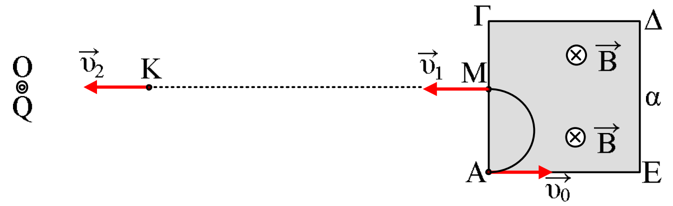
Κίνηση φορτισμένου σωματιδίου σε Μαγνητικό και Ηλεκτρικό πεδίο.

Η τομή ενός ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης B=2T είναι τετράγωνο ΑΓΔΕ πλευράς α=0,2m. Από την κορυφή Α εισέρχεται με ταχύτητα $υ_0$ στο πεδίο ένα φορτισμένο σωματίδιο μάζας $m=10^{-13}kg$ και φορτίου q_1 και εξέρχεται από το μέσον Μ της ΑΓ με ταχύτητα αντίθετης κατεύθυνσης και μέτρου $υ_1=10^5 m/s$, όπως στο σχήμα. Το σωματίδιο κατευθύνεται προς ένα άλλο ακλόνητο σημειακό φορτίο Q, που βρίσκεται στο σημείο Ο, σε πολύ μεγάλη απόσταση από το Μ. Όταν το σωματίδιο φτάσει στο σημείο Κ σ' απόσταση (ΟΚ)= r=2,4cm έχει ταχύτητα $υ_2=5·10^4 m/s$.



i) α) Ποιο είναι το πρόσημο του φορτίου q_1

β) ποια είναι η τιμή της αρχικής ταχύτητας $υ_0$;

Να δικαιολογήσετε πλήρως την απάντησή σας.

ii) Να βρεθούν οι τιμές των φορτίων q_1 και Q.

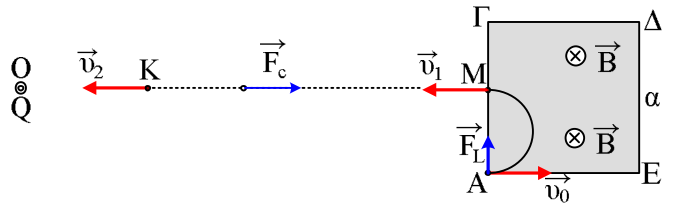
iii) Ποια η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο φορτίων;

Οι δυνάμεις βαρύτητας είναι αμελητέες.

Δίνεται $K_c=9·10^9 N·m^2/C^2$.

Απάντηση:

i) Παρατηρούμε ότι στο μαγνητικό πεδίο το σωματίδιο διαγράφει ημικύκλιο, συνεπώς η δύναμη Lorentz που δέχεται κατά την είσοδό του, έχει φορά προς τα πάνω, όπως στο σχήμα



α) Αλλά τότε από τον κανόνα των τριών δακτύλων προκύπτει ότι το σωματίδιο είναι θετικά φορτισμένο.

β) Η κίνηση μέσα στο ΟΜΠ είναι ομαλή κυκλική κατά την οποία το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό, συνεπώς $υ_0=υ_1=10^5 m/s$.

ii) Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς στο ΟΜΠ, ίση με το μισό της διαμέτρου είναι R= ½ (ΑΜ) = 0,05m και δίνεται από την σχέση:

$$R=\frac{m\upsilon}{q_1 B}\rightarrow q_1=\frac{m\upsilon}{RB}=\frac{10^{-13}10^{5}}{5\cdot 10^{-2}\cdot 2}C=10^{-7}C$$

Κατά την κίνησή του σωματιδίου από το Μ στο Κ, η ταχύτητά του μειώνεται άρα δέχεται δύναμη Coulomb από το φορτίο Q αντίθετης φοράς από την ταχύτητά του, κατά συνέπεια και το φορτίο Q είναι θετικό. Εξάλλου αν εφαρμόσουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. από το Μ στο Κ παίρνουμε:

$$K_K\text{-}K_M= W_{M\rightarrow K} \;\; ή \;\; ½\, m\upsilon_2^2 – ½\, m\upsilon_1^2 = q_1(V_\infty\text{-}V_K) \;\; ή$$

$$½\, m\upsilon_2^2 – ½\, m\upsilon_1^2= - q_1\cdot k_c\cdot\frac{Q}{r} \;\; ή$$

$$Q=\frac{mr(\upsilon_1^2-\upsilon_2^2)}{2k_c q_1}=\frac{10^{-13}\cdot 2{,}4\cdot 10^{-2}(10^{10}-25\cdot 10^{8})}{2\cdot 9\cdot 10^{9}\cdot 10^{-7}}C=10^{-8}C$$

iii) Έστω το σωματίδιο σταματά σε σημείο Λ, σε απόσταση x από το ακλόνητο φορτίο Q.

Με εφαρμογή του Θ.Μ.Κ.Ε. από το σημείο Μ στο Λ παίρνουμε:

$$K_\Lambda\text{-}K_M= W_{M\rightarrow \Lambda} \;\; ή \;\; 0– ½\, m\upsilon_1^2 = q_1(V_\infty\text{-}V_\Lambda) \;\; ή$$

$$-½\, m\upsilon_1^2= - q_1\cdot k_c\cdot\frac{Q}{x} \;\; ή$$

$$x=\frac{k_c Q q_1}{m\upsilon_1^2}=\frac{9\cdot 10^{9}\cdot 10^{-8}\cdot 10^{-7}}{10^{-13}\cdot 25\cdot 10^{8}}m=1{,}8\cdot 10^{-2}m$$

Σχόλιο:

Προφανώς αντί να χρησιμοποιηθεί το Θ.Μ.Κ.Ε. στις παραπάνω περιπτώσεις θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε την ΑΔΜΕ αφού η δύναμη του ηλεκτροστατικού πεδίου είναι συντηρητική.

dmargaris@sch.gr