

## 11. 수용액 평형 : 산과 염기

### 11.1. 산과 염기의 정의

#### (1) 아레니우스의 정의

물에서 이온화하여 수소 이온( $H^+$ )을 내놓으면 산, 수산화 이온( $OH^-$ )을 내놓으면 염기이다.

#### (2) 브뢴스테드-로우리의 정의

양성자( $H^+$ )를 내놓으면 산, 양성자를 받으면 염기이다.

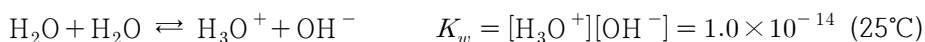
#### (3) 루이스의 정의

비공유 전자쌍을 제공하는 물질이 루이스 염기, 비공유 전자쌍을 받는 물질이 루이스 산이다.

### 11.2. pH

#### (1) 물의 자동 이온화

순수한 물은 소량이 이온화하여 평형을 이루며 이것을 자동 이온화 상수로 나타낼 수 있다.



#### (2) pH의 정의 : $pH = -\log[H^+]$

#### (3) 액성과 pH

산성 :  $pH < 7$

중성 :  $pH = 7$

염기성 :  $pH > 7$

### 11.3. 이온화 상수

#### (1) 산과 염기의 분류

강산이나 강염기는 물에서 거의 완전하게 이온화하고, 약산이나 약염기는 소량만 이온화한다.

강산 : HF를 제외한 할로젠화수소,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $HClO_4$

강염기 : Be, Mg를 제외한 1, 2족 금속의 수산화물

약산 :  $RCOOH$ ,  $HCN$ ,  $H_2CO_3$ ,  $H_2S$

약염기 :  $NH_3$ ,  $RNH_2$ , 약산의 짝염기

#### (2) 이온화 상수

산의 이온화 상수를  $K_a$ , 염기의 이온화 상수를  $K_b$ 일 때 약산이나 약염기는 5% 이하 이온화한다.

#### (3) 해리 백분율

$$\text{해리 백분율} = \frac{\text{해리된 } [HA]}{\text{초기 } [HA]} \times 100(\%)$$

#### (4) 다양성자 산

단계 별로 이온화할 때 pH는 1단계 이온화에 의해 결정되므로 일양성자 산과 같은 방법으로 계산하면 된다.  $K_1 \gg K_2$ 이고, 이양성자 산의 경우 전체 이온화 상수는  $K = K_1 \times K_2$ 로 나타낼 수 있다.

## 11.4. 염의 가수분해

## (1) 짝산 또는 짝염기의 가수분해

약산의 짝염기나 약염기의 짝산은 물에서 가수분해를 할 수 있다. 약산의 이온화 상수를  $K_a$ 라 할 때 그 짝염기의 이온화 상수  $K_b$ 와 물의 자동이온화 상수 사이에는  $K_a \times K_b = K_w$  관계가 성립한다.

약산 HA의 짝염기  $A^-$ 의 가수분해 반응 :  $A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA$

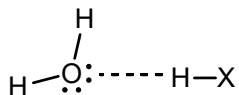
## (2) 이온화 상수와 수용액에서 염의 액성

양이온의 짝염기와 음이온의 짝산 크기를 비교해 큰 쪽의 액성을 가지는 것으로 판단한다.

## 11.5. 산의 세기에 영향을 끼치는 요인

## (1) 결합 에너지의 영향

산의 세기는 양성자 이동으로 판단할 수 있다. 같은 족 원소의 수소 화합물에서 산의 세기는 결합 에너지가 작을수록 세다.

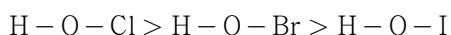


결합 에너지 : H-F	H-Cl	H-Br	H-I
567	431	366	299(kJ/mol)

산의 세기  $HF \ll HCl < HBr < HI$

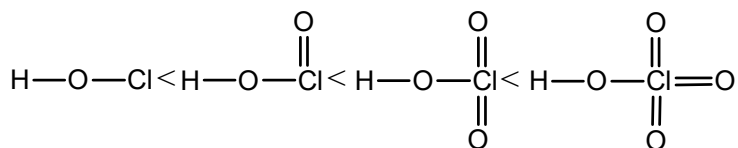
## (2) 산소산에서 중심 원소의 영향

산소산에서 양성자는 산소에 결합한 수소가 이탈해 생긴다. 양성자 이탈로 산소산 음이온이 생성될 때 중심 원소의 전기 음성도가 크면 산소를 도와 음전하를 비편재화하여 안정하게 만들기 때문에 양성자를 내어놓기 쉬워 산의 세기가 증가한다.



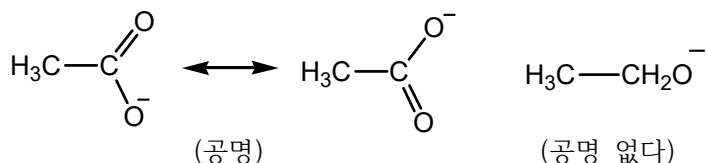
## (3) 중심 원소가 같은 산소산의 세기

중심 원소와 결합한 산소 수가 많을수록 짝염기의 음전하를 안정화시키므로 산의 세기가 증가한다.



## (4) 짝염기의 안정성

짝염기가 안정할수록 짝산의 세기가 크다. 짝염기가 공명 구조를 만들 수 있으면 음전하를 더욱 안정화시킬 수 있어 짝산의 세기가 크다.



산의 세기 :  $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

1. 산과 염기는 다양하게 정의한다. 산과 염기에 대한 정의와 관련해 다음 설명 중 옳지 않은 것은?
  - ① 아레니우스는 수용액에서 수산화 이온을 내놓는 물질을 염기로 정의한다.
  - ② 아레니우스의 산과 염기에 대한 정의는 수용액에서만 설명할 수 있다.
  - ③ 브뢴스테드-로우리의 산과 염기 정의는 양성자 이동에 의해 설명된다.
  - ④ 루이스의 산과 염기 정의로는 비공유 전자쌍을 내어놓는 물질을 산, 받는 물질을 염기라 한다.

①  $\text{NH}_2^-$  ( $\text{NH}_3$ )                      ②  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  ( $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ )

③  $\text{HS}^-$  ( $\text{S}^{2-}$ )                      ④  $\text{HCO}_3^-$  ( $\text{CO}_3^{2-}$ )

- ① 「 $K_a$ 」의 값이 커질수록 그 짝염기의 세기는 더 약해진다.
- ② 짝염기의 「 $K_b$ 」값은 「 $K_a \times K_b = K_w$ 」에 의해 구할 수 있다.
- ③ 「 $K_a$ 」의 값이 커질수록 그 수용액의 pH는 커진다.
- ④ HCl의 짝염기는 「 $\text{Cl}^-$ 」이다.

①  $10^{-1}$                       ② 1                      ③ 2                      ④ 3                      ⑤ 4

5. 다음의 물질들을 소금물에 첨가하였을 때, 산성으로 변화시킬 수 있는 것으로 짝지은 것은 무엇인가? [조선대]

KCl, FeCl<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, LiF, NH<sub>4</sub>Br

- ① FeCl<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Br      ② FeCl<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Br      ③ FeCl<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>  
 ④ KCl, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Br    ⑤ CaCO<sub>3</sub>, LiF, NH<sub>4</sub>Br

6. 다음 산-염기 반응에 대한 설명 가운데 맞는 것을 골라라. [전남대]

(가)  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HS}^-(\text{aq})$

(나)  $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

- ① (가), (나) 모두에서 물은 산으로 작용하지도 않고 염기로 작용하지도 않는다.  
 ② 물은 (가)에서는 염기로 (나)에서는 산으로 작용한다.  
 ③ 물은 (가)에서는 산으로 (나)에서는 염기로 작용한다.  
 ④ H<sub>2</sub>S나 CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>는 물에서 산이나 염기가 될 수 없다.

7. 산과 염기에 대한 다음 보기의 설명 중 옳은 것이 모두 짝지어진 것은? [덕성여대]

보기    가. 산화 이온( $\text{O}^{2-}$ )은  $\text{OH}^-$ 보다 강염기이므로 물과 잘 반응한다.  
       나. HCl은 강산이므로 염화 이온도 강염기이다.  
       다. 0.1M-NaOH 수용액의 pH는 1이다.  
       라. 염기의 수용액은 전기를 전도한다.  
       마. 산은 식물 염료에서 색깔 변화를 일으킨다.

- ① 가, 다      ② 나, 마      ③ 가, 라, 마      ④ 나, 라, 마

8. 순수한 물은 자동 이온화를 통해 소량이 이온화하며 이 자동 이온화 상수는  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ 이다. 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 온도는 25°C이다.)

- ① pH가 높을수록  $K_w$ 가 증가한다.  
 ② 순수한 물의 농도는 압력에 따라 달라진다.  
 ③ 중성인 물은  $\text{pH} = \text{pOH}$  관계가 성립한다.  
 ④  $\text{pH} = 8.0$ 인 NaOH 수용액 10.0mL를 희석해 1.0L 용액을 만들면  $\text{pH} = 6.0$ 이다.



14. 황화수소 수용액에는  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$  입자를 포함한다. 이 입자들 중에 염기로 작용할 수 있는 것을 모두 지정한 것은?

- ①  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HS}^-$                       ②  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$                       ③  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$   
 ④  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{OH}^-$                       ⑤  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$

15. 아세트산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )의 이온화 상수는  $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ 이다.  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0.010M인 수용액의 pH는 얼마인가? (단,  $\log 2 = 0.30$ 으로 계산한다.)

- ① 3.00                      ② 5.65                      ③ 8.35                      ④ 11.00

16. 산 HA의 해리 백분율은 HA 초기 농도( $[\text{HA}]_0$ )에 대한  $\text{A}^-$  농도의 비율을 %로 나타낼 수 있다.  $[\text{HA}]_0 = 0.040\text{M}$ 에 대하여 산 HA의 이온화 상수가  $K_a = 4.0 \times 10^{-6}$ 이라 할 때 이 산의 해리 백분율은 얼마인가? (단,  $\sqrt{1.60} = 1.26$ 으로 계산한다.)

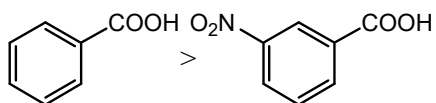
- ① 0.32%                      ② 1.0%                      ③ 1.6%                      ④ 5.0%

17. 산의 세기는 결합 에너지 등 다양한 영향을 받는다. 다음 각 산의 세기를 부등호로 바르게 나타낸 것은?

①  $\text{HOCl} > \text{HOBr}$

②  $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{Se}$

③  $\text{CH}_3\text{COOH} > \text{CFH}_2\text{COOH}$

④ 

## 12. 수용액 평형의 응용

### 12.1. 중화 반응

#### (1) 강산과 강염기 중화

강산과 강염기 중화에서 중화에 대한 상수( $K_n$ )은  $K_n = \frac{1}{K_w} = 1.0 \times 10^{14}$ 으로 반응이 거의 완결된다.

#### (2) 약산과 강염기 중화 또는 강산과 약염기 중화

약산과 강염기 중화에서  $K_n = K_a \times \frac{1}{K_w}$ , 강산과 약염기 중화는  $K_n = K_b \times \frac{1}{K_w}$ 로 결정된다.

#### (3) 약산과 약염기 중화

약산과 약염기 중화에서  $K_n = K_a \times K_b \times \frac{1}{K_w}$ 이고, 이때  $K_n$ 값은 비교적 작은 편이고 각 이온화 상수 크기에 따라 반응의 완성 정도가 결정된다.

### 12.2. Henderson-Hasselbalch 식

#### (1) Henderson-Hasselbalch 식

산 HA의 이온화 상수를 이용해 식을 만든다.  $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ 에서  $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$  이므로  $pK_a = pH - \log \frac{[A^-]}{[HA]}$  이고  $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$  이다.

#### (2) 완충 용액과 완충 작용

짜산-짜염기  $HA/A^-$ 로 이루어진 완충 용액에 외부에서 산이 첨가되면  $A^- + H^+ \rightarrow HA$ 에 따라 산이 제거되고, 외부에서 염기가 첨가되면  $HA + OH^- \rightarrow A^- + H_2O$ 로 염기가 제거되어 pH가 약간만 변화한다.

#### (3) 완충 용량

짜산과 짜염기 한 쌍으로 이루어진 완충 용액에서 산과 염기를 외부에서 첨가했을 때 pH 변화가  $pK_a \pm 1$  이내에서 완충 작용을 할 수 있고 이 범위 내의 완충계를 완충 용량으로 나타낼 수 있다. 짜산과 짜염기의 비율이 1:10 또는 10:1 범위 안에서 완충 능력이 있는 것으로 작용한다.

#### (4) 완충 용액 만들기(짜산과 짜염기 비율이 1:1인 완충 용액)

- 약산과 그 짜염기를 1:1로 섞은 용액
- 약산을 강염기로 1/2만 중화한 용액
- 약염기를 강산으로 1/2만 중화한 용액
- 반응 결과 짜산과 짜염기 비율이 1:1이 되도록 만드는 용액((ex) 0.10M HCl 10mL에 0.10M NaF 20mL 섞은 용액)

## 12.3. pH 적정 곡선과 지시약

## (1) 지시약의 원리

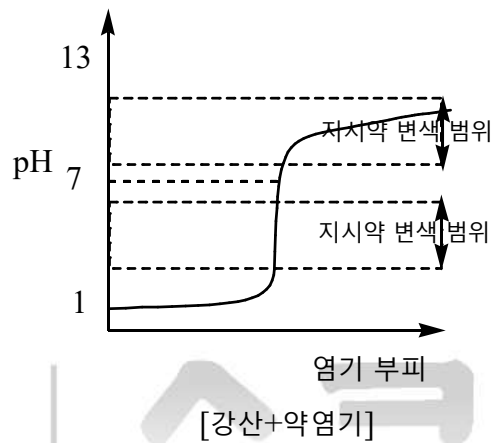
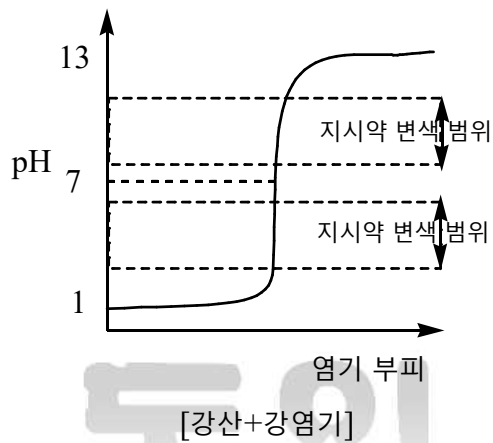
지시약은 자체로 약산 또는 약염기 형태로 pH에 따라 색소 형태가 다르다.

$$\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

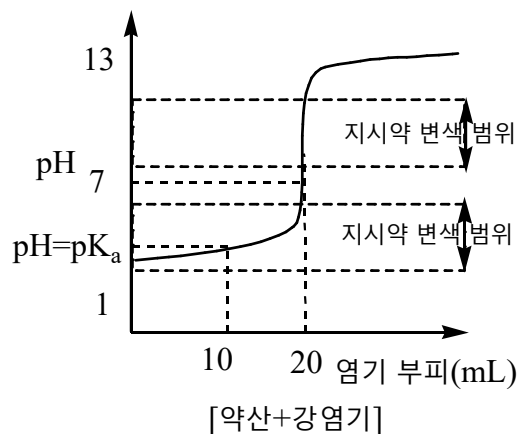
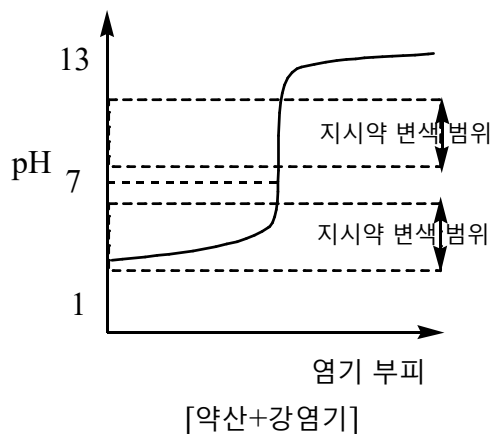
$$K_{\text{HIn}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$
 에서  $\frac{K_{\text{HIn}}}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$  이므로 pH에 따라 색소 농도비가 달라진다. 농도비가 약 10배일 때 색깔을 구분할 수 있다.

(붉은색)      (노란색)

## (2) 중화 반응과 지시약의 선택



- 강산을 강염기로 중화할 때 변색 범위가 산성이거나 염기성인 지시약 모두 가능하다. 당량점의 pH는 중성인 7이다.
- 강산을 약염기로 중화하는 경우에는 산성에서 변색하는 지시약을 써야 한다. 당량점의 pH는 산성 영역이다.

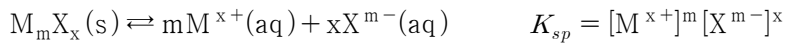


- 약산을 강염기로 중화할 때는 염기성 영역에서 변색하는 지시약을 사용한다. 당량점의 pH는 염기성 영역이다.
- 약산을 강염기로 중화할 때  $\text{pH} = \text{p}K_a$ 가 성립하는 경우는 짝산과 짝염기가 1:1(즉, 반만 중화된 상태)일 때이다.
- 염기를 산으로 중화할 때는 pH가 감소하면서 중화가 일어나므로 pH 곡선이 좌우가 바뀐 것으로 나타난다.

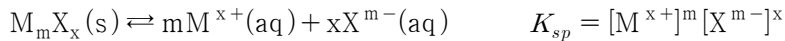


#### 12.4. 용해도 평형

##### (1) 용해도 곱 상수( $K_{sp}$ )



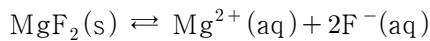
##### (2) 몰 용해도 계산



위와 같은 염에 대해서 몰 용해도를  $s(\text{mol/L})$ 라 했을 때 몰 용해도와 용해도 곱 상수를 이용해 계산할 수 있다. 따라서,  $K_{sp} = (ms)^m (xs)^x$ 이므로  $s$ 를 계산한다.

##### (3) 공통 이온 효과

용액에 들어 있는 이온과 공통인 이온을 포함하는 염을 용액에 첨가하면 평형이 왼쪽으로 이동해 몰 용해도가 감소한다.  $\text{MgF}_2$ 를 물에 넣으면 다음과 같이 용해가 소량 일어난다.



이 용액에  $\text{NaF}(s)$  염을 넣으면 염이 녹으면서 생성된  $\text{F}^{-}(aq)$  이온이 용액에서 공통 이온이므로 평형이 왼쪽으로 이동해  $\text{MgF}_2$ 의 몰 용해도가 감소한다.

##### (4) 용액의 pH와 몰 용해도

$\text{MgF}_2$  포화 수용액에  $\text{HCl}$  수용액을 넣으면 둘 사이에 공통 이온은 없지만,  $\text{F}^{-} + \text{H}^{+} \rightarrow \text{HF}$  반응으로  $\text{MgF}_2$  수용액에 들어 있는  $\text{F}^{-}$  이온이 제거되므로 몰 용해도가 증가한다. 염을 구성하는 이온에 따라 몰 용해도가 pH의 영향을 받을 수도 있음을 뜻한다.

##### (5) 선택적 침전

- 염의 해리에 대한 반응 방향은 화학 평형과 마찬가지로 이온곱( $Q_{sp}$ )과  $K_{sp}$ 를 비교하여 예측할 수 있다.

$Q_{sp} > K_{sp}$  : 역반응(침전)이 우세하게 일어나 몰 용해도가 감소한다.

$Q_{sp} = K_{sp}$  : 우연하게도 평형이 유지되는 상태이다.

$Q_{sp} < K_{sp}$  : 정반응이 우세하게 일어나 몰 용해도가 증가한다.

- 용해도 차이를 이용해 선택적으로 특정 이온을 분리할 수 있다.
- $\text{SO}_4^{2-}$  이온과  $\text{Cl}^{-}$  이온이 섞여 있는 용액에  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 를 첨가하면  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$  반응이 일어나 앙금을 걸러내면 황산 이온과 염화 이온을 분리할 수 있다.
- $\text{Ag}^{+}$  이온과  $\text{Zn}^{2+}$  이온 혼합 용액에  $\text{HCl}$  수용액을 넣으면  $\text{Ag}^{+} + \text{Cl}^{-} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$  반응이 일어나므로 앙금을 걸러내면 은이온과 아연이온을 분리할 수 있다.

## [연습 문제]

1. 임의의 산  $H_2A$  수용액 0.10M, 20.0mL에 0.10M NaOH 수용액으로 중화하는 실험을 하였다. 이에 대한 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 25°C에서  $H_2A$ 의 이온화 상수는  $K_{a1} = 2.0 \times 10^{-6}$ ,  $K_{a2} = 1.0 \times 10^{-10}$ 이고,  $\log 2 = 0.30$ 이다.)

  - ①  $H_2A$ 는 0.10M에서 완전히 이온화한다.
  - ② pH 9.0에서는 가수분해에 의해  $Na_2A$ 가 주로 생성된다.
  - ③ 완전 중화에 필요한 NaOH 수용액의 부피는 20.0mL이다.
  - ④  $H_2A$ 는 약산이므로 중화에 소비되는 NaOH는  $H_2SO_4$ 보다 많다.
  - ⑤ pH 7.0에서 존재하는 화학종의 비율은  $H_2A : HA^- : A^{2-} = 50 : 1000 : 1$ 이다.
2. 염산 0.010M, 20.0mL를 0.010M 암모니아 수로 적정하면서 적정량과 pH 사이의 관계를 알아보는 실험을 하려고 한다. 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 실험 온도는 25°C이고  $NH_3$ 의 이온화 상수는  $pK_b = 4.70$ 이고, 중화로 생성된 물 부피는 무시한다.)

  - ① 중화점에서 pH는 7.00이다.
  - ② 메틸오렌지를 지시약으로 사용할 수 있다.
  - ③ 10.0mL를 넣었을 때 용액의 pH는 9.30이다.
  - ④ 암모니아 수 80.0mL를 넣은 용액 pH는 12.00이다.
  - ⑤ 완전 중화에 필요한 암모니아 수는 20.0mL보다 적다.
3. 아세트산( $HC_2H_3O_2$ ,  $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$ )이 0.100M이고, 아세트산나트륨( $NaC_2H_3O_2$ )이 0.050M인 수용액의  $[H^+]$  농도를 계산하여라.

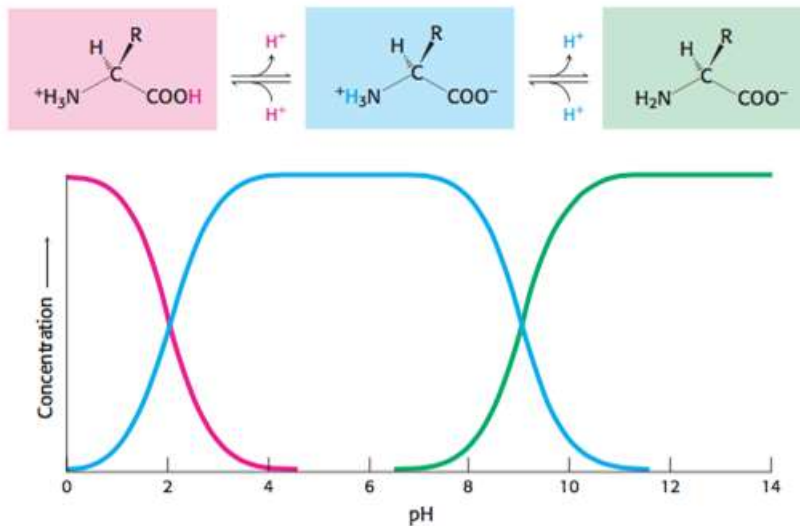
  - ①  $5.29 \times 10^{-6}$
  - ②  $2.89 \times 10^{-10}$
  - ③  $3.50 \times 10^{-5}$
  - ④  $1.32 \times 10^{-3}$
  - ⑤ 7.00
4. 다음 중 HCl에도 침전되고,  $H_2S$ 에도 침전되는 것은 어느 것인가?

  - ①  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$
  - ②  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$
  - ③  $Pb^{2+}$
  - ④  $Mn^{2+}$
  - ⑤  $Fe^{2+}$

5. 어떤 산 HA의 이온화 상수가  $K_a = 4.0 \times 10^{-5}$ 이다. 이 산 0.10M 용액 20.0mL에 0.10M NaOH 수용액 10.0mL를 첨가했을 때, 용액의 pH는 얼마인가? (단,  $\log 2 = 0.30$ ,  $\log 3 = 0.48$ 이다.)
- ① 4.22      ② 4.40      ③ 7.00      ④ 9.60      ⑤ 13.00

6. 다음 화합물을  $K_a$ 값에 따라 나열하였을 때 중간에 놓일 것은? [영남대]
- ①  $C_6H_5OH$       ②  $CH_3COOH$       ③  $CH_3NH_2$   
 ④  $CH_3CH_3$       ⑤  $C_6H_5Cl$

7. 다음은 어떤 아미노산이 pH에 따라 이온이 존재하는 형태를 나타낸 것이다.



- 이에 대한 설명으로 옳은 것을 고르면?
- ① pH가 1.0인 용액에서 주로 음이온 형태로 존재한다.  
 ② pH에 따라 아미노산은 zwitterion으로 존재할 수 있다.  
 ③ pH가 13.0인 용액에서 가장 우세한 것은 양쪽성 이온이다.  
 ④ 아미노산은 산이므로 염기에만 강하게 반응한다.  
 ⑤ R과 관계없이 아미노산은 이양성자 산이다.

8. 농도를 모르는 KOH 수용액 100mL를 취하여 0.10M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  표준 용액으로 적정을 실시하였다. 그런데 적정을 하다가 실수로 많은 양이 들어가 당량점을 지나쳐 버렸다. 이때까지 사용한  $\text{H}_2\text{SO}_4$  적정액이 60mL이고, pH를 측정하니 2.0이었다면 초기 용액의 KOH 농도는 약 얼마인가? [중앙대]

- ① 0.20M      ② 0.15M      ③ 0.10M      ④ 0.08M      ⑤ 0.05M

9. 산, 염기 지시약은 보통 약산이나 약염기이고 산성형(HInd)과 염기성형( $\text{Ind}^-$ )의 색깔이 다르며, 어느 한 쪽 농도가 10배 이상일 때 색을 구분할 수 있다. 어떤 지시약을 HInd라 할 때, 이 지시약의 이온화 상수가  $K_{\text{HInd}} = 1.0 \times 10^{-5}$ 이라고 하자. 이 지시약과 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 이 지시약은 강산과 약염기 중화에 쓸 수 있다.  
 ② 이 지시약은 pH 6~8 범위에서 색깔이 변한다.  
 ③ 사용하는 지시약의 부피는 5방울 정도가 적합하다.  
 ④ 지시약의 색깔 변화는 적정 과정에서 pH 변화와 무관하다.  
 ⑤ pH 2.00일 때 평형 이동에 의해 지시약은 염기성형 색을 나타낸다.

10. 보기에 두 용액을 같은 부피로 섞었을 때 완충 용액으로 작용할 수 있는 것을 모두 고르면?

<보 기>	
(a) 0.10M HF + 0.10M NaF	(b) 0.10M HF + 0.10M NaOH
(c) 0.10M HCl + 0.20M NaF	(d) 0.20M HF + 0.10M NaOH

- ① (a), (b)      ② (b), (c)      ③ (c), (d)      ④ (a), (c), (d)      ⑤ (b), (c), (d)

11. 25°C에서 0.20M HCN과 0.10M NaCN으로 이루어진 완충 용액 100mL에 대한 보기의 설명 중 옳은 것을 모두 고르면? (단, HCN의 이온화 상수는  $K_a = 5.0 \times 10^{-10}$ 이고  $\log 2 = 0.30$ 이다.)

<보 기>	
ㄱ. 용액의 pH는 9.00이다.	
ㄴ. 이 용액에 증류수 100mL를 넣어 희석하면 pH는 4.50이 된다.	
ㄷ. 0.50M HCN과 0.25M NaCN으로 이루어진 용액과 pH가 같다.	

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

12. 탄산( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )은 대표적인 다양성자 산으로 각 단계에서  $\text{p}K_{a1} = 6.3$ ,  $\text{p}K_{a2} = 10.3$ 이다. 0.010M의 탄산 용액 20.0mL를 0.010M NaOH 용액으로 적정할 때 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 처음 용액의 pH는 2.00이다.
- ② NaOH 용액 20.0mL를 넣은 용액은 완충 작용을 한다.
- ③ 탄산은 이양성자 산이므로 2단계에 걸쳐 중화 반응을 한다.
- ④ NaOH를 충분히 가한 용액의 pH는 14.00에 가까워진다.
- ⑤ 탄산과 NaOH 용액으로는 1가지 완충 용액만 만들 수 있다.

13. 질산 바륨( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ) 용액과 황산 소듐( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 용액을 섞을 때 일어나는 알짜 반응이 무엇인지 바르게 지정한 것은?

- ①  $\text{Na}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NaNO}_3$
- ②  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{NaNO}_3$
- ③  $2\text{Na}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightarrow \text{Na}_2(\text{NO}_3)_2$
- ④  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$

14. 25°C에서 0.10M 메틸아민( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) 20.0mL를 0.10M HCl로 적정할 때 다음 설명 중 옳은 것은? (단, 메틸아민의 이온화 상수는  $K_b = 4.0 \times 10^{-4}$ 이고,  $\log 2 = 0.30$ 이다.)

- ① 중화점에서 pH는 5.95이다.
- ② 지시약으로는 페놀프탈레인이 적합하다.
- ③ 염산을 10.0mL 넣었을 때  $\text{pH} = \text{p}K_b$  관계가 성립한다.
- ④ 완전 중화에 소모하는 염산 부피는 20.0mL보다 적다.

15.  $\text{AgNO}_3$ 과  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 이 섞인 수용액이 있을 때, 은 이온과 아연 이온을 분리하려고 한다. 다음 중 타당한 것은?

- ① 염산을 가하면  $\text{AgCl}$  앙금을 분리할 수 있다.
- ② 아세트산을 첨가해 두 이온을 분리할 수 있다.
- ③  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 를 첨가하면 두 이온을 분리할 수 있다.
- ④ 혼합 용액에  $\text{H}_2\text{S}$ 를 통과시켜 두 이온을 분리할 수 있다.

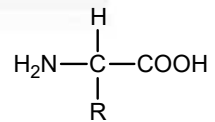
16.  $4.0 \times 10^{-3} \text{M}$   $\text{BaCl}_2$  100mL와  $6.0 \times 10^{-4} \text{M}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$  300mL를 섞었을 때 용액에서 일어나는 현상을 바르게 설명한 것은? 단,  $\text{BaSO}_4$ 의 용해도곱 상수는  $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$ 이다.

- ① 용액 속의 총  $\text{Ba}^{2+}$  몰수는  $4.0 \times 10^{-3} \text{mol}$ 이다.
- ② 용액 속의 총  $\text{SO}_4^{2-}$  몰수는  $4.5 \times 10^{-4} \text{mol}$ 이다.
- ③ 섞은 용액에서  $Q_c > K_{sp}$ 이므로 불포화 상태이다.
- ④ 섞었을 때 반응 지수  $Q_c > K_{sp}$ 이므로 양금이 생긴다.

17. 수산화알루미늄의 용해도곱 상수는  $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-33}$ 이다. pH 7.0인 완충 용액과 pH 4.0인 완충 용액에서 용액 속의 알루미늄 이온의 농도는 각각 얼마인가?

- ①  $1.0 \times 10^{-12} \text{M}$ ,  $1.0 \times 10^{-3} \text{M}$                       ②  $1.0 \times 10^{-26} \text{M}$ ,  $1.0 \times 10^{-12} \text{M}$
- ③  $1.0 \times 10^{-12} \text{M}$ ,  $1.0 \times 10^{-21} \text{M}$                       ④  $1.0 \times 10^{-3} \text{M}$ ,  $1.0 \times 10^{-12} \text{M}$

18. 아미노산은 그림의 R 부분에 어떤 작용기가 오르냐에 따라 산성 아미노산, 중성 아미노산, 염기성 아미노산으로 분류한다. 아미노산에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?



- ① pH가 낮은 용액에서는 아미노산이 양이온으로 존재한다.
- ② 강한 염기성 용액에 아미노산을 넣으면 음이온으로 존재할 수 있다.
- ③ 양전하와 음전하가 균형을 이뤄 어느 극으로도 끌리지 않는 pH를 등전점이라 한다.
- ④ R 부분에  $-\text{COOH}$ 가 있으면 산성 아미노산,  $-\text{CONH}_2$ 가 있으면 염기성 아미노산이다.

19.  $\text{AgCl}$ 은 물에 잘 녹지 않는 물질이다.  $\text{AgCl}$  0.010몰을 물 1L에 녹여 방치했을 때  $\text{AgCl}$ 의 몰용해도(mol/L)는 얼마인가? 단,  $25^\circ\text{C}$ 에서  $\text{AgCl}$ 의 용해도곱 상수는  $K_{sp} = 2.0 \times 10^{-10}$ 이고,  $\sqrt{2} = 1.4$ 이다.

- ①  $2.8 \times 10^{-5}$                       ②  $2.0 \times 10^{-5}$                       ③  $1.4 \times 10^{-5}$                       ④  $7.0 \times 10^{-6}$