Lista de Exercícios – Física Moderna

Radiação de Corpo Negro

Questões (Eisberg-Resnick)

Se olharmos para o interior de uma cavidade cujas paredes são mantidas a uma temperatura constante, os destalhes do interior não são visíveis. Explique.

Um pedaço de metal brilha com uma cor vermelha brilhante a 1100°K. Nesta mesma temperatura, no entanto, um pedaço de quartzo absolutamente não brilha. Explique. (Sugestão: o quartzo é transparente à luz visível.)

Qual é a origem da catástrofe do ultravioleta?

Compare as definições e as dimensões da radiância espectral $R_T(\nu)$, da radiância R_T e a densidade de energia $\rho_T(\nu)$.

Faz sentido falar de quantização da carga em física? Em que isto é diferente da quantização da energia?

Em muitos sistemas clássicos as freqüências possíveis são quantizadas. Cite alguns desses sistemas. Nestes casos a energia também é quantizada?

Para que os efeitos quânticos fossem perceptíveis no dia-a-dia de nossas vidas, qual deveria ser a ordem de grandeza mínima de h?

O que é que a radiação de corpo negro universal de 3°K nos diz, se é que diz algo, sobre a temperatura do espaço exterior?

A teoria de Planck sugere estados de energia atômica quantizados?

Problemas (Tippler & Llewellyn)

1. Determine o valor de λ_m para um corpo negro a uma temperatura de (*a*) 3 K; (*b*) 300 K; (*c*) 3000 K.
2. Como foi comentado neste capítulo, a radiação cósmica de fundo apresenta a distribuição espectral de um corpo negro a uma temperatura de 2,7 K. (*a*) Qual é o comprimento de onda da radiação de fundo para o qual a intensidade é máxima? (*b*) Qual é a frequência da radiação neste ponto do espectro? (*c*) Qual é a potência total da radiação de fundo que incide em nosso planeta?
3. Determine a temperatura de um corpo negro se o espectro apresenta um máximo em (*a*) $\lambda_m = 700$ nm (luz visível); (*b*) $\lambda_m = 3$ cm (micro-ondas); (*c*) $\lambda_m = 3$ m (rádio FM).
4. Se a temperatura absoluta de um corpo negro é multiplicada por dois, por que fator é multiplicada a potência total emitida pelo corpo negro?
5. Calcule a energia média $\overline{E}$ por modo de oscilação (*a*) para um comprimento de onda relativamente grande, $\lambda = 10\, hc/kT$, e (*b*) para um comprimento de onda relativamente pequeno, $\lambda = 0{,}1 hc/kT$, e compare os resultados com o valor clássico, kT. (O valor clássico é uma consequência do teorema da equipartição,
6. A temperatura da superfície de uma certa estrela, muito luminosa, é 20000 K, (*a*) Supondo que a estrela se comporta como um corpo negro, para que comprimento de onda a densidade de energia $u(\lambda)$ é máxima? (*b*) Em que parte do espectro eletromagnético está este comprimento de onda?

Problemas (Eisberg & Resnick)

1. Considere duas cavidades de material e formato arbitrários, as duas a uma mesma temperatura T, ligadas por um tubo estreito no qual podem ser colocados filtros de cor (supostos ideais) que vão permitir a passagem apenas de radiação com uma dada freqüência ν. (a) Suponha que em uma certa freqüência ν', $\rho_T(\nu')\,d\nu$ para a cavidade 1 seja maior que $\rho_T(\nu')\,d\nu$ para a cavidade 2. Um filtro que permite a passagem apenas da freqüência ν' é colocado no tubo que liga as duas cavidades. Discuta o que vai acontecer em termos de fluxo de energia. (b) O que vai acontecer com as respectivas temperaturas? (c) Mostre que isto violaria a segunda lei da termodinâmica; portanto, prove que todos os corpos negros a uma mesma temperatura devem emitir radiação térmica com o mesmo espectro, independentemente dos detalhes de sua composição.

2. Um radiador de cavidade a 6000°K tem um orifício de 0,10 mm de diâmetro feito em sua parede. Ache a potência irradiada através do orifício no intervalo de comprimentos de onda entre 5500 Å e 5510 Å. (Sugestão: Veja problema 2.)

3. (a) Supondo que a temperatura da superfície do sol é 5700°K, use a lei de Stefan, (1.2), para determinar a massa de repouso perdida por segundo pelo sol sob forma de radiação. Considere o diâmetro do sol como sendo $1{,}4 \times 10^9$ m. (b) Que fração da massa de repouso do sol é perdida a cada ano sob forma de radiação eletromagnética? Considere a massa de repouso do sol sendo $2{,}0 \times 10^{30}$ kg.

4. A uma dada temperatura, $\lambda_{max} = 6500$ Å para uma cavidade de corpo negro. Qual será λ_{max} se a temperatura nas paredes da cavidade for aumentada de forma que a taxa de emissão de radiação espectral seja duplicada?

5. A que comprimento de onda o corpo humano emite sua radiação térmica máxima? Apresente uma lista das hipóteses que você fez para chegar a esta resposta.

6. Mostre que a lei da radiação de Rayleigh-Jeans, (1-17), não é consistente com a lei do deslocamento de Wien $\nu_{max} \propto T$, (1-3a), ou $\lambda_{max}T = \text{const}$, (1-3b).

7. Use a relação $R_T(\nu)\,d\nu = (c/4)\rho_T(\nu)\,d\nu$, entre a radiância espectral e a densidade de energia, e a lei da radiação de Planck para obter a lei de Stefan. Isto é, demonstre que

$$R_T = \int_0^\infty \frac{2\pi h}{c^2} \frac{\nu^3\,d\nu}{e^{h\nu/kt} - 1} = \sigma T^4$$

8. onde $\sigma \times 2\pi^5 k^4/15c^2h^3$.

$$\left(\text{Sugestão:} \int_0^\infty \frac{q^3\,dq}{e^q - 1} = \frac{\pi^4}{15}\right)$$

Obtenha a lei do deslocamento de Wien, $\lambda_{max}T = 0{,}2014\ hc/k$, 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.)