



Professor: Jesse Werner Costa

Aluno: Thalles Cotta Fontainha - **Matrícula PPGIO:** 2410091DIOAMA

Atividade 4 - 2ª Lista de Exercícios

2ª Lista de Exercícios enviado em 24/10/2025 prazo: 29/10/2025 (5 dias) PDF: [4th_Lista_2.pdf](#)

Roteiro de Exercícios (2ª Lista)

1. Os espectros de energia das radiações podem ser classificados em dois grupos: **espectro formado por linhas discretas ou espectro contínuo.**

Para cada fonte de radiação da lista dada abaixo, indique se a melhor descrição é **linhas discretas ou contínuo:**

- | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------|
| a. Partículas alfa | d. Raios-X característicos | g. Fissão espontânea |
| b. Partículas beta | e. Elétrons de conversão interna | h. Bremsstrahlung |
| c. Raios gama | f. Elétrons Auger | i. Radiação de aniquilação |

Resposta 1. (Resumo em tabela)

Fonte de radiação	Tipo de espectro	Justificativa breve
Partículas alfa	Discreto	Emitidas com energias específicas características do núcleo-pai.
Partículas beta	Contínuo	Energia compartilhada entre elétron e neutrino, resultando em faixa contínua.
Raios gama	Discreto	Emitidos em energias fixas correspondentes a transições nucleares.
Raios-X característicos	Discreto	Originados de transições eletrônicas entre camadas atômicas com energias fixas.
Elétrons de conversão interna	Discreto	Ejetados com energia definida (energia nuclear menos energia de ligação).
Elétrons Auger	Discreto	Emitidos com energias determinadas por transições eletrônicas internas.
Fissão espontânea	Contínuo	Produz amplo espectro de energias devido à partição aleatória dos fragmentos.
Bremsstrahlung	Contínuo	Decorre da desaceleração de partículas carregadas, gerando espectro contínuo.
Radiação de aniquilação	Discreto	Produz fótons de energia fixa (511 keV) por aniquilação elétron-pósitron.

2. Qual destes possui a maior energia: um elétron de conversão interna da camada L ou da camada M, se ambos vieram da mesma energia (nuclear) de excitação?

Resposta 2.

O elétron de conversão interna da **Camada M** possui a maior energia.

A energia cinética T_i é dada por $T_i = Q - B_i$, onde Q é a energia de transição nuclear e B_i é a energia de ligação do elétron na sua camada (L ou M). Como $B_M < B_L$, a energia cinética do elétron M ejetado será maior.

Legenda: T_i = energia cinética do elétron de conversão interna; Q = energia liberada na transição nuclear; B_i = energia de ligação do elétron na camada i ; B_M e B_L = energias de ligação nas camadas M e L, respectivamente.

3. Qual o valor da máxima energia que um átomo de hélio duplamente ionizado (partícula alfa) pode ser acelerado por um gerador de tensão contínua com tensão máxima de 3 MeV?

Resposta 3.

Uma partícula alfa possui carga $z = 2e$. Com tensão máxima de 3 MV, a energia máxima é $E = (2e) \cdot (3 \text{ MV}) = 6 \text{ MeV}$.

4. Com o auxílio da figura dada,

estime a energia restante de um feixe de prótons de 5 MeV após passar por 100 μm num bloco de Si.

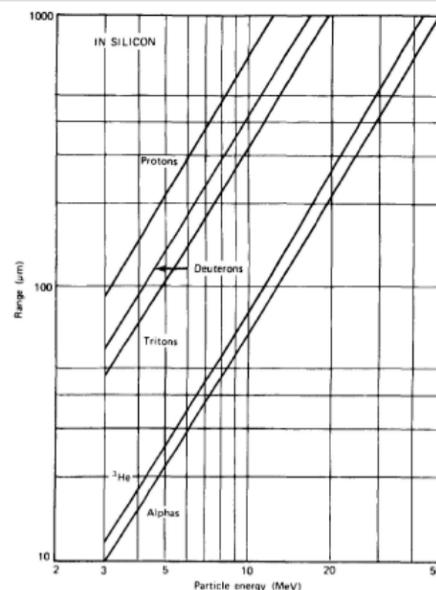


Figure 2.7 Range-energy curves calculated for different charged particles in silicon. The near-linear behavior of the log-log plot over the energy range shown suggests an empirical relation to the form $R = aE^b$, where the slope-related parameter b is not greatly different for the various particles. (From Skyrme.⁴)

Figura - Prótons em Si.

Resposta 4.

O exercício pede para estimar qual seria a energia restante de um feixe de prótons de 5 MeV depois de atravessar 100 μm de silício. Pela figura, consigo relacionar a energia da partícula com o alcance total (em μm) no material. Como o próton vai perdendo energia gradualmente até parar, dá para estimar o quanto ainda resta observando a fração da espessura que ele percorreu.

Passo 1 – Determinar o alcance total de um próton de 5 MeV em Si

No gráfico, localizei 5 MeV no eixo da energia e segui a linha vertical até a curva dos “Protons”. Depois, tracei uma linha horizontal até o eixo do alcance. A leitura indica que o alcance total é de aproximadamente **300 μm** para prótons de 5 MeV.

Passo 2 – Calcular a fração do alcance percorrido

Como o feixe atravessa 100 μm de silício, ele percorre cerca de um terço do alcance total:

$$\frac{100}{300} = \frac{1}{3}$$

Passo 3 – Estimar a energia restante

Sabendo que o gráfico é aproximadamente linear em escala log–log, a relação entre alcance e energia pode ser escrita como $R = aE^b$. Se o próton já percorreu $1/3$ do alcance, ainda resta um trecho de $R_{\text{rest}} = 300 - 100 = 200 \mu\text{m}$.

Olhando novamente o gráfico, para um alcance de 200 μm, a energia correspondente é de aproximadamente **3,5 MeV**.

Passo 4 – Conclusão

Portanto, depois de atravessar 100 μm de Si, o feixe de prótons de 5 MeV ainda possui cerca de **3,5 MeV** de energia.

Resposta final: a energia remanescente de um feixe de prótons de 5 MeV após atravessar 100 μm de silício é aproximadamente **3,5 MeV**.

5. Com o auxílio da figura dada, determine o valor aproximado da energia perdida (depositada) por um feixe de partículas alfa de 1 MeV após atravessar uma espessura de 5 μm num bloco de ouro.

Obs.:

- O eixo vertical da figura é a variação de energia dividida pela densidade do meio: $-\frac{dE}{dx}/\rho$. Considere $\rho_{\text{Au}} = 19,32 \text{ g/cm}^3$.
- A perda esperada de energia é dada por $\Delta E \approx -\left(\frac{dE}{dx}\right) \cdot t$ (onde t é a espessura em cm).

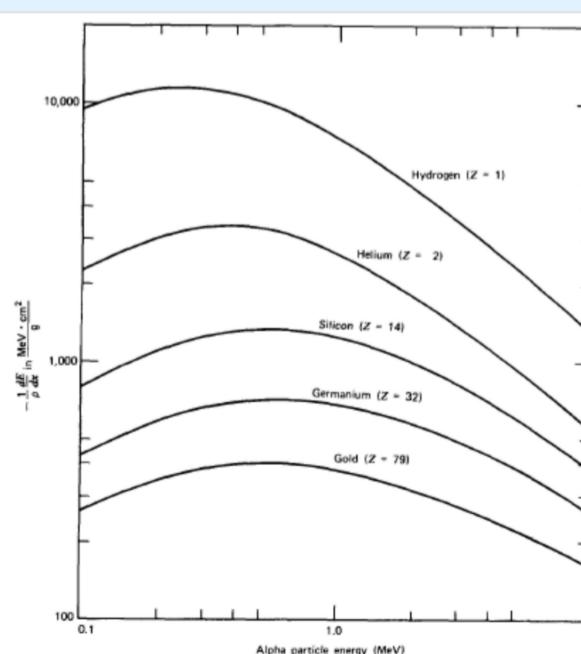


Figure 2.10 The specific energy loss calculated for alpha particles in different materials. Values are normalized by the density of the absorber material. (Data from Williamson et al.⁵)

Figura - Alfas em Au.

Resposta 5.

Para partículas alfa de 1 MeV em ouro ($Z = 79$), o gráfico fornece o valor aproximado de:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dE}{dx} \approx 200 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{g}$$

Passo 2 – Calcular a perda de energia por unidade de comprimento

A perda de energia por unidade de comprimento é dada por:

$$-\frac{dE}{dx} = \left(-\frac{1}{\rho} \frac{dE}{dx} \right) \rho$$

Substituindo:

- $-\frac{1}{\rho} \frac{dE}{dx} = 200 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{g}$
- $\rho_{\text{Au}} = 19,32 \text{ g/cm}^3$

$$\Rightarrow -\frac{dE}{dx} = 200 \times 19,32 = 3864 \text{ MeV/cm}$$

Passo 3 – Converter a espessura para cm

Espessura dada:

$$5 \mu\text{m} = 5 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

Passo 4 – Calcular a perda total de energia

A energia perdida é:

$$\Delta E \approx \left(-\frac{dE}{dx} \right) \cdot t = 3864 \text{ MeV/cm} \times 5 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$\Delta E \approx 1,93 \text{ MeV}$$

Passo 5 – Interpretar o resultado

A perda de energia (ou energia depositada) por um feixe de partículas alfa de 1 MeV após atravessar 5 µm de ouro é aproximadamente **1,93 MeV**.

Resposta final: a energia perdida por partículas alfa de 1 MeV ao atravessar 5 µm de ouro é aproximadamente **1,93 MeV**.

6. Range de elétrons em Al (Bragg - Kleeman).

Com o auxílio da figura dada e empregando a lei de Bragg-Kleeman (ou scaling law), estime a espessura de absorção total da energia cinética (espessura que irá parar uma partícula ou range) para um feixe de elétrons a 1 MeV em alumínio.

$$\rho_{\text{Al}} = 2,699 \text{ g/cm}^3, A_{\text{Al}} = 26,98, A_{\text{Si}} = 28,09$$

$$\text{Bragg-Kleeman: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \quad (\rho \text{ em g/cm}^3; A \text{ é o peso atômico}).$$

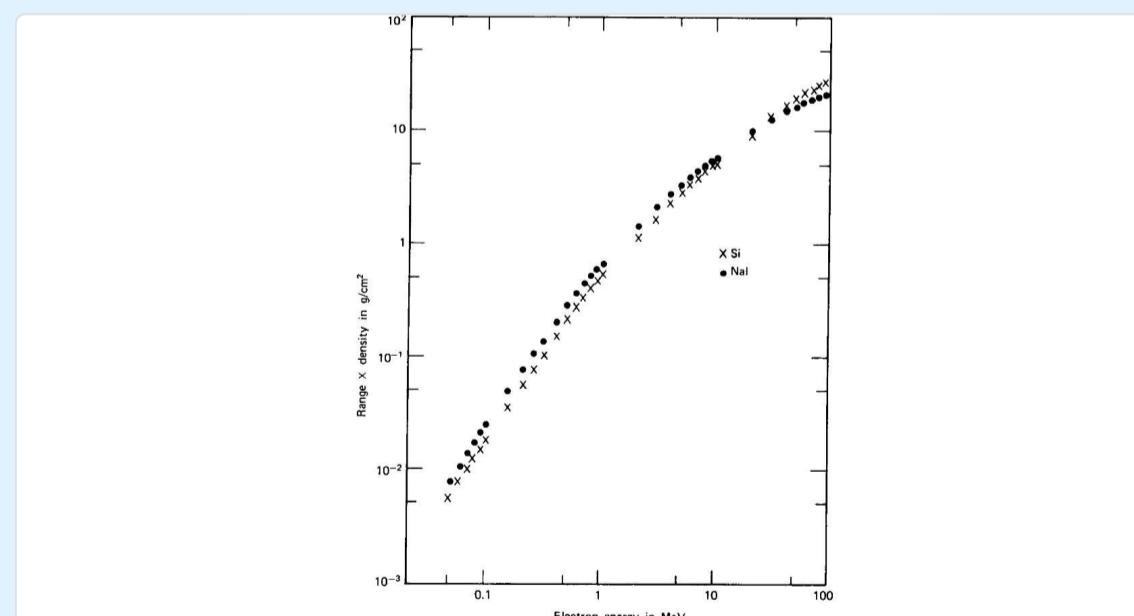


Figure 2.14 Range-energy plots for electrons in silicon and sodium iodide. If units of mass thickness (distance × density) are used for the range as shown, values at the same electron energy are similar even for materials with widely different physical properties or atomic number. (Data from Mukoyama.²⁴)

Figura - Elétrons em Al.

Resposta 6.

Ideia: A Fig. 2.14 traz o alcance em espessura de massa $R\rho$ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$). Para obter o alcance físico em um material basta dividir por sua densidade.

1. **Leitura do gráfico.** Em 1 MeV, lê-se $R\rho \approx 0,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ (faixa 0,45–0,55).

2. **Densidade do alumínio.** $\rho_{\text{Al}} = 2,699 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

3. **Alcance físico em Al.** $R_{\text{Al}} = \frac{R\rho}{\rho_{\text{Al}}} = \frac{0,50}{2,699} \text{ cm} \approx 0,185 \text{ cm} = 1,85 \text{ mm}$.

Resposta: $R_{\text{Al}} \approx 0,19 \text{ cm} (\approx 1,9 \text{ mm})$.

(use a figura do exercício 6).

Resposta 7.

Para determinar a espessura equivalente em ouro de elétrons de 3 MeV, utilizei o gráfico para obter a espessura mássica em silício e, em seguida, apliquei a lei de Bragg–Kleeman para fazer a conversão para o ouro.

Passo 1 – Leitura da espessura mássica em silício

A partir da figura, para elétrons de 3 MeV em silício, obtive:

$$(R\rho)_{\text{Si}} \approx 2,2 \text{ g/cm}^2.$$

Passo 2 – Aplicar a lei de Bragg–Kleeman

A relação entre os alcances em dois materiais (1 e 2) é dada por:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

Logo, a espessura mássica em ouro será:

$$(R\rho)_{\text{Au}} = (R\rho)_{\text{Si}} \cdot \frac{A_{\text{Au}}}{A_{\text{Si}}}$$

Passo 3 – Substituir os valores

- $(R\rho)_{\text{Si}} = 2,2 \text{ g/cm}^2$
- $A_{\text{Si}} = 28,09$
- $A_{\text{Au}} = 196,97$

$$(R\rho)_{\text{Au}} = 2,2 \times \frac{196,97}{28,09} \approx 15,4 \text{ g/cm}^2.$$

Passo 4 – Converter para espessura linear

Dividindo pela densidade do ouro $\rho_{\text{Au}} = 19,32 \text{ g/cm}^3$:

$$R_{\text{Au}} = \frac{(R\rho)_{\text{Au}}}{\rho_{\text{Au}}} = \frac{15,4}{19,32} \approx 0,80 \text{ cm.}$$

Resultado final

- Espessura mássica em ouro: **15,4 g/cm²**
- Espessura linear correspondente: **0,80 cm**

Conclusão: a espessura de ouro equivalente à atenuação de elétrons de 3 MeV é de aproximadamente **0,8 cm**.

8. Estimar o tempo necessário para uma partícula alfa de 5 MeV desacelerar e parar num bloco de Si.

Repita para gás hidrogênio.

Considerar $R_{\text{Si}} = 2,1 \times 10^{-5} \text{ m}$ e $R_{\text{H}} = 0,1 \text{ m}$.

Resposta 8.

O tempo para uma partícula alfa parar em um material pode ser estimado dividindo-se o alcance R pela velocidade média $v_{\text{médio}}$. O alcance é a distância média percorrida antes da partícula perder toda a sua energia. Como a velocidade diminui progressivamente (curva de Bragg), a velocidade média pode ser aproximada como metade da velocidade inicial.

Passo 1 – Calcular a velocidade inicial da partícula alfa

A energia cinética da partícula alfa é $E = 5 \text{ MeV}$. Convertendo para joules:

$$1 \text{ MeV} = 1,602 \times 10^{-13} \text{ J} \Rightarrow E = 5 \times 1,602 \times 10^{-13} = 8,01 \times 10^{-13} \text{ J.}$$

A massa de uma partícula alfa é aproximadamente $m_{\alpha} = 4u = 4 \times 1,6605 \times 10^{-27} = 6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

A partir da relação $E = \frac{1}{2}m_{\alpha}v_0^2$, obtemos:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2E}{m_{\alpha}}} = \sqrt{\frac{2 \times 8,01 \times 10^{-13}}{6,64 \times 10^{-27}}} \approx 1,55 \times 10^7 \text{ m/s} (\approx 0,052 c).$$

Passo 2 – Estimar a velocidade média

Como a partícula desacelera até parar, adoto $v_{\text{médio}} \approx \frac{v_0}{2}$:

$$v_{\text{médio}} = \frac{1,55 \times 10^7}{2} = 7,76 \times 10^6 \text{ m/s.}$$

Passo 3 – Calcular o tempo de parada no silício (Si)

O alcance em Si é $R_{\text{Si}} = 2,1 \times 10^{-5} \text{ m}$. Assim,

Passo 4 – Calcular o tempo de parada em gás hidrogênio (H)

Para o gás hidrogênio, o alcance é $R_H = 0,1\text{ m}$. Portanto,

$$t_H = \frac{R_H}{v_{\text{médio}}} = \frac{0,1}{7,76 \times 10^6} \approx 1,3 \times 10^{-8}\text{ s.}$$

Resultados finais

- **Tempo para parar em Si:** $t_{\text{Si}} \approx 2,7 \times 10^{-12}\text{ s}$
- **Tempo para parar em H:** $t_H \approx 1,3 \times 10^{-8}\text{ s}$

Observação: o cálculo considera movimento não relativístico e uma desaceleração aproximadamente uniforme. Resultados exatos exigiriam integrar $t = \int dx/v(E(x))$ com o poder de parada experimental $-dE/dx$.

9. Uma onda senoidal propaga-se de acordo com a expressão.

$y(x, t) = 0,00327 \sin(72,1x - 2,72t)$, onde y é dado em metros (SI).

- Qual a frequência da onda em Hz?
- Quantas ondas existem por metro?
- Qual a velocidade escalar de propagação?

Resposta 9.

A equação da onda dada é:

$$y(x, t) = 0,00327 \sin(72,1x - 2,72t)$$

Comparando com a forma geral $y(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$, obtemos:

- $k = 72,1\text{ m}^{-1}$ (número de onda);
- $\omega = 2,72\text{ rad/s}$ (frequência angular).

a. Frequência (f):

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2,72}{2\pi} \approx 0,43\text{ Hz}$$

b. Número de ondas por metro ($1/\lambda$):

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{72,1} \approx 0,087\text{ m} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,087} \approx 11,5\text{ ondas/m}$$

c. Velocidade de propagação (v):

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{2,72}{72,1} \approx 0,0377\text{ m/s}$$

10. Repetir os itens do exercício anterior para a onda:

$y(x, t) = 7,5 \sin(1,2 \times 10^7 x - 3,623 \times 10^{15} t)$ V/m. Sendo esta a componente campo elétrico de uma onda eletromagnética, calcule a amplitude do campo magnético correspondente, encontre sua localização no espectro eletromagnético e diga em que faixa se encontra. No caso de estar no espectro visível, qual é a cor correspondente?

Resposta 10.

Para $y(x, t) = 7,5 \sin(1,2 \times 10^7 x - 3,623 \times 10^{15} t)$ (V/m), identificamos $k = 1,2 \times 10^7\text{ m}^{-1}$, $\omega = 3,623 \times 10^{15}\text{ rad/s}$ e amplitude elétrica $E_0 = 7,5\text{ V/m}$.

- Frequência f :** $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3,623 \times 10^{15}}{2\pi} \approx 5,77 \times 10^{14}\text{ Hz}$.
- Comprimento de onda λ e ondas por metro $1/\lambda$:** $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{1,2 \times 10^7} \approx 5,24 \times 10^{-7}\text{ m}$ ($\approx 524\text{ nm}$);
 $\frac{1}{\lambda} = \frac{k}{2\pi} \approx 1,91 \times 10^6\text{ ondas/m}$.
- Velocidade de propagação v :** $v = \frac{\omega}{k} = \frac{3,623 \times 10^{15}}{1,2 \times 10^7} \approx 3,02 \times 10^8\text{ m/s}$ ($\approx c$).
- Amplitude do campo magnético B_0 :** para onda eletromagnética no vácuo, $E_0 = c B_0 \Rightarrow B_0 = \frac{E_0}{c}$. Usando $c \approx v$, $B_0 \approx \frac{7,5}{3,02 \times 10^8} \approx 2,5 \times 10^{-8}\text{ T}$ ($\approx 25\text{ nT}$).
- Localização no espectro e faixa:** $\lambda \approx 524\text{ nm}$ e $f \approx 5,77 \times 10^{14}\text{ Hz}$ situam a onda no **espectro visível**, região **verde** (verde-esverdeado).

11. O canal 6 no antigo sistema de televisão convencional (análogo) ocupa uma faixa de frequências que inicia em 82 MHz. Sabendo que a banda para cada canal de TV é de 6 MHz:

- Calcule a banda do canal 6 em comprimento de onda
- Idem para número de onda
- É possível ouvir o áudio do canal 6 num receptor de rádio FM? Banda FM: 88 a 108 MHz

Resposta 11.

A faixa de frequências do canal 6 vai de **82 MHz a 88 MHz**.

a. Banda em comprimento de onda (λ):

Usando $\lambda = \frac{c}{\nu}$ com $c = 3,0 \times 10^8$ m/s:

$$\lambda_{82} = \frac{3,0 \times 10^8}{82 \times 10^6} \approx 3,66 \text{ m} \quad \text{e} \quad \lambda_{88} = \frac{3,0 \times 10^8}{88 \times 10^6} \approx 3,41 \text{ m}$$

Portanto, o canal 6 corresponde a comprimentos de onda entre **3,66 m e 3,41 m**.

b. Banda em número de onda ($\tilde{\nu} = 1/\lambda$):

$$\tilde{\nu}_{82} = \frac{1}{3,66} \approx 0,273 \text{ m}^{-1} \quad \text{e} \quad \tilde{\nu}_{88} = \frac{1}{3,41} \approx 0,293 \text{ m}^{-1}$$

Assim, a banda em número de onda varia de **0,273 a 0,293 m⁻¹**.

c. Áudio no rádio FM?

A faixa de FM vai de **88 a 108 MHz**; como o canal 6 vai até exatamente **88 MHz**, o áudio pode ficar na borda inicial da banda FM. Isso explica por que, em rádios antigos, era possível captar ruídos ou áudio do canal 6 próximo de 87,9–88,0 MHz.

12. Durante uma desintegração radioativa, um núcleo emite raio gama, cujo fóton tem energia de 1,35 MeV.

Qual é o comprimento de onda e o número de onda correspondente a este fóton?

Resposta 12.

Para um fóton gama de energia $E = 1,35 \text{ MeV}$, convertemos para joules:

$$E = 1,35 \times 10^6 \times 1,602 \times 10^{-19} \approx 2,16 \times 10^{-13} \text{ J}$$

Usando a relação de Planck:

$$\lambda = \frac{hc}{E} \Rightarrow \lambda = \frac{6,626 \times 10^{-34} \cdot 3,0 \times 10^8}{2,16 \times 10^{-13}} \approx 9,2 \times 10^{-13} \text{ m}$$

Comprimento de onda: $\lambda \approx 9,2 \times 10^{-13} \text{ m}$ (0,92 pm — raio gama)

Número de onda:

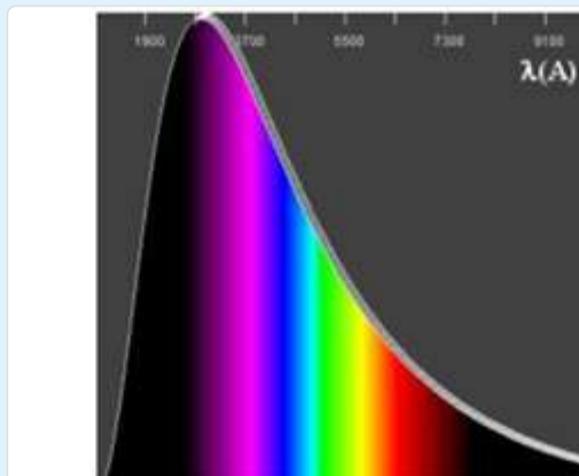
$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} \approx \frac{1}{9,2 \times 10^{-13}} \approx 1,09 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$$

Portanto:

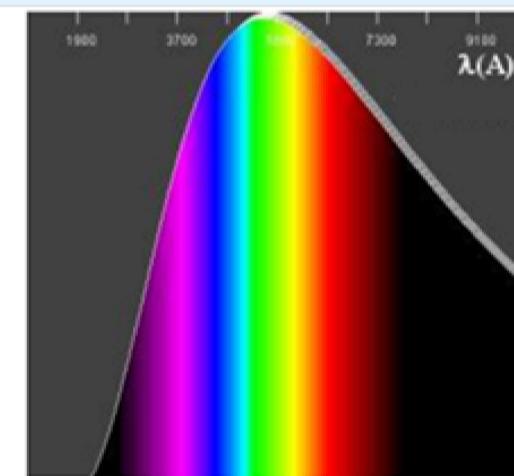
- $\lambda \approx 9,2 \times 10^{-13} \text{ m}$
- $\tilde{\nu} \approx 1,1 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$

13. As figuras abaixo mostram os espectros obtidos de dois corpos aquecidos.

Com base na Lei de Wien, determine a temperatura de ambos em graus Celsius.



Corpo A



Corpo B

Resposta 13.

Os espectros A e B representam a emissão de radiação de corpo negro para dois corpos distintos. O pico de emissão (λ_{\max}) indica a temperatura de cada corpo: quanto menor o comprimento de onda do pico, maior a temperatura.

Visualmente, observa-se que:

- **Corpo A** → pico em torno de **2700 Å** (270 nm, região ultravioleta);
- **Corpo B** → pico em torno de **4800 Å** (480 nm, região azul-esverdeada).

A partir da Lei de Wien:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Calculando:

$$\circ \text{Corpo A: } T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{2,7 \times 10^{-7}} = 1,07 \times 10^4 \text{ K} \Rightarrow 10\,700 - 273 \approx \mathbf{10\,427^\circ\text{C}}$$

o **Corpo B:** $T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{4,8 \times 10^{-7}} = 6,04 \times 10^3 \text{ K} \Rightarrow 6\,040 - 273 \approx 5\,767 \text{ }^\circ\text{C}$

 Translate to English

Portanto, o **Corpo A** é significativamente mais quente, com temperatura aproximada de **10 400 °C**, enquanto o **Corpo B** possui cerca de **5 800 °C**.

14. A partir da equação de Rydberg, determine, para o hidrogênio, as frequências dos dois primeiros valores para k, na série de Balmer.

Para cada um dos resultados identifique a faixa do espectro e, caso seja o espectro visível, a cor correspondente.

Resposta 14.

Na série de Balmer, o estado final é $n_f = 2$. Tomando os dois primeiros valores para k como os dois menores inteiros acima de 2, temos $k = n_i = 3$ e $k = n_i = 4$. Pela equação de Rydberg, $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$, com $R_H \approx 1,097\,373 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ e $\nu = c/\lambda$.

a. $n_i = 3 \rightarrow 2$ (linha H α):

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = R_H \cdot \frac{5}{36} \Rightarrow \lambda \approx 6,56 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{656 \text{ nm}}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \approx \frac{3,00 \times 10^8}{6,56 \times 10^{-7}} \approx \mathbf{4,57 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

Faixa: visível, **vermelho**.

b. $n_i = 4 \rightarrow 2$ (linha H β):

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) = R_H \cdot \frac{3}{16} \Rightarrow \lambda \approx 4,86 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{486 \text{ nm}}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \approx \frac{3,00 \times 10^8}{4,86 \times 10^{-7}} \approx \mathbf{6,17 \times 10^{14} \text{ Hz}}$$

Faixa: visível, **azul-esverdeado** (ciano).

15. Série de Lyman (H)

Repetir o exercício 12 para a série de Lyman para os dois primeiros valores pares de k.

Resposta 15.

A Série de Lyman corresponde a transições para o estado final $n_f = 1$. Os dois primeiros valores **pares** de k (isto é, n_i) são:

- $n_i = 2 \rightarrow 1$
- $n_i = 4 \rightarrow 1$

Utilizando a equação de Rydberg:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_i^2} \right), \text{ com } R_H = 1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

a. $n_i = 2 \rightarrow 1$:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(1 - \frac{1}{4} \right) = R_H \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow \lambda \approx 1,22 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{122 \text{ nm}}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \approx \frac{3,0 \times 10^8}{1,22 \times 10^{-7}} \approx \mathbf{2,46 \times 10^{15} \text{ Hz}}$$

Faixa: Ultravioleta (UV-C).

b. $n_i = 4 \rightarrow 1$:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(1 - \frac{1}{16} \right) = R_H \cdot \frac{15}{16} \Rightarrow \lambda \approx 1,03 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{103 \text{ nm}}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \approx \frac{3,0 \times 10^8}{1,03 \times 10^{-7}} \approx \mathbf{2,91 \times 10^{15} \text{ Hz}}$$

Faixa: Ultravioleta extremo (UV-C).

Todas as transições da série de Lyman estão no **ultravioleta**, portanto não são visíveis ao olho humano.

Bibliografia Recomendada

- Notas de aula e apresentações ppt
- Knoll - Radiation Detection and Measurement (2^a ou 3^a ed.)
- Tsoulfanidis - Measurement and Detection of Radiation (4^a ed.)
- Halliday - Física, vols. 2 e 4