

【评价研究】

基于物理情境的高中生科学推理能力测评与教学建议

田雪葳 姜春明 张启业 王晶莹

【摘要】通过系统性文献综述,以提出问题与做出假设、设计实验与生成证据、解释数据和得出结论构建高中生科学推理能力测评框架,将各维度划分为3级水平,以“天体运动”“力与运动”和“电磁感应”等内容为例,编制科学推理能力测试题,对高中生科学推理能力进行测评,并进一步探究其影响因素,为高中生物理科学推理能力培养提供建议。

【关键词】高中生;科学推理;测评;提升

一、研究背景

2014年费希尔(Fischer)等人把科学推理定义为指定问题的发现、解决、论证和探讨过程,它包括“问题识别”“问题提出”“假设生成”“实验设计与搭建”“证据生成”“证据评价”“得出结论”“沟通与审查”八种核心技能^[1]。我国学者廖伯琴提出,科学推理是科学思维的重要体现,不仅包括归纳推理、演绎推理和类比推理,还包括分析与综合、抽象与概括、比较与分类等思维方式,以及控制变量、组合推理、概率推理、相关推理、因果推理等推理形式。科学推理的核心是将理论与实证相结合,清晰地解释所支持的理论,并知道哪些证据可以支持它,哪些可以反驳它,同时能对那些与理论不相符的证据进行解释,从而接受该理论而反对其他理论^[2]。《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)解读》指出,科学推理是学生能够正确理解和运用科学思维方法,从定性和定量两个方面进行科学分析,找出规律,形成结论,并能解释自然现象和解决实际问题的过程。从上所述不难看出,问题发现、解决、论证和交流是科学推理能力的关键要素,也是我国物理学科科学推理能力培养的目标指向。

对科学推理能力要素的探讨推动着科学推理能力测评的发展。目前国际上已经形成较为流行的科学推理能力测量工具,如由Frederickson和White等人开发的美国科学推理测验(Scientific Reasoning Test, SRT)、Coll等人开发的英国科学推理测量工具(Scientific Reasoning Assessment, SRA)、Bakker和Gravemeijer等人开发的阿姆斯特丹大学科学推理测验(Amsterdam Science and Technology Assessment,

ASTA)以及由Lawson开发的科学推理课堂测试(the Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning, LCTSR)。我国的科学推理能力测量工具研究起步较晚,且多借鉴国外经验,其中对我国影响较大的是美国俄亥俄州立大学劳森教授开发的LCTSR科学推理测量表,我国多名学者使用并进行了研究。LCTSR量表主要从守恒推理、比例推理、控制变量推理、高级控制变量推理、概率推理、相关性推理与假设演绎推理七个方面对学习者的科学推理能力进行测量^[3]。该量表主要从推理能力内容类别角度对学生的一般推理进行测量,而对学生特定领域科学推理能力的测量精确性有限,因此,研究学生物理科学推理能力,需要采用更适合物理学科的工具^[4]。

综上,当前我国科学推理测评应当关注两大问题:一是物理学科特定领域的科学推理能力的测评;二是测评工具应更侧重于学生的问题发现、解决和论证能力。基于此,本文借助Fischer等人的研究成果,将定义问题、问题提出和假设、收集和评价证据,以及解释和交流结果作为科学推理的测量范围,注重问题的发现与解决,并将论证能力也作为科学推理测量的重点,综合考量已有科学推理能力的测评工具,确定提出问题与做出假设、设计实验与生成证据、解释数据和得出结论三大核心维度的测评工具,对高中生的科学推理能力展开测查,并进一步探究其影响因素,以期为高中生物理科学推理能力的培养提供建议。

二、研究方法

(一)测评框架

LCTSR科学推理量表是考查学生一般性科学推

理能力的典型工具,其优点在于从通用领域解决科学推理的测量问题。近年来,学界发现通用领域和特定学科领域的科学推理能力测评存在显著差异,并越来越关注特定科学领域的科学推理能力。如2012年Halpern等人以化学学科为背景,开发了科学推理能力的多项选择调查工具,聚焦学生化学信息搜索和使用能力的评测;Heidi等人以生物学科为背景,开发大学本科生生物学科科学推理能力的测评工具,重点关注实验设计、数据分析和科学解释能力的测量。Fischer等人认为,物理学科中的科学推理应该包括问题的发现、解决、论证和探讨过程。提出以问题识别、问题提出、假设生成、实验设计与搭建、证据生成、证据评价、得出结论、沟通与审查为维度的评价框架。该框架既重视学习者科学推理能力的内容性识别,还注意问题发现和解决过程,更关切学习者在科学推理中的论证能力,也较为适合我国高中物理课标对培养学生科学推理能力的要求,故本文以此框架为基础进行研究。

(二) 测评工具

为了避免因陌生知识对科学推理能力造成的影响,本测评工具涉及的知识均是被试学过的、熟悉的物理学科核心概念和重要内容。本研究将收集到的测试卷按题目所考察的知识点进行汇总,经课题组、专家组和一线教师的四轮研讨确定了以“天体运动”“力与运动”和“电磁感应”作为情境问题的知识载体,设计书面测验任务,分别经由课题组、专家组和一线教师的四轮讨论来保证问卷的科学性和规范性。随后,依据科学推理能力评价框架,设计评分标准,对于情境下的问题均从提出问题与做出假设、设计实验与生成证据、解释数据和得出结论三个维度进行评价。以下为具体的题目设计和相应的评分标准。

题1 某网站报道:“最近某国发射了一颗人造环月卫星,卫星的质量为1000 kg,环绕周期为1 h……”一名同学对新闻的真实性感到怀疑,他认为:以该国的航天技术水平,近期不可能成功发射环月卫星,而且该网站公布的数据似乎存在问题。他准备用所学知识对该数据进行验证。他记不清引力常量的数值,手边也没有可查阅的资料,但他记得月球半径约为地球半径的 $\frac{1}{4}$,地球半径约为6 400 km,月球表面重力加速度约为地球表面的 $\frac{1}{6}$,地球表面的重力加速 $g=9.8\text{ m/s}^2$ 。假设你是该同学,根据上述数据,运用物理学知识,论证该信息的真实性。如果你认为该信息真实,请用你的论证支持;

如果你认为该消息不真实,请用你的论证反驳。

表1 科学推理评分量规1

水平	1	2	3
提出问题与做出假设	未指出如何进行判断或是选择用其他无关数据进行判断	仅指出从环绕周期或环绕速度进行判断	指出根据环绕周期进行判断,且明确标准(假设);最小周期1.7 h或最大环绕速度1.67 km/s
设计实验与生成证据	未使用周期或速度作为证据	使用周期或速度作为证据,但未明确是最小周期(没有过程)	使用周期或速度作为证据且明确是最小周期(有数字或者过程)
解释数据和得出结论	未比较周期	比较了周期或速度(小于或大于),但结论错误	比较了周期或速度(小于或大于),且结论正确

题2 如图1(a)所示,一个学生手工制作了一个简易的弹珠发射装置,该装置由带有连接板的弹簧组成,且弹簧和连接板封装在光滑、透明的塑料管中。当弹簧被压缩时,与弹簧相连的板可以通过销钉固定在A、B、C三个位置中的任何一个位置。例如,图1(b)显示了一个弹珠靠在板上静止放置,连接板由位置C处的销钉锁定,弹珠将在C处的销钉松开时发射。

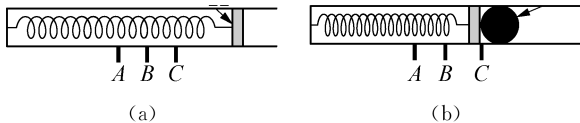


图1 弹珠发射器装置

小红认为:发射器内部弹簧的劲度系数在A、B、C三处具有不同的数值。

小明认为:发射器内部弹簧的劲度系数对于不同的压缩距离具有相同的数值。

两人争论不休,于是他们拿着弹珠发射装置和一些实验器材(天平、刻度尺、米尺、秒表)来找你讨论,想设计实验来探究这一问题的答案。

你认为弹簧的劲度系数与弹簧的形变量有关吗?请你运用物理学知识,借助所提供的实验器材:天平、刻度尺、米尺、秒表,设计物理实验进行探究,并使用发射器发射弹珠来检验你的假设。(包括:列出将在实验中测量的物理量和使用相应的实验器材如何进行测量;用你测量的物理量写出弹簧劲度系数的表达式。)

如果你认为有关,请用可能得到的证据支持;如果你认为无关,请用可能得到的证据反驳。(包括:描述如何分析实验数据,确认或否定发射器内弹簧的弹性系数对于不同压缩距离具有相同值的假设。)

表 2 科学推理评分量规 2

水平	1	2	3
提出问题与做出假设	未指出如何进行判断	指出根据速度或加速度(计算速度,涉及速度)进行判断,未明确判断标准	指出根据速度或加速度(计算速度,涉及速度)进行判断,且明确判断标准
设计实验与生成证据	设计了错误的实验或是未设计实验	设计了正确的实验(原理上),未通过实验得出可行的证据;或是不可行但原理正确的实验,与题目条件不符	设计了正确的实验(平抛运动),且通过平抛运动得到不同速度作为证据
解释数据和得出结论	未对数据和证据进行解释	对数据进行了解释,但未涉及能量(功或弹性势能)	依据能量对实验所得数据进行解释

题 3 如图 2 所示,使大小一致的磁性小球和非磁性小球分别从两等高竖直的空心铜管上方自由下落,观察两小球下落快慢。

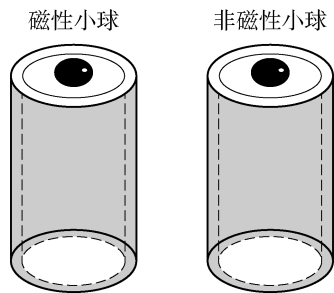


图 2 两等高竖直的空心铜管

现有两名同学对结果进行了预测,提出了不同的模型来解释原因。

甲:两个小球会同时落地,因为无论物体质量大小,做自由落体运动的物体下落得一样快。

乙:非磁性小球先落地,因为磁性小球在铜管中下落时,会在铜管中激发感应电流,感应电流会阻碍小球的运动。

(1)你认为哪一位同学的观点正确?解释原因,对错误的观点进行反驳,指出为什么错。

(2)请你用文字描述小球即将进入铜管时、在铜管中时、刚刚离开铜管时三个阶段的受力情况和原因。

三、研究结果

(一)信效度和能力特征

在 Rasch 模型测量中,信度维度包含的主要参数有被试信度(0.91)、试题信度(0.91)、被试区分度(3.23)、试题分离度(3.09)。同时使用 SPSS 进行信度分析,Cronbach 中的 α 为 0.933。可见,评价工具

表 3 科学推理评分量规 3

水平	1	2	3
提出问题与做出假设	未指出通过受力情况判断小球下落情况	指出通过受力(无论何种说法的力)情况判断小球下落情况,未说明判断标准	通过受力情况判断小球下落情况,且明确判断标准(假设):若磁性小球下落时受阻力
设计实验与生成证据	未描述小球受力情况或是三个阶段均错误	描述了小球的受力情况,但不是三种情况(即将进入铜管时、在铜管中时、刚刚离开铜管时)都正确;或是仅分析了阻力,忽略重力	描述了小球的受力情况,且三种情况(即将进入铜管时、在铜管中时、刚刚离开铜管时)都正确(三个阶段均受到阻力、重力)
解释数据和得出结论	未对证据进行分析	对受力情况进行了解释(三阶段受力),得出结论(无论对错),但未说明原因(产生力的原因;电磁感应)或是仅解释非磁性小球的受力情况	对受力情况进行了解释(三阶段受力),得出结论(无论对错),且说明了原因且正确(产生力的原因;电磁感应/安培力/洛伦兹力/感应电流/磁通量)

信度表现良好,表明本研究中被试在测验变量和项目分布的再现程度上表现较佳,并且被试能力和测验难度在测量变量上的分离程度良好,可以区分不同被试者的能力。测试的效度一方面来自 Rasch 给出的测评维度和结构,另一方面基于系统性文献综述和专家德尔菲法的概念框架,以及其指导设计的问答题目和水平指标。其中,Rasch 模型的测评维度和结构包含的主要参数有试题单维性、试题拟合度、试题评分等级结构。试题单维性反映测试工具中各个项目是否能够考察被试的同一种水平能力,本测试工具中大部分维度的数值均落在-0.4 至 0.4 之间,符合单维性要求。数据—模型拟合的 Infit 和 Outfit 指标,各项目 ZSTD 的数值在-3.2 ~ 1.4 之间,MNSQ 的参数值在 0.24 ~ 7.52 之间,试题实测数据与模型拟合良好。试题每个维度的评分等级类别曲线都有明显的峰值且平直,并且在横坐标覆盖一定的范围,表现良好。测试工具的信效度检验结果见下页表 4,表明本研究设计的科学推理能力测评工具能够有效测评被试的科学推理能力。



表 4 测评工具整体质量分析

	平均难度估计值 (Measure)	误差 (Error)	内部一致性指标 (Infit)		外部一致性指标 (Outfit)		分离度 (Seperation)	信度 (Reliability)
			平均标准化 误差平方和 (MNSQ)	标准化拟合 统计量 (ZSTD)	平均标准化 误差平方和 (MNSQ)	标准化拟合 统计量 (ZSTD)		
被试 (Person)	-0. 46	0. 36	1. 00	0. 0	1. 08	0. 0	3. 23	0. 91
项目 (Item)	-0. 52	0. 38					3. 09	0. 91

(二) 测量工具质量

1. 工具总体质量分析

将 395 个观测值数据导入 Winsetps 3. 81. 0 进行运算,所有观测值中无缺失值(未作答),全部 395 个被试(Person)的回答均被视为有效,所有 9 个评价项目(Item)均被软件进行估算。Rasch 模型主要从平均难度估计值(Measure)、误差(Error)、数据与模型拟合指数(Infit 与 Outfit)、分离度(Seperation)和信度(Reliability)等几个方面对工具的总体质量进行分析,具体结果见表 4。

在 Rasch 模型中,将项目(Item)的平均难度估计值设定为 0,因此对被试(Person) Measure 的估计其实就是被试的平均能力值(素养水平)。如表 4 中数据所示,本研究中被试的科学能力为-0. 46,低于项目难度值,表示测评工具整体对被试偏难,但差距并不巨大,说明评价项目较好地拟合了被试的素养水平,适合于该论样本的评估。误差(Error)代表了理论模型与实际观测值之间的差异,被试和项目误差分别为 0. 36、0. 38,均较接近于 0,说明通过初测工具所获取的观测值能够较真实地反映被试的科学能力。Infit 和 Outfit 表示的是理论模型与实际观测值之间的拟合度,包括 MNSQ 和 ZSTD 两个指标,按照理想的参数值,MNSQ 的理想值趋近于 1,ZSTD 的理想值趋近于 0,表 4 中的数据显示被试和项目的 MNSQ、ZSTD 均十分理想,说明评估工具的观测值与 Rasch 的理论模型适配良好。分离度(Seperation)说明的是评价工具区分被试素养水平的程度,理想的分离度要大于 2,值越大越好,本研究中的被试(3. 09)和项目(3. 23)的分离度均超过了 2,说明评价项目能够符合不同被试的素养水平。信度(Reliability)越高说明测量的误差值越低,项目的信度为 0. 91,被试信度略低但也达到了 0. 91,数据结果较好。以上参数值说明测评工具的整体特征良好。

2. 科学推理能力表现

为了解被试在科学推理能力不同维度的表现,统计其在科学推理 9 个维度的平均分和得分率。根

据从科学推理能力各维度的描述性统计,被试学生在Ⅱ维度得分最高(2. 16 分),得分率为 0. 72,其次是 GG(2. 11 分),得分率为 0. 70,FF(1. 47 分)得分最低,得分率仅有 0. 48。其中各维度偏度绝对值除 FF 均小于 1,表明被试得分比较对称;AA、BB、GG、Ⅱ维度偏度小于 0,在这些维度上得分低于平均值的人数较多;FF、HH 维度峰值较接近 0,这些维度上被试间的差异最大,极端个例较多,需要关注能力较差的学生。总体而言,被试科学推理能力平均得分为 16. 815,标准差较大,峰度较高,该试题可以区分出不同能力的学生,并且呈极端表现,科学推理能力极强者和科学推理能力较弱者偏多,处于中等水平者较少;偏度为-0. 012,说明学生科学推理能力低于平均值的人数较多。已有测评研究表明大部分中学生的科学推理能力处于中等偏下的水平,本研究亦再次印证此结果。研究进一步发现,科学推理能力的 8 个子技能水平分布不均衡,初中生在Ⅱ(均值 2. 16,得分率 0. 72)、AA(均值 2. 07,得分率 0. 69)、BB(均值 2. 07,得分率 0. 69)、GG(均值 2. 11,得分率为 0. 70)这四个维度表现相对较好,在 FF(均值 1. 47,得分率 0. 48)、EE(均值 1. 64,得分率 0. 54)、DD(均值 1. 59,得分率 0. 53)维度表现相对较差。总体看来,学生能够识别物理问题,并寻找解决问题的方法,得出结论,但提出探究问题的能力薄弱,将实验结果等科学证据与物理规律或原理之间做出评价的能力也较为匮乏,与团队进行有效沟通交流不足,对实验结果进行审查的意识较弱。

3. 科学推理子维度与背景因素的内在关系

本研究发现:科学推理能力与学习品质存在相关性($r=0. 102,p<0. 05$),且科技资本、家校氛围、教师教学、学习行为与学习品质间存在显著相关性,但学习基础、社经背景、科学实践与学习品质间不存在显著相关性。教师教学与学习品质存在显著相关性,为最高($r=0. 659,p<0. 01$),科技资本与学习品质存在显著相关性($r=0. 273,p<0. 01$),家校氛围与学习品质存在显著相关性($r=0. 511,p<0. 01$),

教师教学与学习品质存在显著相关性($r = 0.659$, $p < 0.01$),学习行为与学习品质存在显著相关性($r = 0.644$, $p < 0.01$),学习情感与学习品质存在相关性,为最低($r = 0.112$, $p < 0.05$) (见表5)。

为进一步考察科学推理能力与学习品质的关系,对数据进行一元线性回归分析,将科学推理平均分作为因变量,学习品质作为自变量,得到回归方程 $Y = 1.67 + 0.027X$ 。经分析得到一元回归系数为 0.027 ($t = 2.052$, $p < 0.05$),测定系数为 $R^2 = 0.01$,学习品质对科学推理能力的回归分析见表6。

表5 科学推理能力与各背景因素的相关性

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 学习基础	—									
2 社经背景	0.025	—								
3 科技资本	0.038	0.314**	—							
4 科学实践	0.091	-0.017	0.034	—						
5 家校氛围	0.027	0.113*	0.332**	-0.012	—					
6 教师教学	-0.013	0.041	0.255**	0.035	0.525**	—				
7 学习行为	0.035	0.022	0.344**	-0.005	0.474**	0.563**	—			
8 学习情感	0.442**	-0.013	0.109*	0.140**	0.057	0.106*	0.093	—		
9 学习品质	0.025	0.014	0.273**	0.036	0.511**	0.659**	0.644**	0.112*	—	
10 科学推理	-0.048	0.054	0.011	-0.052	0.078	0.082	0.008	0.001	0.103*	—

表6 学习品质对科学推理能力的回归分析

Ra	F	B(未标准化)		Beta (标准化)	Sig.		
		常数	自变量		F	常数	自变量
0.01	4.212	1.67	0.027	0.102	0	0	0

四、建议与启示

(1) 坚持问题发现与解决导向的物理科学推理能力教学观。

物理科学推理能力不同于通用领域科学推理能力,它更侧重于学生的问题发现与解决。物理科学推理能力的培养应当遵循问题发现与解决的路径指向,这意味着教师应鼓励学生在学习物理知识的同时,思考如何用所学知识解决实际问题,将问题情景化,以问题驱动学生的科学推理能力成长^[5]。在教学设计阶段,教师可以实际问题取代原有的知识主题,从而强化物理学习与实际生活问题的联系,引导学生明确、有效地提出问题并激发学生的创造力,提效教学过程^[6]。在教学实施阶段,应该从问题要素

该结果表明学生的科学推理能力变化可以由涉及科学推理能力和学习品质的最佳拟合线来解释,例如教学方法、知识表征、学习评价、关注学生以及学习习惯等。

分析发现,学习品质与学科的物理科学推理能力显著相关,家校氛围、学习行为、科技资本、教师教学对学生科学推理能力具有间接影响,且通过学习品质进行作用。这说明学习品质是提高学生科学推理能力的关键枢纽,可通过家校氛围、学习行为、科技资本、教师教学来实现在学生学习品质的正向干预。

入手,对核心问题进行再认识,并按照问题概念和能力进阶水平,逐步引发学生主动思考,以真正实现问题驱动学习,并在实施过程中引导学生提出猜想、设计方案、分组探究^[7]。在教学总结阶段,应该对问题情景进行升华,通过类比迁移、归纳等方式,帮助学生在体验的基础上归纳提出问题的方法及程序,即从事实现象中抽象出对应的物理量,通过分析物理量的因果关系,从多种可能的自变量中选择单一变量,发现问题并进行解决^[8]。

(2) 聚焦学生数据解释和结论生成能力培养,促进高阶思维培养的精准落地。

高中生的数据解释和结论生成能力较弱,这一结果应当给予我们警示。数据解释和结论生成能力是科学推理能力的较高表现形式,近年来,学生的高阶思维能力培养备受关注,高阶思维的能力是培养科技创新拔尖人才的关键,但在具体的教学落地层面,却始终难以找到关键、精准的着陆点^[9]。本次研

究结果能够给予高阶思维能力培养以参考。一方面,物理教学应树立实验教学的不容替代作用的观念。长期以来,“物理源于实验”虽被认可,但在物理教学中却屡被忽略。当前中学物理实验教学存在着众多问题,如以演示实验代替探究实验,以书面讲解代替实际操作等。数据解释和结论生成能力是物理实验教学的关键环节,也是物理实验教学的重要价值之一,提高学生的数据解释和结论生成能力,进而促进高阶思维培养,物理实验教学具有不容替代的作用。另一方面,在小组合作学习中应强化交流和评价的作用。有研究表明,小组合作学习能够显著提升学生的数据解释和结论生成能力,尤其是不同能力学生间的交流。同时,在小组交流的过程中,给予学生以及时的评价,能够有效促进学生的结论生成。

(3) 关注学习品质在科学推理成长中的枢纽作用。

学习品质对学生的物理科学推理能力的形成具有枢纽作用。科技资本、学习行为、教师教学和家校氛围等背景因素对学生的科学推理能力的影响均通过学习品质实现。这给予我们两点启示,首先,科学推理能力的提升,核心点应聚焦于学生本身。其次,学生的学习品质深受科技资本、学习行为、教师教学和家校氛围等因素的影响,我们应该重视影响学生科学推理能力的潜在因素。一方面,教师应当发挥教学对学生的学习品质的促进作用,结合核心素养要求,升华物理学科育人价值,发挥物理学科育人属性对学生学习品质的影响效用。在本次研究中,学习效能和学习监控是学习品质的两大重要维度,《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》将质疑和批判、检验和修正等学习监控能力作为科学思维的高阶要求,由此可见,将质疑和批判、检验和修正等学习监控能力作为物理课堂教学和学习行为培养的高阶目标,将有效提高学生的品质,进而促进学生的科学推理能力^[10]。另一方面,学校和教师应当正确认识科技资本、家校氛围对学生学习品质的影响,借助信息化技术和科技场馆等资源弥补部分学生在科技资本、家校氛围方面的不足,正视学生在学习品质方面可能存在的不足与缺失,并尝试

利用教育信息化趋势和社会教育资源来助力学生的学习品质养成^[11]。

参考文献:

- [1] Fischer F, Kollar I, Ufer S, et al. Scientific reasoning and argumentation: Advancing an interdisciplinary research agenda in education[J]. Frontline Learning Research, 2014, 2(3): 28-45.
- [2] 廖伯琴, 李洪俊, 李晓岩. 高中物理学科核心素养解读及教学建议[J]. 全球教育展望, 2019(9): 77-88.
- [3] 徐静. Lawson 科学推理测试卷中文版修订、检验与应用[D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2020.
- [4] 沈兰. 高中物理学科中设计问题链培养学生的科学推理能力[J]. 上海课程教学研究, 2022(9): 6-10, 33.
- [5] 何善亮. 基础教育学校 STEM 教育的几个前提性认识[J]. 教育理论与实践, 2018(7): 8-12.
- [6] 裴加旺, 刘蕊. 物理教学中创新教育的实践[J]. 中国教育学报, 2023(增2): 115-118.
- [7] 翟立鹏. 浅谈“双减”背景下如何培养初中生学习物理的内驱力[J]. 中国教育学报, 2023(增2): 126-128.
- [8] 周莹, 冯华. 学会“提出问题”: 提升学生科学素养的关键环节[J]. 中小学管理, 2018(9): 45-46.
- [9] 戴小民, 杨贤富. 高中物理学科中培养高阶思维的探索——以“周期运动”单元教学为例[J]. 物理教学, 2023(3): 2-6.
- [10] 武长青. 基于质疑创新的五个水平谈科学思维的培养策略[J]. 物理教学, 2020(4): 7-11.
- [11] 徐雁. 加强“馆校合作”共建“书香校园”——“十四五”期间深耕、拓展和高质量提升全民阅读的新路径[J]. 新世纪图书馆, 2022(4): 5-10.

【作者简介】田雪葳, 青岛大学师范学院(山东青岛 266071); 姜春明, 北京师范大学教育学部(北京 100875); 张启业, 江苏省海州高级中学(江苏 连云港 222000); 王晶莹(通讯作者), 北京师范大学教育学部(北京 100875)。

【原文出处】摘自《物理教学》(沪), 2023. 12. 7 ~ 12, 71

【基金项目】本文系北京市教育科学“十四五”规划 2022 年度优先关注课题“大数据教育评价研究”(编号: CDEA22008)的研究成果。