

**Física para Engenharia de Materiais II**  
**2º Semestre 2011**  
Prof. Dr. Durval Rodrigues Junior  
MSc. Lucas Barboza Sarno da Silva (estagiário PAE)

**Lista de exercícios**

**Corpo Negro**

- 1) Calcular a energia de um fóton cuja frequência seja (a)  $6,2 \cdot 10^{14}$  Hz, (b) 3,1 GHz, (c) 46 MHz. Dar as respostas em eV.  
*Resposta: (a) 2,57 eV, (b)  $1,28 \cdot 10^{-5}$  eV, (c)  $1,91 \cdot 10^{-7}$  eV.*
- 2) Com a lei do deslocamento de Wien, calcular a temperatura superficial de uma estrela gigante vermelha que irradia com o pico de intensidade em  $\lambda_{\text{máx}} = 650$  nm.  
*Resposta:  $4,46 \cdot 10^3$  K.*
- 3) Qual o comprimento de onda do pico de radiação emitida pelo corpo humano? Admitir que a temperatura do corpo seja 35°C e use a lei do deslocamento de Wien. Em que parte do espectro eletromagnético está este comprimento de onda?  
*Resposta: 9,35 μm; infravermelho.*

**Efeito Fotoelétrico**

- 4) A função trabalho do potássio é 2,24 eV. Se uma superfície de potássio metálico for iluminada por luz de comprimento de onda de 480 nm, achar (a) a energia cinética máxima dos fotoelétrons e (b) o limiar de comprimento de onda.  
*Resposta: (a) 0,350 eV; (b) 555 nm.*
- 5) Quando o metal césio for iluminado por luz de comprimento de onda de 500 nm, os fotoelétrons emitidos terão a energia cinética máxima de 0,57 eV. Achar (a) a função trabalho do césio e (b) o potencial frenador se a luz incidente tiver o comprimento de onda de 600 nm.  
*Resposta: (a) 1,92 eV; (b) 0,159 V.*
- 6) Duas fontes de luz são usadas em uma experiência de efeito fotoelétrico que visa determinar a função trabalho de certa superfície metálica. Quando é usada a luz verde de uma lâmpada de mercúrio ( $\lambda = 546,1$  nm), o potencial retardador de 1,70 V reduz a fotocorrente a zero. a) Com essa medida qual é a função trabalho desse metal? (b) Qual o potencial frenador que seria observado se fosse usada à luz amarela de um tubo de descarga em hélio ( $\lambda = 587,5$  nm) ?  
*Resposta: (a) 0,571 eV; (b) 1,54 V.*

**Efeito Compton**

- 7) Calcular a energia e o momento de um fóton de comprimento de onda de 700 nm.  
*Resposta: 1,78 eV;  $9,47 \cdot 10^{-28}$  Kg.m/s.*
- 8) Qual o ângulo de espalhamento sob o qual o deslocamento do comprimento de onda de um raio X de 1 nm é 0,02%?  
*Resposta: 23,4°.*
- 9) Um fóton de raios X com 0,03 nm é espalhado por um elétron livre. (a) Se o deslocamento no comprimento de onda do raio X for igual ao comprimento de onda Compton do elétron, qual será a energia cinética do elétron depois da colisão? (b) Qual sua velocidade?  
*Resposta: (a) 3,10 keV, (b)  $0,110c = 32,9 \cdot 10^6$  m/s*
- 10) Depois de espalhar o fóton de um raio X com 0,80 nm, um elétron livre recua com velocidade igual a  $1,4 \cdot 10^6$  m/s. (a) Qual foi o deslocamento Compton no comprimento de onda do fóton? (b) Sob que ângulo o fóton foi espalhado?  
*Resposta: (a)  $2,88 \cdot 10^{-12}$  m; (b) 101°.*

### Modelo Quântico do Átomo de Bohr

- 11) Use  $r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{mke^2}$  para calcular o raio da primeira, da segunda e da terceira órbita de Bohr no hidrogênio.  
*Resposta: 0,529 Å; 2,12 Å; 4,77 Å.*
- 12) (a) Construir o diagrama de níveis de energia do íon He<sup>+</sup> no qual Z = 2. (b) Qual a energia de ionização do He<sup>+</sup>?  
*Resposta: (a)  $E_n = -\frac{54,4}{n^2} eV$ , n = 1,2,3,...; (b) -54,4 eV.*
- 13) Qual o raio da primeira órbita de Bohr no (a) He<sup>+</sup>, (b) Li<sup>2+</sup> e (c) Be<sup>3+</sup>?  
*Resposta: (a) 0,265 Å; (b) 0,177 Å; (c) 0,132 Å.*
- 14) Um fóton é emitido por um átomo de hidrogênio que sofre uma transição do estado n = 6 para o estado n = 2. Calcule (a) a energia, (b) o comprimento de onda e (c) a frequência do fóton emitido.  
*Resposta: (a) 3,03 eV; (b) 411 nm; (c) 7,32.10<sup>14</sup> Hz.*
- 15) Ache a energia potencial e a energia cinética de um elétron no primeiro estado excitado do átomo de hidrogênio.  
*Resposta: -6,80 eV; +3,40 eV.*

### Propriedades Ondulatórias das Partículas

- 16) Calcular o comprimento de onda de de Broglie de a) um próton à velocidade de 10<sup>6</sup> m/s e b) uma pessoa de 75 kg que esteja correndo a 5 m/s.  
*Resposta: a) 3,97.10<sup>-13</sup> m; b) 1,77.10<sup>-36</sup> m.*
- 17) Um elétron tem o comprimento de onda de de Broglie igual ao perímetro de um átomo de hidrogênio. Qual a energia cinética do elétron? Como esta energia se compara com a energia do átomo de hidrogênio no seu estado fundamental?  
*Resposta: 13,6 eV.*
- 18) Num microscópio eletrônico, os elétrons são acelerados por 40.000 V. Qual seria, teoricamente, a menor distância entre dois objetos que poderia ser percebida no microscópio?  
*Resposta: 6,13 pm.*
- 19) O poder de resolução de um microscópio é proporcional ao comprimento de onda da radiação usada. Para que seja possível "ver" um átomo, a resolução do microscópio usado deve ser de aproximadamente 10<sup>-11</sup> m (0,1Å). a) Se forem usados elétrons (microscópio eletrônico), qual a energia cinética mínima que deveria ter os elétrons? b) Se forem usado fótons, qual a energia mínima do fótons para que se tenha resolução de 10<sup>-11</sup> m?  
*Resposta: a) 15 keV; b) 124 keV.*

### Princípio da Incerteza

- 20) Uma fonte de luz é usada para determinar a localização de um elétron num átomo com uma precisão de 0,05 nm. Qual a incerteza na velocidade do elétron?  
*Resposta: 2,3.10<sup>6</sup> m/s.*
- 21) Um próton tem uma energia cinética de 1 MeV. Se o seu momento for medido com uma incerteza de 5%, qual a incerteza mínima na posição?  
*Resposta: 9,08.10<sup>-14</sup> m.*

- 22) Um garoto deixa uma pequenina pelota cair do alto de uma escada visando a um alvo no solo. a) mostre que, conforme o princípio da incerteza, o afastamento em relação ao alvo deve ser pelo menos

$$\Delta x = \left(\frac{\hbar}{m}\right)^{1/2} \left(\frac{H}{2g}\right)^{1/4}$$

onde H é a distância vertical inicial de cada pelota em relação ao solo e m a massa de cada pelota.

- b) Se  $H = 2 \text{ m}$  e  $m = 0,5 \text{ g}$ , qual o valor de  $\Delta x$  ?

Resposta:  $2,6 \cdot 10^{-16} \text{ m}$ .

### Introdução à Mecânica Quântica

- 23) Um elétron tem a função de onda

$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \text{sen}\left(\frac{2\pi x}{L}\right)$$

Achar a probabilidade de se encontrar o elétron entre  $x=0$  e  $x=L/4$ .

Resposta: 0,250.

- 24) Uma partícula alfa pode ser imaginada como uma partícula que se move numa caixa com  $10^{-14} \text{ m}$  de largura (o diâmetro aproximadamente do núcleo). Usando este modelo estime a energia e o momento da partícula alfa no seu estado fundamental. A massa da partícula alfa é  $4 \times 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

Resposta:  $0,516 \text{ MeV}$ ;  $3,31 \cdot 10^{-20} \text{ kg.m/s}$

### A Equação de Schrödinger

- 25) A função de onda de uma partícula confinada numa caixa unidimensional é dada por

$$\Psi(x) = A \text{sen}\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

Usar a condição de normalização da função de onda para mostrar que a constante A é dada por

$$A = \sqrt{\frac{2}{L}}$$

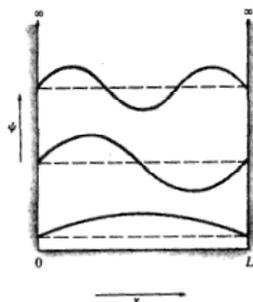
- 26) A função de onda de uma partícula é dada por

$$\Psi(x) = A \cos(kx) + B \text{sen}(kx)$$

onde, A, B e k são constantes. Mostrar que a função de onda é solução da equação de Schrödinger, admitindo que a partícula seja livre, e achar a energia da partícula.

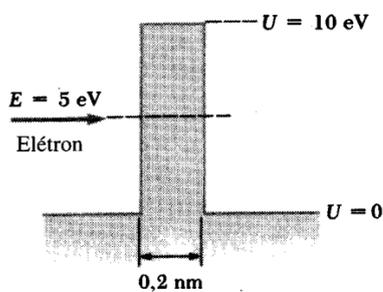
Resposta:  $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$

- 27) Suponha que a partícula esteja confinada, no seu estado fundamental, numa caixa com paredes de alturas infinitas, como indicado na figura. Suponha então que a altura da barreira à esquerda seja, num certo instante, reduzida a uma altura finita. a) faça um gráfico qualitativo da função de onda da partícula em um pequeno intervalo de tempo depois do abaixamento. b) se a caixa tiver uma largura  $L$ , qual o comprimento de onda da onda que penetra a barreira?



Resposta: b)  $2L$ .

- 28) Um elétron de 5 eV incide sobre uma barreira que tem 0,2 nm de espessura e 10 eV de altura. a) Qual a probabilidade de o elétron tunelar através da barreira? b) Qual a probabilidade de o elétron ser refletido?



Resposta:  $T = 1\%$ ;  $R = 99\%$ .

### O Átomo de Hidrogênio

- 29) a) Determinar os números quânticos  $\ell$  e  $m_\ell$  do íon de  $\text{He}^+$  no estado correspondente a  $n=3$ . b) Qual a energia deste estado?
- 30) A função de onda de um elétron, no estado 1s do hidrogênio é

$$\Psi_{1s} = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-r/a_0}$$

Qual a distância, ao núcleo H, e, que mais provavelmente se pode encontrar um elétron no estado 1s?

Resposta:  $r = a_0$ .

- 31)