

2007 年普通物理(甲)B 卷 参考答案

一、

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

二、解:

1. 细杆绕 A 点的转动惯量为 $I = \int_{-L/4}^{3L/4} \frac{m}{L} l^2 dl = \frac{7}{48} mL^2$, 小球 C 粘附后绕 A 点的转动惯量为 $I_C = \frac{1}{16} mL^2$ 。

小球 C 与细杆相撞后满足角动量守恒: $mV_0 \frac{L}{4} = (I + I_C)\omega_1$, 所以 $V_C = \omega_1 \cdot (L/4) = \frac{3}{10} V_0$,

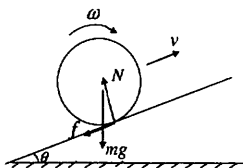
方向垂直于细杆。

2. 小球 B 与细杆发生完全弹性碰撞满足角动量守恒和机械能守恒:

$$\begin{cases} mV_B(3L/4) + (I + I_C)\omega_2 = mV_0(L/4) \\ \frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{1}{2}(I + I_C)\omega_2^2 = \frac{1}{2}(I + I_C)\omega_1^2 \end{cases}$$

解得 $V_B = \frac{18}{37} V_0$, 方向与 V_0 相反, 略偏向 M 端。

三、解:



1. 由简单的力与力矩的分析 (圆环绕中心轴的转动惯量 $I = mr^2$) 给出如下方程组:

第一阶段: 有滑动摩擦力, 直到 $v_1 = \omega_1 r$ 。由动量定理得,

$$m\dot{v} = -mg \sin \theta - f, \quad N = mg \cos \theta, \quad \text{其中 } f = \mu N,$$

又由角动量定理得 $I\dot{\omega} = fr$ 。

初始条件为: $v(t=0) = v_0$, $\omega(t=0) = 0$ 。

解得:

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{v_0}{g(\sin \theta + 2\mu \cos \theta)}, & \omega_1 &= \frac{\mu \cos \theta}{\sin \theta + 2\mu \cos \theta} \frac{v_0}{r} \\ v_1 &= \frac{\mu \cos \theta}{\sin \theta + 2\mu \cos \theta} v_0, & x_1 &= \frac{\sin \theta + 3\mu \cos \theta}{2(\sin \theta + 2\mu \cos \theta)^2} \frac{v_0^2}{g} \end{aligned}$$

2. 第二阶段: 纯滚动, 静摩擦力与滑动摩擦力反向。同样有

$$m\dot{v} = -mg \sin \theta + f, \quad I\dot{\omega} = -fr,$$

已知速度关系式为 $v = \omega r$,

解得,

$$f = \frac{1}{2} mg \sin \theta, \quad a_2 = \dot{v} = -\frac{1}{2} g \sin \theta。$$

到达最高点时, 第二阶段沿斜面滚动的距离为 $x_2 = \frac{0 - v_1^2}{2a_2} = \frac{v_0^2}{g \sin \theta} \frac{\mu^2 \cos^2 \theta}{(\sin \theta + 2\mu \cos \theta)^2},$

圆环质心距离光滑平面的最大高度为:

$$h = (x_1 + x_2) \sin \theta + r$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} \frac{\sin^2 \theta + \mu \cos \theta \sin \theta + 2\mu^2 \cos^2 \theta}{(\sin \theta + 2\mu \cos \theta)^2} + r$$

四、解：

1. 动生电动势为 $\varepsilon_1 = \int_0^L \vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_0^L \omega r B dl = \frac{B}{2} \omega L^2$ ，电流从圆心沿棒流向圆环，

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B\omega L^2}{2R}$$

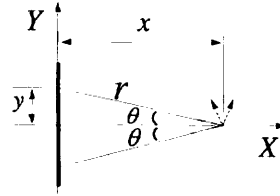
2. 力及力矩为 $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$ ， $d\vec{M} = \vec{r} \times d\vec{F}$ ，此处力与运动方向相反，力矩与磁场方向相反 $M = \int_0^L r I B dr = \frac{1}{2} I B L^2$ 。

3. 转动惯量 $J = \frac{1}{3} m L^2$ ，运动方程为 $J \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{2} I B L^2$ ， $\frac{1}{3} m L^2 \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{B\omega L^2}{2R} B L^2$ ，初始条件为 $\omega(t=0) = \omega_0$ ，积分得 $\omega(t) = \omega_0 \exp(-\frac{3B^2 L^2}{4mR} t)$ 。

五、解： 1. 如图所示建立坐标系，此载流薄板可以认为是由许多无限长载流为 $I dy / 2a$ 的元导线组成，从对称性分析可知， x 处的磁场沿 y 方向，每根载流元导线在 x 处产生的磁感应强度在 y 方向上的分量为

$$dB = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I dy}{2a} \sin \theta$$

$$\text{其中 } \sin \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}$$



则整个载流薄板上的电流在 x 处产生磁场 B 的大小为将上式从 $-a$ 到 a 的积分，得：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \tan^{-1} \frac{a}{x}$$

2. 在线圈处的磁场等于在 x 处的磁场，则线圈所受的力矩为

$$\vec{L} = B I_0 S \vec{e}_x \times \vec{e}_y = \frac{\mu_0 I_0 S}{2\pi a} \tan^{-1} \frac{a}{x}$$

六、解：设狭缝到屏幕中央的距离为 r ，云母片最薄厚度为 x 。则覆盖云母片后产生的光程差 d 为

$$d = (r - x + nx) - r = 8\lambda,$$

所以

$$x = 7586 \text{ nm} = 7.586 \mu\text{m}.$$

七、解：

1. C(Z=6)基态的电子组态为 $1s^2 2s^2 2p^2$ 。

2. LS 耦合谱项只需考虑非满壳层电子的贡献，对 C 基态为两个同科 p 电子的贡献。利用泡利原理，可以得到： 1D_2 ， $^3P_{2,1,0}$ ， 1S_0 。

由洪特定则知，

- (1) 一个电子组态有不只一个光谱项时, 以总自旋角动量 S 最大的谱项能量最低;
- (2) 若相应于最大 S 的谱项不只一个, 则以其中 L 最大的谱项能量最低;
- (3) 当壳层不足半满时, 则上述最低能量谱项以总角动量 J 最小的能量最低, 超过半满时, 以 J 最大者能量最低。

因此能级次序由低到高的排列为

$$^3P_0, ^3P_1, ^3P_2, ^1D_2, ^1S_0。$$