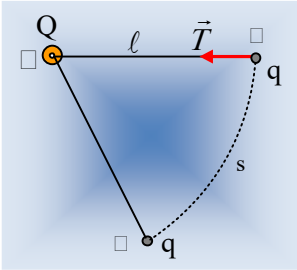
Το ηλεκτρικό πεδίο, η ένταση και το δυναμικό του.



Σε ένα λείο οριζόντιο επίπεδο από μονωτικό υλικό, έχει στερεωθεί μια μικρή αγώγιμη σφαίρα Ο που φέρει φορτίο Q=+2μC. Η σφαίρα αυτή, μέσω μονωτικού νήματος μήκους l=0,3m συνδέεται με ένα φορτισμένο σφαιρίδιο, το οποίο ισορροπεί στη θέση Α (το σχήμα δείχνει το οριζόντιο επίπεδο σε κάτοψη), με αποτέλεσμα η τάση του νήματος να έχει μέτρο Τ=0,2Ν.

i) Να βρεθεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί η σφαίρα Ο στη θέση Α, θεωρώντας το φορτίο της σημειακό.

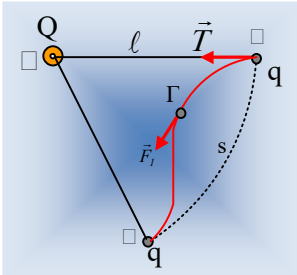
ii) Να βρεθεί το φορτίο q του σφαιριδίου.

iii) Ασκώντας μια κατάλληλη δύναμη στο σφαιρίδιο, το μεταφέρουμε στο σημείο Β, κατά μήκος του τόξου ΑΒ μήκους s=0,25m.

α) Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο σφαιρίδιο από το ηλεκτρικό πεδίο, παραμένει ή όχι σταθερό;

β) Να αποδείξετε ότι το έργο της ηλεκτρικής δύναμης F_c, που ασκείται στο σφαιρίδιο κατά τη μετακίνησή του από το Α στο Β, είναι ίσο με μηδέν.

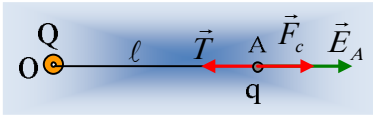
γ) Να βρείτε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων Α και Β, V_{AB}.



iv) Σε μια επανάληψη της διαδικασίας, ασκώντας μια μεταβλητή δύναμη F_1 στο σφαιρίδιο, το μεταφέρουμε από το Α στο Β, δια μέσου της διαδρομής ΑΓΒ, όπως στο σχήμα. Αν το έργο της δύναμης F_1 κατά τη διάρκεια της μετακίνησης είναι $W_{AΓB}$=0,2J, να υπολογιστεί η κινητική και η δυναμική ενέργεια του σφαιριδίου τη στιγμή που φτάνει στο σημείο Β.

Δίνεται $k_c=9\cdot10^9 N\cdot m^2/C^2$.

Απάντηση:



i) Το σημείο Α απέχει απόσταση l από ένα (υποθέτουμε) σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q, οπότε η ένταση του πεδίου έχει μέτρο:

$$E_A = k\frac{Q}{R^2} = k\frac{Q}{\ell^2} = 9\cdot10^9\,\frac{2\cdot10^{-6}}{0{,}3^2}\,N/C = 2\cdot10^5\,N/C$$

Και κατεύθυνση όπως στο σχήμα.

ii) Στο σφαιρίδιο, εκτός του βάρους και της κάθετης αντίδρασης του επιπέδου, οι οποίες είναι κατακόρυφες και «αλληλοεξουδετερώνονται», ασκείται η τάση του νήματος Τ και μια δύναμη Coulomb, η F_c, όπως στο σχήμα, αφού το σφαιρίδιο ισορροπεί. Για το μέτρο της έχουμε:

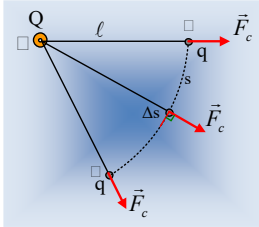
$$\Sigma F=0 \rightarrow F_c=T=0{,}2N.$$

Αλλά το μέτρο της παραπάνω δύναμης, μπορεί να υπολογιστεί με τη βοήθεια της έντασης:

$$E_A = \frac{F_c}{|q|} \rightarrow |q| = \frac{F_c}{E_A} = \frac{0,2N}{2 \cdot 10^5 \, N/C} = 10^{-6} C$$

Όμως με βάση την κατεύθυνση της δύναμης βλέπουμε ότι είναι απωστική, οπότε και το φορτίο του σφαιριδίου είναι επίσης θετικό, q=+1μC.

iii) Στη διάρκεια της μετακίνησης από το Α στο Β, το σφαιρίδιο διαγράφει κυκλική τροχιά ακτίνας $R = \ell$.



α)Το μέτρο της δύναμης F_c εξαρτάται από τα δυο φορτία και την απόσταση μεταξύ τους, συνεπώς δεν μεταβάλλεται κατά την μετακίνηση από το Α στο Β.

β) Με βάση το παραπάνω σχήμα η δύναμη F_c είναι απωστική σε κάθε θέση, έχει δηλαδή τη διεύθυνση της ακτίνας της κυκλικής τροχιάς. Αλλά τότε η δύναμη είναι κάθετη σε κάθε στοιχειώδη μετατόπιση Δs. Αυτό σημαίνει για ΚΑΘΕ στοιχειώδη μετατόπιση η δύναμη δεν παράγει έργο, αλλά τότε και το συνολικό έργο για την μετακίνηση από το Α στο Β είναι μηδενικό. Έχουμε δηλαδή:

$$W_{Fc_{A \rightarrow B}} = 0$$

γ) Με βάση τον ορισμό:

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{Fc_{A \rightarrow B}}}{q} = 0$$

Το αποτέλεσμα βέβαια ήταν αναμενόμενο, αφού τα σημεία Α και Β ισαπέχουν από το φορτίο Q, άρα έχουν το ίδιο δυναμικό $V_A = V_B = k\frac{Q}{R}$.

iv) Το ηλεκτροστατικό πεδίο της σφαίρας είναι συντηρητικό, οπότε το έργο της δύναμης του πεδίου κατά τη μετακίνηση από το Α στο Β, δεν εξαρτάται από τη διαδρομή, οπότε και για την μετακίνηση ΑΓΒ, θα έχουμε:

$$W_{Fc_{A \rightarrow \Gamma \rightarrow B}} = 0$$

Αλλά τότε η κινητική ενέργεια του σφαιριδίου φτάνοντας στο Β είναι ίση με το έργο της δύναμης F_1 (μόνο αυτή η δύναμη παράγει έργο, μέσω του οποίου κερδίζει ενέργεια το σφαιρίδιο):

$$K_B = W_{F_1} = 0,2J$$

Ενώ έχει και δυναμική ενέργεια λόγω αλληλεπίδρασης των φορτίων Q και q:

$$U_B = qV_B = qk\frac{Q}{R} = k\frac{Qq}{R} = 9 \cdot 10^9 \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{0,3} J = 0,06J$$

dmargaris@gmail.com