

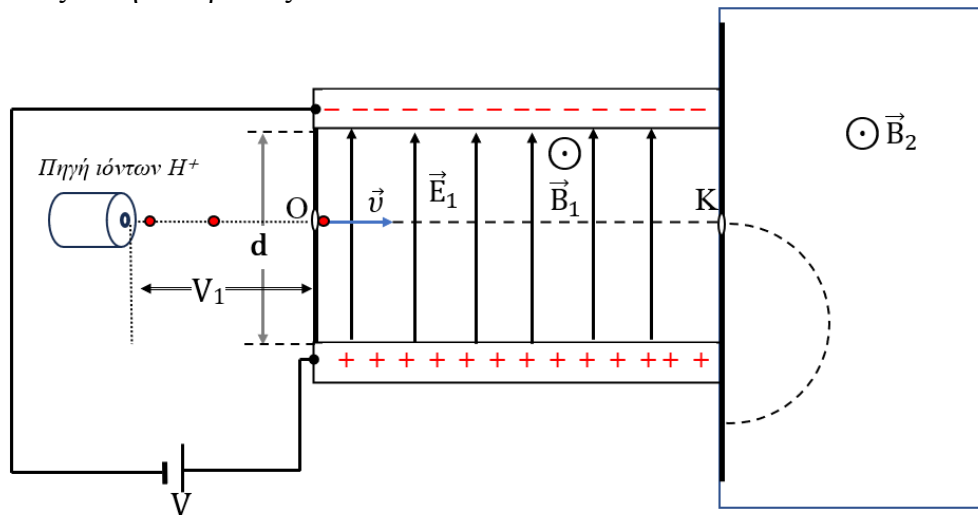
Μεταβάλλοντας την απόσταση των πλακών του επιλογέα

Από μία πηγή ιόντων υδρογόνου H^+ εξάγονται τα δύο από τα τρία ισότοπα του υδρογόνου, το πρώτιο, 1H και το δευτέριο, 2H . Τα ισότοπα εξέρχονται με σχεδόν μηδενική ταχύτητα από την πηγή και επιταχύνονται από τάση $V_1 = 200V$.

Κατόπιν περνούν μέσα από σχισμή (σημείο O) και εισέρχονται σε έναν επιλογέα ταχυτήτων όπου συνυπάρχουν ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο μέτρου έντασης E_1 και ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου έντασης $B_1 = 0,02T$. Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται από έναν επίπεδο πυκνωτή οι πλάκες του οποίου βρίσκονται σε σταθερή διαφορά δυναμικού V και απέχουν αρχικά απόσταση d .

Τα ιόντα που κινούνται ευθύγραμμα και εξέρχονται από τον επιλογέα ταχυτήτων περνούν μέσα από δεύτερη σχισμή, σημείο K και μπαίνουν σε δεύτερο ομογενές μαγνητικό πεδίο μέτρου έντασης $B_2 = 0,04T$, κάθετο στο επίπεδο της σελίδας και φορά όπως φαίνεται στο σχήμα. Αφού τα ιόντα διαγράψουν ημικύκλιο προσπίπτουν σε μια φωτογραφική πλάκα, όπου και αφήνουν ίχνη.

Δίνονται οι μάζες των ισωτόπων του υδρογόνου $m_{^1H} = 1,6 \cdot 10^{-27}kg$, $m_{^2H} = 3,2 \cdot 10^{-27}kg$ και το φορτίο του πρωτονίου $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}C$, $\sqrt{2} = 1,4$. Να αγνοηθούν οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις.



i) Για μία κατάλληλη απόσταση των πλακών του πυκνωτή στον επιλογέα ταχυτήτων, παίρνουμε μία μόνο τροχιά στο δεύτερο μαγνητικό πεδίο αδυνατώντας να διαχωρίσουμε τα ισότοπα. Εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.

Εάν γνωρίζουμε ότι η τροχιά που διαγράφουν τα ιόντα στο δεύτερο πεδίο είναι τα ιόντα του πρωτίου, τότε:

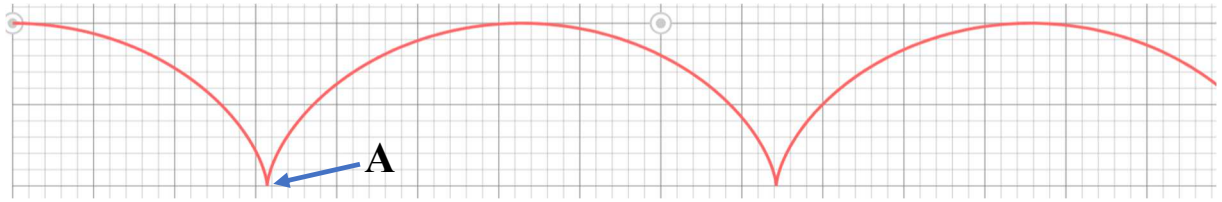
ii) Να βρείτε την ταχύτητα με την οποία εισέρχονται τα ισότοπα του πρωτίου στον επιλογέα ταχυτήτων.

iii) Να βρείτε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς στο δεύτερο πεδίο και το μέτρο E_1 της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.

iv) Να βρείτε την ποσοστιαία μεταβολή στην απόσταση των πλακών του πυκνωτή προκειμένου να περάσουν από τον επιλογέα ταχυτήτων τα ισότοπα του δευτερίου και να εισέλθουν στο δεύτερο πεδίο.

v) Αν στην παρακάτω εικόνα αναπαρίσταται η τροχιά των ισωτόπων του πρωτίου στον επιλογέα ταχυτήτων αν εισέρχονταν σε αυτόν με διπλάσια ταχύτητα σε σχέση με αυτή

που εισέρχονταν αρχικά, να βρείτε την επιτάχυνση ενός σωματιδίου στη θέση Α του σχήματος.



Απάντηση

i) Για να κινηθούν ευθύγραμμα τα σωματίδια στον επιλογέα ταχυτήτων αρκεί το μέτρο της ταχύτητάς τους να ισούται με $v = \frac{E}{B}$, **ανεξάρτητα** από το **είδος** και την **ποσότητα** του φορτίου καθώς και **τη μάζα** τους αν αγνοηθεί η βαρυτική δύναμη. Όμως, επειδή τα ισότοπα δεν έχουν ίδια μάζα, αποκτούν διαφορετική ταχύτητα καθώς επιταχύνονται από την τάση V_1 και έτσι εισέρχονται με διαφορετικές ταχύτητες στον επιλογέα ταχυτήτων, με αποτέλεσμα μόνο αυτά που ικανοποιούν τη σχέση $v = \frac{E}{B}$ να εισέρχονται τελικά στο δεύτερο πεδίο. Επομένως εάν η απόσταση των πλακών είναι κατάλληλη διαχωρίζεται τελικά μόνο ένα είδος από τα ισότοπα του υδρογόνου.

ii) Εφαρμόζουμε το θεώρημα έργου ενέργειας για τα ισότοπα του πρωτίου καθώς επιταχύνονται υπό την τάση V .

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{\text{ολ}} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - 0 = W_F \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = qV_1 \rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV_1}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{1,6 \cdot 10^{-27}}} \text{ m/s} = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

iii) Τα ισότοπα του πρωτίου στον επιλογέα ταχυτήτων εκτελούν ΕΟΚ. Από την ισορροπία του σωματιδίου θα έχουμε:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \rightarrow qE_1 = B_1qv \rightarrow E_1 = v \cdot B_1 = 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \frac{N}{C} \rightarrow E_1 = 4000 \text{ N/C} \quad (1)$$

Μόλις ένα θετικό ιόν φτάνει στο σημείο Κ, θα δεχτεί δύναμη Lorentz από το μαγνητικό πεδίο B_2 , κάθετη στην ταχύτητα, με φορά προς τα κάτω, και τα ιόντα, θα διαγράψουν ημικύκλιο ακτίνας:

$$R_l = \frac{m_l v}{qB_2} = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-2}} \text{ m} \rightarrow R_l = 0,05 \text{ m}$$

iv) Εφαρμόζουμε το θεώρημα έργου ενέργειας για τα ισότοπα του δευτερίου καθώς επιταχύνονται υπό την τάση V_1 .

$$K_{\text{τελ}} - K_{\text{αρχ}} = W_{\text{ολ}} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2}mv'^2 - 0 = W_F \rightarrow \frac{1}{2}mv'^2 = qV_1 \rightarrow$$

$$v' = \sqrt{\frac{2qV_1}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200}{3,2 \cdot 10^{-27}}} \text{ m/s} = \sqrt{2} \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

Αρχικά πριν την μετακίνηση των οπλισμών.

$$E_1 = \frac{V}{d_1} \xrightarrow{E_1 = v \cdot B_1} v \cdot B_1 = \frac{V}{d_1} \rightarrow d_1 = \frac{V}{v \cdot B_1}$$

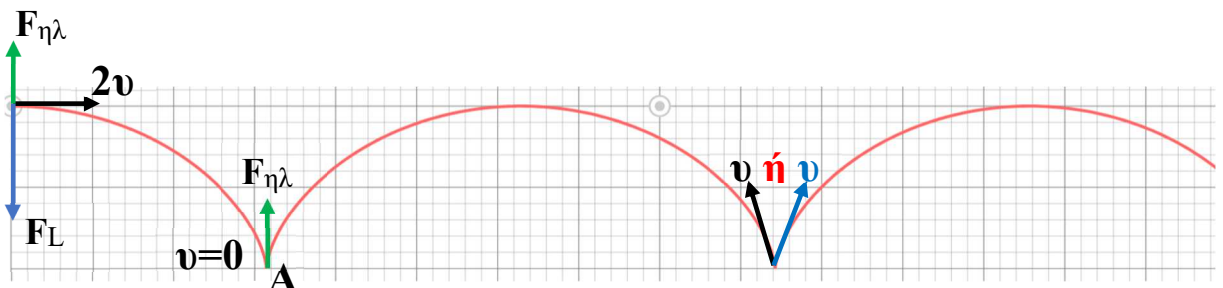
Τα ισότοπα του δευτερίου στον επιλογέα ταχυτήτων εκτελούν ΕΟΚ. Από την ισορροπία των σωματιδίων θα έχουμε:

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \rightarrow qE'_1 = B_1 q v' \rightarrow E'_1 = v' \cdot B_1 \rightarrow \frac{V}{d'} = v' \cdot B_1 \rightarrow d' = \frac{V}{v' \cdot B_1}$$

$$\Pi\% = \frac{\Delta d}{d} 100\% = \frac{d' - d}{d} 100\% = \frac{\frac{V}{v' \cdot B_1} - \frac{V}{v \cdot B_1}}{\frac{V}{v \cdot B_1}} 100\% = \frac{\frac{1}{v'} - \frac{1}{v}}{\frac{1}{v}} 100\% \rightarrow$$

$$\Pi\% = \frac{v - v'}{v'} 100\% = \frac{2 \cdot 10^5 - \sqrt{2} \cdot 10^5}{\sqrt{2} \cdot 10^5} 100\% = \frac{2 - \sqrt{2}}{\sqrt{2}} 100\% = (\sqrt{2} - 1) 100\% = 40\%$$

ν) Η ταχύτητα του σωματιδίου είναι εφαπτόμενη σε κάθε σημείο της τροχιάς του. Στο σημείο Α η ταχύτητα δεν μπορεί παρά να είναι μηδενική. Αυτό γιατί προκύπτουν δύο εφαπτόμενες στο σημείο αυτό γεγονός που δεν μπορεί να συμβεί καθώς η ταχύτητα είναι μία. Έτσι μένει να είναι μόνο μηδενική.



Συνεπώς στο σημείο Α η δύναμη Lorentz είναι μηδενική και ασκείται μόνο η ηλεκτρική δύναμη.

$$\Sigma F = m\alpha \rightarrow F_{\eta\lambda} = m\alpha \rightarrow \alpha = \frac{qE}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-27}} \frac{m}{s^2} \rightarrow \alpha = 4 \cdot 10^{11} m/s^2$$

Υλικό Φυσικής-Χημείας

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

Επιμέλεια:

Χρήστος Αγριόδημας