

牛顿第二定律之连接体问题

参考答案

【答案】

1.D 2.B 3.D 4.C 5.D

6. 6.0 N

7. (1) 2 m/s^2 ; 1 m/s^2

(2) 0.5 m

(3) 6.29 N

8. (1) $a = 2.5 \text{ m/s}^2$

(2) $t = 1 \text{ s}$

(3) 最小水平拉力是25 N

(4) 2 s

9. (1) \sqrt{gh}

(2) $2h$

(3) $\frac{5}{2}\sqrt{gh}$

10. 不发生相对滑动

11. A, C, D

【解析】

1. 当纸板相对砝码运动时，设砝码的加速度为 a_1 ，纸板的加速度为 a_2 ，则根据牛顿第二定律得：

对砝码有 $f_1 = \mu \cdot 2mg = 2ma_1$

得： $a_1 = \frac{f_1}{m_1} = \mu g$

对纸板有 $F - f_1 - f_2 = m_2 a_2$

发生相对运动需要纸板的加速度大于砝码的加速度，即： $a_2 > a_1$

所以： $F = f_1 + f_2 + m_2 a_2 > f_1 + f_2 + m_2 a_1 = \mu \cdot 2mg + \mu \cdot 3mg + \mu \cdot mg = 6\mu mg$

即： $F > 6\mu mg$ 所以D项正确，ABC项错误。

故选D

2. A选项：对A施加一竖直向下、大小为 F （ $F > 2mg$ ）的力，将弹簧再压缩一段距离（弹簧始终处于弹性限度内）

而处于平衡状态，此时弹簧弹力大小为 $F + 2mg$ 。刚撤去力 F 时，A、B向上加速运动，由牛顿第二定律可得，

$a = \frac{F}{2m}$ ，对A受力分析，由牛顿第二定律有： $F_N - mg = ma$ ，解得 $F_N = \frac{2mg + F}{2}$ ，故A选项错误；

B选项：当弹簧弹力大小为 F 时，对A、B整体，由牛顿第二定律有， $F - 2mg = 2ma_1$ ，隔离A分析，由牛顿第二

定律有， $F_{N1} - mg = ma_1$ ，解得 $F_{N1} = \frac{F}{2}$ ，故B选项正确；

C选项：A、B的速度最大时，加速度为零，弹簧弹力大小为 $2mg$ ， $F_{N2} = mg$ ，故C选项错误；

D选项：弹簧恢复原长时，A、B只受重力作用， $F_{N3} = 0$ ，故D选项错误。

故选B选项。

3. 对题图甲中两本词典整体分析，根据共点力平衡有

$$2mg \sin \theta = \mu_2 \cdot 2mg \cos \theta \text{ ①}$$

对题图乙中两本词典整体分析，根据牛顿第二定律得

$$2mg \sin \theta - \mu_1 \cdot 2mg \cos \theta = 2ma \text{ ②}$$

A选项：由①②两式可知 $\mu_1 < \mu_2$ ，故A选项错误；

B选项：而两本词典之间的最大静摩擦力 $f_m = \mu_3 mg \cos \theta$ ，由 $f_m \geq f_1$ 可知 $\mu_3 \geq \mu_2$ ，故B选项错误；

C选项：题图乙中 $a = g \sin \theta - \mu_1 g \cos \theta$ ，对汉语词典有 $mg \sin \theta - f_2 = ma$ ，解得 $f_2 = \mu_1 mg \cos \theta$ ，故C选项错误。

D选项：题图甲中英语词典所受静摩擦力 $f_1 = mg \sin \theta$ ，因为 $2mg \sin \theta = \mu_2 \cdot 2mg \cos \theta$ ，

所以 $f_1 = \mu_2 mg \cos \theta$ ，故D选项正确；

故选D选项

4. 木板沿斜面加速下滑时，猫保持相对斜面的位置不变，即相对斜面静止，加速度为零；

因此猫受到的木板的摩擦力为 $f = mg \sin \alpha$ ，

根据力的作用是相互的，

对木板受力分析，

根据牛顿第二定律得： $F_{\text{木板}} = 2ma$ （ a 为木板的加速度），

木板受到的合力为猫的摩擦力和木板沿斜面方向的分力，

即 $F_{\text{合}} = 3mg \sin \alpha$ ，解得 $a = \frac{3}{2}g \sin \alpha$ 。

故选C。

5. A选项：圆环通过O点时，水平方向合力为零，竖直方向只受重力，故加速度等于 g ，A选项错误；

B选项：圆环受力平衡时速度最大，应在O点下方，B选项错误；

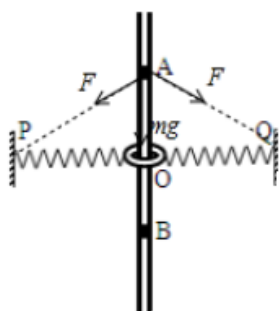
C选项：圆环在下滑过程中与粗糙细杆之间无压力，不受摩擦力，在A点对圆环进行受力分析如图，根据几何关系，

在A点弹簧伸长 $(\sqrt{2}-1)L$ ，根据牛顿第二定律，有 $mg + 2k(\sqrt{2}-1)L \cos 45^\circ = ma$ ，解得 $a = g + \frac{(2-\sqrt{2})kL}{m}$ ，

C选项错误；

D选项：圆环从A到B过程，根据功能关系，减少的重力势能转化为动能 $mg2L = \frac{1}{2}mv^2$ ，解得 $v = 2\sqrt{gL}$ ，D选项正确。

故选D。



6. 根据题图甲所示，设A、B间的静摩擦力达到最大值 f_m 时，系统的加速度为 a 。根据牛顿第二定律，对A、B整体有

$$F = (m_A + m_B)a$$

对A有 $f_m = m_A a$

代入数据解得 $f_m = 2.0 \text{ N}$

根据题图乙所示情况，设A、B刚开始滑动时系统的加速度为 a' ，根据牛顿第二定律有

$$f_m = m_B a'$$

$$F_m' = (m_A + m_B)a'$$

代入数据解得

$$F_m' = 6.0 \text{ N}$$

7. (1) 设物块和木板间的滑动摩擦力大小为 f ，物块和木板的加速度大小分别为 a_1 、 a_2

对物块，其所受摩擦力：

$$f = \mu mg$$

由牛顿第二定律：

$$f = ma_1$$

代入数据得：

$$a_1 = 2 \text{ m/s}^2$$

对木板，由牛顿第二定律有：

$$F - f = Ma_2$$

代入数据得：

$$a_2 = 1 \text{ m/s}^2$$

- (2) 设从放上物块到二者达到共速 v 所用时间为 t ，木板初速度 $v_0 = 1 \text{ m/s}$ ，

$$\text{物块速度 } v = 0 + a_1 t \text{ ①}$$

$$\text{木板速度 } v = v_0 + a_2 t \text{ ②}$$

联立①②式，解得 $t = 1 \text{ s}$

$$1 \text{ s内物块的位移 } x_1 = 0 + \frac{1}{2} a_1 t^2$$

代入数据得， $x_1 = 1 \text{ m}$

$$1 \text{ s内木板的位移 } x_2 = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2$$

代入数据得， $x_2 = 1.5 \text{ m}$

所以木板长至少为 $L \geq x_2 - x_1$

代入数据得， $L \geq 0.5 \text{ m}$

- (3) 相对静止后，物块受到木板对它的静摩擦力 $f_{\text{静}}$ ，

对物块、木板整体，设加速度大小为 a ，由牛顿第二定律得，

$$F = (M + m)a$$

代入数据得， $a = \frac{11}{7} \text{ m/s}^2$ ，

由牛顿第二定律，物块所受摩擦力 $f_{\text{静}} = ma$ ，

代入数据得， $f_{\text{静}} = 6.29 \text{ N}$ 。

8. (1) 木板受到的摩擦力 $F_f = \mu(M + m)g$ ，设木板的加速度为 a ，由牛顿第二定律， $F - F_f = Ma$ ，

联立以上两式并代入数据得： $a = 2.5 \text{ m/s}^2$

- (2) 设拉力 F 作用 t 时间后撤去，木板的加速度为 a' ，由牛顿第二定律， $-F_f = Ma'$ ，得 $a' = -\frac{F_f}{M}$ ，代入数据解

得： $a' = -2.5 \text{ m/s}^2$

木板先做匀加速运动，后做匀减速运动，且 $a = -a'$

$$\text{有 } 2 \times \frac{1}{2} a t^2 = L$$

解得： $t = 1 \text{ s}$ ，即 F 作用的最短时间是 1 s

- (3) 设木块的最大加速度为 a_3 ，木板的最大加速度为 a_4 ，则 $a_3 = \mu_1 g$

$$\text{对木板： } F_1 - \mu_1 mg - \mu(M + m)g = Ma_4$$

木板能从木块的下方抽出的条件： $a_3 > a_4$

解得： $F > 25 \text{ N}$

- (4) 木块的加速度 $a_3 = \mu_1 g$ ，解得： $a_3 = 3 \text{ m/s}^2$

木板的加速度 $a_4 = \frac{F_2 - \mu_1 mg - \mu(m + M)g}{M}$ ，代入解得： $a_4 = 4.25 \text{ m/s}^2$

木块滑离木板时，两者的位移关系为 $x_{\text{木板}} - x_{\text{木块}} = L$ ，即 $\frac{1}{2} a_4 t^2 - \frac{1}{2} a_3 t^2 = L$

代入数据解得： $t = 2\text{ s}$

9. (1) 下落过程，对A、C整体分析，设加速度为 a_1 ，由牛顿第二定律得 $mg = 2ma_1$

代入数据得 $a_1 = \frac{1}{2}g$

根据运动关系： $v_1^2 - 0 = 2a_1h$

代入数据得 $v_1 = \sqrt{gh}$

因此A的速度大小为 \sqrt{gh} 。

- (2) B放上A后，设A、C仍以加速度 a_2 一起运动

根据滑动摩擦力的计算公式 $f = \mu F_N$

A、B之间的正压力 $F_N = 4mg$

因此A、B之间摩擦力 $f = 4\mu mg$ ，

代入数据的 $f = mg$

以A、C为整体研究对象，由牛顿第二定律： $mg - f = 2ma_2$

代入数据得 $a_2 = 0$

因此A、C以速度 v_1 匀速运动，

以B为研究对象，设加速度为 a_B ，由牛顿第二定律： $f = 4ma_B$

代入数据得 $a_B = \frac{g}{4}$

依题意，A、B、C达到共速时，B刚好运动到木板A左端，设该过程时间为 t_0

B作匀加速运动： $v_1 = 0 + a_B t_0$

代入数据得 $t_0 = 4\sqrt{\frac{h}{g}}$

木板A相对地面位移 $s_A = v_1 t_0$

代入数据得 $s_A = 4h$

B相对地面位移 $s_B = \frac{0 + v_1}{2} t_0$

代入数据得 $s_B = 2h$

由几何关系，木板长度有 $L = s_A - s_B$

代入数据得 $L = 2h$

因此木板长度为 $2h$ 。

- (3) 从开始运动到B速度大小与A、C相等过程，设该过程时间为 t_2 ，根据小题（2）分析，A、C以 v_1 匀速运动，

根据牛顿第二定律，对B： $4ma_{B1} = F + f$

代入数据得 $a_{B1} = 2g$

对B： $v_1 = 0 + a_{B1} t_2$

代入数据得 $t_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{h}{g}}$

B相对地面： $s_{B1} = 0 + \frac{1}{2}a_{B1} t_2^2$

代入数据得 $s_{B1} = \frac{1}{4}h$

A、C相对地面位移： $s_{AC1} = v_1 t_2$

代入数据得 $s_{AC1} = \frac{1}{2}h$

从B速度大于A、C速度到B滑落过程，设时间为 t_3 ，A、C的加速为 a_{AC} ，B的加速度为 a_{B2} ，根据牛顿第二定律，

对A、C： $2ma_{AC} = mg + f$

B： $4ma_{B2} = F - f$

代入数据得 $a_{AC} = g$, $a_{B2} = \frac{3}{2}g$

B 相对地面: $s_{B2} = v_1 t_3 + \frac{1}{2} a_{B2} t_3^2$ ①

A 、 C 相对地面位移: $s_{AC2} = v_1 t_3 + \frac{1}{2} a_{AC} t_3^2$ ②

由几何关系得: $s_{AC1} - s_{B1} = s_{B2} - s_{AC2}$ ③

联立①②③得 $t_3 = \sqrt{\frac{h}{g}}$

因此 B 滑出 A 的速度 $v_{B2} = v_1 + a_{B2} t_3$

代入数据得 $v_{B2} = \frac{5}{2} \sqrt{gh}$

故 B 滑出 A 时速度为 $\frac{5}{2} \sqrt{gh}$

10. A 、 B 之间的最大静摩擦力为

$$F_{fm} = \mu_1 mg$$

带入数据得:

$$F_{fm} = 3\text{N}$$

假设 A 、 B 之间不发生相对滑动则

对 A 、 B 整体: $F = (M + m)a$

对 B : $F_{fAB} = ma$

解得: $F_{fAB} = 2.5\text{N}$

因 $F_{fAB} < F_{fm}$, 故 A 、 B 之间不发生相对滑动。

11. A项: 根据乙图可知, 当 $x = h + x_0$, 小球的重力等于弹簧的弹力, 此时小球具有最大速度, 以弹簧和小球组成的系统, 机械能守恒可知, 重力势能与弹性势能之和最小, 故A正确;

BC项: 小球刚落到弹簧上时, 弹力小于重力, 小球加速度向下, 速度增大, 随弹力的增加, 加速度减小, 当弹力等于重力时加速度为零, 此时速度最大; 然后向下运动时弹力大于重力, 小球的加速度向上且逐渐变大, 小球做减速运动直到最低点, 则小球落到弹簧上向下运动到最低点的过程中, 速度先增大后减小, 加速度先减小后增大, 故B错误, C正确;

D项、小球达到最大速度的过程中, 根据动能定理可知: $mg(h + x_0) - \frac{1}{2}mg \cdot x_0 = \frac{1}{2}mv^2$, 故小球动能的最大值为 $mgh + \frac{1}{2}mgx_0$, 故D正确;

故选ACD