

【实验目的】

- ① 测定电子的基本电荷量 e 的大小.
- ② 验证电荷的不连续性.

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

① 静电平衡法.



利用密立根油滴仪的喷雾器将油滴喷入两块相距为 d 的水平放置的平行带电平板间. 油滴由于喷出时的摩擦带电, 设为 q , 质量为 m . 调节板间电压 U 使油滴平衡, 此时有 $mg = qE = q \frac{U}{d}$ (1)

② 油滴质量的测定.

油滴在表面张力作用下, 一般呈小球状. 设密度为 ρ , 半径为 r , 则 $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ (2)

考虑空气对油滴的黏滞阻力 $F \propto v$, 无电场时油滴下降一段距离有 F 与 mg 平衡. 由斯托克斯定律: $F = 6\pi r \eta v = mg$ (3)

由 (2)(3) 有 $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g}}$ (4)

而 $r \sim 10^{-6} \text{ m}$, 斯托克斯定律修正为 $F = \frac{6\pi r \eta v}{1 + \frac{b}{Pr}}$ (5) ($b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{cmHg}$, P (cmHg) 为大气压)

则 $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{Pr}}}$ (6), 式中 r 使用 (4) 的结果即可; 还需测量 v , 只要测量其下降 l 用时 t , 计算 $v = \frac{l}{t}$ 即可 (7)

③ 油滴所带电荷量.

综合上述各式, 有 $q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t(1 + \frac{b}{Pr})} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{U}$ (8)

观察发现, 都有 $q = ne$ ($n = \pm 1, \pm 2, \dots$), e 是一个不变的值. (9)



【实验内容】（重点说明）

① 调节仪器，使测量室水平，重力场与电场平衡。

② 练习油滴的选择与控制

(1) 选择中等大小的油滴。油滴太大，则降落速度太快；油滴太小，则自由降落速度涨落很大，均不易测准时间。

(2) 练习控制油滴。

③ 数据测量与获取

(1) 将 K_2 开关拨到“平衡”挡，调节“平衡电压”旋钮使带电油滴在屏上某点静止。记录屏幕显示的平衡电压大小。

(2) 将 K_2 开关拨到“提升”挡，将带电油滴移至观察屏最上端水平线位置。

(3) 将 K_2 开关拨到“0V”挡，选择带电油滴匀速下降的一段进行计时，记录计时器读数 t 与下降距离 l 。

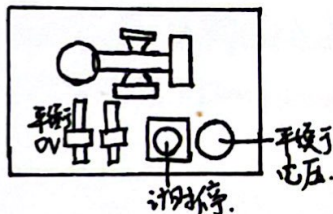
(4) 每次测量，填表。

④ “逐次相减法”求基本电荷量

利用上面测量得到的油滴的电荷量计算基本电荷量，并验证不同油滴所带电荷量都是某一公约数的倍数。

【实验器材及注意事项】

实验装置主要是密立根油滴仪与显示器。



注意事项：

① 喷雾器中油的液面不可高于喷雾管上口。

② 喷雾器中有剩余油时须立置，以防油流出。

③ 喷油时喷头不要伸入喷孔，防止大颗粒油滴堵塞喷孔。

④ 每次实验完毕应及时擦净极板和油雾室的积油。



【数据处理与结果】

由[实验原理]中的推导,我们有: $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g}} = \sqrt{\frac{9\eta l}{2\rho g t}}$

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

其中 $\rho = 981 \text{ kg/m}^3$, $g = 9.77 \text{ m/s}^2$, $\eta = 1.83 \times 10^{-3} \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$, $l = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{cmHg}$,
 $p = 76.0 \text{ cmHg}$, $d = 5.00 \times 10^{-3} \text{ m}$.

U/V	42	27	42	42	24	35	33	27	22	18
t/s	20.11	14.68	19.27	10.10	10.60	5.31	9.86	10.26	11.37	21.86
$q_i/10^{-19}\text{C}$	21.1	53.9	22.6	62.0	100	200	81.9	94.1	98.5	43.3
n	13	34	14	39	63	125	51	59	61	27
$\bar{e}/10^{-19}\text{C}$	1.62	1.59	1.61	1.59	1.59	1.60	1.61	1.59	1.61	1.60
相对误差(%)	1.25	0.63	0.63	0.63	0.63	0	0.63	0.63	0.63	0

对测出的10个 \bar{e} 取平均值,有 $\bar{e} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e_i = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

不确定度:

$$U_e = \sqrt{\frac{1}{10 \times (10-1)} \sum_{i=1}^{10} (e_i - \bar{e})^2} = 0.0035 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\therefore e = (1.60 \pm 0.0035) \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$E = 0\%$$



【误差分析】

①最大的误差来源应是下落时间的测定

(1)较大的油滴体积太大,下落时间较短,不易测量.

(2)较小的油滴容易产生漂移,增大测量误差

(3)人眼判断油滴是否到达预定位置以及按下计时按钮均会有一定误差.

②在调节电压使油滴平衡的过程中,仅借助人眼观察较难判断油滴是否处于静止平衡状态,这会给出测量带来误差

③可以发现在调节油滴平衡时油滴会上下抖动,可能是电压不稳带来的误差.

【实验心得及思考题】

①实验心得

本次实验我深入了解了如何测量电子的基本电荷量 e 的大小,以及验证了电荷的不连续性,总体来说这次实验的过程还是比较顺利的,除了一开始忘记将极片接上,在测量结果方面还是非常幸运的,感谢老师的提醒!

②思考题

Q: 何谓合适的待测油滴? 如何选择?

选择的油滴体积不能太大,太大的油滴虽然比较亮,但带的电荷可能比较多,下降速度也比较快,时间不容易测准确,油滴也不能选得太小,太小则布朗运动明显,通常选择平衡电压在 $30V-200V$,在 $10\sim 30s$ 内匀速下降 $1.5mm$ 的油滴,其大小和带电量都比较合适.



【数据记录及草表】

27 10.26 94.1 ✓ 59
22 11.37 98.5 ✓ 61
18 21.86 43.3 ✓ 27

数据记录及计算表

	x			x			x			
U/V	42	27	42	42	24	35	33	52	44	13
t/s	20.11	14.68	19.27	10.10	10.60	5.31	9.86	24.83	24.19	51.33
l/mm	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
$q_i/10^{-8}C$	2.11	5.39	2.26	6.20	10.0	20.0	8.19	1.22	1.51	1.54
n	13	34	14	39	63	125	51	8	9	10

序号 i	$q_i/10^{-8}C$	$\Delta q = q_{i+1} - q_i$
1	1.22	0.29
2	1.51	0.03
3	1.54	0.57
4	2.11	0.15
5	2.26	3.13
6	5.39	0.81
7	6.20	1.99
8	8.19	1.81
9	10.0	10.0
10	20.0	

教师签字：



