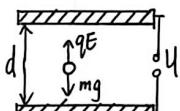


大学物理实验预习报告

班级计科24-4 学号2024210858 姓名傅家琪 成绩 100
实验项目 密立根油滴实验

- 通过学习密立根油滴实验的巧妙设计，体会一种微观量的测量方法。
- 验证电荷的不连续性以及测量元电荷电荷量。
- 了解 CCD 光学成像系统的工作原理。

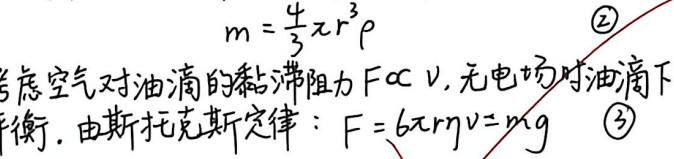
二、实验原理

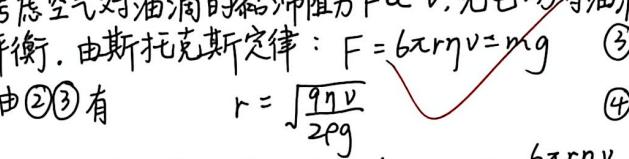
1. 静态平衡法：利用密立根油滴仪的喷雾器将油滴喷入两块相距为 d 的水平放置的平行带电平板间。油滴由于喷出时的摩擦带电，设为 q ，质量为 m 。调节板间电压 U 使油滴平衡，此时有 $mg = qE = q\frac{U}{d}$ 。


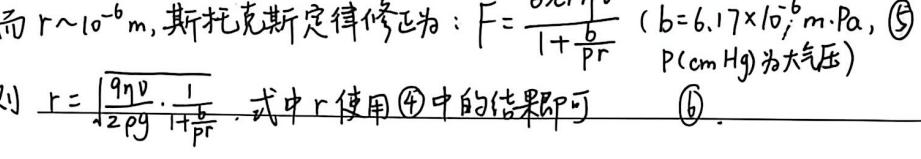
2. 油滴质量 m 的测定

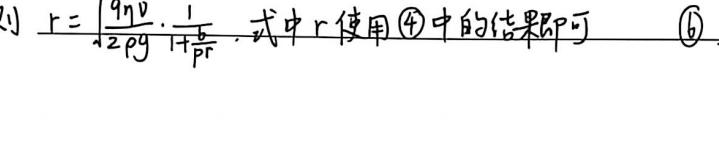
油滴在表面张力作用下，一般呈小球状。设密度为 ρ ，半径为 r ，则：

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho \quad (2)$$

考虑空气对油滴的粘滞阻力 $F \propto v$ ，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： $F = 6\pi r \eta v = mg$ 。


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


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


则 $v = \frac{mg}{6\pi r \eta} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{Pr}}$ 式中 r 使用(4)中的结果即 $v = \frac{9\eta v}{2\rho g} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{Pr}}$ 。


还需测量 v ，只要测量其下降时间 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

备注：

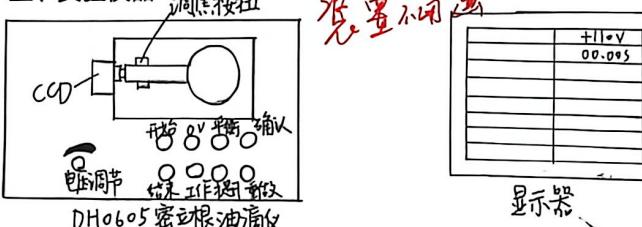
油的密度 $\rho = 981 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (20°C) 修正常量 $b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{Pa}$

重力加速度 $g = 9.794 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (合肥地区) 大气压强 $p = 101325 \text{ Pa}$

空气粘度 $\eta = 1.83 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ $= 76.0 \text{ cmHg}$ (标准)

油滴匀速下降的距离 $l = 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}$ 平行极板距离 $d = 5.00 \times 10^{-3} \text{ m}$

三、实验仪器



注意事项：1. 喷油时喷嘴不能伸进油雾室内，喷雾器要竖拿
2. CCD 的紧固螺钉不能松开调节
3. 监视器的对比度放最大
4. 避免用手接触电极、油孔堵塞

四、实验内容及步骤

1. 调节仪器，使测量室水平，重力场与电场平行。

(注：选择中等大小的油滴，油滴过大则降落速度太快；过小则速度涨落很大，不易测得时间)

2. 开启电源，切换至“工作”、“平衡”状态，喷入油滴，调整电压使油滴停止在始线

3. 切换至“0V”，当油滴从起始线上方落至“0V”标记处，按下“开始”，开始计时，落至有距离标线的格线时，按下结束键，2s后工作状态自动切换为“工作”、“平衡”。

4. 按“提升”，使油滴回到“0V”标记格线以上，再切换回“平衡”。

5. 多次测量，填表，选取不同油滴进行重复实验。

6. “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电荷量，并验证不同油滴所带电荷量都是某公约数的倍数。

$$A类不确定度 \sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{(5-1) \times 5} \sum_{i=1}^5 (e_i - \bar{e})^2} = 0.00315 \times 10^{-19} C$$

大学物理实验结果报告

实验地点 实验楼 205 日期 2025.10.10 指导教师 李玉华 10.10

五、数据表格

次序	1		2		3		4		5	
	V(V)	t(s)								
1	109	25.47	202	25.01	156	17.59	115	56.41	233	24.37
2	108	25.15	202	25.96	156	17.91	115	58.00	233	23.75
3	108	24.91	202	26.19	156	17.50	115	59.28	233	24.18
4	108	25.50	202	25.91	156	17.20	115	60.51	233	24.79
5	108	25.55	202	25.97	156	17.37	115	58.15	233	23.56
平均值	108	25.31	202	25.80	156	17.51	115	58.47	233	24.13
$e_0(C)$	6.359×10^{-19}		3.298×10^{-19}		7.846×10^{-19}		1.577×10^{-19}		3.177×10^{-19}	
$e_i(\text{测})$	$3.97 \approx 4$		$2.06 \approx 2$		$4.90 \approx 5$		$0.98 \approx 1$		$1.99 \approx 2$	
$e_i(\text{公})$	1.590×10^{-19}		1.649×10^{-19}		1.569×10^{-19}		1.577×10^{-19}		1.589×10^{-19}	

六、数据分析及处理

$$\begin{aligned} \text{由实验数据得 } \bar{e} &= \frac{1}{5} (e_{i\text{测}1} + e_{i\text{测}2} + e_{i\text{测}3} + e_{i\text{测}4} + e_{i\text{测}5}) \\ &= 1.595 \times 10^{-19} C \end{aligned}$$

$$\text{则相对不确定度 } A_e = \frac{|\bar{e} - e_0|}{e_0} \times 100\% = \frac{|1.595 \times 10^{-19} - 1.602 \times 10^{-19}|}{1.602 \times 10^{-19}} \times 100\% = 0.4\%$$

分析实验误差产生的可能原因：

- (1). 开始计时时，油滴尚未处于平衡状态，即油滴不是一直匀速运动
- (2). 存在其他油滴，由于其带电，相互作用影响本来的电场。
- (3). 油滴上附有灰尘
- (4). 在测量过程中，电荷量也会发生变化
- (5). 平行极板不水平或平行。

七、实验结果讨论

就实验目的②，我们测定了 e 的大小，且测定值与公认值仅有0.4%的误差

就实验目的①，我们利用电压、运动时间等可直接测量和控制的宏观物理量来实现对微观物理量—电子电量的测量。

实验的难点在于合适油滴的选取，最好平衡电压不超过300V，且大于100V，下落时间不宜过短，否则误差较大，也不宜长，最好不要超过100s。