

二、选择题(本题共4小题,每小题5分,共20分。每小题有多个选项符合题目要求,全部选对得5分,选对但不全得3分,有选错或不选得0分)

7. AD **【解析】**由图可知,根据 $U=Ed$, 可得,左侧电场强度为 $E_1 = \frac{20}{1 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 2 \times 10^3 \text{ V/m}$, 右侧电场强度为 $E_2 = \frac{20}{0.5 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 4 \times 10^3 \text{ V/m}$, 联立, 可得 $\frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{2}$, 故 A 正确; 粒子运动到原点速度最大, 根据动能定理, 有 $qE_1 x = E_{\text{km}}$, 代入数据, 得 $E_{\text{km}} = 4 \times 10^{-8} \text{ J}$, 设粒子在原点左右两侧运动的时间分别为 t_1 、 t_2 , 在原点的速度为 $v_m = \frac{qE_1}{m} t_1$, 同理可知 $v_m = \frac{qE_2}{m} t_2$, 周期为 $T = 2(t_1 + t_2)$, 联立代入数据有 $T = 3 \times 10^{-8} \text{ s}$, 故 C 错误; D 正确; 根据动量定理, 有 $I_1 = mv_m - 0$, $I_2 = 0 - mv_m$, 即粒子沿 x 轴正方向从 -1 cm 运动到 0 和从 0 运动到 0.5 cm 运动过程中所受电场力的冲量大小相同, 方向相反。故 B 错误。

8. BD **【解析】**题图纵轴表示合外力, 因此 $0 \sim t_1$ 时间内, 物体加速度为 $a = \frac{F_0}{m}$, 故 A 错误; $0 \sim t_1$ 时间内牵引力做功为 $W_1 = F_1 x_1 = (mg + F_0) \cdot \frac{1}{2} \frac{F_0}{m} t_1^2$, $t_1 \sim t_2$ 时间内牵引力做功为 $W_2 = P_{\text{额}}(t_2 - t_1) = (mg + F_0) \frac{F_0}{m} t_1 \cdot (t_2 - t_1)$, 联立可得 $0 \sim t_1$ 和 $t_1 \sim t_2$ 时间内牵引力做的功之比为 $\frac{W_1}{W_2} = \frac{t_1}{2(t_2 - t_1)}$, 故 B、D 正确; 由题图可知 t_2 时刻合外力仍大于零, 合外力仍向上, 物体继续做加速运动, 故 C 错误。

9. BD **【解析】**开始, 未用力 F 拉动时, A、B 静止, 设弹簧压缩量为 x_1 , 由胡克定律和平衡有 $kx_1 = mg$, 得 $x_1 = \frac{mg}{k}$, 由题意当物块 B 刚要离开地面时, 弹簧弹力等于 B 的重力, 则有 $kx_2 = mg$, 解得 $x_2 = \frac{mg}{k}$, 物块 A 的总位移 $x = x_1 + x_2 = \frac{2mg}{k}$, 弹簧原来的压缩量为 $\frac{mg}{k}$, 后来弹簧的伸长量为 $\frac{mg}{k}$, 形变量相同, 所以初末弹簧势能相等, 变化量为 0, 故 A 错误, B 正确; 物块 B 刚要离开地面时, 根据牛顿第二定律, 有 $F - kx_2 - mg = ma$, 解得 $a = \frac{F}{m} - 2g$, 故 C 错误; 对 A, 根据动能定理得 $\frac{1}{2} mv^2 = (F - mg)x$, 解得 $v = 2\sqrt{\frac{(F - mg)g}{k}}$, 故 D 正确。

10. BD **【解析】**给木板施加水平向右的 20 N 的拉力, 对滑块, 由牛顿第二定律可得 $\mu_2 mg = ma_2$, $v_2 = a_2 t_1$, 解得 $v_2 = 8 \text{ m/s}$, A 错误; 给木板施加水平向右的 20 N 的拉力, 对木板由牛顿第二定律可得 $F_1 - \mu_2 mg - \mu_1 (M + m)g = Ma_1$, $v_1 = a_1 t_1$, 解得 $v_1 = 10 \text{ m/s}$, 将拉力改为作用于滑块上, 对滑块, 由牛顿第二定律可得 $F_2 + \mu_2 mg = ma_4$, $v_4 = v_2 + a_4 t_2$, 解得 $v_4 = 9 \text{ m/s}$, 将拉力改为作用于滑块上, 对木板, 由牛顿第二定律可得 $\mu_2 mg + \mu_1 (M + m)g = Ma_3$, $v_3 = v_1 - a_3 t_2$, 解得 $v_3 = 9 \text{ m/s}$, 即 $t_2 = 2.2 \text{ s}$ 时, 滑块与木板具有相同的速度, B 正确; 给木板施加水平向右的 20 N 的拉力过程中, 木板的位移为 $x_1 = \frac{v_1^2}{2a_1}$, 将拉力改为作用于滑块上, 木板的位移为 $x_3 = \frac{v_3^2 - v_1^2}{-2a_3}$, 给木板施加水平向右的 20 N 的拉力过程中, 滑块的位移为 $x_2 = \frac{v_2^2}{2a_2}$, 将拉力改为作用于滑块上, 滑块的位移为 $x_4 = \frac{v_4^2 - v_2^2}{2a_4}$, 木板的长度为 $L = x_1 + x_3 - x_2 - x_4$, 联立解得 $L = 2.2 \text{ m}$, C 错误; 滑块与木板共速后, 一起做匀减速直线运动, 对整体有 $\mu_1 (M + m)g = (M + m)a_5$, $x_5 = \frac{0 - v_3^2}{-2a_5}$, 木板的总位移为 $x_{\text{木}} = x_1 + x_3 + x_5$, 联立解得 $x_{\text{木}} = 32.15 \text{ m}$, D 正确; 故选 BD。

三、填空题(本题共2小题,共16分)

11. (8分, 每空2分)

(1) = (2) 8.474 (3) 滑块质量 M (4) $mgL = \frac{1}{2}(m+M)\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}(m+M)\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$

【解析】(1) 实验前, 接通气源, 将滑块(不挂钩码)置于气垫导轨上, 轻推滑块, 滑块做匀速直线运动时 $\Delta t_1 = \Delta t_2$, 说明气垫导轨已经水平。

(2) 螺旋测微器的固定刻度读数为 8 mm , 可动刻度读数为 $0.01 \times 47.4 \text{ mm} = 0.474 \text{ mm}$, 则最终读数为 8.474 mm 。

(3) 系统重力势能的减小量为 mgL , 系统动能的增加量为 $\frac{1}{2}(M+m)v_2^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 -$

$\frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ 。可知满足关系式 $mgL = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ ，则滑块和砝码组成的系统机械能守恒。所以还需要测量滑块的质量 M ；

(4)由(3)可得：满足关系式 $mgL = \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_2}\right)^2 - \frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t_1}\right)^2$ ，即可验证机械能守恒。

12. (8分,每空2分)

(1)大于 (2) $m_1 \cdot x_2 = m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_3$ (3) $m_1 \sqrt{L_2} = m_1 \sqrt{L_1} + m_2 \sqrt{L_3}$ 100

【解析】(1)为了保证小球1与小球2碰撞后不被反弹,小球1的质量应大于小球2的质量。

(2)因为平抛运动的时间相等,则水平位移可以代表速度, OP 是小球1不与小球2碰撞平抛运动的位移,该位移可以代表小球1碰撞前的速度, OM 是小球1碰撞后平抛运动的位移,该位移可以代表碰撞后小球1的速度, ON 是碰撞后小球2的水平位移,该位移可以代表碰撞后小球2的速度,当所测物理量满足表达式 $m_1 \cdot x_2 = m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_3$,说明两球碰撞遵守动量守恒定律。

(3)碰撞前, m_1 落在图中的 P' 点,设其水平初速度为 v_1 ,小球 m_1 和 m_2 发生碰撞后, m_1 的落点在图中 M' 点,设其水平初速度为 v_1' , m_2 的落点是图中的 N' 点,设其水平初速度为 v_2 ,设斜面与水平面的倾角为 α ,由平抛运动规律得 $L_2 \sin \alpha = \frac{1}{2}gt^2, L_2 \cos \alpha = v_1 t$,解得 $v_1 = \sqrt{\frac{gL_2 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$,同理可得 $v_1' = \sqrt{\frac{gL_1 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}, v_2 = \sqrt{\frac{gL_3 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$,由动量守恒定律得 $m_1 \sqrt{L_2} = m_1 \sqrt{L_1} + m_2 \sqrt{L_3}$,由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}m_1 L_2 = \frac{1}{2}m_1 L_1 + \frac{1}{2}m_2 L_3$,联立解得 $L_3 = 100 \text{ cm}$ 。

四、计算题(本题共3小题,其中第13题10分,第14题14分,第15题16分,共40分。写出必要的推理过程,仅有结果不得分)

13. (10分)**【解析】**(1)小车向上做匀减速直线运动,有 $x = \frac{v_0}{2}t$ (2分)

得 $x = 16 \text{ m}$ (1分)

(2)加速度 $a_1 = \frac{\Delta v}{t} = 8 \text{ m/s}^2$ (1分)

上滑过程 $a_1 = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{m} = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$ (1分)

得 $\mu = 0.25$ (1分)

(3)下滑过程 $a_2 = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = g \sin \theta - \mu g \cos \theta = 4 \text{ m/s}^2$ (1分)

由运动学公式 $v_t = \sqrt{2a_2 x} = 8\sqrt{2} \text{ m/s} = 11.3 \text{ m/s}$ (1分)

重力的平均功率 $\bar{P} = mg \bar{v} \cos(90^\circ - \theta) = 48\sqrt{2} \text{ W} = 67.9 \text{ W}$ (2分)

14. (14分)**【解析】**(1)A到B,由动能定理可得: $mgL = \frac{1}{2}mv_B^2$ (1分)

在B点,由牛顿第二定律 $F - mg = m \frac{v_B^2}{L}$ (1分)

解得 $F = 30 \text{ N}$ (1分)

(2)如图所示,绳与竖直方向夹角最大时,球与小车速度 v 大小相等且沿水平方向; 设此时小球离开B点后上升的高度为 Δh ; 水平方向,对小球与小车,由动量守恒定律:

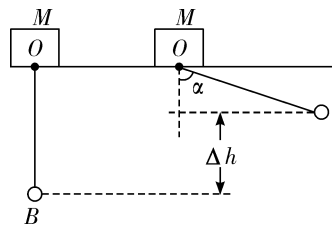
$mv_B = (M+m)v$ (2分)

由能量关系: $\frac{1}{2}mv_B^2 = mg\Delta h + \frac{1}{2}(M+m)v^2$ (2分)

由几何关系: $\cos \alpha = \frac{L - \Delta h}{L}$ (1分)

解得: $\cos \alpha = \frac{1}{3}$ (1分)

(3)小车速度最大时,小球一定在O点正下方,绳断,小球做平抛运动,设此时小车速度为 v_1 ,小球的速度为 v_2 ,水平



方向,对小车和小球,由动量守恒定律:

$$mv_B = Mv_1 + mv_2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由能量关系: } \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由平抛运动可知: } s = v_2 t, h = \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{则滑轨高度 } H = h + L \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{代入数据可得: } H = 5.45 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

15. (16分)【解析】(1)设碰撞后 b 的速度为 v_b , 经过 D 点时速度为 v , 根据牛顿第二定律 $mg = m \frac{v^2}{R} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$

b 从 C 到 D 过程中, 根据机械能守恒定律得

$$2mgR + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_b^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{设碰后瞬间轨道对 } b \text{ 的支持力 } F, \text{ 则 } F - mg = m \frac{v_b^2}{R} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{整理得 } F = 6mg \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

根据牛顿第三定律可知, 碰后瞬间 b 对轨道的压力大小为 $6mg \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$

(2) 设 a 到达最低点 C 与 b 碰撞前的速度为 v_0 , 小球 a, b 碰撞前后, 根据动量守恒定律和机械能守恒定律 $3mv_0 = 3mv_a + mv_b \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$

$$\frac{1}{2} \times 3mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 3mv_a^2 + \frac{1}{2} \times mv_b^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \frac{2}{3}v_b \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$a \text{ 从 } A \text{ 到 } C \text{ 过程中, 根据动能定理 } 3mg \cdot 2R - W = \frac{1}{2} \times 3mv_0^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } W = \frac{8}{3}mgR \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

(3) 设 b 离开 D 后经过时间 t 再次落到 AB , 沿水平方向通过的距离为 x , 沿竖直方向下降的高度为 y 。根据平抛运动的规律可知 $x = vt \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由几何关系知 } x \tan \theta = R + \frac{R}{\cos \theta} - y \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } y = \frac{8}{9}R \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{根据机械能守恒定律 } \frac{1}{2}mv^2 + mgy = E_k \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{整理得 } E_k = \frac{25}{18}mgR \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$