

知识·观念·素养：物理教学新范式

杨亚芳（绍兴市教育教学研究院 浙江 312000）

蔡铁权（浙江师范大学科学教育研究中心 浙江 321004）

摘 要 物理学科核心素养在物理教学中的有效落地是当今课程改革时代追逐的目标，而素养的达成是离不开知识作为基础的，知识教学也是无可非议的，关键在于我们如何正确地认识知识和知识教学的本质。迈克尔·扬的社会实在论知识观为我们提供了有价值的理论，以这一理论的核心观念为依托，剖析了物理知识的特点和本质，构建起物理观念作为“强有力的知识”的立体式的认识架构，对物理观念及其本质形成全面的深刻的理解，由此提出了从知识通达素养的基本路径，以达成物理教学的范式转型。

关键词 知识 知识教学 物理观念 学科核心素养 社会实在论 范式转型

文章编号 1002-0748(2025)4-0002

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

《物理学的进化》无疑是一部世界科学名著，作者之一是爱因斯坦（Albert Einstein），书的开头就表明这是“讨论观念的进化的，并不是一种历史记载”。也就是说，物理学的进化其实是物理观念的进化，物理学的发展其本质是物理观念的发展。书中进一步论述道：“在建立一个物理学理论时，基本观念起了最主要的作用。物理书中充满了复杂的数学公式，但是所有的物理学理论都是起源于思维与观念，而不是公式。”物理观念是物理学理论赖以建立的基础，而这种建立是由思维完成的。例如在物质波的理论表述中，德布罗意（Louis de Broglie）所用的数学工具非常简单和明晰，但基本观念极为深奥；而其他人表述的数学手法，相对说来就深奥和复杂得多。因此，结论就是：“科学不是一本定律汇编，也不是一本把各种互不相关的论据集合在一起的总目录，它是用来自由地发明观念和概念的人类智力的创造物。物理学理论试图作出一个实在的图景并建立起它和广阔的感觉印象世界的联系。”^[1]

物理实在、物理概念、物理定律、物理观念、感觉印象、数学公式、思维、事实证据等在构建物理学理论的过程中，一起奏响了一曲动听悦耳的交响乐，而物理观念是这支美妙乐章中的主旋律。

从物理实在到物理学理论的建立，从物理知识学习到物理学科核心素养的养成，这两者之间具有内在的相关性。基于这样的认识，论述物理知识、物理观念、物理学科素养之间的本质联系，建构物理教学的新型范式，提出物理学科核心素养有效落地的构想。

1 物理知识与物理教学

知识、知识习得、知识教学分别属于知识论、学习论、教学论研究的范畴，是相关但不能混淆的三个研究领域。有学者认为：“所谓知识，就是认识主体用内在认识图式结合、同化认识客体而再现出来或原则上可以再现出来的被观念化、被符号化了的有序信息组合。”这一界定表明，知识所包含的观念化、符号化的信息内容具有客观性；知识是主-客体相关联的产物，但主-客体相关联的产物不一定就是知识；知识和认识既有联系又有区别。

表征知识内在规定性的不同方面，称之为知识的特性，知识的特性是知识内在本质的一种外在映现方式。知识的特性大体可分为三个层次：第一层次是以“符号化”为主要根据的外在特性，包括可传递性和可接受性；第二层次是以“观念化”为主要根据的内在特性，包括可识辨性和可解释性；第三层次是以“有序性”为主要根据的内外特性之统一的实存特性，包括可运用性和可物化性。

知识本质的确证，是指从各种形式的知识的本质界定视角来确证统一的知识定义。从知识反映的客观世界普遍性深浅层次这一维度看，知识可分为经验知识和理论知识，这两种知识在生成方式及存在方式上具体地确证了知识界定的基本内涵；从思维所反映的认识对象或领域这一维度看，知识可分为自然科学知识、社会科学知识和人文学科知识，这三种知识的生成方式及存在方式具体地体现了知识

定义的一些基本规定^[2]。

物理知识理所当然地具备知识的一切特性,从知识属性的本质看,物理知识既有经验知识也有理论知识,从认识对象或领域看,属于自然科学知识门类;从知识定义观照物理知识,它是认识主体对物质世界这一认识客体的一种再现,是物质世界的客观实在的各种事实、现象及多种多样的表现形态的观念化、符号化了的有序信息组合。无疑,物理知识是可传递、可接受的;物理知识是可识辨、可解释的;物理知识是可运用、可物化的。物理知识的特性和本质决定了物理知识的学习及教学的特性与本质,而学习与教学物理知识又受到学习理论、教学理论及学习规律及教学规律的制约。不可避免地,还将受到社会、文化、教育的传统与习俗的影响,使问题变得错综复杂而扑朔迷离,争论变得十分激烈而尖锐,观点变得相当多元而各异。

本文的重点不在于对知识学习与知识教学做全面的辨析,也无意对我国近代物理教育的滥觞与演进做仔细的论述,只是简述主要的表现而同时追溯其历史根源。在我国的知识学习与教学中,广受诟病的主要有:知识的功利化倾向,即为考试、分数、文凭、证书等知识代码而学习,背弃了为学习者自我生命质量的提升而学习;知识的占有化倾向,即知识与人的关系终止于人对知识的征服,甚至扭曲为简单的死记硬背,而忽视了对精神性的体悟;知识的权威化倾向,即过分强调知识的普遍性、绝对性而形成权威化倾向,学生“臣服”于知识甚至桎梏于某种权威性的理解及答案,对知识的个人体悟、理解被忽视,甚至受到拒斥,从而斩断了知识与个体心灵的血脉联系;知识的虚玄化倾向,即知识与真实的实践相悬隔,学生沉迷于虚构的习题情境之中,埋头于应付考试的大量机械的枯燥的练习和标准答案的记忆之中,而疏离了知识赖以产生的丰富多彩的客观事实和真实的学科情境,远离了知识的实践、迁移和创新^[3]。种种表现,不一而足。

这些弊端的出现,原因很复杂。但从历史渊源上分析,可以为我们提供些许启示。

近代知识系统主要是从西方输入进来的,中国传统的知识体系在近代不断遭遇西学的冲击,直至最后崩解,但中国人传统的实用理性取向却得以保存下来,导致了在学习西学之初只能及其表皮,无法深入其内核的实用主义做法,事实上正是中国社会的主导性选择^[4]。因为西学东渐始于明万历十年(公元 1582 年),耶稣会传教士罗明坚(Michele Ruggieri)进入广东肇庆,取得了在肇庆东关天宁寺居住传教的权利,西学东渐由此掀开序幕。在此明

清交替之际,当时的实学思潮对西学的接纳做好了理论上、思想上、实践上的准备。实学也称经世实学,“经世”即“治世”或“理世”,包括三层意蕴:①积极入世,直面社会人生,反对避世、逃世;②以政治为人生本位,追求经邦治国、建功立业,以“治国平天下”为人生价值的实现路径和表现手段;③注重经世之学的研讨与实践,“经世之学”又往往被称之为“实学”“实体达用之学”。明清实学较之宋元时期的“格物游艺之学”已不可同日而语,并在社会经济、政治思想、哲学、文学艺术等领域凸显出来^[5]。

第二次西学东渐发生在 19 世纪中叶,尤其是鸦片战争所造成的深创巨痛,对传统经世思想和“夷夏”之辨的传统观念形成了激烈的冲撞,这时的先进人物,从魏源到冯桂芬,无一不是西学的倡导者。

到 20 世纪初,有识之士如严复,明确提出:“故中国此后教育,在在宜著意科学。使学者之心虑沈潜,浸渍于因果实证之间,庶他日学成,有疗贫起弱之实力,能破旧学之拘挛,而其于图新也审,则真中国之幸福矣!”^[6]从致力实学,到提倡西学,到重视科学、振兴教育,这过程中,也埋下了直到今天,我们对知识教育的认识,对知识的态度之根由。今天,我们需要力挽积弊,开启知识教学的新局面,尤其是要不断推进科学教育的改革,使我国的科学教育进入世界先进的行列,为我国科学技术的发展培养大批高水平的人才,尤其是尖端科学技术的创新人才做出应有的贡献,迫切需要化知识为素养,完成从知识教学到素养教育的转型。

2 物理知识与物理观念

如何看待知识和知识教学,我们比较倾向于当代英国著名的教育学家和教育社会学家迈克尔·扬(Michael F. D. Young)的社会实在论的知识观。迈克尔·扬在 21 世纪初出版的重要著作《把知识带回来——教育社会学从社会建构主义到社会实在论的转向》中,走出了社会建构主义所包含的现象学主义、相对主义与霸权主义,开辟了教育与课程领域中社会实在论的新视野。他批判了社会建构主义和相对主义,指出这两种理论将直接导致知识的随意性,进而否定知识的客观性基础。这种随意性认为生活经验与课程知识之间没有明显的界线,暗含着高度情境化的生活经验不需要经过结构化的加工和去情境化过程,便可以随意进入课程和课堂;认为知识可以被化约为利益、立场或“知者”,暗含着所有人、所有类型的知识的“解放”的可能性。这样将会彻底否定知识本身所具有的客观实在性,并最终将导致取消课程

和教育。此外,这种社会建构理论的相对主义也必然导致一种强势性的知识导向,迈克尔·扬提出“从强势者的知识转变为强有力的知识”。在迈克尔·扬的社会实在论知识观中,“社会”指的是知识生产过程中的人类能动性,反映的是教育的知识或课程的内容与特定情境的联系;“实在”是强调知识本身的客观性,以及教育知识或课程内容相对于特定社会情境的独立性。这就是说,教育与课程知识与日常经验是不同的,否认了这种差异,也就否认了学校教育和课程的必要性和合理性。教师的教学不是电脑可以替代的,也不是要与百度、谷歌、维基百科比较信息量,而是具有高度主体性和创造性的,否则,教学就失去了应有的价值,教师也失去了应有的地位和作用。知识具有“涌现”(emergence)属性,知识超越对特定群体利益的维护,显示出中立性、客观性,因而具有批判和认知功能。作为自然科学典范的物理学,其概念和方法都是客观的、实证的,也与特定群体的文化无涉。迈克尔·扬极力呼吁要“把知识带回来”,教育应该回到知识和教育本身^[7]。无疑地物理学的知识也必须带回来,带回到课程和教育之中,回归于教学和教育之内。而物理学的物理和常识及经验更是不能混为一谈。安德森(Philip Anderson)对此有一段精彩绝伦的表述:“物理定律的结构无论如何不再可以认定是对应于我们关于世界的直接体验的。用哲学词汇来说是‘在所有层面上演生’;从常识得来的关于空间、时间和物质的性质不是其背后理论结构的‘真正’性质。当我们逐渐理解它们的时候我们认识到了这一点。这让物理学同常识日益疏远,一种对科学家和公众都可能产生灾难性后果的疏远。物理学初学者在被教导要用牛顿(Isaac Newton)的直觉替代亚里士多德(Aristotele)的常识所遭遇到的相当简单和平凡的对想象之扭曲,同此一直接体验与物理学家关于它的基础理论概念之间的断裂相比起来,简直不值得一提,近代物理学离世俗男女已经非常遥远了。”^[8]物理知识的客观性特征、与常识经验的疏离,再典型不过了,或与迈克尔·扬的社会实在论的知识观的内涵可谓是如出一辙。

关于物理观念,我们在《广义语境中的物理观念》一文中,以广义语境充分阐释了它的内涵与本质^[9],从科学哲学和物理学史的视角论述了物理观念的纵向层次划分^[10]和历史演进^[11],从物理学和物理教学的向度详尽地诠释了物理观念的横向维度分布及其理论基础^[12],构成了对物理观念立体式的剖析与深刻理解(见图 1)。

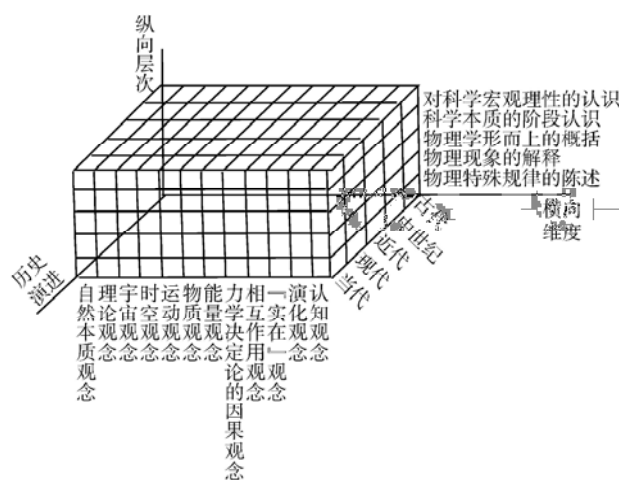


图 1 物理观念的三维结构图

物理知识与物理观念具有内在的联系和结构。知识是人类智慧的结晶,是人类社会物质生产与精神生产所积累的产物,是人类社会几千年文化的成果,是人类文明的表征,知识内蕴着人类对真的追求、善的期待、美的向往。知识会随着人类认识的进步而不断地发展与更新,而知识的本质是永恒的。作为学科的物理学,作为学科教学的物理教学,理所当然地应该传承这份人类最宝贵的遗产。物理知识包含了哪些内容呢?我们认为,物理知识容纳了物理学概念、物理学规律、物理学原理、物理学事实和物理学现象的描述和记录,物理学家的理解和解释、归纳和总结。

物理学具有严密的内在结构,这一结构又由不同的分支组成(如力学、热力学、光学、电磁学、原子物理学、粒子物理学,等等),各分支之间有紧密的联系,有共同的特点,但又有不同的特殊的规律和特征。众多的物理知识千姿百态、千头万绪,需要建构起整体的知识结构,成为有序的知识整体,核心概念(大概念)是合适的中介,是一种有效的凝聚点。通过核心概念使学生形成结构化的知识,核心概念作为具有高度概括性、内涵丰富性和广泛迁移性的活性概念,处于深层的更具普遍解释力和广泛适应力的思想方法、思维方式、探究途径、认知能力的深层结构,实现对纷繁复杂、形态各异的物理知识自上而下地串联下位概念,由里及表地融合表层概念,向内及外地组合经验体验,促进学生综合理解整体建构。

包容性更大,反映物理学本质,体现人类对物质世界整体的认识、理解、看法和观点的集合,就是物理观念。物理观念是在核心概念基础上的提炼与升华,是实践人的主观行为,彰显人的主观意愿,实现人的主体地位的。脱离了物理观念,我们很难对物理学和物

理教学进行本质的认识和深入的研究。物理观念就是一种“强有力的知识”。当然,物理观念也是我们理解物理学的概念,也是我们研究的对象,是表征物理学与物理教学不可或缺的核心内容。物理知识、物理核心概念、物理观念可以用如图 2 所示的关系进行表示。



图 2 物理知识、物理核心概念与物理观念关系图

3 知识教学与素养达成

我国的改革开放,以恢复高考为发端,以“尊重知识,尊重人才”为主题,结束了“知识越多越反动”的癫狂和躁动的时代,确立了知识教学在学校教育中的基础地位,回归文化自信、文化自强的变革之路。回望历史并非怀旧而是为了展望未来,汲取经验和教训,获取方向和动力。至于考试,中国是历史悠久的考试之国,自隋炀帝大业二年(公元 606 年)开始科举选士,改变了世袭门阀制度,使“上品无寒门”的局面一扫而光,为下层知识分子开辟了一条入仕的通道,直至清末光绪三十一年(公元 1905 年)废除,历时 1300 年。十年动乱,取消高考,其弊端显而易见,人们记忆犹新,简单地责难考试以致把教育的一些问题归结于考试,应该慎重。有考试,就会有应试,只为应试而学习而教学才是要警惕的。

对知识教学的非议,源起于知识本位教学,即认为知识教学是以传授书本知识为本位的教学。这种教学,问题在于教学本质的遮蔽,在于在教学中把知识符号认识功能作为教学的根本任务,在教学中对知识作功利化处理,但这不是由知识而引起的,是对知识本质片面化认识而产生的。知识本位教学局限于知识的符号表征意思,缺乏对知识意义内蕴的探索;视教学为知识的传递过程,偏离对教学规律的遵循;根据知识的应试水平评价教学,抹杀了知识教学的价值^[13]。在知识本位教学下,长期的枯燥、繁琐、死板、机械的题海训练,完全扼杀了学生的学习兴趣,使学生失去了学习动力,丢失了学习的积极态度、实践的能力、灵活的思维,泯灭了欢乐的童年以致鲜活的生命。这是知识教学长期的积弊所致,是知识教学走向极端

时的一种表现,是对知识教学负面形象的刻画,而不是基础教育的普遍状态,也不应看成是所有教师的教学行为,只是这样的知识教学是存在的,是以这样或那样的表现形式出现的,这就需要引起关注,需要纠偏。

本次基础教育课程改革的一个关键概念即是核心素养,我国对核心素养的界定是:核心素养是学生在接受相应学段的教育过程中,逐步形成的适应个人终生发展和社会发展需要的必备品格与关键能力^[14]。核心素养的确定是从国际视角下的探寻、传统文化中发掘、现实需求中归纳、现行课程标准中反思的综合研究成果,是我国多方面专家学者长期探索的成果。

物理学科核心素养是物理学育人价值的集中体现,是学生通过物理学科学习而逐步形成的价值观念、必备品格和关键能力。物理学科核心素养主要包括物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任四个方面^[15]。物理学科核心素养在物理课堂教学中的有效落地,必然提出从知识教学通达素养教学的范式转型问题,需要在理论上进行深入的审思,需要在实践上做出切实的探索,本文拟从物理观念这一特定的关键的侧面,对知识教学向素养达成教育从学理上做基本的论述。

对知识教学和素养达成的基本要素可以作一对比,为进一步阐释提供线索,具体内容如图 3 所示。

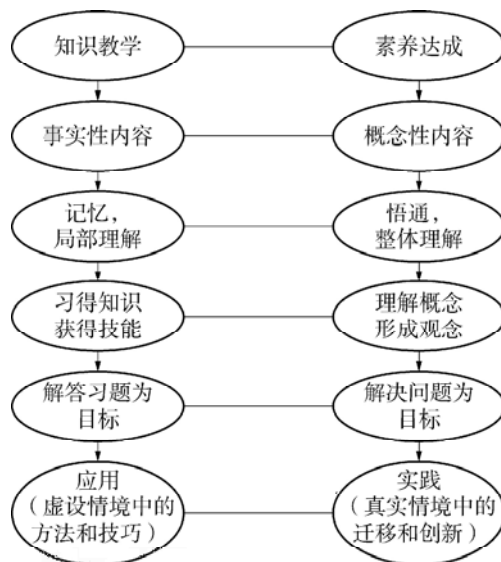


图 3 知识教学与素养达成的基本要素对比

从“对比图”中可以看出这种范式转型中的关键要素,欲突破知识教学的困境,我们提出从下列三个方面作为物理教学中知识通达素养的基本途径。

(1) 知识学习的情境化和整体化。知识的生成有当时的具体情境,脱离了这种特定的情境,知识就

失去了活力,也没有了思维,变成了枯燥的符号。知识的情境性也反映了知识产生过程中人的能动性和知识生成的社会性。例如,汤姆生(Joseph John Thomson)对阴极射线的研究,在当时普遍认为是由金属表面气体分子电离而形成的,特别是人们一直认为原子是不可分的,是物质构成的基本粒子,如果阴极射线产生于原子内部,则将改变几千年来人们原有的物质观念。学生身处这样的情境中,思考如何解释这种物理现象,如何解决面临的困难,随着问题的解决,学生对电子发现的过程、方法、思维有了真正的体悟,对物理观念的理解是真切、亲身体会的、深刻认识的。简单地告知结论,廉价地奉送“真理”,学生脱离了具体的情境,则所得的知识是惰性的,没有物理内涵的,也是无法应用到真实的情境中去的。我们一直主张以物理观念为核心,凝聚物理知识,形成结构化的知识体系,零散的碎片化的知识是一盘散沙,难以构成理论的大厦,无法形成对物理学的本质的理解。尤其是,我们面对的物质世界是整体的世界,是复杂的研究对象,因此,可以认为知识的整体的生成是通达素养的基本方式和快车道。

(2) 物理知识的客观性和实在性,获取强有力的知识。物理知识的客观性表明了人类已有的对物质世界的深刻理解与认识,体现了清晰明朗的知识探究路径和关键环节,同时也使得知识教学区别于日常经验而具有独特的教育价值。物理知识是不能以日常的生活经验和直观体验得到理解的,更不可以随意比附。量子力学的测不准原理、量子的叠加态、量子纠缠,你越是和日常事物,与世俗的想法进行联系,就越难理解,越发走入歧途,越发得出匪夷所思的结论。即使是最经典的力学规律,如“维持物体的运动不需要力,力是改变物体运动状态的原因”,用日常经验去理解、去思考,也很难想明白,很容易陷入困惑之中。物理知识的学习,必须理解其内含的物理本质,并深入物质世界的真实情境之中,深入到人的心灵深处。即明白物理知识产生的来源,深刻理解物理知识的本质与规律,物理学的思想与方法,物理知识内在的联系与结构,物理知识的功能与价值。而物理学中强有力的知识就是物理观念,物理观念能促进学生对物理知识的长久记忆、深度理解和广泛迁移,具有高阶思维能力和科学探究的强烈意识,有正确的科学态度和强烈的责任心,有创新的活力。

(3) 在问题解决和实践参与中实现知识的应用和价值。实践参与是素养发展的根本途径,素养通过实践活动而得以表现。实践参与的过程是知识活化

的结果,当回归到知识所栖居的真实的问题情境,面临与学科高度相关的真实任务,在切实的问题解决中才能让学习真正发生。这种高质量的主体实践活动,以真实任务为依托,以深层问题为主线,以物理观念为灵魂^[16]。例如,当前成为关注热点的项目式学习、跨学科主题学习,包括 STS、HPS、SSI、STEAM 学习,等等。这里的实践指的是科学实践,不能泛化也不要走极端。同时,知识具有“涌现”属性,涌现意味着知识创造是一种生产形式,在各种符号生产模式中,新的意义是由现存的意义构造和转化的,同时这种新的意义有其不可还原的特质。教学需要引导那些不成熟的零碎经验从知识情境中“涌现”和“抽离”出来,促进学生个体经验的转化,引导认识的提升,进而成为科学化的概念并提炼为伴随终身的观念,服务于未来的实践与创造^[17]。素养是“能满足复杂需求的能力”,必然是高水平的,这样的问题解决和实践也是聚焦于高水平的,而且致力于学科领域内容以及学科领域之间(跨学科、多学科以至超学科)复杂交叉融合的。

4 结 语

本文的研究首先对知识的意义、知识的特征与本质做出了分析,由此观照物理知识,理解物理知识的特点与本质和物理教学的特殊性。从我国近代物理教育的滥觞与演进,从我国长期来教育、文化的传统,特别是我国长期经学教学的传统,满足于科学的应用却不追问其中的原理,不对事物的现象寻根问底的实用传统^[18],思考其对物理教学所造成的不可避免的影响。以迈克尔·扬的社会实在论知识观为理论依据,对社会建构主义所包含的现象学主义,相对主义和霸权主义对教育与课程领域所形成的观点做了清理。迈克尔·扬理论中所蕴涵的核心思想,包括知识生产中的人的主观能动性;教育的知识或课程内容的情境性;知识本身的客观性与独立性,强调教育与课程知识与日常经验的不可通约性;知识具有“涌现”的特性等。由此论述物理知识与物理观念的关系,深刻剖析了物理观念的内涵,建立了物理观念的三维结构,揭示物理观念是一种“强有力的知识”。从知识教学与素养达成的基本要素对比中,得到知识通达素养的基本途径,对三方面途径做了学理上的分析。表明社会实在论知识观下的知识教学是可能实现从知识转化为素养的,是促进学习过程和学习结果达到有效统一的可行方略,能最终实现物理学科核心素养达成的课程改革目标。

(下转第 19 页)

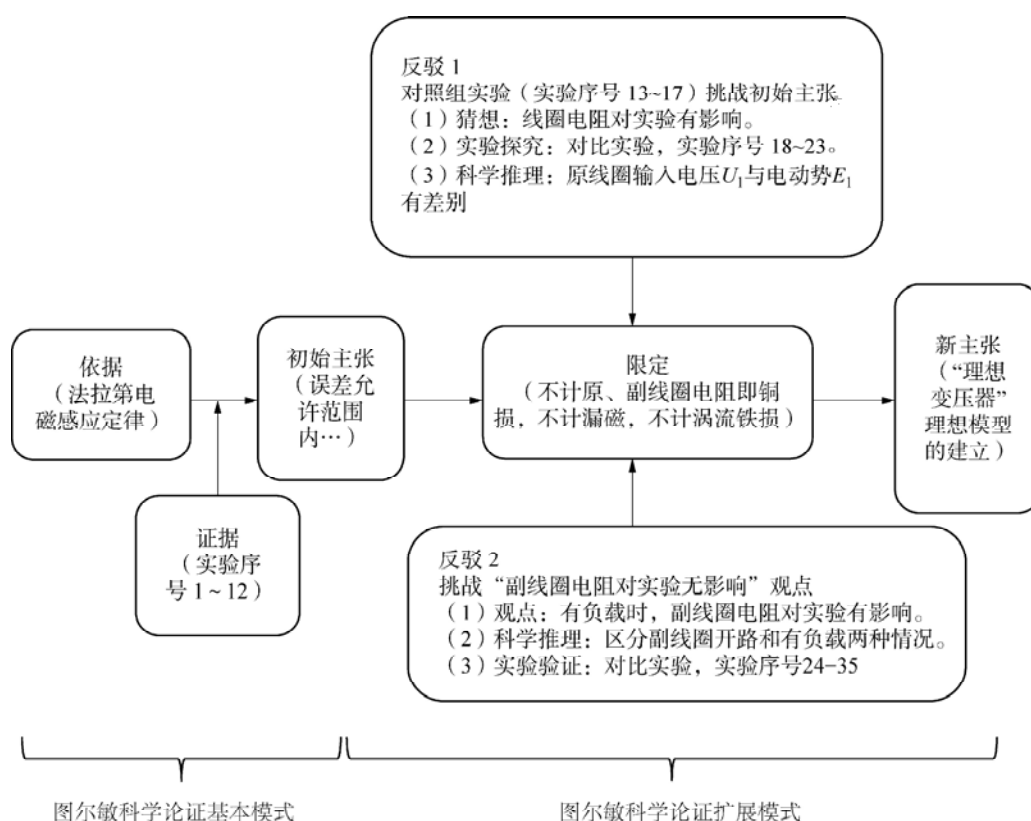


图 7 图尔敏科学论证模式在理想变压器模型建构中的应用

参考文献

- [1] 潘瑶珍. 科学教育中的论证教学[D]. 上海: 华东师范大学, 2013:43—47,87—91.
- [2] 汪明. 图尔敏科学论证模型与物理教学的实践[J]. 物理教师, 2020(12):9—12.
- [3] 马朝华. 对物理教学中科学论证的认识与实践[J]. 物理教学, 2018(11):9—11.

(上接第 6 页)

参考文献

- [1] 艾·爱因斯坦, 利·英费尔德. 物理学的进化[M]. 周肇威, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 1999:193—205.
- [2] 吕家立. 关于知识的本体论研究——本质 结构 形态[M]. 成都: 四川出版集团巴蜀书社, 2004:18—48.
- [3] 李召存. 知识的意义性及其在教学中的实现[J]. 中国教育学报, 2006(2):34—37.
- [4] 尹文消. 基督教与中国近代中等教育[M]. 上海: 上海人民出版社, 2007:1—37.
- [5] 冯天瑜, 黄长义. 晚清经世实学[M]. 上海: 上海社会科学院出版社, 2002:2—3.
- [6] 张枏, 王忍之. 辛亥革命前十年间时论选集(第一卷·上册)[M]. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 1977:106—113.
- [7] 迈克尔·扬. 把知识带回来——教育社会学从社会建构主义到社会实在论的转向[M]. 朱旭东, 文雯, 许甜, 译. 北京: 教育科学出版社, 2019:31—49.
- [8] Laurie M. Brown, Abraham Pais, Brian Pippard. 20 世纪物理学(第 3 卷)[M]. 刘寄星, 主译. 北京: 科学出版社, 2016:584.
- [9] 蔡铁权, 薛真. 广义语境中的物理观念[J]. 物理教学, 2025(1):5—10.
- [10] 蔡铁权, 郑瑶. 物理观念的内涵、层次与架构[J]. 物理教学, 2019(6):2—6.
- [11] 蔡铁权, 郑瑶. 物理观念的演进与教学启示[J]. 物理教学探讨, 2018(12):4—7.
- [12] 蔡铁权, 薛真. 物理观念的多维观照及其理论基础[J]. 物理教学, 2024(8):2—8.
- [13] 刘桂辉, 陈佑清. 知识教学本质的遮蔽与超越[J]. 中国教育学报, 2016(7):17—21.
- [14] 林崇德. 21 世纪学生发展核心素养研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2016:29.
- [15] 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, 2018:4.
- [16] 李松林, 张燕. 发展素养的三个知识教学问题[J]. 中国教育学报, 2024(5):74—78.
- [17] 郑红娜. 从建构主义到社会实在: 知识教学的反思与重构[J]. 当代教育科学, 2022(2):33—40.
- [18] Henrg Augustus Rowland. 为纯科学呼吁[J]. 王丹红, 译. 物理, 2012(11):748—756.