Na solução da prova, use quando necessário:

$g = 10{,}0\ m/s^2$, $c=3{,}0x10^8\ m/s$, $m_e=9{,}0x10^{-31}kg$, $k=1/(4\pi\varepsilon_0)=9{,}0x10^9 Nm^2/C^2$, $e=1{,}6x10^{-19}\ C$, $1eV=1{,}6x10^{-19}\ J$, $\varepsilon_0=9{,}0x10^{-12}C^2/Nm^2$, $\pi=3{,}14$.

Questão 1 – No modelo de Bohr para o átomo de Hidrogênio, um elétron somente pode estar se movendo em orbitas bem definidas indexadas por um número inteiro – n=1,2,3,... – que indica em qual camada – K, L, M, ... – o elétron está. O raio da órbita de cada camada é dado por $r_n=n^2a_0$, onde a_0 é o raio de Borh e vale $0{,}5x10^{-10}$m, e a velocidade de cada órbita é $v_n=v_0/n$, onde $v_0 =(3/137)x10^8$m/s. Com base nestas informações**, DETERMINE**:

a) A energia potencial, em elétron-volts, de interação entre o elétron e o próton do núcleo do átomo de Hidrogênio quando o elétron estiver no nível n=3.

$$E_{pot} = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$

$$E_{pot}^n = \frac{-ke^2}{r_n} = \frac{-ke^2}{n^2a_0} \qquad E_{pot}^3 = \frac{-(9{,}0x10^9\ Nm^2/C^2)(1{,}6x10^{-19}C)^2}{(3^2)(0{,}5x10^{-10}m)} = -5{,}12x10^{-19}J$$

$$E_{pot}^3 = -5{,}12x10^{-19}J\left(\frac{1eV}{1{,}6x10^{-19}J}\right) = -3{,}2eV$$

2 pontos

b) A energia cinética, em elétron-volts, quando o elétron estiver no nível n=3.

$$E_{cin}^3 = \frac{m_ev_n^2}{2} = \frac{m_ev_0^2}{2n^2} \qquad E_{cin}^3 = \frac{(9{,}0x10^{-31}Kg)\left((3/137)x10^8\ m/s\right)^2}{(2)(3^2)}$$

$$E_{cin}^3 = \left(\frac{9}{37538}\right)x10^{-15}J = 2{,}4x10^{-19}J$$

$$E_{cin}^3 = 2{,}4x10^{-19}J\left(\frac{1eV}{1{,}6x10^{-19}J}\right) = 1{,}5eV$$

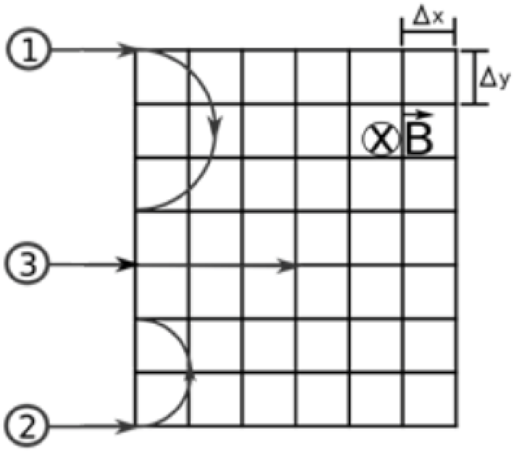
2 pontos

c) A energia total, em elétron-volts, quando o elétron estiver no nível n=3.

$$E_{Tot}^n = E_{cin}^n + E_{pot}^n = \frac{-ke^2}{n^2a_0} + \frac{m_ev_0^2}{2n^2} = -3{,}2eV + 1{,}5eV = -1{,}7eV$$

1 ponto

Questão 2 – Em um laboratório de física experimental, um pesquisador realiza o bombardeio de uma amostra desconhecida com um laser de alta potência de forma a quebrar as ligações entre os átomos deste material. Os fragmentos do espalhamento são partículas que podem ser carregadas eletricamente. Com a intenção de saber algumas propriedades deste material, três fragmentos passam por um filtro de velocidades de forma que todos os três fragmentos, ao deixar o filtro, tenham exatamente a mesma velocidade v=2,0x10^{3}m/s. Três fragmentos, identificados como 1, 2 e 3, ao deixarem o filtro de velocidades, entram em uma região de campo magnético constante, de módulo B=0,5T que está entrando no plano da folha, assim como mostra a figura abaixo. As linhas com setas representam a trajetória de cada fragmento. Considerando Δx = Δy = 2,0 mm, **DETERMINE**:



a) O sinal de cada carga. Justifique sua resposta.

$q_1 < 0$, $q_2 > 0$ e $q_3 = 0$.

A força magnética é dada por $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ como a velocidade aponta da esquerda para direita na direção x e o campo magnético entra no plano da folha.

A regra da mão direita mostra que o produto $\vec{v} \times \vec{B}$ aponta de baixo para cima.

Como a carga $q_1$se move de cima para baixo, o sinal deve ser negativo para que a força esteja de cima para baixo.

Como a carga $q_2$se move de baixo para cima, o sinal deve ser positivo para que a força esteja de baixo para cima.

2 pontos

Como a carga q_3 não sofre nenhum desvio, a carga deve ser nula para que a força seja nula.

b) A aceleração que cada fragmento sente devido à ação do campo magnético.

$$a_1 = \frac{v^2}{R_1} = \frac{(2x10^3\, m/s)^2}{3{,}0x10^{-3}m} = (4/3)x10^9\, m/s^2 = 1{,}333x10^9\, m/s^2$$
$$a_2 = \frac{v^2}{R_2} = \frac{(2x10^3\, m/s)^2}{2{,}0x10^{-3}m} = (4/2)x10^9\, m/s^2 = 2{,}0x10^9\, m/s^2$$
$$a_3 = \frac{v^2}{R_3} = \frac{(2x10^3\, m/s)^2}{(\infty)m} = 0\, m/s^2$$

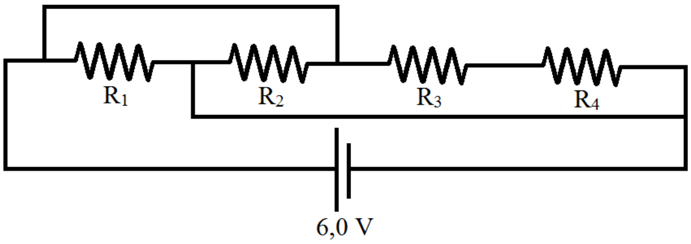
1,5 pontos

c) A frequência angular de cíclotron do movimento circular de cada fragmento.

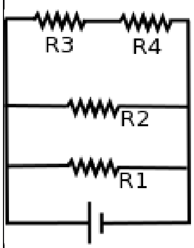
$$\omega_1 = \frac{v}{R_1} = \frac{2x10^3\, m/s}{3{,}0x10^{-3}m} = (2/3)x10^6(1/s) = 0{,}6667x10^6(1/s)$$
$$\omega_2 = \frac{v}{R_2} = \frac{2x10^3\, m/s}{2{,}0x10^{-3}m} = 1{,}0x10^6(1/s)$$
$$\omega_3 = \frac{v}{R_3} = \frac{2x10^3\, m/s}{(\infty)m} = 0(1/s)$$

1,5 pontos

Questão 3 – Durante uma aula de projetos elétricos, o professor pediu que os alunos construíssem um circuito elétrico como mostrado abaixo. Os resistores R_1, R_2, R_3 e R_4 têm resistências iguais a 2,0Ω, 4,0Ω, 5,0Ω e 7,0Ω, respectivamente. O circuito é alimentado por uma bateria de 6,0V com resistência interna desprezível.



a) Qual a corrente total que atravessa esse circuito? Justifique sua resposta.



$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3+R_4}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{4\Omega} + \frac{1}{5\Omega + 7\Omega} = \frac{10}{12\Omega} \therefore R_e = 1{,}2\Omega$$

$$V = R_e i \therefore i = \frac{6V}{1{,}2\Omega} = 5A$$

3 pontos

Também é possível chegar a este resultado usando a Lei de kirchhoff

b) Qual a diferença de potencial entre as extremidades do resistor R_3? Justifique sua resposta.

$i_3 = V/R'$, com $R' = R_3 + R_4 = 12\Omega$.

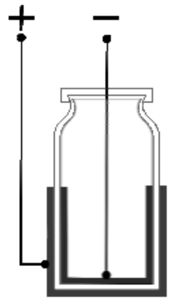
Então: $i_3 = \frac{6V}{12\Omega} = 0{,}5A$

$V_3 = R_3 i_3 = 5\Omega . 0{,}5A = 2{,}5V$

2 pontos

Proibido escrever na prova informações como: apelidos, desenhos, nome, números, símbolos e tudo o que possa identificar o candidato.

Questão 4 – Uma garrafa de *Leyden* é um capacitor de alta tensão, inventado por volta do ano de 1745. Consiste num pote cilíndrico de material altamente isolante com folhas metálicas fixadas nas superfícies interna e externa do frasco, como mostra a figura. Um terminal elétrico, atravessando a tampa do pote, faz contato com a folha interior; e um terminal externo faz contato com a folha exterior. Ligando os terminais a uma bateria, pode-se acumular carga nas superfícies metálicas. A ideia de usar pote tampado veio da teoria antiga de que a eletricidade era um fluido, e que poderia ser armazenado na garrafa. Num experimento de eletrostática, Ana quer construir garrafas de *Layden* com frascos de vidro. Ela usa dois frascos de maionese, A e B, de tamanhos iguais, mas a espessura das paredes de vidro do frasco A é 4,0mm e a espessura das paredes do frasco B é de 2,0mm. Os terminais dos dois frascos são submetidos a uma tensão de 12,0V, com o uso de baterias, durante bastante tempo. Considere que área total das folhas metálicas em cada uma das garrafas é de 0,02m².



a) Considerando a garrafa de *Layden* como capacitores de placas paralelas, **CALCULE** o campo elétrico entre as paredes dos condutores para as garrafas A e B.

$$E_A = \frac{V_A}{d_A} = \frac{12{,}0V}{4{,}0x10^{-3}m} = 3{,}0x10^3\, V/m \qquad E_B = \frac{V_B}{d_B} = \frac{12{,}0V}{2{,}0x10^{-3}m} = 6{,}0x10^3\, V/m$$

2 pontos

b) Sabe-se que o campo elétrico entre as placas do capacitor é calculado aproximadamente por *E*=σ/ε. Nesta equação, σ é a densidade superficial de carga acumulada no capacitor e tem unidades de Coulomb por metro quadrado, e $\varepsilon=4{,}5x10^{-11}C^2/Nm^2$ é a permeabilidade elétrica do meio. Com base nestas informações, **CALCULE** a capacitância de cada garrafa.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{V}{d} \rightarrow \frac{Q}{A\epsilon} = \frac{V}{d} \rightarrow C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$C_A = \frac{\epsilon A}{d_A} = \frac{(4{,}5x10^{-11}\, C^2/Nm^2)(0{,}02m^2)}{4{,}0x10^{-3}m} = 2{,}25x10^{-10}F$$

$$C_B = \frac{\epsilon A}{d_B} = \frac{(4{,}5x10^{-11}\, C^2/Nm^2)(0{,}02m^2)}{2{,}0x10^{-3}m} = 4{,}5x10^{-10}F$$

2 pontos

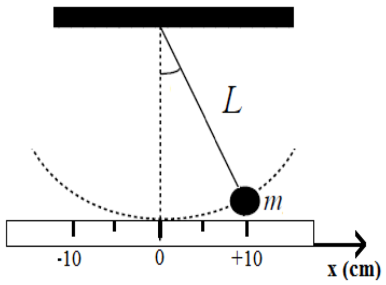
c) Depois disso, Ana montou um circuito em série com os dois capacitores de *Layden* A e B. **CALCULE** a capacitância equivalente do circuito.

$$\frac{1}{C_{eff}} = \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_B} \rightarrow C_{eff} = \frac{C_A C_B}{C_A + C_B} = \frac{(2{,}25x10^{-10}F)(4{,}5x10^{-10}F)}{(2{,}25x10^{-10}F)+(4{,}5x10^{-10}F)} = 1{,}5x10^{-10}F$$

1 ponto

Proibido escrever na prova informações como: apelidos, desenhos, nome, números, símbolos e tudo o que possa identificar o candidato.

Questão 5 – O pêndulo simples ideal consiste em uma massa *m* pequena (para que o atrito com o ar possa ser desprezado) presa a um fio de massa desprezível e comprimento *L*, como mostra a figura ao lado. Para oscilações pequenas, o período *T* e a frequência angular ω são relacionados de forma que $T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{L}{g}}$, onde g é a aceleração da gravidade. Com o intuito de determinar o valor da aceleração da gravidade em sua casa, um aluno montou um pêndulo simples e mediu o período de oscilação para diferentes comprimentos do fio. Ele usou uma régua graduada em centímetros e um sensor de movimento para determinar a posição horizontal *x* do pêndulo em função do tempo.



a) O gráfico abaixo mostra a posição horizontal do pêndulo para dois experimentos, com comprimentos de fios diferentes, em função do tempo. Com base nesses resultados, calcule a razão entre os comprimentos dos fios para os dois experimentos.

$$T_1 = 0{,}4s \therefore T_2 = 0{,}2s \; \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{\frac{L_1}{g}}}{\sqrt{\frac{L_2}{g}}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \;.\; \frac{0{,}4s}{0{,}2s} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}\,.$$

$$2 = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \therefore 4L_2 = L_1 \therefore \frac{L_1}{L_2} = 4 \therefore \frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{4}$$

2,5 pontos

b) O aluno realizou novas medidas e montou o gráfico abaixo, do período do pêndulo ao quadrado em função do comprimento do fio. Com base nesses resultados, calcule o valor da gravidade encontrado pelo aluno.

Temos de considerar duas resoluções devido a um erro tipográfico na fórmula do texto da questão:

1 – Usando a equação fornecida no texto: $T^2 = L/g$,

A inclinação da reta é 1/g; $\frac{1}{g} = \frac{4s^2}{1m} \therefore g = 0{,}25\, m/s^2$

2,5 pontos

---

2 – Resolução com equação correta: $T^2 = 4\pi^2\, L/g$

A inclinação da reta é $\frac{4\pi^2}{g} = \frac{4s^2}{1m} \therefore g = \pi^2\, m/s^2 = 9{,}859\, m/s^2$

Proibido escrever na prova informações como: apelidos, desenhos, nome, números, símbolos e tudo o que possa identificar o candidato.