

산염기평형

1 산과 염기의 성질

01 / 산과 염기의 성질

개념확인문제

12쪽

- ① 수소 이온(H^+) ② 수산화 이온(OH^-) ③ 양성자(H^+) ④ 양성자(H^+)
 ⑤ 양쪽성 ⑥ 양성자(H^+)

1 (1) ○ (2) × (3) × 2 ㄱ 3 (1) 브뢴스테드·라우리 산: CH_3COOH , 브뢴스테드·라우리 염기: H_2O (2) 브뢴스테드·라우리 산: H_2O , 브뢴스테드·라우리 염기: CH_3NH_2 (3) 브뢴스테드·라우리 산: HCN , 브뢴스테드·라우리 염기: H_2O 4 HCO_3^- , H_2O 5 (가) HF 와 F^- , H_2O 와 H_3O^+ (나) NH_3 와 NH_4^+ , H_2O 와 OH^-

1 (2) 브뢴스테드·라우리 산과 염기는 양성자(H^+)의 이동으로 산과 염기를 정의한다. 양성자(H^+)를 제공하는 물질은 브뢴스테드·라우리 산이고, 양성자(H^+)를 받는 물질은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

(3) 브뢴스테드·라우리 산과 염기는 수용액뿐만 아니라 기체, 고체 등의 상태에서도 정의할 수 있다.

2 ㄱ. 이 반응에서 HCl 는 NH_3 에게 양성자(H^+)를 주는 브뢴스테드·라우리 산이다.

나. NH_3 는 양성자(H^+)를 받는 브뢴스테드·라우리 염기이다.

ㄷ. 이 반응은 기체 상태의 물질 사이에 양성자(H^+)가 이동하는 반응이므로 아레니우스 정의로 설명할 수 없고, 브뢴스테드·라우리 정의로 설명할 수 있는 산과 염기 반응이다.

3 (1) H^+ 를 주는 CH_3COOH 은 브뢴스테드·라우리 산이고, H^+ 를 받는 H_2O 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

(2) H^+ 를 주는 H_2O 은 브뢴스테드·라우리 산이고, H^+ 를 받는 CH_3NH_2 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

(3) H^+ 를 주는 HCN 은 브뢴스테드·라우리 산이고, H^+ 를 받는 H_2O 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

4 HCO_3^- 은 (가)에서 H^+ 를 주는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용하고, (나)에서는 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한다. H_2O 은 (가)에서 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로

작용하고, (나)에서는 H^+ 를 주는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다.

5 (가)의 정반응에서 HF 는 H^+ 를 제공하는 산으로 작용하고 역반응에서 F^- 은 H^+ 를 받는 염기로 작용한다. 따라서 HF 와 F^- 은 짝산·짝염기 쌍이다. H_2O 과 H_3O^+ 도 H^+ 의 이동에 의해 각각 염기와 산이 되는 짝산·짝염기 쌍이다. (나)의 정반응에서 NH_3 는 H^+ 를 받는 염기로 작용하고, 역반응에서 NH_4^+ 은 H^+ 를 제공하는 산으로 작용한다. 따라서 NH_3 와 NH_4^+ 은 짝산·짝염기 쌍이다. H_2O 과 OH^- 도 H^+ 의 이동에 의해 각각 산과 염기가 되는 짝산·짝염기 쌍이다.

완자샘 비법특강

17쪽

Q1 $HB > HA$ Q2 $A^- > B^-$

Q1 산의 이온화 상수가 클수록 이온화 평형은 정반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 이온화 정도가 크다는 것을 의미하므로 산의 세기는 K_a 가 큰 HB 가 HA 보다 강하다.

Q2 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하다. 산의 세기는 $HB > HA$ 이므로 염기의 세기는 HA 의 짝염기인 A^- 이 HB 의 짝염기인 B^- 보다 강하다.

개념확인문제

18쪽

- ① $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ ② $\frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$ ③ 강 ④ 강 ⑤ 약
 ⑥ K_a

1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 (1) $K_a = \frac{[F^-][H_3O^+]}{[HF]}$ (2) $K_b = \frac{[CH_3NH_3^+][OH^-]}{[CH_3NH_2]}$ (3) $K_a = \frac{[CO_3^{2-}][H_3O^+]}{[HCO_3^-]}$ 3 (1) × (2) × (3) ○ 4 (1) $OH^- > B$ (2) $BH^+ > H_2O$ (3) 11.0 5 1×10^{-6}

1 (1) 이온의 농도가 클수록 전기 전도도가 크므로 수용액의 전기 전도도는 $HA(aq)$ 이 $HB(aq)$ 보다 크다.

(2) 수용액 속 H_3O^+ 의 농도는 $HA(aq)$ 에서가 $HB(aq)$ 에서보다 크므로 같은 크기의 Mg 을 넣을 때 수소 기체가 발생하는 정도는 $HA(aq)$ 에서가 $HB(aq)$ 에서보다 크다.

(3) H_3O^+ 의 농도가 클수록 pH가 작으므로 pH는 $\text{HA}(\text{aq})$ 이 $\text{HB}(\text{aq})$ 보다 작다.

3 (1) 산의 이온화 상수(K_a)는 평형 상수의 일종이므로 온도가 일정하면 같은 종류의 산의 K_a 는 농도에 관계없이 일정하다.

(2) 산의 K_a 가 클수록 이온화 정도가 커서 수용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 크고 pH는 작다.

(3) 염기 B의 이온화 상수식은 $K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$ 이다. K_b 가 클수록 이온화 평형에서 [B]는 작고, $[\text{OH}^-](=[\text{BH}^+])$ 는 커지므로 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$ 는 크다.

4 (1), (2) 염기의 이온화 상수(K_b)가 1보다 매우 작은 경우 이온화 평형이 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 세기가 강하므로 염기의 세기는 $\text{OH}^- > \text{B}$ 이고, 산의 세기는 $\text{BH}^+ > \text{H}_2\text{O}$ 이다.

(3) B의 K_b 가 매우 작으므로 이온화 평형에서 $[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-] = x$ M라고 하면 $[\text{B}] \approx 0.05$ M이다. 따라서 $K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{x^2}{0.05} = 2 \times 10^{-5}$, $x^2 = 1 \times 10^{-6}$, $x = 1 \times 10^{-3}$ 이다. $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 3.0$ 이므로 $\text{pH} = 14.0 - 3.0 = 11.0$ 이다.

5 HA의 이온화 평형에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, $[\text{HA}] \approx 0.01$ M이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

대표자료분석 1

19쪽

1 브뢴스테드-라우리 산: H_2O , 브뢴스테드-라우리 염기: HCO_3^-

2 HCO_3^- 과 CO_3^{2-} , NH_3 와 NH_4^+ **3** HCO_3^- **4** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × (6) × (7) ×

1 HCO_3^- 에 H^+ 를 주는 H_2O 은 브뢴스테드-라우리 산이고, H_2O 로부터 H^+ 를 받는 HCO_3^- 은 브뢴스테드-라우리 염기이다.

2 HCO_3^- 이 H^+ 를 제공하면 CO_3^{2-} 이 되고, CO_3^{2-} 이 H^+ 를 받으면 HCO_3^- 이 된다. 마찬가지로 H^+ 의 이동에 따라 NH_3 와 NH_4^+ 은 각각 염기와 산이 되는 짝산-짝염기 쌍이다.

3 (가)에서 HCO_3^- 은 H^+ 를 받는 브뢴스테드-라우리 염기이고, (나)에서 HCO_3^- 은 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드-라우리 산이다.

(나)와 (다)에서 NH_3 는 모두 H^+ 를 받는 브뢴스테드-라우리 염기로 작용한다. 따라서 양쪽성 물질은 HCO_3^- 이다.

4 (1) (가)에서 H_2O 은 브뢴스테드-라우리 산이다.

(2) (나)에서 NH_3 는 HCO_3^- 으로부터 H^+ 를 받는 브뢴스테드-라우리 염기이다.

(3) (나)에서 HCO_3^- 은 NH_3 에 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드-라우리 산이다.

(4) (다)에서 HI 는 NH_3 에 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드-라우리 산이다.

(5) (다)와 (라)에서 HI 는 모두 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드-라우리 산이다.

(6) (라)에서 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은 HI 로부터 H^+ 를 받는 브뢴스테드-라우리 염기이다.

(7) (다)는 물질 사이에 H^+ 가 이동하는 브뢴스테드-라우리 산과 염기의 정의에 의한 산 염기 반응이다. 아레니우스 산과 염기의 정의는 수용액 상태에서만 적용할 수 있다.

대표자료분석 2

20쪽

1 $\text{HCN}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CN}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

2 $K_a = \frac{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HF}]}$ **3** $\text{HF}(\text{aq})$ **4** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ×

1 HCN는 수용액에서 다음과 같이 이온화 평형을 이룬다.
 $\text{HCN}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CN}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

2 HF는 수용액에서 다음과 같이 이온화 평형을 이룬다.
 $\text{HF}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{F}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

따라서 HF의 $K_a = \frac{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HF}]}$ 이다.

3 산의 이온화 상수가 클수록 이온화하는 정도가 커서 이온의 농도가 크다. 따라서 0.1 M 수용액의 전기 전도도가 가장 큰 용액은 K_a 가 가장 큰 $\text{HF}(\text{aq})$ 이다.

4 (1) HCN의 $K_a \ll 1$ 이므로 HCN의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 산의 세기는 HCN가 H_3O^+ 보다 약하다.

- (2) 산의 이온화 상수는 HF가 CH_3COOH 보다 크므로 산의 세기는 HF가 CH_3COOH 보다 강하다.
- (3) K_a 가 클수록 이온화 정도가 크므로 같은 농도의 수용액에 존재하는 이온의 농도는 HF(aq)이 CH_3COOH (aq)보다 크다.
- (4) HF의 $K_a \ll 1$ 이므로 HF의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 염기의 세기는 F^- 이 H_2O 보다 강하다.
- (5) 산의 세기는 HF가 HClO보다 강한데, 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기가 약하므로 염기의 세기는 ClO^- 이 F^- 보다 강하다.
- (6) K_a 가 클수록 이온화 정도가 크므로 같은 농도의 수용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 HF(aq)이 HCN(aq)보다 크다. 따라서 pH는 HCN(aq)이 HF(aq)보다 크다.
- (7) HClO의 $K_a \ll 1$ 이므로 HClO의 이온화 평형에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{ClO}^-] = x$ M라고 하면 $[\text{HClO}] \approx 0.01$ M이고 $K_a = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HClO}]} = \frac{x^2}{0.01} = 4.0 \times 10^{-8}$ 이다. $x^2 = 4.0 \times 10^{-10}$ 이므로 $x = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2.0 \times 10^{-5}$ 이고, $\text{pH} = 5.0 - \log 2$ 로 5.0보다 작다.

나신 만점문제

21쪽~23쪽

- 01 ③ 02 ② 03 ② 04 (1) 해설 참조 (2) 해설 참조
05 ② 06 ② 07 ⑤ 08 ④ 09 ⑤
10 ㄱ, ㄷ 11 해설 참조 12 ㄱ 13 ① 14 ④
15 해설 참조

01 ㄱ. 아레니우스 산과 염기의 정의는 수용액에서 일어나는 반응에만 적용할 수 있다.

ㄷ. 브뢴스테드·라우리 산은 H^+ 를 제공하는 물질이다.

바로알기 ㄴ. 브뢴스테드·라우리 염기는 다른 물질로부터 H^+ 를 받는 물질이다.

02 브뢴스테드·라우리 산은 H^+ 를 제공하는 물질이다. H_2O 은 (가)와 (나)에서 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용하고, (나)에서 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다.

03 ② (가)에서 HS^- 은 H^+ 를 받아 H_2S 가 되고, H_2S 가 H^+ 를 제공하고 HS^- 이 되는 것으로 보아 HS^- 과 H_2S 는 짝산·짝염기 쌍이다. H_2S 는 HS^- 의 짝산이고, HS^- 은 H_2S 의 짝염기이다.

바로알기 ① (가)에서 H_2O 은 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산이다.

③ (나)에서 H_2S 는 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산이다.

④ (다)에서 CH_3NH_2 은 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기이다.

⑤ (가)와 (나)에서 HS^- 은 모두 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한다.

04 H^+ 를 받는 물질이 브뢴스테드·라우리 염기이고, 반응에 따라 산과 염기로 작용할 수 있는 물질이 양쪽성 물질이다.

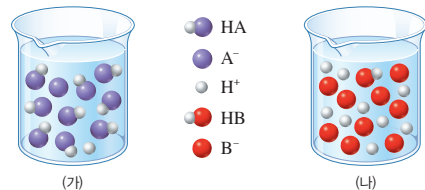
모범 답안 (1) (가)에서 H_2O 은 H_2PO_4^- 으로부터 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용하고, (나)에서 H_2O 은 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다. 따라서 H_2O 이 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한 반응은 (가)이다.

(2) H_2PO_4^- 은 (가)에서 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용하고, (나)에서 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한다. H_2O 은 (가)에서 염기로 작용하고 (나)에서 산으로 작용하므로 양쪽성 물질은 H_2PO_4^- , H_2O 이다.

채점 기준	배점
(1) (가)를 쓰고, 판단 근거를 옳게 서술한 경우	50 %
(가)만 쓴 경우	20 %
(2) 양쪽성 물질을 모두 옳게 쓰고, 판단 근거를 모두 옳게 서술한 경우	50 %
양쪽성 물질만 모두 옳게 쓴 경우	20 %

05 품평 문제 분석

(가)에서 HA 분자 10개를 녹였을 때 1개만 이온화하고, (나)에서 HB 분자 10개를 녹였을 때 9개가 이온화한다. $\Rightarrow$ 이온화 정도는 $\text{HB} > \text{HA}$ 이다.

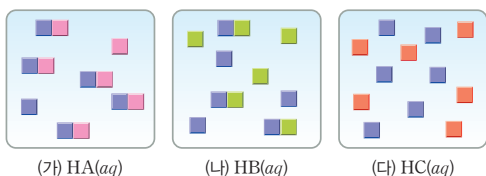


ㄷ. 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\text{HB}(\text{aq}) > \text{HA}(\text{aq})$ 이므로 $\text{Zn}(\text{s})$ 과 H_3O^+ 의 반응에서 수소 기체가 발생하는 정도는 $\text{HB}(\text{aq})$ 에서가 $\text{HA}(\text{aq})$ 에서보다 활발하다.

바로알기 ㄱ. 이온화 정도는 $\text{HB} > \text{HA}$ 이므로 산의 세기는 HB가 HA보다 강하다.

ㄴ. 같은 부피에 존재하는 이온의 양은 (나) > (가)이므로 수용액의 전기 전도도는 $\text{HB}(\text{aq})$ 이 $\text{HA}(\text{aq})$ 보다 크다.

06 품점 문제 분석



이온화 정도는 $HC > HB > HA$ 이다. $\Rightarrow$ 산의 세기는 $HC > HB > HA$ 이다.

ㄴ. 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하다. 따라서 염기의 세기는 $B^- > C^-$ 이다.

바로알기 ㄱ. 이온화 정도는 $HB > HA$ 이므로 산의 세기는 $HB > HA$ 이다.

ㄷ. 산의 이온화 정도가 클수록 수용액 속 $[H_3O^+]$ 가 크고, pH는 작다. 따라서 수용액의 pH는 (가) > (다)이다.

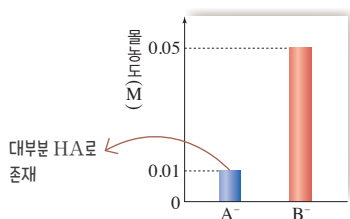
07 ㄱ. 농도와 부피가 같은 산 $HA(aq)$, $HB(aq)$ 에 같은 크기의 마그네슘 조각을 각각 넣었을 때 $HA(aq)$ 에서 기포가 더 활발하게 발생하므로 수용액 속 $[H_3O^+]$ 는 $HA(aq)$ 이 $HB(aq)$ 보다 크다. 따라서 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

ㄴ. 산의 세기는 $HA > HB$ 이므로 수용액 속 음이온의 농도 또한 $HA(aq) > HB(aq)$ 이다.

ㄷ. 수용액 속 이온의 농도는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이므로 전기 전도도는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이다.

08 품점 문제 분석

0.1 M $HA(aq)$ 에서 A^- 의 농도가 0.01 M이므로 HA 가 0.09 M 존재한다. 0.1 M $HB(aq)$ 에서는 B^- 이 0.05 M, HB 가 0.05 M 존재한다.



ㄴ. 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기가 약하다. 산의 세기는 $HB > HA$ 이므로 염기의 세기는 $A^- > B^-$ 이다.

ㄷ. 산 HA 와 HB 가 각각 이온화하여 평형을 이룰 때 $[A^-] = [H_3O^+]$, $[B^-] = [H_3O^+]$ 이므로 수용액 속 $[H_3O^+]$ 는 $HB(aq)$ 이 $HA(aq)$ 의 5배이다.

바로알기 ㄱ. 이온화 정도는 HB 가 HA 보다 크므로 산의 이온화 상수(K_a)는 $HB > HA$ 이다.

09 ㄱ. HA 는 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다.

ㄴ, ㄷ. HA 의 $K_a \ll 1$ 이므로 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 산의 세기는 H_3O^+ 이 HA 보다 강하고, 염기의 세기는 A^- 이 H_2O 보다 강하다.

10 품점 문제 분석

구분	수용액	농도(M)	부피(mL)
(가)	$HCl(aq)$	0.1	300
(나)	$CH_3COOH(aq)$	0.1	300

HCl 는 강산이므로 대부분 이온화한다. $\Rightarrow$ 수용액 속 $[H_3O^+] = 0.1$ M이다.

ㄱ. (가)에서 $[H_3O^+] = 0.1$ M이므로 pH는 1.0이다.

ㄷ. 수용액 속 $[H_3O^+]$ 는 (가) > (나)이고, 물의 이온화 상수는 (가)와 (나)에서 같으므로 $[OH^-]$ 는 (나) > (가)이다.

바로알기 ㄴ. CH_3COOH 은 $K_a \ll 1$ 인 약산이므로 이온화 평형을 이룬 수용액 속 $[CH_3COO^-] = [H_3O^+] = x$ M, $[CH_3COOH] \approx 0.1$ M이고, $K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{x^2}{0.1} = 1.8 \times 10^{-5}$ 이므로 $x^2 = 1.8 \times 10^{-6}$, $x = \sqrt{1.8} \times 10^{-3}$ 이다. 따라서 (나)의 pH는 $3.0 - \log \sqrt{1.8}$ 이므로 3.0보다 작다.

11 **모범 답안** 3. HA 의 $K_a \ll 1$ 이므로 HA 의 이온화 반응이 평형을 이룰 때 $[HA] \approx x$ M이다. 이때 $\frac{[HA]}{[A^-]} = 1000$ 이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 10^{-3}$ 이고, $[A^-] = [H_3O^+] = x \times 10^{-3}$ M이다. $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 10^{-3} \times x \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-6}$ 에서 $x = 30$ 이다.

채점 기준	배점
x 를 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
x 만 옳게 구한 경우	50 %

12 ㄱ. 산의 이온화 상수(K_a)가 클수록 이온화 정도가 크므로 산의 세기가 강하다. 따라서 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

바로알기 ㄴ. 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하므로 염기의 세기는 $B^- > A^-$ 이다. 염기의 세기가 강할수록 염기의 이온화 상수(K_b)가 크므로 이온화 상수는 $B^- > A^-$ 이다.

ㄷ. 같은 농도의 산 수용액에서 이온화 상수(K_a)가 큰 수용액에서 $[H_3O^+]$ 가 크고, pH는 작다. 따라서 $\frac{0.1 \text{ M } HA(aq) \text{의 pH}}{0.1 \text{ M } HB(aq) \text{의 pH}} < 1$ 이다.

13 ㄱ. 0.1 M HA(aq)의 pH가 3.0이므로 이온화 평형에서 $[A^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 HA의 $K_a = x = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. HB의 $K_a \ll 1$ 이므로 이온화 평형에서 $[B^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-y}$ M, $[HB] \approx 1.0$ M이므로 HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{(1 \times 10^{-y})^2}{1.0} = 1.0 \times 10^{-10}$ 이다. 따라서 $y=5.0$ 이다.
ㄷ. K_a 는 HA > HB이므로 염기의 세기는 $B^- > A^-$ 이다.

14 ㄴ. HB의 짝염기 B^- 의 이온화 상수(K_b)는 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-7}} = 2.5 \times 10^{-8}$ 이다. 이로부터 K_b 는 C > B^- 이므로 염기의 세기는 C > B^- 이다.

ㄷ. C의 짝산 CH^+ 의 이온화 상수(K_a)는 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.0 \times 10^{-8}} = \frac{1}{3} \times 10^{-6}$ 이다. K_a 는 HB > CH^+ 이므로 산의 세기는 HB > CH^+ 이다.

바로알기 ㄱ. K_a 는 HA > HB이므로 같은 농도의 수용액에서 $[H_3O^+]$ 는 HA(aq) > HB(aq)이다. 따라서 pH는 HB(aq) > HA(aq)이다.

15 **모범 답안** 1×10^{-9} , HA(aq)의 pH가 5.0이므로 $[A^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-5}$ M이고, $[HA] \approx 0.1$ M이다. 따라서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이다.

채점 기준	배점
K_a 를 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
K_a 만 옳게 구한 경우	50 %

실력 UP 문제

24쪽

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ②

01 ㄴ. 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하다. 산의 세기는 $H_3O^+ > HA$ 이므로 염기의 세기는 $A^- > H_2O$ 이다.
ㄷ. 0.1 M HA(aq)에서 $[A^-]=[H_3O^+]=x$ M라고 하면, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{0.1} = 1.0 \times 10^{-9}$ 이다. $x^2 = 1.0 \times 10^{-10}$, $x = 1.0 \times 10^{-5}$ 이므로 pH는 5.0이다.

바로알기 ㄱ. HA의 $K_a \ll 1$ 이므로 HA의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 산의 세기는 $H_3O^+ > HA$ 이다.

02 ㄱ. 0.01 M B(aq)의 pH가 9.0으로 pOH는 5.0이므로 수용액에서 $[BH^+]=[OH^-]=1 \times 10^{-5}$ M이고, $[B] \approx 0.01$ M이다. 따라서 B의 $K_b = x = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.01} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

ㄴ. 염기 B의 $K_b \ll 1$ 이므로 B의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 염기의 세기는 $OH^- > B$ 이다.

바로알기 ㄷ. 일정한 온도에서 염기의 농도가 다르더라도 K_b 는 일정하다. (나)의 pH가 10.0이므로 수용액 속 $[BH^+]=[OH^-]=1 \times 10^{-4}$ M이고, $[B] \approx y$ M이다. 따라서 $K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{y} = 1 \times 10^{-8}$ 이므로 $y=1$ 이다.

03 1.0 M HA(aq)에서 $[A^-]=[H_3O^+]=4a$ M이고, HA는 약산이므로 $[HA] \approx 1.0$ M이다. 따라서 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(4a)^2}{1.0} = 6.4 \times 10^{-5}$ 이므로 $a^2 = 4.0 \times 10^{-6}$, $a = 2.0 \times 10^{-3}$ 이다. 이로부터 0.25 M HB(aq)에서 $[B^-]=[H_3O^+]=2.0 \times 10^{-3}$ M, $[HB] \approx 0.25$ M이므로 HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{(2.0 \times 10^{-3})^2}{0.25} = 1.6 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 $\frac{x}{a} = \frac{1.6 \times 10^{-5}}{2.0 \times 10^{-3}} = 8.0 \times 10^{-3}$ 이다.

04 ← 꼼꼼 문제 분석

- $HB(aq) + A^-(aq) \rightleftharpoons B^-(aq) + HA(aq)$ $K > 1$
⇒ 정반응의 산과 염기가 역반응의 산과 염기보다 강하다. 따라서 산의 세기는 HB > HA이다.
- $HA(aq) + C^-(aq) \rightleftharpoons A^-(aq) + HC(aq)$ $K > 1$
⇒ 산의 세기는 HA > HC이다.
- $HB(aq) + C^-(aq) \rightleftharpoons B^-(aq) + HC(aq)$ $K = x$

ㄴ. 두 번째 반응에서 $K > 1$ 이므로 정반응의 산과 염기가 역반응의 산과 염기보다 강하다. 따라서 산의 세기는 HA > HC이고, 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하므로 염기의 세기는 $C^- > A^-$ 이다.

바로알기 ㄱ. 첫 번째 반응에서 $K > 1$ 이므로 산의 세기는 HB > HA이다.

ㄷ. 산의 세기는 $HB > HA > HC$ 이므로 세 번째 반응에서 정반응의 산과 염기가 역반응의 산과 염기보다 강하다. 따라서 이 반응의 평형 상수는 $K > 1$ 이므로 $x > 1$ 이다.

중단원 핵심 정리

25쪽

- ① 수소 이온(H^+) ② 수산화 이온(OH^-) ③ 산 ④ 염기
 ⑤ 양쪽성 물질 ⑥ 클수록 ⑦ 강산 ⑧ 약산
 ⑨ $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ ⑩ $\frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$ ⑪ 일정 ⑫ 강
 ⑬ 약 ⑭ 약 ⑮ 같 ⑯ K_a ⑰ pH

중단원 마무리 문제

26쪽~29쪽

- 01 A, C 02 (가) 03 ③ 04 ③ 05 ④ 06 ④
 07 ① 08 ⑤ 09 ⑤ 10 ③ 11 ① 12 ③
 13 ③ 14 ④ 15 ① 16 해설 참조 17 해설 참조
 18 해설 참조

01 학생 A. 아레니우스 산과 염기의 정의는 수용액에서만 적용할 수 있다.

학생 C. 반응에 따라 산과 염기로 모두 작용할 수 있는 물질을 양쪽성 물질이라고 한다.

바로알기 학생 B. 브뢴스테드·라우리 산 염기는 H^+ 의 이동에 따라 정의되는 개념으로 염기는 H^+ 를 받는 물질이다.

02 브뢴스테드·라우리 염기는 H^+ 를 받는 물질이다. H_2O 이 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한 반응은 (가)뿐이다. (나)와 (다)에서는 H_2O 이 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다.

03 ㄱ. (가)에서 NH_3 는 H_2O 로부터 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한다.

ㄷ. HCO_3^- 은 (나)에서 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용하고, (다)에서 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다. 따라서 (나)와 (다)에서 HCO_3^- 은 양쪽성 물질이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 H_2O 는 H_2CO_3 으로부터 H^+ 를 받는 브뢴스테드·라우리 염기로 작용하고, (다)에서 H_2O 는 CO_3^{2-} 에 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다.

04 ㄱ. (가)에서 $NaOH$ 은 수용액에서 OH^- 을 내놓으므로 아레니우스 염기이다.

ㄴ. (나)에서 NH_3 는 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·라우리 염기이다.

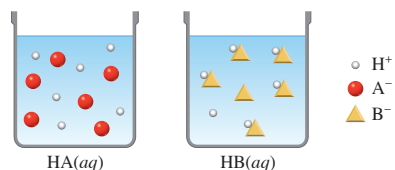
바로알기 ㄷ. (다)에서 H_2O 은 H^+ 를 받으므로 브뢴스테드·라우리 염기이다.

05 ㄴ. 산의 세기가 강할수록 그 짝염기의 세기는 약하다. 산의 세기는 $H_3O^+ > HA$ 이므로 염기의 세기는 $A^- > H_2O$ 이다.

ㄷ. H_2O 이 H^+ 를 받으면 H_3O^+ 이 되고, H_3O^+ 이 H^+ 를 제공하면 H_2O 이 되므로 H_3O^+ 과 H_2O 은 짝산·짝염기 쌍이다. 이때 H_3O^+ 은 H_2O 의 짝산이고, H_2O 은 H_3O^+ 의 짝염기이다.

바로알기 ㄱ. HA 의 $K_a \ll 1$ 이므로 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 역반응의 산과 염기의 세기가 정반응의 산과 염기의 세기보다 강하므로 산의 세기는 H_3O^+ 이 HA 보다 강하다.

06 — 곱셈 문제 분석



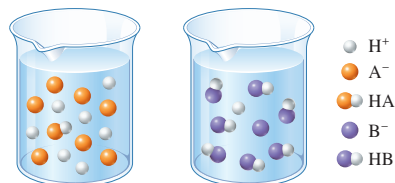
• 이온화 정도는 $HA > HB$ 이다. $\Rightarrow$ 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

ㄴ. 산의 세기는 $HA > HB$ 이므로 산의 이온화 상수(K_a)는 $HA > HB$ 이다.

ㄷ. 같은 부피의 수용액 속 이온의 농도는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이므로 전기 전도도는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이다.

바로알기 ㄱ. 같은 부피의 수용액에 들어 있는 HA 와 HB 의 입자 수가 6으로 같으므로 두 수용액의 몰농도는 같다.

07 — 곱셈 문제 분석



• 이온화 정도는 $HA > HB$ 이다. $\Rightarrow$ 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

ㄱ. 이온화 정도는 $HA > HB$ 이므로 산의 세기는 HA 가 HB 보다 강하다.

바로알기 ㄴ. $HB(aq)$ 에서 이온화하지 않은 HB 입자 수가 7이고, H^+ 과 B^- 의 수는 각각 1이다. $HB(aq)$ 의 부피가 1 L이므로 $[HB] = 7$ M이고, $[H_3O^+] = [B^-] = 1$ M이다. 따라서 HB 의 이온화 상수는 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{1}{7}$ 이다.

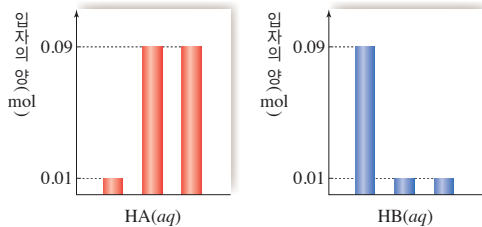
ㄷ. 수용액 속 $[H_3O^+]$ 는 $HA(aq)$ 에서가 $HB(aq)$ 에서보다 크므로 pH는 $HB(aq)$ 이 $HA(aq)$ 보다 크다.

08 ㄱ. $HClO_4$ 의 $K_a \gg 1$ 이므로 $HClO_4$ 의 이온화 평형은 정반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 정반응의 산과 염기의 세기가 역반응의 산과 염기의 세기보다 강하므로 산의 세기는 $HClO_4$ 이 H_3O^+ 보다 강하다.

ㄴ. H_3PO_4 의 이온화 반응에서 H_3PO_4 이 H^+ 를 제공하고 $H_2PO_4^-$ 이 되고, $H_2PO_4^-$ 이 H^+ 를 받고 H_3PO_4 이 된다. 따라서 H_3PO_4 과 $H_2PO_4^-$ 은 짝산·짝염기 쌍이고, $H_2PO_4^-$ 은 H_3PO_4 의 짝염기이며, H_3PO_4 은 $H_2PO_4^-$ 의 짝산이다.

ㄷ. 산의 세기는 K_a 가 큰 $HClO_4$ 이 H_3PO_4 보다 강하므로 염기의 세기는 $H_2PO_4^-$ 이 ClO_4^- 보다 강하다.

09 — 꼼꼼 문제 분석



$HA(aq)$ 에서 HA 대부분이 이온화하여 A^- 과 H_3O^+ 으로 존재하고, $HB(aq)$ 에서 HB 일부분이 이온화하여 대부분 HB 로 존재한다.

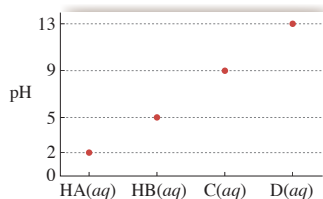
⇒ 이온화 정도는 HA 가 HB 보다 크다.

ㄱ. 이온화 정도는 HA 가 HB 보다 크므로 산의 세기는 HA 가 HB 보다 강하다.

ㄴ. 산의 세기가 강할수록 짝염기의 세기가 약하므로 염기의 세기는 B^- 이 A^- 보다 강하다.

ㄷ. $HB(aq)$ 100 mL에 들어 있는 H_3O^+ 의 양이 0.01 mol이므로 $[H_3O^+] = 0.1 M$ 이다. 따라서 pH는 1.0이다.

10 — 꼼꼼 문제 분석



• 0.1 M $HA(aq)$ 의 $[H_3O^+] = 0.01 M$ 이고, 0.1 M $HB(aq)$ 의 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-5} M$ 이다. ⇒ 이온화 정도는 HA 가 HB 보다 크다.

• 0.1 M $C(aq)$ 의 $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-5} M$ 이고, 0.1 M $D(aq)$ 의 $[OH^-] = 0.1 M$ 이다.

ㄱ. 산이 이온화하여 생성된 H_3O^+ 의 양이 $HA(aq)$ 에서가 $HB(aq)$ 에서보다 크므로 산의 세기는 HA 가 HB 보다 강하다.

ㄴ. 염기가 이온화하여 생성된 OH^- 의 양이 $D(aq)$ 에서가 $C(aq)$ 에서보다 크므로 염기의 세기는 D 가 C 보다 강하다.

바로알기 ㄷ. 25 °C에서 0.1 M $HB(aq)$ 에서 $[H_3O^+]$ 와 0.1 M $C(aq)$ 에서 $[OH^-]$ 가 $1.0 \times 10^{-5} M$ 로 같으므로 HB 와 C 의 이온화 정도는 같다. 따라서 이온화 상수는 HB 와 C 가 같다.

11 ㄱ. HA 의 $K_a \ll 1$ 이므로 HA 의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 세기가 강하므로 염기의 세기는 A^- 이 H_2O 보다 강하다.

바로알기 ㄴ. K_a 가 클수록 이온화 정도가 커서 산의 세기가 강하다. 따라서 산의 세기는 K_a 가 큰 HB 가 HA 보다 강하다.

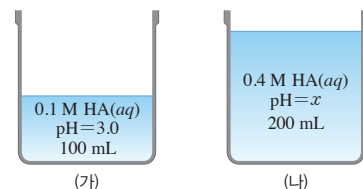
ㄷ. 0.1 M $HA(aq)$ 에서 $[A^-] = [H_3O^+] = x M$, $[HA] \approx 0.1 M$ 이고 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{0.1} = 1.0 \times 10^{-6}$, $x = 1.0 \times 10^{-3.5}$ 이다. 따라서 25 °C에서 0.1 M $HA(aq)$ 의 pH는 3.5이다.

12 ㄱ. $HA(aq)$ 과 $HB(aq)$ 의 pH는 4.0으로 같고, 농도는 $HB(aq)$ 이 $HA(aq)$ 의 5배이므로 이온화 정도는 HA 가 HB 보다 크다. 따라서 산의 세기는 HA 가 HB 보다 강하다.

ㄴ. $C(aq)$ 의 농도가 0.1 M이고, $C(aq)$ 에서 $[CH^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$ 이므로 C 의 $K_b \ll 1$ 이다. 이로부터 C 의 이온화 반응의 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있으므로 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 세기가 강하다. 따라서 산의 세기는 CH^+ 이 H_2O 보다 강하다.

바로알기 ㄷ. 0.1 M $HA(aq)$ 에서 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-4} M$ 이고, 0.1 M $C(aq)$ 에서 $[CH^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-4} M$ 이다. 즉, 같은 온도와 농도에서 HA 와 C 의 이온화 정도가 같으므로 이온화 상수는 HA 와 C 가 같다.

13 — 꼼꼼 문제 분석



• 0.1 M $HA(aq)$ 의 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이다.

• 온도가 같으므로 HA 의 이온화 상수 K_a 는 (가)와 (나)에서 같다.

ㄱ. (가)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이고, $[HA] \approx 0.1 M$ 이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

ㄴ. (나)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = a M$ 라고 하면, $[HA] \approx 0.4 M$ 이

므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{a^2}{0.4} = 1 \times 10^{-5}$ 이고, $a = 2 \times 10^{-3}$ 이다. 이로부터 (나)의 $pH(x)$ 는 $3.0 - \log 2$ 이므로 3.0보다 작다.

[바로알기] ㄷ. (가)는 0.1 M HA(aq) 100 mL이고, 이온화 평형에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 HA 0.01 mol이 물에 녹으면 H_3O^+ 0.0001 mol을 생성한다. 한편 (나)는 0.4 M HA(aq) 200 mL이고, 이온화 평형에서 $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-3}$ M이므로 HA 0.08 mol이 물에 녹으면 H_3O^+ 0.0004 mol을 생성한다. 이로부터 (가)에서 이온화 정도를 $\frac{10^{-4}}{10^{-2}}$ 라고 할 때 (나)에서 이

온화 정도는 $\frac{4 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-2}}$ 이다. 따라서 HA의 이온화 정도는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

[다른 풀이] HA(aq)의 농도는 (나)가 (가)의 4배이고, HA가 이온화하여 생성된 $[H_3O^+]$ 는 (가)에서 1×10^{-3} M이고, (나)에서 2×10^{-3} M로 (나)에서 (가)에서의 2배보다 작다. 따라서 HA의 이온화 정도는 (가)에서 (나)에서보다 크다.

14 ㄴ. HB의 $K_a \ll 1$ 이므로 수용액에서 $[B^-] = [H_3O^+] = y$ M, $[HB] \approx 1$ M라고 하면, $K_a = \frac{y^2}{1} = 2 \times 10^{-4}$ 이므로 $y = \sqrt{2 \times 10^{-4}}$ 이다. $pH(x)$ 는 $2.0 - \log \sqrt{2}$ 이므로 2.0보다 작다.

ㄷ. HA(aq)과 HB(aq)에 들어 있는 음이온은 각각 A^- , B^- 이다. 각 수용액에서 음이온의 농도는 $[H_3O^+]$ 와 같으므로 HA(aq)에서 $[A^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, HB(aq)에서 $[B^-] = \sqrt{2 \times 10^{-2}}$ M이다. 이때 부피는 HB(aq)이 HA(aq)의 2배이므로 수용액 속 음이온의 양(mol)은 HB(aq)에서 (가)에서보다 크다.

[바로알기] ㄱ. 0.1 M HA(aq)의 pH가 3.0이므로 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 같은 온도에서 HB의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-4} 이므로 산의 세기는 K_a 가 큰 HB가 HA보다 강하다.

15 ㄱ. 0.1 M HA(aq) 10 mL에 증류수를 가해 묽힌 용액 (나)의 부피가 1 L이므로 (나)의 농도는 0.001 M이다. 이때 (나)의 pH가 5.0이므로 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이고, $[HA] \approx 0.001$ M이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-7}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. HA의 $K_a \ll 1$ 이므로 (가)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = x$ M, $[HA] \approx 0.1$ M이고 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 이다. 따라서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이므로 (가)의 pH는 4.0이다.

※ (나)는 (가)를 $\frac{1}{100}$ 로 희석하여 몰농도가 (가)가 (나)의 100배이므로 pH는 (가)가 (나)보다 2만큼 작다고 판단하면 안 된다. 이는 강산인 경우, 즉 넣어 준 산 대부분이 이온화하는 경우에만 적용할 수 있다. 약산의 경우 르샤틀리에 원리에 의해 농도가 작을수록 평형이 정반응 쪽으로 이동하여 이온화가 잘 되므로 이온화 상수를 적용하여 수용액 속 $[H_3O^+]$ 를 구하여 판단한다.

ㄷ. HA의 $K_a \ll 1$ 이므로 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 따라서 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 세기가 강하므로 산의 세기는 H_3O^+ 이 HA보다 강하다.

16 모범 답안 (1) (가)

(2) (나) H_2O , (다) NH_3 , (나)에서 H_2O 은 H^+ 를 받아 H_3O^+ 이 되고, (다)에서 NH_3 는 H^+ 를 받아 NH_4^+ 이 되므로 브뢴스테드·라우리 염기이다.

채점 기준	배점
(1) 아레니우스 염기를 포함하는 반응을 옳게 쓴 경우	40 %
(2) (나)와 (다)의 정반응에서 브뢴스테드·라우리 염기로 작용한 물질의 화학식을 옳게 쓰고, 판단 근거를 옳게 서술한 경우	60 %

17 모범 답안 (1) HA(aq)에서 입자 수가 같은 것은 A^- 과 H_3O^+ 이고, HB(aq)에서 입자 수가 같은 것은 B^- 과 H_3O^+ 이다. 따라서 이온화 정도는 $HA > HB$ 이므로 이온화 상수도 $HA > HB$ 이다.

(2) 수용액 속 $[H_3O^+]$ 는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이므로 Mg 조각을 넣었을 때 기포의 발생 정도는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이다.

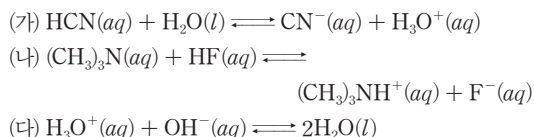
채점 기준	배점
(1) 판단 근거를 포함하여 K_a 를 옳게 비교한 경우	50 %
K_a 의 크기만 옳게 비교한 경우	20 %
(2) 판단 근거를 포함하여 기포의 발생 정도를 옳게 비교한 경우	50 %
기포의 발생 정도만 옳게 비교한 경우	20 %

18 모범 답안 1×10^{-7} , 0.1 M HA(aq)의 pH가 4.0이므로 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 이다.

채점 기준	배점
풀이 과정과 K_a 가 모두 옳은 경우	100 %
K_a 만 옳은 경우	50 %

- 01 ③ 02 ④ 03 ⑤ 04 ④ 05 ② 06 ①
07 ⑤ 08 ③

01 — 품평 문제 분석



- (가)에서 HCN는 H^+ 를 제공한다. $\Rightarrow$ 브뢴스테드·라우리 산이다.
- (나)에서 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 이 H^+ 를 받으면 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 이 되고, $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 이 H^+ 를 제공하면 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 이 된다. $\Rightarrow$ $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 의 짝염기이다.
- (다)에서 OH^- 은 H^+ 를 받아 H_2O 이 된다. $\Rightarrow$ OH^- 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

선택지 분석

- ㉠ (가)에서 HCN는 브뢴스테드·라우리 산이다.
 ㉡ (나)에서 F^- 은 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 의 짝염기이다. HF
 ㉢ (다)에서 OH^- 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

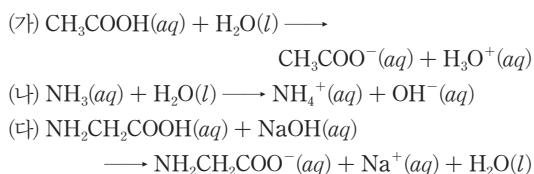
전략적 풀이 ① 브뢴스테드·라우리 산과 염기의 정의를 적용하여 (가)와 (다)에서 산과 염기를 찾는다.

㉠, ㉢. (가)에서 H^+ 를 제공하는 물질은 HCN이고, (다)에서 H^+ 를 받는 물질은 OH^- 이다. 따라서 (가)에서 HCN는 브뢴스테드·라우리 산이고, (다)에서 OH^- 은 브뢴스테드·라우리 염기이다.

② 짝산·짝염기 쌍의 정의를 적용하여 (나)에서 짝산·짝염기 쌍을 찾는다.

㉡. (나)에서 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은 H^+ 를 받아 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 이 되고, $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 은 H^+ 를 제공하고 $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 이 된다. HF는 H^+ 를 제공하고 F^- 이 되고, F^- 은 H^+ 를 받아 HF가 된다. 따라서 F^- 은 HF의 짝염기이고, $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 은 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+$ 의 짝염기이다.

02 — 품평 문제 분석



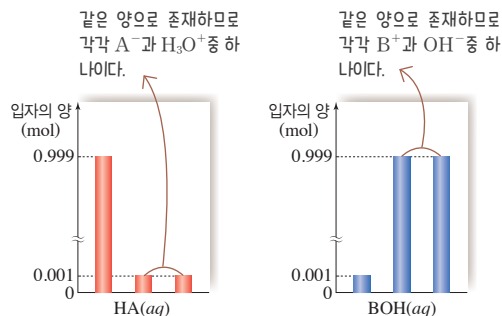
수용액에서 OH^- 을 내놓는 물질이 아레니우스 염기이다. H^+ 를 제공할 수 있는 물질이 브뢴스테드·라우리 산이다.

선택지 분석

- | | ㉠ | ㉡ |
|------------|---------------|---|
| ㉠ (가) | (가), (나) | |
| ㉡ (나) | (가), (다) | |
| ㉢ (다) | (가), (나) | |
| ㉣ (다) | (가), (나), (다) | |
| ㉤ (나), (다) | (가), (나), (다) | |

전략적 풀이 (가)~(다)에 포함된 물질 중 수용액에서 OH^- 을 내놓는 아레니우스 염기는 (다)의 NaOH뿐이다. 한편 H^+ 를 제공하는 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한 물질은 (가)에서는 CH_3COOH , (나)에서는 H_2O 이다. (다)에서 $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ 는 H^+ 를 제공하므로 브뢴스테드·라우리 산으로 작용한다. 따라서 아레니우스 염기를 포함한 반응은 (다)이고, 브뢴스테드·라우리 산을 포함한 반응은 (가), (나), (다)이다.

03 — 품평 문제 분석



HA는 수용액에서 극히 일부만 이온화하여 대부분 HA 상태로 존재하고, BOH는 대부분 이온화하여 B^+ 과 OH^- 으로 존재한다. $\Rightarrow$ HA는 약산이고, BOH는 강염기이다.

선택지 분석

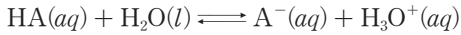
- ㉠ 25 °C에서의 이온화 상수는 $\text{BOH} > \text{HA}$ 이다.
 ㉡ 염기의 세기는 $\text{A}^- > \text{H}_2\text{O}$ 이다.
 ㉢ 산의 세기는 $\text{HA} > \text{B}^+$ 이다.

전략적 풀이 ① 수용액에 존재하는 입자의 양을 비교하여 이온화 정도를 파악하여 이온화 상수를 비교한다.

ㄱ. 수용액에서 HA는 일부만 이온화하고, BOH는 대부분 이온화하므로 HA는 약산이고, BOH는 강염기이다. 따라서 25 °C에서 이온화 상수는 BOH가 HA보다 크다.

② 약산의 이온화 평형을 파악하여 염기의 세기를 비교한다.

ㄴ. HA의 이온화 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



HA는 약산이므로 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있으므로 역반응의 산, 염기가 정반응의 산, 염기보다 세기가 강하다. 따라서 염기의 세기는 $\text{A}^- > \text{H}_2\text{O}$ 이다.

③ 염기의 K_b 로 짝산의 K_a 를 구하고, 산의 K_a 를 비교하여 산의 세기를 판단한다.

ㄷ. HA(aq) 1 L에 존재하는 HA의 양이 0.999 mol이고 A^- 의 양이 0.001 mol이므로 넣어 준 HA의 양은 1 mol이고 HA(aq)의 농도는 1 M이다. HA는 약산이므로 1 M HA(aq)에서 $[\text{HA}] \approx 1 \text{ M}$, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, HA의 $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{1} = 1 \times 10^{-6}$ 이다. 한편 1 M BOH(aq)에서 $[\text{BOH}] = 0.001 \text{ M}$, $[\text{B}^+] = [\text{OH}^-] = 0.999 \text{ M}$ 이므로 BOH의 $K_b = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]} = \frac{(0.999)^2}{0.001} \approx 1000$ 이고, B^+ 의 $K_a \approx \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^3}$ 이다. 따라서 산의 세기는 HA가 B^+ 보다 강하다.

전략적 풀이 ① 약산 수용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 구하고, HA와 HB의 이온화 상수를 구하여 짝염기의 세기를 비교한다.

ㄱ. HA는 약산이므로 0.1 M HA(aq)에서 $[\text{HA}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이고, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{4.0 \times 10^{-4}}{0.2} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 HA의

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(2.0 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 4.0 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

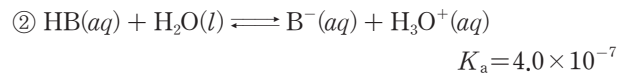
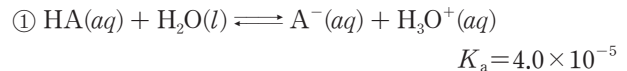
ㄴ. HB는 약산이므로 0.1 M HB(aq)에서 $[\text{HB}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이고, $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{6.0 \times 10^{-5}}{0.3} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이므로 HB의

$$K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = \frac{(2.0 \times 10^{-4})^2}{0.1} = 4.0 \times 10^{-7} \text{이다.}$$

따라서 산의 세기는 $\text{HA} > \text{HB}$ 이므로 염기의 세기는 B^- 이 A^- 보다 강하다.

② 약산 수용액을 혼합할 때 두 반응의 K_a 를 이용하여 새로운 반응의 평형 상수를 구한다.

ㄷ. HA의 이온화 반응과 HB의 이온화 반응은 각각 ①, ②이다.



이때 $\text{HA}(aq) + \text{B}^-(aq) \rightleftharpoons \text{A}^-(aq) + \text{HB}(aq)$ 반응은 ①에서

②를 빼서 구할 수 있고, $K = \frac{[\text{A}^-][\text{HB}]}{[\text{HA}][\text{B}^-]}$ 이다. 이 반응의 평형

상수 K 는 ①의 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 를 ②의 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}$

로 나눈 값과 같다. 따라서 $x = \frac{4.0 \times 10^{-5}}{4.0 \times 10^{-7}} = 100$ 이다.

04 — 품평 문제 분석

수용액	부피(mL)	농도(M)	H_3O^+ 의 양(mol)
HA(aq)	200	0.1	4.0×10^{-4}
HB(aq)	300	0.1	6.0×10^{-5}

HA와 HB는 모두 약산이다. $\Rightarrow$ HA(aq) 속 $[\text{HA}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이고, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, HB(aq) 속 $[\text{HB}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이고, $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2.0 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다.

선택지 분석

☒ 25 °C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1.0×10^{-5} 이다. 4.0

☐ 염기의 세기는 $\text{B}^- > \text{A}^-$ 이다.

☐ $x = 100$ 이다.

05 — 품평 문제 분석

수용액	농도(M)	pH
HA(aq)	0.1	x
HB(aq)	0.1	$x+1$

HB의 $K_a \ll 1$ 이므로 0.1 M HB(aq)에서 $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = y \text{ M}$ 라고 하면, $[\text{HB}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이고, $K_a = \frac{y^2}{0.1} = 1.0 \times 10^{-5}$ 이다.

$\Rightarrow y = 1 \times 10^{-3}$ 이다.

선택지 분석

☒ $x = 4.0$ 이다. 2.0

☒ 25 °C에서 HA의 K_a 는 1×10^{-4} 이다. 10^{-3}

☐ 염기의 세기는 $\text{B}^- > \text{A}^-$ 이다.

전략적 풀이 ① 약산의 K_a 를 이용하여 수용액의 pH를 구한다.

ㄱ. HB는 $K_a \ll 1$ 인 약산이므로 0.1 M HB(aq)의 $[B^-] = [H_3O^+] = y$ M라고 하면, $[HB] \approx 0.1$ M이므로 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{y^2}{0.1} = 1.0 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 $y = 1 \times 10^{-3}$ 이고, HB(aq)의 pH는 3.0이므로 $x = 2.0$ 이다.

② 산 수용액의 pH를 이용하여 산의 K_a 를 구한다.

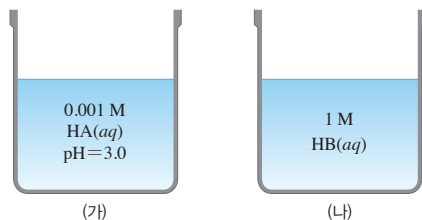
ㄴ. 0.1 M HA(aq)의 pH가 2.0이므로 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-2}$ M이고, $[HA] \approx 0.1$ M이다. 따라서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-2})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-3}$ 이다.

③ 산의 K_a 를 비교하여 짝염기의 세기를 비교한다.

ㄷ. 산의 K_a 는 $HA > HB$ 이므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다. 산의 세기가 강할수록 짝염기의 세기가 약하므로 염기의 세기는 B^- 이 A^- 보다 강하다.

06 품평 문제 분석

0.001 M HA(aq)의 pH가 3.0이므로 $[H_3O^+] = 0.001$ M이다.



0.001 M HA(aq)에서 HA는 대부분 이온화하므로 강산이다.

선택지 분석

- ☒ 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.
☒ $[A^-] \geq [B^-]$ 이다. <
☒ (나)의 pH는 3.0보다 크다. 작다

전략적 풀이 ① HA(aq)의 pH를 이용하여 수용액 속 $[H_3O^+]$ 를 구하고, HA와 HB의 이온화 정도를 비교하여 산의 세기를 비교한다.

ㄱ. 0.001 M HA(aq)의 pH가 3.0으로 수용액 속 $[H_3O^+] = 0.001$ M이므로 HA는 대부분 이온화하는 강산이다. 한편 HB의 K_a 는 1.8×10^{-5} 이므로 HB는 수용액에서 일부만 이온화하는 약산이다. 따라서 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

② 약산의 K_a 를 이용하여 짝염기의 농도를 구한다.

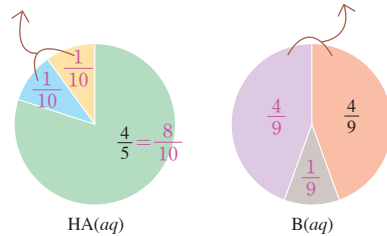
ㄴ. (가)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다. (나)에서 $[B^-] = [H_3O^+] = x$ M, $[HB] \approx 1$ M이므로 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{x^2}{1} = 1.8 \times 10^{-5}$, $x = \sqrt{1.8} \times 10^{-2.5}$ 이다. 따라서 $[A^-] < [B^-]$ 이다.

ㄷ. (나)에서 $[B^-] = [H_3O^+] = \sqrt{1.8} \times 10^{-2.5}$ 이므로 pH는 $2.5 - \log \sqrt{1.8}$ 로 3.0보다 작다.

07 품평 문제 분석

같은 양으로 존재하므로 각각 A^- 과 H_3O^+ 중 하나이다.

같은 양으로 존재하므로 각각 BH^+ 과 OH^- 중 하나이다.



- 이온화 전 HA의 양(mol)과 이온화 후 HA, A^- 의 양(mol)의 합은 같다.
- HA(aq)에서 전체 입자 중 $\frac{4}{5}$ 가 HA로 존재하고, A^- 과 H_3O^+ 이 각각 $\frac{1}{10}$ 로 존재한다. $\Rightarrow$ HA(aq)에서 HA와 A^- 의 몰비는 8 : 1이다.
- B(aq)에서 전체 입자 중 $\frac{1}{9}$ 은 B로 존재하고, BH^+ 과 OH^- 이 각각 $\frac{4}{9}$ 로 존재한다. $\Rightarrow$ B(aq)에서 B와 BH^+ 의 몰비는 1 : 4이다.

선택지 분석

- ☒ B(aq)에서 $[B] = \frac{1}{50}$ M이다.
☒ 25 °C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{1}{720}$ 이다.
☒ 25 °C에서 BH^+ 의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{25}{8} \times 10^{-14}$ 이다.

전략적 풀이 ① 수용액에 존재하는 입자의 양을 비교하여 몰농도와 이온화 상수를 구한다.

ㄱ. B(aq)에서 B와 BH^+ 의 몰비는 1 : 4이다. B(aq)의 초기 농도가 0.1 M이므로 이온화 평형에서 $[B] = 0.1 \text{ M} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{50} \text{ M}$ 이고, $[BH^+] = [OH^-] = 0.1 \text{ M} \times \frac{4}{5} = \frac{4}{50} \text{ M}$ 이다.

ㄴ. $\text{HA}(\text{aq})$ 에서 HA 와 A^- 의 몰비는 8 : 1이다. $\text{HA}(\text{aq})$ 의 초기 농도가 0.1 M이므로 이온화 평형에서 $[\text{HA}] = 0.1 \text{ M} \times \frac{8}{9}$

$= \frac{8}{90} \text{ M}$, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1 \text{ M} \times \frac{1}{9} = \frac{1}{90} \text{ M}$ 이다. 따라서

HA 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{\left(\frac{1}{90}\right)^2}{\frac{8}{90}} = \frac{1}{720}$ 이다.

② 염기의 K_b 를 이용하여 짝산의 K_a 를 구한다.

ㄴ. B의 이온화 상수 $K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]} = \frac{\left(\frac{4}{50}\right)^2}{\frac{1}{50}} = \frac{16}{50}$

$= \frac{8}{25}$ 이고, B의 짝산인 BH^+ 의 $K_a = \frac{K_w}{K_b}$ 이므로 K_a 는 $\frac{25}{8} \times 10^{-14}$ 이다.

전략적 풀이 ① (가)에서 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 를 이용하여 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 구하고,

HA 의 K_a 를 구한다.

ㄴ. $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^4$ 이므로 $[\text{OH}^-] = x \text{ M}$ 라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^4 x \text{ M}$ 이다. 이때 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^4 x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 에서 $x = 1 \times 10^{-9}$ 이므로 (가)에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $[\text{HA}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 HA 의 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이다.

② 약산 수용액의 pH를 이용하여 K_a 를 구하여 짝염기의 세기를 비교한다.

ㄴ. (나)에서 $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, $[\text{HB}] \approx 0.2 \text{ M}$ 이므로 HB 의 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-6}$ 이

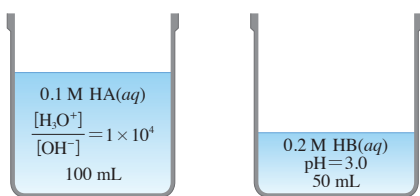
다. 따라서 K_a 는 $\text{HB} > \text{HA}$ 이므로 산의 세기는 HB 가 HA 보다 강하고, 염기의 세기는 $\text{A}^- > \text{B}^-$ 이다.

③ 약산의 K_a 를 이용하여 산 수용액의 pH를 구한다.

ㄴ. 25 °C에서 HB 의 K_a 가 5×10^{-6} 이다. 2 M $\text{HB}(\text{aq})$ 에서 $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = y \text{ M}$, $[\text{HB}] \approx 2 \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}$

$= \frac{y^2}{2} = 5 \times 10^{-6}$ 이다. 따라서 $y = 1 \times 10^{-2.5}$ 이고, pH는 2.5이다.

08 ← 꼼꼼 문제 분석



(가)

(나)

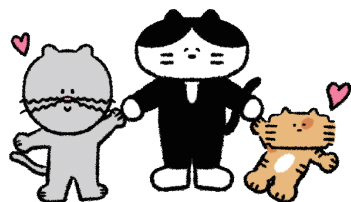
0.1 M $\text{HA}(\text{aq})$ 속 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 1 \times 10^4$ 이다. $\Rightarrow [\text{OH}^-] = x \text{ M}$ 라고 하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^4 x \text{ M}$ 이다. $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^4 \times x^2 = 1 \times 10^{-14}$ 에서 $x = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 따라서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.

선택지 분석

㉠ 25 °C에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-9} 이다.

㉡ 염기의 세기는 $\text{A}^- > \text{B}^-$ 이다.

㉢ 25 °C에서 2 M $\text{HB}(\text{aq})$ 의 pH는 2.0이다. 2.5



2 중화 적정과 염의 가수 분해

01 / 중화 적정

개념 확인 문제

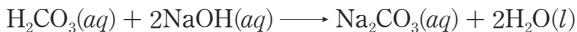
37쪽

- ① 중화 반응 ② H_2O ③ 중화 적정 ④ 중화 적정 곡선
⑤ 7.0이다 ⑥ 7.0보다 작다 ⑦ 7.0보다 크다

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 2 ㄱ, ㄷ 3 ㄱ, ㄴ, ㄷ
4 (다) > (가) > (나)

1 (2) 반응한 산과 염기의 세기에 따라 중화점에서의 pH가 다르다.

2 $H_2CO_3(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



ㄱ. ㉠은 $Na_2CO_3(aq)$ 으로 산의 음이온과 염기의 양이온으로 이루어진 염의 수용액이다.

ㄴ. H_2CO_3 은 약산이고, $NaOH$ 은 강염기이므로 중화점의 pH는 7.0보다 크다.

ㄷ. 중화점의 pH가 7.0보다 크므로 중화 적정 할 때 지시약으로 페놀프탈레인을 사용할 수 있다.

3 ㄱ. $HA(aq)$ 25 mL를 0.1 M 염기 $BOH(aq)$ 으로 적정할 때 넣어 준 $BOH(aq)$ 의 부피가 25 mL일 때 pH가 크게 변하므로 $BOH(aq)$ 25 mL를 넣었을 때 중화 반응이 완결된다.

ㄴ. $HA(aq)$ 25 mL에 0.1 M 염기 $BOH(aq)$ 25 mL를 넣었을 때 완전히 중화되므로 $HA(aq)$ 의 농도를 x M라고 하면 $1 \times x \times 25 = 1 \times 0.1 \times 25$, $x = 0.1$ 이다. 반응 전 0.1 M $HA(aq)$ 의 pH가 1.0이므로 HA 는 대부분 이온화하는 강산이다.

ㄷ. 중화점 부근에서 pH 변화가 약 4~10이므로 이 중화 적정에서 지시약으로 메틸 오렌지, 페놀프탈레인을 모두 사용할 수 있다.

4 (가)는 농도와 부피가 같은 강산과 강염기의 혼합 용액이므로 중화점의 pH는 7.0이다.

(나)는 농도와 부피가 같은 강산과 약염기의 혼합 용액이므로 중화점의 pH < 7.0이다.

(다)는 농도와 부피가 같은 약산과 강염기의 혼합 용액이므로 중화점의 pH > 7.0이다. 따라서 수용액의 pH는 (다) > (가) > (나)이다.

대표 자료 분석 1

38쪽

- 1 $HA(aq)$: 0.1 M, $HB(aq)$: 0.1 M 2 $HB > HA$
3 1×10^{-5} 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

1 $HA(aq)$ 50 mL와 $HB(aq)$ 50 mL를 0.1 M $NaOH(aq)$ 으로 각각 적정할 때 두 수용액 모두 $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 중화 반응이 완결되므로 두 수용액의 농도는 모두 0.1 M이다.

2 몰농도가 같은 $HA(aq)$ 과 $HB(aq)$ 의 반응 전 pH가 $HA(aq) > HB(aq)$ 이므로 $[H_3O^+]$ 는 $HA(aq) < HB(aq)$ 이다. 즉, 이온화 정도는 $HB > HA$ 이므로 산의 세기는 $HB > HA$ 이다.

3 0.1 M $HA(aq)$ 의 pH가 3.0이므로 HA 가 이온화하여 생성된 $[H_3O^+] = [A^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, HA 는 약산이므로 이온화 평형 상태에서 $[HA] \approx 0.1$ M이다. 따라서 HA 의 이온화 상수는 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

4 (1) $HB(aq)$ 50 mL에 $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 pH가 크게 변하므로 $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 $HB(aq)$ 은 완전히 중화된다.

(2) $HA(aq)$ 50 mL에 $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 pH가 크게 변하므로 $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 $HA(aq)$ 은 완전히 중화된다. 따라서 $NaOH(aq)$ 25 mL를 넣은 시점은 중화 반응이 절반 진행된 지점이다.

(3) HA 는 약산이고, HB 는 강산이므로 중화점에서 pH는 $HA(aq)$ 에서는 7.0보다 크고, $HB(aq)$ 에서는 7.0이다. 따라서 중화점에서 pH는 $HA(aq)$ 에서가 $HB(aq)$ 에서보다 크다.

(4) 산의 세기는 $HB > HA$ 이므로 염기의 세기는 $A^- > B^-$ 이다.

(5) $HA(aq)$ 을 $NaOH(aq)$ 으로 적정할 때 중화점 부근에서 pH 변화 범위가 작고 염기성 쪽에 치우쳐 있으므로 변색 범위가 3~4인 메틸 오렌지는 적절하지 않다.

(6) 강산인 $HB(aq)$ 을 강염기인 $NaOH(aq)$ 으로 적정할 때 중화점 부근에서 pH 변화가 4~10 정도이므로 페놀프탈레인을 사용할 수 있다.

나신 만점 문제

39쪽~41쪽

- 01 ⑤ 02 (가) - (다) - (마) - (라) - (나) 03 ① 04 ③
05 ③ 06 ④ 07 ③ 08 해설 참조 09 해설 참조
10 ③ 11 ⑤ 12 ③ 13 ⑤

01 ㄱ. 중화 적정에서 농도를 정확히 알고 있는 용액을 표준 용액이라고 한다.

ㄴ. 중화점은 중화 반응이 완결된 지점이다.

ㄷ. 중화 적정은 중화 반응의 양적 관계를 이용한 것으로 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응한다.

02 실험 과정을 순서대로 나열하면 (가)→(다)→(마)→(라)→(나)이다.

[바로알기] 중화 적정은 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액을 표준 용액으로 적정하여 중화 반응이 완결될 때까지 넣어 준 표준 용액의 부피를 측정하여 농도를 알아내는 실험 방법이다. 중화 적정에서 농도를 모르는 산 또는 염기 수용액을 일정량 취해 반응 용기(비커, 삼각 플라스크 등)에 넣고 지시약을 소량 떨어뜨린 후 중화점까지 사용된 표준 용액의 부피를 측정한다.

03 일정량의 용액의 부피를 정확히 취해 옮길 때 사용하는 실험 기구는 피펫이다. 또 강산인 $H_2SO_4(aq)$ 을 강염기인 $NaOH(aq)$ 으로 적정할 때 사용한 지시약이 페놀프탈레인 용액이므로 중화점에서 용액은 무색에서 붉은색으로 변한다. 따라서 '붉은색'은 ㉠으로 적절하다.

04 2가 산인 $H_2SO_4(aq)$ 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 20 mL이므로 $H_2SO_4(aq)$ 의 농도를 x M라고 하면 $2 \times x \times 10 = 1 \times 0.1 \times 20$, $x = 0.1$ 이다.

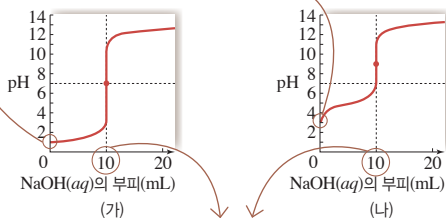
05 ㄱ. $HCl(aq)$ 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.2 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 10 mL이므로 $HCl(aq)$ 의 농도를 x M라고 하면 $1 \times x \times 20 = 1 \times 0.2 \times 10$, $x = 0.1$ 이다.

ㄷ. 중화점일 때 혼합 용액은 중성 용액이므로 용액의 $[Na^+] = [Cl^-]$ 이다.

[바로알기] ㄴ. HCl 은 강산이고, $NaOH$ 은 강염기이므로 중화점의 pH는 7.0이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**

농도가 같은 수용액의 pH는 $HB(aq)$ 이 $HA(aq)$ 보다 크다. $\Rightarrow$ 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.



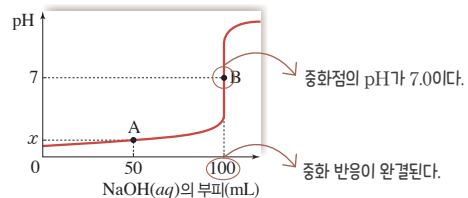
중화 반응이 완결될 때까지 넣어 준 $NaOH(aq)$ 의 부피가 같다.
 $\Rightarrow$ $HA(aq)$ 과 $HB(aq)$ 의 초기 몰농도가 같다.

ㄴ. 반응 전 수용액의 pH는 $HB(aq) > HA(aq)$ 이므로 수용액의 $[H_3O^+]$ 는 $HA(aq) > HB(aq)$ 이다. 즉, 이온화 정도는 $HA > HB$ 이다.

ㄷ. 반응 전 0.1 M $HA(aq)$ 의 pH가 1.0이므로 HA 는 강산이고, 0.1 M $HB(aq)$ 의 pH가 3.0이므로 HB 는 약산이다. 따라서 (가)에서 중화점의 pH는 7.0이고, (나)에서 중화점의 pH는 7.0보다 크다.

[바로알기] ㄱ. 같은 부피의 산 수용액을 0.1 M $NaOH(aq)$ 으로 각각 적정할 때 중화 반응이 완결될 때까지 사용된 $NaOH(aq)$ 의 부피가 같으므로 두 수용액의 농도는 같다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. a M $HCl(aq)$ 100 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 100 mL이므로 $1 \times a \times 100 = 1 \times 0.1 \times 100$, $a = 0.1$ 이다.

ㄴ. A는 중화 반응이 절반 진행된 지점이고, Cl^- 과 Na^+ 은 반응에 참여하지 않는 이온이므로 $\frac{[Cl^-]}{[Na^+]} = 2$ 이다.

[바로알기] ㄷ. B는 중화점이므로 이때 혼합 용액은 $NaCl(aq)$ 이다. 따라서 $NaOH(aq)$ 을 소량 떨어뜨리면 OH^- 의 영향으로 pH가 크게 증가한다.

08 **모범 답안** A에는 반응하지 않은 0.1 M $HCl(aq)$ 50 mL가 남아 있으므로 수용액 속 H_3O^+ 의 양은 $0.1 \text{ mol/L} \times \frac{50}{1000} \text{ L} = \frac{1}{200} \text{ mol}$ 이다. 이때 혼합 용액의 부피는 150 mL이므로 $[H_3O^+] = \frac{1}{30} \text{ M}$ 이다. 따라서 $pH = -\log\left(\frac{1}{3} \times 10^{-1}\right) = 1.0 + \log 3 = 1.48$ 이다.

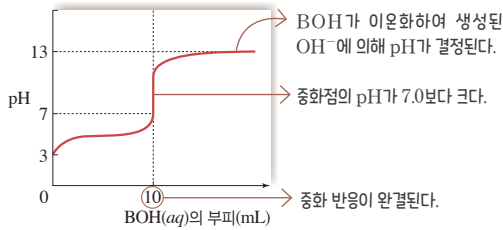
채점 기준	배점
x 를 구하고, 물이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
x 만 옳게 쓴 경우	50 %

09 **모범 답안** $HA(aq)$ 100 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M $NaOH(aq)$ 의 부피가 100 mL이므로 $HA(aq)$ 의 초기 농도는 0.1 M이다. $NaOH(aq)$ 50 mL를 넣을 때 중화 반응이 절반 진행되므로 용액 속 $[HA] = [A^-]$ 이고, 이때 pH가 5.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. 따라서 HA 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

다른 풀이 0.1 M HA(aq)의 pH가 3.0이므로 HA의 이온화 평형에서 $[H_3O^+] = [A^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{1 \times 10^{-1}} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

채점 기준	배점
K_a 를 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
K_a 만 옳게 구한 경우	50 %

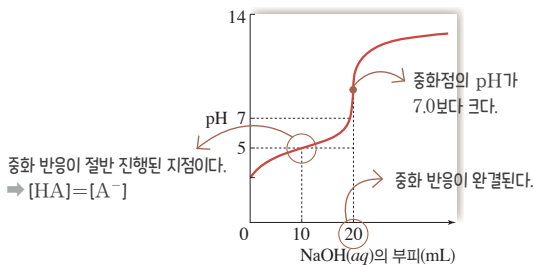
10 품평 문제 분석



- ㄱ. HA(aq) 10 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M BOH(aq)의 부피가 10 mL이므로 HA(aq)의 농도는 0.1 M이다.
 ㄴ. 중화점의 pH는 7.0보다 크다.

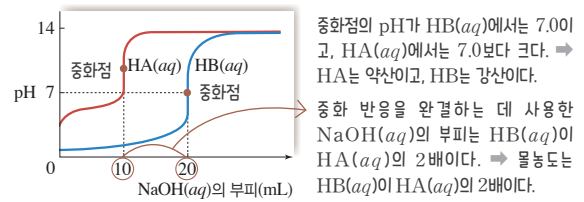
바로알기 ㄴ. 중화점 이후 혼합 용액의 pH는 BOH가 이온화하여 생성된 OH^- 에 의해 결정되는데, 0.1 M BOH(aq)의 pH가 13.0이므로 BOH는 강염기이다. 중화점의 pH가 7.0보다 크므로 HA는 약산이다.

11 품평 문제 분석



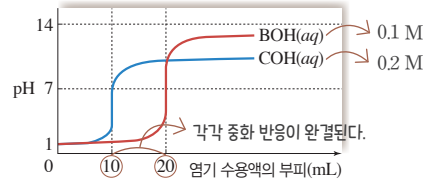
- ㄱ. HA(aq) 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.2 M NaOH(aq)의 부피가 20 mL이므로 HA(aq)의 농도는 0.2 M이다.
 ㄴ. NaOH(aq) 10 mL를 넣으면 중화 반응이 절반 진행되므로 용액 속 $[HA] = [A^-]$ 이고, 이때 pH가 5.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.
 ㄷ. 중화점의 pH > 7.0이다.

12 품평 문제 분석



- ㄱ. 몰농도는 HB(aq)이 HA(aq)의 2배이다.
 ㄴ. HA는 약산이고, HB는 강산이므로 25 °C에서 산의 이온화 상수(K_a)는 HB > HA이다.
바로알기 ㄷ. 중화점의 pH는 HA(aq)에서가 HB(aq)에서보다 크다.

13 품평 문제 분석



- ㄱ. 0.1 M 산 HA(aq) 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 COH(aq)의 부피가 10 mL이므로 COH(aq)의 농도를 x M라고 하면 $1 \times 0.1 \times 20 = 1 \times x \times 10$, $x = 0.2$ 이다.
 ㄴ. 중화점 이후 용액의 pH는 넣어 준 염기 수용액에 의해 결정된다. 이때 넣어 준 염기 수용액의 농도는 BOH(aq)는 0.1 M, COH(aq)는 0.2 M인데, pH는 BOH(aq)에서가 COH(aq)에서보다 크므로 이온화 정도는 BOH가 COH보다 크다. 따라서 염기의 이온화 상수(K_b)는 BOH > COH이다.
 ㄷ. 중화점의 pH는 COH(aq)에서 7.0보다 작고, BOH(aq)에서 7.0이다. 따라서 중화점에서 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$ 는 BOH(aq)에서가 COH(aq)에서보다 크다.

실력 UP 문제

41쪽

01 ⑤ 02 ②

01 품평 문제 분석

용액	NaOH(aq)의 부피(mL)	pH	$\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]}$
(가)	0	x	
(나)	25	5.0	
(다)	50		y

- 0.1 M HA(aq) 50 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 50 mL이다. $\Rightarrow$ (나)는 중화 반응이 절반 진행된 지점으로 $[HA]=[A^-]$ 이고, $[H_3O^+]=1 \times 10^{-5}$ M이다.
- (다)는 중화점이다.

ㄱ. 중화 반응이 절반 진행되었을 때 혼합 용액 (나)의 pH가 5.0
이므로 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

ㄴ. 반응 전 HA의 이온화 평형에서 $[A^-]=[H_3O^+]=a$ M라고
하면 HA는 약산이므로 $[HA] \approx 0.1$ M이고, $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$
 $= \frac{a^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이므로 $a = 1 \times 10^{-3}$ 이다. 따라서
 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 $pH = x = 3.0$ 이다.

ㄷ. 약산을 강염기로 적정하고 있으므로 중화점의 $pH > 7.0$ 이
다. 따라서 $[OH^-] > [H_3O^+]$ 이므로 $\frac{[OH^-]}{[H_3O^+]} = y > 1$ 이다.

02 ㄴ. 약산 HA(aq)과 HB(aq) 20 mL를 각각 0.1 M NaOH(aq)으로 적정할 때 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL이므로 HA(aq)과 HB(aq)의 농도는 모두 0.1 M이다. (가)에서 반응 전 HA(aq)의 이온화 평형에서 $[A^-]=[H_3O^+]=p$ M, $[HA] \approx 0.1$ M이며, HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{p^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이므로 $x = 3.0$ 이다. 마찬가지로 (나)에서 반응 전 HB(aq)의 이온화 평형에서 $[B^-]=[H_3O^+]=q$ M, $[HB] \approx 0.1$ M이고, HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{q^2}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ M이므로 $y = 4.0$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{4}{3}$ 이다.

[바로알기] ㄱ. 약산 HA(aq)과 HB(aq) 20 mL를 각각 0.1 M NaOH(aq)으로 적정할 때 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 20 mL일 때 pH 변화가 크므로 2가지 약산 수용액 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 20 mL로 같다. 각 약산 수용액에 0.1 M NaOH(aq) 10 mL를 넣어 준 지점은 중화 반응이 절반 진행된 지점이므로 (가)의 a에서는 $[HA]=[A^-]$, $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. (나)의 b에서는 $[HB]=[B^-]$, $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ M이므로 HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = 1 \times 10^{-7}$ 이다. 따라서 $\frac{HB \text{의 이온화 상수}(K_a)}{HA \text{의 이온화 상수}(K_a)} = 0.01$ 이다.

ㄷ. a와 b는 모두 중화 반응이 절반 진행된 지점이므로 a에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 와 b에서 $\frac{[B^-]}{[HB]}$ 는 모두 1로 같다.

02 / 염의 가수 분해와 완충 작용

개념 확인 문제

44쪽

- ① 음이온 ② 양이온 ③ 가수 분해 ④ 중성 ⑤ 산성
⑥ 염기성

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ○ 2 (1) ○ (2) × (3) ×
3 ㄱ, ㄴ, ㄷ 4 ㄴ

1 (2) 반응한 산과 염기의 종류에 관계없이 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 같지만 산과 염기의 종류에 따라 생성된 염의 종류는 다르다.

(3) 반응한 산과 염기의 세기에 따라 염 수용액의 색상은 다르다.
(4) 약산의 음이온은 H_2O 보다 강한 염기이므로 H_2O 과 반응하여 OH^- 을 생성한다.

2 $CH_3COONa(aq)$ 에는 Na^+ 과 CH_3COO^- 이 존재하고, 강 염기의 짝산인 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고, 약산의 짝염기인 CH_3COO^- 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 $CH_3COONa(aq)$ 은 염기성이므로 pH는 7.0보다 크다.

3 ㄱ. HA의 이온화 상수(K_a)가 1보다 매우 작아서 HA는 약산이다. 따라서 HA의 짝염기는 H_2O 보다 강한 염기이므로 H_2O 과 반응하여 OH^- 을 생성한다. 반면 강염기의 짝산인 Na^+ 은 가수 분해 하지 않으므로 수용액은 염기성이고, pH는 7.0보다 크다.
ㄴ. NaA는 수용액에서 다음과 같이 이온화한다.



이때 Na^+ 은 H_2O 과 반응하지 않고 A^- 만 H_2O 과 반응하므로 수용액 속 $[Na^+] > [A^-]$ 이다.

ㄷ. A^- 의 이온화 상수(K_b)는 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

4 ㄱ. NaCN을 구성하는 양이온 Na^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해 하지 않고, 음이온인 CN^- 은 약산의 짝염기이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성하므로 수용액은 염기성이다. 따라서 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 나타낸다.

ㄴ. NH_4NO_3 을 구성하는 양이온 NH_4^+ 은 약염기의 짝산이므로 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성하고, 음이온 NO_3^- 은 강산의 짝염기이므로 가수 분해 하지 않는다. 따라서 수용액은 산성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 노란색을 나타낸다.

ㄷ. CH_3COONa 을 구성하는 양이온 Na^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해 하지 않고, 음이온인 CH_3COO^- 은 약산의 짝염기

이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 수용액은 염기성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 나타낸다.

ㄹ. Na_2CO_3 을 구성하는 양이온 Na^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해 하지 않고, 음이온인 CO_3^{2-} 은 약산의 짝염기이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 수용액은 염기성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 나타낸다.

개념 확인문제

48쪽

- ① 완충 ② 짝염기 ③ 짝산 ④ CH_3COO^- ⑤ CH_3COOH
⑥ H_2CO_3 ⑦ HCO_3^-

- 1 (1) × (2) × (3) ○ 2 (1) ○ (2) ○ (3) ○ 3 (1) ○ (2) ○
4 ㄱ, ㄴ

- 1 (1) 완충 용액은 첨가한 산이나 염기에 비해 용액 속 약산(약염기)과 그 짝염기(짝산)의 양이 많을 때 완충 작용을 할 수 있다. 따라서 과량의 산이나 염기를 첨가하면 완충 작용을 할 수 없다.
(2) 완충 용액은 약산과 그 짝염기 또는 약염기와 그 짝산을 혼합한 용액이다. HCl 은 강산이고, NaCl 은 HCl 의 짝염기인 Cl^- 을 포함한다. 강산과 그 짝염기가 혼합된 용액은 완충 용액이 될 수 없다.
(3) NH_3 는 약염기이고, NH_4Cl 은 NH_3 의 짝산인 NH_4^+ 을 포함한다. $\text{NH}_3(\text{aq})$ 과 $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ 을 혼합한 용액은 완충 용액이 될 수 있다.

- 2 (1) 약산인 CH_3COOH 과 그 짝염기인 CH_3COO^- 이 같은 양만큼 혼합된 용액은 완충 용액이다.
(2) 혼합 용액에 소량의 산을 첨가하면 H_3O^+ 의 농도가 증가하므로 평형이 역반응 쪽으로 이동한다.
(3) 혼합 용액에 소량의 염기를 첨가하면 OH^- 이 H_3O^+ 과 반응하여 H_3O^+ 의 농도가 감소하므로 평형이 정반응 쪽으로 이동한다.

- 3 (1) (가)는 약산인 CH_3COOH 과 그 짝염기인 CH_3COO^- 이 같은 양만큼 혼합된 용액이다.
수용액에서 CH_3COOH 의 이온화 평형은 다음과 같다.
$$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$

 CH_3COOH 의 이온화 상수는 $K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$
 $= 1.8 \times 10^{-5}$ 이고, 혼합 용액에서 $[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 이므로 용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1.8 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.
(나)는 강산과 강염기를 같은 양만큼 혼합한 용액이므로 용액은 중성이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. 따라서 용액의 pH는 (나) > (가)이다.

(2) (가)는 약산과 그 짝염기가 같은 양만큼 혼합된 용액으로 완충 용액이고, (나)는 강산과 강염기를 같은 양만큼 혼합한 용액으로 완충 용액이 아니다. 따라서 소량의 $\text{HCl}(\text{aq})$ 을 첨가할 때 pH 변화는 (가)가 (나)보다 작다.

04 ㄱ, ㄴ. 혈액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가하면 (다)는 역반응이 우세하게 진행되어 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 이 증가하므로 (나)는 역반응이 우세하게 진행된다. (나)에 의해 $\text{CO}_2(\text{aq})$ 의 농도가 증가하므로 (가)는 역반응이 우세하게 진행된다.

ㄷ. 혈액에서 약산인 H_2CO_3 과 그 짝염기인 HCO_3^- 의 완충 작용에 의해 pH가 일정하게 유지된다.

대표 자료 분석 1

49쪽

- 1 F^- 2 ㉠ 염기성 ㉡ 중성
3 $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) ○

1 NaF 수용액에서 물과 반응하는 이온은 약산의 짝염기인 F^- 이다.

2 NaF 의 양이온인 Na^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해 하지 않고, 음이온인 F^- 은 약산인 HF 의 짝염기이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 ㉠은 염기성이다. 한편 NaX 수용액의 액성이 중성인 것으로 보아 Na^+ 과 X^- 은 가수 분해 하지 않으며, X^- 은 강산인 HX 의 짝염기이다. KX 의 양이온인 K^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해 하지 않고, 음이온인 X^- 도 가수 분해 하지 않으므로 ㉡은 중성이다.

3 NH_4X 의 음이온은 가수 분해 하지 않고 양이온인 NH_4^+ 은 약염기인 NH_3 의 짝산이므로 물과 다음과 같이 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.
$$\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$

4 (1) X^- 은 가수 분해 하지 않으므로 강산의 짝염기이다. 따라서 HX 는 강산이다.
(2) (나)에서 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고 F^- 의 일부가 가수 분해 하므로 $[\text{Na}^+] > [\text{F}^-]$ 이다.

- (3) (다)에서 X^- 은 가수 분해 하지 않고 NH_4^+ 이 가수 분해 한다.
- (4) (다)에서 $[X^-] > [NH_4^+]$ 이므로 $\frac{[NH_4^+]}{[X^-]} < 1$ 이다.
- (5) HX는 강산이고, HF는 약산이므로 염기의 세기는 F^- 이 X^- 보다 강하다.
- (6) (나)의 액성은 염기성이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 파란색을 나타낸다.

대표 자료 분석 2

50쪽

1 pH가 거의 변하지 않는다. 2 정반응 3 5.0

4 (1) ○ (2) × (3) ×

1 (가)는 약산인 HA와 그 짝염기인 A^- 이 같은 몰비로 존재하므로 완충 용액이다. (가)에 소량의 HCl(aq)을 넣으면 생성된 H_3O^+ 이 A^- 과 반응하여 H_3O^+ 이 소모되므로 pH 변화가 크지 않다.

2 $HA(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq)$ 에서 소량의 NaOH(aq)을 넣으면 넣어 준 OH^- 이 H_3O^+ 과 반응하여 H_3O^+ 의 농도가 감소하므로 이온화 반응의 평형은 정반응 쪽으로 이동한다.

3 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이고, (가)에서 $[HA] = [A^-]$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 pH는 5.0이다.

4 (1) (가)는 약산인 HA와 그 짝염기인 A^- 이 같은 양만큼 혼합된 완충 용액이다.

(2) (가)에 존재하는 HA의 양이 5×10^{-3} mol이므로 NaOH(s) 5×10^{-3} mol을 첨가하면 중화 반응이 완결된다. 이때 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고 A^- 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성하므로 수용액의 pH > 7.0이다.

(3) (가)에 NaA(s)를 첨가하면 HA의 이온화 반응식에서 생성물인 A^- 을 추가한 것과 같으므로 이온화 평형이 역반응 쪽으로 이동하여 $[H_3O^+]$ 가 감소한다. 따라서 수용액의 pH는 증가한다.

내신 만점 문제

51쪽~53쪽

01 ③ 02 ① 03 해설 참조 04 ③
05 ㄱ, ㄴ, ㄷ 06 ⑤ 07 ⑤ 08 ④ 09 ③
10 ⑤ 11 ① 12 ① 13 ④

01 ㄱ. NaCl의 양이온과 음이온은 각각 강염기의 짝산, 강산의 짝염기로 가수 분해 하지 않는다. 따라서 수용액에 들어 있는 Na^+ 의 양(mol)과 Cl^- 의 양(mol)은 같다.

ㄷ. $NH_4NO_3(aq)$ 의 양이온 NH_4^+ 은 약염기인 NH_3 의 짝산으로 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성하므로 수용액은 산성이다.

(바로알기) ㄴ. $NaNO_3$ 은 강산인 HNO_3 과 강염기인 NaOH의 중화 반응으로 생성된 염이므로 양이온과 음이온은 모두 가수 분해 하지 않는다. 따라서 수용액은 중성(㉠)이다.

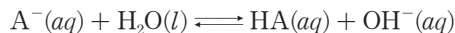
KCN은 약산인 HCN과 강염기인 KOH의 중화 반응으로 생성된 염이므로 음이온이 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 수용액은 염기성(㉡)이다.

02 ㄱ. $CH_3COONa(aq)$ 에 pH 시험지를 넣었을 때 청록색을 띠는 것으로 보아 수용액은 염기성이다.

(바로알기) ㄴ. $NH_4Cl(aq)$ 에 pH 시험지를 넣었을 때 주황색을 나타내므로 수용액은 산성이다. NH_4Cl 을 구성하는 NH_4^+ 은 약염기인 NH_3 의 짝산으로 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.

ㄷ. NaCN은 강염기인 NaOH과 약산인 HCN의 반응으로 생성된 염으로 약산의 짝염기인 CN^- 이 H_2O 과 반응하여 OH^- 을 생성하므로 수용액은 염기성이며, 염기성에서 pH 시험지는 청록색(㉠)을 나타낸다. Na_2SO_4 은 강산인 H_2SO_4 과 강염기인 NaOH이 반응하여 생성된 염이므로 수용액은 중성이고, 중성에서 pH 시험지는 연두색(㉡)을 나타낸다. 따라서 ㉠과 ㉡의 색은 서로 다르다.

03 NaA(aq)의 pH가 9.0이므로 A^- 은 다음과 같이 H_2O 과 반응하여 OH^- 을 생성한다.



(모범 답안) A^- 의 이온화 평형에서 pH가 9.0이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-5}$ M이고, $[HA] = [OH^-] = 1 \times 10^{-5}$ M, $[A^-] \approx 0.1$ M이므로, A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 따라서 HA

의 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

채점 기준	배점
K_a 를 구하고, 풀이 과정을 옮겨 서술한 경우	100 %
K_a 만 옮겨 쓴 경우	50 %

04 ㄱ. HCOONa 는 약산인 HCOOH 과 강염기인 NaOH 의 중화 반응으로 생성된 염이므로 양이온은 가수 분해 하지 않고 음이온은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 수용액은 염기성이다.

ㄴ. NH_4Cl 을 구성하는 Cl^- 은 강산인 HCl 의 짝염기이므로 가수 분해 하지 않고, NH_4^+ 은 약염기인 NH_3 의 짝산이므로 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성하므로 수용액은 산성을 나타낸다. 따라서 수용액에 BTB 용액을 넣으면 노란색을 나타낸다.

바로알기 ㄷ. NH_3 의 이온화 상수(K_b)가 2×10^{-5} 이므로 NH_4^+ 의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$ 이다. 산의 세기는 이온화 상수(K_a)가 큰 HCOOH 이 NH_4^+ 보다 크므로 1 M 수용액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 HCOOH(aq) 이 $\text{NH}_4\text{Cl(aq)}$ 보다 크다. 따라서 pH는 $\text{NH}_4\text{Cl(aq)}$ 이 HCOOH(aq) 보다 크다.

05 ㄱ. CH_3COONa 는 약산과 강염기의 중화 반응으로 생성된 염이므로 수용액은 염기성이다. 따라서 ㉠ > 7.0 이다.

ㄴ. X(aq) 의 액성이 중성이므로 X 를 구성하는 양이온과 음이온은 각각 강염기의 짝산과 강산의 짝염기이다. 따라서 KCl 은 X 로 적절하다.

ㄷ. Y(aq) 의 액성이 산성이므로 Y 의 양이온은 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.

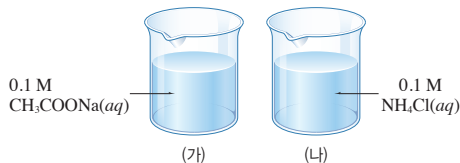
06 ㄱ. HA 의 $K_a \ll 1$ 이므로 HA 의 이온화 평형은 역반응 쪽에 치우쳐 있다. 즉, 역반응의 산과 염기가 정반응의 산과 염기보다 강하므로 A^- 은 H_2O 보다 강한 염기이다.

ㄴ. NaA(aq) 에서 A^- 은 가수 분해 하므로 $[\text{A}^-]$ 는 0.1 M보다 작다.

ㄷ. NaA(aq) 에서 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고 약산의 짝염기인 A^- 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성하므로 수용액의 pH는 7.0보다 크다.

07 — 품평 문제 분석

CH_3COO^- 이 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. NH_4^+ 이 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성한다.



짝산·짝염기 쌍에서 $K_a \times K_b = K_w$ 이므로 25°C에서 NH_4^+ 의 이온화 상수 $K_a = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} \approx 5.6 \times 10^{-10}$ 이다.

ㄱ. (가)는 강염기와 약산의 중화 반응으로 생성된 염의 수용액

이고, (나)는 강산과 약염기의 중화 반응으로 생성된 염의 수용액이므로 (가)는 염기성이고, (나)는 산성이다. 따라서 pH는 (가) $>$ (나)이다.

ㄴ. (가)에서 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고 약산의 짝염기인 CH_3COO^- 은 가수 분해 하므로 $[\text{Na}^+] > [\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 이다.

ㄷ. 이온화 상수(K_a)는 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{NH}_4^+$ 이므로 산의 세기는 $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{NH}_4^+$ 이다.

08 — 품평 문제 분석

수용액	(가)	(나)	(다)
용액의 조성	$\text{HCl(aq)} + \text{NaCl(aq)}$	$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl(aq)}$	$\text{CH}_3\text{COOH(aq)} + \text{CH}_3\text{COONa(aq)}$

- (가)는 강산(HCl)과 그 짝염기(Cl^-)의 혼합 용액이다.
- (나)는 약염기(NH_3)와 그 짝산(NH_4^+)의 혼합 용액이다.
- (다)는 약산(CH_3COOH)과 그 짝염기(CH_3COO^-)의 혼합 용액이다.

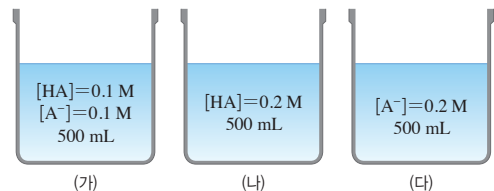
완충 용액은 소량의 산과 염기가 첨가되어도 pH 변화가 크지 않은 용액으로, 약산과 그 짝염기 또는 약염기와 그 짝산을 혼합하여 만든다. 따라서 완충 용액은 (나), (다)이다.

09 학생 A. H_2CO_3 는 약산이고, HCO_3^- 은 H_2CO_3 의 짝염기이므로 H_2CO_3 과 HCO_3^- 이 1 : 1의 몰비로 혼합된 용액은 완충 용액이다.

학생 C. 약염기와 그 짝산을 혼합한 용액은 완충 작용을 할 수 있다.

바로알기 학생 B. pH가 7.0인 용액은 중성 용액이다. 완충 용액을 만들 때 사용한 약산(약염기)과 그 짝염기(짝산)의 조성에 따라 완충 용액의 pH는 다양하게 만들 수 있다.

10 — 품평 문제 분석

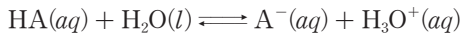


- (가)는 약산(HA)과 그 짝염기(A^-)로 이루어진 완충 용액이다.
- 25°C에서 A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$ 이다.

ㄱ. (나)에 들어 있는 HA 의 양은 0.1 mol이므로 0.05 mol의 NaOH(s) 을 넣어 주면 중화 반응이 일어나 0.05 mol의 NaA 가 생성되고 반응하지 않은 HA 0.05 mol이 남는다. 즉, 약산과 그 짝염기의 혼합 용액으로 완충 용액이 된다.

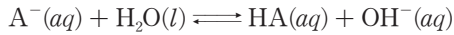
ㄴ. (가)는 약산과 그 짝염기의 혼합 용액이므로 소량의 HCl(aq) 을 넣을 때 pH 변화는 완충 용액인 (가)가 (다)보다 작다.

ㄷ. HA의 이온화 반응식은 다음과 같다.



(나)의 이온화 평형에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = x \text{ M}$, $[\text{HA}] \approx 0.2 \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{0.2} = 2 \times 10^{-5}$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

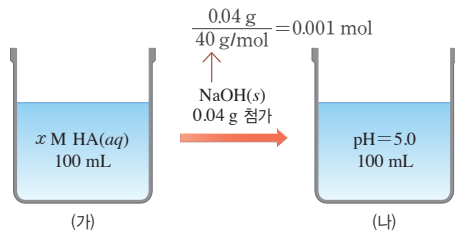
A^- 의 이온화 반응식은 다음과 같다.



(다)의 이온화 평형에서 $[\text{HA}] = [\text{OH}^-] = y \text{ M}$, $[\text{A}^-] \approx 0.2 \text{ M}$ 이므로 $K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{y^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$

이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH는 (다) > (나)이다.

11 품평 문제 분석



- 25 °C에서 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-5}$ 이므로 pH가 5.0일 때 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이다.
- (나)는 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이므로 중화 반응이 절반 진행된 용액이다.

ㄱ. (나)에서 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1$ 이다.

[바로알기] ㄴ. (나)에서 중화 반응이 절반 진행되므로 (가)에 NaOH(s) 0.08 g을 넣을 때 중화 반응이 완결된다. NaOH 0.08 g의 양은 $\frac{0.08 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.002 \text{ mol}$ 이므로 (가)에 들어 있는 HA의 양 또한 0.002 mol이다. 따라서 $x \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 0.002$ 이고, $x = 0.02$ 이다.

ㄷ. (나)에 NaOH(s) 0.04 g을 녹이면 중화 반응이 완결되어 0.02 M NaA(aq)이 된다. 이때 A^- 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성하므로 수용액은 염기성이다. 따라서 pH > 7.0이다.

12 ㄱ. 혈액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가하면 제시된 반응의 역반응이 우세하게 진행되므로 $[\text{HCO}_3^-]$ 는 감소하고 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 는 증가한다. 따라서 $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$ 가 감소한다.

[바로알기] ㄴ. 평형 이동에 의해 반응물과 생성물의 농도가 변하더라도 혈액의 온도가 일정하므로 H_2CO_3 의 이온화 상수(K_a)는 일정하다.

ㄷ. 혈액은 완충 용액으로 혈액 속 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가하더라도 평형 이동에 의해 H_3O^+ 이 소모되므로 pH가 크게 감소하지 않고 거의 일정하게 유지된다.

13 ㄴ. (가)에 소량의 NaOH(s)을 넣어 주면 첨가된 OH^- 이 H_3O^+ 과 반응하므로 H_2PO_4^- 의 이온화 반응식에서 생성물을 제거하는 것과 같다. 따라서 평형은 정반응 쪽으로 이동하므로 HPO_4^{2-} 의 양(mol)이 증가한다.

ㄷ. 수용액 (가)는 약산인 H_2PO_4^- 과 그 짝염기인 HPO_4^{2-} 이 같은 몰비로 혼합된 완충 용액이므로 소량의 HCl(aq)을 넣어도 pH 변화가 크지 않다.

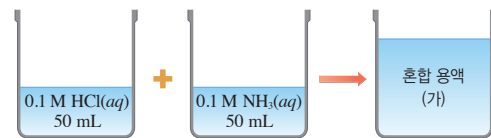
[바로알기] ㄱ. H_2PO_4^- 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$
 $= 6 \times 10^{-8}$ 이고, (가)에서 $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 1$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 6 \times 10^{-8} \text{ M}$ 이다. 따라서 pH = $8.0 - \log 6 > 7.0$ 이다.

실력 UP 문제

54쪽

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ①

01 품평 문제 분석



0.1 M HCl(aq) 50 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.1 M $\text{NH}_3(aq)$ 의 부피는 50 mL이다. → (가)는 0.05 M $\text{NH}_4\text{Cl}(aq)$ 이다.

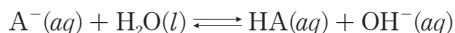
ㄴ. (가)에 존재하는 NH_4^+ 은 약염기의 짝산이므로 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성한다. 따라서 (가)의 pH는 7.0보다 작다.

ㄷ. NH_3 의 K_b 가 1.8×10^{-5} 이므로 NH_4^+ 의 $K_a = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} \ll 1$ 이다. 즉, (가)에 녹아 있는 NH_4^+ 중 일부만 H_2O 과 반응하여 NH_3 와 H_3O^+ 을 생성하므로 (가)에서 $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} > 1$ 이다.

[바로알기] ㄱ. (가)에서 Cl^- 은 중화 반응에 참여하지 않고, 가수 분해 또한 하지 않으므로 반응 전후 그 양이 일정하다. 따라서 $[\text{Cl}^-]$ 는 0.05 M이다.

02 0.01 M HA(aq)의 pH가 4.0이므로 약산 HA의 이온화 평형에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이고, $[\text{HA}] \approx 0.01 \text{ M}$ 이다. 따라서 HA의 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{0.01} = 1 \times 10^{-6}$ 이다. 0.1 M BOH(aq)의 pH가 13.0이므로 BOH는 강염기이다.

BA는 약산과 강염기의 중화 반응으로 생성된 염이므로 BA(aq)에서 B⁺은 가수 분해 하지 않고 A⁻은 다음과 같이 가수 분해 하여 OH⁻을 생성한다.



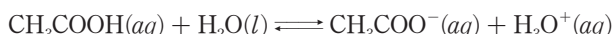
A⁻의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$ 이고,

[HA]=[OH⁻]=y M라고 하면, [A⁻] $\approx$ 1 M이므로 $\frac{y^2}{1} = 1 \times 10^{-8}$, [OH⁻]= 1×10^{-4} M이다. 따라서 [H₃O⁺]= 1×10^{-10} M이므로 pH는 10.0이다.

03 ㄱ. (가)는 강산과 강염기의 혼합 용액이고, (나)는 약산(CH₃COOH)과 그 짝염기(CH₃COO⁻)의 혼합 용액이다. 그리고 (다)는 약염기(NH₃)와 그 짝산(NH₄⁺)의 혼합 용액이다. 따라서 완충 용액은 (나)와 (다) 2가지이다.

ㄷ. (가)는 완충 용액이 아니고 (다)는 완충 용액이므로 소량의 HCl(aq)을 가할 때 pH 변화는 (가)에서가 (다)에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 CH₃COOH과 CH₃COONa의 이온화 반응식은 다음과 같다.



(나)에 소량의 NaOH(aq)을 가하면 CH₃COOH이 OH⁻과 반응하여 CH₃COO⁻을 생성하므로 CH₃COOH의 양(mol)은 감소하고 CH₃COO⁻의 양(mol)은 증가한다.

04 ㄱ. H₂A⁻의 $K_a = \frac{[HA^{2-}][H_3O^+]}{[H_2A^-]} = 6 \times 10^{-8}$ 이고,

1 M NaH₂A(aq)과 1 M Na₂HA(aq)을 혼합하여 만든 수용액 (가)에서 $\frac{[HA^{2-}]}{[H_2A^-]} = 3$ 이며, 일정한 온도에서 K_a는 일정하므로 (가)에서 $3[H_3O^+] = 6 \times 10^{-8}$ 이고, [H₃O⁺]= 2×10^{-8} M이다. 따라서 pH=8.0-log2<8.0이다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. (가)는 약산인 H₂A⁻과 그 짝염기인 HA²⁻의 혼합 용액으로 완충 용액이다. (가)에 NaOH(aq)을 가하면 OH⁻이 H₂A⁻과 반응하여 HA²⁻과 H₂O를 생성한다. 따라서 ㉠은 H₂A⁻이다. 이때 H₂A⁻의 양(mol)은 감소하고 HA²⁻의 양(mol)은 증가하므로 NaOH(aq)을 첨가하기 전보다 $\frac{[HA^{2-}]}{[H_2A^-]}$ 의 값이 증가한다. 따라서 x>3이다.

중단원 핵심정리

55쪽

- ① 1 : 1 ② 중화 적정 ③ 중화점 ④ 중화 적정 곡선
- ⑤ 7.0 ⑥ 메틸 오렌지 ⑦ 작다 ⑧ 메틸 오렌지 ⑨ 크다
- ⑩ 페놀프탈레인 ⑪ 음이온 ⑫ 양이온 ⑬ 가수 분해
- ⑭ 중성 ⑮ 산성 ⑯ 염기성 ⑰ pH

중단원 마무리 문제

56쪽~59쪽

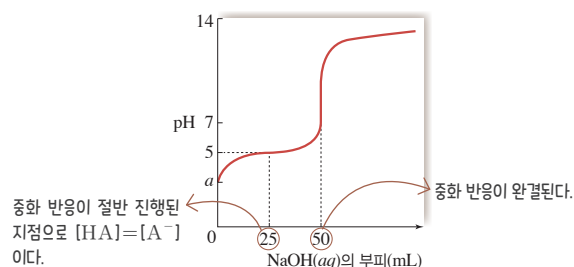
- | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|
| 01 ⑤ | 02 ⑤ | 03 ② | 04 ④ | 05 ② | 06 ② |
| 07 ① | 08 ③ | 09 ② | 10 ③ | 11 ③ | 12 ③ |
| 13 ③ | 14 ③ | 15 해설 참조 | 16 해설 참조 | | |

01 ㄱ. HCl(aq) 30 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.2 M NaOH(aq)의 부피가 15 mL이므로 HCl(aq)의 농도를 x M라고 하면 $1 \times x \times 30 = 1 \times 0.2 \times 15$, x=0.1이다.

ㄴ. HCl은 강산이고 NaOH은 강염기이므로 중화점에 존재하는 Na⁺과 Cl⁻은 모두 가수 분해 하지 않는다. 따라서 중화점에서 혼합 용액의 pH는 7.0이다.

ㄷ. 강산과 강염기의 중화 반응이므로 중화점 부근에서 pH 변화가 매우 크다. 따라서 중화 적정에서 지시약으로 메틸 오렌지, 페놀프탈레인 등을 사용할 수 있다.

02 품목 문제 분석



ㄱ. HA(aq) 50 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피가 50 mL이므로 HA(aq)의 농도는 0.1 M이다.

ㄴ. 중화 반응이 절반 진행되었을 때 혼합 용액의 pH가 5.0이므로 [H₃O⁺]= 1×10^{-5} M이고, 이 용액에서 [HA]=[A⁻]이다.

따라서 HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

ㄷ. HA의 이온화 상수 K_a= 1×10^{-5} 이므로 반응 전 0.1 M HA(aq)의 이온화 평형에서 [A⁻]=[H₃O⁺]=x M, [HA] $\approx$ 0.1 M이며, $K_a = \frac{x^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 [H₃O⁺]= 1×10^{-3} M이므로 pH는 3.0이다.

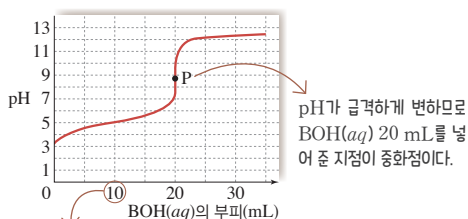
03 ㄷ. b는 중화점이므로 1 M HA(aq) 50 mL와 1 M NaOH(aq) 50 mL가 반응하여 0.5 M NaA(aq) 100 mL가 된다. 이때 Na⁺은 가수 분해 하지 않고, A⁻은 약산의 짝염기이므로 가수 분해 한다. 따라서 [Na⁺]>[A⁻]이다.

바로알기 ㄱ. HA(aq) 50 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 1 M NaOH(aq)의 부피가 50 mL이므로 HA(aq)의 농도는 1 M이다. 이때 중화점인 b에서 pH>7.0이므로 중화점에서 수용액

에 존재하는 음이온은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 즉, 염의 음이온은 약산의 짝염기이므로 HA는 약산이다.

ㄴ. 반응 전 1 M HA(aq)의 pH가 2.0이므로 HA의 이온화 평형에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$, $[\text{HA}] \approx 1 \text{ M}$ 이다. 따라서 a에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-2}$ 이다.

04 — 꼼꼼 문제 분석



BOH(aq) 10 mL를 넣어 준 지점은 중화 반응이 절반 진행된 지점으로 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이다.

ㄴ. 0.1 M BOH(aq) 10 mL를 넣어 준 지점은 중화 반응이 절반 진행된 용액으로 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이고, 이때 혼합 용액의 pH가 5.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. 따라서 HA의 이온화 상수

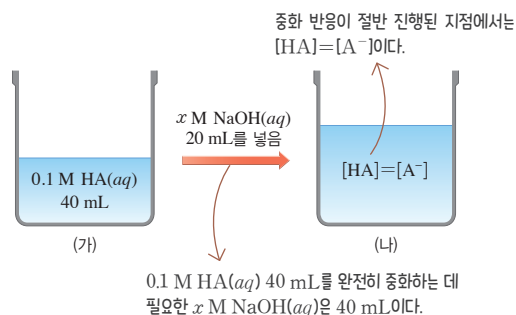
$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-5} \text{이고, } \text{A}^- \text{의 이온화 상수}$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9} \text{이다.}$$

ㄷ. P는 중화점이고, 중화점에서 용액의 pH > 7.0인 것으로 보아 강염기의 짝산인 B^+ 은 가수 분해 하지 않고 약산의 짝염기인 A^- 은 가수 분해 한다. 따라서 $[\text{B}^+] > [\text{A}^-]$ 이므로 $\frac{[\text{B}^+]}{[\text{A}^-]} > 1$ 이다.

[바로알기] ㄱ. $x \text{ M HA(aq)}$ 40 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M BOH(aq)의 부피는 20 mL이므로 $1 \times x \times 40 = 1 \times 0.1 \times 20$, $x = 0.05$ 이다.

05 — 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 반응 전 0.1 M HA(aq)에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{HA}] \approx 0.1 \text{ M}$ 이므로 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$

$$= \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

(나)에서 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이고, HA의 K_a 는 1×10^{-5} 이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 pH는 5.0이다.

[바로알기] ㄱ. 0.1 M HA(aq) 40 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 $x \text{ M NaOH(aq)}$ 은 40 mL이므로 $1 \times 0.1 \times 40 = 1 \times x \times 40$, $x = 0.1$ 이다.

ㄷ. (나)에 $x \text{ M NaOH(aq)}$ 20 mL를 추가하면 중화 반응이 완결된다. 중화 반응이 완결된 수용액에 존재하는 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고, A^- 은 약산의 짝염기이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성하여 수용액의 pH는 7.0보다 크다.

06 — 꼼꼼 문제 분석

혼합 수용액	혼합 전 수용액의 농도와 부피		혼합 수용액의 pH
	산	염기	
(가)	0.1 M HA(aq) 100 mL	0.1 M NaOH(aq) 50 mL	9.0
(나)	0.1 M HB(aq) 100 mL	0.1 M NaOH(aq) 50 mL	5.0

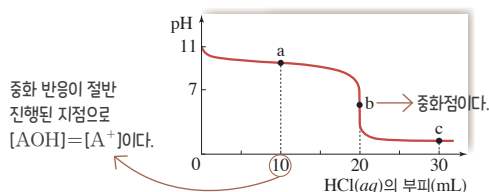
- 0.1 M HA(aq) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.1 M NaOH(aq)의 부피는 100 mL이다. $\Rightarrow$ (가)는 중화 반응이 절반 진행된 용액으로 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이다.
- (나)는 중화 반응이 절반 진행된 용액으로 $[\text{HB}] = [\text{B}^-]$ 이다.

ㄷ. (가)와 (나)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 50 mL를 추가하면 중화 반응이 완결된다. 이때 혼합 용액의 pH는 약산의 짝염기의 가수 분해로 생성된 OH^- 에 의해 결정된다. A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}$ 이고, B^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 이때 농도는 A^- 과 B^- 이 같으므로 혼합 용액 속 $[\text{OH}^-]$ 는 (가)에서가 (나)에서보다 크고, pH는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

[바로알기] ㄱ. (가)와 (나)는 모두 중화 반응이 절반 진행된 용액이므로 (가)에서는 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이고, (나)에서는 $[\text{HB}] = [\text{B}^-]$ 이다. 이때 (가)의 pH가 9.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이고, HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 마찬가지로 (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고 HB의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 이온화 상수(K_a)는 HB가 HA보다 크다.

ㄴ. (나)는 중화 반응이 절반 진행된 용액이므로 $[\text{HB}] = [\text{B}^-]$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{B}^-]}{[\text{HB}]} = 1$ 이다.

07 품평 문제 분석

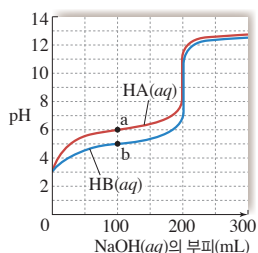


ㄱ. AOH(aq) 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M HCl(aq)의 부피가 20 mL이므로 AOH(aq)의 농도는 0.1 M이다. 반응 전 0.1 M AOH(aq)의 pH가 11.0이므로 AOH(aq)의 이온화 평형에서 $[A^+]=[OH^-]=1 \times 10^{-3}$ M이고, $[AOH] \approx 0.1$ M이므로 AOH의 이온화 상수 $K_b = \frac{[A^+][OH^-]}{[AOH]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

바로알기 ㄴ. AOH는 $K_b \ll 1$ 인 약염기이므로 중화점인 b에서 A^+ 은 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다. 따라서 혼합 용액의 $pH < 7.0$ 이다.

ㄷ. a는 중화 반응이 절반 진행된 혼합 용액이므로 약염기인 AOH와 그 짝산인 A^+ 이 1 : 1의 몰비로 혼합된 완충 용액이다. c는 중화점 이후 강산인 HCl(aq)을 10 mL 추가한 용액이므로 HCl(aq)을 소량 첨가할 때 pH 변화는 완충 용액인 a에서보다 작다.

08 품평 문제 분석



- a에서 $[HA]=[A^-]$ 이므로 중화 반응이 절반 진행된 지점이고, pH가 6.0이다. $\Rightarrow$ HA의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-6}$ 이다.
- b에서 $[HB]=[B^-]$ 이므로 중화 반응이 절반 진행된 지점이고, pH가 5.0이다. $\Rightarrow$ HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

ㄱ. K_a 는 HA가 1×10^{-6} 이고 HB가 1×10^{-5} 이므로 HB가 HA의 10배이다.

ㄷ. x M HA(aq) V_1 mL와 y M HB(aq) V_2 mL를 각각 0.2 M NaOH(aq)으로 적정할 때 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq)의 부피가 같으므로 x M HA(aq) V_1 mL에 들어 있는 HA의 양(mol)과 y M HB(aq) V_2 mL에 들어 있는 HB의 양(mol)은

같다. 즉, $xV_1=yV_2$ 인데, $x=10y$ 이므로 $V_2=10V_1$ 이다.

바로알기 ㄴ. 반응 전 x M HA(aq)과 y M HB(aq)의 pH가 3.0으로 같고 x M HA(aq)의 이온화 평형에서 $[A^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M, $[HA] \approx x$ M이며 $K_a = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x} = 1 \times 10^{-6}$ 이므로 $x=1$ 이다. 마찬가지로 y M HB(aq)의 이온화 평형에서 $[B^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-3}$ M, $[HB] \approx y$ M이며 $K_a = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{y} = 1 \times 10^{-5}$ 이므로 $y=0.1$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y}=10$ 이다.

09 ㄴ. 0.1 M HA(aq)의 이온화 평형에서 $[A^-]=[H_3O^+]=1 \times 10^{-5}$ M, $[HA] \approx 0.1$ M이므로 HA(aq)의 $K_a = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 0.1 M HA(aq) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 NaOH(s)의 양은 0.01 mol이므로 NaOH(s) 0.005 mol을 넣은 용액은 중화 반응이 절반 진행된 용액으로 용액 속 $[HA]=[A^-]$ 이고, $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-9}$ 이므로 $[H_3O^+]=1 \times 10^{-9}$ M이고 pH는 9.0이다.

바로알기 ㄱ. 1 M HB(aq)의 이온화 평형에서 $[B^-]=[H_3O^+]=y$ M, $[HB] \approx 1$ M이고 $K_a = \frac{y^2}{1} = 2 \times 10^{-4}$ 이므로 $[H_3O^+]=\sqrt{2} \times 10^{-2}$ M이다. 따라서 $x=2-\log\sqrt{2} < 2$ 이다.

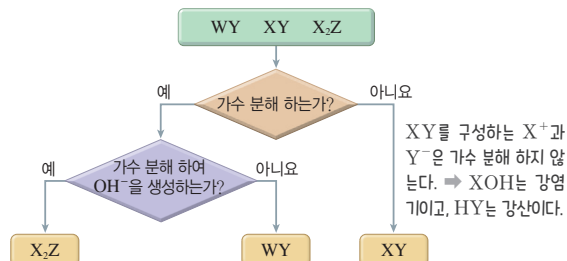
ㄷ. 1 M HB(aq) 50 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 1 M NaOH(aq)의 부피는 50 mL이고 중화점에 존재하는 Na^+ 은 가수 분해 하지 않고, B^- 은 약산의 짝염기이므로 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. 이때 B^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-11}$ 이다. 중화점에서 $[B^-]$ 는 0.5 M이므로 B^- 의 가수 분해 반응 $B^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HB(aq) + OH^-(aq)$ 에서 $[HB]=[OH^-]=z$ M, $[B^-]=0.5$ M이다. $K_b = \frac{z^2}{0.5} = 5 \times 10^{-11}$ 에서 $[OH^-]=5 \times 10^{-6}$ M이므로 $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9}$ 이다. 따라서 $pH=9.0-\log 2 < 9.0$ 이다.

10 ㄱ. NaX를 구성하는 양이온인 Na^+ 은 강염기의 짝산이다. 이때 NaX(aq)에 BTB 용액을 넣었을 때 용액의 색이 초록색을 나타내므로 NaX(aq)의 액성은 중성이고 음이온인 X^- 은 가수 분해 하지 않는다. 따라서 X^- 은 강산의 짝염기이므로 HX는 강산이다.

ㄴ. YNO_3 의 음이온인 NO_3^- 은 강산의 짝염기이므로 가수 분해 하지 않는다. 이때 $YNO_3(aq)$ 에 BTB 용액을 넣었을 때 용액의 색이 노란색을 나타내므로 $YNO_3(aq)$ 의 액성은 산성이다. 따라서 Y^+ 은 H_2O 과 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.

바로알기 ㄷ. YX의 X^- 은 가수 분해 하지 않고, Y^+ 은 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성하므로 YX(aq)의 액성은 산성이다. 따라서 YX(aq)에 BTB 용액을 넣었을 때 용액은 노란색을 나타낸다.

11 품평 문제 분석



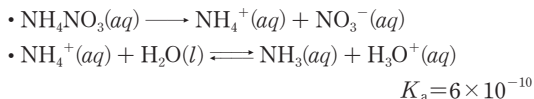
- Z^{2-} 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성한다. $\Rightarrow H_2Z$ 는 약산이다.
- W^+ 은 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성한다. $\Rightarrow WOH$ 는 약염기이다.

ㄱ. XOH는 강염기이고, WOH는 약염기이므로 염기의 세기는 XOH가 WOH보다 강하다.

ㄴ. WY를 구성하는 Y^- 은 가수 분해 하지 않고 W^+ 은 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성하므로 WY(aq)의 액성은 산성이다.

바로알기 ㄷ. 산의 이온화 상수(K_a)는 강산인 HY가 약산인 H_2Z 보다 크다. 따라서 0.1 M 수용액에서 이온화 정도는 HY가 H_2Z 보다 크므로 $[H_3O^+]$ 는 $HY(aq) > H_2Z(aq)$ 이고, pH는 $HY(aq) < H_2Z(aq)$ 이다.

12 품평 문제 분석



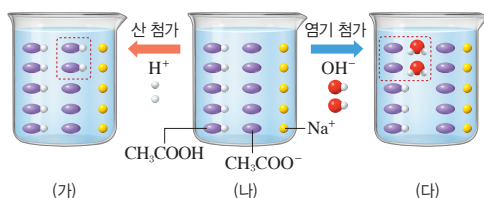
25°C에서 NH_3 의 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-10}} = \frac{5}{3} \times 10^{-5}$ 이다.

ㄱ. NH_3 의 짝산인 NH_4^+ 의 $K_a = 6 \times 10^{-10}$ 이므로 NH_3 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-10}} = \frac{5}{3} \times 10^{-5}$ 이다.

ㄴ. $NH_4NO_3(aq)$ 에 존재하는 NO_3^- 은 강산의 짝염기이므로 가수 분해 하지 않고, NH_4^+ 은 약염기의 짝산이므로 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성한다. 따라서 $NH_4NO_3(aq)$ 에서 $[NO_3^-] > [NH_4^+]$ 이다.

바로알기 ㄷ. $NH_4NO_3(aq)$ 은 산성 용액이므로 BTB 용액을 떨어뜨리면 노란색을 나타낸다.

13 품평 문제 분석



(나)는 약산(CH_3COOH)과 그 짝염기(CH_3COO^-)의 혼합 용액이다.
 $CH_3COOH(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$
 $\Rightarrow$ (나)는 완충 용액이다.

ㄱ. (나)는 완충 용액이다.

ㄷ. (나)에 소량의 염기를 넣을 때, 넣어 준 염기의 OH^- 이 CH_3COOH 과 반응하여 H_2O 와 CH_3COO^- 을 생성한다.

바로알기 ㄴ. (나)에 소량의 산을 넣으면 넣어 준 산의 H^+ 이 염기인 CH_3COO^- 과 반응하여 CH_3COOH 을 생성하므로 CH_3COO^- 의 양(mol)은 감소하고 CH_3COOH 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$ 은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

14 ㄱ. 0.1 M B(aq)의 이온화 평형에서 $[BH^+] = [OH^-] = x$ M, $[B] \approx 0.1$ M이므로 $K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{x^2}{0.1} = 9 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 $[OH^-] = 3 \times 10^{-4.5}$ M이고, $[H_3O^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-4.5}} = \frac{1}{3} \times 10^{-9.5}$ M이다. 따라서 $pH = 9.5 + \log 3 > 9.0$ 이다.

ㄴ. 0.1 M HA(aq) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 NaOH(s)의 양(mol)은 0.01 mol이므로 0.1 M HA(aq) 100 mL에 NaOH(s) 0.005 mol을 녹인 용액은 중화 반응이 절반 진행된 용액이다. 따라서 혼합 용액은 약산인 HA와 그 짝염기 A^- 이 1 : 1의 몰비로 혼합된 완충 용액이다.

바로알기 ㄷ. 1 M B(aq) 100 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 2 M HCl(aq)의 부피는 50 mL이다. 1 M B(aq) 100 mL에 HCl(aq) 100 mL를 넣은 수용액은 반응하지 않은 강산인 HCl(aq) 50 mL가 남아 있으므로 완충 용액이 아니다.

15 x M 산 HA(aq) 100 mL를 0.1 M NaOH(aq)으로 적정할 때 NaOH(aq) 100 mL를 넣은 지점에서 pH가 급격하게 변하므로 이 지점에서 중화 반응이 완결된다.

모범 답안 (1) x M 산 HA(aq) 100 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq)의 부피가 100 mL이므로 $1 \times x \times 100 = 1 \times 0.1 \times 100$, $x = 0.10$ 이다.

(2) 반응 전 0.1 M HA(aq)의 pH가 3.0이므로 HA(aq)의 이온화 평형에서 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M, $[HA] \approx 0.1$ M이고, HA의 이온화 상

수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. X는 중화 반응이 절반 진행된 지점으로 $[HA] = [A^-]$ 이고, K_a 는 1×10^{-5} 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 pH는 5.0이다.

(3) 중화점 Y에서 혼합 용액은 약산의 음이온과 강염기의 양이온으로 이루어진 염 수용액이다. 강염기의 양이온은 가수 분해 하지 않고, 약산의 음이온은 가수 분해 하여 OH^- 를 생성하므로 용액의 색성은 염기성이다.

채점 기준	배점
(1) x를 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	30 %
x만 옳게 구한 경우	10 %
(2) pH를 옳게 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	40 %
pH만 옳게 구한 경우	20 %
(3) 염기성인 까닭을 판단 근거를 포함하여 옳게 서술한 경우	30 %

16 모범 답안 (1) 심한 운동으로 인한 젖산 생성으로 혈액 내 $[H_3O^+]$ 가 증가하면 (나)에서 평형이 역반응 쪽으로 이동하고, 이로 인해 $[H_2CO_3]$ 가 증가하면 (가)에서 평형이 역반응 쪽으로 이동한다.

(2) 혈액 속 CO_2 가 증가하면 (가)에서 평형이 정반응 쪽으로 이동하고, 이로 인해 $[H_2CO_3]$ 가 증가하면 (나)에서 평형이 정반응 쪽으로 이동하여 $[H_3O^+]$ 가 증가하므로 혈액의 pH는 감소한다.

채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)의 평형 이동을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
(가)와 (나) 중 한 가지의 평형 이동만 옳게 서술한 경우	20 %
(2) 판단 근거를 포함하여 pH 변화를 옳게 서술한 경우	50 %
pH 변화만 옳게 서술한 경우	20 %

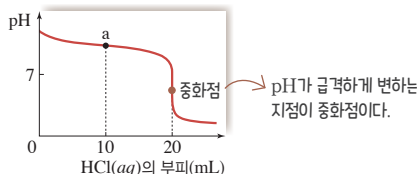
중단원 고난도 문제

60쪽~61쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ① 04 ⑤ 05 ③ 06 ③
07 ① 08 ①

01 품평 문제 분석

a는 중화 반응이 절반 진행된 지점이다.



선택지 분석

- ㉠ $x=0.1$ 이다.
- ㉡ 중화 반응에서 생성된 염의 수용액은 산성이다.
- ㉢ a에서 용액은 완충 용액이다.

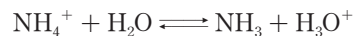
전략적 풀이 ① 중화 적정 곡선에서 pH가 급격하게 변한 까닭을 파악하여 중화점을 찾아 중화 반응의 양적 관계를 적용하여 염기 수용액의 농도를 구한다.

㉠. x M $NH_3(aq)$ 20 mL를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M $HCl(aq)$ 의 부피가 20 mL이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$1 \times x \times 20 = 1 \times 0.1 \times 20, x = 0.1$$

② 중화 반응에 참여한 산과 염기의 세기를 파악하여 중화점의 색성을 판단한다.

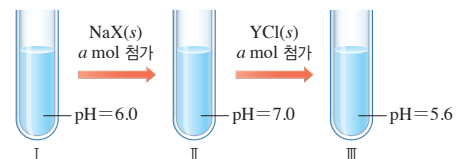
㉡. 강산인 HCl 과 약염기인 NH_3 의 중화 반응으로 생성된 염은 NH_4Cl 으로 강산의 짝염기인 Cl^- 은 가수 분해 하지 않지만, 약염기의 짝산인 NH_4^+ 은 가수 분해 하여 H_3O^+ 을 생성한다. 따라서 염의 수용액은 산성이다.



③ 중화 반응이 절반 진행된 혼합 용액의 조성을 파악한다.

㉢. $HCl(aq)$ 10 mL를 넣은 a는 중화 반응이 절반 진행된 지점이므로 혼합 용액에는 약염기인 NH_3 와 약염기의 짝산인 NH_4^+ 이 같은 몰비로 존재한다. 따라서 a에서 용액은 완충 용액이다.

02 품평 문제 분석



- I에 $NaX(s)$ 를 녹인 용액의 pH가 증가한다. $\rightarrow$ NaX 수용액은 염기성이다.
- II에 $YCl(s)$ 를 녹인 용액의 pH가 감소한다. $\rightarrow$ YCl 수용액은 산성이다.

선택지 분석

- ☒ HX는 강산이다. **약산**
- ☒ Y^+ 은 H_2O 와 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.
- ☒ $YX(aq)$ 의 색성은 중성이다. **산성**

전략적 풀이 ① 염을 녹인 용액의 pH 변화를 파악하여 염을 구성하는 양이온과 음이온의 가수 분해 여부를 파악한다.

㉠. I에 NaX 를 녹인 용액의 pH가 증가하므로 NaX 수용액은 염기성이다. 따라서 X^- 은 가수 분해 하여 OH^- 을 생성함을 알 수 있다. X^- 은 약산의 짝염기이므로 HX 는 약산이다.

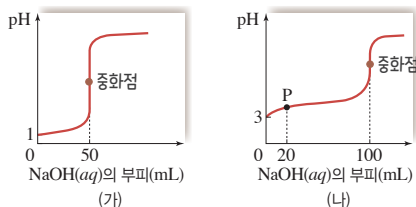
㉡. II에 YCl 를 녹인 용액의 pH가 감소하므로 YCl 수용액은 산성이다. 이때 Cl^- 은 강산의 짝염기로 가수 분해 하지 않으므로 Y^+ 이 H_2O 와 반응하여 H_3O^+ 을 생성한다.

② 염을 구성하는 양이온과 음이온의 가수 분해 정도를 파악하여 산과 염기의 세기를 비교한다.

ㄷ. 같은 양의 염을 녹였을 때 pH 변화는 YCl이 NaX보다 크다. 즉, Y^+ 이 H_2O 와 반응하여 생성된 H_3O^+ 의 양이, X^- 이 H_2O 와 반응하여 생성된 OH^- 의 양보다 크다. 따라서 $YX(aq)$ 의 액성은 산성이다.

03 — 풀림 문제 분석

반응 전 $HCl(aq)$ 의 pH가 1.0이다. $\Rightarrow [H_3O^+] = 0.1 \text{ M}$ 이다.



- (가)에서 $0.1 \text{ M HCl}(aq)$ 100 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 $x \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피가 50 mL 이다. $\Rightarrow 1 \times 0.1 \times 100 = 1 \times x \times 50$, $x = 0.2$
- (나)에서 $HA(aq)$ 100 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피가 100 mL 이다.

선택지 분석

- ☒ $x = 0.2$ 이다.
- ☒ 25°C 에서 HA 의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{1 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-6}}$ 이다
- ☒ P에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} \geq 4$ 이다. <

전략적 풀이 ① (가)에서 반응 전 강산인 $HCl(aq)$ 의 pH로 $HCl(aq)$ 의 몰농도와 중화점을 파악하여 $NaOH(aq)$ 의 농도를 구한다.

ㄱ. $HCl(aq)$ 의 농도가 0.1 M 이므로 $0.1 \text{ M HCl}(aq)$ 100 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 $NaOH(aq)$ 의 부피는 50 mL 이다. 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 x 를 구하면 $x = 0.2$ 이다.

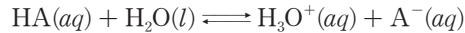
② 중화점을 파악하여 $HA(aq)$ 의 농도를 구하고 반응 전 $HA(aq)$ 의 pH를 이용하여 HA 의 이온화 상수(K_a)를 구한다.

ㄴ. $HA(aq)$ 100 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피가 100 mL 이므로 $HA(aq)$ 의 농도는 0.2 M 이다. 반응 전 $HA(aq)$ 의 pH가 3.0 이므로 $HA(aq)$ 의 이온화 평형에서 $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[HA] \approx 0.2 \text{ M}$ 이다. 따라서 HA 의 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-6}$ 이다.

③ 중화 반응이 완결되기 위해 필요한 $NaOH(aq)$ 의 부피를 적용하여 P에서의 $[HA]$ 와 $[A^-]$ 를 비교한다.

ㄷ. (나)에서 $NaOH(aq)$ 100 mL 를 넣을 때 중화 반응이 완결되므로 P는 중화 반응이 $\frac{1}{5}$ 진행된 지점이다. 중화 반응으로 생

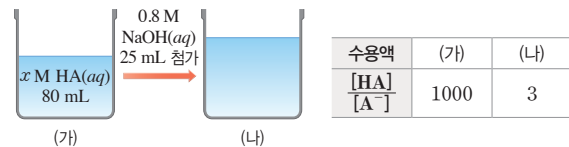
성된 A^- 의 양을 $20k \text{ mol}$ 이라고 하면 반응하지 않고 남은 HA 의 양은 $80k \text{ mol}$ 이다. 이때 HA 수용액에서는 다음과 같은 이온화 평형 상태가 유지된다.



이때 이온화 반응으로 생성된 A^- 의 양을 $y \text{ mol}$ 이라고 하면

$$\frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{80k - y}{20k + y} < 4 \text{이다.}$$

04 — 풀림 문제 분석



(나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{1}{3}$ 이므로 중화 반응이 $\frac{1}{4}$ 진행되었다는 것을 알 수 있다. $\Rightarrow 0.8 \text{ M NaOH}(aq)$ 100 mL 를 넣을 때 중화 반응이 완결된다.

선택지 분석

- ☒ $x = 1$ 이다.
- ☒ 25°C 에서 A^- 의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-8} 이다.
- ☒ $0.2x \text{ M HA}(aq)$ 20 mL 에 $0.8 \text{ M NaOH}(aq)$ 5 mL 를 넣은 용액에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 4000$ 이다.

전략적 풀이 ① (나)의 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 로부터 중화 반응 정도를 파악하여 $HA(aq)$ 의 농도를 구한다.

ㄱ. (나)에서 $[HA] = 3[A^-]$ 이므로 중화 반응이 $\frac{1}{4}$ 만큼 진행되었다. 따라서 $x \text{ M HA}(aq)$ 80 mL 를 완전히 중화하는 데 필요한 $0.8 \text{ M NaOH}(aq)$ 의 부피는 100 mL 이므로 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

$$1 \times x \times 80 = 1 \times 0.8 \times 100, x = 1$$

② 약산의 이온화 평형에서 $[HA]$ 와 $[A^-]$ 를 이용하여 HA 의 이온화 상수(K_a)를 구하고, 이를 이용하여 그 짝염기의 이온화 상수(K_b)를 구한다.

ㄴ. (가)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = y \text{ M}$ 라고 하면 $[HA] = 1000y \text{ M} \approx 1 \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{1} = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

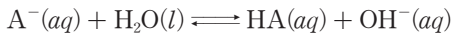
따라서 A^- 의 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

③ A^- 의 K_b 를 이용하여 $HA(aq)$ 과 $NaOH(aq)$ 의 중화 반응의 중화점에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 를 구한다.

ㄷ. $x=1$ 이므로 0.2 M HA(aq) 20 mL 를 완전히 중화하는 데 필요한 0.8 M NaOH(aq) 의 부피는 5 mL 이다. 이때 반응한 NaOH 의 양은 $0.8 \text{ mol/L} \times 0.005 \text{ L} = 0.004 \text{ mol}$ 이고, 혼합

용액의 부피는 25 mL 이므로 $[\text{A}^-] = \frac{0.004}{0.025} = \frac{4}{25} \text{ M}$ 이다. 이

때 약산의 짝염기인 A^- 은 다음과 같은 이온화 평형을 이룬다.

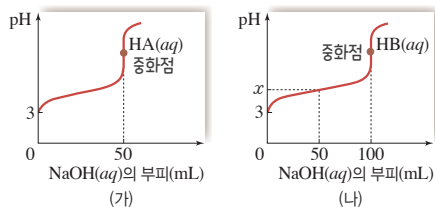


이때 $[\text{HA}] = [\text{OH}^-] = z \text{ M}$ 라고 하면, $[\text{A}^-] \approx \frac{4}{25} \text{ M}$ 이고,

$$K_b = \frac{z^2}{\frac{4}{25}} = 1 \times 10^{-8}, [\text{HA}] = \frac{2}{5} \times 10^{-4} \text{ M이다. 따라서}$$

$$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{\frac{4}{25}}{\frac{2}{5} \times 10^{-4}} = 4000 \text{이다.}$$

05 — 꼼꼼 문제 분석



- (가)에서 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq) 의 부피가 50 mL 이다. $\Rightarrow a=0.1$ 이다.
- 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq) 의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. $\Rightarrow b=2a$ 이고, $b=0.2$ 이다.

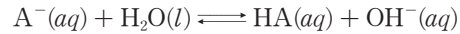
선택지 분석

- ☒ ㄱ. $\frac{b}{a} = 2$ 이다.
- ☒ ㄴ. (가)의 중화점에서 $[\text{A}^-] < 0.05 \text{ M}$ 이다.
- ☒ ㄷ. $x < 5$ 이다. >

전략적 풀이 ① 중화점까지 넣어 준 NaOH(aq) 의 부피를 비교하여 HA(aq) 과 HB(aq) 의 농도를 비교하고, 반응 전 각 수용액의 pH로부터 산의 세기를 파악한다.

ㄱ. 같은 부피의 산 수용액 HA(aq) 과 HB(aq) 을 각각 0.1 M NaOH(aq) 으로 적정할 때 중화점까지 사용된 NaOH(aq) 의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 농도는 $b=2a$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = 2$ 이다.

ㄴ. $a \text{ M}$ 산 HA(aq) 50 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 0.1 M NaOH(aq) 의 부피가 50 mL 이므로 $a=0.1$ 이다. 반응 전 HA(aq) 의 pH가 3.0 이므로 HA 는 일부가 이온화하여 A^- 과 H_3O^+ 을 생성하는 약산이다.



(가)의 중화점의 혼합 용액은 0.05 M NaA(aq) 인데, A^- 은 약산의 짝염기로 가수 분해 하므로 $[\text{A}^-] < 0.05 \text{ M}$ 이다.

② 약산의 K_a 를 이용하여 중화 반응이 절반 진행된 용액의 pH를 구한다.

ㄷ. HB(aq) 의 농도는 0.2 M 이고, (나)에서 반응 전 $[\text{B}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고, $[\text{HB}] \approx 0.2 \text{ M}$ 이다. 따라서 HB 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-6}$ 이다.

(나)에서 NaOH(aq) 50 mL 를 넣어 준 지점은 중화 반응이 절반 진행된 용액으로 $[\text{HB}] = [\text{B}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이고, $\text{pH}(x)$ 는 $6.0 - \log 5 > 5.0$ 이다.

06 — 꼼꼼 문제 분석

실험	수용액	용질		산 수용액의 부피 (mL)	중화점까지 넣어 준 $a \text{ M NaOH(aq)}$ 의 부피 (mL)
		질량(g)	몰질량 (g/mol)		
I	HA(aq)	0.63	63	50	50
II	HB(aq)	0.6	$x/60$	50	50

I에서 HA 의 양은 $\frac{0.63 \text{ g}}{63 \text{ g/mol}} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, 농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.05 \text{ L}} = 0.2 \text{ M}$ 이다. $\Rightarrow$ 중화점까지 넣어 준 $a \text{ M NaOH(aq)}$ 의 부피 (mL)가 50이므로 $a=0.2$ 이다.

선택지 분석

- ☒ ㄱ. $a=0.2$ 이다.
- ☒ ㄴ. $x=60$ 이다.
- ☒ ㄷ. II의 중화점에서 $\text{pH} \geq 9.0$ 이다. <

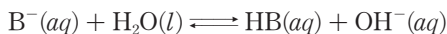
전략적 풀이 ① HA(aq) 에서 HA 의 양과 수용액의 부피를 이용하여 HA(aq) 의 농도를 구하고 중화 반응의 양적 관계를 이용한다.

ㄱ. HA 0.63 g 의 양은 0.01 mol 이고 수용액의 부피가 50 mL 이므로 I에서 HA(aq) 의 농도는 0.2 M 이다. 0.2 M HA(aq) 50 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 $a \text{ M NaOH(aq)}$ 의 부피가 50 mL 이므로 $a=0.2$ 이다.

ㄴ. HB(aq) 50 mL 를 완전히 중화하는 데 사용된 0.2 M NaOH(aq) 의 부피가 50 mL 이므로 HB(aq) 의 농도는 0.2 M 이다. 0.2 M HB(aq) 50 mL 를 만들기 위해 넣어 준 HB 의 양은 0.01 mol 이고, 이때 넣어 준 HB 의 질량이 0.6 g 이므로 HB 의 몰질량은 60 g/mol 이다. 따라서 $x=60$ 이다.

② 짝염기의 K_b 를 이용하여 중화점의 pH를 구한다.

ㄷ. II의 중화점에서 반응한 HB 의 양은 0.01 mol 이고 혼합 용액의 부피는 100 mL 이므로 B^- 의 초기 농도는 0.1 M 이다. 이때 B^- 은 약산의 짝염기이므로 중화점에서 다음과 같은 이온화 평형을 이룬다.



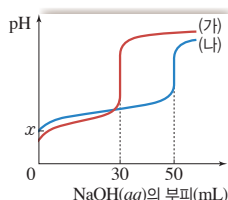
$$\text{따라서 } B^- \text{의 이온화 상수 } K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$$

이다. 이온화 평형에서 $[HB] = [OH^-] = y$ M, $[B^-] \approx 0.1$ M이

$$\text{므로 } K_b = \frac{y^2}{0.1} = \frac{1}{2} \times 10^{-9}, [OH^-] = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 10^{-5} \text{ M이다. 따}$$

라서 pOH는 $5.0 + \log \sqrt{2}$ 이므로 pH는 $9.0 - \log \sqrt{2} < 9.0$ 이다.

07 꼼꼼 문제 분석



HA(aq)와 HB(aq)의 몰농도가 같으므로 K_a 가 클수록 반응 전 $[H_3O^+]$ 가 크고 pH가 작다. $\Rightarrow$ (가)는 HA(aq)의 중화 적정 곡선이고, (나)는 HB(aq)의 중화 적정 곡선이다.

선택지 분석

☒ a=0.06이다.

☒ x=3이다. >

☒ HB(aq)을 적정할 때 pH=9.0인 용액에서 $\frac{[B^-]}{[HB]}$
= 1×10^5 이다. 1×10^4

전략적 풀이 ① K_a 를 이용하여 반응 전 농도가 같은 약산 수용액의 pH로 (가)와 (나)를 구분하고, a를 구한다.

ㄱ. 산의 K_a 가 클수록 이온화 정도가 커서 같은 농도일 때 중화 적정 전 수용액 속 $[H_3O^+]$ 가 크고 pH가 작다. 따라서 반응 전 pH가 작은 (가)는 a M HA(aq) 50 mL를 0.1 M NaOH(aq)으로 적정한 중화 적정 곡선이며, NaOH(aq)의 부피가 30 mL일 때 중화 반응이 완결되므로 $1 \times a \times 50 = 1 \times 0.1 \times 30$ 이고, $a = 0.06$ 이다.

② HB의 K_a 를 이용하여 반응 전 pH와 특정 pH에서의 $\frac{[B^-]}{[HB]}$ 를 구한다.

ㄴ. HB(aq)의 초기 농도는 0.06 M이고, HB의 K_a 가 1×10^{-5} 이므로 반응 전 이온화 평형에서 $[B^-] = [H_3O^+] = y$ M라고 하면, $[HB] \approx 0.06$ M이고 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{y^2}{0.06} = 1 \times 10^{-5}$, $[H_3O^+] = \sqrt{0.6} \times 10^{-3}$ M이고 pH=3.0- $\log \sqrt{0.6} > 3.0$ 이다.

ㄷ. HB의 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. HB(aq)을 적정

할 때 pH=9.0인 용액에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-9}$ M이다. 즉,

$$\frac{[B^-]}{[HB]} = \frac{K_a}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^4 \text{이다.}$$

08 꼼꼼 문제 분석

0.5 x M HA(aq) 400 mL	1.5 3x M HB(aq) 200 mL
+	+
0.5 M NaOH(aq) 100 V ₁ mL	0.5 M NaOH(aq) 200 V ₂ mL
(가)	(나)

혼합 수용액	(가)	(나)
$[Na^+](M)$	0.1	0.25
$\frac{[HA]}{[A^-]}$ 또는 $\frac{[HB]}{[B^-]}$	3	2
pH	a	a

선택지 분석

☒ $\frac{V_2}{V_1} = 2$ 이다.

☒ x=1.0이다. 0.5

☒ 25 °C에서 HB의 이온화 상수(K_a) = $\frac{2}{3}$ 이다. $\frac{3}{2}$
HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{2}{3}$

전략적 풀이 ① (가)와 (나)에서 $[Na^+]$ 를 이용하여 V_1 과 V_2 를 구한다.

$$\text{ㄱ. (가)에서 } [Na^+] = \frac{0.5 \times V_1 \times 10^{-3}}{(400 + V_1) \times 10^{-3}} = 0.1 \text{ M이므로}$$

$$V_1 = 100 \text{이다. (나)에서 } [Na^+] = \frac{0.5 \times V_2 \times 10^{-3}}{(200 + V_2) \times 10^{-3}} = 0.25 \text{ M}$$

이므로 $V_2 = 200$ 이다. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = 2$ 이다.

② (가)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 의 값을 이용하여 중화 반응 정도를 파악하고 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 x를 구한다.

ㄴ. (가)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 가 3이므로 (가)는 중화 반응이 $\frac{1}{4}$ 만큼 진행된 지점이다. 즉, x M HA(aq) 400 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.5 M NaOH(aq)의 부피는 400 mL이므로 x=0.5이다.

③ (가)와 (나)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]}, \frac{[HB]}{[B^-]}$, pH를 이용하여 HA와 HB의 K_a 의 비를 구한다.

ㄷ. (나)는 1.5 M HB(aq) 200 mL에 0.5 M NaOH(aq) 200 mL를 넣어 준 용액이므로 중화 반응이 $\frac{1}{3}$ 만큼 진행된 지점으로

$$\frac{[HB]}{[B^-]} \text{는 2이다. HA의 이온화 상수 } K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}, \text{ HB}$$

$$\text{의 이온화 상수 } K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} \text{이고, (가)와 (나)에서 } [H_3O^+]$$

$$\text{가 같으므로 } \frac{\text{HB의 이온화 상수}(K_a)}{\text{HA의 이온화 상수}(K_a)} = \frac{[B^-]}{[A^-]} = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

산화·환원 반응

1 산화와 환원

01 / 산화와 환원

개념확인문제

65쪽

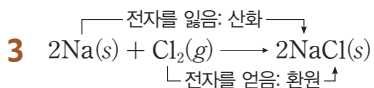
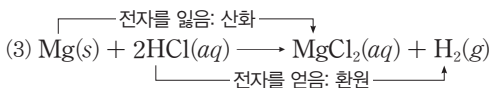
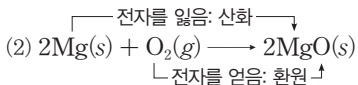
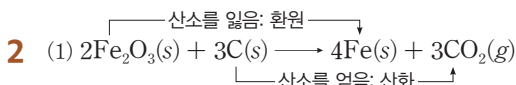
① 산화 ② 환원 ③ 동시

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ 2 (1) ㉠ 환원 ㉡ 산화 (2) ㉠ 산화 ㉡ 환원 (3) ㉠ 산화 ㉡ 환원 3 산화되는 물질: Na, 환원되는 물질: Cl₂ 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×

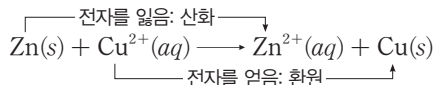
1 (1), (2) 어떤 물질이 산소를 얻거나 전자를 잃는 반응은 산화이고, 산소를 잃거나 전자를 얻는 반응은 환원이다.

(3) 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

(4) 산화·환원 반응에서 전자를 잃는 물질이 있으면 반드시 전자를 얻는 물질도 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.



4 CuSO₄(aq)에 Zn을 넣었을 때 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

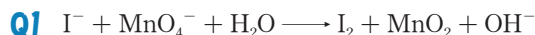
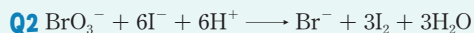
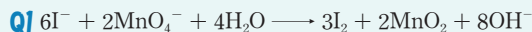


(1), (2), (3) Zn은 전자를 잃고 산화되고, Cu²⁺은 전자를 얻어 환원되므로 전자는 Zn에서 Cu²⁺으로 이동한다.

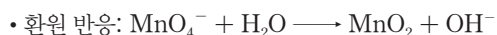
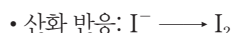
(4) Zn²⁺ 1개가 생성될 때 Cu²⁺ 1개가 감소하므로 수용액 속 전체 이온 수는 일정하다.

완자샘 비법 특강

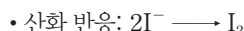
69쪽



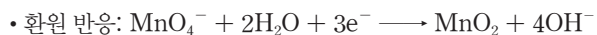
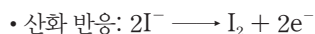
[1단계] 산화 반응과 환원 반응으로 나눈다.



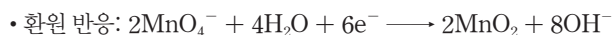
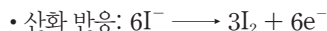
[2단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.



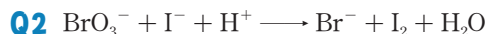
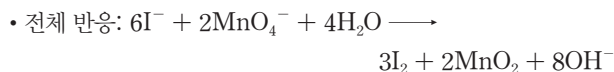
[3단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 전자를 추가한다.



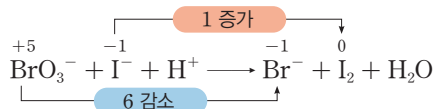
[4단계] 산화 반응에서 잃은 전자 수와 환원 반응에서 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다.



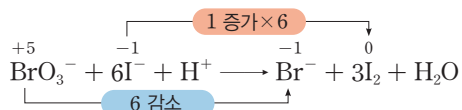
[5단계] 두 반쪽 반응식을 더하여 전체 반응식을 완성한다.



[1단계] 화학 반응식에서 반응 전후 각 원자의 산화수 변화를 파악한다.



[2단계] 산화수 증가량과 산화수 감소량이 같도록 계수를 맞춘다.



[3단계] 반응 전후 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.



개념 확인 문제

70쪽

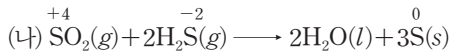
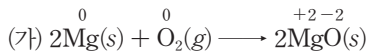
- ① 산화수 ② 전하 ③ 큰 ④ 증가 ⑤ 감소 ⑥ 산화제
⑦ 환원제

- 1 ㉠ 전기음성도 ㉡ -2 ㉢ +1 2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○
(5) × 3 (1) 0 (2) +6 (3) -1 (4) -1 (5) +2 (6) +5
4 (가), (나) 5 ㉠ 환원 ㉡ 산화 6 (1) 산화제: N₂, 환원제: H₂
(2) 산화제: Cl₂, 환원제: H₂S

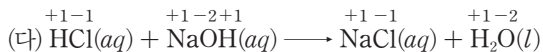
- 2 (1) 이온 결합 물질에서 산화수는 물질을 구성하는 각 이온의 전하와 같다. NaCl에서 Na의 산화수는 +1이고, Cl의 산화수는 -1이다.
(2) 대부분의 화합물에서 O의 산화수는 -2이지만, 과산화물에서는 -1이고, 플루오린 화합물에서는 +1 또는 +2이다.
(3) 화합물은 전기적으로 중성이므로 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이다.
(5) 산화수가 증가하는 반응은 산화, 산화수가 감소하는 반응은 환원이다.

- 3 (1) O₂: 원소에서 각 원자의 산화수는 0이므로 O의 산화수는 0이다.
(2) SO₄²⁻: 다원자 이온에서 각 원자의 산화수의 합은 그 이온의 전하와 같고, O의 산화수는 -2이다. S의 산화수를 x 라고 하면 $x + (-2) \times 4 = -2$ 이므로 $x = +6$ 이다.
(3) NaH: 금속의 수소 화합물에서 H의 산화수는 -1이다.
(4) H₂O₂: 과산화물에서 O의 산화수는 -1이다.
(5) OF₂: 플루오린 화합물에서 F의 산화수는 -1이므로 O의 산화수는 +2이다.
(6) HNO₃: 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이고, H의 산화수는 +1, O의 산화수는 -2이다. N의 산화수를 x 라고 하면 $(+1) + x + (-2) \times 3 = 0$ 이므로 $x = +5$ 이다.

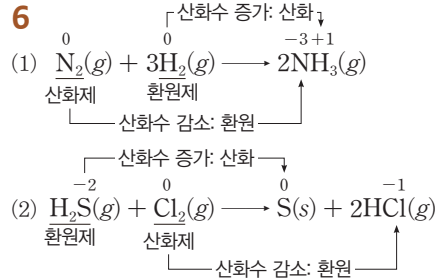
- 4 (가), (나) 반응 전후 산화수가 변하는 원자가 있으므로 산화·환원 반응이다.



- (다) 중화 반응은 반응 전후에 산화수가 변하는 원자가 없으므로 산화·환원 반응이 아니다.



- 5 산화제는 자신은 환원되고 다른 물질을 산화시키는 물질이고, 환원제는 자신은 산화되고 다른 물질을 환원시키는 물질이다.

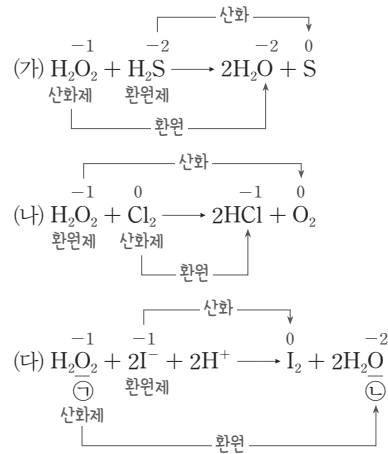


대표 자료 분석 1

71쪽

- 1 O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하고, S의 산화수는 -2에서 0으로 증가한다. 2 산화제: Cl₂, 환원제: H₂O₂ 3 (1) ㉠ 환원 ㉡ 산화 (2) H (3) ㉠ I⁻ ㉡ H₂O₂ 4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×

꼼꼼 문제 분석



- 2 (나)에서 Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 Cl₂는 환원되고, 산화제로 작용한다. O의 산화수는 -1에서 0으로 증가하므로 H₂O₂는 산화되고, 환원제로 작용한다.

- 3 (1) (가)에서 O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하므로 H₂O₂는 환원되고, S의 산화수는 -2에서 0으로 증가하므로 H₂S는 산화된다.

(2) (나)에서 O의 산화수는 -1에서 0으로 증가하고, Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소하지만, H의 산화수는 +1로 변하지 않는다.

(3) (다)에서 I의 산화수는 -1에서 0으로 증가하므로 I^- 은 산화되고, O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하므로 H_2O_2 는 환원된다.

4 (1) (가)에서 O와 S의 산화수가 변하므로 (가)는 산화·환원 반응이다.

(2) (다)에서 H의 산화수는 +1로 1가지이다.

(3) (다)에서 O의 산화수는 ㉠은 -1, ㉡은 -2이므로 ㉠ > ㉡이다.

(4) (가)와 (다)에서 H_2O_2 는 환원되므로 산화제로 작용하고, (나)에서 H_2O_2 는 산화되므로 환원제로 작용한다.

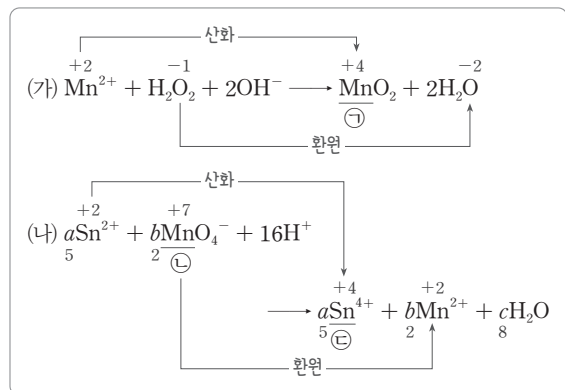
(5) O의 산화수는 H_2O_2 에서 -1, H_2O 에서 -2, O_2 에서 0이므로 O의 산화수는 3가지이다.

대표 자료 분석 2

72쪽

1 산화되는 물질: Mn^{2+} , 환원되는 물질: H_2O_2 **2** ㉠ + 4
㉡ + 7 **3** $5Sn^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ \longrightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$ **4** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ×

꼼꼼 문제 분석



1 (가)에서 Mn의 산화수는 +2에서 +4로 증가하므로 Mn^{2+} 은 산화되고, O의 산화수는 -1에서 -2로 감소하므로 H_2O_2 는 환원된다.

2 ㉠ MnO_2 에서 각 원자의 산화수의 합은 0이고 O의 산화수는 -2이므로 Mn의 산화수는 +4이다.

㉡ MnO_4^- 에서 각 원자의 산화수의 합은 -1이고 O의 산화수는 -2이므로 Mn의 산화수는 +7이다.

3 (나)에서 반응 전후 원자 수가 같고, 반응물과 생성물의 전하량의 총합이 같으므로 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• H 원자 수: $16=2c$

• O 원자 수: $4b=c$

• 전하량: $(+2) \times a + (-1) \times b + (+1) \times 16 = (+4) \times a + (-2) \times b$, $2a+3b=16$

이 식을 풀면 $a=5$, $b=2$, $c=8$ 이다.

다른 풀이 [1단계] 산화 반응과 환원 반응으로 나눈다.

• 산화 반응: $Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+}$

• 환원 반응: $MnO_4^- + H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + H_2O$

[2단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

• 산화 반응: $Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+}$

• 환원 반응: $MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

[3단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 전자를 추가한다.

• 산화 반응: $Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+} + 2e^-$

• 환원 반응: $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

[4단계] 산화 반응에서 잃은 전자 수와 환원 반응에서 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

• 산화 반응: $5Sn^{2+} \longrightarrow 5Sn^{4+} + 10e^-$

• 환원 반응: $2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$

[5단계] 두 반쪽 반응식을 더하여 전체 반응식을 완성한다.

• 전체 반응: $5Sn^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ \longrightarrow 5Sn^{4+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

4 (1) (가)에서 H_2O_2 는 환원되므로 산화제로 작용한다.

(2) (나)에서 산화수는 ㉡은 +7, ㉢은 +4이므로 ㉡ > ㉢이다.

(3) (가)에서 산화되는 물질은 Mn^{2+} 이고, (나)에서 산화되는 물질은 Sn^{2+} 이다.

(4) (나)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, Mn^{2+} 에서 +2이다. MnO_4^- 1 mol이 반응할 때 Mn^{2+} 1 mol이 생성되므로 이동한 전자의 양은 5 mol이다.

(5) (나)에서 반응 몰비는 $Sn^{2+} : MnO_4^- = 5 : 2$ 이므로 Sn^{2+} 5 mol을 산화시키기 위해 필요한 MnO_4^- 의 최소 양은 2 mol이다.

나신 만점 문제

73쪽~75쪽

- 01 ③ 02 ② 03 해설 참조 04 ③ 05 ③
06 ② 07 ⑤ 08 해설 참조 09 ④ 10 ①
11 ① 12 ④ 13 해설 참조 14 ⑤ 15 ③
16 ①

01 ㄱ. Mg는 전자를 잃고 산화되어 Mg^{2+} 이 된다.
ㄴ. Mg는 전자를 잃고 O_2 는 전자를 얻으므로 전자는 Mg에서 O_2 로 이동한다.

바로알기 ㄴ. O_2 는 전자를 얻고 환원되어 O^{2-} 이 된다.

02 ㄴ. Zn은 전자를 잃고 산화되어 Zn^{2+} 이 된다.

바로알기 ㄱ. Cl_2 는 전자를 얻고 환원되어 Cl^- 이 된다.

ㄴ. Fe_2O_3 은 산소를 잃고 환원되어 Fe이 된다.

03 **모범 답안** 산화되는 물질은 ㉠이고, 환원되는 물질은 ㉡이다. Mg은 전자를 잃고 산화되어 Mg^{2+} 이 되고, HCl에서 H^+ 은 전자를 얻고 환원되어 H_2 가 된다.

채점 기준	배점
산화되는 물질과 환원되는 물질을 옳게 쓰고, 전자의 이동으로 깨달을 옳게 서술한 경우	100 %
산화되는 물질과 환원되는 물질만 옳게 쓴 경우	50 %

04 ①, ② Cu는 전자를 잃고 산화되어 Cu^{2+} 이 되고, Ag^+ 은 전자를 얻고 환원되어 Ag이 된다.



④ Cu^{2+} 1개가 생성될 때 Ag^+ 2개가 감소하므로 수용액 속의 전체 이온 수는 감소한다.

⑤ 반응 몰비는 $Cu : Ag^+ = 1 : 2$ 이므로 Cu 1 mol이 산화될 때 Ag^+ 2 mol이 환원되어 Ag 2 mol이 석출된다.

바로알기 ③ 전자는 Cu에서 Ag^+ 으로 이동한다.

05 • 학생 A: H_2 , O_2 , Fe 등 원소에서 각 원자의 산화수는 0이다.

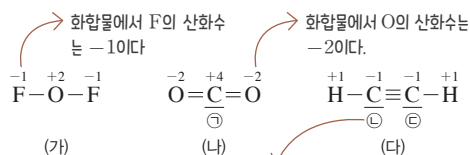
• 학생 B: F의 전기음성도가 가장 크므로 화합물에서 F의 산화수는 -1 이다.

바로알기 • 학생 C: 다원자 이온에서 각 원자의 산화수의 합은 그 이온의 전하와 같다.

06 각 원자의 산화수는 다음과 같으므로 밑줄 친 원자의 산화수가 가장 큰 것은 P이다.

- ① $\overset{+4-2}{\underline{N}O_2}$ ② $\overset{+1+5-2}{H_3\underline{P}O_4}$ ③ $\overset{+1+1-2}{H\underline{C}lO}$
④ $\overset{+3-2+1}{\underline{A}l(OH)_3}$ ⑤ $\overset{+3-2}{\underline{F}e_2O_3}$

07 품평 문제 분석



전기음성도가 $C > H$ 이므로 $C-H$ 결합에서 공유 전자쌍을 C가 모두 가진다고 가정한다. $C \equiv C$ 결합에서 공유 전자쌍은 어느 쪽으로도 치우치지 않는다. $\Rightarrow$ C는 전자 1개를 얻은 것이므로 C의 산화수는 -1 이다.

ㄱ. O의 산화수는 (가)에서 $+2$, (나)에서 -2 이다.

ㄴ. C의 산화수는 ㉠은 $+4$, ㉡과 ㉢은 각각 -1 이므로 ㉠~㉢의 산화수의 합은 $+2$ 이다.

ㄷ. CF_4 에서 C의 산화수는 $+4$ 이므로 C의 산화수는 CF_4 에서와 (나)에서 같다.

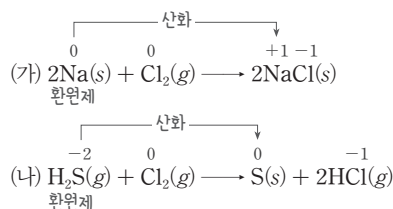
08 각 원자의 산화수는 다음과 같다.



모범 답안 원소에서 각 원자의 산화수는 0이므로 Cl_2 에서 Cl의 산화수는 0이다. 금속의 수소 화합물인 NaH에서 H의 산화수는 -1 이다. 다원자 이온에서 각 원자의 산화수의 합은 그 이온의 전하와 같고, O의 산화수는 -2 이므로 CO_3^{2-} 에서 C의 산화수는 $+4$ 이다. 화합물에서 각 원자의 산화수의 합은 0이므로 SO_2 에서 S의 산화수는 $+4$ 이다. 따라서 밑줄 친 원자의 산화수의 합은 $+7$ 이다.

채점 기준	배점
산화수의 합을 옳게 구하고, 산화수를 정하는 규칙을 이용하여 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
산화수의 합을 옳게 구했으나, 풀이 과정이 미흡한 경우	50 %
산화수의 합만 옳게 구한 경우	25 %

09 품평 문제 분석

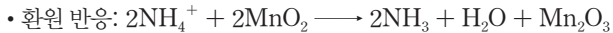


ㄱ. (가)와 (나)에서 Cl의 산화수는 0에서 -1 로 감소한다.

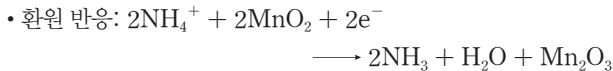
ㄷ. (나)에서 H_2S 는 산화되므로 환원제로 작용한다.

바로알기 ㄴ. (가)에서 Na는 산화되므로 환원제로 작용한다.

[2단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

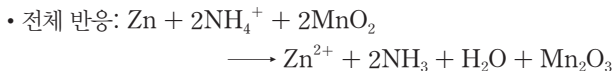


[3단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 전자를 추가한다.



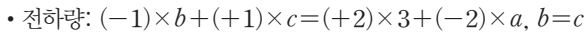
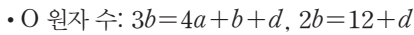
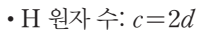
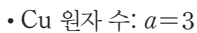
[4단계] 산화 반응에서 잃은 전자 수와 환원 반응에서 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다. ➡ 전자 수가 맞으므로 생략한다.

[5단계] 두 반쪽 반응식을 더하여 전체 반응식을 완성한다.



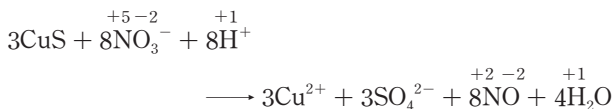
[바로알기] ㄱ. N와 H의 산화수는 변화가 없으므로 NH_4^+ 은 산화되거나 환원되지 않는다.

15 반응 전후 원자 수가 같고, 반응물과 생성물의 전하량의 총합이 같으므로 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.



이 식을 풀면 $a=3, b=8, c=8, d=4$ 이므로 $\frac{b+d}{a+c} = \frac{8+4}{3+8} = \frac{12}{11}$ 이다.

16 산화·환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



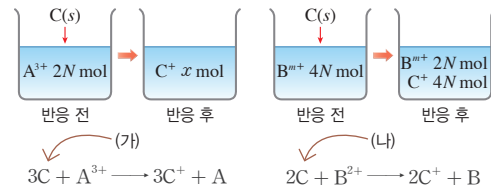
ㄱ. N의 산화수는 NO_3^- 에서 +5, NO에서 +2이므로 반응물에서 N의 산화수 = $\frac{5}{2}$ 이다.
생성물에서 N의 산화수 = $\frac{2}{2}$ 이다.

[바로알기] ㄴ. H의 산화수는 변화가 없으므로 H^+ 은 산화제도 환원제도 아니다.

ㄷ. 반응 몰비는 $\text{CuS} : \text{NO} = 3 : 8$ 이므로 CuS 1 mol이 반응할 때 생성되는 NO의 양은 $\frac{8}{3}$ mol이다.

01 **꼼꼼 문제 분석**

반응 전후 양전하의 총합은 같으므로 (가)와 (나)에서 각각 양이온의 전하를 비교한다.



ㄱ. (나)에서 C는 산화되어 C^+ 이 되고, B^{m+} 은 환원되어 B로 석출된다. 따라서 C는 환원제로 작용한다.

[바로알기] ㄴ. 반응 전후 양전하의 총합은 같다. (가)에서는 $(+3) \times 2N = (+1) \times x$ 이므로 $x=6N$ 이다. (나)에서는 $(+m) \times 4N = (+m) \times 2N + (+1) \times 4N$ 이므로 $2mN=4N$ 이고, $m=2$ 이다. 따라서 $\frac{x}{m} = \frac{6N}{2} = 3N$ 이다.

ㄷ. (가)에서는 반응 후 C^+ 만 있으므로 $\text{A}^{3+} \ 2N \text{ mol}$ 이 모두 반응하여 A $2N \text{ mol}$ 이 석출되었다. (나)에서는 $\text{B}^{m+} \ 4N \text{ mol}$ 중 $2N \text{ mol}$ 이 남아 있으므로 $\text{B}^{m+} \ 2N \text{ mol}$ 이 반응하여 B $2N \text{ mol}$ 이 석출되었다. 따라서 석출된 금속의 몰비는 $\text{A} : \text{B} = 2N : 2N = 1 : 1$ 이다.

02 A는 산화수가 -1이므로 F(플루오린)이고, B는 1주기 원소인 H(수소)이다. C는 O(산소), D는 N(질소), E는 C(탄소)이다.

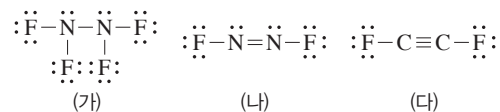
ㄷ. BED는 HCN($\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$)이다. 전기음성도가 $\text{N} > \text{C}$ 이므로 $\text{C}\equiv\text{N}$ 결합에서 공유 전자쌍을 N가 모두 가진다고 가정한다. 따라서 N는 전자 3개를 얻은 것이므로 N(D)의 산화수는 -3이다.

[바로알기] ㄱ. F, H, O, N, C의 원자가 전자 수는 각각 7, 1, 6, 5, 4이다. 원자가 전자 수가 가장 큰 것은 A(F)이다.

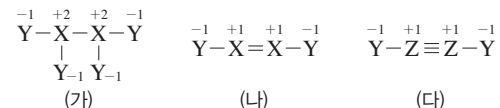
ㄴ. B_2C_2 는 H_2O_2 , EC_2 는 CO_2 이고, O의 산화수는 각각 -1, -2이다. 따라서 B_2C_2 와 EC_2 에서 C(O)의 산화수는 다르다.

03 **꼼꼼 문제 분석**

• X~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 X는 질소(N), Y는 플루오린(F), Z는 탄소(C)이다.



• 전기음성도는 $\text{F} > \text{N} > \text{C}$ 이고, 화합물에서 F의 산화수는 -1이다.



실력UP문제

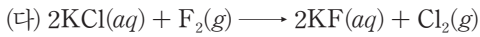
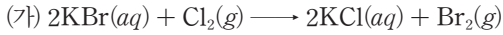
76쪽

01 ① 02 ② 03 ④ 04 ⑤

ㄴ. (가)~(다)에서 Y(F)의 산화수는 모두 -1이다.
 다. $ZY_4(CF_4)$ 에서 Y(F)의 산화수는 -1이므로 Z(C)의 산화수는 +4이다.

바로알기 ㄱ. (가)와 (나)에서 X(N)의 산화수는 각각 +2, +1이다.

04 (가)와 (다)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



따라서 음이온이 되려는 반응성은 $F_2 > Cl_2 > Br_2$ 이다.

ㄴ. (가)에서 Br^- 은 전자를 잃고 산화되고, Cl_2 는 전자를 얻고 환원된다.

다. 학생 A의 실험 결과와 결론이 타당하므로 할로젠이 음이온이 되려는 반응성은 $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ 이다. (나)에서 KBr 수용액에 ㉠을 넣었을 때 반응이 일어나지 않았으므로 ㉠은 $I_2(s)$ 이다.

바로알기 ㄱ. 학생 A의 실험 결과와 결론이 타당하므로 가설은 '할로젠(F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2)은 원자 번호가 작을수록 음이온이 되려는 반응성이 크다.'가 적절하다.

중단원 핵심정리

77쪽

- | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|--------|-----|
| 1 얻는 | 2 잃는 | 3 잃는 | 4 얻는 | 5 큰 | 6 0 |
| 7 0 | 8 -1 | 9 산화 | 10 환원 | 11 산화제 | |
| 12 환원제 | 13 전자 | 14 계수 | | | |

중단원 마무리 문제

78쪽~81쪽

- | | | | | | |
|----------|----------|----------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ③ | 03 ④ | 04 ③ | 05 ④ | 06 ③ |
| 07 ② | 08 ② | 09 ① | 10 ③ | 11 ③ | 12 ③ |
| 13 ⑤ | 14 ③ | 15 ⑤ | 16 ④ | 17 ② | |
| 18 해설 참조 | 19 해설 참조 | 20 해설 참조 | | | |

01 다. Zn은 전자를 잃고 산화되고, H^+ 은 전자를 얻고 환원되므로 전자는 Zn에서 H^+ 으로 이동한다.



바로알기 ㄱ. H^+ 은 전자를 얻고 환원된다.

ㄴ. Zn의 산화수는 0에서 +2로 증가한다.

02 실험에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



ㄱ. Cu는 전자를 잃고 산화되고, 환원제로 작용한다.

다. 반응 몰비는 $Cu : M = 1 : 2$ 이므로 Cu 0.5 mol이 반응하면 금속 M 1 mol이 석출된다.

바로알기 ㄴ. Cu^{2+} 1개가 생성될 때 M^+ 2개가 감소하므로 수용액 속 양이온 수는 감소한다.

03 • 학생 A: 화합물에서 1족 금속 원자의 산화수는 +1이므로 K의 산화수는 +1이다.

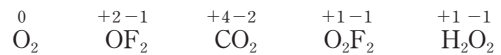
• 학생 C: Mn의 산화수는 $KMnO_4$ 을 구성하는 모든 원자의 산화수의 합이 0임을 이용하여 구한다. 즉, (K의 산화수)+(Mn의 산화수)+(O의 산화수×4)=0이다.

바로알기 • 학생 B: O의 산화수는 $KMnO_4$ 에서 -2이고, OF_2 에서 +2이다.

04 각 원자의 산화수는 다음과 같으므로 밑줄 친 원자의 산화수의 합은 9이다.



05 각 원자의 산화수는 다음과 같다.

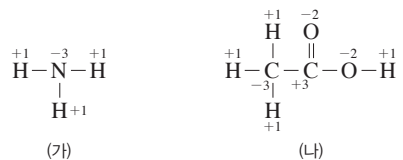


• 학생 B: 각 물질에서 O의 산화수는 0, +2, -2, +1, -1이므로 총 5가지이다.

• 학생 C: O의 산화수의 최댓값은 +2, 최솟값은 -2이므로 최댓값과 최솟값의 차는 4이다.

바로알기 • 학생 A: 플루오린(F) 화합물에서 O의 산화수는 OF_2 에서 +2, O_2F_2 에서 +1이다.

06 — 품평 문제 분석



- N-H 결합: 공유 전자쌍을 N가 모두 가진다고 가정한다.
- C-H 결합: 공유 전자쌍을 C가 모두 가진다고 가정한다.
- C-C 결합: 공유 전자쌍이 어느 쪽으로든 치우치지 않는다.
- C=O, C-O 결합: 공유 전자쌍을 O가 모두 가진다고 가정한다.

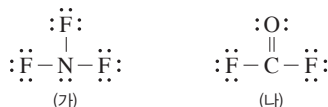
ㄱ. (가)에서 N의 산화수는 -3, H의 산화수는 +1이다.

ㄴ. (나)에서 C의 산화수는 각각 -3, +3이므로 C의 산화수의 합은 0이다.

바로알기 다. H의 산화수는 (가)와 (나)에서 모두 +1로 같다.

07 — 품평 문제 분석

- W~Z는 모두 옥텟 규칙을 만족하므로 W는 O(산소), X는 C(탄소), Y는 F(플루오린), Z는 N(질소)이다.



- 전기음성도는 $\text{F} > \text{O} > \text{N} > \text{C}$ 이고, 화합물에서 F의 산화수는 -1 이다.



ㄷ. $\text{WY}_2(\text{OF}_2)$ 에서 W(O)의 산화수는 $+2$ 이고, Y(F)의 산화수는 -1 이다.

바로알기 ㄱ. (가)에서 산화수는 Y는 -1 , Z는 $+3$ 이다.

ㄴ. (나)에서 X의 산화수는 $+4$ 이다.

08 ① 산소를 얻는 반응은 산화, 산소를 잃는 반응은 환원이다.

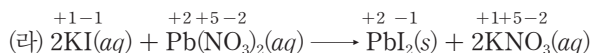
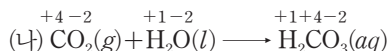
③ 산화수가 증가하면 산화, 산화수가 감소하면 환원이다.

④ 환원되는 물질은 다른 물질을 산화시키고, 산화되는 물질은 다른 물질을 환원시킨다.

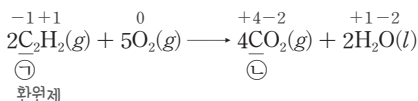
⑤ 산화·환원 반응에서 산화수가 증가하는 물질이 있으면 반드시 산화수가 감소하는 물질이 있으므로 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다.

바로알기 ② 전자를 잃는 반응은 산화, 전자를 얻는 반응은 환원이다.

09 **바로알기** (나), (라) 반응물과 생성물을 구성하는 모든 원자의 산화수가 변하지 않으므로 산화·환원 반응이 아니다.



10 — 품평 문제 분석

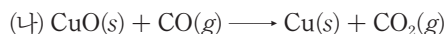


ㄷ. C의 산화수는 ㉠은 -1 이고, ㉡은 $+4$ 이다.

바로알기 ㄱ. O의 산화수는 0에서 -2 로 감소하므로 O_2 는 환원된다.

ㄴ. C의 산화수는 -1 에서 $+4$ 로 증가하므로 C_2H_2 는 산화되고, 환원제로 작용한다.

11 (가)와 (나)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



ㄱ. (가)에서 Cu의 산화수는 0에서 $+2$ 로 증가한다.

ㄷ. (가)와 (나)의 반응은 모두 산화수 변화가 있으므로 산화·환원 반응이다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 CO는 산소를 얻고 산화되므로 환원제로 작용한다.

12 반응 전후 원자의 수가 같도록 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



① $a=3$, $b=2$, $c=3$ 이므로 $a \times b = 2c$ 이다.

② Fe_2O_3 는 산소를 잃고 환원된다.

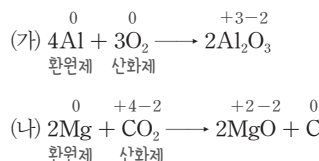
④ CO는 산소를 얻고 산화되므로 환원제로 작용한다.

⑤ 반응 몰비는 $\text{CO} : \text{Fe} = 3 : 2$ 이므로 CO 1.5 mol이 반응하면 Fe 1 mol이 생성된다.

바로알기 ③ 화합물에서 O의 산화수는 -2 이므로 C의 산화수는

CO에서 $+2$, CO_2 에서 $+4$ 이다. 따라서 $\frac{\text{생성물에서 C의 산화수}}{\text{반응물에서 C의 산화수}} = 2$ 이다.

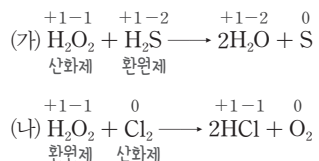
13 — 품평 문제 분석



(가)에서 Al의 산화수는 0에서 $+3$ 로 증가하므로 Al은 산화되고, O의 산화수는 0에서 -2 로 감소하므로 O_2 는 환원된다. 따라서 Al은 환원제, O_2 는 산화제이다.

(나)에서 Mg의 산화수는 0에서 $+2$ 로 증가하므로 Mg는 산화되고, C의 산화수는 $+4$ 에서 0으로 감소하므로 CO_2 는 환원된다. 따라서 Mg는 환원제, CO_2 는 산화제이다.

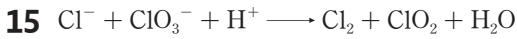
14 — 품평 문제 분석



ㄱ. (가)에서 S의 산화수는 -2에서 0으로 증가한다.

ㄴ. (나)에서 Cl의 산화수는 0에서 -1로 감소하므로 Cl₂는 환원된다.

[바로알기] ㄷ. (가)에서 H₂O₂는 환원되고, H₂S는 산화되므로 H₂O₂는 산화제, H₂S는 환원제로 작용한다. (나)에서 H₂O₂는 산화되고, Cl₂는 환원되므로 H₂O₂는 환원제, Cl₂는 산화제로 작용한다. 따라서 산화제의 세기는 Cl₂ > H₂O₂ > H₂S이다.



[1단계] 산화 반응과 환원 반응으로 나눈다.

• 산화 반응: $\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2$

• 환원 반응: $\text{ClO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

[2단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

• 산화 반응: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2$

• 환원 반응: $\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

[3단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 전자를 추가한다.

• 산화 반응: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

• 환원 반응: $\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

[4단계] 산화 반응에서 잃은 전자 수와 환원 반응에서 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다.

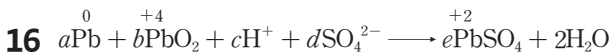
• 산화 반응: $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

• 환원 반응: $2\text{ClO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

[5단계] 두 반쪽 반응식을 더하여 전체 반응식을 완성한다.

• 전체 반응: $2\text{Cl}^- + 2\text{ClO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

$a=2, b=2, c=4, d=1, e=2, f=2$ 이므로 $\frac{d+e+f}{a+b+c} = \frac{5}{8}$ 이다.



ㄱ. Pb의 산화수는 PbO₂에서 +4, PbSO₄에서 +2이다. 따라서 PbO₂는 환원되므로 산화제로 작용한다.

ㄷ. 반응 전후 원자 수가 같고, 반응물과 생성물의 전하량의 총합이 같으므로 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• H 원자 수: $c=4$

• Pb 원자 수: $a+b=e$

• S 원자 수: $d=e$

• O 원자 수: $2b+4d=4e+2$

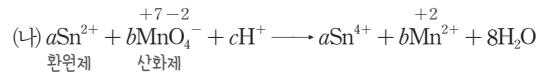
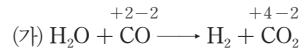
• 전하량: $(+1) \times c + (-2) \times d = 0, c=2d$

이 식을 풀면 $a=1, b=1, c=4, d=2, e=2$ 이므로

$\frac{a+b+c+d}{e} = 4$ 이다.

[바로알기] ㄴ. Pb는 전자를 잃고 산화되어 PbSO₄이 되고, Pb의 산화수는 Pb에서 0, PbSO₄에서 +2이다. Pb 1 mol이 반응할 때 PbSO₄ 1 mol이 생성되므로 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

17 — 품평 문제 분석



ㄷ. (나)에서 반응 전후 원자 수가 같고, 반응물과 생성물의 전하량의 총합이 같으므로 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• H 원자 수: $c=16$

• O 원자 수: $4b=8, b=2$

• 전하량: $(+2) \times a + (-1) \times b + (+1) \times c = (+4) \times a + (+2) \times b, a=5$

따라서 산화·환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



반응 몰비는 $\text{Sn}^{2+} : \text{Mn}^{2+} = 5 : 2$ 이므로 Sn²⁺ 5 mol이 반응하면 Mn²⁺ 2 mol이 생성된다.

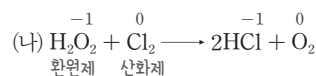
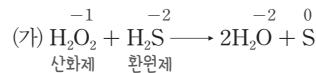
[바로알기] ㄱ. (가)에서 C의 산화수는 +2에서 +4로 2만큼 증가한다.

ㄴ. (나)에서 Mn의 산화수가 +7에서 +2로 감소하므로 MnO₄⁻은 환원되고, 산화제로 작용한다.

18 [모범 답안] O의 산화수는 O₂에서 0, H₂O₂에서 -1, H₂O과 NaOH에서 -2이므로 O의 산화수는 3가지이다.

채점 기준	배점
O의 산화수가 몇 가지인지 쓰고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
O의 산화수가 몇 가지인지만 옳게 쓴 경우	50 %

19 — 품평 문제 분석

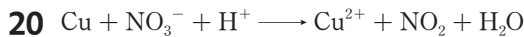


[모범 답안] (1) 산화제는 자신은 환원되고 다른 물질을 산화시키는 물질이고, 환원제는 자신은 산화되고 다른 물질을 환원시키는 물질이다.

(2) (가)에서 O의 산화수가 -1에서 -2로 감소하므로 H₂O₂는 환원되고, 산화제로 작용한다. (나)에서 O의 산화수가 -1에서 0으로 증가하므로

H₂O₂는 산화되고, 환원제로 작용한다.

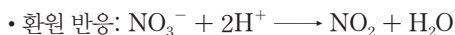
채점 기준	배점
(1) 산화제와 환원제의 정의를 모두 옳게 서술한 경우	50 %
산화제와 환원제 중 1가지만 옳게 서술한 경우	25 %
(2) (가)와 (나)에서 H ₂ O ₂ 의 역할을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
(가)와 (나) 중 1가지만 옳게 서술한 경우	25 %



[1단계] 산화 반응과 환원 반응으로 나눈다.



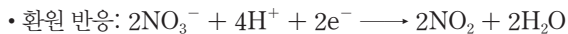
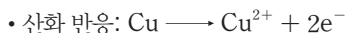
[2단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 원자 수가 같도록 계수를 맞춘다.



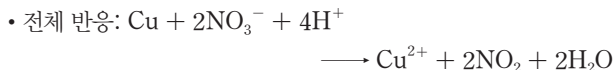
[3단계] 각 반쪽 반응식에서 화살표 양쪽의 전하량이 같도록 전자를 추가한다.



[4단계] 산화 반응에서 잃은 전자 수와 환원 반응에서 얻은 전자 수가 같도록 계수를 맞춘다.



[5단계] 두 반쪽 반응식을 더하여 전체 반응식을 완성한다.



모범 답안 (1) $\text{Cu} + 2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) 반응 몰비는 $\text{Cu} : \text{NO}_2 = 1 : 2$ 이므로 NO_2 1 mol이 생성될 때 반응한 Cu의 양은 0.5 mol이다.

채점 기준	배점
(1) 산화·환원 반응식을 옳게 쓴 경우	50 %
반응한 Cu의 양(mol)을 쓰고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
반응한 Cu의 양(mol)만 옳게 쓴 경우	25 %

중단원 고난도 문제

82쪽~83쪽

01 ④

02 ②

03 ③

04 ⑤

05 ①

06 ②

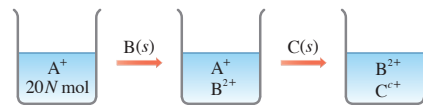
01 품고 문제 분석

[실험 과정]

(가) A⁺ 20N mol이 들어 있는 수용액 V mL를 준비한다.

(나) (가)의 수용액에 B(s)를 넣어 반응을 완결시킨다.

(다) (나)의 수용액에 C(s)를 넣어 반응을 완결시킨다.



[실험 결과]



• (나) 과정 후 B는 모두 B²⁺이 되었다.

• (다) 과정에서 B²⁺은 C와 반응하지 않고, (다) 과정 후 C는 C^{c+}이 되었다.

• 각 과정 후 수용액에 존재하는 양이온에 대한 자료

과정	(나)	(다)
양이온의 종류	A ⁺ , B ²⁺	B ²⁺ , C ^{c+}
전체 양이온의 양(mol)	15N	10N

선택지 분석

① $\frac{1}{2}$

② 1

③ $\frac{3}{2}$

④ 2

⑤ $\frac{5}{2}$

전략적 풀이 ① 금속과 금속 이온의 산화·환원 반응에서 양적 관계를 파악한다.

(나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



(나)에서 B는 모두 반응하였으므로 넣어 준 B의 양(mol)을 xN 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	B	+ 2A ⁺	→ B ²⁺	+ 2A
반응 전(mol)	xN	20N	0	0
반응(mol)	$-xN$	$-2xN$	$+xN$	$+2xN$
반응 후(mol)	0	$(20-2x)N$	xN	$2xN$

(나)에서 반응 후 전체 양이온의 양(mol)은 $(20-2x)N + xN = 15N$ 이므로 $x=5$ 이다. 따라서 (나) 과정 후 수용액에 존재하는 양이온의 양(mol)은 A⁺ 10N, B²⁺ 5N이다.

(다)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



(다)에서 A⁺은 모두 반응하였으므로 넣어 준 C의 양(mol)을 yN 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	C	+ cA ⁺	→ C ^{c+}	+ cA
반응 전(mol)	yN	10N	0	0
반응(mol)	$-\frac{10}{c}N$	$-10N$	$+\frac{10}{c}N$	$+10N$
반응 후(mol)	$(y-\frac{10}{c})N$	0	$\frac{10}{c}N$	10N

(다) 과정 후 수용액에 존재하는 양이온의 양(mol)은 B^{2+} $5N$ 과 C^{c+} $\frac{10}{c}N$ 이므로 전체 양이온의 양(mol)은 $5N + \frac{10}{c}N = 10N$ 이고, $c=2$ 이다. 따라서 (다) 과정 후 수용액에 존재하는 C^{2+} 의 양(mol)은 $5N$ 이다.

$c \times \frac{(\text{나}) \text{ 과정 후 수용액 속 } B^{2+} \text{의 양(mol)}}{(\text{다}) \text{ 과정 후 수용액 속 } C^{c+} \text{의 양(mol)}} = 2 \times \frac{5N}{5N} = 2$ 이다.

02 — 꼼꼼 문제 분석

수용액	(가)	(나)
넣어 준 금속 B의 양(mol)	aN	$2aN$
전체 양이온의 양(mol)	$17N$	bN

- 반응 전 전체 양이온의 양(mol)은 A^{2+} $20N$ 이다.
- (가)에서 B를 넣었을 때 전체 양이온의 양이 감소했으므로 B 이온의 전하는 A 이온의 전하보다 크다. $\Rightarrow$ B 이온은 B^{3+} 이다.

선택지 분석

- ☒ A. A^{2+} 은 환원제로 작용한다. 산화제
- ☒ B. $a \times b = 84$ 이다.
- ☒ C. (나)에 존재하는 B 이온의 수는 A^{2+} 의 수의 4배이다. 6배

전략적 풀이 ① 금속과 금속 이온의 반응을 산화·환원 반응으로 이해한다.

ㄱ. A^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 B를 넣으면 반응이 일어나므로 B는 산화되어 B 이온이 되고, A^{2+} 은 환원되어 A로 석출된다. 따라서 A^{2+} 은 산화제이다.

② 산화·환원 반응의 양적 관계를 이용하여 반응물과 생성물의 양(mol)을 파악한다.

ㄴ. B 이온의 전하는 3 이하의 자연수이므로 +1, +2, +3 중 하나이다. 반응 전 수용액에 존재하는 양이온의 양(mol)은 A^{2+} $20N$ 이고, (가)에서 B를 넣고 반응을 완결시켰을 때 전체 양이온의 양(mol)이 $17N$ 으로 감소했으므로 B 이온의 전하는 A 이온의 전하보다 크다. 따라서 B 이온은 B^{3+} 이다.

B와 A^{2+} 의 반응의 화학 반응식과 (가)에서의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2B$	$+$	$3A^{2+}$	$\longrightarrow$	$2B^{3+}$	$+$	$3A$
반응 전(mol)	aN		$20N$		0		0
반응(mol)	$-aN$		$-\frac{3a}{2}N$		$+aN$		$+\frac{3a}{2}N$
반응 후(mol)	0		$(20 - \frac{3a}{2})N$		aN		$\frac{3a}{2}N$

반응 후 수용액에 존재하는 전체 양이온의 양(mol)은 $(20 - \frac{3a}{2})N + aN = 17N$ 이므로 $a=6$ 이다.

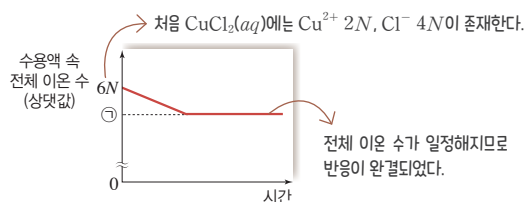
이에 따라 (나)에서의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2B$	$+$	$3A^{2+}$	$\longrightarrow$	$2B^{3+}$	$+$	$3A$
반응 전(mol)	$12N$		$20N$		0		0
반응(mol)	$-12N$		$-18N$		$+12N$		$+18N$
반응 후(mol)	0		$2N$		$12N$		$18N$

반응 후 수용액에 존재하는 전체 양이온의 양(mol)은 $2N + 12N = bN$ 이므로 $b=14$ 이다. 따라서 $a \times b = 6 \times 14 = 84$ 이다.

ㄷ. (나)에 존재하는 B 이온의 양(mol)은 $12N$ 이고, A^{2+} 의 양(mol)은 $2N$ 이므로 B 이온의 수는 A^{2+} 의 수의 6배이다.

03 — 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

- ☒ A. Al은 산화제로 작용한다. 환원제
- ☒ B. Cu 1 mol을 얻기 위해 필요한 환원제의 최소 양은 1 mol이다. $\frac{2}{3}$
- ☒ C. $\textcircled{7} = \frac{16}{3}N$ 이다.

전략적 풀이 ① 금속과 금속 이온의 반응을 산화·환원 반응으로 이해한다.

ㄱ. $\text{CuCl}_2(aq)$ 에 $\text{Al}(s)$ 을 넣으면 Al은 산화되어 Al^{3+} 이 되고, Cu^{2+} 은 환원되어 Cu로 석출된다. 따라서 Al은 환원제로 작용한다.

② 산화·환원 반응의 양적 관계를 이용하여 반응물과 생성물의 양(mol)을 파악한다.

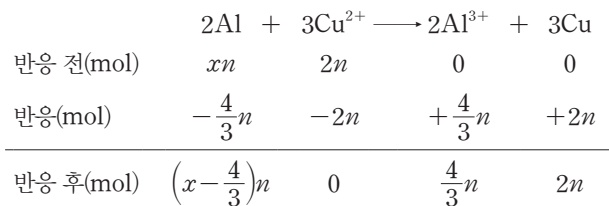
ㄴ. $\text{Al}(s)$ 과 $\text{CuCl}_2(aq)$ 의 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



반응 몰비는 $\text{Al} : \text{Cu} = 2 : 3$ 이므로 Cu 1 mol을 얻기 위해 환원제인 Al $\frac{2}{3}$ mol이 필요하다.

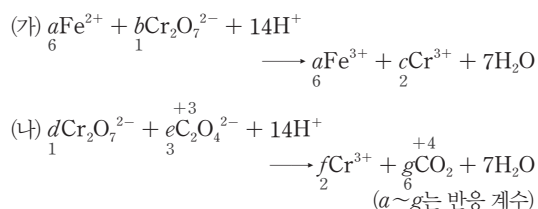
ㄷ. 반응 전 전체 이온 수(상댓값)가 $6N$ 이므로 처음 $\text{CuCl}_2(aq)$ 에는 Cu^{2+} $2N$, Cl^- $4N$ 이 존재한다.

넣어 준 Al의 양(mol)을 xn , 반응 전 Cu^{2+} 의 양(mol)을 $2n$ 이라고 하면 충분한 양의 Al을 넣었으므로 반응이 완결되었을 때 양적 관계는 다음과 같다.



반응 후 수용액 속 Al^{3+} 의 양(mol)이 $\frac{4}{3}n$ 이므로 Al^{3+} 의 수(상댓값)는 $\frac{4}{3}N$ 이다. 따라서 반응이 완결되었을 때 수용액에 존재하는 이온 수(상댓값)는 $\text{Al}^{3+} \frac{4}{3}N$ 과 $\text{Cl}^- 4N$ 이므로 $\text{㉠} = \frac{4}{3}N + 4N = \frac{16}{3}N$ 이다.

04 ← 곱셈 문제 분석



선택지 분석

- ㉠. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 Cr의 산화수는 +6이다.
 ㉡. (나)에서 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 은 환원제로 작용한다.
 ㉢. $\frac{d+e+f+g}{a+b+c} = \frac{4}{3}$ 이다.

전략적 풀이 ① 산화수 변화를 파악하여 산화제와 환원제를 판단한다.

㉠. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 O의 산화수가 -2이므로 Cr의 산화수를 x 라고 하면 $2x + (-2) \times 7 = -2$, $x = +6$ 이다.

㉡. (나)에서 C의 산화수는 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 에서 +3이고, CO_2 에서 +4이므로 C의 산화수가 증가한다. 따라서 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 은 산화되므로 환원제로 작용한다.

② 원자 수와 전하량을 이용하여 산화·환원 반응식을 완성한다.

㉢. (가)에서 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• Cr 원자 수: $2b = c$

• O 원자 수: $7b = 7$, $b = 1$

• 전하량: $(+2) \times a + (-2) \times b + (+1) \times 14 = (+3) \times a + (+3) \times c$, $a + 2b + 3c = 14$

이 식을 풀면 $a = 6$, $b = 1$, $c = 2$ 이다.

(나)에서 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• Cr 원자 수: $2d = f$

• C 원자 수: $2e = g$

• O 원자 수: $7d + 4e = 2g + 7$

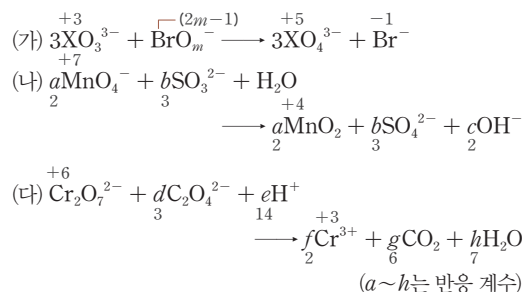
• 전하량: $(-2) \times d + (-2) \times e + (+1) \times 14 = (+3) \times f$, $2d + 2e + 3f = 14$

이 식을 풀면 $d = 1$, $e = 3$, $f = 2$, $g = 6$ 이다.

따라서 $\frac{d+e+f+g}{a+b+c} = \frac{4}{3}$ 이다.

05 ← 곱셈 문제 분석

화학 반응식



• (가)에서 Br 원자 1개의 산화수는 ㉠만큼 감소한다.

• (나)에서 Mn 원자 1개의 산화수는 ㉡만큼 감소한다.

선택지 분석

㉠. $\frac{㉠}{㉡} = 2$ 이다.

㉡. $m \times \frac{a+b+c+d}{e+f+g+h} = \frac{32}{29}$ 이다. $\frac{30}{29}$

㉢. (다)에서 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 환원제로 작용한다. 산화제

전략적 풀이 ① 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합을 파악하여 원자 1개의 산화수 변화를 판단한다.

㉠. (가)에서 X의 산화수는 XO_3^{3-} 에서 +3이고, XO_4^{3-} 에서 +5이며, 전체 반응에서 X 원자 3개가 관여하므로 증가한 산화수의 총합은 6이다. BrO_m^- 에서 Br의 산화수는 $(2m-1)$ 이고, Br 원자 1개의 산화수는 $(2m-1)$ 에서 -1로 감소하므로 전체 반응에서 감소한 산화수의 총합은 $2m$ 이다. 산화·환원 반응에서 증가한 산화수의 총합과 감소한 산화수의 총합은 같으므로 $m = 3$ 이고, Br 원자 1개의 산화수는 6만큼 감소한다.

(나)에서 Mn의 산화수는 MnO_4^- 에서 +7이고, MnO_2 에서 +4이므로 (나)에서 Mn 원자 1개의 산화수는 3만큼 감소한다.

따라서 ㉠ = 6, ㉡ = 3이므로 $\frac{㉠}{㉡} = 2$ 이다.

② 원자 수와 전하량을 이용하여 산화·환원 반응식을 완성한다.

㉢. (나)에서 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• O 원자 수: $4a + 3b + 1 = 2a + 4b + c$, $2a + 1 = b + c$

• H 원자 수: $c = 2$

• 전하량: $(-1) \times a + (-2) \times b = (-2) \times b + (-1) \times c$, $a = c$
이 식을 풀면 $a=2$, $b=3$, $c=2$ 이다.

(다)에서 원자 수와 전하량을 맞추면 다음과 같다.

• Cr 원자 수: $2=f$

• C 원자 수: $2d=g$

• O 원자 수: $7+4d=2g+h$

• H 원자 수: $e=2h$

• 전하량: $(-2) + (-2) \times d + (+1) \times e = (+3) \times f$,
 $e=3f+2d+2$

이 식을 풀면 $d=3$, $e=14$, $f=2$, $g=6$, $h=7$ 이다.

따라서 $m \times \frac{a+b+c+d}{e+f+g+h} = 3 \times \frac{10}{29} = \frac{30}{29}$ 이다.

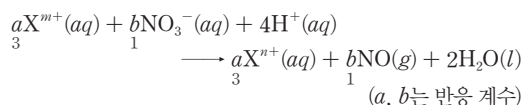
③ 산화수 변화를 파악하여 산화제와 환원제를 판단한다.

ㄷ. (다)에서 Cr의 산화수는 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 에서 +6이고, Cr^{3+} 에서 +3이므로 Cr의 산화수는 감소한다. 따라서 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 환원되므로 산화제로 작용한다.

06 품평 문제 분석

[자료]

• 산화·환원 반응식



• m, n 은 3 이하의 자연수이다.

• 위 반응에서 O의 산화수는 반응 전후에 모두 -2로 같다.

• 수용액에서 $\text{X}(\text{NO}_3)_m$ 은 X^{m+} 과 NO_3^{-} 으로, $\text{X}(\text{NO}_3)_n$ 은 X^{n+} 과 NO_3^{-} 으로, HNO_3 은 H^{+} 과 NO_3^{-} 으로 모두 이온화한다.

[실험 과정] HNO_3 의 양
 $= 0.1 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$

(가) 0.1 M $\text{HNO}_3(\text{aq})$ 400 mL에 0.1 M $\text{X}(\text{NO}_3)_m(\text{aq})$ 400 mL를 넣어 반응을 완결시킨다.

(나) (가)의 수용액에 충분한 양의 $\text{Zn}(\text{s})$ 을 넣어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과] $\text{X}(\text{NO}_3)_m$ 의 양
 $= 0.1 \text{ M} \times 0.4 \text{ L} = 0.04 \text{ mol}$

• (가) 과정에서 반응한 X^{m+} 은 X^{n+} 이 되었고, 반응한 NO_3^{-} 은 NO 가 되었다.

• (나) 과정에서 NO_3^{-} 의 양은 변하지 않았다.

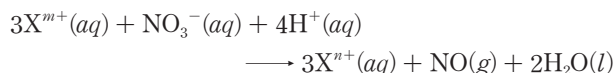
• (나) 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온은 Zn^{2+} 뿐이고, Zn^{2+} 의 양은 0.055 mol이다.

선택지 분석

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{4}{5}$ ③ 1 ④ $\frac{4}{3}$ ⑤ 2

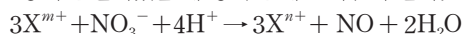
전략적 풀이 ① 원자 수와 전하량을 이용하여 산화·환원 반응식을 완성한다.

산화·환원 반응식에서 O 원자 수를 맞추면 $3b=b+2$, $b=1$ 이다. 전하량을 맞추면 $am-b+4=an$ 이므로 $a(n-m)=3$ 이다. 이때 m 과 n 은 3 이하의 자연수이고, 반응 계수 a 도 자연수이므로 $(m, n)=(1, 2)$ 와 $(m, n)=(2, 3)$ 이 가능하고, $a=3$ 이다. 따라서 산화·환원 반응식을 완성하면 다음과 같다.



② 산화·환원 반응의 양적 관계를 이용하여 반응물과 생성물의 양(mol)을 파악한다.

(가) 과정에서 반응이 완결되었을 때 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	0.04	0.04	0
반응(mol)	-0.03	-0.04	+0.03
반응 후(mol)	0.01	0	0.03

따라서 (가) 과정 후 수용액에는 X^{m+} 0.01 mol과 X^{n+} 0.03 mol이 들어 있다. (나) 과정에서는 X^{m+} , X^{n+} 과 Zn 의 반응이 일어나고, 반응 후 수용액에는 Zn^{2+} 0.055 mol만 들어 있다. (m, n) 의 2가지 조합에서 양적 관계는 다음과 같다.

① $(m, n)=(1, 2)$ 인 경우

$$m=1\text{일 때} \quad \text{Zn} + 2\text{X}^{+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{X}$$

반응 전(mol)	0.01	0
반응(mol)	-0.01	+0.005
반응 후(mol)	0	0.005

$$n=2\text{일 때} \quad \text{Zn} + \text{X}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{X}$$

반응 전(mol)	0.03	0
반응(mol)	-0.03	+0.03
반응 후(mol)	0	0.03

(나) 과정 후 수용액에 들어 있는 Zn^{2+} 의 양은 0.035 mol이므로 실험 결과와 일치하지 않는다.

② $(m, n)=(2, 3)$ 인 경우

$$m=2\text{일 때} \quad \text{Zn} + \text{X}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{X}$$

반응 전(mol)	0.01	0
반응(mol)	-0.01	+0.01
반응 후(mol)	0	+0.01

$$n=3\text{일 때} \quad 3\text{Zn} + 2\text{X}^{3+} \longrightarrow 3\text{Zn}^{2+} + 2\text{X}$$

반응 전(mol)	0.03	0
반응(mol)	-0.03	+0.045
반응 후(mol)	0	0.045

(나) 과정 후 수용액에 들어 있는 Zn^{2+} 의 양은 0.055 mol이므로 실험 결과와 일치한다. 따라서 $m=2$, $n=3$ 이다.

$\frac{a+b}{m+n} = \frac{3+1}{2+3} = \frac{4}{5}$ 이다.

2 화학 전지와 전기 분해

01 / 화학 전지

개념 확인 문제

87쪽

1 잃 2 크 3 작은 4 큰 5 큰

1 (1) × (2) ○ (3) ○ 2 ㄱ, ㄴ, ㄹ 3 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 (1), (2) 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉬우며 반응성이 크다.

(3) 이온화 경향은 $Zn > Cu > Ag$ 이므로 가장 산화되기 쉬운 것은 Zn이다.

2 ㄱ. 이온화 경향은 $Zn > H$ 이므로 Zn을 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣으면 Zn은 산화되고, H^+ 은 환원된다.

ㄴ. 이온화 경향은 $Mg > Zn$ 이므로 Mg를 $ZnSO_4(aq)$ 에 넣으면 Mg는 산화되고, Zn^{2+} 은 환원된다.

ㄷ. 이온화 경향은 $H > Cu$ 이므로 Cu를 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

ㄹ. 이온화 경향은 $Cu > Ag$ 이므로 Cu를 $AgNO_3(aq)$ 에 넣으면 Cu는 산화되고, Ag^+ 은 환원된다.

3 (가)에서는 반응이 일어나므로 이온화 경향은 $A > Fe$ 이고, (나)에서는 반응이 일어나지 않으므로 이온화 경향은 $Fe > B$ 이다.

(1) (가)에서 A는 산화되고, Fe^{2+} 이 환원되어 Fe이 석출된다.

(2) 이온화 경향은 $A > Fe > B$ 이다.

(3) 이온화 경향은 $A > B$ 이므로 A 이온이 들어 있는 수용액에 B를 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

개념 확인 문제

92쪽

1 화학 전지 2 산화 3 환원 4 염다리 5 일차 6 이차

1 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ 2 (1) Zn (2) Cu

(3) ㉠ Zn ㉡ Cu (4) Cu 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

4 (1) ㄴ (2) ㄱ (3) ㄹ (4) ㄷ

1 (1), (2) 화학 전지는 산화·환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 변환하는 장치이다.

(3), (5) 이온화 경향이 큰 금속이 (-)극, 이온화 경향이 작은 금속이 (+)극이 되며, (-)극에서는 산화 반응, (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.

(4) (-)극에서는 산화 반응이 일어나 전자를 내놓고, 전자는 도선을 따라 (+)극으로 이동한다.

2 (1) Zn판은 (-)극, Cu판은 (+)극이다.

(2) Zn판에서 산화 반응이, Cu판에서 환원 반응이 일어난다.

(-)극: $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

(+)극: $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

(3) Zn판에서는 Zn이 산화되어 Zn^{2+} 으로 녹아 들어가므로 Zn판의 질량은 감소한다. Cu판에서는 H^+ 이 환원되어 H_2 기체가 발생하므로 Cu판의 질량은 변하지 않는다.

(4) (+)극에서 발생한 H_2 기체가 Cu판 표면에 달라붙어 H^+ 이 환원되는 것을 방해하기 때문에 분극 현상이 일어난다.

3 (1), (2) Zn판에서는 Zn이 산화되어 Zn^{2+} 으로 녹아 들어가므로 Zn판의 질량은 감소한다. Cu판에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출되므로 Cu판의 질량은 증가한다.

(-)극: $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

(+)극: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

(3) 다니엘 전지에서는 기체가 발생하지 않으므로 분극 현상이 일어나지 않는다.

(4) 전자는 (-)극인 Zn판에서 (+)극인 Cu판으로 이동한다.

(5) 반응이 진행됨에 따라 Zn 반쪽 전지에서는 Zn^{2+} 의 양(mol)이 증가하고, Cu 반쪽 전지에서는 Cu^{2+} 의 양(mol)이 감소하여 전하의 불균형이 생긴다. 이때 염다리 속의 음이온이 $ZnSO_4(aq)$ 쪽으로, 양이온이 $CuSO_4(aq)$ 쪽으로 이동하여 전하의 균형을 맞춘다.

4 (1) 건전지는 일차 전지이며, 소형 전자 기기에 널리 사용된다.

(2) 납축전지는 이차 전지이며, 자동차의 전원으로 사용된다.

(3) 리튬 이온 전지는 스마트폰, 노트북 등 휴대용 전자 기기에 많이 사용되고, 수명이 길어 전기 자동차에도 사용된다.

(4) 전고체 전지는 전해질이 고체 상태인 전지로, 액체 전해질을 사용한 전지에 비해 폭발 위험이 낮다.

개념 확인 문제

96쪽

1 표준 수소 전극 2 표준 환원 전위 3 클 4 작을 5 환원 6 산화

1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 2 (1) ○ (2) ○ (3) ×

3 (1) ㉠ 환원 ㉡ 산화 (2) ㉠ 환원 ㉡ 산화 4 0.60 V

5 ㄱ, ㄴ, ㄷ

1 (1) 산화·환원 반응은 동시에 일어나므로 하나의 반쪽 전지만 분리하여 전위를 측정할 수는 없다. 따라서 반쪽 전지의 표준 환원 전위를 결정하기 위해 표준 수소 전극을 다른 반쪽 전지로 이용한다.

(2) 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉽다.

(3) 표준 환원 전위가 (+)값이면 H^+ 보다 환원되기 쉽고, (-)값이면 H_2 보다 산화되기 쉽다.

(4) 이온화 경향이 큰 금속일수록 산화되기 쉬우므로 반쪽 반응의 표준 환원 전위가 작다.

2 (1) 표준 환원 전위가 작을수록 산화되기 쉬우므로 금속의 이온화 경향은 $C > B > A$ 이다.

(2) 표준 환원 전위가 (-)값인 C는 H_2 보다 산화되기 쉬우므로 C를 $H_2SO_4(aq)$ 에 넣으면 C는 산화되고, H^+ 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

(3) 표준 환원 전위가 큰 A는 (+)극이 되고, 표준 환원 전위가 작은 C는 (-)극이 된다.

3 (1) 두 반쪽 전지를 연결하면 표준 환원 전위가 큰 쪽에서 환원 반응이 일어나고, 표준 환원 전위가 작은 쪽에서 산화 반응이 일어난다.

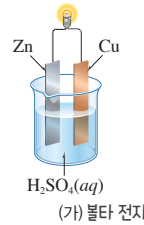
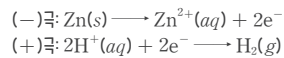
(2) 표준 전지 전위는 환원 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위에서 산화 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위를 뺀 값이다.

4 표준 환원 전위가 큰 Cu 반쪽 전지에서 환원 반응이, 표준 환원 전위가 작은 Ni 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어난다.

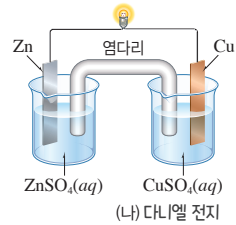
$$E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = +0.34 \text{ V} - (-0.26 \text{ V}) = 0.60 \text{ V}$$

5 전지를 구성하는 두 반쪽 전지의 표준 환원 전위의 차가 클수록 높은 전압의 효율적인 전지를 만들 수 있다. 또한, 볼타 전지의 분극 현상처럼 시간이 지날수록 전압이 낮아지는 현상이 일어나지 않고, 안정적인 전지 전위가 유지되는 것도 중요하다.

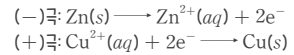
꼼꼼 문제 분석



(가) 볼타 전지



(나) 다니엘 전지

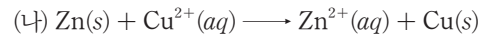
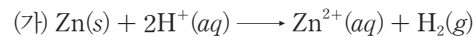


1 (1), (2) (가)에서 Zn은 산화되고, H^+ 은 환원된다.

(3), (4) (나)에서 Zn은 산화되고, Cu^{2+} 은 환원된다.

2 (가)에서는 (+)극에서 H_2 기체가 발생하므로 분극 현상이 일어나고, (나)에서는 기체가 발생하지 않으므로 분극 현상이 일어나지 않는다.

3 (가)와 (나)에서 일어나는 반응의 전체 반응식은 다음과 같다.



4 (1) (가)에서 H^+ 이 환원되므로 수용액 속 H^+ 의 농도가 감소한다. 따라서 수용액의 pH는 증가한다.

(2) (가)와 (나)에서 모두 전자는 도선을 따라 (-)극인 Zn판에서 (+)극인 Cu판으로 이동한다.

(3) (가)와 (나)에서 모두 (-)극인 Zn판에서 Zn이 산화되므로 Zn판의 질량은 감소한다.

(4) (가)에서는 (+)극인 Cu판에서 H^+ 이 환원되어 H_2 기체가 발생하므로 Cu판의 질량은 변하지 않는다. (나)에서는 (+)극인 Cu판에서 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출되므로 Cu판의 질량은 증가한다.

(5) (나)에서 반응이 진행됨에 따라 Zn 반쪽 전지에서 Zn^{2+} 의 양(mol)이 증가하고, Cu 반쪽 전지에서 Cu^{2+} 의 양(mol)이 감소한다. 따라서 염다리 속의 음이온이 $ZnSO_4(aq)$ 쪽으로, 양이온이 $CuSO_4(aq)$ 쪽으로 이동하여 전하의 균형을 맞춘다.

대표 자료 분석 1

97쪽

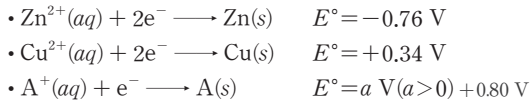
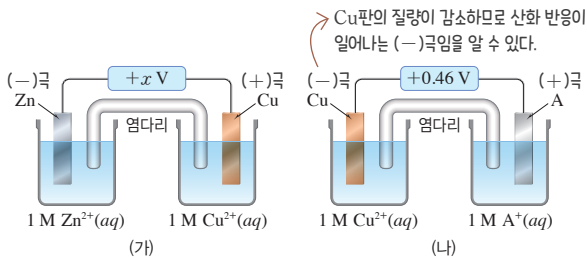
1 (1) 산화 (2) H^+ (3) 산화 (4) Cu^{2+} **2** (가) **3** (가) ① $2H^+$ ② H_2 (나) ① Cu^{2+} ② Cu **4** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○

대표 자료 분석 2

98쪽

1 (-)극: Zn, (+)극: Cu **2** (1) 산화 (2) Zn (3) 환원 **3** $x=1.10$, $a=0.80$ **4** (1) × (2) × (3) ○ (4) ○

품평 문제 분석



1 (가)에서 표준 환원 전위가 큰 Cu는 (+)극이 되고, 표준 환원 전위가 작은 Zn은 (-)극이 된다.

2 (1) 표준 환원 전위가 작을수록 산화되기 쉬우므로 Zn은 Cu보다 산화되기 쉽다.

(2) Zn은 표준 환원 전위가 (-)값이므로 H_2 보다 산화되기 쉽다. Zn을 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 에 넣으면 Zn은 산화되고, H^{+} 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

(3) 표준 환원 전위가 큰 A 반쪽 전지에서 환원 반응이, 표준 환원 전위가 작은 Zn 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어난다.

3 표준 전지 전위($E^{\circ}_{\text{전지}}$)는 환원 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위에서 산화 반응이 일어나는 반쪽 전지의 표준 환원 전위를 뺀 값이다.

(가) $E^{\circ}_{\text{전지}} = E^{\circ}_{\text{환원 전극}} - E^{\circ}_{\text{산화 전극}} = +0.34 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = 1.10 \text{ V}$ 이므로 $x = 1.10$ 이다.

(나) $E^{\circ}_{\text{전지}} = a \text{ V} - (+0.34 \text{ V}) = 0.46 \text{ V}$ 이므로 $a = 0.80$ 이다.

4 (1) 표준 환원 전위가 작을수록 산화되기 쉬우므로 금속의 이온화 경향은 $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{A}$ 이다.

(2) (나)에서 표준 환원 전위가 작은 Cu는 (-)극이 되고, 표준 환원 전위가 큰 A는 (+)극이 된다.

(3) (나)에서는 Cu판에서 Cu가 산화되므로 수용액 속 Cu^{2+} 의 양(mol)이 증가하고, A판에서 A^{+} 이 환원되므로 수용액 속 A^{+} 의 양(mol)이 감소한다. 따라서 $\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{A}^{+}]}$ 는 증가한다.

(4) 두 반쪽 전지의 표준 환원 전위의 차가 클수록 표준 전지 전위가 크다. 따라서 Zn과 A 반쪽 전지를 연결하여 만든 화학 전지의 표준 전지 전위($E^{\circ}_{\text{전지}}$)가 가장 크다.

$E^{\circ}_{\text{전지}} = E^{\circ}_{\text{환원 전극}} - E^{\circ}_{\text{산화 전극}} = +0.80 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = 1.56 \text{ V}$

내신 만점 문제

99쪽~102쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ① 05 ⑤
 06 ④ 07 ④ 08 해설 참조 09 ④
 10 해설 참조 11 ③ 12 ② 13 ⑤ 14 ③
 15 ③ 16 ④ 17 해설 참조 18 해설 참조
 19 ① 20 ③

01 **바로알기** ④ Ag은 H보다 이온화 경향이 작다.

02 ㄱ. (가)에서 H^{+} 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

ㄴ. (가)에서 Zn이 산화되어 Zn^{2+} 으로 녹아 들어가므로 Zn판의 질량은 감소한다.

ㄷ. (가)에서 Zn은 H^{+} 과 반응하여 산화되지만, (나)에서 Cu는 H^{+} 과 반응하지 않으므로 이온화 경향은 $\text{Zn} > \text{H} > \text{Cu}$ 이다.

03 **모범 답안** $\text{B} > \text{A} > \text{C}$, 이온화 경향이 큰 금속을 이온화 경향이 작은 금속 이온이 들어 있는 수용액에 넣으면 이온화 경향이 큰 금속은 산화되고, 이온화 경향이 작은 금속 이온은 환원되기 때문이다.

채점 기준	배점
이온화 경향 순서와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
이온화 경향 순서만 옳게 비교한 경우	50 %

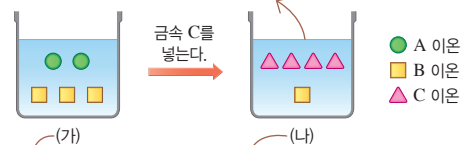
04 ㄱ. (가)에서 $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 에 Cu판을 넣으면 Cu가 산화되어 Cu^{2+} 으로 녹아 들어가므로 수용액이 푸른색으로 변하고, Ag^{+} 이 환원되어 Ag으로 석출된다.

바로알기 ㄴ. (나)에서 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 에 Zn판을 넣으면 Zn이 산화되어 Zn^{2+} 으로 녹아 들어가고, Cu^{2+} 이 환원되어 Cu로 석출되므로 수용액의 푸른색이 없어진다. 따라서 전자는 Zn에서 Cu^{2+} 으로 이동한다.

ㄷ. 이온화 경향은 (가)에서 $\text{Cu} > \text{Ag}$ 이고, (나)에서 $\text{Zn} > \text{Cu}$ 이다. 따라서 이온화 경향은 $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ag}$ 이므로 $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$ 에 Ag판을 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

05 품평 문제 분석

●은 모두 환원되고, ■은 일부가 환원되며, 금속 C가 산화되어 ▲이 생성된다. ⇒ 이온화 경향: $\text{C} > \text{B} > \text{A}$



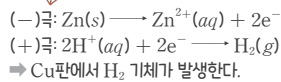
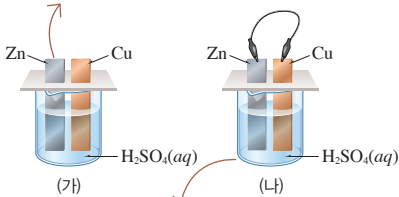
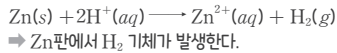
수용액 속 양이온의 전하의 총합은 같다.
⇒ (반응한 양이온의 총 전하) = (생성된 양이온의 총 전하)

ㄱ. (가)와 (나)에서 수용액 속 양이온의 전하의 총합은 같다. A ~C 이온의 전하를 각각 +a, +b, +c라고 하면 $2a+3b=b+4c$, $a+b=2c$ 이다. $a\sim c$ 는 +1, +2, +3 중 하나이므로 $c=+2$ 이고, a와 b는 각각 +1, +3 중 하나이다.

ㄴ. 금속 C를 넣었을 때 B 이온 수가 감소하므로 B 이온은 환원되어 금속으로 석출된다.

ㄷ. 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉽다. 금속 C를 넣었을 때 A 이온이 먼저 환원되고 B 이온의 일부가 환원되므로 금속의 이온화 경향은 $C>B>A$ 이다.

06 품평 문제 분석



① 이온화 경향은 $\text{Zn}>\text{H}>\text{Cu}$ 이므로 (가)에서 Zn은 산화되고, H⁺이 환원되어 H₂ 기체가 발생한다.

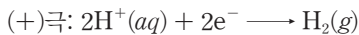
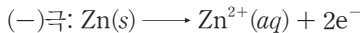
② (나)에서는 Zn판에서 Zn이 산화되어 내놓은 전자가 Cu판으로 이동하고, Cu판에서 H⁺이 전자를 받아 환원된다.

③ (가)와 (나)에서 Zn²⁺ 1개가 생성될 때 H⁺ 2개가 감소하므로 수용액 속 양이온 수는 모두 감소한다.

⑤ (가)와 (나)에서 H⁺이 환원되므로 수용액 속 H⁺의 농도가 감소한다. 따라서 수용액의 pH는 모두 증가한다.

바로알기 ④ (가)에서는 Zn판, (나)에서는 Cu판에서 기포가 발생한다.

07 ㄱ. (-)극에서 Zn이 산화되고, (+)극에서 H⁺이 환원된다.



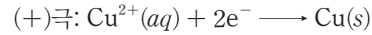
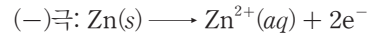
ㄷ. 전체 반응의 화학 반응식은 $\text{Zn(s)} + 2\text{H}^+(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ 이다. 반응 몰비는 $\text{Zn} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 Zn 1 mol이 반응하는 동안 H₂ 기체 1 mol이 발생한다.

바로알기 ㄴ. Cu는 반응에 참여하지 않으므로 Cu판의 질량은 변하지 않는다.

08 **모범 답안** (+)극에서 발생한 H₂ 기체가 구리판 표면에 달라붙어 H⁺이 환원되는 것을 방해하기 때문이다.

채점 기준	배점
(+)극에서 발생한 H ₂ 기체가 구리판 표면에 달라붙어 H ⁺ 이 환원되는 것을 방해하기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
(+)극에서 기체가 발생하기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

09 ① 이온화 경향은 $\text{Zn}>\text{Cu}$ 이므로 Zn판은 (-)극, Cu판은 (+)극이다.



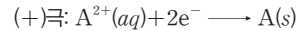
② Zn판에서는 Zn이 산화되어 Zn²⁺으로 녹아 들어가므로 ZnSO₄(aq)에서 Zn²⁺의 양(mol)이 증가한다.

③ Cu판에서는 Cu²⁺이 환원되어 Cu가 석출된다.

⑤ 원자량은 $\text{Zn}>\text{Cu}$ 이고, Zn 원자 1개가 산화될 때 Cu 원자 1개가 석출되므로 Zn판의 감소한 질량이 Cu판의 증가한 질량보다 크다.

바로알기 ④ ZnSO₄(aq)에서는 Zn²⁺의 양(mol)이 증가하고, CuSO₄(aq)에서는 Cu²⁺의 양(mol)이 감소하므로 염다리 속의 음이온은 ZnSO₄(aq) 쪽으로, 양이온은 CuSO₄(aq) 쪽으로 이동하여 전하의 균형을 맞춘다.

10 **모범 답안** (1) 산화 반응: B, 환원 반응: A, 전자가 B에서 A 쪽으로 이동하므로 B가 (-)극이고, A가 (+)극이다.



채점 기준	배점
(1) 산화 반응과 환원 반응이 일어나는 전극을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
산화 반응과 환원 반응이 일어나는 전극만 옳게 쓴 경우	25 %
(2) (-)극과 (+)극의 반쪽 반응식을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
(-)극과 (+)극 중 1가지만 옳게 쓴 경우	25 %

11 **바로알기** ③ 망가니즈 건전지는 충전이 불가능한 일차 전지이다.

12 ② 전고체 전지는 전해질이 고체 상태인 전지로, 가장 최근에 개발되었으며 현재 활발하게 연구 중이다.

13 **바로알기** ⑤ 알칼리 건전지는 일차 전지이다. 이차 전지에는 납축전지, 리튬 이온 전지, 니켈·카드뮴 전지 등이 있다.

14 ㄱ. (가)는 충전이 불가능한 일차 전지이고, (나)는 충전이 가능한 이차 전지이다.

ㄴ. 납축전지는 묽은 황산에 (-)극인 납(Pb)판과 (+)극인 이산화 납(PbO₂)판을 교대로 세워 놓은 구조이다. 전지가 방전될 때 (-)극인 납판에서는 산화 반응이 일어난다.

바로알기 ㄷ. 화학 전지인 (가)와 (나)는 방전될 때 화학 에너지를 전기 에너지로 전환한다.

15 ㄱ. 방전될 때는 Li^+ 이 (-)극에서 (+)극으로, 충전될 때는 Li^+ 이 (+)극에서 (-)극으로 이동하면서 작동한다.

ㄴ. 리튬 이온 전지는 산화·환원 반응을 이용하여 방전될 때 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하고, 충전될 때 전기 에너지를 화학 에너지로 전환하는 화학 전지이다.

바로알기 ㄷ. 리튬 이온 전지는 충전할 수 있는 이차 전지이다.

16 ⑤ 두 반쪽 전지를 연결하면 표준 환원 전위가 큰 반쪽 전지에서 환원 반응이 일어나므로 (+)극이 된다.

바로알기 ④ 표준 환원 전위는 수소를 기준으로 H^+ 보다 환원되기 쉬운 물질은 (+)값을, H_2 보다 산화되기 쉬운 물질은 (-)값을 갖는다.

17 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}}$ 이다.

모범 답안 (1) 표준 환원 전위가 큰 Cu 반쪽 전지에서 환원 반응이 일어나고, 표준 환원 전위가 작은 Mg 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어난다. 따라서 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.34 \text{ V} - (-2.37 \text{ V}) = 2.71 \text{ V}$ 이다.
(2) Cu 반쪽 전지보다 표준 환원 전위가 큰 반쪽 전지를 이용하면 두 반쪽 전지의 표준 환원 전위의 차이가 더 커지므로 (1)에서 만든 화학 전지보다 표준 전지 전위가 더 크다.

채점 기준	배점
(1) 표준 전지 전위를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
표준 전지 전위만 옳게 구한 경우	25 %
(2) 표준 전지 전위를 (1)과 비교하여 옳게 서술한 경우	50 %
표준 전지 전위가 (1)보다 크다고만 쓴 경우	25 %

18 **모범 답안** 표준 전지 전위가 가장 큰 화학 전지를 만들려면 두 반쪽 전지의 표준 환원 전위의 차이가 가장 커야 한다. 따라서 Cu 반쪽 전지와 Al 반쪽 전지를 이용하여 화학 전지를 만들면 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.34 \text{ V} - (-1.68 \text{ V}) = 2.02 \text{ V}$ 이다.

채점 기준	배점
표준 전지 전위를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
표준 전지 전위만 옳게 구한 경우	50 %

19 품평 문제 분석

반쪽 반응	$E^\circ(\text{V})$
$\text{A}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{A}(\text{s})$	-0.26
$\text{B}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{B}(\text{s})$	-0.76
$\text{C}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{C}(\text{s})$	+0.80

표준 환원 전위가 큰 쪽이 (+)극, 작은 쪽이 (-)극이 된다.

⇒ A와 C 반쪽 전지: C가 (+)극, A가 (-)극

⇒ B와 C 반쪽 전지: C가 (+)극, B가 (-)극

ㄱ. 표준 환원 전위가 작을수록 산화되기 쉬우므로 A~C 중 가장 산화되기 쉬운 금속은 B이다.

바로알기 ㄴ. 표준 환원 전위가 큰 C는 (+)극이 되고, 표준 환원 전위가 작은 A는 (-)극이 된다.

ㄷ. 표준 환원 전위가 큰 C 반쪽 전지에서 환원 반응이, 표준 환원 전위가 작은 B 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어난다. 따라서 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = +0.80 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = 1.56 \text{ V}$ 이다. 표준 전지 전위를 구할 때 반쪽 전지의 화학 반응식의 계수가 변해도 표준 환원 전위에 상수를 곱하지 않으므로 주의한다.

20 표준 환원 전위가 큰 B 반쪽 전지가 (+)극이 되고, 표준 환원 전위가 작은 A 반쪽 전지가 (-)극이 된다.

(-)극: $\text{A}(\text{s}) \longrightarrow \text{A}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

(+)극: $\text{B}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{B}(\text{s})$

ㄱ. A 전극에서 산화 반응이, B 전극에서 환원 반응이 일어난다.

ㄴ. B 전극에서 B^{2+} 이 환원되어 B가 석출되므로 B 전극의 질량은 증가한다.

바로알기 ㄷ. $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = -0.13 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = 0.32 \text{ V}$

실력 UP 문제

103쪽

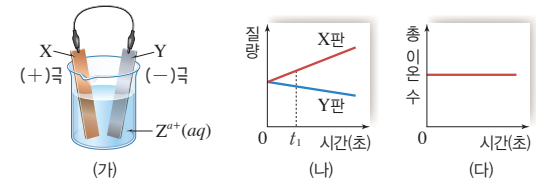
01 ③ 02 ① 03 ③ 04 ⑤

01 품평 문제 분석

(나)에서 X판의 전체 질량은 증가하고, Y판의 전체 질량은 감소한다.

⇒ (-)극인 Y판에서 Y가 산화되어 Y 이온으로 녹아 들어간다.

(+)극인 X판 표면에서 Z^{a+} 이 환원되어 Z가 석출된다.

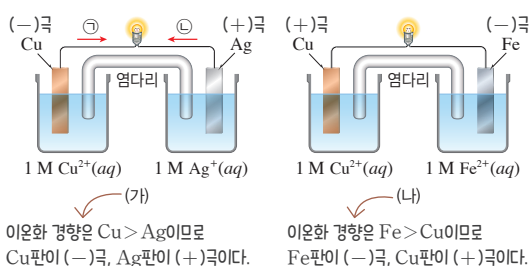


ㄱ. (다)에서 총 이온 수가 변하지 않았으므로 Y 이온의 전하는 Z^{a+} 과 같다. 즉, Y는 Y^{a+} 으로 산화된다.

ㄴ. (가)에서 반응이 진행될 때 Y판에서 산화 반응이 일어나므로 Y판은 (-)극이고, X판에서 환원 반응이 일어나므로 X판은 (+)극이다. 따라서 이온화 경향은 $\text{Y} > \text{X}$ 이다.

바로알기 ㄷ. Y 이온과 Z^{a+} 의 전하가 같으므로 Y 원자 1개가 산화될 때 Z 원자 1개가 석출된다. 0~ t_1 초 동안 X판의 증가한 질량이 Y판의 감소한 질량보다 크므로 원자량은 $\text{Z} > \text{Y}$ 이다.

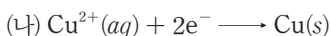
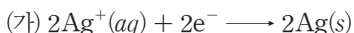
02 품목 문제 분석



ㄱ. (가)에서 전자는 (-)극인 Cu판에서 (+)극인 Ag판으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

바로알기 ㄴ. (가)에서는 (+)극에서 Ag이 석출되고, (나)에서는 (+)극에서 Cu가 석출된다.

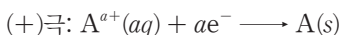
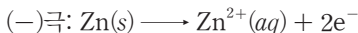
ㄷ. (가)와 (나)의 (+)극에서의 반쪽 반응식은 다음과 같다.



전자 2 mol이 이동할 때 (가)에서는 Ag 2 mol이 석출되고, (나)에서는 Cu 1 mol이 석출된다. 따라서 같은 양(mol)의 전자가 이동할 때 (+)극에서 석출되는 금속의 몰비는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

03 ㄱ. Pt 전극에서 금속 A가 석출되는 환원 반응이 일어나므로 Pt 전극이 (+)극, Zn 전극이 (-)극이다.

ㄷ. (-)극과 (+)극에서의 반쪽 반응식은 다음과 같다.



t분 동안 화학 전지를 연결했을 때 주고받은 전자의 양(mol)이 같으므로 생성된 Zn^{2+} 와 반응한 A^{a+} 의 몰비는 $\text{Zn}^{2+} : \text{A}^{a+} = a : 2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{반응한 } \text{A}^{a+}(aq) \text{의 양(mol)}}{\text{생성된 } \text{Zn}^{2+}(aq) \text{의 양(mol)}} = \frac{2}{3} = \frac{2}{a}$, $a=3$ 이다.

바로알기 ㄴ. $\text{Zn}^{2+}(aq)$ 에서는 Zn^{2+} 의 양(mol)이 증가하고, $\text{A}^{a+}(aq)$ 에서는 A^{a+} 의 양(mol)이 감소하므로 염다리 속의 음이온은 $\text{Zn}^{2+}(aq)$ 쪽으로, 양이온은 $\text{A}^{a+}(aq)$ 쪽으로 이동한다.

04 ㄱ. 표준 환원 전위가 작을수록 산화되기 쉬우므로 이온화 경향은 $\text{Zn} > \text{Ag}$ 이다. 따라서 $\text{AgNO}_3(aq)$ 에 Zn판을 넣으면 Zn은 산화되고, Ag^+ 은 환원된다.

ㄴ. $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 Zn판과 Mg판을 넣고 도선으로 연결하면 표준 환원 전위가 작은 Mg판에서 Mg의 산화 반응이 일어나고, 표준 환원 전위가 큰 Zn판에서 H^+ 의 환원 반응이 일어나는 화학 전지를 만들 수 있다.

ㄷ. 표준 전지 전위가 가장 큰 화학 전지를 만들려면 두 반쪽 전지의 표준 환원 전위의 차가 가장 커야 한다. 따라서 Ag과 Mg 반쪽 전지를 연결하여 만든 화학 전지의 표준 전지 전위가 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.80 \text{ V} - (-2.37 \text{ V}) = 3.17 \text{ V}$ 로 가장 크다.

02 전기 분해

개념 확인 문제

108쪽

1 전기 분해 2 산화 3 환원 4 물(H_2O) 5 물(H_2O)

6 (+) 7 (-) 8 (+) 9 (-)

1 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 2 ㉠ Cu ㉡ H_2 ㉢ O_2

3 ㉠ 산소(O_2) ㉡ 수소(H_2) 4 (1) 숟가락: (-)극, 은판: (+)극

(2) 감소한다. (3) $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$

5 (1) × (2) ○ (3) ○

1 (1) 전기 분해는 전기 에너지를 이용하여 산화·환원 반응을 일으켜 물질을 분해하는 것으로, 전기 에너지를 화학 에너지로 전환한다.

(2), (3) 전기 분해에서는 (+)극에서 전자를 잃는 산화 반응이, (-)극에서 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

(4) 전기 분해에서는 외부에서 전기 에너지를 공급해야 산화·환원 반응이 일어난다. 화학 전지는 자발적 반응이지만, 전기 분해는 비자발적 반응이다.

2 전해질 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서는 음이온이 산화되고, (-)극에서는 양이온이 환원된다.

전해질 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 전해질의 음이온과 H_2O 중 산화되기 더 쉬운 것이 산화되고, (-)극에서는 전해질의 양이온과 H_2O 중 환원되기 더 쉬운 것이 환원된다.

물질	전극	반쪽 반응
$\text{CuCl}_2(l)$	(+)극	$2\text{Cl}^-(l) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
	(-)극	$\text{Cu}^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(l)$
$\text{NaCl}(aq)$	(+)극	$2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
	(-)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
$\text{CuSO}_4(aq)$	(+)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
	(-)극	$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$

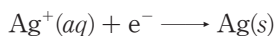
3 황산 나트륨(Na_2SO_4)을 소량 녹인 물에 전류를 흘려 주면 (+)극에서는 물이 산화되어 산소(O_2) 기체가 발생하고, (-)극에서는 물이 환원되어 수소(H_2) 기체가 발생한다.

4 (1) 숟가락에 은(Ag)을 도금할 때 (+)극에 은판을, (-)극에 숟가락을 연결한다.

(2) 은판에서는 Ag이 산화되어 Ag^+ 으로 녹아 들어가므로 은판의 질량은 감소한다.



(3) 숟가락 표면에서 Ag^+ 이 환원되어 Ag 이 석출되면서 숟가락에 Ag 이 도금된다.



5 (1) 불순물이 포함된 구리에서는 산화 반응이 일어나야 하므로 (+)극에 불순물이 포함된 구리를, (-)극에 순수한 구리를 연결한다.

(2) (+)극에서는 불순물 중 Cu보다 산화되기 쉬운 Fe, Ni 등과 Cu가 함께 산화되어 수용액에 녹아 들어가고, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출된다.

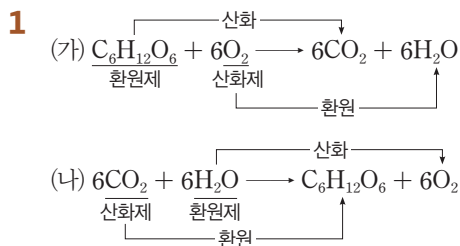
(3) 불순물 중 Cu보다 산화되기 어려운 Ag, Au 등은 (+)극 아래에 금속 상태로 가라앉는다.

개념 확인 문제

111쪽

- ① 세포 호흡 ② 광합성 ③ 수소 연료 전지 ④ 리튬 이온 전지
⑤ 전고체 전지

1 ㉠, ㉡ **2** ㉢, ㉣, ㉤ **3** (1) 산화 (2) 환원 (3) ㉢ 산화
 ㉠ 환원 (4) 감소 **4** (1) × (2) ○ (3) × **5** (1) ○ (2) ×
 (3) × (4) ○



2 ㄷ. 혈액의 완충 작용은 산 염기 반응이다.

3 (1) 세포 호흡 반응에서 포도당은 산화된다.
 (2) 광합성 반응에서 이산화 탄소는 환원된다.
 (3) 바이타민 C의 항산화 작용에서 바이타민 C는 산화되고, 활성 산소는 환원된다.
 (4) N의 산화수는 N_2 에서 0, NH_3 에서 -3 이다.

4 (1) 수소 연료 전지는 공급된 수소 연료를 산화시켜 화학 에너지를 전기 에너지로 전환한다.

(2) 리튬은 원자량이 가장 작은 가벼운 금속으로, 리튬 이온 전지는 에너지 밀도가 크고, 가벼워서 휴대하기 편하다.

(3) 전고체 전지는 전해질이 고체 상태이며, 액체 전해질을 사용한 전지에 비해 폭발 위험이 낮다.

5 (1) 연료 전지는 연료를 공급하여 전기 에너지를 생산하는 화학 전지이다. 수소 연료 전지에서는 (-)극에 H_2 기체가, (+)극에 O_2 기체가 각각 공급된다.

(2), (3) (-)극에서는 H_2 가 전자를 잃고 산화되고, (+)극에서는 O_2 가 전자를 받아 환원되면서 H_2O 이 생성된다.

(4) 수소 연료 전지의 최종 생성물은 물이므로 친환경적이다.

대표자료분석 1

112쪽

1 ㉠ $\text{Ag}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq)$ 2 (1) 증가한다 (2) 일정하다
(3) 감소한다 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×

꼼꼼 문제 분석

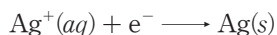
(가) (나)

- 산화되기 쉬운 경향: $\text{Ag} > \text{H}_2\text{O}$
- 환원되기 쉬운 경향: $\text{Ag}^+ > \text{H}_2\text{O}$
- 물의 산화 반응: $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
- 전기 분해 결과 각 전극에서 생성된 물질

실험	(-)극	(+)극
(가)	$\ominus \text{Ag}(s)$	$\text{O}_2(g), \text{H}^+(aq)$
(나)	$\ominus \text{Ag}(s)$	$\oplus \text{Ag}^+(aq)$

물이 산화되었다. $\Rightarrow$ 산화되기 쉬운 경향 $\text{H}_2\text{O} > \text{NO}_3^-$

1 전해질 수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 전해질의 양이온과 H_2O 중 환원되기 더 쉬운 것이 환원된다. 환원되기 쉬운 경향은 $Ag^+ > H_2O$ 이므로 (가)와 (나)의 (-)극에서는 모두 Ag^+ 이 환원되어 Ag 이 석출된다.



전해질 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 전해질의 음이온과 H_2O 중 산화되기 더 쉬운 것이 산화되는데, (나)에서는 Ag 을 전극으로 사용하였다. 산화되기 쉬운 경향은 $Ag > H_2O$ 이므로 (나)의 (+)극에서는 전극으로 사용된 Ag 이 산화되어 Ag^+ 이 생성된다.



2 (1) (가)와 (나)의 (-)극에서는 모두 Ag^+ 이 환원되어 Ag 이 석출되므로 (-) 전극의 질량은 증가한다.

- (2) (가)의 (+)극에서는 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생하므로 (+) 전극의 질량은 일정하다.
 (3) (나)의 (+)극에서는 전극으로 사용된 Ag 이 산화되어 Ag^+ 으로 녹아 들어가므로 (+) 전극의 질량은 감소한다.

- 3** (1) (가)의 (+)극에서 H_2O 이 산화되었으므로 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{NO}_3^-$ 이다.
 (2) H_2O 의 산화 반응이 진행되는 동안 H^+ 이 생성되므로 수용액의 pH는 감소한다.
 (3) (가)의 (+)극에서 H^+ 4 mol이 생성될 때 (-)극에서 Ag^+ 4 mol이 감소하므로, (가)에서 전기 분해가 일어나는 동안 수용액 속 양이온의 수는 일정하다.
 (+)극: $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
 (-)극: $4\text{Ag}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 4\text{Ag}(s)$
 (4) (가)와 (나)에서 NO_3^- 은 반응에 참여하지 않으므로 수용액 속 NO_3^- 의 수는 일정하다.
 (5) (가)에서 이동한 전자의 양이 4 mol일 때 O_2 1 mol과 Ag 4 mol이 생성된다. 따라서 같은 시간 동안 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 $\text{Ag} : \text{O}_2 = 4 : 1$ 이다.

나신 만점문제

113쪽~115쪽

- 01** ⑤ **02** ④ **03** 해설 참조 **04** ③ **05** ②
06 ③ **07** ③ **08** ⑤ **09** ③ **10** ③ **11** ⑤
12 ③ **13** ③ **14** ⑤

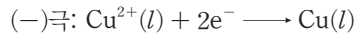
- 01** **바로알기** ⑤ 전해질 수용액을 전기 분해할 때 (+)극에서는 전해질의 음이온과 물 중 산화되기 더 쉬운 것이 산화되고, (-)극에서는 전해질의 양이온과 물 중 환원되기 더 쉬운 것이 환원된다.

- 02** $\text{NiCl}_2(l)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 Ni^{2+} 이 환원되어 $\text{Ni}(l)$ 이 생성되고, (+)극에서는 Cl^- 이 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 생성된다.

- 03** **모범 답안** $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하면 (+)극인 전극 A에서는 염화이온(Cl^-)이 산화되어 염소(Cl_2) 기체가 발생한다. $\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극인 전극 D에서는 물(H_2O)이 나트륨 이온(Na^+)보다 환원되기 쉬우므로 물이 환원되어 수소(H_2) 기체가 발생한다.

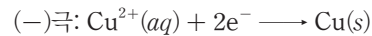
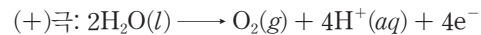
채점 기준	배점
전극 A와 D에서 생성되는 물질과 물이 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
전극 A와 D 중 1가지만 생성되는 물질과 물이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
전극 A와 D에서 생성되는 물질만 옳게 쓴 경우	50 %

- 04** ㄱ, ㄴ. $\text{CuCl}_2(l)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 Cl^- 이 산화되어 Cl_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu 가 생성된다.



- 바로알기** ㄷ. 이동한 전자의 양이 2 mol일 때 Cu 1 mol과 Cl_2 1 mol이 생성된다.

- 05** 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O}$ 이므로 $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu 가 석출된다.



- ㄴ. (-)극인 전극 B에서는 Cu 가 석출된다.

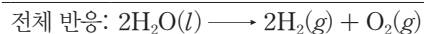
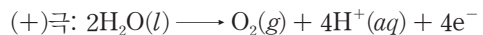
- 바로알기** ㄱ. (+)극인 전극 A에서는 O_2 기체가 발생한다.

- ㄷ. SO_4^{2-} 은 반응에 참여하지 않으므로 수용액 속 SO_4^{2-} 의 수는 일정하다.

- 06** 전해질 용융액을 전기 분해하면 (-)극에서 양이온이 환원되어 금속이 석출된다. 전해질 수용액을 전기 분해하면 (-)극에서 전해질의 양이온과 물 중 환원되기 더 쉬운 것이 환원된다. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Na}^+$ 이므로 각 물질을 전기 분해할 때 (-)극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

물질	(-)극에서 일어나는 반쪽 반응
① $\text{NaCl}(l)$	$\text{Na}^+(l) + e^- \longrightarrow \text{Na}(l)$
② $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(l)$	$\text{Cu}^{2+}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(l)$
③ $\text{NaCl}(aq)$	$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
④ $\text{CuCl}_2(aq)$	$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$
⑤ $\text{CuSO}_4(aq)$	$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$

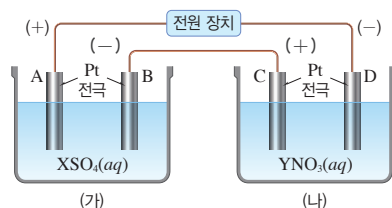
- 07** ㄱ. 황산 나트륨(Na_2SO_4)을 소량 녹인 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.



- ㄴ. ㉠은 O_2 , ㉡은 H_2 이므로 발생한 기체의 부피비는 ㉠ : ㉡ = 1 : 2이다.

- 바로알기** ㄷ. (+)극에서 H^+ 이 생성되므로 BTB 용액은 노란색으로 변한다. ㉢은 노란색이다.

08 품목 문제 분석

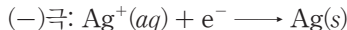
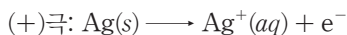


산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$, NO_3^- 이므로 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

전극		반쪽 반응
전극 A	(+)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
전극 B	(-)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$
전극 C	(+)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
전극 D	(-)극	$\text{Y}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$

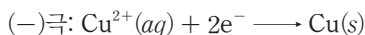
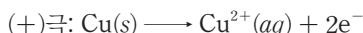
- ㄱ. 전극 B에서는 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.
 ㄴ. 전극 C는 (+)극이므로 산화 반응이 일어난다.
 ㄷ. (나)의 전극 C에서 H^+ 이 생성되므로 수용액의 pH는 감소한다.

09 (+)극에서는 Ag이 산화되어 Ag^+ 으로 녹아 들어가고, (-)극에서는 Ag^+ 이 환원되어 Ag이 석출된다.



- ㄱ. 은판은 (+)극에, 손가락은 (-)극에 연결한다.
 ㄷ. 손가락 표면에서 Ag이 석출되므로 손가락의 질량은 증가한다.
 [바로알기] ㄴ. (+)극에서 Ag^+ 1개가 생성될 때 (-)극에서 Ag^+ 1개가 감소하므로 수용액 속 Ag^+ 의 수는 일정하다.

10 (+)극에서는 Cu가 산화되어 Cu^{2+} 으로 녹아 들어가고, (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출된다.



- ㄱ. (-)극에서는 Cu가 석출되므로 구리판의 질량이 증가한다.
 ㄴ. Y는 (+)극 아래에 금속 상태로 가라앉으므로 구리보다 산화되기 어렵다. 즉, 이온화 경향은 $\text{Cu} > \text{Y}$ 이다.

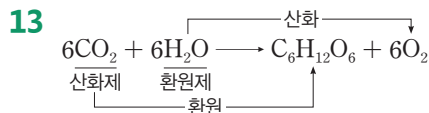
[바로알기] ㄷ. X와 Cu가 함께 산화되어 금속 양이온으로 수용액에 녹아 들어가고, (-)극에서 Cu만 석출되므로 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{X}^{2+}$ 이다.

11 ㄴ. N의 산화수는 N_2 에서 0, NH_3 에서 -3이다. N의 산화수가 감소하므로 N_2 는 환원된다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 산화·환원 반응이다.

[바로알기] ㄱ. 비타민 C는 활성 산소를 제거하여 산화 반응을 억제하는 항산화 작용을 한다. ㉠으로 '산화'가 적절하다.

12 [바로알기] ㄴ. 중화 반응은 산과 염기를 구성하는 원자의 산화수 변화가 없으므로 산화·환원 반응이 아니다.

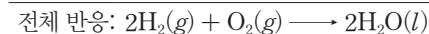
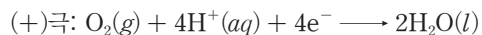


ㄱ. ㉠은 포도당이고, 화학식은 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 이다.

ㄴ. 광합성 반응은 산화·환원 반응이다.

[바로알기] ㄷ. CO_2 는 환원되므로 산화제로 작용한다.

14 ㄱ, ㄷ. 수소 연료 전지에서는 (-)극에서 H_2 가 전자를 잃고 산화되고, (+)극에서 O_2 가 전자를 받아 환원되면서 H_2O 이 생성된다. 따라서 전극 A는 (-)극, 전극 B는 (+)극이다.



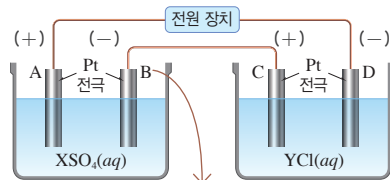
ㄴ. 전자는 도선을 따라 (-)극인 전극 A에서 (+)극인 전극 B로 이동한다.

실력 UP 문제

116쪽

01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ③

01 품목 문제 분석



금속 X가 석출되는 환원 반응이 일어나므로 (-)극이다.

산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{X}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Y}^+$ 이므로 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

전극		반쪽 반응
전극 A	(+)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
전극 B	(-)극	$\text{X}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{X}(s)$
전극 C	(+)극	$2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
전극 D	(-)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$

ㄱ. 금속의 이온화 경향은 금속이 산화되기 쉬운 경향이므로 금속 이온이 환원되기 쉬운 경향과 반대이다. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{X}^{2+} > \text{Y}^+$ 이므로 금속의 이온화 경향은 $\text{Y} > \text{X}$ 이다.

나. 전극 B에서 X^{2+} 이 환원되어 금속 X가 석출되므로 전극 B는 (-)극이다.

바로알기 다. 이동한 전자의 양이 4 mol일 때 전극 A에서는 O_2 기체 1 mol이 발생하고, 전극 C에서는 Cl_2 기체 2 mol이 발생한다. 따라서 전극 A와 C에서 발생하는 기체의 몰비는 1 : 2이다.

02 (나)는 용융염이므로 전해질의 양이온과 음이온이 각각 반응한다. 산화되기 쉬운 경향은 $Cl^- > H_2O > SO_4^{2-}$, NO_3^- 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $Z^{2+} > W^{2+} > H_2O > Y^{2+} > X^+$ 이므로 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

물질	전극	반쪽 반응
(가)	(+)극	$2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$
$W(NO_3)_2(aq)$	(-)극	$W^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow W(s)$
(나)	(+)극	$2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
$XCl(l)$	(-)극	$X^+(l) + e^- \longrightarrow X(l)$
(다)	(+)극	$2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
$YCl_2(aq)$	(-)극	$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
(라)	(+)극	$2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$
$ZSO_4(aq)$	(-)극	$Z^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Z(s)$

나. (+)극에서 O_2 기체가 발생하는 것은 (가), (라) 2가지이다.

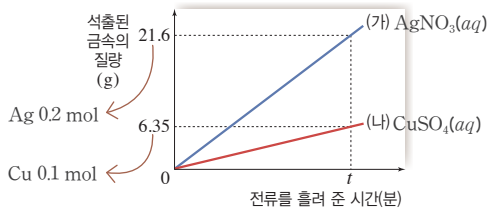
바로알기 나. (-)극에서 금속이 생성되는 것은 (가), (나), (라) 3가지이다.

다. (-)극 주변 용액의 pH가 증가하는 것은 OH^- 이 생성되는 (다) 1가지이다.

03 꼭꼭 문제 분석

각 수용액을 전기 분해할 때 (-)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

- $CuSO_4(aq)$: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$
- $AgNO_3(aq)$: $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

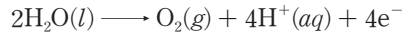


같은 양(mol)의 전자가 이동할 때 생성되는 금속의 몰비는 $Cu : Ag = 1 : 2$ 이고, 원자량은 $Ag > Cu$ 이다.

⇒ 같은 시간 동안 전기 분해했을 때 석출된 금속의 질량이 큰 (가)는 $AgNO_3(aq)$ 이고, (나)는 $CuSO_4(aq)$ 이다.

나. (가)에서 석출된 금속은 Ag이고, Ag의 원자량이 108이므로 Ag 21.6 g은 0.2 mol이다. 화학 반응식에서 Ag 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 1 mol이므로 Ag 0.2 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 0.2 mol이다.

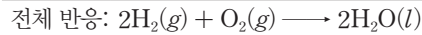
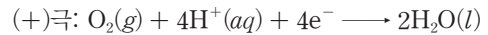
다. 산화되기 쉬운 경향은 $H_2O > SO_4^{2-}$, NO_3^- 이므로 각 수용액을 전기 분해할 때 (+)극에서는 모두 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생한다.



따라서 t분에서 발생한 기체의 양(mol)은 (가)와 (나)에서 같다.

바로알기 나. (가)는 $AgNO_3(aq)$ 이다.

04 수소 연료 전지에서는 (-)극에서 H_2 가 전자를 잃고 산화되고, (+)극에서 O_2 가 전자를 받아 환원되면서 H_2O 이 생성된다.



나. 화학 반응식에서 원자 수와 전하량을 비교하면 $x=2$, $y=4$ 이므로 $2x=y$ 이다.

나. 전극 A에서는 산화 반응이 일어나므로 (-)극이다.

바로알기 다. 전체 반응에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

중단원 핵심정리

117쪽

- ① 산화 ② 분극 ③ 염다리 ④ 클 ⑤ 환원 ⑥ 산화
⑦ 환원 ⑧ 음이온 ⑨ 양이온 ⑩ (+) ⑪ (-) ⑫ 물

중단원 마무리 문제

118쪽~121쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ② 04 ⑤ 05 ② 06 ①
07 ④ 08 ② 09 ③ 10 ③ 11 ③ 12 ②
13 ③ 14 ⑤ 15 ④ 16 해설 참조 17 해설 참조
18 해설 참조

01 꼭꼭 문제 분석

(가) $HCl(aq)$ 에 A를 담갔더니 H_2 기체가 발생하였다.

(나) $CuSO_4(aq)$ 에 A를 담갔더니 Cu가 석출되었고, 수용액 속 이온 수는 일정하였다. → 이온화 경향: $A > Cu$

→ A 이온의 전하: +2

(다) A 이온의 수용액에 B를 담갔더니 A가 석출되었다.

이온화 경향: $B > A$

나. (나)에서 A와 $CuSO_4(aq)$ 이 반응할 때 생성된 A 이온 수와 반응한 Cu^{2+} 의 수가 같으므로 A 이온의 전하는 +2이다. 따라서 (가)에서 일어나는 반응은 다음과 같다.



반응이 일어날 때 음이온 수는 일정하고 양이온 수는 감소하므로 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 감소한다.

ㄴ. (나)에서 A가 산화되어 A^{2+} 이 생성되고, Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출되므로 A 이온 수는 증가하고 Cu^{2+} 수는 감소한다.

따라서 (나)에서 $\frac{A \text{ 이온 수}}{Cu^{2+} \text{ 수}}$ 는 증가한다.

ㄷ. (나)에서 이온화 경향은 $A > Cu$ 이고, (다)에서 이온화 경향은 $B > A$ 이다. 따라서 B는 Cu보다 이온화 경향이 크므로 $CuSO_4(aq)$ 에 B를 담그면 Cu가 석출된다.

02 금속의 이온화 경향은 $Al > Zn > Fe > Cu > Ag$ 이다. 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화되기 쉬우므로 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속이 (-)극(B), 이온화 경향이 작은 금속이 (+)극(A)이다.

바로알기 ④ 이온화 경향은 $Cu > Ag$ 이므로 (+)극인 A에는 Ag이, (-)극인 B에는 Cu가 적절하다.

03 이온화 경향은 $Zn > Cu$ 이므로 Zn판은 (-)극, Cu판은 (+)극이다.

(-)극: $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

(+)극: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

ㄴ. Zn판에서는 Zn이 산화되어 Zn^{2+} 으로 녹아 들어가므로 Zn판의 질량은 감소한다.

바로알기 ㄱ. 두 전극에서 모두 기체가 발생하지 않으므로 분극 현상이 일어나지 않는다.

ㄷ. Cu판에서는 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu가 석출되므로 수용액 속 Cu^{2+} 의 수가 감소하여 수용액의 푸른색이 점점 없어진다.

04 ㄱ. 이온화 경향은 $Cu > Ag$ 이므로 Cu판은 (-)극, Ag판은 (+)극이다.

(-)극: $Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

(+)극: $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$

ㄴ. $Cu^{2+}(aq)$ 에서는 Cu^{2+} 의 양(mol)이 증가하고, $Ag^+(aq)$ 에서는 Ag^+ 의 양(mol)이 감소하므로 염다리 속의 음이온은 $Cu^{2+}(aq)$ 쪽으로, 양이온은 $Ag^+(aq)$ 쪽으로 이동하여 전하의 균형을 맞춘다.

ㄷ. 반응이 진행될 때 Cu가 산화되어 Cu^{2+} 이 되므로 Cu판의 질량은 감소하고, Ag^+ 이 환원되어 Ag이 석출되므로 Ag판의 질량은 증가한다. 따라서 $\frac{Ag판의 질량}{Cu판의 질량}$ 은 증가한다.

05 **바로알기** ㄱ. 높은 전압을 만들 수 있고, 자동차에 주로 사용되는 이차 전지는 납축전지이다.

ㄴ. KOH를 전해질로 사용하는 일차 전지이며, 수명이 길고 전압이 일정하게 유지되는 전지는 알칼리 건전지이다.

06 ㄱ. 금속의 이온화 경향이 클수록 산화되기 쉬우므로 표준 환원 전위가 작다. 따라서 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

바로알기 ㄴ. 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉬우므로 환원되기 쉬운 경향은 $D^+ > C^{2+}$ 이다.

ㄷ. 표준 전지 전위가 가장 큰 전지는 표준 환원 전위 차가 가장 큰 A와 D를 연결한 전지이다. 표준 환원 전위가 큰 D 반쪽 전지에서 환원 반응이, 표준 환원 전위가 작은 A 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어나므로 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = +0.80 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = 1.56 \text{ V}$ 이다.

07 황산 나트륨(Na_2SO_4)을 소량 녹인 물을 전기 분해하면 (+)극에서는 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

(+)극: $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

(-)극: $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

(+)극에서는 H^+ 이 생성되므로 BTB 용액이 노란색으로 변한다. (-)극에서는 OH^- 이 생성되므로 BTB 용액이 파란색으로 변한다.

08 산화되기 쉬운 경향은 $Cl^- > H_2O$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O > Na^+$ 이므로 $NaCl(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 Cl^- 이 산화되어 Cl_2 기체가 발생하고, (-)극에서는 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

(+)극: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

(-)극: $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

ㄴ. (-)극에서 H_2O 이 환원된다.

바로알기 ㄱ. (+)극에서 Cl_2 기체가 발생한다.

ㄷ. 산화되기 쉬운 경향은 $H_2O > SO_4^{2-}$ 이므로 $Na_2SO_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서 H_2O 이 산화되어 O_2 기체가 발생한다.

(+)극: $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

(-)극: $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

09 이온 결합 화합물의 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서는 음이온이 산화되고, (-)극에서는 양이온이 환원된다.

ㄱ. (가)는 A^+ 이 전자를 얻고 환원되는 반응이므로 (-)극에서 일어난다.

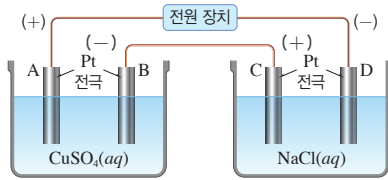
ㄴ. (나)는 B^- 이 전자를 잃고 산화되는 반응이다.

바로알기 ㄷ. 산화 반응과 환원 반응에서 이동하는 전자의 양(mol)은 같다. 반쪽 반응에서 전자의 양(mol)을 맞추면 두 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 $A : B_2 = 2 : 1$ 이다.

(가) $2A^+(l) + 2e^- \longrightarrow 2A(l)$

(나) $2B^-(l) \longrightarrow B_2(g) + 2e^-$

10 품평 문제 분석



산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Na}^+$ 이므로 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

전극	반쪽 반응
전극 A (+)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
전극 B (-)극	$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$
전극 C (+)극	$2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
전극 D (-)극	$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$

ㄱ. 전극 B에서 Cu^{2+} 이 환원된다.

ㄴ. 전극 C에서 Cl^- 이 산화되어 Cl_2 기체가 발생한다.

[바로알기] ㄷ. 산화 반응과 환원 반응에서 이동하는 전자의 양(mol)은 같다. 전극 A와 D의 반쪽 반응에서 전자의 양(mol)을 맞추면 전극 A와 D에서 발생하는 기체의 몰비는 $\text{O}_2 : \text{H}_2 = 1 : 2$ 이다.

• 전극 A: $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$

• 전극 D: $4\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(aq)$

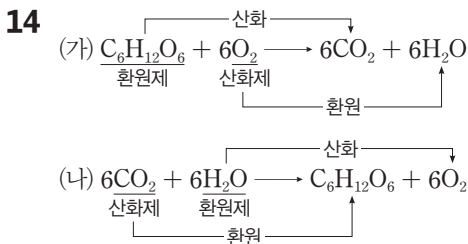
11 [바로알기] 학생 B: 물체에 금속을 전기 도금할 때 물체에서는 금속 이온이 환원되는 반응이 일어나야 하므로 (+)극에 도금 재료인 금속을, (-)극에 물체를 연결한다.

12 ㄴ. (-)극인 펜던트 표면에서는 Ag^+ 이 환원되어 Ag 이 석출된다.

[바로알기] ㄱ. 은판은 (+)극에, 펜던트는 (-)극에 연결한다.

ㄷ. (+)극인 은판에서는 Ag 이 산화되어 Ag^+ 으로 녹아 들어가기므로 은판의 질량은 감소한다.

13 수소 연료 전지는 수소(H_2)를 연료로, 공기 중의 산소(O_2)를 산화제로 사용한다. 연료인 수소를 계속 공급하여 (-)극에서 수소가 산화되고, (+)극에서 산소가 환원된다. 최종 생성물로 물만 생성되므로 환경 오염이 거의 없다.



ㄱ. (가)에서 포도당은 산화되고, (나)에서 물은 산화되므로 모두 환원제로 작용한다. ㉠은 환원제이다.

ㄴ. (가)에서 산소는 환원되고, (나)에서 이산화 탄소는 환원되므로 모두 산화제로 작용한다. ㉡은 산화제이다.

ㄷ. 세포 호흡과 광합성은 모두 산화·환원 반응이다.

15 ㄴ. 수소 연료 전지의 전체 반응식은 $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다. $\text{H}_2(g)$ 2 mol이 모두 반응할 때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 2 mol이 생성된다.

ㄷ. 수소 연료 전지의 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = +1.23 \text{ V} - (0.00 \text{ V}) = 1.23 \text{ V}$ 이다.

[바로알기] ㄱ. (+)극에서는 O_2 가 전자를 얻고 환원된다.

16 표준 환원 전위가 작은 X는 (-)극이 되고, 산화 반응이 일어난다. 표준 환원 전위가 큰 Y는 (+)극이 되고, 환원 반응이 일어난다.

(-)극: $\text{X}(s) \longrightarrow \text{X}^{2+}(aq) + 2e^-$

(+)극: $\text{Y}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$

[모범 답안] (1) X판의 질량은 감소하고, Y판의 질량은 증가한다.

(2) 표준 환원 전위가 큰 Y 반쪽 전지에서 환원 반응이 일어나고, 표준 환원 전위가 작은 X 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어난다. 따라서 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.34 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = 0.79 \text{ V}$ 이다.

채점 기준	배점
(1) X판과 Y판의 질량 변화를 옳게 쓴 경우	50 %
(2) 표준 전지 전위를 구하고, 풀이 과정을 옳게 서술한 경우	50 %
표준 전지 전위만 옳게 구한 경우	25 %

17 $\text{CuSO}_4(aq)$ 과 $\text{Na}_2\text{CO}_3(aq)$ 을 각각 전기 분해할 때 (+)극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

$2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$

[모범 답안] 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$, CO_3^{2-} 이므로 (+)극에서는 모두 H_2O 이 산화되어 산소(O_2) 기체와 수소 이온(H^+)이 생성된다. 따라서 (+)극 주변 용액의 액성은 산성이 된다.

채점 기준	배점
생성되는 기체와 용액의 액성을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
생성되는 기체와 용액의 액성만 옳게 쓴 경우	50 %
생성되는 기체만 옳게 쓴 경우	30 %

18 [모범 답안] (+)극에서는 구리(Cu)가 산화되어 구리 이온(Cu^{2+})으로 수용액에 녹아 들어가고, (-)극에서는 구리 이온이 환원되어 구리가 석출된다.

채점 기준	배점
(+)극과 (-)극에서 일어나는 산화·환원 반응을 옳게 서술한 경우	100 %
(+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다고만 서술한 경우	50 %

- 01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 ②
07 ⑤

01 — **꼼꼼 문제 분석**

[실험 과정]

(가) A^{a+} 과 B^{b+} 이 각각 xN mol씩 들어 있는 수용액에 C $2N$ mol을 넣어 반응을 완결시킨다.

(나) (가)의 수용액에 C $2N$ mol을 넣어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

- (가)와 (나)에서 C는 C^{c+} 으로 산화되었다.
- 각 과정 후 수용액에 들어 있는 금속 양이온 수의 비

과정	(가)	(나)
모든 금속 양이온 수의 비	1 : 1 : 3	4 : 5

A^{a+} 과 B^{b+} 중 1개지만 C와 반응하였다.
 $\Rightarrow A^{a+}$ 과 B^{b+} 의 양(mol)은 같지 않고,
 C^{c+} 의 양은 $2N$ mol이다.

선택지 분석

- ① $\frac{1}{2}$ ② $\frac{3}{2}$ ③ 2 ④ 4 ⑤ 7

전략적 풀이 ① 금속의 이온화 경향 순서를 이용하여 반응 (가)를 이해한다.

(가)에서 A^{a+} 과 B^{b+} 이 각각 xN mol씩 들어 있는 수용액에 C $2N$ mol을 넣어 반응을 완결시켰으므로 반응 후 A^{a+} 과 B^{b+} 의 양(mol)은 같지 않고, C^{c+} 의 양은 $2N$ mol이다.

I. 금속의 이온화 경향이 $B > A$ 인 경우

C와 A^{a+} 이 먼저 반응하므로 (가)에서 모든 양이온 수의 비는 $A^{a+} : C^{c+} : B^{b+} = 1 : 1 : 3$ 이다. 따라서 수용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 A^{a+} $2N$, B^{b+} $6N$, C^{c+} $2N$ 이고, $x=6$ 이다.

II. 금속의 이온화 경향이 $A > B$ 인 경우

C와 B^{b+} 이 먼저 반응하므로 (가)에서 모든 양이온 수의 비는 $B^{b+} : C^{c+} : A^{a+} = 1 : 1 : 3$ 이다. 따라서 수용액에 들어 있는 이온의 양(mol)은 A^{a+} $6N$, B^{b+} $2N$, C^{c+} $2N$ 이고, $x=6$ 이다.

② 화학 반응의 양적 관계를 이용하여 각 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온 수의 비를 파악한다.

I. 금속의 이온화 경향이 $B > A$ 인 경우

(가)에서 C와 A^{a+} 이 먼저 반응하며, 이때 양적 관계는 다음과 같다.

	aC	$+ cA^{a+}$	$\longrightarrow$	aC^{c+}	$+ cA$
반응 전(mol)	$2N$	$6N$		0	0
반응(mol)	$-2N$	$-\frac{2c}{a}N$		$+2N$	$+\frac{2c}{a}N$
반응 후(mol)	0	$(6-\frac{2c}{a})N$		$2N$	$\frac{2c}{a}N$

(가)에서 반응 후 양이온 수의 비는 $A^{a+} : C^{c+} = 1 : 1$ 이므로 $6 - \frac{2c}{a} = 2$, $2a = c$ 이다. 제시된 조건에서 $a \sim c$ 는 4보다 작은 자연수이고 $a > b$ 이므로 이를 만족하는 자연수는 없다.

II. 금속의 이온화 경향이 $A > B$ 인 경우

(가)에서 C와 B^{b+} 이 먼저 반응하며, 이때 양적 관계는 다음과 같다.

	bC	$+ cB^{b+}$	$\longrightarrow$	bC^{c+}	$+ cB$
반응 전(mol)	$2N$	$6N$		0	0
반응(mol)	$-2N$	$-\frac{2c}{b}N$		$+2N$	$+\frac{2c}{b}N$
반응 후(mol)	0	$(6-\frac{2c}{b})N$		$2N$	$\frac{2c}{b}N$

(가)에서 반응 후 양이온 수의 비는 $B^{b+} : C^{c+} = 1 : 1$ 이므로 $6 - \frac{2c}{b} = 2$, $2b = c$ 이다. $a \sim c$ 는 4보다 작은 자연수이고 $a > b$ 이므로 $a=2$ 또는 3 , $b=1$, $c=2$ 이다.

따라서 (가) 과정 후 수용액에 들어 있는 A^{a+} ($a=2$ 또는 3), B^{b+} , C^{c+} 의 양(mol)은 각각 $6N$, $2N$, $2N$ 이다.

(나)에서 추가로 반응시킨 C와 남은 B^{b+} 이 먼저 반응하며, 이때 양적 관계는 다음과 같다.

	C	$+ 2B^{b+}$	$\longrightarrow$	C^{c+}	$+ 2B$
반응 전(mol)	$2N$	$2N$		$2N$	0
반응(mol)	$-N$	$-2N$		$+N$	$+2N$
반응 후(mol)	N	0		$3N$	$2N$

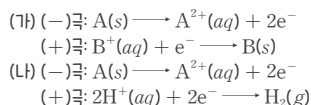
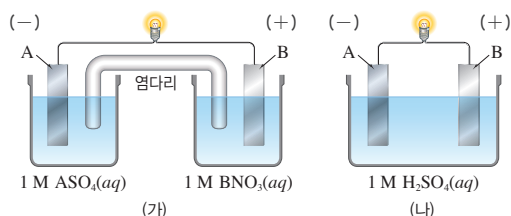
이후 위 반응 후 남은 C와 A^{a+} 이 반응하며, 이때 양적 관계는 다음과 같다.

	aC	$+ 2A^{a+}$	$\longrightarrow$	aC^{c+}	$+ 2A$
반응 전(mol)	N	$6N$		$3N$	0
반응(mol)	$-N$	$-\frac{2}{a}N$		$+N$	$+\frac{2}{a}N$
반응 후(mol)	0	$(6-\frac{2}{a})N$		$4N$	$\frac{2}{a}N$

$(6 - \frac{2}{a}) > 4$ 이므로 (나)에서 모든 양이온 수의 비는 $C^{c+} : A^{a+} = 4 : 5 = 4 : (6 - \frac{2}{a})$, $a=2$ 이다.

따라서 $\frac{c}{a+b} \times x = \frac{2}{2+1} \times 6 = 4$ 이다.

02 품평 문제 분석



선택지 분석

- ☐ ㉠ (가)에서 금속 A는 (-)극이다.
☒ ㉡ (나)에서 금속이 석출된다. H_2 기체가 발생한다
☐ ㉢ 표준 전지 전위($E^{\circ}_{\text{전지}}$)는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

전략적 풀이 ① 환원되기 쉬운 경향을 이용하여 (+)극과 (-)극을 판단하고, 각 전극에서 일어나는 반응을 파악한다.

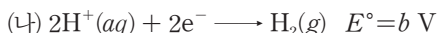
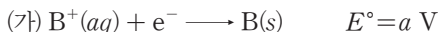
금속의 이온화 경향은 금속이 산화되기 쉬운 경향이므로 금속 이온이 환원되기 쉬운 경향과 반대이다. 환원되기 쉬운 경향은 $B^{+} > A^{2+}$ 이므로 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

㉠. (가)와 (나)에서 이온화 경향이 큰 A는 (-)극이 되고, 이온화 경향이 작은 B는 (+)극이 된다.

㉡. (나)에서는 A판에서 A가 산화되어 A^{2+} 으로 녹아 들어가고, B판에서는 H^{+} 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

② 표준 환원 전위를 이용하여 (가)와 (나)에서의 표준 전지 전위를 비교한다.

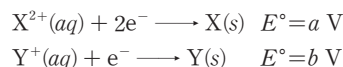
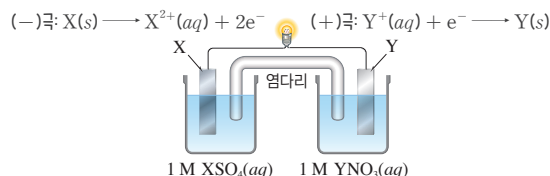
㉢. (가)와 (나)에서 산화 전극은 모두 A이므로 $E^{\circ}_{\text{산화 전극}}$ 는 같다. (가)와 (나)에서 $E^{\circ}_{\text{환원 전극}}$ 는 각각 다음 반쪽 반응의 표준 환원 전위이다.



환원되기 쉬운 경향은 $B^{+} > H^{+}$ 이고, 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉬우므로 $a > b$ 이다.

표준 전지 전위는 $E^{\circ}_{\text{전지}} = E^{\circ}_{\text{환원 전극}} - E^{\circ}_{\text{산화 전극}}$ 이므로 표준 전지 전위는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

03 품평 문제 분석



선택지 분석

- ☐ ㉠ 반응이 진행될 때 $\frac{[X^{2+}]}{[Y^{+}]}$ 는 증가한다.
☐ ㉡ 표준 환원 전위(E°)는 $Y^{+} > H_2O$ 이다.
☒ ㉢ 표준 전지 전위($E^{\circ}_{\text{전지}}$)는 $(2b - a) \text{ V}$ 이다. ($b - a$)

전략적 풀이 ① 표준 환원 전위를 비교하여 (+)극과 (-)극을 판단하고, 각 전극에서 일어나는 반응을 파악한다.

㉠. 표준 환원 전위가 큰 Y는 (+)극이 되고, 표준 환원 전위가 작은 X는 (-)극이 된다. X판에서는 X가 산화되어 X^{2+} 으로 녹아 들어가므로 수용액 속 X^{2+} 의 양(mol)은 증가한다. Y판에서는 Y^{+} 이 환원되어 Y가 석출되므로 수용액 속 Y^{+} 의 양(mol)은 감소한다. 따라서 반응이 진행될 때 $\frac{[X^{2+}]}{[Y^{+}]}$ 는 증가한다.

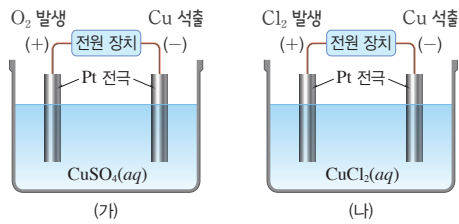
② 환원되기 쉬운 경향을 비교하여 표준 환원 전위의 크기를 비교한다.

㉡. 반응이 진행될 때 (+)극에서 Y가 석출되므로 Y^{+} 은 H_2O 보다 환원되기 쉽다. 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉬우므로 표준 환원 전위는 $Y^{+} > H_2O$ 이다.

③ 표준 환원 전위를 이용하여 표준 전지 전위를 구한다.

㉢. 표준 전지 전위는 $E^{\circ}_{\text{전지}} = E^{\circ}_{\text{환원 전극}} - E^{\circ}_{\text{산화 전극}} = b \text{ V} - a \text{ V} = (b - a) \text{ V}$ 이다. 표준 전지 전위를 구할 때 반쪽 전지의 화학 반응식의 계수가 변해도 표준 환원 전위에 상수를 곱하지 않으므로 주의한다.

04 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ (-)극에서 Cu가 석출된다.
 ✕ (+)극에서 O₂ 기체가 발생한다.
 ✕ (가)와 (나)의 각 전극에서 생성되는 금속 또는 기체의 몰비는 (+)극 : (-)극 = 1 : 2로 같다. 같지 않다

전략적 풀이 ① 산화되기 쉬운 경향과 환원되기 쉬운 경향을 이용하여 각 전극에서 생성되는 물질을 파악한다.

ㄱ. 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}_2\text{O}$ 이므로 (가)와 (나)의 (-)극에서 공통으로 Cu가 석출된다.

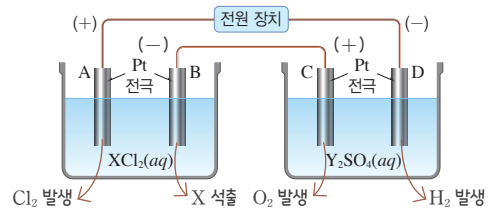
ㄴ. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이므로 (가)의 (+)극에서는 O₂ 기체가 발생하고, (나)의 (+)극에서는 Cl₂ 기체가 발생한다. 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

전극	반쪽 반응
(가)	(+)극 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
	(-)극 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$
(나)	(+)극 $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
	(-)극 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$

② 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응의 화학 반응식을 이용하여 생성물의 종류와 양적 관계를 파악한다.

ㄷ. 산화 반응과 환원 반응에서 이동하는 전자의 양(mol)은 같다. (가)의 반쪽 반응에서 전자의 양(mol)을 맞추면 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 (+)극 : (-)극 = O₂ : Cu = 1 : 2이다. (나)의 반쪽 반응에서 전자의 양(mol)을 맞추면 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 (+)극 : (-)극 = Cl₂ : Cu = 1 : 1이다.

05 품공 문제 분석



선택지 분석

- ㉠ 전극 B에서 환원 반응이 일어난다.
 ㉡ 전극 D 주변 용액의 pH는 증가한다.
 ✕ 전극 A와 C에서 발생하는 기체의 몰비는 A : C = 1 : 1이다. 2 : 1

전략적 풀이 ① 전기 분해가 일어날 때 (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응을 파악한다.

ㄱ. 전극 B는 (-)극이므로 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

② 산화되기 쉬운 경향과 환원되기 쉬운 경향을 이용하여 각 전극에서 생성되는 물질을 파악한다.

ㄴ. 산화되기 쉬운 경향은 $\text{Cl}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{SO}_4^{2-}$ 이고, 환원되기 쉬운 경향은 $\text{X}^{2+} > \text{H}_2\text{O} > \text{Y}^+$ 이므로 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응은 다음과 같다.

전극	반쪽 반응
전극 A	(+)극 $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$
전극 B	(-)극 $\text{X}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{X}(s)$
전극 C	(+)극 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
전극 D	(-)극 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$

전극 D에서는 OH⁻이 생성되므로 주변 용액의 pH가 증가한다.

③ 각 전극에서 일어나는 반쪽 반응의 화학 반응식을 이용하여 생성물의 종류와 양적 관계를 파악한다.

ㄷ. 전체 반응에서 이동하는 전자의 양(mol)은 같으므로 전극 A와 C에서 발생하는 기체의 몰비는 A : C = Cl₂ : O₂ = 2 : 1이다.

- 전극 A: $4\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow 2\text{Cl}_2(g) + 4e^-$
- 전극 C: $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$

06 품평 문제 분석

→ 환원 반응이므로 (-)극이다.



→ 산화 반응이므로 (+)극이다.

선택지 분석

✕ (가)는 (+)극에서 일어난다. (-)

ㄴ 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O > X^+$ 이다.

✕ 전체 반응에서 전자 2 mol이 이동하는 동안 (-)극과 (+)극에서 발생하는 기체의 양은 총 3 mol이다. 1.5

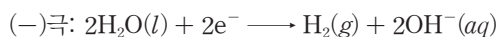
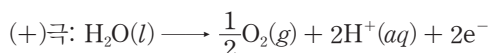
전략적 풀이 ① 전해질 수용액의 전기 분해에서 (+)극과 (-)극에서 일어나는 반응을 파악한다.

ㄱ. (가)는 H_2O 이 전자를 얻는 환원 반응이고, (나)는 H_2O 이 전자를 잃는 산화 반응이므로 (가)는 (-)극, (나)는 (+)극에서 일어난다.

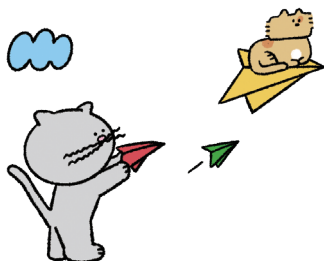
ㄴ. (-)극에서 H_2O 이 환원되므로 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O > X^+$ 이다.

② 전체 반응의 화학 반응식을 이용하여 양적 관계를 파악한다.

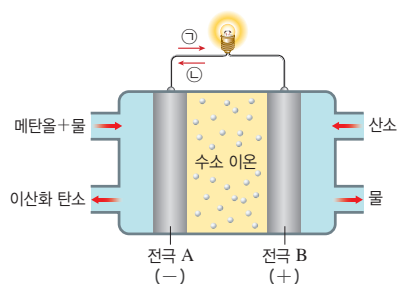
ㄷ. 이동하는 전자의 양(mol)을 맞추면 반쪽 반응식과 전체 반응식은 다음과 같다.



따라서 전체 반응에서 전자 2 mol이 이동하는 동안 (-)극과 (+)극에서 발생하는 기체는 H_2 1 mol과 O_2 0.5 mol이므로 전체 기체의 양은 총 1.5 mol이다.

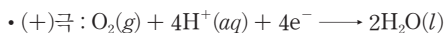
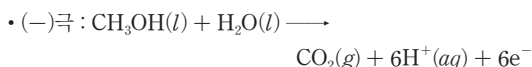


07 품평 문제 분석



[자료]

메탄올 연료 전지는 백금 전극을 사용하고, 메탄올(CH_3OH)과 물(H_2O), 산소(O_2) 기체를 반응시켜 전기 에너지를 얻는다. 전해질 역할을 하는 수소 이온(H^+)은 고분자 막 사이에서 이동한다.



선택지 분석

ㄱ 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

ㄴ 전극 A 주변 용액의 pH는 감소한다.

㉡ 전체 반응에서 반응 몰비는 산화되는 물질 : 환원되는 물질 = 2 : 3이다.

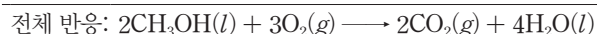
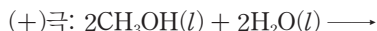
전략적 풀이 ① 전극 A와 B에서 일어나는 반응을 파악하여 전자의 이동 방향을 판단한다.

ㄱ. 전극 A 쪽에 메탄올과 물이 공급되므로 전극 A는 (-)극이고 산화 반응이 일어난다. 전극 B 쪽에 산소가 공급되므로 전극 B는 (+)극이고 환원 반응이 일어난다. 전자는 도선을 따라 (-)극인 전극 A에서 (+)극인 전극 B로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

ㄴ. 전극 A에서는 H^+ 이 생성되므로 전극 A 주변 용액의 pH는 감소한다.

② 전체 반응의 화학 반응식을 이용하여 양적 관계를 파악한다.

ㄷ. 이동하는 전자의 양(mol)을 맞추면 반쪽 반응식과 전체 반응식은 다음과 같다.



산화되는 물질은 CH_3OH 이고, 환원되는 물질은 O_2 이므로 반응 몰비는 산화되는 물질 : 환원되는 물질 = $CH_3OH : O_2 = 2 : 3$ 이다.

탄소 화합물과 반응

1 탄소 화합물

01 / 탄소 화합물

개념 확인 문제

129쪽

① 탄소(C) ② 탄화수소 ③ -OH ④ 알데하이드 ⑤ -COOH

1 (1) ○ (2) ○ (3) × 2 ㄱ, ㄴ 3 CH₄ 4 ㉠ -OH
 ㉡ 알데하이드 ㉢ 카복실기 5 (가) C₂H₅OH (나) CH₃CHO
 (다) CH₃COOH 6 ㄱ, ㄷ

1 (1), (2) 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이다. 탄소는 원자가 전자가 4개이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 할 수 있다.

(3) 탄소 화합물에서 탄소 원자들은 결합을 반복하여 긴 사슬 모양뿐만 아니라 가지 모양, 고리 모양 등 다양한 구조를 이룬다.

2 ㄱ, ㄴ. (가)~(다)는 모두 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄화수소이며, 완전 연소하면 이산화 탄소(CO₂)와 물(H₂O)을 생성한다.

ㄷ. 탄화수소는 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

3 C 원자와 H 원자로만 이루어진 탄화수소 중 가장 간단한 화합물은 C 원자 1개가 H 원자 4개와 결합한 메테인(CH₄)이다.

4 알코올은 탄화수소에서 H 원자 대신 하이드록시기(-OH)가 결합한 화합물이다. 작용기 알데하이드기(-CHO)가 포함된 탄소 화합물을 알데하이드라고 한다. -COOH는 카복실기이고 -COOH가 포함된 탄소 화합물은 카복실산이다.

5 시정식은 작용기를 따로 표현한 화학식이다. (가)는 에탄올(C₂H₅OH)이고, (나)는 아세트알데하이드(CH₃CHO)이며, (다)는 아세트산(CH₃COOH)이다.

6 ㄱ. (가)는 알코올, (나)는 알데하이드, (다)는 카복실산이다. ㄴ. 아세트알데하이드((나))는 접착제의 원료로 이용되거나 향료로 쓰인다. 의약품 소독제로 이용되는 것은 에탄올((가))이다.

ㄷ. 카복실산은 물에 녹아 이온화하여 H⁺을 내놓으므로 아세트산((다)) 용액은 산성을 나타낸다.

개념 확인 문제

132쪽

① 산화 ② 알데하이드 ③ 카복실산 ④ 환원 ⑤ 에스터

1 (1) × (2) × (3) ○ 2 ㉠ 산화 ㉡ 폼산(HCOOH)
 3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × 4 (1) × (2) ○ (3) ○ 5 ㄱ, ㄴ

1 (1) 알코올의 성질은 -OH에 의해 나타나며, 알코올이 산화되면 하이드록시기(-OH)와 결합하고 있던 탄소(C) 원자가 산화되어 알데하이드기(-CHO)로 변한다.

(2) 알데하이드가 환원되면 알코올이 되고, 알데하이드가 산화되면 카복실산이 된다.

(3) 은거울 반응에서 알데하이드는 카복실산으로 산화되고, 수용액 속의 은 이온(Ag⁺)은 전자를 얻어 은(Ag)으로 환원된다. 즉, 은거울 반응으로 알데하이드의 환원성을 확인할 수 있다.

2 메탄올(CH₃OH)이 산화되면 폼알데하이드(HCHO)가 되고, HCHO가 산화되면 폼산(HCOOH)이 된다.

3 (가)는 에탄올(C₂H₅OH), (나)는 아세트알데하이드(CH₃CHO), (다)는 아세트산(CH₃COOH)이다.

(1) 반응 ㉠에서 작용기는 -OH에서 -CHO로 변하고, 반응 ㉡에서 작용기는 -CHO에서 -COOH로 변한다.

(2) 아세트알데하이드가 환원되면 에탄올이 된다.

(3) 분자 1개에 포함된 O 원자 수가 (가)와 (나)는 1개이고, (다)는 2개이다.

(4) (다)는 (나)가 산화되어 생성된 물질이다. (다)가 환원되면 (나)가 된다.

4 (1) ㉠ 은 아세트산(CH₃COOH)이므로 카복실기(-COOH)가 있다.

(2) 에탄올(C₂H₅OH)이 산화되면서 다이크로뮴산 이온(Cr₂O₇²⁻)이 크로뮴 이온(Cr³⁺)으로 환원된다. Cr의 산화수는 Cr₂O₇²⁻에서 +6이고, Cr³⁺에서 +3이므로 감소하였다.

(3) C₂H₅OH은 CH₃COOH으로 산화된다.

5 ㄱ. 포도당은 수용액에서 -OH가 있는 고리형과 -CHO가 있는 사슬형이 평형을 이룬다. 즉, ㉠에서 포도당에는 -CHO가 있다.

나. 포도당에는 $-CHO$ 가 있다. 알데하이드는 카복실산으로 산화되면서 은 이온(Ag^+)을 은(Ag)으로 환원시키므로 Ag 이 석출된다.
 다. (다)에서 포도당은 산화된다.

대표자료분석 1

133쪽

- 1 (가), (나), (다) 2 (바)
 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×
 4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ×

(가)는 메테인(CH_4), (나)는 에타인(아세틸렌, C_2H_2), (다) 프로펜(C_3H_6), (라)는 에탄올(C_2H_5OH), (마)는 폼알데하이드($HCHO$), (바)는 아세트산(CH_3COOH)이다.

1 탄화수소는 탄소 원자와 수소 원자로만 이루어진 탄소 화합물로 (가), (나), (다)는 탄화수소이다.

2 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓을 수 있는 탄소 화합물은 $-COOH$ 가 있는 (바) 아세트산이다.

3 (2) (나)는 무색무취의 기체로 금속의 용접 및 절단 등에 이용된다.

(4) (바)는 신맛이 나며, 식초의 성분이다. (마)의 수용액인 포르말린은 부패를 방지할 수 있어 생물의 표본을 제작하는 데 이용된다.

4 (1) (나)의 분자식은 C_2H_2 이고, (다)의 분자식은 C_3H_6 이므로 원자 수비는 (나)는 $C:H=1:1$ 이고, (다)는 $C:H=1:2$ 이다. 따라서 같은 질량의 C 원자와 결합한 H 원자 수는 (다)가 (나)보다 크다.

(2) (가)는 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않지만, (라)는 알코올로 극성 부분인 $-OH$ 가 있어 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

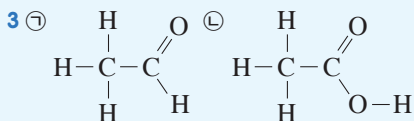
(3) (다)와 (라)가 완전 연소하면 모두 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 생성하므로 생성물의 가짓수는 (다)와 (라)에서 같다.

(4) $\frac{C \text{ 원자 수}}{O \text{ 원자 수}}$ 는 (마)에서 $\frac{1}{1}$, (바)에서 $\frac{2}{2}$ 이므로 모두 1로 같다.

대표자료분석 2

134쪽

- 1 (나), $-CHO$ 2 (다), $HCOOH$



- 4 (1) × (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

(가)는 메탄올(CH_3OH), (나)는 폼알데하이드($HCHO$), (다)는 폼산($HCOOH$), (라)는 에탄올(C_2H_5OH)이다.

1 CH_3OH ((가))이 산화되면 작용기 $-OH$ 가 $-CHO$ 로 변하여 $HCHO$ ((나))가 된다. $HCHO$ 에는 $-CHO$ 가 있다.

2 $HCHO$ ((나))가 산화되면 작용기 $-CHO$ 가 $-COOH$ 로 변하므로 $HCOOH$ ((다))이 된다.

3 C_2H_5OH ((라))이 산화되면 CH_3CHO 가 되고, CH_3CHO 가 산화되면 CH_3COOH 이 된다.

4 (1) (가)는 CH_3OH 이다. 곡물이나 과일 속 포도당이 발효될 때 생성되는 알코올은 C_2H_5OH ((라))이다.

(2) (가)는 $-OH$ 가 있는 알코올이고, (다)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산이다.

(3) $HCHO$ ((나))를 환원시키면 CH_3OH ((가))이 된다.

(4) $HCOOH$ ((다))를 환원시키면 $HCHO$ ((나))를 만들 수 있고, $HCHO$ ((나))를 산화시키면 $HCOOH$ ((다))를 만들 수 있다.

(5) 은거울 반응을 할 수 있는 물질은 $-CHO$ 가 있는 물질이므로 (나)와 (다) 2가지이다.

내신만점문제

135쪽~137쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 해설 참조 05 ⑤
 06 ⑤ 07 ③ 08 ② 09 ③ 10 해설 참조
 11 ② 12 ⑤ 13 ④ 14 ① 15 ④

01 ㄱ. 탄소는 원자가 전자가 4개이므로 최대 4개의 다른 원자와 공유 결합을 할 수 있다.

ㄴ. 탄소 원자들이 결합을 반복하여 사슬 모양, 고리 모양, 가지 모양 등 여러 가지 구조를 형성할 수 있다.

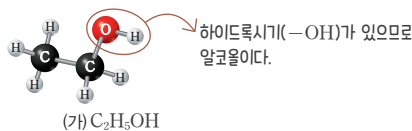
[바로알기] ㄴ. 탄소와 탄소 사이에는 단일 결합뿐만 아니라 이중 결합이나 삼중 결합을 형성할 수 있다.

02 ㄱ. (가)~(다)는 모두 탄소 원자와 수소 원자로만 이루어진 탄화수소이다.

ㄴ. 탄화수소는 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

ㄴ. 탄화수소는 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 생성한다.

03 품평 문제 분석

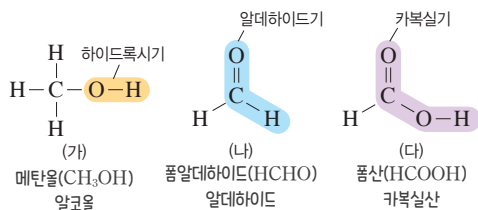


ㄱ. 알코올의 $-OH$ 와 이웃한 알코올의 $-OH$ 사이에 수소 결합이 작용한다.

ㄴ. (가)는 탄소 수가 2인 알코올인 에탄올(C_2H_5OH)이다. C_2H_5OH 은 살균 효과가 있어 의약품 소독제로 이용된다.

바로알기 ㄷ. 알코올의 $-OH$ 는 수용액에서 이온화하지 않으므로 수용액에서 중성을 나타낸다. 따라서 수용액은 전기 전도성이 없다.

04 품평 문제 분석

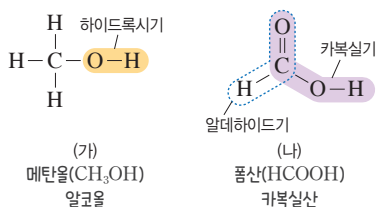


시성식은 탄소 화합물의 성질을 쉽게 파악하기 위해 작용기를 따로 표현한 화학식이다.

모범 답안 (가) CH_3OH (나) $HCHO$ (다) $HCOOH$, (가)는 $-OH$ 가 있는 알코올이고, (나)는 $-CHO$ 가 있는 알데하이드이며, (다)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산이다.

채점 기준	배점
(가)~(다)의 시성식을 모두 옳게 쓰고, 작용기에 따른 탄소 화합물의 분류를 옳게 한 경우	100 %
(가)~(다)의 시성식만 옳게 쓰거나, 작용기에 따른 탄소 화합물의 분류만 옳게 한 경우	50 %

05 품평 문제 분석

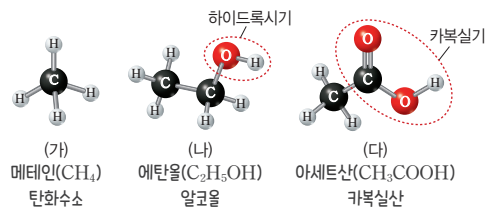


ㄱ. (가)는 하이드록시기($-OH$)가 있으므로 알코올이다.

ㄴ. (나)에는 알데하이드기($-CHO$)와 카복시기($-COOH$)가 모두 있다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 탄소 수가 작고, 극성 부분인 $-OH$ 또는 $-COOH$ 가 있어 모두 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

06 품평 문제 분석



ㄱ. (가)는 탄소 수가 1인 탄화수소로 CH_4 이다. CH_4 은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.

ㄴ. (나)는 $-OH$ 가 있고, 탄소 수가 2인 알코올인 C_2H_5OH 이다. C_2H_5OH 은 살균 효과가 있어 의약품 소독제로 이용된다.

ㄷ. (가)는 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다. 반면 (다)는 탄소 수가 작은 카복실산으로, 극성 부분인 $-COOH$ 가 있어 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

07 (가)는 에탄올(C_2H_5OH), (나)는 포알데하이드($HCHO$), (다)는 아세트산(CH_3COOH)이다.

ㄱ. C_2H_5OH 은 술의 주성분이다.

ㄴ. 식초는 아세트산 수용액이다.

바로알기 ㄷ. (나)는 $-CHO$ 가 있는 알데하이드이며, (다)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산이다. (나)와 (다)는 작용기가 서로 달라 화학적 성질이 서로 다르다.

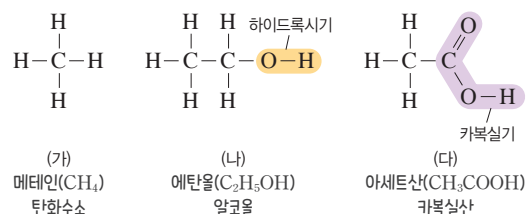
08 메테인(CH_4), 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH) 중 탄화수소는 메테인(CH_4) 1가지이다. 따라서 ㉠은 메테인(CH_4)이고, ㉡은 에탄올(C_2H_5OH)이다.

ㄴ. CH_4 은 분자당 원자 수가 5이고, C_2H_5OH 은 분자당 원자 수가 9이다.

바로알기 ㄱ. CH_4 은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다. 액화 석유 가스(LPG)의 주성분은 프로펜(C_3H_8)과 뷰테인(C_4H_{10})이다.

ㄷ. CH_3COOH 과 C_2H_5OH 은 모두 물에 잘 용해되므로 '물에 잘 용해되는가?'는 분류 기준 (가)로 적절하지 않다.

09 품평 문제 분석



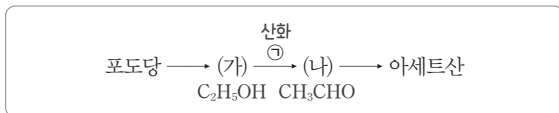
ㄱ. (가)는 탄소 원자와 수소 원자로만 이루어진 탄화수소이다.
 ㄴ. (나)를 산화시키면 아세트알데하이드를 거쳐 아세트산인 (다)를 만들 수 있다. 따라서 (다)를 환원시키면 (나)를 만들 수 있다.
바로알기 ㄴ. (나)는 물에 녹아 이온화하지 않고, (다)는 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓는다. 따라서 (나)의 수용액은 중성이고, (다)의 수용액은 산성이다.

10 **모범 답안** 아세트알데하이드에는 $-CHO$ 가 있고, 아세트산에는 $-COOH$ 가 있다. 따라서 은거울 반응 실험을 했을 때 은이 석출되면 아세트알데하이드, 은이 석출되지 않으면 아세트산이다.
 아세트산은 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 산성이지만, 아세트알데하이드는 이온화하지 않으므로 중성이다. 따라서 수용액에 BTB 용액을 떨어뜨렸을 때 노란색이면 아세트산, 색 변화가 없으면 아세트알데하이드이다.

채점 기준	배점
은거울 반응 유무로 확인한다고 서술한 경우 또는 수용액에 BTB 용액을 넣어 색 변화로 확인한다고 서술한 경우	100 %
그 외의 경우	0 %

11 ㄴ. $-COOH$ 가 있는 카복실산 A와 $-OH$ 가 있는 알코올 B가 반응하여 $-COO-$ 가 있는 에스터가 만들어진다.
바로알기 ㄱ. CH_3CHO 가 산화되면 CH_3COOH 이 만들어지므로 A에는 $-COOH$ 가 있다.
 ㄴ. $HCHO$ 가 환원되면 CH_3OH 이 만들어지므로 B에는 $-OH$ 가 있다.

12 품평 문제 분석

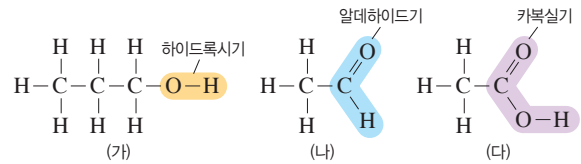


중간 생성물	성질
(가)	무색의 액체로 살균 효과가 있다.
(나)	다른 물질을 환원시키는 성질이 있다.

- 포도당을 발효시키면 에탄올(C_2H_5OH)이 생성된다.
- 포도당이 (가)와 (나)를 거쳐 아세트산(CH_3COOH)으로 되므로 각 단계에서 산화 반응이 일어난다. $\rightarrow$ 아세트산이 환원되어 생성되는 (나)는 아세트알데하이드(CH_3CHO)이다.

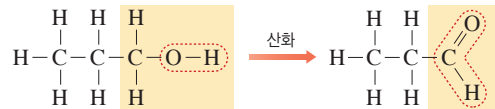
ㄱ. (가)는 에탄올(C_2H_5OH)이다.
 ㄴ. (나)는 CH_3CHO 이므로 $-CHO$ 가 있다.
 ㄷ. C_2H_5OH (가)이 CH_3CHO (나)로 변하는 과정은 산화 반응이다.

13 품평 문제 분석



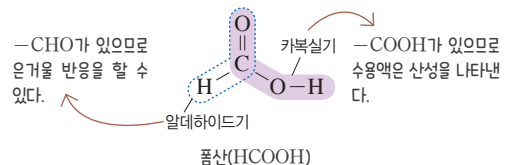
ㄴ. (나)에는 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.
 ㄷ. (나)가 산화되면 CH_3COOH 인 (다)가 되므로 (다)가 환원되면 (나)가 된다.

바로알기 ㄱ. (가)가 산화되면 작용기 $-OH$ 가 $-CHO$ 로 변하여 C_2H_5CHO 이 된다.

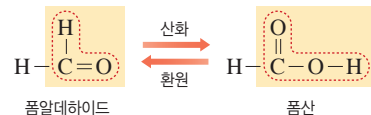


(나)는 탄소 수가 2인 C_2H_5OH 이 산화될 때 만들어진다.

14 품평 문제 분석



②, ⑤ $-COOH$ 가 있어 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이고, $NaOH(aq)$ 과 중화 반응하여 물을 생성한다.
 ③ 폼산($HCOOH$)은 폼알데하이드($HCHO$)를 산화시켜 만들 수 있으며, $HCOOH$ 이 환원되면 $HCHO$ 가 된다.

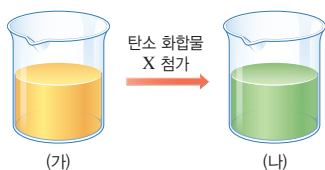


④ $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.
바로알기 ① 에탄올(C_2H_5OH)이 산화되면 CH_3CHO 를 거쳐 아세트산(CH_3COOH)이 만들어진다. $HCOOH$ 은 탄소 수가 1인 $HCHO$ 가 산화될 때 만들어진다.

15 ㄴ. 홈 B에서는 C_2H_5OH 이 산화되면서 $Cr_2O_7^{2-}$ 은 Cr^{3+} 으로 환원되므로 용액의 색은 주황색에서 초록색으로 변한다.
 ㄷ. C_2H_5OH 이 산화되어 CH_3CHO 를 거쳐 CH_3COOH 으로 될 때 작용기는 $-OH \rightarrow -CHO \rightarrow -COOH$ 로 변한다.
바로알기 ㄱ. $Cr_2O_7^{2-}$ 이 Cr^{3+} 으로 환원되므로 Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 감소한다.

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ㄱ, ㄷ, ㄹ

01 품평 문제 분석



(가)의 디크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$)에서 Cr의 산화수는 +6이고, (나)의 황산 크로뮴($Cr_2(SO_4)_3$)에서 Cr의 산화수는 +3이다. $\Rightarrow$ Cr의 산화수가 감소하므로 $K_2Cr_2O_7$ 은 환원되고 탄소 화합물 X는 산화된다.

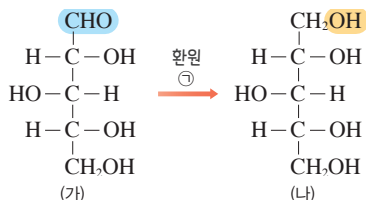
ㄱ. (가)에서 (나)로 될 때 Cr의 산화수는 +6에서 +3으로 감소한다.

ㄴ. X는 자신은 산화되면서 $K_2Cr_2O_7$ 을 환원시킨다.

ㄷ. X는 알코올이므로 산화되면 작용기가 $-OH \rightarrow -CHO \rightarrow -COOH$ 로 변한다. 따라서 (나)에는 $-COOH$ 가 있는 화합물이 존재한다.

02 품평 문제 분석

반응 ㉠에 의해 작용기 $-CHO$ 가 $-OH$ 로 변한다. $\Rightarrow$ (가)는 (나)로 환원된다.

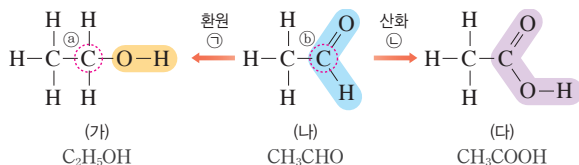


ㄱ. (가)와 (나)에는 극성 부분인 $-OH$ 가 많으므로 모두 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

바로알기 ㄴ. 반응 ㉠에 의해 작용기 $-CHO$ 가 $-OH$ 로 변한 것으로 보아 (가)는 (나)로 환원된다.

ㄷ. (나)에는 $-CHO$ 가 없으므로 은거울 반응을 하지 않는다.

03 품평 문제 분석



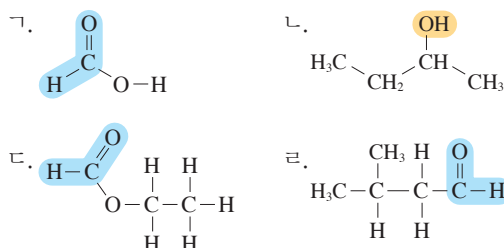
- 반응 ㉠에 의해 작용기 $-CHO$ 가 $-OH$ 로 변한다. $\Rightarrow$ 아세트알데하이드(CH_3CHO)는 (가)로 환원된다.
- 반응 ㉡에 의해 작용기 $-CHO$ 가 $-COOH$ 로 변한다. $\Rightarrow$ 아세트알데하이드(CH_3CHO)는 (다)로 산화된다.

ㄷ. (나)는 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

바로알기 ㄱ. ㉠ 반응이 일어날 때 CH_3CHO 가 C_2H_5OH ((가))로 환원된다. 이때 C의 산화수는 +1에서 -1로 감소한다. 즉, ㉠은 -1, ㉡은 +1이므로 ㉡이 ㉠보다 크다.

ㄴ. ㉡은 산화이다.

04 품평 문제 분석



$-CHO$ 가 있는 물질들은 은거울 반응을 할 수 있다.

ㄱ, ㄷ, ㄹ. 분자 내 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 분자 내 $-CHO$ 가 없으므로 은거울 반응을 하지 않는다.

중단원 핵심 정리

139쪽

- | | | | |
|----------|-----------|-------|---------|
| ① 탄소 화합물 | ② 수소(H) | ③ 작용기 | ④ $-OH$ |
| ⑤ $-CHO$ | ⑥ $-COOH$ | ⑦ 산화 | ⑧ 산화 |
| ⑨ 환원 | ⑩ 에스터 | | |

중단원 마무리 문제

140쪽~143쪽

- | | | | |
|----------|------|--------------------|----------|
| 01 ③ | 02 ③ | 03 (가) 메테인 (나) 에탄올 | 04 ⑤ |
| 05 ③ | 06 ⑤ | 07 ③ | 08 ⑤ |
| 09 ① | 10 ⑤ | 11 ⑤ | 12 ⑤ |
| 13 ④ | 14 ④ | 15 ⑤ | 16 해설 참조 |
| 17 해설 참조 | | | |

01 바로알기 학생 B. 탄소 원자는 원자가 전자 수가 4로 최대 4개의 다른 원자와 결합할 수 있다. 탄소와 탄소 사이에 이중 결합이나 삼중 결합을 형성하는 경우, 결합한 원자 수는 4보다 작다.

02 ㄴ, ㄷ. 탄소 화합물은 탄소(C) 원자가 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 할로젠(F, Cl, Br, I) 등의 원자와 결합하여 만들어진 화합물이므로 C_2H_6 과 $HCHO$ 는 탄소 화합물이다.

[바로알기] ㄱ, ㄹ. NH_3 와 $CaCl_2$ 은 탄소 원자를 포함하고 있지 않으므로 탄소 화합물이 아니다.

03 액화 천연 가스(LNG)의 주성분은 메테인(CH_4)이고, 곡물을 발효시켜 얻을 수 있는 물질은 에탄올(C_2H_5OH)이다.

04 ㄱ, ㄷ. (가)~(다)는 모두 탄소(C) 원자와 수소(H) 원자로만 이루어진 탄화수소이며, 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2)와 물(H_2O)을 생성한다.

ㄴ. 탄화수소는 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

05 ㄱ. X 1 mol이 완전 연소하면 이산화 탄소(CO_2) 2 mol, 물(H_2O) 2 mol이 생성되므로 X를 구성하는 탄소(C) 원자 수는 2, 수소(H) 원자 수는 4이다. 이때 탄소 원자 사이에 이중 결합

이 1개 있으므로 X로 적절한 물질은 $\begin{array}{c} H & & H \\ & \diagdown & / \\ & C = C \\ & / & \diagdown \\ H & & H \end{array}$ 이다. 즉, X

는 에텐(에틸렌, C_2H_4)이다.

ㄷ. C_2H_4 은 덜 익은 상태로 수확한 과일을 익히는 데 이용된다.

[바로알기] ㄴ. C_2H_4 은 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

06 ㄱ. 메테인(CH_4), 에탄올(C_2H_5OH), 암모니아(NH_3) 중 CH_4 과 C_2H_5OH 은 탄소 화합물이고, NH_3 는 탄소 화합물이 아니므로 '탄소 화합물인가?'는 (가)로 적절하다.

ㄴ, ㄷ. CH_4 과 C_2H_5OH 중 액화 천연 가스(LNG)의 주성분인 것은 CH_4 이므로 ㉠은 CH_4 이고, ㉡은 C_2H_5OH 이다. CH_4 은 C 원자와 H 원자로만 이루어진 탄화수소이고, C_2H_5OH 은 살균 효과가 있어 의약품 소독제로 이용된다.

07 — 찐찐 문제 분석

- (가)와 (나)에는 O 원자에 결합한 H 원자가 있다.
- (나)와 (다)는 $\frac{O \text{ 원자 수}}{C \text{ 원자 수}} = 1$ 이다.

- (가)와 (나)는 각각 아세트산(CH_3COOH)과 에탄올(C_2H_5OH) 중 하나이다.
- (나)와 (다)는 각각 포말데하이드($HCHO$)와 아세트산(CH_3COOH) 중 하나이다. 따라서 (가)는 에탄올(C_2H_5OH), (나)는 아세트산(CH_3COOH), (다)는 포말데하이드($HCHO$)이다.

ㄱ. 분자당 탄소 수는 C_2H_5OH ((가))에서 2이고, $HCHO$ ((다))에서 1이므로 (가) > (다)이다.

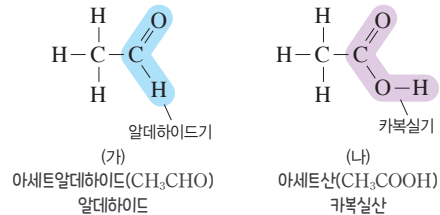
ㄴ. (나)는 CH_3COOH 이다. CH_3COOH 은 $-COOH$ 가 있는 카복실산으로 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성을 나타낸다.

[바로알기] ㄷ. (다)는 $HCHO$ 이다. $HCHO$ 는 독성이 있어 새집 증후군을 일으킨다. 살균 효과가 있어 손 소독제에 이용되는 물질은 C_2H_5OH ((가))이다.

08 ㄱ. CH_3COOH ((가))은 $-COOH$ 가 있는 카복실산으로 수용액은 산성을 나타내므로 염기성 용액인 $KOH(aq)$ 과 중화 반응을 한다.

ㄴ. C_4H_{10} ((나))은 C 원자와 H 원자로만 이루어진 탄화수소이다. ㄷ. (가)와 (나)는 모두 탄소 화합물이다.

09 — 찐찐 문제 분석

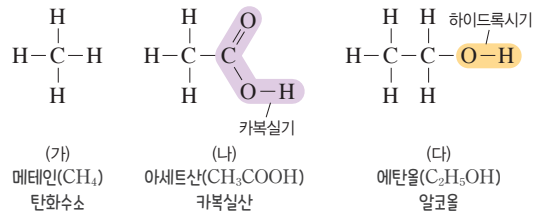


ㄴ. (가)가 산화되면 작용기 $-CHO$ 가 $-COOH$ 로 변하여 (나)가 된다.

[바로알기] ㄱ. (가)의 분자식은 C_2H_4O 이고, (나)의 분자식은 $C_2H_4O_2$ 이다.

ㄷ. (가)는 물에 녹아 이온화하지 않고, (나)는 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓는다. 따라서 (가)의 수용액은 중성이고, (나)의 수용액은 산성이다.

10 — 찐찐 문제 분석

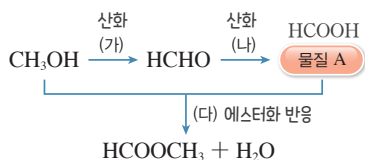


ㄱ. (가)는 탄화수소로 무극성 분자이므로 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는다.

ㄴ. (다)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산으로 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성을 나타낸다.

ㄷ. (다)를 산화시키면 아세트알데하이드를 거쳐 아세트산인 (나)를 만들 수 있다.

11 — 꼼꼼 문제 분석



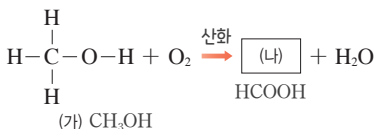
- 반응 (가)에 의해 작용기 $-\text{OH}$ 가 $-\text{CHO}$ 로 변한다. $\Rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ 는 HCHO 로 산화된다.
- CH_3OH 과 물질 A가 반응하면 H_2O 이 빠져나오면서 HCOOCH_3 이 생성되므로 A는 $-\text{COOH}$ 를 가진 HCOOH 이다.

ㄱ. CH_3OH 이 산화되면 HCHO 가 되고, HCHO 가 산화되면 HCOOH 이 된다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 산화이다.

ㄴ. (다)에서 카복실산과 알코올이 반응하여 에스터가 만들어진다. 이를 에스터화 반응이라고 한다.

ㄷ. A는 폼산(HCOOH)으로 분자 안에 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{CHO}$ 를 모두 가지고 있다. 따라서 A는 질산 은 수용액 속의 Ag^+ 을 Ag 으로 환원시키는 은거울 반응을 할 수 있다.

12 — 꼼꼼 문제 분석



- 화학 반응식에서 반응 전후 원자의 종류와 수가 같으므로 (나)의 분자식은 CH_2O_2 이다.
- $-\text{OH}$ 가 있는 (가)가 산소와 반응하므로 (가)가 산화되어 (나)가 만들어진다.
- 알코올이 산화되면 알데하이드 또는 카복실산을 생성한다. $\Rightarrow$ 분자식이 CH_2O_2 이므로 (나)는 HCOOH 이다.

ㄱ. (가)는 알코올로 수용액에서 이온화하지 않으므로 중성이고, (나)는 카복실산으로 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 산성이다. 따라서 수용액의 pH는 (가) > (나)이다.

ㄴ. 알코올인 (가)는 산화되어 카복실산인 (나)가 된다.

ㄷ. (나)는 HCOOH 이다. HCOOH 에는 $-\text{CHO}$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

13 — 꼼꼼 문제 분석

	CH_4	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	CH_3COOH
탄소 화합물	X	Y	Z
이용 사례	(가) 액화 천연 가스 (LNG)의 주성분	의료용 소독제	식초의 성분
사용한 퍼즐	㉠과 ㉡	㉠과 ㉢	㉠과 ㉢

- Z는 퍼즐 ㉠과 ㉢으로 만들 수 있는 탄소 화합물이므로 CH_3COOH 이다.
- Y는 의료용 소독제로 이용되는 탄소 화합물이므로 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이고 퍼즐 ㉠과 ㉢으로 만들 수 있다.
- X는 CH_4 으로 퍼즐 ㉠과 ㉡으로 만들 수 있다.

ㄴ. Z는 CH_3COOH 이고, X는 CH_4 이다. Z는 탄소 수가 작은 카복실산으로 극성 부분인 $-\text{COOH}$ 가 있어 극성 용매인 물에 잘 녹으므로 Z는 물에 잘 녹고, 무극성 분자인 X는 물에 잘 녹지 않는다. 따라서 물에 대한 용해도는 Z가 X보다 크다.

ㄷ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 인 Y를 산화시키면 CH_3CHO 를 거쳐 CH_3COOH 인 Z를 만들 수 있다.

[바로알기] ㄱ. X는 CH_4 이므로 '액화 천연 가스(LNG)의 주성분'이 (가)로 적절하다. '식초의 성분'은 Z의 이용 사례에 해당한다.

14 ㄴ. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이 CH_3COOH 으로 산화되고 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 은 Cr^{3+} 으로 환원된다. 따라서 Cr의 산화수는 감소하므로 ㉠에서 ㉢에서보다 크다.

ㄷ. CH_3COOH 가 환원되면 CH_3CHO 이 된다.

[바로알기] ㄱ. Cr의 산화수가 변하므로 이 반응은 산화·환원 반응이다.

15 ㄱ, ㄴ. (다)에서 HCHO 가 HCOOH 으로 산화되면서 질산 은 수용액 속의 은 이온(Ag^+)을 은(Ag)으로 환원시켜 시험관 벽에 은이 석출된다.

ㄷ. HCOOH 에는 $-\text{CHO}$ 가 있다. (다)에서 HCHO 대신 HCOOH 을 넣어도 은거울 반응을 할 수 있으므로 은이 석출된다.

16 CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH 중 무극성 분자인 CH_4 은 물에 잘 녹지 않는다. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 과 CH_3COOH 중 CH_3COOH 은 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이다.

[모범 답안] (1) A: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, B: CH_4 , CH_4 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 중 극성 용매인 물에 잘 녹지 않는 B는 CH_4 이고, 물에 잘 녹는 A는 극성 부분인 $-\text{OH}$ 가 있는 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이다.

(2) 수용액이 산성인가?, 식초의 성분인가?, $-\text{COOH}$ (카복실기)가 있는가? 등

채점 기준	배점
(1) A와 B를 모두 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
A와 B만 옳게 쓴 경우	30 %
(2) 적절한 분류 기준 1가지를 옳게 서술한 경우	50 %
그 외의 경우	0 %

17 **[모범 답안]** (1) 곡물의 포도당이 효모에 의해 발효되면 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)이 생성된다. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 생성 반응의 화학 반응식은 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$ 이다. 이때 생성되는 이산화 탄소(CO_2)에 의해 기포가 발생한다.

(2) (다)에는 에탄올(C_2H_5OH)이 포함되어 있으므로 C_2H_5OH 이 산화되면 작용기 $-OH$ 가 $-CHO$ 로 변하여 아세트알데하이드(CH_3CHO)가 된다. 또 CH_3CHO 가 산화되면 작용기 $-CHO$ 가 $-COOH$ 로 변하여 식초의 성분인 아세트산(CH_3COOH)이 된다.

채점 기준	배점
(1) 화학 반응식과 함께 기포가 발생하는 까닭을 옳게 서술한 경우	50 %
이산화 탄소가 발생한다고만 서술한 경우	20 %
(2) 작용기의 변화와 아세트산 생성 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
에탄올이 산화되어 아세트산이 생성된다고 서술한 경우	20 %

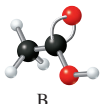
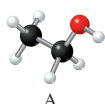
중단원 고난도 문제

144쪽~145쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ③ 06 ③
07 ⑤ 08 ④

01 품평 문제 분석

(가)	(나)	(다)
자극적인 냄새가 나고 접착제 원료로 이용된다.	물에 녹으면 산성을 나타낸다.	과일의 발효를 통해서도 생성되며, 소독제 등으로 이용된다.



● 수소 ● 탄소 ● 산소

(가)는 폼알데하이드이다. → 폼알데하이드에는 $-CHO$ 가 있다.
(나)는 수용액에서 산성을 나타낸다. → $-COOH$ 가 있는 아세트산이다.
(다)는 소독제 등에 이용된다. → $-OH$ 가 있는 에탄올이다.

선택지 분석

(가)	(나)	(다)	(가)	(나)	(다)
① A	B	C	② B	A	C
③ B	C	A	④ C	A	B
⑤ C	B	A			

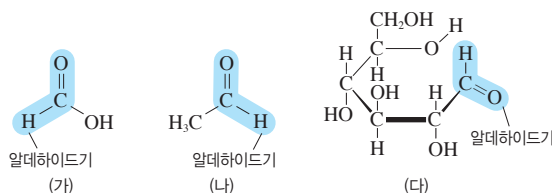
전략적 풀이 ① 폼알데하이드($HCHO$), 에탄올(C_2H_5OH), 아세트산(CH_3COOH)의 성질과 이용을 파악하여 (가)~(다)에 해당하는 물질을 찾는다.

(가)에 해당하는 물질은 $HCHO$ 이고, (나)는 CH_3COOH 이며, (다)는 C_2H_5OH 이다.

② $HCHO$, C_2H_5OH , CH_3COOH 의 작용기를 파악하여 (가)~(다)를 A~C와 짝 짓는다.

(가)는 $-CHO$ 가 있으므로 C이고, (나)는 $-COOH$ 가 있으므로 B이며, (다)는 $-OH$ 가 있으므로 A이다.

02 품평 문제 분석



(가)~(다)에는 모두 알데하이드기($-CHO$)가 있다.

선택지 분석

- ㉠ 물에 잘 녹는다.
㉡ 수용액은 산성을 나타낸다.
㉢ 은거울 반응을 한다.

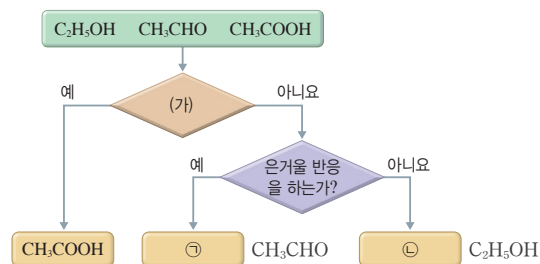
전략적 풀이 ① (가)~(다)의 구조식으로부터 공통으로 들어 있는 작용기를 찾아 물질의 성질을 파악한다.

㉠. (가)와 (나)는 탄소 수가 작고, 극성 부분인 $-CHO$ 와 $-COOH$ 가 있어 극성 용매인 물에 잘 녹는다. 또 (다)는 극성 부분인 $-OH$ 가 많으므로 극성 용매인 물에 잘 녹는다.

㉡. (가)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산으로 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 산성이다. 반면 (나)와 (다)는 수용액에서 이온화하지 않으므로 수용액은 중성이다.

㉢. (가)~(다)에는 모두 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

03 품평 문제 분석



• 에탄올(C_2H_5OH), 아세트알데하이드(CH_3CHO), 아세트산(CH_3COOH) 중 카복실산인 CH_3COOH 만 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이다. 나머지 물질은 물에 녹아 이온화하지 않으므로 수용액은 중성이다.

• C_2H_5OH 과 CH_3CHO 중 은거울 반응을 하는 물질은 $-CHO$ 가 있는 CH_3CHO 이다. → ㉠은 CH_3CHO 이고, ㉡은 C_2H_5OH 이다.

선택지 분석

- ☒ '물에 잘 녹는가?'는 (가)로 적절하다. 적절하지 않다
- ☒ ㉠에는 $-CHO$ 가 있다.
- ☒ ㉠이 산화되면 ㉡이 된다. 환원

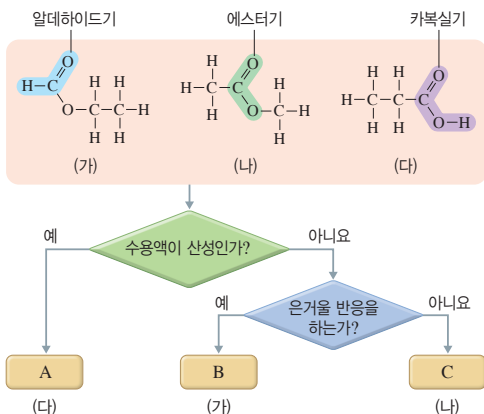
전략적 풀이 ① 주어진 물질의 작용기를 파악하여 물질의 성질을 판단하여 분류 기준 (가)로 적절한 예를 찾는다.

ㄱ. 제시된 물질은 모두 탄소 수가 작고, 극성 부분을 가지고 있어 극성 용매인 물에 모두 잘 녹는다. 따라서 '물에 잘 녹는가?'는 (가)로 적절하지 않다

② 주어진 물질의 작용기를 파악하여 은거울 반응을 할 수 있는 물질을 찾는다.

ㄴ. ㉠은 은거울 반응을 하므로 분자 안에는 $-CHO$ 가 있다.
 ㄷ. ㉠은 $-CHO$ 가 있는 CH_3CHO 이고, ㉡은 $-OH$ 가 있는 C_2H_5OH 이다. ㉠이 산화되면 CH_3COOH 이 된다. ㉠으로부터 ㉡을 얻으려면 ㉠을 환원시켜야 한다.

04 품점 문제 분석



선택지 분석

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ☒ ㉠ (가) | ☒ ㉡ (나) | ☒ ㉢ (다) | ☒ ㉣ (나) | ☒ ㉤ (가) | ☒ ㉥ (다) |
| ☒ ㉦ (나) | ☒ ㉧ (다) | ☒ ㉨ (가) | ☒ ㉩ (다) | ☒ ㉪ (가) | ☒ ㉫ (나) |
| ☒ ㉬ (다) | ☒ ㉭ (나) | ☒ ㉮ (가) | | | |

전략적 풀이 ① (가)~(다)의 구조식에서 작용기를 파악하여 분류 기준에 해당하는 물질을 찾는다.

(가)는 $-COO-$ 가 있는 에스테이지만 분자 안에 $-CHO$ 도 있다. (나)는 $-COO-$ 가 있는 에스테르이다. (다)는 $-COOH$ 가 있는 카복실산이다. (가)~(다) 중 수용액이 산성인 것은 카복실산인 (다)이다. (가)와 (나) 중 은거울 반응을 할 수 있는 것은 분자 안에 $-CHO$ 가 있는 (가)이다.

05 품점 문제 분석

음주 측정기 안에는 다이크로뮴산 칼륨($K_2Cr_2O_7$)과 황산(H_2SO_4)을 혼합시킨 실리카 젤이 들어 있다. 술을 마신 사람이 숨을 불어 넣으면 주황색의 다이크로뮴산 칼륨이 초록색으로 변한다. 이때 날숨에서 나오는 에탄올(C_2H_5OH)은 측정기 안에 있는 다이크로뮴산 이온($Cr_2O_7^{2-}$)과 반응하여 ☒ ㉠을 거쳐 ☒ ㉡으로 변한다.
 CH_3CHO
 CH_3COOH

선택지 분석

- ☒ ㉠은 은거울 반응을 한다.
- ☒ ㉡은 CH_3OH 과 중화 반응을 한다. 하지 않는다
- ☒ ㉠과 ㉡ 각 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양(mol)은 같다.

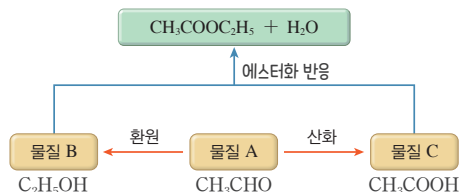
전략적 풀이 ① 음주 측정기 안에서 일어나는 반응을 적용하여 ㉠과 ㉡에 해당하는 물질을 파악한다.

ㄱ. C_2H_5OH 이 산화되어 CH_3CHO 를 거쳐 CH_3COOH 으로 산화된다. 이로부터 ㉠은 CH_3CHO 이고 ㉡은 CH_3COOH 이다. ㉠은 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

ㄴ. ㉡은 $-COOH$ 가 있으므로 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성을 나타낸다. CH_3OH 에 있는 $-OH$ 는 수용액에서 이온화하지 않으므로 수용액은 중성을 나타낸다. ㉡과 CH_3OH 은 중화 반응을 하지 않는다.

ㄷ. CH_3CHO 와 CH_3COOH 1 mol에 들어 있는 탄소 수가 2로 같으므로 ㉠과 ㉡ 각 1 mol이 완전 연소할 때 생성되는 CO_2 의 양은 2 mol로 같다.

06 품점 문제 분석



- B와 C가 반응하여 에스테르($-COO-$)가 있는 에스테르가 생성된다. $\Rightarrow$ B와 C는 각각 $-OH$ 가 있는 알코올과 $-COOH$ 가 있는 카복실산 중 하나이다.
- B는 A가 환원되어 생성되므로 알코올이고, C는 A가 산화되어 생성되므로 카복실산이다.
- 생성된 에스테르의 시성식이 $CH_3COOC_2H_5$ 이므로 C_2H_5OH 과 CH_3COOH 의 반응으로 생성된다. $\Rightarrow$ B는 C_2H_5OH 이고, C는 CH_3COOH 이다.

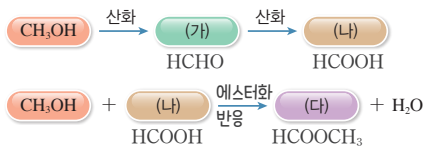
선택지 분석

- ㄱ. 물질 A는 은거울 반응을 한다.
 ㄴ. 물질 B의 수용액은 산성을 나타낸다.
 ✕. 분자 1 mol에 들어 있는 산소(O) 원자의 양(mol)은 물질 A > 물질 B이다. 물질 A = 물질 B

전략적 풀이 ① 화학 반응으로 생성되는 물질을 파악하여 A~C에 해당하는 물질의 성질을 파악한다.

- ㄱ. A에는 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.
 ㄴ. C는 $-COOH$ 가 있어 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이다.
 ㄷ. A는 CH_3CHO 이고, B는 C_2H_5OH 이다. 따라서 분자 1 mol에 들어 있는 산소 원자의 양은 1 mol로 같다.

07 품점 문제 분석



- CH_3OH 이 산화되면 $HCHO$ 가 되고, $HCHO$ 가 산화되면 $HCOOH$ 이 된다. $\Rightarrow$ (가)는 $HCHO$ 이고, (나)는 $HCOOH$ 이다.
- $-OH$ 가 있는 CH_3OH 과 $-COOH$ 가 있는 $HCOOH$ 이 에스터화 반응을 하면 $HCOOCH_3$ 이 생성된다. $\Rightarrow$ (다)는 $-COO-$ 가 있는 $HCOOCH_3$ 이다.

선택지 분석

- ㄱ. (나)의 수용액은 산성을 나타낸다.
 ㄴ. (다)에 있는 작용기는 $-COO-$ 이다.
 ㄷ. (가)와 (나)는 모두 은거울 반응을 한다.

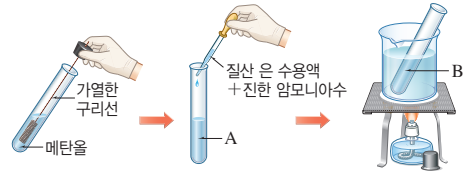
전략적 풀이 ① 메탄올이 산화되는 과정에서 생성되는 물질을 파악하여 (가)와 (나)에 해당하는 물질의 성질을 파악한다.

- ㄱ. (나)는 $HCHO$ 인 (가)가 산화되어 생성된 $HCOOH$ 이다. 폼산에는 $-COOH$ 가 있어 수용액에서 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 수용액은 산성이다.
 ㄷ. (가)는 $-CHO$ 가 있는 알데하이드이고, (나)는 $HCOOH$ 으로 분자 안에 $-CHO$ 가 있으므로 모두 은거울 반응을 할 수 있다.
 ② 카복실산과 알코올이 반응하여 생성되는 물질을 파악하여 (다)에 해당하는 물질을 판단한다.
 ㄴ. (다)는 알코올의 $-OH$ 와 카복실산의 $-COOH$ 가 반응하여 생성된 에스터이다. 에스터에는 $-COO-$ 가 있다.

08 품점 문제 분석

[실험 과정 및 결과]

- (가) 메탄올이 들어 있는 시험관에 가열하여 검게 변한 구리선 Cu 가 산화되어 생성된 CuO 이다.
 을 넣는 과정을 반복하였더니 자극성 냄새의 물질 A가 생성되었다. CH_3OH 이 산화되어 생성된 $HCHO$ 이다.
 (나) 질산은 수용액과 진한 암모니아수를 과정 (가)의 시험관에 소량 첨가하고 물증탕으로 가열하였더니 물질 A가 물질 B로 변하였다. $HCHO$ 가 산화되어 생성된 $HCOOH$ 이다.



선택지 분석

- ✕. (가)에서 검게 변한 구리선은 메탄올과 반응하여 산화된 다. 환원
 ㄴ. 물질 A는 산화되면 카복실산이 된다.
 ㄷ. 물질 B는 은거울 반응을 할 수 있다.

전략적 풀이 ① (가)에서 일어나는 반응에서 산화되는 물질과 환원되는 물질을 파악한다.

- ㄱ. (가)에서 CH_3OH 이 검게 변한 구리선(CuO)과 반응하여 $HCHO$ 로 산화되므로 CuO 는 Cu 로 환원된다.
 ② 메탄올이 산화되는 과정에서 생성되는 물질을 파악하여 A와 B를 판단한다.
 ㄴ. A는 CH_3OH 이 산화되어 생성된 $HCHO$ 이고, B는 $HCHO$ 가 산화되어 생성된 $HCOOH$ 이다. $HCOOH$ 은 $-COOH$ 가 있는 카복실산이다.
 ㄷ. B는 $HCOOH$ 으로 분자 안에 $-CHO$ 를 가지고 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.



2 탄소 화합물의 응용

01 / 고분자 화합물

개념 확인 문제

152쪽

- ① 단위체 ② 중합 ③ 첨가 ④ 축합 ⑤ 뉴클레오타이드
⑥ 합성 고분자

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 포도당, 천연 고분자 3 천연 고분자: 핵산, 단백질, 합성 고분자: 나일론, 네오프렌, 폴리에틸렌
4 펩타이드 결합, 단백질 5 (1) 플라스틱 (2) 합성 섬유 (3) 핵산 (4) 천연고무

1 (2) 첨가 중합 반응은 단위체의 C=C 이중 결합이 끊어지면 서 이웃 단위체와 결합하여 고분자를 만드는 방법이다. 물과 같은 작은 분자가 빠져나오는 것은 축합 중합 반응의 특징이다.
(3) 축합 중합 반응은 단위체에 작용기가 존재하는 경우에 일어나며, C=C 이중 결합이 없어도 반응이 일어난다.

2 녹말은 단위체인 포도당이 축합 중합 반응하여 만들어지며, 자연에 존재하는 천연 고분자 중 하나이다.

3 천연 고분자는 자연에 존재하는 고분자로 핵산, 단백질이고, 합성 고분자는 인공적인 화학 반응으로 만들어진 고분자로 나일론(합성 섬유), 네오프렌(합성 고무), 폴리에틸렌이다.

4 아미노산의 -COOH(카복실기)와 다른 아미노산의 -NH₂(아미노기)에서 H₂O(물)이 빠져나가면서 펩타이드 결합(-CONH-)이 형성되어 단백질이 만들어진다.

5 (1) 플라스틱은 합성 고분자로, 가볍고 튼튼하며 가공하기 쉬워 여러 모양으로 만들 수 있으므로 일상생활에서 다양하게 이용된다.

(2) 합성 섬유는 천연 섬유의 단점을 보완하여 만들어진 합성 고분자로, 단위체에 따라 폴리아마이드 섬유(나일론), 폴리에스터 섬유 등 종류가 다양하다.

(3) 핵산은 단위체인 뉴클레오타이드가 축합 중합 반응하여 만들어진다. 핵산은 생명체 내에서 유전 정보를 저장하고 전달하는 역할을 한다.

(4) 천연고무의 단위체인 아이소프렌에는 C=C 이중 결합이 2개 있다. 2개의 이중 결합이 재배열하여 1개의 이중 결합을 형성하면서 천연고무가 만들어진다.

대표 자료 분석 1

153쪽

- 1 ㉠ (나), (라) ㉡ (가), (다) 2 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣
3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

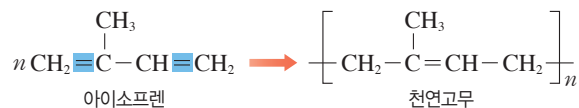
1 첨가 중합 반응을 하려면 단위체에 C=C 이중 결합이 있어야 하므로 (나)와 (라)이고, 축합 중합 반응을 하려면 단위체에 작용기가 있어야 하므로 (가)와 (다)이다. (가)에는 -OH, (다)에는 -NH₂와 -COOH가 있다.

2 (가)~(라)는 각각 포도당, 에틸렌, 아미노산, 아이소프렌이고, 각 단위체로 만들 수 있는 고분자는 (가)는 녹말, (나)는 폴리에틸렌, (다)는 단백질, (라)는 천연고무이다.

3 (1) 녹말은 단위체인 포도당이 축합 중합 반응하여 만들어진다. (2) 폴리에틸렌은 단위체인 에틸렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

(3) (다)는 아미노산으로, 아미노산의 -COOH(카복실기)와 다른 아미노산의 -NH₂(아미노기)에서 물이 빠져나가면서 펩타이드 결합(-CONH-)이 형성되어 단백질이 만들어진다.

(4) 아이소프렌에는 C=C 이중 결합이 2개 있다. 2개의 이중 결합이 재배열하여 1개의 이중 결합을 형성하면서 천연고무가 만들어진다. 따라서 가운데 C 사이에 있는 이중 결합은 남아 있다.



(5) 중합 반응을 할 때 간단한 분자가 빠져나오는 반응은 축합 중합 반응이다. (가)~(라) 중 축합 중합 반응을 할 수 있는 단위체는 (가), (다) 2가지이다.

(6) 녹말, 단백질, 천연고무는 자연에 존재하는 천연 고분자이고, 폴리에틸렌은 인공적인 화학 반응으로 만들어진 합성 고분자이다.

대표 자료 분석 2

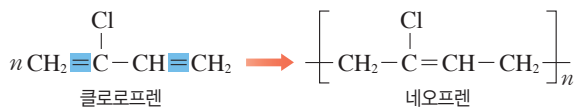
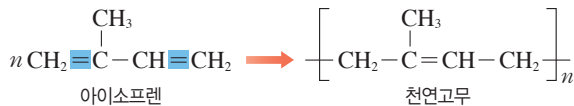
154쪽

- 1 ㉠ (가), (다) ㉡ (나), (라), (마) 2 (나), (다)
3 (가), (라), (마) 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

(가)는 녹말, (나)는 네오프렌(합성 고무), (다)는 천연고무, (라)는 나일론, (마)는 폴리에틸렌 테레프탈레이트이다.

1 천연 고분자는 녹말, 천연고무이고, 합성 고분자는 네오프렌, 나일론, 폴리에틸렌 테레프탈레이트이다.

2 첨가 중합 반응은 단위체의 C=C 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 고분자를 만드는 방법으로, 네오프렌 ((나))과 천연고무((다))가 첨가 중합 반응으로 만들어진다. 네오프렌과 천연고무는 단위체에 포함된 2개의 C=C 이중 결합이 재배열하여 1개의 이중 결합을 형성하면서 만들어진다.



3 중합 반응할 때 간단한 분자가 빠져나오는 것은 축합 중합 반응이다. (가)~(마) 중 축합 중합 반응으로 만들어진 고분자는 (가), (라), (마) 3가지이다.

- 4 (1) (가)의 단위체는 포도당으로, 포도당에는 $-OH$ 가 있다.
- (2) 네오프렌((나))은 천연고무((다))의 성능을 개선하여 만든 합성 고분자이다. 천연고무에 비해 탄성이 좋고 마모가 잘 안되며 견고하다.
- (3) 나일론((라))은 헥사메틸렌다이아민의 $-NH_2$ 와 아디프산의 $-COOH$ 가 반응할 때 H_2O 이 빠져나가면서 아마이드 결합($-CONH-$)을 형성하여 만들어진다.
- (4) (마)는 폴리(에틸렌 테레프탈레이트)이며, 음료수병, 섬유의 원료 등에 이용된다.
- (5) 녹말, 나일론, 폴리(에틸렌 테레프탈레이트)는 축합 중합 반응으로 만들어지며, 녹말의 단위체는 포도당 1가지이다.

내신만점문제

155쪽~158쪽

01 ⑤ 02 해설 참조 03 ③ 04 ③ 05 ②
06 해설 참조 07 ③ 08 ④ 09 ⑤ 10 ③
11 ④ 12 해설 참조 13 ④ 14 ⑤ 15 ①
16 ② 17 ① 18 ④

01 ①, ② 고분자는 단위체가 반복적으로 결합하여 분자량이 수천에서 수만에 이르는 큰 분자이다.

③, ④ 고분자는 단위체의 결합 방식에 따라 첨가 중합 반응과 축합 중합 반응으로 구분된다. 첨가 중합 반응은 단위체의 $C=C$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 고분자를 만드는 방법이고, 축합 중합 반응은 단위체가 결합할 때 단위체와 단위체 사이에서 간단한 분자가 빠져나오면서 고분자를 만드는 방법이다.

바로알기 ⑤ 천연 고분자는 자연에 존재하는 고분자이고, 합성 고분자는 인공적인 화학 반응으로 만들어진 고분자이므로 열에 의한 특성에 따라 구분한 것이 아니다.

02 모범 답안 (가) 첨가 중합 반응 (나) 축합 중합 반응, (가)는 첨가 중합 반응으로 단위체의 C=C 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 고분자를 만드는 반응이고, (나)는 축합 중합 반응으로 단위체가 결합할 때 간단한 분자가 빠져나오면서 고분자를 만드는 반응이다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 종류와 고분자가 만들어질 때 일어나는 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
(가)와 (나)의 종류를 모두 옳게 썼으나, (가)와 (나)로 고분자가 만들어질 때 일어나는 변화는 미흡하게 서술한 경우	60 %
(가)와 (나)의 종류만 옳게 쓴 경우	30 %

03 첨가 중합 반응은 단위체의 $C=C$ 이중 결합이 존재하는 경우에 일어난다.

7, 8. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ 과 $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 에는 탄소 간 이중 결합 ($\text{C}=\text{C}$)이 있으므로 첨가 중합 반응을 할 수 있다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. $\text{HOOC}-\text{CH}_2\text{OH}$ 와 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ 에는 탄소 간 이중 결합($\text{C}=\text{C}$)이 없으므로 첨가 중합 반응을 할 수 없다. $\text{HOOC}-\text{CH}_2\text{OH}$ 에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{OH}$ 가 있고, $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$ 에는 $-\text{NH}_2$ 와 $-\text{COOH}$ 가 있으므로 축합 중합 반응을 할 수 있다.

04 ㄷ. 고분자인 폴리프로필렌은 단위체인 프로필렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

[바로알기] ㄱ. 단위체인 프로필렌의 C=C 이중 결합이 끊어지면 서로 이웃 단위체와 결합하여 폴리프로필렌이 만들어지는 첨가 중합 반응이다.

ㄴ. 고분자와 단위체의 성질은 다르다.

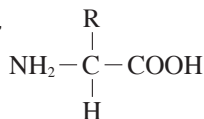
05 L. 단백질의 단위체는 아미노산이다. 아미노산은 중심 탄소(C) 원자에 $-R$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, 수소(H)가 결합되어 있다.

바로알기 ㄱ. 녹말의 단위체는 포도당이다.

다. 핵산은 단위체인 뉴클레오타이드의 축합 중합 반응에서 만들어지고, 천연고무는 단위체인 아이소프렌의 첨가 중합 반응으로 만들어진다.

06 주어진 설명은 단백질로, 단백질의 단위체는 아미노산이다. 단백질은 아미노산의 $-\text{COOH}$ (카복실기)와 다른 아미노산의 $-\text{NH}_2$ (아미노기)에서 H_2O 이 빠져나가면서 펩타이드 결합($-\text{CONH}-$)이 형성되어 만들어진다.

모범 답안 아미노산,



채점 기준	배점
(가)의 단위체의 이름과 구조식을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
(가)의 단위체의 이름과 구조식 중 1가지만 옳게 쓴 경우	50 %

07 ㄱ. (가)와 (나)는 모두 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{NH}_2$ 가 있고, $-\text{R}(\text{R}_1, \text{R}_2)$ 의 종류만 다른 아미노산이다.

ㄴ. 단백질은 아미노산의 $-\text{COOH}$ 와 다른 아미노산의 $-\text{NH}_2$ 에서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어진다.

바로알기 ㄷ. 유전 정보는 DNA와 RNA와 같은 핵산에 저장되고 전달되며, 단백질은 피부와 근육을 구성하는 성분으로 몸속 세포와 조직 등을 구성하며 다양한 생명 활동에 관여한다.

08 (가)는 녹말이고, (나)는 단백질이다. 녹말의 단위체는 포도당이고, 단백질의 단위체는 아미노산이다.

ㄴ. (나)의 단위체인 아미노산에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{NH}_2$ 가 있다.

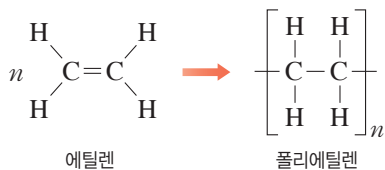
ㄷ. 녹말은 포도당의 $-\text{OH}$ 와 다른 포도당의 $-\text{OH}$ 가 결합하면서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어지고, 단백질은 아미노산의 $-\text{COOH}$ 와 다른 아미노산의 $-\text{NH}_2$ 에서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어진다.

바로알기 ㄱ. (가)는 녹말이다.

09 ㄱ, ㄷ. 뉴클레오타이드의 인산 부분과 다른 뉴클레오타이드의 당 부분이 축합 중합 반응으로 결합하여 폴리뉴클레오타이드가 형성되며, 이는 핵산의 뼈대가 된다. DNA는 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 꼬여 있는 이중 나선 구조를 가진다.

ㄴ. 뉴클레오타이드의 염기들은 서로 짝을 이루어 수소 결합을 형성하면서 이중 나선 구조를 안정적으로 만들어 준다.

10 ㄱ, ㄷ. (가)는 폴리에틸렌으로, 에틸렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진 합성 고분자이다. 단위체인 에틸렌의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 폴리에틸렌이 만들어진다.



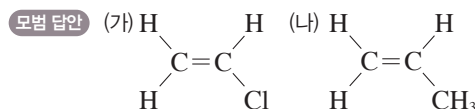
바로알기 ㄴ. 폴리에틸렌의 단위체는 에틸렌 1가지이다.

11 ④ (가)는 폴리(염화 바이닐)이고, (나)는 폴리프로필렌이다. 두 물질은 인공적인 화학 반응으로 만들어진 합성 고분자로, 플라스틱의 한 종류이다.

바로알기 ① (나)는 폴리프로필렌이다.

②, ③, ⑤ 축합 중합 반응은 단위체가 결합할 때 단위체와 단위체 사이에서 간단한 분자가 빠져나오면서 고분자를 만드는 방법이고, 첨가 중합 반응은 단위체의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 고분자를 만드는 방법이다. 폴리(염화 바이닐)과 폴리프로필렌은 각각 단위체인 염화 바이닐과 프로필렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

12 폴리(염화 바이닐)과 폴리프로필렌의 단위체에는 각각 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 있다.



채점 기준	배점
(가)와 (나)의 구조식을 모두 옳게 쓴 경우	100 %
(가)와 (나)의 구조식 중 1가지만 옳게 쓴 경우	50 %

13 ① 단백질은 단위체인 아미노산이 축합 중합 반응하여 만들어진다.

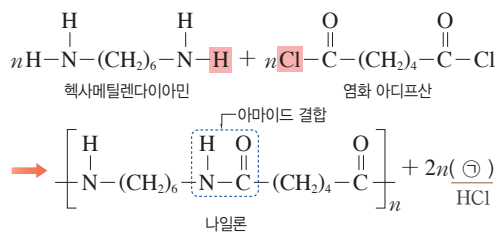
② 천연고무는 단위체인 아이소프렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

③ 녹말은 단위체인 포도당이 축합 중합 반응하여 만들어진다.

⑤ 네오프렌은 단위체인 클로로프렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

바로알기 ④ 폴리(염화 바이닐)은 단위체인 염화 바이닐($\text{CH}_2=\text{CHCl}$)이 첨가 중합 반응하여 만들어진다. 제시된 단위체는 에틸렌이다.

14 품평 문제 분석



ㄴ, ㄷ. 나일론은 헥사메틸렌다이아민의 $-\text{NH}_2$ 와 염화 아디프산의 $-\text{COCl}$ 이 반응하여 HCl 가 빠져나오면서 아마이드 결합($-\text{CONH}-$)을 형성하여 만들어진다. 간단한 분자가 빠져나왔으므로 축합 중합 반응이다.

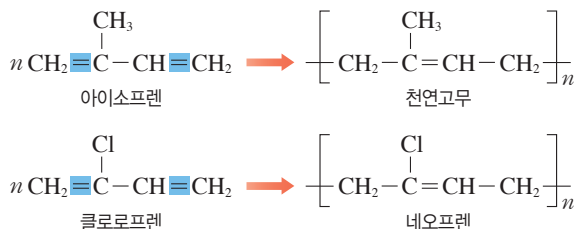
바로알기 ㄱ, ㄷ은 HCl이다.

15 ㄱ. 폴리(염화 바이닐)과 나일론은 인공적인 화학 반응으로 만들어진 합성 고분자이다.

[바로알기] 나, 디. 폴리(염화 바이닐)은 단위체인 염화 바이닐이 첨가 중합 반응하여 만들어진다. 나일론의 단위체는 2가지이며, 단위체가 결합할 때 단위체와 단위체 사이에서 H_2O 이나 HCl 가 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어진다.

16 ② (가)는 첨가 중합 반응으로 만들어지므로 에틸렌의 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 만들어진 폴리에틸렌(PE)이고, (나)는 천연 고분자이므로 포도당이 축합 중합 반응하여 만들어진 녹말이며, (다)는 테레프탈산과 에틸렌 글리콜이 축합 중합 반응하여 만들어진 폴리(에틸렌 테레프탈레이트)(PET)이다.

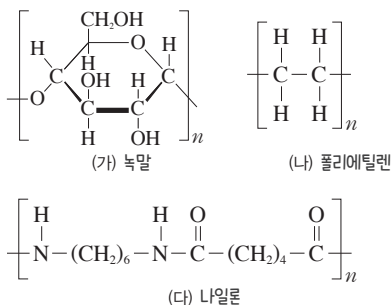
17 ㄱ. (가) 아이소프렌과 (나) 클로로프렌은 모두 $C=C$ 이중 결합을 2개 포함하는 단위체로, 이중 결합이 끊어지면서 연속적으로 결합하는 첨가 중합 반응으로 고분자를 형성한다.



바로알기 나. (나)는 합성 고무인 네오프렌의 단위체이다.

다. 네오프렌은 천연고무의 성능을 개선하여 만든 합성 고무로, 천연고무보다 강도가 크고 마모가 잘 안 되며 견고하다. 따라서 (가)로 만들어진 천연고무는 (나)로 만들어진 네오프렌보다 강도가 작다.

18 **꼼꼼 문제 분석**



- (가)는 천연 고분자이고, (나)와 (다)는 합성 고분자이다.
- (가)와 (나)의 단위체는 1가지이고, (다)의 단위체는 2가지이다.

7. (가)는 녹말, (나)는 폴리에틸렌, (다)는 나일론이다.

ㄷ. (다)는 나일론으로, 헥사메틸렌다이아민과 아디프산의 축합 중합 반응으로 만들어지므로 단위체는 2가지이다.

바로알기 나. (나) 폴리에틸렌은 에틸렌이 첨가 중합 반응하여 만들어진 합성 고분자이다.

실력 UP 문제

159쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ① 04 ②

01 (가)는 녹말이고, 녹말의 단위체는 포도당이다. (나)는 단백질이고, 단백질의 단위체는 아미노산이다.

7. (가)의 단위체인 포도당은 수용액에서 $-OH$ 가 있는 고리형과 $-CHO$ 가 있는 사슬형이 평형을 이룬다. 즉, 포도당에는 $-CHO$ 가 있으므로 은거울 반응을 할 수 있다.

나. 녹말은 포도당의 $-OH$ 와 다른 포도당의 $-OH$ 가 결합하면서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어지고, 단백질은 아미노산의 $-COOH$ 와 다른 아미노산의 $-NH_2$ 에서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어진다.

바로알기 ㉔. (가)의 단위체에는 $-\text{OH}$ 가 있고, (나)의 단위체에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{NH}_2$ 가 있다.

02 ㄱ. (가)와 (나)는 모두 합성 섬유로, 천연 섬유에 비해 대량 생산이 쉽다.

나. (가)와 (나)는 모두 축합 중합 반응으로 만들어진다. (가)의 단위체는 다음과 같다.

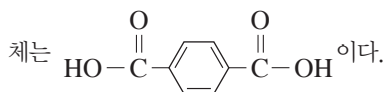


(나)의 단위체는 다음과 같다.

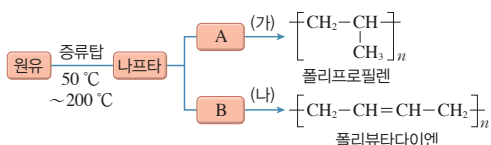


따라서 (가)와 (나)의 단위체는 모두 2가지이다.

ㄷ. (가)와 (나)가 생성되는 중합 반응에서 사용되는 공통의 단위



03 ◀ 품평 문제 분석



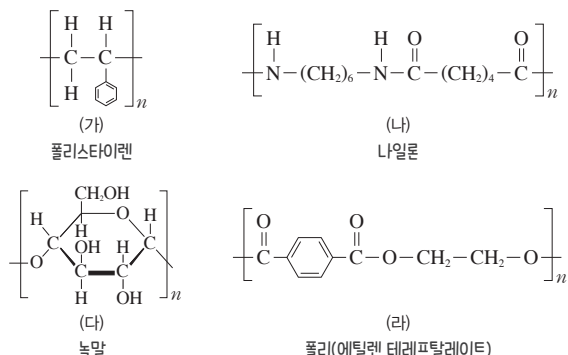
- A는 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ 이고, B는 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ 이다.
- (가)의 중합 반응이 일어나면 $\text{C} = \text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 폴리프로필렌이 만들어진다.
- (나)의 중합 반응이 일어나면 단위체에 포함된 2개의 $\text{C} = \text{C}$ 이중 결합이 재배열하여 1개의 이중 결합을 형성하면서 폴리부타다이엔이 만들어진다.

ㄱ. (가)와 (나)의 중합 반응은 모두 탄소 사이의 이중 결합 중 하나의 결합이 끊어지면서 연결되는 첨가 중합 반응이다.

바로알기 나. 분자당 이중 결합의 수는 A가 1이고, B가 2이다.

ㄷ. 고분자는 분자량이 매우 크고 분자 사이의 결합력이 일정하지 않으므로 녹는점이 일정하지 않다.

04 ◀ 품평 문제 분석



- (가), (나), (라)는 합성 고분자이고, (다)는 천연 고분자이다.
- (가)와 (다)의 단위체는 1가지이고, (나)와 (라)의 단위체는 2가지이다.

나. (가)는 첨가 중합 반응으로 만들어지고, (나), (다), (라)는 축합 중합 반응으로 만들어진다. 단위체에 작용기가 있는 고분자는 (나), (다), (라) 3가지이다.

바로알기 ㄱ. 천연 고분자는 (다) 1가지이다.

ㄷ. (나)와 (라)는 단위체가 2가지이다.

02 / 탄소 화합물의 유용성

개념 확인 문제

163쪽

- ① 나일론 ② 축합 ③ 에스터화 ④ 에스터화 ⑤ 강염기

- 1 탄소 화합물 2 (마) - (다) - (라) - (나) 3 (1) ○ (2) ○
(3) × (4) ○ 4 에스터기(-COO-) 5 (가), 친유성기

3 (2) 살리실산은 진통 효과는 우수하지만 떼은맛이 나고 구토와 위장 장애 등 부작용이 있다. 이와 같은 부작용을 줄이기 위해 독일의 화학자 호프만이 아세틸살리실산을 합성하였다.

(3) 아세틸살리실산은 살리실산의 $-\text{OH}$ 와 아세트산의 $-\text{COOH}$ 의 에스터화 반응으로 만들어진다.

(4) 살리실산의 $-\text{COOH}$ 가 반응하지 않고 그대로 유지되고, $-\text{OH}$ 는 반응하여 $-\text{COO}-$ 가 되므로 아세틸살리실산에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{COO}-$ 가 있다.

4 3가지 물질에는 모두 $-\text{COO}-$ 가 있다.

5 비누에서 탄화수소 사슬 부분은 기름과 잘 섞이는 친유성기이고, 전하를 띤 부분은 물과 잘 섞이는 친수성기이다. 빨래를 비눗물에 넣으면 비누의 친유성기는 기름때에 달라붙고 친수성기는 바깥쪽으로 향하면서 기름때를 둘러싼 다음, 작은 공 모양으로 기름때를 떼어낸 뒤 물속으로 퍼져 나간다.

대표 자료 분석 1

164쪽

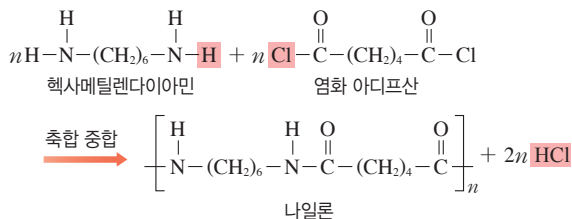
- 1 헥사메틸렌다이아민, 염화 아디프산 2 해설 참조 3 아마이드 결합($-\text{CONH}-$) 4 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

1 나일론은 헥사메틸렌다이아민과 염화 아디프산의 축합 중합 반응으로 만들어진다.

2 **모범 답안** 물과 다이클로로메테인이 서로 섞이지 않기 때문에 두 용액의 경계면에서 헥사메틸렌다이아민과 염화 아디프산이 반응하여 나일론이 만들어진다.

3 나일론은 헥사메틸렌다이아민의 $-\text{NH}_2$ 와 염화 아디프산의 $-\text{COCl}$ 가 반응할 때 HCl 가 빠져나가면서 아마이드 결합($-\text{CONH}-$)을 형성하여 만들어진다.

- 4 (1) 나일론은 축합 중합 반응으로 만들어진다.
 (2), (3) 나일론은 헥사메틸렌다이아민의 $-NH_2$ 와 염화 아디프산의 $-COCl$ 가 반응할 때 HCl 가 빠져나가면서 만들어진다.



- (4) 나일론을 감는 속도를 빠르게 할수록 나일론의 굵기가 가늘어진다.
 (5) 나일론은 최초의 합성 섬유로, 질기고 튼튼하여 스타킹, 낙하산, 밧줄 등을 만드는 재료로 이용된다.

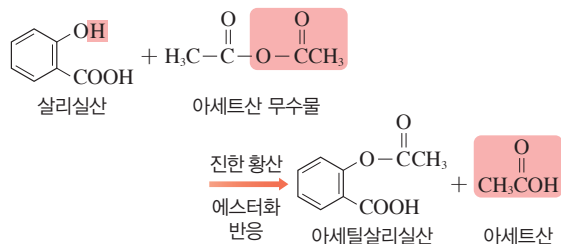
대표자료분석 2

165쪽

- 1 아세틸살리실산(아스피린) 2 온도를 낮추어 아세틸살리실산 결정을 석출하기 위해서이다. 3 (1) 해열 진통제 (2) 진한 황산 (3) CH_3COOH 4 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\bigcirc$

- 1 살리실산과 아세트산 무수물이 반응하여 아세틸살리실산이 만들어진다.

- 3 (1) 아세틸살리실산은 최초의 합성 의약품으로, 해열 및 진통제로 이용된다.
 (2) 진한 황산은 아세틸살리실산 합성 반응의 반응 속도를 빠르게 하는 촉매이다.
 (3) 살리실산과 아세트산 무수물이 반응하여 아세틸살리실산과 아세트산이 만들어진다.



- 4 (1) 살리실산에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{OH}$ 가 있다.
 (2) ㉠은 아세틸살리실산이다. 아세틸살리실산은 살리실산의 부작용인 위장 장애를 해결하기 위해 개발된 합성 의약품이다. 따라서 부작용은 살리실산이 아세틸살리실산보다 크다.
 (3) 아세틸살리실산은 온도가 낮아수록 물에 대한 용해도가 감소한다.

내신만점문제

166쪽~168쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ② 04 ① 05 ② 06 ③
 07 ① 08 ④ 09 해설 참조 10 ⑤

- 02 ㄱ, ㄷ. 나일론은 최초의 합성 섬유로, 질기고 튼튼하여 스타킹, 낙하산, 밧줄 등을 만드는 재료로 이용된다.

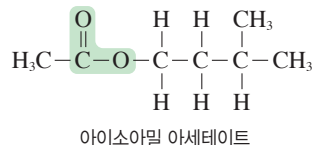
[바로알기] ㄴ. 나일론은 헥사메틸렌다이아민과 염화 아디프산의 축합 중합 반응으로 만들어진다.

- 03 ㄷ. 물과 다이클로로메테인이 서로 섞이지 않기 때문에 두 용액의 경계면에서 헥사메틸렌다이아민과 염화 아디프산이 반응하여 나일론이 만들어진다.

[바로알기] ㄱ. 나일론의 단위체는 헥사메틸렌다이아민과 염화 아디프산 2가지이다.

ㄴ. 단위체와 고분자는 다른 특성을 가진다. 염화 아디프산은 맑은 액체로 강한 산성 물질이고, 나일론은 고체이다.

- 04 ㄱ. 바나나 향을 내는 물질은 아이소아밀 아세테이트이며, 아이소아밀 아세테이트에는 $-\text{COO}-$ 가 있다.



[바로알기] ㄴ. 아이소아밀 아세테이트는 물에 잘 녹지 않으므로 과정 (다)에서 층이 분리된다.

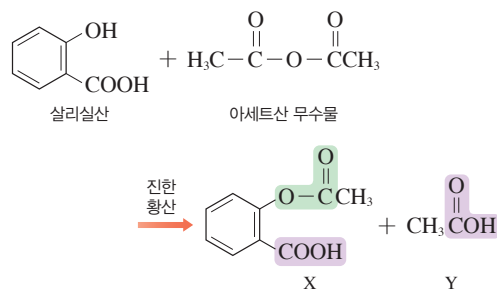
ㄷ. 아이소아밀 아세테이트는 중성이다.

- 05 ㄴ. $-\text{COOH}$ 에 있는 OH 와 $-\text{OH}$ 에 있는 H 가 결합하여 H_2O 이 빠져나가고 $-\text{COO}-$ 가 있는 에스터가 만들어진다.

[바로알기] ㄱ. 아이소아밀 아세테이트에는 $-\text{COO}-$ 가 있다.

ㄷ. 바나나 향이 나는 물질은 (가)인 아이소아밀 아세테이트이다.

06 품명 문제 분석

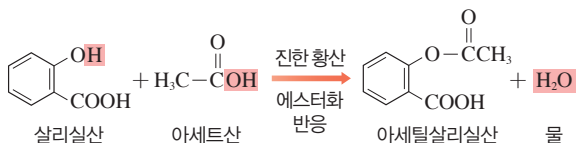


X는 아세틸살리실산이고, Y는 아세트산이다.

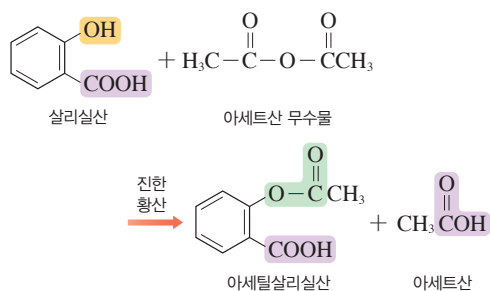
ㄱ. 아세틸살리실산에는 $-\text{COO}-$ 와 $-\text{COOH}$ 가 있고, 아세트산에는 $-\text{COOH}$ 가 있다.

ㄴ. 아세틸살리실산은 최초의 합성 의약품으로, 해열 및 진통제로 이용된다.

[바로알기] ㄷ. 아세트산 무수물 대신 아세트산을 사용하면 아세틸살리실산과 물이 만들어진다.



07 ← 꼼꼼 문제 분석

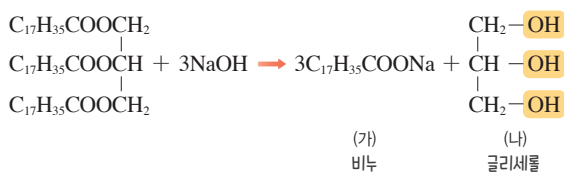


ㄱ. 살리실산과 아세트산 무수물이 반응하면 아세틸살리실산이 만들어진다. 이때 진한 황산을 넣어 주면 반응 속도가 빨라지므로 진한 황산은 촉매이다.

[바로알기] ㄴ. ㉠은 아세틸살리실산이다. 아세틸살리실산에는 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{COO}-$ 가 있지만, $-\text{OH}$ 는 없다.

ㄷ. (나)에서 살리실산과 아세트산 무수물의 에스터화 반응으로 아세틸살리실산이 만들어진다. 이 과정에서 CH_3COOH 과 같은 분자가 빠져나가는 축합 반응이 일어나지만, 생성된 아세틸살리실산은 단위체가 반복적으로 결합하여 만들어진 고분자가 아니므로 축합 반응에 해당하지 않는다.

08 ← 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 비누((가))는 긴 탄화수소 사슬을 가진 카복실산 이온과 나트륨 이온으로 이루어진 구조로, 탄화수소 사슬 부분은 기름과 잘 섞이는 친유성기이고, 전하를 띤 부분은 물과 잘 섞이는 친수성기이다.

ㄷ. 비누((가))가 개발되어 위생이 개선되고 전염성 질병을 예방할 수 있게 되었다.

[바로알기] ㄴ. (나)는 글리세롤이다. 글리세롤에는 $-\text{COOH}$ 가 아니라 $-\text{OH}$ 가 있다.

09 비누는 긴 탄화수소 사슬을 가진 카복실산 이온과 나트륨 이온으로 이루어진 구조로, 탄화수소 사슬 부분은 기름과 잘 섞이는 친유성기이고, 전하를 띤 부분은 물과 잘 섞이는 친수성기이다.

[모범 답안] 뽕래를 비눗물에 넣으면 비누의 친유성기는 기름때에 달라붙고 친수성기는 바깥쪽을 향하면서 기름때를 둘러싼 다음, 작은 공 모양으로 기름때를 떼어낸 뒤 물속으로 퍼져 나간다.

채점 기준	배점
주어진 용어를 모두 포함하여 비누가 뽕래의 기름때를 제거하는 원리를 옳게 서술한 경우	100 %
주어진 용어 중 일부만 포함하여 비누가 뽕래의 기름때를 제거하는 원리를 옳게 서술한 경우	50 %

10 (가)는 아세틸살리실산(아스피린), (나)는 나일론, (다)는 아이소아밀 아세테이트이다.

ㄱ. 나일론은 합성 섬유로, 천연섬유에 비해 가격이 저렴하고 대량 생산이 용이하여 인류의 의류 문제 해결에 기여하였다.

ㄴ. (가)와 (다)에는 모두 $-\text{COO}-$ 가 있다.

ㄷ. 각각의 합성 반응에서 (가)는 H_2O 또는 CH_3COOH 이 빠져나오고, (나)는 HCl 또는 H_2O 이 빠져나오며, (다)는 H_2O 이 빠져나온다.

실력 UP 문제

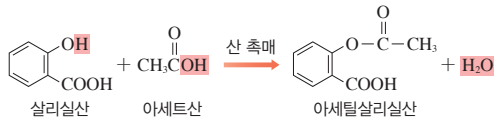
168쪽

01 ⑤ 02 ④

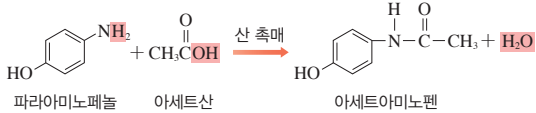
01 ㄱ. 과일 향이 나는 (가)~(다)에는 모두 $-\text{COO}-$ 가 있다.
 ㄴ. (가)의 반응물은 CH_3COOH 과 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 이고, (나)의 반응물은 CH_3COOH 과 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 이며, (다)의 반응물은 CH_3COOH 과 $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$ 이다. 따라서 합성 반응에 필요한 공통적인 반응물은 CH_3COOH 이고, CH_3COOH 에는 $-\text{COOH}$ 가 있다.

ㄷ. (가)~(다)의 화학식은 각각 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$, $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$ 이다. 따라서 $\frac{\text{H 원자 수}}{\text{C 원자 수}}$ 는 (가)에서 $\frac{8}{4}$, (나)에서 $\frac{14}{7}$, (다)에서 $\frac{20}{10}$ 이므로 모두 2로 같다.

02 (가)는 아세틸살리실산이 만들어지는 반응으로, 물질 A와 물질 B는 각각 살리실산과 아세트산이다.



(나)는 아세트아미노펜이 만들어지는 반응으로, 물질 C와 물질 B는 각각 파라아미노페놀과 아세트산이다.



ㄱ. 공통된 반응 물질인 물질 B는 아세트산(CH_3COOH)이다.

ㄴ. 물질 A와 C에는 모두 $-\text{OH}$ 가 있다.

바로알기 ㄷ. 물질 A에는 $-\text{COOH}$ 가 있으므로 CH_3OH 과 에스터화 반응을 할 수 있지만, 물질 C에는 $-\text{COOH}$ 가 없으므로 CH_3OH 과 에스터화 반응을 하지 않는다.

중단원 핵심정리

169쪽

- ① 고분자 ② 단위체 ③ 이중 결합 ④ 작용기 ⑤ 포도당
⑥ 축합 중합 ⑦ 에틸렌 ⑧ 첨가 중합 ⑨ 축합 중합
⑩ 에스터화 ⑪ 강염기

중단원 마무리 문제

170쪽~173쪽

- 01 ① 02 ④ 03 ④ 04 ② 05 ⑤ 06 ④
07 ① 08 ② 09 ③ 10 ③ 11 ③ 12 ①
13 ③ 14 ① 15 해설 참조 16 해설 참조
17 해설 참조

01 **바로알기** ㄴ. 폴리(염화 바이닐)은 첨가 중합 반응으로 만들어진다. 단위체와 단위체 사이에서 간단한 분자가 빠져나오면서 고분자를 만드는 반응은 축합 중합 반응이다.

ㄷ. 고분자는 탄소 수가 작은 탄소 화합물이 반복적으로 결합하여 분자량이 수천에서 수만에 이르는 큰 분자이므로 n 은 10 이상이다.

02 (가)는 폴리에틸렌, (나)는 녹말, (다)는 나일론이다. 녹말은 포도당의 $-\text{OH}$ 와 다른 포도당의 $-\text{OH}$ 가 결합하면서 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 만들어진다. 나일론은 헥사메틸렌디아민인 $-\text{NH}_2$ 와 아디프산의 $-\text{COOH}$ 가 반응할 때 H_2O 이 빠져나가면서 아마이드 결합을 형성하여 만들어진다.

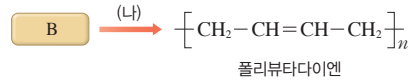
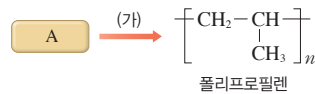
바로알기 폴리에틸렌은 단위체인 에틸렌의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 만들어지므로 첨가 중합 반응에 해당한다.

03 ㄴ. 두 고분자 모두 단위체의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하는 첨가 중합 반응으로 만들어진다.

ㄷ. 폴리(염화 바이닐)과 폴리스타이렌은 인공적인 화학 반응으로 만들어진 합성 고분자이다.

바로알기 ㄱ. 폴리(염화 바이닐)의 단위체는 염화 바이닐이고, 폴리스타이렌의 단위체는 스타이렌으로 단위체는 1가지이다.

04 - 실용 문제 분석



- A는 $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$ (프로필렌)이고, B는 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ (부타다이엔)이다.
- (가)와 (나)는 모두 첨가 중합 반응이다.

ㄷ. (가)와 (나) 모두 단위체의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여 고분자가 만들어지므로 첨가 중합 반응이다.

바로알기 ㄱ. A(프로필렌)는 이중 결합이 1개, B(부타다이엔)는 이중 결합이 2개이므로 분자당 이중 결합의 수는 B가 A보다 많다.

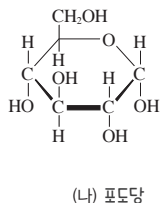
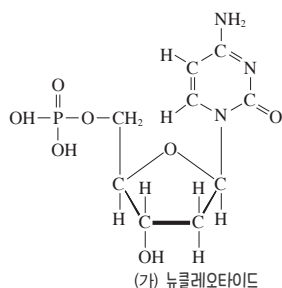
ㄴ. 첨가 중합 반응이므로 구성 원자에는 변함이 없다. 따라서 B의 단위체는 고분자의 반복 단위($\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2$)에서 단일 결합을 이중 결합으로 되돌린 $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ 이다.

05 (가)와 (나)는 모두 $-\text{COOH}$ 와 $-\text{NH}_2$ 가 있고, $-\text{R}(\text{R}_1, \text{R}_2)$ 의 종류만 다른 아미노산이다.

ㄱ, ㄴ. 단백질은 아미노산의 $-\text{COOH}$ 와 다른 아미노산의 $-\text{NH}_2$ 에서 H_2O 이 빠져나가면서 펩타이드 결합($-\text{CONH}-$)이 형성되어 만들어진다.

ㄷ. 아미노산의 종류, 수, 배열 순서에 따라 수많은 종류의 단백질이 만들어진다. 아미노산의 배열 순서가 조금만 달라져도 전혀 다른 단백질이 만들어지므로 생물체는 매우 다양한 구조와 기능을 가진 단백질을 만들어 낼 수 있다.

06 — 꼼꼼 문제 분석



- 뉴클레오타이드의 인산 부분과 다른 뉴클레오타이드의 당 부분이 축합 중합 반응으로 결합하여 폴리뉴클레오타이드가 형성되며, 이는 핵산의 뼈대가 된다.
- 포도당의 $-OH$ 와 다른 포도당의 $-OH$ 가 결합하면 H_2O 이 빠져나오는 축합 중합 반응으로 녹말이 만들어진다.

ㄱ. (가)는 핵산의 단위체인 뉴클레오타이드이다.

ㄴ. 포도당에는 $-OH$ 가 있다.

바로알기 ㄷ. 핵산과 녹말은 모두 천연 고분자이다.

07 ㄱ. 폴리(에틸렌 테레프탈레이트)(PET)와 폴리(염화 바이닐)(PVC)은 모두 플라스틱이다.

바로알기 ㄴ, ㄷ. 중합 반응을 할 때 간단한 분자가 빠져나오는 것은 축합 중합 반응이다. 폴리(염화 바이닐)(PVC)은 단위체인 염화 바이닐이 첨가 중합 반응하여 만들어진다.

08 ㄴ. 천연고무와 네오프렌의 단위체는 각각 아이소프렌과 클로로프렌이다. 두 단위체 모두 $C=C$ 이중 결합이 끊어지면서 연속적으로 결합하는 첨가 중합 반응으로 고분자가 만들어진다.

바로알기 ㄱ. 천연고무는 천연 고분자이고, 네오프렌은 합성 고분자이다.

ㄷ. 네오프렌은 천연고무의 성능을 개선하여 만든 합성 고무로, 천연고무에 비해 대량 생산이 쉽다.

09 (가)는 헥사메틸렌디아민이고 (나)는 염화 아디프산이다.

ㄱ, ㄴ. 헥사메틸렌디아민의 $-NH_2$ 와 염화 아디프산의 $-COCl$ 가 반응하여 HCl 가 빠져나오면서 아마이드 결합($-CONH-$)을 형성하여 나일론이 만들어진다.

바로알기 ㄷ. 나일론 합성 실험에서 (가)와 (나)를 각각 녹인 용액을 충분히 혼합하면 계면이 파괴되어 반응이 제대로 진행되지 않는다. 물과 다이클로로메테인은 서로 섞이지 않으므로 층을 이루도록 조심스럽게 넣어 경계면에서만 반응이 일어나도록 해야 한다.

10 ③ 물과 다이클로로메테인이 서로 섞이지 않기 때문에 두 층의 경계면에서 헥사메틸렌디아민과 염화 아디프산이 축합 중합 반응하여 나일론이 만들어진다.

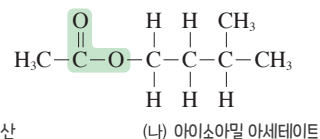
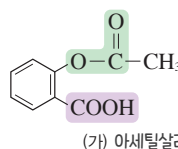
바로알기 ① 헥사메틸렌디아민(㉠)은 $-NH_2$ 가 있는 극성 물질로 물에 잘 녹지만, 염화 아디프산(㉡)은 물에 잘 녹지 않고 다이클로로메테인에 잘 녹는다. 따라서 물에 대한 용해도는 ㉠ > ㉡이다.

② (가)의 용액은 물에 헥사메틸렌디아민과 수산화 나트륨을 녹인 것이고, (나)의 용액은 다이클로로메테인에 염화 아디프산을 녹인 것이다. (가)의 용액은 위층에, (나)의 용액은 아래층에 위치하므로 밀도는 (나)의 용액 > (가)의 용액이다.

④ 나일론 합성 반응에서 헥사메틸렌디아민의 $-NH_2$ 와 염화 아디프산의 $-COCl$ 가 반응할 때 HCl 가 빠져나온다.

⑤ 나일론을 감는 속도를 빠르게 할수록 나일론의 굵기가 가늘어진다.

11 — 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)는 $-COO-$ 와 $-COOH$ 가 있는 아세틸살리실산이고, (나)는 $-COO-$ 가 있는 아이소아밀 아세테이트이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 모두 $-COO-$ 가 있다.

바로알기 ㄷ. 아이소아밀 아세테이트의 합성에는 카복실산(CH_3COOH , 아세트산)과 알코올(아이소아밀 알코올)이 필요하다.

12 ㄱ. 과정 (나)에서 물증탕으로 가열하면 살리실산과 아세트산 무수물의 에스터화 반응으로 아세틸살리실산이 만들어진다.

바로알기 ㄴ. 아세틸살리실산은 찬물에 대한 용해도가 매우 낮아 잘 녹지 않는다. 이 성질을 이용하여 과정 (다)에서 얼음물로 냉각시켜 결정을 석출시킨다.

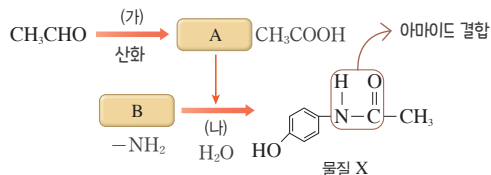
ㄷ. 아세틸살리실산 합성 과정에서 중화 반응은 일어나지 않는다.

13 ㄱ. 마이셀은 비누의 친수성기(㉡)가 바깥쪽으로 향하고, 비누의 친유성기(㉠)가 기름때를 감싸며 안쪽을 향하게 배열된다.

ㄷ. 비누의 친유성기는 기름을 감싸며 마이셀을 형성하고 물속으로 분산시키므로 물과 기름을 섞이게 할 수 있다.

바로알기 ㄴ. 비누의 친수성기(㉠)가 마이셀의 바깥쪽을 향하여 물 분자와 상호 작용하므로 물속에서 안정적으로 분산되어 서로 뭉치지 않는다.

14 꼼꼼 문제 분석



물질 X는 A의 $-\text{COOH}$ 와 B의 $-\text{NH}_2$ 가 반응할 때 H_2O 이 빠져 나가면서 아마이드 결합($-\text{CONH}-$)을 형성하여 만들어진다.

- ② A는 CH_3CHO 가 산화되어 만들어진 CH_3COOH 으로, CH_3COOH 에는 $-\text{COOH}$ 가 있다.
- ③ B와 아미노산에는 모두 $-\text{NH}_2$ 가 있다.
- ④ (나)에서는 아세트산과 반응하여 아마이드($-\text{CONH}-$) 결합이 형성되어야 하므로 B의 $-\text{NH}_2$ 와 CH_3COOH 의 $-\text{COOH}$ 가 반응하면서 H_2O 이 빠져나온다.
- ⑤ 단백질은 아미노산의 $-\text{NH}_2$ 와 다른 아미노산의 $-\text{COOH}$ 가 반응할 때 H_2O 이 빠져나가면서 펩타이드 결합($-\text{CONH}-$)을 형성하여 만들어진다. 물질 X와 단백질에는 모두 $-\text{CONH}-$ 가 있다.

비로알기 ① (가)에서는 아세트산이 생성되는 반응이 일어나야 하므로 알데하이드가 카복실산으로 변하는 산화 반응이 일어난다.

15 모범 답안 (가)는 단위체가 결합할 때 H_2O 이 빠져나오면서(축합 중합) 고분자(단백질)가 만들어지고, (나)는 단위체의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하여(첨가 중합) 고분자(폴리프로필렌)가 만들어진다.

채점 기준	배점
(가)가 고분자가 될 때 일어나는 변화를 옳게 서술한 경우	50 %
(나)가 고분자가 될 때 일어나는 변화를 옳게 서술한 경우	50 %

16 모범 답안 공통점: 고분자이다. 축합 중합 반응으로 만들어진다. 고분자가 만들어질 때 간단한 분자가 빠져나간다. 등
차이점: (가)는 천연 고분자이고, (나)는 합성 고분자이다. (가)는 단위체가 1가지이고, (나)는 단위체가 2가지이다. 등

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 공통점을 옳게 서술한 경우	50 %
(가)와 (나)의 차이점을 옳게 서술한 경우	50 %

17 (가)는 아세틸살리실산이고, (나)는 살리실산이다.

모범 답안 (가), 살리실산은 진통 효과는 우수하지만, 떫은맛이 나고 구토와 위장 장애 등의 부작용이 있다. 살리실산과 아세트산을 반응시켜 아세틸 살리실산을 합성하여 살리실산의 부작용을 줄였다.

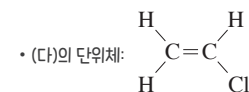
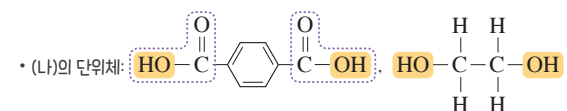
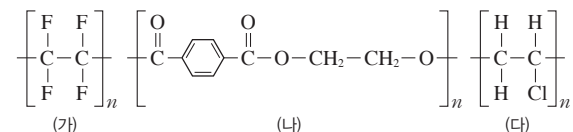
채점 기준	배점
합성 의약품을 옳게 선택하고, 보완한 점을 옳게 서술한 경우	100 %
합성 의약품만 옳게 선택한 경우	50 %

중단원 **고난도 문제**

174쪽~175쪽

01 ① **02** ④ **03** ③ **04** ② **05** ② **06** ③
07 ④ **08** ①

01 꼼꼼 문제 분석



선택지 분석

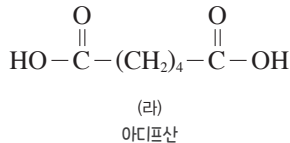
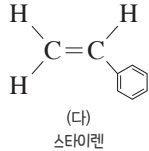
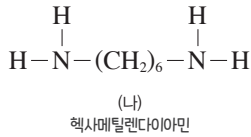
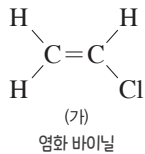
- ☒ 첨가 중합 반응으로 생성되는 것은 2가지이다.
☒ 단위체에 다중 결합이 존재하는 것은 2가지이다. 3가지
☒ 단위체에 작용기가 있는 것은 2가지이다. 1가지

전략적 풀이 ❶ (가)~(다)의 구조식으로부터 단위체의 구조식을 파악한다.

7. d. (가)와 (다)는 단위체에 $C=C$ 이중 결합이 있으므로 첨가 중합 반응으로 만들어진다. (나)는 단위체에 작용기가 있으므로 축합 중합 반응으로 만들어진다.

ㄴ. (가)와 (다)의 단위체에는 C=C 이중 결합이 있고, (나)의 단위체에는 C=O, C=C 이중 결합이 있다.

02 품격 문제 분석



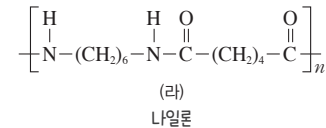
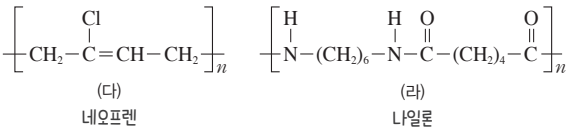
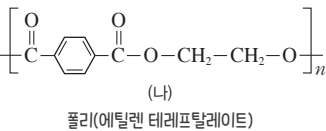
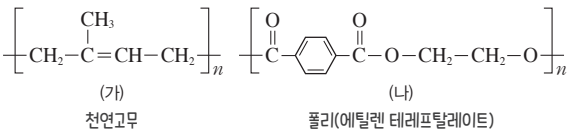
선택지 분석

- ㉠ (가)는 중합 반응 후 모두 단일 결합만 남게 된다.
 ㉡ (나)와 (라)가 중합 반응하여 만들어진 고분자에는 아마이드 결합이 있다.
 ㉢ (다)는 중합 반응 후 간단한 분자가 빠져나온다.

전략적 풀이 ① 각 단위체가 중합 반응하여 만들어진 고분자의 종류를 파악한다.

- ㉠. 염화 바이닐((가))의 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 끊어지면서 이웃 단위체와 결합하는 첨가 중합 반응으로 폴리(염화 바이닐)이 만들어진다.
 ㉡. 헥사메틸렌다이아민((나))의 $-\text{NH}_2$ 와 아디프산((라))의 $-\text{COOH}$ 가 반응할 때 H_2O 이 빠져나가면서 아마이드 결합($-\text{CONH}-$)이 형성되어 나일론이 만들어진다.
 ㉢. 중합 반응을 할 때 간단한 분자가 빠져나오는 반응은 축합 중합 반응이다. 스타이렌((다))은 첨가 중합 반응으로 폴리스타이렌이 만들어진다.

03 품격 문제 분석



분류 기준	예	아니요
㉠	(가)	(나), (다), (라)
축합 중합 반응으로 만들어지는가?	㉡ (나), (라)	㉢ (가), (다)
단위체가 1가지인가?	(가), (다)	㉢ (나), (라)

선택지 분석

- ㉠ '천연 고분자인가?'는 ㉠으로 적절하다.
 ㉡ ㉠과 ㉢에 해당하는 고분자는 같다.
 ㉢ (나)는 ㉢에 해당한다. ㉠이나 ㉡

전략적 풀이 ① 주어진 고분자를 천연 고분자와 합성 고분자로 구분한다.

㉠. (가)는 천연고무로 천연 고분자이고, (나)~(라)는 인공적인 화학 반응으로 만들어진 합성 고분자이다. 따라서 '천연 고분자인가?'는 ㉠으로 적절하다.

② 중합 반응의 종류와 각 고분자의 단위체의 수를 파악한다.

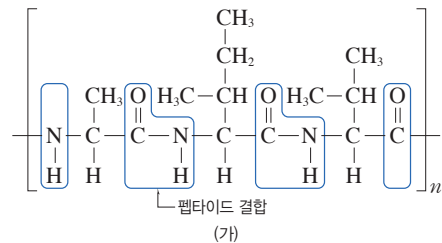
(가)의 단위체는 아이소프렌, (나)의 단위체는 테레프탈산과 에틸렌 글리콜, (다)의 단위체는 클로로프렌, (라)의 단위체는 헥사메틸렌다이아민과 아디프산이다. (가)와 (다)는 단위체에 $\text{C}=\text{C}$ 이중 결합이 있으므로 첨가 중합 반응으로 만들어지고, (나)와 (라)는 단위체에는 작용기가 있으므로 축합 중합 반응으로 만들어진다. 따라서 ㉠은 (나), (라), ㉢은 (가), (다)이다.

(가)와 (다)는 단위체는 1가지이고, (나)와 (라)는 단위체는 2가지이다. 따라서 ㉢은 (나), (라)이다.

㉡. ㉠과 ㉢에 해당하는 고분자는 모두 (나), (라)이다.

㉢. (나)는 ㉠이나 ㉢에 해당한다.

04 품격 문제 분석



(가)는 단위체인 아미노산이 펩타이드 결합을 하여 만들어진 단백질이다.

선택지 분석

- ㉠ 20종류가 있다.
 ㉡ 단위체에는 모두 2가지의 작용기가 있다.
 ㉢ 단위체는 2가지이다. 3가지

전략적 풀이 ① 천연 고분자 (가)의 구조식으로 단위체를 파악한다.

㉠. 단백질의 단위체인 아미노산은 20여 종이 있다. 20여 종의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되는 순서와 개수에 의해 단백질의 종류가 결정된다. 아미노산의 배열 순서가 조금만 달라져도 전혀 다른 단백질이 만들어지므로 생물은 매우 다양한 구조와 기능을 가진 단백질을 만들어 낼 수 있다.

② 단백질의 단위체인 아미노산의 구조를 파악한다.

ㄴ. 아미노산은 중심 탄소(C) 원자에 $-R$ (알킬기), $-COOH$, $-NH_2$, 수소(H) 원자가 결합되어 있다. $-COOH$ 와 $-NH_2$ 는 작용기이다. $-R$ 는 분자 내 탄소와 수소로 이루어진 부분을 말하며, 아미노산의 종류에 따라 달라진다.

ㄷ. (가)를 구성하는 3개의 아미노산은 $-R$ 의 종류가 모두 다르므로 단위체는 3가지이다.

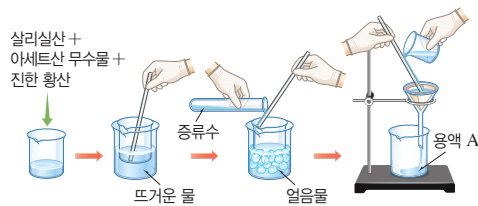
05 품평 문제 분석

(가) 비커에 살리실산, 아세트산 무수물을 넣고 진한 황산 5방울을 떨어뜨린다.

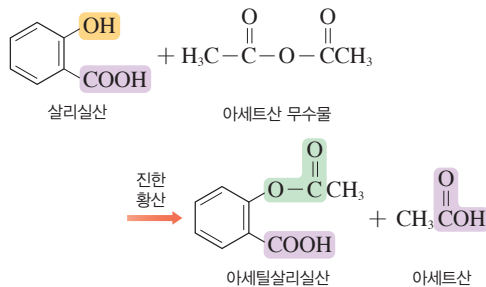
(나) (가)의 비커를 물중탕으로 10분 정도 가열한다.

(다) (나)의 비커를 얼음물이 담긴 비커에 넣고 증류수를 조금씩 넣어 준다.

(라) 결정이 생기면 거름 장치를 이용하여 용액 A를 분리하고, 찬 증류수로 결정을 씻은 뒤 건조한다.



과정 (나)에서 살리실산과 아세트산 무수물의 에스테르화 반응으로 아세틸살리실산이 만들어진다.



선택지 분석

☒ 살리실산에는 $-CHO$ 가 있다. $-OH$, $-COOH$

☒ 과정 (라)의 용액 A는 염기성이다. 산성

☒ 반응 후 생성된 두 탄소 화합물에는 공통적인 작용기가 있다.

전략적 풀이 ① 아세틸살리실산 합성 반응에서 작용기의 변화를 파악한다.

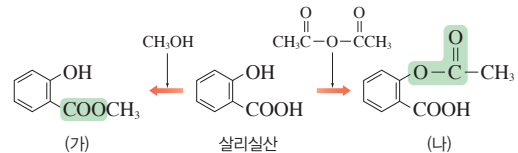
ㄱ. 살리실산에는 $-OH$ 와 $-COOH$ 가 있고, $-CHO$ 는 없다.

ㄷ. 반응 후 만들어진 탄소 화합물은 아세틸살리실산과 아세트산이다. 아세틸살리실산에는 $-COOH$ 와 $-COO-$ 가 있고, 아세트산에는 $-COOH$ 가 있다. 따라서 두 생성물에는 모두 $-COOH$ 가 있다.

② 아세틸살리실산 합성 실험 과정을 이해한다.

ㄴ. 과정 (라)의 용액 A는 여과 후 남은 용액이다. 촉매로 사용한 진한 황산(H_2SO_4)과 반응 후 빠져나온 아세트산(CH_3COOH) 등 산성 물질이 포함되어 있으므로 용액 A는 산성이다.

06 품평 문제 분석



• 살리실산과 CH_3OH 이 에스테르화 반응을 할 때 H_2O 이 빠져나오면서 (가)(메틸 살리실레이트)가 만들어진다.

• 살리실산과 아세트산 무수물이 에스테르화 반응을 할 때 CH_3COOH 이 빠져나오면서 (나)(아세틸살리실산)가 만들어진다.

선택지 분석

☒ (가)와 (나)에는 공통적으로 $-COO-$ 가 있다.

☒ 살리실산으로부터 (가)와 (나)가 만들어지는 반응에서 같은 물질이 빠져나온다. (가)는 H_2O , (나)는 CH_3COOH

☒ (나)를 복용하면 신맛이 난다.

전략적 풀이 ① 구조식에서 각 물질의 작용기를 파악한다.

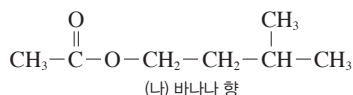
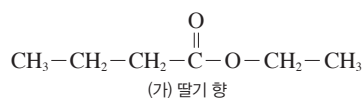
ㄱ. (가)와 (나)에는 모두 $-COO-$ 가 있다.

② (가)와 (나)가 만들어지는 반응의 특징과 생성물을 파악한다.

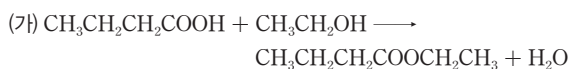
ㄴ. 살리실산에서 (가)가 만들어질 때에는 살리실산의 $-COOH$ 와 메탄올의 $-OH$ 가 반응하여 H_2O 이 빠져나오고, (나)가 만들어질 때에는 살리실산의 $-OH$ 와 아세트산 무수물이 반응하여 CH_3COOH 이 빠져나온다.

ㄷ. (나)에는 $-COOH$ 가 포함되어 있으므로 산성이다. 복용 시 $-COOH$ 가 수소 이온(H^+)을 내놓아 신맛이 난다.

07 품평 문제 분석



(가)와 (나)는 각각 다음과 같은 에스터화 반응으로 만들어진다.



선택지 분석

☒ 물에 잘 녹는다. 녹지 않는다

☒ 에스터화 반응으로 만들어진다.

☒ 인공적인 화학 반응으로 합성할 수 있다.

전략적 풀이 ① (가)와 (나)에 있는 작용기를 파악하고 성질을 추론한다.

ㄱ. 두 화합물 모두 무극성에 가까운 물질이므로 물에 잘 녹지 않는다.

② (가)와 (나)를 합성할 수 있는 반응물을 추론하여 공통점을 파악한다.

ㄴ. (가)와 (나)는 모두 카복실산의 $-\text{COOH}$ 와 알코올의 $-\text{OH}$ 가 반응하여 에스터가 생성되는 에스터화 반응으로 만들어진다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 화학 반응으로 자연의 향을 닮은 인공 향을 만든 것이다.

전략적 풀이 ① 구조식에서 각 물질의 작용기와 탄소 수를 파악한다.

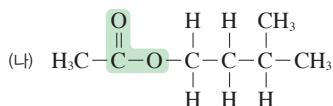
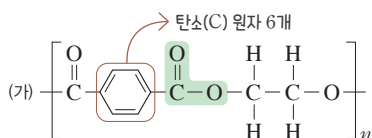
ㄱ. (가)와 (나)에는 모두 $-\text{COO}-$ 가 있다.

ㄴ. (나)의 탄소 원자 수는 총 7이지만, (가)의 반복 단위에 있는 탄소 원자 수는 총 10이다.

② (가)와 (나)의 특징을 추론한다.

ㄷ. (나)는 바나나 향이 나지만, (가)는 플라스틱이므로 과일 향이 나지 않는다.

08 품평 문제 분석



선택지 분석

☒ $-\text{COO}-$ 가 있다.

☒ 탄소 원자 수가 7이다. (가) 10, (나) 7

☒ 과일 향이 난다. (나)

