

# DIS 实验验证机械能守恒定律

——采用通用软件进行创新与改进

陈蕾卉 刘爱云 涂泓

(上海师范大学数理学院 上海 200234)

(收稿日期:2021-04-22)

**摘要:**传统 DIS 验证机械能守恒定律的实验,往往采用专用软件给定初速度及表格,此种实验方式容易造成实验过于简单,且误差较大.对实验各步骤进行创新与改进,改用通用软件自行设计实验表格,改进实验步骤,并对两种实验方式的结果进行对比,具体阐述改进的原因及优势.

**关键词:**DIS 实验 机械能守恒定律 通用软件

## 1 引言

机械能守恒定律是运动学中的基本定律,同时也是中学物理课程学习的重点内容.它反映了在只有重力或弹力做功的物体系统内,物体系统的动能和势能之间可以发生相互转化,但机械能的总能量保持不变这一理论.在传统的验证机械能守恒定律的 DIS 实验中,通常采用专用软件进行测量,初速度为零是给定的默认实验条件,并不是实际测量出来的.在实际实验中,有可能由于初始释放的位置、人手释放的不确定性等因素,导致其实验结果与初速度为零的实验计算结果相差较大.并且,这种初速度及实验表格都提前为学生预备好的做法,并不能锻炼学生的物理科学思维、创造力及思辨能力.本文采用通用软件的测量方式来进行实验,让学生自行设计实验表格,并改进了关于初速度的测量方式.因此,本文中的以通用软件来进行实验相较于传统的使用专用软件来说,更加准确和全面<sup>[1,2]</sup>.

## 2 实验装置简介

**实验器材:**朗威 DISLab 数据采集器、计算机、朗威光电门传感器、摆锤、细线、铁架台、带刻度的高度板.

实验装置如图 1 所示.其中光电门传感器固定在带刻度的高度板上,接入数据采集器中,当摆锤经过光电门传感器时,光电门传感器会实时记录摆锤

经过光电门传感器的时间,计算出此时摆锤的速度<sup>[3]</sup>.



图 1 实验装置

## 3 实验原理

把一个摆锤由细线悬挂起来,并拉到一定高度.当摆锤由静止开始释放时,如果忽略空气阻力,此时摆锤只受到绳子给的拉力和本身所受的重力.根据摆锤的运动状态及受力分析,绳子给摆锤的拉力不做功,此时系统中只有重力做功,动能和势能之间可以相互转化,符合机械能守恒定律的条件<sup>[4]</sup>.

根据机械能的定义可知,无论势能和动能如何变化,两者之和都等于机械能.则将摆锤经过 A, B, C, D 4 点的动能值和势能值分别对应相加,如果得到的 4 个机械能值,在误差允许的范围以内基本一致,则可以证明机械能守恒定律成立.

## 4 实验过程及实验结果

(1) 进入朗威通用软件,设计表格如表 1 所示.

表1 验证机械能守恒定律设计表格

摆锤位置	$t_1$	$s$	$v = \frac{s}{t_1}$	$m$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$h$	$E_p = 9.8mh$	$E = E_k + E_p$	误差 / %
A									
B									
C									
D									

(2) 测量摆锤直径  $s$  及其质量  $m$ , 以及高度板上  $P, Q, R$  点的高度 (假定  $D$  点高度为零,  $D$  点所在水平面为零势能面), 填写到表格中。

(3) 利用测平器精准完成实验装置定位, 将摆锤释放装置固定到实验器上的  $P$  点, 光电门的挡光孔固定在实验器的  $A$  点上。

(4) 点击“开始”, 在  $P$  点释放摆锤, 摆锤通过光电门传感器的时间将被记录在表格中, 通过公式计

算出摆锤通过  $A$  点的速度。

(5) 调整光电门位置分别到  $B, C, D$  3 点, 重复上述实验步骤, 测得摆锤在 3 点通过光电门传感器的时间, 通过公式计算出摆锤通过  $B, C, D$  3 点的速度。

(6) 根据公式计算出  $A, B, C, D$  4 点上的动能和重力势能, 进而求出  $A, B, C, D$  这 4 点上各自的机械能值, 得到结果如表 2 所示。

表2 以  $P$  点为初始释放点, 验证机械能守恒定律的测量数据

摆锤位置	$t_1/s$	$s/m$	$v = \frac{s}{t_1}/(m \cdot s^{-1})$	$m/kg$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2/J$	$h/m$	$E_p = 9.8mh/J$	$E = (E_k + E_p)/J$	误差 / %
A	0.004 7	0.008 0	1.709 4	0.008 0	0.011 7	0.150 0	0.011 8	0.023 5	3.524 2
B	0.004 0	0.008 0	1.981 2	0.008 0	0.015 7	0.100 0	0.007 8	0.023 5	3.524 2
C	0.003 6	0.008 0	2.196 6	0.008 0	0.019 3	0.050 0	0.003 9	0.023 2	2.202 6
D	0.003 3	0.008 0	2.416 9	0.008 0	0.023 4	0.000 0	0.000 0	0.023 4	3.083 7

(7) 再利用测平器, 将摆锤释放装置分别固定在  $Q$  和  $R$  点, 重复上述实验, 得到结果如表 3、4 所示。

表3 以  $Q$  点为初始释放点, 验证机械能守恒定律的测量数据

摆锤位置	$t_1/s$	$s/m$	$v = \frac{s}{t_1}/(m \cdot s^{-1})$	$m/kg$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2/J$	$h/m$	$E_p = 9.8mh/J$	$E = (E_k + E_p)/J$	误差 / %
A	0.005 474	0.008 0	1.461 5	0.008 0	0.008 5	0.150 0	0.011 8	0.020 3	3.571 4
B	0.004 576	0.008 0	1.748 3	0.008 0	0.012 2	0.100 0	0.007 8	0.020 0	2.040 8
C	0.003 950	0.008 0	2.025 3	0.008 0	0.016 4	0.050 0	0.003 9	0.020 3	3.571 4
D	0.003 566	0.008 0	2.243 4	0.008 0	0.020 1	0.000 0	0.000 0	0.020 1	2.551 0

表4 以  $R$  点为初始释放点, 验证机械能守恒定律的测量数据

摆锤位置	$t_1/s$	$s/m$	$v = \frac{s}{t_1}/(m \cdot s^{-1})$	$m/kg$	$E_k = \frac{1}{2}mv^2/J$	$h/m$	$E_p = 9.8mh/J$	$E = (E_k + E_p)/J$	误差 / %
A	0.007 092	0.008 0	1.128 0	0.008 0	0.005 1	0.150 0	0.011 8	0.016 9	3.048 8
B	0.005 394	0.008 0	1.483 1	0.008 0	0.008 8	0.100 0	0.007 8	0.016 6	1.219 5
C	0.004 458	0.008 0	1.794 5	0.008 0	0.012 9	0.050 0	0.003 9	0.016 8	2.439 0
D	0.003 920	0.008 0	2.040 8	0.008 0	0.016 7	0.000 0	0.000 0	0.016 7	1.829 3

(8) 将3组数据汇总,绘制成表格如表5所示.

表5 汇总 P,Q,R 3 点的测量数据

初始释放点 摆锤高度 $h/m$	P			Q			R		
	势能 $E_p/J$	动能 $E_k/J$	机械能 $E/J$	势能 $E_p/J$	动能 $E_k/J$	机械能 $E/J$	势能 $E_p/J$	动能 $E_k/J$	机械能 $E/J$
0.000 0	0.000 0	0.023 4	0.023 4	0.000 0	0.020 1	0.020 1	0.000 0	0.016 7	0.016 7
0.050 0	0.003 9	0.019 3	0.023 2	0.003 9	0.016 4	0.020 3	0.003 9	0.012 9	0.016 8
0.100 0	0.007 8	0.015 7	0.023 5	0.007 8	0.012 2	0.020 0	0.007 8	0.008 8	0.016 6
0.150 0	0.011 8	0.011 7	0.023 5	0.011 8	0.008 5	0.020 3	0.011 8	0.005 1	0.016 9

(9) 将表5的数据进行对比,绘制成折线统计图,如图2所示.

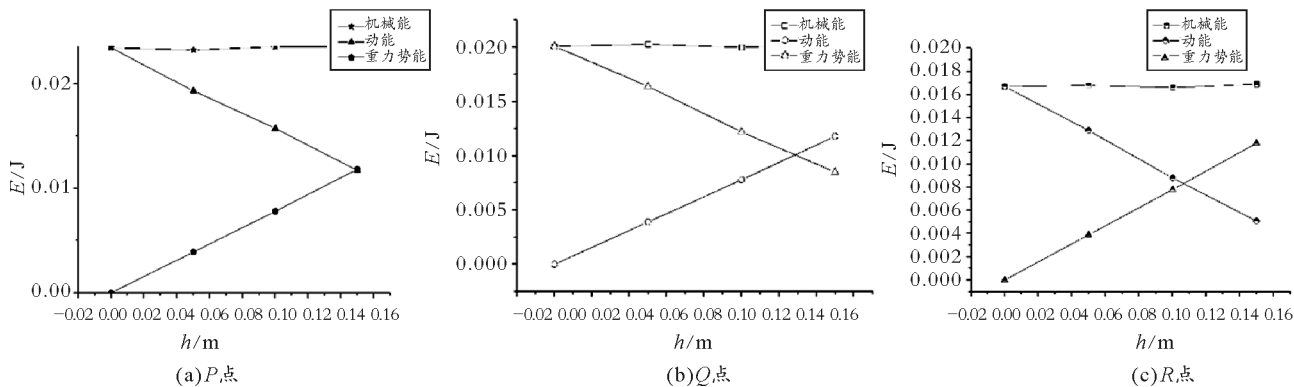


图2 P,Q,R 3 点的能值变化

### 5 专用软件的实验步骤

(1) 测量实验摆锤的直径  $s$  及其质量  $m$ , 记录数据.

(2) 利用摆锤释放装置在 A 点静止释放摆锤, 分别将光电门传感器固定在测量点 D,C,B, 测量 D,B,C 3 点上摆锤通过光电门传感器的速度.

(3) 通过“数据计算”功能, 得到摆锤在 A,B,C, D 点的动能、势能和机械能值, 如图3所示.

用DIS研究机械能守恒定律

次数	D	C	B	A
高度 $h/m$	0	0.050	0.100	0.150
速度 $v/m/s$	1.748	1.450	1.057	0
势能 $E_p/J$	0	0.0039	0.0078	0.0118
动能 $E_k/J$	0.0122	0.0084	0.0045	0
机械能 $E/J$	0.0122	0.0123	0.0123	0.0118

挡光片宽度  $d = 0.0000$  m 物体质量  $m = 0.0000$  kg

开始记录 停止记录 清除本次数据 数据计算

图3 专用软件验证机械能守恒定律的测量数据

### 6 专用软件与通用软件的对比 改进原因及优势

#### 6.1 两种实验结果分析

由上述实验表格可知, 利用通用软件进行实验测量, 其实验数据汇总图像较为平稳, 各实验数据结果均在朗威实验仪器的误差允许范围以内, 结果较为准确.

从数据可以看出, 利用专用软件进行测量, 采用初速度为零的实验条件, 则其他实验结果很容易与给定初速度的实验计算结果出现偏差, 造成误差过大的情况.

#### 6.2 专用软件与通用软件的实验步骤对比

专用软件采用的实验方式是将 A 点作为起始点, 并将 A 点速度为零作为默认的已知条件, 直接填写在表格中. 之后分别将光电门传感器放在 B,C,D 3 点, 测量出摆锤在 B,C,D 3 点的瞬时速度, 以此计算出摆锤在 A,B,C,D 4 点的动能、势能、机械能之间的关系, 从而验证机械能守恒定律.

本文中所采用的使用通用软件设计实验表格的测量方法,与原始实验方式的不同点在于:将初始点分别改变为垂直高度高于A点的 $P, Q, R$ 3点,且分别在此3点处释放,使得摆锤在A点的瞬时速度是可被测量的.之后,再分别测量出摆锤在 $A, B, C, D$ 4点的速度,以此计算4点动能、势能、机械能之间的关系.

### 6.3 改进原因及优势

综上所述,两种实验方式主要的不同点在于:测量软件的选择、初始位置点的选择以及实验表格的使用上.

在通用软件中,如果仍然照搬专用软件的实验步骤,将光电门传感器固定在A点,将摆锤由A点静止释放,则需要光电门传感器测量出摆锤在A点速度为零的实验结果,此点的数据才有意义.但是由于光电门传感器的工作原理,速度为零的物体实际上并不能引起光电门传感器进行工作.如果想引起光电门传感器工作,则必须存在摆锤经过光电门的时间,通过计算摆锤的宽度与摆锤经过光电门的时间,得出摆锤经过此点的速度值,而此速度值并不符合实验假定的初速度为零这一条件,也同样不能作为A点速度的计算用值.所以,摆锤在A点速度为零这一数值是不能被测量出来的.

根据通用软件的工作原理,使得测量时并不能直接设定初始速度值为零.而舍弃测量摆锤在A点的瞬时速度会使得实验数据较少,并不符合物理实验的严谨性.因此,在选择通用软件进行试验时,我们要进行实验改进,重新选择实验初始点的位置,挑选高于A点的位置作为释放点,并且挑选 $P, Q, R$ 3点进行多次实验,保证了实验的准确性和严谨性.

同时,指导学生采用通用软件进行测量,并要求学生自行设计实验表格的做法,符合物理的学科特点.标准的实验过程应该是:在实验前,指导学生选择合适的实验器材,设计实验方案;在实验过程中,学生对实验现象进行观察和记录,对数据进行测量和读数;实验结束后,学生自主对数据进行处理和分析,并进行反思与评估.

实验过程是一种培养学生综合能力的过程,是对学生进行创新意识和能力培养的有效途径.实验并不是一帆风顺,有可能出现各种问题和情况,它要求教师不仅要讲授学科基础知识,还要培养学生严谨的科学态度和完备的科学思维.因此,单纯采用实验过程简单,实验操作单一,实验表格直接给定的专用软件来进行物理教学,并不能达到物理实验的学科要求.

本文采用的实验方式可以省略需测量A点速度为零的实验步骤,使得在实验中每一个观察点的测量值都是可以被真实地测量到的,保证了实验结果的严谨性和准确性<sup>[5]</sup>.

## 7 结束语

通过以上实验结果可知,运用的通用软件实验方法可以成功验证机械能守恒定律,其实验过程力求减少实验误差,实验结果真实可靠,均在物理实验所要求的实验误差范围以内.将传统的专用软件实验方法和通用软件实验方法进行比较分析,可以说明本文运用实验方法的严谨性和全面性,使实验结果更具有说服力<sup>[6]</sup>.对于相同的实验目的,实验方法往往有几种,而从中选出最优实验方法,是实验教学的重要内容.

## 参考文献

- 1 陈鹏.对验证机械能守恒定律实验的思考[J].教师通讯,2018(14):164
- 2 马丽娜,倪敏,韩唯伟,等.DIS验证恒力做功的动能定理及其改进[J].中学物理教学参考,2015(10):95~96
- 3 徐小林,倪敏,韩唯伟,等.浅谈运用DIS结合针筒法验证阿基米德原理的优点[J].中学物理教学参考,2016(8):90~91
- 4 郑康,陆建隆.验证机械能守恒定律的实验改进[J].物理通报,2016,35(6):68~69
- 5 冯杰.中学物理课程与教学论[M].北京:北京大学出版社,2011.99~119
- 6 倪敏,陈舟.重力加速度3种DIS实验设计方法比较研究[J].物理教师,2019(3):60~63,66