

大学物理 A (2) A 卷参考答案及评分标准

本门课程总评成绩由两部分组成：平时成绩和期末考试成绩，其中平时成绩占总分 40%，期末考试成绩占总分 60%。

期末考试成绩的评定：

1. 判断题和单项选择题凡是答对的给满分，答错的不给分。
2. 计算题按步骤给分，具体分数分布情况见参考答案及评分标准（含附加题）。

一、判断题（每小题 2 分，共计 20 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	T	T	F	F	F	F	T	T	F	F

二、选择题（每小题 3 分，共计 24 分）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8
答案	A	B	D	C	C	B	A	C

计算题（共 56 分）

三. (8 分)

解：由 $\nu = 30\text{Hz}$, $u = 60\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 可知 $\lambda = u / \nu = 2\text{m}$; (2 分)

$$NP=5\text{m}, MP=10\text{m}$$

M 、 N 处的波在 P 点处的相位差为：

$$\Delta\varphi = \varphi_N - \varphi_M - \frac{2\pi}{\lambda}(NP - MP) = -6\pi \quad (5 \text{ 分})$$

所以 P 点处合振动的振幅为

$$A' = 2A = 2\text{cm} \quad (1 \text{ 分})$$

四. (8分)

解: 由理想气体内能公式 $E = \nu \frac{i}{2} RT$,

(3分)

理想气体物态方程 $p = nkT$,

(3分)

以及 $R = N_A k$,

(1分)

可知理想气体内能为 $E = \frac{5N_A p}{n}$ 。

(1分)

五. (8分)

解: (1) 由洛伦兹变换可知 $\Delta x' = \frac{\Delta x - v\Delta t}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$,

由题可知 $\Delta x' = 0$, $\Delta t = 1.0 \times 10^{-6} \text{ s}$, $\Delta x = 240 \text{ m}$, 所以

$$v = 2.4 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0.8c$$

(4分)

(2) 由洛伦兹变换可知 $\Delta t' = \frac{\Delta t - \frac{v}{c^2} \Delta x}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$

由题可知 $\Delta t = 1.0 \times 10^{-6} \text{ s}$, $\Delta x = 240 \text{ m}$, 所以

$$\Delta t' = 6.0 \times 10^{-7} \text{ s}$$

(4分)

六. (16分)

解: (1) 由光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$,

(4分)

且已知 $d = 3.6 \times 10^{-6} \text{ m}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$, $k = 1$, 所以衍射角为

$$\theta = \arcsin \frac{\lambda}{d} = \arcsin 0.138。$$

(2分)

(2) 由衍射暗纹条件 $b \sin \theta = k'\lambda$ 和光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$, 以及已知第二级、第四级主明纹缺级, 可知 $\frac{b}{d} = \frac{1}{2}$, 所以 $b = \frac{1}{2}d = 1.8 \times 10^{-6} \text{ m}$ 。

(4分)

(3) 衍射角为 90° 时可得: $d = k_m \lambda$,

$$k_m = 7.2,$$

(4分)

所以可见的谱线级数为 $0, \pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$ 。

(2分)

七. (16分)

解: (1) $Q_{\text{吸}} = Q_{BC} = \nu C_{p,M} (T_C - T_B) = (C_{V,M} + R)(T_C - T_B)$ (4分)

(2) $Q_{\text{放}} = Q_{DA} = \nu C_{V,M} (T_A - T_D) = C_{V,M} (T_A - T_D)$ (3分)

热机效率为 $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{放}}}{Q_{\text{吸}}} = 1 - \frac{|Q_{BC}|}{Q_{DA}} = 1 - \gamma \frac{(T_H - T_C)}{(T_A - T_D)}$ (5分)

(3) 有绝热过程方程可得 $p_A^{\gamma-1} T_A^{-\gamma} = p_B^{\gamma-1} T_B^{-\gamma}$,

所以 $p_B = p_A \left(\frac{T_A}{T_B} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ (2分)

由物态方程 $pV = \nu RT$, 可得

$V_B = \frac{R}{p_A} \frac{T_B^{\frac{-1}{\gamma-1}}}{T_A^{\frac{-\gamma}{\gamma-1}}}$ (2分)

附加题 (30分)

1. (12分)

解: 有一维势阱薛定谔方程 $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2mE}{h^2}\psi = 0$, 设 $k = \sqrt{\frac{8\pi^2mE}{h^2}}$, 则有

$\frac{d^2\psi}{dx^2} + k^2\psi = 0$, (2分)

给出通解 $\psi = A \sin kx + B \cos kx$ (1分)

代入边界条件: $x = -a, \psi = 0$; $x = a, \psi = 0$, 则有

$\begin{matrix} A \sin ka + B \cos ka = 0 \\ -A \sin ka + B \cos ka = 0 \end{matrix}$, 由此可得 $\begin{matrix} A \sin ka = 0 \\ B \cos ka = 0 \end{matrix}$,

由于 A, B 不能同时为零, 所以可得下列两组解:

(1) $A = 0, \cos ka = 0$

(2) $B = 0, \sin ka = 0$

由此可知 $ka = n \frac{\pi}{2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. n 为奇数时对应第一组解, n 为偶数时对应第二组解. (2分)

所以对应的两组波函数解为:

$$(1) \psi_n = \begin{cases} A \sin \frac{n\pi}{2a} x, & n \text{ 为偶数}, |x| < a; \\ 0, & |x| \geq a; \end{cases}$$

$$(2) \psi_n = \begin{cases} B \cos \frac{n\pi}{2a} x, & n \text{ 为奇数}, |x| < a; \\ 0, & |x| \geq a; \end{cases}$$

$$\text{合并两组解可得: } \psi_n = \begin{cases} A' \sin \frac{n\pi}{2a} (x+a), & |x| < a; \\ 0, & |x| \geq a; \end{cases} \quad (3\text{分})$$

利用归一化条件 $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$, 可得 $A' = \frac{1}{\sqrt{a}}$, 因此波函数为:

$$\psi_n = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{a}} \sin \frac{n\pi}{2a} (x+a), & |x| < a; \\ 0, & |x| \geq a; \end{cases} \quad (2\text{分})$$

$$\text{能量为: } E = \frac{n^2 h^2}{32 a^2 m}。$$

2. (18分)

解: 由热力学第一定律和理想气体状态方程可得

$$\begin{cases} \nu C dT = \nu C_v dT + p dV \\ p dV + V dp = \nu R dT \end{cases}$$

由上式消去 dT 则有

$$\frac{C - C_v}{R} = \frac{p dV}{p dV + V dp}$$

$$\text{即 } (C - C_v) p dV + (C - C_v) V dp = R p dV$$

$$\text{由于 } C_p = C_v + R,$$

故得

$$\frac{C - C_p}{C_v - C} \frac{dV}{V} = \frac{dp}{p} \quad (5分)$$

由题可知

$$C = \frac{V_0 - 2\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)V}{V_0 - 4V} C_p$$

并利用 $C_p = \gamma C_v$, 可得

$$\frac{dV}{V - \frac{V_0}{2}} = \frac{dp}{p} \quad (3分)$$

设 $V = V_0$, $T = T_0$ 时, $p = p_0$, 对上式积分得,

$$\ln \frac{V - \frac{V_0}{2}}{V_0 - \frac{V_0}{2}} = \ln \frac{p}{p_0}$$

所以该过程的过程方程为:

$$p = \frac{2p_0}{V_0} V - p_0 \quad (4分)$$

由物态方程可得,

$$p_0 = \frac{\nu RT_0}{V_0} \quad (2分)$$

气体从 V_0 变化到 $2V_0$ 的过程中对外所做的功:

$$W = \int_{V_0}^{2V_0} p dV = \frac{2p_0}{V_0} \frac{1}{2} (4V_0^2 - V_0^2) - p_0 (2V_0 - V_0) = 2\nu RT_0 \quad (4分)$$