

实验题、计算题专项（三）

一、实验题

1. 气垫导轨上相隔一定距离的两处安装有两个光电传感器 A 、 B ， AB 间距为 L ，滑块 P 上固定一遮光条， P 与遮光条的总质量为 M ，若光线被遮光条遮挡，光电传感器会输出高电压，两光电传感器采集数据后与计算机相连。滑块在细线的牵引下向左加速运动，遮光条经过光电传感器 A 、 B 时，通过计算机可以得到如图乙所示的电压 U 随时间 t 变化的图像：

(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，当图乙中的 t_1 _____ t_2 （选填“>”、“=”或“<”）时，

说明气垫导轨已经水平；

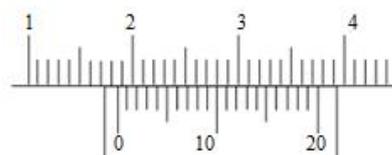
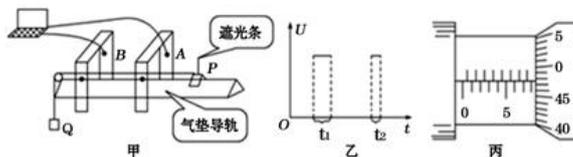
(2) 用螺旋测微器测遮光条宽度 d ，测量结果如图丙所示，则

$d =$ _____ mm；用游标卡尺测滑块的厚度 $h =$ _____ mm；

(3) 将滑块 P 用细线跨过气垫导轨左端的定滑轮与质量为 m 的钩码 Q 相连，将滑块 P 由图甲所示位置释放，通过计算机得到的图像如图乙所示。利用测定的数据，

当关系式 $\frac{2mgL}{(m+M)} =$ _____ 成立时，表明在上述过程中，滑块和钩码组成的系

统机械能守恒。（重力加速度为 g ，用题中给定的物理量符号表达）



2. 利用图甲装置做“验证机械能守恒定律”实验。

(1) 为验证机械能是否守恒，需要比较重物下落过程中任意两点间的_____。

- A. 动能变化量与势能变化量 B. 速度变化量和势能变化量
C. 速度变化量和高度变化量

(2) 除带夹子的重物、纸带、铁架台(含铁夹)、电磁打点计时器、导线及开关外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是_____。

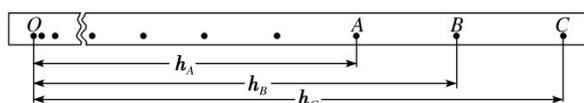
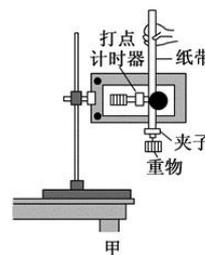
- A. 交流电源 B. 刻度尺 C. 天平(含砝码)

(3) 实验中，先接通电源，再释放重物，得到图乙所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点 A 、 B 、 C ，测得它们到起始点 O 的距离分别为 h_A 、 h_B 、 h_C 。

已知当地重力加速度为 g ，打点计时器打点的周期为 T 。设重物的质量为 m 。从打 O 点到打 B 点的过程中，重物的重力势能变化量 $\Delta E_p =$ _____，动能变化量 $\Delta E_k =$ _____。

(4) 大多数学生的实验结果显示，重力势能的减少量大于动能的增加量，原因是_____。

- A. 利用公式 $v = gt$ 计算重物速度
B. 利用公式 $v = \sqrt{2gh}$ 计算重物速度
C. 存在空气阻力和摩擦阻力的影响
D. 没有采用多次实验取平均值的方法



3. 在“验证力的平行四边形定则”的实验中，需要将橡皮条的一端固定在水平木板上，另一端系上两根细绳，细绳的另一端都有绳套(如图所示)。实验中需用两个弹簧测力计分别钩住绳套，并互成角度地拉橡皮条，使橡皮条伸长，结点到达某一位置 O 。

(1) 某同学在做该实验时认为：其中正确的是_____。

- A. 拉橡皮条的绳细一些且长一些，实验效果较好
B. 拉橡皮条时，弹簧测力计、橡皮条、细绳应贴近木板且与木板平面平行
C. 橡皮条弹性要好，拉结点到达某一位置 O 时，拉力要适当大些
D. 拉力 F_1 和 F_2 的夹角越大越好

(2) 若两个弹簧测力计的读数均为 4 N ，且两弹簧测力计拉力的方向相互垂直，则_____ (填“能”或“不能”) 用一个量程为 5 N 的弹簧测力计测量出它们的合力，理由_____。

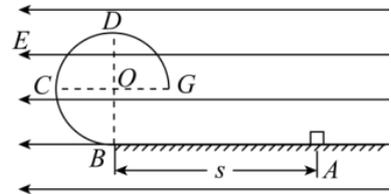


一、实验题

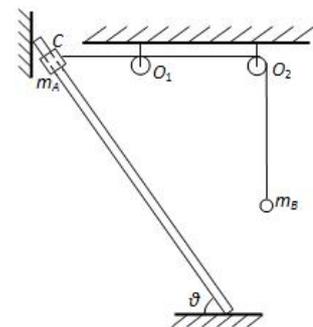
1. _____、_____、_____、_____、
2. _____、_____、_____、
_____、_____、
3. _____、_____、_____、

二、计算题

4. 如图所示， $BCDG$ 是光滑绝缘的 $\frac{3}{4}$ 圆形轨道，位于竖直平面内，轨道半径为 R ，下端与水平绝缘轨道在 B 点平滑连接，整个轨道处在水平向左的匀强电场中。现有一质量为 m 、带正电的小滑块(可视为质点)置于水平轨道上，滑块受到的电场力大小为 $\frac{3}{4}mg$ ，滑块与水平轨道间的动摩擦因数为 0.5 ，重力加速度为 g 。
- (1)若滑块从水平轨道上距离 B 点 $s = 3R$ 的 A 点由静止释放，求滑块到达与圆心 O 等高的 C 点时对轨道的作用力大小。
 - (2)为使滑块恰好始终沿轨道滑行，求滑块在圆轨道上滑行过程中的最小速度大小。

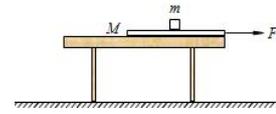


5. 如图所示，一轻绳绕过无摩擦的两个轻质小定滑轮 O_1 、 O_2 和质量 $m_B = m$ 的小球连接，另一端与套在光滑直杆上质量 $m_A = m$ 的小物块连接，已知直杆两端固定，与两定滑轮在同一竖直平面内，与水平面的夹角 $\theta = 60^\circ$ ，直杆上 C 点与两定滑轮均在同一高度， C 点到定滑轮 O_1 的距离为 L ，重力加速度为 g ，设直杆足够长，小球运动过程中不会与其他物体相碰。现将小物块从 C 点由静止释放，试求：
- (1)小球下降到最低点时，小物块的机械能(取 C 点所在的水平面为参考平面)；
 - (2)小物块能下滑的最大距离；
 - (3)小物块在下滑距离为 L 时的速度大小。



6. 如图所示，水平桌面上有一薄木板，它的右端与桌面的右端相齐。薄木板的质量 $M = 1.0\text{kg}$ ，长度 $L = 1.0\text{m}$ 。在薄木板的中央有一个小滑块(可视为质点)，质量 $m = 0.5\text{kg}$ 。小滑块与薄木板之间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.10$ ，小滑块、薄木板与桌面之间的动摩擦因数相等，皆为 $\mu_2 = 0.20$ 。设小滑块与薄木板之间的滑动摩擦力等于它们之间的最大静摩擦力。某时刻起对薄木板施加一个向右的拉力使木板向右运动。求：

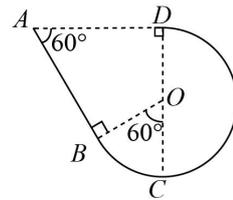
- (1) 若使小滑块与木板之间发生相对滑动，拉力 F 至少是多大？
- (2) 当外力 $F = 3.3\text{N}$ 时，求 m 与 M 间的摩擦力及 m 、 M 加速度各为多大？
- (3) 若使小滑块脱离木板但不离开桌面，求拉力 F 应满足的条件



7. 竖直平面内的一个光滑绝缘轨道由相切于 B 点的两段组成，直段 AB 与水平面夹角为 60° ，弯段 BCD 为一个圆弧，半径为 r ， AD 在同一高度。在圆心处固定一个负点电荷。将一质量为 m 的带正电小环(可看作质点)套在轨道上从 A 点静止释放，下滑经 B 、 C 后滑上右边圆弧。已知小环刚从 A 点下滑时，恰好不受轨道的作用力；到 C 点时，小球的速度 $v = \sqrt{8gr}$ 。

问：

- (1) 小环在 A 点时所受的库仑力 F_A 的大小和方向；
- (2) 小环在 C 点时所受的轨道作用力 F_N 的大小；
- (3) 通过计算说明小环从 A 到 D 过程中电势能的变化情况。



实验题、计算题专项（三）答案

一、实验题

1. = 8.475 18.50 $\left(\frac{d}{t_2}\right)^2 - \left(\frac{d}{t_1}\right)^2$

2. A AB $\Delta E_p = -mgh_B$ $\Delta E = \frac{1}{2}m\left(\frac{hc-h_A}{2T}\right)^2$ C

3. ABC 不能 $4\sqrt{2}N > 5N$

二、计算题

4. 解：(1) 设滑块到达 C 点时的速度为 v ，由动能定理有：

$$qE(s+R) - \mu mgs - mgR = \frac{1}{2}mv^2 - 0, \text{ 而 } qE = \frac{3mg}{4}$$

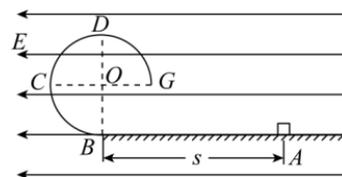
设滑块到达 C 点时受到轨道的作用力大小为 F ，则有： $F - qE = m\frac{v^2}{R}$ 解得： $F = \frac{7}{4}mg$

由牛顿第三定律可知，滑块对轨道的压力为 $\frac{7}{4}mg$ ；

(2) 要使滑块恰好始终沿轨道滑行，则滑至圆轨道 DG 间某点，由电场力和重力的合力提供向心力，

此时的速度最小弹力为零，此时速度设为 v_n

$$\text{则有: } \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} = m\frac{v_n^2}{R} \text{ 解得: } v_n = \frac{\sqrt{5gR}}{2}$$



5. 【答案】解：

(1) 设小球 B 的初始位置到 O_2 的距离为 h 。小球 B 下降到最低点时，小物块 A 的机械能为 E_1 。

小物块 A 下滑过程中系统的机械能守恒，由机械能守恒定律得： $0 - mgh = E_1 - mg[h + (L - L\sin\theta)]$

$$\text{解得: } E_1 = mg(L - L\sin\theta) = mgL\left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right).$$

(2) 设小物块能下滑的最大距离为 s_m ，由机械能守恒定律有 $m_A g s_m \sin\theta = m_B g h_{B\text{增}}$

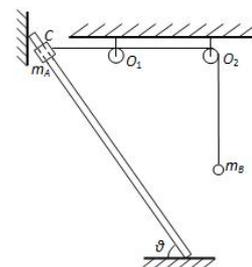
$$\text{而 } h_{B\text{增}} = \sqrt{(s_m - L\cos\theta)^2 + (L\sin\theta)^2} - L, \text{ 代入解得 } s_m = 4(1 + \sqrt{3})L$$

故小物块能下滑的最大距离 $s_m = 4(1 + \sqrt{3})L$ 。

(3) 设小物块下滑距离为 L 时的速度大小为 v ，此时小球的速度大小为 v_B ，则 $v_B = v\cos\theta$

$$m_A g L \sin\theta = \frac{1}{2}m_B v_B^2 + \frac{1}{2}m_A v^2 \text{ 解得 } v = \frac{\sqrt{20\sqrt{3}gL}}{5}$$

$$\text{故小物块在下滑距离为 } L \text{ 时的速度大小 } v = \frac{\sqrt{20\sqrt{3}gL}}{5}.$$



6. (1) 设小滑块与薄木板刚好发生相对滑动时，小滑块的加速度为 a_1 ，薄木板的加速度为 a_2 ，根据牛顿第二定律有：

对滑块: $\mu_1 mg = ma_1$

对木板: $F_{\text{临界}} - \mu_1 mg - \mu_2(m+M)g = Ma_2$ 且有: $a_1 = a_2$

解得: $F_{\text{临界}} = 4.5N$

(2) 由于 $F = 3.3N < 4.5N$,

所以 m 、 M 间的摩擦为静摩擦, 两物体相对静止, 对 m 、 M 整体有: $F - \mu_2(m+M)g = (m+M)a'$

对 m 有: $f = ma$ 联立解得: $f = 0.1N$, $a' = 0.2m/s^2$

(3) 设小滑块脱离薄木板时的速度为 v , 时间为 t ,

在桌面上滑动的加速度为 a_3 , 小滑块脱离木板前, 薄木板的加速度为 a_4 , 空间位置变化如图所示:

则滑块的速度: $v = a_1 t$ 对滑块, 由牛顿第二定律得: $\mu_2 mg = ma_3$

位移: $x_1 = \frac{v^2}{2a_1}$, $x_2 = \frac{v^2}{2a_3}$ 由几何关系得: $x_1 + x_2 = \frac{1}{2}L$ 木板的位移: $\frac{1}{2}L + \frac{v^2}{2a_1} = \frac{1}{2}a_4 t^2$

根据牛顿第二定律, 对木板: $F_2 - \mu_1 mg - \mu_2(m+M)g = Ma_4$

联立以上各式并代入数据解得: $F_2 = 6N$

即要使小滑块脱离薄木板但不离开桌面, 拉力 $F \geq 6N$

7. (1) 小环在 A 点, 小环受力分析有只受重力和电场力。恰好不受轨道的作用力的条件为

$$mg \sin 30^\circ = F_A \sin 30^\circ, \text{解得 } F_A = mg, \text{由 } A \text{ 指向 } O$$

(2) 小环在 C 点设库仑力大小为 F_C , 由牛顿第二定律有 $F_N + F_C - mg = m \frac{v^2}{r}$

由库仑定律公式 $F_{\text{库}} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 由几何关系可得: $OA = 2OC = 2r$ 则有 $F_C = 4F_A = 4mg$

小环在 C 点时所受的轨道作用力 F_N 的大小 $F_N = 5mg$

(3) 右边圆弧为圆心处固定的负点电荷的等势面, 所以小环从 B 到 D 过程中电势能保持不变; 小环从 B 到 C 过程有

$$mgr(1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

小环从 A 到 B 过程有 $mgr(1 + \cos 60^\circ) + W_{\text{电}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$

由功能关系有 $\Delta E_p = -W_{\text{电}}$ 由上几式解得 $\Delta E_p = -2mgr$, 小环从 A 到 B 过程中电势能变小了 $2mgr$ 。

右边圆弧为圆心处固定的负点电荷的等势面, 所以小环从 B 到 D 过程中电势能保持不变; 综上所述可知: 小环从 A 到 D 过程中电势能变小了 $2mgr$ 。