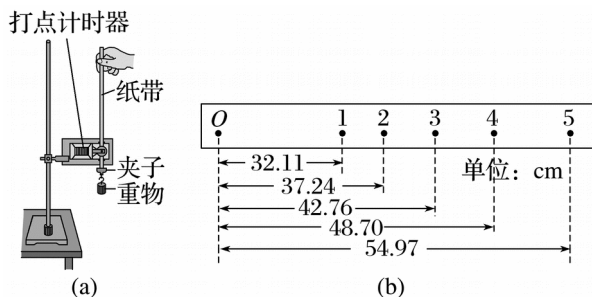


第五章第6节：验证机械能守恒定律

1.(2024·广东惠州市二模)某小组同学利用如图(a)所示实验装置验证机械能守恒定律，所用电源的频率为 50 Hz。已知当地重力加速度大小 g 取 9.8 m/s^2 。



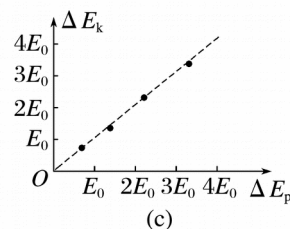
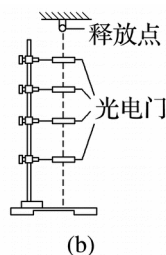
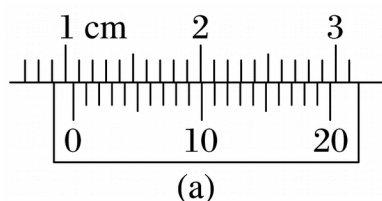
(1)在实验过程中，下列实验操作和数据处理正确的是_____。

- A.打点计时器应接交流电源
- B.需要精确测量出重物的质量
- C.重物下落的起始位置要靠近打点计时器
- D.可测量某点到 O 点的距离 h ，再根据公式 $v = \sqrt{2gh}$ 计算出打该点时重物速度 v

(2)小组同学挑选出一条点迹清晰的纸带，如图(b)所示。从打出的第一个点 O 后某个点开始，依次标为 1、2、3、...，O 点与计时点 1 之间还有若干个点未画出，分别测出计时点到 O 点的距离，则打计时点“4”时重物的速度 $v_4 =$ _____ (结果保留三位有效数字)。

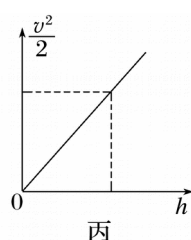
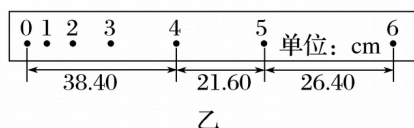
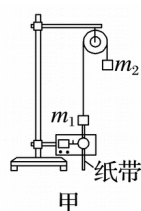
(3)若重物的质量 $m = 1 \text{ kg}$ ，从重物开始下落到打计时点“4”时，重物减少的重力势能 $\Delta E_p =$ _____ (结果保留两位有效数字)；实验中发现重物重力势能的减少量 ΔE_p 总是略大于其动能的增加量 ΔE_k ，这个误差属于_____ (选填“系统误差”或“偶然误差”)，请写出一条减小该误差的措施：_____。

2.(2025·广东汕头市三模)某同学设计实验验证机械能守恒定律,装置如图(b)所示。一个质量为 m 、直径为 d 的小球固定于释放装置上,在小球正下方固定四个光电门,调节各光电门的中心,使其与小球的球心均位于同一竖直线上。由静止释放小球,记录小球通过每个光电门的挡光时间,重力加速度为 g 。



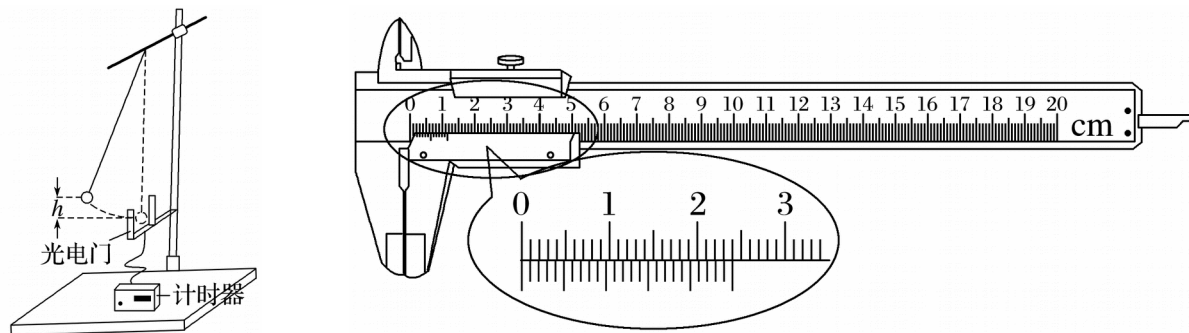
- (1)用游标卡尺测小球的直径,如图(a)所示,可得小球的直径 $d=$ _____ mm。
 - (2)若测得某光电门的中心与释放点的竖直距离为 h ,小球通过此光电门的挡光时间为 Δt ,则小球从释放点下落至此光电门中心时的动能增加量 $\Delta E_k=$ _____ (用题中字母表示),重力势能减小量 $\Delta E_p=mgh$;
 - (3)根据实验数据,作出 $\Delta E_k-\Delta E_p$ 的图像,如图(c)所示。若图中虚线的斜率 $k\approx$ _____ (结果保留 1 位有效数字),则可验证机械能守恒定律;
 - (4)经过多次重复实验,发现小球经过第三个光电门时, ΔE_k 总是大于 ΔE_p ,下列原因中可能的是 _____。
- A.第三个光电门的中心与释放点的竖直距离测量值偏大
B.第三个光电门的中心偏离小球下落时球心所在的竖直线
C.小球下落过程中受到空气阻力的作用

3.用图甲所示实验装置验证 m_1 、 m_2 组成的系统机械能守恒, m_2 从高处由静止开始下落,打点计时器在 m_1 拖着的纸带上打出一系列的点,对纸带上的点迹进行测量,即可验证机械能守恒定律。图乙给出的是实验中获取的一条纸带,0 是打下的第一个点,每相邻两个计数点间还有 4 个点(图中未标出),计数点间的距离如图乙所示,打点计时器的频率为 50 Hz。已知 $m_1=50\text{ g}$ 、 $m_2=150\text{ g}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 进行计算(所有结果均保留两位有效数字)。



- (1)该实验所接电源应选用 _____ (填“交流”或“直流”)电源。
- (2)在纸带上打下计数点 5 时 m_1 、 m_2 的速度大小 $v_5=$ _____ m/s。
- (3)在打下计数点 0~5 过程中系统动能的增加量为 _____ J,系统重力势能的减少量为 _____ J。
- (4)若某同学作出 $\frac{1}{2} v^2-h$ 图像如图丙所示,斜率为 k ,则当地的实际重力加速度 $g=$ _____ (用字母 k 表示)。

4.(2025·甘肃卷·11)某学习小组使用如图所示的实验装置验证机械能守恒定律。



把一个直径为 d 的小球用不可伸长的细线悬挂，光电门置于小球平衡位置处，其光线恰好通过小球球心，计时器与光电门相连。

将小球拉离平衡位置并记录其高度 h ，然后由静止释放(运动平面与光电门光线垂直)，记录小球经过光电门的挡光时间 Δt 。改变 h ，测量多组数据。已知重力加速度为 g ，忽略阻力。

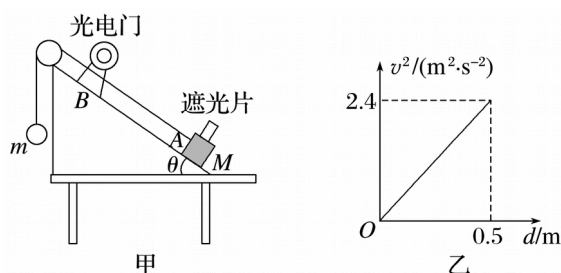
(1)以 h 为横坐标、_____ [填“ Δt ”“ $(\Delta t)^2$ ”“ $\frac{1}{\Delta t}$ ”或“ $\frac{\Delta t}{\Delta t^2}$ ”] 为纵坐标作直线图。若所得图像过原点，且斜率为_____ (用 d 和 g 表示)，即可证明小球在运动过程中机械能守恒。

(2)实验中，用游标卡尺测得小球直径 $d=20.48 \text{ mm}$ 。

① 由结果可知，所用的是_____ 分度的游标卡尺(填“10”“20”或“50”)；

② 小组设计了一把 25 分度的游标卡尺，未测量时的状态如图所示。如果用此游标卡尺测量该小球直径，则游标尺上第_____ 条刻度线与主尺上的刻度线对齐。

5. 利用气垫导轨验证机械能守恒定律，实验装置如图甲所示，水平桌面上固定一倾斜的气垫导轨，导轨上 A 点处有一带长方形遮光片的滑块，其总质量为 M ，左端由跨过轻质光滑定滑轮的细绳和一质量为 m 的小球相连；遮光片两条长边与导轨垂直，导轨上 B 点有一光电门，可以测量遮光片经过光电门时的挡光时间 t ，用 d 表示 A 点到光电门 B 处的距离， b 表示遮光片的宽度，将遮光片通过光电门的平均速度看作滑块通过 B 点时的瞬时速度，实验时滑块在 A 处由静止开始运动。



(1)某次实验测得导轨倾角 $\theta=30^\circ$ ，重力加速度用 g 表示，滑块从 A 处到达 B 处时， m 和 M 组成的系统动能增加量可表示为 $\Delta E_k=_____$ (用题中字母表示)，系统的重力势能减少量可表示为 $\Delta E_p=_____$ (用题中字母表示)，在误差允许的范围内，若 $\Delta E_k=\Delta E_p$ ，则可认为系统的机械能守恒。

(2)在上述实验中，某同学改变 A、B 间的距离，作出的 v^2-d 图像如图乙所示，并测得 $M=m$ ，则重力加速度 $g=_____ \text{ m/s}^2$ 。

第五章第6节：验证机械能守恒定律答案

1. 答案 (1)AC (2)3.05 m/s (3)4.8 J 系统误差 见解析

解析 (1)打点计时器应接交流电源，故 A 正确；验证重力势能减少量与动能增加量是否相等，质量可以约去，不需测量，故 B 错误；为了充分利用纸带，重物下落的起始位置靠近打点计时器，故 C 正确；根据打出的纸带应用匀变速直线运动的推论求出重物的速度，不能测量某点到 O 点的距离 h ，再根据公式 $v = \sqrt{2gh}$ 计算出打该点时重物速度 v ，如果用该公式则默认只有重力做功，机械能守恒，故 D 错误。

(2)打计时点“4”时重物的速度

$$v_4 = \frac{s_{35}}{2T} = \frac{54.97 - 42.76}{2 \times 0.02} \times 10^{-2} \text{ m/s} \approx 3.05 \text{ m/s}$$

(3)重物减少的重力势能

$$\Delta E_p = mg\Delta h = 1 \times 9.8 \times 0.487 \text{ J} \approx 4.8 \text{ J}$$

实验中测得重力势能的减少量总是略大于动能的增加量，是因为克服阻力做功，这个误差是系统误差。减小该误差的措施：重物选用质量和密度较大的金属锤；或将打点计时器两限位孔调整在同一竖直线上(或竖直方向)；或释放重物前，让整条纸带保持在竖直方向；或调整安装器材，尽可能地减小阻力；或选择电火花计时器。

2. 答案 (1)10.60 (2) $\frac{1}{2} m \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$ (3)1 (4)B

解析 (1)由题图(a)可知游标卡尺精度为 0.05 mm，

则 $d = 10 \text{ mm} + 0.05 \text{ mm} \times 12 = 10.60 \text{ mm}$

(2)小球通过此光电门的速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$ ，

$$\text{则小球动能增加量 } \Delta E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{d}{\Delta t} \right)^2$$

(3)根据机械能守恒定律可得 $\Delta E_p = \Delta E_k$

若作出的 $\Delta E_k - \Delta E_p$ 图像中虚线的斜率 $k \approx 1$ ，则可验证机械能守恒定律。

(4)第三个光电门的中心与释放点的竖直距离测量值偏大，则 ΔE_p 的测量值偏大，使得 ΔE_k 小于 ΔE_p ，故 A 错误；

第三个光电门的中心偏离小球下落时球心所在的竖直线，使得挡光宽度小于小球的直径，则速度测量值偏大， ΔE_k 的测量值偏大，使得 ΔE_k 大于 ΔE_p ，故 B 正确；

小球下落过程中受到空气阻力的作用，使得减少的重力势能有一部分转化为内能，使得 ΔE_k 小于 ΔE_p ，故 C 错误。

3. 答案 (1)交流 (2)2.4 (3)0.58 0.60 (4)2k

解析 (1)图甲中打点计时器工作时需要使用交流电源,即该实验所接电源应选用交流电源。

(2)由于相邻两个计数点间还有4个点,则相邻计数点之间的时间间隔为 $T=5 \times \frac{1}{50} \text{ s}=0.1 \text{ s}$ 。匀变速直线

运动中间时刻的瞬时速度等于该段过程的平均速度,则 $v_5 = \frac{(21.60+26.40) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s}=2.4 \text{ m/s}$ 。

(3)由于0是打下的第一个点,该点速度为0,则在打点0~5过程中系统动能的增加量为 $\frac{1}{2} (m_1+m_2) v_5^2$

$$= \frac{1}{2} \times (0.05+0.150) \times 2.4^2 \text{ J} \approx 0.58 \text{ J}。$$

系统重力势能的减少量为 $(m_2-m_1)gh=(0.150-0.05) \times 10 \times (38.40+21.60) \times 10^{-2} \text{ J}=0.60 \text{ J}$ 。

(4)对该系统,根据机械能守恒定律有

$$(m_2-m_1)gh = \frac{1}{2} (m_1+m_2)v^2$$

$$\text{则有 } \frac{1}{2} v^2 = \frac{(m_2-m_1)gh}{m_1+m_2}$$

$$\text{结合图像有 } k = \frac{(m_2-m_1)g}{m_1+m_2}$$

解得 $g=2k$ 。

4. 答案 (1) $\frac{\Delta t^2}{\frac{1}{\frac{1}{d^2}}}$ $\frac{2g}{d^2}$ (2)50 12

解析 (1)小球经过光电门的挡光时间为 Δt ,可得小球到达平衡位置时速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$,为验证机械能守恒

定律,此过程中重力势能转化为动能有 $mgh = \frac{1}{2} mv^2$,联立解得 $\frac{\Delta t^2}{\frac{1}{\frac{1}{d^2}}} = \frac{2g}{d^2} h$,可得纵坐标为

$$\frac{\Delta t^2}{\frac{1}{\frac{1}{d^2}}}, \text{ 图像的斜率为 } k = \frac{2g}{d^2}。$$

(2)10分度、20分度、50分度的游标卡尺的精确度分别为0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm

此游标卡尺测得小球直径 $d=20.48 \text{ mm}$,可以判断所用的是50分度的游标卡尺。

若为25分度的游标卡尺,其精确度为0.04 mm,用此游标卡尺测量该小球直径,可得

$$n = \frac{0.48}{0.04} = 12, \text{ 则游标尺上第12条刻度线与主尺上的刻度线对齐。}$$

5. 答案 (1) $\frac{(M+m)b^2}{2t^2}$ $(m - \frac{M}{2})gd$ (2) 9.6

解析 (1) 系统动能增加量可表示为

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} (M+m) v_B^2 = \frac{(M+m)b^2}{2t^2},$$

系统的重力势能减少量可表示为 $\Delta E_p = mgd - Mgdsin 30^\circ = (m - \frac{M}{2})gd$ 。

(2) 根据机械能守恒可得

$$(m - \frac{M}{2})gd = \frac{1}{2} (M+m)v^2,$$

$$\text{即 } g = \frac{2v^2}{d},$$

代入数据得 $g = 9.6 \text{ m/s}^2$ 。