ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

# มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2557

วันที่ 18 มีนาคม 2558 เวลา 13.30-16.30 น.

วิชา 215-333 Heat transfer ห้อง หัวหุ่น

---

คำสั่ง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ 10 หน้า (หน้าสุดท้ายใช้สำหรับทดเลข และอ่านกราฟ)
2. ไม่อนุญาตให้เปิดเอกสาร ตำรา สมุดหรือกระดาษบันทึกใดๆ ในการสอบ
3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลข และทำข้อสอบด้วยดินสอได้

ผู้ออกข้อสอบ

ดร.ภาสกร เวสสะโกศล

| ข้อ | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ |
|---|---|---|
| 1 | 20 | |
| 2 | 20 | |
| 3 | 20 | |
| 4 | 20 | |
| 5 | 20 | |
| คะแนนรวม | 100 | |

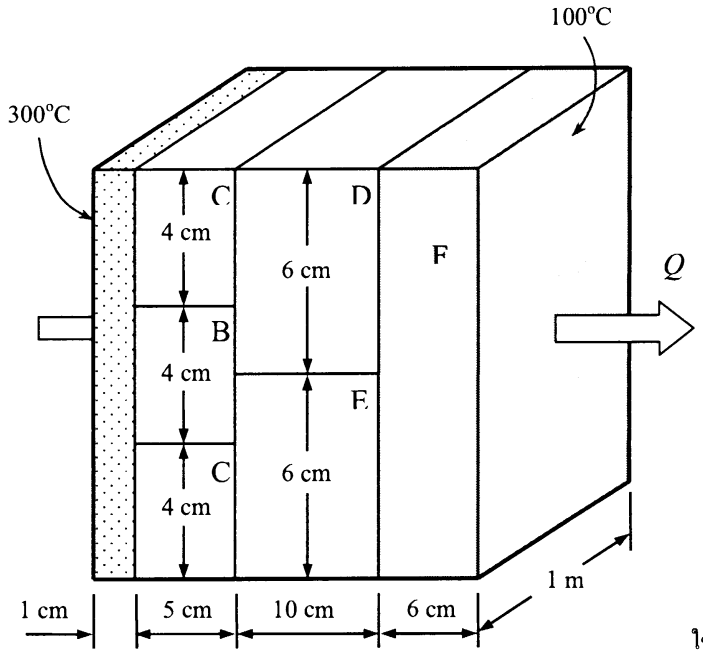
ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

1. พิจารณา**<u>ส่วนหนึ่งของผนัง</u>** (แสดงเฉพาะพื้นที่หน้าตัด 0.12 $m^2$ และหนา 22 cm ปริมาตรในส่วนอื่นเหมือนกับปริมาตรในส่วนนี้) ดังแสดงในรูปที่ 1 ผนังทั้งหมดมีความสูง 4.8 m ยาว 8 m และหนา 22 cm สภาพการนำความร้อนของวัสดุต่างๆในผนังมีหน่วยเป็น W/(m.°C) ได้แก่ $k_A = k_F = 2$, $k_B = 8$, $k_C = 20$, $k_D = 15$ และ $k_E = 35$ อุณหภูมิที่ผิวด้านซ้ายมือของผนังมีค่าเท่ากับ 300°C อุณหภูมิที่ผิวด้านขวามือของผนังมีค่าเท่ากับ 100°C สมมุติว่าการนำความร้อนผ่านผนังนี้เป็นการถ่ายเทความร้อนในหนึ่งมิติที่สภาวะคงตัว และสมมุติว่าไม่มีความต้านทานความร้อนที่รอยต่อระหว่างวัสดุต่างๆ จงหา

(a) อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่าน**<u>ผนังทั้งหมด</u>**

(b) อุณหภูมิที่จุดซึ่งวัสดุ B, D และ E มาบรรจบกัน

(c) อุณหภูมิแตกต่างของวัสดุ F

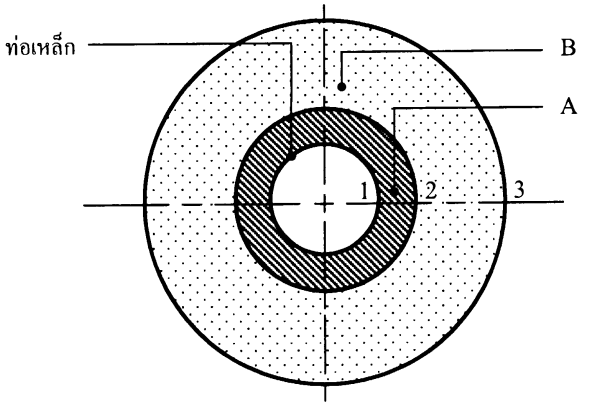



รูปที่ 1
(Not to scale)
ใช้ขนาดที่กำหนดไว้ในรูป

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

2. ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอกเท่ากับ 50 mm ถูกห่อหุ้มด้วยฉนวนชั้นที่หนึ่งทำจาก asbestos (k= 0.166 W/(m.K)) หนา 6.4 mm ตามด้วยฉนวนชั้นที่สองทำจาก fiberglass (k = 0.0485 W/(m.K)) หนา 25 mm ดังรูปที่ 2 อุณหภูมิที่ผิวนอกของท่อเหล็กคือ 393 K และอุณหภูมิที่ผิวนอกสุดของฉนวนคือ 311 K จงคำนวณอุณหภูมิที่รอยต่อระหว่าง asbestos และ fiberglass




รูปที่ 2

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

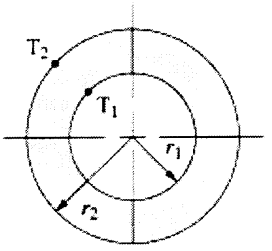
3. ทรงกลมกลวงมีอุณหภูมิคงที่ทั้งผิวในและผิวนอกเท่ากับ $T_1$ และ $T_2$ ตามลำดับ รัศมีของผิวในและผิวนอกคือ $r_1$ และ $r_2$ ตามลำดับ สภาพนำความร้อน ($k$) ของวัสดุทรงกลมนี้เป็นค่าคงที่ สมมุติว่าความร้อนไหลออกจากผิวในสู่ผิวนอกของทรงกลม

(i) จงเขียนสมการของการกระจายอุณหภูมิแบบหนึ่งมิติที่สภาวะคงตัวภายในทรงกลมกลวง โดยจัดสมการให้อยู่ในรูปแบบ

$$T(r) = A(r)T_1 + B(r)T_2$$

(ii) แสดงสมการของอัตราการถ่ายเทความร้อนในแนวรัศมีผ่านทรงกลมกลวง และตอบคำถามว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับรัศมีหรือไม่ อย่างไร)

(iii) แสดงสมการของความต้านทานเชิงความร้อนของทรงกลมกลวง

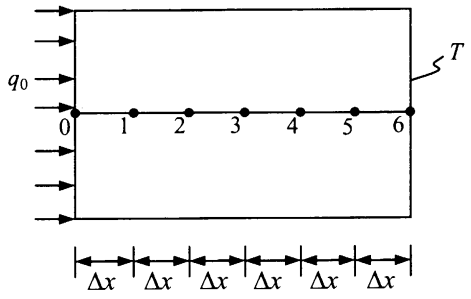



รูปที่ 3

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

4. Slab ทำจาก carbon steel ($k = 35\ \mathrm{W/(m\cdot{}^{\circ}C)}$, $\alpha = 1\times10^{-5}\ \mathrm{m^2/s}$) มีอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 30°C สม่ำเสมอภายใน slab ที่เวลา t = 0 ผนังด้านซ้ายมือมี heat flux ไหลเข้าสู่ slab ในอัตราคงที่ 10000 W/m$^2$ แต่ผนังด้านซ้ายมือมีอุณหภูมิเท่ากับ 30°C เช่นเดิม รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งของ Node ภายใน slab ($\Delta x = 1$ cm , L = 5 cm) อุณหภูมิที่ขอบเขตของปัญหาที่เวลา $i$+1 ให้คำนวณด้วยกฎของฟูเรียร์ $q_0 = -k\left(dT/dx\right)_{x=0}$




รูปที่ 4

สมการของวิธี finite difference ซึ่งใช้ explicit scheme สำหรับ internal node สามารถจัดรูปได้ดังนี้

$$T_m^{i+1} = AT_{m-1}^i + BT_m^i + CT_{m+1}^i$$

โดย $A$, $B$ และ $C$ ขึ้นอยู่กับ parameter $r$ (ตัวแปรสำคัญของ Stability criterion ใน explicit scheme)
ใช้ได้กับกรณีที่ ($\Delta x$ คงที่และ $\Delta t$ คงที่) forward difference ใช้สำหรับพจน์เปลี่ยนแปลงตามเวลา และพจน์อนุพันธ์อันดับสองของอุณหภูมิตามพิกัด $x$ ถูกแทนด้วยสูตรของ finite difference ที่เวลาซึ่งผ่านไปแล้ว ให้คำนวณอุณหภูมิที่ขอบเขตโดยไม่คิดผลของความจุความร้อน

**จงคำนวณอุณหภูมิที่จุดต่างๆภายใน slab ที่สภาวะไม่คงตัว ด้วยวิธี finite difference method และ explicit scheme (กำหนดให้ parameter $r$ = 0.25 เพื่อไม่ให้ขัดแย้งกับ stability criterion) พร้อมทั้งแสดงวิธีหา $\Delta t$ และใส่ผลการคำนวณที่เวลา 5 วินาทีและ 10 วินาทีในตารางให้ครบถ้วน (สิ้นสุดการคำนวณที่เวลา 10 วินาที)**

| $t$ (วินาที) | $x$ = 0 cm | $x$ = 1 cm | $x$ = 2 cm | $x$ = 3 cm | $x$ = 4 cm | $x$ = 5 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| 5 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____

5. ทรงกระบอกตันมีความยาวมากทำจากอลูมิเนียม

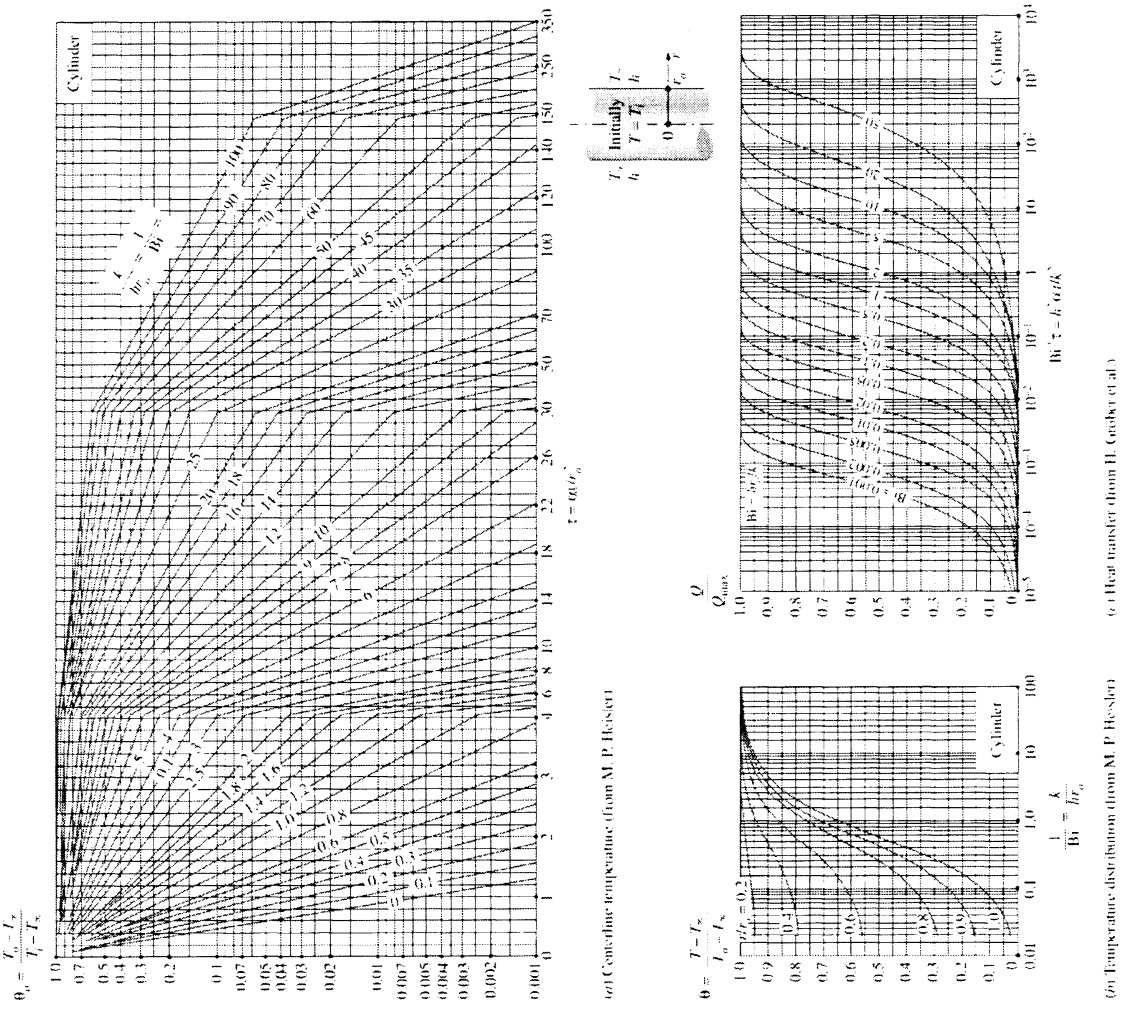
$$k = 215\ \mathrm{W/(m\cdot{}^{\circ}C)},\ \rho = 2700\ \mathrm{kg/m^3},\ c_p = 900\ \mathrm{J/(kg\cdot{}^{\circ}C)}$$

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกระบอกคือ 50 mm อุณหภูมิเริ่มต้นคือ 200°C ที่เวลา $t = 0$ นำแผ่นอลูมิเนียมไปวางไว้ในของไหลที่มีอุณหภูมิ 70°C และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเท่ากับ 525 W/(m$^2$.°C) หลังจากเวลาผ่านไป 60 วินาที ถามว่า

(i) อุณหภูมิที่รัศมี 12.5 mm วัดจากจุดศูนย์กลางของทรงกระบอกมีค่าเท่ากับเท่าไร

(ii) พลังงานที่ปล่อยออกจากทรงกระบอกต่อหนึ่งหน่วยความยาวที่เวลานั้นมีค่าเท่ากับกี่จูลต่อเมตร

ชื่อ _____นามสกุล _____ รหัสนักศึกษา_____Section_____




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

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

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