

FÍSICA MODERNA I - 1º SEMESTRE 2016
2ª LISTA DE EXERCÍCIOS

1.- Mostre que a lei de radiação de Planck se reduz à lei de Wien para pequenos comprimentos de onda e a lei de Rayleigh-Jeans para os grandes. (Sugestão: Expanda o termo exponencial em série de potências para obter a segunda destas leis.) Dado que:

$$\rho(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT}} \quad (\text{Lei de Wien})$$

2.- Mostre que a densidade de energia total na radiação de corpo negro sobre toda a faixa de frequências de 0 a ∞ é idêntica na forma à lei de Stefan-Boltzmann para radiação total. Sabendo que a constante de Stefan-Boltzmann é $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$, obtenha a constante de Planck. Dado que : $R_T = \sigma T^4$ - lei de Stefan-Boltzmann (sugestão: $\int_0^\infty \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}$).

3.- Uma massa de 10g está pendurada em um elástico com uma constante elástica de 25 N/m. Assuma que este oscilador é quantizado justamente como os osciladores de radiação. a) Qual a energia mínima que pode ser fornecida a esta massa? b) Se a massa em repouso absorve a energia da parte a), qual a amplitude resultante? c) Quantos quanta de energia precisam ser absorvidos para se obter uma amplitude de 10 cm? R.: a) $E = 5,3 \cdot 10^{-33} J$; b) $A = 2 \cdot 10^{-17} m$; c) $\sim 2,5 \cdot 10^{31}$ quanta.

4.- Quando uma certa superfície fotoelétrica é iluminada com luz de diferentes comprimentos de onda, os seguintes potenciais de corte são observados:

$\lambda(A)$	3660	4050	4360	4920	5460	5790
$V_c(V)$	1,48	1,15	0,93	0,62	0,36	0,24

Faça um gráfico de frequência por potencial de corte ($\nu \times V_c$) . Determine a) a frequência de corte, b) o comprimento de onda de corte, c) a função trabalho do material, e d) determinar o valor da constante de Planck h (o valor de e sendo conhecido). R.: a) $\nu_c = 4,65 \cdot 10^{14} Hz$; b) $\lambda_c = 6450 \text{ \AA}$; c) 1,92 eV; d) $6,66 \cdot 10^{-34} Js$.

5.- O que vai mudar no potencial de corte de emissão de fotoelétrons em uma superfície se o comprimento de onda da luz incidente é reduzido de 4000Å para 3980Å? (Assuma que o decréscimo no comprimento de onda pode ser considerado um diferencial).

6.- Radiação de comprimento de onda 2000 Å incide sobre uma superfície de alumínio, cuja função de trabalho é 4.2 eV. a) Qual a energia cinética máxima do fotoelétron emitido? b) Qual o potencial de corte? c) Qual o comprimento de onda limite para o alumínio? d) Se a intensidade da luz incidente é de $2 W/m^2$, qual é o número médio de fótons por unidade de tempo e por unidade de área que atinge a superfície?

7.- O Sol e as estrelas se comportam, com boa aproximação, como corpos negros. a) Sabendo-se que o espectro de energia de radiação emitido pelo Sol tem um máximo para $\lambda = 5100 \text{ \AA}$, calcule a temperatura na superfície do Sol. b) Para a estrela polar, esse máximo se encontra em $\lambda = 3500 \text{ \AA}$. Qual a temperatura na superfície desta estrela?

8.- a) Supondo que a temperatura da superfície do sol é de 5700K, use a lei de Stefan-Boltzmann para determinar a massa de repouso perdida por segundo pelo sol sob a forma de radiação. Considere o diâmetro do sol como sendo $1,4 \cdot 10^9 m$. b) Que fração da massa do sol é perdida por ano sob forma de energia eletromagnética? Considere a massa de repouso do sol sendo $2,0 \cdot 10^{30} kg$.

9.- Obtenha a lei do deslocamento de Wien, $\lambda_{max} T = 0.201 hc/k$, resolvendo a equação $d\rho(\lambda)/d\lambda = 0$. (Sugestão: faça $hc/\lambda kT = x$ e mostre que a equação citada leva a $e^{-x} + x/5 = 1$. Mostre então que $x=4.965$ é a solução).

10.- Supondo que uma lâmpada incandescente pode ser aproximada por um corpo negro à temperatura de 3000K, calcule a fração da energia irradiada pelo filamento que se encontra na faixa visível (entre 4000 e 6000 Å) (sugestão: aproxime a integral da radiança pela área de um trapézio).

11.- Uma massa de 2 kg está ligada a uma mola sem massa de constante de força $k=25 \text{ N/m}$. A mola é esticada 0,40m da posição de equilíbrio e então solta. a) Encontre a energia total e a frequência de oscilação de acordo com a física clássica. b) Assumindo a quantização da energia, determine o número quântico n para o sistema.

a) $E_{tot} = 2,0 \text{ J}$; $\nu = 0,56 \text{ Hz}$ b) $5,4 \times 10^{33}$

12.- a) Use a lei de Stefan para calcular a energia total irradiada por unidade de área de um filamento de tungstênio à temperatura de 3000K (suponha que o tungstênio é um radiador ideal). b) Qual a área superficial do filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente de 75W} (suponha que a perda de calor do filamento se dá somente por radiação).

13.- Uma lâmpada de vapor de sódio tem potência 10W. Usando 589 nm como o comprimento de onda médio da fonte, calcule o número de fótons emitido por segundo. R: $3,0 \times 10^{19} / \text{s}$

14.- Calcule λ_{max} para a radiação de corpo negro para a) hélio líquido (4.2 K), b) temperatura ambiente (300 K) e forno de fundição de aço (2500 K)

a) 0,69 nm b) 9,89 μm c) 1,16 μm

15.- Calcular a temperatura de um corpo negro se a distribuição espectral tem máximo para: a) raios gama $\lambda = 10^{-14} \text{ m}$. b) raios-X, 1 nm. c) luz vermelha, 670 nm. d) ondas de TV, 1m. e) ondas de AM, 200 m.

16.- A temperatura de um corpo negro é aumentada de 900 K para 1900 K. Por qual fator aumenta a potência total irradiada por unidade de área?

19,9

17.- O filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente típica opera à temperatura de 3000 K. Em que comprimento de onda a intensidade da radiação emitida é máxima? r: 966 nm

18.- Use um computador para calcular a lei de radiação de Plank para $T=3000 \text{ K}$, a temperatura típica do filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente. Grafique o intensidade da radiação em função do comprimento de onda. a) Qual a fração da potência é irradiada na região visível? b) qual a razão entre a intensidade a 400 e 700 nm e a do máximo de emissão?

19.- Em qual comprimento de onda a radiação emitida pelo corpo humano é máxima?

9,35 μm

20.- Uma estação de rádio FM de frequência 107.7 MHz têm potência de 50.000 W. Qual o número de fótons emitidos por segundo?

21.- Quantos fótons por segundo estão contidos num feixe de radiação eletromagnética de potência total 150W se a fonte é: a) uma estação de rádio AM de 1100 kHz, b) raios-X de 8 nm e c) raios gama de 4 MeV?

a) $2,06 \times 10^{29}$ b) $6,05 \times 10^{18}$ c) $2,34 \times 10^{14}$

22.- A função de trabalho do potássio é 2,24 eV. Se potássio metálico é iluminado com luz de comprimento de onda 350 nm, encontre: a) a energia cinética máxima dos fotoelétrons e b) o comprimento de onda de corte.

a) 1,3 eV b) 554 nm

23.- Quando césio metálico é iluminado com luz de comprimento de onda 300 nm, os fotoelétrons emitidos têm energia cinética máxima 2,23 eV. Encontre a) a função de trabalho do césio e b) o potencial de freamento se a luz incidente tem comprimento de onda 400 nm.

a) 1,91 eV b) 1,20 V

24.- Luz de comprimento de onda 500 nm incide sobre uma superfície metálica. Se o potencial de freamento para o efeito fotoelétrico é 0,45V, encontre a) a energia cinética máxima dos elétrons emitidos b) a função de trabalho e c) o comprimento de onda de corte.

a) 0,45 eV b) 2,03 eV c) 612 nm

25.- Qual a frequência de corte para o efeito fotoelétrico em lítio ($\phi=2,9 \text{ eV}$)? Qual o potencial de freamento se o comprimento de onda da luz incidente for 400 nm?

26.- Qual o comprimento de onda máximo da luz incidente capaz de produzir efeito fotoelétrico na prata ($\phi=4,7 \text{ eV}$)? Qual será a energia cinética máxima dos fotoelétrons se comprimento de onda é reduzido à metade?

264 nm; 4,7 eV