



北京航空航天大学 实验报告

实验名称: 密立根油滴实验

学号: 20373864
 班级: 200613
 姓名: 谭立德
 同组者: _____
 日期: _____
 评分: _____

一、实验重点

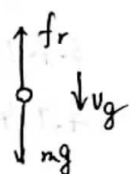
- ① 学习密立根油滴实验思想.
- ② 用静态平衡法测量基本电荷的大小, 验证电荷量子性
- ③ 培养严谨的科学实验方法, 学会对仪器的调整, 油滴的选定, 跟踪, 测量以及数据的处理.

二、实验原理

- ① 未加电压时, 油滴匀速下降时:

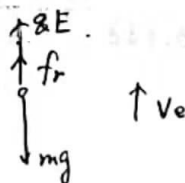
由斯托克斯定律: $f_r = 6\pi\eta r v_g$

这时有: $6\pi\eta r v_g = mg$ (1)



- ② 加了电压后, 油滴匀速上升时:

$qE = mg + 6\pi\eta r v_e$ (2)



且 $E = \frac{U}{d}$

由(1)(2)可得: $q = mg \cdot \frac{d}{U} \left(\frac{v_g + v_e}{v_g} \right)$ (3)

待测量: m, d, v, v_e, v_g

测出油滴质量 $m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho$ (4)

由(4)代入(1)得: 油滴半径 $a = \left(\frac{9\eta v_g}{2\rho g} \right)^{1/2}$ (5)

空气粘滞系数修正: $\eta' = \frac{\eta}{1 + \frac{b}{pa}}$ (b为修正常数, p为空气压强, a为原半径)

实验时取油滴匀速上升和下降距离相等, 均为 l , 测出油滴匀速下降时 t_g , 匀速上升时间 t_e

$$\text{则 } V_g = \frac{l}{t_g}, \quad V_e = \frac{l}{t_e} \quad (7)$$

将 (7)、(6)、(5)、(4) 代入 (3) 得 $Q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{(1 + \frac{b}{Pa})} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{u} \left(\frac{1}{t_e} + \frac{1}{t_g} \right) \left(\frac{1}{t_g} \right)^{\frac{1}{2}}$

取 $K = \frac{18\pi d}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{(1 + \frac{b}{Pa})} \right]^{\frac{3}{2}}$, u 为匀速上升时提供电压,

得: $Q = K \left(\frac{1}{t_e} + \frac{1}{t_g} \right) \left(\frac{1}{t_g} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{u} \quad (8)$

(只要求)

☆ 若调节平行极板间电压, 使油滴不动, 此时所加电压 u 为平衡电压, $V_e = 0$, $t_e \rightarrow +\infty$

\therefore (8) 式化简为: $Q = K \cdot \left(\frac{1}{t_g} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{u}$

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

$$\frac{\Delta n = 0.25 \text{ mm} \times 6}{2 - (-2)} = 1.5 \text{ mm}$$

求电子电荷 e : $\left\{ \begin{array}{l} \text{法一: 对实验测得的各个电荷 } Q \text{ 求最大公约数} \\ \text{法二: 测同一油滴所带电荷的改变量 } \Delta Q, \text{ (用紫外线/放射源)} \end{array} \right. \quad (\text{不作要求})$

三. 仪器介绍:

油滴盒, CCD 电视显微镜, 电路箱, 喷雾器

OM99 CCD 微机密立根油滴仪

四. 实验内容

1. 密立根油滴仪调整

2. 测量练习

- (i) 选择油滴
- (ii) 控制油滴
- (iii) 测量油滴

3. 静态法测量油滴电荷

4. 动态法测量油滴电荷

五. 数据

$$\rho_{\text{水}} = 981 \text{ kg/m}^3; g = 9.801 \text{ m/s}^2; \eta = 1.83 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$b = 8.224 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{Pa} = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{cmHg}$$

$$P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$d = 5.000 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$e = 1.6021773 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$l = 1.50 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{空}} = 1.205 \text{ kg/m}^3$$

原始数据:

$$l = \Delta d = 0.25 \text{ mm} \times 6 = 1.5 \text{ mm}$$

编号	电压(V)	时间(s) (组别)	1	2	3	4	5	平均
1	118		21.93	23.17	22.79	22.28	23.19	22.671
2	212		23.22	23.65	23.38	23.74	23.97	23.595
3	278		20.86	20.40	20.41	20.28	21.33	20.658
4	196		25.50	24.85	24.93	25.23	24.77	25.056
5	181		17.17	17.08	17.40	16.85	16.96	17.092
6	112		22.87	22.23	22.17	22.35	22.45	22.416
7	250		16.88	16.55	16.58	16.76	16.60	16.674
8	115		20.10	19.90	20.19	20.01	19.75	19.900
9	133		11.34	11.22	11.33	11.23	11.30	11.284
10	154		22.63	24.51	24.07	23.51	23.72	23.688

25/10

数据处理:

$$Q = ne = \frac{18\pi}{\sqrt{2} \rho g} \cdot \left[\frac{\eta l}{t_g (1 + \frac{b}{\rho a})} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{u}$$

$$= 9.2787207 \times 10^{-15} \times \frac{1}{u} \times \left(\frac{1}{t_g (1 + \frac{b}{\rho a})} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$= 9.2787207 \times 10^{-15} \times \frac{1}{u} \times \left(\frac{1}{t_g (1 + 2.263597 \times 10^{-10} \cdot t_g)} \right)^{\frac{3}{2}}$$

例过来验证法

代入计算:

$$e_0 = 1.602176565 \times 10^{-19}$$

组别 <i>i</i> /组	电压 <i>U_i</i> /V	平均时间 <i>t_g</i> /s	所带电荷 <i>Q_i</i> /10 ⁻¹⁸ C	倍数 $\eta = \frac{Q_i}{e_0}$; 取整 <i>N</i> ;	预测电荷量 $e_i = Q_i / N / 10^{-18}$ C	相对误差 <i>η</i>	
1	118	22.671	6.2477	3.8995	4	1.5619	2.512%
2	212	23.595	3.2656	2.0382	2	1.6328	1.912%
3	278	20.658	3.0691	1.9156	2	1.5346	4.220%
4	196	25.056	3.2132	2.0055	2	1.6066	0.277%
5	181	17.092	6.3437	3.9594	4	1.5859	1.0143%
6	112	22.414	6.7015	4.1827	4	1.6754	4.569%
7	250	16.674	4.7742	2.9798	3	1.5914	0.673%
8	115	19.990	7.8121	4.8759	5	1.5624	2.481%
9	133	11.284	16.4892	10.2918	10	1.6489	2.918%
10	154	23.688	4.4678	2.7886	3	1.4893	7.048%

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^{n=10} e_i}{10} = 1.5889 \times 10^{-19}$$

$$\eta = \left| \frac{\bar{e} - e_0}{e_0} \right| = 0.8274\%$$

不确定度计算:

$$U_A(e) = \sqrt{\frac{|\bar{e} - e^2|}{6-1}} = 2.3515 \times 10^{-21}$$

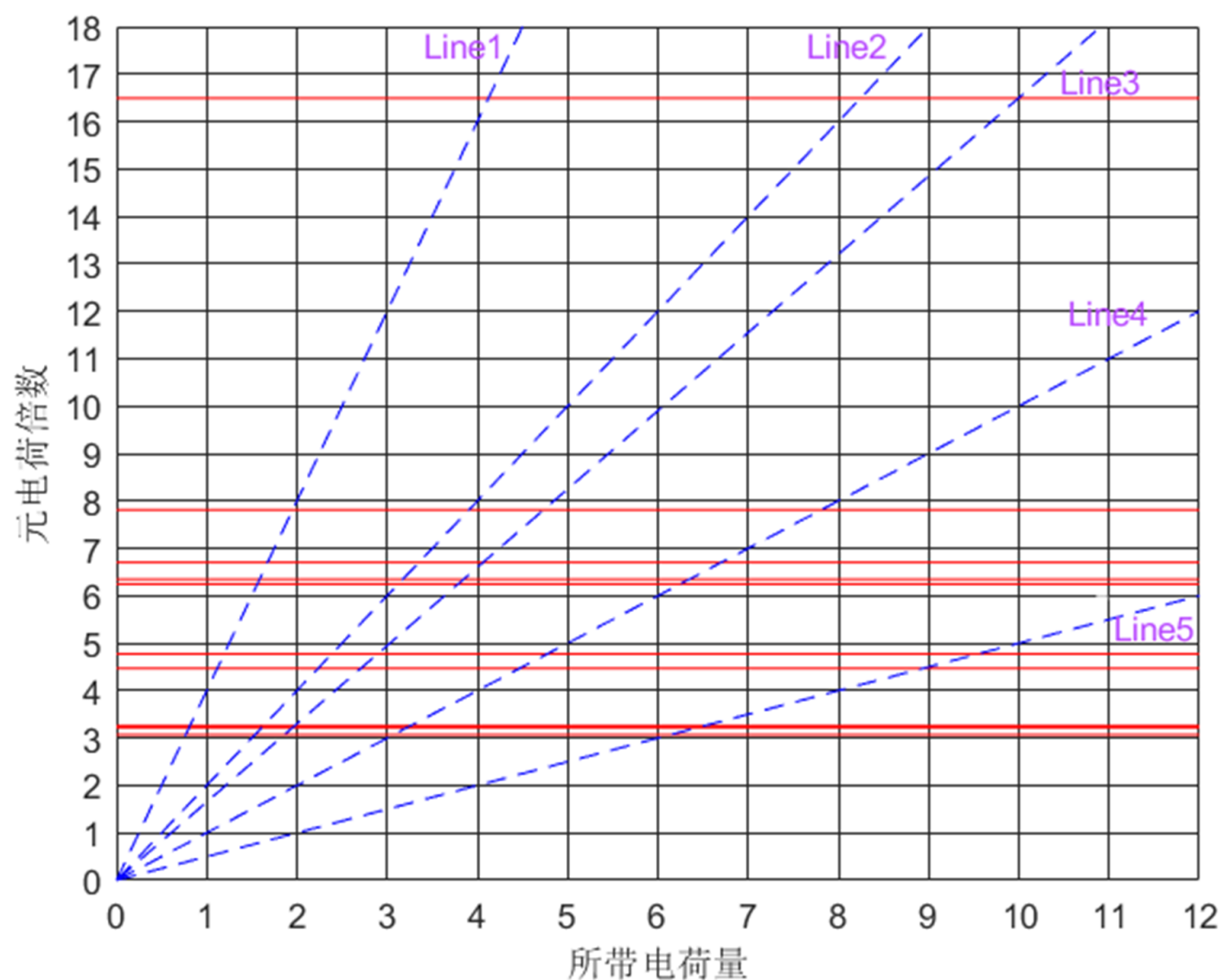
$$\text{取 } U_B(e) = 0$$

$$U(e) = \sqrt{U_A(e)^2 + U_B(e)^2} = 2.3515 \times 10^{-21}$$

$$\therefore e = (1.58 \pm 0.02) \times 10^{-19}$$

2. 作图法:

作图得:



由表可知 电荷约为 $e_0 = 1.607 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的整数性, 体现3带电量

的不连续性, 元电荷 $\bar{e} = \frac{\sum e_i}{n} = 1.64 \times 10^{-19} \text{ C}$ $\eta = \left| \frac{\bar{e} - e_0}{e_0} \right| = 2.11\%$

误差在合理范围内。