มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2549

วันที่ 18 ธันวาคม 2549 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 215-332 Heat Transfer ห้อง A400, A201

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ ให้เขียนด้านหลังได้
3. ห้ามนำเอกสารใด ๆ เข้าห้องสอบ
4. ให้เขียนชื่อ และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น

กำหนดให้

1. Stefan-Boltzmann constant $\sigma = 5.6697\text{x}10^{-8}\ \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

รศ.ดร.ชูเกียรติ คุปตานนท์

อ.พุทธิพงศ์ แสนสบาย

ผู้ออกข้อสอบ

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

ชื่อ-สกุล.....

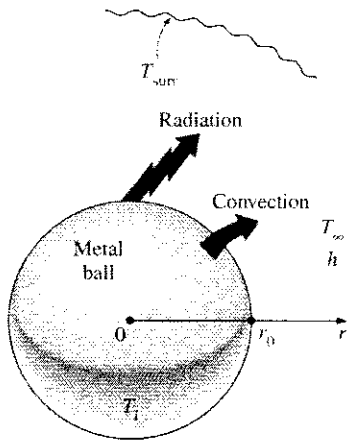
รหัส.....

ตอน.....

ข้อ 1) ลูกบอลทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm มีอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกคงที่ 80°C โดยลูกบอลถูกแขวนลอยอยู่กลางห้อง ซึ่งอากาศภายในห้องและผนังห้องมีอุณหภูมิ 20°C หากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ (convection heat transfer coefficient) คือ h = 68 W/(m^2 °C) และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของลูกบอล (emissivity) คือ ε = 0.8 จงหาอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากลูกบอล

ข้อ 2) จงเขียนสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาการนำความร้อนต่อไปนี้

ก.) ลูกบอลโลหะทรงกลมตันขนาดรัศมีภายนอก r_o ถูกอบให้ร้อนในเตาอบจนมีอุณหภูมิเป็น T_i ทั่วทั้งลูกบอล แล้วทันใด นำลูกบอลออกจากเตา เพื่อทำให้เย็นลงในบรรยากาศด้วยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน อากาศมีอุณหภูมิเป็น T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h ในขณะที่ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของลูกบอล (emissivity) คือ ε และ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเป็น T_{surr} กำหนดให้เป็นการถ่ายเทความร้อนทิศทางเดียว โดยค่าการนำความร้อนไม่คงที่

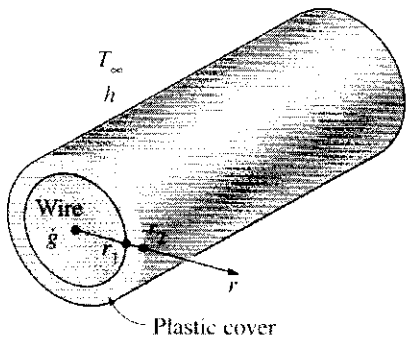


ข.) การนำความร้อน 2 ทิศทาง ของผนังสี่เหลี่ยม $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$ ในสภาวะ steady โดยค่าการนำความร้อนมีค่าคงที่ และไม่มีแหล่งกำเนิดพลังงานภายใน ขอบทั้งสี่ด้านของผนังมีเงื่อนไขต่อไปนี้

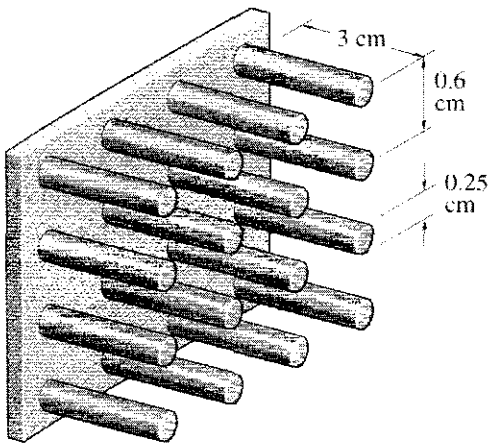
ที่ระนาบ x = 0 ได้รับ heat flux ในอัตรา q_0 ,W/m^2, ที่ระนาบ x = a มีอุณหภูมิคงที่ T_0

ที่ระนาบ y = 0 หุ้มฉนวนไว้, ที่ระนาบ y = b พาความร้อนกับตัวกลาง ที่มีอุณหภูมิ T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (W/m^2 K)

ข้อ 3) ลวดความต้านทานเส้นหนึ่ง มีรัศมี r_1 = 3 mm ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน k_{wire}= 18 W/m °C และมีอัตราการกำเนิดความร้อนคงที่ $\dot{g}$ = 1.5x10^6 W/m^3 เส้นลวดถูกหุ้มด้วยพลาสติกหนา 4 mm ซึ่งพลาสติกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน $k_{plastic}$= 1.8 W/m °C ผิวด้านนอกของพลาสติกสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนกับอากาศแวดล้อม ซึ่งอากาศมีอุณหภูมิ T_∞ = 25°C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, h = 14 W/(m^2 °C) หากสมมุติว่าเป็นการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady และลวดยาว 1 m จงหา ก) อัตราการถ่ายเทความร้อน ข) อุณหภูมิที่ผิวนอกของเส้นลวด (T_{r1})



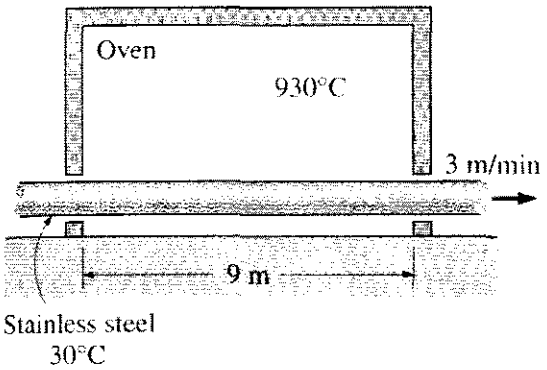
ข้อ 4) แผ่นโลหะร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ถูกระบายความร้อนโดยการติด fins ที่ทำมาจากอะลูมิเนียมซึ่งมีค่าการนำความร้อน 237 W/m K โดย fins มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 mm และยาว = 30 mm ระยะห่างระหว่าง fin คือ 6 mm ดังรูป หากอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมเป็น $T_{\infty,o}$ = 30° C และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 35 W/m^2K จงหา อัตราการระบายความร้อนจากแผ่นโลหะ เมื่อแผ่นโลหะมีขนาด 1m x 1m



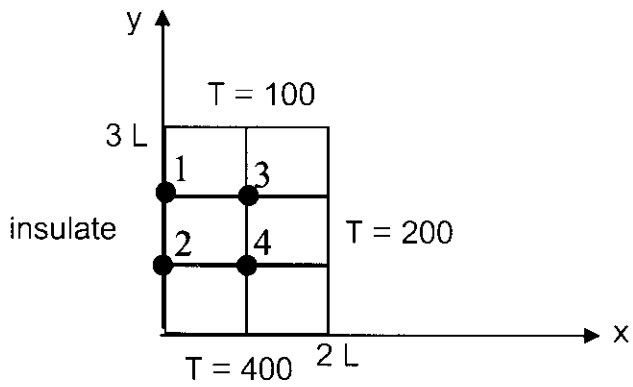
ข้อ 5) จงวิเคราะห์ปัญหาการนำความร้อนในสภาวะ transient ต่อไปนี้

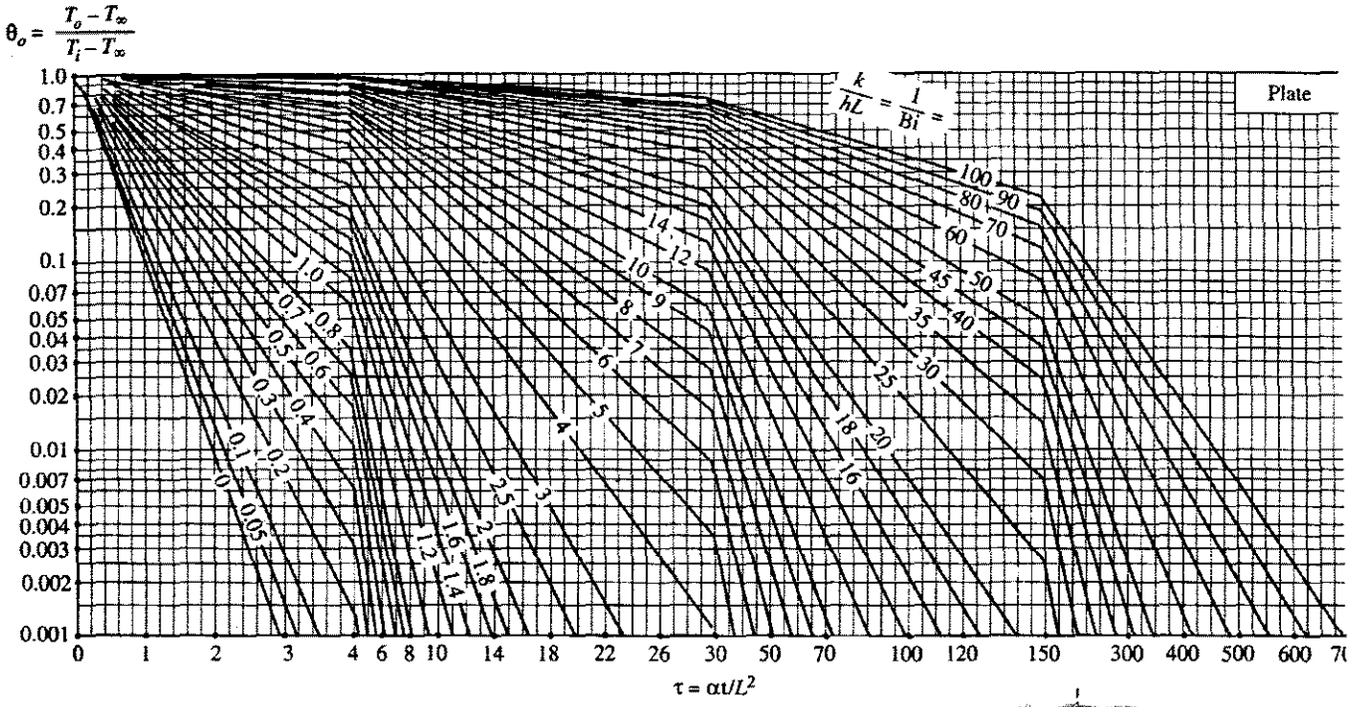
ก) ลูกบอลเหล็ก (k = 54 W/m $^{\circ}$C, ρ = 7,833 kg/m^3, และ c_p = 0.465 KJ/kg) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 mm ถูกชุบแข็งโดยการอบจนมีอุณหภูมิ 900°C แล้วทำให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ ในบรรยากาศจนมีอุณหภูมิ 100°C หากอากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิ 35°C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 75 W/m$^{2\circ}$C จงประมาณระยะของกระบวนการชุบแข็ง (**กำหนดให้ใช้วิธี** Lumped system analysis)

ข) แท่งเหล็กทรงกระบอก (k = 13.4 W/m ^{o}C, และ α = 3.48 x10^{-6} m^{2}/s) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm ถูกอบให้ร้อน โดยการเคลื่อนผ่านเตาอบด้วยความเร็ว 3 m/min โดยที่เตาอบยาว 9 m มีอุณหภูมิคงที่ 930°C และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 114 W/m^{2o}C หากแท่งเหล็กมีอุณหภูมิ 30°C ก่อนเข้าเตาอบ จงหาอุณหภูมิที่แกนกลางของแท่งเหล็กเมื่อเคลื่อนที่ออกจากเตาอบ

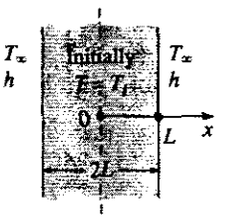


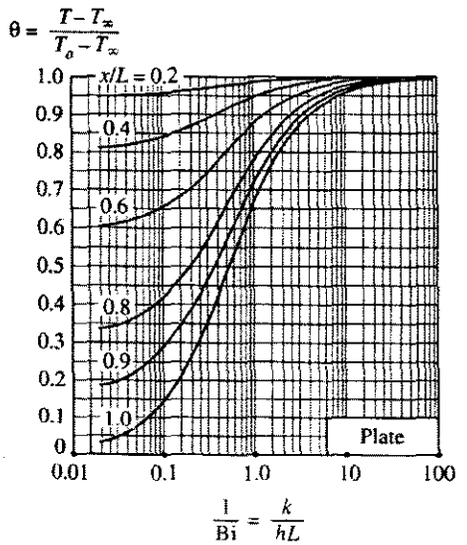
ข้อ 6) พิจารณาการนำความร้อน 2 มิติ ในสภาวะ steady ของวัตถุรูปสี่เหลี่ยมขนาด 2L x 3L โดยมี boundary condition แสดงดังรูป กำหนดให้ใช้ $\Delta x = \Delta y = L$ จงเขียนสมการ finite difference formulation ของปัญหาการนำความร้อนนี้ (สมการของ node m = 1 to 4)



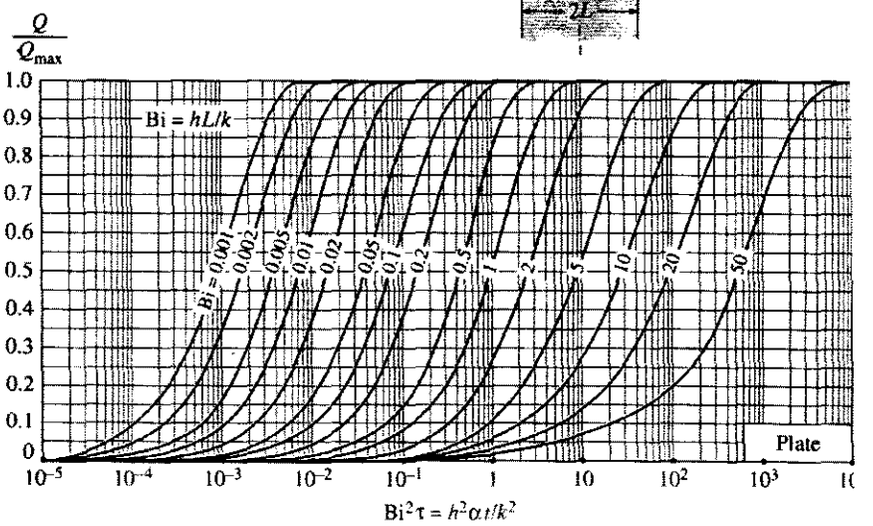


(*a*) Midplane temperature (from M. P. Heisler)

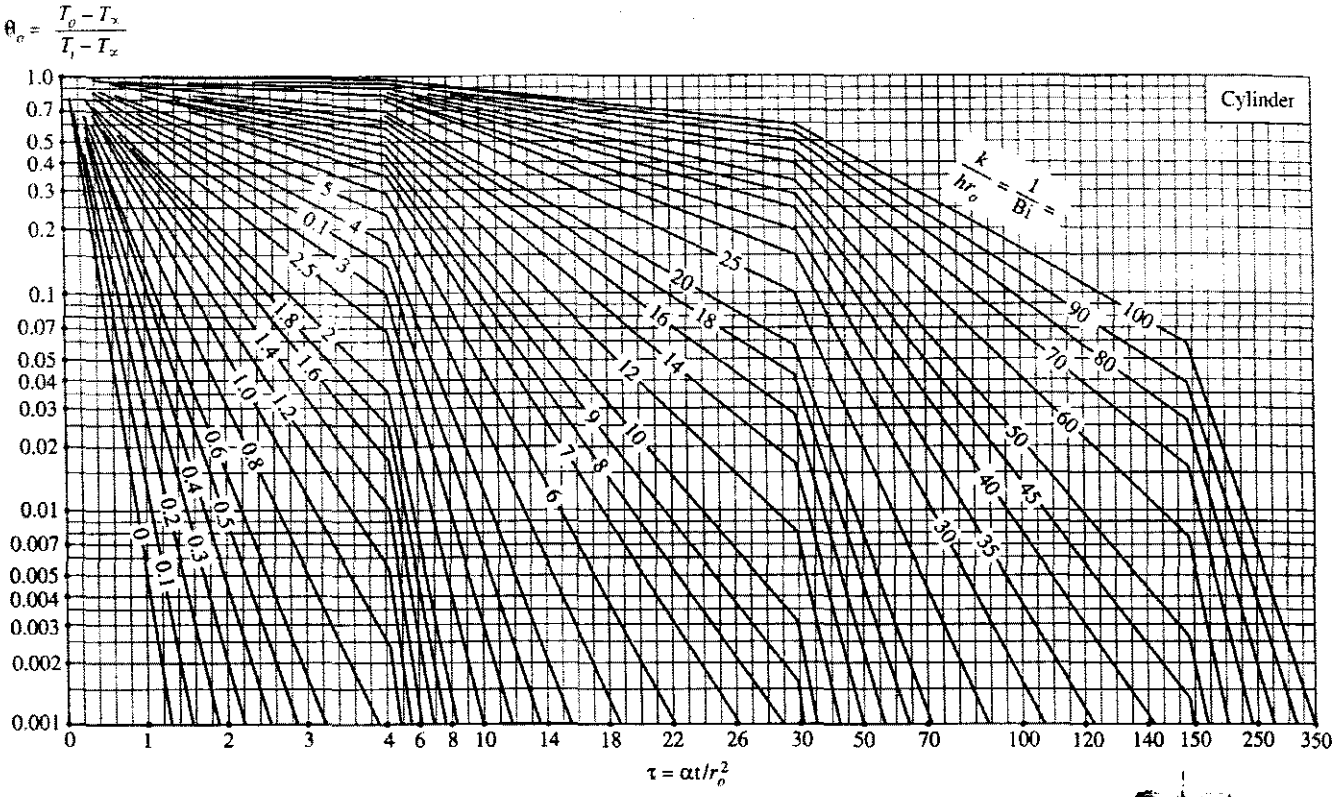




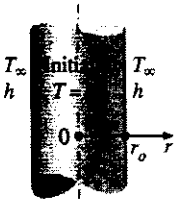
(*b*) Temperature distribution (from M. P. Heisler)

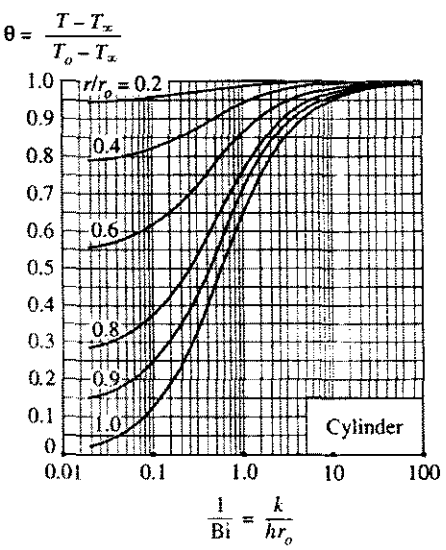


(*c*) Heat transfer (from H. Gröber et al.)

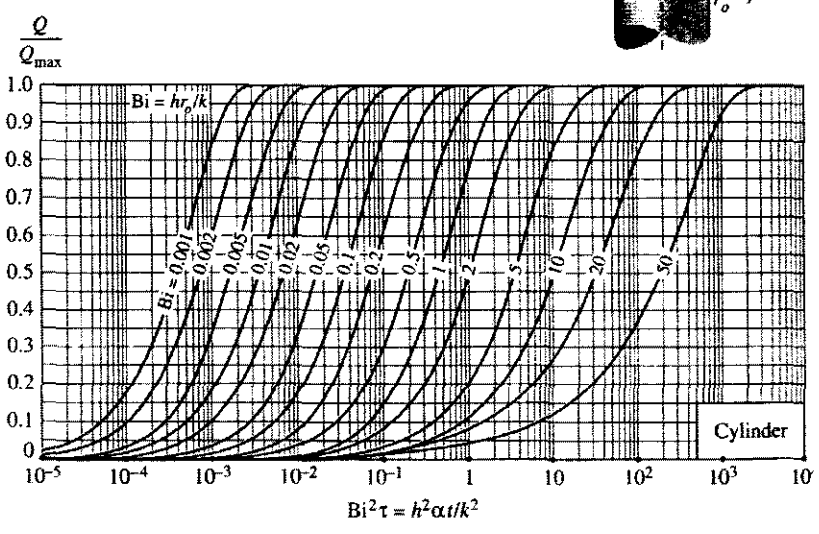


(*a*) Centerline temperature (from M. P. Heisler)





(*b*) Temperature distribution (from M. P. Heisler)



(*c*) Heat transfer (from H. Gröber et al.)