

# 中国科学院电子学研究所

## 2004 年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

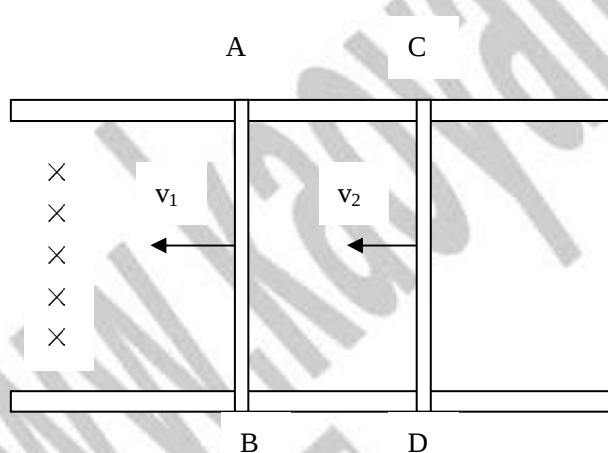
科目：普通物理

一. (15 分) 一平行板电容器的电容为  $100\text{pF}$ ，极板的面积为  $100\text{cm}^2$ ，极板间充满相对电容率为 5.4 的云母电介质，当极板上电势差为  $50\text{V}$  时，求：

- (1) 云母中的场强
- (2) 电容器极板上的总自由电荷和云母介质面上的总极化面电荷
- (3) 云母介质中的电极化强度

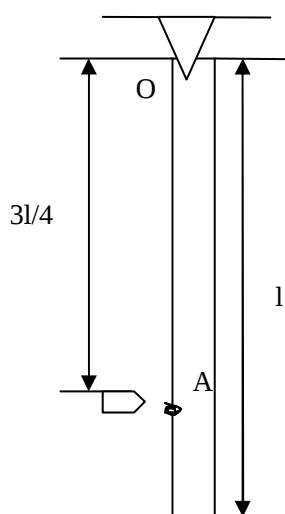
二. (15 分) 如图所示，AB 和 CD 是两根金属棒，各长  $1\text{m}$ ，电阻都是  $R=4\Omega$ ，放置在均匀磁场中，已知  $B=2\text{T}$ ，方向垂直于纸面向里，当两根金属棒在导轨上分别以  $v_1=4\text{m/s}$  和  $v_2=2\text{m/s}$  的速度向左运动时，忽略导轨的电阻，试求：

- (1) 两棒中的动生电动势的大小，并在图上标出其方向（即等效非静电力的方向）。
- (2) 画出等效电路并求出金属棒两端的电势差  $U_{AB}$  和  $U_{CD}$ 。

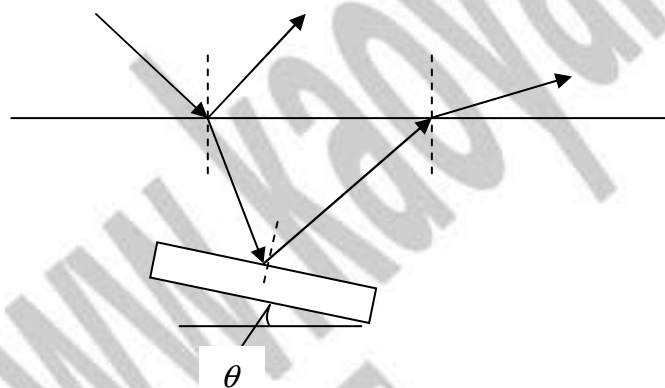


三. (20 分) 一长为  $l=0.40\text{m}$  的均匀木棒，质量  $M=3.0\text{kg}$ ，可绕水平轴 O 在竖直平面内转动，开始时棒自然地竖直悬垂。现有质量  $m=8\text{g}$  的子弹以  $v=200\text{m/s}$  的速率从 A 点射入棒中。假定 A 点与 O 点的距离为  $3l/4$ ，如图。求：

- (1) 棒开始运动时的角速度
- (2) 棒的最大偏转角。



四. (15 分) 如图所示, 一块折射率为 1.50 的平面玻璃浸在水中, 一束光入射到水面上时反射光是完全偏振光。若要使玻璃表面的反射光也是完全偏振光, 则玻璃表面与水平面的夹角  $\theta$  应是多大? 水的折射率是 1.33。



五. (10 分) 用白光垂直入射到  $d=0.25\text{mm}$  的双缝上, 距离  $1.0\text{m}$  远处放屏幕。求第二级干涉条纹中紫光 and 红光极大点的间距 (白光的波长范围是  $400\sim 760\text{nm}$ )。

六. (20 分) 一质子以  $1.0\times 10^7\text{m/s}$  的速度射入磁感应强度为  $B=1.5\text{T}$  的均匀磁场中, 其速度方向与磁场方向成  $30^\circ$  角。取质子的质量为  $m=1.67\times 10^{-27}\text{kg}$ 。

- (1) 求质子所受的洛伦兹力的大小和方向。
- (2) 求质子作螺旋运动的半径和旋转频率。
- (3) 求质子作螺旋运动的螺距。

七. (25 分) 设正电荷  $e$  均匀分布在半径为  $R$  的球体内, 一质量为  $m$ , 电荷为  $-e$  的电子处于离球心为  $r$  ( $<R$ ) 处。

- (1) 求电子受到的电场力  $\vec{F}$ ;

(2) 设电子初速度为零, 试求电子作简谐振动的角频率。

八. (8 分) 试叙述惠更斯原理并画图表达。它适用于机械波还是电磁波?

九. (10 分) 一警报器发射频率为 1000Hz 的声波, 离观测者向一固定目的物运动, 速度为 10m/s。试问:

(1) 观察者直接听到从警报器传来的声音频率是多少?

(2) 观察者听到从目的物反射回来的声音频率是多少?

十. (12 分) 一列静止长度为  $l_0=0.5\text{km}$  的火车以  $v=100\text{km/h}$  的速度在地面上匀速直线行驶, 在地面的观测者看见两个闪电同时击中火车头尾, 以相对论观点分析, 在火车上的观测者测出这两个闪电的时差将为多少? 先击中车头还是车尾?

## 2004 年普通物理试题答案

一. 解: (1)  $d = S\varepsilon_0\varepsilon_r / C = 47.8 \times 10^{-4} \text{m}$ ,  $E = V/d = 1.1 \times 10^4 \text{V/m}$

(2)  $q = D \cdot S = \varepsilon E$  或  $q = CV = 100 \times 10^{-12} \times 50 = 5.0 \times 10^{-9}$  (库仑)

$q' = q(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}) = 4.1 \times 10^{-9}$  (库仑)

(3)  $P = D - \varepsilon_0 E = (\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0 E = 4.3 \times 10^{-7} (\text{C/m}^2)$

二. 解: (1)  $\mathcal{E} = -Blv$ , 得  $\mathcal{E}_{AB} = 8\text{V}$ ,  $\mathcal{E}_{CD} = 4\text{V}$ .  $\vec{E}_k = \vec{v} \times \vec{B}$ , 方向均朝下。

(2)  $I = \frac{8-4}{2R} = 0.5\text{A}$ ,  $V_{AB} = V_{CD} = 8 - IR = 6\text{V}$  (最好画出等效电路)

(注: 应该是  $V_{AB} = V_{CD} = -6\text{V}$  吧。)

三. 解: (1) 子弹的冲量矩  $mv\frac{3}{4}l$ , 角动量定理  $mv\frac{3}{4}l = I\omega - 0$ , 其中  $I = Ml^2/3$ 。

得  $\omega = \frac{9mv}{4IM} \approx 3(\text{Rad/s})$

(2) 刚体总动能

$$E_k = \frac{1}{2}Mv_c^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}M(\frac{1}{2}l\omega)^2 + \frac{1}{2}(\frac{1}{3}Ml^2)\omega^2 = \frac{1}{8}Ml^2\omega^2 + \frac{1}{6}Ml^2\omega^2$$

刚体能量守恒:  $Mgh_c = E_k$ , 得  $h_c = \frac{14}{48g}l^2\omega^2 = 0.043\text{m}$

$$\cos \theta = \frac{l/2 - h_c}{l/2} = 0.785, \theta = 38.3^\circ$$

(注：我觉得第二问答案有严重错误，非打印错误。我的答案是：

$$\text{刚体总动能 } E_k = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{6} M l^2 \omega^2, \text{ 刚体能量守恒: } Mgh_c = E_k \text{ 得 } h_c = \frac{\omega^2 l^2}{6g} = 0.024m$$

$$\cos \theta = \frac{l/2 - h_c}{l/2} = 0.88, \theta = \arccos 0.88$$

四. 解：入水得入射角为 Brewster 角  $\theta_B$ ,  $\tan \theta_B = 1.33$

入水的折射角为  $\theta_1$ :  $1.33 \sin \theta_1 = \sin \theta_B$

$$\theta_1 = \sin^{-1}(\sin \theta_B / 1.33) = \sin^{-1}\left(\frac{1.33}{\sqrt{1.33^2 + 1}} / 1.33\right) = 37^\circ$$

水中玻璃的 Brewster 角  $\theta_2 = \tan^{-1}(1.50/1.33) = 48.5^\circ$

由几何关系,  $\theta = \theta_2 - \theta_1 = 11.5^\circ$

五. 解：双缝干涉  $x = \pm k \frac{D\lambda}{d}$ , 二级  $k=2$

$$\Delta x = 2 \frac{D\Delta\lambda}{d} = \frac{2 \times 1.0 \times (760 - 400) \times 10^{-9}}{0.25 \times 10^{-3}} = 2.88 \text{ mm}$$

六. (1)  $F = qv_0 \sin 30^\circ B = 1.2 \times 10^{-12} \text{ N}$ , 方向在垂直于 B 的平面内, 总与运动方向垂直。

$$(2) R = \frac{mv_0 \sin 30^\circ}{qB} = 3.48 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v_0 \sin 30^\circ} = 4.37 \times 10^{-8} \text{ s}, f = 1/T = 2.28 \times 10^7 / \text{s}$$

$$(3) h = v_0 \cos 30^\circ T = 0.38 \text{ m}$$

$$\text{七. (1) 由高斯定理得 } 4\pi r^2 E = \frac{e}{\epsilon_0} \frac{r^3}{R^3}, E = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \frac{r}{R^3}, \vec{F} = -e\vec{E} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{R^3}$$

$$(2) \text{ 由牛顿定律 } m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}, \text{ 得 } m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}}{R^3}$$

由于初速度为零，电子仅沿径向运动，则有

$$m \frac{d^2 r}{d^2 t} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{r}{R^3}, \text{ 或 } \frac{d^2 r}{d^2 t} + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m} \frac{r}{R^3} = 0$$

$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m} \frac{1}{R^3}}$$

八. 在波的传播过程中，波阵面（波前）上的每一点都可看作是发射子波的波源，在其后任一时刻，这些子波的包迹就成为新的波阵面，这就是惠更斯原理。它同时适用于机械波和电磁波。

九. 解：(1)  $v_s = -10\text{m/s}$ ,  $f = \frac{u}{u - v_s} f_0 = \frac{330}{330 + 10} \times 1000 = 970.6\text{m/s}$

(2)  $v_s = 10\text{m/s}$ ,  $f = \frac{u}{u - v_s} f_0 = \frac{330}{330 - 10} \times 1000 = 1031\text{m/s}$

十. 以地面坐标系为 S 系，火车为 S' 系，

在 S 系中： $\Delta t = 0$ ，在 S' 系中： $\Delta x' = -l_0$

$$\text{由 } \Delta t' = \frac{\Delta t + \frac{v}{c^2} \Delta x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 0, \text{ 得 } \Delta t' = -\frac{v}{c^2} \Delta x' = 1.54 \times 10^{-13} \text{ s}$$

因  $\Delta t'$  为正，反映击中车头在先。