

气体动理论

气体分子热运动与统计规律

对物质微观结构的基本认识

一切宏观物体都是由大量粒子——分子或者原子构成的

所有分子都在不停地做无规则运动

分子间存在相互作用力

分子热运动的统计规律

大量气体分子整体按位置的分布是均匀的

大量气体分子按速度方向的分布是均匀的

$\bar{v} = 0$

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

理想气体的压强和温度

理想气体的微观模型

分子可以视为质点

除碰撞的瞬间，气体分子之间以及气体分子与器壁之间无相互作用

分子之间以及分子与器壁之间的碰撞都是完全弹性的

理想气体的压强

气体的压强就是无规则运动的大量分子撞击器壁时，作用于器壁单位面积上的平均冲力或单位时间作用于器壁单位面积上的平均冲量

平均平动动能

$\overline{\epsilon_t} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$

$p = \frac{2}{3} n \overline{\epsilon_t}$

理想气体的温度

$\overline{\epsilon_t} = \frac{3}{2} kT$

温度的微观本质

温度越高，反映分子平均平动动能越大，分子无规则热运动越剧烈

能量按自由度均分定理

分子运动的自由度

单原子分子: i=3

双原子分子(刚性): i=5

多原子分子 (刚性) : i=6 (特例: 二氧化碳的自由度为5)

能量按自由度均分定理

处于温度为T的平衡态气体分子的任何一种运动形式的每一个自由度的平均动能都相等且等于1/2kT

$\overline{\epsilon_{\text{单}}} = \frac{i}{2} kT$

理想气体的内能和摩尔热容

理想气体的内能

$\Delta E = \nu \frac{i}{2} R (T_2 - T_1)$

定体摩尔热容

$C_{V,m} = \frac{i}{2} R$

定压摩尔热容

$C_{p,m} = \frac{i+2}{2} R$

比热比

$\gamma = \frac{C_{p,m}}{C_{V,m}} = \frac{i+2}{i}$

麦克斯韦速率分布律

速率分布函数

$f(v) = \frac{dN}{Ndv}$

f(v)表示速率v附近单位速率间隔的分子数占总分子数的比率

麦克斯韦速率分布函数

$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mv^2}{2kT}}$

三种统计速率

最概然速率

$v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \approx 1.414 \sqrt{\frac{RT}{M}}$

平均速率

$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \approx 1.60 \sqrt{\frac{RT}{M}}$

方均根速率

$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \approx 1.732 \sqrt{\frac{RT}{M}}$

气体分子的平均自由程

平均碰撞频率

单位时间内一个分子平均与其他分子碰撞的次数

$\bar{Z} = \sqrt{2} n \bar{v} \lambda$

平均自由程

分子在连续两次碰撞之间自由运动的平均路程

$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n \bar{v}}$