

课程编号 1800450001

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: 计算机与软件学院

指导教师: 高阳

报告人: 吴艇 组号: 19

学号 2020281061 实验地点 204B

实验时间: 2021 年 12 月 22 日

提交时间: 2021 年 12 月 22 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

用油滴法测量电子的电荷，可以用静态（平衡）测量法或动态（非平衡）测量法，也可以通过改变油滴的带电量，再用静态法或动态法测量油滴带电量的改变量。

静态（平衡）测量法：

用喷雾器将油喷入两块相距为 d 的水平放置的平行极板之间。油在喷射撕裂成油滴时，一般都带电的。设油滴的质量为 m ，所带的电荷为 q ，两极板间的电压为 U ，则油滴在平行极板间将同时受到重力 mg 和静电力 qE 的作用，如图3-18-1所示。如果调节两极板间的电压 U 可使该两力达到平衡，这时有

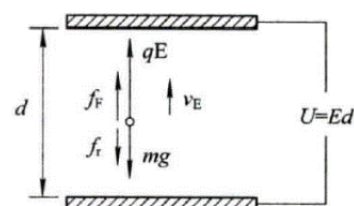


图 3-18-1 油滴的受力分析

$$mg = qE = q \frac{U}{d} \quad (3-18-1)$$

从式（3-18-1）可见，为了测出油滴所带的电量 q ，除了需测定平衡电压 U 和极板间距离 d 外，还需要测量油滴的质量 m 。因 m 很小，需用如下特殊方法测定：平行极板不加电压时，油滴受到重力而加速下降，由于空气阻力的作用，下降一段距离达到某一速度 v_g 后，阻力 f_r 与重力 mg 平衡（空气浮力忽略不计），油滴将匀速下降。根据斯托克斯定律，油滴匀速下降时有

$$f_r = 6\pi a \eta v_g = mg \quad (3-18-2)$$

其中 η 为空气的粘滞系数； a 为油滴的半径（由于表面张力的原因，油滴总是呈小球状）。

设油的密度为 ρ 油滴的质量 m ，则有

$$m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho \quad (3-18-3)$$

由式(3-18-1)和式(3-18-2),得到油滴的半径为

$$a = \sqrt{\frac{9\eta v_g}{2\rho g}} \quad (3-18-4)$$

对于半径小到 10^{-6} m 的小球，空气的粘滞系数 η 应作如下修正：

$$\eta' = \frac{\eta}{1 + \frac{b}{Pa}}$$

这时斯托克斯定律应改为

$$f_r = \frac{6\pi a \eta' v_g}{1 + \frac{b}{Pa}}$$

式中 b 为修正常数, $b = 6.17 \times 10^{-6} m \cdot cmHg$, P 为大气压强(单位 $cmHg$), 得

$$a = \sqrt{\frac{9\eta v_g}{2\rho g} \frac{1}{1+\frac{b}{Pa}}} \quad (3-18-5)$$

上式根号中还包含油滴的半径 a , 但因它处于修正中, 可以不十分精确, 因此可用式(3-18-4)计算, 将式(3-18-5)带入式(3-18-3), 得

$$m = \frac{4}{3} \pi \left[\frac{9\eta v_g}{2\rho g} \frac{1}{1+\frac{b}{Pa}} \right]^{\frac{3}{2}} \rho \quad (3-18-6)$$

至于油滴匀速下降的速度 v_g , 可用下法测出。

当两极板的电压 U 为零时, 设油滴匀速下降的距离为 l , 时间为 t_g , 则

$$v_g = \frac{l}{t_g} \quad (3-18-7)$$

将式(3-18-7)代入式(3-18-6), 式(3-18-6)代入式(3-18-1), 得

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t_g(1+\frac{b}{Pa})} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U} \quad (3-18-8)$$

式(3-18-8)就是静态(平衡)测量法测量油滴电量的测量公式, 其中

空气粘滞系数: $\eta = 1.83 kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$

大气压强: $P = 76.0 cmHg$

重力加速度: $g = 9.8 m \cdot s^{-2}$

油滴半径: $a = \sqrt{\frac{9\eta l}{2\rho t_g}}$

斯托克斯公式修正常数: $b = 6.17 \times 10^{-6} m \cdot cmHg$

平行板的距离: $d = 5.00 \times 10^{-3} m$

实验用油的密度随温度的变化如下所示:

$t(^{\circ}C)$	0	10	20	30	40
$\rho/(kg/m^3)$	991	986	981	976	971

通常可取 $t = 20^{\circ}C$ 时油的密度 $\rho = 981 kg/m^3$ 计算, 引起的最大相对误差($t = 0^{\circ}C$ 或 $40^{\circ}C$ 时)为

$$E_{\rho} = \frac{1}{2} \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{1}{2} \times \frac{10}{981} = 0.5\%$$

由此可见, 静态测量法需要测量两个变量: 一个是平衡电压 U , 另一个是油滴匀速下降一段距离 l 所需的时间 t_g 。一般取 $l = 1mm$ 比较合适。

实验发现, 对于某一油滴, 如果我们改变它所带的电量 q , 则能够使油滴达到平衡的电压必须是某些特定值 U_n , 研究这些电压变化的规律, 可发现, 它们都满足下列方程:

$$q = mg \frac{d}{U_n} \quad (3-18-9)$$

式中 $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ 而 e 则是一个不变的值, 可见所有带电油滴所带电量 q 都是最小电量 e 的整数倍, 这就证明了电荷的不连续性.且最小电量 e 就是电子的电荷值:

$$e = \frac{q}{n} \quad (3-18-10)$$

三、实验仪器：

油滴盒、THQMD-1 型密立根油滴仪、HQMD-1 型密立根油滴仪

四、实验内容：

1.仪器调整：

- ①调节水准仪，使主机放置平稳，打开主机与显示器电源；
- ②喷油前，需要打开油雾孔开关，使得小铁片上的孔与油雾孔对齐。

2.练习控制油滴：

①熟悉 0V 电压、工作电压、提升电压、记时、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(若一直找不到油滴，注意落油孔是否堵住)。

②选择电量合适的油滴

- a:速度不能太快，否则计时误差大
- b:带电量不能太大，否则无法反应电子量子性
- c:质量不能太小，否则油滴做布朗运动

建议:平衡电压 200V~300V,下降 1.0mm (4 格) 所用时间 10~20s。

3.正式测量：

①将油滴移动至某条横线上，调节工作电压，使油滴在此位置附近漂移不大，认为此时电压为平衡电压 U 。

②测出油滴匀速下落 1.5mm 所用时间 t_g 。

③对同一油滴测量 5 次，同时选择不同的几颗油滴进行测量。

④填写表格并计算出最后结果。

五、数据记录:

组号: 19 ; 姓名 吴艇

油滴	1		2		3		4	
	t/s	U/V	t/s	U/V	t/s	U/V	t/s	U/V
1								
2								
3								
4								
5								

六、数据处理

油滴	1		2		3		4	
	t/s	U/V	t/s	U/V	t/s	U/V	t/s	U/V
1								
2								
3								
4								
5								
平均								

$$n = \frac{q}{e}, \quad q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t_g \left(1 + \frac{b}{Pa}\right)} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U} = \frac{18 \times 3.14}{\sqrt{2 \times 981 \times 9.8}} \left[\frac{1.8 \times 10^{-5} \times 1.50 \times 10^{-3}}{t \times \left(1 + \frac{6.17 \times 10^{-6}}{0.76 \times a}\right)} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{5 \times 10^{-3}}{U}$$

已知 $e = 1.591 \times 10^{-19} \text{C}$

油滴	1	2	3	4
$\bar{q}/10^{-19} \text{C}$				
n_0				
$n(\text{取整})$				
$e_i/10^{-19} \text{C}$				

取平均值: $\bar{e} =$

已知标准值 $e_s = 1.591 \times 10^{-19} \text{C}$, 求得相对误差: $s = \left| \frac{\bar{e} - e_s}{e_s} \right| \times 100\% =$

绝对误差 $\Delta = |\bar{e} - e_s| =$

求 A 类不确定度: 由 $u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n(n-1)}}$ 得: $u_A =$

最终结果: $e =$

七、结果陈述：

八、实验总结与思考题

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