

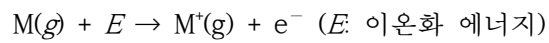


# 2022학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제지 [창의인재-의예과(화학)]

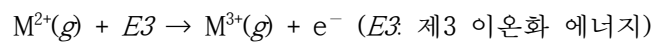
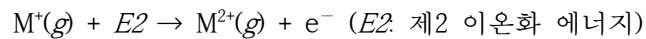
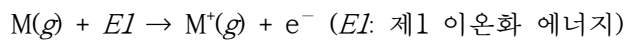
## 【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (20점)

(가) 물질을 이루는 분자의 상호 작용을 분자간 힘이라고 한다. 분자간 힘은 물질의 끓는점에 영향을 미치므로 끓는점으로 분자간의 힘의 크기를 알 수 있다. 분자간의 힘은 쌍극자-쌍극자 힘, 분산력, 수소 결합이 있다. 쌍극자를 가지는 극성 분자들이 가까워지면, 같은 전하 사이의 반발력을 최소화하고 반대 전하 사이의 인력을 최대화하도록 분자들이 배열한다. 이때 한 분자의 쌍극자와 이웃한 분자의 쌍극자 사이에 인력이 작용하는데, 이러한 분자 사이의 힘을 쌍극자-쌍극자 힘이라고 한다. 무극성 분자는 전자의 치우침 없이 전자가 고르게 분포한다고 가정하지만, 전자가 순간적으로 분자의 한쪽으로 치우치면 잠시 동안 쌍극자가 생길 수 있다. 이처럼 전자가 분자의 한쪽으로 치우치는 현상을 편극이라고 하고, 이때 순간적으로 생성되는 쌍극자를 순간 쌍극자라고 한다. 순간 쌍극자는 이웃한 분자의 전자 분포에 영향을 미쳐 또 다른 순간 쌍극자를 만들 수 있다. 이 두 순간 쌍극자 사이에 작용하는 약한 힘을 분산력이라고 한다. 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자에 결합한 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 강한 정전기적 인력을 수소 결합이라고 한다.

(나) 원자핵과 전자 사이에는 인력이 작용하므로 원자에서 전자를 떼어내려면 에너지가 필요하다. 원자가 양이온이 될 때는 원자핵과의 인력이 가장 작은 원자가 전자가 먼저 분리된다. 기체 상태의 원자 1몰에서 1몰의 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지를 이온화 에너지라고 한다.



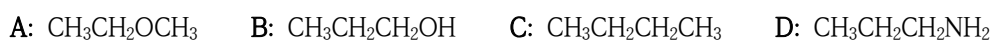
원자에서 여러 개의 전자를 떼어낼 때는 전자를 1몰씩 차례로 떼어내는 것으로 가정할 수 있는데, 이때 필요한 각각의 이온화 에너지를 순차 이온화 에너지라고 한다.



(다) 화학 전지에서는 산화 환원 반응이 일어나면서 전자가 이동하여 전류가 흐른다. 전류는 열과 빛을 발생시키거나 전동기를 움직이게 하는 등의 일을 할 수 있는데, 전류가 흐르면서 일을 할 수 있는 능력을 전기 에너지라고 한다. 이처럼 화학 전지는 물질이 지닌 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다.

(라) 일반적으로 금속 원소는 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향이 있는데, 이것을 금속의 이온화 경향이라고 한다. 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉬우며 반응성이 크다. 예를 들어 아연(Zn)은 은(Ag)보다 이온화 경향이 커서 아연(Zn)이 은(Ag)보다 쉽게 전자를 잃고 산화된다.

【문제 1-1】 다음 물질들을 끓는점이 낮은 것부터 높은 순서로 나열하고, 그 이유를 논리적으로 설명하시오. (5점)



【문제 1-2】 <sup>6</sup>C의 순차 이온화 에너지 크기(E1~E6)를 y축으로 전하 수(+1~+6)를 x축으로 한 그래프를 예측하여 그리고, 그 이유를 설명하시오. (5점)

【문제 1-3】 아연(Zn) 금속과 은(Ag) 금속으로 구성된 화학 전지를 고안하여 모형을 그리고, 고안한 화학 전지의 전체 반응을 쓰시오. 그리고 고안한 화학 전지의 작동 원리를 설명하시오. (단, 각각의 전극과 전해질은 분리된 용기에 위치시킨다). (10점)

## [문항해설]

[문제 1-1]

분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-2]

이온화 에너지에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-3]

화학 전지의 작동 원리에 대한 이해도를 평가한다.

## [예시답안]

(문제 1-1)

(평가 기준)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (+2점)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$  쌍극자-쌍극자 힘이 분산력 보다 큼 (+1점)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  쌍극자-쌍극자 힘보다 수소 결합이 큼 (+1점)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2 < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  N보다 O의 전기음성도가 큼 (+1점)

(문제 1-2)

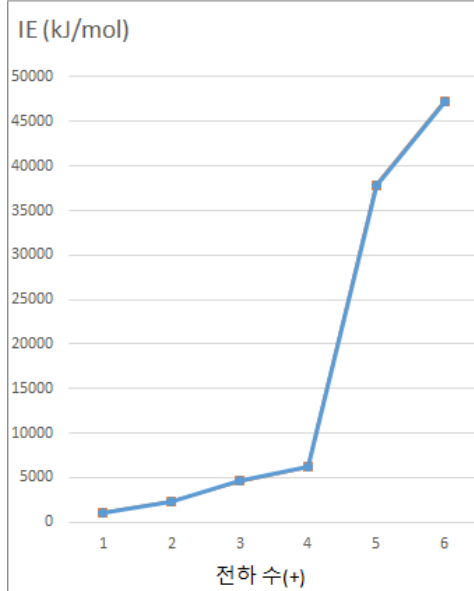
(평가 기준)

아래 항목을 포함한 그래프 제시: (+3점)

전하 수 1-4: 서서히 증가

전하 수 4-5: 급격히 증가

전하 수 5-6: 전하 수 4-5 대비 상대적으로 완만히 증가



${}_6\text{C}$ 의 전자 배치:  $1s^2 2s^2 2p^2$

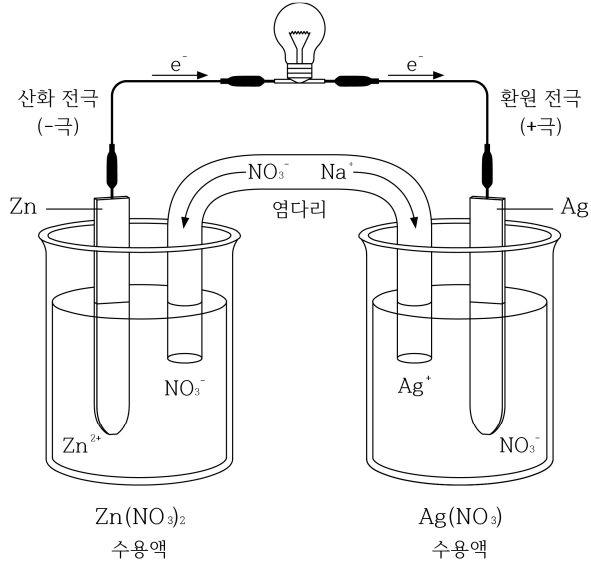
전하 수 1-4와 전하 수 5-6: 같은 전자 껍질에서 전자를 떼어낼수록 같은 전자 껍질의 전자 가려막기 효과가 감소하여 각 전자에 대한 유효 핵전하가 증가하므로 순차 이온화 에너지는 **점점** 증가한다. (+1점)

전하 수 4-5: 안쪽 전자 껍질에 있는 전자는 원자핵으로부터 더 큰 인력을 받으므로 전자 껍질 수가 감소할 때는 순차 이온화 에너지가 **급격하게** 증가한다. (+1점)

(문제 1-3)

(평가 기준)

AgNO<sub>3</sub> 수용액, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 수용액, Zn, Ag, NaNO<sub>3</sub>로 조성된 염다리를 사용한 화학전지 모형 예시



전지 모형도 그리기(4점): 다음 항목이 표시되어 있으면 각각 +1점

산화 전극 (-극): 아연(Zn), 환원 전극 (+극): 은(Ag), 염다리, 전자의 이동 방향표기

화학 전지의 작동 원리 서술(4점)

아연(Zn)이 은(Ag)보다 쉽게 전자를 잃고 산화되므로 아연(Zn)은 산화 반응이 일어나고, 전자가 전선을 통하여 환원 전극 (+극) 이동하여 전류가 흐르게 된다. 전자를 받은 은은 환원 반응이 일어난다.

산화 전극 (-극):  $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$  (산화) (+1점)

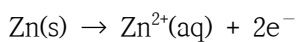
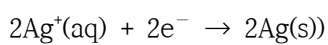
환원 전극 (+극):  $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$  (환원) (+1점)

아연(Zn<sup>2+</sup>) 수용액은 아연 이온(Zn<sup>2+</sup>)이 증가한다, 염다리의 음이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)은 아연 수용액 쪽으로 이동하여 전하 균형을 맞춘다. 은 수용액은 은(Ag)의 석출로 양이온(Ag<sup>+</sup>)이 감소한다. 염다리의 양이온(Na<sup>+</sup>)은 은 수용액 쪽으로 이동하여 전하 균형을 맞춘다.

염다리의 음이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)은 아연(Zn) 수용액 쪽으로 이동 (+1점)

염다리의 양이온(Na<sup>+</sup>)은 은(Ag) 수용액 쪽으로 이동 (+1점)

전체 반응:



**【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)**

- (가) 우리 몸은 외부나 체내의 환경이 변하더라도 체온, 혈당량, 체액의 pH 등을 일정한 범위에서 조절하여 생명을 유지한다. 특히 pH는 우리 몸에서 일어나는 다양한 화학 반응과 관련되어 있어 매우 중요하다. 혈액은 우리 몸의 pH를 유지하는 데 가장 큰 역할을 하는 완충 용액이다. 혈액의 pH는 7.4 정도이며 다양한 화학 물질로 유지되는데 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )으로 나타나는 완충 작용이 대표적이다.
- (나) 화학 반응은 본래의 물질과 성질이 전혀 다른 새로운 물질이 생성되는 현상이다. 화학 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 관계를 화학식으로 이용하여 나타낸 것을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응식을 쓸 때 반응물과 생성물의 상태를 괄호 안에 약자를 써서 표시하기도 한다. 고체는 (s), 액체는 (l), 기체는 (g), 수용액은 (aq)로 나타낸다. 화학 반응식으로 알 수 있는 다양한 정보 가운데 반응물과 생성물 사이의 양적 관계가 중요하다. 화학 반응식을 이용하여 주어진 반응물로부터 얻을 수 있는 생성물의 양을 계산할 수 있고, 반대로 일정한 양의 생성물을 얻는 데 필요한 반응물의 양도 계산할 수 있다. 탄소와 수소로만 이루어진 탄소 화합물을 탄화수소라고 한다. 탄화수소는 완전 연소할 때 이산화탄소( $\text{CO}_2(g)$ )와 수증기( $\text{H}_2\text{O}(g)$ )를 생성하면서 많은 열을 내므로 자동차의 연료로 사용된다.
- (다) 어떤 원자나 이온이 전자를 잃는 반응을 산화라고 한다. 반대로 어떤 원자나 이온이 전자를 얻는 반응을 환원이라고 한다. 전자를 잃는 산화 반응이 일어나려면 전자를 얻는 환원 반응도 일어나야 한다. 반대로 환원 반응이 일어나려면 산화 반응이 일어나야 한다. 이처럼 산화와 환원은 항상 동시에 일어나므로 산화 환원 반응이라 한다. 이에 대한 예시로 염산( $\text{HCl}(aq)$ )과 크로뮴산 칼륨( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) 수용액, 아산화 질소( $\text{N}_2\text{O}$ ) 기체는 화학 반응을 하여 염화 크로뮴(III)( $\text{CrCl}_3$ ) 수용액과 일산화 질소( $\text{NO}$ ) 기체, 액체 물( $\text{H}_2\text{O}$ ), 염화 칼륨( $\text{KCl}$ ) 수용액을 생성한다.

**[문제 2-1]** 운동으로 생긴 젖산이 혈액 속으로 녹아들어 갈 때 일어나는 현상을 화학 반응식을 이용하여 논리적으로 설명하시오. (4점)

**[문제 2-2]** 가솔린의 주요 성분인 액체 옥테인( $\text{C}_8\text{H}_{18}(l)$ ) 114 mL가 과량의 산소( $\text{O}_2(g)$ )와 반응할 때 배출되는 탄소(C)의 양(g)을 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, H, C, O의 원자량은 각각 1, 12, 16이다. 옥테인의 밀도는 0.70 g/mL이다) (4점)

**[문제 2-3]** 제시문 (다)에서 예시로 들었던 산화 환원 반응을 완성하시오. 일산화 질소( $\text{NO}$ ) 10.8 g을 생성하기 위한 최소한의 36.5% 염산은 몇 mL가 필요한지 구하고, 그 과정을 기술하시오. (단, 염산의 밀도는 1.20 g/mL이다. HCl의 분자량은 36.5이고, NO의 분자량은 30이다.) (12점)

**[문항해설]**

(문제 2-1)

생체 내에서 일어나는 완충 작용에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-2)

여러 가지 반응을 화학식으로 나타내고, 화학 반응에서의 양적 관계에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-3)

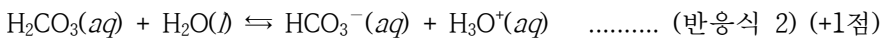
산화 환원 반응의 완결 및 용액의 농도 개념에 대한 이해도를 평가한다.

**[예시답안]**

[문제 2-1]

(평가기준)

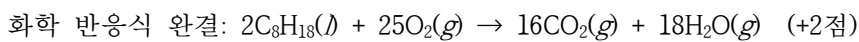
CO<sub>2</sub>가 혈액에 녹아 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 생성되며 (반응식 1), 혈액 속에서 약산인 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>과 이것의 짝염기인 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>은 평형 (반응식 2)을 이룬다.



운동으로 젓산이 생기면 혈액 속 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>의 농도가 증가하여 반응식 2에서 평형이 역방향 쪽으로 이동하여 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>가 생성된다. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>가 없어지므로 혈액의 pH는 일정하게 유지된다. H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>는 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해되고, CO<sub>2</sub>는 호흡으로 몸 밖으로 배출된다. (+2점)

[문제 2-2]

(평가기준)



완결된 반응식의 계수는 맞고 물질의 상태 표기 미흡 시: (-1점)

사용한 옥테인의 몰 수 계산:  $\frac{114 \text{ mL C}_8\text{H}_{18} \times 0.70 \text{ g/mL}}{114 \text{ g/mol}} = 0.70 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}$  (+1점)

생성되는 C의 g 수:  $8 \times 0.70 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{12 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} = 67 \text{ g}$  (+1점)

[문제 2-3]

(평가기준)

완결된 반응식:



완결된 반응식의 계수는 맞고 물질의 상태 표기 미흡 시: (-2점)

생성된 NO의 몰 수:  $10.8 \text{ g NO} \times \frac{1 \text{ mol NO}}{30 \text{ g NO}} = 0.36 \text{ mol NO}$  (+1점)

NO(g)과 HCl(aq)은 6 : 10의 몰비로 반응:

필요한 HCl의 몰 수:  $0.36 \text{ mol NO} \times \frac{10 \text{ mol HCl}}{6 \text{ mol NO}} = 0.60 \text{ mol HCl}$  (+1점)

염산의 몰 농도 구하기: 용액의 부피와 용질의 몰수 계산하기

36.5% 염산: 용액 100 g에 HCl 36.5 g이 녹아 있다. (+1점)

HCl의 몰수 계산:  $\frac{36.5 \text{ g HCl}}{36.5 \text{ g/mol}} = 1.00 \text{ mol HCl}$  (+1점)

밀도로부터 용액의 부피 계산:  $100 \text{ g 용액} \times \frac{1 \text{ mL}}{1.20 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.0830 \text{ L}$  (+1점)

염산의 몰농도 =  $\frac{1.00 \text{ mol}}{0.0830 \text{ L}} = 12.0 \text{ M}$  (+1점)

0.60 mol HCl을 얻기 위한 12.0 M HCl의 부피 계산:  $12.0 \text{ mol/L HCl} \times V \text{ (L)} = 0.60 \text{ mol} \rightarrow V \text{ (L)} = \frac{0.60 \text{ mol}}{12.0 \text{ mol/L}} = 0.050 \text{ L} = 50 \text{ mL}$

(+2점)