

实验 CA1 密立根油滴实验

【实验目的】

1. 学习用油滴实验测量电子电荷的原理。
2. 利用静态法和动态法观测带电油滴的运动状态，测量不同带电油滴的电荷量，验证电荷的不连续性，测量电子电荷值 e 。
3. 了解 CCD 摄像机、光学系统的成像原理，了解显微测量方法以及视频信号处理技术的工程应用等。

【仪器用具】

编号	仪器用具名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	CCD 显微密立根油滴仪	1	ZKY-MLG-6（包括视频监视器）
2	机油及喷雾器	1	

【原理概述】

油滴实验是近代物理学中测量基本电荷 e （也称元电荷）的一个经典实验，该实验是由美国著名物理学家密立根（Robert A. Millikan）在 1908 年到 1917 年所做的测量微小油滴所带电荷的工作。油滴实验是物理学发展史上具有重要意义的实验。这一实验的设计思想简明巧妙、方法简单，而结论却具有不容置疑的说服力，因此堪称物理实验的精华和典范。1908 年，在总结前人实验经验的基础上，密立根开始研究带电液滴在电场中的运动过程。结果表明，液滴上的电荷是基本电荷的整数倍，但因测量结果不够准确而不具有说服力。1910 年，他用油滴代替容易挥发的水滴，获得了比较精确的测量结果。1913 年，密立根宣布了其开创性的研究结果，这一结果具有里程碑的意义：（1）明确了带电油滴所带的电荷量都是基本电荷的整数倍，（2）用实验的方法证明了电荷的不连续性，即电量的量子化。（3）测出了基本电荷值（从而通过荷质比计算出电子的质量）。此后，密立根又继续改进实验，提高实验精度，最终密立根测出的实验数据是 $e = 1.5924(17) \times 10^{-19} \text{C}$ ，这与现在公认的值相差仅 1%。目前国际公认的元电荷 $e = (1.60217733 \pm 0.00000049) \times 10^{-19} \text{C}$ 。由于在测定基本电荷值和测出普朗克常数等方面做出的成就，密立根在 1923 年获得了诺贝尔物理学奖。

90 多年来，物理学发生了根本的变化，而这个实验又重新受到实验物理学家的重视，例如根据这一实验设计思想改进的用磁漂浮方法测量分数电荷，利用密立根油滴实验原理测量粉尘的荷电量等，显示出该实验在工业应用和科学研究中的广泛应用前景。

密立根油滴实验测定电子电荷的基本设计思想是使带电油滴在重力场和电场作用下处于受力平衡状态，通过重力推算电荷量的数值。按油滴运动方式分类，可分为静态（平衡）测量法和动态（非平衡）测量法。

1. 静态（平衡）测量法

平衡测量法的出发点是，当油滴在两极板间受力达到平衡时，油滴静止或作匀速运动。如图 1 所示，一个足够小的油滴，设此油滴的质量为 m ，所带的电量为 q ，油滴半径为 r （由于表面张力的原因，油滴总是呈小球状）。产生电场的两极板间的电压为 U ，相距为 d 。油滴受到的力有以下几种：

➤ 重力： $F_G = mg$ (1)

➤ 电场力： $F_Q = qU/d$ (2)

- 空气阻力：根据斯托克斯定律，油滴以速度 v 运动时，受到的空气阻力 F_r 为：

$$F_r = 6\pi\eta r v \quad (3)$$

(η 是空气的粘滞系数)

- 空气浮力： $F_b = 4\pi r^3 \rho_{air}/3 \quad (4)$

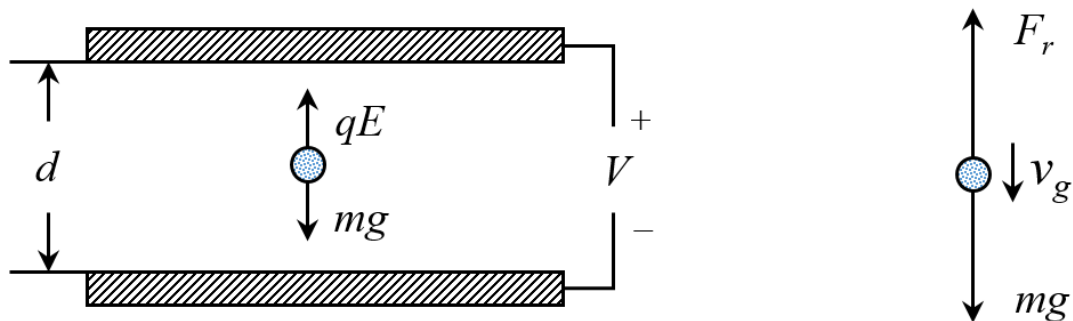


图 1 静态测量法油滴受力分析

若油的密度为 ρ_o ，油滴的质量 m 可表示为：

$$m = 4\pi r^3 \rho_o / 3 \quad (5)$$

钟表油在 20°C 时密度为 981kg/m^3 ，空气密度为 1.29kg/m^3 ，油的密度远大于空气的密度。这里为了简化分析，在后面的讨论中忽略了空气的浮力。

如果调节两极板间的电压 U ，可使油滴受到的重力和电场力达到平衡，油滴处于静止状态。即：

$$mg = qU/d \quad (6)$$

从公式 (6) 可以看出，为了测出油滴所带的电量，除了需测定平衡电压 U 和极板间距 d 外，还需要测量油滴的质量 m 。根据 (5) 式，要测定油滴的质量，需要测定油滴的密度和半径。油滴密度的数值比较容易获得。要测得油滴的半径，由于油滴质量 m 很小，需用利用斯托克斯定律进行。具体方法如下：设置平行极板电压 $U=0$ ，这时油滴受重力作用而加速下落。油滴运动时受空气阻力作用，下降一段距离后空气阻力与重力平衡，油滴将以速度 v_g 匀速下降即：

$$mg = 6\pi\eta r v_g \quad (7)$$

由公式 (5) 和公式 (7) 可得油滴的半径为：

$$r = \left[\frac{9\eta v_g}{2\rho_o g} \right]^{1/2} \quad (8)$$

实际实验中，通常油滴的半径在 10^{-6} 米量级，此时空气不能再看作连续介质，空气的粘滞系数 η 应作如下修正：

$$\eta' = \frac{\eta}{1+b/(pr)} \quad (9)$$

其中 b 为修正系数， p 为大气压强。根据修正的粘滞系数，油滴的半径公式 (8) 应改为：

$$r' = \left[\frac{9\eta v_g}{2\rho_o g} \cdot \frac{1}{1+b/(pr)} \right]^{1/2} \quad (10)$$

这里 (10) 式右边的 r 采用的是未经修正的油滴半径，它由 (8) 式计算得到。这是因为 r 在修正项中，不必计算得很精确。修正后的油滴质量为：

$$m = \frac{4\pi}{3} \left[\frac{9\eta v_g}{2\rho_o g} \cdot \frac{1}{1+b/(pr)} \right]^{3/2} \cdot \rho_o \quad (11)$$

在 (11) 式中还有油滴匀速下降的速度 v_g 需要测定。测定方法如下：当极板间的电压 U

为零时，设油滴匀速下降的距离为 L ，时间为 t_g ，则 $v_g = L/t_g$ 。根据 (6)、(8)、(11) 式得采用平衡法测定油滴所带电量 q 的理论公式为：

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho_o g}} \left[\frac{\eta L}{t_g [1+(b/pr)]} \right]^{3/2} \frac{d}{U} \quad (12)$$

(12) 式中各种参数的物理意义和数值列于下表：

符号	物理意义	数值和单位	符号	物理意义	数值和单位
d	极板间距	$5 \times 10^{-3} \text{m}$	g	重力加速度	9.78858m/s^2 (广州)
η	空气粘滞系数	$1.83 \times 10^{-5} \text{kg/(m s)}$	ρ_o	油的密度	981kg/m^3 (20°C)
b	修正系数	0.00823N m 或 $6.17 \times 10^{-6} \text{m/cmHg}$	p	大气压强	101325Pa 或 76cmHg
L	下落距离	本实验采用 1.6mm	U	平衡电压	待测
			t_g	油滴下落时间	待测

从上表可以看出，采用平衡法测量油滴所带电量，需要测量平衡电压和油滴下落时间。

2. 动态（非平衡）测量法

动态测量法是在平行极板上加上适当的电压，但并不调节电压使静电力和重力达到平衡，而是使油滴受静电力作用加速上升。由于受空气阻力的作用，油滴上升一段距离后，空气阻力、重力、静电力达到平衡（空气浮力忽略不计），油滴将以速度 v_e 匀速上升，如图 2 所示。这时可得如下关系式：

$$6\pi r \eta v_e = q \frac{U}{d} - mg \quad (13)$$

设定极板电压为零，油滴将以速度 v_g 匀速下降，即平衡法中的 (7) 式。将 (13) 式和 (7) 式相除，可得：

$$\frac{v_e}{v_g} = (q \frac{U}{d} - mg) / (mg) \quad (14)$$

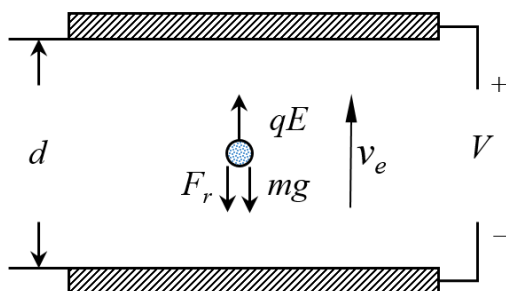


图 2 动态测量法油滴受力分析

可得油滴所带电量为：

$$q = mg \frac{d}{U} \left(\frac{v_g + v_e}{v_g} \right) \quad (15)$$

实验时取油滴匀速下降和匀速上升的距离相等，设为 L 。测出油滴匀速下降的时间为 t_g ，匀速上升的时间为 t_e ，则 $v_g = L/t_g$ ， $v_e = L/t_e$ 。结合油滴质量公式（11）可得动态法测定油滴所带电量的理论公式为：

$$q = \frac{18\pi}{\sqrt{2\rho_o g}} \left[\frac{\eta L}{1+b/(pr)} \right]^{3/2} \frac{d}{U} \left(\frac{1}{t_e} + \frac{1}{t_g} \right) \left(\frac{1}{t_g} \right)^{1/2} \quad (16)$$

这里比较一下两种测量方法：用平衡法测量时，油滴有平衡不动时，实验操作时间容易控制，但需要仔细调整平衡电压；用非平衡法测量，在原理和数据处理方面较平衡法要繁琐一些，测量时不需要调整平衡电压，但油滴没有静止不动时，实验操作略有疏忽，油滴就会丢失。

比较静态法测定的电量公式（12）和动态法测定的电量公式（16）可见，当调节电压 U 使油滴受力达到平衡时，油滴匀速上升的时间 $t_e \rightarrow \infty$ ，两式变为一致，可见静态测量法是动态测量法的一个特殊情况。

从实验所测得的带电量结果，可以分析出 q 只能为某一数值的整数倍，由此可以得出油滴所带电子的总数 n ，从而得到一个电子的电荷值为 $e = q/n$ 。也可用作图法，对 $q_i = n_i e$ 进行直线拟合，斜率即为 e 值。

【仪器介绍】

本实验用的仪器为 ZKY-MLG-6-CCD 显微密立根油滴仪。它由主机、CCD 成像系统、油滴盒、监视器、喷雾器等部件组成。主机包括可控高压电源、计时装置、A/D 采样、视频处理等单元模块。CCD 成像系统包括 CCD 传感器、光学成像部件等。油滴盒包括高压电极、照明装置、防风罩等部件。监视器是视频信号输出设备。仪器部件示意图如图 3 所示。

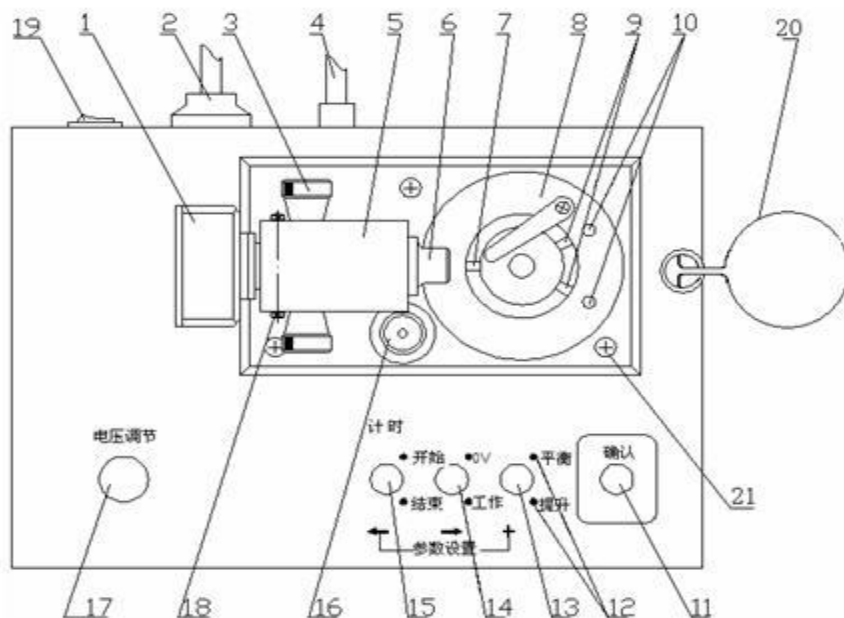


图 3 主机部件示意图：1、CCD 模块 2、电源线及插座 3、调焦旋钮 4、Q9 视频接口 5、显微镜 6、显微目镜 7、油滴观察孔 8、油底盒平行电极 9、进光孔 10、LED 照明光源 11、确认键 12、状态指示灯 13、平衡/提升切换键 14、0V/工作切换键 15、计时开始/结束切换键 16、水准泡 17、电压调节旋钮 18、紧固螺钉 19、电源开关 20、油滴管收纳盒安放环 21、水平调节螺钉（共 3 颗）

1、CCD 模块及光学成像系统用来捕捉暗室中油滴的像，同时将图像信息传给主机的视

频处理模块。实验过程中可以通过调焦旋钮来改变物距，使油滴的像清晰地呈现在 CCD 传感器的窗口内。

电压调节旋钮可以调节极板之间的电压大小，用来控制油滴的平衡、下落及提升。

计时“开始/结束”按键用来计时；“0V/工作”按键用来使极板间电压在 0V 和电压调节旋钮的设置值 U 之间切换；“平衡/提升”按键可以使极板电压在平衡电压 U 和 $(U+200)$ V 之间切换，使油滴处于平衡或提升状态；“确认”按键可以将测量数据显示在屏幕上，从而省去了每次测量完成后手工记录数据的过程，使操作者把更多的注意力集中到实验本质上来。

2、油滴盒是密立根油滴实验仪的一个关键部件，具体构成,如 4 所示。上、下极板之间通过胶木圆环支撑，三者之间的接触面经过机械精加工后可以将极板间的不平行度、间距误差控制在 0.01mm 以下；这种结构基本上消除了极板间的“势垒效应”及“边缘效应”，较好地保证了油滴室处在匀强电场之中，从而有效地减小了实验误差。

胶木圆环上开有两个进光孔和一个观察孔，光源通过进光孔给油滴室提供照明，而成像系统则通过观察孔捕捉油滴的像。照明由带聚光的高亮发光二极管提供，其使用寿命长、不易损坏；油雾杯可以暂存油雾，使油雾不会过早地散逸；进油量开关可以控制落油量；防风罩可以避免外界空气流动对油滴的影响。

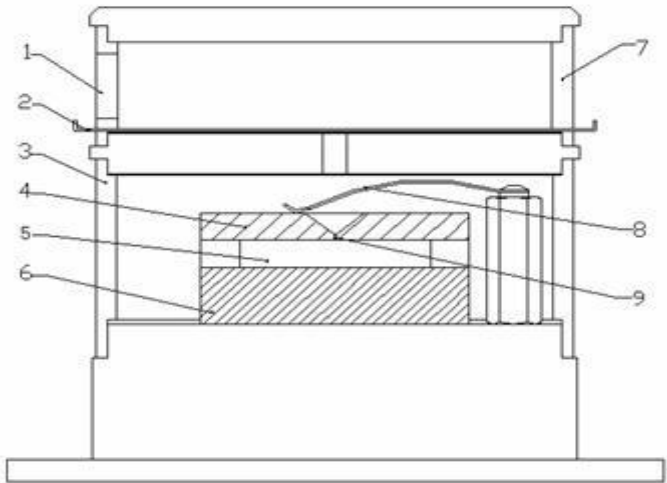


图 4 油滴盒装置示意图：1、喷雾口 2、进油量开关 3、防风罩 4、上极板 5、油滴室 6、下极板 7、油雾杯 8、上极板压簧 9、落油孔

3、视频监视器

视频监视器用于观察油滴的运动状态，并显示实验方法（平衡法或动态法）、极板电压、油滴运动时间、运动距离等实验参数，以及所测定的油滴带电量等。在工作状态下，监视器的实验界面如下表所示。不同实验方法下，实验界面略有不同。

(距离标志) 0		(极板电压) (计时时间)
		(电压保存提示栏)
		(保存结果显示区)
		(共 5 格)
		(下落距离设置栏)
(距离标志) 1.6		(实验方法显示栏)

	(仪器生产厂家)
--	----------

(1) 极板电压：实际加到极板的电压，显示范围：0~420V。

(2) 计时时间：计时开始到结束所经历的时间，显示范围：0~99.99s。

(3) 电压保存提示栏：显示将要作为结果保存的电压，每次完整的实验后显示。按确认键保存后自动清零。保存结果显示在保存结果显示区。当需要删除当前保存的实验结果时，按下确认键 2 秒以上，当前结果被清除。

(4) 保存结果显示区：显示每次保存的实验结果，显示格式与实验方法有关。如下表所示：

平衡法	动态法
(平衡电压)	(提升电压)(平衡电压)
(下落时间)	(上升时间)(下落时间)

(5) 下落距离设置：显示设置的油滴下落距离。当需要更改下落距离的时候，按住“平衡/提升键”2 秒以上，此时距离设置栏被激活，通过 + 键（即平衡/提升键）修改油滴下落距离，然后按确认键确认修改。距离标志相应变化。(采用动态法时，动态法 1 步骤和 2 步骤之间不能更改距离)。

(6) 距离标志：显示当前设置的油滴下落距离，在相应的格线上做数字标记，显示范围：0.2mm~1.8mm。垂直方向视场范围为 2mm，分为 10 格，每格 0.2mm。(本实验默认下落距离 1.6mm)。

(7) 实验方法栏：显示当前的实验方法(平衡法或动态法)，只能在参数设置界面设定。若要改变实验方法，需要重新启动仪器。对于平衡法，实验方法栏仅显示“平衡法”字样；对于动态法，实验方法栏除了显示“动态法”以外，还显示即将开始的动态法步骤。如将要开始动态法第一步(油滴下落)，实验方法栏显示“1 动态法”。同样，做完动态法第一步骤，即将开始第二步骤时，实验方法栏显示“2 动态法”。

【实验内容及步骤】

本实验采用平衡法和动态法两种方法测量不同油滴所带的电荷量。

1、调整油滴实验仪

小心取下 ZKY-MLG-6-CCD 显微密立根油滴仪的金属盖放置一边。

(1) 水平调整。调整实验仪主机的调平螺钉旋钮(俯视时，顺时针转动时平台降低，逆时针转动时平台升高)，直到水准泡正好处于中心位置（注：严禁旋动水准泡上的旋钮）。将实验平台调平，以保证电场方向与重力方向平行以免引起实验误差。极板平面是否水平决定了油滴在下落或提升过程中是否发生左右的漂移。

(2) 实验仪使用

a、打开实验仪电源及监视器电源，监视器出现仪器名称及研制公司界面。

b、按主机上任意键，监视器出现参数设置界面。首先，设置实验方法，然后根据该地的环境适当设置重力加速度、油密度、大气压强、油滴下落距离。“←”表示左移键、“→”表示为右移键、“+”表示数据设置键。

c、按确认键后出现实验界面，各键状态为：计时“开始/结束”键为结束、“0V/工作”键为 0V、“平衡/提升”键为“平衡”。

(3) CCD 成像系统调整。打开进油量开关，手握喷雾器的气囊，使喷雾器的喷口对准油雾室边上的孔，用力挤压气囊向油滴盒内喷入油雾，微调显微镜的调焦手轮，此时监视器

上应该出现大量运动油滴的像，微调调焦手轮使成像更清晰。若没有看到油滴的像，则需调整调焦旋钮。通常喷射一至两下即可找到合适的油滴。（注意：使用喷雾器时，喷口要朝上，避免将油直接喷出！喷雾器闲置时必须保持油滴出口始终朝上，不得横在桌上或倒置在杯中，以防油直接流出来。使用过程中要轻拿轻放，避免碰碎喷雾器。）

2、学习控制油滴在视场中的运动。

电中性的油在喷雾过程中被撕裂成许多油滴，由于摩擦，一般都带有电荷，通常带负电。

(1) 选择合适的油滴

根据油滴在电场中受力平衡公式 $qU/d=4\pi r^3\rho g/3$ 以及多次实验的经验，当油滴的半径在 $0.5-1\mu\text{m}$ 时最为适宜。若油滴过小，布朗运动影响明显，平衡电压不易调整，时间误差也会增加；若油滴过大，下落太快，时间相对误差增大，且油滴带多个电子的几率增加。选择带 1-5 个电子的油滴比较合适。

操作方法：三个参数设置按键分别为：“结束”、“工作”、“平衡”状态，平衡电压调在 $200\sim 400\text{V}$ 。喷入油雾，调节调焦旋钮，使屏幕上显示大部分油滴，可见带电多的油滴迅速上升飞出视场，不带电的油滴下落出视场，约 10s 后油滴减少。选择那种上升缓慢的油滴作为暂时的目标油滴，切换“0V/工作”键使极板间的电压为 0V，在暂时的目标油滴中选择下落速度为 $0.2-0.5$ 格/s 的作为最终的目标油滴，调节调焦旋钮使该油滴最小最亮。

(2) 平衡电压的确认

切换“0V/工作”键使状态为工作，仔细调整电压旋钮，使油滴平衡在某一格线上，等待一段时间（约一两分钟），观察油滴是否飘离格线。若油滴始终向同一方向飘离，则需重新调整平衡电压；若其基本稳定在格线或只在格线上下做轻微的布朗运动，则可以认为油滴达到了力学平衡，这时的电压就是平衡电压。选取油滴的平衡打压大于 200V 较为合适。

由于油滴在实验的过程中会不断挥发，同一油滴的平衡电压随时间的推移不断递减，因此对同一油滴进行多次测量时，每次测量前都需要重新调整平衡电压。

(3) 控制油滴的运动

按“0V/工作”键切换至“0V”，绿色指示灯点亮，极板间电场为零，油滴在重力、浮力及空气阻力的作用下作下落运动。

按“0V/工作”键切换至“工作”，红色指示灯点亮，“平衡/提升”按键切换至“平衡”，则极板间加上平衡电压，油滴停止下落。

在动态测量法中，若“平衡/提升”键切换至“提升”，则极板间电压等于平衡电压加上 200V ，油滴上升。

(4) 熟悉各按键的操作后，可以尝试测量数据，过程如下：

- 将油滴平衡在屏幕顶端的第一条格线上，将工作状态按键切换至“0V”，绿色指示灯点亮，此时上、下极板同时接地，电场力为零，油滴在重力、浮力及空气阻力的作用下作下落运动。油滴是先经一段变速运动，然后变为匀速运动，但变速运动的时间非常短（小于 0.01s ，与计时器的精度相当），所以可以认为油滴是立即匀速下落的。
- 当油滴下落到有 0 标记的格线时，立刻按下“计时”键，计时器开始记录油滴下落的时间；待油滴下落至有距离标志（1.6）的格线时，再次按下计时键，计时器停止计时（计时位置见图 5），此时油滴停止下落。“0V/工作”按键自动切换至“工作”，“平衡/提升”按键处于“平衡”，可以通过“确认”键将此次测量数据（平衡电压和下降时间）记录到屏幕上，下降时间在 $10\sim 40$ 秒之间的油滴较为合适。若平衡电压和下降时间不满足要求，则需重新挑选油滴。当需要删除当前保存的实验结果时，按下确认键 2 秒以上，当前结果被清除。

- 将“平衡/提升”按键切换至“提升”，这时极板电压在原平衡电压的基础上增加 200V，油滴立即向上运动，待油滴提升到屏幕顶端时，切换至“平衡”，重新调节平衡电压，进行下一次测量。每颗油滴共测量 5 次，5 次测量结束后，实验仪内置的单片机会根据设置的参数计算出 5 组电压和下落时间的平均值，给出 5 次测量的平均电荷量。并在监视器实验界面的左面显示出来。若要继续实验，再次按“确认”键。

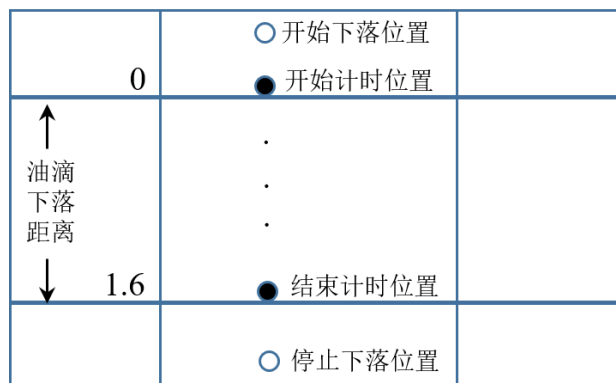


图 5 平衡法计时位置示意图

3、用平衡法测量油滴所带的电荷量

详细实验过程如下：

- (1) 将“0V/工作”按键状态切换至“工作”，红色指示灯点亮；将“平衡/提升”按键置于“平衡”。将平衡电压调整为 200~400V 之间任意值。
- (2) 通过喷雾口向油滴盒内喷入油雾，此时监视器上将出现大量运动的油滴。选取合适的油滴，仔细调整平衡电压 U ，使其平衡在最上面的格线上。
- (3) 将“0V/工作”状态按键切换至“0V”，此时油滴开始下落，当油滴下落到有“0”标记的格线时，立即按下计时开始键，计时器启动，开始记录油滴下落时间 t 。
- (4) 当油滴下落至有距离标记的格线时（本实验：1.6），立即按下计时结束键，计时器停止计时，油滴立即静止，“0V/工作”按键自动切换至“工作”。通过“确认”按键将这次测量的“平衡电压 U 和匀速下落时间 t ”记录在监视器屏幕上。
- (5) 将“平衡/提升”按键置于“提升”，油滴将向上运动，当回到最上面的格线时，将“平衡/提升”键切换至平衡，油滴停止上升，重新调整平衡电压。（注意：如果此处的平衡电压发生了突变，则该油滴得到或失去了电子。这次测量不能采用，需要重新寻找油滴进行测量。）
- (6) 当对同一个油滴的 5 次测量完成后，按“确认”键，实验仪内部的单片机将根据参数自动计算出 5 次测量的平均平衡电压 \bar{U} 和平均匀速下落时间 \bar{t} ，并根据参数自动计算并显示出该油滴的电荷量 q 。
- (7) 记录实验界面显示的数值（包括每次用的平衡电压，下落时间，5 次平均电压，5 次平均时间，测量电荷量的平均值）。
- (8) 重复上述步骤，要求测量 5 颗不同的油滴，测量每颗油滴的电荷量 q 。

实验结束后的数据处理，可以采用如下两种方法进行：

- 计算法：实验测量 5 颗油滴，记录每颗油滴的电荷量 q_i ，再用电荷 e 的理论值去除，对商四舍五入取整后得到每颗油滴所带电子个数 n_i ，之后再求 $q_i/n_i=e_i$ 得到每次测量的基本电荷，再求出 5 次测量的 \bar{e} ，与理论值进行对比。
- 作图法：得到 q_i 和对应的 n_i 后，以 q 为纵坐标， n 为横坐标作图，拟合得到的直线

斜率即为基本电荷 e 的测量值，与理论值进行对比。

4、用动态法测量油滴所带的电荷量（选做）

和平衡法不同，动态法分两步完成，第一步是油滴下落过程，其操作同平衡法。完成第一步后，如果对本次测量结果满意，则可以按下确认键保存这个步骤的测量结果，如果不满意，则可以删除（删除方法见前面所述）。

第一步骤完成后，油滴处于距离标志格线以下（本实验：1.6）。通过“0V/工作”键、“平衡/提升”键配合，使油滴下偏距离“1.6”标志格线一定距离。调节“电压调节”旋钮加大电压，使油滴上升，当油滴到达“1.6”标志格线时，立即按下计时开始键，计时器开始计时；当油滴上升到“0”标记格线时，再次按下计时键，停止计时，但油滴继续上升，再次调节“电压调节”旋钮使油滴平衡于“0”格线以上（图6），按下“确认”键保存本次实验结果。

重复以上步骤完成5次完整实验，按下确认键，实验仪自动计算出实验结果。动态测量法是分别测出下落时间、提升时间及提升电压，并代入式（16）计算求得油滴带电量 q 。

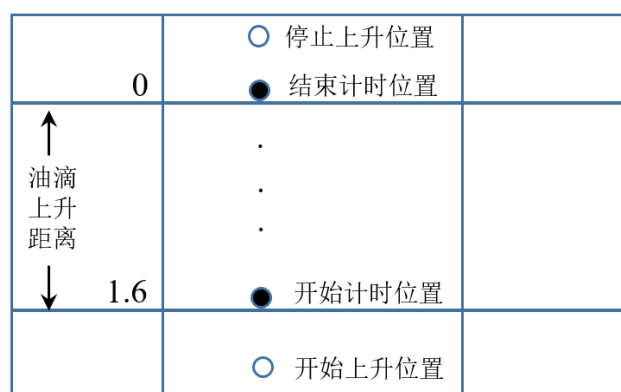


图6 动态法计时位置示意图

（注：测量方法需要在开机时选择。更换测量方法，需要先关机，再开机。）

【注意事项】

1. 仪器内有高压，极板间电压达到数百伏，实验过程中严禁用手接触电极。
2. 实验前必须调整实验仪主机的调平螺钉旋钮(俯视时，顺时针转动时平台降低，逆时针转动时平台升高)，直到水准泡正好处于中心（注：严禁旋动水准泡上的旋钮）。
3. 喷雾器喷雾时，喷嘴出口要高于储油囊，避免将油直接喷出。每次喷雾喷一至两次即可，防止油逸出堵塞落油孔。喷雾器不用时必须保持油滴出口始终朝上，不得横在桌上或倒置在杯中，以防止油直接流出来。喷雾器使用过程中要轻拿轻放，避免碰碎喷雾器。
4. 测量时，选取目视油滴直径在 0.5~1mm 左右、平衡电压为 200V-400V 左右、匀速下落 1.6mm（8 格）的时间在 20s 左右的油滴较适宜。
5. 每次测量前都要调节平衡电压，若发现平衡电压有明显改变，则应放弃本次测量，重新选一颗油滴进行测量。
6. 计时过程中眼睛要平视刻度线，不要有夹角。
7. 针对选中油滴微调显微镜焦距，呈现出清晰的亮点后再测量。

【实验前思考题】

- 1、密立根利用油滴测定电子电荷的基本原理是什么？
- 2、什么是静态(平衡)测量法和动态(非平衡)测量法？两种方法有何不同与优缺点？测量中需注意哪些问题？
- 3、为什么必须保证油滴在测量范围内做匀速运动或静止？怎样控制油滴运动？

【实验后思考题】

- 1、试分析本实验的主要误差来源。
- 2、在完成自己实验数据分析的基础上，把本实验班（约 12 名）同学的数据做统计分析，并与电子电荷值比较。
- 3、密立根油滴实验的总结(油滴筛选、跟踪、测量……)(经验分享；体会；感想；讨论；建议等)。
- 4、（选做）在实验原理中，我们是把油滴作为一个孤立的带电球来进行处理的，也就是说，我们忽略了油滴之间的相互作用（静电排斥），或其他油滴所带电荷对所观察的油滴附近电场所造成的影响。那么，在什么样的情况下，这种近似的考虑才可以成立。