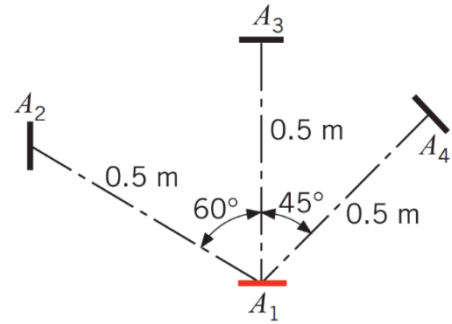
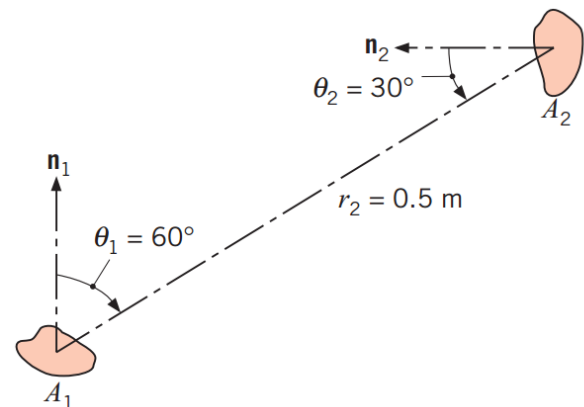


- 1 Uma pequena superfície $A_1 = 10^{-3} \text{ m}^2$ é um emissor difuso. A intensidade de emissão é $I_n = 7000 \text{ W/m}^2 \text{ sr}$. A radiação emitida é interceptada por 3 superfícies $A_2 = A_3 = A_4 = 10^{-3} \text{ m}^2$. Para as 3 superfícies:



- 1.1 Qual a intensidade de irradiação?
- 1.2 Quais os ângulos sólidos correspondentes?
- 1.3 Qual a radiação interceptada?

- 2 Considere uma pequena superfície com área $A_1 = 10^{-4} \text{ m}^2$, que é um emissor difuso com uma potência de emissão hemisférica total de $E_1 = 5 \times 10^4 \text{ W/m}^2$.



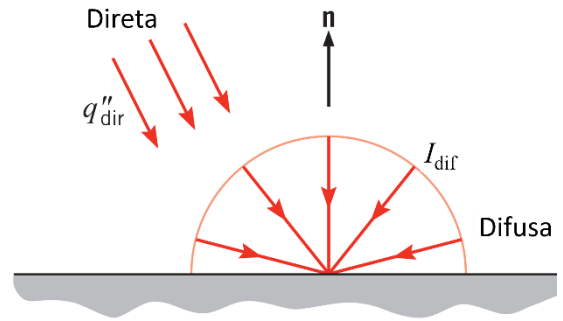
- 2.1 Determine a taxa a que a radiação emitida é interceptada pela área $A_2 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ com a orientação indicada na figura.

- 2.2 Qual é a radiação G_2 em A_2 ?

- 3 Um forno com uma abertura com 20mm de diâmetro e uma potência de emissão de $E = 3.72 \times 10^5 \text{ W/m}^2$ é usado para calibrar um sensor de fluxo de calor com uma área de $A_s = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}^2$.

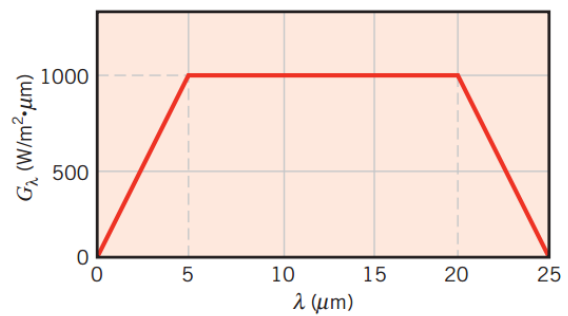
- 3.1 A que distância, medida na direção normal à abertura, deve estar o sensor para receber uma irradiação de 1000 W/m^2 ?
- 3.2 Qual é a irradiação se o sensor for desviado de um ângulo de 20° relativamente à normal?

- 4 A distribuição direcional da radiação solar incidente pode ser dividida em duas componentes. Por um lado, temos a componente de radiação direta que consiste em raios paralelos com um ângulo de zênite fixo θ e a componente de radiação difusa que, em primeira aproximação, pode ser descrita como uniformemente distribuída em θ .



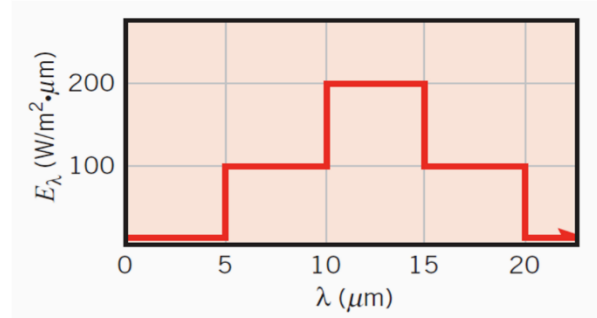
Considere um dia de céu limpo em que a radiação direta tem $\theta = 30^\circ$ com um fluxo total (numa área perpendicular à direção dos raios solares) de $q''_{dir} = 1000 \text{ W/m}^2$, e a radiação difusa é $I_{dif} = 70 \text{ W/m}^2\text{sr}$. Qual é a irradiação total na superfície da Terra?

- 5 A radiação espectral G_λ incidente sobre uma superfície tem a seguinte forma. Calcule a radiação total incidente G .



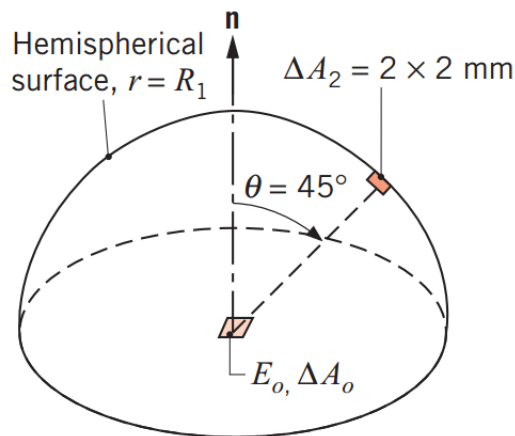
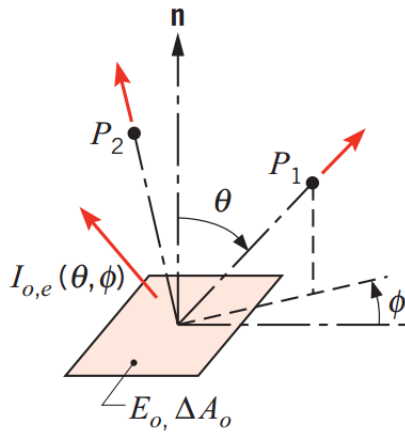
- 6 Considere uma cavidade grande com uma pequena abertura. A superfície da cavidade encontra-se a 2000 K.
- 6.1 Qual a potência de emissão que sai da pequena abertura?
 - 6.2 Abaixo de que comprimento de onda é que se concentra 10% da radiação de emissão?
 - 6.3 Acima de que comprimento de onda é que se concentra 10% da radiação de emissão?
 - 6.4 A que comprimento de onda ocorre o máximo de emissão espectral?
 - 6.5 Qual a potência máxima da emissão espectral?

7 A distribuição espectral da radiação emitida por uma superfície difusa pode ser aproximada pelo gráfico seguinte.



- 7.1 Qual é a potência emitida total?
- 7.2 Qual é a intensidade total da radiação emitida na direção normal à superfície, e na direção com um ângulo de 30° à normal?

8 Considere uma superfície difusa de $5 \times 5 \text{ mm}^2$ com uma potência total de emissão $E_0 = 4000 \text{ W/m}^2$. A radiação emitida $I(\theta, \phi)$ não só é independente da direção, por ser um emissor difuso, mas também independente da distância porque o meio não absorve, não emite e não dispersa a radiação; logo, a intensidade $I(r, \theta, \phi)$ é igual em quaisquer pontos P_1 e P_2 .



- 8.1 Determine a taxa de emissão de radiação $q_{0,e}$?
- 8.2 Determine a intensidade da radiação emitida $I(r, \theta, \phi)$.
- 8.3 Determine $q_{0,e}$ a partir de $I(r, \theta, \phi)$
- 8.4 Considere uma superfície hemisférica de raio $r = R_1 = 0.5 \text{ m}$. Determine a energia radiante incidente nessa superfície por conservação de energia.
- 8.5 Determine a potência média incidente no mesmo hemisfério?
- 8.6 Determine a radiação q_2 interceptada pela área dA_2 com $2 \times 2 \text{ mm}^2$ na direção a 45° . Qual é a irradiação em dA_2 ?
- 8.7 Repetir para $\theta = 0^\circ$.

- 9 Estime o comprimento de onda a que corresponde o máximo da emissão das seguintes superfícies:
- 9.1 Sol
 - 9.2 Filamento de tungsténio a 2500K
 - 9.3 Metal aquecido a 1500K
 - 9.4 Pele humana a 305K
 - 9.5 Metal arrefecido a 60K.
- 10 Estime a fração de emissão solar e de uma lâmpada de tungsténio a 2500K nas seguintes gamas espectrais:
- 10.1 Abaixo do visível $\lambda < 380\text{nm}$
 - 10.2 Visível $380\text{nm} < \lambda < 750\text{nm}$
 - 10.3 Acima do visível $\lambda > 750\text{nm}$

11 Aproximações para o espectro de emissão de Planck.

11.1 Deduza a aproximação de Wien, para $C_2/\lambda T \gg 1$ e determine o erro (comparando com a distribuição exata) para $\lambda T = 2898 \mu\text{m} \cdot \text{K}$.

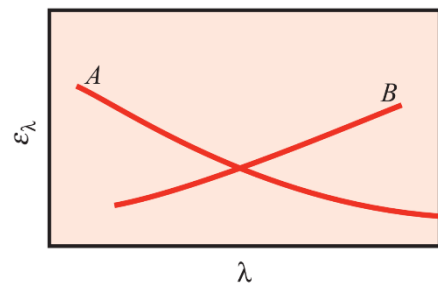
Expressão a deduzir é:

$$E_{\lambda,b}(\lambda, T) \approx \frac{C_1}{\lambda^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T}\right)$$

11.2 Deduza a aproximação de Rayleigh-Jeans, para $C_2/\lambda T \ll 1$ e determine o erro (comparando com a distribuição exata) para $\lambda T = 10^5 \mu\text{m} \cdot \text{K}$

$$E_{\lambda,b}(\lambda, T) \approx \frac{C_1}{C_2} \frac{T}{\lambda^4}$$

- 12 Os materiais A e B apresentam as emissividades espectrais hemisféricas representadas na figura. Como é que as respetivas emissividades totais hemisféricas variam com a temperatura. Explicar.



13 A emissividade direcional total de materiais não metálicos pode ser aproximada por $\varepsilon = \varepsilon_n \cos \theta$, em que ε_n é a emissividade na direção normal. Mostre que a emissividade hemisférica total destes materiais é $2/3$ da emissividade normal.

14 Um termómetro radiativo é um instrumento de medição de temperatura que recebe irradiação numa dada gama de comprimentos de onda e está calibrado de forma a indicar a temperatura de corpo negro correspondente a essa irradiação.

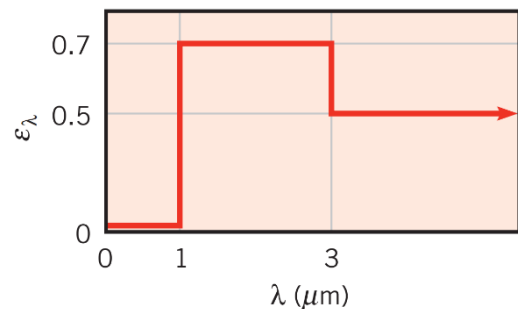
14.1 Quando o dispositivo vê uma superfície a uma temperatura elevada T_s e cuja emissividade é inferior a 1, o termómetro vai indicar uma temperatura aparente T_λ . Será que T_s é superior, igual ou inferior a T_λ ? Porquê?

14.2 Usando a distribuição espectral de Wien (ver acima) e a expressão para a emissividade espectral da superfície, mostre que:

$$\frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_\lambda} + \frac{\lambda}{C_2} \ln \varepsilon_\lambda$$

14.3 Considere que um termómetro radiativo que responde a um fluxo espectral centrado em $0.65\mu\text{m}$. Qual a temperatura que o termómetro indica quando vê uma superfície a $T_s = 1000\text{K}$ e com uma emissividade de $\varepsilon_\lambda(0.65\mu\text{m}) = 0.9$. Verifique se a aproximação de Wien nestas condições é apropriada.

15 Um pequeno objeto, opaco e difuso, está a 400K e é suspenso num forno, grande, cujas paredes interiores estão a 2000K . As paredes interiores são difusas com uma emissividade de 0.20 . A emissividade espectral hemisférica da superfície do objeto é a indicada na figura.



15.1 Determine a emissividade total da superfície

15.2 Determine a absorptância total da superfície

15.3 Estime o fluxo de radiação refletido

15.4 Estime o balanço de fluxo de radiação para a superfície

15.5 Qual é a potência emitida a $2\mu\text{m}$?

15.6 Qual o comprimento de onda $\lambda_{1/2}$ para o qual, metade da potência emitida ocorre para comprimentos de onda superiores a $\lambda_{1/2}$?

16 Uma superfície opaca com $2 \times 2 \text{ m}^2$ é mantida a 400K e exposta à radiação solar com $G_s = 1200 \text{ W/m}^2$. A superfície é difusa com absorvidade $0.0, 0.8, 0.0$ e 0.9 para comprimentos de onda entre $[0, 0.5],]0.5, 1],]1, 2]$ e $\lambda > 2\mu\text{m}$, respetivamente. Determine

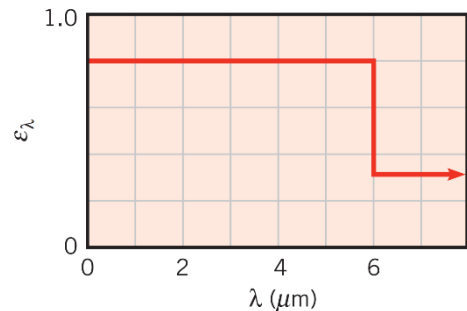
16.1 potência emitida

16.2 irradiação absorvida

16.3 radiosidade

16.4 troca de calor por radiação da superfície.

17 Considere a emissividade espectral indicada na figura, para uma superfície opaca e difusa.



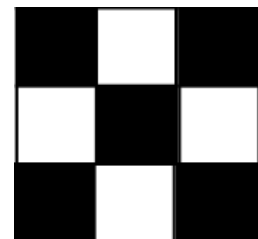
17.1 Se a superfície é mantida a 1000K , qual é a emissividade hemisférica total?

17.2 Qual é a absorvidade hemisférica total quando a superfície está imersa por um meio com emissividade de 0.8 a 1500K ?

17.3 Qual a radiosidade quando se verificam simultaneamente as condições 1 e 2?

17.4 Qual o fluxo de radiação total na condição 3?

18 Considere um piranómetro colocado na horizontal cujo sensor consiste numa matriz de quadrados brancos e negros. A área de cada um dos quadrados é 1 cm^2 e a sua absorvidade é 0.1 (brancos) e 0.9 (negros). A transmissividade da cúpula de vidro é 0.95 . Por simplificação, considere que todos os quadrados se comportam como superfície cinzentas para todos os comprimentos de onda relevantes.



18.1 Num determinado instante, a radiação solar incidente tem um ângulo de 55° (medido relativo à horizontal) e uma intensidade de 600 W/m^2 . Determine a energia absorvida pelo sensor (conjunto das superfícies brancas e negras) por instante de tempo.

18.2 Determine a temperatura de equilíbrio radiativo dos quadrados pretos.

18.3 E a temperatura de equilíbrio radiativo dos quadrados brancos? Que aproximações foram feitas que justificam este resultado?

-FIM-