มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2548

วันที่ 12 ธันวาคม 2548 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 215-332 Heat Transfer ห้อง A400

คำสั่ง

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

กำหนดให้

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

ผศ.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) หลังคารถยนต์ที่จอดอยู่กลางแดด จะดูดกลืนรังสีความร้อนในอัตรา 800 W/m^2 โดยพื้นใต้หลังคารถหุ้มฉนวนอย่างดี หลังคารถยนต์สัมผัสกับอากาศและสิ่งแวดล้อมที่ใหญ่มากๆ อากาศและสิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิ 20°C และค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ (convection heat transfer coefficient) คือ $h = 12\ W/(m^2K)$ และสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของหลังคารถยนต์ (emissivity) คือ $\varepsilon = 0.8$

จงหา ก.) อุณหภูมิของหลังคารถยนต์ ในกรณีที่ไม่คำนึงถึงการแผ่รังสีความร้อน

ข.) อุณหภูมิของหลังคารถยนต์ ในกรณีที่รวมผลของการแผ่รังสีความร้อนด้วย

ข้อ 2) จงเขียนสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาการนำความร้อนต่อไปนี้

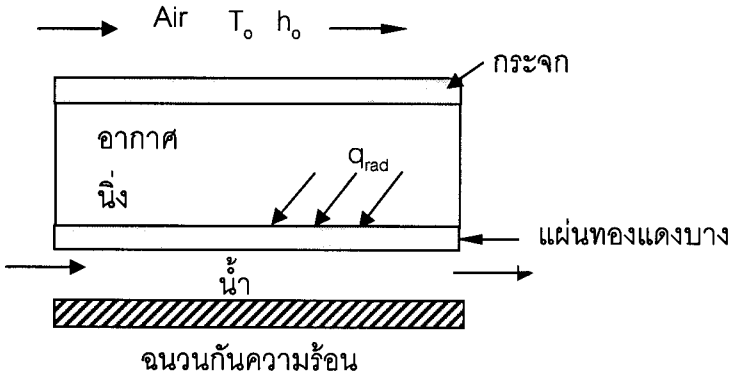
ก.) ทรงกระบอกกลวง มีรัศมีภายในเป็น a และรัศมีภายนอกเป็น b มีอุณหภูมิเริ่มต้นเป็น T_i ทันทีที่เวลา t = 0 ผิวด้านนอกได้รับ heat flux จากขดลวดความร้อนไฟฟ้าในอัตรา q_0 (W/m^2) ผิวด้านในถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่มีอุณหภูมิ T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (W/m^2 K) โดยสมมุติให้เป็นการถ่ายเทความร้อนทิศทางเดียว

ข.) การนำความร้อน 2 ทิศทาง ของผนังสี่เหลี่ยม $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$ มีอุณหภูมิเริ่มต้นสม่ำเสมอ T_i ที่เวลา t = 0 ขอบทั้งสี่ด้านของผนังมีเงื่อนไขต่อไปนี้

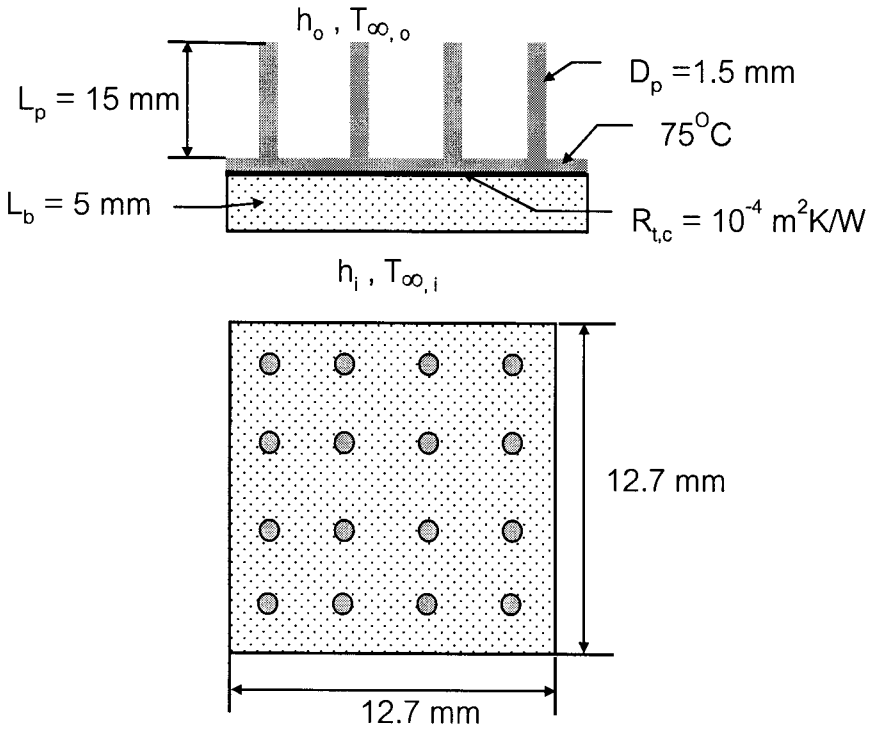
1. ที่ระนาบ x = 0 ได้รับ heat flux ในอัตรา q_0 ,W/m^2
2. ที่ระนาบ x = a มีอุณหภูมิคงที่ T_0
3. ที่ระนาบ y = 0 หุ้มฉนวนไว้
4. ที่ระนาบ y = b ถ่ายเทความร้อนกับตัวกลางที่มีอุณหภูมิ T_∞ และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h (W/m^2 K)

โดยค่าการนำความร้อนมีค่าไม่คงที่ (k = k(x,y,)) และมีอัตราการกำเนิดพลังงานภายในเป็น g_0 (W/m^3)

ข้อ 3) แผงรับรังสีความร้อนดังรูป ประกอบด้วยกระจกหนา 6 mm (k_g = 0.78 W/m°K) 1 ชั้น และแผ่นทองแดงทำหน้าที่เป็นแผ่นดูดกลืนรังสี โดยระหว่างกระจกกับแผ่นทองแดง เป็นช่องว่างที่มีอากาศนิ่งอยู่ (k_a = 0.03 W/m°K) ซึ่งช่องว่างสูง 30 mm ใต้แผ่นทองแดงมีน้ำไหลผ่าน เพื่อรับความร้อนจากแผ่นทองแดง หากอากาศภายนอกแผงรับรังสีมีอุณหภูมิ 30°C และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_o = 10 W/(m^{2o}K) ในสภาวะที่แผ่นทองแดงดูดกลืนรังสีความร้อนสุทธิในอัตรา q_{rad}= 800 W/m^2 และอุณหภูมิของแผ่นทองแดงเท่ากับ 125°C จงหา อัตราการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม และ อัตราการถ่ายเทความร้อนสู่น้ำ

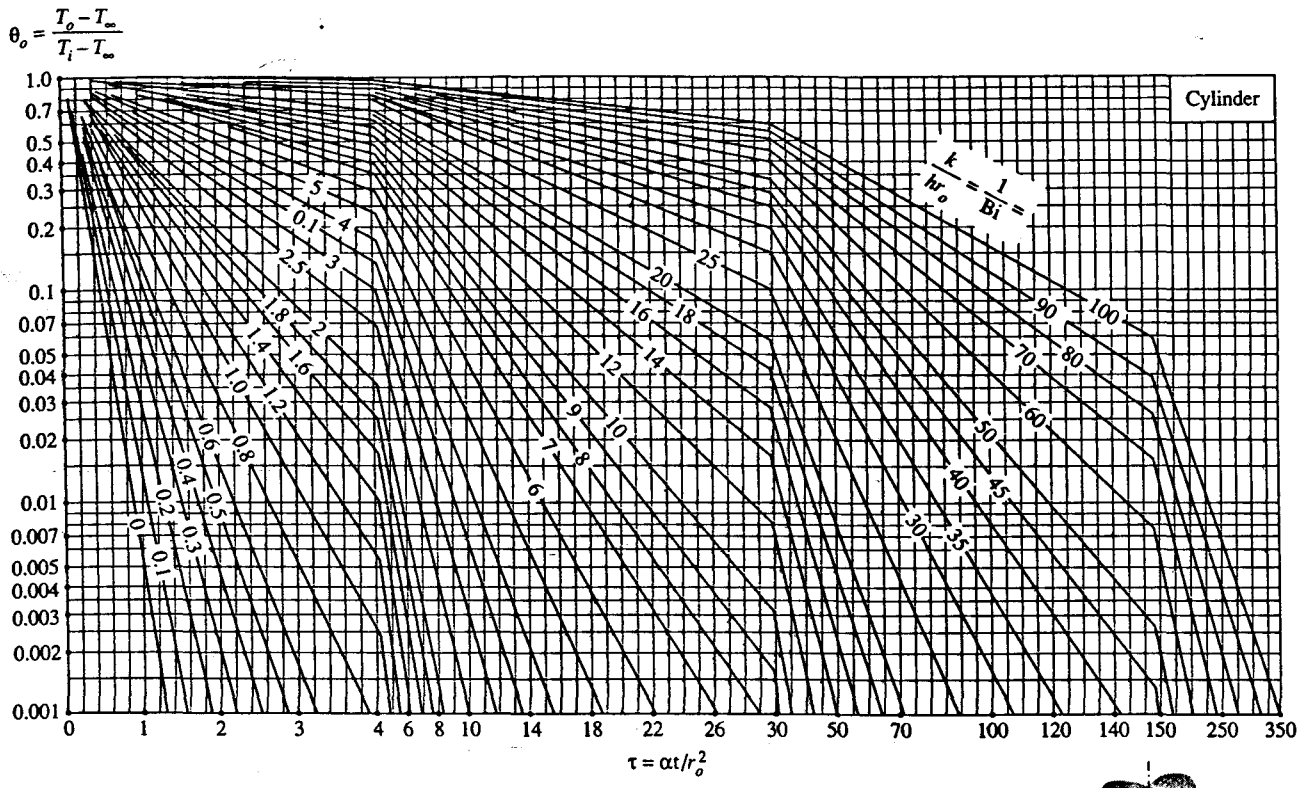


ข้อ 4) เพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน CPU chip ให้ไม่สูงกว่า 75°C จึงมีการใช้ fins ที่ทำมาจากทองแดงซึ่งมีค่าการนำความร้อน 400 W/m K เพื่อระบายความร้อนออกจาก chip โดย fins มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง D_p=1.5 mm และ ยาว L_p = 15 mm เชื่อมติดกับผิวด้านบนของ chip ซึ่งติด fins จำนวน 16 อัน ดังรูป รอยต่อระหว่าง fins กับ chip มีค่า contact resistance, $R_{t,c} = 10^{-4}$ m^2K/W และ chip มีขนาด 12.7 mm X 12.7 mm จงคำนวณหา อัตราการระบายความร้อนสูงสุด หากการพาความร้อนด้านบน chip (ด้านติดครีบ) เป็นแบบบังคับด้วยสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_o = 250 W/m^2K ที่อุณหภูมิของอากาศ $T_{\infty,o}$ = 20° C , และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านล่างเป็น h_i = 40 W/m^2K ที่อุณหภูมิของอากาศ $T_{\infty,i}$ = 20° C ความหนาของ chip board คือ L_b = 5 mm และ ค่าการนำความร้อนเป็น k_b = 1 W/m K.

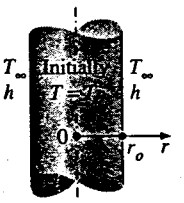


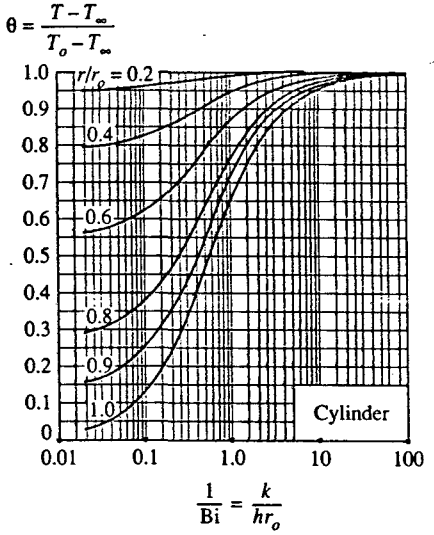
ข้อ 5) หัววัดของ thermocouple ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมผ่าศูนย์กลาง 2 mm มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ $k = 30 W/mK$, $\rho = 8{,}600\ kg/m^3$, และ $c_p = 400\ J/kg\ K$ เมื่อนำไปวัดอุณหภูมิของอากาศร้อน โดยสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับหัววัด คือ $h = 280\ W/m^2\ K$ จงประมาณระยะเวลาที่ thermocouple จะอ่านค่าอุณหภูมิได้ 98% ของอุณหภูมิแตกต่างในขณะเริ่มต้น **(กำหนดให้ใช้วิธี Lumped system analysis)**

ข้อ 6) ผลส้มที่มีลักษณะเป็นทรงกลมผ่าศูนย์กลาง 10 cm มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ k = 0.59 W/mK, $\alpha = 1.4 \times 10^{-7}$ m^2/s, มีอุณหภูมิเริ่มต้น 30°C เมื่อนำไปแช่ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 2°C หากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับผลส้ม คือ h = 50 W/m^2 K จงประมาณระยะเวลาที่จุดศูนย์กลางของผลส้มจะมีอูณหภูมิ 10°C และ ความร้อนสะสมที่ตู้เย็นดึงออกจากผลส้มตั้งแต่เริ่มจนถึงเวลานี้

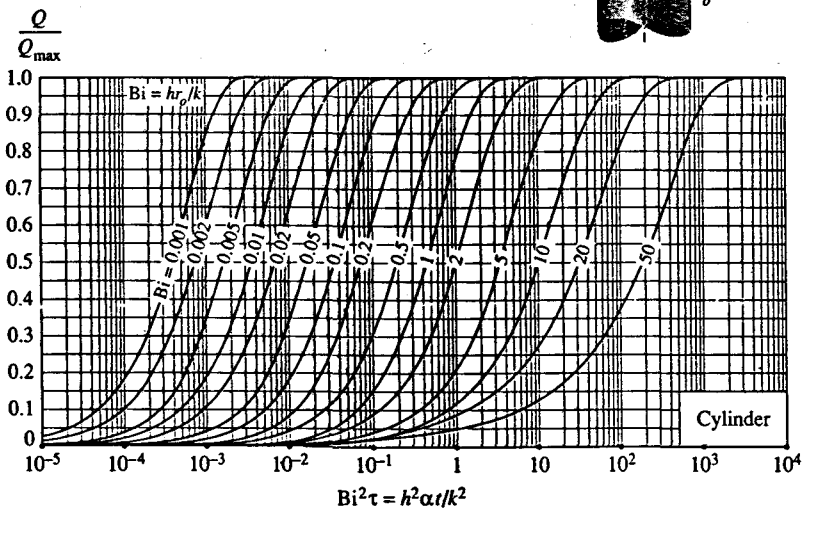


(*a*) Centerline temperature (from M. P. Heisler)





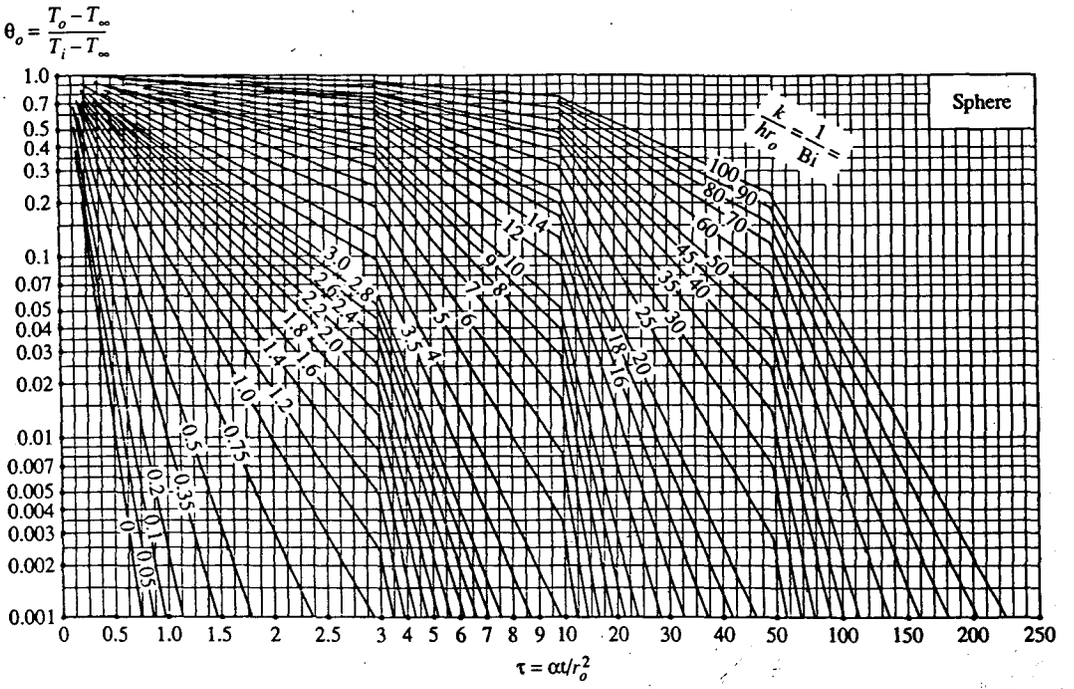
(*b*) Temperature distribution (from M. P. Heisler)



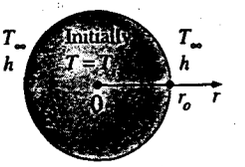
(*c*) Heat transfer (from H. Gröber *et al.*)

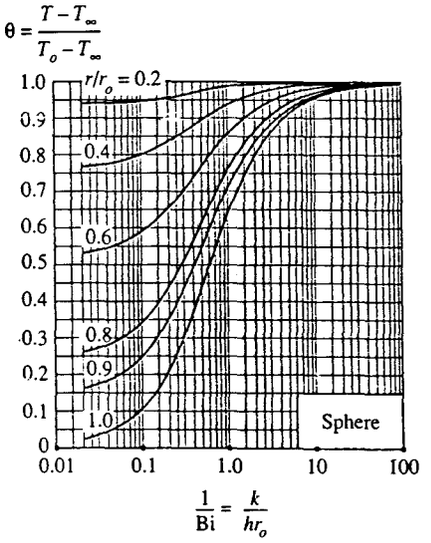
FIGURE 4-14

Transient temperature and heat transfer charts for a long cylinder of radius r_o initially at a uniform temperature T_i subjected to convection from all sides to an environment at temperature T_∞ with a convection coefficient of h.

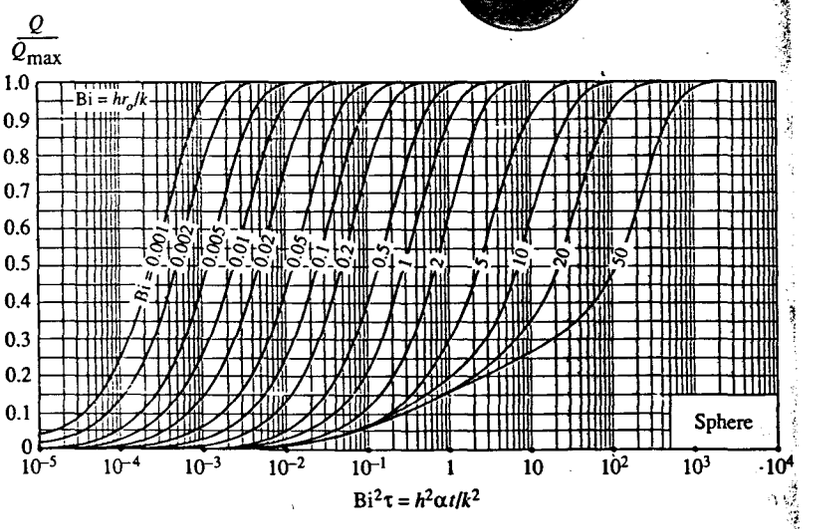


(*a*) Midpoint temperature (from M. P. Heisler)





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



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

FIGURE 4-15

Transient temperature and heat transfer charts for a sphere of radius r_o initially at a uniform temperature T_i subjected to convection from all sides to an environment at temperature T_∞ with a convection coefficient of h.