参考答案：

1．C

【详解】A．子弹射入木块后的瞬间，子弹和木块组成的系统动量守恒，以 v_0 的方向为正方向，则

$$m_0v_0=(M+m_0)v_1$$

解得

$$v_1=\frac{m_0v_0}{m_0+M}$$

故 A 错误；

B．子弹射入木块后的瞬间

$$F_{\mathrm{T}}-(M+m_0)g=(M+m_0)\frac{v_1^2}{L}$$

解得绳子拉力

$$F_{\mathrm{T}}=(M+m_0)g+(M+m_0)\frac{v_1^2}{L}$$

故 B 错误；

C．子弹射入木块后的瞬间，对圆环

$$F_{\mathrm{N}}=F_{\mathrm{T}}+mg>(M+m+m_0)g$$

由牛顿第三定律知，环对轻杆的压力大于 $(M+m+m_0)g$，故 C 正确；

D．子弹射入木块之后，圆环、木块和子弹构成的系统只在水平方向动量守恒，故 D 错误。

故选 C。

2．D

【详解】A．从 $t=0$ 时刻至 B 再次运动到 A 正下方的过程中，细绳一直处于向右倾斜状态，所以 A 一直水平向右加速，B 的运动可以分解为水平向右随 A 加速直线运动和竖直平面内的圆周运动。所以 A 的加速度水平向右，B 的加速度有与 A 相同的向右的加速度分量和沿绳的加速度分量。故 A、B 沿绳方向加速度不相等，故 A 错误；

B．从 $t=0$ 时刻至 B 再次运动到 A 正下方的过程中，由动量守恒定理和能量守恒定理可得

$$m\sqrt{2gl}=mv_{\mathrm{A}}+mv_{\mathrm{B}}$$

$$\frac{1}{2}m\cdot 2gl=\frac{1}{2}mv_{\mathrm{A}}^2+\frac{1}{2}mv_{\mathrm{B}}^2$$

解得

$$v_{\mathrm{B}}=0，\ v_{\mathrm{A}}=\sqrt{2gl}$$

对 A 球由动量定理可得

$$I_{支持力}+I_{重力}+I_{绳}=0-m\sqrt{2gl}$$

由受力分析可知重力与支持力不相等，所以

$$I_{支持力}+I_{重力}\neq 0$$

所以

$$I_{绳}\neq -m\sqrt{2gl}$$

故 B 错误；

C．从 $t=0$ 时刻至 B 再次运动到 A 正下方的过程中，细绳一直处于向右倾斜状态，绳对 A 一直做正功，故 C 错误；

D．B 再次运动到 A 正下方时，由 B 项分析知 A 的速度不为零，所以 B 随 A 水平运动的速度为零，由

$$T-mg=\frac{mv_{\mathrm{A}}^{2}}{l}=2mg$$

得

$$T=3mg$$

故 D 正确。

故选 D。

3．C

【详解】A．P、Q 组成的系统在水平方向所受合外力为零，在竖直方向所受合外力不为零，系统所受合外力不为零，系统动量不守恒，故 A 错误；

B．设 Q 的水平位移大小为 x_1，则 P 的水平位移大小为 x_2，P、Q 组成的系统在水平方向所受合外力为零，系统在水平方向动量守恒，以向右为正方向，由动量守恒定律得

$$mv_{\mathrm{Q}x}-4mv_{\mathrm{P}x}=0$$

则有

$$mx_1-4mx_2=0$$

可得 P、Q 的水平位移大小之比为

$$x_2 : x_1 = 1 : 4$$

故 B 错误；

C．设 Q 到达最低点的速度大小为 v_1，此时 P 的速度大小为 v_2，P、Q 组成的系统在水平方向动量守恒，以向右为正方向，在水平方向，由动量守恒定律得

$$mv_1 - 4mv_2 = 0$$

系统机械能守恒，由机械能守恒定律得

$$mgR = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 4mv_2^2$$

联立解得

$$v_2 = \frac{\sqrt{10gR}}{10}$$

故 C 正确；

D．P、Q 组成的系统在水平方向动量守恒，Q 运动到半圆槽右端最高点时，P、Q 的水平速度均为零，故 D 错误。

故选 C。

4．C

【详解】A．若 A、B 与平板车上表面间的动摩擦因数相同，由于 A 的质量大于 B 的质量，A 物体受到的摩擦力大于 B 物体受到的摩擦力，A、B 系统所受合外力不为零，系统动量不守恒的，故 A 错误；

B．无论 A、B 与平板车上表面间的动摩擦因数是否相同，A、B、C 组成系统的合外力都为零，A、B、C 组成系统的动量守恒，故 B 错误；

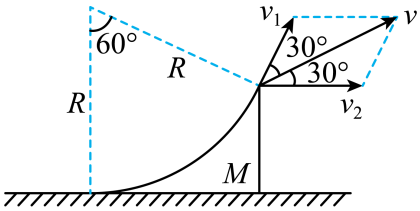
CD．无论 A、B 所受的摩擦力大小是否相等，A、B、C 组成系统所受合外力都为零，A、B、C 组成系统的动量守恒，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

5．C

【详解】ABC．小球以初速度 v_0 滑上圆弧轨道，小球与圆弧轨道产生相互作用，因此小球从滑上圆弧到飞离圆弧的运动中，小球与圆弧轨道组成的系统在水平方向动量守恒，机械能守恒，因此小球有两个分速度，其中 v_1 是相对轨道的速度，与圆弧相切，v_2 是随轨道运动的速度，方向水平，如图所示，由几何关系，可知 v_1 与 v_2 成 60°角，v 与 v_2 成 30°角，则 v_1 与

v 成 30°角，所以四边形是菱形，$v_1 = v_2$，则有 $v=\sqrt{3}v_2$ ，由动量守恒定律可得



$$m_0v_0 = m_0v\cos 30^{\circ} + 1.5m_0v_2$$

系统的机械能守恒

$$\frac{1}{2}m_0v_0^2 = \frac{1}{2}m_0v^2 + \frac{1}{2}\times 1.5m_0v_2^2 + m_0gR\left(1-\cos 60^{\circ}\right)$$

联立解得

$$R=\frac{v_0^2}{2g}$$

解得小球飞出时圆弧轨道的速度为

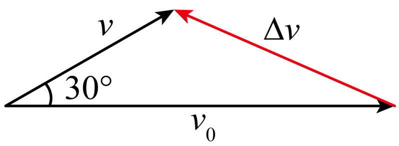
$$v_2=\frac{1}{3}v_0$$

解得小球飞出时速度为

$$v=\sqrt{3}v_2=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$$

AB 错误，C 正确；

D．由题意可得矢量三角形，如图所示，由几何关系可得



$$\left(\Delta v\right)^2 = v^2 + v_0^2 - 2vv_0\cos 30^{\circ}$$

其中

$$v=\sqrt{3}v_2=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$$

解得

$$\Delta v=\frac{\sqrt{3}}{3}v_0$$

D 错误。

故选 C。

6．C

【详解】A．在水平方向上合力为 0，系统在水平方向的动量为 0，在竖直方向上，小球有

竖直方向的分速度，小车竖直方向没有分速度，则竖直方向上系统动量不守恒，故此后的过程中，小球、小车组成的系统动量不守恒，故 A 错误；

B．若小车不动，则释放小球后做圆周运动；而现在小车在水平方向有运动，则小球的运动不是圆周运动，故 B 错误；

C．刚释放小球时，小球和小车速度为 0，系统在水平方向合外力为 0，水平方向上动量守恒，则

$$m_{球}v_1 + m_{车}v_2 = 0$$

则当向左摆到最高点的过程中，小球的速度为 0，则小车的速度也为 0，由于系统机械能守恒，则摆动过程中重力做功为 0，由于

$$P = \frac{W}{t}$$

可知，小球重力的平均功率为 0，故 C 正确；

D．从释放到向左摆到最高点的过程中，小球重力的冲量为

$$I = mgt$$

时间增加，则冲量不为 0，故 D 错误。

故选 C。

7．D

【详解】AB．从 A 滑到 B 的过程，滑块和小车组成的系统水平方向动量守恒，则由动量守恒定律有

$$mv_1 - Mv_2 = 0$$

根据能量守恒有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{3gR}{2}}，\ v_2 = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{3gR}{2}}$$

AB 错误；

C．当弹簧压缩到最短时弹簧弹性势能最大，此时滑块与小车共速，由动量守恒定律可知，共同速度

$$v = 0$$

根据能量守恒有

$$E_{\mathrm{P\,max}}=mgR$$

C 错误；

D．滑块从 A 到 B 过程，在水平方向上，根据动量守恒定律的位移表达式有

$$mx_1-Mx_2=0$$

根据题意有

$$x_1+x_2=R$$

解得

$$x_2=\frac{1}{4}R$$

D 正确。

故选 D。

8．D

【详解】A．滑块（可视为质点）以水平向右的速度 v 滑上木板左端，滑到木板右端时速度恰好为零，根据匀变速直线运动规律可知

$$v^2=2aL$$

解得

$$a=\frac{v^2}{2L}$$

故 A 错误；

B．根据牛顿第二定律有

$$\mu mg=ma$$

解得

$$\mu=\frac{v^2}{2gL}$$

故 B 错误；

CD．小滑块以水平速度 v 右滑时，由动能定理有

$$-fL=0-\frac{1}{2}mv^2$$

小滑块以速度 kv 滑上木板到运动至碰墙时速度为 v_1，由动能定理有

$$-fL=\frac{1}{2}m{v_1}^2-\frac{1}{2}m(kv)^2$$

滑块与墙碰后至向左运动到木板左端，此时滑块、木板的共同速度为 v_2，由动量守恒有

$$mv_1=(m+4m)v_2$$

由能量守恒定律可得

$$fL=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}(m+4m)v_2^2$$

解得

$$k=\frac{3}{2}，\quad v_1=\frac{\sqrt{5}v}{2}$$

故 C 错误，D 正确；

故选 D。

9．D

【详解】AB．当 A 向左压缩弹簧时 A 物块减速，B 板做加速度增大的加速运动，当弹簧压缩量最大时，A、B 共速，之后弹簧在恢复形变的过程中 B 板做加速度减小的加速，A 物块继续减速，当弹簧恢复原长时 B 板达最大速度，A 速度最小，故 AB 错误；

C．当弹簧恢复原长时，设 A、B 的速度分别为 v_1，v_2 由动量守恒定律

$$2mv_0=2mv_1+mv_2$$

能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}\cdot 2m{v_0}^2=\frac{1}{2}\cdot 2m{v_1}^2+\frac{1}{2}m{v_2}^2$$

联立解得

$$v_1=\frac{1}{3}v_0$$

$$v_2=\frac{4}{3}v_0$$

弹簧给木块 A 的冲量

$$I=2mv_1-2mv_0=-\frac{4}{3}mv_0$$

所以弹簧给木块 A 的冲量大小为 $\frac{4}{3}mv_0$，故 C 错误；

D．弹簧最大的弹性势能发生在 AB 共速时，设共速的速度为 v

由动量守恒知

$$2mv_0=3mv$$

解得

$$v=\frac{2}{3}v_0$$

由能量守恒可知

$$E_p=\frac{1}{2}\cdot 2m{v_0}^2-\frac{1}{2}\cdot 3mv^2=\frac{1}{3}m{v_0}^2$$

故D正确。

故选D。

10．D

【详解】根据动能定理可知

$$W_1=\frac{1}{2}m(2v)^2-\frac{1}{2}mv^2=\frac{3}{2}mv^2$$

$$W_2=\frac{1}{2}m(5v)^2-\frac{1}{2}m(2v)^2=\frac{21}{2}mv^2$$

可得

$$W_2=7W_1$$

由于速度是矢量，具有方向，当初、末速度方向相同时，动量变化量最小，方向相反时，动量变化量最大，因此冲量的大小范围是

$$mv\le I_1\le 3mv$$

$$3mv\le I_2\le 7mv$$

比较可得

$$I_2\ge I_1$$

一定成立。

故选D。

11．（1）$v_0=\frac{1}{2}\sqrt{gL}$，$v=\frac{3}{2}\sqrt{gL}$；（2）大小为$2m\sqrt{gL}$，方向水平向左；（3）$t=\frac{4}{3\mu}\sqrt{\frac{L}{g}}$

【详解】（1）细绳恰好被拉断，根据牛顿第二定律有

$$T-2mg=2m\frac{v^2}{L}，\ T=6.5mg$$

解得

$$v=\frac{3}{2}\sqrt{gL}$$

小滑块在摆动过程中，根据动能定理得

$$2mgL=\frac{1}{2}\cdot 2mv^{2}-\frac{1}{2}\cdot 2mv_{0}^{2}$$

解得

$$v_{0}=\frac{1}{2}\sqrt{gL}$$

（2）小车与物块间摩擦力使小车加速，物块减速，若小车在碰撞前共速则有

$$2mv=3mv_{1}$$

解得

$$v_{1}=\sqrt{gL}$$

一直做加速，则对小车由动能定理可得

$$\mu 2mgx=\frac{1}{2}mv'^{2}_{1}$$

解得

$$v'_{1}=\sqrt{\frac{4}{3}gL}>v_{1}$$

故分析得碰撞前已经达到共速即 $v_{1}=\sqrt{gL}$。

则第一次碰撞过程中，小车与弹性挡板碰撞后速度大小不变，方向相反，根据动量定理得挡板对小车的冲量

$$I=-mv_{1}-mv_{1}=-2m\sqrt{gL}$$

挡板对小车的冲量大小为$2m\sqrt{gL}$，方向水平向左。

（3）第一次碰撞后，小车与物块间滑动，根据系统动量守恒有

$$2mv_{1}-mv_{1}=3mv_{2}$$

解得

$$v_{2}=\frac{1}{3}\sqrt{gL}$$

根据牛顿第二定律得，小车加速和减速的加速度大小

$$\mu 2mg=ma$$

解得

$$a=2\mu g$$

碰撞后小车加速和减速过程的总时间关系有

$$v_{2}-\left(-v_{1}\right)=at_{1}$$

解得

$$t_1 = \frac{2}{3\mu}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

小车第一次碰撞到减速到 0，有

$$v_1^2 = 2 \cdot 2\mu g x_1$$

随后小车加速到v_2有

$$v_2^2 = 2 \cdot 2\mu g x_2$$

第二次碰撞前小车匀速运动的时间有

$$t_2 = \frac{x_2 - x_1}{v_2}$$

联立解得

$$t_2 = \frac{2}{3\mu}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

小车从第一次与挡板碰撞到第二次与挡板碰撞所经历的时间

$$t = t_1 + t_2 = \frac{4}{3\mu}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

12．（1） 5N；（2） 0.25；（3） 30m

【详解】（1）对 AB 整体分析有

$$T = \left(m_A + m_B\right)a$$

对 C 分析有

$$m_c g - T = m_c a$$

联立解得

$$a = \frac{m_C g}{m_A + m_B + m_C} = 2.5\text{m/s}^2$$

对 A 分析有

$$f = m_A a = 5\text{N} < \mu m_B g = 6\text{N}$$

所以板 A 和物块 B 之间摩擦力为静摩擦力，其大小为 5N。

（2）由动量定理有

$$m_C g t' - f' t' = 0$$

$$f' = \mu' F$$

根据力与时间图像的面积表示力的冲量，则有

$$I_{f'} = \mu' F t' = 160\mu'$$

联立解得

$$\mu' = \frac{m_C g t'}{160} = 0.25$$

（3）若物块 C 质量$m_c{}' = 3.0\text{kg}$，AB 相对滑动，对 A 有

$$\mu m_B g = m_A a_A$$

解得

$$a_A = 3\text{m/s}^2$$

对 BC 分析有

$$m_C g - \mu m_B g = \left(m_B + m_C\right) a_{BC}$$

解得

$$a_{BC} = 6\text{m/s}^2$$

经过t_1，B 从 A 上滑出，有

$$\frac{1}{2} a_{BC} t_1{}^2 - \frac{1}{2} a_A t_1{}^2 = L$$

解得

$$t_1 = 1\text{s}$$

B 从 A 滑出后有

$$m_C g = \left(m_B + m_C\right) a_{BC}{}'$$

解得

$$a_{BC}{}' = 7.5\text{m/s}^2$$

经过$t = 3\text{s}$，物块 C 下降的高度为

$$h = \frac{1}{2} a_{BC} t_1{}^2 + \left(a_{BC} t_1\right)\left(t - t_1\right) + \frac{1}{2} a_{BC}{}' \left(t - t_1\right)^2$$

解得

$$h = 30\text{m}$$

13．(1) $F_N{}'=60\text{N}$，方向竖直向下；(2) $E_p=12\text{J}$；(3) $L=0.5\text{m}$

【详解】(1)对 B 分析，在轨道最高点由牛顿第二定律可得

$$m_B g=m\frac{v_d^2}{R}$$

从 b 到 d 由动能定理可得

$$-m_B g\cdot 2R=\frac{1}{2}m_B v_d{}^2-\frac{1}{2}m_B v_b{}^2$$

在 b 点由牛顿第二定律可得

$$F_N-m_B g=m_B\frac{v_b{}^2}{R}$$

联立以上方程可得

$$F_N=60\text{N}$$

由牛顿第三定律可知物块对轨道的压力

$$F_N{}'=60\text{N}$$

方向竖直向下

(2)细绳剪断之后，由动量守恒定律可得

$$m_A v_A=m_B v_B$$

由能量守恒可得

$$E_p=\frac{1}{2}m_A v_A^2+\frac{1}{2}m_B v_B^2$$

联立以上方程可得

$$E_p=12\text{J}$$

(3)假设 A 恰好滑到小车左端时与小车有共同速度 v，由动量守恒定律可得

$$m_A v_A=\left(m_A+M\right)v$$

由能量守恒可得

$$\mu m_A gL=\frac{1}{2}m_A v_A{}^2-\frac{1}{2}\left(m_A+M\right)v^2$$

解得

$$L=0.5\text{m}$$

14．（1）$v_B=4.0\text{m/s}$；（2）$m_C=1.0\text{kg}$；（3）$d=1.75\text{m}$

【详解】（1）对物块 A 在爆炸后，知

$$-\mu_0 m_A g s = 0 - \frac{1}{2} m_A {v_A}^2$$

可得

$$v_A = 2.0\mathrm{m/s}$$

对物块 A 与长木板 B 在爆炸过程中知

$$0 = m_A v_A - m_B v_B$$

$$\text{可得.}\ v_B = 4.0\mathrm{m/s}$$

（2）对 B、C 在相对滑动过程中共速时速度为

$$v_{共} = 1.0\mathrm{m/s}$$

对小物块 C，在 0~1s 内

$$a_C = \frac{v_{共} - 0}{\Delta t} = \mu g$$

可得

$$\mu = 0.1$$

对长木板 B，在 0~1s 内知

$$\mu_0 \left(m_B + m_C\right) g + \mu m_C g = m_B a_B$$

且

$$a_B = \frac{v_B - v_{共}}{\Delta t}$$

可得

$$m_C = 1.0\mathrm{kg}$$

（3）对长木板 B 与小物块 C 在 0~1s 内，相对位移为

$$s_{相} = \frac{v_B + v_{共}}{2}\Delta t - \frac{0 + v_{12}}{2}\Delta t = 2\mathrm{m}$$

对长木板 B，在 1s 后至停下时知

$$\mu_0 \left(m_B + m_C\right) g - \mu m_C g = m_B {a_B}'$$

可得

$${a_B}' = 2.0\mathrm{m/s^2}$$

对长木板 B 与小物块 C 在 1s 后至均停下，相对位移为

$$s_{相}'=\frac{v_{共}^{2}}{2a_B'}-\frac{v_{共}+0}{2}\Delta t=0.25\text{m}$$

可知，小物块 C 静止时距长木板 B 右端的距离

$$d=s_{相}-s_{相}'=1.75\text{m}$$

15．（1）60N，方向竖直向下；（2）能，$\sqrt{12.6}$m；（3）$12\text{J}\le E_{\text{p}}\le 24\text{J}$

【详解】（1）物块 P 从 B 到 A 过程，根据动能定理有

$$-m_1gR_1=0-\frac{1}{2}m_1v_B^{2}$$

物块 P 在 B 点，根据牛顿第二定律有

$$N-m_1g=m_1\frac{v_B^{2}}{R_1}$$

解得

$$N=60\text{N}$$

根据牛顿第三定律，物块对轨道的压力大小 60N，方向竖直向下；

（2）物块 P 被弹出到运动到 A 过程，根据动能定理有

$$-m_1gR_1-\mu m_1gL_{BC}=0-\frac{1}{2}m_1v_{\text{P}}^{2}$$

解得

$$v_{\text{P}}=\sqrt{30}\text{m/s}$$

对 P、Q 构成的系统，根据动量守恒定律有

$$m_1v_{\text{P}}-m_2v_Q=0$$

解得

$$v_{\text{Q}}=2\sqrt{30}\text{m/s}$$

对 Q 与小车构成的系统，在水平方向，根据动量守恒定律有

$$m_2v_Q=\left(m_2+m_3\right)v_x$$

解得

$$v_x=\sqrt{7.5}\text{m/s}$$

根据能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}m_2{v_{\mathrm{Q}}}^2=\frac{1}{2}m_2\left({v_x}^2+{v_y}^2\right)+\frac{1}{2}m_3{v_x}^2+m_2gR_2+\mu m_2gL_{EF}$$

解得

$$v_y=\sqrt{42}\mathrm{m/s}$$

物块 P 运动时间为

$$t=\frac{2v_y}{g}=2\sqrt{0.42}\mathrm{s}$$

$$x=v_xt=\sqrt{12.6}\mathrm{m}$$

（3）物块被弹开过程有

$$m_1v_{\mathrm{P}1}-m_2v_{Q1}=0$$

$$E_{\mathrm{p\,min}}=\frac{1}{2}m_1{v_{\mathrm{P}1}}^2+\frac{1}{2}m_2{v_{\mathrm{Q}1}}^2$$

当物块 Q 向右滑上小车后恰好到达 F 点与小车共速时，弹簧弹性势能最小，此时，对物块 Q 与小车有

$$m_2v_{Q1}=\left(m_2+m_3\right)v_3$$

$$\frac{1}{2}m_2{v_{\mathrm{Q}2}}^2=\mu m_2gL_{EF}+\frac{1}{2}\left(m_2+m_3\right){v_3}^2$$

解得

$$E_{\mathrm{pmin}}=12\mathrm{J}$$

由于

$$m_2gR_2=18\mathrm{J}>2\mu m_2gL_{EF}=12\mathrm{J}$$

当物块 Q 冲上 FG 圆弧没有越过 G 点之后又返回 E 点与小车共速时，弹簧弹性势能达到最大值，则弹簧弹开两物块过程有

$$m_1v_{\mathrm{P}2}-m_2v_{\mathrm{Q}2}=0$$

$$E_{\mathrm{Pmax}}=\frac{1}{2}m_1v_{\mathrm{P}2}^2+\frac{1}{2}m_2v_{\mathrm{Q}2}^2$$

当物块 Q 冲上 FG 圆弧没有越过 G 点之后又返回 E 点与小车共速过程有

$$m_2v_{Q2}=\left(m_2+m_3\right)v_4$$

$$\frac{1}{2}m_2{v_{\mathrm{Q}2}}^2=2\mu m_2gL_{EF}+\frac{1}{2}\left(m_2+m_3\right){v_3}^2$$

解得

$$E_{\text{pmax}} = 24\text{J}$$

综合上述，被锁定弹簧的弹性势能的取值范围为

$$12\text{J} \le E_{\text{p}} \le 24\text{J}$$