

# 气体动理论第2讲

## ——理想气体的压强 温度和能量 均分定理

### 主要内容

- 理想气体的压强
- 理想气体的温度
- 能量按自由度均分定理

系统：孤立系统、封闭系统、开放系统  
外界

$$N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

分子的作用半径： $R \sim 10^{-9} \text{ m}$

分子的有效直径： $d \sim 10^{-10} \text{ m}$

平衡态

热平衡

热力学第零定律

体积、压强、温度

状态方程

温  
标

理想气体温标:  $T = 273.16 \frac{PV}{P_3 V_3} (K)$

摄氏温标:  $t = T - 273.15 (^\circ C)$

热力学第三定律

理想气体模型

理想气体状态方程

$$PV = \nu RT$$

$$P = nkT$$

$$R = 8.31 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23} J / K$$

# 一、理想气体的压强

## 1、分子集体的统计性假设

- 每个分子运动速度各不相同
- 分子按位置的分布是均匀的

$$n = \frac{dN}{dV} = \frac{N}{V}$$

- 分子速度按方向的分布是均匀的

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2},$$

## 2、理想气体压强公式的推导

设容器边长为  $l_1$ 、 $l_2$  和  $l_3$ ，  
内有  $N$  个质量同为  $m$  的气体分子。

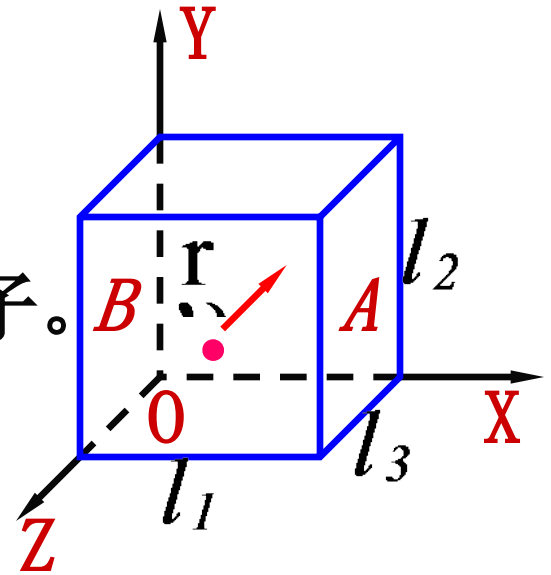
第  $i$  个分子以  $\underline{r}$  与 **A** 面碰，速度变为  $\underline{r}'$ ，

完全弹性： $U'_{ix} = -U_{ix}$ ， $U'_{iy} = U_{iy}$ ， $U'_{iz} = U_{iz}$

第  $i$  个分子碰 **A** 一次，予以 **A** 的冲量： $2mU_{ix}$

$\Delta t$  时间内，第  $i$  个分子与 **A** 面碰撞的次数：

$$\frac{U_{ix} \Delta t}{2l_1}$$



$\Delta t$  时间内，第  $i$  个分子予以  $A$  的冲量：

$$2m v_{ix} \cdot \frac{v_{ix} \Delta t}{2l_1} = \frac{m v_{ix}^2 \Delta t}{l_1}$$

$\Delta t$  时间内，全部  $N$  个分子对  $A$  的冲量：

$$\sum_{i=1}^N \frac{m v_{ix}^2 \Delta t}{l_1} = \frac{m}{l_1} \left( \sum_{i=1}^N v_{ix}^2 \right) \Delta t$$

全部  $N$  个分子对  $A$  面的平均连续冲力：

$$\bar{f}_x = \frac{m}{l_1} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2$$



压强  $P_x = \frac{\bar{f}_x}{l_2 l_3} = \frac{m}{l_1 l_2 l_3} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2 = \frac{N}{V} m \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2 \right).$

$$V = l_1 l_2 l_3, \quad n = \frac{N}{V}, \quad \overline{v_x^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2.$$

$$P_x = nm \overline{v_x^2}.$$

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}, \quad \text{其中 } \overline{v^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2$$

$$P_x = P_y = P_z = P. \quad P = \frac{1}{3} nm \overline{v^2}$$

分子的平均平动动能:  $\overline{\varepsilon_k} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$



$$P = \frac{2}{3} n \bar{\varepsilon}_k$$

### 3、压强的统计意义

P: 宏观量;

$n$ 、 $\bar{\varepsilon}_k$ 、 $\overline{v^2}$ : 微观量的统计平均值;

压强是大量分子对器壁碰撞的统计平均的成果，是对大量分子就空间、时间求平均。

不能直接用试验验证。

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2} kT$$



## 二、理想气体的温度

### 1、理想气体的温度

$$PV = \frac{M}{\mu} RT = \frac{Nm}{N_A m} RT = N \frac{R}{N_A} T = NkT$$

$$\longrightarrow P = nkT$$

利用  $P = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_k$  , 得  $\bar{\epsilon}_k = \frac{3}{2} kT$

### 2、温度的统计意义

温度标志了大量分子热运动的剧烈程度。(平均)  
单个分子的温度 ? ? ?

### 3、阿伏加德罗定律和道尔顿分压定律

1) **阿伏加德罗定律**: 同温同压下, 相同体积的任何理想气体所含的分子数相同。

$$P = nkT \longrightarrow n = \frac{P}{kT} \longrightarrow$$

$$N = \frac{PV}{kT}$$

2) **道尔顿分压定律**: 混合气体的压强, 等于一样温度、一样体积条件下各成份单独存在时的压强之和。

$$P = nkT = \left( \sum_i n_i \right) kT = \sum_i (n_i kT) = \sum_i P_i$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/206242141052010230>