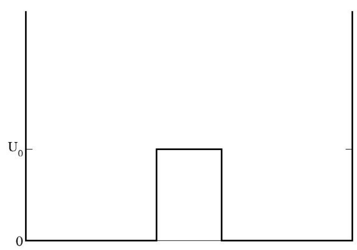
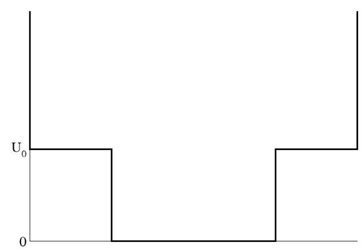
FÍSICA MODERNA - 1/2011

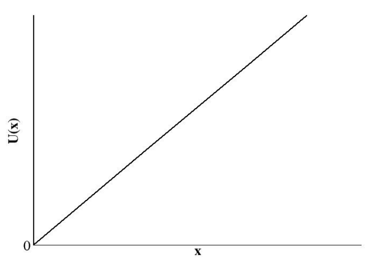
LISTA 9

1. Considere os poços de potencial das figuras abaixo. Para cada um deles:
(a) Esboce o gráfico da função de onda do quarto nível excitado, supondo que sua energia E seja menor que U_0. Justifique.
(b) Esboce o gráfico da função de onda do oitavo nível excitado, supondo que sua energia E seja maior que U_0. Justifique.





2. Considere o poço de potencial de profundidade infinita mostrado na figura abaixo.



(a) Mostre que esta é a energia potencial associada a uma partícula de massa m sujeita à ação de um campo gravitacional uniforme, onde a coordenada x é medida verticalmente a partir do chão.
(b) Esboce a função de onda do estado fundamental e dos dois primeiros estados excitados neste poço.

3. Considere um poço de potencial quadrado finito, de profundidade U_0.
(a) Deduza uma expressão aproximada para a quantidade de estados ligados possíveis neste poço. Para isso, suponha que a energia do estado ligado de maior energia possível tenha energia muito próxima da energia do estado correspondente no poço infinito. Este é o estado que tem energia E perto do topo do poço, isto é, $E \approx U_0$.
(b) Calcule a quantidade aproximada de estados ligados no caso de um elétron num poço de profundidade $U_0 = 10$ eV e largura $a = 0,3$ nm. Estes valores são uma aproximação de ordem zero à situação de um elétron de valência num sólido.

4. As funções de onda espaciais dos estados estacionários do oscilador harmônico quântico têm a forma geral

$$\psi_n(x) = A_n p_n e^{-x^2/2b^2},$$

onde p_n é um polinômio de grau n em x e paridade bem definida (par se n for par, ímpar se n for ímpar) e A_n é uma constante obtida pela imposição da normalização (que pode ser omitida e

considerada como um fator multiplicativo global do polinômio p_n). O parâmetro b tem dimensão de comprimento.
(a) Considere o primeiro estado excitado deste oscilador ($n = 1$), com energia E_1. Obrigue sua função de onda a satisfazer a equação de Schrodinger independente do tempo e obtenha os valores de b e E_1 em termos dos parâmetros deste oscilador m e ω, a frequência do oscilador clássico que lhe corresponde.
(b) Mostre que b é a amplitude do oscilador clássico de energia igual à energia do estado fundamental do oscilador quântico.
(c) Obtenha o valor da constante de normalização A_1.

5. Considere dois fios retos enfileirados ao longo do eixo x separados por um hiato de 4 nanômetros. A energia potencial U_0 neste intervalo é cerca de 3 eV maior que a energia do elétron de condução quando este está num dos fios. Com que probabilidade um elétron de condução que chega neste intervalo em um dos fios conseguirá atravessá-lo e alcançar o outro fio?

6. O decaimento radioativo de certos núcleos pesados pela emissão de partículas alfa é o resultado do tunelamento quântico, como mencionado em aula. Vamos examinar aqui um modelo simplificado deste fenômeno. Imagine uma partícula alfa que se move no interior de um núcleo como o de tório 232. Quando a partícula alfa se "choca" contra a superfície do núcleo, ela esbarra numa barreira de potencial criada pela força nuclear atrativa. Os parâmetros desta barreira variam um bocado de um núcleo para o outro, mas vamos aqui supor que sua largura seja $L \approx 35$ fm e que sua altura em relação à energia da partícula alfa seja $U_0 - E \approx 5$ MeV, o que são números representativos desta situação. Determine a probabilidade de que a partícula alfa escape do núcleo ao se chocar contra esta barreira. Dado que a partícula alfa esbarra na superfície do núcleo cerca de 5×10^{21} vezes por segundo, com que probabilidade ela escapará depois de passar um dia tentando?