高校化学 L01 第 32 講 気体の体積と物質量

この講でできるようになること

- 気体の体積が温度と圧力によって変化することを説明できる。
- モル体積を、気体 1 mol あたりの体積として説明できる。
- 条件に応じたモル体積を用いて、気体の物質量と体積を相互変換できる。
- 22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$を使える条件かどうか判断できる。

気体の体積は条件によって変わる

温度と圧力を確認する

気体の体積は、物質量だけでなく**温度と圧力**によって変化する。
そのため、気体の体積と物質量を対応させるときには、どの温度・圧力で考えているかを確認する必要がある。
本講では、実在する気体を理想気体として近似して扱う。
温度によって気体分子そのものが大きくなったり小さくなったりするのではなく、分子の運動や分子間の距離が変化することで気体全体の体積が変わる。

モル体積

モル体積

気体 1 mol あたりの体積を**モル体積**という。
モル体積をV_{m}で表し、単位には$\mathrm{L\,mol^{-1}}$を用いる。

同温同圧では同じ物質量の気体は同じ体積になる

理想気体では、同じ温度・同じ圧力なら、気体の種類によらず同じ物質量は同じ体積を占める。
たとえば、同じ温度・圧力で He が 1.0 mol、$\mathrm{O_2}$が 1.0 mol あるとき、両者の体積は等しい。
ただし、粒子 1 個の質量は種類によって異なるので、体積が等しくても質量まで等しいとは限らない。

0℃・1.013×10^5 Paでのモル体積

本講で使う基本条件

本講の基本計算では、温度 0℃、圧力1.013×10^5 Paの条件を用いる。
この条件では、理想気体 1 mol の体積を近似的に$V_{\mathrm{m}} = 22.4\ \mathrm{L\,mol^{-1}}$として扱う。
22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$は、どの温度・圧力でも使える値ではない。

物質量と体積は比例する

0℃、1.013×10^5 Paでモル体積を22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$とすると、同じ条件の気体では次のように対応する。

物質量	気体の体積
0.50 mol	11.2 L
1.0 mol	22.4 L
2.0 mol	44.8 L

同じ温度・圧力では、物質量が 2 倍になれば体積も 2 倍になる。

©ミライコーチング

気体の物質量から体積を求める

モル体積を物質量だけ掛ける

気体の物質量をn、体積をV、その条件でのモル体積をV_{m}とする。
物質量n mol に対して 1 mol あたりV_{m} L の体積が対応するので、体積は次の式で求める。

$$V = nV_{\mathrm{m}}$$

単位は$\mathrm{mol} \times \mathrm{L\,mol^{-1}} = \mathrm{L}$となる。

気体の体積から物質量を求める

体積を 1 mol あたりの体積で割る

気体の体積V L が、1 mol あたりの体積V_{m} L の何倍にあたるかを考える。
物質量は次の式で求める。

$$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$$

その温度・圧力に対応したモル体積を使うことが重要である。



計算前に条件を見る

気体の体積と物質量を変換するときは、次の順に考える。
1. 温度と圧力を確認する。
2. その条件で使うモル体積V_{m}を確認する。
3. 体積を求めるなら$V = nV_{\mathrm{m}}$、物質量を求めるなら$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$を使う。

問題に別の条件でのモル体積が与えられている場合は、その値を用いる。

22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$を使える場合と使えない場合

条件が変わればモル体積も変わる

0℃、1.013×10^5 Paでは、本講では$V_{\mathrm{m}} = 22.4\ \mathrm{L\,mol^{-1}}$を用いる。
一方、温度や圧力が異なれば、モル体積も異なる。
たとえば 27℃、1.00×10^5 Paでモル体積が25.0 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$と与えられた場合には、22.4ではなく25.0を使う。
22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$は指定された温度・圧力の気体に用いる値であり、液体や固体には適用できない。

例題

例題 1

0℃、1.013×10^5 Paの$\mathrm{O_2}$について、$V_{\mathrm{m}} = 22.4\ \mathrm{L\,mol^{-1}}$を用いる。
1. 0.50 molの$\mathrm{O_2}$の体積を求めよ。
2. 2.0 molの$\mathrm{O_2}$の体積を求めよ。

©ミライコーチング

解答・解説

1.
物質量から体積を求めるので、$V = nV_{\mathrm{m}}$を用いる。
$V = 0.50 \times 22.4 = 11.2$ Lより、体積は**11.2 L**である。
2.
同じ式を用いて、$V = 2.0 \times 22.4 = 44.8$ Lとなる。
したがって、体積は**44.8 L**である。

例題 2

0℃、1.013×10^5 Paの He について、$V_{\mathrm{m}} = 22.4$ L mol^{-1}を用いる。
1. 体積5.60 Lの He の物質量を求めよ。
2. 体積44.8 Lの He の物質量を求めよ。

解答・解説

1.
体積から物質量を求めるので、$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$を用いる。
$n = \frac{5.60}{22.4} = 0.250$ molより、物質量は**0.250 mol**である。
2.
$n = \frac{44.8}{22.4} = 2.00$ molより、物質量は**2.00 mol**である。

例題 3

27℃、1.00×10^5 Paで、ある気体のモル体積を25.0 L mol^{-1}と近似してよいものとする。
1. 0.40 molの気体の体積を求めよ。
2. この計算で22.4 L mol^{-1}ではなく25.0 L mol^{-1}を使う理由を説明せよ。

解答・解説

1.
物質量から体積を求めるので、$V = nV_{\mathrm{m}}$を用いる。
$V = 0.40 \times 25.0 = 10.0$ Lより、体積は**10.0 L**である。
2.
気体のモル体積は温度と圧力によって変わるためである。
22.4 L mol^{-1}は本講では 0℃、1.013×10^5 Paで用いる値である。この問題では 27℃、1.00×10^5 Paでのモル体積として25.0 L mol^{-1}が与えられているため、その値を用いる。

演習問題

演習 1

0℃、1.013×10^5 PaのN_2について、$V_{\mathrm{m}} = 22.4$ L mol^{-1}を用いる。
1. 0.25 molのN_2の体積を求めよ。
2. 1.5 molのN_2の体積を求めよ。

©ミライコーチング

演習 2

0℃、1.013×10^5 PaのO_2について、$V_m = 22.4$ L mol^{-1}を用いる。
1. 体積11.2 LのO_2の物質量を求めよ。
2. 体積67.2 LのO_2の物質量を求めよ。

演習 3

0℃、1.013×10^5 Paの He について、$V_m = 22.4$ L mol^{-1}を用いる。
1. 体積 560 mL の He の物質量を求めよ。
2. 0.010 molの He の体積を mL で求めよ。

演習 4

同じ温度・同じ圧力で、理想気体として扱える He とO_2をそれぞれ1.0 mol用意した。
1. He とO_2の体積は等しいか答え、理由を説明せよ。
2. He とO_2の質量も等しいといえるか答え、理由を説明せよ。

演習 5

27℃、1.00×10^5 Paで、気体のモル体積を25.0 L mol^{-1}と近似してよいものとする。
1. 0.20 molの気体の体積を求めよ。
2. 体積10.0 Lの気体の物質量を求めよ。

演習 6

気体のモル体積の使い方について答えよ。
1. 25℃、1.013×10^5 Paの気体1.0 molについて、温度条件を確認せずに体積を22.4 Lとする判断は適切か。理由も答えよ。
2. 液体の水H_2O 1.0 molの体積を22.4 Lとする判断は適切か。理由も答えよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

物質量から体積を求めるので、$V = nV_m$を用いる。
$V = 0.25 \times 22.4 = 5.6$ Lより、N_2の体積は**5.6 L**である。

2.

$V = 1.5 \times 22.4 = 33.6$ Lより、N_2の体積は**33.6 L**である。

©ミライコーチング

解答 2

1.

体積から物質量を求めるので、$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$を用いる。
$n = \frac{11.2}{22.4} = 0.50$ molより、O_2の物質量は**0.50 mol**である。

2.

$n = \frac{67.2}{22.4} = 3.0$ molより、O_2の物質量は**3.0 mol**である。

解答 3

1.

まず、560 mL = 0.560 Lと体積の単位をそろえる。
体積から物質量を求めるので、$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$を用いる。
$n = \frac{0.560}{22.4} = 0.025$ molより、He の物質量は**0.025 mol**である。

2.

物質量から体積を求めるので、$V = nV_{\mathrm{m}}$を用いる。
$V = 0.010 \times 22.4 = 0.224$ Lであり、0.224 L = 224 mLである。
したがって、He の体積は **224 mL** である。

解答 4

1.

体積は**等しい**。
同じ温度・同じ圧力で理想気体として扱う場合、気体の種類によらず同じ物質量は同じ体積を占めるためである。
He もO_2も1.0 molなので、同じ条件では同じ体積になる。

2.

質量まで等しいとはいえない。
He 原子とO_2分子では粒子 1 個の質量が異なり、モル質量も異なるためである。
同じ 1.0 mol で等しいのは指定された粒子の個数であり、異なる物質の質量が必ず等しくなるわけではない。

解答 5

1.

この条件では$V_{\mathrm{m}} = 25.0\ \mathrm{L\,mol^{-1}}$を用いる。
$V = 0.20 \times 25.0 = 5.0$ Lより、体積は**5.0 L**である。

2.

体積から物質量を求めるので、$n = \frac{V}{V_{\mathrm{m}}}$を用いる。
$n = \frac{10.0}{25.0} = 0.40$ molより、物質量は**0.40 mol**である。

解答 6

1.

適切ではない。
本講で22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$を用いるのは、0℃、1.013×10^5 Paの条件である。
この問題では温度が 25℃なので、0℃の場合とモル体積が異なる。したがって、温度条件を確認せずに22.4 Lとすることはできない。

2.

適切ではない。
22.4 $\mathrm{L\,mol^{-1}}$は、指定された温度・圧力にある**気体**について用いるモル体積である。
液体の水に対して、この気体のモル体積をそのまま用いることはできない。

©ミライコーチング