

北京邮电大学 2017 —2018 学年第二学期

《大学物理 E》（上）期中试题答案

1. 解：(1) 设沙袋抛到船上后，共同运动的初速度为 V ，并设此运动方向为 x 轴正方向，忽略沙袋撞击船时受水的阻力，则可认为沙袋+船在沙袋落到船上前后水平方向动量守恒，因而有

$$(M + m)V = mv_0 \quad \cdots\cdots 5 \text{ 分}$$

$$V = \frac{mv_0}{M + m} \quad \cdots\cdots 5 \text{ 分}$$

(2) 由 $-k \frac{dx}{dt} = (M + m) \frac{dv}{dt}$ $\cdots\cdots 10 \text{ 分}$

$$\text{得 } dx = -\frac{M + m}{k} dv$$

$$\int_0^x dx = -\frac{M + m}{k} \int_v^0 dv = -\frac{M + m}{k} (0 - V)$$

$$x = \frac{mv_0}{k} \quad \cdots\cdots 5 \text{ 分}$$

2. 解：由角动量守恒和机械能守恒可得

$$mv_0 l_0 = mvl \sin \theta \quad \cdots\cdots 10 \text{ 分}$$

$$\frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} k(l - l_0)^2 \quad \cdots\cdots 10 \text{ 分}$$

$$\therefore v = \sqrt{v_0^2 - \frac{k(l - l_0)^2}{m}} = 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \cdots\cdots 3 \text{ 分}$$

$$\theta = \arcsin\left(\frac{v_0 l_0}{vl}\right) = 30^\circ \quad \cdots\cdots 2 \text{ 分}$$

3. 解: (1) 由静电感应, 金属球壳的内表面上有感生电荷 $-q$, 外表面上带电荷 $q+Q$5 分

(2) 不论球壳内表面上的感生电荷是如何分布的, 因为任一电荷元离 O 点的距离都是 a , 所以由这些电荷在 O 点产生的电势为

$$U_{-q} = \frac{\int dq}{4\pi\epsilon_0 a} = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 a} \quad \text{.....10 分}$$

(3) 球心 O 点处的总电势为分布在球壳内外表面上的电荷和点电荷 q 在 O 点产生的电势的代数和:

$$\begin{aligned} U_O &= U_q + U_{-q} + U_{Q+q} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{Q+q}{4\pi\epsilon_0 b} \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 b} \quad \text{.....10 分} \end{aligned}$$

4. 解: 在圆柱体内部与导体中心轴线相距为 r 处的磁感强度的大小, 由安培环路定律可得:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r \quad (r \leq R) \quad \text{.....5 分}$$

因而, 穿过导体内画斜线部分平面的磁通 Φ_1 为:

$$\Phi_1 = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int B dS = \int_0^R \frac{\mu_0 I}{2\pi R^2} r h dr = \frac{\mu_0 I h}{4\pi} \quad \text{.....5 分}$$

在圆形导体外, 与导体中心轴线相距 r 处的磁感强度大小

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (r > R) \quad \text{.....5 分}$$

因而, 穿过导体外画斜线部分平面的磁通 Φ_2 为

$$\Phi_2 = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_R^{2R} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 I h}{2\pi} \ln 2 \quad \text{.....5 分}$$

穿过整个矩形平面的磁通量

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\mu_0 I h}{4\pi} + \frac{\mu_0 I h}{2\pi} \ln 2 \quad \text{.....5 分}$$