

江苏省仪征中学 2021-2022 学年度第二学期高一物理学科导学案

8.5 实验：验证机械能守恒定律

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 授课日期：2022.05.11

本课在课程标准中的表述：明确验证机械能守恒定律的基本思路，能正确进行实验操作，析产生误差的原因。

[学习目标]

- 1.明确验证机械能守恒定律的基本思路并能进行相关量的测量.
- 2.能正确进行实验操作，分析实验数据得出结论，能定性地分析产生误差的原因.

[课前预习]

一、实验思路

机械能守恒的前提是“只有_____做功”，因此研究过程一定要满足这一条件. 本节实验我们以只有重力做功的过程进行研究.

二、物理量的测量及数据分析

只有重力做功时，只发生重力势能和动能的转化.

(1)要验证的表达式： $\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$ 或 $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 =$ _____

(2)所需测量的物理量：物体所处两位置之间的_____、物体的_____.

三、参考案例

案例 1 研究自由下落物体的机械能

1. 实验器材

铁架台(带铁夹)、_____、重物(带夹子)、纸带、复写纸(或墨粉纸盘)、导线、_____、_____.

2. 实验步骤

(1)安装装置：按图甲所示把打点计时器安装在铁架台上，用把打点计时器与电源连接好.

(2)打纸带：在纸带的一端把重物用夹子固定好，另一端穿过计时器的限位孔，用手竖直提起纸带使重物停靠在打点计时器附近. 先接通电源后释放纸带，让重物拉着纸带自由下落. 重复，得到 3~5 条打好点的纸带.

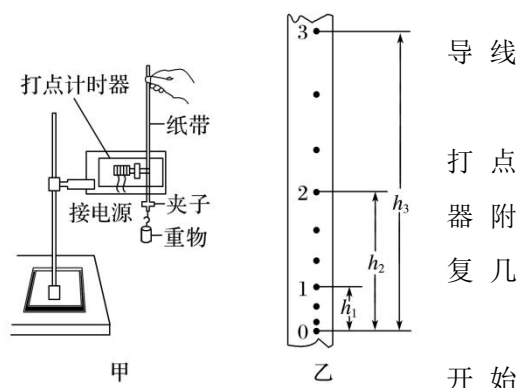
(3)选纸带并测量：选择一条点迹清晰的纸带，确定要研究的位置和结束的位置，测量并计算出两位置之间的距离 Δh 及在两位置时纸带的速度，代入表达式进行验证.

3. 数据处理

(1)计算各点对应的瞬时速度：如图乙所示，根据公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$ ，计算出某一点的瞬时速度 v_n .

(2)验证方法

方法一：利用起始点和第 n 点.

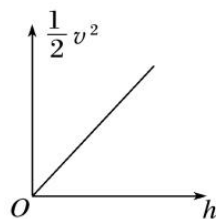


选择开始的两点间距接近 2 mm 的一条纸带，打的第一个点为起始点，如果在实验误差允许范围内 $mgh_n = \frac{1}{2}mv_n^2$ ，则机械能守恒定律得到验证。

方法二：任取两点 A、B。

如果在实验误差允许范围内 $mgh_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ ，则机械能守恒定律得到验证。

方法三：图像法(如图所示)。



若在实验误差允许范围内图线是一条过原点且斜率为 g 的直线，则机械能守恒定律得到验证。

4. 误差分析

本实验的误差主要是测量纸带产生的偶然误差以及重物和纸带运动中的空气阻力及打点计时器的摩擦阻力引起的系统误差。

5. 注意事项

(1)安装打点计时器时，要使两限位孔在同一竖直线上，以减小摩擦阻力。

(2)应选用质量和密度较大的重物。

(3)实验时，应先接通电源，让打点计时器正常工作后再松开纸带让重物下落。

(4)本实验中的几种验证方法均不需要测重物的质量 m 。

(5)速度不能用 $v=gt$ 或 $v=\sqrt{2gh}$ 计算，应根据纸带上测得的数据，利用 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$ 计算瞬时速度。

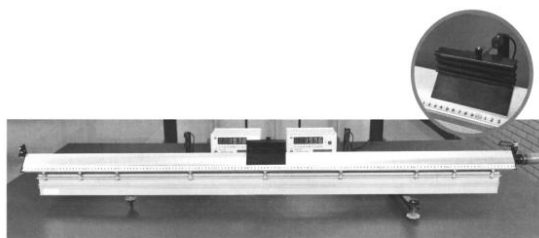
案例 2 研究沿斜面下滑物体的机械能

1. 实验器材

气垫导轨、数字计时器、带有遮光条的滑块。

2. 实验步骤

如图所示，把气垫导轨调成倾斜状态，滑块沿倾斜的气垫导轨下滑时，忽略空气阻力，重力势能减小，动能增大。



测量两光电门之间高度差 Δh 和滑块通过两个光电门时的速度 v_1 、 v_2 ，代入表达式验证。

3. 物理量的测量及数据处理

(1)测量两光电门之间的高度差 Δh ；

(2)根据滑块经过两光电门时遮光条的遮光时间 Δt_1 和 Δt_2 ，计算滑块经过两光电门时的瞬时速度。

若遮光条的宽度为 ΔL ，则滑块经过两光电门时的速度分别为 $v_1 = \frac{\Delta L}{\Delta t_1}$ ， $v_2 = \frac{\Delta L}{\Delta t_2}$ ；

(3)若在实验误差允许范围内满足 $mg\Delta h = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，则验证了机械能守恒定律。

4. 误差分析

两光电门之间的距离稍大一些，可以减小误差；遮光条的宽度越小，误差越小。

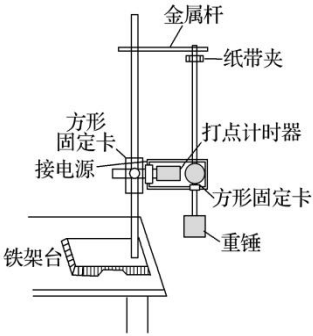
[课堂学习]

一、实验步骤和数据处理

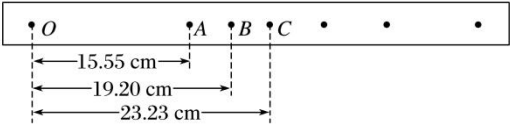
例 1：实验小组用“自由落体法”验证机械能守恒定律，实验装置如图.

(1)下列操作或分析中正确的有_____；

- A. 必须要称出重锤的质量
- B. 打点计时器两限位孔必须在同一竖直线上
- C. 实验时，应先打开电源，再释放重锤
- D. 可以用 $v=gt$ 或 $v=\sqrt{2gh}$ 计算某点的速度

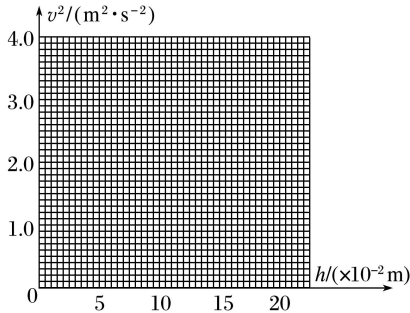


(2)小明同学选出一条清晰的纸带如图，其中 O 点为计时器打下的第一个点， A 、 B 、 C 为纸带上三个连续的打点，打点计时器所接交变电源的频率为 50 Hz，测得 OA 、 OB 、 OC 间的距离如图，重锤的质量为 1.00 kg， g 取 9.8 m/s^2 ，则打点计时器打下 B 点时重锤的重力势能比开始下落时减少了 $\Delta E_p =$ _____ J，重锤动能的增加量为 $\Delta E_k =$ _____ J(以上结果均保留三位有效数字)，在误差允许的范围内， $\Delta E_p \approx \Delta E_k$ ，则验证了机械能守恒定律；



(3)小华同学利用他自己实验时打出的纸带，测量出了各计数点到打点计时器打下的第一个点的距离 h ，算出了各计数点对应的速度 v 以及 v^2 ，请根据下表中数据在图中作出 v^2-h 图像；

$v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	0.98	1.17	1.37	1.56	1.82	1.95
$v^2/(\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2})$	0.96	1.37	1.88	2.43	3.31	3.80
$h/(\times 10^{-2} \text{ m})$	4.92	7.02	9.63	12.50	15.68	19.48

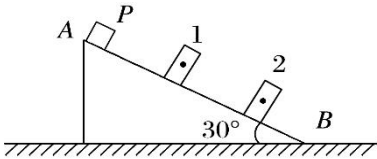


(4)小明、小华两同学验证的方法谁更合理？_____

请简要阐述小华同学根据 v^2-h 图像验证机械能守恒的依据_____。

例 2：现利用如图 7 所示装置“验证机械能守恒定律”。图中 AB 是固定的光滑斜面，斜面的倾角为 30° ，1 和 2 是固定在斜面上适当位置的两个光电门，与它们连接的数字计时器都没有画出。让滑块从斜面的顶端滑下，光电门 1、2 各自连接的数字计时器显示的挡光时间分别为

$5.00 \times 10^{-2} \text{ s}$ 、 $2.00 \times 10^{-2} \text{ s}$ 。已知滑块质量为 2.00 kg ，滑块沿斜面方向的长度为 5.00 cm ，光电门 1 和 2 之间的距离为 0.54 m ， g 取 9.80 m/s^2 ，取滑块经过光电门时的速度为其平均速度。(结果均保留三位有效数字)



(1)滑块通过光电门 1 时的速度 $v_1 =$ _____ m/s，通过光电门 2 时的速度 $v_2 =$ _____ m/s.

(2)滑块通过光电门 1、2 之间的动能增加量为 _____ J，重力势能的减少量为 _____ J.

(3)实验可以得出的结论：_____.

[课后作业] 完成课后作业

[课后感悟] _____

江苏省仪征中学 2021—2022 学年度第二学期高一物理学科作业

8.5 实验：验证机械能守恒定律

研制人：熊小燕

审核人：邱勇

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____ 时间：2022.05.11 作业时长：30 分钟

[基础练习]

1. 用自由落体法“验证机械能守恒定律”，就是看 $\frac{1}{2}mv_n^2$ 是否等于 mgh_n (n 为计数点的编号 0、1、2... n)。下列说法中正确的是()

列说法中正确的是()

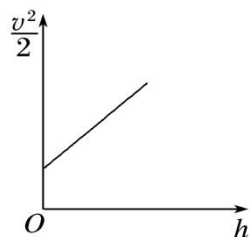
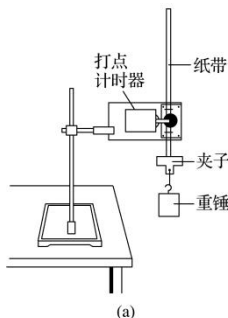
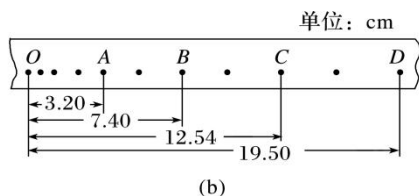
A. 打点计时器打第一个点 0 时，重物的速度为零

B. h_n 是计数点 n 到点 1 的距离

C. 必须测量重物的质量

D. 可以用 $v_n = gt_n$ 计算 v_n ，其中 $t_n = (n-1)T$ (T 为打点周期)

2. 某同学用图(a)所示的实验装置“验证机械能守恒定律”，图(b)是用“8 V, 50 Hz”的打点计时器打出的一条纸带， O 点为重锤下落的起点，选取的计数点 A 、 B 、 C 、 D 到 O 点的距离在图中已标出，重力加速度 g 取 9.8 m/s^2 ，重锤的质量为 1 kg 。(计算结果均保留两位有效数字)



(1)下列做法正确的有_____。

A. 必须称出重锤和夹子的质量

B. 图中两限位孔必须在同一竖直线上

C. 将连着重锤的纸带穿过限位孔，用手提住，且让手尽量靠近打点计时器

D. 实验时，先放开纸带，再接通打点计时器的电源

E. 处理数据时，应选择纸带上距离较近的两点作为初、末位置

(2)打点计时器打下 B 点时，重锤下落的速度 $v_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ，重锤的动能 $E_{kB} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ 。

(3)从起点 O 到打下 B 点过程中，重锤的重力势能的减少量为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ 。

(4)根据(1)、(2)计算，在误差允许范围内，从起点 O 到打下 B 点过程中，你得到的结论是_____。

(5)如图是根据某次实验数据绘出的 $\frac{v^2}{2} - h$ 图像，图线不过坐标原点的原因是_____。

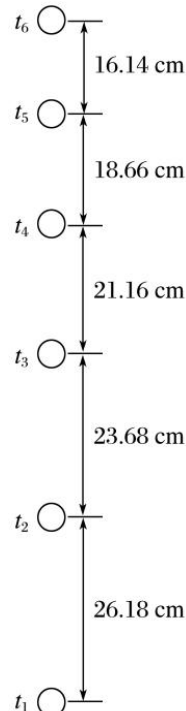
3. 某同学利用竖直上抛小球的频闪照片“验证机械能守恒定律”。频闪仪每隔 0.05 s 闪光一次，得到照片如图所示，图中所标数据为实际距离，该同学通过计算得到不同时刻的速度见下表(当地重力加速度取 9.8 m/s^2 ，小球质量 $m = 0.2 \text{ kg}$ ，结果保留 3 位有效数字)

时刻	t_2	t_3	t_4	t_5
速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	4.99	4.48	3.98	

(1)由频闪照片上的数据计算 t_5 时刻小球的速度 $v_5 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ；

(2) $t_2 \sim t_5$ 时间内，重力势能增加量 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ ，动能减少量 $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}} \text{ J}$ ；

(3)在误差允许的范围内，若 ΔE_p 与 ΔE_k 近似相等，即可验证机械能守恒定律。由上述



计算得 ΔE_p _____ ΔE_k (填 “>” “=” 或 “<”), 造成这种结果的主要原因是 _____.

[能力练习]

4. 验证机械能守恒定律的实验装置如图甲所示, 某小组完成了一系列实验操作后, 得到了一条纸带如图乙所示, 选取纸带上某个清晰的点标为 O , 然后每两个点取一个计数点, 分别标为 1、2、3、4、5、6, 用刻度尺量出计数点 1、2、3、4、5、6 与 O 点的距离分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 、 h_5 、 h_6 .

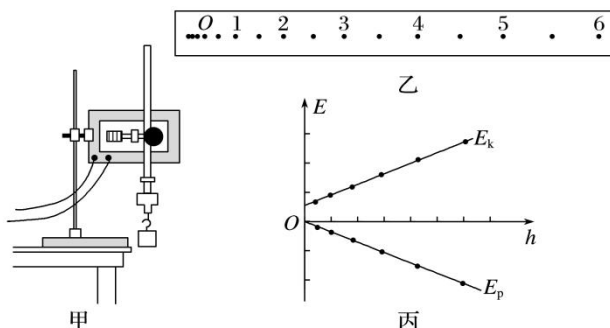
(1) 已知打点计时器的打点周期为 T , 可求出打各个计数点时对应的速度分别为 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 、 v_5 、 v_6 , 其中 v_5 的计算式为 $v_5 =$ _____;

(2) 若重锤的质量为 m , 当地的重力加速度为 g , 取打点 O 时重锤所在水平面为参考平面, 分别算出打各个计数点时对应重锤的重力势能 E_{pi} 和动能 E_{ki} , 则打计数点 3 时对应重锤的重力势能 E_{p3}

$=$ _____; 接着在 $E-h$ 坐标系中描点作出如图丙所示的 E_k-h 和 E_p-h 图线, 求得 E_p-h 图线斜率的绝对值为 k_1 , E_k-h 图线斜率为 k_2 , 则在误差允许的范围内, k_1 与 k_2 满足 _____ 关系时重锤机械能守恒. 若操作规范、计算无误, 由于阻力的影响, 实际情况 k_1 _____ k_2 (填 “>” “=” 或 “<”);

(3) 关于上述实验, 下列说法中正确的是 _____.

- A. 实验中可用于干电池作为电源
- B. 需用刻度尺测出重锤下落的高度 h , 并通过 $v = \sqrt{2gh}$ 计算出瞬时速度
- C. 实验时应先释放纸带后接通电源
- D. 图丙 E_k-h 图线纵轴上的截距表示重锤经过参考平面时的动能



[提升练习]

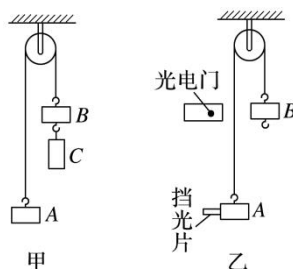
★5. 如图甲所示的装置叫作“阿特伍德机”, 它是早期英国数学家和物理学家阿特伍德制造的一种著名的力学实验装置, 用来研究匀变速直线运动的规律. 某同学对该装置加以改进后用来验证机械能守恒定律, 如图乙所示, 已知重力加速度为 g .

实验时, 该同学进行了如下操作:

- ① 将质量均为 M 的重物 A 、 B (A 含挡光片及挂钩、 B 含挂钩) 用绳连接后, 跨放在定滑轮上, 处于静止状态. 测量出挡光片中心到光电门中心的竖直距离 h ;
- ② 在 B 的下端挂上质量也为 M 的物块 C , 让系统(重物 A 、 B 以及物块 C) 由静止开始运动, 光电门记录挡光片挡光的时间为 Δt ;
- ③ 测出挡光片的宽度 d , 计算有关的物理量, 验证机械能守恒定律.

(1) 如果系统(重物 A 、 B 以及物块 C) 的机械能守恒, 应满足的关系式为 _____. (用重力加速度 g 、 h 、 d 和 Δt 表示)

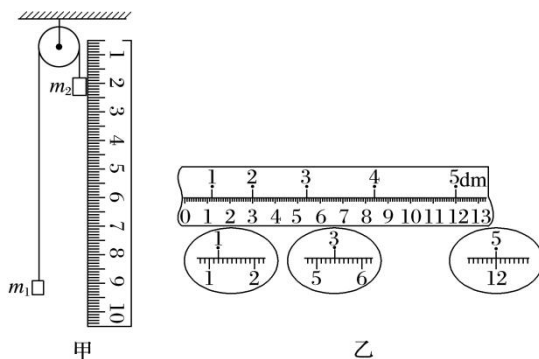
(2) 引起该实验系统误差的主要原因是 _____. (写一条即可)



《8.5 实验：验证机械能守恒定律》补充练习

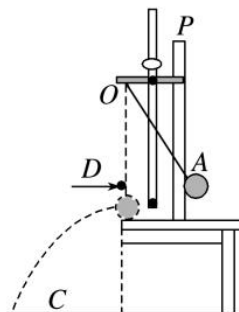
1. 如图所示装置可用来验证机械能守恒定律. 长度为 L 的轻绳一端固定在 O 点, 另一端系一摆锤 A , 在 A 上放一个小铁片. 现将摆锤拉起, 使轻绳偏离竖直方向 θ 角, 由静止开始释放摆锤, 当其到达最低位置时, 受到竖直挡板 P 阻挡而停止运动, 这时铁片将做平抛运动而飞离摆锤, 用刻度尺量出铁片的水平位移为 x , 下落高度为 H . (不计 A 与铁片间的摩擦)

- (1) 要验证摆锤在运动中机械能守恒, 必须求出摆锤初始位置离最低位置的高度, 其高度应为_____, 同时还应求出摆锤在最低位置时的速度, 其速度应为_____ (重力加速度为 g)
- (2) 用实验中测量的物理量写出验证摆锤在运动中机械能守恒的关系式为_____.



2. 某同学利用图所示装置“验证小球摆动过程中机械能守恒”, 实验中小球摆到最低点时恰好与桌面接触但没有弹力, D 处(箭头所指处)放一锋利的刀片, 细线到达竖直位置时能被割断, 小球做平抛运动落到地面, P 是一刻度尺. 该同学的方案优点是只需利用刻度尺测量 A 位置到桌面的高度 H 、桌面到地面的高度 h 及小球平抛运动的水平位移 x 即可.

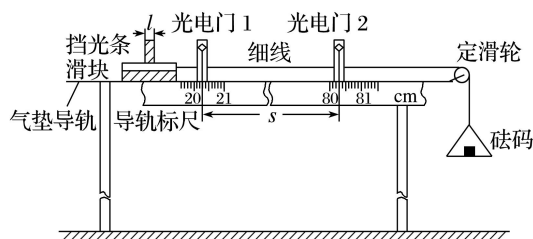
- (1) 测量 A 位置到桌面的高度 H 应从_____ (填“球的上边沿”“球心”或“球的下边沿”) 开始测.
- (2) 实验中多次改变 H 值并测量与之对应的 x 值, 利用作图像的方法去验证. 为了直观地表述 H 和 x 的关系(图线为直线), 若用横轴表示 H , 则纵轴应表示_____. (填“ x ”“ x^2 ”或“ $\sqrt{x}$ ”)
- (3) 若小球下摆过程中机械能守恒, 则 h 、 H 和 x 的关系为 $H = \underline{\hspace{2cm}}$.



3. 利用气垫导轨“验证机械能守恒定律”, 实验装置示意图如图所示.

(1) 实验步骤:

- ① 将气垫导轨放在水平桌面上, 桌面高度不低于 1 m , 将导轨调至水平.
- ② 用游标卡尺测出挡光条的宽度 $l = 9.30\text{ mm}$.
- ③ 由导轨标尺读出两光电门中心间的距离 $s = \underline{\hspace{2cm}}\text{ cm}$.
- ④ 将滑块移至光电门 1 左侧某处, 待砝码静止时, 释放滑块, 要求砝码落地前挡光条已通过光电门.



- ⑤ 从数字计时器(图中未画出)上分别读出挡光条通过光电门 1 和光电门 2 所用的时间 Δt_1 和 Δt_2 .
- ⑥ 用天平称出滑块和挡光条的总质量 M , 再称出托盘和砝码的总质量 m .

(2) 用表示直接测量量的字母写出下列物理量的表达式.

- ① 滑块通过光电门 1 和光电门 2 时, 瞬时速度分别为 $v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $v_2 = \underline{\hspace{2cm}}$.
- ② 当滑块通过光电门 1 和光电门 2 时, 系统(包括滑块、挡光条、托盘和砝码)的总动能分别为 $E_{k1} = \underline{\hspace{2cm}}$ 和 $E_{k2} = \underline{\hspace{2cm}}$.
- ③ 在滑块从光电门 1 运动到光电门 2 的过程中, 系统重力势能的减少量 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ (重力加速度为 g).
- (3) 如果 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$, 则可认为验证了机械能守恒定律.