

2011 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (每小题 4 分, 共 40 分)

1、B; 2、B; 3、D; 4、A; 5、B; 6、D; 7、D; 8、C; 9、C; 10、D。

二、填空题 (每题 5 分, 共 50 分)

1、 $\frac{M+m}{M}g$; 2、 $-\frac{1}{2}mR^2\omega^2$; 3、 4.0×10^5 ; 4、 $\frac{3}{2}mv^2$; 5、 $\sqrt{\frac{2}{3}}$;

6、 $\frac{\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2}{m_1 + m_2}$; 7、 $4w$; 8、 $\lambda/4n$; 9、 $\sqrt{3}$; 10、1676J

二、 计算题 (每小题 15 分, 共 60 分)

1、解: (1) 由动量矩定理

$$Fl\Delta t = J\omega_2 - J\omega_1 = J\omega \quad (3 \text{ 分})$$

$$\omega = \frac{Fl\Delta t}{J} = \frac{3F\Delta t}{mL} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 由机械能守恒 (2 分)

$$\frac{1}{2}J\omega^2 = mg\Delta h_c \quad (3 \text{ 分})$$

$$\Delta h_c = \frac{3F^2\Delta t^2}{2m^2g} \quad (2 \text{ 分})$$

棒端上升高度: $H = 2\Delta h_c = \frac{3F^2\Delta t^2}{m^2g} \quad (3 \text{ 分})$

2、 解: (1) 由题意, 弦线两端为驻波波节, 故弦中共有 4 个波节

而: $T = \frac{1}{400}s \quad \lambda = vT = \frac{320}{400} = 0.8(m)$

故弦线长: $L = 3\frac{\lambda}{2} = 1.2(m) \quad (5 \text{ 分})$

(2) 驻波标准表达式: $y = A \cos(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_1) \cos(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_2)$

由题意: $A = 0.30\text{cm}$

弦线中央应该是一个波腹, 即

$$\left| A \cos(\frac{2\pi}{\lambda} \times 0 + \varphi_1) \right| = A$$

$$\therefore \varphi_1 = 0$$

因为开始计时时, 原点在 $(-A)$ 处, 故: $\varphi_2 = \pi$

(或 $\varphi_1 = \pi, \varphi_2 = 0$, 都给分)

驻波表达式: $y = 0.3 \cos \frac{2\pi}{0.8} x \cos(800\pi t + \pi) \text{cm}$ (5 分)

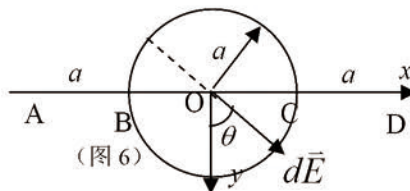
(3) 驻波由相向传播的两个行波叠加而成, 而行波平均能量密度:

$$w = \frac{1}{2} \eta A_1^2 \omega^2 \quad A_1 = \frac{A}{2}$$

故, 弦线中储存的波的能量:

$$W = 2 \times w \times L = \frac{1}{4} \eta A^2 4\pi^2 \nu^2 L = 0.34(\text{J}) \quad (5 \text{ 分})$$

3、解: (1) 根据对称性分析, 两段带电直线各自在 O 点的电场强度大小相等、方向相反, 相互抵消, 所以只计算带电细线半圆形部分的电场。 (3 分)



取电荷元 $dq = \lambda dl$, 相应的 $d\vec{E}$ 在图中画

出。设 $d\vec{E}$ 和 y 轴夹角为 θ , 其大小 $dE = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

根据对称性分析可知, $E_x = 0$ (2 分)

$$dE_y = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cos\theta = \frac{\lambda a d\theta}{4\pi\epsilon_0 a^2} \cos\theta$$

$$E_y = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\lambda d\theta}{4\pi\epsilon_0 a} \cos\theta = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a}$$

$$\vec{E}_y = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} \vec{j} \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 在带电直线部分任取一电荷元 $dq = \lambda dl$ ，设电荷元至 O 点的距离为 l ，则该电荷元在 O 点电势为

$$dU_1 = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 l}$$

$$U_1 = \int_a^{2a} \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 l} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \ln 2 \quad (2 \text{ 分})$$

半圆型线产生电势 $U_2 = \frac{\lambda \cdot \pi a}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{\lambda}{4\epsilon_0} \quad (2 \text{ 分})$

O 点电势 $U_0 = 2U_1 + U_2 = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} (2\ln 2 + \pi) \quad (2 \text{ 分})$

4、解：利用补偿法，空间磁场为一个没有空腔的大载流柱体和一个流有相反方向电流的小载流柱体共同产生。 (3 分)

由安培环路定理，无限长载流柱体内部： $B = \frac{1}{2} \mu_0 j r$

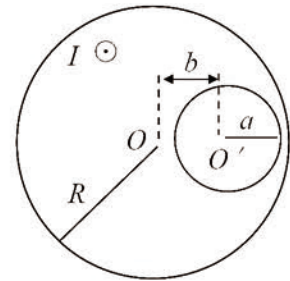
考虑方向： $\vec{B} = \frac{1}{2} \mu_0 \vec{j} \times \vec{r} \quad (4 \text{ 分})$

$$\vec{B}_{O'} = \vec{B}_{O' \text{ 大柱体}} + \vec{B}_{O' \text{ 小圆柱体}} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\vec{B}_{O'} = \frac{1}{2} \mu_0 \vec{j} \times \vec{r} + \frac{1}{2} \mu_0 (-\vec{j}) \times \vec{r}' = \frac{1}{2} \mu_0 \vec{j} \times \overrightarrow{OO'} \quad (2 \text{ 分})$$

由题意： $j = \frac{I}{\pi R^2 - \pi a^2} \quad \overrightarrow{OO'} = b$

且 $\vec{j} \perp \overrightarrow{OO'}$ 故， O' 上的磁感应强度大小 $B_{O'} = \frac{\mu_0 I b}{2\pi(R^2 - a^2)} \quad (4 \text{ 分})$



2012 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (每小题 4 分, 共 40 分)

1、D; 2、C; 3、A; 4、D; 5、A; 6、C; 7、C; 8、A; 9、C; 10、B。

二、填空题 (每题 5 分, 共 50 分)

1、104N; 2、 $\frac{4}{3}\mu\pi mgR$; 3、 $(3p_1+5p_2)/\left(3\frac{p_1}{T_1}+5\frac{p_2}{T_2}\right)$; 4、2%; 5、 $\frac{\sqrt{E_k^2+2E_k m_0 c^2}}{c}$;

6、 $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{6k}{m}}$; 7、 $2\pi\epsilon_0 R$; 8、 $\frac{3}{2}\lambda$; 9、大于; 10、 $\frac{A}{Q}$

二、 计算题 (每小题 15 分, 共 60 分)

1、解: 设粒子在最近点的速度为 v , 距固定点的最短距离为 R 。由反比排斥力的特征, 可知系统的机械能守恒, 故

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{K}{R} \quad (5 \text{ 分})$$

由于对 o 点, 系统不受外力矩, 故角动量守恒, 有

$$mv_0 r_0 = mvR \quad (5 \text{ 分})$$

由两式化简, 得

$$R^2 - \frac{2K}{mv_0^2} R - r_0^2 = 0 \quad (3 \text{ 分})$$

解得

$$R = \frac{K}{mv_0^2} + \left[\left(\frac{K}{mv_0^2} \right)^2 + r_0^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2 \text{ 分})$$

2、解: (1) 物体是在静摩擦力作用下作简谐振动, 所以静摩擦力

$$f = ma = -m\omega^2 x \quad (2 \text{ 分})$$

最大静摩擦力

$$f_{\max} = -\mu mg \quad (2 \text{ 分})$$

物体不致在木板上滑动，必须满足条件 $|ma_{\max}| \leq |f_{\max}|$ ，所以

$$m\omega^2 A \leq \mu mg \quad (1 \text{ 分})$$

$$A \leq \frac{\mu g}{\omega^2} = \frac{\mu g}{4\pi^2 v^2} = \frac{0.50 \times 9.8}{4 \times 3.14^2 \times 2^2} m = 0.031m \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 物体运动到最高点时，加速度最大，方向向下。由牛顿第二定律有

$$ma_{\max} = mg - N \quad (2 \text{ 分})$$

N 是木板对物体的支持力。所以 $N = m(g - a_{\max}) = m(g - \omega^2 A) = m(g - 4\pi^2 v^2 A)$

要使物体保持与板接触，则需 $N > 0$ ，所以 (2 分)

$$g - 4\pi^2 v^2 A > 0$$

$$v < \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} = \frac{1}{2 \times 3.14} \sqrt{\frac{9.8}{0.05}} \text{ Hz} = 2.2 \text{ Hz} \quad (4 \text{ 分})$$

3、解：(1) 在带电圆环任取一电荷元 $dq = \lambda dl$ ，设电荷元至 O 点的距离为 r ，则该电荷元在 O 点电势为

$$dU = \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$U = \int_0^{2\pi R} \frac{\lambda dl}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r} 2\pi R = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{R^2 + x^2}} \quad (7 \text{ 分})$$

(2) 由于带电粒子只在静电力作用下运动，系统机械能守恒。

$$-q' \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{R^2 + l^2}} = \frac{1}{2} mv^2 + (-q' \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{R^2 + x^2}})$$

$$\text{两边对时间求导：} 0 = \frac{1}{2} m 2v \frac{dv}{dt} + (q' \cdot \frac{qx}{4\pi\epsilon_0 (R^2 + x^2)^{3/2}}) \frac{dx}{dt} \approx mv \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 R^3} xv$$

$$\text{整理得：} \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 m R^3} x = 0 \quad \text{这是简谐振动微分方程。}$$

$$\text{显然：} q' \text{ 在做简谐振动。其振动圆频率：} \omega = \sqrt{\frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 m R^3}}$$

$$\text{振动周期: } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 R^3 m}{qq'}} \quad (8 \text{ 分})$$

4、解：(1) 设线圈 B 中的电流为 I，它中心处的磁感应强度为 $B = \frac{\mu_0 N_B I}{2R}$ 式中 N_B 是线圈 B 的匝数，R 是它的半径。置于线圈 B 的中心的小线圈 A 的面积上磁场可认为是均匀的，那么线圈 A 面积上的磁通量

$$\Phi = BS = \frac{\mu_0 N_B IS}{2R} \quad (4 \text{ 分})$$

两线圈的互感即为

$$\begin{aligned} M &= \frac{N_A \Phi}{I} = \frac{\mu_0 N_B N_A S}{2R} \\ &= \frac{4 \times 3.14 \times 10^{-7} \times 100 \times 50 \times 4 \times 10^{-4}}{2 \times 0.20} H \\ &= 6.28 \times 10^{-6} H \end{aligned} \quad (4 \text{ 分})$$

$$(2) \quad N_A \Phi = MI$$

所以

$$\begin{aligned} \frac{d(N_A \Phi)}{dt} &= M \frac{dI}{dt} = 6.28 \times 10^{-6} \times (-50) \text{ Wb} \cdot \text{s}^{-1} \\ &= -3.14 \times 10^{-4} \text{ Wb} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned} \quad (4 \text{ 分})$$

(3) 线圈 A 中的感生电动势

$$\varepsilon = -\frac{d(N_A \Phi)}{dt} = 3.14 \times 10^{-4} V \quad (3 \text{ 分})$$

2013 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (每小题 4 分, 共 40 分)

1、D; 2、C; 3、B; 4、C; 5、A; 6、D; 7、D; 8、A; 9、B; 10、B。

二、填空题 (每题 5 分, 共 50 分)

1、 $x_0 + v_0 t + \frac{1}{12} C t^4$; 2、98N; 3、方均速率与最概然速率平方的差或 $\overline{v^2} - v_p^2$;

4、 \geq ; 5、 $\frac{p^2 c^2 - E_k^2}{2E_k}$; 6、 $\sqrt{120}\text{m/s}$; 7、 $\frac{\sigma^2 \Delta S}{2\varepsilon_0}$; 8、0.4 kg; 9、 $\frac{1}{4}$;

10、 $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln(1 + \frac{b}{d})$

计算题 (每小题 15 分, 共 60 分)

1、解: (1) 设: $t' = t - 2$, 则 O 处质点, $t = 2\text{s}$, 即 $t' = 0$ 时

$$y_0 = A \cos \phi = 0, \quad v_0 = -A\omega \sin \phi > 0$$

所以
$$\phi = -\frac{1}{2}\pi \quad (2 \text{ 分})$$

由题中给出的波形图 $\lambda = 0.4\text{m} \quad u = 0.08\text{m/s}$

又 $T = \lambda / u = (0.40 / 0.08) \text{s} = 5 \text{ s}$

故波动表达式为

$$y = 0.04 \cos[2\pi(\frac{t'}{5} - \frac{x}{0.4}) - \frac{\pi}{2}] = 0.04 \cos[2\pi(\frac{t}{5} - \frac{x}{0.4}) - \frac{13\pi}{10}] \quad (\text{m})$$

或
$$y = 0.04 \cos[2\pi(\frac{t}{5} - \frac{x}{0.4}) + \frac{7\pi}{10}] \quad (\text{m}) \quad (6 \text{ 分})$$

(2) 此时, P 点在平衡位置, 速度大小最大

$$v_p = \frac{2\pi}{T} A = \frac{2\pi}{5} \times 0.04 \approx 0.05(\text{m/s}) \quad (3 \text{ 分})$$

(3) P 处质点的振动方程为

$$y_p = 0.04 \cos[2\pi(\frac{t}{5} - \frac{0.2}{0.4}) - \frac{13\pi}{10}] = 0.04 \cos[2\pi\frac{t}{5} - \frac{3\pi}{10}] \quad (\text{m}) \quad (4 \text{ 分})$$

2、解：当 T_1 和 T_2 都是真空时，从 S_1 和 S_2 来的两束相干光在 O 点的光程差为零。当 T_1 中充入某种气体后，从 S_1 和 S_2 来的两束相干光在 O 点的光程差为 $(n-1)l$ 。 (5 分)

在 T_2 充入气体的过程中，观察到 M 条干涉条纹移过 O 点，即两光束在 O 点的光程差改变了 $M\lambda$ 。故有

$$(n-1)l - 0 = M\lambda \quad (5 \text{ 分})$$

$$n = M\lambda/l + 1 \quad (5 \text{ 分})$$

3、解：电偶极子在均匀电场中受力等于零，受到一阻力矩 $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$ (2 分)

其大小为 $M = pE \sin \theta \approx pE\theta$ 且为阻力矩 (2 分)

由转动定律可知， $-pE\theta = J\beta$ (β 为角加速度) (2 分)

即
$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{pE}{J} \theta = 0 \quad (2 \text{ 分})$$

可见，电偶极子将作简谐振动。其振动圆频率为

$$\omega = \sqrt{pE/J} \quad (2 \text{ 分})$$

电偶极子从静止出发，转动到第一次使 \vec{p} 与 \vec{E} 方向一致，需用四分之一周期的时间，即

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{J}{pE}} \quad (5 \text{ 分})$$

4、解：(1) 直导线产生磁场 $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi x}$

AB 棒运动产生动生电动势

$$\varepsilon = \int_B^A \vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_a^{a+L} v \cdot \frac{\mu_0 i}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 i v}{2\pi} \ln \frac{a+L}{a} \quad (5 \text{ 分})$$

(2) 导体回路中的电流 $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mu_0 i v}{2\pi R} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right)$

导体回路中产生的焦耳热功率

$$N = I^2 R = \left[\frac{\mu_0 i v}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right) \right]^2 \frac{1}{R} \quad (5 \text{ 分})$$

(3) 解法 1: 要保持棒匀速度运动, 所加拉力应等于棒所受安培力大小

$$F = \int_A^B I d\vec{l} \times \vec{B} = \int_a^{a+L} \frac{\mu_0 i v}{2\pi R} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right) \frac{\mu_0 i}{2\pi x} dx = \left[\frac{\mu_0 i}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right) \right]^2 \frac{v}{R}$$

解法 2: 棒向外放出的焦耳热来源于外力做的功:

外力的功率 $P = Fv = N = \left[\frac{\mu_0 i v}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right) \right]^2 \frac{1}{R}$

$$\therefore F = \left[\frac{\mu_0 i}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{L}{a}\right) \right]^2 \frac{v}{R} \quad (4 \text{ 分})$$

方向与速度 v 的方向相同。 (1 分)

2014 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合命题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一. 选择题 (每小题 4 分, 共 40 分)

1、D; 2、B; 3、A; 4、B; 5、B; 6、C; 7、D; 8、A; 9、B; 10、A。

二. 填空题 (每题 5 分, 共 50 分)

1、 mk^2x ; 2、0.9; 3、5s; 4、 $\frac{8p_0V_0}{13R}$; 5、 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mh(\nu - \nu_0)}}$;

6、7:2; 7、 $\sqrt{2}A\cos(\omega t - \frac{\pi}{4})$; 8、1364; 9、 7.78×10^{-4} ; 10、 $\sqrt{\epsilon_0\mu_0}E_M$

三. 计算题 (每小题 15 分, 共 60 分)

1、解: 由题意可知气体处于初态时, 弹簧为原长。当气缸内气体体积由 V_1 膨胀到 V_2 时弹簧被压缩, 压缩量为

$$l = \frac{V_2 - V_1}{S} = 0.1 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

活塞缓慢运动, 任意时刻均受力平衡。

当弹簧的压缩量为 x 时, $pS = p_0S + kx$

此时缸内气体的压强为 $p = p_0 + k\frac{x}{S}$

缸内气体末态的压强为 $p_2 = p_0 + k\frac{l}{S} = 2 \times 10^5 \text{ Pa} \quad (5 \text{ 分})$

缸内气体内能的改变量为

$$\Delta E = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{5}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = 6.25 \times 10^3 \text{ J} \quad (3 \text{ 分})$$

缸内气体对外作的功为

$$W = \int p dV = \int_0^l (p_0 + k\frac{x}{S})S dx = p_0Sl + \frac{1}{2}kl^2 = 750 \text{ J} \quad (3 \text{ 分})$$

缸内气体在这膨胀过程中从外界吸收的热量为

$$Q = \Delta E + W = 6.25 \times 10^3 + 0.75 \times 10^3 = 7 \times 10^3 \text{ J} \quad (3 \text{ 分})$$

2、解：设圆柱形电容器单位长度上带有电荷为 λ ，则两极板间的场强分布为

$$E = \lambda / (2\pi\epsilon r) \quad (3 \text{ 分})$$

设电容器内外两极板半径分别为 r_0 ， R ，则极板间电压为

$$U = \int_r^R \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_r^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{R}{r_0} \quad (3 \text{ 分})$$

电介质中场强最大处在内柱面上，当这里场强达到 E_0 时电容器击穿，应有

$$\lambda = 2\pi\epsilon r_0 E_0 \quad (3 \text{ 分})$$

$$U = r_0 E_0 \ln \frac{R}{r_0}$$

适当选择 r_0 的值，可使 U 有极大值，即令

$$dU/dr_0 = E_0 \ln(R/r_0) - E_0 = 0$$

$$\text{得} \quad r_0 = R/e \quad (3 \text{ 分})$$

显然有 $\frac{d^2 U}{dr_0^2} < 0$ ，故当 $r_0 = R/e$ 时电容器可承受最高的电压

$$U_{\max} = E_0 d / 2e \quad (3 \text{ 分})$$

3、解：(1) 由安培定律： $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$ (2 分)

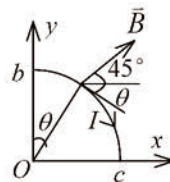
在 bc 弧上任选一段电流元，如图：

$$dF = BIdl \sin(45^\circ + \theta) = BIR \sin(45^\circ + \theta) d\theta$$

方向：垂直于纸面向外。 (3 分)

故， bc 弧所受合力：

$$F = \int_0^{90^\circ} BIR \sin(45^\circ + \theta) d\theta = \sqrt{2} BIR$$



计算题3解图

方向：垂直于纸面向外。 (2 分)

(或：匀强场： $\vec{F} = I \vec{bc} \times \vec{B}$ ，故 $F = \sqrt{2}BIR$ ，方向垂直纸面向外)

由于闭合线圈在均匀磁场中所受合力为零；而导线 ab 、 cd 平行于磁场，不受磁场力，故：

da 弧所受合力： $F' = \sqrt{2}BIR$ ；方向：垂直于纸面向里。 (3 分)

(2) 闭合线圈在均匀磁场中所受力矩：

$$\vec{M} = I\vec{S} \times \vec{B}$$

得： $M = ISB = I(\frac{1}{2}\pi R^2 + R^2)B = \frac{1}{2}(\pi + 2)IBR^2$ (5 分)

4、解：(1) 由于 A 点所在的暗条纹为从棱边算起的第四根，所以：

$$e = 3 \cdot \frac{\lambda}{2} = \frac{3}{2}\lambda \quad (5 \text{ 分})$$

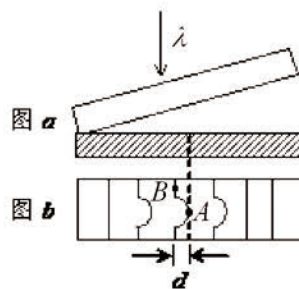
(2) 凸起。 (2 分)

理由：如图 1，劈尖干涉为等厚干涉，同一条暗条纹所对应的薄膜厚度相同，所以 A 点处的空气厚度应与同一根条纹的 B 点相同。而此劈尖的薄膜厚度应从左到右依次增加，如果加工面平整，A 点处的

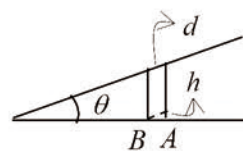
空气厚度应该比 B 点厚，所以此时 A 点应有一个下表面的凸起。 (3 分)

(3) 由图 2 可知： $\frac{h}{d} = \sin \theta \approx \theta$ (3 分)

解得： $h = \theta d$ (2 分)



计算题 4 解图 1



计算题 4 解图 2

2015 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合出题

大学物理参考答案

一、选择题：（每小题 4 分，共 40 分）

1、C； 2、A； 3、A； 4、B； 5、B； 6、D； 7、C； 8、B； 9、D； 10、A。

二、填空题（每小题 5 分，共 50 分）

1、 $\left| \int_0^t \vec{F}(t) dt \right|$ ； 2、 $\frac{mgR^2}{J+mR^2}$ ； 3、 $\frac{J}{mr_c}$ ； 4、 $\frac{\omega}{2}$ ； 5、150；
6、 $\frac{2}{3}(U + \frac{qd}{3\epsilon_0 S})$ ； 7、 $\frac{7\pi}{6\omega}$ ； 8、2:1； 9、 $\frac{I}{2\pi r}$ ； 10、 $\frac{\mu_0 l k}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} I_0 e^{-kt}$

三、计算题（每小题 15 分，共 60 分）

1、解：匀速提升， $T - (10 + 1 - 0.2x)g = 0$ 得 $T = (11 - 0.2x)g$ （5 分）

$$A = \int T dx = \int_0^{10} (11 - 0.2x) \times 9.8 \cdot dx = 980 \text{ J} \quad (10 \text{ 分})$$

2、解：(1) 设过程方程为 $p = kV$ ，则 $dp = k dV$ ，于是有 $p dV = V dp$

对 $pV = \nu RT$ 两边求全微分，得 $p dV + V dp = \nu R dT$

由热力学第一定律： $dQ = dA + dE = p dV + \nu \frac{i}{2} R dT = \frac{1+i}{2} \nu R dT$

$$\text{热容 } C = \frac{dQ}{dT} = \frac{1+i}{2} \nu R \quad (9 \text{ 分})$$

$$(2) \Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \int \frac{\frac{1+i}{2} \nu R dT}{T} = \frac{1+i}{2} \nu R \ln \frac{T_B}{T_A}$$

由 $pV = \nu RT$ 和 $p = kV$ 可得： $\frac{T_B}{T_A} = \frac{p_B V_B}{p_A V_A} = \frac{V_B^2}{V_A^2} = 4$

$$\text{带入得 } \Delta S = \frac{1+i}{2} \nu R \ln \frac{T_B}{T_A} = \frac{1+i}{2} \nu R \ln 4 = (1+i) \nu R \ln 2 \quad (6 \text{ 分})$$

3、解：相当于一个无限长直螺线管。

单位时间流过单位长度圆柱面的电量为 $\frac{Q}{L} \cdot \frac{\omega}{2\pi} = \frac{Q(\omega_0 + \alpha t)}{2\pi L}$

则圆筒内部的磁感应强度 $B = \mu_0 \frac{Q(\omega_0 + \alpha t)}{2\pi L}$ 。 (4 分)

$$\frac{dB}{dt} = \mu_0 \frac{Q\alpha}{2\pi L} \quad (2 \text{ 分})$$

由 $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$ 得感生电场的大小： (3 分)

$$(1) \text{ 若 } r > R, \quad E = \frac{dB}{dt} \cdot \pi R^2 / (2\pi r) = \frac{\mu_0 Q \alpha R^2}{4\pi r L} \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 若 } r < R, \quad E = \frac{dB}{dt} \cdot \pi r^2 / (2\pi r) = \frac{\mu_0 Q \alpha r}{4\pi L} \quad (3 \text{ 分})$$

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

$$\text{得 } d = \frac{k \lambda}{\sin \theta} = \frac{3 \times 400}{\sin 30^\circ} = 2400 \text{ nm} = 2.4 \times 10^{-6} \text{ m} \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 由色分辨本领 } R = \frac{\lambda}{\delta \lambda} \approx N k$$

$$\text{得 } \delta \lambda = \frac{\lambda}{N k} = \frac{400}{6 \times 10^4 \times 3} = 2.2 \times 10^{-3} \text{ nm} < 0.01 \text{ nm},$$

故能分辨 400nm 与 400.01nm 的第三级主极大。 (6 分)

$$(3) \quad k < \frac{d}{\lambda} = \frac{2400}{400} = 6$$

但由于 $\frac{d}{\lambda} = \frac{2400}{960} = \frac{5}{2}$, 因此第 5 级主极大缺级。

屏幕上能出现的主极大为：0, $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4$, 共 9 条。 (6 分)

2016 年攻读硕士学位研究生入学考试北京市联合命题

大学物理参考答案

(请将答案写在答题纸上, 写在试题上的答案无效)

一、选择题: (每小题 4 分, 共 60 分)

- 1、C; 2、A; 3、D; 4、C; 5、B;
6、D; 7、D; 8、B; 9、D; 10、C;
11、D; 12、C; 13、B; 14、C; 15、A。

二、填空题 (每题 5 分, 共 45 分)

- 1、 $x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}ct^4$; 2、 $\frac{36}{13}mg$; 3、 $-(a\vec{i} + b\vec{j} + c\vec{k})$;
4、 $\int_0^\infty v f(v) dv$; 5、 $\frac{1}{1+w}$; 6、 $C_1 \ln \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2}{(C_1 + C_2) T_1} + C_2 \ln \frac{C_1 T_1 + C_2 T_2}{(C_1 + C_2) T_2}$;
7、0.2m/s; 8、 $a = b$; 9、0.056。

三、(15 分)

将圆盘分成许多圆环, 半径为 r 、宽度为 dr 的圆环上所受的力矩:

$$dM = r f ds = r(-k\omega r) 2\pi r dr = -2k\pi\omega r^3 dr$$

$$\text{圆盘受到的总阻力矩: } M = \int dM = \int_0^R -2k\pi\omega r^3 dr = -\frac{1}{2}k\pi\omega R^4 \quad (6 \text{ 分})$$

$$\text{转动定律: } M = J\alpha = \frac{1}{2}mR^2 \frac{d\omega}{dt} \quad (4 \text{ 分})$$

$$\text{两式联立得: } -\frac{1}{2}k\pi\omega R^4 = \frac{1}{2}mR^2 \frac{d\omega}{dt}$$

$$\text{化简, 分离变量, 两侧积分: } \int_0^t -k\pi R^2 dt = \int_{\omega_0}^{\omega} m \frac{d\omega}{\omega}$$

$$\text{解得: } \omega = \omega_0 \exp\left(\frac{-k\pi R^2 t}{m}\right) \quad (5 \text{ 分})$$

四、(15 分)

(1) 气缸绝热，由热一律知，外界对气体做功使得气体内能增加；

C 是导热板，故 A、B 两部分温度相同。

设压缩前后气体温度变化量为 ΔT ，则 $W = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{5}{2} \nu R \Delta T$ ，

解得： $\Delta T = \frac{W}{4\nu R}$

故 B 部分气体的内能变化量为 $\Delta E = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{8} W$ 。 (5 分)

(2) 系统绝热，故 $dQ_A + dQ_B = 0$ ；

B 部分气体经历等体过程，则 $\nu C_{mA} dT + \nu \frac{5}{2} R dT = 0$ ；

解得 $C_{mA} = -\frac{5}{2} R$ 。 (5 分)

(3) A 部分气体吸热： $dQ = \nu C_{mA} dT = -\frac{5}{2} \nu R dT$ ；

由热一律： $dQ = dE + dA = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$ ；

由理想气体状态方程： $pV = \nu RT$ ，得 $p dV + V dp = \nu R dT$ ；

联立以上三式，得 $\frac{5}{4} p dV + V dp = 0$ ，

分离变量，两边积分，得 $p V^{\frac{5}{4}} = C$ (5 分)

五、(15 分)

(1) B 的内表面上的电量为 $-Q$ ； B 的外表面上的电量为 Q 。 (2 分)

(2) 因为 A 与 B 同心放置，因此各球面上的电量皆均匀分布。由电势叠加得：

$$\varphi_B = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_2} \quad (3\text{分})$$

(3) 由高斯定理（或均匀带电球面场强叠加）得 AB 之间的电场强度

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

则 AB 之间的电场能量：

$$W = \int \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 dV = \int_{R_0}^{R_1} \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (5\text{分})$$

(4) B 接地后，外表面电量变为 0 ，内表面仍为 $-Q$ ，则总电量变为 $-Q$ ；
 B 断开、 A 接地后，假设 A 上的电量变为 q ，则 B 内表面的电量为 $-q$ ，
由电荷守恒可得： B 外表面上的电量为 $(-Q + q)$ 。

$$A \text{ 接地，电势为} 0，\text{即有} \varphi_A = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_0} + \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{-Q+q}{4\pi\epsilon_0 R_2} = 0，$$

$$\text{解得：} q = \frac{Q}{R_2} \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (5\text{分})$$