รหัส.....

ชื่อ.....

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING

Midterm Examination Paper: Semester 2 Academic year : 2006

Date : December 19, 2006 Time : 9.00 – 12.00

Subject : 230-213 Chemical Engineering Thermodynamics Room : R200

คำสั่ง

1. ทำทุกข้อ ลงในข้อสอบนี้
2. ให้ทำลงในที่ที่จัดไว้ให้ หากไม่พอ อนุญาตให้ทำด้านหลังได้
3. ใช้ดินสอทำได้
4. อนุญาตให้นำหนังสือและเอกสารการเรียนเข้าห้องได้
5. ห้ามยืมเอกสาร เครื่องคิดเลข ระหว่างการสอบ
6. สามารถสร้างสมมุติฐานการคำนวณได้ แต่ต้องมีเหตุผลที่ดีในการสนับสนุนการสร้างสมมุติฐานนั้น
7. คำตอบที่ได้ต้องแสดงหน่วยของคำตอบด้วย

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	10	
3	10	
4	35	
5	15	
6	15	
7	15	
รวม	**115**	

ผศ.ดร.จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ
ผู้ออกข้อสอบ

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำคือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

******ข้อสอบมีทั้งหมด 7 ข้อ 10 หน้า โปรดตรวจความเรียบร้อยก่อนลงมือทำ******

ข้อควรระวัง:

1. ถ้านศ.ต้องใช้วิธีการ Trial and Error Method เพื่อหาคำตอบของโจทย์แล้ว และหากไม่มีเวลาเพียงพอ ให้แสดงแนวทางการแก้คำตอบโดยสรุปได้ อย่าใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการลองผิดลองถูกเพื่อแก้สมการ

2. แสดงวิธีการทำให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ตรวจเข้าใจถึงหลักคิดที่ทำ

รหัส.....

ข้อ 1 (คะแนนรวม 15 คะแนน) ความรู้ทั่วไปทางเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับวิศวกรรมเคมี

จงใส่เครื่องหมาย √ หน้าข้อที่ถูก หรือใส่เครื่องหมาย X หน้าข้อที่ผิด ในที่ว่าง ____ ของแต่ละข้อ (หรือแต่ละข้อย่อย)

1.1 _____สำหรับระบบปิดของสารบริสุทธิ์ที่ดำเนินตามกระบวนการอุณหภูมิคงที่แล้ว หากต้องการหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปีเมื่อความดันระบบเปลี่ยนไป สามารถหาได้จากการทดลองที่ดำเนินการตามกระบวนการความดันคงที่ โดยทำการวัดค่าปริมาตรระบบที่อุณหภูมิต่างๆ

1.2 _____ สำหรับกระบวนการอุณหภูมิคงที่แล้ว การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของแก๊สอุดมคติจะมีทิศทางเพิ่มขึ้นเมื่อความดันระบบสูงขึ้น

1.3 _____สำหรับระบบของสารบริสุทธิ์ในระบบปิด 2 แบบ โดยแต่ละแบบมีสภาวะเริ่มต้นของสารทำงานเหมือนกัน หากดำเนินการด้วยกระบวนการที่แตกต่างกันแล้ว โดยที่ทั้งสองระบบมีสภาวะสุดท้ายของสารทำงานเหมือนกันเช่นกัน จะได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงานกิปส์ของระบบทั้งสองแบบจะมีค่าเท่ากันเสมอ

1.4 _____ค่า B (second virial coefficient) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน และชนิดของแก๊ส

1.5 สำหรับระบบสารผสมแบบทวิภาค (binary system) ประกอบด้วยสาร 1 และสาร 2 ของ VLE แล้ว

_____ 1.5.1 โมลแฟรคชันของสาร 1 ในเฟสของเหลวจะเท่ากับโมลแฟรคชันของสาร 1 ในเฟสไอเสมอ

_____ 1.5.2 หากระบบนี้มีพฤติกรรมของสารผสมสอดคล้องกับกฎราอูลต์แล้ว ระบบนี้ไม่สามารถเกิดอะซิโอโทรป

_____ 1.5.2 ระบบของ VLE จะมีอุณหภูมิและความดันที่จุดวิกฤติคงที่ตลอดช่วง $x_1 = 0$ จนถึง $x_1 = 1.0$

1.6 สำหรับสารบริสุทธิ์ใดๆ ในระบบปิดที่เป็นแบบ VLE แล้ว

_____ 1.6.1 พลังงานกิปส์ในเฟสของเหลวจะเท่ากับพลังงานกิปส์ในเฟสไอเสมอ

_____ 1.6.2 อุณหภูมิและความดันใดๆ ในสภาวะ VLE นั้น สมการของ Redlish Kwang จะให้คำตอบของค่าปริมาตรจำเพาะเชิงโมล 3 ค่า โดยค่าปริมาตรจำเพาะเชิงโมลที่เป็นคำตอบถูกต้องของระบบคือค่ากลางของทั้ง 3 ค่านั้น

_____ 1.6.3 จำนวน degree of freedom ของระบบนี้ = 1

รหัส.....

ข้อ 2 (คะแนนรวม 10 คะแนน) ความรู้ทั่วไปของสมการสภาวะชนิดต่าง ๆ

2.1 (4 คะแนน) จงตอบคำถามสั้นๆ ในที่ที่เว้นว่างไว้

ค่า B ในสมการ virial equation (สมการ 3.38 ในเอกสารเรียน) หรือค่า b ในสมการ van der Waals (สมการ 3.40 ในเอกสารเรียน) บอกถึงอะไร

2.2 (6 คะแนน) จงใส่เครื่องหมาย √ ในช่อง ☐ ที่ถูกต้อง และหากตอบแบบมีข้อจำกัดความดัน ต้องใส่คำตอบสั้นๆ ว่าข้อจำกัดของความดันอยู่ในช่วงใด เพื่อแสดงเงื่อนไขในการใช้สมการข้างล่างนี้หรือข้อสมมุติฐานของการพัฒนาสมการต่อไปนี้

ชนิดสมการ	แรงกระทำระหว่างโมเลกุล	ข้อจำกัดความดันหรือช่วงความดันที่ควรใช้
กฎของแก๊สอุดมคติ	☐ มีแรงกระทำฯ ☐ ไม่มีแรงกระทำฯ	☐ ไม่มีข้อจำกัดความดัน ☐ มีข้อจำกัด (ระบุ)_____
สมการ virial	☐ มีแรงกระทำฯ ☐ ไม่มีแรงกระทำฯ	☐ ไม่มีข้อจำกัดความดัน ☐ มีข้อจำกัด (ระบุ)_____
สมการ Redlish Kwang	☐ มีแรงกระทำฯ ☐ ไม่มีแรงกระทำฯ	☐ ไม่มีข้อจำกัดความดัน ☐ มีข้อจำกัด (ระบุ)_____

รหัส.....

ข้อ 3 (คะแนนรวม 10 คะแนน) การพิสูจน์กฎทางเทอร์โมไดนามิกส์

จงแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสมบูรณ์ของระบบมีค่าเป็นบวกแล้ว

$$\left(\frac{\partial^2 H}{\partial S^2}\right)_P > 0$$

รหัส.....

ข้อ 4 (คะแนนรวม 35 คะแนน) สมการสภาวะและ residual properties

แก๊สนอร์มัลบิวเทน (n-butane) มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 323 K ความดัน 1 bar ไปยังสภาวะสุดท้ายที่อุณหภูมิ 595.14 K ความดัน 94.9 bar กำหนดให้:

1. ที่สภาวะเริ่มต้น แก๊สมีพฤติกรรมเป็นแก๊สอุดมคติ
2. ค่า heat capacity ของนอร์มัลบิวเทนเมื่อเป็นแก๊สอุดมคติแสดงได้ดังนี้

$$\frac{C_p^{ig}}{R} = 1.935 + 36.915X10^{-3}T$$

โดยที่ T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยเคลวิน (K)

**หากจำเป็นต้องใช้สมการสภาวะเพื่อหาค่าต่างๆ ให้เลือกใช้วิธีการของ Lee Kesler ก่อน (หากท่านต้องการเลือกใช้วิธีการอื่นๆ ต้องบอกเหตุผลให้ชัดเจนที่ตัดสินใจเลือกแนวทางอื่นๆ)

จงแสดงการคำนวณดังต่อไปนี้

4.1 (10 คะแนน) ที่สภาวะสุดท้าย จงคำนวณหาปริมาตรเชิงโมลของแก๊ส

รหัส.....

4.2 (5 คะแนน) จงแสดงเส้นทางการคำนวณและระบุค่าต่างๆ ที่ต้องใช้ เพื่อหาค่า ΔH และ ΔS ของระบบด้วยค่า residual enthalpy และ residual entropy (คำแนะนำ: เป็นเส้นทางคล้ายกับรูป 6.6 หน้า 229 ในเอกสารการเรียนประกอบ)

4.3. (20 คะแนน) จงหาการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปีและเอนโทรปีของกระบวนการนี้

รหัส.....

รหัส.....

ข้อ 5 (คะแนนรวม 15 คะแนน) กฎของราอูลต์

สำหรับระบบ VLE ของสารผสมระหว่างอะซิโตน (1) และเบนซิน (2) ที่อุณหภูมิ 60°C ค่าโมลแฟรคชันของอะซิโตนในเฟสไอ $y_1 = 0.4$ จงคำนวณหาความดันและองค์ประกอบของสารในเฟสของเหลว

รหัส.....

ข้อ 6 (คะแนนรวม 15 คะแนน) K-Value method ที่หาจาก De Priester Chart

ไอผสมที่อุณหภูมิ 90°F ประกอบด้วยสาร 3 ชนิดคือ มีเทน (สาร 1), อีเทน (สาร 2) และโพรเพน (สาร 3) มีค่าโมลแฟรคชันทั้งหมด (overall composition) ของแต่ละสารดังนี้ มีเทน $z_1 = 0.45$, อีเทน $z_2 = 0.3$, โพรเพน $z_3 = 0.5$ ดังตารางข้างล่าง ถ้าไอผสมทั้งหมดถูกส่งผ่านเข้าเครื่องควบแน่นแบบ partial condenser ทำให้บางส่วนของไอเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว และส่วนที่เหลือยังคงเป็นไอ จากข้อมูลการทำงานของเครื่องควบแน่นพบว่าอัตราส่วนของจำนวนโมลของเฟสของเหลว L ต่อโมลของไอผสมทั้งหมดที่เข้าสู่เครื่องควบแน่นเป็น 0.2:1 แล้ว จงใช้ K-Value method ที่หาจาก De Priester Chart (รูป 10.13-10.14) เพื่อคำนวณหาความดันของระบบ (psia) และโมลแฟรคชันขององค์ประกอบแต่ละตัวในเฟสไอและเฟสของเหลวที่ผ่านเครื่องควบแน่นนี้

สาร	z_i
มีเทน	0.2
อีเทน	0.3
โพรเพน	0.5

รหัส.....

ข้อ 7 (คะแนนรวม 15 คะแนน) กฎของ modified Raoult's law

ระบบ VLE ระหว่างเอทานอล [Ethanol; (1)] กับ1-โพรพานอล [1-Propanol; (2)] ที่อุณหภูมิ 90°C ถ้าเฟสของเหลวประกอบด้วย $x_1 = 0.4$ อยู่สมดุลกับเฟสไอ จงคำนวณหาความดันที่สภาวะสมดุล (kPa) และหาองค์ประกอบเชิงโมลของแต่ละสารในเฟสไอ กำหนดให้

1. ถ้าระบบเกิดเป็นอะซิโอโทรปที่อุณหภูมิ 90°C แล้ว จะมีค่า $x_1^{az} = y_1^{az} = 0.645$
2. ที่อุณหภูมิ 90°C $P_1^{sat} = 158.25$ kPa และ $P_2^{sat} = 76.91$ kPa
3. ค่า activity coefficient ของแต่ละสารหาได้ดังนี้

$$\ln \gamma_1 = Ax_2^2$$

$$\ln \gamma_2 = Ax_1^2$$