

- 
1. Qual a contribuição de impacto para o nosso conhecimento que resultou dos estudos de Max Planck sobre a radiação emitida por um corpo negro? Por que dizemos que foi uma contribuição de impacto?
  2. Em que sentido a explicação dada por Albert Einstein para o efeito fotoelétrico veio para contribuir para “perturbar” o *status quo* da ciência vigente na época?
  3. A existência de espectros atômicos era abordável pelo conhecimento teórico prevalecente no final do século XIX e começo do século XX? Que fato distinto existia nesses espectros?
  4. Qual a contribuição de Ernest Rutherford na elucidação da estrutura da matéria? Supondo uma colisão direta entre uma partícula alfa ( $\nu = 1,6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ ) e uma folha fina de cobre ( $Z = 29$ ), que raciocínio você faria para estimar o raio nuclear?
  5. Qual a contribuição de Niels Bohr na elucidação da estrutura da matéria? Que raciocínio não-clássico usou em seu modelo? Qual o mérito de seu modelo? Em que esse modelo falhou?
  6. J. J. Thomson, Louis de Broigle e G. P. Thomson, três personagens nobelistas que tiveram seus nomes gravados na história da ciência. Qual foi a contribuição de cada um? Que fato, até certo ponto irônico, está associado aos Thomson (pai e filho) na contribuição que lhes fez merecer o prêmio Nobel?
  7. Construa uma “linha do tempo” com as contribuições mais significativas para o nosso entendimento da estrutura da matéria.
  8. Como consultor(a) de uma firma aeroespacial encarregada de projetar um aparato espacial para aterrizar num planeta distante, você deve dar seu parecer técnico sobre o funcionamento desse aparelho nesse planeta. Foi sugerido o uso de um metal que necessita de  $6,7 \times 10^{-19} \text{ J átomo}^{-1}$  para ter um elétron arrancado de sua superfície. Sabendo que a atmosfera do planeta onde esse aparelho deve funcionar filtra toda luz com comprimento de onda menor que 540 nm, qual vai ser o seu parecer sobre o funcionamento desse aparelho nessas condições? Explique sua resposta.
  9. Como se comparam os potenciais de ionização (em eV) do H e do íon  $\text{He}^+$ ? Explique fisicamente sua resposta.
  10. Calcule  $\hat{O}^2$  para os operadores:
    - (a)  $\hat{O} = \frac{d}{dx} + x$
    - (b)  $\hat{O} = \mathbf{i} \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial}{\partial z}$  ( $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$  e  $\mathbf{k}$  são os vetores unitários ortogonais entre si)
  11. Define-se o comutador de dois operadores  $\hat{A}$  e  $\hat{B}$  como  $[\hat{A}, \hat{B}] = \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$ . Supondo que esses operadores estão operando numa função  $f$ , calcule os comutadores dos operadores:
    - a)  $x$  e  $\frac{d}{dx}$ ;
    - b)  $x$  e  $-i \frac{d}{dx}$ ;
    - c)  $y$  e  $p_z$ . Em mecânica quântica, atribui-se um significado físico à comutação ou não comutação de dois operadores. Que significado físico é esse?

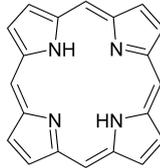
12. Por que se normaliza uma função de estado (função de onda)? Para as soluções do modelo de uma partícula na caixa, verifique que elas satisfazem as condições de “bem comportada”.
13. Mostre que as soluções do problema da partícula na caixa em uma dimensão formam um conjunto ortonormal, ou seja,  $\int \psi_n^* \psi_m dx = 0$  para  $n \neq m$ , e igual a 1 para  $n = m$ .
14. Resolva o problema de uma partícula numa caixa unidimensional cujo potencial é zero no intervalo de  $-A$  até  $+A$ . (Note que a definição deste potencial é um pouco diferente do problema resolvido em aula)
15. Que tipo de informação nos fornece uma distribuição de probabilidade? Com base no problema resolvido em aula, qual é o lugar mais provável de achar uma partícula no estado fundamental numa caixa unidimensional para a qual o potencial é zero no intervalo de  $-A$  até  $+A$ ? Para um valor muito grande do número quântico  $n$ , em que região da caixa há uma probabilidade maior de encontrar a partícula?
16. Em aula, discutimos que em princípio também os objetos macroscópicos são entes quânticos. Por que não observamos efeitos quânticos (discretização da energia, por exemplo) quando rolamos ou atiramos uma bola de gude?
17. Calcule o valor médio do momento linear numa caixa bidimensional.
18. Mostre que se um hamiltoniano é formado por termos não interagentes, isto é,  $H(q_1, q_2) = H_1(q_1) + H_2(q_2)$ , então,  $\Phi(q_1, q_2) = \Phi_1(q_1)\Phi_2(q_2)$  e  $E = E_1 + E_2$ . Aplique essa propriedade para determinar as energias e as funções de onda de uma caixa tridimensional de lados  $A$ ,  $B$  e  $C$ . Em que condições há o surgimento de degenerescência?
19. Calcule o número de fótons num pulso de luz de 2,00 mJ e (a) 1,06  $\mu\text{m}$ , (b) 537 nm, e (c) 266 nm.
20. As medições da energia cinética de elétrons ejetados em função do comprimento da radiação incidente para o efeito fotoelétrico em sódio metálico são mostrados na tabela abaixo:

$\lambda/\text{nm}$	100	200	300	400	500
$E_c/\text{eV}$	10,1	3,94	1,88	0,842	0,222

Faça um gráfico e calcule  $h$  a partir da inclinação da reta e a função trabalho  $\phi$  a partir da intersecção da reta com o eixo horizontal.

21. Calcule o comprimento de onda de de Broglie para (a) um elétron com energia cinética de 100 eV, (b) um próton com energia cinética de 100 eV e (c) um elétron na primeira órbita de Bohr de um átomo de hidrogênio.
22. Antes do trabalho de Planck sobre a radiação do corpo negro, Wien mostrou empiricamente que  $\lambda_{\text{max}}T = 2,90 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$ , em que  $\lambda_{\text{max}}$  é o comprimento de onda no qual o espectro do corpo negro, em uma temperatura  $T$ , tem seu valor máximo. Esta expressão é chamada de lei de deslocamento de Wien. Use-a para determinar em qual comprimento de onda e região do espectro eletromagnético ocorre o máximo da função de distribuição de densidade de energia para um corpo negro se (a)  $T = 2,735\text{K}$  (temperatura média do universo)? (b)  $T = 288\text{K}$  (temperatura média da superfície da Terra)? (c)  $T = 5777\text{K}$  (temperatura média da fotosfera solar)?

23. Em aula, nós aplicamos as equações para a partícula na caixa para descrever os elétrons  $\pi$  do butadieno. Este modelo simples é chamado de modelo do elétron livre. Usando a mesma ideia, calcule o número de onda (em  $\text{cm}^{-1}$ ) da primeira transição eletrônica do hexatrieno. Lembre-se que o hexatrieno tem seis elétrons  $\pi$  e seu comprimento é de 867 pm.
24. Muitas proteínas contem metaloporfirinas. A estrutura geral de uma molécula de porfirina é:



Esta molécula é planar, de modo que podemos aproximar os elétrons  $\pi$  como partículas confinadas em um quadrado. Quais são os níveis de energia e as degenerescências de uma partícula em um quadrado de lado  $a$ ? A molécula de porfirina tem 26 elétrons  $\pi$  que participam das estruturas de ressonância. Se aproximarmos o comprimento da molécula por 1000 pm, qual será o valor previsto para a absorção de mais baixa energia da molécula de porfirina?

25. Considere a partícula em uma caixa bidimensional. Determine  $[\hat{X}, \hat{P}_y]$ ,  $[\hat{X}, \hat{P}_x]$ ,  $[\hat{Y}, \hat{P}_y]$ ,  $[\hat{Y}, \hat{P}_x]$ .
26. No espectro infravermelho do  $\text{H}^{79}\text{Br}$  há uma linha intensa em  $2630 \text{ cm}^{-1}$ . Calcule a constante de força do  $\text{H}^{79}\text{Br}$  e o período de vibração do  $\text{H}^{79}\text{Br}$ .
27. A constante de força do  $^{79}\text{Br}^{79}\text{Br}$  é  $240 \text{ Nm}^{-1}$ . Calcule a frequência vibracional fundamental e a energia do ponto zero para o  $^{79}\text{Br}^{79}\text{Br}$ .
28. O espectro infravermelho distante do  $\text{H}^{79}\text{Br}$  existe uma série de linhas separadas por  $16,72 \text{ cm}^{-1}$ . Calcule os valores do momento de inércia e da separação internuclear do  $\text{H}^{79}\text{Br}$ .
29. A transição  $J = 0$  para  $J = 1$  para o monóxido de carbono ( $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ ) ocorre em  $1,153 \times 10^5 \text{ MHz}$ . Calcule o valor do comprimento de ligação no monóxido de carbono.