

## 第 5.6 节 实验：验证机械能守恒定律

{INCLUDEPICTURE"15WL5-101.TIF"}

### 一、实验目的

验证机械能守恒定律。

### 二、实验器材

铁架台(含铁夹)，打点计时器，学生电源，纸带，复写纸，导线，毫米刻度尺，重物(带纸带夹)。

### 考点一 实验原理与操作

[典例 1] 在利用自由落体运动验证机械能守恒定律的实验中，电源的频率为 50 Hz，依次打出的点为 0,1,2,3,4... $n$ 。则：

{INCLUDEPICTURE"15WL5-102.TIF"}

图实-6-1

(1)如用第 2 点到第 6 点之间的纸带来验证，必须直接测量的物理量为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，必须计算出的物理量为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，验证的表达式为\_\_\_\_\_。

(2)下列实验步骤操作合理的排列顺序是\_\_\_\_\_ (填写步骤前面的字母)。

- A. 将打点计时器竖直安装在铁架台上
- B. 接通电源，再松开纸带，让重物自由下落
- C. 取下纸带，更换新纸带(或将纸带翻个面)重新做实验
- D. 将重物固定在纸带的一端，让纸带穿过打点计时器，用手提着纸带
- E. 选择一条纸带，用刻度尺测出物体下落的高度  $h_1$ ， $h_2$ ， $h_3$ ... $h_n$ ，计算出对应的瞬时速度  $v_1$ ， $v_2$ ， $v_3$ ... $v_n$

F. 分别算出  $\frac{1}{2}mv_n^2$  和  $mgh_n$ ，在实验误差范围内看是否相等

### [题组突破]

1. 用如图实-6-2 所示的实验装置验证机械能守恒定律，实验所用的电源为学生电源，输出电压为 6 V 的交流电和直流电两种。重物从高处由静止开始下落，重物上拖着纸带通过打点计时器打出一系列的点，对纸带上的点的痕迹进行测量，即能验证机械能守恒定律。下面列举了该实验的几个操作步骤：

{INCLUDEPICTURE"15WL5-103.TIF"}

图实-6-2

- A. 按照图示的装置安装器材；
- B. 将打点计时器接到电源的直流输出端上；
- C. 用天平测量出重物的质量；
- D. 释放悬挂纸带的夹子，同时接通电源开关打出一条纸带；

E. 测量打出的纸带上某些点之间的距离；

F. 根据测量的结果计算重物下落过程中减少的重力势能是否等于增加的动能。

指出其中没有必要进行的或者操作不恰当的步骤，将其选项对应的字母填在下面的横线上，并说明其原因：\_\_\_\_\_。

2. 用如图实-6-3 甲所示的装置“验证机械能守恒定律”。

{INCLUDEPICTURE"15WL5-104.TIF"}

图实-6-3

(1)下列物理量需要测量的是\_\_\_\_\_，通过计算得到的是\_\_\_\_\_ (填写代号)。

A. 重锤质量

B. 重力加速度

C. 重锤下落的高度

D. 与下落高度对应的重锤的瞬时速度

(2)设重锤质量为  $m$ 、打点计时器的打点周期为  $T$ 、重力加速度为  $g$ 。图乙是实验得到的一条纸带， $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  为相邻的连续点。根据测得的  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$  写出重锤由  $B$  点到  $D$  点势能减少量的表达式\_\_\_\_\_，动能增加量的表达式\_\_\_\_\_。

#### 考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] “验证机械能守恒定律”的实验装置如图实-6-4 所示采用重物自由下落的方法：

{INCLUDEPICTURE"15WL5-105.TIF"}

图实-6-4

(1)已知打点计时器所用电源的频率为 50 Hz，当地的重力加速度  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ ，所用重物的质量为 200 g。实验中选择一条符合实验要求的纸带如图实-6-5 所示， $O$  为纸带下落的起始点， $A$ 、 $B$ 、 $C$  为纸带上选取的三个连续点。

计算  $B$  点瞬时速度时，甲同学用  $v_B^2=2gx_{OB}$ ，乙同学用  $v_B=\sqrt{\frac{x_{AC}}{2T}}$ ，其中所选方法正确的是\_\_\_\_\_ (选填“甲”或“乙”)同学；根据以上数据，可知重物由  $O$  运动到  $B$  点时动能的增加量等于\_\_\_\_\_ J，重力势能减少量等于\_\_\_\_\_ J (计算结果均保留 3 位有效数字)。

{INCLUDEPICTURE"15WL5-106.TIF"}

图实-6-5

(2)实验中，发现重物减少的势能总是大于重物增加的动能，造成这种现象的主要原因是\_\_\_\_\_。

[题组突破]

3. 某同学用图实-6-6 甲所示的实验装置验证机械能守恒定律。已知打点计时器所用电源的频率为 50 Hz, 当地重力加速度大小为  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ 。实验中该同学得到的一条点迹清晰的完整纸带如图乙所示。纸带上的第一个点记为  $O$ , 另选连续的三个点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  进行测量, 图中给出了这三个点到  $O$  点的距离  $h_A$ 、 $h_B$  和  $h_C$  的值。回答下列问题(计算结果保留 3 位有效数字):

{INCLUDEPICTURE"15wl5-107.TIF"}

甲

乙

图实-6-6

(1)打点计时器打  $B$  点时, 重物速度的大小  $v_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$ ;

(2)通过分析该同学测量的实验数据, 他的实验结果是否验证了机械能守恒定律? 简要说明分析的依据。

4. 在验证机械能守恒的实验中, 某同学利用图实-6-7 甲中器材进行实验, 正确地完成实验操作后, 得到一条点迹清晰的纸带, 如图乙所示。在实验数据处理中, 某同学取  $A$ 、 $B$  两点来验证实验。已知打点计时器每隔 0.02 s 打一个点,  $g$  取  $9.8 \text{ m/s}^2$ , 图中测量结果记录在下面的表格中。

{INCLUDEPICTURE"15wl5-108+.TIF"}

{INCLUDEPICTURE"15wl5-108.TIF"}

图实-6-7

项目	$x_1/\text{cm}$	$A$ 点瞬时速度/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$x_2/\text{cm}$	$B$ 点瞬时速度/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$AB$ 两点间距离/ $\text{cm}$
数据	3.92	0.98	12.80		50.00

(1)观察纸带, 可知连接重物的夹子应夹在纸带的\_\_\_\_\_端; (选填“左”或“右”)

(2)将表格中未填项目填写完整;

(3)若重物和夹子的总质量为  $0.6 \text{ kg}$ , 那么在  $A$  到  $B$  运动过程中, 动能的增加量为\_\_\_\_\_ J, 重力势能的减少量为\_\_\_\_\_ J。

### 考点三 实验的改进与创新

[典例 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实-6-8 所示:

{INCLUDEPICTURE"15WL5-109.TIF"}

图实-6-8

(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, 将导轨调到水平;

②用游标卡尺测量挡光条的宽度  $l=9.30 \text{ mm}$ ;

③由导轨标尺读出两光电门中心之间的距离  $s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}$ ;



{INCLUDEPICTURE"15WL5-111.TIF"}

图实-6-10

- (1)用游标卡尺测量遮光条的宽度  $b$ ，结果如图乙所示，由此读出  $b = \underline{\hspace{2cm}}$  mm；
- (2)滑块通过  $B$  点的瞬时速度可表示为  $\underline{\hspace{2cm}}$ ；
- (3)某次实验测得倾角  $\theta = 30^\circ$ ，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  $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ ，系统的重力势能减少量可表示为  $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ ，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；
- (4)在上次实验中，某同学改变  $A$ 、 $B$  间的距离，作出的  $v^2-d$  图像如图丙所示，并测得  $M = m$ ，则重力加速度  $g = \underline{\hspace{2cm}}$  m/s<sup>2</sup>。

7. 图实-6-11 甲是验证机械能守恒定律的实验。小圆柱由一根不可伸长的轻绳拴住，轻绳另一端固定，将轻绳拉至水平后由静止释放。在最低点附近放置一组光电门，测出小圆柱运动到最低点的挡光时间  $\Delta t$ ，再用游标卡尺测出小圆柱的直径  $d$ ，如图乙所示，重力加速度为  $g$ 。则

{INCLUDEPICTURE"15WL5-112.TIF"}

图实-6-11

- (1)小圆柱的直径  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  cm。
- (2)测出悬点到圆柱重心的距离  $l$ ，若等式  $gl = \underline{\hspace{2cm}}$  成立，说明小圆柱下摆过程中机械能守恒。
- (3)若在悬点  $O$  安装一个拉力传感器，测出绳子上的拉力  $F$ ，则要验证小圆柱在最低点的向心力公式还需要测量的物理量是

(用文字和字母表示)。

若等式  $F = \underline{\hspace{2cm}}$  成立，则可验证小圆柱在最低点的向心力公式。