

一、单项选择题：本题包括 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。选对的得 3 分，选错或不选的得 0 分。

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

二、多项选择题：本题包括 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错或不选的得 0 分。

9. BC 10. AD 11. CD 12. BD

三、非选择题：本题包括 6 小题，共 60 分。

13. (6 分) (2) $\frac{t}{50}$ (2 分) (4) 9.7 (2 分) 不变 (2 分)

14. (8 分) (1) 990 (2 分) (2) 5.9 (2 分) 3.9 (2 分) (3) 等于 (2 分)

15. (8 分) 解析：(1) 由题意可知，光线在 AB 边能够全部出射，若光线在 P 点恰好发生全反射，

$$\text{则 } PD = \frac{\sqrt{3}}{2}a \quad (1 \text{ 分})$$

$$\tan C = \frac{PD}{OD} = \sqrt{3}, \text{ 则全反射的临界角 } C = 60^\circ \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{折射率 } n = \frac{1}{\sin C} = \frac{2\sqrt{3}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 从光源出射的光线，在真空中传播时间相同，在透明材料中传播路程最长的是直接射到 A 、 B 两点的光线。光线在透明材料中的传播速度

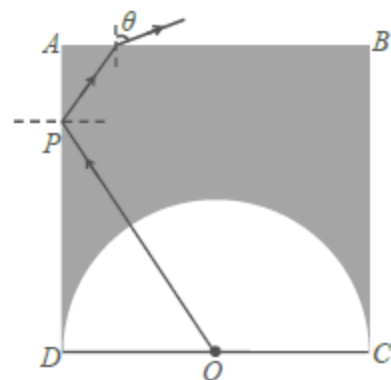
$$v = \frac{c}{n} \quad (1 \text{ 分})$$

$$OA = \frac{\sqrt{5}}{2}a, \text{ 则传播所用的最长时间 } t = \frac{a}{2c} + \frac{\sqrt{15}-\sqrt{3}}{3c}a \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 第一次恰好在正方形 $ABCD$ 边界发生全反射的光线，在 P 点发生全反射后，从 AB 面出射，入射角 $\alpha = 30^\circ$ ，

$$\text{根据折射定律 } n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{可得出射角的正弦值 } \sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$



16. (9 分) 解析：(1) $0 \sim t_1$ 的时间内，两物体的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{4}g$ (1 分)

$$\text{位移 } x_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}gt_1 \cdot t_1 = \frac{1}{8}gt_1^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$t=0 \text{ 时，弹簧的压缩量为 } x, \text{ 有 } 3mgsin\theta = kx \quad (1 \text{ 分})$$

$$t=t_1 \text{ 时，两物体之间的作用力为零，a 受到弹簧的弹力 } F_k = k(x-x_1)$$

$$\text{对 a，由牛顿第二定律，} F_k - mgsin\theta = ma \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } k = \frac{6m}{t_1^2} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 设 $t=t_1$ 时拉力为 F ，对 b 由牛顿第二定律 $F - 2mgsin\theta = 2ma$ ， $P = F \cdot \frac{1}{4}gt_1$ (1 分)

$$\text{可得 } P = \frac{3}{8}mg^2t_1 \quad (1 \text{ 分})$$

(3) t_2 时刻物体 a 的速度最大，则有 $mgsin\theta = kx'$ (1 分)

$$\text{则 } 0 \sim t_2 \text{ 的时间内物体 a 的位移 } x_a = x - x' = \frac{1}{6}gt_1^2 \quad (1 \text{ 分})$$

17. (13分) 解析: (1) 开关 S 闭合, 金属棒在安培力作用下加速运动, 同时切割磁感线产生反电动势, 则

$$\text{稳定时的电流为 } 0, \text{ 由 } I = \frac{E - BLv_0}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v_0 = 1 \text{ m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 设从开关 S 闭合到金属棒的速度刚好稳定的过程中所用的时间为 Δt , 则由动量定理可知:

$$\sum BiL \cdot \Delta t = mv_0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{即 } BqL = mv_0 \quad \text{解得 } q = 0.5 \text{ C} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{设从开关 S 闭合到金属棒的速度刚好稳定的过程中, 由能量守恒得 } Eq = Q_1 + \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则金属棒产生的焦耳热 } Q_1 = 0.5 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 金属棒恰好能从 C_1C_2 处沿切线进入圆弧轨道, 设进入瞬间金属棒的速度为 v_1 , 有 $v_1 = \frac{v_0}{\cos \theta}$ (1分)

$$\text{解得 } v_1 = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{设金属棒到达 } OP \text{ 时的速度为 } v_2, \text{ 由动能定理得 } mgr(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v_2 = 6 \text{ m/s}$$

$$\text{金属棒进入 } B_x \text{ 磁场的过程中, 所受的安培力 } F_{\text{安}} = B_x IL = \frac{B_x^2 L^2 v_2}{R} = 18x \text{ (N)} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{金属棒在 } B_x \text{ 磁场所产生的焦耳热与克服安培力所做的功相同 } Q_2 = \overline{F_{\text{安}}} x \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由上述安培力的表达式可知, 安培力随着进入磁场的距离均匀变化, 所以进入过程中, 安培力的平均值为 } \overline{F_{\text{安}}} = \frac{F_{\text{安初}} + F_{\text{安末}}}{2} = \frac{0 + 36}{2} \text{ N} = 18 \text{ N} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{金属棒产生的焦耳热为 } Q_2 = \overline{F_{\text{安}}} x = 36 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

18. (16分) 解析: (1) 假设物块 A 在传送带上先加速后匀速 $\mu_1 m_A g = m_A a_1$ (1分)

$$a_1 = \mu_1 g = 4 \text{ m/s}^2 \quad v_0 = a_1 t_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$t_1 = 2 \text{ s} \quad x_1 = \frac{v_0}{2} t_1 = 8 \text{ m} < 10 \text{ m}$$

所以物块 A 在传送带上先加速后匀速, 以 8 m/s 的速度与物块 B 发生碰撞 (1分)

(2) 小物块 A 以速度 v_0 与物块 B 发生碰撞, 速度互换, 物块 B 与物块 C 发生第一次弹性碰撞, 根据动量守恒定律和动能守恒

$$m_B v_0 = m_B v_{B1} + m_C v_{C1} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\frac{1}{2} m_B v_0^2 = \frac{1}{2} m_B v_{B1}^2 + \frac{1}{2} m_C v_{C1}^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得: } v_{B1} = -\frac{1}{2} v_0 = -4 \text{ m/s} \quad v_{C1} = \frac{1}{2} v_0 = 4 \text{ m/s}$$

物块 C 向右减速, 物块 B 向左运动与物块 A 发生弹性碰撞, 速度互换, 物块 B 静止, 物块 A 滑上传送带, 先向左减速, 再向右加速, 以 $\frac{1}{2} v_0$ 与物块 B 发生弹性碰撞, 重复上述过程。

$$\text{物块 C 向右减速时: } \mu_2 m_C g = m_C a_2 \quad a_2 = \mu_2 g = 2 \text{ m/s}^2$$

$$x_{C1} = \frac{v_{C1}^2}{2a_2} = 4 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{物块 C 第二次被碰后速度为: } v_{C2} = \frac{1}{2} v_{C1} = \frac{1}{4} v_0$$

$$\text{物块 C 第二次向右减速位移时: } x_{C2} = \frac{v_{C2}^2}{2a_2} = 1\text{m}$$

$$\text{物块 C 第三次被碰后速度为: } v_{C3} = \frac{1}{2}v_{C2} = \frac{1}{8}v_0$$

$$\text{物块 C 第三次向右减速位移时: } x_{C3} = \frac{v_{C3}^2}{2a_2} = \frac{1}{4}\text{m}$$

物块 C 向右减速的位移是公比为 $\frac{1}{4}$ 的无穷等比数列, (1 分)

$$\text{根据无穷等比数列求和公式可得: } x_C = \frac{16}{3}\text{m} \quad (1 \text{ 分})$$

所以物块 C 不能平抛到轨道 DE 上, 水平轨道的最小长度为 $\frac{16}{3}\text{m}$

(3) 物块 A 释放后在传送带上向右先加速后匀速过程摩擦生热

$$Q_0 = \mu_1 m_A g x_{\text{相对}0} = \mu_1 m_A g \left(v_0 t_1 - \frac{v_0}{2} t_1 \right) = 64\text{J} \quad (1 \text{ 分})$$

物块 A 第一次从右侧滑上传送带, 先向左减速, 再向右加速的过程摩擦生热

$$Q_1 = \mu_1 m_A g x_{\text{相对}1} = \mu_1 m_A g v_0 \cdot 2 \frac{v_{A1}}{a_1} = 128\text{J} \quad (1 \text{ 分})$$

物块 A 第二次从右侧滑上传送带, 先向左减速, 再向右加速的过程摩擦生热

$$Q_2 = \mu_1 m_A g x_{\text{相对}2} = \mu_1 m_A g v_0 \cdot 2 \frac{v_{A2}}{a_1} = 64\text{J}$$

物块 A 第三次从右侧滑上传送带, 先向左减速, 再向右加速的过程摩擦生热

$$Q_3 = \mu_1 m_A g x_{\text{相对}3} = \mu_1 m_A g v_0 \cdot 2 \frac{v_{A3}}{a_1} = 32\text{J}$$

物块 A 从右侧滑上传送带, 先向左减速,

再向右加速的过程, 摩擦生热是公比为 $\frac{1}{2}$ 的无穷等比数列 (1 分)

$$Q_{\text{总}} = Q_0 + Q_1 \times \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = 320\text{J} \quad (1 \text{ 分})$$

(4) 设物块 C 在 O 点平抛的初速度为 v_{Cn} , 落到轨道 DE 上的最小速度为 v_C

$$x = v_{Cn} t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_C^2 = v_{Cn}^2 + 2gy \quad (1 \text{ 分})$$

$$\frac{25x^2}{24} + \frac{25y^2}{18} = 1$$

由以上各式联立, 结合数学知识可得

$$v_C \text{ 的最小值为 } 4\text{m/s}, \text{ 此时 } v_{Cn} = 2\text{m/s} \quad (1 \text{ 分})$$

一种情况是物块 B 与物块 C 发生第二次弹性碰撞前的速度为 2m/s , 则水平轨道的长度为 3m (1 分)

另一种情况是结合第二问可知物块 B 与物块 C 发生第二次弹性碰撞后的速度为 2m/s , 所以水平轨道的长度为 4m 。 (1 分)