

热学1 气体分子动理论

基本内容和基本要求

1.分子热运动的图象

大量、无规

❖ 分子数目之多

❖ 分子运动之剧烈

❖ 分子碰撞之频繁

❖ 分子有效直径

2. 三个统计规律

- ❖ 能量按自由度均分定理
- ❖ 麦氏速率分布与玻氏分布
- ❖ 分子的平均自由程

3. 两个推导

- ❖ 理想气体压强公式
- ❖ 刚性理气内能公式

讨论题目

1.对一定量的气体来说，当温度不变时，气体的压强随体积的减小而增大；当体积不变时，压强随温度的升高而增大。从宏观来看，这两种变化同样使压强增大，从微观来看它们有何区别？

2.试指出下列各式所表示的物理意义

$$\frac{1}{2}kT \quad \frac{i}{2}RT \quad \frac{i}{2}\nu RT \quad \frac{3}{2}kT$$

3.一个分子的平均平动动能 $\bar{\varepsilon}_t = \frac{3}{2}kT$

应如何理解？

对于一个分子，能否根据此式计算它的动能？

4.如果盛有气体的容器相对某个坐标系匀速运动，容器内的分子速度相对坐标系也增大了，温度也因此升高吗？

5.在相同温度下氢气和氧气的速率分布是否一样？试在同一张图上定性画出两种气体各自的麦氏速率分布曲线。

6.最概然速率和平均速率的物理意义各是什么？有人认为最概然速率就是速率分布中的最大速率，对不对？

7. 一定质量的气体，保持容积不变,当温度增加时分子运动得更剧烈，因而平均碰撞次数增多，平均自由程是否也因此而减少？为什么？

8.试说明下列各式的物理含义

$$1) \quad \frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv} \quad 2) \quad N f(v) dv$$

$$3) \quad f(\vec{r}, \vec{v}) \quad 4) \quad 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}} dv$$

9. 试述以下各式意义

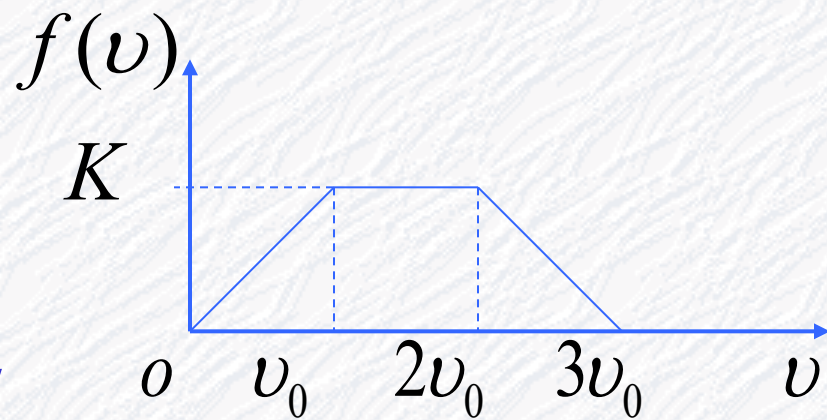
$$(1) \int_{v_p}^{\infty} N f(v) dv$$

$$(2) \int_0^{\infty} \frac{1}{2} m v^2 f(v) dv$$

$$(3) \bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv$$

计算题目

1. 含有 N 个粒子的系统，
其速率分布函数如图所示，
图中 K 是一待定常数，



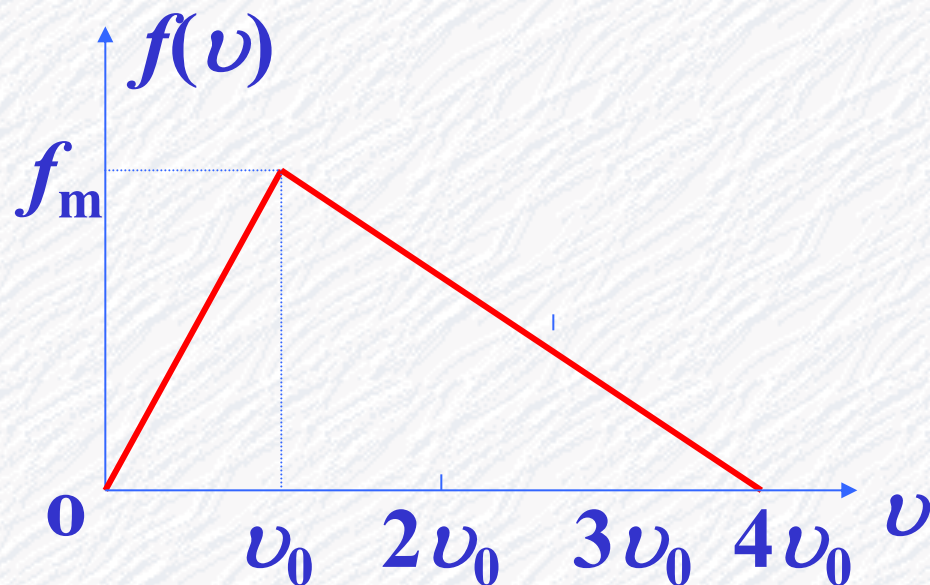
- 1) 写出该系统速率分布函数的表达式；
 - 2) 求速率在 v_0 到 $2v_0$ 区间的分子数；
 - 3) 由速率分布函数计算系统的速率平均值
- 您能利用图示进行简便的计算吗？

3. 已知速率分布曲线如图

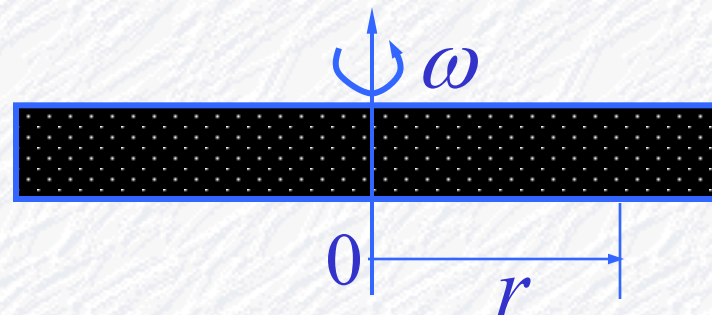
求：(1) 速率分布函数的极大值 f_m ;

(2) $0.5\nu_0 \sim 2.5\nu_0$ 间的分子数;

(3) 分子的平均速率.



4. 一装有气体的容器以角速度 ω 绕竖直轴
在水平面内均匀旋转 已知分子质量为 m
求 气体分子数密度沿
径向分布的规律



5.作布朗运动的微观系统可看作是在浮力

- $mg \rho_0 / \rho$ 和重力场的作用下达到平衡态的巨分子系统，设 m 为粒子的质量， ρ 为粒子的密度， ρ_0 为粒子在其中漂浮的流体的密度，并令

$z = 0$ 处势能为 0，粒子数密度为 n_0 。

求：在 z 为任意值处的粒子数密度 n

6.水蒸汽分解成同温度的氢气和氧气，内能增加了百分之几？（不计振动自由度）

课后练习

1. 说明 “刚性理想气体内能公式”

$$E = \frac{i}{2} \nu RT \text{ 的推导思路}$$

2.简述范德瓦耳斯方程导出的基本思路。从该例，您能说点什么体会吗？

3.从微观意义上说明真空的概念

4. 金属自由电子模型指出，金属中的价电子是无相互作用的自由电子。在 $T=0\text{K}$ 时，自由电子的速度可表示为在速度空间中的一个费米球，球的半径是 v_F ，称为费米速率(与金属种类有关)

即，电子速率状态处于费米球外的概率密度为0，处于球内的概率密度是常数 D 。

求：1)写出自由电子速率分布函数；
2)平均速率和方均根速率

概率密度：单位体积概率