

物体的状态

- 相(Phase)

- 表示物体的状态，任何具有相同成分和相同物理、化学性质的均匀部分
- 例如：固相、液相、气相
- 同一种物质处于不同的相时，表现出不同的性质

固体(solid phase)	液体(liquid phase)	气体(gas phase)
具有一定的体积和一定的形状的刚性硬物，组成固体的分子、离子或原子的空间位置相对固定	可流动物质，在容器中可维持一定的形状而测出体积	有流动性，可以被压缩，没有固定的形状和体积，能产生压强，和密度较小

波义耳定律(Boyle's law)

- 在温度不变时，密闭容器中一定质量的气体的体积 (V) 和它的压强 (p) 成反比, $V \propto \frac{1}{p}$
- 增大气体压强，气体体积则减少；减小气体体积，气体压强则增大
- $pV = k$, k 为比例常数 (是恒量)
- 公式: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$ 或 $p_1V_1 = p_2V_2$
- 缺点: 当压强很大，温度很低，分子间距离缩短，分子间作用力增大,波义耳定律就不适用了

查理定律 (Charles's law)

- 一定质量某种气体，在压强不变的情况下，它的体积跟热力学温度成正比。
- 温度每升高或降低 1°C，增大或减小的体积等于它在 0°C 时体积的 $\frac{1}{273}$
- $\frac{V}{T} = k$, k 为比例常数 (是恒量)
- 公式: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$, T 的 SI 单位是 k, $T = (273+t) k$
- 缺点: 不适合用于压强不太大，温度不太低的气体

压强定律 (Pressure Law)

- 当体积不变时，一定质量的气体的压强随温度升高而增大
- 一定质量的气体，在体积保持不变的情况下，温度每升高或降低 1°C，增大或减小的压强等于它在 0°C 时体积的 $\frac{1}{273}$
- $\frac{P}{T} = k$, k 为比例常数 (是恒量)
- 公式: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$, T 的 SI 单位是 k, $T = (273+t) k$

格雷姆扩散定律 (Graham's law of diffusion)

- 气体分子的扩散：气体分子间距离较大，分子间作用力较小，气体分子不停地做无规则运动，尽量充满它所能到达的空间

- 不同的气体分子扩散的速率不同
- 在温度和压强不变时，气体的扩散速率与它的密度的平方根成反比
- 公式： $v = k\sqrt{\frac{1}{\rho}}$
- a、b 两种气体的扩散速率关系： $\frac{v_a}{v_b} = \sqrt{\frac{\rho_b}{\rho_a}}$
- 气体密度与摩尔质量成正比关系： $\frac{v_a}{v_b} = \sqrt{\frac{M_b}{M_a}}$

盖·吕萨克定律 (Gay-Lussac's law)

- 在化学反应中，如果温度与压强保持不变，参加反应的和生成的各种气体之间的体积互成简单的整数比
- 例: 1 体积氮气和 3 个体积氢气反应生成 2 个体积氨气

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

$$V_{N_2}:V_{H_2}:V_{NH_3} = 1:3:2$$
- 缺点：只适用于气体物质，只在同温同压下测量气体体积

气体摩尔体积 (molar volume of gas)

- 1mol 任何微粒的数目是相同的，但是质量不同
- 对固态和液态，1mol 物质的体积是不同的，因为构成微粒间距离很小，体积主要取决于原子、分子或离子的大小，而不同物质的原子、分子或离子的大小是不同的，所有体积不同
- 1mol 气体在标准状况所占据的体积是相同的，原因：气体分子间有较大的距离，气体体积主要取决于分子间的平均距离，而不是分子的大小
- 气体摩尔体积，以 V_m 表示，单位 $L \cdot mol^{-1}$ ，在标准状况下 (273K, 101kPa) ,1mol 任何气体所占据的体积约为 22.4L ($22.4L \cdot mol^{-1}$)

阿伏伽德罗定律 (Avogadro's law)

- 气体分子间距离与温度和压强有关
- 气体体积热胀冷缩，温度升高时，气体分子间距离增大，所有体积增大；温度降低时，气体分子间距离减小，气体体积减小
- 增大压强时，气体分子间距离减小，气体体积减小；减小压强时，气体分子间的距离增大，气体体积增大
- 同温同压下，具有相同分子数的任何气体具有相同的体积；反之，相同体积的任何气体具有相同的分子数
- 公式： $\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$
 - 气体的物质的量(n), 气体分子数(N),阿伏伽德罗常数 (N_A) 之间的关系： $n = \frac{N}{N_A} \dots(1)$
 - 气体的物质的量(n), 体积(V),气体摩尔体积 (V_m) 之间的关系： $n = \frac{V}{V_m} \dots(2)$
 - (1)和(2)得阿伏伽德罗定律： $\frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m}$

理想气体 (Ideal gas)

- 不存在，知识实际气体在一定程度上的近似

○ 两个特征:

- 气体分子间得平均距离很大, 分子间作用力 (互相吸引或排斥) 很小, 可以忽略不计
- 气体分子的体积很小 (跟气体分子间的距离相比或与气体所占据的体积相比), 可以把它当作没有体积的质点

理想气体	真实气体
分子具有质量, 但分子本身无体积 视为 点体	分子具有质量, 亦有体积 视为 球体
分子间无作用力, 无吸引力或排斥力	分子间具有吸引力或排斥力
分子能自由运动, 为完全弹性碰撞	分子间不能完全自由运动
降低温度或加大压力, 也不能液化; 因其分子间无作用力, 永远为气体	降低温度或加大压力, 可使其液化; 因其分子间有作用力, 可发生相变
在任何情况下, $\frac{PV}{nRT} = 1$	在任何情况下, $\frac{PV}{nRT} \neq 1$

- 对一定质量的理想气体来说, 气体状态的三个物理量 (压强、温度和体积) 往往是同时发生变化的, 如果温度保持不变, 波义耳定律说明 ($pV = k$), 如果压强保持不变, 查理定律说明 ($\frac{V}{T} = k$), 如果体积不变, 压强定律说明 ($\frac{P}{T} = k$), 因此理想气体状态方程式为 $\frac{PV}{T} = R$
- R 为气体常数(gas constant), 对于 1mol 理想气体, $\frac{PV}{T} = R$, $pV = RT$; 对于 n mol 气体来说, 在标准状况下占据的体积为 nV, 因此 $pV = nRT$
- 若质量为 m g 的某种理想气体, 它的摩尔质量为 M g mol⁻¹, 该气体的物质的量为 $n = \frac{m}{M} \text{ mol}$, 因此 $pV = \frac{m}{M} RT$
- 理想气体状态方程式(ideal gas equation): $pV = nRT$, 只要温度不要太低或压强不要太大, 这方程式对一半气体都适用

道尔顿分压定律(Dalton's law of partial pressure)

- 一般情况下, 大多数气体为混合气体, 若混合气体的各组分之间不发生化学反应, 则在高温低压下可看作理想气体混合物
- 不发生化学反应的气体混合所产生的压强是总压强 P_T , 某种气体单独占有该容器所产生的压强为分压强 P_i
- 在温度和体积不变时, 混合气体的总压强等于各组分气体分压强之和

$$p_T V = n_T RT \dots (1)$$

$$n_T = n_A + n_B \dots (2) \text{ [A、B 为两种气体]}$$

$$p_A V = n_A RT \dots (3)$$

$$p_B V = n_B RT \dots (4)$$

$$(3) \& (4) \div (1)$$

$$\frac{p_A}{p_T} = \frac{n_A}{n_T} \text{ 或 } p_A = p_T \times \frac{n_A}{n_T}$$

$$\frac{p_B}{p_T} = \frac{n_B}{n_T} \text{ 或 } p_B = p_T \times \frac{n_B}{n_T}$$

可写成: $\frac{p_i}{p_T} = \frac{n_i}{n_T}$ 或 $p_i = p_T \times \frac{n_i}{n_T}$, $\frac{n_i}{n_T}$ 表示气体 i 的物质的量与全部气体的总物质的量之比, 也称为摩尔分数, 符号为 x_i

- 在混合气体中, 各组分的摩尔分数之和为 1

$$x_A + x_B = \frac{n_A}{n_T} + \frac{n_B}{n_T} = \frac{n_T}{n_T} = 1$$

- 分体积定律(law of partial volume): 当总压强和温度不变时, 混合体积的总体积等于该混合体积的各种气体的分体积之和
- 分体积是混合气体中某一组分单独占有的体积, 以 V_i 表示
- $V_T = V_A + V_B + V_C$, 因此 $p_i = P_T \times \frac{V_i}{V_T}$ 或 $V_i = V_T \times \frac{p_i}{P_T}$ 或 $V_i = V_T \times \frac{n_i}{n_T}$

气体分子运动论(kinetic molecular theory of gases)

基本假设	<ul style="list-style-type: none"> ○ 气体是由分子组成, 由于分子很小, 气体分子的体积与整个气体的体积相比较下可以忽略不计, 因此气体分子可以当作没有体积的质点 ○ 气体分子做快速而不规则的运动 ○ 把气体看作完全弹性体, 当气体分子之间碰撞或与器壁碰撞时, 没有能量损失 ○ 大量分子相各个不同方向不停运动, 器壁单位面积所承受的碰撞作用力为气体的压强 ○ 气体分子间作用力很小, 可忽略不计 	
气体行为的解释	波义耳定律	体积与压强的关系是一致的 气体对容器内壁的压强由快速运动的气体分子对器壁的碰撞照成 压强与单位时间内撞击器壁的分子数成正比, 碰撞次数增加, 压强也增加
	查理定律	压强保持不变, 一定质量的气体温度升高时, 气体的体积相对增大 温度升高时, 分子平均速率增大, 碰撞器壁的冲量增加, 压强增大, 但由于体积增大, 单位内分子数减少, 所有压强有减小的倾向, 因此压强保持不变
	格雷姆扩散定律	相同的温度下, 不同气体的分子具有相同的平均动能 质量小的分子比质量大的分子速率高
	道尔顿分压定律	气体混合物的总压强是各种气体的分压强之和

真实气体 (Real gas)

- 真实气体与理想气体状态方程式之间有差异的原因
 - 分子的体积很小, 但分子之间占有空间
 - 分子之间作用力很小, 但仍然存在
- 范德华的真实气体状态方程式(van der Waals equation): $(p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$, 适合用于 1 mol 的真实气体, a、b 为与气体种类有关的特性常数

相的变化 (phase change)

- 相变：三相之间可以相互转化，如汽化、凝结、凝华、升华、凝固、熔化

汽化、凝结	<p>汽化(vaporisation): 液相转化为气相的过程 分子之间距离增大, 需克服分子之间作用力 汽化热: 液体达到一定温度后, 额外的能量用来克服分子间作用力 摩尔汽化热(molar heat of vaporization): 1mol 的液体在压强、温度不变的情况下完全汽化时吸收的热量 凝结(condensation): 气相转化为液相的过程, 与汽化过程相反 摩尔凝结热(molar heat of condensation): 1mol 的气体在压强、温度不变情况下完全凝结释放出来的热量 一种物质的摩尔凝结热等于摩尔汽化热, 在一个大气压下, 放出而热量为负数-40.7kJ mol^{-1}, 吸收的热量为正数$+40.7\text{kJ mol}^{-1}$</p>
蒸发、沸腾	<p>蒸发(evaporation): 在水的表面进行, 任何温度下, 在液体的表面, 一些动能较大的分子能够克服其他分子的引力, 飞出液面成气态分子 沸腾(boiling): 液体的内部和表面同时进行剧烈的汽化现象, 必先达到液体的沸点</p>
蒸气压	<ul style="list-style-type: none"> 在密闭容器中, 水不断蒸发, 液面上水蒸气分子密度不断增加, 回到水中的分子数目也逐渐增多, 最后密度达到一定程度, 密度不再增加, 水也不再减少, 液相和气相达到动态平衡, 这时的蒸气压强成饱和蒸气压(saturated vapour pressure) 同一种物质的饱和蒸气压随温度升高而增大, 原因 <ul style="list-style-type: none"> 温度升高时, 更多液体汽化成气体, 饱和蒸气的密度增大, 压强增大 温度升高时, 气体分子热运动平均速率增大, 压强增大 不同物质有不同蒸气压, 如相同温度下, 酒精的饱和蒸气压大于水的饱和蒸气压
熔化、凝固	<p>熔化(fusion): 固相转化为液相的过程 摩尔熔化热(molar heat of fusion): 1mol 固体在压强、温度不变情况下完全熔化时吸收的热量, 一大气压, 0°C 之下冰的摩尔熔化热为$+6.004\text{mol}^{-1}$ 凝固(solidification): 液相转化为固相的过程, 与熔化相反 摩尔凝固热(molar heat of solidification): 1mol 液体在压强、温度不变情况下完全凝固时释放的热量, 一大气压, 0°C 之下冰的摩尔熔化热为-6.004mol^{-1}</p>

1. 某个容器的体积是 10L，所装气体的压强是 $20 \times 10^5 Pa$ 。如果温度保持不变，把容器的开关打开后，容器里剩余的气体是原来的百分之几？（大气压： $1.01 \times 10^5 Pa$ ）
2. 讲一段封闭的均匀直玻璃管开口向下竖直插入水银槽中，当管顶距槽中水银面 8cm 是，管内水银面底 2cm，要使管内水银面与管外水银面高 2cm,应该将玻璃管竖直向上提多少厘米？（大气压强为 76cm Hg）

3. 在同温同压条件下，比较氢气与氧气的扩散速率

SJUEC.COM

4. 在一定温度与压强下，1 体积的 X_2 与 3 体积的 Y_2 化合成 2 体积的化合物 A，求化合物 A 的化学式

5. 3.5g 氮气的物质的量是多少？在标准状况下，这些氮气体积是多少升？

6. 在标准状况下, 0.56L 氧气的质量是多少克?

7. 在标准状况下, 某气体的密度为 1.69gL^{-1} , 该气体的摩尔质量是多少?

8. 13g 的锌与足量的盐酸完全反应, 在标准状况下可生成多少体积的氢气?



9. 在标准状况下, 25 克氧气的体积是多少升?

10. 某工厂氢气储罐的体积为 $1.00 \times 10^3\text{m}^3$, 允许压强为 $5.00 \times 10^6\text{Pa}$. 设氢气为理想气体, 在温度 25°C 时, 该储罐最多可以储存多少千克氢气?

11. 体积为 30L 的钢瓶内装有氢气，假定在气焊过程中，钢瓶温度保持 27°C 不变，当钢瓶内的压强由 $4.9 \times 10^6 \text{Pa}$ 降为 $9.8 \times 10^5 \text{Pa}$ 时，共用去多少氢气？

12. 在温度 87°C、压强为 720mm Hg 时，400mL 某有机物蒸气的质量为 0.744g，求该有机物的相对分子量。（ $1.01 \times 10^5 \text{Pa} = 760 \text{mmHg}$ ）

13. 在 27°C 时，体积为 10L 的容器内含有 14g 氮气和 3g 氢气，假定气体为理想气体计算

a. 氮气和氢气的摩尔分数

b. 混合气体的总压强

c. 氮气和氢气的分压强

14. 在 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$ 和 20°C 时，用排水集气法收集氢气 28.4mL，已知在 20°C 时水的饱和蒸气压为 $2.33 \times 10^3 \text{Pa}$ ，除去水蒸气后，干燥氢气的体积是多少？