



**A) Ποια ή ποιες είναι οι σωστές απαντήσεις στις ακόλουθες ερωτήσεις; Να αιτιολογηθούν οι απαντήσεις.**

1) Τρίβουμε με ένα κομμάτι μεταξωτό ύφασμα μια γυάλινη ράβδο. Το φορτίο που αποκτά το ύφασμα και η γυάλινη ράβδος μετά από την τριβή δεν μπορεί να είναι:

- α) 0 και  $-20nC$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
- β)  $+20\mu C$  και  $-20\mu C$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
- γ)  $-10\mu C$  και  $+10\mu C$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
- δ)  $-20\mu C$  και  $+15\mu C$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.

2) Η δύναμη Coulomb μεταξύ δύο σημειακών φορτίων τετραπλασιάζεται όταν:

- α. τετραπλασιάσουμε και τα δύο φορτία
- β. τετραπλασιάσουμε το ένα από τα δύο φορτία
- γ. τριπλασιάσουμε την απόστασή τους.
- δ. υποδιπλασιάσουμε την απόσταση μεταξύ τους.

3) Δύο φορτισμένες μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία  $q_1$  και  $q_2$  και βρίσκονται σε απόσταση  $r$ . Αν  $q_1 > q_2$ , το μέτρο της δύναμης Coulomb που ασκεί η σφαίρα με το  $q_1$  στη σφαίρα με το  $q_2$  είναι:

- α. μεγαλύτερο
- β. μικρότερο
- γ. ίσο

με το μέτρο της δύναμης που ασκεί η  $q_2$  στην  $q_1$ .

4) Μία σφαίρα έχει αρχικό φορτίο  $q_1 = -20nC$ . Η σφαίρα έρχεται σε επαφή με μια αρχικά αφόρτιστη σφαίρα με  $q_2 = 0$ . Τα φορτία των σφαιρών μετά από την επαφή μπορεί να είναι:

- α)  $q_1' = 0$  και  $q_2' = -20nC$
- β)  $q_1' = -24nC$  και  $q_2' = +4nC$
- γ)  $q_1' = -16nC$  και  $q_2' = -4nC$
- δ)  $q_1' = +30nC$  και  $q_2' = -10nC$

5) Μία σφαίρα με αρχικό φορτίο  $q_1$  έρχεται σε επαφή με αφόρτιστο σώμα  $q_2 = 0$ . Το σώμα τελικά αποκτά φορτίο  $q_2' = 15nC$  ενώ η σφαίρα  $q_1' = 20nC$ . Το αρχικό φορτίο της πρώτης σφαίρας μπορεί να είναι:

- α)  $q_1 = 0$  αν δεν έρθει το σώμα για πολλή ώρα σε επαφή με τη σφαίρα.
- β)  $q_1 = +35nC$
- γ)  $q_1 = -35nC$
- δ) καμία από τις παραπάνω ερωτήσεις δεν είναι σωστή.

**B) Να σημειωθεί Σ αν οι ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και Λ αν είναι λανθασμένες:**

1) Ηλεκτρισμένα ονομάζουμε τα σώματα τα οποία, αφού τα τρίψουμε έχουν την ιδιότητα να έλκουν μικρά αντικείμενα.

2) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι δυνάμεις που ασκούνται μόνο από επαφή.

3) Το ηλεκτρικό φορτίο είναι διανυσματικό μέγεθος.

4) Υπάρχουν τρία είδη ηλεκτρικού φορτίου, το θετικό, το αρνητικό και το ουδέτερο.

5) Η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σ' ένα φορτισμένο σώμα δεν είναι ανάλογη του φορτίου που αυτό έχει.

6) Στην ηλεκτρίση με επαφή έχουμε στο τέλος δύο σώματα με αντίθετα φορτία.

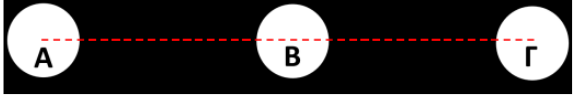
7) Το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.

- 8) Τα άτομα δεν είναι θετικά φορτισμένα.  
 9) Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια έχουν ίσα ηλεκτρικά φορτία.  
 10) Ένα άτομο που έχει προσλάβει ηλεκτρόνια λέγεται ανιόν.  
 11) Ένα ουδέτερο σώμα έχει μόνο νετρόνια στα άτομά του.  
 12) Η κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου οφείλεται στην ανταλλαγή των πρωτονίων που γίνεται κατά την ηλεκτρίση των σωμάτων.  
 13) Στην ηλεκτρίση μέσω τριβής στην αρχή και στο τέλος έχουμε δύο σώματα με ίδιου είδους φορτίο.  
 14) Αν τρίβουμε για πολλή ώρα ένα σώμα πάνω σε ένα άλλο, τότε μπορεί στο ένα σώμα τα άτομα να χάσουν όλα τα ηλεκτρόνια τους και να μείνουν μόνο με τους πυρήνες.  
 15) Στην ηλεκτρίση μέσω επαφής χρειαζόμαστε δύο αρχικά ουδέτερα σώματα.  
 16) Η αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια.  
 17) Η δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο σημειακών φορτίων δεν έχει τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα σημειακά φορτία.

### Γ) Ερωτήσεις ανάπτυξης:

- 1) Ποιες είναι οι ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου;  
 2) Να ερμηνευτεί μικροσκοπικά η ηλεκτρίση με τριβή. Να αναφέρετε επίσης ένα παράδειγμα. Γιατί το ηλεκτρικό φορτίο μετακινείται από το ένα σώμα στο άλλο και όχι ανάποδα;  
 3) Διαθέτεις δύο όμοιες μεταλλικές σφαίρες. Η μία έχει φορτίο  $+10\mu\text{C}$  και η άλλη είναι ουδέτερη. Τις φέρνεις σε επαφή μεταξύ τους και στη συνέχεια τις απομακρύνεις. α) Ποιο είναι το είδος και η ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου κάθε σφαίρας μετά την επαφή τους; β) Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.  
 4) Διαθέτεις μια γυάλινη ράβδο που την έχεις φορτίσει με μεταξωτό ύφασμα. Πώς θα βρεις αν ένα άγνωστο σώμα είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένο.  
 5) Είναι δυνατόν μια μεταλλική σφαίρα να αποκτήσει ηλεκτρικό φορτίο  $q = -101 \cdot 10^{-21}\text{C}$ ; Να τεκμηριώσετε την απάντησή σας.

### Δ) Να λυθούν οι παρακάτω ασκήσεις: Δίνεται ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

- 1) Στο διπλανό σχήμα απεικονίζονται τρία όμοια και ομόσημα φορτισμένα ηλεκτρικά σώματα καρφωμένα σταθερά στα σημεία Α, Β και Γ. Οι αποστάσεις ΑΒ και ΒΓ είναι ίσες. Να σχεδιαστούν οι δυνάμεις Coulomb σε καθένα από αυτά. Να πείτε αν κάποιες δυνάμεις είναι στο μέτρο τους ίσες και ποιες είναι αυτές.
- 
- 2) Πόσα ηλεκτρόνια πρέπει να πάρει μια μεταλλική σφαίρα (Α) για να αποκτήσει φορτίο  $-2 \cdot 10^{-10}\text{C}$  στις παρακάτω περιπτώσεις:  
 α) όταν είναι αρχικά αφόρτιστη.  
 β) όταν έχει αρχικά φορτίο  $q = -10^{-10}\text{C}$   
 γ) έχει αρχικά φορτίο  $q = +13 \cdot 10^{-10}\text{C}$ .
- 3) Μια μεταλλική σφαίρα (Α) με φορτίο  $q_A = +42\mu\text{C}$  έρχεται σε επαφή με μεταλλική σφαίρα (Β) με φορτίο  $-16\mu\text{C}$ . Μετά την επαφή η σφαίρα (Α) έχει φορτίο  $+30\mu\text{C}$ .  
 α) Ποιο είναι το φορτίο της σφαίρας (Β) μετά την επαφή;  
 β) Πόσα ελεύθερα ηλεκτρόνια έφυγαν από τη μια σφαίρα και πήγαν στην άλλη;  
 γ) Από ποια σφαίρα έφυγαν τα ηλεκτρόνια αυτά; Δικαιολογήστε.
- 4) Τρίβουμε μια αρχικά αφόρτιστη γυάλινη ράβδο σε αφόρτιστο μεταξωτό ύφασμα. Αν από τη ράβδο φύγουν 10.000 ηλεκτρόνια και πάνε στο ύφασμα, πόσο φορτίο θα αποκτήσει η ράβδος; Πόσο φορτίο θα έχει τότε το ύφασμα και πόσο θα είναι το συνολικό φορτίο του συστήματος ράβδος-ύφασμα; Δικαιολογήστε.



A) Ποια ή ποιες είναι οι σωστές απαντήσεις στις ακόλουθες ερωτήσεις; **Να αιτιολογηθούν οι απαντήσεις.**

- 1) Τρίβουμε με ένα κομμάτι μεταξωτό ύφασμα μια γυάλινη ράβδο. Το φορτίο που αποκτά το ύφασμα και η γυάλινη ράβδος μετά από την τριβή δεν μπορεί να είναι:
- 0 και  $-20\text{nC}$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
  - $+20\mu\text{C}$  και  $-20\mu\text{C}$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
  - $-10\mu\text{C}$  και  $+10\mu\text{C}$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.
  - $-20\mu\text{C}$  και  $+15\mu\text{C}$  για το ύφασμα και τη γυάλινη ράβδο αντίστοιχα.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

- Οι προτάσεις α και δ είναι λάθος λόγω της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Πρέπει να ισχύει  $Q_{\text{ολικό αρχικό}} = Q_{\text{ολικό τελικό}}$ . Αυτό δεν ισχύει στις προτάσεις α και δ όπου  $Q_{\text{ολικό αρχικό}} = 0$  ενώ  $Q_{\text{ολικό τελικό}} \neq 0$ .
  - Η β πρόταση είναι λάθος γιατί με την τριβή το ύφασμα φορτίζεται αρνητικά και όχι θετικά (το αντίθετο ισχύει με τη γυάλινη ράβδο).
  - Η γ πρόταση είναι σωστή γιατί ικανοποιεί την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και το γεγονός ότι μετά την τριβή το ύφασμα φορτίζεται αρνητικά και η γυάλινη ράβδος θετικά.
- 2) Η δύναμη Coulomb μεταξύ δύο σημειακών φορτίων τετραπλασιάζεται όταν:
- τετραπλασιάσουμε και τα δύο φορτία
  - τετραπλασιάσουμε το ένα από τα δύο φορτία
  - τριπλασιάσουμε την απόστασή τους.
  - υποδιπλασιάσουμε την απόσταση μεταξύ τους.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

$$\text{Ισχύει } F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

- Η α πρόταση είναι λάθος γιατί αν τετραπλασιάσουμε και τα δύο φορτία η F δεκαεξαπλασιάζεται αφού η F είναι ανάλογη του γινομένου των φορτίων.
  - Η β πρόταση είναι σωστή γιατί η F είναι ανάλογη του φορτίου.
  - Η γ πρόταση είναι λάθος γιατί η F είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης και όταν η απόσταση μεγαλώνει η F ελαττώνεται.
  - Η δ πρόταση είναι σωστή γιατί η απόσταση είναι υψωμένη στο τετράγωνο και όταν υποδιπλασιάζεται η απόσταση, η F θα τετραπλασιαστεί.
- 3) Δύο φορτισμένες μεταλλικές σφαίρες έχουν φορτία  $q_1$  και  $q_2$  και βρίσκονται σε απόσταση r. Αν  $q_1 > q_2$ , το μέτρο της δύναμης Coulomb που ασκεί η σφαίρα με το  $q_1$  στη σφαίρα με το  $q_2$  είναι:
- μεγαλύτερο
  - μικρότερο
  - ίσο
- με το μέτρο της δύναμης που ασκεί η  $q_2$  στην  $q_1$ .

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

Οι δυνάμεις που ασκούνται από το ένα φορτίο στο άλλο έχουν σχέση δράσης-αντίδρασης σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και επομένως οι δύο αυτές δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα.

- 4) Μία σφαίρα έχει αρχικό φορτίο  $q_1 = -20\text{nC}$ . Η σφαίρα έρχεται σε επαφή με μια αρχικά αφόρτιστη σφαίρα με  $q_2 = 0$ . Τα φορτία των σφαιρών μετά από την επαφή μπορεί να είναι:
- $q_1' = 0$  και  $q_2' = -20\text{nC}$

- β)  $q_1' = -24\text{nC}$  και  $q_2' = +4\text{nC}$   
 γ)  $q_1' = -16\text{nC}$  και  $q_2' = -4\text{nC}$   
 δ)  $q_1' = +30\text{nC}$  και  $q_2' = -10\text{nC}$

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

Στη φόρτιση με επαφή τα σώματα αποκτούν ομόσημο φορτίο. Τη συνθήκη αυτήν ικανοποιούν τα φορτία της γ επιλογής μόνο.

- 5) Μία σφαίρα με αρχικό φορτίο  $q_1$  έρχεται σε επαφή με αφόρτιστο σώμα  $q_2 = 0$ . Το σώμα τελικά αποκτά φορτίο  $q_2' = 15\text{nC}$  ενώ η σφαίρα  $q_1' = 20\text{nC}$ . Το αρχικό φορτίο της πρώτης σφαίρας μπορεί να είναι:
- α)  $q_1 = 0$  αν δεν έρθει το σώμα για πολλή ώρα σε επαφή με τη σφαίρα.  
 β)  $q_1 = +35\text{nC}$   
 γ)  $q_1 = -35\text{nC}$   
 δ) καμία από τις παραπάνω ερωτήσεις δεν είναι σωστή.

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

Ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Πρέπει να ισχύει

$Q_{\text{ολικό αρχικό}} = Q_{\text{ολικό τελικό}}$ . Για τα δεδομένα της άσκησης ισχύει ότι  $Q_{\text{ολικό αρχικό}} = +35\text{nC}$  και άρα πρέπει  $Q_{\text{ολικό τελικό}} = +35\text{nC}$ . Την απαίτηση αυτήν ικανοποιεί η β επιλογή.

**Β) Να σημειωθεί Σ αν οι ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές και Λ αν είναι λανθασμένες:**

- 1) Ηλεκτρισμένα ονομάζουμε τα σώματα τα οποία, αφού τα τρίψουμε έχουν την ιδιότητα να έλκουν μικρά αντικείμενα. **Σ**
- 2) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι δυνάμεις που ασκούνται μόνο από επαφή. **Λ**
- 3) Το ηλεκτρικό φορτίο είναι διανυσματικό μέγεθος. **Λ**
- 4) Υπάρχουν τρία είδη ηλεκτρικού φορτίου, το θετικό, το αρνητικό και το ουδέτερο. **Λ**
- 5) Η ηλεκτρική δύναμη που ασκείται σ' ένα φορτισμένο σώμα δεν είναι ανάλογη του φορτίου που αυτό έχει. **Λ**
- 6) Στην ηλέκτριση με επαφή έχουμε στο τέλος δύο σώματα με αντίθετα φορτία. **Λ**
- 7) Το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους. **Σ**
- 8) Τα άτομα δεν είναι θετικά φορτισμένα. **Σ**
- 9) Τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια έχουν ίσα ηλεκτρικά φορτία. **Λ**
- 10) Ένα άτομο που έχει προσλάβει ηλεκτρόνια λέγεται ανιόν. **Σ**
- 11) Ένα ουδέτερο σώμα έχει μόνο νετρόνια στα άτομά του. **Λ**
- 12) Η κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου οφείλεται στην ανταλλαγή των πρωτονίων που γίνεται κατά την ηλέκτριση των σωμάτων. **Λ**
- 13) Στην ηλέκτριση μέσω τριβής στην αρχή και στο τέλος έχουμε δύο σώματα με ίδιου είδους φορτίο. **Λ**
- 14) Αν τρίβουμε για πολλή ώρα ένα σώμα πάνω σε ένα άλλο, τότε μπορεί στο ένα σώμα τα άτομα να χάσουν όλα τα ηλεκτρόνια τους και να μείνουν μόνο με τους πυρήνες. **Λ**
- 15) Στην ηλέκτριση μέσω επαφής χρειαζόμαστε δύο αρχικά ουδέτερα σώματα. **Λ**
- 16) Η αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια. **Σ**
- 17) Η δύναμη που ασκείται μεταξύ δύο σημειακών φορτίων δεν έχει τη διεύθυνση της ευθείας που ενώνει τα σημειακά φορτία. **Λ**

**Γ) Ερωτήσεις ανάπτυξης:**

- 1) Ποιες είναι οι ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Σε οποιαδήποτε διαδικασία, είτε αυτή συμβαίνει στον μικρόκοσμο είτε στον μακρόκοσμο, το ολικό φορτίο διατηρείται σταθερό. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

β) Ένα ηλεκτρόνιο δεν είναι δυνατόν να διαιρεθεί. Συνεπώς το ηλεκτρικό φορτίο κάθε φορτισμένου σώματος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου (ή του αντίθετου φορτίου του πρωτονίου). Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε «πακετάκια» τα οποία ονομάζουμε κβάντα και αυτή του την ιδιότητα την ονομάζουμε κβάντωση.

2) Να ερμηνευτεί μικροσκοπικά η ηλεκτρίση με τριβή. Να αναφέρετε επίσης ένα παράδειγμα. Γιατί το ηλεκτρικό φορτίο μετακινείται από το ένα σώμα στο άλλο και όχι ανάποδα;

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όταν δύο σώματα τρίβονται μεταξύ τους τότε τα πιο απομακρυσμένα από τον πυρήνα ηλεκτρόνια (εξωτερικά ηλεκτρόνια) μπορούν να αποσπαστούν σχετικά εύκολα από τα άτομα ενός σώματος και να μεταφερθούν στο άλλο σώμα. Το σώμα που χάνει ηλεκτρόνια φορτίζεται θετικά και το σώμα που τα δέχεται φορτίζεται αρνητικά. Όταν τρίβουμε μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, εξωτερικά ηλεκτρόνια από άτομα του γυαλιού μετακινούνται στο ύφασμα και έτσι η γυάλινη ράβδος φορτίζεται θετικά και το ύφασμα αρνητικά. Το αντίθετο δεν γίνεται γιατί τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων του υφάσματος συγκρατούνται με ισχυρότερες δυνάμεις απ' ό,τι εκείνα του γυαλιού. Έτσι απαιτείται λιγότερη ενέργεια για να φύγουν ηλεκτρόνια από το γυαλί προς το ύφασμα απ' ό,τι αντίστροφα.

3) Διαθέτεις δύο όμοιες μεταλλικές σφαίρες. Η μία έχει φορτίο  $+10\mu\text{C}$  και η άλλη είναι ουδέτερη. Τις φέρνεις σε επαφή μεταξύ τους και στη συνέχεια τις απομακρύνεις. α) Ποιο είναι το είδος και η ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου κάθε σφαίρας μετά την επαφή τους; β) Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Μετά την επαφή η κάθε σφαίρα θα φέρει φορτίο ίσο με  $+5\mu\text{C}$ .

β) Κατά την ηλεκτρίση με επαφή τα σώματα αποκτούν ομόσημο φορτίο. Άρα αφού αρχικά η μία σφαίρα ήταν θετικά φορτισμένη, θετικά θα φορτίσει και τη δεύτερη σφαίρα κατά την επαφή της με αυτήν. Επίσης ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου:  $Q_{\text{ολικό αρχικό}} = Q_{\text{ολικό τελικό}} = +10\mu\text{C}$ . Οι σφαίρες είναι όμοιες άρα το τελικό ολικό φορτίο θα ισομοιραστεί δηλ. η κάθε σφαίρα θα αποκτήσει φορτίο ίσο με  $+5\mu\text{C}$ .

4) Διαθέτεις μια γυάλινη ράβδο που την έχεις φορτίσει με μεταξωτό ύφασμα. Πώς θα βρεις αν ένα άγνωστο σώμα είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένο.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η γυάλινη ράβδος όταν τρίβεται με μεταξωτό ύφασμα φορτίζεται θετικά. Πλησιάζω σε αυτήν το άγνωστο σώμα και παρατηρώ αν η ράβδος το έλκει ή το απωθεί. Στην πρώτη περίπτωση συμπεραίνω ότι το σώμα είναι αρνητικά φορτισμένο ενώ στη δεύτερη περίπτωση θα είναι θετικά φορτισμένο.

5) Είναι δυνατόν μια μεταλλική σφαίρα να αποκτήσει ηλεκτρικό φορτίο  $q = -101 \cdot 10^{-21}\text{C}$ ; Να τεκμηριώσετε την απάντησή σας.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όχι. Το ηλεκτρικό φορτίο είναι κβαντωμένο δηλ. είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου. Δηλ. αν διαιρεθεί το φορτίο ενός σώματος με το φορτίο του ηλεκτρονίου

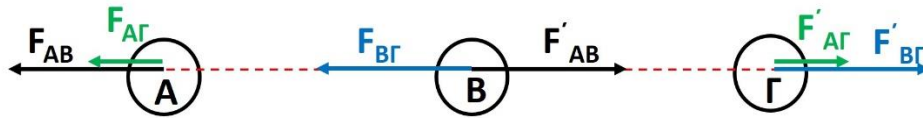
πρέπει να προκύψει ακέραιος αριθμός. Οπότε  $\frac{q}{q_e} = \frac{-101 \cdot 10^{-21}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,63125$ . Το αποτέλεσμα δεν είναι

ακέραιος αριθμός άρα το φορτίο  $q = -101 \cdot 10^{-21}\text{C}$  δεν υφίσταται.

Δ) Να λυθούν οι παρακάτω ασκήσεις: Δίνεται ότι το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

- 1) Στο διπλανό σχήμα απεικονίζονται τρία όμοια και ομόσημα φορτισμένα ηλεκτρικά σώματα καρφωμένα σταθερά στα σημεία A, B και Γ. Οι αποστάσεις AB και BΓ είναι ίσες. Να σχεδιαστούν οι δυνάμεις Coulomb σε καθένα από αυτά. Να πείτε αν κάποιες δυνάμεις είναι στο μέτρο τους ίσες και ποιες είναι αυτές.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Τα φορτία των σφαιρών A, B και Γ είναι ομόσημα και ίσα και οι αποστάσεις  $AB=BΓ$ . Στη σφαίρα A ασκούνται δύο ομόρροπες και απωστικές δυνάμεις (ως προς τα φορτία των σφαιρών B και Γ): μία από τη σφαίρα B, η δύναμη  $F_{AB}$  και μία από τη σφαίρα Γ, η δύναμη  $F_{AG}$ . Στη σφαίρα B ασκούνται δύο αντίρροπες δυνάμεις: η αντίδραση από τη σφαίρα A δηλ. η δύναμη  $F'_{AB}$  και μία δύναμη από τη σφαίρα Γ δηλ. η δύναμη  $F_{BG}$ . Στη σφαίρα Γ ασκούνται δύο ομόρροπες και απωστικές δυνάμεις (ως προς τις σφαίρες B και A): μία από τη σφαίρα B, η δύναμη  $F'_{BG}$  και μία από τη σφαίρα A, η δύναμη  $F'_{AG}$ . Στο μέτρο τους είναι ίσες οι δυνάμεις  $F_{AB} = F'_{AB} = F_{BG} = F'_{BG}$  και  $F_{AG} = F'_{AG}$ .

- 2) Πόσα ηλεκτρόνια πρέπει να πάρει μια μεταλλική σφαίρα (A) για να αποκτήσει φορτίο  $-2 \cdot 10^{10} C$  στις παρακάτω περιπτώσεις:

- α) όταν είναι αρχικά αφόρτιστη.  
β) όταν έχει αρχικά φορτίο  $q = -10^{10} C$   
γ) έχει αρχικά φορτίο  $q = +13 \cdot 10^{10} C$ .

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- α) Αφού αρχικά είναι αφόρτιστη η σφαίρα πρέπει να πάρει τόσα ηλεκτρόνια όσα χρειάζεται για να της αποδώσουν φορτίο  $-2 \cdot 10^{10} C$ .

$$Q = N \cdot q_e \Rightarrow -2 \cdot 10^{10} = N \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \Rightarrow \frac{-2 \cdot 10^{10}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = N \Rightarrow \frac{2 \cdot 10^{10} \cdot 10^{19}}{1,6} = N \Rightarrow \frac{20 \cdot 10^{10} \cdot 10^{19}}{16} = N$$

$$N = 1,25 \cdot 10^9 \text{ ηλεκτρόνια.}$$

- β) Η σφαίρα έχει αρχικά φορτίο  $q_{\text{αρχικό}} = -10^{10} C$ . Πρέπει το τελικό της φορτίο να είναι  $q_{\text{τελικό}} = -2 \cdot 10^{10} C$  άρα θα πρέπει να πάρει φορτίο  $q'$  για το οποίο θα ισχύει:  $q_{\text{τελικό}} = q_{\text{αρχικό}} + q' \Rightarrow -2 \cdot 10^{10} = -10^{10} + q' \Rightarrow -2 \cdot 10^{10} + 10^{10} = q' \Rightarrow$

$q' = -10^{10} C$ . Αυτό το φορτίο θα δοθεί από  $N'$  ηλεκτρόνια τα οποία θα υπολογιστούν πάλι ως:

$$q' = N' \cdot q_e \Rightarrow -10^{10} = N' \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \Rightarrow \frac{-10^{10}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = N' \Rightarrow \frac{10^{10} \cdot 10^{19}}{1,6} = N' \Rightarrow \frac{100 \cdot 10^{10} \cdot 10^{19}}{1,6 \cdot 100} = N'$$

$$\Rightarrow N' = 62,5 \cdot 10^9 \cdot 10^{-2} \Rightarrow N' = 62,5 \cdot 10^7 \text{ ηλεκτρόνια.}$$

- γ) Η σφαίρα έχει αρχικά φορτίο  $q_{\text{αρχικό}} = +13 \cdot 10^{10} C$ . Πρέπει το τελικό της φορτίο να είναι  $q_{\text{τελικό}} = -2 \cdot 10^{10} C$  άρα θα πρέπει να πάρει φορτίο  $q''$  για το οποίο θα ισχύει:  $q_{\text{τελικό}} = q_{\text{αρχικό}} + q'' \Rightarrow -2 \cdot 10^{10} = +13 \cdot 10^{10} + q'' \Rightarrow -2 \cdot 10^{10} - 13 \cdot 10^{10} = q'' \Rightarrow q'' = -15 \cdot 10^{10} C$ . Αυτό το φορτίο θα δοθεί από  $N''$  ηλεκτρόνια τα οποία θα υπολογιστούν πάλι ως:

$$q'' = N'' \cdot q_e \Rightarrow -15 \cdot 10^{10} = N'' \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \Rightarrow \frac{-15 \cdot 10^{10}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = N'' \Rightarrow \frac{15 \cdot 10^{10} \cdot 10^{19}}{1,6} = N'' \Rightarrow \frac{150 \cdot 10^{10} \cdot 10^{19}}{16} = N''$$

$$\Rightarrow N'' = 9,375 \cdot 10^9 \text{ ηλεκτρόνια.}$$

3) Μια μεταλλική σφαίρα (A) με φορτίο  $q_A = +42 \mu\text{C}$  έρχεται σε επαφή με μεταλλική σφαίρα (B) με φορτίο  $-16 \mu\text{C}$ . Μετά την επαφή η σφαίρα (A) έχει φορτίο  $+30 \mu\text{C}$ .

- α) Ποιο είναι το φορτίο της σφαίρας (B) μετά την επαφή;  
β) Πόσα ελεύθερα ηλεκτρόνια έφυγαν από τη μια σφαίρα και πήγαν στην άλλη;  
γ) Από ποια σφαίρα έφυγαν τα ηλεκτρόνια αυτά; Δικαιολογήστε.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου:  $q_{\text{ολικό αρχικό}} = q_{\text{ολικό τελικό}} \Rightarrow$

$$q_A \text{ αρχικό} + q_B \text{ αρχικό} = q_A \text{ τελικό} + q_B \text{ τελικό} \Rightarrow +42 + (-16) = +30 + q_B \text{ τελικό} \Rightarrow 26 = 30 + q_B \text{ τελικό} \Rightarrow 26 - 30 = q_B \text{ τελικό} \Rightarrow q_B \text{ τελικό} = -4 \mu\text{C}.$$

β) Η σφαίρα B είχε αρχικά φορτίο  $q_B \text{ αρχικό} = -16 \mu\text{C}$ . Το τελικό της φορτίο έγινε  $q_B \text{ τελικό} = -4 \mu\text{C}$  άρα θα πρέπει να πάρει φορτίο  $q'$  για το οποίο θα ισχύει:  $q_B \text{ τελικό} = q_B \text{ αρχικό} + q' \Rightarrow -4 = -16 + q' \Rightarrow -4 + 16 = q' \Rightarrow q' = +12 \mu\text{C}$ . Αυτό το φορτίο θα δοθεί από  $N'$  ηλεκτρόνια τα οποία θα υπολογιστούν πάλι ως:

$$q' = N' \cdot q_e \Rightarrow -12 \cdot 10^{-6} = N' \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \Rightarrow \frac{-12 \cdot 10^{-6}}{-1,6 \cdot 10^{-19}} = N' \Rightarrow \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{19}}{1,6} = N' \Rightarrow \frac{120 \cdot 10^{13}}{16} = N'$$

$$\Rightarrow N' = 7,5 \cdot 10^{13} \text{ ηλεκτρόνια.}$$

γ) Τα ηλεκτρόνια έφυγαν από τη σφαίρα B και πήγαν στην A γιατί το φορτίο της A από  $+42 \mu\text{C}$  που ήταν αρχικά μειώθηκε στα  $+30 \mu\text{C}$  άρα δέχτηκε αρνητικό φορτίο.

4) Τρίβουμε μια αρχικά αφόρτιστη γυάλινη ράβδο σε αφόρτιστο μεταξωτό ύφασμα. Αν από τη ράβδο φύγουν 10.000 ηλεκτρόνια και πάνε στο ύφασμα, πόσο φορτίο θα αποκτήσει η ράβδος; Πόσο φορτίο θα έχει τότε το ύφασμα και πόσο θα είναι το συνολικό φορτίο του συστήματος ράβδος-ύφασμα; Δικαιολογήστε.

#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ράβδος θα αποκτήσει θετικό φορτίο αφού της φεύγουν ηλεκτρόνια κατά την τριβή το οποίο ποσοτικά θα είναι:  $q_{\text{ράβδου}} = N \cdot q_e \Rightarrow q_{\text{ράβδου}} = 10.000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \Rightarrow q_{\text{ράβδου}} = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{C}$ . Στο ύφασμα θα πάνε 10.000 ηλεκτρόνια και θα αποκτήσει φορτίο  $q_{\text{υφάσματος}} = -1,6 \cdot 10^{-15} \text{C}$ . Ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και αφού αρχικά το σύστημα ράβδος-ύφασμα είχε συνολικό φορτίο 0 (ήταν αφόρτιστα και τα δύο σώματα), τότε και το τελικό του φορτίο θα είναι 0.