·教育理论研究·

基于扎根理论的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架建构研究

王茹月[1] 于海波[2]
(1. 东北师范大学教育学部,吉林 长春 130024; 2. 东北师范大学教师教育研究院,吉林 长春 130024)

摘 要: 初中物理教师跨学科课程实施能力研究,是新时期基于核心素养的基础教育物理课程改革实施落地与持续深化的必然要求.教师跨学科课程实施能力具有基础性和复杂性,为科学、深度理解其内涵与结构,从"实践""文献""政策"三视角,基于扎根理论的研究范式,经由德尔菲专家咨询修正,构建了 6 能力要素与 28 个能力指标的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架.框架具有理论深度的同时有良好的实践指导价值,也为教师跨学科课程实施能力的发展提供了诸多具体的启示与建议.

关键词: 跨学科; 初中物理教师; 课程实施能力; 扎根理论

2022 年 4 月,中华人民共和国教育部最新发布了《义务教育物理课程标准(2022 年版)》(以下简称新课标),创造性地增加了跨学科实践主题课程内容.这一举措体现了我国基础教育对学生核心素养培养的重视与关切.美国"学科结构运动"失败后,人们开始意识到完善的课程计划并不能保证达到预期结果,变革在实践中充满着复杂性与不确定性,教师的课程实施能力则为实践中关键的一环.这是因为国家课程只有转化为教师理解的课程,进而通过教师的教学转化为学生习得的课程,才可以称得上实现了课程的功能.[1]某种意义上,教师是"实际掌握变革命脉的关键人物".[2]跨学科课程的增加既是此次课标修订的亮点,也是教师实施新课程的一个难点,对教师课程实施能力提出了更新、更高的要求.关于教师跨学科课程实施能力的研究有助于我们重新思考新课程实施中教师的地位、作用和努力方向等问题,促进初中物理教师专业发展,推动新一轮物理课程改革顺利实施.

1 我国教师跨学科课程实施能力研究历程

我国有关于跨学科的研究可以追溯至 20 世纪后期,刘仲林教授于 1985 年率先引进并阐述了跨学科的划分方法和跨学科学的基础应用.[3]后续的相关研究主要围绕对国际跨学科研究的理论分析与哲学思考,研究更多是对跨学科的理论介绍与课程实施经验阐述,较少关注教师跨学科课程实施能力.21 世纪以来随着 STEM 教育与创客教育在我国基础教育领域的兴起,逐渐引发了对中小学教师 STEM 跨学科能力的研究浪潮.2022 年我国基础教育课程改革的实施,推动教师跨学科能力研究达到顶峰,相关研究呈指数式增长.诸多学者开始意识到跨学科课程质量与教师跨学科课程实施能力水平密切相关.[4]而我国教师存在跨学科思维欠缺、其他学科知识储备不足、跨学科技巧方法缺少、跨学科水平能力低等问题.[5]提高教师跨学科课程实施能力是提升跨学科课程实施质量的重要途径.有关研究聚焦教师跨学科课程实施能力的理论探讨,如教师跨学科素养模型的建构、[6,7]跨学科能力结构模型的建构、[8]跨学科视域下的教师 PCK 研究,[9]以及少量关于不同学科如地理、[10]数学[11]等的教师跨学科能力研究.部分学者聚焦实证研究,发现中小学教师跨学科教学胜任力整体处于"一般"水平;[12]初中教师跨学科素养显著低于小学教师;[13]初中物理教师对跨学科实践和学科实践存在认知模糊的情况,跨学科实践教学认知能力发展不均衡,自我审视与察觉能力较弱;[14,15]教师跨学科素养整体表现为教学情意水平较高,跨学科教学知识水平偏低,跨学科教学能力不足.[16]

由上述分析可见,当前我国中小学教师跨学科课程实施能力水平不高,整体处于发展的初期阶段,教师的跨学科课程理解水平较差.在理论研究上也尚未形成统一体系,关于具体学科的教

基金项目:本文系教育部课程教材研究所重点项目"落实基础教育课程标准实验研究"(项目编号:JCSZDXM2022002);吉林省哲学社会科学规划项目"新课标实施背景下吉林省教师专业胜任力现状调查研究"(项目编号:2205143);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)研究成果.

中国知网 https://www.cnki.net

师跨学科课程实施能力研究仍较鲜见.建构科学、全面、切中时弊的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架具有重要理论价值与实践意义.

2 初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架的建构

2.1 研究设计

考虑到初中物理教师跨学科课程实施能力内涵的丰富性与内容的复杂性,单一视角必然无法对其形成科学、全面的认识,建构其理解框架需从多视角加以审视,以准确把握能力特征.研究从“实践”“文献”及“政策”三视角进行建构.理论演绎得到的框架缺少实践生长力,无法贴近实践进而指导实践.在建构教师相关能力素养框架时,非常有必要关照一线教师的真实想法,提炼其反思实践的观点.因此,研究以一线资深物理教师为研究对象,通过深度访谈与收集教案、反思笔记等方式获得“实践”视角原始分析资料;“文献”视角下对相关高水平文献的文本分析能够让我们充分吸收已有理论成果;“政策”视角是非常重要的补充视角,对各国相关政策的文本分析既能为框架提供国际视野,又能立足本土国情,使框架符合国家引领与培养需求.由此,本研究基于扎根理论的研究范式,以文本分析进行视角补充,通过三级编码进行框架建构,整合三视角提取能力要素,力求构建科学、全面、有实践指导意义的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架.研究设计如图 1 所示.

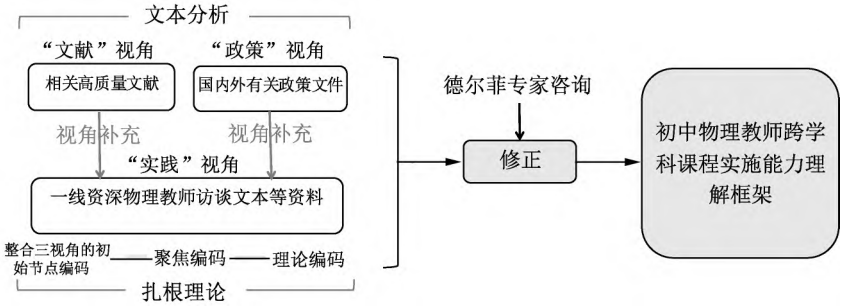

图 1 研究设计思路

2.2 数据的收集与选取

2.2.1 实践视角数据收集

实践视角下研究确定了 13 位具有跨学科教学经历或资深物理教学经验的一线初中物理教师,从物理跨学科课程理解情况、实施情况与发展需求 3 方面进行一对一访谈并录音,经转录形成 13 份访谈文本.受访人员基本信息情况如表 1 所示.

表 1 “实践”视角下的访谈对象基本信息

编号	性别	教龄	职称	最高学历	本科专业
C1	男	7 年	中教一级	博士研究生	物理学
C2	女	2 年半	中教二级	硕士研究生	物理学
C3	女	25 年	高级教师	本科	物理学
C4	女	15 年	中教一级	本科	机械工程
C5	男	34 年	高级教师	硕士研究生	物理学
C6	女	3 年半	中教二级	硕士研究生	物理学
C7	男	43 年	特级教师	本科	物理学

续表

编号	性别	教龄	职称	最高学历	本科专业
C8	女	32 年	高级教师	硕士研究生	物理学
C9	男	27 年	特级教师	硕士研究生	物理学
C10	男	33 年	正高级教师	硕士研究生	物理学
C11	女	18 年	高级教师	硕士研究生	物理学
C12	男	20 年	高级教师	硕士研究生	物理学
C13	女	33 年	特级教师	本科	物理学

2.2.2 文本分析数据选取

文献与政策视角下的文本收集共选取了以下 4 类文本:期刊文献、政策文件、硕博论文、外文文献.其中文献文本均选自近 20 年的核心期刊(2004—2024 年);政策文本包括科学教育领域课程标准及有关教师素养标准政策文件.如《义务教育物理课程标准(2022 年版)》《美国新一代科学教育标准(NGSS)》《安大略省 1—8 年级科学和技术课程标准(2022 年版)》《STEM 教师能力等级标准(试行)》等.文本资料信息整理如表 2 所示.

中国知网 https://www.cnki.net

表 2 文本资料信息表

文本类型	数量/份
期刊文献	105
博士论文	7
外文文献	28
政策文件	16
总计	156

2.3 数据的处理与分析

2.3.1 初始编码过程与结果

初始编码过程分为两部分，一部分通过对 140 篇文献以及 16 篇政策文本的逐字逐句阅读，分析提炼有意义单位，得到 165 个初始节点，删除频率过低节点、整合意思相近节点后得到 140 个文献与政策视角下的初始节点；另一部分通过对 13 份访谈转录文本与教师提供的教案等原始资料的分解、类比、概念化编码，得到 109 个有意义单位.最终整合三视角取之并集得到 142 个初始节点.

2.3.2 聚焦编码过程与结果

聚焦编码主要任务为在众多初始数据中建立类属间的关系，有针对性地对已设定的开放节点加以完善，包括类比、分析、重组、合并初始节点、删除不具有典型特征的能力节点、增加具有代表性的能力节点等.该阶段最终形成 36 个类属概念.

2.3.3 理论编码过程与结果

理论编码阶段我们将尽量使所有类属概念串联起来，系统处理类属概念间的关系，明确其内在理论结构的逻辑，通过整合和凝练，觉醒“核心类属”.最终，该阶段提取出 7 个核心概念、35 个类属概念，形成初中物理教师跨学科课程实施能力初始理解框架.

例举三级编码过程如表 3 所示.

表 3 三级编码过程示例表

初始节点示例	聚焦类属概念示例	核心类属概念
具备跨越学科边界的心理倾向	能创新与学习形成跨学科教学思维	
开放、对话、协同的教学实践观		
能进行知识迁移		
能说出物理学在社会发展实践中的应用实例	能找到跨出物理学科整合其他学科的“跨”点	
能说出物理学在工程实践中的应用与原理		
能说出物理学在日常生活中的应用实例	能找到跨出物理学科整合其他学科的“跨”点	跨学科项目开发能力
能列举科学学科共通性思想		
能找到不同学科的联结点		
能从教材中挖掘跨学科主题资源	能从多种渠道挖掘跨学科课程资源	
能从课程标准中挖掘跨学科主题资源		
能利用当地社会资源开发跨学科项目		
能基于以往教学经验开发跨学科项目		
合理选择跨学科主题类型设计课程	能制订形式丰富的跨学科活动方案	
了解跨学科项目的特点		
了解各种跨学科主题类型特征		

2.4 初始理解框架修正

2.4.1 德尔菲专家咨询

初始框架还可能存在着要素间独立性不足、所处层级位置不准确、表述不够清晰明确，甚至是缺少等问题，需结合专家咨询意见进行修正.德尔菲专家咨询法运用的关键在于选择具有代表性的专家组成科学、合理的专家咨询小组.[17] 为获取具有专业性和针对性的专家咨询意见，研究选择从事物理课程与教学论研究、教育测量研究的专家，以及资深物理教研员和正高级职称以上的一线物理教师，共计 20 位专家.

2.4.2 修正过程与结果

研究共进行两轮专家咨询，第 1 轮共发放专家咨询问卷 20 份，得到回复问卷 20 份，认真作答问卷 18 份，专家积极性系数为 90%；第 2 轮共发放专家咨询问卷 18 份，得到回复并认真作答问卷 18 份.表明专家对初中物理教师跨学科课程实施能力研究比较关注，具有较高积极性.咨询意见的

中国知网 https://www.cnki.net

数据处理包括集中度、平均值、标准差与变异系数分析，其中集中度越高、平均值越大、离散程度越小表明专家意见越集中、指标越重要.整理第 1 轮专家咨询反馈数值如表 4 所示.

表 4　第 1 轮专家意见咨询数据

二级指标	平均值	标准差	变异系数	三级指标	平均值	标准差	变异系数
跨学科课程理解能力	4.70	0.57	0.12	能理解跨学科课程内涵	4.65	0.59	0.13
				能说出跨学科课程特点	4.15	0.88	0.21
				能明确跨学科课程定位	4.50	0.51	0.11
				能充分认识跨学科课程实施价值	4.35	0.80	0.18
				能正确认识到自身角色转换	4.10	0.87	0.20
				能理解跨学科课程的培养目标	4.50	0.761	0.17
跨学科课程组织能力	4.30	0.73	0.17	能系统设计、统筹安排跨学科课程与学科课程的实施	4.45	0.69	0.16
				能组织跨学科课堂教学活动安全、有序开展	4.30	0.66	0.15
				能与其他学科教师有效合作	4.20	0.67	0.16
跨学科项目开发能力	4.75	0.45	0.09	能创新与学习形成跨学科教学思维	4.50	0.69	0.15
				能设计清晰可执行的跨学科教学目标	4.50	0.61	0.14
				能从多渠道挖掘跨学科课程资源	4.25	0.79	0.19
				能找到跨出物理学科整合其他学科的“跨”点	4.35	0.81	0.19
				能跨学科综合分析与解决现实问题	4.30	0.73	0.13
				能依据学情分解主题设计驱动任务链	4.40	0.82	0.19
				能分析学生跨学科学习准备情况	4.30	0.66	0.15
				能选择合适的跨学科教学内容	4.55	0.61	0.13
				能制订形式丰富的跨学科活动方案	4.50	0.69	0.15
跨学科教学实施能力	4.70	0.47	0.10	能根据跨学科主题特点使用合适的教学手段	4.55	0.61	0.13
				能灵活驾驭课堂，智慧处理各种非预设事件	4.35	0.87	0.20
				能为学生提供恰当的跨学科学习支架	4.55	0.76	0.17
				能创设包含多领域知识真实问题情境	4.70	0.57	0.12
跨学科学习指导能力	4.35	0.59	0.14	能引导学生持续探究	4.45	0.76	0.17
				能促进学生表达、交流与合作	4.45	0.51	0.11
				能引导学生创新思维活动	4.55	0.61	0.13
				能进行引发学生高阶思维活动的提问	4.50	0.83	0.18
跨学科学习评价能力	4.65	0.59	0.13	具有多元评价意识	4.40	0.60	0.14
				能设计跨学科习题作业	4.40	0.76	0.17
				能分层设计明确可指导的跨学科学习评价标准	4.40	0.76	0.17
				能选择合适评价方式评价学生跨学科学习成效	4.45	0.61	0.14
				能汇集多种学习证据多方面评价学生的跨学科学习过程与结果	4.50	0.76	0.17

中国知网 https://www.cnki.net

续表

二级指标	平均值	标准差	变异系数	三级指标	平均值	标准差	变异系数
跨学科课程反思能力	4.50	0.69	0.15	能反思判断跨学科教学内容的适切性	4.55	0.51	0.11
				能反思分析跨学科教学目标的有效性	4.45	0.51	0.11
				能多视角、多维度反思跨学科课程实施过程	4.50	0.51	0.11
				能通过多种方式不断优化课程	4.45	0.51	0.11

从集中程度来看，三级能力指标中“能正确认识到自身角色转换”“能与其他学科教师有效合作”两个三级能力指标的专家集中度大于 1.8，[18] 且平均值较低，应结合具体专家意见进行着重修改或剔除.其他三级能力指标与二级能力要素集中程度均符合筛选标准；从平均值来看，二级指标中“跨学科课程组织能力”与“跨学科学习指导能力”得分最低，结合专家访谈发现二者在维度上、在内容上不够独立，与“跨学科教学实施能力”存在包含关系，因此合并至“跨学科教学实施能力”中并结合三级能力指标共同调整；“跨学科项目开发能力”虽得分最高，但专家认为跨学科课程以任务、项目、议题为主要形式，“项目”一词并不能作为所有载体的代表，建议改为“跨学科课程开发能力”.且该要素包含的三级指标中混合了跨学科教学设计能力的指标.在实践中，跨学科课程开发与教学设计往往是伴随着同时发生的，所以在能力的提取中易出现混淆，为建构的框架清晰、全面、科学，还需在名称与具体的能力指标上进行区分.在三级指标中，“能说出跨学科课程特点”与“能正确认识自身角色转换”得分最低，专家意见为该框架应包含教师跨学科课程实施能力最直接相关的内容，教师不能说出跨学科课程的特点并不会直接影响其实施，且特点在跨学科课程内涵理解能力维度中也可得到考查.研究依据专家建议剔除“能说出跨学科课程特点”三级指标；更改“能正确认识自身角色转换”为“能理解师生角色转换”.

结合专家意见对全部二级、三级指标修正后进入第 2 轮专家咨询，对第 2 轮专家的意见分析后发现专家此次对各能力要素与指标的认可度均较高，且意见具有一致性.因此一轮修正后的二级能力要素与三级指标均予以保留，初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架建构完成.

3 初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架的阐释

从“实践”“文献”“政策”三视角本研究构建了包含跨学科课程理解能力、跨学科课程开发能力、跨学科教学设计能力、跨学科教学实施能力、跨学科教学评价能力、跨学科课程反思能力 6 个能力要素，以及能设计跨学科习题作业、能找到物理学科与其他学科联结点、能设计跨学科学习评价标准等 28 个任务指标的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架(图 2).6 个二级能力要素有不同的结构性质，在整体中发挥着不同的价值，又彼此联系、相辅相成，有机构成初中物理教师跨学科课程实施能力.具体框架阐释如下.

3.1 基础引领——跨学科课程理解能力

课程实施即是教师观念和知识的重构过程.教师需要转变旧有观念，确立对新课程的正确态度并坚信自己能胜任使用新课程.[19] 跨学科课程理解能力是教师实施跨学科课程的前提和基础，指向教师对跨学科课程内涵、定位、价值等的认识与理解.教师只有对课程进行了深入、全面的理解，才能了解课程的价值取向、主要目标、组成结构、基本风格、逻辑线索、适用对象、教学方式等.[20] 教师基于理解而重建课程、实施课程.因此，跨学科课程理解能力既是基础能力，又是引领影响教师设计、教学、评价、反思等课程实施行为的重要能力.教师对课程理解的深度、广度决定了教师实施的课程质量可能达到的高度.

3.2 关键技能——跨学科课程开发能力

跨学科“教什么”的问题是教师实施跨学科课程最关键的问题，能开发科学、适恰、丰富的物理跨学科课程也就成为了教师必须掌握的关键技能.新课标虽然列出了“日常生活”“工程实践”“社会发展”3 个跨学科实践主题课程内容框架，但并没有规定物理跨学科实践的具体内容，跨学科实践往往是在与前 4 个主题“物质、运动和相互作用、能量、实验探究”的交叉整合中实施的.因此，在跨学科课程实施中，教师要能够为了某一物理知识的深度、全面讲解，而有意识引入其他学科知识.具备跨越学科边界的心理倾向，能找到物理学科与其他学科的联结点，掌握多种跨学科素材的挖掘渠道，了解各类跨学科主题特点能按需制订多样的跨学科主题方案.

中国知网 https://www.cnki.net

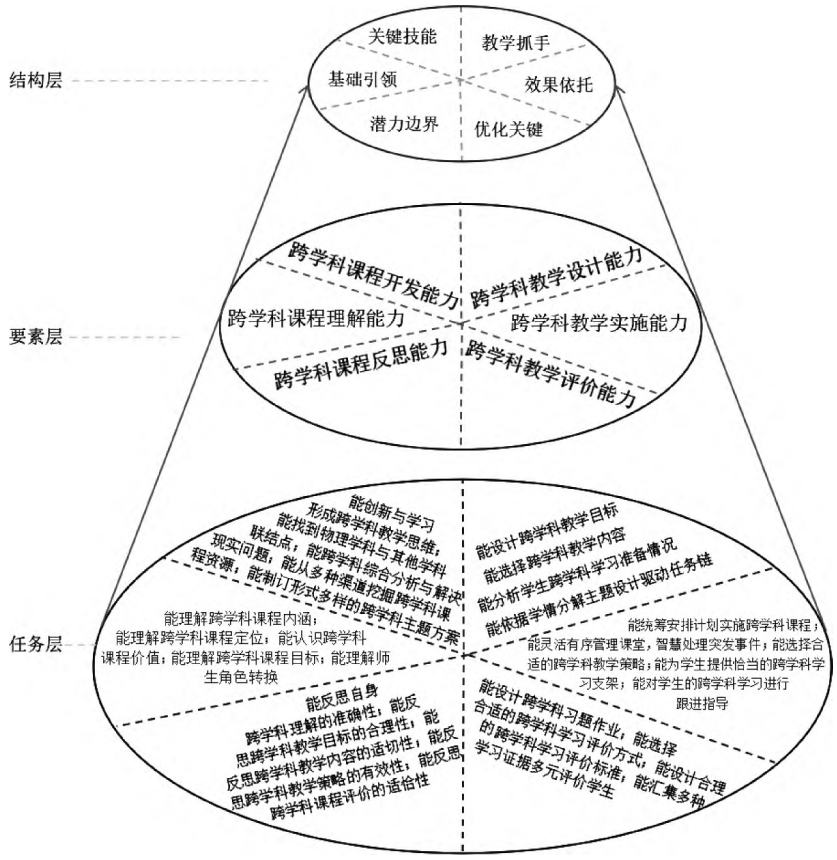

图 2　初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架

3.3　教学抓手——跨学科教学设计能力

课程实施最主要的途径是教学，教师的跨学科教学设计能力是跨学科课程从“理解的课程”到“实施的课程”转变的重要抓手.进行跨学科教学设计教师应掌握学生物理学科与其他学科知识储备情况，准确预判学生跨学科学习障碍点、难点，了解学生差异与认知发展情况，有效调整教学.此外，没有对学习任务所跨学科的知识和能力的考查，教师设计和学生所学将是混沌一片.[21] 因此，教师所设计的跨学科教学目标要清晰地列出所跨学科的核心素养及其包裹的核心知识和能力.并能够选择合适的学科知识设计教学内容，这就要求教师不仅要十分熟悉物理课程标准，还要了解其他学科课程标准对学生学业水平的基本要求，以保证所设计的跨学科教学内容在学生的学程之中.

3.4　效果依托——跨学科教学实施能力

跨学科教学实施能力是教师跨学科课程实施的效果依托.教师应有整体和系统意识，基于对初中物理课程整体脉络的把握与思考实施跨学科课程.[22] 具有较强的“控场”能力，能把控相较于传统课堂更活泼的跨学科课堂，智慧处理各种非预设事件.同时注意充分利用不同学科特有逻辑，强化对物理学科本质的真正理解与整体把握，使不同学科在知识的内外关联和融合中真正活起来.[23] 实施中教师需为学生跨学科学习的开展与推进提供适时、适度的指导.跨学科实践是学科教学中培养学生实践创新能力的关键环节，[24] 教学中教师要使用创新指导策略培养学生知识远距离迁移能力，如激发学生相似联想（结构、功能等）、相近联想（时间、空间等）、对立联想、因果联想；鼓励学生在试错中推理；激起学生质疑心理等.

3.5　优化关键——跨学科教学评价能力

跨学科教学评价能力指教师对学生的跨学科学习进行诊断、评价的能力，是教师优化跨学科课程质量的关键.研究表明跨学科课程实施中存在评价手段与课程目标不匹配的问题，教师们仍善用传统分科课程中惯用的评价方式.实施跨学科课程，教师要掌握多种跨学科评价方式，为学生提供多样化展示机会，对学生的跨学科学习成果进行全面评价，树立智力因素与非智力因素协同发展的评价观.跨学科学习是开放、真实、充满不确定性的，在实际教学中常需要“评价标准先行”来引导

中国知网 https://www.cnki.net

学生的学习，因此教师要能够设计清晰可指导的项目/任务评价标准.当然，评价离不开试题，教师能否设计好的跨学科试题、布置适合的跨学科课题作业至关重要.

3.6 潜力边界——跨学科课程反思能力

跨学科课程反思能力决定着教师跨学科课程实施质量提升的上限，也是教师跨学科课程实施能力提升的潜力边界.教师应超越课程的忠实执行者角色，在课程活动中积极地对法定文本和既有习惯理性质疑和建设性地批判，从而成为课程的批判性实践者.[25] 跨学科课程反思能力指教师通过对跨学科课程实施过程与涉及的主要因素的深刻反思，对课程进行优化并提升自身跨学科课程实施水平的能力.此外，教师还要在反思的基础上持续学习，并通过“再实践”迭代优化跨学科课程质量，提高自身跨学科课程实施能力水平.

4 初中物理教师跨学科课程实施能力发展启示与建议

4.1 把脉能力现状，开发教师跨学科课程实施能力有效测评工具

由于教师个人哲学素养、课程观念、教学思维、认知水平不同，不同教师跨学科课程实施能力的发展也必然存在不同表现和发展需求.“诊断问题、明确需求”是能力发展的第一步.研究给出的初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架中不仅包含 6 个能力要素，在任务层面框架还提供了相对应的初中物理教师实施跨学科课程需完成的任务表现.教师或研究者可以此为依据，进行能力自评或开发有效测评工具.通过测查教师能否完成系列跨学科课程实施任务，判断是否具备相应的能力，分析教师能力发展薄弱点.进一步以量化研究手段综合能力表现数据，准确把脉初中物理教师跨学科课程实施能力现状.

4.2 精准提供助力，建构多样化培训体系满足不同能力发展需求

当前阶段，教师已积累了一定的跨学科教学经验，对跨学科课程理念也有一定的了解，我们需要为教师提供更多更具体、更贴近教学实践、更符合教师能力发展需求，即更精准的发展助力.为此，应基于科学的能力诊断结果、围绕教师跨学科教学的设计与实施，建构多样化的培训体系.一方面，要丰富培训形式.提供专家理论指导、优秀案例示范、专家观摩点评、学科互动交流、同课异构、理论研讨、实践切磋、学科联合培训等多样化培训方式；另一方面，要细化培训内容.各学校可进行适当“背调”，有针对性地选择培训内容.要有如跨学科课程内涵、价值、目标等理解认知类培训，也要有如何突破课时限制？如何设计跨学科作业？调研类跨学科实践活动如何设计开发？设计类、制作类、探究类等跨学科实践活动的开发技巧与教学策略选择等更细致、更符合本校教师需求的实践指导类培训.

4.3 学科内外兼修，内挖资源外联合作建立物理跨学科教学团队

初中物理教师跨学科课程实施能力理解框架启示教师需要跳出狭隘的“课堂教学”立场与单一的“物理学科”场域，从广阔的“课程教学”立场和“多领域”范畴思考、分析与解决物理跨学科课程与教学问题.这就需要教师一方面打开学科视野，“发散”观念，建立结构化知识网，以挖掘物理学科中潜在的“跨学科”资源；另一方面要在具体的课程设计上，“收敛”问题，明确跨学科实践主题.“发散”的难点在于要克服分科教学思维惯性与多学科知识结构性短缺；“收敛”的难处在于要考虑其他学科学程限制、问题真实性限制、可操作性限制及课时与资源限制.这往往需要多方合作，建立跨学科教学团队.

4.4 理解实践兼顾，以实践—反思—学习—再实践促能力迭代优化

能上出一节精彩的跨学科课的物理教师很多，但是能持续做出多节精彩的跨学科课的教师却很少.这是因为一节课可能是模仿或者集体讨论的结果，但是能评价、能指导、能持续做出更多跨学科课的教师必须是“懂”跨学科的教师.因此，教师跨学科课程实施能力的持续发展需要教师深度理解跨学科课程，要进行一定程度的理论学习，以视野开阔、观念革新与思维转换.[26] 避免出现只能模仿不会创造的情况，不利于能力持续发展；另一方面，有实践才能有反思，有反思之后能学习和再实践才能有提高.教师在理解的同时，要勇于开展跨学科教学实践，并积极、主动反思自己的跨学科教学实践，不断探索跨学科实践路径，持续提升跨学科课程实施力，实现能力迭代优化.

参考文献：

1 马亚鹏，杨桦，刘瑞峥.基于核心素养的中学物理教师课程实施能力发展研究[J].天津师范大学学报(基础教育版)，2022，23(3)：57－63.

2 夏雪梅.教师课程实施程度的评估：一种整合架构[J].教育发展研究，2009(22)：19－24.

3 袁磊，叶薇，徐济远，等.新课程标准下中小学教师跨学科素养的基本内涵及提升路径[J].现代教育管理，2024(1)：85－95.

(下转第 16 页)

中国知网 https://www.cnki.net

其中 n 为肥皂液的折射率，d 为干涉点所在微元膜的厚度，λ 为单色光的波长.

根据式(11)，零级条纹对应膜厚度为 0，此时薄膜前后面的反射光的光程差为 $\lambda/2$，由此解释肥皂膜“零级暗纹”的成因.同时，根据式(11)还可以得到 k 级、$(k+1)$级亮纹出现的厚度 d_k、d_{k+1} 满足

$$\Delta r_k = 2nd_k + \lambda/2 = k\lambda. \tag{12}$$

$$\Delta r_{k+1} = 2nd_{k+1} + \lambda/2 = (k+1)\lambda. \tag{13}$$

如图 8(乙)，先考虑一种较为简单的情形，即重力作用下的薄膜厚度从上往下均匀增加，则相邻亮纹对应的膜厚之差 Δd 满足

$$\Delta d = d_{k+1} - d_k = \frac{\lambda}{2n}. \tag{14}$$

在小角近似条件下(两反射面夹角 $\theta \approx 0$)，相邻亮纹间距 Δh 满足

$$\Delta h = \frac{\Delta d}{\theta} = \frac{\lambda}{2n\theta}. \tag{15}$$

如图 8(丙)，再考虑实际中的复杂情形，即重力作用导致薄膜厚度越往下增大得越多，由此两反射面夹角 θ 逐渐增大，根据式(15)得到相邻亮纹间距 Δh 逐渐减小，由此，肥皂膜干涉图样“上疏下密”.

4　小结

情境与问题重在引导学生回忆、寻找源模型的建构方法，或根据现象和事实建构源模型；推理与生成重在引导学生迁移源模型的建构方法得到靶模型，或根据“简单到复杂”的原则建构若干进阶子模型并最终得到靶模型，再通过推理论证分析和解释新现象；评价与共识重在引导学生呈现模型的迁移或建构的过程，通过共识修正完善已有认识，内化对概念或规律的认识.

参考文献：

1　中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京：人民教育出版社，2017.

2　季明余.类比迁移与化学问题解决的研究[D].上海：华东师范大学，2006.

3　李旭斌.基于核心素养的高中物理高阶思维课堂创设[J].物理通报，2023(3)：76.

4　沈晨.更高更妙的物理——冲刺全国高中物理竞赛[M].杭州：浙江大学出版社，2017.

5　https://xmdem.wordppress.com/2016/11/07/138/.

(收稿日期：2024－04－06)

(上接第 8 页)

4　蔡慧英，李欣，孙佳悦.提升职前教师跨学科教学设计能力的课程设计及其实证研究[J].现代教育技术，2023，33(12)：56－64.

5　王欢，田康.教师跨学科素养的现实问题与应然追求[J].教育理论与实践，2022，42(2)：39－41.

6　宋乃庆，王丽美.中小学教师跨学科素养测评模型的构建研究[J].湖南师范大学教育科学学报，2024，23(1)：103－111.

7　宋歌，管珏琪.面向整合式 STEM 的教师跨学科素养：结构模型与发展路径[J].现代远程教育研究，2022，34(3)：58－66.

8　教师跨学科能力发展项目组，胡庆芳，朱远妃.教师跨学科能力的理想、现实与实现[J].上海教育科研，2020(2)：46，76－78.

9　兰彧.跨学科视域下初中科学教师的学科教学知识研究[D].上海：华东师范大学，2022.

10　黄璐，黄青山.地理跨学科主题学习的内涵、独特价值及对教师的挑战[J].中学地理教学参考，2023(14)：9－12.

11　王丽美，宋乃庆.小学数学教师跨学科素养的结构维度探索与测评指标构建[J].课程·教材·教法，2024，44(3)：91－98.

12　梁舒婷，李臣之.中小学教师跨学科教学胜任力测评与提升[J].全球教育展望，2023，52(8)：87－99.

13　宋乃庆，王丽美.中小学教师跨学科素养测评模型的构建研究[J].湖南师范大学教育科学学报，2024，23(1)：103－111.

14　赵志强，苏悦文.初中物理教师跨学科实践教学认知能力调查与提升建议[J].教学与管理，2024(9)：56－60.

15　骆波.跨学科实践：亮点、难点及实践着力点——基于初中物理教师实施经验与认知现状的调查分析[J].中学物理，2023，41(2)：20－23.

16　朱德全，彭洪莉.教师跨学科教学素养测评模型实证研究[J].华东师范大学学报(教育科学版)，2023，41(2)：1－13.

17　徐蔼婷.德尔菲法的应用及其难点[J].中国统计，2006(9)：57－59.

18　吴建新，欧阳河，黄韬，等.专家视野中的职业教育校企合作长效机制设计——运用德尔菲专家咨询法进行的调查分析[J].现代大学教育，2014(5)：74－84.

19　李臣之.浅谈影响课程实施的六大因素[J].教育导刊，2001(23)：20－21，28.

20　于海波.教师课程实施能力研究[J].当代教育科学，2011(12)：13－16.

21　夏雪梅.跨学科项目化学习：内涵、设计逻辑与实践原型[J].课程·教材·教法，2022，42(10)：78－84.

22　廖婧茜，杨娟.跨学科主题教学的知识困境与路径优化[J].湖南师范大学教育科学学报，2023，22(5)：28－34.

23　任学宝.跨学科主题教学的内涵、困境与突破[J].课程·教材·教法，2022，42(4)：59－64，72.

24　荆鹏，侯恕.初中物理跨学科实践教学的内涵、价值与路径[J].物理教师，2022，43(10)：32－36.

25　于海波，马云鹏.论教学反思的内涵、向度和策略[J].教育研究与实验，2006(6)：12－16.

26　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.

(收稿日期：2024－06－09)

中国知网 https://www.cnki.net