

ALUNO _____

TURMA _____ PROF. _____

ATENÇÃO LEIA ANTES DE FAZER A PROVA**TODAS AS RESPOSTAS, MESMO AS NUMÉRICAS, DEVERÃO SER JUSTIFICADAS.****NÃO SERÃO ACEITAS RESPOSTAS SEM JUSTIFICATIVA.**

- 1 – Assine todas as folhas das questões antes de começar a prova.
- 2 - As respostas deverão ser escritas nas próprias folhas das questões, podendo ser usados também os versos.
- 3 – O que não quiser considerar na resposta deverá ser riscado ou apagado.
- 4 – As respostas poderão ser feitas à lápis ou caneta.
- 5 - Os professores não poderão responder à nenhuma questão, a prova é auto-explicativa e faz parte da avaliação o entendimento da mesma.
- 6 – A prova será feita em 2 hora, impreterivelmente, sem adiamento, portanto, seja objetivo nas suas justificativas.

Boa Prova

Formulário

$$p = h/\lambda; E = hf = hc/\lambda; eV_0 = hf - \phi; \phi = hf_0; \Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\phi);$$

$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{[\exp(hc/\lambda k_B T) - 1]}; I = \sigma T^4; \sigma = \frac{2\pi^5 k_B^4}{15c^2 h^3} \cong 5,67 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

$$\lambda_{\max} \cdot T \cong 2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right] \varphi(x) = E \varphi(x); P(x) = |\varphi(x)|^2; \int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx = 1; \hbar \equiv \frac{h}{2\pi}; \Delta p \Delta x \geq \hbar$$

$$2\pi r_n = n\lambda \therefore n = 1, 2, 3, \dots; r_n = 5 \times 10^{-11} (\text{m}) \times \frac{n^2}{Z}; E_n = -13,6 (\text{eV}) \times \frac{Z^2}{n^2}$$

$$U_B = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}; \vec{\mu} = -\frac{e}{2m_e} \vec{L} \text{ ou } -\frac{e}{m_e} \vec{S}; \mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} = 9,274 \times 10^{-24} \text{ J/T}; \vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$$

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar; L_z = m_l \hbar; S = \sqrt{s(s+1)}\hbar; S_z = m_s \hbar; J = \sqrt{j(j+1)}\hbar; J_z = m_j \hbar;$$

$$hc/\lambda_0 = e\Delta V; \sqrt{f} = 4,95 \times 10^7 \times (Z - 1)$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}; h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}; k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}; 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}; \epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

ALUNO _____

TURMA _____ PROF. _____

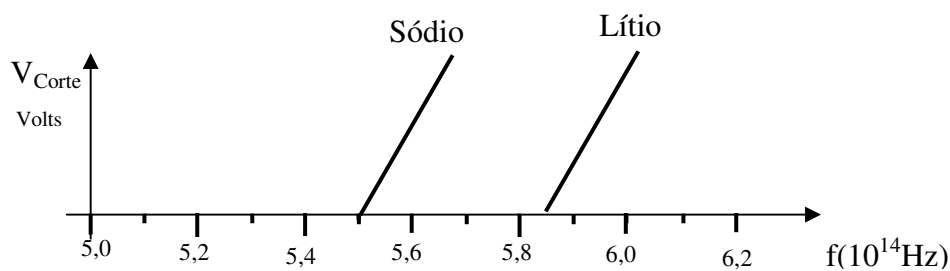
Todas as respostas devem ter justificativas ou cálculos.

1º.) A figura abaixo mostra um gráfico do potencial de corte em função da frequência da luz incidente usando como alvos sódio e lítio numa experiência de efeito fotoelétrico. OBS: as retas são paralelas.

a) **(1,0 pt)** Qual é o valor da função trabalho de cada alvo?

b) **(0,5 pt)** De acordo ao gráfico, discuta qual é o alvo que fornecerá o maior valor da constante h .

c) **(1,0 pt)** Suponha que luz com comprimento de onda no visível de $\lambda = 526 \text{ nm}$ incida sobre esses dois alvos. Para cada alvo, qual é a energia cinética máxima adquirida pelos elétrons ejetados do alvo, se é que eles serão ejetados do alvo.



ALUNO _____

TURMA _____ PROF. _____

Todas as respostas devem ter justificativas ou cálculos.

2º.) Considere uma partícula-onda sujeita à seguinte barreira de potencial:

$$U(x) = \begin{cases} 0 & , x < 0; x > L \\ U_0 & , 0 \leq x \leq L \end{cases}$$

a) **(0,5 pt)** Escreva a equação de Schrödinger nas três regiões do espaço.b) **(1,0 pt)** Suponha que a solução genérica da equação de Schrödinger seja a função de onda $\varphi(x) = A \exp(ikx) + B \exp(-ikx)$. Encontre k dentro e fora da barreira se a energia da partícula E for menor do que U_0 . OBS: Escreva k em função de m , E , $\hbar$, U_0 .c) **(0,75 pt)** Suponha que a probabilidade da partícula tunelar através da barreira seja dada pela razão entre a densidade de probabilidade da partícula em $x = L$ e $x = 0$. Mostre que essa probabilidade é dada por $\exp(-2Lk_b)$, onde k_b é k dentro da barreira.d) **(0,75pt)** Um microscópio de tunelamento eletrônico é um exemplo típico de aplicação do conceito desenvolvido acima, onde a barreira de potencial é a lacuna de ar entre a ponta metálica do microscópio e a superfície metálica da amostra. Neste caso a barreira U_0 é igual a soma da energia de ligação do elétron E e a função trabalho do metal ϕ . Calcule a probabilidade do elétron tunelar através do ar, se a função trabalho do metal for 4 eV e a lacuna de ar tiver uma espessura de 0.5 nm.

Física Geral e Experimental XXI / Física Teórica 4

2ª. Prova – 1º semestre de 2012

19/maio/2012 14:15~16:15

ALUNO _____

TURMA _____ PROF. _____

Todas as respostas devem ter justificativas ou cálculos.

3º.) Um átomo de hidrogênio em um estado que tem uma energia de ligação (a energia necessária para remover um elétron) de 0,85 eV faz uma transição para um estado com uma energia de excitação (diferença entre o estado e o estado fundamental) de 10,2 eV. **(2,0 pt)** Use o modelo de Bohr para encontrar o comprimento de onda fóton emitido.

ALUNO _____

TURMA _____ PROF. _____

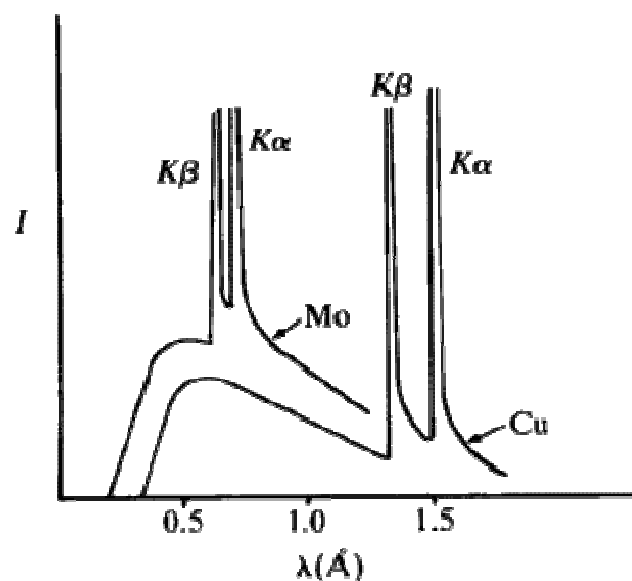
Todas as respostas devem ter justificativas ou cálculos.

4º.) A figura abaixo mostra o espectro de raios-X de dois alvos, molibdênio e cobre, aos serem atingidos por um feixe de elétrons.

(a) **(0,5 pt)** A energia cinética dos elétrons que atingem os dois alvos são iguais ou diferentes? Justifique.

(b) **(1,0 pt)** Encontre a(s) energia cinética(s).

(c) **(1,0 pt)** Estime os valores dos números atômicos do molibdênio e cobre. Dica: Use o modelo de Moseley.



Solução

1º.) (a) Tirar do gráfico a freq. de corte e fazer $\phi = hf_0$.

(b) Como as retas são paralelas, o valor medido de h será o mesmo [h é a inclinação da reta

$$V_0 = (hf - \phi)/e].$$

(c) Esse comp. de onda corresponde à freq. $5,7 \times 10^{14}$ Hz, abaixo da freq. de corte do lítio. Apenas o sódio produzirá fotoelétrons. A energia cinética máxima é igual a energia potencial de freio eV_0 correspondente à freq. f e é dada por $hf - \phi$.

$$2^\circ.) \text{ (a) Fora da barreira: } \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} \right] \varphi(x) = E\varphi(x); \text{ Dentro da barreira: } \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U_0 \right] \varphi(x) = E\varphi(x)$$

(b) Para encontrar k fora e dentro da barreira é só pegar $\varphi(x)$ do enunciado e substituir nas eqs de Schrödinger acima.

Obtêm-se:

$$\text{Fora: } k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}; \text{ Dentro: } k = \frac{\sqrt{2m(E - U_0)}}{\hbar} = i \frac{\sqrt{2m(U_0 - E)}}{\hbar} \equiv ik_b, \text{ pois } E < U_0.$$

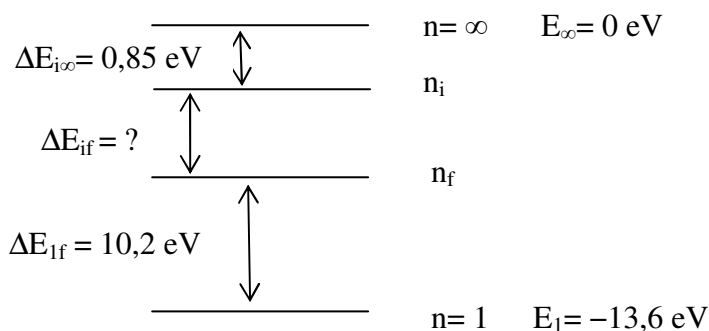
(c) A função de onda dentro fica:

$\varphi(x) = A \exp(-k_b x) + B \exp(k_b x)$. É sabido que o termo que cresce exponencialmente é fisicamente inaceitável (prob. de encontrar a partícula aumentando a medida que a partícula penetra na barreira).

Então ficamos com $\varphi(x) = A \exp(-k_b x)$. Aí é só fazer $\frac{|\varphi(x=L)|^2}{|\varphi(x=0)|^2}$

(d) Usar a equação do item (c) fazendo em $U_0 - E = \phi$.

3º.) Diagrama de níveis do hidrogênio e dados do problema:



O valor de $\Delta E_{i\infty}$ é o próprio valor de E_i . Então é só usar $E_n = -13,6 \times \frac{1}{n^2} = -0,85 \rightarrow n = 4$. Este é o estado inicial. O final está abaixo, então só pode ser o $n = 2$ ou 3 . Temos $E_2 = -3,4$ eV e $E_3 = -1,51$ eV. Assim vemos que o nível final é o $n = 2$ pois $13,6 - 3,4 = 10,2$ eV.

Para calcular o comp de onda da transição é só fazer: $hf = \frac{hc}{\lambda} = E_2 - E_4$

4º.) (a) A energia cinética pode ser tirada do gráfico a partir do comprimento de onda de corte do espectro. Assim, observa-se que as energias usadas foram diferentes para cada alvo.

(b) É só fazer $hc/\lambda_0 = e\Delta V = E_{cin}$

(c) É só usar $\sqrt{f} = 4,95 \times 10^7 \times (Z - 1)$, onde f é a freq da transição K_α de cada alvo.