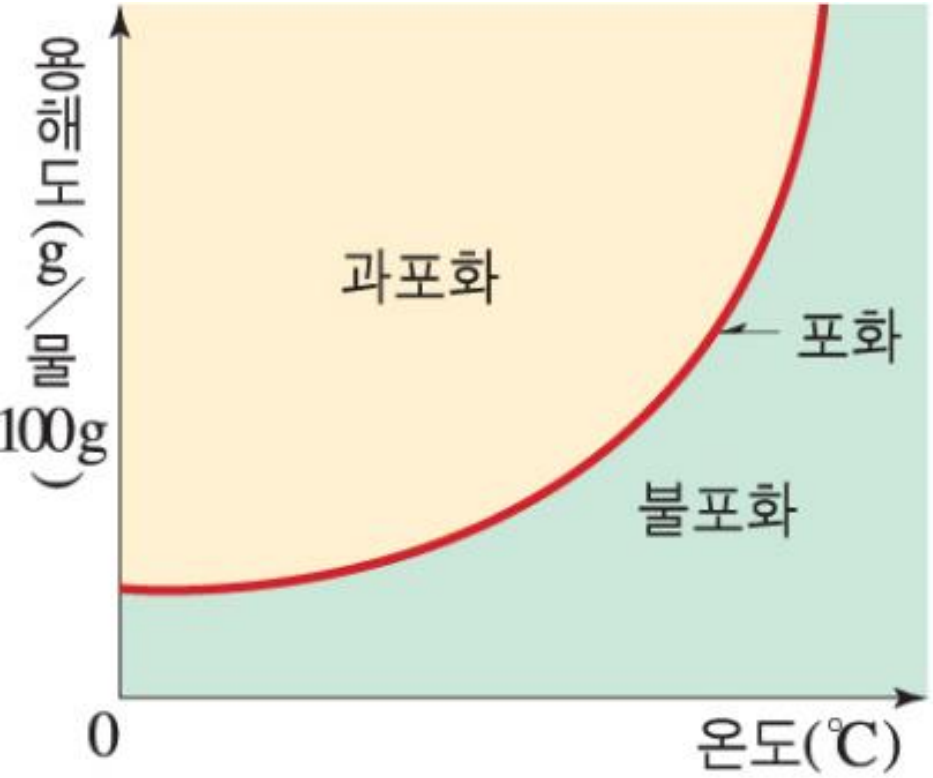
12. 용액의 농도 (Solution Concentrations)

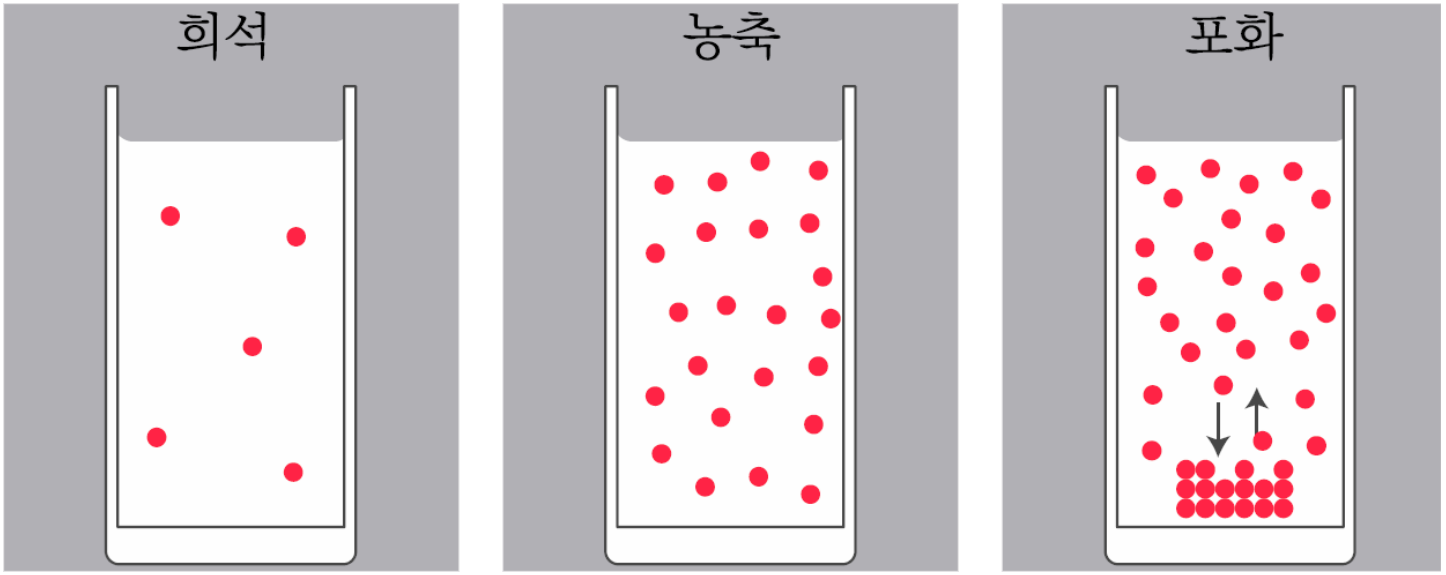
농도
용액의 특성

1. 포화용액과 불포화용액 (Saturated and Unsaturated Solutions)



- 포화 (Saturation): 용액이 어떤 온도에서 용해도에 상당하는 용질의 양을 모두 용해시킨 상태
- 불포화 (Unsaturation): 포화에 아직 도달하지 않은 상태
- 과포화 (Supersaturation): 용액이 어떤 온도에서 용해도에 상당하는 양보다 많은 양의 용질을 포함하고 있는 상태

1. 포화용액과 불포화용액 (Saturated and Unsaturated Solutions)



- 포화된 용액에서, 용해된 용질과 용해되지 않은 용질 사이에 평형 상태가 존재 (용질이 가만히 있는 것이 아니라 석출과 용해가 끊임없이 순환하는 상태)

$$\text{용해되지 않은 용질} \underset{\text{결정이 생성되는 속도 (r)}}{\overset{\text{용해되는 속도 (f)}}{\rightleftharpoons}} \text{용해된 용질}$$

2. 몰 농도 (Molar Concentration)

$$\text{몰 농도 (M)} = \frac{\text{용질의 몰수 (mol)}}{\text{용액의 부피 (L)}}$$

몰 농도 (Molarity): 1L의 용액당 용질의 몰수

- 몰 농도는 가장 널리 쓰이는 단위 중 하나
- 1몰 (1M) 용액은 1몰의 용질을 녹여 1L의 용액으로 만든 것

- 6.0M HCl: 1L의 용액에 6.0몰의 HCl이 포함된 것

2. 몰 농도 (Molar Concentration)

몰 농도 용액 제조 방법: 용질이 고체인 경우

1. 필요한 용질의 몰수를 구한다.

용질의 몰수 (mol)
= 몰 농도 (M) × 용액의 부피 (L)

2. 용질의 몰 질량(분자량, 식량)을 사용하여 몰수를 질량으로 환산한다.

몰 수 × 몰 질량 = 질량

3. 만들고자 하는 용액의 부피에 해당하는 부피 플라스크에 적당량의 증류수를 먼저 넣고 용질을 넣는다. 용질을 완전히 녹인 후에 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 가한다.

2. 몰 농도 (Molar Concentration)

0.100M NaCl 용액 1L를 어떻게 만드는가?

- 필요한 NaCl의 질량을 구한다.

  필요한 몰수: 0.100 × 1L = 0.100 mol

  NaCl의 분자량: 23.0 + 35.5 = 58.5

  필요한 NaCl의 질량 = 0.100 × 58.5 =5.85g

- 1L의 부피 플라스크에 적당량의 증류수를 넣고, 용질을 넣어 녹인 후에 부피 플라스크의 눈금까지 증류수를 넣어준다.



2. 몰 농도 (Molar Concentration)

몰 농도 용액 제조 방법: 용질이 액체인 경우

1. 필요한 용질의 몰수를 구한다.

용질의 몰수 (mol)
= 몰 농도 (M) × 용액의 부피 (L)

2. 용질의 몰 질량(분자량, 식량)을 사용하여 몰수를 질량으로 환산한다.

몰 수 × 몰 질량 = 질량

3. 용질의 밀도를 사용하여 필요한 질량을 부피로 환산한다.

질량(g) ÷ 밀도(g/ml) = 부피(ml)

4. 만들고자 하는 용액의 부피에 해당하는 부피플라스크에 적당량의 증류수를 먼저 넣고 용질을 넣는다. 용질을 완전히 섞은 후에 부피 플라스크의 표시선까지 증류수를 가한다.

3. 퍼센트 농도 (Percent Concentration)

질량/질량 퍼센트 %(w/w): 화학실험에서 가장 많이 쓰이는 단위

$$\text{질량 / 질량 (w/w)} = \frac{\text{용질 g}}{\text{용액 100g}} \times 100\%$$

부피/부피 퍼센트 %(v/v): 용질과 용매가 모두 액체일 때

$$\text{부피 / 부피 (v/v)} = \frac{\text{용질 ml}}{\text{용액 100ml}} \times 100\%$$

질량/부피 퍼센트 %(v/w): 일반적으로, 임상적으로 많이 쓰이는 단위

$$\text{질량 / 부피 (w/v)} = \frac{\text{용질 g}}{\text{용액 100ml}} \times 100\%$$

3. 퍼센트 농도 (Percent Concentration)

0.4%(w/v) $NaHCO_3$ 용액 150ml를 어떻게 만드는가?

- 필요한 $NaHCO_3$의 질량을 구한다.

$$\frac{0.4\ g}{100\ ml} = \frac{x\ g}{150\ ml} \qquad x = 0.6\ g$$

- 150ml의 부피 플라스크에 증류수를 조금 넣고 0.6g의 $NaHCO_3$ 을 넣어 녹인 후 부피플라스크의 눈금까지 증류수를 채워준다.

3. 퍼센트 농도 (Percent Concentration)

70.0%(v/v) 에탄올 수용액 650ml를 어떻게 만드는가?

- 필요한 에탄올의 부피를 구한다.

$$\frac{70.0\ \text{ml 에탄올}}{100\ \text{ml 용액}} = \frac{x\ \text{ml}}{650\ \text{ml}} \qquad x = 70.0 \times 650 \div 100 = 455\ \text{ml}$$

- 455ml의 에탄올에 물을 첨가하여 650ml의 용액을 만든다.

165g의 포도당을 얻기 위해 15%(w/w) 포도당 용액이 얼마나 필요한가?

1100g

4. ppm과 ppb

1 ppm

1L의 용액에 1mg의 용질이 있는 것

$$1\text{ppm} = \frac{1\text{mg 용질}}{1\text{L 용액}}$$

- 100만 분의 1 수준의 적은 농도
- 공기 중 오염물질
- 정밀 화학 분석 시에 사용하는 농도

1 ppb

1L의 용액에 1μg의 용질이 있는 것

$$1\text{ppb} = \frac{1\mu\text{g 용질}}{1\text{L 용액}}$$

- 10억 분의 1 수준의 아주 적은 농도
- 대기나 지각 속 미량 성분

5. 당량 (Equivalents)

당량 (Eq): 이온 화합물의 농도를 설명하는데 쓰이는 단위

1당량 = 전하 (+ 혹은 -) 1몰

1몰의 Na^+ : 1몰의 양전하를 가짐, 1당량
2몰의 Mg^{2+} : 2몰의 양전하를 가짐, 2당량
1몰의 HCO_3^- : 1몰의 음전하를 가짐, 1당량

5. 당량 (Equivalents)

그램 당량: 1당량을 포함하는 g단위 물질의 질량

$$\text{그램 당량} = \frac{\text{물질의 g}}{\text{1 Eq}}$$

1당량의 Na^+ : 1몰 Na^+ 의 그램 당량: 23g

1당량의 Mg^{2+} : 0.5몰 Mg^{2+}의 그램 당량: $24 \times 0.5 = 12$g

밀리 당량: 1000mEq = 1Eq

- 혈액 내 이온농도처럼 낮은 농도
- 혈액 내 정상 수치: Na^+ 135 ~ 148 mEq/L K^+ 3.5 ~ 5.3 mEq/L

  Cl^- 96 ~ 109 mEq/L Ca^{2+} 8.1 ~ 10.7 mEq/L

6. 희석 (Dilutions)

용액에 물 또는 다른 용매를 가하여 농도를 묽게 하는 현상

- 농축된 용액에서 필요한 용액을 만드는 일

원하는 농도 × 원하는 부피 = 농축 용액의 농도 × 농축 용액의 부피

최종 농도 × 최종 부피 = 처음 농도 × 처음 부피

6. 희석 (Dilutions)

6.0M HCl 농축액으로부터 1.5M HCl 100ml를 어떻게 만드는가?

- 필요한 농축액의 양을 구한다.

$$(1.5M\ HCl) \times (100mL) = (6.0M\ HCl) \times V$$
$$V = 25ml$$

- 6.0M HCl 25ml를 취하고 물을 첨가하여 100ml의 용액을 만든다.

6. 희석 (Dilutions)

10% NaCl 100ml가 1:5 희석되었을 때 최종 농도는?

- 1 : 5 희석이란 부피가 용매를 첨가함으로써 5배 증가함을 뜻한다.

100 ml (처음 부피) × 5 = 500 ml (최종 부피)

(최종 농도) × 500 ml = 10% NaCl × 100 ml
최종 농도 = 2%

7. 총괄성 (Colligative Properties)

용매가 같을 경우 용질의 종류와 상관 없이, 오직 용질의 개수에만 영향을 받는 성질

- 몰랄 농도(m)를 사용하여 계산

$$\text{몰랄 농도 (m)} = \frac{\text{용질의 몰수 (mol)}}{\text{용매의 질량 (kg)}}$$

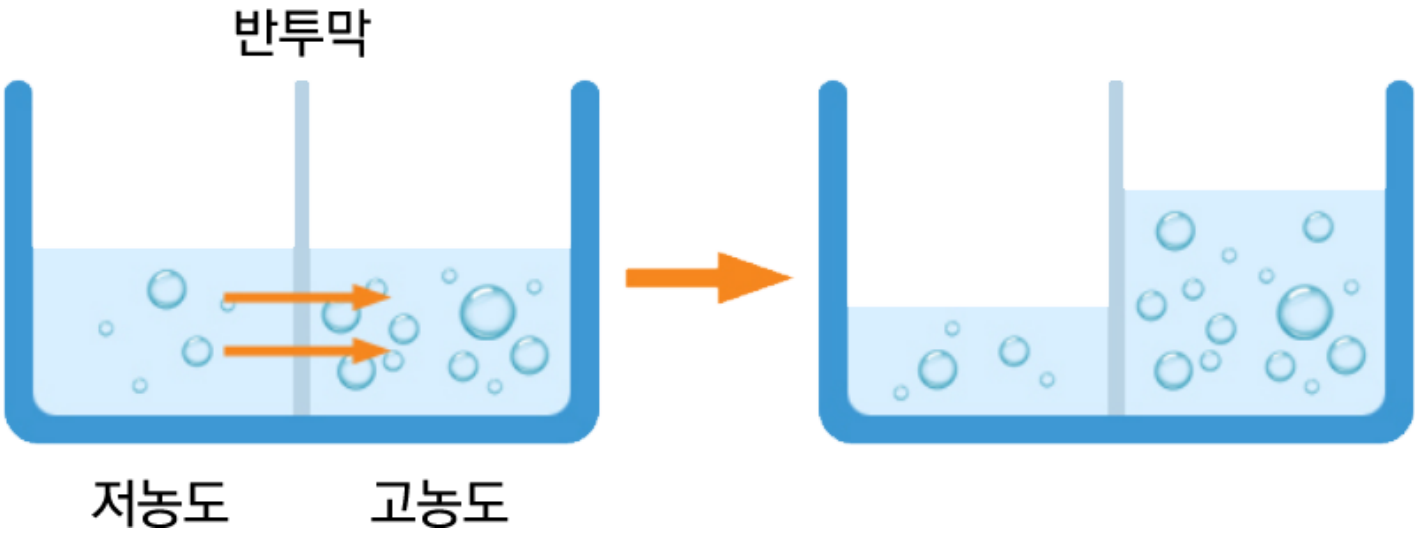
- 온도가 변하는 상황에서 용질의 입자 수를 다룰 때 주로 몰랄 농도를 사용함

용액의 총괄성 때문에 나타나는 현상

- 끓는점 오름: 소금물에서 소금은 물의 끓는점을 높인다.
- 어는점 내림: 한겨울에 호수는 얼지만 바닷물을 얼지 않는다.
- 삼투현상

8. 삼투현상 (Osmosis)

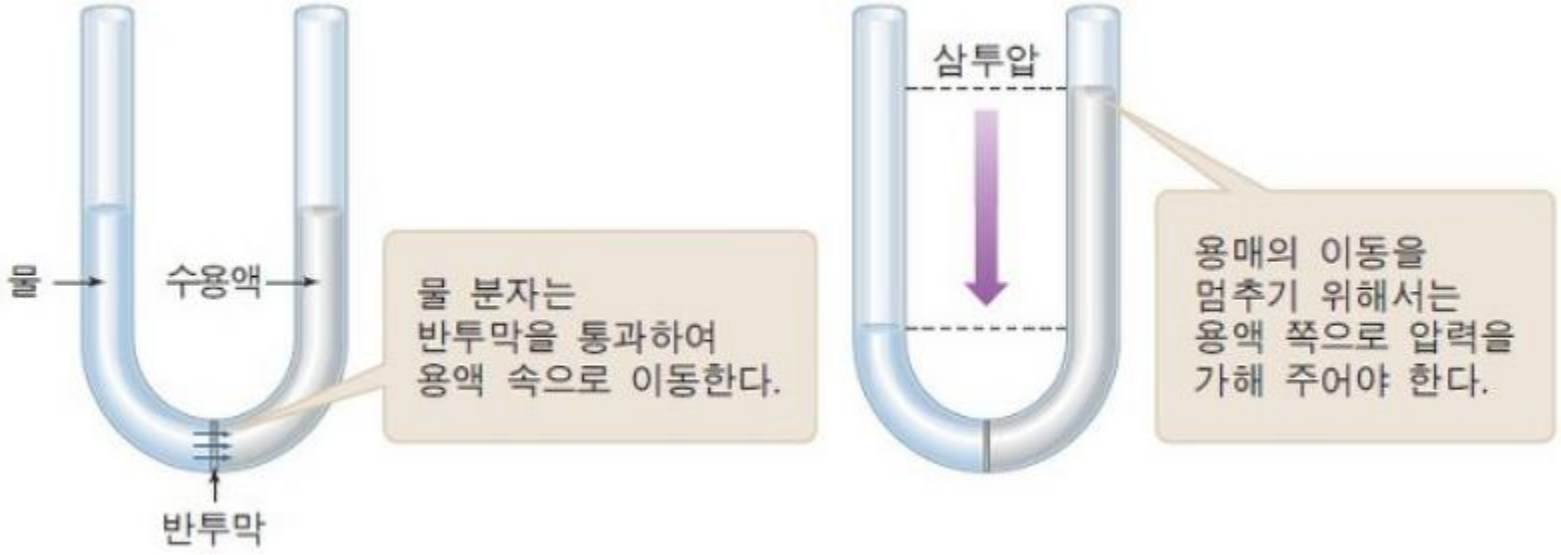
서로 다른 농도를 가진 두 용액 사이를 반투과성막으로 막아 놓았을 때, 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 용매가 이동하는 현상



- 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 물이 이동하여 농도 차이를 줄이려는 경향

8. 삼투현상 (Osmosis)

- 삼투압 (Osmotic pressure): 삼투 현상을 막는데 적용되는 압력의 양



$$\pi = \frac{n}{V} RT = CRT$$

π: 삼투압
V: 부피, n: 몰수, C: 몰농도
R: 기체상수, T: 절대온도

8. 삼투현상 (Osmosis)





삼투의 다양한 예:

- 식물이 물을 흡수할 때, 삼투현상에 의해 땅의 물이 뿌리로 스며 든다.
- 김치를 만들 때 배추를 소금에 절이면, 배추의 수분이 빠져나가 숨이 죽는다.
- 물에 몸을 오래 담그고 있으면, 수분이 모공으로 흡수된다.
- 바다 위에 표류될 때, 바닷물을 마시면 위험하다.

9. 삼투 농도 (Osmolarity)

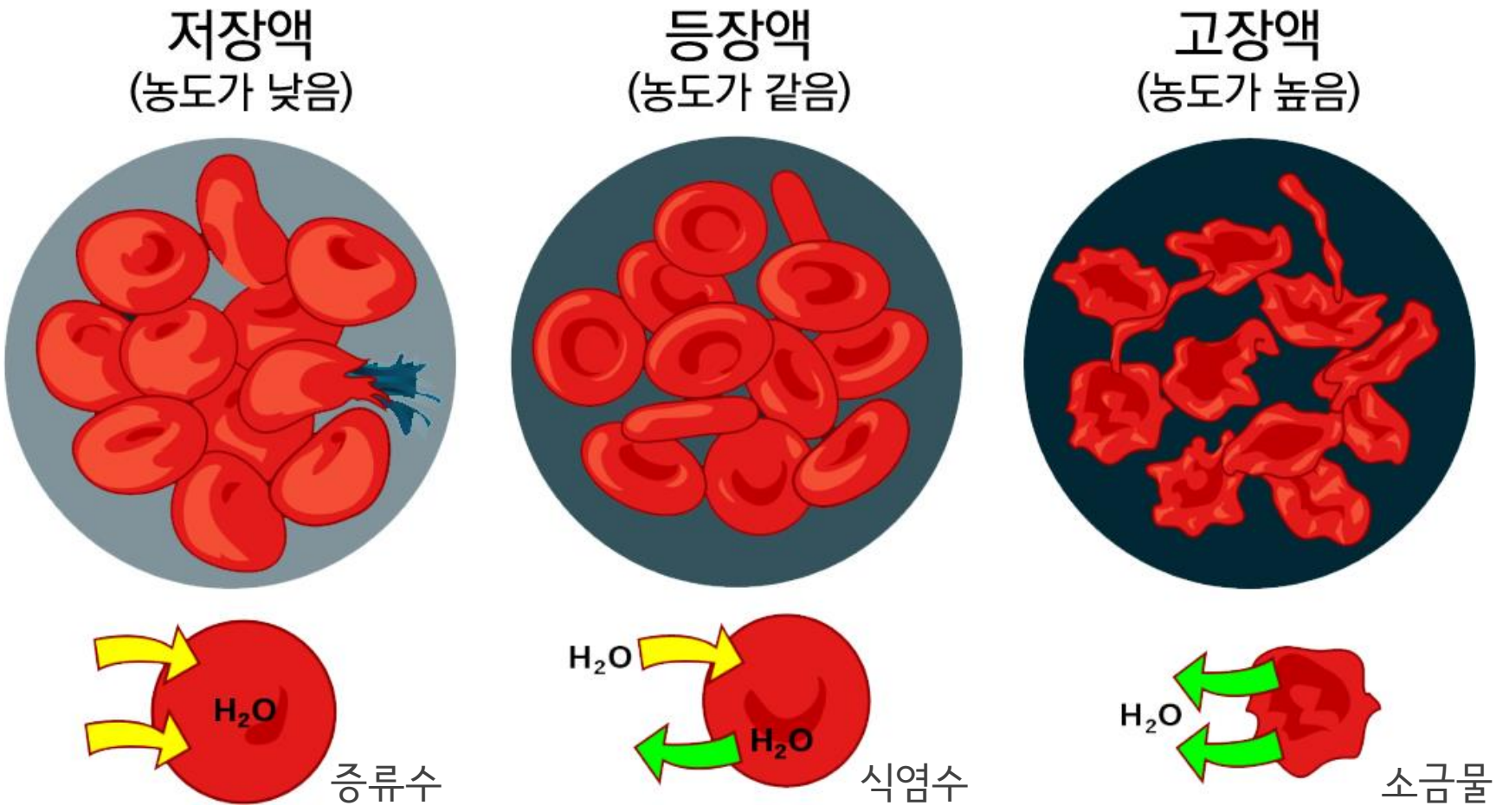
삼투 농도: 1L 용액 중 모든 입자의 총 몰수

- 1 오스몰 (osmol): 모든 혼합된 입자 1몰

- 용액 내의 모든 입자가 그 용액 중 삼투압에 영향을 줌
  1L 용액에 1몰의 KCl 용해되면 1몰의 K^+와 Cl^-,
  즉 2몰의 입자를 생성하므로 2오스몰

- 혈액이나 소변 중 입자의 총 농도를 기록하는 데 사용하는 단위
  정상 혈장 삼투농도: 280~290 osmol/L
  정상 소변 삼투농도: 300~1000 osmol/L

10. 용혈 현상 (Hemolysis)



용혈: 물이 세포 내로 들어와
세포가 부풀어 터지는 현상

축혈: 세포 내 물이 빠져나와
세포가 수축되고 파괴되는 현상

10. 용혈 현상 (Hemolysis)

- 식염수: 0.9% NaCl 용액
- 정맥주사의 물질은 등장액으로 만들어져, 혈액내로 안전하게 들어감

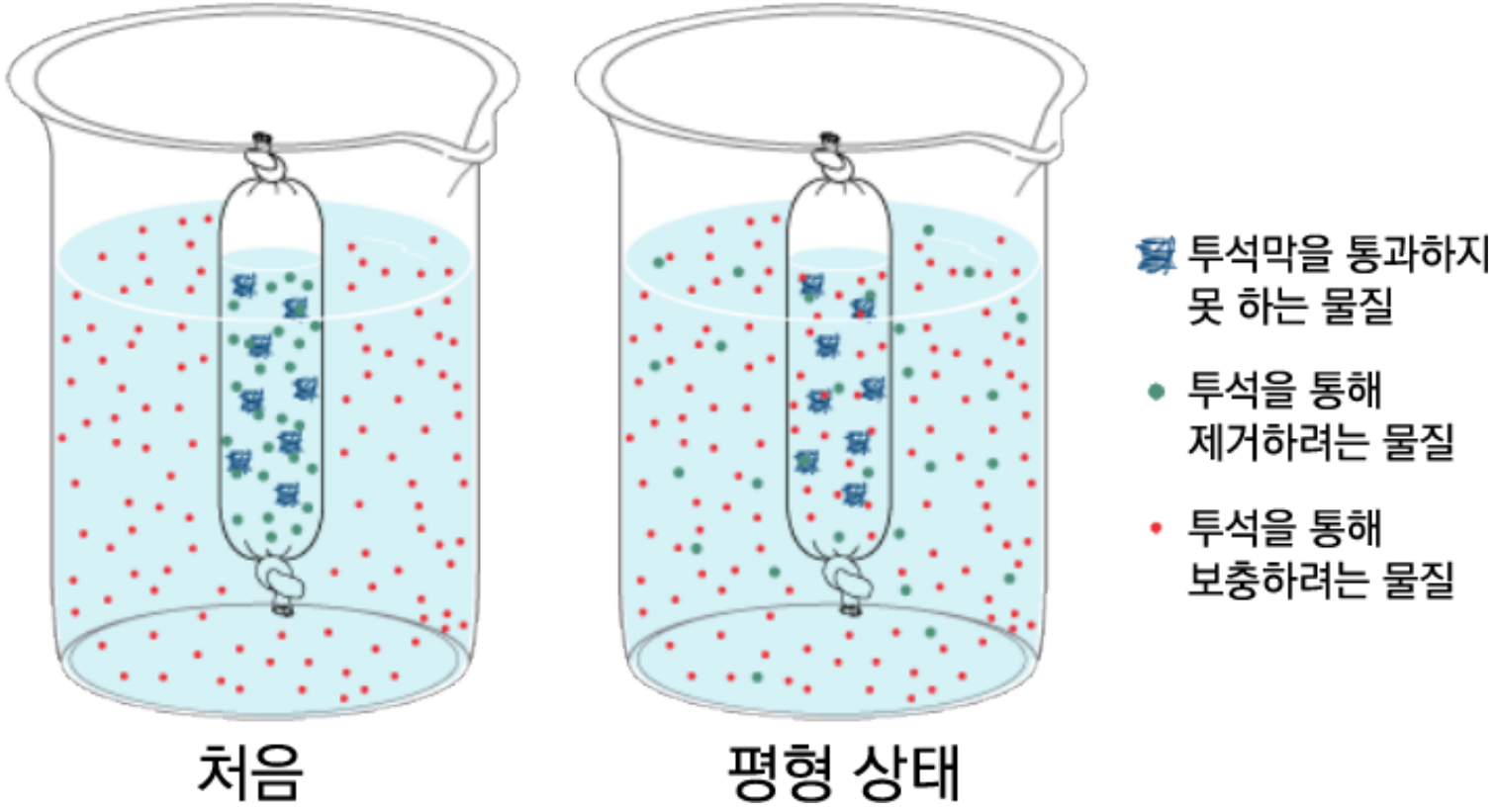
- 축혈(Crenation)된 세포는 적절한 조치를 취하면 정상 상태로 돌아갈 수 있지만, 용혈(Hemolysis)된 세포는 정상 상태로 돌아갈 수 없음



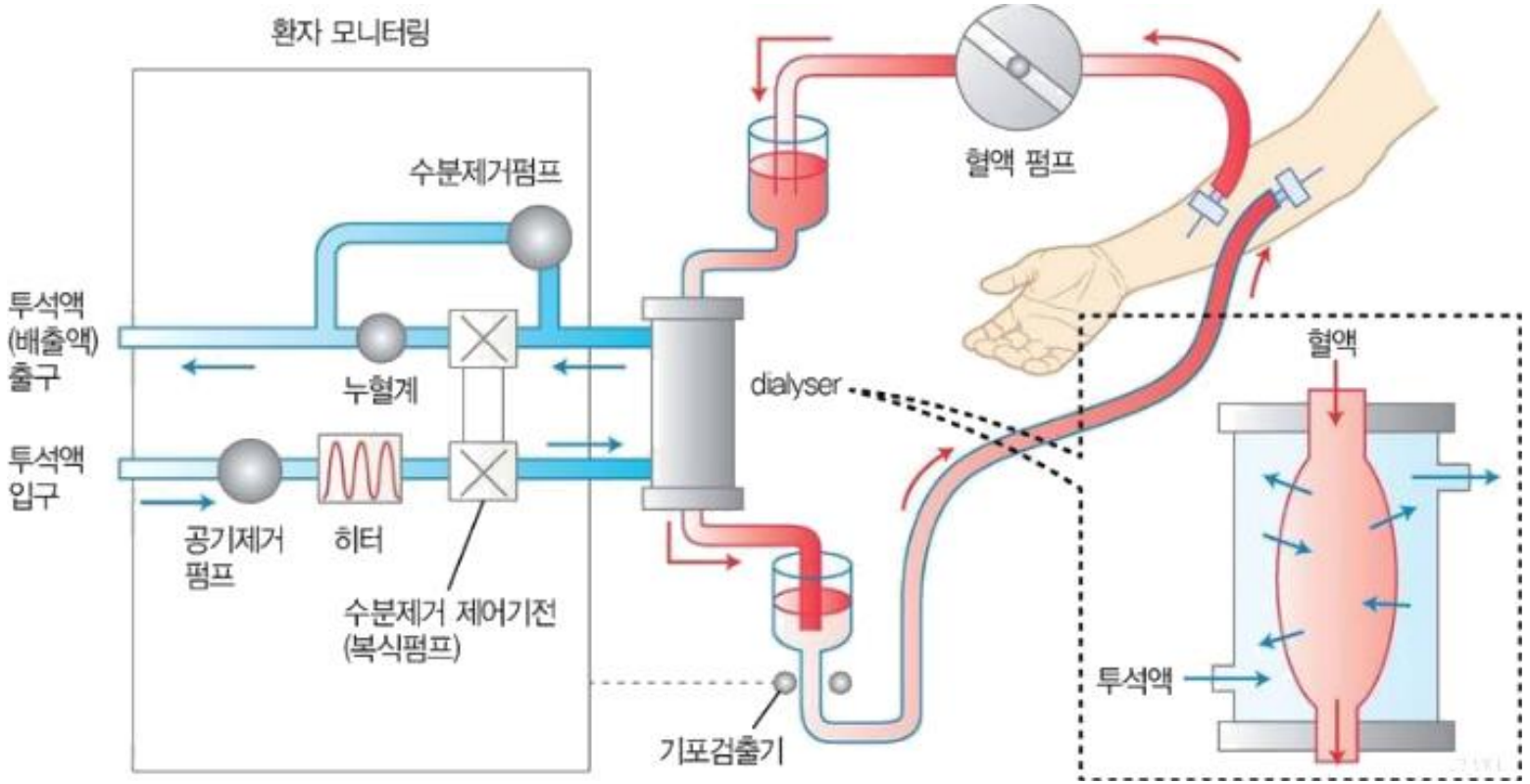
11. 투석 (Dialysis)

투석막을 통해 이온과 작은 분자(크리스탈로이드, 결정질)가 통과하는 현상

- 세포막은 선택적 투과성을 갖는 투석막
- 콜로이드나 큰 분자는 통과시키지 못 함



11. 투석 (Dialysis)



- 혈액 투석: 신장이 손상을 입고 제기능을 하지 못 할 때, 투석을 통해 노폐물을 인위적으로 제거하는 것
- 인공 신장기 (반투과성 막)을 이용하여 몸 속의 혈액을 체외로 순환시키고, 혈액 내의 노폐물과 과다한 수분을 제거시킨 후 깨끗해진 혈액을 다시 넣어 줌

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

12장 연습문제

다음 용액을 어떻게 만들어야 하는지 기술하시오.

(a) 0.2 M NaOH 50 ml

(b) 0.11 M Na_2SO_4 250 ml

(c) 5.0%(W/V) KOH 0.50 L

(d) 20%(V/V) 에틸알코올 475 ml

(e) 0.50 M NH_4Cl 0.10 L

(f) 8.25%(W/W) 글루코오스 125 g

(g) 4.0% (V/V) 메탄올 3.5 L

(h) 22.0 mg % 젖산 125 ml

(i) 6.0 M HCl 55 ml

(j) 0.20 M K_2HPO_4 10 ml

(k) 0.010 M $(NH_4)_2SO_4$ 0.25 ml

(l) 0.832%(W/V) KCl 350 ml

정상식염수(0.9% (W/V) NaCl)의 몰 농도는 얼마인가?

0.1%(W/W) Na_2CO_3는 몇 g이 Na_2CO_3 2.5 g을 포함하는가?

다음 이온의 그램 당량은?

(a) PO_4^{3-} (b) Br^- (c) Ba^{2+} (d) CO_3^{2-}

12장 연습문제

1 : 5로 희석하면 최종 농도는?

(a) 6.0 M H_2SO_4의 50 ml

(b) 2 ppm Ca^{2+}의 150 ml

(c) 3% KCl의 30 ml

(d) 32 mg % 우레아 10 ml

주어진 농축용액으로부터 다음 수용액을 어떻게 만드는가?

(a) 10.0%(W/V) NaCl로부터 8.00%(W/V) NaCl의 250 ml

(b) 0.10 M NaOH로부터 0.0030 M NaOH 150 ml

(c) 2.5 M H_2SO_4의 75 ml의 1 : 10 희석

(d) 70%(V/V) 이소프로판올로부터 30%(V/V) 이소프로판올 4.5 L

(e) 7.8 mg % 요산으로부터 6.4 mg % 요산 55 ml

(f) 10 ppm Pb^{2+}로부터 Pb^{2+} 4.0 ppm 650 ml

12장 연습문제

K_2SO_4는 강한 전해질이고 알콜은 비전해질이다. K_2SO_4 1 M 용액의 삼투압이 왜 1 M 알콜 용액보다 3배나 큰지 설명하시오.

다음 중 어떤 것이 0.1 M NaCl과 같은 삼투압을 갖는가?

(a) 0.1 M $CaCl_2$ (b) 0.05 M Na_2CO_3 (c) 0.1 M NaOH

적혈구를 다음 용액에 놓았을 때 어떤 현상이 일어나는가?
적혈구에 첨가된 용액이 등장, 고장, 저장액인지 알아보시오.

(a) 1.5%(W/V) NaCl 용액 (b) 0.154 M NaCl 용액 (c) 0.15%(W/V) NaCl 용액

10. 반응 속도와 화학 평형 (Reaction Rates and Chemical Equilibrium)

화학반응 속도

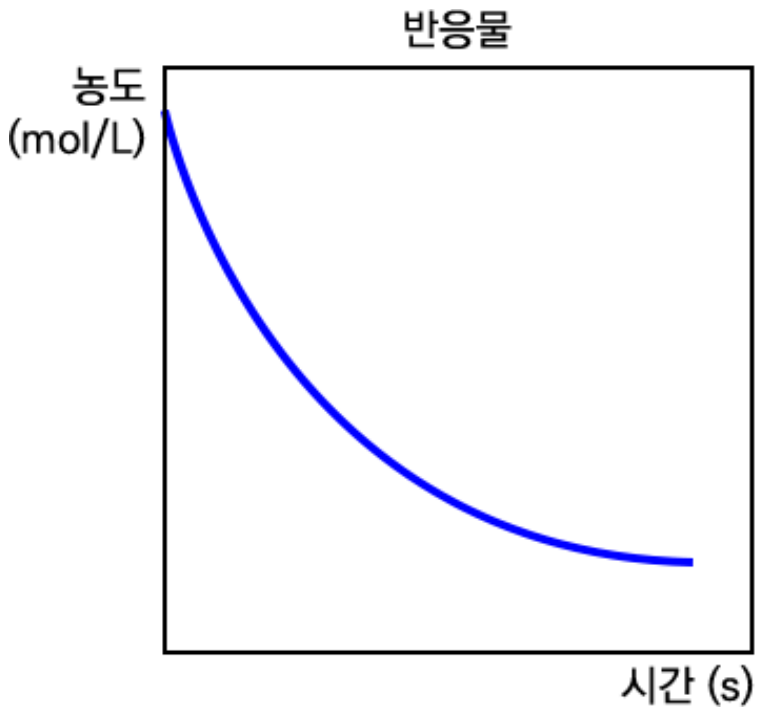
화학평형

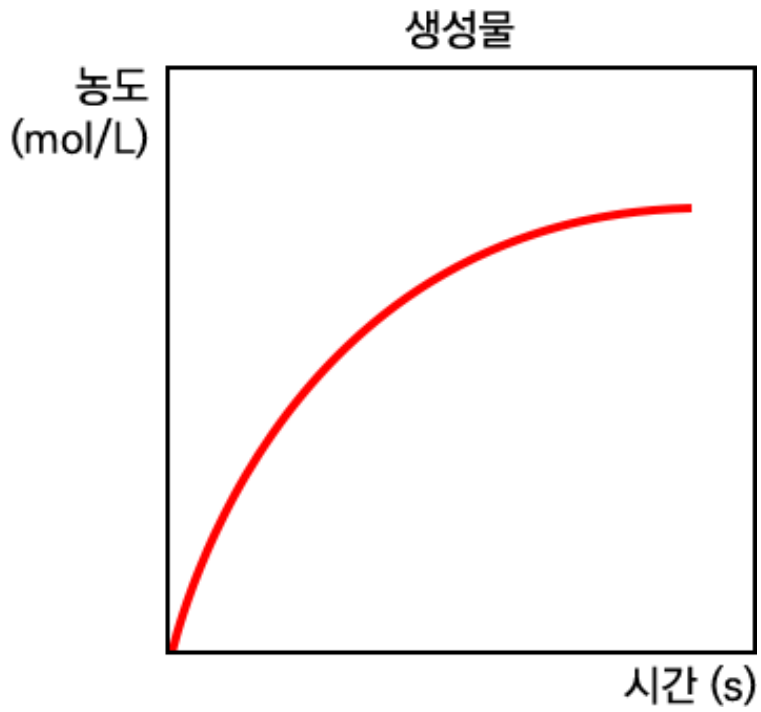
1. 반응 속도

반응 속도: 화학 반응이 빠르게 또는 느리게 일어나는 정도

- 일정한 시간 동안에 변화된 반응물이나 생성물의 농도를 측정하여 나타냄

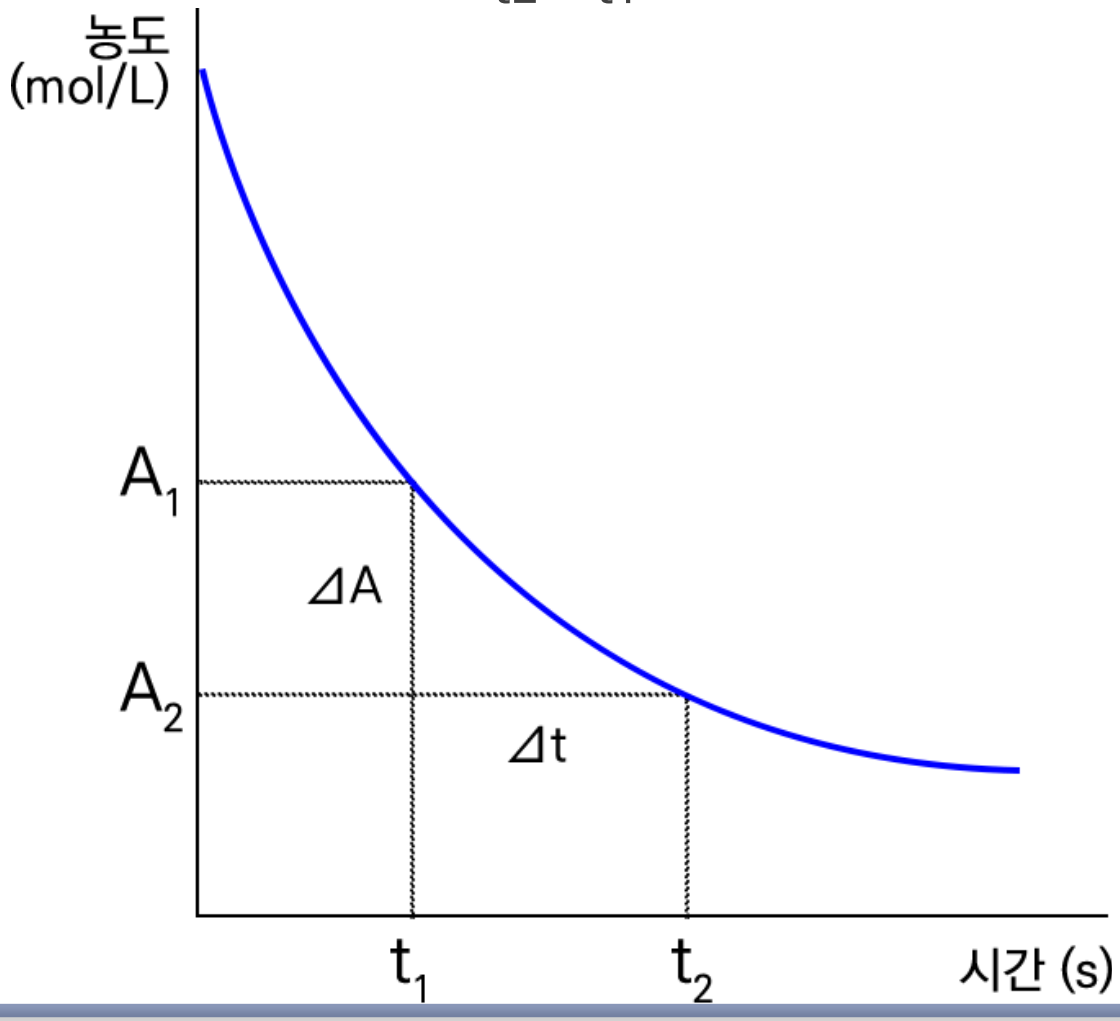
$$\text{반응 속도 } (v) = -\frac{\text{반응물의 농도 변화}}{\text{반응 시간}} = \frac{\text{생성물의 농도 변화}}{\text{반응 시간}} \quad (\text{단위: mol/L·s})$$





1. 반응 속도

$$\text{반응 속도 } (v) = -\frac{\text{t2에서의 A의 농도 - t1에서의 A의 농도}}{t2 - t1} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$



1. 반응 속도

빠른 반응: 반응의 결과를 눈으로 확인할 수 있을 정도로 빠르게 일어나는 반응

- 연소반응
- 앙금생성반응
- 중화반응

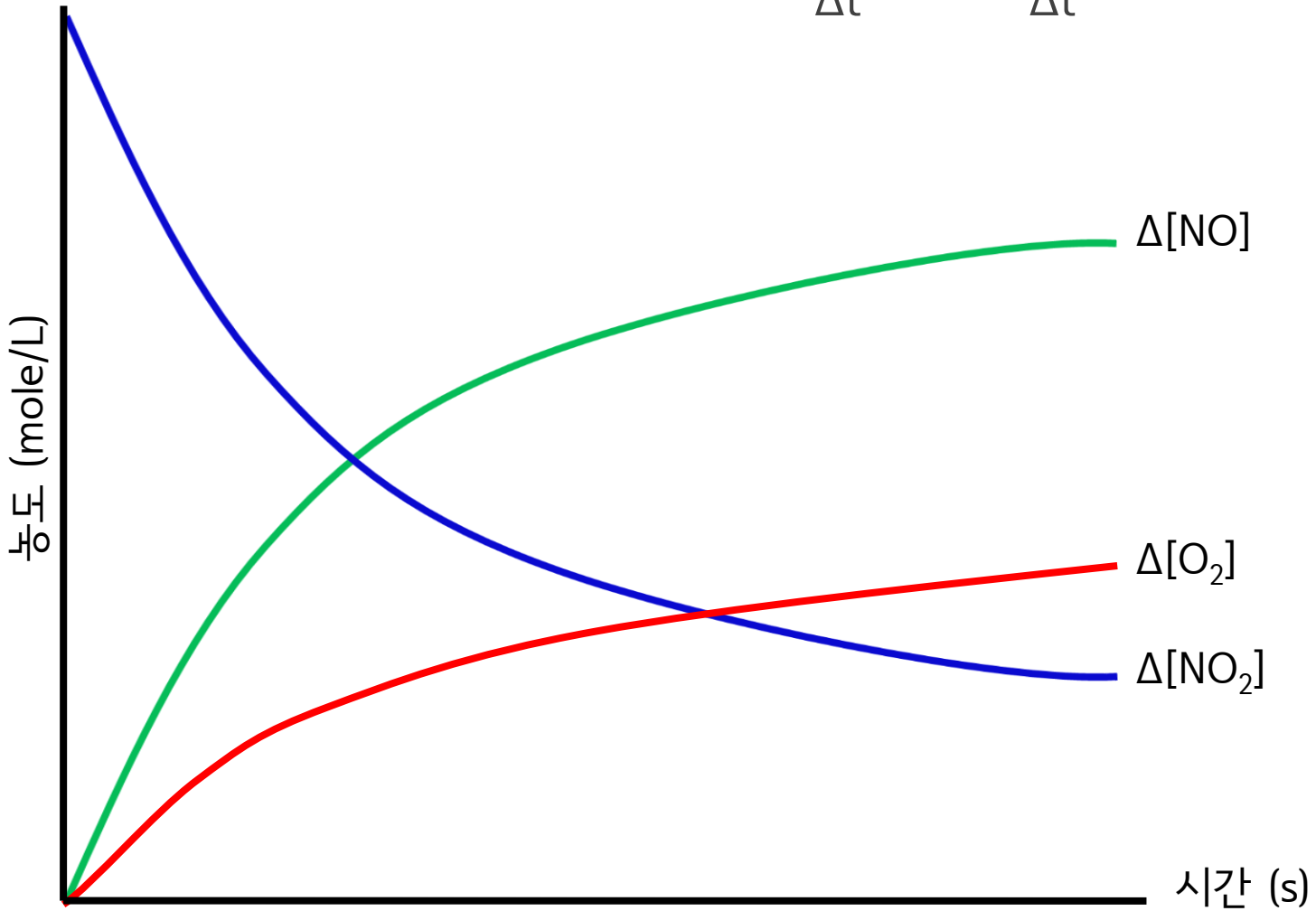
느린 반응: 오랜 시간 후에 변화를 관찰할 수 있을 정도로 느리게 일어나는 반응

- 철의 부식반응
- 석회동굴의 생성반응
- 음식물이 부패되는 현상
- 음식물의 소화 과정
- 과일이 익어가는 반응
- 노화현상

1. 반응 속도

$2NO_2(g) \longrightarrow 2NO(g) + O_2(g)$

$$v = -\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[NO]}{\Delta t} = 2 \times \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$$



2. 반응 속도식

반응 속도식: 반응물의 농도와 반응 속도와의 관계를 나타낸 식
반응 속도는 반응물의 농도에 따라 달라짐

$$aA + bB \longrightarrow cC + dD$$

$$v = k[A]^m[B]^n$$

- 반응 속도 상수 (k): 반응에 따라 고유한 값
  반응물의 농도에 영향 받지 않으며 온도에 의해 변하는 상수

- 반응차수 (m, n): 반응 속도식에서 반응물의 농도의 지수
  계수와는 무관하며, 실험적으로 구해지는 값
- 전체 반응차수: m + n

$v = k[A][B]^2$: 전체 반응차수 = 3차 반응, A에 대한 1차 반응, B에 대한 2차 반응

2. 반응 속도식

반응 차수의 실험적 결정

실험	초기 농도 (mol/L) [A]	[B]	초기 반응 속도 (mol/L·s)
1	1.0	1.0	0.25
2	1.0	2.0	1.0
3	2.0	2.0	2.0

반응 속도식: $v = k[A]^m[B]^n$

- 실험 1, 2 비교: [A]는 일정, [B]는 2배 증가 → 반응 속도 4배 증가 ∴ $n = 2$
- 실험 2, 3 비교: [B]는 일정, [A]는 2배 증가 → 반응 속도 2배 증가 ∴ $m = 1$

$$0.25\ \text{mol/L·s} = k \times (1.0\ \text{mol/L}) \times (1.0\ \text{mol/L})^2$$

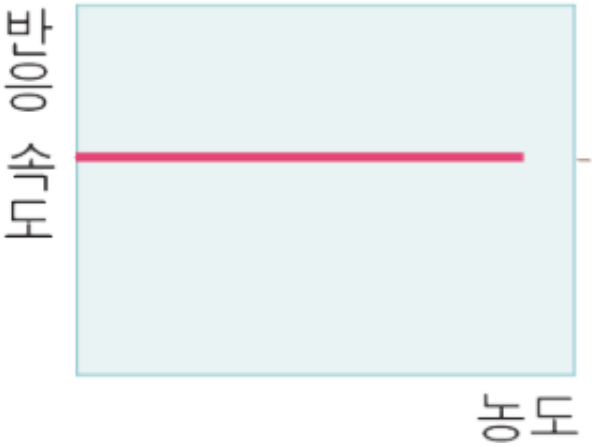
$k = 0.25\ \text{L}^2/\text{mol}^2\text{·s}$ ∴ $v = 0.25[A][B]^2$

2. 반응 속도식

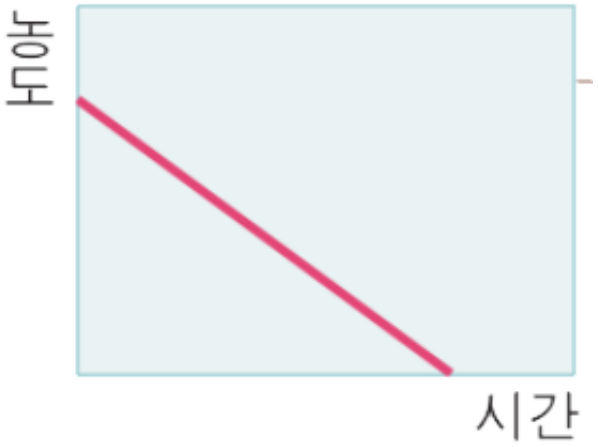
0차 반응: aA → bB 의 반응 속도식에서 반응 차수가 0인 경우, $v = k[A]^0$

- 0차 반응에서는 반응 속도가 반응물의 농도에 영향을 받지 않음
- 예) 백금 촉매를 이용한 암모니아 분해 반응

농도에 따른 반응 속도 변화



시간에 따른 반응 속도 변화

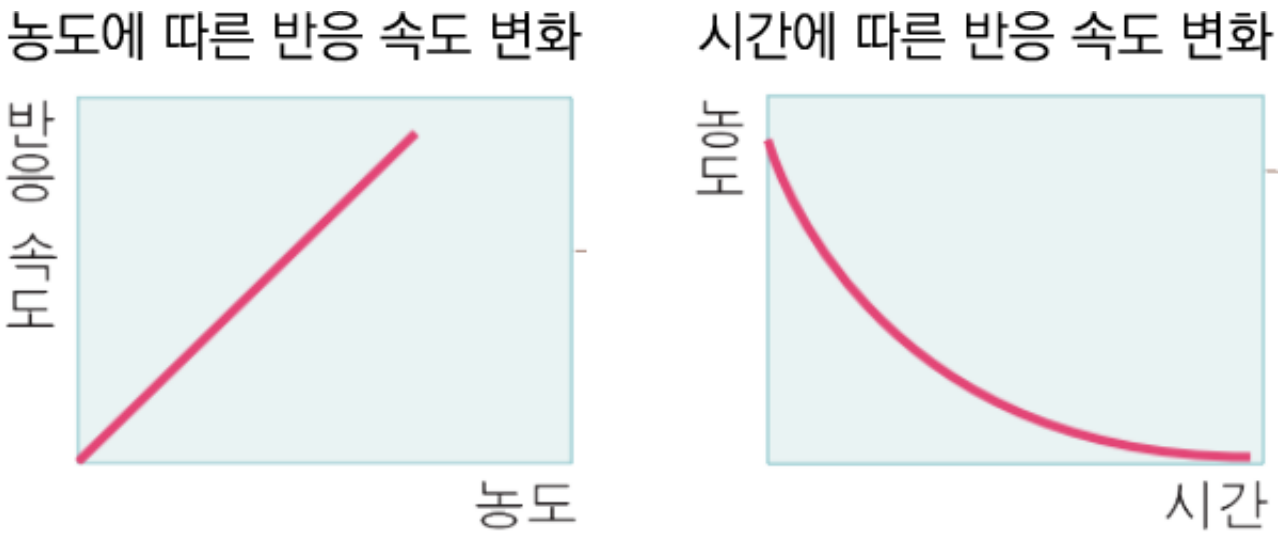


- 반응 속도는 농도에 관계없이 항상 일정
- 농도는 시간이 지남에 따라 일정하게 감소

2. 반응 속도식

1차 반응: aA → bB 의 반응 속도식에서 반응 차수가 1인 경우, v = k[A]

- 1차 반응에서는 반응 속도가 반응물의 농도에 비례
- 예) 오산화 이질소의 분해 반응

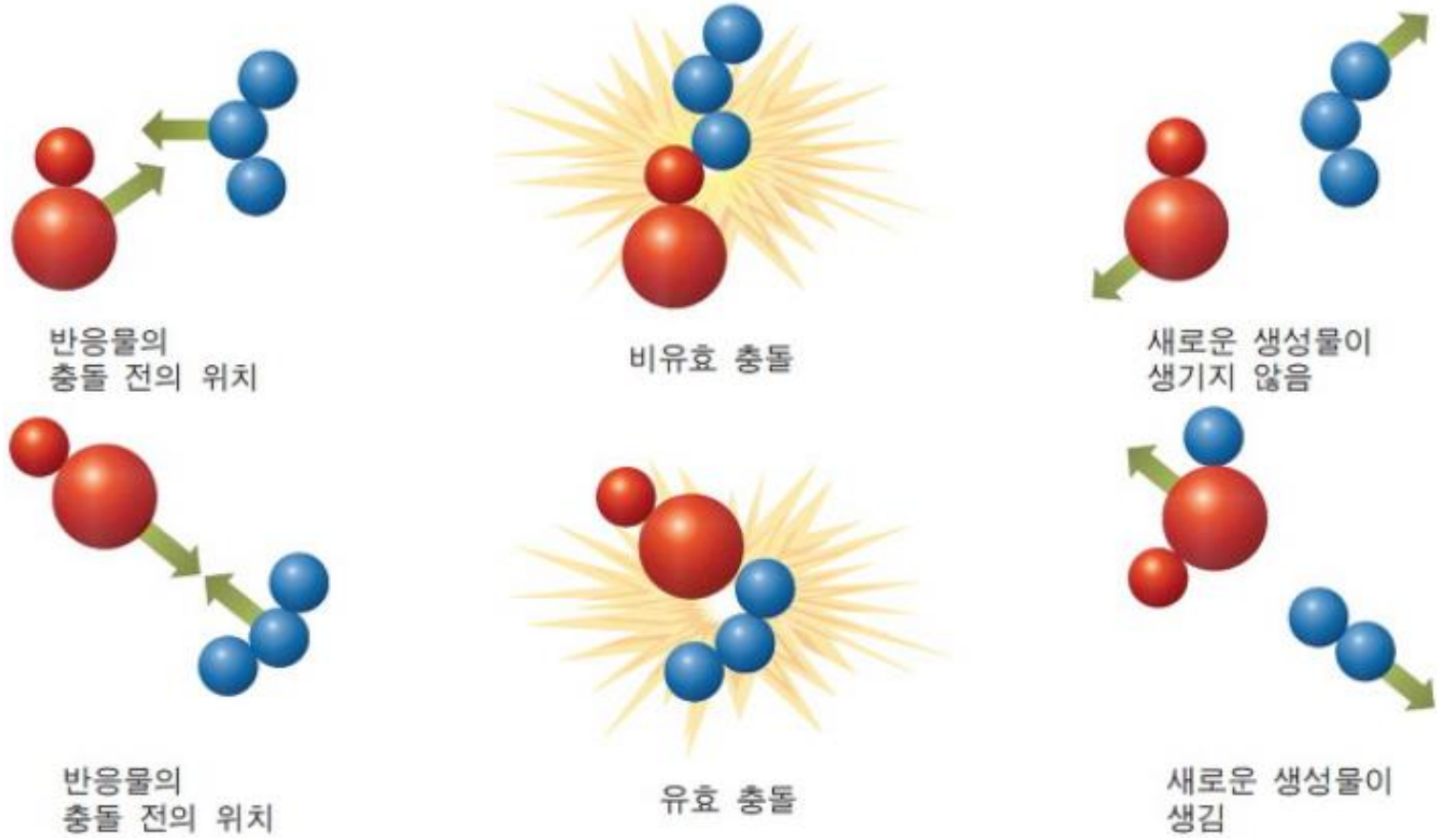


- 반응 속도는 농도에 비례하여 일정하게 증가
- 농도는 시간이 지남에 따라 감소하며, 농도의 감소폭은 조금씩 줄어듦

3. 활성화에너지 (Activation Energy)

화학 반응이 일어나기 위한 조건: 충돌 모형

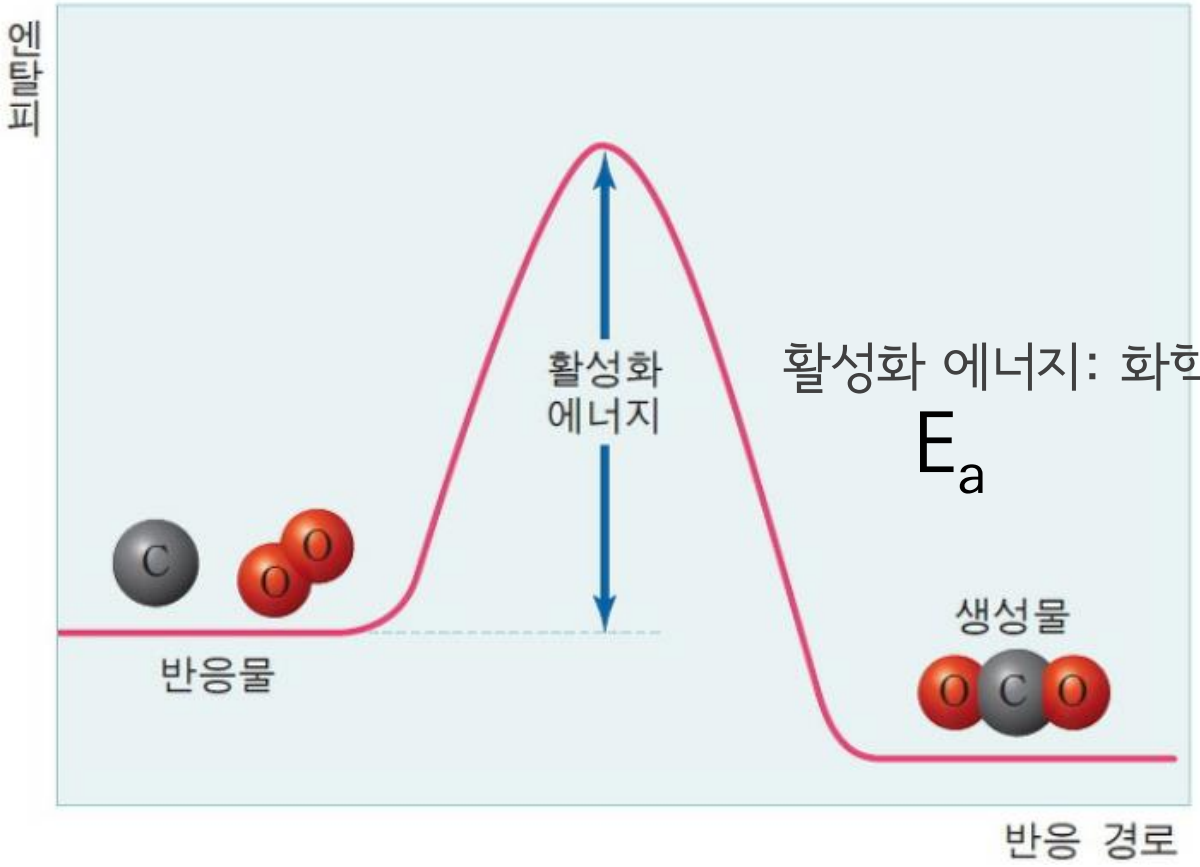
- 분자가 충돌해야 화학반응이 일어남
- 충돌 방향이 화학 반응을 일으키기에 적합한 방향이어야 함



3. 활성화에너지 (Activation Energy)

화학 반응이 일어나기 위한 조건: 활성화 에너지

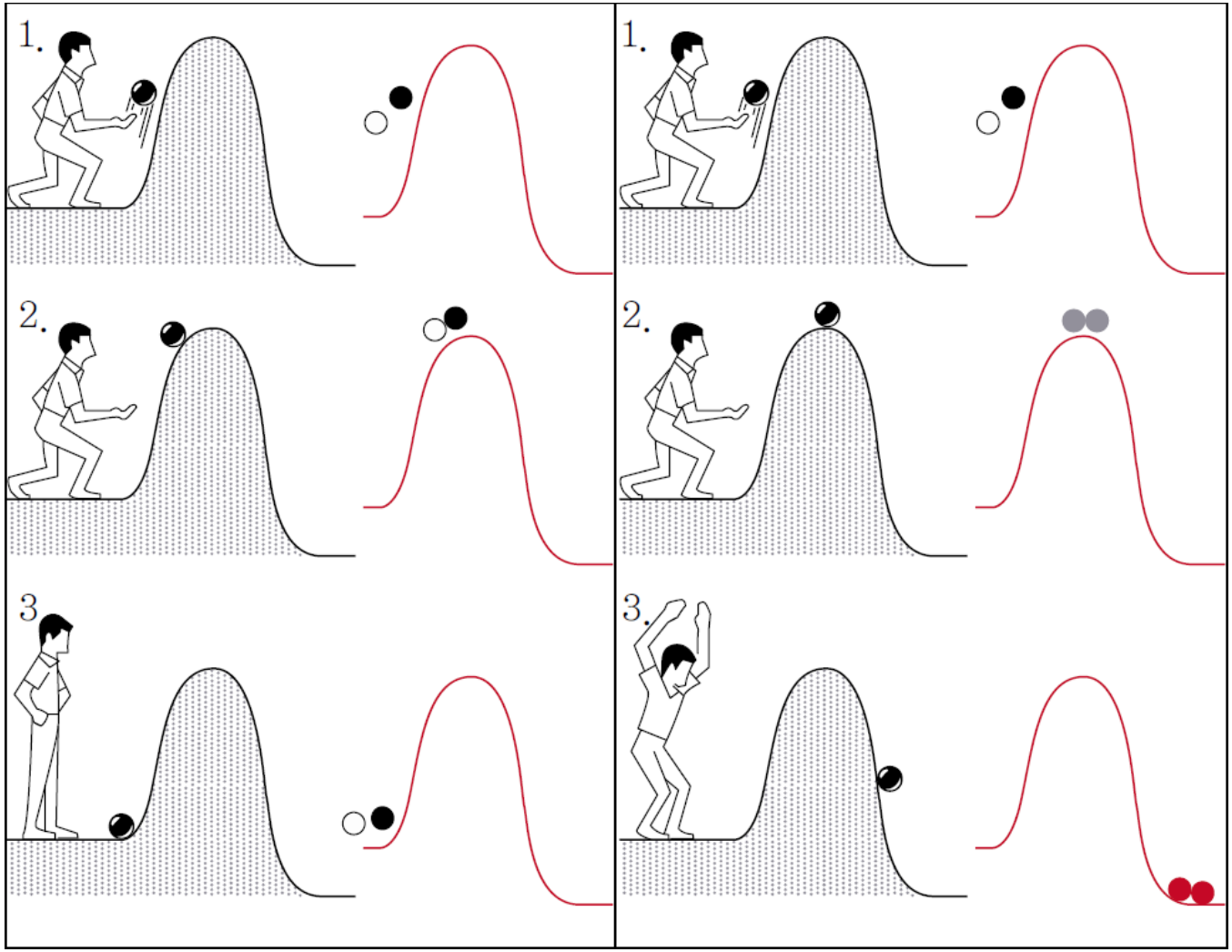
- 반응물 입자들이 충분히 빠른 소도로 충돌해야 함
- 충돌에너지는 반응물의 화학결합을 끊는데 사용



활성화 에너지: 화학 반응에 필요한 문턱 에너지

E_a

3. 활성화에너지 (Activation Energy)



4. 발열과 흡열 반응

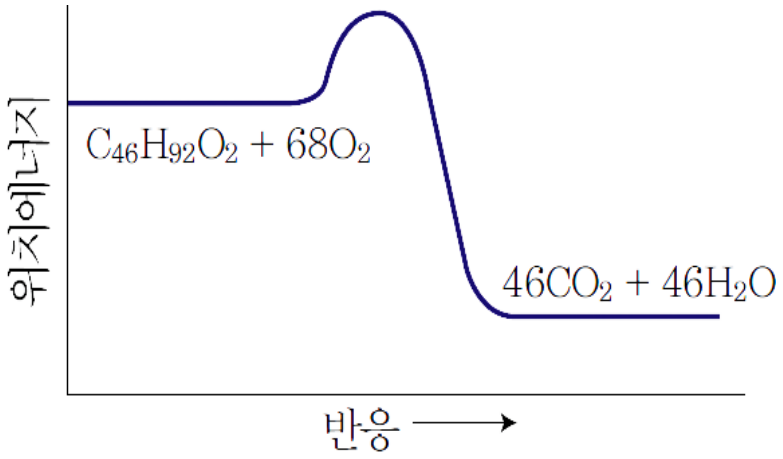
발열 반응: 반응물이 생성물보다 낮은 위치 에너지를 가지는 반응

- 열 에너지가 방출



$C_{46}H_{92}O_2 + 68O_2 \rightarrow 46CO_2 + 46H_2O$

왁스



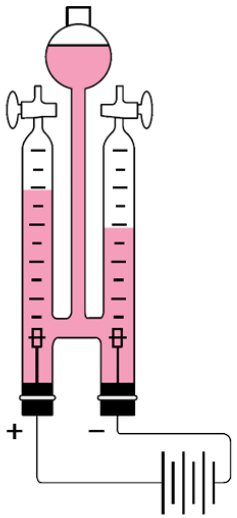
- 왁스와 산소 간의 반응은 매우 높은 활성화 에너지를 가짐
- 왁스와 산소가 만나 연소하려면 활성화 에너지 이상의 에너지(열)가 필요함
- 반응이 진행되면 충분한 에너지를 방출하여 분자들의 활성화 에너지 극복에 도움
- 반응은 스스로 유지됨

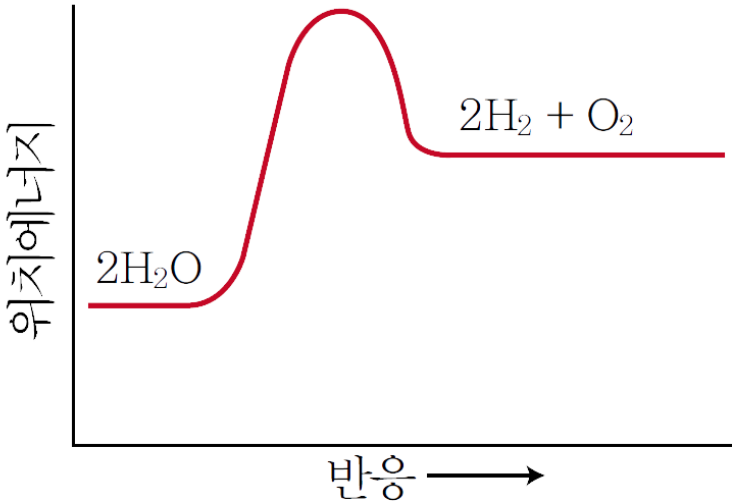
4. 발열과 흡열 반응

흡열 반응 : 반응물이 생성물보다 높은 위치 에너지를 가지는 반응

- 열 에너지를 흡수

$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

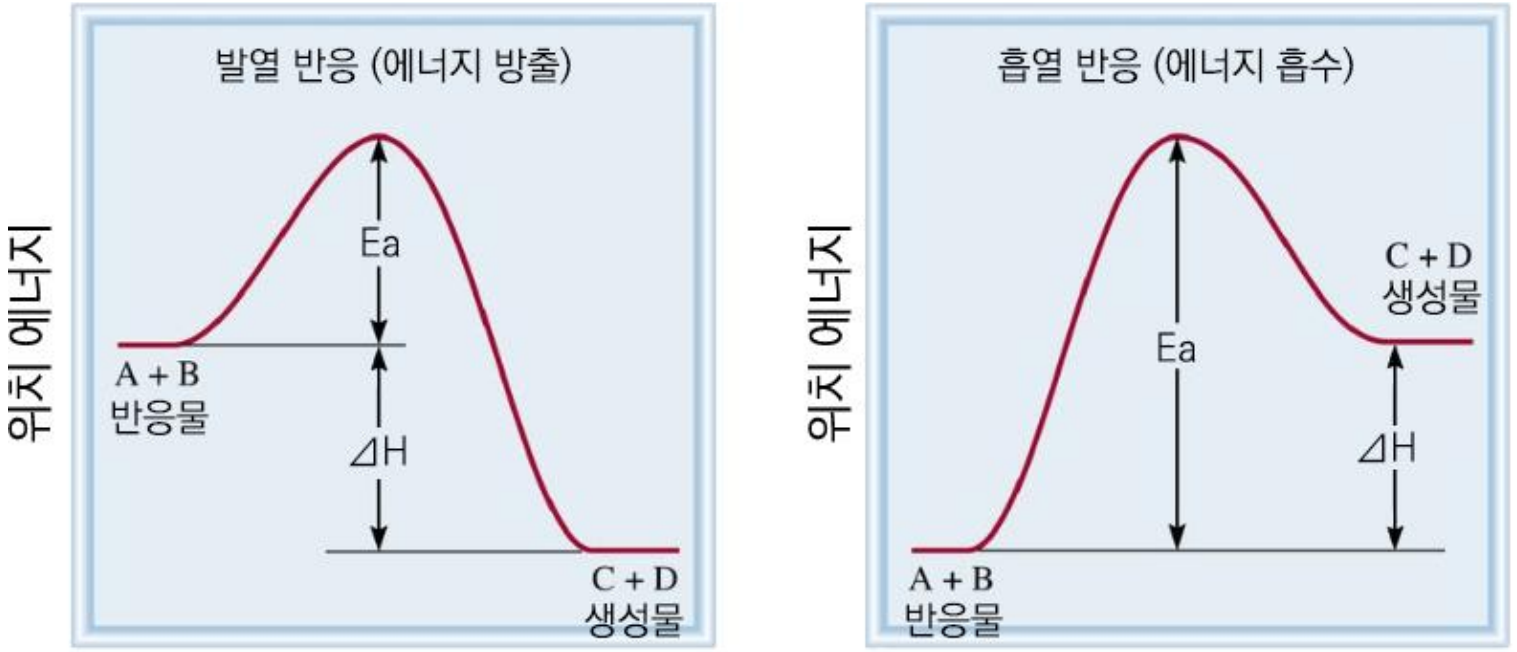




- 물의 전기분해에 의한 수소와 산소 생성
- 광합성을 통해 무기물에서 포도당을 생성
- 반응을 유지하기 위해서는 활성화 에너지를 극복하기 위한 에너지의 지속적인 공급이 필요

4. 발열과 흡열 반응

반응열 (Heat of Reaction, ΔH): 어떤 반응에 의해 요구되거나 방출되는 에너지



- 열 함량(엔탈피)의 변화는 반응물 몰당 킬로칼로리로 표시 (kcal/mol)
- ΔH는 생성물과 반응물 간의 위치 에너지 차이
- ΔH < 0: 발열 반응, ΔH > 0: 흡열 반응

5. 반응속도에 영향 미치는 인자들

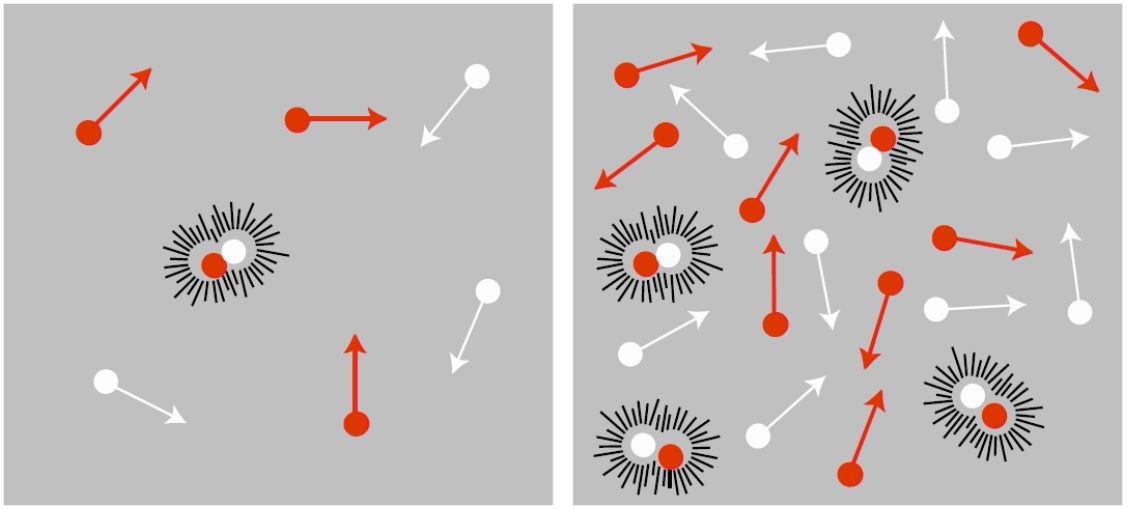
반응물의 성질: 반응물의 화학적 성질이 다르면 속도 역시 다름

- 분자 자체의 반응성이 다르기 때문

$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$: 실온에서 빠른 반응

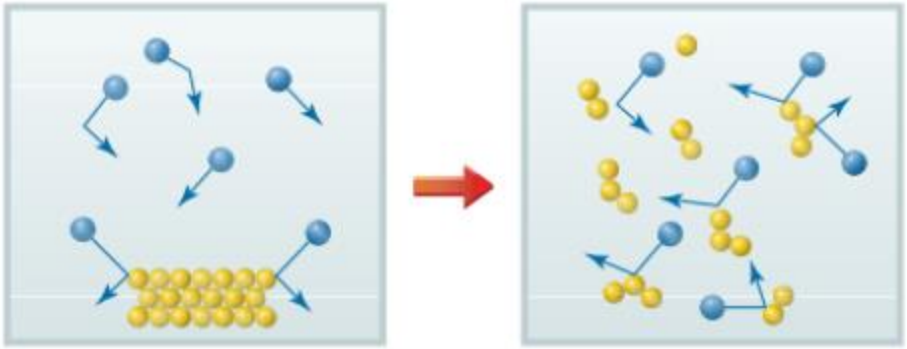
$2CO + O_2 \longrightarrow 2CO_2$: 실온에서 매우 느린 반응

반응물의 농도: 반응물의 농도를 증가시키면 충돌횟수가 증가하며 반응속도가 증가

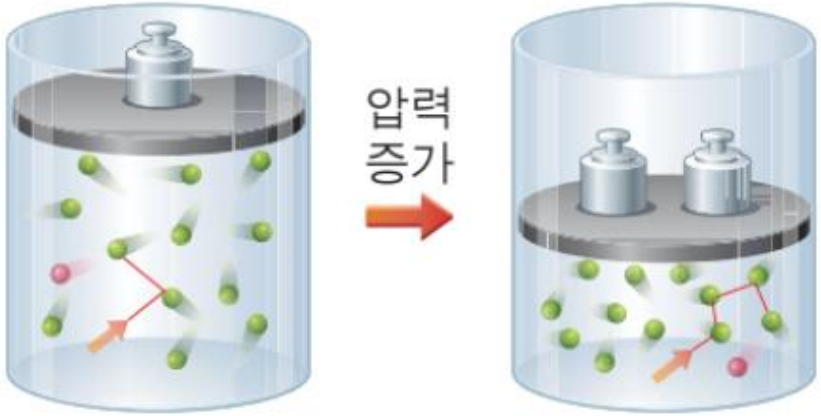


5. 반응속도에 영향 미치는 인자들

표면적: 고체 물질의 표면적이 증가할수록 노출되는 입자수가 증가하여,
충돌 수가 증가하며 반응속도가 증가



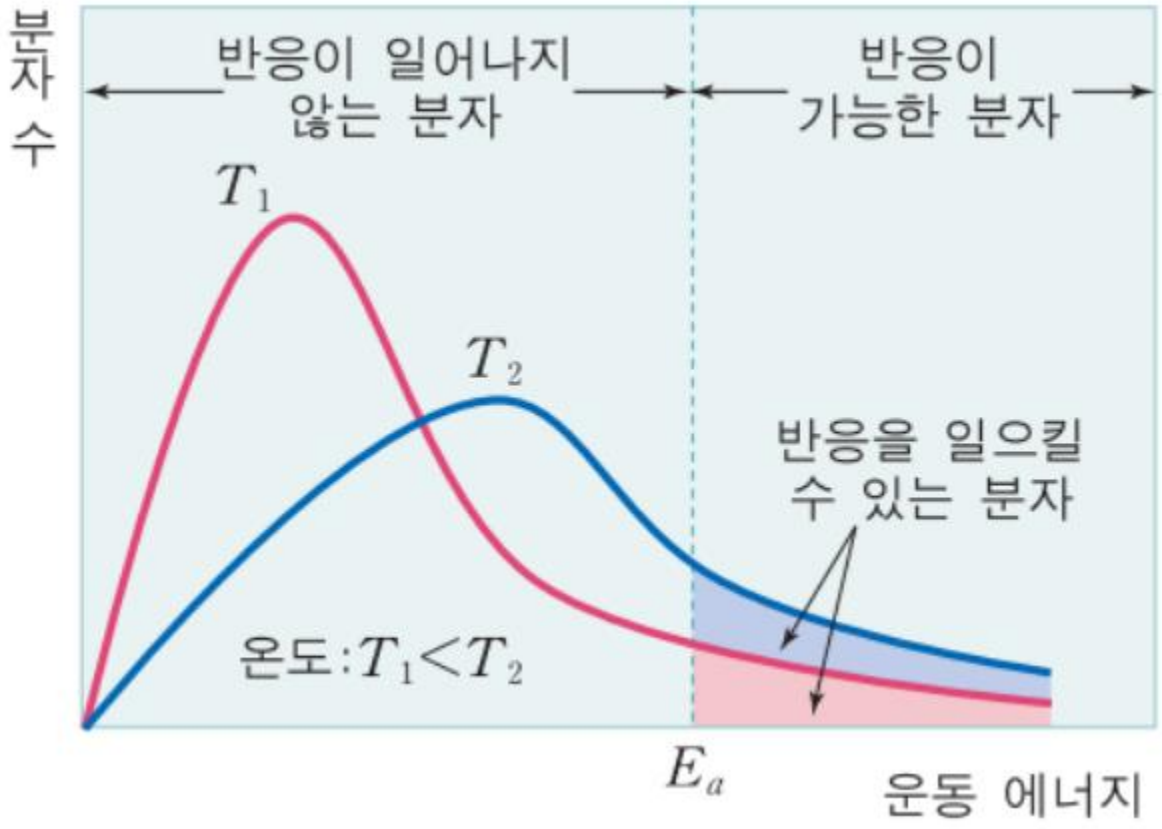
압력: 기체 물질은 압력이 커질수록 단위 부피당 분자수가 증가하여,
충돌수가 증가하며 반응속도가 증가



5. 반응속도에 영향 미치는 인자들

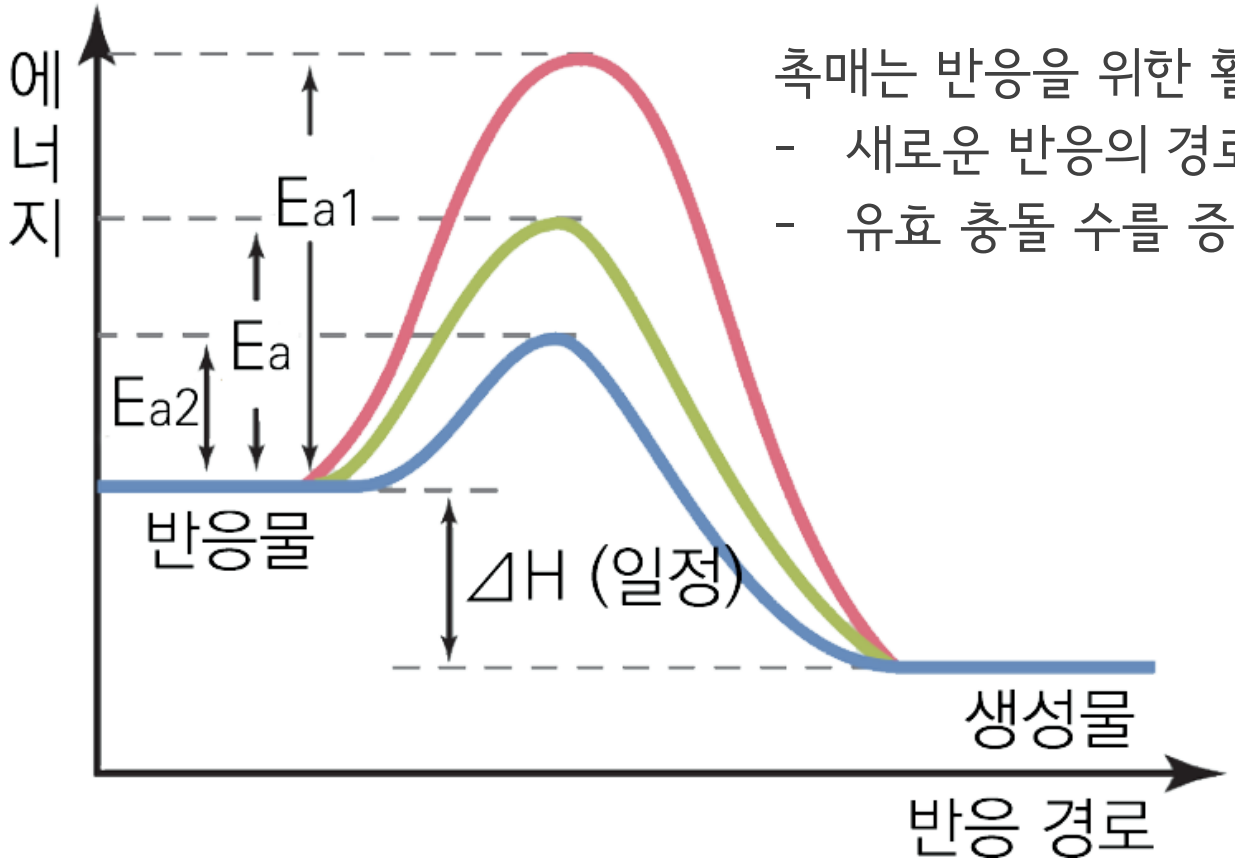
반응온도

- 반응물의 온도를 높이면 입자들의 운동에너지가 증가하여 충돌 횟수가 증가
- 활성화에너지를 극복할 수 있는 충분한 에너지를 가지는 입자 수 또한 증가



5. 반응속도에 영향 미치는 인자들

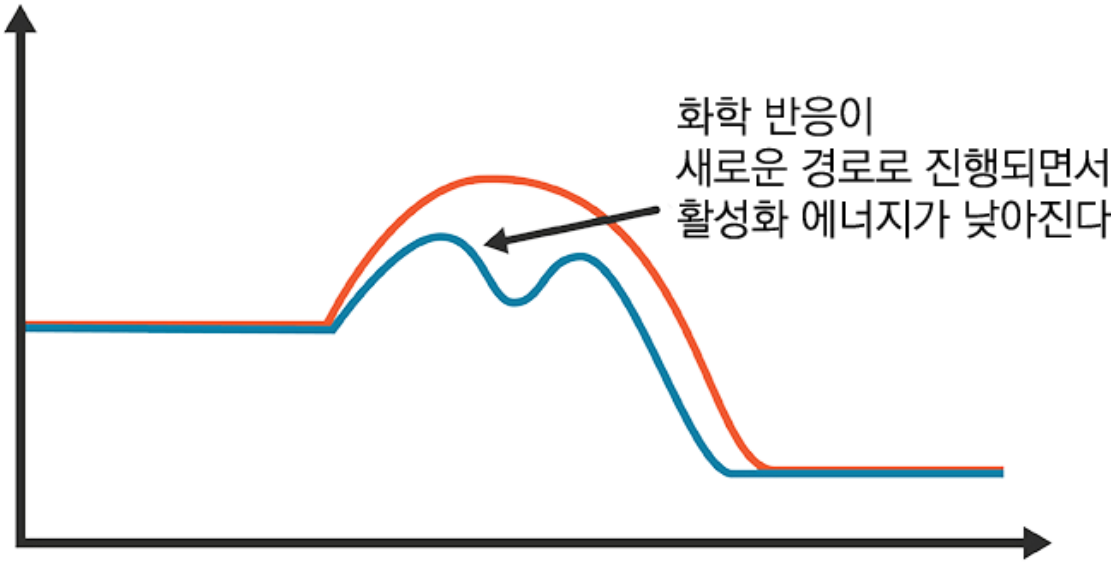
촉매: 반응에 소모되지 않으면서 반응속도를 증가시키는 물질
↔ 저해제: 반응 속도를 감소시키는 물질 (※ 정촉매 = 촉매, 부촉매 = 저해제)



촉매는 반응을 위한 활성화 에너지를 낮춤
- 새로운 반응의 경로로 화학 반응이 진행
- 유효 충돌 수를 증가시켜 반응 속도를 증가시킴

Ea1 촉매를 사용한 경우
Ea 촉매가 없는 경우
Ea2 저해제를 사용한 경우

5. 반응속도에 영향 미치는 인자들



- 효소 (Enzyme): 체내 화학반응이 쉽게 일어날 수 있도록 하는 생물학적 촉매

효소가 없는 경우 (한 단계로 이루어짐)

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$ (느림)

효소가 있는 경우 (두 단계로 이루어짐)

$CO_2 + H_2O \longrightarrow HCO_3^- + H^+$ (빠름)

$HCO_3^- + H^+ \longrightarrow H_2CO_3$

4. 화학 평형이란 무엇인가?

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

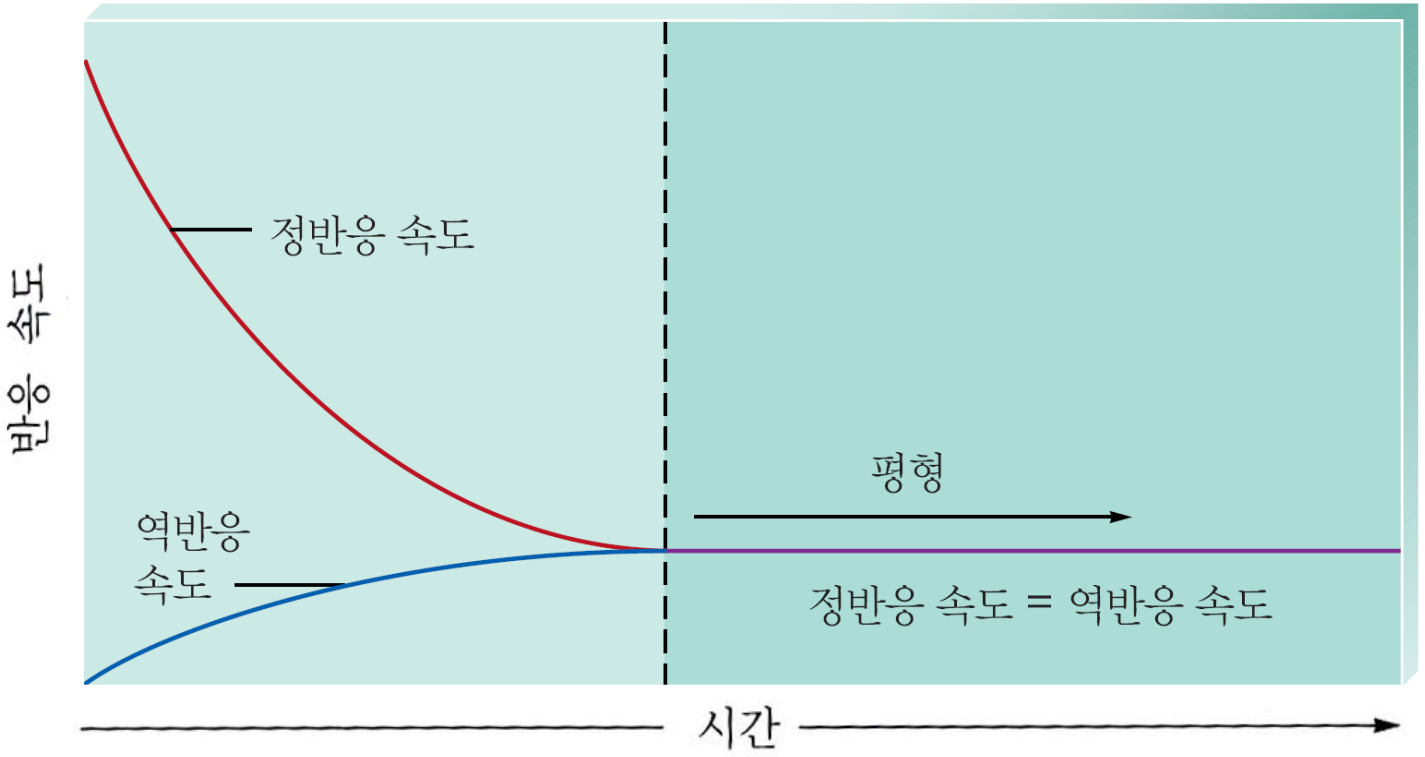
- 정반응: 반응물이 생성물로 되는 반응 ($N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$)
- 역반응: 생성물이 반응물로 되는 반응 ($N_2 + 3H_2 \leftarrow 2NH_3$)

- 가역반응: 정반응과 역반응이 모두 일어나는 반응
  대부분의 화학반응은 가역반응
- 비가역반응: 정반응에 비해 역반응이 무시할 수 있을 만큼 적게 일어나는 반응

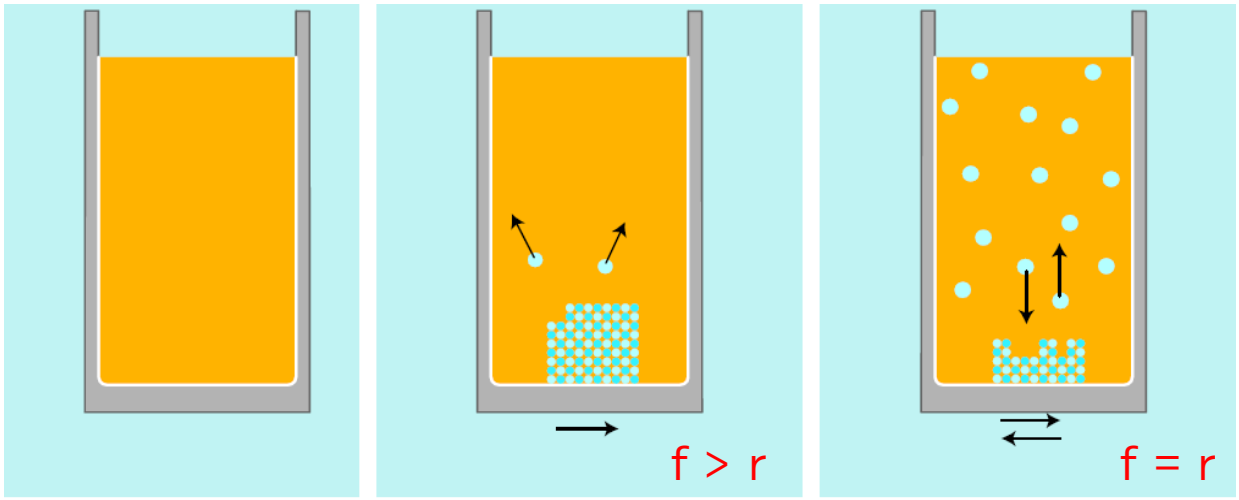
4. 화학 평형이란 무엇인가?

화학 평형(Chemical Equilibrium)

- 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같은 동적인 상태
- 변화가 없는 것처럼 보이는 상태 (=알짜 변화가 없는 상태)



4. 화학 평형이란 무엇인가?

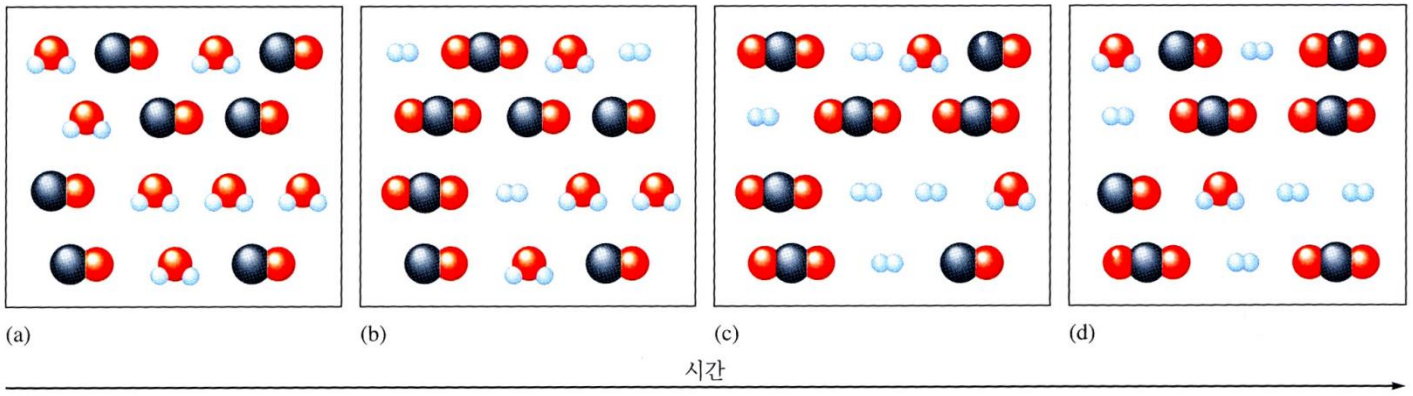


용해되지 않은 용질 $\underset{\text{결정이 생성되는 속도 (r)}}{\overset{\text{용해되는 속도 (f)}}{\rightleftharpoons}}$ 용해된 용질

f = r 인 상태가 화학 평형 상태

4. 화학 평형이란 무엇인가?

$H_2O + CO \rightleftarrows H_2 + CO_2$



H_2O	7	4	2	2
CO	7	4	2	2
H_2	0	3	5	5
CO_2	0	3	5	5

평형 도달 후
정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아짐

$$H_2O + CO \longrightarrow H_2 + CO_2$$
$$H_2O + CO \longleftarrow H_2 + CO_2$$

5. 평형 상수 (Equilibrium Constant)

평형 상수 (K)

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

$$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad ([X]: X의\ 몰\ 농도)$$

- 가역반응에서 평형에 도달했을 때, 반응물과 생성물은 항상 일정한 비를 유지
- 평형 상수는 온도에 의해서만 변화 (온도 의존 상수)

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 \qquad K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

5. 평형 상수 (Equilibrium Constant)

어떤 온도에서 질소와 수소를 넣고 반응시켰더니 암모니아가 생성되었다. 이 때의 농도 변화가 다음과 같다면 이 온도에서의 평형 상수는 얼마인가?

화학 반응식	N_2 +	$3H_2$ ⇄	$2NH_3$
처음 농도 (mol/L)	0.6	0.8	0
평형 농도 (mol/L)	0.4	0.2	0.4

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{0.4^2}{0.4 \times 0.2^3} = 50$$

6. 반응 지수 (Reaction Quotient)

반응 지수 (Q): 어떤 반응의 현재 농도를 평형 상수식에 대입하여 얻은 값

- 반응 지수를 통해 정반응이 우세한지 역반응이 우세한지 알 수 있음

  K > Q: 정반응 우세

  K < Q: 역반응 우세

화학 반응식	N_2 +	$3H_2$ ⇄	$2NH_3$
처음 농도 (mol/L)	0.6	0.8	0
평형 농도 (mol/L)	0.4	0.2	0.4

화학 반응식	N_2 +	$3H_2$ ⇄	$2NH_3$
처음 농도	0.8	0.8	0
현재 농도	0.6	0.2	0.4

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{0.4^2}{0.4 \times 0.2^3} = 50$$

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{0.4^2}{0.6 \times 0.2^3} = 33.3$$

∴ K > Q : 정반응 우세

7. 르 샤틀리에의 원리

- 평형 상태란 정반응과 역반응의 속도가 같은 상태
- 화학 반응 속도에 영향을 주는 다양한 요인으로 화학 평형을 변화시킬 수 있음
- 농도, 압력, 온도 등
  (촉매는 반응 속도에만 영향을 줄 뿐, 평형 상태엔 영향을 주지 않음)

르 샤틀리에의 원리 (Le Châtelier's principle):

- 평형에 있는 어떤 계에 변화가 가해지면, 그 변화(농도, 압력, 온도)를 감소시키는 방향으로 평형의 위치가 이동
- 평형계는 변화에 저항

- 특정 물질의 농도가 증가하면 그 물질의 농도를 낮추려는 방향의 반응이 우세
- 압력이 높아지면 압력을 낮추려는 방향의 반응이 우세
- 온도가 증가하면 온도를 낮추려는 방향의 반응이 우세

7. 르 샤틀리에의 원리

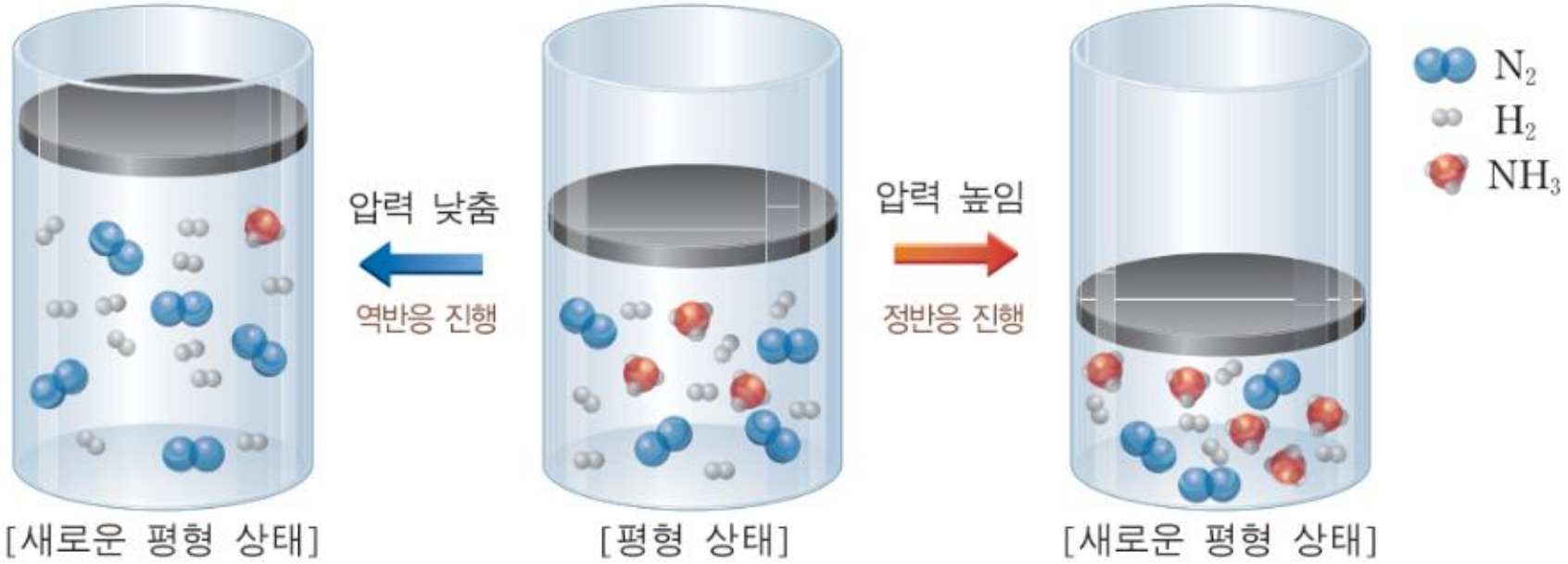
농도 변화: 평형 상수(K)와 반응 지수(Q)의 비교

$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$	첨가	제거
반응물 (분모)	반응물의 농도를 낮추려는 방향으로 평형이 이동 (정반응 우세) 분모 > 분자 : K > Q	반응물의 농도를 높이려는 방향으로 평형이 이동 (역반응 우세) 분모 < 분자 : K < Q
생성물 (분자)	생성물의 농도를 낮추려는 방향으로 평형이 이동 (역반응 우세) 분모 < 분자 : K < Q	생성물의 농도를 높이려는 방향으로 평형이 이동 (정반응 우세) 분모 > 분자 : K > Q

7. 르 샤틀리에의 원리

압력 변화: 기체 계가 들어 있는 용기의 부피가 변화하는 경우

- 압력이 증가: 압력을 낮추는 방향, 즉 몰수가 줄어드는 방향이 우세
- 압력이 감소: 압력을 높이는 방향, 즉 몰수가 늘어나는 방향이 우세



역반응:
(1+3)개 ← 2개
몰수가 늘어남

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

정반응:
(1+3)개 → 2개
몰수가 줄어듬

7. 르 샤틀리에의 원리

온도 변화

- 온도가 증가: 온도를 낮추려는 방향, 즉 열에너지를 소비하는 흡열 반응이 우세
- 온도가 감소: 온도를 올리려는 방향, 즉 열에너지를 방출하는 발열 반응이 우세

	발열 반응 ($\Delta H < 0$) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)} + 92\ kJ$	흡열 반응 ($\Delta H > 0$) $CaCO_{3(s)} + 556\ kJ \leftrightarrows CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
온도 증가	역반응 우세	정반응 우세
온도 감소	정반응 우세	역반응 우세

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

10장 연습문제

일반적인 흡열·발열 반응에 대한 위치에너지 그림을 그려라. 이때 반응물, 생성물, 활성화 에너지 E_{act}, 반응열 ΔH를 표시하라.

다음에서 어느 것이 흡열이고 발열 반응인가?

(a) $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g) + 115.6\ kcal$

(b) $N_2(g) + 2O_2(g) + 16.2\ kcal \longrightarrow 2NO_2(g)$

(c) $2NH_3(g) + 22\ kcal \longrightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$

(d) $3C(s) + 2Fe_2O_3(g) + 110.8\ kcal \longrightarrow 4Fe(s) + 3CO_2(g)$

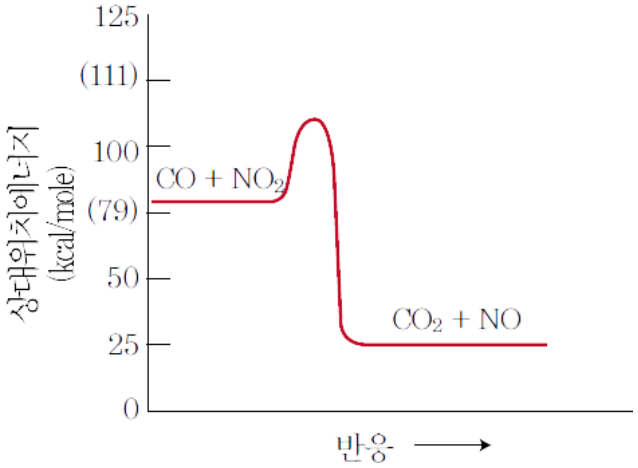
다음 반응에서 NOCl 농도를 증가시키는 세 가지 방법을 쓰시오.

$$2NO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2NOCl(g)$$

10장 연습문제

다음은 반응에 대한 위치에너지 그림이다.

$$CO + NO_2 \dashrightarrow CO_2 + NO$$



(a) 이 반응은 흡열인가 발열인가?

(b) 반응열(ΔH)은 얼마인가?

(c) 정반응에 대한 활성화에너지 Eact는 얼마인가?

(d) 역반응에 대한 활성화에너지 Eact는 얼마인가?

$$CO_2 + NO \dashrightarrow CO + NO_2$$