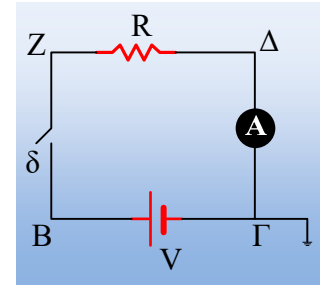


Τάσεις, δυναμικά και μια μέτρηση.

Στο κύκλωμα του διπλανού σχήματος, οι αγωγοί σύνδεσης δεν έχουν αντίσταση, ενώ το σημείο Γ συνδέεται με τη Γη. Δίνονται ακόμη ότι $R=8\Omega$ και $V=4V$, ενώ ο διακόπτης δ είναι ανοικτός.



- i) Στο σημείο Γ λέμε ότι υπάρχει γείωση. Αλλά στην περίπτωση των κυκλωμάτων «βολεύει» να θεωρούμε ότι το δυναμικό της Γης είναι μηδέν (αντί να ...τρέχουμε στο άπειρο!). Με βάση το δεδομένο αυτό, να υπολογίσετε τα δυναμικά στα σημεία B, Δ και Z.
- ii) Πόση είναι η διαφορά δυναμικού στα άκρα του διακόπτη και πόση πρόκειται να γίνει, αν κλείσουμε το διακόπτη δ;
- iii) Στην περίπτωση που κλείναμε το διακόπτη, ποια θα περιμέναμε να ήταν η ένδειξη του αμπερομέτρου;
- iv) Κλείνουμε το διακόπτη και διαπιστώνουμε ότι το αμπερόμετρο δείχνει ένδειξη 0,4 A. Να δώσετε μια ερμηνεία και να εξηγήσετε αν το αμπερόμετρο είναι ιδανικό ή όχι.
- v) Να υπολογίσετε ξανά τα δυναμικά στα σημεία B, Γ, Δ και Z.
- vi) Μιλώντας με βάση τη συμβατική φορά του ρεύματος ένα φορτίο $q=2C$, μετακινείται:
 - α) Από το Δ στο Γ,
 - β) Από το Γ στο B.

Αφού υπολογίστε την δυναμική ενέργεια του παραπάνω φορτίου στα σημεία B, Γ και Δ, να υπολογίστε το έργο που παράγεται από το ηλεκτρικό πεδίο στις δυο παραπάνω μετακινήσεις.

Τι μετράνε τα παραπάνω έργα;

Απάντηση:

- i) Το κύκλωμα δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα συνεπώς δεν υπάρχει τάση στα άκρα του αντιστάτη και του αμπερομέτρου. Άρα $V_{\Delta\Gamma}=0$ ή $V_{\Delta}-V_{\Gamma}=0$ ή $V_{\Delta}=V_{\Gamma}=0$.
Αλλά και $V_{Z\Delta}=0 \rightarrow V_Z-V_{\Delta}=0 \rightarrow V_Z=V_{\Delta}=0$
Εξάλλου $V_B-V_{\Gamma}=V = 4V$ οπότε $V_B=4V$.
- ii) Με βάση τις τιμές των δυναμικών που παραπάνω υπολογίσαμε, η τάση στα άκρα του διακόπτη είναι:

$$V_{\delta}=V_B-V_{\Delta}=4V-0V=4V.$$

Μόλις κλείσουμε το διακόπτη, διαρρέεται από ρεύμα και η τάση μεταξύ των δύο επαφών του είναι:

$$V_{\delta}=I \cdot R_{\delta}=0$$

Αφού δεχόμαστε ότι η παρουσία του διακόπτη δεν παρεμβάλλει αντίσταση στο κύκλωμα.

- iii) Αν υποθέσουμε ότι το αμπερόμετρο είναι ιδανικό, συνεπώς με μηδενική εσωτερική αντίσταση, το κύκλωμα πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{4V}{8\Omega} = 0,5A$$

iv) Αν κλείνοντας το διακόπτη το αμπερόμετρο δείξει ένδειξη 0,4 A, δηλαδή τιμή μικρότερη από την αναμενόμενη, σημαίνει ότι στο κύκλωμα υπάρχει αυξημένη αντίσταση. Αλλά αφού οι αγωγοί δεν έχουν αντίσταση, δεν μένει από το να δεχτούμε ότι η επιπλέον αντίσταση παρεμβάλλεται από το αμπερόμετρο. Αλλά τότε το αμπερόμετρο δεν είναι ιδανικό, παρουσιάζοντας εσωτερική αντίσταση r . Από το νόμο του Ohm λοιπόν θα έχουμε:

$$I_1 = \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{V}{R+r} \rightarrow$$

$$r = \frac{V}{I_1} - R = \frac{4}{0,4} \Omega - 8\Omega = 2\Omega$$

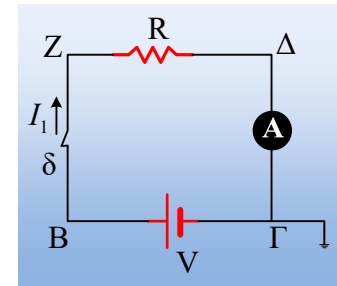
v) Στο διπλανό σχήμα έχει σημειωθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, με το διακόπτη κλειστό.

Προφανώς έχουμε ξανά $V_I = V_{\Gamma\eta} = 0$ και $V_B - V_I = 4V$ ή $V_B = 4V$.

Εξάλλου με τη βοήθεια του νόμου του Ohm βρίσκουμε:

$$V_{BZ} = I_1 \cdot R_{BZ} \rightarrow V_B - V_Z = I_1 \cdot 0 \text{ ή } V_Z = V_B = 4V.$$

$$V_{Z\Delta} = I_1 \cdot R_{Z\Delta} \rightarrow V_Z - V_{\Delta} = 0,4A \cdot 8\Omega \rightarrow V_{\Delta} = V_Z - 3,2V \text{ ή } V_{\Delta} = 0,8V.$$



vi) Με βάση τις τιμές των παραπάνω δυναμικών, έχουμε για τη δυναμική ενέργεια του φορτίου:

$$U_B = q \cdot V_B = 2 \cdot 4J = 8J$$

$$U_Z = q \cdot V_Z = 8J$$

$$U_{\Delta} = q \cdot V_{\Delta} = 2 \cdot 0,8J = 1,6J$$

$$U_{\Gamma} = q \cdot V_{\Gamma} = 0$$

Εξάλλου κατά τη μετακίνηση του φορτίου αυτού παράγεται έργο από το ηλεκτρικό πεδίο:

$$\alpha) W_{\Delta\Gamma} = q \cdot (V_{\Delta} - V_{\Gamma}) = q \cdot V_{\Delta} = 1,6J$$

$$\beta) W_{\Gamma B} = q \cdot (V_{\Gamma} - V_B) = -q \cdot V_B = -8J.$$

Αξίζει να παρατηρήσουμε τι βρήκαμε παραπάνω. Κατά τη μετακίνηση του φορτίου από το Δ στο Γ, η δυναμική του ενέργεια μειώνεται από την τιμή 1,6J στην τιμή μηδέν, όσο είναι και το έργο που παράγεται από τη δύναμη του πεδίου. Το έργο αυτό μετράει την ενέργεια που το ηλεκτρικό φορτίο αποδίδει στο τμήμα ΔΓ ή με άλλα λόγια που αποδίδει στο αμπερόμετρο. Η ενέργεια αυτή τελικά «αναγνωρίζεται» ως θερμότητα που παράγεται πάνω στην εσωτερική αντίσταση του αμπερομέτρου.

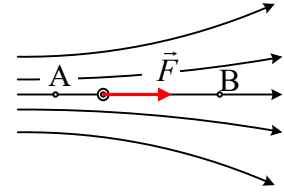
Αντίθετα το φορτίο μετακινούμενο από το Γ στο Β, περνώντας δηλαδή από την πηγή, αυξάνεται η δυναμική του ενέργεια, από την τιμή μηδέν, στην τιμή 8J. Το φορτίο συνεπώς κέρδισε ενέργεια με αποτέλεσμα να μην αποδίδει ενέργεια στο τμήμα και το έργο που υπολογίσαμε να προκύπτει αρνητικό και ίσο με -8J.

Σχόλια:

Ας δούμε λίγο καλύτερα τα τελευταία ευρήματα.

- 1) Τι ακριβώς σημαίνει η φράση: «Έργο κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου από το σημείο Α στο Β»;

Στο σχήμα φαίνεται ένα φορτίο που μετακινείται κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής, με την επίδραση της δύναμης του πεδίου F . Η δύναμη αυτή παράγει έργο $W_{AB} = q(V_A - V_B)$, πράγμα που σημαίνει ότι το φορτίο επιταχύνεται και η κινητική του ενέργεια αυξάνεται. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι μεταφέρεται ενέργεια από το ηλεκτρικό πεδίο στο φορτισμένο σωματίδιο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κινητική του ενέργεια.



Στην περίπτωση του ηλεκτροστατικού πεδίου, θα μπορούσαμε επίσης να πούμε ότι κατά τη μετακίνηση του σωματιδίου μειώνεται η δυναμική του ενέργεια με αποτέλεσμα να αυξάνεται η κινητική του ενέργεια.

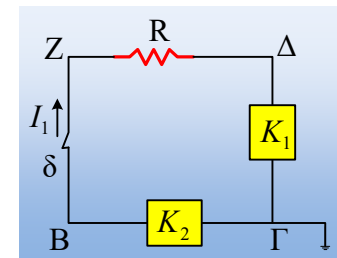
- 2) Έστω τώρα, ότι το ίδιο φορτισμένο σωματίδιο μετακινείται στο εσωτερικό ενός αγωγού με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου, όπως στο σχήμα. Η κατάσταση είναι ακριβώς η ίδια, που σημαίνει ότι μειώνεται η δυναμική ε-



νέργεια του σωματιδίου, με τη διαφορά όμως ότι δεν αυξάνεται αντίστοιχα η κινητική του ενέργεια, εξαιτίας του ότι το σωματίδιο δεν κινείται στο κενό, αλλά διαρκώς συγκρούεται (αλληλεπιδρά) με τα ιόντα του κρυσταλλικού πλέγματος. Αλλά τότε το έργο της δύναμης του πεδίου, θα μετρά την ενέργεια που θα μεταφέρεται και θα αποδίδεται στον αγωγό, η οποία τελικά μπορεί να εμφανιστεί ως θερμική ενέργεια (ο αγωγός ζεσταίνεται) και τελικά θερμότητα που ελευθερώνεται (φαινόμενο Joule).

- 3) Ας επιστρέψουμε τώρα στα ευρήματα του iv) ερωτήματος, μιλώντας για το διπλανό κύκλωμα, όπου υπάρχουν δύο αδιαφανή κιβώτια, που δεν ξέρουμε τι περιέχουν αλλά που γνωρίζουμε μόνο τα έργα $W_{\Delta\Gamma}$ και $W_{\Gamma B}$.

Μιλώντας για το έργο της δύναμης του πεδίου, αυτό μπορεί να είναι θετικό ή και αρνητικό, όπως παραπάνω. Θετικό έργο δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου σημαίνει το ηλεκτρικό ρεύμα παρέχει ενέργεια στο αδιαφανές



κιβώτιο K_1 και αρνητικό έργο σημαίνει ότι το ηλεκτρικό ρεύμα παίρνει ενέργεια από το αντίστοιχο κιβώτιο K_2 . Με άλλα λόγια το (υποτιθέμενο θετικό φορτίο), μετακινούμενο από το Γ μέχρι το B παίρνει ενέργεια από την ηλεκτρική πηγή, αυξάνοντας τη δυναμική του ενέργεια, ενέργεια που τελικά αποδίδει στα διάφορα στοιχεία του κυκλώματος, μέχρι να επιστρέψει ξανά στο σημείο Γ .

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης

