基于初高贯通培养指向高阶思维发展的物理教学策略

——以“磁场、磁感线”为例

陈 磊[1] 任 鑫[2] 崔 琳[3]
(1. 北京教育学院丰台分院,北京 100073; 2. 北京市第十二中学,北京 100071;
3. 北京景山学校远洋分校,北京 100040)

摘 要: 拔尖创新人才培养,是当前教育探索的新课题. 基于初高贯通培养的教学方式展开对“磁场”的探究,利用设计性任务和实践性任务,引导学生经历认识“磁场”的过程和描述磁场的方法,深化学生对大概念“场”的认识,为后续继续研究电场和重力场提供有效的探究依据及方法,促进学生物理学科核心素养的发展,落实立德树人根本任务.

关键词: 磁场; 模型建构; 贯通培养; 高阶思维

拔尖创新人才培养,是 21 世纪教育探索的重要课题. 如何培养拔尖创新人才,做好学生课业负担“减法”的同时,还要做好科学教育的“加法”,是当前教师面临的主要问题. 因此,探索以拔尖创新人才为导向的教学模式是有效解决拔尖创新人才培养的路径之一. 目前,初高贯通培养模式作为普通高中教学新模式受到社会的广泛关注. 初高贯通培养课程坚持以学生个性需求为核心,以关键学科主题牵引,以高阶思维能力培养为导向,围绕拔尖创新人才培养所需的知识、方法和能力开展教学,力求打破学段壁垒,打破学科壁垒,打破学习壁垒,引导学生深度学习,提升学生的思维品质,发展学生的核心素养,落实立德树人根本任务.

物理核心素养导向下的课堂教学是培养学生科学思维,落实学科核心素养的重要载体. 当前,世界各国纷纷对物理核心素养展开不同程度的研究. 在基于我国国情的前提下,教育部先后制定了《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》[1]和《义务教育物理课程标准(2022 年版)》.[2] 初、高中课程标准均提出:通过学科的学习,学生需要具备正确价值观念、必备品格和关键能力,包括:物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任 4 个方面. 如何通过物理教学发展学生核心素养,培养拔尖创新人才是当前教育亟待解决的重大课题,很多教师不知从何处着力. 笔者认为拔尖创新人才培养的核心在于发展学生的创新力、创造力和创作力. 而上述 3 种能力正是布鲁姆教育目标分类学(2001 年版)中提出的高阶思维能力. 因此,基于对初高贯通课程进行整合与设计,关注学生高阶思维发展,提升学生学习品质,就是有效解决培养拔尖创新人才的途径之一.

作为物理学科最重要的大概念之一,“场”概念在初高中学段的教学中均有涉及,例如:磁场和重力场(重力常数:$g=9.8\ \mathrm{N/kg}$). 然而,处于不同认知阶段的学生对“场”的认识均存在不同程度的疑惑,其主要归因于部分教师始终采用“灌输式”的教学方式认识“场”,忽视了发展学生物理核心素养的契机,忽略了学生在探究“场”时学习的体验. 通过调研,笔者发现物理学家们对“场”的研究经历了很长一段时间. 自古希腊时期以来,物理学家们先后提出过“真空不空”“引力超距”“以太说”“力线模型”“场论”等学说,不断完善对“场”的认识. 更有粒子物理学家提出:“实物粒子是场的激发和耦合”的说法. 可见,“场”在物理学的发展中具有重要的地位. 因此,笔者建议教师在关于“场”的教学时需要转变教学理念和教学方式,引导学生勤于观察客观世界,乐于深度思维学习、善于依托证据辨析,勇于面对同伴质疑,敢于动手创新实践,注重对学生高阶思维能力培养,强化物理课堂的育人功能,为拔尖创新人才培养提供新的方案,如图 1 所示. 本文以笔者 2024 年全国教学研讨会上的公开课“磁场、磁感线”为例,阐述在对“磁场”逐步深入认识的过

基金项目: 本文系北京物理学会 2024—2025 年度教学科研立项重点课题“促进学生高阶思维能力发展的高中物理课堂教学研究”(课题批准号:WLXH241091);北京物理学会 2024—2025 年度教学科研立项一般课题“基于核心素养指向批判性思维的物理教学策略研究”(课题批准号:WLXH242055)研究成果.

中国知网 https://www.cnki.net

程中，教师基于实际情境设计指向学生高阶思维能力发展的问题，引导学生通过科学推理与科学论证建构“磁场”模型并对其进行描述，进而发展学生的高阶思维能力，提升学生学习品质，发展物理学科核心素养（如图 1 所示），为培养拔尖创新人才奠定基础.



图 1　对“场”的认识历程，包括研究历程和教学流程

1　设计“场”概念的初高衔接教学，完善对“场”的全面认识

“场”作为一个抽象的物理大概念，在初高中学段的物理教学中均有涉及. 笔者基于对人教版初中教材和人教版高中教材的研读，发现“磁场”概念贯穿于学生整个初高中的物理学习过程中. 因此，在初中阶段学生刚学习磁场时，教师需要统领并整合初高中教材中有关“磁场”的内容，设计指向高阶思维的核心问题，引导学生经历实验探究＋科学论证的学习模式，建构一个贯通、完整的“磁场”概念，发展学生的思维能力，促进学生认知水平的不断发展. 此外，在高中阶段，学生还将继续深入学习电场、电磁场和重力场等相关概念，并建构不同的“场”的物理模型，进而完善对“场”的大概念认识. 笔者通过对初高中阶段有关“场”的概念进行梳理，发现教材对不同种类的“场”的研究有共同的逻辑主线，即场线—场强—势场—势能，其特点均是对“场”先定性描述后定量描述，再以多视角进行描述，丰富学生“场的认识，发展学生的相互作用观和能量观. 然而，在所有种类的“场”中，磁场是学生最先研究的一个“场”. 因此，学生已有相关磁场的知识是探究其他种类“场”的一个基础. 因此，教师需要设计基于实验和证据进行科学推理与科学论证的教学，充分地让学生体会建构“场”模型的过程，才能不断地深化学生对“场”概念的认识，促进学生高阶思维能力的发展，进而提升学生的物理学科核心素养（如图 2 所示）.

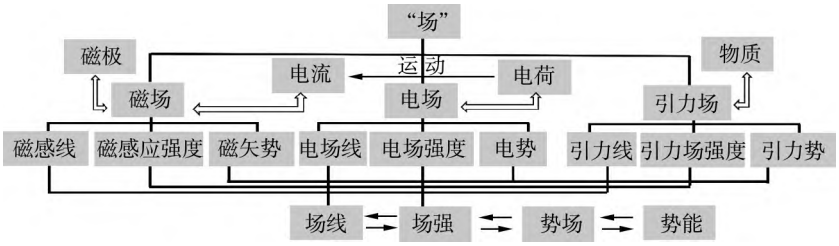


图 2　“场”概念的一般化教学设计流程

2　基于“场”概念的深度学习体验，实现对“场”的进阶学习

“场”既属于物理概念，又属于物理观念，在初、高中，甚至是大学的教学中均有重要的地位. 教师需要根据学生在不同阶段的认知水平，设计基于学生认知发展的教学，学生对“场”的认识本就不是一蹴而就的，它是循序渐进的. 以对“磁场”的认识为例，问题 1：哪里存在“磁场”？学生主要分为两个阶段进行认识. 初中阶段，学生空间想象力和对客观世界的认识处于直觉感性认识的水平，探究以实验现象直接得出结论为主，因此，研究宏观物体周围的磁场是符合该阶段学生的认知水平的. 在高中阶段，学生空间想象力和对客观世界的认识水平有了进一步的提升，理性思维已经达到外部和内部双重逻辑水平，并能利用实验通过推理与论证间接得到结论，因此，学生需要深入对“场”存在于哪的问题继续深入探究，即研究运动电荷以及变化的电场周围的磁场，达到对“场”存在于哪等相关问题的深入认识. 不仅如此，问题 2：“如何描述磁场？”学生的认识也是分阶段的，是从感性认识及描述（磁感

中国知网　https://www.cnki.net

线)到理性认识及描述,再到磁场的进阶认识……. 事实上,对磁场的所有描述都是为了认识到磁场的本质,因此,学生在刚认识磁场的时候就需要设计基于深度学习指向对磁场本质认识的教学(如图 3 所示),这是非常关键、非常必要的. 此外,磁场作为"场"的一种特例,是研究并认识"场"的基础,也为研究电场和重力场提供研究思路和框架. 学生通过对磁场研究方法的迁移,逐步完善对电场和重力场的认识,丰富学生对"场"大概念的认识,进而发展学生的物理观念.

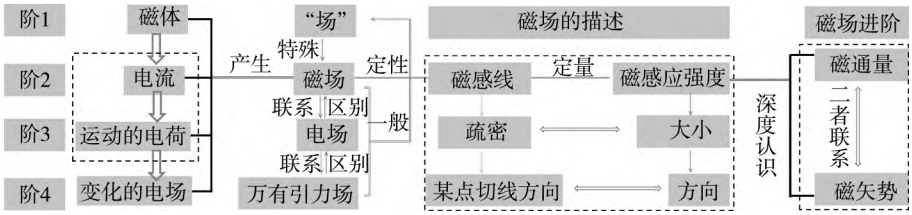
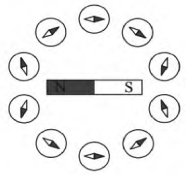
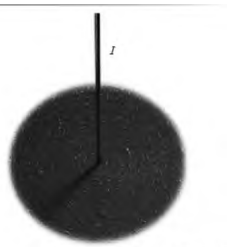
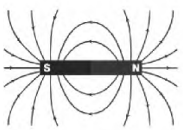


图 3　对"磁场"的深度学习与进阶认识

3　深入"场"概念建立的实验探究,发展学生的物理核心素养

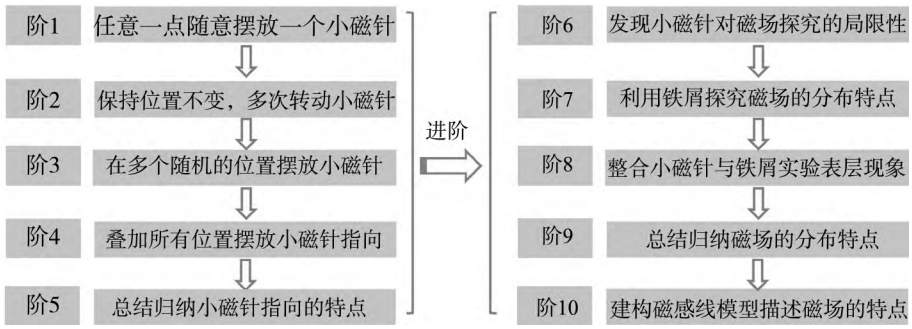
"场"是客观存在的一种特殊物质,它既看不见,又摸不着. "场"的特殊性到底在哪里呢?正如上文所述,物理学家是在经历长达 2000 多年的研究和完善的过程中,才对"场"有了相对完备的描述和认识. 因此,对"场"本质的认识对于学生来说是比较困难的. 在教学中教师需要逐步引导学生对"场"的特点展开探究,然后,基于实验探究获取的证据再尝试对"场"的分布及特点进行描述,进而达到对"场"本质的深入认识. 以"磁场"为例,在初高中教材中均有磁场探究的实验,如表 1 所示. 然而,笔者通过对初高不同阶段的教材分析发现,两本教材中对"场"的分布特点及本质的探究实验缺少科学探究的"味道". 例如,在初中版九年级教材中,实验——"条形磁体周围的磁场"直接将若干小磁针按一定的顺序摆放,并不是在任意点放置某一个小磁针,这样会导致学生认为磁场的分布具有偶然性(主要原因源于教师对场的空间分布已知),进而失去发展学生科学探究能力的契机. 此外,教材中并未关注使用同一个小磁针对磁场进行研究是否会导致实验结论具有偶然性,以及小磁针初始状态是否会对磁场分布有影响等问题,这样导致学生对"磁场"本质的认识是单一的,并不深刻. 此外,在高中版教材必修 3 中,实验——"观察常见磁场的分布"直接采用铁屑对条形磁体进行实验,缺少对通电直导线磁场方向的研究证据,得到的实验结论是不充分的,同时忽视了对学生基于证据解释实验现象得到结论的过程培养. 因此,笔者建议教师在设计磁场的教学时,需要设计基于学生认知水平指向磁场分布特点的探究实验,引导学生通过观察、分析、推理、归纳等方式建构"磁感线"模型(如表 1 所示),进而发展学生的物理学科核心素养,为培养拔尖创新人才奠定基础.

表 1　初高中教材对比分析

初中教材(北京师范大学出版社)	高中教材(人民教育出版社)
1.在桌子上放一张白纸，在白纸上放一根条形磁体，用铅笔沿磁体周边画出它的位置。将一个小磁针分别放在磁体周围的不同位置(图 12-8)，并在纸上用铅笔记录下小磁针静止时 N 极的指向。 2.在桌子上放一根条形磁体，在条形磁体上放一块硬纸板，将铁屑(相当于很小的小磁针)均匀地撒在纸板上，轻轻敲击纸板。注意观察铁屑的排列情况(图 12-9)。试着用一些曲线将实验结果描画出来。  图 12-8  图 12-9	演 示 观察常见磁场的分布 在条形磁体上方放置一块玻璃板，在玻璃板上均匀地撒一层细铁屑，细铁屑就在磁场里磁化成了"小磁针"。轻敲玻璃板，细铁屑就会有规则地排列起来。 再将通电直导线穿过另一块玻璃板。重复以上操作。 观察条形磁体和通电直导线(图13.1-4)周围细铁屑的分布情况。  图 13.1-4　通电直导线周围磁场中细铁屑的分布  图 13.1-5　条形磁体的磁感线 沿磁场中的细铁屑画出一些曲线，使曲线上每一点的切线方向都跟这点磁场的方向一致，这样的曲线就叫作**磁感线**(magnetic induction line)。正像在电场中可以用电场线来描述电场一样，利用磁感线可以形象地描述磁场。 如图13.1-5，从条形磁体的磁感线可以看出，在磁体的两极，磁感线较密，表示磁场较强。

中国知网　https://www.cnki.net

续表

初中教材(北京师范大学出版社)	高中教材(人民教育出版社)
不足之处	不足之处
1. 使用同一个小磁针是否具有偶然性,以及小磁针初始状态是否会影响磁场; 2. 小磁针的摆放具有一定的规律性,缺少对任意一点磁场特点的探究	1. 缺少对通电直导线磁场方向研究的证据; 2. 忽视了对学生基于证据解释实验现象得到结论的过程,错过对学生证据意识的培养
教学建议	
对条形磁体周围磁场的研究,从一个小磁针开始,在空间随意选取一个位置进行研究,拨动小磁针,观察小磁针静止时 N 极的指向. 更换另一个小磁针,拨动小磁针,观察小磁针静止时 N 极的指向,避免实验的偶然性. 在多个位置摆放小磁针,观察小磁针静止时 N 极的指向并记录. 利用胶片叠加所有小磁针在空间的指向并寻找规律;更换更为精确的"小磁针"——铁屑进行实验,引导学生基于证据,通过科学推理与科学论证描述磁场,并建立磁感线模型,深化对磁场本质的认识,进而得到研究"场"的一般方法,发展学生物理核心素养	
	

4 关注"场"概念建立的思维发展,促进学生的高阶思维能力

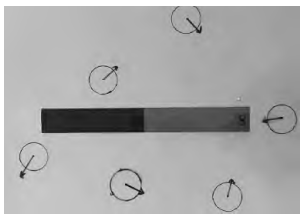
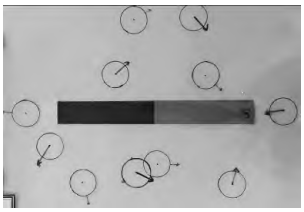
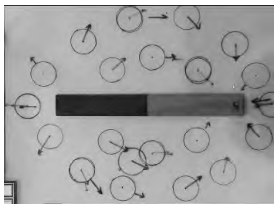
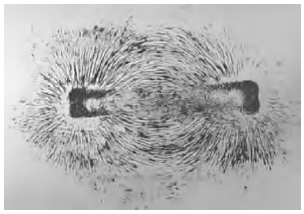
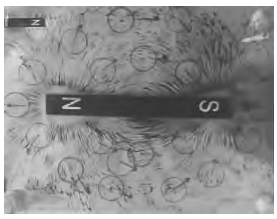
思维是人脑对客观事物能动的、间接的和概括的反映. 按布鲁姆教育目标分类层级将思维分为低阶思维和高阶思维,其中高阶思维包括:分析、评价和创造. 笔者认为拔尖创新人才需要具备的一个重要的品质就是创造性思维. 因此,发展学生的高阶思维能力是培养拔尖创新人才的必经之路. 笔者认为,在初高中阶段,创造性思维体现为学生的迁移创新能力、批判质疑能力、推理判断能力、辨别决策能力、综合创造能力等. 在"场"的大概念教学中,教师需要关注对学生如上所述能力的培养,设计基于学生真实探究的物理实验,发展学生观察、识别、解释、预测、推断、利用、辨别、分析、整合、概述等能力,进一步发展学生的高阶思维,进而落实拔尖创新人才培养任务. 以"磁场"为例,笔者展现基于初高贯通培养指向高阶思维发展的教学片段,如表 2 所示.

表 2 教学片段

关注学生物理核心培养发展的物理概念教学片段——以"磁场"描述为例		
任意一个位置处的磁场分布的特点		
		
发展高阶思维能力——阶段 1 以"条形磁体"为例,研究其周围的磁场. 首先,对条形磁体周围空间任意一点的磁场进行研究,依次改变小磁针的状态和更换小磁针,观察小磁针静止时 N 极的指向始终不变,进而使学生深刻体会磁场是客观存在的. 对于同一个场源来说,磁场不受探测物的状态和探测物本身性质影响,深入学生对磁场本质的认识. 在此环节中,教师需要不断地引导学生对预测、观察、对比、分析、再预测、再观察、推理、论证等能力的培养,不断地发展学生的高阶思维能力		

中国知网 https://www.cnki.net

续表

<table>
<tr><td colspan="3">关注学生物理核心培养发展的物理概念教学片段——以“磁场”描述为例</td></tr>
<tr><td colspan="3">多个位置点处的磁场的分布特点探究</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">发展高阶思维能力——阶段 2
在胶片上随机选取 6 个任意的位置，依次将小磁针放置 6 个位置处，观察小磁针静止时 N 极的指向并记录. 随后，将不同学生的胶片进行第一次叠加，观察、归纳小磁针静止时 N 极指向呈现的规律. 接着，进一步引导学生预测小磁针在磁体周围整个空间每个位置静止时 N 极的指向有什么特点. 最后，将多位学生的胶片进行叠加，证实猜想是正确的. 在此环节中，教师需要不断地引导学生将小磁针的位置由静态到动态进行研究其静止时 N 极的指向，不断地引导学生培养预测、观察、推论、归纳、概括、总结、迁移等方面的能力，提升学生的学习品质和物理学科素养，进而发展学生的高阶思维</td></tr>
<tr><td colspan="3">多重整合对磁场分布特点探究</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">发展高阶思维能力——阶段 3
为提升对磁场方向的测量精度，教师不断引导学生将小磁针变小，再变小进而选用铁屑进行实验. 通过分享学生实验结果，引导学生概括总结磁场的特点. 随后，将铁屑倒掉，让学生对磁体周围空间铁屑的分布特点进行描述，进一步引导学生利用一系列的曲线绘制铁屑在空间的分布特点，进而建构磁感线模型. 接着，将带有小磁针指向的胶片与铁屑分布板重叠，引导学生进一步观察铁屑分布与小磁针指向的关系，完善对磁场的进一步认识. 在此环节中，教师需要引导学生对铁屑在空间的分布进行观察，然后倒掉铁屑，让学生脑海中的图像通过绘制曲线表现出来. 接着，整合小磁针与铁屑两个实验，完善对磁场空间分布的认识，并丰富磁感线模型的信息，不断地引导学生培养观察、想象、归纳、概括、迁移、创造等方面的能力，提升学生的物理学科素养，落实拔尖创新人才创新思维的培养</td></tr>
</table>

5 总结与反思

拔尖创新人才是未来国家发展的基石，是应对未来百年未有之大变局的关键性人才. 本文从学科教学出发，提出当前培养拔尖创新人才的有效途径. 笔者通过初高贯通培养模式，坚持以学生个性需求为核心，以关键学科主题牵引，以高阶思维问题为导向，围绕拔尖创新人才培养所需的知识、方法和能力开展教学. 以“磁场”的学习为例，笔者利用设计性任务和实践性任务，引导学生经历探究“磁场”的过程和描述磁场的方法，深化学生对大概念“场”的认识，为学生提供研究场的一般化方法，为后续继续研究其他形式的场提供有效的探究方法，提升学生的思维品质，促进学生物理学科核心素养的发展，落实立德树人根本任务.

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.
2 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.
3 任鑫，陈磊. 基于核心素养指向高阶思维培养的实验探究策略实践研究——以“影响导体电阻因素”实验教学为例[J]. 中学物理(高中版)，2022，40(3)：35－39.
4 崔琳，乔英磊，任鑫. 基于核心素养指向对学生高阶思维培养——以“磁感线”模型建构为例[J]. 物理通报，2024(2)：93－97.
5 任鑫，陈磊，李凯波. 基于高中物理模型建构指向高阶思维能力的培养——以“自由落体运动”模型构建为例[J]. 中学物理，2022(19)：25－28.

(收稿日期：2024－05－15)

中国知网 https://www.cnki.net