

Ζυγίζοντας με ... φωτογραφικό φιλμ

α. Γνωρίζουμε ότι όταν τα ιόντα εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου θα διαγράψουν ημικύκλια με ακτίνες $R = \frac{mU}{eB}$, όπου m η μάζα του

ιόντος, U η ταχύτητά του και e το ηλεκτρικό του φορτίο (τα ιόντα είναι μονοσθενή και, όπως φαίνεται στο σχήμα της εκφώνησης, θετικά φορτισμένα και έτσι το φορτίο τους ισούται με τη μονάδα του στοιχειώδους φορτίου). Αν εκφράσουμε την ταχύτητα συναρτήσει της κινητικής ενέργειας η ανωτέρω σχέση λαμβάνει τη μορφή $R = \frac{\sqrt{2mK}}{eB}$.

Οι αποστάσεις AN_1 και AN_2 εκφράζουν τις διαμέτρους αυτών των τροχιών και έτσι έχουμε για το ιόν ^{39}K : $AN_1 = 2R_1 = 57,6\text{mm}$ και για το ιόν ^{41}K : $AN_2 = 2R_2 = 59,1\text{mm}$.

Φυσικά $N_1N_2 = AN_2 - AN_1 = 1,5\text{mm}$.

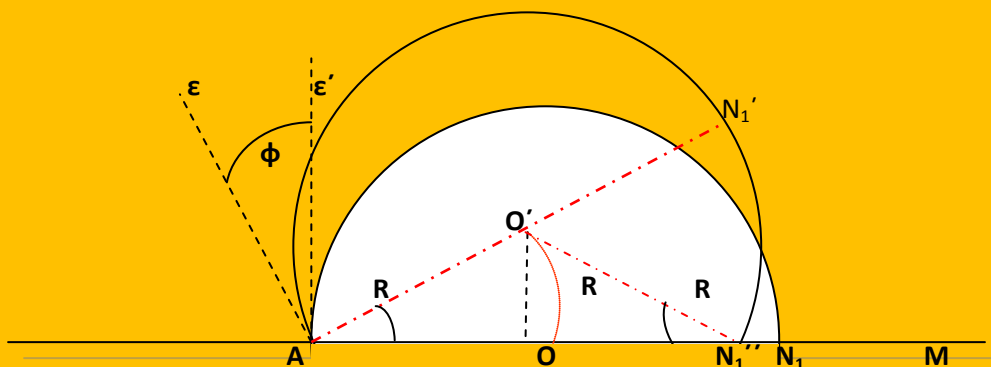
β. i. Υπολογισμός εύρους Δx λόγω απόκλιση της δέσμης.

Τα που ιόντα εισέρχονται κάθετα προς το επίπεδο AM και κινούνται στο ημικύκλιο AN_1 με κέντρο O και ακτίνα R .

Τα ιόντα που εισέρχονται υπό γωνία ϕ , ως προς την κάθετη στο επίπεδο AM διεύθυνση και προς τα αριστερά, διαγράφουν το τόξο $AN_1'N_1''$, που ανήκει σε κύκλο με κέντρο O' και ακτίνας R ίσης μ' αυτή του προηγούμενου ημικύκλιου.

Με τη βοήθεια του σχήματος έχουμε (προσεγγιστικά και για τα δύο ιόντα):

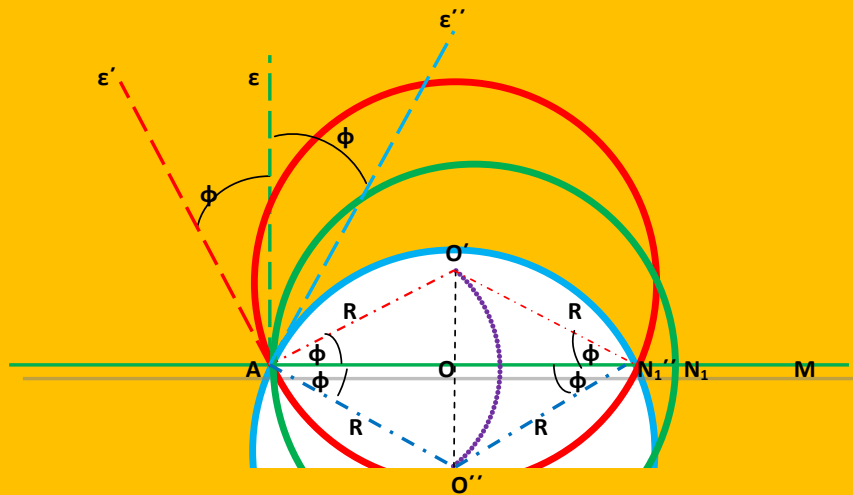
$$N_1N_1'' = AN_1 - AN_1'' = 2R - 2R\cos(\pi/60) = 2R[1 - \cos(\pi/60)] \approx 0,06\text{mm}$$



Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ιόντα που εισέρχονται υπό γωνία ϕ , ως προς την

κατακόρυφη στο σημείο **A** και προς τα δεξιά, χτυπούν το φωτογραφικό φιλμ στο ίδιο σημείο **N₁'** με τα προηγούμενα που εισέρχονται με γωνία ϕ προς τα αριστερά της κάθετης στο **A**. Στο σχήμα που ακολουθεί αποδεικνύεται η ορθότητα αυτής της πρότασης.

Τα χρώματα των κύκλων με κέντρα τα σημεία **O** (πράσινος), **O'** (κόκκινος) και **O''** (μπλε) – όλοι με ίσες ακτίνες **R** και σημείο τομής το **A** – συμπίπτουν με τα χρώματα των αντίστοιχων εφάπτομένων ϵ , ϵ' και ϵ'' στο σημείο **A**. Η ακτίνα **AO'** του κόκκινου κύκλου είναι κάθετη στην ευθεία ϵ' και η ακτίνα **AO''** είναι κάθετη στην ευθεία ϵ'' . Φυσικά η ευθεία **AM** (το επίπεδο του φιλμ) είναι κάθετη στην κάθετη στο **A** ευθεία ϵ . Από τη γεωμετρία του σχήματος συμπεραίνουμε ότι το σημείο **N₁'** θα πρέπει ν' ανήκει και στην κόκκινη και στην μπλε περιφέρεια.



ι. Υπολογισμός εύρους Δx_2 λόγω διαφορετικής ενέργειας των ιόντων της δέσμης. Θέτοντας στην σχέση ακτίνας – κινητικής ενέργειας του ερωτήματος (α) όπου **K** την έκφραση $K_0 + \Delta K$ – με $K_0 = 500\text{eV}$ και $\Delta K = \pm 5\text{eV}$ – παίρνουμε για τις δυνατές τιμές της διαμέτρου δ :

$$\delta = 2 \frac{\sqrt{2mK_0}}{eB} \left(1 + \frac{\Delta K}{K_0}\right)^{1/2} = 2R \left(1 + \frac{\Delta K}{K_0}\right)^{1/2}$$

Έτσι:

$$\Delta x_2 = \delta_{\max} - \delta_{\min} = 2R \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta K}{K_0}} - \sqrt{1 - \frac{\Delta K}{K_0}} \right)$$

Εφαρμόζοντας την σχέση αυτή παίρνουμε $\Delta x_2 \approx 0,58$ και για τα δύο ιόντα (κατά προσέγγιση). Τελικά το εύρος Δx των ευθυγράμμων ιχνών των δύο ισοτόπων επί της φωτογραφικής πλάκας ισούται με $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2 = 0,64\text{mm}$.

γ. Η ανίχνευση των δύο ιόντων είναι δυνατή διότι τα σημεία στα οποία πέφτουν οι δύο δέσμες απέχουν απόσταση $N_1 N_2 > 2\Delta x$ (αρκετή ώστε να διακρίνονται καθαρά τα ίχνη των δύο δεσμών στην φωτογραφική πλάκα).

Επιμέλεια ασκήσεων Βασίλειος Παπαβασιλείου ΠΕ04

Για τυχόν παρατηρήσεις, διορθώσεις αλλά και ... έξυπνες λύσεις των ασκήσεων μπορείτε να επικοινωνήσετε μέσω της διεύθυνσης ergfys@gym-mous-laris.lar.sch.gr