

ΦΥΣ. 112

1^ο ΣΕΤ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Επιστροφή 16.09.2022

- Δίνεται ένα θετικό φορτίο Q το οποίο θέλουμε να χωρίσουμε σε δύο θετικά σημειακά φορτία q_1 και q_2 . Δείξτε ότι για δεδομένη απόσταση D μεταξύ των δύο φορτίων, η δύναμη που αναπτύσσει το ένα φορτίο στο άλλο γίνεται μέγιστη όταν $q_1=q_2=Q/2$.
- Δύο ίσα θετικά φορτία Q βρίσκονται στον x -άξονα στις θέσεις $x=+a/2$ και $x=-a/2$. (α) Βρείτε μια εξίσωση για το ηλεκτρικό πεδίο στον y -άξονα συναρτήσει του y . (β) Μια χάντρα μάζας M φορτισμένη με φορτίο q , κινείται κατά μήκος του y -άξονα πάνω σε λείο, λεπτό τεντωμένο νήμα. Βρείτε την ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στη χάντρα συναρτήσει του y και προσδιορίστε το πρόσημο του φορτίου q της χάντρας έτσι ώστε η δύναμη αυτή να δείχνει πάντοτε μακριά από την αρχή του συστήματος συντεταγμένων. (γ) Θεωρήστε ότι η χάντρα βρίσκεται στη θέση $x = 0 = y$. Αν δοθεί μια μικρή αρχικά ώθηση στην $+y$ -διεύθυνση, πόσο γρήγορα θα κινείται η χάντρα τη χρονική στιγμή που η συνισταμένη δύναμη αποκτά τη μέγιστη τιμή της; (Υποθέστε ότι η βαρύτητα είναι αμελητέα).
- Δύο ουδέτερα μόρια που βρίσκονται στον x -άξονα έλκονται μεταξύ τους. Κάθε μόριο έχει διπολική ροπή \vec{p} , και οι διπολικές αυτές ροπές βρίσκονται στον x -άξονα και απέχουν απόσταση d μεταξύ τους. Βρείτε μια εξίσωση που δίνει την ελκτική δύναμη που αναπτύσσεται μεταξύ των διπόλων συναρτήσει της απόστασης, d , και της ηλεκτρικής διπολικής ροπής, p . Υπόδειξη: Θεωρήστε ότι η απόσταση μεταξύ των διπόλων είναι αρκετά μεγαλύτερη από την απόσταση των φορτίων που αποτελούν κάθε δίπολο.
- Το 1919 ο Rutherford χρησιμοποίησε α -σωματίδια (πυρήνες του στοιχείου Ηλίου) τα οποία έριχνε σε στόχο που αποτελούνταν από λεπτό φύλλο χρυσού. Στο πείραμα αυτό ανακάλυψε ότι πρακτικά όλη η μάζα του ατόμου βρίσκεται σε ένα μικρό συμπαγή χώρο που αποτελεί τον πυρήνα του ατόμου. Υποθέστε ότι σε ένα τέτοιο πείραμα, ένα από τα α -σωματίδια έχει αρχική κινητική ενέργεια 5.0MeV (1eV αντιστοιχεί σε ενέργεια $1.602 \times 10^{-19}\text{Joule}$). Αν το α -σωματίδιο κατευθύνεται απευθείας προς τον πυρήνα του χρυσού, και η μόνη δύναμη που ασκείται πάνω του είναι η ηλεκτρική απωστική δύναμη από τον πυρήνα του χρυσού, πόσο θα πλησιάσει τον πυρήνα του χρυσού πριν αντιστρέψει την κίνησή του και αρχίσει να απομακρύνεται από τον πυρήνα; Διατυπώνοντας διαφορετικά, ποια είναι η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των κέντρων των θετικών φορτίων του α -σωματιδίου και του πυρήνα χρυσού;
- Θεωρήστε το ηλεκτρικό δίπολο του σχήματος.

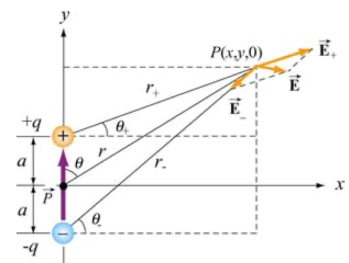
(α) Δείξτε ότι οι δύο συνιστώσες E_x και E_y του ηλεκτρικού πεδίου του διπόλου στο όριο που $r \gg a$ δίνονται από τις σχέσεις:

$$E_x = \frac{3p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sin\theta \cos\theta \quad E_y = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (3 \cos^2 \theta - 1)$$

όπου $\sin\theta = x/r$ και $\cos\theta = y/r$.

(β) Δείξτε ότι οι δύο παραπάνω σχέσεις για τις συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου μπορούν να γραφούν σε πολικές συντεταγμένες με την μορφή: $\vec{E}(r, \theta) = E_r \hat{r} + E_\theta \hat{\theta}$, όπου:

$$E_r = \frac{2p \cos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^3} \quad E_\theta = \frac{p \sin\theta}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$



6. (α) Δείξτε ότι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E , κατά μήκος του άξονα μιας κατανομής φορτίου σε μορφή δακτυλίου ακτίνας a , παρουσιάζει μέγιστο στις τιμές $z = \pm a/\sqrt{2}$. (β) Χρησιμοποιώντας PYTHON να σχεδιάσετε την ένταση του πεδίου, E , ως προς z , για θετικές και αρνητικές τιμές του z . (γ) Προσδιορίστε τη μέγιστη τιμή E .
7. Ένας φορτισμένος μη αγωγίμος δακτύλιος έχει κατανομή φορτίου που μεταβάλλεται κατά μήκος της περιφέρειάς του σύμφωνα με τη σχέση $\lambda(\theta) = \lambda_0 \sin\theta$, όπως φαίνεται στο σχήμα. (α) Ποια η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου E στο κέντρο του δακτυλίου; (β) Ποιο το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του δακτυλίου;
8. Ένα λεπτό ημισφαιρικό κέλυφος ακτίνας R , έχει ομοιόμορφη επιφανειακή πυκνότητα φορτίου σ . Υπολογίστε το ηλεκτρικό πεδίο στο κέντρο της βάσης του ημισφαιρικού κελύφους.
9. Ένας ομοιόμορφα φορτισμένος δακτύλιος ακτίνας a , έχει το επίπεδό του στο οριζόντιο επίπεδο και έχει αρνητικό φορτίο $-Q$. Ένα στοιχειώδες σωματίδιο μάζας m έχει φορτίο $+q$. Το φορτίο βρίσκεται στον άξονα του δακτυλίου. (α) Ποια είναι η ελάχιστη τιμή του λόγου q/m ώστε το σωματίδιο να βρίσκεται σε ισορροπία κάτω από την επίδραση της βαρυτικής και ηλεκτροστατικής δύναμης; (β) Αν ο λόγος q/m έχει τιμή διπλάσια από αυτή που υπολογίσατε στο ερώτημα (α) ποια θα είναι η θέση ισορροπίας του σωματιδίου; Να εκφράσετε την απάντησή σας συναρτήσει της ακτίνας a του δακτυλίου.
10. Ένα ηλεκτρικό δίπολο έχει ηλεκτρική διπολική ροπή \vec{p} και είναι τοποθετημένο σε κάθετο από μια άπειρου μήκους φορτισμένη ράβδο ομογενούς γραμμικής πυκνότητας φορτίου λ και σε απόσταση R από αυτή. Υποθέστε ότι η διπολική ροπή έχει την ίδια διεύθυνση με αυτή του ηλεκτρικού πεδίου της γραμμικής πυκνότητας φορτίου. Προσδιορίστε την ηλεκτρική δύναμη που ασκείται στο δίπολο.

