科学知识视域下 PISA2025 与我国 2022 年版《课标》的对比研究

张　元　彭朝阳

（云南师范大学物理与电子信息学院　云南　昆明　650500）

摘　要：时隔十年，PISA2025 测评将再次以科学为主测评领域. 在科学知识维度，专家组分别就内容知识（Content Knowledge）、程序性知识（Procedural Knowledge）、认识论知识（Epistemic Knowledge）对世界科学教育提出了新要求. 深入分析这些要求的内涵，并与《义务教育物理课程标准（2022 年版）》相关要求进行对比分析，以期为我国义务教育阶段物理课程实践提供借鉴和启示.

关键词：PISA2025；课程标准；内容知识；程序性知识；认识论知识

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008－4134（2024）24－0021－05

《义务教育物理课程标准（2022 年版）》（以下简称 2022 年版《课标》）要求构建反映时代特征，具有中国特色、世界水准的义务教育课程体系[1]. 这就要求物理教育工作者在学习和使用 2022 年版《课标》时必须具备国际视野，对标国际物理（科学）教育的目标，符合国际物理（科学）教育的发展趋势. 国际学生评估项目（PISA）以 15 岁学生为研究对象，与我国义务教育阶段学生年龄一致，具有极高的参考价值. 本文将对比 2022 年版《课标》与 PISA2025 对于科学知识层面的要求，旨在探索二者的区别与联系，为我国义务教育阶段物理教学提质增效建言献策.

1　PISA2025 简介

PISA 是经济合作与发展组织（OECD）（下文简称经合组织）进行的 15 岁学生评价研究项目. 1997 年开始，PISA 每三年选择阅读、数学、科学能力三大领域的其中一项作为重点测评领域[2]. 2023 年 6 月，经合组织发布《PISA2025 科学素养测评框架（草案）》（*PISA*2025 *SCIENCE FRAMEWORK*（*DRAFT*）），为下一阶段世界各国科学教育提供指南针与脚手架.

PISA2025 专家组将科学素养划分为背景、科学能力、科学知识和科学身份四个维度（见表 1）. PISA2025科学测评极具前瞻性和实际应用价值，代表了全球课程改革的趋势，因此其可以为我国科学教育课程改革提供宝贵的参考[3].

表 1　PISA2025 科学测评框架

背景	科学能力	科学知识	科学认同
个人	科学地解释现象	内容知识	科学资本与认知信念
地方	构建和评估科学探究的设计，批判性地解释科学数据和证据	程序性知识	态度与性格
全球	研究、评价和利用科学信息进行决策和行动	认识论知识	环保意识、关注和机构

2　PISA2025 与 2022 年版《课标》科学知识层面的比较

PISA2025 专家组遴选已经建立并具有持久实用性的重要科学概念，强调知识与现实生活的相关性和与 15 岁孩子认知水平的适配性. 将知识划分为内容知识、程序性知识和认识论知识三大类，又将这三类知识按内涵继续细分，形成科学知识框架[4]（如图 1 所示）.

2022 年版《课标》的课程内容包含五个一级主题：物质、运动和相互作用、能量、实验探究、跨学科实践. 物质、运动和相互作用、能量三个一级主题与旧课标基本一致[5]. 实验探究主题旨在强调义务教育物理

基金项目：云南省教育厅科学研究基金项目资助课题“PISA 视域下基于社会性科学议题的中学科学教育实践研究”（项目编号：2024Y181）.

作者简介：张元（2001—），硕士研究生，研究方向：物理课程与教学论.

通讯作者：彭朝阳（1971—），博士，教授，博士生导师，研究方向：物理课程与教学、天体物理.

中国知网　https://www.cnki.net

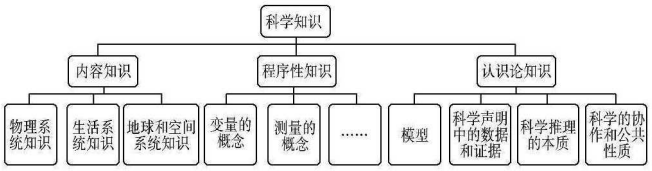


图 1 科学知识框架

课程必须立足于实验,加强学生的实践动手能力. 跨学科实践要求学生学以致用,将物理课程与日常生活、工程实践、社会发展联系起来[1].

对比来看,PISA2025 内容知识中的物理系统知识与 2022 年版《课标》的“物质”“运动和相互作用”“能量”三个一级主题较为吻合;PISA2025 程序性知识包括变量、测量等概念,而 2022 年版《课标》中“实验探究”将实验分为两类:测量类实验和探究类实验,由此可见两者联系紧密;PISA2025 认识论知识为科学探究提供了基本知识,为科学实践提供了基本原理[4],所以笔者认为其与 2022 年版《课标》中“实验探究”和“跨学科实践”部分具有很强的可比性(见表 2). 笔者以 PISA2025 科学知识框架为基准,从内容知识、程序性知识和认识论知识三个方面将二者进行对比分析,找出 2022 年版《课标》的不足,为我国义务教育阶段物理课程知识层面的发展提供参考.

表 2 PISA2025 与 2022 年版《课标》科学知识层面的比较

PISA2025 科学知识的分类	2022 年版《课标》对应的一级主题
内容知识中的物理系统知识(包括物质的结构和性质、物质的化学变化、运动和力、远距离作用、能量及其转移、能量和物质之间的相互作用)	物质
	运动和相互作用
	能量
程序性知识(包括变量、测量……)	实验探究(测量类、探究类实验)
认识论知识	实验探究、跨学科实践

2.1 内容知识的比较

PISA2025 科学知识在内容上分为物理系统知识、生活系统知识、地球和空间系统知识,受研究重点的限制,本文仅研究其物理系统知识的特点. 2022 年版《课标》中“内容要求”指向“学什么”,强调对结构化系统知识的学习[6]. 因此,笔者将 PISA2025 中物理系统知识与 2022 年版《课标》中“内容要求”进行对比,分析二者的异同之处(见表 3).

表 3 内容知识的比较

PISA2025 物理系统知识的要求		2022 年版《课标》对于内容知识的要求
Structure and properties of matter 物质的结构和性质	Particle model 粒子模型	知道常见的物质是由分子、原子构成的,知道原子是由原子核和电子构成的,了解原子的核式结构模型
	Bonds 键	无
	Changes of state 状态变化	经历物态变化的实验探究过程,知道物质的熔点、凝固点和沸点,能运用物态变化知识说明自然界和生活中的有关现象
	Thermaland electrical conductivity 导热性和导电性	通过实验,了解物质的导电性;比较导体、半导体、绝缘体导电性能的差异;通过实验,了解金属与木材导热性能的差异
Chemical changes of matter 物质的化学变化	Chemical reactions 化学反应	无
	Energy transfer 能量转移	通过实验,认识能量可以从一个物体转移到其他物体,不同形式的能量可以相互转化
	Acids/bases 酸/碱	无
Motion and forces 运动和力	Velocity 速度	能用速度描述物体运动的快慢,并能进行简单计算;会测量物体运动的速度
	Friction 摩擦力	通过常见示例或实验,了解摩擦力;探究并了解滑动摩擦力大小的影响因素

中国知网 https://www.cnki.net

续表 3

PISA2025 物理系统知识的要求		2022 年版《课标》对于内容知识的要求
Action at a distance 远距离作用	Magnetic、gravitation 磁力、引力	通过实验,了解通电导线在磁场中会受到力的作用,并知道力的方向与哪些因素有关
	Electrostatic forces 静电力	无
	Forces and interactions 相互作用	形成初步的运动和相互作用观念
Energy and its transfer 能量及其转移	Conservation 守恒	知道能量守恒定律,列举日常生活中能量守恒的实例,有用能量转化与守恒的观点分析问题的意识
	Dissipation 耗散	知道能量的利用存在效率问题,100% 的能量利用率只是一种理想情况
	Chemical reactions 化学反应	无
Interactions between energy and matter 能量和物质之间的相互作用	Light waves 光波	探究并了解光的反射定律;通过实验,了解光的折射现象及其特点
	Radio waves 无线电波	知道电磁波,知道电磁波在真空中传播的速度,知道波长、频率和波速,了解电磁波的应用及其对人类生活和社会发展的影响
	Sound and seismic waves 声波和地震波	了解声音的特性,了解现代技术中声学知识的一些应用,知道噪声的危害及控制方法
	Absorption of radiation bycarbon dioxide 二氧化碳对辐射的吸收	践行低碳生活,具有节能环保意识

总的来看,二者的内容知识基本一致. 但是 PISA2025 物理系统知识中“键”“酸/碱”“化学反应”属于义务教育阶段化学课程的内容,“地震波”属于义务教育阶段地理课程的范畴,在 2022 年版《课标》中没有得到体现. 此外,“静电力”和“引力”概念在我国属于高中阶段物理课程的内容,在 2022 年版《课标》中也没有相应的要求.

2.2 程序性知识的比较

在解答与概念、定理、命题等相关的问题时,常常可以运用内容知识进行有效解决. 而针对“如何做”类型的问题,则需要运用程序性知识,这种知识具有实际可操作性,能够针对具体问题快速取用[7]. PISA2025从较为细节的变量控制出发,到整体调查设计的方法,对学生的程序性知识提出了要求;2022 年版《课标》则将对于程序性知识的要求蕴含在“实验探究”主题的“内容要求”和“学业要求”之中(见表 4).

表 4 程序性知识的比较

PISA2025 对于程序性知识的要求	2022 年版《课标》对于程序性知识的要求
The concept of variables including dependent, independent and control variables 变量的概念,包括自变量、因变量和控制变量	探究……的大小与哪些因素有关(例如:探究滑动摩擦力的大小与哪些因素有关)
Concepts of measurement, quantitative(measurements), qualitative(observations) 测量的概念,如定量(测量)、定性(观察)	测量……(例如:用电流表测量电流),观察……(例如:观察摩擦起电现象)
The use of a scale, categorical and continuous variables 尺度的使用,分类变量和连续变量	了解……的尺度(例如:了解物质世界的大致尺度),分类变量如固体、液体、气体,连续变量如温度
Ways of assessing and minimising uncertainty such as repeating and averaging measurements Mechanisms to ensure the precision and accuracy of data 评估和减小不确定性的方法,如重复和平均测量,确保精确度和数据准确性的机制	正确使用已学实验器材收集数据,能对数据进行整理,归纳总结,形成结论并作出解释

中国知网 https://www.cnki.net

续表4

PISA2025对于程序性知识的要求	2022年版《课标》对于程序性知识的要求
Common ways of abstracting and representing data using tables, graphs and charts and their appropriate use 使用表格、图形和图表抽象和表示数据的常用方法及其适当用法	能根据实验目的整理信息,会用简单的图像或表格描述信息,能通过信息比较或图像分析发现其中的特点
The control of variables strategy and its role in experimental design or the use of randomized controlled trials to avoid confounded findings and identify possible causal mechanisms 变量控制策略及其在实验设计中的作用或使用随机对照实验以避免混淆结果并确定可能的因果机制	能针对提出的问题,运用控制变量法等制订比较合理的科学探究方案
Given a scientific question, what might be an appropriate design for its investigation? Experimental, field based or pattern seeking, the role of controls to establish causality 给定一个科学问题,什么是合适的调查设计?以实验或实地模式寻找,控制建立因果关系的作用	知道科学探究会受到各种因素的影响,在实验中能关注主要因素,忽略次要因素
What processes of peer vetting are used by the scientific community to ensure knowledge claims are trustworthy? 科学界采用什么样的同行审查程序来确保知识主张是可信的?	基于事实证据和科学推理对不同信息、观点和结论进行质疑和批判,予以检验和修正,进而提出创造性的见解

整体来看,PISA2025与2022年版《课标》对于程序性知识的要求高度吻合.但是在实验原理分析和数据处理的要求上,2022年版《课标》相较PISA2025略有不足.例如,PISA2025要求学生明确“什么是合适的调查设计”,能通过“实验或实地”方式寻找和验证,而2022年版《课标》仅要求学生“知道科学探究会受到各种因素的影响”,要在实验中“关注重要因素,忽略次要因素”.仔细分析两者的表述,可以明显地发现,2022年版《课标》对于实验原理分析的要求不及PISA2025.又如,PISA2025要求掌握“评估和减小不确定性的方法”,而2022年版《课标》要求“能对数据进行整理,归纳总结,形成结论并作出解释”,显然2022年版《课标》对于实验中数据处理的科学思维和科学方法要求略低.

2.3 认识论知识的比较

认识论知识是科学知识建构过程中必不可少的结构,是对科学知识合理性的解释和证明.PISA2025在“模型”“科学声明中的数据和证据”“科学推理的本质”“科学的协作和公共性质”这四方面对认识论知识提出了要求,而2022年版《课标》主要在“实验探究”和“跨学科实践”主题中的“目标要求”和“学业要求”部分对这些认识论要求作出规定(见表5).

表5 认识论知识的比较

PISA2025对于认识论知识的要求	2022年版《课标》对于认识论知识的要求
Models 模型	知道建构模型是物理研究的重要方法 (例如:了解原子的核式结构模型)
Data and evidence in scientific claims 科学声明中的数据和证据	有判断实验数据是否合理、有效的意识;能从物理学视角对不合理的说法进行质疑并说出理由,发表自己的见解
The nature of scientific reasoning 科学推理的本质	初步认识科学本质,在归纳和演绎中会引用证据,养成使用证据的习惯,具有利用证据进行论证的意识
The collaborative and communal nature of the sciences 科学的协作和公共性质	具有严谨认真的科学态度,既坚持原则,又能与他人合作;具有保护环境、节约资源、促进可持续发展的责任感

由表5可知,PISA2025对于认识论知识的要求在2022年版《课标》中基本都得到了体现,但是,在认识论知识的深度上,2022年版《课标》并没有达到PISA2025对于认识论知识的要求.例如,PISA2025强调要认识“科学推理的本质”,这是一种对学生思维能力的要求,而2022年版《课标》要求“初步认识科学本

中国知网 https://www.cnki.net

质”,从严格意义上讲还是一种内容知识,没有达到认识论层面.

3 总结与建议

通过内容知识、程序性知识、认识论知识的比较,可以发现 PISA2025 科学知识框架与 2022 年版《课标》对知识的要求基本一致. 但是,在知识的深度、广度上,2022 年版《课标》科学知识框架与 PISA2025 还存在差异. 笔者就三种知识的比较结果,提出以下建议,以求改善 2022 年版《课标》知识体系,使之更好地与国际接轨.

(1)在内容知识方面,PISA2025 物理系统知识与 2022 年版《课标》相比更为全面. 我们应当借鉴这种系统性的知识构建方式,依据我国义务教育科学课程的新要求,围绕核心知识点构筑完整的知识体系,以大科学教育理念构建跨学科的教学实践[8]. 跨学科的综合性教育(例如,将义务教育阶段物理、化学、地理相关联的知识点结合)不仅能够帮助学生理解科学知识的特征,而且还能更好地培养学生的科学观念.

(2)在程序性知识方面,2022 年版《课标》与 PISA2025 在实验原理分析和数据处理的要求上具有明显的差距,这体现出我国实验教学浅层化、学生对实验机理认识不足的现象[9]. 首先,我们可以借鉴国外“不强调做什么实验、怎么做实验”的思想,在实验设计、仪器选取等方面给予学生更高的自由度[10];其次,要去除“实验必须成功”的思想,引导学生积极探索实验“失败”的原因,掌握必要的分析处理数据的数学方法;最后,要带领学生在实验结束以后及时进行反思,深刻理解实验背后的机制和原理.

(3)在认识论知识方面,2022 年版《课标》与 PISA2025 在深度上存在显著距离. 因此,教师应当结合 PISA2025 对认识论知识的要求,加强对于学生思维深度的训练. 一方面,学生的思维习惯大多是在解决问题的过程中形成和发展的,而问题本身往往是由真实场景所引发的. 因此,针对特定的教学目标,教师可以构建富含思维活动的情境,在其中唤醒学生的问题意识,发掘他们的思维潜力,从而有效地提升学生的思维能力. 另一方面,科学方法的学习过程也是形成科学思维的温床. 物理学中有着丰富的思维方法,比较、分类等逻辑思维方法和形象思维、直觉思维等非逻辑思维方法都为加深学生的思维深度奠定了重要基础[11-12].

4 结语

综上所述,在科学知识方面,2022 年版《课标》较之 PISA2025 的要求还有不小的差距,这就要求广大物理教育工作者要正视科学知识教学中的不足,对于内容知识、程序性知识、认识论知识上的缺失采取不同的改进手段,有的放矢,对症下药. 同时,我们不能继续“闭门造车”,而要具备国际视野,以世界标准衡量我们的教学质量,使中国的物理教育跟上世界先进国家的脚步.

参考文献:

[1]中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.

[2]姚建欣,刘奕轩,孟丹宁. PISA2025 科学素养测评愿景展望与启示[J]. 上海教育科研,2023(07):35-40.

[3]陈法宝. PISA 测评对世界课程改革的影响与启示[J]. 现代教育管理,2021(03):108-113.

[4]Organizationfor Economic Cooperation and Development. PISA2025 SCIENCE FRAMEWORK (DRAFT)[R]. Paris,2023.

[5]姜爽,李春密.《义务教育物理课程标准(2022 年版)》的变化分析和教学启示[J]. 物理教学,2022,44(08):7-10,22.

[6]李春密.《义务教育物理课程标准(2022 年版)》课程内容与教学实施的思考[J]. 物理教学探讨,2022,40(12):1-6,12.

[7]赖美君,彭朝阳. 程序性知识的教与学——以“探究二力平衡的条件”教学为例[J]. 物理教学,2018,40(11):51-53.

[8]范冬萍,魏鉴海. 科学教育的科学本质观争论与跨学科 HPS 教学进路[J]. 自然辩证法研究,2023,39(08):125-130.

[9]蔡卫东,陈扣余. 物理实验育人的实践探索与理论研究——基于江苏省前黄高级中学物理实验教改的 30 年探索[J]. 物理教师,2022,43(06):68-71.

[10]杜明荣,邹沅珂,张晋. 中瑞义务教育“物理课程标准”比较研究[J]. 物理教学,2020,42(06):75-78.

[11]王高. 用思维变革物理教育[J]. 物理教师,2020,41(03):10-13.

[12]张元,彭朝阳. 义务教育物理课程标准与科学课程标准(物理部分)课程内容的对比研究——以“能量”主题为例[J]. 中学物理,2024,42(16):32-35.

(收稿日期:2024-08-09)

中国知网 https://www.cnki.net