

一 理想气体的微观模型

1) 分子可视为质点；线度 $d \sim 10^{-10}$ m, 间距 $r \sim 10^{-9}$ m, $d \ll r$;

2) 除碰撞瞬间，分子间无相互作用力；

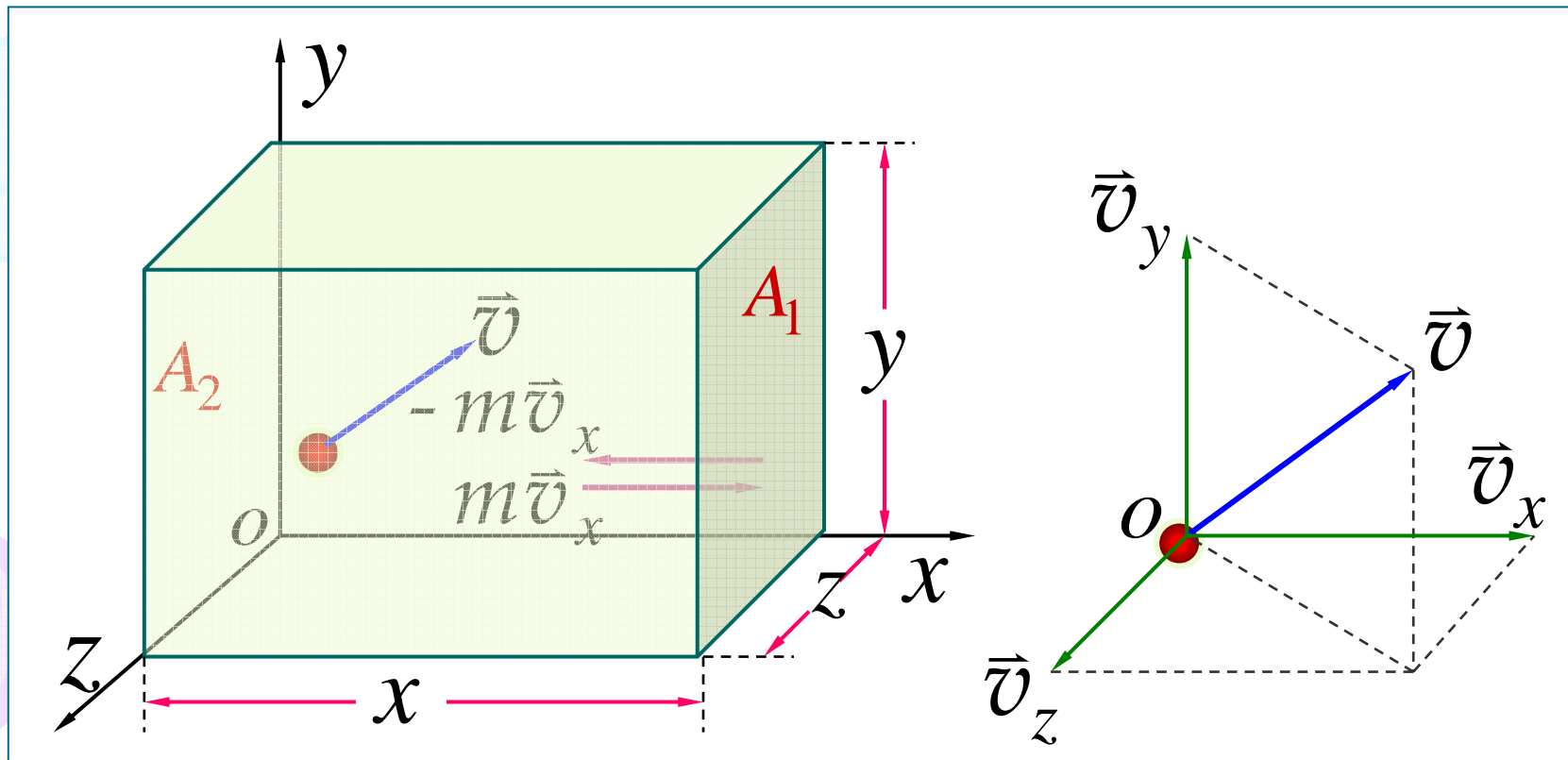
3) 弹性质点（碰撞均为完全弹性碰撞）；

4) 分子的运动遵从经典力学的规律。



二 理想气体压强公式

设边长分别为 x 、 y 及 z 的长方体中有 N 个全同的质量为 m 的气体分子，计算 A_1 壁面所受压强。



单个分子对器壁碰撞特性：偶然性、不连续性。

大量分子对器壁碰撞的总效果：恒定的、持续的力的作用。

热动平衡的统计规律（平衡态）

1) 分子按位置的分布是均匀的

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

2) 分子各方向运动概率均等

分子运动速度

$$\vec{v}_i = v_{ix}\vec{i} + v_{iy}\vec{j} + v_{iz}\vec{k}$$

2) 分子各方向运动概率均等

分子运动速度 $\vec{v}_i = v_{ix}\vec{i} + v_{iy}\vec{j} + v_{iz}\vec{k}$

各方向运动概率均等

$$\overline{v_x} = \overline{v_y} = \overline{v_z} = 0$$

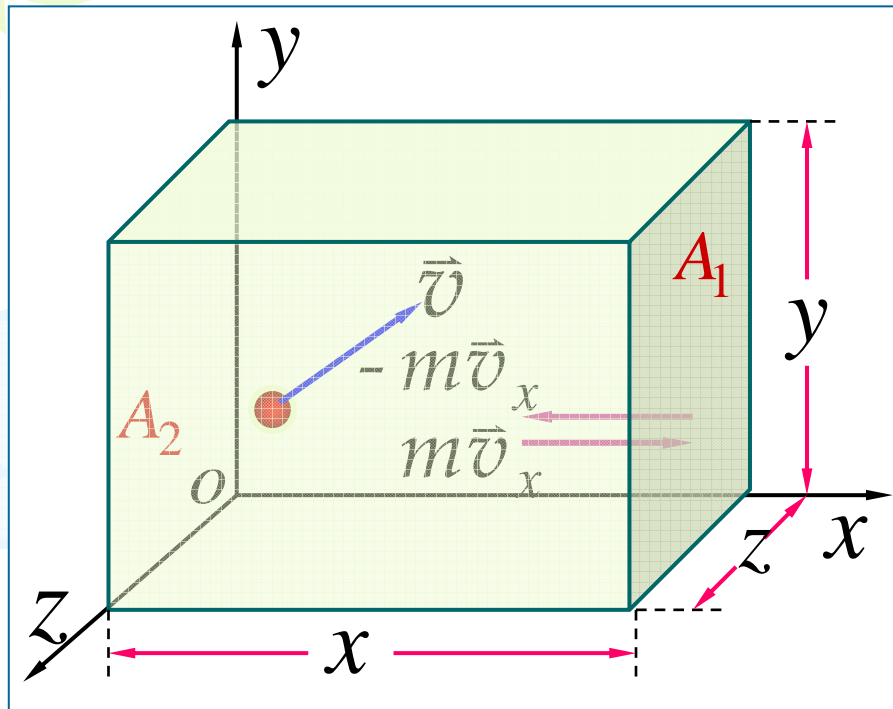
x方向速度平方的平均值 $\overline{v_x^2} = \frac{1}{N} \sum_i v_{ix}^2$

各方向运动概率均等

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



◆ 单个分子遵循力学规律

 x 方向动量变化

$$\Delta p_{ix} = -2m v_{ix}$$

分子施于器壁的冲量

$$2m v_{ix}$$

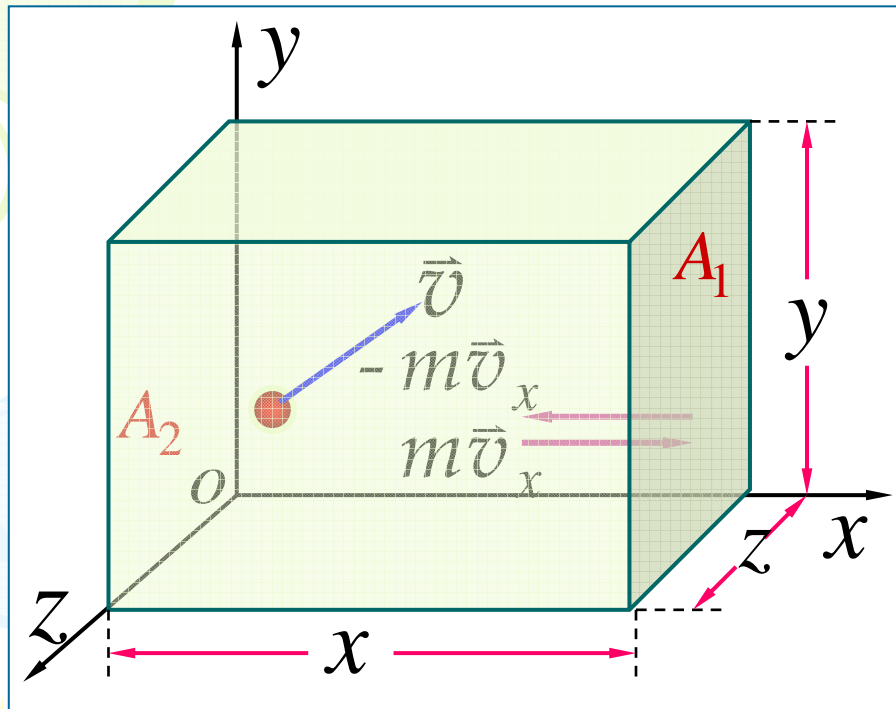
两次碰撞间隔时间

$$2x / v_{ix}$$

单位时间碰撞次数 $v_{ix} / 2x$

单个分子单位时间施于器壁的冲量

$$m v_{ix}^2 / x$$



单个分子单位时间
施于器壁的冲量

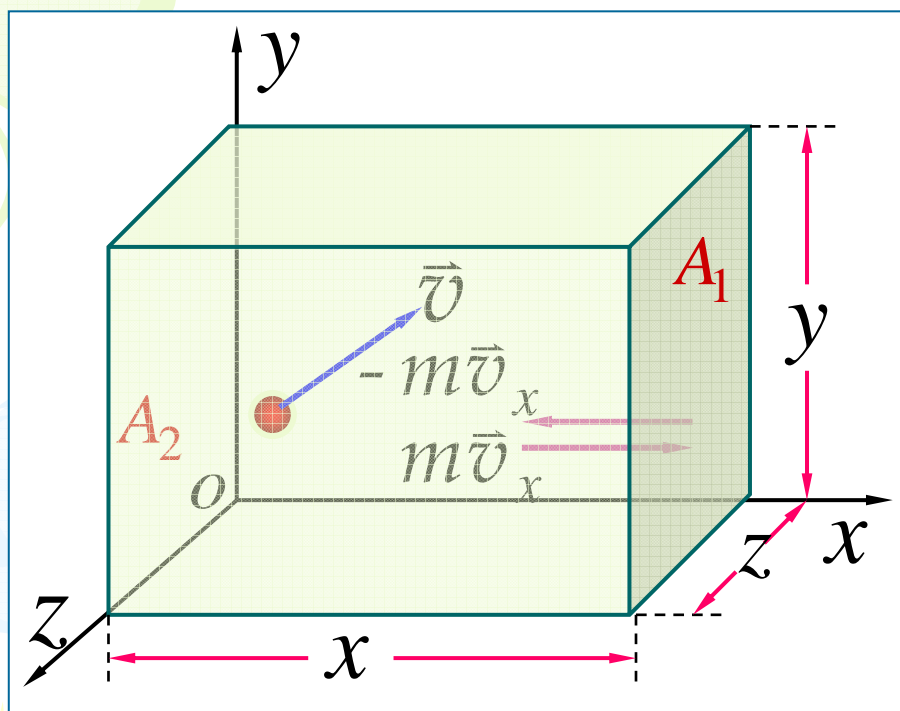
$$m v_{ix}^2 / x$$

◆ 大量分子总效应

单位时间 N 个粒子
对器壁总冲量

$$\sum_i \frac{m v_{ix}^2}{x} = \frac{m}{x} \sum_i v_{ix}^2 = \frac{Nm}{x} \sum_i \frac{v_{ix}^2}{N} = \frac{Nm}{x} \overline{v_x^2}$$

器壁 A_1 所受平均冲力 $\bar{F} = \overline{v_x^2} Nm / x$



器壁 A_1 所受平均冲力

$$\bar{F} = \overline{v_x^2} Nm/x$$

气体压强

$$p = \frac{\bar{F}}{yz} = \frac{Nm}{xyz} \overline{v_x^2}$$

统计规律

$$n = \frac{N}{xyz}$$

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

分子平均平动动能

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$$

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

压强的物理意义

统计关系式

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

宏观可测量量

微观量的统计平均值

分子平均平动动能

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$$

◆ 压强是大量分子对时间、对面积的统计平均结果。

问 为何在推导气体压强公式时不考虑分子间的碰撞？