

高中物理学科核心素养 解读及教学建议^{*}

廖伯琴 李洪俊 李晓岩

摘要 普通高中物理课程标准(2017版)颁布后,物理学科核心素养及其落实成为诸多学者和一线教师关注的焦点。学科核心素养主要由学科内涵及学科本质决定。物理学作为自然科学领域的基础学科,其核心素养可归纳为物理观念、科学思维、科学探究和科学态度与责任四个方面。与三维课程目标相比,学科核心素养的内涵更为深刻、丰富,更能凸显课程的育人功能。在一线教学中,应注重挖掘教学内容中蕴含的物理学科核心素养,体现物理课程的内涵及核心价值,时刻注意培养学生的物理学科核心素养。

关键词 核心素养; 学科核心素养; 物理学科核心素养; 教学建议

作者简介 廖伯琴 / 西南大学西南民族教育与心理研究中心、科学教育研究中心教授 (重庆 400715)

李洪俊 / 西南大学科学教育研究中心博士研究生 (重庆 400715)

李晓岩 / 淮北师范大学教育学院讲师 (淮北 235000)

2017年我国颁布了各学科的普通高中课程标准(2017年版),这些新颁布的课程标准承载着新的课程理念。发展学生的核心素养是课程标准倡导的新理念之一,旨在明确高中阶段“培养什么人”“怎样培养人”的课程核心价值。物理学作为自然科学的一门基础学科,在高中课程乃至人类文明发展中皆具有举足轻重的地位。那么,在高中阶段的物理教学中应发展学生的哪些核心素养? 如何理解这些核心素养? 在教学实践中又将如何落实? 本文将进行相关的探索性讨论。

一、核心素养与学科核心素养

进入21世纪后,在诸多科技力量的推动下,全球逐步进入新的发展时代,诸如信息时代、知识时代、创新时代,乃至大数据时代、智能时代等新词汇层出

^{*} 本文系教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“基于‘互联网+’的民族地区科学普及研究”(项目编号:16JJD880034)和重庆市人文社会科学重点研究基地项目“高中物理教材实验设计的国际比较研究”(项目编号:16SKB030)的阶段性成果。

不穷。作为社会未来发展和建设的中坚力量,学生亟需具备哪些核心素养才能适应并促进社会的健康发展?

自 20 世纪 90 年代起,经济合作与发展组织(OECD)、联合国教科文组织(UNESCO)、欧盟(EU)以及世界多个国家和地区都已开始关注这一问题。关于核心素养的界定,目前大致可分为两类。一类认为核心素养是知识、能力和态度的整合。如 OECD 于 1997—2005 年实施了大规模的跨国研究项目“素养的界定与遴选:理论框架与概念基础”(Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations,简称 DeSeCo),成为关于核心素养研究最具有代表性的项目。该项目认为,核心素养是个人实现自我、终身发展、融入主流社会和充分就业所必需的知识、能力与态度的集合,强调不仅可以规划、实施、教学和评价,而且必须经过学习进行培养。^[1] 欧盟 2005 年发表的《终身学习核心素养:欧洲参考框架》中指出,核心素养是一个人在知识社会中自我实现、社会融入,以及就业所需的素养,包括知识、技能与态度。^[2] 我国在《中国学生核心素养研究》中将核心素养界定为学生适应个人终身发展和未来社会发展所需的必备品格和关键能力。^[3] 另一类认为核心素养是一种关键能力。如美国提出的 21 世纪能力,主要指所有学生在工作和生活中取得成功必须具备的能力,其发展目的在于培养具有 21 世纪工作能力及核心竞争力的人;^[4] 在英国,核心素养是指为了适应将来的生活,年轻人需要具备的关键能力,以及学习、生活和工作所需的资质;澳大利亚的核心素养也被称为综合职业能力或关键能力。^[5] 总体而言,这两类核心素养的含义各有侧重。与第二类界定仅关注学习的核心结果——能力相比,第一类界定还关注支持、促进能力发展的知识和监控、调整能力发展的态度。

2014 年教育部发布《关于全面深化课程改革 落实立德树人根本任务的意见》,其中明确指出“将组织研究提出各学段学生发展核心素养体系,明确学生应具备的适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力”^[6];2016 年“中国学生发展核心素养”研究成果发布,以“全面发展的人”为核心,包括自主发展、社会参与和文化基础三个领域,人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当和实践创新六项核心素养指标。^[7] 结合我国国情和教育现实,在将核心素养作为学校教育目的的重要组成部分的基础上,综合我国学生发展核心素养研究报告,本文认同核心素养即指学生在接受相应学段和学科的教育过程中,逐步形成适应个人终身发展和未来社会发展所需的必备品格与关键能力。

学科核心素养是指学生通过学科学习逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力。^[8] 人类的活动产生经验,经验的积累和消化形成认识,认识通过思考、归纳、理解、抽象而上升为知识,知识在经过运用、得到验证后进一步发展并在科学层面上形成知识体系,处于不断发展和演进的知识体系根据某些共性特征进行划分而成学科。不同学科知识间既彼此独立、自成体系,又相互联系、密不可分。因而,以学科知识为载体的各学科核心素养间同样呈现立

体交叉、多维重叠的样态,它们在核心素养不同维度的发展上各有侧重,各有特点,形成如图 1 所示的核心素养图示。核心素养与学科核心素养之间是全局与局部、共性与特性、抽象与具象的关系;^[8] 核心素养是由多个学科核心素养交叉综合构成的。不同学科呈现出不同的核心素养图示,这种差异一方面是由学科内涵差异导致的,另一方面也与学科本质密不可分。因而在探讨学科核心素养时,应首先了解这一学科的学科内涵及学科本质。

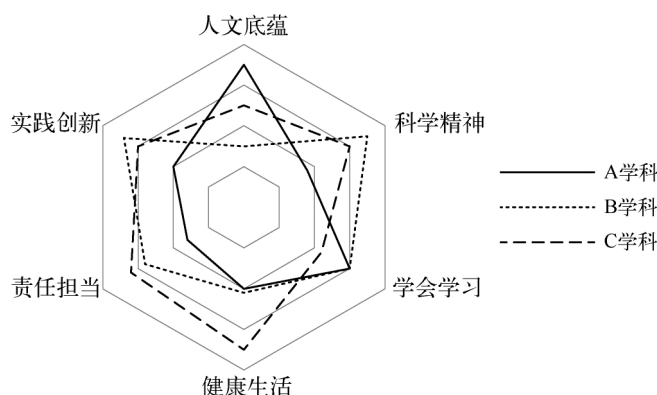


图 1 核心素养图示

二、物理学的学科内涵及学科本质

“物理学”的英文为“physics”,起源于古希腊文“ $\rho\nu\sigma\iota\varsigma$ ”,意为“自然”,来源于亚里士多德的《物理学》一书。17 世纪,物理学发展成为一门独立的学科,那么什么是物理学呢?《中国大百科全书(物理学)》中认为,物理学研究宇宙间存在的各种主要的基本形式,它们的性质、运动和转化以及内部结构,从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。^[1] 李佩珊、许良英认为,物理学是人类对自然界中存在的物质的基本结构、相互作用和运动规律的认识。^[1] 在综合各物理学定义的基础上,《普通高中物理课程标准(2017 年版)》将物理学界定为自然科学领域的一门基础学科,研究自然界物质的基本结构、相互作用和运动规律。物理学基于观察与实验建构物理模型,应用数学等工具,通过科学推理和论证,形成系统的研究方法和理论体系。^[2]

由物理学的内涵可以看出,物理学是认识自然、解释自然的科学实践活动。人类在不断探索自然现象、了解自然规律的科学实践中,不断积累着知识结晶,形成了物理学知识体系。同时,在人们不断从物理学视角认识自然、解释自然的过程中,基于物理学知识体系的物理观念也在不断发展。例如,从“热素”学说到原子和分子的运动,从能量守恒到宇称破缺,新的物理观念不断影响着人类对自然和社会现象的认识。物理学的发展不断克服着人们的保守和偏见。^[3]

在长期的科学探索活动中,人类还不断地改变着认识世界的方法。观察、实验与科学思维相结合,是物理学的基本特征。在从物理学萌芽至今的漫长发展历史中,人们从最初通过肉眼观察,到通过各种仪器进一步观测与实验。随着物理学和由其带动的实验技术和精密观测工具的发展,人们对自然的认识范围在微观和宏观世界都得到了拓展。在大量实践探索活动的基础上,人们逐渐形成了一系列科学思维方式。例如,基于经验事实建构理想模型的抽象概括,基于科学理性的分析综合与推理论证,基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑与批判等等。^[4]

科学探究是人类探索自然、获得科学知识的主要方法,其根源于人类思想中与生俱来的好奇心。^[3] 在长期的科学探究过程中所形成的科学探究方法,不仅是后人对物理学和其他学科进行探究的有效工具,对社会问题的研究和解决都有重要意义。

物理学是人类文化的组成部分和技术的基础。^[4] 科学家在物理学研究过程中的科学态度和科学精神是人类文化中不可缺少的组成部分。物理学技术的应用,改变了人们的生产生活方式,推动了社会的发展。然而,物理学在给人类带来巨大益处的同时,也给人类的生活与社会的发展带来一些新的问题,如能源问题、环境问题、科技伦理问题等。这些问题的解决需要人们深入理解科学·技术·社会·环境之间的关系,更加有效、理性地应用物理学技术,在使用技术时遵循道德规范,具有可持续发展的社会责任感。

三、高中物理学科核心素养内涵及解读

基于物理学内涵及学科本质的分析,结合中国学生发展核心素养界定,高中物理学科核心素养是物理学科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正确价值观念、必备品格和关键能力,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。^[7]

从这一概念界定中可看出,在目标指向上,高中物理学科核心素养主要指向通过物理学科要培养什么样的人,即经过物理学科的学习,高中生应具备具有物理学科特质的、满足个人发展与社会发展所需的正确价值观念、必备品格和关键能力。在性质设定上,高中物理学科核心素养是指所有学过物理的高中生在未来个人发展和社会发展中应具备的具有物理学科特质的、最关键的和必备的共同素养。在内容构成上,高中物理学科核心素养是物理知识、科学能力和科学态度的综合表现,是一个复杂的结构,具有综合性,在解决问题过程中,其作用的发挥也具有整合性。在发展过程上,高中物理学科核心素养具有阶段性,教师需要关注不同年级学生应该达到的水平,关注物理学科核心素养培养中不同年级的差异性,明确适合学生年龄特征和物理学科特征的核心素养培养目标。

(一) 物理观念的内涵与解读

“观念”(idea)是哲学的一个中心词汇,源自希腊词“εἶδος”和“ιδεα”,与动词“idein”(看)和“eidos”(形式)为同词根,原意是“事物的形式”。^[13]通俗而言,观念是客观与主观的统一体,即外界客观存在与主体主观经验共同作用的结果。可见,基于主体主观经验的差异,不同的主体对同一事物会形成不同的观念。

不同的学科有着不同的知识体系和研究方法,从不同的学科视角出发,对同一事物同样会形成不同的学科观念。自远古时期以来,人类一直尝试从不同视角对发生在周围世界的令人困惑且有时具有威胁性的事件进行解释,以消除疑惑。例如,关于浩瀚宇宙中日月星辰等天体的运行,人类创作了很多关于星空的神话并对其加以解释。科学家从科学的视角孜孜不息地进行探索,德国天文学家开普勒根据前人的观测和研究,于1609年和1619年先后提出了太阳系行星运动的三大定律,回答了“天体是怎样运行的”;牛顿1687年在《自然哲学的数学原理》一书中提出了万有引力定律,回答了“天体为什么会如此运行”。在长期不懈地科学探索的过程中,人们逐渐形成了相关的科学观念。亨普尔认为,物理观念是物理学家从物理科学视角提出的一种与我们的经验有清晰、逻辑的联系并且能进行客观检验的观念。^[14]物理观念总体而言是一种物理的自然观,是在物理知识基础上的提炼和升华。

物理知识是培养学生物理观念的载体,因此在信息迅速增长的信息时代,选择什么样的课程内容成为物理教育改革的重要议题。国际科学教育领域中的核心概念(core ideas)、大概念(big ideas)等表述方式与科学观念有着基本一致的内涵,已成为世界各国课程标准中的核心内容。例如,美国的《新一代科学教育标准》(Next Generation Science Standards),详细描述了涉及四个科学学科领域的“物质及其相互作用”“运动和静止:力和力的相互作用”“能量”等13个核心概念。^[20]基于高中物理课程内容,《普通高中物理课程标准(2017年版)》将物理观念界定为从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识;是物理概念和规律在头脑中的提炼与升华;是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础,主要包括物质观念、运动与相互作用观念、能量观念等要素。^[21]

物理观念的学习目的是为了学习者能够用相关知识去解释自然现象和实际问题。例如,人们很早就能描述一些天体的运行规律、大海潮起潮落的规律等,但却不能从物理学视角解释其原因,直到万有引力定律出现后,人们才能从物理学视角解释天体运行及大海潮起潮落的规律。若学生学习了万有引力定律,能背公式、解答公理性的题目,但却不会用此定律解释大自然的相关现象,那么并不能认为他拥有物理观念。当学生能用学过的物理知识去解释身边的现象,去解决生活中的问题,他便逐渐形成了物理观念,即具备了物理的自然观。

(二) 科学思维的内涵与解读

“思维”(thinking)来源于拉丁语“tongere”,意为“想知道”。《辞海》中对

思维的解释有三种。一是考虑,思量。二是指理性认识,或理性认识的过程,是人脑对客观事物能动的、间接的和概括的反映。思维的工具是语言,思维的形式是概念、判断、推理等,思维的方法是抽象、归纳、演绎、分析与综合等。三是与“存在”相对应,主要指意识、精神。^[22]科学思维主要援引自思维的第二种意义,指人脑对科学信息的加工活动,其比日常的思维更具逻辑性、严谨性、系统性和客观性。从物理学科视角而言,科学思维是对客观事物本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格,主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素。^[23]

科学研究的对象往往是复杂的,如果同时考虑所有因素,将使问题解决变得异常困难,有的甚至无法求解。在事物发展过程中,尽管有多种复杂的因素同时存在,但在一定条件下,有的因素决定着该事物的根本特征或主要运动趋势,而其他因素只起到次要作用。模型建构是在对客观事物进行抽象和概括的基础上,抓住其关键因素,构建能反映其本质特征的理想模型的科学抽象过程。模型能把客观事物的本质属性和基本关系以最纯粹的形式表示出来。因此,科学家们借助模型认识自然,揭示自然中蕴藏的规律,进而进行预言或解释。^[24]在高中物理课程中,有不少与模型建构有关的内容,如质点、单摆、弹簧振子、点电荷等理想模型,匀变速直线运动、简谐运动等理想过程,皆属于物理学中建构的模型。学生学习这些内容的主要目的是学习物理学的研究方法,形成科学抽象思维。

科学推理是科学思维的重要体现,不仅包括逻辑上的归纳推理、演绎推理和类比推理,而且包括分析与综合、抽象与概括、比较与分类等思维方式,还包括控制变量、组合推理、概率推理、相关推理、因果推理等推理形式。^[25]科学推理的核心是将理论与实证相结合,即一个科学家能够清晰地解释他所支持的理论,并知道哪些证据可支持它,哪些可反驳它,同时能对那些与理论不相符的实证进行解释,从而接受该理论而反对其他理论。^[26]而科学论证是以科学知识为依据,积极面对问题,对所获得的数据资料进行解释说明,提出自己的论点,反思自己和别人论点的不足并提出反论点,同时能反驳他人的质疑和批判的高级思维能力,^[27]是与科学推理关系密切的思维过程。质疑创新是科学思维的高级阶段,是批判性思维与创造性思维的体现。批判性思维与创造性思维是学生发展核心素养的重要成分。学生在面对新的情境或者具有挑战性的学习任务时,具有好奇心及开放性的态度,具有探索精神,能进行反思与质疑,敢于创新、勇于挑战,能提出新颖的、有价值的想法,并能付诸实践。

(三) 科学探究的内涵及其解读

“探究”(inquiry)源自拉丁文“inquirere”,由词根“in-”(在……里面)和

“-quaerere”(to seek)组成,意为“探寻事物内部的规律”。^[28]科学探究是指基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验和制定方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能力,主要包括问题、证据、解释、交流等要素。^[29]《普通高中物理课程标准(2017年版)》提出的科学探究的四大要素,与《普通高中物理课程标准(实验)》中的七大要素相比,其本质是一致的。

问题是科学探究的真正灵魂,“科学和知识的增长永远始于问题,终于问题——愈来愈深化的问题,愈来愈能启发新问题的问题”^[30]。善于发现和提出问题是科学探究的前提,有研究价值的问题往往来自质疑。波普尔认为,问题就是“背景知识中固有的预期与其所提出的观察或某种假说等新发现之间的冲突”^[31]。物理学史上这样的例子不胜枚举,如卢瑟福根据 α 粒子散射实验的结果,对汤姆孙的葡萄干原子模型提出了质疑,建立了原子的核式结构模型,对原子物理学的发展起到了重要的推动作用。卢瑟福善于把新发现的事实与原有认知之间的矛盾揭示出来,这就是质疑意识的体现。因此,增强学生的质疑意识,是提高学生发现和提出问题能力的重要途径。

科学探究首先是提出问题,形成猜想与假设,逐渐形成研究方案并获取证据,然后基于证据得出结论,最后对这一问题作出解释,在这一过程中还包括对科学探究过程和探究结果的交流、反思等。例如,有这样一个情境,重庆某长江大桥复线桥修建时,建筑工人需用钢缆将桥梁板从江水中提起,施工时采用了将桥梁板与水面成一定倾角出水的起吊方案。针对这个情境,学生可能会有这样的疑问:为什么要采用“将桥梁板与水面成一定倾角出水的起吊方案”? (问题) 学生根据实际情境,结合已有的认知,可能会猜想到这样的方案主要考虑的是桥梁板对钢缆的拉力作用,不同方案中桥梁板对钢缆的作用力大小可能不同(猜想与假设)。某研究性学习小组设计了两个模拟实验:将钢板从水下水平拉出和以一定倾角拉出,探究在拉出的过程中总拉力的变化情况(研究方案)。学习小组根据实验数据得到了两条曲线(证据),从实验曲线可以明显看出水平拉出水面时桥梁板对钢缆的作用力最大值会大很多,而以一定倾角拉出水面时的作用力最大值要小很多(结论)。因此,施工时为避免钢缆受到过大的拉力作用而采用了将桥梁板与水面成一定倾角出水的起吊方案(解释)。但这个探究实验并没有结束,继而会生发出新的问题:水平拉出水面时桥梁板对钢缆的作用力明显增大的原因是什么?实验中有哪些因素可能影响到测量的误差?这些问题将成为学生间相互交流的切入点(交流)。在相互交流中,学生会加深对实验设计及实验操作方法和分子动理论等物理内容的进一步理解。

由此可见,科学探究与我们生产生活中的实际情境密不可分,科学探究能力是学生应具备的关键能力之一。

(四) 科学态度与责任的内涵及解读

科学态度与责任是指在认识科学本质、认识科学·技术·社会·环境关

系的基础上,逐渐形成的探索自然的内在动力,严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度,以及遵守道德规范、保护环境并推动可持续发展的责任感,主要包含以下三个要素:科学本质、科学态度、社会责任。^[3]

曾有国外学者基于八种国际科学标准文献总结出对于科学本质的一致性看法:(1) 科学知识是多元的,具有暂时特征;(2) 科学知识在很大程度上依赖于观察、实验证据、理性的论据和怀疑,但又不完全依赖于这些东西;(3) 通向科学没有唯一的道路,因而没有一种普适的科学方法;(4) 科学是一种解释自然现象的尝试;(5) 在科学中,规律和理论起着不同的作用,因此学生应明白,即使有额外的证据,理论也并不会变成规律;(6) 来自一切文化背景的人都对科学做出了贡献;(7) 新的知识必须要清楚地、公开地得到报导;(8) 科学家需要保存准确的记录,需要同行评议,需要可复现性;(9) 观察渗透理论;(10) 科学家要有创造性;(11) 科学史既揭示了科学的进化的特征,也揭示了科学的革命的特征;(12) 科学是社会和文化传统的一部分;(13) 科学和技术彼此影响;(14) 科学思想受到其社会和历史环境的影响。^[3]可以看出,科学本质是回答“科学是什么”的问题,是科学本体论的问题,是对科学本身开展的全面的、哲学的认识。简言之,即如何看待“科学”。以时空观的发展为例,牛顿认为,绝对的时间自身在流逝着,因其本性而在均匀地、与任何外界无关地流逝着;绝对的空间,就其本性而言,是与外界任何事物无关的,永远是相同和不动的。时间和空间与物质及其运动无关,并且时间和空间是完全独立的。而爱因斯坦认为,绝对的时间和绝对的空间是不存在的,时间、空间与物质及其运动都有着密切的联系;同时,时间和空间之间也有着紧密的联系。由此便能看出,科学的结论是相对真理,科学本身是不断发展的。所以,在培养学生科学本质观时,要让学生用发展的眼光来看待科学、看待物理学。

科学态度与责任在《普通高中物理课程标准(实验)》中已有所提及,深刻表明科学与目前日益发展的社会关系紧密。一方面,科学服务于人类,整个社会的进步离不开科学,离不开作为科学基础学科的物理学的支持和发展。但另一方面,物理学的技术应用也带来一些问题,如核能缓解了能源危机,但也正是由于核能的利用,使人类面临核危机、核泄漏、核战争的危险。因此,引导学生形成正确的科学态度、科学价值观,理解物理学的人文关怀与社会责任是极其必要的。

综上所述,物理观念代表知识的内化,是其他核心素养的基础,科学思维和科学探究是关键能力,科学态度与责任是必备品格,物理学科核心素养的四个方面是物理学科本质和教育功能的集中体现,它们之间不能相互割裂,而是相互联系、互相渗透的。

四、基于培养学科核心素养的教学建议

21 世纪初的基础教育课程改革将我国基础教育的课程目标从原来的“双

基”调整为“三维目标”，本次颁布的新课标将“三维目标”提升为“核心素养”，物理学科随即提出了物理学科核心素养。课堂教学是落实学科核心素养培养的主阵地，因此，对学生的物理学科核心素养的培养也必须扎根于物理课堂教学中。那么，在日常课堂教学中，具体应该如何基于核心素养的培养进行教学呢？

首先，应深入分析课程内容中所蕴含的学科核心素养要素，做好教学设计。课程内容是课堂教学的承载，也是核心素养落实的主要载体。依据物理课程标准所编制的教科书必然反映了标准中的核心素养要求。因而，首先要依据教科书中的相关要求分析这一内容中所能体现的核心素养要素。例如，某版本教科书在每章都提出了“本章学业要求”，这主要是依据新课标中的物理学科核心素养、课程内容、学业质量水平，并综合考虑本章教材内容，通过内化后提出的，是学生学习本章内容后应形成的学习结果，是对学生的物理学科核心素养在不同维度上相关表现的描述。例如，必修1中与“牛顿运动定律”有关的“学业要求”如下所示：

能理解牛顿运动定律的内涵，能分析超重和失重现象，知道单位制的意义及国际单位制中的力学单位；能用牛顿运动定律解释生产生活中的相关现象、解决一些相关的实际问题。具有与牛顿运动定律相关的运动与相互作用观念。（物理观念）

能领悟理想实验的科学推理方法及其意义；能对动力学问题进行分析 and 推理，获得结论；能用与牛顿运动定律相关的证据表达自己的观点；能从不同角度解决动力学问题，具有质疑和创新的意识。（科学思维）

能完成“探究加速度与力、质量的关系”等物理实验：能从生活中的现象提出可探究的物理问题；能在他人帮助下制订科学探究方案，有控制变量的意识，会使用实验器材获取数据；能根据数据形成结论，会分析导致实验误差的原因；能参考教材撰写有一定要求的实验报告，在报告中能对实验操作提出问题并进行讨论，能用学过的物理术语等交流科学探究过程和结果。（科学探究）

通过与伽利略、牛顿相关的史实，能认识物理学研究是不断完善的；乐于将牛顿运动定律应用于日常生活实际；能认识牛顿运动定律的应用对人类文明进步的推动作用。（科学态度与责任）

由此可见，进行与“牛顿运动定律”相关的教学设计时，应注意从物理学科核心素养的四个维度去思考，针对每个维度还应考虑与之对应的要素。当然在将物理内容与学科核心素养建立联系时，不是每个内容都与物理学科核心素养的四个维度及其要素严格对应，而是有一定灵活性及侧重性，而且这需要一个长期的循序渐进的过程。有了这样的引导，教师在教学中会更清楚学生

应学习什么内容、为什么学习这些内容,能更好地领悟物理内容与物理学科核心素养、学业质量要求的关联。

在针对每一节、每一段具体的教学内容时,皆应从培养学生学科核心素养的角度思考。例如,在进入牛顿第一定律学习前,教科书从日常生活和物理学史两个视角引出学生朴素的运动观“力是维持物体运动的原因”。接着通过伽利略的理想实验反驳了这一观点,并进一步引出相对科学的运动观“力是改变物体运动状态的原因”,继而通过实验等引出牛顿第一定律。学习这段内容与培养学生的物理学科核心素养有什么联系呢。该教科书在此处通过“素养提升”栏目^①以画龙点睛的方式对所学内容的内在价值进行了提炼,侧重从科学思维和科学态度与责任两个维度再次强调了此段内容的教育功能。

其次,应在教学过程中时刻注意培养学生的物理学科核心素养。这种教学的提升应渗透于教学的各个环节及具体操作中。例如,曾有教师在引入动量定理时这样进行教学:他拿出两个鸡蛋进行实验演示,提问学生“老师手中的两个鸡蛋若在同样的高度放手,一个直接掉到桌面上,另一个掉到桌面的软垫上,哪一个鸡蛋更容易破?”学生们回答直接掉在桌面上的鸡蛋更容易破。接下来,老师拿着两个鸡蛋在同样的高度放手,果然直接掉在桌面上的那个鸡蛋破了,而掉到软垫的鸡蛋没有破。

若从提升学生物理学科核心素养的角度来看,这个教学设计至少有以下三点需要改进:(1)教师的问题缺少迷惑性。学生已知结论(掉到桌面上的鸡蛋先破),导入实验变成简单的验证性实验,缺少问题特征、没有悬念,不能“以惑为诱”“以问促学”。从“科学态度与责任”的维度来看,这样的教学设计很难激发学生的探索欲望和学习兴趣,这与培养学生的科学态度等素养有关联。(2)导入实验中未能有效地控制变量,如软垫有一定的高度,使得两个鸡蛋下落的高度不同等。从培养学生“科学思维”的维度来看,教师还应清楚为什么要学习控制变量法,若不控制变量,我们得到的结论会有什么问题,这与培养学生的科学思维与科学探究等素养有关联。(3)实验中鸡蛋破了(且该节课破了若干鸡蛋),若非必须如此,教学设计应从社会责任的视角考虑科学-技术-社会-环境问题,让学生在潜移默化中养成保护环境、珍惜自然资源的社会责任感。

另有教师对导入稍作调整,其效果便大不同:教师拿出鸡蛋,告诉学生本节内容与这枚鸡蛋有关,在他讲的过程中“不小心”让鸡蛋掉下去了。根据生活常识,学生认为鸡蛋破了。接着教师捡起鸡蛋,大家发现其没有破。为何鸡蛋没破?为何与日常经验不一样?然后,教师再弯腰捡起讲台后的软垫,告诉大家因为有它,所以鸡蛋没破。

^① “素养提升”栏目内容为:能领悟理想实验的科学推理方法及其意义;能从不同角度解决动力学问题,具有质疑和创新的意识。通过与伽利略、牛顿相关的史实,能认识物理学研究是不断完善的。(科学思维、科学态度与责任)

这样的调整使第一位老师教学中出现的三个问题得到化解。首先有一定悬念——“为何鸡蛋没有破?”,从而使学生产生认知冲突,有利于引导学生走进课堂。另外,避免控制变量的问题,突出软垫的缓冲作用,为学生学习动量定理做出铺垫。再者,从资源保护角度看,鸡蛋没有破,还可继续发挥作用,这样的设计能更好培养学生的科学态度与责任。

总体来看,教学方式的调整不能停留于形式,不是某种讲解或活动或应用的堆积。真正有意义的课堂变革,应定位于如何有效培养学生的核心素养,如何充分体现课程的核心价值,应站在学生发展、民族兴旺、全人类文明进步的高度,应以“润物细无声”的方式有内涵、有设计地循序渐进地进行,让学生形成物理自然观,认识自然、理解自然;具有科学思维特质,懂得推理、善于论证、勇于创新;成为科技探索者,善于发现、有效解决问题;能实事求是、追求真理,有更好地为社会发展和人类进步做出努力的境界与责任的襟怀。

参考文献:

- [1] OECD. The Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary [EB/OL]. <http://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf>. 2005-5-27/2018-5-20.
- [2] The European Parliament and the Council of the European Union. Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on Key Competences for Lifelong Learning [EB/OL]. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:en:PDF>. 2006-12-30/2018-5-20.
- [3] [7] 林崇德. 中国学生核心素养研究 [J]. 心理与行为研究, 2017(2): 145-154.
- [4] Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning [EB/OL]. http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21-framework_0816_2pgs.pdf. 2017-1-16/2018-11-05.
- [5] 辛涛, 姜宇, 林崇德, 等. 论学生发展核心素养的内涵特征及框架定位 [J]. 中国教育学刊, 2016(6): 3-7.
- [6] 中华人民共和国教育部. 教育部关于全面深化课程改革 落实立德树人根本任务的意见 [EB/OL]. <http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s7054/201404/167226.html>. 2014-3-30/2018-5-18.
- [8] [12] [17] [21] [23] [29] [32] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 1-5.
- [9] 钟启泉. 基于核心素养的课程发展: 挑战与课题 [J]. 全球教育展望, 2016(1): 3-25.
- [10] 中国大百科全书出版社编辑部. 中国大百科全书(物理学) [M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1987: 1.
- [11] 李佩珊, 许良英. 20世纪科学技术简史(第二版) [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 742.
- [13] 郝柏林. 物理是一种文化 [J]. 物理通报, 2012(12): 2-5.
- [14] [25] [27] 廖伯琴. 普通高中物理课程标准(2017年版) 解读 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 30, 56, 56.
- [15] 美国国家科学基金会教育与人力资源部中小学及校外教育处. 小学科学教学的思想、观点与策略 [M]. 罗星凯, 等, 译. 北京: 人民教育出版社, 2003: 6.
- [16] 德国物理学会. 新世纪物理学 [M]. 中国物理学会, 译. 济南: 山东教育出版社, 2005: 3.

- [18] [日] 小川仁志. 完全解读哲学用语事典 [M]. 郑晓兰, 译. 武汉: 华中科技大学出版社, 2016: 54.
- [19] [美] 亨普尔. 自然科学的哲学 [M]. 张华夏, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2015: 74.
- [20] Achieve. Next Generation Science Standards [EB/OL]. https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/resource/files/How%20to%20Read%20NGSS%20-%20Final%2008.19.13_0.pdf. 2013-4/2019-4-26.
- [22] 夏征农, 陈至立. 辞海(第六版) [M]. 上海: 上海辞书出版社, 2009: 2130.
- [24] 齐磊磊, 张华夏. 论模型——它的概念、分类与评价标准 [J]. 科学技术哲学研究, 2018(3): 16-21.
- [26] [美] 劳拉·E·贝克. 婴儿、儿童和青少年(第5版) [M]. 桑标, 等, 译. 上海: 上海人民出版社, 2014: 728.
- [28] 陆谷孙. 英汉大辞典 [M]. 上海: 上海译文出版社, 2007: 979.
- [30] [英] 卡尔·波普尔. 猜想与反驳 [M]. 傅季重, 等, 译. 上海: 上海译文出版社, 1986: 318.
- [31] 林定夷. 科学的进步与科学目标——科学认识论与方法论之探究 [M]. 杭州: 浙江人民出版社, 1990: 148.
- [33] McComas, W. F. & Almazroa, H. The Nature of Science in Science Education: An Introduction [J]. Science & Education, 1998 (7): 511-532.

Explanation of the Physics Core Competencies and Instructional Suggestions in Senior High Schools

LIAO Boqin, LI Hongjun & LI Xiaoyan

(Center for Studies of Education and Psychology of Minorities in Southwest China, Southwest University, Chongqing, 400715, China; The Research Center for Science Education in Southwest University, Chongqing, 400715, China; The Research Center for Science Education in Southwest University, Chongqing, 400715, China; School of Education, Huaibei Normal university, Huaibei, 235000, China)

Abstract: The physics core competencies and its implementation has become the focus of many scholars and teachers since Physics Curriculum Standards for senior high schools (2017 Edition) was issued. Discipline core competencies are mainly determined by the connotation and nature of the discipline. Physics is a basic discipline in the field of natural science, and the physical core competencies can be summarized as physics ideas, scientific thinking, scientific inquiry and scientific attitude and responsibility. The connotation of the physics core competencies is more profound than the three-dimension objectives, and further highlights the educational function of the discipline. Therefore, in teaching practices, teachers need to explore the core competencies of instructional content to reflect the connotation and core value of physics discipline, and pay attention to the cultivation of students' physics core competencies constantly.

Key words: core competencies; discipline core competencies; physics core competencies; instructional suggestions

(责任校对: 王冰如)