

Κεφάλαιο 2. Ηλεκτρικό Ρεύμα

2.1 Το ηλεκτρικό ρεύμα

5. Με ποιες θεμελιώδεις έννοιες του ηλεκτρισμού συνδέεται το ηλεκτρικό ρεύμα;

Το ηλεκτρικό ρεύμα συνδέεται με τις θεμελιώδεις έννοιες του ηλεκτρισμού: το φορτίο και το ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό ρεύμα και περιγράφεται εκφράζει την κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων μέσα σε ηλεκτρικά πεδία.

6. Τι ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα;

Ονομάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.

7. Ποια είναι η αιτία της δημιουργίας του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα μεταλλικό αγωγό;

Στο εσωτερικό ενός μεταλλικού αγωγού υπάρχουν θετικά ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται τυχαία προς κάθε κατεύθυνση, ενώ τα ιόντα ταλαντώνονται γύρω από καθορισμένες θέσεις.

8. Ποια υλικά μπορούν να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα;

Αγωγοί: Γενικά σ' έναν αγωγό είναι δυνατόν να δημιουργηθεί προσανατολισμένη κίνηση, δηλαδή κίνηση προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση φορτισμένων σωματιδίων. Στους μεταλλικούς αγωγούς τα σωματίδια που εκτελούν την προσανατολισμένη κίνηση είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η κίνηση των ελευθέρων ηλεκτρονίων μέσα σε έναν αγωγό είναι το ηλεκτρικό ρεύμα.

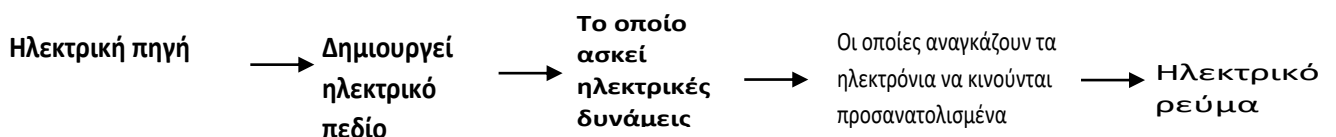
Τα ηλεκτρόνια δεν κινούνται με την ίδια ευκολία σε όλους τους αγωγούς, για παράδειγμα, σ' ένα χάλκινο σύρμα κινούνται ευκολότερα απ' ότι σ' ένα σιδερένιο σύρμα ίδιων διαστάσεων. Λέμε ότι ο χαλκός είναι καλύτερος αγωγός από το σίδηρο.

Μονωτές: Το ηλεκτρικό ρεύμα δεν διαρρέει τους μονωτές. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι μονωτές διαθέτουν ελάχιστα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Ημιαγωγοί: Ορισμένα υλικά, όπως για παράδειγμα το πυρίτιο και το γερμάνιο, κάτω από ορισμένες συνθήκες συμπεριφέρονται άλλοτε ως αγωγοί και άλλοτε ως μονωτές. Αυτά τα υλικά τα ονομάζουμε ημιαγωγούς.

9. Πως μπορούμε να προκαλέσουμε ηλεκτρικό ρεύμα μέσα σε έναν μεταλλικό αγωγό;

Ηλεκτρικό ρεύμα μπορούμε εύκολα να προκαλέσουμε με τη βοήθεια μιας μπαταρίας (ηλεκτρική πηγή). Σε κάθε ηλεκτρική πηγή υπάρχουν δύο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές τις οποίες ονομάζουμε ηλεκτρικούς πόλους. Αν συνδέσουμε μια ηλεκτρική πηγή με έναν μεταλλικό αγωγό τότε στο εσωτερικό του αγωγού δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο ασκεί δυνάμεις στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και στα θετικά ιόντα του αγωγού. Τα θετικά ιόντα δεν έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν ελεύθερα. Αντίθετα όμως τα ελεύθερα ηλεκτρόνια υπό την επίδραση της ηλεκτρικής δύναμης από το ηλεκτρικό πεδίο της πηγής κινούνται προσανατολισμένα από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της πηγής. Η προσανατολισμένη αυτή κίνηση αποτελεί το ηλεκτρικό ρεύμα.



10. Πότε το ηλεκτρικό ρεύμα χαρακτηρίζεται ισχυρό και πότε ασθενές;

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων κατά μήκος των μεταλλικών αγωγών. Συνδέουμε το πόσο ισχυρό ή ασθενές είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το λαμπτήρα με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που διέρχονται από μια διατομή του σύρματος στη μονάδα του χρόνου. **Όσο περισσότερα ηλεκτρόνια διέρχονται από μια κάθετη διατομή (από μια τομή) του αγωγού σε ορισμένο χρόνο, τόσο περισσότερο φορτίο θα περνάει από αυτήν και τόσο ισχυρότερο θα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα.** Ισχυρό

ηλεκτρικό ρεύμα σημαίνει ότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προσανατολισμένα με γρήγορο ρυθμό μέσα στον αγωγό, ενώ ασθενές ηλεκτρικό ρεύμα σημαίνει ότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται προσανατολισμένα με αργό ρυθμό μέσα στον αγωγό.

11. Πως ορίζεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και τι εκφράζει;

Ορίζουμε την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ως το φορτίο (q) που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα (t) προς το χρονικό διάστημα.

Στη γλώσσα των μαθηματικών η παραπάνω σχέση γράφεται:

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

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο κινείται το ηλεκτρικό φορτίο στον αγωγό, δηλαδή το πόσο γρήγορα κινούνται τα ηλεκτρικά φορτία που αποτελούν το ηλεκτρικό ρεύμα.

12. Ποια είναι η μονάδα της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος;

Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι θεμελιώδες μέγεθος και μονάδα μέτρησής της είναι το **1 Ampere (1 A) (Αμπέρ)**. Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση το $1A=1C/s$. Σε ηλεκτρονικές διατάξεις που διαρρέονται από ρεύματα μικρής έντασης ως μονάδες μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του αμπέρ όπως:

- $1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$ (μιλιαμπέρ)
- $1 \text{ }\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ (μικροαμπέρ)

13. Τι σημαίνει ότι η ένταση του ρεύματος είναι 12A;

12 A σημαίνει 12C/s, δηλαδή σε κάθε s περνούν 12C φορτίου από μια διατομή του αγωγού.

14. Παραδείγματα ασκήσεων στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

1) Από μια διατομή ενός αγωγού σε χρόνο $t=4\text{min}$ διέρχεται φορτίο $q=240\text{C}$. Να βρείτε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.

Λύση

Πρώτα μεταφέρουμε στο S.I. όσες μονάδες χρειάζεται. Εδώ, ο χρόνος

$t=2\text{min}=120\text{s}$. Οπότε η ένταση του ρεύματος θα είναι $I = \frac{q}{t} = \frac{240\text{C}}{120\text{s}} = 2\text{A}$.

2) Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα αγωγό είναι $I=40\text{mA}$. Πόσο φορτίο περνάει από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t=250\text{s}$;

Λύση

Πρώτα μεταφέρουμε στο S.I. όσες μονάδες χρειάζεται. Εδώ, η ένταση του

ηλεκτρικού ρεύματος $I = 40\text{mA} = 40 \cdot 10^{-3}\text{A}$. Οπότε θα είναι $I = \frac{q}{t} \Rightarrow q=It \Rightarrow q=40 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 250 \text{ s} = 10000 \cdot 10^{-3} = 10\text{C}$.

15.Με ποια όργανα μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος;

Τα όργανα που χρησιμοποιούμε για να μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζονται αμπερόμετρα. Για να μετρήσουμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από έναν αγωγό, παρεμβάλουμε το αμπερόμετρο, έτσι ώστε το προς μέτρηση ρεύμα να διέλθει μέσα από αυτό. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης του οργάνου λέγεται **σύνδεση σε σειρά**.

Τα σύγχρονα αμπερόμετρα είναι ενσωματωμένα σε όργανα πολλαπλής χρήσης που ονομάζονται πολύμετρα. Με το πολύμετρο μπορούμε να μετράμε και άλλα μεγέθη, όπως ηλεκτρική τάση και αντίσταση.

16.Ποια είναι η πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος;

Τα μόνα φορτισμένα σωματίδια που μπορούν να κινηθούν ελεύθερα και προς κάθε κατεύθυνση στο εσωτερικό των μεταλλικών αγωγών είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Επειδή τα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά φορτισμένα, θα κινούνται από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της μπαταρίας.

Η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων σ' ένα μεταλλικό αγωγό είναι η πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος.

17.Ποια είναι η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος;

Έχει επικρατήσει, για ιστορικούς λόγους, να θεωρούμε ότι η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος ταυτίζεται με τη φορά κίνησης φανταστικών θετικών φορτίων που κινούνται κατά μήκος των αγωγών.

Η φορά κίνησης των θετικών φορτίων σ' ένα αγωγό ονομάζεται συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Στη μελέτη του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούμε την συμβατική φορά και όχι την πραγματική φορά.



18. Ποια είναι τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος;

Μπορούμε να κατατάξουμε τα φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα στις ακόλουθες κατηγορίες.

- **Θερμικά αποτελέσματα:** Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί τη θέρμανση των σωμάτων τα οποία διαρρέει. Συσκευές που λειτουργούν με βάση τα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ο θερμοσίφοντας, η ηλεκτρική κουζίνα, οι θερμοσυσσωρευτές.

Χημικά αποτελέσματα: Όταν ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται διαμέσου χημικών ουσιών, προκαλεί χημικές μεταβολές. Εκμεταλλευόμαστε τα χημικά φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα στην κατασκευή των ηλεκτρικών μπαταριών, στην παρασκευή χημικών στοιχείων κ.λπ.

- **Φωτεινά αποτελέσματα:** Σε κάποιες περιπτώσεις το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί την εκπομπή φωτός είτε λόγω αύξησης της θερμοκρασίας (λαμπτήρας πυράκτωσης) είτε λόγω της διέλευσής του από αέρια (λαμπτήρας φθορισμού).

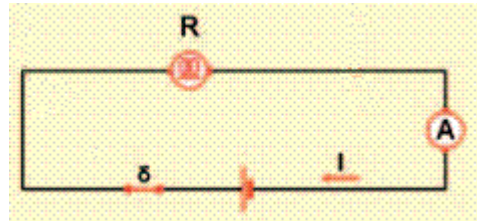
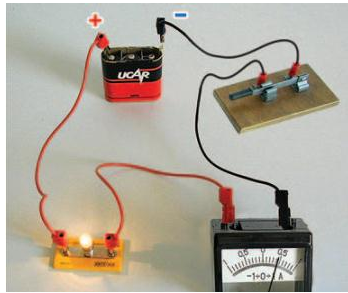
Ηλεκτρομαγνητικά αποτελέσματα: Οι αγωγοί τους οποίους διαρρέει ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικά πεδία. Έτσι μπορούν και αλληλεπιδρούν με σιδερένια υλικά, μαγνήτες ή και μεταξύ τους, ασκώντας μαγνητικές δυνάμεις. Στα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα στηρίζεται η λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών γερανών, οι αυτόματοι διακόπτες, οι κεφαλές εγγραφής ήχου και εικόνας, καθώς και η κίνηση των τρένων μαγνητικής ανύψωσης κ.λπ.

2.2 Ηλεκτρικό Κύκλωμα

1. Τι ονομάζουμε ηλεκτρικό κύκλωμα;

Κάθε διάταξη που αποτελείται από κλειστούς αγωγίμους «δρόμους», μέσω των οποίων μπορεί να διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται ηλεκτρικό κύκλωμα.

2. Ποια είναι τα συνήθη στοιχεία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος; Σχεδιάστε ένα απλό κύκλωμα με ηλεκτρική πηγή, λαμπτήρα, διακόπτη και αμπερόμετρο.



3. Πότε ένα κύκλωμα χαρακτηρίζεται ανοικτό και πότε κλειστό;

Γενικά για να διαρρέεται ένα κύκλωμα από ηλεκτρικό ρεύμα θα πρέπει να αποτελεί μια κλειστή αγωγίμη διαδρομή, αυτό επιτυγχάνεται εύκολα με τη βοήθεια ενός διακόπτη.

Όταν ο διακόπτης στο παραπάνω κύκλωμα είναι ανοικτός τότε λέμε ότι το κύκλωμα είναι ανοικτό και δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός τότε λέμε ότι το κύκλωμα είναι κλειστό και διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.

4. Ποιος ο ρόλος της ηλεκτρικής πηγής σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων. Τα φορτισμένα σωματίδια κινούνται με την επίδραση της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από την πηγή. Η δύναμη αυτή παράγει έργο. Το έργο αυτής της ηλεκτρικής δύναμης εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή στα κινούμενα φορτία. Την ενέργεια αυτή την αποκαλούμε ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος.

Αυτός ακριβώς είναι ο ρόλος της πηγής, να προσφέρει μέσω του ηλεκτρικού πεδίου και των ηλεκτρικών δυνάμεων ηλεκτρική ενέργεια στα κινούμενα φορτία που αποτελούν το ηλεκτρικό ρεύμα.

Προσοχή:

- Η ηλεκτρική πηγή δεν δίνει ηλεκτρόνια στο κύκλωμα, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του ρεύματος προϋπάρχουν ήδη στους αγωγούς. Η

ηλεκτρική πηγή απλώς προσφέρει ενέργεια στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που ήδη υπάρχουν.

- Η ηλεκτρική πηγή δεν δημιουργεί ενέργεια από το μηδέν, απλώς μετατρέπει μια μορφή ενέργειας που υπήρχε αρχικά σε ηλεκτρική.

5. Τι είναι λοιπόν η ηλεκτρική πηγή; Μπορείτε να αναφέρεται κάποια είδη ηλεκτρικών πηγών;

Κάθε συσκευή στην οποία μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ονομάζεται πηγή ηλεκτρικής ενέργειας ή απλώς ηλεκτρική πηγή.

Η μορφή ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική εξαρτάται από το είδος της ηλεκτρικής πηγής.

- Σ' ένα ηλεκτρικό στοιχείο (κοινή μπαταρία) ή σ' ένα συσσωρευτή (μπαταρία αυτοκινήτου) χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
- Σε μια γεννήτρια κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
- Σ' ένα φωτοστοιχείο ενέργεια της ακτινοβολίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
- Σ' ένα θερμοστοιχείο θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

6. Τι είναι η διαφορά δυναμικού στους πόλους πηγής;

Το βασικό χαρακτηριστικό μιας μπαταρίας, αλλά και κάθε ηλεκτρικής πηγής είναι η τάση ή αλλιώς η διαφορά δυναμικού στα άκρα της. Όταν αγοράζουμε μια μπαταρία ζητάμε να έχει τάση 1,5V ή 4,5V ή 9V ανάλογα με τη συσκευή που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε.

Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού ($V_{πηγής}$) μεταξύ των δύο πόλων μιας ηλεκτρικής πηγής το πηλίκο της ενέργειας που προσφέρεται από την πηγή σε ηλεκτρόνια ($E_{ηλεκτρική}$) συνολικού φορτίου (q) όταν διέρχονται από αυτήν προς το φορτίο q .

Στη γλώσσα των μαθηματικών είναι:

$$V_{πηγής} = \frac{E_{ηλεκτρική}}{q}$$

Η τάση V είναι μονόμετρο μέγεθος και η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης (διαφοράς δυναμικού) στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται Volt (1V) και ορίζεται ως:

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Coulomb}} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

7. Τι εκφράζει η διαφορά δυναμικού στους πόλους της πηγής;

Τα μεγέθη 1,5V ή 4,5V εκφράζουν πόση ηλεκτρική ενέργεια προσφέρεται σε φορτίο 1C κατά τη διέλευσή του από την ηλεκτρική πηγή. Δηλαδή:

- Η μπαταρία των 1,5V προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 1,5J σε φορτίο 1C.
- Η μπαταρία των 4,5V προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 4,5J σε φορτίο 1C.

Για παράδειγμα αν συνδέσουμε διαδοχικά ένα λαμπάκι με τα άκρα μιας μπαταρίας 1,5V και μιας μπαταρίας 4,5V, θα παρατηρήσουμε ότι στη δεύτερη περίπτωση το λαμπάκι φωτοβολεί πιο έντονα. Στη δεύτερη περίπτωση η τάση στους πόλους της μπαταρίας είναι μεγαλύτερη, επομένως η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος που μεταφέρεται στο λαμπάκι από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι μεγαλύτερη, οπότε και φωτοβολεί εντονότερα.

8. Ποια συσκευή ονομάζεται καταναλωτής;

Κάθε συσκευή που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής, ονομάζεται μετατροπέας ή **καταναλωτής**, π.χ. ο ηλεκτρικός λαμπτήρας.

9. Τι είναι το βολτόμετρο;

Τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων ενός στοιχείου του κυκλώματος. π.χ. μπαταρίας, λαμπτήρα, κινητήρα κ.λπ., τη μετράμε με τη βοήθεια ενός **βολτόμετρου**. Τα άκρα του βολτόμετρου συνδέονται με τα άκρα του στοιχείου στα οποία θέλουμε να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού. Λέμε ότι **το βολτόμετρο συνδέεται παράλληλα** με το στοιχείο. Τα σύγχρονα βολτόμετρα είναι ενσωματωμένα στα πολύμετρα.

10. Πως ορίζεται η διαφορά δυναμικού στα άκρα ενός καταναλωτή και τι εκφράζει;

Για να μπορέσουμε να μετρήσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρεται από το ηλεκτρικό ρεύμα σε έναν καταναλωτή, ορίζουμε ένα φυσικό μέγεθος που το ονομάζουμε **ηλεκτρική τάση** ή **διαφορά δυναμικού**.

Ονομάζουμε ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού (V) μεταξύ των δύο άκρων του καταναλωτή το πηλίκο της ενέργειας που μεταφέρουν στον καταναλωτή ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου q όταν διέρχονται από αυτόν προς το φορτίο q.

Στη γλώσσα των μαθηματικών είναι:

$$V = \frac{E_{\text{ηλεκτρική}}}{q}$$

11. Ποια η βασική διαφορά ανάμεσα στην τάση, στα άκρα καταναλωτή και πηγής;

Η τάση στα άκρα:

- ενός καταναλωτή είναι μηδέν όταν από αυτόν δεν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα και
- μιας μπαταρίας είναι διαφορετική από το μηδέν είτε διέρχεται από αυτή ηλεκτρικό ρεύμα είτε όχι.

12. Παραδείγματα ασκήσεων

1) Μια μπαταρία των 9V συνδέεται με τα άκρα ενός λαμπτήρα.

α) Να υπολογίσετε την ενέργεια που μεταφέρεται από την πηγή σε ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού συνολικού φορτίου 3C.

β) Αν η μπαταρία αντικατασταθεί από μια άλλη, η ενέργεια που μεταφέρεται στο λαμπτήρα μέσω των ελεύθερων ηλεκτρονίων συνολικού φορτίου 4C είναι ίση με 48J. Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των άκρων της μπαταρίας θεωρώντας ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά τη μεταφορά της προς το λαμπτήρα.

Λύση

$$\alpha) E_{\text{ηλεκτρική}} = V_{\text{πηγής}} \cdot q = 9V \cdot 3C = 27J.$$

$$\beta) E_{\text{ηλεκτρική}} = V_{\text{πηγής}} \cdot q \Rightarrow V_{\text{πηγής}} = \frac{E_{\text{ηλεκτρική}}}{q} = \frac{48}{4} = 12V.$$

2) Ένας λαμπτήρας είναι συνδεδεμένος με μπαταρία των 9V και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=4A$. Να υπολογίσετε πόση ενέργεια μεταφέρεται από την πηγή στο λαμπτήρα σε χρόνο 2s.

Λύση

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t \Rightarrow q = 4A \cdot 2s = 8C.$$

$$E_{\text{ηλεκτρική}} = V_{\text{πηγής}} \cdot q = 9V \cdot 8C = 72J.$$

2.3 Ηλεκτρικά Δίπολα

1. Τι είναι τα ηλεκτρικά δίπολα;

Είδαμε ότι όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε (μπαταρίες, λαμπτήρες, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.) διαθέτουν δύο άκρα (πόλους) με τα οποία συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι ίδιες οι συσκευές ονομάζονται ηλεκτρικά δίπολα.

2. Τι συμβαίνει όταν στα άκρα ενός ηλεκτρικού διπόλου εφαρμόσουμε ηλεκτρική τάση V ;

Όταν στα άκρα ενός ηλεκτρικού διπόλου εφαρμόσουμε μια ηλεκτρική τάση V , τότε από το δίπολο θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I . Αν αλλάξουμε την τιμή της τάσης V , θα μεταβληθεί και η ένταση I . Ο τρόπος που μεταβάλλεται η ένταση του ρεύματος του διπόλου όταν μεταβάλλουμε την τάση στους πόλους του εξαρτάται από το δίπολο.

3. Πως ορίζεται η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου;

Για να μπορούμε να εκτιμούμε το μέγεθος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος (I) που διέρχεται από ένα δίπολο όταν εφαρμόζετε στους πόλους του ηλεκτρική τάση ορισμένης τιμής (V), ορίζουμε ένα φυσικό μέγεθος που το ονομάζουμε ηλεκτρική αντίσταση του διπόλου (τη συμβολίζουμε με το γράμμα R).

Ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης (V) που εφαρμόζεται στους πόλους του διπόλου προς την

ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει: $R = \frac{V}{I}$.

Η μονάδα αντίστασης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) είναι το Ω μ (1 Ohm).

Η αντίσταση είναι παράγωγο μέγεθος και η μονάδα της εκφράζεται με τη

βοήθεια της σχέσης $R = \frac{V}{I}$.

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}} \quad \text{ή} \quad 1 \Omega = \frac{1V}{1A}$$

Στην ηλεκτρολογία και στην ηλεκτρονική χρησιμοποιούνται και πολλαπλάσια του Ω μ:

$$1 \text{ K}\Omega = 10^3 \Omega \text{ (κίλο-}\omega\mu), \quad 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega \text{ (μεγα-}\omega\mu)$$

Η μέτρηση της αντίστασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με όργανα που ονομάζονται ωμόμετρα. Συνήθως τα ωμόμετρα είναι ενσωματωμένα στα πολύμετρα.

4. Τι εκφράζει η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου;

Όσο μικρότερη η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου, τόσο πιο «εύκολα» μπορεί να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα το δίπολο. Επομένως **η αντίσταση είναι ένα μέτρο της δυσκολίας που προβάλλει ένας αγωγός ή ένα ηλεκτρικό δίπολο στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτόν.**

5. Που οφείλεται η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου;

Κάθε μεταλλικός αγωγός «αντιστέκεται» στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτόν. **Η αντίσταση του μεταλλικού αγωγού ή ενός ηλεκτρικού διπόλου, προέρχεται από τις συγκρούσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων με τα ιόντα του μετάλλου.**

6. Ποια ηλεκτρικά δίπολα ονομάζονται αντιστάτες;

Γενικά η αντίσταση ενός ηλεκτρικού διπόλου μεταβάλλεται με την εφαρμοζόμενη τάση. Υπάρχει ωστόσο μια κατηγορία διπόλων που ονομάζονται **αντιστάτες, για τους οποίους η αντίσταση R είναι σταθερή, δηλαδή ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα τους και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που τους διαρρέει.**

7. Ποιος είναι ο πιο απλός αντιστάτης;

Το απλούστερο ίσως δίπολο που μπορούμε να μελετήσουμε είναι ένας μεταλλικός αγωγός, ένα μεταλλικό σύρμα. Όταν στα άκρα (πόλους) του σύρματος εφαρμόζουμε ηλεκτρική τάση, τότε από το σύρμα διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Αν μεταβάλλουμε την ηλεκτρική τάση που εφαρμόζουμε στον μεταλλικό αγωγό διαπιστώνουμε πειραματικά ότι μεταβάλλεται και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος με τέτοιο τρόπο ώστε το πηλίκο V/I να παραμένει σταθερό.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕ ΟΤΙ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΖΕΥΓΟΣ ΤΙΜΩΝ Ο ΛΟΓΟΣ V/I ΕΧΕΙ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΤΙΜΗ		
V (Volt)	I (mA)	$R = \frac{V}{I}$ ($\frac{\text{Volt}}{\text{A}} = \Omega$)
0	0	-
1,5	7,5	200
3,0	15,0	200
4,5	22,5	200
6,5	30,0	200
7,5	37,5	200
9,0	45,0	200

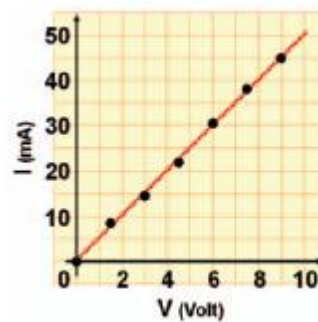
Δηλαδή η αντίσταση R του μεταλλικού αγωγού είναι σταθερή, ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζουμε στα άκρα του, άρα ένας μεταλλικός αγωγός είναι αντιστάτης.

8. Πως διατυπώνεται ο νόμος του $\Omega\mu$;

Η γενίκευση πειραματικών δεδομένων παρόμοιων με τα προηγούμενα οδήγησε το Γερμανό φυσικό $\Omega\mu$ (Ohm) στη διατύπωση ενός νόμου που είναι γνωστός ως νόμος του $\Omega\mu$:

Η ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό είναι ανάλογη της διαφοράς δυναμικού (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του.

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



9. Ισχύει ο νόμος του $\Omega\mu$ για κάθε ηλεκτρικό δίπολο;

Ο νόμος του $\Omega\mu$ ισχύει μόνο για αντιστάτες δηλαδή για όλα τα ηλεκτρικά δίπολα για τα οποία η αντίστασή τους είναι σταθερή και ανεξάρτητη από το V και το I . **Αντιστάτες είναι οι απλοί μεταλλικοί αγωγοί και γενικά οι θερμικές συσκευές δηλαδή οι συσκευές που μετατρέπουν εξολοκλήρου την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική.**

Κατά συνέπεια ο νόμος του $\Omega\mu$ δεν ισχύει για συσκευές όπως κινητήρες, λαμπτήρες, διόδους κτλ.

10. Παραδείγματα.

1) Η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού είναι $R = 10\Omega$. Να βρείτε:

α) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό, όταν στα άκρα του εφαρμόζεται τάση $V = 50V$.

β) Το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 5s$.

Λύση

α) $I = \frac{V}{R} = \frac{50V}{10\Omega} = 5A.$

$$\beta) I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \cdot t \Rightarrow q = 5A \cdot 5s = 25C.$$

2) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα μεταλλικό αγωγό, όταν στις άκρες του εφαρμόζεται τάση $V = 50V$, είναι $I = 2A$.

α) Να βρείτε την αντίσταση του αγωγού.

β) Πόση θα ήταν η αντίσταση του αγωγού, αν στα άκρα του εφαρμοζόταν τάση $V = 120V$;

γ) Πόση θα ήταν η αντίσταση του αγωγού, αν η ένταση του ρεύματος που τον διέρρεε ήταν $I = 4A$;

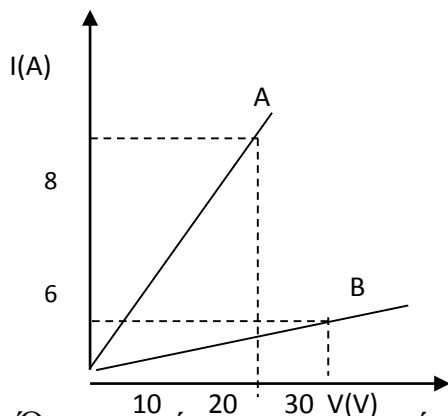
Λύση

$$\alpha) I = \frac{V}{R} \Rightarrow I \cdot R = V \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{50V}{2A} = 25\Omega.$$

β) Η αντίσταση του αγωγού παραμένει σταθερή και δεν αλλάζει όταν αλλάξει η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του. Συνεπώς η αντίσταση του αγωγού θα είναι και πάλι $R = 25\Omega$.

γ) Η αντίσταση του αγωγού παραμένει σταθερή και δεν αλλάζει όταν αλλάξει η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει. Συνεπώς η αντίσταση του αγωγού θα είναι και πάλι $R = 25\Omega$.

3)



Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η ένταση του ρεύματος που διαρρέει δύο μεταλλικούς αγωγούς A και B σε συνάρτηση με την τάση που επικρατεί στα άκρα τους. Να βρείτε την αντίσταση κάθε αγωγού.

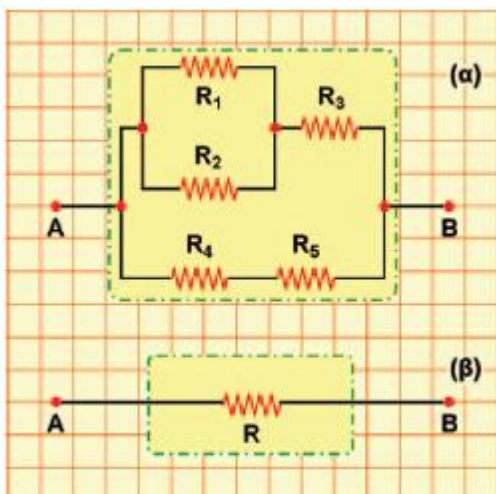
Όταν στα άκρα του αγωγού A εφαρμόζεται τάση $V = 20V$, η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι $I = 8A$. Συνεπώς η αντίστασή του θα είναι: $I = \frac{V}{R} \Rightarrow I \cdot R = V \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{20V}{8A} = 2,5\Omega$.

Όταν στα άκρα του αγωγού B εφαρμόζεται τάση $V = 30V$, η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει είναι $I = 2A$. Συνεπώς η αντίστασή του θα είναι: $I = \frac{V}{R} \Rightarrow I \cdot R = V \Rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{2A} = 15\Omega$.

2.5 Συνδεσμολογία Αντιστατών

1. Τι είναι η ισοδύναμη αντίσταση;

Γενικά ονομάζουμε σύστημα (συνδεσμολογία) αντιστατών ένα σύνολο αντιστατών που τους έχουμε συνδέσει με οποιονδήποτε τρόπο. Ένα σύστημα αντιστατών εμφανίζει πάντοτε δύο άκρα (A και B) στα οποία μπορούμε να εφαρμόζουμε την ηλεκτρική τάση (παρακάτω εικόνα).



Αν στα άκρα του συστήματος των αντιστατών εφαρμόσουμε μια διαφορά δυναμικού $V_{ολ}$, τότε απ' αυτό θα διέλθει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I_{ολ}$. Ας υποθέσουμε τώρα ότι βρίσκουμε έναν αντιστάτη αντίστασης R τέτοιον ώστε, αν στα άκρα του εφαρμόσουμε την ίδια τάση $V_{ολ}$, να διέλθει απ' αυτόν ηλεκτρικό ρεύμα ίδιας έντασης $I_{ολ}$. Τότε η αντίσταση R ονομάζεται ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος (συνδεσμολογίας). Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, η

$$R_{ισοδ} = \frac{V_{ολ}}{I_{ολ}}$$

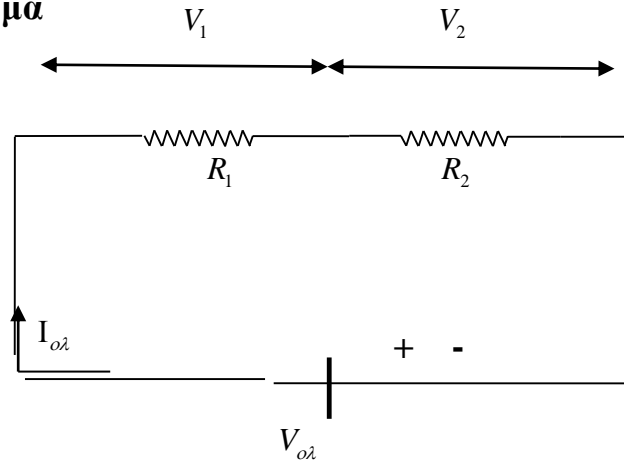
ισοδύναμη αντίσταση $R_{ισοδ}$ του συστήματος ικανοποιεί τη σχέση: όπου $V_{ολ}$ είναι η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζουμε στα άκρα του συστήματος των αντιστατών και $I_{ολ}$ η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει.

2. Πότε λέμε ότι δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα είναι συνδεδεμένα σε σειρά;

Δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα λέμε ότι είναι συνδεδεμένα σε σειρά μεταξύ τους όταν διαρρέονται από την ίδια ένταση ηλεκτρικού ρεύματος.

3. Τι γνωρίζετε για τη σύνδεση 2 αντιστατών σε σειρά;

Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι σε σειρά όπως στο παρακάτω σχήμα



τότε ισχύουν τα εξής:

Διαρρέονται από την ίδια ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος $I_{ολ}$

$$V_{ολ} = V_1 + V_2$$

$$R_{ισοδ} = \frac{V_{ολ}}{I_{ολ}}$$

$$R_{ισοδ} = R_1 + R_2$$

Η $R_{ισοδ}$ που προκύπτει από τη σύνδεση δύο ή περισσότερων αντιστατών σε σειρά είναι πάντοτε μεγαλύτερη από καθένα από τους αντιστάτες που συνδέσαμε. Συνεπώς συνδέουμε αντιστάτες σε σειρά όταν για μια εφαρμογή απαιτείται να έχουμε τιμές αντίστασης μεγαλύτερες από αυτές που διαθέτει ο κάθε αντιστάτης ξεχωριστά.

$$R_{ισοδ} = R_1 + R_2$$

4. Πως αποδεικνύεται η σχέση ;

Ξεκινώντας από τη σχέση:

$$V_{ολ} = V_1 + V_2$$

$$\sqrt{R_{ισοδ}} = \sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}$$

$$R_{ισοδ} = R_1 + R_2$$

για την απόδειξη χρησιμοποιήσαμε το Νόμο του Ωμ λύνοντας ως προς V

$$R_{ισοδ} = \frac{V_{ολ}}{I} \Rightarrow V_{ολ} = I \cdot R_{ισοδ}$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I} \Rightarrow V_1 = I \cdot R_1$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I} \Rightarrow V_2 = I \cdot R_2$$

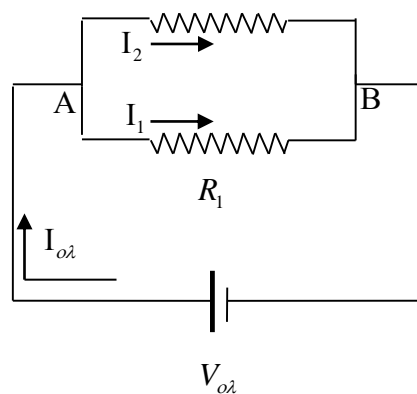
5. Πότε λέμε ότι δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα είναι συνδεδεμένα παράλληλα;

Δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα λέμε ότι είναι συνδεδεμένα παράλληλα μεταξύ τους όταν έχουν την ίδια διαφορά δυναμικού στα άκρα τους.

6. Τι γνωρίζετε για την παράλληλη σύνδεση δύο αντιστατών;

Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όπως στο παρακάτω σχήμα

R_2



τότε ισχύουν τα εξής:

Όλοι οι αντιστάτες και η πηγή έχουν την ίδια τάση V στα άκρα τους αφού έχουν τα ίδια άκρα

$$I_{ολ} = I_1 + I_2$$

$$R_{ισοδ} = \frac{V_{ολ}}{I_{ολ}}$$

$$\frac{1}{R_{ισοδ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Η $R_{ισοδ}$ που προκύπτει από τη σύνδεση δύο ή περισσότερων αντιστατών παράλληλα είναι πάντοτε μικρότερη από καθένα από τους αντιστάτες που συνδέσαμε. Συνεπώς συνδέουμε αντιστάτες παράλληλα όταν για μια εφαρμογή απαιτείται να έχουμε τιμές αντίστασης μικρότερες από αυτές που διαθέτει ο κάθε αντιστάτης ξεχωριστά.

7. Πως αποδεικνύεται η σχέση $\frac{1}{R_{ισοδ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$;

Ξεκινώντας από τη σχέση:

$$I_{ολ} = I_1 + I_2$$

$$\frac{V}{R_{ισοδ}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{ισοδ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

για την απόδειξη χρησιμοποιήσαμε το Νόμο του Ωμ λύνοντας ως προς I

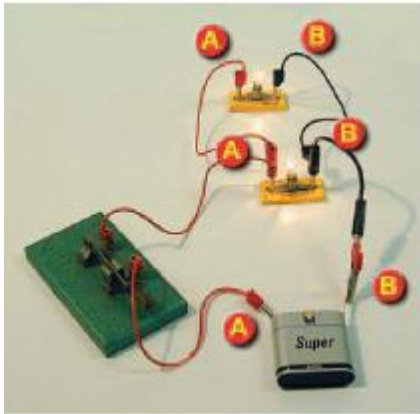
$$R_{ισοδ} = \frac{V}{I_{ολ}} \Rightarrow V = I_{ολ} \cdot R_{ισοδ} \Rightarrow I_{ολ} = \frac{V}{R_{ισοδ}}$$

$$R_1 = \frac{V}{I_1} \Rightarrow V_1 = I \cdot R_1 \Rightarrow I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$R_2 = \frac{V}{I_2} \Rightarrow V_2 = I \cdot R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{V}{R_2}$$

8. Πως συνδέονται οι ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι μας και γιατί;

Τα περισσότερα κυκλώματα κατασκευάζονται έτσι ώστε οι ηλεκτρικές συσκευές να λειτουργούν ανεξάρτητα η μία από την άλλη. **Για παράδειγμα, στο σπίτι μας ένας λαμπτήρας μπορεί να φωτοβολεί ή όχι χωρίς να επηρεάζει τη λειτουργία των άλλων λαμπτήρων ή ηλεκτρικών συσκευών. Αυτό συμβαίνει επειδή οι συσκευές δεν συνδέονται σε σειρά αλλά παράλληλα η μια με την άλλη.** Η παρακάτω εικόνα δείχνει δύο λαμπτήρες που συνδέονται στα άκρα Α και Β ενός ηλεκτρικού κυκλώματος.



Αυτό είναι ένα παράδειγμα απλού κυκλώματος καταναλωτών σε παράλληλη σύνδεση. Κάθε λαμπτήρας έχει το δικό του κλάδο από τον ένα πόλο της μπαταρίας στον άλλο. Υπάρχουν δύο χωριστοί δρόμοι για το ρεύμα. Έτσι, σε αντίθεση με ένα κύκλωμα σειράς, από τους δύο λαμπτήρες διέρχονται διαφορετικά ηλεκτρόνια. Το κύκλωμα είναι κλειστό ανεξάρτητα από το εάν λειτουργεί ο ένας ή και οι δύο λαμπτήρες. Η διακοπή σε έναν οποιοδήποτε κλάδο δεν διακόπτει την κίνηση των ηλεκτρονίων στους άλλους κλάδους, με αποτέλεσμα κάθε συσκευή να λειτουργεί ανεξάρτητα από τις άλλες.

Αντίθετα εάν συνδέαμε τους λαμπτήρες σε σειρά τότε αν κάποιος από αυτούς δεν λειτουργεί, το ρεύμα διακόπτεται σε ολόκληρο το κύκλωμα και δεν θα λειτουργεί κανένας λαμπτήρας. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι κάποια χριστουγεννιάτικα λαμπάκια που συνδέονται σε σειρά. Αν «καεί» το ένα, το ρεύμα διακόπτεται και δεν ανάβει κανένα.