

15 장

용액

Table of Contents

15.1 용해도

15.2 용액의 조성: 개요

15.3 용액의 조성 질량 백분율

15.4 용액의 조성 :몰농도

15.5 묽힘

15.6 용액 반응의 화학량론

15.7 중화 반응

15.8 용액의 조성: 노말농도

- ▶ 용액(solution) – 균일한 혼합물
- ▶ 용매(solvent) – 가장 많은 양이 존재하는 물질
- ▶ 용질(solute) – 용액에서 나머지 물질
- ▶ 수용액(aqueous solution) – 용매로 물을 사용한 용액

Section 15.1

Solubility

용액의 다양한 형태

표 15.1 용액의 다양한 형태

예	용액의 상태	용질의 원래 상태	용매의 상태
공기, 천연 가스	기체	기체	기체
물속의 보드카, 부동액	액체	액체	액체
놋쇠 구리에 <u>안연</u>을 가해 만들어 황금빛을 띠는 <u>합금</u>			고체
탄산수(소다)	액체	기체	액체
바닷물, 설탕물	액체	고체	액체

Section 15.1

Solubility

15.1 용해도

학습목표 : 용해과정을 이해한다.

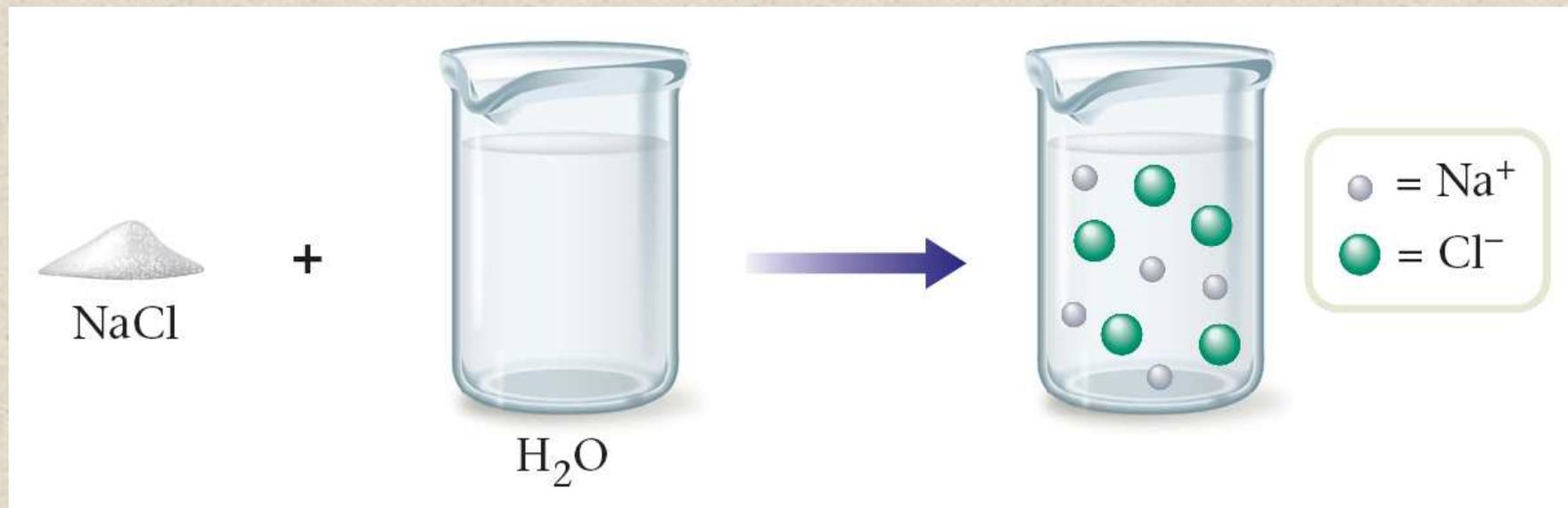
특정 성분이 물에 녹는 이유를 이해한다.

Section 15.1

Solubility

이온성 물질의 용해도

- 이온성 물질은 양이온과 음이온으로 분리된다.

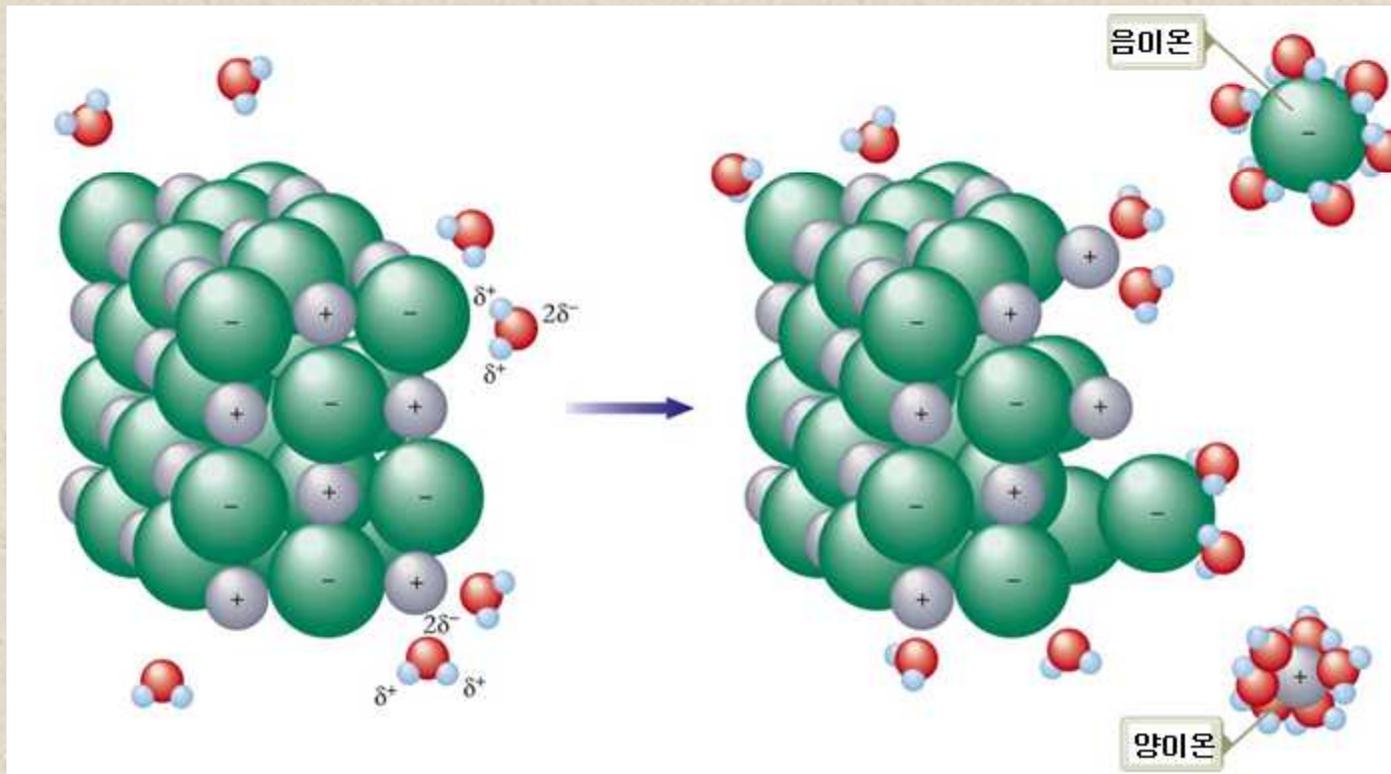


Section 15.1

Solubility

이온성 물질의 용해도

- 극성 물 분자는 소금의 양이온, 음이온과 인력이 작용한다.

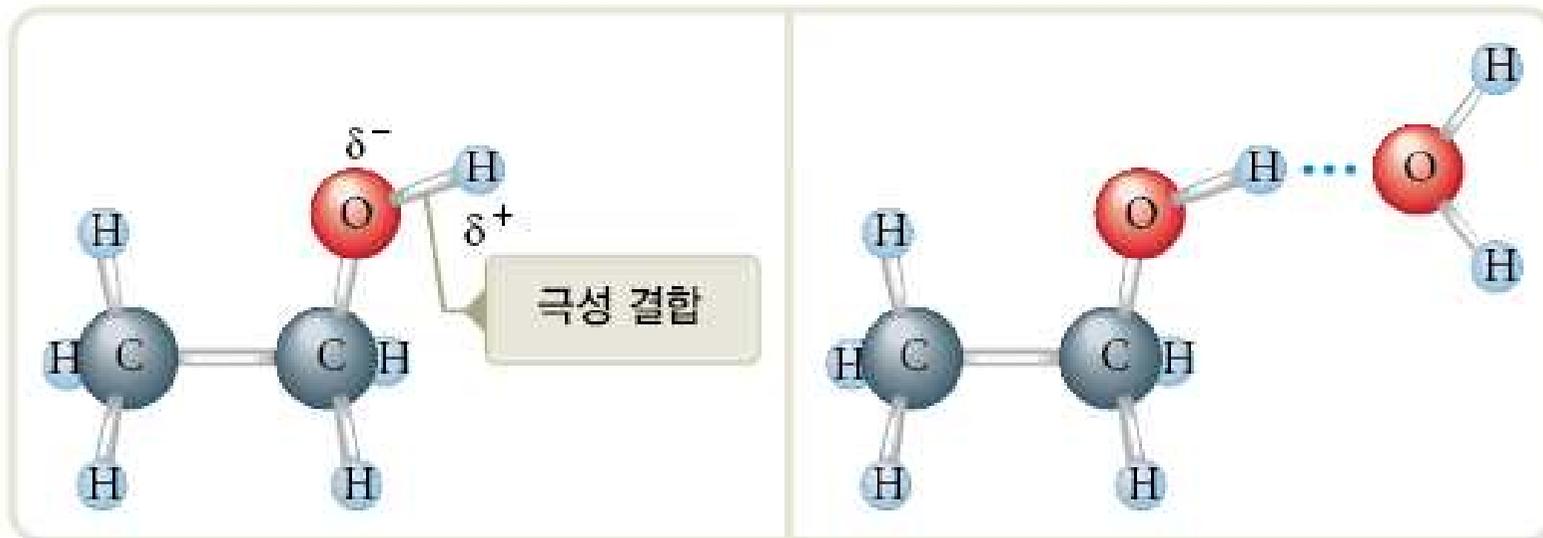


[Return to TOC](#)

Solubility

극성 물질의 용해도

- 에탄올은 극성 O-H 결합 때문에 물에 용해된다.



a

에탄올 분자는 물의 극성 O—H 결합과 유사한 결합을 가지고 있다.

b

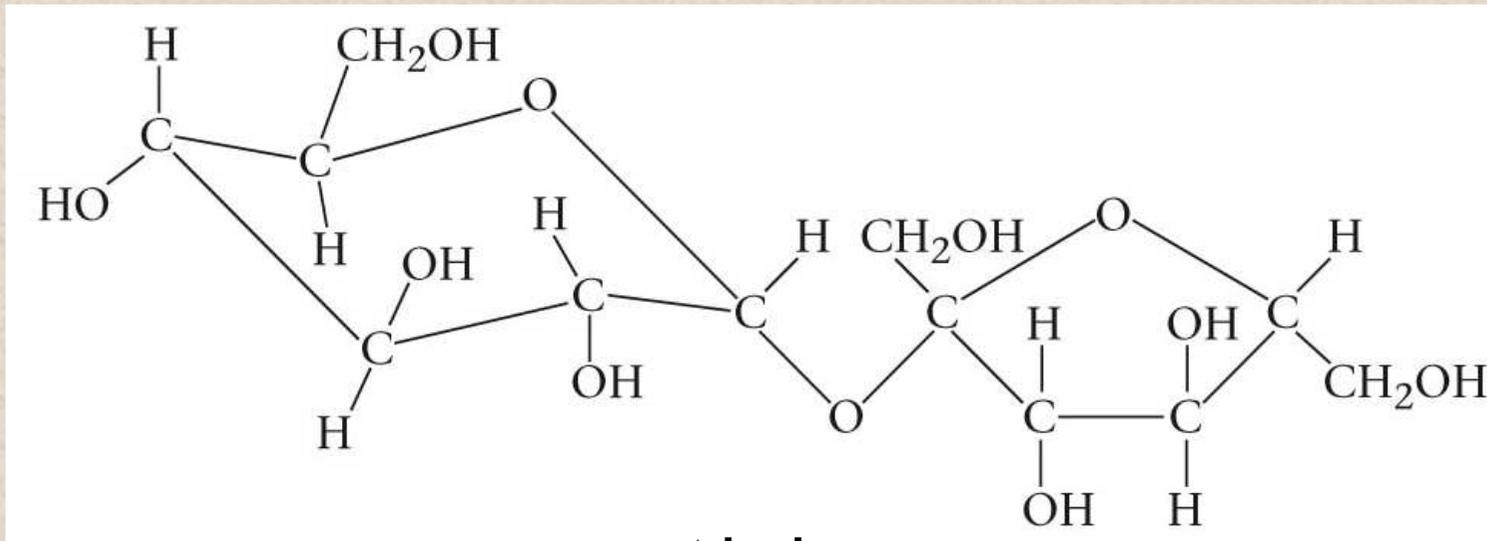
극성 물 분자는 에탄올의 극성 O—H 결합과 강하게 상호작용한다.

Section 15.1

Solubility

극성 물질의 용해도

- 고체 설탕이 왜 물에 용해되나?
→ 극성 O-H기를 가지고 있어서 물분자와 수소결합



설탕

Section 15.1

Solubility

물에 불용성 물질

- 비극성 기름은 극성인 물과 인력이 작용하지 않는다.
- 물-물 수소 결합은 비극성 분자와 섞이지 않게 한다.

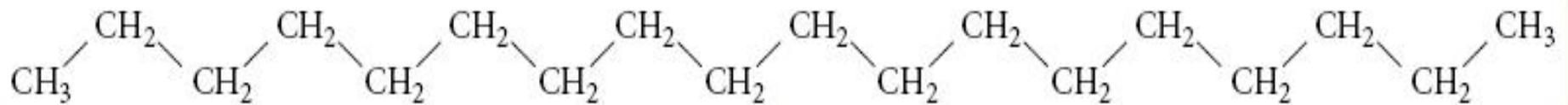
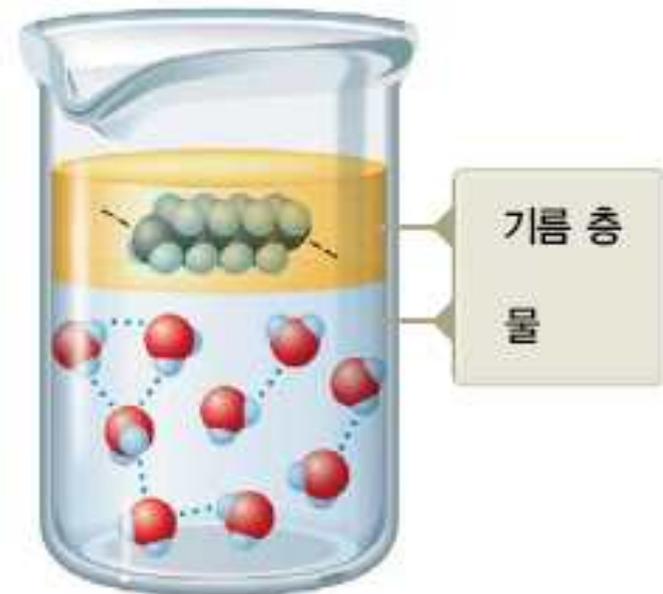


그림 15.5

석유 속에서 발견되는 분자들의 전형적인 분자 구조.



Solubility

- "유사한 것끼리 녹는다" (like dissolves like)
: 극성용질은 극성 용매에 잘 녹고
비극성용질은 비극성용매에 잘 녹는다

Section 15.1

Solubility



개념 점검

다음 용질이 특정한 용매에서는 녹지 않는 것은 어느 것인가? 가장 적당한 답을 골라라 (모든 화합물은 액체상태이다.)

- a) CCl_4 가 물(H_2O)과 혼합되어 있다.
- b) NH_3 가 물(H_2O)과 혼합되어 있다.
- c) CH_3OH 가 물(H_2O)과 혼합되어 있다.
- d) N_2 가 메탄(CH_4)과 혼합되어 있다.

Section 15.2

Solution Composition: An Introduction

15.2 용액의 조성: 개요

학습목표 : 용액의 농도와 관련된 정성적인 용어를 배운다

Solution Composition: An Introduction

- 용질의 용해도는 한계가 있다.
 - **포화 용액 (saturated)** – 일정 온도에서 용질이 녹을 만큼 녹아있는 용액.
 - **불포화 용액 (unsaturated)** – 일정 온도에서 용질이 녹을 만큼 한계에 도달하지 않은 용액.
- **과포화 용액** – 온도를 올려서 포화용액에 도달 하였을 때 냉각시켜서도 모든 고체가 그대로 녹아있을 때.
 - 일정용액에서 포화 용액보다 더 많은 고체가 녹아있다.
 - 불안정함 – 침전이 생김.

Solution Composition: An Introduction

- 농도의 양적인 측정
 - **진함(concentration)** – 상대적으로 용질의 양이 많음
 - **묽음(dilution)** – 상대적으로 용질의 양이 적음

Section 15.3

Solution Composition: Mass Percent

15.3 용액의 조성 : 질량 백분율

학습목표 : **질량 백분율**의 농도 개념을 이해하고
계산하는 방법을 배운다.

Section 15.3

Solution Composition: Mass Percent

질량 백분율 (mass percent or weight percent)

: 일정한 질량의 용액에 존재하는 용질의 질량

$$\begin{aligned}\text{질량 백분율} &= \frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{용질의 그램수}}{\text{용질의 그램수} + \text{용매의 그램수}} \times 100\%\end{aligned}$$

예제 15.1

용액 조성: 질량 백분율 계산

물 100.0 g에 에탄올(C_2H_5OH) 1.00 g을 섞어 용액을 만들었다. 이 용액에서 에탄올의 질량 백분율을 계산 하시오.

풀이

풀이 방향

주어진 에탄올 용액의 질량 백분율을 결정하려고 한다.

[Return to TOC](#)

주어진 자료

- 1.00 g의 에탄올(C_2H_5OH)이 물(H_2O) 100.0 g에 들어 있다.
- 질량 백분율 = $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}} \times 100\%$

풀이 과정

이 경우에 용매(물)는 100.0 g, 용질(에탄올)은 1.00 g이다.

이제 질량 백분율의 정의를 적용하면

$$\begin{aligned} C_2H_5OH \text{의 질량 백분율} &= \left(\frac{C_2H_5OH \text{의 그램수}}{\text{용액의 그램수}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{1.00 \text{ g } C_2H_5OH}{100.0 \text{ g } H_2O + 1.00 \text{ g } C_2H_5OH} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{1.00 \text{ g}}{101.0 \text{ g}} \right) \times 100\% \\ &= 0.990\% C_2H_5OH \end{aligned}$$

사실성 계산 100.0 g이 약간 넘는 용액에 1.00 g의 에탄올이 들어 있으므로 질량 백분율이 1%가 약간 되지 않는다는 것은 옳은 것이다.

예제 15.2

용액의 조성: 용질의 양 계산

우유는 참 용액은 아니지만(우유는 물속에 지방, 단백질, 그리고 다른 성분들이 작은 방울로 현탁되어 있다) 우유에는 락토오스라고 하는 당이 용해되어 있다. 일반적으로 우유에는 락토오스($C_{12}H_{22}O_{11}$)가 질량비로 4.5% 포함되어 있다. 이 우유 175 g이 들어 있는 락토오스의 질량을 계산 하시오.

풀이

풀이 방향

175 g의 우유에 존재하는 락토오스의 질량을 결정하려고 한다.

주어진 자료

- 175 g의 우유가 있다.
- 우유에는 질량비로 4.5%의 락토오스($C_{12}H_{22}O_{11}$)가 있다.

- 질량 백분율 = $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}} \times 100\%$

풀이 과정

질량 백분율의 정의를 이용하여,

$$\text{질량 백분율} = \frac{\text{용질의 그램수}}{\text{용액의 그램수}} \times 100\%$$

이제 우리가 알고 있는 양을 치환하면:

$$\text{질량 백분율} = \frac{\overset{\text{락토오스의 질량}}{\text{용질의 그램수}}}{\underset{\text{우유의 질량}}{175 \text{ g}}} \times 100\% = \overset{\text{질량 백분율}}{4.5\%}$$

이제 용질의 그램수를 구하기 위하여 양변에 175 g을 곱하면,

$$\cancel{175 \text{ g}} \times \frac{\text{용질의 그램수}}{\cancel{175 \text{ g}}} \times 100\% = 4.5\% \times 175 \text{ g}$$

그리고 양변을 100%로 나눠 주면

$$\text{용질의 그램수} \times \frac{100\%}{100\%} = \frac{4.5\%}{100\%} \times 175 \text{ g}$$

으로부터

$$\text{용질의 그램수} = 0.045 \times 175 \text{ g} = 7.9 \text{ g 락토오스}$$

Section 15.3

Solution Composition: Mass Percent



연습

78.2 g 물에 5.5 g의 글루코스가 녹아있는 용액을 만들 때 질량의 농도에 대한 퍼센트는 얼마인가?

6.6%

$$[5.5 \text{ g} / (5.5 \text{ g} + 78.2 \text{ g})] \times 100 = 6.6\% \text{ glucose}$$

Section 15.4

Solution Composition: Molarity

15.4 용액의 조성 : 몰농도

학습목표 : **몰농도**를 이해한다.

몰농도를 사용하여 용액에 들어있는 용질의 몰수를
계산하는 방법을 배운다.

Section 15.4

Solution Composition: Molarity

- 몰농도 (M , *molarity*) = 용액의 리터당 용질의 몰수:

$$M = \text{몰농도} = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

예제 15.3

용액 조성: 몰농도 계산 I

고체 NaOH 11.5 g을 충분한 물에 녹여서 1.50 L의 용액을 만들었을 때 용액의 몰농도를 계산하시오.

풀이

풀이 방향

NaOH 용액의 농도(M)를 결정하고자 한다.

주어진 자료

- 1.50 L 용액에 11.5 g의 NaOH가 녹아 있다.

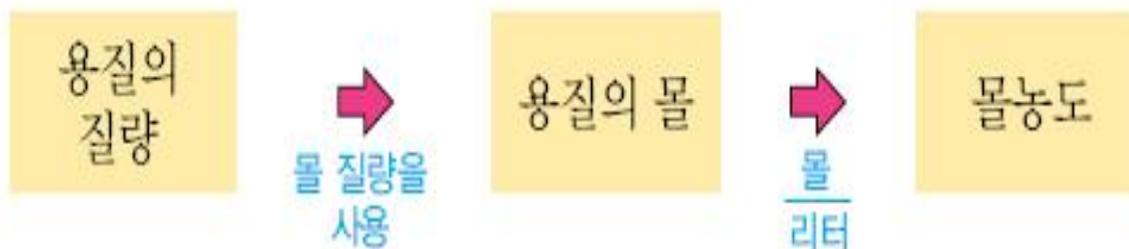
- $$M = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}}$$

필요한 자료

- 11.5 g NaOH에 NaOH의 몰수를 알아야 한다.

풀이 과정

용질의 질량(그램)이 있으므로 용질의 질량을 몰로 전환해야 한다(NaOH의 몰 질량을 사용). 그리고 리터 당 몰수로 나눌 수 있다.



NaOH의 몰 질량(40.0 g)을 사용하여 용질의 몰수를 계산한다.

$$11.5 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40.0 \text{ g NaOH}} = 0.288 \text{ mol NaOH}$$

용액의 부피로 나눈다.

$$\text{몰농도} = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}} = \frac{0.288 \text{ mol NaOH}}{1.50 \text{ L 용액}} = 0.192 \text{ M NaOH} \blacksquare$$

예제 15.4

용액 조성: 몰농도 계산II

HCl 기체 1.56 g을 충분한 양의 물에 녹여서 26.8 mL의 용액을 만들었을 때 용액의 몰 농도를 계산하시오.

풀이

풀이 방향

HCl 용액의 농도(M)를 결정하고자 한다.

주어진 자료

- 26.8 mL 용액에 1.56 g의 HCl이 녹아 있다.

- $$M = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}}$$

필요한 자료

- 1.56 g HCl의 몰수를 알아야 한다.
- 리터 단위로 수용액의 부피를 알아야 한다.

풀이 과정

1.56 g의 HCl을 몰수로 전환해야 한다. 그리고 26.8 mL를 리터로 전환해야 한다(몰농도는 리터의 개념으로 정의되기 때문이다). 먼저 HCl의 몰수를 계산한다(몰 질량 = 36.5 g).

$$\begin{aligned} 1.56 \text{ g HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.5 \text{ g HCl}} &= 0.0427 \text{ mol HCl} \\ &= 4.27 \times 10^{-2} \text{ mol HCl} \end{aligned}$$

다음에는 1 L = 1000 mL를 이용하여 적당한 환산 인자를 주어서 밀리리터를 리터로 용액의 부피를 바꾼다.

$$\begin{aligned} 26.8 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} &= 0.0268 \text{ L} \\ &= 2.68 \times 10^{-2} \text{ L} \end{aligned}$$

끝으로 용질의 몰수를 용액의 리터로 나눈다.

$$\text{몰농도} = \frac{4.27 \times 10^{-2} \text{ mol HCl}}{2.68 \times 10^{-2} \text{ L 용액}} = 1.59 \text{ M HCl}$$

Section 15.4

Solution Composition: Molarity

이온의 농도

- 0.25 M 염화 칼슘 용액에 대하여:

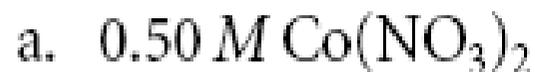


- Ca^{2+} : $1 \times 0.25 \text{ M} = 0.25 \text{ M Ca}^{2+}$
- Cl^- : $2 \times 0.25 \text{ M} = 0.50 \text{ M Cl}^-$.

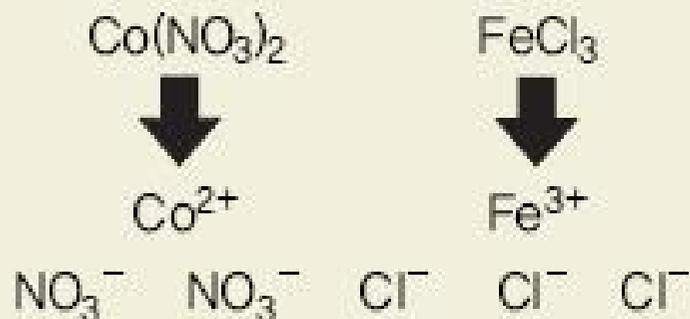
예제 15.5

용액 조성: 몰농도로부터 이온 농도의 계산

다음 용액에 존재하는 각 이온의 농도를 계산하시오.

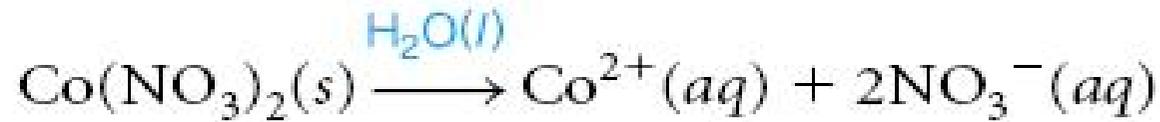


이온 결합 화합물은 물에 녹으면 이온 성분으로 해리된다는 것을 기억하시오.

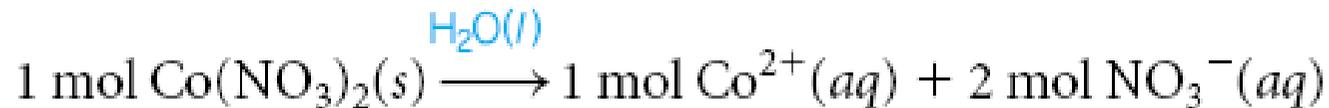


풀이

- a. 고체 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 는 녹으면 다음의 이온들을 생성한다:

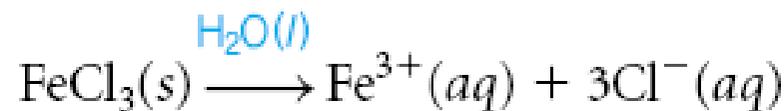


여기서 다음과 같이 나타낼 수 있다.



그러므로 $0.50 \text{ M Co}(\text{NO}_3)_2$ 용액은 0.50 M Co^{2+} 와 $(2 \times 0.50) \text{ M NO}_3^-$ 즉, 1.0 M NO_3^- 를 포함하고 있다.

- b. 고체 FeCl_3 가 물에 녹으면 다음의 이온들을 생성한다:



또는



그러므로 1 M FeCl_3 용액은 1 M Fe^{3+} 와 3 M Cl^- 를 포함하고 있다.

예제 15.6

용액 조성: 몰농도로부터 몰수 계산

25 mL의 0.75 M AgNO_3 용액에는 Ag^+ 이온이 몇 mol이나 존재하는가?

풀이

풀이 방향

Ag^+ 용액의 몰수를 결정하고자 한다.

주어진 자료

- 25 mL의 0.75 M AgNO_3 를 가지고 있다.

- **수학적 기능 항상 도움말**

$$M = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}}$$

$$\text{리터} \times M \rightarrow \text{용질의 몰수}$$

풀이 과정

0.75 M AgNO₃ 용액은 0.75 M Ag⁺ 이온과 0.75 M NO₃⁻ 이온을 포함하고 있다는 것을 알아야 한다. 다음에 부피를 리터로 나타낸다. 즉, mL를 L로 변환해야 한다.

$$25 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.025 \text{ L} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ L}$$

부피를 몰농도에 곱한다.

$$2.5 \times 10^{-2} \text{ L} \text{ 용액} \times \frac{0.75 \text{ mol Ag}^+}{\text{L 용액}} = 1.9 \times 10^{-2} \text{ mol Ag}^+$$

Section 15.4

Solution Composition: Molarity

표준 용액

- 농도가 정확히 알려져 있는 용액.

Section 15.4

Solution Composition: Molarity

표준 용액을 만들기 위하여:

- 용질 시료의 무게를 단다.
- 부피 플라스크로 옮긴다.
- 플라스크에 표시까지 용매를 충분히 첨가한다.



a 용량 플라스크(volumetric flask)에 무게를 측정된 물질(용질)을 넣고, 소량의 물을 가한다.



b 플라스크를 가볍게 흔들어 고체를 용해시킨다 (마개를 막은 상태).



c 플라스크의 목에 그어진 표시선 까지 물을 가해주면서 가볍게 흔들어 준다. 플라스크를 여러 번 거꾸로 뒤집어서 용액이 완전히 섞이게 한다.

예제 15.7

용액 조성: 몰농도로부터 질량 구하기

포도주에서 알코올의 농도를 알아내기 위해서는 $0.200\text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (다이크로뮴산 포타슘) 수용액 1.00 L 가 필요하다. 이 용액을 만들기 위한 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (몰 질량 = 294.2 g)의 양은 얼마인가?

풀이

풀이 방향

주어진 용액을 만드는데 위해 필요한 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 의 질량을 결정하고자 한다.

주어진 자료

- $0.200\text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1.00 L 를 만들고자 한다.

$$M \times L = \text{mol} \rightarrow \text{mol} \times \text{g/mol} = \text{g}$$

- $K_2Cr_2O_7$ 의 몰 질량은 294.2 g/mol이다.
- $M = \frac{\text{용질의 몰수}}{\text{용액의 리터}}$

풀이 과정

지금 필요한 것은 용질($K_2Cr_2O_7$)의 그램수(용액을 만드는 데 필요한 질량)이다. 우선, 우리는 부피(L)와 몰농도의 곱으로 $K_2Cr_2O_7$ 의 몰수를 구할 수 있다.

$$1.00 \text{ L 용액} \times \frac{0.200 \text{ mol } K_2Cr_2O_7}{\text{L 용액}} = 0.200 \text{ mol } K_2Cr_2O_7$$

그러면 $K_2Cr_2O_7$ 의 몰 질량(294.2 g)을 이용하여 $K_2Cr_2O_7$ 몰을 g으로 변환한다.

$$0.200 \text{ mol } \cancel{K_2Cr_2O_7} \times \frac{294.2 \text{ g } K_2Cr_2O_7}{\text{mol } \cancel{K_2Cr_2O_7}} = 58.8 \text{ g } K_2Cr_2O_7$$

그러므로 0.200 M $K_2Cr_2O_7$ 1.00 L를 만들기 위해 $K_2Cr_2O_7$ 58.8 g을 저울에 달아서 플라스크에 넣은 다음, 물을 가하여 녹이고 플라스크의 목까지 물을 채우면 1.00 L 용액이 된다. 이는 1.00 L 용량 플라스크(그림 15.7 참조)를 이용하여 쉽게 만들 수 있다.