Άννα Μανωλάκη

Διαγώνισμα Φυσικής

Γ Λυκείου

Ηλεκτρομαγνητισμός

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Αναλυτικές Απαντήσεις

2025

35ο

Επαναληπτικό Διαγώνισμα Γ Λυκείου

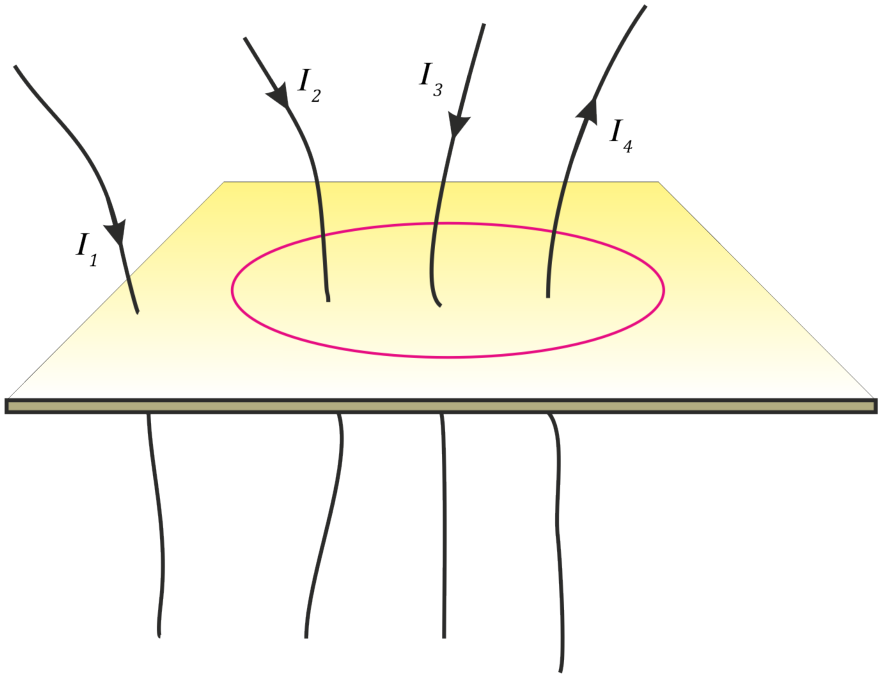
Ηλεκτρομαγνητισμός

Άννα Μανωλάκη

απαντήσεις

Θέμα Α

A1. γ



Σύμφωνα με τον Νόμο του Ampère " Κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής, το άθροισμα των γινομένων Β Δl συνθ, ισούται με το $\mu_o I_{εγκ}$, όπου $I_{εγκ}$ το άθροισμα των ρευμάτων που διέρχονται από την επιφάνεια η οποία περιβάλλεται από την κλειστή αυτή διαδρομή» Οπότε:

$$\sum B\cdot\Delta\ell\cdot συνθ=0 \Leftrightarrow \mu_o I_{εγκ}=0 \Leftrightarrow I_{εγκ}=I_4-I_2-I_3=0 \Leftrightarrow 2A-0{,}5A-I_3=0 \Leftrightarrow$$

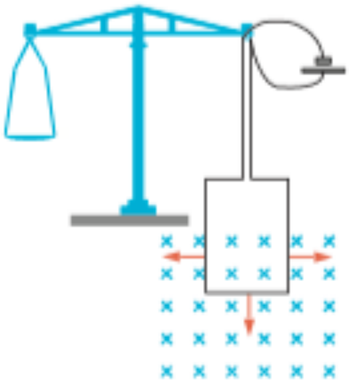
$$I_3=2A-0{,}5A \Leftrightarrow \boxed{I_3=1{,}5A}$$

A2. β

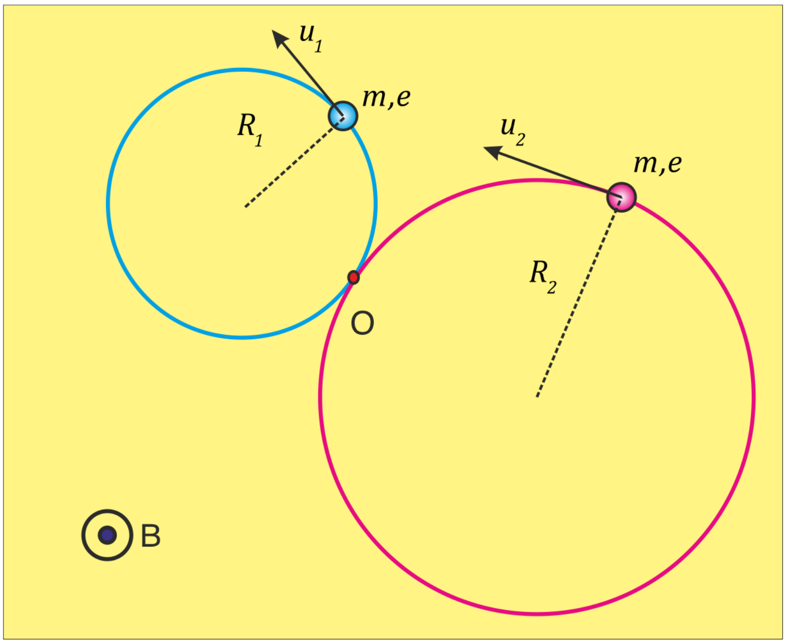
Βλ. σχολικό εγχειρίδιο σελ. 148, §4.3.

A3. α

Ο μαγνητικός ζυγός χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης B των μαγνητικών πεδίων, βλ. παράδειγμα 4.3, σελ. 164, , §4.10.



A4. γ



Και τα δύο σωματίδια έχουν την ίδια μάζα m και το ίδιο φορτίο e, επομένως η περίοδος T της κίνησης που θα εκτελούν στο μαγνητικό πεδίο είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητά τους. Δηλαδή και τα δύο ηλεκτρόνια θα φτάσουν ταυτόχρονα και πάλι στο σημείο βολής O.

$$\boxed{T = \frac{2\pi m}{B|e|}}$$

Όμως η ακτίνα R της τροχιάς είναι ανάλογη της ταχύτητας του σωματιδίου, επομένως:

$$u_2 > u_1 \Leftrightarrow \frac{mu_2}{B|e|} > \frac{mu_1}{B|e|} \Leftrightarrow \boxed{R_2 > R_1}$$

Δηλαδή τα ηλεκτρόνια με τη μεγαλύτερη ταχύτητα u_2, κινούνται πιο γρήγορα και διαγράφουν και κυκλική τροχιά μεγαλύτερης ακτίνας.

Α5. Σ –Λ:

α. Σ

β. Λ

γ. Σ

δ. Σ

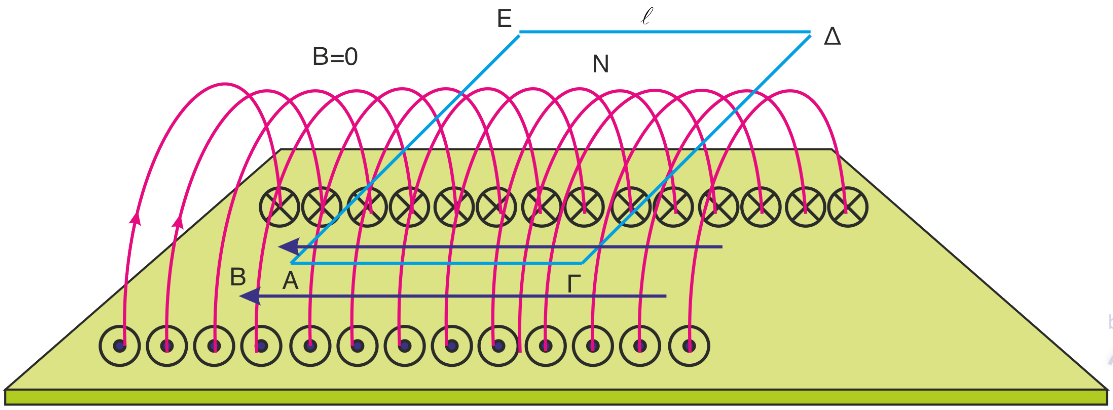
ε. Λ *(Η ορμή είναι διανυσματικό μέγεθος, το μέτρο της δε μεταβάλλεται αλλά αλλάζει συνεχώς η διεύθυνσή της).*

(Οι απαντήσεις περιέχονται στο σχολικό εγχειρίδιο)

Θέμα Β

Β1. γ

Εφαρμόζουμε τον Νόμο του Ampère, κατά μήκος της κλειστής διαδρομής (σχήματος ορθογωνίου) (ΑΕΔΓΑ). Εξωτερικά του σωληνοειδούς η ένταση Β=0. Στα τμήματα (ΑΕ) και (ΔΓ) η ένταση είναι κάθετη σε κάθε στοιχειώδες ευθύγραμμο τμήμα (συνθ=0), οπότε καταλήγουμε μόνο στο τμήμα ΓΑ:

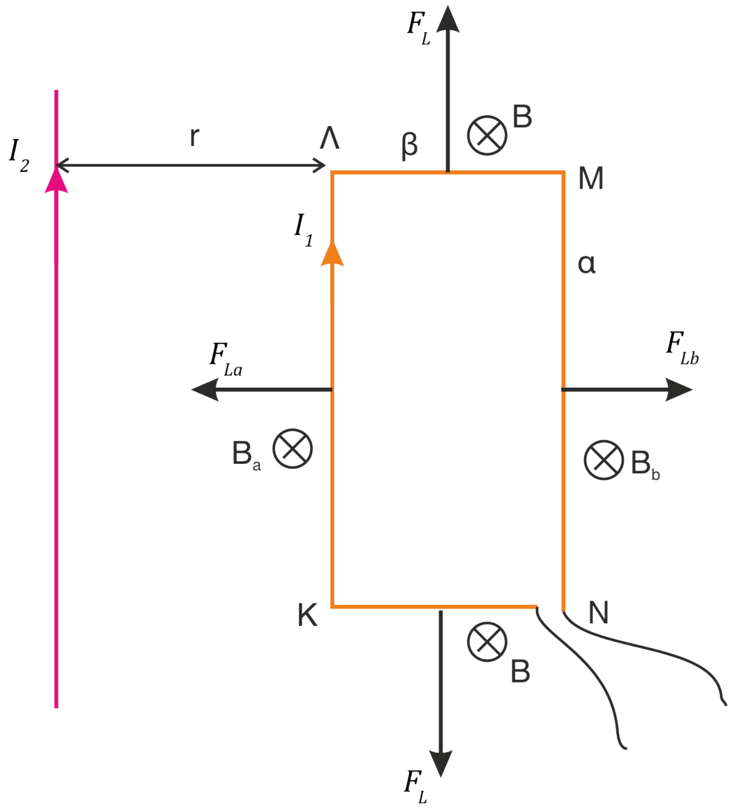


$$\sum B\cdot\Delta\ell\cdot\sigma\upsilon\nu\theta=\mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa} \Leftrightarrow B\ell=\mu_o NI \Leftrightarrow B=\mu_o I\frac{N}{\ell} \quad ή \quad \boxed{B=\mu_o In}$$

Β2. β

Οι δύο δυνάμεις μέτρου F_L που δέχονται οι πλευρές (ΚΝ) και (ΛΜ) του πλαισίου είναι αντίθετες οπότε η συνισταμένη τους είναι ίση με μηδέν. Υπολογίζουμε το μέτρο της δύναμης F_{La} που δέχεται (στο μέσο της) η πλευρά (ΚΛ):

$$F_{La}=B_a I_1 a=\frac{\mu_o}{4\pi}\cdot\frac{2I_2}{r}I_1 a \quad (1)$$



Υπολογίζουμε το μέτρο της δύναμης F_{Lb} που δέχεται (στο μέσο της) η πλευρά (ΜΝ):

$$F_{Lb} = B_b I_1 a = \frac{\mu_o}{4\pi}\cdot\frac{2I_2}{r+b} I_1 a \quad (2)$$

Προφανώς η $F_{La} > F_{Lb}$, οπότε το μέτρο της συνισταμένης τους είναι:

$$\Sigma F_L = F_{La} - F_{Lb} = \frac{\mu_o}{4\pi}\cdot\frac{2I_1}{r} I_2 a - \frac{\mu_o}{4\pi}\cdot\frac{2I_1}{r+b} I_2 a \Leftrightarrow$$

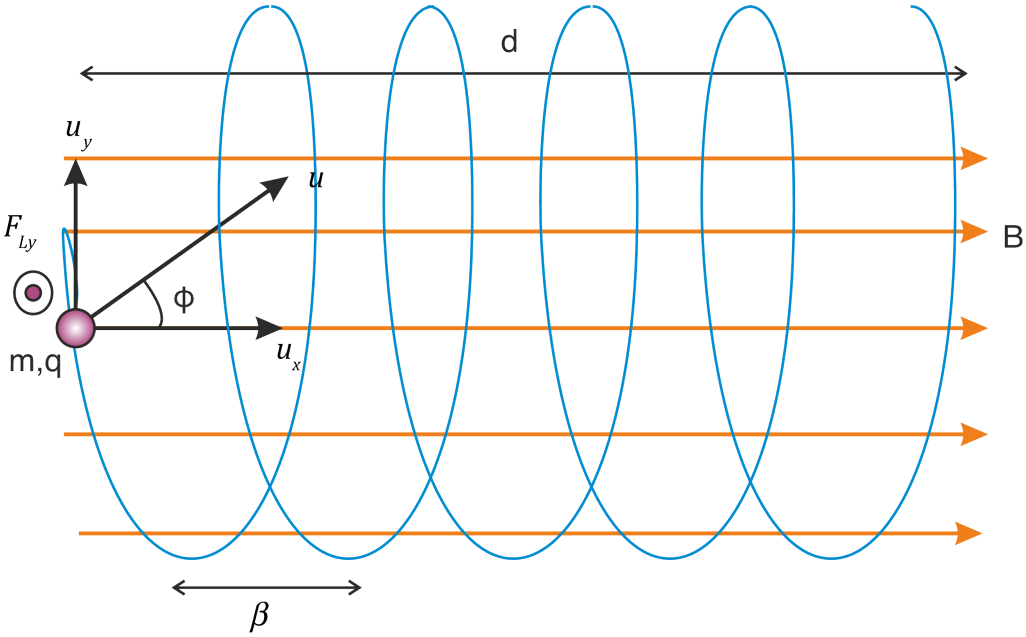
$$\Sigma F_L = \frac{\mu_o}{2\pi}\cdot I_1 I_2 a\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r+b}\right) = \frac{\mu_o}{2\pi}\cdot I_1 I_2 a\left(\frac{r+b}{r} - \frac{r}{r+b}\right) \Leftrightarrow$$

$$\boxed{\Sigma F_L = \frac{\mu_o I_1 I_2 ab}{2\pi r(r+b)}}$$

Β3. β

Αναλύουμε την ταχύτητα του σωματιδίου σε δύο συνιστώσες u_x και u_y. Εξαιτίας της u_x δεν δέχεται δύναμη Lorentz, με αποτέλεσμα να εκτελεί κατά μήκος της οριζόντια διεύθυνσης ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, η οριζόντια μετατόπιση του σωματιδίου Δx δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta x = u_x \cdot \Delta t = u \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi \cdot \Delta t \Leftrightarrow \Delta x = 0{,}8u \cdot \Delta t \quad (1)$$



Εξαιτίας της u_y, το σωματίδιο δέχεται τη επίδραση της δύναμης Lorentz, η οποία αναγκάζει το σωματίδιο να εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με περίοδος T που δίνεται από τη σχέση:

$$T=\frac{2\pi m}{B|q|} \quad (2)$$

και ακτίνα R που δίνεται από τη σχέση:

$$R=\frac{mu_y}{B|q|} \Leftrightarrow R=\frac{mu\cdot ημφ}{B|q|} \Leftrightarrow R=\frac{0{,}6\cdot mu}{B|q|} \quad (3)$$

Η σύνθετη λοιπόν κίνηση που εκτελεί το σωματίδιο ονομάζεται ελικοειδής με σταθερό βήμα έλικας. Από τις σχέσεις (1), (2) υπολογίζουμε το βήμα της έλικας:

$$\beta=0{,}8u\cdot\frac{2\pi m}{B|q|} \Leftrightarrow \beta=\frac{1{,}6\pi mu}{B|q|} \quad (4)$$

Από (3), (4):

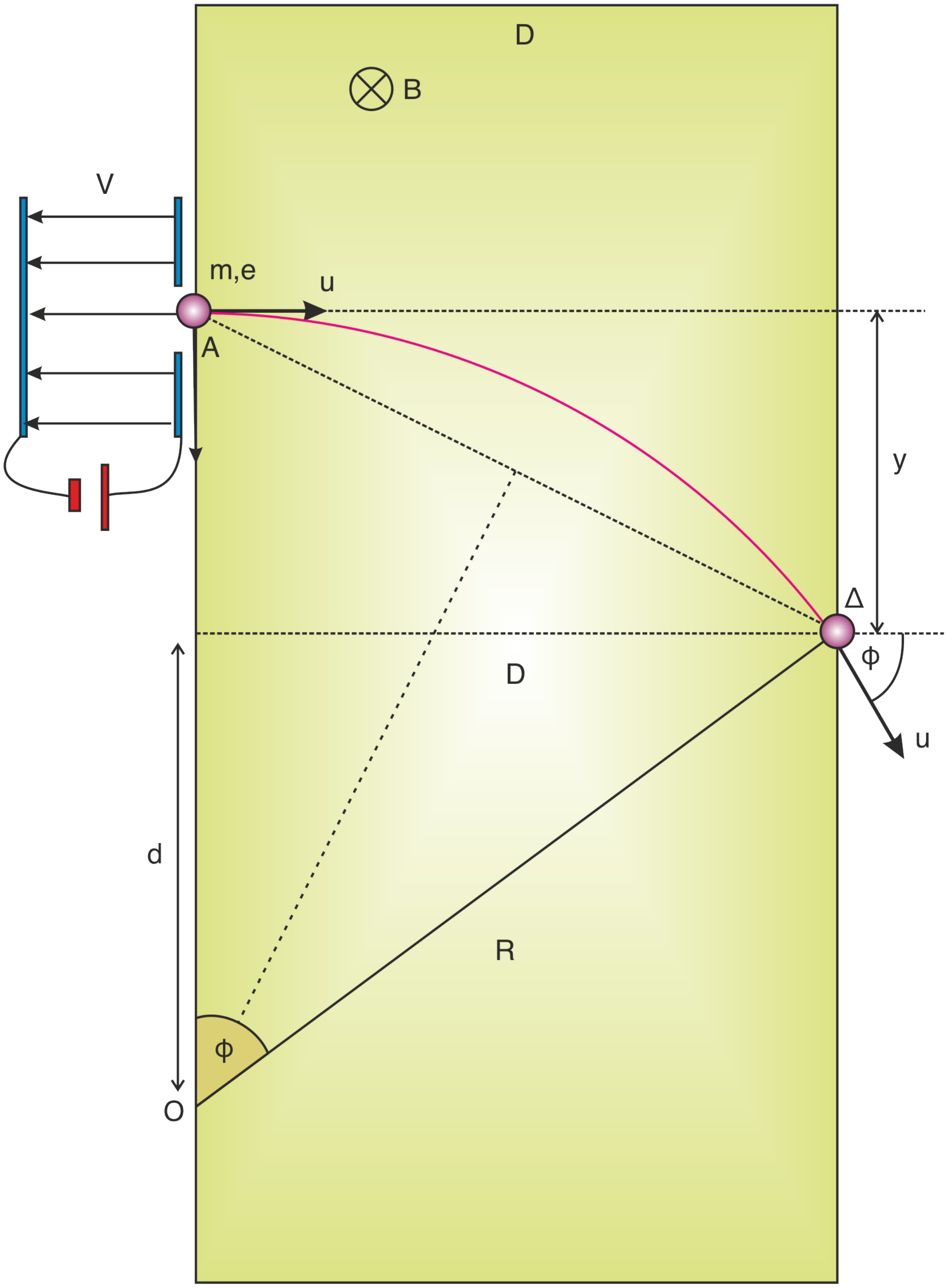
$$\beta=\frac{1{,}6\pi}{1}\cdot\frac{mu}{B|q|} \Leftrightarrow \beta=\frac{1{,}6\pi}{1}\cdot\frac{R}{0{,}6} \Leftrightarrow \beta=\frac{8\pi R}{3} \quad (5)$$

Η σχέση που συνδέει τον αριθμό N των περιφορών που εκτελεί το σωματίδιο μέχρι να εξέλθει από το μαγνητικό πεδίο πλάτους d=4π, με την ακτίνα R της τροχιά είναι:

$$N=\frac{d}{\beta} \Leftrightarrow N=\frac{4\pi}{\frac{8\pi R}{3}} \Leftrightarrow \boxed{N=\frac{3}{2R}}$$

Θέμα Γ

Γ1. *Εφαρμόζουμε το Θεώρημα Μεταβολής της Κινητικής Ενέργειας για να υπολογίσουμε το μέτρο της ταχύτητας u του σωματιδίου, τη στιγμή που εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο που σχηματίζεται ανάμεσα στους δύο οπλισμούς του πυκνωτή:*



$$\frac{1}{2}mu^2 = |e|V \Leftrightarrow |u| = \sqrt{\frac{2|e|V}{m}} \Leftrightarrow \boxed{|u| = 8 \cdot 10^5 m/s}$$

Γ2. *Τη στιγμή που εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο, δέχεται την επίδραση δύναμης Lorentz, οπότε εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, διαγράφοντας τμήμα κυκλική τροχιάς ακτίνας R:*

$$R = \frac{mu}{B|e|} \Leftrightarrow \boxed{R = 4,5 \cdot 10^{-2} m}$$

Δηλαδή η ακτίνα του R είναι μεγαλύτερη από το πλάτος D του μαγνητικού πεδίου, οπότε το σωματίδιο εξέρχεται από το σημείο Δ, όπως φαίνεται στο σχήμα, με αποτέλεσμα η γωνία που σχηματίζει η ταχύτητα του σωματιδίου τη στιγμή που εξέρχεται (γωνιακή εκτροπή) από το πεδίο σε σχέση με τη αρχικη διεύθυνση της κίνησής του να είναι ίση με φ, την οποία υπολογίζουμε από το ορθογώνιο τρίγωνο που σχηματίζεται:

$$ημφ = \frac{D}{R} = \frac{2,25 \cdot 10^{-2}}{4,5 \cdot 10^{-2}} \Leftrightarrow ημφ = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \boxed{φ = \frac{π}{6} rad}$$

Γ3. *Το σωματίδιο εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, παραμένοντας στο πεδίο για χρονικό διάστημα Δt!*

$$ω = \frac{Δφ}{Δt} \Leftrightarrow Δt = \frac{φ}{ω} = \frac{\frac{π}{6}}{\frac{2π}{T}} \Leftrightarrow Δt = \frac{T}{12} \Leftrightarrow Δt = \frac{πm}{6B|e|} \Leftrightarrow \boxed{Δt = \frac{3π}{32} \cdot 10^{-7} s}$$

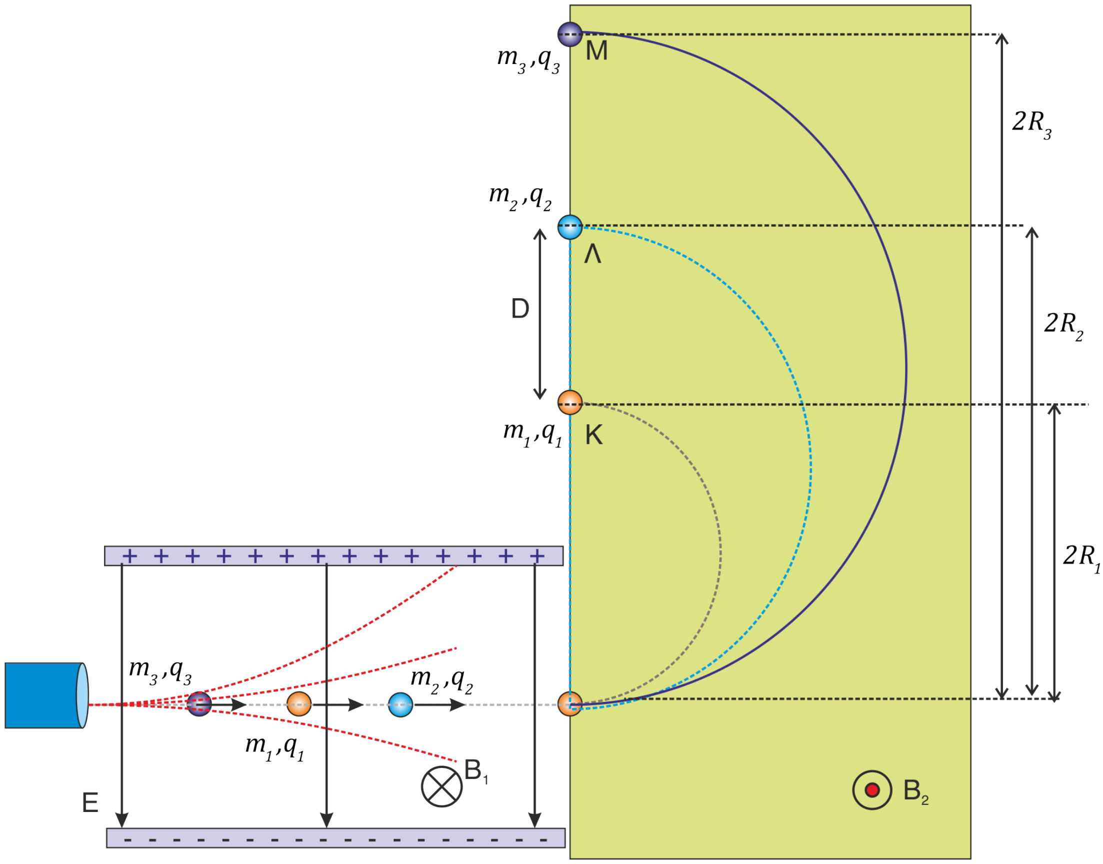
Γ4. *Για να μην εκτρέπεται το σωματίδιο δηλαδή να εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, θα πρέπει να ισχύει:*

$$ΣF = 0 \Leftrightarrow F_{ηλ} = F_L \Leftrightarrow E|e| = Bu|e| \Leftrightarrow E = Bu \Leftrightarrow \boxed{E = 80V/m}$$

Δηλαδή ν υπάρχει και ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με τις δυναμικές του γραμμές κάθετες στο επίπεδο της κίνησης και στην ταχύτητα του σωματιδίου με φορά προς τα κάτω και μέτρο E=80V/m.

Θέμα Δ

Δ1. *Όσα ιόντα καταφέρνουν να κινηθούν ευθύγραμμα ομαλά στον επιλογέα ταχυτήτων, θα έχουν ταχύτητα ίδιου μέτρου u, την οποία υπολογίζουμε:*



$$\Sigma F=0 \Leftrightarrow F_{\eta\lambda}=F_L \Leftrightarrow Eq=B_1uq \Leftrightarrow u=\frac{E}{B_1} \Leftrightarrow \boxed{u=\frac{1}{2}\cdot 10^6\, m/s}$$

Δ2. *Από το σχήμα προκύπτει:*

$$D=2R_2-2R_2=\frac{2u}{B_2q}\left(m_2-m_1\right)\xrightarrow{m_2=2m_1}D=\frac{2um_1}{B_2q} \Leftrightarrow m_1=\frac{B_2qD}{2u} \Leftrightarrow \boxed{m_1=32\cdot 10^{-28}\,kg}$$

Δ3. *Η χρονική διαφορά, παραμονής των δύο ιόντων στο πεδίο:*

$$\Delta t=\frac{\pi\left(m_2-m_1\right)}{B_2q} \Leftrightarrow \Delta t=\frac{\pi\left(2m_1-m_1\right)}{B_2q} \Leftrightarrow \Delta t=\frac{\pi m_1}{B_2q} \Leftrightarrow \boxed{\Delta t=4\pi\cdot 10^{-12}\,s}$$

Δ4. *Επειδή γνωρίζουμε ότι κάθε ιόν παραμένει για χρονικό διάστημα που ισούται με το μισό τη περιόδου του:*

$$\Delta t_3 = 3\cdot\Delta t_1 \Leftrightarrow \frac{T_3}{2} = 3\cdot\frac{T_1}{2} \Leftrightarrow T_3 = 3T_1 \Leftrightarrow \frac{2\pi m_3}{B_2 q} = 3\cdot\frac{2\pi m_1}{B_2 q} \Leftrightarrow m_3 = 3m_1$$

Η απόσταση ΚΜ των ιχνών των δύο ιόντων μάζας m_3 και m_1 είναι:

$$\left(KM\right) = 2R_3 - 2R_1 = \frac{2u}{B_2 q}\left(m_3 - m_1\right) \Leftrightarrow \left(KM\right) = \frac{2u}{B_2 q}\left(3m_1 - m_1\right) \Leftrightarrow$$

όμως

$$D = \frac{2um_1}{B_2 q}$$

Οπότε διαιρούμε κατά μέλη τις δύο αυτές σχέσεις:

$$\frac{\left(KM\right)}{D} = \frac{\frac{4u}{B_2 q}m_1}{\frac{2um_1}{B_2 q}} \Leftrightarrow \frac{\left(KM\right)}{D} = 2 \Leftrightarrow \left(KM\right) = 2D \Leftrightarrow \boxed{\left(KM\right) = 8cm}$$