

使用 Phyphox 测量重力加速度

杨远帆 物理学系

摘要 本文中，作者使用手机 Phyphox 软件，分别运用单摆、自由落体的方法得到重力加速度。

一、 引言

Phyphox 是一款可以手机软件，可以利用手机的传感器采集数据，并将原始数据与结果导出进行分析。在本次实验中，作者使用 Phyphox 调用手机的光传感器测量单摆的周期，并调用麦克风测量重物自由落体的时间，用以上两种方法计算得到了重力加速度。

二、 实验器材

软件 Phyphox、重物、棉线。

三、 实验原理

1、 使用单摆测量重力加速度

设摆长为 l ，重物质量为 m ，单摆偏离平衡位置 θ 角。

单摆运动方程：

$$mg \sin \theta = -ml \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

当 θ 较小时，有近似 $\sin \theta = \theta$ ，得到方程：

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0$$

解为：

$$\theta = Ae^{\pm i \sqrt{\frac{g}{l}} t}$$

得单摆周期：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

重力加速度可表示为：

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

2、使用自由落体测量重力加速度

设重物下落距离为 x ，下落时间为 t ，有方程：

$$x = \frac{1}{2}gt^2$$

重力加速度可表示为：

$$g = \frac{2x}{t^2}$$

四、 实验过程

1、使用单摆测量重力加速度

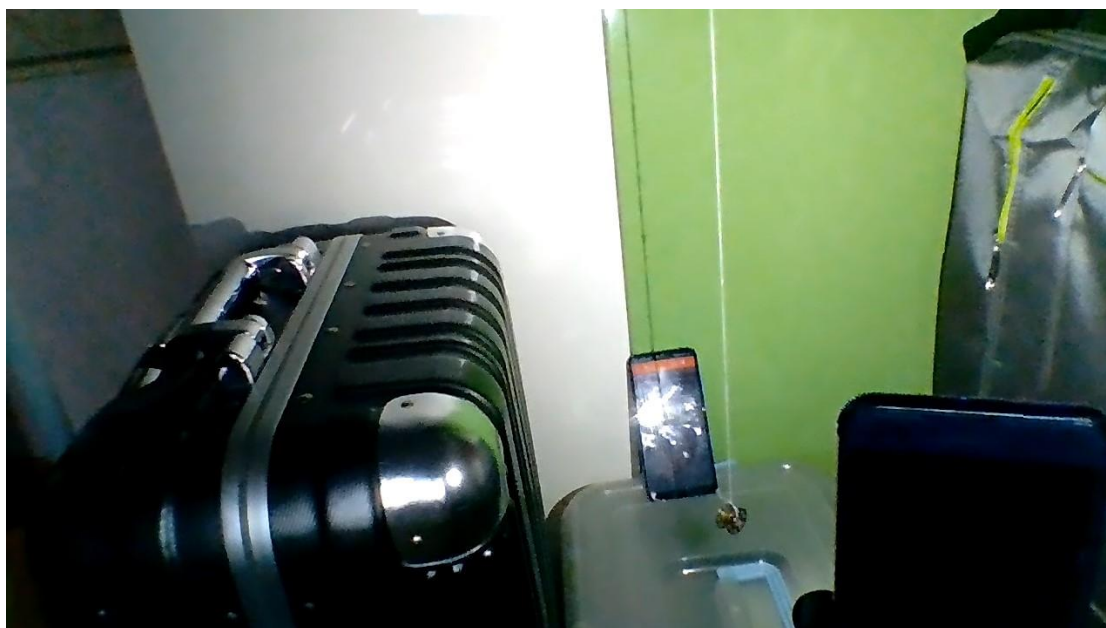


图 1 使用单摆测量重力加速度

如图 1 所示。在重物摆动时使用 Phyphox 记录照度随时间的变化，每当重物经过平衡位置时摆线遮挡光传感器，照度减小出现极小值。记录多个周期所经历的时间，取平均得单摆周期。对于五种摆长分别测量周期。

2、使用自由落体测量重力加速度



图二 使用自由落体测量重力加速度

如图二所示。使用 Phyphox 的声学秒表功能，记录剪短棉线的声音和重物撞击的声音之间的时间间隔，测量重物下落的距离，由二者计算重力加速度。

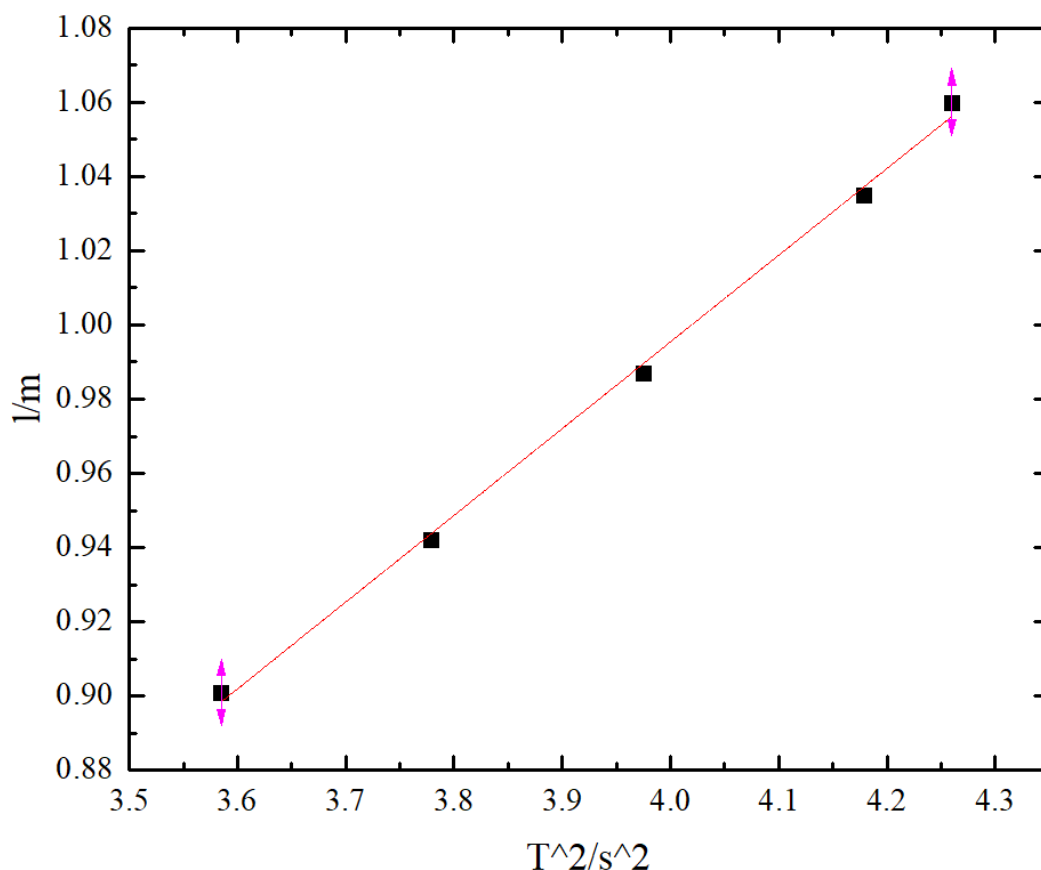
五、 数据处理

1、使用单摆测量重力加速度

处理数据得到五种摆长及相应周期的平方：

周期的平方 T^2/s^2	摆长 l/m
4.260	1.060
4.18	1.035
3.98	0.987
3.78	0.942
3.59	0.901

作图得：



图三 单摆 $l-T^2$ 图

得直线方程:

$$l = (0.235 \pm 0.006)T^2 + (0.06 \pm 0.03)$$

得重力加速度:

$$g = 9.3 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$$

若取 g 的真实值为 9.8 m/s^2 , 则相对误差为 5.12%。

测得 g 偏小的原因:

(1) 棉线具有一定的弹性, 而测量时将其水平放置, 导致测得 l 减小且减小的值与 l 的真实值成正比。经测量, 棉线在张力下约可伸长 1%。

(2) 单摆的摆动与支架的振动耦合, 表现出的周期变大。

2、使用自由落体测量重力加速度

测得下降高度:

x/m	1.165	1.168	1.166	1.167	1.165
-------	-------	-------	-------	-------	-------

测得下降时间:

t/s	0.514	0.516	0.512	0.515	0.510
-----	-------	-------	-------	-------	-------

平均下降高度:

$$\langle x \rangle = 1.1662 \pm 0.0013 \text{ m}$$

平均下降时间:

$$\langle t \rangle = 0.5134 \pm 0.002 \text{ s}$$

得重力加速度:

$$g = 8.85 \pm 0.08 \text{ m/s}^2$$

若取 g 的真实值为 9.8 m/s^2 , 则相对误差为 9.69%。

测得 g 偏小的原因: 棉线与支架之间存在摩擦, 重物下落时间变长。

六、 实验结论

- 1、使用单摆测得重力加速度 $g = 9.3 \pm 0.2 \text{ m/s}^2$, 测得 g 偏小的原因为棉线的弹性与可能存在的单摆与支架的耦合。
- 2、使用自由落体测得重力加速度 $g = 8.85 \pm 0.04 \text{ m/s}^2$, 测得 g 偏小的原因为棉线之间之间的摩擦。
- 3、由测量所得原始数据, 在手机上使用 Phyphox 测量的精度较低, 适合对精度要求不高的实验。