·教材与教法·

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

邹 燕
(江苏省常熟中学,江苏 常熟 215500)

摘 要:社会的发展对科学教育提出了新的要求,但目前初高中物理衔接教学仍存在不少问题.基于学习进阶理论,以初高中物理教学中“磁感线”概念的教学为例,讨论在初中和高中不同阶段对核心概念的教学策略,探索初高中物理概念衔接教学的新路径.

关键词:学习进阶;物理概念;衔接教学

2023 年 5 月教育部等十八部门联合印发《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》,文件中强调科学教育要“培养学生科学精神,提升学生科学素质”并“重视年级学段有机衔接”.学习进阶理论是目前科学教育领域重要的学习理论之一,其思想最早可追溯到布鲁纳的螺旋式课程理论.该理论指向概念学习,描述学习者在概念学习过程中不同阶段的认知规律.学习进阶理论能够较为清晰地反映学生在概念学习中所处的阶段及表现,进而为教师的教学设计提供理论依据.学习进阶理论的实践研究一般包括 4 个方面:确定核心概念、构建核心概念的“阶”、选择评价方法、运用教学策略.笔者以“磁感线”概念为例,基于学习进阶理论,对以上 4 个方面进行讨论,探索初高中物理概念衔接教学的新路径.

1 核心概念及“阶”的确定

在学习进阶理论中,对核心概念“阶”的确定,北京师范大学郭玉英等人构建了科学概念理解的发展层级模型,将核心概念分为经验层、映射层、关联层、系统层、整合层 5 个层级.[1]笔者基于发展层级模型,结合人教版初中和高中物理教材中对“磁感线”概念的描述,确定了“磁感线”核心概念的 5 个层级和描述(如表 1 所示).

表 1 核心概念“磁感线”的层级描述

核心概念	学段	教材定义	层级	层级描述	核心概念的层级描述
磁感线	初中	把小磁针在磁场中的排列情况,用一些带箭头的曲线画出来,可以方便、形象地描述磁场,这样的曲线叫作磁感线	经验	仅具有零碎的生活经验及相互间无联系的事实	了解生活中一些常见的磁现象
			映射	能够建立概念的现象、特征与概念术语间的映射关系	知道小磁针、铁屑的分布可以反映磁感线,磁感线可以描述磁场的方向大小
	高中	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,这样的曲线叫作磁感线	关联	能够理解并掌握概念多个特征间的逻辑关系	能够通过建模、推理、分析、论证等过程掌握磁感线的切线方向、疏密与磁场的方向、强弱间的逻辑关系,并通过推理探究得到直线电流与环形电流磁场的分布特点
			系统	能够从系统层面上把握概念中多个要素间的变化关系	能够运用磁感线的概念及常见磁体磁感线的分布特点解决生活生产中的真实问题
			整合	能够将概念进行统整,形成对应学科内、学科间的科学观念	能够将磁感线与电场线概念相统整形成“场线”的概念,并在其他领域(如流体力学中的“流线”概念)进行概念的迁移与应用

基金项目:本文系江苏省教育科学“十三五”规划课题“大概念视域下基于学习进阶理论的初高中物理衔接教学策略研究”(课题批准号:C-b/2020/02/42)的阶段性研究成果.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 教学策略与评价方法

基于对核心概念层级的划分，笔者采用了“呈现现象、观察体会”“描述概念、建立联系”“构建模型、科学推理”“创设情境、问题解决”“迁移拓展、融合统整”5 个教学策略来帮助学生实现相应概念层级的跃迁（如图 1 所示）.

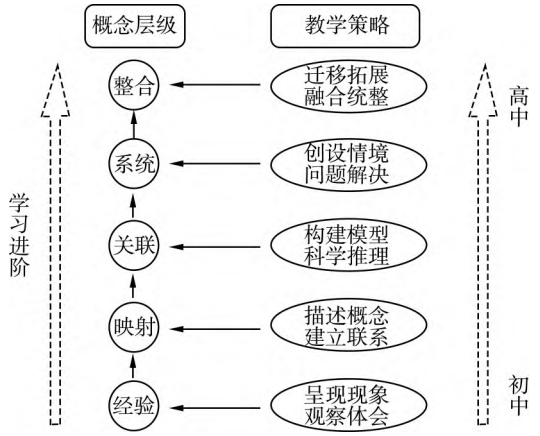

图 1 概念层级对应的教学策略

2.1 呈现现象、观察体会——概念的经验层教学

“磁感线”概念第一次出现是在初中阶段，在该阶段教师在教学过程中可通过生活中各种磁现象的呈现，让学生观察，进而形成对磁现象的感性认识，并以此作为概念学习的认知起点.

教学片段：教师通过展示指南针、冰箱磁力贴、磁性黑板等常见磁体让学生了解生活中的磁现象，同时利用磁性戒指表演瓶盖穿透玻璃杯的小魔术（如图 2 所示），在引起学生兴趣的同时也激发学生学习磁场的积极性.



图 2 磁性小实验

评价方法：概念经验层的评价主要依据学生是否了解生活中常见的磁现象，因此教师可以通过让学生交流其生活中观察到的磁现象来进行评价.

2.2 描述概念、建立联系——概念的映射层教学

“磁感线”概念的映射层教学仍然在初中阶段，为了让概念从经验层进阶至映射层，教师应当将概念的抽象描述与学生可观察到的现象紧密结合起来，帮助学生建立抽象概念与实际现象之间的联系.

教学片段：教师首先介绍小磁针指向与磁场方向的关系，并通过演示实验展示磁铁周围铁屑的分布，最后给出磁感线的定义，将磁感线的抽象概念与铁屑分布形成的图形对应起来（如图 3 所示），帮助学生构建磁感线概念与可观察现象的映射关系.

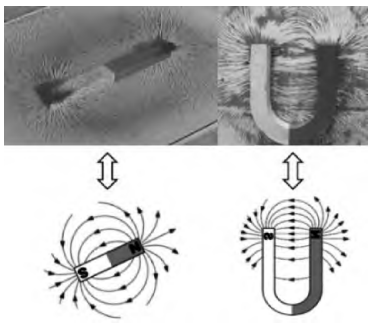

图 3 细铁屑模拟磁感线

评价方法：概念映射层的评价主要检验学生是否在概念的抽象术语与对应的可观察现象间建立了联系，因此教师可设置相关习题来检测学生对磁感线与小磁针指向之间关系的掌握程度.

练习：请在图 4 中分别标出磁极的名称及位于 A、B 两点处的小磁针静止时北极所指的方向.

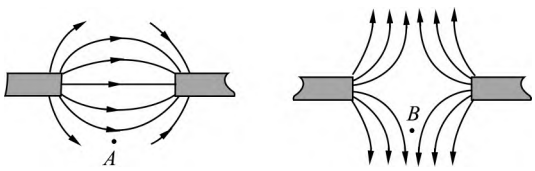

图 4 判断小磁针指向

2.3 构建模型、科学推理——概念的关联层教学

在学生进入高中阶段的学习前，对“磁感线”概念的认识已经处在映射层，因此在高中阶段学习该概念时，教师应当将概念的映射层作为学生的认知起点，无须再重复初中阶段的教学过程，进而提升教学的有效性.要实现概念从映射层至关联层的跃迁，关键要让学生通过构建模型、分析推理的过程从理论上厘清核心概念各个特征间的逻辑关系，形成对核心概念的理性认识.

教学片段：教师在引导学生理解细铁屑分布与磁感线关系的时候，可以通过问题链的形式帮助学生构建模型，运用微分的思想分析出两者的内在逻辑关系，形成对磁感线概念的理性认识（如图 5 所示）.

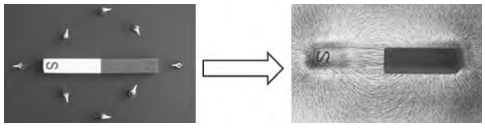

图 5 由小磁针至细铁屑

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

问题 1：怎样反映条形磁铁附近某一位置的磁场方向？

问题 2：怎样反映条形磁铁附近多个位置的磁场方向？

问题 3：小磁针有形状大小，其如何反映某一点磁场的方向？

问题 4：怎样寻找到足够小的小磁针？有何理论依据？

评价方法：概念关联层的评价主要在于判断学生是否建立了核心概念各特征间的逻辑关系，因此教师在教学中可提出以下问题链.

问题 1：直线电流周围磁场的分布情况如何？

问题 2：若将环形电流分成很多小段，每一小段有何特点？

问题 3：能否基于直线电流周围磁场的分布特点，分析推测环形电流周围磁场的分布情况？

以上系列问题需要学生基于通电直导线磁感线的分布特点，运用微分的思想“化曲为直”将环形电流分成无穷多个直线电流来进行分析(如图 6 所示).教师可将学生对该问题的回答情况作为评价学生对概念掌握是否达到关联层的依据.

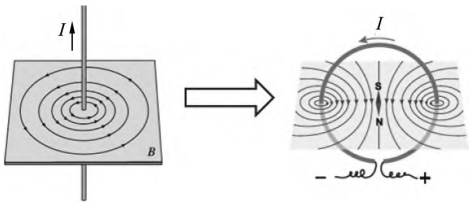

图 6　由直线电流至环形电流

2.4　创设情境、问题解决——概念的系统层教学

概念的系统层要求学生能够从系统层面上把握概念中多个要素间的变化关系，在实际教学过程中体现为能否运用概念的相关特点解决实际问题.因此教师在教学时可以创设生产生活中的真实情境，将概念的相关内容镶嵌在情境中，并通过真实问题的呈现，让学生在分析情境、解决问题的过程中进一步加深对核心概念的理解与运用，使其对概念的认知进阶至系统层级.在这个过程中使学生在物理观念的情境丰富程度、结构化水平、应用意识水平等得到巩固和发展.[2]

教学片段：在学生学习通电直导线周围磁感线的分布特点后，教师可以创设以下情境进行教学.

问题情境：在城市建设施工中，经常需要确定地下金属管线的位置.如图 7 所示，在某一施工区域的地面下有一条长直金属管线，其两端在离施工区域较远处露出地面，现需要探测其位置和深度，提供的测量工具为能测量磁场大小的测量仪和测量长度的卷尺，请大家设计并论证测量的方案，并用设计的方案测出暗箱中通电导线(如图 8 所示)的大致位置.



图 7　探测金属管线



图 8　通电导线暗箱

该问题要求学生根据通电直导线周围磁感线的分布特征，通过建模、推理、论证过程来设计方案，对学生概念掌握及能力要求较高，教师可以通过设置问题链作为认知支架帮助学生完成方案的设计.[3]

教师：通电直导线周围的磁场分布有何特点？

学生：在与直导线垂直的平面上磁感线是以导线为圆心的同心圆，越靠近导线越密集.

教师：如图 9(a)所示在地面上方某一高度处的水平面 MN 上，哪个位置的磁场最强？能否依据该特点确定通电导线的位置？

学生：在导线正上方与 MN 平面相交的点 A 磁场最强[如图 9(b)所示].可以用测量仪在金属管线附近的某一水平面上找到磁场最强的某点记为 A，然后在同一水平面内找到与 A 点强度相同的若干个点，将这些点连成直线 AB，则通电直导线在直线 AB 的正下方，且与直线 AB 平行[如图 9(c)所示].

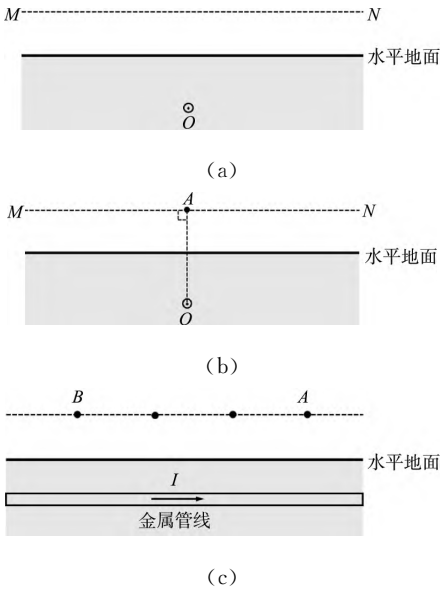

图 9　确定通电直导线周围的磁场分布示意图

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

教师：图 10 中 A、C 两位置的磁场强弱是否相同，若要得到金属管线距地面的距离还需测量什么物理量？能否根据上述特点来设计测量通电直导线深度的方案？

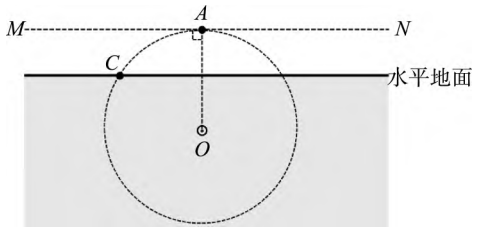

图 10　测通电直导线深度

学生：A、C 两位置的磁场强弱相同，还需测量 AD 与 CD 的长度.在测通电直导线的深度时可以在水平地面上找出与 A 处磁场强弱相同的点 C，测出 AD 的长度 y 和 CD 的长度 x，则通电直导线在地下的深度 h 可由几何关系 $(y+h)^2=x^2+h^2$ 求出（如图 11 所示）.

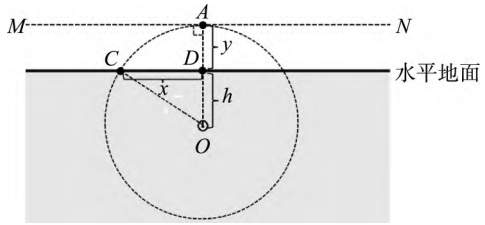

图 11　由几何关系求深度

评价方法：对概念系统层的评价，教师可以将评价的过程与学生分析解决问题的过程结合，让学生以小组的形式通过合作完成对暗箱中通电导线位置的测量（如图 12 所示），并将所描绘出的位置与导线的实际位置进行比较，将学生在分析情境、解决问题、小组合作过程中的表现作为主要的评价依据.

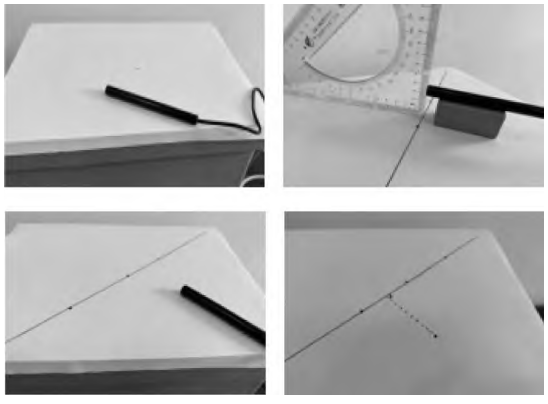

图 12　导线位置测量过程

2.5　迁移拓展、融合统整——概念的整合层教学

概念的整合层要求学生能够将概念进行统整，形成对应学科内、学科间的观念.对于“磁感线”的概念，教师可引导学生将“磁感线”“电场线”的概念进行类比与总结，让学生体会到其是对矢量分布的一种空间描述方式，进而提炼出“场线”的概念，并将此概念迁移至流体中的“流线”概念，加深学生对“场线”这个上位概念的理解，实现对“磁感线”概念从系统层至整合层的跨越.

教学片段：教师引入河流的情境，并提出问题.河流有的地方水流较急，有的地方水流较缓，请大家结合已经学习的“磁感线”与“电场线”概念，思考为了研究类似水流这样的流体，我们可以借助什么样的手段来形象直观地描述其运动的分布？

评价方法：为了评价学生是否达到了概念的整合层，教师可以让学生基于对“场线”概念的理解，运用“流线”等概念来分析流体类问题，以此作为评判的依据.

问题：如图 13 所示为汽车的风洞实验，请思考图中的白色曲线体现的是什么物理量，其能够反映出哪些信息？



图 13　汽车风洞实验

3　总结与反思

在以往的教学中，“磁感线”概念在初中与高中阶段的联系与区别常常被忽视，导致该概念在初高中教学中的割裂，不利于学生对概念的理解与掌握.将“磁感线”概念分为经验层、映射层、关联层、系统层、整合层 5 个层级，通过“呈现现象、观察体会”“描述概念、建立联系”“构建模型、科学推理”“创设情境、问题解决”“迁移拓展、融合统整”5 个教学策略的实施，使学生能够对同一个概念经历从初中至高中连续且螺旋式上升的学习过程，帮助学生对概念的深刻理解与熟练掌握.

在初高中物理教学中，利用学习进阶理论将核心概念分成不同的层级，在不同学段对相应概念层级运用有针对性的教学策略，能够促进初高中物理衔接教学的融通性与有效性，在帮助学生理解掌握物理概念的同时，也培养了学生形成物理观念、科学思维、科学探究等物理核心素养.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

参考文献：
1 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.
2 张玉峰.物理观念发展的关键过程：关联整合、迁移创新[J].物理教师，2023，44(4)：14－18.
3 郜建辉.基于“问题链”的力概念学习进阶训练——以摩擦力概念学习进阶训练为例[J].物理教师，2023，44(1)：24－28.

（收稿日期：2024－02－06）

（上接第6页）

作用观念具体内容并没有详细说明，要求也较为模糊.因此，相互作用观念内容研究可以从以下两个方面尝试.第一，构建底层式相互作用观念框架.依照课程标准及不同地区的教材内容，为不同地区基础教育阶段的相互作用观念培养提供一个底层式、框架式的参考标准、最低标准.第二，制定模块化的相互作用观念体系.研究者应根据各地区、学校、学段的实际情况，构建模块化的相互作用观念框架，如相互作用形式观、思想观等等，实现学生观念从0到1的突破.模块化的相互作用观念体系原则上应该建立在底层式物理观念框架之上.

（3）促进相互作用观念实证研究的发展.

分析国内相互作用观念研究不难发现，虽然在实证取向上有所发展，但是视角多集中在单一课例的设计与思考中.这样的研究存在两方面问题：第一是研究者主观思考进行设计的课程，实践中是否符合所有预设？学生是否形成了相互作用观念？这些都值得质疑；第二，以设计好的一节课来培养相互作用观念，周期相对较短，知识掌握尚存在遗漏，更何况是观念的培养.因此，研究者可以通过实证研究的方式，建立研究与教学实践的纽带.比如加强行动研究，以一章或者一学期内容为跨度不断改进教学实践，深入研究相互作用观念的学习进阶模型，加强相互作用观念的现状考察，这样的研究更能为相互作用观念的教学转化提供方向.

（4）开发相互作用观念适切性测评工具.

当前，对相互作用观念的测评仍有很大的研究空间.第一，依据我国基础教育物理课程标准，研究者需保证测评题目与测评维度、评价标准有较高的一致性.第二，对国外相应测评工具进行研究、思考，对开发适合我国现状的评价工具有帮助.第三，尝试在测评指标体系中加入实践维度.纸笔测评多用于评价相对具体化的知识，对于具有“迁移”特性的相互作用观念测评，当前看来缺乏说服力.因此注重观念的转化与迁移，在未来的研究中值得被关注.

参考文献：
1 张文婷，于海波. 国际教师核心素养研究现状及启示——基于WOS源刊文献的可视化分析[J].比较教育学报，2021(3)：136－149.
2 徐健全. 试论相互作用的内涵、实质及其特点[J]. 四川师院学报(社会科学版)，1985(2)：24－33.
3 林婷婷. 基于“运动与相互作用观念”建构的教学实践研究[D]. 漳州：闽南师范大学，2019.
4 陈海兰. 高中物理“相互作用”实验及教学研究[D]. 芜湖：安徽师范大学，2018.
5 刘如楠. 基于物理观念形成的高二物理教学策略研究[D]. 上海：上海师范大学，2020.
6 胡家光. 初中物理相互作用观念的内涵分析及教学建议[J]. 理科爱好者(教育教学版)，2021(1)：166，169.
7 毛予廷. 运动与相互作用观念层级模型建构及高中物理教材适应性分析[D]. 重庆：西南大学，2018.
8 王维. 高中物理教师微观粒子间相互作用观的理论构建和现状考察[D]. 长春：东北师范大学，2021.
9 范增. 我国高中物理核心概念及其学习进阶研究[D]. 重庆：西南大学，2013.
10 乔通. “运动与相互作用”主题中的重要概念及其学习进阶研究[D]. 重庆：西南大学，2015.
11 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(1)：99－105.
12 张淼. 指向相互作用观念的逆向设计与实施——以“共点力的平衡”教学为例[J]. 中学教学参考，2023(17)：35－37.
13 谢永豪. 指向物理观念建构的UbD单元教学研究——以必修一“相互作用”单元为例[D]. 广州：广州大学，2023.
14 杨菲菲. 高中生物《生态系统》前概念的调查及教学优化策略的实践研究[D]. 南京：南京师范大学，2014.
15 王勇. 依托物理问题情境变“知识”成“观念”[J]. 物理教师，2023，44(10)：26－28.
16 于士博，于海波，杨振东，等. 我国“物理观念”教育研究的回顾与前瞻——基于CNKI源刊的文献述评[J]. 物理教师，2023，44(2)：7－12.
17 李春来. 在问题解决中通过深度学习发展物理观念[J].物理教师，2019，40(4)：16－18.
18 于海波. 试论“物理课程与教学论”的学科定位与发展走向[J]. 课程·教材·教法，2010，30(9)：97－101.

（收稿日期：2023－12－16）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net