

# 北京大学本科生考试试题专用纸

考试课程：热学

2021 年 4 月 2 日

学号	班级	姓名

**注意：请将所有题目的答案写在答题纸上！**

1. （本题 10 分）

理想气体的温度为 $T$ 。分子质量为 $m$ ，用 $v_x, v_y, v_z$ 分别表示一个气体分子速度的三个分量。已知分子速度分量之间无关联，每个速度分量的概率密度分布为

$$\phi(v_i) = \begin{cases} \frac{1}{2v_m}, & |v_i| \leq v_m \\ 0, & |v_i| > v_m \end{cases} \quad (i = x, y, z)$$

其中常数 $v_m > 0$ 。对于 $v_y - v_x > 0$ 的分子，求 $\overline{v_x v_y}$ 。

2. （本题 10 分）

一天早上室内的温度是 $25^\circ\text{C}$ 时停止供暖，室外气温为 $-10^\circ\text{C}$ 。40 分钟后房内温度降到 $20^\circ\text{C}$ ，再经多长时间房内温度将降至 $15^\circ\text{C}$ ？

3. （本题 10 分）

密度为 $\rho$ 的非常稀薄气体中平行放置两片薄板 $A, B$ ，这两片薄板间距离 $L$ ，分别以速率 $v_A, v_B$ 沿平行板方向运动，气体分子的平均速率为 $\bar{v}$ 。求分别作用在两块板上单位面积的粘滞力。

4. （本题 10 分）

用 $1\text{mol}$ 范德瓦尔斯气体作为测温物质。保持压强与临界点压强相同，定义温标

$$t = \frac{V}{V_0} - 1$$

其中 $V_0$ 为临界点体积。求此温标与理想气温标的关系。

5. （本题 10 分）

$A, B, C$ 三个热力学系统的压强和体积分别是 $p_A, V_A; p_B, V_B; p_C, V_C$ 。当 $A$ 和 $B$ 处于热平衡时满足

$$p_A V_A - a p_A - p_C V_C = 0,$$

$B$ 与 $C$ 处于热平衡时满足

$$p_B V_B - p_C V_C + \frac{b p_C V_C}{V_B} = 0,$$

其中 $a, b$ 为常数。求：（1）各系统的状态方程；（2） $A$ 与 $B$ 处于热平衡时满足的关系式。

6. (本题 15 分)

半径为 $R$ 、厚度为 $L$ 的圆盒绕其中心轴以角频率 $\Omega$ 转动。盒内充有分子量为 $\mu$ 的理想气体, 气体质量为 $M$ , 温度为 $T$ 。在圆盒轴心处开一半径为 $r$ 小圆孔( $r \ll R$ ), 假设温度不变, 求盒内剩余气体质量随时间的变化关系。

7. (本题 15 分)

容器内一个带电粒子体系, 粒子电荷为 $e$ , 置于沿 $z$ 方向的均匀恒定电场 $E$ 中, 在温度 $T$ 下达到稳恒。假设粒子沿电场的平均漂移速度 $\bar{v} = \mu E$ , 其中迁移率 $\mu$ 为常数。求此体系的扩散系数。

8. (本题 10 分)

理想气体中放进一个质量为 $M$ 、半径为 $R$ 的“宏观小”颗粒, 求颗粒自由程的概率密度分布。假设气体的温度为 $T$ , 气体分子数密度为 $n$ , 质量为 $m$ , 分子半径远小于 $R$ , 气体与颗粒间是弹性碰撞。

9. (本题 10 分)

似乎可以用两种方法计算地面的大气压强(为简单起见, 假设地面是平的, 大气由同种分子组成并且各处温度相同): (1) 如果大气的总质量是 $M$ , 地球表面积是 $S$ , 重力加速度为 $g$ , 则 $P = Mg / S$ 。由此得出的地面大气压强与大

气的温度无关; (2)  $P = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}_t$ , 其中 $n$ 和 $\bar{\epsilon}_t$ 分别是地面附近的大气分子数密

度和平均动能。说明这两种计算方法的结果是否一致?