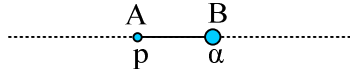


### Ένα σύστημα φορτισμένων σωματιδίων.

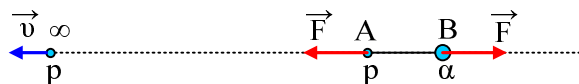
Ένα πρωτόνιο και ένα σωματίο α (πυρήνας Ηλίου He ) συγκρατούνται σε απόσταση  $r=5,12 \text{ mm}$ . Δίνονται  $m_\alpha=4m_p$  και  $q_\alpha=2\cdot q_p$ , ενώ  $q_p=+1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$ . Να βρεθούν:



- i) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει το πρωτόνιο αν αφεθεί να κινηθεί, ενώ το σωματίο α παραμένει στη θέση του.
- ii) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει το σωματίο α αν αφεθεί να κινηθεί, ενώ το πρωτόνιο παραμένει στη θέση του.
- iii) Η μέγιστη κινητική ενέργεια που θα αποκτήσει κάθε σωματίδιο αν αφεθούν ελεύθερα.
- iv) Πόσο είναι το έργο της δύναμης του πεδίου που ασκείται στο πρωτόνιο στις παραπάνω περιπτώσεις;

Απάντηση:

- i) Εφαρμόζουμε για το πρωτόνιο το ΘΜΚΕ από τη θέση Α, μέχρι τη θέση που θα πάψει να επιταχύνεται, δηλαδή μέχρι να φτάσει στο άπειρο και έχουμε:



$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{A \rightarrow \infty} \quad \text{ή}$$

$$K_{\text{max}} = q_p \cdot (V_A - V_\infty) \quad \text{ή}$$

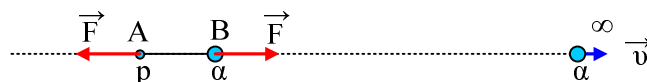
$$K_{\text{max}} = q \cdot k \frac{2q}{r} = k \frac{2q^2}{r}$$

Και με αντικατάσταση  $K_{\text{max}} = 9 \cdot 10^{-26} \text{ J}$

Παρατηρείστε ότι η κινητική ενέργεια που αποκτά το πρωτόνιο είναι ίση με την αρχική δυναμική ενέργεια του συστήματος των δύο φορτίων  $U = k \frac{2q^2}{r}$ .

- ii) Με τον ίδιο τρόπο έχουμε:

Εφαρμόζουμε για το σωματίο α το ΘΜΚΕ από τη θέση Β, μέχρι τη θέση που θα πάψει να επιταχύνεται, δηλαδή μέχρι να φτάσει στο άπειρο και έχουμε:



$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{B \rightarrow \infty} \quad \text{ή}$$

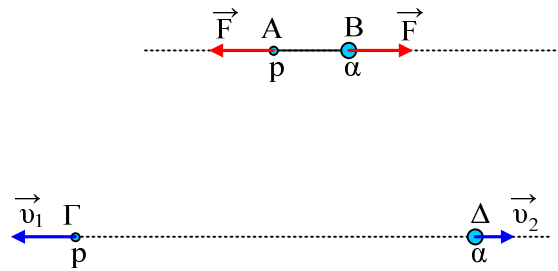
$$K_{\text{max}} = q_\alpha \cdot (V_B - V_\infty) \quad \text{ή}$$

$$K_{\text{max}} = 2q \cdot k \frac{q}{r} = k \frac{2q^2}{r}$$

Και με αντικατάσταση  $K_{\text{max}} = 9 \cdot 10^{-26} \text{ J}$

Παρατηρούμε ότι όλη τη δυναμική ενέργεια του συστήματος την πήρε τώρα το σωματίο α.

iii) Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα σωματίδια στις Γ και Δ κατά τη διάρκεια της κίνησής τους, έχοντας ταχύτητες μέτρων  $v_1$  το πρωτόνιο και  $v_2$  το σωματίο α.



Επειδή η κίνηση γίνεται με την επίδραση των απωστικών δυνάμεων Coulomb (δράση-αντίδραση), το σύστημα είναι μονωμένο, οπότε η ορμή διατηρείται. Έτσι έχουμε:

$$P_{αρχ} = P_{τελ} \quad \text{ή}$$

$$0 = m_p \cdot v_1 + m_\alpha \cdot v_2 \quad (\text{αλγεβρικά}) \quad \text{ή}$$

$$v_1 = -4 v_2$$

Πράγμα που σημαίνει ότι το πρωτόνιο έχει κάθε στιγμή τετραπλάσια κατά μέτρο ταχύτητα από το σωματίο α (το  $-$  σημαίνει ότι οι δύο ταχύτητες έχουν αντίθετες φορές)

Αλλά αν πάρουμε το λόγο των κινητικών ενεργειών των σωματιδίων θα έχουμε

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{1}{2} m_1 v_1^2}{\frac{1}{2} m_2 v_2^2} = \frac{m_1 4^2 v_2^2}{4 m_1 v_2^2} = 4$$

Δηλαδή το πρωτόνιο θα έχει αποκτήσει και τετραπλάσια κινητική ενέργεια από το σωματίο α κάθε στιγμή.

Η κινητικές ενέργειες εξάλλου θα είναι μέγιστες όταν τα σωματίδια φτάσουν σε άπειρη απόσταση.

Εφαρμόζουμε τώρα **για το σύστημα** την αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας ανάμεσα στην αρχική κατάσταση και την τελική (τα σωματίδια στο άπειρο) και έχουμε:

$$K_{αρχ} + U_{αρχ} = K_{τελ} + U_{τελ} \quad (1)$$

Αλλά  $K_{αρχ} = U_{τελ} = 0$  οπότε η (1) δίνει

$$k \frac{2q^2}{r} = K_1 + K_2 \quad \text{ή}$$

$$k \frac{2q^2}{r} = 5K_2 \quad \text{ή}$$

$$K_2 = 9 \cdot 10^{-26} / 5 \text{ J} = 1,8 \cdot 10^{-26} \text{ J} \quad \text{και} \quad K_1 = 7,2 \cdot 10^{-26} \text{ J}.$$

iv) Το έργο της δύναμης που ασκήθηκε στο πρωτόνιο θα είναι λοιπόν:

- Στην πρώτη περίπτωση αυτό που υπολογίσαμε, δηλαδή  $K_{\max} = 9 \cdot 10^{-26} \text{ J}$
- Στην δεύτερη περίπτωση μηδέν, αφού δεν κινήθηκε
- Στην τρίτη περίπτωση θα υπολογιστεί από το ΘΜΚΕ για το πρωτόνιο, οπότε θα έχουμε:

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{A \rightarrow \infty} \quad \text{ή}$$
$$W_{A \rightarrow \infty} = K_1 = 7,2 \cdot 10^{-26} \text{ J}$$

**Σχόλιο:**

Το τελευταίο έργο προφανώς δεν μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$W = q_p \cdot (V_A - V_{\infty})$$

Αφού η αρχική δυναμική ενέργεια δεν μεταφέρθηκε όλη στο πρωτόνιο με τη μορφή της κινητικής ενέργειας, για το λόγο αυτό δεν εφαρμόσαμε και το ΘΜΚΕ στο iii) ερώτημα.

**Υλικό Φυσικής - Χημείας.**

Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

*Διονύσης Μάργαρης*