

Introdução a Física Moderna Conjunto 8

Para discutir na aula TP de 16 dezembro 2020

1. Nas experiências de difração para determinar a estrutura cristalina dos materiais, um comprimento de igual a 0.23 nm é apropriado. Qual é a energia em eV duma partícula com este comprimento de onda de deBroglie se a partícula é (a) um fóton; (b) um elétron; (c) um neutrão?

Resposta: para um fóton $E = \frac{1240 \text{ eV nm}}{\lambda} \approx 5.39 \text{ keV}$

Elétron e neutrões: usar a expressão de deBroglie

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{2.3 \times 10^{-10} \text{ m}} \approx 2.88 \times 10^{-24} \text{ kg m / s}$$

Classicamente $p = mv$, no caso do elétron o momento calculado corresponderia a uma velocidade de

$$v = p / m = 2.88 \times 10^{-24} \text{ kg m / s} / 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \approx 3.2 \times 10^6 \text{ m / s}$$

pouco mais do que 1% da velocidade da luz. Podemos desprezar efeito da relatividade restrita.

A energia cinética é

$$E = p^2 / 2m \text{ ou que dá para o elétron } 4.56 \times 10^{-18} \text{ J} \approx 28.4 \text{ eV}$$

$$\text{No caso do neutrão o resultado é } 4.96 \times 10^{-21} \text{ J} \approx 30.9 \text{ meV}$$

2. Um feixe de elétrons é acelerado do repouso através uma diferença potencial de 190 Volts e depois passa através uma fenda delgada. O primeiro mínimo do feixe difratado ocorre num ângulo de 11 graus relativa à direção original do feixe.

(a) Será válido usar as expressões clássicas ou é necessário considerar as modificações da relatividade restrita? Como é que pode decidir?

Resposta: a energia cinética de cada elétron é 190 eV enquanto a energia de repouso dum elétron é mc^2 que é cerca de 510 keV mais do que 20 vezes superior. As expressões clássicas são válidas

(b) Qual é a largura da fenda?

Resposta: a primeira mínima acontece quando $\sin \theta = \lambda / d$ onde d é a distância entre as fendas. Precisamos saber o comprimento de deBroglie dos elétrons:

$$p = h / \lambda = \sqrt{2mE} \text{ logo } \lambda = h / \sqrt{2mE} \approx 8.9 \times 10^{-11} \text{ m} \text{ Assim } d = \lambda / \sin \theta \approx 0.47 \text{ nm}.$$

3. O elétron num átomo de hidrogénio se encontra num estado com energia total igual a -0.85 eV (na versão original eu tinha escrito 0.085 por engano). No modelo de Bohr qual é a energia cinética do elétron? Segundo o modelo de Bohr qual é o momento angular orbital do elétron?

Resposta: No modelo de Bohr a energia cinética é igual ao valor absoluto da energia total 0.85 eV (a energia potencial é duas vezes a energia total).

$E = -\frac{13.6eV}{n^2} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{13.6eV}{0.85}} \approx 4$ e segundo o modelo de Bohr o momento angular neste orbital é de $4\hbar \approx 4.2 \times 10^{-34} \text{ kgm} / \text{s}$