



自由落体法测量重力加速度

姓名：刘元彻 学号：PB21020505 班级：21 级物理学院 1 班 日期：2022 年 3 月 17 日

1 实验目的

利用自由落体方法，测量当地的重力加速度 g

2 实验仪器

电磁铁，小球，光电门，底座，纸杯（用以盛接下落的小球），立柱，数字毫秒计（与两个光电门连接，可以读数），卷尺，铅锤（用以调整立柱的铅锤）

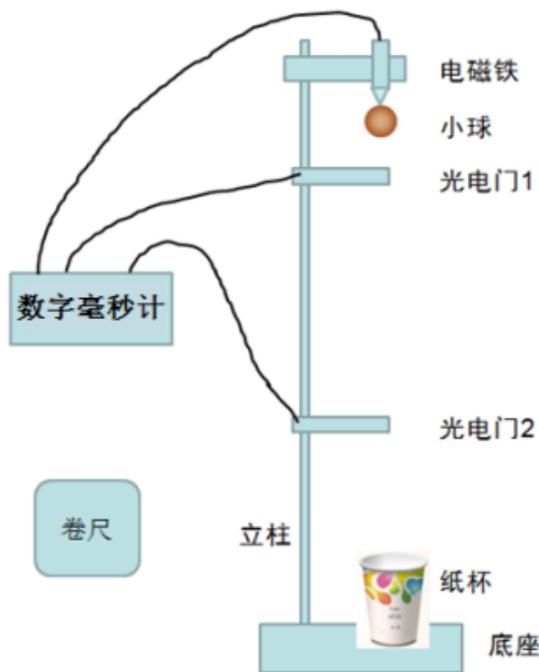


图 2.4-1 自由落体法测重力加速度

3 实验原理

根据自由落体运动，从 0 时刻开始计时，则下落高度 h 与初始速度 v_0 ，重力加速度 g ，和下落时间 t 的关系满足：

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

由此，可得从 0 时刻到任意 t 时刻的平均速度满足：

$$\bar{v} = \frac{h}{t} = v_0 + \frac{1}{2}gt$$

即与 t 呈线性关系。利用线性拟合的方法可以求出 g 的取值。

4 实验步骤

1. 组装装置，调节两光电门位置，使其相距 30 – 60cm。借助铅锤调节装置竖直，使铅锤与立柱平行且同时过两光电门中心。移去铅锤，释放小球，若同时获得两组度数，则平衡调节完毕。
2. 测量两光电门距离 h ，释放小球，通过数字毫秒计读出小球通过两光电门之间所用时间 t ，记录数据。
3. 重置数字毫秒计，改变两光电门距离，重复步骤二 6-8 次（本实验中进行 6 次）
4. 换用不同大小的小球，按照上述过程进行实验（本实验中共使用两个小球）
5. 整理仪器，结束实验。
6. 数据处理和误差分析。

5 测量记录（原始数据）

本实验中，所有数据组中均保证第一个光电门的位置是 20.0cm 刻度处。实验中记录了数字毫秒计对小球分别通过两光电门时记录的时间，附于原始数据中。表格中为数据处理直观，略去。

表 1: 利用**大球**进行实验时测量的 h, t

测量次数	1	2	3	4	5	6
h/cm	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0
t/ms	111.8	127.1	141.6	155.1	168.6	181.4

表 2: 利用**小球**进行实验时测量的 h, t

测量次数	1	2	3	4	5	6
h/cm	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0
t/ms	110.8	126.0	140.5	154.3	167.8	180.8



6 数据处理与误差分析

6.1 数据处理

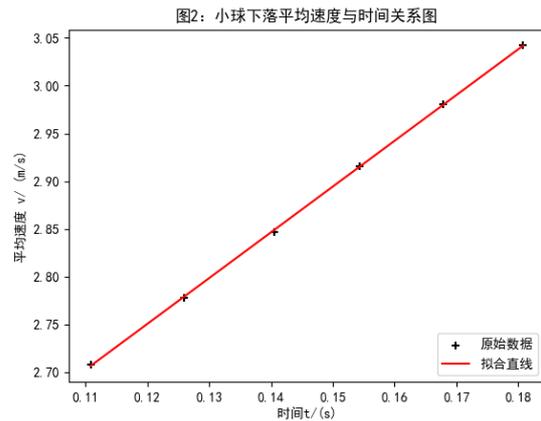
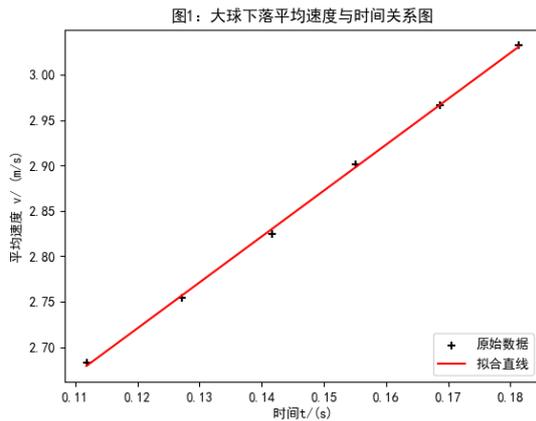
首先，将实验数据处理为 \bar{v} 与 t 的关系，并统一化为国际单位制单位：

表 3: 利用大球进行实验得到的 $\bar{v} - t$ 关系

测量次数	1	2	3	4	5	6
$\bar{v}/\text{m/s}$	2.683	2.754	2.825	2.901	2.966	3.032
t/s	0.1118	0.1271	0.1416	0.1551	0.1686	0.1814

表 4: 利用小球进行实验得到的 $\bar{v} - t$ 关系

测量次数	1	2	3	4	5	6
$\bar{v}/\text{m/s}$	2.708	2.778	2.847	2.916	2.980	3.042
t/s	0.1108	0.1260	0.1405	0.1543	0.1678	0.1808



6.2 误差分析

6.2.1 大球实验

图 1 (大球实验), 斜率为 $k_{\text{大}} = 5.0529$, 计算得到 $\bar{g}_{\text{大}} = 10.106\text{m/s}^2$, 线性拟合相关系数 $r_{\text{大}}^2 = 0.999376$ 计算标准差

$$\sigma_g = \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right)/(n - 2)}\bar{g} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.999376} - 1\right)/(6 - 2)} \times 10.106\text{m/s}^2 = 0.126\text{m/s}^2$$

查表得 $n = 6$ 时展伸因子 $t = 1.11$, 于是展伸不确定度

$$U_g = \sigma_g t_g = 0.140\text{m/s}^2, P = 0.68$$

于是测量结果为:

$$g = \bar{g} + U_g = 10.106 \pm 0.140\text{m/s}^2, P = 0.68$$



6.2.2 小球实验

图 2 (小球实验), 斜率为 $k_{\text{小}} = 4.7928$, 计算得到 $\bar{g}_{\text{小}} = 9.586\text{m/s}^2$, 线性拟合相关系数 $r_{\text{小}}^2 = 0.999891$ 计算标准差

$$\sigma_g = \sqrt{\left(\frac{1}{r^2} - 1\right)/(n - 2)\bar{g}} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.999891} - 1\right)/(6 - 2) \times 9.586\text{m/s}^2} = 0.050\text{m/s}^2$$

查表得 $n = 6$ 时展伸因子 $t = 1.11$, 于是展伸不确定度 $U_g = \sigma_g t_g = 0.056\text{m/s}^2, P = 0.68$ 于是测量结果表为:

$$g = \bar{g} + U_g = 9.586 \pm 0.056\text{m/s}^2, P = 0.68$$

7 讨论与思考题

7.1 讨论

查阅资料得知, 合肥当地的重力加速度值为 $g = 9.7947\text{m/s}^2$ 。大球和小球两组实验都与真实值存在一定的偏差。可能的原因是: 所测数据点较少, 最终导致很大的拟合误差; 此外, 直接读取立柱上刻度进行长度测量的误差可能也会造成实验结果的偏差。

7.2 思考题

7.2.1 实际工作中的公式选用

公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 用于无初速度的下落。但是电磁铁关闭后有剩磁, 所以静止释放时小球受到剩磁力的作用, 其并非做自由落体运动, 采用此公式误差较大

7.2.2 改变光电门的位置提高测量精度

1. 一方面, 两光电门间距离不宜过小, 否则测量距离和测量时间的不确定度不变时, 他们的相对误差会较大, 造成测得的重力加速度值相对误差较大;
2. 同时光电门 1 应与上方电磁铁保持一定距离, 以保证小球在经过光电门 1 时已经做自由落体运动 (剩磁的作用力可以忽略不计), 这样在两光电门间小球的运动可以被看作匀变速直线运动。

7.2.3 其他的实验方案

如果光电门可以连接其他电子器件, 则可以测出小球半径后, 利用光电门读出小球经过光电门的时间, 近似计算出小球经过光电门时的瞬时速度。以相同的条件释放, 同时多次改变光电门的位置, 从而得出小球在各个高度的瞬时速度, 利用线性拟合的方法也可求出重力加速度的值。