



北京航空航天大学 实验报告

学号: 20313091
班级: 200615
姓名: 樊悦
同组者: _____
日期: 2021.11.15
评分: _____

实验名称: 密立根油滴实验.

一. 实验原理.

一质量为 m , 带电量为 q 的油滴处在两块平行板板之间. 在平行板板未加电压时, 油滴受重力作用而加速下降. 下降一段时间后距离后, 由于重力与阻力平衡, 黏滞力为.

$$f_r = 6\pi\eta r v_g \quad (1)$$

式中, η 是空气的黏度, a 是油滴半径. 这时有.

$$6\pi\eta r v_g = mg \quad (2)$$

当在极板上加电压 U 时, 油滴处在电场强度为 E 的静电场中. 设电场力与重力相反, 使油滴处在电场强度为 E 的静电场中. 设电场力与重力相反, 使油滴受电场力加速上升. 一段时间后.

电场力、重力、阻力平衡. 设此时速度为 v_e . 则有.

$$6\pi\eta r v_e = qE - mg \quad (3)$$

又因为, $E = \frac{U}{d}$ (4). 联立上式有, $q = mg \frac{d}{U} \left(\frac{v_g + v_e}{v_g} \right)$ (5).

由于空气中悬浮和表面张力的原因, 可将油滴看作圆球. 其质量为.

$$m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho \quad (6)$$

联立上式 (2) (6) 得

$$a = \left(\frac{9\eta v_g}{2\rho g} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

考虑到油滴非常小, 空气不能看作连续媒质. 空气黏度修正为.

$$\eta' = \frac{\eta}{1 + \frac{b}{Pa}} \quad (8)$$

其中, b 为修正系数, P 为空气压强, a 为未修正过的油滴半径. 由 (7) 式可得 a .

实验时取油滴匀速下降和匀速上升的距离相等, 设为 l . 测出油滴匀速下降时间 t_g , 匀速上升时间 t_e . 则 $v_g = \frac{l}{t_g}$, $v_e = \frac{l}{t_e}$. (9).

将 (6) (8) 代入 (5), 得.

$$q = \frac{18\pi}{d\rho g} \left[\frac{\eta'}{a + \frac{b}{Pa}} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U} \left(\frac{1}{t_e} + \frac{1}{t_g} \right) \left(\frac{1}{t_g} \right)^{\frac{1}{2}}$$



扫描全能王 创建

令 $k = \frac{18\pi\eta}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\gamma L}{\eta(U + \frac{L}{\rho a})} \right]^{\frac{3}{2}}$ (12) $q = k \left(\frac{1}{U} + \frac{1}{U_0} \right) \left(\frac{1}{U_0} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{d}{U}$ (13)

U 为加速电压。下面导出静态法测油滴电荷的公式。

调整平行极板间电压使油滴不动。此时所加电压为平衡电压， $U_0 = a$ 即 $t_e \rightarrow \infty$ 由 (12)

可知。

$$q = k \left(\frac{1}{U_0} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U_0} \quad (11)$$

或

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\gamma L}{\eta(U + \frac{L}{\rho a})} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U} \quad (12)$$

其中 U 为小球静止时的平衡电压。

对于测得的各个电荷 q 求最大公约数，就是基本电荷 e 的值。

二、实验内容：

1. 接电后，调节仪器底座上的三次调平手轮，将水准调平。
2. 通常选择平衡电压为 200-300V，匀速下落 1.5mm (6 格) 用时在 8-20s 左右，的油滴较为适宜，直径过小的油滴会因布朗运动而引力较大，测量误差。
3. 练习控制油滴，练习测量油滴运动的时间。
4. 使用静态法测量油滴电荷。
5. 时有误差，对每个油滴必须进行 5 次以上测量，同时要对不同的油滴 (不少于 10 个) 进行重复测量。
6. 若考虑空气浮力，则 (12) 式修正为。

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho g}} \left[\frac{\gamma L}{\eta(U + \frac{L}{\rho_0 a})} \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d}{U} \quad (13)$$
 其中 $\rho_0 = \rho_{油} - \rho_{空}$ 。
7. 用随机配备的标准显微镜时，每格为 0.08mm 换上高倍显微镜后，每格值为 0.04mm



三. 数据处理

1. 原始数据列表.

编号	时间 t/s 电压 U/V	t_1/s	t_2/s	t_3/s	t_4/s	t_5/s	平均 \bar{t}/s
1	118	8.73	8.76	8.85	8.72	8.69	8.75
2	270	7.33	7.46	7.52	7.24	7.35	7.38
3	255	16.89	17.21	17.10	17.03	16.82	17.01
4	121	18.69	19.21	19.31	18.92	18.79	18.98
5	170	8.48	8.39	8.55	8.28	8.32	8.40
6	170	11.85	11.64	11.79	11.87	11.83	11.80
7	89	18.57	18.65	18.79	18.36	18.40	18.55
8	177	16.99	17.37	17.48	17.24	17.45	17.31
9	140	7.50	7.74	7.57	7.62	7.67	7.62
10	317	11.70	11.75	11.85	11.56	11.77	11.73

2. 倒过来验证法.

根据实验原理的推导, 解方程, 测量量表达式为.

$$\eta = \frac{18\pi}{J^2 \rho g} \left[\frac{\eta L}{t(1 + \frac{b}{\rho a})} \right]^{\frac{2}{3}} \frac{d}{u} \quad p_1 = p_{\text{油}} - p_{\text{空}}$$

其中, 油的密度: $\rho_{\text{油}} = 881 \text{ kg/m}^3$. 空气密度 $\rho_{\text{空}} = 1.205 \text{ kg/m}^3$.

重力加速度 $g = 9.801 \text{ m/sec}^2$.

空气粘滞系数 $\eta = 1.83 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$.

常数 $b = 6.17 \times 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{cmHg} = 8.224 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{Pa}$.

大气压强, $P = 76.0 \text{ cmHg} = 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$.

平行板间距 $d = 5.11 \times 10^{-3} \text{ m}$.

移动距离 $l = 1.50 \text{ mm}$.

验证 e 值 $e = 1.6021773 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$\eta = ne = \frac{0.9277 \times 10^{-14}}{[t(1 + 2.264 \times 10^{-3} \sqrt{t})]^{\frac{2}{3}}} \cdot \frac{1}{u}$$



列表计算.

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
时间/s	8.75	7.38	17.01	18.98	8.40	11.80	18.55	17.31	7.62	11.73
电压/V	118	270	255	119	170	170	87	177	140	317
q/C	2.67×10^{-8}	1.560×10^{-8}	4.676×10^{-9}	8.393×10^{-9}	2.032×10^{-8}	1.162×10^{-8}	1.171×10^{-8}	6.278×10^{-9}	2.807×10^{-8}	6.272×10^{-9}
n	16	10	3	5	13	7	7	4	18	4
$e_{测}/C_{10^{-19}}$	1.642	1.560	1.559	1.679	1.563	1.660	1.673	1.569	1.559	1.568
相对误差	2.48%	-2.05%	-2.72%	4.77%	-2.43%	3.40%	4.40%	-2.04%	-2.68%	-2.13%

$$\bar{e} = 1.6031 \times 10^{-19} C \text{ 相对误差: } \bar{E} = \frac{\bar{e} - e}{e} \times 100\% = 0.06\%$$

不确定度计算.

$$U(e) = \sqrt{\frac{\sum (e_i - \bar{e})^2}{9 \times 10}} = \sqrt{\frac{2.498 \times 10^{-40}}{90}} = 1.667 \times 10^{-21} C$$

$$U(e) = U(e) = 2 \times 10^{-21} C = 0.02 \times 10^{-19} C.$$

$$e \pm U(e) = (1.60 \pm 0.02) \times 10^{-19} C.$$

3. 作图法验证.

作图法求得的 n 值与上表相同.

从图象求得. $\bar{e} = 1.598 \times 10^{-19} C$

$$\text{相对误差 } E = \frac{\bar{e} - e}{e} \times 100\% = -0.4\%.$$

四. 思考题

1. 对实验结果造成影响的主要因素?

① 布朗运动. 可能会给判断油滴是否处于平衡状态带来困难. 从而影响平衡电压的调节.

② 空气的湿度可能影响空气的黏滞系数. 从而影响油滴受到的阻力. 与计算不符造成误差. 也可能影响带电量.

③ 仪器是否水平. 影响对油滴移动距离的读数.

2. 如何判断水平. 有何影响?

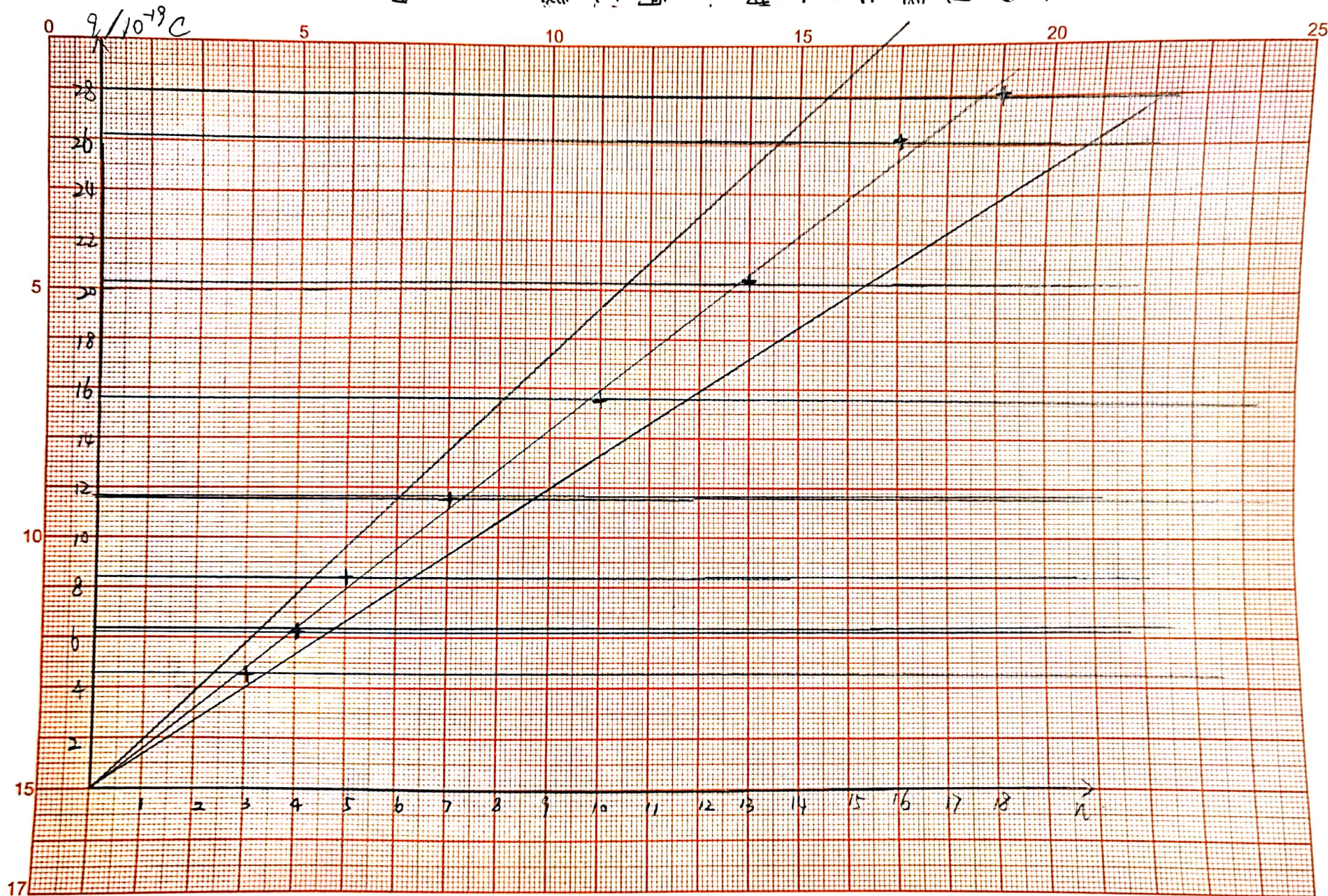
① 可以受力分析知. 若不平. 则受电场力和重力不在同一直线. 使运动方向不竖直. 对运动距离的判断会造成影响. 从而影响对电荷量的计算.

3. CCD 成像优点?

比直接观察显微镜方便. 并且图象更大. 更清晰. 且不用考虑视差带来的影响.



扫描全能王 创建



17X25厘米

标准计算纸

上海小画家纸业有限公司



扫描全能王 创建

0.25 mm / 格. 下落6格.

实验报告

课程名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 学生姓名: _____

组	u/v	t/s	组	u/v	t/s
1	-118	8.73	4	-111	18.69
	-118	8.76			19.21
	-118	8.85			19.31
	-118	8.72			18.92
	-118	8.69			18.79

2.	-270	7.33	5.	170	8.48
		7.40			8.39
		7.52			8.55
		7.24			8.28
		7.35			8.30

3.	-255	16.89	6.	170	11.85
		17.21			11.64
		17.10			11.79
		17.03			11.87
		16.80			11.83



扫描全能王 创建

实验报告

课程名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班级: _____ 学生姓名: _____

组 7	u/v 8.9	t/s 18.57 18.65 18.79 18.36 18.40	10.	u/v 317	t/s 11.70 11.75 11.85 11.56 11.77
--------	------------	--	-----	------------	--

8	177	16.99 17.37 17.48 17.24 17.45
---	-----	---

11.

9	140	7.50 7.74 7.57 7.62 7.67
---	-----	--------------------------------------

100.
15/11

