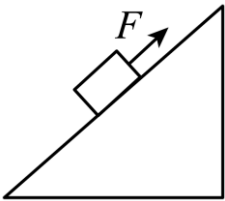


政和一中 2021-2022 上学期高三第四次月考物理试卷

满分 100 分 考试时间 75 分钟 出卷人：刘声根

一、单选题（本大题共 4 小题，共 16.0 分）

1. 如图所示，一物块放在一粗糙斜面上，能处于静止状态，现对其施加平行于斜面向上的外力 F ，若从零开始逐渐增加外力 F 的大小，仍使物块和斜面静止不动。则（ ）



- A. 斜面对物块的支持力一定逐渐增大
- B. 斜面对物块的摩擦力一定逐渐增大
- C. 斜面对物块的作用力一定逐渐增大
- D. 斜面受到地面的摩擦力一定逐渐增大

【答案】D

【解析】

【详解】A. 开始时，物体受重力，垂直斜面向上的支持力，沿斜面向上的摩擦力处于平衡状态。对其施加平行于斜面向上的外力 F ，若从零开始逐渐增加外力 F 的大小，仍使物块和斜面静止不动，沿斜面和垂直斜面正交分解得，外力 F 只会影响沿斜面方向的受力，垂直斜面的方向受力不受影响，因此斜面对物块的支持力不变，A 错误；

B. 根据 A 选项分析，沿斜面向上的外力 F 逐渐增加，则摩擦力先减小后反向增加，B 错误；

C. 对物体受力分析，斜面对物体的作用力为支持力和摩擦力的合力，由于支持力和摩擦力互相垂直，得

$$F_{\text{合}} = \sqrt{f^2 + N^2}$$

根据 AB 选项的分析， f 先减小后反向增大， N 不变，故 C 错误；

D. 对物体和斜面整体受力分析得，外力 F 的水平分力与地面的摩擦力平衡，外力 F 增大，其水平分力增大，地面的摩擦力增大，故 D 正确。

故选 D

2. 2020 年 12 月 3 日，嫦娥五号上升器携带月壤样品成功回到预定环月轨道，这是我国首次实现地外天体起飞。环月轨道可以近似为圆轨道，已知轨道半径近似为月球半径 R ，环绕月球 周期为 T ，月球质量为 M ，引力常量为 G ，则（ ）

A. 上升器在环月轨道上的向心加速度大小近似为 $\frac{2\pi^2 R}{T^2}$

B. 上升器在环月轨道上的线速度大小近似为 $\sqrt{\frac{R}{GM}}$

C. 月球表面的重力加速度大小近似为 $\frac{M}{GR^2}$

D. 月球的平均密度近似为 $\frac{3\pi}{GT^2}$

【答案】D

【解析】

【分析】

【详解】A. 由于向心加速度

$$a = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

A 错误；

B. 根据

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

可得上升器在环月轨道上的线速度

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

B 错误；

C. 根据

$$\frac{GMm}{R^2} = mg$$

可得月球表面的重力加速度

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

C 错误；

D. 根据

$$\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

而

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$$

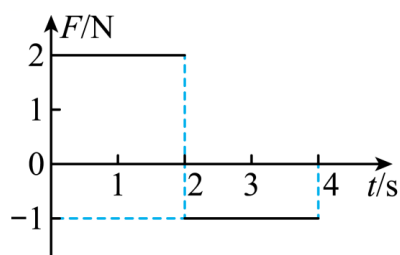
联立解得月球的平均密度

$$\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$$

D 正确。

故选 D。

3. 一质量为 2kg 的物块在合力 F 的作用下从静止开始沿直线运动。 F 随时间 t 变化的图线如图所示，则
()



- A. $t=1\text{s}$ 时物块的速率为 2m/s
 B. $t=2\text{s}$ 时物块的动量大小为 $4\text{kg} \cdot \text{m/s}$
 C. $t=3\text{s}$ 时物块的动量大小为 $5\text{kg} \cdot \text{m/s}$
 D. $t=4\text{s}$ 时物块的速度为零

【答案】B

【解析】

【详解】A. 由动量定理可得， $t=1\text{s}$ 时物块的速率为

$$Ft = mv_1 - 0$$

解得

$$v_1 = \frac{2 \times 1}{2} \text{m/s} = 1\text{m/s}$$

故 A 错误；

B. 由动量定理可得， $t=2\text{s}$ 时物块的动量大小为

$$Ft = p_2 - 0$$

解得

$$p_2 = 2 \times 2\text{kg} \cdot \text{m/s} = 4\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

故 B 正确；

C. 由动量定理可得, $t=3\text{s}$ 时物块的动量大小为

$$F_1 t_1 + F_2 t_2 = p_3 - 0$$

解得

$$p_3 = 2 \times 2\text{kg} \cdot \text{m/s} + (-1) \times 1\text{kg} \cdot \text{m/s} = 3\text{kg} \cdot \text{m/s}$$

故 C 错误;

D. 由动量定理可知, $t=4\text{s}$ 时物块的速度为

$$F_1 t_1 + F_2 t'_2 = mv_4 - 0$$

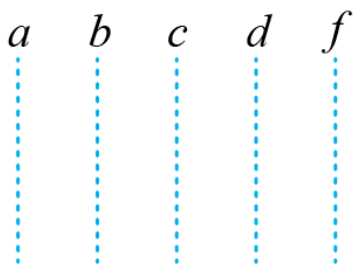
解得

$$v_4 = \frac{2 \times 2 + (-1 \times 2)}{2} \text{m/s} = 1\text{m/s}$$

故 D 错误。

故选 B。

4. 图中虚线 a 、 b 、 c 、 d 、 f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面, 已知平面 b 上的电势为 2V 。一电子经过 a 时的动能为 10eV , 从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV 。下列说法正确的是 ()



- A. 该电子一定能到达平面 f
- B. 平面 c 上的电势为零
- C. 该电子经过平面 d 时, 其电势能为 4eV
- D. 该电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 2 倍

【答案】B

【解析】

【详解】B. 虚线 a 、 b 、 c 、 d 、 f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面, 一电子经过 a 时的动能为 10eV , 从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6eV , 动能减小了 6eV , 电势能增加了 6eV , 因此等势面间的电势差为 2V , 因平面 b 上的电势为 2V , 由于电子的电势能增加, 等势面由 a 到 f 是降低的, 因此平面 c 上的电势为零, 故 B 正确;

A. 由上分析, 可知, 当电子由 a 向 f 方向运动, 则电子到达平面 f 的动能为 2eV , 由于题目中没有说明电

子如何运动，因此也可能电子在匀强电场中做抛体运动，则可能不会到达平面 f ，故 A 错误；

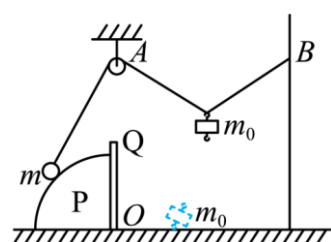
C. 在平面 b 上电势为 $2V$ ，则电子的电势能为 $-2eV$ ，动能为 $8eV$ ，电势能与动能之和为 $6eV$ ，当电子经过平面 d 时，动能为 $4eV$ ，其电势能为 $2eV$ ，故 C 错误；

D. 电子经过平面 b 时的动能是平面 d 的动能 2 倍，电子经过平面 b 时的速率是经过 d 时的 $\sqrt{2}$ 倍，故 D 错误。

故选 B。

二、多项选择题（共 5 题，每题 6 分，在每小题的四个选项中，有两个或多个选项正确，选全的得 6 分，错选不给分，少选给 3 分，共 24 分）

5. 如图所示，四分之一圆柱体 P 放在水平地面上，右侧与一块固定的竖直挡板 Q 接触；球心 O 的正上方有一个大小可忽略的定滑轮 A ，一根轻绳跨过定滑轮，一端和置于圆柱体 P 上的小球（质量为 m ）连接，另一端系在固定竖直杆上的 B 点；一钩码（质量为 m_0 ）挂在 AB 间的轻绳上，整个装置处于静止状态。不计一切摩擦。若在钩码下方再加挂一个钩码，整个装置再次处于静止状态时，小球依然处于圆柱体 P 上，则此时与先前整个装置处于静止状态时相比（ ）



A. 轻绳的张力增大

B. P 对小球的弹力不变

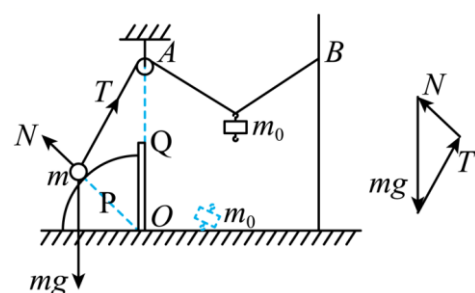
C. P 对 Q 的压力增大

D. P 对地面的压力增大

【答案】BD

【解析】

【详解】AB. 小球受重力 mg 、 P 对它的支持力 N 及轻绳对它的拉力 T ，小球静止时，其受力情况如图所示



由相似三角形可知

$$\frac{mg}{AO} = \frac{N}{R} = \frac{T}{L}$$

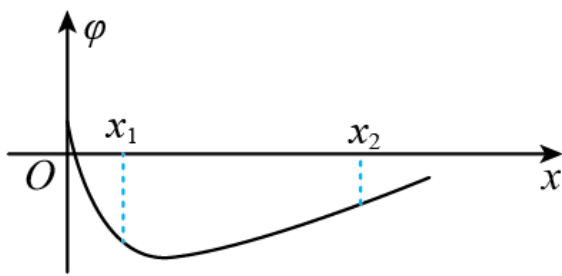
其中， R 为四分之一圆柱体 P 的半径， L 为定滑轮 A 左侧轻绳的长度。在钩码下方再加挂一个钩码，到小球再次静止的过程中，钩码将下移，小球将沿圆柱体 P 上移；小球再次静止时，相对前一次静止时，由于 AO 、 mg 、 R 不变， L 减少，则 N 不变， T 减小，即轻绳的张力减小， P 对小球的弹力不变，故 B 正确，A 错误。

C. 分析小球及 P 的整体的受力情况可知，轻绳的拉力 T 沿水平方向分力的大小（ $T \sin \theta$ ， θ 为轻绳与竖直方向的夹角）等于 P 对 Q 的压力大小，而 T 减小， θ 也变小，故 P 对 Q 的压力变小，故 C 错误。

D. 分析圆柱体 P 的受力情况可知， P 对地面的压力大小等于小球对 P 的压力 N' （大小等于 N ）沿竖直向下的分力（ $N \cos \alpha$ ， α 为 N' 与竖直方向的夹角）与 P 所受重力大小之和，而 N 不变， α 变小， $\cos \alpha$ 增大，故 P 对地面的压力增大，故 D 正确。

故选 BD。

6. 某空间存在一电场，电场中的电势 φ 在 x 轴上随 x 的变化关系如图所示，下列说法正确的是（ ）



- A. 在 x 轴上，从 x_1 到 x_2 电场强度方向向左
- B. 在 x 轴上，从 x_1 到 x_2 电场强度先增大后减小
- C. 把一负电荷沿 x 轴从 x_1 移到 x_2 ，所受的电场力先减小后增大
- D. 把一负电荷沿 x 轴从 x_1 移到 x_2 ，电场力先做负功再做正功

【答案】CD

【解析】

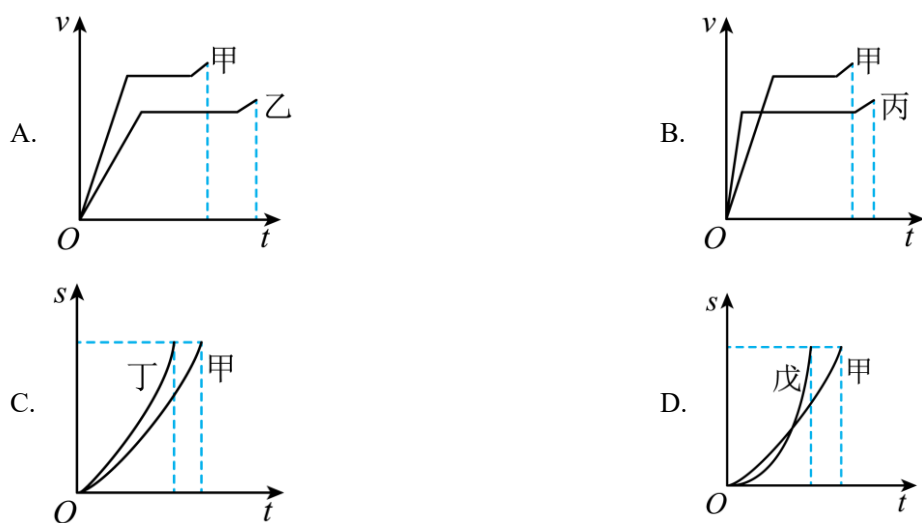
【详解】A. 由图象知从 x_1 到 x_2 电势逐渐降低后增大，电场强度方向先向右又向左，A 错误；

BC. 根据 φ - x 图线上某点切线的斜率等于该点的电场强度，从 x_1 到 x_2 的这段范围内斜率先变小后增大，场强大小先减小后增大，电场力先减小后增大，B 错误，C 正确；

D. 负电荷在电势低处电势能大，所以把一负电荷从 x_1 移到 x_2 ，电势能先增大后减小，电场力先做负功后正功，D 正确。

故选 CD。

7. 赛龙舟是端午节的传统活动。下列 $v-t$ 和 $s-t$ 图像描述了五条相同的龙舟从同一起点线同时出发、沿长直河道划向同一终点线的运动全过程，其中能反映龙舟甲与其它龙舟在途中出现船头并齐的有 ()



【答案】BD

【解析】

【分析】

【详解】A. 此图是速度图像，由图可知，甲的速度一直大于乙的速度，所以中途不可能出现甲乙船头并齐，故 A 错误；

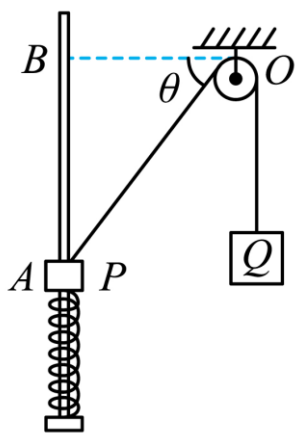
B. 此图是速度图像，由图可知，开始丙的速度大，后来甲的速度大，速度图像中图像与横轴围成的面积表示位移，由图可以判断在中途甲、丙位移会相同，所以在中途甲丙船头会并齐，故 B 正确；

C. 此图是位移图像，由图可知，丁一直运动在甲的前面，所以中途不可能出现甲丁船头并齐，故 C 错误；

D. 此图是位移图像，交点表示相遇，所以甲戊在中途船头会齐，故 D 正确。

故选 BD。

8. 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，重物 Q 的质量 $M = 6m$ 。把滑块 P 从图中 A 点由静止释放后其将沿竖直杆上下运动，当它经过 A、B 两点时弹簧弹力大小相等。已知 OA 与水平面的夹角 $\theta = 53^\circ$ ，OB 长为 L ，与 AB 垂直，不计滑轮质量和摩擦力，重力加速度为 g ， $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ 。则滑块 P 从 A 到 B 的过程中，下列说法正确的是 ()



A. 滑块P与重物Q的机械能之和先增加后减少

B. 轻绳对滑块P做功为 $\frac{4mgL}{3}$

C. 对于重物Q，其重力的功率先增大后减小

D. 滑块P运动到B点时速度大小为 $\frac{4\sqrt{3gL}}{3}$

【答案】ACD

【解析】

【详解】A. 当P经过A、B两点时弹簧弹力大小相等，说明弹簧在A点处于压缩状态，B点处于拉伸状态，且形变量相同，因此P运动的过程中，弹簧弹性势能先减小后增大，根据能量守恒定律，滑块P与重物Q的机械能之和先增加后减少，A正确；

B. P在AB过程中对PQ整体，由动能定理得

$$6mgh_Q - mgh_P = \frac{1}{2} \cdot 6mv_Q^2 + \frac{1}{2}mv_P^2$$

根据几何关系得

$$\begin{aligned} h_Q &= \frac{L}{\cos \theta} - L \\ h_P &= L \tan \theta \end{aligned}$$

根据关联速度得P运动到B点时，Q的速度为0。即 $v_Q = 0$ 。

联立得

$$v_P = \frac{4\sqrt{3gL}}{3}$$

对P在AB过程，根据动能定理得

$$-mgh_p + W_T = \frac{1}{2}mv_p^2$$

解得

$$W_T = 4mgL$$

故 B 错误；

C. Q 开始运动时速度为 0，重力的瞬时功率为 0，当 P 运动到 B 点时，Q 的速度也为 0，重力的瞬时功率为 0，故对于重物 Q，其重力的功率先增大后减小，C 正确；

D. 根据 B 选项分析结果得

$$v_p = \frac{4\sqrt{3gL}}{3}$$

D 正确。

故选 ACD。

【点睛】本题中 AB 两个位置弹簧形变量相同，故弹性势能相同，列动能定理时，弹簧弹力做的总功为 0。在计算绳子的拉力做功时，应用整体隔离法的思想，先对整体列动能定理求出末速度，再隔离物体 P，即可求出绳子的拉力做功。另外需要利用关联速度的处理方法判断出末位置 B 点时，Q 的速度为 0。

三、填空题（本大题共 2 小题，共 8.0 分）

9. 如图所示为氢原子的能级示意图。一群氢原子处于 $n=3$ 的激发态，在向较低能级跃迁的过程中向外发出光子，并用这些光照射逸出功为 2.49eV 的金属钠。这群氢原子能发出_____种不同频率的光，其中有_____种频率的光能使金属钠发生光电效应。

n	E/eV
∞	0
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.40
1	-13.6

【答案】 ☐ 3 ☐ 2

【解析】

【分析】

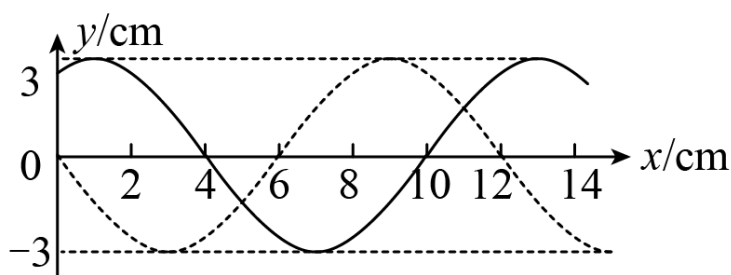
【详解】[1]据题意，由一群氢原子处于 $n=3$ 激发态，在向较低能级跃迁过程中可以有以下三种不同的方

式：3 跃迁到 1，3 $\square\square\square$ 2，2 跃迁到 1，对应的也辐射出 3 种不同频率的光。

[2]要使金属钠发生光电效应，氢原子辐射出光子的能量必须大于 2.49eV，而 3 跃迁到 1 的辐射能量为：12.09eV，3 跃迁到 2 的辐射能量为：1.89eV，2 跃迁到 1 的辐射能量为：10.2eV，所以两种频率的光可以使金属钠发生光电效应。

【点睛】

10. 如图，实线是沿 x 轴传播的一列简谐横波在 $t = 0$ 时的波形图，虚线是这列波在 $t = 0.05\text{s}$ 时的波形图。若该波的波速是 80cm/s ，则这列波沿 x 轴_____传播（填“正方向”“负方向”）。 $t = 0.20\text{s}$ 时， $x = 3\text{cm}$ 处的质点位移为_____cm。



【答案】 \square . 负方向 \square . -3

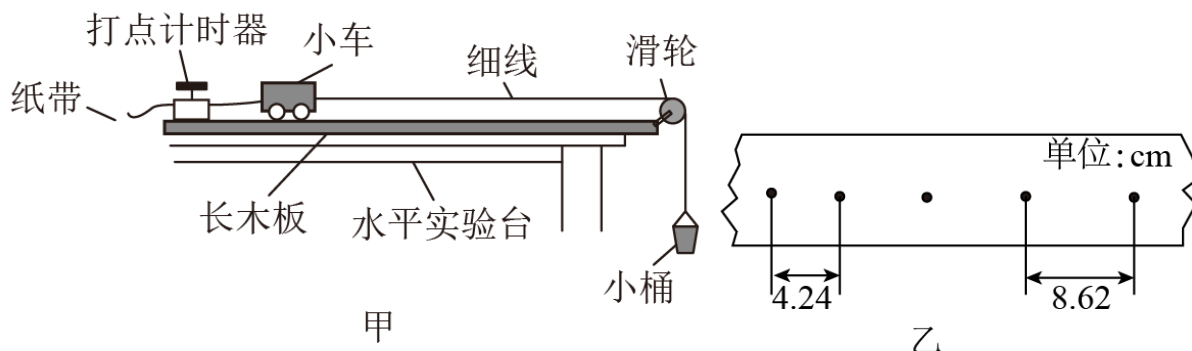
【解析】

【分析】

【详解】[1]在 0.05s 内波传播的距离为 $x = vt = 0.05 \times 80\text{cm} = 4\text{cm}$ ，结合波形图可知，波沿 x 轴负向传播；
[2] $t = 0.20\text{s}$ 时波沿 x 轴负向传播的距离为 $s = vt = 16\text{cm} = \lambda + 4\text{cm}$ ，则将 $t = 0$ 时刻的波形图沿 x 轴负向平移 4cm ，正好与虚线波形重合，可知此时 $x = 3\text{cm}$ 处的质点恰好到达波谷位置，则位移为 -3cm 。

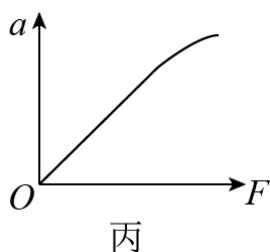
四、实验题：本题共 2 小题，共 6+8=14 分。按题目要求作答。

11. 某实验小组利用如图所示的装置探究物体的加速度与力的关系，调整木板的倾角平衡摩擦阻力后，挂上小桶，带动小车运动并打出纸带。



(1) 实验中打出的其中一条纸带如图乙所示。相邻计数点间的时间间隔是 0.10s ，由此可以算出小车运动的加速度是_____ m/s^2 。(结果保留 3 位有效数字)

(2) 利用测得的数据，可得到小车质量 M 一定时，小车运动的加速度 a 和所受拉力 F 的关系图像如图丙所示 ($F = mg$ ， m 为砂和小桶的总质量， g 为重力加速度)。



拉力 F 较大时， $a-F$ 图线明显弯曲，产生误差。若不断增加小桶中砂的质量， $a-F$ 图像中各点连成的曲线将不断延伸，那么加速度 a 的趋向值为_____ (用题中出现的物理量符号表示)。为了减少上述误差，可采取的有效措施是_____。

A. 测小车的加速度时，利用速度传感器代替纸带和打点计时器

B. 将无线力传感器捆绑在小车上，再将细线连在力传感器上，用力传感器读数代替砂和小桶的重力

【答案】 ☐ 1.46 ☐ g ☐ B

【解析】

【分析】

【详解】(1)[1] 小车运动的加速度

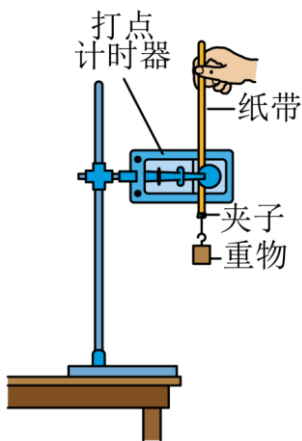
$$a = \frac{8.62 - 4.24}{3 \times 0.1^2} \times 10^{-2} \text{m/s}^2 = 1.46 \text{m/s}^2$$

(2)[2] 若不断增加小桶中砂的质量， $a-F$ 图像中各点连成的曲线将不断延伸，当重物质量无限大时，重物将近似自由落体运动，所以加速度 a 的趋向值为 g 。

[3] 通过加入力的传感器，将小车受到的实际拉力计算出来，可以避免用重物的重力代替绳拉力带来的误差。

故选 B。

12. 某实验小组利用图示实验装置探究重物下落过程中动能与重力势能转化的关系。

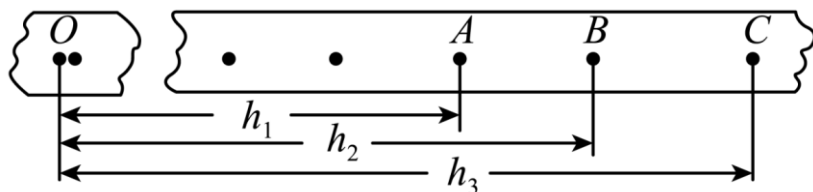


(1) 实验操作步骤如下，请将步骤 B 补充完整：

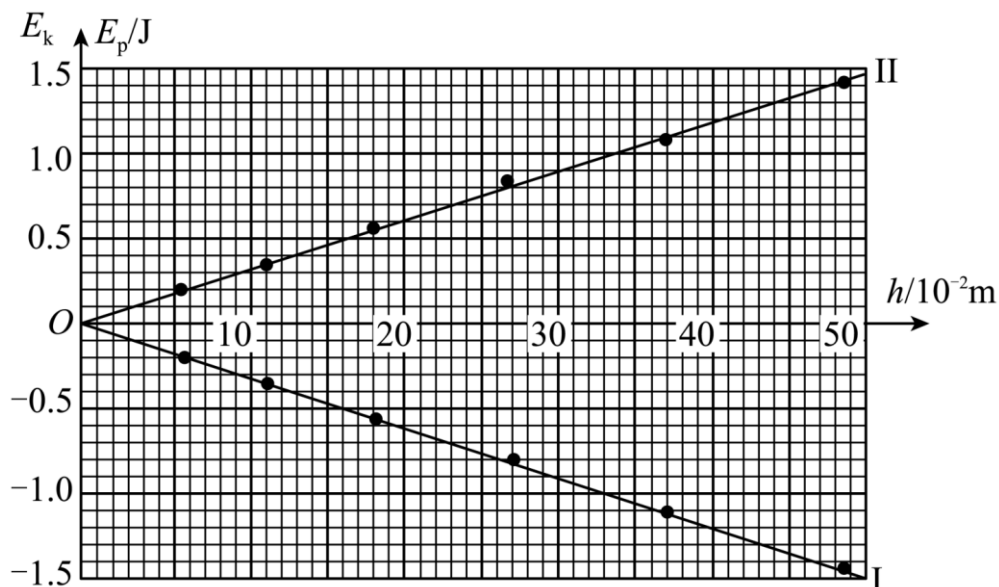
A. 按实验要求安装好实验装置：

B. 使重物靠近打点计时器，接着先_____，后_____，打点计时器在纸带上打下一系列的点；

C. 多次重复步骤 B，得到多条纸带，选取一条符合实验要求的纸带，如下图所示， O 点为打点计时器打下的第一个点，分别测出若干连续点 A、B、C... 与 O 点之间的距离 h_1 、 h_2 、 h_3 ...



(2) 取打下 O 点时重物的重力势能为零，计算出该重物下落不同高度 h 时所对应的动能 E_k 和重力势能 E_p ，建立直角坐标系，横轴表示 h ，纵轴表示 E_k 和 E_p ，根据得到的实验数据作出图象（如下图）。根据作出的图象，可求得图象中图线 I 斜率的绝对值 $k_1 = 3.00 \text{ J/m}$ ，图线 II 的斜率 $k_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J/m}$ （保留三位有效数字）。纸带下落过程中所受平均阻力与重物所受重力的比值为_____（用 k_1 和 k_2 表示）。



【答案】 □. 接通电源 □. 释放纸带 □. 2.86 (在 2.84 ~ 2.88 范围内均可得分) □. $\frac{k_1 - k_2}{k_1}$

【解析】

【详解】(1) [1][2]为了充分利用纸带应先接通电源，后释放纸带。

(2) [3][4]图线II 斜率

$$k_2 = \frac{\Delta E_p}{\Delta h} = \frac{1.4}{49 \times 10^{-2}} \text{ J/m} = 2.86 \text{ J/m}$$

由

$$E_p = -mgh$$

可知，在 $E_p - h$ 图象中，图线的斜率表示 “ $-mg$ ”，故图线I斜率的绝对值

$$k_1 = mg$$

由

$$E_k = (mg - F_f)h$$

可知，在 $E_k - h$ 图象中，图线的斜率表示 “ $mg - F_f$ ”，故图线II的斜率

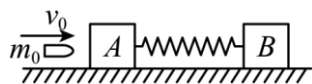
$$k_2 = mg - F_f$$

重物和纸带下落过程中所受平均阻力 F_f ；重物和纸带下落过程中所受平均阻力 mg 的比值为

$$\frac{F_f}{mg} = \frac{k_1 - k_2}{mg} = \frac{k_1 - k_2}{k_1}$$

五、计算题：本题共 3 小题，共 10+12+16=38 分。解答时应写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤，只写出最后答案的不能得分。有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. 如图所示，一轻质弹簧两端连着物体 A 和 B，放在光滑的水平面上，物体 A 被水平速度为 v_0 的子弹击中，子弹嵌在其中，已知物体 A 的质量是 $3m$ ，B 的质量是 $4m$ ，子弹的质量是 m 。求：



- (1) A 物体获得的最大速度；
- (2) 弹簧压缩量最大时 B 物体的速度；
- (3) 弹簧压缩量最大时弹性势能是多少。

【答案】(1) $\frac{1}{4}v_0$; (2) $\frac{1}{8}v_0$; (3) $\frac{1}{16}mv_0^2$

【解析】

【分析】

【详解】(1) 子弹刚射入物体 A 时, A 具有最大速度, 由动量守恒定律得

$$mv_0 = (m + 3m)v_1$$

解得

$$v_1 = \frac{1}{4}v_0$$

(2) 以子弹、A、B 以及弹簧组成的系统作为研究对象, 整个作用过程系统动量守恒, 弹簧压缩量最大时, 它们的速度相等, 由动量守恒定律得

$$mv_0 = (m + 3m + 4m)v_2$$

解得

$$v_2 = \frac{1}{8}v_0$$

(3) 弹簧压缩量最大时, 由能量守恒定律得

$$E_p = \frac{1}{2}(m + 3m)v_1^2 - \frac{1}{2}(m + 3m + 4m)v_2^2$$

弹簧压缩量最大时弹性势能

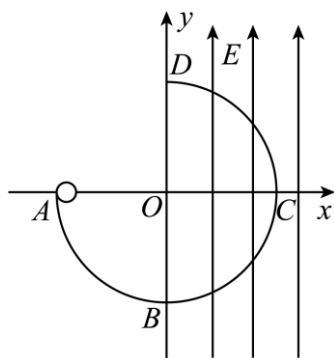
$$E_p = \frac{1}{16}mv_0^2$$

14. 如图所示, ABCD 是半径为 R 的四分之三光滑绝缘圆形轨道, 固定在竖直面内。以轨道的圆心 O 为坐标原点, 沿水平直径 AC 方向建立 x 轴, 竖直直径 BD 方向建立 y 轴。 y 轴右侧 (含 y 轴) 存在竖直向上的匀强电场。一质量为 m 、带电量为 $+q$ 的小球, 从 A 点由静止开始沿轨道下滑, 通过轨道最高点 D 后, 又落回到轨道上的 A 点处。不考虑小球之后的运动, 不计空气阻力, 重力加速度为 g , 求:

(1) 小球落回到 A 点时的速率;

(2) 电场强度的大小;

(3) 小球从 A 下滑到电场内的 B 点时对轨道压力的大小。



【答案】(1) $\frac{\sqrt{10gR}}{2}$; (2) $\frac{5mg}{8q}$; (3) $\frac{19mg}{8}$ 。

【解析】

【详解】(1) 设小球离开 D 点时的速率为 v_D ，由 D 落回到 A 的时间为 t ，则由平抛运动规律有

$$R = \frac{1}{2}gt^2$$

$$R = v_D t$$

解得

$$v_D^2 = \frac{gR}{2}$$

小球落回到 A 时的速率为 v_A ，根据动能定理有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_D^2$$

解得

$$v_A = \frac{\sqrt{10gR}}{2}$$

(2) 小球从 A 到 D 的过程中，根据动能定理有

$$-mgR + 2qER = \frac{1}{2}mv_D^2 - 0$$

结合(1)解得

$$E = \frac{5mg}{8q}$$

(3) 小球通过轨道最低点 B 处时的速率为 v_B ，轨道对小球的支持力为 F ，则有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$$

根据合力提供向心力有

$$F + qE - mg = m \frac{v_B^2}{R}$$

解得

$$F = \frac{19mg}{8}$$

由牛顿第三定律可知小球对轨道的压力

$$F' = F = \frac{19mg}{8}$$

答：(1) 小球落回到 A 点时的速率 $v_A = \frac{\sqrt{10gR}}{2}$ ；

(2) 电场强度 大小 $E = \frac{5mg}{8q}$ ；

(3) 小球从 A 下滑到电场内的 B 点时对轨道压力的大小 $\frac{19mg}{8}$ 。

15. 如图甲所示，半径 $R = 0.45\text{m}$ 的光滑 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道固定在竖直平面内， B 为轨道的最低点， B 点右侧的

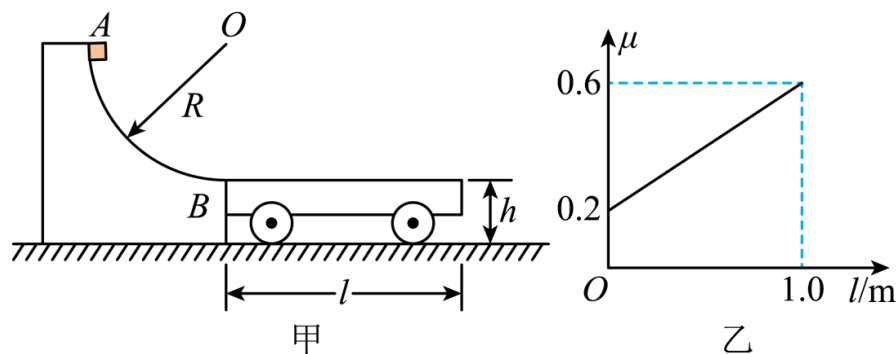
光滑水平面上紧挨 B 点有一静止的小平板车，平板车质量 $M = 4\text{kg}$ ，长度 $l = 1\text{m}$ ，小车的上表面与 B 点等高，距地面高度 $h = 0.2\text{m}$ 。质量 $m = 1\text{kg}$ 的物块（可视为质点）从圆弧最高点 A 由静止释放。取

$g = 10\text{m/s}^2$ 。试求：

(1) 物块滑到轨道上的 B 点时对轨道的压力大小；

(2) 若锁定平板车并在其上表面铺上一种特殊材料，其动摩擦因数从左向右随距离均匀变化，如图乙所示，求物块滑离平板车时的速率；

(3) 若解除平板车的锁定并撤去上表面铺的材料后，物块与平板车上表面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$ ，物块仍从圆弧最高点 A 由静止释放，求物块落地时距平板车右端的水平距离。



【答案】(1)30N，方向竖直向下；(2) $v = 1\text{m/s}$ ；(3)0.4m

【解析】

【详解】(1)物块从圆弧轨道顶端滑到 B 点的过程中，机械能守恒，则有

$$mgR = \frac{1}{2}mv_B^2$$

解得

$$v_B = 3\text{m/s}$$

在 B 点由牛顿第二定律有

$$F_N - mg = m\frac{v_B^2}{R}$$

解得

$$F_N = 30\text{N}$$

由牛顿第三定律得物块滑到轨道上 B 点时对轨道的压力大小

$$F'_N = F_N = 30\text{N}$$

方向竖直向下

(2)物块在平板车上滑行时摩擦力做功

$$W_f = -\frac{\mu_1 mg + \mu_2 mg}{2} \cdot l = -4\text{J}$$

物块由静止释放到滑离平板车过程中由动能定理得

$$mgR + W_f = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = 1\text{m/s}$$

(3)当平板车不固定时，对物块有

$$a_1 = \frac{\mu mg}{m} = \mu g = 2\text{m/s}^2$$

对平板车有

$$a_2 = \frac{\mu mg}{M} = 0.5\text{m/s}^2$$

经过时间 t_1 物块滑离平板车，则有

$$v_B t_1 - \frac{1}{2}a_1 t_1^2 - \frac{1}{2}a_2 t_1^2 = l$$

解得

$$t_1 = 0.4\text{s} \quad (\text{另一解舍掉})$$

物块滑离平板车时的速度

$$v_{\text{物}} = v_B - a_1 t_1 = 2.2\text{m/s}$$

此时平板车的速度

$$v_{\text{车}} = a_2 t_1 = 0.2\text{m/s}$$

物块滑离平板车后做平抛运动的时间

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.2\text{s}$$

物块落地时距平板车右端的水平距离

$$s = (v_{\text{物}} - v_{\text{车}}) t_2 = 0.4\text{m}$$

