

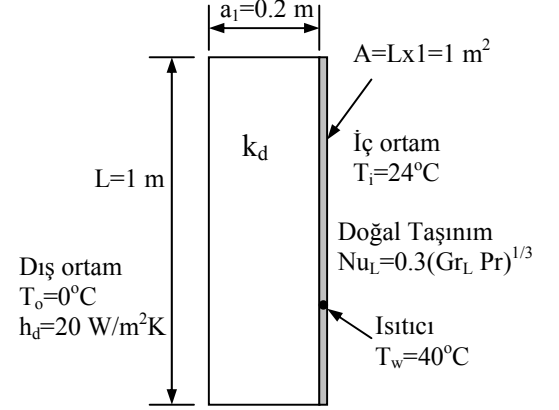
MAK 311 ISI GEÇİŞİ
Yarıyıl Sonu sınavı

13.Ocak.2011

Soru 1. (25p) Kalınlığı $a_1=0.2$ m ve ısı iletim katsayısı $k_d=1$ W/mK olan bir duvarın iç ortama bakan yüzeyinde, 1 m uzunluğunda çok **ince** bir ısıtıcı levha vardır. Isıtıcı levhanın yüzey sıcaklığı $T_w=40^\circ\text{C}$ 'da tutulması istenmektedir. Dış ortam sıcaklığı $T_o=0^\circ\text{C}$ ve ısı taşınım katsayısı $h_d=20$ W/m²K iken iç ortam sıcaklığı $T_i=24^\circ\text{C}$ ve ortalama Nusselt sayısı ise $Nu_L=0.3(Gr_L Pr)^{1/3}$ korelasyon denklemi ile verilmiştir. Duvarda ısı iletiminin tek boyutlu olduğunu kabul ederek;

- (a) Isıtıcının gücünü bulunuz.
(b) İç ortama geçen ısı miktarı aynı kalmak şartıyla ısıtıcı gücünün % 45 oranında **azaltılabilmesi** için ısıtıcı arkasına konulması gereken ve ısı iletim katsayısı $k_y=0.04$ W/mK olan yalıtım malzemesinin kalınlığını bulunuz?

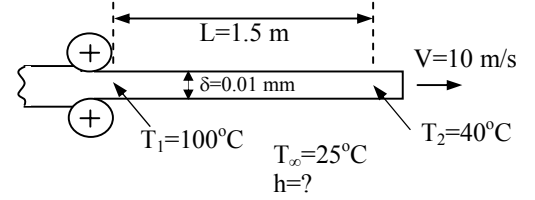
Hava için (305 K'de) $\mu=18.7 \cdot 10^{-6}$ Ns/m², $c_p=1007$ J/kgK, $\rho=1.145$ kg/m³, $k=0.027$ W/mK



Soru 2. (25p) Bir plastik ekstrüderinde sıcak çekme yöntemi ile PVC şerit üretilmektedir. Son haddeden 0.5 m genişliğinde, 0.01 mm kalınlığında ve 100 C sıcaklıkta çıkan PVC şerit 10 m/s'lik sabit hızla ilerlemektedir. Hareketli PVC şerit 1.5 m uzunluğundaki bir bölgeden geçerken havaya taşınım yoluyla ısı kaybederek 40 C'ye soğutulmakta olup sonrasında sarıcı üniteye geçmektedir.

PVC'nin özellikleri $k=0.19$ W/mK, $\rho=1400$ kg/m³, özgül ısı $c=1050$ J/kgK olarak bilinmektedir.

- (a) PVC şeritte seçilen bir diferansiyel elemana enerji dengesini uygulayarak, her hangi bir anda şeridin eksenel sıcaklık dağılımını veren ifadeyi elde ediniz,
(b) Verilen hızda şeridin sıcaklığının 1.5 m içinde 100 C'den 40 C'ye düşebilmesi için 25 C sıcaklığındaki ortamın ısı taşınım katsayısı değerini hesaplayınız.

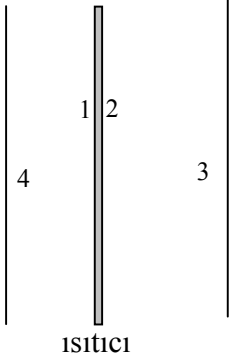


Soru 3. (25p) Tek geçişli çapraz akışlı bir ısı değiştiricisinde, sıcak egzoz gazları yardımıyla, 3 kg/s debisindeki su 30°C'tan 80°C'a ısıtılmaktadır. Egzoz gazlarının ısı değiştiricisine giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 225°C ve 100°C'dır. Isı değiştiricisi için ortalama toplam ısı geçiş katsayısı 100 W/m²K ve düzeltme katsayısı $F=0.93$ olduğuna göre ;

- (a) Gerekli yüzey alanını bulunuz. (b) Isı değiştirici etkenliğini bulunuz. (c) Egzoz gazları 100°C yerine ısı değiştiriciden 175°C'da çıkıyor olsa idi gerekli yüzey alanını hesaplayınız ve sıcak akışkan çıkış sıcaklığının 100°C üzerinde olması halinde ısı geçiş alanının ne yönde değiştiğini irdeleyiniz.

Su (328 K için) $c_p=4184$ J/kgK, Egzoz gazları (yaklaşık hava) (435 K için) $c_p=1021$ J/kgK

Soru 4. Şekilde gösterilen birbirine paralel sonsuz büyüklükteki üç levhadan, ortada bulunan levha bir ısıtıcıyı temsil etmektedir. Bu ısıtıcının kalınlığı 1 mm olup 750×10^3 W/m³ ısı üretmektedir. Isıtıcının her iki yüzünün sıcaklıkları 80°C ve yüzey yayma oranı 0.8'dir. (4) yüzeyinin sıcaklığı -10°C olup siyah cisim olarak kabul edilmektedir. Diğer levhanın (3) yüzey sıcaklığı ise 20°C'dir. Levhalar arasında sadece ışınlama ile ısı geçişi olduğunu kabul ederek; levhalara geçen ısı akılarını ve (3) yüzeyinin yayma katsayısını bulunuz ($\sigma=5.67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴)



Süre: 150 dakika

Kitap ve Notlar kapalıdır.

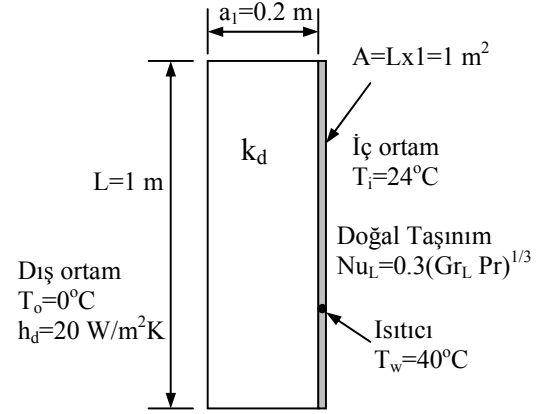
B A Ş A R I L A R

Soru 1a. (25p) Kalınlığı $a_1=0.2$ m ve ısı iletim katsayısı $k_d=1$ W/mK olan bir duvarın iç ortama bakan yüzeyinde, 1 m uzunluğunda çok **ince** bir ısıtıcı levha vardır. Isıtıcı levhanın yüzey sıcaklığı $T_w=40^\circ\text{C}$ 'da tutulması istenmektedir. Dış ortam sıcaklığı $T_o=0^\circ\text{C}$ ve ısı taşınım katsayısı $h_d=20$ W/m²K iken iç ortam sıcaklığı $T_i=24^\circ\text{C}$ ve ortalama Nusselt sayısı ise $Nu_L=0.3(Gr_L Pr)^{1/3}$ korelasyon denklemi ile verilmiştir. Duvarda ısı iletiminin tek boyutlu olduğunu kabul ederek;

(a) Isıtıcının gücünü bulunuz.

(b) İç ortama geçen ısı miktarı aynı kalmak şartıyla ısıtıcı gücünün % 45 oranında **azaltılabilmesi** için ısıtıcı arkasına konulması gereken ve ısı iletim katsayısı $k_y=0.04$ W/mK olan yalıtım malzemesinin kalınlığını bulunuz?

Hava için (305 K'de) $\mu=18.7 \cdot 10^{-6}$ Ns/m², $c_p=1007$ J/kgK, $\rho=1.145$ kg/m³, $k=0.027$ W/mK



Çözüm: (a)

$$\alpha = \frac{k}{\rho c_p} = \frac{0.027}{1.145 \times 1007} = 2.3417 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}, \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{18.7 \times 10^{-6}}{1.145} = 1.6332 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s},$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{1.6332 \times 10^{-5}}{2.3417 \times 10^{-5}} = 0.6974, \quad T_f = \frac{T_w + T_i}{2} = 305 \text{ K}, \quad \beta = \frac{1}{T_f}$$

$$Gr = \frac{g\beta(T_w - T_i)L^3}{\nu^2} = \frac{(9.81)(1/305)(40 - 24)(1^3)}{(1.6332 \times 10^{-5})^2} = 1.9294 \times 10^9$$

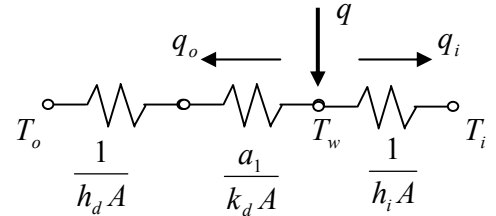
$$Nu_L = (0.3)(1.9294 \times 10^9 \times 0.6974)^{1/3} = 331.204, \quad h_i = Nu_L \frac{k}{L} = 331.204 \frac{0.027}{1} = 8.9425 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Duvar ve iç ortam havası arasında ısı geçişi

$$q_i = Ah_i(T_w - T_i) = (1)(8.9425)(40 - 24) = 143.08 \text{ W}$$

Dış ortama geçen ısı

$$q_o = \frac{T_w - T_o}{\frac{1}{h_d A} + \frac{a_1}{k_d A}} = \frac{40 - 0}{\frac{1}{(20)(1)} + \frac{0.2}{(1)(1)}} = 160 \text{ W}$$

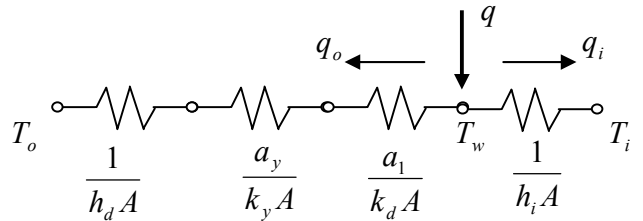


Isıtıcı gücü $q = q_i + q_o = 143.08 + 160 = 303.08 \text{ W}$

(b) %45 azalma ile Isıtıcı gücü $q = 0.55 \times 303.08 = 166.694 \text{ W}$ olur. Odaya geçen kısım aynı kaldığından dış ortama geçen ısı

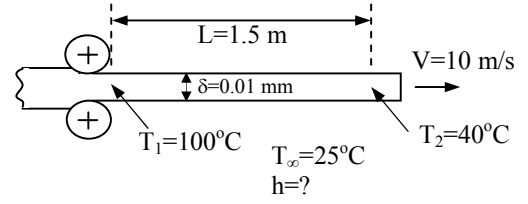
$$q_o = q - q_i = 166.694 - 143.08 = 23.614 \text{ W}$$

$$q_o = \frac{T_w - T_o}{\frac{1}{h_d A} + \frac{a_1}{k_d A} + \frac{a_y}{k_y A}} = 23.614 \text{ W}$$



$$\frac{1}{20} + \frac{0.2}{1} + \frac{a_y}{0.04} = \frac{40 - 0}{23.614} = 1.6939 \rightarrow \frac{a_y}{0.04} = 1.4439 \rightarrow a_y = 0.05775 \text{ m} = 5.775 \text{ cm}$$

Soru 2. (25p) Bir plastik ekstrüderinde sıcak çekme yöntemi ile PVC şerit üretilmektedir. Son haddeden 0.5 m genişliğinde, 0.01 mm kalınlığında ve 100 C sıcaklıkta çıkan PVC şerit 10 m/s'lik sabit hızla ilerlemektedir. Hareketli PVC şerit 1.5 m uzunluğundaki bir bölgeden geçerken havaya taşınım yoluyla ısı kaybederek 40 C'ye soğutulmakta olup sonrasında sarıcı üniteye geçmektedir.



PVC'nin özellikleri $k=0.19 \text{ W/mK}$, $\rho=1400 \text{ kg/m}^3$, özgül ısısı $c=1050 \text{ J/kgK}$ olarak bilinmektedir.

(a) PVC şeritte seçilen bir diferansiyel elemana enerji dengesini uygulayarak, her hangi bir anda şeridin eksenal sıcaklık dağılımını veren ifadeyi elde ediniz,

(b) Verilen hızda şeridin sıcaklığının 1.5 m içinde 100 C'den 40 C'ye düşebilmesi için 25 C sıcaklığındaki ortamın ısı taşınım katsayısı değerini hesaplayınız.

Çözüm: 1.YOL

Adx hacmi için Termo. 1. yasa

$$\dot{m}h + \dot{m} \frac{dh}{dx} dx - \dot{m}h = -\delta q_t \rightarrow \dot{m} \frac{dh}{dx} dx = -\delta q_t$$

$$dh = c_p dT, \delta q_t = hP(T - T_\infty) dx$$

$$\dot{m}c_p \frac{dT}{dx} dx = -hP(T - T_\infty) dx \rightarrow \frac{dT}{T - T_\infty} = -\frac{hP}{\dot{m}c_p} dx \rightarrow \ln(T - T_\infty) = \ln C - \frac{hPx}{\dot{m}c_p}$$

$$T(x) - T_\infty = C \exp\left(-\frac{hPx}{\dot{m}c_p}\right)$$

$$x=0 \text{ da } T(0)=T_1 \text{ olduğundan } \frac{T(x) - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hPx}{\dot{m}c_p}\right)$$

$$\frac{T_2 - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hPL}{\dot{m}c_p}\right) \rightarrow \exp\left(-\frac{hPL}{\dot{m}c_p}\right) = \frac{40 - 25}{100 - 25} = 0.2 \rightarrow -\frac{hPL}{\dot{m}c_p} = -1.6094 \rightarrow h = 1.6094 \frac{\dot{m}c_p}{PL}$$

$$\text{burada } \dot{m} = \rho AV = \rho a \delta V \text{ ve } P = 2(a + \delta) \quad h = 1.6094 \frac{(1400)(0.5)(0.00001)(10)(1050)}{(2)(0.5 + 0.00001)(1.5)} = 78.861 \text{ W/m}^2\text{K}$$

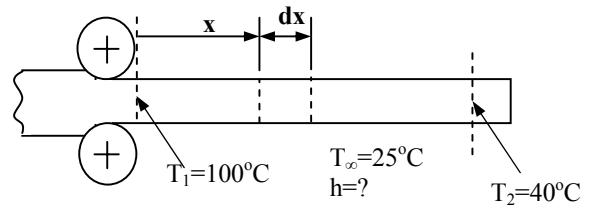
2.YOL $\rho A dx$ kütlesi için termo. 1. yasa

$$(\rho A dx)c \frac{dT}{dt} = -hP(T - T_\infty) dx \rightarrow \frac{dT}{T - T_\infty} = -\frac{hP}{\rho Ac} dt \rightarrow \ln(T - T_\infty) = \ln C - \frac{hPt}{\rho Ac}$$

$$T(t) - T_\infty = C \exp\left(-\frac{hPt}{\rho Ac}\right) \quad t=0 \text{ da } T(0)=T_1 \text{ olduğundan } \frac{T(t) - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hPt}{\rho Ac}\right)$$

$$\frac{T_2 - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hPt_L}{\rho Ac}\right) \text{ olup zamanla yol arasında } t_L = \frac{L}{V} \text{ ilişkisi olduğuna göre}$$

$$\frac{T_2 - T_\infty}{T_1 - T_\infty} = \exp\left(-\frac{hPL}{\rho AVc}\right) \text{ elde edilir. Böylece aynı sonuç bulunmuş olur.}$$



Soru 3. (25p) Tek geçişli çapraz akışlı bir ısı değiştiricisinde, sıcak egzoz gazları yardımıyla, 3 kg/s debisindeki su 30°C'tan 80°C'a ısıtılmaktadır. Egzoz gazlarının ısı değiştiricisine giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 225°C ve 100°C'dır. Isı değiştiricisi için ortalama toplam ısı geçiş katsayısı 100 W/m²K ve düzeltme katsayısı F=0.93 olduğuna göre ;

(a) Gerekli yüzey alanını bulunuz. **(b)** Isı değiştirici etkenliğini bulunuz. **(c)** Egzoz gazları 100°C yerine ısı değiştiriciden 175°C 'da çıkıyor olsa idi gerekli yüzey alanını hesaplayınız ve sıcak akışkan çıkış sıcaklığının 100°C üzerinde olması halinde ısı geçiş alanını ne yönde değiştiğini irdeleyiniz.

Su (328 K için) $c_p = 4184 \text{ J/kgK}$, Egzoz gazları (yaklaşık hava) (435 K için) $c_p = 1021 \text{ J/kgK}$

Çözüm:

$$q = (\dot{m}c_p)_{su}(T_{su,\zeta} - T_{su,g}) = (3)(4184)(80 - 30) = 627600 \text{ W}$$

$$\dot{m}_h = \frac{q}{c_{p,h}(T_{h,g} - T_{h,\zeta})} = 4.9175 \text{ kg / s}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,g} - T_{su,\zeta}) - (T_{h,\zeta} - T_{su,g})}{\ln \frac{T_{h,g} - T_{su,\zeta}}{T_{h,\zeta} - T_{su,g}}} = \frac{(225 - 80) - (100 - 30)}{\ln \frac{225 - 80}{100 - 30}} = 102.988$$

$$q = UAF\Delta T_{lm} \rightarrow A = \frac{q}{UF\Delta T_{lm}} = \frac{627600}{(100)(0.93)(102.988)} = 65.5258 \text{ m}^2$$

$$(b) C_{\min} = (\dot{m}c_p)_{\min} = \{(\dot{m}c_p)_{hot}, (\dot{m}c_p)_{cold}\} = \{(5020.7675)_{hot}, (12552)_{cold}\} = 5020.7675 \text{ W / K}$$

$$q_{maks} = (\dot{m}c_p)_{\min}(T_{hot,i} - T_{cold,i}) = (\dot{m}c_p)_{\min}(T_{h,g} - T_{su,g}) = 5020.7675(225 - 30) = 979049.6625 \text{ W}$$

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{maks}} = \frac{627600}{979049.6625} = 0.641$$

(c) Çıkış sıcaklığının 175 C olduğu durumda ise logaritmik sıcaklık farkı hesabında 0/0 belirsizliği meydana çıkmaktadır. Bu sebeple logaritmik sıcaklık farkı limit alınarak hesaplanmalıdır.

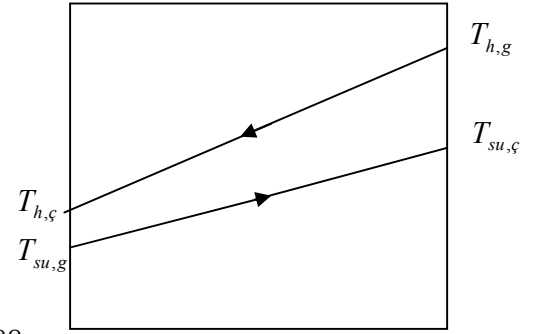
$$\Delta T_{lm} = \lim_{\Delta T_1 \rightarrow \Delta T_2} \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \Delta T_1 = \Delta T_2 \text{ ve } A = \frac{q}{UF\Delta T_{lm}} = \frac{627600}{(100)(0.93)(175 - 30)} = 46.541 \text{ m}^2$$

bulunur.

$A = \frac{q}{UF\Delta T_{lm}} = \frac{627600}{(100)(0.93)\Delta T_{lm}}$ şeklinde hesaplandığından ısı geçişi, toplam ısı geçiş katsayısı ve düzeltme faktörü sabit olduğuna göre alan değişimi logaritmik sıcaklık farkının artmasıyla azalmaktadır.

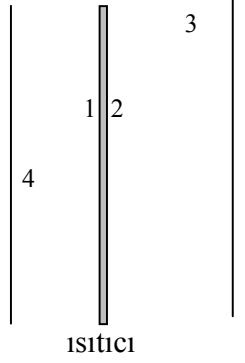
[[Örneğin gaz çıkış sıcaklığı 100 C yerine 125 C olursa

$$\Delta T_{lm} = \frac{(225 - 80) - (125 - 30)}{\ln \frac{225 - 80}{125 - 30}} = 118.243 \text{ ve } A = \frac{q}{UF\Delta T_{lm}} = \frac{627600}{(100)(0.93)(118.243)} = 57.072 \text{ m}^2 \text{]]$$



Soru 4. Şekilde gösterilen birbirine paralel sonsuz büyüklükteki üç levhadan, ortada bulunan levha bir ısıtıcıyı temsil etmektedir. Bu ısıtıcının kalınlığı 1 mm olup $750 \times 10^3 \text{ W/m}^3$ ısı üretmektedir. Isıtıcının her iki yüzünün sıcaklıkları 80°C ve yüzey yayma oranı 0.8'dir. (4) yüzeyinin sıcaklığı -10°C olup siyah cisim olarak kabul edilmektedir. Diğer levhanın (3) yüzey sıcaklığı ise 20°C 'dir. Levhalar arasında sadece ışımla ısı geçişi olduğunu kabul ederek; ; ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)

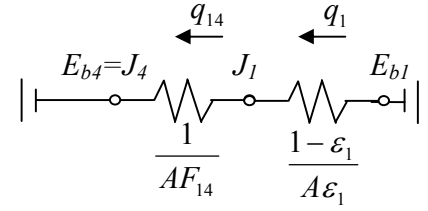
- (a) (3) yüzeyinin yayma katsayısını hesaplayınız
(b) Levhalara geçen ısı akılarını bulunuz.



Çözüm:

1-4 yüzeyleri arasında elektrik benzeşimi ile

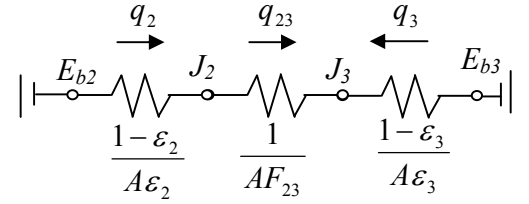
$$q_1 = \frac{E_{b1} - E_{b4}}{\frac{1}{AF_{14}} + \frac{1 - \varepsilon_1}{A\varepsilon_1}} \rightarrow \frac{q_1}{A} = \varepsilon_1(E_{b1} - E_{b4}) = \varepsilon_1\sigma(T_1^4 - T_4^4)$$



$$\frac{q_1}{A} = (0.8)(5.67 \times 10^{-8})[(80 + 273.15)^4 - (-10 + 273.15)^4] = 488.01 \text{ W/m}^2$$

2-3 yüzeyleri arasında elektrik benzeşimi ile

$$q_2 = \frac{E_{b2} - E_{b3}}{\frac{1 - \varepsilon_2}{A\varepsilon_2} + \frac{1}{AF_{23}} + \frac{1 - \varepsilon_3}{A\varepsilon_3}} \rightarrow \frac{q_2}{A} = \frac{\sigma(T_2^4 - T_3^4)}{\frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1}$$



Isıtıcıda üretilen toplam ısı güç

$$q = \dot{q}V = At\dot{q} = A \times 0.001 \times 750 \times 10^3 \rightarrow \frac{q}{A} = 750 \text{ W/m}^2$$

Isıtıcıda enerji dengesinden

$$q = q_1 + q_2 \rightarrow \frac{q}{A} = \frac{q_1}{A} + \frac{q_2}{A} = 750 \text{ W/m}^2 \rightarrow \frac{q_2}{A} = 750 - 488.01 = 261.99 \text{ W/m}^2$$

$$\frac{1}{0.8} + \frac{1}{\varepsilon_3} - 1 = \frac{\sigma(T_2^4 - T_3^4)}{q_2/A} = \frac{(5.67 \times 10^{-8})(353.15^4 - 293.15^4)}{261.99} = 1.76785 \rightarrow \frac{1}{\varepsilon_3} = 1.51785 \rightarrow \varepsilon_3 = 0.6588$$