

과제 #1

제출기한: 2020. 04. 14 (화), 23:59

1. 국내에서 최근(2000년~현재) 발생하여 사회적 관심을 불러일으킨 환경관련 사건 중 하나를 제시하고, 사건의 개요를 발생원인, 관련된 오염물질, 인간 또는 생태계에 대한 영향, 적용된 해결방안(만약 적용된 것이 있다면) 등을 포함하여 간략하게 기술하시오 (3문단 이하). (20점)
2. 현재 시판되는 참이슬 후레쉬의 도수는 17.0%이다. 이 소주가 순수한 물과 에탄올을 혼합한 용액이라고 가정하고, 물과 에탄올의 혼합 시 총 부피는 변화하지 않는다고 가정하자(즉, 참이슬 후레쉬 1 L는 물(H₂O) 830 mL와 에탄올(C₂H₅OH) 170 mL로 구성). 다음 밀도값을 이용하여 물음에 답하시오.

density of C₂H₅OH = 0.78 kg/L

density of H₂O = 1.00 kg/L

- 1) 참이슬 후레쉬의 에탄올 농도를 mass concentration (in g/L) 단위, 몰농도 (molarity, M) 단위, 몰분율(mole fraction) 단위로 각각 구하시오. (10점)

답)

$MW \text{ of ethanol } (C_2H_5OH) = 2 \times 12 + 1 \times 6 + 16 \times 1 = 46 \text{ g/mole}$

i) mass concentration

$0.170 \text{ L ethanol/L solution} \times 0.78 \text{ kg ethanol/L ethanol} \times 10^3 \text{ g/kg} = 132.6 \text{ g/L}$

ii) molarity

$\frac{132.6 \text{ g ethanol/L solution}}{46 \text{ g ethanol/mole ethanol}} = 2.88 \text{ M}$

iii) mole fraction

Moles of water in 1 L solution =

$$\frac{0.830 \text{ L water/L solution} \times 1.00 \text{ kg water/L water} \times 10^3 \text{ g/kg}}{18 \text{ g/mole}} = 46.1 \text{ moles/L}$$

$$\text{mole fraction(ethanol)} = \frac{2.88 \text{ mole/L}}{(2.88 + 46.1) \text{ mole/L}} = 0.0588$$

2) 에탄올의 사람에게 대한 치사량(lethal dose for 50% of the population, LD₅₀)은 약 12 g/kg body weight (체중량)으로 알려져 있다. 소주 한 병에 360 mL임을 고려했을 때, 70 kg인 사람에게는 소주 몇 병이 에탄올 치사량에 해당하는가? (5점)

※ 주의: 여기서 제시된 LD₅₀ 값은 치사율 50%에 해당하는 값입니다. 사람 간 편차, 안전을 등을 고려했을 때 한 자리에서 죽음에 이르지 않을 정도로 안전하게 섭취할 수 있는 술의 양은 이보다 훨씬 적어야 할 것입니다.

답)

$$\text{소주 한 병에 들어 있는 에탄올 양} = 0.36 \text{ L/bottle} \times 132.6 \text{ g/L} = 47.7 \text{ g/bottle}$$

$$\text{치사량에 해당하는 소주 병 수} = \frac{12 \text{ g/kg BW} \times 70 \text{ kg BW}}{47.7 \text{ g/bottle}} = 17.6 \text{ bottles}$$

3. 1-naphthol이라는 화합물의 528 nm 파장에서의 molar absorptivity는 8500 L/mole-cm이다. 물 시료를 담은 용기(cuvette)의 내벽 간격은 1 cm이며, 528 nm 파장에서 순수한 물의 흡광도와 cuvette 벽의 흡광도는 모두 무시할 만큼 작다고 가정하여 다음 물음에 답하시오.

1) 순수한 물에 1-naphthol을 녹인 1 mM 용액을 spectrophotometer (분광광도계)로 광원 파장 528 nm를 이용하여 측정하였을 때, 이론적인 흡광도(absorbance) 값을 구하시오. (5점)

답)

$$A(\lambda) = \epsilon(\lambda) \cdot C \cdot x$$

$$\epsilon(528 \text{ nm}) = 8500 \text{ L/mole-cm}$$

$$C = 10^{-3} \text{ mole/L}$$

$$x = 1 \text{ cm}$$

$$A(528 \text{ nm}) = 8500 \text{ L/mole-cm} \cdot 10^{-3} \text{ mole/L} \cdot 1 \text{ cm} = 8.5$$

2) 미지의 농도를 지닌 순수한 1-naphthol 수용액을 cuvette에 담고, 528 nm 파장의 광원을 60 mW/cm²의 세기로 조사한 결과, cuvette을 통과한 빛의 세기는 0.1 mW/cm²로 측정되었다. 이 수용액의 1-naphthol 농도를 mM 단위로 제시하시오. (5점)

답)

$$A(\lambda) = \log_{10}(I_0/I) = \epsilon(\lambda) \cdot C \cdot x$$

$$C = \frac{\log_{10}(I_0/I)}{\epsilon(\lambda) \cdot x} = \frac{\log_{10}(60/0.1)}{8500 \text{ L/mole-cm} \cdot 1 \text{ cm}} = 3.27 \times 10^{-4} \text{ mole/L} = 0.327 \text{ mM}$$

4. 물 시료 두 개에 포함되어 있는 주요 이온을 측정하여 아래의 결과를 얻었다. 이 때, 다음 물음에 답하시오. 단, 시료의 수온은 25 °C이고, 묽은 용액(물농도=활성도) 가정이 성립한다고 가정하시오.

이온	시료 1	시료 2
Ca ²⁺ (mg/L)	76.0	120.0
Mg ²⁺ (mg/L)	26.8	75.0
Na ⁺ (mg/L)	23.0	1.86
K ⁺ (mg/L)	19.6	15.6
Cl ⁻ (mg/L)	37.2	42.7
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	192.0	?
CO ₃ ²⁻ (mg/L)	10.4	0.00
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	126.5	156.9
pH	?	7.0

1) 시료 1에서 주요 이온 측정결과의 정확도가 수용 가능한 범위인지 전기적 중성의 법칙(electroneutrality principle)에 입각한 경험식을 이용하여 판단하시오. (10점)

답)

각 시료의 양이온 및 음이온에 대해서, 그 농도를 mM (=mmole/L) 및 meq/L 단위로 환산

하면,

양이온	이온량 (Ion weight) (g/mole)	시료 1		시료 2	
		in mM	in meq/L	in mM	in meq/L
Ca ²⁺	40.1	1.90	3.79	2.99	5.99
Mg ²⁺	24.3	1.10	2.21	3.09	6.17
Na ⁺	23.0	1.00	1.00	0.08	0.08
K ⁺	39.1	0.50	0.50	0.40	0.40
계		-	7.50		12.64

음이온	이온량 (Ion weight) (g/mole)	시료 1		시료 2	
		in mM	in meq/L	in mM	in meq/L
Cl ⁻	35.5	1.05	1.05	1.20	1.20
SO ₄ ²⁻	96.1	2.0	4.00	?	?
CO ₃ ²⁻	60.0	0.17	0.35	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	61.0	2.07	2.07	2.57	2.57
계		-	7.46	-	3.77

$$|\Sigma(\text{anions}) - \Sigma(\text{cations})| = |7.46 - 7.50| = 0.04$$

$$0.1065 + 0.0155 \times \Sigma(\text{anions}) = 0.1065 + 0.0155 \times 7.46 = 0.22$$

따라서, 시료 1의 분석 결과는 다음의 경험식을 만족하므로

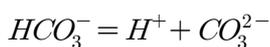
$$|\Sigma(\text{anions}) - \Sigma(\text{cations})| \leq 0.1065 + 0.0155 \times \Sigma(\text{anions})$$

정확도는 수용 가능한 범위임.

2) 시료 1의 pH를 추정하시오. (7점)

답)

25 °C에서 다음 약산의 해리반응에 대하여 해리상수는 $pK_{a2} = 10.33$ 으로 주어짐.



위 1)에서 계산한 HCO₃⁻ 및 CO₃²⁻의 몰농도를 이용하면,

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

$$[H^+] = \frac{K_{a2}[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} = 10^{-10.33} \times \frac{2.07 \text{ mM}}{0.17 \text{ mM}} = 5.69 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5.69 \times 10^{-10}) = 9.24$$

3) 전기적 중성의 법칙(electroneutrality principle)을 이용하여 시료 2의 황산 이온(SO_4^{2-}) 농도를 mg/L 단위로 추정하시오. (8점)

답)

리스트에 있는 이온들로 전기적 중성의 법칙을 만족하려면(양이온의 equivalent = 음이온의 equivalent), SO_4^{2-} 의 농도는 meq/L 단위로 다음과 같아야 함

$$(SO_4^{2-}) = 12.64 - 3.77 = 8.87 \text{ meq/L}$$

$$SO_4^{2-} \text{ equivalent mass} = \frac{96.1 \text{ g}}{2 \text{ eq}} = 48.1 \text{ g/eq} = 48.1 \text{ mg/meq}$$

$$SO_4^{2-} \text{ concentration in mg/L} = 8.87 \text{ meq/L} \times 48.1 \text{ mg/meq} = 427 \text{ mg/L}$$

4) 시료 2의 탄산염 경도(carbonate hardness)를 mg/L as $CaCO_3$ 단위로 구하시오. (7점)

답)

우선, 총 경도(total hardness)를 meq/L 단위로 구하면,

$$\text{Total hardness} = (Ca^{2+}) + (Mg^{2+}) = 5.99 + 6.17 = 12.16 \text{ meq/L}$$

알칼리도를 meq/L 단위로 구하면, $pH=7.0$ 에서 H^+ , OH^- 의 기여량은 미미하고 CO_3^{2-} 도 미미함을 pH 로 추정 가능할 뿐만 아니라, 제시된 값 또한 0.00 mg/L 이므로,

$$\text{Alk} = (HCO_3^-) = 2.57 \text{ meq/L}$$

따라서, 총 경도 > 알칼리도이므로, 탄산염 경도 = 알칼리도.

탄산칼슘(CaCO_3)의 equivalent mass 값인 50 mg/meq를 이용하여 단위를 환산하면,

$$C- Alk = 2.57 \text{ meq/L} \times 50 \text{ mg CaCO}_3/\text{meq} = 128.5 \text{ mg/L as CaCO}_3$$

5) 시료 2의 sodium adsorption ratio (SAR)을 구하시오. (3점)

답)

$$SAR = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+})+(Mg^{2+})}{2}}} = \frac{0.08}{\sqrt{\frac{5.99+6.17}{2}}} = 0.032$$

5. 물 속에 존재하는 유기물질을 화학식 $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 으로 표현할 수 있다고 가정하자. 환경 정책기본법 시행령 상 하천의 생활환경기준 중 TOC 기준으로 III등급을 겨우 만족하는 물은 III등급의 COD 기준을 만족하겠는가? 물 속에 존재하는 유기물질은 모두 COD에서 사용하는 산화제에 의해 산화될 수 있다고 가정하고, 다음의 화학식을 이용하시오. (10점)



답)

$\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 의 COD/TOC ratio를 구하면,

$$\frac{12.5 \times 32 \text{ g COD}}{10 \times 12 \text{ g C}} = 3.33 \text{ g COD/g TOC}$$

하천의 생활환경기준 중 III등급 TOC 기준은 5 mg/L로, $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 를 가정하여 COD로 환산하면 16.6 mg/L임.

III등급 하천의 COD 기준은 7 mg/L이므로, 만족하지 않음.

6. 환경, 생물반응조 등 여러 종의 미생물이 존재하는 조건에서 최근 자주 활용되는 분자

생물학적 분석법인 메타지노믹스(metagenomics)의 개요와 그 장점에 대하여 간단히(한 문단 내외)로 설명하시오. (10점)

답)

여러 종으로 구성된 미생물 집단(microbial community)이 존재하는 시료에서 바로 유전체(DNA, RNA 등)를 추출하여 그 염기서열을 분석하는 방법임. 미생물의 실험실 배양 후 유전체 분석 시 상당히 많은 종이 배양 불가능한 것으로 알려져 있어 결과에 큰 오류를 발생시킬 우려가 있는데, metagenomics 분석법은 이러한 “존재하나 배양 불가능한(viable but not culturable)” 미생물로 인한 오류를 배제할 수 있다는 장점이 있음. 또한, 분석을 통하여 시료 내의 미생물 집단의 구성, 종 다양성, 특정 종 또는 미생물 부류의 정량적 분포 정도를 파악할 수 있으며, 16S rRNA 외에도 유전체의 다양한 부분을 타겟으로 분석할 수 있어 미생물 집단의 유전적, 기능적 특성을 파악 가능함

7. 다음 병원성 원생동물(protozoa) 및 기생충(helminthes) 중 하나를 선택하여 선택한 생물의 생애주기(life cycle)를 도식화한 그림을 첨부하고, 각 생애주기 단계에 대해 한글로 간략히 설명하시오. (15점)

Pathogenic protozoa	Pathogenic helminthes
<i>Giardia lamblia</i>	<i>Hymenolepis nana</i> (a tapeworm species)
<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Diphyllobothrium latum</i> (a tapeworm species)
Malaria parasites (genus: <i>Plasmodium</i>)	