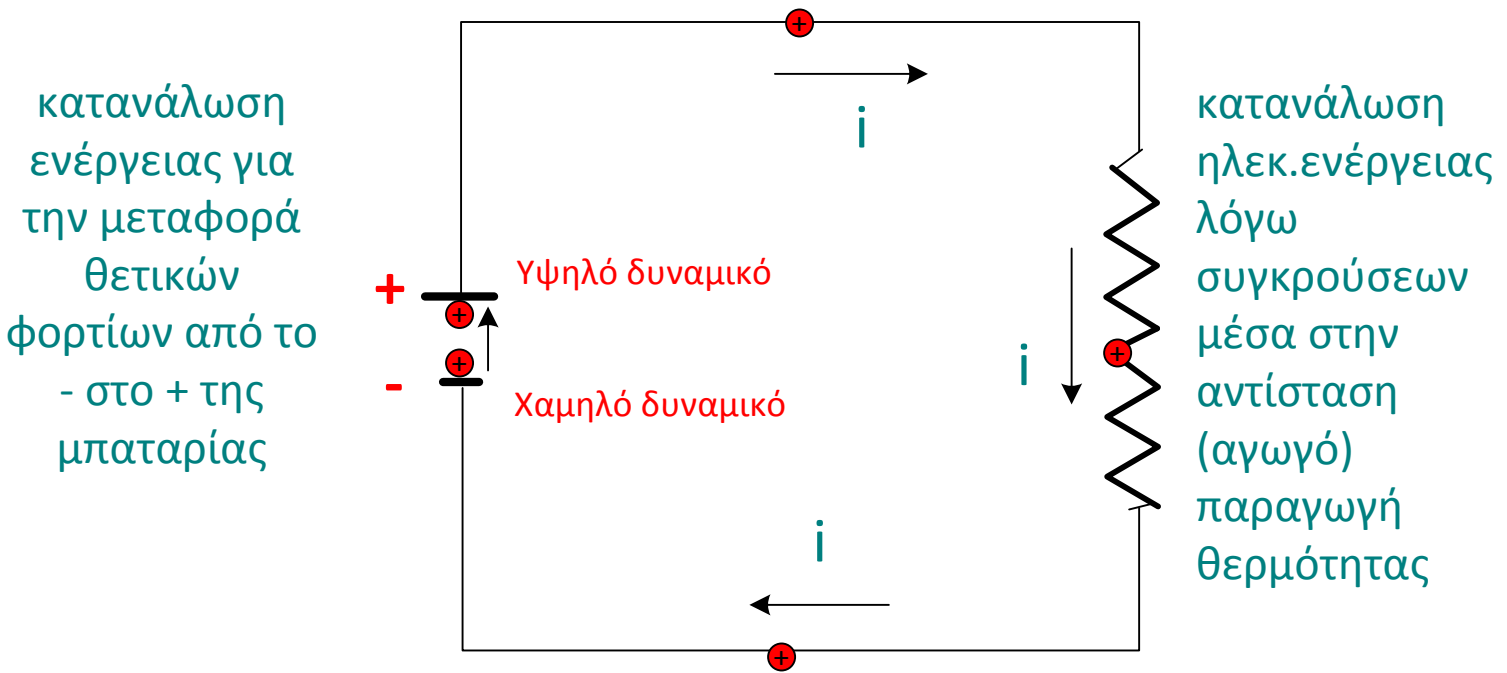
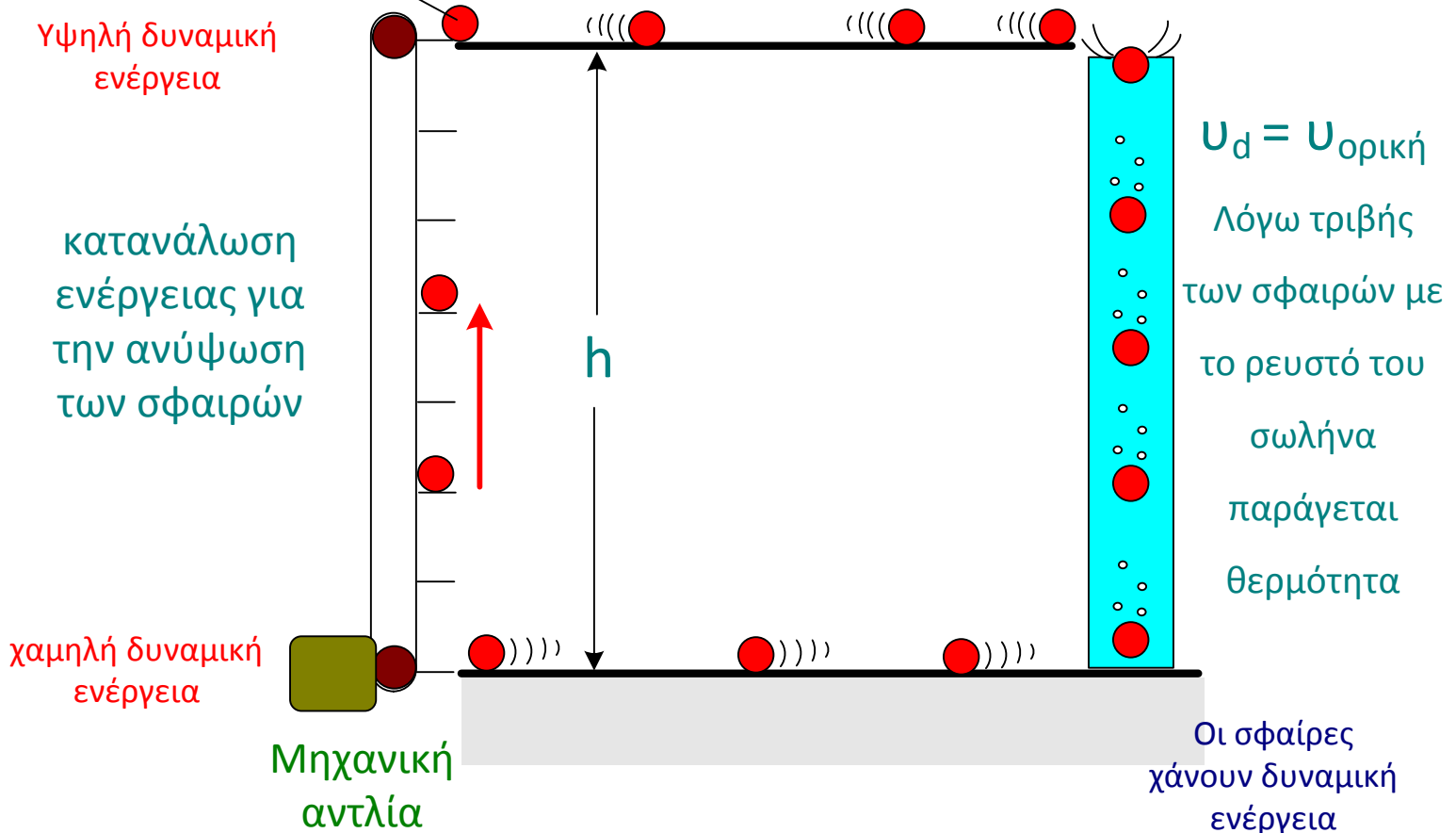


ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (DC)



Οι σφαίρες αποκτούν δυναμική ενέργεια

Μηχανικό ανάλογο

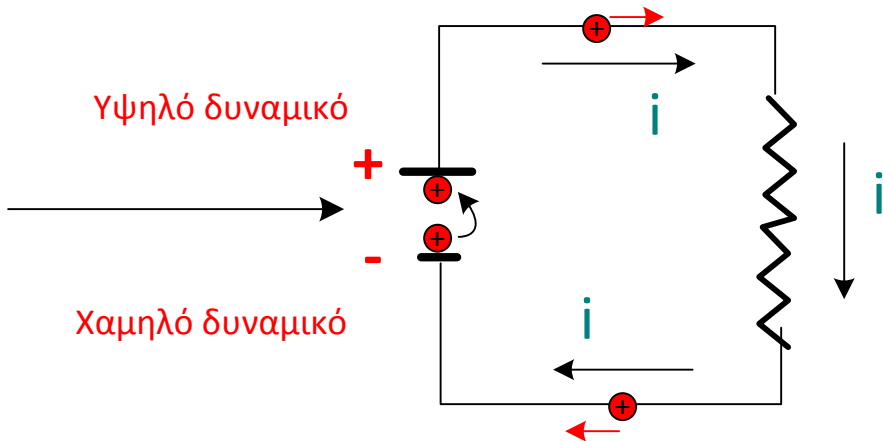


Φορείς θετικά φορτία

κατανάλωση (χημικής) ενέργειας για την μεταφορά **θετικών** φορτίων από το - στο + της μπαταρίας

Υψηλό δυναμικό

Χαμηλό δυναμικό

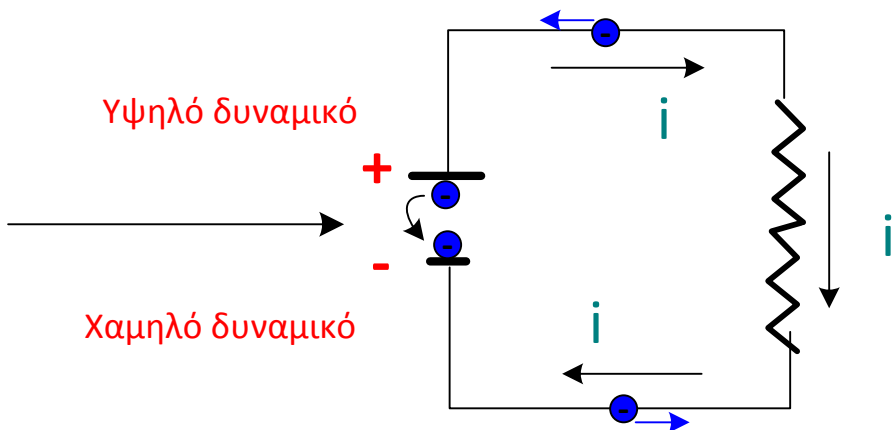


Φορείς ηλεκτρόνια

κατανάλωση (χημικής) ενέργειας για την μεταφορά **αρνητικών** φορτίων από το + στο - της μπαταρίας

Υψηλό δυναμικό

Χαμηλό δυναμικό



Ηλεκτρεργετική

δύναμη (τάση) \mathcal{E}

η ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που προσφέρεται από τη μπαταρία ανά coulomb θετικού φορτίου για να το μεταφέρει από τον ακροδέκτη χαμηλού δυναμικού σ' αυτόν υψηλού δυναμικού

$$\mathcal{E} = W_{\text{πηγ}} / q$$

τάση

$$\Delta V = W_{\text{κύκλωμα}} / q$$

$W_{\text{πηγής}} = W_{\text{κύκλωμα}}$
μετατροπή χημικής ενέργειας μπαταρίας σε ηλεκτρική

κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπαταρίας σε θερμότητα

$$\{W_{\text{πηγή}} / q\} = \{W_{\text{κύκλωμα}} / q\}$$

$$\mathcal{E} + \Delta V = 0$$

Θετική

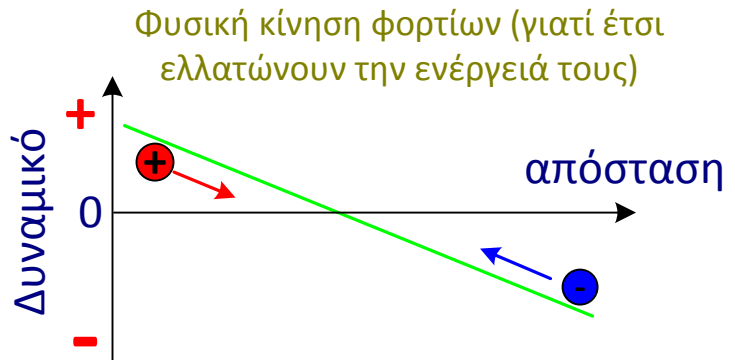
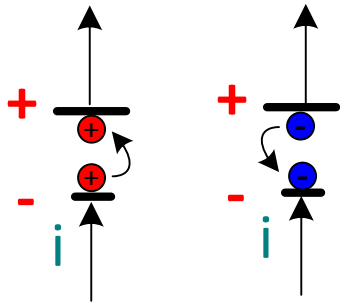
Αρνητική

Διέλευση ρεύματος μέσα σε μπαταρία

$$\mathcal{E} + \Delta V = 0$$

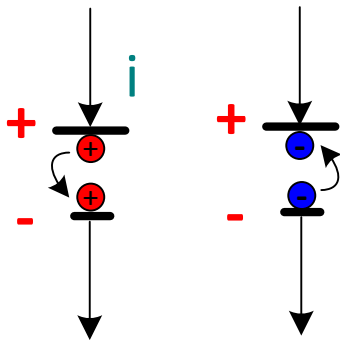
Η πηγή δίδει ενέργεια στο κύκλωμα

$$\mathcal{E} > 0$$



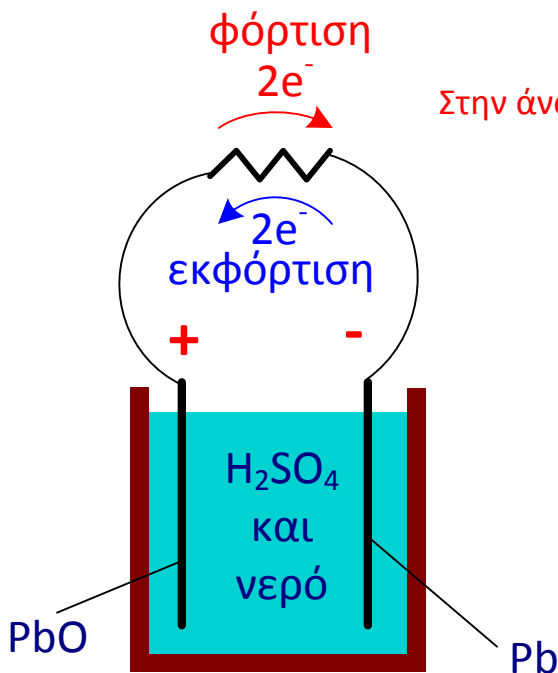
Η πηγή πέρνει ενέργεια από το κύκλωμα

$$\mathcal{E} < 0$$

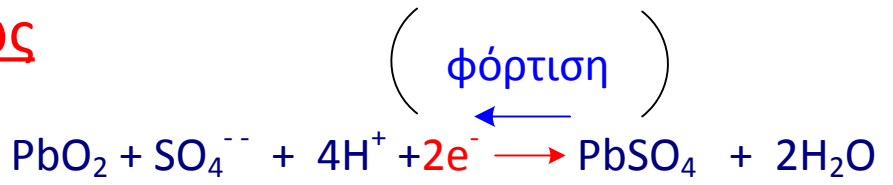


Αν η πηγή είναι αντιστρεπτή αποθηκεύει (χημική) ενέργεια.

Μπαταρίες μολύβδου-οξέως



Στην άνοδο **[+]**



Στην κάθοδο **[-]**



ΓΕΝΙΚΑ

Στην άνοδο Αντιδρώντα $+2e^-$ προϊόντα

Στην κάθοδο Αντιδρώντα προϊόντα $+2e^-$

Μέσα στο διάλυμα **εκφόρτιση**

ηλεκτρόδιο **[+]**

Κίνηση φορτίων μέσα στη μπαταρία αντίθετη από τη φυσική τους κίνηση

Κίνηση φορτίων μέσα στη μπαταρία σύμφωνα με τη φυσική τους κίνηση

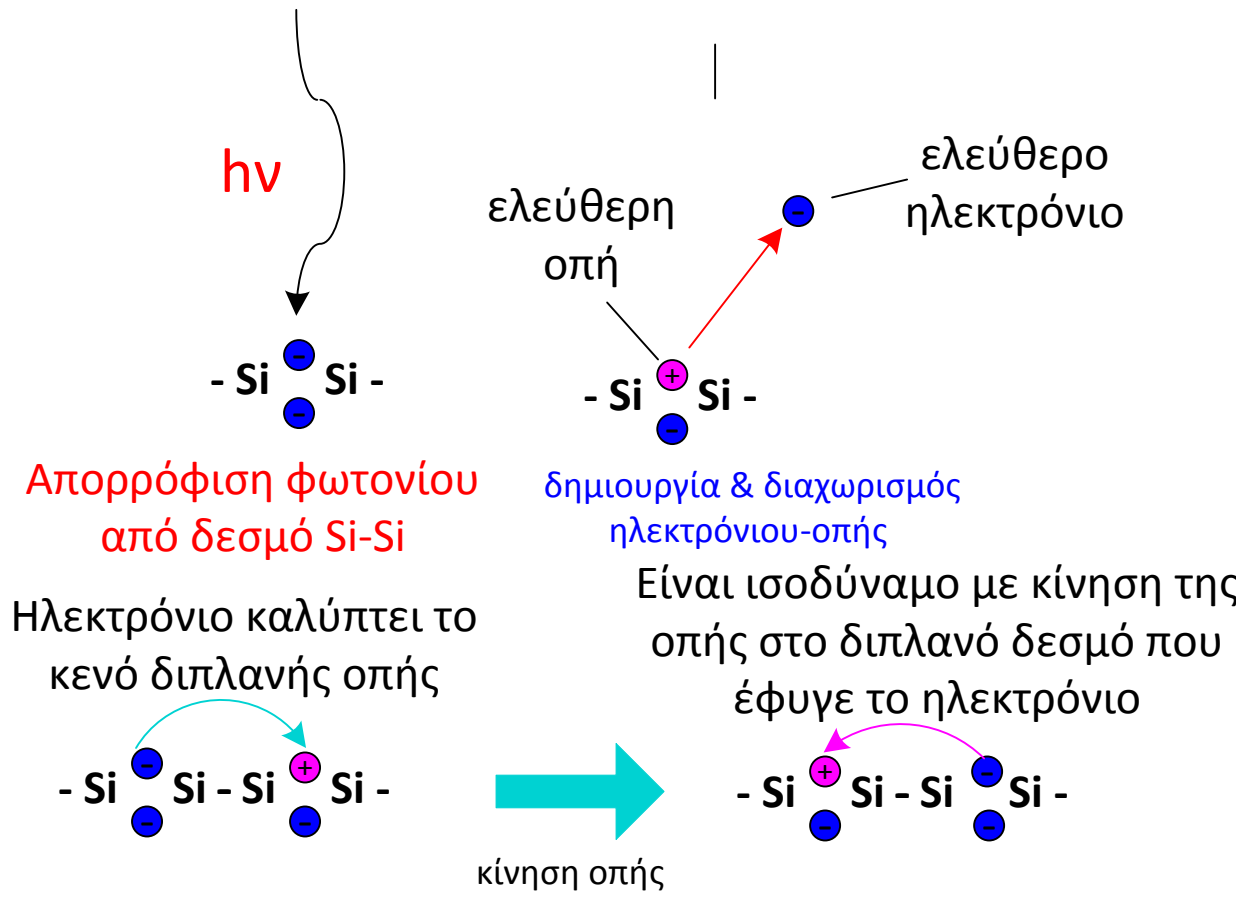
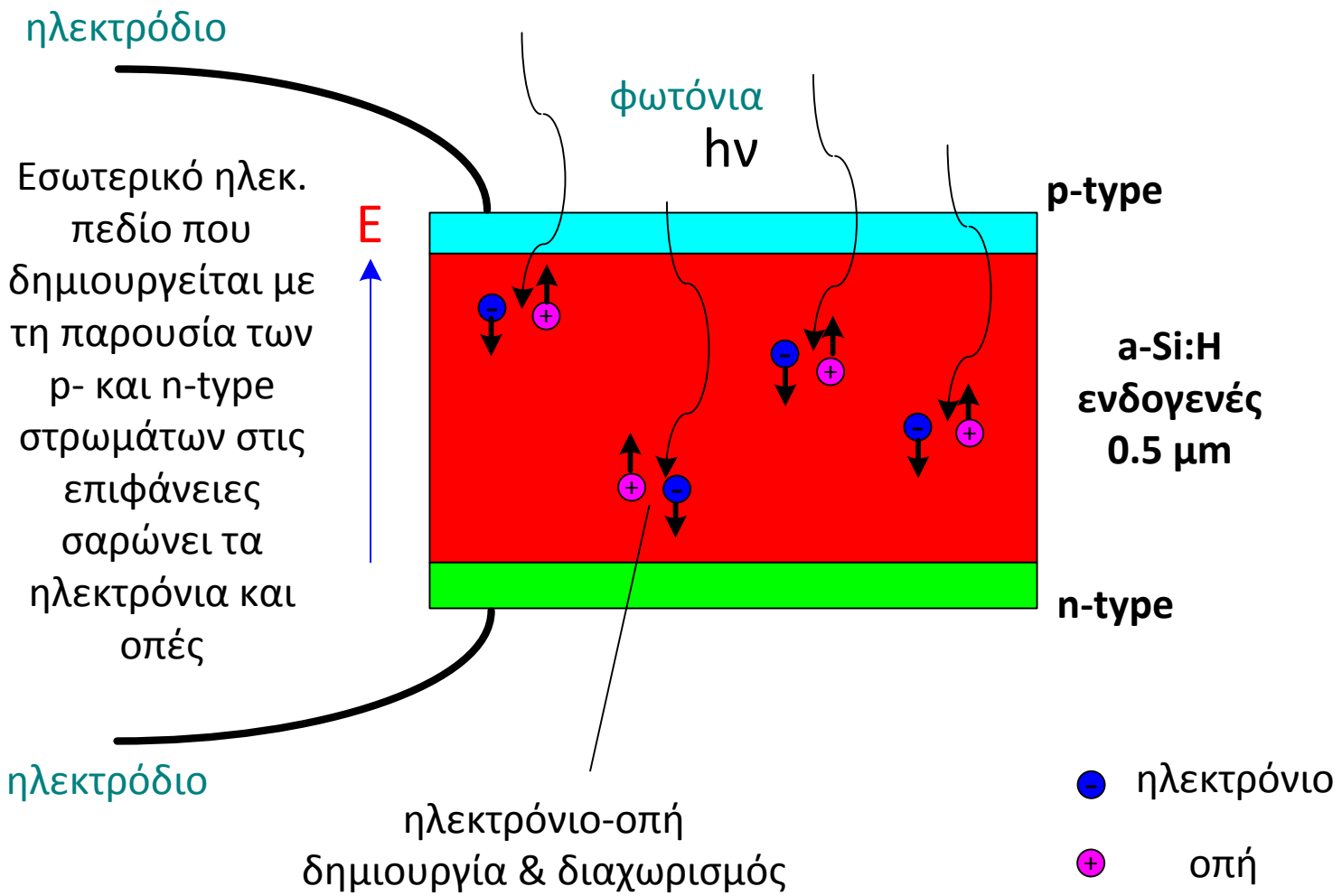
φόρτιση

[-] ηλεκτρόδιο

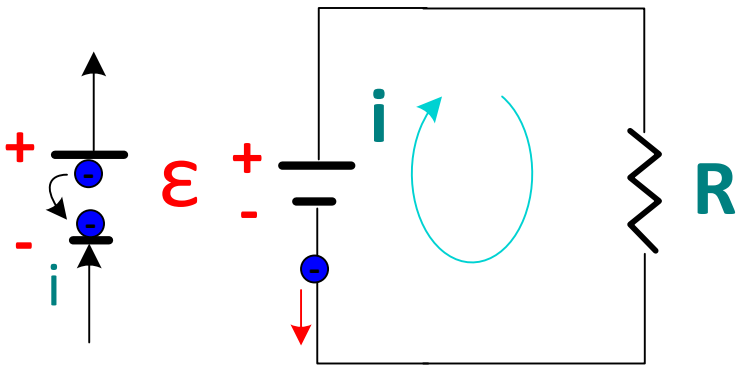
εκφόρτιση εξάντληση H_2SO_4

φόρτιση παραγωγή H_2SO_4

a-Si:H ηλιακή κυψελίδα (solar cell)



Κύκλωμα απλού βρόχου



Η πηγή αντλεί ηλεκτρόνια από το + στο - και κερδίζουν δυναμική ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια των ηλεκτρονίων που κερδίζουν μέσα στη πηγή χάνεται σαν θερμότητα στην R ή σε άλλη μορφή αν υπάρχει και άλλη κατανάλωση

Ενέργεια που παράγεται από τη πηγή καταναλώνεται στο κύκλωμα

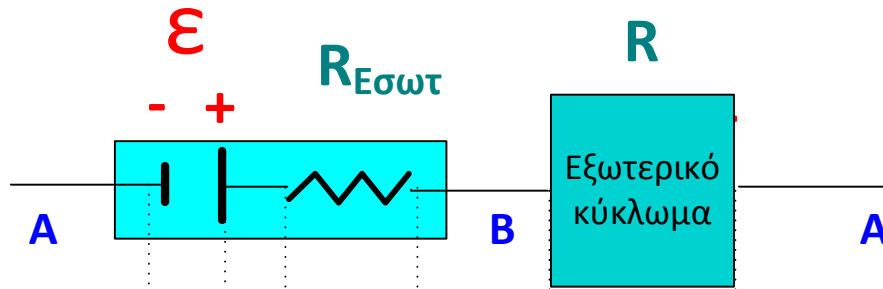
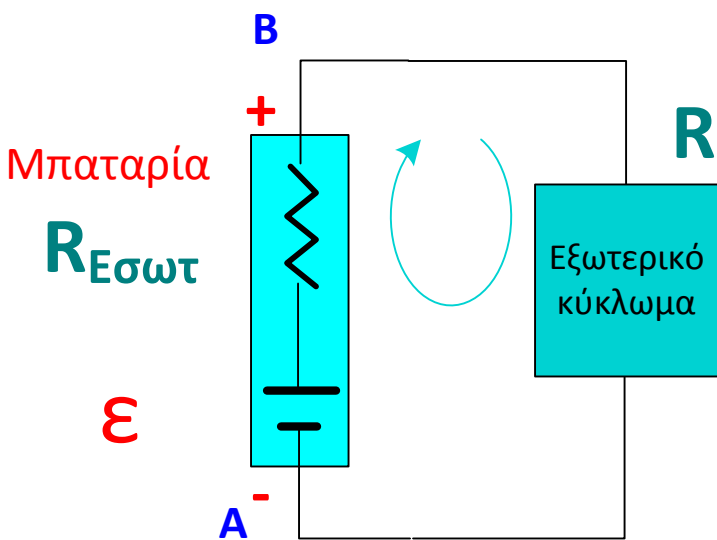
$$\{W_{\text{πηγή}} / q\} = \{W_{\text{κύκλωμα}} / q\}$$

$$\mathcal{E} = \Delta V$$

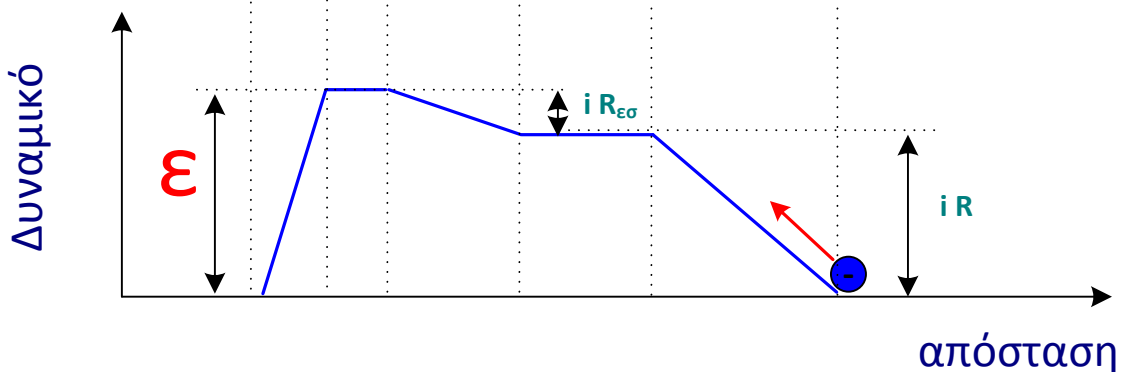
$$\mathcal{E} - \Delta V = 0$$

$$\mathcal{E} - iR = 0$$

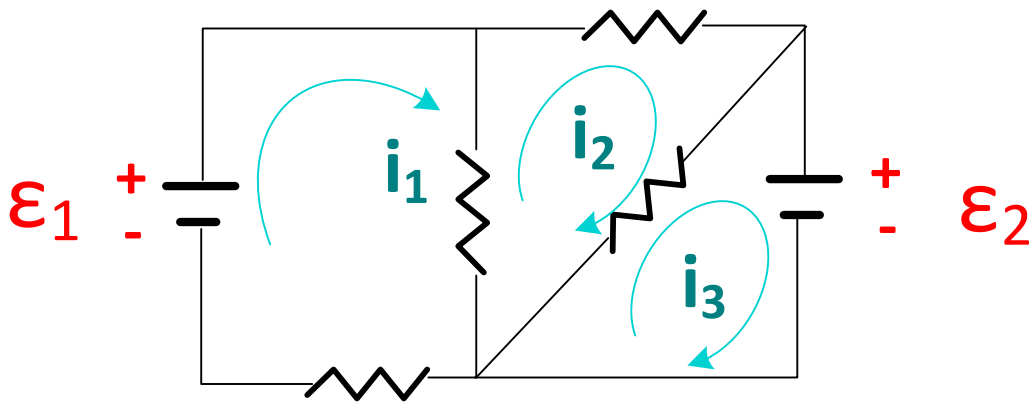
2ος κανόνας του Kirchoff



Κάθε ηλεκτρόνιο κερδίζει δυναμική ενέργεια μέσα από τη πηγή και χάνει μέσα από αντιστάσεις R



Κύκλωμα πολλών βρόχων

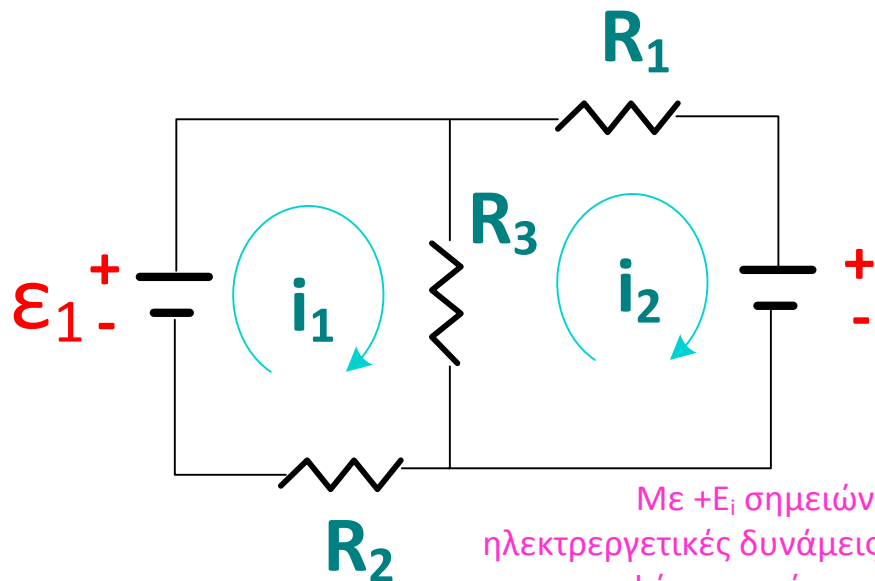


Σημειώνω αυθαίρετα σε κάθε βρόχο το ρεύμα που διατρέχει, όσους βρόχους υπάρχουν τόσα και ρεύματα

Μέθοδος βρόχων

Στα σύνορα 2 βρόχων τα ρεύματα από το κάθε γειτονικό βρόχο αθροίζονται αλγεβρικά π.χ. την R3 στον αριστερό βρόχο διατρέχει το i_1 και $-i_2$

Σε κάθε βρόχο παίρνω τα αθροίσματα των ΣΕi και των Σi·Ri και καταστρώνω τόσες εξισώσεις όσα και τα άγνωστα ρεύματα.



Με +E_i σημειώνω τις ηλεκτρεργετικές δυνάμεις που προσφέρουν ενέργεια στο κύκλωμα και με +E_x αυτές που καταναλώνουν ενέργεια.

$$E_1 - i_1 R_2 - (i_1 - i_2) R_3 = 0$$

$$-E_2 - i_1 R_1 - (i_2 - i_1) R_3 = 0$$

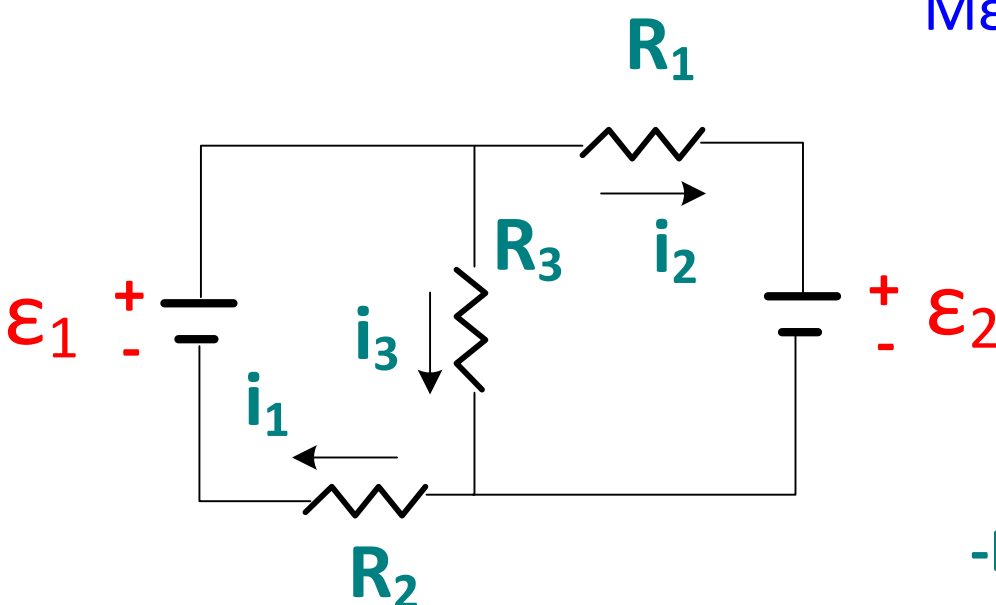
1ος κανόνας του Kirchoff

Σε κάθε κόμβο το σύνολο το ρευμάτων που εισέρχονται ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που εξέρχονται.

$$\sum i = 0$$

Μέθοδος κόμβων

Σημειώνω σε κάθε κλάδο αυθαίρετα το ρεύμα που διατρέχει. Σε κάθε κόμβο το σύνολο το ρευμάτων που εισέρχονται ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που εξέρχονται.



$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

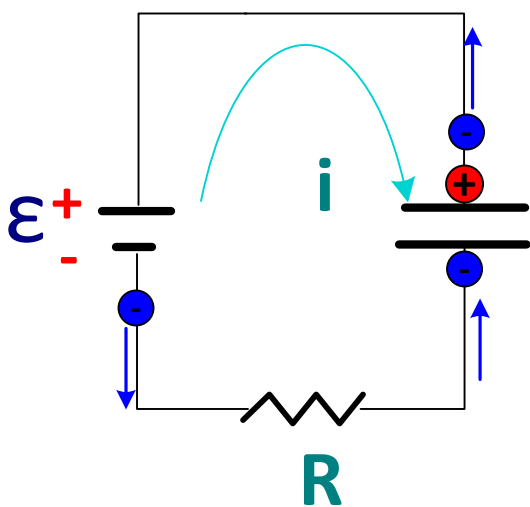
$$E_1 - i_3 R_3 - i_1 R_2 = 0$$

$$-E_2 - i_2 R_1 + i_3 R_3 = 0$$

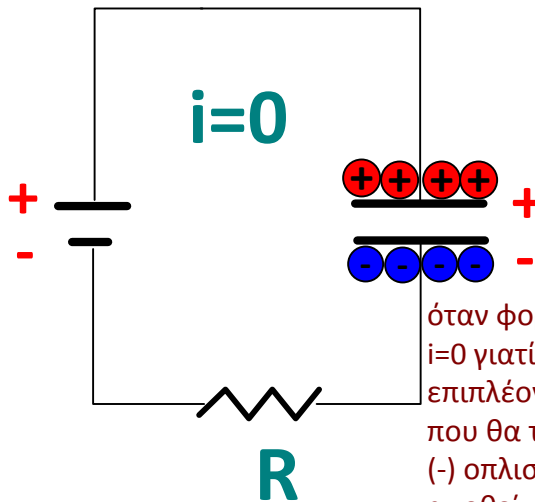
Αν κάποια ρεύματα i_j υπολογίζονται από τις λύσεις των εξισώσεων αρνητικά αυτό σημαίνει ότι η φορά που εκλέχθηκε αυθέρετα στη πραγματικότητα είναι αντίθετη

Κύκλωμα RC

Φόρτιση πυκνωτή



Κάθε ένα ηλεκτρόνιο που φθάνει στον ένα οπλισμό εκδιώκει ένα άλλο από τον απέναντι οπλισμό



όταν φορτιστεί τότε $i=0$ γιατί κάθε ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο που θα τείνει στον (-) οπλισμό αποθίεται από τα συσσωρευμένα ηλεκτρόνια

$$\varepsilon - V_R - V_C = 0$$

$$\varepsilon - IR - \frac{Q}{C} = 0$$

$$\varepsilon - R \frac{dQ}{dt} - \frac{Q}{C} = 0$$

$$\frac{dQ}{C\varepsilon - Q} = \frac{dt}{RC}$$

$$\int_0^Q \frac{dQ'}{C\varepsilon - Q'} = \int_0^t \frac{dt'}{RC}$$

$$-\ln\{C\varepsilon - Q\} + \ln\{C\varepsilon\} = \frac{t}{RC}$$

$$-\ln\{1 - Q/(C\varepsilon)\} = \frac{t}{RC}$$

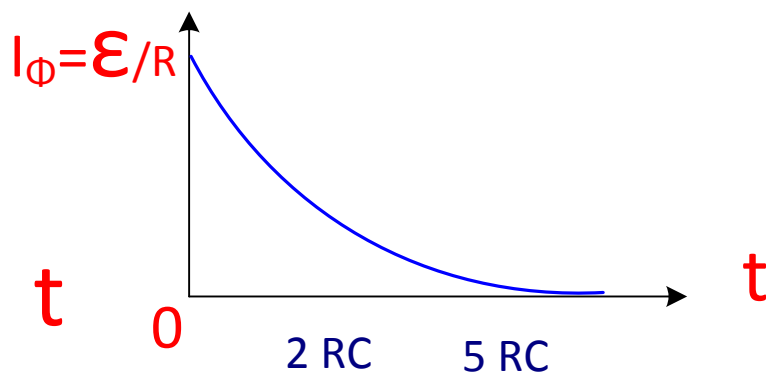
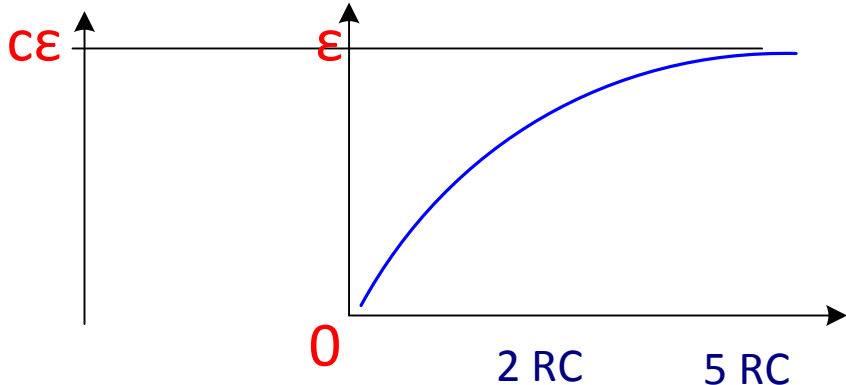
$$\{1 - Q/(C\varepsilon)\} = e^{-t/RC}$$

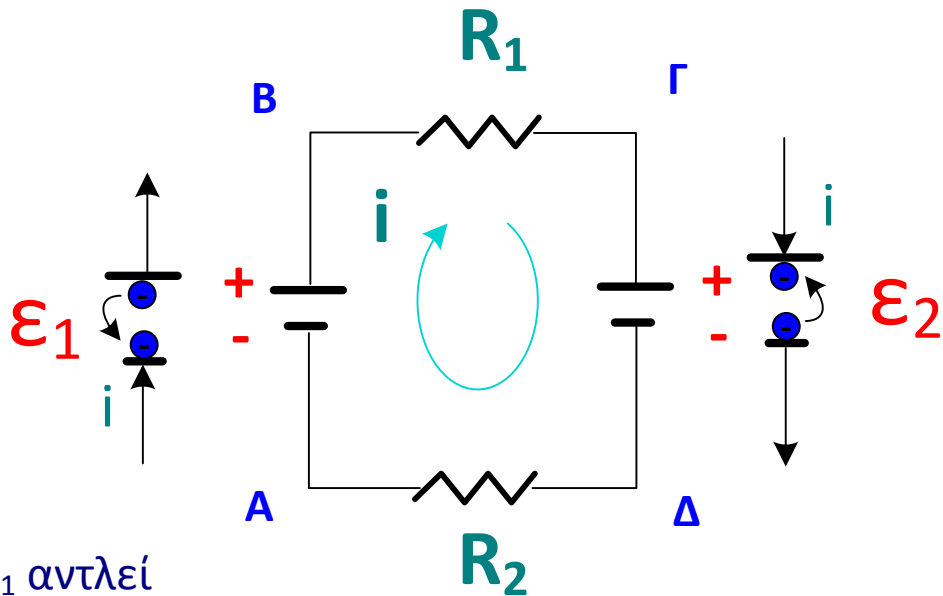
$$V_C(t) = Q(t)/C \quad Q(t) = C\varepsilon (1 - e^{-t/RC})$$

$$V_C(t) = \varepsilon (1 - e^{-t/RC})$$

$$I = dQ/dt = \{\varepsilon/R\} e^{-t/RC}$$

$$Q(t) = CV_C(t) \quad V_C(t)$$





Η πηγή E_1 αντλεί ηλεκτρόνια από το + στο - και κερδίζουν δυναμική ενέργεια

Η πηγή E_2 αντλεί ηλεκτρόνια από το + στο - αλλά τελικά τα ηλεκτρόνια διέρχονται από το - στο + και έτσι χάνουν δυναμική ενέργεια

$$E_1 > E_2$$

$$\{W^1_{\text{πηγή}} / q\} = \{W^2_{\text{πηγή}} / q\} + \{W_{\text{κύκλωμα}} / q\}$$

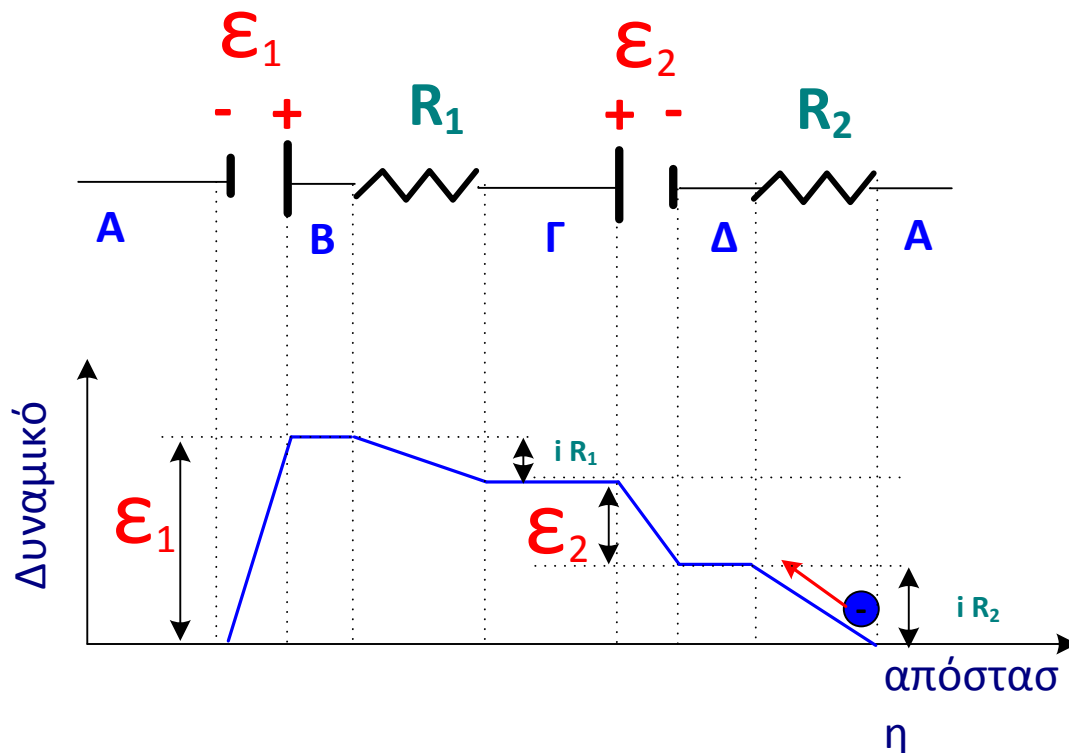
$$E_1 = E_2 + \Delta V$$

$$E_1 - E_2 = \Delta V$$

2ος κανόνας του Kirchoff

$$E_1 - E_2 - iR = 0$$

$$\sum E_i - \sum iR = 0$$



Κάθε ηλεκτρόνιο κερδίζει δυναμική ενέργεια μέσα από τη πηγή E_1 και χάνει μέσα από αντιστάσεις R και την E_2

Ισχύς προσφερόμενη από πηγή

$$\mathcal{E} = W_{\text{πηγ}} / q$$

$$dW_{\text{πηγ}} = \mathcal{E} dq$$

$$\frac{dW_{\text{πηγ}}}{dt} = \mathcal{E} \frac{dq}{dt}$$

$$P = \mathcal{E} i$$

Ισχύς καταναλισκόμενη από αντίσταση

$$dU = \Delta V dq \quad \frac{dU}{dt} = \Delta V \frac{dq}{dt}$$

$$P = \Delta V i$$

$$\Delta V = i R$$

$$P = i^2 R \quad P = (\Delta V)^2 / R$$

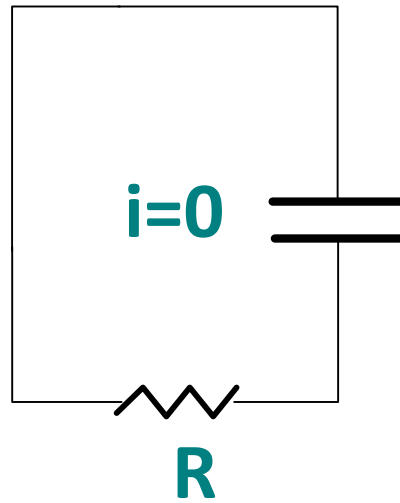
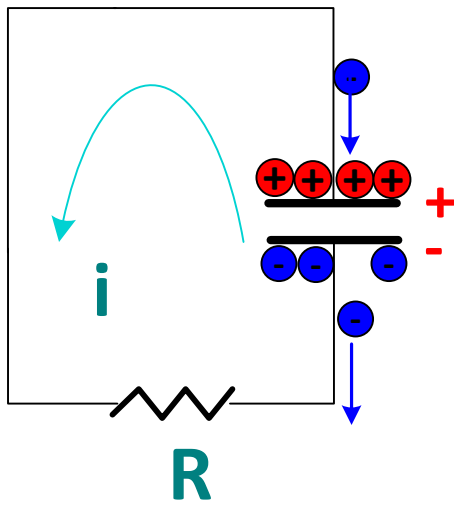
Θερμότητα Joule

$$i = P_{\text{μεταφ}} / \Delta V$$

$$P_{\text{joule}} = (P_{\text{μεταφ}} / \Delta V)^2 R$$

Μεταφορά ηλεκ. ενέργειας υπό
υψηλή τάση συμφέρει
ελαχιστοποιεί P_{joule}

Εκφόρτιση πυκνωτή



$$-IR - \frac{Q}{C} = 0$$

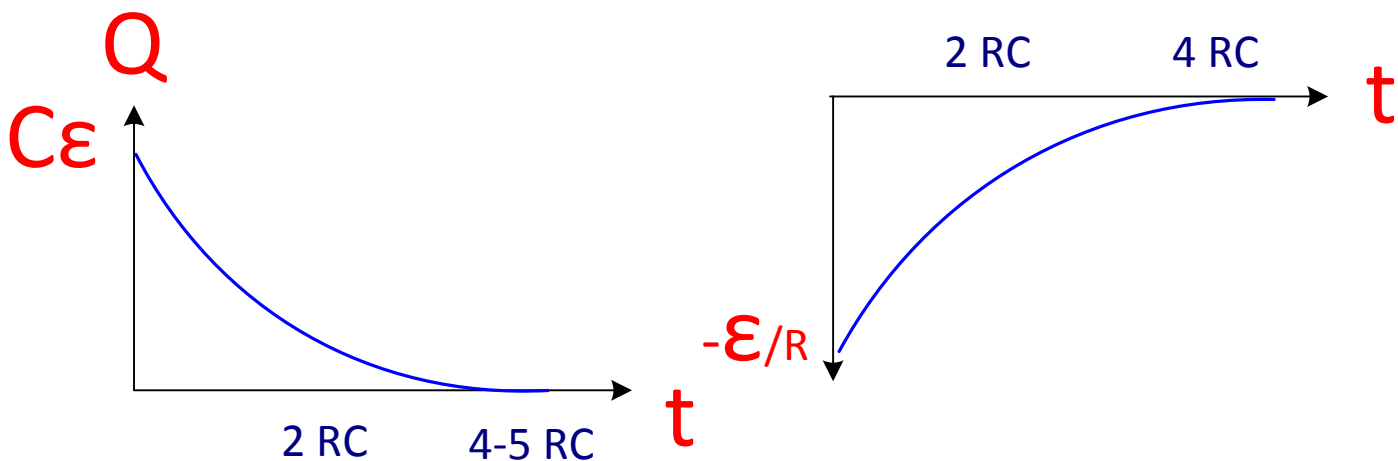
$$-R \frac{dQ}{dt} - \frac{Q}{C} = 0$$

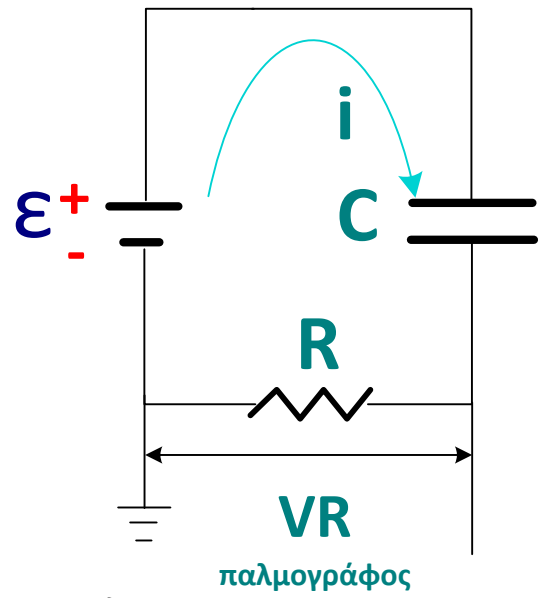
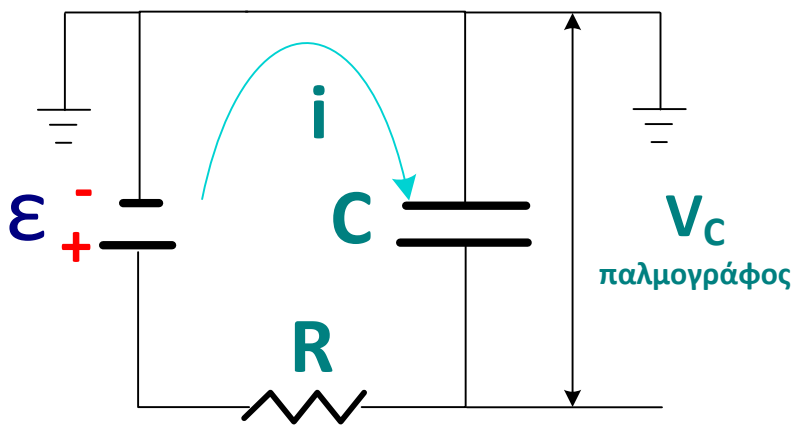
$$\frac{dQ}{-Q} = \frac{dt}{RC}$$

$$\int_{Q_0}^Q \frac{dQ'}{-Q'} = \int_0^t \frac{dt'}{RC}$$

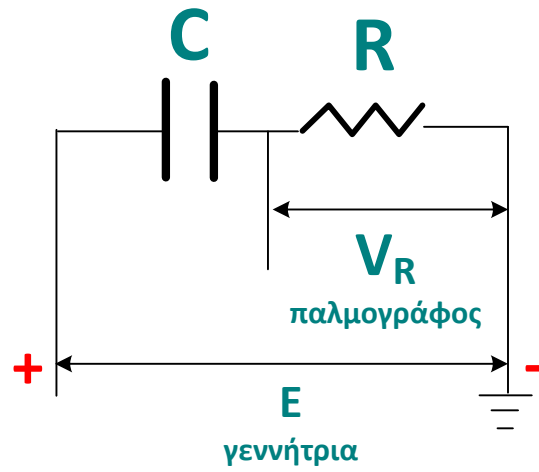
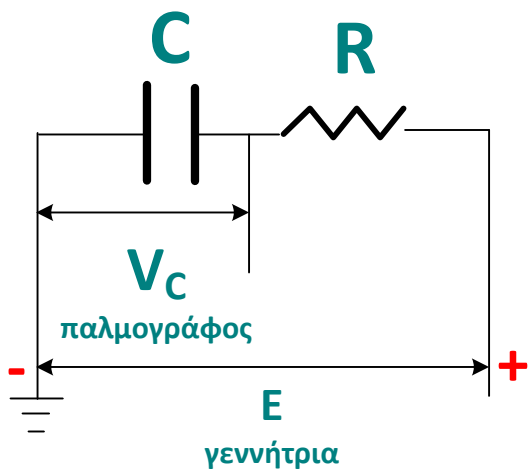
$$Q = \overset{Q_0}{C\epsilon} e^{-t/RC}$$

$$I = dQ/dt = -\{\overset{I_0}{\epsilon/R}\} e^{-t/RC}$$





Ισοδύναμο
κύκλωμα



Συνδεσμολογία 1

Συνδεσμολογία 2

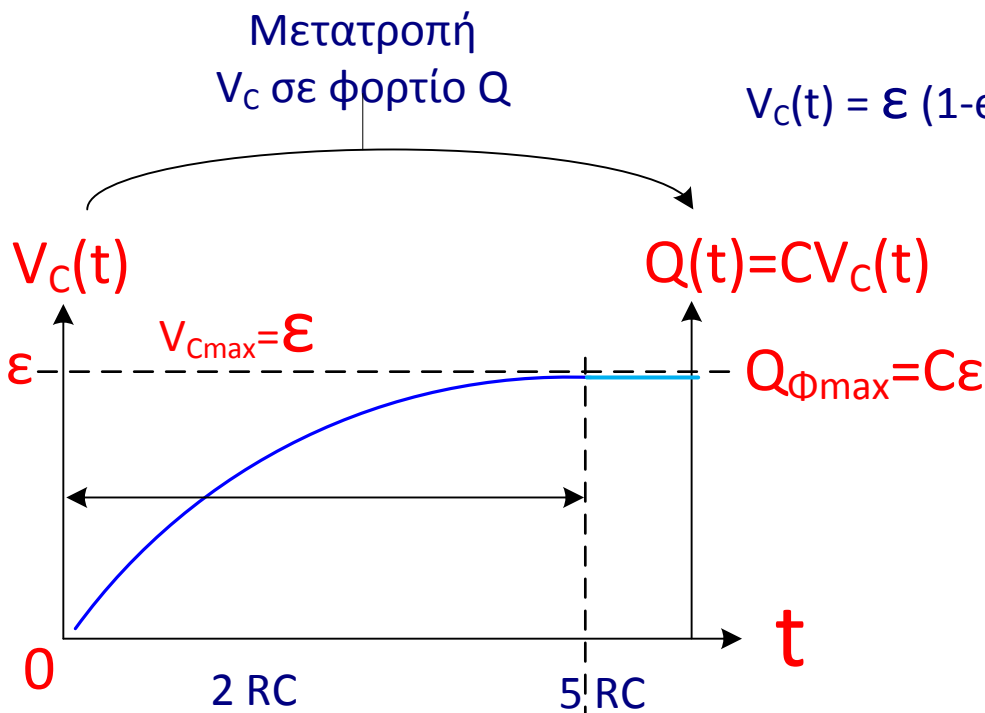
Μέγιστο φορτίο φόρτισης

$$Q_{\phi\max} = C\varepsilon$$

$$Q(t) = C\varepsilon (1 - e^{-t/RC})$$

$$V_c(t) = Q(t)/C$$

$$V_c(t) = \varepsilon (1 - e^{-t/RC})$$

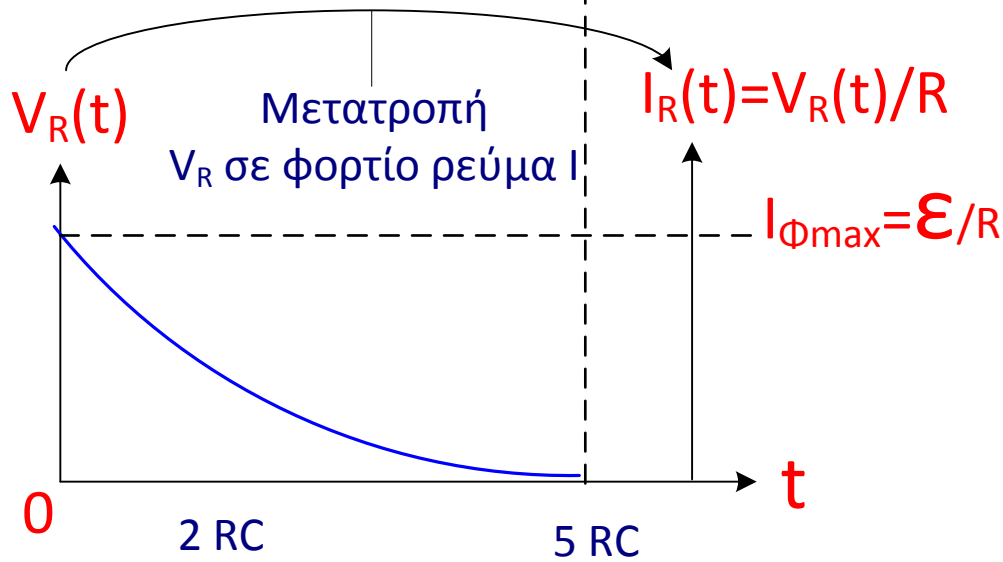


$$I = dQ/dt$$

Μέγιστο ρεύμα φόρτισης

$$I_{\phi\max}$$

$$I = dQ/dt = \{\varepsilon/R\} e^{-t/RC}$$



$t_{\phi\text{φόρτισης}}$

$$t_{\phi\text{φόρτισης}} = 5RC$$

$$R = 1k\Omega \quad C = \dots$$