



Ficha 1 – Carga eléctrica, Força de Coulomb, Campo eléctrico

Constantes que podem ser úteis na resolução dos problemas:

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}; \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}; \quad K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2; \quad m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}; \quad G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2;$$

1. Um prego de ferro ($Z = 26$, $A = 55.847$) tem uma massa de 3 g.
 - a) Calcule a carga correspondente a todos os electrões do prego. ($\sim 134 \text{ kC}$)
 - b) Calcule a carga eléctrica com que fica o prego se for possível retirar um electrão a cada átomo de ferro.
2. Um bastão de plástico é friccionado com um pano de lã e adquire a carga de $-8 \text{ } \mu\text{C}$. Calcule o número de electrões que foram transferidos do tecido de lã para o bastão de plástico. ($\sim 5 \times 10^{13}$)
3. Um electrão gira em torno de um núcleo de hélio (carga $+2e$). Qual das entidades (electrão ou núcleo) exerce maior força sobre a outra? Justifique.
4. A distância média entre o electrão e o protão no átomo de hidrogénio é de $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$.
 - a) Calcule a intensidade da força de atracção entre as duas partículas devido às suas cargas eléctricas.
 - b) Comparar a intensidade da força gravítica com a intensidade da força eléctrica exercida pelo protão no electrão.
($F_e = 8.2 \times 10^{-8}$, $F_g = 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$)
5. Uma partícula carregada ($q_A = 5 \text{ } \mu\text{C}$, $m_A = 20 \text{ g}$) gira numa órbita circular e estacionária, com velocidade de magnitude $v_A = 7 \text{ m/s}$, em torno de uma outra partícula carregada ($q_B = -5 \text{ } \mu\text{C}$, $m_B = 20 \text{ g}$) que se encontra fixa. Calcule o raio da órbita. ($R_{\text{orb}} = 23 \text{ cm}$)
6. 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 (63%), oxigénio (24%) e carbono (12%).
($F \approx 6 \times 10^{25} \text{ N}$)

7. Considere dois grãos de poeira esféricos, com $500 \mu\text{m}$ de diâmetro e densidade 2.8 g/cm^3 . Calcule o número de electrões que cada grão de poeira teria de ter a mais (ou a menos), para que a força de Coulomb compense a atracção gravitacional entre os grãos de poeira ($G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$).

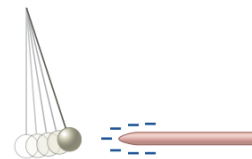
(~98 electrões)

8. Imagine que quer fazer uma experiência de electrostática e para isso precisa de carregar electricamente uma haste que tem na mão, esfregando-a com um tecido de lã. Acha que consegue realizar a experiência se a haste for metálica? Justifique.



9. Aproxima-se uma haste de borracha carregada de uma pequena esfera electricamente neutra de esferovite suspensa num fio ($m_{\text{esfera}} = 3 \text{ g}$). Quando o equilíbrio é atingido o fio faz um ângulo de 15° com a direcção vertical (ver figura).

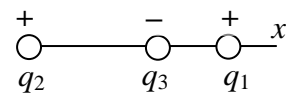
- Se a esfera está electricamente neutra, porque é atraída para a haste?
- Represente as forças aplicadas na esfera.
- Calcule a magnitude da força eléctrica que actua na esfera.



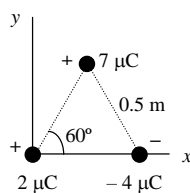
10. Duas esferas condutoras idênticas **A** e **B**, electricamente isoladas, estão separadas por uma distância a (muito maior que o diâmetro das esferas). A esfera **A** tem uma carga positiva $+Q$; a esfera **B** está electricamente neutra. Suponha que as esferas são momentaneamente ligadas por um fio condutor. A interacção eléctrica entre as duas esferas, após a remoção do fio, é atractiva ou repulsiva? Qual será a intensidade da força eléctrica que uma esfera exerce sobre a outra depois de o fio ter sido removido?

$$(|F| = \frac{kQ^2}{4a^2})$$

11. Três cargas eléctricas estão sobre o eixo dos xx , como ilustrado na figura 3. A carga positiva $q_2 = +6 \mu\text{C}$ está na origem e a carga positiva $q_1 = +15 \mu\text{C}$ está em $x = 2 \text{ m}$. Onde deverá ser colocada uma carga negativa q_3 , a fim de que a força resultante sobre essa carga seja nula?



$$(d_{13}=0.77 \text{ m}, d_{23} = 1.23 \text{ m})$$



12. Três cargas pontuais, de $2 \mu\text{C}$, $7 \mu\text{C}$ e $-4 \mu\text{C}$, estão situadas nos vértices de um triângulo equilátero com 0.5 m de lado, como mostra a figura. Calcular a força resultante sobre a carga de $7 \mu\text{C}$.

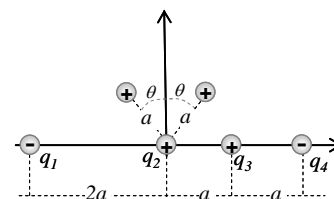
$$(\vec{F}_{Q1} = 0.756\hat{i} - 0.436\hat{j} \text{ N})$$

13. 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?

$$(1.0 \mu\text{C}; 3.0 \mu\text{C})$$

14. A figura mostra seis partículas carregadas, com carga de módulo igual a 3×10^{-6} C; A posição e o sinal da carga de cada partícula são indicados na, onde $a = 2.0$ cm e $\theta = 30^\circ$. Calcule a força resultante que actua na partícula q_2 .

$$(\vec{F} = -202.5\hat{i} - 350.8\hat{j} \text{ N})$$



15. Duas cargas pontuais $q_1 = -4 \mu\text{C}$ e $q_2 = -5 \mu\text{C}$ estão colocadas, respectivamente nos pontos de coordenadas $(0, 0)$ e $(0, 2\text{m})$. Existe algum ponto sobre o eixo y em que o campo eléctrico seja nulo? Qual? (sim, $y = 0.944\text{m}$)

16. Duas cargas de $3 \mu\text{C}$, uma positiva e outra negativa, encontram-se separadas por uma distância de 10 cm. Indique, justificando:

- Qual é a direcção do campo eléctrico em qualquer ponto sobre a recta mediatriz do segmento de recta que une as duas cargas.
- Haverá algum ponto sobre a recta que passa pelas duas cargas em que o campo eléctrico se anule? Justifique.

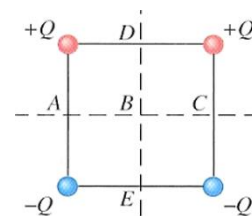
((a) paralela ao eixo que une as cargas; (b) não))

17. Determine qual deve ser a magnitude, direcção e sentido de um campo eléctrico \vec{E} de modo a que a resultante da força gravítica e da força eléctrica que actuam num electrão colocado nesse campo seja nula.

$$(|E| = 5.57 \times 10^{-11} \text{ N/C})$$

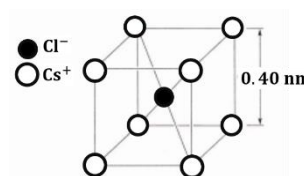
18. Considere a distribuição de cargas indicada na figura ($+Q = 1 \times 10^{-6}$ C e $-Q = -1 \times 10^{-6}$ C), onde quatro cargas pontuais estão localizadas nos vértices de um quadrado com lados de comprimento $a = 1$ cm. Determine:

- o vetor campo eléctrico no ponto B.
- a força eléctrica que actua sobre a carga um electrão que seja colocado no ponto B.



$$(\vec{E} = -5.09 \times 10^8 \text{ (NC}^{-1}) \hat{j}; \vec{F} = 8.15 \times 10^{-11} \text{ (N) } \hat{j})$$

19. Numa célula cristalina de Cloreto de Césio (CsCl), oito iões positivos de Césio (Cs^+) localizam-se nos vértices de um cubo de aresta 0,40 nm e um ião negativo de Cloro (Cl^-) localiza-se no centro do cubo (ver figura).



- Diga qual o valor da carga eléctrica de um ião Cs^+ e de um ião Cl^- , usando unidades do Sistema Internacional.
- Qual a magnitude da força eléctrica exercida pelos oito iões Césio no ião Cloro? Justifique.
- Se numa célula cristalina de Cloreto de Césio faltar um ião de Césio, qual será a intensidade da força eléctrica que os outros sete iões de Césio exercem no ião de Cloro?

$$(|F| = 1.92 \times 10^{-9} \text{ C})$$

20. Duas cargas punctiformes 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 $P_3 = (-1\text{m}, 0)$.

$$(\vec{E} = (+0.96\hat{i} - 4.8\hat{j})\text{kN/C})$$

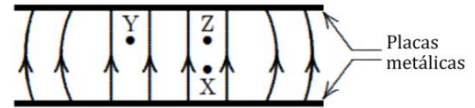
- Calcular a força que actua num electrão colocado no ponto P_3 .

$$(\vec{F} = (-1.54\hat{i} + 7.78\hat{j}) \times 10^{-16}\text{N})$$

21. Um electrão com velocidade $\vec{v}_0 = 2 \times 10^6 \text{ (ms}^{-1}) \hat{i}$ entra numa região onde existe um campo eléctrico uniforme $\vec{E} = -1000 \text{ (NC}^{-1}) \hat{i}$.

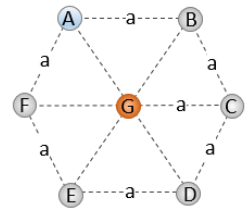
- a) Calcule a aceleração a que fica sujeito. $(\vec{a} = 1.75 \times 10^{14} \text{ (ms}^{-2}) \hat{i})$
- b) Que distância percorre o electrão até ao instante em que a sua velocidade se anule? O que acontece após esse instante? (a velocidade não se anula...)

22. A figura representa as linhas de campo eléctrico devidas a duas placas metálicas paralelas electricamente carregadas.



- a) Pode-se concluir qual o sinal das cargas eléctricas de cada placa? Justifique
- b) Qual o sentido da força eléctrica a que um electrão fica sujeito nos pontos X, Y e Z? E um protão?
- c) Em qual das posições X, Y ou Z a intensidade da força eléctrica a que fica sujeito um protão é maior? Justifique.
- d) Compare a aceleração sofrida por um protão com a aceleração sofrida por um electrão num dos pontos à sua escolha (X, Y ou Z).

23. Seis pequenas esferas metálicas estão fixas nos vértices de um hexágono regular como se mostra na figura. Uma sétima esfera (esfera G) é colocada no centro do hexágono. As esferas B a F são electricamente neutras, as esferas A e G têm carga igual e positiva (+Q).



- a) Se a esfera G for libertada, qual será a direcção da sua aceleração?
- b) É possível conseguir que a aceleração inicial de G seja horizontal, carregando apenas uma das outras esferas? Se sim, indique que carga deve ser utilizada e em qual das esferas (se houver mais que uma hipótese, indique todas as possibilidades).

24. Considere o arranjo de três partículas carregadas mostrado na figura. A magnitude da carga das partículas é igual, mas q_1 e q_2 são positivas e q_3 é negativa. Faça um esboço da trajectória que seguirá a partícula q_1 se for solta enquanto se mantêm fixas q_2 e q_3 .

