รหัส.....

ชื่อ.....

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Midterm Examination Paper: Semester 2 Academic year : 2004

Date : December 23 2004 Time : 9.00 – 12.00

Subject : 230-323 Unit Operations I Room : A401

คำสั่ง

1. ทำทุกข้อ ลงในข้อสอบนี้
2. ให้ทำลงในที่ที่จัดไว้ให้ หากไม่พอ อนุญาตให้ทำด้านหลังได้
3. ใช้ดินสอทำได้
4. อนุญาตให้นำกระดาษ A4 เข้าห้องได้ 2 แผ่น
5. ห้ามยืมเอกสาร เครื่องคิดเลข ระหว่างการสอบ
6. สามารถสร้างสมมุติฐานการคำนวณได้ แต่ต้องมีเหตุผลที่ดีในการสนับสนุนการสร้างสมมุติฐานนั้น
7. คำตอบที่ได้ต้องแสดงหน่วยของคำตอบด้วย
8. หากการคำนวณต้องใช้วิธี trial and error แล้ว และหากไม่มีเวลาเพียงพอแล้ว ให้แสดงผลสรุปถึงแนวทางการคำนวณได้

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	20	
2	20	
3	10	
4	20	
5	10	
6	10	
รวม	90	

อ.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อ 11 หน้า และเพิ่มเติมเอกสารแสดงข้อมูลที่อาจต้องใช้ประกอบการคำนวนอีก 1 หน้า

*****โปรดตรวจความเรียบร้อยก่อนลงมือทำ******

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำคือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

รหัส.....

ข้อ 1 (20 คะแนน) น้ำถูกนำมาใช้ในกระบวนการดูดซึม เพื่อต้องการแยกก๊าซอัมโมเนียออกจากก๊าซผสมระหว่างอัมโมเนียกับอากาศ โดยใช้น้ำเป็นตัวดูดซึมดังรูปข้างล่างนี้ ถ้าระบบอยู่ที่สภาวะคงตัวและมีเฉพาะอัมโมเนียเท่านั้นที่เกิดการแพร่ซึม โดยอัมโมเนียจะแพร่จากบัลค์ของก๊าซผสมที่มีแฟรคชันเชิงโมล (mole fraction) ของอัมโมเนียที่ขอบด้านบนของฟิล์มก๊าซนิ่งเป็น 0.034 แพร่ผ่านฟิล์มก๊าซนิ่งที่มีความหนา 2 cm จากนั้นจึงแพร่เข้าสู่ฟิล์มนิ่งของน้ำ โดยความเข้มข้นของอัมโมเนียที่ชั้นล่างสุดของฟิล์มน้ำจะมีค่าเป็นศูนย์ สำหรับแฟรคชันเชิงโมลของอัมโมเนียที่อินเตอร์เฟเชียลมีค่าเป็น 0.032 และระบบมีความดันคงที่ 1 atm และอุณหภูมิคงที่ 15°C แล้ว จงหาความสูงของฟิล์มน้ำ

กำหนดให้

1. ความสามารถการแพร่ของอัมโมเนียในอากาศที่อุณหภูมิ 273 K ความดัน 1.5 atm = 0.132 cm^2/s
2. ความสามารถการแพร่ของอัมโมเนียในน้ำที่อุณหภูมิ 278 K ความดัน 1 atm = $1.21X10^{-10}$ cm^2/s
3. ความหนืดของสารละลายอัมโมเนีย μ เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิ T ดังนี้

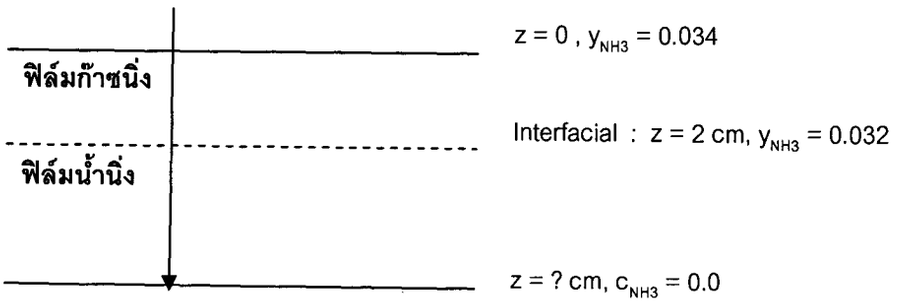
$$\mu\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}\right) = -4.6X10^{-5}T(\text{K}) + 0.01436$$

โดย μ = ความหนืดสารละลายอัมโมเนียในหน่วย kg/m·s และ T เป็นอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน K

4. ที่สภาวะสมดุลของระบบก๊าซ-ของเหลวที่อินเตอร์เฟเชียลนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของอัมโมเนีย c_{Ai} (mol/cm^3) กับความดันส่วน p_{Ai} ของอัมโมเนียในหน่วย atm เป็นดังนี้

$$p_A(\text{atm}) = 5.1X10^{-4}c_{Ai}\left(\text{mol/cm}^3\right)$$

5. อัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความหนาแน่นต่อน้ำหนักโมเลกุลของสารละลายในฟิล์มน้ำนิ่งที่จุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของการแพร่ $(\rho/M)_{av}$ = 1960 mol/cm^3



รหัส.....

ข้อ 2 (20 **คะแนน**) ของแข็งพรุนมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมบาง (slab) ที่มีความหนา 5 mm โดยรูพรุนภายในมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า) เป็น 0.7 μm (หรือ $7X10^{-7}$ m) และรูพรุนเหล่านี้เปิดต่อเนื่องถึงกัน เมื่อนำของแข็งพรุนมาศึกษาการแพร่ของระบบ N_2-H_2 ที่ไหลแบบสวนทางกัน ณ อุณหภูมิ 0 ^{0}C และความดัน 1 atm จากการทดลองพบว่าความดันส่วน (partial pressure) ของไนโตรเจนที่แต่ละด้านของของแข็งพรุนเป็น 0.7 และ 0.3 atm ตามลำดับ และค่าระยะเฉลี่ยที่โมเลกุลเคลื่อนที่ในช่วงระหว่างการชน $\lambda = 7.5X10^{-8}$ m แล้ว

2.1 จงหาฟลักซ์การแพร่ของไนโตรเจน

2. 2 จงอธิบายลักษณะการแพร่ผ่านของแข็งแบบฟิค การแพร่แบบนัทสัน และการแพร่แบบทรานสิชัน

2.3 ท่านคิดว่าการแพร่ในข้อ 2.1 เป็นแบบใด เพราะเหตุใด

กำหนดให้

1. น้ำหนักโมเลกุลของ N_2 = 28 g/mole และ H_2 = 2 g/mole

2. ค่าความสามารถการแพร่นัทสันเชิงประสิทธิผลของ N_2 ที่สภาวะทำงานข้างต้น $D_{K, N2, eff} = 5.25X10^{-6}$ m^2/s

3. ค่าความสามารการแพร่ก๊าซไนโตรเจนผ่านก๊าซไฮโดรเจน $D_{N2-H2} = 7.84X10^{-5}$ m^2/s ที่อุณหภูมิ 298 K ความดัน 1 atm

รหัส.....

ข้อ 3 (10 คะแนน) กระเบื้องดินมีรูปร่างเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมมีความหนา 5 mm และมีความยาวด้านละ 2 cm โดยขอบความหนาทั้งสี่ด้านของกระเบื้องถูกปิดคลุมด้วยแบบพิมพ์ ทำให้การแพร่เกิดขึ้นเฉพาะด้านบนและด้านล่างเท่านั้น ถ้าที่สภาวะเริ่มต้นกระเบื้องดินมีความชื้นสม่ำเสมอทั่วแผ่นเป็น 35% จากนั้นจะถูกตั้งทิ้งไว้ในอากาศชื้นที่มีความชื้นคงที่ 7% ดังนั้นความชื้นในกระเบื้องจะแพร่มายังที่ผิวกระเบื้อง และแพร่เข้าสู่อากาศชื้นที่อยู่รอบๆ จากการทดลองพบว่า เมื่อวางกระเบื้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ความชื้นของกระเบื้องจะลดลงเหลือ 20%

ถ้าต้องการให้ขอบทั้งสี่ข้างของความหนากระเบื้องถูกเปิดออกจากพิมพ์ เพื่อให้สัมผัสกับอากาศได้ทุกด้านแล้ว จะสามารถประหยัดเวลาได้กี่ชั่วโมงเพื่อจะลดความชื้นกระเบื้องเหลือ 20%

รหัส.....

ข้อ 4 (20 คะแนน) คอลัมน์ผนังเปียกถูกนำมาใช้เพื่อแยกสาร A ออกจากสารละลาย โดยใช้การดูดซึมกับอากาศ คอลัมน์ผนังเปียกทำงานที่สภาวะคงตัว ณ อุณหภูมิ 60 °F ความดัน 760 mm.Hg จากการทดลองพบว่า ที่จุด ๆ หนึ่งในคอลัมน์ ค่าความดันส่วน (partial pressure) ของ A ในบัลค์เฟสก๊าซเป็น 30 mm.Hg ในขณะที่ความเข้มข้นของ A ในเฟสของเหลวเป็น 0.25 lbmole of A/ft^3 of solution ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลของของเหลว K_L = 0.4 lbmole A/hr·ft^2·(lbmole A/ft^3 of solution) และพบว่าความต้านทานการถ่ายโอนมวลในของเหลวเป็น 40% ของความต้านทานการถ่านโอนมวลทั้งหมด กำหนดให้ที่อินเตอร์เฟเชียลไม่มีความต้านทานการถ่ายโอนมวลแล้ว

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ที่สมดุลของอัมโมเนียระหว่างความดันส่วน (partial pressure) ในเฟสก๊าซกับความเข้มข้นของอัมโมเนียในเฟสของเหลวเป็น

$$p_{NH_3,i} = 167 c_{NH_3,i}$$

โดยที่ $p_{NH3,i}$ = ความดันส่วนของอัมโมเนียในเฟสก๊าซที่สภาวะสมดุล มีหน่วยเป็น mm.Hg และ $c_{NH3,i}$ = ความเข้มข้นอัมโมเนียในเฟสของเหลวที่สภาวะสมดุลมีหน่วยเป็น lbmole A/ft^3 solution

1. จงหาค่าดังต่อไปนี้ k_G , k_L, K_G และ K_y
2. จงหาความดันส่วนและความเข้มข้นของ A ที่อินเตอร์เฟเชียล
3. ฟลักซ์การถ่ายโอนของ A
4. จงพล็อตกราฟระหว่างความดันส่วนของอัมโมเนียในเฟสก๊าซ กับความเข้มข้นของอัมโมเนียในเฟสของเหลวเพื่อแสดงแรงขับเคลื่อน (driving force) ซึ่งเป็นความแตกต่างของความเข้มข้นในแต่ละเฟสและทั้งหมดของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวมและสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเฉพาะที่

รหัส.....

ข้อ 5 (10 คะแนน) แผ่นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีรูปร่างสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 15 cm X 15 cm ถูกลากไปบนน้ำทะเลด้วยความเร็ว 0.6 m/s ถ้าอุณหภูมิของน้ำทะเลคงที่ 251 K ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำทะเลเป็น 0.0309 g/cm^3 และความเข้มข้นอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำทะเลเป็น 35 g/cm^3 จงหาอัตราที่แผ่นเกลือโซเดียมคลอไรด์ละลาย (g/s) กำหนดให้

1. การละลายของแผ่นโซเดียมคลอไรด์เป็นไปอย่างสม่ำเสมอและคงรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส รวมทั้งไม่มีผลการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณมุมขอบของแผ่นเกลือ
2. ที่อุณหภูมิ 251 K น้ำทะเลมีความหนาแน่น 1670 kg/m^3 และความหนืด 1.7X10^{-3} kg/m•s
3. ค่าความสามารถการแพร่ของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำเป็น 1.22X10^{-9} m^2/s ที่อุณหภูมิ 251 K

รหัส.....

ข้อ 6 (10 คะแนน) ในการคำนวณการแพร่ของก๊าซผสมทวิภาค (A+B) โดยมีเฉพาะ A ที่แพร่ และระบบมีความดันคงที่นั้น หากเพิ่มความดันของระบบขึ้นอีกเท่าตัวแล้ว ท่านคิดว่าจะมีผลต่อฟลักซ์การแพร่ของ A หรือไม่ อย่างไร

เอกสารแสดงข้อมูลที่อาจต้องใช้ประกอบการคำนวน

1. ข้อมูลค่าคงที่และการแปลงหน่วย

$$R = 8.314\frac{m^3 \cdot Pa}{mol \cdot K} = 82.06\frac{cm^3 atm}{mol \cdot K} = 0.7302\frac{ft^3 \cdot atm}{lbmol \cdot {}^\circ R} = 10.73\frac{ft^3 \cdot psia}{lbmol \cdot {}^\circ R}$$

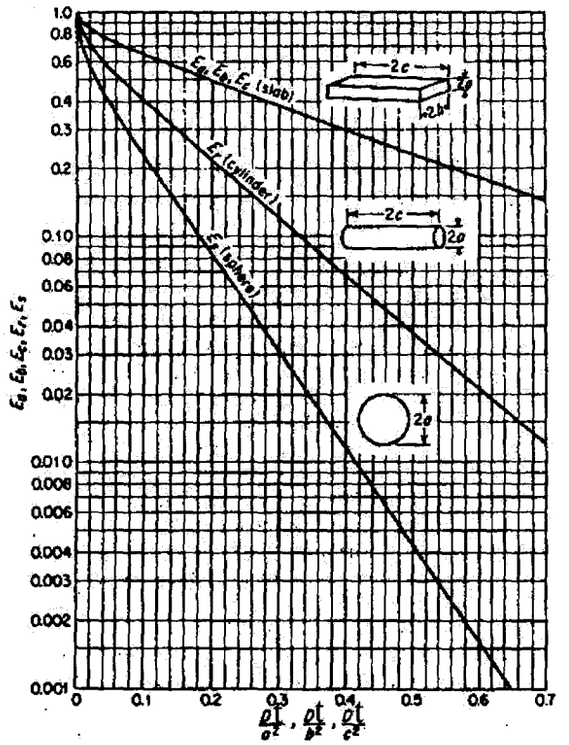
$$1\,atm = 1.01325\,X10^5\,Pa = 101.325\ kPa = 14.696\ psi = 760\ mm\,Hg$$

$$1\,hr = 60\,min = 3600\,second$$

$$1\,m = 100\,cm = 1000\,mm$$

$$T(K) = T({}^\circ C) + 273 \qquad ; T({}^\circ F) = 1.8T({}^\circ C) + 32 \qquad ; T({}^\circ R) = T({}^\circ F) + 460$$

2. กราฟการคำนวณ



รูป 1 แสดงการแพร่ที่สถานะไม่คงตัวสำหรับค่าเฉลี่ยความเข้มข้น โดยไม่มีความต้านทานการแพร่ที่ผิวของแข็ง เมื่อของแข็งเป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก (slab) ทรงกระบอก และทรงกลม