

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING

Midterm Examination Paper: Semester 2

Academic year : 2003

Date : December 25, 2003

Time : 9.00 – 12.00

Subject : 230-323 Unit Operations I

Room : R200

- ข้อสอบมีทั้งหมด 5 ข้อ ให้ทำทุกข้อ มีคะแนนรวม 95 คะแนน
- ให้ทำข้อสอบในบริเวณที่จัดไว้ให้ และหากไม่พอให้ทำที่ด้านหลังของข้อสอบได้ และให้ระบุข้อให้ชัดเจน
- อนุญาตให้นำหนังสือ เอกสาร และเครื่องคิดเลขทุกรุ่นเข้าห้องสอบได้
- ห้ามหยิบยืมหนังสือและเอกสารทุกชนิด
- นักศึกษาสามารถตั้งข้อสมมุติฐานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ และต้องระบุข้อสมมุติฐานดังกล่าวให้ชัดเจน
- คำตอบที่ได้ต้องแสดงหน่วยของคำตอบด้วย
- หากการคำนวณต้องใช้วิธี trial and error แล้ว และหากไม่มีเวลาเพียงพอแล้ว ให้แสดงผลรูปถึงแนวทางการคำนวณได้

อ.จ.โรวัลย์ รัตนะพิสิฐ

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อ	1	2	3	4	5	รวม
คะแนนเต็ม	20	20	25	20	10	95
คะแนนที่ได้						

โปรดตรวจความเรียบร้อยของข้อสอบก่อนลงมือทำ

ข้อสอบมีทั้งหมด 8 หน้า

กำหนดให้

$$R = 8314 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} = 0.7302 \frac{\text{ft}^3 \text{ atm}}{\text{lbmole} \cdot \text{R}}$$

ชื่อ.....รหัส.....

ข้อ 1 (คะแนนรวม 20 คะแนน) โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งต้องการสร้างถังเก็บตัวทำละลายบิวทานอล ($C_4H_{10}O$) เพื่อไว้ใช้ในกระบวนการผลิต โดยต้องการสร้างเป็นถังทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 m และมีความสูงเป็น 7 m และเป็นถังเปิดสู่บรรยากาศ เมื่อตัวทำละลายถูกนำมาเก็บไว้ในถังแล้ว ที่ผิวด้านบนของผิวน้ำตัวทำละลายนี้จะมีชั้นอากาศนิ่งเป็นฟิล์มอยู่และมีความหนา 5 มิลลิเมตร ถ้าอากาศไม่แพร่เข้าสู่ตัวทำละลาย ดังนั้นจะมีเฉพาะไอของบิวทานอลแพร่เท่านั้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของบิวทานอลที่เลเยอร์ด้านบนของฟิล์มนี้มีค่าน้อยมาก นั่นคือบิวทานอลระเหยเข้าสู่บรรยากาศได้

- กำหนดให้
1. อุณหภูมิเดือดบรรยากาศ (normal boiling point) = 390.81 K
 2. ความถ่วงจำเพาะของบิวทานอล = 0.837
 2. ความดันไอของบิวทานอล (P_A) ในหน่วย Pa เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิในหน่วยเคลวินดังนี้

$$P_A (\text{Pa}) = 98.90T(\text{K}) - 27713.05$$

คำถาม : ถ้าราคาของบิวทานอลเป็น 40 บาทต่อลิตรแล้ว ท่านคิดว่าโรงงานจะต้องสูญเสียเงินเท่าใดต่อการสูญเสียบิวทานอลเนื่องจากกระเหยเข้าสู่บรรยากาศในหนึ่งวัน โดยกำหนดให้อุณหภูมิของระบบคงที่ที่ 10°C และความดันบรรยากาศ 101.3 kPa

ชื่อ.....รหัส.....

ชื่อ.....รหัส.....

ข้อ 2 (คะแนนรวม 20 คะแนน) ของแข็งพรุณมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์และมีความยาวด้านละ 5 cm ถ้าที่ผิวขอบด้านข้างทั้งสี่ของของแข็งถูกเคลือบด้วยสารบางชนิด ทำให้การแพร่เกิดขึ้นเพียงด้านบนและด้านล่างเท่านั้น และมีอุณหภูมิและความดันคงที่เป็น 0°C และ 1 atm

2.1 ถ้าที่สภาวะเริ่มต้นของแข็งพรุณมีสาร A ปนเปื้อนอยู่ ซึ่งเมื่อสัมผัสกับอากาศแห้งที่เป็นบริเวณเปิดโล่งจะทำให้ A ระเหยเข้าสู่อากาศ จากการทดลองพบว่าหากทิ้งของแข็งดังกล่าวไว้ 1 ชั่วโมงแล้ว ความเข้มข้นของ A จะลดลง 50% จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้น กำหนดให้ ระบบนี้ไม่มีความต้านทานการแพร่ที่ผิวของแข็งเลย จงคำนวณหาความสามารถการแพร่ประสิทธิผล

2.2 หากผิวขอบด้านข้างของแข็งถูกปิดคลุมเพียงแค่นิ้วและท้าย (ด้านตรงข้ามกัน) ของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เท่านั้น จงหาว่าต้องใช้เวลานานเท่าใดที่จะทำให้ความเข้มข้นของ A ลดลง 50% จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้น (เปรียบเทียบกับข้อ 2.1)

2.3 หากนำของแข็งพรุณดังกล่าว (โดยไม่มี A ปนเปื้อน) ไปทดลองกับก๊าซออกซิเจนเพื่อหาฟลักซ์การแพร่ ถ้าค่าระยะเฉลี่ยที่โมเลกุลเคลื่อนที่ในช่วงระหว่างการชน $\lambda = 7.5 \times 10^{-8}$ m แล้ว ท่านคิดว่าการแพร่ผ่านของแข็งพรุณของออกซิเจนจะเป็นแบบฟิคหรือนีทสัน เพราะเหตุใด อธิบายเหตุผลพร้อมแสดงการคำนวณประกอบ กำหนดให้ ความสามารถการแพร่ที่สันของออกซิเจนประสิทธิผลเป็น 1.02×10^{-7} m^2/s

ความสามารถการแพร่ของ A-อากาศเป็น 3.52×10^{-7} m^2/s

ชื่อ.....รหัส.....

ข้อ 3 (คะแนนรวม 25 คะแนน) คอลัมน์ผนังเปียกถูกนำมาใช้เพื่อแยกแอมโมเนียออกจากก๊าซผสมของอากาศ + แอมโมเนีย โดยใช้ น้ำ ไหลลงผ่านผนังคอลัมน์ และคอลัมน์ผนังเปียกทำงานที่อุณหภูมิ 60 °F ความดัน 1 atm จากการทดลองพบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเฉพาะที่มีดังนี้

$$k_L = 0.205 \text{ lbmole NH}_3/\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot(\text{lbmole NH}_3/\text{ft}^3)$$

$$k_G = 0.240 \text{ lbmole NH}_3/\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{atm}$$

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ที่สมดุลของแอมโมเนียระหว่างความดันส่วน (partial pressure) ในเฟสก๊าซ กับความเข้มข้นของแอมโมเนียในเฟสของเหลวเป็น

$$p_{\text{NH}_3,i} = 0.215c_{\text{NH}_3,i}$$

โดยที่ $p_{\text{NH}_3,i}$ = ความดันส่วนของแอมโมเนียในเฟสก๊าซที่สภาวะสมดุล มีหน่วยเป็น atm และ $c_{\text{NH}_3,i}$ = ความเข้มข้นแอมโมเนียในเฟสของเหลวที่สภาวะสมดุลมีหน่วยเป็น lbmole NH₃/ft³ solution

จงคำนวณหา

1. k_y, k_c ของฟิล์มก๊าซ, K_G, K_y, K_L
2. ที่จุดหนึ่งในคอลัมน์ ถ้าความเข้มข้นของแอมโมเนียที่อินเตอร์เฟซเซียลเป็น 0.01335 lbmole NH₃/ft³ solution และปริมาณของแอมโมเนียในบัลด์เฟสก๊าซเป็น 1% เซิงโมล รวมทั้งกำหนดให้ที่อินเตอร์เฟซเซียลไม่มีความต้านทานการถ่ายโอนมวลแล้ว
 - 2.1 จงพล็อตกราฟระหว่างความดันส่วนของแอมโมเนียในเฟสก๊าซกับความเข้มข้นของแอมโมเนียในเฟสของเหลวเพื่อแสดงแรงขับเคลื่อน (driving force) ซึ่งเป็นความแตกต่างของความเข้มข้นในแต่ละเฟสและทั้งหมดของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวมและสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลเฉพาะที่
 - 2.2 จงหาว่าความต้านทานการถ่ายโอนมวลในเฟสของเหลวเป็นที่เปอร์เซ็นต์ของความต้านทานการถ่ายโอนมวลรวมของระบบ
 - 2.3 จงหาความเข้มข้นของแอมโมเนียในเฟสของเหลว และฟลักซ์การถ่ายโอนของแอมโมเนีย

ชื่อ.....รหัส.....

ชื่อ.....รหัส.....

ข้อ 4 (คะแนนรวม 20 คะแนน) เบนซีน (C_6H_6) ที่อุณหภูมิ 289 K และมีอัตราการไหล 4 kg/hr โดยเบนซีนจะไหลลงมาเป็นฟิล์มบางๆ ตามพื้นผิวด้านนอกของทรงกระบอกที่วางในแนวตั้ง อากาศแห้งที่อุณหภูมิ 311 K ความดัน 1.013×10^5 Pa ไหลตั้งฉากกับแกนทรงกระบอก ทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น 8 cm ความเร็วของอากาศเป็น 3 m/s จงหาความยาวของแท่งทรงกระบอกนี้ถ้าพื้นผิวทั้งหมดของทรงกระบอกนี้ใช้ในการระเหยเบนซีน โดยที่ขณะที่เบนซีนไหลลงมาตามผิวของทรงกระบอกนี้จะระเหยไปหมดพอดี กำหนดให้ความดันไอของเบนซีนที่อุณหภูมิ 289 K เป็น 8000 Pa

ชื่อ.....รหัส.....

ข้อ 5 (ประกอบด้วย 2 ข้อย่อย มีคะแนนรวม 10 คะแนน)

ข้อ 5.1 สมชายทำการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายโอนมวลในระบบหนึ่งพบว่ามีความ $K_L = 30$ lbmole/[hr·ft²·(lbmole/ft³)] และเมื่อนำไปคำนวณหาค่า k_L พบว่าได้ $k_L = 10$ lbmole/[hr·ft²·(lbmole/ft³)] นั่นคืออัตราส่วนของสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็น 1 ต่อ 3 ดังนั้นสมชายสรุปว่าความต้านทานการถ่ายโอนมวลในเฟสก๊าซจะเป็นส่วนที่เหลือ นั่นคือเป็น 2/3 ของความต้านทานทั้งหมด ท่านคิดว่าสมชายสรุปผลการทดลองนี้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร