教学论坛

物理观念的多维观照及其理论基础

蔡铁权 （浙江师范大学科学教育研究中心 浙江 321004）
薛 真 （浙江师范大学教育学院 浙江 321004）

摘 要 观念内涵的阐发，为物理观念的理解提供了依据，物理观念结构的多维度观照，为物理观念的深刻理解和全面认知提供了基础。从物理观念的丰富内容构成中，择取了时空、相互作用、物质、能量、因果决定论以及认知等十二个维度进行了诠释，然后，构建了物理观念形成的理论基础，从本体性学科、学科发展史、后设性学科三个方面做出了架构。对作为物理学科核心素养之一的物理观念，进行了深入的理论研究。

关键词 物理教学 学科核心素养 物理观念 内涵分析 多维度观照 理论基础
文章编号 1002-0748(2024)8-0002 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

物理观念是物理学科核心素养中的核心要素，是物理教育课程改革的中心目标，是物理学科育人的根本标志。有鉴于此，我们提出了“观念为本”的中学物理教学的观点，也是物理教育改革和发展的愿景[1]。为使这一愿景在物理课堂中得以有效落实，我们对物理观念教学展开了思考和探索[2]。物理观念是一个十分深刻和内涵非常丰富的概念，要对它做出深入的本质理解是复杂的，不仅仅是内容，而且在思想、历史、认知和理论的各个层次都有不同的表现。我们曾对物理观念的纵向层次做过分析[3]，也对物理观念的历史演进做过细致的剖析[4]。在本文中，拟从物理观念的横向维度做多视角的观照，以更深刻更全面地诠析其本质，由此构建物理观念理论基础的整体架构，这对于全面建构“观念为本”的中学物理教学是不可或缺的。

1 西方语境中的观念和阐析

奠基西方文明、代表西方文化特征的《西方世界的伟大著作》(60卷)，其首卷《西方大观念》中的“观念”(Idea)条目，对观念的渊源与流变有详尽的阐述：大观念不是简单的思想对象，都有复杂的内部结构。大观念也是我们借以考虑问题的概念。它们是我们借以阐述基本问题的术语；它们是我们在界定问题和讨论问题时所使用的概念。它们代表我们的思想的主要内容。它们是我们思考的内容，也是我们思考的对象。当观念的来源和性质改变时，思想和知识的分析会发生改变，关于人的认知能力、关于思想的行为和过程、关于人类理解的界限的不同见解，将会被接受[5]。

作为物理观念，显然具有复杂的内部结构，这就需要我们做深入的剖析和多维度的观照。物理观念是我们阐述、界定和讨论物理问题时所用的概念和术语，离开了观念作为概念和术语，我们无法对物理学与物理教学做本质的研究。我们在进行物理学研究、物理教学研究时，没有物理观念，我们无法深刻地思考，因为这是思考的内容和对象。物理观念是发展的、变动不居的，因为物理观念的来源和性质在发生改变，而且随着物理学日新月异的发展，随着社会的急剧变革，人们对物理学的理解和思想也在不断改变，物理观念也随之变化。

对物理观念在物理学和物理教学中重要性的认识，借用文艺心理学的说法，物理观念就是“格式塔质”(gestaltgnalitat)，集中地凸显出物理学的本质特征，全面地反映了物理教育的本质特色。在物理教育中，只有把握了物理观念，并真正使物理观念在物理教学中得到有效落地，才是领略了物理学科的神韵，理解了物理学科核心素养的实质，悟懂了基础教育课程改革的真谛，可谓是得到了“维纳斯的腰带”[6]。

观念变革是科学发展或历史发展的动力，也是一种标识。重要思想潮流的兴起与流变和思想发展的演变脉络，无不反映在核心观念之中。物理观念的演进映射了物理学的历史进程，物理学史上每一

中国知网 https://www.cnki.net

次重大的变革，都伴随着物理观念的突破。从哥白尼到霍金，从古希腊到当代，从经典力学的形成到量子信息科学的勃兴，无不如此。

不懂得物理观念的真谛，我们就无法理解物理学家做出杰出发现的渊源，也无法解释科学发展的内在动力。伽利略的实验、牛顿的经典力学、麦克斯韦的电磁场理论、爱因斯坦的相对论，以及量子力学的产生和发展，等等，没有物理观念的变革，就不可能发生物理学的突破。

按照日本学者岩崎允胤和宫原将平的说法，科学知识到达理论之后，进一步上升到观念，上升到“概念（等同理论）和客观（等同实在性）一致的观念”，观念是科学知识的最高形式。在科学世界观和自然图景的建立中，作为科学认识发展的观念起着指导性的作用[7]。

2　物理观念的多维观照

物理观念的改变，变革了人类对自然本质认识的结果、对自然认识的过程和对自然认识的方法，即引发了人类探究自然的本体论、认识论和方法论的革命。这种“革命”，并不意味着科学界对旧观念、旧理论的迅速扬弃或转向，相反地，人们试图尽可能地将新认识纳入到旧框架或旧理论之中，甚至在较长时期中遭到激烈的争议和质难。正如普朗克所感叹的：一个科学真理照例不能用说服对手，等他们表示意见说，“得益甚大”这个办法来贯彻，相反地是要让对手们渐渐死亡绝种，自始使新生的一代熟悉真理，只能用这个办法来贯彻才行[8]。

以下选择了在物理观念中有典型性的一些维度进行诠析，表达我们对物理观念的理解和认识。

（1）自然本质的观念

19世纪末，经典物理学已经取得十分辉煌的成果，牛顿力学已居于至高无上的地位，自17世纪牛顿力学建立以来，一切自然过程都已经理所当然地被看成是连续的运动。微积分的成功应用，更使人们对连续的自然观坚信不疑。经典物理学不仅对力、热、声、光、电等建立了一套成熟的理论，而且也成为了化学、生物学、天文学、地学等的理论基础。时至20世纪初，量子概念的提出，可谓石破天惊，将人们的这一认识彻底掀翻。“quantum”（量子）一词，在黎曼1859年的数学论文以及玻尔兹曼1872年、1877年的工作中都有提及，但得到充分强调并赋予特定的意义要等到1920年代。

1900年，普朗克根据“能量子”假设从理论上推导出了与观测结果相一致的黑体辐射公式[9]。所谓“能量子”假设是指：对于一定频率ν的电磁辐射，物体只能以$h\nu$为能量单位来吸收或发射它（h为普朗克常数）。电磁辐射能量不连续性的概念在经典物理学中从未出现过，也是无法理解的，因而普朗克的具有划时代意义的“能量子”假设当时并未引起物理学界的注意。1905年，爱因斯坦为了解释光电效应现象提出光量子的概念——光辐射场（电磁辐射）是由光量子组成的，光量子的能量与辐射场的频率成正比，即$E=h\nu$。这样就把对黑体辐射现象的认识向前推进了十分重要的一步，使普朗克假设的物理含义更加清晰起来。1913年，玻尔把能量不连续性的概念运用到原子结构问题上，提出了原子结构的量子化理论，成功地解释了当时已发现的氢原子的光谱线系的规律。玻尔的量子论中提出了两个极其重要概念：定态和跃迁——原子的稳定状态只可能是一系列能量取分立值的状态，可以在受到外界激发时从能量较低的定态跃迁到能量较高的定态，或者自发地从能量较高的定态跃迁到能量较低的定态，并且发射出一个光子。这是对光量子概念再一次的重大推进[10]。至此，量子力学理论曙光初现。

量子化观念的确立宣告了“自然界是不连续的”观念的诞生。它将能量和动量与波长和频率联系在一起来描述对象；传统的因果性和必然性概念被放弃，物质是无限可分的观念被改变。量子理论的概念创造，是物理学家基于长期的科学实践，为了解决物理学问题，凭借直觉与灵感的一种创造。量子思维之奇妙，量子理论之新颖，对经典物理学观念实现了根本性的颠覆。

（2）理论观念

爱因斯坦对量子理论有一段著名的评述：“量子力学固然是堂皇的。可是有一种内在的声音告诉我，它还不是那真实的东西。这理论说得很多，但是一点也没有真正使我们更加接近于‘上帝’的秘密。我无论如何深信上帝不是在掷骰子。”[11]“上帝不是在掷骰子”成为爱因斯坦质疑量子力学的哥本哈根诠释的名言，也成为如何理解波函数的概率解释与统计因果性问题的出发点。量子理论对于经典物理学的理论体系，使曾经认为具有普遍应用的理论，有了无法应用的边界，曾经认为理所当然的哲学前提，如今失去了指导性的价值。对于测量的认识，在薛定谔方程中，作为描述微观体系状态的波函数本身，却不是物理量。这对认为测量是对理论计算结果的

中国知网　https://www.cnki.net

一种证实或验证，连爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论也遵从这一前提的传统理论观念提出了挑战。

(3) 宇宙观念

太阳、星星、月亮，每天周而复始地东升西落，由此直观地认为地球是宇宙的中心，一切天体都绕地球旋转，在公元2世纪由希腊著名天文学家托勒密建立的地心说就是这样一种数学物理模型。1543年，波兰天文学家哥白尼经过近40年的观测、研究和计算，提出了日心说。古希腊毕达哥拉斯学派的地动思想和阿里斯塔克的日心说是一种猜想，而哥白尼实现了真正意义上的观念革命。日心说导致了世界物质统一性的结论，引起了宇宙形象的革新，促进了人类宇宙观念的深刻转变；同时也激起了人类进一步探索宇宙奥秘的巨大热情，推动了整个自然科学走向革命化[12]。此后，开普勒在第谷的观测资料的基础上，提出了行星运动三定律，其所表达的太阳系模型，是最简单、和谐、正确的太阳中心体系的图景。开普勒是自然界神秘、和谐的第一个卓越的发现者。牛顿以他的力学理论建立了天体力学的严密数学理论，对支配天体运动的原因做出了精确的定量解答，把一直以来的“自然圆形运动”“水晶球天层”“磁力旋转轮辐”以及“以太涡旋”等等关于动因的臆测一扫而空，这是人类对宇宙认识的一个巨大的观念跃迁。

文艺复兴时期，崇尚科学真理，重视实践经验，提倡科学实验，促使个人天赋在自由状态下得到充分的发挥，造就了一批思维能力、思想见解、学识素养、观念识见、学术成就等方面出类拔萃的时代巨人。时至近代，温伯格在广义相对论引力理论的基础上，提出了宇宙学的标准模型和其他模型[13]。人类对宇宙的认识正方兴未艾，对宇宙的探索也才起步。

(4) 时空观念

牛顿的前人，伽利略、笛卡尔等对牛顿时空观的形成都产生了不同的影响。牛顿所提出的绝对时空观、绝对运动观，是他所建立的力学体系的需要，也是整个经典物理学的基础。牛顿定义：绝对的、真正的和数学的时间自身在流逝着，而且由于其本性而在均匀地、与任何其他外界事物无关地流逝着，它又可以名之为“延续性”；相对的、表观的和通常的时间是延续性的一种可感觉的、外部的通过运动来进行的量度。绝对空间，就其本性而言，是与外界任何事物无关而永远是相同的和不动的。相对空间是绝对空间的可动部分或者量度。处所是物体所占空间的部分。绝对运动是一个物体从某一绝对的处所向另一绝对的处所的移动；相对运动是从某一相对的处所向另一相对的处所的移动[14]。爱因斯坦根据相对性原理和光速不变假设，提出了狭义相对论。狭义相对论的核心思想是空间和时间的相对性和统一性以及物质和运动的统一性。动量守恒和能量守恒定律是统一的，导致了对电场和磁场本质上的同一性理解。广义相对论的建立，将物质、运动与时间、空间不可分割地紧密联系在一起。物质及其运动决定了时空的性质，时空性质又决定了物质的运动，时空是物质存在的基本形式，绝不可能存在脱离物质的时空，也绝不可能存在脱离时空的物质。四维时空被视为一个黎曼空间，引力场的出现被认为是时空弯曲造成的结果，时空度规必然依赖自然界的物理过程。引力场被几何化了。

(5) 物质观念

牛顿在批判了伽利略、伽桑狄、波意耳等的“微粒哲学”观点和笛卡尔的“以太涡旋”说等基础上，形成了自己独特的物质观念：物体是由无比坚硬、牢固、不可分割、不可改变的粒子或原子组成的，它保证了物体的性质和结构的持续及稳定性；只在这些粒子的分离、重新组合和运动中，才能产生物质性质和结构的变化。这样，原子论与牛顿的力学理论非常自然地融合起来，成为当时最先进的物质理论，也使他的力学理论牢固地建立在原子论的基础之上。

1897年，J·J·汤姆生发现了电子。1908年，佩兰用实验测定了阿伏加德罗常数，确证原子与分子的存在。1903年，卢瑟福发现原子核的存在，并提出了原子的核式结构模型。1949年前后，玛丽亚·迈耶和詹森提出了原子核的壳层模型。1934年，查德威克发现了中子，约里奥-居里夫妇发现了人工放射性。盖尔曼对基本粒子的分类及相互作用做了研究，并提出了“夸克”模型。狄拉克提出了反物质，改变了人类对物质认识的整个图景。场(field)概念的提出是从牛顿时代以来物质观念上最重要的一次突破。现在人们已认识到场是物质存在的一种基本形式，而且，诸如电子、光子、中微子、希格斯粒子等，都可以被认为是场的体现。统一场论的研究是当前理论物理研究的前沿，也是研究的热点。

中国知网 https://www.cnki.net

而今天在亚原子世界里,“粒子”“有形的物质”“孤立的物体”全部都失去了已有的意义。我们在观察亚原子粒子时,既看不到任何物质,也看不到任何基本结构,只能看到一些不断地相互交换的动态图像,这些观念已经足以从根本意义上颠覆传统的物质观念和粒子概念。而暗物质的登场,将更加冲击人们对物质认识的已有观念和结论。

(6)“力学决定论”的因果观念

牛顿以他的运动三定律和万有引力定律为公理基础,建立了严整的经典力学体系,从中得到了严格的、用数学形式表示的、力学因果性的公式,人们原则上有可能用严格的力学规律对物体的运动做出完善的解释和预言。这是一种理性主义的、极为成功的关于“原因”和“结果”的力学决定性的图式,人们根据物质的相互作用和机械运动的规律,用数学方法就可以解释一切自然现象成为可能;宇宙本身就是一部精密的大机器(或大钟),一切都按照其间的作用力和力学运动方程严格而刻板地做着有规则的运动。所有的自然现象和自然过程都只能按照力学的必然性发生和进行,从运动的初始条件就可以巨细不遗、完全确定地解答出系统的全部运动状态,宇宙中的一切现象和过程都是严格的因果链条中的一个个环节。经过17、18世纪,力学世界的图景被完美地描绘,得到了普遍的接受,到19世纪中叶,成为统治整个物理学界的普遍信念,并内化为科学家评价理论是否完备的一个重要标准。

从阿基米德、伽利略到牛顿和拉普拉斯的决定论的因果关系,即使在统计规律出现后,概率和偶然性只不过是一种权宜之计,在统计规律中用的仍然是经典力学的概念和术语,每个粒子的运动仍然服从经典因果律。

到了量子力学时代,情况发生了根本性的变化。海森堡的测不准关系和冯·诺依曼定律,使人类懂得,我们无法由初始条件去精确地预言此后的情形了。偶然性、概率与以往有了极为不同的物理内涵,这最终导致了因果关系的概率描述。尤其是在对空间上分离的两个量子系统之间的纠缠现象,不再能够用传统的因果相互作用的观念来理解,这两个量子系统之间的即时关联,是一种不依赖于任何相互作用的非定域性关联,这种非定域性关联体现出的是一种非分离的整体性。即便是从薛定谔方程所得出的解,也只是一种统计因果性的结果,而不同于以往我们所认识到的任何形式的因果性。量子理论的许多概念,由于失去了直观性,因而相应地失去了传统的可理解性的条件,需要借助数学思维来进行理解。

(7)能量观念

能量转化与守恒定律是19世纪中叶的“三大发现”之一,是继牛顿力学建立以后物理学的又一次伟大的综合。它以定量的形式揭示了机械运动、热、电、磁、光、化学乃至生命运动的各种运动形式之间的内在联系和统一,描绘出一幅自然界广泛联系和本质统一的美妙画卷。从18世纪至19世纪中叶,自然科学完成了一系列重大发现,各种自然现象之间的联系和相互转化被纷纷揭示出来。1798~1799年伦福德在钻炮工程中的发现,戴维的冰块在真空中的摩擦实验,表明热现象的本质是运动,以机械运动和热之间的转化为能量转化的发现开了先河,奠定了重要的实验基础。1800年,伏打发明了电堆,第一次获得了比较强的持续稳定的电流,为电化学、电磁联系等一系列重大发现提供了条件。同时,伏打发明的电堆,是化学能转化为电能,而通电能电解水成为氢和氧,电能又转化成化学能,1834年法拉第提出电化学当量定律,电与化学之间的能量转化完成了循环。通电导线会发热,接通和断开电路瞬间会产生火花。1820年4月,奥斯特发现了电流的磁效应,1831年,法拉第发现了电磁感应现象,电和磁之间的转化实现了循环。摩擦可以起电,电荷之间力的作用使物体产生运动,电流产生磁,使磁极转动,机械运动和电运动之间的转化通过多种途径实现了循环。温差电现象发现后不久,实现了电流既可以生热也可以制冷,这样,热和电之间的转化也完成了循环。1840年焦耳、1842年楞次定量地研究了电流的热效应,提出著名的焦耳-楞次定律。1800年赫谢尔发现太阳红外光的热效应,1846年梅隆尼从月光中得到热的状态,光辐射和热发生了基本联系。拉瓦锡等认识到,动物的体热和活动的能量来自食物的化学能。光化学反应(例如胶片感光)的发现和法拉第对强磁场使光的偏振面产生旋转现象的发现,等等。人们深刻地认识到各种物理现象之间是相互联系的,是可以实现相互转化的。当然,守恒定律的建立还需要确定各种自然力之间在相互转化过程中的当量关系。这当中,迈尔、焦耳、赫尔姆霍兹是做出杰出贡献的佼佼者。今天,暗能量研究的亮相和有朝一日对其本质的揭示,又将使物理学中能量观念产生一次质的跃变。

(8)相互作用观念

1873年,麦克斯韦出版了巨著《论电和磁》,以

中国知网 https://www.cnki.net

场作为基本概念，对电磁场理论做了全面、系统和严密的论述，标志着经典电磁场理论的建立，实现了19世纪物理学的第二次大综合。这是揭示电、磁相互作用规律和本质的典范之作，是继牛顿《自然哲学的数学原理》之后，在物理学发展史上树起的又一座伟大的丰碑。麦克斯韦被公认为“自牛顿以后世界上最伟大的数学物理学家”。电、磁相互作用理论的建立有一个长期的复杂的发展过程。1831年，法拉第发现了电磁感应现象，提出了“力线”的概念。他认为，力线不仅仅表明了电磁力的存在，也表明了物质中张力的存在，而且是转换力的“载体”，力线存在于空间中。1845年又提出了“磁场”的概念，这是电磁学研究史上一个重要的新概念。麦克斯韦全面总结了电磁学研究成果，提出了“感生电场”和“位移电流”假设，建立了包含8个方程(其中6个是矢量方程，2个是标量方程)的麦克斯韦电磁场方程组。麦克斯韦的理论一共包含20个方程。1890年，赫兹将其推导成我们今天熟悉的4个方程式。在当时，沉浸在牛顿宇宙中的人们，认为所有的物理现象都是由某种力学作用引起的，只要我们发现了真正的力学机制，所有一切都清楚了。由此，麦克斯韦的模型被认为是怪异和笨拙的，以至并没有立刻被认为它正确地反映了客观实在。一种新的思想、新的观念并非一出现就会听到欢呼声。除了电、磁相互之间的作用外，力的相互作用(包括引力相互作用、电磁相互作用、强相互作用和弱相互作用)、运动与热的相互作用、光与热的相互作用、光与物质的相互作用、力与电的相互作用，等等，相互作用是物理学中的重要观念之一。

(9)“实在”观念

经典实在论认为，称为“自在实在”的客观世界是独立于知觉主体而存在的，是客观的，也是真实的，它们是物理学研究的潜在对象；成为自然科学研究对象或被纳入科学认知范围内的“自在实在”，被称为“对象性实在”，它们是物理学研究的具体对象。“自在实在”和“对象性实在”构成了自然科学研究之所以可能的本体论基础。基于实验而形成的科学理论，直接描述了“对象性实在”的运动变化过程，以及实在之间的相互关系，这样描述出来的实在图像也是一种“科学实在”。这三种实在揭示了本体论、认识论和方法论的统一。量子力学中的态叠加原理和以量子纠缠现象为特征的量子效应，却从根本意义上颠覆了这种经典实在观。量子纠缠现象极大地违背了直觉和经典的观念，它不再是三维或四维时空中的存在，而是抽象的希尔伯特这一无限维的空间之中的存在，实验测量的结果是这些现象在四维空间里的投影，微观粒子的粒子性和波动性只是它们受制于测量环境的一种行为表现。而且，在量子测量中，微观粒子与测量仪器也是相互纠缠的，我们不能根据观察到的微观粒子的当前状态，来推断它们在被测量之前的存在状态[15-18]。

(10)演化观念

简单地说，由非平衡而引起系统状态的变化叫演化。在经典物理学中，常从平衡态研究开始，静力学是力的平衡，静电与稳恒电流是电磁学中的平衡，光的反射、折射、透镜成像是光学中的平衡现象，原子中电子的定态分布以及化学中的平衡反应、生态平衡，等等，它们都与时间 t 无关。但是，“人不能两次跨过同一条河流”，系统的平衡态是系统非平衡演化过程中的极限情况，是演化过程无限缓慢时的近似情况。20世纪60年代，以普里高津为首的布鲁塞尔学派建立了耗散结构理论。普里高津提出了一个著名的论断：“非平衡是有序之源”。普里高津揭示出，在一切耗散体系中都存在着一个特定的时间方向。热力学第二定律引入了物理量熵，它赋予了时间一个特定的方向，用爱丁顿的话来说，就是“时间之矢”。然而与此相反，从牛顿以后，达到一种无时间的基本层次却成为物理学的任务。相对论和量子力学所带来的观念上的伟大变革并未改变这一方案。但是，大量的物理学、化学、天文学、生物学现象使我们明白，绝不可能因为不可逆性的概念与传统的物理学观念相抵触就将它摒弃。随着耗散结构理论的提出，孤子理论、协同学、突变论、超循环论、混沌理论、分形几何，等等，纷纷登场亮相，非线性复杂系统理论一时间占据了20世纪中叶的物理学舞台。人们相信，以前认为真正的问题仅发生于基本粒子层次和宇宙学层次上，而今，却在宏观层次上，原来以为对其有关规律已了解得一清二楚的层次上，一些基本问题却远没有得到解答[19]。

(11)认知观念

科学是一种认知现象，是认知的存在方式和理性的最高表现形式，从认知维度认识科学、认识物理学应是对物理观念进行观照的重要视角。当代科学哲学转向关注科学家的认知技能如何获得的发生学问题，特别是兴起于海德格尔、成熟于德雷福斯的“熟练应对”的体知合一的认识论或体知认识论(epistemology of embodiment)。体知认识论揭示了当行动者全身心地嵌入世界或域境之中，深化和

中国知网　https://www.cnki.net

扩展他们与世界或域境的嵌入关系或域境关系时，获得一种基于技能的认知。这种认知过程把认识论研究的视域转向重视科学家如何获得其认知能力的过程研究，转向重视技能性知识的实践研究，转向重视科学家如何做出认知判断的现象学研究。这为我们重新理解普朗克、爱因斯坦、海森堡、玻恩、玻尔、泡利、薛定谔、狄拉克、德布罗意这些巨擘，在发展量子力学的漫漫征途上彰显出来的直觉判断和富有创造性的预见，提供崭新的视角；为我们在物理教学中批判性思维、创造性思维的培养提供理想的样板；为想象、直觉、灵感、顿悟等非逻辑思维的理解提供最佳的维度。科学家在科学创造的过程中作出的判断是一种体知合一的认知判断，既不能降低为由经验规则得出的结果，也不能简单地看成非理性的产物。他们的一切判断都是在自然流畅的状态下情境化地作出的应然反映，是一种得心应手的直觉判断[20]。

(12) 运动观念(已有论文详述)

3　物理观念理论基础的架构

对物理观念做出恰当的表达和正确的诠释，需要遵从一定的原则和依据可靠的理论，因此，我们对相关的理论架构了一个思维导图，如图1所示。

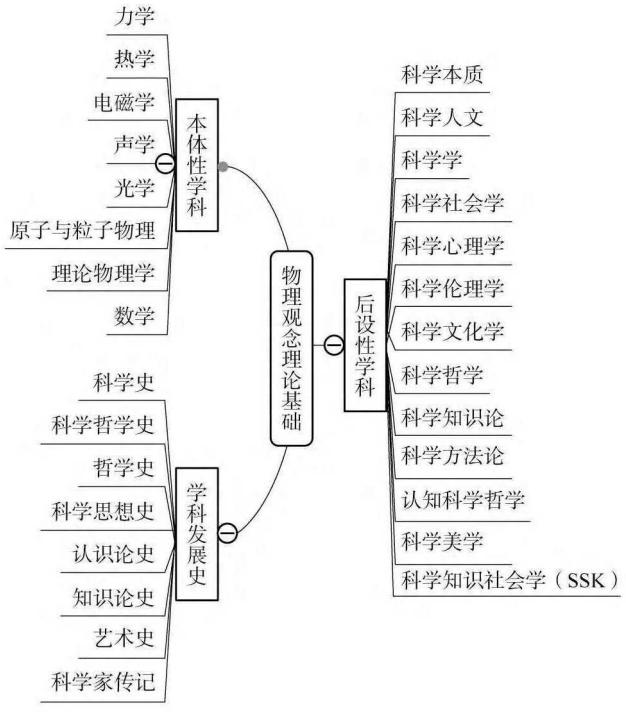

图1　物理观念理论基础架构

物理观念的理论基础可以划分为三大板块。其一为本体性学科，包括物理学所属的主要学科类别，提供了对物理观念的学科理论基础。没有深厚的学科造诣，对物理观念的理解会出现谬误，这是最基本的理论基础。

其二是学科发展史。物理观念在物理学几百年的发展历程中，形成了观念演进的进阶。在物理学发展的不同历史阶段，人们对物理观念有不同水平的认知，有时还会产生观念的跃迁和变革。我们对物理观念的正确认识，必须嵌入在一定的历史语境中。

其三是对科学学科的认识和研究，我们称之为后设性学科或元学科。没有这些理论基础，我们无法对物理观念有本质性的剖析，无法深刻理解物理观念的内涵和性质，无法对物理观念的多个维度构成一个整体的形象。

物理观念的理论基础架构，基于对物理观念多个维度的观照。而物理观念理论基础的构成内容，为中学物理教师理解物理观念提供了指向，也对中学物理教师的专业发展提出了明确的要求，为中学物理教师的理论素养提供了一个衡量的标准，一个水平测试的准则。同时，希望专业理论工作者为中学物理教师提供更丰富的高水平的学术著作。

4　结　语

从观念到物理观念有一个跨越，从物理观念到物理学科核心素养有一个转化，从学科核心素养到物理教学中的有效落地有一个过程。物理观念内涵理解是中心环节，因此我们慎重地选择了12个维度对物理观念作出多维度的观照，按照这样的认识，架构了物理观念的理论基础。我们希冀通过这样的诠释，对物理观念得到深刻而全面的理解，破解对物理观念的模糊认识和解除畏难的情绪，使物理观念在中学物理教学中真正成为学生关键的能力与必备的品格。

参考文献

[1] 蔡铁权，郑瑶. 构建“观念为本”的物理教学设计模式[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版)，2021(1)：100—108.

[2] 杨亚芳，蔡铁权. 物理观念的教学思考[J]. 物理教学，2024(1)：2—6.

[3] 蔡铁权，郑瑶. 物理观念的内涵、层次和架构[J]. 物理教学，2019(6)：2—6.

(下转第52页)

中国知网　https://www.cnki.net

续　表

项目	一级指标	二级指标	分值	评分
	题　量	① 在规定时间内大多数学生能完成，部分学生能有复查的时间	(3分)	
		② 各题型之间的量比合理	(3分)	
		③ 体现不同层次学生需求(分层要求)	(2分)	
	三　度	① 难度适中，整体难度0.6～0.7左右	(3分)	
		② 效度适宜，能较好地体现教学目标的要求	(3分)	
		③ 区分度适当，较好地区分好、中、差的学生	(2分)	
评　题	知　错	① 哪些人出错	(2分)	
		② 错在哪里	(2分)	
		③ 出错原因分析	(2分)	
	矫　正	① 纠错的方法、策略、手段可行	(3分)	
		② 共性问题集中讲、析到位、评到家	(3分)	
		③ 个性问题个别点拨、指导、辅导	(2分)	
	固　本	① 纠错之后，要及时进行变式训练	(3分)	
		② 反馈及时、评价及时、巩固及时	(3分)	
一致性	整体性	① 例题、练习题整体设计规划、统筹兼顾	(2分)	
		② 教学过程师生互动程度高	(2分)	
	匹配性	① 选、讲、练、评有机统一	(2分)	
		② 习题教学目标的贯彻落实程度高	(2分)	
总体评价			总分	

5　结　语

以上，是我们在“选、讲、练、评”中践行习题教学的尝试，我们的认识和实践仅供参考，习题教学更多的大文章还有待于大家进一步发掘和探究。让我们携手，一起努力！

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，2018.

[2] 中华人民共和国教育部. 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.

(上接第7页)

[4] 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.

[5] 陈嘉映. 西方大观念(第一卷)[M]. 杨玉成，译. 北京：华夏出版社，2023：596—605.

[6] 童庆炳. 维纳斯的腰带[M]. 北京：中国人民大学出版社，2009：42—46.

[7] (日)岩崎允胤，宫原将平. 科学认识论[M]. 于书亭，徐之梦，张景环，译. 哈尔滨：黑龙江人民出版社，1984：443—445.

[8] M·普朗克. 科学自传[M]. 林书闵，译. 北京：龙门联合书局，1955：15.

[9] 曹则贤. 黑体辐射：一只会下物理金蛋的鹅[M]. 北京：世界图书出版公司，2024：56—92.

[10] J·梅拉，H·雷琴堡. 量子理论的历史发展(第一卷·第一分册)[M]. 戈革，译. 北京：科学出版社，1990：76—120.

[11] 爱因斯坦. 爱因斯坦文集(第一卷)[C]. 许良英，李宝恒，译. 北京：科学出版社，1976：221.

[12] 亚·沃尔夫. 十六、十七世纪科学、技术和哲学史[M]. 周昌忠，译. 北京：商务印书馆，1985：16—30.

[13] S·温伯格. 引力和宇宙学：广义相对论的原理和应用[M]. 邹振隆，张历宁，译. 北京：高等教育出版社，2022：444—598.

[14] H·S·塞耶. 牛顿自然哲学著作选[C]. 上海外国自然科学哲学著作编译组，译. 上海：上海人民出版社，1974：19—28.

[15] 申先甲，杨建邺. 近代物理学思想史[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，2021：22—475.

[16] 成素梅. 改变观念：量子纠缠引发的哲学革命[M]. 北京：科学出版社，2021：36—193.

[17] 安东尼斯·英迪诺斯. 物理学的历程——从亚里士多德到薛定谔[M]. 孙琦，译. 上海：上海科学技术出版社，2021：21—456.

[18] 斯蒂芬·温伯格. 给世界的答案：发现现代科学[M]. 凌复华，彭婧珞，译. 北京：中信出版社，2016：51—88.

[19] G·尼科里斯，I·普利高津. 探索复杂性[M]. 罗久里，陈奎宁，译. 成都：四川教育出版社，2013：218—219.

[20] 成素梅. 技能性知识与体知合一的认识论[J]. 哲学研究，2011(6)：108—114.

中国知网　https://www.cnki.net