มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2558
วันที่ 14 ธันวาคม 2558 เวลา 13.30-16.30 น.
วิชา 215-333 Heat transfer A200
216-333

คำสั่ง

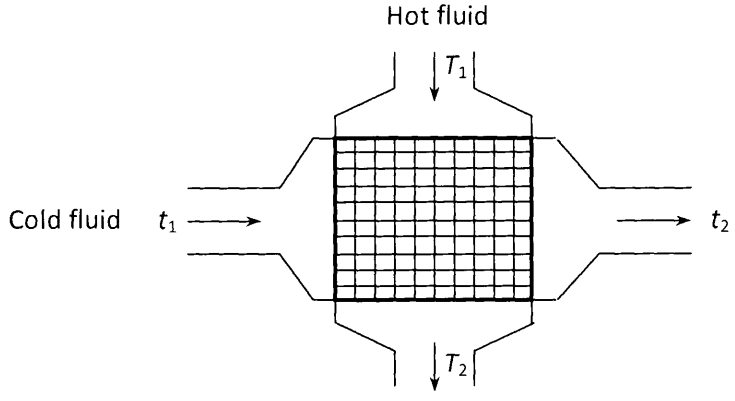
1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ จำนวน 4 หน้า (รวมใบปะหน้าข้อสอบ, หน้าสุดท้ายเป็นตารางคุณสมบัติของของไหล) ให้ทำข้อสอบทั้งหมดในสมุดคำตอบ คะแนนเต็ม 100 คะแนน แต่ละข้อมีคะแนนเท่ากับ 20 คะแนน
2. อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลข เอกสาร ตำรา Dictionary เข้าห้องสอบได้
3. อนุญาตให้ใช้ดินสอในการทำข้อสอบได้
4. ห้ามยืมอุปกรณ์ใดๆ หรือเอกสารใดๆในห้องสอบ

ผู้ออกข้อสอบ ดร.ภาสกร เวสสะโกศล

1. (20 คะแนน) A finned-tube, cross-flow heat exchanger (both fluids unmixed) is to use the exhaust of a gas turbine to heat pressurized water. Laboratory measurement is performed on a prototype version of the exchanger, which has a surface area of 10 m^2, to determine the overall heat transfer coefficient as a function of operating conditions. Given

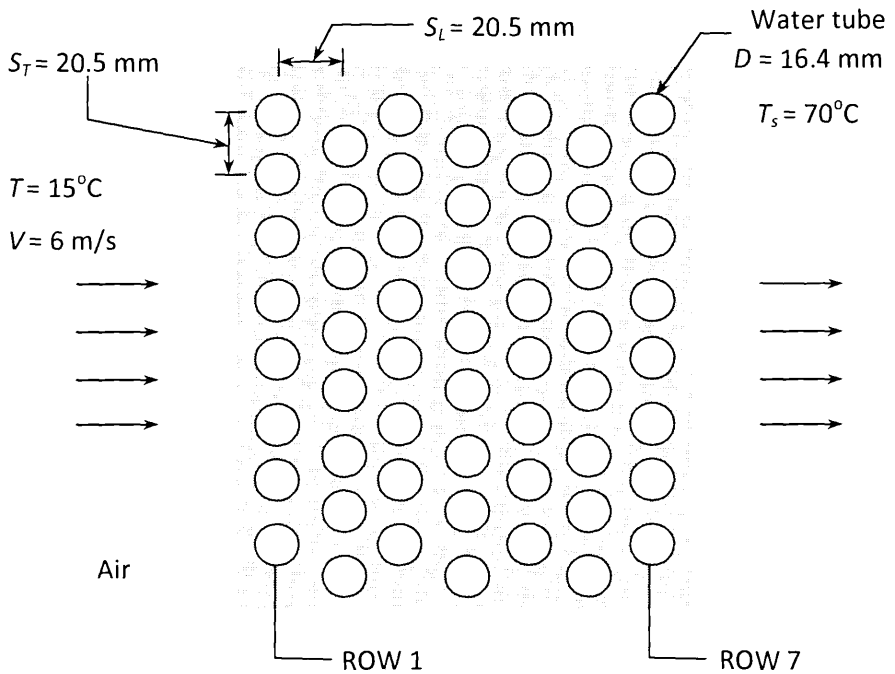
- Exhaust gas: $\dot{m}_e = 2\ kg/s$, $T_{e,inlet} = 325^oC$ and $c_{p,e} = 1040\ J/(kg.^oC)$
- Water: $\dot{m}_w = 0.5\ kg/s$, $T_{w,inlet} = 25^oC$, $T_{w,outlet} = 150^oC$ and $c_{p,w} = 4203\ J/(kg.^oC)$.

What is the overall heat transfer coefficient of the heat exchanger?



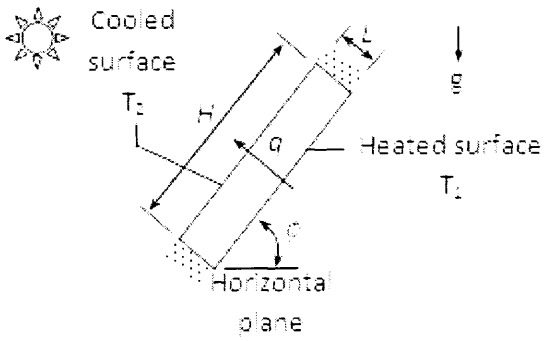
2. **(20 คะแนน)** น้ำร้อนสามารถใช้ในการให้ความร้อนกับห้องพักอาศัยหรือกระบวนการทางอุตสาหกรรมได้ การผลิตน้ำร้อน ทำได้ด้วยปั๊มน้ำให้ไหลเข้าไปในกลุ่มท่อเพื่อรับความร้อนจากอากาศร้อนที่ไหลอยู่ภายนอกท่อ โจทย์ข้อนี้พิจารณากลุ่มท่อที่ถูกจัดวางแบบ stagger ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 16.4 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวยาว (longitudinal pitch, S_L) เท่ากับ 20.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวขวาง (transverse pitch, S_T) เท่ากับ 20.5 มิลลิเมตร สมมุติว่าอุณหภูมิบนผิวท่อทรงกระบอกกลมเป็นค่าคงที่เท่ากับ 70°C อุณหภูมิและความเร็วของอากาศที่ทางเข้าคือ 15°C และ 6 m/s ตามลำดับ (คุณสมบัติเฉลี่ยของอากาศร้อนซึ่งไหลผ่านกลุ่มท่อให้ประเมินที่**อุณหภูมิของอากาศตรงทางเข้า**เนื่องจากโจทย์ไม่บอกอุณหภูมิอากาศที่ทางออก ไม่ต้องคำนวณซ้ำ) จงคำนวณ

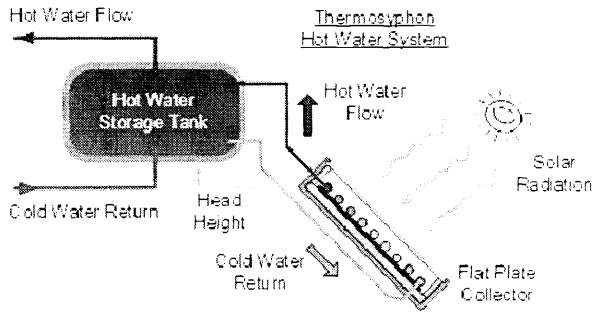
- สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศ (air-side heat transfer coefficient)
- อัตราการถ่ายเทความร้อนสำหรับกลุ่มท่อ
- ความดันตกคร่อมกลุ่มท่อ



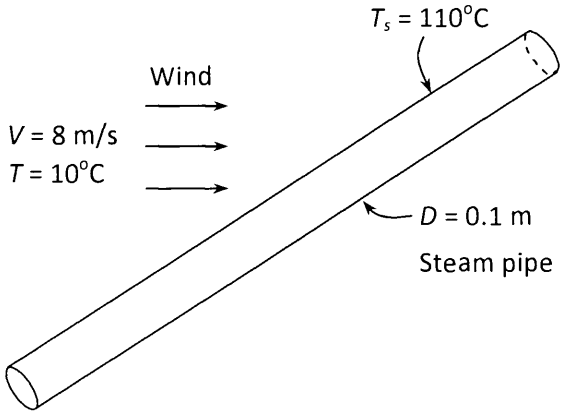
3. (20 คะแนน) In a solar flat plate collector, the plate is of size 1 m x 1 m (W and H) and is at a temperature of 140°C. The glass cover is at a distance of 8 cm from the collector surface and its temperature is 40°C. Space in between contains air at 1 atm. If the collector plate is inclined to the horizontal at ϕ = 20 degree, determine the heat transfer coefficient between the two plates. The heat flux (q) through the flat plate is defined by $q = h(T_1 - T_2)$ where h is the heat transfer coefficient; T_1 and T_2 are the temperature of heated and cooled surfaces, respectively.

The dimension of flat plate collector: W = width, H = height and L = air gap length.





4. (20 คะแนน) A long 10-cm diameter steam pipe whose external surface temperature is 110°C passes through some open area that is not protected against the winds as shown in the figure. Determine the rate of heat loss from the pipe per unit of its length when the air is at 1 atm pressure and 10°C and the wind is blowing across the pipe at a velocity of 8 m/s.



5. (20 **คะแนน**) สมมุติว่าของไหลที่อยู่ในท่อกลมมีความเร็วสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดเท่ากับ u_0 (ไม่เป็นฟังก์ชัน ของพิกัดใดๆ) ภายใต้การไหลแบบราบเรียบซึ่งปรับตัวเต็มที่แล้ว ชื่อเรียกสำหรับการไหลชนิดนี้คือ laminar slug flow ของไหลได้รับฟลักซ์ความร้อนสม่ำเสมอ (uniform surface heat flux) ตลอดความยาวของท่อ กรณีการไหลที่ปรับตัวเต็มที่แล้ว รูปร่างอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามพิกัดรัศมีเท่านั้นและ

$$\frac{\partial T(r,z)}{\partial z} = \frac{dT_m(z)}{dz} = \text{constant}$$

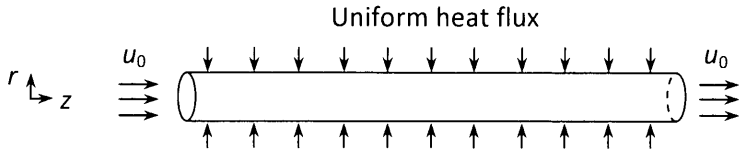
เมื่อ T_m คือ mean temperature ของของไหล, r คือพิกัดตามแนวรัศมี, z คือ พิกัดตามแนวยาวของท่อ

จงหารูปร่างอุณหภูมิซึ่งปรับตัวเต็มที่ภายในท่อกลม (fully developed temperature distribution) $T(r)$ และ Nusselt number Nu_D ซึ่งนิยามด้วย

$$\mathrm{Nu}_D = hD/k$$

เมื่อ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ; $D = 2r_o$ เมื่อ r_o คือ รัศมีของท่อกลม

Hint: Nusselt number ที่คำนวณได้เป็นค่าคงที่, โจทย์ข้อนี้สามารถหาคำตอบได้โดยไม่ต้องใช้นิยามของ dimensionless temperature และสมการที่ใช้ในการหาคำตอบไม่มี viscous-energy dissipation term



คุณสมบัติอากาศ

T, K	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{J}{kg.^oC}$	μ, $\frac{kg}{m.s}$	ν, $\frac{m^2}{s}$	k, $\frac{W}{m.K}$	α, $\frac{m^2}{s}$	Pr
100	3.6010	1026.6	0.6924×10^{-5}	1.923×10^{-6}	0.009246	0.02501×10^{-4}	0.770
150	2.3675	1009.9	1.0283×10^{-5}	4.343×10^{-6}	0.013735	0.05745×10^{-4}	0.753
200	1.7684	1006.1	1.3289×10^{-5}	7.490×10^{-6}	0.01809	0.10165×10^{-4}	0.739
250	1.4128	1005.3	1.488×10^{-5}	9.49×10^{-6}	0.02227	0.13161×10^{-4}	0.722
300	1.1774	1005.7	1.983×10^{-5}	15.68×10^{-6}	0.02624	0.22160×10^{-4}	0.708
350	0.9980	1009.0	2.075×10^{-5}	20.76×10^{-6}	0.03003	0.2983×10^{-4}	0.697
400	0.8826	1014.0	2.286×10^{-5}	25.90×10^{-6}	0.03365	0.3760×10^{-4}	0.689
450	0.7833	1020.7	2.484×10^{-5}	28.86×10^{-6}	0.03707	0.4222×10^{-4}	0.683
500	0.7048	1029.5	2.671×10^{-5}	37.90×10^{-6}	0.04038	0.5564×10^{-4}	0.680

คุณสมบัติน้ำ

T, °C	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{J}{kg.^oC}$	ν, $\frac{m^2}{s}$	k, $\frac{W}{m.K}$	α, $\frac{m^2}{s}$	Pr	$\beta, 1/K$
60	985.46	4184.3	0.478×10^{-6}	0.651	1.554×10^{-7}	3.02	0.517×10^{-2}
80	974.08	4196.4	0.364×10^{-6}	0.668	1.636×10^{-7}	2.22	0.653×10^{-2}
100	960.63	4216.1	0.294×10^{-6}	0.680	1.680×10^{-7}	1.74	0.75×10^{-2}
120	945.25	4250	0.247×10^{-6}	0.685	1.708×10^{-7}	1.446	0.858×10^{-2}
140	928.27	4283	0.214×10^{-6}	0.684	1.724×10^{-7}	1.241	0.970×10^{-2}
160	909.69	4342	0.190×10^{-6}	0.680	1.729×10^{-7}	1.099	1.145×10^{-2}
180	889.03	4417	0.173×10^{-6}	0.675	1.724×10^{-7}	1.004	1.210×10^{-2}
200	866.76	4505	0.160×10^{-6}	0.665	1.706×10^{-7}	0.937	1.350×10^{-2}