



Prince of Songkla University
Faculty of Engineering

Final Examination, First Semester
December 17, 2015

Subject: 223-502 ADVANCED WATER SUPPLY TECHNOLOGY AND DESIGN

Academic Year 2015
13.30-16.30
Room S102

Final examination score

Item	Score	Student's score
Part I		
1	25	
2	25	
3	25	
Part II		
6	25	
รวม	100	

Charongpun Musikavong
Watsa Kongnakorn
December, 2558

Part I Charongpun Musikavong

Item 1

1.1 (4 points) how many types of adsorption mechanism in water supply process? Briefly explain.

1.2 (3 points) what is the major mechanism that controls the adsorption by using (1) granular activated carbon (2) powder activated carbon? Briefly explain.

1.3 (8 points) the activated carbon is used for removing phenol 10 kg/m^3 in raw water. The activated carbon of 5 kg is used in this experiment. Use the given information to determine (1) amount of phenol that is removed (kg) (2) the concentration of phenol in treated water (kg/m^3)

Given

- $q = 12.5C$
- $q_f M + C_f S = qM + CS$ where q_f = amount of phenol in activated carbon before adsorption; M = weight of activated carbon; C_f = concentration of phenol in raw water; S = volume of raw water; q = amount of phenol in activated carbon at equilibrium; C = concentration of phenol at equilibrium
- There is no phenol in activated carbon before used in adsorption.

1.4 (10 points) use the information in the laboratory experiment for design wastewater treatment to remove TOC from 5 mg/L to 1 mg/L at flow rate of 840 m³/day. In the experiment, the fixed bed granular adsorption is used. Determine

- i Design bed volume (m³)
- ii Amount of activated carbon requirement, (kg)
- iii Breakthrough time (day)
- iv Breakthrough volume (V_B), (m³)
- v Cost of activated carbon per day (baht). When the price of activated carbon is 60 baht/kg.

Given

Laboratory experiment

- Flow rate in the experiment is 2 bed volume/hour
- Amount of activated carbon is 3 kg
- Carbon density is 550 kg/m³
- Breakthrough volume is 2000 L at TOC ≤ 1 mg/L

Item 2 Ion exchange

2.1 (12 points) the laboratory experiment to determine the ion exchange performance of resin is presented below.

- Amount of resin used is 0.1 kg
- NaCl is added to the resin to create the R-Na.
- The resin is cleaned by chloride (Cl⁻).
- CaCl₂ is used as titrant.
- During titration, concentration of Cl⁻ and Ca⁺² are measured. The results are presented in Table.

Given (1) Molecular weight of Ca = 40, N = 14, H = 1

$$(2) EC = \frac{VC_0}{R}$$

(3) Density of resin is 450 kg/m³

(4) Wastewater for removal of NH₄⁺ = 5,000 m³

(5) Breakthrough occur at C/C₀ = 0.5

Throughput volume, L	Cl ⁻ (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)
0	0	0
5	2	0
10	8	0
15	44	0
20	65	0
25	70	0
30	71	0
35	71	6
40	C ₀ = 71	27
45		35
50		39
55		40
60		C ₀ = 40

Use given information determines the amount of resin for removal of NH₄⁺ from 20 mg/L to 2 mg/L.

2.2 (10 points) the experiment for removal of hardness uses column diameter of 10 cm, resin height of 2 m, resin density (wet basis) of 850 g/L, and flow rate of 0.2 m³/h. From this experiment, the hardness of 15 eq is removed. Use this resin to remove all hardness of 400 mg/L as CaCO₃ at flow rate of 300 m³/day.

Given

- Moisture of resin = 44%
- Breakthrough occur at 67% of resin capacity
- 1 meq/L = 50 mg/L as CaCO₃

Determine

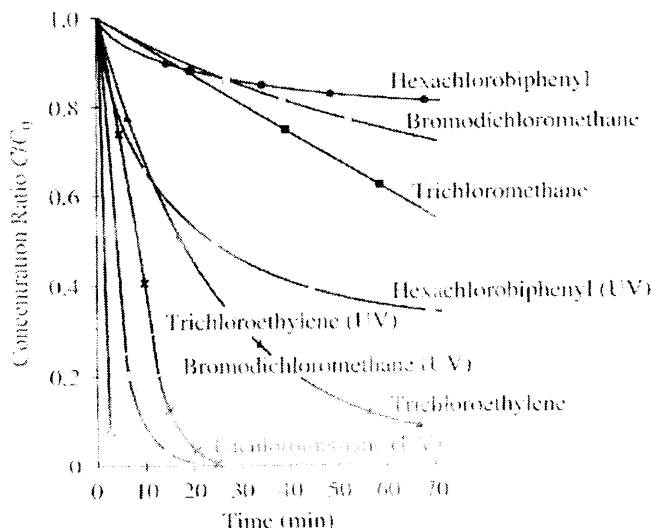
1. meq of hardness that is to be removed per day (meq).
2. Mass of resin (dry basis) (kg)
3. Mass of resin (wet basis) (kg)
4. Mass of resin at the removal efficiency of 67% (kg)

2.3 (5 points) Explain the utilization of ion exchange process for the water treatment and water purification process.

Item 3 Advanced Oxidation Process

3.1 (5 points) what are the chemicals that are commonly used in the advanced oxidation process of environmental engineering application? List the name for only two compounds. Briefly, explain the reaction of these two compounds for removal of organic matter in water.

3.2 (10 points) the treatments of chlorinated hydrocarbon by (1) ozone and (2) ozone and UV are presented in Figure. Use this information for answering question below.

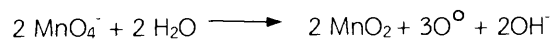
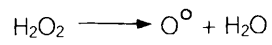
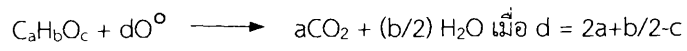


Chlorinated organic by ozone with and without UV radiation
 Note: At pH 6-7 Ozone dose rate = 1.4 mg/L-min

1. When ozone is used for treatment bromodichloromethane 500 $\mu\text{g/L}$ in groundwater at 2,000 L/min, determine the maximum percent removal, the residual concentration of bromodichloromethane and the amount of ozone requirement (kg/day)
2. When ozone and UV are used for treatment bromodichloromethane 500 $\mu\text{g/L}$ in groundwater at 2,000 L/min, determine the maximum percent removal, the residual concentration of bromodichloromethane and the amount of ozone requirement (kg/day)
3. Comparison between the results in item 1 and 2.

3.3 (5 points) balance the oxidation reduction equation between (1) phenol (C_6H_5OH) and H_2O_2 and (2) phenol (C_6H_5OH) and MnO_4^- .

Given



Part II Watsa Kongnakorn

Item 2

2.1 in the Table 1 that shows the surface water quality to use as the raw water for portable water production. Please propose the water treatment process with membrane technology.

Table 1 Surface water quality for one industry

Parameters	Results
<u>Chemical characteristics (mg/L)</u>	
ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness expressed as Calcium Carbonate)	195.80-267.71
บีโอดี (BOD ₅)	2.00
ทีโอดี (TOC)	4.50
คลอไรด์ (Chloride expressed as Chlorine)	7.99
แอมโมเนีย ไนโตรเจน (Ammonia expressed as Nitrogen)	4.83
เหล็ก (Iron)	0.34
แมงกานีส (Mn)	0.67
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	0.053
ซัลเฟต (Sulphate)	ND.
ทองแดง (Cu)	ND.
สังกะสี (Zn)	0.03
แคดเมียม (Cd)	ND.
สารหนู (As)	ND.
โบรมีน (Br)	ND.
<u>Physical characteristics</u>	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.64
สี (Colour)	2.1
ความขุ่น (turbidity)	2.55
<u>Biological characteristic</u>	
MPN Coliforms/100 mL	10
E.coli/100 mL	น้อยกว่า 2.2

2.2 Design RO process for the water product from desalination plant. The feed and permeate concentrations are 2500 and 500 mg/l, respectively. The flow rate is 1200 m³/d. The %R is equal to 60% at 25 atm and A (permeance) is equal to 3x10⁻⁵ ml.m².hr.s.atm, respectively.



มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1
วันที่ 17 ธันวาคม 2558
วิชา 223-502 ADVANCED WATER SUPPLY TECHNOLOGY AND DESIGN

ปีการศึกษา 2558
เวลา 13.30-16.30 น.
ห้องสอบ S102

คำชี้แจง

1. ข้อสอบมี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 มี 3 ข้อ รวม 75 คะแนน ส่วนที่ 2 มี 2 ข้อ รวม 25 คะแนน
2. ข้อสอบมี 12 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม
3. ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุกจริตจะได้ E ทุกกรณี
4. ทุกจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก
5. ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น
6. ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
7. ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆหรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงพอต่อการคิดคำนวณให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

ตารางแสดงคะแนนสอบปลายภาค

ข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
ส่วนที่ 1		
1	25	
2	25	
3	25	
ส่วนที่ 2		
	25	
รวม	100	

จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์
วิสา คงนคร
ผู้ออกข้อสอบ

ส่วนที่ 1 อ.จรงค์พันธ์ มุสิกวงค์

ข้อที่ 1 กระบวนการดูดซับ

1.1 (4 คะแนน) กลไกการดูดซับในงานด้านน้ำประปามีกลไกอะไรบ้าง จงอธิบายโดยสังเขป

1.2 (3 คะแนน) ขั้นตอนหรือกลไกใดในการดูดซับที่เป็นตัวควบคุมหลักของการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบเกร็ด (granular activated carbon) และการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง (powder activated carbon) จงอธิบายโดยสังเขป

1.3 (8 คะแนน) น้ำดิบมีสารฟีนอลปนเปื้อนอยู่ 10 kg/m^3 ถูกนำมากำจัดด้วยถ่านกัมมันต์โดยใช้การดูดซับแบบไม่ต่อเนื่อง (batch adsorption) ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้คือ 5 kg จงใช้ Isotherm ที่กำหนดให้หาว่าสารฟีนอลถูกกำจัดไปเท่าใด (kg) และหาความเข้มข้นที่จุดสมดุล (kg/m^3)

กำหนดให้

- $q = 12.5C$
- $q_F M + C_F S = q M + C S$ เมื่อ q_F คือ ปริมาณสิ่งเจือปนบนผิวตัวกลางก่อนใช้งาน; M คือ น้ำหนักของตัวกลาง; C_F คือ ความเข้มข้นของสิ่งเจือปนในน้ำดิบ; S คือ ปริมาตรของน้ำดิบ; q คือ ปริมาณสิ่งเจือปนบนผิวตัวกลางที่จุดสมดุล และ C คือ ความเข้มข้นของสิ่งเจือปนที่จุดสมดุล
- สมมุติให้ไม่มีสิ่งเจือปนในตัวกลางก่อนใช้งาน

1.4 (10 points) จงใช้ข้อมูลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่กำหนดให้ออกแบบการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ซึ่งมีค่า TOC เท่ากับ 5 mg/L อัตราการไหลเท่ากับ 840 m³/day โดยใช้คอลัมน์แบบ fixed bed granular adsorption และน้ำที่ผ่านการบำบัดต้องมีค่า TOC เท่ากับ 1 mg/L โดยตอบคำถามต่อไปนี้ จงหา

- i ค่า bed volume ที่ออกแบบ, m³
- ii ปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ต้องการ, kg
- iii ค่าเวลาที่เกิด breakthrough, day
- iv ค่าปริมาตรที่ breakthrough, V_b, m³
- v ค่าใช้จ่ายต่อวันเมื่อกำหนดให้ถ่านกัมมันต์ราคา กิโลกรัมละ 60 บาท

กำหนดให้

การทดลองในห้องปฏิบัติการ

- อัตราการไหลที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 2 bed volume/hour
- ปริมาณถ่านที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 3 kg
- Carbon density การทดลองเท่ากับ 550 kg/m³
- ปริมาตรน้ำที่ breakthrough เท่ากับ 2000 L (มีค่า TOC น้อยกว่า/เท่ากับ 1 mg/L)

ข้อที่ 2 การแลกเปลี่ยนประจุ

2.1 (12 คะแนน) การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของเรซินชนิดหนึ่งดำเนินการโดย

- ใช้เรซินปริมาณ 0.1 กิโลกรัม
- ทำการเติมประจุโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพื่อให้มีตัวแลกเปลี่ยนประจุในรูป R-Na
- ล้างเรซินด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดคลอไรด์ (Cl⁻)
- โทเทรตด้วยแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂)
- ระหว่างทำการโทเทรตได้ทำการวัดค่าความเข้มข้นของ Cl⁻ และ Ca⁺² ตามปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านเรซินได้ผลดังตาราง

Throughput volume, L	Cl ⁻ (mg/L)	Ca ⁺² (mg/L)
0	0	0
5	2	0
10	8	0
15	44	0
20	65	0
25	70	0
30	71	0
35	71	6
40	C ₀ = 71	27
45		35
50		39
55		40
60		C ₀ = 40

กำหนดให้ (1) น้ำหนักอะตอมของ Ca = 40, N = 14, H = 1

$$(2) EC = \frac{VC_0}{R}$$

(3) Density ของ resin มีค่าเท่ากับ 450 kg/m³

(4) ปริมาตรน้ำที่ต้องกำจัด NH₄⁺ เท่ากับ 5,000 m³

(5) Breakthrough เกิดที่ C/C₀ = 0.5

จากการทดลองข้างต้น จงหาปริมาณและปริมาตรของเรซินเพื่อใช้ในการกำจัด NH₄⁺ ความเข้มข้น 20 mg/L ให้ลดลงเหลือ 2 mg/L

2.3 (10 คะแนน) การทดลองกำจัดความกระด้างในห้องปฏิบัติการใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ความสูงของเรซินในคอลัมน์เท่ากับ 2 m ความหนาแน่นของเรซิน (wet basis) มีค่าเป็น 850 g/L อัตราการไหลเท่ากับ 0.2 m³/h จากการทดลองพบว่าที่ breakthrough กำจัดความกระด้างได้ 15 eq เมื่อต้องการใช้เรซินชนิดเดียวกันเพื่อกำจัดความกระด้าง 400 mg/L as CaCO₃ ให้เหลือน้อยมากที่สุดอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 300 m³/day กำหนดให้

- ความชื้นของเรซินมีค่าเท่ากับ 44 %
- Breakthrough เกิดที่ 67 % ของ เรซิน Capacity
- 1 meq/L = 50 mg/L as CaCO₃

จงหา

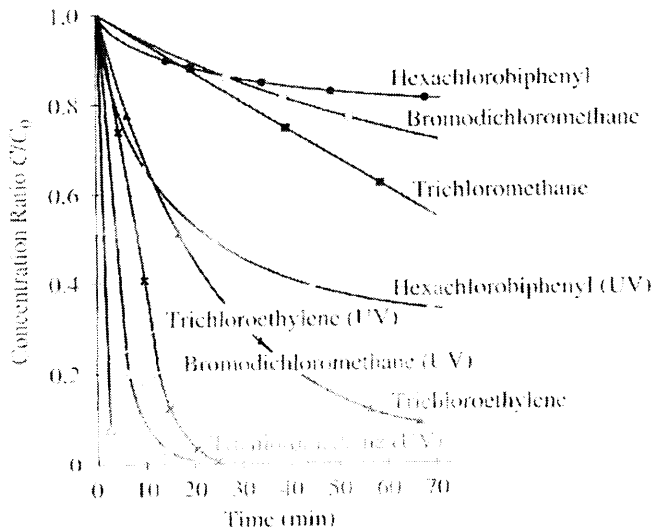
1. meq ของ hardness ที่ต้องกำจัดต่อวัน (meq)
2. มวลของเรซิน (dry basis) (kg)
3. มวลของเรซินรวมน้ำ (wet basis) (kg)
4. มวลของเรซินเมื่อประสิทธิภาพการกำจัด 67% (kg)

2.3 (5 คะแนน) จงอธิบายการนำระบบแลกเปลี่ยนประจุไปใช้งานทั้งระบบผลิตประปา และระบบทำน้ำบริสุทธิ์

ข้อที่ 3 กระบวนการออกซิเดชันและออกซิเดชันขั้นสูง

3.1 (5 คะแนน) สารใดบ้างถูกใช้ในการออกซิเดชันทางเคมีในงานด้านสิ่งแวดล้อม จงยกตัวอย่างมา 2 สาร ตลอดจนอธิบายถึงปฏิกิริยาของสารที่ยกตัวอย่างมาในการออกซิเดชันสารอินทรีย์

3.2 (10 คะแนน) การใช้โอโซนอย่างเดียวและการใช้โอโซนร่วมกับ UV เพื่อบำบัดสารกลุ่ม chlorinated hydrocarbon แสดงดังกราฟด้านล่าง จงตอบคำถามต่อไปนี้

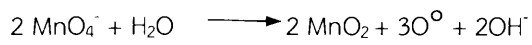
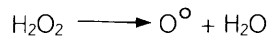
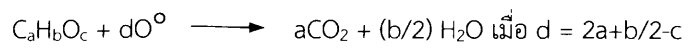


Chlorinated organic by ozone with and without UV radiation
 Note: At pH 6-7 Ozone dose rate = 1.4 mg/L-min

1. กรณีที่ใช้โอโซนเพียงอย่างเดียวเพื่อบำบัดสาร bromodichloromethane 500 µg/L ในน้ำบาดาลที่มีอัตราไหลเท่ากับ 2,000 L/min จงหาประสิทธิภาพสูงสุด (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดได้ ความเข้มข้นที่เหลือ และปริมาณโอโซนที่ต้องใช้ (kg/day)
2. กรณีที่ใช้โอโซนร่วมกับ UV เพื่อบำบัดสาร bromodichloromethane 500 µg/L ในน้ำบาดาลที่มีอัตราไหลเท่ากับ 2,000 L/min จงหาประสิทธิภาพสูงสุด (เปอร์เซ็นต์) ที่บำบัดได้ ความเข้มข้นที่เหลือ และปริมาณโอโซนที่ต้องใช้ (kg/day)
3. เปรียบเทียบปริมาณโอโซนที่ใช้จากทั้งสองกรณี

1.3 (5 คะแนน) จงทำการสมดุลของครึ่งปฏิกิริยาของ ฟีนอล (C_6H_5OH) กับ (1) H_2O_2 และ (2) MnO_4^-

กำหนดให้



ส่วนที่ 2 อ.วัสสา (25 คะแนน)

1. ให้วิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินว่าเหมาะสมเพื่อเป็นแหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำดื่มหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำผิวดินของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำดื่มแห่งหนึ่ง

รายการที่ตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจวิเคราะห์
ทางเคมี (คำนวณเป็น mg/L)	
ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness expressed as Calcium Carbonate)	195.80-267.71
บีโอดี (BOD ₅)	2.00
ทีโอซี (TOC)	4.50
คลอไรด์ (Chloride expressed as Chlorine)	7.99
แอมโมเนีย ไนโตรเจน (Ammonia expressed as Nitrogen)	4.83
เหล็ก (Iron)	0.34
แมงกานีส (Mn)	0.67
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	0.053
ซัลเฟต (Sulphate)	ND.
ทองแดง (Cu)	ND.
สังกะสี (Zn)	0.03
แคดเมียม (Cd)	ND.
สารหนู (As)	ND.
โบรไมด์ (Br)	ND.
ทางฟิสิกส์	
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.64
สี (Colour)	2.1
ความขุ่น (turbidity)	2.55
ทางจุลินทรีย์	
MPN Coliforms/100 mL	10
E.coli/100 mL	น้อยกว่า 2.2

2. จงออกแบบระบบ Reverse osmosis เพื่อผลิตน้ำสะอาดที่มีสารละลายน้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอัตราการผลิต 1200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นเกลือแกง 2500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกำหนดให้ % Recovery เท่ากับ 60% ที่แรงดัน 25 atm ($2500 \text{ kPa} = 2.5 \times 10^6 \text{ kg/m.s}^2$) และสัมประสิทธิ์ของการไหลของน้ำผ่านเมมเบรน $(A) = 3 \times 10^{-5} \text{ ml.m}^2.\text{hr.s.atm}$