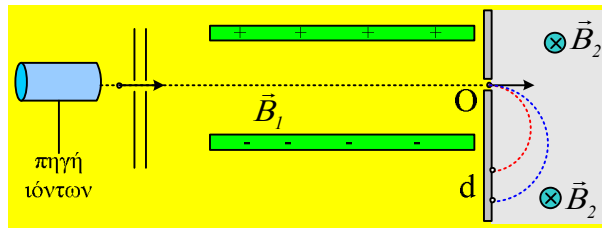


Δύο ιόντα και ο φασματογράφος μάζας



Έχουμε μια πηγή μονοσθενών ιόντων, από την οποία εκτοξεύονται τα ιόντα με διάφορες ταχύτητες. Κάποια από αυτά αφού περάσουν από δυο σχισμές όπως στο σχήμα, μπαίνουν σε μια περιοχή που συνυπάρχουν ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο (στο σχήμα βλέπετε τους φορτισμένους οπλισμούς ενός επίπεδου πυκνωτή) και ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο B_1 , με δυναμικές γραμμές κάθετες στο επίπεδο της σελίδας, με αποτέλεσμα αυτά που θα κινηθούν ευθύγραμμα να μπουν στο σημείο O σε ένα δεύτερο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B_2 , κάθετο στο επίπεδο της σελίδας, όπως στο σχήμα. Αφού τα ιόντα διαγράψουν ημικύκλιο προσπίπτουν σε μια φωτογραφική πλάκα, όπου και αφήνουν δύο ίχνη, όπως στο σχήμα. Έστω x τα ιόντα που διαγράφουν το ημικύκλιο με τη μεγαλύτερη διάμετρο και y το ιόν με την μικρότερη.

- i) Τα ιόντα αυτά είναι κατιόντα ή ανιόντα;
- ii) Ποια η φορά της έντασης B_1 του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του πυκνωτή;
- iii) Ποια ιόντα μπαίνουν στο δεύτερο μαγνητικό πεδίο με ένταση B_2 με μεγαλύτερη ταχύτητα, τα ιόντα x ή τα ιόντα y;
- iv) Για τις μάζες m_1 και m_2 των ιόντων x και y ισχύει:

$$\alpha) m_1 < m_2, \quad \beta) m_1 = m_2, \quad \gamma) m_1 > m_2.$$

- v) Αν Δm η διαφορά μαζών των δύο ιόντων, να αποδείξετε ότι αυτή είναι ανάλογη της απόστασης d μεταξύ των δύο ίχνων στη φωτογραφική πλάκα ($\Delta m = \lambda \cdot d$). Ο συντελεστής αναλογίας λ , είναι ίσος:

$$\alpha) \lambda = \frac{B_1}{2E} |q| \quad \beta) \lambda = \frac{B_2}{2E} |q| \quad \gamma) \lambda = \frac{B_1 B_2}{2E} |q|$$

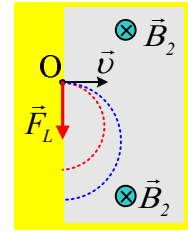
- vi) Κάποια ιόντα μπαίνουν στο χώρο του πυκνωτή και εκτρέπονται προς τα πάνω στο σχήμα. Αυτά μπορεί να είναι ιόντα x ή y ή μπορεί να είναι και από τα δύο είδη ιόντων; Τι ταχύτητες μπορεί να έχουν τα ιόντα αυτά;

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας

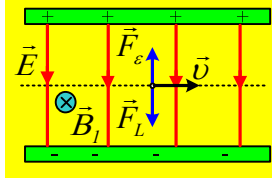
Απάντηση:

- i) Μόλις τα ιόντα μπουν στο δεύτερο μαγνητικό πεδίο έντασης B_2 , θα δεχτούν δύναμη Lorentz, κάθετη στην ταχύτητα, η οποία θα παίζει το ρόλο της κεντρομόλου δύναμης, όπως στο σχήμα. Με βάση τον κανόνα

των τριών δακτύλων, αν το ιόν έφερε θετικό φορτίο, θα δεχόταν δύναμη με φορά προς τα πάνω, ενώ συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Άρα τα ιόντα είναι ανιόντα (αρνητικά ιόντα).



ii) Στο σχήμα έχουν σημειωθεί οι δυναμικές γραμμές του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, καθώς και η δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο που ασκείται σε κάθε ιόν (και τα δύο ιόντα



φέρουν το ίδιο φορτίο, το φορτίο ενός ηλεκτρονίου), αντίθετης φοράς. Τα ιόντα που θα κινηθούν ευθύγραμμα, είναι αυτά που θα δεχθούν αντίθετη δύναμη Lorentz από το μαγνητικό πεδίο, όπως στο σχήμα. Αλλά για να υπάρξει τέτοια δύναμη, με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, προκύπτει ότι στο χώρο πρέπει να υπάρχει και ένα μαγνητικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο της σελίδας, με φορά προς τα μέσα, όπως φαίνεται στο σχήμα.

iii) Τα ιόντα που δεν εκτρέπονται από το σύνθετο πεδίο είναι αυτά για τα οποία ισχύει:

$$\Sigma \vec{F} = 0 \rightarrow F_{\eta\lambda} = F_{\mu} \rightarrow |q|E = B_1 v |q| \rightarrow v = \frac{E}{B_1} \quad (1)$$

Η παραπάνω σχέση μας λέει ότι τα ιόντα που θα φτάσουν στο σημείο O πρέπει να έχουν μια ορισμένη ταχύτητα, ανεξάρτητη της μάζας τους. Συνεπώς και τα x και τα ιόντα y φτάνουν με την ίδια ταχύτητα.

iv) Τα ιόντα x διαγράφουν το ημικύκλιο με την μεγαλύτερη διάμετρο, άρα και την μεγαλύτερη ακτίνα κυκλικής τροχιάς. Όμως για την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς έχουμε:

$$R = \frac{mv}{|q|B_2} \quad (2)$$

Αφού η ακτίνα είναι ανάλογη της μάζας των ιόντων η μάζα των ιόντων x είναι μεγαλύτερη, Σωστό το γ).

v) Από την εξίσωση (2) παίρνουμε:

$$R_1 = \frac{m_1 v}{|q|B_2} \quad \text{και} \quad R_2 = \frac{m_2 v}{|q|B_2} \rightarrow$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 = \frac{|q|B_2 R_1}{v} - \frac{|q|B_2 R_2}{v} = \frac{|q|B_2}{v} (R_1 - R_2) = \frac{|q|B_2}{2v} d \quad (3)$$

$$\Delta m = \lambda \cdot d$$

Οπότε για την σταθερά αναλογίας λ, θα έχουμε:

$$\lambda = \frac{|q|B_2}{2v} \xrightarrow{(1)} \lambda = \frac{|q|B_2}{2 \frac{E}{B_1}} = \frac{B_1 B_2}{2E} |q|$$

Σωστό το γ).

vi) Για να εκτρέπονται κάποια ιόντα προς τον θετικό οπλισμό του πυκνωτή, σημαίνει ότι το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης είναι μεγαλύτερο από το μέτρο της δύναμης Lorentz. Αλλά αφού η ηλεκτρική δύναμη είναι ίδια για τα δυο ιόντα, ενώ για την δύναμη Lorentz $F_L = B, \nu |q|$ σημαίνει ότι εκτρέπονται τα ιόντα με ταχύτητα μικρότερη από την ταχύτητα ν που δίνει η εξίσωση (1), είτε αυτό είναι ένα ανιόν x, είτε ανιόν y.

dmargaris@gmail.com