

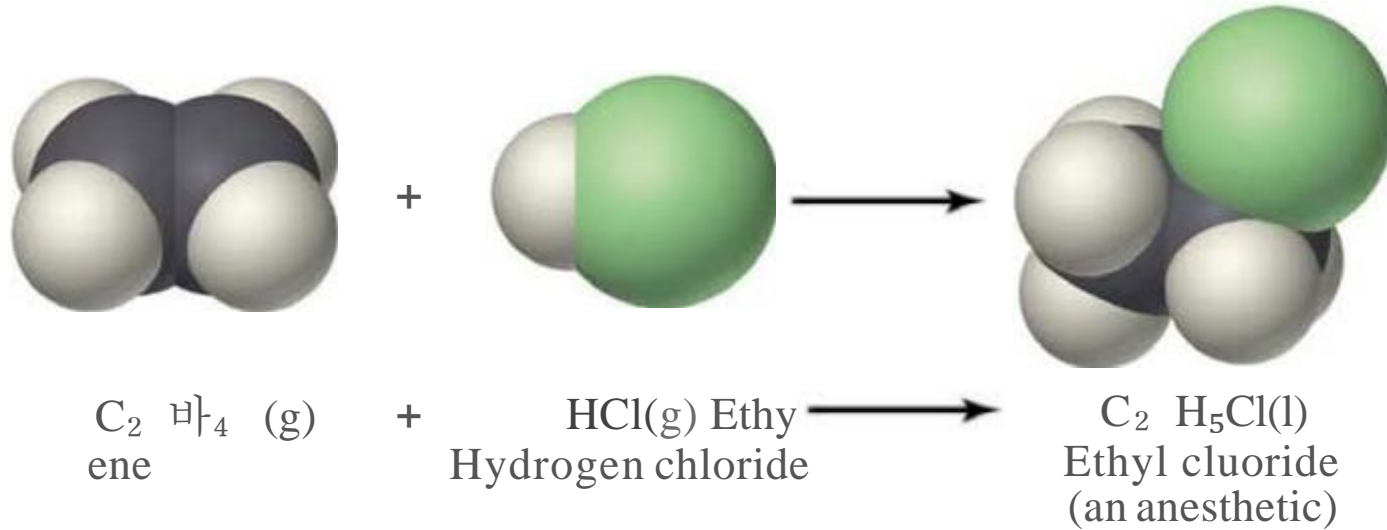
물질량 측정

1. 실험목적

- 쉽게 증발하는 액체를 기화시켜 발생하는 기체의 물질량
- 이상 기체 상태 방정식 이해

2. 이론

아보가드로 수와 몰 (Avogadro's Number and the mole)



• 위와 같은 화학반응을 하려면, 어떻게 해야 하나?

• 분자수를 셀 수 없다 → 분자량(molecular mass)를 사용

원자량 (Atomic mass)

1 개의 $^{12}_6\text{C}$ 원자량 = 12 amu

1 amu = 1개의 $^{12}_6\text{C}$ 원자량 / 12 = $1.660539 \times 10^{-24} \text{g}$

1 g = 6.02214×10^{23} amu

탄소의 원자량 = ($^{12}_6\text{C}$ 질량) X ($^{12}_6\text{C}$ 존재비) + ($^{13}_6\text{C}$ 질량) X ($^{13}_6\text{C}$ 존재비)
= (12 amu) X (0.9889) + (13.0034 amu) X (0.0111)
= 11.867 amu + 0.144 amu = 12.011 amu

분자량 (Molecular mass)

분자에 존재하는 모든 원자의 원자량의 합

$$\cdot \text{C}_2 \text{H}_4 \text{O}_2 \text{ 의 분자량} = 2 \cdot m_{\text{C}} + 4 \cdot m_{\text{H}} + 2 \cdot m_{\text{O}}$$

$$= 2 \cdot (12.01) + 4 \cdot (1.01) + 2 \cdot (16.00)$$

$$= 60.06 \text{ amu}$$

화학식량 (Formula mass) : 분자성 또는 이온성 화합물의 화학식에 있는 모든 원자의 원자량의 합

화학식이 서로 다른 분자의 분자량 비와 질량 비는 항상 같다.
(단 분자수가 같을때)

	HCL	C₂ H₄
분자량	36.5 amu	28.0 amu
질량	36.5 g	28.0 g



분자수가 같더라도, 분자에 따라 분자량 및 질량이 다르다.

화학반응에서는 몰(mole, 약자 mol)이라는 단위를 사용

- 어떤 물질의 분자량을 g 단위로 변환하면 물질 1몰의 질량과 같다.
- 어떤 물질 1몰에는 그 물질 6.02×10^{23} 개가 존재한다.
- 몰질량(molar mass, g/mol) : 어떤 물질 1몰의 g 질량 (몰당 g)
- Avogadro's Number (N_A , 6.022×10^{23})

	HCl	C ₂ H ₄
분자량	36.5 amu	28.0 amu
몰질량	36.5 g	28.0 g
분자수	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}

Name of substance	Formula	Formula Weight (amu)	Molar Mass (g/mol)	Number and Kind of Particles in One Mole
Atomic nitrogen	N	14.0	14.0	6.022×10^{23} N atoms
Molecular nitrogen	N ₂	28.0	28.0	6.022×10^{23} N ₂ molecules
Silver	Ag	107.9	107.9	$2(6.022 \times 10^{23})$ N atoms
Silver ions	Ag ⁺	107.9 ^a	107.9	6.022×10^{23} Ag atoms
Barium chloride	BaCl ₂	208.2	208.2	6.022×10^{23} Ag ⁺ ions
				6.022×10^{23} BaCl ₂ units
				6.022×10^{23} Ba ²⁺ ions
				$2(6.022 \times 10^{23})$ Cl ⁻ ions

^aRecall that the electron has negligible mass; thus, ions and atoms have essentially the same mass.

기체의 법칙

이상 기체(ideal gas) : 기체의 법칙들이 정확히 적용되는 기체

- 보일의 법칙 (Boyle's Law) : 부피와 압력 사이의 관계
이상기체 **부피는 압력 증가에 반비례한다.** (일정한 몰수(n)와 온도(T)에서)

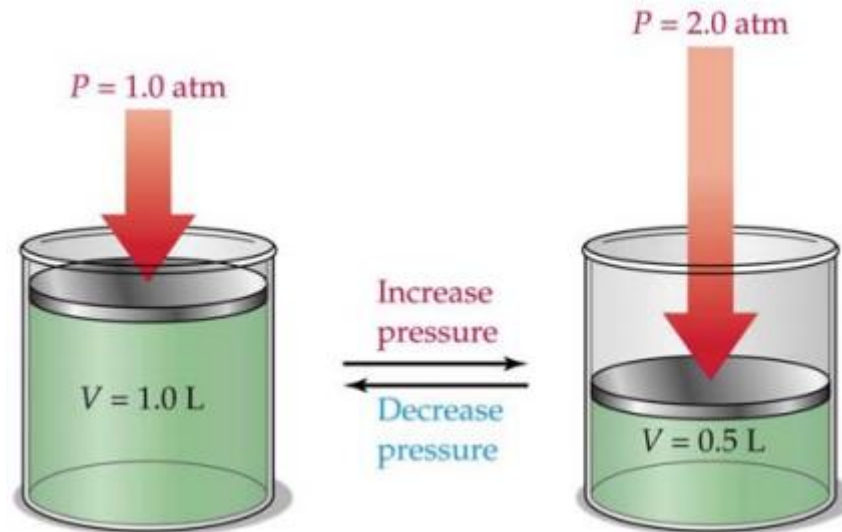



TABLE 9.2 Pressure–Volume Measurements on a Gas Sample

Pressure (mm Hg)	Volume (L)
760	1
380	2
253	3
190	4
152	5
127	6
109	7
95	8
84	9
76	10



보일의 법칙 (Boyle's law):
 $PV = k$ (단, 몰수와 온도가 일정할 때)

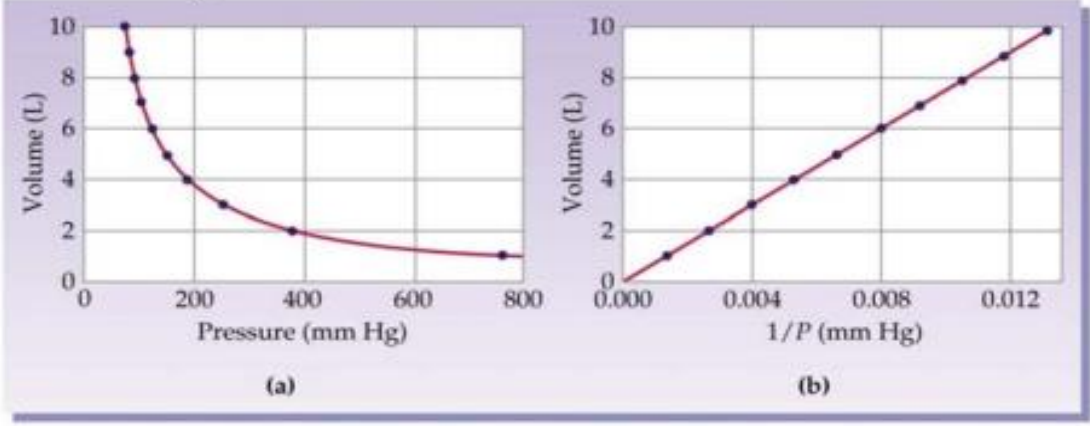
$V \propto \frac{1}{P}$ 또는 $V = k\left(\frac{1}{P}\right)$ (단, 몰수와 온도는 일정)

즉, 일정 온도에서, 일정질량의 기체는

$P_1V_1 = P_2V_2$

$$V = k\left(\frac{1}{P}\right) + 0 \quad (\text{or } PV = k)$$

$$\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ y & = & m x & + b \end{matrix}$$



- 샤를의 법칙 (Chades's Law) : 부피와 온도 사이의 관계
 이상기체 **부피는 절대온도에 정비례한다.** (일정한 몰수(n)와 압력(P)에서)

-절대온도 (Kelvin)

$$K = ^\circ\text{C} + 273.15^\circ$$

- 샤를의 법칙

$$V \propto T \quad \text{또는} \quad V = kT \quad (\text{몰수와 압력은 일정})$$

“일정한 압력에서 일정 질량의 기체가 차지하는 부피는 절대온도에 정비례한다”

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

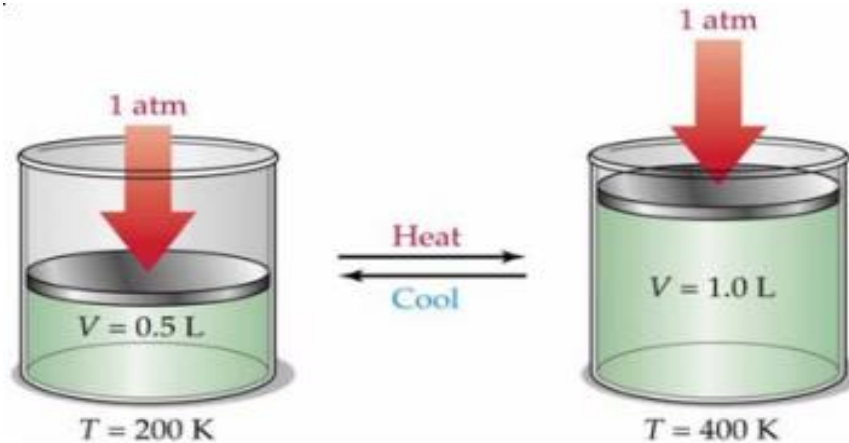
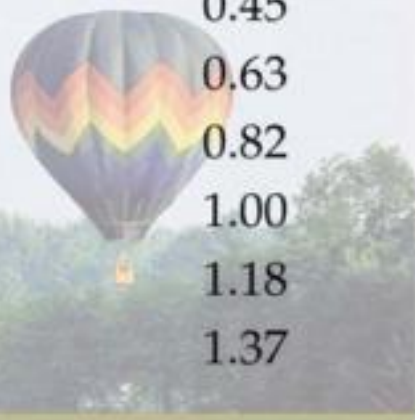


TABLE 9.3Temperature–
VolumeMeasurements on a Gas
Sample at Constant n, P

Temperature (K)	Volume (L)
--------------------	---------------

123	0.45
173	0.63
223	0.82
273	1.00
323	1.18
373	1.37

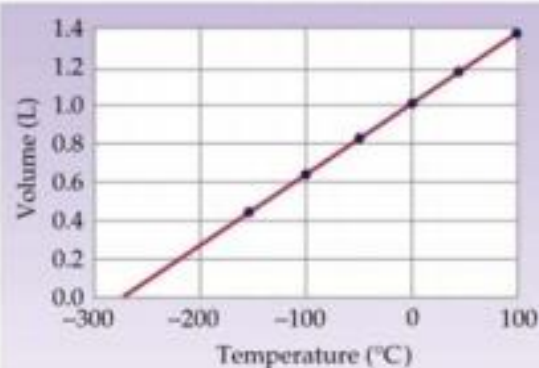


$$V = kT + 0$$

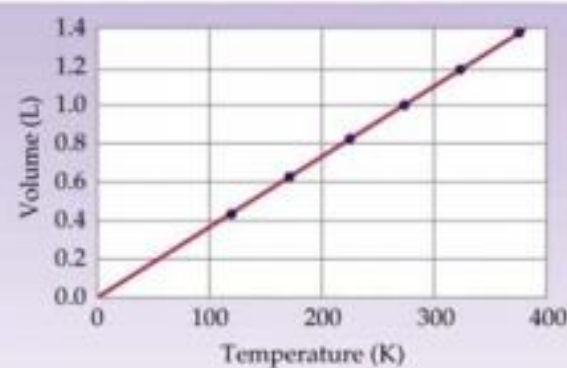
$$\uparrow \quad \uparrow \uparrow \quad \uparrow$$

$$y = mx + b$$

$$\text{(or } \frac{V}{T} = k)$$



(a)

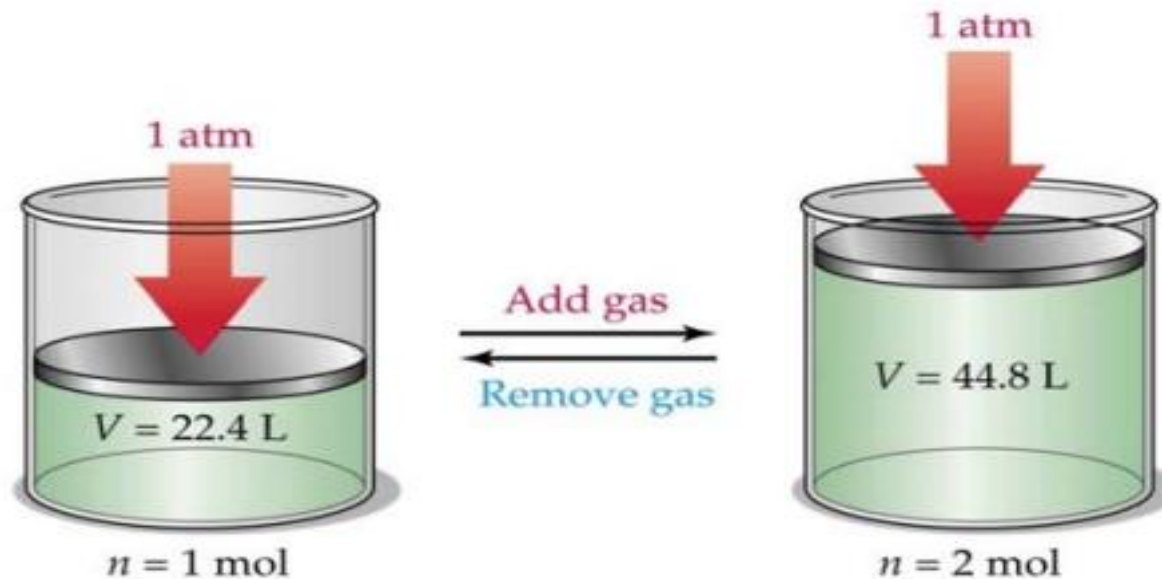


(b)

- 아보가드로의 법칙 (Avogadro's Law) : 부피와 몰수 사이의 관계
이상기체 **부피는 몰수에 정비례한다.** (일정한 온도(T)와 압력(P)에서)

$$V \propto n \text{ 또는 } V = kn \text{ 또는 } \frac{V}{n} = k \text{ (단 } P, T \text{는 일정)}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (단 } T, P \text{는 일정)}$$



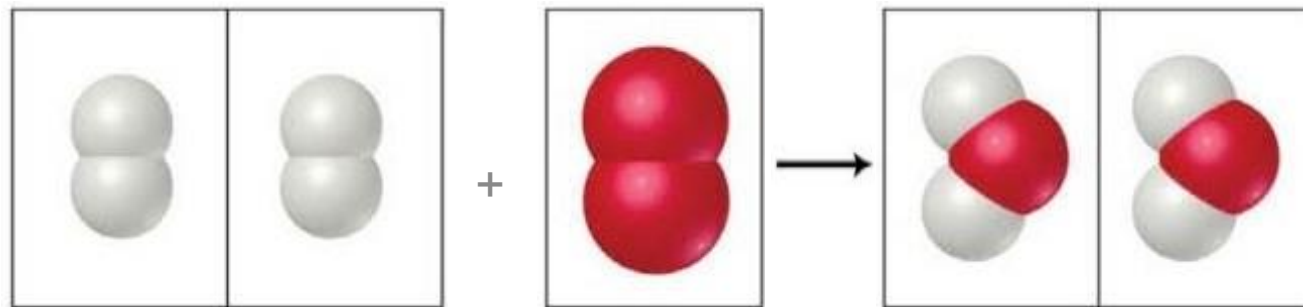
Observation

Two volumes
hydrogen

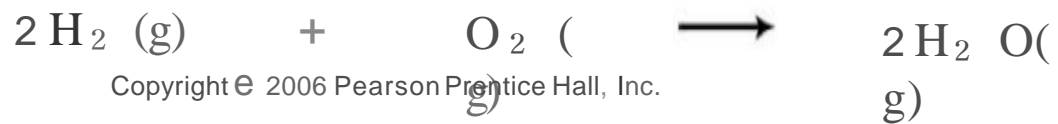
One volume
oxygen

Two volumes
water vapor

Explanation



Equation



Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

표준온도와 표준압력 (STP)

0°C (273.15 K) and 1 대기압 (760 torr)

표준 온도와 압력 (STP 상태)에서 기체 1몰이 차지하는 부피를 표준 몰 부피라 한다.
→ 거의 모든 기체에서 일정한 값을 갖는다.

STP 상태에서 이상기체의 표준 몰 부피 (standard molar volume)는 22.414 L이다



Volume	22.4L	22.4 L	22.4L
Pressure	1 atm	1 atm	1 atm
Temperature	0°C	0°C	0°C
Mass of gas	4.00g	28.0g	16.0g
Number of gas molecules	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}	6.02×10^{23}

이상기체 법칙

보일의 법칙 $V \propto \frac{1}{P}$ (단 T, n은 일정)

보일의 법칙 $V \propto T$ (단 P, n은 일정)

아보가드로의 법칙 $V \propto n$ (단 T, P은 일정)

종합 $V \propto \frac{nT}{P}$ (제한없음)

$$V = R \left(\frac{nT}{P} \right) \quad \text{또는} \quad PV = nRT$$

기체 상수(R) : 이상기체에서는

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(1.0000 \text{ atm})(22.414 \text{ L})}{(1.0000 \text{ mol})(273.15 \text{ K})} = 0.08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$R = 0.08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = \frac{8.314 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8.314 \frac{\text{kPa} \cdot \text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

TABLE 10.2 Numerical Values of the Gas Constant, R, in Various Units

Units	Numerical Value
L-atm/mol-K	0.08206
J/mol-K* cal/mol-K	8.314
m ³ -Pa/mol-K*	8.314
L-torr/mol-K	62.36

*SI unit.

이상기체 상태방정식을 이용한 물질량계산

- 물질량, M (g/mol) : 순수한 물질 1몰의 질량

$$V = R \left(\frac{nT}{P} \right) \quad \text{or} \quad PV = nRT$$



$$M \text{ (g/mol)} = \frac{WRT}{PV}$$

n : mole 수 (W/M)

$$n = W / M$$

W : 기체의 질량

M : 물질량 (g/mol)

3 실험 기구 및 시약

□ 기구

- 100mℓ삼각플라스크
- 500mℓ비커
- 100mℓ눈금실린더
- 은박 뚜껑
- Hot plate
- 온도계
- 스탠드
- P.S클램프

□ 시약

- 액체 미지시료

(끓는점이 너무 높지 않고, 냄새와 독성이 강하지 않은 것)

4 실험 방법

- 1) 100mℓ 삼각 플라스크에 알루미늄으로 뚜껑을 씌우고, 바늘로 작은 구멍을 뚫는다.
- 2) 뚜껑을 덮은 플라스크의 무게 측정
- 3) 플라스크에 약 3mℓ의 액체시료를 넣고 뚜껑을 다시 막고 스탠드에 고정
- 4) 500mℓ 비이커에 물을 절반 정도 채우고 끓을 때까지 가열
- 5) 플라스크를 비커의 바닥에 닿지 않을 정도로 물속에 깊이 넣음

6) 끓는 물의 온도, 대기압 측정

플라스크 속의 액체가 모두 기화할 때까지 기다림.

(뚜껑에 뚫린 구멍으로 기체가 새어 나오는 것 관찰)

7) 플라스크의 액체가 모두 기화하면 꺼내어 플라스크의 물기를 닦고

식힘. (플라스크는 매우 뜨거우므로 손으로 만지지 않는다.)

8) 완전히 말린 플라스크와 뚜껑의 무게를 다시 측정

9) 플라스크를 깨끗하게 씻은 후에 증류수를 가득 채우고, 눈금실린

더를 사용해서 증류수의 부피 (플라스크의 부피)를 측정

5. 주의 및 참고사항

- 증발한 기체를 직접 흡입하지 않도록 주의
- 실험실 환기
- 가열된 플라스크 등에 화상을 입지 않도록 주의