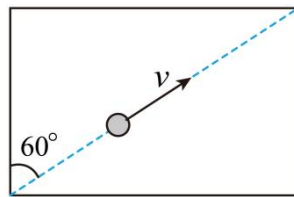


江苏省仪征中学 2023-2024 学年度第一学期高三物理周练（六）

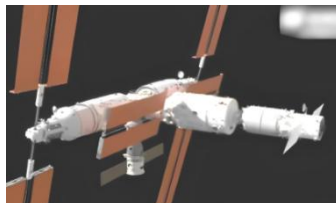
一、单选题（每小题 4 分，共 40 分）

1. 如图所示，吸附在竖直玻璃上质量为 m 的擦窗工具，在平行于玻璃的拉力作用下，沿与竖直方向夹角为 60° 的虚线方向做匀速直线运动，若摩擦力大小与重力大小相等，重力加速度为 g ，则拉力的大小为（ ）

- A. mg B. $2mg$ C. $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$ D. $\sqrt{3}mg$



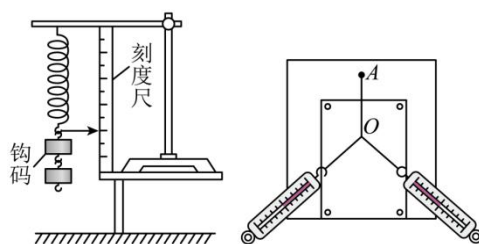
2. 2022 年 11 月 12 日 10 时 03 分，天舟五号与空间站天和核心舱成功对接，此次发射任务从点火发射到完成交会对接，全程仅用 2 个小时，创世界最快交会对接纪录，标志着我国航天交会对接技术取得了新突破。在交会对接的最后阶段，天舟五号与空间站处于同一轨道上同向运动，两者的运行轨道均视为圆周。要使天舟五号在同一轨道上追上空间站实现对接，天舟五号喷射燃气的方向可能正确的是（ ）



- A. B. C. D.

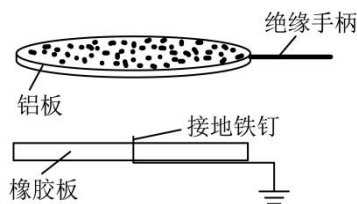
3. 在“探究弹力和弹簧伸长的关系”、“验证力的平行四边形定则”的实验中，经常采用下图的实验装置。关于这两个实验的说法，正确的是（ ）

- A. “探究弹力和弹簧伸长的关系”实验中，应将弹簧放置水平桌面测量原长
B. “验证力的平行四边形定则”实验体现了“控制变量”的物理思想
C. “探究弹力和弹簧伸长的关系”实验中，弹簧的弹力可由所挂钩码的重力求出
D. “验证力的平行四边形定则”实验中，利用平行四边形定则作出的合力一定沿着 AO 方向



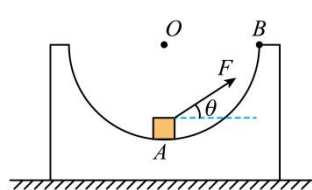
4. 橡胶板置于绝缘水平桌面上，某同学戴着绝缘手套先用毛皮摩擦橡胶板，使橡胶板带负电，然后手握绝缘手柄将铝板靠近橡胶板，铝板的下表面与橡胶板上凸起的接地铁钉接触，并在其上表面撒上细纸屑，迅速上抬铝板至某一位置后，可以看到细纸屑从铝板上飞溅出来，这就是“静电飞花”实验。下列说法正确的是（ ）

- A. 铝板未与橡胶板接触所以始终不带电
B. 纸屑是因为带正电相互排斥而不断飞散
C. 铝板与铁钉接触时，电子从大地通过铁钉流向铝板
D. 铝板与铁钉接触时，铝板上、下表面带等量异种电荷



5. 如图所示，一内表面光滑的半圆形凹槽放在粗糙的水平地面上，物块（可看做质点）静置于槽内最底部的 A 点处。现用一方向不变的斜向上的推力 F 把物块从 A 点沿着凹形槽缓慢推至 B 点，整个过程中，凹槽始终保持静止。设物块受到凹槽的支持力为 F_N ，则在上述过程中下列说法正确的是（ ）

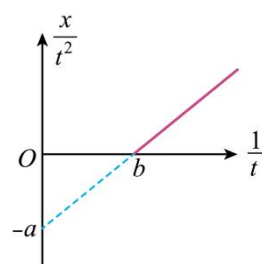
- A. F 一直减小， F_N 先减小后增大 B. F 和 F_N 都一直增大
C. 地面对凹槽的摩擦力一直增大 D. 地面对凹槽的支持力一直增大



6. 2021 年 5 月 15 日，我国首个火星探测器“祝融”号登陆红色星球火星，正式开始系外行星之旅，我国成为第二个登陆火星的国家，由此引发广大太空迷的关注。假设未来人类宇航员登陆火星后，在火星表面将小球竖直上抛，取抛出点位置 O 位移为 0，从小球抛出开始计时，以竖直向上为正方向，通过计算机得出

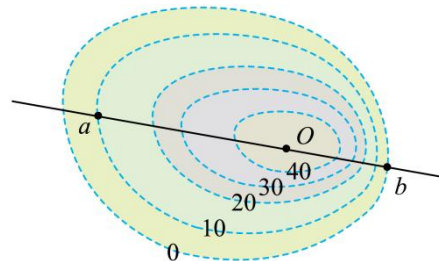
小球运动的 $\frac{x}{t^2} - \frac{1}{t}$ 的图像如图所示 (其中 a, b 均为已知量)。下列说法正确的是 ()

- A. 小球加速度为 $g=2a$
- B. 小球从 O 点上升的最大高度为 $\frac{a}{4b}$
- C. 小球竖直上抛的初速度为 a
- D. 小球在 $\frac{1}{b}$ 秒时到达最大高度

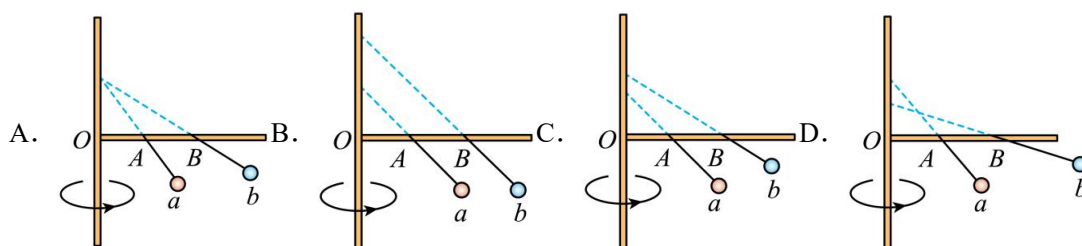
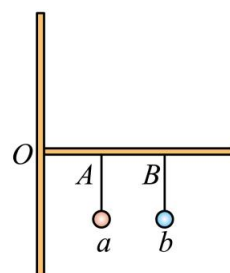


7. 下图为地图上某山地的等高线图, O 点为峰顶 (图中数字的单位是米)。小山坡的左边 a 和右边 b , 据地理知识可根据该图判断出哪一边的地势更陡。若现在把该图看成一个描述电势高低的等势线图, 图中数字的单位是伏特, 以下说法正确的是 ()

- A. 与 Ob 方向相比, 沿 Oa 方向电势降落较快
- B. 负电荷在 $20V$ 等势线上的电势能小于在 $40V$ 等势线上的电势能
- C. 若只考虑电场力, 在电势为 $30V$ 的等势线上静止释放 $q = 1.6 \times 10^{-6}C$ 的点电荷, 运动到零势能面时动能一定为 $4.8 \times 10^{-5}J$
- D. 若电子沿 $30V$ 的等势线从左到右逆时针运动一周, 则电场力先做正功, 后做负功, 总功为零



8. 如图所示, 竖直细杆 O 点处固定有一水平横杆, 在横杆上有 A, B 两点, 且 $OA = AB$, 在 A, B 两点分别用两根等长的轻质细线悬挂两个相同的小球 a 和 b , 将整个装置绕竖直杆匀速转动, 则 a, b 两球稳定时的位置关系可能正确的是 ()

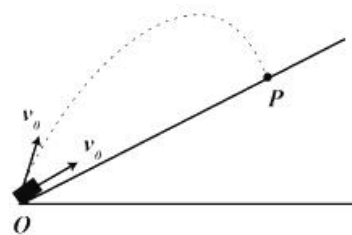


9. 如图所示, 小物块以初速度 v_0 从 O 点沿斜面向上运动, 同时从 O 点斜向上

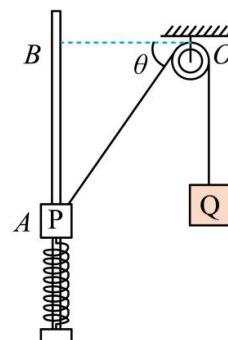
抛出一个速度大小也为 v_0 的小球, 物块和小球在斜面上的 P 点相遇. 已知物块

和小球质量相等 (均可视为质点), 空气阻力忽略不计, 则下列说法正确的是 ().

- A. 斜面可能是光滑的
- B. 小球运动到最高点时离斜面最远
- C. 在 P 点时, 小球的动能大于物块的动能
- D. 小球和物块到达 P 点过程中克服重力做功的平均功率不相等



10. 如图所示, 一根轻质弹簧一端固定于光滑竖直杆上, 另一端与质量为 m 的滑块 P 连接, P 穿在杆上, 一根轻绳跨过定滑轮将滑块 P 和重物 Q 连接起来, 滑块 Q 的质量为 $4m$, 把滑块从图中 A 点由静止释放后沿竖直杆上下运动, 当它经过 A, B 两点时弹簧对滑块的弹力大小相等, 已知 OA 与水平面的夹角 $\theta = 53^\circ$, OB 长为 $3L$ 与 AB 垂直, 不计滑轮的摩擦力, 重力加速度为 g , 滑块 P 从 A 到 B 的过程中, 下列说法正确的是 ()

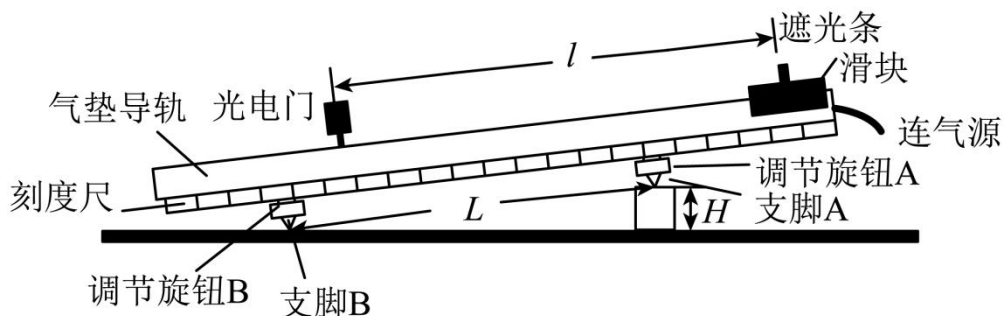


- A. 滑块 P 的加速度一直减小
- B. 滑块 P 在 A 和 B 的中点速度最大
- C. 轻绳对滑块 P 做功 $8mgL$
- D. 重力对滑块 Q 做功的功率一直减小

二、实验题

11. (15 分) 某实验小组用如图所示的气垫导轨来验证机械能守恒定律, 实验中多次让滑块从同一位置滑

下，初始时遮光条下边缘到光电门的距离 l 可从刻度尺读取，当地重力加速度为 g ，实验步骤如下：



(1) 通过调节旋钮 A、B 将气垫导轨调至水平，测量出气垫导轨两支脚 A、B 间的距离 L ，再把支脚 A 垫高并测量出其高度为 H ，则滑块运动 l 过程中下降的高度 $h = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 l 、 L 、 H 表示)；

(2) 实验中测得遮光条宽度为 d ，滑块通过光电门的时间为 t ，则滑块通过光电门的速率 $v = \underline{\hspace{2cm}}$ ；

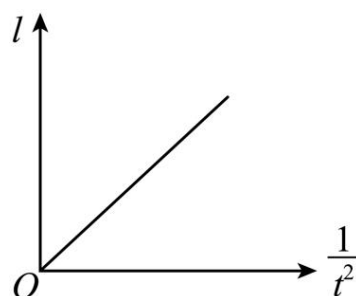
(3) 多次改变光电门的位置并测出多组 l 和 t ，描绘出 $l - \frac{1}{t^2}$ 图线如图所示。已知图线的斜率为 k ，为验证机械能守恒，则 H 、 L 、 d 、 k 、 g 应满足的关系式 $k = \underline{\hspace{2cm}}$ ；

(4) 关于该实验以下措施中不必要的是 ；

- A. l 适当大些 B. d 适当小些
C. $\frac{H}{L}$ 适当大一些 D. 用天平测出滑块的质量

(5) 考虑到遮光条宽度对实验的影响，则滑块运动 l 时的瞬时速度大小

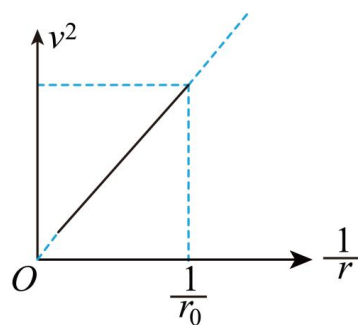
$v' \underline{\hspace{1cm}} \frac{d}{t}$ (选填“大于”、“等于”或“小于”)。



三、解答题

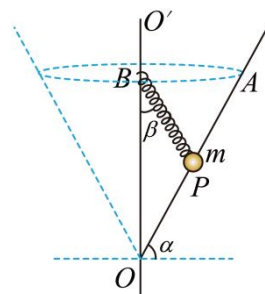
12. (8 分) 宇航员驾驶宇宙飞船绕质量分布均匀的一星球做匀速圆周运动，测得飞船线速度大小的二次方与轨道半径的倒数的关系图像如图中实线所示，该图线 (直线) 的斜率为 k ，图中 r_0 (该星球的半径) 为已知量。引力常量为 G 。求：

- (1) 该星球的密度；
(2) 该星球的第一宇宙速度。



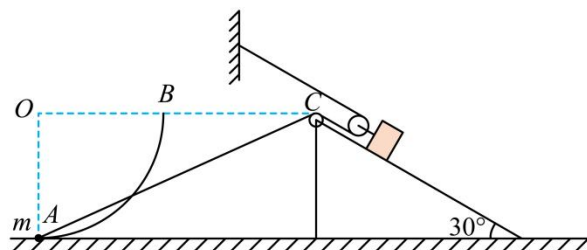
13. (8 分) 如图所示，在竖直轴 OO' 的 B 点套有不可上下滑动，只可以绕轴无摩擦转动的轻环，轻弹簧的上端与该环相连，光滑杆 OA 与水平面间的夹角 $\alpha = 60^\circ$ ，质量为 m 的小球套在光滑杆 OA 上并与弹簧的下端连接，已知轴 OB 间距为 L 。

- (1) 保持杆不动，小球在图示 P 点位置处于静止状态，图示 $\beta = 30^\circ$ ，求小球所受弹簧的弹力大小 T ；
(2) 保持光滑杆 OA 与水平面间的夹角始终为 α ，使小球随杆 OA 一起由静止绕 OO' 轴加速转动，小球缓慢运动到与 B 点在同一水平面的 A 点时，杆 OA 匀速转动，小球与杆保持相对静止，求此时杆 OA 绕 OO' 轴转动的角速度大小 ω ；



14. (14 分) 如图所示, 在水平地面上固定一个以 O 为圆心、半径为 R 的四分之一圆形轨道 AB 。顶端带有轻滑轮 C 的斜面体固定在轨道的右侧, 倾角为 30° , O 、 B 、 C 在同一高度, BC 间距离为 R 。轻绳绕过动滑轮与定滑轮, 一端固定在墙面上, 另一端与套在圆形轨道上质量为 m 的圆环相连。与动滑轮相连的物块放在斜面上, 质量为 $4m$ 。圆环和物块均可视为质点, 斜面上方的绳子与斜面平行且绷直, 物块始终未离开斜面, 忽略一切摩擦和滑轮的大小, 重力加速度为 g 。

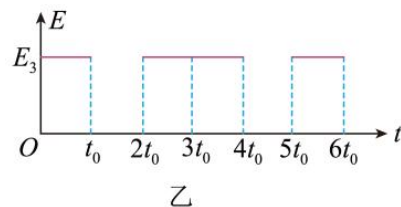
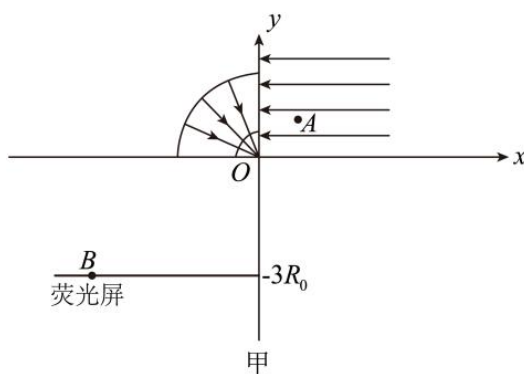
- (1) 在圆环施加一水平拉力 F 使圆环静止在轨道底端 A 点, 求水平拉力 F ;
- (2) 圆环从 A 点由静止释放, 求圆环运动到 B 点时的速度大小;
- (3) 圆环从 A 点由静止释放, 当其速率为物块速率的两倍时, 求物块的加速度大小。



15. (15 分) 如图甲所示, 建立平面直角坐标系, 第I象限内有沿 x 轴负方向的匀强电场; 第II象限内放置静电分析器, 静电分析器中电场的方向沿半径指向圆心 (原点); 第III象限内有沿 x 轴负方向、大小如图乙所示的周期性变化的电场, $E_3 = \frac{mR_0}{qt_0^2}$, 周期为 $3t_0$, $y = -3R_0$ 处有一足够大平行于 x 轴的荧光屏; 大量质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的粒子从第I象限内 A 点 (R_0, R_0) 不断由静止释放, 进入第II象限的静电分析器恰好做

匀速圆周运动, $t=0$ 时刻进入第III象限的粒子, 经 $3t_0$ 打在荧光屏上 B 点, 粒子重力忽略不计。求:

- (1) 粒子初始位置 A 与 y 轴正半轴之间的电势差 U_1 和第II象限粒子所受电场力 F_2 的大小;
- (2) 粒子打在 B 点时的速度 v_B ;
- (3) 荧光屏上有粒子打中区域的长度 Δx 。



高三物理周练（六）参考答案

1. D 【详解】将拉力分解为沿水平方向的分量 F_x 和竖直方向的分量 F_y ，擦窗工具做匀速直线运动，所受的合力为零。根据题意和力的平衡可得 $f = mg$

$$F_y = mg + f \cos 60^\circ = \frac{3}{2} mg \quad F_x = f \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} mg$$

因此拉力 F 的大小为 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{3}mg$ 故选 D。

2. A 【详解】要想使天舟五号在与空间站的同一轨道上对接，则需要使天舟五号加速，与此同时要想不脱离原轨道，根据 $F = m \frac{v^2}{r}$

则必须要增加向心力，即喷气时产生的推力一方向有沿轨道向前的分量，另一方面还要有指向地心的分量，而因喷气产生的推力与喷气方向相反，则图 A 是正确的。故选 A。

3. C 【详解】A. “探究弹力和弹簧伸长的关系”实验中，由于弹簧自身重力会使弹簧伸长影响实验，则应将弹簧竖直悬挂测量原长，故 A 错误；

B. “验证力的平行四边形定则”实验体现了“等效替代”的物理思想，故 B 错误；

C. 对钩码受力分析可知，弹簧的弹力大小与钩码的重力大小相等，故 C 正确；

D. 由于实验具有误差，则实验得出的合力方向与 AO 方向不一定重合，故 D 错误。

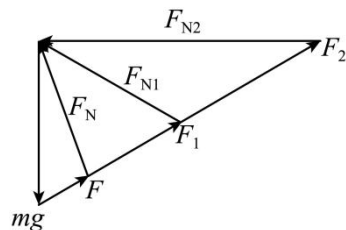
4. B 【详解】AD. 橡胶板带负电，铝板靠近后，铝板的下表面带正电，上表面带负电，当下表面与接地铁钉接触后，上表面的负电荷会流到大地，只有下表面带正电，A 错误，D 错误；

B. 上抬铝板过程中，下表面的正电荷减小，上表面正电荷增加。纸屑因为与金属板带同种电荷（正电荷）而不断飞散，B 正确；

C. 因下表面与接地铁钉接触时，上表面的负电荷会流到大地，C 错误。

5. C 【详解】AB. 设物块的质量为 m 、圆形凹槽的质量为 M 。以物块为研究对象，受到重力、拉力和凹槽的支持力，由于拉力 F 的方向不变，支持力始终指向 O 点，作出矢量三角形如图所示物块从 A 点沿着凹形槽缓慢推至 B 点的过程中，支持力从竖直方向变为水平方向，根据图中表示力的有向线段可知： F 一直增大， F_N 先减小后增大，故 AB 错误；

CD. 以整体为研究对象，竖直方向根据平衡条件可得地面对凹槽的支持力 $N = (m+M)g - F \sin \theta$ 由于 F 一直增大，则 N 一直减小；水平方向根据平衡条件可得地面对凹槽的摩擦力 $f = F \cos \theta$ 由于 F 一直增大，则地面对凹槽的摩擦力一直增大，故 C 正确 D 错误。



6. A 【详解】AC. 根据 $x = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

可得 $\frac{x}{t^2} = v_0 \cdot \frac{1}{t} - \frac{1}{2} g$

结合图像有 $-\frac{1}{2} g = -a$ ， $v_0 = \frac{a}{b}$

解得 $g = 2a$ ， $v_0 = \frac{a}{b}$ A 正确，C 错误；

B. 小球从 O 点上升的最大高度 $h = \frac{v_0^2}{2g}$

结合上述解得 $h = \frac{a}{4b^2}$ B 错误；

D. 小球到达最大高度的时间 $t = \frac{v_0}{g}$ 结合上述解得 $t = \frac{1}{2b}$ D 错误。

7. C 【详解】A. 由图判断相邻等势面为等差等势面, 描述电势降落快慢的物理量是电场强度, 描述电场强度的大小可用等差等势面的疏密程度, a 侧电场强度小, 所以沿 Oa 方向电势降落得慢, 故 A 错误;
 B. 负电荷在电势低的地方电势能大, 故 B 错误;
 C. 据能量守恒, 带电粒子的动能和电势能之间相互转化, 总能量不变为 $4.8 \times 10^{-5} \text{J}$, 故 C 正确;
 D. 在同一条等势线上移动电荷, 电场力始终不做功, 故 D 错误。
8. C 【详解】将小球的圆周运动等效成圆锥摆, 设摆长为 L , 等效摆线与竖直方向夹角为 θ , 则

$$mg \tan \theta = m\omega^2 L \sin \theta$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}} = \sqrt{\frac{g}{h}}$$

h 为等效悬点到小球的高度差, 由于两球的角速度相同, 因此 h 相同。故选 C。

9. C 【详解】把小球的速度分解到沿斜面方向和垂直斜面方向, 则沿斜面方向的速度小于物块的速度, 若斜面光滑, 则小球和物块沿斜面方向的加速度相同, 则不可能在 P 点相遇, 所以斜面不可能是光滑的, A 错误; 当小球的速度方向与斜面平行时, 离斜面最远, 此时竖直方向速度不为零, 不是运动到最高点, B 错误; 物块和小球在斜面上的 P 点相遇, 在沿斜面方向速度相同, 由于小球在垂直于斜面方向还有速度, 故小球的速度大于物块的速度, 故小球的动能大于物块的动能, C 正确; 小球和物块初末位移相同, 则高度差相等, 而重力相等, 则重力做功相等, 时间又相同, 所以小球和物块到达 P 点过程中克服重力做功的平均功率相等, D 错误。

10. C 【详解】A. A 、 B 两点弹簧对滑块 P 的弹力大小相等, 可知在 A 点弹簧对滑块 P 的弹力向上, 在 B 点弹簧对滑块 P 的弹力向下, 故滑块 P 先加速上升再减速上升, 滑块 P 从 A 点到速度最大点过程中, 弹簧弹力不断减小, 绳子拉力在竖直方向的分力减小, 可知滑块 P 的加速度减小, 滑块 P 从速度最大点到 B 点过程中, 弹簧弹力向下, 重力向下, 绳子拉力在竖直方向的分力减小, 可知滑块 P 的加速度增大, 故滑块 P 的加速度先减小后增大, 故 A 错误;

- B. 滑块 P 速度最大时, 加速度为零, 当滑块 P 在 A 和 B 的中点时, 弹簧的弹力为零, 设轻绳与水平方向的夹角为 α , 根据牛顿第二定律有

$$\begin{aligned} T \sin \alpha - mg &= ma \\ 4mg - T &= 4ma \sin \alpha \end{aligned}$$

根据几何关系有

$$\sin \alpha = \frac{2L}{\sqrt{(2L)^2 + (3L)^2}} = \frac{2}{\sqrt{13}}$$

可知滑块 P 在 A 和 B 的中点的加速度大于零, 滑块 P 做加速运动, 故滑块 P 在 A 和 B 的中点速度未达到最大, 故 B 错误;

- C. 滑块 P 、 Q 与弹簧组成的系统机械能守恒, 根据几何关系可知, 滑块 P 上升的高度为

$$h = 3L \tan 53^\circ = 4L$$

滑块 Q 下落的高度为

$$H = OA - OB = \frac{OB}{\cos 53^\circ} - OB = 2L$$

A 、 B 两点弹簧对滑块 P 的弹力大小相等, 可知 A 、 B 两点弹簧的弹性势能相等, 滑块 P 运动至 B 点, 沿绳方向的速度为零, 故滑块 Q 的速度为零, 根据机械能守恒 $4mgH - mgh = \frac{1}{2}mv^2$

可得滑块 P 在 B 点的速度为

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

滑块 P 从 A 到 B 的过程中, 根据动能定理可得 $W - mgh = \frac{1}{2}mv^2$

解得轻绳对滑块 P 做功未

$$W = 8mgL \quad \text{故 C 正确;}$$

- D. 滑块 P 从 A 点开始运动时, 滑块 Q 的速度为零, 则滑块 Q 重力功率为零, 当滑块 P 运动至 B 点时, 滑块 Q 的速度为零, 则滑块 Q 重力功率为零, 故滑块 P 从 A 到 B 的过程中, 重力对滑块 Q 做功的功率先增大后减小, 故 D 错误。

11. $\frac{l}{L}H$ $\frac{d}{t}$ $\frac{d^2L}{2gH}$ D 小于

【详解】(1) [1]根据几何关系有 $\frac{l}{h} = \frac{L}{H}$ 解得 $h = \frac{l}{L}H$

(2) [2]根据光电门测速原理, 滑块通过光电门的速率 $v = \frac{d}{t}$

(3) [3]滑块下滑机械能守恒, 则有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

其中 $h = \frac{l}{L}H$, $v = \frac{d}{t}$ 则有 $l = \frac{Ld^2}{2gH} \cdot \frac{1}{t^2}$

可知, 若机械能守恒, 则 H 、 L 、 d 、 k 、 g 应满足的关系式 $k = \frac{d^2L}{2gH}$

(4) [4]A. 为了长度测量的误差, l 适当大些, 故 A 正确, 不符合题意;

B. 为了减小光电门测速的误差, 挡光片的宽度 d 适当小些, B 正确, 不符合题意;

C. 为了减小光电门测速的误差, 滑块经过光电门的速度应适当大一些, 即将支脚 A 适当垫高一些, 增大倾角, 即 $\frac{H}{L}$ 适当大一些, 故 C 正确, 不符合题意;

D. 根据上述实验原理的表达式分析可知, 滑块的质量在表达式中约去了, 因此实验不需要用天平测出滑块的质量, 故 D 错误, 符合题意。

(5) [5]由于 l 是遮光条下边缘到光电门的距离, 因此滑块运动 l 时的瞬时速度大小 v' 是挡光片刚刚开始挡光时的速度, 而 $\frac{d}{t}$ 本质上时挡光片开始挡光到挡光片结束挡光过程的平均速度, 也是该过程中间时刻的瞬时速度, 由于滑块是加速过程, 可知若考虑到遮光条宽度对实验的影响, 则滑块运动 l 时的瞬时速度大小 v' 小于 $\frac{d}{t}$ 。

12. (1) $\frac{M}{\frac{4}{3}\pi r_0^3}$; (2) $\sqrt{\frac{k}{r_0}}$

【详解】(1) 根据 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 解得 $v^2 = \frac{GM}{r}$

结合图像有 $GM = k$ 星球的密度为 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r_0^3}$ 解得 $\rho = \frac{3k}{4\pi G r_0^3}$

(2) 星球的第一宇宙速度为围绕星球表面运行的圆周运动的线速度, 则有 $G\frac{Mm}{r_0^2} = m\frac{v^2}{r_0}$

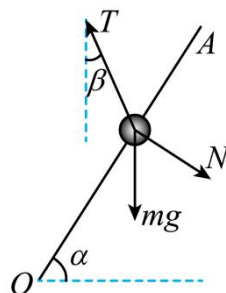
结合上述解得 $v = \sqrt{\frac{k}{r_0}}$

13. (1) $T = \sqrt{3}mg$; (2) $\omega = \sqrt{\frac{6g}{L}}$;

14. 【详解】(1) 小球在位置 P 处静止时, 根据平衡条件有

$$\begin{aligned} T \cos(90^\circ - \alpha + \beta) &= mg \sin \alpha \\ T \sin(90^\circ - \alpha + \beta) &= mg \cos \alpha + N \end{aligned}$$

解得 $N = mg$, $T = \sqrt{3}mg$



(2) 小球在位置 A 处时, 设小球做圆周运动的半径为 r , 所受弹簧的弹力大小 F_T 和杆的弹力大小 F_N , 则

水平方向有 $F_T + F_N \sin \alpha = m\omega^2 r$ 竖直方向有 $F_N \cos \alpha = mg$ 几何关系 $L = r \tan \alpha$

弹簧伸长的长度与初始相同, 则有 $F_T = T = \sqrt{3}mg$ 联立解得 $\omega = \sqrt{\frac{6g}{L}}$

14. (1) $F = \frac{2\sqrt{5}}{5}mg$; (2) $v = \sqrt{2(\sqrt{5}-2)gR}$; (3) $a = \frac{1}{8}g$

【详解】(1) 小圆环和物块静止时, 对物块受力分析, 绳子拉力为 $T = 4mg \sin 30^\circ \times \frac{1}{2} = mg$

由几何关系得

$$OC = 2R, AC = \sqrt{5}R$$

对小圆环受力分析

$$F = T \sin \alpha = mg \times \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5}mg$$

(2) 在 B 点时, 物块的速度为 0, 从 A 到 B 过程中, 由系统的机械能守恒得

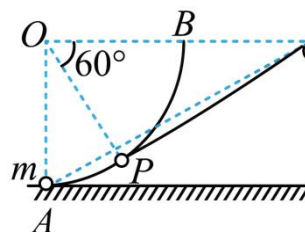
$$4mg \times \frac{1}{2} \times R(\sqrt{5}-1) \sin 30^\circ - mgR = \frac{1}{2}mv^2$$

解得圆环运动到 B 点时的速度大小为 $v = \sqrt{2(\sqrt{5}-2)gR}$

(3) 圆环速度大小为物块速度的两倍时, 绳子与圆形轨道相切, 如图所示此时圆环沿绳加速度是物块的两倍时:

$$4mg \sin 30^\circ - T = 4ma \quad \frac{T}{2} - mg \sin 30^\circ = m \times 2a \quad \text{解得 } a = \frac{1}{8}g$$

15. (1) $\frac{mR_0^2}{2qt_0^2}, \frac{mR_0}{t_0^2}$; (2) $\frac{\sqrt{5}R_0}{t_0}$; 与 y 轴负方向夹角正切值为 2; (3) $2R_0$



【详解】(1) 带电粒子在第Ⅲ象限内沿 y 轴负方向做匀速直线运动 $3R_0 = v_0 \cdot 3t_0$ 解得 $v_0 = \frac{R_0}{t_0}$

粒子在第Ⅰ象限电场中加速, 则 $qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$ 解得 $U_1 = \frac{mR_0^2}{2qt_0^2}$

粒子在第Ⅱ象限内的电场中做匀速圆周运动, 则 $F_2 = m \frac{v_0^2}{R_0}$ $F_2 = \frac{mR_0}{t_0^2}$

(2) 带电粒子在第Ⅲ象限内沿电场方向做初速度为零的匀加速直线运动 $qE_3 = ma$

解得 $a = \frac{R_0}{t_0^2}$ 则 $v_y = a \cdot 2t_0 = \frac{2R_0}{t_0}$ 则 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = \frac{\sqrt{5}R_0}{t_0}$ $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = 2$

即 B 点速度方向与 y 轴负方向的夹角 $\tan \theta = 2$

(3) 带电粒子在第Ⅲ象限内运动的时间为 $3t_0$, 当 t_0 时刻进入第Ⅲ象限, 沿电场方向的位移最小

$$x_1 = \frac{1}{2}a(2t_0)^2 = 2R_0$$

当 $2t_0$ 时刻进入第Ⅲ象限, 沿电场方向的位移最大 $x_2 = \frac{1}{2}a(2t_0)^2 + a \cdot 2t_0 \cdot t_0 = 4R_0$ $\Delta x = x_2 - x_1 = 2R_0$