

1

Στο διπλανό σχήμα, δείχνονται δύο μαγνητικά πεδία με αντίθετες φορές. Το πεδίο που περιορίζεται από το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο ΑΟΟ'Δ έχει μέτρο  $B_1=0,02\text{T}$  και φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα. Το πεδίο που περιορίζεται από το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο ΟΓΕΟ' έχει μέτρο  $B_2=0,01\text{T}$  και φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη. Η πλευρά (ΑΔ) έχει μήκος  $a=3\text{m}$ .

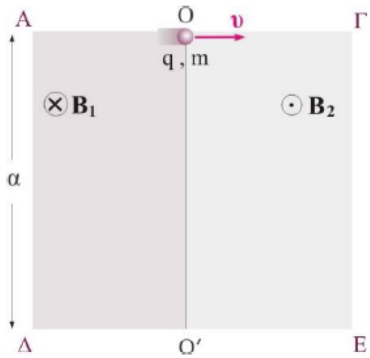
Ένα θετικά φορισμένο σωματίδιο με λόγο  $q/m=10^6\text{C/kg}$  εισέρχεται στον χώρο των μαγνητικών πεδίων από το σημείο Ο, εφαπτομενικά στην πλευρά (ΑΓ). Το σωματίδιο αφού διαγράψει από μια ημιπεριφέρεια σε κάθε πεδίο, εξέρχεται από το σημείο Ο' εφαπτομενικά στην πλευρά (ΔΕ).

α. Να σχεδιάσετε την τροχιά του σωματιδίου στα δύο πεδία.

β. Να βρείτε το έργο της δύναμης των πεδίων κατά την παραπάνω μετακίνηση του σωματιδίου.

γ. Να υπολογίσετε τις ακτίνες των κυκλικών τροχιών στα δύο πεδία.

δ. Να βρείτε το μέτρο  $u$  της ταχύτητας του σωματιδίου.



2

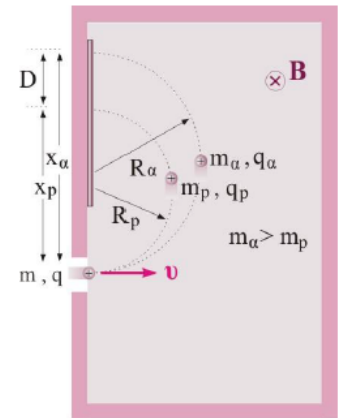
Πρωτόνια και σωματίδια  $\alpha$ , εισέρχονται ταυτόχρονα με ταχύτητες ίδιου μέτρου,  $u=10^5\text{m/s}$ , σε χώρο όπου υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B=2\cdot 10^{-2}\text{T}$ , με διεύθυνση κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, όπως δείχνεται στο σχήμα. Τα σωματίδια αφού εκτελέσουν ημικυκλικές τροχιές, κτυπούν σε φωτογραφική πλάκα αφήνοντας δύο ίχνη.

α. Να βρείτε τις ακτίνες  $R_p$  και  $R_\alpha$  των κυκλικών τροχιών.

β. Να βρείτε την απόσταση  $D$  μεταξύ των ιχνών.

γ. Να βρείτε τη διαφορά χρόνου με την οποία τα σωματίδια κτυπούν στην πλάκα.

δ. Να βρείτε την απόσταση μεταξύ ενός πρωτονίου και ενός σωματίου  $\alpha$  που εισέρχονται ταυτόχρονα στο μαγνητικό πεδίο, τη χρονική στιγμή που το πρωτόνιο κτυπά στη φωτογραφική πλάκα.



**Δίνονται:**  $m_\alpha=4m_p$ ,  $q_\alpha=2q_p$ ,  $m_p=1,6\cdot 10^{-27}\text{kg}$ ,  $q_p=1,6\cdot 10^{-19}\text{C}$ .

3

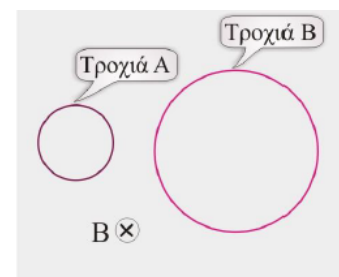
Δύο φορισμένα σωματίδια (1) και (2) κινούνται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με την ίδια ταχύτητα και εκτελούν κυκλικές τροχιές όπως στο σχήμα. Η σχέση των μαζών τους είναι  $m_1=2m_2$  και η σχέση των φορτίων τους είναι  $|q_2|=2q_1$ , αντίστοιχα. Επίσης γνωρίζουμε ότι  $q_1>0$  και  $q_2<0$ .

α. Να βρείτε ποια τροχιά αντιστοιχεί στο σωματίδιο (1) και ποια αντιστοιχεί στο σωματίδιο (2).

β. Να δείξετε στο σχήμα τη φορά κίνησης του κάθε σωματιδίου.

γ. Να βρείτε το λόγο των περιόδων των κυκλικών τροχιών.

δ. Να βρείτε πόσες περιφορές θα έχει εκτελέσει το σωματίδιο (2) αν το σωματίδιο (1) εκτελέσει 12 περιφορές.



4

Μια δέσμη ηλεκτρονίων και μια δέσμη πρωτονίων επιταχύνονται από την ίδια διαφορά δυναμικού ξεκινώντας από την ηρεμία. Τα σωματίδια στη συνέχεια εισέρχονται σε ομογενή μαγνητικά πεδία μέτρων έντασης  $B_1$  και  $B_2$ , κάθετα στις δυναμικές τους γραμμές, όπως δείχνονται στο σχήμα.

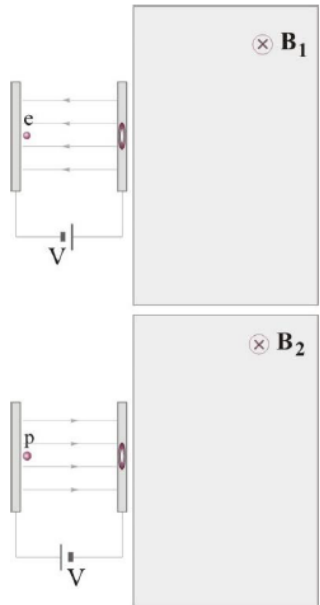
α. Να σχεδιάσετε τις τροχιές των σωματιδίων στα μαγνητικά πεδία ποιοτικά.

β. Να βρείτε τον λόγο των μέτρων των ταχυτήτων με τις οποίες τα σωματίδια εξέρχονται από το ηλεκτρικό πεδίο.

γ. Αν ο λόγος των ακτίνων στα μαγνητικά πεδία είναι  $\frac{R_e}{R_p} = \frac{27}{5} \cdot 10^{-2}$ ,

όπου  $R_e$ ,  $R_p$  οι ακτίνες των τροχιών των ηλεκτρονίων και πρωτονίων αντίστοιχα, να βρείτε το λόγο των μέτρων των μαγνητικών πεδίων,  $\frac{B_1}{B_2}$

δ. Να βρείτε τον λόγο των περιόδων των δύο σωματιδίων. Το αποτέλεσμα να δοθεί σε δύναμη του  $10^{-4}$  και ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου.



Δίνονται:  $m_p = 5/3 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ ,  $m_e = 9 \cdot 10^{-31} \text{kg}$  και  $\sqrt{\frac{5}{27}} = 0,43$

5

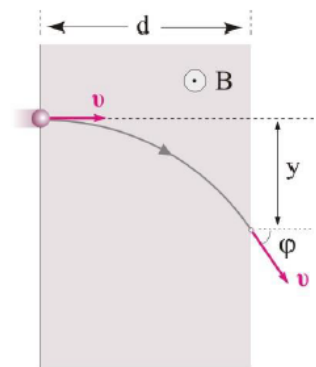
Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο με φορτίο  $q = 1 \mu\text{C}$ , μάζα  $m = 10^{-14} \text{kg}$ , κινούμενο με ταχύτητα  $v = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  εισέρχεται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B = 0,1 \text{T}$ , όπως δείχνεται στο σχήμα. Το πλάτος του μαγνητικού πεδίου είναι  $d = 6\sqrt{3} \text{cm}$ .

α. Να βρείτε τη γωνιακή εκτροπή  $\phi$  του σωματιδίου από την αρχική του πορεία.

β. Να βρείτε την απόκλιση  $y$  του σωματιδίου από την αρχική του πορεία.

γ. Να βρείτε το χρόνο κίνησης του σωματιδίου στο μαγνητικό πεδίο.

δ. Να βρείτε το μέτρο της μεταβολής της ορμής του σωματιδίου κατά την κίνησή του στο μαγνητικό πεδίο.



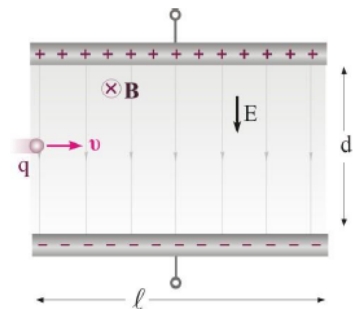
6

Ένας επιλογέας ταχυτήτων αποτελείται από δύο ομογενή πεδία, ένα ηλεκτρικό έντασης  $E = 100 \text{N/m}$  και ένα μαγνητικό πεδίο έντασης  $B = 10^{-2} \text{T}$ . Τα δύο πεδία έχουν τις δυναμικές γραμμές κάθετες μεταξύ τους, όπως δείχνεται στο σχήμα.

A. Να βρείτε την ταχύτητα  $u$  με την οποία πρέπει να κινείται ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο κάθετα στις δυναμικές γραμμές των πεδίων, ώστε να μην εκτρέπεται από αυτά.

B. Το προηγούμενο φορτισμένο σωματίδιο έχει λόγο  $q/m = 10^6 \text{C/kg}$  και κινούμενο με ταχύτητα  $v = 10^4 \text{m/s}$  εισέρχεται με τον ίδιο τρόπο στον προηγούμενο χώρο, στον οποίο τώρα υπάρχει μόνο το ηλεκτρικό πεδίο. Αν το μήκος των πλακών του πυκνωτή είναι  $\ell = 40 \text{cm}$  να βρείτε:

- την επιτάχυνση που αποκτά το φορτισμένο σωματίδιο εξαιτίας του ηλεκτρικού πεδίου.
- την κατακόρυφη γραμμική εκτροπή του φορτίου, όταν αυτό εξέλθει από τον πυκνωτή.



7

Στο σχήμα δείχνεται η εγκάρσια τομή ενός οριζώντιου ομογενούς μαγνητικού πεδίου που έχει σχήμα τετραγώνου με πλευρά  $a=6\text{cm}$ . Το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και ένταση μέτρου  $B=0,01\text{T}$ .

Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο, με λόγο  $q/m=10^8\text{C/kg}$ , εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο εφαπτομενικά στην πλευρά ΑΓ με ταχύτητα  $u_0=4\cdot 10^4\text{ m/s}$ .

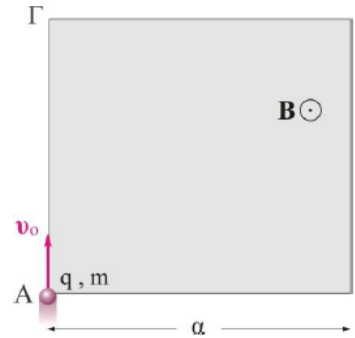
Θεωρούμε το σημείο εισόδου του σωματιδίου στο πεδίο, Α, ως την αρχή των αξόνων ενός ορθογωνίου συστήματος αναφοράς, του οποίου οι άξονες συμπίπτουν με τις πλευρές της εγκάρσιας τομής.

α. Να σχεδιάσετε τη μαγνητική δύναμη που ασκείται στο σωματίδιο και να βρείτε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

α. Να βρείτε τις συντεταγμένες του σημείου εξόδου του σωματιδίου από το πεδίο.

β. Να βρείτε το μήκος τροχιάς που διέγραψε το σωματίδιο μέσα στο πεδίο.

γ. Να βρείτε το χρόνο κίνησης του σωματιδίου μέσα στο πεδίο.



8

Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο φορτίου  $q=1\mu\text{C}$  και μάζας  $m=10^{-12}\text{ kg}$

εισέρχεται με αρχική ταχύτητα μέτρου  $v=2\cdot 10^3\frac{\text{m}}{\text{s}}$  κάθετα στις

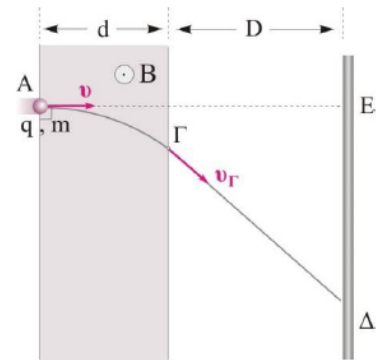
δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης  $B=0,1\text{T}$  και πλάτους  $d=\sqrt{3}\text{cm}$ , όπως δείχνεται στο σχήμα. Σε οριζόντια απόσταση  $D=2\sqrt{3}\text{cm}$  από το δεξιό όριο του μαγνητικού πεδίου, υπάρχει πέτασμα, παράλληλο στα όρια του πεδίου, στο οποίο κτυπά το σωματίδιο (σημείο Δ). Να βρείτε:

α. την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς.

β. τη γωνιακή εκτροπή κατά την έξοδο του σωματιδίου από το μαγνητικό πεδίο.

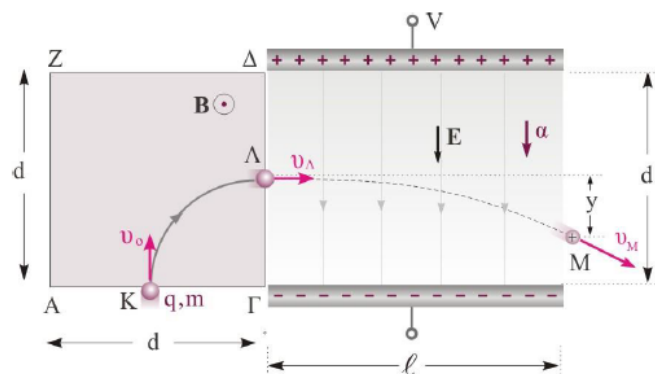
γ. την ολική γραμμική εκτροπή (ΕΔ).

δ. τον ολικό χρόνο κίνησης του σωματιδίου από τη στιγμή που αυτό εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μέχρι να κτυπήσει στο πέτασμα ( $t_{\Delta\delta}$ ).



9

Δέσμη πρωτονίων εισέρχεται με ταχύτητα  $u_0$  κάθετα στις δυναμικές γραμμές ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης μέτρου  $B=0,1\text{T}$ , το οποίο έχει τη μορφή τετραγώνου πλευράς  $d=0,1\text{m}$ . Τα πρωτόνια εισέρχονται από το μέσο Κ της πλευράς ΑΓ, κάθετα σε αυτήν και εξέρχονται από το μέσο της πλευράς ΓΔ, σημείο Λ, σε διεύθυνση κάθετη σε αυτήν, όπως δείχνεται στο σχήμα. Όταν τα πρωτόνια εξέρχονται από το μαγνητικό πεδίο, εισέρχονται αμέσως σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου  $E$ , σε διεύθυνση που είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του ηλεκτρικού πεδίου. Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται από δύο παράλληλες πλάκες που απέχουν μεταξύ τους  $d$  και έχουν μήκος  $\ell=15\text{cm}$ . Τα πρωτόνια κατά την κίνησή τους στο ηλεκτρικό πεδίο εκτρέπονται από την ευθύγραμμη πορεία τους κατά  $y=2,25\text{cm}$ .



- α. Να βρείτε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ενός πρωτονίου κατά την κίνησή του στο μαγνητικό πεδίο.
  - β. Να βρείτε το μέτρο της ταχύτητας  $u_0$
  - γ. Να βρείτε το μέτρο της ταχύτητας  $u_A$ , με την οποία τα πρωτόνια εισέρχονται στο ηλεκτρικό πεδίο.
  - δ. Να βρείτε την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου.
  - ε. Να βρείτε τον ολικό χρόνο κίνησης των πρωτονίων στο χώρο των δύο πεδίων.
- Δίνεται για το πρωτόνιο ο λόγος  $q/m=10^8\text{C/kg}$  και  $\pi=3,14$ .

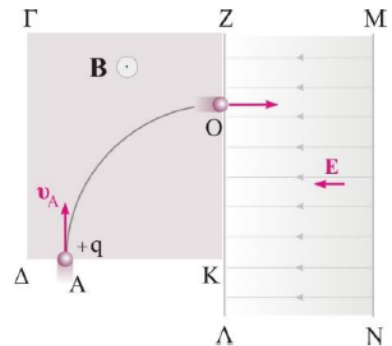
10

Στο σχήμα δείχνονται ένα ομογενές ηλεκτρικό και ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο που το ένα είναι συνέχεια του άλλου. Το μαγνητικό πεδίο περιορίζεται από το ορθογώνιο ΓΖΚΔ, έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και μέτρο  $B=10^{-2}\text{T}$ . Το ηλεκτρικό πεδίο περιορίζεται από το ορθογώνιο ΖΜΝΛ, έχει φορά από τα δεξιά προς τα αριστερά και ένταση μέτρου  $E=2,5\cdot 10^3\text{N/C}$ .

Ένα θετικά φορτισμένο σωματίδιο με μάζα  $m=1,6\cdot 10^{-27}\text{kg}$  και φορτίο  $q=1,6\cdot 10^{-19}\text{C}$  εισέρχεται στην περιοχή του μαγνητικού πεδίου με ταχύτητα μέτρου  $10^6\text{m/s}$  που το διάνυσμά της είναι κάθετο στις μαγνητικές γραμμές και κάθετο στη πλευρά ΔΚ.

Το σωματίδιο αφού διαγράψει τεταρτοκύκλιο μέχρι το σημείο Ο, εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο και εισέρχεται στο ηλεκτρικό σε διεύθυνση παράλληλη στις ηλεκτρικές δυναμικές γραμμές του.

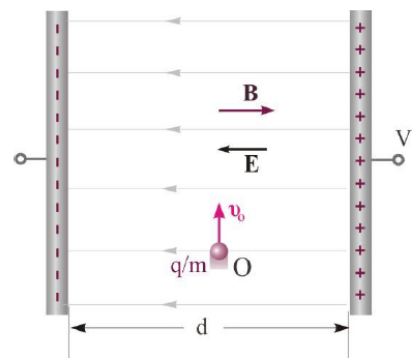
- α. Να βρείτε το μέτρο  $u_0$  της ταχύτητας του σωματιδίου, όταν εισέρχεται στο ηλεκτρικό πεδίο.
  - β. Να υπολογίσετε την ακτίνα της κυκλικής τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο.
  - γ. Να υπολογίσετε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών ΖΛ και ΜΝ, ώστε το σωματίδιο να φθάσει με μηδενική ταχύτητα στην πλάκα ΜΝ.
  - δ. Να βρεθεί ο συνολικός χρόνος κίνησης του σωματιδίου από τη στιγμή της εισόδου στο μαγνητικό πεδίο μέχρι να φθάσει στην πλάκα ΜΝ.
- Η επίδραση του πεδίου βαρύτητας να θεωρηθεί αμελητέα. Δίνεται  $\pi=3,14$ .



11

Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο του σχήματος δημιουργείται από επίπεδο πυκνωτή που έχει τους οπλισμούς του κατακόρυφους. Η απόσταση μεταξύ των οπλισμών είναι  $d=20\text{cm}$  και η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα τους είναι  $V=100\text{V}$ . Στο εσωτερικό του πυκνωτή υπάρχει και ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B=0,4\text{T}$ , του οποίου οι δυναμικές γραμμές έχουν φορά αντίθετη από αυτή του ηλεκτρικού. Ένα πρωτόνιο εκτοξεύεται από το σημείο Ο κάθετα στις δυναμικές γραμμές και των δύο πεδίων με αρχική ταχύτητα  $u_0=10^6\text{m/s}$ .

- α. Να βρείτε το είδος της κίνησης του πρωτονίου στο εσωτερικό του πυκνωτή, αν υπήρχε μόνο το ηλεκτρικό πεδίο.
- α. Να βρείτε το είδος της κίνησης του πρωτονίου στο εσωτερικό του πυκνωτή, αν υπήρχε μόνο το μαγνητικό πεδίο.
- γ. Να βρείτε το 3<sup>ο</sup> βήμα της ελικοειδούς τροχιάς.
- δ. Να βρείτε τον αριθμό των περιφορών του πρωτονίου, όταν θα έχει μετακινηθεί οριζόντια κατά  $\Delta x=10\text{cm}$ .
- ε. Να βρείτε τη μεταβολή της κινητικής του ενέργειας κατά την παραπάνω οριζόντια μετατόπιση.

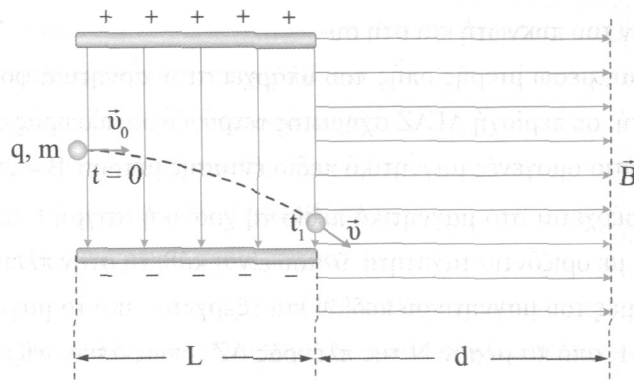


Για το πρωτόνιο δίνονται:  $m_p=1,6 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ ,  $q_p=1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ,  $\pi^2=10$ ,  $\pi=3,14$ .

θεωρείστε στο σημείο O τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων  $xz$  με τον άξονα  $x'Ox$  οριζόντιο (θετική φορά προς τα δεξιά), τον άξονα  $z'Oz$  κατακόρυφο (θετική φορά προς τα πάνω) και τον άξονα  $y'Oy$  με θετική φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

12

Φορτισμένο σωματίδιο μάζας  $m=10^{-9} \text{kg}$  και φορτίου  $q=+4 \cdot 10^{-6} \text{C}$  εισέρχεται τη χρονική στιγμή  $t=0$  με οριζόντια ταχύτητα μέτρου  $v_0=300 \text{m/s}$  σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου  $E=100 \text{V/m}$ , το οποίο δημιουργείται οι οριζόντιοι οπλισμοί ενός επίπεδου πυκνωτή. Το μήκος των οπλισμών του πυκνωτή είναι  $L=0,3 \text{m}$ . Το σωματίδιο εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο τη χρονική στιγμή  $t_1$  με ταχύτητα  $\vec{v}$  και αμέσως μετά εισέρχεται σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου  $B=3 \text{T}$ , το οποίο εκτείνεται σε μήκος  $d=0,5\pi \text{m}$  στη διεύθυνση της ταχύτητας  $\vec{v}_0$ .



Να υπολογίσετε:

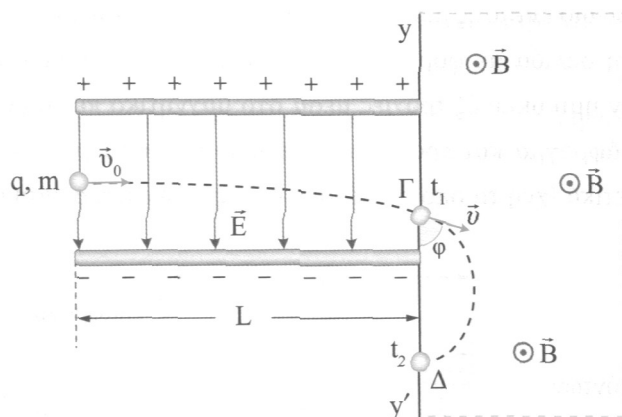
- Το μέτρο της ταχύτητας  $\vec{v}$ .
- Την ακτίνα, την περίοδο και το βήμα της ελικοειδούς τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο εντός του μαγνητικού πεδίου.
- Το πλήθος των περιστροφών που εκτελεί το σωματίδιο από τη χρονική στιγμή  $t_1$  στην οποία εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία εξέρχεται από αυτό.
- Τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία το σωματίδιο εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο.
- Το μήκος της τροχιάς που διαγράφει το σωματίδιο μέσα στο μαγνητικό πεδίο από τη χρονική στιγμή  $t_1$  μέχρι τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

Οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις να θεωρηθούν αμελητέες.

13

Σωματίδιο μάζας  $m=1,6 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  και φορτίου  $q=+1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  εισέρχεται τη χρονική στιγμή  $t=0$  με οριζόντια ταχύτητα μέτρου  $v_0=2 \cdot 10^5 \text{m/s}$  σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου  $E=10^3 \text{V/m}$  που δημιουργείται μεταξύ των οριζόντιων οπλισμών ενός επίπεδου πυκνωτή. Το μήκος των οπλισμών του πυκνωτή είναι  $L=0,4 \text{m}$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_1$  το σωματίδιο εξέρχεται από το ηλεκτρικό πεδίο και αμέσως μετά εισέρχεται σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης  $\vec{B}$  από σημείο  $\Gamma$  του κατακόρυφου ευθύγραμμου ορίου του  $y'y'$  με ταχύτητα  $\vec{v}$  που είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου και σχηματίζει οξεία γωνία  $\varphi$  με το όριο  $y'y'$ , όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Το σωματίδιο διαγράφει κυκλική τροχιά ακτίνας  $R = 0,2\sqrt{2}$  m μέσα στο μαγνητικό πεδίο και εξέρχεται από αυτό τη χρονική στιγμή  $t_2$  από σημείο  $\Delta$  του ορίου του  $y'y'$ .



Να υπολογίσετε:

- α. Την ταχύτητα  $\vec{v}$  του σωματιδίου.
- β. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου.
- γ. Την κατακόρυφη απόκλιση του σωματιδίου από την αρχική οριζόντια διεύθυνση της κίνησής του τη χρονική στιγμή  $t_2$  στην οποία εξέρχεται από το μαγνητικό πεδίο.
- δ. Τη χρονική στιγμή  $t_2$ .

Να θεωρήσετε ότι οι βαρυτικές αλληλεπιδράσεις είναι αμελητέες και ότι το μαγνητικό πεδίο εκτείνεται σε πολύ μεγάλη απόσταση στη διεύθυνση της ταχύτητας  $\vec{v}_0$ .