

第 6 节：验证机械能守恒定律

广州市黄埔区苏元学校 杨玉玲

- 1、机械能守恒的内容：在只有重力或弹力做功的物体系统内，动能与势能可以互相转化，而总的机械能保持不变。
- 2、条件 只有重力或系统内弹力做功
- 3、判断方法：
 - (1) 单个物体：“只有重力做功”
 - (2) 多物体组成的系统：“只有重力或系统内弹力做功”

机械能守恒定律

机械能守恒定律



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

机械能守恒定律的表达式：

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2} \quad (\text{守恒观})$$

$$\Delta E_k = -\Delta E_p \quad (\text{转化观})$$

$$\Delta E_A = -\Delta E_B \quad (\text{转移观})$$

(系统只有 A、B 两部分时，A 增加的机械能等于 B 减少的

接下来用此观点来设计实验验证

机械能)

哪些运动符合机械能守恒？

自由落体运动、平抛运动、竖直上抛运动、竖直下抛运动、圆锥摆、圆锥筒、竖直圆绳模型

考虑到实验操作验证简单，我们选取哪一个运动比较合适？

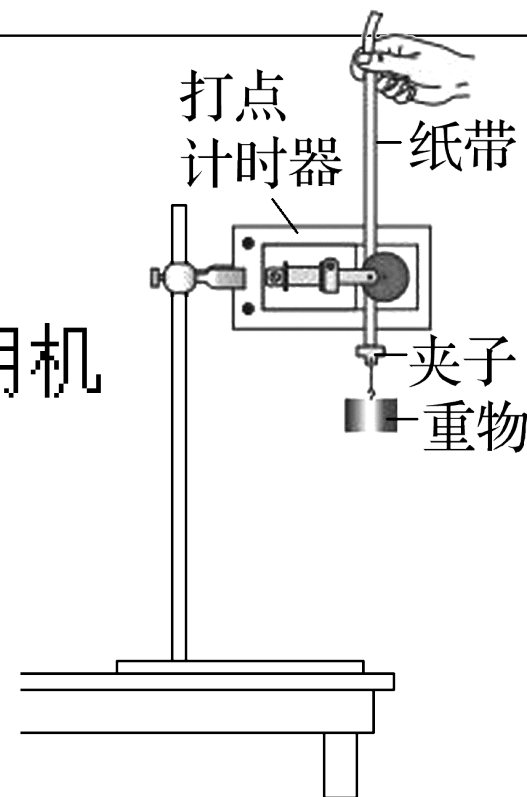
自由落体运动

原理及
装置图

实验
器材

自由落体运动物体的重力势能的减少量
和对应过程动能的增加量。

在实验误差允许范围内，若二者相等，说明机械能守恒，从而验证机械能守恒定律



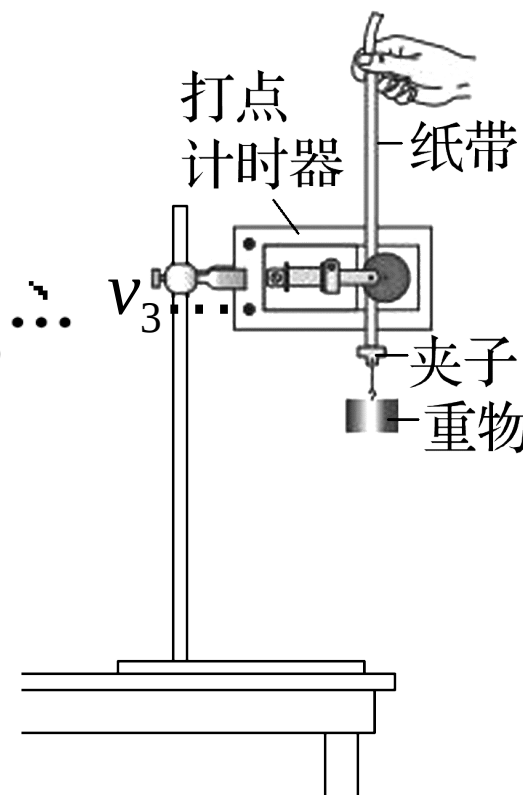
打点计时器、交流电源、纸带、复写纸（墨粉）、夹子、重物、刻度尺、铁架台（带铁夹）、导线



(4) 求瞬时速度

由公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_n}{2T}$ 可以计算出重物下落

h_1 、 h_2 、 h_3 的高度时对应的瞬时速度 v_1 、 v_2 、 v_3 ...





(2) 验证守恒

方案一：利用起始点和第 n 点计算：

代入 mgh_n 和 $\frac{1}{2}mv_n^2$ ，如果在实验误差允许的范围内， mgh_n 和 $\frac{1}{2}mv_n^2$ 相等，则验证了机械能守恒定律

注意：应选取最初第 1、2 两点距离接近 _____ 的

纸带（电源频率为 50 Hz）
注意：应选取最初第 1、2 两点距离接近 2 mm 的纸带（电源频率为 50 Hz）



方案三：任取两点计算

① 任取两点 A 、 B ，测出 h_{AB} ，算出 mgh_{AB}

② 算出 $\frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ 的值

③ 在实验误差允许的范围内，若 $mgh_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ ，则验证了机械能守恒定律



方案三：图像法

测量从第一点到其余各点的下落高度 h ，并计算对应速度 v ，
然后以 v^2 为纵轴，以 h 为横轴，根据实验数据作出 v^2-h
图像。若在实验误差允许的范围内图像是一条过原点且斜率
为 g 的直线，则验证了机械能守恒定律



(1) 打点计时器要竖直: 安装打点计时器时要竖直架稳, 使其两限位孔在同一竖直线上, 以减小 摩擦阻力

(2) 重物应选用质量大、体积小、密度大的材料

注意 (3) 应先接通电源, 让打点计时器正常工作, 后松开纸带让重物下落

(4) 测长度, 算速度: 某时刻的瞬时速度的计算应用的 $\frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$, 不能用 $v_n = \sqrt{2gh_n}$ 或 $v_n = gt$ 来计算

为什么?

(5) 此实验中不需要测量重物的质量



(1) 系统误差：

本实验中因重物和纸带在下落过程中要克服各种阻力（空气阻力、打点计时器阻力）做功，故动能的增加量 ΔE_k 稍小于重力势能的减少量，即 $\Delta E_k < \Delta E_p$ 。

改进的办法是调整器材的安装，尽可能地减小阻力



(2) 偶然误差：

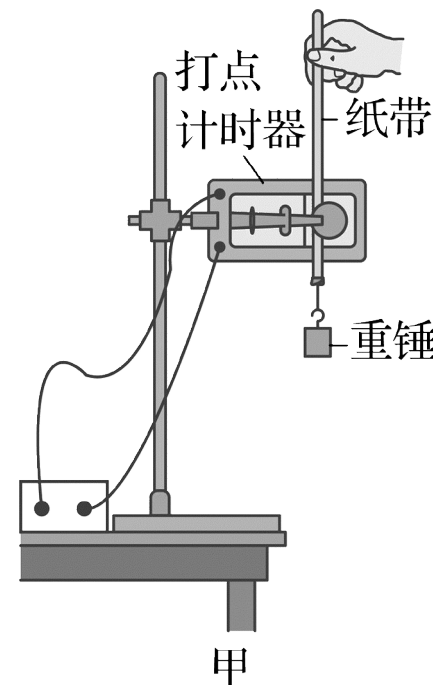
本实验在长度测量时产生的误差。

减小误差的办法是测下落距离时都从 0 点量起，一次将各点对应的下落高度测量完，或者多次测量取平均值

经典例题 1

(2025·河南卷·12) 实验小组利用图甲所示装置验证机械能守恒定律。可选用的器材有交流电源 (频率 50 Hz)、铁架台、电子天平、重锤、打点计时器、纸带、刻度尺等。

下列所给实验步骤中, 有 4 个是完成实验必需且正确的, 把它们选择出来并按实验顺序排列: _____ (填步骤前面的序号)。



① 先接通电源, 打点计时器开始打点, 然后再释放纸带

② 先释放纸带, 然后再接通电源, 打点计时器开始打点

③ 用电子天平称量重锤的质量

④ 将纸带下端固定在重锤上, 穿过打点计时器的限位孔, 用手捏住纸带上端

⑤ 在纸带上选取一段, 用刻度尺测量该段内各点到起点的距离, 记录分析数据

⑥ 关闭电源, 取下纸带



经典例题 1

(2) 图乙所示是纸带上连续打出的五个点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 到起点的距离。则打出 B 点时重锤下落的速度大小为 1.79 m/s(保留 3 位有效数字)。

A	B	C	D	E	单位:cm
13.20	16.60	20.34	24.50	29.00	

乙

解析

相邻计数点时间间隔 $T=0.02\text{ s}$

由 $v_B = \frac{h_{AC}}{2T}$, 其中 $h_{AC} = (20.34 - 13.20)\text{ cm} = 7.14 \times 10^{-2}\text{ m}$, $T = 0.02\text{ s}$,
代入数据解得 $v_B \approx 1.79\text{ m/s}$

据解得 $v_B \approx 1.79\text{ m/s}$

代入数据解得 $v_B \approx 1.79\text{ m/s}$



经典例题 1

(3) 纸带上各点与起点间的距离即为重锤下落高度 h ，计算相应的重锤下落速度 v ，并绘制图丙所示的 v^2-h 关系图像。理论上，若机械能守恒，图中直线**通过**——（填“通过”或“不通过”）原点且斜率为 $2g$ ——（用重力加速度大小 g 表示）。由图丙得直线的

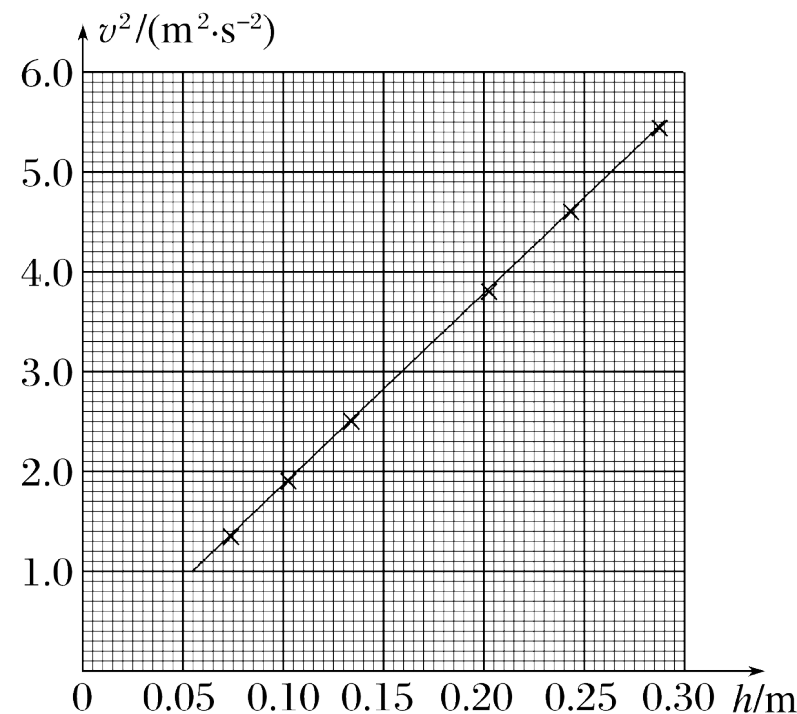
19.1 m/s^2

解析

（保留 3 位有效数字）。

根据 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，可得 $v^2 = 2g \cdot h$ ，可知若机械能守恒
 由 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ，可得 $v^2 = 2g \cdot h$ ，可知若机械能守恒
 图像应为通过原点，且斜率 $k = 2g$ 的倾斜直
 线。其 v^2-h 图像应为通过原点，且斜率 $k = 2g$ 的倾斜直线

由图丙得直线的斜率 $k = \frac{5.5 - 1.4}{0.29 - 0.07} \text{ m/s}^2 \approx 19.1 \text{ m/s}^2$



丙



经典例题 1

(4) 定义单次测量的相对误差 $\eta = \frac{|E_p - E_k|}{E_p} \times 100\%$ ，其中 E_p 是重锤重力势能的减小量， E_k 是其动能增加量，则实验相对误差为 $\eta = \frac{|1 - \frac{k}{2g}|}{1} \times 100\%$ (用字母 k 和 g 表示)；当地重力加速度 g 取 9.80 m/s^2 ，则 $\eta = \frac{|1 - \frac{19.6}{2 \times 9.80}|}{1} \times 100\%$ (保留 2 位有效数字)；若 $\eta < 5\%$ ，当地重力加速度允许的范围内机械能守恒。

解析

任意有 $\eta = \frac{|mgh - \frac{1}{2}mv^2|}{mgh} \times 100\%$

据解得 $\eta \approx 2.6\%$

数据解得 $\eta \approx 2.6\%$ 。

经典例题 2

(2023·天津卷·9) 如图放置实验器材，连接小车与托盘的绳子与桌面平行，遮光片与小车位于气垫导轨上，气垫导轨没有画出（视为无摩擦力），重力加速度为 g 。接通电源，释放托盘与砝码，并测得：

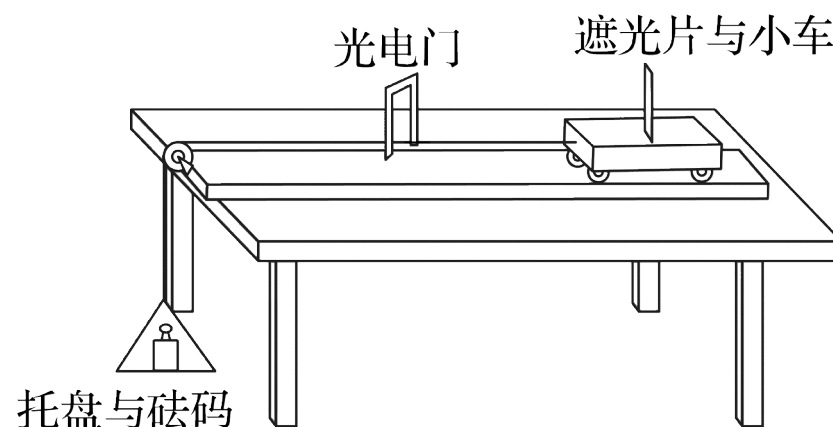
a. 遮光片长度 d

b. 遮光片到光电门长度 l

c. 遮光片通过光电门时间 Δt

d. 砝码质量 m_1 ，小车与遮光片质量 m_2

求：小车通过光电门时的速度为 $\frac{d}{\Delta t}$ ；



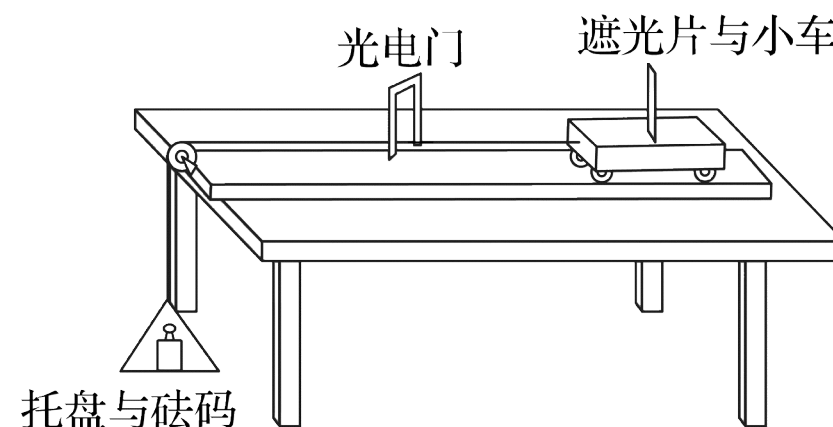
解析

小车通过光电门时的速度为 $v = \frac{d}{\Delta t}$

经典例题 2

(2) 从释放到小车经过光电门，这一过程中，系统重力势能减少量为

m_1gl 动能增加量为 $\frac{1}{2}(m_1+m_2)(\frac{d}{\Delta t})^2$ ；



解析

从释放到小车经过光电门，这一过程中，系统重力势能减少量为 $\Delta E_p = m_1gl$

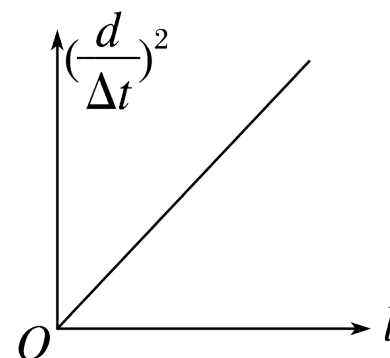
从释放到小车经过光电门，这一过程中，

系统动能增加量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(m_1+m_2)(\frac{d}{\Delta t})^2$

经典例题 2

(3) 改变 l ，做多组实验，作出以 l 为横坐标，以 $(\frac{d}{\Delta t})^2$ 为纵坐标的图像。若机械能守恒成立，则图像斜率为

$$\frac{2m_1g}{m_1+m_2}。$$



解析

做多组实验，作出以 l 为横坐标，以 $(\frac{d}{\Delta t})^2$ 为纵坐标的图像。

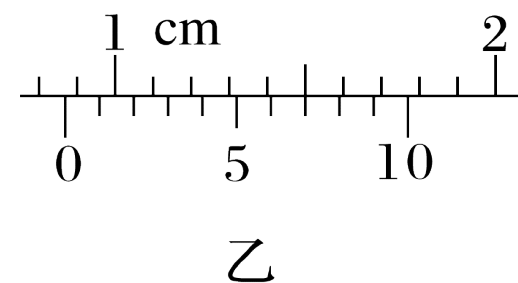
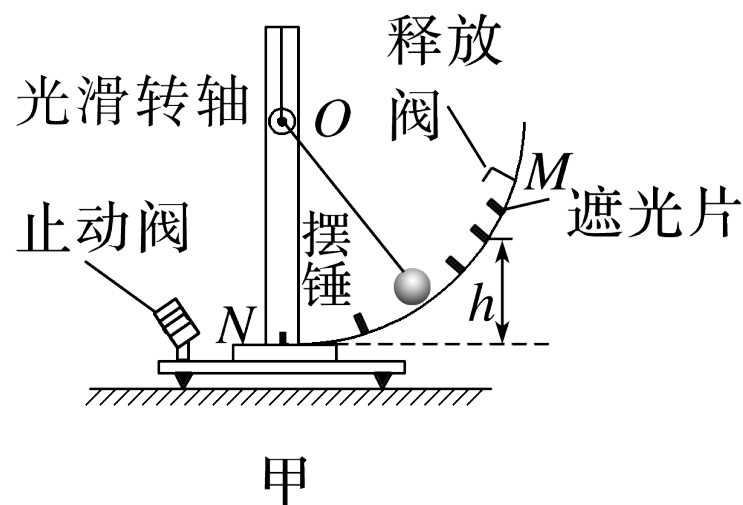
若机械能守恒成立，有 $m_1gl = (m_1+m_2)(\frac{d}{\Delta t})^2$

整理得 $(\frac{d}{\Delta t})^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2m_1g}{m_1+m_2} \cdot l$ ，则图像斜率为 $\frac{2m_1g}{m_1+m_2}$ 。



经典例题 3

(2025·广东汕头市模拟) 某研究小组利用 DIS 实验装置验证机械能守恒定律。如图甲所示，带有光电门的摆锤通过轻杆与转轴 O 相连，摆锤通过遮光片时可记录遮光时间。摆锤从 M 点由静止释放，依次记录其通过每个遮光片所对应的时间 t 。用刻度尺测出每个遮光片距最低点 N 的竖直高度为 h ，摆锤质量为 m ，重力加速度为 g 。

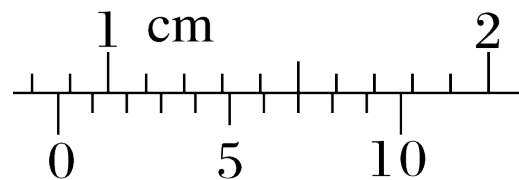


经典例题 3



黄浦教研
HUANGPU JIAOYAN

(1) 实验前，用游标卡尺测量遮光片的宽度 d ，其示数如图



乙

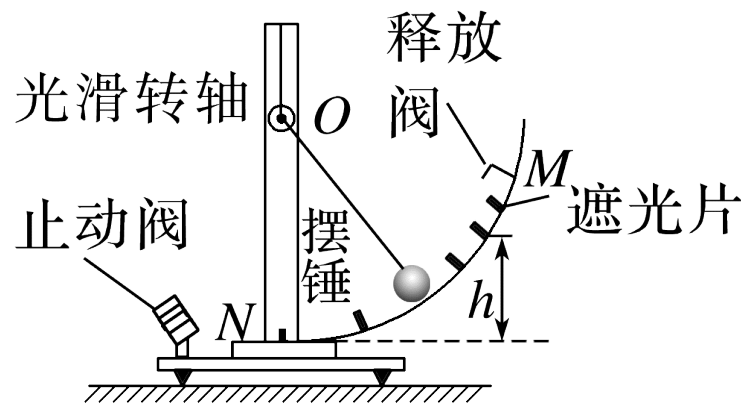
乙 则 $d = 8.7$ mm。

以最低点 N 为参考平面，选用字母

d 、 t 、 g 表示物理量，则经过某个遮光片时，

摆锤的重力势能 $E_p = mgh$ ，动能 $E_k = \frac{md^2}{2t^2}$ ；对比通过

遮光片处摆锤的机械能 $E(E = E_p + E_k)$ 是否相等，可判断



甲

解析

机械能守恒与否。
由图乙可知，遮光片的宽度为 $d = 8 \text{ mm} + 0.1 \text{ mm} \times 7 = 8.7 \text{ mm}$ 。

经过某个遮光片时，摆锤的速度大小为 $v = \frac{d}{t}$ ；

此时摆锤的重力势能为 $E_p = mgh$ ，动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{md^2}{2t^2}$ 。

此时摆锤的重力势能为 $E_p = mgh$ ，动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{md^2}{2t^2}$ 。

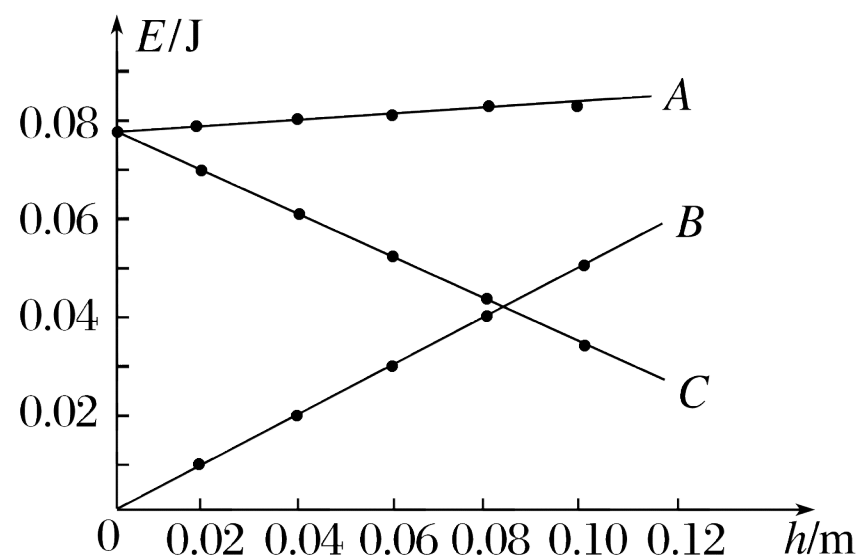


经典例题 3

(3) 为了更直观地处理数据，研究小组绘制了摆锤摆下过程中动能、重力势能及机械能随高度变化的图像如图丙所示，仔细比对数据发现，摆锤摆下过程中，重力势能 **大于** 动能增加量（选填“大于”或“小于”）。

解析

由 $E_p = mgh$ 知， $E_p - h$ 是一条过原点的直线，可见重力势能的图线应为 B ，摆锤摆下过程中，速度逐渐增大，动能逐渐增大，可见动能的图线应为 C ，则机械能的图线应为 A 。由图知，摆锤摆下过程中，摆锤的机械能逐渐减少，动能逐渐增加，重力势能逐渐减少，则摆锤的重力势能减少量大于动能增加量。



丙

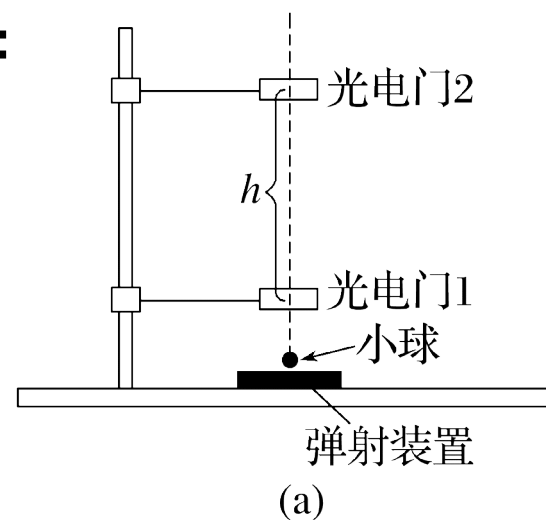
经典例题 4



黄浦教研
HUANGPUJIAOYAN

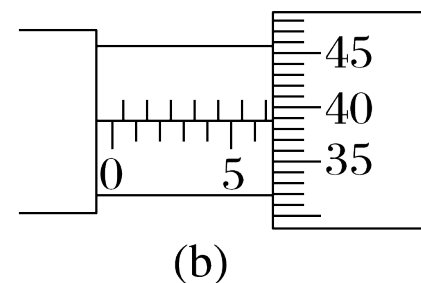
(2024·广东广州市三模) 某实验小组为研究小球受到的空气阻力对验证机械能守恒定律实验的影响，设计了如图 (a) 所示的实验装置，其中光电门 1 与光电门 2 均与数字计时器相连 (图中未画出)，其实验过程如下 (重力加速度为 g)：

(1) 让弹射装置给小球一个足够大的竖直向上的初速度，调节光电门 1 和光电门 2 的位置，使小球能够依次通过光电门 1 和光电



(2) 用螺旋测微器测量小球的直径，示数如图 (b) 所示，小球直

径为 6.888 mm。



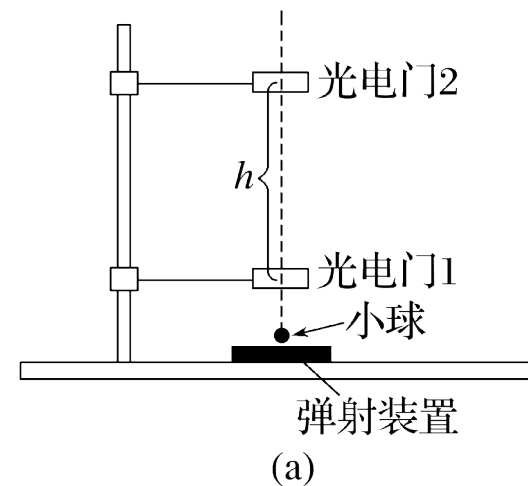
解析

螺旋测微器的精确度为 0.01 mm，读数为 6.5 mm + 38.8×0.01 mm = 6.888 mm。

经典例题 4

(3) 测量时，应 A (选填“A”或“B”，其中 A 为“先接通数字计时器，后释放小球”，B 为“先释放小球，后接通数字计时器”)。

记录光电门 1 与光电门 2 之间的高度 h 及小球通过光电门 1 和光电门 2 的遮光时间 t_1 、 t_2 。

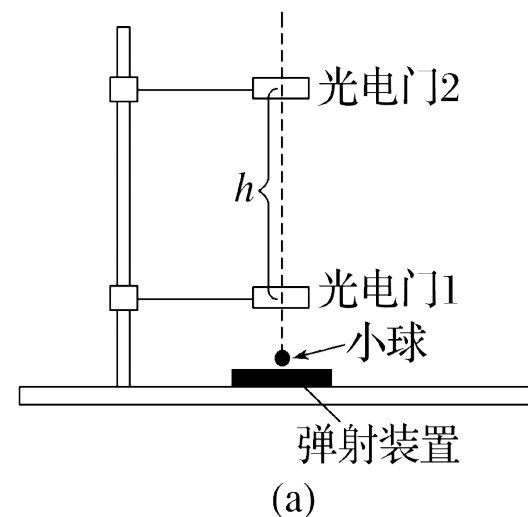


解析

根据数字计时器的使用原理可知，测量时，应先接通数字计时器，后释放小球。故选 A。

经典例题 4

(5) 保持光电门 1 的位置不动，不断调节光电门 2 的位置（小球依旧能够通过光电门 2），再次重复实验步骤 (3)(4)，得到多组 ΔE_k 与 h 的数据，作出 ΔE_k - h 图像。若测得该图像的斜率为 k ，则小球在竖直上升过程中空气阻力为 $k-mg$ （用字母 m 、 g 、 k 表示，空气阻力不变）。



解析

根据动能定理有 $mgh+fh=\Delta E_k$ ，变形可知 $\Delta E_k=(mg+f)h$ ，测得该图像的斜率为 k ，则 $k=mg+f$ ，小球在竖直上升过程中空气阻力为 $f=k-mg$ 。



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

谢谢

