

经许可复制

著作权人姓名：王纪华

## 测定并验证单摆周期和摆长的关系

指导老师：王纪华

### 一、选题背景

在我们的高一物理书中也详细介绍了单摆的原理与实验。说到单摆，你一定会联想到铁架台上挂摆球，外加秒表刻度尺，这几乎成了所有学校与学生心中单摆装置的统一模式。但由于这套装置本身的不完善性，在实验过程中往往会造成较大的误差，并不令人信服。为了更好地完善单摆实验，我们选择了这个实验作为研究课题。

### 二、选题目的

通过自己搭建实验平台，利用三套不同的 TI 设备进行实验，更精确的进行数据采样，拟合摆长与周期关系的图样。同时我们还就以上三套 TI 设备做单摆实验的优缺点进行综合评价，为 TI 设备在不久的将来将走进物理实验课做好铺垫。

### 三、选用仪器

TI-83Plus、CBL-2、光电门、自制平台

由于一般的铁架台过于笨重，且不可收缩，为实验带来了很大的不便，于是我们有必要自己设计制作一个便携式实验平台。

### 四、试验程序

TI-83 PHYSICS

## 五、实验方案

我们的整个实验主要分为搭建平台与测量数据和汇总两大部分。其中搭建平台是基础，而伸缩轻杆则是本次搭建平台的关键。在我们的初步方案中，本来是用抽屉滑槽作为伸缩杆的材料，但是买不到。我们甚至还考虑了悬挂式平台，但此计划最终还是难产。为了解决这一难题，我们用了整整两个星期展开全面搜索，最终理想的材料找到了。我们一共设计并制作了两套实验平台。其中一个是由铝制拉伸式衣架改装而成，在上面安装滑轮，可以方便地调节摆线长。另一套是我们为本次试验度身订制的。在杆上刻有刻度，通过可移动的横杆构成 X, Y 轴，可以方便地读出摆长，同时通过横杆上的刻度，我们可以很方便地选择相应的摆角。

## 六、实验过程

在整个实验中，我们运用了 TI-83Plus、CBL2、光电门。

1. 按下 APPS 键选择 PHYSICS，在菜单中找到 PHOTOGATE，进入，其中第三项便是有关单摆试验的程序，在进入之前，可以用 CHECK GATE 来检验光电门是否接触良好，按下第三项，进入试验。

2. 控制好摆长，摆角，无外力释放摆球，使球心刚好从光电门的圆孔连线处穿过，待摆动稳定后，按下 ENTER 键，测得周期有关数据。以下便是我们在摆角小于 5 度的情况下，通过摆长的变化，而测得的相应周期数。

在试验过程中，并不是一切都尽如人意的，确实也出现了不少问题，我们将他们一一罗列出来，作为试验要点，今后加以注意。

### TI-83 为何总是出现 Busy 而死机？

在我们的实验中，好几次都是由于这一原因而减缓了实验进度，最后我们发现，原来问题出在操作上。摆球的中心应每次都通过光电门上两小孔的连线，如果摆球摆到最低的位置偏高或偏低，都会使机器不断处于待测状态。

### 光电门上下晃动也会造成误差：

在实验中，有几次测得的数据，与其它数据相比，明显不符合规律，究其原因，原来是光电门随着我们的手上下晃动，造成误差，为此，建议由铁夹将光电门固定。

**单摆产生圆锥摆现象：**

随着能量的消耗，单摆最终会产生圆锥摆现象，这样就使实验的精确度大打折扣。有两个方法可以解决这一问题。一是使用气垫导轨和电磁铁，使摆球无初速度下落并沿导轨摆动。二是可以在设置栏中相应减少测量次数，在形成圆锥摆前测出较精确的读数。

**七、公式推导与验证**

L1	L2	L3	1
1.00	.20	.88	
2.00	.22	.94	
3.00	.24	.98	
4.00	.26	1.02	
5.00	.28	1.06	
6.00	.30	1.09	
7.00	.32	1.12	

L1(13) = 1.00, 2.00, 3...

L1	L2	L3	3
7.00	.32	1.12	
8.00	.34	1.17	
9.00	.36	1.17	
10.00	.38	1.26	
11.00	.40	1.27	
12.00	.42	1.29	
13.00	.44	1.32	

L3(13) = 1.32

L1	L2	L3	1
13.00	.44	1.32	
14.00	.46	1.36	
15.00	.48	1.38	
16.00	.50	1.40	
17.00	.52	1.43	
18.00	.54	1.47	
19.00	.56	1.50	

L1(13) = 13

L1	L2	L3	1
19.00	.56	1.50	
20.00	.58	1.51	
21.00	.60	1.55	
22.00	.62	1.57	
23.00	.64	1.61	
24.00	.66	1.62	
25.00	.68	1.65	

L1(25) = 25

L1	L2	L3	1
26.00	.70	1.68	
27.00	.72	1.71	
28.00	.74	1.73	
29.00	.76	1.74	
30.00	.78	1.76	
31.00	.80	1.79	
32.00	.82	1.81	

L1(30) = 30

L1	L2	L3	1
33.00	.84	1.83	
34.00	.86	1.87	
35.00	.88	1.89	
36.00	.90	1.91	
37.00	.92	1.92	
38.00	.94	1.94	
39.00	.96	1.97	

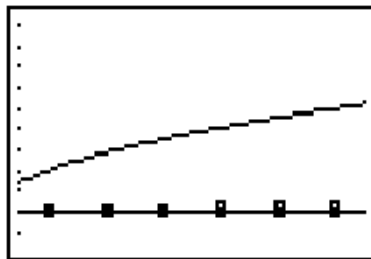
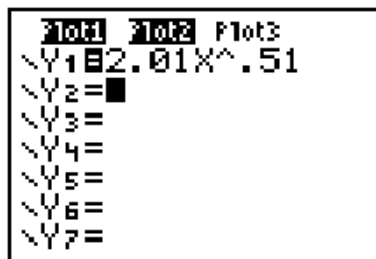
L1(39) = 39

L1	L2	L3	1
36.00	.90	1.91	
37.00	.92	1.92	
38.00	.94	1.94	
39.00	.96	1.97	
40.00	.98	1.99	
41.00	1.00	2.01	

L1(42) =

```

PwrReg
y=a*x^b
a=2.01
b=.51
r^2=1.00
r=1.00
    
```



根据  $T=2\pi(g/L)^{1/2}$  通过变形得  $T^2=(4\pi^2/g)L$  其中将  $(4\pi^2/g)$  看作常数,  $L$  为自变量,  $T$  为应变量, 发现  $T$  与  $L$  的图像是抛物线形。于是我们想, 只要拟合的图象呈抛物线形, 就可以验证我们的实验数据的正确性。于是我们用 TI-83 进行数据拟合, 首先按下 STAT 键, 选择其中的 edit, 将各列中的符号 L1 作为序号, L2 作为摆长, L3 作为周期。输入有关数据, 再按下 STAT 键, 选择其中的 CALC 键, 下拉菜单, 选择 PWREG 拟合方式, 回车, 同时再次明确 L2 为摆长, L3 为周期, 计算器便会自动得出  $y=ax^b$ 。其中  $a=2.01$ ,  $b=0.51$ , 所以我们得到的函数为  $y=2x^{1/2}$  通过变形得  $y^2=4x$ 。由于  $(4\pi^2/g)$  十分接近 4, 于是我们就得到了摆长同周期的函数关系。

### 点评:

这个实验对学生来说有一定的难度, 如果仅仅是测量周期就没有了价值, 因为最简单的停表也可以完成这个实验。而这个实验的价值在于它的大数据量, 由 TI 设备的特性学生可以在短时期内将摆长改变了 40 次, 当然实际的实验中改变了有上百次, 然后看单摆的摆动周期有怎样的改变。这个实验中的数据仍然是用最简单的笔录的方法记录的, 然后运用了图形计算器中强大的统计功能将所有的数据进行函数拟合, 最后带着一些试探性的心理将拟合的结果和现有的公式进行对比, 结果发现竟然没有丝毫的差错。这样就将原先简单的测量变成了验证实验, 对公式的理解也大大加深了。