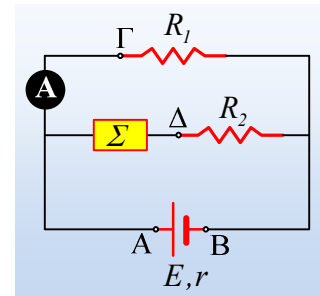


### Η ενέργεια σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Δίνεται το κύκλωμα του διπλανού σχήματος, όπου η πηγή έχει ΗΕΔ  $E=65V$  και εσωτερική αντίσταση  $r=1\Omega$ . Οι αντιστάτες έχουν αντιστάσεις  $R_1=8\Omega$  και  $R_2=2\Omega$ , ενώ η συσκευή  $\Sigma$ , δεν είναι ωμικός καταναλωτής. Η ένδειξη του ιδανικού αμπερομέτρου είναι  $I_1=6 A$ .



- i) Ποια η τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_1$ , και ποιος ο ρυθμός με τον οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια στον αντιστάτη  $R_1$ .
- ii) Ένα φορτίο  $q=2C$  μεταφέρεται από το σημείο B στο σημείο A, στο εσωτερικό της πηγής. Να βρεθεί η ενέργεια που κέρδισε το φορτίο κατά την παραπάνω μετακίνησή του. Πόση ενέργεια αντίστοιχα πρόσφερε η πηγή για την μετακίνηση αυτή;
- iii) Πόση ενέργεια παρέχει η πηγή στο κύκλωμα σε χρονικό διάστημα  $\Delta t=10s$ ;
- iv) Να υπολογιστεί η ηλεκτρική ενέργεια την οποία καταναλώνει η συσκευή  $\Sigma$  στο παραπάνω χρονικό διάστημα.
- v) Να βρεθεί η ισχύς της πηγής, αν συνδέσουμε τα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$  με αγωγό μηδενικής αντιστάσεως.

#### Απάντηση:

- i) Από το νόμο του Ohm έχουμε για την τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_1$ :

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \rightarrow V_1 = I_1 R_1 = 6 A \cdot 8 \Omega = 48 V$$

Ο ρυθμός με τον οποίο το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρει ενέργεια στον αντιστάτη (ονομάζεται και ισχύς του ρεύματος) δίνεται από την εξίσωση:

$$P_1 = V_1 I_1 = 48 V \cdot 6 A = 288 W$$

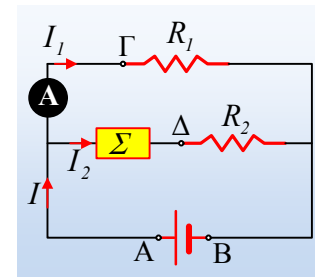
Μεταφέρεται δηλαδή ενέργεια 288J σε κάθε δευτερόλεπτο από το ρεύμα, στον αντιστάτη! Αυτή η ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική στον αντιστάτη και τελικά μεταφέρεται στο περιβάλλον με τη μορφή της θερμότητας. Πράγματι αν υπολογίσουμε τον ρυθμό «παραγωγής» θερμότητας στον αντιστάτη, θα έχουμε:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = P_Q = I_1^2 R_1 = 6^2 \cdot 8 J/s = 288 J/s$$

- ii) Το φορτίο  $q_1$  όταν βρίσκεται στο σημείο B έχει δυναμική ενέργεια  $U_B=q_1 \cdot V_B$ , ενώ φτάνοντας στο σημείο A, θα έχει δυναμική ενέργεια  $U_A=q_1 \cdot V_A$ . Αλλά  $V_A > V_B$  αφού  $V_A - V_B = V_{AB} = V_{\text{πολ}} = V_1 = 48V$ , οπότε και  $U_A > U_B$ . Κατά τη μεταφορά του δηλαδή μέσω της πηγής **κέρδισε** ενέργεια:

$$U_A - U_B = q_1 \cdot (V_A - V_B) = 2C \cdot 48V = 96J$$

Αντίστοιχα για την παραπάνω μετακίνηση η πηγή **πρόσφερε** ενέργεια:



$$W_{\pi, q_1} = q_1 E = 2 \cdot 65 J = 130 J$$

iii) Η πολική τάση της πηγής δίνεται από την εξίσωση:

$$V_{\text{πολ}} = E - Ir$$

Όπου  $I$  η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή και  $V_{\text{πολ}} = V_1$ , οπότε:

$$I = \frac{E - V_1}{r} = \frac{65V - 48V}{1\Omega} = 17 A$$

Οπότε η ενέργεια που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα είναι ίση:

$$W_{\pi} = P \cdot \Delta t = EI \cdot \Delta t = 65 \cdot 17 \cdot 10 J = 11.050 J$$

iv) Από τον 1<sup>ο</sup> κανόνα του Kirchhoff παίρνουμε:

$$I = I_1 + I_2 \rightarrow I_2 = I - I_1 = 17 A - 6 A = 11 A$$

Εξάλλου η τάση στα άκρα του συστήματος συσκευής-αντιστάτης  $R_2$  είναι ίση με  $V_1$ , οπότε:

$$V_{\Sigma} + V_2 = V_1 \rightarrow V_{\Sigma} = V_1 - I_2 R_2 = 48V - 11 \cdot 2V = 26V$$

Και η ενέργεια που παρέχει το ηλεκτρικό ρεύμα στη συσκευή σε χρονικό διάστημα  $\Delta t$  είναι:

$$W_{\Sigma} = P \cdot \Delta t = V_{\Sigma} I_2 \cdot \Delta t = 26 \cdot 11 \cdot 10 J = 2.860 J$$

v) Συνδέοντας με αγωγό χωρίς αντίσταση τα σημεία  $\Gamma$  και  $\Delta$ , η συσκευή  $\Sigma$  βραχυκυκλώνεται, παύει να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και ουσιαστικά «φεύγει» από το κύκλωμα, το οποίο μετασχηματίζεται στη μορφή του διπλανού σχήματος. Αλλά τότε:

$$R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \cdot 2}{8 + 2} \Omega = 1,6 \Omega$$

Η δε πηγή, διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I = \frac{E}{R_{1,2} + r} = \frac{65}{1,6 + 1} A = 25 A$$

Με αποτέλεσμα η ισχύς της (ο ρυθμός με τον οποίο παρέχει ενέργεια στο κύκλωμα) είναι:

$$P = E \cdot I = 65 \cdot 25 W = 1.625 W$$

### Σχόλιο:

Στο ii) ερώτημα βρήκαμε ότι για την μετακίνηση του φορτίου (και τη ροή ρεύματος στο κύκλωμα...) η πηγή έδωσε ενέργεια στο φορτίο  $q_1$  130J, ενώ το φορτίο κέρδισε ενέργεια μόνο 96J. Γιατί;

Γιατί ένα μέρος της ενέργειας που παρέχει στα φορτία η πηγή, αποδίδεται ταυτόχρονα στην εσωτερική αντίσταση της πηγής και εμφανίζεται τελικά με τη μορφή της θερμότητας. Η πηγή ζεσταίνεται.

