

班号 自动化5班 学号 190320517 姓名 高旭 教师签字 _____
 实验日期 11.18 组号 B4 预习成绩 _____ 总成绩 _____

实验(九) 电子电荷的测定—密立根油滴法

一. 实验目的 1. 掌握密立根油滴法测定电子电荷的基本原理, 观察带电油滴在电场中运动规律.

2. 测定电子电荷, 验证电荷是量化的
 二. 实验原理 3. 学习密立根油滴法的设计思想, 培养严肃认真, 一丝不苟的科学实验方法和态度

1. 平衡法测定电子电荷

油滴经喷雾器喷出进入平行极板之间, 由于摩擦会带电.
 油滴质量为 m , 半径为 a , 带电量为 q ; 极板电压为 U , 间距为 d .
 静止状态下, 油滴受 mg , $\frac{Uq}{d}$, $F_{\text{浮}} = 4\pi\rho_0 a^3 g/3$ 作用.

$$mg = \frac{qU}{d} \rightarrow q = \frac{mgd}{U} \quad \begin{matrix} \text{直接测量} \\ \text{极为困难} \end{matrix} \quad m = \frac{4}{3}\pi\rho a^3$$

2. 带电油滴半径的测量

撤掉极板电压, 油滴开始下落, 受重力, 空气粘滞力 f 作用.

Stokes 定律 $f = 6\pi\eta a v$ (v : 油滴下落速度 η : 空气粘度 a : 油滴半径)

$$\text{平衡时} \quad 6\pi\eta a v_s = \frac{4}{3}\pi\rho g a^3 \rightarrow a = \sqrt{\frac{9\eta v_s}{2\rho g}}$$

油滴很小, 空气不能作连续均匀介质, Stokes 定律修正为

$$f = \frac{6\pi\eta a v_s}{1 + \frac{b}{pa}} \Rightarrow a = \sqrt{\frac{9\eta v_s}{2\rho g(1 + \frac{b}{pa})}}$$

3. 匀速下落速度的测量与电荷量计算

$$v_s = v(\infty) = \frac{2\rho g a^2(1 + \frac{b}{pa})}{9\eta} \quad q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \frac{d}{U_s} \left[\frac{\eta v_s}{t(1 + \frac{b}{p\sqrt{2\rho g v_s}})} \right]^{\frac{3}{2}}$$

4. 基本电荷量 e 的计算

最大公约数法: 测量不同油滴 q_1, q_2, \dots, q_n 找到其

最大公约数, 极为困难

例推法: 用公认元电荷 $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ 去除 q 即 $n = q/e$ 以

若实验成功则 n 非常接近某个整数值 N , 可认为 N 就是油滴所带元电荷数目



三. 数据处理

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \frac{d}{V_n} \left[\frac{gL}{t(1 + \frac{\rho}{P} \sqrt{\frac{2\rho g L}{\eta L}})} \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$V_s = \frac{2\rho g a^2 (1 + \frac{b}{pa})}{9\eta}$$

油滴序号	测量次数	平衡电压 U	下落时间 t	油滴 q	q/e(N)	q/N
1	1	360	14.36	4.63103 × 10 ⁻¹⁹	3	1.54 × 10 ⁻¹⁹
	2	360	14.35	4.67138 × 10 ⁻¹⁹	3	1.55 × 10 ⁻¹⁹
	3	360	14.26	4.71724 × 10 ⁻¹⁹	3	1.57 × 10 ⁻¹⁹
	4	360	14.01	4.84856 × 10 ⁻¹⁹	3	1.61 × 10 ⁻¹⁹
	5	360	14.45	4.62127 × 10 ⁻¹⁹	3	1.54 × 10 ⁻¹⁹
2	1	272	5.79	2.50838 × 10 ⁻¹⁸	16	1.57 × 10 ⁻¹⁹
	2	272	5.80	2.50175 × 10 ⁻¹⁸	16	1.57 × 10 ⁻¹⁹
	3	272	5.60	2.64013 × 10 ⁻¹⁸	16	1.65 × 10 ⁻¹⁹
	4	272	5.71	2.56251 × 10 ⁻¹⁸	16	1.60 × 10 ⁻¹⁹
	5	272	5.86	2.46255 × 10 ⁻¹⁸	16	1.53 × 10 ⁻¹⁹
3	1	383	14.11	4.50735 × 10 ⁻¹⁹	3	1.50 × 10 ⁻¹⁹
	2	383	14.01	4.55739 × 10 ⁻¹⁹	3	1.51 × 10 ⁻¹⁹
	3	383	14.08	4.52227 × 10 ⁻¹⁹	3	1.51 × 10 ⁻¹⁹
	4	383	13.91	4.60835 × 10 ⁻¹⁹	3	1.54 × 10 ⁻¹⁹
	5	383	14.15	4.48759 × 10 ⁻¹⁹	3	1.50 × 10 ⁻¹⁹

$$q_1 = \cancel{4.6777} \times 1.56577 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_2 = 1.58441 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_3 = 1.5122 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\bar{q} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{3} = 1.55419 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19}$$

$$\text{相对误差 } E = \frac{e - \bar{q}}{e} = 2.98\%$$



四. 实验结论及现象分析

在对三个油滴分别提升5次后,
成功计算出电子电荷量,并保证误差在5%以内。
现象:不同大小的油滴下落速度不同,大的油滴
计算出的误差较小。

五. 讨论问题

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?
因为油滴运动时离显微镜的距离可能会改变,不等于
显微镜的焦距,造成油滴的像模糊。
由于水平板未水平,电场力和重力场不在同一直线上,
使油滴未垂直下落,应不断调节显微镜焦距,跟踪
油滴并将仪器调水平。
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。
油滴的半径会减小,受到的重力和空气阻力也在减小,
平衡电压减小,时间增大。



取前3组数据

实验现象观察与原始数据记录

	$U_n(V)$	$t(s)$	$q_i(C)$	q_i/q_n	$q_i/t_i(C)$
1	360	14.36			
	360	14.35			
	360	14.26			
	360	14.01			
	360	14.45			
2	268 272	5.79			
	268 272	5.80			
	268 272	5.60			
	268 272	5.71			
	268 272	5.86			
3	383	14.11			
	383	14.01			
	383	14.08			
	383	13.91			
	383	14.15			
4	254	4.76			
	254	4.77			
	254	4.61			
	254	4.70			
	254	4.76			
5	205	22.8			
	205	22.74			
	205	22.67			
	205	22.20			
	205	22.34			

学生	姓名	学号	日期
签字			

教师	姓名
签字	

