

11. 수용액 평형 : 산과 염기

1. 산과 염기의 정의 : ④

아레니우스 정의는 수용액에서 H^+ 이온을 내놓으면 산, OH^- 이온을 내놓으면 염기로 정의하고, 브뢴스테드-로우리의 정의는 수소 이온(H^+ , 양성자)을 내어놓는 물질을 산, 양성자를 받는 물질을 염기라 한다. 루이스의 정의는 비공유 전자쌍을 제공하는 물질이 염기, 비공유 전자쌍을 받는 물질이 산이다.

2. 짝산과 짝염기 : ①

짝산은 양성자를 내어놓는 물질이고, 짝염기는 양성자를 받는 물질로서 짝산과 짝염기 사이에 양성자 이동이 일어난다.

3. 브뢴스테드-로우리 산과 염기 정의 : ③ [강원대]

짝산과 짝염기이면 $K_a \cdot K_b = K_w$ 관계를 이용한다. Cl^- 의 짝산이 HCl 이고 HCl 의 짝염기가 Cl^- 이다. K_a 가 클수록 센 산이고 짝염기는 더욱 약해지며, pH가 높아진다.

4. 다양성자 산의 pH : ⑤ [영남대]

H_2S 는 이양성자 산으로 $K_{a1} = 10^{-7} \gg K_{a2} = 10^{-13}$ 이므로 이온화로 인한 $[H^+]$ 결정은 주로 K_{a1} 을 이용해 결정할 수 있다. $K_{a1} = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]} = 10^{-7}$ 이므로 H_2S 가 x 만큼 이온화된다고 가정하면 $[H^+] = [HS^-] = x$ 이므로 $\frac{x^2}{0.10 - x} = 10^{-7}$ 에서 $x = [H^+] = 10^{-4} M$ 이고 $pH = 4$ 이다.

5. 염의 액성 : ① [조선대]

염의 구성(염에 H^+ , OH^- 이 없는 경우)이 강산과 강염기가 반응한 결과이면 중성, 강산과 약염기가 반응한 결과이면 산성, 약산과 강염기가 반응한 결과이면 염기성이고, 약산과 약염기가 반응한 결과이면 각각의 이온화 상수 크기에 의해 결정된다.

6. 브뢴스테드-로우리의 산과 염기 : ② [전남대]

(가)에서 양성자는 H_2S 에서 H_2O 로 이동해 H_2S 가 산, H_2O 는 염기로 작용한다. (나)에서 양성자 이동은 H_2O 에서 CH_3NH_2 방향이다. H_2O 는 (가)에서 염기로, (나)에서 산으로 작용하며 물에서 H_2S 는 산으로, CH_3NH_2 는 염기로 작용한다.

7. 산과 염기 : ③ [덕성여대]

산화 이온(O^{2-})은 물(H_2O)과 반응해 수산화 이온(OH^-)을 생성한다.

8. 자동 이온화 상수 : ③

KF가 BrF₃와 반응해 BrF₄⁻를 생성한다.

9. 약염기의 이온화 상수 : ④

$K_b = 2.0 \times 10^{-6}$ 이면 이온화도(α)가 충분히 작아 $1 - \alpha \approx 1$ 로 계산할 수 있다. 염기를 B라 할 때 $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$ 이고 $K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = c\alpha^2$ 이다.

10. NaHCO₃(aq)의 pH : ②

$pK_{a1} = 6.30$ 이고 $pK_{a2} = 10.30$ 이며, 첫 번째 당량점은 대부분 NaHCO₃ 수용액이고 이 수용액은 $pH = \frac{pK_{a1} + pK_{a2}}{2} = \frac{6.30 + 10.30}{2} = 8.30$ 이다.

11. 피리딘의 이온화 상수 : ③

피리딘이 용매인 물과 반응했을 때 반응량을 x 라고 하면 $K_b = \frac{x^2}{0.4 - x} = 1.8 \times 10^{-9}$ 이다. pH는 $14 - pOH = 9.43$ 이다.

12. 피리디늄 이온의 이온화 상수 : ④

피리디늄 이온의 초기 농도는 $\frac{0.10 \text{ mol}}{0.500 \text{ L}} = 0.20 \text{ M}$ 이고, $K_a \times K_b = K_w$ 이므로 $K_a = \frac{1}{18} \times 10^{-4}$ 이다. 이온화한 정도를 y 라 하면 $\frac{y^2}{0.20 - y} = \frac{1}{18} \times 10^{-4}$ 이고 $y = [H_3O^+]$ 이므로 $pH = 2.98$ 이다.

13. 존재비 : ③

H₂A는 이양성자 산이므로 $K_{a1} = 2.0 \times 10^{-5}$, $K_{a2} = 4.0 \times 10^{-9}$ 이다. $\frac{2.0 \times 10^{-5}}{[H^+]} = \frac{[HA^-]}{[H_2A]}$ 이며, $pH = 5.00$ 에서 $H_2A : HA^- = 1 : 2$ 이다. 같은 방법으로 계산하여 $H_2A : HA^- : A^{2-} = 1250 : 2500 : 1$ 이다.

14. 염기 : ②

H⁺를 받을 수 있는 물질은 염기로서 S²⁻, OH⁻이고, HS⁻는 조건에 따라 산과 염기로 모두 작용할 수 있는 양쪽성 물질이다.

15. CH₃COONa 수용액의 pH : ③

아세트산(CH₃COOH)의 $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ 이므로 짝염기인 CH₃COO⁻의 $K_b = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$ 이다.

아세트산 이온이 용매인 물과 반응한 정도를 x 라 하면 $\frac{1}{2} \times 10^{-9} = \frac{x^2}{0.010 - x}$ 에서 $x = [\text{OH}^-]$ 이므로 pOH = 5.65이고 pH = 8.35이다.

16. 해리 백분율(α_{A^-}) : ②

K_a 가 충분히 작으므로 $[\text{HA}]_0 = [\text{HA}]$, $[\text{H}^+] \approx [\text{A}^-]$ 이고 $\alpha_{A^-} (\%) = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]} \times 100 = 1.0$ 이다.

17. 산의 세기 : ①

짝염기를 안정화시킬 수 있으면 짝산은 세다. 산소와 결합한 중심 원소의 전기음성도가 크면 짝염기의 음전하를 비편재화하는 데 도움이 된다. 결합 에너지가 크면 양성자를 물 분자에 제공하기 어려워 약한 산의 세기가 약해지고, 벤젠 고리에 연결된 작용기가 전자를 끌어당겨 벤젠 고리의 전자 밀도를 떨어뜨리면 벤젠 고리에 결합한 산성 작용기에서 양성자를 이탈시키기 쉬워 산의 세기가 증가한다.

18. 아세트산과 진한 황산 : ④

아세트산이 가지는 두 가지 산소는 비공유 전자쌍을 모두 가지고 있으므로 양성자를 받을 수 있다. 황산이 아세트산보다 양성자를 제공하기 쉬우므로 짝염기는 HSO₄⁻이다.

19. 브뢴스테드-로우리의 염기 : ①

브뢴스테드-로우리의 염기는 양성자(H⁺)를 받는 물질, 양성자를 내는 물질을 산, 조건에 따라 양성자를 낼 수도 받을 수도 있는 물질은 양쪽성 물질로 분류한다.

20. 물의 자동 이온화 상수 : ③

물의 자동 이온화는 $2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ 인데, 물 분자에서 양성자가 이탈해 다른 물 분자에 결합하므로 온도가 높아지면 K_w 는 증가한다. 산성은 $[\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-]$, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (25°C)에서 중성($[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$)이므로 pH = 7.00이다. 10°C에서 K_w 값을 모르므로 pH = 7.10인 용액의 액성은 알 수 없고, 증류수에 산을 넣으면 물의 자동 이온화로 생긴 수소 이온은 H₃O⁺은 매우 적은 양이므로 무시한다.

21. ②

pH = 8.0인 용액은 약하지만 염기성인데, 100배 희석(10 mL → 10+990 (mL))해도 물의 자동 이온화가 영향을 끼칠 수 있으므로 pH = 6.0으로 될 수는 없고 거의 중성(pH = 7.0)이다.

22. 이온화 상수의 변형 : ⑤

$\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{K_a}{[H_3O^+]}$ 에서 pH = 4.0이므로 $[H_3O^+] = [H^+] = 10^{-4}$ M이고 $A^- : HA = 1 : 10$ 이다.

23. 탄산(H₂CO₃)의 성질 : ①

수소는 산소와 결합하고, 이온화 상수는 $K_{a1} \gg K_{a2}$ 이므로 이온화는 거의 1단계에서 이루어지며, 전체 용액의 pH는 1단계에서 결정된다. pH = 3.00이면 가장 우세한 화학종은 H₂CO₃으로서 $K_{a1} = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$, $K_{a2} = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$ 이므로 pH = 3.00인 용액에서 가장 우세한 화학종은 H₂CO₃이고, 완충 용액인 $HCO_3^- : CO_3^{2-} = 1 : 1$ 인 경우, OH⁻가 산인 HCO₃⁻와 반응한다.

24. 해리 백분율과 용액의 pH : ③

해리 백분율이 2.0 %이면 $[H^+] = c\alpha = 0.10 \times 0.020 = 2.0 \times 10^{-3}$ M이다. pH = 2.70이다.

25. 염의 가수 분해 : ⑤

염을 구성하고 있는 양이온과 음이온의 성질에 의해 결정된다. NaCl, CaCl₂, KNO₃의 수용액은 중성, NaHSO₄는 산성(HSO₄⁻ 때문에), KHCO₃의 가수 분해는 $HCO_3^- + H_2O \rightarrow H_2CO_3 + OH^-$ 로 염기성이다.

26. 산의 세기와 결합 에너지 : ④

산의 세기가 HF ≪ HCl < HBr < HI인 것은 HF의 결합 에너지가 다른 할로젠화 수소보다 매우 커서 산의 세기에 영향을 준다.

27. 산소산의 세기 : ⑤

중심 원자에 결합한 산소 수가 많을수록 산의 세기가 세고, 산소와 결합한 원소의 전기 음성도가 클수록 짝염기의 음전하가 비편재화할수록 짝산의 세기가 크다. 짝염기 중심 원자에 산소가 많이 결합하고 음전하가 비편재화할수록 짝염기가 안정화하고 짝산의 세기가 증가한다.

28. 산성비 : ①

이산화 탄소는 산성 산화물이므로 대기 중의 이산화 탄소가 비에 약간 녹아 탄산 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$)을 생성하므로 오염이 안 된 비도 약간 산성이다. 화석 연료 속의 황 화합물이 산화하여 최종적으로 산성비를 만들고, 도시에서는 주로 자동차 내연 기관에서 대기 중의 질소(N_2)와 산소(O_2)가 고온, 고압 조건에서 산성 산화물(NO_2)을 생성해 산성비를 만들 수 있다. 석회석을 가열해 생성된 석회(CaO)가 염기성 산화물이므로 산성 산화물과 반응해 제거할 수 있다.

29. 암모니아의 pH : ④

암모니아 수용액에서 암모니아가 염기성을 띠므로 x 만큼 이온화해 $K_b = 2.0 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.10 - x}$ 에 5% rule을 적용하면 $x = [\text{OH}^-] = \sqrt{2} \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. 따라서, pH = 11.15이다.

30. 해리 분율 : ②

$\text{HA} \rightarrow \text{H}^+ + \text{A}^-$ 에서 A^- 의 해리 분율은 $\alpha_{\text{A}^-} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]}$ 이다. α_{A^-} 에서 $\frac{K_a}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 이

므로 $\alpha_{\text{A}^-} = \frac{K_a/[\text{H}^+]}{1 + K_a/[\text{H}^+]} = \frac{K_a}{K_a + [\text{H}^+]}$ 이다.