

# 基于学习进阶的初中物理教学的实践研究

## ——以“磁场”为例

仲诚

(田林第二中学, 上海 200233)

### 摘要:

学习进阶理论通过描绘学生认知发展的连贯路径,为核心素养的落地提供了理论支撑与实践框架。本研究以初中物理“磁场”教学为例,基于学习进阶理论构建了包含经验、映射、关联、系统、整合五个层级的发展模型,据此开展教学设计与课堂实践,探索物理课堂落实核心素养的实践路径。

**关键词:** 初中物理; 学习进阶; 磁场

《义务教育物理课程标准(2022年版)》指出:核心素养是课程育人价值的集中体现,也是学生通过课程形成的正确价值观、必备品格和关键能力。<sup>[1]</sup>在课堂教学中,虽然一线教师有着发展学生核心素养的愿景,但存在着忽视学生知识体系的建构和基于知识教学的核心素养培育规划的情况,导致学生核心素养培育效率的降低。<sup>[2]</sup>以学习进阶为工具对教学内容在不同层面整合,可以为核心素养的落地提供关键的理论支撑和实践框架,优化物理课堂的教学。

## 1 基于学习进阶的分析

### 1.1 学习进阶理论

学习进阶在2007年美国国家教育委员会(NRC)中定义为:对学生在一个时间跨度内学习和探究某一主题时,依次进阶、逐级深化的思维方式的描述。<sup>[3]</sup>刘晟和刘恩山教授认为:学习进阶是学生在各学段学习同一主题概念时所遵循的连贯的、典型的学习路径的描述,一般呈现为围绕核心概念展开的一系列由简单到复杂、相互关联的概念序列。<sup>[4]</sup>北京师范大学郭玉英物理教育研究团队提出了较短时间内针对某个具体概念的学习进阶理论,建构了科学概念理解的发展层级模型,包括经验—映射—关联—系统—整合层级,每一层级反映了学生对核心概念的理解水平与思维特征。综上,学习进阶为教学设计提供了理论指导,刻画了学生思维的发展过程,这和落实核心素养的诉求高度契合。

### 1.2 “磁场”学习进阶的分析

《义务教育物理课程标准（2022年版）》中对磁场的学业要求为：1.2.1 通过实验，了解物质的一些物理属性，如弹性、磁性、导电性和导热性等，能用语言、文字或图表描述物质的物理属性；2.4.2 通过实验，认识磁场。知道地磁场。从中可以发现，本节课学生将通过演示实验及动手实验利用建模、转换等方法将抽象问题形象化。在实验探究、方法运用、知识建构的过程中，逐步落实课标学业要求，同时实现科学思维的阶梯式发展，且这一培养过程与磁场学习进阶的经验、映射、关联、系统、整合五个层级深度契合。

学生在科学课程和日常生活中，对于磁体和简单的磁现象并不陌生。但缺乏系统性。而初三学生在逻辑分析和空间想象方面还比较薄弱，对“场”这类抽象概念的理解存在一定困难。因此，若教学设计上各环节割裂，缺乏逻辑关联，势必造成学生对磁场的认知不够清晰，也无法体会建构模型等方法在磁场问题中的运用，为后续电与磁现象的学习及初高中衔接带来困难，难以落实学生的核心素养的发展。

因此，根据新课标的要求，结合学生学情，分析得出初中阶段“磁场”的发展层级模型（表1）。

表1 初中阶段“磁场”的发展层级模型

发展层级	层级描述	磁场概念理解层级描述	磁场概念学习进阶具体表现
经验	学生具有尚未相互关联的日常经验和零散事实。	知道磁体能够吸引铁、钴、镍等物质。 知道磁体上磁性最强的部分叫做磁极。 知道磁极有N极和S极。 知道同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引。 知道磁化现象。	确认磁体能吸引铁、钴、镍等物质。 确认磁体的不同部位的吸引能力不同。 确认指南针静止时指向南北方向。 能根据磁体的磁极判断相互作用。 确认磁化现象。
映射	学生能建构事物的具体特征与抽象术语之间的映射关系。	知道磁体周围存在的看不见、摸不着的特殊物质叫做磁场。 知道磁感线可以用来描述磁场。	能根据小磁针N极指向判断该点磁场方向。 能画出条形磁体周围的磁感线分布示意图。

关联	学生能建构抽象术语和事物数个可观测的具体特征间的关系。	知道磁感线的方向与磁场方向的关系。 知道磁感线分布的疏密与磁场强弱的关系。	能通过磁极,判断磁感线箭头的方向。 能结合磁感线的分布,判断不同位置磁场的强弱和方向。
系统	学生能从系统层面上协调多要素结构中各变量的自变与共变关系。	知道不同磁极间磁感线的分布。 知道地磁场。	能识别不同磁极间磁感线的分布。 能用磁感线分析磁场的简单问题。 能解释指南针指示南北的原理,关联地磁场与小磁针受力的关系。
整合	学生能由核心概念统整对某一科学观念(例如物质观念、能量观念等)的理解,并建构科学观念间和跨学科概念(例如系统、尺度等)之间的联系。	了解磁性是物质的物理属性。 体会可以通过对其他物体的作用来认识磁场的方法。 体会“建构物理模型”的方法在磁场学习中的意义。	能通过对磁场的学习,感悟模型思维的价值,迁移应用于其他物理概念的理解。

## 2 学习进阶下的“磁场”教学案例分析

下面以沪科版(五·四学制)初中物理九年级下册第14章第1节“磁场”为例,进行教学案例分析。

### 2.1 经验层级:真实情境下的前概念显化

磁场一节的引入大部分初中物理教材均选择了磁体间相互作用或指南针、地磁场类的现象。由于学生在科学课或日常生活中对磁现象已有认知,笔者在此利用“指南针失灵”的真实情境,将问题汇总整合,从而显化和诊断前概念。

播放视频:大山中“指南针失灵”。

提出问题:1.指南针为什么能够辨别方向?2.指南针是如何使用的?3.使用时有什么需要注意的吗?

学生基于前概念能够说出指南针是磁体,使用时其一端指向南方。部分学生可以想到,使用时周围不能有其他磁体。该环节的设计价值在于:一、通过问题唤醒学生关于磁性、磁极及其相互作用的已有认知,实现对前概念的显性化梳理;二、以“指南针为何失灵”这一认知冲突作为

贯穿全课的核心驱动问题，激发学生的学习兴趣；三、为后续磁场概念的建构以及地磁场的引入埋下伏笔，通过问答促进学生物理观念的生成。

活动 1：磁体可以吸引哪些物体？

引导学生结合生活经验进行猜想，学生普遍能说出铁钉、回形针等铁制品或直接提出金属。提供铁、钴、镍、铜、铝、木材、塑料等不同材质的物品，让学生通过动手实验对磁体的吸引对象进行验证，确认磁体能吸引铁、钴、镍等物质，明确磁性，并纠正其前概念中的错误。

活动 2：用磁体的不同部位去吸引回形针，效果是否一致？

学生实验后确认磁体的不同部位的吸引能力不同，并结合已有认知说出磁体上磁性最强的部分叫做磁极，强化前认知。

活动 3：使用指南针时，应观察哪个磁极？把磁体用细绳悬挂后静止，指向和指南针相同吗？

学生对小磁针进行操作观察，确认指南针静止时稳定指向南北方向，让学生将指南针的指向与磁体的磁极建立初步关联。

活动 4：当两个磁体的磁极相互靠近时，会发生什么现象？

学生将两块条形磁体的不同磁极分别靠近，发现同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引的相互作用规律。

活动 5：用磁体的一端靠近无磁性的铁钉，再用该铁钉去吸引小铁屑，有什么实验现象？

学生通无磁性的铁钉在磁体的作用下能够吸引小铁屑，由此确认磁化现象。

本环节通过 5 个活动，让学生在自主探究中完成了对磁性、磁极、相互作用及磁化现象等一系列磁现象前概念的显化与诊断。通过一系列的实验探究与前概念梳理，让学生的已有认知得到了验证，更为后续磁场概念的抽象建构提供了直观、具体的实验事实基础，推动学生从经验感知向后续的概念映射层级逐步过渡。

## 2.2 映射层级：模型建构中的科学思维

在初中阶段，如何将可观测的物理现象和抽象的物理概念进行关联是一大难点，因此本节课的重难点是用磁感线形象地描述磁场和建立“磁感线”的模型。

针对磁感线的模型建构，设计如下问题链：

- (1) 磁场看不见、摸不着，如何探究？
- (2) 条形磁体检测磁场时体积较大，可替换成什么器材？
- (3) 小磁针应放在条形磁体周围哪个位置？
- (4) 旋转小磁针，观察其再次静止时 N 极的指向是否改变？

- (5) 更换小磁针，静止时 N 极的指向是否改变？
- (6) 如何研究其他位置的磁场？
- (7) 能否在条形磁体周围放置多个小磁针？
- (8) 如何优化小磁针以遍历磁体周围所有位置？
- (9) 如何描述铁屑实验的结果？
- (10) 绘制曲线的实验根据？
- (11) 实验有什么可以改进的地方？

本环节通过问题链设计，旨在突破磁感线这一建模的难点。在经验层级的活动中，学生已观察到了磁现象和磁力作用。教师给出磁场概念后，如何引导学生进一步深入探究，仍是教学中的关键问题。

问题 1 引导学生回顾之前学过的转换法，借助磁体在磁场中受力偏转的现象，间接判断磁场的存在和特征。问题 2、3 旨在聚焦研究对象，引导学生关注小磁针的实验现象，并为后续探讨磁场的空间分布埋下伏笔。

问题 4、5、6 则突出实验结论普遍性，通过控制变量和多次实验，排除了小磁针个体差异的影响，强化了磁场是客观存在的物质这一结论，培养学生归纳推理的科学思维。

在传统教学中，学生往往出于想一次性弄清所有位置的想法，在条形磁体周围放置大量小磁针。但由于小磁针本身带有磁性，靠近时彼此会干扰，导致指向产生一定的偏差。在此基础上再思考问题 7，学生便会体会到小磁针的局限性，即体积不可忽略。因此，学生改为使用一个小磁针，在不同位置多次实验后，在白纸上做标记更为合理，也为后续用铁屑实验画出磁感线奠定基础。

问题 8、9、10 引导学生从有限测量走向对连续空间的认知。通过对小磁针的逐渐缩小的推演，延伸至铁屑实验，并归纳分布规律。这一问题将学生的科学思维从实验操作提升到模型建构，令其逐步理解物理模型的建构逻辑。教师则在此处正式引入“磁感线”的概念。

问题 11 为开放性问题，旨在让学生反思实验中的不足，教师可往空间分布的方向引导，并使用磁感线模拟瓶（图 1）或立体磁感线演示器直观的看到其空间分布。



图 1 磁感线模拟瓶

鉴于铁屑实验操作上的难度，也可以借助 3D 模拟或 AI 程序辅助学生观察实验结果，在 3D 模拟程序中，学生在空间中自由放置小磁针，可直观的体会到磁场的空间分布（图 2），增强了实验的可视化效果与教学的可操作性。

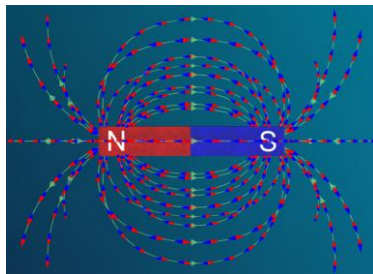


图 2 条形磁体磁感线 3D 模拟

本层级以问题链为载体，将“磁感线”这一抽象模型的建构过程，拆解为从现象感知到模型生成的进阶路径。这一映射层级的确立，正是学习进阶理论在课堂教学中的具体体现。学生并非被动接受磁感线，而是在经历“感知—实验—表征—建模—反思”的完整认知链条中，自主建构起对磁场和磁感线的理解，突破了磁场学习的概念难点，更让学生在模型建构的过程中，亲历了科学思维从具体走向抽象的进阶历程，为核心素养的落地提供了可操作的实践路径。

### 2.3 关联层级：模型要素间的意义关联

在完成映射层级的模型建构之后，学生已经认识到磁感线是描述磁场的一种理想化模型，但此时学生对磁感线的理解仍停留在图形的层面，尚未将模型的各要素与磁场本身的物理属性建立起明确的关联。因此，关联层级的核心任务，是引导学生建构磁感线模型与磁场本质属性之间的意义联结，深化认知。

基于映射层级的实验和模型建构，学生回顾之前实验中的操作与记录，通过白纸上标记的多个小磁针 N 极指向箭头，将离散箭头与连续曲线的对应关系加以提炼，学生便能理解磁感线箭头方向和磁场方向的对应，知道在磁体的外部，磁感线总是从磁体的 N 极出发，由 S 极进入磁体。

通过对磁感线进一步的观察，发现在条形磁体的两极附近，铁屑排列最为密集，这与学生对磁极处磁力最强的已有经验相呼应，得出磁场强的地方磁感线分布密集这一结论。也可借助 DIS 设备，通过测量条形磁体周围磁感应强度的强弱，进一步探究磁感线疏密与磁场强弱的关系。由此，学生便可结合磁感线的分布图，自主判断不同位置磁场的强弱和方向。教师呈现条形磁体的磁感线分布图，开展小练习，以巩固对关联的认知。

从学习进阶的视角来看，关联层级的达成，为学生后续运用磁场知识解释电磁现象，解决整合层级的问题奠定了坚实的认知基础。

### 2.4 系统层级：软件辅助下的整体认知

在系统学习了磁感线的相关内容后，学生需要基于所学知识对不同磁极间磁感线的分布进行判断并分析经验层级中指南针失灵的原因。

借助 3D 模拟程序，学生可直接观察蹄形磁体、异名磁极相对和同名磁极相对时的磁感线空间分布（图 3），并运用已学知识，通过磁感线方向判断磁极或通过磁极判断磁感线方向。

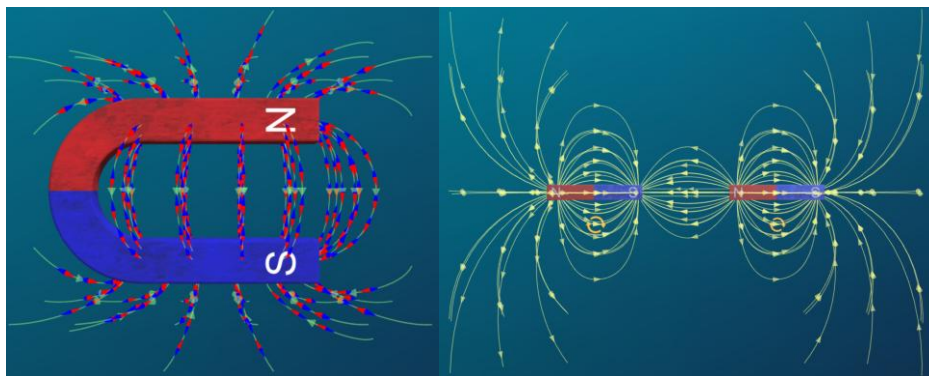


图 3 磁感线 3D 模拟

教师回顾课堂开头情境，引导学生重新分析指南针可以指南北的原因，得出指南针在地磁场中受力偏转这一结论，从而引出地磁场。学生在 3D 模拟程序中，在地球周围不同位置摆放小磁针（图 4），观察其指向并尝试绘制地磁场的磁感线分布，初步判断地磁场的磁感线方向，并和条形磁体对比，判断出地磁场的 N 极在地理的南极附近，地磁场的 S 极在地理的北极附近。

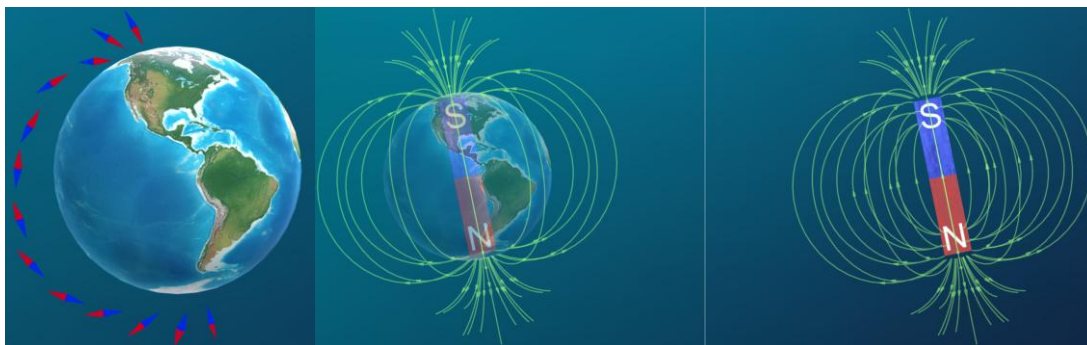


图 4 地磁场 3D 模拟

通过对地磁场的探究，学生在系统层面上完成了对磁场分布的整体认知建构。3D 模拟程序的可视化支持，使原本抽象、宏大的空间磁场分布变得直观可感，为学生的科学思维从关联走向系统整合提供了强有力的认知支架。

## 2.5 整合层级：物理观念的整合

通过系统的磁场学习，学生需要将磁性提升至物质观念的层面。教师可引导学生回顾整个学习历程，认识到磁现象广泛存在于各类物质中，是物质的一种基本物理属性。在科学思维层面，磁场的研究过程可对照声现象章节的学习，如在声音一节中，学生通过观察鼓面纸屑的跳动来感

知声音的振动；在磁场一节中，学生则通过观察小磁针的偏转来感知磁场的作用。两节课虽然研究对象不同，但均体现了通过对其他物体的作用开展研究的科学思维。此外，磁感线的建模过程则和光线模型进行对比，通过分析其异同，学生可体会建构模型的一般过程。经历上述过程，可帮助学生深化对“场”这一核心概念的理解，更为后续学习电场、引力场等内容奠定了方法论基础。

### 3 反思和总结

基于学习进阶理论，磁场一节的教学从学生的已有认知出发，从基础的磁现象发展至物理观念的整合。在教学实践中，真实情境的建构与开发是学习进阶得以落地的关键支撑。在教学设计时，每个层级都要考虑对应的问题任务，提供适宜的学习支架，以便让学生逐步实现思维认知的层层进“阶”。

学习进阶理论为物理课堂落实核心素养提供了系统的设计理念与可操作的实施框架，助力学生建构对真实世界的整理解，发展探究和解决实际问题的关键能力，使教学过程有据可依、学生发展有阶可循，最终落实学科育人价值，培养学生的核心素养。

参考文献:

- [1]中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2]张玉峰. 基于学习进阶的科学概念教学内容整合[J].课程.教材.教法,2019,39(01):99-105.
- [3]National Research Council. Taking Science to School [M].Washington,D.C.: The National Academies Press,2007.
- [4]刘晟,刘恩山. 学习进阶:关注学生认知发展和生活经验[J].教育学报,2012,8(02):81-87.
- [5]郭玉英,姚建欣. 基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J].课程.教材.教法,2016,36(11):64-70.
- [6]朱洋. 学习进阶理论在初高中物理教学衔接中的应用策略研究——以初高中“磁现象”教学为例[J].教师,2024,(24):48-50.
- [7]邹燕. 基于学习进阶理论的初高中物理概念衔接教学策略——以“磁感线”概念为例[J].物理教师,2024,45(06):7-11.
- [8]张传兵. 基于学生前概念培育物理观念的教学实践——以“磁场磁感线”的教学为例[J].物理之友,2024,(07):20-22+24.
- [9]胡玉莲. 依托探究炼思维建构观念提素养——以“磁体与磁场”为例[J].中学物理,2024,42(04):16-20.