

2.1 Το ηλεκτρικό ρεύμα

ΟΡΙΣΜΟΙ

Ηλεκτρική αγωγιμότητα ονομάζεται η ιδιότητα των υλικών σωμάτων να επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρονίων ή γενικά φορτισμένων σωματιδίων μέσα από το υλικό τους.

[Έχουμε ήδη διακρίνει στο προηγούμενο κεφάλαιο τα υλικά σώματα, ανάλογα με την ηλεκτρική τους αγωγιμότητα, σε αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς.]

(ΚΑΝΟΥΜΕ ΤΟ ΑΠΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑ 1).

Ηλεκτρικό ρεύμα ονομάζεται η προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων ή γενικότερα των φορτισμένων σωματιδίων.

Ηλεκτρική πηγή είναι η συσκευή που εξασφαλίζει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν αγωγό, μετατρέποντας κάποια μορφή ενέργειας (χημική, μηχανική, φωτεινή, θερμική) σε ηλεκτρική και διατηρώντας δυο αντίθετα ηλεκτρισμένες περιοχές που ονομάζονται ηλεκτρικοί πόλοι της πηγής (θετικός και αρνητικός πόλος).

Το σύμβολο της στα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι δυο άνισες και ανισοπαχείς παράλληλες γραμμές, όπως δείχνει το διπλανό σχήμα.

[Παρακάτω θα λέμε επίσης ότι η ηλεκτρική πηγή διατηρεί μια διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ δυο σημείων, που είναι πόλοι της.]

Ένταση I του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό ονομάζεται το φυσικό μέγεθος που ισούται με το πηλίκο του φορτίου q που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού σε χρονικό διάστημα t, προς το χρονικό αυτό διάστημα, δηλαδή

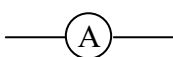
$$I = \frac{q}{t}$$

Είναι μονόμετρο φυσικό μέγεθος, θεμελιώδες στο διεθνές σύστημα μονάδων S.I., και έχει μονάδα μέτρησης στο σύστημα αυτό το 1 A (Ampère).

[Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος εκφράζει το ηλεκτρικό φορτίο των ηλεκτρονίων που περνούν από μια διατομή ενός αγωγού στη μονάδα του χρόνου.]

Ένα Coulomb είναι το φορτίο που διέρχεται σε κάθε ένα δευτερόλεπτο από μια διατομή ενός αγωγού που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 1 A, δηλ. $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$.

Αμπερόμετρα ονομάζονται τα όργανα που χρησιμοποιούμε για να μετράμε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.



Πολύμετρα είναι όργανα πολλαπλής χρήσης, που λειτουργούν, μεταξύ άλλων, και ως αμπε-

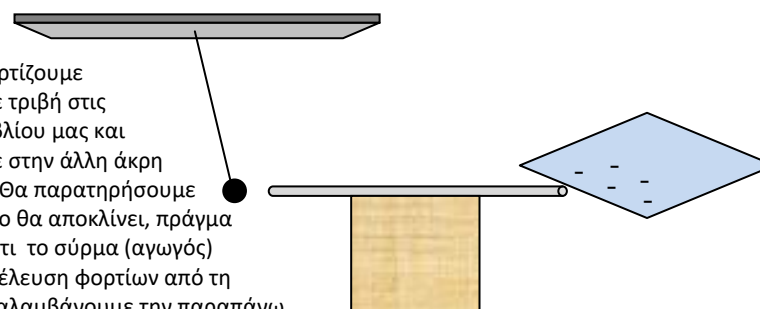
ρόμετρα (μετρούν επίσης ηλεκτρική τάση και αντίσταση).

Πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων από τον αρνητικό (-) προς τον θετικό (+) πόλο της πηγής.

Συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η αντίθετη από τη φορά κίνησης των ηλεκτρονίων (ισοδύναμη κίνηση θετικών φορτίων), από τον θετικό (+) προς τον αρνητικό (-) πόλο της πηγής.

ΑΠΛΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

1. Με τη βοήθεια ηλεκτρικού εκκρεμούς θα διαπιστώσουμε ότι ένα μεταλλικό σύρμα είναι αγωγός και ένα πλαστικό καλαμάκι είναι μονωτής. Κατασκευάζουμε ένα ηλεκτρικό εκκρεμές με τον γνωστό τρόπο. Στηρίζουμε το μεταλλικό σύρμα σε μια μονωτική βάση, με τη μια άκρη του κοντά στο σφαιρίδιο του εκκρεμούς. Φορτίζουμε μια ζελατίνα με τριβή στις σελίδες του βιβλίου μας και την ακουμπάμε στην άλλη άκρη του σύρματος. Θα παρατηρήσουμε ότι το σφαιρίδιο θα αποκλίνει, πράγμα που σημαίνει ότι το σύρμα (αγωγός) επέτρεψε τη διέλευση φορτίων από τη ζελατίνα. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία με ένα πλαστικό καλαμάκι. Θα παρατηρήσουμε ότι το σφαιρίδιο δεν θα αποκλίνει, πράγμα που σημαίνει ότι το καλαμάκι (μονωτής) δεν επέτρεψε τη διέλευση φορτίων από τη ζελατίνα. Με τον παραπάνω τρόπο μπορούμε να διαπιστώσουμε αν ένα άγνωστο σώμα είναι αγωγός ή μονωτής.



ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...

1. Πώς μπορούμε να χαρακτηρίσουμε ποιοτικά την αγωγιμότητα των ημιαγωγών;
2. Παραδείγματα αγωγών είναι όλα τα μέταλλα (μεταλλικοί αγωγοί), τα διαλύματα των ηλεκτρολυτών (οξέων, βάσεων και αλάτων) και τα ιονισμένα αέρια. Ποιοι είναι οι φορείς του ηλεκτρισμού σε κάθε περίπτωση;
3. Γνωρίζουμε ότι στο εσωτερικό ενός μεταλλικού αγωγού υπάρχουν θετικά ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται τυχαία προς κάθε κατεύθυνση. Η κίνηση αυτή των ηλεκτρονίων είναι ηλεκτρικό ρεύμα;
4. Στα διαλύματα των ηλεκτρολυτών κινούνται τόσο θετικά, όσο και αρνητικά ιόντα σε αντίθετες κατευθύνσεις. Πώς περιγράφουμε τη φορά του ρεύματος στα διαλύματα αυτά;

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες ενεργειακές μετατροπές συμβαίνουν στις διάφορες περιπτώσεις των φαινομένων που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα;
2. Φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς είναι (επιλέξτε):
 - α) τα θετικά ιόντα του μετάλλου
 - β) θετικά φορτισμένα σωματίδια και ελεύθερα ηλεκτρόνια
 - γ) τα ελεύθερα ηλεκτρόνια
 - δ) τα ηλεκτρόνια που κινούνται γύρω από τους πυρήνες των ατόμων.
3. *Χαρακτηρίστε τις προτάσεις σωστές ή λανθασμένες:*
 - α) Η ηλεκτρική πηγή παράγει ηλεκτρικά φορτία.
 - β) Οι πόλοι μιας ηλεκτρικής πηγής λέγονται βόρειος και νότιος.
 - γ) Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος δίνεται από τη σχέση $I = q \cdot t$ και στο S.I. τη μετράμε σε A (αμπέρ).
 - δ) Το 1 mA ισούται με 10^{-6} A.
 - ε) Το αμπερόμετρο συνδέεται σε σειρά με τα στοιχεία του κυκλώματος των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε το ρεύμα.
 - στ) Η πραγματική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς είναι η φορά κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων.
 - ζ) Τα ηλεκτρόνια μέσα στους μεταλλικούς αγωγούς κινούνται από το (+) της πηγής προς το (-).
 - η) Η συμβατική φορά του ρεύματος στους μεταλλικούς αγωγούς είναι αντίθετη της πραγματικής.
 - θ) Το ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί θέρμανση των σωμάτων τα οποία διαρρέει.
 - ι) Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να προκαλέσει χημικές μεταβολές.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα καλώδιο, αν από μια διατομή του διέρχεται φορτίο $q = 0,36 \text{ mC}$ σε χρόνο $t = 1 \text{ min}$.
2. Πόση είναι η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει ένα καλώδιο, αν σε χρόνο $t = 30 \text{ s}$ περνάει από ένα σημείο του φορτίο $q = 12 \text{ C}$; Σε πόσο χρόνο θα περάσουν 80 C από το ίδιο καλώδιο;
3. Μεταλλικός αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I = 30 \text{ mA}$.
 - α) Να υπολογίσετε σε πόσο χρόνο περνά από μια διατομή του αγωγού φορτίο $q = 60 \mu\text{C}$.
 - β) Πόσο φορτίο περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 4.000 \text{ s}$;
4. Ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I = 4 \text{ A}$. Να βρείτε:
 - α) Το φορτίο που περνά από μια διατομή του αγωγού σε χρόνο $t = 8 \text{ s}$.
 - β) Τον αριθμό N των ηλεκτρονίων που περνά από μια διατομή του αγωγού στον ίδιο χρόνο.
Δίνεται το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ «ΑΣ ΣΚΕΦΤΟΥΜΕ ...»

1. Οι ημιαγωγοί έχουν ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ των αγωγών και των μονωτών. Η αγωγιμότητα αυτή αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, με την πρόσπτωση ακτινοβολίας και με την παρουσία προσμίξεων.

[Ημιαγωγοί είναι το γερμάνιο *Ge*, το πυρίτιο *Si* κ.τ.λ.]

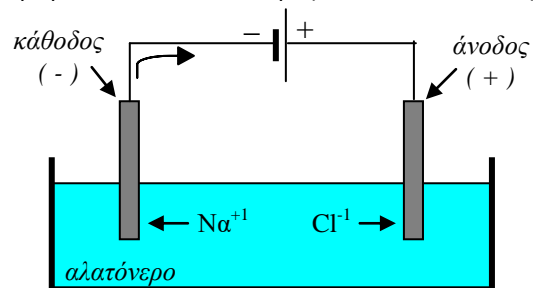
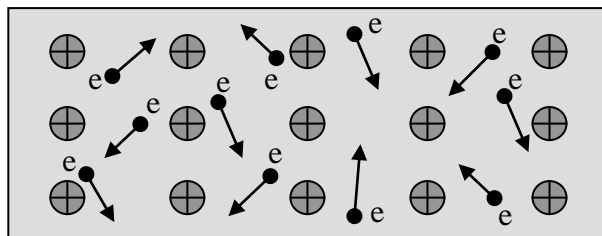
2. Οι φορείς του ηλεκτρισμού είναι: i) Στους μεταλλικούς αγωγούς τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. ii) Στα διαλύματα των ηλεκτρολυτών τα θετικά και αρνητικά ιόντα που δημιουργούνται στο εσωτερικό τους. iii) Στους αέριους αγωγούς τα ιόντα (θετικά και αρνητικά) και τα ηλεκτρόνια που περιέχουν.

3. Σύμφωνα με το μοντέλο που έχουν οι επιστήμονες για τη δομή των μετάλλων, αυτά αποτελούνται από άτομα που βρίσκονται σε καθορισμένες θέσεις. Όμως σε κάθε άτομο ενός μετάλλου τα πιο απομακρυσμένα ηλεκτρόνια είναι πολύ χαλαρά συνδεδεμένα με τον θετικά φορτισμένο πυρήνα. Το αποτέλεσμα είναι ένας πολύ μεγάλος αριθμός ηλεκτρονίων να εγκαταλείπει τα άτομα (ελεύθερα ηλεκτρόνια) και να κινείται σε όλη την έκταση του μετάλλου, άτακτα προς όλες τις κατευθύνσεις με πολύ μεγάλες ταχύτητες.

Με τη διαφυγή των ηλεκτρονίων από τα άτομα του μετάλλου, αυτά μετατρέπονται σε θετικά ιόντα, που ταλαντώνονται γύρω από τις καθορισμένες θέσεις τους.

Η άτακτη (και όχι κατευθυνόμενη) κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων μεταξύ των θετικών ιόντων δεν αποτελεί ηλεκτρικό ρεύμα. Ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται όταν ο μεταλλικός αγωγός συνδεθεί στους πόλους μιας μπαταρίας, οπότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, υπό την επίδραση των δυνάμεων του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται στο εσωτερικό του αγωγού, κατευθύνονται προς τον θετικό πόλο της μπαταρίας.

4. Γενικά η συμβατική φορά του ρεύματος έχει οριστεί να είναι η φορά κίνησης του θετικού φορτίου. Στα διαλύματα των ηλεκτρολυτών, όπου η μεταφορά του φορτίου γίνεται και με θετικά



και με αρνητικά ιόντα, που κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, δεν μπορούμε να μιλάμε για πραγματική φορά του ρεύματος, αλλά μόνο για συμβατική, που συμπίπτει με τη φορά κίνησης των θετικών ιόντων.

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΡΩΤΗΣΕΩΝ

1. α) Στα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος στηρίζεται η λειτουργία των θερμαντικών συσκευών. Σ' αυτές συμβαίνει μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική, η οποία στη συνέχεια αποδίδεται στο περιβάλλον ως θερμότητα.

β) Το ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικά αποτελέσματα και στις κατάλληλες συσκευές αποθηκεύεται ενέργεια μαγνητικού πεδίου. Μέσω των μαγνητικών αποτελεσμάτων του ρεύματος, όμως, προκύπτει κίνηση και έχουμε τα μηχανικά αποτελέσματα του ρεύματος. Έτσι τίθενται σε λειτουργία οι κινητήρες όταν διαρρέονται από ρεύμα. Σ' αυτούς η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε μηχανική (ένα μικρό μέρος της ενέργειας, όμως, γίνεται θερμική).

γ) Όταν διαρρέεται από ρεύμα το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη (ή το τήγμα του), τότε συμβαίνει χημική διάσπαση του ηλεκτρολύτη (ηλεκτρόλυση). Σ' αυτήν την περίπτωση η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική (ένα μέρος γίνεται πάλι θερμική).

δ) Στη θέρμανση των ρευματοφόρων αγωγών οφείλονται και άλλα φαινόμενα, στα οποία έχουμε παράλληλα και παραγωγή φωτός, όπως στους λαμπτήρες πυρακτώσεως, όπου η παραγωγή φωτός προϋποθέτει αύξηση της θερμοκρασίας και πυράκτωση του νήματός τους. Εδώ έχουμε μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική και φωτεινή.