

# 自制范式起电机对库仑定律演示实验的改进

徐志海 刘雨 郭杰 彭朝阳 张亚萍

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南昆明 650500)

郭明皓

(安阳市第一中学 河南安阳 455000)

(收稿日期:2017-07-15)

**摘要:**针对库仑定律演示实验的教学现状,提出了实验改进措施和显化科学方法的分析.利用范氏起电机极大地增加了小球的带电荷量;金属球上增加磁带条,显著提高了实验的可观察性及演示效果.自制起电机丰富了摩擦起电的知识,增强了教学的生动性,有助于理解记忆、激发兴趣、提升学生的综合素质.

**关键词:**演示实验 库仑定律 范式起电机

“库仑定律”是高中物理静电学的基础内容和重要知识点.通常,教师在教学中需要引入过程中需要做演示实验或视频,以引导学生分析影响电荷间作用力的因素.但在长期的物理教学过程中,由于小球荷电能力差,并且受空气潮湿的影响,放电较快,小球单线悬挂稳定度也不够,导致演示实验成功率低和观察效果较差.为此,本文利用自制范氏起电机对库仑定律演示实验进行了改进和分析.

## 1 实验存在的不足

人教版高中教材《物理·选修3-1》中“探究影响电荷间相互作用力的因素”实验装置如图1所示.

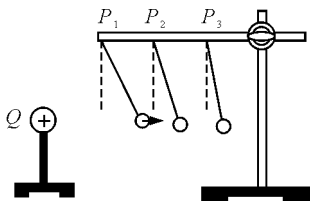


图1 库仑演示实验

利用起电机使物体带正电荷 $Q$ ,右侧支架上用单线悬挂带等量正电的小球,通过观察细线偏离竖直位置的角度,比较带电体所受作用力的大小,探究带电体之间的作用力与距离的关系<sup>[1]</sup>;保持带电物

体和小球的相对位置不变,增减小球的电荷量,探究带电体之间的作用力与带电荷量之间的关系.

在教材设计的实验操作过程中,主要存在以下几个缺点:

(1) 带电体电荷量 $Q$ 的控制.实验采用摩擦或感应起电使物体一次性带电,改变电荷量困难,不能说明电荷量与库仑力的关系.

(2) 悬挂小球的悬挂方式和质量影响.在小球的悬挂方式上选用单线悬挂造成小球的偏转方向随意性较大,不同视向的学生观察不一致,无法判断电荷间的相互作用力与距离的关系.小球质量过大,不易观察到库仑力的作用;质量过小,容易受到周边环境(风、气压差)的影响.

(3) 悬挂小球的荷电能力差.首先,潮湿空气使电荷极易流失;此外,大多数使用的泡沫小球表面尖端放电和导电性差都大大影响其荷电能力;最终导致库仑力太小,实验现象不明显.带电小球的偏转角度没有设置参照物进行对比,3次移动小球过程中,学生无法从视觉上得到直接比较.

(4) 在探究电荷之间的相互作用和电荷量之间的关系时,仅靠接触增减电荷,电荷的数量难以把握.

作者简介:徐志海(1995-),男,在读本科生,研究方向为中学物理教学.

通讯作者:郭杰(1979-),男,副教授,研究方向为中学物理教学.

## 2 实验的改进

许多文献尝试多种改进的方法,如改变单线悬挂方式增加稳定性,悬挂小球上涂抹碳粉增加荷电能力;采用锡箔片代替小球增加荷电能力等等<sup>[2,3]</sup>. 本文从其他方面,如实验器材和观察方法上进行了如下的一些改进.

### 2.1 自制范德格拉夫起电机

范式起电机,即范德格拉夫起电机,是一种静电产生高压的装置,通常用来加速各种带电粒子,如质子、电子等.此外,这种起电机也可用来演示静电现象,如使头发竖立起来、吸引发泡胶球等.起电方法有两种,一种使用高压电源,另一种使用传送带和滚轴摩擦.

本文采用第二种方法起电,提供持续电荷<sup>[4]</sup>,并且电荷量可控制.所用材料为绝缘胶带、变压器、矿泉水瓶、电动机、导线、医用橡皮管、圆珠笔杆等,传送带由不导电的医用橡皮管制作,下滚轴由缠绕硅胶带的圆珠笔杆制作,电刷由接地的电线剥开后制作.图2是自制范式起电机的实物图.

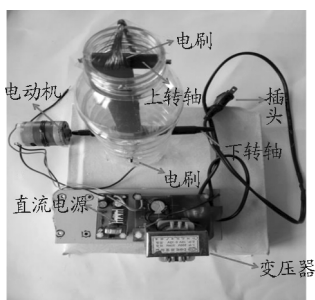


图2 自制范氏起电机实物图

通过变压器和直流电源,启动电动机,电机轴插入下滚轴笔杆中并固定,带动下滚轴转动.传送带在下滚轴的带动下开始转动,传送带材料为橡胶,下滚轴包裹硅胶带.根据摩擦起电产生正负电荷的序列可知,硅胶带的电负性较大(即更容易捕获电子),橡胶电负性较小,两者摩擦,传送带失去电子,下滚轴将带负电荷,连续转动导致下滚轴积累大量负电荷并从下电刷导出,同时,传送带则产生正电荷并通过上滚轴的电刷导出,电刷放在与滚轴距离不同的多个位置,不能接触传动带.两种异种电荷通过上、下电刷分别导入带电体,进行库仑定律的演示实验.

### 2.2 轻磁带条代替悬挂小球

自制范德格拉夫起电机可以通过摩擦积累电荷,通过导线传输到带电体(金属小球)上.在改进实验中,不再使用悬挂小球来演示库仑力的存在,而是采用录音磁带内的磁带条代替.磁带条是由聚酯薄膜基底和导电的磁性材料( $\text{FeO}$ 磁粉或金属磁粉)涂层构成,当磁带条带有异种电荷后,由于质量很轻,可以将库仑吸引力的作用效果放大.磁带条的形态变化可以反映库仑力的变化情况,使得学生更容易观察库仑定律的实验规律.

## 3 改进后的库仑定律演示实验

实验中所用的器材有自制范氏起电机、两个金属小球(粘有几十根磁带条)、刻度尺.此外,两个金属小球有绝缘底座,并且金属支架上套上塑料管.磁带条用导电胶带粘贴并覆盖在金属小球表面,两金属小球与范氏起电机两电刷连接端采用半闭式接头,避免金属裸露在空气中,以达到良好的绝缘效果,防止漏电.具体演示过程如下.

### 3.1 电荷之间的作用力与距离的关系

将两个粘有磁带条的金属小球分别接入起电机的上下电刷,并记录两个小球底座之间的距离为11 cm,如图3(a)所示.启动起电机之前,用电风吹起电机及金属小球上的磁带条,让起电机内及其周围的空气保持干燥,减小电荷的流失.启动范氏起电机,给两金属小球输送电荷.由于上下两个电刷带异种电荷,因此两个金属小球及磁条带上也带有异种电荷,通电一段时间后可观察到两金属小球之间的磁带条由于库仑吸引力相互缠绕,呈现“牵手”之态.

固定零刻度的金属小球的位置不变,将两小球距离分别增加为14 cm和17 cm,如图3(b)和图3(c)所示,即可以研究电荷之间的相互作用力与电荷之间距离的关系.实验中我们通过观察两金属小球上磁带条的“牵手”数量来研究两金属小球之间作用力的大小.通过观察可发现,当两个小球靠得比较近时,两小球之间录音磁带条“牵手”的数目较多,随着距离的增加,磁带条飘起来的数目减少.从而可以得出实验结论:电荷之间的作用力随着距离的增大而减小.

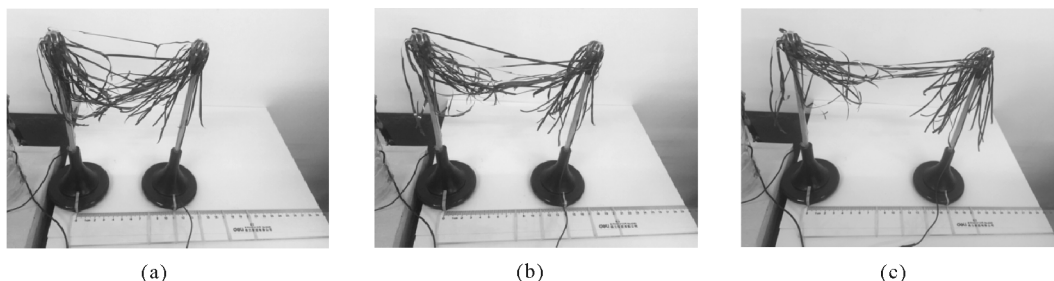


图3 探究电荷间作用力与距离的关系

### 3.2 电荷之间的作用力与电荷量的关系

在上述实验基础上,关闭起电机,并用手接触两金属小球释放小球上的电荷(人体接地).将两小球距离固定在12 cm,启动起电机,使两金属小球带上异种电荷,如图4所示.通电1 min时,可以观察到两金属球之间的磁带条有靠近的趋势,如图4(a)所示;通电2 min后,磁带条有明显的“牵手”(吸引)现

象,如图4(b)所示;继续通电,3 min后的现象如图4(c)所示,磁带条基本呈现“牵手”状态.实验结果表明:随着通电时间加长,金属小球上的电荷逐渐增多,两小球之间的录音磁带条“牵手”的数目较多,随着距离的增加,磁带条飘起来的数目减少.从而可以得出实验结论:电荷之间的作用力随着距离的增大而减小,随着电荷量的增大而增大.

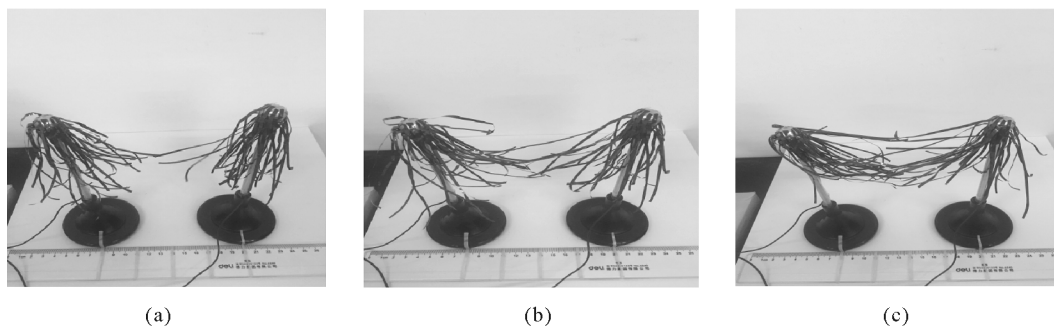


图4 探究电荷之间的作用力与电荷量的关系

## 4 实验改进前后的总结

表1示出了改进前后的实验效果对比,改进后的实验具有以下优点:

(1) 电荷的产生由一次性摩擦带电变为了起电机持续供电,电荷量随着起电机工作时间的增长而增多,带电荷量有极大的提高;

(2) 可以通过控制起电机的工作时间来增减两小球上电荷量的数目;

(3) 运用较多比较轻便的录音磁带条放大实验效果,加强了对比性,学生观察更加容易;

(4) 通过改进后的实验可发现,通过观察磁带条的飘飞状况比原实验直接观察带电小球的悬线角度更加的可视化与精确化.通过改进增强了实验的稳定性,使实验达到了更好的演示效果.

表1 改进前后实验效果对比

实验器材及操作	改进前	改进后
供电方式	采用简单的摩擦起电,电荷量较少	采用起电机供电,电荷量来源可持续且可调
电荷载体	并未交代小球的原材料,没有解决轻便的问题,并且采用单线悬挂,使其偏转方向随意	采用带有磁带条的金属小球作为电荷的载体,磁带条很轻,可以明显观察到实验现象
现象观察	采用手动移动小球位置,移动前后小球位置不设有参照物,不易于观察得出实验结论	采用磁带条后,可以从磁带条的飘飞数目上很直观地得到对比,得出结论

# Getdata Graph Digitizer 在物理教学中的应用

——以自由落体运动为例

高小燕

(北京师范大学附属中学 北京 100052)

(收稿日期:2017-08-24)

**摘要:**频闪照相技术能直观便捷地展现物体的运动特征,在物理教学中的使用越来越普遍.以自由落体运动为例,用数码相机高速拍摄运动物体的频闪照片,然后利用 Getdata Graph Digitizer 等图像分析软件能从这些频闪照片中迅速准确地提取运动过程的详细数据,以便于利用计算机软件对该运动特征进行定量分析,可以显著提高实验教学课堂效率.

**关键词:**频闪照片 Getdata Graph Digitizer 软件 自由落体运动 物理教学

随着科学技术的发展,信息技术应用于课堂教学是当下实验改革的重要方向,它能推动和促进教育的发展,在物理教学中起着越来越大的辅助作用.自由落体运动、平抛运动、斜抛运动、简谐运动以及验证机械能守恒定律等物理实验中研究对象运动迅速,肉眼无法直接分辨运动过程,对于初学者来说比较难理解这几类运动特征.数码相机和多媒体计算机技术的应用解决了过去无法解决的技术问题,使得直观便捷地展现物体的快速运动过程并加以定量

分析成为现实.如今,物理实验中利用频闪照片分析物体运动性质的方法已经逐步普及.频闪照片能够将不易用肉眼观察的运动物体拍摄成照片,以便我们分析其运动特征.得到频闪照片后如何迅速地读取照片中的数据并定量研究物体的运动特性是实验的关键.传统上处理频闪照片的过程繁琐,操作复杂<sup>[1]</sup>,不能高效地处理数据,不利于物理教学过程的完整实施.笔者借助 Getdata Graph Digitizer(以下简称Getdata)图像处理软件可以准确迅速地

为了提高实验的成功率,还需要注意以下事项:实验前用热吹风机对起电机烘干,或放在阳光下照射 10 min,让起电机中的空气更干燥,使实验现象更明显<sup>[2]</sup>;实验前应先将手洗净并且烘干,不能用未经清洗的手去接触仪器,因为这样会破坏表面的绝缘性;在整个实验过程中,实验者不能在仪器附近正对仪器呼气,因为人体呼出的气体中水汽凝附在仪器表面,会对实验产生影响<sup>[5]</sup>.

## 5 总结

库仑定律演示实验作为学习库仑定律的基础,做好演示实验既是对教师能力的提升,同时也能让学生更好地进入课堂,达到良好的教学效果.通过自制教具进行实验演示,能够带动学生主动参与教学过程,激发学生的学习兴趣,启发学生运用生活中常

见的物品进行实验,锻炼其动手能力.利用范氏起电机对库仑定律演示实验的改进提升了实验的效果,引入起电机后降低了实验的成本,极大地缩短了演示的时间,同时提升了实验的成功率.

## 参考文献

- 1 彭耀.新课标下高中物理实验教学探讨:[学位论文].武汉:华中师范大学,2008
- 2 朱小飞.如何保证库仑定律演示实验的成功.物理教师,2014,35(3):21~22
- 3 于朋杰,韩建志.库仑定律定性演示实验的设计与制作.物理教师,1999,20(5):28~29
- 4 刘雪文.有关电源电动势的实例分析与应用.物理教师,2014,35(5):40~41
- 5 王雪彬.对人教版3-1“库仑定律”演示实验的深入思考.物理教师,2013,34(9):62