Lei de Coulomb e Forças entre Cargas

12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: Aplicar a Lei de Coulomb na resolução de problemas, explicar as estratégias de resolução e o raciocínio demonstrativo que fundamenta cada conclusão, com atenção ao caráter vetorial da força e ao princípio de superposição.

Revisão rápida

- **Lei de Coulomb:** $F = k \cdot q_1 q_2 / r^2$ com $k = 8{,}99 \times 10^9$ N·m²/C² — mesma forma da lei de Newton para a gravitação, mas **atrativa ou repulsiva** (opostos atraem, iguais repelem).
- **Ordem de grandeza:** k é ~10^{20} vezes maior que G, mas as cargas são minúsculas e os corpos são eletricamente *neutros* — por isso, na vida corrente, nota-se a gravidade e não a eletricidade.
- **Vetorialidade:** a força age ao longo da reta que liga as cargas. Com várias cargas, soma-se **vetorialmente** a força de cada par (princípio de **superposição**).
- **Unidades:** 1 C é imensa; usa-se 1 μC = 10^{-6} C, 1 nC = 10^{-9} C, 1 pC = 10^{-12} C. Sempre em **metros** para r.

Exercícios

1. V/F — corrige as falsas: a) «A lei de Coulomb tem a mesma dependência da distância que a lei da gravitação.» ( ) b) «Duas cargas do mesmo sinal se repelem.» ( ) c) «Se a distância entre as cargas triplicar, a força fica com um terço.» ( ) d) «A força de Coulomb é uma grandeza vetorial.» ( )

2. Duas cargas, 2,0 μC e 3,0 μC, estão separadas 0,15 m. a) calcula a intensidade da força b) indica o seu sentido se as cargas forem ambas positivas c) repete se uma delas for negativa.

3. Dependência da distância e da carga: com as mesmas cargas, a) que força há a 0,30 m? b) se cada carga for quadruplicada, mantendo 0,15 m, que força resulta? c) formula a regra geral em uma frase.

4. Que carga igual ($q_1 = q_2 = q$) é precisa, a 0,10 m, para que a força de Coulomb igual o peso de um corpo de 1,0 kg? ($g = 9{,}8$ m/s²)

© 2026 Estudantices

5. Coulomb vs. gravitação: num átomo de hidrogénio, protão e eletrão estão a 5,3 × 10^{-11} m. a) calcula a força eletrostática entre eles b) calcula a força gravítica c) calcula a razão entre as duas e comenta.

6. Ponto de resultante nula: uma carga de +4,0 μC está em x = 0 e outra de +1,0 μC em x = 0,30 m, ambas fixas. a) entre que pontos se anulam os campos? b) onde fica exatamente o ponto?

7. Superposição: q_1 = +2,0 μC em x = 0 · q_2 = −2,0 μC em x = 0,20 m · q_3 = +1,0 μC em x = 0,30 m. a) calcula a força de q_1 sobre q_3 b) calcula a de q_2 sobre q_3 c) resultante total (módulo e sentido).

8. Soma vetorial: duas partículas aplicam sobre uma terceira forças de 3,0 N cada, simetricamente dispostas a 30° acima e 30° abaixo da horizontal. a) qual é a resultante? b) porque é que as componentes verticais não entram?

9. Ordens de grandeza: a) expressa 450 pC em coulombes, em notação científica b) uma carga de 3,0 μC tem quantos elementos elementares de carga? (e = 1,60 × 10^{-19} C) c) porque é que a constante k tem a unidade que tem?

10. Gráfico: esboça o gráfico de F em função de r e explica porque é que a curva nunca toca os eixos. O que acontece à força quando r tende para zero?

11. Meio material e blindagem: a lei de Coulomb escrita usa o vácuo. a) como se corrige para um meio material? b) porquê um elevador de metal é seguro durante uma trovoada, mas uma casa de madeira não?

12. Desdevolvimento. Explica por que a lei de Coulomb tem a mesma forma da lei da gravitação universal, em que se diferem qualitativamente e porque é que, apesar de a constante eletrostática ser enorme, não sentimos forças elétricas nas situações do dia a dia.

© 2026 Estudantices

Soluções — Lei de Coulomb e Forças entre Cargas

1. a) **V** — ambas são proporcionais a $1/r^2$ b) **V** — iguais repelem, opostos atraem c) **F** — ao triplicar fica $1/9$, não $1/3$ d) **V** — tem direção (ao longo da reta que liga as cargas) e sentido.

2. a) $F = 8{,}99\times10^{9} \times (2{,}0\times10^{-6})(3{,}0\times10^{-6}) / 0{,}15^2 = 0{,}05394 / 0{,}0225 =$ **2,40 N** b) **repulsiva**, cada carga afasta-se da outra, ao longo da reta que as liga c) mantém-se o mesmo módulo, mas passa a ser **atrativa** — o módulo depende do produto das cargas, não dos sinais.

3. a) $F = 8{,}99\times10^{9} \times 6{,}0\times10^{-12} / 0{,}30^2 =$ **0,60 N** — um quarto do valor, como prevê $1/r^2$ b) quatro vezes cada carga dá 16 no produto → $16 \times 2{,}40 =$ **38,4 N** c) A força é proporcional ao **produto** das cargas e inversamente proporcional ao **quadrado** da distância.

4. $mg = kq^2/r^2 \rightarrow q = \sqrt{(mgr^2/k)} = \sqrt{(1{,}0 \times 9{,}8 \times 0{,}01 / 8{,}99\times10^{9})} =$ **3,30 × 10⁻⁶ C = 3,3 µC** — carga minúscula para equilibrar um quilograma, mas 3 µC são já milhões de vezes mais do que uma carga elementar.

5. a) $F_e = 8{,}99\times10^{9}(1{,}60\times10^{-19})^2/(5{,}3\times10^{-11})^2 =$ **8,2 × 10⁻⁸ N** b) $F_g = 6{,}67\times10^{-11}(1{,}67\times10^{-27} \times 9{,}11\times10^{-31})/(5{,}3\times10^{-11})^2 \approx$ **3,6 × 10⁻⁴⁷ N** c) razão ≈ **2,3 × 10³⁹** — a interação eletrostática é 39 ordens de grandeza mais forte; a gravidade só domina porque é sempre atrativa e soma-se com a matéria inteira.

6. a) entre as duas cargas, já que são do mesmo sinal — fora do intervalo os campos somam-se b) $k\cdot4/x^2 = k\cdot1/(0{,}30-x)^2 \rightarrow 2/x = 1/(0{,}30-x) \rightarrow 0{,}60 - 2x = x \rightarrow \mathbf{x = 0{,}20\ m}$, mais perto da carga mais fraca.

7. a) repulsiva para $+x$: $F_{13} = 8{,}99\times10^{9}(2{,}0\times10^{-6})(1{,}0\times10^{-6})/0{,}30^2 =$ **0,20 N** b) atrativa (para $-x$, em direção a q_2): $F_{23} = 8{,}99\times10^{9}(1{,}0\times10^{-6})^2/0{,}10^2 =$ **0,90 N** c) **0,70 N** para $-x$ (0,90 − 0,20) — a resultante puxa a carga para a carga negativa.

8. a) $R = 2 \times 3{,}0 \times \cos 30° = 6{,}0 \times 0{,}866 =$ **5,20 N** b) porque as duas componentes verticais têm **igual módulo e sentidos opostos**, anulam-se; sobra apenas a soma das horizontais — é a superposição vetorial, não a soma de módulos.

9. a) 450 pC = **4,5 × 10⁻¹⁰ C** b) $n = 3{,}0\times10^{-6} / 1{,}60\times10^{-19} =$ **1,9 × 10¹³ elementos** c) porque F é em newtons, q_1q_2 em coulombes ao quadrado e r^2 em m² — logo k tem de dar **N·m²/C²** para a equação equilibrar.

10. É uma **hipérbole** que se afasta dos eixos: $F > 0$ para qualquer distância finita e diverge quando $r \to 0$. Não toca o eixo das abcissas porque a força só se anula no infinito; não toca o das ordenadas porque, teoricamente, ao aproximar duas cargas pontuais a força cresce sem limite (na prática, a estrutura interna das partículas interrompe o modelo).

11. a) k passa a dividir-se pela **permissividade relativa** do meio: $k_m = k/\varepsilon_r$ — em água $\varepsilon_r \approx 80$, e a força cai para 1/80 b) (modelo) Um condutor tem eletrões livres: a carga vai para a superfície e o campo *interior* anula-se — é a **gaiola de Faraday**. A casa de madeira é isolante e deixa a corrente seguir caminhos variáveis até ao solo.

12. (modelo) As duas leis são do mesmo tipo porque descrevem interações que se dissipam com o quadrado da distância — é o que se espera de qualquer efeito que se espalha a partir de uma fonte pontual pela superfície de uma esfera crescente. Diferem no sinal e na origem: a gravidade só atrai (só há massa positiva, na prática) e resulta de uma curvatura do espaço, enquanto a eletricidade tem dois sinais e vem do eletrão. Apesar de k ser ~10^{20} vezes maior que G, os corpos macroscópicos são **eletricamente neutros** — as cargas opostas cancelam-se a nível atómico — e sobra apenas o pequeno desequilíbrio que chamamos atrito. A gravidade, ao contrário, nunca se cancela e soma-se átomos inteiros, por isso é ela que move planetas.

© 2026 Estudantices