

Caderno de Questões – Teoria

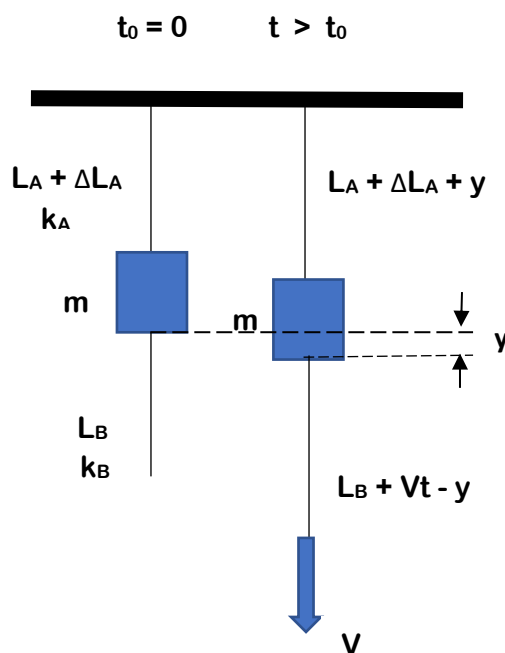
Instruções

1. Este caderno de questões contém **SEIS** folhas, incluindo esta com as instruções. Confira antes de começar a resolver a prova.
2. A prova é composta por **CINCO** questões. Cada questão vale 20 pontos no total de **100 pontos**.
3. Use as **Folhas de Resposta** fornecidas para as resoluções, e coloquem **número nas páginas com identificação da questão**. Use somente a parte da frente das folhas de resposta na resolução, o verso poderá ser utilizado para rascunhos.
4. As **Páginas de Rascunho** devem ser identificadas como tal e não serão levadas em consideração.
5. É permitido apenas o uso de calculadora não programável, Casio fx-82MS, HP 10s⁺ ou similar.
6. Este caderno deve ser **devolvido** ao final da prova juntamente com as folhas de respostas e de rascunhos dentro do envelope disponível sobre sua mesa.
7. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 90 minutos.
8. A prova tem duração de **QUATRO HORAS**

Questão 1 (20 pontos).

Um peso de massa m é suspenso por uma corda elástica A de constante de mola k_A e comprimento natural L_A . Na massa m tem se uma outra corda elástica B pendurada inicialmente livre de constante elástica k_B e comprimento natural L_B como visto na Figura 1 para um tempo t_0 inicial. Devido a ação da gravidade, a corda A adquire um comprimento de $(L_A + \Delta L_A)$. Em um instante $t > t_0$ a corda L_B é puxada verticalmente na extremidade inferior com uma velocidade constante V até que uma das cordas atinge a tensão máxima de ruptura e é rompida. Considerando que podemos desprezar as massas das duas molas, que são feitas com mesmo material, e que a lei do Hooke é válida até o rompimento, obtenha para $t > t_0$:

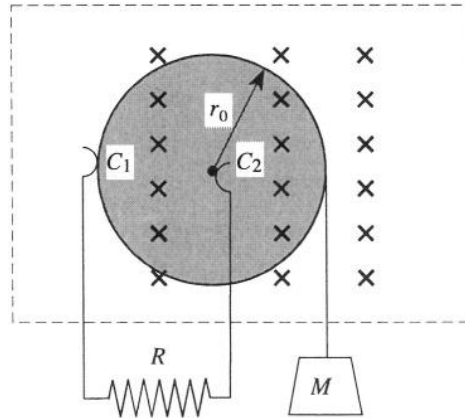
- Equação do movimento da massa m . (3 pts)
- Solução $y(t)$ da equação do movimento. (5 pts)
- Frequência da oscilação da massa m . (3 pts)
- As forças (tensões) dependentes do tempo em cada uma das molas. (4 pts)
- No caso da puxada ser lenta e contínua a corda sempre romperá na parte superior, corda A, mas se o puxão for rápido obtendo velocidade V bem alta, sempre reventará a corda B. Definindo a velocidade crítica $V_{crit} = mgw/k_B$ para o qual se $V < V_{crit}$ mostre que $F_A > F_B$ que indica o rompimento da corda A sempre primeiro quando a corda B é puxada lentamente. (5 pts).



Questão 2 (20 pontos).

Considere um disco condutor perfeito de raio r_0 suspenso em um campo magnético B constante, perpendicular ao disco, e entrando no plano do disco. Contatos elétricos deslizantes são colocados na borda do disco na posição C_1 e no seu eixo C_2 , veja figura abaixo. Este sistema é o “gerador homopolar” de Faraday. Quando o disco é colocado em uma velocidade angular constante produz uma corrente contínua bem alta. Um torque é produzido por uma massa M pendulado com uma longa corda enrolada ao redor do perímetro do disco. Aceleração da gravidade é g .

- Explique como e porque uma corrente flui no circuito resistor mostrando a direção da corrente. (7 pts)
- Dê uma expressão para corrente em função da velocidade angular e outros parâmetros fornecidos. (5 pts)
- Considerando uma corda muito longa, este sistema irá chegar a uma velocidade angular constante ω_f . Determine o valor da ω_f e a corrente i_f correspondente. (8 pts)



Questão 3 (20 pontos).

Em um processo de absorção e emissão de energia por átomos de um gás, por exemplo o efeito “laser”, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, podemos caracterizar por simplicidade em dois estados de energia; estado fundamental com energia E_0 e um estado excitado simples de energia E_1 onde $E_1 > E_0$. Neste processo podemos distinguir três transições, absorção estimulada, emissão espontânea e emissão estimulada. Em 1917 o físico Albert Einstein mostrou que estes processos são relacionados matematicamente.

Considerando átomos com dois estados de energia, em um campo de radiação térmica de temperatura T os três processos são representados pelos seguintes estados:

- Átomos podem ser promovidos do estado fundamental (0) para estado excitado (1) por absorção de um fóton:

$$\left(\frac{dN_0}{dt}\right)_{abs} = -B_{01}N_0\rho_\nu$$

- Átomos podem decair do estado 1 para estado 0 por uma emissão espontânea:

$$\left(\frac{dN_1}{dt}\right)_{esp} = -A_{10}N_1$$

- Átomos podem decair do estado 1 para estado 0 por emissão estimulada:

$$\left(\frac{dN_1}{dt}\right)_{est} = -B_{10}N_1\rho_\nu$$

Onde B_{ij} e A_{ij} são os coeficientes de Einstein, N_j são população (átomos) no estado j e ρ_ν representa densidade de energia de radiação espectral para uma frequência ν .

As populações N_0 e N_1 estão no equilíbrio térmico e podemos escrever a densidade de

radiação como:
$$\rho(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

a) Nesta situação determine a razão entre N_1 e N_0 (7 pts).

E em equilíbrio térmico, a relação entre a população do estado excitado e estado fundamental deve obedecer ao princípio de Boltzmann.

b) Baseada nestas informações determine a razão dos coeficientes A_{10}/B_{10} e B_{10}/B_{01} (7 pts).

Para se obter maior valor da população excitada, denominada inversão de população, um bombeamento ótico é utilizado para se ter maior emissão estimulada, e o efeito pode ser observado analisando a razão entre as emissões estimulada e espontânea.

c) De que forma a potência do bombeamento ótico deve variar com o comprimento de onda quando queremos obter um efeito laser no baixo comprimento de onda? (6 pts)

Questão 4 (20 pontos).

Uma pequena quantidade de água, de massa $m=50\text{g}$ a temperatura de 273K em um recipiente, é colocado dentro de um vaso de vácuo que é evacuado muito rapidamente. Em consequência parte da água se congela ficando na forma de gelo e o resto se torna vapor.

- a) Considerando que o calor latente de fusão (gelo/água) $Q_g = 80 \text{ cal/g}$, e o calor latente de vaporização (água/vapor) $Q_v = 600 \text{ cal/g}$. Determine a quantidade de água transformada em gelo. (6 pts)

Este gelo é colocado dentro de um calorímetro junto com uma peça aquecida de metal de massa $M=325\text{g}$ e volume $V=48\text{cm}^3$. Sendo que a densidade do metal a temperatura de $T=273\text{K}$ é $\rho_0=6,8 \text{ g/cm}^3$, e a capacidade térmica $C=0,12\text{cal/gK}$, e o coeficiente de expansão linear $\alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

- b) determine a quantidade de gelo que derreterá quando o equilíbrio é alcançado.(14 pts)

Questão 5 (20 pontos).

Em um experimento de efeito fotoelétrico, uma radiação de comprimento de onda conhecida ilumina um eletrodo, denominado de catodo (emissor de elétrons), que possui função trabalho W_c (energia que um elétron dentro do catodo precisa para que a mesma possa vencer a energia de ligação do elétron no material) de $2,14 \text{ eV}$. Dependendo de certas condições da onda incidente, um elétron (fotoelétron) pode ser emitido e avançar em direção ao anodo (coletor de elétrons), que possui um função trabalho W_A de $5,29 \text{ eV}$. O função trabalho do anodo é maior que a do catodo para evitar emissão de elétrons secundários e novos fotoelétrons (pois só estamos interessados nos fotoelétrons emitidos pelo catodo). O circuito elétrico do experimento é mostrado na Figura 1 abaixo. Nesta figura o eletrômetro mede correntes baixíssimas, até ordem de 10^{-10} A , o multímetro mede a voltagem DC aplicada entre os dois eletrodos, um potenciômetro regula a tensão aplicada nos eletrodos variando a sua resistência, e uma bateria em geral de $\sim 7 \text{ V}$ contínuo.

Para obter radiações de comprimentos de onda conhecidas, utilizamos uma lâmpada de mercúrio (Hg) com uma rede de difração para obter as linhas espectrais isoladas. Na tabela 1 abaixo listamos as principais linhas espectrais emitidas pelo valor de mercúrio.

Note que o lado negativo da fonte é conectado ao anodo de modo a repelir os elétrons quando uma ddp é aplicada, assim podemos estudar a energia que os fotoelétrons possuem de acordo com comprimento de onda irradiada no catodo. Responda:

- De acordo com teoria fotoelétrico de Albert Einstein em qual comprimento de onda o fotoelétron terá maior energia cinética? Determine este valor. (4 pontos)
- Considerando que um fóton $h\nu$ tenha iluminado o catodo, e que o mesmo tenha emitido fotoelétrons de uma certa energia cinética, e de acordo com a Figura 1, escreva a equação que relaciona a voltagem observada no multímetro com demais elementos do circuito e comprimento de onda incidente no catodo. (6 pontos)
- Considerando que o catodo é iluminado com uma luz de comprimento de onda que obtém maior energia cinética dos elétrons, e que você é livre para ajustar a resistência no potenciômetro, em que condição teremos uma leitura de corrente máximo e mínima no eletrômetro? (5 pontos)
- De que forma podemos determinar o função trabalho do anodo de acordo com os dados experimentais obtidos nos itens anteriores? (5 pontos)

Algumas Constantes da Física e Fatores de Conversão.

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol.K}$$

$$K_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$1 \text{ Joule} = 6,242 \times 10^{18} \text{ eV} = 1 \times 10^7 \text{ erg}$$

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ torr} = 1 \text{ mm Hg}$$

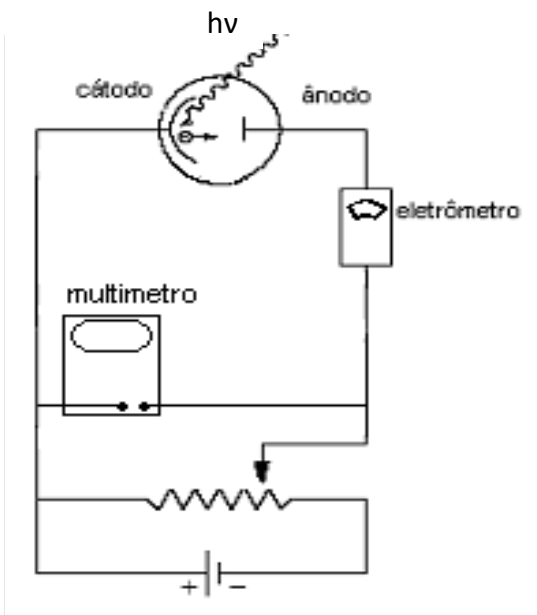


Figura 1: Esquema Exp. Fotoelétrico.

Tabela 1: Espectro do Mercúrio (Hg)

Cor	Frequência ($\times 10^{14}$ Hz)	Comprimento de onda (nm)
Vermelho	4,34	690,8
Amarelo	5,19	578,0
Verde	5,49	546,1
Azul	6,88	435,8
Violeta	7,41	404,7
Ultravioleta	8,20	365,5