

## 과제 #4 - Solutions

제출일: 11/11 수업시간

1. 문헌조사를 통해 전기 이중층(electrical double layer)에 대한 다음 물음에 답하십시오.

*주: 아래 기입한 답안은 각 항목에 대하여 매우 간략한 설명을 기입한 것이며, 각자 과제를 통하여 전기 이중층의 이론에 대하여 보다 상세하게 공부하였기를 바랍니다.*

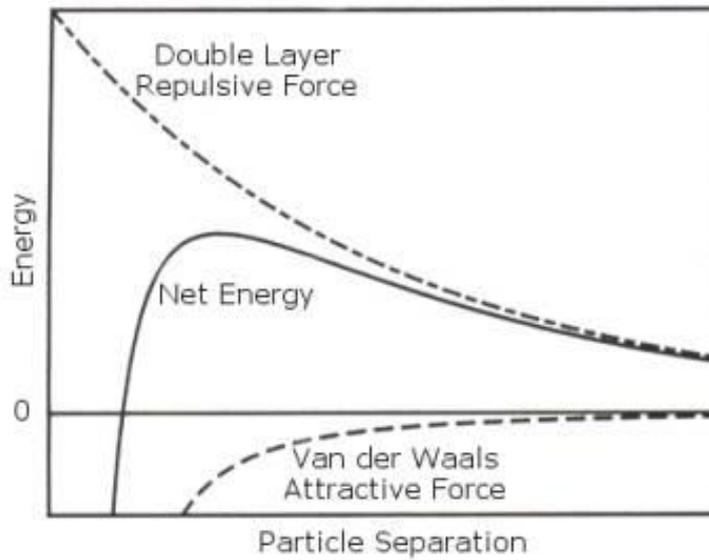
1) 입자상 물질이 존재하는 수용액에서 전하를 띤 입자와 용액 간 작용하는 힘에 대하여 설명하는 이론인 DLVO theory (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek theory)에 대하여 서술하십시오. (10점)

*답)*

*수용액 내에 전하를 띤 입자에서 입자가 갖는 반데르발스 인력과 입자 전하 및 그 전하와 반대의 전하를 갖는 이온이 형성하는 전기이중층에 의하여 발생하는 정전기적 척력의 합에 의한 에너지를 정량적으로 나타낸 이론임.*

2) 음전하를 띤 입자들이 용액에 존재할 때 i) 정전기적 척력, ii) 반데르발스 힘, iii) 두 힘의 합에 따른 에너지 분포를 입자의 표면에서부터 거리에 대하여 도시하십시오. (10점)

*답)*



3) 용액의 이온 강도에 따른 전기 이중층의 변화와 그에 따른 입자의 안정성 (stability)의 변화에 대하여 서술하십시오. (10점)

답)

이온 강도가 세짐에 따라 전하를 띤 입자 표면에 모이는 반대 전하의 이온 수가 증가, 전기 이중층의 두께가 얇아지며, 이에 따라 입자-입자 간 접근 시 충돌이 발생하기 위해 극복해야 할 에너지 장벽이 낮아져 입자의 안정성이 저하(응집이 보다 용이하게 발생)

2. 경도(hardness)에 대한 다음 물음에 답하십시오. 단, 온도는 25°C, molarity=activity, 경도유발물질은 Ca<sup>2+</sup>가 유일하다고 가정하십시오.

1) C<sub>T</sub> = [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>\*] + [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] + [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] = 2 mM이고 pH=7.5인 CaCO<sub>3</sub> 포화용액의 총 경도(total hardness)를 구하십시오(단위: mg/L as CaCO<sub>3</sub>). (15점)

답)

$$\frac{[HCO_3^-][H^+]}{[H_2CO_3^*]} = K_{a1}$$

$$[H_2CO_3^*] = \frac{[HCO_3^-][H^+]}{K_{a1}} = [HCO_3^-] \frac{10^{-7.5}}{10^{-6.35}} = 0.0708[HCO_3^-]$$

$pH=7.5$ 에서  $[CO_3^{2-}]$ 는 무시할 수 있을만큼 작다( $pK_{a2}=10.33$ ).

따라서,

$$C_T = [H_2CO_3^*] + [HCO_3^-] = 1.0708[HCO_3^-] = 0.002 \text{ M}$$

$$[HCO_3^-] = 1.87 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\frac{[CO_3^{2-}][H^+]}{[HCO_3^-]} = K_{a2}$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_{a2}[HCO_3^-]}{[H^+]} = \frac{10^{-10.33} \cdot 1.87 \times 10^{-3} \text{ M}}{10^{-7.5} \text{ M}} = 2.77 \times 10^{-6} \text{ M}$$



$$[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 2.8 \times 10^{-9}$$

$$[Ca^{2+}] = 1.01 \times 10^{-3} \text{ M} = 1.01 \text{ mM}$$

따라서,

$$CH = 2 \times 1.01 \text{ meq/L} = 101 \text{ mg/L as } CaCO_3$$

2)  $C_T = [H_2CO_3^*] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = 2 \text{ mM}$ 이고  $pH=10.3$ 인  $CaCO_3$  포화용액의 총 경도(total hardness)를 구하시오(단위: mg/L as  $CaCO_3$ ). (15점)

답)

$pH=10.3$ 에서  $H_2CO_3^*$ 의 농도는 무시할 만큼 작다.

따라서,

$$\frac{[CO_3^{2-}][H^+]}{[HCO_3^-]} = K_{a2}$$

$$[HCO_3^-] = \frac{[CO_3^{2-}][H^+]}{K_{a2}} = [CO_3^{2-}] \frac{10^{-10.3}}{10^{-10.33}} = 1.07[CO_3^{2-}]$$

$$C_T = [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = 2.07[CO_3^{2-}] = 0.002 \text{ M}$$

$$[CO_3^{2-}] = 9.66 \times 10^{-4} M$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{2.8 \times 10^{-9}}{9.66 \times 10^{-4}} = 2.90 \times 10^{-6} M = 2.90 \times 10^{-3} mM$$

$$CH = 2 \times 2.90 \times 10^{-3} meq/L = 0.290 mg/L \text{ as } CaCO_3$$

3. 정수장 침전조가 2 m<sup>3</sup>/s의 유입수를 처리하고 있다. 유입수에 존재하는 입자상 물질을 조사하여 네 가지 type으로 분류하였으며, 각각의 침전속도(settling velocity)를 조사하여 다음의 결과를 얻었다.

입자 type	전체 입자에 대한 중량비	침전속도, v <sub>s</sub> (m/s)
A	10%	1.5 × 10 <sup>-4</sup>
B	25%	3.0 × 10 <sup>-4</sup>
C	35%	6.0 × 10 <sup>-4</sup>
D	30%	1.5 × 10 <sup>-3</sup>

침전조의 hydraulic detention time이 2시간이고 침전조의 깊이(depth)가 2.5 m 일 때, 다음 물음에 답하시오.

- 1) 침전조의 overflow rate을 구하시오. (5점)

답)

$$V = Qt_0 = 2 m^3/s \cdot 2 hr \cdot 3600 s/hr = 1.44 \times 10^4 m^3$$

$$A_c = \frac{7.2 \times 10^5 m^3}{2.5 m} = 5760 m^2$$

$$v_o = \frac{2 m^3/s}{5760 m^2} = 3.47 \times 10^{-4} m/s$$

- 2) 각 입자 type의 침전조에서의 제거효율을 구하시오. (Hint: v<sub>s</sub> ≥ v<sub>o</sub>인 경우 100% 제거, v<sub>s</sub> < v<sub>o</sub>인 경우 v<sub>s</sub>/v<sub>o</sub> × 100(%) 제거) (5점)

답)

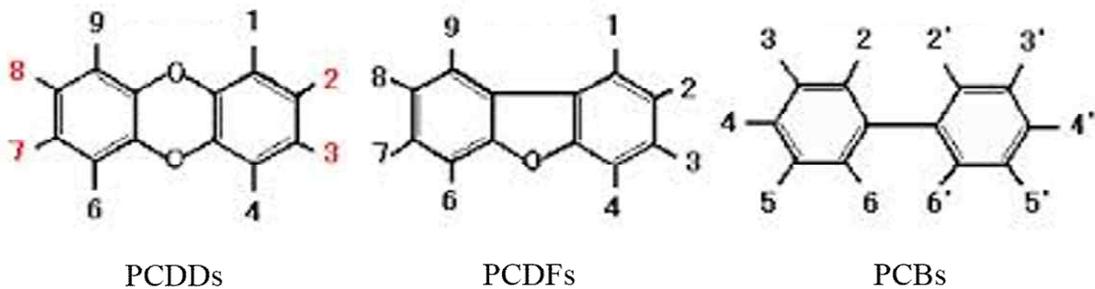
입자 type	침전속도, $v_s$ (m/s)	제거효율(%)
A	$1.5 \times 10^{-4}$	43.2
B	$3.0 \times 10^{-4}$	86.5
C	$6.0 \times 10^{-4}$	100
D	$1.5 \times 10^{-3}$	100

3) 침전조의 입자상 물질 전체에 대한 제거효율을 구하시오(중량 기준). (5점)

답)

입자 type	전체 입자에 대한 중량비 (A)	제거효율 (B)	전체 중량에 대한 제거효율 (A×B)
A	10%	43.2%	4.3%
B	25%	86.5%	17.3%
C	35%	100%	35%
D	30%	100%	30%
계			<b>86.6%</b>

4. 다이옥신(dioxins) 또는 다이옥신 계열(dioxin-like) 화합물로는 polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), and polychlorinated biphenyls (PCBs) 등이 있다. 이 화합물들의 골격 구조와 염소 치환번호는 다음 그림과 같다.



위 그림을 참조하여 다음 화합물의 구조를 그리시오. (10점)

i) 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin

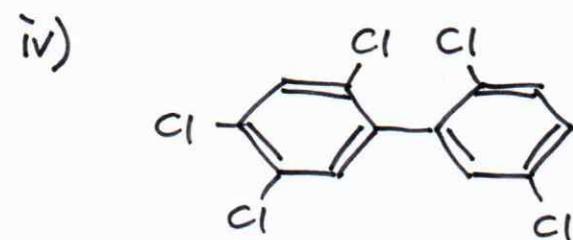
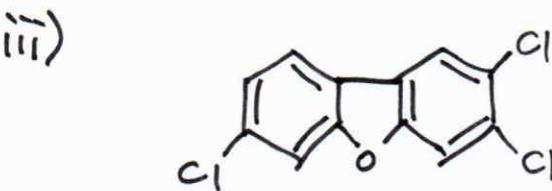
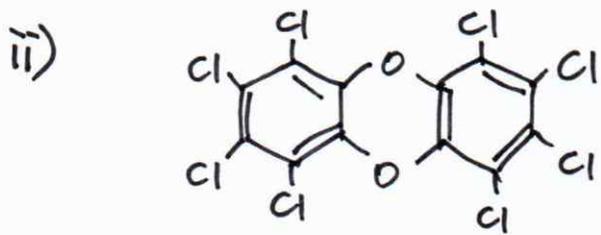
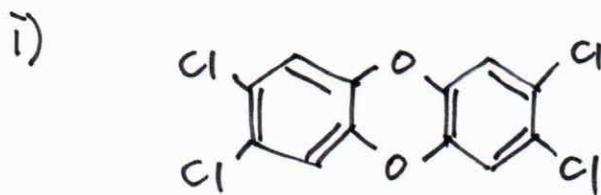
ii) octachlorodibenzo-*p*-dioxin

iii) 2,3,7-trichlorodibenzofuran

iv) 2,2',4,5,5'-pentachlorobiphenyl

(Hint: mono=1; di=2; tri=3; tetra=4; penta=5; hexa=6; hepta=7; octa=8; nona=9; deca=10)

답)



5. 식생정화(phytoremediation)의 5가지 기작인 phytodegradation, phytoextraction,

phytovolatilization, phytostabilization, phytostimulation에 대하여 각각 간략히 설명하시오. (15점)

답)

*phytodegradation*: 식물체가 흡수한 오염물질이 그 조직 내에서 식물체가 분비하는 효소에 의하여 분해되는 것

*phytoextraction*: 토양 내 오염물질을 식물체가 흡수하여 축적하는 것

*phytovolatilization*: 식물체가 흡수한 오염물질을 기공을 통한 발산 등을 통하여 공기 중으로 배출하는 것

*phytostabilization*: 식물체가 분비하는 삼출물 등이 토양 내 오염물질과 결합하여 오염물질의 생물학적 이용성을 저감시키는 것

*phytostimulation*: 식물체가 분비하는 삼출물 등으로 근권 미생물의 활성을 증가시켜 오염물질의 분해능을 향상시키는 것