



楞次定律教学设计的比较研究*

黄金活 邢红军

(首都师范大学教师教育学院 北京 100048)

(收稿日期:2022-08-12)

摘要:“楞次定律”是高中物理电学的重要规律之一,因其内容的抽象性、思维过程的复杂性和规律的隐蔽性,长期以来都是物理教学的一个“老大难”问题.从高中教材的编写逻辑出发,对目前已有的楞次定律教学设计进行分析,总结归纳得到楞次定律教学设计范式,探究其背后的研究取向和思维方式,试图为楞次定律教学设计的发展提供有益的启示.

关键词:楞次定律;教学设计;设计范式

楞次定律是高中物理的重难点,因其抽象程度和复杂程度高,一直都是教学中的“老大难”问题.长期以来,物理教育研究者不断探索楞次定律的教学设计,针对不同的教学环节进行了改进,逐渐形成了楞次定律教学设计的不同范式.

鉴于每种范式背后都有独特的逻辑结构与思维方式.因此,对不同物理教学设计范式展开探讨,对于解决楞次定律的教学难题,提高物理教学效果,发展学生的物理核心素养有着重要意义.

本文以物理学科的本质与学生的学习规律为基准,系统地分析已有的楞次定律教学设计,研究其背后的逻辑脉络,以期对楞次定律教学设计的改进有所启迪.

1 楞次定律教学设计的比较研究

为了深入地研究楞次定律教学设计,笔者对中国知网1999—2021年有关楞次定律教学设计的文章进行分析,提取出每篇文章的教学设计范式,进一步分析每种范式的优缺点,以期对解决楞次定律的教学难题有所帮助.

1999年至2021年,中国知网上“楞次定律”教学设计文章共164篇,各年份发表的论文数量如图1

所示.

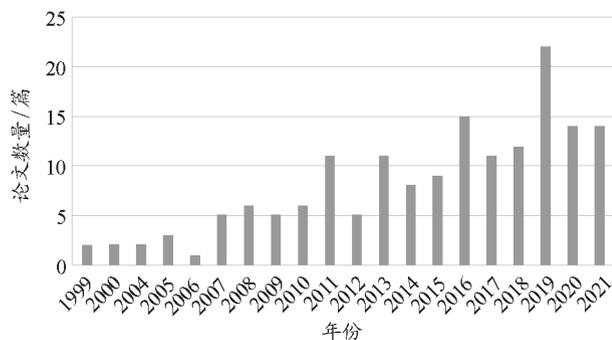


图1 1999—2021年楞次定律教学设计发表论文数量

由图1可知,从2006年开始,楞次定律的教学设计文章明显增多.细究之下,发现大多数文章虽对楞次定律的教学进行了改进,但只停留于表面,未能触及楞次定律教学设计的核心,楞次定律教学的难题仍然未能得到有效解决.表面看来,这个问题只是教学设计问题,但背后反映的却是楞次定律的教学本质问题.因此,研究楞次定律的教学本质不仅有助于解决教学难题,更是有助于物理教学设计的发展.为此,笔者通过对近20年来楞次定律教学设计文献的深入分析,总结出如下教学设计范式.

1.1 归纳式教学设计

研究发现,大部分传统教学设计采用的都是归

* 国家自然科学基金教育学国家一般课题“核心素养的关键能力构成及其表现研究”,项目编号:BBA190024.

作者简介:黄金活(1999-),女,在读硕士研究生,研究方向为物理课程与教学论.

通讯作者:邢红军(1960-),男,博士,教授,研究方向为物理课程与教学论、教师教育和科学教育.

纳式教学设计. 归纳式教学设计的特点是: 教学设计的脉络遵循教材中的内容展开逻辑, 重视引导学生从实验现象中总结归纳得到原理.

此类教学设计首先从必修三中“电磁感应现象及引用”一节的内容导入, 唤起学生头脑中“磁生电”的物理现象. 通过螺线管中插、拔磁铁实验, 发现不同操作下产生的感应电流方向不同, 从而提出“感应电流方向究竟是由什么决定?” 的问题.

第二步是实验前相关知识的准备. 为了顺利地通过实验现象判断感应电流的方向, 实验前需要引导学生弄清楚4个方向: 线圈导线的环绕方向、电流的流通方向、指针摆动的方向与电流表红黑接线柱的方向.

第三步是教师引导学生完成4组磁铁相对螺线管运动实验, 实验如图2所示. 演示实验过程中, 学生需要在表格中记录线圈中原磁场方向、线圈中磁通量的变化、感应电流的磁场方向、线圈中感应电流的方向. 接着教师引导学生进行归纳: 当磁通量变化时, 感应电流的磁场与原磁场方向的关系. 总结得到楞次定律: 感应电流的磁场总是要阻碍原磁场的磁通量的变化.

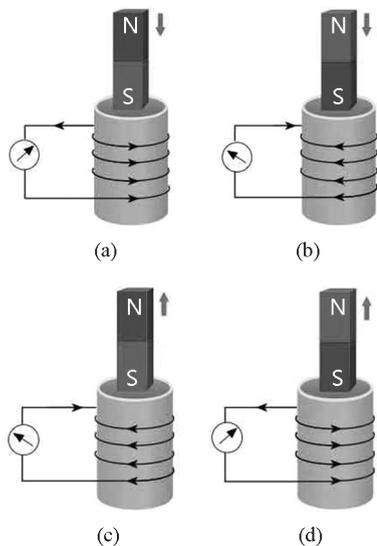


图2 4组条形磁铁相对螺线管运动实验

后续教师借助“楞次环实验”, 帮助学生理解楞次定律中“阻碍”的含义——“增反减同”, 引导学生通过例题掌握楞次定律的运用. 最后, 将“楞次定律的应用”归纳为4个步骤: 一方向二变化三阻碍四

一抓^[1-2].

文献检索发现, 这类教学设计的目的是期望学生通过4组磁铁相对螺线管运动的实验直接归纳得到楞次定律, 旨在培养学生的归纳推理能力和逻辑思维. 但在实际教学过程中, 学生通过实验操作之后, 往往无法直接得到感应电流的方向与磁通量变化的关系, 而是需要进行一系列复杂的思维过程, 实验变量多、规律难寻, 导致的结果就是教师教学难度大, 学生学习吃力, 教学效果大打折扣.

1.2 探究式教学设计

“探究式教学设计”注重问题的创设, 让学生在情境中发现和提炼问题, 激发学生的探究欲望, 并让学生联系已有知识提出假设和猜想, 然后引导学生进行实验探究, 验证猜想并得到结论. 设计意图是让学生带着问题去探究, 经历科学探究的完整过程, 以期培养学生的科学态度和科学精神. 设计范式如下.

第一步是创设问题情境. 例如: 准备两个永磁体, 让它们分别从透明玻璃管和套有铜管的透明玻璃管口由静止下落, 发现套有铜管的透明玻璃管中的永磁体下落速度明显慢, 时间长. 据此提出“是什么力阻碍永磁体的下落?”, 从而激发学生的兴趣, 引发学生的思考与讨论^[3].

第二步是提出猜想. 引导学生结合所学的电磁感应现象, 猜测实验现象与感应电流的方向有关. 再根据右手螺旋定则可知, 只要明确感应电流磁场的方向, 即可得到感应电流的方向, 并初步引导学生提出“影响感应电流的磁场方向的因素”的猜想.

第三步是进行实验. 与归纳式教学设计一样, 在实验开始之前需要明确电流计指针偏转方向、电流方向、线圈绕向三者之间的关系. 教师再引导学生进行4组磁极相对螺线管运动实验, 填写表格记录原磁场方向、磁通量的变化、感应电流方向、感应电流的磁场方向.

第四步是结果分析及猜想验证. 引导学生探究“感应电流磁场方向与磁通量变化的关系”和“感应电流磁场方向与磁铁运动方向的关系”的问题, 得到楞次定律, 并利用楞次定律来解答最初提出的情境中的问题^[4-5].

“探究式教学设计”的设计范式主要考虑学生的主体地位,培养学生的科学探究精神,但也存在一些问题.首先,楞次定律作为高中物理较抽象和复杂的定律之一,实验复杂,大部分教师选择的情境并不合适,导致楞次定律教学“难上加难”.其次,在提出猜想部分,学生很难将创设的物理情境与电磁感应现象以及右手螺旋定则联系起来,这一个步骤的思维跨度过大,实际操作困难.这类教学设计看似体现了学生的主体地位,实际上学生的每个操作步骤都需要教师明确的指引,这就与探究性教学的目的背道而驰.

1.3 支架式教学设计

支架式教学中强调教师应事先把复杂的教学任务加以分解,根据学生的情况,设计一些辅助支架,如问题支架、建议支架、实验支架、预留支架,从而组成整体的概念框架.“支架式教学设计”旨在帮助学生循序渐进学习,达成教学目标.设计方式如下.

“支架式教学设计”的主支架是:利用演示实验,实验如图3所示.

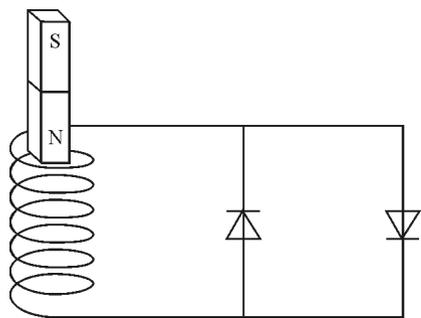


图3 “发光二极管”演示实验

将通电螺线管与两个反向并联的发光二极管串联,将磁铁插入、拔出螺线管,让学生观察现象.给学生辅助支架,一步步理解实验现象.首先让学生了解发光二极管的单向导电性,二极管发光说明“电路中有电流通过”,进而提出“闭合回路中没有连接电源,电流是如何产生”,从而顺理成章地引出“感应电流的磁通量”的概念.接着教师引导学生联想“感应电流自身会产生磁场”,引出楞次定律中的第二个关键词“感应电流的磁场”.根据发光二极管的单向导电性判断感应电流方向,接着引导学生回忆安培定则,并用来判断感应电流的磁场方向.

在教师帮助学生完成部分知识构建之后,进行4组磁铁相对螺线管运动的实验,同样使用发光二极管代替电流表.学生理清实验原理之后,通过观察演示实验,填表记录原磁场方向、磁通量变化、红/绿二极管亮、感应磁场方向,直接找出“阻碍”的关系,得到楞次定律^[6].

在“支架式教学设计”中,由于采用发光二极管代替电流表,从而解决了“归纳式教学设计”无法直接得到感应电流方向的问题,将实验进行了简化.但是在教师协助学生构建部分支架的过程中,涉及6个“支架”,其中包括对实验现象的解释与回忆所学知识两个部分,整个部分思维链条过长.再者,在真实的教学过程中,线圈的感应电流较小,发光二极管现象不明显,如要使用多个发光二极管,则需要引入电流放大器^[7],这就又“化简为繁”了.

虽然以上3种教学设计在形式上有所不同,但是共同点是都遵循着教材中的教学逻辑,逻辑如图4所示^[8].

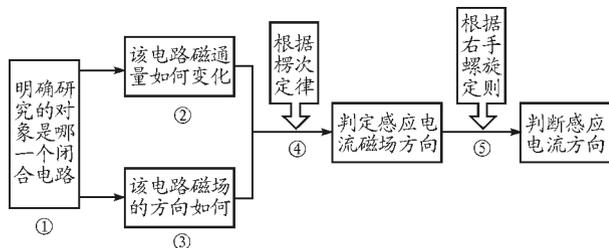


图4 3种教学设计的内在逻辑

综上所述,3种教学设计虽然都具有较为清晰的逻辑脉络,但在起始部分都显出繁复的情景.3种教学设计均围绕“磁通量”和“电路的磁场方向”展开,由于在实验中磁通量和磁场方向都不能通过实验直接得到,而是需要经过思维的再加工过程,从而导致了推论过程复杂繁琐.

1.4 本质式教学设计

“本质式教学设计”以“楞次环实验”作为基本的出发点和突破口,对实验进行了简化,突破了传统教学中急于寻找感应电流磁场方向这一“中介”,并选用繁杂且不能直接体现“来拒去留”现象的“4组螺线管实验”的局限性.其设计意图在于通过简单的实验,让学生直观判断出感应电流的磁场方向,并

将感应电流磁场方向与感应电流方向两个变量分离,使得教学过程逻辑顺畅.教学逻辑如图5所示.

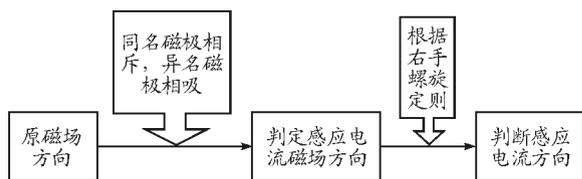


图5 楞次定律教学逻辑图

首先,进行“楞次环实验”,实验装置如图6所示. A、B都是铝环,其中A环闭合、B环不闭合,横梁可以绕中间支点转动.用条形磁铁的一极垂直插向、拔出铝环,可观测到仪器绕支点转动.实验完成后,便可对实验现象进行分析.

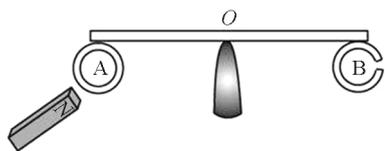


图6 “楞次环实验”原理图

第一步,由“原磁场方向”判断“感应电流磁场方向”.当条形磁铁N极垂直插向A环时,A环向远离磁铁的方向运动,呈现“拒斥”现象;当磁铁远离A环时,发现A环靠近磁铁运动,呈现“挽留”现象.换用条形磁铁S极进行实验,依旧呈现上述现象,直观体现了“来拒去留”的规律.利用“同名磁极相斥、异名磁极相吸”,即可判断感应电流磁场方向.

第二步,由“感应电流磁场方向”判断“感应电流方向”.根据感应电流磁场方向,运用右手螺旋定则,便可得到感应电流的方向.

第三步,验证楞次定律.先将传感器接入B环缺口使其闭合,再利用条形磁铁重复上述实验步骤,就可直接观察到传感器显示了感应电流,并且感应电流的方向与第二步判断的感应电流方向一致.由此,就验证了楞次定律^[8-9].

“本质式教学设计”的优势在于:首先,利用“楞次环实验”代替“4组螺线管实验”,突破了传统教学的局限性,直接从操作层面就得出了感应电流的磁场方向,体现了物理实验的“简单性原则”.其次,本质式教学设计在教学流程上进行了创新,得到了新的教学逻辑图,不仅从结构上简化了教学框架,而且

在教学过程的两个环节均是由方向判定方向,大大减轻了学生的认知负荷.最后,本质式教学设计给出了楞次定律新的表述方式,新的表述方式用“感应电流磁场方向”代替“磁通量”作为中间量,使得楞次定律的表达更加清晰和直观,有助于学生掌握判断感应电流方向的操作步骤.

因此,通过“楞次环”实验,归纳得到楞次定律,是立足于物理学科的本质与学生的学习规律,较好体现楞次定律物理内涵的教学设计.

2 启示与建议

(1) 教学设计要符合教学逻辑的基本要求

教学逻辑是指教学过程中的因果关系及诸要素呈现的相互关系.由于物理思维,知识之间存在内在的逻辑联系,因此物理知识的形成、物理知识的应用以及学生的认知也是有规律的,这就要求教师在教学设计时需要符合教学逻辑的基本要求.

传统式教学设计遵循人教版课本中呈现的逻辑图.首先明确研究对象对应的闭合电路,探究电路中“磁通量的变化”和“磁场的方向”,依据楞次定律判断感应电流方向,再根据右手螺旋定则判断感应电流方向.这类教学设计虽然体现出较为清晰的脉络,但是实践起来会发现,从“磁通量”和“电路磁场方向”两个概念入手,抽象程度高,学生理解起来有些困难.此外,多种变量同时呈现,使得教学过程变得繁琐复杂,教学逻辑不够清晰,未能体现楞次定律具有可操作的具体内涵.

而在“本质式教学设计”中,利用“楞次环实验”代替“4组螺线管实验”,仅利用3个步骤就得出感应电流的方向,在很大程度上简化了教学流程.首先,结合“原磁场方向”利用“同名磁极相互排斥,异名磁极相互吸引”的特点判断“感应电流方向”.接着,根据右手螺旋定则,判断感应电流方向.最后,将传感器接入不闭合环,验证感应电流的产生,最后顺理成章得出楞次定律.整个教学流程将感应电流的磁场方向和感应电流的方向分开呈现,逻辑轻快,简洁明了.由此可见,本质式教学设计是符合教学逻辑的教学设计.

(2) 教学设计要体现实验教学的有效性

实验探究是高中物理学科核心素养的基本构成之一,要求培养学生提出物理问题,形成猜想和假设,获取和处理信息,基于证据得出结论并做出解释,以及对实验探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力^[10]。“楞次定律”一节的内容是围绕实验展开的,若想通过实验,使学生能够掌握楞次定律,培养学生的实验探究能力,就需要在教学设计上体现实验教学的有效性。

纵观楞次定律的教学设计范式可见,“4组螺线管实验”具有实验现象过多、过程复杂,不符合实验教学的“简单性原则”。通过“4组螺线管实验”并不能直接呈现楞次定律“阻碍”这一特点的内涵,教师在引导学生对现象进行总结概括得到楞次定律之后,还需要回过头来花费很大力气对“阻碍”一词的含义进行解释,这有违实验的“直观性原则”。由此导致了学生进行实验探究的过程变得困难,每一步都需要教师的指引,不符合培养学生实验探究能力的要求。

而在“本质式教学设计”中,采用“楞次环实验”进行导入,实验过程简单,很好地体现了高中物理实验教学的“简单性原则”。其次,通过“楞次环实验”,学生可以直观地看到“拒斥”与“挽留”的现象,这是铝环中感应电流磁场与原磁场相互作用的宏观表现。利用“楞次环实验”,可让学生直接体会到“阻碍”的内涵,从而较好地体现了实验设计的“直观性原则”。

(3) 教学设计要明确物理概念与规律的表述

在教学中使学生形成、理解物理概念,进而掌握物理规律,并使学生的物理学科能力得到发展,是中学物理教学的核心议题^[11]。纵观楞次定律教学设计中的多种表述方式,都在试图确定一个描述感应电流方向的程序或者原则。而楞次定律作为一个高度概括的物理定律,各种范式对于楞次定律的描述都需要借助一个中介量才能完成。因此,中介量的选取就显得尤为重要。

传统的教学设计范式对于楞次定律的表达均采

用教材中的表述,即“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”。在这类设计范式中,选用的中介物理量是“磁通量”,但是在楞次定律的表述中,主语是“感应电流方向”这一物理量,而“磁通量的变化”出现在从句中,这种逻辑上的不对等,往往就导致了学生对于楞次定律理解的模糊。

事实上,楞次在1834年发表楞次定律时,“磁通量”这一概念并不存在^[12]。这就说明在楞次定律的表述中,“磁通量”并非是一个不可逾越的物理量。在本质式教学设计中,就绕过“磁通量的变化”,选用“感应电流磁场方向”作为中介,从而得到了楞次定律新的表述:由原磁场方向出发,根据磁极间的相互作用判断出感应电流的磁场方向,再由感应电流的磁场方向,根据右手螺旋定则判断出感应电流方向。这种表述方式不仅清晰直观,贴近由“方向”判定“方向”的表述思路,而且有助于学生掌握判断感应电流方向的操作步骤,从而具有较高的理论价值与实践价值。

参考文献

- [1] 陈美君. 归纳法在高中物理规律教学中的应用研究——以楞次定律为例[J]. 教育教学论坛, 2020(22): 332-333.
- [2] 戚晓杨. 核心素养培养策略在高中课堂中的应用——以《楞次定律》的教学设计为例[J]. 数理化解题研究, 2021(33): 72-73.
- [3] 斜方健. 以问题为导向探究实验发展学生物理核心素养——以“楞次定律”教学为例[J]. 物理教学, 2018, 40(7): 54-57.
- [4] 廖为权. 核心素养视域下物理课堂教学的实践探索——以“楞次定律”为例[J]. 中学物理教学参考, 2021, 50(26): 24-26.
- [5] 陈芹. 以“楞次定律”教学为例谈高中物理探究性实验教学的设计[J]. 中学物理, 2016, 34(5): 47-48.
- [6] 王芳芳, 祁瑞娟. 支架式教学在中学物理教学中的应用——以楞次定律为例[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2016(4): 64-66.
- [7] 刘璐婷, 李丰果. “楞次定律”实验创新与教学设计[J]. 物理通报, 2019(11): 80-84.

(下转第11页)

积贫积弱的国家带来一线曙光,才会有之后的洋务运动.洋务运动的失败,又促使国人进一步学习西方的政治制度,于是又有了戊戌变法、辛亥革命.总的来说,国运的转变,是从科学的引入开始,分阶段逐步深入地进行着.

还有学生写道:“做自信的中国人”,这是九年级上学期《道德与法治》教材对我们表达的期许,也是祖祖辈辈中国人奉行的准则.怎么做自信的中国人?必要的是拓宽视野,放眼世界……如今,中国人只有拥有更大的格局,学会向世界看齐,才能昂首阔步走在世界前列,展现中国人自信的风貌.

7 结束语

课程思政不应是机械的价值输出,不应是单调的理论灌输,而应是教师在充分挖掘学科潜在思政素材的基础上,用自己的学识带动学生的思考,用自己的情怀塑造学生的灵魂,从而对学生产生潜移默化积极影响的过程.通过联系祖国的历史和未来,不仅可以引导学生主动思考学习物理的意义所在,提升学好物理的内在动力,更能激发学生的爱国意识,

(上接第6页)

- [8] 邢红军,宁成,胡扬洋.楞次定律教学的高端备课[J].中学物理教学参考,2013,42(4):18-20.
- [9] 邢红军,童大振.楞次定律高端备课再出发[J].中学物理,2019,37(9):10-12.
- [10] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017

培养学生的家国情怀,促使学生将个人命运与国家命运相结合,自觉肩负起实现中华民族伟大复兴的使命担当.

参考文献

- [1] 魏源.海国图志[M].长沙:岳麓书社,2021.
- [2] 陈玲,王东.《海国图志》对近代科技知识的引进及其意义[J].厦门大学学报(哲学社会科学版),2018(3):113-119.
- [3] 中华人民共和国教育部.义务教育物理课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [4] 中华人民共和国教育部.义务教育语文课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [5] 中华人民共和国教育部.义务教育艺术课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [6] 中华人民共和国教育部.义务教育历史课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [7] 中华人民共和国教育部.义务教育道德与法治课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [8] 沈丽,邬雨阳,王强.从中国古典著作中提炼原始物理问题[J].物理之友,2022(3):46-48.
- [9] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018.
- [11] 邢红军,赵玉萍,龚文慧.论物理概念与规律的认知机制:深化与发展[J].课程·教材·教法,2022,42(3):124-130.
- [12] 王忠亮,封小超.电磁学讨论[M].成都:四川教育出版社,1988.

Comparative Research on Instructional Design of Lenz's Law

HUANG Jinhua XING Hongjun

(Teacher Education College, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract: Lenz's law is one of the important laws of high school physical electricity. Because of its abstract content, complexity of thinking process and concealability of laws, it has long been a "perennial difficulty" in physics teaching. Based on the writing logic of high school textbooks, this paper analyzes the existing Lenz's law instructional design, summarizes and concludes the teaching design paradigm of Lenz's law, explores the research orientation and thinking pattern behind it, and tries to provide beneficial enlightenment for the development of Lenz's law instructional design.

Key words: Lenz's law; instructional design; design paradigm