

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.

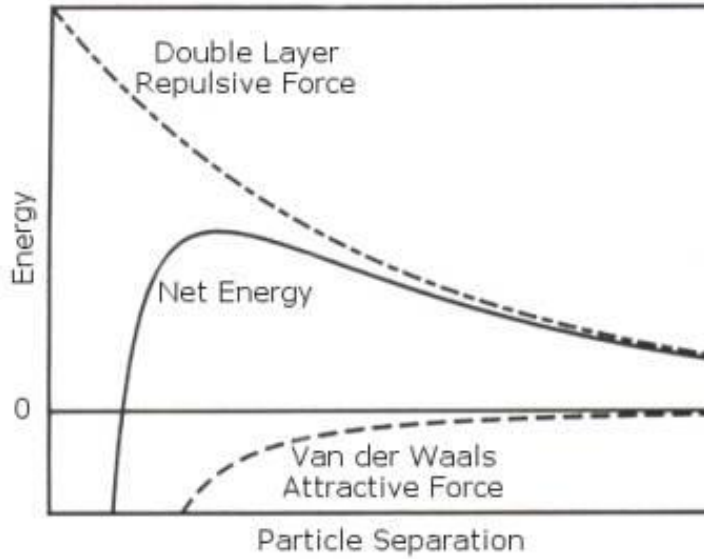
1) 입자상 물질이 존재하는 수용액에서 전하를 띤 입자와 용액 간 작용하는 힘에 대하여 설명하는 이론인 DLVO theory (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek theory)에 대하여 서술하십시오. (10점)

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 Ca²⁺가 유일하다고 가정하십시오.

1) C_T = [H₂CO₃*] + [HCO₃⁻] + [CO₃²⁻] = 2 mM이고 pH=7.5인 CaCO₃ 포화용액의 총 경도(total hardness)를 구하십시오(단위: mg/L as CaCO₃). (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 m³/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 _s (m/s)
A	10%	1.5 × 10 ⁻⁴
B	25%	3.0 × 10 ⁻⁴
C	35%	6.0 × 10 ⁻⁴
D	30%	1.5 × 10 ⁻³

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_s ≥ v_o인 경우 100% 제거, v_s < v_o인 경우 v_s/v_o × 100(%) 제거) (5점)

답)

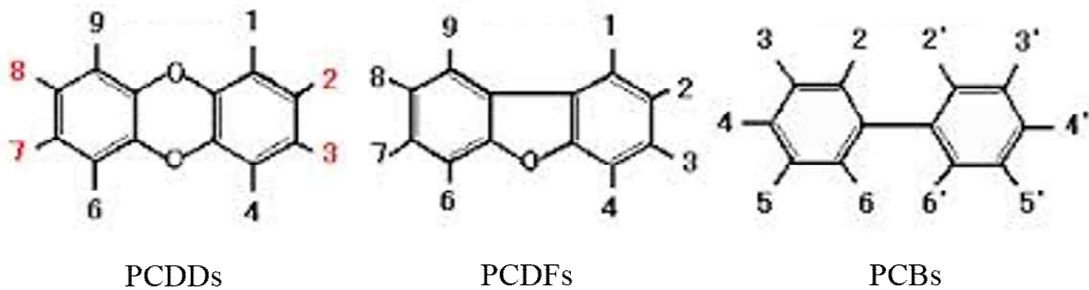
입자 type	침전속도, v_s (m/s)	제거효율(%)
A	1.5×10^{-4}	43.2
B	3.0×10^{-4}	86.5
C	6.0×10^{-4}	100
D	1.5×10^{-3}	100

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			86.6%

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

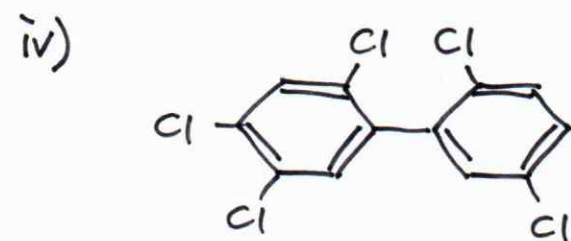
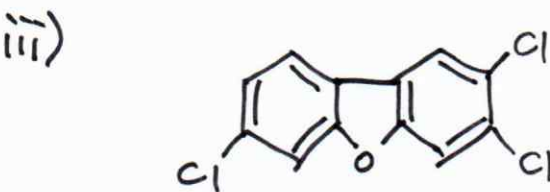
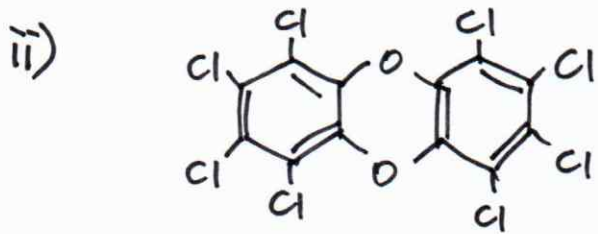
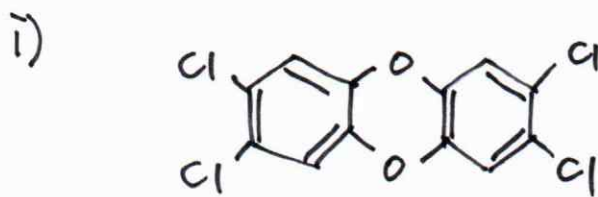
ii) octachlorodibenzo-*p*-dioxin

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