# มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
# คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2553

วันที่ 22 ธันวาคม 2553 เวลา 13.30-16.30

วิชา 215-332,216-333 Heat Transfer ห้อง หัวหุ่น, S201

---

**คำสั่ง**

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ ให้ใช้การเขียนแบบ 2 หน้าได้
3. อนุญาตให้นำโน้ตจำนวน 1 หน้า A4 ที่เขียนด้วยลายมือเข้าห้องสอบได้
4. ให้เขียนชื่อ และรหัสนักศึกษาในข้อสอบทุกแผ่น

**กำหนดให้**

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

อ.นันทพันธ์ นภัทรานันทน์

ผู้ออกข้อสอบ

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

ชื่อ-สกุล.....

รหัส.....

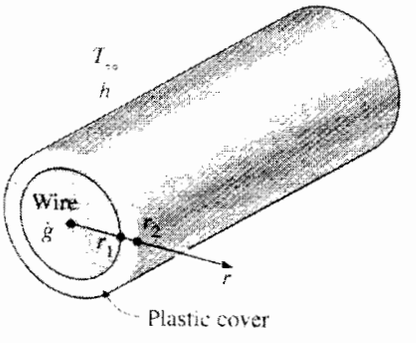
สังกัดหลักสูตรวิศวกรรม.....

**ตอน**.....

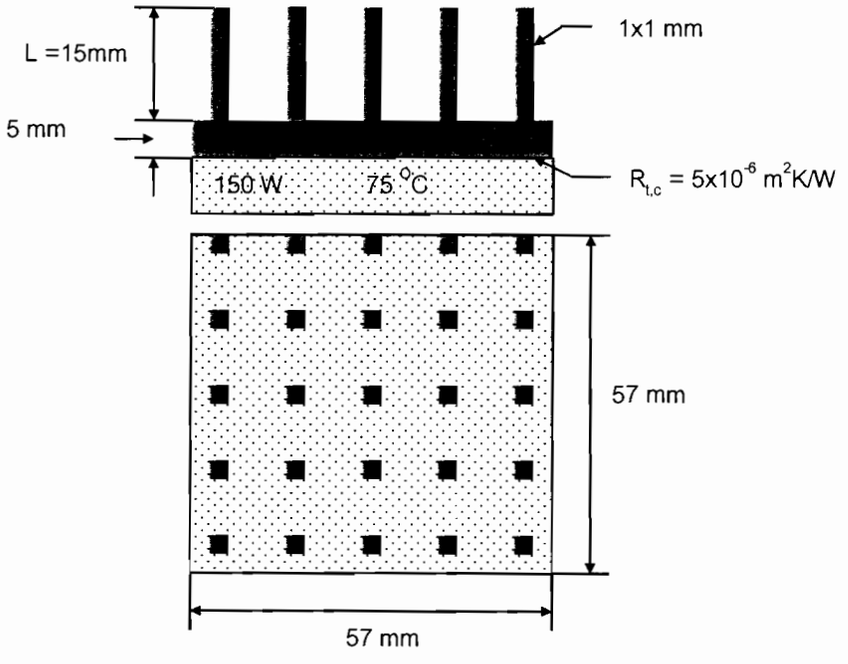
ข้อ 1) ลูกบอลทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm ถูกแขวนลอยอยู่กลางห้อง ซึ่งอากาศภายในห้องและผนังห้องมีอุณหภูมิ 20°C หากสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ (convection heat transfer coefficient) คือ h = 68 W/($m^2$ °C) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของลูกบอล (emissivity) คือ $\varepsilon$ = 0.8 และ ลูกบอลมีอัตราการกำเนิดความร้อนภายในเป็น $6x10^5$ W/$m^3$ จงหาอัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของลูกบอล

ข้อ 2) ทรงกระบอกกลวงขนาดรัศมีภายใน 3 cm และรัศมีภายนอก 6 cm มีค่าการนำความร้อน k = 20 $W/m^{o}C$ และมีอัตราการกำเนิดความร้อนภายในเป็น $1x10^{5}$ $W/m^{3}$ หากผิวด้านในของทรงกระบอกสูญเสียความร้อนออกไป 900 $W/m^{2}$ และผิวด้านนอกถ่ายเทความร้อนกับอากาศที่มีอุณหภูมิ 30°C สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ (convection heat transfer coefficient) คือ h = 150 $W/(m^{2}\,^{o}C)$ จงหาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวด้านนอก อุณหภูมิที่ผิวด้านในและด้านนอกของทรงกระบอก อุณหภูมิสูงสุดในทรงกระบอกและระยะที่เกิดอุณหภูมิสูงสุด (สมมุติว่าเป็นการนำความร้อนทิศทางเดียว และทรงกระบอกยาว 1 m)

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 t ซึ่งพลาสติกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน $k_{plastic}$= 1.8 W/m °C ผิวด้านนอกของพลาสติกสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนกับอากาศแวดล้อม ซึ่งอากาศมีอุณหภูมิ $T_\infty$ = 25°C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, h = 14 W/(m$^2$ °C) หากสมมุติว่าเป็นการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady และลวดยาว 1 m จงหา ก) อัตราการถ่ายเทความร้อน ข) อุณหภูมิที่ผิวนอกของเส้นลวด ($T_{r1}$) ในกรณีที่ไม่มีพลาสติกหุ้ม ค) ความหนาของพลาสติกหุ้ม t หากต้องการให้อุณหภูมิ $T_{r1}$ ไม่เกิน 90°C



ข้อ 4) เพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน CPU chip ให้ไม่สูงกว่า 75 $^{o}$C จึงมีการใช้ fins ที่ทำมาจากโลหะผสมซึ่งมีค่าการนำความร้อน 200 W/m K เพื่อระบายความร้อนออกจาก chip โดย fins มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1x1 mm ยาว 15 mm ฐาน fins หนา 5 mm รอยต่อระหว่าง fins กับ chip มีค่า contact resistance, $R_{t,c}$ = 5x10$^{-6}$ m$^2$K/W หาก chip มีขนาด 57 mm x 57 mm และมีความร้อนเกิดขึ้นในอัตราการ 150 W อุณหภูมิของอากาศ $T_\infty$ = 30 $^{o}$C , และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 150 W/m$^2$ K จงคำนวณหาจำนวน fin ที่ต้องติดตั้ง เมื่อด้านล่างและด้านข้างของ chip ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ( หมายเหตุ จำนวน fin ในรูปไม่ใช่จำนวนที่ถูกต้อง และไม่คิดการถ่ายเทความร้อนที่ปลายครีบ $Q_{fin} = \theta_0 \sqrt{PhkA}\tanh(mL)$ )

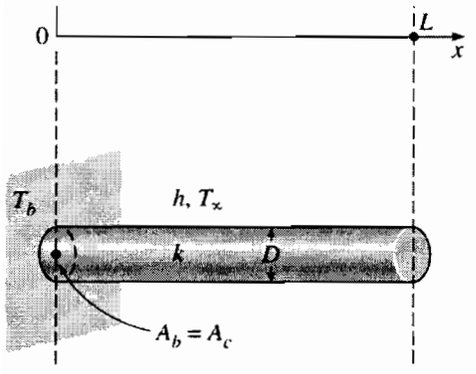


ข้อ 5) จงวิเคราะห์ปัญหาการนำความร้อนในสภาวะ transient ต่อไปนี้

ก) ลูกบอลเหล็ก ($k$ = 54 W/m $^{\circ}$C, $\rho$ = 7,833 kg/m$^3$, และ $c_p$ = 0.465 KJ/kg) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 mm ถูกชุบแข็งโดยการอบจนมีอุณหภูมิ 900$^{\circ}$C แล้วทำให้เย็นตัวในน้ำมันจนมีอุณหภูมิที่ผิวนอก 50$^{\circ}$C หากน้ำมันมีอุณหภูมิ 30$^{\circ}$C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน $h$ = 1,000 W/m$^{2o}$C จงประมาณระยะเวลาของกระบวนการชุบแข็ง และพลังงานความร้อนที่ต้องดึงออกจากลูกบอลเหล็กในหน่วยจูล (J)
**(กำหนดให้ใช้วิธี Lumped system analysis)**

ข) ทำซ้ำคำถามในข้อ ก) โดยใช้ Temperature chart

ข้อ 6) พิจารณาการถ่ายเทความร้อนของครีบเหล็กทรงกระบอกที่มีความยาว L= 10 cm และเส้นผ่าศูนย์กลาง D = 1 cm โดยเหล็กมีค่าการนำความร้อน k = 50 W/m °C ด้านหนึ่งของครีบมีอุณหภูมิคงที่ $T_o$ = 200°C ในขณะผิวด้านข้างเกิดการพาความร้อนกับอากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิ $T_\infty$ = 30°C และสัมประสิทธิการพาความร้อน h = 50 W/m$^2$ °C หากสมมุติให้เป็นปัญหาการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady state และเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้



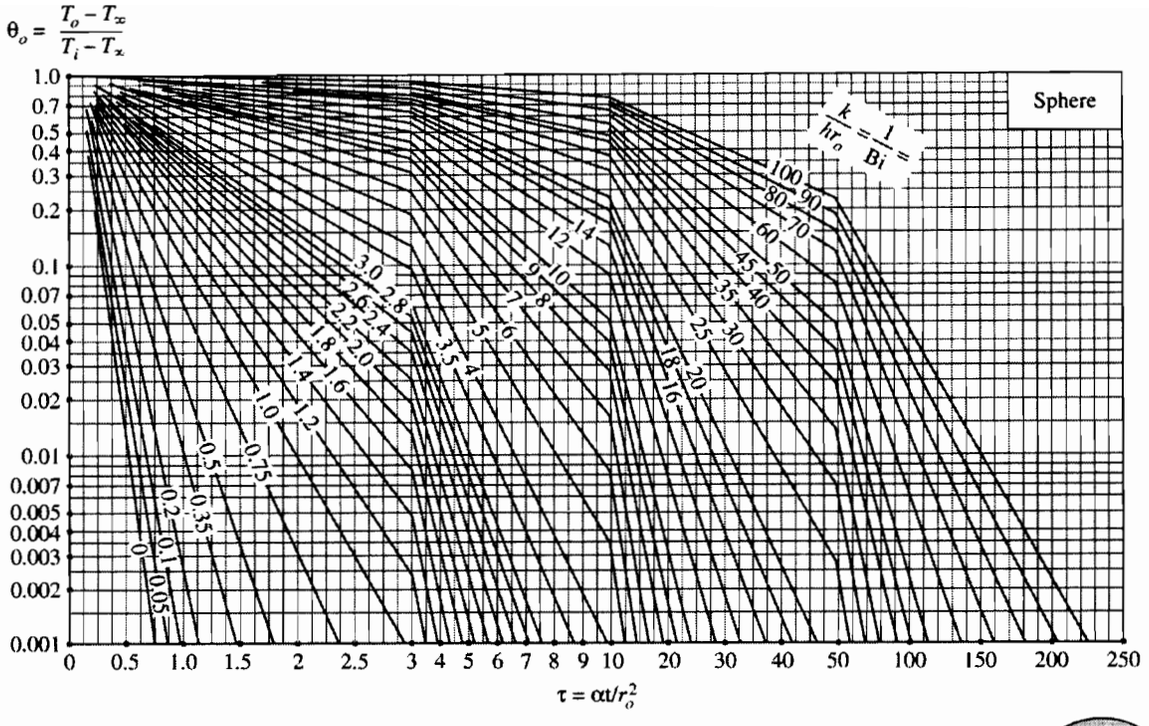

$$\frac{d^2T(x)}{dx^2} - N^2T(x) = 0 \qquad \text{in } 0 \le x < L$$

$$T(x) = 200^\circ C \qquad \text{at } x = 0$$

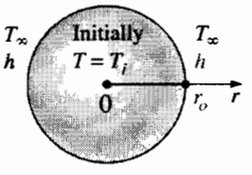
$$k\frac{dT(x)}{dx} = 0 \qquad \text{at } x = L$$

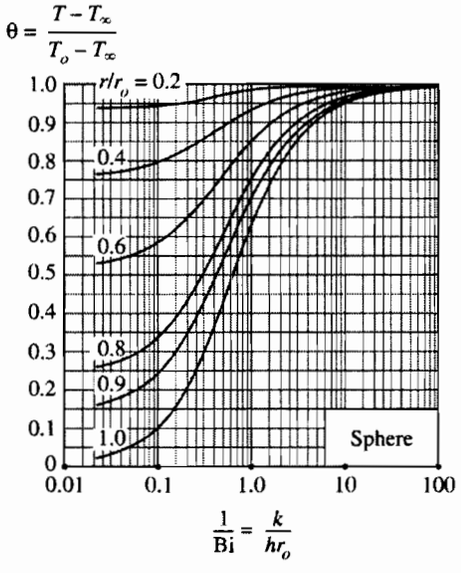
เมื่อ $$N^2 = \frac{Ph}{kA} = \frac{4h}{kD}$$

จงเขียนสมการ finite difference โดยแบ่งความยาวของวัตถุออกเป็น 5 ช่วงเท่าๆกัน และคำนวณหาอุณหภูมิที่ตำแหน่งบน Nodes ต่างๆ ด้วยวิธี finite difference

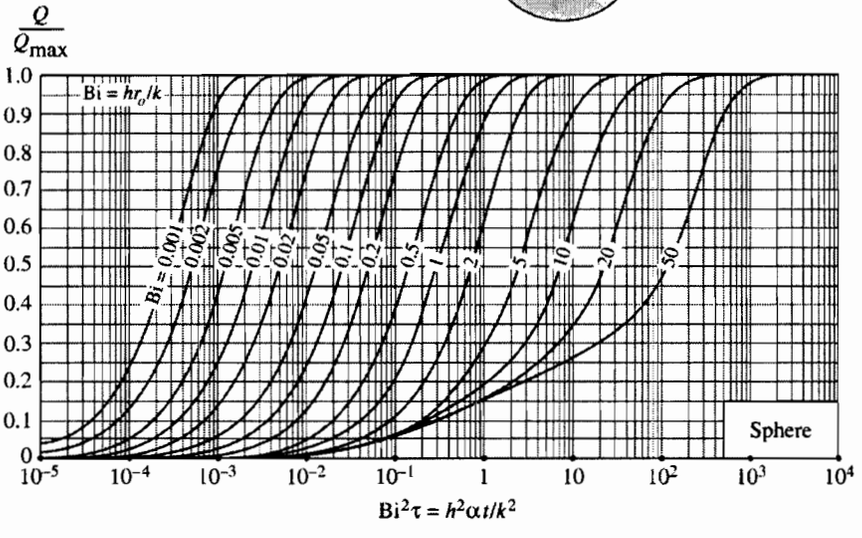



(*a*) Midpoint temperature (from M. P. Heisler)




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




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

$$Q_{max} = Q_0 = \rho C_p V(T_i - T_\infty)$$