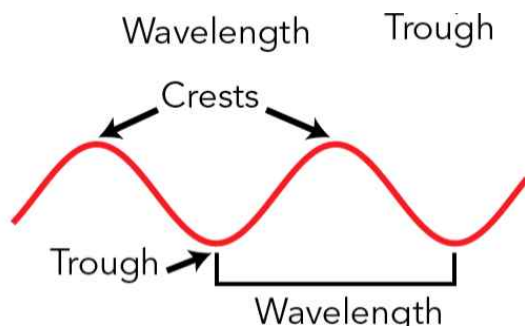


1. 광전 효과

빛은 파동의 성질과 입자적 성질을 모두 가지고 있으므로 이것을 ‘빛의 이중성’이라고 한다.

(1) 빛의 파동성

빛은 파동으로서 진동수(ν), 파장(λ), 속력(광속, c)을 가지고 있다. 진공에서 광속은 $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 로 측정되며 일정하다. 빛 에너지는 진동수에 비례하고, 파장에 반비례한다.



Wave Properties of Light

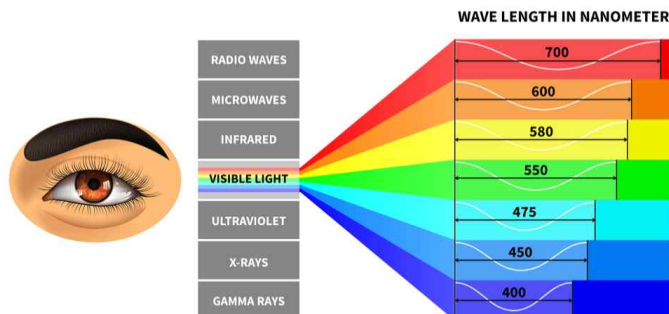
- Reflection

$i=r$
(angle of incidence = angle of reflection)
- Refraction

$n_i \sin i = n_t \sin t$
 $n = c_0/c$
 $c_0 = 2.97 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Interference

$n \lambda = d \sin \theta$
- Diffraction

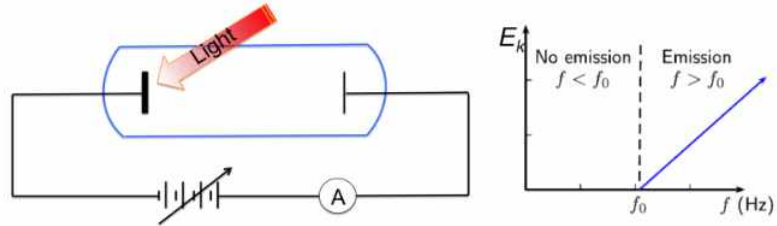
빛이 가지는 파동성으로 반사(reflection), 굴절(refraction), 간섭(interference), 회절(diffraction)이 있다.



같은 파장이어도 세기가 증가하면 진폭이 증가하므로 빛 에너지가 커진다.

(2) 빛의 입자성

빛은 파동의 성질과 함께 입자의 성질도 가지고 있는데, 이것이 ‘빛의 이중성’이다. 광전 효과(photoelectric effect)는 빛의 입자성을 설명하는 실험 결과이다.



빛의 입자성을 담고 있는 용어가 ‘광자(photon)’인데, 하나의 광자가 가진 에너지는 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ 이다.

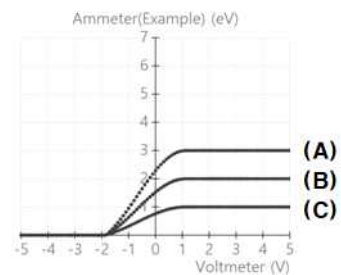
(ex1) 광전 효과는 빛이 가지는 입자성을 설명하는데, 빛이 파동성만을 가진다면 어떤 결과가 예상되는가?

[풀이]

빛이 파동성만을 가진다면 파장이 길더라도 강한 빛을 쬐면(빛의 세기가 증가하면) 전자가 방출되어 전류가 증가해야 한다.

(ex2) 광자의 최대 운동 에너지는 금속 표면에서 전자를 떼어내고 여분의 에너지로부터 나올 수 있다. 오른쪽은 한 금속에 대해 광전 효과를 실험한 결과를 나타낸 그래프이다.

그래프에서 플랑크 상수(h)를 알아낼 수 있는 방법과 금속의 이온화 에너지와 관련 있는 것, (A), (B), (C)를 결정하는 것이 무엇인지 설명하시오.



[풀이]

여러 다른 금속에 대해 실험하면 그래프에서 증가하는 직선 기울기 부분이 플랑크 상수와 관련이 있음을 알 수 있고, 빛 에너지에서 이온화 에너지를 제외하면 전자의 운동 에너지로 나타난다. 그래프에서 (A), (B), (C)는 광자의 수와 관련되며 (A)>(B)>(C) 순으로 광자가 많은 것을 나타낸다.

2. d 원자궤도함수의 혼성

d 오비탈이 s 오비탈과 p 오비탈의 혼성에 더해지면 다양한 혼성 오비탈이 생길 수 있다. 그 중 dsp^2 , dsp^3 , d^2sp^3 혼성 오비탈에 대해 정리해본다.

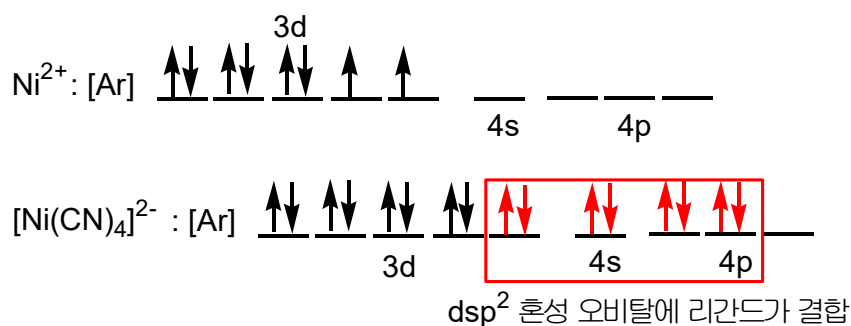
(1) dsp^2 혼성 오비탈

1) 분자 구조

sp^2 혼성 오비탈이 평면 삼각형이고, 여기에 d 오비탈이 개입하면 dsp^2 오비탈 4개가 평면 사각형이 생성된다.

2) 물질의 예

$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 의 구조는 평면 사각형으로, 혼성 오비탈 형성은 다음과 같다.



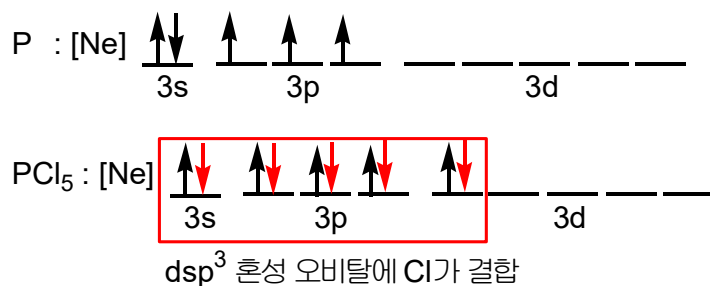
(2) dsp^3 혼성 오비탈

1) 분자 구조

사면체형인 sp^3 혼성 오비탈에 d 오비탈 하나가 혼성하여 삼각쌍뿔형이 생성되며, 5개의 dsp^3 혼성 오비탈이 생성된다. sp^3d 로 쓸 수도 있다.

2) 물질의 예

PCl_5 은 삼각쌍뿔형으로 인(P)이 5개의 sp^3d 혼성 오비탈을 만들며 염소(Cl) 원자 5개가 결합한다.



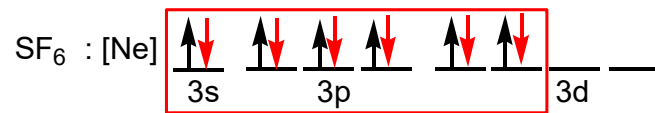
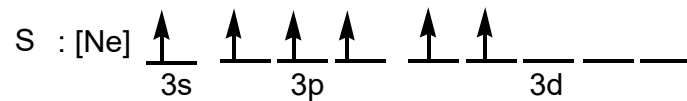
(3) d^2sp^3 혼성 오비탈

1) 분자 구조

사면체형인 sp^3 혼성 오비탈에 d 오비탈 2개가 혼성 오비탈을 형성하여 팔면체형을 생성하며, d^2sp^3 는 6개의 혼성 오비탈이 생성된다. sp^3d^2 로 쓸 수도 있다.

2) 물질의 예

SF_6 는 팔면체형으로 중심 원자 황(S)이 6개의 sp^3d^2 혼성 오비탈을 만들고 여기에 플루오린(F) 원자 6개가 결합한다.



d^2sp^3 혼성 오비탈에 F가 결합

(ex 1) $[Ni(CN)_4]^{2-}$ 의 혼성 오비탈은 dsp^2 이다. 만일 $[Ni(CN)_4]^{2-}$

의 혼성 오비탈이 sp^3 인 경우 바르지 않은 것은?

- ① 상자기성을 띤다.
- ② 구조는 사면체형을 나타낸다.
- ③ 혼성 오비탈을 형성하는 데 d 오비탈은 기여하지 않는다.
- ④ sp^3 혼성 오비탈에 리간드와 중심 원자가 공유 전자쌍을 형성해 결합한다.

[풀이]

④ : $[Ni(CN)_4]^{2-}$ 에서 리간드인 CN^- 의 비공유 전자쌍이 중심 원자인 Ni^{2+} 이온에 배위 결합을 통해 결합이 형성된다.

(ex2) 다음 몇 가지 화합물이나 이온의 혼성 오비탈과 그 구조가 바르지 않은 것은?

- ① $[Ag(NH_3)_2]^{2+}$, sp , 선형 ② $[CoCl_4]^{2-}$, sp^3 , 평면 삼각형
- ③ $[PtCl_4]^{2-}$, dsp^2 , 평면 사각형 ④ SCl_6 , sp^3d^2 , 팔면체형

[풀이]

② : sp^3 는 사면체형이고, 평면 삼각형 구조를 가진 혼성 오비탈은 sp^2 이다.

3. 형식 전하

형식 전하는 화합물을 구성하는 원소가 루이스 구조를 만족할 때, 가질 수 있는 가상의 전하를 가리킨다.

(1) 형식 전하의 계산

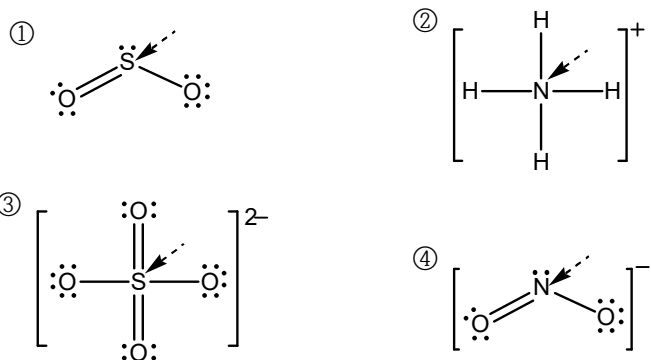
$$(\text{형식 전하}) = (\text{원소의 원자가전자}) - (\text{비공유 전자쌍의 전자 수}) - \frac{1}{2}(\text{결합 전자쌍의 전자 수})$$

공명 구조에서 원소의 형식 전하가 0에 가까울수록 가장 안정한 구조가 되며, 형식 전하가 이온의 형태를 지정하는 것은 아니다.

(2) 형식 전하의 합

- 중성 물질의 형식 전하 합은 0이다.
- 이온의 형식 전하 합은 그 이온의 전하와 같다.

(ex1) 다음 구조에서 각 화학종에서 화살표로 지정된 원소의 형식 전하를 구하시오.



[풀이]

- ① +1

③ 0

② 0

④ 0

(ex2) 위 문제에서 화살표로 지정된 원소 외의 형식 전하를 각각 구하시오.

[풀이]

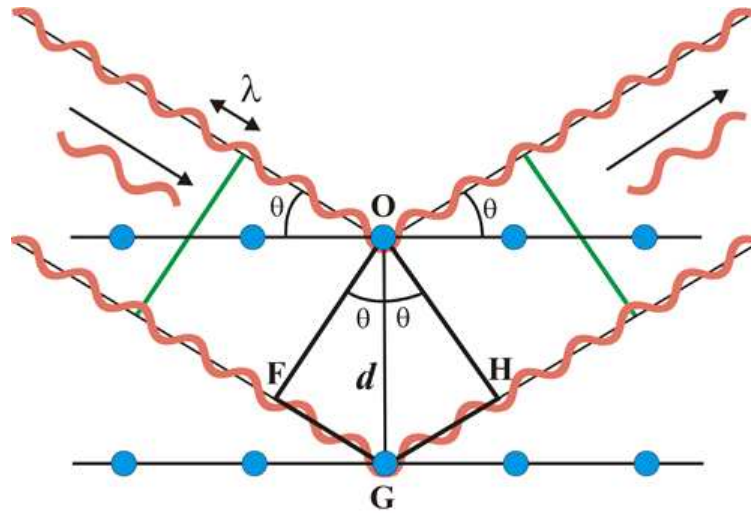
- ① 이중 결합 산소 : 0, 단일 결합 산소 : -1
- ② 수소 : 0
- ③ 이중 결합 산소 : 0, 단일 결합 산소 : -1
- ④ 이중 결합 산소 : 0, 단일 결합 산소 : -1

4. 결정 분석

결정은 입자가 규칙적으로 배열되므로 결정 간 거리를 구하기 위해 X-선 같은 것을 이용한다.

(1) Bragg 방정식

결정 구조에서 입자 간 거리를 d 라 할 때 다음과 같은 Bragg 방정식이 사용된다.



$$2d \sin \theta = n\lambda$$

여기서 θ 는 결정면과 조사된 파동이 이루는 각도를 뜻하고, 파동의 길이를 λ 라 하면, 파동의 경로 차에 따른 간섭이 일어나고, 보강 간섭이 일어나는 조건은 정수 n 을 대입해 확인할 수 있다.

(ex1) 원자량이 209인 폴로늄은 단순 입방 구조로 이루어져 있다. 폴로늄의 결정 입자 간 거리를 브래그 방정식으로 결정한 결과, $d(\text{cm})$ 라 할 때, 폴로늄의 밀도(g/cm^3)를 나타내시오. (단, 아보가드로 수는 N_0 이다.)

[풀이]

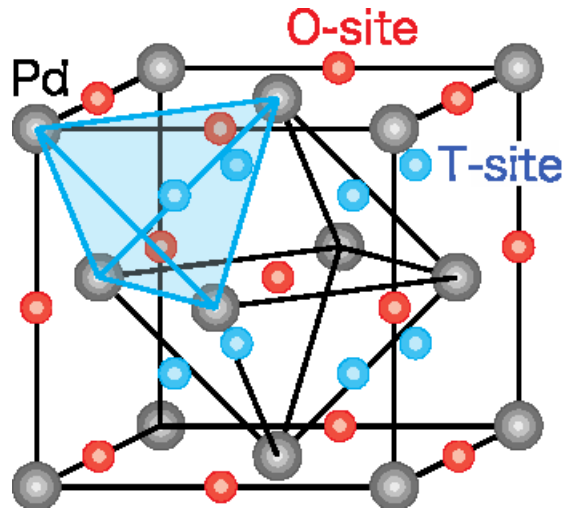
- ① 단순 입방 구조의 단위 세포(unit cell)는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이므로 평균 1개의 입자를 포함한다.
- ② 단위 세포에 들어 있는 폴로늄의 질량은 $\frac{209}{N_0} \text{g}$ 이다.
- ③ 밀도는 질량을 부피로 나눈 것이므로 $\frac{209}{d^3 N_0} (\text{g/cm}^3)$ 이다.

5. 틈새 자리

결정을 이루는 단위 세포에서 구가 접한다고 생각하면 틈새가 생기는데, 팔면체 자리(또는 팔면체 구멍)와 사면체 자리가 핵심이다.

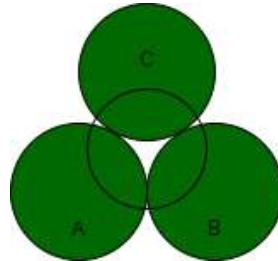
(1) 팔면체 자리

그림은 면심 입방 구조(fcc)에서 나오는 팔면체 자리와 사면체 자리 위치를 나타낸 것이다. 팔면체 자리를 중심으로 가장 가까이 접하는 입자를 모두 연결하면 팔면체를 형성한다.



(2) 사면체 자리

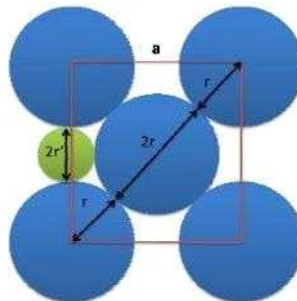
매우 작은 공간이지만, 마치 같은 크기의 당구공 3개를 중심이 정삼각형을 이루도록 맞붙여 놓고 4번째 당구공을 그림처럼 얹으면 움푹 팬 자리가 사면체 자리를 이룬다.



(ex1) 면심 입방 구조를 이루는 주원자 반지름을 r , 팔면체 자리의 반지름을 r' 이라 할 때, r' 은 r 과 어떤 관계인가?

[풀이]

그림에서 한 변이 $a = 2(r + r')$ 이면 면심 입방 구조의 대각선은 $4r = \sqrt{2}a$ 이므로 팔면체 자리의 반지름 $r' = (\sqrt{2} - 1)r$ 임을 구할 수 있다. 따라서, $\sqrt{2} = 1.414$ 로 근사할 때, 팔면체 자리는 주원자 반지름에 대하여 41.4% 정도이다.



6. C_V 와 C_P

C_V 는 정적(부피가 일정) 몰 열용량을 나타내고, C_P 는 정압(압력이 일정) 몰 열용량을 나타낸다.

(1) C_V

부피가 일정한 계에 대하여 물질 n 몰의 열용량은 PV 일이 없으므로 물질이 단원자 이상 기체라면 $q_V = \Delta U = nC_V\Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T$ 이다.

따라서, $C_V = \frac{3}{2}R$ 이다.

(2) C_P

압력이 일정한 경우 비팽창일이 없으면, $\Delta U = q_P - P\Delta V$ 이므로 새로이 엔탈피($H = U + PV$)를 정의해 $q_P = \Delta H = \Delta U + P\Delta V$ 를 이용할 수 있다. $q_P = \Delta H = \Delta U + P\Delta V = \frac{3}{2}nRT + nRT$ 관계식이 성립하므로 $C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$ 임을 알 수 있다. 따라서, $C_P = C_V + R$ 이다.

7. 가역 팽창

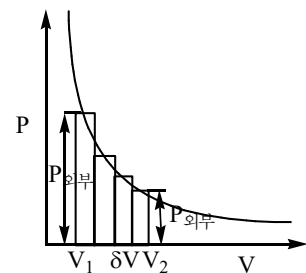
‘가역 팽창’은 외부 압력이 미소량(아주 적은 양) 변했을 때 계가 수축하거나 팽창하는 것을 뜻한다.

(1) 등온 과정

등온 가역 팽창은 ‘등온’이므로 온도가 일정한 경우이다. 그림에서와 같이 외부 압력에 대한 부피 변화로 인한 PV 일을 나타낼 수 있다.

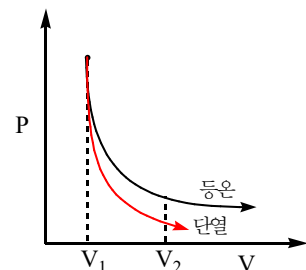
$$dw = -PdV = -\frac{nRT}{V}dV$$

$$w = -nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$



(2) 단열 과정

계와 주위 사이에 열 전달이 없이 일어나는 변화($q = 0$)가 단열 과정이므로 계가 단열 팽창을 하면 팽창으로 주위에 일한 만큼 계의 온도가 떨어진다.



8. 대칭성과 군론

분자의 대칭성을 이용하면 분자가 가진 다양한 성질을 설명할 수 있다. 분자가 가진 대칭 요소를 바탕으로 대칭 조작을 할 수 있다.

(1) 대칭 조작

1) 동등 조작(E) : 분자에 아무런 변화를 일으키지 않으며, 수학적 완전성을 위해 포함된다. 모든 분자의 특성이다.

2) 회전 조작(C_n) : 대칭축을 중심으로 $\frac{360^\circ}{n}$ 만큼 돌리는 것이다. 예컨대, $n=3$ 이면 C_3 인데, 120° 회전하면 C_3 , 240° 회전하면 C_3^2 , 360° 회전하면 $C_3^3 = E$ 이다. 시계 방향으로 회전하면 (+), 반시계 방향으로 회전하면 (-)로 나타낸다.

3) 반사 조작(σ) : 거울면을 가지고 있는 것을 뜻하는데, 거울면이 주축에 수직일 때 그 면을 σ_h 라 하고, 주축을 포함하는 거울면은 σ_v 또는 σ_d 로 표시한다.

4) 반전 조작(i) : 원점 대칭을 할 수 있는 것으로, 반전 중심은 원점에 해당한다.

5) 회전 반사 조작(S_n) : $\frac{360^\circ}{n}$ 만큼 회전시킨 후, 회전축 수직면에 반사를 시키는 대칭 조작이다.

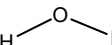
(2) 점군(point group)

1) C 군과 D 군 : 모든 분자가 C_n 축을 가지며, C_n 축이 여러 개이면 n 값이 가장 큰 것을 선택한다.

2) T_d , O_h , I_h 군 : T_d 는 사면체형(tetrahedral), O_h 는 팔면체형(octahedral), I_h 는 이십면체형(icosahedral)을 뜻한다.

(ex1) H_2O 에 들어 있는 대칭 요소를 모두 나열하시오.

[풀이]

H_2O 는 와 같은 구조로 모든 구조에 있는 동등 조작(E) 외에 C_2 축, C_2 축을 포함하는 거울면으로 σ_v 와 σ_v' 을 가진다. 점군은 C_{2v} 이다.

9. 반응 메커니즘

대부분의 화학 반응은 단일 단계로 진행되는 것이 아니고 여러 단계를 거쳐 진행된다.

(1) 단일 단계 반응

1) 일분자 반응 : 단 하나의 반응물만이 관여하는 반응으로 들뜬 반응물이 분해하는 과정이 그 예이다. 반응 속도는 1차 반응이다.

2) 이분자 반응 : 두 개의 원자나 분자가 관여한다. 반응 속도는 2차 반응이다.

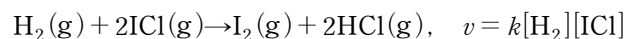
3) 삼분자 반응 : 세 개의 입자가 동시에 충돌하는 경우인데, 잘 일어날 수 없다.

(2) 반응 메커니즘

1) 속도 결정 단계 : 일련의 단일 단계 반응 중 가장 속도가 느린 단계가 전체 반응 속도와 같다. 촉매에 의해 영향을 받는 단계는 가장 느린 단계이다.

2) 중간체 : 반응 중에 나타났다가 반응 종결과 함께 완전히 소비되어 전체 반응식에는 나타나지 않는 화학종이다. 균일 촉매는 처음에 소비되지만 최종적으로 재생성되므로 중간체와 다르다.

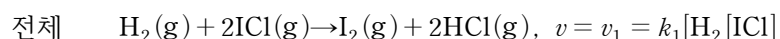
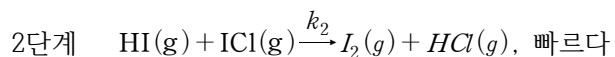
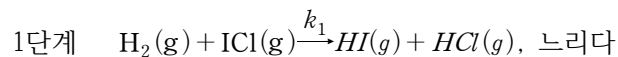
(ex1) 다음 반응은 2차 속도 법칙을 갖는다.



이 반응에 대하여 가능한 반응 메커니즘을 고안하시오.

[풀이]

반응 메커니즘은 가정을 바탕으로 실험적 입증 과정을 거친다. 가능한 단일 단계 반응은 다음과 같다.



예상된 속도 법칙은 실험적으로 구한 속도 법칙 $v = k[\text{H}_2][\text{ICl}]$ 과 일치하며, $k_1 = k$ 로 놓으면 된다.

10. 반응의 자유 에너지 변화와 평형상수

반응의 자유 에너지 변화로부터 평형상수를 구할 수 있는데, 유사한 식이 몇 가지 있다.

(1) 반응의 자유 에너지

1) 평형 전이 온도

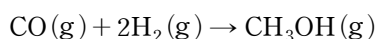
평형에서 $\Delta G = 0$ 이고 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이다. ΔH 와 ΔS 는 일정 범위에서 온도에 따른 변화를 무시할 수 있으므로 $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$ 를 구하면 ΔG 가 양에서 음(또는 그 반대)으로 전환하며 평형에 이르는 온도를 예측할 수 있다.

2) ΔG° 와 ΔG_f°

ΔG_f° (kJ/mol)는 표준 조건(25°C, 1atm)에서 홑원소 물질로부터 생성되는 것을 뜻한다. 이것을 이용해 반응의 ΔG° 를 계산할 수 있다.

$$\Delta G^\circ = \Delta G_f^\circ(\text{생성물}) - \Delta G_f^\circ(\text{반응물})$$

(ex1) 다음 반응의 ΔG° 를 나타내시오.



[풀이]

$$\Delta G^\circ = \Delta G_f^\circ(\text{CH}_3\text{OH}) - [\Delta G_f^\circ(\text{CO}) + 2\Delta G_f^\circ(\text{H}_2)]$$

(2) 평형상수

1) 자유 에너지와 평형상수

$\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln Q$ 에서 평형에 이르면 $\Delta G = 0$ 이고 $Q = K$ 이므로 이를 적용하면 $\Delta G = \Delta G^\circ + RT\ln K = 0$ 이다. $RT\ln K = -\Delta G^\circ$ 이 된다. $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ 이므로 $\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S^\circ}{R}$ 에서 구할 수 있다.

2) 유사 관련 식

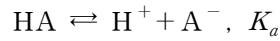
아레니우스 식 : $\ln k = -\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$, (k ; 속도 상수, E_a ; 활성화 에너지, A ; 아레니우스 인자)

클라우지우스-클라페이론 식 : $\ln P = -\frac{\Delta H_{vap}}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + C$, (P ; 증기 압력, ΔH_{vap} ; 증발열, C ; 상수)

11. 분율 조성식(α)

어떤 약산이나 약염기가 이온화될 때 한 성분의 분율은 pH나 이온화 상수(K_a 또는 K_b)의 함수로 나타낼 수 있다.

(1) 약산 HA의 분율 조성식



1) α_{HA} : 이온화 전 HA(c)에 대해 이온화하지 않은 HA의 분율

$$c = [\text{HA}] + [\text{A}^-], K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\alpha_{\text{HA}} = \frac{[\text{HA}]}{c} \text{이고, } \alpha_{\text{HA}} = \frac{[\text{HA}]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]} \text{이므로 분모와 분자를 } [\text{HA}]$$

$$\text{로 나누면, } \alpha_{\text{HA}} = \frac{1}{1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]}} = \frac{[\text{H}^+]}{K_a + [\text{H}^+]}$$

2) α_{A^-} : 이온화 전 HA(c)에 대해 이온화한 A^- 의 분율

$$\alpha_{\text{A}^-} = \frac{[\text{A}^-]}{c} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}] + [\text{A}^-]} \text{이므로 분모와 분자를 } [\text{HA}] \text{로 나누어}$$

$$\text{구할 수 있다. } \alpha_{\text{A}^-} = \frac{\frac{K_a}{[\text{H}^+]}}{1 + \frac{K_a}{[\text{H}^+]}} = \frac{K_a}{K_a + [\text{H}^+]}$$

(ex1) pH = 1.0일 때, 이온화 상수 $K_a = 1.0 \times 10^{-6}$ 인 어떤 약산 HA에 대하여 $\alpha_{[\text{HA}]}$ 와 α_{A^-} 를 구하면?

[풀이]

$$\alpha_{\text{HA}} = \frac{[\text{H}^+]}{K_a + [\text{H}^+]}$$

이고, pH = 1.0이면 $[\text{H}^+] = 0.10\text{M}$ 이다. $\alpha_{[\text{HA}]}$ 의

분모가 $K_a + [\text{H}^+]$ 이므로 $K_a \ll [\text{H}^+]$ 임을 이용하면 $\alpha_{[\text{HA}]} \approx 1.0$ 이다.

$$\alpha_{\text{A}^-} = \frac{K_a}{K_a + [\text{H}^+]}$$

이므로 $\alpha_{\text{A}^-} \approx 1.0 \times 10^{-5}$ 이다.

12. 완충 용액

완충 용액은 약산과 그 짝염기 또는 약염기와 그 짝산으로 구성되어 완충 용액에 산이나 염기가 소량 첨가되어도 pH가 크게 변하지 않는다.

(1) Henderson-Hasselbalch 식

어떤 약산(이온화 상수 K_a) HA에 대하여 pH와 짝산(HA), 짝염기 (A^-)에 작용하는 관계식이 Henderson-Hasselbalch 식이다.

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$, K_a 에서 $pH = -\log[H^+]$ 이므로 $pK_a = -\log K_a$ 로 정의하면 $pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$ 임을 알 수 있다.

(2) 완충 용액의 반응

1) 완충 용액에 산($[H^+]$)을 첨가할 때 : 완충 용액을 구성하는 짝염기가 첨가된 산과 반응한다.

2) 완충 용액에 염기($[OH^-]$)를 첨가할 때 : 완충 용액을 구성하는 짝산이 첨가된 염기와 반응한다.

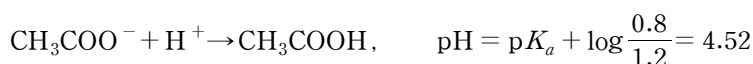
3) 약산이나 약염기가 $\frac{1}{2}$ 만 반응하면 짝산과 짝염기 존재 비율이 1:1이므로 $pH = pK_a$ 가 성립한다. 또한, 짝산과 짝염기 관계에 있는 산과 염기의 경우, 이온화 상수는 $K_a \times K_b = K_w$ 를 이용한다.

(3) 완충 용액 구성

완충 용액은 짝산/짝염기 또는 짝염기/짝산으로 구성된다. 다양성자 산은 양쪽성 물질이 있으므로 짝산과 짝염기를 바르게 판단해야 한다. 가령, H_2CO_3/HCO_3^- 에서 HCO_3^- 는 외부에서 첨가된 산과 반응하지만, HCO_3^-/CO_3^{2-} 로 이루어진 완충 용액에서 HCO_3^- 는 외부에서 첨가된 염기와 반응한다.

(ex1) 아세트산 1mol과 아세트산 이온 1mol로 이루어진 1L 용액에 $HCl(g)$ 0.2mol을 첨가한 용액의 pH는? (단, $K_a = 2.0 \times 10^{-5}$ 이고 $\log 2 = 0.30$, $\log 3 = 0.48$ 이다.)

[풀이]

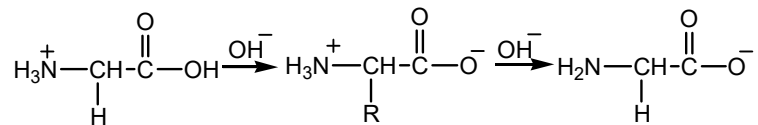


$$1 - 0.2 = 0.8 \quad 1 + 0.2 = 1.2$$

13. 등전점

α -아미노산은 단백질을 만드는 기본 물질인데, 산성 작용기와 염기성 작용기가 동시에 한 분자에 들어 있어 양쪽성 물질이다.

(1) α -아미노산의 구조



위 그림처럼 아미노산은 pH에 따라 이온의 형태도 달라지며, 이양성자산으로 작용한다.

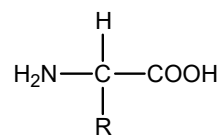
(2) α -아미노산의 등전점

등전점은 한 분자 내에 양전하와 음전하를 동시에 가져 어느 전극으로도 끌리지 않는 pH를 뜻한다. 산성 작용기인 $-\text{COOH}$ 가 양성자를 낼 수 있고 염기성 작용기가 양성자화하여 $-\text{NH}_3^+$ 에서 양성자를 낼

수 있으므로, $\text{p}K_{a1}$, $\text{p}K_{a2}$ 를 가진다. 등전점에서 $\text{pH} = \frac{\text{p}K_{a1} + \text{p}K_{a2}}{2}$

관계를 알 수 있다.

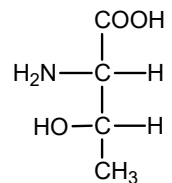
(3) α -아미노산의 거울상 이성질체



α -아미노산에서 중앙의 탄소는 $\text{R} \neq \text{H}$ 이면 카이랄 탄소이다. α -아미노산을 거울면에 비쳤을 때, α -아미노산의 상과 원래의 아미노산은 서로 다른 분자를 형성하고 거울상 이성질체라고 한다. 또

한, 각 분자는 편광을 회전시키는 방향이 다르며, 광학 이성질체라고도 한다.

(ex1) 그림은 트레오닌(Thr)이라는 아미노산을 나타낸다. 트레오닌의 이성질체 수는 얼마인가?



[풀이]

한 탄소에 결합한 네 가지 작용기가 모두 다르면 광학 이성질체를 형성한다. 트레오닌에는 카이랄 탄소가 2개 있으므로 총 4개의 광학 이성질체를 가질 수 있다.

14. 패러데이 법칙과 네른스트 식

패러데이 법칙은 전기 화학적 산화 환원 반응에 적용된다. 이때 발생하는 전압을 나타내는 것이 네른스트 식이다.

(1) 패러데이 법칙

1) 전하량(Q)은 전류(I)와 전류가 흐르는 시간(t)을 곱해 나타난다.

$$Q = I \times t$$

2) 전자 1몰의 전하량 = $1F = 96,485C$

3) 패러데이 법칙

전해조에 작용하는 패러데이 법칙은 1법칙과 2법칙으로 나뉜다.

① 패러데이 제1법칙 : 전기 분해에서 석출 또는 생성되는 양은 통해 준 전자의 몰수에 비례한다.

② 패러데이 제2법칙 : 같은 전기량으로 석출되는 양은 당량에 비례한다.

(2) 네른스트 식

전기화학적 반응에서 전지의 기전력(E)은 자유 에너지에 의해 결정된다. 전지에 흐르는 전하량을 nF 라 하면 $\Delta G = -nFE$ 이다.

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$-nFE = -nFE^\circ + RT \ln Q$ 에서 양변을 $-nF$ 로 나누면 네른스트 식을 얻을 수 있다.

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

식을 자연로그로 바꾸면 $E = E^\circ - \frac{0.0592}{n} \log Q$ 이다. n 은 반응식에서 계에 흐른 전자의 몰 수를 나타낸 것이다. 가령, $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 라면 $n = 2$ 이다.

(ex1) 반응식 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$, $E^\circ = 0.46V$ 에 대하여, $[\text{Ag}^+] = 1M$ 이고, $[\text{Cu}^{2+}] = 0.01M$ 일 때, 이 반응의 전지 전위는?

[풀이]

이 전지 반응식에서 $n = 2$ 이고, $E(V) = 0.46 - \frac{0.0592}{2} \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2}$ 이

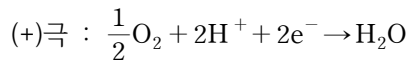
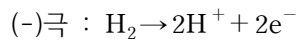
므로 $E(V) = 0.46 + 0.0592 = 0.52$ 이다.

15. 연료 전지(fuel cell)

연료 전지는, 산화시켜 열을 내어 연료로 쓸 수 있는 반응에서 열을 전기 에너지로 바꾸어주는 장치이다.

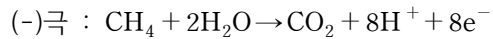
(1) 수소 연료 전지

연료 전지의 일반적 반응 내용은 갈바니 전지와 같으므로 (-)극에서 산화, (+)극에서 환원 반응이 일어난다.



위 반쪽 반응은 산(H^+)을 매개로 이루어진 것이다.

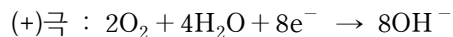
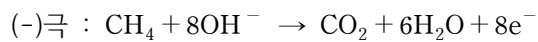
(2) 메테인(CH_4) 연료 전지



메테인의 연소 반응에서 나올 수 있는 열을 전기 에너지로 전환해 만든 연료 전지로 산을 매개로 이루어진 것이다.

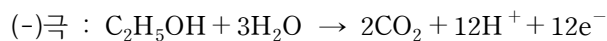
(ex1) 염기(OH^-)를 전해질로 사용한 메테인의 연료 전지에 대해 (-)극과 (+)극의 반응을 나타내면?

[풀이]



(ex2) 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)을 연료 전지로 사용할 때 (-)극과 (+)극 반쪽 반응은?

[풀이]

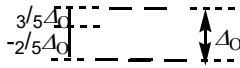


16. 리간드장 안정화 에너지

팔면체장에서 리간드장 안정화 에너지는 중심 원소의 d 오비탈에 배열되는 전자에 따른 에너지를 보여준다.

(1) 팔면체장의 에너지 변화

팔면체장에서 중심 금속의 d 오비탈이 리간드에 의해 2가지 축퇴 오비탈로 에너지 준위가 분리된다.



(2) $d^1 \sim d^3$ 리간드장 안정화 에너지

고스핀과 저스핀의 구분이 없으므로 한 가지로 정해진다.

$$d^1 : -\frac{2}{5}\Delta_o \times 1 = -\frac{2}{5}\Delta_o$$

같은 방식으로 계산할 수 있다.

(3) $d^4 \sim d^7$ 리간드장 안정화 에너지

고스핀과 저스핀에 따라 리간드장 안정화 에너지가 달라진다.

$$d^4: \text{고스핀} \quad -\frac{2}{5}\Delta_o \times 3 + \frac{3}{5}\Delta_o \times 1 = -\frac{3}{5}\Delta_o$$

$$\text{저스핀} \quad -\frac{2}{5}\Delta_o \times 4 = -\frac{8}{5}\Delta_o, \text{ 같은 방식으로 계산하면 된다.}$$

(4) $d^8 \sim d^{10}$ 리간드장 안정화 에너지

고스핀과 저스핀의 구분이 없으므로 한 가지로 정해진다.

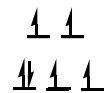
$$d^8 : -\frac{2}{5}\Delta_o \times 6 + \frac{3}{5}\Delta_o \times 2 = -\frac{6}{5}\Delta_o$$

다른 경우도 마찬가지로 방식으로 계산할 수 있다.

(ex1) 고스핀 d^6 배열의 리간드장 안정화 에너지를 구하시오.

[풀이]

d^6 고스핀 배열은 그림과 같으므로 리간드장 안정화 에너지는 다음과 같이 계산한다.



$$-\frac{2}{5}\Delta_o \times 4 + \frac{3}{5}\Delta_o \times 2 = -\frac{2}{5}\Delta_o$$