



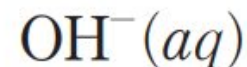
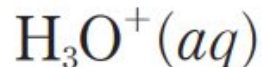
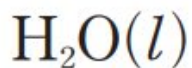
pH

Autumn



## ■ 물의 자동 이온화

- 순수한 물에서 매우 적은 양의 물 분자끼리 수소이온을 주고받아 이온화하는 반응



## ■ 정반응: 물분자 2개가 수소이온을 주고받음

- 수소이온을 준 물분자 :  $\text{H}_2\text{O}$ 에서  $\text{H}^+$ 를 주었으므로  $\text{OH}^-$ 만 남음
- 수소이온을 받은 물분자 :  $\text{H}_2\text{O}$ 에서  $\text{H}^+$ 를 받았으므로  $\text{H}_3\text{O}^+$ 가 됨

## ■ 역반응: $\text{H}_3\text{O}^+$ 와 $\text{OH}^-$ 가 반응하여 물분자가 됨

# 물의 이온화상수( $K_w$ )



## ■ 물의 이온화상수

### ■ $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱을 물의 이온화상수( $K_w$ )로 정의함

- $[ ]$  : 물농도를 의미 (  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 물농도,  $[\text{OH}^-]$ :  $\text{OH}^-$ 의 물농도)
- 온도가 같으면 물의 이온화상수는 일정
- 온도가 달라지면 물의 이온화상수도 달라짐

### ■ 25°C 에서 순수한 물의 자동이온화반응이 동적평형에 도달한 경우

- $[\text{H}_3\text{O}^+]$  :  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$
- $[\text{OH}^-]$  :  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$
- $K_w$ :  $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-7} = 1 \times 10^{-14}$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = \text{일정}$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (25 } ^\circ\text{C)}$$



# 수용액의 액성



## ■ 산성 수용액

- 산성을 나타내는 물질 :  $H^+$  ( $=H_3O^+$ ,  $H^+$ 는 물 속에서  $H_3O^+$ 로 존재)
- 수용액 속에  $OH^-$ 보다  $H_3O^+$ 가 많으면 산성을 나타냄
- 수용액 속  $OH^-$ 의 농도보다  $H_3O^+$ 의 농도가 높으면 산성을 나타냄
- 산성 수용액에서  $[H_3O^+] > [OH^-]$

## ■ 염기성 수용액

- 염기성을 나타내는 물질 :  $OH^-$
- 수용액 속에  $H_3O^+$ 보다  $OH^-$ 가 많으면 염기성을 나타냄
- 수용액 속  $H_3O^+$ 의 농도보다  $OH^-$ 의 농도가 높으면 염기성을 나타냄
- 염기성 수용액에서  $[H_3O^+] < [OH^-]$

# 수용액의 액성



## ■ 중성 수용액

- 산성을 나타내는 물질 :  $\text{H}^+$  ( $=\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{H}^+$ 는 물 속에서  $\text{H}_3\text{O}^+$ 로 존재)
- 염기성을 나타내는 물질 :  $\text{OH}^-$
- 수용액 속  $\text{H}_3\text{O}^+$ 와  $\text{OH}^-$ 의 양이 같으므로 산성도 염기성도 나타나지 않음
- 수용액 속  $\text{H}_3\text{O}^+$ 의 농도와  $\text{OH}^-$ 의 농도가 같으므로 산성도 염기성도 나타나지 않음
- 중성 수용액에서  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

# 수용액의 액성



■ 25℃ 에서 수용액의 액성에 따른 [H3O<sup>+</sup>]와 [OH<sup>-</sup>]

농도(M)	$1.0 \times 10^{-14}$	$1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^0$
산성 용액	<div> <div>[OH<sup>-</sup>]</div> <div>[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]</div> </div>		[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] > $1 \times 10^{-7}$ M > [OH <sup>-</sup> ]
중성 용액	<div> <div>[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]</div> <div>[OH<sup>-</sup>]</div> </div>		[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] = $1 \times 10^{-7}$ M = [OH <sup>-</sup> ]
염기성 용액	<div> <div>[H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]</div> <div>[OH<sup>-</sup>]</div> </div>		[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] < $1 \times 10^{-7}$ M < [OH <sup>-</sup> ]

# 수소이온농도지수(pH)



## ■ 수소이온농도지수(pH)

- 수용액 속  $[H_3O^+]$ 의 역수의 상용로그 값
- 기호는 pH를 사용

$$pH = \log \frac{1}{[H_3O^+]} = -\log [H_3O^+]$$

- 수용액 속  $[H_3O^+]$ 가 클수록 pH의 값은 작아진다
  - pH가 작으면 산성이 강하고 pH가 크면 염기성이 강하다
- 수소이온 농도가 10배 변하면 pH는 1 변한다
  - 수소이온 농도가 10배 커지면 pH는 1만큼 작아진다.
  - 수소이온 농도가 1/10배로 작아지면 pH는 1만큼 커진다.
- 같은 방법으로 수용액의  $[OH^-]$ 를 pOH로 나타낼 수 있다.



# 수산화이온농도지수(pOH)



## ■ 수산화이온농도지수(pOH)

- 수용액 속  $[\text{OH}^-]$ 의 역수의 상용로그 값 ( $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ )
- 기호는 pOH를 사용
- 수용액 속  $[\text{OH}^-]$ 가 클수록 pOH의 값은 작아진다
  - pOH가 작으면 염기성이 강하고 pOH가 크면 산성이 강하다
- 수산화이온 농도가 10배 변하면 pH는 1 변한다
  - 수산화이온 농도가 10배 커지면 pOH는 1만큼 작아진다.
  - 수산화이온 농도가 1/10배로 작아지면 pOH는 1만큼 커진다.





# pH와 pOH



- 물의 이온화상수

- $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = \text{일정 (온도가 일정할 때)}$

- 물의 이온화상수 식의 변환

- $$\begin{aligned} -\log K_w &= -\log([\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]) \\ &= (-\log[\text{H}_3\text{O}^+]) + (-\log[\text{OH}^-]) \\ &= \text{pH} + \text{pOH} \end{aligned}$$

- 25°C 에서  $K_w = 1 \times 10^{-14}$

- $-\log K_w = -\log(10^{-14}) = -(-14\log 10) = 14$

- 25°C 에서  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

# 수용액의 액성과 pH와 pOH



## ■ 산성 용액

- $[H_3O^+] > [OH^-]$ ,  $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7} (25^\circ C)$
- $[H_3O^+] > 1 \times 10^{-7}$  이므로  $pH < 7$
- $[OH^-] < 1 \times 10^{-7}$  이므로  $pOH > 7$
- $[H_3O^+] + [OH^-] = 14$
- $pH < 7 < pOH$

## ■ 염기성 용액

- $[H_3O^+] < [OH^-]$ ,  $[OH^-] > 1 \times 10^{-7} (25^\circ C)$
- $[OH^-] > 1 \times 10^{-7}$  이므로  $pOH < 7$
- $[H_3O^+] < 1 \times 10^{-7}$  이므로  $pH > 7$
- $[H_3O^+] + [OH^-] = 14$
- $pOH < 7 < pH$

# 수용액의 액성과 pH와 pOH



## ■ 중성 용액

- $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ (25}^\circ\text{C)}$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7}$  이므로  $\text{pH} = 7$
- $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$  이므로  $\text{pOH} = 7$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{OH}^-] = 14$
- $\text{pH} = 7 = \text{pOH}$



## ■ 지시약

### ■ pH에 따라 색이 변하는 물질

지시약	리트머스 종이	페놀프탈레인 용액	메틸오렌지 용액	BTB 용액
산성	푸른색 → 붉은색	무색	붉은색	노란색
중성		무색	노란색	초록색
염기성	붉은색 → 푸른색	붉은색	노란색	파란색





# 내용 정리



- 순수한 물에 염산(HCl)을 소량 넣으면  $[H_3O^+] \times [OH^-]$  의 값은 증가한다. X
  - 온도가 일정하면  $K_w = [H_3O^+] \times [OH^-] = \text{일정}$
- 순수한 물에서  $[H_3O^+] \times [OH^-]$  의 값은 항상 같다 X
  - 온도가 달라지면  $[H_3O^+] \times [OH^-]$  의 값도 변함
- 순수한 물에 염기를 조금 넣으면 pH가 감소한다 X
  - 순수한 물에 염기를 넣으면  $[OH^-]$  값이 증가한다
  - $[H_3O^+] \times [OH^-] = \text{일정}$ 하므로  $[OH^-]$  값이 증가하면  $[H_3O^+]$  값은 감소한다
  - $[H_3O^+]$  값이 감소하면 pH는 증가한다
- 25°C 에서 산성 용액의 pH는 7보다 크다 X
  - 산성 용액에서  $[H_3O^+] > [OH^-]$
  - 25°C 에서  $[H_3O^+] = [OH^-]$ 일 때 pH가 7이므로  $[H_3O^+]$ 가 높아지면 pH는 작아짐
  - 25°C 에서 산성 용액의 pH는 7보다 작다



# 수용액의 액성과 pH와 pOH



- 25°C 에서(물의 이온화상수 =  $1 \times 10^{-14}$ ) 다음 수용액의 액성은?
  - 물의 이온화상수가  $1 \times 10^{-14}$  이므로 중성 수용액의  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$
  - $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 인 수용액
    - $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-7}$  보다 크므로 산성
  - $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-8} \text{ M}$ 인 수용액
    - $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-7}$  보다 작으므로 염기성
  - $[\text{OH}^-]$ 가  $1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 인 수용액
    - $[\text{OH}^-]$ 가  $1 \times 10^{-7}$  보다 크므로  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-7}$  보다 작음
    - $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가  $1 \times 10^{-7}$  보다 작으므로 염기성
- 탄산음료의 pH는 3이고 우유의 pH는 6일 때 탄산음료의  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 우유의 몇배?
  - pH가 1 커질 때  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 1/10배로 작아짐
  - pH가 1 작아질 때  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 10배 커짐



수고하셨습니다

Autumn