มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2554

วันที่ 5 สิงหาคม 2554 เวลา 9.00-12.00

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

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
2. ให้ทำในตัวข้อสอบนี้ ให้ใช้การเขียนแบบ 2 หน้าได้
3. อนุญาตให้นำโน้ตจำนวน 1 แผ่น 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.....

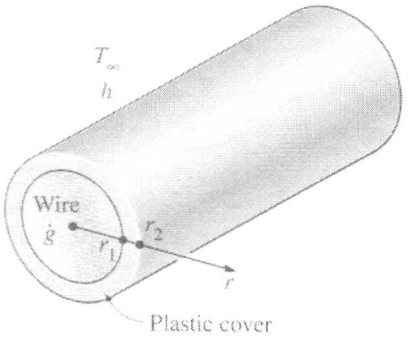
ข้อ 1) รังสีจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบนผิวด้านนอกของแผงบังแดดอะลูมิเนียมในอัตรา 1,000 W/m^2 อะลูมิเนียมดูดกลืนรังสีไว้ 30% ของรังสีตกกระทบ แล้วปล่อยความร้อนออกจากผิวด้านในโดยการพาความร้อน และผิวด้านนอกโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของอะลูมิเนียม(emissivity) คือ $\varepsilon = 0.1$ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศบนผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน (convection heat transfer coefficient) คือ $h = 15\ W/(m^2\,^{\circ}C)$ อากาศล้อมมีอุณหภูมิ $20^{\circ}C$ (ทั้งการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน) จงหาอุณหภูมิของแผงบังแดดอะลูมิเนียม

ข้อ 2) ท่อไอน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm มีอุณหภูมิคงที่ T_s = 150^{o}C สัมผัสกับอากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิ 30^{o}C และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศ (convection heat transfer coefficient) คือ h = 15 W/(m^{2} ^{o}C) จงหา

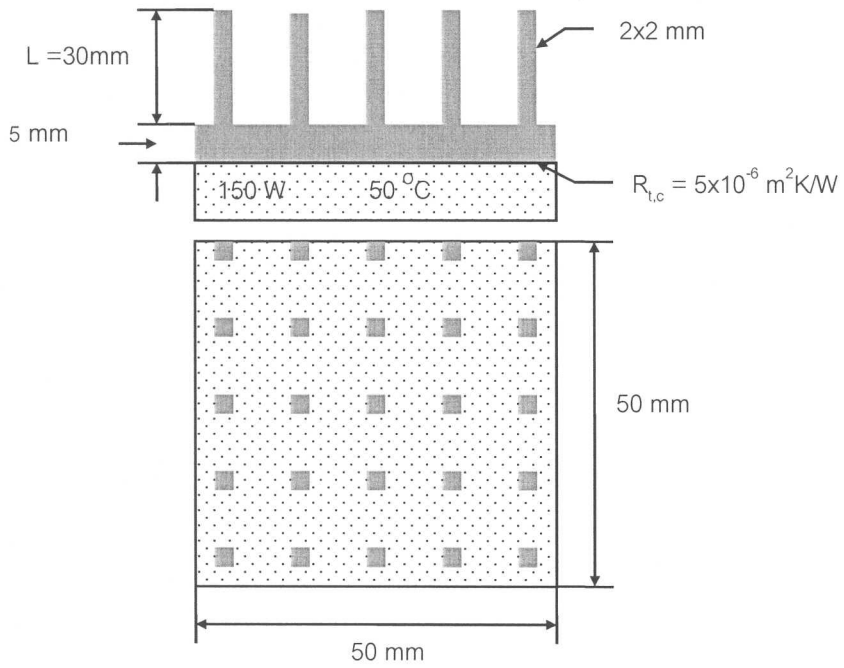
ก) อัตราการสูญเสียความร้อนต่อยาวท่อ 1 m

ข) ความหนาของฉนวนกันความร้อน (k = 0.1 W/m ^{o}C) หากต้องการลดการสูญเสียความร้อนเหลือไม่เกิน 30% ของข้อ ก)

ข้อ 3) ลวดความต้านทานเส้นหนึ่ง มีรัศมี r_1 = 5 mm ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน k_{wire}= 18 W/m ^{o}C และมีอัตราการกำเนิดความร้อนคงที่ $\dot{g}$ = 1.2x10^{5} W/m^{3} เส้นลวดถูกหุ้มด้วยพลาสติกหนา t = 10 mm ซึ่งพลาสติกมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน $k_{plastic}$= 0.3 W/m ^{o}C ผิวด้านนอกของพลาสติกสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนกับอากาศแวดล้อม ซึ่งอากาศมีอุณหภูมิ T_∞ = 30^{o}C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, h = 15 W/(m^{2} ^{o}C) หากสมมุติว่าเป็นการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady และลวดยาว 1 m จงหาความสัมพันธ์ของการกระจายอุณหภูมิในชั้นพลาสติก และอุณหภูมิที่ผิวนอกของเส้นลวด (T_{r1})



ข้อ 4) เพื่อรักษาอุณหภูมิภายใน CPU chip ให้ไม่สูงกว่า 50 ^{o}C จึงมีการใช้ fins ที่ทำมาจากโลหะผสมซึ่งมีค่าการนำความร้อน 350 W/m ^{o}C เพื่อระบายความร้อนออกจาก chip โดย fins มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2x2 mm ยาว 30 mm ฐาน fins หนา 5 mm รอยต่อระหว่าง fins กับ chip มีค่า contact resistance, $R_{t,c}$ = 5x10^{-6} m^{2} ^{o}C/W หาก chip มีขนาด 50 mm x 50 mm และมีความร้อนเกิดขึ้นในอัตราการ 150 W อุณหภูมิของอากาศ T_{∞} = 30 ^{o}C , และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 150 W/m^{2} ^{o}C จงหาจำนวน fin ที่ต้องติดตั้ง เมื่อด้านล่างและด้านข้างของ chip ไม่มีการถ่ายเทความร้อน (หมายเหตุ จำนวน fin ในรูปไม่ใช่จำนวนที่ถูกต้อง และไม่คิดการถ่ายเทความร้อนที่ปลายครีบ $Q_{fin} = \theta_0 \sqrt{PhkA}\tanh(mL)$)



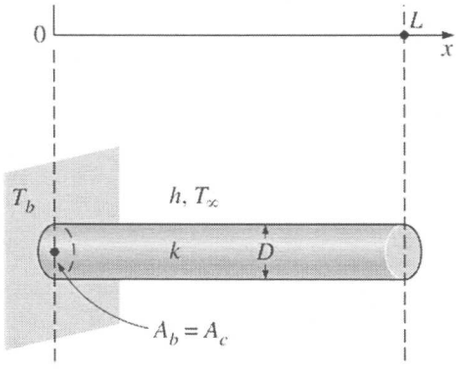
ข้อ 5) จงวิเคราะห์ปัญหาการนำความร้อนในสภาวะ transient ต่อไปนี้

ก) ลูกบอลเหล็ก (k = 54 W/m $^{\circ}$C, ρ = 7,833 kg/m^3, และ c_p = 0.465 KJ/kg) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm ถูกชุบแข็งโดยการอบจนมีอุณหภูมิ 850°C แล้วทำให้เย็นตัวในน้ำมันจนมีอุณหภูมิที่ผิวนอก 50°C หากน้ำมันมีอุณหภูมิ 30°C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน h = 15 W/m^{2o}C จงประมาณระยะเวลาของกระบวนการชุบแข็ง และพลังงานความร้อนที่ต้องดึงออกจากลูกบอลเหล็กในหน่วยจูล (J)
(กำหนดให้ใช้วิธี Lumped system analysis)

ข) ลูกบอลโลหะ ($k = 15\ W/m^{\circ}C$, $\rho = 3{,}800\ kg/m^3$, และ $c_p = 0.465\ KJ/kg$) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm ถูกชุบแข็งโดยการอบจนมีอุณหภูมิ 1,250°C แล้วทำให้เย็นตัวในน้ำมันจนมีอุณหภูมิที่ผิวนอก 50°C หากน้ำมันมีอุณหภูมิ 30°C และสัมประสิทธิ์การพาความร้อน $h = 300\ W/m^{2o}C$ จงประมาณระยะเวลาของกระบวนการชุบแข็ง และพลังงานความร้อนที่ต้องดึงออกจากลูกบอลเหล็กในหน่วยจูล (J)

(กำหนดให้ใช้วิธี Temperature chart)

ข้อ 6) พิจารณาการถ่ายเทความร้อนของครีบเหล็กทรงกระบอกที่มีความยาว L= 10 cm และเส้นผ่าศูนย์กลาง D = 1.5 cm โดยเหล็กมีค่าการนำความร้อน k = 54 W/m °C ด้านหนึ่งของครีบมีอุณหภูมิคงที่ T_b = 200°C ในขณะผิวด้านข้างเกิดการพาความร้อนกับอากาศแวดล้อมที่อุณหภูมิ T_∞ = 30°C และสัมประสิทธิการพาความร้อน h = 30 W/m^2 °C หากสมมุติให้เป็นปัญหาการนำความร้อนทิศทางเดียว ในสภาวะ steady state และเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้



Nodes ต่างๆ ด้วยวิธี finite difference

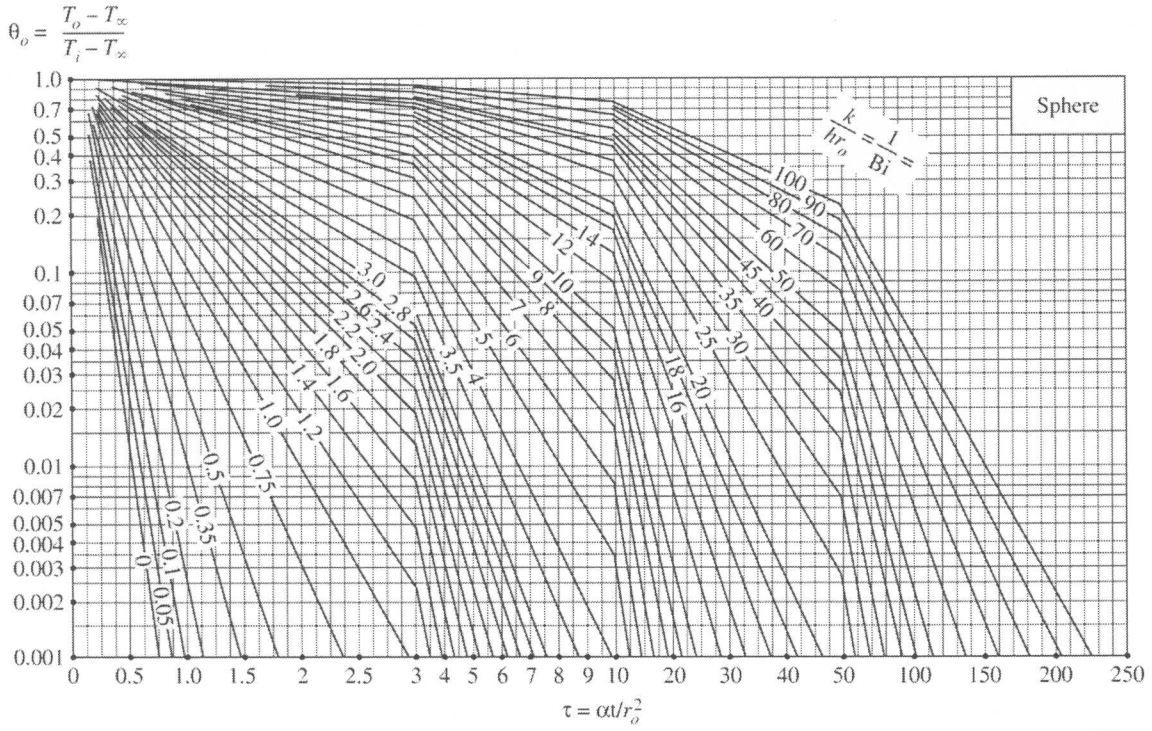
$$\frac{d^2T(x)}{dx^2} - N^2T(x) = 0 \qquad \text{in } 0 \le x < L$$

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

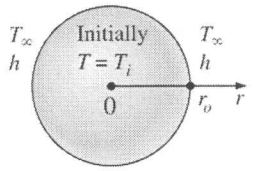
$$-k\frac{dT(x)}{dx} = h[T(x) - T_\infty] \qquad \text{at } x = L$$

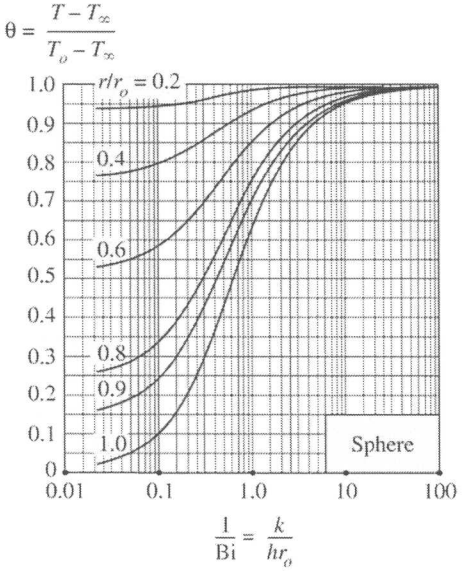
เมื่อ $$N^2 = \frac{Ph}{kA} = \frac{4h}{kD}$$

จงเขียนสมการ finite difference โดยแบ่งความยาวของครีบออกเป็น 5 ช่วงเท่าๆกัน และคำนวณหาอุณหภูมิที่ตำแหน่งบน

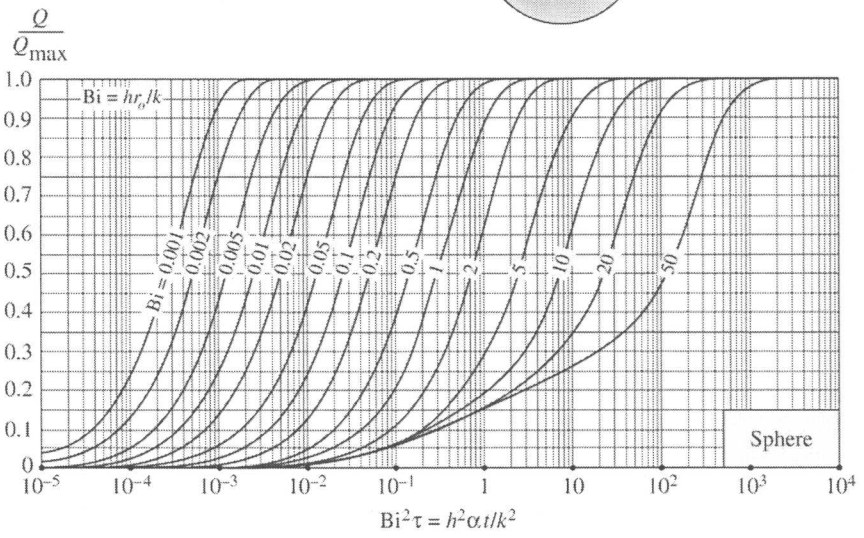


(*a*) Midpoint temperature (from M. P. Heisler)





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



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

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