LICENCIATURA

Questão 1

a) **(2,5 pontos)**
Joule concluiu que o calor é uma forma de energia a partir de experimentos em que a energia mecânica de corpos caindo, ou a energia elétrica de condutores percorridos por corrente elétrica, aqueciam a água contida em recipientes isolados. Ele provou que o calor absorvido pela água, medido pela variação de sua temperatura, se originava da correspondente energia mecânica ou elétrica.

b) **(2,5 pontos)**
Carnot demonstrou teoricamente que uma máquina térmica, mesmo funcionando em condições ideais, jamais pode atingir o rendimento de 100%.

c) **(2,5 pontos)**
Kelvin previu a morte térmica do Universo a partir de uma das conseqüências da Segunda Lei da Termodinâmica: em toda transformação, parte da energia envolvida sempre se transforma em calor. Como esse calor é, ou tende a ser, uma energia degradada, toda energia disponível do Universo tende a desaparecer.

Questão 2

a) **(2,5 pontos)**
No texto citado há pelo menos duas informações que permitem dizer que a concepção tradicional do método científico é incorreta:

I. O uso do termo *célebre* para adjetivar o fenômeno das cores indica que ele era muito conhecido e já teria sido objeto de estudo anterior por outros cientistas.

II. A surpresa de Newton, relatada no trecho, diz respeito à forma *ovalada* da imagem e sua contradição com a teoria, não ao aparecimento das cores.

As afirmações permitem dizer que o trabalho de Newton não foi fruto exclusivo da observação, mas de uma releitura teórica do fenômeno.

b) **(2,5 pontos)**
Inicialmente, o professor pode demonstrar o fenômeno de dispersão usando um prisma. Em seguida, comparando a observação do fenômeno e o texto original, onde a teoria das cores é proposta por Newton, ele poderia iniciar o debate sobre a impossibilidade de se construir conhecimento exclusivamente a partir da experimentação.

c) **(2,5 pontos)**
Resposta pessoal do aluno. Exemplo:

A leitura do texto original de Galileu mostra que a inércia não foi obtida exclusivamente a partir da observação do movimento dos corpos.

Questão 3

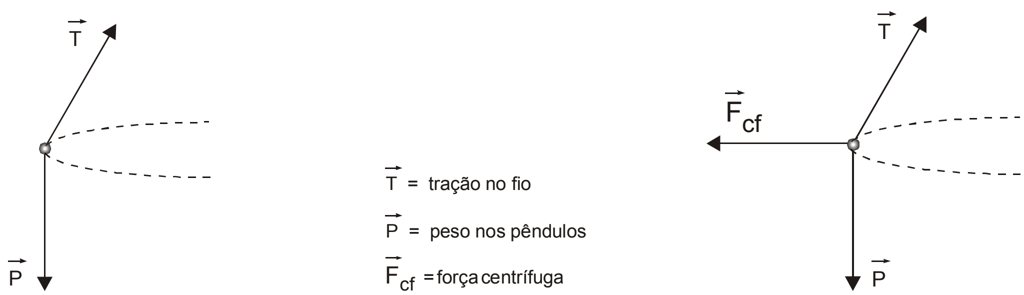
a) **(2,5 pontos)**

O movimento de um pêndulo simples, para pequenas oscilações, pode ser considerado um MHS. Mas, o MHS de um ponto é o movimento descrito pela projeção de um ponto material em MCU, sobre um plano perpendicular ao plano do movimento. Logo, a projeção do movimento do pêndulo cônico num plano perpendicular ao MCU que ele descreve, é um MHS. E esse MHS é o movimento descrito pelo pêndulo simples equivalente, por isso ambos têm o mesmo período.

b) **(2,5 pontos)**
O paradoxo surge, para esses alunos, devido à inversão de causa e efeito. Não é a força centrípeta – resultante da tração no fio e do peso do corpo – a causa do movimento do pêndulo cônico. Ela é conseqüência do movimento do corpo: à medida que a freqüência aumenta, a velocidade e o raio do círculo aumentam e, em conseqüência, a força centrípeta aumenta.

c) **(2,5 pontos)**

I (no laboratório) II (no ponto P)



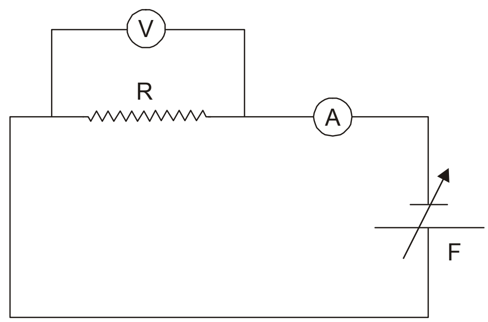
Questão 4

a) **(2,5 pontos)**
Muitos autores de livros didáticos "esquecem" o que disseram páginas antes, o que leva a conclusões totalmente incongruentes. Assim, as afirmações entre aspas nos levam a concluir pela inutilidade do estudo da lei de Ohm, pois ela seria válida apenas para algo que não existe.

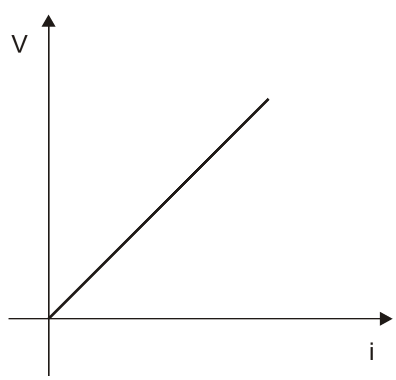
b) **(2,5 pontos)**

I. Para essa atividade pode-se utilizar:
– um resistor R
– um voltímetro V
– um amperímetro A
– uma fonte de tensão variável F

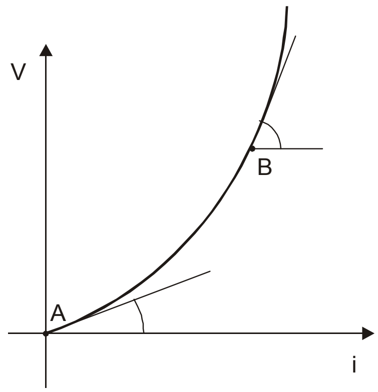
Montar-se-ia o circuito:



II. Variando-se o valor V da tensão em F, a corrente i que circula no circuito vai variar. Anotar-se-iam os valores de V e de i e se construiria o gráfico V = f(i). Caso esse gráfico fosse uma reta, a lei de Ohm estaria verificada.



c) **(2,5 pontos)**
O gráfico V x i (curva característica).



A curva seria semelhante à que está representada acima. No ponto A, o valor da resistência é menor que no ponto B, pois o coeficiente angular da tangente à curva em cada ponto, que caracteriza a resistência, é maior.

Questão 5

a) **(2,5 pontos)**
O Princípio de Conservação de Energia garante que num sistema a energia não pode desaparecer ou ser criada. Nesse caso, o moto-perpétuo é representado por um sistema mecânico cíclico. Nele, a energia potencial (gravitacional) total não varia. Conseqüentemente, não poderia haver aumento na Energia Cinética. Assim, a previsão de movimento acelerado feita pelos adeptos do moto-perpétuo contraria o Princípio de Conservação de Energia.

b) **(2,5 pontos)**
Bastaria calcular o trabalho total realizado pelo peso de cada bola em um oitavo de ciclo, por exemplo. O valor obtido é zero. Como esses ciclos se repetem sucessivamente, pode-se concluir que o trabalho total é sempre nulo o que impede o ganho de energia mecânica necessária à aceleração do sistema.

c) **(2,5 pontos)**
A resposta poderia incorporar duas abordagens, articuladas ou não.

I. Usar o moto-perpétuo para discutir a construção histórica do conceito de energia e sua conservação. Negar a possibilidade dos motos-perpétuos existirem implica em aceitar a idéia de que existem grandezas associadas ao movimento que se conservam.

II. Usar o Princípio de Conservação da Energia para discutir as limitações que devem ser feitas na interpretação do funcionamento do moto-perpétuo.

BACHARELADO

Questão 6

a) **(2,5 pontos)**
Para o equilíbrio o momento da força elástica em relação a A deve ser igual e oposto ao momento da força-peso em relação a A.

$$mg\,b - kx_0c = 0$$

b) **(2,5 pontos)**
Escolha como coordenada generalizada o ângulo θ.

Lagrangeana do sistema: $L = T - V = \frac{1}{2} m\,(b\dot{\theta})^2 + mg\,b\ \text{sen}\,\theta - \frac{1}{2} k\,(c\ \text{sen}\,\theta + x_0)^2$

c) **(2,5 pontos)**

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}}\right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0$$

$$\frac{d}{dt}\left(mb^2\,\dot{\theta}\right) - mg\ b\ \cos\theta + \frac{1}{2}k2(c\ \text{sen}\,\theta + x_0)\ c\ \cos\theta = 0$$

$$mb^2\,\ddot{\theta} \underbrace{-mg\ b + k\ x_0c}_{-0} + kc^2\theta = 0$$

$$mb^2\,\ddot{\theta} + kc^2\theta = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{kc^2}{mb^2}\theta = 0$$

$$\omega^2 = \frac{kc^2}{mb^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\left(\frac{mb^2}{kc^2}\right)^{1/2}$$

Questão 7

a) **(2,5 pontos)**

$$\vec{J}_D = J_0 \cos(\omega t - kz)\ \vec{i}$$

$$\vec{J}_D = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\int d\vec{E} = \frac{J_0}{\varepsilon_0} \int \cos(\omega t - kz)\, dt\ \vec{i}$$

$$\vec{E} = \frac{J_0}{\varepsilon_0 \omega} \operatorname{sen}(\omega t - kz)\ \vec{i}$$

b) **(2,5 pontos)**

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{E} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & 0 & 0 \end{vmatrix} = \frac{\partial}{\partial z} E_x\ \vec{j} - \frac{\partial}{\partial y} E_x\ \vec{k}$$

$$= -\frac{J_o k}{\varepsilon_0 \omega} \cos(\omega t - kz)\ \vec{j}$$

$$\int d\vec{B} = \frac{J_o k}{\varepsilon_0 \omega} \int \cos(\omega t - kz)\, dt\ \vec{j}$$

$$\vec{B} = \frac{J_o k}{\varepsilon_0 \omega^2} \operatorname{sen}(\omega t - kz)\ \vec{j}$$

c) **(2,5 pontos)**

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \text{ (vácuo)}$$

$$\nabla \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & B_y & 0 \end{vmatrix} = -\frac{\partial B_y}{\partial z}\ \vec{i} + \frac{\partial B_y}{\partial x}\ \vec{k}$$

$$-\frac{\partial B}{\partial z}\ \vec{i} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}\ \vec{i}$$

$$\frac{J_o k^2}{\varepsilon_0 \omega^2} \cos(\omega t - kz) = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{J_o \omega}{\varepsilon_0 \omega} \cos(\omega t - kz)$$

$$\frac{J_o k^2}{\varepsilon_0 \omega^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{J_o \omega}{\varepsilon_0 \omega}$$

$$\frac{k^2}{\omega^2} = \mu_0 \varepsilon_0$$

$$\frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = C$$

Questão 8

a) **(2,5 pontos)**

O número de zeros da função de onda é igual a n. Assim:

$$E_A = \frac{5}{2}\hbar\omega \; ; \; E_B = \frac{1}{2}\hbar\omega \; ; \; E_C = \frac{3}{2}\hbar\omega \; ; \; E_D = \frac{7}{2}\hbar\omega$$

b) **(2,5 pontos)**

A função de onda das partículas será dada por uma combinação linear de todas auto-funções

$$\psi(x) = \sum_n c_n \psi_n(x) .$$

Como $c_n = \int \psi_n * \psi \, dx$, o coeficiente será maior para a auto-função que possui maior superposição com $\psi(x)$. Por inspeção, vê-se que isto corresponde a ψ_A. Portanto, o valor mais provável da energia será $E_A = \frac{5}{2}\hbar\omega$.

c) **(2,5 pontos)**

$$\psi(x) = C\,x\,c^{-bx^2} \;\therefore\; \frac{d\psi}{dx} = C\,e^{-bx^2} - 2Cbx^2 e^{-bx^2} ; \; \frac{d^2\psi}{dx^2} = -6Cbxe^{-bx^2} + 4Cb^2 x^3 e^{-bx^2}$$

$$\therefore \frac{\hbar^2}{2m} 6bx - \frac{\hbar^2}{2m} 4b^2 x^3 + \frac{1}{2} m\omega^2 x^3 = E\,x$$

$$\therefore E = 3\frac{\hbar^2}{m} b ; \; \frac{2\hbar^2}{m} b^2 = \frac{1}{2} m\omega^2 \;\therefore\; b = \frac{m\omega}{2\hbar}$$

$$\therefore E = \frac{3}{2}\hbar\omega$$

Questão 9

a) **(2,5 pontos)**

$$L = L_1 + L_2,\ L_1 + L_2 - 1 ... |L_1 - L_2|$$

$$\therefore L = 2, 1, 0$$

b) **(2,5 pontos)**

$$S = S_1 + S_2,\ S_1 + S_2 - 1, ... |S_1 - S_2| \ \therefore\ S = 0{,}1$$

c) **(2,5 pontos)**

L	S	J
0	0 1	0 1
1	0 1	1 2 1 0
2	0 1	2 3 2 1

Questão 10

a) **(2,5 pontos)**

S maior no limite de alta temperatura, porque há maior número de configurações possíveis para o sistema, e a amostra se comporta como ferromagnética quando os spins estão alinhados, isto é, no limite $T \to 0$.

b) **(2,5 pontos)**

$$T \to 0 \Rightarrow n_1 = N;\ n_2 = 0 \ \therefore\ S_0 = -k(N\ell n 1 + 0) = 0$$

$$T \to \infty \Rightarrow n_1 = n_2 = \frac{N}{2} \therefore S_\infty = -k\left(\frac{N}{2}\ell n\frac{1}{2} + \frac{N}{2}\ell n\frac{1}{2}\right)$$

$$\therefore S_\infty = kN\ell n 2$$

c) **(2,5 pontos)**

$$\Delta S = \int_0^\infty \frac{C(T)dT}{T} = S_\infty - S_0 \quad \therefore \quad \int_0^\infty \frac{C(T)dT}{T} = kN\ell n2$$