



氣體的介绍



課程大綱

- ✿ 影響氣體狀態的因素
- ✿ 理想氣體
- ✿ 混合氣體的壓力
- ✿ 氣體的擴散



氣體的特性

✿ 高度的壓縮性

所有氣體都容易被壓縮，一定量的氣體體積因壓力增加而縮小，因壓力降低而膨脹。

✿ 溫度升高而膨脹

✿ 擴散

除了在密閉容器之外，所有的氣體溫度升高時體積膨脹，溫度降低時會收縮。

✿ 液化

在某一定壓力下，冷卻氣體至足夠低的溫度，氣體將會凝結成液體。

一種氣體能很容易的在其他氣體間擴散，任何氣體均能在一定容器內互相擴散而混合均勻。

影響氣體狀態的因素

✿ 氣體的莫耳體積：一莫耳物質所佔的空間

➡ 同一物質，氣態的莫耳體積遠大於固態及液態。

➡ 同溫同壓下，氣體的體積與莫耳數成正比。

✿ 氣體的壓力

✿ 氣體的溫度



大氣壓力（氣壓）

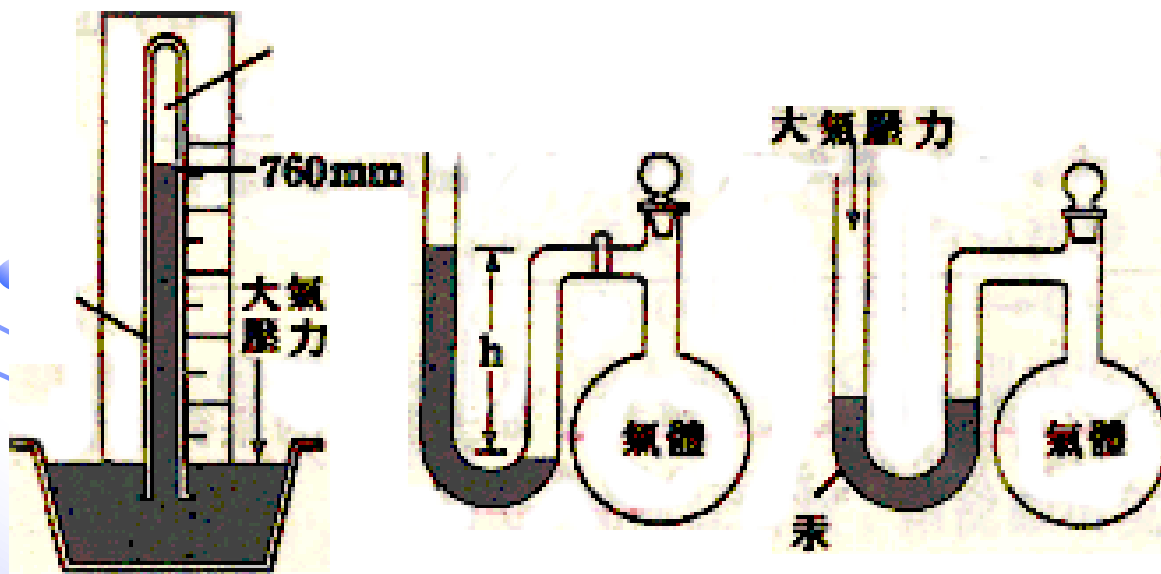
- ❁ 覆蓋地表的大氣，其重量在單位面積所造成的壓力，稱為大氣壓力。
- ❁ 大氣壓力以地表最大，愈高處壓力愈小。
- ❁ 測量大氣壓力的裝置稱為氣壓計。



壓力的測量

❁ 閉口式壓力計

❁ 開口式壓力計



閉口式壓力計

✿ 氣體壓力 = h mmHg



開口式壓力計

✿ 氣體壓力 = 大氣壓力 + h mmHg

✿ 氣體壓力 = 大氣壓力 - h mmHg



壓力的單位

❁ $1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 76\text{cmHg}$
 $= 760\text{torr}$
 $= 101325\text{Pa}(=\text{N}/\text{m}^2)$
 $= 101.3\text{kPa}$
 $= 29.92\text{inHg}$
 $= 14.7\text{psi}(=\text{lb}_f/\text{in}^2)$
 $= 1.013\text{bar} = 1013\text{mbar}$
 $= 10.336\text{mH}_2\text{O}$
 $= 1.0336\text{Kg}_f/\text{cm}^2$



溫度

✿ 氣體的溫度是氣體粒子平均動能的量度。

✿ 溫度越高，表示氣體粒子的平均動能越大。

✿ 絕對零度時，氣體的平均動能為零。

✿ 溫度計是測量溫度的儀器

✿ 常用的溫標有攝氏溫標、華氏溫標及絕對溫標

攝氏溫標、華氏溫標及絕對溫的關係

$$t(^{\circ}F) = t(^{\circ}C) \times \frac{9}{5} + 32$$

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



波以耳定律(Boyle's Law)

在定溫下，一定量的氣體體積
與氣體壓力成反比。

$$V \propto 1/P$$

可寫成 $PV=k$ (k 為常數)

或 $P_1V_1=P_2V_2$

波以耳定律圖示



查理定律(Charle's Law)

在定壓下，一定量的氣體體積
與絕對溫度成正比。

$$V \propto 1/P$$

可寫成

$$V/T=k$$

(k 為常數)

或

$$V_1/T_1=V_2/T_2$$

查理定律圖示



給呂薩克定律

在定壓下，一定量的氣體溫度
每升高 1°C ，其體積即增加 0°C 的體
積的 $1/273$

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}\right)$$

可寫成

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

給呂薩克定律圖示



亞佛加厥定律(Avogadro's Law)

在同溫同壓同體積下，任何氣體含有同數目的分子。

一莫耳任何氣體含有 6.02×10^{23} 個分子， 6.02×10^{23} 為亞佛加厥常數。

$$V \propto n$$

可寫成

$$V = kn$$

(k 為常數)

或

$$V_1/n_1 = V_2/n_2$$

理想氣體定律

由以上各定律歸納得到理想氣體方程式：

$$PV = nRT$$

假設：

1. 氣體分子自身體積為零
2. 分子間無作用力



理想氣體(一)

凡是符合理想氣體方程式之氣體，就稱為理想氣體。

理想氣體分子的特性：

- ✿ 氣體質量是所含各分子質量的總和。
- ✿ 氣體體積是所含各分子間之全部空間。
(分子自身體積視為零)
- ✿ 溫度在絕對零度以上時，分子不斷地在運動，在碰撞之前，分子的運動是直線的。
- ✿ 各分子向各方向任意運動。

理想氣體(二)

理想氣體分子的特性(續)：

- ✿ 各分子的平均動能與絕對溫度成正比。
- ✿ 兩氣體分子碰撞前後，總動能與總能量不變。
- ✿ 在任一溫度、壓力時，等體積的不同氣體含有等數目的分子。
- ✿ 分子間沒有作用力存在。

理想氣體的應用

✿ 測氣體或揮發性液體的分子量

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

$$\Rightarrow M = \frac{WRT}{PV}$$

✿ 測任意狀況下的氣體密度

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

$$\Rightarrow PM = \frac{W}{V} RT = dRT$$



實際氣體(一)

沒有完全符合理想氣體方程式之氣體，
一般氣體在**高溫**、**低壓**下，其特性較接近理想氣體。

實際氣體與理想氣體之偏差：

- ❁ 在高壓時 --- 氣體體積縮小，分子密集在一起，分子自身體積無法視為零。
- ❁ 在低溫時 --- 分子平均動能降低，分子較靠近，分子間的作用力無法忽略。

實際氣體(二)

1873年凡得瓦對實際氣體與理想氣體之偏差予以調整。

凡得瓦方程式：

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

a, b ：凡得瓦常數

實際氣體(三)

表一 凡得瓦常數

氣體	a (liter ² ·atm/mol ²)	b (liter/mol)
H ₂	0.244	0.0266
He	0.0341	0.0237
N ₂	1.39	0.0391
O ₂	1.36	0.0318
Cl ₂	6.49	0.0562
NH ₃	4.17	0.0371
CO	1.49	0.0399
CO ₂	3.59	0.0427

理想氣體與真實氣體的比較

理想氣體	真實氣體
分子為一質點	高溫低壓下接近理想氣體
分子本身不具體積	分子本身具體積
分子間無作用力	分子間有引力存在
分子為完全彈性體	分子非彈性體
分子為直線運動	分子運動略為曲線
遵循 $PV=nRT$	不遵守 $PV=nRT$

道耳吞分壓定律(一)

兩種或兩種以上氣體共盛於同一容器中，如不發生化學變化，則各氣體之分壓與其單獨佔有該容器時之壓力相等。混合氣體之總壓力等於各氣體分壓之和。

道耳吞分壓定律只適用於理想氣體

道耳吞分壓定律(二)

✿表示法：

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots$$

✿各分成分氣體分壓求法：

$$P_i = P_t \times X_i = P_t \times \frac{n_i}{n_t}$$



道耳吞分壓定律的修正與應用

✿ 混合前後氣體體積不同 $P_t V_t = P_1 V_1 + P_2 V_2 + \dots$

✿ 混合氣體起反應：利用化學計量法，
先扣除完全反應的氣體

✿ 由分壓定律可推知氣體的分壓比、莫耳分率比、莫耳數比、分子數比都相等

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{X_1}{X_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

例題

❁ 將壓力為300mmHg的氫氣500毫升和壓力為400mmHg的氮500毫升及壓力為700mmHg的氨氣20毫升共置於一容積為1000毫升的容器中，求此混合氣體的壓力？

$$\because P_1V_1 = P_2V_2$$

$$300 \times 500 = P_{H_2} \times 1000 \therefore P_{H_2} = 150 \text{ mmHg}$$

$$400 \times 500 = P_{N_2} \times 1000 \therefore P_{N_2} = 200 \text{ mmHg}$$

$$20 \times 700 = P_{NH_3} \times 1000 \therefore P_{NH_3} = 14 \text{ mmHg}$$



水面上收集氣體時壓力的校正

✿ 乾燥氣體的壓力 = 大氣壓力 - 該溫度下的飽和水蒸汽壓力 ± 液面差壓力

✿ 瓶內外液面高度相等

$$P_{gas} = P_{atm} - P_{H_2O}$$

✿ 瓶內液面較外面低

$$P_{gas} = P_{atm} - P_{H_2O} + \frac{h}{13.6}$$

✿ 瓶內液面較外面高

$$P_{gas} = P_{atm} - P_{H_2O} - \frac{h}{13.6}$$



例題

❁ 在 17°C ， 750mmHg 下，於水面收集氧 200mL ，瓶內水面較瓶外水面低 4cm ，求乾燥氧的分壓及STP下氧的體積？(17°C 水的蒸氣壓 $=14.5\text{mmHg}$)

$$(1) P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{H}_2\text{O}} + \frac{h}{13.6}$$

$$= 750 - 14.5 + \frac{40}{13.6} = 738.4\text{mmHg}$$

$$(2) \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{738.4 \times 200}{273 + 17} = \frac{760 \times V_2}{273}$$

$$\therefore V_2 = 183\text{mL}$$

格銳目擴散定律 (Graham's law of diffusion)

在同溫同壓下，兩種不同氣體的擴散速率與其密度的平方根成反比。

即

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{D_2}}{\sqrt{D_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}}$$

例題

❁ 某一狀況下，每升氫氣重0.08克，每升氧氣重1.28克，求氫對氧的擴散速率的比？

❁ 解：

$$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{1.28}{0.08}} = 4$$