

“楞次定律”实验创新与教学设计

刘璐婷 李丰果

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006;

华南师范大学物理国家级实验教学示范中心 广东 广州 510006)

(收稿日期:2019-03-11)

摘要:针对“楞次定律”实验教学中存在的问题,从实验和教学思路两方面进行改进,通过自制“楞次定律”演示仪的创新实验装置使感应电流的方向显示得更加明显、直观.利用实验装置巧妙设问并层层引导完成了教学设计.教学实践表明,教学效果良好,重点突出,同时突破这一教学难点,并在大赛中被推荐为优秀教学进行展示.

关键词:教学设计 实验创新 楞次定律 发光二极管

“楞次定律”是高中物理教学的重点也是难点^[1].但由于其很抽象,学生难以真正理解其本质,因此众多学者从实验设计和教学设计等方面进行了探讨^[2~4].在实验改进上有学者直接在线圈上接入两个发光二极管显示电流方向^[2],也有学者用发光的箭头模拟了感应电流方向和感应磁场方向^[3];在教学改进上一些学者先以来拒去留的力学现象归纳出感应磁场的方向规律,得出楞次定律,再定量验证^[4].笔者有幸参加了第六届“华夏杯”全国物理教学创新大赛,参赛选题为“楞次定律”.改进了“楞次定律”的实验设计,基于所改进的实验完成了教学设计,实验设计和教学比赛分别获得研究生组实验创新奖和一等奖,并被推荐为优秀教学进行展示.本文将对参赛实验设计的创新性和教学设计进行详细的阐述,以期对“楞次定律”的教学有一定的参考和指导.

1 实验设计

关于楞次定律的实验,多年来一直使用灵敏电流计或检流计来显示感应电流的方向,但由于电表结构的封闭性,感应电流方向显示得不直观^[2],此外指针偏转过程中因惯性存在指针反偏现象^[1],从而导致学生在判断感应电流方向时存在问题.近年来,随着计算机辅助教学的迅速发展,在DISLab实验

室中用电流传感器连接计算机也可以显示电流方向^[5],但该方法的原理较为复杂,电流方向以数据、图像的形式显示在电脑上较为抽象,且一些学校并不具有这些设备.此外,部分学者利用二极管的单向导电性只用一个红色和一个绿色的发光二极管就可以显示电流的方向^[2,6],制作起来简单,但由于二极管体积很小,演示现象不明显.对于这一问题有学者进行了改进,使用多个发光二极管并联成箭头的形状来显示电流的方向,这一改进使实验现象明显,但由于线圈产生的感应电流较小不易使多个二极管发光,需要引入电流放大器或其他器材来放大感应电流^[1,3,7],可这样会使演示装置“化简为繁”.

针对上述问题,笔者自制了如图1所示的“楞次定律”演示仪来探究感应电流的方向规律.此装置中,用33个红色、33个绿色的发光二极管各自并联成箭头的形状,将两个箭头反向并联起来,以保证每个箭头的指向就是这种二极管正接时的流向,电流有两种可能的流向,所以这两个箭头就可以清楚、直观地显示电流的方向.装置中没有使用电流放大器,为了获得更大的电流使发光二极管发光,采用两种措施:一是在有机玻璃管上绕更多匝漆包线(线径为0.17 mm,约3 000匝),线圈的绕向在演示仪左侧标出.二是用3个20 mm×10 mm的圆柱形钕磁铁组成强磁铁.为了便于操作,将强磁铁吸在一个普通

作者简介:刘璐婷(1996-),女,在读硕士研究生,主要研究方向为中学物理实验教学.

指导教师:李丰果(1970-),男,博士,教授,主要研究方向为物理实验教学.

的条形磁铁上进行在线圈中的插拔运动,这样产生的感应电流就足以使二极管装置发光.此外为了证明演示装置的可行性,右侧固定了两个1.5V的干电池,实验前可以先将干电池接在二极管装置两端进行演示实验,消除学生的疑虑.

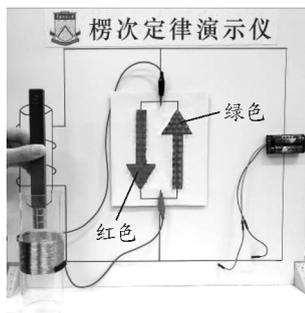


图1 自制“楞次定律”演示仪实物图

由于该演示仪取材简单,仅靠磁铁与线圈产生的感应电流就能使多个发光二极管发光,因此更加直观.下面介绍基于演示仪的“楞次定律”教学设计.

2 基于实验的教学设计

2.1 趣味实验 埋下伏笔

用自制“空心铝管小车”实验表演小魔术^[8].

师:一般情况下怎样可以让小车运动起来呢?

生:用力推或用力拉小车.

师:你们如果既不用力推,也不用力拉,甚至不与小车接触,可以让小车运动起来吗?

学生思考后表示不能,教师演示用“魔法棒”(被纸包着的磁铁)插入或拔出空心铝管,就让小车运动了起来,如图2所示.



图2 “空心铝管小车”实验图

师:“魔法棒”为什么可以让小车运动起来?背后蕴含着什么物理奥秘呢?

设计意图:“楞次定律”的一个难点是理解“阻碍”的作用,把铝管固定在小车上,可以将磁体与导体间的“阻碍”效果显示得更加明显;磁铁用纸包起

来,给学生制造一个悬念.这个小实验取材简单,体现了“从生活走向物理”的新课程理念,还能激发学生的学习兴趣 and 求知欲,把注意力转向课堂.

2.2 实验创新 启发思维

在学习本节内容之前,学生已经知道了感应电流的方向与磁通量的变化和原磁场的方向这两个因素有关,本节课主要探究在这两个因素的影响下,感应电流的方向会遵循什么规律.首先引导学生设计创新实验:

师:要想知道电流的方向如何,一般用什么器材检测?

生:电流表或检流计.

师:还有其他方法吗?发光二极管可以吗?为什么?

生:可以,因为二极管具有单向导电性.

师:电流有几种可能的流向?

生:两种.

师:那用两种不同颜色的发光二极管,让一种二极管检测一个电流的方向,是不是就能解决问题?

向学生介绍如图1所示的装置上就将红色、绿色两种发光二极管各自拼接成一个箭头的形状,然后将两个箭头反向并联起来,保证每个箭头的指向是这种二极管正接时的流向.

为了向学生证明“发光二极管”装置的可行性,先用一个干电池接在“发光二极管”装置的两端进行演示实验,如图3所示.

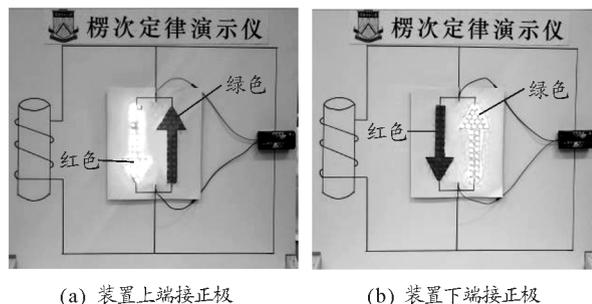


图3 “发光二极管”装置与干电池连接图

师:当二极管装置上端接正极,下端接负极时,哪个灯亮了?

生:红色的灯亮了.

师:回路中的电流方向确实如红色的箭头所示吧?学生表示赞同.

师:当二极管装置下端接正极,上端接负极时,

哪个灯亮了?

生:绿色的灯亮了.

师:这次回路中的电流方向又确实如绿色的箭头所示吧?看来这个“发光二极管”装置确实可以用来检测电流的方向.

学生表示赞同.

设计意图:“发光二极管”装置通过箭头的亮灯情况,就可以将电流方向直观地显示出来,学生一目了然,此外该装置趣味性强,现象明显,使学生的注意力高度集中.用干电池进行实验,证明了装置的可行性,消除了学生的疑虑,为接下来探究“感应电流方向规律”的实验奠定了基础.

通过之前的学习,学生已经知道磁铁插入或拔出闭合线圈,可以产生感应电流,下面就用自制“楞次定律”演示仪进行实验,探究感应电流的方向规律,实验原理如图4所示.磁铁在线圈中的运动包括N极朝下插入、N极朝下拔出、S极朝下插入和S极朝下拔出这4种情况,分别进行4种情况下的演示实验,实验现象如图5和图6所示,同时记录表1中各个物理量的情况.为方便记录线圈上产生的感应电流方向,启发学生统一从俯视观察线圈,再根据绕向确定线圈上的感应电流方向.

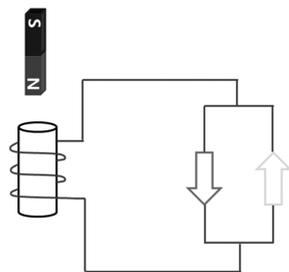


图4 “楞次定律”演示仪原理图

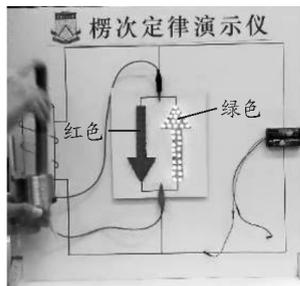


图5 磁铁N极朝下插入线圈

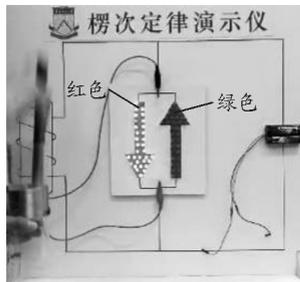


图6 磁铁N极朝下拔出线圈

表1 探究感应电流方向规律实验记录表

磁铁运动情况	N极朝下插入线圈	N极朝下拔出线圈	S极朝下插入线圈	S极朝下拔出线圈
原磁场的方向	向下	向下	向上	向上
磁通量的变化	增加	减少	增加	减少
感应电流的方向	逆时针(俯视)	顺时针(俯视)	顺时针(俯视)	逆时针(俯视)

设计意图:自制“楞次定律”演示仪实验现象明显、直观,方便学生观察,具有启发性.设计实验表格时刚开始需要记录的物理量不宜太多太复杂,只需要有“原磁场的方向”“磁通量的变化”和“感应电流的方向”这3个物理量,这样会比较符合学生的认知规律.实验探究过程使学生获得了必要的感性知识和数据,为最后得出“感应电流方向规律”奠定基础.

2.3 层层引导 发现规律

得到了4种情况下感应电流的方向后,先让学生观察从表1中能否发现感应电流方向所遵循的规律.

师:从实验得出的表格(表1)中能看出感应电流方向所遵循的规律吗?

学生思考后表示不能,这时教师再慢慢引出“感应磁场的方向”这个中介.

师:根据电流的磁效应,只要是电流,就会在它周围产生感应磁场.那感应电流周围是不是同样也存在着感应磁场?

学生思考后表示同意.

师:那就顺便来看看感应磁场的方向,同是磁场,还可以与原磁场的方向进行比较,说不定能发现点什么.有了感应电流的方向,如何判断感应电流产生的磁场方向呢?

生:右手螺旋定则.

学生运用“右手螺旋定则”判断出4种情况下感应电流产生的磁场方向,如表2所示.

表2 探究感应电流方向规律实验记录表

磁铁运动情况	N极朝下插入线圈	N极朝下拔出线圈	S极朝下插入线圈	S极朝下拔出线圈
原磁场的方向	向下	向下	向上	向上
磁通量的变化	增加	减少	增加	减少
感应电流的方向	逆时针(俯视)	顺时针(俯视)	顺时针(俯视)	逆时针(俯视)
感应磁场的方向	向上	向下	向下	向上

这时先让学生观察感应磁场与原磁场的方向关系,学生会发现这两个磁场的方向一会儿相同,一会儿相反,然后教师继续引导.

师:感应磁场与原磁场的方向什么时候相同?什么时候相反呢?

学生仔细观察表格后得出:磁通量增加时,两个磁场的方向相反;磁通量减少时,两个磁场的方向相同.

师:磁通量在增加时,感应磁场总与原磁场方向相反,这样是有利于磁通量的增加?还是阻碍了磁通量的增加呢?

生:阻碍了磁通量的增加.

师:那磁通量减少时,感应磁场总与原磁场方向相同,这样是有利于磁通量的减少?还是阻碍了磁通量的减少呢?

生:阻碍了磁通量的减少.

师:既阻碍增加,又阻碍减少,是不是说明感应电流产生的磁场总要阻碍磁通量的变化呀?

学生表示赞同,这就得出了楞次定律的“雏形”.

为了将物理学史引入课堂,提供给学生物理规律的历史背景,向学生介绍早在1833年,俄国科学家楞次做了大量实验后就发现了这个规律,这就是楞次定律:感应电流具有这样的方向,即感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化^[9].

设计意图:在探究感应电流方向规律无果时再引入“感应磁场的方向”这个物理量,能让学生感受到是“迫不得已”时才引入的,不是一上来就引入的.对实验结果进行分析得出“楞次定律”是本节课的重点和难点,这个规律的得出如果单纯靠学生的观察和猜测容易“走偏”,抓不住重点,所以教师在这里的引导就显得尤为重要,通过巧妙的引导,学生就能抓住问题的关键,清楚这个规律的来龙去脉.

2.4 转换视角 拓展规律

为了拓宽学生的知识面,提高学生从不同角度

分析问题的能力,对“楞次定律”继续探讨,这次主要从“磁体与导体间相对运动”这个角度来分析.

师:磁通量增加时,感应磁场总与原磁场方向相反,以磁铁N极朝下的插入为例,两个磁场的方向相反,会导致正对着的两个磁极极性怎么样(如图7所示)?

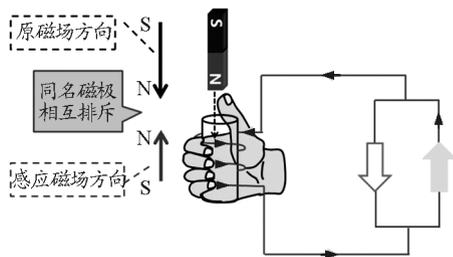


图7 磁铁N极朝下插入线圈

生:会导致这两个磁极的极性相同.

师:根据同名磁极相互排斥,这种排斥的作用是不是会阻碍磁铁的插入?

学生思考后表示赞同.

师:那就说明感应电流产生的磁场阻碍了磁铁的插入.

师:磁通量减少时,感应磁场总与原磁场方向相同,以磁铁N极朝下的拔出为例,两个磁场的方向相同,会导致正对着的两个磁极极性怎么样(如图8所示)?

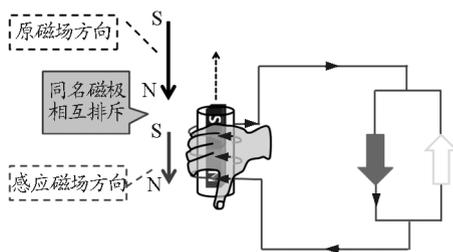


图8 磁铁N极朝下拔出线圈

生:会导致这两个磁极的极性相反.

师:根据异名磁极相互吸引,这种吸引的作用是不是会阻碍磁铁的拔出?

学生思考后表示赞同。

师:那就说明感应电流产生的磁场阻碍了磁铁的拔出。既阻碍插入,又阻碍拔出,总的来说,就会发现感应电流产生的磁场总要阻碍磁体与导体之间的相对运动吧?

学生思考后表示赞同,教师向学生介绍这也是“楞次定律”的另一种表述形式,并可以把它概括为一句口诀:来拒去留。

设计意图:分析磁体与导体间的相对运动,可以让学生从宏观上感受“阻碍”的作用,为揭秘课前“空心铝管小车”实验奠定基础。从“楞次定律”的第一种表述入手过渡到第二种表述,由已知推未知,不仅使学生清楚了两种表述之间的联系与区别,完善了本节课的知识体系,此外对课本进行延伸拓展,加深了学生对本节知识的理解,开阔了学生的视野。

2.5 巧用规律 实验揭秘

为了真正体现学以致用,启发学生对课前的“空心铝管小车”实验现象进行解释。这时可以将“魔法棒”拆开,发现是一块磁铁,空心铝管是导体,就相当于一圈一圈的闭合线圈,通过本节课的学习,磁体与导体间的相对运动情况学生已经很清楚了,便可以分析出小车运动的原因。

师:当磁铁插入铝管时,小车朝哪里运动?为什么?

生:朝远离磁铁的方向运动,因为插入时铝管产生的感应磁场会抗拒磁铁的插入。

师:当磁铁从铝管中拔出时,小车朝哪里运动?为什么?

生:朝靠近磁铁的方向运动,因为拔出时铝管产生的感应磁场会挽留磁铁的拔出。

师:所以通过磁铁的插入或拔出铝管,就可以让空心铝管小车运动起来了(如图9所示)。

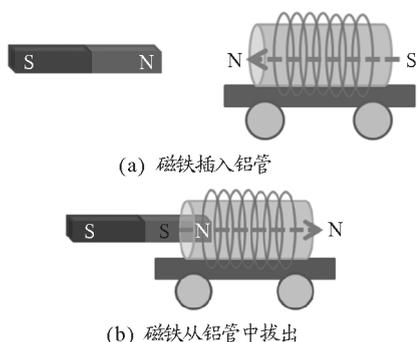


图9 “空心铝管小车”实验原理图

设计意图:让学生对课前的实验现象进行解释,不仅做到了首尾呼应,而且提高了学生用所学知识解释物理现象的能力,让学生认识到物理学的价值,将理论运用到了实际。此外运用物理规律解释物理现象,解决实际问题,能帮助学生建立解决问题的思路,获得解决问题的正确方法,促进知识向能力的转化,同时也使学生对本节内容能够加深理解、巩固知识^[10]。

3 总结

根据“楞次定律”教学难点和当前“楞次定律”演示实验和教学设计的不足,设计完成了“楞次定律”的演示实验装置,并利用该演示实验装置完成了教学设计。该实验装置具有一定的创新性,教学实践表明:实验装置可直观演示感应电流的方向,通过巧妙设问和层层引导的教学设计,突破了教学难点,帮助学生更好地理解感应电流的方向规律。

参考文献

- 1 邹漪,彭振中. 自制发光楞次定律演示仪. 物理教师, 2016,37(6):51~53
- 2 郑瑶.“楞次定律”实验改进与教学设计. 物理教学, 2018,40(3):7~9
- 3 苏曼,熊建文. 自制楞次定律方向指示仪. 物理通报, 2017(11):86~91
- 4 陈庆炜,张军朋.“楞次定律”教学的创新设计. 物理通报,2016(8):52~55
- 5 潘天文,肖禹,吕华平. 楞次定律双管对比演示实验的改进. 物理教学探讨,2018(9):49~51
- 6 洪华标. 楞次定律的创新演示实验. 文化创新比较研究, 2018(11):181~182
- 7 王云天. 发光“楞次定律演示仪”的改进与制作. 中学物理教学参考,2017,46(12):65~66
- 8 朱顺明,蒋建明. 基于物理核心素养导向的实验情境教学——以“楞次定律”的教学为例. 物理教师,2018, 39(5):32~34
- 9 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材开发中心. 普通高中课程标准实验教科书 物理·选修3-2. 北京:人民教育出版社,2006.9~14
- 10 周佳宁,张军朋. 核心素养导向下“光的偏振”教学的创新设计. 物理教学,2018,40(8):8~10