

Lista de Exercícios – Física Moderna

Ondas de Matéria

Questões (Eisberg-Resnick)

Por que a natureza ondulatória da matéria não nos é aparente em nossas observações diárias?

O comprimento de onda de de Broglie se aplica apenas a “partículas elementares”, como um elétron ou um nêutron, ou se aplica também a sistemas materiais com estrutura interna? Dê exemplos.

É a frequência de uma onda de de Broglie dada por E/h ? É a velocidade dada por $\lambda\nu$? É a velocidade igual a c ? Explique.

Pode-se medir a frequência ν das ondas de de Broglie? Se é possível, como?

As experiências de difração de elétrons dão informações sobre cristais diferentes das que são obtidas em experiências de difração de raios X? Em experiências de difração de nêutrons? Discuta.

Pode-se fazer estudos cristalográficos com prótons? E com nêutrons?

Discuta a analogia: a ótica física é para a ótica geométrica o que a mecânica quântica é para a mecânica clássica.

Um elétron é uma partícula? É uma onda? Explique.

Dê exemplos de como o processo de medida perturba o sistema que está sendo medido.

Justifique através do princípio da incerteza de Heisenberg que a menor energia de um oscilador não pode ser nula.

Problemas (Eisberg & Resnick)

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) Por que sua natureza ondulatória não se revela por meio de efeitos de difração?

O comprimento de onda da emissão espectral amarela do sódio é 5890 Å. Com que energia cinética um elétron teria o mesmo comprimento de onda de de Broglie?

Um elétron e um fóton têm cada um um comprimento de onda de $2,0 \text{ \AA}$. Quais são (a) seus momentos? (b) suas energias totais? (c) Compare as energias cinéticas do elétron e do fóton.

Um nêutron térmico tem uma energia cinética $(3/2)kT$, onde T é a temperatura ambiente, 300 K . Estes nêutrons estão em equilíbrio térmico com o ambiente. (a) Qual é a energia em elétrons-volt de um nêutron térmico? (b) Qual é o comprimento de onda de de Broglie?

O acelerador de elétrons de 50-GeV (isto é, $50 \times 10^9 \text{ eV}$) da Universidade de Stanford fornece um feixe de elétrons com comprimentos de onda muito pequenos, adequados para investigação dos detalhes da estrutura nuclear por meio de experiências de espalhamento. Qual é esse comprimento de onda e como ele se compara com o tamanho de um núcleo médio? (Sugestão: nestas energias é mais simples usar a relação relativística extrema entre momento e energia $p = E/c$. Esta é a mesma relação usada para fótons, e é justificada quando a energia cinética de uma partícula é muito maior do que sua energia de repouso m_0c^2 , como o é neste caso.)

Qual é o comprimento de onda de um átomo de hidrogênio que se move com uma velocidade correspondente à energia cinética média no equilíbrio térmico a 20°C ?

Mostre que para uma partícula livre podemos escrever a relação de incerteza também na forma

$$\Delta\lambda\Delta x \geq \lambda^2/4\pi$$

onde Δx é a incerteza na posição da onda e $\Delta\lambda$ é a incerteza simultânea no comprimento de onda.

Se $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-7}$ para um fóton, qual é o valor simultâneo de Δx para (a) $\lambda = 5,00 \times 10^{-4} \text{ \AA}$ (raio γ)? (b) $\lambda = 5,00 \text{ \AA}$ (raio X)? (c) $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ (luz)?

Mostre que se a incerteza na posição de uma partícula for aproximadamente igual a seu comprimento de onda de de Broglie, então a incerteza em sua velocidade é aproximadamente igual à sua velocidade.

A energia de um oscilador harmônico linear é $E = p_x^2/2m + Cx^2/2$. (a) Mostre, usando a relação de incerteza, que isto pode ser escrito como

$$E = \frac{h^2}{32\pi^2 mx^2} + \frac{Cx^2}{2}$$

(b) Mostre então que a energia mínima do oscilador é $h\nu/2$, onde

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{m}}$$

é a frequência de oscilações. (Sugestão: este resultado depende do produto $\Delta x \Delta p_x$ ter seu valor mínimo $h/2$. Ache E em termos de Δx ou Δp_x como na parte (a), e então minimize E em relação a Δx ou Δp_x na parte (b). Observe que classicamente a energia mínima seria zero.)