2021학년도 연세대학교 수시모집 논술시험 문제 자연1 (화학)

모집단위		수험번호		성명	

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.

[가] 산업 혁명 이후 대기 중 이산화 탄소(CO_2)의 농도는 급격히 증가하고 있다. 이산화 탄소의 농도는 1960년에 320 ppm 수준이었으나 2015년에 이르러 약 400 ppm까지 증가하였다. 예상되는 화석 연료의 사용 속도를 고려하면, 이산화 탄소의 농도는 2100년이 되기도 전에 현재 농도의 두 배까지 증가할 것으로 예측된다. 지구 온난화는 지구에서 방출되는 적외선이 온실 기체에 의해 다시 흡수되는 현상인 온실 효과에 의해 발생한다. 국제 기후 변화 협약인 교토의정서에서는 온실 효과를 일으키는 주요 온실 기체로 이산화 탄소, 메테인(CH_4) 등을 지목하고 있으며, 이 중에서 이산화 탄소의 영향이 88%에 이른다고 발표하였다.

[나] 인류가 사용하는 에너지의 대부분은 석탄(C), 천연 가스(CH_4), 휘발유(C_8H_{18}) 등 화석 연료에서 얻고 있으며, 화석 연료의 연소 과정에서 다량의 이산화 탄소가 생성된다. 이산화 탄소는 지구의 기후 변화에 영향을 끼칠 뿐 아니라 다양한 형태로 생태계에 영향을 미치기 때문에, 지속 가능한 미래 사회를 위해 이산화 탄소의 절감은 매우 중요하다. 이러한 관점에서 태양 에너지, 풍력 에너지와 같은 신재생 에너지에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 화석 연료 연소와 관련된 열화학 반응식은 다음과 같다.

[반응 1] $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$, $\Delta H_1 = -390$ kJ
[반응 2] $H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$, $\Delta H_2 = -290$ kJ
[반응 3] $C(s) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$, $\Delta H_3 = -75$ kJ
[반응 4] $8C(s) + 9H_2(g) \rightarrow C_8H_{18}(l)$, $\Delta H_4 = -250$ kJ

[다] 동물의 호흡 과정에서 이산화 탄소의 역할은 중요하다. 세포 호흡 과정에서 생성되는 이산화 탄소는 혈류를 통해서 이동하며 호흡기를 통해 체외로 배출된다. 동물의 호흡이 가빠지면 이산화 탄소의 배출량이 많아지게 된다. 과호흡 증상이 나타날 때, 봉지에 입을 대고 숨을 쉬면 과호흡으로 배출된 이산화 탄소를 다시 들이마셔 일시적으로 증상을 완화할 수 있다. 달걀 껍데기의 주성분은 탄산 칼슘($CaCO_3$)으로, 달걀 껍데기가 만들어지는 과정은 닭의 호흡과 관련이 있다. 땀샘이 없는 닭은 호흡으로 열을 방출하기 때문에, 더운 여름에는 호흡이 가빠져서 겨울에 비해 더 많은 양의 이산화 탄소를 배출한다.

[라] 공기 중의 이산화 탄소는 물에 용해되어 탄산(H_2CO_3)을 생성하며, 탄산은 이온화하여 수소 이온과 탄산수소 이온(HCO_3^-), 탄산 이온(CO_3^{2-})을 만든다. 이와 관련된 화학 반응식과 각 반응에 대한 25 ℃에서의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.

$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$, $K_a = 4.3\times10^{-7}$
$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$, $K_a = 5.6\times10^{-11}$

[마] 대기로 방출되는 이산화 탄소의 약 1/3이 바닷물로 흡수된다. 이산화 탄소의 흡수로 인하여 바닷물의 pH가 낮아지는 현상을 해양 산성화라고 한다. 해양 산성화는 산호초가 줄어드는 원인 중의 하나로 지목되고 있다. 산호초나 플랑크톤과 같은 해양 생물의 골격을 이루는 탄산 칼슘은 탄산수소 이온과 칼슘 이온(Ca^{2+})의 반응으로 생성된다.

[문제 1] 제시문 **[가]**를 참고하여 대기 중의 이산화 탄소 농도가 질량 기준으로 400 ppm일 때 이산화 탄소의 분압을 구하시오. 또한 이산화 탄소 수용액 농도가 질량 기준으로 120 ppm일 때 이산화 탄소 수용액의 몰 농도(M)를 구하시오. (단, 대기는 부피 비로 79%의 질소, 20%의 산소, 나머지 성분은 아르곤과 이산화 탄소로 구성되어 있다고 가정한다. 모든 기체는 이상 기체이며 표준 상태이다. 탄소, 질소, 산소, 아르곤의 원자량은 각각 12, 14, 16, 40이다. 이산화 탄소 수용액의 밀도는 1 g/mL이다.) **[10점]**

[문제 2] 석탄, 천연가스, 휘발유 1몰이 각각 완전 연소할 때, 발생하는 에너지에 비해 온실 효과에 미치는 영향이 가장 작은 화석 연료는 어떤 것인지 제시문 **[가]**와 **[나]**를 참고하여 추론하시오. **[10점]**

[문제 3] 세포 호흡을 통해 생성된 이산화 탄소가 혈액 내의 pH를 일정하게 유지하기 위해 어떤 역할을 하는지 기술하고, 과도한 운동으로 체내에 젖산이 축적되었을 때 혈액의 pH 변화와 그 까닭을 제시문 **[다]**와 **[라]**를 참고하여 논하시오. **[10점]**

[문제 4] 제시문 **[다]**, **[라]**, **[마]**를 참고하여 탄산 칼슘의 형성과정에 대한 균형 화학 반응식을 모두 쓰시오. 또한 대기 중의 이산화 탄소 농도 증가가 산호초의 생장에 주는 영향과, 계절에 따른 달걀 껍데기의 두께 변화에 대해서 각각 논하시오. **[10점]**