

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.

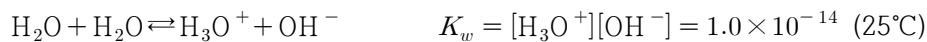
(3) 루이스의 정의

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 : $A^- + H_2O \rightleftharpoons OH^- + HA$

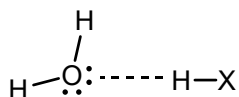
(2) 이온화 상수와 수용액에서 염의 액성

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.

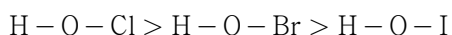


결합 에너지 : H-F	H-Cl	H-Br	H-I
567	431	366	299(kJ/mol)

산의 세기 $HF \ll HCl < HBr < HI$

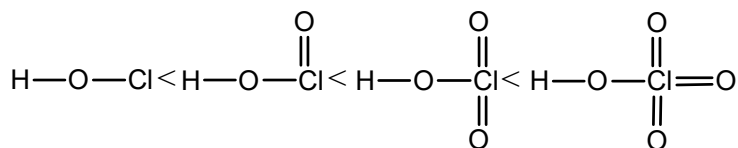
(2) 산소산에서 중심 원소의 영향

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.



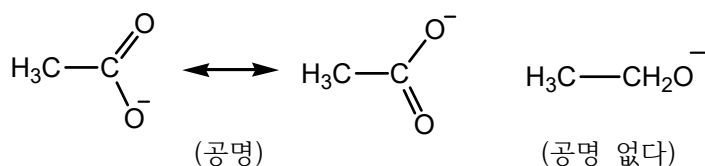
(3) 중심 원소가 같은 산소산의 세기

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

[연습 문제]

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.

2. 물은 자동 이온화 반응을 통해 다음과 같이 평형을 이룬다.



이 반응에 대해 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 온도가 높을수록 K_w 값은 증가한다.
- ② 온도와 관계없이 $\text{pH} = 7.0$ 이면 중성이다.
- ③ 물 분자는 양성자를 받아 염기로만 작용한다.
- ④ 25°C 에서 $\text{pH} = 6.0$ 인 염산 1.0mL에 증류수를 넣어 100mL 용액으로 만들면 $\text{pH} = 8.0$ 이다.

3. 다음은 「브뢴스테드-로우리(Brønsted-Lowry)에 의한 산과 염기의 개념」에 근거하여 표현된 약한 일양성자성 산에 관한 내용들이다. 틀린 것은? [강원대]

- 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 「 Cl^- 」이다.

4. H_2S 와 HS^- 의 K_a 값은 각각 10^{-7} , 10^{-13} 이다. 0.1M H_2S 용액의 pH는? [영남대]

- 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, FeCl₃, NaNO₃, CaCO₃, LiF, NH₄Br

- ① FeCl₃, NH₄Br ② FeCl₃, CaCO₃, NH₄Br ③ FeCl₃, NaNO₃
 ④ KCl, NaNO₃, NH₄Br ⑤ CaCO₃, LiF, NH₄Br

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 H₂S나 CH₃NH₂는 물에서 산이나 염기가 될 수 없다.

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

보기 가. 산화 이온(O^{2-})은 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. 임의의 산 HA의 농도가 0.020M 용액의 pH값이 5.00이다. 이 산의 이온화 상수(K_a)값으로 옳은 것은?

- ① 3.0×10^{-9} ② 4.0×10^{-9} ③ 5.0×10^{-9} ④ 6.0×10^{-9}

9. 25°C에서 다음 각 용액의 pH값을 바르게 구한 것은? (단, $\log 2=0.30$, $\log 3=0.48$ 로 계산한다.)

(a) 0.20M HBr	(b) 3.0×10^{-4} M KOH	(c) 5.0×10^{-5} M $\text{Ca}(\text{OH})_2$
---------------	--------------------------------	---

- | | | | | | | | | |
|--------|-------|------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) | (a) | (b) | (c) |
| ① 0.70 | 10.48 | 9.70 | ② 0.30 | 10.48 | 10.00 | ③ 0.70 | 3.52 | 4.30 |
| ④ 0.30 | 3.52 | 4.30 | ⑤ 0.70 | 10.48 | 10.00 | | | |

10. 0.010M H_2CO_3 ($K_{a1} = 4.0 \times 10^{-7}$; $K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$)에 존재하는 CO_3^{2-} 의 농도와 용액의 pH를 바르게 나타낸 것은? (단, $\log 2=0.30$, $\sqrt{40}=6.3$ 이다.)

- ① 4.0×10^{-7} , 6.40 ② 5.6×10^{-11} , 4.20 ③ 4.0×10^{-7} , 4.20
 ④ 5.6×10^{-11} , 6.40 ⑤ 5.6×10^{-11} , 5.60

[11-12] 피리딘($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$)의 이온화 상수는 25°C에서 $K_b = 1.8 \times 10^{-9}$ 이다. 피리딘 0.40M 수용액에 대하여 다음 물음에 답하여라. (단, $\log 2=0.30$, $\log 3=0.48$ 이다.)

11. 위 수용액의 pH는 얼마인가?

- ① 8.48 ② 8.93 ③ 9.43 ④ 9.78 ⑤ 10.43

12. 염화피리디늄 0.10몰을 물에 녹여 500mL 용액을 만들었을 때 이 용액의 pH는 얼마인가?

- ① 5.96 ② 4.60 ③ 3.48 ④ 2.98 ⑤ 1.78

13. 농도가 같을 때 산의 세기는 다양한 요인으로 영향을 받을 수 있다. 다음 중 산의 세기를 부등호로 바르게 나타낸 것은?

- ① $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr}$ ② $\text{HOCl} > \text{HOBr} > \text{HOI}$
 ③ $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} > \text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{H}$ ④ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$

14. 황화수소 수용액에는 H_2S , HS^- , S^{2-} , H_3O^+ , OH^- 입자를 포함한다. 이 입자들 중에 염기로 작용할 수 있는 것을 모두 지정한 것은?

- ① H_2S , HS^- ② H_2S , H_3O^+ ③ HS^- , S^{2-}
 ④ H_3O^+ , OH^- ⑤ HS^- , S^{2-} , OH^-

15. 25°C 에서 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ 의 $K_a = 6.0 \times 10^{-5}$ 이다. 0.100M $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{Na}$ 용액의 pH를 계산하여라. 단, $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$ 이다.

- ① 5.39 ② 8.61 ③ 9.48 ④ 10.78

16. 산 HA의 해리 백분율은 HA 초기 농도에 대한 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?

- ① 1.0% ② 2.0% ③ 4.0% ④ 5.0%

17. 다음 염을 물에 녹였을 때 산성을 띠는 것을 모두 고른 것은?

(a) KHSO_4	(b) NaHCO_3	(c) NH_4Cl	(d) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
---------------------	----------------------	----------------------------	--------------------------------

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

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

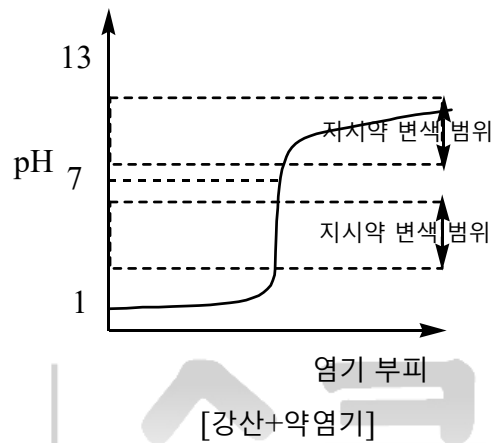
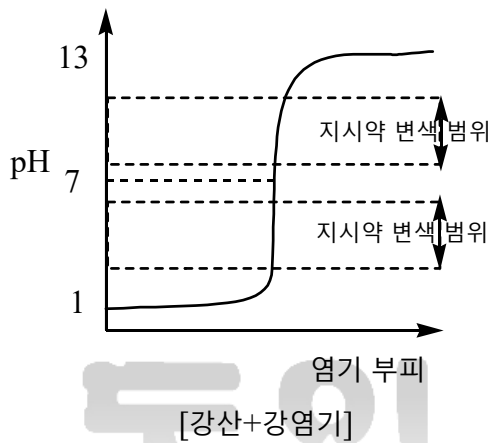
(1) 지시약의 원리

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

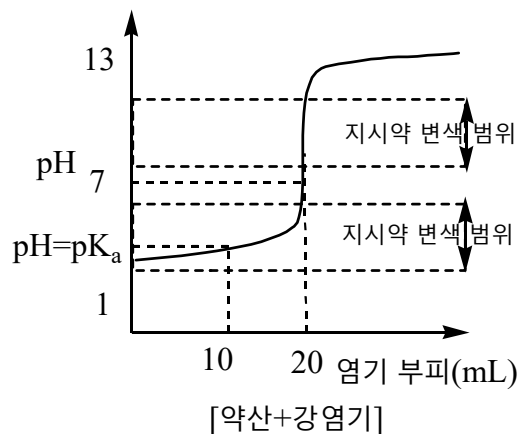
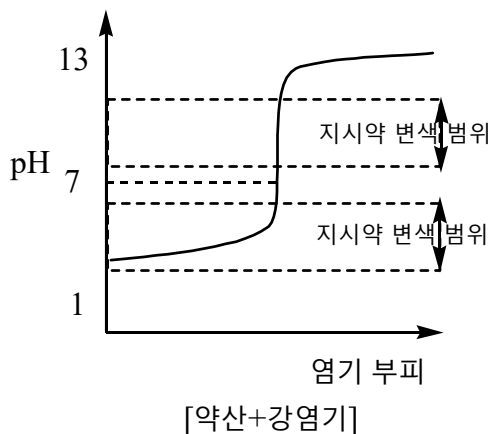
$$\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{In}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

$$K_{\text{HIn}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$$
 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.

(2) 중화 반응과 지시약의 선택

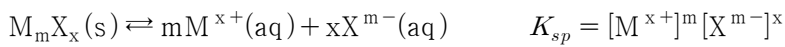


- 강산을 강염기로 중화할 때 변색 범위가 산성이거나 염기성인 지시약 모두 가능하다. 당량점의 pH는 중성인 7이다.
- 강산을 약염기로 중화하는 경우에는 산성에서 변색하는 지시약을 써야 한다. 당량점의 pH는 산성 영역이다.

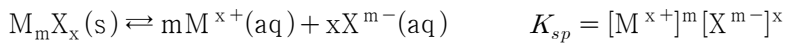


- 약산을 강염기로 중화할 때는 염기성 영역에서 변색하는 지시약을 사용한다. 당량점의 pH는 염기성 영역이다.
- 약산을 강염기로 중화할 때 $\text{pH} = \text{p}K_a$ 가 성립하는 경우는 짝산과 짝염기가 1:1(즉, 반만 중화된 상태)일 때이다.
- 염기를 산으로 중화할 때는 pH가 감소하면서 중화가 일어나므로 pH 곡선이 좌우가 바뀐 것으로 나타난다.

12.4. 용해도 평형

(1) 용해도 곱 상수(K_{sp})

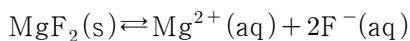
(2) 물 용해도 계산



위와 같은 염에 대해서 물 용해도를 $s(\text{mol/L})$ 라 했을 때 물 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 물 용해도가 감소한다. 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 MgF_2 의 물 용해도가 감소한다.

(4) 용액의 pH와 물 용해도

MgF_2 포화 수용액에 HCl 수용액을 넣으면 둘 사이에 공통 이온은 없지만, $\text{F}^{-} + \text{H}^{+} \rightarrow \text{HF}$ 반응으로 MgF_2 수용액에 들어 있는 F^{-} 이온이 제거되므로 물 용해도가 증가한다. 염을 구성하는 이온에 따라 물 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 물 용해도가 감소한다.

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

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

- 용해도 차이를 이용해 선택적으로 특정 이온을 분리할 수 있다.
- SO_4^{2-} 이온과 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 양금을 걸러내면 황산 이온과 염화 이온을 분리할 수 있다.
- Ag^{+} 이온과 Zn^{2+} 이온 혼합 용액에 HCl 수용액을 넣으면 $\text{Ag}^{+} + \text{Cl}^{-} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ 반응이 일어나므로 양금을 걸러내면 은이온과 아연이온을 분리할 수 있다.

[연습 문제]

- 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°C 에서 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.

 - H_2A 는 0.10M에서 완전히 이온화한다.
 - pH 9.0에서는 가수분해에 의해 Na_2A 가 주로 생성된다.
 - 완전 중화에 필요한 NaOH 수용액의 부피는 20.0mL이다.
 - H_2A 는 약산이므로 중화에 소비되는 NaOH는 H_2SO_4 보다 많다.
 - pH 7.0에서 존재하는 화학종의 비율은 $H_2A : HA^- : A^{2-} = 50 : 1000 : 1$ 이다.
- 옥살산($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$, 126.0g/mol) 0.252g을 중화시키는 데 필요한 0.1250M NaOH의 부피는 얼마인가? 단, 온도는 일정하고 옥살산의 부피는 무시한다.

 - 16.0mL
 - 20.0mL
 - 32.0mL
 - 40.0mL
 - 48.0mL
- 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.

 - 5.29×10^{-6}
 - 2.89×10^{-10}
 - 3.50×10^{-5}
 - 1.32×10^{-3}
 - 7.00
- 다음 중 HCl에도 침전되고, H_2S 에도 침전되는 것은 어느 것인가?

 - Pb^{2+}, Cd^{2+}
 - Mn^{2+}, Fe^{2+}
 - Pb^{2+}
 - Mn^{2+}
 - Fe^{2+}

5. BaSO_4 (233g/mol, $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$) 1.0mmol을 물 10.0L에 포화시켰다. 녹지 않고 남아 있는 BaSO_4 의 양은 얼마인가?

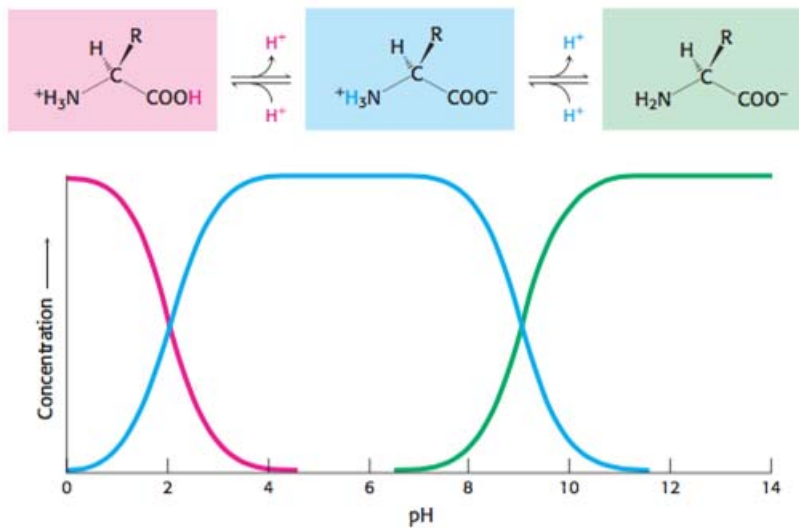
- ① 0.0021g ② 0.021g ③ 0.21g ④ 2.1g ⑤ 21g

6. 다음 화합물을 K_a 값에 따라 나열하였을 때 중간에 놓일 것은?

[영남대]

- ① $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ② CH_3COOH ③ CH_3NH_2
 ④ CH_3CH_3 ⑤ $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$

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 H_2SO_4 표준 용액으로 적정을 실시하였다. 그런데 적정을 하다가 실수로 많은 양이 들어가 당량점을 지나쳐 버렸다. 이때까지 사용한 H_2SO_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. $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}] = 0.25\text{M}$ 와 $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}] = 0.10\text{M}$ 인 수용액을 각각 50.0mL씩 혼합하여 만든 용액이 있다. 이 용액의 pH는 얼마인가? 단, 25°C 에서 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ 의 이온화 상수는 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ 이고 $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$ 으로 계산한다.

- ① 4.34 ② 4.74 ③ 5.04 ④ 5.22 ⑤ 5.52

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°C 에서 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. $[\text{HCOOH}] = 0.25\text{M}$, $[\text{HCOONa}] = 0.50\text{M}$ 인 완충 용액의 pH는 얼마인가? (단, 25°C 에서 HCOOH의 이온화 상수는 $K_a = 2.0 \times 10^{-4}$ 이고 $\log 2 = 0.30$ 이다.)

- ① 4.00 ② 3.70 ③ 3.30 ④ 3.00 ⑤ 2.70

13. Henderson-Hasselbalch식은 어떤 산이나 염기와 염이 섞인 용액의 pH를 예측하는 데 유용하다. 이 식에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 약산과 그 짝염기 용액, 약염기와 그 짝산의 염 용액에 적용하기 쉽다.
- ② 일정한 pH에서 반응이 필요할 때 그 pH의 완충 용액을 만드는 데 유용하다.
- ③ 약산과 짝염기의 농도가 1:1인 용액에서 $\text{pH} = \text{p}K_a$ 관계가 성립한다.
- ④ $\text{p}K_a$ 값에 관계없이 어떤 pH에서도 완충 작용을 하는 완충 용액을 만들 수 있다.

14. 25°C에서 0.10M 메틸아민(CH_3NH_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 5.80이다.
- 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. 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 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 H_2S 를 통과시켜 두 이온을 분리할 수 있다.

16. $4.0 \times 10^{-3}\text{M}$ BaCl_2 100mL와 $6.0 \times 10^{-4}\text{M}$ Na_2SO_4 300mL를 섞었을 때 용액에서 일어나는 현상을 바르게 설명한 것은? 단, BaSO_4 의 용해도곱 상수는 $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-10}$ 이다.

- ① 용액 속의 총 Ba^{2+} 몰수는 $4.0 \times 10^{-3}\text{mol}$ 이다.
- ② 용액 속의 총 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 앙금이 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. pH가 10.0인 완충 용액을 NaHCO_3 와 Na_2CO_3 를 이용해 만들고자 한다. 농도를 어떻게 조작하면 되겠는가? H_2CO_3 의 이온화 상수는 $K_{a1} = 4.0 \times 10^{-7}$, $K_{a2} = 6.0 \times 10^{-11}$ 이다.

- ① $[\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}] = 3 : 5$ ② $[\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}] = 4 : 5$
 ③ $[\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}] = 5 : 4$ ④ $[\text{HCO}_3^-] : [\text{CO}_3^{2-}] = 5 : 3$

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

- ① 2.8×10^{-5} ② 2.0×10^{-5} ③ 1.4×10^{-5} ④ 7.0×10^{-6}