

Lista de Exercícios em Radiação

Prof. Rafael Gabler Gontijo - UnB

14 de novembro de 2020

Questão 1

Considere uma placa horizontal opaca bem isolada em todos os seus lados com exceção da superfície superior. A irradiação nessa superfície exposta é de $2500W/m^2$, dos quais $500W/m^2$ são refletidos. A placa encontra-se à $227^\circ C$ e possui um poder emissivo de $1200W/m^2$. Ar a $127^\circ C$ escoava sobre esta placa com um coeficiente convectivo $h = 15W/m^2.K$. Determine a emissividade, a absortividade e a radiosidade da placa. Qual é a taxa líquida de transferência de calor por unidade de área nesta placa?

Questão 2

Uma placa horizontal semitransparente é uniformemente irradiada por cima e por baixo enquanto ar a $T_\infty = 300K$ escoava sobre ambas as superfícies a uma velocidade de $U_\infty = 25m/s$. A placa possui comprimento $L = 0.2m$ e está a $T_s = 350K$. A absortividade da placa é $\alpha = 0.4$. Em condições de regime permanente medições feitas com um detector de radiação localizado em um dos lados da placa indicam uma radiosidade de $J = 5000W/m^2$. Essa radiosidade inclui transmissão, reflexão e emissão.

(a) Com base nesses dados estime a irradiação G que atinge a placa, bem como sua emissividade.

(b) Qual deveria ser o valor da velocidade do escoamento para que essa placa pudesse ser considerada uma superfície cinzenta ($\alpha = \varepsilon$)? Considere para essa estimativa que nesse contexto o escoamento ainda poderia ser tratado como laminar.

Questão 3

De acordo com sua distribuição direcional, a radiação solar incidente na superfície da terra pode ser dividida em duas componentes. A componente direta consiste em raios paralelos que incidem em um ângulo de zênite fixo θ , já a componente difusa consiste na parcela de radiação que pode ser difusamente distribuída com relação à θ . Considere condições de céu limpo para as quais a radiação direta incide com um ângulo $\theta = 30^\circ$ com um fluxo total (baseado numa área normal aos raios) de $q''_{dir} = 1000W/m^2$. Já a intensidade total de radiação difusa vale $I_{dif} = 70W/m^2.sr$. Baseado nesses dados, qual é a irradiação total na superfície da terra?

Questão 4

Uma pequena fonte de calor por radiação de área $A_1 = 2 \times 10^{-4}m^2$ emite difusamente uma intensidade $I_1 = 1000W/m^2.sr$. Um segundo pequeno elemento de área $A_2 = 1 \times 10^{-4}m^2$ encontra-se localizado de acordo com o desenho da figura (1).

(a) Determine a irradiação em A_2 para uma distância $L_2 = 0.5m$;

(b) Faça um gráfico da irradiação em A_2 em função de L_2 para a faixa $0 \leq L_2 \leq 10m$;

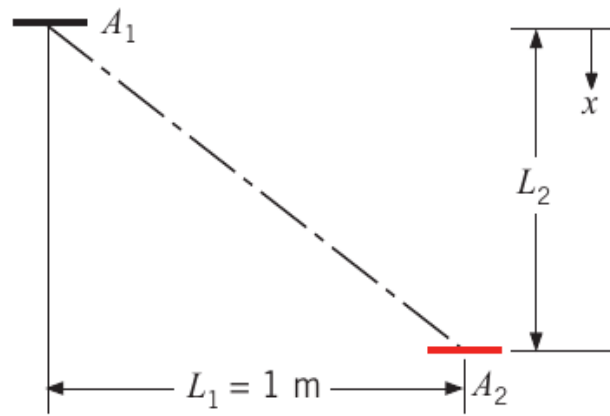


Figura 1: Figura esquemática da questão 4

Questão 5

Para iniciar a operação de um determinado processo automatizado um engenheiro decidiu empregar um sensor infravermelho que detecta a aproximação de um determinado objeto quente que se movimenta numa esteira. Para fins de automação esse engenheiro precisa determinar uma relação entre a intensidade do sinal S captado pelo sensor e a posição do objeto na esteira. A figura (2) ilustra a geometria do problema.

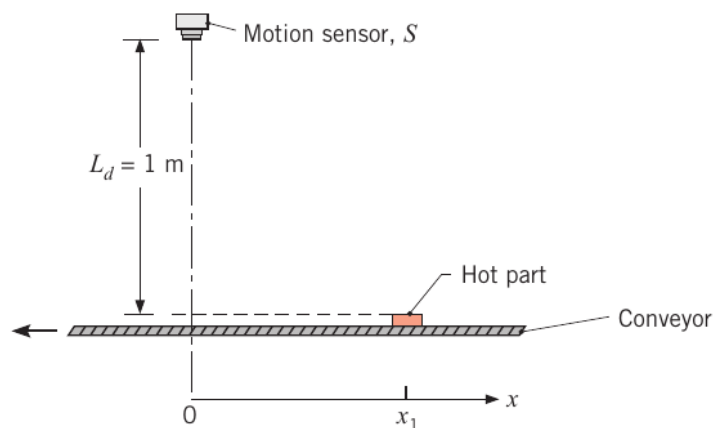


Figura 2: Figura esquemática da questão 5

(a) Para $L_d = 1\text{ m}$ qual será a posição x_1 do objeto para a qual o sinal S_1 seja igual a 75% do sinal S_0 correspondente ao sinal recebido pelo sensor quando $x_1 = 0$?

(b) Para valores de $L_d = 0.8, 1.0$ e 1.2 plote $S/S_0 \times x$ para $0.2 \leq S/S_0 \leq 1.0$. Compare as posições x para as quais $S/S_0 = 0.75$.

Questão 6

A distribuição espectral de radiação emitida por uma superfície difusa pode ser aproximada pela curva ilustrada na figura (3).

(a) Determine o poder emissivo total.

(b) Qual é a intensidade total de radiação emitida na direção normal?

(c) Determine a intensidade total de radiação emitida para um ângulo de 30° a partir da direção normal.

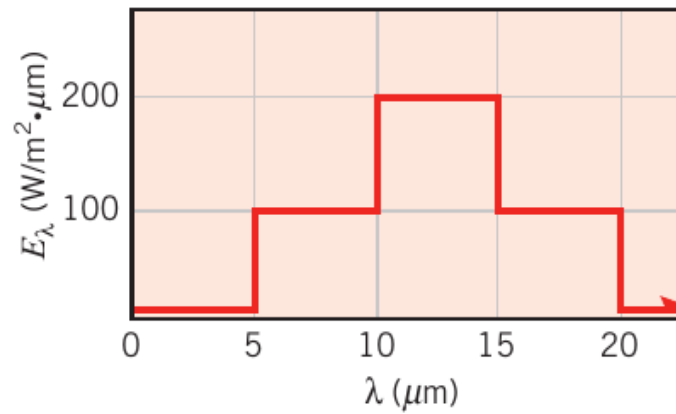


Figura 3: Figura esquemática da questão 6

Questão 7

O fluxo de energia associado à radiação solar incidente na camada externa da atmosfera terrestre é precisamente conhecido e vale 1368 W/m^2 . Os diâmetros do sol e da terra são $1.39 \times 10^9 \text{ m}$ e $1.27 \times 10^7 \text{ m}$ respectivamente. A distância entre o sol e a terra é de aproximadamente $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$.

- Determine o poder emissivo do sol.
- Aproximando a superfície do sol como um corpo negro, qual seria sua temperatura?
- Em qual comprimento de onda o poder emissivo espectral do sol é máximo?
- Assumindo que a superfície da terra seja um corpo negro e que o sol seja a única fonte de energia da terra estime a temperatura da superfície da terra.

Questão 8

Uma casca esférica de alumínio com diâmetro interno de 2 m é evacuada (câmara de vácuo) e usada como uma câmara de testes de radiação. Se a superfície interna é revestida com carbono negro e mantida à 600 K , qual é a irradiação em uma pequena superfície de testes colocada no interior da câmara? Se a superfície interna da câmara não fosse revestida e mantida à 600 K qual seria essa irradiação?

Questão 9

Existem duas aproximações da lei de Planck para o poder emissivo espectral, válidas em limites assintóticos de valores extremamente baixos e altos do produto λT . Essas aproximações são conhecidas como distribuições espectrais de Wien e Rayleigh-Jeans.

- Mostre que a distribuição de Planck terá a forma

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

quando $C_2/\lambda T \gg 1$ e determine o erro (comparado com a distribuição exata) para a condição $\lambda T = 2989 \mu\text{m}\cdot\text{K}$. Essa expressão é conhecida como lei de Wien.

- Já num outro limite assintótico, em que $C_2/\lambda T \ll 1$ mostre que

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

e determine o erro para a condição $\lambda T = 100.000$ comparando com a solução exata. Essa expressão é conhecida como lei de Rayleigh-Jeans.

Questão 10

A emissividade direcional total de materiais não metálicos pode ser aproximada como $\varepsilon_\theta = \varepsilon_n \cos \theta$. Mostre que a emissividade hemisférica total para tais materiais é igual a $2/3$ da emissividade normal.

Questão 11

A emissividade espectral direcional de um material difuso a $2000K$ possui distribuição como indicada na figura (4).

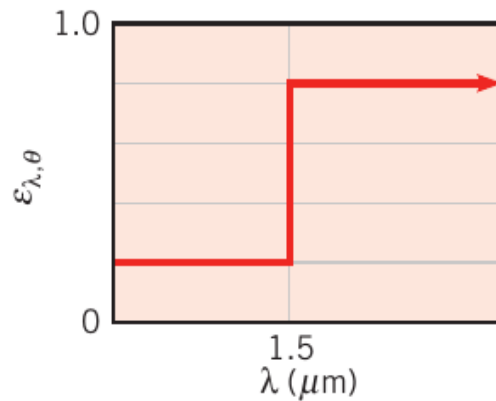


Figura 4: Figura esquemática da questão 11

Determine a emissividade emisférica total a $2000K$. Em seguida determine o poder emissivo sobre a faixa espectral $0.8 \leq \lambda \leq 2.5 \mu\text{m}$ e para as direções $0 \leq \theta \leq 30^\circ$.

Questão 12

Um satélite esférico de diâmetro D encontra-se em órbita ao redor da terra.

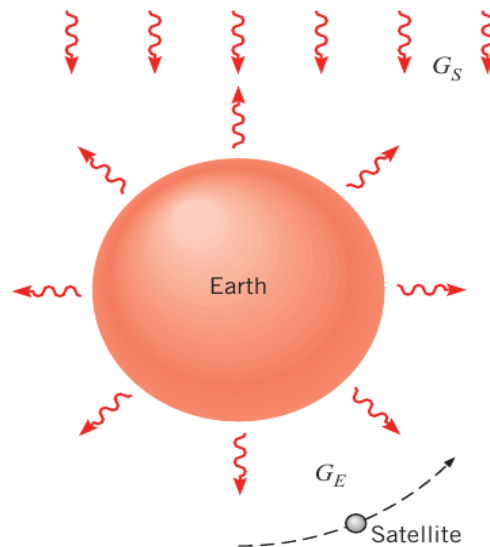


Figura 5: Figura esquemática da questão 12

Esse satélite é revestido com um material difuso para o qual a absorptividade espectral é $\alpha_\lambda = 0.6$ para $\lambda \leq 3 \mu\text{m}$ e $\alpha_\lambda = 0.3$ para $\lambda > 3 \mu\text{m}$. Quando o satélite encontra-se no lado “escuro” da terra ele enxerga

apenas a irradiação da superfície da terra. Esta irradiação pode ser assumida como incidência na forma de raios paralelos e sua magnitude é $G_T = 340W/m^2$. No lado “claro” da terra o satélite enxerga a irradiação terrestre G_T somada à irradiação solar $G_S = 1368W/m^2$. A distribuição espectral de radiação da terra pode ser assumida como a de um corpo negro a $280K$ e podemos assumir que a temperatura do satélite encontra-se abaixo de $500K$. Quais são as temperaturas em regime permanente do satélite quando ele se encontra no lado escuro e no lado claro da terra?

Questão 13

Determine os fatores de forma F_{12} e F_{21} para as seguintes configurações usando o teorema da reciprocidade e relações de fatores de formas básicas. Não use tabelas ou gráficos.

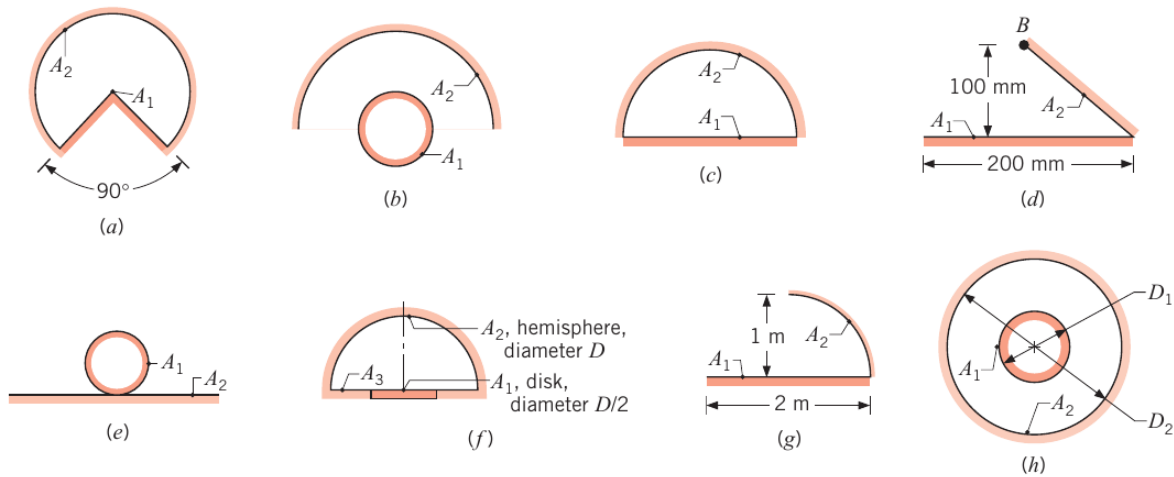


Figura 6: Figura esquemática da questão 13

- (a) Duto longo com chanfro de 90° ;
- (b) Pequena esfera de área A_1 dentro de uma semi-esfera concêntrica de área $A_2 = 2A_1$;
- (c) Duto longo. Qual seria F_{22} para esse caso?
- (d) Placas longas inclinadas com o ponto B apontando diretamente acima do centro de A_1 ;
- (e) Uma esfera deitada num plano infinito;
- (f) Arranjo de um disco no centro de uma semi-esfera;
- (g) Canal longo, aberto;
- (h) Cilindros concêntricos longos;

Questão 14

Um forno de secagem consiste de um longo duto semicircular de diâmetro $D = 1m$.

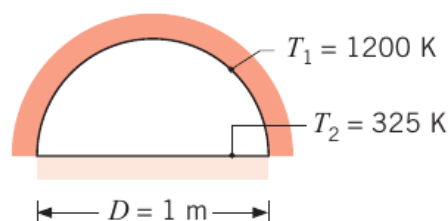


Figura 7: Figura esquemática da questão 14

O material a ser secado cobre a base do forno enquanto a parede é mantida à $1200K$. Qual é a taxa de secagem por unidade de comprimento do forno ($kg/s.m$) se um material coberto com uma camada de revestimento de água é mantido à $325K$ durante o processo de secagem? Comportamento de corpo negro pode ser assumido para a superfície da água e as paredes do forno.

Questão 15

Considere discos coaxiais paralelos separados por uma distância de $0.2m$. Ambos podem ser considerados corpos negros. O disco inferior de diâmetro $0.4m$ é matido a $500K$ e as vizinhanças do sistema encontram-se à $300K$. Qual será a temperatura do disco superior se uma potência elétrica de $17.5W$ for fornecida ao aquecedor na face não voltada ao disco inferior?

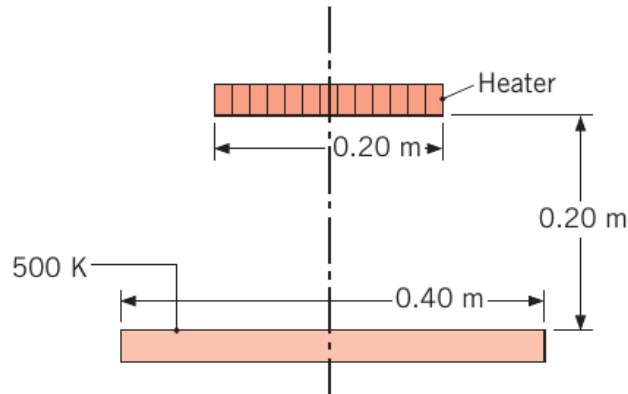


Figura 8: Figura esquemática da questão 15