

Κεφάλαιο 2. Ηλεκτρικό Ρεύμα

2.1 Το ηλεκτρικό ρεύμα

1. 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**.

2. Τι ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα;

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

3. 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. Στους μεταλλικούς αγωγούς τα σωματίδια που εκτελούν την προσανατολισμένη κίνηση είναι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Λέμε τότε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει τον αγωγό.

4. 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.

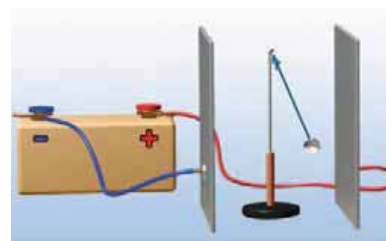
Μονωτές: Το ηλεκτρικό ρεύμα δεν διαρρέει τους μονωτές. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι μονωτές διαθέτουν ελάχιστα ελεύθερα ηλεκτρόνια.

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**.

5. Πώς με τη βοήθεια μιας μπαταρίας διαπιστώνουμε την ύπαρξη ηλεκτρικού πεδίου;

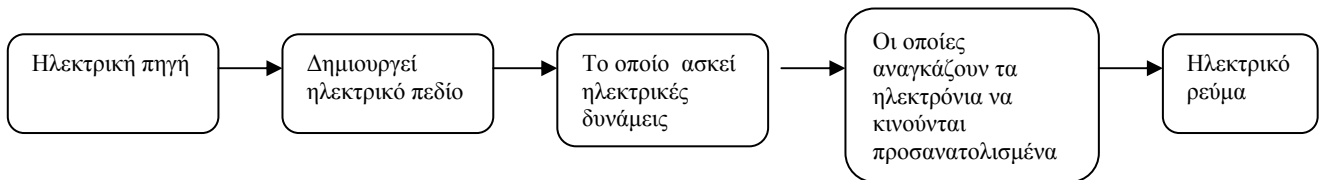
Γνωρίζουμε ότι μια μπαταρία αποτελεί ηλεκτρική πηγή. Η ηλεκτρική αυτή πηγή αποτελείται από δύο πόλους (αντίθετα φορτισμένες περιοχές). Αν συνδέσουμε τους πόλους της πηγής με δύο μεταλλικές πλάκες παράλληλες μεταξύ τους και τοποθετήσουμε ένα ηλεκτρικό εκκρεμές ανάμεσα στις δύο πλάκες, θα παρατηρήσουμε ότι το **ηλεκτρικό εκκρεμές αποκλίνει από την κατακόρυφη διεύθυνση του**. Αυτό συμβαίνει γιατί ανάμεσα στις δύο μεταλλικές πλάκες υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο το οποίο ασκεί δύναμη στο εκκρεμές, άρα και ανάμεσα στους πόλους της πηγής.

Ηλεκτρικό εκκρεμές είναι μια διάταξη που μπορεί να εκτελεί ταλάντωση λόγω της επίδρασης ενός ηλεκτρικού πεδίου.



6. 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.



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

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων κατά μήκος των μεταλλικών αγωγών. 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.

8. 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.

9. 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)
- $1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$ (μικροαμπέρ)

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.



14. Τι είδους αποτελέσματα προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα; Αναφέρετε παραδείγματα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να προκαλέσει:

- α) **Θερμικά αποτελέσματα**, λόγω της θέρμανσης των σωμάτων που δι-αρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, π.χ. θερμοσίφωνα, ηλεκτρική κουζίνα.
- β) **Ηλεκτρομαγνητικά αποτελέσματα**, λόγω του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα στους αγωγούς που διαρρέει, π.χ. η μίζα του αυτοκινήτου, ηλεκτρομαγνητικοί γερανοί.
- γ) **Χημικά αποτελέσματα**, όταν το ρεύμα που διαρρέεται μέσα από χημικές ουσίες προκαλεί χημικές μεταβολές, π.χ. η παρασκευή χημικών στοιχείων όπως νατρίου-υδρογόνου.
- δ) **Φωτεινά αποτελέσματα**, όταν το ρεύμα προκαλεί εκπομπή φωτός, όπως συμβαίνει π.χ. στους λαμπτήρες πυρακτώσεως.

2.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα

1. Τι γνωρίζετε για ένα ηλεκτρικό κύκλωμα; Πώς ένα κλειστό κύκλωμα μπορεί να μετατραπεί σε ανοικτό;

Κάθε διάταξη μέσα από την οποία μπορεί να διέλθει το ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται ηλεκτρικό κύκλωμα. Κλειστό ονομάζεται ένα κύκλωμα όταν η διαδρομή που ακολουθούν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι κλειστή. Παράδειγμα αποτελεί αν συνδέσουμε τους πόλους μιας μπαταρίας μέσω δύο συρματινών αγωγών με ένα λαμπάκι. Το κύκλωμα μετατρέπεται σε ανοικτό αν τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν πλέον να ακολουθούν την κλειστή διαδρομή λόγω της διακοπής σε κάποιο σημείο του κυκλώματος. Τότε το κύκλωμα λέμε ότι είναι ανοικτό. Έτσι αν στο παραπάνω παράδειγμα αποσυνδέσουμε το ένα σύρμα από τον έναν πόλο της πηγής, το κύκλωμα μετατρέπεται σε ανοικτό.

2. Από πού προέρχεται η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος; Με ποιο έργο δύναμης ισούται;

Όπως αναφέρθηκε, το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Αυτή η κίνηση γίνεται με την επίδραση της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται από την πηγή. Το έργο αυτής της δύναμης θα ισούται με την ενέργεια που προσφέρει η πηγή στα κινούμενα ηλεκτρόνια. Άρα η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος προέρχεται από το έργο της δύναμης του ηλεκτρικού πεδίου της πηγής.

3. Τι ονομάζουμε ηλεκτρική πηγή; Για ποιο λόγο είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το είδος της ηλεκτρικής πηγής;

Γενικά **ηλεκτρική πηγή** ονομάζουμε οποιαδήποτε συσκευή **μετατρέπει μια μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια**. Ανάλογα με το είδος της πηγής διαφέρουν και οι μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν/Έτσι, για παράδειγμα, από μια **μπαταρία** η **χημική ενέργεια της μπαταρίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική**, ενώ σε μια **γεννήτρια** η **κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική**.

4. Πώς ορίζεται η διαφορά δυναμικού στους πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής και ποια είναι η μαθηματική διατύπωση της;

Διαφορά δυναμικού ή ηλεκτρική τάση ($V_{πηγής}$) μεταξύ δύο πόλων μιας ηλεκτρικής πηγής ονομάζεται το πηλίκο της ηλεκτρικής ενέργειας ($E_{ηλεκτ}$) που προσφέρεται από την πηγή, όταν διέρχονται από αυτήν

ηλεκτρόνια με συνολικό φορτίο q προς το φορτίο αυτό. Δηλαδή:
$$V_{πηγής} = \frac{E_{ηλεκτρική}}{q}$$

Η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής τάσης είναι $1\text{Volt(V)} = \frac{1\text{Joule}}{1\text{Coulomb}} = \frac{J}{C}$

5. Τι ονομάζεται καταναλωτής; Πώς ορίζεται η ηλεκτρική τάση στα άκρα του καταναλωτή;

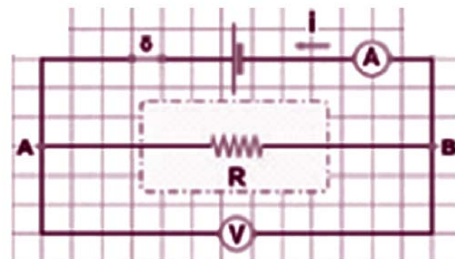
Καταναλωτής ή μετατροπέας ονομάζεται κάθε συσκευή που μετατρέπει την **ηλεκτρική ενέργεια** σε ενέργεια άλλης μορφής. Για παράδειγμα ο λαμπτήρας ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε φωτεινή.

Η ηλεκτρική τάση στα άκρα του καταναλωτή ορίζεται με παρόμοιο τρόπο όπως ορίστηκε στους πόλους της πηγής. Δηλαδή, **ηλεκτρική τάση** (ή **διαφορά δυναμικού**) μεταξύ δύο άκρων ενός καταναλωτή ονομάζουμε το πηλίκο της ενέργειας που μεταφέρεται στον καταναλωτή από τα ηλεκτρόνια συνολικού φορτίου q προς το

φορτίο αυτό. Έτσι:
$$V = \frac{E_{\text{ηλεκτρική}}}{q}$$

6. Με ποιες διατάξεις μετράμε τη διαφορά δυναμικού των στοιχείων ενός κυκλώματος;

Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για να μετρηθεί η διαφορά δυναμικού των στοιχείων ενός κυκλώματος ονομάζονται **βολτόμετρα**. Το **βολτόμετρο** **συνδέεται πάντα παράλληλα** με το **στοιχείο** του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την τάση. Δηλαδή τα άκρα του βολτόμετρου συνδέονται με τα άκρα του στοιχείου. Όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα, τα άκρα A και B του βολτόμετρου αποτελούν και τα άκρα της αντίστασης R. Στο σχήμα φαίνεται ότι το **αμπερομετρο** **συνδέεται σε σειρά με το υπόλοιπο κύκλωμα**, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.



7. Σε τι διαφέρει η ηλεκτρική τάση στα άκρα μιας ηλεκτρικής πηγής από την τάση στα άκρα ενός καταναλωτή;

Η τάση στα άκρα μιας πηγής είναι πάντοτε **διάφορη του μηδενός**, ανεξάρτητα αν η πηγή τροφοδοτεί ένα κλειστό κύκλωμα ή όχι (δηλαδή διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα), ενώ η **τάση στα άκρα ενός καταναλωτή** θα είναι **μηδέν** όταν από αυτόν δε διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Όταν μια πηγή τροφοδοτεί ένα κλειστό κύκλωμα, θα διαρρέεται πάντα από ηλεκτρικό ρεύμα.

8. Με τι ταχύτητα κινούνται τα ηλεκτρόνια σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα; Από πού προέρχονται τα ηλεκτρόνια αυτά;

Ενώ το **ηλεκτρικό σήμα** ταξιδεύει με την **ταχύτητα του φωτός** αυτό δεν συμβαίνει εξαιτίας της κίνησης των ηλεκτρονίων αλλά λόγω της **ταχύτητας διάδοσης του ηλεκτρικού πεδίου**.

Η ταχύτητα με την οποία κινείται ένα ηλεκτρόνιο μέσα σε έναν αγωγό ή σε ηλεκτρικό κύκλωμα είναι πολύ μικρή, μικρότερη από εκείνη ενός σαλιγκαριού. Ένα ηλεκτρόνιο για να διανύσει ένα σύρμα 0,5 μέτρου θα έκανε περίπου 1,5 ώρα.

Η πηγή των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα είναι οι ίδιοι οι αγωγοί που αποτελούν το κύκλωμα και όχι οι ηλεκτρικές πηγές. Αναλόγως με το υλικό κατασκευής του αγωγού περιέχονται λιγότερα ή περισσότερα ηλεκτρόνια σε ένα κύκλωμα.

Οι πηγές **δεν παράγουν τα ηλεκτρικά φορτία**, απλώς τα **θέτουν σε προσανατολισμένη κίνηση**.

2.3 Ηλεκτρικά δίπολα

1. Τι ονομάζεται ηλεκτρικό δίπολο; Αναφέρετε μερικές τέτοιες διατάξεις.

Ηλεκτρικά δίπολα ονομάζονται όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε και διαθέτουν **δύο άκρα (πόλους)** με τα οποία συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. Οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές, οι μπαταρίες και οι λαμπτήρες αποτελούν μερικά από τα πιο συνηθισμένα ηλεκτρικά δίπολα.

2. Πώς ορίζεται η ηλεκτρική αντίσταση ενός ηλεκτρικού δίπολου; Για ποιο λόγο δημιουργήθηκε η ανάγκη ορισμού της;

Ηλεκτρική αντίσταση (R) ενός ηλεκτρικού δίπολου είναι το πηλίκο της ηλεκτρικής τάσης (V) που εφαρμόζεται στα άκρα (πόλους) του δίπολου προς την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το δίπολο.

Δηλαδή:
$$R = \frac{V}{I}$$

Η ανάγκη να ορίσουμε την ηλεκτρική αντίσταση προήλθε από το γεγονός ότι έπρεπε να εκτιμηθεί το μέγεθος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από ένα δίπολο, όταν εφαρμόζεται στους πόλους του ηλεκτρική τάση συγκεκριμένης τιμής.

3. Ποια είναι η μονάδα μέτρησης της; Ποια όργανα χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης;

Η μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης είναι το Ωμ (Ohm). Το 1 Ωμ θα ισούται: $1\Omega = \frac{1V}{1A}$

Τα όργανα με τα οποία μετράμε την ηλεκτρική αντίσταση ονομάζονται ωμόμετρα και συνήθως είναι ενσωματωμένα σε πολύμετρα.

Τα πολύμετρα χρησιμοποιούνται για να μετρούν ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, ηλεκτρική τάση και ηλεκτρική αντίσταση, μπορούν να έχουν δηλαδή περισσότερες από μία λειτουργίες.

4. Ποια η διαφορά ηλεκτρικής αντίστασης και ενός αντιστάτη;

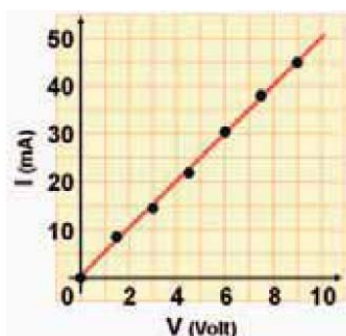
Η ηλεκτρική αντίσταση ενός δίπολου γενικά μεταβάλλεται με τη μεταβολή της εφαρμοζόμενης τάσης. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες η αντίσταση δε μεταβάλλεται αν μεταβληθεί η τάση που εφαρμόζεται αλλά διατηρείται σταθερή. Στην περίπτωση αυτή το δίπολο θα ονομάζεται αντιστάτης.

5. Πώς μεταβάλλεται η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό όταν μεταβάλλουμε τη διαφορά δυναμικού που εφαρμόζουμε στα άκρα του; Από ποιο νόμο περιγράφεται η μεταβολή αυτή; Ποια είναι η γραφική παράσταση σε άξονες τάσης V, και έντασης I;

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αντιστάτη (αγωγό) αυξάνεται όταν αυξάνεται η ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού) που εφαρμόζεται στα άκρα του αντιστάτη, και μειώνεται όταν μειώνεται η ηλεκτρική τάση.

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί το νόμο του Ωμ, ο οποίος επιβεβαιώθηκε πειραματικά. Σύμφωνα με τον Ωμ, η ηλεκτρική αντίσταση ενός αγωγού είναι ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του και της έντασης του ρεύματος που το διαρρέει. Δηλαδή η μαθηματική περιγραφή του νόμου του Ωμ είναι:

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



6. Ισχύει ο νόμος του Ωμ για κάθε ηλεκτρικό δίπολο;

Ο νόμος του Ωμ ισχύει μόνο για εκείνα τα δίπολα στα οποία η ηλεκτρική αντίσταση παραμένει σταθερή σε οποιαδήποτε μεταβολή της τάσης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τέτοια δίπολα είναι οι αντιστάτες. Γενικά όταν λέμε αντιστάτες θα εννοούμε εκείνα τα δίπολα που ικανοποιούν το νόμο του Ωμ.

8. Πώς εξηγείται με τη βοήθεια των ηλεκτρονίων ότι όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζουμε στα άκρα ενός αγωγού, αυξάνεται και η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει;

Όταν αυξάνεται η τάση που εφαρμόζεται στον αγωγό, αυξάνεται και η ενέργεια που δέχονται τα ηλεκτρόνια, άρα αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα και επομένως θα περάσουν από μια διατομή ενός αγωγού στον ίδιο χρόνο περισσότερα ηλεκτρόνια. Το τελευταίο συμπέρασμα έχει αποτέλεσμα την αύξηση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό.

9. Τι εκφράζει η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού; Περιγράψτε συνοπτικά την κίνηση των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό ενός μεταλλικού αγωγού.

Η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού εκφράζει τη δυσκολία που συναντούν τα ηλεκτρόνια του αγωγού κατά την προσανατολισμένη κίνηση τους.

Όταν τα άκρα ενός αγωγού συνδεθούν με πηγή, τότε η διαφορά δυναμικού θα δημιουργήσει ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του αγωγού. Το ηλεκτρικό πεδίο ασκεί δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και έτσι αυτά επιταχύνονται. Κατά την κίνηση τους όμως συγκρούονται με τα θετικά ιόντα και επιβραδύνονται. Επειτα, με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται ξανά. Το φαινόμενο αυτό συνεχίζεται διαρκώς μέχρι τελικά να θεωρήσουμε ότι όλα τα ηλεκτρόνια κινούνται με μια μέση ταχύτητα μέσα στο σύρμα του αγωγού. Όσο περισσότερα είναι τα θετικά ιόντα του αγωγού τόσο μεγαλύτερη αντίσταση συναντούν τα ηλεκτρόνια κατά την κίνηση τους.

2.4 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού

1. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος;

Η αντίσταση ενός μεταλλικού σύρματος εξαρτάται από:

- Τη θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το μεταλλικό σύρμα.
- Το μήκος του μεταλλικού σύρματος.
- Το εμβαδόν της διατομής του σύρματος.
- Το είδος του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το συγκεκριμένο σύρμα.

2. Ποια μαθηματική σχέση περιγράφει την εξάρτηση της αντίστασης του αγωγού από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του; Περιγράψτε τα μεγέθη.

Η μαθηματική σχέση που μας δείχνει πώς μεταβάλλεται η αντίσταση ενός αγωγού δίνεται από την παρακάτω

$$\text{εξίσωση: } \mathbf{R = \rho \frac{\ell}{A}}$$

R: η αντίσταση του αγωγού, **ρ** : η ειδική αντίσταση του αγωγού, **ℓ** : το μήκος του αγωγού,

A: το εμβαδόν της διατομής του αγωγού.

Από τη σχέση αυτή φαίνεται ότι η **αντίσταση ενός αγωγού είναι:**

- ανάλογη με το μήκος του σύρματος και
- αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού μιας διατομής του σύρματος.

Η **ειδική αντίσταση** του αγωγού εξαρτάται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός.

3. α) Ποια είναι η σχέση της ειδικής αντίστασης ενός υλικού με τη θερμοκρασία;

β) Τι συμβαίνει με την αντίσταση αγωγού όταν αυξομειώνεται η θερμοκρασία;

α) Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γενικά η αντίσταση αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτό προκύπτει από μια αρχική εξάρτηση της ειδικής αντίστασης ενός αγωγού από τη θερμοκρασία/Έχει αποδειχθεί ότι η ειδική αντίσταση ενός αγωγού συνδέεται με τη θερμοκρασία ως εξής:

$$\mathbf{\rho_{\theta} = \rho_0 (1 + \alpha\theta)}$$

Όπου το ρ_0 είναι η ειδική αντίσταση του υλικού στους 0°C και ρ_{θ} η ειδική αντίσταση σε μια θερμοκρασία θ . Ο **συντελεστής α ονομάζεται θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης** και είναι σταθερό μέγεθος για κάθε υλικό.

β) Λόγω της εξάρτησης της αντίστασης ενός αγωγού από την ειδική αντίστασή του, προκύπτει ότι η αντίσταση θα αυξάνεται με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τη σχέση:

$$\mathbf{R_{\theta} = R_0 (1 + \alpha\theta)}$$
 Όπου R_{θ} , και R_0 είναι η αντίσταση στους θ και 0°C αντίστοιχα.

Η **μονάδα μέτρησης του θερμικού συντελεστή α είναι 1 grad^{-1} .**

4. Πώς ερμηνεύεται η εξάρτηση της αντίστασης από τη θερμοκρασία;

Γνωρίζοντας ότι η αντίσταση των μετάλλων οφείλεται στις συγκρούσεις των ιόντων με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια η αύξηση της θερμοκρασίας ενός μεταλλικού αγωγού σημαίνει ότι η κίνηση των θετικών ιόντων του μετάλλου γίνεται εντονότερη. Έτσι οι συγκρούσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων που κινούνται μέσα στον αγωγό με τα ιόντα του αγωγού είναι περισσότερες, άρα και η συνολική αντίσταση του αγωγού θα είναι μεγαλύτερη και μεγαλύτερες οι θερμοκρασίες.

5. Ποια είδη μεταβλητής αντίστασης γνωρίζετε; Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας του καθενός.

Οι δύο πιο γνωστοί μεταβλητοί αντιστάτες είναι ο **ροοστάτης** και το

Ποτενσιόμετρο.

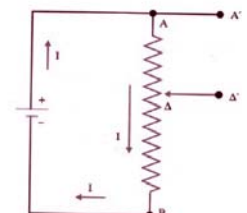
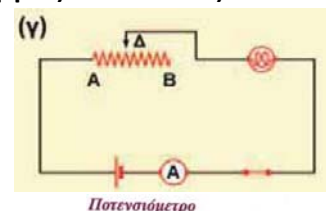
Η λειτουργία του **ροοστάτη** βασίζεται στην εξάρτηση που υπάρχει ανάμεσα στην αντίσταση ενός αγωγού από το μήκος του αγωγού.

Μετακινώντας το ροοστάτη μπορούμε κάθε φορά να μεταβάλλουμε την αντίσταση σε ένα κύκλωμα. Με δεδομένο ότι διατηρείται η τάση σταθερή και

γνωρίζοντας το νόμο του Ωμ $\mathbf{I = \frac{V}{R}}$ αύξηση του μήκους άρα και της αντίστασης θα

προκαλέσει μείωση στο ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα, ενώ μείωση του μήκους της αντίστασης θα αυξήσει το συνολικό ηλεκτρικό ρεύμα.

Στο **ποτενσιόμετρο** υπάρχει σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα αλλά μετρώντας διαφορετική αντίσταση μπορούμε να μεταβάλλουμε την ηλεκτρική τάση.



2.5 Εφαρμογές αρχών διατήρησης στη μελέτη απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων

1. Διατυπώστε την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

Μία από τις πιο σημαντικές αρχές στη φυσική και ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής αποτελεί η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Σύμφωνα με την αρχή αυτή το φορτίο δεν παράγεται ούτε και καταστρέφεται.

2. Πώς εφαρμόζεται η αρχή διατήρησης της ενέργειας στην περίπτωση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος;

Ειδικότερα για τα ηλεκτρικά κυκλώματα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι: Τα ηλεκτρόνια δε δημιουργούνται ούτε καταστρέφονται αλλά και δε συσσωρεύονται σε κάποιο σημείο του κυκλώματος.

Δηλαδή ο αριθμός των ηλεκτρονίων που περνάει από κάθε διατομή του αγωγού στον ίδιο χρόνο θα είναι παντού ο ίδιος ανεξάρτητα από το πού βρίσκεται η διατομή αυτή. Σε αυτήν την αρχή οφείλεται το συμπέρασμα ότι το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κύκλωμα είναι σταθερό.

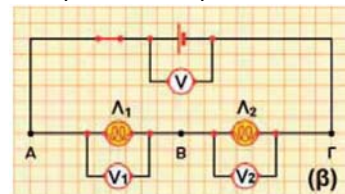
Μην ξεχνάτε ότι σταθερό ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κύκλωμα υπάρχει μόνο στην περίπτωση που το κύκλωμα αποτελείται μόνο από ένα συμμάτινο αγωγό.

3. Ποια η σχέση των εντάσεων των ρευμάτων και των διαφορών δυναμικού σε κύκλωμα όπου δύο αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι: α) σε σειρά β) παράλληλα;

α) Όταν δύο αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, τότε ο αριθμός των ηλεκτρονίων που διέρχονται από μια διατομή του σύρματος είναι ο ίδιος, οπότε το ηλεκτρικό ρεύμα I που διαρρέει τους αντιστάτες θα είναι το ίδιο.

Δηλαδή $I = I_1 = I_2$.

Η συνολική τάση στα άκρα του ηλεκτρικού κυκλώματος θα είναι $V = V_1 + V_2$

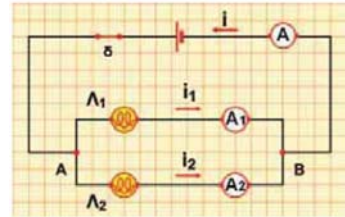


β) Όταν δύο αντιστάτες είναι παράλληλα συνδεδεμένοι, τότε το συνολικό ηλεκτρικό ρεύμα θα είναι $I = I_1 + I_2$. Η συνολική τάση στα άκρα του κυκλώματος θα είναι ίση με την τάση στα άκρα κάθε μιας αντίστασης.

Δηλαδή: $V = V_1 = V_2$.

Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η παράλληλη σύνδεση δύο αντιστάσεων.

Θεωρούμε I_1 και I_2 τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τις αντιστάσεις R_1 και R_2 και V_1 και V_2 τις τάσεις στα άκρα των R_1 και R_2 .



4. Τι ονομάζουμε ισοδύναμη αντίσταση ενός συστήματος; Ποια σχέση ικανοποιεί;

Αν σε ένα κύκλωμα με αντιστάτες εφαρμόσουμε ηλεκτρική τάση V στα άκρα τους και το σύστημα των αντιστάτων διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα I , τότε ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος θα είναι η

αντίσταση R που θα ικανοποιεί το νόμο του Ωμ, δηλαδή: $R = \frac{V}{I}$

Η R αντιπροσωπεύει τη συνολική αντίσταση από το σύστημα των αντιστάτων του κυκλώματος και θα μπορεί να υπολογίζεται αν γνωρίζουμε τον τρόπο σύνδεσης των αντιστάτων.

5. Αποδείξτε τη σχέση της ισοδύναμης αντίστασης όταν δύο αντιστάτες R_1 και R_2 συνδέονται σε σειρά.

Παραστήστε σχηματικά το κύκλωμα, περιγράφοντας όλα τα στοιχεία που απεικονίζονται.

Όταν δύο αντιστάτες συνδέονται σε σειρά, όπως φαίνεται στο σχήμα, θα διαρρέονται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, από το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα I ενώ η σχέση που θα ισχύει για τις τάσεις στα άκρα τους και την τάση του κυκλώματος είναι $V = V_1 + V_2$. Όπου V_1 η τάση στα άκρα της R_1 και V_2 η τάση στα άκρα της R_2 . Έτσι $V = V_1 + V_2 \Leftrightarrow I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 \Leftrightarrow R = R_1 + R_2$ όπου R είναι η ισοδύναμη αντίσταση των R_1, R_2 .

6. Αποδείξτε τη σχέση της ισοδύναμης αντίστασης σε κύκλωμα παράλληλης σύνδεσης δύο αντιστάτων R_1 και R_2 .

Όπως είναι ήδη γνωστό, στην παράλληλη σύνδεση δυο αντιστάτων R_1 και R_2 η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα θα είναι $I = I_1 + I_2$ όπου I_1 και I_2 οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους αντιστάτες R_1 και R_2 αντίστοιχα. Επίσης είναι γνωστό ότι $V = V_1 = V_2$ όπου V η τάση στα άκρα του κυκλώματος και V_1 και V_2 οι τάσεις στα άκρα των R_1 και R_2 .

$I = I_1 + I_2 \Leftrightarrow \frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \Leftrightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ η αλλιώς $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ γιατί $V = V_1 = V_2$.