·教育理论研究·

国内物理“相互作用观念”教育研究的思考与展望

——基于 CNKI 源刊的文献述评

侯建华[1]　于士博[1,2]　于海波[1]　费金有[3]

(1. 东北师范大学教育学部,吉林 长春　130024; 2. 长春力旺实验中学,吉林 长春　130000;
3. 吉林师范大学物理学院,吉林 四平　136000)

摘　要: 相互作用观念是物理观念的重要组成部分.为了了解国内相互作用观念的研究现状,汲取经验,利用 Citespace 软件可视化功能,分析了国内关于相互作用观念研究的发文量、机构、研究的发展阶段;深入剖析了重点文献中关于相互作用观念内涵、模型构建、进阶研究、培养测量等方面的研究热点及趋势,进而得出研究结论:从刊文量来看,相互作用观念研究热度持续上升;从研究机构来看,师范类院校研究势头强劲;从研究热点演化来看,研究进入分化阶段.根据可视化的分析结果,得到研究启示:(1) 深化拓展相互作用观念内涵的理解;(2) 系统建构相互作用观念精细化框架;(3) 促进相互作用观念实证研究的发展;(4) 开发相互作用观念适切性测评工具.

关键词: 相互作用观念;可视化分析;文献述评

指向“物理观念”培养的教育探索已有较长的历史,但我国物理教育以“相互作用观念”为研究热点,始于近年“物理学科核心素养”的提出.2017 年物理课程标准颁布后,以“相互作用观念”为主题的学术论文迅速跟进,无论是数量还是质量都在稳步提升.全面梳理相互作用观念研究成果中的智慧与不足,“以史为鉴”,同时准确把握研究前沿与未来走向,从而为后续相互作用观念的理论研究与实践探索提出展望.鉴于此,本文以 CNKI 源刊文献为基础,利用 Citespace 软件来直接、客观、形象地呈现相互作用观念研究现状,并结合定性分析,对研究成果做出系统的梳理.

1　数据来源与研究方法

1.1　数据来源

在 CNKI 文献库的学位论文、期刊论文中,以“相互作用观念”“相互作用观念教学”“相互作用观念培养”为主题词进行检索,时间范围选定为 1985～2023 年,删除重复、无效文献,共得到 939 篇文献信息,作为本研究的样本数据.其中,第一篇文献刊于 1985 年.

1.2　研究方法与工具

以 Citespace 可视化软件为基本工具,输入样本数据并处理.处理条件如下:以 1 年作为时区,时间范围为 1985～2023 年;“术语来源”选择文献题目、摘要、作者关键词和附加关键词;节点类型选择机构和关键词,利用寻径法和修剪合并网络法裁剪关键词共现;采用对数自然率算法(LLR)进行聚类,并利用关键词命名,呈现“相互作用观念”研究领域的热点及趋势.[1]

2　“物理观念”研究的基本情况

2.1　文献刊载的时空分析

从历时演变视角来看,国内关于相互作用观念的研究历程大致可分为两个阶段(见表 1).

表 1　国内物理观念研究机构列表

时间	刊文量(篇)	研究机构
1985～2016	75	55 个:浙江师范大学、重庆师范大学、云南师范大学、广西师范大学、东北大学(刊文量排名前 5)
2017～2023	864	229 个:山东师范大学、东北师范大学、西南大学、上海师范大学、华东师范大学(刊文量排名前 5)

1985～2016 年阶段刊文量较少,且团队间的联系较少,多为独立研究.2017～2023 年刊文量突增,从团队合作网络图来看,此阶段的研究比较分散,主要以小规模研究团队为主,随着研究的逐步

基金项目: 本文系吉林省社科基金项目“农村学校教师课程思政能力提升策略研究”(项目编号: 2022M8);2022 年东北师范大学教师教育“揭榜领题”重点项目“核心素养指向下理科师范生教育胜任力培养研究”(项目编号: JSJY20220207)研究成果.

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

深入，也在逐步形成较为广泛的合作群体.

2.2 关键词共现的聚类分析

通过对关键词共现网络的分析，可以了解文献涉及的领域与内容，一定程度上可以展现一段时间内该领域的研究热点与趋势.通过 Citespace 得出物理观念研究文献的高频关键词(频次≥4，见表 2)并聚类，最终得出 10 个聚类标签，分别为课程标准、教学实践、交往、教学行为、教学策略、中学生、呈现方式、建构、信号博弈、建构主义.模块值(Modularity Q)$Q=0.9089(>0.3)$，平均轮廓值(Mean Silhouette)$S=0.9807(>0.5)$，Harmonic Mean$(Q,S)=0.9434$ 可认为该聚类合理.

精细分析归纳文献内容，国内关于相互作用观念实证研究的热点主要有以下几个主题(见表 3).

表 2 高频关键词列表

频次	高频关键词	频次	高频关键词	频次	高频关键词
104	物理观念	12	微粒观	7	中学生
76	核心素养	12	单元教学	6	单元设计
48	高中物理	11	大概念	6	初中物理
26	教学设计	9	教学实践	5	核心概念
25	教学策略	9	学习进阶	5	培养策略
12	课程标准	8	物理教学	4	观念构建

表 3 相互作用观念研究内容列表

研究内容	主要聚类标签(LLR)	重要关键词
课程标准	#4 课程标准	课程内容、物理观念、核心素养、分科科学课程、核心概念、力
教学实践与行为	#0 教学实践 #3 交往 #8 教学行为	教学设计、微粒观、学习进阶、观念建构；中小学、主体间、互动、主体；理科教师、科学观念、科学本质
教学策略与评价	#1 教学策略 #7 中学生 #9 呈现方式	物理、科学素养、大概念、逆向设计；培养策略、社会性发展、培养现状；单元设计、发展水平、优化
教育理论	#2 建构 #5 信号博弈 #6 建构主义	图示理论、课程建构、价值观；哲学、约束、动力学；结构主义、哲学思考、作用机制

2.3 突现词分析

突现词分析是通过考察关键词的时间分布，从中探测出频次变化率高、增长速度快的突现词，进而分析学科的前沿领域和发展趋势.$\gamma=0.5$，共出现 17 个突现词，如图 1 所示.其中，单元物理、初中物理、物理观念及高中物理这 4 个词是近 3 年的突现词，彰显其研究热度.从突现词可以推测，2022 年义务教育物理课程标准颁布后，初中阶段的相互作用观念会是一个新的研究热点.

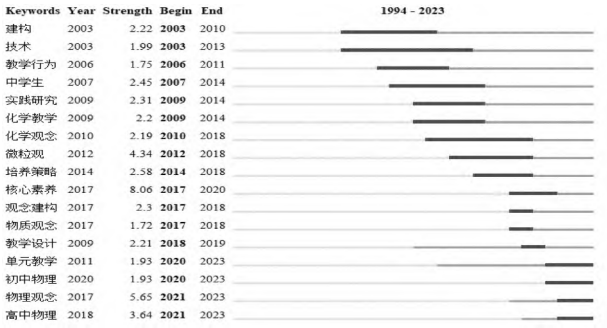

图 1 相互作用观念研究突现词

3 相互作用观念研究的内容回顾

3.1 关于相互作用观念的内涵的研究

《义务教育物理课程标准(2022 年版)》将物理观念具体分为物质观念、运动与相互作用观念、能量观念.因此国内基础教育学者对于相互作用观念的内涵研究多与运动观念相结合.

学者从不同侧面对相互作用观念内涵做出探讨，主要有以下两个视角.

第一种视角是从历史脉络的角度.主要有以下几种观点：(1) 以牛顿为代表，强调一切相互作用归结于力的作用，深受机械力学思想影响.他们还把这种力的作用与反作用理解为物体之间的吸引和排斥、原因和结果的关系.这一思想广为流传，18 世纪法国唯物主义者坚持从世界的物质统一性来理解相互作用，并用力学来解释一切.(2) 从古典哲学的角度来定义相互作用，康德在其著名的代表作《纯粹理性批判》的范畴表中第一次明确地把相互作用确立为哲学范畴，黑格尔主要是从实体的互为因果性来理解相互作用的，认为相互作用首先表现为互为前提、互为条件的实体的相互因果性，每一个对另一个都同时是能动的又是被动的实体.[2] (3) 以辩证唯物主义角度进行定义，代表人物为恩格斯、马克思，恩格斯曾说相互作用是我们从现今自然科学的观点出发在整体上考察运动着的物质时首先遇到的东西，相互作用是事物的真正的终极原因.

第二种视角是从现实实践的角度进行研究.(1) 将相互作用归结于力的作用，当前诸多学者依然还持有此观点，林婷婷、陈海兰等人认为其中，

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

在宏观的世界中，基本上由引力和电磁力来显示相互作用；在微观世界中，则由弱相互作用和强相互作用来呈现在原子核尺度内的短程力.[3－5]

(2) 将相互作用观作为运动与相互作用观的子观念进行理解，属于“运动与相互作用观”的下位观念，如林婷婷、毛予廷、陈海兰以及诸多一线教师都持有相同观点.但也有学者认为相互作用观念应该由相互作用的本质观及相互作用的形式观构成，相互作用观念为其上位概念.[6]

想要挖掘相互作用的深层内涵，不能只从物理学内容角度出发，应该以科学哲学为基石，以物理学知识、思想、方法等内容为依据进行深入讨论，才能挖掘其深层意义.

3.2 关于相互作用观念模型建构的研究

当前国内鲜有直接关于相互观念本身的建模研究，大多数研究指向运动与相互作用概念的模型建构，或者关注运动与相互作用观念的层级模型方面.毛予廷以运动与相互作用观念为研究对象，建构了物理观念层级模型和运动与相互作用层级模型，如图 2 所示.并基于运动与相互作用观念层级模型对高中物理教材做出适应性分析.[7]

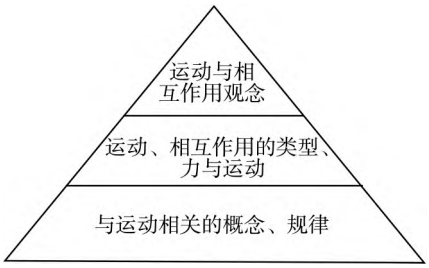

图 2 运动与相互作用观念的层级模型

王维基于微观粒子间相互作用观的理论构建，从宏观和微观两个角度构建出如图 3 所示微观粒子间相互作用观理论模型.[8]从宏观模型中可看出，主要可看成一个正四面体形的模型，各观念相互关联、相互影响.且相互作用习得观、形式观、发展观与价值观是本质观念的形成基础.

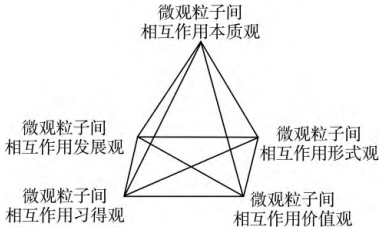

图 3 宏观、微观粒子间相互作用观构成模型

林婷婷以司南版高中物理必修 1 中运动部分为例，建构了“知识—核心概念—子观念—观念”层级模型.同时，认为运动与相互作用观念的形成是学习者在积极主动的探究活动中，深刻理解与运动与相互作用有关的物理知识和核心概念，在迁移应用中探索知识之间的内在联系，不断提高知识的概括性水平形成相应的子观念，再通过不断的反思内化最终形成运动与相互作用观念.该研究借鉴山东师范大学毕华林教授等人提出的化学观念与化学核心概念、具体知识之间的关系图，建构如图 4 所示的物理知识、核心概念、子观念、运动与相互作用观念的层级模型.

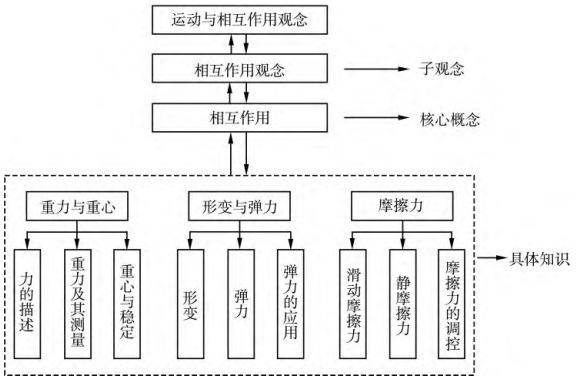

图 4 相互作用观念层级模型

由以上相互作用观念层级模型可以看出，运动与相互作用观念的形成，首先通过对具体知识的学习，经历实验探究认识各种形式的力，知道各种力的产生及其影响因素的关系从而形成相互作用核心概念.掌握相互作用这一核心概念，学生在迁移应用各种力的知识，解释或解决一些实际问题的过程中，逐步反思概括形成相互作用观念，上升到运动与相互作用观念.学生一旦形成运动与相互作用观念，便能够帮助学生在遇到实际问题时运用相互作用观念的思维来解决.以上的层级模型存在这样几点不足：(1) 模型中相互作用观念的直接下位内容多是“核心概念”，但是核心概念与相互作用观念是否有重叠的内容？相互作用观念与相应的核心概念之间是否还有较为重要的阶层？(2) 深入分析此类学习进阶模型不难看出，由知识到核心概念，再到观念的层级过于简单化，只考虑到纵向的发展，也就是相互作用观念“质”的发展，但是观念形成过程中，相同层级横向的关联、迁移，也就是“量”的发展关注较少.

3.3 关于相互作用观念学习进阶的研究

相互作用观念的培养需要仰仗对大量基础性知识进行反思、提炼与评价.因此依附于学习进阶理论讨论其培养更具有实践价值与实际意义.但国内外鲜有直接关于相互作用观念的学习进阶研

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

究，更多是探讨力与相互作用，或者运动与相互作用的学习进阶.有概念的也有下属相关主题教学的.范增博士以整合的视角下系统研究了物理核心概念的学习进阶.[9] 可见，学生对力与运动的认识是可以分成多个阶梯的，该研究虽然不是相互作用观念的学习进阶，但一定程度上反映了学生在相互作用相关内容认识上的发展路径.

乔通系统研究了“运动与相互作用”主题及其核心概念学习进阶，指出中学阶段的' 运动与相互作用' 主题下的重要概念共有 20 个；得出了“运动与相互作用”主题下的重要概念的难度值；建立了“运动与相互作用”的学习进阶图.如图 5 所示.[10]

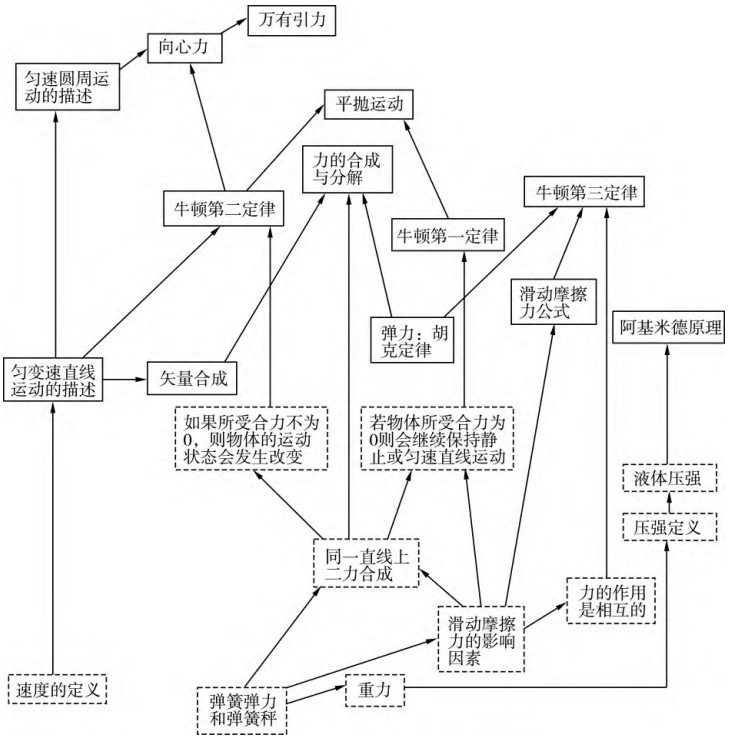

图 5 “运动与相互作用”的学习进阶图

有学者以“运动与相互作用”为例，说明了如何以学习进阶为工具从宏观层面规划较长一段时间内的教学内容，形成核心概念统领的科学概念体系，[11] 如图 6 所示.

此类进阶模型知识取向较为明显.观念的形成需要学生个体对已有的知识、规律进行提炼与升华，需要学生对其进行个性化的加工，个体的学习动机、情感在观念建构过程会起到关键作用，但此类模型中并未表征.

3.4 相互作用观念形成的教学策略研究

当前关于相互作用观念形成的教学策略的讨论多是泛化的，依靠观念培养为依托进行，几乎没有针对“相互作用观念”培养这单一观念所讨论的.这部分主要是集中在促进学生理解、增强学生的体验方面，专家学者们讨论比较多的有探究性学习、概念图学习、实验学习等.这些教学策略相对于以往增进教学效果的方法而言，更加注重思维活动、实践活动.

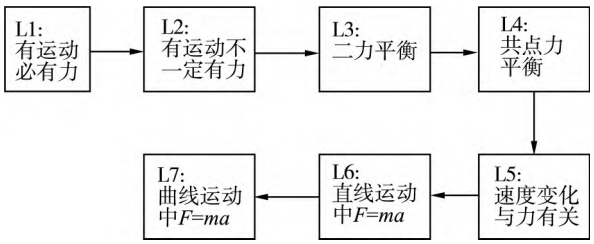

图 6 中学物理中“运动与相互作用”学习进阶假设

(1) 回归教学设计——挖掘相互作用观念生成之本.

教学设计应该体现教师对课堂中可能出现情况的预设，对于学习内容的重新搭建.张淼基于逆向设计，以目标为导向，创设真实的生活情境，实现学生相互作用观念的生成.[12] 谢永豪以强调目标体系建立、实施、教学及评价相一致的 UbD 模式为基本框架进行相互作用观念生成的教学设计.[13] 也有研究者尝试以问题链为线索的方式，构建教学设计.杨菲菲对问题链导学策略进行优化，并提出问题链应该接近学生的“最近

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

发展区”，问题不能远远超过学生已有经验，问题不能过于简单等建议.[14]从问题情境中寻找知识本身的起源概念入手，体验情境、分析情境，实现物理观念内化.[15]这样看来，教师在教学过程中应该以问题为工具导向，关注问题设置的注意事项，注重对学生所输入问题性刺激的意义，在教学过程中尽可能多地将所讲授的东西与学生原有的信息相关联，以建构意义上的联系.当然，学生自身的动机和期望也是保证教学效果的重要因素，为避免学生对问题性刺激产生习惯化，教学过程中的刺激方式和种类应该具有生活性、新奇性和阶梯性.

(2) 丰富学生活动——促进相互作用观念体系生根.

观念培养一大特点就是个体差异性.因此在相互作用观念的建构时应该多选择有差异化评价活动.比如郭睿鹏利用思维导图引导学生构建思维框架，汤倩倩讨论了在中学教学当中，引入费米问题等.无论是探究活动还是实验操作，无论是野外实习还是模型制作，对于学生来讲都是实践经历.这样的刺激除了能够促进学生概念的理解，有助于形成观念之外，还能够提高学生的学习动机、自我效能感和学习的自信心等.[16]比如李春来提出就地取材做实验创造性地展现物理情境，设计逐层递进的问题，让学生通过问题解决过程在深度学习状态下形成相互作用观念.[17]生活从来都是复杂的，利用 STEM 教育理念、PBL 教学方式等进行活动设计，也是学生相互作用观念生根发芽的有效措施.研究中对于此的讨论，普适性和理论深度还不够，多是从经验角度出发但亦能激发人们思考，由以往对于零散知识的关注转移到相互作用观念的建立上，但对于该维度的研究也可以从脑科学的视角对此进行归结.

(3) 挖掘学史资源——深化相互作用观念本质理解.

物理学是不断发展的科学.对物理概念、定理定律起源、发展过程溯源，可以帮助学生对观念更深层次的理解和掌握，认清相互作用观念的本质.近几年将 HPS 理论引入到物理观念的教学设计的研究较多.有研究结合孟克和奥斯本“经典 HPS 六步教学”设计观念培养的教学过程.然而如何进行学史内容的选取以及与教学内容如何结合，不将物理课上成历史课，还值得深入思考.物理思想是“人们对物理文化全面、深入思考的结果，是对物理学的凝练与升华，属于更上位、更深层、更富迁移力的智力结构.”[18]物理思想与物理观念源流相近、相辅相成，二者皆深刻反映出深藏于物理现象、问题、研究活动以及物理理论背后的物理学精华，物理学思想史则是生成与深化相互作用观念的重要资源，但很少有研究将其加入到教学设计中.

4 研究结论与启示

4.1 研究结论

结合可视化分析与经典文献阅读，得出以下几点结论.

(1) 从刊文量上看，以“相互作用观念”为对象的研究在国内仍处于一定的发展势头.以 2016 年为界限，大致可将相互作用观念研究历程分为两个阶段，在 2017 年《普通高中物理课程标准》及 2022 年《义务教育物理课程标准》颁布后，当前正处于研究的深化发展阶段.

(2) 从研究机构来看，刊文量较多的研究机构，尤其是师范类高校，在理论研究上贡献更大，且其重要程度逐年攀升.教学实践单位的研究多集中于对教学实践活动的设计与思考.

(3) 从研究热点演化来看，研究进入分化阶段.国内对相互作用观念内涵、体系、结构理论探讨还不够，多借助于社会学研究.对应的教学实践研究，基于观念教学的理解，已经系统化、精细化.从研究焦点的发展趋势来看，未来对相互作用观念的研究可能分化为两条路径，一是对相互作用观念在基础教育阶段的具体内涵、框架等进行更加精细化的研究，二是对相互作用观念的教学改进、评价机制进行更为深入的研究.

4.2 研究启示

鉴于已有的研究启示及文献的阅读，我国关于相互作用观念的培养研究可以从以下方面进行尝试、探索.

(1) 深化拓展相互作用观念内涵的理解.

现有关于相互作用观念的基础教育研究中，研究者们对于“相互作用”的研究多以“力”的代名词形式展现，忽略了其独立性与联系性并存的特征.与运动的关联只是相互作用的多个特征之一，同时相互作用的表征形式不只有力，动量的变化或者能量的变化都可以作为相互作用的表征形式.其在基础教育阶段丰富的内涵，值得研究者们对其深化与拓展.

(2) 系统建构相互作用观念精细化框架.

鉴于现有课程资料，对于相互 (下转第 11 页)

(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