

Resolução de Teste de Física Moderna-2020

Nome: Martílio Rafael Banze

Resposta do Exercício 1

A lei de Rayleigh-Jeans (R-J) não se verifica na Região de Ultravioleta (UV), isto é, na região de maior frequência da Radiação Térmica.

O facto conhecido como catástrofe do ultravioleta foi a insatisfação dos resultados experimentais da Lei de R-J para grandes frequências, isto é, na lei $W_{\omega}(T) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} KT$, satisfaz à experiências para as baixas frequências ω e para grandes $\omega \rightarrow 0$, obtêm-se que a luminosidade é infinitamente grande, o que é impossível. Em outras palavras, a medida que a frequência cresce, o resultado teórico tende ao infinito enquanto o experimental tende a zero.

Resposta do Exercício 2

O conceito clássico da termodinâmica que se refere é da Energia ser continua. Na tentativa de solucionar a consistência entre a teoria clássica e a experiência para a radiação de Corpo Negro (CN), M. Planck considerou uma hipótese que valoriza o princípio da equipartição da energia. Planck constatou que o resultado experimental seria reproduzido quando

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \langle \varepsilon \rangle = K.T \text{ e } \lim_{\omega \rightarrow \infty} \langle \varepsilon \rangle = 0.$$

Planck supôs que a energia ε teria somente valores discretos em vez de qualquer valor como utilizado na teoria clássica e tais valores fossem distribuídos uniformemente, isto é, $\varepsilon = 0, \Delta\varepsilon, 2\Delta\varepsilon, 3\Delta\varepsilon, \dots$. Portanto, essa teoria mostra que os valores (conceitos) fossem redefinidos como os casos clássicos como particulares.

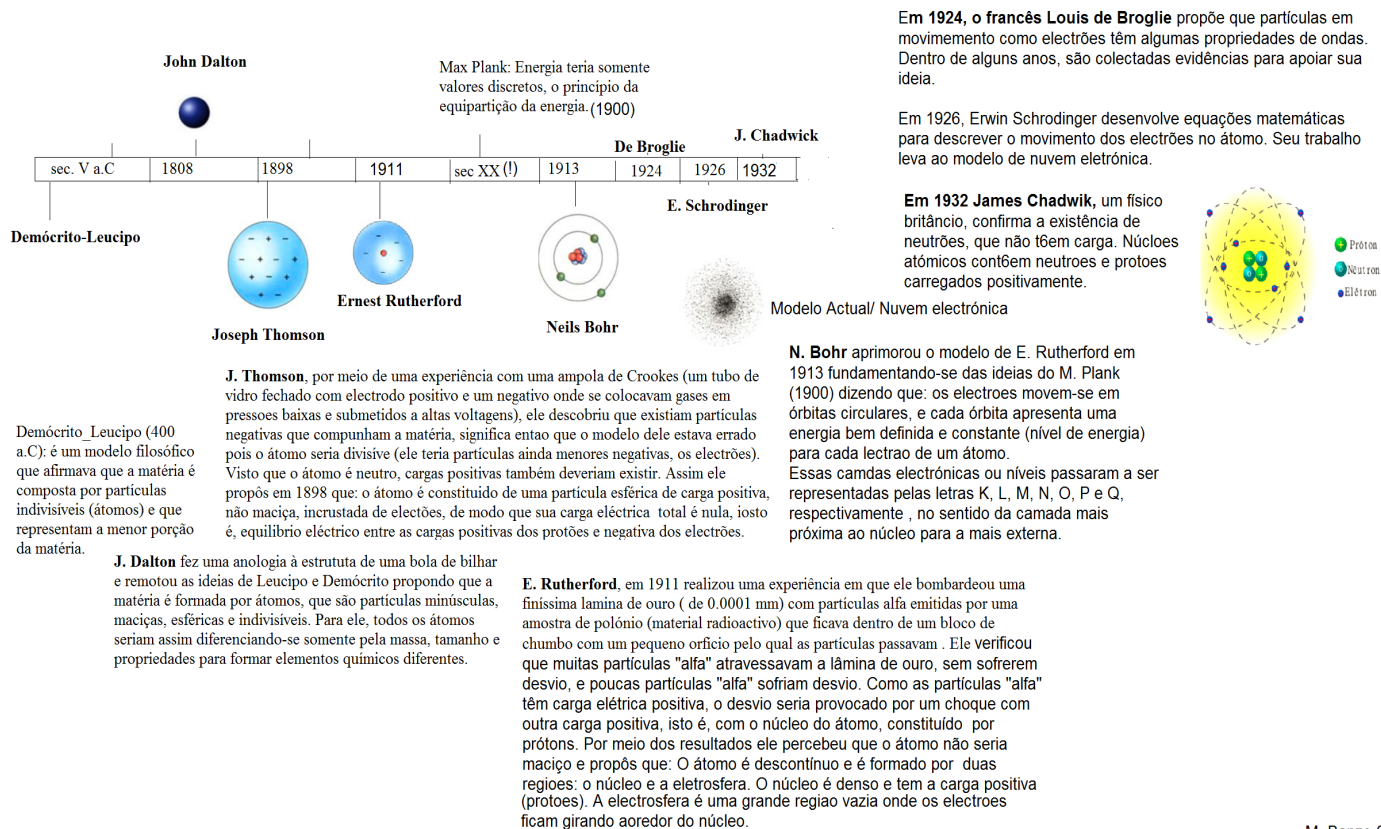
Resposta do Exercício 3

Para resolver ou mitigar os problemas que afectam a família/comunidade do jovem malawiano William K. eu apostaria na energia solar. Através de painéis solares que consistem no efeito fotoeléctrico (fenómeno de origem quântica que consiste na emissão de electrões por algum material que é iluminado por radiações electromagnéticas de frequências específicas). Isto é, a luz do sol incide sobre as células, a luz provoca a movimentação de electrões (corrente eléctrica) do

material condutor, transportando-os pelo material até serem captados por um campo eléctrico (formado por uma diferença de potencial existente entre os semicondutores) e dessa forma gera-se electricidade. A luz é convertida em energia eléctrica através do efeito fotovoltaico, essa energia gerada em CC pode ser enviada ao inversor para ser transformada em CA (tipo padrão utilizado pelos equipamentos electrónicos).

Já que as células fotovoltaicas dos materiais semicondutores como por exemplo o silício envolvem custos, uma das maneira que não envolve muitos custos é procurar **reciclar os painéis solares estragados** (a final de contas o jovem tinha essa paciência!) ou comprar células fotovoltaicas e da mesma forma que a placa comercial é junção em série de várias dessas células conectadas e encapsuladas, assim fazer. A quantidade de células varia de acordo com a quantidade pretendida.

Resposta do Exercício 4



Nota: Encontre em anexo mapa mais nítido.

Resposta do Exercício 5

O texto e a figura embora ser “piada” (o princípio é utilizado no mundo subatômico), trata dum princípio famoso do físico alemão W. Heisenberg, o princípio da incerteza que afirma: nós conseguimos saber de onde a partícula de quantum vem ou a que velocidade se move, mas é impossível saber as duas coisas ao mesmo tempo. Isto é, para medir a posição de electrão, por exemplo precisamos vê-lo e, para isso, temos que iluminá-lo (princípio básico da óptica geométrica). Além disso, a medida será mais precisa quanto menor for o comprimento de onda utilizada. Nesse caso, a física quântica diz que a luz é formada por partículas (fótons), que têm energia proporcional à frequência dessa luz. Portanto, para medir a posição de um electrão precisamos incidir sobre ele um fóton bastante energético, já que quanto maior for a frequência, menor é o comprimento de onda do fóton. No entanto, para iluminar o electrão, o fóton tem que se chocar com ele, e esse processo transfere energia ao electrão, o que modificará a velocidade, tornando impossível determinar seu momento com precisão. Agora, para o mundo macroscópico, o texto e a figura, não é possível haver a alteração.

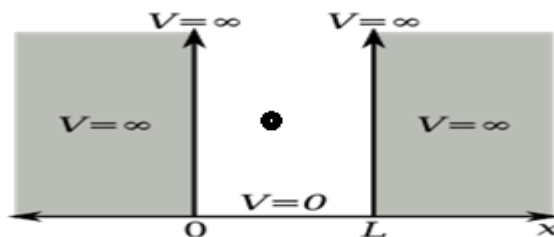
Resposta do Exercício 6

Equação de Schrodinger independente do tempo em uma dimensão:

$$E\Psi(x) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + V(x)\Psi(x)$$

I. Poço de Potencial

Tomando como exemplo uma partícula confinada numa caixa com paredes rígidas, onde a partícula não pode penetrar,



No que diz respeito ao comportamento de V :

$$\begin{cases} V = 0: 0 \leq x \leq L \\ V = \infty: x < 0 \wedge x > L \end{cases}$$

É óbvio que a função de onda deve ser zero onde o potencial é infinito, isto é: $\psi(0) = \psi(L) = 0$

Onde o potencial é zero (dentro da caixa), a equação de Schrodinger fica:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2}E\psi$$

E sabendo que o número de onda $k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$ ou seja, $k^2 = \frac{2m}{\hbar^2}E$, a equação acima pode ser escrita na forma: $\psi'' + k^2\psi = 0$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -k^2\psi \text{ ou seja,}$$

E a solução de equações deste tipo de equações (equações diferenciais) tem a forma:

$$\psi(x) = A \sin(kx) + B \cos(kx)$$

Contudo, a função de onda deve se anular nas extremidades do poço (caixa), isto é, $\psi(0) = \psi(a) = 0$. Na primeira condição a função $\cos(kx)$ não se anula o que indica que B deve ser zero. Fazendo $x = a$ pode-se verificar que $kL = \pm\pi, \pm2\pi, \pm3\pi, \dots$, ou $K_n = \frac{n\pi}{L}$, k não deve assumir valor igual a zero para que $\psi(x) \neq 0$. Com isso temos que a função de onda é representada por:

$$\psi_n(x) = A \sin \frac{n\pi x}{L}$$

Para determinar as possíveis energias deve-se lembrar que a constante $k^2 = \frac{2m}{\hbar^2}E$ e feito isto,

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2} n^2$$

Por fim pode-se determinar a constante A por meio da condição $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_n^*(x) \psi_n(x) dx =$

$$1 = A^2 \int_0^L \sin^2 \frac{n\pi x}{L} dx$$

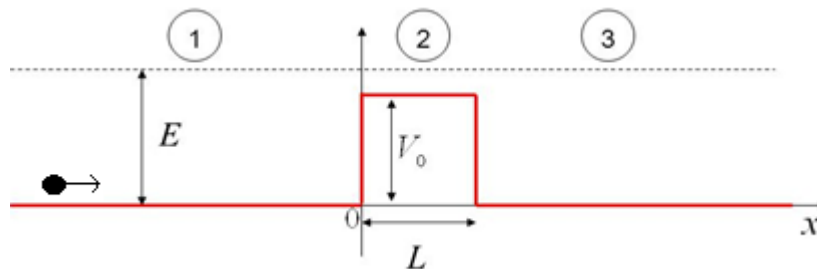
$$\therefore A = \sqrt{2/L}$$

Onde as funções próprias ficam na forma:

$\psi_n(x) = \sqrt{2/L} \sin \frac{n\pi x}{L}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) que é a função associada a uma partícula presa em um poço potencial infinito.

II. Barreira de Potencial

A barreira de potencial é especificada pela presença de um potencial diferente de zero somente numa região finita do espaço como ilustra a figura abaixo.



$$E\Psi(x) = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi(x)}{dx^2} + V(x)\Psi(x)$$

Nas regiões 1 e 3, o potencial é nulo e a Equação de Schrodinger assume a forma:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$$

Na região 2, o potencial é diferente de zero:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0)\psi = 0$$

Usando equações do tipo $\psi = e^{\lambda x}$ e substituindo na equação que descreve as regiões 1 e 3, fica:

$$\lambda^2 + \frac{2m}{\hbar^2} E = 0, \text{ Onde:}$$

$$\lambda = \pm i\alpha \text{ e } \alpha = \frac{1}{\hbar} \sqrt{2mE}$$

Portanto, a solução da equação de Schrodinger assume a forma:

$$\psi_{1,3} = A_{1,3}e^{i\alpha x} + B_{1,3}e^{-i\alpha x} \text{ para as regiões 1 e 3;}$$

$\psi_2 = A_2 e^{\beta x} + B_2 e^{-\beta x}$ para a região 2

$$\beta = \frac{1}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 - E)}$$

E para o lado negativo das expressões como onda que se move da direita para a esquerda, e na perspectiva de definir os coeficientes tomando em conta que a função ψ é contínua em todos os pontos, tal como as suas derivadas. De tal forma que:

$$n = \frac{\beta}{\alpha} = \sqrt{\frac{U_0 - E}{E}}$$

A relação entre os quadrados das amplitudes das ondas reflectidas e incidentes fica: $R = \frac{|B_1|^2}{|A_1|^2}$

que é a probabilidade de que a partícula seja reflectida pela barreira (o que na mecânica quântica acontece quando a energia da partícula é superior ao potencial da barreira).

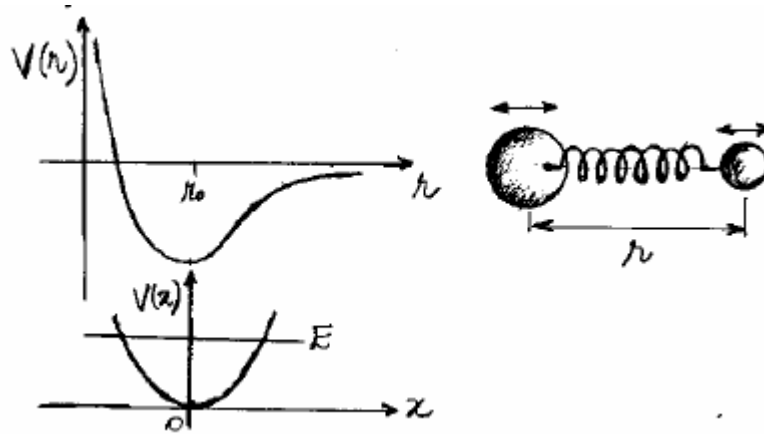
E $D = \frac{|A_3|^2}{|A_1|^2}$ que é a probabilidade da partícula atravessar ou tunelar pela barreira.

Sendo que: $R + D = 1$

$$D = e^{-\frac{2l}{\hbar} \sqrt{2m(U_0 - E)}}$$

III. Oscilador Harmónico.

O oscilador harmónico classic é um dos sistemas mecânicos mais importantes da física. Sua derivação quântica serve de modelo para explicar diversos efeitos observados em sistemas microscópicos. A figura abaixo mostra o comportamento da energia potencial $V(r)$ que varia com a separação r entre os dois átomos, simulando propriedades dinâmicas da molécula.



A função $V(r)$ tem uma posição de equilíbrio numa posição r_0 , onde $dV(r)/dr=0$. Expandindo-se $V(r)$ em uma série de potências em torno do ponto de equilíbrio $r = r_0$, obtém-se

$$V(r) = V(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2V}{dr^2} \right)_{r_0} (r - r_0)^2 + \dots$$

Definindo-se $x = r - r_0$ e $V(x) = V(r - r_0)$, a origem $x = r - r_0 = 0$, do eixo x será colocada no ponto $r = r_0$. O nível de referência para o sistema não é importante. Em particular pode-se escolher a origem do eixo x em $r = r_0 = 0$ e potencial correspondente $V(r_0) = V(0) = 0$. De acordo com o que foi acima discutido a equação pode ser reescrita como $V(x) \cong \frac{kx^2}{2}$. Portanto, é denominado oscilador harmônico à partícula que realiza um movimento unidimensional sob efeito de uma força elástica, e submetido a um potencial quadrático do tipo:

A frequência própria do oscilador harmônico: $\omega = \sqrt{k/m}$, portanto, $V(x) = \frac{m\omega^2 x^2}{2}$

Onde a equação de Schrodinger tem a forma:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{m\omega^2 x^2}{2} \right) \psi = 0$$

Usando equações do tipo $\Psi(x) = e^{-ax^2}$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = \left[-2axe^{-ax^2} \right]_x = -2axe^{-ax^2} + 4a^2x^2e^{-ax^2}$$

$$-2axe^{-ax^2} + 4a^2x^2e^{-ax^2} = -\frac{2mE}{\hbar^2} + \left(\frac{m^2\omega^2}{\hbar^2} \right) x^2$$

$$a = \frac{m\omega}{2\hbar} \text{ e } E = \frac{\hbar^2}{m} a = \frac{\hbar\omega}{2}$$

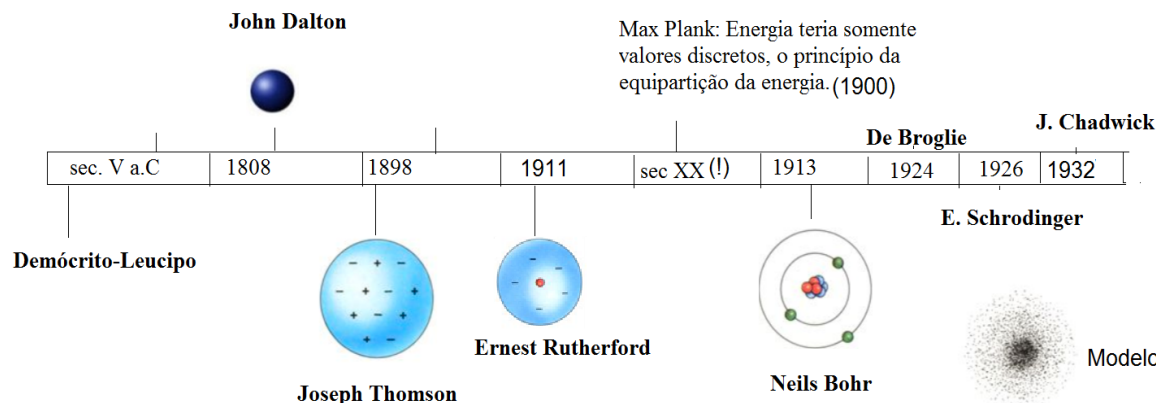
A solução $\Psi(x) = e^{-ax^2}$ apenas satisfaz a equação quando $E = \frac{1}{2}\hbar\omega$, então:

$$\Psi_1(x) = e^{-\left(\frac{m\omega}{2\hbar}\right)x^2} \text{ e analogamente para uma onda estacionária } \Psi_2(x) = xe^{-\left(\frac{m\omega}{2\hbar}\right)x^2} \text{ sse } E = \frac{3}{2}\hbar\omega$$

Assumindo como valores próprios:

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega \text{ (n=0, 1, 2, ...)}$$

Mostra que a diferença entre os níveis de energia são equidistantes separados por: $\Delta E_n = \frac{1}{2}\hbar\omega$.



Demócrito_Leucipo (400 a.C): é um modelo filosófico que afirmava que a matéria é composta por partículas indivisíveis (átomos) e que representam a menor porção da matéria.

J. Dalton fez uma analogia à estrutura de uma bola de bilhar e retomou as ideias de Leucipo e Demócrito propondo que a matéria é formada por átomos, que são partículas minúsculas, maciças, esféricas e indivisíveis. Para ele, todos os átomos seriam assim diferenciando-se somente pela massa, tamanho e propriedades para formar elementos químicos diferentes.

J. Thomson, por meio de uma experiência com uma ampola de Crookes (um tubo de vidro fechado com electrodo positivo e um negativo onde se colocavam gases em pressões baixas e submetidos a altas voltagens), ele descobriu que existiam partículas negativas que compunham a matéria, significava então que o modelo dele estava errado pois o átomo seria divisível (ele teria partículas ainda menores negativas, os electrões). Visto que o átomo é neutro, cargas positivas também deveriam existir. Assim ele propôs em 1898 que: o átomo é constituído de uma partícula esférica de carga positiva, não maciça, incrustada de electrões, de modo que sua carga eléctrica total é nula, isto é, equilíbrio eléctrico entre as cargas positivas dos protões e negativa dos electrões.

E. Rutherford, em 1911 realizou uma experiência em que ele bombardeou uma finíssima lamina de ouro (de 0.0001 mm) com partículas alfa emitidas por uma amostra de polónio (material radioactivo) que ficava dentro de um bloco de chumbo com um pequeno orificio pelo qual as partículas passavam. Ele verificou que muitas partículas "alfa" atravessavam a lâmina de ouro, sem sofrerem desvio, e poucas partículas "alfa" sofriam desvio. Como as partículas "alfa" têm carga eléctrica positiva, o desvio seria provocado por um choque com outra carga positiva, isto é, com o núcleo do átomo, constituído por prótons. Por meio dos resultados ele percebeu que o átomo não seria maciço e propôs que: O átomo é descontínuo e é formado por duas regiões: o núcleo e a eletrosfera. O núcleo é denso e tem a carga positiva (protoes). A eletrosfera é uma grande região vazia onde os electrões ficam girando aoredor do núcleo.

N. Bohr aprimorou o modelo de E. Rutherford em 1913 fundamentando-se das ideias do M. Plank (1900) dizendo que: os electrões movem-se em órbitas circulares, e cada órbita apresenta uma energia bem definida e constante (nível de energia) para cada lectrao de um átomo. Essas camadas electrónicas ou níveis passaram a ser representadas pelas letras K, L, M, N, O, P e Q, respectivamente, no sentido da camada mais próxima ao núcleo para a mais externa.

Em 1924, o francês **Louis de Broglie** propõe que partículas em movimento como electrões têm algumas propriedades de ondas. Dentro de alguns anos, são colectadas evidências para apoiar sua ideia.

Em 1926, Erwin Schrodinger desenvolve equações matemáticas para descrever o movimento dos electrões no átomo. Seu trabalho leva ao modelo de nuvem electrónica.

Em 1932 **James Chadwick**, um físico britânico, confirma a existência de neutrões, que não têm carga. Núcleos atômicos contêm neutrões e protoes carregados positivamente.

