

# PISA 科学素养框架“十年之变”对物理学科关键能力评价的启示

李咏璇, 区艺锋, 周少娜\*

华南师范大学物理学院, 广州 510006

**摘要:** PISA 是评价 15 岁学生阅读、数学、科学素养的国际大型测评项目, PISA 科学素养的测评框架具有一定的指导价值。基于 PISA 科学素养框架从 2015 到 2025 的“十年之变”, 挖掘其变化趋势, 对于中学物理学科关键能力评价, 提出以真实情境为载体, 以物理学科关键能力为重心, 以核心价值为导向的评价启示。

**关键词:** PISA2025; 科学素养框架; 物理学科关键能力

**中图分类号:** G633.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-6148(2024)3-0092-5

物理学科关键能力能够反映学生接受物理课程学习后在理解能力、推理论证能力、模型建构能力、实验探究能力和创新能力等方面的发展与变化<sup>[1]</sup>。高考评价体系中的关键能力, 是指即将进入高等学校的学生所必须具备的能力, 即学生在面对与学科相关的生活实践或学习探索问题情境时, 能够高质量地认识问题、分析问题、解决问题<sup>[2]</sup>。研究表明, 课程改革后高考物理不断探索能力考查的方式方法, 如注重理论联系实际、创新试题情境和呈现方式、加强科学探究能力的考查等, 着重考查学生灵活运用知识解决物理问题的能力<sup>[3]</sup>。

由经济合作与发展组织 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 发起的国际学生测评项目 (Program for International Student Assessment, PISA) 是目前世界上规模最大、覆盖面最广、受关注度最高的国际性大数据测评项目, 是衡量 15 岁学生阅读、数学、科学能力的评价研究项目。2023 年 6 月, OECD 发布了《PISA2025 科学素养测评框架(草案)》, 对科学测评方向作出了重大调整<sup>[4]</sup>, 其中, 框架明确说明学生的科学学习成果由框架中的科学能力决定<sup>[5]</sup>。因此, 本研究运用文本分析法, 对 PISA2015 与 PISA2025 科学素养测评框架内容进行对比分析研究, 旨在为中学物理关键能力评

价提供相应的建议。

## 1 PISA 科学素养“十年之变”

PISA 从 2000 年开始, 每隔 3 年测评一次。受新冠疫情影响, 最新一次测评延后至 2022 年实施测试, 以至于本应以科学素养为测评重点的 2024 年相应推迟一年。因此, 最新出炉的 PISA2025 科学素养测评框架与 PISA2015 科学素养测评框架形成了遥相呼应的“十年之约”。有研究发现, 随时间推移, 测评框架更具体地反映了时代对具备科学素养的人要求的变化, 即 PISA 科学素养框架的革新反映了时代的发展与进步<sup>[6]</sup>。

### 1.1 框架内容之变, 显内涵之发展

PISA2015 科学素养评估框架由情境、能力、知识、态度四要素组成, 且科学素养是由能力进行定义, 测评结果主要通过对学生能力的考查体现学生的科学素养。四要素之间的关系如图 1 上半部分所示, 以能力为主要考查点, 学生需要在特定情境下展现科学能力, 学生的科学能力会受到所学的知识与所具备的态度影响。

PISA2025 科学素养评估框架依然由四要素组成, 即情境、能力、知识、科学认同, 四者之间的关系与 PISA2015 相似, 如图 1 下半部分所示。值得注意的是, PISA2025 科学素养评估框架淡化了对科学素养的定义, 高度强调科学能力观, 强

收稿日期: 2023-12-30

作者简介: 李咏璇(2000-), 女, 硕士研究生, 主要从事物理课程与教学论研究。

\* 通信作者: 周少娜(1983-), 女, 教授, 主要从事物理课程与教学论研究。

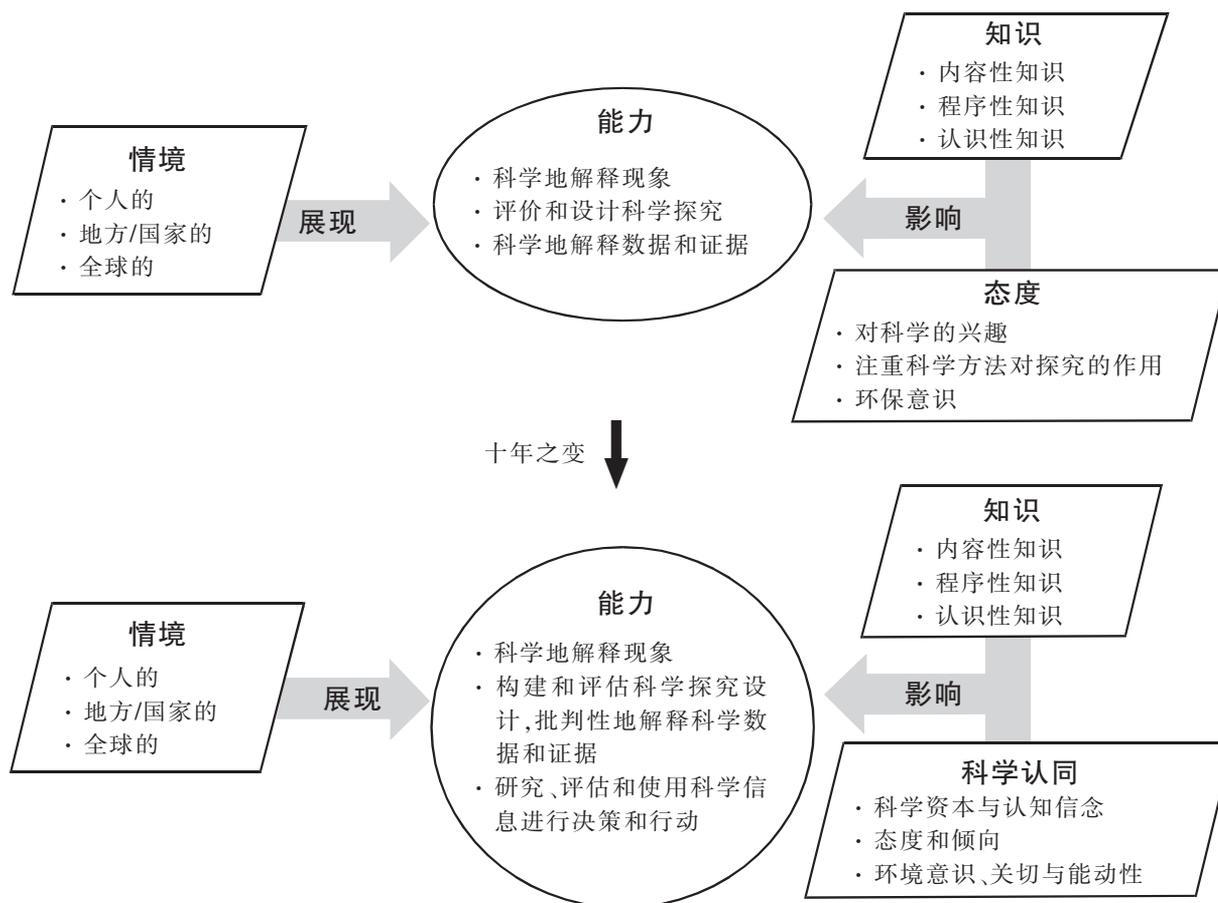


图1 PISA2015到PISA2025科学素养评估框架的变化

调科学知识在日常生活中的应用,即科学教育培养的能力是科学教育的关键成果。

时过十年,两轮框架是一脉相承的。PISA不仅仅关注学生表层所学的科学知识,更重视学生通过科学知识的学习而内化到自身的科学能力,以此判断15岁少年是否具备应对21世纪的困难与挑战。两轮框架均认为科学能力在特定情境下体现,并且由知识以及内在因素而影响。十年的变迁过程中,科学素养评估框架不断革新,革新的同时反映了时代对科学素养内涵认识的发展。对比两次框架可以发现,情境与知识的分类并没有发生变化,主要变化体现在对科学能力的修改和补充,以及拓展了对学生价值观的定义,将2015中的“态度”纳入新增的维度“科学认同”之中。可以发现,PISA科学素养评估框架对科学能力越发重视,同时,对学生的内在因素进行更细化的阐述,提出更宏观的要求。

## 1.2 科学能力之变,呈时代之需要

科学能力是在科学教育过程中学生将科学知识内化自身后表现出的能力,学生在生活实践中对科学的应用反映了其科学能力的强弱。

PISA2015认为,一个有科学素养的人参与有关科学和技术的理性论述时需要三种能力,分别是“科学地解释现象”“评价和设计科学探究”“科学地解释数据和证据”。同时,PISA2015通过一系列认知操作对三种能力进行描述与解释,比如,在“科学地解释现象”维度中运用“识别”“评估”“解释”等动词进行解释。

随着时代的飞速发展,PISA对科学能力的要求也发生变化。PISA2025在PISA2015的基础上发展了三种科学能力,第一种能力保持不变,将后两种能力合为一种能力,要求学生对数据进行“批判性”思考,并新增了一种对科学信息决策和行动的能力,强调了科学信息的重要性。PISA2025的三种科学能力分别为“科学地解释现象”“构建和评估科学探究设计,批判性地解释科学数据和证据”“研究、评估和使用科学信息进行决策和行动”。同样,PISA2025通过一系列认知操作对三种能力进行描述与解释,比如,“构建和评估科学探究设计,批判性地解释科学数据和证据”运用“识别”“设计”“评估”等动词进行解释。

为进一步对比PISA2015和PISA2025能力

之间的变化趋势,本研究对 PISA 定义三种能力所用的动词进行分析。为了便于整理分析,本研究将描述的文字进行归类 and 转化,将“描述一系列方法”“得出结论”归为“归纳”的动作;将“使用”归为“应用”的动作;将“生成模型”归为“构建”的动作;将“提出方法”“实验设计”归为“设计”的动作;将“解释性假设”归为“假设”的动作。

经过整理,两次框架中共出现 18 个动词,分别为回忆、认识、搜索、归纳、识别、转换、解释、应用、证明、区分、分析、构建、设计、预测、评估、假设、批评、交流。本研究对所出现的动词次数进行统计,并根据布鲁姆认知层级对所有出现的动词进行六个维度的分类(表 1)。

表 1 布鲁姆认知层级分类下 PISA2015 与 PISA2025 科学能力的动作频次

布鲁姆认知层级分类		记忆			理解			应用		分析		评价			创新				
年份	科学能力	回忆	认识	搜索	归纳	识别	转换	解释	应用	证明	区分	分析	预测	评估	假设	批评	交流	构建	设计
2015	科学地解释现象	1				1		1	2				1		1			1	
	评估和设计科学探究				1						1			1					1
	科学地解释数据和证据				2	1	1	1			1	1		1					
2025	科学地解释现象	1	1			1	1	1	2	1			1	1	1			1	1
	构建和评估科学探究设计,批判性地解释科学数据和证据				1	1		1						2					1
	研究、评估和使用科学信息进行决策和行动			1				1		1	1			1		1	1	1	1

如表 1 所示,在 PISA2015 的基础上,PISA2025 的科学能力增加或调整了动作和要求。例如,“科学地解释现象”中增加了“认识”“转换”“证明”“设计”“评估”几项动作要求;“构建和评估科学探究设计,批判性地解释科学数据和证据”的科学能力则将“转换”调至“科学地解释现象”,将“区分”调至“研究、评估和使用科学信息进行决策和行动”。由表中数据对两次评价的科学能力进行纵向对比,可以发现 PISA2025 在“记忆”层面增加“搜索”的动作,反映出学生需要具备在信息时代的信息检索能力。PISA2025 在“评价”维度增加

动作,“批评”的增加意味着需要学生运用批判性思维进行问题的解决,“交流”的增加意味着需要学生具备合作解决问题的能力。

### 1.3 情境背景之变,随时事之脚步

PISA 的情境共分为 15 类,在三种不同的范围内分为五种不同的应用领域。进一步细看应用领域,PISA2025 在应用领域中进行部分调整。根据时代的发展,PISA 框架对 15 类情境中的具体情境进行了调整。主要调整内容为新增、删减、补充以及移动,调整内容如表 2 所示。

表 2 PISA2025 在 PISA2015 基础上的变动(科学情境)

PISA2025 在 PISA2015 基础上的新增、删减、补充和移动			
	个人的	地方/国家的	全球的
健康与疾病	新增疫苗接种	新增肥胖	将流行病的英文单词“epidemics”修改为“pandemics”;删减了传染病的扩散
自然资源	新增个人对食物种类的消耗,本地生产的食品的消耗,选择非乳制品和素食主义	新增采矿和资源开采的影响,可再生能源的生产	新增了可持续利用土地、生物多样性及价值;补充可再生和不可再生的对象“能源”
环境影响和气候变化	将“环保行为,材料和设备的使用和处理”修改为“循环利用和减少资源使用的可持续实践”	环境影响	将“生态可持续性”修改为“环境可持续性”;删除人口控制;新增大量物种灭绝,海洋酸化
危险		新增面部识别	新增能源及其生产,如水力、压裂、核能、天然气;补充气候变化所带来的威胁
当代科学技术进步和挑战	将“科学有关的兴趣爱好、运动和休闲、音乐、个人技术”修改为“科学相关的新科技,例如基因编辑、虚拟现实”	新增人工智能的使用	将物种灭绝移动到“环境影响和气候变化”一栏

从表中修改的内容,可以反映出全球十年以来的变化。比如,2020年新冠疫情席卷而来,成为全球流行病。因此,PISA在个人的“健康与疾病”中新增了疫苗接种,在全球的“健康与疾病”中将流行病的英文单词“epidemics”修改为“pandemics”。“pandemic”代表的是全球性的流行病,说明新冠疫情对社会和经济会造成广泛的影响。又如,如今科技的发展迅速,人工智能、虚拟仿真、基因编辑等新技术应运而生。因此,PISA在个人的“当代科学技术进步和挑战”中将“对自然现象的科学解释方面的兴趣,科学有关的兴趣爱好、运动和休闲、音乐、个人技术”修改为“科学相关的新科技,例如基因编辑、虚拟现实”,并在地方/国家的“当代科学技术进步和挑战”中新增人工智能的使用。从PISA对环境以及科技两类应用领域的更新和修正,反映出十年以来全球的环境与科技相对其他应用领域而言变化稍大,引起了各地对应机构的重视。科技是把双刃剑,增进人类福祉的同时也带来了一定的危害。因此,PISA在地方/国家的“危险”中新增了面部识别,并在全球的“危险”中新增能源及其生产,如水力、压裂、核能、天然气。

从PISA的情境选择中可以看出,PISA考虑学生15岁之前可能已经获得的知识 and 理解,选取与学生兴趣和生活的关联性较大的,且贴合时代的情境。在此种情境下,学生能够运用科学能力,并且在特定情境问题解决的过程中,对于个人和社区提高、维持生活质量以及制定公共政策具有一定价值。但PISA科学评估并非对情境的评估,它评估的是特定背景下的科学能力和科学知识。

## 2 PISA“十年之变”对物理学科关键能力评价的启示

### 2.1 以真实情境为载体,增强试题的时代性

情境的创设,问题的设置,能够让学生置身于特定情境中,激发学生开启主动思考、发现问题、提出问题、推理论证、问题解决的过程。面对试题,学生需要经历从情境到物理模型的过程。

根据如上分析可知,PISA在框架中强调情境的重要性,注重情境的时代性,强调个体通过情境展现科学能力。因此,提出如下几点启示:(1)对于试题的命制,不应为了情境而情境,此种情况易造成“假情境”的试题。命题者应以情境为载体,以能力为落脚点进行命题,即在所需要考查的能力下选取合适的情境进行试题命制。(2)

情境应紧跟时代,贴合学生实际。试题情境可以从教材情境出发,拓展教材问题情境。比如,粤教版高中《物理》必修一第二章第四节“资料活页”中的“微重力落塔”,学生对微重力和失重两个概念容易混淆,需要对微重力的概念进行理解,运用已学的运动学相关知识对两个概念进行区分。(3)情境应当丰富且合理。物理学科与生活 and 科技具有天然的联系,生活处处是物理,科技处处用物理,因此物理试题中以生活以及科技为情境占多数。创设多元情境,可以参考PISA的15类情境分类,增加情境的灵活性、新颖性。比如,增加自然资源情境下的命题,草鱼的鱼鳔通过控制大小鳔室中气体的体积控制鱼体的沉浮,以此作为情境,考查学生通过模型建构运用力学的知识解决问题的能力。

### 2.2 以物理关键能力为重心,助力创新人才培养

《中国高考评价体系》中指出“关键能力”是“四层”中的一层,它是支撑和体现学科素养要求的能力表征<sup>[7]</sup>。物理学科关键能力在众多物理学科能力要素中处于中心位置,是能起决定作用的能力,它的价值不在于“全面”,而在于“关键”。目前,不少学者对学科关键能力进行了归类<sup>[8]</sup>,结合PISA科学能力十年的发展和变化,这启示了物理教育的研究者们,物理关键能力并非一成不变,而应与时俱进,实时创新,需要以当下时代所需要的创新人才为落脚点,更新和发展物理学科关键能力。

创新人才的培养离不开物理核心素养的塑造,物理核心素养需要物理关键能力的测评进行量化。PISA能力的十年之变,启示命题者应加强对如下几点物理能力的考查:(1)加强对学生信息获取、收集、整理能力的考查。考查过程中,可以通过呈现文字、图像、表格等形式,并适当加大信息的容量,考查学生对信息的提取、筛选、分类、归纳、整合,进一步构建物理图景,分析物理过程,从而解决物理问题的能力。(2)注重创新性思维和批判性思维的考查。学生完成试题的过程是进行知识迁移与应用的过程,而科技的推陈出新、学科的发展需要学生经历质疑创新的过程。因此,命题过程中可以适当增加设计实验进行探究的主观题,让学生自行创设实验方案。(3)凸显对运用物理知识进行实践能力的考查。物理课程不仅需要培养学生成为祖国未来的物理学家或工

工程师,还需要学生在学习物理后能够在生活中具备“科学家思维”,即能够像科学家一样,面对真实问题时,调用物理知识,运用物理思维,进行思考和抉择。比如,能够运用电学的知识分析家庭电路中发生故障的原因,并采取合适的解决方案。

### 2.3 以核心价值为导向,强化育人功能

立德树人是教育的根本任务,落实立德树人的任务应该存在教育每一环节的方方面面。虽然关键能力能够体现核心素养的某些内容,但是关键能力并不是核心素养的全部。关键能力的考查应该重视,但也要关注到学生的正确价值观和必备品格,避免唯关键能力命题的倾向。因此,核心价值将体现在试题考查过程中情境的选择和试题文字的描述。比如,背景材料从大国重器入手,引导学生密切关注我国科技前沿,培养学生爱国主义精神;又如,背景材料从物理学史入手,引导学生重走物理学探究发现之路,体会科学家探索精神;再如,情境材料从我国古代劳动智慧入手,体会古代劳动人民运用物理知识解决农作困难的智慧,培养学生的民族文化观。

## 3 总结

以评促教,评价的落实可以促进教学的改革。结合 PISA“十年之变”的启示,试题命制应遵

循“以真实情境为载体,以物理学科关键能力为重心,以核心价值为导向”的路线,突出综合性、应用性、创新性,引导学生提升其综合能力和学科素养。

#### 参考文献:

- [1]王宏博,罗莹.基于学科关键能力视角的高考物理命题研究[J].中国考试,2020,30(10):24-31.
- [2]程力,李勇.基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J].中国考试,2019,29(12):38-44.
- [3]程力.新课程高考物理能力的特点和考查方法的研究[J].课程·教材·教法,2014,34(2):83-87.
- [4]OECD.PISA2025SCIENCEFRAMEWORK(DRAFT)[EB/OL].(2023-05)[2023-11-24].[https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA\\_2025\\_Science\\_Framework.pdf](https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf)
- [5]姚建欣,刘奕轩,孟丹宁.PISA 2025 科学素养测评愿景展望与启示[J].上海教育科研,2023(7):35-40.
- [6]黄鸣春,杨洁,魏昕,等.2000—2018年 PISA 科学素养测评体系及其启示[J].教学与管理,2020(24):112-116.
- [7]教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京:人民教育出版社,2019.
- [8]单旭峰.高考化学学科关键能力的建构思路、基本内涵与考察实施路径[J].课程·教材·教法,2022,42(6):139-146.

(栏目编辑 李富强)

(上接第 20 页)内成员互相评价,写出彼此间值得学习的地方,关注学生合作交流的意识;邀请学生分享制作指南针过程中遇到的困难,以及自己是如何解决的,聚焦学生创新创造与动手实践的能力。将以上内容记录到学生个人成长档案袋之中,在期中、期末定期返回到学生手中,观察学生德育增值。

## 4 总结

立德树人是教育的根本任务。新时代课程思政的探索与实施势在必行。一线教师在开展思政导向下的课程设计时,可在“非常规”实验教学中贯穿思想政治元素,让学生在动手实践当中学习学科知识,感受学科魅力,同时提升学生科学素养,加强对学生的情感教育,落实思想政治教育,加深实践育人效果。教师在进行课程设计时要立足学科育人的价值导向,将思政育人贯穿到课程教学全过程,从而为学生的一生发展奠基。

#### 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 2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [2]邱伟光.课程思政的价值意蕴与生成路径[J].思想理论教育,2017(7):10-14.
- [3]张伟,郭玉英.论“非常规”物理实验的教学地位[J].课程·教材·教法,2007,27(12):51-56.
- [4]Brown J S, Collins A, Duguid P. Situated cognition and the culture of learning[J]. Educational Researcher, 1989, 18(1):32-42.
- [5]王太军.指向核心素养的生活化创新物理实验研究[J].物理教师,2020,41(3):32-36.
- [6]马慧佳.创设真实情境,创新实验教学[J].物理教学探讨,2023,41(1):54-57.
- [7]王若玉.易拉罐在高中物理创新实验中的应用[J].物理通报,2019(2):127-129.
- [8]汪瑞林.中小学“课程思政”的功能及其实现方式[J].课程·教材·教法,2020,40(11):77-83.
- [9]葛楠.课程思政视阈下大学物理教学体系设计[J].物理教学,2021,43(8):22-24.

(栏目编辑 赵保钢)