

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

【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。

一、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)。

二、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(如下页图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

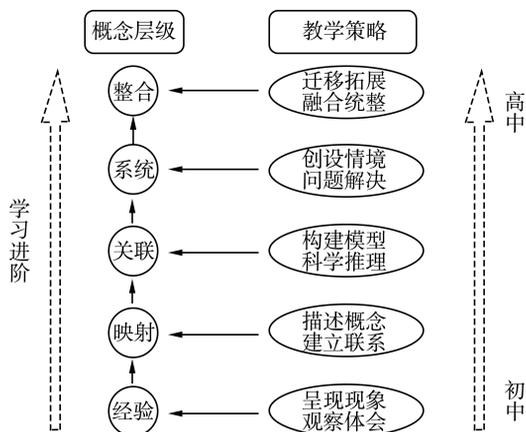


图1 概念层级对应的教学策略

(一) 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积极学习磁场的积极性。



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。

(二) 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。

评价方法:概念映射层的评价主要检验学生是

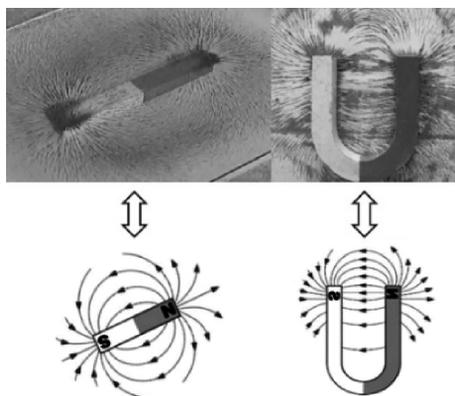


图3 细铁屑模拟磁感线

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。

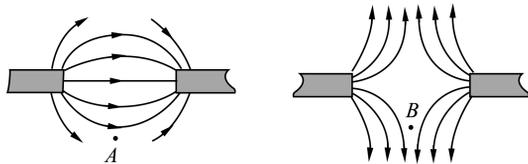


图4 判断小磁针指向

(三) 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)。

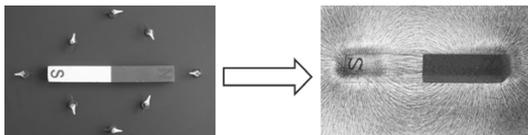


图5 由小磁针至细铁屑

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。

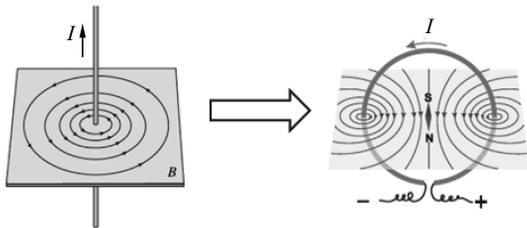


图6 由直线电流至环形电流

(四)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,使其对概念的认识进阶至系统层级。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:在学生学习了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。

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]

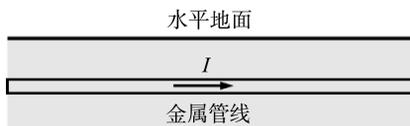


图7 探测金属管线



图8 通电导线暗箱

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:如下页图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]。

教师:图10(见下页)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?

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深度h可由几何关系 $(y+h)^2 = x^2 + h^2$ 求出(如下页图11所示)。

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。

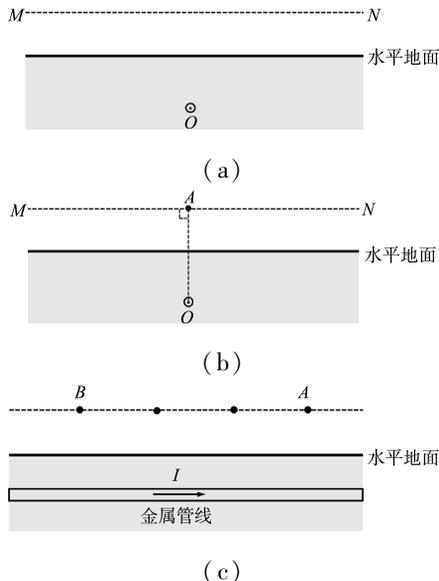


图9 确定通电直导线周围的磁场分布示意图

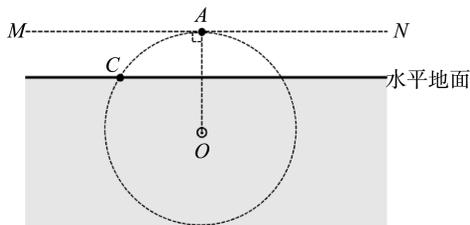


图10 测通电直导线深度

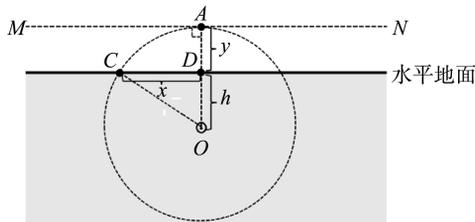


图11 由几何关系求深度

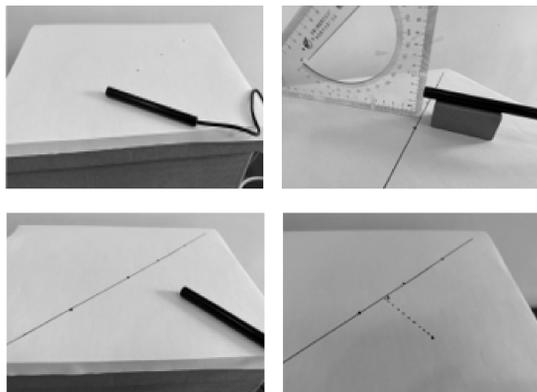


图12 导线位置测量过程

(五) 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?

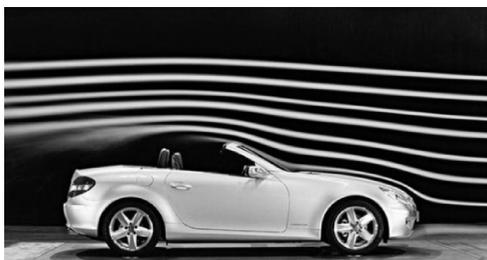


图13 汽车风洞实验

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.

【作者简介】邹燕,江苏省常熟中学(江苏 常熟 215500)。

【原文出处】摘自《物理教师》(苏州),2024.6.7~11

【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。