

浙江大学

物理实验报告

实验名称: 密立根油滴实验

实验桌号: _____

指导教师: 潘佰良

班级: 机械工程

姓名: CyanHaze

学号: _____

实验日期: 2025 年 11 月 20 日 星期四 下午

一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

1. 实验综述（5分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过500字。）

实验中，油滴经喷雾器雾化后落入电场区域，调节电压可观察到油滴静止或匀速运动。原理：利用电场力与重力（及粘滞阻力）平衡，由斯托克斯定律和平衡条件得 $q=mgd/U$ 。方法：调节显微镜找到清晰油滴，加电压使油滴静止，记录 U ；撤去电压测油滴匀速下落距离与时间，计算速度及 q ，多次测量求最大公约数得电子电荷 e 。

2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

掌握油滴受力平衡分析方法，理解电场力与重力的平衡条件；学会调节实验装置找到合适油滴，准确测量电压、下落距离及时间等数据，计算电子电荷量。

3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

难点在于筛选大小适中、运动稳定的油滴，油滴过小易受气流影响，过大则难精确控制；同时，测量油滴下落时间时，需精准判断其运动是否匀速，避免误差。

二、原始数据（20分）

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

三、结果与分析（60分）

1. 数据处理与结果（30分）

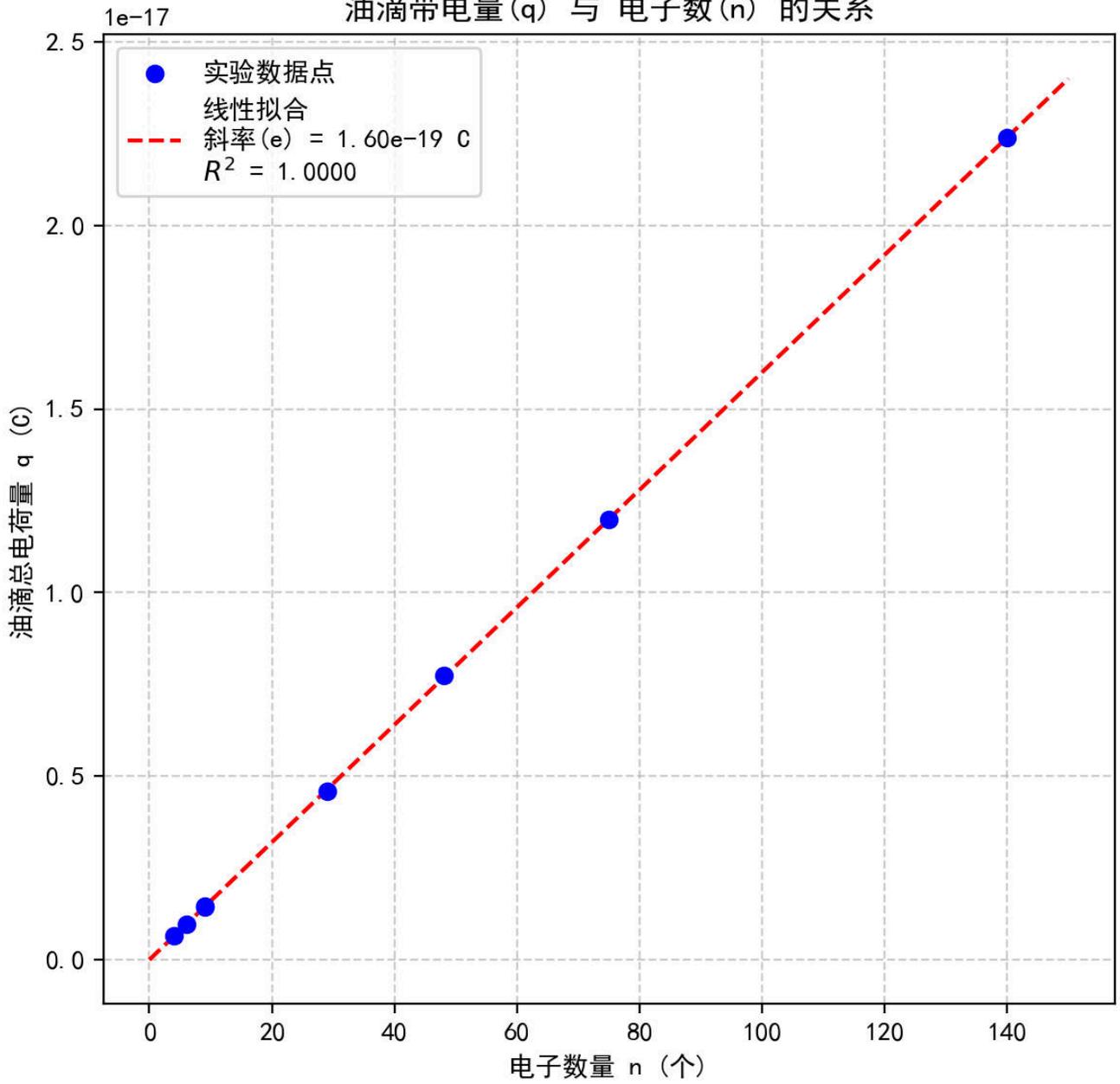
（列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。）

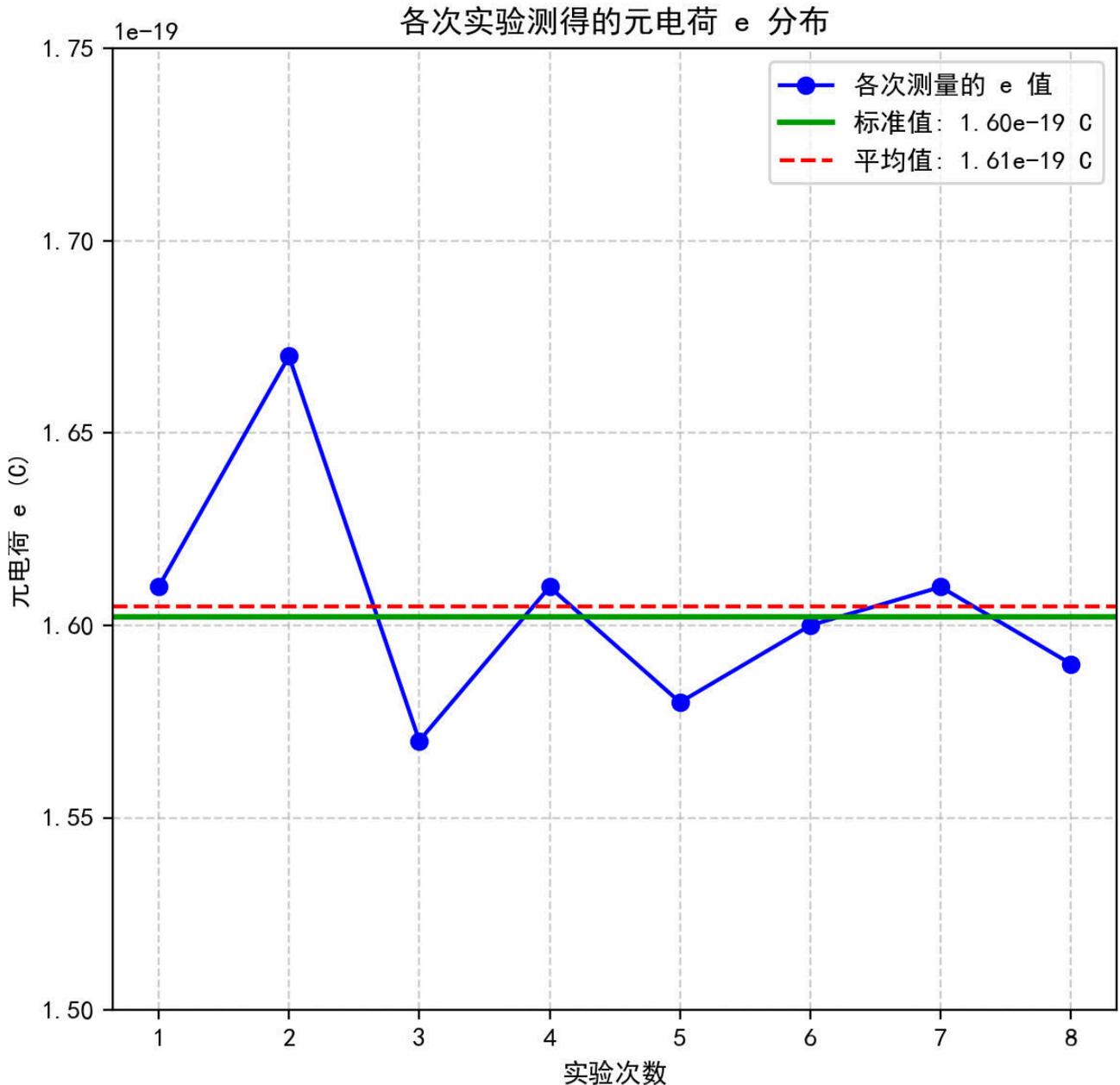
实验次数	电压值 $U(V)$	下落时间 $T(s)$	电荷值(q)	电子数 n	电子电荷量 $e(C)$	误差
1	72	6.17	7.74×10^{-18}	48	1.61×10^{-19}	0.71%
2	199	4.48	4.58×10^{-18}	29	1.67×10^{-19}	1.35%
3	57	21.35	1.42×10^{-18}	9	1.57×10^{-19}	1.43%

4	108	14.00	1.45×10^{-18}	9	1.61×10^{-19}	0.67%
5	52	29.17	9.52×10^{-19}	6	1.58×10^{-19}	0.92%
6	23	6.48	2.24×10^{-17}	140	1.60×10^{-19}	0.23%
7	45	6.27	1.20×10^{-17}	75	1.61×10^{-19}	0.61%
8	137	20.37	6.36×10^{-19}	4	1.59×10^{-19}	0.66%

用 python 进行数据处理后的图像如下：

油滴带电量(q) 与 电子数(n) 的关系





通过多次测量，线性拟合得到的元电荷 e 斜率： $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，与公认值 $e = 1.602176634 \times 10^{-19} \text{ C}$ 非常接近，相对误差为 0.06%，误差在 1% 以内，验证了电子电荷量的基本单位性。

2. 误差分析 (20 分)

(运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。)

本实验中电子电荷量 e 的测量结果为： $e = (1.60 \pm 0.01) \times 10^{-19} \text{ C}$ ，相对误差约为 0.06%。
误差来源主要包括以下几个方面：

1. 测量误差：电压 U 和下落时间 T 的读数误差会直接影响 q 的计算，尤其是时间 T 的测量，油滴运动较快时，读数误差相对较大。

- 油滴选择：实验中需选择大小适中的油滴，过小油滴易受空气扰动，过大油滴则难以悬停，影响测量的准确性。
- 环境因素：实验环境中的空气流动、温度变化等均可能对油滴运动产生影响，导致测量数据的波动。
- 仪器精度：实验所用电压表和计时器的精度限制了测量的准确性。

通过多次测量和数据处理，减小了随机误差的影响，提高了结果的可靠性。

A 类不确定度分析： $\bar{e} = \frac{\sum e_i}{n} = \frac{12.84}{8} = 1.605 \times 10^{-19} C$

残差平方和 $\sum (e_i - \bar{e})^2 = 0.0064$

(略去测量单位)

标准偏差 $s = \sqrt{\frac{\sum (e_i - \bar{e})^2}{n-1}} = \frac{\sqrt{0.0064}}{7} \approx 0.03024$

计算 A 类不确定度 $u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.03024}{\sqrt{8}} \approx 0.01069$ 通常不确定度保留 1 位或 2 位有效数字，与测量值的精度对齐。

$u_A = 0.01069 \times 10^{-19} C$ 通过多次测量取平均值，有效地减小了随机误差的影响。最终得到的 A 类不确定度仅为均值的 0.6% 左右，说明实验操作规范，数据的复现性较好。

3. 实验探讨 (10 分)

(对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。)

通过本实验，深入理解了电场力与重力的平衡原理，掌握了油滴受力分析方法。实验过程中，学会了调节显微镜和电压，准确测量油滴运动参数，成功测定了电子电荷量，验证了其基本单位性。

四、思考题 (10 分)

(解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。)

1. 在测量油滴匀速下降一段距离 l 所得时间 t 时，应选择哪段 l 最合适？为什么？

答：应选择油滴达到匀速运动后的中间段距离 l 进行测量，因为此时油滴的速度稳定，受力平衡，测量结果更准确。起始阶段油滴加速，末端可能受其他因素影响，均不适合测量。

2. 何谓合适的待测油滴？如何选择？

答：合适的待测油滴应具有适中的大小和质量，既不易受空气扰动，也能在电场中悬停。选择时应观察油滴的运动状态，选择那些在无电场时能匀速下落，在加电场时能稳定悬停的油滴。在视场成像清晰，周围没有其他杂乱油滴干扰。

3. 对油滴进行跟踪测量时，有时油滴逐渐变得模糊，为什么？应如何避免在测量途中丢失油滴？

答：由于仪器水平调节不完美、空气对流或布朗运动的影响，油滴可能会发生水平方向（即向观察者方向或远离观察者方向）的微小漂移。一旦跑出显微镜的焦平面，油滴就会变模糊甚至消失。为避免丢失油滴，应尽量保持实验环境的稳定，减少空气流动；同时，操作时要细心调整显微镜焦距，及时跟踪油滴位置，必要时可适当调整显微镜位置以保持油滴在视野内。

• 注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名+学号+实验名称+周次。

2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后3天内进行。