DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

Final Examination : 1st Semester Academic year : 2009

Date : October 5th, 2009 13:30 – 16:30, Room : R300

Subject : 230-321 Chemical Kinetics and Reactor Design I

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้น หรือ พักการเรียน 1 ภาคการศึกษา และ โทษสูงสุดคือ ให้ออก

คำสั่ง

1. ห้ามนำข้อสอบชุดนี้ออกจากห้องสอบ
2. เป็นการสอบแบบไม่จำกัดเอกสารเข้าห้องสอบ
3. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด และใช้ดินสอในการทำข้อสอบ
4. ห้ามพูดคุยหรือหยิบยืมเอกสาร เครื่องคำนวณ หรือเครื่องเขียน
5. หากท่านทำข้อสอบเสร็จก่อนหมดเวลา ให้นั่งอยู่กับที่แล้วยกมือแจ้งกรรมการคุมสอบ

ข้อสอบมี 7 ข้อ 14 หน้า (รวมปก)

Name.....ID.....

Problem	1	2	3	4	5	6	7	Total
Score	30	20	20	30	25	25	20	170
You got								

Sukritthira Ratanawilai

September 2009

1. (30 points) The gas phase reaction 2A + B → C + D is carried out in a packed bed reactor. Assuming temperature is constant during the operation and the reaction is second order to A and pseudo zero order to B

Given:
Porosity = 0.4
Diameter of particle in the bed = 0.2 mm
Bulk density of the catalyst = 1000 kg/m^3
The specific reaction rate is 3 dm^3/g cat • min.
Total volumetric feed rate is 20 dm^3/min
The initial pressure is 5 atm
Temperature is 150°C
Pressure drop parameter, α, is 0.01 g^{-1}.

Calculate

1. Catalyst weight that one could use and maintain an exit pressure above 0.5 atm.
2. Determine the catalyst weight necessary to achieve 90% conversion.

2. (20 points) The elementary rate law gas phase reaction $2A \rightarrow 2B + C$ is carried out in PFR at 500°C and 15 atm. The rate constant is $k = 0.3\frac{dm^3}{mol.s}$ at 300K with $E = 32\frac{kcal}{mol}$. To produce 10,000 kg per year of B at 80 % conversion would required a feed rate of A at 0.5 mol/s. If you would like to plot the molar flow rates as a function of volume down the length of reactor by using Polymath Program, what are the differential equations and explicit equations which you must input to this program? Show all detail

3. (20 points) Initial rate data of the following reaction are in table 1.

$$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$$

Using some of the data explore the kinetics of a reaction only for

a. Overall order of the reaction

b. Reaction order with respect to individual reactants (If you could not calculate the overall order from part a, please assume the overall order is equal 1.35)

Table 1

H_2 initial (mol/l)	Br_2 initial (mol/l)	$-r_{H2} \times 10^3$
0.900	0.900	10.9
0.675	0.675	8.19
0.450	0.450	4.465
0.225	0.225	1.76
0.5637	0.2947	4.48
0.3103	0.5064	3.28
0.2881	0.1517	1.65
0.1552	0.2554	1.267

4. (30 points) The liquid phase reaction 2A + B → C takes place in a batch reactor under constant temperature. The experiment was done resulting in the following Table.

Reaction time (min)	**X (Conversion)**	**C_A (Molar)**	**C_B (Molar)**
0	0.000	3	30
6	0.474		
12	0.643		
24	0.783		
48	0.878		
80	0.923		

a) Complete experimental results in the table.

b) Find rate law parameters by **Integral Method** when the rate constant k is 0.5 and the unit of $-r_A$ is mol/liter·min

c) To scale up this reaction with a PFR, determine space time to achieve 75% conversion when C_{A0} is 10 Molar in a stoichiometric feed.

5. (25 points) From the given competitive reactions in liquid phase CSTR,

$$2A + B \rightarrow C \text{.....(1)}$$

$$3C + 2B \rightarrow D \text{.....(2)}$$

The rate law of (1) reaction is $-r_{1A} = k_{1A}C_A^2C_B$

The rate law of (2) reaction is $-r_{2C} = k_{2C}C_A^3C_B^2$

a. find mole balance: $f(C_A)$, $f(C_B)$, $f(C_C)$ and $f(C_D)$

b. find net rate: r_A, r_B, r_C and r_D

c. find relative rate: r_{1B}, r_{1C}, r_{2B} and r_{2D}

d. find selectivity $S_{C/D}$

Additional data: Liquid phase reactions take place in a 1000 dm^3

The feed is equal molar in A and B with F_{A0} = 100 mole/min

The volumetric flow rate is 50 dm^3/min

6. (25 points) There are three reactions,

$$A \rightarrow D \quad -r_{1A} = 3250 \exp(-10{,}000\ K/T)C_A$$

$$D \rightarrow U_1 \quad -r_{2D} = 10000 \exp(-12000\ K/T)C_D$$

$$A \rightarrow U_2 \quad -r_{3A} = 50 \exp(-17000\ K/T)C_A$$

D: desired product, U: undesired product, K: Kelvin, T: temperature in K

a) **Find** $S_{D/U}$

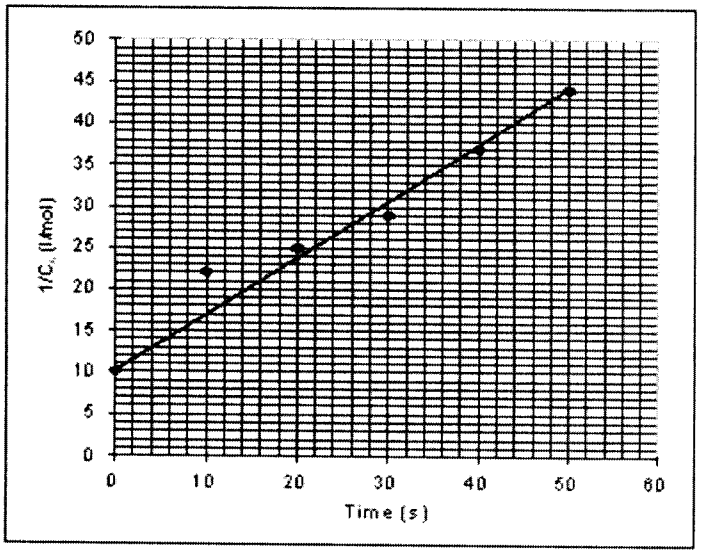
b) **Suggest** your reactor system and conditions to maximize the selectivity to D **give a reason** to support your answer.

7. (20 points) ข้อสอบสภาวิศวกร เขียนคำตอบที่ถูกต้องในช่องที่กำหนด

ข้อที่	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10
คำตอบ										

7.1

ข้อมูลที่แสดงในกราฟเป็นข้อมูลจากการทดลองการทำปฏิกิริยา $A + 2B \rightarrow products$ ซึ่งเกิดในวัฏภาคของเหลวในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (batch reactor) ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารตั้งต้นที่ใช้มีค่าเป็นไปตามค่าสัดส่วนมวลสารสัมพันธ์ (stoichiometric ratio) จงหาความเข้มข้นเริ่มต้นของ A, ลำดับของปฏิกิริยา และค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา



คำตอบ 1: 10 mol/l, 1, 0.68 l/mol•s

คำตอบ 2: 10 mol/l, 2, 0.68 l/mol•s

คำตอบ 3: 0.1 mol/l, 1, 0.34 l/mol•s

คำตอบ 4: 0.1 mol/l, 2, 0.34 l/mol•s

คำตอบ 5: ไม่มีข้อใดถูก

7.2 ปฏิกิริยาการสลายตัวของสาร A เป็นปฏิกิริยาอันดับ ½ เกิดในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ (batch reactor) ขนาด 2 ลิตร เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที พบว่าสาร A เหลือจากการทำปฏิกิริยา 64% จงหาคำนวณหาจำนวนโมลของสาร A ที่สลายตัวไปในเวลา 1 ชั่วโมง

คำตอบ 1: 0.6 mol

คำตอบ 2: 1.2 mol

คำตอบ 3: 2.4 mol

คำตอบ 4: 4.8 mol

คำตอบ 5: 9.6 mol

7.3 ในการทดลองหาข้อมูลสมการอัตราเร็วปฏิกิริยา (rate equation) โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบท่อไหล (PFR) เกณฑ์ตัดสินว่าเครื่องปฏิกรณ์ประเภทนี้จะเป็นแบบอนุพันธ์ (differential reactor) หรือไม่นั้นอยู่ที่ค่าคอนเวอร์ชัน (conversion) ของสารตั้งต้น ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

คำตอบ 1: ค่าคอนเวอร์ชันควรมีค่าสูงมาก
คำตอบ 2: ค่าคอนเวอร์ชันควรมีค่าสูง
คำตอบ 3: ค่าคอนเวอร์ชันที่มีค่าปานกลาง
คำตอบ 4: ค่าคอนเวอร์ชันที่มีค่าต่ำ
คำตอบ 5: ค่าคอนเวอร์ชันมีค่าต่ำมาก

7.4

พิจารณาปฏิกิริยามูลฐาน (elementary reaction) ในวัฏภาคของเหลว $A + B \rightarrow 3C$ มีค่าคงที่ปฏิกิริยาเท่ากับ 0.2 $(\text{mol min})_{-1}$ ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ ณ. อุณหภูมิคงที่ที่ 25 C โดยที่ความหนาแน่นของของเหลวเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ความเข้มข้นเริ่มต้นของสาร A และสาร B เท่ากันคือ 2 mol/l จงหาเวลาที่ปฏิกิริยาอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์นี้เพื่อผลิตสารผลิตภัณฑ์ C ให้มีความเข้มข้นเป็น 3 mol/l

คำตอบ 1: 60 วินาที
คำตอบ 2: 90 วินาที
คำตอบ 3: 150 วินาที
คำตอบ 4: 180 วินาที
คำตอบ 5: 200 วินาที

7.5 ปฏิกิริยา A $\rightarrow$ B เกิดในวัฏภาคก๊าซในภาชนะปิดที่มีปริมาตรคงที่และความดันเริ่มต้นของระบบเท่ากับ 1 atm ถ้า A เกิดปฏิกิริยาไป 50% แล้วความดันของระบบจะมีค่าเป็นเท่าไร

คำตอบ 1: 0.5 atm
คำตอบ 2: 1 atm
คำตอบ 3: 1.5 atm
คำตอบ 4: 2 atm
คำตอบ 5: ผิดทุกข้อ

7.6 ข้อใดถูกต้อง

คำตอบ 1: ค่า Half Life ของปฏิกิริยา คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ครึ่งหนึ่งของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด
คำตอบ 2: ค่า Half Life ของปฏิกิริยา คือ เวลาที่ใช้ในการที่สารตั้งต้นลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง
คำตอบ 3: ค่า Half Life ของปฏิกิริยา คือ เวลาที่ใช้ในการที่อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุด
คำตอบ 4: ค่า Half Life ของปฏิกิริยา คือ ปริมาณของสารตั้งต้นที่เหลือครึ่งหนึ่ง
คำตอบ 5: ไม่มีข้อใดถูก

7.7 ข้อใดไม่ใช่ข้อจำกัดในการวิเคราะห์หาค่าคงที่ปฏิกิริยา (rate constant) โดยใช้ Differential Method

คำตอบ 1: เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้

คำตอบ 2: เป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้

คำตอบ 3: อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะต้องเป็นฟังก์ชันของสารตั้งต้นตัวเดียว

คำตอบ 4: สามารถใช้หาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้โดยใช้ข้อมูลของความเข้มข้นกับเวลา

คำตอบ 5: ไม่มีข้อใดถูก

7.8 ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) i) สารที่เพิ่มหรือลดอัตราเร็วปฏิกิริยา เพื่อเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้นหรือช้าลง ii) ตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยลดค่าพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา iii) ตัวเร่งปฏิกิริยาถูกใช้ไปในปฏิกิริยาอย่างถาวร iv)ตัวเร่งปฏิกิริยา มีผลต่อความสามารถในการเลือกทำปฏิกิริยา ในกรณีที่ปฏิกิริยาข้างเคียง (side reaction) เกิดขึ้น

คำตอบ 1: ถูกเฉพาะ i เท่านั้น

คำตอบ 2: ถูกเฉพาะ ii เท่านั้น

คำตอบ 3: i และ ii ถูก

คำตอบ 4: ii iii และ iv ถูก

คำตอบ 5: i ii และ iv ถูก

7.9 สารตั้งต้น A ความเข้มข้น 3 mol/l ถูกป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง (continuous stirred-tank reactor) ซึ่งบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา ด้วยอัตราการไหลเชิงปริมาตรคงที่ที่ 0.2 l/min จากการทดลองพบว่าต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจำนวน 10 kg สาร A จึงมีความเข้มข้นที่ทางออกเป็น 0.5 mol/l จงหาอัตราการสลายตัวของสาร

คำตอบ 1: 0.025 mol A/kg cat.*min

คำตอบ 2: 0.05 mol A/kg cat.*min

คำตอบ 3: 0.1 mol A/kg cat.*min

คำตอบ 4: 0.25 mol A/kg cat.*min

คำตอบ 5: 1.25 mol A/kg cat.*min

7.10 ในกรณีที่มีเครื่องปฏิกรณ์ 2 ตัว เครื่องปฏิกรณ์ A บรรจุแพคกิง (packing) ที่ไม่มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยา เครื่องปฏิกรณ์ B บรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาโดยให้มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของแพคกิง หากปล่อยให้สารตั้งต้นประเภทก๊าซไหลผ่านเครื่องปฏิกรณ์ทั้งสองด้วยความเร็วเชิงสเปซ (space velocity) เท่ากัน ค่าคอนเวอร์ชัน (conversion) ของสารตั้งต้นเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ทั้งสองจะเป็นอย่างใด

คำตอบ 1: ค่าคอนเวอร์ชันของสารตั้งต้นในเครื่องปฏิกรณ์ B สูงกว่า เครื่องปฏิกรณ์ A B

คำตอบ 2: ค่าคอนเวอร์ชันของสารตั้งต้นในเครื่องปฏิกรณ์ A สูงกว่า เครื่องปฏิกรณ์ B

คำตอบ 3: ค่าคอนเวอร์ชันของสารตั้งต้นในเครื่องปฏิกรณ์ทั้งสองเท่ากัน

คำตอบ 4: ถูกทั้งข้อ (ก), (ข) และ (ค)

คำตอบ 5: ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง