

# Terceira 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 22 da aula 07) 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  $2.00\text{ cm}$ , a diferença de potencial entre elas é de  $4000\text{ V}$ , a distância de queda é de  $4.00\text{ mm}$ , a densidade das gotas de óleo é  $0.800\text{ g/cm}^3$  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  $15.9\text{ s}$ . 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. Deduza a expressão para o cálculo do raio e da massa das gotas nesse experimento
  - b. Calcule o raio e a massa da gota de óleo utilizada no experimento descrito acima
  - c. 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
  - d. Determine a carga eletrônica elementar a partir dessas medidas
3. O espalhamento de partículas- $\alpha$  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  $10^{-4}\text{ cm}$  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  $5\text{ cm}$  do centro do alvo e numa direção de  $60^\circ$  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- $\alpha$  com 5,30 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.
- Calcule a energia do estado fundamental desse elétron, a partir da energia do estado fundamental do hidrogênio.
  - 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.
- Explique a observação de que três linhas diferentes de emissão espectral acompanham essas excitações. (Sugestão: trace um diagrama de níveis de energia.).
  - Suponha agora que as diferenças de energia podem ser expressas como  $h\nu$  e obtenha os três valores possíveis de  $\nu$ .
  - Suponha que  $\nu$  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  $\text{He}^+$  até  $n = 10$ . Qual a energia de ionização desse átomo?