

Instituto de Física da USP
Física Moderna I – 4300375
1º Semestre de 2014
Profª Márcia de Almeida Rizzutto

3ª Lista de Exercícios

Justifiquem todas as passagens e respostas.

- 1 a) Como se explica os feixes regularmente refletidos em experimentos de difração de elétrons e raios-X?
- b) Discuta que diferentes tipos de informações podem ser obtidas com experimentos de difração de raios-X e elétrons.

- 2 a) Explique, com suas palavras, a equação

$$n\lambda = 2d \sin \phi$$

e faça um esboço da reflexão de Bragg.

- b) O espaçamento planar principal em um cristal de cloreto de potássio é de $3,14\text{\AA}$. Compare o ângulo de reflexão de Bragg de primeira ordem, por esses planos, de elétrons com energia cinética de 40 keV com o de fótons de energia de 40 keV.

- 3 Sejam:

- a) elétron com energia cinética de 50 eV.
b) elétron com energia total de 10 MeV.
c) nêutron em equilíbrio térmico com $T = 500\text{ K}$.
d) núcleo de ouro com energia cinética de 500 GeV.
e) grão de poeira de $1 \times 10^{-6}\text{ g}$ em equilíbrio térmico com a temperatura ambiente.

Calcule o comprimento de onda de de Broglie destes entes físicos e determine uma situação onde seu caráter ondulatório seria observado, para cada caso.

- 4 Um projétil de massa 40 g se move a 1000 m/s.

- a) Qual é o comprimento de onda que podemos associar a ela?
b) Porque sua natureza ondulatória não se revela por meio de efeitos de difração?
c) Qual seria a velocidade mínima para que observássemos difração para este projétil em uma fenda de $1\ \mu\text{m}$?

- 5 Em um experimento do tipo Franck-Hertz, hidrogênio atômico é bombardeado com elétrons e são encontrados potenciais de excitação em 10,21 V e 12,10 V.

- a) Esboce o diagrama de níveis de energia.

- b) Explique a observação que três linhas espectrais acompanham estas excitações.
- c) Agora, assuma que as diferenças de energia possam ser expressas como $h\nu$ e encontre os três valores permitidos de ν .
- d) Suponha que um feixe de fótons de energia 12,10 eV passe por esta amostra. Esboce a intensidade do feixe antes e depois de passar pela amostra.
- 6 Assuma que uma quantidade de ^3H suficiente para análise espectroscópica possa ser colocada em um tubo contendo ^1H .
- a) Determine a série de Balmer de ambos os átomos.
- b) Determine a separação, medida em termos de comprimento de onda, entre as duas primeiras linhas da série de Balmer do hidrogênio ^1H e do trítio ^3H .
- 7 Considere barra muito fina, de comprimento L e massa M girando em torno de um eixo que passa por seu centro.
- a) Aplique as regras de quantização de Wilson-Sommerfeld e mostre que os valores possíveis previstos para a energia total são:

$$E_n = \frac{6\hbar^2 n^2}{ML^2}$$

- b) Esboce os níveis de energia deste sistema.
- c) Qual a energia do fóton que excita o sistema do estado fundamental para o estado $n = 4$?
- d) Quais serão os níveis de energia obtidos se forem adicionadas duas esferas de massa m e raio $r \ll L$ nos extremos da barra?
- 8 Considere um oscilador harmônico simples unidimensional de massa m . Usando a regra de quantização de Wilson-Sommerfeld:
- a) Determine os níveis de energia deste sistema.
- b) Esboce o diagrama de energias deste sistema.
- c) O que acontece com estes níveis de energia se a massa é multiplicada por α ?
- d) Qual a energia do fóton de menor energia emitido por uma transição neste sistema? A qual transição ele corresponde?
- 9 a) Usando a regra de quantização de Wilson-Sommerfeld, mostre que as energias de uma partícula de massa m , em movimento unidimensional livre de forças, entre duas paredes distantes L com as quais sofre colisões elásticas são dadas por:

$$E_n = \frac{n^2 (hc)^2}{8mc^2 L^2}$$

- b) Esboce o diagrama de níveis de energia (em eV) de elétrons dentro de uma caixa de 1Å de largura. Qual é o estado fundamental deste sistema?
- c) Calcule os comprimentos de onda (em Å) dos fótons emitidos em uma transição de um estado n qualquer ao estado fundamental.

10 Considere a energia o átomo de hidrogênio com a correção relativística feita por Sommerfeld

$$E_{n,n_\theta} = -\frac{\mu Z^2 e^2}{(4\pi\epsilon_0)^2 2n^2 \hbar^2} \left[1 + \frac{\alpha^2 Z^2}{n} \left(\frac{1}{n_\theta} - \frac{3}{4n} \right) \right].$$

Calcule a energia da transição do estado excitado $n = 2$ para o estado fundamental e determine a variação de comprimento de onda desta transição em relação ao modelo de Bohr e ao modelo de Bohr com correção de massa nuclear finita.

11 Destaque, justificando, quais os principais méritos e as principais limitações de cada um dos seguintes modelos atômicos e/ou de quantização:

- a) Thomson;
- b) Bohr;
- c) Wilson-Sommerfeld.

12 a) Descreva, com suas palavras, no que consiste o princípio da correspondência.

b) Um oscilador harmônico quântico tem energia dada por

$$E_n = \hbar\omega_0(n + 1/2).$$

Calcule o número quântico equivalente à energia de um oscilador clássico com massa de 100 g, amplitude de oscilação de 0,5 cm e frequência angular de 1 rad/s.

c) Segundo a mecânica clássica, um elétron se movendo em um átomo deveria ser capaz de fazê-lo com qualquer momento angular. Segundo a teoria de Bohr para o átomo de Hidrogênio, o momento angular é quantizado como $L = nh/2\pi$. O princípio da correspondência pode reconciliar estes dois resultados?