

教师签字



实验日期 2025年3月19日

预习成绩

2

总成绩

## 实验名称 电子电荷的测定——密立根油滴法

## 一. 实验预习

1. 本实验中静态法测量的油滴所带电荷量表达式为

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2g\rho}} \cdot \frac{d}{U_n} \left( \frac{\eta l}{l \left( 1 + \frac{b}{p} \sqrt{\frac{2g\rho l}{9\eta l}} \right)} \right)^{\frac{3}{2}}$$

在已知油的密度  $\rho$ 、重力加速度  $g$ 、空气的粘滞系数  $\eta$ 、大气压强  $p$ 、修正常数  $b$ 、平行极板间距  $d$ 、油滴匀速下落的距离  $l$  的前提下, 只需要测出平衡电压  $U_n$ , 然后撤掉电压, 让油滴在空气中自由下落, 油滴只需很短的时间即可达到匀速下落, 测出其下落给定距离  $l$  所用的时间  $t$ , 即可计算得到电荷电量  $q$ 。在公式的计算中, 采用了哪些近似, 原因是什么?

(1) 因为  $\rho \gg \rho'$ , 因此  $\rho - \rho' \approx \rho$ , 此处空气对油滴的浮力忽略不计  
 (2) 修正后, 半径  $a = \sqrt{\frac{q n V s}{2g\rho(1+b/p)}}$ , 由于未知  $a$  在修正项中, 此处可将  $a$  近似认为  $\sqrt{\frac{q n V s}{2g\rho}}$  进行计算。

2. 本实验中要选择带电荷量“合适的”的油滴进行实验, 请阐述何为“合适的”油滴。

指大小合适, 既不过小导致布朗运动明显, 也不过大导致下落过快, 同时带有多个电子, 导致时间误差增大的油滴

## 二. 实验现象及原始数据记录

表 1 静态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#1) (下落距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平衡电压 $U_0/\text{V}$ | 185   | 185   | 185   | 185   | 185   | 185   |
| 下落时间 $t/\text{s}$   | 21.57 | 21.47 | 21.51 | 21.86 | 21.41 | 21.49 |

表 2 静态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#2) (下落距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |       |       |                  |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| 平衡电压 $U_0/\text{V}$ | 148   | 148   | 148              | 148   | 148   | 148   |
| 下落时间 $t/\text{s}$   | 33.06 | 32.87 | <del>32.17</del> | 32.69 | 32.47 | 32.25 |

表 3 静态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#3) (下落距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |                    |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平衡电压 $U_0/\text{V}$ | <del>185</del> 213 | 213   | 213   | 213   | 213   | 213   |
| 下落时间 $t/\text{s}$   | 18.57              | 18.43 | 18.81 | 18.65 | 18.78 | 18.37 |

表 4 动态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#1) (下落、上升距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |                    |       |       |       |       |       |
|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上升电压 $U/\text{V}$   | <del>380</del> 380 | 380   | 380   | 380   | 380   | 380   |
| 下落时间 $t_1/\text{s}$ | 21.57              | 21.47 | 21.51 | 21.86 | 21.41 | 21.49 |
| 上升时间 $t_2/\text{s}$ | 18.86              | 20.41 | 20.17 | 18.86 | 20.22 | 20.13 |

表 5 动态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#2) (下落、上升距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上升电压 $U/\text{V}$   | 353   | 353   | 353   | 353   | 353   | 353   |
| 下落时间 $t_1/\text{s}$ | 33.06 | 32.87 | 32.17 | 32.69 | 32.47 | 32.25 |
| 上升时间 $t_2/\text{s}$ | 24.42 | 24.61 | 23.86 | 23.82 | 24.13 | 24.06 |

表 6 动态法密立根油滴实验数据记录表 (油滴#3) (下落、上升距离  $l=1.60\text{ mm}$ )

|                     |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上升电压 $U/\text{V}$   | 417   | 417   | 417   | 417   | 417   | 417   |
| 下落时间 $t_1/\text{s}$ | 18.57 | 18.43 | 18.81 | 18.65 | 18.78 | 18.37 |
| 上升时间 $t_2/\text{s}$ | 20.71 | 20.53 | 20.48 | 20.81 | 20.82 | 20.57 |

|    |   |
|----|---|
| 教师 | 姓名  |
| 签字 |  |

井3 带电量:  $[4.8256e-19, 4.88018e-19, 4.73433e-19, 4.79486e-19, 4.74559e-19, 4.40387e-19]$

电荷数:  $N=3$

基本电荷均值:  $1.6047e-19$

误差:  $\sigma = 0.16\%$

动态法: 计算公式:  $q_e = \frac{16\pi d}{\sqrt{2g}} (1 + \frac{t_1}{t_2}) \left[ \frac{t_1}{t_2 (1 + \frac{t_1}{t_2})} \right]^{\frac{3}{2}}$

井1 带电量:  $[4.72e-19, 4.6766e-19, 4.676e-19, 4.6201e-19, 4.7131e-19, 4.70542e-19]$

电荷数:  $N=3$

基本电荷均值:  $1.5629e-19$

误差:  $\sigma = 2.45\%$

#### 四. 实验结论及现象分析

(分析讨论本实验中出现的实验现象和电子电荷测量误差产生的原因, 如何减少该误差)

? 误差原因: (1) 空气流动对油滴运动的干扰

(2) 计时误差

(3) 设备精度不足

解决方法: (1) 保证油滴运动空间封闭

(2) 选择下落速度合适的油滴, 增加反应时间

(3) 提升设备精度

#### 五. 讨论题

1. 当跟踪观察某一油滴时, 原来清晰的像变模糊了, 可能是什么原因造成的?

2. 由于油的挥发, 油滴的质量会不断下降。当长时间跟踪测量同一个油滴时, 由于油滴的挥发, 会使哪些测量量发生变化。

(1) 油滴在水平方向移动或吸附了灰尘

(2) ①油滴半径, ②测量的上升, 下降时间

## 三、数据处理

(静态法、动态法分别至少测量 3 颗油滴, 计算每颗油滴的电荷量  $q_i$ , 计算  $\frac{q_i}{e}$ , 对商四舍五入取整后得到每颗油滴所带电子个数  $n_i$ ; 再得到每次测量的基本电荷  $e_i$ , 再求出  $n$  次测量的  $\bar{e}$ , 与理论值比较求百分误差。要有详细的计算过程, 格式工整)

实验中所用的有关参考数据:

油滴密度:  $\rho = 981 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

重力加速度:  $g = 9.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

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

油滴匀速下降距离:  $l = 1.60 \times 10^{-3} \text{ m}$

修正常数:  $b = 8.22 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{Pa}$

大气压强(深圳):  $P = 1.0098 \times 10^5 \text{ Pa}$

平行极板距离:  $d = 5.00 \times 10^{-3} \text{ m}$

静态法:  
计算公式: 
$$q_e = \frac{18\pi d}{\sqrt{2g\rho}Un} \left( \frac{\eta l}{tL + \frac{b}{P} \sqrt{\frac{2g\rho c}{\eta l}}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

计算得

#1: 带电量:  $[4.7698e-18, 4.80472e-18, 4.7807e-18, 4.63751e-18, 4.82586e-18, 4.77105e-18]$

电荷数:  $N=3$

基本电荷均值:  $1.5903e-18$

误差  $\delta = 0.74\%$

#2: 带电量:  $[3.04112e-18, 3.05428e-18, 3.17543e-18, 3.09582e-18, 3.1291e-18, 3.16296e-18]$

电荷数  $N=2$

基本电荷均值:  $1.5548e-18$

误差  $\delta = 2.85\%$

井2 电荷量:  $[3.00118e-19, 2.2961e-19, 3.12636e-19, 3.07181e-19, 3.07727e-19, 3.10364e-19]$

电荷数:  $N=2$

基电荷均值:  $1.5629e-19$

误差:  $G=4.42\%$

井3 电荷量:  $[4.79407e-19, 4.85184e-19, 4.7574e-19, 4.75077e-19, 4.72693e-19, 4.86359e-19]$

电荷数:  $N=3$

基电荷均值:  $1.5968e-19$

误差:  $G=7.33\%$

结论: 上述测量误差均在5%以内, 验证了元电荷数值.