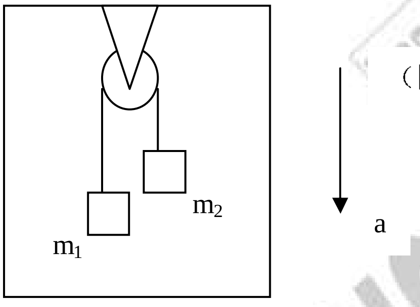
中国科学院电子学研究所

2003 年招收攻读硕士学位研究生入学考试试题

科目：普通物理

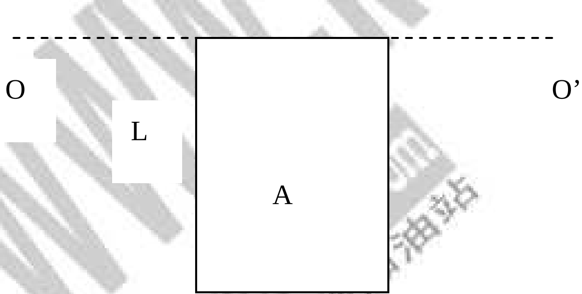
（整理：天之痕）

一.（15 分）如图 1 所示，站在电梯内的观察者看到质量不同的两个物体跨过一无摩擦的定滑轮处于平衡状态。试分别在惯性坐标系（地面）和非惯性坐标系（电梯）中求出电梯运动的加速度。



（图 1）

二.（18 分）如图 2 所示，一块长为 L=0.60m，质量为 M=1kg 的均匀木板可绕水平轴 OO’无摩擦的自由转动。当木板静止在平衡位置时，有一质量为 $m=10\times10^{-3}$kg 的子弹击中木板 A 点，A 离转轴 OO’的距离 l=0.36m，子弹击中木板前速度为 500m/s，穿出木板后的速度为 200m/s。求：（1）木板在 A 处受到的冲量。（2）木板获得的角速度。



（图 2）

三.（15 分）如图 3 所示，一铅直放置的长直导线通以电流 1.5A，将一小线圈以速度 v=3.25m/s 匀速自导线水平向外移动。已知线圈面积 $S=1.4cm^2$，线圈平面与直导线在同一平面内。

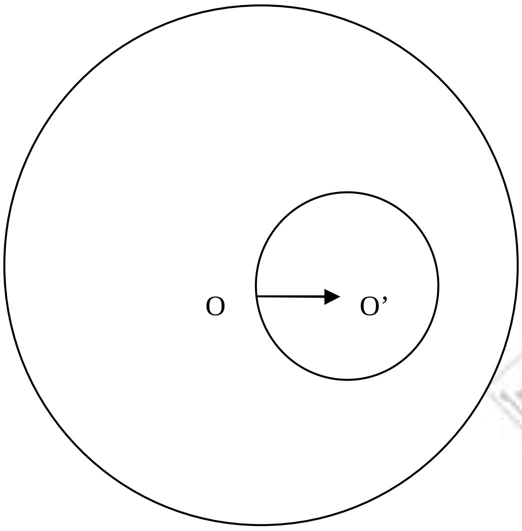
（1）求线圈距导线水平距离为 x 时导线在线圈处产生的磁场强度。

（2）当线圈距导线水平距离为 20cm 时，线圈中的感生电动势。

四.（22 分）如图 4 所示，有一电荷密度为 ρ 的均匀带电球体。

（1）求球体中任意一点的电场强度。

（2）假如在球体内挖出一个以 O’为中心的球状小空腔，空腔中心相对带电球体中心 O 的位置用矢量$\vec{b}$表示，求空腔内某点的电场强度（提示：用填补法）



（图 4）

五.（23 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。

六.（15 分）设折射率为 n 的薄膜厚度为 d，置于空气中，波长为λ的单色光的入射角为θ_0，试导出等倾干涉产生明纹的条件。（写出详细推导过程）

七.（1）（8 分）两个同方向简谐振动方程分别为：

$x_1 = A_1\cos(\omega t+\phi_1)$，$x_2 = A_2\cos(\omega t+\phi_2)$

试写出其合成振动的振幅和初位相。

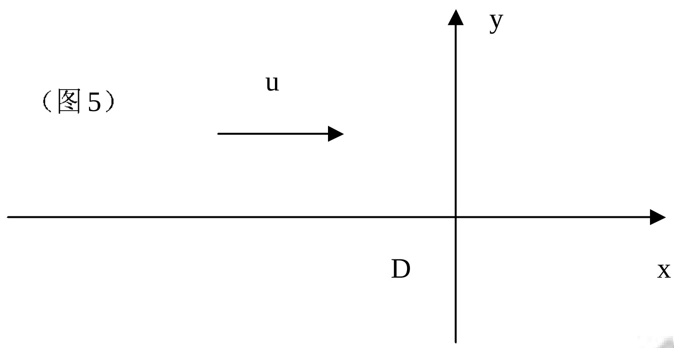
（2）（8 分）两个垂直方向的简谐振动方程分别为：

$x = A_1\cos(\omega t+\pi/3)$，$y = A_2\cos(\omega t-\pi/3)$（$A_1>A_2$）

试写出质点运动轨迹的方程。画出示意图。并判断其运动轨迹是左旋还是右旋。

（3）（13 分）一平面简谐波研 x 方向传播，如图 5 所示，设波的频率为ω，传播速度为 u，振幅为 A，反射点 D 处为节点。以 D 为 x 轴坐标原点，以此时刻为 t=0，试写出正向波、反射波、合成驻波的振动表达式，及驻波的波峰、波节位置（以波长λ表示）。

（图 5）



（4）（13 分）一列静止长度为 l_0=0.5km 的火车以 v=100km/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，在火车上的观察者测出这两个闪电的时差将为多少？先击中车头还是车尾？

2003 年普通物理试题答案

一.（1）惯性系中$\begin{cases} m_1 g - N = m_1 a \\ m_2 g - N = m_2 a \end{cases}$，得 a=g

（2）非惯性系中，物体各自受惯性力-m_1a 和-m_2a，动力方程为

$\begin{cases} m_1 g - N - m_1 a = 0 \\ m_2 g - N - m_2 a = 0 \end{cases}$，同样得 a=g

结论为：电梯有朝下与重力加速度相等的加速度（这时物体正好失重）。

二.（1）冲量=木板动量改变，根据动量守恒定律，它等于－(mv_2－mv_1)=3 $N \cdot s$

（2）冲量矩=$\Delta(I\omega)$=3 $N \cdot s$ ×0.36m=1.08 $N \cdot s \cdot m$

I=ML^2/3=0.12 $kg \cdot m^2$，又因起始 $I\omega$ 为零，$\therefore \omega = \dfrac{1.08}{0.12} = 9(rad/s)$

三.（1）由安培环路定理求得 $H = \dfrac{I}{2\pi x}$

（2）$\varepsilon = -\dfrac{d\phi}{dt} \approx -S\dfrac{dB}{dt} = \dfrac{\mu SI}{2\pi x^2}\dfrac{dx}{dt} = \dfrac{\mu SI}{2\pi x^2} v = 3.41 \times 10^{-9}(V)$

四.（1）由高斯定理 $4\pi r_1^2 E_1 = \dfrac{4\pi r_1^2 \rho / 3}{\varepsilon_0}$，得 $\overrightarrow{E_1} = \dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r_1}$，其中 $\vec{r_1}$ 为球心指向场点的矢径。

（2）被挖小球原来对场点产生的场强为 $\overrightarrow{E_2} = \dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r_2}$ （可用(1)中同样方法求出）

其中$\vec{r_2}$为被挖小球心指向场点的矢径。

于是空腔内场强$\vec{E}=\vec{E_1}-\vec{E_2}=\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}(\vec{r_1}-\vec{r_2})=\dfrac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{b}$

五.（1）由高斯定理得$4\pi r^2E=\dfrac{e}{\varepsilon_0}\dfrac{r^3}{R^3}$，$E=\dfrac{e}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{r}{R^3}$，$\vec{F}=-e\vec{E}=-\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{\vec{r}}{R^3}$

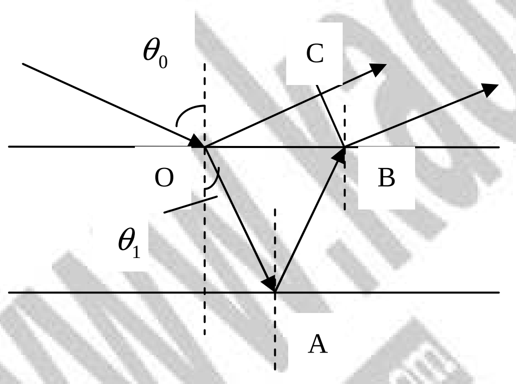
（2）由牛顿定律$m\dfrac{d^2\vec{r}}{d^2t}=\vec{F}$，得$m\dfrac{d^2\vec{r}}{d^2t}=-\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{\vec{r}}{R^3}$

由于初速度为零，电子仅沿径向运动，则有

$m\dfrac{d^2r}{d^2t}=-\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{r}{R^3}$，或$\dfrac{d^2r}{d^2t}+\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m}\dfrac{r}{R^3}=0$

$\therefore\omega=\sqrt{\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m}\dfrac{1}{R^3}}$

六.



证：干涉条纹由光线 OAB 与 OC 的光程差产生，设薄膜的折射率为 n，则光程差为$\delta=n(OA+OB)-OC+\delta'$

而（OA+OB）=2OA=$\dfrac{2d}{\cos\theta_1}$，$OC=OB\sin\theta_0=2d\cdot tg\theta_1\sin\theta_0$

又由于薄膜上下方均为空气，n_0<n>n_0，故有附加光程差$\delta' = \frac{\lambda}{2}$，

结合折射定律$\sin\theta_0 = n\sin\theta_1$，可得

$$\delta = \frac{2nd}{\cos\theta_1} - \frac{2d\sin\theta_1\sin\theta_0}{\cos\theta_1} + \frac{\lambda}{2} = 2dn\cos\theta_1 + \frac{\lambda}{2} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\theta_0} + \frac{\lambda}{2}$$

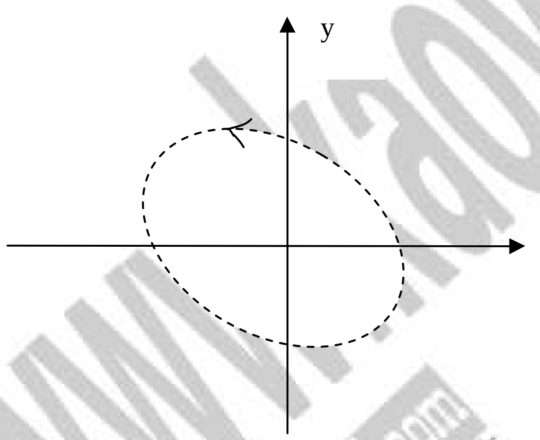
产生明纹的条件为$\delta = k\lambda$（k=1,2,3…）

最终等倾条纹的明纹条件为$2d\sqrt{n^2 - \sin^2\theta_0} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$（k=1,2,3…）

七.（1）$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\phi_2 - \phi_1)}$，$\phi = \tan^{-1}(\frac{A_1\sin\phi_1 + A_2\sin\phi_2}{A_1\cos\phi_1 + A_2\cos\phi_2})$

（2）$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2}\cos(\phi_2 - \phi_1) = \sin^2(\phi_2 - \phi_1)$

$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} + \frac{xy}{A_1A_2} = \frac{3}{4}$，左旋



（3）正向波$y^+ = A\cos[\omega(t - \frac{x}{u}) - \frac{\pi}{2}]$

反射波$y^- = A\cos[\omega(t + \frac{x}{u}) + \frac{\pi}{2}]$

驻波$y = y^+ + y^- = 2A\cos\omega t\sin(\frac{2\pi}{\lambda}x)$

（注：答案好像掉了个负号，应该是$y = y^+ + y^- = 2A\cos\omega t\sin(\frac{-2\pi}{\lambda}x)$吧）

驻波最大点出现在$\frac{2\pi}{\lambda}x = \frac{\pi}{2} + k\pi$（k=-1,-2,⋯），即$x = -\frac{\lambda}{4}, -\frac{3\lambda}{4}, -\frac{5\lambda}{4}, \cdots$

驻波最小点出现在$\frac{2\pi}{\lambda}x = k\pi$（k=-1,-2,⋯），即$x = 0, -\frac{\lambda}{2}, -\lambda, -\frac{3\lambda}{2}, \cdots$

（4）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：$\Delta x'=-l_0$

由 $\Delta t=\dfrac{\Delta t'+\frac{v}{c^2}\Delta x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=0$，得 $\Delta t'=-\dfrac{v}{c^2}\Delta x'=1.54\times10^{-13}s$

因 $\Delta t'$ 为正，反映击中车头在先。