

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Κεφάλαιο 1. Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο.

1.1 Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη.

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

2. Το ηλεκτρικό εκκρεμές το χρησιμοποιούμε για να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο. Κατασκευάζεται εύκολα μια και που αποτελείται 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**.

1.2 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 του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **Κουλόμπ** (Coulomb). Το 1 C είναι πού μεγάλη μονάδα φορτίου.

Γι' αυτό στις εφαρμογές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του 1 C:

- 1 mC (μικροκουλόμπ) = 10^{-3} C
- 1 μ C (μικροκουλόμπ) = 10^{-6} C
- 1 nC (νανοκουλόμπ) = 10^{-9} C
- 1 pC (πικοκουλόμπ) = 10^{-12} 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**.

1.3 Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου.

1. Ποια είναι η δομή του ατόμου;

Ο Δανός Νηλς Μπορ πρότεινε για την περιγραφή του ατόμου ένα **προτύπο**, 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 και τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια. Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό.** Έτσι ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.
- Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια. 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 τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα 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. Ωστε **τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα**.

2. 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 υπερिशύει 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.

3. Πως διατυπώνεται η 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.

1.4 Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία.

1. 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 ισχύος 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.

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 αγώγιμα 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 κατανομηθεί ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του αγωγού.

Ερμηνεία της συμπεριφοράς των μονωτών

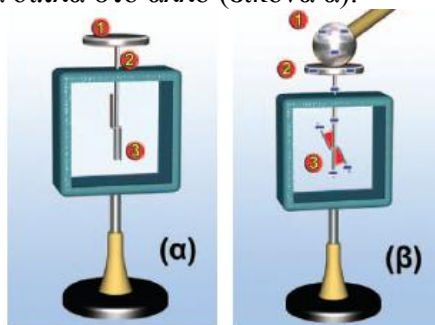
Στους μονωτές τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων συγκρατούνται ισχυρά από τους πυρήνες. Έτσι δεν μπορούν να μεταφέρονται εύκολα από τη μια περιοχή του σώματος στην άλλη.

- 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.