

单摆测重力加速度实验报告

学号：2113662 姓名：张丛 专业：工科试验班

一、实验目的：

1. 掌握停表的使用。
2. 学习用单摆测定重力加速度的方法。
3. 根据给定仪器确定周期的测量方案，使测定重力加速度的相对标准不确定度小于 0.20%：

二、实验原理：

一根细线上端固定，下端系一金属小球，当细线的质量与小球的质量 m 相比可以忽略，球的直径又比细线的长度小得多，即可与质点近似时，这种装置就构成单摆一种数学摆的近似装置。

设摆长 l ，重力加速度 g ，则其运动方程由转动定理可知：

$$ml^2\ddot{\theta} + mgl\sin\theta = 0$$

当摆角很小时（例如 $0 < 5^\circ$ ），有：

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \alpha)$$

上式中， θ 及 α 取决于初始条件。且单摆周期 T 为

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

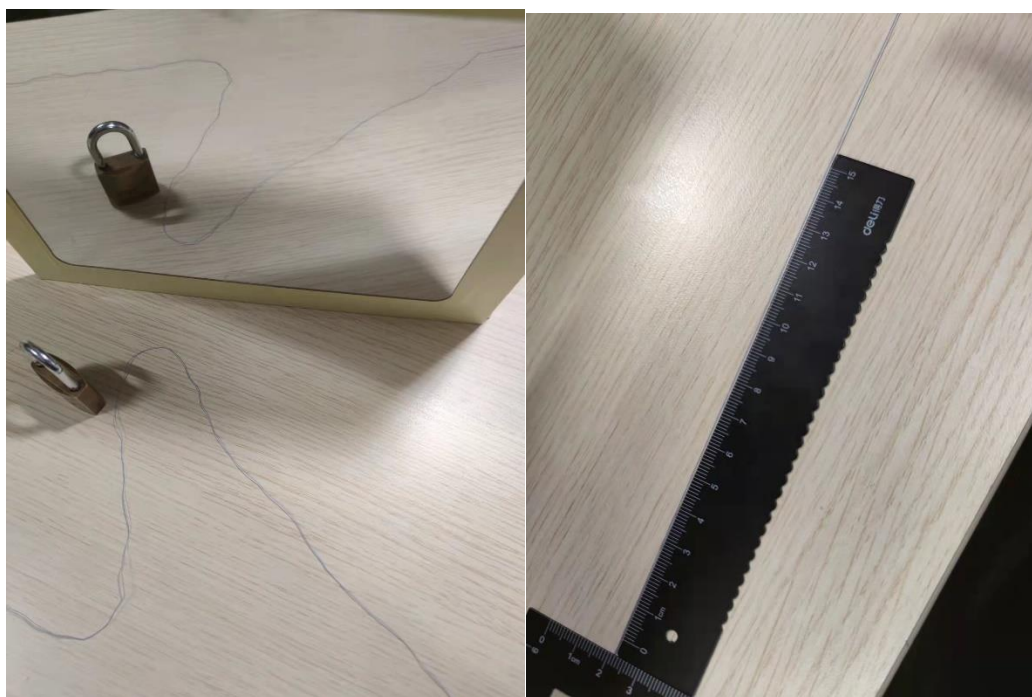
可见，单摆周期 T 只与摆长和重力加速度有关。若测得摆长和周期，即可求出当地的重力加速度：

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

若改变摆长测出相应的周期，即可用作图法或最小二乘原理验证上式并可求出当地的重力加速度 g 。

三、仪器用品：

平面镜，直尺，细线，重物，手机计时器



四、实验步骤及数据：

(1) 常规单摆实验：

1、利用重物和细线自制单摆；

2、利用平面镜判断单摆开始计时的位置，使用累加的方法测量单个周期 T ，即一次测量 30 个周期的总时间 t ，然后得到单个周期 T 的时间。实验中应使摆角小于 5° ，保证实验过程中单摆系在同一铅垂面内摆动，且待其摆稳后再予记录。测量单摆周期时应从平衡位置开始和停止。

3、多次测量，以悬点到重物中心的距离作为摆长，通过改变摆线的长度，测量多组和对应的周期 T ，然后画出 $l-T^2$ 图线，然后在图线上选取 A、B 两个点，然后利用公式计算重力加速度。

摆长测量：

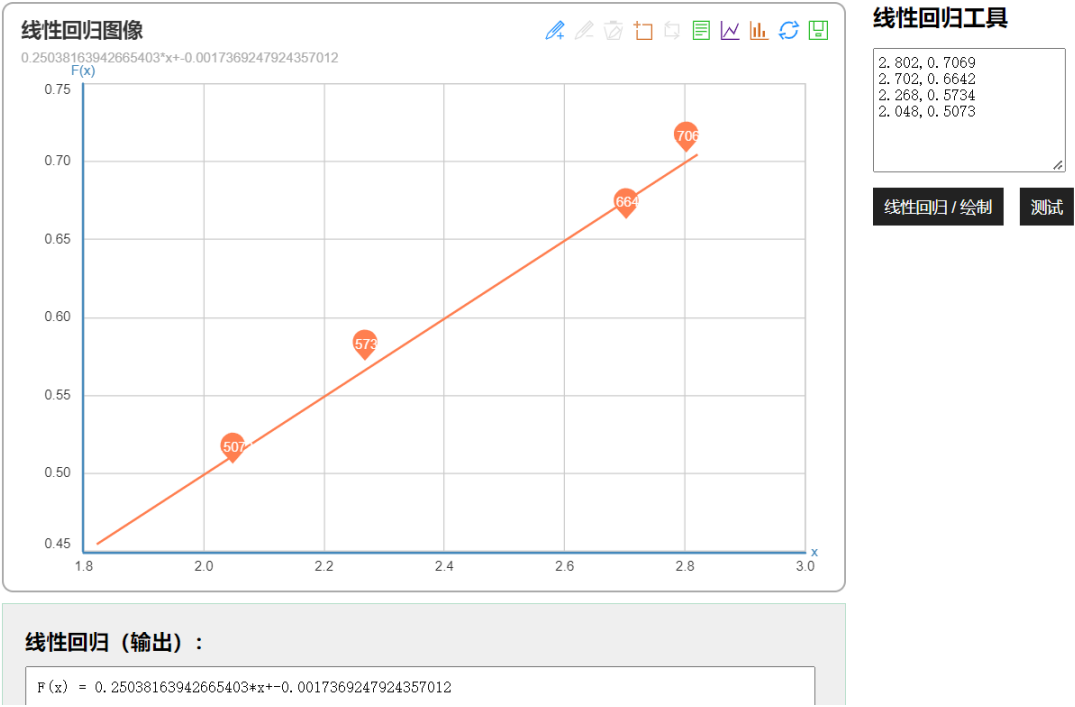
	摆长/cm				不确定度	平均值 /cm
1	70.71	70.68	70.72	70.65	0.02	70.69
2	66.35	66.30	66.44	66.57	0.10	66.42
3	57.67	57.28	56.86	57.55	0.31	57.34
4	50.60	50.33	50.96	51.04	0.29	50.73

周期测量：

	30 次周期/s				不确定度	平均值	周期 T/s
1	50.10	50.13	50.53	50.12	0.18	50.22	1.674
2	49.06	50.21	48.36	49.66	0.68	49.32	1.644
3	45.68	44.36	44.28	46.47	0.92	45.19	1.506
4	42.87	43.36	42.51	42.96	0.30	42.92	1.431

最小二乘法数据汇总：

l/m	0.7069	0.6642	0.5734	0.5073
T^2/s^2	2.802	2.702	2.268	2.048



斜率 $a_1=0.2503$
截距 $a_0=-0.0017$

则：

$$g = 4\pi^2 a_1 = 9.88 \text{ m/s}^2$$

计算斜率和重力加速度不确定度如下：

$x_1 = 2.802$	$y_1 = 0.7069$
$x_2 = 2.702$	$y_2 = 0.6642$
$x_3 = 2.268$	$y_3 = 0.5734$
$x_4 = 2.048$	$y_4 = 0.5073$

测	$\bar{x} = 2.2845$	$\bar{y} = 0.61295$
---	--------------------	---------------------

i	1	2	3	4
$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	0.0488	0.0214	0.0007	0.0250
$(x_i - \bar{x})^2$	0.2678	0.1747	0.0003	0.0560
$(y_i - \bar{y})^2$	0.0089	0.0026	0.0016	0.0116

$$\therefore S_{xy} = 0.0959 \quad \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right)$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 0.4988$$

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 0.0243$$

$$\therefore r_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} = 0.87$$

$$a_1 = 0.2503, \quad r_{xy} = 0.87$$

$$a_0 = -0.0017$$

$$\therefore u_{a1} = a_1 \sqrt{\frac{\frac{1}{r_{xy}^2} - 1}{n - 2}} = 0.01$$

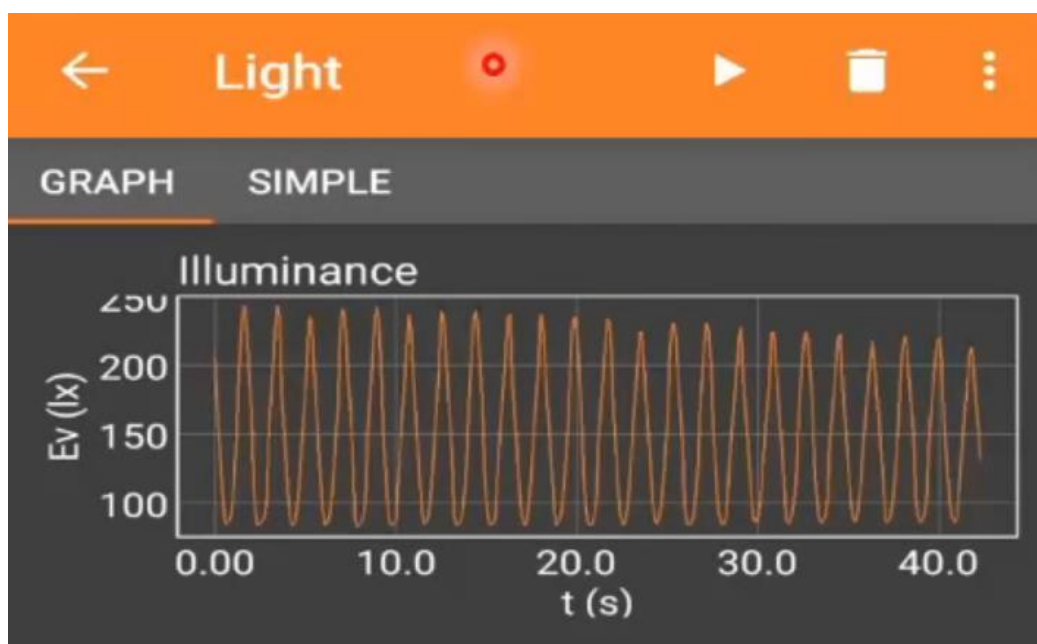
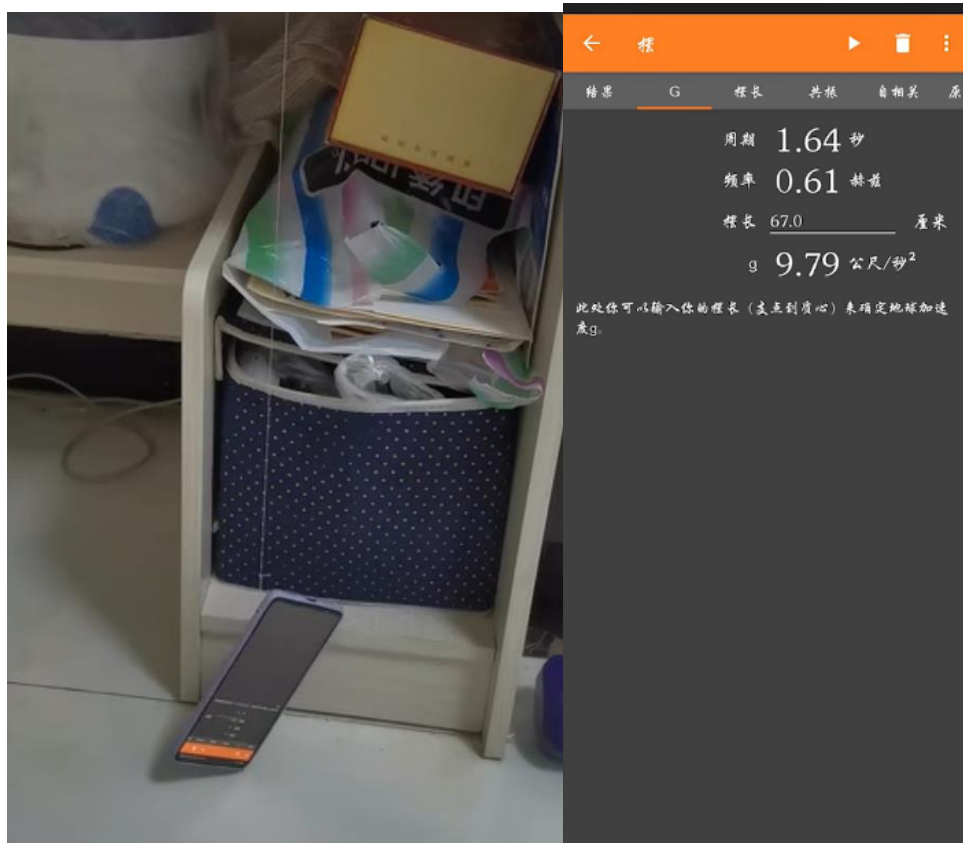
$$u_g = 4\pi^2 u_{a1} = 0.39$$

最终结果:

$$g = 9.88 \pm 0.39 \quad \text{m/s}^2$$

(2) Phyphox 软件测重力加速度:

软件截图如下:



五、思考题：

1. 摆幅不得大于多少？摆角为什么不能太大？

答：不得大于 5° ，摆角太大不满足 $\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \alpha)$ ，继而不满足重力加速度 g 与斜率 k 的关系。

2. 测量周期时，有人说，单摆通过平衡位置时走得太快，计时不准，而达到最大摆幅位置时走得慢，容易计准。这种看法正确吗？从理论和实际测量中加以说明。

答：不正确。单摆通过平衡位置时测量数据更接近真实值。

采取累加的方法测量周期 T ，即一次测量 30 个周期的总时间 t ，然后得到单个周期 T 的时间，这种方法减小了速度快慢带来的误差。且从单摆经过平衡位置时开始和结束计数。

3. 为什么测量时应保证单摆在同一铅垂面内摆动？

答：不在同一平面内摆动的话，就式在做圆锥摆运动，而圆锥摆运动的周期和单摆的周期是不相同的，因此测量结果会出现系统误差。

且不在同一铅垂面内不满足

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