



基于规则空间模型的 初中“电与磁”学习进阶构建^{*}

王乐楷

(浙江省杭州高新实验学校 浙江 杭州 311053)

曾平飞

(浙江师范大学教师教育学院 浙江 金华 321004)

(收稿日期:2020-01-02)

摘要:学习进阶能够评价概念认知的发展路径,对概念学习具有重要意义,为帮助学生更好地掌握“电与磁”概念,本研究利用规则空间模型获取学生对初中“电与磁”概念的掌握模式和和能力值,并结合掌握模式的层级关系和能力值构建“电与磁”学习进阶.结果表明,基于规则空间模型的学习进阶构建更加科学有效,大部分学生的进阶水平处于水平2与水平3,学生学习“电与磁”概念时存在多元的认知途径和显著的认知差异.

关键词:规则空间模型 属性层级 学习进阶 电与磁

1 基于规则空间模型的学习进阶

学习进阶(Learning Progressions, LPs),或称学习进程,是近年来国际科学教育领域中的一个新的研究方向和研究热点.美国国家研究理事会(National Research Council, NRC)在其文件中指出,学习进阶是对学生在一段时间内的某一主题学习中所遵循的连贯且逐级深入的思维路径的描述^[1].在当前的科学教育中,大量的碎片式概念使学生学习趋于零散无序,学习进阶可以通过测量工具重新组织“核心概念”,从而为学生规划一条“少而精(less is more)”的认知路径.

目前,伯克利评价系统(BEAR's system)是构建学习进阶的主要方法,它主要由结构图、试题设计、作答空间、测量模型4部分组成,根据预设学习进阶,结合每道试题所考查的内容,将试题归类于不同的发展层级得到学习进阶^[2].然而,以题目代替概念为单位进行排序得到的进阶不仅粗糙且主观性

强,而且进阶会因题目的改变而改变,结果并不稳定^[3].因此,需要新的测量模型来解决这些问题,测量理论中规则空间模型(Rule Space Model, RSM)为解决学习进阶的问题提供了新的思路.在该模型当中,被试参数不依赖于施测的项目样本,题目参数也不依赖于接受测验的被试样本,因此刻画的学习进阶能更为精细客观.学生通过不同的属性组合来解决相关问题,属性是指“核心概念”领域内或某专题研究中所应具备的知识与能力等.基于规则空间模型的学习进阶主要是研究者通过界定某一知识或核心概念下的若干属性及属性层级关系,利用属性层级关系测量出学生的掌握模式及知识状态.再应用包含关系原则刻画出知识状态的层级结构,即学习路径.包含关系指的是某一属性掌握模式的二元向量大于或等于另一属性掌握模式相应的二元向量^[4],例如,(1100)和(1000)相比,处于(1100)的学生掌握了处于(1000)学生掌握的所有属性,且还多掌握了其他属性,可认为这两个向量存在层级关

^{*} 教育部基础教育质量监测课题“义务教育四、八年级科学教育质量监测工具研制”阶段性成果,项目编号:2016KX001-F

作者简介:王乐楷(1993-),男,硕士,研究方向科学课程教学论、教育测量与评价.

通讯作者:曾平飞(1963-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向物理课程教学论、教育测量与评价.

系,即(1000) → (1100),以此类推可刻画出多个掌握模式之间的层级关系,刻画出一系列学习路径.越靠近学习路径底部的掌握模式,表明掌握属性越少,学习水平层次越低;相反,越靠近路径顶部的掌握模式,掌握属性越多,学习水平层次越高.学习路径反映了知识状态的偏序关系,因此根据刻画的学习路径可描述出相应的学习进阶.

2 “电与磁”学习进阶的构建

“电与磁”概念是初中物理中“相互作用”物理观念下的重要知识,主要包括电现象与电流、磁现象与磁场、电与磁相互作用等概念.本研究以“电与磁”概念为研究载体,结合学习进阶和规则空间模型理论,设计研究、编制测验并收集数据,使用多级给分属性层级模型进行测量^[5],以探讨学生对这一知识的认识方式,为课堂教学、形成性评价等提供实证数据支持及例证.

2.1 属性及层级关系的建立

首先需要确定学生学习“电与磁”概念应获得的知识和能力,即属性.本研究通过对我国现行的初中科学课程标准、浙教版初中科学教材和历年中考题进行分析,获取学生应该具备的知识和能力信息以及试卷编制所需信息,经过与专家、一线教师的多轮讨论确定了7个属性,以及各个属性包括的具体学习表现,如表1所示.认知属性并不是孤立存在的,而是具有一定的层级关系.认知属性层次能够反映出学生的认知过程,本研究“电与磁”概念的层级关系具体如图1所示.

根据认知属性间的层级关系,可以利用布尔矩阵扩张运算导出典型项目考核模式,即所有可能的、符合逻辑的试题考核方式.依据典型项目考核模式为命题框架,编制相应试题.并将编制的试题送至样本学校科学教师进行审阅以保证试题的质量.

最后确定完整试卷包括17题,所有题目采用多级计分的方式,答对一个属性得1分,满分为该题所考查的属性数.

表1 初中“电与磁”概念属性及其学习表现

属性	概念名称	学习表现
A1	静电	科学解释:摩擦起电现象;电荷间的相互作用现象
A2	电流	科学建模:电流方向与电子移动方向 科学探究:不同物质的导电能力 科学建模:电流与水流的类比
A3	磁体	科学建模:磁体、磁性、磁极 科学解释:磁体间的相互作用现象;磁化现象
A4	磁场	科学建模:磁场方向、磁感线及其分布、地磁场 科学推理:地球可能是个磁体
A5	电流磁效应	科学探究:直线电流周围的磁场 科学建模:通电导线周围的磁场分布;通电螺线管周围的磁场分布、安培定则 科学探究:影响电磁铁磁性强弱的因素
A6	安培力	科学探究:电流方向、磁场方向与安培力方向的关系
A7	电磁感应	科学探究:感应电流产生的条件,影响感应电流方向的因素

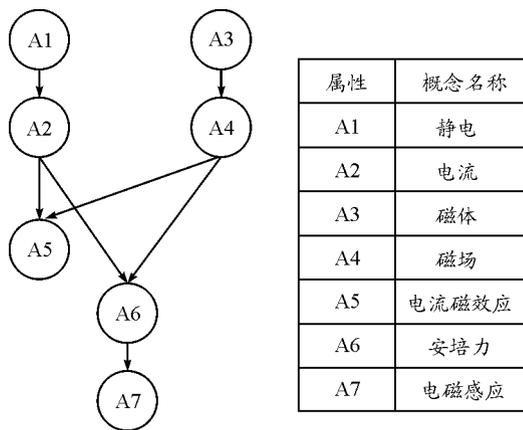


图1 初中“电与磁”概念属性层级关系

2.2 学习进阶的确立

本研究选取浙江省杭州市3所学校642名八年级学生为样本进行认知诊断测验,利用软件SPSS21.0,ConQuest2.0与Rule Space Model Program in Matlab进行数据分析,获得各个属性掌握模式的能力值 θ_n 与所占人数的百分比,如表2所示.

属性掌握模式是一种知识掌握状态,由0与1

两个变量组成(0表示属性未掌握,1表示属性已掌握),7位数字分别代表7个属性的掌握状态,(1011000)比(1010000)多掌握一个属性,其能力水平就较高,这两种状态之间就存在进阶的关系.能力值是规则空间模型中关于试题难度的一个变量,反映了学生在某个属性上的能力水平,能力值越高说明学生对属性的掌握情况越好.

表2 “电与磁”概念属性掌握模式能力值分布表

属性掌握模式	能力值 θ_n	所占百分比 / %
0000000	-1.618 4	1
1010000	-1.072 7	14
1100000	-0.954 2	2
1011000	-0.612 8	8
1110000	-0.304 9	10
1111000	-0.052 9	6
1111100	0.668 5	40
1111110	1.139 1	10
1111011	1.326 4	4
1111111	1.414 3	5

通过各个属性之间的包含关系刻画出“电与磁”概念各个属性间进阶关系的学习路径,如图2所示.从图中可以找出4条“电与磁”概念学习路径:

(1)(0000000) → (1010000) → (1011000) → (1111000) → (1111100) → (1111110) → (1111111);

(2)(0000000) → (1010000) → (1011000) → (1111000) → (1111011) → (1111111);

(3)(0000000) → (1010000) → (1100000) → (1110000) → (1111000) → (1111100) → (1111110) → (1111111);

(4)(0000000) → (1010000) → (1100000) → (1110000) → (1111000) → (1111011) → (1111111).

结合“电与磁”概念学习路径与“电与磁”概念的属性层级关系,对学习路径上的学习进阶层级水平进行划分,共划分为4个层级水平,掌握1~2个属性的学生归为层级水平1,掌握3~4个属性的学

生归为层级水平2,掌握5~6个属性的学生归为层级水平3,掌握全部7个属性的学生归为层级水平4,其能力值 θ_n 的临界值由低至高分别为-1.618 4, -0.954 2, -0.052 9, 1.326 4, 如图2所示.

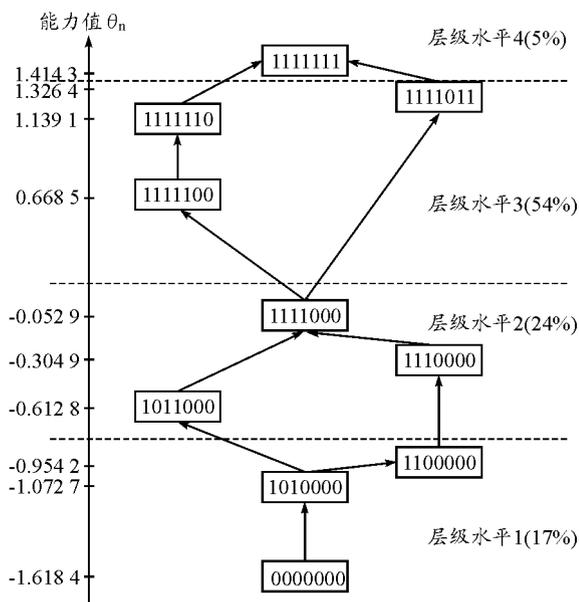


图2 基于规则空间模型的“电与磁”概念学习路径

当 $\theta_n \leq -1.618 4$ 时,学生未达到层级水平1,当 $-1.618 4 < \theta_n \leq -0.954 2$ 时,学生处于层级水平1,测试中位于层级水平1及以下的学生占17%;当 $-0.954 2 < \theta_n \leq -0.052 9$ 时,学生处于层级水平2,测试中位于层级水平2的学生占24%;当 $-0.052 9 < \theta_n \leq 1.326 4$ 时,学生处于层级水平3,测试中位于层级水平3的学生最多,占54%;当 $\theta_n > 1.326 4$ 时,学生处于层级水平4,测试中位于层级水平4的学生最少,占5%.

通过“电与磁”概念学习进阶层级水平划分“电与磁”概念的学习表现,对各个进阶水平的学习表现加以描述,得到最终的学习进阶(表3).处于进阶水平1的学生仅对静电和静磁现象有所了解,对相关概念的认识停留在日常经验的程度,这部分学生被认为没有达到课程标准的要求;处于进阶水平2的学生能够理解电流、磁场等一些简单物理模型,对较复杂模型掌握程度不够,缺乏相应理解,这部分学生被认为基本达到课程标准要求;处于进阶水平3的学生初步具备电与磁相互作用的物理观念,对相

关概念理解比较深入;处于进阶水平4的学生具备电与磁相互作用的物理观念,能够创造性地解决问

题,在面对新情境时能熟练运用各种物理模型,在解决问题的过程中表现出较强的逻辑性和创造力.

表3 “电与磁”概念学习进阶

进阶水平	能力区间	学习表现
水平1	$-1.6184 < \theta_n \leq -0.9542$	知道基本的静电和静磁现象,能简单地对这些现象进行解释.但在电流或磁场的认知上存在缺陷,无法正确表述电流或磁场的物理概念
水平2	$-0.9542 < \theta_n \leq -0.0529$	能建立电流、磁场等物理模型,利用概念模型对有关的现象和问题做出探究、解释或推理.知道电流磁效应、安培力和电磁感应的概念.但缺乏电与磁相互作用的物理观念,无法分析通电线圈磁场方向、安培力作用方向和电磁感应电流方向
水平3	$-0.0529 < \theta_n \leq 1.3264$	初步具备电与磁相互作用的物理观念,能区分安培力(左手定则)和电磁感应(右手定则)两种物理模型,并运用这两种物理模型分析安培力作用方向和电磁感应电流方向.但对个别概念的认识存在缺陷,在分析复杂情境下的“电与磁”问题时存在困难
水平4	$\theta_n > 1.3264$	具备电与磁相互作用的物理观念,能熟练地运用电流磁效应(右手螺旋定则)、安培力(左手定则)和电磁感应(右手定则)等物理模型分析复杂情境下的“电与磁”问题

3 基于“电与磁”学习进阶的教学建议

基于本研究的“电与磁”概念的学习路径与学习进阶,对初中生“电与磁”专题的教学给出以下教学思考与建议.

3.1 “电与磁”概念学习存在多元的认知途径

由“电与磁”概念学习路径可以发现,学生在学习“电与磁”专题的概念时,其对相关概念的认知途径并非唯一的,而是存在多元的认知途径.不同学生对“电与磁”概念的认知途径也不尽相同.对一部分学生而言,电学概念可能比磁学概念更容易理解,右手螺旋定则可能比左手定则和右手定则更容易理解,而对另一部分学生而言,可能正好相反.

针对这一现象,教师在进行“电与磁”专题教学时可以通过认知诊断来了解学生对相关概念的认知途径类型,从而为不同类型的学生设计个性化的教学方案;也可以通过设计复合多概念的、思维路线开放的学习任务,让不同类型的学生以合作学习的方式来完成学习任务,从而促进学生对知识概念的理解.

3.2 “电与磁”概念学习存在显著的层次差异

根据“电与磁”概念学习进阶的描述可以发现,大部分学生的学习表现基本达到了课程标准的要求,但整个群体对“电与磁”专题概念的掌握程度存

在不同的层次水平,不同层次水平学生在能力值 θ_n 和学习表现上都有明显的区别.

学生在“电与磁”概念上不同的进阶水平为开展“电与磁”专题的分层教学提供了有力的依据.通过对不同学习表现的学生群体进行分层,对进阶水平1的学生主要激发其对科学的学习兴趣,对进阶水平2的学生主要训练科学方法、提升其对概念的理解程度,对进阶水平3的学生主要培养其运用科学知识解决实际问题的能力,对进阶水平4的学生主要培养其创造性和批判性思维,让不同层次水平的学生都能得到有效的提升.

参考文献

- 郭玉英,姚建欣,张静.整合与发展——科学课程中概念体系的建构及其学习进阶[J].课程·教材·教法,2013(2):44~49
- 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(2):81~87
- 辛涛,乐美玲,郭艳芳,等.学业质量标准的建立途径:基于认知诊断的学习进阶方法[J].教育学报,2015(5):72~79
- 辛涛,焦丽亚.测量理论的新进展:规则空间模型[J].华东师范大学学报(教育科学版),2006,24(3):50~56
- 田伟,辛涛.基于等级反应模型的规则空间方法[J].心理学报,2012,44(1):249~262