 ชื่อ.....รหัสนักศึกษา.....

# มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## คณะวิศวกรรมศาสตร์

**การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1** **ปีการศึกษา 2551**

**วันที่ 26 กรกฎาคม 2551** **เวลา 9.00 – 12.00 น.**

**วิชา 223-501 ADVANCED WASTEWATER TREATMENT AND ENGINEERING** **ห้องสอบ A401**

---

## คำชี้แจง

ข้อสอบทั้งหมดมี 6 ข้อ รวม 100 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง

ข้อสอบมี 17 หน้า ไม่มีหน้าใดที่ไม่มีข้อความ ห้ามแกะหรือฉีกข้อสอบออกจากเล่ม

ห้ามนำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ ทุจริตจะได้ E ทุกกรณี

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำปรับตกในรายวิชานั้นและพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา โทษสูงสุดให้ออก

ให้เขียนชื่อ-รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ

ถ้าพิจารณาเห็นว่าค่าคงที่ต่างๆ หรือข้อสมมุติฐานที่โจทย์กำหนดให้ไม่เพียงต่อการคิดคำนวณ ให้สมมุติขึ้นมาเองตามความเหมาะสม

**ตารางแสดงคะแนนสอบกลางภาค**

| ข้อ | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ |
|---|---|---|
| 1 | 10 | |
| 2 | 15 | |
| 3 | 15 | |
| 4 | 20 | |
| 5 | 25 | |
| 6 | 15 | |
| รวม | 100 | |

ดร.จรงค์พันธ์ มุสิกะวงศ์

กรกฎาคม 2551

**ข้อที่ 1.** จากการทดลองในถังปฏิกิริยาแบบ Batch พบว่าความเข้มข้นของสาร A ณ. เวลาต่างๆ มีค่า ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ความเข้มข้นของสาร A ณ. เวลาต่างๆ

| เวลา (ชั่วโมง) | 0 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 4.0 | 8.0 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ความเข้มข้นของสาร A (mg/L) | 20 | 14.4 | 11.2 | 9.0 | 5.8 | 3.6 | 2.2 |

จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(10 คะแนน)**

1.1 จงหาว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของสาร A เป็นปฏิกิริยาประเภทใดและจงหาค่า Reaction Rate (k) (ตรวจสอบเฉพาะ First order reaction และ Second order reaction เท่านั้น) **(5 คะแนน)**

1.2 จงหาค่าเวลาเก็บกักน้ำ ($\theta$) ของถังปฏิกิริยาแบบ Plug flow และ Continuously stirred tank reactor (CSTR) เพื่อใช้กำจัดสาร A 99 เปอร์เซ็นต์ **(5 คะแนน)**

**กำหนดให้** $\ln A = \ln A_0 - kt$ .....First order reaction

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + kt$$ .....Second order reaction

$$\frac{A}{A_0} = e^{-k\theta}$$ .....Plug flow

$$\frac{A}{A_0} = \frac{1}{1+k\theta}$$ .....CSTR

**ข้อที่ 2** จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(15 คะแนน)**

**2.1** จงอธิบายความหมายของคำว่า Double layer compression (DLC) **(2 คะแนน)**

**2.2** Sedimentation เหมือนและแตกต่างกับ Clarification อย่างไร **(2 คะแนน)**

**2.3** Dissolved air flotation เหมือนและแตกต่างกับกระบวนการ Sedimentation อย่างไร **(3 คะแนน)**

**2.4** จากการทดลองการตกตะกอนประเภทที่ 3 ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2 กำหนดให้ค่าความเร็วในการสูบตะกอนออกจากถังตกตะกอนมีค่าเท่ากับ 0.5 m/h จงหาค่า Limiting Flux (kg/h-$m^2$) และค่า Flux ที่เป็นค่าแนะนำในการปฏิบัติงานจริง **(8 คะแนน)**

**ตารางที่ 2** ความเข้มข้นของตะกอน ความเร็วในการตกตะกอน

| การทดลอง | ความเข้มข้นตะกอน (C, mg/L) | ความเร็ว (V, m/h) |
|---|---|---|
| 1 | 12,000 | 0.14 |
| 2 | 10,000 | 0.27 |
| 3 | 7,500 | 0.50 |
| 4 | 5,200 | 1.10 |
| 5 | 3,000 | 3.20 |
| 6 | 1,600 | 4.60 |

**ข้อที่ 3.** น้ำเสียจากโรงงานแห่งหนึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, $m^3$/day 1,000
- Total suspended solids (TSS), $g/m^3$ 400
- Wastewater alkalinity, $g/m^3$ as $CaCO_3$ 50
- Alum $Al_2SO_4\ 18H_2O$ added for removing TSS only, kg/1000 $m^3$ 30
- Phosphorus in wastewater, g $P/m^3$ 10
- Raw sludge properties: Specific gravity 1.03
  Moisture content, percent 94
- Chemical sludge properties: Specific gravity 1.05
  Moisture content, percent 92.5

**<u>กำหนดให้</u>**

- 60 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยไม่ต้องใช้ alum
- 90 เปอร์เซ็นต์ของ Total suspended solids (TSS) สามารถตกตะกอนได้ใน primary sedimentation tank โดยใช้ alum
- สมการการเติม alum เพื่อการ precipitation

  $3Ca(HCO_3)_2 + Al_2(SO_4)_3 18H_2O$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6\ CO_2 + 18H_2O$

  (3 x 100 as $CaCO_3$) (666.5) (2 x 78) 3x136 6x44 18x18
- สมการการเติม alum กับ Lime

  $Al_2(SO_4)_3 18H_2O + 3Ca(OH)_2$ <--------> $2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 18H_2O$

  (666.5) (3 x56 as CaO) (2 x 78) 3x136 18x18
- จากการทดลองพบว่าการกำจัด phosphorus (P) 1 kg ต้องการ 18 kg ของ $Al_2(SO_4)_3 18H_2O$
- $\rho_{น้ำ} = 1000\ kg/m^3$

จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(15 คะแนน)**

3.1 จงหามวลของ TSS (kg/day) ที่ถูกกำจัดโดยไม่เติม alum และเติม alum **(3 คะแนน)**

3.2 จงตรวจสอบว่า alkalinity ในน้ำเสียมีเพียงพอต่อการกำจัด TSS โดยการเติม alum หรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติม $Ca(OH)_2$ ลงไปเท่าไร (kg/day) **(3 คะแนน)**

3.3 จงหาค่า $Al(OH)_3$ ที่เกิดขึ้น (kg/day) **(3 คะแนน)**

3.4 จงหาปริมาตรของตะกอน TSS ที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอนโดยไม่เติม alum และเติม alum **(3 คะแนน)**

3.5 จงหาปริมาณ alum ที่ต้องเติมเพิ่ม (kg/day) เพื่อใช้กำจัด phosphorus **(3 คะแนน)**

**ข้อที่ 4.** จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(20 คะแนน)**

4.1 การย่อยสลายสาร $C_{12}H_{22}O_{11}$ 1 kg ต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี (Theoretical Oxygen Demand) เท่าไร (ให้ตอบในหน่วยกิโลกรัมและโมล) และต้องการอากาศเท่าไร (ให้ตอบในหน่วยโมล) เมื่อกำหนดให้อากาศมีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ 20 เปอร์เซ็นต์ **(10 คะแนน)**

**4.2.** จงหาปริมาณออกซิเจนที่ต้องการทางทฤษฎี (Theoretical Oxygen Demand) ในการเกิดปฏิกิริยา Nitrification 100 mg$NH_4^+$-N/L ในน้ำเสีย 50,000 $m^3$/day โดยสมบูรณ์ กำหนดให้ $NH_4^+$ เปลี่ยนไปเป็น $NO_3^-$ ทั้งหมด **(10 คะแนน)**

**ข้อที่ 5** จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(25 คะแนน)**

**5.1** จงหาค่า $\theta_c$ ของระบบ Activated sludge ดังรูปเมื่อทำการดึงตะกอนออกจาก

กรณีที่ 1 ถังเติมอากาศ **(5 คะแนน)**

กรณีที่ 2 ถังตกตะกอน **(5 คะแนน)**

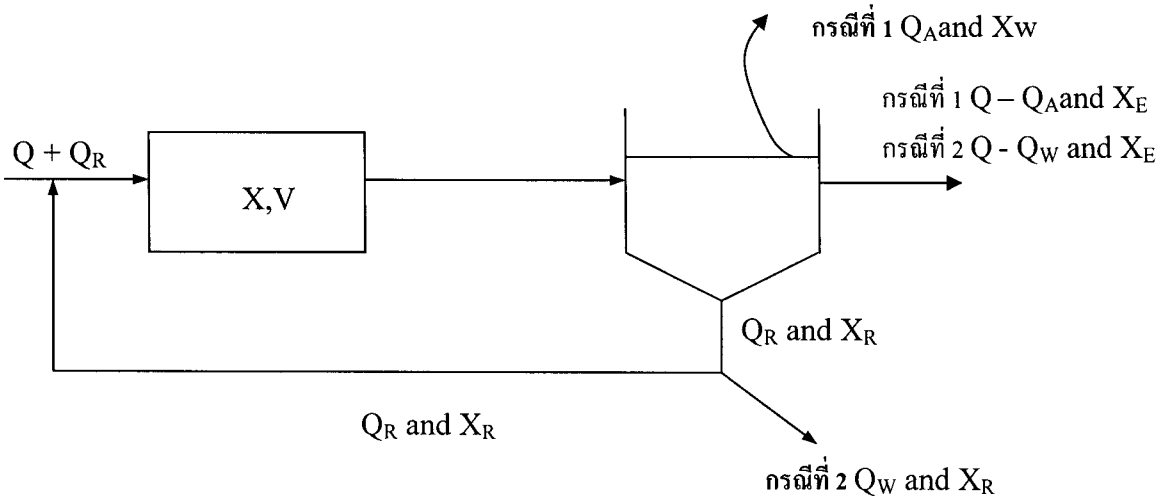
**<u>กำหนดให้</u>** X คือ MLSSในถังเติมอากาศ, $X_R$ คือความเข้มข้นตะกอนที่สูบออกจากถังตกตะกอนและความเข้มข้นตะกอนที่นำกลับไปใส่ถังเติมอากาศ และ $X_E$ คือค่าความเข้มข้นตะกอนในน้ำที่ออกจากถังตกตะกอนและมีค่าน้อยมาก

V คือปริมาตรถัง

Q คืออัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ, $Q_R$ คืออัตราการไหลของตะกอนที่สูบจากถังตกตะกอนเข้าสู่ถังเติมอากาศ

$Q_A$ คืออัตราการสูบตะกอนออกจากถังเติมอากาศ กรณีที่ 1

Qw คืออัตราการสูบตะกอนออกจากถังตกตะกอน กรณีที่ 2 Qw มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Q และ $Q_R$



**5.2** โรงงานแห่งหนึ่งต้องการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated Sludge จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ค่าอัตราการไหลของน้ำเสียเท่ากับ 10,000 $m^3$/day COD ของน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าเท่ากับ 400 mg/L ระบบบำบัดต้องบำบัดให้ค่า COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบต้องมีค่าน้อยกว่า 30 mg/L ในน้ำทิ้งมีค่า สารแขวนลอยเท่ากับ 20 mg/L

**<u>จงตอบคำถามต่อไปนี้</u> (15 คะแนน)**

(1) Determine the mean cell residence time ($\theta c$)

(2) Determine Px, VSS kg/day

(3) Determine Pt, TSS kg/day

(4) Determine mass VSS

(5) Determine mass TSS

(6) The reactor basin volume ($m^3$)

(7) Determine the reactor detention time ($\theta$)

**<u>กำหนดให้</u>** - The effluent suspended solid have a COD of 0.5 mg COD/mg suspended solids.

- $\mu max$ = 3.0 $day^{-1}$, Ks = 60 mg/L ($g/m^3$), Y = 0.60 mgMLVSS/mgCOD, Kd = 0.06 $day^{-1}$
- $f_d$ = 0.15 g/g , MLVSS = 3000 $g/m^3$
- No nitrification occurred,
- nbVSS = 20 $g/m^3$
- $TSS_0$-$VSS_0$ = 10 $g/m^3$

$$-\frac{1}{\theta_c} = \mu - k_d \text{ และ } \mu = \frac{\mu_{max} S}{K_s + S}$$

$$Px,VSS = \frac{QY(S_0 - S)(1kg/10^3 g)}{1+(k_d)\theta c} + \frac{(fd)(kd)QY(S_0 - S)\theta c(1kg/10^3 g)}{1+(k_d)\theta c} + \frac{QY_n(NOx)(1kg/10^3 g)}{1+(k_{dn})\theta c} + Q(nbVSS)(1kg/10^3 g)$$

(A), Heterotrophic biomass (B), Cell debris (C), Nitrified biomass (D), Nonbiodegrable VSS in influent

$$Px,TSS = \frac{A}{0.85} + \frac{B}{0.85} + \frac{C}{0.85} + D + Q(TSS_0 - VSS_0)$$

**ข้อที่ 6** จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(15 คะแนน)**

**6.1** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Fix film สามารถเกิดการบำบัดน้ำเสียประเภทใดได้บ้างและในการบำบัดแต่ละประเภทใช้สารใดเป็นตัวรับอิเลคตรอน จงอธิบายโดยสังเขป **(5 คะแนน)**

**6.2** โรงงานแห่งหนึ่งต้องการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบไม่ใช้อากาศ โดยน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Wastewater flow rate, $m^3$/day 1,000
- COD, g/$m^3$ 5,000
- Soluble COD, g/$m^3$ 4,000
- Total suspended solids (TSS), g/$m^3$ 500
- Volatile suspended solids (TSS), g/$m^3$ 150
- Alkalinity, g/$m^3$ as $CaCO_3$ 500

<u>**กำหนดให้**</u>

- Organic loading rate, kg COD/$m^3$-day 16
- Upflow velocity, m/h 1.5
- Reactor volume effectiveness factor (E), percent 90
- Height for gas collection, m 2.5
- ค่า alkalinity ที่ระบบต้องการ, g/$m^3$ 2500
- $V_n = \frac{QS_0}{L_{org}}$, $V_L = \frac{V_n}{E}$, $A = \frac{Q}{velocity}$, $H_L = \frac{V_L}{A}$, $H_T = H_L + H_G$

จงตอบคำถามต่อไปนี้ **(10 คะแนน)**

(1) จงหาปริมาตรถังบำบัดน้ำเสีย ($V_n$ และ $V_L$) **(3 คะแนน)**

(2) จงหาพื้นที่ของถังบำบัดน้ำเสีย เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง (A, $H_L$ และ $H_T$) **(4 คะแนน)**

(3) จงตรวจสอบว่าค่า alkalinity ของน้ำเสียว่าเพียงพอต่อความสมดุลของระบบหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องเติมสารเพิ่ม alkalinity ลงไปเท่าไรในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน **(3 คะแนน)**