DOI：10.19789/j.1004-9398.2025.02.010
文献引用：陈梦寒，尹迪，于洋，等.科学教育中概念转变之理论观点、代表模型与实施路径：以物理学科为例[J].首都师范大学学报（自然科学版），2025，46（2）：68-74+90. CHEN M H，YIN D，YU Y，et al. Theoretical perspectives，representative models，and implementation paths of conceptual change in science education：a case study of physics[J]. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2025，46（2）：68-74+90.

科学教育中概念转变之理论观点、代表模型与实施路径：以物理学科为例*

陈梦寒[1]，尹　迪[2]，于　洋[3]，赵赛男[3]，王晶莹[1**]

（1. 北京师范大学教育学部，北京　100875；2. 北京市第八十中学管庄分校汇星校区，北京　100024；3. 北京市八一学校，北京　100080）

摘要：2022年版义务教育科学和物理课程标准，提出重视概念的建构过程，促进学生对抽象概念的理解。学习者的物理前概念通常具有固化、隐蔽和难以改变等特征，想要形成科学的物理观念尤为困难，物理教学常常是帮助学习者改变其错误前概念从而实现概念转变。本研究首先阐述概念转变的理论观点，从错误概念、概念分类和非概念转变理论3个方面来深度剖析；进一步指出概念转变的3个典型模型，即概念转变模型、认知重构知识模型和概念转变动态模型；最后提出设计反驳文本、提供属性教学、计算机科学建模、精准呈现资料和激发认知动机等概念转变的物理教学策略。

关键词：概念转变；科学教育；物理；前概念；错误概念
中图分类号：G632.0　　**文献标志码**：A

Theoretical perspectives，representative models，and implementation paths of conceptual change in science education：a case study of physics*

CHEN Menghan[1]，YIN Di[2]，YU Yang[3]，ZHAO Sainan[3]，WANG Jingying[1**]

（1. Education Department of Beijing Normal University，Beijing　100875；2. Huixing Campus of Guanzhuang Branch of Beijing No.80 Middle School，Beijing　100024；3. Beijing Bayi School，Beijing　100080）

Abstract：The 2022 edition of the compulsory education science and physics curriculum standards emphasizes the process of constructing concepts and promotes students' understanding of abstract concepts. Learners' preconceptions in physics often have characteristics such as solidification，concealment，and difficulty in changing. It is particularly difficult to form a scientific concept of physics，and physics teaching often helps learners change their erroneous preconceptions to achieve conceptual change. This study first elaborates on the theoretical perspective of conceptual change，and conducts a deep analysis from three categories of erroneous concepts，conceptual classification theory，and non conceptual change theory. Further pointing out the three typical models of conceptual change，

收稿日期：2023-04-05
*北京市八一学校教师专业发展项目（2212000275）
**通信作者：wangjingying8018@126.com

namely conceptual change model, cognitive reconstruction knowledge model, and dynamic model of conceptual change. Finally, a physics teaching strategy for conceptual change is proposed, including designing refutation texts, providing attribute teaching, computer science modeling, accurately presenting data, and consolidating cognitive motivation.

Keywords: conceptual change; science education; physics; preconcept; misconception

CLC: G632.0 **DC**: A

0 引 言

近日,我国颁布2022年版义务教育科学和物理课程标准,提出重视概念的建构过程,促进学生对抽象概念的理解[1]。Garrison和Bentley[2]在研究中提及学习者的直觉思维、日常生活经历、对科学的浅显认识以及电视电影等因素导致了错误概念的产生,因此概念转变尤为重要。国际上概念转变的研究有2种不同立场:Vosniadou[3]认为概念转变过程中概念被重构,新概念取代前概念,即形成的新概念占主导前概念将丢失;Ohlsson[4]认为学习者并未经历概念重构过程,只是将先前的概念保持在休眠或抑制状态,并同时持有多个互相竞争的概念;Shtulman和Valcarcel[5]实证研究指出错误概念不会被科学概念取代,而是与科学概念并存,由于错误概念在一定程度上影响推理和问题解决,因此必须对错误概念予以抑制来确保科学概念的使用;Strike和Posner[6]认为促进概念转变的4个条件分别为学习者意识到现有概念不足、学习者了解新概念的运作原理、学习者认为新概念合理和学习者顺利应用新概念。后续研究者认为转变条件忽视了学习者的动机和目标等因素,对其进行改善,开发了若干概念转变模型,并纳入文化、社会、态度和情感等因素以探索科学学习过程中的概念转变,包括概念转变模型(conceptual change model, CCM)、认知重构知识模型(cognitive reconstruction of knowledge model, CRKM)和概念转变动态模型(the dynamic model of conceptual change, DMCC)等[7]。综上所述,国际上概念转变的研究实现了从认识论范畴到本体论范畴、从认知层面到元认知层面、从理性过程到非理性过程的飞跃。近年来,国内概念转变的研究可分为2种主流:一种是回顾性的研究,通过考察学生概念转变时的认知过程,以了解概念转变的规律,如罗莹和张墨雨[8]在研究中通过回顾《反思教育》中的新知识观,揭示前概念和科学概念共存并相互影响的困难,同时提出论辩教学、引入现实生活情景等概念转变教学的新视野与新思路;另一种是干预性的研究,通过教学策略和干预手段来促进学生的概念转变,如曾琦和章学云[9]采用自行设计的外显、冲突、澄清和练习4阶段教学模式,对初中物理惯性概念进行了教学干预实验,结果表明教学干预比控制班的学生有所提高。同时,许多相关研究在学校实践、教师专业发展、教师教学观等方面将概念转变与教学实践结合起来,分别揭示教学方法和策略的编排能够提升教学质量、概念转变模型框架应用于教师教育促进专业发展、大多数教师对概念转变了解程度不够等现状[10]。综上所述,大多数概念转变研究着力于综合层面,而针对某一学科特点的概念转变研究相对较少,同时还缺乏概念转变中的困难和优势的研究。因此,本研究聚焦于物理学科,旨在分析并理清国际科学教育中概念转变的理论观点,深度剖析概念转变的典型模型,指出错误概念稳固难以转化的原因。本研究根据梳理的概念转变理论,提出与之对应的物理教学策略,为促进概念转变的物理教与学提供理论指导与实践借鉴。

1 物理教育中概念转变的理论观点

错误概念、概念分类和非概念转变等理论揭示物理错误概念的类型特点,解释错误概念难以转变的原因,同时阐释概念转变的本质。教师了解相关理论有助于正确识别概念转变,促进概念转变发生,帮助学生实现对物理概念的正确理解。

1.1 错误概念理论

由于科学概念和错误概念之间的对比过于简单化,科学教育中常常出现错误概念难以转化的现象。为解决上述问题,教育研究者依据错误概念转化的难易程度将其划分为3个类别,分别为错误信念、心智模型缺陷和稳固的错误概念,并且概念转变的实现条件在各类别中得到阐释[11]。

首先,错误信念是学习者持有的与事实不符或不准确的单一想法,其对应于单个句子或一段陈述

信息。此类别下,若想实现概念转变,需在已有信念与新信息之间产生认知冲突,通过认知矛盾和反驳方式修正错误信念。如在物理学习过程中,学习者常常持有“重力的方向垂直向下”这一错误信念,其与正确信息“重力的方向竖直向下”之间相互矛盾,有助于学习者产生认知冲突,实现从错误概念到科学概念的转变。

其次,心智模型缺陷是指学习者对一个概念(如质点)的内部表征或一个概念的相互关联系统(如动量守恒系统)做出的错误解释或错误预测,如“投掷物体的过程中包含内力”“运动需要力来维持”“重的物体下落快”等。研究表明,当教学者向学习者呈现更为广泛的信息,并且这些信息未对学生已有知识形成反驳时,学习者只能将这些新信息同化至已有缺陷的心智模型中,此时缺陷依然存在;而当教学者向学习者呈现反驳错误信念的新信息时,学习者将会意识到已有知识与新信息之间的矛盾,最终多次的信念修正可以将心智模型缺陷转变为正确的模型。

最后,物理学中稳固的错误概念具有持久且难以转变的特点。如研究者让学生使用Prolog语言构建一个对运动理解的计算模型,其中一名学生假设“有一个为任何运动提供力的源”,并以其为前提条件进行编程,过程中虽然对规则部分进行了多次修改,但最终未得到理想的结果。由于核心假设不正确,即使此学生尝试多次信念层面上的反驳修正,依然未能转化为正确的模型[12]。由此,信念或心智模型层面上的反驳不能实现稳固错误概念的转变,其需在分类范畴层面解释。

1.2 概念分类理论

分类是某一概念被识别和分配到其所属类别的过程,其中归属于同类别的概念呈现出共同的特征和属性,概念的未知性质可由同类别概念进行推断。Rips等[13]提及类似表述:概念的正确分类是一种重要的学习机制,学习者可以使用类别知识对一个新概念或新现象做出推论和归因;Chi[14]将占据不同树的类别定义为不同的“本体”,将树内平行分支定义为不同的横向类别,稳固错误概念的形成原因正是概念被错误地分配到了横向类别或本体类别。

概念分类理论主要有2个方面。首先,分类在学习中的作用在于2个假设:(1)当学习者未明确新概念或新现象具体归入到哪种类别时,会将新概念分配到更高层次的合适类别。学生学习弹力之前,由于不知道弹力的定义和相关特点,无法将其按照力的作用方式进行归类,此时学习者很可能将其归入到“力”这一更高层级的分类,在此情况下学生仍然可以基于力这一类别属性对弹力进行正确推断和归因;(2)当学习者未明确新概念或新现象具体归入到哪种类别时,有可能将其错误地分配至横向类别或本体类别,这种分类错误导致了错误概念的产生以及概念转变的困难,如学习者错误地将弹力归入到非接触力这一类别,这将对学习者之后的学习造成障碍。其次,横向分类间的冲突包括2种:(1)实体和过程之间的冲突,也称为本体之间的冲突[15],如许多学习者将“物体用尽所有的力”归结为物体减速的原因,此种情况下学习者将力误解为一种可以占有、转移和消散的实体,但事实上“力”被科学家公认为一种过程;(2)直接过程和突发性过程之间的冲突,也称为横向类别间的冲突,直接过程具有可识别的因果动因和阶段序列,如由于物质分子永不停息地做无规则运动,酱油的色素分子能够扩散到鸡蛋清内这一直接过程;与此相反,突发性过程不具有可识别的因果动因和阶段序列,如无规则运动的液体分子在下一时刻的位置和运动轨迹无法被判断。

1.3 非概念转变理论

概念转变包含丰富的心理现象,有时在概念使用过程中看似发生了真正的概念转变,但实则是其他种类在发生变化,如认知发展过程中的记忆能力或注意力的变化。真正的概念转变发生在以下2种情况:概念的内部结构发生变化;一个概念与其他概念的关系发生变化且此变化使概念的核心意义发生改变。Keil和Newman[16]提出非概念转变存在3种典型形式,分别是转移相关性、增加访问和知识填充。首先,一个概念往往有多种相关定义,转移相关性是一个概念从当前定义转移到另一个定义的过程,虽然能够使判断发生巨大变化,但本质上反映非概念性的发展变化。如物理教师为不同阶段的学生讲解“速度定义”时往往给出2种答案:当教学对象为初中生时,教师将速度定义为物体在单位时间内通过的路程;而当教学对象为高中生时,教师将速度定义为物体在单位时间内通过的位移,因此教学实体类型会极大地改变理解速度的方式。上述转移相关性实例中虽有概念上的巨大变化,但反映的是非概念性的发展变化,为非概念转变的一

种形式。其次,某些概念在特定文化或任务中被强调的现象称为增加访问,其是发展变化的基础,不等价于概念转变。考虑一个人是否发生了真正的概念转变,需要结合特定任务和文化等多种因素综合考虑。最后,在错误信念和心智模型缺陷类别下,学习者可以通过添加或填补相应知识来丰富缺失或不完整的信念,此过程只是对已有知识的丰富,并不涉及概念转变。如学习者在高中阶段前不知道速度为矢量(有大小又具有方向),告知此信息只会增加学习者先前的信念,无概念上的转变。

2　物理概念转变的典型模型

研究者设计概念转变模型以揭示影响概念转变的要素,目前影响力较为广泛的概念转变模型主要有CCM、CRKM和DMCC。物理教师理解这些模型并将其中的要素应用于课堂实践,有助于学生概念转变的实现。

2.1　认知取向的概念转变模型

CCM揭示了实现概念转变的条件(图1),并确定了概念转变中的4个关键因素,包括学习者对原有概念不满意、学习者能够理解新概念且发现新概念有意义、新概念需与学习者现有思想相适应和新概念能够带来新的见解,只有当4个因素全部满足时才有实现概念转变的可能性[17]。例如,在"自由落体运动"一节的物理教学过程中,学习者会根据自身的生活经验认为重的物体下落较快。面对这一错误概念,教师在课堂上演示相同质量的纸片和纸团下落过程,实验结果为纸团下落较快,这就与学习者持有的原有概念不一致,因此使得其对原有概念产生了不满意,满足了概念转变的第1个条件;之后,教师解释实验现象产生的原因,即所受空气阻力的不同,并给出自由落体运动的定义,此过程学习者能够理解新概念,满足了概念转变的第2个条件;随后,教师解释在生活中不可能完全忽略空气阻力,因此自由落体运动是在理想条件下进行的,此过程学习者慢慢适应新概念,满足概念转变第3个条件;最后,教师展示牛顿管实验,在真空条件下模拟羽毛和小石子的自由落体运动,证实2种物体同时落地,为此对学习者带来了"在同一高度,任何物体不论质量大小,在自由落体的过程中,落地时间是一样的"新见解,即满足概念转变第4个条件,成功实现概念转变。

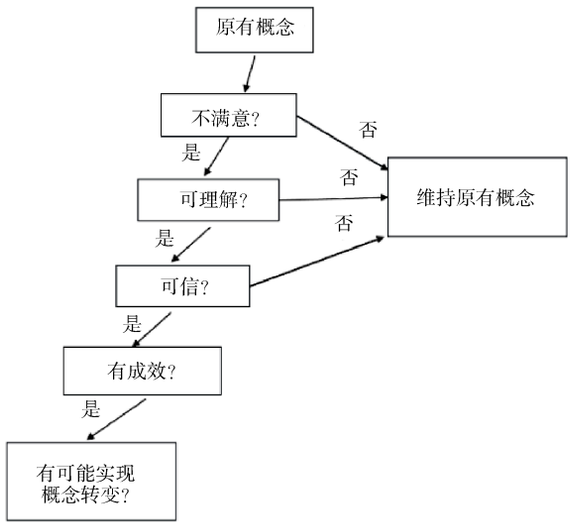


图1　概念转变模型(CCM)

2.2　学习者为中心的概念转变模型

CRKM(图2)的构建综合了认知心理学、物理教育和社会心理学方面的研究,该模型从学习者特征和信息2个维度展示影响概念转变的因素[18]。(1)特征维度。学习者的第1个关键特征为现有概念,影响现有概念的因素包括强度、连贯性和投入度。强度为学习者对现有概念的丰富程度,强度越高,实现概念转变的概率越小;连贯性是指现有概念是否提供了对想法或事件的解释,学习者证据整合的程度越低,连贯性也就越低,随之概念转变越容易实现;投入度是指学习者对现有概念的执着程度,程度越高,概念转变越难实现。学习者的第2个关键特征为动机,其包含不满意、个人相关性、社会背景和认知需要4个方面。不满意用于描述学习者对现有概念的态度想法,并且对实现概念转变有着激励作用;个人相关性用于描述影响个人动机的因素,如学习者对某一主题或任务的兴趣程度和情感投入程度等,个人相关性越高,概念转变越容易实现;社会背景能够提高学习者处理信息的参与度,如同龄人能够激励学习者考虑更为广泛的信息,这是由于其更加注重同龄人的想法和观点;认知需要为处理信息方面的动机,有些学习者喜爱从多角度考虑问题,并享受高度认知的过程、学习者为利益参与认知活动等情况均隶属于认知需要,其程度同样影响概念转变的实现。(2)信息维度。信息的可理解性、连贯性、可信性和说服力在一定程度上也可影响概念转变的实现。CRKM模型还揭示学习者特征与信息的积极交互对概念转变的重要作用。

同样表明,若学习者以低元认知参与信息处理,只可能实现微弱的概念转变或不发生概念转变,若学习者以高元认知参与处理信息的过程,将有机会实现强烈的概念转变。

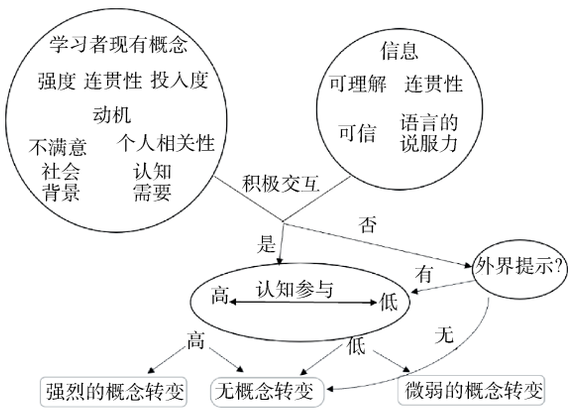


图2　认知重构知识模型(CRKM)

2.3　循环过程取向的概念转变模型

DMCC(图3)其基本框架由4个阶段构成:(1)获取信息阶段。学习者可通过观察、活动、经验、与他人的互动或阅读文本获取信息,若学习者忽视文本信息,则不会实现概念转变。(2)信息识别与思考阶段。学习者识别并思考信息,此过程受到信息的来源、可信度和连贯性等因素影响,只有当学习者识别并考虑一条信息时,该信息才会被学习者吸收,若学习者拒绝识别信息,则不会实现概念转变。(3)信息处理阶段。此过程学习者进行思考并试图理解信息内容,同时受到个人因素和外部变量的影响,如果学习者确定信息具有较低的个人价值或不符合个人目标,将可能脱离和退出处理信息,如果信息具有较高的个人价值或符合个人目标,则可能以较深的程度参与信息处理并过渡到概念改变阶段。(4)概念转变阶段。有3种可能出现的结果:第1种为持久的概念转变,即学习者理解和接受新概念,并积极地致力于这个想法,其生活方式、行为和行动发生了变化;第2种为学习者被动适应新概念,即学习者接受并致力于一个新概念,随着时间的推移新概念更加稳定,并且取代原概念,但此概念不会改变学习者的行为或生活方式;第3种为微弱的考虑新概念,即学习者理解并接受一个新概念,但接受程度受到限制,个人在今后改变行为或在新概念中找到价值的概率较低,最终只能针对部分新概念进行启发式的应用。除此之外,DMCC包含一条动态路径,学习者能够在之后3个阶段之间来回循环,另外每个阶段拥有脱离途径,如果学习者对某个阶段无兴趣则可以选择退出。DMCC不但包括先前模型的关键元素,还包括了先前未加强调的情感、认识论信念、文化和社会等因素,旨在为物理教育者提供一个更加全面的框架,以探索物理教学和学习中的概念转变。

3　促进概念转变的物理教学策略

学习者对概念的正确理解是物理学习的基础,教师结合概念转变相关理论,在实践中付诸行动有助

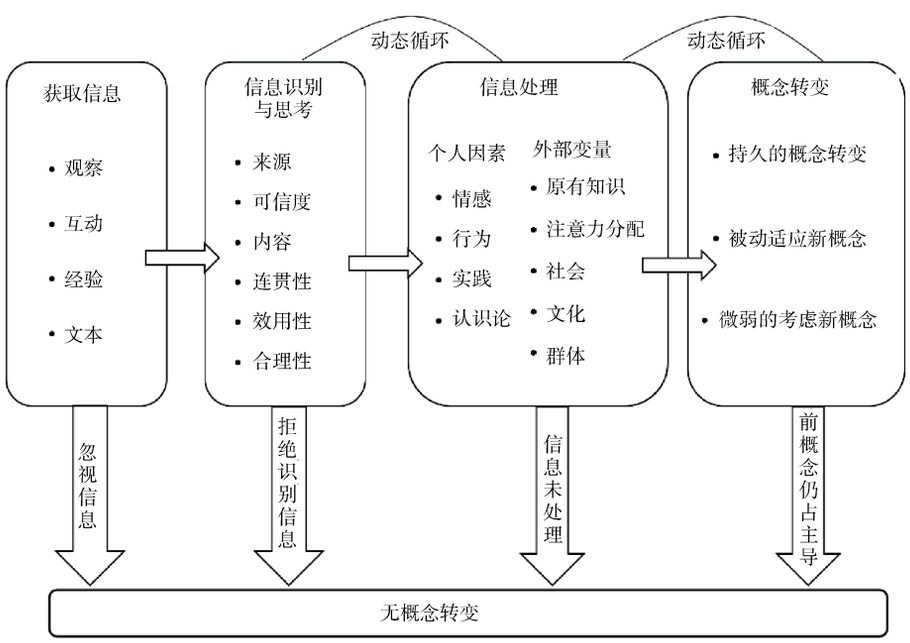


图3　概念转变动态模型(DMCC)

于学生概念转变的实现。其中反驳、类别转移、科学建模、物理学习资料的精准呈现和夯实学习者认知动机可作为促进概念转变物理教学的几个策略。

3.1 提供反驳文本,修正错误信念

错误概念与科学概念在文本中共同呈现时,可以直接驳斥误解,并产生积极的概念转变效果[19]。同时反驳错误信念会使信念得到修正,并且多次反驳能够使得学习者从心智模型缺陷转变为正确的心智模型。然而,未能正确转化心智模型缺陷的学习者往往缺乏识别认知矛盾的意识,特别是对于关键错误信念的识别[20]。在教学过程中,教学者应以学习者为中心,深入了解学生在物理学习过程中容易出现的错误信念和心智模型缺陷,这样可以更好地满足学习者的需求。教学者可以努力提供与错误信念产生隐性或显性冲突的物理学习文本,以帮助学生进一步修正误解。这些文本可以提供科学概念及其背后的证据,与错误信念进行对比和辩驳。这种直接对话的方式可以帮助学生更深入地理解错误信念的错误之处,并逐渐接受正确的科学观点。同时,教学者还应不断强调反驳的重要性,以提升学生在物理学习过程中识别认知矛盾的意识。这意味着教学者需要引导学生主动参与探究和讨论,自主识别和纠正错误信念。通过这种参与式的学习环境,可以培养学生批判思维和自我修正的能力,不断完善自己的心智模型。总之,通过在文本中呈现错误概念和科学概念的对比,并不断强调反驳的重要性,教学者可以帮助学生识别和修正错误信念。这种积极的概念转变过程能够促进学生的学习和发展,并提高其在物理学习中的认知能力。

3.2 设计科学概念的属性教学,促进类别间的正确转移

在错误概念的3种类别中,稳固的错误概念在修正过程中难度较大,实现概念转变需要经过一定的努力和策略。为了减轻概念转变的困难,学习者应尝试将错误概念进行横向类别或本体类别间的正确转移。类别转移是指将原本错误分类的概念在认知上重新归类到适当的类别中,此过程主要包含2个步骤:首先,学习者需意识到自己存在一个分类错误,即在分类范畴层面上产生认知冲突,这意味着学习者需要反思其原有的想法,并意识到与科学概念之间的不一致性。这个认知冲突的意识可以激发学习者主动寻找正确的类别归属,开启概念转变的过程。其次,学习者需了解物理概念实际所属的类别,并将其正确归类,在这个步骤中,教师扮演着重要的角色,应向学习者讲授新类别属性,同时促使学习者建立具有不同属性集的新横向类别。通过给学习者提供足够的信息和指导,学习者能够逐渐认识到概念所属的正确类别,并将新的物理概念同化到这个类别中,这为概念转变创造了有利的条件[11]。在教学过程中,还应注意提供多样化的学习机会,如实验、案例分析和讨论等,以帮助学习者从不同的角度认识物理概念和其正确的类别归属。同时,教师还可以引导学习者进行自主探究和解决问题的活动,激发其主动思考和寻找正确类别的能力。总之,类别转移需要学习者意识到错误的分类,了解正确的类别,并通过教师的指导和属性教学,创造有利条件实现概念转变,学习者逐步修正错误概念,建立准确的科学概念体系。

3.3 利用计算机科学建模,提升物理问题解决能力

建模在人类认知和科学探究中扮演着重要的角色,其有助于表达和外化学习者的思维,并展现学习资料的趣味性。当呈现一个没有概念性信息的物理问题时,如果缺乏对问题定性的表征环节,很大概率上将导致学习者不理解问题的底层逻辑。因此,建立物理模型是解决问题的有效途径之一。此外,作为课堂活动中认知参与度最高的一种形式,建模可以采用不同的定性和定量形式,促进概念转变。教师在课堂中应该充分利用思维工具(如概念图),以及计算机建模工具(如数据库)等来建立物理问题的模型,从而清晰地呈现物理问题,帮助学习者理清复杂知识间的内部逻辑[21]。通过建模,学习者可以将抽象的物理概念转化为具体的图形、图表或数学表达式,从而更好地理解问题的本质和解决方法,将知识应用到实际问题中,培养解决问题的能力和创新思维。在课堂教学中,教师可以设计一系列与物理问题相结合的模型构建练习,引导学习者通过观察、实验、测量和分析等方式构建合适的模型,深入理解物理问题的特征和规律。同时,教师还应鼓励学习者运用建模工具进行创新和探索,提供丰富的学习资源和案例,激发学习者的兴趣和好奇心。

3.4 精准呈现学习资料,推动概念的深入理解

概念转变模型揭示信息这一关键性因素,学习资料作为获取信息的主要来源之一,其内容质量对学习者知识的理解有着重要影响。课堂中的例题习题以及课后作业等学习资料需要物理教学者精心选择和设计。首先,学习资料应具有合理性,在

选择时需考虑信息的来源和可信度,避免其中带有错误和歧义;其次,学习资料需持有效用性,如内容紧贴课堂、难度把握精准,促使学习者达到良好的预习和巩固效果;再者,学习资料上的物理知识点应具备充足的说服力,结论需有实例或论点作为强有力的支撑;最后,学习资料所涉及的知识点应具有连贯性,帮助学习者构建知识网络、理顺各个知识点之间内部逻辑关系,通过提供具有层次和逻辑性的学习资料,学习者可以更好地理解和记忆物理知识,形成完整的知识框架。

3.5 激发学习者认知动机,创造概念转变的自主条件

认知动机是发生有意概念转变的必要条件。课堂平等互动的教学环境可作为增加学生认知动机的策略之一,教师可以针对疑难或有争议的物理问题,组织小组讨论与辩论活动等,促使学生自由形成论据,对同龄人、老师或教科书所秉持的观点思考评估,以此进行批判吸纳,优化先前观点,促进概念转变的发生。学习者在平常的物理学习过程中应锻炼和发展自身发现问题的意识,通过提出问题、寻求答案、发现错误以及进行实验等方式,积极参与到知识构建的过程中,特别是在与同伴合作和交流的情境下,学生能够共同讨论和纠正概念上的错误,从而加深对物理概念的理解。这种合作式的学习方式有助于学生之间的互相启发和知识共享,激发其探究欲望和学习动力,转变先前错误概念。最后,给学生设定具体、具有挑战性和可衡量的学习目标,建立目标导向的学习任务,可以帮助学生明确自己的学习方向,激发其自主学习动机,及时的正面反馈和奖励机制也可以激励学生持续学习,并增强信心和动力。

4 结论与展望

概念转变在物理教学中具有实际应用和促进学生掌握物理知识的重要作用,通过概念转变教学,可以帮助学生建立起正确的物理概念,提高物理学习的有效性和深度,并且有助于学生发展科学思维能力,培养其核心素养。本研究说明了错误概念的3种类型,指出稳固的错误概念出现的原因往往是由于将概念错误分配至横向类别或本体类别。因此,教师在教学过程中,需要注意识别学生的原有知识以及认知结构,寻找并了解学生的错误概念。此外,本研究分析了容易与概念转变混淆的3种非概念转变形式和有影响力的概念转变模型。教师需要深入学习概念转变相关理论知识,有效识别学生面临的错误概念类型和真正的概念转变,结合模型中其他影响因素,选择对应的教学策略转变学生的概念。总之,一线物理教师在概念转变研究中的作用应该得到更多重视,开展与概念转变相关的师资培训、总结提升一线教师在概念转变策略使用方面的经验,切实提高教师的科学概念水平和理论水平。随着教育神经科学研究的兴起和近红外技术的发展,概念转变与教育神经科学结合的研究是值得学习者进一步关注的,此技术具备解释概念转变发生时生理机制的潜力,并为概念转变的研究提供强有力的实证基础。

参 考 文 献

[1] 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.

[2] GARRISON J W, BENTLEY M L. Science education, conceptual change and breaking with everyday experience[J]. Studies in Philosophy and Education, 1990,10(1):19-35.

[3] VOSNIADOU S. Capturing and modeling the process of conceptual change[J]. Learning and Instruction, 1994,4(1):45-69.

[4] OHLSSON S. Resubsumption:a possible mechanism for conceptual change and belief revision[J]. Educational Psychologist,2009,44(1):20-40.

[5] SHTULMAN A, VALCARCEL J. Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions[J]. Cognition and Instruction,124(2):209-215.

[6] STRIKE K A, POSNER G J. A revisionist theory of conceptual change[J]. Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice, 1992, 50(2):147-176.

[7] NADELSON L S, HEDDY B C, JONES S H, et al. Conceptual change in science teaching and learning: introducing the dynamic model of conceptual change [J]. International Journal of Educational Psychology, 2018,7(2):151-195.

[8] 罗莹,张墨雨.科学概念转变教学的新视野与新思路[J].教育学报,2018,14(2):49-54.

[9] 曾琦,章学云.初中生物理前概念的干预教学实验[J].教育研究与实验,2007(2):70-72.

[10] 姜春明,阚惠泽,王晶莹.概念转变研究图景:发展阶段、视角创新与教学应用[J].世界教育信息,2022(8):62-68.

[11] RÄTTYÄ K, CHI M. Three types of conceptual change:

(下转第90页)

[13] 罗胜铁.也谈校企联合的地方高校环境工程专业人才培养[J].山东化工,2016,45(24):142+145.
[14] 马永红,张乐,高彦芳,等.我国工程硕士联合培养实践基地状况分析:基于28个工程硕士示范基地[J].学位与研究生教育,2016(4):7-11.
[15] 全国工程专业学位研究生教育指导委员会.环境工程领域工程硕士专业学位基本要求[EB/OL].(2016-07-01)[2024-01-21]. https://meng. tsinghua. edu. cn/gcly/gcss/xwjbyq/546.htm.
[16] 余桂红,成中梅,陈静.全日制硕士研究生培养方案修订的理性审视[J].学位与研究生教育,2019(5):34-40.
[17] 教育部.关于加强专业学位研究生案例教学和联合培养基地建设的意见[EB/OL].(2015-05-11)[2024-01-28]. https://www. moe. gov. cn/srcsite/A22/moe_826/201505/t20150511_189480.html.
[18] 王焱,董增川,刘平雷,等.全日制专业学位研究生双导师制建设的探索和实践:以河海大学为例[J].研究生教育研究,2015(6):75-79.
[19] 刘福国,李硕,孙德荣,等.基于"OBE"理念的教育硕士"双导师制"培养模式研究:以地方高校学科教学专业为例[J].昌吉学院学报,2023(4):83-89.
[20] 张媛媛.全日制专业学位硕士研究生双导师制建设对策与实践初探[J].教育现代化,2018,5(29):75-76.
[21] 国务院学位委员会,教育部.关于印发《专业学位研究生教育发展方案(2020-2025)》的通知[EB/OL].(2022-07-29)[2024-01-30]. https://www. moe. gov. cn/srcsite/A22/moe_826/202009/t20200930_492590.html.
[22] 李国华,郑明明,张倩,等.工程专业学位研究生实践环节的多方协同机制探[J].化工高等教育,2019(5):46-51.
[23] 高成冲,谭启檐,王云霞.以工程实践能力为核心的专业学位硕士研究生考核评价体系探析[J].南京工程学院学报(社会科学版),2019,19(1):65-68.

(责任编辑:李拓宇)

(上接第74页)

belief revision, mental model transformation and categorical shift[J]. International Handbook of Research on Conceptual Change,2008,30(2):61-82.
[12] LAW N, OGBORNE J. Students as expert system developers: a means of eliciting and understanding commonsense reasoning [J]. Journal of Research on Computing in Education,1994,26:497-451.
[13] RIPS L J, SMITH E E, MEDIN D L. Concepts and categories: memory, meaning, and metaphysics[J]. The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning,2012,52(1):37-72.
[14] CHI M T H. Commonsense conceptions of emergent processes: why some misconceptions are robust [J]. Journal of the Learning Sciences,2005,14(2):161-199.
[15] REINER M, SLOTTA J D, CHI M T H. Naive physics reasoning:a commitment to substance-based conceptions [J]. Cognition and Instruction,2000,18(1):1-34.
[16] KEIL F C, NEWMAN G E. Two tales of conceptual change: what changes and what remains the same[J]. Handbook of Research on Conceptual Change,2008,32(2):83-101.
[17] POSNER G J, STRIKE K A, HEWSON P W, et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change [J]. Science Education,1982,66(2):211-227.
[18] DOLE J A, SINATRA G M. Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge [J]. Educational Psychologist,1998,33(2):109-128.
[19] GUZZETTI B J, SNYDER T E, GLASS G V, et al. Promoting conceptual change in science:a comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education[J]. Reading Research Quarterly,1993,28(2):116-159.
[20] CHI M T H, ROSCOE R. The processes and challenges of conceptual change [J]. Reconsidering Conceptual Change(Issues in Theory and Practice),2002,9(3):3-27.
[21] DAVID J, JOHANNES S, JOSHUA G. Model building for conceptual change [J]. Interactive Learning Environments,2005,13(1/2):15-37.

(责任编辑:兰丽丽)