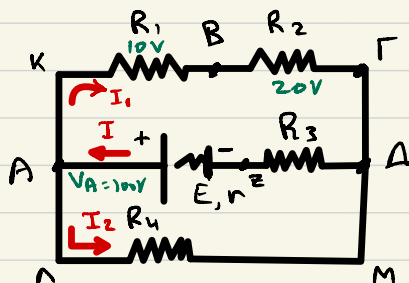
$$P_R = I^2 \cdot R = \frac{V_R^2}{R}$$

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων σε κλειστό κύκλωμα (2ος κανόνας Kirchhoff)

Έστω το κύκλωμα του σχήματος:

Μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων Α, Γ του κυκλώματος ισχύει:

$$V_A + \mathcal{E} + \sum I \cdot R = V_\Gamma$$



για οποιονδήποτε αθροιστική διαδρομή από το Α στο Γ.

Για να εφαρμόσουμε την παραπάνω σχέση ερμηνεύουμε ως εξής:

- ① Διαλέγουμε μια νοερή διαδρομή για να πάμε από το Α στο Γ.
- ② Για κάθε αντίσταση που συναντάμε, φράζουμε $+I \cdot R$ αν η φορά του ρεύματος είναι αντίθετη από την φορά που υπολογάμε, και $-I \cdot R$ αν η φορά του ρεύματος είναι συνεπής με τη φορά υψώσεως π.δ. (φορά διαδρομής).
- ③ Για κάθε πηγή: $+E$ όταν συναντάμε πρώτα τον αρνητικό πόλο της πηγής και $-E$ αν συναντάμε πρώτα τον θετικό πόλο της πηγής.

π.χ.

$$\underline{AKBF}: V_A - I_1 R_1 - I_1 R_2 = V_F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_A - V_F = I_1 R_1 + I_1 R_2$$

3'

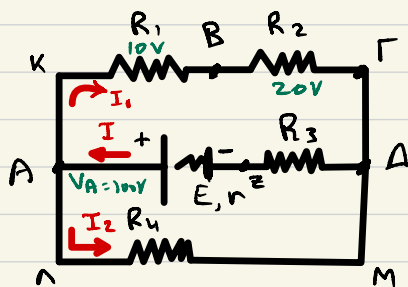
$$\underline{AZDF}: V_A - E + I \cdot r + I \cdot R_3 = V_F \Rightarrow$$

$$V_A - V_F = E - I \cdot r - I \cdot R_3$$

5'

$$\underline{AMDF}: V_A - I_2 R_4 = V_F \Rightarrow$$

$$V_A - V_F = I_2 R_4$$



Επίσης για κάθε υλίστιση διαδρομή' μέσω σε ένα κύκλωμα (βρόχος) ισχύει:

$$\boxed{\sum E + \sum I \cdot R = 0}$$

2ος κανόνας Kirchhoff

π.χ. AKFAA: $-I_1 R_1 - I_1 R_2 - I R_3 - I \cdot r + E = 0$