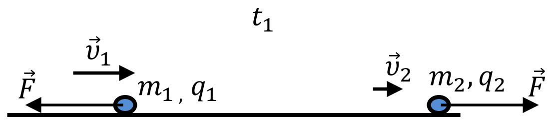
ΘΕΜΑ 4

4.1. Το σωματίδιο (1) αρχικά δεν αλληλεπιδρά με το σωματίδιο (2) (άπειρη απόσταση), οπότε εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Όταν αρχίσουν να αλληλεπιδρούν το σωματίδιο (1) θα δεχτεί απωστική ηλεκτρική δύναμη $\vec{F}$ όπως φαίνεται στο σχήμα με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται, μέχρι να σταματήσει στιγμιαία πριν κινηθεί προς τα αριστερά εκτελώντας επιταχυνόμενη κίνηση.



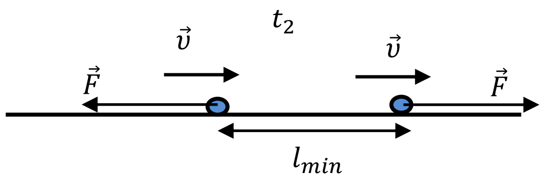
Σχήμα 1

Το σωματίδιο (2) αφήνεται ελεύθερο να κινηθεί και εξαιτίας της απωστικής ηλεκτρικής δύναμης $\vec{F}$ που θα δεχτεί από το (1), θα επιταχυνθεί προς τα δεξιά.

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμη $\vec{F}$ μεταβάλλεται συνεχώς καθώς η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων αλλάζει, άρα καμία από τις κινήσεις που περιγράφησαν παραπάνω δεν είναι ομαλά μεταβαλλόμενη.

Μονάδες 5

4.2. Για όσο διάστημα ισχύει για τις ταχύτητες που φαίνονται στο Σχήμα 1, $\upsilon_1 > \upsilon_2$ η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων μειώνεται, ενώ αν $\upsilon_1 < \upsilon_2$ η απόσταση μεταξύ των σωματιδίων θα αυξάνεται. Οπότε η ελάχιστη απόσταση επιτυγχάνεται κάποια χρονική στιγμή t_2, όπου τα σωματίδια έχουν στιγμιαία ίσες ταχύτητες μέτρου υ (Σχήμα 2).



Σχήμα 2

Στον άξονα της κίνησης το σύστημα των δύο σωματιδίων δεν δέχεται εξωτερικές δυνάμεις, ενώ στην κατακόρυφη διεύθυνση τα βάρη και οι δυνάμεις από το μονωτικό δάπεδο που είναι εξωτερικές εξουδετερώνονται. Συνεπώς το σύστημα είναι μονωμένο και η ορμή του διατηρείται. Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης της ορμής για τις χρονικές στιγμές $t = 0\ s$ και t_2, οπότε:

$$\vec{p}_{πριν} = \vec{p}_{μετά}$$

Λαμβάνοντας ως θετική τη φορά της ταχύτητας εκτόξευσης του σωματιδίου (1), ισχύει:

$$m_1 \cdot \upsilon_0 = m_1 \cdot \upsilon + m_2 \cdot \upsilon \text{ ή } \upsilon = \frac{m_1 \cdot \upsilon_0}{m_1 + m_2} = \frac{10^{-6} kg \cdot 3 \cdot 10^4\ m/s}{3 \cdot 10^{-6} kg} \text{ ή } \boldsymbol{\upsilon = 10^4\ \mathbf{m/s}}$$

Μονάδες 6

4.3. Εφαρμόζοντας για το σύστημα των δύο σωματιδίων την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για τις χρονικές στιγμές $t = 0\ s$ και t_2 υπολογίζουμε την ελάχιστη απόσταση l_{min} στην οποία θα πλησιάσουν:

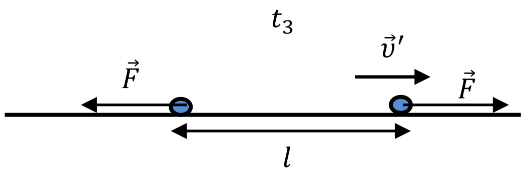
$$E_0 = E_2 \text{ ή } K_o + U_o = K_2 + U_2 \text{ ή } \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \upsilon_0^2 + 0 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \upsilon^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \upsilon^2 + k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{l_{min}} \text{ ή}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8 - 10^{-6} \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8)\ \mathrm{N \cdot m} = 9 \cdot 10^9 \mathrm{N \cdot m^2 / C^2} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-12}}{l_{min}}\ \mathrm{C^2} \text{ ή}$$

$$\boldsymbol{l_{min} = 1,5 \cdot 10^{-3}\ \mathbf{m} = 1,5\ \mathbf{mm}}$$

Μονάδες 7

4.4. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το σύστημα είναι μονωμένο και η ορμή του διατηρείται. Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ορμής για τις χρονικές στιγμές $t = 0$ s και τη χρονική στιγμή t_3 που θα μηδενιστεί η ταχύτητα του σωματιδίου (1) (Σχήμα 3), έχουμε:



Σχήμα 3

$$\vec{p}_{\pi\rho\iota\nu} = \vec{p}_{\mu\varepsilon\tau\acute{\alpha}}$$

Λαμβάνοντας ως θετική τη φορά της ταχύτητας εκτόξευσης του σωματιδίου (1):

$$m_1 \cdot \upsilon_0 = m_2 \cdot \upsilon' \text{ ή } \upsilon' = \frac{m_1 \cdot \upsilon_0}{m_2} \text{ ή } \boldsymbol{\upsilon' = 1,5 \cdot 10^4\ \mathrm{m/s}}$$

Εφαρμόζοντας για το σύστημα των δύο σωματιδίων την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας για τις χρονικές στιγμές $t = 0$ s και t_3 υπολογίζουμε την απόσταση l των δύο σωματιδίων:

$$E_0 = E_3 \text{ ή } K_o + U_o = K_3 + U_3 \text{ ή } \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \upsilon_0^2 + 0 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \upsilon'^2 + k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{l} \text{ ή}$$

$$\frac{1}{2} \cdot (9 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8 - 2 \cdot\ 10^{-6} \cdot 2{,}25 \cdot 10^8)\mathrm{N \cdot m} = 9 \cdot 10^9 \mathrm{N \cdot m^2 / C^2} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-12}}{l}\ \mathrm{C^2} \text{ ή}$$

$$\boldsymbol{l = 2 \cdot 10^{-3}\mathrm{m} = 2\ \mathrm{mm}}$$

Μονάδες 7