

$$U = -pE \cos \theta, \quad (27-12)$$

ou, expresso em forma vetorial,

$$U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E} \quad (27-13)$$

produto escalar

Um dipolo elétrico é formado por duas cargas de sinais contrários, com módulo $q = 1,0 \times 10^{-6}$ C, e separadas por uma distância $d = 2,0$ cm. O dipolo é colocado num campo externo de $1,0 \times 10^5$ N/C.

(a) Qual é o torque máximo exercido pelo campo sobre o dipolo? O torque máximo é obtido fazendo-se $\theta = 90^\circ$ na Eq. 27-10, ou seja,

$$\begin{aligned} \tau &= pE \sin \theta = qdE \sin \theta = \\ &= (1,0 \times 10^{-6} \text{ C})(0,020 \text{ m})(1,0 \times 10^5 \text{ N/C})(\sin 90^\circ) = \\ &= 2,0 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}. \end{aligned}$$

(b) Qual o trabalho que deve ser realizado por um agente externo para inverter o sentido do dipolo, a partir da posição $\theta = 0$, paralela ao campo? O trabalho realizado é igual à diferença entre as energias potenciais em $\theta = 180^\circ$ e $\theta = 0$. Pela Eq. 27-12, temos

$$\begin{aligned} W &= U_{180^\circ} - U_{0^\circ} = (-pE \cos 180^\circ) - (-pE \cos 0) \\ &= 2pE = 2qdE \\ &= (2)(1,0 \times 10^{-6} \text{ C})(0,020 \text{ m})(1,0 \times 10^5 \text{ N/C}) = \\ &= 4,0 \times 10^{-3} \text{ J}. \end{aligned}$$

EXEMPLO 11

Handwritten notes:
 $\tau = 2 \cdot F \cdot a = 2 \cdot Eq \cdot a$
 $\tau = pE \sin \theta$

Handwritten formula:
 $W = U = \int \tau d\theta = \int_0^\pi \tau d\theta$

1. Cite o maior número de exemplos de campos escalares e vetoriais que puder.
2. (a) Na atração gravitacional entre a Terra e uma pedra, podemos dizer que a Terra está no campo gravitacional da pedra? (b) Como se relacionam os campos gravitacionais da Terra e da pedra?
3. Uma bola carregada positivamente está suspensa por um fio de seda. Deseja-se determinar o valor de E num ponto situado no mesmo plano horizontal da bola. Para isso, colocamos no ponto uma carga de prova positiva q_0 e medimos o valor de F/q_0 . A relação F/q_0 será menor, igual ou maior do que o valor de E no ponto considerado?
4. Considerando-se a quantização da carga elétrica (a carga unitária elementar é igual à carga do elétron), como podemos justificar o procedimento sugerido pela Eq. 27-3?
5. Ao explorar campos elétricos com uma carga de prova, supusemos frequentemente, por uma questão de conveniência, que essa carga de prova era positiva. Será que isso faz alguma diferença na determinação do campo? Exemplifique com um caso simples, imaginado por você próprio.
6. Duas linhas de força nunca se cruzam. Por quê?
7. Por que as linhas de força nas extremidades da Fig. 27-4, se prolongadas, parecem divergir de um ponto situado no centro da figura?
8. A Fig. 27-2 mostra que E tem o mesmo valor em todos os pontos de cada lado de um plano infinito uniformemente carregado. Será isso razoável? Poder-se-ia pensar que o campo fosse mais intenso nos pontos perto do plano, devido à maior proximidade das cargas.
9. Seguirá uma carga puntiforme q , de massa m , uma linha de força, quando colocada num campo não uniforme?
10. Uma carga puntiforme está se deslocando num campo elétrico perpendicularmente às linhas de força do mesmo. Atuará sobre ela alguma força F ?
11. Na Fig. 27-7, a trajetória AB não é uma linha de força. Como é que você pode saber?
12. Por que deveriam as sementes de grama, na Fig. 27-6, se alinharem com as linhas de força elétricas? Usualmente, sementes de grama não têm carga.

questões