

实验报告

襦科材 PB20030874 20 级 14 系

2021 年 4 月 8 日

1 实验目的

测量合肥地区重力加速度

2 实验原理

根据牛顿运动定律，自由落体的运动方程为: [2]

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

本实验采用双光电门法测 t . 通过固定通过光电门 1 使得 v_0 保持不变, 小球通过光电门 1 与光电门 2 的高度差为 h , 时间差为 t , 通过改变光电门 2 的位置, 则能测量到一系列 $h_i - t_i$ 的数据

将自由落体公式修正为: [2]

$$\frac{h}{t} = v_0 + \frac{1}{2}gt \quad (2)$$

以 $\frac{h_i}{t_i} - t_i$ 作图, 预计应当是线性关系, 利用线性拟合最小二乘法求出重力加速度 g

3 实验步骤

以重力线为基准调节架台, 使其与地面垂直, 棉线通过光电门中心位置

打开电磁毫秒计, 将小球吸附在电磁铁上

关闭电磁铁, 释放小球, 同时开始计时, 记录数据

调节光电门 2 的位置, 重复试验 6 次

4 自由落体法测量重力加速度实验数据表

$t_1(ms)$	135.7	136.2	135.8	136.1	135.9	135.5
$t_2(ms)$	243.2	282.6	316.2	347.4	375.3	401.5
$t_2 - t_1(ms)$	107.5	146.4	180.4	211.3	239.4	266.0
$h(cm)$	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00

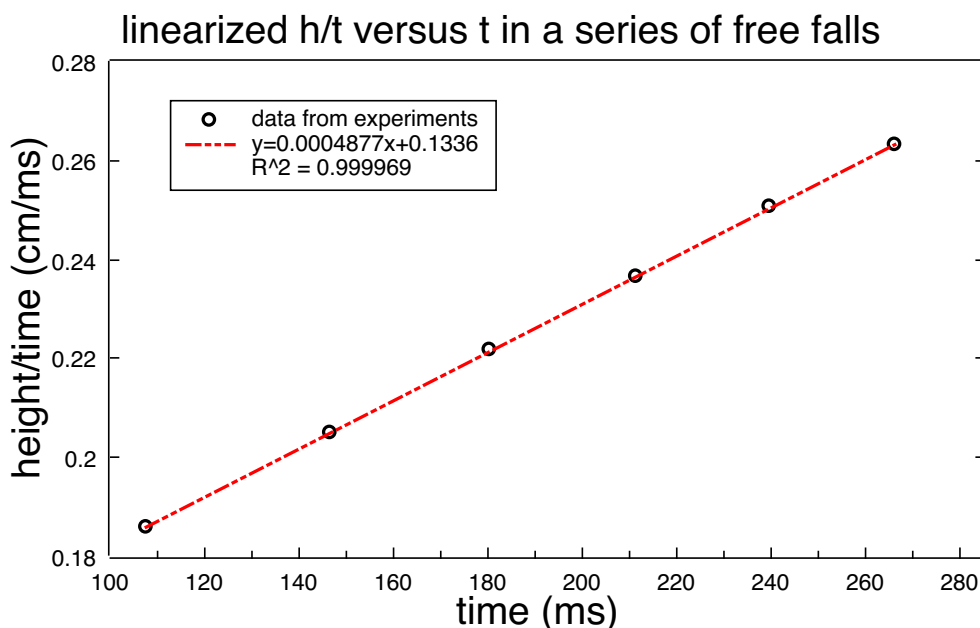
实验人: 襦科材

实验仪器: 自由落体仪, 接收器, 卷尺

实验日期: 2021.4.2

5 数据处理

使用 scidavis 软件¹作图如下:



斜率 k 的标准差: [1]

$$\sigma_k = k \sqrt{\left(\frac{1}{R^2} - 1\right)/(n-2)} = 0.0004877 \sqrt{\left(\frac{1}{0.999969} - 1\right)/(6-2)} = 0.0000013 \quad (3)$$

斜率 k 展伸不确定度: [1]

$$U_{0.95} = t_p \cdot \sigma_k = 2.78 \cdot 0.0000013 = 0.000004 = 0.04m \cdot s^{-2} \quad (4)$$

截距 b 标准差: [1]

$$\sigma_b = \sqrt{x^2} \cdot \sigma_k = \sqrt{\frac{107.5^2 + 146.4^2 + 180.4^2 + 211.3^2 + 239.4^2 + 266.0^2}{6}} \cdot 0.0000013 = 0.00027 \quad (5)$$

截距 b 展伸不确定度: [1]

$$U_{0.95} = t_{0.95} \cdot \sigma_b = 2.78 \cdot 0.00027 = 0.00075cm \cdot s^{-1} \quad (6)$$

根据公式 $\frac{h}{t} = v_0 + gt$, 计算知 $g = 2 \cdot 4.877 = 9.754m \cdot s^{-2}$

最终结果:

$$g = 9.75 \pm 0.04m \cdot s^{-2} \quad (7)$$

由计算可知, $\frac{\Delta g}{g} < 0.01$, 在设计精度内

6 误差分析

根据合肥重力加速度标准值为 $9.7947m \cdot s^{-2}$ 可知所测真值偏小, 但实际值落在不确定度范围内。经分析, 有以下几点原因:

¹IOS 系统的 ORIGIN 替代品

1. 组成横轴的数据 t_1 方差较大, 导致在计算过程中斜率的标准差增加, 不确定度增大
2. 测量次数仅有 6 次, 带入的 $t_{0.95} = 2.78$ 太大, 再一次扩大不确定度, 导致测量精确度降低
3. 测量真值偏小大约 0.04, 应当是由于光电门 1 设置过于靠近电磁铁, 导致小球进入光电门后电磁铁还未完全消磁, 处于磁铁引力范围内

7 提出改进

1. 加高立柱, 增加光电门 1 与电磁铁的距离, 减小电磁力的影响
2. 增大数据密集度, 在 $1m$ 内尽量测量 14-16 个值, 降低 t_p
3. 改良电磁铁, 使用消磁快的材料

8 思考题

1. 因为 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 当且仅当初速度等于 0 的时候才成立, 然而无论是实验者还是实验仪器, 都无法测量释放的准确时间
2. 光电门 1 应当适当远离电磁铁, 防止不完全消磁影响实验; 光电门 2 应在光电门 1 正下方, 且要尽量多的选取测量点, 保证实验精确度
3. 将光电门 2 固定于待测位置, 改变光电门 1 的高度, 多次测量, 利用最小二乘法反向线性拟合, 截距即对应光电门 2 处的速度
4. 将光电门拆下, 安装在水平木板上。取已知质量的小车, 将小车通过轻绳与托盘连接, 轻绳跨过桌边上的固定小滑轮。调节木板倾斜角度, 直至小车匀速滑动。向托盘中加入已知质量的砝码, 释放小车, 记录小车上的遮光片通过光电门 1、2 的间隔。改变砝码质量、个数, 重复试验, 即可得到砝码质量与小车加速度的关系, 由此测量重力加速度

参考文献

- [1] John R.Taylor. 误差分析导论: 物理测量中的不确定度. 高等教育出版社, 2015.
- [2] 中国科学技术大学物理实验教学中心. 重力加速度的测量: 实验讲义. 2021.
- [3] 吴泳华、霍剑青、蒲其荣. 大学物理实验. 高等教育出版社, 2005.
- [4] 孙维民、李志杰. 大学物理实验教程. 科学出版社, 2018.