มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2554

วันที่ 4 ตุลาคม 2554 เวลา 9.00-12.00 น.

วิชา 216-333, 215-332 Heat Transfer ห้อง A400

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ และให้เขียนได้ทั้ง 2 หน้า
3. อนุญาตให้นำโน้ตจำนวน 1 หน้า A4 เข้าห้องสอบได้
4. ให้เขียนชื่อ และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น
5. ให้ทำข้อสอบด้วยดินสอได้
6. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลขเข้าห้องสอบได้

กำหนดให้

1. Stefan-Boltzmann constant $\sigma = 5.6697 \text{x} 10^{-8}\ \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
2. **สมการหาค่า** Heat transfer coefficient **และ** View factor **ให้ใช้ที่แนบมาในข้อสอบเท่านั้น**

อ.นันทพันธ์ นภัทธรานันทร์

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	20	
3	20	
4	20	
5	20	
6	25	
คะแนนรวม	120	

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

สังกัดหลักสูตรวิศวกรรม.....

ตอน.....

ชื่อ-สกุล.....รหัส.....

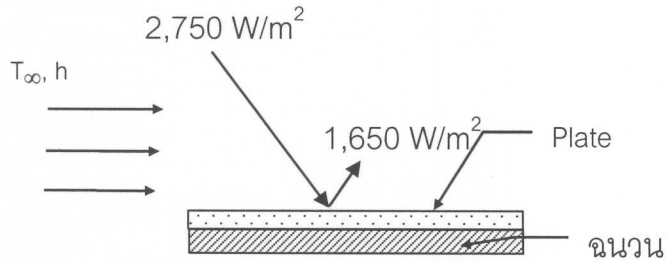
ข้อ 1) พิจารณาแผ่นโลหะทึบแสง ซึ่งด้านหลังของแผ่นโลหะหุ้มด้วยฉนวนเป็นอย่างดี รังสีความร้อนตกกระทบบนผิวหน้าโลหะด้วยอัตรา 2,750 W/m^2 โดย 1,650 W/m^2 ถูกสะท้อนออกไปจากแผ่นโลหะ อุณหภูมิของแผ่นโลหะเท่ากับ 127^{o}C และด้านบนของแผ่นโลหะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการพาความร้อน อากาศมีอุณหภูมิ T_∞ = 27 ^{o}C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 5 $W/m^2\,^{o}C$ หากแผ่นโลหะอยู่ในสภาวะ steady จงหาค่าต่อไปนี้

1) อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน

2) Absorptivity

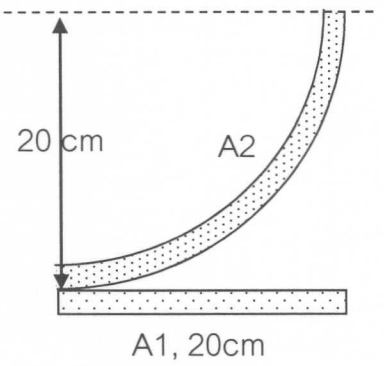
3) Emissivity

4) Reflectivity

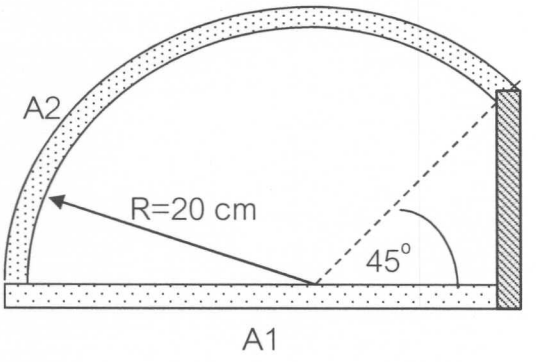


ข้อ 2) พื้นผิวทึบขนาดยาวมากดังรูป (พื้นผิวมีคุณสมบัติเป็น diffuse gray surface) จงหาค่า view factor F_{12} F_{21} และ F_{22} ของรูปต่อไปนี้

2.1



2.2



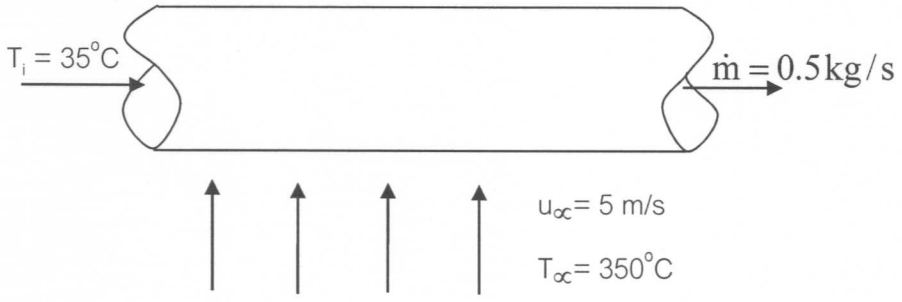
ข้อ 3) การดึงความร้อนจากไอเสียมาใช้ประโยชน์ โดยการใช้ท่อเหล็ก (k = 54 W/m °C) ขนาดรัศมีภายใน, IR = 25 mm และรัศมีภายนอก, OR = 30 mm มีความยาว 10 m ซึ่งมีน้ำไหลด้วยอัตรา 0.5 kg/s ในท่อ โดยอุณหภูมิของน้ำไหลเข้าที่ 35°C ไอเสียที่อุณหภูมิ 350°C ไหลผ่านในแนวตั้งฉากกับท่อด้วยความเร็ว 5.0 m/s ดังรูป จงหา

3.1) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

3.2) อัตราการถ่ายเทความร้อน

3.3) อุณหภูมิของน้ำไหลออกจากท่อ

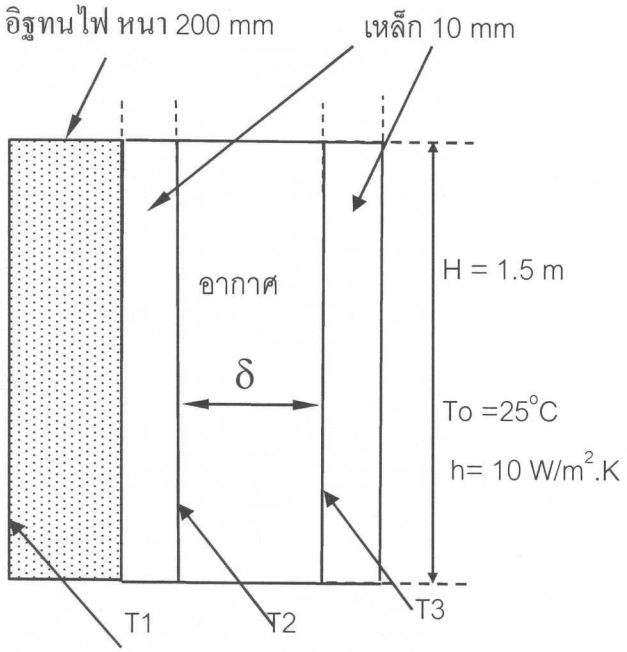
สมมุติให้ไอเสียมีคุณสมบัติเหมือนอากาศและมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ρ= 0.6423 kg/m^3, C_p = 1.0392 kJ/kg °C, μ = 2.848x10^{-5} kg/m·s, k = 0.0436 W/ m·K , Pr = 0.680 สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนให้ใช้สมการที่แนบในท้ายข้อสอบ



ข้อ 4) ประตูของเตาเผาเซรามิกแบบหนึ่ง ทำเป็นประตู 2 ชั้นเพื่อลดน้ำหนักของประตู วัสดุที่ใช้ทำประตู คือแผ่นเหล็กซึ่งมีค่าการนำความร้อน k_s = 54 W/m.K มีความหนา 10 mm โดยด้านในของประตูมีอิฐทนไฟ (k_b = 0.5 W/m.K) หนา 200 mm ติดตั้งไว้เพื่อกันความร้อน และตรงกลางมีช่องว่างอากาศหนา δ mm ประตูมีความกว้างและสูงเท่ากับ 1.5 m X 1.5 m ขณะเวลาเผาเซรามิก ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้อุณหภูมิของผิวอิฐทนไฟเป็น T_1 = 1,000°C อุณหภูมิบรรยากาศภายนอกเท่ากับ 25°C สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับผนังภายนอกเท่ากับ 10 W/m^2.K จงหา

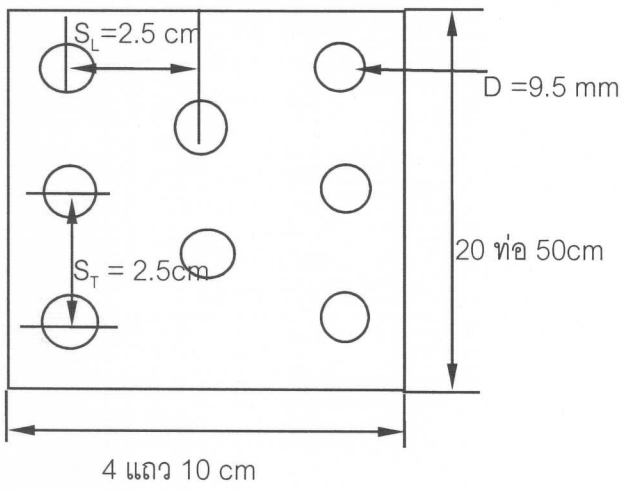
4.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านประตูและอุณหภูมิ T2, T3 เมื่อ δ = 25 mm อากาศในช่องว่างอยู่นิ่ง (ให้ค่าการนำความร้อนของอากาศเป็น k_a=0.04953 W/m K)

4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านประตู และอุณหภูมิ T2, T3 เมื่อ δ = 50 mm อากาศในช่องว่างเกิด free convection in enclosures (ในการวิเคราะห์ให้เริ่มต้นสมมุติ T2, T3 ก่อนแล้วจึงหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนแบบธรรมชาติในช่องว่างอากาศ)



ข้อ 5) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิด shell and tube แบบ one tube pass ถูกใช้ควบแน่นไอน้ำอิ่มตัวในอัตรา 2.0 kg/s ที่อุณหภูมิ 150°C (h_{fg} = 2,114.3 kJ/kg) โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เป็นสารหล่อเย็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมี จำนวนท่อเท่ากับ 50 ท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง D = 2.5cm (ท่อผนังบางมาก) อัตราการไหลของน้ำภายในท่อรวมเท่ากับ 20 kg/s ส่วนไอน้ำไหลภายใน shell มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน 3,500 W/m^2.K หากต้องการควบแน่นไอน้ำเป็นน้ำทั้งหมด จงหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิน้ำออก และความยาวของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (**กำหนดให้ใช้** LMTD Method)

ข้อ 6) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (compact heat exchanger) ชนิด fin-tube ทำจากท่อทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลาง D = 9.5 mm (ผนังท่อบางมาก) ครีบเป็นอะลูมิเนียมแผ่น(k = 206 W/m°C) หนา 1 mm เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาด กว้าง W =1.0 m, ลึก L = 10 cm, สูง H = 50 cm เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมี 4 แถวๆละ 20 ท่อ โดยมีระยะต่างๆดังรูป จำนวนครีบรวมคือ N = 280 แผ่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ ถูกใช้เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศที่อุณหภูมิ 25°C กับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C โดยอากาศมีอัตราการไหล 2.0 kg/s (Cp,a = 1.0057 kJ/kg °C) และน้ำร้อนมีอัตราการไหล 3.0 kg/s ไหลภายในท่อ ให้พิจารณา fin เป็น circular disk fin มีรัศมีเทียบเท่าเป็น $r_o = \sqrt{\frac{S_T S_L}{\pi}}$ และไม่ต้องคำนึงถึง thermal contact resistance ระหว่าง fin กับท่อทองแดง สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของน้ำให้ใช้สมการที่แนบในท้ายข้อสอบ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศมีค่า 300 W/m^2.K จงหาอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิของน้ำและอากาศขาออก (**กำหนดให้ใช้ ε-NTU method** คุณสมบัติของน้ำมีดังนี้ ρ = 997.355kg/m^3, C_p = 4.20625 kJ/kg°C, ν = 0.329x10^{-6} m^2/s, k = 0.674 W/m K , Pr = 1.98)



สมการที่จำเป็น

1. สัมประสิทธิ์การพาความร้อน สำหรับการไหลในท่อแบบ turbulent

$$Nu = 0.023\,Re^{0.8}\,Pr^{n}$$ n = 0.4 for heating และ n= 0.3 for cooling

Fluid properties are evaluated at the bulk mean temperature T_b.

2. Heat transfer coefficient for flow across a single circular cylinder

$$Nu = (0.4\,Re^{0.5} + 0.06\,Re^{2/3})\,Pr^{0.4},$$

Fluid properties are evaluated at the film temperature T_f.

3. Heat transfer coefficient for free convection in enclosures

$$Nu = 0.197(Ra_{\delta}^{1/4})\left(\frac{H}{\delta}\right)^{-1/9};$$

where $Ra_{\delta} = \frac{g\beta(T_h - T_c)\delta^3}{\nu^2}Pr$,

$$Nu = h\delta/k$$

δ = thickness of fluid layer; H = height of fluid layer;

Fluid properties are evaluated at the mean temperature $(T_h+T_c)/2$.

4. Fin efficiency $\eta_f = \frac{\tanh(mL)}{mL}$, $mL = L\sqrt{\frac{2h}{kt}}$ For circular fin, $L = R_o - R_i$ and

t = fin thickness,

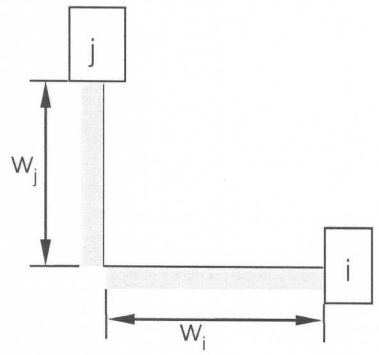
area-weighted fin efficiency $\eta' = \beta\eta_f + 1 - \beta$ where $\beta = A_f / A_{total}$

5. Compact heat exchanger $N = NTU = \frac{A_{total}U_o}{C_{min}}$,

$$U_o = \frac{1}{\frac{A_{total}}{A_i h_i} + \frac{1}{\eta' h_a}},$$

$$\varepsilon = 1 - \exp\left(\frac{N^{0.22}\{\exp[-CN^{0.78}] - 1\}}{C}\right)$$

6. View factor for perpendicular plates with a common edge



$$F_{ij} = \frac{1 + (w_j / w_i) - [1 + (w_j / w_i)^2]^{1/2}}{2}$$

Table B-1 Physical properties of gases at atmospheric pressure

T, K	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$	μ, $\frac{kg}{m \cdot s}$	ν, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^6$	k, $\frac{W}{m \cdot K}$	α, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^4$	Pr
Air							
100	3.6010	1.0266	0.6924×10^{-5}	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.488	9.49	0.02227	0.13161	0.722
300	1.1774	1.0057	1.983	15.68	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	28.86	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705

Physical properties of water

t, C	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$	ν, $\frac{m^2}{s}$	k, $\frac{W}{m \cdot K}$	α, $\frac{m^2}{s}$ $\times 10^7$	Pr
0	1,002.28	4.2178	1.788×10^{-6}	0.552	1.308	13.6
20	1,000.52	4.1818	1.006	0.597	1.430	7.02
40	994.59	4.1784	0.658	0.628	1.512	4.34
60	985.46	4.1843	0.478	0.651	1.554	3.02
80	974.08	4.1964	0.364	0.668	1.636	2.22
100	960.63	4.2161	0.294	0.680	1.680	1.74
120	945.25	4.250	0.247	0.685	1.708	1.446
140	928.27	4.283	0.214	0.684	1.724	1.241
160	909.69	4.342	0.190	0.680	1.729	1.099
180	889.03	4.417	0.173	0.675	1.724	1.004