

01 기체

- 기체의 온도, 압력, 부피, 물수 사이의 관계를 설명할 수 있다.
- 이상 기체 방정식을 활용하여 기체의 분자량을 구할 수 있다.
- 훈합 기체에서 물 분자를 이용하여 부분 압력을 구할 수 있다.

생각 열기

풍등 축제에 가면 저마다의 소원을 실은 풍등이 밤하늘에 두둥실 떠오르는 장관을 볼 수 있다.

◐ 풍등에 불을 붙이면 하늘로 떠오르는 까닭은 무엇일까?



1 기체 분자의 운동

| 기체 분자 운동론 |

기체는 액체나 고체와는 다른 특성이 있다. 기체는 액체나 고체에 비해 압축이 매우 잘되고 밀도가 훨씬 작으며 용기의 모양에 관계없이 용기 전체에 고르게 퍼지는 성질이 있다. 또한 기체의 부피는 온도나 압력에 따라 크게 변한다. 이러한 기체의 성질을 분자 운동으로 설명하는 이론을 **기체 분자 운동론**이라고 한다. 기체 분자 운동론의 가정은 다음과 같다.



그림 I-1 기체 분자 운동론의 가정

▣ 운동 에너지

질량이 m 인 물체의 속력이 v 일 때 운동 에너지(E_k)는 다음과 같다.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

기체 분자 운동론으로 온도에 따른 기체 분자의 운동을 설명할 수 있다. 그럼 I-2와 같이 기체 분자들은 같은 온도에서도 제각기 다른 속력으로 운동하고 있으며, 온도가 높을수록 속력이 빠른 기체 분자들의 비율이 증가한다. 즉, 온도가 높을수록 기체 분자의 평균 운동 속력이 증가하고 평균 운동 에너지가 커진다.

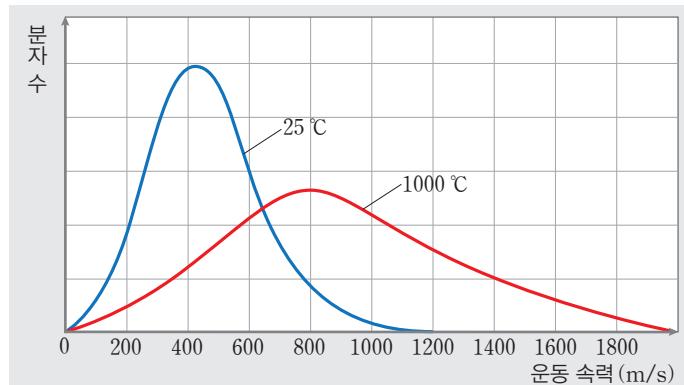


그림 I-2 온도에 따른 산소 분자의 운동 속력 분포

| 기체의 압력 |

▣ 압력

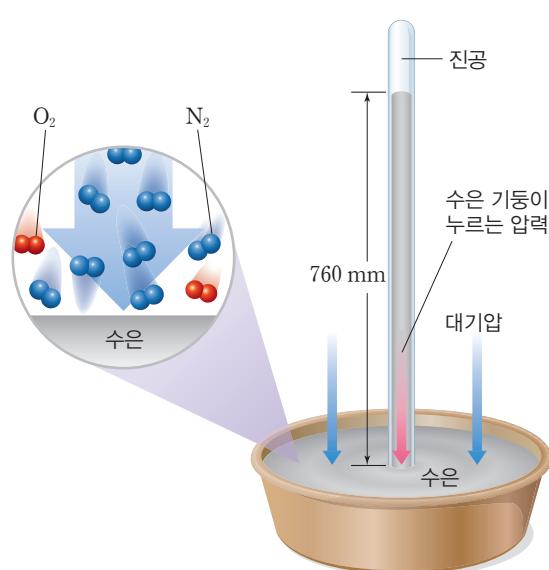
단위 면적에 작용하는 힘이다.
압력(Pa)=

$$\frac{\text{작용하는 힘}(N)}{\text{힘을 받는 면의 넓이}(m^2)}$$

1 기압(atm)=101325 Pa



그림 I-3 토리첼리
(Torricelli, E., 1608~1647)
이탈리아의 수학자이자 과학자.
수은을 이용한 실험으로 대기압
과 진공의 존재를 확인하고 수
은 기압계를 발명하였다.



누르는 압력과 공기가 수은 표면을 누르는 압력이 같아질 때까지 수은 기둥이 내려간다. 수은 기둥의 높이가 760 mm일 때의 압력을 1 기압으로 정의하고, 이를 다음과 같이 나타낸다.

$$1 \text{ 기압(atm)} \\ = 760 \text{ mmHg}$$

그림 I-4 대기압의 측정

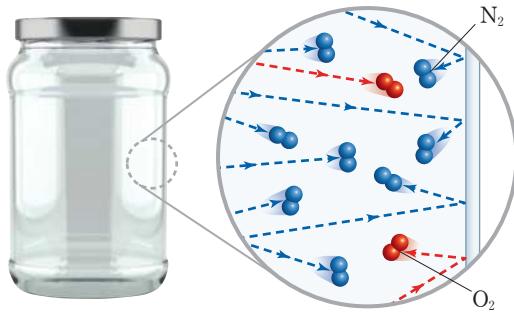


그림 I-5 기체의 압력과 분자 운동

기체의 압력이 나타나는 까닭은 그림 I-5와 같이 기체 분자들이 운동하면서 용기 벽면에 충돌하기 때문이다. 기체 분자의 충돌 횟수가 많을수록, 기체 분자가 강하게 충돌할수록 기체 분자가 용기의 벽면에 미치는 압력이 커진다.

온도가 높아지면 그림 I-6과 같이 분자의 평균 운동 속력과 평균 운동 에너지가 커지므로 기체 분자들이 용기의 벽면과 충돌하는 횟수가 많아지고 더 강하게 충돌한다. 따라서 온도가 높아지면 기체의 압력이 커진다. 일정한 온도와 부피에서 기체 분자의 수가 증가하면 충돌의 강도는 변하지 않지만, 충돌 횟수가 많아지므로 용기 벽면에 더 큰 힘을 가하게 되어 기체의 압력이 커진다. 또한 일정한 온도에서 기체 분자가 들어 있는 용기의 부피를 줄이면, 충돌의 강도는 변하지 않지만 충돌 횟수가 많아지므로 기체의 압력이 커진다. 이처럼 기체의 압력은 온도, 기체 분자의 수, 용기의 부피에 따라 달라진다.

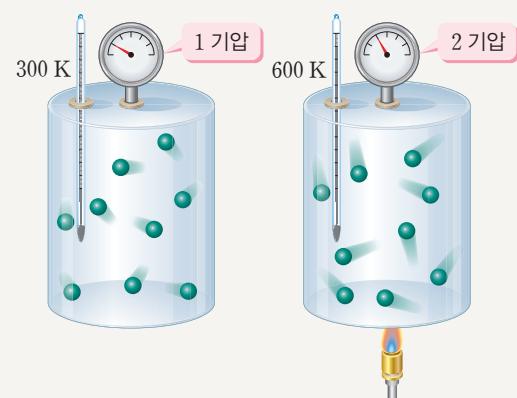


그림 I-6 온도 변화에 따른 기체 압력의 변화

용기 속 기체의 압력을 그림 I-7과 같이 수은이 들어 있는 U자관 장치를 이용하여 측정할 수 있다. (가)와 같이 U자관 양쪽의 수은 기둥 높이가 같을 때는 기체의 압력이 대기압과 같다. (나)에서는 기체의 압력이 수은 기둥의 높이 차이만큼 대기압보다 크고, (다)에서는 기체의 압력이 수은 기둥의 높이 차이만큼 대기압보다 작다.

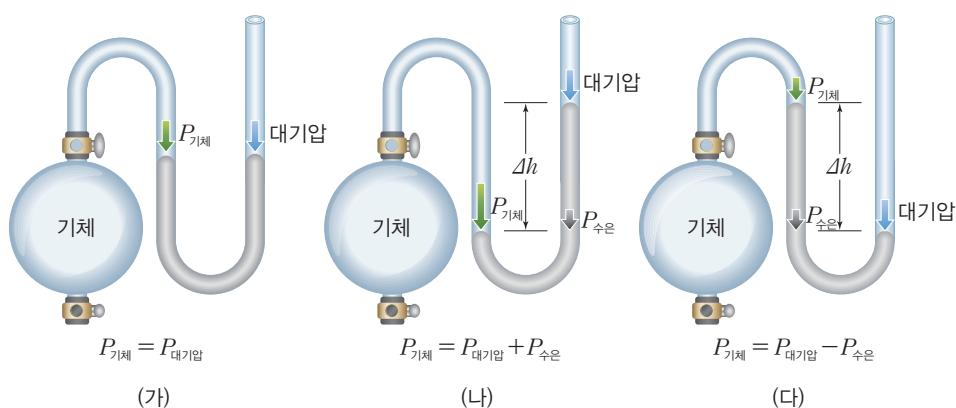


그림 I-7 기체의 압력 측정

기체의 상태를 나타낼 때 필요한 변수는 압력(P), 부피(V), 온도(T), 기체의 몰수(n)야.



2 기체 법칙

| 기체의 압력과 부피의 관계: 보일 법칙 |

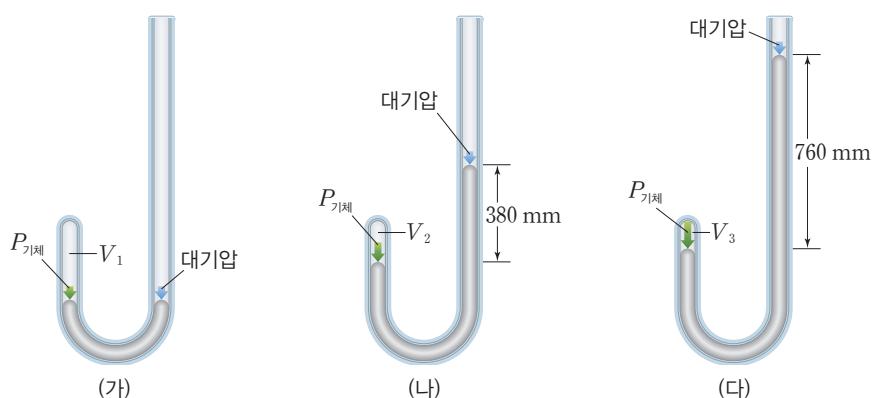
공기가 들어 있는 주사기의 끝을 막고 피스톤을 누르면 부피가 감소한다. 보일은 일정한 온도에서 압력이 증가할 때 일정량의 기체가 차지하는 부피를 연구하였다. 보일의 실험으로 기체의 압력과 부피의 관계를 알아보자.



기체의 압력과 부피의 관계



그림 I-8 보일(Boyle, R., 1627~1691) 영국의 과학자. 원소를 정의하였고, 기체의 압력과 부피에 관한 보일 법칙을 발표하였다.



과정

- 1 유리관 속 기체의 압력(P)과 ‘압력 \times 부피’ 값을 계산하여 표의 빈칸을 채워 보자.

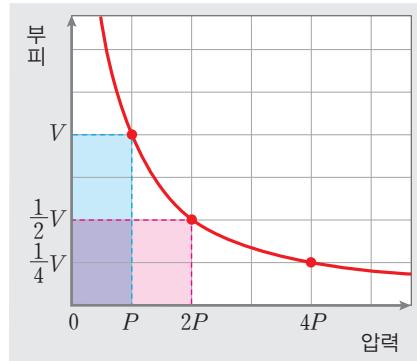
실험	(가)	(나)	(다)
수은 기둥의 높이 차이(mm)	0	380	760
기체의 압력 P (atm)			
기체의 부피 V (mL)	100	67	50
$P \times V$ (atm·mL)			

- 2 기체의 압력을 가로축, 부피를 세로축으로 하여 그래프를 그려 보자.

정리

- ① 기체의 압력과 부피 사이에는 어떤 관계가 있는가?
- ② 기체의 압력과 부피의 관계를 기체 분자의 운동으로 설명해 보자.

그림 I-9와 같이 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력 P 가 $2P$, $4P$ …로 커지면 기체의 부피 V 는 $\frac{1}{2}V$, $\frac{1}{4}V$ …로 감소한다. 즉, 기체의 부피(V)는 압력(P)에 반비례하며, 압력과 부피의 곱($P \times V$)은 일정하다. 이를 보일 법칙이라고 한다.



$$P \times V = k \quad (k: \text{상수})$$

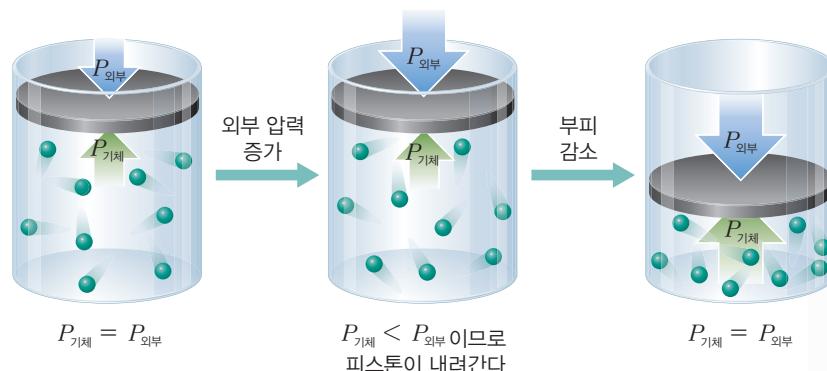
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$(P_1: \text{처음 압력}, V_1: \text{처음 부피})$$

$$(P_2: \text{나중 압력}, V_2: \text{나중 부피})$$

그림 I-9 보일 법칙 압력–부피 그래프에서 압력이 P , 부피가 V 일 때의 면적과 압력이 $2P$, 부피가 $\frac{1}{2}V$ 일 때의 면적은 같다.

온도와 기체 분자의 수가 일정할 때 그림 I-10과 같이 외부 압력을 높이면 용기의 부피가 감소하여 기체 분자 사이의 거리가 가까워진다. 일정한 시간 동안 기체 분자가 용기 벽면에 충돌하는 횟수가 많아지므로 기체의 압력이 커지고, 기체의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 부피가 감소한다.



실린더의 피스톤은 외부 압력과 기체의 압력이 평형을 이루는 위치에서 멈춰. 이때 외부 압력과 기체 압력은 같아



그림 I-10 보일 법칙과 기체 분자 운동론

20 °C, 1 기압에서 주사기에 공기가 50 mL 들어 있다. 주사기 끝을 막고 피스톤을 눌렀더니 주사기 속 공기가 20 mL로 줄어들었다. 이때 주사기 속 공기의 압력을 구해 보자. (단, 온도는 일정하며, 피스톤의 마찰은 무시한다.)

: 생각 넓히기 오른쪽 그림은 수면의 높이 변화로 대기압의 변화를 알 수 있는 탁상용 기압계이다. 대기압이 높은 날과 낮은 날에 구 부분과 관 부분의 수면의 높이가 어떻게 다를지 설명해 보자. (단, 온도는 일정하다.)



| 기체의 온도와 부피의 관계: 샤를 법칙 |

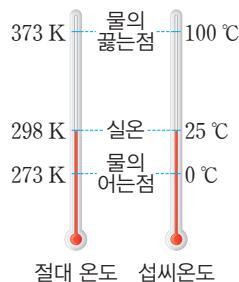
▣ 섭씨온도와 절대 온도

섭씨온도(t)에 273을 합하면 절대 온도(T)를 구할 수 있다.

$$T(K) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$$

절대 온도의 단위는

K(Kelvin)을 사용한다.



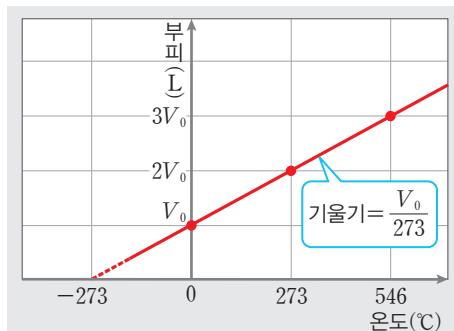
일정한 압력에서 기체를 가열하면 부피가 증가하고 냉각하면 부피가 감소한다. 샤를(Charles, J. A. C., 1746~1823)의 실험에 따르면 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 기체의 종류에 관계없이 온도가 1°C 높아질 때마다 0°C 때 부피의 $\frac{1}{273}$ 만큼씩 증가한다. 이를 샤를 법칙이라고 한다.

$$V_t = V_0 + \frac{V_0}{273}t$$

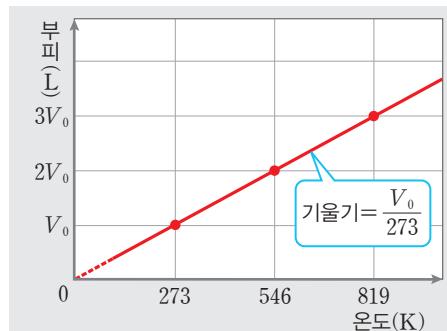
(V_t : $t^{\circ}\text{C}$ 일 때 기체의 부피, V_0 : 0°C 일 때 기체의 부피)

그림 I-11의 (가)와 같이 온도를 낮추어 -273°C 가 되면 기체의 부피는 이론적으로 0이 되는데, 이 온도를 절대 영도라고 한다. 그래프 (가)를 절대 영도가 원점이 되도록 다시 그리면, (나)와 같이 나타낼 수 있다. 절대 영도를 0으로 하여 섭씨온도와 같은 간격으로 나타낸 온도를 절대 온도(T)라고 한다.

실제 기체는 절대 영도에 도달하기 전에 액체나 고체로 상태가 변해, 액체나 고체에서는 샤를 법칙이 적용되지 않기 때문에 이 구간을 절선으로 나타낸다.



(가) 섭씨온도와 기체의 부피



(나) 절대 온도와 기체의 부피

그림 I-11 기체의 온도와 부피의 관계

압력이 일정할 때 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하며, 기체의 부피와 온도의 비($\frac{V}{T}$)는 항상 일정하다.

$$V = \frac{V_0}{273}T = kT \rightarrow \frac{V}{T} = k \quad (k: \text{상수})$$

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

$$\left(T_1: \text{처음 온도}, V_1: \text{처음 부피} \right)$$

$$\left(T_2: \text{나중 온도}, V_2: \text{나중 부피} \right)$$

?

27°C , 2 L의 헬륨 기체를 -3°C 로 냉각할 때 부피를 구해 보자. (단, 압력은 일정하다.)

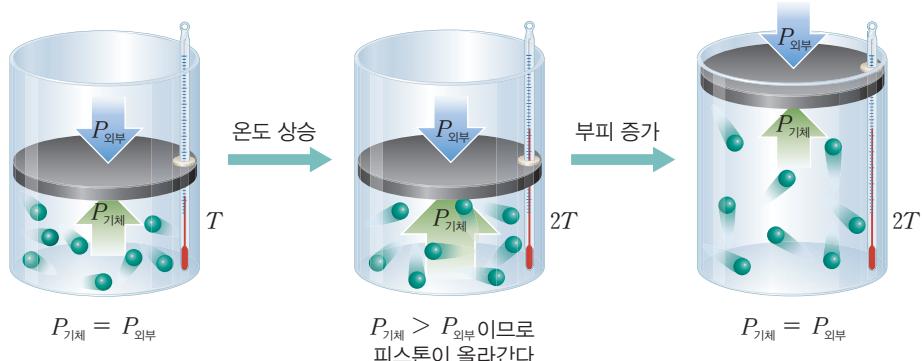


그림 I-12 샤를 법칙과 기체 분자 운동론

그림 I-12와 같이 외부 압력이 일정할 때, 기체를 가열하면 기체 분자가 더욱 빠르게 운동하면서 용기 벽에 더 자주, 더 강하게 충돌하므로 기체의 압력이 커진다. 따라서 기체의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 피스톤을 위로 밀어 올려 부피가 증가한다.

| 기체의 몰수와 부피의 관계 : 아보가드로 법칙 |

아보가드로는 ‘기체는 온도와 압력이 같을 때, 기체의 종류에 관계없이 같은 부피 속에 같은 수의 분자가 들어 있다.’고 가정하였다. 즉, 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피(V)는 기체의 몰수(n)에 비례한다. 이러한 관계를 아보가드로 법칙이라고 한다.

$$V = kn \quad (k: 상수)$$

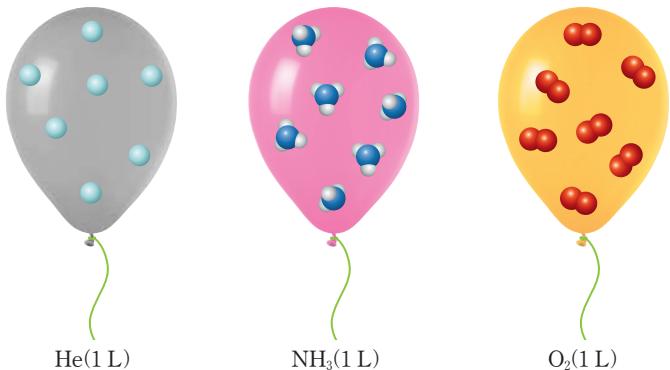


그림 I-13 아보가드로 법칙 온도와 압력이 같을 때, 같은 부피의 풍선 속에 들어 있는 기체 분자 수는 같다.

일정한 온도와 압력에서 기체를 더 넣으면 기체 분자의 몰수가 증가하므로 용기 벽 면에 충돌하는 기체 분자의 수가 증가하여 기체의 압력이 커진다. 따라서 기체의 압력이 외부 압력과 같아질 때까지 피스톤을 위로 밀어 올리므로 부피가 증가한다.

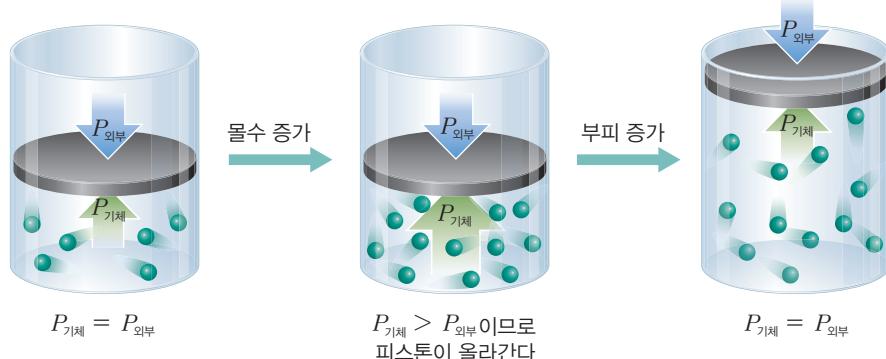


그림 I-14 아보가드로 법칙과 기체 분자 운동론



그림 I-15 아보가드로
(Avogadro, A., 1776~1856) 이탈리아의 물리학자.
1811년 아보가드로 가설을 발표하였으며, 이 가설은 뒤에 실험으로 증명되어 아보가드로 법칙으로 불리게 되었다.

| 기체의 압력, 부피, 온도, 몰수의 관계: 이상 기체 방정식 |

보일 법칙, 샤를 법칙, 아보가드로 법칙을 종합하여 기체의 부피(V)가 온도(T), 압력(P), 몰수(n)와 각각 어떤 관계인지 정리하면 그림 I-16과 같다.

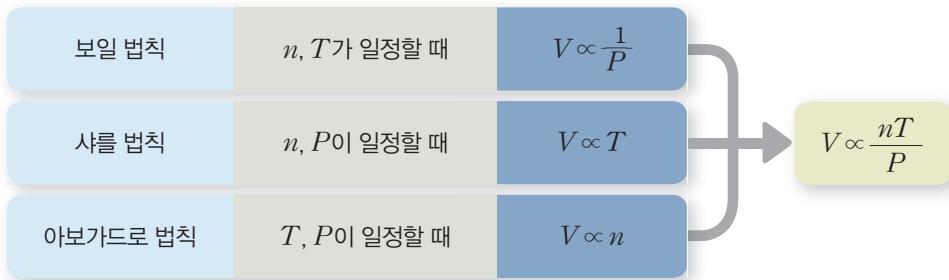


그림 I-16 기체의 부피, 온도, 압력, 몰수의 관계

▣ 이상 기체

분자 사이에 인력이나 반발력이 작용하지 않고 분자의 크기를 무시할 수 있는 가상의 기체이다.

기체의 부피는 기체의 몰수와 절대 온도에 비례하고 압력에 반비례한다. 이를 비례 상수(R)를 이용하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있고, 이 식을 이상 기체 방정식이라고 한다.

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

기체 1몰은 0 °C, 1 기압에서 22.4 L의 부피를 차지하므로 이를 대입하면 R 값을 구할 수 있다. 이 R 를 기체 상수라고 한다.

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

▣ 0 °C, 2 기압에서 이산화 탄소 기체 11.2 L 속에 들어 있는 이산화 탄소 분자의 몰수를 구해 보자.

▣ 기체의 밀도와 분자량
기체의 밀도는 질량을 부피로 나눈 값이므로 $d = \frac{w}{V}$ 를 이상

기체 방정식에 대입하면

$$PV = \frac{w}{M}RT,$$

$$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{dRT}{P}$$

가 된다.

분자량이 M 인 기체의 질량이 w g일 때, 기체의 몰수(n)는 기체의 질량을 분자량으로 나눈 값($\frac{w}{M}$)이므로, 이상 기체 방정식을 다음과 같이 바꾸어 쓸 수 있다.

$$PV = nRT = \frac{w}{M}RT$$

따라서 기체의 분자량 M 은 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 기체의 질량(w), 온도(T), 압력(P), 부피(V)를 측정하여 기체의 분자량을 구할 수 있다.

$$M = \frac{wRT}{PV}$$



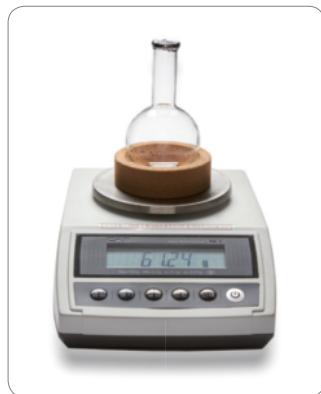
이상 기체 방정식을 활용하여 분자량 구하기



이상 기체 방정식을 활용하여 아이소프로판올(C_3H_8O)의 분자량을 구해 보자.

과정

- 중탕용 비커에 물을 $\frac{3}{4}$ 정도 넣고 90°C 이상이 될 때까지 가열한다.
- 동근바닥 플라스크에 알루미늄박으로 뚜껑을 만들어 씌운 뒤, 바늘로 작은 구멍을 뚫고 질량(w_1)을 측정한다.
- 이 플라스크에 아이소프로판올을 1 mL 정도 넣고 알루미늄박 뚜껑을 꼭 덮는다.
- 플라스크를 과정 1의 비커에 넣고 중탕하다가 아이소프로판올이 모두 증발하면 가열을 멈추고 물의 온도(t)를 측정한다.
- 플라스크를 찬물이 담긴 수조에 넣어 식힌 뒤, 꺼내서 겉에 묻은 물을 완전히 닦아 내고 질량(w_2)을 측정한다.
- 응축된 아이소프로판올을 버리고 플라스크 안에 물을 가득 채운 뒤 눈금 실린더로 물의 부피(V)를 측정한다.
- 실험실의 대기압을 측정한다.



결과 및 정리

- 실험 과정에서 측정한 값을 표에 정리해 보자.

과정 2에서의 질량(w_1)	과정 4에서의 물의 온도(t)	과정 5에서의 질량(w_2)	과정 6에서 플라스크의 부피(V)	과정 7에서의 대기압(P)
g	°C	g	L	atm

- 과정 4에서 아이소프로판올이 모두 증발하여 동근바닥 플라스크를 가득 채웠을 때 아이소프로판올 기체의 질량은 몇 g인가?
- 실험 결과를 이용하여 아이소프로판올의 분자량을 구해 보자.
- 아이소프로판올의 분자식은 C_3H_8O 이다. 실험에서 구한 아이소프로판올의 분자량을 실제 분자량과 비교해 보고, 오차의 원인이 무엇인지 토의해 보자.

준비물

아이소프로판올, 물, 500 mL 비커, 100 mL 동근바닥 플라스크, 눈금 실린더, 스포이트, 수조, 디지털 온도계, 기압계, 전자저울, 핫플레이트, 스탠드, 클램프, 클램프 홀더, 동근바닥 플라스크 받침대, 실험용 티슈, 알루미늄박, 바늘, 실험용 장갑, 보안경

주의 사항

- 중탕할 때 동근바닥 플라스크의 목 부분까지 물에 잠기게 설치한다.
- 아이소프로판올 증기는 흡입하지 않도록 하고 실험실의 환기에 유의한다.
- 핫플레이트에 화상을 입지 않도록 한다.



뒤마(Dumas, J. B. A., 1800~1884)는 이상 기체 방정식을 활용하여 휘발성 액체의 분자량을 알아내는 방법을 고안하였다. 그림 I-17과 같이 소량의 휘발성 액체를 기화시키면 기체는 플라스크를 가득 채우고 일부는 밖으로 빠져나가 플라스크 안의 기체 압력과 대기압이 같아진다. 이때 플라스크 속 기체의 압력, 부피, 질량, 온도를 측정하여 이상 기체 방정식에 대입하면 이 물질의 분자량을 구할 수 있다.

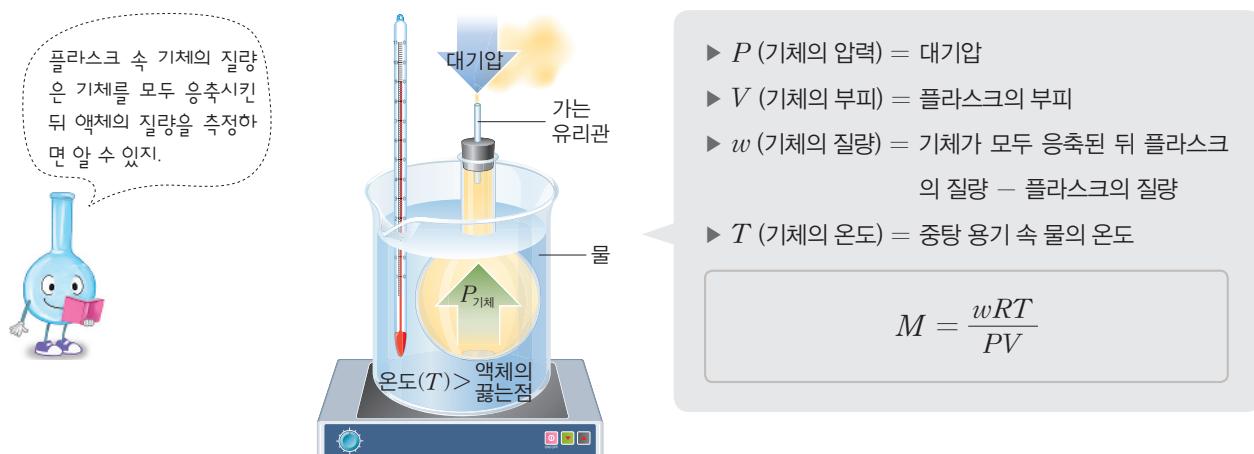


그림 I-17 휘발성 액체 물질의 분자량 구하기

- ▶ P (기체의 압력) = 대기압
- ▶ V (기체의 부피) = 플라스크의 부피
- ▶ w (기체의 질량) = 기체가 모두 응축된 뒤 플라스크의 질량 - 플라스크의 질량
- ▶ T (기체의 온도) = 중탕 용기 속 물의 온도

$$M = \frac{wRT}{PV}$$

미니 연습장

예제 테니스공은 잘 훔 수 있도록 대기압보다 큰 압력으로 기체를 채운다. 25 °C에서 부피가 144 cm³인 테니스공 안에 0.33 g의 질소 기체를 채울 때 테니스공 안의 기체 압력을 구해 보자. (단, 질소의 분자량은 28이다.)

풀이 단계 1 이상 기체 방정식을 압력(P)에 대한 식으로 정리한다.

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{wRT}{MV}$$

단계 2 주어진 조건을 부피는 L, 온도는 K로 나타낸다.

$$V: 144 \text{ cm}^3 = 144 \text{ mL} = 144 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$T: 25^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$$

단계 3 주어진 조건을 대입하여 압력(P)을 구한다.

질소의 분자량은 28이므로 1몰의 질량은 28 g/mol이다.

$$P = \frac{wRT}{MV} = \frac{0.33 \text{ g} \times 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 298 \text{ K}}{28 \text{ g/mol} \times 144 \times 10^{-3} \text{ L}} \approx 2.0 \text{ atm}$$

유제 자동차 에어백에 질소 기체가 가득 찼을 때 25 °C에서 에어백의 부피는 65 L, 압력은 829 mmHg이었다. 에어백에 들어 있는 질소 기체의 몰수를 구해 보자.



3 기체 혼합물과 부분 압력 법칙

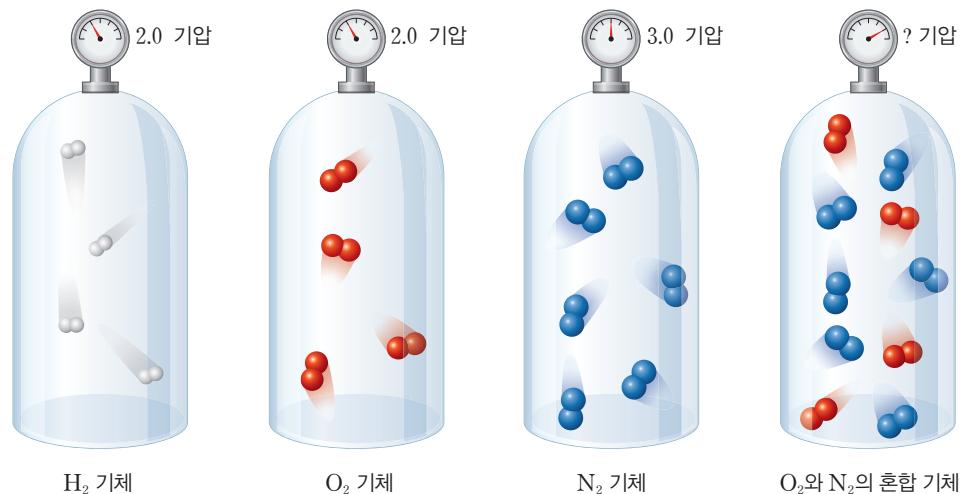
공기는 질소, 산소 등 여러 가지 기체의 혼합물이다. 지금까지 알아본 기체 법칙들이 한 가지 기체뿐만 아니라 혼합 기체에도 적용될까? 서로 반응하지 않는 두 기체를 섞으면 압력은 어떻게 될까?



토의

혼합 기체의 압력

그림은 25 °C에서 같은 부피의 용기에 여러 가지 기체를 넣었을 때의 입자 모형과 압력을 나타낸 것이다.



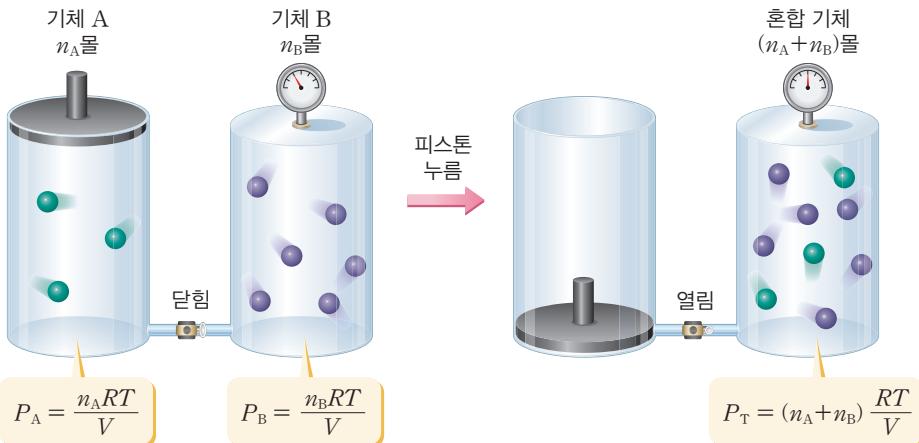
- 1 H₂ 기체와 O₂ 기체의 압력이 같은 까닭은 무엇인가?
- 2 기체 분자의 몰수와 기체의 압력 사이의 관계를 토의해 보자.
- 3 O₂와 N₂의 혼합 기체의 압력은 얼마일까? 그렇게 생각한 까닭은 무엇인가?

기체의 압력은 기체 분자가 용기 벽면에 충돌하여 나타나므로 기체 분자의 수가 많을수록 기체의 압력이 커진다. 즉, 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 몰수에 비례한다. 따라서 기체 A가 들어 있는 일정한 부피의 용기에 기체 B를 더 넣으면 기체 B의 압력만큼 전체 압력이 커진다.

$$P_T = P_A + P_B$$

이때 P_T 는 혼합 기체의 전체 압력이고, P_A 와 P_B 는 혼합 기체에서 기체 A와 기체 B가 각각 차지하는 압력으로 **부분 압력** 또는 **분압**이라고 한다. 돌턴(Dalton, J., 1766~1844)은 혼합 기체의 전체 압력이 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다는 것을 밝혔고, 이를 **부분 압력 법칙**이라고 한다.

그림 I-18은 온도 T 에서 n_A 몰의 기체 A와 n_B 몰의 기체 B를 부피 V 인 용기에 혼합하였을 때, 성분 기체의 부분 압력 P_A , P_B 와 전체 압력 P_T 를 이상 기체 방정식으로 나타낸 것이다. 이로부터 전체 압력 P_T 와 성분 기체 A, B의 몰수 및 부분 압력 사이의 관계식을 얻을 수 있다.



몰 분율과 부분 압력의 관계식 유도 과정

혼합 기체에서

$$\frac{RT}{V} = \frac{P_T}{n_A + n_B} \text{이므로, 이 값을}$$

$$P_A = \frac{n_A RT}{V} \text{에 대입하면}$$

$$P_A = P_T \times \frac{n_A}{n_A + n_B} \text{이다.}$$

마찬가지 방법으로 계산하면

$$P_B = P_T \times \frac{n_B}{n_A + n_B} \text{이다.}$$

그림 I-18 이상 기체 방정식과 부분 압력 법칙

$$P_A = P_T \times \frac{n_A}{n_A + n_B}, \quad P_B = P_T \times \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

이때 $\frac{n_A}{n_A + n_B}$ 나 $\frac{n_B}{n_A + n_B}$ 와 같이 혼합물에서 각 성분 물질의 몰수를 전체 몰수로 나눈 값을 몰 분율이라고 한다. 기체 혼합물에서 성분 기체의 부분 압력은 몰 분율에 비례한다.



예제 그림은 보이저 1호가 보내온 자료를 바탕으로 하여 토성의 위성인 타이탄의 대기 성분과 몰비를 추정한 것이다. 타이탄 표면의 대기압이 1220 mmHg이었을 때 타이탄 대기를 이루는 각 기체의 부분 압력을 구해 보자.

풀이 단계 1 각 기체의 몰 분율을 구한다.

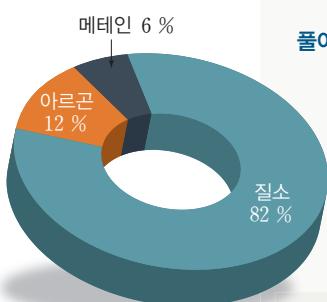
$$\text{질소: } 0.82, \text{ 아르곤: } 0.12, \text{ 메테인: } 0.06$$

단계 2 전체 압력에 성분 기체의 몰 분율을 곱하여 부분 압력을 구한다.

$$P_{N_2} = 1220 \text{ mmHg} \times 0.82 = 1000.4 \text{ mmHg}$$

$$P_{Ar} = 1220 \text{ mmHg} \times 0.12 = 146.4 \text{ mmHg}$$

$$P_{CH_4} = 1220 \text{ mmHg} \times 0.06 = 73.2 \text{ mmHg}$$



유제 건조 공기에는 질소가 78%, 산소가 21%, 아르곤이 1%의 몰비로 들어 있다. 대기압이 0.8 기압인 고산 지대에서 질소, 산소, 아르곤의 부분 압력을 구해 보자.

자료실

실제 기체는 이상 기체와 어떻게 다를까?

이상 기체는 기체 분자 자체의 부피가 없고 분자들 사이에 어떤 힘도 작용하지 않는다고 가정한 가상의 기체이다. 따라서 실제 기체를 이상 기체 방정식에 적용하면 잘 맞지 않을 때가 있다.

실제 기체가 이상 기체에서 벗어나는 정도는 $\frac{PV}{RT}$ 값으로 나타낼 수 있다.

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $\frac{PV}{RT} = n$ 이므로 이상 기체 1몰의 $\frac{PV}{RT}$

값은 항상 1이다. 하지만 실제 기체는 분자들 사이에 인력이나 반발력이 작용할 수 있으므로 실제 기체 1몰의 $\frac{PV}{RT}$ 값은 1에서 벗어날 수 있다. 그림 I-19와 같

이 분자 사이에 인력이 작용할 때는 이웃 분자들이 끌어당기는 힘 때문에 분자 가 용기 벽면에 약하게 충돌한다. 따라서 기체의 압력이 이상 기체보다 작아지고, $\frac{PV}{RT}$ 는 1보다 작다.

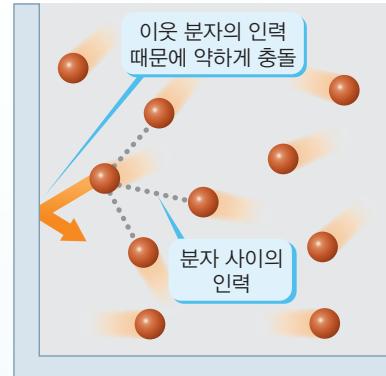


그림 I-19 실제 기체의 분자 사이의 인력과 압력

〈출처〉 Haynes, 「CRC handbook of chemistry and physics」, 2016.

실제 기체들은 그림 I-20과 같이 압력이 낮을 때는 이상 기체에 가깝지만 압력이 높아지면 이상 기체에서 많이 벗어난다. 또한 0 °C와 200 °C에서의 CH₄의 그래프를 비교해 보면 온도가 높을 때 이상 기체에 더 가깝다. 온도가 같을 때는 여러 가지 실제 기체 가운데 분자량이 가장 작은 H₂가 가장 이상 기체에 가깝다.

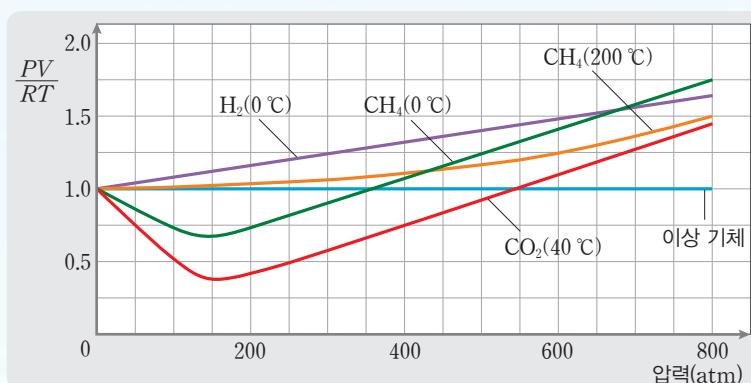


그림 I-20 이상 기체와 실제 기체의 압력에 따른 $\frac{PV}{RT}$ 값

즉, 실제 기체는 압력이 낮고 온도가 높을수록 이상 기체에 가깝다. 이것은 압력이 낮고 온도가 높으면 전체 기체의 부피가 크기 때문에 분자 자체의 부피는 무시할 수 있으며, 분자 사이의 거리가 멀어 분자 사이의 인력도 거의 작용하지 않기 때문이다. 실제 기체도 실온(25 °C), 대기압(1 기압)에서는 이상 기체에 매우 가까우므로 이상 기체 방정식을 적용할 수 있다.

평가하기

- 1 기체의 밀도가 온도, 압력, 기체의 분자량에 따라 어떻게 달라지는지 이상 기체 방정식을 이용하여 설명해 보자.
- 2 질소(N₂) 기체 5.6 g과 산소(O₂) 기체 3.2 g을 혼합한 기체에서 질소 기체의 부분 압력이 300 mmHg일 때, 혼합 기체의 전체 압력을 구해 보자. (단, 온도는 일정하고, 질소, 산소의 분자량은 각각 28, 32이다.)