

大学物理实验预习报告

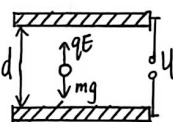
班级 计科24-4 学号 2024210858 姓名 傅家琪 成绩
实验项目 密立根油滴实验

一、实验目的

1. 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。
2. 验证电荷的不连续性以及测量元电荷电荷量。
3. 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 $mg = qE = q\frac{U}{d}$ ①



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:

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

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: $F = 6\pi\eta r v = mg$ ③

由②③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: $F = \frac{6\pi\eta r v}{1 + \frac{b}{Pr}}$ ($b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{Pa}$, $P(\text{cm Hg})$ 为气压) ⑤

则 $r = \sqrt{\frac{9\eta v}{2\rho g} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{Pr}}}$ 式中 r 使用④中的结果即可 ⑥

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

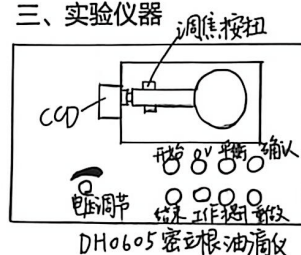
综合上述各式, 有 $q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\eta l}{t(1 + \frac{b}{Pr})} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{d}{U}$ ⑧

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

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



装置不用强



- 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。
 2. 开启电源, 切换至“工作”、“平衡”状态, 喷入油滴, 调整电压选取合适油滴, 停于起始线处。
 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一公约数的倍数。

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

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 宋玉山 10.10

五、数据表格

| 油滴 编号 | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
|-------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | V(V) | t(s) | V(V) | t(s) | V(V) | t(s) | V(V) | t(s) | V(V) | t(s) |
| 1 | 109 | 25.47 | 202 | 25.01 | 156 | 17.59 | 115 | 58.41 | 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 |
| Q(C) | 6.359×10^{-19} | | 3.248×10^{-19} | | 7.846×10^{-19} | | 1.577×10^{-19} | | 3.177×10^{-19} | |
| n_i | 3.97 ≈ 4 | | 2.06 ≈ 2 | | 4.90 ≈ 5 | | 0.98 ≈ 1 | | 1.99 ≈ 2 | |
| $e_{\text{测}}(C)$ | 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

由实验数据得 $\bar{e} = \frac{1}{5} (e_{i\text{测}1} + e_{i\text{测}2} + e_{i\text{测}3} + e_{i\text{测}4} + e_{i\text{测}5})$

$$= 1.595 \times 10^{-19} \text{ C}$$

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。