

2007 年普通物理(乙)B 卷 参考答案

一、

1. D; 2. B; 3. C; 4. C; 5. B; 6. C; 7. B; 8. C。

二、解：在转动坐标系中须同时考虑重力场和惯性离心力场。圆环对小珠的力始终垂直于小珠的运动方向，因而不做功，小珠实际上在保守力场中运动。设圆心处势能为零。

重力场： $-mgl \cos \varphi$ ，惯性离心力场： $-\frac{1}{2}m\omega^2 l^2 \sin^2 \varphi$ ，

所以总力场为： $V = -mgl \cos \varphi - \frac{1}{2}m\omega^2 l^2 \sin^2 \varphi$ 。

平衡位置须同时满足： $\frac{\partial V}{\partial \varphi} = 0$ ， $\frac{\partial^2 V}{\partial \varphi^2} > 0$ 。

1. 当 $\omega < \sqrt{\frac{g}{l}}$ 时，稳定平衡位置为 $\varphi = 0$ ；

当 $\omega \geq \sqrt{\frac{g}{l}}$ 时，稳定平衡位置为 $\varphi = \arccos\left(\frac{g}{\omega^2 l}\right)$ 。

2. 运动方程： $l\ddot{\varphi} - \omega^2 l \sin \varphi \cos \varphi + g \sin \varphi = 0$ 。

a) $\omega < \sqrt{\frac{g}{l}}$ ，在 $\varphi = 0$ 附近做小量展开， $l \frac{d^2}{dt^2}(\Delta \varphi) + (g - \omega^2 l) \Delta \varphi = 0$ 。

角频率 $\Omega = \sqrt{\frac{g - \omega^2 l}{l}}$ ，则频率为 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g - \omega^2 l}{l}}$ 。

b) $\omega \geq \sqrt{\frac{g}{l}}$ ，在 $\varphi = \arccos\left(\frac{g}{\omega^2 l}\right)$ 附近做小量展开，

$$\frac{d^2}{dt^2}(\Delta \varphi) + \left(\omega^2 - \frac{g^2}{\omega^2 l^2}\right) \Delta \varphi = 0$$

角频率 $\Omega = \sqrt{\omega^2 - \frac{g^2}{\omega^2 l^2}}$ ，则频率为 $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\omega^2 - \frac{g^2}{\omega^2 l^2}}$ 。

三、解：求解本题的关键之处是求出两球分离时小球球心的偏角，或者 $\cos \theta$ (记为 x)。

在分离的瞬间，两球间作用力为零，大球无加速度，小球加速度为 g 。 x 满足如下方程：

$$\begin{cases} Mv_2 = m(v_1 x - v_2) \\ \frac{1}{2} Mv_2^2 + \frac{1}{2} m[(v_1 x - v_2)^2 + (v_1 \sin \theta)^2] = mgl(1 - x) \\ m \frac{v_1^2}{l} = mgx \\ l = R + r \end{cases}$$

由此可知 $-\frac{m}{m+M}x^3 + 3x - 2 = 0$ 。所以,

1. 当 $m \ll M$, $3x - 2 = 0$, 解得 $x = 2/3$; 故 $v_2 \approx 0$;

2. 当 $m \gg M$, $\alpha = \frac{M}{m} \ll 1$, $-x^3 + 3x - 2 = 0$, 解得 $x = 1$; 故 $v_2 = v_1 = \sqrt{gl}$ 。

四、解:

1. 大圆环轴心处的磁场 $B = \frac{\mu_0 I}{2r_2}$ 。可认为大圆环在小圆环处的磁场近似为均匀场, 过小圆

环的磁通为 $\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \pi r_1^2 B \cos \alpha$, 感生电动势为: $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 I_2}{2r_2} \pi r_1^2 \omega \sin \alpha$, 感生

电流为 $i_1 = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\mu_0 \pi \omega I_2 r_1^2}{2r_2 R} \sin \alpha$ 。

2. 为 $\vec{M}_L = \vec{p}_m \times \vec{B}$, 其中 $\vec{p}_m = \pi r_1^2 i$ 为小线圈的磁矩, 则力矩大小为

$$M_L = \pi r_1^2 \frac{\mu_0 I_2}{2r_2} \frac{\mu_0 \pi \omega I_2 r_1^2}{2r_2 R} \sin^2 \alpha = \left(\frac{\pi r_1^2 \mu_0 I_2 \sin \alpha}{2r_2} \right)^2 \frac{\omega}{R},$$

若外力矩与该力矩大小相同, 方向相反, 可维持小圆环匀速转动。

五、解:

1. 设最内球壳上有电荷 Q , 则球壳间的电场为 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 。球壳间的电势差为

$$U = \int_a^b E dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right),$$

电容为 $C_1 = Q/U = 4\pi\epsilon_0 ab/(b-a)$ 。

2. 对并联的两电容器, 当内外两球形电容器的电容分别为

$$C_1 = 4\pi\epsilon_0 ab/(b-a), \quad C_2 = 4\pi\epsilon_0 bd/(d-b),$$

总电容为 $C = C_1 + C_2 = 4\pi\epsilon_0 b[a/(b-a) + d/(d-b)]$ 。

3. 内外表面的电荷多少与两电容大小有关。

对并联电容有 $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}$, 又知极板的总电荷不变, $Q = q_1 + q_2$, 于是可解出

$$q_1 = \frac{QC_1}{C_1 + C_2} = \frac{QC_1}{C}, \quad q_2 = \frac{QC_2}{C_1 + C_2} = \frac{QC_2}{C}。$$

六、解:

1. 半波片使通过 P_1 后的线偏振光 (沿 P_1 方向) 转过 $2\theta = 76^\circ$ 。

因此, P_2 的方向应与 P_1 成 76° 角。

2. 半波片 $d(n_o - n_e) = \lambda/2$, 所以

$$d = \frac{\lambda}{2(n_o - n_e)} = 7900nm = 7.9 \mu m。$$

