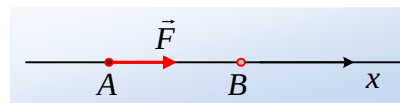


Ένταση και δυναμικά σε μια ευθύγραμμη δυναμική γραμμή.

Εκτός πεδίου βαρύτητας, σε ένα σημείο A μιας ευθύγραμμης δυναμικής γραμμής, ηρεμεί ένα σφαιρίδιο μάζας $m=6\text{g}$ και φορτίου $|q|=1\mu\text{C}$, με την επίδραση μιας εξωτερικής δύναμης $F=1\text{N}$, όπως στο σχήμα.



i) Να υπολογίσετε την ένταση του πεδίου στο σημείο A.

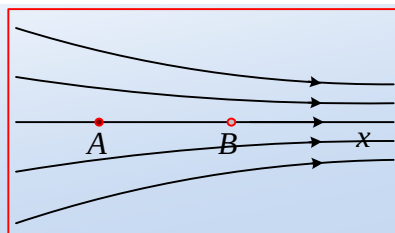
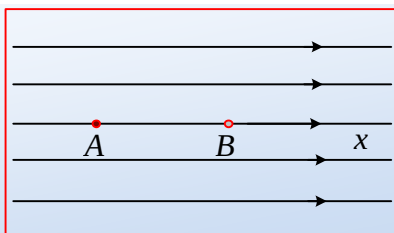
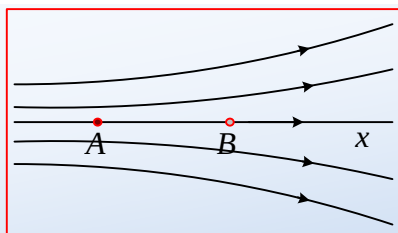
Σε μια στιγμή αυξάνουμε το μέτρο της ασκούμενης δύναμης στην τιμή $F'=1,2\text{N}$, με αποτέλεσμα το σφαιρίδιο να επιταχυνθεί και αφού διανύσει απόσταση $(AB)=40\text{cm}$, να περάσει από το σημείο B έχοντας ταχύτητα 10m/s .

ii) Πόση ενέργεια μεταφέρεται στο σφαιρίδιο μέσω του έργου της ασκούμενης δύναμης;

iii) Πόσο αυξάνεται ή μειώνεται η δυναμική ενέργεια του σφαιριδίου κατά την κίνηση από το A στο B;

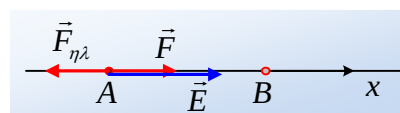
iv) Να βρεθεί η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A και B.

v) Ποιο από τα παρακάτω σχήματα μπορεί να περιγράψει το ηλεκτρικό πεδίο εντός του οποίου κινήθηκε το σφαιρίδιο; Να δικαιολογήστε την επιλογή σας.



Απάντηση:

i) Αφού το σφαιρίδιο ισορροπεί στην θέση A, $\Sigma \vec{F} = 0$ και εφόσον η εξωτερική δύναμη $\vec{F}$ που ασκείται στο σφαιρίδιο για την ισορροπία του, έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά, η δύναμη από το πεδίο



$\vec{F}_{\eta\lambda}$ έχει φορά προς τα αριστερά, όπως στο σχήμα. Αλλά για να ασκείται δύναμη με αντίθετη κατεύθυνση από την ένταση του πεδίου $\vec{E}$, η οποία έχει την φορά της δυναμικής γραμμής, το φορτίο του σφαιριδίου είναι αρνητικό, δηλαδή $q = -10^{-6}\text{C}$. Για το μέτρο της έντασης στο A έχουμε:

$$E_A = \frac{|F_{\eta\lambda}|}{|q|} = \frac{F}{|q|} = \frac{1\text{N}}{10^{-6}\text{C}} = 10^6 \text{ N/C}$$

ii) Η ενέργεια που μεταφέρεται στο σφαιρίδιο (από αυτόν που ασκεί τη δύναμη F) είναι ίση με το έργο της δύναμης:

$$W_F = F \cdot \Delta x = 1,2\text{N} \cdot 0,4\text{m} = 0,48\text{J}$$

iii) Το σφαιρίδιο τη στιγμή που περνά από το σημείο B έχει κινητική ενέργεια:

$$K_B = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 J = 0,3J$$

Αλλά από την διατήρηση της ενέργειας συμπεραίνουμε, ότι αφού δόθηκε συνολικά ενέργεια 0,48J και η κινητική του ενέργεια αυξήθηκε κατά 0,3J, τότε η δυναμική ενέργεια αυξήθηκε κατά 0,18J.

iv) Αφού η δυναμική ενέργεια του σφαιριδίου αυξάνεται, έχουμε ότι:

$$U_B - U_A = 0,18J \rightarrow U_A - U_B = -0,18J$$

Αλλά τότε:

$$V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{q} = \frac{-0,18J}{-10^{-6}C} = +18 \cdot 10^4 V = 180.000V$$

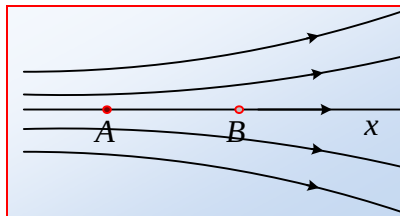
v) Αν το ηλεκτρικό πεδίο ήταν ομογενές (μεσαίο σχήμα), τότε το έργο της ηλεκτρικής δύναμης θα ήταν:

$$W_{F_{\eta\lambda}} = -|F_{\eta\lambda}| \cdot \Delta x = -1N \cdot 0,4m = -0,4J$$

Αλλά το έργο αυτό είναι ίσο με την διαφορά της δυναμικής ενέργειας:

$$W_{F_{\eta\lambda}} = -\Delta U = -0,4J \rightarrow U_A - U_B = -0,4J$$

Ενώ προηγουμένως βρήκαμε ότι $U_A - U_B = -0,18J$, συνεπώς το πεδίο δεν είναι ομογενές και το έργο της ηλεκτρικής δύναμης θα είναι ίσο με -0,18J, πράγμα που σημαίνει ότι το μέτρο της δύναμης δεν παραμένει σταθερό και ίσο με 1N, αλλά μειώνεται καθώς το σφαιρίδιο κινείται προς τα δεξιά. Για να συμβαίνει όμως αυτό, θα πρέπει να μειώνεται η ένταση του πεδίου κατά την προς τα δεξιά μετακίνηση. Αλλά τότε οι δυναμικές γραμμές του πεδίου γίνονται αραιότερες όταν κινούμαστε προς τα δεξιά. Έτσι η μορφή του πεδίου, μπορεί να είναι όπως στο πρώτο σχήμα:



Σχόλιο:

Θα μπορούσαμε να εφαρμόσουμε το θεώρημα μεταβολής της κινητικής ενέργειας για την κίνηση από το A στο B και να πάρουμε:

$$K_B - K_A = W_{F'} + W_{F_{\eta\lambda}, A-B} \rightarrow$$

$$\frac{1}{2} m v^2 - 0 = F' \Delta x + q(V_A - V_B) \rightarrow$$

$$V_A - V_B = \frac{m v^2}{2q} - \frac{F' \Delta x}{q} = \frac{6 \cdot 10^{-3} 10^2}{-2 \cdot 10^{-6}} V - \frac{1,2 \cdot 0,4}{-10^{-6}} V = -3 \cdot 10^5 V + 4,8 \cdot 10^5 V = 180.000V$$