

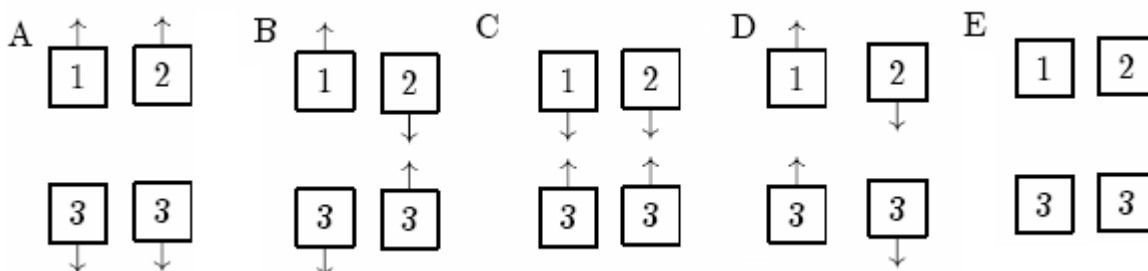
***Carga eléctrica; Condutores e isoladores; Lei de Coulomb; Campo eléctrico;
Movimentos de cargas pontuais em campos eléctricos;***

Notas sobre a resolução de problemas:

Antes de começar a resolver um problema, na maior parte das vezes, é útil fazer um esquema da situação. Geralmente identificam-se as cargas pelo símbolo “ q ” e um índice (q_1 , q_2 , etc.). Quando se pretende indicar o sinal da carga utiliza-se “ $+q$ ” ou “ $-q$ ”.

Quando se faz o esquema da situação deve-se indicar o sistema de referência (localização da origem e os eixos ortogonais - não esquecer de identificar os sentidos dos eixos). Convém olhar o esquema com atenção e verificar se há simetrias - a detecção de situações de simetria pode reduzir significativamente os cálculos necessários à resolução do problema.

- Um bastão de plástico é friccionado com um pano de lã e adquire a carga de $-0.8\mu\text{C}$. Quantos electrões foram transferidos do tecido de lã para o bastão de plástico? (5×10^{13} electrões)
- Os cubos 1 e 2 são de plástico, estão carregados e quando são colocados na proximidade um do outro atraem-se mutuamente. O cubo 3 é um condutor neutro. Qual das figuras seguintes ilustra as forças entre os cubos 1 e 3 e 2 e 3?



- A distância média entre o electrão e o protão no átomo de hidrogénio é de $5.3 \times 10^{-11} \text{m}$. Caracterize a força de atracção entre as duas partículas? ($\vec{F} = (-82,02 \times 10^{-9} \hat{i}_{12}) \text{N}$)
- Considere dois grãos de poeira de $50 \mu\text{m}$ de diâmetro e densidade 2.5 g/cm^3 . Calcule o número de electrões que cada grão de poeira teria de ter a mais, para que a força de Coulomb compense a atracção gravitacional entre eles ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$).
Nota: Despreze a massa dos electrões.
- Richard Feynman no Volume 2 do seu Physics Lectures, na primeira página do Capítulo 1, *Electromagnetism*, descreve o extraordinário equilíbrio que existe entre cargas positivas e negativas na matéria e como disso depende a estabilidade do mundo tal como o conhecemos. A certa altura, no terceiro parágrafo, diz:

Ainda assim, tão perfeito é o balanço [entre cargas positivas e negativas no corpo humano] que mesmo que se se colocar perto de alguém não sentirá qualquer força. Se estivesse a um braço de distância de alguém e se ambos

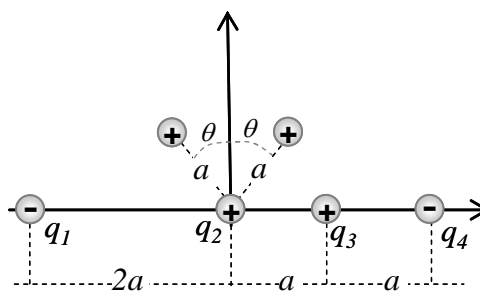
tivessem 1% de electrões a mais do que de protões, a força de repulsão seria incrível. Quão grande? Suficiente para levantar o Empire State Building? Não! Suficiente para levantar o Monte Everest? Não! A repulsão seria suficiente para levantar um "peso" equivalente à massa da Terra.

Demonstre a veracidade desta afirmação de R. Feynman.

Nota: Apesar de se poder encontrar à volta de 60 elementos químicos distintos no corpo humano, 99% do número total dos átomos são hidrogénio (65%), oxigénio (24%) e carbono (12%).

6. Duas esferas condutoras idênticas A e B, electricamente isoladas, estão separadas por uma distância a (muito maior que o diâmetro das esferas). A esfera A tem uma carga positiva $+Q$; a esfera B está electricamente neutra.
 - a) Suponha que as esferas são momentaneamente ligadas por um fio condutor. Qual será a força entre as esferas depois de o fio ter sido removido?
 - b) Suponha que a esfera A é agora ligada, durante alguns instantes, à terra; depois da ligação ser removida as esferas são novamente colocadas à distância a , uma da outra. Nessa altura, qual será a força que actua em cada uma das esferas?

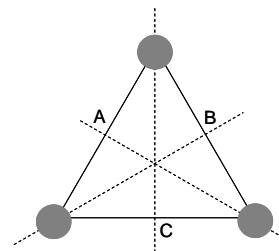
7. A figura mostra seis partículas, de módulo igual a $3 \times 10^{-6} \text{C}$; os sinais das cargas e as suas posições são indicados na figura, onde $a = 2.0 \text{ cm}$ e $\theta = 30^\circ$. Calcule a força resultante que actua na partícula q_2 .
 $(\vec{F}(q_2) = (-202.5\hat{i} - 350.7\hat{j}) \text{N})$



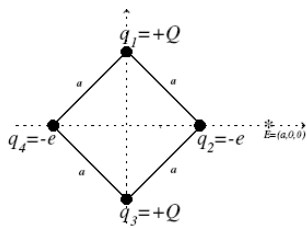
8. Duas esferas condutoras idênticas, mantidas fixas a uma distância de 50 cm, uma da outra, atraem-se com uma força electrostática de módulo igual a 0.108 N. As esferas são ligadas por um fio condutor. Quando o fio é removido, as esferas repelem-se com uma força de 0.0360 N. Quais eram as cargas iniciais das esferas? ($q_1 = 2.89 \times 10^{-6} \text{ C}$; $q_2 = -1.038 \times 10^{-6} \text{ C}$)
9. Duas cargas de $3 \mu\text{C}$, uma positiva e outra negativa, encontram-se separadas por uma distância de 10 cm. Indique, justificando:
 - a) Qual é a direcção do campo eléctrico em qualquer ponto sobre a recta mediatriz do segmento de recta que une as duas cargas.
 - b) Haverá algum ponto sobre a recta que passa pelas duas cargas em que o campo eléctrico se anule? Justifique.
10. Duas cargas livres puntiformes $+q$ e $+4q$ estão a uma distância L uma da outra. Uma terceira carga é colocada de tal modo que todo o sistema fica em equilíbrio. Determine a posição, o módulo e o sinal da terceira carga. Este equilíbrio é estável?

11. Três cargas iguais e do mesmo sinal estão localizadas nos vértices de um triângulo equilátero.

- a) Qual é o valor da carga a colocar no centro do triângulo de forma a que a força resultante em cada carga seja nula?
- b) Qual o campo eléctrico nos pontos A, B e C?



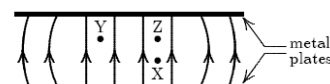
12. Considere a distribuição constituída por quatro cargas eléctricas pontiformes colocadas nos vértices de um quadrado de lado $a = 0.05 \text{ m}$ (ver figura). Sendo $q_2 = q_4 = -e$ e $q_1 = q_3 = +10e$, em que $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.



- a) Qual é o valor da força eléctrica resultante que actua na carga q_2 ? ($\vec{F}_2 = (-2.5 \times 10^{-24} \text{ i}) \text{ N}$)
- b) Calcule o valor do campo eléctrico no ponto O, de coordenadas cartesianas $(0, 0, 0)$.

13. A figura mostra o campo eléctrico provocado por duas placas metálicas paralelas, carregadas. Pode-se concluir que:

- a) A placa superior tem carga positiva e a inferior negativa.
- b) Um protão colocado em X fica sujeito à mesma força que quando é colocado em Y.
- c) Um protão colocado em X fica sujeito a uma força maior do que outro colocado em Z.
- d) Um protão colocado em X fica sujeito a uma força menor do que outro colocado em Z.
- e) Um electrão colocado em X pode ter o seu peso contrabalançado pela força eléctrica.



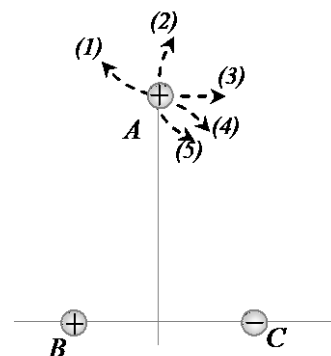
Nota: Admita que as dimensões das placas são muito maiores que a distância entre elas.

14. Duas partículas pontuais, de cargas q_1 e q_2 estão colocadas a uma distância r , uma da outra. Num ponto P situado no segmento que une as duas cargas, o campo eléctrico é nulo. Pode-se concluir que:

- a) as cargas q_1 e q_2 são do mesmo sinal.
- b) o ponto P tem que estar a igual distância de ambas as cargas.
- c) as cargas q_1 e q_2 têm que ter magnitudes diferentes
- d) as cargas q_1 e q_2 são do mesmo sinal, mas têm o que ter magnitudes diferentes
- e) as cargas q_1 e q_2 são a mesma magnitude, mas sinais diferentes.

15. Determine qual deve ser a magnitude de um campo eléctrico \vec{E} de forma a que um electrão colocado nesse campo fique sujeito a uma força eléctrica igual ao próprio peso.

16. Três pequenas esferas, A, B e C possuem cargas do mesmo módulo. Em A e B a carga é positiva, enquanto em C a carga é negativa. As esferas estão localizadas nas posições indicadas na figura. Se B e C estiverem fixas e A for solta, qual das linhas tracejadas indica a trajectória seguida pela carga A?



17. Um electrão com velocidade $\vec{v}_0 = (2 \times 10^6 \text{ m/s}) \hat{i}$ entra numa região onde existe um campo eléctrico uniforme $\vec{E} = (-1000 \text{ N/C}) \hat{i}$.

- Calcule a aceleração a que fica sujeito. ($\vec{a} = (1.75 \times 10^{14} \text{ m/s}^2) \hat{i}$)
- Que distância percorre o electrão até ao instante em que a sua velocidade se anule? O que acontece após esse instante?

18. Um electrão com velocidade $\vec{v}_0 = (10^6 \text{ m/s}) \hat{i}$ entra numa região onde existe um campo eléctrico uniforme $\vec{E} = (-2000 \text{ N/C}) \hat{j}$.

- Calcule a aceleração a que fica sujeito. ($\vec{a} = (3.51 \times 10^{14} \text{ m/s}^2) \hat{j}$)
- Escreva a expressão da trajectória do electrão. $\begin{cases} y = 1.758 \times 10^{14} t^2 \\ x = 10^6 t \end{cases}$
- Calcule o desvio sofrido pelo electrão após ter percorrido 1 cm na direcção xx' . ($y = 1.76 \text{ m}$)

19. Duas cargas puntiformes de $q_1 = 5 \mu\text{C}$ e $q_2 = -5 \mu\text{C}$ estão localizadas nos pontos $P_1 = (1\text{m}, 3\text{m})$ e $P_2 = (2\text{m}, -2\text{m})$ respectivamente.

- Calcular o campo eléctrico no ponto $P_3 = (-1\text{m}, 0)$. ($\vec{E} = (0.96 \hat{i} - 4.8 \hat{j}) \text{ kN/C}$)
- Calcular a força que actua num electrão colocado no ponto P_3 . ($\vec{F} = (-1.53 \times 10^{-19} \hat{i} + 7.68 \times 10^{-19} \hat{j}) \text{ kN}$)

20. Um electrão move-se num tubo de raios catódicos, para a direita, paralelamente ao eixo, com energia cinética $2 \times 10^{-16} \text{ J}$, com se mostra na figura. O campo eléctrico na região entre as placas deflectoras é $\vec{E} = (2 \times 10^4 \text{ N/C}) \hat{j}$ e nulo no restante.

- Qual a distância entre o electrão e o eixo do tubo quando passa pela extremidade das placas deflectoras? ($y = -6.4 \text{ mm}$)
- Nesta posição qual é a direcção da velocidade do electrão? (17.74° - com o eixo x)
- Em que posição o electrão atinge o ecrã? ($y = -38.4 \text{ mm}$)

