

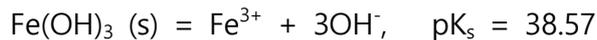
과제 #1

제출일: 9/28 수업시간

* 과제는 여러분들의 자가학습을 위한 것으로, ABEEK 관련 증빙을 위하여 선별된 6개를 제외하고는 채점하지 않을 계획입니다. 그러나 답안 작성과 컨닝 여부는 점검하니, 반드시 본인이 직접 풀기 바랍니다. 문제풀이를 한 노력이 보이면 감점은 전혀 없습니다. 답안 작성을 하지 않았을 경우 해당 문제는 0점, 컨닝하였을 경우 과제#1에 대하여 수강생 최저점수의 80%를 부여합니다.

1. 최근 2년 사이의 국내 환경관련 주요 사건 중 1건을 찾아 신문기사를 스크랩(인터넷 기사를 출력)하고 내용을 두 문단 정도로 간략히 요약하시오. (15점)

2. FeCl_3 1.5 mg를 플라스크에 넣고 증류수를 채운 후 NaOH를 첨가하여 pH 10인 1.00 L의 용액을 제조하였다. 묽은 용액 (몰농도=활성도)과 침전-용해 평형을 가정하여 다음 질문에 답하시오. 다음의 반응을 참조하고, 온도는 25°C 로 가정하시오.



1) 용해된 Fe^{3+} 이온의 몰농도 (mM 단위)를 구하시오. (5점)

2) 침전된 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 의 질량 (mg 단위)을 구하시오. (5점)

3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 를 모두 용해시키기 위하여 용액에 HCl를 첨가하고자 한다. HCl 첨가로 인한 부피 변화가 없고 묽은 용액 가정이 계속 성립한다면, pH를 얼마 이하로 낮추어야 첨가한 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 를 모두 용해시키는 것이 가능한가? (10점)

3. 0.15 g의 아세트산나트륨(CH_3COONa)을 플라스크에 넣고 증류수를 첨가하여 1.00 L의 용액을 제조하였다. 이 용액의 pH가 5.25일 때, 용액의 아세트산 이온 (CH_3COO^- , acetate)과 아세트산(CH_3COOH , acetic acid)의 농도를 몰농도로 구하시오(단, 온도는 25°C). (15점)

4. 과염소산(Hypochlorous acid; HOCl)이 자외선 조사를 통하여 분해되는 반응을 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

시간 (day)	농도 (mg/L)
0	10.00
1	7.85
2	5.94
4	4.07
8	2.23
12	0.93

- 1) 이 반응을 1차반응으로 가정하고 1차반응 상수(first-order reaction constant) k 를 구하시오. (10점)

(Hint: 어떤 반응물질 A에 대한 1차반응식 $r = d[A]/dt = -k[A]$ 을 통하여 식 $\ln\{[A]/[A]_0\} = -kt$ ($[A]_0 =$ 초기농도)을 얻을 수 있으며, 따라서 $\ln[A]$ 를 y축, t 를 x축으로 하는 그래프의 회귀직선을 구하여 그 기울기값 $-k$ 를 취함으로써 1차반응 상수 k 를 구할 수 있음.)

- 2) 이 반응에서 과염소산의 반감기를 구하시오. (5점)

5. 물 시료를 채취해서 넓은 대접에 담아 대기 중의 CO_2 ($P_{\text{CO}_2} = 10^{-3.5}$ atm)와 평형을 이루도록 한 후 pH를 측정하였더니 7.50이 나왔다. 묽은용액 (물농도=활성도) 가정을 사용하여 25°C 조건에서 다음 물음에 답하시오.

- 1) 평형상태에서 이 시료의 H_2CO_3^* , HCO_3^- , CO_3^{2-} 의 농도를 mM 단위로 구하시오. (10점)

- 2) 평형상태에서 이 시료의 알칼리도 (alkalinity)를 mg/L as CaCO_3 단위로 구하시오. (5점)

- 3) 대접의 시료를 병에 완전히 채우고 HCl을 농도가 1.0 mg/L가 되게 넣어 녹인 다음 즉시 밀봉하였다. 이 때, 시료의 pH를 예측하시오. 이를 증류수에 HCl 1.0 mg/L를 녹인 용액의 pH와 비교하시오. (10점)

(Hint: HCl은 강산이므로 첨가한 HCl이 모두 H^+ 를 내며, 이 H^+ 의 거의 모두가 HCO_3^- 와 결합하여 H_2CO_3^* 를 생성한다고 가정하시오.)

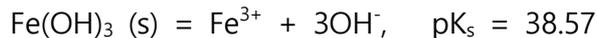
6. 생명체의 필수 고분자물질(macromolecules) 네 가지를 적고, 각각의 중요성을 간단히 논하시오. (10점)

과제 #1

제출일: 9/28 수업시간

* 과제는 여러분들의 자가학습을 위한 것으로, ABEEK 관련 증빙을 위하여 선별된 6개를 제외하고는 채점하지 않을 계획입니다. 그러나 답안 작성과 컨닝 여부는 점검하니, 반드시 본인이 직접 풀기 바랍니다. 문제풀이를 한 노력이 보이면 감점은 전혀 없습니다. 답안 작성을 하지 않았을 경우 해당 문제는 0점, 컨닝하였을 경우 과제#1에 대하여 수강생 최저점수의 80%를 부여합니다.

1. 최근 2년 사이의 국내 환경관련 주요 사건 중 1건을 찾아 신문기사를 스크랩(인터넷 기사를 출력)하고 내용을 두 문단 정도로 간략히 요약하시오. (15점)
2. FeCl_3 1.5 mg를 플라스크에 넣고 증류수를 채운 후 NaOH를 첨가하여 pH 10인 1.00 L의 용액을 제조하였다. 묽은 용액 (몰농도=활성도)과 침전-용해 평형을 가정하여 다음 질문에 답하시오. 다음의 반응을 참조하고, 온도는 25°C 로 가정하시오.



- 1) 용해된 Fe^{3+} 이온의 몰농도 (mM 단위)를 구하시오. (5점)

답)

$$10^{-38.57} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{Fe}^{3+}] = 2.69 \times 10^{-27} \text{ M} = 2.69 \times 10^{-24} \text{ mM}$$

- 2) 침전된 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 의 질량 (mg 단위)을 구하시오. (5점)

답)

각 원소의 원자량 - Fe : 55.85, Cl : 35.45, O : 16, H : 1

$$\text{FeCl}_3 \text{ 1.5 mg} = 1.5 \text{ mg} / \{55.85 + 3 \times 35.45\} \text{ mg/mmole} = 9.25 \times 10^{-3} \text{ mmole}$$

첨가한 FeCl_3 에 비하여 용해된 Fe^{3+} 는 무시할 만 하므로, 첨가한 Fe는 모두 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 의 형태로 존재한다고 가정할 수 있음.

따라서, 침전된 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 의 몰 수 = $9.25 \times 10^{-3} \text{ mmole}$

$$9.25 \times 10^{-3} \text{ mmole} \times \{55.85 + 3 \times (16 + 1)\} \text{ mg/mmole} = 0.988 \text{ mg}$$

- 3) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 를 모두 용해시키기 위하여 용액에 HCl를 첨가하고자 한다. HCl 첨가로 인한 부피 변화가 없고 묽은 용액 가정이 계속 성립한다면, pH를 얼마 이하로 낮추어야 첨가한 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 를 모두 용해시키는 것이 가능한가? (10점)

답)

$$10^{-38.57} = [Fe^{3+}][OH^-]^3 = (9.25 \times 10^{-6} M) \times [OH^-]^3$$

$$[OH^-] = 6.63 \times 10^{-12} M$$

$$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$[H^+] = 1.51 \times 10^{-3} M$$

$$pH = -\log[H^+] = 2.82$$

*일반적으로 중금속의 용해도는 pH가 낮을수록 높아지며, 따라서 산성 조건일수록 중금속이 인체 및 생물체에 흡수될 가능성이 높다는 것을 기억할 것!

3. 0.15 g의 아세트산나트륨(CH_3COONa)을 플라스크에 넣고 증류수를 첨가하여 1.00 L의 용액을 제조하였다. 이 용액의 pH가 5.25일 때, 용액의 아세트산 이온(CH_3COO^- , acetate)과 아세트산(CH_3COOH , acetic acid)의 농도를 몰농도로 구하시오(단, 온도는 $25^\circ C$). (15점)

답)

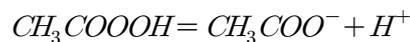
* 참고: 이 문제에 대하여 한 학생이 질문한 대로 실제 아세트산나트륨을 증류수에 녹이면 pH가 5.25가 나오는 것이 아니라 염기성 pH를 띠게 됩니다. 문제에 오류가 있었네요. 다만, 조건을 이용하여 문제를 푸는 데는 지장이 없을 것으로 생각합니다. 실제로는 아세트산(CH_3COOH) $1.83 \times 10^{-3} M$ 을 증류수에 녹이면 pH가 5.25 정도 나올 겁니다.

각 원소의 원자량 - C : 12, H : 1, O : 16 , Na : 23

$$\text{첨가된 } CH_3COONa = \frac{0.15g}{(2 \times 12 + 3 \times 1 + 2 \times 16 + 23)} = 1.83 \times 10^{-3} \text{ mole}$$

CH_3COONa 는 CH_3COO^- 와 Na^+ 로 해리되는데, CH_3COO^- 는 양성자 H^+ 를 얻어서 CH_3COOH 가 된다.

따라서 아세트산이 되는 반응식은 다음과 같다.



pK_a of CH_3COOH : 4.75

$$K_a = 10^{-4.75} = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \quad (1)$$

$1.83 \times 10^{-3} \text{ mole}$ 의 CH_3COONa 이 1.00L의 물에 첨가되었기 때문에

$$[CH_3COO^-] + [CH_3COOH] = 1.83 \times 10^{-3} M \quad (2)$$

pH=5.25이기 때문에, $[H^+] = 10^{-5.25} M$

(1)식에 $[H^+]$ 값을 대입하면,

$$[CH_3COO^-] = 3.16 [CH_3COOH] \quad (3)$$

(3)식을 (2)식에 대입하면,

$$[CH_3COOH] = 4.40 \times 10^{-4} M$$

$$[CH_3COO^-] = 1.39 \times 10^{-3} M$$

4. 과염소산(Hypochlorous acid; HOCl)이 자외선 조사를 통하여 분해되는 반응을 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

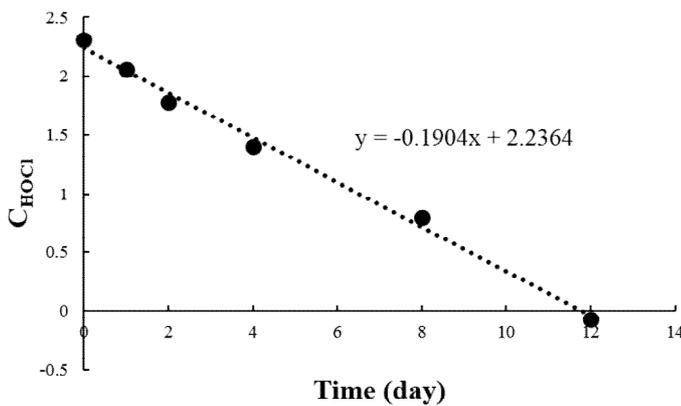
시간 (day)	농도 (mg/L)
0	10.00
1	7.85
2	5.94
4	4.07
8	2.23
12	0.93

1) 이 반응을 1차반응으로 가정하고 1차반응 상수(first-order reaction constant) k 를 구하시오. (10점)

(Hint: 어떤 반응물질 A에 대한 1차반응식 $r = d[A]/dt = -k[A]$ 을 통하여 식 $\ln\{[A]/[A]_0\} = -kt$ ($[A]_0 =$ 초기농도)을 얻을 수 있으며, 따라서 $\ln[A]$ 를 y축, t 를 x축으로 하는 그래프의 회귀직선을 구하여 그 기울기값 $-k$ 를 취함으로써 1차반응 상수 k 를 구할 수 있음.)

답)

위 자료를 $t-\ln C_{HOCl}$ 평면에 도시하여(C_{HOCl} : HOCl의 mg/L 단위 농도) 회귀직선을 다음과 같이 얻을 수 있다.



따라서, 1차반응 상수 k 는 0.190 day^{-1} .

2) 이 반응에서 과염소산의 반감기를 구하시오. (5점)

답)

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{0.190 \text{ day}^{-1}} = 3.65 \text{ days}$$

5. 물 시료를 채취해서 넓은 대접에 담아 대기 중의 CO_2 ($P_{\text{CO}_2} = 10^{-3.5}$ atm)와 평형을 이루도록 한 후 pH를 측정하였더니 7.50이 나왔다. 묽은용액 (몰농도=활성도) 가정을 사용하여 25°C 조건에서 다음 물음에 답하시오.

1) 평형상태에서 이 시료의 H_2CO_3^* , HCO_3^- , CO_3^{2-} 의 농도를 mM 단위로 구하시오. (10점)

답)

$$[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = K_H P_{\text{CO}_2} = 10^{-1.47} \text{ M/atm} \times 10^{-3.53} \text{ atm} = 10^{-5.00} \text{ M} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mM}$$

$$\log[\text{HCO}_3^-] = \log(K_H P_{\text{CO}_2}) - pK_{a1} + pH = -5.00 - 6.35 + 7.50 = -3.85$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 1.41 \times 10^{-4} \text{ M} = 1.41 \times 10^{-1} \text{ mM}$$

$$\log[\text{CO}_3^{2-}] = \log(K_H P_{\text{CO}_2}) - pK_{a1} - pK_{a2} + 2pH = -5.00 - 6.35 - 10.33 + 2 \times 7.50 = -6.68$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 2.09 \times 10^{-7} \text{ M} = 2.09 \times 10^{-4} \text{ mM}$$

2) 평형상태에서 이 시료의 알칼리도 (alkalinity)를 mg/L as CaCO_3 단위로 구하시오. (5점)

답)

$$[\text{H}^+] = 10^{-7.5} \text{ M} = 3.16 \times 10^{-5} \text{ mM}, [\text{OH}^-] = 10^{-6.5} \text{ M} = 3.16 \times 10^{-4} \text{ mM} \text{이므로}$$

$[\text{HCO}_3^-]$ 이외의 다른 물질들은 알칼리도에 큰 영향을 미치지 않음.

$$\text{Alk} \approx [\text{HCO}_3^-] = 1.41 \times 10^{-1} \text{ meq} = 7.05 \text{ mg/L as } \text{CaCO}_3$$

3) 대접의 시료를 병에 완전히 채우고 HCl을 농도가 1.0 mg/L가 되게 넣어 녹인 다음 즉시 밀봉하였다. 이 때, 시료의 pH를 예측하시오. 이를 증류수에 HCl 1.0 mg/L를 녹인 용액의 pH와 비교하시오. (10점)

(Hint: HCl은 강산이므로 첨가한 HCl이 모두 H^+ 를 내며, 이 H^+ 의 거의 모두가 HCO_3^- 와 결합하여 H_2CO_3^* 를 생성한다고 가정하시오.)

답)

각 원소의 원자량 - Cl : 35.45, H : 1

$$\text{HCl } 3.0 \text{ mg/L} = 2.74 \times 10^{-2} \text{ mM}$$

따라서, HCO_3^- 와 HCl의 H^+ 가 모두 결합하면,

$$[\text{HCO}_3^-] = 1.41 \times 10^{-1} \text{ mM} - 0.27 \times 10^{-1} \text{ mM} = 1.14 \times 10^{-1} \text{ mM}$$

$$[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = 1.00 \times 10^{-2} \text{ mM} + 2.74 \times 10^{-2} \text{ mM} = 3.74 \times 10^{-2} \text{ mM}$$

다음 탄산염의 1차 해리상수에서:

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3^*]}$$

$$10^{-6.35} = \frac{[\text{H}^+] \cdot (1.14 \times 10^{-4} \text{ M})}{3.74 \times 10^{-5} \text{ M}}$$

$$[\text{H}^+] = 1.47 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$pH = 6.83$$

cf)

강산인 HCl 3.0 mg/L를 증류수에 녹인 용액의 pH는

$$pH = -\log(2.74 \times 10^{-5}) = 4.56$$

* 계산을 통하여 물 시료에 존재하는 carbonate alkalinity가 pH buffer로 작용, 산의 첨가로 인한 pH의 감소를 완화한다는 것을 확인할 수 있음

6. 생명체의 필수 고분자물질(macromolecules) 네 가지를 적고, 각각의 중요성을 간단히 논하시오. (10점)

답)

탄수화물(Carbohydrates): 에너지원 (energy for life)

핵산(Nucleic acids): DNA와 RNA – 유전 정보의 저장 및 전달 (store and transmit genetic information)

단백질(Proteins): 생화학적 반응의 촉매 작용을 통한 세포 기능의 제어, 생물체의 구성성분 (regulate cellular functions by catalyzing biochemical reactions and support structure of organisms)

지질(Lipids): 에너지 저장, 세포막 형성, 생체신호 전달에 사용 (store energy (fats), make up cell membranes (phospholipids), and used for signaling (steroids))