

Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου

3

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε:

- ✓ Τη δομή του ατόμου.
- ✓ Τον τρόπο με τον οποίο τα σώματα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο.
- ✓ Τις δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου.



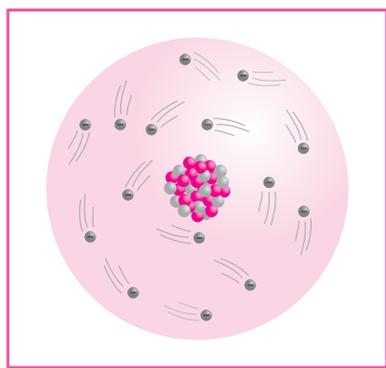
ΘΕΩΡΙΑ

3.1 Τι γνωρίζετε για τη δομή του ατόμου;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Τα σώματα που συναντάμε στη φύση αποτελούνται από άτομα, τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Με κατάλληλα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν από τα μέσα του 19ου αιώνα ως τις αρχές του 20ού αιώνα, προέκυψε ότι το άτομο αποτελείται από απλούστερα σωματίδια.

1. Κάθε άτομο αποτελείται από έναν **πυρήνα**, γύρω από τον οποίο περιστρέφονται τα **ηλεκτρόνια**. Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο και τα ηλεκτρόνια αρνητικό. Επομένως μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίων εμφανίζονται ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις ενώ μεταξύ των ηλεκτρονίων απωστικές δυνάμεις.
2. Όλα τα ηλεκτρόνια έχουν ίδια μάζα και ίδια τιμή ηλεκτρικού φορτίου.
3. Ο πυρήνας αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια τα οποία έχουν ίδια μάζα. Επιπλέον:
 - Όλα τα πρωτόνια έχουν ίδια μάζα και είναι θετικά φορτισμένα.
 - Όλα τα νετρόνια έχουν ίδια μάζα και είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.
4. Το ηλεκτρόνιο και το πρωτόνιο έχουν αντίθετα φορτία, ίδιας όμως τιμής. Το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, ενώ το φορτίο του πρωτονίου είναι $+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Το φορτίο του ηλεκτρονίου και το φορτίο του πρωτονίου είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση.
5. Επειδή σε ένα άτομο ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων, το συνολικό φορτίο ενός ατόμου είναι μηδέν, πράγμα που σημαίνει ότι είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Αν για οποιονδήποτε λόγο φύγουν ή έρθουν



ηλεκτρόνια σε ένα άτομο, τότε αυτό δε θα είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και μετατρέπεται, όπως λέμε, σε **ión**.

3.2 Πώς ένα σώμα αποκτά ηλεκτρικό φορτίο;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Επειδή όλα τα σώματα αποτελούνται από άτομα που είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, είναι και αυτά ηλεκτρικά ουδέτερα. Πώς λοιπόν αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο;

Το άτομο αποκτά ηλεκτρικό φορτίο μέσω κατάλληλης διαδικασίας (για την οποία θα μιλήσουμε στην επόμενη ενότητα). Η διαδικασία αυτή οδηγεί σε διαταραχή της ισορροπίας ανάμεσα στα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια. Επειδή όμως τα πρωτόνια του πυρήνα έχουν μεγάλη μάζα και είναι παγιδευμένα μέσα στον πυρήνα, δεν μπορούν να μετακινηθούν. Επομένως αυτό που μπορεί να συμβεί, για να αποκτήσει ένα άτομο ηλεκτρικό φορτίο, είναι:

- Είτε **να φύγουν ηλεκτρόνια**, οπότε τα πρωτόνια γίνονται περισσότερα από τα ηλεκτρόνια (**έλλειμμα ηλεκτρονίων**) και το άτομο φορτίζεται **θετικά**.
- Είτε **να έρθουν ηλεκτρόνια**, οπότε τα πρωτόνια γίνονται λιγότερα από τα ηλεκτρόνια (**πλεόνασμα ηλεκτρονίων**) και το άτομο φορτίζεται **αρνητικά**.

Συμπέρασμα

Αν από ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα φύγουν ή έρθουν ηλεκτρόνια, το σώμα θα αποκτήσει θετικό ή αρνητικό φορτίο αντίστοιχα.

Για να απομακρυνθούν τα ηλεκτρόνια από ένα σώμα, θα πρέπει σε αυτό **να προσφερθεί ενέργεια**, έτσι ώστε να υπερνικηθεί η έλξη που δέχονται από τον πυρήνα. Προσφορά ενέργειας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους (τριβή, επίδραση ακτινοβολίας κτλ.).

3.3 Ποιες είναι οι δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Για το ηλεκτρικό φορτίο ισχύουν δύο σημαντικές ιδιότητες:

1. Η αρχή διατήρησης του φορτίου.

Κατά τη διαδικασία της φόρτισης ενός σώματος, με όποιον τρόπο κι αν συμβεί, δε δημιουργούνται, ούτε καταστρέφονται ηλεκτρόνια, παρά μόνο μεταφέρονται από ένα σώμα σε ένα άλλο σώμα. Έτσι λοιπόν:

Σε οποιαδήποτε διαδικασία φόρτισης το ολικό φορτίο παραμένει σταθερό.

Η παραπάνω πρόταση εκφράζει την **αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**.

Παράδειγμα

Αν φέρουμε σε επαφή δύο μονωμένες μεταλλικές σφαίρες που έχουν φορτία $+2 \mu\text{C}$ και $+3 \mu\text{C}$ αντίστοιχα και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε, το αλγεβρικό άθροισμα

των ηλεκτρικών φορτίων των δύο σφαιρών πριν και μετά την απομάκρυνσή τους θα είναι ίσο με $+5 \mu\text{C}$ (ούτε μικρότερο ούτε μεγαλύτερο από $+5 \mu\text{C}$).

2. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντωμένο.

Κατά τη διαδικασία της φόρτισης ενός σώματος μεταφέρονται ηλεκτρόνια. Επειδή όμως τα ηλεκτρόνια δεν μπορούν να διαιρεθούν, ούτε και η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου μπορεί να διαιρεθεί. Αυτό σημαίνει ότι:

Η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου Q ενός σώματος δεν μπορεί να έχει οποιαδήποτε τιμή, παρά μόνο ορισμένη τιμή. Η τιμή που μπορεί να έχει το ηλεκτρικό φορτίο είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου. Δηλαδή ισχύει:

$$Q = N \cdot |q_e|$$

όπου N ο αριθμός των ηλεκτρονίων και $|q_e|$ η απόλυτη τιμή του ηλεκτρικού φορτίου του ηλεκτρονίου ($q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

Τα φυσικά μεγέθη που δεν μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή παρά μόνο συγκεκριμένες ονομάζονται **κβαντωμένα**. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι **το ηλεκτρικό φορτίο είναι ένα κβαντωμένο φυσικό μέγεθος**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ

3.4

(ΜΙΑ ΓΡΗΓΟΡΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ) Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά των παρακάτω προτάσεων.

- α. Μέσα σε ένα άτομο ηλεκτρικά ουδέτερα σωματίδια είναι τα
- β. Όταν σε ένα άτομο έρθουν ή φύγουν ηλεκτρόνια, τότε μετατρέπεται σε
- γ. Τα φορτία του και του είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση.
- δ. Ένα άτομο μπορεί να αποκτήσει ηλεκτρικό φορτίο αποβάλλοντας ή προσλαμβάνοντας
- ε. Για την απόσπαση ηλεκτρονίων από ένα άτομο απαιτείται προσφορά
- στ. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι φυσικό μέγεθος.

3.5

Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Ένα σώμα ηλεκτρίζεται όταν από τα άτομα που το αποτελούν φύγουν ή έρθουν πρωτόνια.

- Σε ένα θετικά ηλεκτρισμένο σώμα τα πρωτόνια είναι περισσότερα από τα ηλεκτρόνια.
- Σε ένα μη ηλεκτρισμένο σώμα δεν υπάρχουν ούτε θετικά ούτε αρνητικά φορτία.
- Το ηλεκτρικό φορτίο ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο σώμα.
- Μια ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου μπορεί να έχει οποιαδήποτε τιμή.
- Σε οποιαδήποτε διαδικασία φόρτισης ενός σώματος ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

3.6 Απωστική ηλεκτρική δύναμη ασκείται μεταξύ:

- α.** πρωτονίου-ηλεκτρονίου
- β.** πρωτονίου-νετρονίου
- γ.** νετρονίου-νετρονίου
- δ.** ηλεκτρονίου-ηλεκτρονίου

3.7 Ελκτική ηλεκτρική δύναμη ασκείται μεταξύ:

- α.** πρωτονίου-ηλεκτρονίου
- β.** πρωτονίου-πρωτονίου
- γ.** νετρονίου-νετρονίου
- δ.** σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις

3.8 Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Σε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο άτομο υπάρχει ίδιος αριθμός πρωτονίων και νετρονίων.
- Το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι το μικρότερο φορτίο που μπορούμε να συναντήσουμε ελεύθερο στη φύση.
- Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρίσης ενός ατόμου τα πρωτόνια δε μετακινούνται.
- Με τη διαδικασία της τριβής δίνεται η απαραίτητη ενέργεια για την απομάκρυνση των ηλεκτρονίων από ένα σώμα.
- Στο εσωτερικό ενός ατόμου εμφανίζονται μόνο ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις.

3.9 Το ηλεκτρικό φορτίο:

- α.** εμφανίζεται σε τρεις μορφές: θετική, αρνητική και ουδέτερη
- β.** μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή

- γ. μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο σώμα, όταν έρθουν σε επαφή
- δ. έχει μονάδα μέτρησης στο S.I. το $1 \mu\text{C}$

3.10 Όταν ένα σώμα είναι θετικά φορτισμένο, τότε:

- α. έχει μόνο θετικά φορτία
- β. έχει περισσότερα θετικά παρά αρνητικά φορτία
- γ. δεν έχει καθόλου ηλεκτρόνια
- δ. δεν έχει καθόλου αρνητικά φορτία

3.11 Όταν ένα σώμα είναι αρνητικά φορτισμένο, τότε:

- α. έχει μόνο ηλεκτρόνια
- β. έχει περισσότερα πρωτόνια και λιγότερα ηλεκτρόνια
- γ. δεν έχει καθόλου πρωτόνια
- δ. έχουν έρθει σε αυτό επιπλέον ηλεκτρόνια

3.12 Όταν τρίψουμε με μάλλινο ύφασμα μια πλαστική ράβδο, φορτίζεται αρνητικά γιατί:

- α. μετακινήθηκαν πρωτόνια και ηλεκτρόνια
- β. μεταφέρθηκαν ηλεκτρόνια από το ύφασμα στη ράβδο
- γ. μεταφέρθηκαν πρωτόνια από τη ράβδο στο ύφασμα
- δ. δημιουργήθηκαν νέα φορτία στη ράβδο

3.13 Τα σώματα Α, Β, Γ και Δ είναι φορτισμένα. Το σώμα Α έλκει τα σώματα Β και Δ και απωθεί το Γ. Τι από τα παρακάτω ισχύει για τα σώματα Β και Γ;

- α. Και στα δύο έχουν έρθει ηλεκτρόνια.
- β. Και από τα δύο έχουν φύγει ηλεκτρόνια.
- γ. Στο ένα έχουν έρθει ηλεκτρόνια, ενώ από το άλλο έχουν φύγει ηλεκτρόνια.
- δ. Στο ένα έχουν έρθει ηλεκτρόνια και στο άλλο έχουν έρθει πρωτόνια.

3.14 Τα σώματα Α, Β, Γ, Δ και Ε είναι φορτισμένα. Από το σώμα Α με κατάλληλη διαδικασία έχουν φύγει ηλεκτρόνια, ενώ στο σώμα Ε υπάρχει πλεόνασμα πρωτονίων. Το σώμα Α έλκει το σώμα Β και το σώμα Ε απωθεί το Γ και το Δ. Τι από τα παρακάτω ισχύει;

- α. Στο σώμα Δ έχουν έρθει πρωτόνια.
- β. Στο σώμα Γ υπάρχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων.

- γ. Το σώμα Β έχει θετικό φορτίο.
- δ. Μεταξύ των σωμάτων Β και Γ ασκείται ελκτική δύναμη.

- 3.15** Δύο μονωμένες μεταλλικές σφαίρες Α και Β είναι φορτισμένες. Καθώς τις πλησιάζουμε, διαπιστώνουμε ότι απωθούνται. Αυτό σημαίνει ότι:
- α. από τη σφαίρα Α έχουν φύγει ηλεκτρόνια, ενώ στη σφαίρα Β έχουν έρθει ηλεκτρόνια
 - β. και από τις δύο σφαίρες σίγουρα έχουν φύγει ηλεκτρόνια
 - γ. και στις δύο σφαίρες σίγουρα έχουν έρθει ηλεκτρόνια
 - δ. δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αν από τις σφαίρες έχουν φύγει ή έχουν έρθει ηλεκτρόνια

- 3.16** Δύο μονωμένες μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία $-4 \mu\text{C}$ και $-10 \mu\text{C}$. Φέρνουμε τις δύο σφαίρες σε επαφή και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε προσέχοντας να παραμένουν ηλεκτρικά απομονωμένες από το περιβάλλον τους. Το συνολικό τους φορτίο μετά την επαφή τους είναι:
- α. $+14 \mu\text{C}$
 - β. $+6 \mu\text{C}$
 - γ. $-14 \mu\text{C}$
 - δ. $-7 \mu\text{C}$

- 3.17** Τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο σε ένα μεταξωτό ύφασμα και διαπιστώνουμε ότι η ράβδος απέκτησε φορτίο $+6 \text{nC}$. Μετά την παραπάνω διαδικασία το μεταξωτό ύφασμα:
- α. παραμένει αφόρτιστο
 - β. αποκτά φορτίο ίσο με $+6 \text{nC}$
 - γ. αποκτά φορτίο ίσο με -6nC
 - δ. αποκτά φορτίο μικρότερο από -6nC
- Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

- 3.18** Φέρνουμε σε επαφή δύο ετερόνυμα φορτισμένες σφαίρες και παρατηρούμε ότι μετά την επαφή τους και οι δύο σφαίρες είναι ηλεκτρικά ουδέτερες. Αυτό σημαίνει ότι:
- α. το ηλεκτρικό φορτίο εξαφανίστηκε
 - β. δεν ισχύει η αρχή διατήρησης του φορτίου
 - γ. έγινε ανακατανομή των φορτίων των δύο σφαιρών
 - δ. μετακινήθηκαν πρωτόνια από τη μία σφαίρα στην άλλη

3.19 Δύο μονωμένες μεταλλικές σφαίρες A και B έχουν αντίστοιχα φορτία $+6 \mu\text{C}$ και $+12 \mu\text{C}$. Φέρνουμε τις δύο σφαίρες σε επαφή και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε προσέχοντας να είναι ηλεκτρικά απομονωμένες από το περιβάλλον τους. Αν το φορτίο της σφαίρας B μετά την επαφή είναι ίσο με $+10 \mu\text{C}$, το φορτίο της σφαίρας A μετά την επαφή είναι ίσο με:

- α. $+10 \mu\text{C}$
- β. $+8 \mu\text{C}$
- γ. $+4 \mu\text{C}$
- δ. $+2 \mu\text{C}$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3.20 Μια ηλεκτρισμένη μεταλλική σφαίρα A έχει φορτίο $+13 \mu\text{C}$ και έρχεται σε επαφή με μία αρχικά αφόρτιστη ηλεκτρισμένη μεταλλική ράβδο B. Διαπιστώνεται ότι μετά την επαφή η ράβδος απέκτησε φορτίο ίσο με $+5 \mu\text{C}$. Πόσο είναι το φορτίο της μεταλλικής σφαίρας μετά την επαφή;

- α. $+5 \mu\text{C}$.
- β. $+8 \mu\text{C}$.
- γ. $+13 \mu\text{C}$.
- δ. $+18 \mu\text{C}$.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3.21 Όταν λέμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντωμένο, εννοούμε ότι:

- α. υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου
- β. το φορτίο διατηρείται
- γ. υπάρχει μια μέγιστη τιμή ηλεκτρικού φορτίου
- δ. το φορτίο δεν μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή

3.22 Ποια από τις παρακάτω τιμές φορτίου δεν μπορεί να έχει ένα φορτισμένο σώμα;

- α. $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- β. $-3,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- γ. $-8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- δ. Μπορεί να έχει οποιαδήποτε από τις παραπάνω τιμές.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3.23 Πόσα ηλεκτρόνια «συνθέτουν» ηλεκτρικό φορτίο ίσο με $40 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; (Δίνεται ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι ίσο με $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.)

- α. 16.
- β. 25.
- γ. 40.
- δ. 80.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

3.24 Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Στο ανθρώπινο σώμα υπάρχει ίδιος αριθμός θετικών και αρνητικών φορτίων.
- Όταν μια μεταλλική σφαίρα είναι αρνητικά φορτισμένη, τότε σε αυτή υπάρχει έλλειμμα πρωτονίων.
- Όταν τρίψουμε με μεταξωτό ύφασμα μια γυάλινη ράβδο, τότε η μάζα της ελαττώνεται πάρα πολύ λίγο.
- Όταν τρίψουμε με μεταξωτό ύφασμα μια αφόρτιστη γυάλινη ράβδο, τότε μετά τη διαδικασία της τριβής το συνολικό φορτίο των δύο σωμάτων θα είναι ίσο με μηδέν.
- Αν ένα φορτισμένο σώμα έχει έλλειμμα 40 ηλεκτρονίων, τότε το φορτίο του είναι ίσο με $+40 \text{ C}$.

Τρόποι ηλεκτρίσης και η μικροσκοπική ερμηνεία

4

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε:

- ✓ Την ηλεκτρίση ενός σώματος με τριβή και με επαφή.
- ✓ Τους αγωγούς και τους μονωτές.
- ✓ Την ερμηνεία της συμπεριφοράς αγωγών και μονωτών κατά την ηλεκτρίση.
- ✓ Το ηλεκτροσκόπιο.
- ✓ Την ηλεκτρίση ενός σώματος με επαγωγή.



ΘΕΩΡΙΑ

4.1 Με ποιους τρόπους μπορεί ένα σώμα να αποκτήσει ηλεκτρικό φορτίο;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Η διαδικασία ηλεκτρίσης ενός σώματος, δηλαδή απόκτησης ηλεκτρικού φορτίου, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τους εξής τρόπους:

1. Ηλεκτρίση με τριβή.
2. Ηλεκτρίση με επαφή.
3. Ηλεκτρίση με επαγωγή.

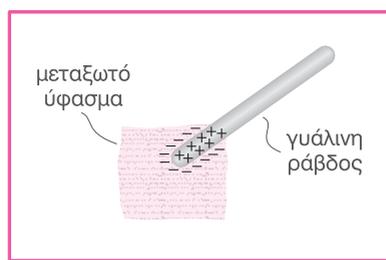
4.2 Να περιγράψετε τη διαδικασία ηλεκτρίσης ενός σώματος με τριβή.

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Είδαμε ότι, όταν τρίψουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, τότε η ράβδος αποκτά θετικό φορτίο. Αυτό σημαίνει ότι από τη γυάλινη ράβδο φεύγουν ηλεκτρόνια. Ποια όμως ηλεκτρόνια φεύγουν;

Είδαμε επίσης ότι μέσα σε ένα άτομο τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα σε διάφορες τροχιές. Όσα ηλεκτρόνια βρίσκονται πιο μακριά από τον πυρήνα δέχονται μικρότερη ηλεκτρική δύναμη από αυτόν, με αποτέλεσμα να χρειάζονται μικρότερο ποσό ενέργειας για να «ξεφύγουν» από την έλξη του πυρήνα. Τα πιο απομακρυσμένα ηλεκτρόνια από τον πυρήνα του ατόμου ονομάζονται **εξωτερικά ηλεκτρόνια**.

Κατά την τριβή λοιπόν της γυάλινης ράβδου με το μεταξωτό ύφασμα τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων της ράβδου φεύγουν και μετακινούνται προς το ύφα-



σμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γυάλινη ράβδος να φορτίζεται θετικά και το μεταξωτό ύφασμα να φορτίζεται αρνητικά.

Γιατί όμως μετακινούνται εξωτερικά ηλεκτρόνια από τη ράβδο προς το ύφασμα και δε συμβαίνει το αντίθετο; Ο λόγος είναι ότι τα εξωτερικά ηλεκτρόνια του υφάσματος συγκρατούνται με ισχυρότερες ηλεκτρικές δυνάμεις, οπότε απαιτείται περισσότερη ενέργεια για να αποσπαστούν σε σχέση με την ενέργεια που απαιτείται για την απόσπαση των εξωτερικών ηλεκτρονίων της γυάλινης ράβδου.

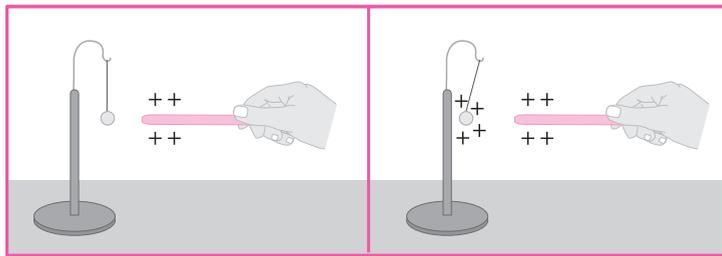
Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι όσα ηλεκτρόνια φεύγουν από τη ράβδο στο ύφασμα, τόσα ηλεκτρόνια επιπλέον έχει το ύφασμα, με αποτέλεσμα, λόγω και της αρχής διατήρησης του φορτίου, να ισχύει ότι:

Κατά την ηλέκτριση με τριβή τα δύο σώματα αποκτούν ίσα και αντίθετα φορτία.

4.3 Να περιγράψετε τη διαδικασία ηλέκτρισης ενός σώματος με επαφή.

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Φέρνουμε σε επαφή μια φορτισμένη γυάλινη ράβδο με την αφόρτιστη μεταλλική σφαίρα του σχήματος. Όπως ξέρουμε, η φορτισμένη γυάλινη ράβδος έχει θετικό φορτίο, πράγμα που σημαίνει ότι έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων. Όταν λοιπόν τη φέρνουμε σε επαφή με τη μεταλλική σφαίρα, ένα μέρος των ηλεκτρονίων της σφαίρας μεταφέρεται στη γυάλινη ράβδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και η αρχικά ουδέτερη μεταλλική σφαίρα να φορτιστεί θετικά.



Αν φέρναμε σε επαφή την αφόρτιστη μεταλλική σφαίρα με μια φορτισμένη πλαστική ράβδο που έχει αρνητικό φορτίο και επομένως πλεόνασμα ηλεκτρονίων, τότε από την πλαστική ράβδο θα μετακινούνταν προς τη μεταλλική σφαίρα ορισμένα ηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα να φορτιζόταν και αυτή αρνητικά.

Λόγω της αρχής διατήρησης του φορτίου, το συνολικό φορτίο των δύο σωμάτων μετά την επαφή είναι ίσο με το αρχικό φορτίο που είχε η φορτισμένη ράβδος.

Κατά την ηλέκτριση με επαφή τα δύο σώματα αποκτούν όμοια (ομώνυμα) φορτία.

4.4 Ποια σώματα ονομάζονται αγωγοί και ποια μονωτές;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Όλα τα υλικά δεν επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικού φορτίου μέσα από τη μάζα τους. Διακρίνουμε λοιπόν τα υλικά στις εξής κατηγορίες:

- **Ηλεκτρικοί αγωγοί:** Πρόκειται για τα υλικά που επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό φορτίο να «διασκορπίζεται» σε όλη την έκταση των σωμάτων.

Ηλεκτρικοί αγωγοί είναι τα μέταλλα, οι ηλεκτρολύτες, το ανθρώπινο σώμα κτλ.

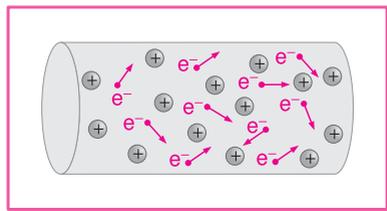
- **Ηλεκτρικοί μονωτές:** Πρόκειται για τα υλικά που δεν επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους, με αποτέλεσμα το ηλεκτρικό φορτίο να μη «διασκορπίζεται» αλλά να παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε.

Ηλεκτρικοί μονωτές είναι το ξύλο, το γυαλί, το πλαστικό, το χαρτί, το καουτσούκ κτλ.

4.5 Γιατί τα μέταλλα ανήκουν στην κατηγορία των ηλεκτρικών αγωγών;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Στα μέταλλα, η ηλεκτρική δύναμη μεταξύ των εξωτερικών ηλεκτρονίων και του πυρήνα είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα τα ηλεκτρόνια να διαφεύγουν από το άτομο και να κινούνται ελεύθερα σε όλη την έκταση του μετάλλου. Για το λόγο αυτό τα εξωτερικά ηλεκτρόνια ενός μετάλλου ονομάζονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**.



Αντίθετα, τα άτομα του μετάλλου, επειδή έχουν χάσει ηλεκτρόνια, έχουν μετατραπεί σε θετικά ιόντα, τα οποία όμως δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα, λόγω της μεγάλης τους μάζας. Το μόνο που κάνουν είναι να κινούνται γύρω από συγκεκριμένες θέσεις, σχηματίζοντας μέσα στο άτομο ένα πλέγμα.

Σε ένα αφόρτιστο μεταλλικό σώμα, κι επειδή το συνολικό αρνητικό φορτίο των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ίσο με το συνολικό θετικό φορτίο των ιόντων του, δεν πλεονάζει ηλεκτρικό φορτίο και το σώμα είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Όταν από μια περιοχή του μετάλλου φύγουν ή έρθουν ηλεκτρόνια, τότε λόγω της τυχαίας κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων το πλεόνασμα ή το έλλειμμα ηλεκτρονίων θα κατανεμηθεί ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του μετάλλου προκαλώντας τη φόρτισή του.

4.6 Πώς ερμηνεύεται η συμπεριφορά των μονωτών κατά την ηλεκτρισή τους;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Σε αντίθεση με τα μέταλλα, στα άτομα ενός μονωτή τα εξωτερικά ηλεκτρόνια δέχονται μεγάλες ηλεκτρικές δυνάμεις από τον πυρήνα του ατόμου, με αποτέλεσμα να

μην μπορούν να ξεφύγουν από την έλξη του για να μετακινούνται ελεύθερα μέσα στο σώμα. Έτσι κατά τη διαδικασία της φόρτισης:

- Αν έρθουν ηλεκτρόνια, παραμένουν εγκλωβισμένα στην περιοχή φόρτισης, γιατί δεν έχουν τη δυνατότητα να μετακινηθούν.
- Αν φύγουν ηλεκτρόνια, το έλλειμμα των ηλεκτρονίων που δημιουργείται δεν μπορεί να αναπληρωθεί από άλλα εξωτερικά ηλεκτρόνια του σώματος από άλλες περιοχές, καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα μετακίνησης.

4.7 Τι είναι το ηλεκτροσκόπιο; Πώς λειτουργεί;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Για να μπορέσουμε να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο ή όχι, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κατάλληλο όργανο. Το όργανο που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου είναι το **ηλεκτροσκόπιο**.

Ένα είδος ηλεκτροσκοπίου είναι και το ηλεκτρικό εκκρεμές που είδαμε σε προηγούμενη ενότητα.

Ένα άλλο είδος ηλεκτροσκοπίου είναι αυτό που φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Αποτελείται από ένα γυάλινο δοχείο που στηρίζεται σε μια μονωτική βάση και από ένα μεταλλικό στέλεχος.



Στην κορυφή του μεταλλικού στελέχους βρίσκεται μια μεταλλική σφαίρα Σ και στο κάτω άκρο του υπάρχουν δύο λεπτά μεταλλικά φύλλα (ελάσματα) από τα οποία το ένα είναι ακλόνητο και το άλλο μπορεί να κινείται (δείκτης).

Όταν φέρουμε σε επαφή ένα φορτισμένο σώμα με τη μεταλλική σφαίρα Σ , τότε τα δύο λεπτά μεταλλικά φύλλα του ηλεκτροσκοπίου που βρίσκονται στο εσωτερικό του αποκτούν ίδιο φορτίο, με αποτέλεσμα να απωθούνται μεταξύ τους.

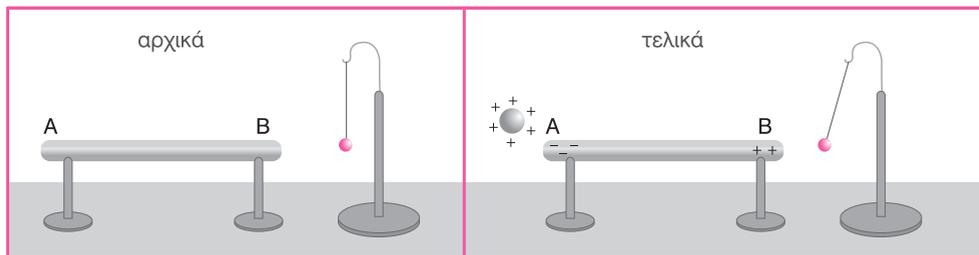
Από τη γωνία απόκλισης των δύο μεταλλικών φύλλων μπορούμε να εκτιμήσουμε την ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία απόκλισης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που έχει το φορτισμένο σώμα που ακουμπήσαμε στη μεταλλική σφαίρα Σ .

4.8 Να περιγράψετε τη διαδικασία ηλεκτρίσης ενός σώματος με επαγωγή.

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Στο άκρο Α μιας αρχικά αφόρτιστης μεταλλικής ράβδου πλησιάζουμε μια θετικά φορτισμένη σφαίρα. Στο άλλο άκρο Β υπάρχει ένα ηλεκτρικό εκκρεμές το οποίο εκτρέπεται από την αρχική θέση ισορροπίας του, γεγονός που φανερώνει ότι η ράβδος «φορτίστηκε» αν και δεν τη φέραμε σε επαφή με τη φορτισμένη σφαίρα. Η

διαδικασία αυτή φόρτισης ενός σώματος λέγεται **ηλεκτρίση με επαγωγή**, καθώς δε φέρνουμε σε επαφή τα δύο σώματα.



Πώς όμως εξηγείται η διαδικασία της ηλεκτρίσης με επαγωγή;

Μέσα στην αρχικά αφόρτιστη μεταλλική ράβδο υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται τυχαία και πολύ γρήγορα προς κάθε κατεύθυνση. Όταν στο άκρο A πλησιάσουμε τη θετικά φορτισμένη σφαίρα, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ράβδου έλκονται από αυτή, με αποτέλεσμα να πλησιάσουν και να έρθουν στο άκρο A της ράβδου, το οποίο φορτίζεται αρνητικά. Ταυτόχρονα, στο άλλο άκρο B της ράβδου υπάρχει έλλειμμα ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα το άκρο B της ράβδου να φορτίζεται θετικά.

Αυτό λοιπόν που ουσιαστικά συμβαίνει είναι **ανακατανομή των ελεύθερων ηλεκτρονίων** της ράβδου, χωρίς όμως να φεύγουν ή να έρχονται ηλεκτρόνια σε αυτήν. Η ράβδος δηλαδή, αν και λέμε ότι φορτίστηκε, ουσιαστικά είναι αφόρτιστη!

Όταν απομακρύνουμε τη θετικά φορτισμένη σφαίρα, το θετικό φορτίο που υπάρχει στο άκρο B της ράβδου έλκει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αρνητικού άκρου της ράβδου, με αποτέλεσμα να κινηθούν προς τα εκεί και έτσι να επανέλθει η αρχικά ομοιόμορφη κατανομή των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Η ράβδος παύει πλέον να είναι φορτισμένη.

Κατά την ηλεκτρίση με επαγωγή το φορτισμένο σώμα διατηρεί το φορτίο του, ενώ το αφόρτιστο μεταλλικό σώμα διαχωρίζει τα θετικά από τα αρνητικά του φορτία, χωρίς να φύγουν ή να έρθουν ηλεκτρόνια.

4.9 Πώς ερμηνεύεται η ηλεκτρίση με επαγωγή των μονωτών;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Μια φορτισμένη χτένα μπορεί να έλκει μικρά κομμάτια χαρτίου, τα οποία όμως είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Πώς μπορεί να συμβαίνει κάτι τέτοιο;

Η απάντηση δίνεται αν κοιτάξουμε στο εσωτερικό των ατόμων του μονωτή. Όπως είπαμε, στα άτομα των μονωτών τα εξωτερικά ηλεκτρόνια δέχονται μεγάλες ηλεκτρικές δυνάμεις από τον πυρήνα και δεν μπορούν να απομακρυνθούν από αυτόν.

Όταν όμως πλησιάσουμε μια αρνητικά φορτισμένη χτένα σε ένα μονωτή, όπως είναι τα μικρά χαρτάκια, τα εξωτερικά ηλεκτρόνια δέχονται απωστική δύναμη και,

εφόσον δεν μπορούν να ξεφύγουν από την έλξη του πυρήνα, αναγκάζονται να μεταβούν σε μια περιοχή του ατόμου που θα έχει μεγαλύτερη απόσταση από τη χτένα. Έτσι, το ίδιο το άτομο φαίνεται από τη μία περιοχή του να είναι θετικά φορτισμένο και από την άλλη αρνητικά. Το άτομο αυτό ονομάζεται **πολωμένο**.

Τα πολωμένα άτομα προσανατολίζονται όλα μέσα στο μονωτή με τέτοιο τρόπο, ώστε στο ένα άκρο του να εμφανίζεται θετικό φορτίο και στο άλλο άκρο του να εμφανίζεται αρνητικό. Έτσι, μπορεί η φορτισμένη χτένα να έλκει τα ηλεκτρικά ουδέτερα μικρά χαρτάκια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ

4.10 (ΜΙΑ ΓΡΗΓΟΡΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ) Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά των παρακάτω προτάσεων.

- α. Η ηλεκτρίση ενός σώματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με , με και με
- β. Τα πιο απομακρυσμένα ηλεκτρόνια του πυρήνα ενός ατόμου ονομάζονται ηλεκτρόνια.
- γ. Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρίσης με τριβή τα δύο σώματα αποκτούν και ηλεκτρικά φορτία.
- δ. Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρίσης με επαφή τα δύο σώματα αποκτούν ηλεκτρικά φορτία.
- ε. Αν κατά τη διαδικασία της φόρτισης ενός σώματος το φορτίο «διασκορπίζεται» σε όλη του την έκταση, τότε το σώμα αυτό είναι
- ζ. Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των μετάλλων ονομάζονται ηλεκτρόνια.
- στ. Το πλαστικό ανήκει στην κατηγορία των
- η. Κατάλληλο όργανο για την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου είναι το

4.11 Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Σε ένα μεταλλικό αγωγό τα θετικά ιόντα που δημιουργούνται λόγω της ύπαρξης των ελεύθερων ηλεκτρονίων κινούνται ταχύτατα προς κάθε κατεύθυνση.
- Το ανθρώπινο σώμα είναι μονωτής.
- Κατά την ηλεκτρίση με επαφή τα δύο σώματα αποκτούν όμοια και ίσα ηλεκτρικά φορτία.

- Η γωνία απόκλισης των μεταλλικών ελασμάτων ενός ηλεκτροσκοπίου μπορεί να δώσει μια ένδειξη για την ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που έχει το φορτισμένο σώμα το οποίο ήρθε σε επαφή με το ηλεκτροσκόπιο.
- Κατά τη διαδικασία της ηλέκτρισης με επαγωγή μετακινούνται ηλεκτρόνια από ένα σώμα προς ένα άλλο σώμα.

4.12 Τρίβουμε μια πλαστική ράβδο με μάλλινο ύφασμα. Τι από τα παρακάτω ισχύει μετά την τριβή;

- α.** Η πλαστική ράβδος αποκτά αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και το μάλλινο ύφασμα παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο.
- β.** Η πλαστική ράβδος αποκτά θετικό ηλεκτρικό φορτίο και το μάλλινο ύφασμα παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο.
- γ.** Η πλαστική ράβδος αποκτά αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και το μάλλινο ύφασμα αποκτά αρνητικό φορτίο.
- δ.** Η πλαστική ράβδος αποκτά αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και το μάλλινο ύφασμα αποκτά θετικό φορτίο.

4.13 Φέρνουμε σε επαφή μια φορτισμένη ράβδο φορτίου $q = +4 \mu\text{C}$ με μια ηλεκτρικά ουδέτερη μεταλλική σφαίρα. Μετά την επαφή:

- α.** η ράβδος γίνεται ηλεκτρικά ουδέτερη και η σφαίρα αποκτά φορτίο $q' = +4 \mu\text{C}$
- β.** η ράβδος γίνεται ηλεκτρικά ουδέτερη και η σφαίρα αποκτά φορτίο $q' = -4 \mu\text{C}$
- γ.** η ράβδος εξακολουθεί να έχει θετικό φορτίο, η σφαίρα όμως αποκτά αρνητικό φορτίο
- δ.** η μεταλλική σφαίρα αποκτά θετικό φορτίο

4.14 Ποιο από τα παρακάτω σώματα είναι μονωτής;

- α.** Το ανθρώπινο σώμα.
- β.** Το έδαφος.
- γ.** Το ξύλο.
- δ.** Ο χαλκός.

4.15 Κρατάμε στο χέρι μας μια μεταλλική ράβδο και την τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα. Στη συνέχεια, με την ίδια διαδικασία κρατάμε στο χέρι μας μια πλαστική ράβδο και την τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα. Τι από τα παρακάτω ισχύει;

- α. Η μεταλλική ράβδος φορτίστηκε, ενώ η πλαστική δε φορτίστηκε.
- β. Η πλαστική ράβδος φορτίστηκε, ενώ η μεταλλική δε φορτίστηκε.
- γ. Και οι δύο ράβδοι φορτίστηκαν.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4.16

Στο ένα άκρο λεπτού μονωτικού νήματος είναι κρεμασμένο ένα αφόρτιστο μεταλλικό σφαιρίδιο. Κρατάμε με το χέρι μας την άλλη άκρη του νήματος και πλησιάζουμε σιγά σιγά στο μεταλλικό σφαιρίδιο μια φορτισμένη πλαστική ράβδο. Τι θα συμβεί μόλις αρχίσουν τα δύο σώματα να αλληλεπιδρούν;

- α. Λόγω της ελκτικής δύναμης που εμφανίζεται, το σφαιρίδιο θα «κολλήσει» στη ράβδο και θα μείνει «κολλημένο» σ' αυτή.
- β. Λόγω της απωστικής δύναμης που εμφανίζεται, το σφαιρίδιο θα απομακρυνθεί από τη ράβδο.
- γ. Αρχικά το σφαιρίδιο έλκεται από τη ράβδο, έρχεται σε επαφή με αυτήν και στη συνέχεια απωθείται.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4.17

Μια θετικά φορτισμένη σφαίρα Α έρχεται σε επαφή με μια αφόρτιστη σφαίρα Β. Μετά την επαφή πλησιάζουμε τη σφαίρα Β σε μια φορτισμένη πλαστική ράβδο. Τι θα συμβεί;

- α. Μεταξύ της σφαίρας Β και της ράβδου ασκείται ελκτική δύναμη.
- β. Μεταξύ της σφαίρας Β και της ράβδου ασκείται απωστική δύναμη.
- γ. Η σφαίρα Β και η ράβδος δεν αλληλεπιδρούν.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4.18

Δύο σημειακές φορτισμένες σφαίρες έχουν φορτία $q_1 = +4 \mu\text{C}$ και $q_2 = -1 \mu\text{C}$. Φέρνουμε τις σφαίρες σε επαφή χρησιμοποιώντας μονωτική λαβή και στη συνέχεια τις απομακρύνουμε. Μετά την επαφή:

- α. μεταξύ των σφαιρών εμφανίζεται ελκτική δύναμη
- β. μεταξύ των σφαιρών εμφανίζεται απωστική δύναμη
- γ. οι δύο σφαίρες δεν αλληλεπιδρούν

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4.19

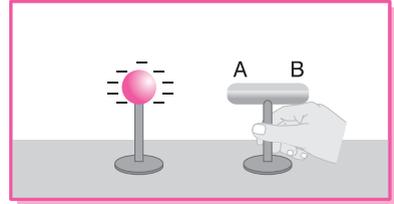
Διαθέτουμε μια θετικά φορτισμένη ράβδο Α και δύο αφόρτιστες μεταλλικές ράβδους Β και Γ. Φέρνουμε σε επαφή την Α με τη Β και στη συνέχεια τη Β με τη Γ. Τι από τα παρακάτω ισχύει για το φορτίο που αποκτούν οι ράβδοι Β και Γ;

- α. Η ράβδος Β απέκτησε θετικό φορτίο και η ράβδος Γ αρνητικό.
- β. Η ράβδος Β απέκτησε αρνητικό φορτίο και η ράβδος Γ θετικό.
- γ. Και οι δύο ράβδοι απέκτησαν θετικό φορτίο.
- δ. Και οι δύο ράβδοι απέκτησαν αρνητικό φορτίο.

4.20

Στην αρνητικά φορτισμένη μεταλλική σφαίρα του σχήματος πλησιάζουμε, χωρίς να φέρνουμε σε επαφή, μια αφόρτιστη μεταλλική ράβδο. Τι από τα παρακάτω θα συμβεί;

- α. Από τη σφαίρα φεύγουν ηλεκτρόνια και πηγαίνουν στη ράβδο.
- β. Στο άκρο Α της ράβδου συγκεντρώνονται ηλεκτρόνια.
- γ. Το άκρο Β της ράβδου φορτίζεται αρνητικά.
- δ. Στη ράβδο θα δημιουργηθεί πλεόνασμα ηλεκτρονίων.



4.21

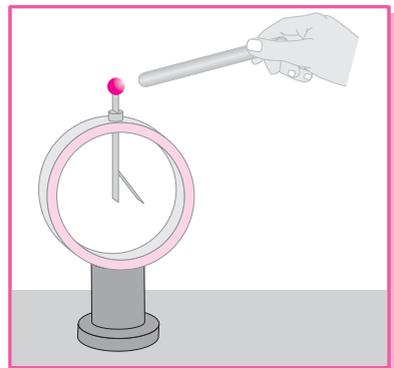
Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Τα μεταλλικά σώματα ηλεκτρίζονται μόνο με τριβή.
- Τα μεταλλικά σώματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικά υλικά.
- Οι μονωτές μπορούν να ηλεκτριστούν με επαγωγή.
- Οι μονωτές κατά την επαφή τους με ηλεκτρισμένα σώματα φορτίζονται μόνο τοπικά.
- Το γυαλί ανήκει στους μονωτές.

4.22

Μια ηλεκτρισμένη ράβδος πλησιάζει στο μεταλλικό σφαιρίδιο του ηλεκτροσκοπίου χωρίς να το ακουμπήσει, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα. Τι από τα παρακάτω ισχύει;

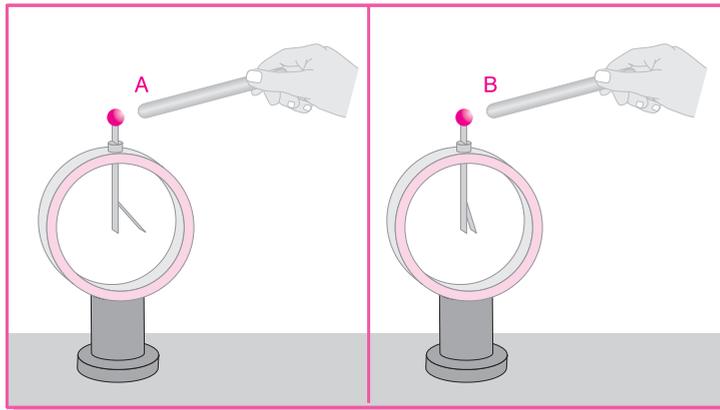
- α. Η ράβδος έχει σίγουρα θετικό φορτίο.
- β. Η ράβδος έχει σίγουρα αρνητικό φορτίο.
- γ. Το μεταλλικό σφαιρίδιο του ηλεκτροσκοπίου αποκτά ομώνυμο φορτίο με τη ράβδο.



- δ. Τα δύο μεταλλικά ελάσματα του ηλεκτροσκοπίου αποκτούν ομώνυμα φορτία και απωθούνται.

4.23

Δύο θετικά ηλεκτρισμένες ράβδοι πλησιάζουν πολύ κοντά στο μεταλλικό σφαιρίδιο ενός ηλεκτροσκοπίου χωρίς να το ακουμπήσουν, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αν η ράβδος Α έχει φορτίο $+4 \text{ nC}$, τότε η ράβδος Β έχει φορτίο:



- α. ίσο με $+4 \text{ nC}$
β. μεγαλύτερο από $+4 \text{ nC}$
γ. μικρότερο από $+4 \text{ nC}$
δ. δεν μπορούμε να ξέρουμε αν έχει μεγαλύτερο ή μικρότερο φορτίο από $+4 \text{ nC}$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

4.24

Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Με το ηλεκτροσκόπιο δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε το είδος του ηλεκτρικού φορτίου ενός ηλεκτρισμένου σώματος.
 Τα δύο μεταλλικά λεπτά ελάσματα του ηλεκτροσκοπίου απωθούνται πάντα είτε πλησιάσουμε στο ηλεκτροσκόπιο ένα θετικά φορτισμένο σώμα είτε πλησιάσουμε ένα αρνητικά φορτισμένο σώμα.
 Από τη γωνία απόκλισης των μεταλλικών φύλλων του ηλεκτροσκοπίου μπορούμε να εκτιμήσουμε την ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου ενός σώματος.
 Το αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο ή όχι μπορεί εκτός από το ηλεκτροσκόπιο να διαπιστωθεί και με το μάτι.

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε:

- ✓ Το νόμο του Κουλόμπ.
- ✓ Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής δύναμης.
- ✓ Την ισχύ του νόμου του Κουλόμπ.
- ✓ Την έλξη φορτισμένου και αφόρτιστου σώματος.



ΘΕΩΡΙΑ

5.1 Ποια σχέση συνδέει την ηλεκτρική δύναμη με την απόσταση μεταξύ δύο φορτίων;

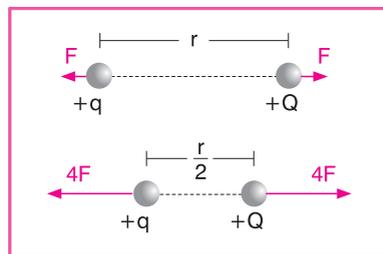
Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Το 1784 και μέσα από μια σειρά πειραμάτων, ο Γάλλος φυσικός Σαρλ Κουλόμπ (Charles Coulomb) κατάφερε να μετρήσει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ δύο φορτισμένων σωμάτων με ηλεκτρικά φορτία q και Q τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους.

Αρχικά παρατήρησε ότι, όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των φορτισμένων σωμάτων, η ηλεκτρική δύναμη εξασθενεί. Επιπλέον, κατάφερε να διαπιστώσει ότι κρατώντας σταθερό το φορτίο των δύο σωμάτων:

- Αν η απόσταση μεταξύ των σωμάτων υποδιπλασιαστεί, η ηλεκτρική δύναμη τετραπλασιάζεται.
- Αν η απόσταση μεταξύ των σωμάτων υποτριπλασιαστεί, η ηλεκτρική δύναμη γίνεται εννιά φορές μεγαλύτερη.

Άρα:



Η ηλεκτρική δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των σωμάτων.

5.2 Ποια σχέση συνδέει την ηλεκτρική δύναμη με την τιμή των φορτίων των φορτισμένων σωμάτων μεταξύ των οποίων ασκείται;

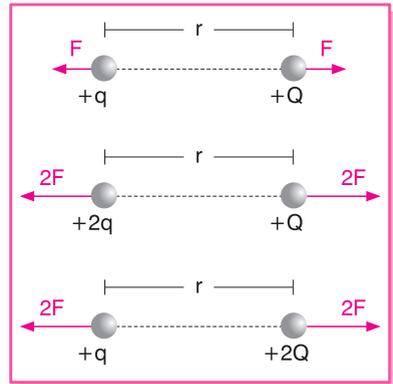
Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Εκτός από την απόσταση, όπως ήδη έχουμε μάθει, η ηλεκτρική δύναμη επηρεάζεται από το πόσο ηλεκτρισμένο είναι ένα σώμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το φορτίο, τόσο

μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρική δύναμη. Επιπλέον, ο Κουλόμπ κατάφερε να διαπιστώσει ότι κρατώντας σταθερή την απόσταση μεταξύ δύο φορτισμένων σωμάτων:

- Αν διπλασιάσει μόνο το φορτίο του ενός σώματος, η ηλεκτρική δύναμη διπλασιάζεται.
- Αν διπλασιάσει μόνο το φορτίο του άλλου σώματος, η ηλεκτρική δύναμη διπλασιάζεται.
- Αν διπλασιάσει ταυτόχρονα το φορτίο και του ενός και του άλλου σώματος, η ηλεκτρική δύναμη τετραπλασιάζεται.

Άρα:



Η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη με το γινόμενο των φορτίων των δύο φορτισμένων σωμάτων, όταν η απόστασή τους είναι σταθερή.

5.3 Να διατυπώσετε το νόμο του Κουλόμπ.

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Συνοψίζοντας τα παραπάνω στοιχεία, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι:

Το μέτρο της ελκτικής ή της απωστικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους είναι ανάλογο με το γινόμενο των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

Η μαθηματική έκφραση της παραπάνω διατύπωσης, που αποτελεί το νόμο του Κουλόμπ, δίνεται από τη σχέση:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Στη σχέση αυτή, η ηλεκτρική δύναμη F μετριέται σε νιούτον (N), τα φορτία q_1 και q_2 μετριούνται σε κουλόμπ (C) και η απόσταση r σε μέτρα (m).

Το K είναι μια σταθερά αναλογίας και η τιμή της εξαρτάται από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα δύο φορτισμένα σώματα, καθώς και από το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε. Στην περίπτωση που τα δύο σώματα βρίσκονται στο κενό, η τιμή της σταθεράς K στο διεθνές σύστημα S.I. είναι ίση με: $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$.

Η τιμή αυτή της σταθεράς K μάς δείχνει ότι, όταν δύο φορτία $q_1 = +1$ C και $q_2 = +1$ C βρίσκονται στο κενό και απέχουν απόσταση $r = 1$ m, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και η δύναμη που αναπτύσσεται έχει μέτρο $9 \cdot 10^9$ N (9 δισεκατομμύρια N!).

Από την τιμή αυτή μπορούμε επίσης να συμπεράνουμε κάτι που ήδη έχουμε πει, ότι το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα μέτρησης ηλεκτρικού φορτίου.

5.4 Πότε ισχύει ο νόμος του Κουλόμπ;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Ο νόμος του Κουλόμπ δεν ισχύει για δύο οποιαδήποτε φορτισμένα σωματίδια. Ισχύει:

1. **Για σημειακά ηλεκτρικά φορτία.** Με τον όρο «σημειακά ηλεκτρικά φορτία» εννοούμε τα φορτισμένα σωματίδια που έχουν αμελητέες διαστάσεις σε σύγκριση με τη μεταξύ τους απόσταση.
2. **Για ομοιόμορφα φορτισμένες σφαίρες.**

5.5 Πώς σχεδιάζεται η δύναμη μεταξύ δύο ηλεκτρικών φορτίων;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Επειδή η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος, σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας βελάκια.

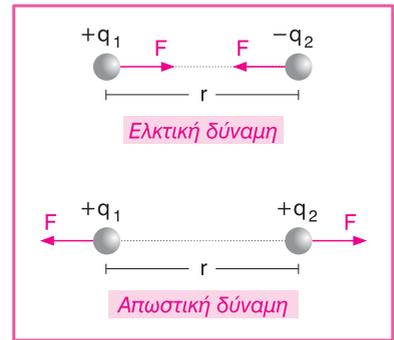
Τα χαρακτηριστικά της δύναμης και επομένως και του βέλους είναι:

Διεύθυνση: Η διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα δύο φορτία.

Φορά: Καθορίζεται από το είδος των φορτίων. Αν τα φορτία είναι ετερόνυμα, η δύναμη είναι ελκτική, ενώ, αν τα φορτία είναι ομόνυμα, η δύναμη είναι απωστική.

⚠ Παρατήρηση

Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα που μάθαμε στην προηγούμενη τάξη, επειδή η ηλεκτρική δύναμη εκφράζει το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο φορτίων, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα δύο φορτία q_1 και q_2 έχουν πάντα ίσα μέτρα και αντίθετη φορά, ανεξάρτητα από την τιμή που έχουν τα φορτία (δράση-αντίδραση).

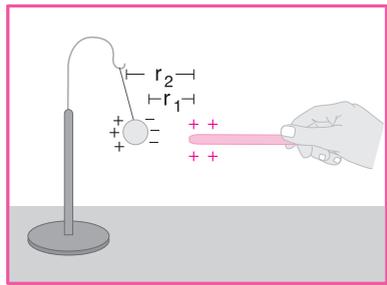


5.6 Να ερμηνεύσετε την έλξη μεταξύ ενός φορτισμένου σώματος και ενός ηλεκτρικά ουδέτερου σώματος χρησιμοποιώντας το νόμο του Κουλόμπ.

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Σύμφωνα με όσα είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, μεταξύ ενός φορτισμένου σώματος και ενός ηλεκτρικά ουδέτερου εμφανίζεται πάντα ελκτική δύναμη. Αυτό εξηγείται με βάση το νόμο του Κουλόμπ ως εξής:

Πλησιάζοντας μια θετικά φορτισμένη γυάλινη ράβδο στο ουδέτερο μπαλάκι ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς, η περιοχή της μπάλας που βρίσκεται κοντά στη ράβδο φορτίζεται αρνητικά και δέχεται ελκτική δύναμη. Αντίθετα, η περιοχή που βρίσκεται μακριά από τη ράβδο φορτίζεται θετικά και δέχεται απωστική δύναμη. Όμως η ελκτική δύναμη, επειδή η απόσταση είναι μικρότερη, είναι μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να υπερισχύει της απωστικής και το μπαλάκι να έλκεται από τη ράβδο.



ΛΥΜΕΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

5.7

1η

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Σκοπός: Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης μεταξύ δύο φορτίων.

Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $q_1 = +4 \mu\text{C}$ και $q_2 = -6 \mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση $r = 30 \text{ cm}$. Να σχεδιάσετε και να υπολογίσετε το μέτρο της δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ τους. Δίνεται: $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

Λ Υ Σ Η

Σχόλιο: Ο υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης μεταξύ δύο σημειακών φορτίων υπολογίζεται με βάση το νόμο του Κουλόμπ, από τη σχέση: $F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$. Όταν κάνουμε αντικατάσταση, θα πρέπει όλες οι μονάδες να είναι στο διεθνές σύστημα, δηλαδή τα φορτία σε C και η απόσταση σε m. Οι μετατροπές μονάδων που θα χρειαστείτε είναι:

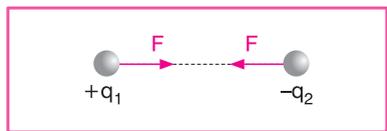
$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}, 1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}, \text{ και } 1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}, 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}, 1 \text{ dm} = 10^{-1} \text{ m}$$

Παρατήρηση: Το είδος των ηλεκτρικών φορτίων δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα για το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης. Επηρεάζει μόνο την κατεύθυνσή της.

Η κατεύθυνση της ελκτικής ηλεκτρικής δύναμης μεταξύ των δύο φορτίων φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης υπολογίζεται από το νόμο του Κουλόμπ. Αρχικά όμως πρέπει να μετατρέψουμε όλες τις μονάδες στο S.I. Είναι:



$$q_1 = +4 \mu\text{C} = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}, q_2 = -6 \mu\text{C} = -6 \cdot 10^{-6} \text{ C} \text{ και } r = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

Άρα το μέτρο της ελκτικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα στα φορτία q_1 και q_2 είναι:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} \text{ N} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{0,09} \text{ N} = \\ = \frac{9 \cdot 4 \cdot 6}{0,09} \cdot 10^9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6} \text{ N} \Rightarrow F = 2,4 \text{ N}$$

5.8

2η

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Σκοπός: Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης, όταν μεταβάλλεται μόνο το φορτίο των σωμάτων.

Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +4 \mu\text{C}$ και $q_2 = -5 \mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους και η ελκτική ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε καθένα από αυτά έχει μέτρο 2 N . Να υπολογίσετε την τιμή της ηλεκτρικής δύναμης, όταν κρατώντας σταθερή την απόσταση r :

α. αντικαθιστούμε μόνο το φορτίο q_1 με φορτίο $q'_1 = +2 \mu\text{C}$.

β. αντικαθιστούμε μόνο το φορτίο q_2 με φορτίο $q'_2 = -10 \mu\text{C}$.

γ. αντικαταστήσουμε ταυτόχρονα και τα δύο φορτία με φορτία $q'_1 = +12 \mu\text{C}$ και $q'_2 = -20 \mu\text{C}$.

Λ Υ Σ Η

Σχόλιο: Σύμφωνα με το νόμο του Κουλόμπ, όταν η απόσταση μεταξύ δύο φορτίων μένει σταθερή, η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη του γινομένου των δύο φορτίων. Βρείτε λοιπόν τι αλλαγή συμβαίνει στα φορτία σε κάθε περίπτωση και εφαρμόστε όσα λέει ο νόμος του Κουλόμπ.

α. Επειδή αντικαθιστούμε μόνο το φορτίο q_1 με φορτίο $q'_1 = +2 \mu\text{C}$, δηλαδή με υποδιπλάσιο φορτίο ($q'_1 = \frac{q_1}{2}$), η ηλεκτρική δύναμη υποδιπλασιάζεται και γίνεται ίση με:

$$F' = \frac{F}{2} = \frac{2 \text{ N}}{2} \Rightarrow F' = 1 \text{ N}$$

β. Επειδή αντικαθιστούμε μόνο το φορτίο q_2 με φορτίο $q'_2 = -10 \mu\text{C}$, δηλαδή με διπλάσιο φορτίο ($q'_2 = 2q_2$), η ηλεκτρική δύναμη διπλασιάζεται και γίνεται ίση με:

$$F' = 2F = 2 \cdot 2 \text{ N} \Rightarrow F' = 4 \text{ N}$$

γ. Αν αντικαθιστούσαμε μόνο το φορτίο q_1 με φορτίο $q'_1 = +12 \mu\text{C}$, δηλαδή με τριπλάσιο φορτίο, η ηλεκτρική δύναμη θα τριπλασιαζόταν.

Αν επίσης αντικαθιστούσαμε μόνο το φορτίο q_2 με φορτίο $q'_2 = -20 \mu\text{C}$, δηλαδή με τετραπλάσιο φορτίο, η ηλεκτρική δύναμη θα τετραπλασιαζόταν.

Τώρα που αντικαθιστούμε ταυτόχρονα και τα δύο φορτία, η αλλαγή στην ηλεκτρική δύναμη προέρχεται από την αλλαγή του γινομένου των φορτίων. Δηλαδή η νέα τιμή της ηλεκτρικής δύναμης θα είναι:

$$F' = (3 \cdot 4) \cdot F = 12F \Rightarrow F' = 12 \cdot 2 \text{ N} \Rightarrow F' = 24 \text{ N}$$

5.9

3η

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Σκοπός: Υπολογισμός της ηλεκτρικής δύναμης, όταν μεταβάλλεται μόνο η απόσταση μεταξύ των φορτίων.

Δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 βρίσκονται σε απόσταση $r = 20 \text{ cm}$ μεταξύ τους και η ελκτική ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σε καθένα από αυτά έχει μέτρο 4 N . Να υπολογίσετε την τιμή της ηλεκτρικής δύναμης, όταν φέρουμε τα φορτία:

α. σε απόσταση $r' = 40 \text{ cm}$.

β. σε απόσταση $r' = 10 \text{ cm}$.

γ. σε απόσταση $r' = 5 \text{ cm}$.

Λ Υ Σ Η

Σχόλιο: Σύμφωνα με το νόμο του Κουλόμπ, η ηλεκτρική δύναμη ανάμεσα σε δύο φορτία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης των δύο φορτίων. Βρείτε λοιπόν τι αλλαγή συμβαίνει στην απόσταση ανάμεσα στα δύο φορτία σε κάθε περίπτωση και εφαρμόστε όσα λέει ο νόμος του Κουλόμπ.

α. Επειδή η απόσταση ανάμεσα στα δύο φορτία γίνεται ίση με $r' = 40 \text{ cm}$, δηλαδή διπλασιάζεται ($r' = 2r$), η δύναμη που ασκείται σε καθένα από τα δύο φορτία μικραίνει, και συγκεκριμένα υποτετραπλασιάζεται. Γίνεται λοιπόν ίση με:

$$F' = \frac{F}{4} = \frac{4 \text{ N}}{4} \Rightarrow F' = 1 \text{ N}$$

β. Επειδή η απόσταση ανάμεσα στα δύο φορτία γίνεται ίση με $r' = 10 \text{ cm}$, δηλαδή υποδιπλασιάζεται ($r' = \frac{r}{2}$), η δύναμη που ασκείται σε καθένα από τα δύο φορτία μεγαλώνει, και συγκεκριμένα τετραπλασιάζεται. Γίνεται λοιπόν ίση με:

$$F' = 4F = 4 \cdot 4 \text{ N} \Rightarrow F' = 16 \text{ N}$$

γ. Επειδή η απόσταση ανάμεσα στα δύο φορτία γίνεται ίση με $r' = 5 \text{ cm}$, δηλαδή υποτετραπλασιάζεται ($r' = \frac{r}{4}$), η δύναμη που ασκείται σε καθένα από τα δύο φορτία μεγαλώνει, και συγκεκριμένα γίνεται δεκαέξι φορές μεγαλύτερη. Γίνεται λοιπόν ίση με:

$$F' = 16F = 16 \cdot 4 \text{ N} \Rightarrow F' = 64 \text{ N}$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ

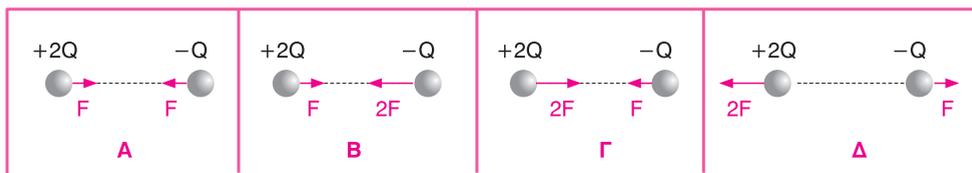
5.10 (ΜΙΑ ΓΡΗΓΟΡΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ) Να συμπληρώσετε με τις κατάλληλες λέξεις τα κενά των παρακάτω προτάσεων.

- Το μέτρο της δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σημειακών φορτίων είναι αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της τους.
- Το μέτρο της δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ δύο σημειακών φορτίων είναι του γινομένου των δύο φορτίων.
- Η μαθηματική σχέση που εκφράζει το νόμο του Coulomb είναι

5.11 Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Η ηλεκτρική δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το γινόμενο των φορτίων.
- Ο νόμος του Κουλόμπ εφαρμόζεται πάντα για δύο φορτισμένα σωματίδια.
- Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r μεταξύ τους είναι ίδιο είτε μεταξύ των φορτίων υπάρχει κενό είτε μεταξύ των φορτίων υπάρχει απεσταγμένο νερό.
- Η κατεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία καθορίζεται από το είδος των φορτίων.
- Η σταθερά K που εισέρχεται στο νόμο του Κουλόμπ εξαρτάται από το σύστημα των μονάδων που χρησιμοποιούμε.

5.12 Σε ποιο από τα παρακάτω σχήματα είναι σημειωμένες σωστά οι δυνάμεις που ασκούνται σε δύο σημειακά φορτία $-Q$ και $+2Q$ τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r ;



- Στο σχήμα Α.
- Στο σχήμα Β.
- Στο σχήμα Γ.
- Στο σχήμα Δ.

5.13 Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία $+8 \mu\text{C}$ και $+1 \mu\text{C}$ βρίσκονται σε απόσταση r . Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Μεταξύ των δύο φορτίων ασκούνται απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις.
- Μεγαλύτερου μέτρου δύναμη ασκείται στο φορτίο $+8 \mu\text{C}$.
- Και στα δύο φορτία ασκείται ηλεκτρική δύναμη ίδιου μέτρου.
- Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των δύο φορτίων είναι αντίθετες.
- Η συνισταμένη των δύο δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των δύο σημειακών φορτίων είναι ίση με μηδέν.

5.14 Τι από τα παρακάτω ισχύει για τη σταθερά K που εισέρχεται στο νόμο του Κουλόμπ;

- α.** Έχει πάντοτε την ίδια τιμή.
- β.** Η τιμή της εξαρτάται από τα φορτία q_1 και q_2 που αλληλεπιδρούν.
- γ.** Η τιμή της εξαρτάται από την απόσταση στην οποία βρίσκονται τα φορτία q_1 και q_2 που αλληλεπιδρούν.
- δ.** Η τιμή της εξαρτάται και από το σύστημα μονάδων και από το μέσο μέσα στο οποίο βρίσκονται τα ηλεκτρικά φορτία.

5.15 Δύο αρνητικά φορτισμένες σημειακές σφαίρες βρίσκονται ακίνητες σε ορισμένη απόσταση r μεταξύ τους. Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Μεταξύ των δύο σφαιρών ασκούνται απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις.
- Αν αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο σφαιρών, τα μέτρα των δυνάμεων με τις οποίες αλληλεπιδρούν αυξάνονται.
- Αν μειώσουμε την απόσταση των δύο σφαιρών στο μισό, οι δυνάμεις διπλασιάζονται.
- Όταν διπλασιάσουμε ταυτόχρονα το φορτίο και των δύο σφαιρών χωρίς να αλλάξουμε την απόστασή τους, οι δυνάμεις διπλασιάζονται.

5.16 Η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r είναι ίση με F . Αν τα δύο σημειακά φορτία βρεθούν σε διπλάσια απόσταση, τότε η δύναμη:

- α.** διπλασιάζεται
- β.** υποδιπλασιάζεται
- γ.** τετραπλασιάζεται
- δ.** υποτετραπλασιάζεται

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.17 Η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r είναι ίση με F . Αν στη θέση του φορτίου q_2 τοποθετήσουμε φορτίο $4q_2$, τότε η δύναμη:

- α. τετραπλασιάζεται
- β. υποτετραπλασιάζεται
- γ. διπλασιάζεται
- δ. υποδιπλασιάζεται

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.18 Η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r είναι ίση με F . Αν στη θέση του φορτίου q_1 τοποθετήσουμε φορτίο $4q_1$ και στη θέση του φορτίου q_2 τοποθετήσουμε φορτίο $2q_2$, τότε η δύναμη:

- α. τετραπλασιάζεται
- β. διπλασιάζεται
- γ. οκταπλασιάζεται
- δ. υποδιπλασιάζεται

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.19 Η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r είναι ίση με F . Αν αντικαταστήσουμε τα δύο φορτία με τριπλάσια φορτία και τα τοποθετήσουμε σε τριπλάσια απόσταση, τότε η δύναμη που θα ασκείται ανάμεσα στα νέα φορτία είναι σε σύγκριση με τη δύναμη F :

- α. τρεις φορές μεγαλύτερη
- β. εννιά φορές μεγαλύτερη
- γ. έξι φορές μεγαλύτερη
- δ. ίδια

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.20 Η δύναμη που ασκείται ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 τα οποία βρίσκονται σε απόσταση r είναι ίση με F . Αν αντικαταστήσουμε το φορτίο q_1 με φορτίο $\frac{q_1}{3}$ και φέρουμε τα νέα φορτία σε απόσταση $3r$, τότε η δύναμη θα είναι ίση με:

- α. F
- β. $3F$

$$\gamma. \frac{F}{27}$$

$$\delta. \frac{F}{9}$$

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.21 Δύο σημειακά φορτία q_1 και q_2 που βρίσκονται σε απόσταση r απωθούνται με δύναμη μέτρου F . Αν θέλουμε η απωστική δύναμη να τετραπλασιαστεί, τι από τα παρακάτω θα πρέπει να κάνουμε;

- α. Να τετραπλασιάσουμε το φορτίο του q_1 , να διπλασιάσουμε το φορτίο του q_2 και να φέρουμε τα φορτία σε διπλάσια απόσταση.
- β. Να υποδιπλασιάσουμε το φορτίο του q_1 και το φορτίο του q_2 και να υποτετραπλασιάσουμε την απόσταση μεταξύ των φορτίων.
- γ. Να διπλασιάσουμε το φορτίο του q_1 , να διπλασιάσουμε το φορτίο του q_2 και να φέρουμε τα φορτία σε διπλάσια απόσταση.

Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

5.22 Να σημειώσετε με Σ κάθε σωστή πρόταση και με Λ κάθε λανθασμένη.

- Η ηλεκτρική δύναμη που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο ακίνητα σημειακά φορτία είναι ανεξάρτητη από το υλικό που υπάρχει ανάμεσα στα φορτία.
- Η ηλεκτρική δύναμη που εμφανίζεται ανάμεσα σε δύο ακίνητα σημειακά φορτία έχει διεύθυνση την ευθεία που ενώνει τα φορτία.
- Ο νόμος του Κουλόμπ ισχύει για δύο οποιαδήποτε φορτισμένα σώματα.
- Ο νόμος του Κουλόμπ ισχύει μόνο στην περίπτωση ελκτικών ηλεκτρικών δυνάμεων.
- Ο νόμος του Κουλόμπ αναφέρεται μόνο στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ ομώνυμων φορτίων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΛΥΣΗ

5.23 Ένα σημειακό φορτίο $Q = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ βρίσκεται ακίνητο σε κάποιο σημείο. Ποια δύναμη θα ασκηθεί σε ένα φορτίο $q = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, αν το φέρουμε σε απόσταση $r = 10 \text{ cm}$ από το φορτίο Q ; Δίνεται $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

5.24 Δύο ακίνητα σημειακά φορτισμένα σωματίδια $q_1 = +2 \mu\text{C}$ και q_2 απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 3 \text{ cm}$. Αν το μέτρο της ελκτικής δύναμης που αναπτύσσεται μεταξύ τους είναι 60 N , να βρείτε το είδος και το φορτίο q_2 του δεύτερου σωματιδίου. Δίνεται $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

5.25 Δύο ακίνητα σημειακά φορτία $q_1 = q_2 = +2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ βρίσκονται σε απόσταση r και μεταξύ τους ασκείται απωστική δύναμη μέτρου $F = 0,4 \text{ N}$. Να βρείτε την απόσταση r . Δίνεται $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

5.26 Δύο σημειακά και θετικά φορτισμένα σωματίδια βρίσκονται σε απόσταση $r = 30 \text{ cm}$ και απωθούνται με δύναμη μέτρου $F = 1 \text{ N}$. Αν το άθροισμα των φορτίων τους είναι $q = +7 \mu\text{C}$, να βρείτε πόσο είναι το φορτίο κάθε φορτισμένου σωματιδίου. Δίνεται $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

5.27 Δύο ομώνυμα σημειακά φορτία q_1 και q_2 βρίσκονται ακίνητα σε ορισμένη απόσταση r και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με δύναμη μέτρου $1,8 \text{ N}$. Να βρεθεί το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης, όταν:

- α.** αντικαταστήσουμε μόνο το φορτίο q_1 με φορτίο $q'_1 = \frac{q_1}{3}$.
- β.** αντικαταστήσουμε μόνο το φορτίο q_2 με φορτίο $q'_2 = 3q_2$.
- γ.** αντικαταστήσουμε ταυτόχρονα και τα δύο φορτία με φορτία $q'_1 = \frac{q_1}{3}$ και $q'_2 = 3q_2$.

5.28 Δύο σημειακά φορτία $q_1 = +2 \text{ mC}$ και $q_2 = +8 \text{ mC}$ βρίσκονται ακίνητα σε ορισμένη απόσταση r και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με δύναμη που έχει μέτρο $3,6 \text{ N}$. Να βρεθεί το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης, όταν:

- α.** αντικαταστήσουμε μόνο το φορτίο q_1 με φορτίο $q'_1 = +8 \text{ mC}$.
- β.** αντικαταστήσουμε μόνο το φορτίο q_2 με φορτίο $q'_2 = +2 \text{ mC}$.
- γ.** αντικαταστήσουμε ταυτόχρονα και τα δύο φορτία με φορτία $q'_1 = +4 \text{ mC}$ και $q'_2 = +4 \text{ mC}$.

5.29 Δύο σημειακά και αρνητικά φορτισμένα σωματίδια βρίσκονται σε απόσταση $r = 40 \text{ cm}$ και απωθούνται με δύναμη μέτρου $F = 80 \text{ N}$.

- α.** Να υπολογίσετε το μέτρο της απωστικής δύναμης, αν διπλασιαστεί η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων.
- β.** Σε πόση απόσταση θα πρέπει να τοποθετηθούν τα δύο σωματίδια, ώστε το μέτρο της απωστικής δύναμης να τετραπλασιαστεί;

5.30

Η ηλεκτρική δύναμη μεταξύ δύο σημειακών φορτίων, όταν βρίσκονται σε απόσταση 30 cm, είναι ίση με 0,18 N. Πόση θα είναι η τιμή της ηλεκτρικής δύναμης, όταν τα δύο αυτά φορτία:

- α.** τοποθετηθούν σε απόσταση 90 cm;
- β.** τοποθετηθούν σε απόσταση 10 cm;
- γ.** τοποθετηθούν σε απόσταση 6 cm;

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε:

- ✓ Το ηλεκτρικό πεδίο.
- ✓ Την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου.
- ✓ Τις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές.
- ✓ Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.
- ✓ Την ηλεκτρική θωράκιση.
- ✓ Την ηλεκτρική δυναμική ενέργεια.



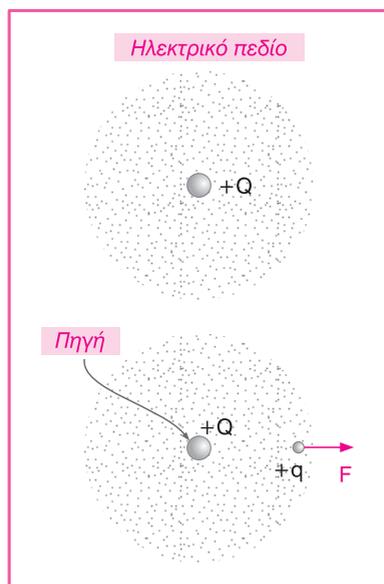
ΘΕΩΡΙΑ

6.1 Για ποιο λόγο εισάγεται η έννοια του ηλεκτρικού πεδίου; Πώς ορίζεται το ηλεκτρικό πεδίο;

Α Π Α Ν Τ Η Σ Η

Όπως είδαμε σε προηγούμενη ενότητα, δύο ηλεκτρικά φορτία έλκονται ή απωθούνται χωρίς να έρχονται σε επαφή. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους είναι δυνάμεις από απόσταση. Πώς όμως το ένα φορτίο αντιλαμβάνεται την ύπαρξη του άλλου;

Ο Άγγλος φυσικός Μάικλ Φαραντέι, για να μπορέσει να εξηγήσει τη δράση της ηλεκτρικής δύναμης από απόσταση, εισήγαγε την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου. Ισχυρίστηκε λοιπόν ότι η παρουσία ενός φορτισμένου σώματος προσδίδει στο χώρο επιπλέον ιδιότητες, δηλαδή μπορεί να «ασκήσει» ηλεκτρική δύναμη σε ένα φορτισμένο σώμα που θα βρεθεί μέσα στο χώρο αυτό.



Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος που έχει την ιδιότητα να ασκεί ηλεκτρική δύναμη σε κάθε φορτισμένο σώμα που θα βρεθεί μέσα σ' αυτόν.

Το φορτισμένο σώμα που δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο ονομάζεται «πηγή» του πεδίου.