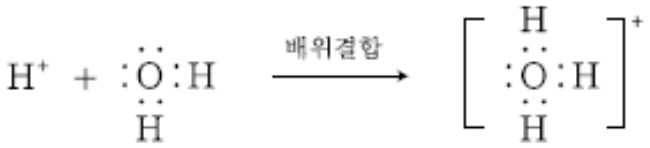
제8장 산과 염기의 개념

8.1 Arrhenius 개념
8.2 Bronsted-Lowry 개념
8.3 Lewis 개념
8.4 산, 염기의 세기
8.5 공통 이온 효과
8.6 완충용액
8.7 염의 생성 및 가수분해
8.8 산화물
8.9 용해도 곱 상수

8.1 Arrhenius의 산•염기

- 산은 수용액에서 이온화하여 H^+을 내고, 염기는 OH^-을 나타냄
- 수용액 중에서 H^+는 단독으로 존재하지 않고 H_2O 분자와 배위결합을 형성하여 옥소늄이온(하이드로늄이온) H_3O^+ 형태로 존재



산 : HCl, H_2SO_4, H_2CO_3, HNO_3

$$HCl \xrightarrow{\text{물}} H^+ + Cl^-$$

염기 : $NaOH$, KOH, $Ba(OH)_2$, NH_4OH, $Mg(OH)_2$,

$$Al(OH)_3\ NaOH \xrightarrow{\text{물}} Na^+ + OH^-$$

- 이 개념은 수용액이 아닌 곳에서 일어나는 산•염기 반응을 설명할 수 없음
- 이러한 모순점을 수정한 것이 Brønsted-Lowry에 의한 설

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(1) 산과 염기의 분류

– Arrhenius의 산, 염기 이론에서 산 1 mol이 물 속에서 완전히 이온화한다고 가정할 때, 얻을 수 있는 H^+의 몰수를 염기도(basicity)라 함

– 염기도가 1인 산을 일염기산, 2인 산을 이염기산, 3인 산을 삼염기산이라 함

– 이염기산 이상의 산을 다염기산이라고 함

– 염기 1 mol이 물 속에서 완전히 이온화한다고 가정할 때, 얻을 수 있는 OH^-의 몰수를 산도(acidity)라 함

– 산도가 1인 염기를 일산염기, 2인 염기를 이산염기, 3인 염기를 삼산염기라 함

표 8.1 산·염기의 분류

산	일염기산(일가의 산) : HNO_3, HCl, CH_3COOH 이염기산(이가의 산) : H_2SO_4, H_2CO_3, $(COOH)_2$ 삼염기산(삼가의 산) : H_3PO_4
염기	일산염기(일가의 염기) : $NaOH$, KOH, NH_3 이산염기(이가의 염기) : $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ 삼산염기(삼가의 염기) : $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$

$CH_3COOH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H_3O^+$

COOH (Carboxylic acid)

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

NH_3는 H^+를 받기 때문에 염기

H_2O는 H^+를 제공하기 때문에 산

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(2) 산과 염기의 강약

– 전리도(이온화도)가 큰 산이나 염기를 강산, 강염기라 하며, 전리도(이온화도)가 작은 산•염기를 약산, 약염기라고 함

표 8.2 산·염기의 강약

산	강 산 : $HClO_4$, HI, HCl, HBr, HNO_3, H_2SO_4 중간산 : HF, H_3PO_4, H_2SO_3 약 산 : C_6H_5OH, H_2S, H_2CO_3, CH_3COOH
염기	강염기 : KOH, NaOH, $Ba(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ 약염기 : NH_3, $Mg(OH)_2$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

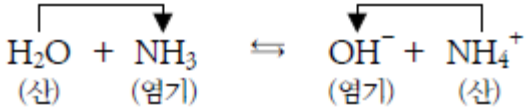
8.2 Brönsted-Lowry의 산•염기

- 산: 양성자(H^+)를 내어놓는 분자나 이온
  염기: 양성자를 받아들이는 분자나 이온
  양쪽성: 양성자를 내어놓을 수도 있고, 받아들일 수도 있는 것

(1) HCl과 NH_3의 반응에서 산, 염기

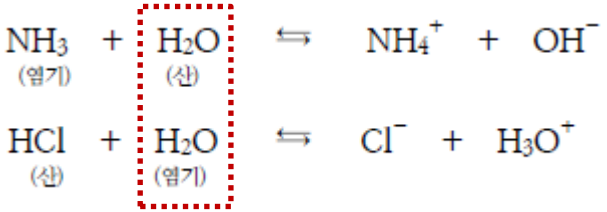


(2) 짝산, 짝염기



– 염기 NH_3의 짝산은 NH_4^+이고, 산 H_2O의 짝염기는 OH^-이 됨

(3) 양쪽성 물질



예제 다음 반응에서 짝산, 짝염기의 관계에 있는 물질을 찾아라.

$$NH_4^+ + CO_3^{2-} \leftrightarrows NH_3 + HCO_3^-$$

풀이 H^+의 이동에 의해 산, 염기가 되어야 한다.

$NH_4^+ + NH_3$, $HCO_3^- + CO_3^{2-}$

다양성자성 산 (polyprotic acid)

염기와 반응 할 때 하나 이상의 양성자를 내어 놓을 수 있는 산 (2개 이상의 수소이온 가짐)

H_3PO_4 (인산)+ $H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + H_2PO_4^-$

$H_2PO_4^- + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + HPO_4^{2-}$

$HPO_4^{2-} + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + PO_4^{3-}$

H_3PO_4 : Phosphoric acid

$H_2PO_4^-$: Dihydrogen phosphate ion

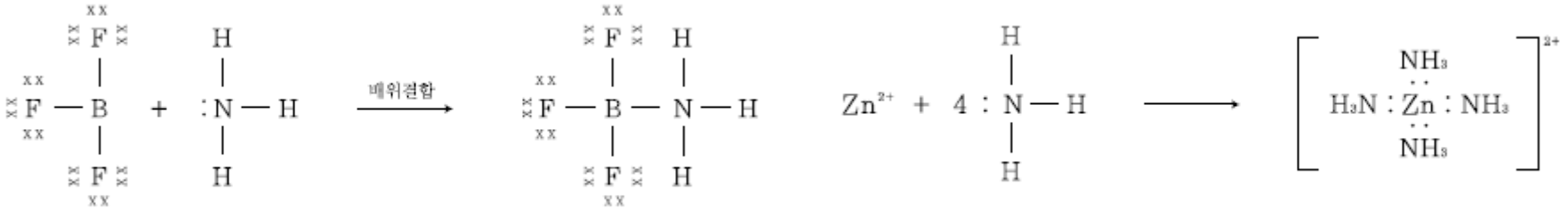
HPO_4^{2-}: Hydrogen phosphate ion

PO_4^{3-} : Phosphate ion

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.3 Lewis의 산•염기

- 비공유전자쌍을 받아들일 수 있는 것을 산이라 하고, 비공유전자쌍을 내어줄 수 있는 물질을 염기라 함



예제 다음 반응들에서 Lewis의 산과 염기를 확인하시오.

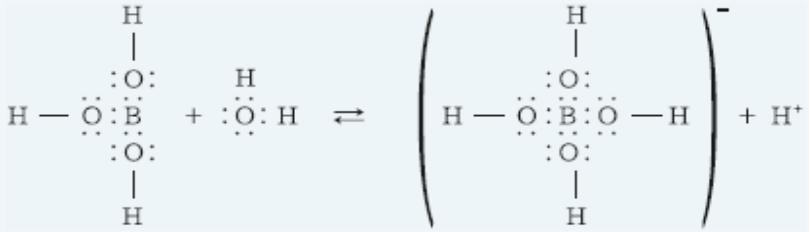
(a) $Ag^+ + 2NH_3 \rightleftarrows Ag(NH_3)_2^+$

(b) $B(OH)_3 + H_2O \rightleftarrows B(OH)_4^- + H^+$

풀이 (a) $Ag^+ + 2:NH_3 \rightleftarrows Ag(:NH_3)_2^+$

Lewis산 Lewis염기

(b)



Lewis산 Lewis염기

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.4 산, 염기의 세기

- 강산: 완전히 또는 거의 완전히 양성자를 내놓고 이온화 되는 것
- 질산은 강산임. 0.1 M HNO_3는 분자의 100%가 하이드로늄 이온과 질산 이온으로 이온화 됨

$$HNO_3 + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + NO_3^-$$

- 약산: 부분적으로 물에 양성자를 내고 이온화 됨
- 아세트산은 약산임. 0.1 M CH_3COOH 용액은 단지 1.3%의 분자만이 이온화 됨

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + CH_3COO^-$$

- 강염기: 양성자에 대한 인력이 큰 물질

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(1) 이온화도(α)와 산, 염기의 세기

– 분자성 전해질을 물에 녹이면 양이온과 음이온으로 해리되는데, 이와 같이 이온으로 해리하는 현상을 **이온화(ionization)**라고 함

– **용해된 전해질 분자가 이온으로 해리하는 속도**와 **용액 중의 전해질의 이온이 결합하여 다시 분자로 되는 속도가 같을 때**, 각 이온의 농도는 일정하게 되어 이온화가 정지된 것같이 보이는데, 이러한 상태를 **이온화 평형 상태**라고 함

– 일반적으로 전해질을 물에 녹였을 때 전해질의 **총 몰수에 대한 전리(ionization)하고 있는 몰수의 비를 전리도 또는 이온화도**라 하며, α로 표시함

$$\text{이온화도}(\alpha) = \frac{\text{이온화된 산 또는 염기의 몰수}}{\text{용해된 산 또는 염기의 전체 몰수}}$$

– 강전해질(strong electrolyte): 이온화도가 큰 물질

약전해질(weak electrolyte): 이온화도가 작은 물질

– 용질 m몰이 물에 녹아 n몰만이 전리되었다고 하면, 전리도는 $\alpha = \frac{n}{m}$

문제 8.1 CH_3COOH 수용액에서 1,000개의 분자 가운데, 전리된 분자가 13개 있으면 이온화도는?

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

표 8.3 산·염기·염의 이온화도

구 분	강전해질		중간 전해질		약전해질	
산	HCl	0.92	H_3PO_4	0.27	CH_3COOH	0.0134
	HNO_3	0.92	HF	0.15	H_2CO_3	0.0017
	H_2SO_4	0.62	H_2SO_3	0.34	H_2S	0.0007
염기	$NaOH$	0.91			NH_4OH	0.0134
	KOH	0.91				
	$Ca(OH)_2$	0.90				
염	$NaCl$	0.84				
	$NaNO_3$	0.83				
	K_2SO_4	0.72				

염: 산의 음이온과 염기의 양이온이 정전기적 인력에 의해 결합되어 있는 화합물

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(2) 이온화상수와 산, 염기의 세기

① 산의 이온화 상수 :

– 산의 분자식을 HA라 하면 물에 녹아 이온화 반응은 다음과 같음

$HA + H_2O \leftrightharpoons H_3O^+ + A^-$에서

평형상수 $K = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA][H_2O]}$이다. $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$

– K_a를 산의 이온화상수라고 함

– K_a 값이 크면 정반응이 우세하여 H_3O^+를 많이 내므로 강한산

② 염기의 이온화상수 :

$$B + H_2O \leftrightharpoons BH^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_{eq} = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B][H_2O]}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

③ 단계별 이온화상수 :

– H_2S는 이온화가 두 단계로 일어나 이온화 단계마다 이온화 상수를 나타낼 수 있음

$$H_2S + H_2O \leftrightharpoons H_3O^+ + HS^-$$

$$K_1 = \frac{[H_3O^+][HS^-]}{[H_2S]}$$

$$HS^- + H_2O \leftrightharpoons H_3O^+ + S^{2-}$$

$$K_2 = \frac{[H_3O^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

$$\therefore H_2S + 2H_2O \leftrightharpoons 2H_3O^+ + S^{2-}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]^2[S^{2-}]}{[H_2S]} = K_1 + K_2$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

④ 이온화도와 이온화 상수의 관계 :

- 어떤 산 HA의 수용액 농도가 C mol/ℓ이고 이온화도는 α
- 이온화 상수 K_a는?

$$HA + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + A$$

(처음농도)	:	C	−	−
(이온화된 농도)	:	$-C\alpha$		
(생성된 농도)	:		$+C\alpha$	$+C\alpha$
(평형 농도)	:	$C-C\alpha$	$C\alpha$	$+C\alpha$

이온화 상수 $K_a = \dfrac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \dfrac{C\alpha \cdot C\alpha}{C(1-\alpha)} \fallingdotseq \dfrac{C\alpha^2}{1-\alpha}$ $\therefore K_a = \dfrac{C\alpha^2}{1-\alpha}$

약산에서 α는 매우 작아 $1-\alpha \fallingdotseq 1$이므로 다음처럼 나타낼 수 있다.

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \fallingdotseq C\alpha^2 \qquad \therefore \ \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

그러므로 약한 산의 수소 이온 농도[H^+]는 다음과 같다.

$$[H^+] = C\alpha = C \cdot \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{K_a \cdot C}$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

예제 농도가 0.01 M인 산 HA는 다음과 같이 이온화 한다.

$$HA(aq) + H_2O \rightleftarrows H_3O^+(aq) + A^-(aq)$$

HA의 이온화도가 0.2라고 할 때 이온화상수 K_a는?

풀이 $K_a = \frac{C\alpha}{1-\alpha}$에서 α가 상당히 크므로 $K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$이다.

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{(0.01)\times(0.2)^2}{1-0.2}$$

$$K_a = 5.0\times10^{-4}$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

산의 명명

이원소성 산 (binary acids): 수소와 비금속으로 이루어져 있고 물에서 산성경향을 나타내는 물질. 수소가 맨 앞에 와야 함 (HCl, HI, H_2S). CH_4, NH_3는 산성 없음

이원소성 산의 명명법

1. 접두사 hydro 쓴다
2. 두 번째 원소의 이름 끝에 –ic 를 붙인다
3. 맨 뒤에 acid 라는 말을 첨가한다

예: HBr hydrobromic acid (브롬화 수소)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

이원소성 산의 염기들은 비금속의 음이온을 포함하고 이름은 –ide 로 끝난다

$$HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$$

hydrochloric acid sodium hydroxide sodium chloride

– 산의 비금속 성분인 Cl 을 포함
– chloride의 –ide 로 끝남

옥소산 (oxoacid)

– 산소를 포함해서 세 개의 각각 다른 원소를 포함하는 산

– 수소, 산소, 다른 비금속 원소로 구성

– 같은 비금속이 두 개의 옥소산에 나타나면 비금속 원소가 높은 산화수를 갖는 산의 이름에 –ic 를 붙이고 acid를 붙임. 비금속 원소가 낮은 산화수를 갖는 산에는 –ous 붙이고 acid 붙임

– 수소는 명명하지 않음

예: H_2SO_4 와 H_2SO_3 H_2SO_4 에서 (S = +6 산화수), H_2SO_3 (S = +4)

H_2SO_4 = sulfuric acid (황산), H_2SO_3 = sulfurous acid (아황산)

산화수: 원자가 전자를 잃거나 얻는지 아니면 불균등하게 공유하는 전자의 수를 나타냄
산화 상태(oxidation state)라고도 함

VII 족 할로겐 족 원소들은 4개의 다른 옥소산을 형성할 수 있음. 그러므로 추가적인 명명법이 필요 (수소, 산소, 할로겐족 원소로 구성)

- 가장 적은 개수의 산소를 갖는 옥소산은 "hypo– "를 접두사로 붙임
- 가장 많은 개수의 산소를 갖는 산은 "per–" 를 접두사로 붙임
- 수소는 명명하지 않음

예: HClO: hypochlorous acid (차아염소산)

$HClO_2$: chlorous acid (아염소산)

$HClO_3$: chloric acid (염소산)

$HClO_4$: perchloric acid (과염소산)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

옥소산으로부터 형성된 염의 명명

- 옥소산에서 형성된 염은 다원자성 이온을 포함함
- –ic acid 로부터 형성된 다원자 이온의 이름은 –ic acid를 –ate 로 바꿈

  예: sulfuric acid (H_2SO_4) → sulfate ion (SO_4^{2-}), $(NH_4)_2SO_4$ (Ammonium sulfate)
- –ous acid 로부터 형성된 다원자 이온의 이름은 –ous acid를 –ite 로 바꿈

  예: sulfurous acid (H_2SO_3) → sulfite ion (SO_3^{2-}), $(NH_4)_2SO_3$ (Ammonium sulfite)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

예제) 다음의 산을 명명하시오.

HF

풀이: 수소이온과 비금속원소인 Fluorine 으로 이루어진 이원소성 산

그러므로 접두사로 hydro 를 쓰고 fluorine 을 fluoric acid 로 바꾼다

hydrofluoric acid

HNO_2와 HNO_3

풀이: 수소, 질소, 산소의 3가지 원소를 가지고 있는 옥소산이다. 수소, 산소를 제외한 나머지 원소의 산화수를 고려해서 더 높은 산화수를 가지는 산은 –ic acid 를 쓰고 낮은 산화수를 가지는 산에는 –ous acid 를 쓴다

HNO_2 의 질소는 +3 의 산화수, HNO_3의 질소는 +5의 산화수 가짐

그러므로 HNO_3 = nitric acid (질산), HNO_2 = nitrous acid (아질산)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

다음의 산을 명명하시오

HI, HIO, HIO_2, HIO_3, HIO_4

풀이: 수소, 산소, 7족 할로겐 비금속원소인 Iodine 으로 이루어짐

그러므로 HI = hydroiodic acid; HIO = hypoiodous acid; HIO_2 = iodous acid

HIO_3 = iodic acid; HIO_4 = periodic acid

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.5 공통이온 효과

- 아세트산 수용액은 다음과 같이 이온화되어 평형을 유지함

$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$ $CH_3COO^- + HCl \rightarrow CH_3COOH + Cl^-$

– 이 수용액에서 염화수소를 가하면 HCl 수용액이 되므로 H^+과 Cl^-이 됨

따라서 수소이온농도[H^+]가 증가되어 역반응이 진행되므로 아세트산의 전리도는 감소하고 CH_3COOH의 농도는 증가함

▶ 이와 같이 같은 이온의 영향을 받아 평형이 이동되는 현상을 **공통이온 효과(common ion effect)**라고 함

- 소금물에 염화수소를 가하면, $NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-$에서 Cl^- 의 농도가 증가하므로 역반응이 진행되어 NaCl이 석출됨

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.6 완충용액 (buffer solution)

- **외부로부터 어느 정도의 산이나 염기를 가했을 때, 영향을 크게 받지 않고 수소이온농도를 일정하게 유지하는 용액**

예) $CH_3COOH+CH_3COONa$, NH_4OH+NH_4Cl은 완충용액

$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$ (약산이므로 조금 이온화한다.)

$CH_3COONa \rightleftarrows CH_3COO^- + Na^+$ (염이므로 거의 이온화한다.)

– 이 용액에 강한 HCl을 가하면 H^+가 많아지므로 공통이온 효과로 역반응이 진행하여 H^+의 농도가 감소하여 pH(수소이온농도)는 거의 변화가 없음

$$CH_3COO^- + H^+ \rightleftarrows CH_3COOH$$

– 또한 NaOH를 가하면 OH^-가 생겨 H^+ 농도가 감소하나 정반응이 일어나서 H^+를 보충하므로 pH의 변화는 거의 없음

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.7 염의 생성 및 가수분해

(1) 염의 생성

– HCl 수용액과 NaOH 수용액을 같은 당량씩 가하여 중화시키면 NaCl과 물이 생김. 이때의 염화나트륨을 염(salt)이라고 함

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

– 산과 염기의 중화반응에 의해 생기는 화합물의 총칭

(2) 염의 종류

① 산성염(acidic salt): 산의 수소 원자가 금속으로 완전히 치환되지 않아서 화학식 속에 수소 원자(H)를 포함하고 있는 염

$$H_2SO_4 + NaOH \rightarrow \underset{\text{(산성염)}}{NaHSO_4} + H_2O$$

(예) $NaHCO_3$, $NaHSO_4$, Na_2HPO_4

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

② 염기성염(basic salt): 염기의 수산기가 산기로 완전히 치환되지 않고 화학식 속에 수산기(OH^-)를 포함하고 있는 염

$$Ca(OH)_2 + HCl \rightarrow \underset{\text{(염기성염)}}{Ca(OH)Cl} + H_2O$$

(예) $Cu(OH)Cl$, $Zn(OH)Cl$, $Ba(OH)Cl$

③ 정염(중성염)(normal salt): 산의 수소 원자가 금속으로 완전히 치환되거나 염기의 수산기가 산기로 완전히 치환된 염

$$NaOH + HCl \rightarrow \underset{\text{(정염)}}{NaCl} + H_2O$$

(예) Na_2CO_3, Na_2SO_4, $NaCl$

④ 복염(double salt): 물에 녹아서 염을 이루고 있는 성분 이온들이 각각 전리되어 나오는 염 (한쪽의 성분이 두 성분 이상인 경우)

$$KAl(SO_4)_2 \xrightarrow{\text{물}} K^+(aq) + Al^{3+}(aq) + 2SO_4^{2-}(aq)$$

(예) $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$

⑤ 착염(complex salt): 물에 녹아서 염을 이루고 있는 성분 이온이 각각 전리되지 않고 부분적으로만 전리되어 나오는 염

$$K_4Fe(CN)_6 \xrightarrow{\text{물}} 4K^+(aq) + Fe(CN)_6^{4-}(aq)$$

(예) $K_4Fe(CN)_6$, $K_3Fe(CN)_6$, $KAg(CN)_2$, $Ag(NH_3)_2Cl$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

(3) 염의 가수분해

① 가수분해(hydrolysis)

– 염이 수용액 중에서 이온화할 때 생기는 이온 중 일부가 물과 반응하여 수소이온(H^+)이나 수산화이온(OH^-)을 냄으로써 수용액이 산성이나 염기성을 나타내는 것을 가수분해(hydrolysis)라고 함

염의 양이온(음이온) + 물 $\xrightarrow{\text{가수분해}}$ 염기(산) + $H^+(OH^-)$

(예) $CH_3COONa + H_2O \rightarrow CH_3COOH + Na^+ + OH^-$

② 염의 액성(acidity of liquid)

– 강산과 강염기로 된 염: 물에 녹아 이온화는 되지만 가수분해 되지 않음

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ (중성)

$NaHSO_4 \rightarrow Na^+ + H^+ + SO_4^{2-}$ (산성)

$Ca(OH)Cl \rightarrow Ca^{2+} + OH^- + Cl^-$ (염기성)

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

– 강산과 약염기로 된 염: 가수분해 되어 약염기와 강산을 만듦

$$(NH_4^+ + Cl^-) + HOH \leftrightharpoons NH_4OH + (H^+ + Cl^-)$$

약염기는 주로 분자상태로 존재하므로 이때 생긴 H^+ 때문에 액성은 산성이 됨

공통이온인 Cl^-을 없애면 다음과 같음

$$NH_4^+ + HOH \leftrightharpoons NH_4OH + H^+$$

– 약산과 강염기로 된 염: 가수분해 되어 염기성을 나타냄

$$(2Na^+ + CO_3^{2-}) + 2HOH \leftrightharpoons H_2CO_3 + (2Na^+ + 2OH^-)$$

가수분해되어 약산과 강염기를 만들고, 약산은 분자상태로 존재하며 강염기는 이온상태로 존재하여 OH^- 때문에 액성은 염기성임

공통이온인 Na^+을 없애면 다음과 같음

$$CO_3^{2-} + 2HOH \leftrightharpoons H_2CO_3 + 2OH^-$$

– 약산과 약염기로 된 염: 가수분해되어 중성을 나타냄

$$(CH_3COO^- + NH_4^+) + 2HOH \leftrightharpoons CH_3COOH + OH^- + NH_3 + H_3O^+$$

CH_3COOH와 NH_4OH은 산과 염기의 전리도가 비슷하므로 중성임

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

표 8.4 염의 조성과 수용액의 액성

염(salt)		염이 물에 녹았을 때	수용액(액성)의 성질	보 기
염을 만드는 산	염을 만드는 염기			
강	강	가수분해가 되지 않음	중 성	NaCl, KCl
강	약	가수분해 된다.	산 성	NH_4Cl, $CuSO_4$, $FeSO_4$
약	강	가수분해 된다.	염기성	K_2CO_3, $NaHCO_3$, CH_3COONa
약	약	가수분해 된다.	중 성	CH_3COONH_4, $(NH_4)_2CO_3$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.8 산화물(Oxide)

(1) 산성 산화물: 물에 녹아 **산**이 되거나 **염기와 반응하여 염을 생성**하는 비금속원소의 산화물을 산성 산화물이라고 함

$P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$

$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$

(예) CO_2, SO_3, Cl_2O_7, P_4O_{10}

(2) 염기성 산화물: 물에 녹아 **염기**가 되거나 **산과 반응하여 염을 생성**하는 금속원소의 산화물을 염기성 산화물이라고 함

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

$MgO + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O$

(3) 양쪽성 산화물: **산과도 반응하고 염기와도 반응**하여 염과 물을 생성하는 양쪽성 원소의 산화물을 양쪽성 산화물이라고 함

$Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

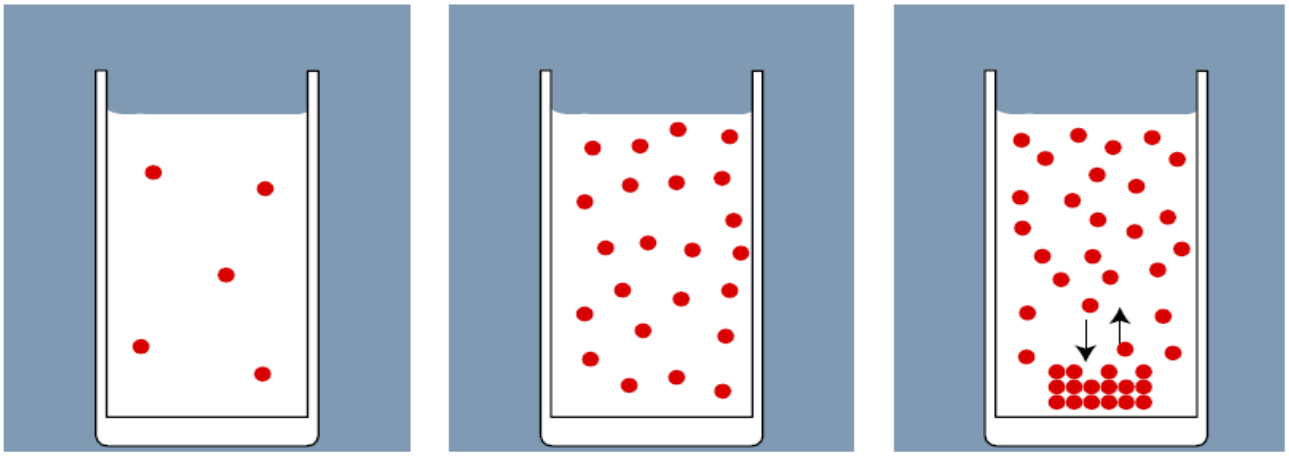
$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \rightarrow 2NaAl(OH)_4$

(예) Al_2O_3, ZnO, SnO, PbO

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.9 용해도 곱 상수 (Solubility product)

- **포화용액과 불포화용액 (saturated and unsaturated solutions)**
  - 희석: 용매를 더해 용질의 농도를 낮추는 것
  - 농축: 용매를 제거해 용질의 농도를 높이는 것
  - 포화용액: 용매가 그 온도에서 용해시킬 수 있는 모든 용질을 포함하는 용액
  - 불포화용액: 포화상태에 이르지 않아 용질이 더 녹을 수 있는 용액
  - 과포화용액: 포화상태보다 더 많은 용질이 녹아 있는 용액. 불안정하므로 흔들거나 용기의 벽을 유리막대로 문지르면 과잉으로 녹아있던 용질이 결정을 생성함



중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

8.9 용해도 곱 상수 (Solubility product)

- 포화용액에서 염을 구성하는 양이온과 음이온의 농도를 곱한 것을 용해도 곱 상수(K_{sp})라 함
- 약간 녹는 이온성 물질과 같이 황산바륨은 물 속에서 녹아 있는 이온과 녹지 않는 고체의 평형 혼합물로 존재함. 이를 평형상태의 식으로 나타내면

$$BaSO_4(s) \leftrightharpoons Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

평형상수는 $$K_{eq} = \frac{[Ba^{2+}][SO_4^{2-}]}{[BaSO_4]}$$

$[BaSO_4]$는 순수한 물질의 농도이므로 항상 일정함

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}]$$

▶ K_{sp}를 용해도 곱 상수라 함

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

- 25°C에서 AgCl은 1.6 X 10^{-10}의 K_{sp}를 갖음

  포화 평형 상태의 식은 $AgCl(s) \leftrightharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$ $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$

  ▶ $[Ag^+]$과 $[Cl^-]$의 곱이 25°C에서 1.6 X 10^{-10}을 넘는다면 AgCl은 침전이 일어남

표 8.5 25℃에서의 용해도 곱 상수 (K_{sp})

이 름	화학식	K_{sp}
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	3.7×10^{-15}
탄산바륨	$BaCO_3$	8.1×10^{-9}
불화바륨	BaF_2	1.7×10^{-6}
황산바륨	$BaSO_4$	1.1×10^{-10}
황화비스므스	Bi_2S_3	1.6×10^{-72}
황화카드뮴	CdS	1.4×10^{-28}
탄산칼슘	$CaCO_3$	8.7×10^{-9}
불화칼슘	CaF_2	4.0×10^{-11}
수산화크롬	$Cr(OH)_3$	3×10^{-29}
황화코발트	CoS	3.1×10^{-26}
황화구리	CuS	1.0×10^{-44}
브롬화구리	Cu_2Br_2	4.2×10^{-8}
요오드화구리	Cu_2I_2	5.1×10^{-12}
수산화철(Ⅲ)	$Fe(OH)_3$	1.1×10^{-36}
수산화철(Ⅱ)	$Fe(OH)_2$	1.6×10^{-14}
황화철	FeS	3.7×10^{-19}
탄산납	$PbCO_3$	3.3×10^{-14}
염화납	$PbCl_2$	2.4×10^{-4}
불화납	PbF_2	4.1×10^{-8}
황화납	PbS	3.4×10^{-28}
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	1.2×10^{-11}
황화망간	MnS	1.4×10^{-15}
염화수은	Hg_2Cl_2	3.5×10^{-18}
황화수은	HgS	4.0×10^{-54}
황화니켈	NiS	1.4×10^{-24}
브롬화은	$AgBr$	7.7×10^{-13}
염화은	$AgCl$	1.6×10^{-10}
황화은	Ag_2S	1.8×10^{-49}
황화주석	SnS	1×10^{-26}
탄산스트론튬	$SrCO_3$	1.6×10^{-9}
수산화아연	$Zn(OH)_2$	1.8×10^{-14}
황화아연	ZnS	1.2×10^{-23}

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY

예제 물에 약간 녹는 염인 Ag_2CrO_4의 K_{sp}를 적어라.

풀이 포화평형을 나타내는 방정식은

$$Ag_2CrO_4(s) \leftrightharpoons 2Ag^+(aq) + CrO_4^{2-}(aq)$$

K_{sp}는

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$$

문제 8.3 다음 반응에 대한 평형상수식을 써라.

(a) $NO_2(g) + SO_2(g) \leftrightharpoons NO(g) + SO_3(g)$

(b) $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2SO_3(g)$

중원대학교 JUNGWON UNIVERSITY