

用非 DIS 实现 DIS 实验效果

——以“电容器和电容”为例

沃 诚

(扬州中学教育集团树人学校 江苏扬州 225000)

文章编号:1002-218X(2021)08-0062-03

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

摘 要:换精密的测量工具、改进实验方案及运用恰当的物理思维方法均可使实验结果更准确、现象更直观。以“电容器和电容”为例尝试在测量工具不够精密时,通过加强其他方面的因素,实现相同的实验效果。

关键词:电容器;电容;恒流源;类比法;转换法;推理法

一、教材和学情分析

1. 教材分析

(1) 共同点

教科版、人教版新旧教材都将“电容器和电容”定位为学完匀强电场后的一个重要应用,也是后面学习交流电路(电感和电容对交流电的影响)和电子线路(电磁振荡)的预备知识,起着承上启下的作用。在观察电容器的充放电现象实验中,三种教材都推荐使用传感器,如图 1 所示。



图 1

(2) 不同点

①在观察电容器充放电现象的实验中,不使用传感器时,教科版教材与 2007 版人教版教材都是使用灵敏电流计,如图 2 甲、乙所示;2019 版人教版教材则在使用灵敏电流计的基础上,新增保护电阻和电压表,如图 2 丙所示。

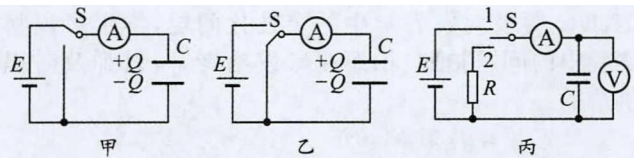


图 2

②在电容器的电容教学中,教科版教材直接给出定义;2007 版人教版教材没有具体实验方案,仅说可以通过实验表明,然后给出定义;2019 版人教版教材则新增“探究电容器两极板间电势差跟所带电荷量的关系”的实验,并给出具体实验方案,如图 3 所示。通过“倍减法”得出同一电容器 Q 与 U 的比值是定值,但无法直观比较不同电容器 Q 与 U 比值的

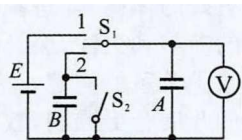


图 3

关系。

2. 学情分析

学生已经学习了电势差、电场强度、电荷量、电场力等物理量,能在教师的引导下应用静电场的有关知识研究电容器。但由于缺少直观准确的实验现象,部分学生对理论研究的结果将信将疑,这不利于学生经历完整的科学探究过程。

二、学习目标

“电容器和电容”分为两课时,本文为第一课时,教学目标如下。

(1)通过实验观察电容器的充、放电现象,知道电容器的作用和工作原理。

(2)通过实验探究电容器两极板间电势差与所带电荷量的关系,建立电容的概念、掌握比值定义法。

三、教学重点、难点及施教策略

1. 教学难点及突破策略

教学难点 通过实验观察电容器的充放电现象,知道电容器的作用和工作原理。

突破策略 有条件的学校可以使用 DIS 直观呈现电容器无论充电还是放电,电流大小都是由大变小的,如图 4 所示。

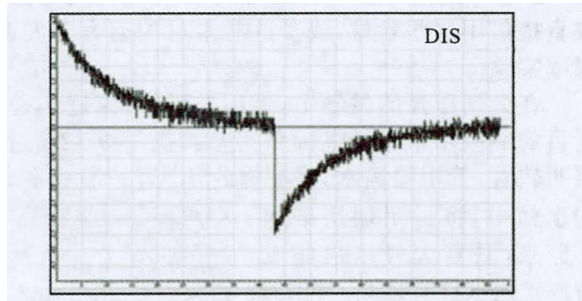


图 4

没有 DIS 装置的学校,在教学中可按教材推荐的实验电路图配以常规电容器进行实验。由于电容器充、放电实验中电流变化很快,学生可以观察到电流方向的变化,但不易观察到电流大小的变化,容易使

学生误认为所测电流先由小变大,再由大变小。虽然2019版人教版教材在电路中新增加了电阻,但其在电路图中的作用是放电时保护电容器,对观测结果无影响。针对以上问题,笔者做出了如下改进。

实验改进 ①如图5所示,将灵敏电流计换为数字式电流表,电流即使迅速变化也能直观的呈现;②将电容换为更大的电容器使实验时间延长;③将放电电阻换个位置,使其能实现保护电容器的同时又能延长实验时间;④新增电压表,便于观察电容器充、放电过程会伴随着两极板间电压的变化。

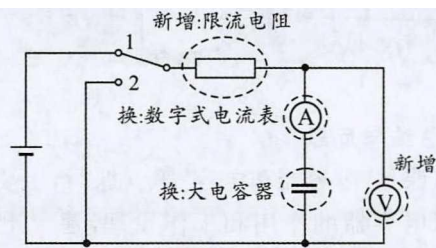


图5

实验过程与数据处理

方案一:先将开关拨到A端,对电容器充电,再将开关拨到B端,对电容器放电。观察数字式电流表示数,能直观观察到充电电流经历由大变小的过程,实现了直观的定性分析。

方案二:先把开关拨到A端,每隔4s记录一次电流值;再把开关拨到B端,每隔4s记录一次电流值。在 $I-t$ 图像上描点作图,形成与DIS等效的 $I-t$ 图像,实现了准确的定量分析,如图6所示,不用DIS也实现了DIS实验效果。如果使用演示数字式电流表,还可让2位学生演示,其他学生一起参与数据分析。

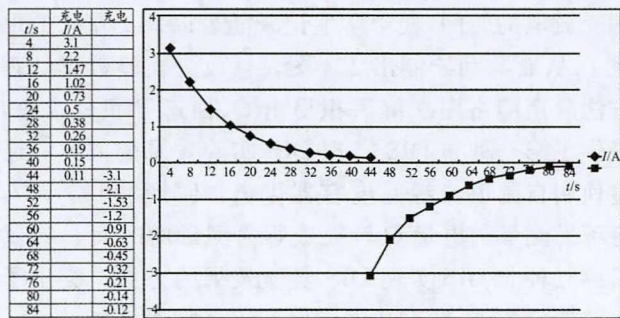


图6

2. 教学重、难点及施教策略

教学重、难点 通过比较不同电容器 Q 与 U 比值的,构建电容的概念。

施教策略 因电荷量 Q 的测量是难点,故先通过信息给予 $Q=It$,再进行实验设计。

实验改进1 将电容器的充放电现象的数据描绘在网格纸上,类比 $v-t$ 图像面积表示位移, $I-t$ 图像面积则为电量,即图像所占格子的数量(超过半格记

一格,不足半格忽略)乘每格表示的电量就是充、放电的总电量 Q ,如图7所示。

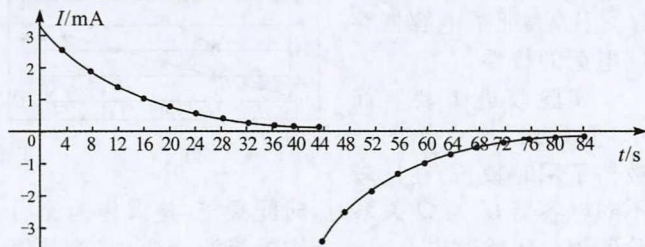


图7

实验改进2 使用自制恒流源,因为 I 一定,通过恒流源供电,能将不易测量的电量 Q 转换成容易测量的时间 t 。由老师提供实验电路图,如图8所示,两位同学进行演示实验:①每隔3s记录一次电容器两端电压;②做3次取平均值(如表1);③换一个电容器,重复以上步骤;④将数据输入Excel,形成 $U-t$ 图像。其余学生观察并记录实验数据,在实验记录单上自行作图。

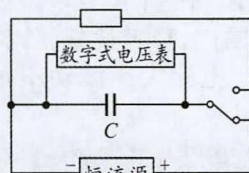


图8

教学片段

师 图9是对两个电容器,用恒流源充电得到的数据所做出的电容器两极板间电压随时间变化的图像。你觉得 U 与 t 是什么关系呢?

生 正比关系。

师(追问) 你是怎么区分正比函数与一次函数的呢?

生 正比函数是过坐标原点的。

师 你说的很好!将图像反向延长(并总结):在误差允许范围内,可视为电容器两端电压 U 与充电时间 t 成正比。

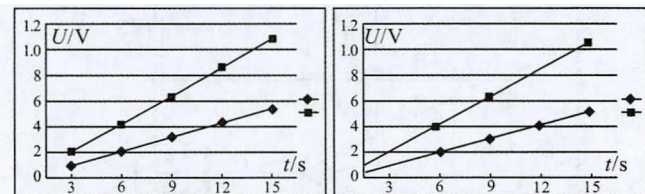


图9

师 如何找到 U 与 Q 的关系呢?

生 因为 $Q=It$,只需将横坐标 t 乘以电流 I 即可得 Q 。即将 $U-t$ 图像转换为 $U-Q$ 图像,如图10所示,在误差允许范围内,可视为 U 与 Q 成正比。

师(总结) ①一个电容器所带电荷量 Q 与两极板间的电势差 U 的比值是不变的;②不同的电容器,这

实验研究

个比值一般是不同的。可见电荷量 Q 与电势差 U 之比,表征了电容器存储电荷的特性。

实验改进 1 装置简单,但记录、描点作图与数格子用时较长,在比较不同电容器 U 与 Q 关系时,时间翻倍,建议作为课后验证用。实验改进 2 通过新增恒流源,整个实验过程用时很短,从操作到完成作图仅 3 分钟左右即可,可作为课堂探究用。学生能在对比活动中充分感受到,测量仪器、实验方案及物理思维方法在实验中具有等价性。在一种条件不足时,可以通过其他方面的加强,实现类似的效果。

四、教学资料

1. 自制恒流源(首个不用三极管的简易方案)

(1) 组成与特点

如图 11 所示,恒流源由一个高压运算放大器芯片、一个 N-MOS 管、2 个定值电阻和一个可变电阻焊接组成,具有结构简单、电压范围广、稳定性好、价格便宜等优势(其电压可达 18 V,电流大小波动不足 2%,材料成本不足 10 元)。

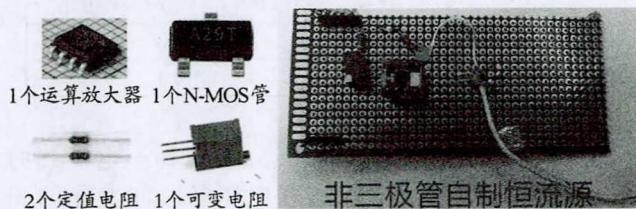


图 11

(2) 原理

如图 12 所示,运算放大器 $IN+$ 端采样 RS 下端电压与 $IN-$ 一端电阻分压进行比较,输出高或者低电平,控制 N-MOS 导通或关闭。由于运算放大器采样反馈的频率较快,通过 N-MOS 的有效电流可近似于一个恒定电流,进而可以对负载 CL 或 RL 恒流充电。

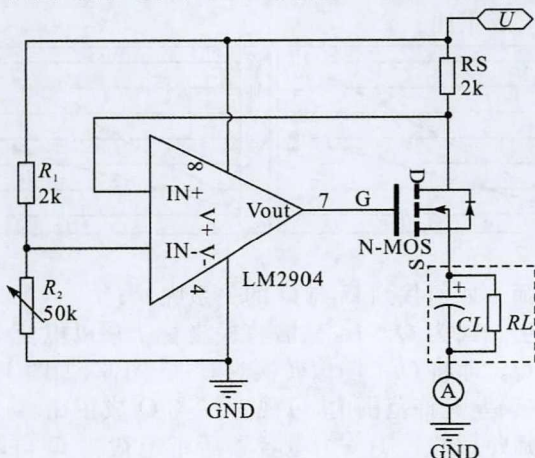


图 12

2. 其他器材

J1209-2 型高中教学电源,50 V、2200 μ F、50 V、1 000 μ F 电解电容各一个,单刀双掷开关一个,放电电阻一个,数字式演示多用电表两个,导线若干。经过改进,最终将它们组合成含有电路图的教学展示板(如图 13)。

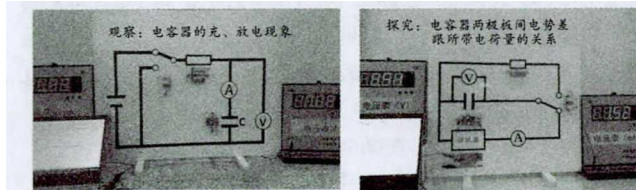


图 13

五、总结与反思

本节课是“电容器和电容”第一课时,主要学习目标是认识电容器的作用和工作原理,建立电容的概念,是一节概念课。

建构主义认为,知识不是通过教师传授得到,而是学习者在一定的情境即社会文化背景下,借助其他人(包括教师和学习伙伴)的帮助,利用必要的学习资料,通过意义建构的方式而获得。因此本节课以创新实验为核心使物理现象直观化,以物理思维方法为线索,使学生在实践与交流中建立物理概念。具体体现在:①在“观察电容器充放电现象”的实验中,通过更换精密的测量工具、改进实验方案,实现了能读出初始电流,直观呈现了电容的充放电工作过程,突破了本节课的难点。②在“探究电容器两极板间电势差跟所带电荷量的关系”的实验中,通过改进实验方案,增加充放电的时间,便于学生记录随着时间 t 变化的电流 I ,从而顺利绘制出 $I-t$ 图。且改进实验数据处理方法利用网格图求解面积得出 Q ,回避了积分求解,提供了第一种非 DIS 实现 DIS 实验效果的方案。通过使用自制恒流源对电容器供电,巧妙利用 $Q=It$,将不易测量的电量 Q 转换成容易测量的时间 t ,提供了第二种非 DIS 实现 DIS 实验效果的方案。突出了本节课的重点,顺利建立了电容这个物理概念。

学生在学习过程中能充分感受到,测量仪器、实验方案及物理思维方法在实验中具有等价性,在一种条件不足时,可以通过其他方面的加强,实现类似的效果。这种思维方法广泛运用与生产、生活中,如我国超级计算机“神威太湖之光”,它利用我国自主研发的申威芯片,进行整合替代了英特尔公司的至强芯片,并实现了更好的效果。

(本文编辑:刘富民)