

# Primeira Lista de Exercícios de Física Moderna I

## A natureza ondular das radiações eletromagnéticas

1. Apresente 3 argumentos que demonstram a natureza ondulatória das radiações eletromagnéticas.
2. O corpo negro é sempre preto? Explique o termo corpo negro.
3. Por que há radiação eletromagnética na cavidade de um metal numa dada temperatura  $T$ ? Qual é a importância de se estudar a radiação eletromagnética emitida por esse sistema físico?
4. Defina: radiância espectral ( $R_T(\nu)$ ) de um corpo negro na temperatura  $T$ , radiância total ( $R_T$ ) na temperatura  $T$  e densidade de energia na cavidade de um corpo na temperatura  $T$  ( $\rho_T(\nu)$ ). Dê as unidades destas grandezas no sistema universal.
5. (a) Sabendo que o comprimento de onda para o qual a radiância espectral do Sol é máxima corresponde a  $5,1 \times 10^{-7}$  m, e supondo que o Sol se comporta como um corpo negro, calcule a temperatura aproximada dessa estrela.  
(b) A partir dessa informação, calcule a potência irradiada pelo Sol por metro quadrado.  
(c) Sabendo que essa energia vem da queima de massa no Sol pelo processo de fusão nuclear, calcule a massa perdida pelo Sol por segundo, considerando o seu diâmetro como sendo  $1,4 \times 10^9$  m.  
(d) Qual é a fração de massa perdida pelo Sol a cada ano? Supondo que esse processo não sofra alteração ao longo do tempo, quantos anos levariam para o Sol se extinguir? Considere sua massa atual como sendo  $2,0 \times 10^{30}$  Kg.
6. Há radiação eletromagnética no Universo, chamada de radiação cósmica de fundo, que se propaga em todas as direções. Essa radiação tem uma distribuição espectral de um corpo negro a 2,7K.  
(a) Qual é o comprimento de onda da radiação de fundo para o qual a intensidade é máxima?  
(b) Qual a frequência que tem máxima intensidade? (c) Qual é a potência total da radiação de fundo?
7. (a) Qual hipótese da lei de Rayleigh-Jeans leva à catástrofe do ultra-violeta?  
(b) Qual hipótese na abordagem de Planck resolve esse problema?
8. Obtenha a relação entre a frequência e os modos de vibração de uma onda estacionária para o caso tridimensional. Explique passo-a-passo seu procedimento.
9. Por que podemos dizer que a energia média das ondas eletromagnéticas em uma cavidade é dada por  $kT$  ?

**10.** Como é possível se medir a radiância espectral de um objeto experimentalmente? Use como base o experimento apresentado em aula.

**11.** Sabendo que a relação entre radiância espectral ( $R_T(\nu)$ ) e a densidade volumétrica de energia em um corpo negro ( $\rho_T(\nu)$ ) é dada por

$$R_T(\nu) d\nu = (c/4) \rho_T(\nu) d\nu$$

utilizando a lei de radiação de Planck, obtenha a lei de Stefan:

$$R_T = \sigma \cdot T^4$$

onde  $\sigma = 2\pi^5 \cdot k^4/15c^2 \cdot h^3$

**12.** Considere um pêndulo constituído de uma massa 100 g suspenso por uma corda de 1 m de comprimento e cujo ângulo de oscilação máximo é  $10^\circ$ . Sabendo que esse pêndulo perde energia por atrito, calcule o valor da variação mínima de energia permitida pela hipótese de Planck. Essa variação pode ser medida em laboratório, para comprovarmos a hipótese de Planck? Por quê?

**13.** Considerando o pêndulo do exercício anterior, calcule o seu *número quântico*, isto é, o valor de  $n$  na fórmula  $E_n = nh\nu$  quando sua energia de oscilação é 0,015 J. A variação de uma unidade nesse número é significativa? O que isso significa?

**14.** Demonstre que a lei de radiação de Planck resolve o problema da catástrofe do ultravioleta, ou seja, que  $\rho_T(\nu) \rightarrow 0$  quando  $\nu \rightarrow \infty$ . Mostre também que a descrição clássica é válida quando  $\nu \rightarrow 0$ .