

ΘΕΜΑ 4

4.1. Έστω Α το σημείο εισόδου του πρωτονίου στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο, Β το μέσο της απόστασης μεταξύ των δύο οπλισμών και Γ το σημείο μηδενισμού της ταχύτητας. Το πρωτόνιο δέχεται σταθερή δύναμη \vec{F} από το ηλεκτρικό πεδίο με την κατεύθυνση του σχήματος και μέτρο:

$$F = E \cdot e \quad (1)$$

Όμως η ένταση σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο είναι ίση με το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού δύο οποιωνδήποτε σημείων του ηλεκτρικού πεδίου προς την απόστασή τους x , μετρημένη κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής.

Οπότε:

$$E = \frac{V}{d} \text{ και } F = \frac{V}{d} \cdot e \quad (2)$$

Μονάδες 3

Εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας-έργου από το Α στο Γ και με χρήση της (2) έχουμε:

$$K_{\Gamma} - K_A = W_F \text{ ή } 0 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = -F \cdot d \text{ ή } \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = e \cdot V \text{ ή } V = \frac{m \cdot v_0^2}{2 \cdot e}$$

$$\text{ή } V = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot (10^5)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ V ή } V = 50 \text{ V}$$

Μονάδες 3

Μονάδες 6

4.2. Όπως αναφέρθηκε στην λύση του ερωτήματος 4.1. η ένταση σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο είναι ίση με το πηλίκο της διαφοράς δυναμικού δύο οποιωνδήποτε σημείων του ηλεκτρικού πεδίου προς την απόστασή τους x , μετρημένη κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής. Ισχύει $(\Gamma A) = 2 \cdot (BA)$, οπότε:

$$E = \frac{V}{d} = \frac{V_{BA}}{\frac{d}{2}} = \frac{V_{\Gamma A}}{d} \text{ ή } \frac{V_{BA}}{V_{\Gamma A}} = \frac{1}{2}$$

Μονάδες 6

4.3. Εφαρμόζοντας τον 2^ο νόμο του Newton και με τη βοήθεια της (2) υπολογίζουμε το μέτρο της επιτάχυνσης του πρωτονίου:

$$F = m \cdot a \text{ ή } \frac{V}{d} \cdot e = m \cdot a \text{ ή } a = \frac{V \cdot e}{m \cdot d} = \frac{50 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} \frac{m}{s^2} \text{ ή } a = 5 \cdot 10^{11} \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

Αρχικά (διαδρομή $A \rightarrow \Gamma$) η επιτάχυνση είναι αντίρροπη της ταχύτητας, άρα το πρωτόνιο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Από την εξίσωση της ταχύτητας για την κίνηση και με αντικατάσταση της (3) προκύπτει το ζητούμενο χρονικό διάστημα:

$$v_{\Gamma} = v_0 - a \cdot \Delta t_1 \text{ ή } 0 = v_0 - a \cdot \Delta t_1 \text{ ή } \Delta t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{10^5}{5 \cdot 10^{11}} \text{ s ή } \Delta t_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

Μονάδες 3

Στην συνέχεια (διαδρομή $\Gamma \rightarrow A$) η επιτάχυνση είναι ομόρροπη της ταχύτητας, άρα το πρωτόνιο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Από την εξίσωση της κίνησης βάζοντας $\Delta x = d$ υπολογίζουμε

το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να επιστρέψει το πρωτόνιο στο σημείο εισόδου στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο:

$$\Delta x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t_2^2 \text{ ή } \Delta t_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot d}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{11}}} \text{ s ή } \Delta t_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

Μονάδες 3

Παρατηρούμε ότι: $\Delta t_1 = \Delta t_2$

Μονάδες 6

4.4. Εφαρμόζουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας-έργου από το Α στο Β :

$$K_B - K_A = W_F \text{ ή } K_B - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = -F \cdot \frac{d}{2} \text{ ή } K_B = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 - \frac{V}{d} \cdot e \cdot \frac{d}{2} \text{ ή}$$

$$K_B = \left(\frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{10} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \right) \text{ J ή } K_B = 4 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

Μονάδες 7