

基于学习进阶的问题驱动式教学

——以“磁场对通电导线的作用力”为例

杨 苹

西华师范大学物理与天文学院 四川 南充 637002

【摘要】：将学习进阶理论与问题驱动式教学相融合，以“磁场对通电导线的作用力”为例，基于课程标准、教材和学情分析，明确进阶的具体路径，通过设计层层递进的问题驱动，学生对问题逐步深入分析，从而实现知识进阶。

【关键词】：学习进阶；问题驱动；磁场对通电导线的作用力

DOI:10.12417/2982-3803.25.05.007

《普通高中物理课程标准（2020年修订 2017年版）》把学业质量水平划分成了五个层次水平，从基础阶段向高阶阶段逐步提高，需要突出物理学科核心素养的培养需要依照认知发展的阶段性规律^[1]。然而在目前的物理教学中，部分教师未能充分关注学生思维的发展进程，教学环节之间缺少连贯性和递进关系，引发学生的知识学习和思维训练陷入碎片化局面，不易形成系统且完整的知识体系与科学思维能力，使学生的认知存在断层现状。面对上述问题，利用学习进阶理论，实施问题驱动式教学，为解决这一问题提供了可行方案。学习进阶强调了对学生思维发展过程的关注，采用设计连贯、层层递进的学习活动，引导学生渐渐深入地理解知识和掌握思维方式^[2]。问题驱动式教学则以问题为核心，借助问题链的方式，让学生在解决问题时实现知识和思维的进阶^[3]。将两者相互结合，构建以学习进阶为基础的问题驱动式教学模式，符合学生的知识发展规律，可更好地提升学生对物理知识的认知水平和物理问题解决能力。

本文以“磁场对通电导线的作用力”为例，探究基于学习进阶的问题驱动式教学在高中物理教学中的应用，设计一系列具有递进性质的问题，引导学生在解决问题进程中渐渐深入理解核心概念，提高学生的科学思维及探究能力，希望为高中物理教学提供有效的教学手段，为教师更高效的根据课程标准要求，促进学生核心素养的提升。

1 “磁场对通电导线的作用力”的学习进阶分析

以2019年人教版高中物理选择性必修第二册第一章第一节“磁场对通电导线的作用力”为案例。先对课程标准、教材和学情进行分析，在此基础进行进阶分析，然后设计“磁场对通电导线的作用力”有逻辑有关联有层次的进阶过程^[4]。

1.1 进阶分析

(1) 进阶起点分析：学生通过初中及高中物理前面内容的学习，对电动机转动的原理停留在定性层面，即磁场对通电导线有力的作用，知道电磁场间存在相互作用，也知道磁感应强度 B 的大小是通过空间中通电导线在磁场中受到的最大安培力的特点来定义的。但对通电导线在磁场中受力的大小和方向认识还不全面，只是初步了解该作用力方向与电流方向、磁场方向有关，不知道该作用力的方向规律。由于此前在学习磁感应强度时，只是针对磁场、安培力和电流三者方向垂直的情况进行研究，没有对三者的其它空间关系进行普遍讨论。另外，学生接触到的物理量间空间关系多为二维平面，安培力、电流和磁场三者间的空间方向关系是三维立体空间关系，对于学生来说是陌生的、抽象的、难以理解的^[5]。

(2) 进阶目标分析：依据学习进阶理论，安培力教学目标的设定遵循学生认知从具体到抽象、从单一到综合的发展规律。了解什么是安培力，通过实验和实物模型建构安培力、电流、磁场三者的空间关系，体会归纳推理的方法，帮助学生将零散的实验现象与抽象概念建立联系；会用左手定则判断安培力的方向，基于实验探究和数据分析得到安培力的一般表达式，培养学生探究能力和实证精神；运用安培力方向的规律和安培力大小表达式解释和解决生活和科技中的实际问题，实现从知识掌握到能力迁移的进阶；能从场的角度进一步发展运动与相互作用的观念。

(3) 进阶层级分析：学习进阶是指学生在一段时间里，在学习某一主题时从初学到专家水平间按照一定顺序经历的一系列可预测的、逐渐复杂的思维方式和能力水平的发展过程。依据《普通高中物理课程标准（2020年修订 2017年版）》中“注重体现物理学科本质、培养学生物理学科核心素养”的

作者简介：杨苹（2001-），女，四川德阳人，硕士研究生，研究方向：学科教育研究。

课程理念^[1]，安培力教学需实现从“知识积累”到“素养发展”的进阶。郭玉英等研究者提出的五个层级（经验、映射、关联、系统、整合）与物理学科核心素养中“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”的发展路径高度契合^[5]。五个进阶层级的确定既立足理论框架，又紧密结合学科知识逻辑，为问题驱动式教学的实施提供进阶路径。表1为磁场对用电导线作用力各个层级的描述。

表1 磁场对用电导线作用力的层级概述

经验	对电动机的原理有定性的认识，知道电磁场之间存在相互作用
映射	自主实验，能猜测影响安培力的方向的因素
关联	通过定性的实验探究、模型建构，建立安培力方向与磁场方向、方向的空间关系，理解左手定则。
系统	通过进一步定量探究磁场对通电导线的作用，得到安培力大小的一般表达式 $F = BIL \sin \theta$ ，形成对安培力大小和方向描述的整体认识。
整合	应用“安培力”大小和方向的科学描述解释生活与科技中的现象

2 “磁场对通电导线的作用力”的进阶设计

基于学习进阶理论，围绕“磁场对通电导线的作用力”，以驱动性问题为线索，构建进阶路径，教师依托问题激活认知，推动学生从经验感知到实践应用，实现知识建构与素养提升的统一。

2.1 经验层级——创造情景，提出问题

建构主义强调个体经验对知识建构的重要性，经验层级以激活学生已有的经验为起点，搭建新旧知识联系的桥梁。教师应依据学生的“最近发展区”，创造针对性的真实情景，进一步推动知识和能力的进阶。

【驱动性问题1】电动机转动的情况为什么不一样？

活动1：教师向同学们展示自制的电动机，将电池、磁铁以及铜丝绕成的线圈组合起来。引导学生观察线圈转动的情况，从上往下看，一个线圈是顺时针转动，另一个是逆时针转动，并且线圈转动的快慢也不一样，由此发出疑问，引入课题。

2.2 映射层级——自主实验，提出猜想

映射是将经验抽象成模型，同时驱动思维从形象话向抽象化进阶，此过程既遵循科学探究原则，又符合学生认知规律，是从经验到达映射的过程^[6]。

通过之前的学习，学生掌握了安培定则，了解了安培。教

师向学生解释为了纪念安培在磁场与电流的相互作用方面做出的杰出贡献，人们把通电导线在磁场中受到的力称为安培力。

【驱动性问题2】如何使电动机的转动方向发生改变？

生活中常用的电动机正好是利用了安培力从而转动起来，教师引导学生利用线圈、两节电池、磁铁进行自主实验探究。实验中发现学生不容易将线圈的转动方向与电池的正负极以及磁铁的两极方向相联系。此时教师需要引导学生回顾初中所学电动机转动原理进行思考。学生经过提示，动手做实验，发现当改变电池正负极，线圈转动方向发生改变；调换磁铁的N极和S极，线圈转动方向也发生改变。

【驱动性问题3】影响安培力方向的因素有哪些？

2.3 关联层级——定性探究，建构模型

关联是将事物特征与科学概念建立起逻辑，其目的是培养学生的证据意识，因此需要学生亲身参与实验，从现象中凝练出共性规律，实现映射到关联的达成。

【驱动性问题4】安培力的方向与电流方向和磁场方向在空间上具有什么关系？

活动1：通过探究改变电动机转动方向与什么因素有关的实验发现，安培力的方向可能与电流方向和磁场方向有关，为了探究三者之间在三维空间里有什么样的关系，引导学生利用教师自制的实验教具对以上的猜想进行实验验证。

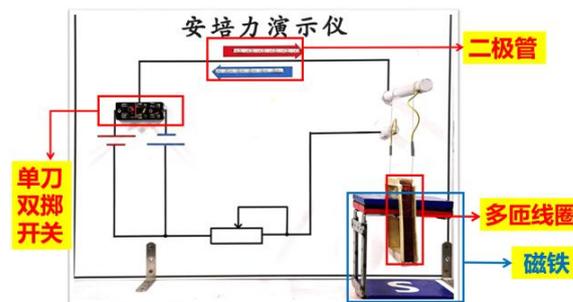


图1 安培力方向演示仪

教师介绍教具的结构和原理，回路中使用单刀双掷开关控制电流方向，并使用发光二极管来显示电流方向，将漆包线绕成的线框悬挂，与电源形成闭合回路。为了保证实验过程的科学性和严谨性，教师设计以下3个问题引导学生进行思考：

问题1：本实验涉及到多个变量，应该采用什么研究方法？

问题2：线圈的偏转方向就是安培力的方向吗？

问题3：根据实验结果，能否知道安培力的具体方向？

教师请一位学生协助进行实验，其他同学观察线圈的偏转情况并记录实验结果。

从实验现象可知电流方向或磁场方向发生改变,线圈的偏转方向就会发生变化。实验中发现线圈的偏转并不是水平偏转,而是斜向左或者斜向右。对偏转后的线圈进行受力分析,线圈受到斜向上的拉力,竖直向下的重力。若线圈向左偏转,所受合力向左,线圈偏转方向与其所受合力方向相同。提出问题:线圈偏转方向一定是安培力的方向吗?学生发现此问题后,教师要引入科学史,向学生讲述:“科学家们通过大量的实验研究发现,安培力方向总是与电流和磁场所在平面垂直,所以安培力的方向在上述实验中应该是水平向左、水平向右。”

活动2:为了将抽象的三维空间具象化,教师采用木块、三个不同颜色的箭头搭建实物模型,将抽象的物理量间的关系用具体的模型来表示。引导学生根据以下示意图搭建实物模型。并设计2个问题引导学生进行思考:

问题1:三者方向是在同一平面内吗?

问题2:将构建好的实物模型进行旋转,不同示意图方向之间有无关系?

学生搭建好模型之后,依据第一个示意图搭建的模型,将其旋转后,发现磁场、安培力、电流三者方向的空间关系与第二个、第三个模型完全一致,由此可知三者之间是具有固定的空间关系。但是学生无法时时刻刻的拿着这个模型去判断安培力的方向,由此教师进行总结,采用英国电机工程师弗莱明总结出的“左手定则”来判断安培力的方向。

2.4 系统层级——定量探究,拓展认识

系统层级要求学生通过实验探究、数据分析得到各个要素之间定量的关系,总结归纳出普遍规律,强调学生需要超越对单一要素的认知,以整体视角把握知识体系^[7]。

【驱动性问题5】当B与I不垂直时,怎么计算安培力的大小?

活动1:学生回忆起通电导线与磁场垂直时,所受安培力大小为 $F = BIL$,磁场方向与电流方向平行时,安培力为0。学生猜想安培力的大小不仅与B、I、L有关,还与磁场方向与电流方向的夹角 θ 有关。教师引导学生运用矢量的运算法则,将B分解为与电流方向垂直的分量 B_{\perp} 和与电流方向平行的分

量 B_{\parallel} ,求出L垂直与B方向的分量,即当I与B不垂直时 $F = BIL \sin \theta$ ^[9]。

【驱动性问题6】通过实验验证,能否得到安培力的一般表达式为 $F = BIL \sin \theta$?

活动2:为了验证学生的猜想,引导学生利用教师自制的教具进行实验验证。教具如图8所示,保持电流及接入线圈的匝数不变,通过转动台改变磁感应强度和电流方向的夹角 θ ,教师请一位学生协助记录数据,并将数据记录过程投影在大屏幕上,其他同学则观察安培力F随角度 θ 变化的过程,记录多组I与F的实验数据,利用DISLAB绘制散点图,拟合F- θ 的理论曲线进行对比验证,学生通过分析数据和图像,进而得到安培力的一般表达式,即 $F = BIL \sin \theta$ 。

2.5 整合层级——应用知识,解释现象

整合通过将学科概念内化为学科观念,实现认知跃迁:从学习向应用的操作进阶,从知识到素养的结构进阶。其核心效能在于解决实际问题,最终促进物理观念的形成。

活动1:教师引导学生结合安培力的大小和方向,提出相关问题进一步解释电动机“爱心线圈”的受力情况。

问题1:线圈从图中所示位置开始转动后,其受安培力大小和方向如何变化?

问题2:若线圈处在匀强磁场中,线圈单边有效长度 $L=0.1\text{m}$,电流 $I=1.5\text{A}$,匀强磁场 $B=0.5\text{T}$,计算线圈平面与磁场成 45° 时单边所受安培力大小为多少?

3 总结与反思

该教学方式以层层递进的问题链为引导,将抽象物理规律转化为学生可攻破的具体任务,既符合高中生从具象思维向抽象思维过渡的认知特点,也契合新课标对核心素养培养的要求。教学过程中也深刻反映出学习进阶设计的重要性,若问题梯度设置不合理,易导致基础薄弱学生因难度跳跃产生畏难情绪。因此,未来教学中需要更精准把握学生的认知起点与发展区间,通过学情诊断细化学习进阶路径,确保每个问题都能成为学生知识与能力螺旋上升的有效阶梯,从而持续发挥该模式在高中物理教学中的核心价值。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标注(2017年版 2020年修订)[M].北京:人民教育出版社,2020:2.
- [2] 张玉峰.基于学习进阶的物理单元学习过程设计[J].课程.教材.教法,2020,40(03):50-57.
- [3] 吴志明.促进深度学习的问题驱动教学研究——以“光的直线传播”为例[J].中学物理教学参考,2017,46(23):4-6+10.
- [4] 刘应常.任务驱动教学法在高中物理单元复习教学中的实践研究[D].石河子大学,2023
- [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] 杜云婷,张迪.基于学习进阶理论的高中物理概念教学——以“受迫振动共振”为例[J].中学物理,2025,43(09):56-60.
- [7] 许宇伟,何沂琳.基于学习进阶理论的概念教学——以浙教版初中科学“大气的压强”一课为例[J].物理教师,2024,45(02):38-41.