

The background features a light cream color with a decorative dark red border. Scattered throughout are various autumn leaves in shades of pink, red, and yellow. On the right side, there is a vertical illustration of a tree trunk with a textured bark. A horizontal line with a vertical end cap on the left and a small vertical end cap on the right passes behind the title.

물의 자동이온화

Autumn



■ 동적 평형

- 가역 반응에서 정반응과 역반응 속도가 같아서 겉으로 보기에 변화가 없어 보이는 상태

■ 정반응 속도와 역반응 속도

- 정반응 속도 = 반응물이 없어지는 속도 = 생성물이 생기는 속도
- 역반응 속도 = 반응물이 생기는 속도 = 생성물이 없어지는 속도
- 정반응 속도와 역반응 속도가 같으면
 - 반응물이 없어지는 속도와 생기는 속도가 같음
 - 생성물이 생기는 속도와 없어지는 속도가 같음

- 동적 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 양이 변하지 않음



동적 평형의 예시 - 상평형



■ 상

- 물질의 상태 (고체, 액체, 기체 등)

■ 상평형

- 어떤 상이 다른 상으로 변하는 속도와 원래 상으로 돌아오는 속도가 같은 상태
- 그 상의 물질이 없어지는 속도와 생기는 속도가 같으므로 겉보기에는 변화가 없어 보임
- ex) 액체와 기체의 변환에서는 액체의 증발속도 = 기체의 응축속도 인 상태
액체가 없어지는 속도(증발속도)와 생기는 속도(응축속도)가 같음
액체의 양이 일정한 것처럼 보임



상평형



■ 밀폐 용기에서 물의 증발 속도와 응축 속도

■ 증발 속도

- 온도가 일정하면 증발 속도는 일정

■ 응축 속도

- 용기 속 수증기의 양이 많을수록 빨라짐
- 시간이 지나면 용기 속 수증기의 양이 많아지므로 증가
- 한없이 증가하지는 않고, 증발속도와 같아질 때까지 빨라짐

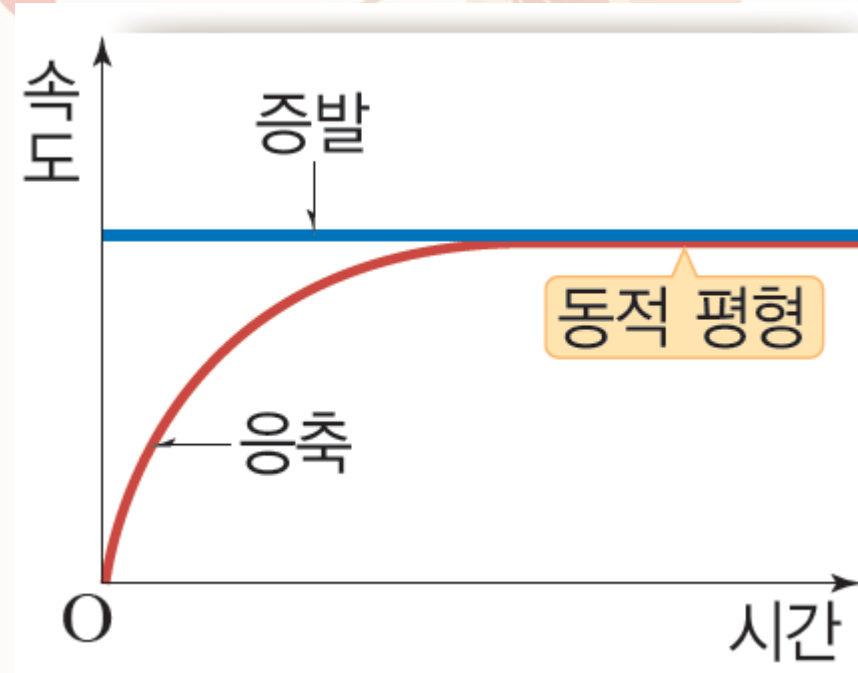
■ 증발 속도와 응축 속도

■ 동적평형 이전

- 증발 속도가 응축 속도보다 빠름 → 전체적으로는 물이 증발
- 증발 속도가 빠르므로 전체적으로는 물의 양이 감소(수증기 증가)

■ 동적평형 이후

- 증발 속도와 응축 속도가 같음 → 겉으로 보기에는 변화가 없어 보임
- 물의 양, 수증기의 양이 각각 일정하게 유지됨



증발속도 : 처음 = 평형이전 = 평형 = 평형이후
응축속도 : 처음 < 평형이전 < 평형 = 평형이후



용해 평형



■ 동적 평형

- 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉으로 보기에는 변화가 없는 것처럼 보이는 상태

■ 용해

- 어떤 용질이 용매에 녹는 것

■ 용해 평형

- 용질의 용해속도와 석출속도가 같아서 겉보기에는 변화가 없는 것처럼 보이는 상태
- ex) 정반응: 용질의 용해, 역반응: 용질의 석출



■ 설탕의 용해와 석출

- 정반응: 설탕이 물에 녹음(용해)
- 역반응: 녹아있는 설탕이 고체로 석출됨(석출)

■ 물에 설탕을 넣은 직후

- 물 속에 설탕이 녹을 수 있는 공간이 있음(불포화)
 - 고체 설탕이 물 속으로 녹아들어감(용해)
 - 정반응이 일어남
- 물 속에는 아직 녹아있는 설탕이 거의 없음
 - 물 속에서 고체로 돌아오는 설탕은 거의 없음(석출은 거의 없음)
 - 역반응은 거의 없음
- 정반응속도(용해속도) \gg 역반응속도(석출속도)
 - 용해속도가 빠르므로 전체적으로는 설탕이 용해됨
 - 고체설탕의 양은 줄어들고, 물 속 설탕의 양과 수용액의 농도는 증가



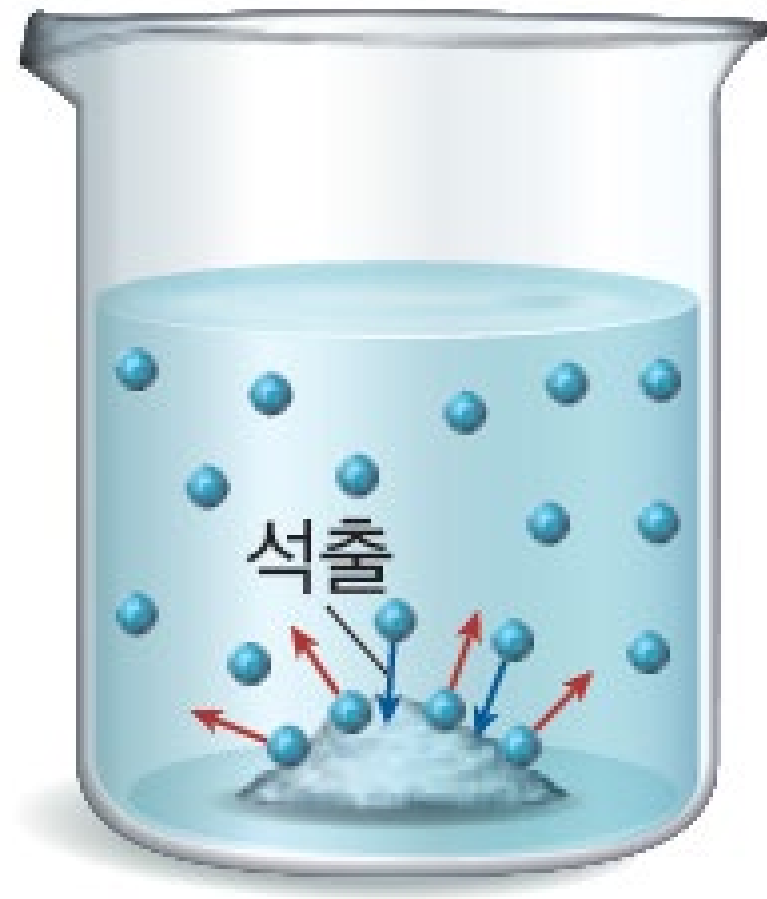


■ 설탕의 용해와 석출

- 정반응: 설탕이 물에 녹음(용해)
- 역반응: 녹아있는 설탕이 고체로 석출됨(석출)

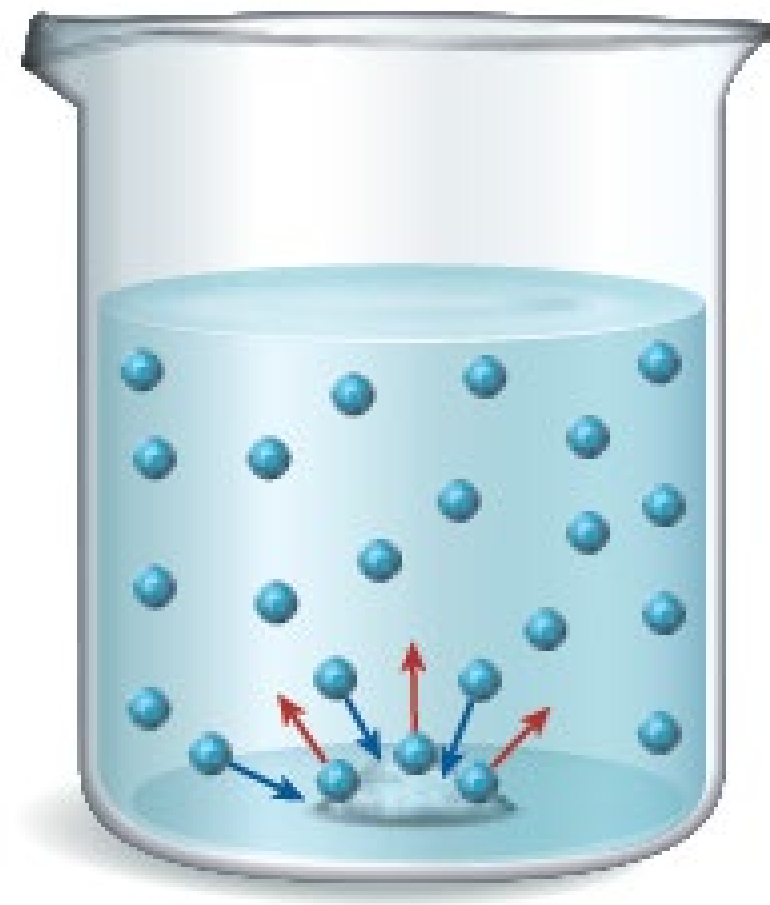
■ 시간이 조금 지난 후

- 물 속에 설탕이 녹을 수 있는 공간이 있음(불포화)
 - 고체 설탕이 물 속으로 녹아들어감(용해)
 - 정반응이 일어남 (표면적이 줄어들어 용해 속도는 감소)
- 물 속에 녹아있는 설탕이 생김
 - 설탕이 물 속에서 고체로 돌아옴(석출)
 - 역반응이 일어남 (정반응속도보다는 아직 느림)
- 정반응속도(용해속도) > 역반응속도(석출속도)
 - 용해속도가 빠르므로 전체적으로는 설탕이 용해됨
 - 고체설탕의 양은 줄어들고, 물 속 설탕의 양과 수용액의 농도는 증가





- **설탕의 용해와 석출**
 - 정반응: 설탕이 물에 녹음(용해)
 - 역반응: 녹아있는 설탕이 고체로 석출됨(석출)
- **충분한 시간이 흐른 후(동적 평형 상태)**
 - 물 속에 설탕이 녹을 수 있는 공간이 없음(포화)
 - 고체 설탕이 물 속으로 녹아들어감(용해)
 - 정반응이 일어남
 - 물 속에 녹아있는 설탕이 있음
 - 설탕이 물 속에서 고체로 돌아옴(석출)
 - 역반응이 일어남 (정반응 속도와 같음)



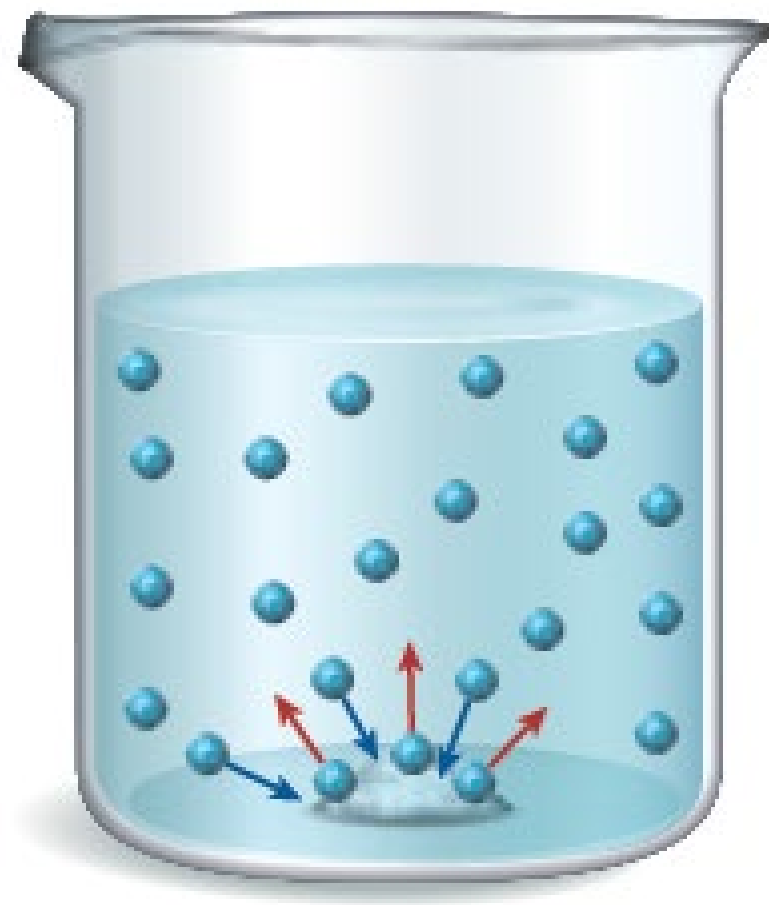


■ 설탕의 용해와 석출

- 정반응: 설탕이 물에 녹음(용해)
- 역반응: 녹아있는 설탕이 고체로 석출됨(석출)

■ 충분한 시간이 흐른 후(동적 평형 상태)

- 정반응속도(용해속도) = 역반응속도(석출속도)
 - 고체 설탕
 - 없어지는(용해)속도와 생기는(석출)속도가 같으므로 양은 변화 없음
 - 수용액 속 설탕
 - 없어지는(석출)속도와 생기는(용해)속도가 같으므로 양은 변화 없음
 - 용해속도, 석출속도가 같으므로 전체적으로는 변화가 없는 것으로 보임
 - 실제로는 용해와 석출이 계속해서 이루어지고 있음
 - 고체설탕의 양, 물 속 설탕의 양, 수용액의 농도가 일정하게 유지됨





용해 평형



■ 용해 평형이 일어나는 과정에서의 변화

■ 속도

- 용해 속도는 줄어들다가 일정해짐(표면적 감소)
- 석출 속도는 증가하다가 일정해짐(물 속 설탕의 양 증가)
- 용해 속도와 석출 속도는 동적 평형이 이루어지며 같아짐

■ 양

- 고체 설탕의 양은 줄어들다가 일정해짐
- 수용액 속 설탕의 양은 늘어나다가 일정해짐

■ 농도

- 용액의 부피 변화는 없으므로 용액 속 설탕의 양에 따라 농도가 달라짐
- 용액 속 설탕의 양이 늘어나다가 일정해지므로 농도도 늘어나다가 일정해짐



화학 평형



■ 동적 평형

- 정반응 속도와 역반응 속도가 같아 겉으로 보기에는 변화가 없는 것처럼 보이는 상태

■ 화학 평형

- 반응물이 반응하여 없어지고 생성물이 생성되는 화학 반응에서
- 정반응 속도와 역반응 속도가 같아서
- 반응물과 생성물의 농도가 일정하게 유지되어
- 겉보기에는 반응이 정지된 것처럼 보이는 상태



화학 평형



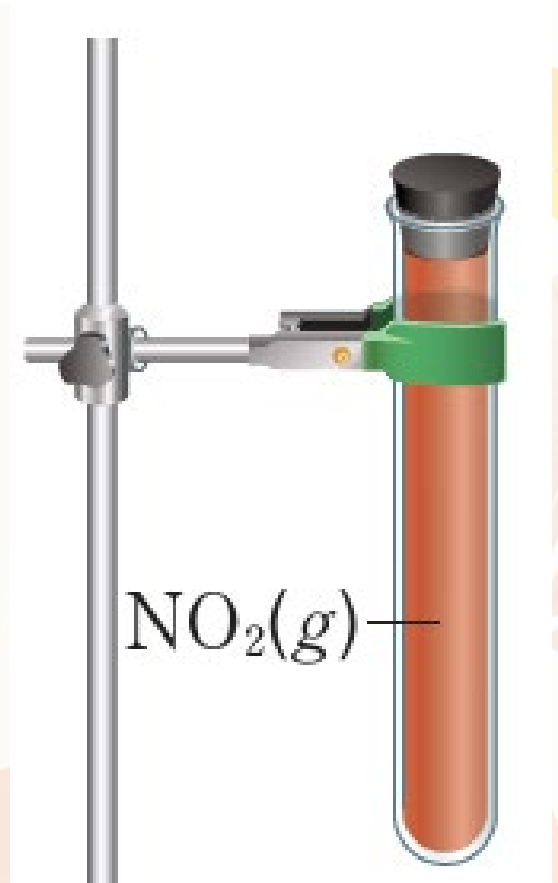
■ 이산화질소와 사산화이질소의 변화

- 정반응: 이산화질소(적갈색) \rightarrow 사산화이질소(무색)
- 역반응: 이산화질소(적갈색) \leftarrow 사산화이질소(무색)



■ 시험관에 이산화질소를 넣은 직후

- 시험관 속에 이산화질소만 들어 있음
 - 이산화질소(적갈색)이 사산화이질소(무색)로 변하는 반응이 일어남
 - 정반응이 일어남 (적갈색 없어지고 무색 증가)
- 사산화 이질소는 아직 거의 없음
 - 사산화 이질소가 거의 없으므로 이산화질소도 거의 생성되지 않음
 - 역반응은 거의 없음
- 정반응속도 \gg 역반응속도
 - 정반응속도가 빠르므로 전체적으로는 이산화질소는 감소하고 사산화이질소는 증가
 - 적갈색 물질은 줄어듦 무색 물질이 증가하므로 색은 옅어짐





화학 평형



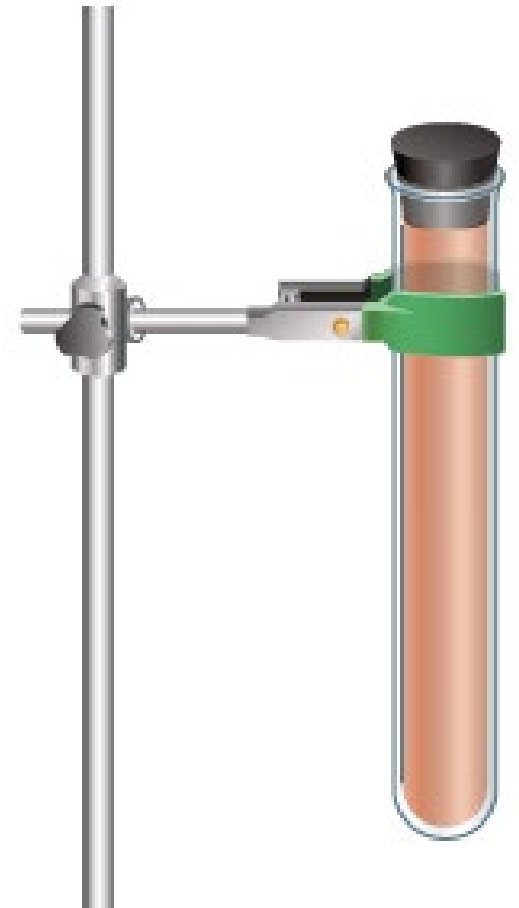
■ 이산화질소와 사산화이질소의 변화

- 정반응: 이산화질소(적갈색) → 사산화이질소(무색)
- 역반응: 이산화질소(적갈색) ← 사산화이질소(무색)



■ 시간이 조금 흐른 후

- 시험관 속에 이산화질소가 남아 있음
 - 이산화질소(적갈색)이 사산화이질소(무색)로 변하는 반응이 일어남
 - 정반응이 일어남 (적갈색 없어지고 무색 증가)
- 시험관 속에 사산화 이질소가 생성됨
 - 사산화이질소(무색)이 이산화질소(적갈색)로 변하는 반응이 일어남
 - 역반응이 일어남 (무색이 없어지고 적갈색 증가, 아직 정반응보다는 느림)
- 정반응속도 > 역반응속도
 - 정반응속도가 빠르므로 전체적으로는 이산화질소는 감소, 사산화이질소는 증가
 - 적갈색 물질은 줄어듦과 무색 물질이 증가하므로 색은 옅어짐



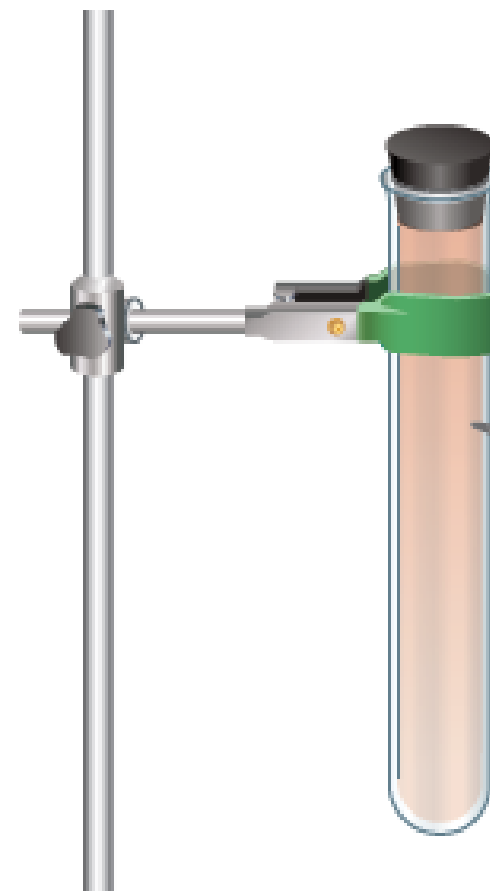
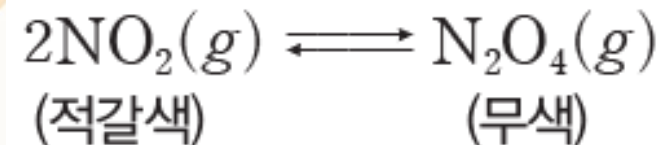


■ 이산화질소와 사산화이질소의 변화

- 정반응: 이산화질소(적갈색) \rightarrow 사산화이질소(무색)
- 역반응: 이산화질소(적갈색) \leftarrow 사산화이질소(무색)

■ 충분한 시간이 흐른 후(동적 평형 상태)

- 시험관 속에 이산화질소가 있음
 - 이산화질소(적갈색)이 사산화이질소(무색)로 변하는 반응이 일어남
 - 정반응이 일어남 (적갈색 없어지고 무색 증가)
- 시험관 속에 사산화이질소도 있음
 - 사산화이질소(무색)이 이산화질소(적갈색)로 변하는 반응이 일어남
 - 역반응이 일어남 (무색이 없어지고 적갈색 증가)





■ 이산화질소와 사산화이질소의 변화

- 정반응: 이산화질소(적갈색) \rightarrow 사산화이질소(무색)
- 역반응: 이산화질소(적갈색) \leftarrow 사산화이질소(무색)

■ 충분한 시간이 흐른 후(동적 평형 상태)

■ 정반응속도 = 역반응속도

■ 이산화질소(적갈색)

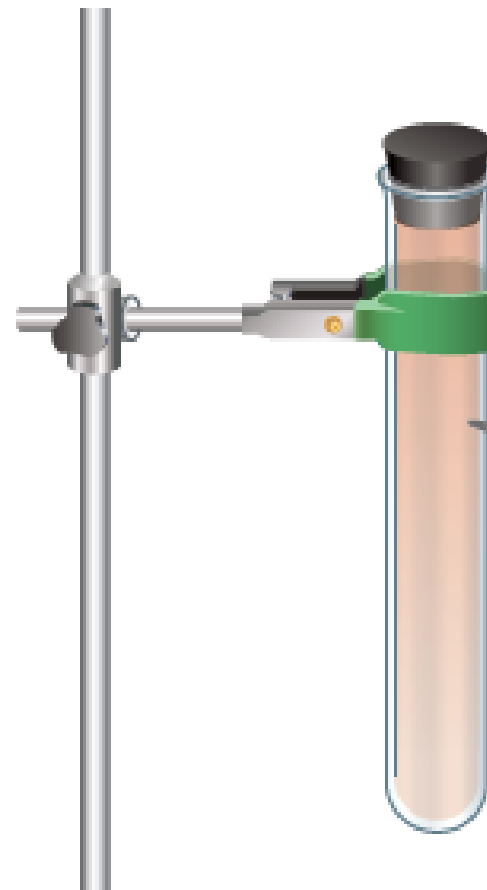
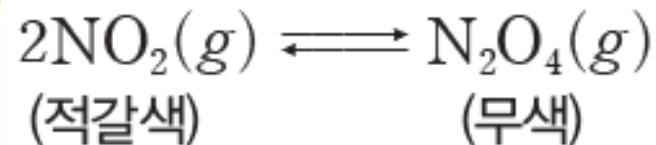
- 이산화질소가 없어지는 속도(정반응속도)와 생기는 속도(역반응속도)가 같음
- 이산화질소의 양은 일정하게 유지됨

■ 사산화이질소(무색)

- 이산화질소가 생기는 속도(정반응속도)와 없어지는 속도(역반응속도)가 같음
- 사산화이질소의 양은 일정하게 유지됨

■ 반응물, 생성물의 양이 일정하게 유지되므로 반응이 멈춘 것처럼 보임

- 실제로는 정반응, 역반응이 계속 일어나고 있음
- 반응물, 생성물의 양 및 농도가 일정하게 유지됨





화학 평형



■ 화학 평형이 일어나는 과정에서의 변화

■ 속도

- 정반응 속도는 줄어들다가 일정해짐(반응물의 양 감소)
- 역반응 속도는 증가하다가 일정해짐(생성물의 양 증가)
- 정반응속도와 역반응속도는 동적 평형이 이루어지며 같아짐

■ 양

- 반응물의 양은 줄어들다가 일정해짐
- 생성물의 양은 늘어나다가 일정해짐

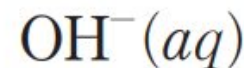
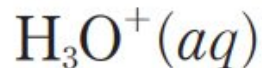
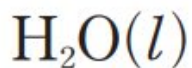
■ 농도

- 부피 변화는 없으므로 반응물, 생성물의 양에 따라 농도가 달라짐
- 반응물의 양은 줄어들다가 일정해지므로 반응물의 농도도 줄어들다가 일정해짐
- 생성물의 양은 늘어나다가 일정해지므로 생성물의 농도도 늘어나다가 일정해짐



■ 물의 자동 이온화

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



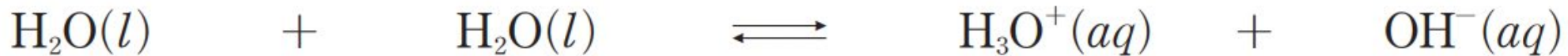
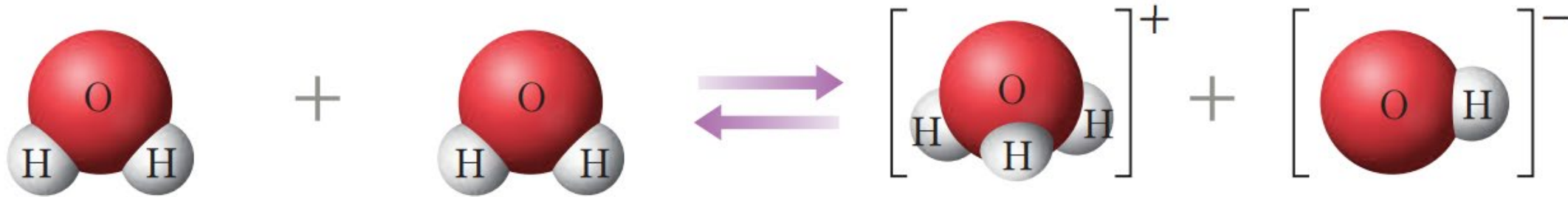
■ 정반응: 물분자 2개가 수소이온을 주고받음

- 수소이온을 준 물분자 : H_2O 에서 H^+ 를 주었으므로 OH^- 만 남음
- 수소이온을 받은 물분자 : H_2O 에서 H^+ 를 받았으므로 H_3O^+ 가 됨

■ 역반응: H_3O^+ 와 OH^- 가 반응하여 물분자가 됨



■ 물의 자동 이온화

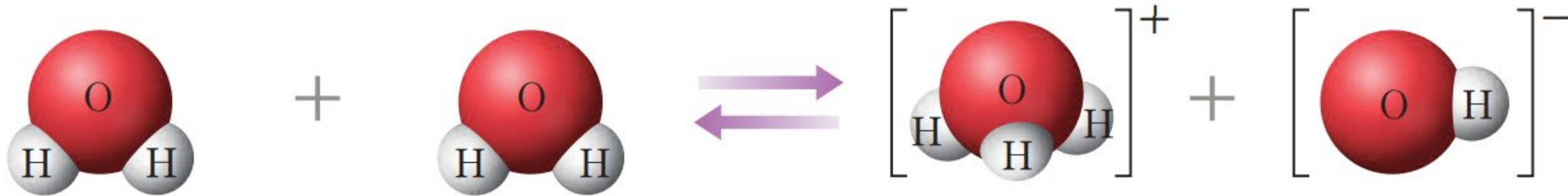


■ 처음

- 물분자만 존재
- 정반응 (H_3O^+ 와 OH^- 가 생성되는 반응)만 일어남



■ 물의 자동 이온화

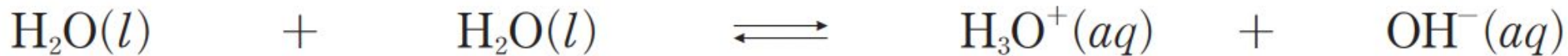
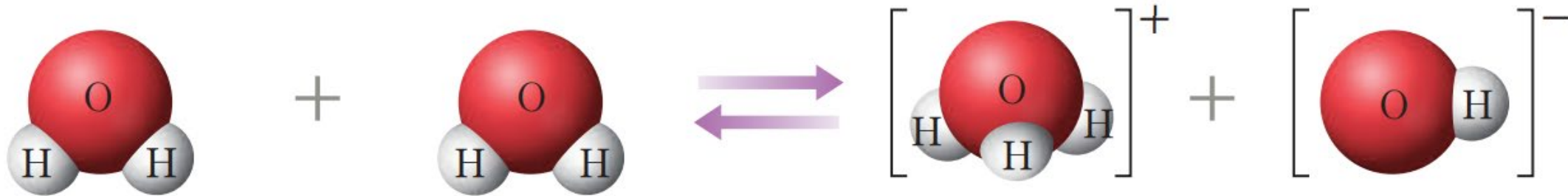


■ 중간

- H_3O^+ 와 OH^- 가 생김
- 정반응 (H_3O^+ 와 OH^- 가 생성되는 반응)이 일어남
- 역반응 (H_3O^+ 와 OH^- 가 없어지는 반응)도 일어남
- 정반응 속도가 아직 역반응 속도보다 빠름



■ 물의 자동 이온화



■ 동적평형 상태

- 정반응 (H_3O^+ 와 OH^- 가 생성되는 반응)이 일어남
- 역반응 (H_3O^+ 와 OH^- 가 없어지는 반응)도 일어남
- 정반응 속도와 역반응 속도가 같음 (H_3O^+ 와 OH^- 의 생성속도와 없어지는 속도가 같음)
- H_3O^+ 와 OH^- 의 양이 일정하게 유지됨

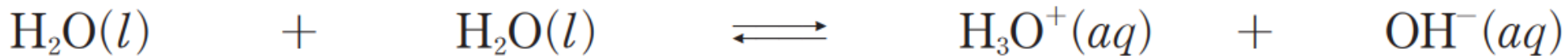
물의 이온화상수(Kw)



■ 물의 이온화상수

- 물의 자동이온화가 동적 평형에 도달함
 - 물 속의 H_3O^+ 의 양과 OH^- 의 양이 일정하게 유지됨
- 물 속의 H_3O^+ 의 양이 일정하게 유지됨
 - H_3O^+ 의 농도가 일정하게 유지됨
- 물 속의 OH^- 의 양이 일정하게 유지됨
 - OH^- 의 농도가 일정하게 유지됨
- H_3O^+ 의 농도와 OH^- 의 농도가 각각 일정하므로 두 농도를 곱한 값도 일정
 - 두 농도를 곱한 값은 온도가 같으면 일정(온도가 다르면 달라짐)
- $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 의 곱을 물의 이온화상수(K_w)로 정의함
 - $[]$: 물농도를 의미 ($[\text{H}_3\text{O}^+]$: H_3O^+ 의 물농도, $[\text{OH}^-]$: OH^- 의 물농도)
 - 온도가 같으면 물의 이온화상수는 일정
 - 온도가 달라지면 물의 이온화상수도 달라짐

물의 이온화상수(K_w)



■ 물의 이온화상수

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

- $[]$: 물농도를 의미 ($[\text{H}_3\text{O}^+]$: H_3O^+ 의 물농도, $[\text{OH}^-]$: 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 : H^+ ($=\text{H}_3\text{O}^+$, H^+ 는 물 속에서 H_3O^+ 로 존재)
- 염기성을 나타내는 물질 : OH^-
- 수용액 속 H_3O^+ 와 OH^- 의 양이 같으므로 산성도 염기성도 나타나지 않음
- 수용액 속 H_3O^+ 의 농도와 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⁺]와 [OH⁻]

농도(M)	1.0×10^{-14}	1.0×10^{-7}	1.0×10^0
산성 용액	<div> <div>[OH⁻]</div> <div>[H₃O⁺]</div> </div>		[H ₃ O ⁺] > 1×10^{-7} M > [OH ⁻]
중성 용액	<div> <div>[H₃O⁺]</div> <div>[OH⁻]</div> </div>		[H ₃ O ⁺] = 1×10^{-7} M = [OH ⁻]
염기성 용액	<div> <div>[H₃O⁺]</div> <div>[OH⁻]</div> </div>		[H ₃ O ⁺] < 1×10^{-7} M < [OH ⁻]



수고하셨습니다

Autumn