

利用实验设计 凸显教学逻辑

——以“楞次定律”教学为例

张 振 (宁波市鄞州高级中学 浙江 315194)

摘 要 传统的“楞次定律”教学,从条形磁铁相对螺线管运动的演示实验入手,让学生寻找极其隐蔽的中介——“感应电流的磁场”,通过填表归纳得出楞次定律,由于太过抽象,思维难度大,教学效果往往不理想。笔者通过“楞次环”实验的“来拒去留”现象,从演示实验入手,依据教学逻辑,设计多种实验,层层递进,变抽象为形象,降低了学生的思维难度,达到较好的教学效果。

关键词 教学逻辑 楞次定律 楞次环 实验设计

文章编号 1002-0748(2022)9-0015

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

楞次定律作为高中阶段较为抽象的一个物理规律,长期以来都是物理教学的难点。楞次定律的表述只是概括了确定感应电流方向的原则,而总结楞次定律的探究实验中,感应电流的方向与产生感应电流的原因并不是明显相关,而是需要高度抽象的思维去揭示物理现象与内在本质的关系,难度比较大。要让学生理解抽象的概念,实验是行之有效的方法,本文以此为例谈谈如何设计实验凸显教学逻辑,降低学生思维难度。

1 现行教学逻辑

无论是老教材还是新教材,对于“楞次定律”这一节,从教材安排来看都是以四组螺线管实验展开,从条形磁铁相对螺线管运动的实验入手,观察电流计指针偏转情况,并引导学生将“感应电流的磁场”作为“中介”,通过填表比较,归纳出楞次定律。

以四组螺线管实验作为探究点,逻辑上看是对之前“探究感应电流产生条件”的延续,思维上顺理成章,但教学中我们发现,不少程度中下的学生会觉得难以理解,因为整个过程涉及磁场方向、磁通量的变化、线圈绕向、电流方向等,关系复杂,规律隐蔽,其抽象性和概括性很强,对学生的思维提出了很高的要求。而定律表述中的“阻碍”在探究过程中并没

有直观呈现,而是通过看不见的感应电流磁场方向与原磁场方向的关系来呈现,显得过于抽象,对于探究教学来说思维难度太大。

2 重建教学逻辑

根据教学的直观性原则,学生对于直观看到的现象往往更容易理解和接受,因此笔者就想到可以用教材课后习题中的“楞次环”实验来作为探究手段,因为该实验“来拒去留”现象十分明显,有利于学生从熟悉的力和运动角度分析,直观地体现了“阻碍”的现象,从而有助于对定律的进一步探究和理解。而传统的螺线管四组实验可以作为提出楞次定律后,用楞次定律判断感应电流方向的应用加以熟练和巩固。

另外与老教材中先“探究感应电流产生的条件”之后紧接着“楞次定律”不同的是,新教材“楞次定律”是选修二“电磁感应”章节中的第一节,而之前“探究感应电流产生的条件”是必修三的内容,相隔较远,因此从连贯性上也不必拘泥于螺线管实验。基于此,笔者在实际教学中大胆尝试改进了实验设计,从“楞次环”实验入手,通过实验层层递进,得到了很好的教学效果,其核心教学逻辑如图1所示。

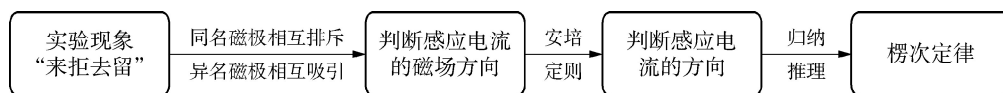


图1

3 主要教学环节及实验设计

根据教学逻辑,设计主要教学环节如下:

3.1 基于真实情境 提出物理问题

实验演示:发射不用“燃料”的小火箭:将小火箭放在线圈上[如图 2(a)所示],接通电源使线圈通电瞬间,观察现象——火箭飞起。

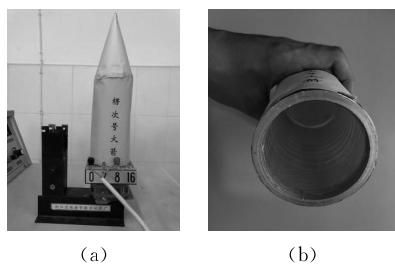


图 2

展示内部结构:只有底部一个铝环[如图 2(b)所示]。

教师设疑:真的没用燃料消耗能量吗?通电后铝环中会有什么变化吗?(此处也可适当引导学生回顾感应电流产生的条件。)

生:接通电路,应该消耗了电能,铝环中磁通量变化会产生感应电流。

师:产生感应电流,火箭为什么就飞了起来?

生:受到了排斥力。

师:为什么是排斥而不是吸引呢?

生:跟感应电流方向有关。

师:感应电流方向又跟哪些因素有关呢?

设计意图 传统的“跳环”实验过于单薄,在教学中我们可以适当“包装”实验,使其情景更丰满。这里笔者结合我国的航天热点,构建火箭发射的真实情景,还带有魔术意境——没有常见的“化学燃料”,很容易吸引学生的注意力,激发学生的探索欲。同时结合实验现象,以追问形式带动学生思维互动。

3.2 参与方案制定 分组实验探究

从感应电流产生的条件入手显然需要闭合回路和磁场。因此我们可以用铜环提供闭合导体回路(见图 3),磁铁提供磁场(见图 4)。



图 3

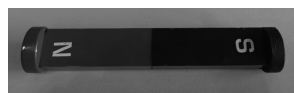


图 4

学生分组实验,尝试改变通过铜环的磁通量,并观察现象:磁铁靠近和远离开铜环,铜环不动;磁铁靠近闭合铜环,铜环被推开;磁铁远离闭合铜环,铜环被吸引。

教师引导:为全面分析各种情况,要考虑几种情况?

学生活动:四种。分组实验并列表归纳实验现象,得到磁铁相对铜环的运动特点——“来拒去留”(见表 1)。

表 1

		现象
N 极	靠近	排斥
	远离	吸引
S 极	靠近	排斥
	远离	吸引



图 5

设计意图 首先,根据感应电流产生的条件,比较容易想到所需器材,但这里改进了楞次环实验,对于传统楞次环(见图 5),如果磁铁磁性较强,即使靠近或者远离开铝环,也会引起开口铝环的运动,原因在于开口铝环太宽而产生涡旋电流,因此这里笔者改进了实验器材,用较粗的铜导线弯成圈(见图 3),效果很好,闭合铜环“来拒去留”现象明显,开口铜环纹丝不动。

其次,用“楞次环”实验的优势在于实验现象直观,且实验装置简单,教师容易自制教具,便于学生分组实验。

再次,通过简单的磁铁与铜环间的相对运动,使学生直观地看到“来拒去留”的现象,体现教学直观性原则,有利于学生从熟悉的力和运动角度分析。

3.3 分析实验现象 得出实验结论

师:为何会出现这样的现象?

学生活动:根据同名磁极相互排斥异名磁极相互吸引,分析铜环内磁场方向,猜想磁场来源可能是感应电流。根据安培定则,画出感应电流方向并记录(见表 2)。

表 2

		现象	画出铜环内电流方向
N 极	靠近	排斥	
	远离	吸引	

续 表

		现象	画出铜环内电流方向
S 极	靠近	排斥	
	远离	吸引	

用 DIS 实验验证感应电流方向:对于单个铜环,感应电流太小,且一般指针式电流表偏转瞬息即逝,所以可通过微电流传感器连接开口铜环,形成闭合回路(见图 6),已知电流从传感器红色接线柱流入为正(也可以试触判断电流流向与正负关系),如图 7 中电流方向即为正。随后按照 N 极靠近、N 极远离、S 极靠近、S 极远离的顺序连贯实验,根据表 2 理论上电流方向应该为正、负、负、正,传感器实验结果也正好是正、负、负、正的波形(见图 8),与理论判断完全一致,进一步证实了理论的正确性。

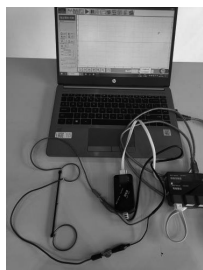


图 6

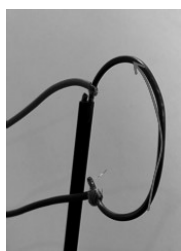


图 7

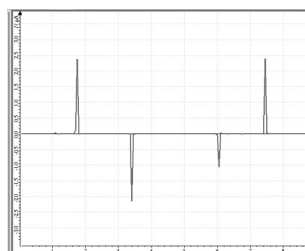


图 8

教师进一步引导:从感应电流方向我们可以知道感应电流磁场的方向,这个方向与原磁场方向有什么关系呢?与感应电流产生的本质即磁通量变化又存在什么关系呢?逻辑上对学生的适当引导,使学生能通过归纳推理进一步分析问题,通过学生小组合作讨论,在表 2 的基础上容易得到分析结果如表 3 所示。

表 3

		通过铜环的磁通量	感应电流磁场方向与原磁场方向
N 极	靠近	增大	相反
	远离	减小	相同

续 表

		通过铜环的磁通量	感应电流磁场方向与原磁场方向
S 极	靠近	增大	相反
	远离	减小	相同

学生总结规律:当磁通量增大时,感应电流的磁场与原磁场方向相反,阻碍原磁通量增大;当磁通量减小时,感应电流的磁场与原磁场方向相同,阻碍原磁通量减小。阻碍原磁通量变化,可以概括为“增反减同”。

教师总结:1834 年,俄国物理学家楞次在分析了许多实验事实后,得到了关于感应电流方向规律: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,这就是楞次定律。

设计意图 首先由“楞次环”实验可以直接判断出感应电流的磁场方向,而感应电流的方向,则可由安培定则判断给出。为验证理论上的感应电流方向,这里巧妙地利用了另一边的开口铜环,通过微电流传感器连接开口铜环形成闭合回路,从而将看不见的电流方向变成“看得见”,并验证感应电流方向与理论判断一致。

其次由于“楞次环”实验已经提到了感应电流磁场的方向,再结合感应电流产生的本质,顺利地使学生从磁通量入手分析,很好地降低了学生的思维梯度,体会用归纳推理的方法,得出楞次定律。

3.4 分析楞次定律 理解阻碍内涵

问题设置:进一步理解“阻碍”:(1)谁在阻碍?(2)阻碍什么?(3)如何阻碍,阻碍一定是相反吗?(4)能否阻止?

学生活动:结合“楞次环”实验,分组合作讨论。

(1)谁在阻碍?“楞次环”中产生的磁场,即起阻碍作用的是“感应电流的磁场”。

(2)阻碍什么?“楞次环”中产生的磁场阻碍原磁通量的变化,即感应电流的磁场阻碍的是“引起感应电流的磁通量的变化”,而不是阻碍原磁场,也不是阻碍原磁通量,而是阻碍变化!

(3)如何阻碍,阻碍一定是相反吗?不是,从“楞次环”和磁铁的相对运动看:表现为来拒去留;从磁通量看:表现为增反减同,即原磁通量增加时,“反抗”原磁通量增加,原磁通量减少时,“补偿”原磁

通量。

(4) 能否阻止? 不能,从“楞次环”实验看,磁体靠近或远离铜环,最终磁通量还是增加或者减少了,阻碍只是减缓了原磁通量的变化。

设计意图 理解楞次定律的“阻碍”是理解楞次定律的关键所,通过问题串设置,并继续结合形象直观的“楞次环”实验,通过学生小组合作讨论,很容易解决以上问题,进一步加深了对楞次定律的理解,加深了学生的思维深度。

3.5 解决实际问题 体会能量守恒

(1) 解释引课时的不用“燃料”的火箭实验,并思考能量是如何转化的。

学生活动:线圈通电瞬间,通过火箭底部铝环中的磁通量增加,根据楞次定律,阻碍相对运动,即起跳远离。从能量转化来看,电能转化为机械能。

(2) 演示神奇的“落磁”实验(见图9)。

教师演示:将磁体和木块同时从空心铝管顶端开始下落,磁铁在空心铝管中的运动时间比木块长得多。是什么阻碍了磁体的下落呢?(如果没有相应器材,这里“落磁”实验也可以替换,通过简易的装置来实现同样效果。如图10所示,用一块铜板,让磁铁和普通铁块同时滑下,磁铁明显比普通铁块运动得慢。)



图9

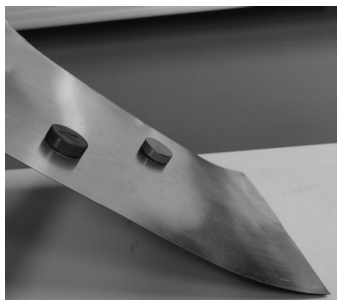


图10

学生讨论分析:磁铁穿过铝管时,铝管可以看做许多铝环,由于穿过铝环磁通量变化产生的感应电流会与磁体有安培力的作用,从而阻碍下落。从能量转化来看,对有磁性的圆块,减少的重力势能一部分转化为动能,一部分转化为铝管中感应电流所在闭合回路的电能。

教师总结:这正是能量转化和守恒的必然结果。如果是“促进”,下落更快,超过自由落体的木块,很显然违背了能量守恒定律。所以感应电流沿着楞次定律所述的方向,是能量守恒定律的必然结果,其阻碍的作用是把其他形式的能量转化为感应电流所在

回路的电能。

(3) 展示教材图片:“三峡水电站”为何能发出这么多电?

学生讨论分析:水的机械能通过阻碍的形式变成了电能。

设计意图 通过呼应课堂开始的实验,学会用楞次定律的“阻碍”解释相关现象,并通过“落磁”实验强化楞次定律本质即能量守恒的观念,提升学生的物理观念,通过学以致用,进一步体会楞次定律也是能量守恒在电磁感应现象中的表现形式。

3.6 总结学习内容 内化楞次定律

学生总结反思。本节课的研究内容、研究方法和研究结论,在此基础上欣赏楞次定律的简洁之美和楞次定律所蕴含的深刻的哲学道理,体会科学研究的乐趣和应有的态度。最终以如下逻辑图(见图11)的形式加以小结,让知识内化于心。

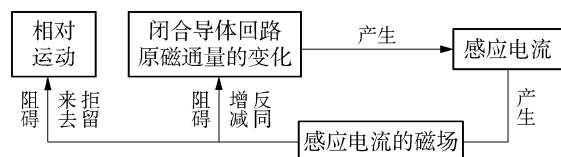


图11

4 结 语

高中物理是一门以实验为基础,又具有很强逻辑思维的学科。学生学习物理之后头脑中能“悟理”,还是变成“雾里”,很大程度上取决于教师的教学。例如楞次定律,楞次发现这个定律尚要多年的努力,而要让学生在一节课内独立探究完成并掌握,这显然不现实。因此教师的引导,也就是教学逻辑的构建就尤为重要,我们的教学设计要从学生认知规律出发,努力用巧妙而直观的实验突破思维难点,让学生在现象中构建逻辑思维,从而对知识形成内化的理解,使学生用最少的时间获得最大的进步与发展,这才是符合发展学生核心素养的教学。

参考文献

- [1] 人民教育出版社课程教材研究所,物理课堂教材研究开发中心. 普通高中教科书物理选择性必修第二册[M]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 邢红军. 高中物理高端备课[M]. 北京:中国科学技术出版社,2014.
- [3] 肖元刚. J2424 型楞次定律演示仪实验异常现象的探究[J]. 中学物理,2013(2):33—34.