

Ασκήσεις στον νόμο του Coulomb

ΥΠΟΔΕΙΞΗ : Για τη λύση των παρακάτω ασκήσεων θεωρήστε γνωστή την τιμή της σταθεράς $K_c = 9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

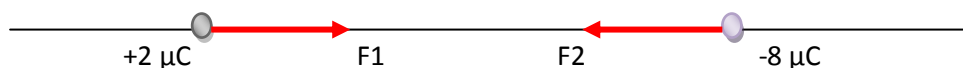
1. Δύο μικρές σφαίρες που απέχουν μεταξύ τους 2 cm, έχουν φορτίο $+2 \mu\text{C}$ και $-8 \mu\text{C}$.

- Οι σφαίρες αυτές έλκονται ή απωθούνται ;
- Ποια σφαίρα δέχεται δύναμη μεγαλύτερου μέτρου ;
- Να υπολογιστεί η μεταξύ αυτών δύναμη (μέτρο) και να σχεδιαστεί.

Γνωστή η K_c

- Ετερόνυμα φορτία, επομένως οι σφαίρες έλκονται.
- Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται στα φορτία έχουν σχέση δράσης-αντίδρασης (3^{ος} νόμος του Νεύτωνα). Βρίσκονται πάνω στην ευθεία που περνά από τις θέσεις των σημειακών φορτίων. Είναι **αντίθετες** !
-

$$F_c = K_c \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 9 \cdot \frac{2 \cdot 8}{2 \cdot 2} \cdot \frac{10^9 \cdot 10^{-12}}{10^{-4}} = 9 \cdot 4 \cdot 10 = 360 \text{ N}$$



Σημείωση : Στη Β Γυμνασίου μάθατε ότι $B = m \cdot g$ (Βάρος, μάζα, επιτάχυνση βαρύτητας με τιμή περίπου $10 \text{ m}/\text{sec}^2$)

Η τιμή των 360 N που βρήκαμε –με βάση τη σχέση $B = m \cdot g$, ισοδυναμεί με το βάρος μιας μάζας 36 kg. Το βλέπετε ;

2. Δυο σφαίρες μικρές φέρουν φορτίο $+1 \mu\text{C}$ η κάθε μια και βρίσκονται σε απόσταση 10 cm. Ποιο το μέτρο (η τιμή δηλ.) της απωστικής ηλεκτρικής δύναμης ;

Γνωστή η K_c

Υπόδειξη : Δείτε την λύση της προηγούμενης άσκησης

4. Δυο σφαίρες απέχουν αλλήλων 5 cm. Η μία εξ αυτών έχει φορτίο +40 μC. Ποιο πρέπει να είναι το φορτίο της άλλης, έτσι ώστε να έλκονται με δύναμη μέτρου 5 N ;

Γνωστή η K_c

Υπόδειξη :

$$F_c = K_c \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \rightarrow \text{χιαστί} \rightarrow F_c \cdot r^2 = K_c \cdot Q_1 \cdot Q_2 \quad (1)$$

Αν θεωρήσουμε ότι $Q_1 = +40 \mu\text{C}$ τότε ψάχνουμε να βρούμε την τιμή του Q_2 . Λύνουμε λοιπόν την (1) ως προς το ζητούμενο Q_2 , διαιρώντας με ό,τι αυτό **πολλαπλασιάζεται**, έτσι ώστε να μείνει μόνο του!

$$Q_2 = \frac{F_c \cdot r^2}{K_c \cdot Q_1} \quad (2)$$

Αντικαταστήστε και καλή σας ...συνέχεια.

► Γιατί το φορτίο Q_2 πρέπει να είναι αρνητικό ;

3. Μικρά σφαίρα A φέρει θετικό φορτίο και έρχεται σε επαφή με μια άλλη B απολύτως ίδια και στη συνέχεια οι δυο σφαίρες αποχωρίζονται και τοποθετούνται σε απόσταση 20 cm. Αν οι δυο σφαίρες δέχονται ηλεκτρική δύναμη ίση με 0,9 N να βρεθεί το αρχικό φορτίο της ηλεκτρισμένης σφαίρας A.

Γνωστή η K_c

Έστω +2Q το αρχικό φορτίο(*) της σφαίρας A. Μετά την επαφή κάθε σφαίρα θα έχει φορτίο +Q, αφού οι σφαίρες είναι ίδιες και επομένως θα μοιραστούν το αρχικό φορτίο.

$$F_c = K_c \cdot \frac{Q \cdot Q}{r^2} \rightarrow \text{χιαστί για να καταστρέψω το κλάσμα} \rightarrow F_c \cdot r^2 = K_c \cdot Q^2 \rightarrow$$

$$Q^2 = \frac{F_c \cdot r^2}{K_c} = \dots \text{συνεχίστε μόνοι σας.}$$

(*) Αν απέδιδα αρχικό φορτίο +Q στη σφαίρα A, τότε θα έπρεπε μετά την επαφή κάθε σφαίρα να έχει +Q/2. Λοιπόν! Δεν ήθελα να εργαστώ με κλασματικές εκφράσεις...


Τα κέντρα δύο μικρών φορτισμένων σφαιρών απέχουν 24 cm. Οι σφαίρες έλκονται με δύναμη της οποίας το μέτρο είναι 0,036 N. Σε πόση απόσταση πρέπει να τοποθετηθούν οι σφαίρες ώστε η δύναμη με την οποία έλκονται να γίνει 0,004 N;

Χμ! Δύσκολη άσκηση για τους 'αμήτους' μαθητές του Γυμνασίου... Όμως έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία καθιστούν τον τρόπο επίλυσης μονόδρομο!

Πρώτα – πρώτα γίνεται αναφορά σε **δυο διαφορετικές καταστάσεις** αλληλεπίδρασης φορτίων και δεύτερον έχουμε **αρκετούς αγνώστους** (τα φορτία Q_1 και Q_2 και την K_c).

Λοιπόν!

Αν θες να διώξεις «υλικό», που αφορά δυο καταστάσεις τότε διαιρείς κατά μέλη !


$$\frac{F_{\text{αρχικά}}}{F_{\text{μετά}}} = \frac{K_c \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}}{K_c \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{x^2}} \rightarrow \text{απλοποίηση} \rightarrow \frac{F_{\text{αρχικά}}}{F_{\text{μετά}}} = \frac{x^2}{r^2} \rightarrow \frac{0,036}{0,004} = \frac{x^2}{24 \cdot 10^{-2} \cdot 24 \cdot 10^{-2}}$$
$$\rightarrow \text{πολλπλασιάζω με το 1000 το πρώτο κλάσμα} \rightarrow \frac{36}{4} = \frac{x^2}{24 \cdot 24 \cdot 10^{-4}}$$
$$\rightarrow 9 = \frac{x^2}{24 \cdot 24 \cdot 10^{-4}} \rightarrow \text{χιαστί} \rightarrow x^2 = 9 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 10^{-4} \rightarrow x^2 = (3 \cdot 24 \cdot 10^{-2})^2 \rightarrow x = 3 \cdot 24 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 72 \text{ cm}$$

Είχαμε άλλη λύση ; Ναι ! Αν σκεφτόμασταν με τον νόμο του αντιστρόφου τετραγώνου. Αφού η δύναμη υπο-εννεαπλασιάζεται, σημαίνει ότι η απόσταση τριπλασιάζεται...

Μικρή χάλκινη σφαίρα έχει φορτίο +3,2 μC . Η χάλκινη σφαίρα απωθεί μια επίσης φορτισμένη σιδερένια σφαίρα με δύναμη μέτρου 6,4 N. Πόσα ηλεκτρόνια πρέπει να μεταφερθούν από τη **στην** χάλκινη σφαίρα ώστε η δύναμη να γίνει 3,2 N ;

Η άσκηση δεν λύνεται με την διατύπωση που έχει... έκανα μια διόρθωση στην εκφώνηση και όλα είναι πλέον κάπως διαχειρίσιμα για ...Πανελλαδικές εξετάσεις Λυκείου (2^ο θέμα) !!!

- ✓ Προσθήκη ηλεκτρονίων στη χάλκινη σημαίνει μείωση του φορτίου της, που θα είναι πλέον έστω όχι 3,2 μC αλλά έστω Q'_1
- ✓ Η απόσταση των σφαιρών δεν άλλαξε, αλλά μας είναι άγνωστη.
- ✓ Το φορτίο της σιδερένιας σφαίρας δεν άλλαξε αλλά μας είναι και αυτό άγνωστο και θετικό, λόγω άπωσης με την χάλκινη σφαίρα.

Τι σημαίνουν όλα αυτά ;

Διάρθρωση κατά μέλη ! Ας το δείξουμε.

$$\frac{F_{\text{αρχικά}}}{F_{\text{μετά}}} = \frac{K_c \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}}{K_c \cdot \frac{Q'_1 \cdot Q_2}{x^2}} \rightarrow \text{απλοποίηση} \rightarrow \frac{6,4}{3,2} = \frac{Q_1}{Q'_1} \rightarrow \frac{2}{1} = \frac{3,2 \cdot 10^{-6}}{Q'_1} \rightarrow Q'_1 = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

Πόσο άλλαξε το φορτίο ; Απαντάμε αφού ήταν +3,2 10^{-6} και πλέον είναι +1,6 10^{-6} , το **θετικό** φορτίο μειώθηκε κατά $\Delta Q = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, λόγω προσθήκης ηλεκτρονίων (*).

Η κβάντωση λέει «κάθε ποσότητα φορτίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής του ηλεκτρονίου», επομένως : $\Delta Q = N \cdot q_e \rightarrow 1,6 \cdot 10^{-6} = N \cdot 1,6 \cdot 10^{-9} \rightarrow \dots N = 1000$ ηλεκτρόνια

Συνέχεια...

(*)

Αν η προσθήκη ηλεκτρονίων οδηγήσει την τιμή του φορτίου Q_1 σε νέα $Q'_1 = -1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ τότε η δύναμη θα είναι **πάλι** 3,2 N αλλά ελκτική.

Πόσο φορτίο προσθέσαμε για να γίνει από $+3,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ σε νέα $-1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$;

Απαντάμε: $\Delta Q = 4,8 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ (φορτίο αρνητικό που αντιστοιχεί στα προστιθέμενα ηλεκτρόνια)

...Βρείτε μόνοι σας ότι το πλήθος των ηλεκτρονίων είναι τώρα, $N=3000$ ηλεκτρόνια.

Αυτό ήταν. Τελειώσαμε.