

Segunda Lista de Exercícios de Física Moderna I

A natureza corpuscular da matéria

1. O experimento de Thomson pode ser utilizado para a identificação de partículas, como ele fez com o elétron no final do século XIX. Considere uma partícula desconhecida que ao passar pelo aparato experimental de Thomson (veja o slide 4 da aula 08) sofre uma deflexão de 0.20 radianos para baixo, quando a tensão aplicada entre as placas é $V=2000\text{ V}$, o comprimento das mesmas é $l=10.0\text{ cm}$ e a distância entre elas é $d = 2.00\text{ cm}$. Em seguida, um campo magnético de magnitude $4.57 \times 10^{-2}\text{ T}$ é aplicado na direção z (perpendicular à folha de papel) fazendo com que a partícula passe pelas placas sem deflexão.
 - a. Calcule a velocidade horizontal com a qual a partícula chega até as placas
 - b. Encontre a razão q/m para essa partícula
 - c. Identifique essa partícula
 - d. É necessário utilizar as expressões relativísticas para resolver este problema?
2. No experimento de Millikan, as placas do capacitor encontram-se a uma distância de 2.00 cm , a diferença de potencial entre elas é de 4000 V , a distância de queda é de 4.00 mm , a densidade das gotas de óleo é 0.800 g/cm^3 e a viscosidade do ar é $1.81 \times 10^{-5}\text{ kg/(m s)}$. Uma gota foi selecionada durante a realização do experimento, cujo tempo de queda médio na ausência de campo elétrico é de 15.9 s . Os seguintes tempos de subida em segundos dessa gota foram medidos com o campo elétrico aplicado: $36.0, 17.3, 24.0, 11.4, 7.54$.
 - a. Calcule o raio e a massa da gota de óleo utilizada no experimento
 - b. Calcule a carga da gota em cada subida e mostre que a carga é quantizada considerando a quantidade carga em cada subida e a carga ganha ou perdida em cada situação
 - c. Determine a carga eletrônica elementar a partir dessas medidas
3. O espalhamento de partículas- α em ângulos muito pequenos não está de acordo com a expressão de Rutherford para esses ângulos. Qual seria uma possível explicação para essa observação?
4. Um feixe fino de partículas alfa de energia cinética de $4,8\text{ MeV}$ incide perpendicularmente numa folha de cobre (alvo) de 10^{-4} cm de espessura. O feixe tem 10^6 partículas por segundo e a densidade do cobre é $8,9\text{ g/cm}^3$.
 - a. Quantas cintilações por minuto serão produzidas pelas partículas espalhadas numa tela fluorescente de $2 \times 2\text{ mm}$, colocada a 5 cm do centro do alvo e numa direção de 60° com feixe incidente?
 - b. Qual será o valor da seção de choque diferencial desse espalhamento?
 - c. Qual significado físico podemos atribuir a esse valor de seção de choque?
5. Qual a distância de maior aproximação de uma partícula- α com $5,30\text{ MeV}$ a um núcleo de ouro? E a um núcleo de alumínio? O que podemos afirmar sobre o tamanho do

núcleo atômico, sabendo que no segundo caso a expressão de Rutherford não reproduz bem as medidas? Por quê?

6. Compare a quantização proposta por Bohr com a quantização proposta por Planck. Quais são as diferenças e quais são as semelhanças das duas propostas? (Considere a proposta de Wilson-Sommerfeld para responder esta questão)
7. O que significa o fato da energia dos elétrons do átomo de hidrogênio proposto por Bohr apresentarem energia negativa? Como podemos interpretar o fato do elétron mais interno ($n=1$) apresentar o valor de energia mais negativo?
8. Calcule o menor comprimento de onda da série de Lyman, Balmer, Paschen e da série de Pfund para o hidrogênio. Em qual região do espectro eletromagnético está cada uma?
9. Suponha que o momento angular da Terra (de massa $6 \times 10^{24} \text{ kg}$) devido a seu movimento em torno do Sol (órbita de raio $= 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$) seja quantizado segundo a relação de Bohr. Qual é o valor do número quântico n ? Poderíamos detectar tal quantização?
10. Um átomo de tungstênio ($Z=74$) tem arrancados todos os seus elétrons exceto um.
 - a. Calcule a energia do estado fundamental desse elétron, a partir da energia do estado fundamental do hidrogênio.
 - b. Calcule o comprimento de onda da radiação emitida quando esse único elétron sofre uma transição do estado $n=2$ para $n=1$. Onde se localiza esse fóton emitido no espectro eletromagnético?
11. Em uma experiência do tipo da de Franck-Hertz bombardeia-se hidrogênio atômico com elétrons, e obtêm-se os potenciais de excitação em 10,21V e 12,01V.
 - a. Explique a observação de que três linhas diferentes de emissão espectral acompanham essas excitações. (Sugestão: trace um diagrama de níveis de energia.).
 - b. Suponha agora que as diferenças de energia podem ser expressas como $h\nu$ e obtenha os três valores possíveis de ν .
 - c. Suponha que ν é a frequência da radiação emitida e determine os comprimentos de onda das linhas espectrais observadas.
12. Construa o diagrama de níveis de energia do He^+ até $n = 10$. Qual a energia de ionização desse átomo?

A natureza ondulatória da matéria

13. Calcule o comprimento de onda de de Broglie para:
 - a. elétron com energia cinética de 50eV.
 - b. elétron relativístico com energia total de 20MeV.
 - c. nêutron em equilíbrio térmico com o meio a $T=500\text{K}$ (neutron térmico).
 - d. partícula alfa com energia cinética de 60MeV.
 - e. grão de poeira de $1 \times 10^{-6} \text{ g}$ em equilíbrio térmico na temperatura ambiente ($T=300\text{K}$).
 - f. bolinha de 1g com velocidade 1 mm/s.

Para cada uma dessas partículas, encontre um exemplo de sistema com o qual as partículas devem interagir para mostrar seu caráter ondulatório.

- 14.** Por que ocorre o efeito de interferência quando uma onda incide em uma rede de difração? Explique esse efeito deduzindo a lei de Bragg.
- 15.** Mostre que a hipótese de de Broglie pode fornecer uma explicação física para a quantização do momento angular do elétron no átomo proposta por Bohr
- 16.** Explique o princípio da complementaridade com suas próprias palavras. Forneça um exemplo utilizando algum sistema físico que possa ser descrito macroscopicamente e microscopicamente.
- 17.** Que tamanho deve ter um corpo para exibir efeitos de difração ao ser bombardeado com nêutrons de 10MeV? Existe algo na natureza com dimensões desta ordem de grandeza que possa ser usado como alvo para demonstrar as propriedades ondulatórias de nêutrons de 10MeV?
- 18.** Uma partícula de massa m oscila entre duas paredes impenetráveis com choques elásticos nas paredes. Calcule, a partir do princípio de incerteza ($\Delta x \Delta p > h/2\pi$), a energia mínima da partícula.
- 19.** Uma partícula de massa m oscila sujeita a uma força $F(x) = -kx$. Use o princípio da incerteza para calcular a energia mínima de oscilação da partícula, em termos da frequência de oscilação.
- 20.** A Física é universal e, portanto, vale para qualquer objeto do universo físico. Um próton e uma bala de revólver de 10g se movem com velocidade de 500m/s. Há uma imprecisão na velocidade de 0,01%. Se as posições dos dois objetos são medidas ao mesmo tempo que as respectivas velocidades, qual é a melhor precisão possível das medidas de posição em cada um dos casos, segundo o princípio de incerteza? Justifique.