



单摆法测量重力加速度

姓名：刘元彻 学号：PB21020505 班级：21 级物理学院 1 班 日期：2022 年 3 月 14 日

1 实验目的

利用单摆的周期公式

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

测定当地的重力加速度 g 。其中 T 是单摆的周期， l 是单摆的摆长。

2 实验原理

一般情况下，摆球几何形状、摆球的质量、空气阻力与浮力、摆角（当摆角 $\theta < 5^\circ$ ），对摆动周期 T 的修正都小于 0.1%。本实验对精度的要求是 $\Delta g/g < 1\%$ ，所以这些修正项可以忽略不计。

采用一级近似的周期测量公式为：

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

变形，得：

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

因此可以通过测量 l 与 T 的值来求出重力加速度 g

3 实验设计

3.1 实验设计：利用不确定度均分原理

对上面的等式两边同时取对数，然后取微分得：

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{2\Delta T}{T}$$

本实验对精度的要求是 $\Delta g/g < 1\%$ ，根据不确定度均分原理，有

$$\frac{2\Delta T}{T} < 0.5\%, \frac{\Delta l}{l} < 0.5\%$$

3.2 对摆长参数 l 的讨论：

根据 $\Delta l/l < 0.5\%$ ，代入不确定度 $\Delta l = 0.2\text{cm}$ ，得到 l 至少应该为 40cm

根据摆长的周期公式，可以得到： $T \propto \sqrt{l}$ ，实验中为了测量周期 T ，应该保证摆长 l 不可过小，否则容易因为摆速过快增加实验失败的可能性。

当摆角较小（符合摆角小于 5° 时），增加摆长有利于减小小球半径的影响，从而将小球设为质点对精度的影响减小，同时便于观察。但是为了不让摆的周期过长，也不应让摆长过长。

根据以上讨论，可以取摆长 $l = 75\text{cm}$

3.3 对测量周期个数的探讨：

在本实验中， ΔT 是使用秒表进行单次测量带来的不确定度，自然地，可以通过延长单次测量的时间 $T_{\text{总}}$ 来减小相对误差。

由于 $\Delta T/T_{\text{总}} < 0.25\%$ ，代入 $\Delta T = \Delta_{\text{人}} + \Delta_{\text{秒表}} = 0.2\text{s} + 0.01\text{s} = 0.21\text{s}$

得 $T_{\text{总}} > 84\text{s}$ ，而一个周期大约是 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \approx 1.74\text{s}$

得到 $n \approx 48$ 次，所以取 $n = 50$ 次来进行观察。

3.4 对摆球半径测量的精度控制：

根据 $\Delta l/l < 0.5\%$ ，代入 $l = l_{\text{绳}} + \frac{d_{\text{摆球}}}{2} = 75\text{cm}$ ，并根据小球的直径 $d \approx 2\text{cm}$ ，得到绳长 $l_{\text{绳}} = 73\text{cm}$

根据 $\Delta l/l < 0.5\%$ ，得 $\Delta l < 0.365\text{cm}$ 。钢卷尺的测量误差 $\Delta = 0.2\text{cm}$ 。在允差范围内，可以用钢卷尺测量摆绳长度。

根据 $\Delta d/d < 0.5\%$ ，得 $\Delta d < 0.01\text{cm}$ 。所以需要使用游标卡尺来测量小球直径。

4 实验步骤

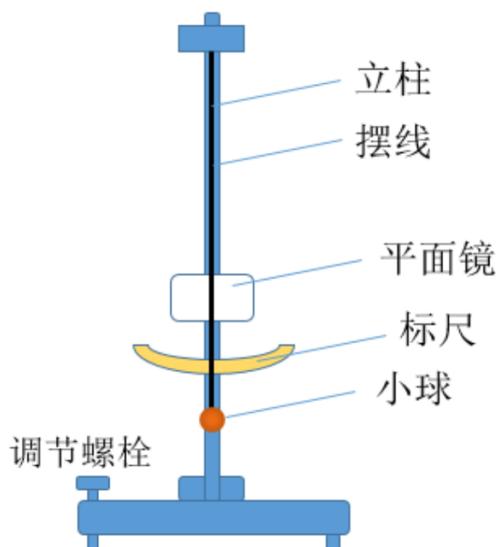


图 2.4-5 单摆测重力加速度实验装置

1. 按照实验要求组装实验仪器，调整水平。将电子秒表示数归零。
2. 测量摆球的直径 d ，摆线的长度 $l_{\text{绳}}$ ，并计算摆长 l 。
3. 将摆球拉离平衡位置，无初速度地释放，使其在小角度（小于 5° ）平面内摆动。
4. 用电子秒表测量单摆 50 次全振动所需要的时间。



5. 重复上述实验操作 3 到 5 次，记录有关数据。
6. 整理仪器，结束实验。
7. 数据处理和误差分析。

5 测量记录

表 1: 测量摆球的直径 d

| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均 |
|---------------|---|---|---|---|----|
| d/cm | | | | | |

表 2: 测量摆线的长度 $l_{\text{绳}}$ ，并计算摆长 l

| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均 |
|--------------------------|---|---|---|---|----|
| $l_{\text{绳}}/\text{cm}$ | | | | | |
| l/cm | | | | | |

表 3: 测量 50 个周期所用时间 T

| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均 |
|--------------|---|---|---|---|----|
| T/s | | | | | |

6 分析与讨论

6.1 数据处理

6.2 误差分析

6.3 实验讨论

7 思考题