

基于新旧教材对比下的教学改进研究^{*}

——以“楞次定律”教学为例

周丽娟（上海市行知中学 上海 201999）

张 瑛（陕西省教育厅教育技术装备管理中心 陕西 710003）

摘 要 电磁感应是高中物理的重要单元，楞次定律又是电磁感应单元的重要规律。通过新旧教材对比发现，沪科版新教材虽然重视科学探究的连续性、逻辑性，但对于感应电流磁场、能量转化和守恒等仅是从理论层面进行分析，缺乏实验探究依据。据此，作者利用数字化实验对楞次定律探究实验进行教学改进，把感应电流和安培力进行数字化、可视化呈现，通过实验链、问题链驱动展开教学。

关键词 教材对比 楞次定律 实验链 问题链 教学改进

文章编号 1002-0748(2025)1-0021

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

新一轮的双新课程改革主要体现在课程标准和教材两个维度的变化上，广大教师除了认真研读课程标准以外，还需要对新旧版本的教材在呈现方式、编写逻辑和栏目设置等方面进行对比分析，在充分利用好教材资源的同时，还要重组各类实验，创造性地改进教学。本文比较了沪科版新旧教材中楞次定律的探究方式，并基于此改进了楞次定律探究教学，取得了良好的教学效果。

1 楞次定律探究实验的新旧沪科版教材分析

楞次定律的探究实验现象涉及磁场方向、磁通量的变化情况、多匝线圈的绕线方式、电流方向等因素，关系复杂，规律隐蔽，对学生的抽象概括能力、语言组织表达能力要求都很高。上海科学技术出版社 2020 年版教材（以下简称“新教材”）相比 2010 年版拓展教材（以下简称“旧教材”），实验探究的起点都是采用 4 组条形磁铁插入、拔出螺线管展开的，是对上一节探究感应电流产生条件的实验装置的延续，确实能激发学生的原有认知，通过教师引导学生能猜测到感应电流的方向与磁场方向、磁通量的变化情况有关，但在落实物理学科核心素养方面新旧教材还是有较大的区别，具体分析如下。

（1）重视科学探究的逻辑性。

学生在实验初期猜想感应电流方向与哪些因素有关时，在旧教材中并未引导学生采用表格的方式

记录数据，这势必会给后续分析得出感应电流方向及磁通量变化情况与感应电方向间的关系带来困难。

在实际教学中确实有部分教师直接引导学生探究感应电流的磁场与原磁通量变化间的关系，由于这种“思维的跳跃”，让科学探究沦为“假探究”，学生的科学探究能力、科学思维发展在课堂上也得不到应有的落实。

新教材在实验记录表的设计上遵从学生的原有认知，尝试记录原磁场方向、磁通量变化情况、感应电流方向（见图 1）。隐去磁通量变化情况是希望教师能通过对之前感应电流产生条件的复习和插入、拔出条形磁铁的物理意义来得出。此举有回顾旧知，引导学生进行猜想的意味，既尊重学生的原有认知习惯，也符合科学探究的本质。

表 1-1 实验记录表

记录过程	1. 原磁场	2. 磁通量	3. 感应电流	4. 感应磁场
① 原磁场的方向				
②				
③ 感应电流的方向（俯视）				
④				
⑤				

图 1

（2）逐步完善学生的相互作用观和能量观。

旧教材在探究得出楞次定律后，只在最右侧的“点击”部分提出“楞次定律是能量转化与守恒定律在电磁感应现象中的具体体现”。因为“点击”部分

^{*} 基金项目：本文系上海市大中小学教师学科研修基地教师专业发展实践研究项目“数字化赋能下的高中物理单元教学的实践研究”（项目编号：DZXJ2023-070）阶段性研究成果。

字体比较小,容易给新教师和学生造成它并不重要的误解,事实上楞次定律的本质就是能量转化与守恒定律在电磁感应现象中的具体体现。新教材更明显地体现核心素养中的相互作用观和能量观的重要性,用很大篇幅理论解释落磁中的能量是如何转化的,但只是从理论分析的角度引导学生用能量的观点理解“阻碍”的内涵,学生并未在铝管中看到感应电流,这也不利于学生的科学思维的培养。

(3) 关注感应电流磁场引入方法的多样性。

新教材编写者意识到感应电流的磁场应该如何引入的问题,也充分考虑到广大教师在处理此问题时的个性化需求,可以从不同的处理方法或路径着手。笔者也通过对大量优秀的比赛课观摩,发现一些有丰富经验的教师会通过各种实验如“楞次环”、

“带铝环的小车的运动”等从相对运动角度来引导学生得出“磁通量增加时,磁体和线圈相互排斥;磁通量减小时,磁体和线圈相互吸引”等实验结论。此类教学设计充分避免了旧教材中思维的跳跃导致的“假探究”,但对于学生来说,还没完全从刚才错综复杂的物理现象中理出头绪,又要投入一个新的物理情境中去,学生的科学思维过程并不是连贯、层层递进的,这就导致学生的探究缺乏逻辑关联。

2 基于教材对比的“楞次定律”教学改进

基于以上对比分析,笔者在教学中对传统实验进行大胆改进和创新,以实验链和问题链互为驱动的方式对“楞次定律”进行教学改进设计。

2.1 核心教学逻辑

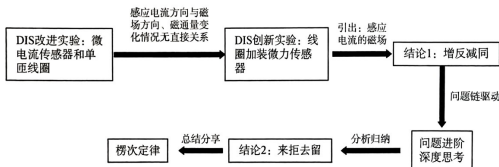


图2

2.2 主要教学流程



图3

2.3 主要教学环节和反思

2.3.1 创设情境,引入新课

教师活动:

(1) 演示实验:将磁性球和非磁性球分别从铝管上方同时自由释放(见图4)。

(2) 提出问题:为什么磁性球下落得慢些?

学生活动:

(1) 课前充分讨论。由于铝不具有磁性,所以不会跟磁性球吸引,学生就会认为两个小球应该都在做近似自由落体运动,可能同时下落。

(2) 观察现象。磁性小球和塑料小球分别从铝管上方同时自由释放,磁性小球在铝管中下落得更慢些。



图4

设计意图:

通过落磁对比实验创设情景、质疑设问、确定教学主题,激发学生的学习兴趣。通过与预设不符的实验事实,培养学生尊重科学、实事求是的态度,引发认知冲突,充分调动学生的主观能动性。

2.3.2 回顾旧知,提出问题

教师活动:

(1) 重做“探究感应电流产生的条件”实验(如图5所示将灵敏电流计和线圈进行串联),将条形磁铁N极插入和拔出线圈。

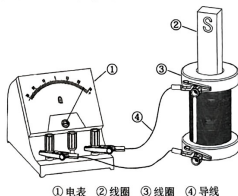


图5

(2) 灵敏电流计指针方向有何不同? 试猜想感应电流的方向可能与哪些因素有关。

(3) 本实验中指针对偏转方向与多匝线圈中电流方向的对应关系如何得到?

学生活动:

(1) 再次观察实验现象, 重新聚焦灵敏电流计指针的偏转方向。

(2) 回忆感应电流产生的条件, 对感应电流方向与哪些因素有关做出合理猜测。

(3) 思考可以如何改进传统实验仪器。

设计意图:

通过重做传统的探究实验, 激活学生的原有认知, 进而聚焦新的问题: 感应电流方向与哪些因素有关? 引导学生意识到线圈中电流方向与灵敏电流计指针偏转方向的对应关系比较复杂, 很难通过现有器材得出对应关系。对于传统实验的复杂性, 通过教师的引导学生也能试图对传统实验做出改进: 用电流传感器代替灵敏电流计、单匝线圈代替多匝线圈, 电流方向用 $I-t$ 图象的形式进行呈现。

2.3.3 合作探究, 引发思考

教师活动:

(1) 引导学生制定实验方案。

(2) 需要记录哪些实验数据? 如何设计表格(见表 1)?

表 1 实验记录表

	N 极朝下 插入	N 极朝下 抽出	S 极朝下 插入	S 极朝下 抽出
磁场方向 (向上或向下)				
磁通量变化情况 (增加或减小)				
感应电流方向 (俯视图观察)				

(3) 如图 6 所示实验器材的介绍, 如图 7 所示实验图象的说明: 类比初中的电流表, $I-t$ 图象中电流为十, 说明电流从微电流传感器的红色导线流入。

(4) 小组交流讨论实验结论。

学生活动:

(1) 小组合作, 实验探究。

(2) 数据记录, 小组讨论分析, 归纳实验结论。

设计意图:

通过小组合作探究, 让学生切身体验探索和发现规律的具体过程, 包括: 问题、证据、交流、解释等要素。学生通过讨论可以制定四种方案, 并记录下

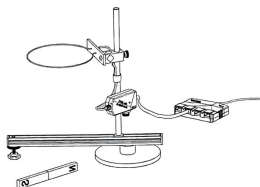


图 6

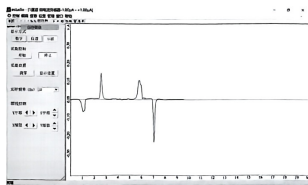


图 7

正确的实验数据(见表 1), 但此探究实验的难点在于数据分析和归纳。按照物理实验中常用的控制变量的思想方法, 学生讨论交流后发现: 对比 1 和 3 列的结果, 当穿过线圈的磁通量都在增大时, 磁场方向不同, 感应电流的方向也不相同。再对比 2 和 4 列, 当穿过线圈的磁通量都减小时, 磁场方向不同, 感应电流的方向也不同。从实验现象来看, 感应电流的方向与磁通量的变化确实有规律性, 但实验结果呈现出来的规律性似乎还不够简洁, 并不能直接显示出感应电流的方向与磁通量变化间的关系。又因为教材未对实验做出细化引导, 学生第一次感受到数据出来后的挫败感。事实上法拉第对电磁感应现象的实验探究长达 10 年之久, 这可让学生意识到任何物理规律的得出都需要坚持反复实验、不断探究。

当基于证据不能做出合理的解释的时候, 就可以引导学生对科学探究的过程和结果再次进行交流、评估和反思。由此提出后续问题: 感应电流的方向与磁通量变化之间如何建立起直接的联系?

2.3.4 创新实验, 深度学习

教师活动:

(1) 演示创新实验: 如图 8 所示(说明: 在线圈下加装微力传感器, 因为线圈受力很小所以采用强磁铁进行演示), 重复学生探究实验。

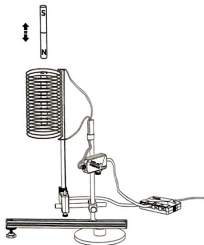


图 8

(2) 观察实验现象,聚焦对应关系。

问题链 1: 线圈受力是否发生变化? 线圈受力的施力物体是谁? 线圈所受力的性质是什么? 磁铁周围有磁场, 线圈周围的磁场来源是什么? 已知线圈中感应电流的方向如何得到其磁场方向?

问题链 2: 插入磁铁时, 线圈受到向下的压力作用, 磁铁是否受到反作用力? 此时二者的相互作用如何?

拔出磁铁时, 线圈受到向上的压力作用, 磁铁是否受到反作用力? 此时二者的相互作用如何?

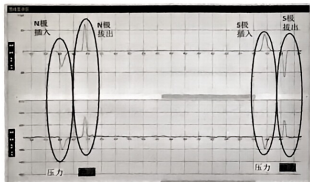


图 9

问题链 3: 线圈中的电能又是什么能转换的? 对于系统而言是通过什么力做功使得线圈中电能增加的?

学生活动:

(1) 找到“感应电流的磁场”, 并在表格中增加一项“感应电流磁场方向”(见表 2)。

表 2 实验记录表

	N 极朝下 插入	N 极朝下 插入	S 极朝下 插入	S 极朝下 插入
磁场方向 (向上或向下)				
磁通量变化情况 (增加或减小)				

续 表

	N 极朝下 插入	N 极朝下 插入	S 极朝下 插入	S 极朝下 插入
感应电流方向 (俯视观察)				
感应电流磁场方向 (向上或向下)				

(2) 分析实验数据, 归纳得出结论, 并对实验结论进行交流与解释, 体会楞次定律中“阻碍”的丰富内涵。

(3) 理解楞次定律的本质是“能量守恒和转化定律”在电磁感应中的体现。

设计意图:

通过对创新实验的图象的对应关系, 进行聚焦和层层设问, 让学生认识到线圈受力变化是因为感应电流的磁场与原磁场的相互作用, 找出磁场力产生的媒介“感应电流的磁场”这一隐含条件。再通过对实验现象的对比观察, 问题链驱动引发学生深度思考, 主动交流实验结论和楞次定律中“阻碍”的丰富内涵的内在联系。

通过对规律的学习, 逐步形成正确的物理观念, 理解物理学研究方法的复杂性、多样性和严谨性, 初步形成辩证唯物主义世界观; 通过对实验结论的交流、解释, 理解物理学简洁、对称、统一之美。通过递进实验培养学生在分组实验中应具备的合作精神和务实的科学态度。

2.3.5 定律应用, 凝练升华

教师活动:

(1) 提出问题: 为什么磁性小球比非磁性小球下落得慢些?

(2) 拓展实验: 圆形 30×30 钕硼超强磁铁穿过线圈过程(见图 10)。

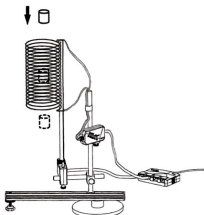


图 10

(3) 引导观察: 线圈中电流随时间变化和受到的安培力随时间变化情况的对应关系。

(下转第 38 页)

时间间隔,大概能打出 $10 \sim 15$ 个点。理论分析可知由于阻力影响其实验结果应该偏小,但有不少小组实验得到的重力加速度大小却超过 10 m/s^2 ,让人百思不得其解。

类似的问题也发生在验证机械能守恒的实验中。如果一段运动过程中,根据纸带分析得到的重力加速度大小超过 10 m/s^2 ,则该过程中动能的增加量大于势能的减少量,也就是说下落过程中机械能数值增加,这显然是不可能的。

于是,同学们对于这一“异常”情况的产生原因展开分析和讨论。有同学提出,由于在测量长度的时候,用毫米刻度尺测量长度其偶然误差将达到 10^{-4} m ,而选取 0.02 s 为计时单位,相邻两段相等时间内的距离差数量级为 10^{-3} m ,这意味着偶然误差将达到 10% ! 因此,以 0.02 s 为计时单位分析重力加速度,由于受测量时的偶然因素影响,其数值确实可能超过 10 m/s^2 。如此一分析,大家都豁然开朗。

那么,应该如何减少偶然误差呢? 同学们提供了两种方案:一是选用精度更高的长度测量工具,如用游标卡尺测量两点之间的距离,显然这一方案不合理;二是放大被测对象,如在原有纸带间隔四个点取一个计数点,即取 0.1 s 为计时单位,则相邻两段相



图 8

等时间内的距离差放大到 10^{-1} m ,偶然误差将控制在 1% 以内。但这一做法的缺点就是取点过少,偶然性还是比较大,于是同学们进一步改进实验方案。为了能打出一条清晰且有 30 个以上点迹的纸带,纸带的长度需达 1.5 m 长以上。虽然带来操作的不便(纸带上端须在 3 m 高处释放),但能够在取 0.1 s 为计时单位的前提下获得 $4 \sim 6$ 个计数点。后来的实验数据表明,这个方案确实可以有效地降低偶然因素的影响。

不回避“异常”现象,而是从“异常”数据出发,认真分析可能形成原因,并提出解决方案,最终获得验证,这不正是中学物理实验教学的核心价值所在吗。其“基于观察和实验提出物理问题”“设计实验与制订方案”和“对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力”等科学探究核心素养的培养在这一过程中得到了有效落实。

上述实验我们也可以采用传感器或者频闪仪等更精确的仪器进行测量,但是笔者认为,中学物理实验是重物理研究过程和研究方法的教学实验,其教学意义重在重演而非精确验证,因此在原有方案的基础上,基于“异常”现象引导学生进行误差来源分析,进而思考原有方案的优化,是相对合理的教学方式。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020:79.

(上接第 24 页)

学生活动:

(1) 小组讨论并交流、解释为什么磁性小球下落得更慢。

(2) 本节课的收获是什么?

设计意图:

通过对创新实验再次进阶来模拟“落磁”实验,既让学生进一步巩固利用楞次定律判断感应电流方向的方法和步骤,又通过对线圈受到的安培力用数字化实验进行可视化呈现,并引导学生从力和能量的角度解释磁铁穿过铝管的整个过程,进一步理解楞次定律的本质是能量转化与守恒定律在电磁感应中的体现,逐步完善学生的相互作用观和能量观。对于基础较好的学生,还可以布置开放性作业:让学生尝试分析如何进一步得出钕磁铁下落过程中机械能转化为电能的效率。(利用数字化实验所得到的 $U-t$ 、 $I-t$ 线进行拟合,得出电能;利用光电门传感器可以得出钕磁铁下降过程中机械能的损失。)

3 结 语

基于新旧教材对比的“楞次定律”教学设计改进,通过实验链和问题链的相互驱动,突破了楞次定律探究过程中感应电流磁场的引入问题及感应电流和安培力的可视化、数字化、情景化等难点;信息技术的有效利用使得课堂更加高效,学生有充分交流和解释的时间,让科学探究能更连贯、深入,物理学科核心素养得到有效落实。

参考文献

- [1] 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,2018:4—5.
- [2] 蒋敏敏,高景. 普通高中教科书·物理(选择性必修第二册)[M]. 上海:上海科学技术出版社,2021:27—30.
- [3] 黄佳. “学习”进阶视域下凸显科学思维的探究性教学设计——以“楞次定律”为例[J]. 物理教学探讨,2020(10):33—36.
- [4] 杨威虎,马亚鹏,李一文. 基于新旧教材对比的电场强度教学设计研究[J]. 物理教学,2022(4):41—44.