

中国科学技术大学 2024-2025 学年第二学期本科生期末考试

热学(A)

满分 100 分, 考试时间: 6 月 15 日 8:30 - 10:30.

本试卷为回忆版, 题目表述与原卷严重不符, 仅代表个人看法.

一、单选题: 每题 3 分, 共 15 分.

1. (3 分)

在一个无限小的准静态过程中, 外界对磁介质做功可表示为 $dW = \mu_0 H dM$. 式中 H 为外磁场, M 为介质的总磁矩, $M = mV$, m 为磁化强度, μ_0 为真空磁导率. 磁介质的总磁矩 M 和内能 U 分别为 $M = \frac{aH}{T}$, $U = C_M T$, 则磁场不变时的热容量 $C_H =$

- A. $C_M + \mu_0 \frac{aH^2}{T^2}$ B. $C_M - \mu_0 \frac{aH^2}{T^2}$ C. $C_M + \mu_0 \frac{aH^2}{2T^2}$ D. $C_M - \mu_0 \frac{aH^2}{T}$

2. (3 分)

将 1kg 初温 0°C 的水和 100°C 的热源接触, 水温达到 100°C 时, 系统的总熵变为

- A. 1304 J/K B. 1120 J/K C. 0 J/K D. 184 J/K

3. (3 分)

液氦的在 4.2K 时的饱和蒸汽压为 760mmHg, 在 1.2K 时的饱和蒸汽压为 1mmHg, 试估算这一温度区间内液氦的平均汽化热.

- A. 213 J/K B. 40 J/K C. 93 J/mol D. 61J/K

4. (3 分)

用 1atm 的空气吹一个半径 2.5cm 的肥皂泡, 估算外界做功. 已知表面张力系数 $\alpha = 4.4 \times 10^{-2} \text{ N/m}$.

- A. $1 \times 10^{-3} \text{ J}$ B. $2 \times 10^{-3} \text{ J}$ C. $3 \times 10^{-3} \text{ J}$ D. $4 \times 10^{-3} \text{ J}$

5. (3 分)

密闭容器内装有一定量的同种理想气体, 其平均碰撞频率为 Z , 平均自由程为 λ . 降低容器温度, 下列说法正确的是.

- A. Z 减小, λ 不变 B. Z 和 λ 都减小 C. Z 不变, λ 减小 D. Z 和 λ 都不变

二、计算题：6 小题，共 85 分.

6. (10 分)

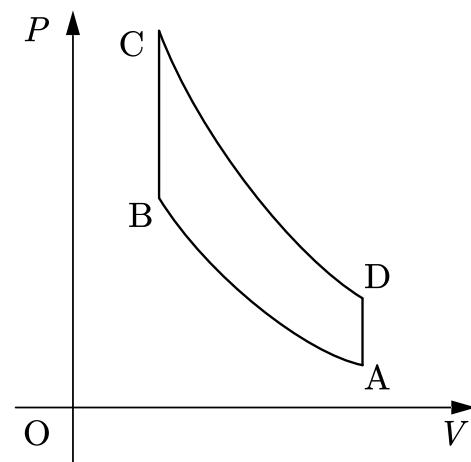
密闭绝热容器装有一定量标准状态的氦气，以 20m/s 的速度匀速运动。现在容器突然静止，一段时间后系统重新达到平衡态。忽略容器的热容。

(1) 估算氦气温度的变化；

(2) 估算气体对容器壁压强的变化。

7. (14 分)

考虑如图所示的循环过程，其中 A, B, C 点的温度分别为 T_1 , T_2 , T_3 ，连接 AB 和 CD 的过程为多方过程，多方指数 $n > 1$ ，其余为等容过程。求循环效率。



8. (16 分)

现有 0°C 的冰 0.5kg 和 23°C 的水 2.5kg . 将二者直接混合, 最终温度为 T_1 ; 通过可逆热机在二者间做功, 最终温度为 T_2 . 证明 $T_2 - T_1 \approx 0.7\text{K}$. 已知水的比热为 1 kCal/kg , 冰的熔化热为 80 kCal/kg .

9. (15 分)

已知稀薄气体的发射光谱是离散的. 密闭容器中装有一定量质量为 m , 温度为 T 的稀薄气体, 发出波长为 λ_0 的辐射. 已知对于以速度 u_x 朝向接收器运动的分子, 接收器收到的辐射波长为 $\lambda = \lambda_0 (1 - \frac{u_x}{c})$.

(1) 求出接收到波长的分布函数;

(2) 计算波长的方均偏差 $\sqrt{(\lambda - \lambda_0)^2}$, 并估算其量级.

10. (20 分)

一艘失事飞船的舱壁被撞出一个面积 A 小洞，洞的线度远小于舱内气体平均自由程。假设飞船体积为 V ，舱内充满质量为 m 的理想双原子分子气体，初始时刻压强为 P_0 ，温度为 T_0 。

- (1) 假设飞船内温度保持不变，求压强随时间的变化 $P(t)$ ，并求出压强降低到原来 $\frac{1}{5}$ 经过的时间；
- (2) 求出泄流分子的平均动能；
- (3) 利用 (2) 的结果，重新求解压强随时间的变化 $P(t)$ 。

11. (10 分)

已知水的等温压缩系数为 κ ，表面张力系数为 σ . ($\kappa = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p}$)

- (1) 求出半径为 r 水滴的密度；
- (2) 已知水在 $4^{\circ}C$ 的等温压缩系数为 $\kappa = 4.5 \times 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$ ，表面张力系数为 $\sigma = 7.28 \times 10^{-2} \text{ N/m}$ ，计算水滴的密度。