

课程编号 1800450085

得分	教师签名	批改日期

深圳大学实验报告

课程名称：大学物理实验（二）

实验名称：密立根油滴实验

学 院：数学与统计学院

指导教师：倪燕翔

报告人：王曦 组号：20

学号 2021192010 实验地点 致原楼 204B

实验时间：2022 年 10 月 20 日

提交时间：2022 年 10 月 27 日

一、实验目的

1. 了解油滴法测电子(静态法)电量的基本原理和实验方法.
2. 验证电荷的不连续性.
3. 测量基本电荷电量 e .

二、实验原理

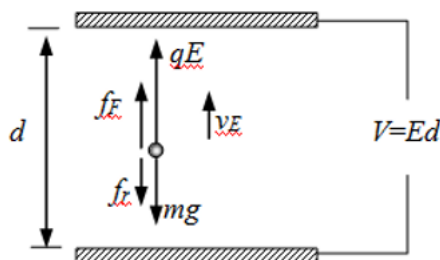


图 1

$$mg = qE = q \frac{V}{d} \Rightarrow q = \frac{mg}{V} d, \text{ 其中 } m = \frac{4}{3} \pi a^3 \rho, \text{ 只需测量油滴半径 } a.$$

确定 a : 未加电压时, 油滴加速下落, 直至重力与粘滞阻力平衡, 平衡时速度为 v_g (不计空气浮力).

$$\text{设空气的粘滞系数为 } \eta, \text{ 则 } f_r = 6\pi a \eta v_g = mg, m = \frac{4}{3} \pi a^3 \rho, \text{ 则 } a = \sqrt{\frac{6\eta v_g}{2\rho g}}.$$

由 Stokes 定律: 在静止的均匀流体中运动时, 对半径小到 10^{-6} m 的小球, 空气的粘滞系数经修正后为:

$$\eta' = \frac{\eta}{1 + \frac{b}{Pa}}, a = \sqrt{\frac{9\eta v_g}{2\rho g} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{Pa}}}, \text{ 只需测量下落速度 } v_g \text{ 即可. 而 } v_g = \frac{l}{t_g}, \text{ 只需测量距离和下落时间即可.}$$

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t_g \left(1 + \frac{b}{Pa} \right)} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{V}$$

油滴带电量

$$\text{空气粘滞系数 } \eta = 1.83 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{大气压 } P = 76.0 \text{ cmHg}$$

$$\text{重力加速度 } g = 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\text{油滴半径 } a = \sqrt{\frac{6\eta l}{2\rho g t_g}}$$

Stokes 公式修正常数 $b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{cmHg}$.

平行板的距离 $d = 5.00 \times 10^{-3} \text{ m}$.

主要技术指标:

平行极板间距离:5.00 mm, 0.01 mm.

极板电压:±DC 0~700V 可调.

提升电压:自动跟踪平衡电压产生 1.5 倍平衡电压的提升电压.

数字电压表:0~999V 1V.

数字毫秒计:0~99.99 s 0.01s.

电视显微镜:放大倍数 60x(标准物镜)、120x(选购物镜).

分刻板刻度:8*3 结构,垂直线视场分 8 格,每格值 0.25 mm.

三、实验仪器:



图 2

密里根油滴仪示意图

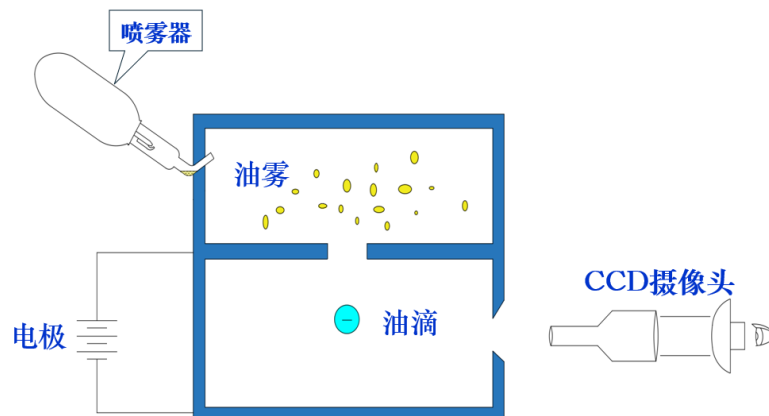
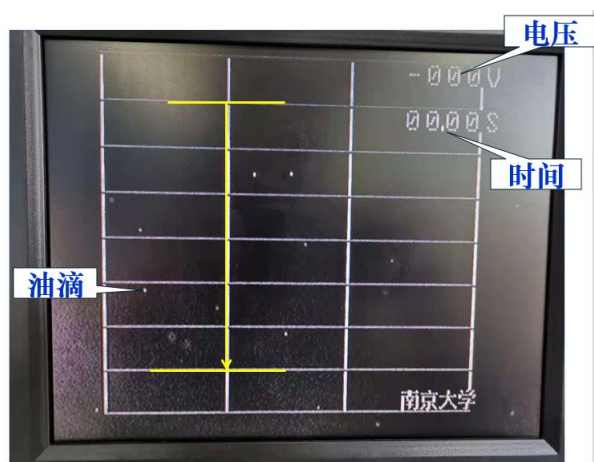


图 3

四、实验内容：

4.1 现象观察



4.1.1 控制油滴移到起跑线(一般取第二格线).

4.1.2 油滴静止,显示平衡电压.

4.1.3 油滴下降时开始计时至终点(一般六格)停止即使,显示时间 t_g .

4.2 仪器调整

4.2.1 调节水准仪,使主机放置平稳,打开主机与显示器电源.

4.2.2 喷油前,打开油雾孔开关,使得小铁片上的孔与油雾孔对齐.

4.3 练习控制油雾

4.3.1 熟悉 0V 电压、工作电压、提升电压、计时、联动、喷油,调节显微镜焦距,在屏上找到油滴移动速度缓慢的油滴.

4.3.2 选择电量合适的油滴:①速度不能太快,否则计时误差大;②带电量不能太大,否则无法反映电子量子性;③质量不能太小,否则油滴做布朗运动.

建议:平衡电压 200~300 V,下降 1.5 mm(6 格),用时 10~20 s.

4.4 正式测量

4.4.1 将油滴移动到某条横线上,调节工作电压,使得油滴在此位置附近漂移不大,认为此时电压为平衡电压 U .

4.4.2 测出油滴匀速下落 1.5 mm 所用时间 t_g .

4.4.3 对同一油滴测量 5~10 次,选择不同的几滴油滴测量.

五、数据记录：

组号： 20 ； 姓名 王曦

油滴	次数	U/V	t_g/s	油滴	次数	U/V	t_g/s	油滴	次数	U/V	t_g/s
1	1	48	44.37	2	1	52	44.03	3	1	220	29.82
	2	39	45.61		2	46	45.62		2	222	28.71
	3	44	44.29		3	47	45.77		3	227	28.47
	4	46	45.50		4	44	43.94		4	225	28.53
	5	46	45.40		5	46	46.13		5	223	28.39
	6	47	45.39		6	45	45.03		6	224	28.61
	7	45	44.29		7	47	45.68		7	226	28.32
	8	46	45.66		8	46	46.04		8	225	28.51
	平均	45.1	45.064		平均	46.6	45.280		平均	224.0	28.670
油滴	次数	U/V	t_g/s	油滴	次数	U/V	t_g/s	油滴	次数	U/V	t_g/s
4	1	356	10.09	5	1	303	12.93	6	1	94	43.2
	2	370	10.15		2	346	13.21		2	93	42.8
	3	350	10.14		3	348	13.05		3	92	41.9
	4	348	10.04		4	353	13.08		4	93	42.7
	5	352	10.12		5	350	12.94		5	96	42.6
	6	351	10.17		6	357	13.18		6	95	43.7
	7	355	10.79		7	356	13.60		7	93	41.6
	8	358	10.21		8	355	12.98		8	91	44.2
	平均	355.0	10.214		平均	346.0	13.121		平均	93.4	42.838

油滴密度： $0.93 \times 10^3 \text{ g/mL}$.

六、数据处理

油滴	1	2	3	4	5	6
$q/10^{-19}\text{C}$	5.437	5.222	2.262	7.230	5.035	2.849
n_0	3.394	3.259	1.412	4.531	3.143	1.778
n	4	3	1	5	3	2
$e_i/10^{-19}\text{C}$	1.359	1.741	2.262	1.446	1.678	1.424
$\bar{e}_i/10^{-19}\text{C}$	1.652					

以第一个油滴为例:

$$\begin{aligned}\text{油滴半径 } a &= \sqrt{\frac{6\eta l}{2\rho g t_g}} \\ &= \sqrt{\frac{6 \times (1.83 \times 10^{-5}) \times (6 \times 0.25 \times 10^{-3})}{2 \times (0.93 \times 10^3) \times 9.8 \times 45.064}} \text{ m} = 4.478 \times 10^{-7} \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{油滴带电量 } q &= \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t_g \left(1 + \frac{b}{Pa}\right)} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{V} \\ &= \frac{18 \times 3.1415}{\sqrt{2 \times 0.93 \times 10^3 \times 9.8}} \left[\frac{(1.83 \times 10^{-5}) \times (6 \times 0.25 \times 10^{-3})}{45.064 \left(1 + \frac{6.17 \times 10^{-6}}{76.0 \times 4.478 \times 10^{-7}}\right)} \right]^{\frac{3}{2}} \times \frac{5 \times 10^{-3}}{45.1} \text{ C} \\ &= 5.437 \times 10^{-19} \text{ C}\end{aligned}$$

$$n_0 = \frac{q}{e} = \frac{5.437 \times 10^{-19}}{1.602 \times 10^{-19}} = 3.394.$$

$$n = 3.$$

$$\text{实验测得元电荷 } e = \frac{q}{n} = 1.1812 \times 10^{-19} \text{ C}.$$

不确定度分析:

$$\bar{e} = \frac{1.359 + 1.741 + 2.262 + 1.446 + 1.678 + 1.424}{6} \text{ C} = 1.652 \text{ C}.$$

$$u_A(\bar{e}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(1.359 - 1.652)^2 + (1.741 - 1.652)^2 + (2.262 - 1.652)^2 + (1.446 - 1.652)^2 + (1.678 - 1.652)^2 + (1.424 - 1.652)^2}{6 \times 5}}$$

$$= 0.136744 \text{ C.}$$

$$u = t_p u_A(\bar{e}) = 10^{-19} \times 0.136744 \text{ C} = 1.37 \times 10^{-20} \text{ C.}$$

$$e = \bar{e} \pm u \in [1.515 \times 10^{-19}, 1.789 \times 10^{-19}] \text{ C.}$$

七、结果陈述：

实验测得电子电量约 $1.652 \times 10^{-19} \text{ C}$,验证了电荷具有量子性.

八、实验总结与思考题

8.1 如何判断油滴盒内平行极板是否水平?不水平对实验结果有何影响?

①判断方法:观察油滴的运动方向是否垂直于极板,若垂直则水平;否则不水平.

②影响:电场力与重力的合力方向不垂直于极板,导致油滴运动方向不垂直于极板,路程偏大,导致测得的时间偏大.

8.2 简述选择油滴大一点好还是小一点好及其原因.如何选择一个合适的油滴?

(1)油滴的选择标准: ①速度不能太快,否则计时误差大;②带电量不能太大,否则无法反映电子量子性;③质量不能太小,否则油滴做布朗运动.综上,油滴太大或太小都不好,太大的油滴带电量太大,无法验证电子量子性;太小的油滴容易做布朗运动,无法测定时间.

(2)选择方法:在平衡电压 200~300 V 下,选择下降 1.5 mm(6 格)用时 10~20 s 的油滴.

8.3 对实验结果造成影响的主要因素有哪些?

①油滴尺寸可能偏大或偏小,导致带电量偏大或偏小.

②平行极板不够水平.

③测量电压、时间的误差.

指导教师批阅意见：

成绩评定：

预习 (20 分)	操作及记录 (40 分)	数据处理与结果陈述 30 分	思考题 10 分	报告整体 印象	总分