

2023년도 60회 변리사 1차 화학 기출 해설

(변리사 스쿨 화학 전임 김선민)

수험생 여러분들의 합격을 기원하며 수험생 여러분들의 수험공부외에 영리목적의 무단복제를 금합니다.

11.

온도 25°C 밀도 d_1 , a M, A 수용액 100mL

$$\begin{aligned} & \text{용액 } 1000\text{mL} : \text{용질 } a \text{ mol} \\ = & \text{용액 } 100\text{mL} : \text{용질 } \frac{a}{10} \text{ mol} \\ = & \text{용액 } 100\text{mL} : \text{용질 } (10a)\text{g} \text{ (1몰의 질량이 } 100\text{g이므로 } \frac{a}{10} \text{ mol은 } (10a)\text{g이기 때문이다.)} \\ = & \text{용액 } (100d_1)\text{g} : \text{용질 } (10a)\text{g} \text{ (밀도가 } d_1\text{이므로 이 } 100\text{mL의 질량은 } (100d_1)\text{g이다.)} \end{aligned}$$

온도를 20°C로 낮추어주면 부피가 변화되므로 밀도가 변화되나 질량은 변화되지 않으므로

$$\begin{aligned} & \text{용액 } (100d_1)\text{g} : \text{용질 } (10a)\text{g} \\ = & \text{용액 } \left(\frac{100d_1}{d_2}\right)\text{mL} : \text{용질 } (10a)\text{g} \text{ (밀도가 } d_2 = \frac{m}{V}\text{이며 질량이 } 100d_1\text{일때의 부피 } V = \\ & \left(\frac{100d_1}{d_2}\right)\text{mL이기 때문이다.)} \\ = & \text{용액 } 1000\text{mL} : \text{용질 } \left(\frac{100ad_2}{d_1}\right)\text{g} \\ = & \text{용액 } 1000\text{mL} : \text{용질 } \left(\frac{ad_2}{d_1}\right)\text{mol} \text{ (질량을 분자량 } 100\text{으로 나누어 준 값이다.)} \end{aligned}$$

따라서 이 용액의 몰농도는 $\left(\frac{ad_2}{d_1}\right)\text{M}$ 이며 $x = \left(\frac{ad_2}{d_1}\right)$ 이다.

%농도는 질량을 기준으로 한 값이므로 온도가 변하여도 변화되지 않으므로

$$\begin{aligned} & \text{용액 } (100d_1)\text{g} : \text{용질 } (10a)\text{g} \\ = & \text{용액 } 100 \text{ g} : \text{용질 } \left(\frac{10a}{d_1}\right)\text{g} \end{aligned}$$

따라서 이 용액의 %농도는 $\frac{10a}{d_1}\%$ 이며 $y = \frac{10a}{d_1}$ 이다.

$$\text{즉, } \frac{x}{y} = \frac{\frac{ad_2}{d_1}}{\frac{10a}{d_1}} = \frac{d_2}{10} \text{이다.}$$

정답 : ②

12.

온도 T_1 에서의 농도 평형 상수값이 100이므로 평형 상수의 정의에 대입하면

$K_c = 100 = \frac{[C]^c}{[A]^a[B]} = \frac{0.2^c}{0.1^a \times 0.4}$ 이다. 이 값이 100이 나오기 위해서는 c값은 2이어야 하며 a 값은 3이어야 한다.

즉 $K_c = 100 = \frac{[C]^c}{[A]^a[B]} = \frac{0.2^2}{0.1^3 \times 0.4}$ 이기 때문이다. 즉 반응식은 다음과 같다.

$3A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ (즉 이 반응의 $\Delta n = 2-4 = -2$ 이다.)

ㄱ. (나)에서의 [C]의 농도를 구하기 위해서 (나)에서의 농도 평형 상수(K_c)값을 구해보면 다음과 같다.

$K_p = K_c(RT_2)^{\Delta n}$ 이며

$0.0016 = K_c (50)^{-2}$ 이므로 $K_c = 4$ 이다.

(또는 간단하게 (다)와 (나)는 온도가 T_2 로 동일하므로 평형 상수 값은 동일할 것이며 (다)에서 $K_c = 4$ 로 주어져 있으므로 (나)의 K_c 도 4임을 알 수 있다.)

이 주어진 농도 평형 상수 값을 평형 농도에 대입하면 다음과 같다.

$K_c = 4 = \frac{[C]^2}{[A]^3[B]} = \frac{[C]^2}{1^3 \times 0.01}$ 이므로 $[C] = 0.2M$ 이다. 즉 [C]는 (다)와 (나)에서 0.2M로 같은 값을 가진다.

ㄴ. (가)의 T_1 에서의 $K_c = 100$ 이나 (나)의 T_2 에서의 $K_c = 4$ 이다. 즉 T_1 에서 T_2 로 온도가 증가하니(RT_1 값은 25이고 RT_2 값은 50임이 제시되어 있으므로 T_2 가 더 고온임을 알 수 있음) 평형 상수 값이 100에서 4로 감소되었다. 즉 온도가 증가하면 평형 상수가 감소하는 반응은 발열 반응이다.

ㄷ. (가)에서의 K_p 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$K_p = K_c(RT_1)^{\Delta n}$ 이며

$K_p = 100 (25)^{-2} = \frac{4}{25} = 0.16$ 이다.

(다)에서의 K_p 값도 다음과 같이 구할 수 있다.

$K_p = K_c(RT_1)^{\Delta n}$ 이며

$K_p = 4 (50)^{-2} = \frac{1}{25^2} = 0.0016$ 이다.

(또는 간단하게 (나)에서의 K_p 값이 주어져 있으므로 (다)에서도 온도가 (나)와 같으므로 K_p 값이 0.0016으로 같음을 알 수 있다.)

즉 (가)에서의 K_p 값은 (다)에서의 100배이다.

정답 : ④

13.

ㄱ. $\frac{1}{[A]}$ 과 시간(t)와의 그림이 양의 기울기를 가지는 직선이므로 주어진 반응의 속도 법칙은 2차 속도식이며 $v = k[A]^2$ 으로 표현된다.

ㄴ. $\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A]_0}$ 이므로 직선의 기울기로부터 속도상수(k)값을 구할 수 있다.

(가)의 기울기 $k_{(가)} = \frac{4a}{10}$ 이고 (나)의 기울기 $k_{(나)} = \frac{a}{10}$ 이며 (가)의 기울기(속도 상수)가 더 큰 값이므로 (가)는 고온인 1.2T K이고 (나)는 T K이다. 즉 온도 2개와 속도 상수 2개가 나타나 있으므로 아레니우스식에 대입하면 다음과 같다.

$$\ln k_1 - \ln k_2 = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \frac{a}{10} - \ln \frac{4a}{10} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{1.2T} - \frac{1}{T} \right) \text{ 이 식을 정리하면}$$

$-\ln 4 = \frac{E_a}{R} \left(-\frac{1}{6T} \right)$ 따라서 $E_a = 6T R \ln 4$ 이다. 문제에서 $R = b$ 라고 하였으므로 활성화 에너지 $E_a = 6 b T \ln 4$ J/mol이다.

ㄷ. (가)는 k값이 (나)의 4배이므로 동일한 나중 농도 [A]까지 도달하는 시간은 (나)가 (가)의 4배가 될 것이다.(초기 농도가 동일하므로 속도상수가 4배 크다는 것은 속도가 4배 빠른 것이기 때문이다.)

즉 (가) 나중 농도 [A]까지 도달하는데 걸리는 시간을 t라고 한다면 (나)에서 나중 농도 [A]까지 도달하는데 걸리는 시간은 4t이며 그 차이는 3t로서 문제에서 $3t = 112.5$ 이므로 $t = 37.5$ 이다.

이제 나중 농도 [A]를 2차 적분 속도 법칙으로부터 구해보면 다음과 같다.

$$\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A]_0} = \frac{4a}{10} \times 37.5 + a = 15a + a = 16a$$

즉 $[A] = \frac{1}{16a}$ 로서 (가), (나)에서 나중 농도가 같다.

이제 나중 농도 [A]에서부터 걸리는 반감기를 2차 적분 속도법칙식으로부터 계산해보면 다음과 같다.

$$t_{1/2} = \frac{1}{k[A]} \text{ 이므로 (가) } t_{1/2} = \frac{1}{\frac{4a}{10} \times \frac{1}{16a}} = 40 \text{ 초, (나) } t_{1/2} = \frac{1}{\frac{a}{10} \times \frac{1}{16a}} = 160 \text{ 초}$$

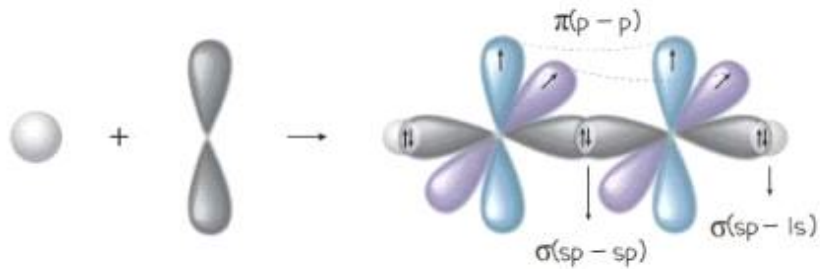
따라서 동일한 [A]까지 걸린 반응 시간이 (나)가 (가)보다 122.5s 더 길다면, 이 [A]에서의 반감기는 (나)가 (가)보다 120s 더 길다.

정답 : ㉟

14.

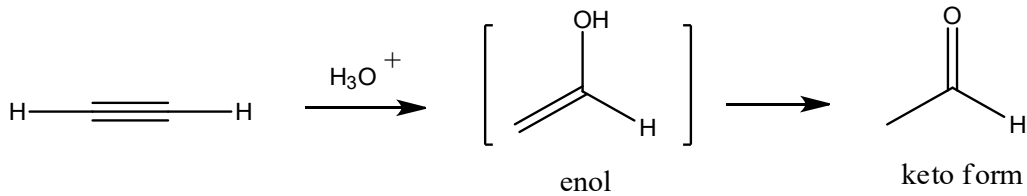
ㄱ. 아세틸렌은 아래 그림처럼 삼중결합에는 1개의 σ 결합과 2개의 π 결합이 존재한다.

- Ethyne (이반명: Acetylene); $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H} \rightarrow \text{SN} = 2, \text{sp}, \text{직선형}, 180^\circ$



ㄴ. 폴리아세틸렌은 이중결합이 trans 위치에서 결합한 구조를 가지며 분자 사슬은 거의 한 평면내에 지그재그 구조로 늘어나 있다. 분자 내에 존재하는 π 전자의 전자구름의 중첩에 의해 전기 전도 현상이 생긴다. 이 내용을 모르더라도 보기의 지문에 ㄱ, ㄴ이 없으므로 정답을 찾는 데에는 아무런 문제가 되지 않는다.

ㄷ. 아세틸렌은 산촉매 물을 첨가반응 시키면 Markovnikov 첨가 반응에 따라 먼저 enol이 생성되며 이 enol은 keto form으로 토타머화 반응이 일어나 알데히드가 생성된다. 이 알데히드의 carbonyl의 IR 파수가 약 $1,730\text{cm}^{-1}$ 이다.

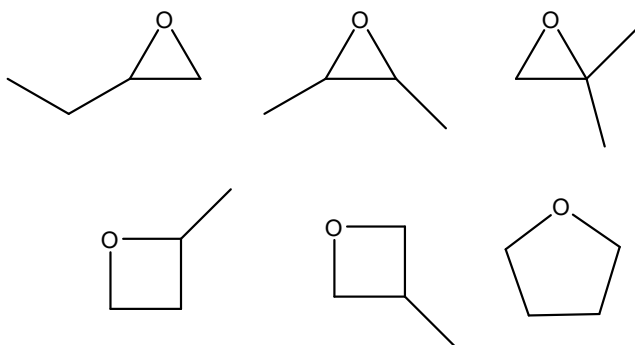


정답 : ㉔

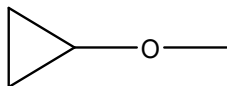
15.

이 문제는 국어적 오류를 이의신청으로 다투어볼 필요성은 있다고 보여집니다. 분자식이 C_4H_8O 의 구조 이성질체 중 알코올을 제외한 고리형 구조 이성질체 수는? 이라고 문제를 출제 하였습니다.

따라서 이 문제는 다음과 같이 기본적으로 6개의 고리형 ether 화합물을 생각할 수는 있습니다.



문제가 되는 화합물은 다음 화합물입니다.



이 화합물도 고리형 구조 이성질체라고 보아 정답은 이 화합물을 포함하여 7개로 처리되어 있으나 이는 국어적인 해석에 따라 이 화합물은 고리형 ether 화합물은 아니기 때문에 정답에서 제외하고 6개로 정답을 처리한 수험생들도 있으셨을 것입니다.

자연과학의 문제는 국어적 논란의 여지가 있어서는 안된다고 보여집니다. 문제에서 명확하게 고리형 구조 이성질체 수는? 이라고 물어본 것은 국어적 논란의 소지가 있을 듯 합니다. 이 문제를 좀 더 명확하게 출제하기 위해서는 고리를 포함하고 있는 구조 이성질체의 수는? 이라고 물으면 정답은 명쾌하게 7개가 될 것이고, 고리형 ether의 수는? 이라고 물으면 정답은 명확하게 6개가 될 것인데 애매한 고리형 구조 이성질체의 수는? 이라고 물어봄으로 인해 고리를 포함하는 구조 이성질체를 구하는 문제인지, 고리형 ether 화합물의 개수를 구하는 문제인지에 대한 국어적 해석의 오류가 생길 수 있습니다.

따라서 이 문제는 자연과학은 명쾌한 정답이 있어야 한다는 대전제로 볼 때 3번과 4번이 모두 정답으로 처리되어야 한다고 생각합니다.

정답 : ④

16.

A는 B, C, D의 다른 주기를 갖는다고 하였으므로 A = Ne으로 유일한 2주기 원소이다.
C과 D는 등전자 배치를 가진다고 하였으므로 $C^- = Cl^-$ 이며 D = Ar과 등전자 배치를 가진다. 따라서 A = Ne, B = Na, C = Cl이며 D = Ar이다.

ㄱ. 다만 이 문제에서는 이의신청이 가능할 수 있을 듯 합니다. 이 문제 ㄱ. 지문을 보면 원자 반지름 또는 이온 반지름은 $B^+ < A < D < C^-$ 이다. 라고 나와 있으며 옳은 지문으로 정답 처리 되어 있습니다. 구체적인 내용으로는 $Na^+ < Ne < Ar < Cl^-$ 의 반지름의 순서가 맞는가에 해당하는 문제입니다.

화학적 논리로는 $Na^+ < Ne$ 인 것은 맞습니다. 왜냐하면 핵의 전하가 Na가 더 크기 때문에 같은 전자껍질에서 반지름을 더 작게 해주기 때문입니다.

그러나 실제로 원자반지름, 이온반지름의 데이터를 보면 Ne의 원자반지름은 약 70pm 정도이고 Na^+ 은 98pm 정도로서 오히려 Na^+ 이 더 반지름이 큼니다.

이런 예외적인 이온반지름, 원자반지름이 있기에 양이온 혹은 음이온과 중성원자의 반지름을 비교하는 문제는 논리적으로는 타당하나 실제 데이터에 부합하지 않는 경우가 있습니다.

따라서 이 문제는 ㄱ. 지문도 틀려야 과학적 지식에 부합하며 모두 정답 처리가 되어야 한다고 보여집니다.

ㄴ. 제 1 이온화 에너지는 주기율표에서 오른쪽 위로 갈수록 커지는 것이 원칙이므로 $B < C < D < A$ 의 순서이다. 구체적인 원자 혹은 이온으로는 $Na < Cl < Ar < Ne$ 의 순서를 가진다.

ㄷ. 중성 기체 상태의 원자 1몰이 전자 1몰을 받아들일 때 방출하는 에너지는 전자친화도 값을 말한다. Cl의 전자친화도는 Na의 전자친화도보다 크기 때문에 $C > B$ 이다. 구체적으로는 $Cl > Na$ 이다.

정답 : 가답안은 ③, 혹은 정답없음으로 처리되어야 할 듯

17.

[MCl₄]²⁻에서 M의 산화수는 +2이다. 즉 M²⁺이며 문제에서 M은 원자 번호가 25번이라고 하였으므로 Mn²⁺이다.

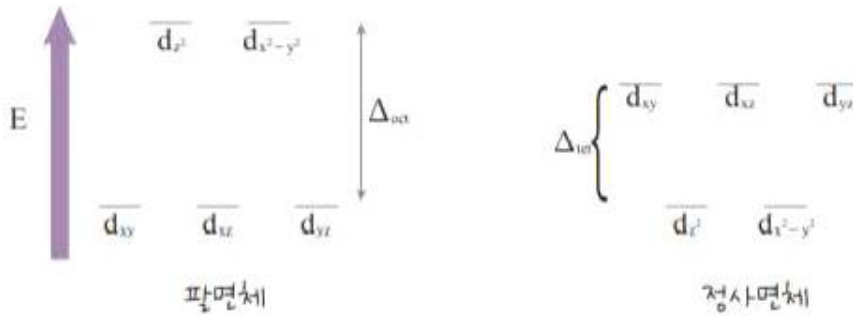
① Mn²⁺이므로 중심 이온의 산화수는 +2이다.

② ④

정사면체의 d 오비탈의 갈라짐 pattern은 아래와 같으며 3d_{xy} 오비탈의 에너지가 3d_{z²} 오비탈의 에너지보다 높다.

정사면체와 사각 평면 착물 및 선형 착물

i) 사면체

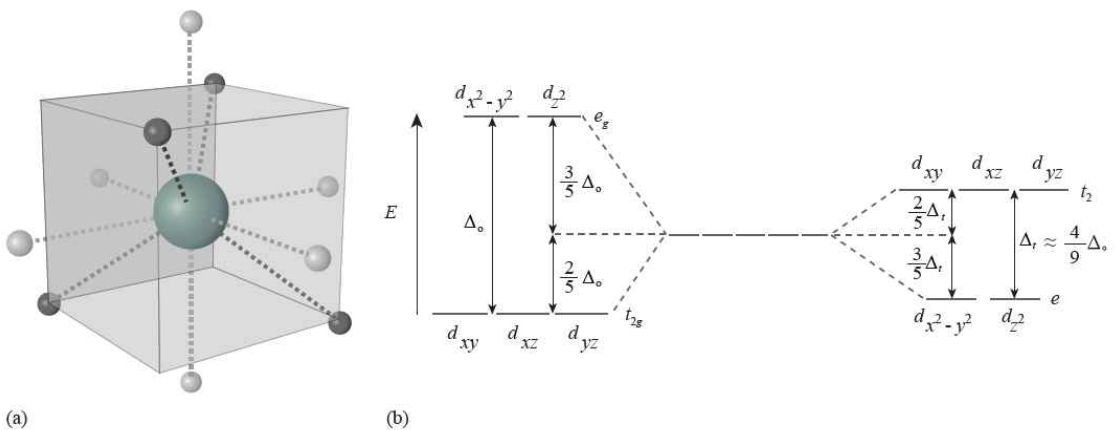


→ t_{2g}와 e_g가 바뀜 & 간격이 좁음 ; Δ_t = 4/9 Δ_o

→ high spin state 선호

Mn²⁺ : [Ar] 3d⁵이며 high spin을 선호하기 때문에 전자를 채워보면 홀전자의 수는 5개이다.

③ 아래 그림에서 볼 수 있듯이 가상적인 정육면체에서 3d_{z²}, 3d_{x²-y²} 오비탈은 면의 중심을 향하고 있다.



⑤ d5 high spin의 결정장 안정화 에너지는 0이다.

구체적으로는 $-\frac{3}{5} \Delta_t \times 2 + \frac{2}{5} \Delta_t \times 3 = 0$ 이다.

정답 : ⑤

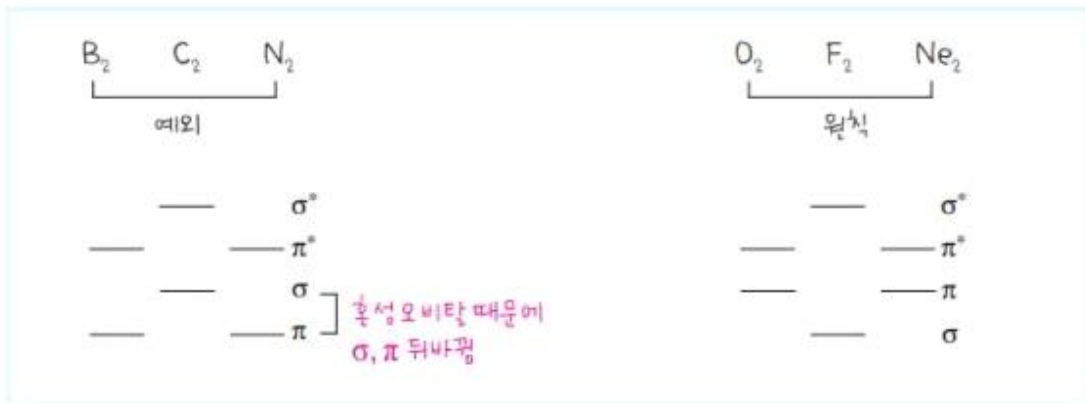
18.

① B_2 , C_2 , N_2 , O_2 , F_2 의 결합 차수는 순서대로 1, 2, 3, 2, 1로서 총합은 9이다.

② B_2 와 O_2 는 상자기성 분자이며 상자기성 분자는 2개이다.

③ O_2 와 F_2 는 결합성 π_{2p} MO에너지 준위에 비해 결합성 σ_{2p} MO 에너지 준위가 낮다.

● $B_2, C_2, N_2, O_2, F_2, Ne_2$ 의 MOT



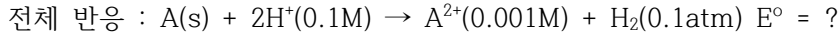
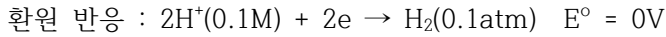
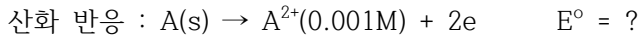
④ 결합 에너지가 가장 큰 분자는 결합 차수가 가장 큰 N_2 이다.

⑤ 홀전자 수는 B_2 가 2개 O_2 가 2개이므로 모든 분자들의 홀전자 수 총합은 4이다.

정답 : ②

19.

갈바니 전지에서 일어나는 산화, 환원 반응과 전체 반응은 다음과 같다.



ㄱ. $2H^+(0.1M) + 2e \rightarrow H_2(0.1atm)$ 의 반응처럼 H^+ 은 자신은 환원되었고 $A(s)$ 를 산화시켰으므로 H^+ 는 산화제이다.

ㄴ. 위의 전체 반응의 전지 전위가 $25^\circ C$ 에서 $0.82V$ 이므로 Nernst 식에 대입하여 풀어보면 다음과 같다.

$$E = E^\circ - \frac{0.06}{n} \log Q = E^\circ - \frac{0.06}{n} \log \frac{[A^{2+}]P_{H_2}}{[H^+]^2}$$

$$0.82 = E^\circ - \frac{0.06}{2} \log \frac{0.001 \times 0.1}{(0.1)^2} = E^\circ - \frac{0.06}{2} \log 10^{-2} = E^\circ + 0.06$$

따라서 $E^\circ = 0.76V$ 이다. 이 값은 $A(s) \rightarrow A^{2+}(aq) + 2e$ 반응에서의 E° 값이므로 문제에서 주어진 $A^{2+}(aq) + 2e \rightarrow A(s)$ 의 표준 환원 전위 $E^\circ = -0.76V$ 이다.

ㄷ. 용액의 $pH = 3$ 즉 $[H^+] = 10^{-3}$ 일때의 전지 전위를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E &= E^\circ - \frac{0.06}{n} \log Q = E^\circ - \frac{0.06}{n} \log \frac{[A^{2+}]P_{H_2}}{[H^+]^2} = 0.76 - \frac{0.06}{2} \log \frac{(0.001)(0.1)}{(0.001)^2} \\ &= 0.76 - \frac{0.06}{2} \log 10^2 = 0.76 - 0.06 = 0.70V \text{로서 } 0.76V \text{보다 작아진다.} \end{aligned}$$

정답 : ①

20.

헨더슨 하셀바흐 식을 사용해보면 다음과 같다.

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$6 = 5 + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \text{ 이므로 } \log \frac{[A^-]}{[HA]} = 1 \text{ 이어야 한다.}$$

즉 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 10$ 이고 $\frac{10}{1} = 10$ 이므로 예를 들어 총 11개의 HA가 10개는 A⁻으로 해리되면 HA는 1개 남고 A⁻은 10개 생성되므로 위 식에 부합한다. 따라서

해리의 정도 = $\frac{10}{11} \times 100 = 91\%$ 이다. 즉 HA가 91% 해리된 용액은 pH는 pK_a보다 1만큼 크다.

정답 : ④