UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Tecnologia - TC
Departamento de Engenharia Mecânica - DEMEC

27 ALUNOS → MÉDIA = 57

TMEC-030 TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA (TransCal), turma BD

Prova-4 (radiação térmica), com consulta, 21 Jun 2019, 13:30 às 16:00 h

DIRETRIZES OBRIGATÓRIAS:

a) A prova é individual com consulta livre ao seu material impresso, incluindo livros e anotações.
b) Durante a prova, não será permitido usar qualquer aparelho eletrônico com acesso à internet: celular, tablet, notebook etc.
c) Cada aluno poderá usar a sua calculadora e fazer a prova à lápis ou caneta.
d) A interpretação das questões faz parte da prova. Portanto, não pergunte nada ao professor.
e) Coloque em sua prova as equações, deduções, cálculos e explicações ou hipóteses assumidas para resolver cada questão.
f) Erros de cálculo e de unidades dos parâmetros serão descontados. Portanto, revise sua prova.
g) Essa folha da prova pode ser utilizada como rascunho e levada com você ao concluir a prova.

1) [15 pontos] Uma cavidade emite 10 W por uma abertura circular com diâmetro de 10 mm. Admitindo que esta cavidade seja um corpo negro, qual a temperatura de sua superfície?

2) [20 pontos] Uma cavidade cúbica tem 10 cm de altura. A temperatura da superfície interna que está na base do cubo é de 60 °C, enquanto que a temperatura interna das quatro superfícies verticais é de 20 °C. Considerando que todas as seis superfícies internas do cubo se comportam como corpos negros, qual a taxa total de transferência de calor por radiação da base do cubo para as quatro superfícies laterais?

3) [30 pontos] Uma superfície opaca e difusa apresenta a seguinte distribuição espectral para a absortividade: $\alpha(\lambda) = 0$ para $\lambda < 1$ μm; $\alpha(\lambda) = 0{,}40$ para $1 \le \lambda \le 3$ μm; e $\alpha(\lambda) = 0{,}90$ para $\lambda > 3$ μm. Esta superfície é irradiada com a seguinte distribuição espectral: $G(\lambda) = 1500$ W/m²μm para $0 \le \lambda \le 10$ μm; e $G(\lambda) = 0$ para $\lambda > 10$ μm. Calcular:
   a) a absortividade total;
   b) a refletividade total;
   c) a irradiação total;
   d) a irradiação total que é absorvida pela superfície; e
   e) a irradiação total que é refletida.

4) [35 pontos] Com os dados do problema 3 e sabendo-se que a superfície tem temperatura de 1000 K, que é uma placa retangular com 2 x 5 cm cujas laterais e superfície inferior estão isoladas, e que a superfície superior recebe a irradiação mencionada no problema 3, calcular:
   a) a emissividade total; 10
   b) a emissão total; 5
   c) a radiosidade total; ~~e~~ 5
   d) a taxa de transferência de calor líquida (q) da superfície; e 10
   e) indicar o sentido de q, isto é, se a placa perde ou recebe calor (justificar a resposta). 5

1ª 15 pts

Um corpo negro emite $q = 10\,W$ $\quad A_{CN} >> A_a$

$D = 1\,cm$ $\quad T_{CN} = ?$ $\quad \sigma = 5,670 \times 10^{-8}\,W/m^2 \cdot K^4$

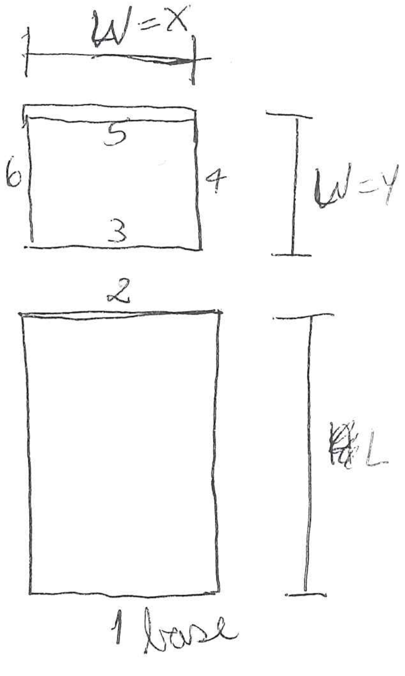
$$E_{CN} = \sigma T_{CN}^4 \qquad A_a = \frac{\pi D^2}{4} = 7{,}854 \times 10^{-5}\,m^2$$

$$q = A_a E_{CN} = \frac{\pi D^2}{4} \sigma T_{CN}^4$$ 10

$$T_{CN} = \left(\frac{4q}{\pi D^2 \sigma}\right)^{1/4} \simeq 1224\,K \simeq 951\,°C$$ 5

~~2ª Ab~~

2º 20 pts.



~~$F_{11} = 0$~~

~~Por simetria, $F_{13} = F_{14} = F_{15} = F_{16}$~~

~~Então, $\sum_{j=1}^{6} F_{1j} = 1$~~

~~$F_{12} + 4F_{13} = 1$~~

~~Por simetria, $F_{12} = F_{21} \Rightarrow F_{21} + 4F_{23} = 1$~~

~~Mas $F_{23} = F_{13} \Rightarrow F_{13} = \frac{1 - F_{12}}{4}$~~

~~Portanto,~~

~~$F_{12} + 1 - F_{12} = 1$~~

(só isso 3) 5

Da Fig. 13.4, para um cubo: $F_{12} = 0{,}20 \rightarrow \underbrace{F_{1-3,4,5,6}}_{\ell} = 0{,}80$

só 0.2 ← 5

$q_{1\ell} = A_1 F_{1\ell} \sigma (T_1^4 - T_\ell^4)$ 10

superfícies negras $L = 10$ cm

$\sigma = 5{,}670 \times 10^{-8}$ W/m²·K⁴

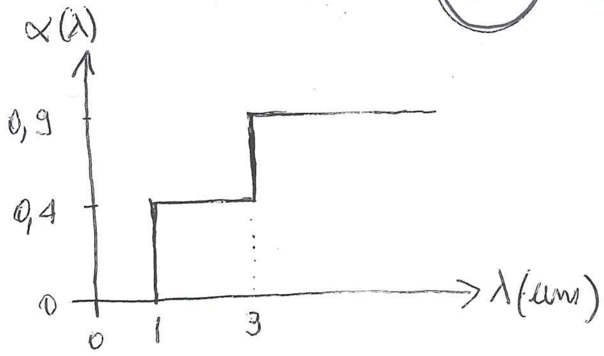
$T_1 = 60°C = 333$ K $T_\ell = 20°C = 293$ K $A_1 = L^2 = 0.1^2 = 0.01$ m²

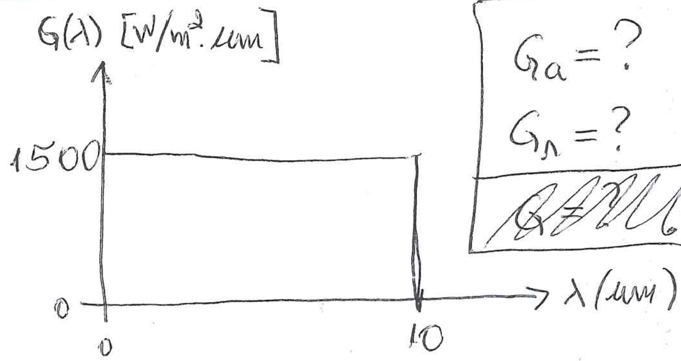
$q_{1\ell} \simeq 2{,}23$ W 5

~~$q_1 = A_1 F_{1\ell} \sigma T_{1,2}$~~

~~$q_{1\ell} = A_1 F_{1\ell} \sigma T_1^4 \simeq 3{,}58$ W/m²~~

3ª 30 pts





$G_a = ?$

$G_r = ?$

$\underset{\text{não}}{\alpha} = ?$ $\quad \underset{\text{não}}{\rho} = ?$ (superfície opaca e difusa)

$$\alpha = \frac{\int_0^\infty \alpha(\lambda) G(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^\infty G(\lambda)\, d\lambda} = \frac{0{,}4\int_1^3 G(\lambda)\, d\lambda + 0{,}9\int_3^{10} G(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^{10} G(\lambda)\, d\lambda} = \frac{0{,}4 \times 1500 \times 2 + 0{,}9 \times 1500 \times 7}{1500 \times 10}$$

$$\alpha = \frac{1200 + 9450}{15000} = \frac{10650}{15000} \simeq 0{,}71 \; // \quad 6$$

$$\alpha + \rho = 1 \rightarrow \rho = 1 - \alpha = 1 - 0{,}71 = 0{,}29 \; // \quad 6$$

$$G = \int_0^\infty G(\lambda)\, d\lambda = 1500 \int_0^{10} d\lambda = 1500 \times 10 = 15000\, W/m^2 \; // \quad 6$$

$$\frac{G_a}{G} = \alpha \rightarrow G_a = \alpha G = 0{,}71 \times 15000 \simeq 10650\, W/m^2 \; // \quad 6$$

$$\frac{G_r}{G} = \rho \rightarrow G_r = \rho G = 0{,}29 \times 15000 \simeq 4350\, W/m^2 \; // \quad 6$$

Só equações mostradas: METADE DOS PONTOS DE CADA ITEM

4ª 35 pts

~~21 Mai 02~~

Para o problema anterior [$\alpha(\lambda)$ e $G(\lambda)$] qual é a radiosidade da superfície se sua temperatura é de 1000 K?

$\sigma = 5{,}670 \times 10^{-8}\ W/m^2.K^4$

$T_S = 1000K$

J = ?

q = ?

$$J_S = \underbrace{\varepsilon E(T_S)_{CN}}_{E_S} + \underbrace{\rho G}_{G_\lambda} \quad 5 \qquad E(T_S)_{CN} = \sigma T_S^4$$

Como a superfície é difusa $\rightarrow \varepsilon(\lambda) = \alpha(\lambda)$

$$\varepsilon(T_S) = \frac{\int_0^\infty \varepsilon(\lambda,T) E(\lambda,T_S)_{CN}\, d\lambda}{\int_0^\infty E(\lambda,T_S)_{CN}\, d\lambda} = \frac{0{,}4\int_1^3 E(\lambda,T_S)\,d\lambda + 0{,}9\int_3^\infty E(\lambda,T_S)_{CN}\,d\lambda}{\int_0^\infty E(\lambda,T_S)\,d\lambda}$$

$$\varepsilon(T_S) = 0{,}4(F_{0\to3} - F_{0\to1}) + 0{,}9(1 - F_{0\to3})$$

$\lambda_1 T_S = 1 \times 1000 = 1000\ \mu m K \rightarrow$ Tab. 12.1 $\rightarrow F_{0\to1} = 0{,}000321$

$\lambda_2 T_S = 3 \times 1000 = 3000$ " " $F_{0\to3} = 0{,}273232$

$\varepsilon = 0{,}4 \times 0{,}272911 + 0{,}9 \times 0{,}726768 \simeq 0{,}763$ ~~10~~ 10

$E_S = \varepsilon \sigma T_S^4 \simeq 43262\ W/m^2$ 5

$J_S = E_S + G_\lambda = 43262 + 4350 \simeq$ ~~43692~~ 47612 W/m^2 // 5

do exercício anterior

laterais e outro lado isolados

Se a placa é retangular com 2x5 cm, e sua superfície superior recebe G do exercício anterior, qual a taxa de tr. calor (q) líquida da placa e se está saindo da placa ou entrando na placa:

$A_S = 0{,}02 \times 0{,}05 = 10^{-3}\ m^2$

$$5 \quad q'' = \underbrace{\overset{G_a}{\alpha G}}_{10650} A_S - \underbrace{E_S A_S}_{-43262} = \underbrace{(G_a - E_S)A_S}_{-32612 \times 10^{-3}} \simeq -32{,}6\ W \ //$$

placa perde calor 5

10 ~~10~~

Equações corretas: metade dos pontos