



# ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



**Πατσάκης Γιάννης**

**Φυσικός**

**11ο Γυμνάσιο Ηρακλείου**



## ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

### Κεφάλαιο 1. Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο.

#### Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη.

Σώματα, όπως ο πλαστικός χάρακας ή το ήλεκτρο, που αποκτούν την ιδιότητα να ασκούν δύναμη σε ελαφρά αντικείμενα, όταν τα τρίψουμε με κάποιο άλλο σώμα, λέμε ότι είναι ηλεκτρισμένα. Η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων ονομάζεται ηλεκτρική.

Το ηλεκτρικό εκκρεμές το χρησιμοποιούμε για να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο. Κατασκευάζεται εύκολα από ένα ελαφρύ αντικείμενο, μικρό μπαλάκι από φελιζόλ ή χαρτί, το οποίο κρέμεται από μια κλωστή.

Πως μπορούμε με τη βοήθεια του ηλεκτρικού εκκρεμούς να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;

Πλησιάζουμε το σώμα που θέλουμε να ελέγξουμε αν είναι ηλεκτρισμένο στο μπαλάκι του εκκρεμούς. Αν το σώμα έλκει το μπαλάκι, τότε το σώμα είναι ηλεκτρισμένο. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το ηλεκτρισμένο σώμα έλκει το μπαλάκι χωρίς να έρχεται σε επαφή μαζί του. Αυτό σημαίνει ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.

Αν πλησιάσουμε ένα μαγνήτη στο ηλεκτρικό εκκρεμές, θα διαπιστώσουμε ότι ο μαγνήτης δε έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές. Ο μαγνήτης έλκει μόνον αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο, υλικά που ονομάζονται σιδηρομαγνητικά. Δηλαδή η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα από ότι η μαγνητική.

#### Το ηλεκτρικό φορτίο.

Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μια ιδιότητα που τη συνδέουμε με ένα φυσικό μέγεθος, το ηλεκτρικό φορτίο. Όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικό φορτίο, τότε αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις και λέμε ότι είναι ηλεκτρικά φορτισμένα.

Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα  $q$  ή  $Q$ .

Υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη φορτίου που ονομάστηκαν **θετικό** και **αρνητικό** ηλεκτρικό φορτίο αντίστοιχα. Τα σώματα που έχουν θετικό φορτίο λέμε ότι είναι θετικά φορτισμένα (π.χ. μια γυάλινη ράβδος που έχουμε τρίψει με μεταξωτό ύφασμα) ενώ τα σώματα που έχουν αρνητικό φορτίο τα λέμε αρνητικά φορτισμένα (π.χ. μια πλαστική ράβδος που έχουμε τρίψει με μάλλινο ύφασμα).

Όταν δύο (ή περισσότερα) ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα απωθούνται μεταξύ τους, τότε λέμε ότι έχουν φορτίο ίδιου είδους (ή ότι είναι όμοια φορτισμένα). Ενώ, όταν έλκονται μεταξύ τους, λέμε ότι έχουν φορτία διαφορετικού είδους (ή ότι είναι αντίθετα φορτισμένα). Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα άλλοτε είναι ελκτικές και άλλοτε απωστικές.

## Ηλεκτρική δύναμη

Γενικά δεχόμαστε ότι η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ανάλογη του ηλεκτρικού φορτίου του. Όσο περισσότερο φορτίο έχει ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερες ηλεκτρικές δυνάμεις μπορεί να ασκήσει και να δεχθεί.

Μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου

Η μονάδα μέτρησης του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **Κουλόμπ (Coulomb)**. Το **1 C** είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου. Γι' αυτό στις εφαρμογές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του 1 C:

$$1 \mu\text{C} (\text{μικροκουλόμπ}) = 10^{-6}\text{C}$$

$$1 \text{nC} (\text{νανοκουλόμπ}) = 10^{-9}\text{C}$$

## Υπολογισμός συνολικού φορτίου δύο ή περισσότερων σωμάτων

Αν για παράδειγμα ένα σώμα έχει φορτίο  $q_1 = +4\text{nC}$  και ένα άλλο  $q_2 = -3\text{nC}$ , τότε το ολικό φορτίο και των δύο μαζί είναι:  $q = q_1 + q_2 = (+4\text{nC}) + (-3\text{nC}) = 1\text{nC}$ . Γενικά το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους. Δηλαδή για να βρούμε το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο προσθέτουμε τα φορτία όλων των σωμάτων με τα πρόσημα τους.

Όταν το συνολικό φορτίο ενός ή περισσότερων σωμάτων είναι ίσο με το μηδέν, τότε το σώμα ή το σύνολο των σωμάτων ονομάζεται ηλεκτρικά ουδέτερο.

## Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου.

### Η δομή του ατόμου:

Ο Δανός φυσικός Νηλς Μπορ πρότεινε για την περιγραφή του ατόμου ένα πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο:

Κάθε άτομο αποτελείται από έναν πυρήνα γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα ηλεκτρόνια σε καθορισμένες κυκλικές τροχιές που ονομάζονται και στιβάδες. Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό. Έτσι ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.

Οι πυρήνες αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια, τα οποία έχουν σχεδόν ίσες μάζες. Όμως το πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο δεν έχει φορτίο, δηλαδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.

Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία ακριβώς ίδιου όμως μεγέθους: το φορτίο του **πρωτονίου είναι  $q_p = +1,6 \times 10^{-19} \text{C}$** , ενώ του **ηλεκτρονίου είναι  $q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{C}$** . Τα φορτία του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου είναι το πιο μικρό φορτίο που έχει παρατηρηθεί ελεύθερο στη φύση.

Ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα του ατόμου είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα του ατόμου. Επομένως το ολικό φορτίο του ατόμου είναι ίσο με μηδέν και τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.

### **Πως γίνεται η φόρτιση των σωμάτων με βάση τη μικροσκοπική δομή της ύλης.**

Τα σώματα αποτελούνται από άτομα, τα οποία είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Έτσι τα σώματα είναι και αυτά ηλεκτρικά ουδέτερα. Είναι όμως δυνατόν ένα σώμα να προσλάβει ή να αποβάλει ηλεκτρόνια.

Στην περίπτωση που το σώμα έχει προσλάβει ηλεκτρόνια αποκτά πλεόνασμα ηλεκτρονίων, οπότε παύει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και αποκτά αρνητικό φορτίο.

Αν έχει αποβάλει ηλεκτρόνια, τότε έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων, οπότε υπερισχύει το θετικό φορτίο των πρωτονίων και το σώμα έχει ολικό φορτίο θετικό.

Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων.

Τα πρωτόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα γιατί έχουν μεγάλη μάζα και επιπλέον βρίσκονται παγιδευμένα στο εσωτερικό των πυρήνων των ατόμων.

### **Δυο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου**

#### **Αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.**

Τα ηλεκτρόνια ούτε παράγονται ούτε καταστρέφονται. Απλώς μεταφέρονται. Επομένως ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δεν μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα σε οποιαδήποτε διαδικασία, είτε αυτή συμβαίνει στο μικρόκοσμο είτε στο μακρόκοσμο, το ολικό φορτίο να διατηρείται σταθερό. **Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.**

#### **Κβάντωση. Τι είναι τα κβάντα;**

**Κβάντωση** είναι η ιδιότητα του φορτίου να εμφανίζεται στη φύση, σε τιμές, που είναι πολλαπλάσιες του φορτίου του ηλεκτρονίου και όχι σε τυχαίες τιμές.

Π.χ. το φορτίο ενός σώματος Α είναι ίσο με το φορτίο 3 ηλεκτρονίων ( $3 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{C} = 4,8 \times 10^{-19} \text{C}$ ) ή ενός άλλου με το φορτίο 5 ηλεκτρονίων ( $5 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{C} = 8 \times 10^{-19} \text{C}$ ).

Δεν μπορεί όμως το φορτίο ενός σώματος να είναι  $2 \times 10^{-19} \text{C}$ .

**Η ποσότητα αυτή των φορτίων των σωμάτων τα οποία εμφανίζονται με αυτές τις τιμές (πολλαπλάσιες του φορτίου του ενός ηλεκτρονίου) ονομάζονται κβάντα**

**Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία.**

Με ποιους τρόπους μπορεί να ηλεκτριστεί ένα σώμα ;

Η διαδικασία ηλέκτρισης ενός σώματος, δηλαδή απόκτησης ηλεκτρικού φορτίου, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους: α) **ηλέκτριση με τριβή** β) **ηλέκτριση με επαφή** γ) **ηλέκτριση με επαγωγή**

- **Ηλέκτριση με τριβή**

Όταν τρίβουμε δύο ηλεκτρικά ουδέτερα σώματα μεταξύ τους, τότε μεταφέρονται ηλεκτρόνια από τα άτομα του ενός σώματος στο άλλο σώμα με αποτέλεσμα το πρώτο σώμα να έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων και να φορτίζεται θετικά, ενώ το δεύτερο σώμα αποκτά πλεόνασμα ηλεκτρονίων και λέμε ότι φορτίζεται αρνητικά. Κατά την ηλέκτριση με τριβή λόγω της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν ίσα και αντίθετα φορτία.

- **Ηλέκτριση με επαφή**

Όταν αγγίζουμε με ένα φορτισμένο σώμα ένα άλλο ηλεκτρικά ουδέτερο, το δεύτερο αποκτά φορτίο ίδιου είδους με το φορτισμένο.

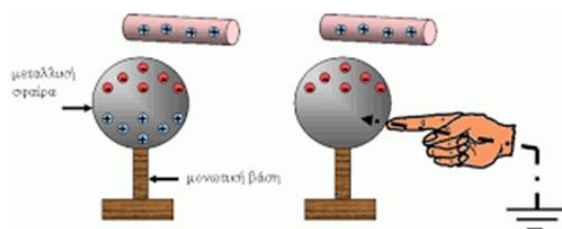
Αν το φορτισμένο σώμα έχει αρνητικό φορτίο, τότε θα έχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων. Όταν έρχεται σε επαφή με το αφόρτιστο μερικά από τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια, επειδή απωθούνται μεταξύ τους, μετακινούνται προς το δεύτερο σώμα και έτσι φορτίζεται και αυτό αρνητικά.

Αν το φορτισμένο σώμα έχει θετικό φορτίο, τότε έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων. Κατά την επαφή των δύο σωμάτων μερικά ηλεκτρόνια του ουδέτερου σώματος μετακινούνται προς το θετικά φορτισμένο σώμα. Έτσι έχει τώρα και αυτό έλλειμμα ηλεκτρονίων οπότε φορτίζεται θετικά.

Κατά την ηλέκτριση με επαφή ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου: Το άθροισμα των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι ίσο με το φορτίο που αρχικά είχε το ένα.

- **Ηλέκτριση με επαγωγή**

Όταν πλησιάζουμε ένα φορτισμένο σώμα κοντά σε ένα άλλο αφόρτιστο, χωρίς όμως να έρθουν τα δύο σώματα σε επαφή, τότε στο αφόρτιστο σώμα γίνεται ένας διαχωρισμός των θετικών και των αρνητικών του φορτίων. Μετά τον διαχωρισμό όμως μπορούμε να απομακρύνουμε τα αρνητικά ηλεκτρόνια, άρα να φορτίσουμε το σώμα θετικά.



## Αγωγοί και μονωτές

Τα σώματα που επιτρέπουν το διασκορπισμό του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση ονομάζονται ηλεκτρικοί αγωγοί. Όλα τα μέταλλα είναι αγωγοί. Ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος είναι μέταλλα. Είναι όλα τους αγωγά υλικά.

Τα σώματα στα οποία το φορτίο δεν διασκορπίζεται, αλλά παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε ονομάζονται ηλεκτρικοί μονωτές. Το πλαστικό, το γυαλί, το καουτσούκ, ο εβονίτης, η πορσελάνη, το κερί, το ξύλο και το καθαρό νερό είναι παραδείγματα μονωτικών υλικών. Ο ξηρός αέρας είναι μονωτής, ενώ ο υγρός αέρας είναι αγωγός. Γι' αυτό και ένα φορτισμένο σώμα εκφορτίζεται προς το περιβάλλον μέσω του υγρού αέρα.

### Ερμηνεία της συμπεριφοράς των μετάλλων - ηλεκτρικών αγωγών.

Σε ένα μέταλλο, τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων συγκρατούνται τόσο χαλαρά από τους πυρήνες ώστε διαφεύγουν και κινούνται ελεύθερα σε όλη την έκταση του μετάλλου. Γι' αυτό ονομάζονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**.

Τα άτομα του μετάλλου, αφού έχουν χάσει τα εξωτερικά τους ηλεκτρόνια, έχουν αποκτήσει θετικό φορτίο. Έχουν μετατραπεί σε θετικά ιόντα. Τα θετικά ιόντα, αντίθετα με τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, έχουν μεγάλη μάζα και δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Κάνουν μικρές κινήσεις γύρω από συγκεκριμένες θέσεις. Οι θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται τα ιόντα του μετάλλου σχηματίζουν ένα πλέγμα.

Σε ένα αφόρτιστο μεταλλικό σώμα το ολικό αρνητικό φορτίο των ελεύθερων ηλεκτρονίων του είναι ίδιο με το ολικό θετικό φορτίο των θετικών ιόντων του, με αποτέλεσμα ο μεταλλικός αγωγός να είναι ηλεκτρικά ουδέτερος. Αν προσληφθούν ή αποβληθούν ηλεκτρόνια από μια περιοχή του μεταλλικού αγωγού, τότε λόγω της τυχαίας κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων αυτό το πλεόνασμα ή το έλλειμμα θα κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του αγωγού.

### Ερμηνεία της συμπεριφοράς των μονωτών

Στους μονωτές τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων συγκρατούνται ισχυρά από τους πυρήνες. Έτσι δεν μπορούν να μεταφέρονται εύκολα από τη μια περιοχή του σώματος στην άλλη.

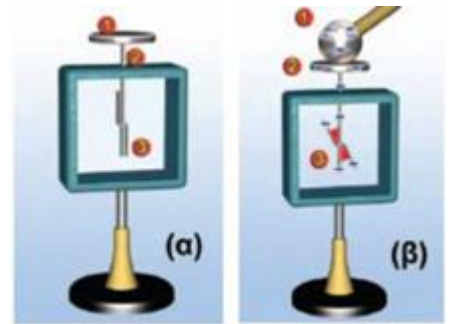
Αν προσληφθούν ηλεκτρόνια, αυτά θα παραμείνουν παγιδευμένα από τα άτομα στην περιοχή της φόρτισης.

Αν αποβληθούν, το έλλειμμα των ηλεκτρονίων θα παραμείνει πάλι εντοπισμένο, αφού δεν είναι δυνατή η μετακίνηση ηλεκτρονίων από άλλες περιοχές του μονωτή προς την περιοχή της φόρτισης.

### Ηλεκτροσκόπιο με κινητά φύλλα:

Είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου. Αποτελείται από ένα σταθερό μεταλλικό δίσκο (1), από ένα μεταλλικό στέλεχος (2) και από ένα ή δύο κινητά ελαφρά μεταλλικά ελάσματα (3). Όταν ακουμπήσουμε το δίσκο του ηλεκτροσκοπίου με αφόρτιστο σώμα, τα δύο φύλλα του ισορροπούν το ένα δίπλα στο άλλο (εικόνα α).

Όταν φέρουμε σε επαφή το δίσκο με φορτισμένο σώμα, τότε το ηλεκτροσκόπιο αποκτά φορτίο ίδιου είδους με το φορτίο του σώματος. Το φορτίο αυτό διαχέεται σε όλη την έκταση του μεταλλικού στελέχους του ηλεκτροσκοπίου και στα μεταλλικά φύλλα του. Τα φύλλα τώρα αποκτούν φορτίο ίδιου είδους με το στέλεχος και απωθούνται από αυτό. Έτσι παρατηρούμε ότι τα φύλλα αποκλίνουν από την αρχική τους θέση και σχηματίζουν γωνία με το ακίνητο στέλεχος (εικόνα β).



Το μέγεθος της γωνίας αυτής είναι ένα μέτρο της ποσότητας του φορτίου που έχει μεταφερθεί στο ηλεκτροσκόπιο, άρα και του φορτίου του σώματος. Δηλαδή, μεγαλύτερη γωνία σημαίνει περισσότερο φορτίο.

## Νόμος του Coulomb

Ο Γάλλος φυσικός Σαρλ Κουλόμπ (Charles Coulomb) μελέτησε τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής δύναμης και κατάφερε να απαντήσει στο ερώτημα: από ποια μεγέθη και πως εξαρτάται το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται από ένα φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο

### Νόμος του Coulomb;

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης ( $F$ ) με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία ( $q_1$  και  $q_2$ ) είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης ( $r$ ).

Στη γλώσσα των Μαθηματικών γράφουμε  $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$

Το  $K$  που εμφανίζεται στο τύπο του νόμου του Κουλόμπ είναι μια σταθερά αναλογίας και ονομάζεται ηλεκτρική σταθερά. Η τιμή της εξαρτάται από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα και από το σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιούμε. Η τιμή της στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) για το κενό και κατά προσέγγιση για τον αέρα είναι:

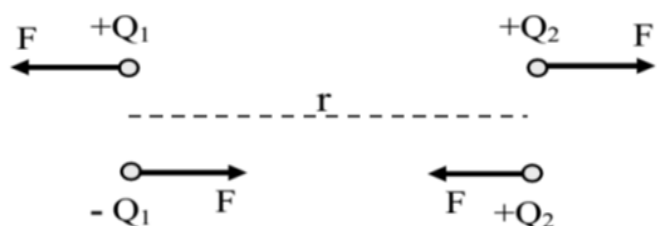
$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$$

### Πως σχεδιάζουμε τις δυνάμεις μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων;

Επειδή η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος, σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας βελάκια. Τα χαρακτηριστικά της δύναμης και επομένως του βέλους είναι:

α) **Διεύθυνση.** Η διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα δύο φορτία.

β) **Φορά.** Καθορίζεται από το είδος των φορτίων. Αν τα φορτία είναι ετερόνυμα, η δύναμη είναι ελκτική. Αν τα φορτία είναι ομώνυμα, η δύναμη είναι απωστική.



Τι σχέση έχουν μεταξύ τους οι δυνάμεις που ασκούν δύο σημειακά φορτία το ένα στο άλλο;



Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα για τη δράση - αντίδραση οι δύο αυτές δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα.

### Παραδείγμα:

Άσκηση εφαρμογής νόμου του Κουλόμπ

Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $Q_1 = +4 \mu\text{C}$  και  $Q_2 = -2 \mu\text{C}$  βρίσκονται σε απόσταση  $r = 2\text{m}$ . Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ τους.

$$\text{Δίνεται } K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Λύση

Αρχικά κάνουμε το κατάλληλο σχήμα και γράφουμε τα δεδομένα και τα ζητούμενα της άσκησης κάνοντας μετατροπές στις μονάδες μέτρησης όπου αυτό είναι απαραίτητο.



Οπότε:

$$Q_1 = +4 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}, \quad Q_2 = -2 \mu\text{C} = -2 \cdot 10^{-6} \text{C}.$$

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης υπολογίζεται από το νόμο του Κουλόμπ. Στον τύπο δεν βάζουμε πρόσημα διότι αυτός ο τύπος μας δίνει το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης και όχι την κατεύθυνσή της. Τα πρόσημα τα λάβαμε υπόψη μας όταν σχεδιάσαμε τις δυνάμεις στο σχήμα οπότε και τις σχεδιάσαμε ελκτικές επειδή τα ηλεκτρικά φορτία είναι ετερόνυμα:

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \text{C} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{C}}{2^2 \text{m}^2} = \mathbf{18 \cdot 10^3 \text{ N}}$$

### Ερωτήσεις του τύπου Σωστό - Λάθος

- Η ηλεκτρική δύναμη είναι πάντα απωστική. (Λ)
- Για να ασκηθεί ηλεκτρική δύναμη μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων, θα πρέπει να τα φέρουμε σε επαφή. (Λ)
- Δυο όμοια ηλεκτρισμένες ράβδοι απωθούνται. (Σ)
- Μεταξύ δύο ηλεκτρισμένων σωμάτων δεν ασκείται πάντοτε ηλεκτρική δύναμη. (Λ)
- Το ηλεκτρικό εκκρεμές χρησιμοποιείται για να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο. (Σ)

### Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Μια ηλεκτρισμένη ράβδος από πλαστικό κρέμεται από σταθερό σημείο, με τη βοήθεια νήματος. Πλησιάζουμε στη ράβδο ένα μαγνήτη, τι από τα παρακάτω θα συμβεί;

- Ο μαγνήτης απωθεί την πλαστική ράβδο,
- Ο μαγνήτης έλκει την πλαστική ράβδο,
- Ο μαγνήτης και η ράβδος δεν αλληλεπιδρούν. ✓

δ. Ο μαγνήτης άλλοτε έλκει και άλλοτε απωθεί τη ράβδο.

Πλησιάζουμε στο σφαιρίδιο ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς ένα σώμα και παρατηρούμε ότι το σφαιρίδιο έλκεται. Αυτό σημαίνει ότι το σώμα:

- α. είναι κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό,
- β. δεν έχει φορτίο,
- γ. είναι μαγνήτης,
- δ. είναι ηλεκτρισμένο. ✓

Πλησιάζουμε δύο φορτισμένες σφαίρες Α και Β και διαπιστώνουμε ότι έλκονται. Αυτό σημαίνει ότι;

- α. και οι δύο ράβδοι έχουν θετικό φορτίο.
- β. και οι δύο ράβδοι έχουν αρνητικό φορτίο.
- γ. υποχρεωτικά θα πρέπει η σφαίρα Α να έχει θετικό φορτίο και η σφαίρα Β αρνητικό.
- δ. σίγουρα οι δύο σφαίρες έχουν διαφορετικά φορτία αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε ποια έχει θετικό και ποια αρνητικό. ✓

Όταν λέμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντωμένο, αυτό σημαίνει ότι:

- α. υπάρχει μια ανώτερη τιμή φορτίου,
- β. υπάρχει το θετικό και το αρνητικό φορτίο,
- γ. το φορτίο δεν μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή. ✓
- δ. το φορτίο διατηρείται.

Ασκήσεις για να λύσετε :

Δύο φορτισμένες σφαίρες με φορτίο  $Q_1 = +4 \times 10^{-6} \text{ C}$  και  $Q_2 = +300 \text{ nC}$  βρίσκονται σε απόσταση  $r = 2 \text{ m}$  μεταξύ τους. Να υπολογίσετε την τιμή της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται ανάμεσά τους. Δίνεται ότι

$$K = K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2} .$$

**2.** Δύο ηλεκτρισμένες σφαίρες έλκονται μεταξύ τους. Αν διπλασιάσουμε το φορτίο της καθεμιάς σφαίρας και υποδιπλασιάσουμε τη μεταξύ τους απόσταση, τότε πόσο θα έχει μεταβληθεί η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται μεταξύ των σφαιρών;

**3.** Δύο σημειακά φορτία  $q_1 = +2 \text{ } \mu\text{C}$  και  $q_2 = -10 \text{ } \mu\text{C}$  βρίσκονται στον αέρα σε απόσταση  $R = 30 \text{ cm}$ .

- α) Να σχεδιάσετε τη δύναμη Κουλόμπ που δέχεται το ένα φορτίο από το άλλο.
- β) Να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης Κουλόμπ..

## Κεφάλαιο 2. Ηλεκτρικό Ρεύμα

### Το ηλεκτρικό ρεύμα

Με ποιες θεμελιώδεις έννοιες του ηλεκτρισμού συνδέεται το ηλεκτρικό ρεύμα;

Το ηλεκτρικό ρεύμα συνδέεται με το φορτίο και το ηλεκτρικό πεδίο. και περιγράφεται από την κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων μέσα σε ηλεκτρικά πεδία.

**Τι ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα;**

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

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. Υπό την επίδραση όμως ενός ηλεκτρικού πεδίου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια θα κινηθούν σε μία κατεύθυνση.

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.

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.

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.

**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.

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  $1 A = \frac{C}{s}$

Σε ηλεκτρονικές διατάξεις που διαρρέονται από ρεύματα μικρής έντασης ως μονάδες μέτρησης της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του αμπέρ όπως:

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

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

Τι σημαίνει ότι η ένταση του ρεύματος είναι 12A;

12 A σημαίνει 12C/s, δηλαδή σε κάθε 1 s περνούν 12C φορτίου από μια διατομή του αγωγού.

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  $t=2\text{min}=120\text{s}$ ,  
 $q = 240 \text{ C}$

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

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  $I = q/t \Rightarrow q = I \cdot t \Rightarrow q = 40 \cdot 10^{-3}\text{A} \cdot 250\text{s} = 10000 \cdot 10^{-3} = 10\text{C}$ .

### **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.

### **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.

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.

### **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 θερμοσίφωνα, 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

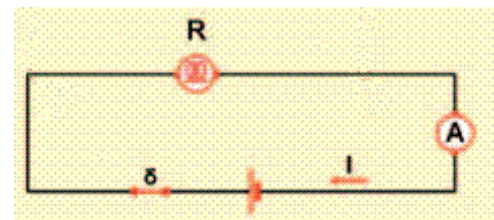
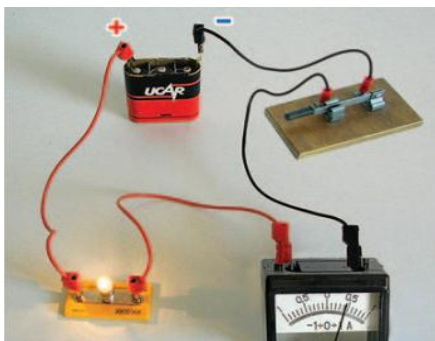
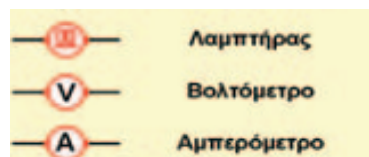
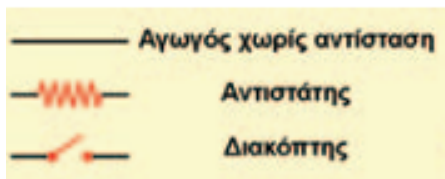
φαινόμενα στηρίζεται η λειτουργία των ηλεκτρομαγνητικών γερανών, οι αυτόματοι διακόπτες, οι κεφαλές εγγραφής ήχου και εικόνας, καθώς και η κίνηση των τρένων μαγνητικής ανύψωσης κ.λπ.

## Ηλεκτρικό Κύκλωμα

### Τι ονομάζουμε ηλεκτρικό κύκλωμα;

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

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



### 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.

### Ποιος ο ρόλος της ηλεκτρικής πηγής σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η προσανατολισμένη κίνηση των 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 προϋπάρχουν ήδη στους αγωγούς. Η ηλεκτρική πηγή απλώς προσφέρει ενέργεια στα ελεύθερα ηλεκτρόνια.
- Η ηλεκτρική πηγή δεν δημιουργεί ενέργεια από το μηδέν, απλώς μετατρέπει μια μορφή ενέργειας που υπήρχε αρχικά, σε ηλεκτρική.

**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.

**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 1,5 V ή 4,5 V ή 9V ανάλογα με τη συσκευή που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε.

Ονομάζουμε **ηλεκτρική τάση ή διαφορά δυναμικού** (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:

$$V_{\text{πηγής}} = \frac{\text{Ηλεκτρική}}{q}$$

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:

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

**Τι εκφράζει η διαφορά δυναμικού στους πόλους της πηγής;**

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

- Η μπαταρία των 1,5 V προσφέρει ηλεκτρική ενέργεια ίση με 1,5 J 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 1,5 V και μιας μπαταρίας 4,5 V, 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.

### **Ποια συσκευή ονομάζεται καταναλωτής;**

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

### **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.

### **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:

$$V_{\text{καταν}} = \frac{\text{Ηλεκτρική}}{q}$$

### **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.



## Ηλεκτρικά Δίπολα

**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.

**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.

**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 Ωμ (1 Ohm).

Η αντίσταση είναι παράγωγο μέγεθος και η μονάδα της ορίζεται με τη βοήθεια της σχέσης

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

Στην ηλεκτρολογία και στην ηλεκτρονική χρησιμοποιούνται και πολλαπλάσια του Ωμ:

1 KΩ = 10<sup>3</sup> Ω (κιλο-ωμ), 1 MΩ = 10<sup>6</sup> Ω (μεγα-ωμ)

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

**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.

**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.

### 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.

### 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,

$V$ (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

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.

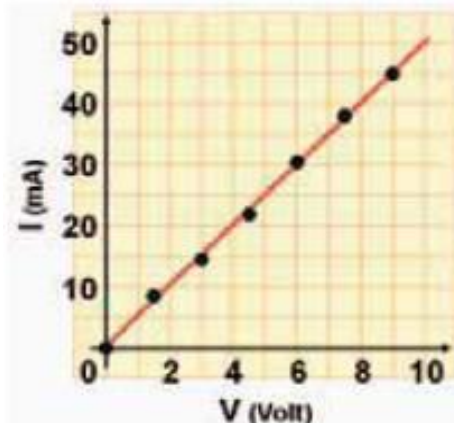
Δηλαδή η αντίσταση  $R$  του μεταλλικού αγωγού είναι σταθερή, ανεξάρτητη της τάσης που εφαρμόζουμε στα άκρα του, άρα ένας μεταλλικός αγωγός είναι αντιστάτης.

### Πως διατυπώνεται ο νόμος του $\Omega$ μ;

Η γενίκευση πειραματικών δεδομένων οδήγησε το Γερμανό φυσικό  $\Omega$ μ (Ohm) στη διατύπωση ενός νόμου που είναι γνωστός ως **νόμος του  $\Omega$ μ**:

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

$$I = \frac{1}{R} V \quad \text{ή} \quad V = IR$$



Ισχύει ο νόμος του  $\Omega$ μ για κάθε ηλεκτρικό δίπολο;

Ο νόμος του Ωμ ισχύει μόνο για αντιστάτες δηλαδή για όλα τα ηλεκτρικά δίπολα για τα οποία η αντίσταση 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 Ωμ δεν ισχύει για συσκευές όπως κινητήρες, λαμπτήρες, διόδους κτλ.

### Παράδειγμα

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  $V = 100V$ ;

γ) Πόση θα ήταν η αντίσταση του αγωγού, αν η ένταση του ρεύματος ήταν  $I = 10A$ ;

Λύση

$$: R = \frac{V}{I} = \frac{50 V}{2 A} = 25 \Omega$$

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

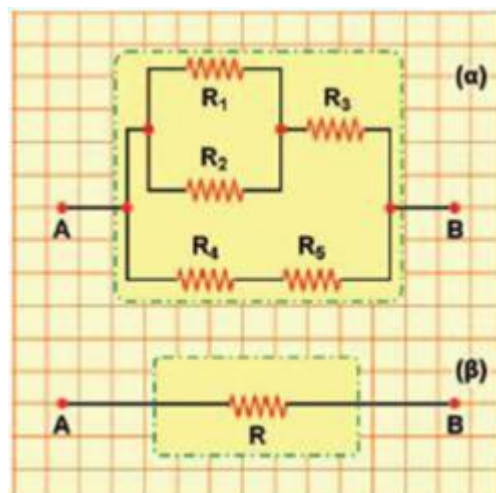
## Συνδεσμολογία Αντιστατών

**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 εφαρμόσουμε 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 ισοδύναμη αντίσταση  $R_{ισοδ}$  του συστήματος ικανοποιεί τη σχέση:



$R_{\text{ισοδ}} = \frac{V_{\text{ολ}}}{I_{\text{ολ}}}$  όπου  $V_{\text{ολ}}$  είναι η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζουμε στα άκρα του συστήματος των αντιστατών και  $I_{\text{ολ}}$  η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει.

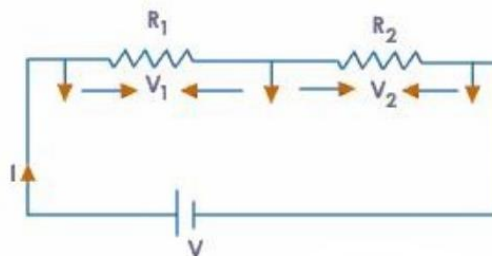
**Πότε λέμε ότι δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα είναι συνδεδεμένα σε σειρά;**

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

**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  $I$
- $V = V_1 + V_2$
- $R_{\text{ισοδ}} = \frac{V}{I}$
- $R_{\text{ισοδ}} = R_1 + R_2$



Η  $R_{\text{ισοδ}}$  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.  $R_{\text{ισοδ}} = R_1 + R_2$

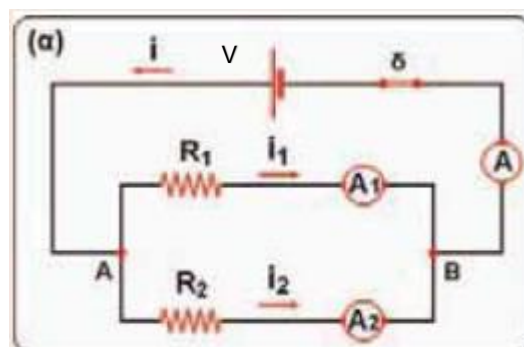
**Πότε λέμε ότι δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά δίπολα είναι συνδεδεμένα παράλληλα;**

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

**Τι γνωρίζετε για την παράλληλη σύνδεση δύο αντιστατών;**

Όταν δύο ή περισσότεροι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όπως στο παρακάτω σχήμα τότε ισχύουν τα εξής :

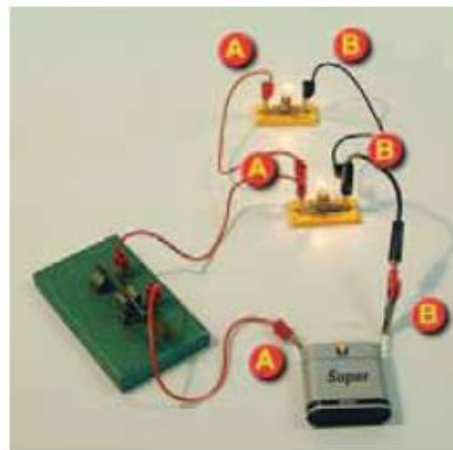
- Όλοι οι αντιστάτες και η πηγή έχουν την ίδια τάση  $V$  στα άκρα τους
- $I = I_1 + I_2$
- $R_{\text{ισοδ}} = \frac{V}{I}$
- $\frac{1}{R_{\text{ισοδ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



Η  $R_{\text{ισοδ}}$  που προκύπτει από την παράλληλη σύνδεση δύο ή περισσότερων αντιστατών 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 είναι ο κάθε αντιστάτης ξεχωριστά.

## 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.

### . Ασκήσεις

1) Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 20\Omega$  και  $R_2 = 40\Omega$ , αντίστοιχα, συνδέονται σε σειρά. Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη αντίστασης  $R_2$  είναι  $I = 2A$ , να βρείτε:

- την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος
- την τάση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα
- την τάση στα άκρα του αντιστάτη  $R_1$

2) Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις  $R_1 = 20\Omega$  και  $R_2 = 30\Omega$ , αντίστοιχα, συνδέονται παράλληλα. Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη αντίστασης  $R_1$  είναι  $I_1 = 3A$ , να βρείτε:

- την ισοδύναμη αντίσταση του κυκλώματος
- την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη αντίστασης  $R_2$
- την τάση της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα.

3) Στο παρακάτω κύκλωμα να υπολογίσετε:

- Την ισοδύναμη (ολική) αντίσταση του κυκλώματος.
- Την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα κάθε αντίστασης.
- Την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει κάθε αντίσταση.

