

LISTA I – ÓTICA

Entregar os exercícios 6,7, 9 e 10 até o dia 29 (diurno) ou 30 noturno

1. Qual o comprimento de onda da luz vermelha em um vidro com índice de refração $n=1,5$, dado que o seu comprimento de onda no vácuo vale $\lambda = 700nm$.

Resolução:

A relação entre os comprimentos de onda da luz vermelha no vidro (λ') e no vácuo (λ) vale:

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n_v} = \frac{700nm}{1,5} \approx 467nm$$

2. A luz azul tem comprimento de onda de 475nm. Supondo que o meio é o vácuo, qual o valor de sua frequência?

Resolução:

Sabemos que o produto da frequência (ν) pelo comprimento de uma onda (λ) é constante e o valor $c = \lambda\nu$. Como o meio é o vácuo, temos $c = \lambda\nu$. A velocidade da luz no vácuo é constante ($c = 3 \cdot 10^8 m/s$). Assim, a frequência de luz azul vale, aproximadamente, 632THz.

3. Uma lâmpada fluorescente entre 20W de luz laranja ($\lambda = 600nm$). Quantos fótons são emitidos por segundos?

Resolução:

A energia de 1 fóton vale $h\nu$. A energia de n fótons é, portanto, $n h\nu$. Lembrando que $1W = 1J/s$, temos que, em 1 segundo, a energia emitida pela lâmpada é de $20J$. A partir da relação $c = \lambda\nu$, podemos escrever a energia de n fótons como $E_n = \frac{nhc}{\lambda}$. Assim, em 1 segundo, $6 \cdot 10^{19}$ fótons são emitidos. Os cálculos estão sumarizados a seguir:

$$E = h\nu \rightarrow 1 \text{ fóton}, E_n = nh\nu \rightarrow n \text{ fótons}$$

$$c = \lambda \nu \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow E_n = \frac{nhc}{\lambda}$$

$$1W = 1 \frac{J}{s} \rightarrow 20W = 20 \frac{J}{s}$$

$$n \frac{hc}{\lambda} = 20J \begin{cases} n = ? \\ h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s \\ c = 3 \cdot 10^8 m/s \end{cases}$$

$$n = 6 \cdot 10^{19} \quad \lambda = 600nm \quad (1n = 1 \cdot 10^{-9})$$

4. No tempo de Romer, a distância entre a Terra e o Sol era desconhecida, mas hoje sabemos que ela é de aproximadamente $1,5 \times 10^8 km$. Sabemos também que a distância do Sol a Júpiter é aproximadamente $7,8 \times 10^8 km$. Suponha que os dois planetas girem em órbitas circulares em torno do Sol e que as órbitas estejam no mesmo plano. À medida que os dois planetas giram, há um momento em que distância é mínima e outro em que a distância é máxima. Qual é o tempo que a luz leva para vir de Júpiter até nós quando a distância é mínima e quando a distância é máxima? Convém lembrar que a luz leva cerca de 500s para vir do sol à Terra.

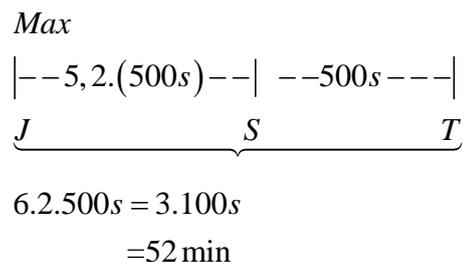
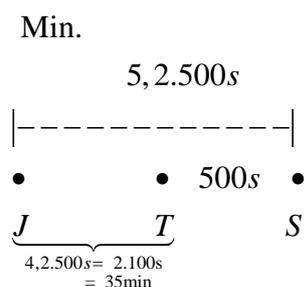
Resolução:

A distância Júpiter-Sol é 5,2 vezes maior que a distância Terra-Sol. Se a luz leva 500s para viajar do Sol à Terra, então ela levará $5,2 \times 500 = 2600s$ para viajar do Sol à Júpiter. Vamos considerar os dois casos em questão, quando a distância entre os planetas é mínima e quando é máxima.

Quando a distância é mínima, a luz percorre $4,2 \times 500 = 2100s = 35 min$.

Quando a distância é máxima, a luz percorre $6,2 \times 500 = 3100s \cong 52 min$.

O diagrama a seguir ilustra cada uma dessas situações.



5. Quanto vale a energia de um fóton compondo raios-X com comprimento de onda $\lambda = 0,1nm$?

Resolução:

A energia de um fóton vale $E = h\nu$, onde ν é a frequência da radiação e esta relacionado com sua velocidade (c) através da relação

$$c = h\nu$$

Assim, a energia do fóton pode ser reescrita como:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Agora é só substituir os valores abaixo na equação da energia:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} J \cdot s, \quad c = 3 \cdot 10^8 m/s, \quad \lambda = 0,1 \cdot 10^{-9} m$$

Assim,

$$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{10^{-10}} \approx 2 \cdot 10^{-15} J$$

Podemos expressar essa resposta, também, na unidade de energia elétron-volt (eV), a partir da relação $1eV = 1,6 \cdot 10^{19} J$.

Fazendo a substituição $J = \frac{1eV}{1,6 \cdot 10^{19}}$ em E , temos que

$$E \approx 12,4 \cdot 10^3 eV = 12,4 keV.$$

Entregar

6. Um objeto quente emite radiação eletromagnética de tal forma que o espectro de emissão depende da temperatura. A intensidade atinge um valor máximo associado a uma frequência γ_M que depende apenas da temperatura T do objeto. De acordo com a lei de Wien:

$$\gamma_M = (5,89 \cdot 10^{10} \text{ Hertz} / ^\circ K) T$$

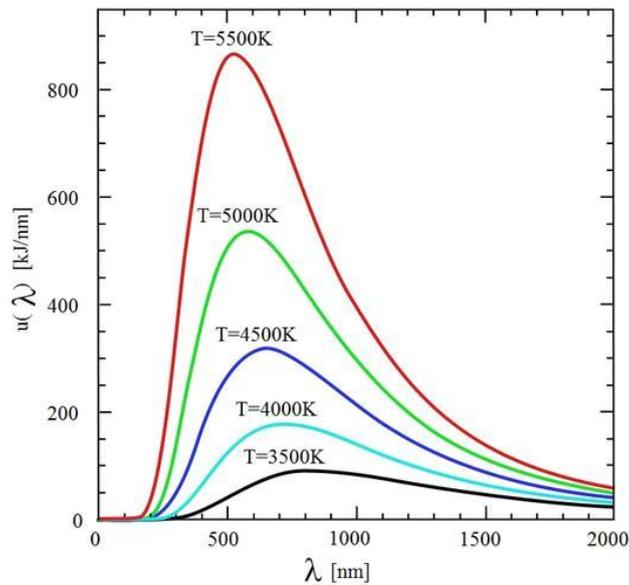


Fig. 1 Ilustração da lei de Wien, em termos do comprimento de onda

Tem do em vista que o Sol se encontra a uma temperatura aproximada de $6000^{\circ} K$ justifique o fato de que ele emite preferencialmente luz e que esta luz tende a ser branca.

Quais seriam as cores de estrelas de temperatura a $3000^{\circ} K$ e $15000^{\circ} K$?

Entregar

7. Quando um elétron num átomo faz a transição entre dois níveis de energia diferentes (vide figura).ele emite um fóton cuja energia é dada por

$$E = h\gamma = \Delta E$$

Onde ΔE é a diferença entre os níveis de energia.

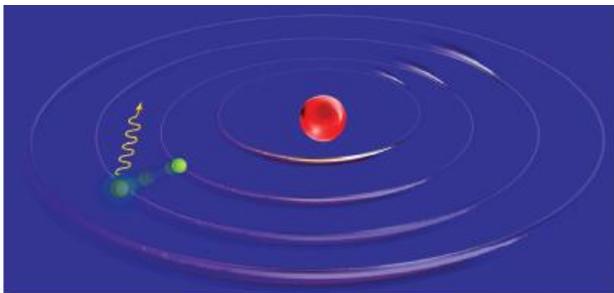


Fig. 2 Átomos emitem fótons que irão compor a radiação eletromagnética

Determine o intervalo de energias dos fótons emitidos e que compõem a luz emitida pelos átomos.

8. Determine, utilizando o valor $c = 300.000\text{km/s}$, a energia de repouso de um próton e de um elétron em Joules.

Resolução

Em cada um dos casos,

$$E = mc^2$$

Vide na tabela os valores das massas do próton e do elétron.

Entregar

9. Explique como podemos medir a velocidade de afastamento de galáxias mediante a observação dos redshifts .

Entregar

10. O que significa “caráter absoluto” da velocidade da luz?

Tabela de constantes

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s,}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$m_{\text{próton}} = 1,6726219 \times 10^{-27} \text{ quilogramas}$$

$$m_{\text{elétron}} = 9,10938356 \times 10^{-31} \text{ quilogramas}$$

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ J}$$