

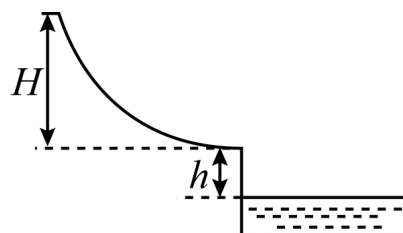
第五章 机械能及其守恒定律

第4节 机械能守恒定律及其应用

第一课时

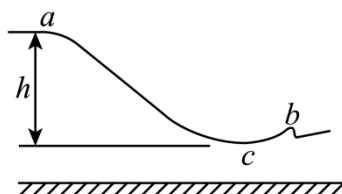
一、单选题

1. 水上乐园有一末段水平的滑梯，人从滑梯顶端由静止开始滑下后落入水中。如图所示，滑梯顶端到末端的高度 $H=4.0\text{m}$ ，末端到水面的高度 $h=1.0\text{m}$ 。取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，将人视为质点，不计摩擦和空气阻力。则人的落水点到滑梯末端的水平距离为（ ）



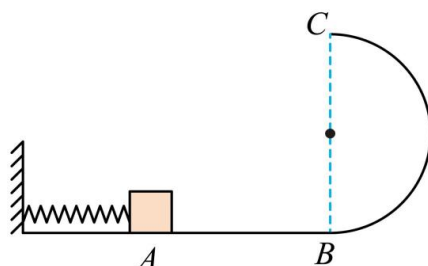
- A. 4.0m B. 4.5m C. 5.0m D. 5.5m

2. 北京 2022 年冬奥会首钢滑雪大跳台局部示意图如图所示。运动员从 a 处由静止自由滑下，到 b 处起跳， c 点为 a 、 b 之间的最低点， a 、 c 两处的高度差为 h 。要求运动员经过 c 点时对滑雪板的压力不大于自身所受重力的 k 倍，运动过程中将运动员视为质点并忽略所有阻力，则 c 点处这一段圆弧雪道的半径不应小于（ ）



- A. $\frac{h}{k+1}$ B. $\frac{h}{k}$ C. $\frac{2h}{k}$ D. $\frac{2h}{k-1}$

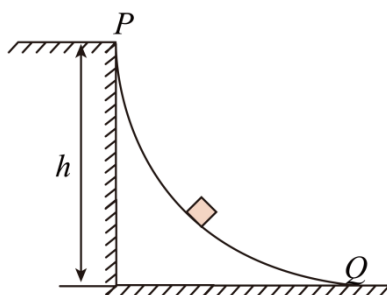
3. 如图所示，光滑水平轨道 AB 与竖直面内的光滑半圆形轨道 BC 在 B 点平滑连接。一小物体将轻弹簧压缩至 A 点后由静止释放，物体脱离弹簧后进入半圆形轨道，恰好能够到达最高点 C 。下列说法正确的是（ ）



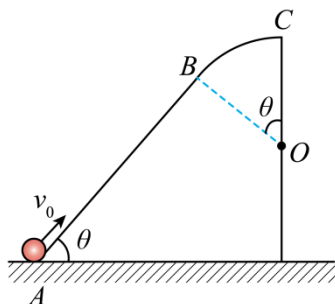
- A . 物体在 C 点所受合力为零
- B . 物体在 C 点的速度为零
- C . 物体在 C 点的向心加速度等于重力加速度
- D . 物体在 A 点时弹簧的弹性势能等于物体在 C 点的动能

二、多选题

- 4 . 人们用滑道从高处向低处运送货物 . 如图所示 , 可看作质点的货物从 $\frac{1}{4}$ 圆弧滑道顶端 P 点静止释放 , 沿滑道运动到圆弧末端 Q 点时速度大小为 6m/s . 已知货物质量为 20kg , 滑道高度 h 为 4m , 且过 Q 点的切线水平 , 重力加速度取 10m/s^2 . 关于货物从 P 点运动到 Q 点的过程 , 下列说法正确的有 ()



- A . 重力做的功为 360J
 - B . 克服阻力做的功为 440J
 - C . 经过 Q 点时向心加速度大小为 9m/s^2
 - D . 经过 Q 点时对轨道的压力大小为 380N
- 5 . 如图 , 固定在竖直面内的光滑轨道 ABC 由直线段 AB 和圆弧段 BC 组成 , 两段相切于 B 点 , AB 段与水平面夹角为 θ , BC 段圆心为 O , 最高点为 C , A 与 C 的高度差等于圆弧轨道的直径 $2R$. 小球从 A 点以初速度 v_0 冲上轨道 , 能沿轨道运动恰好到达 C 点 , 下列说法正确的是 ()

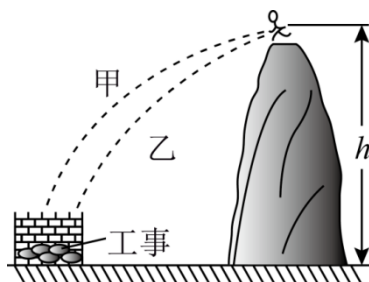


- A . 小球从 B 到 C 的过程中 , 对轨道的压力逐渐增大
- B . 小球从 A 到 C 的过程中 , 重力的功率始终保持不变

C. 小球的初速度 $v_0 = \sqrt{2gR}$

D. 若小球初速度 v_0 增大, 小球有可能从 B 点脱离轨道

6. 长征途中, 为了突破敌方关隘, 战士爬上陡峭的山头, 居高临下向敌方工事内投掷手榴弹, 战士在同一位置先后投出甲、乙两颗质量均为 m 的手榴弹, 手榴弹从投出的位置到落地点的高度差为 h , 在空中的运动可视为平抛运动, 轨迹如图所示, 重力加速度为 g , 下列说法正确的有 ()



A. 甲在空中的运动时间比乙的长

B. 两手榴弹在落地前瞬间, 重力的功率相等

C. 从投出到落地, 每颗手榴弹的重力势能减少 mgh

D. 从投出到落地, 每颗手榴弹的机械能变化量为 mgh

三、实验题

7. 在“探究加速度与力、质量的关系”和用橡皮筋“探究做功与物体速度变化的关系”实验中

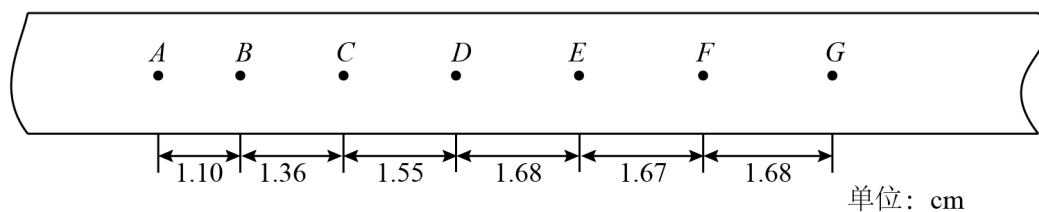
(1) 都是通过分析纸带上的点来测量物理量, 下列说法正确的是_____

A. 都需要分析打点计时器打下的第一个点 B. 都不需要分析打点计时器打下的第一个点

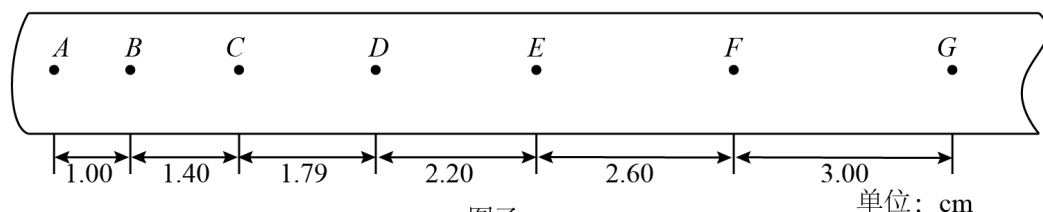
C. 一条纸带都只能获得一组数据 D. 一条纸带都能获得多组数据

(2) 如图是两条纸带的一部分, A、B、C、...、G 是纸带上标出的计数点, 每两个相邻的计数点之间还有 4 个打出的点未画出。其中图_____ (填“甲”或“乙”) 所示的是用橡皮筋“探究做功与物体速度变化的关系”的实验纸带。“探究加速度与力、质量的关系”实验中, 小车的加速度大小 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ (保留 2 位有效数字)。

(3) 在用橡皮筋“探究做功与物体速度变化的关系”实验中, 平衡阻力后, 小车与橡皮筋组成的系统在橡皮筋恢复形变前机械能_____ (填“守恒”或“不守恒”)。



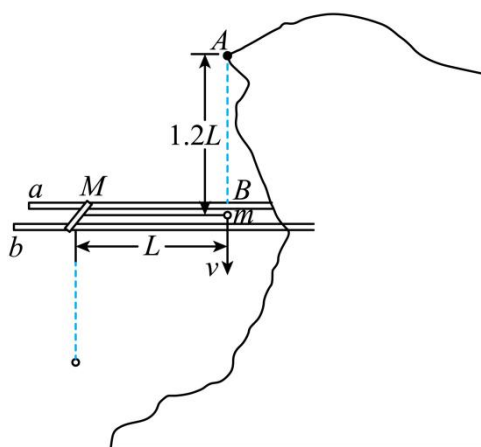
图甲



图乙

四、解答题

8. 某地为发展旅游经济，因地制宜利用山体举办了机器人杂技表演。表演中，需要将质量为 m 的机器人抛至悬崖上的 A 点，图为山体截面与表演装置示意图。a、b 为同一水平面上两条光滑平行轨道，轨道中有质量为 M 的滑杆。滑杆用长度为 L 的轻绳与机器人相连。初始时刻，轻绳绷紧且与轨道平行，机器人从 B 点以初速度 v 竖直向下运动，B 点位于轨道平面上，且在 A 点正下方， $AB = 1.2L$ 。滑杆始终与轨道垂直，机器人可视为质点且始终作同一竖直平面内运动，不计空气阻力，轻绳不可伸长， $\sin 37^\circ = 0.6$ ，重力加速度大小为 g 。

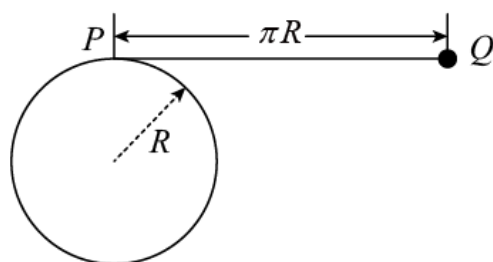


- (1) 若滑杆固定， $v = \sqrt{gL}$ ，当机器人运动到滑杆正下方时，求轻绳拉力的大小；
- (2) 若滑杆固定，当机器人运动到滑杆左上方且轻绳与水平方向夹角为 37° 时，机器人松开轻绳后被抛至 A 点，求 v 的大小；
- (3) 若滑杆能沿轨道自由滑动， $M = km$ ，且 $k \geq 1$ ，当机器人运动到滑杆左上方且轻绳与水平方向夹角为 37° 时，机器人松开轻绳后被抛至 A 点，求 v 与 k 的关系式及 v 的最小值。

第二课时

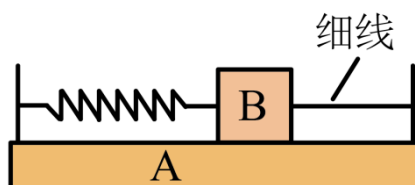
一、单选题

1. 一半径为 R 的圆柱体，保持其轴线水平，横截面如图所示，长度为 πR 、不可伸长的轻细绳，一端固定在圆柱体最高点 P 处，另一端系一个小球，小球位于 P 点右侧同一水平高度的 Q 点时，绳刚好拉直，将小球从 Q 点由静止释放，当与圆柱体未接触部分的细绳竖直时，小球的速度大小为（重力加速度为 g ，不计空气阻力）（ ）



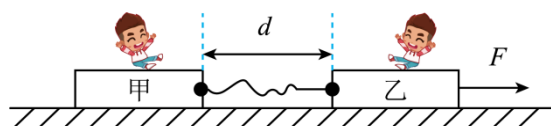
- A. $\sqrt{(2+\pi)gR}$ B. $\sqrt{2\pi gR}$ C. $\sqrt{2(1+\pi)gR}$ D. $2\sqrt{gR}$

2. 如图所示，物块 B 分别通过轻弹簧、细线与水平面上的物体 A 左右端相连，整个系统保持静止。已知所有接触面均光滑，弹簧处于伸长状态。剪断细线后（ ）



- A. 弹簧恢复原长时，A 的动能达到最大
B. 弹簧压缩最大时，A 的动量达到最大
C. 弹簧恢复原长过程中，系统的动量增加
D. 弹簧恢复原长过程中，系统的机械能增加

3. 如图所示，质量均为 m 的甲、乙两同学，分别坐在水平放置的轻木板上，木板通过一根原长为 l 的轻质弹性绳连接，连接点等高且间距为 d ($d < l$)。两木板与地面间动摩擦因数均为 μ ，弹性绳劲度系数为 k ，被拉伸时弹性势能 $E = \frac{1}{2}kx^2$ (x 为绳的伸长量)。现用水平力 F 缓慢拉动乙所坐木板，直至甲所坐木板刚要离开原位置，此过程中两人与所坐木板保持相对静止， k 保持不变，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度大小为 g ，则 F 所做的功等于（ ）



A. $\frac{(\mu mg)^2}{2k} + \mu mg(l - d)$

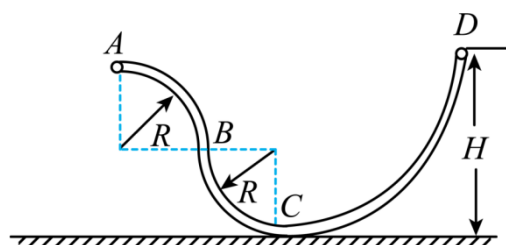
B. $\frac{3(\mu mg)^2}{2k} + \mu mg(l - d)$

C. $\frac{3(\mu mg)^2}{2k} + 2\mu mg(l - d)$

D. $\frac{(\mu mg)^2}{2k} + 2\mu mg(l - d)$

二、多选题

4. 由光滑细管组成的轨道如图所示，其中 AB 段是半径为 R 的四分之一圆弧，轨道固定在竖直平面内。一质量为 m 的小球，从距离水平地面高为 H 的管口 D 处静止释放，最后能够从 A 端水平抛出落到地面上。下列说法正确的是



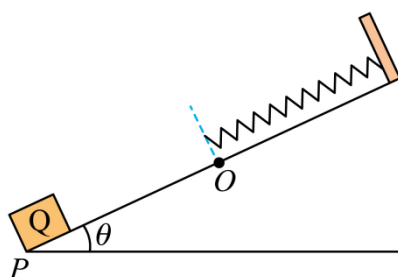
A. 小球落到地面相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{RH - 2R^2}$

B. 小球落到地面相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{2RH - 4R^2}$

C. 小球能从细管 A 端水平抛出的条件是 $H > 2R$

D. 小球能从细管 A 端水平抛出的最小高度 $H_{\min} = \frac{5}{2}R$

5. 如图所示，倾角为 θ 的固定斜面，其顶端固定一劲度系数为 k 的轻质弹簧，弹簧处于原长时下端位于 O 点。质量为 m 的滑块 Q (视为质点) 与斜面间的动摩擦因数 $\mu = \tan \theta$ 。过程 I：Q 以速度 v_0 从斜面底端 P 点沿斜面向上运动恰好能滑至 O 点；过程 II：将 Q 连接在弹簧的下端并拉至 P 点由静止释放，Q 通过 M 点 (图中未画出) 时速度最大，过 O 点后能继续上滑。弹簧始终在弹性限度内，假设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，忽略空气阻力，重力加速度为 g 。则 ()



A. P 、 M 两点之间的距离为 $\frac{kv_0^2 - 4mg^2 \sin^2 \theta}{4kg \sin \theta}$

B. 过程Ⅱ中， Q 在从 P 点单向运动到 O 点的过程中损失的机械能为 $\frac{1}{4}mv_0^2$

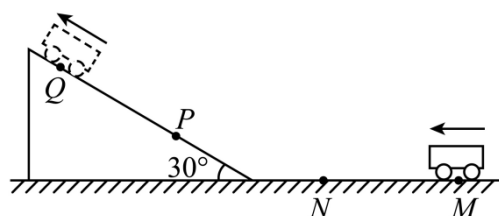
C. 过程Ⅱ中， Q 从 P 点沿斜面向上运动的最大位移为 $\frac{kv_0^2 - 8mg^2 \sin^2 \theta}{2kg \sin \theta}$

D. 连接在弹簧下端的 Q 无论从斜面上何处释放，最终一定静止在 OM (含 O 、 M 点) 之间

6. 如图所示，载有防疫物资的无人驾驶小车，在水平 MN 段以恒定功率 $200W$ 、速度 $5m/s$ 匀速行驶，在

斜坡 PQ 段以恒定功率 $570W$ 、速度 $2m/s$ 匀速行驶。已知小车总质量为 $50kg$ ， $MN=PQ=20m$ ，

PQ 段的倾角为 30° ，重力加速度 g 取 $10m/s^2$ ，不计空气阻力。下列说法正确的有 ()



A. 从 M 到 N ，小车牵引力大小为 $40N$

B. 从 M 到 N ，小车克服摩擦力做功 $800J$

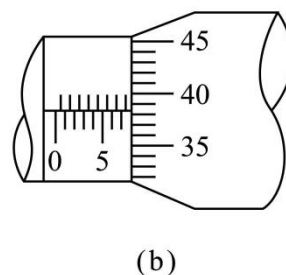
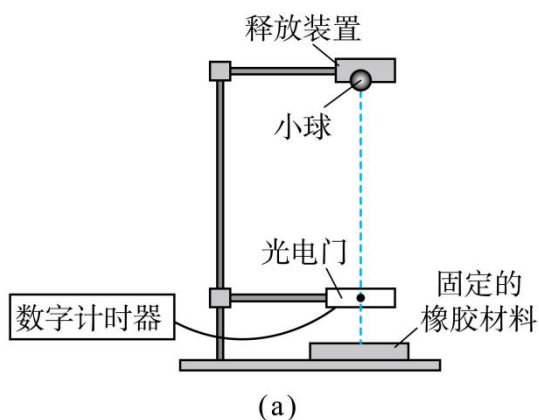
C. 从 P 到 Q ，小车重力势能增加 $1 \times 10^4 J$

D. 从 P 到 Q ，小车克服摩擦力做功 $700J$

三、实验题

7. 某实验小组为测量小球从某一高度释放，与某种橡胶材料碰撞导致的机械能损失，设计了如图 (a)

所示的装置，实验过程如下：



(1) 让小球从某一高度由静止释放，与水平放置的橡胶材料碰撞后竖直反弹。调节光电门位置，使小球从光电门正上方释放后，在下落和反弹过程中均可通过光电门。

(2) 用螺旋测微器测量小球的直径，示数如图 (b) 所示，小球直径 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ mm。

(3) 测量时，应 (选填“A”或“B”，其中 A 为“先释放小球，后接通数字计时器”，B 为“先接通数字计时器，后释放小球”)。记录小球第一次和第二次通过光电门的遮光时间 t_1 和 t_2 。

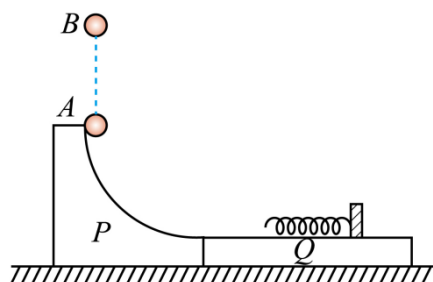
(4) 计算小球通过光电门的速度，已知小球的质量为 m ，可得小球与橡胶材料碰撞导致的机械能损失

$\Delta E = \underline{\hspace{2cm}}$ (用字母 m 、 d 、 t_1 和 t_2 表示)。

(5) 若适当调高光电门的高度，将会 (选填“增大”或“减小”) 因空气阻力引起的测量误差。

四、解答题

8. 如图，物块 P 固定在水平面上，其上表面有半径为 R 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道。P 右端与薄板 Q 连在一起，圆弧轨道与 Q 上表面平滑连接。一轻弹簧的右端固定在 Q 上，另一端自由。质量为 m 的小球自圆弧顶端 A 点上方的 B 点自由下落，落到 A 点后沿圆弧轨道下滑，小球与弹簧接触后，当速度减小至刚接触时的 $\frac{1}{3}$ 时弹簧的弹性势能为 $2mgR$ ，此时断开 P 和 Q 的连接，Q 从静止开始向右滑动。 g 为重力加速度大小，忽略空气阻力，圆弧轨道及 Q 的上、下表面均光滑，弹簧长度的变化始终在弹性限度内。



(1) 求小球从落入圆弧轨道至离开圆弧轨道，重力对其做的功；

- (2)求小球与弹簧刚接触时速度的大小及 B 、 A 两点间的距离；
- (3)欲使 P 和 Q 断开后，弹簧的最大弹性势能等于 $2.2mgR$ ， Q 的质量应为多大？
- (4)欲使 P 和 Q 断开后， Q 的最终动能最大， Q 的质量应为多大？

第一课时 参考答案

1. A

【详解】人从滑梯由静止滑到滑梯末端速度为 v ，根据机械能守恒定律可知

$$mgH = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = 4\sqrt{5}\text{m/s}$$

从滑梯末端水平飞出后做平抛运动，竖直方向做自由落体运动，根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知落水时间为

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.0}{10}}\text{s} = \sqrt{\frac{1}{5}}\text{s}$$

水平方向做匀速直线运动，则人的落水点距离滑梯末端的水平距离为

$$x = vt = 4\sqrt{5} \times \sqrt{\frac{1}{5}}\text{m} = 4.0\text{m}$$

故选 A。

2. D

【详解】运动员从 a 到 c 根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_c^2$$

在 c 点有

$$F_{Nc} - mg = m\frac{v_c^2}{R_c}$$

$$F_{Nc} \leq kmg$$

联立有

$$R_c \geq \frac{2h}{k-1}$$

故选 D。

3. C

【详解】AB. 物体恰好能到达最高点 C ，则物体在最高点只受重力，且重力全部用来提供向心力，设半圆轨道的半径为 r ，由牛顿第二定律得

$$mg = m\frac{v^2}{r}$$

解得物体在 C 点的速度

$$v = \sqrt{gr}$$

AB 错误；

C . 由牛顿第二定律得

$$mg = ma$$

解得物体在 C 点的向心加速度

$$a = g$$

C 正确；

D . 由能量守恒定律知，物体在 A 点时弹簧的弹性势能等于物体在 C 点时的动能和重力势能之和，D 错误。

故选 C。

4 . BCD

【详解】A . 重力做的功为

$$W_G = mgh = 800J$$

A 错误；

B . 下滑过程据动能定理可得

$$W_G - W_f = \frac{1}{2}mv_Q^2$$

代入数据解得，克服阻力做的功为

$$W_f = 440J$$

B 正确；

C . 经过 Q 点时向心加速度大小为

$$a = \frac{v_Q^2}{h} = 9m/s^2$$

C 正确；

D . 经过 Q 点时，据牛顿第二定律可得

$$F - mg = ma$$

解得货物受到的支持力大小为

$$F = 380N$$

据牛顿第三定律可知，货物对轨道的压力大小为 380N，D 正确。

故选 BCD。

5. AD

【详解】A. 由题知，小球能沿轨道运动恰好到达 C 点，则小球在 C 点的速度为

$$v_C = 0$$

则小球从 C 到 B 的过程中，有

$$mgR(1 - \cos\alpha) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$F_N = mg \cos\alpha - m \frac{v^2}{R}$$

联立有

$$F_N = 3mg \cos\alpha - 2mg$$

则从 C 到 B 的过程中 α 由 0 增大到 θ ，则 $\cos\alpha$ 逐渐减小，故 F_N 逐渐减小，而小球从 B 到 C 的过程中，对轨道的压力逐渐增大，A 正确；

B. 由于 A 到 B 的过程中小球的速度逐渐减小，则 A 到 B 的过程中重力的功率为

$$P = -mgv \sin\theta$$

则 A 到 B 的过程中小球重力的功率始终减小，从 B 到 C 速度减小，速度的竖直分量减小，则重力的功率也减小，则 B 错误；

C. 从 A 到 C 的过程中有

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{4gR}$$

C 错误；

D. 小球在 B 点恰好脱离轨道有

$$mg \cos\theta = m \frac{v_B^2}{R}$$

则

$$v_B = \sqrt{gR \cos\theta}$$

则若小球初速度 v_0 增大，小球在 B 点的速度有可能为 $\sqrt{gR \cos\theta}$ ，故小球有可能从 B 点脱离轨道，D 正

确。

故选 AD。

6. BC

【详解】A. 由平抛运动规律可知，做平抛运动的时间

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

因为两手榴弹运动的高度差相同，所以在空中运动时间相等，故 A 错误；

B. 做平抛运动的物体落地前瞬间重力的功率

$$P = mgv \cos \theta = mgv_y = mg\sqrt{2gh}$$

因为两手榴弹运动的高度差相同，质量相同，所以落地前瞬间，两手榴弹重力功率相同，故 B 正确；

C. 从投出到落地，手榴弹下降的高度为 h ，所以手榴弹重力势能减小量

$$\Delta E_p = mgh$$

故 C 正确；

D. 从投出到落地，手榴弹做平抛运动，只有重力做功，机械能守恒，故 D 错误。

故选 BC。

7. BC 甲 0.40 不守恒

【详解】(1) [1]AB. 在“探究加速度与力、质量的关系”和用橡皮筋“探究做功与物体速度变化的关系”实验中均不需要打下的第一个点，前者主要利用纸带求解加速度，后者主要研究两点间的动能的变化，无需从第一个点进行研究。故 A 错误，B 正确；

CD. 牛顿第二定律实验探究一条纸带只能求解一个加速度，找到加速度 a 与质量 m 和合外力 F 的一组对应关系；动能定理探究也是从一条纸带上选择两个点作为一组数据进行过程分析，故 C 正确，D 错误。故选 BC。

(2) [2]甲图中纸带后边是匀速直线运动，说明甲图应为用橡皮筋“探究做功与物体速度变化的关系”实验；

[3]对乙纸带采用逐差法求解加速度

$$a = \frac{x_{DG} - x_{AD}}{9T^2} = 0.40 \text{ m/s}^2$$

(3) [4]小车与橡皮筋在运动过程中，平衡阻力后，小车的重力的分力与阻力平衡，即小车在运动过程中橡皮筋的弹力、小车受到的阻力和小车的重力做功，所以小车与橡皮筋组成的系统机械能会有一部分转化为内能，系统的机械能不守恒。

8. (1) $F = 4mg$

$$(2) v = \sqrt{\frac{37gL}{10}}$$

$$(3) v = \sqrt{\frac{9kgL}{10(k+1)} + \frac{14}{5}gL}, v = \sqrt{\frac{13}{4}gL}$$

【详解】(1) 由 B 点到最低点过程动能定理有 $\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 = mgl$

最低点牛顿第二定律可得 $F - mg = m\frac{v_0^2}{l}$

联立可得 $F = 4mg$

(2) 轻绳运动到左上方与水平方向夹角为 37° 时由能量守恒可得 $\frac{1}{2}mv^2 = mgl \sin 37^\circ + \frac{1}{2}mv_2^2$

水平方向 $x = l \cos 37^\circ + l = v_2' \sin 37^\circ \cdot t$

竖直方向取向上为正可得

$$y = 1.2l - l \sin 37^\circ = v_2' \cos 37^\circ \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$$

联立可得 $v = \sqrt{\frac{37gl}{10}}$

(3) 当机器人运动到滑杆左上方且与水平方向夹角为 37° 时计为点 C，由能量守恒可得

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgl \sin 37^\circ + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}kmv_2^2$$

设 v_1 的水平速度和竖直速度分别为 v_x, v_y ，则有 $v_1^2 = v_x^2 + v_y^2$

则水平方向动量守恒可得 $mv_x = kmv_2$

水平方向满足人船模型可得 $mx_1 = kmx_2$

此时机器人相对滑杆做圆周运动，因此有速度关系为 $\tan 37^\circ = \frac{v_x + v_2}{v_y}$

水平方向 $l \cos 37^\circ + l - x_2 = v_x \cdot t$

竖直方向 $1.2l - l \sin 37^\circ = v_y \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$

联立可得 $v^2 = \frac{9kgL}{10(k+1)} + \frac{14}{5}gL$

$$\text{即 } v = \sqrt{\frac{9kgl}{10(k+1)} + \frac{14}{5}gl}$$

显然当 $k=1$ 时取得最小，此时 $v = \sqrt{\frac{13}{4}gl}$

第二课时 参考答案

1. A

【详解】小球下落的高度为

$$h = \pi R - \frac{\pi}{2}R + R = \frac{\pi+2}{2}R$$

小球下落过程中，根据动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

综上有

$$v = \sqrt{(\pi+2)gR}$$

故选 A。

2. A

【详解】对整个系统分析可知合外力为 0，A 和 B 组成的系统动量守恒，得

$$m_A v_A = m_B v_B$$

设弹簧的初始弹性势能为 E_p ，整个系统只有弹簧弹力做功，机械能守恒，当弹簧恢复原长时得

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

联立得

$$E_p = \frac{1}{2} \left(\frac{m_A^2}{m_B} + m_A \right) v_A^2$$

故可知弹簧恢复原长时物体 A 速度最大，此时物体 A 的动量最大，动能最大。对于系统来说动量一直为零，系统机械能不变。

故选 A。

3. B

【详解】当甲所坐木板刚要离开原位置时，对甲及其所坐木板整体有

$$kx_0 = \mu mg$$

解得弹性绳的伸长量

$$x_0 = \frac{\mu mg}{k}$$

则此时弹性绳的弹性势能为

$$E_0 = \frac{1}{2} k x_0^2 = \frac{\mu^2 m^2 g^2}{2k}$$

从开始拉动乙所坐木板到甲所坐木板刚要离开原位置的过程，乙所坐木板的位移为

$$x_1 = x_0 + l - d$$

则由功能关系可知该过程 F 所做的功

$$W = E_0 + \mu mg x_1 = \frac{3(\mu mg)^2}{2k} + \mu mg(l - d)$$

故选 B。

4. BC

【详解】小球从 D 到 A 运动过程中，只有重力做功，机械能守恒，根据机械能守恒定律求出 A 点速度，从 A 点抛出后做平抛运动，根据平抛运动规律求出水平位移，细管可以提供支持力，所以到达 A 点的临界速度等于零，由机械能守恒定律求小球能从细管 A 端水平抛出的最小高度。

小球从 D 到 A 运动过程中，只有重力做功，其机械能守恒，以地面为参考平面，根据机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2} m v_A^2 + mgR = mgH, \text{ 解得 } v_A = \sqrt{2gH - 4gR}, \text{ 小球从 } A \text{ 点抛出后做平抛运动，运动时间}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2R}{g}} = \sqrt{\frac{4R}{g}}, \text{ 则小球落到地面时相对于 } A \text{ 点的水平位移 } x = v_A t = 2\sqrt{2RH - 4R^2}, \text{ 故 } A \text{ 错误 } B \text{ 正}$$

确；细管可以提供支持力，所以到达 A 点抛出时的速度应大于零即可，即 $v_A = \sqrt{2gH - 4gR} > 0$ ，解得： H

$> 2R$ ，所以小球能从细管 A 端水平抛出的最小高度 $H_{\min} = 2R$ ，故 C 错误 D 正确。

5. CD

【详解】A. 设 P_O 的距离为 L ，过程 I，根据动能定理有 $-mg \sin \theta \cdot L - \mu mg \cos \theta \cdot L = 0 - \frac{1}{2} m v_0^2$

设 MO 的距离为 L_1 ，过程Ⅱ中，当 Q 速度最大时，根据平衡条件 $kL_1 = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$

P 、 M 两点之间的距离 $L_2 = L - L_1$

$$\text{联立可得 } L_2 = \frac{kv_0^2 - 8mg^2 \sin^2 \theta}{4kg \sin \theta}$$

故 A 错误；

B．根据功能关系，可知过程Ⅱ中， Q 在从 P 点单向运动到 O 点的过程中 Q 和弹簧组成的系统损失的机械能为 $\Delta E = \mu mg \cos \theta \cdot L$

$$\text{结合 } -mg \sin \theta \cdot L - \mu mg \cos \theta \cdot L = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{可得 } \Delta E = \frac{1}{4}mv_0^2$$

但在过程Ⅱ中单独对于 Q 而言机械能是增加的，故 B 错误；

C．设过程Ⅱ中， Q 从 P 点沿斜面向上运动的最大位移 x ，根据能量守恒定律

$$\frac{1}{2}kL^2 = mg \sin \theta \cdot x + \mu mg \cos \theta \cdot x + \frac{1}{2}k(x - L)^2$$

$$\text{结合 } -mg \sin \theta \cdot L - \mu mg \cos \theta \cdot L = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{解得 } x = \frac{kv_0^2 - 8mg^2 \sin^2 \theta}{2kg \sin \theta}$$

故 C 正确；

D．无论 Q 从何处释放， Q 在斜面上运动过程中，弹簧与 Q 初始时的势能变为摩擦热，当在 M 点时，

$$\text{满足 } kL_1 = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$$

当在 O 点时，满足 $mg \sin \theta = \mu mg \cos \theta$

所以在 OM (含 O 、 M 点) 之间速度为零时， Q 将静止，故 D 正确。

故选 CD。

6．ABD

【详解】A．小车从 M 到 N ，依题意有

$$P_1 = Fv_1 = 200W$$

代入数据解得

$$F=40\text{N}$$

故 A 正确；

B．依题意，小车从 M 到 N ，因匀速，小车所受的摩擦力大小为

$$f_1=F=40\text{N}$$

则摩擦力做功为

$$W_1=-40\times 20\text{J}=-800\text{J}$$

则小车克服摩擦力做功为 800J ，故 B 正确；

C．依题意，从 P 到 Q ，重力势能增加量为

$$\Delta E_p=mg\times\Delta h=500\text{N}\times 20\text{m}\times\sin 30^\circ=5000\text{J}$$

故 C 错误；

D．依题意，小车从 P 到 Q ，摩擦力为 f_2 ，有

$$f_2+mg\sin 30^\circ=\frac{P_2}{v_2}$$

摩擦力做功为

$$W_2=-f_2\times s_2$$

$$s_2=20\text{m}$$

联立解得

$$W_2=-700\text{J}$$

则小车克服摩擦力做功为 700J ，故 D 正确。

故选 ABD。

$$7. \quad 7.884/7.882/7.883/7.885/7.886 \quad \text{B} \quad \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_2}\right)^2 \quad \text{增大}$$

【详解】(2) [1]依题意，小球的直径为

$$d=7.5\text{mm}+38.4\times 0.01\text{mm}=7.884\text{mm}$$

(3) [2]在测量时，因小球下落时间很短，如果先释放小球，有可能会出现时间记录不完整，所以应先接通数字计时器，再释放小球，故选 B。

(4) [3]依题意，小球向下、向上先后通过光电门时的速度分别为 v_1 、 v_2 ，则有

$$v_1=\frac{d}{t_1}$$

$$v_2 = \frac{d}{t_2}$$

则小球与硅胶材料碰撞过程中机械能的损失量为

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_1}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{d}{t_2}\right)^2$$

〔5〕〔4〕若调高光电门的高度，较调整之前小球会经历较大的空中距离，所以将会增大因空气阻力引起的测量误差。

$$8. (1) \quad mgR$$

$$(2) \quad \frac{3\sqrt{2gR}}{2}, \frac{5}{4}R$$

$$(3) 4m$$

$$(4) \frac{1}{9}m$$

【详解】〔1〕小球从落入圆弧轨道至离开圆弧轨道，重力对其做的功为 $W_G = mgR$

〔2〕设小球与弹簧刚接触时速度的大小为 v_0 ，由机械能守恒定律可知 $\frac{1}{2}mv_0^2 = E_p + \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{3}\right)^2$ ，其中

$$E_p = 2mgR$$

$$\text{同时有 } mg(h+R) = \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \frac{3\sqrt{2gR}}{2}, h = \frac{5}{4}R$$

〔3〕弹簧达到最大弹性势能时，小球与 Q 共速，设 Q 的质量为 M ，根据动量守恒定律和机械能守恒定律

$$\text{有 } m \cdot \frac{1}{3}v_0 = (m+M)v_{\text{共}}, \frac{1}{2}mv_0^2 = E_{p2} + \frac{1}{2}(m+M)v_{\text{共}}^2, \text{ 其中 } E_{p2} = 2.2mgR$$

$$\text{联立解得 } M = 4m$$

〔4〕对 Q 和小球整体根据机械能守恒可知要使 Q 的最终动能最大，需满足小球的速度刚好为零时，此时弹簧刚好恢复原长；设此时 Q 的质量为 M' ，Q 的最大速度为 v_m ，根据动量守恒和机械能守恒有

$$m \cdot \frac{1}{3}v_0 = M'v_m, \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}M'v_m^2$$

$$\text{解得 } M' = \frac{1}{9}m$$

