# 2022학년도 연세대학교 수시모집 논술시험 문제 자연계열(화학)

| 모집단위 | | 수험번호 | | 성명 | |
|---|---|---|---|---|---|

**※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.**

**[가]** 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 반응물과 생성물의 농도가 변하지 않고 일정하게 유지되는 것을 화학 평형이라고 한다. 화학 평형에서 반응물과 생성물의 상대적인 양은 평형 상수($K$)를 이용하여 알 수 있다. 화학 반응이 일어나기 위해서는 반응물들이 충분한 에너지를 가지고 반응에 적합한 방향으로 충돌해야 한다. 반응물과 생성물 사이에 넘어야 하는 에너지 장벽, 즉 화학 반응이 일어나는 데 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지($E_a$)라고 한다. 활성화 에너지는 반응 속도에 큰 영향을 준다. 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 상대적인 양은 화학 평형뿐만 아니라 반응 속도를 동시에 고려해야 한다. 화학 반응에서 반응물이나 생성물이 기체일 때, 반응 속도는 시간에 따른 부피 변화나 압력 변화로 나타낼 수 있다.

**[나]** **[표 1]**은 25℃에서 금속 마그네슘(Mg)을 충분한 양의 묽은 염산(HCl)에 넣어서 발생한 수소 기체의 부피를 15초 간격으로 측정한 결과이다.

**[표 1]** 반응 시간에 따른 수소 기체의 발생량

| 시간 (s) | 0 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 기체의 부피 (mL) | 0 | 20 | 36 | 43 | 46 | 47 |

**[다]** 산(HA)은 수용액에서 **[식 1]**과 같이 이온화 평형을 이루며, 산의 세기는 이온화 상수($K_a$)로 비교할 수 있다.

$$HA(aq) + H_2O(l) \rightleftarrows A^-(aq) + H_3O^+(aq), \qquad K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \qquad \textbf{[식 1]}$$

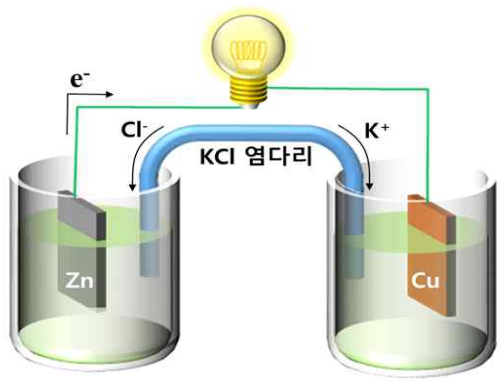
25 ℃에서 염산의 $K_a$는 약 $10^7$ 정도이며 아세트산($CH_3COOH$)의 $K_a$는 $2.0 \times 10^{-5}$이다.

**[라]** **[그림 1]**은 다니엘 전지의 모식도이다. 아연 전극과 구리 전극을 각각 황산 아연($ZnSO_4$)과 황산 구리(II)($CuSO_4$) 수용액에 담그고 두 수용액을 염다리로 연결한 뒤, 두 금속판을 도선으로 연결하면 전류가 흐른다. 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응과 전체 반응은 다음과 같다.

반쪽 반응: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

전체 반응: $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$




**[그림 1]** 다니엘 전지 모식도

**[마]** 자동차는 연료의 연소 반응을 이용하여 에너지를 얻는다. 압축된 공기와 연료가 반응하게 되는 엔진 내부의 온도는 2400 K이다. 엔진 내부에서는 연료의 연소 반응 외에 질소와 산소의 반응으로 산화 질소(NO)가 생성된다. 산화 질소는 유해 가스이므로 대기 중으로 배출을 막기 위해 배기구에 산화 질소의 양을 줄이는 장치를 설치하는 것이 의무화 되어 있다.

※H, C, N, O, Mg, Cu, Zn, Ag의 원자량은 각각 1, 12, 14, 16, 24, 64, 65, 108이다.

**[문제 1]** 제시문 **[가]**와 **[나]** 및 **[표 1]**을 참고하여 묽은 염산과 금속 마그네슘이 반응할 때, 시간에 따른 수소 기체 발생량을 그래프로 표현하고, 이를 바탕으로 0~15 초, 15~30 초, 30~45 초, 45~60 초 구간의 평균 반응 속도를 구하시오. 시간에 따른 평균 반응 속도의 변화와 그 이유에 대해서 논하고, 제시한 이유로 설명할 수 있는 우리 주변의 예를 서술하시오. (단, 발생한 수소 기체의 온도와 압력은 일정하다.) **[10점]**

**[문제 2]** 묽은 염산(0.10 M, 100 mL)과 아세트산 수용액(0.10 M, 100 mL)이 각각 들어 있는 비커에 2.40 g의 금속 마그네슘을 각각 넣었다. 각 비커에서 반응이 완결될 때까지 발생한 수소 기체의 질량을 구하고, 두 경우의 차이점에 대해 제시문 **[가]**와 **[다]**를 참고하여 논하시오. **[10점]**

**[문제 3]** 질산 은($AgNO_3$) 수용액(0.10 M, 100 mL)에 충분한 양의 구리 리본을 넣었더니 표면에 은이 석출되었다. 반응이 완결된 후, 용액만 분리하여 **[용액 1]**을 만들었다. 아연 전극 1.30 g을 질산 아연($Zn(NO_3)_2$) 수용액(0.10 M, 100 mL)에, 구리 전극 1.28 g을 **[용액 1]**에 각각 넣어 제시문 **[라]**의 화학 전지를 구성하였다. 화학 전지에서 반응이 완결되어 더 이상 전류가 흐르지 않을 때, 남아 있는 아연 전극의 질량을 구하고 과정을 제시하시오. (단, 모든 수용액에서 음이온은 반응하지 않는다.) **[10점]**

**[문제 4]** 제시문 **[가]**와 **[마]**를 참고하여 자동차 엔진과 배기구에서 발생하는 산화 질소의 양을 화학 평형의 관점에서 비교하여 서술하시오. 제시문 **[마]**의 장치가 필요한 이유와 이 장치가 가져야 할 특성에 대해서 반응 속도의 관점에서 논하시오. (단, 배기구의 온도는 1000 K이며, $N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2NO(g)$ 반응의 1000 K와 2400 K에서의 평형 상수는 각각 $5.25 \times 10^{-5}$, $3.10 \times 10^{-3}$이다.) **[10점]**



연세대학교