

编号 134570-CN	主题 机械能		
版本 2017-08-28 / YH	类型 学生练习实验	建议用于: 10-12 年级	页码 1/4



## 实验目的

测量检验机械能守恒。

## 实验原理

一个砝码（摆锤）作为单摆摆锤以连接固定的线为半径来回摆动。

当摆锤处于摆动的极限位置时，我们可以确定摆锤的垂直位置，从而确定其对应的势能。

在摆锤处于最低（中心）位置，摆锤通过光电门。因此，我们可以确定摆锤的速度并计算出其动能。

## 实验仪器

(具体详见尾页实验仪器列表。)

2 个铁架台

用于单摆的摆锤和线 (见下页)

用于测量摆锤通过时间所要用的光电门和计时器

卷尺或刻度尺

## 实验步骤

计时器 200280 上的按钮“Reset, On/Off”用来打开计时器和置零。此外，长按按钮将可关闭计时器。

当谈到摆锤的位置时，我们通常指的是重心的位置。用摆锤圆筒最厚部分的中心作为重心测量足够准确。

然后将摆锤的中心用黑线标注出来。

摆锤 (砝码) 通过一根线被悬挂起来。使用的线长约 110cm，并将其打结固定在每一端。在线上打的结很简单，且砝码中间的孔可以通过。

将一根长 25cm 的铁杆通过转接头垂直固定在铁架台铁杆上，并提供装上一个额外的方形多向转接头 (002310)。与桌面平行的铁杆固定时，铁杆两端必须有凸出约 1cm，这样悬挂摆锤砝码的线可以在这根铁杆两端打结固定，具体见右图。这样安排可以确保，当摆锤砝码摆动时，线在铁杆上的上下移动微乎其微。这种情况下，几乎无摩擦。

当单摆垂直悬挂时，光电门射出的光线应该射到摆锤的中心。将光电门连接到计时器标有“Start”的开始计时输入端，将计时器上两个红色插口用一个短的实验室连接线相连接(如右图所示)。

摆锤被拉至一边并释放。用另一个铁架台，来标记这个位置。

将摆锤拉至标记杆，该标记杆的轴线平行于悬挂摆锤的线。测量从桌面到砝码质心的高度  $h_2$ 。这必须在不动杆的情况下进行。

重置计时器并释放摆锤，使摆锤在摆动时通过光电门。

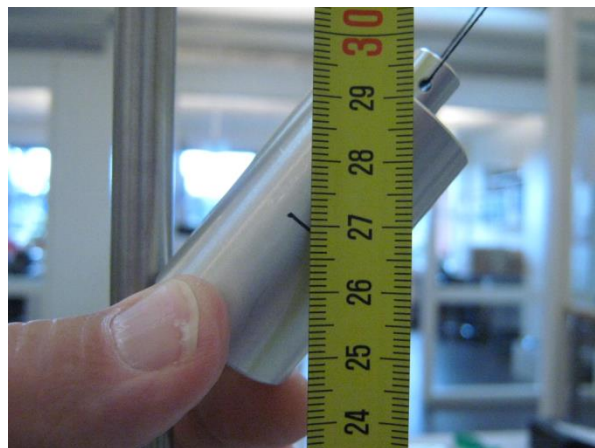
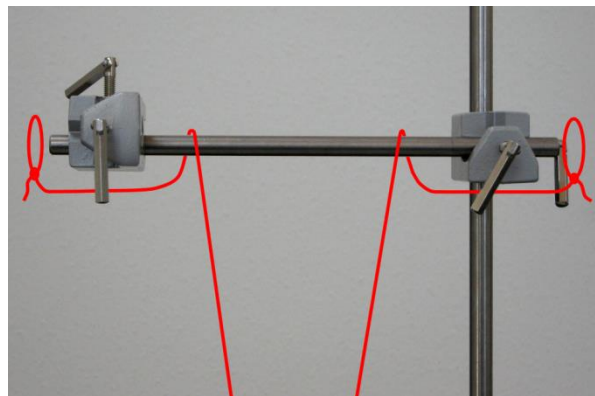
记下通过时间。

当摆锤处于最低位置时，测量从桌面到摆锤中心的位置，测得高度  $h_1$ 。

之后用于计算的高度  $h$  便是这两个高度的差值：

$$h = h_2 - h_1.$$

多次重复测量时间和高度。如果是小组测量，每个人可以轮流测量高度。接下来移动标记位置的铁架台，并多次重复测量一个新的初始高度。在不同高度下多次重复实验。



## 理论

摆锤(砝码)通过光电门时的速度由下面的公式给出:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

这里  $\Delta s$  是摆锤在通过光电门时移动的距离, 如它的直径,  $\Delta t$  指在计时器上所测得的时间。

摆锤的动能公式表示如下:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

这里  $m$  值摆锤砝码的质量。

同样的, 摆锤的势能可由下面给出的公式计算得出:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

这里  $g$  是重力加速度,  $h$  是摆锤砝码相对于之前设定好的零点所处的高度。

当摆锤砝码位于最低点(参考平面)时, 我们选择将其势能设置成零。

根据定义,机械能是动能和势能之和, 具体如公式所示:

$$E_{\text{mech}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$$

由于任何时刻的速度方向都垂直于线的方向, 线所受的张力都不做功。唯一一个作用在摆锤砝码上的作用力是重力(我们将忽略空气阻力)。

在该实验中, 根据重力是一个守恒力, 我们想要演示证明机械能是守恒的。

## 计算

将测量结果呈现在一张表上, 强烈推荐使用电子表格程序。

对于标记的铁架台的每一个固定位置, 计算出的平均高度  $h_1$  和  $h_2$  以及平均通过时间  $\Delta t$ 。

计算摆锤砝码在初始位置的势能和通过光电门时的动能。

计算这两个数字间的百分比差异, 例如, 当摆锤向下摆动时, 机械能的变化情况。

## 讨论与评估

根据理论知识, 我们可以推测出怎样的实验结果?

实际所得的实验结果和理论推断出来的一样吗?

可以试着感觉找出可以进行准确测量的方法。

在你对每个标记位置重复测量后, 可以从平均值中试着找出一个“典型”的百分比偏差。这可用作实验不确定性的尺寸。

如果测量结果只受随机不确定性的影响, 机械能的变化也应是随机分布, 特别是, 你应观察负偏差和正偏差。

你的实验结果是这样一个情况吗?

## 教师札记

### 应用到的概念

速度  
势能  
动能  
作用力  
做功

### 数学技能

在公式中插入数字  
百分比

### 关于仪器

计时器对正向移动和逆向移动都会做出反应。当“Start”(开始)和“Stop”(停止)输入端被连接时,计时器开始计时和停止计时都受光电门状态的任何变化而改变。

当显示屏显示“low bat.”字样时,表示电池不足。为了准确测量,请立即更换电池。

该实验的更高级变体的设置是可以实现的。

为了替代仅仅测试机械能是否大约守恒,你可以更进一步查看有没有因为摩擦力而致使能量损耗。几个想法:

通过让摆锤砝码多次通过光电门摆动(在极限位置读取和重置计时器),你会发现每次摆动的时间会略有增加。

你可以让学生尝试建立一个研究能量损耗的数学模型。

通过使用较长的线(悬挂砝码用)可以改变摆锤运动路径的长度。如果你注意让摆锤在与原始测量时的同一高度开始运动,摆锤通过光门时的速度在理论上应该与之前的相同。以数学方式描述结果,可再次作为学生的一个开放练习。

## 具体实验器材列表

### 特定用于该实验的仪器

200280 学生用计时器  
197550 光电门  
272502 铝制砝码 100 g

### 标准的实验室器材

140500 刻度尺,木质,50 cm  
105711 实验室导线 25cm,红色  
000850 铁架台铁杆 25 cm  
000830 铁架台铁杆 50 cm  
000800 铁架台铁杆 150 cm  
002310 方形多向转接头 (3 个)  
000100 A 字形铁架台底座 2.0 kg (2 个)

### 备件与耗材

116500 超牢固的线  
351005 电池 LR6 1,5V [AA] (200280 运作需用 6 节这样的电池-包括在产品内)