利用 DISlab 促进抽象物理量的可视化测定

——以“磁场和磁现象”系列实验为例

陈 亮[1] 莫微佳[2]
(1. 浙江省萧山区教育发展研究中心,浙江 杭州 311201; 2. 浙江省萧山区回澜初级中学,浙江 杭州 311200)

摘 要: 传统物理实验教学中,抽象物理量的测定难以量化是一大痛点,学生被动接受知识致使对抽象物理概念缺乏整体认识,停留在定性层面. 利用数字化传感技术可对传统实验进行补充、改进与替代,对抽象物理量进行可视化测定,能有效促进概念的建立和模型的建构.

关键词: 初中物理; 数字传感器; 磁场可视化

物理实验教学关注学生的探究过程和实证意识. 在实际教学中,传统实验仪器由于功能上的局限性,导致部分科学探究活动只能停留于理论层面,未取得完全实证,造成“探究”过程的缺失和“认知”过程的断续,最终影响学生科学思维和实践能力的培养. 随着新课程改革的推进,数字化实验日益普及,成为现代教育技术中的重要组成部分. 数字传感器准确采集和处理实验数据,能直观展示物理实验现象,增强实验教学的科学性和直观性,从而有效提升学生的物理实验素养. 本文立足于新课标,以“磁场和磁现象系列实验”为例,论述数字化传感器在初中物理抽象物理量教学中的可视化应用.

1 教材实验设计的局限

“磁场和磁现象”是浙教版科学 8 年级下册“电与磁”一章中的内容. 物理学家麦克斯韦曾有所猜想:这个世界上,有些量的“物理尺度太小”,以致无法被有局限的人类所注意到,但事实上,它们却有可能导致极为重要的结果. 这种物理量很多,例如磁场. 学生熟悉磁铁,知道磁铁间存在着吸引和排斥的关系,但因感受不到“磁场”的存在,无法理解“磁场”是一种物质,更不清楚磁场间相互作用的本质原因,所以建构该抽象概念有一定的思维障碍. 正因磁场看不见摸不着,往往需要通过磁场与其周围物质的相互作用来认识,分析教材和教学实际,发现“磁场和磁现象”内容所涉及的实验教学存在以下局限.

1.1 通电螺线管的磁场

教材中“探究通电螺线管的磁场特点”实验主要是通过观察铁屑分布来作定性分析的(如图 1 所示). 因为展示界面面积有限、摩擦力影响等原因,铁屑难以像教材图片一样完美分布. 实验现象的不明显、不清晰,造成学生对以下问题存有疑虑:铁屑分布的疏密程度与磁场强度是否有关?通电螺线管内部是否有磁场?其磁场特点又如何?为什么模型中的磁感线是闭合曲线?在传统实验背景下,这些问题无法予以实证,教师只能以“告知”或“直接呈现”的方式空降答案. 学生虽然接受了这样的知识,但其思维能力和思维品质没有得到有效提升.



图 1 教材插图——通电螺线管的磁场

1.2 通电螺线管磁性强弱的影响因素

教材中“探究通电螺线管磁性强弱的影响因素”实验采用控制变量法、转换法、重复实验等实验手段,分别探究电流大小、线圈匝数和有无铁芯 3 个变量对磁性强弱的影响,磁性强弱因无法直接观察,采用转化法将其转化成吸引大头针数量来间接判断. 但在实际操作中,成功率并不高,原因有以下

基金项目:本文系 2022 年度浙江省教师教育规划课题“‘1—2—3’架构下初中科学‘三步教学设计’实践研究”(课题编号:ZX2022158);2024 年杭州市基教教研课题“大科学教育视域下初中科学跨学科主题学习的实践研究”(课题编号:L2024192)的阶段性研究成果.

通信作者:莫微佳(1987—),女,杭州萧山人,萧山区回澜初级中学一级教师,研究方向为课程与课堂教学研究. 电子邮箱:137513561qq. com.

中国知网 https://www.cnki.net

几种：① 大头针质量较大. 通电螺线管磁力难以吸引足够大头针. ② 大头针切面较大. 部分大头针无法接触通电螺线管，只靠相互磁化的磁力吸引，引力不够. ③ 形成错误示范. 该实验条件下电流过小，磁力不足. 为了让电路中有足够大的电流，需要使电路处于暂时短路状态，这样的操作示范不利于学生实验素养的养成.

1.3 电磁感应

教材中“研究电磁感应现象”的实验装置主要由线圈、磁场、灵敏电流计 3 部分组成(如图 2 所示). 传统实验利用灵敏电流表指针偏转来指示感应电流的产生与方向. 该实验缺陷在于电流微小且不持续，指针偏转快速且幅度过小，一旦停止切割，指针便回归“0”刻度线，呈现“暂态信号”. 学生需要瞬时评估其偏转方向和偏转幅度，思维来不及与实验现象同步，造成数据读取不精确、偏转记录较困难.

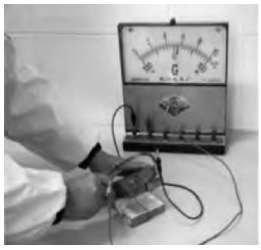

图 2 磁场中运动的导体

2 DISlab 的可视化应用

DISlab 是一种以真实实验为基础，将传感器、数据采集器和计算机有机组合，共同完成对物理量测量的数字传感装置，利用 DISlab 代替传统的仪表，大大提高实验的效率与精准度，让磁场像力、质量一样成为可定量测量的物理量，从定性走向定量，促进对抽象物理概念的理解. 数字传感器与中学物理实验的结合是新课程积极倡导的重要理念，即将物理教学与科学技术结合来凸显物理课程内容的前沿性. 创新引入 DISlab 系统后，能以“数据－图形”形式可视化呈现抽象的物理现象，优化对抽象物理量的测定，深化对原理规律的理解，从而有效突破上述 3 个实验中存在的缺陷，帮助学生建立起“实验数据＋物理现象→物理本质”的基本思维模型.

“磁场和磁现象”系列实验中，采用朗威磁感应强度传感器(以下简称“磁传感器”)，其敏感元件为霍尔元件. 工作原理与特拉斯计类似，均属于霍尔传感器，但朗威磁传感器具有更高的精度和灵敏度，尤其是对于微小的磁感应强度变化，具备优质的数字信号处理能力，既减少噪声又提高测量的准确性. 磁传感器与计算机或其他数据采集设备配合使用，可实现高频率、高密度的数据“线采集”(优于特拉斯计的“点采集”)，实时展现实验过程中物理量的变化，更适合于教学演示和实验.

基于此，笔者对以上 3 个传统实验做了基于 DISlab 的数字化实验优化方案.

2.1 探究磁场分布的补充实验

2.1.1 数字化方案

实验材料：朗威数据采集器、磁传感器、电源、螺线管、导线、电脑等.

实验装置：外部磁场由闭合电路中的普通螺线管产生，测量装置为磁传感器，如图 3 所示. 内部磁场由匀强磁场螺线管产生，测量装置由电脑、朗威数据采集器、磁传感器依次连接而成，如图 4 所示.

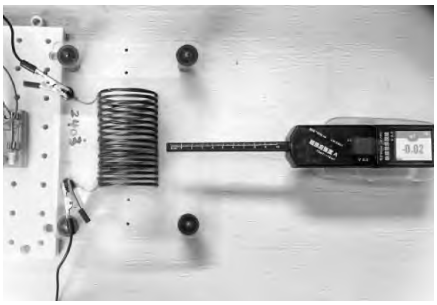

图 3 外部磁场部分点位测定装置

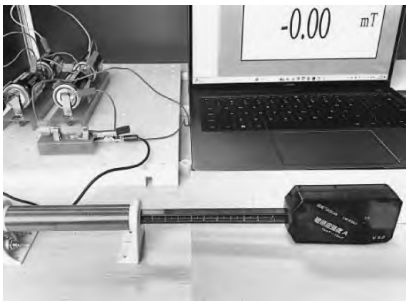

图 4 内部磁场测定装置

操作过程：

(1) 将通电螺线管水平置于实验桌上，先确定并标注需要测定数据的多个点位，再将数字磁感应传感器探测头依次置于已标注的点位处，准确读取代表磁感应强度数值并记录.

(2) 调节磁传感器高度，确保磁传感器探管与螺线管轴心相重合，将磁传感器探管“0 cm”刻度置于螺线管边沿处并“调零”(即将该处磁场强度规定为“相对零值”).

(3) 接通电源后预热 2 min，传感器探测端向螺线管内每移动 0.5 cm，用表格记录对应的移动距离和磁感应强度.

(4) 待数据采集完毕后，DISlab 系统以横坐标为探管向内移动距离，纵坐标为磁感应强度，自动

中国知网 https://www.cnki.net

生成曲线图，呈现磁感强度与内部距离的关系.

(5) 分析实验数据，结合铁屑分布实验，建立通电螺线管周围磁场的空间分布图.

2.1.2 效果与评价

在该 DISlab 实验中，通过通电螺线管外部和内部多点位磁场强度的测定，在更大范围内观察磁场强度的变化特点. 数据显示，在通电螺线管外部，两端附近的数据绝对值较大，越接近螺线管中部，数值绝对值越小，如图 5 所示. 将数值与铁屑分布建立联系，发现铁屑分布越密，该区域数值绝对值越大. 在实验中，部分负值数据可能会引起学生质疑，教师可适时点拨，是否是磁场存在方向引起的，实验后引导学生做 3 方面推断. 推断 1：通电螺线管外部磁场强度的特点为两极最强，中间较弱. 推断 2：铁屑分布密度与磁感应强度有关，铁屑分布越密集，该区域磁感应强度越强. 推断 3：磁场既有大小，又有方向.

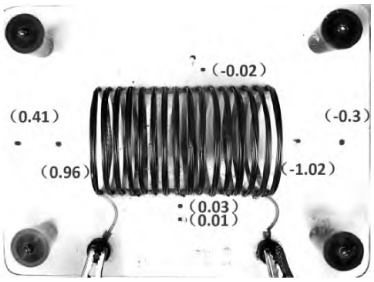

图 5 外部部分点位磁感应强度

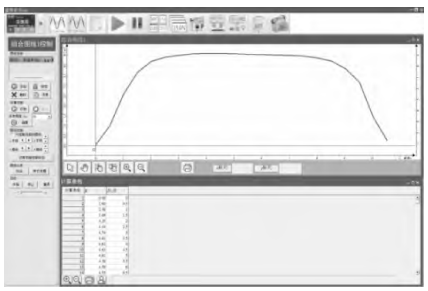

图 6 “内部距离—磁场强度”曲线

进一步实验还可以发现通电螺线管内部磁场的特点：中间强度大于两端，且中间磁感应强度基本不变(如图 6 所示). 教师可抓住这一实验“异象”，引导学生解释两个核心问题：① 通电螺线管外部磁场有什么特征？(引导学生与条形磁铁磁场相比)② 通电螺线管内部磁场有什么特征？(引导学生联想螺线管中心电流分布特点)通过这样的解释，能更好地帮助学生建立如图 7 所示的通电螺线管磁感线模型，并从整体法思路去解释磁感线为封闭曲线的本质原因.

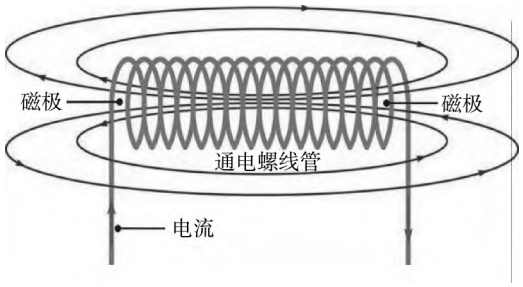

图 7 通电螺线管磁场模型

以上分析可以发现，该实验中 DISlab 系统的应用定位在“补充”，即在保留传统铁屑实验现象的基础上，引入数字传感技术. 传统铁屑实验的作用在于呈现磁感应线的轮廓，而数字传感技术的作用在于定量补充不同离散点的磁场强度，并采集连续性距离变化引起的磁场线性变化数据，将“点采集”和“线采集”相结合，能有效解决学生在传统实验中因探究不足、求证困难而引起的疑问.

2.2 探究磁性强弱影响因素的替代实验

2.2.1 数字化方案

实验材料：朗威数据采集器、磁传感器、线圈匝数可变的电磁铁实验器.

实验装置：磁性由电磁铁实验器产生，其线圈匝数、电压可调，且可装卸铁芯. 测量装置由电脑、朗威数据采集器、磁传感器依次连接而成，如图 8 所示.

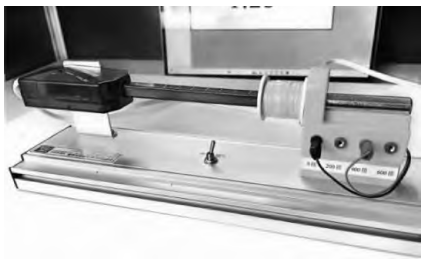

图 8 磁性强弱影响因素实验装置

操作过程：

(1) 将磁传感器固定在所选位置上，连接电脑端，连接 200 匝线圈，将磁传感器预热 2 min 后进行软件调零.

(2) 在 1.5 V 电压下，线圈轴内依次放入和取出铁芯，记录数据.

(3) 在 3 V 电压下，重复上述步骤，记录实验数据.

(4) 连接 400 匝线圈，重复以上步骤(2)(3).

(5) 连接 600 匝线圈，重复以上步骤(2)(3)，数据记录后所形成的实验表格如图 9 所示.

中国知网 https://www.cnki.net

2.2.2 效果与评价

上述 DISlab 实验现象明显、数据精确(如图 9 所示),且有足够的离散度. 即使微小电流也能放大磁场强度的变化,避免了传统实验中的短路操作,从而帮助学生顺利归纳通电螺线管磁场强度与电流大小、有无铁芯等变量的关系. DISlab 实验的引入凸显了实验操作的便携性、安全性与实验结论的可靠性.



图 9

该 DISlab 实验应用定位在“替代”,将传统吸引大头针的实验现象转化为可直接测定的数据,充分利用数字传感器高灵敏度、高分辨率和高精度的特点,充分发挥数据传输方便快捷、数字信号抗干扰性强等优势,并利用技术手段对学生难以理解的抽象物理量进行可视化测定. 在此实验基础上,可进一步将磁传感器与位移传感器组合,实时描绘出一条乃至多条“位移—磁感强度”关系图线,多条图线还可依托 DIS 通用软件的并行显示功能,将它们放在同一坐标系里加以对比,能清晰展示电流强度与磁感应强度之间的关系.

2.3 电磁感应的替代实验

2.3.1 数字化方案

实验材料:朗威数据采集器、微电流传感器、电磁感应实验器、磁铁等.

实验装置:切割磁感线运动由电磁感应实验器和条形磁铁实现,测量装置由电脑、朗威数据采集器、微电流传感器依次相连而成,如图 10 所示.



图 10 电磁感应的实验装置

操作过程:

(1) 连接数据采集器、微电流传感器和电磁感应实验器,电脑通用界面添加“电流—时间”图线并“调零”(确定“相对零值”).

(2) 条形磁铁以相同速度分别穿过单匝、3 匝、9 匝线圈并反向抽出,比较产生感应电流大小和方向.

(3) 在线圈匝数仍为 9 匝的情况下,加快磁铁穿过和抽出线圈的速度,观察产生电流的情况.

2.3.2 效果与评价

上述数字传感实验以线圈匝数、条形磁铁运动速度和运动方向作为研究变量,探究感应电流大小与方向的影响因素. 实验中固定线圈,移动条形磁铁实现了两者之间的相对运动,利用微电流传感器代替灵敏电流表,测定闭合回路中的微电流,同时 DISlab 系统作即时的“电流—时间”数据采集并绘图(如图 11 所示). 分析图形信息,发现当条形磁铁的 S 极插入闭合线圈时,产生负向的感应电流;抽出时,产生正向的感应电流,且接入闭合回路的线圈匝数越多、速度越快,感应电流越大.

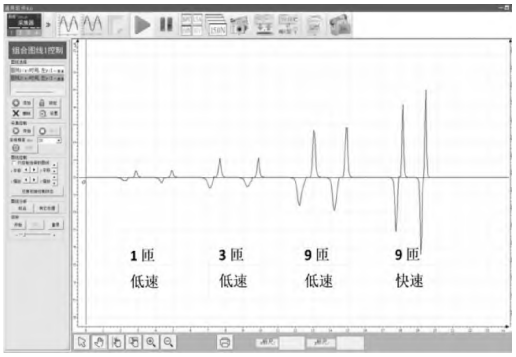

图 11 电磁感应现象的感应电流

该 DISlab 实验应用定位在“替代”. 与教材中“电磁感应”实验不同,基于 DISlab 的数字化实验能够在极短的时间内完成实验数据的记录和处理. 这种分辨率远高于肉眼观察和人脑记忆,改变了传统实验中灵敏电流计瞬时示数难以记录的缺陷. 通过数字化传感器和采集器,将微小而瞬时的电流变化以曲线图的形式直观呈现,并前后对比,便于学生理解电磁感应的本质特点.

3 结束语

DISlab 系统的介入在实验精度、测量范围、时间成本上都有了明显的改善,其实时、动态、快速、准确的特点又有利于实现精准教学. 适当运用数字化传感技术有助于学生通过可视化的数据测定,在实验观察、数据分析等过程中 (下转第 50 页)

中国知网 https://www.cnki.net

创造性，从而主动参与到活动中. 活动时，教师要给学生足够的实践、思考的时间，要有效地整合跨学科资源以及根据学生的兴趣和能力提供个性化的指导和支持.

2.3.2 倡导以学习为主线，关注实践活动体验

跨学科实践教学围绕学生学习的内在规律展开，引导学生进行观察、分析、推理和创新等一系列活动. 例如，在测量戒指密度的实验中，学生不仅要掌握物理知识，还要学会设计实验、处理数据、分析结果，乃至提出新的解决方案. 这不仅强调知识之间的联系、整合和应用，而且能够激发学生的兴趣和动机，同时培养他们的批判性和创新性思维，对于提高学生的高阶思维极为重要.[7]

通过实践活动，学生能够亲身参与和体验学习过程，这种过程体验对于学生的学习意义重大. 在实际操作中，学生对电子厨房秤再利用，结合实际情况设计了更加便利的测量方案，并成功判断了戒指并非纯金所铸. 学生不仅能够加深对物理知识的理解，还能够培养团队合作、沟通交流和动手操作等实践能力，并通过改装电子厨房秤制作固体密度测量仪，使得测量更加方便、精确，更展现了学生创新思维和实践能力的提升.

2.3.3 发挥评价的功能，促进学生素养发展

《义务教育物理课程标准(2022 年版)》强调：通过课堂评价、作业评价、阶段性测验及跨学科实践评价等方式，充分发挥评价的诊断和激励功能，进而达到促进教师教和学生学的目的. 跨学科评价的标准应基于具体的学习情境和任务目标来设定，强调在真实问题解决过程中的表现. 评价不仅关注学生的知识技能的掌握，更重视学生能力、现实表现、合作精神等多维度素质的发展，通过反馈促进学生的学习和发展. 本次活动将通过小组自评、他评、师评等方式，对固体密度测量仪的设计、制作过程、性能(使用是否方便、精确程度)、外观以及团队合作等方面进行评估，同时教师应基于评价结果为每位学生提供个性化的指导建议，[8]帮助学生认识到自己的长处和待提升之处，激发学生自我反思和自我调整的能力，进而促使学生的批判性思维、创新思维和问题解决能力的进一步发展.

3 小结

以跨学科实践活动为载体，发展学生的核心素养为目标，精心设计教学过程. 从真实问题情境出发，在实践中获得体验，助力学生物理观念的凝练和科学思维的形成，“教—学—评”一体化加速跨学科实践活动的开展，激发学生的内驱力，开发具有创造性的物化成果. 当然，教学目标不一定是一步达成的，本实践活动中学生创造性想法的形成和最终物化成果的成品是存在一定时差的. 跨学科实践教学过程需要不断激励学生，使学生形成终身学习的习惯，这也是学科育人的根本所在.

参考文献：

1 李春密，苏明义. 新版课程标准(2022 年版)解析与教学指导——初中物理[M]. 北京：北京师范大学出版社，2022.
2 廖伯琴. 跨学科主题学习实践指导·初中物理[M]. 北京：北京师范大学出版社，2023.
3 荆鹏，侯恕. 初中物理跨学科实践教学的内涵、价值与路径[J]. 物理教师，2022(10)：32－36.
4 余文森. 育人方式变革的四个体现[J]. 基础教育课程，2021(Z1)：18－20.
5 程良宏，张媛媛. 论跨学科主题教学的核心要义及其实践进路[J]. 课程·教材·教法，2024，44(3)：59－68.
6 李志超，王盼. “双减”政策下课堂教学的“变”与“不变”[J]. 教学与管理，2023(16)：1－5.
7 高雷，孙晓燕，丁云，等. 浅谈基于跨学科实践的创新能力培养策略[J]. 物理教师，2023(6)：66－69.
8 李刚. 在综合实践活动中培养学生创新能力——以“制作简易的密度计”的教学为例[J]. 物理教师，2021(3)：22－24.

(收稿日期：2024－05－12)

(上接第 46 页)

深入了解磁场等抽象物理量的特性和具体现象，有助于学生更好理解科学知识与本质，加深对抽象问题或抽象物理量的理解，提高对抽象物理概念的理解和应用能力.

参考文献：

1 刘茂军，张勇. 中学物理实验与传感器整合研究述评[J]. 物理教师，2015，36(11)：68－72.
2 陈燕. 法拉第电磁感应定律探究实验的创新研究[J]. 物理教师，2023，44(2)：61－63.
3 楼佳萍. 利用 DISLab 研究通电螺线管中磁场特性[J]. 物理教师，2007(11)：35，40.

(收稿日期：2024－04－03)

中国知网 https://www.cnki.net