

一、选择题(共 30 分, 每题 3 分)

(A) (B) (C) (D) (B) (D) (C) (C) (B) (B)

二、填空题(共 30 分)

1. 20 m/s 3 分, 2. 18 N · s 3 分

3. 75, 5 s 2 分, 4. $J_A (\omega_A - \omega) / \omega$ 3 分5. 分布在 $v_p \sim \infty$ 速率区间的分子数在总分子数中占的百分率 2 分

分子平动动能的平均值. 2 分

6. 802 Hz 3 分 7. 637.5 Hz, 566.7 Hz 4 分

8. 照射光波长, 圆孔的直径 2 分, 9. 不变, 增加 2 分

10. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}}$, $E_K = mc^2 - m_0c^2$ 4 分

三、计算题(共 40 分, 每题 10 分)

1. 解:

(1) 以子弹和圆盘为系统, 在子弹击中圆盘过程中, 对轴 O 的角动量守恒. 1 分

$$mv_0R = \left(\frac{1}{2}MR^2 + mR^2\right)\omega \quad 2 \text{ 分}$$

$$\omega = \frac{mv_0}{\left(\frac{1}{2}M + m\right)R} \quad 1 \text{ 分}$$

(2) 设 σ 表示圆盘单位面积的质量, 可求出圆盘所受水平面的摩擦力矩的大小

$$\text{为 } M_f = \int_0^R r\mu g\sigma \cdot 2\pi r dr = (2/3)\pi\mu\sigma gR^3 = (2/3)\mu MgR \quad 2 \text{ 分}$$

设经过 Δt 时间圆盘停止转动, 则按角动量定理有

$$-M_f\Delta t = 0 - J\omega = -\left(\frac{1}{2}MR^2 + mR^2\right)\omega = -mv_0R \quad 2 \text{ 分}$$

$$\therefore \Delta t = \frac{mv_0R}{M_f} = \frac{mv_0R}{(2/3)\mu MgR} = \frac{3mv_0}{2\mu Mg} \quad 2 \text{ 分}$$

2. 解: 设 O 处振动方程为 $y_0 = A\cos(\omega t + \phi)$ 当 $t=0$ 时, $y_0=0$, $v_0<0$, $\therefore \phi = \frac{1}{2}\pi$

$$\therefore y_0 = A\cos\left(\omega t + \frac{1}{2}\pi\right) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{故入射波表达式为 } y = A\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad 2 \text{ 分}$$

在 O' 处入射波引起的振动方程为

$$y_1 = A\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{7}{4}\lambda\right) = A\cos(\omega t - \pi)$$

由于 M 是波密媒质反射面, 所以 O' 处反射波振动有一个相位的突变 π .

$$\therefore y'_1 = A\cos(\omega t - \pi + \pi) = A\cos\omega t$$

$$\text{反射波表达式 } y' = A\cos\left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}(\overline{OO'} - x)\right] = A\cos\left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{7}{4}\lambda - x\right)\right]$$

$$= A\cos\left[\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2}\right] \quad 2 \text{ 分}$$

合成波为
$$y = y + y' = A \cos[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2}] + A \cos[\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \frac{\pi}{2}]$$

$$= 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda}x \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$
 2 分

将 P 点坐标 $x = \frac{7}{4}\lambda - \frac{1}{4}\lambda = \frac{3}{2}\lambda$ 代入上述方程得 P 点的振动方程

$$y = -2A \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$
 2 分

3. 解: $\because a+b = (1/300) \text{ mm} = 3.33 \mu\text{m}$ 1 分

(1) $(a+b) \sin \psi = k\lambda$

$\therefore k\lambda = (a+b) \sin 24.46^\circ = 1.38 \mu\text{m}$

$\therefore \lambda_R = 0.63 - 0.76 \mu\text{m}; \lambda_B = 0.43 - 0.49 \mu\text{m}$

对于红光, 取 $k=2$, 则 $\lambda_R = 0.69 \mu\text{m}$ 2 分

对于蓝光, 取 $k=3$, 则 $\lambda_B = 0.46 \mu\text{m}$ 1 分

红光最大级次 $k_{\max} = (a+b) / \lambda_R = 4.8$, 1 分

取 $k_{\max}=4$ 则红光的第 4 级与蓝光的第 6 级还会重合. 设重合处的衍射角为 ψ' , 则

$$\sin \psi' = 4\lambda_R / (a+b) = 0.828$$

$\therefore \psi' = 55.9^\circ$ 2 分

(2) 红光的第二、四级与蓝光重合, 且最多只能看到四级, 所以纯红光谱的第一、三级将出现.

$$\sin \psi_1 = \lambda_R / (a+b) = 0.207 \quad \psi_1 = 11.9^\circ$$
 2 分

$$\sin \psi_3 = 3\lambda_R / (a+b) = 0.621 \quad \psi_3 = 38.4^\circ$$
 1 分

4. 解: (1) 系统开始处于标准状态 a , 活塞从 $I \rightarrow III$ 为绝热压缩过程, 终态为 b ; 活塞从 $III \rightarrow II$ 为等压膨胀过程, 终态为 c ; 活塞从 $II \rightarrow I$ 为绝热膨胀过程, 终态为 d ; 除去绝热材料系统恢复至原态 a , 该过程为等体过程. 该循环过程在 $p-V$ 图上对应的曲线如图所示. 图 3 分

(2) 由题意可知 $p_a = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_a = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $T_a = 273 \text{ K}$, $V_b = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $V_c = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.
 ab 为绝热过程, 据绝热过程方程 $T_a V_a^{\gamma-1} = T_b V_b^{\gamma-1}$, ($\gamma = 7/5$), 得

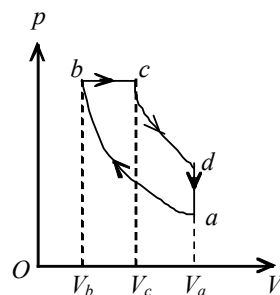
$$T_b = \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1} T_a = 424 \text{ K}$$
 1 分

bc 为等压过程, 据等压过程方程 $T_b / V_b = T_c / V_c$ 得

$$T_c = \frac{V_c T_b}{V_b} = 848 \text{ K}$$
 1 分

cd 为绝热过程, 据绝热过程方程 $T_c V_c^{\gamma-1} = T_d V_d^{\gamma-1}$, ($V_d = V_a$), 得

$$T_d = \left(\frac{V_c}{V_d}\right)^{\gamma-1} T_c = 721 \text{ K}$$
 1 分



(3) 在本题循环过程中 ab 和 cd 为绝热过程, 不与外界交换热量; bc 为等压膨胀过程, 吸收热量为

$$Q_{bc} = \nu C_p (T_c - T_b) \quad \text{式中 } C_p = \frac{7}{2} R. \text{ 又据理想气体状态方程有 } p_a V_a = \nu R T_a, \text{ 可得}$$

$$Q_{bc} = \frac{7}{2} \cdot \frac{p_a V_a}{T_a} (T_c - T_b) = 1.65 \times 10^3 \text{ J}$$
 2 分

da 为等体降温过程, 放出热量为 $|Q_{da}| = \nu C_v (T_d - T_a) = \frac{5}{2} \cdot \frac{p_a V_a}{T_a} (T_d - T_a) = 1.24 \times 10^2 \text{ J}$ 2 分