



# 基于探究理念的“楞次定律”的教材编写建议

王金文

(北京五中分校 北京 100009)

尹德利

(北京市东方德才学校 北京 100025)

(收稿日期:2018-04-12)

**摘要:**对“楞次定律”教学难的成因进行了分析,指出了教材编写的不足,并基于科学探究的理念对“楞次定律”的教材编写给出具体修改建议。

**关键词:**楞次定律 科学探究 教材编写建议

楞次定律作为高中阶段最为抽象的物理定律,历来是中学物理教学的“老大难”问题,虽然许多中学一线物理教师做过研究课、公开课,物理教学期刊也发表了很多有关楞次定律的教学设计和案例,但楞次定律的“教学难”问题并没有得到根本的解决。这个难点是如何形成的呢?笔者认为,既有教材编写的原因,也有教师的教学理念和教学设计的原因;只有厘清教学难点形成的根源,才能最终破解楞次定律教学难的问题。

## 1 教学难点形成的原因

### 1.1 教科书编写的不足是形成教学难点的主因

物理实验定律是建立在大量实验事实基础上的,是物理学家经过数年甚至数十年的实验探索,在分析大量的实验现象或实验数据的基础上归纳总结出来的。楞次定律作为电学的一个重要实验定律,当然也不例外,它是俄国物理学家楞次“在分析了许多实验事实”后概括总结出来的<sup>[1]</sup>。然而,长期以来,我国中学物理教科书在编写“楞次定律”一节时,却只提供了一个条形磁铁插入螺线管的实验,并通过对该实验现象的分析,就概括出了判断感应电流方向的普适定律——楞次定律。这样编写,能够“多快好省”地将楞次定律的知识传授给学生,这在“以知识为中心”“以应试为目的”的年代没什么不妥。然而在当下,我国基础教育正处在从学科教学转变为学科教育的转型期,从发展学生核心素养的视角来

审视楞次定律的教学,教科书的编写,就有些不妥当。这样编写,带来了两大问题:其一,学生可能会产生这样一种错误观念,物理实验定律的发现无需做很多实验,一个实验或许就够了,科学家做了那么多实验,才得出规律性的结论,是不是过于谨慎了?其二,楞次定律的严谨表述,给楞次定律的探究教学造成了很大的困难。教科书中关于楞次定律的表述是这样的: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。这个表述是严谨而又言简意赅的,但该定律并没有直接说明感应电流的方向,而是通过感应电流的效果——阻碍引起感应电流的磁通量的变化,来间接判断感应电流的方向。楞次定律的这个表述,对高中生来说,理解起来就有一定的困难,更何况让学生自主探究得出这个完美结论。

我们不禁要问,教科书上的这个表述是楞次本人的原始表述吗?如果学生自主探究得出其他判断感应电流的方法,但表述却与教科书上的表述不一致,是否说明这节课的教学就是失败的呢?

答案是否定的。笔者查阅相关的物理学史文献发现,楞次本人对感应电流方向的表述与我国中学物理教科书中的表述其实并不一致<sup>[2]</sup>。1832年,楞次获悉法拉第发现电磁感应现象的消息后,很快做了一系列电磁感应的实验,得出了感应电动势的大小与线圈的匝数成正比的结论。1833年11月,楞次在彼得堡科学院所作的《关于感应引起的伽伐尼电

流方向的判定》报告中指出：“一切动电感应实验都可以很容易地纳入动电运动定律，如果后者已知，则前者即可确定”“如果金属导体在电流或磁铁附近运动，那么导体中激起的伽伐尼电流的方向，使处于静止状态的导体朝相反的方向移动”。由此可见，楞次只是针对动生感应电流的方向提供了一种判断方法，在这里他并没有提到“阻碍”这个词，更没有提及“磁通量”和“磁通量的变化”等概念。事实上，“磁通量”的概念在1846年才由法拉第提出<sup>[3]</sup>。至于中学物理教科书上关于楞次定律的严谨表述，到底是由历史上哪位物理学家概括出来的，笔者由于可供查阅的史料有限，已无从考证。

既然连楞次本人都没有总结出物理教科书上的结论，那为什么要苛求师生必须在45 min的时间内落脚在“感应电流的方向总是阻碍引起感应电流的磁通量的变化”这个结论上呢？如果学生在那么短的时间内就能得出这个结论，楞次定律也就不会成为高中物理教学的难点。

仍旧回到楞次本人的表述上来，为了更好地理解楞次关于动生电流方向的判断方法，我们以金属杆切割磁感线运动为例。如图1所示，金属杆 $cd$ 沿导轨向右切割磁感线运动，那么它产生的感应电流方向是怎样的呢？按楞次的说法，这个电流方向就是使处于静止状态的金属杆 $cd$ 沿导轨向相反的方向运动，即向左运动（这个方向也就是安培力的方向）时流过金属杆的电流方向。用左手定则容易判断出，导体杆中感应电流的方向由 $c$ 到 $d$ 。

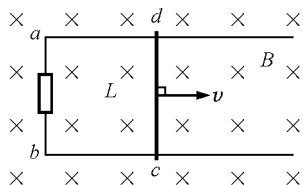


图1 金属杆切割磁感线

再譬如，如图2所示，通电直导线中的电流方向自下而上，直导线右侧放一闭合导线框 $abcd$ ，若导线框向右运动，那么闭合线框中的感应电流方向如何判断？按楞次的说法，感应电流的方向就是使闭合线框由静止开始向左运动（安培力向左）时流过线框的电流方向。根据安培定则和左手定则容易判断出，闭合线框中感应电流的方向为顺时针方向。

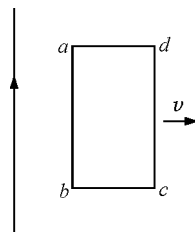


图2 闭合金属线框中感应电流方向判断

从这里可以看出，楞次本人并没有使用磁通量的概念，也没有借助“感应电流的磁场”这个中介物，只是根据已有的知识——安培定则和左手定则，就轻易地判断出了感应电流的方向。

教科书中关于楞次定律的表述尽管严谨、无懈可击，但它造成的弊端却是：束缚了学生科学探究的思想，人为增加了课堂教学的难度。

## 1.2 教学理念和教学评价的偏差是造成楞次定律教学难的另一原因

新课标强调物理教学应采取自主、合作、探究的方式，于是许多物理教师，为了体现这一教学理念，在“楞次定律”的研究课、公开课教学中，纷纷采用小组合作探究的方式，让学生“自主发现”物理规律。为了体现整节课教学内容的完整性，教师在设计这节课的教学流程和进度时，就必须让学生在不到45 min的时间内通过小组合作探究总结，得出和教科书上一模一样的结论。显然，这对任何层次的学生来说，都是很难做到的。如果学生临下课前还得出不出教科书上的结论，不管是授课教师还是听课教师，都会认为这节课的教学目标没有达成，这节课的教学就是不成功的。试问，教科书上的结论，连作为物理学家的法拉第、安培甚至楞次本人研究了多年都没有总结出来，让我国的中学生在不到45 min的时间内就总结出来，这是不是有些苛求学生？如果学生在一节课内探究不出教科书上的结论，学生的探究难道就是失败的吗？显然，教学理念和教学评价都出现了问题。

新课标指出，科学探究不仅仅是一种教学方式，也是一种教学目标。作为目标的科学探究，本意是教师通过科学探究这种教学方式，让学生体验科学探究的过程，掌握科学探究的方法，形成科学探究的意识。不能把知识教学作为衡量一节课成功与失败的唯一标准。若把是否得出结论作为评价一节探究课

成功与否的唯一标准,那么授课教师就会精心设计探究流程,准确设定学生探究的时间.如果探究过程中学生的步伐没有跟上教师预设的节奏,教师就会通过一连串的问题引导,将学生“生拉硬拽”地拉回到“正确的探究轨道”上来,这种探究在笔者看来,充其量是在教师主导下的“伪探究”,因为实验方案是教科书上的,实验器材是教师提供的,实验表格也是教师事先设计好的,学生的思维活动也是由教师“主导”的,学生只需要“照方抓药”就行了.

令人匪夷所思的是,许多楞次定律的研究课、公开课,学生不仅如期按时得出了教科书上的完美结论,而且授课教师还有足够的时间对楞次定律中的“阻碍”一词进行“科学”解读:谁阻碍?阻碍谁?如何阻碍?阻碍的结果怎样?这样的研究课看起来非常完美,但对其他教师是否具有真正的借鉴意义,恐怕还得打个问号.

楞次定律的实验探究,难就难在实验现象的归纳总结上.从条形磁铁插入螺线管的实验中概括出“阻碍”一词就有相当的难度,因为学生在手拿磁铁插入和拔出螺线管的过程中,学生很难感受到这种阻碍作用.而将落脚点落在“阻碍回路磁通量的变化”上,难度更大,因为这首先要引入“感应电流的磁场”这个概念.但是,如果没有一定的铺垫,“感应电流的磁场”这个概念学生是很难想到的.还有,“阻碍”一定是阻碍磁通量的变化吗?阻碍相对运动就不行吗?笔者认为,就条形磁铁插入、拔出螺线管的实验探究而言,学生若能总结出感应电流的效果总是阻碍条形磁铁靠近或远离螺线管(或者说阻碍相对运动),就已经非常难能可贵了,教师完全没有必要纠缠于学生有没有得出教科书上的完美结论.当然,楞次定律的准确表述教师可以在后续课中再逐渐引导学生总结提炼出来.

## 2 教材编写建议

如上所述,要破解楞次定律教学难的问题,需要从两个角度进行改进.首先要从教科书的编写入手,因为教科书是教师备课、学生上课最为重要的课程资源.笔者的建议是:将前一节中“探究感应电流产生的条件”中的3个探究实验(图3、图4、图5)都让学生重新探究一番,而不是只让学生探究图4的实验.

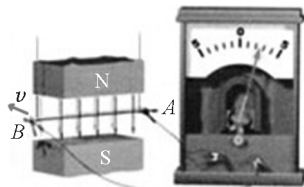


图3 探究感应电流产生的条件(1)

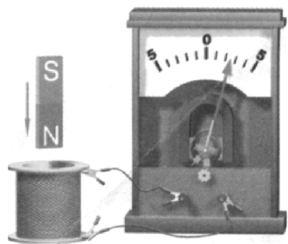


图4 探究感应电流产生的条件(2)

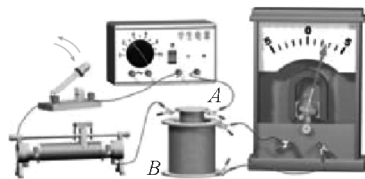


图5 探究感应电流产生的条件(3)

如前所言,一个普适物理实验定律的得出,绝不是依据单个实验就能总结出来的.这就是为什么要增加“探究导体棒切割磁感线运动产生的感应电流方向”的实验和“探究双螺线管感生电流方向”的实验.有的教师可能会质疑:一个物理实验,学生探究起来都那么费劲,再增加探究实验不是更完不成教学任务了吗?笔者认为,如果增加探究实验可以降低学生探究的台阶,如果增加的探究实验更有利于学生对电磁感应现象本质的认识,那么增加的探究实验就是值得的.首先,这样编排遵循了由浅入深、由易到难的原则,便于不同水平、不同层次的学生开展实验探究.其次,这样编排教材,遵循了由特殊到一般、由现象到本质的知识发展逻辑,便于学生形成正确的运动与相互作用观、辩证的因果观和能量观.

由于学生在前一章中已经学习了判断安培力方向的左手定则.当学生探究导体棒切割磁感线运动产生的感应电流方向时,就容易受左手定则的启发,较容易地“发现”动生电流方向所遵循的规律——右手定则.顺便指出,现行的人教版课标教材3-2把右手定则放在楞次定律之后讲解,笔者认为也是不妥的,这首先不符合学生的认知从简单到复杂、由特殊到一般的逻辑.试想,如果学生已经认识了普适的楞次定律,再讲右手定则还有什么必要呢?但如果

学生先通过实验现象的分析“独立发现”右手定则,就可以把右手定则作为进一步探究的工具,学生一旦发现这个工具具有一定的局限性,就会激发学生进一步探寻更普适的判断方法.

在学生得出判断动生电流方向的右手定则以后,教师可以进一步引导学生分析导体棒的受力和运动情况,这也符合学生的最近发展区理论.学生通过分析导体棒的受力情况,很容易得出结论:感应电流的效果,总是阻碍导体棒的相对运动.那么,为什么感应电流的效果是阻碍而不是促进导体棒的运动呢?教师引导学生进一步从能量守恒与转化的角度进行分析.学生通过分析就会发现,如果感应电流的效果不是阻碍而是促进导体杆的运动,那么导体杆的动能以及回路中产生的电能就会不断增加,这显然违背了能量守恒定律.这样,学生从力和运动的角度进行分析,立刻就触及到了电磁感应现象和楞次定律的本质——能量转化与守恒,学生对电磁感应现象就有了更全面、更深刻的认识.

有了“阻碍”这个思想基础,学生在探究导体棒插入、拔出螺线管的实验中,也会从螺线管中感应电流的效果阻碍条形磁铁的下落以及能量转化与守恒的角度分析判断螺线管中感应电流方向的变化规律.由于避开了从磁通量变化的角度分析判断感应电流的方向,因而降低了学生探究的难度.这对普通学校的中学生是适宜的.那么,是不是在任何情况下

都可以用“阻碍相对运动”来判断感应电流的方向呢?生源比较好的重点学校可以继续让学生探究双螺线管实验中感应电流方向的判断方法.这时,由于两个螺线管之间没有相对运动,因此,无法从阻碍相对运动的角度分析判断感应电流的方向,说明右手定则不是普适的规律,学生刚刚建立的认知平衡又被打破了.那么,有没有判断感应电流方向的普适方法呢?学生由此产生了进一步探究的欲望.这时,教师不失时机地引导学生重新从回路中磁通量变化的角度来分析前面的两个实验,学生就容易得出“感应电流的效果总是阻碍回路中磁通量的变化”这个结论.

另外,建议将本节课的标题“楞次定律”改为“探究感应电流的方向”,这样改,便于不同类型学校的教师根据自己学生的能力水平确定探究的内容和深度.

由于篇幅所限,本文只就楞次定律教学难的根源及教材编写的建议提出了自己的一孔之见,不当之处敬请各位专家、同仁指正.

#### 参考文献

- 1 束炳如,倪汉彬,杜正国.物理学家传.长沙:湖南教育出版社,1985.239~240
- 2 马文蔚,等.物理学发展史上的里程碑.南京:江苏科学技术出版社,1992.174
- 3 宋德生,李国栋.电磁学发展史.南宁:广西人民出版社,1987.191~192

## Suggestions on Textbook Compilation of *Lenz's Law* Based on Inquiry Idea

Wang Jinwen

(The Branch of Beijing No. 5 Middle School, Beijing, 100009)

Yin Deli

(Beijing Dongfang Decai School, Beijing, 100025)

**Abstract:** This paper analyzes the causes of the difficulty in teaching “Lenz’s Law”, and believes that the lack of textbook writing and the deviation of classroom teaching evaluation are the two main reasons that cause the difficulty in teaching Lenz’s Law. Based on the idea of scientific inquiry, the author gives some suggestions for the revision of the teaching materials of Lenz’s Law.

**Key words:** Lenz’s law; scientific inquiry; textbook compilation suggestions