



# 物理学史中的八月

1913年8月: Robert Millikan 和他的油滴实验

(译自 *APS News*, 2006年8/9月)

萧如珀 杨信男 译

Robert Millikan 著名的油滴实验发表于 1913 年 8 月, 对以往测量电子电荷的方式做了大幅改良, 很精巧地测出基本电荷量, 被誉为物理史上最巧妙的实验之一, 但它也成了指控 Robert Millikan 在科学行为上有瑕疵的根据。

Robert Millikan 诞生于 1868 年, 是家里的第二个儿子, 在美国 Iowa 州的乡村长大, 父亲是牧师。Robert Millikan 毕业于奥伯林学院, 在哥伦比亚大学获得博士学位后, 到德国 1 年, 然后至芝加哥大学任职。

大约在 1906 年时, Robert Millikan 已是一个很成功的教育家及教科书的编写者, 但他知道他尚未做出任何真正有科学重要性的研究, 因此很急切地想在研究上也有所突破。

1897 年, J. J. Thomson 发现了电子, 也测出电子电荷和其质量比, 下一步就是要单独测量其电荷量。J. J. Thomson 和其他研究员都试着使用带电的水蒸气云, 观察电子在重力和电场的影响下降落的速度来测出其电荷量, 而此方法也的确可以约略估计出电子的电荷值。

Robert Millikan 看出, 改进这些测量的方式是做出重要贡献的好机会, 他也认为算出个别水滴的电荷量要比测出整片水蒸气云的电荷量好些。1909 年他开始着手进行实验, 但很快地就发现水滴的蒸发速度太快, 无法精确测量, 所以他叫他的研究生 Harvey Fletcher 想想如何使用蒸发较慢的物质来做实验。



图 1 Robert Millikan

Harvey Fletcher 很快就发现可以使用简易的香水喷壶所产生的油滴来做实验。他将油滴喷至充满空气的厢内, 已经离子化的空气会让油滴带电, 再经由实验者的操作, 油滴就能在重力、空气的黏性和电场的综合影响下上升或下降; 实验者可透过特殊设计的望远镜来观察油滴, 并记录它上升与下降的时间。经过反复地记录油滴上升下降的时间之后, Robert Millikan 就可计算出它的电荷量。

1910 年, Robert Millikan 将这些实验的最初结果发表出来, 很清楚地显示出这些油滴的电荷量全都是基本电荷量的整数倍。但在这些结果发表后, 维也纳物理学家 Felix Ehrenhaft 宣称他也做了相似实验, 测出的基本电荷量却小很多, 他说这可证明“次电子”的存在。

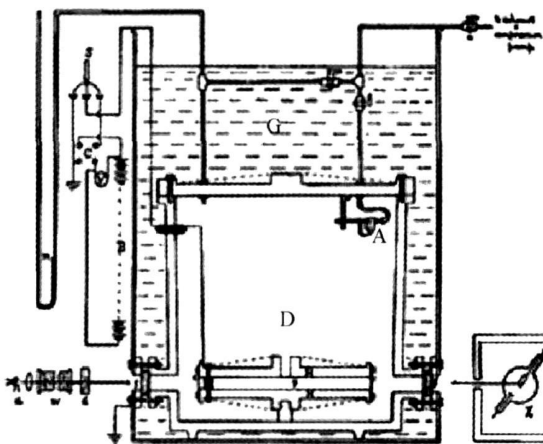


图 2 Robert Millikan 发表于《物理评论》论文中的油滴实验配置图

Felix Ehrenhaft 的挑战促使 Robert Millikan 改进他的实验,并收集更多资料来证明他是对的。1913年8月,他在《物理评论》(*Physical Review*)发表更新、更精确的结果。他说,新的结果只有0.2%的不确定性,大大改进了他先前的实验。Robert Millikan 报告的基本电荷值是  $1.592 \times 10^{-19}$  库仑,比目前所接受的电子电荷值  $1.062 \times 10^{-19}$  库仑小一点点,这可能是因为他所使用的空气黏性系数不够准确所致。

这是一个十分精巧的实验,很准确地测出了基本电荷值,也很明确、有说服力地证明“次电子”是不存在的。Robert Millikan 因此实验以及1916年测出的普朗克常数,于1923年荣获诺贝尔奖。

但是后来历史学家和科学家在检视 Robert Millikan 的实验室笔记时透露,他在1912年的2~4月间所做的油滴实验资料比他在论文中所纪录的要多很多。这令大家很困惑,因为在1913年8月发表的论文中,他很明确地说明一点:“这个实验值得注意的是,它不是经过筛选的油滴,而是代表在连续60天中所试验的所有油滴。”然而,在论文中的另一方面他却写道,所报告的58个油滴都是“经过了完

整系列的观察”。不仅如此,在他的笔记空白处有一些注记,例如“完美发表”或“有些错误”。

是 Robert Millikan 故意摒弃不符合他所要结果的资料吗?也许因为他有来自竞争对手的压力,也很迫切地想成为杰出的科学家,所以他误报了数据。有人认为这是科学欺诈,但是也有些科学家和历史学家在仔细检视他的笔记后下结论说,Robert Millikan 只报告他所得到的最可靠的资料,是要努力去寻找准确性,不是想故意误导别人;例如,他舍弃太大的油滴(因为油滴太大会下降太快而无法用他的设备精确地测量)或太小的油滴(因为油滴太小则会过度地受布朗运动的影响),有些油滴资料不全,表示这些油滴在过程中失败了。

事到如今,要知道 Robert Millikan 当年是否意图误报结果很难,不过有些科学家在检视过他的资料后认为,即使他在分析中使用了所有的油滴,他所算出的基本电荷值也不会改变太多。

(本文转载自2007年8月《物理双月刊》,网址:<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>; 萧如珀,自由业; 杨信男,台湾大学物理系, E-mail: snyang@phys.ntu.edu.tw)

## 科苑快讯

### 复制自然界的纳米结构

自然界以二氧化硅塑造了很多微观结构,然而比起二氧化硅来,硅单质在现代高新技术领域的应用范围则更为广泛。美国亚特兰大市乔治亚理工学院(Georgia Institute of Technology)的包志豪(音)与其同事开发了一项技术,利用硅藻坚硬的二氧化硅细胞壁,与镁蒸气在相对较低的温度下反应,生成氧化镁和硅,然后蚀刻其中的氧化镁,只留下形状与原来相同的硅骨架,形成用途广泛的微孔硅(图1)。这一过程是在约850℃下完成的,然而以前将二氧化硅转化为硅通常需要2000℃以上的高温。

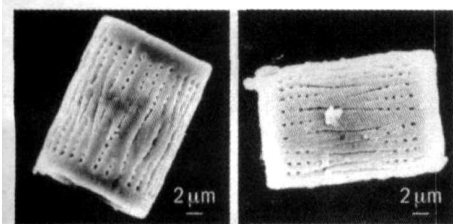


图1 硅藻外壳的二次电子影像,左图为硅藻原来的二氧化硅外壳,右图为技术处理后得到的硅骨架

据估计,自然界约有10万种硅藻。海洋中的种类最多,淡水和潮湿土壤中也数量可观。硅藻为单细胞,种间差异甚大,小者3.5微米、大者300~600微米。每种硅藻的外壳都有各具特色的三维形状,如扇形、轮形、星形等(图2)。经过转化的硅骨架具有复杂的三维结构和纳米特征,可用于开发新的电子设备,比如电池电极、化学纯化器、气体传感器等。

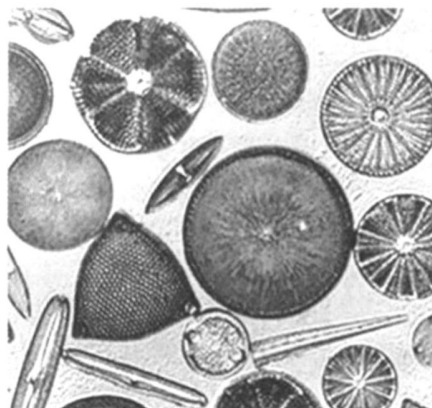


图2 显微镜下形状五花八门的硅藻

(高凌云编译)