

基于“浅易”实验的高中物理核心素养养成与发展的实践研究^{*}

胡均宇^{1**} 董玉红^{2**}

(1.唐山市教育局教研室 河北唐山 063000;2.石家庄市第四十二中学 河北石家庄 050062)

文章编号:1002-218X(2023)03-0012-06

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

摘 要:针对教学时部分教师过多关注科学结论,忽视科学原理形成过程这一问题,介绍通过“浅易”实验研究探索,培养学生的动手、动脑能力,发展学生物理学科核心素养,体现“浅易”实验在物理教学中的应用价值。并从“浅易”实验的研究内容、方法和应用价值等方面进行了实践研究,以期促进课堂教学改革,为高中物理核心素养的养成与发展提供可行性方法和策略。

关键词:“浅易”实验;学科素养;创设情境;实施与探究

为贯彻落实国务院办公厅《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》文件精神,依据《普通高中课程方案(2017年版2020年修订)》《普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“课标”)的要求,落实“立德树人”根本任务,发挥物理课堂教学的育人功能,强化课堂教学的多样化,提升教学效率。笔者结合本地区课程改革的实际情况,发挥生活中“浅易”实验的教学功能,确立基于“浅易”实验的高中物理学科核心素养养成与发展的实践研究课题。

一、“浅易”实验的内涵

所谓“浅易”实验,就是学生生活中易观察和操作的小游戏、小实验。“浅易”实验的基本特征是:器材来源于生活,操作安全、简单、方便,现象明显,阐述的科学道理与教材内容结合紧密,能够提升学习效率和课堂教学的针对性。“浅易”实验种类很多,引入课堂教学时要关注实验背后的科学原理及思维方法。通过器材与方法的选择、实验过程的体

验,学会从多个视角认识物理概念和规律,感悟科学思想方法,体会科学探索的乐趣,提升物理学科核心素养。为了更好地辅助学生物理学科核心素养的养成,在教学过程中以“浅易”实验为核心创设情境,寓教于乐,强化理论联系实际能力的培养。

“浅易”实验研究的目的在于将小实验及器材制作、现象解释等探究活动应用到课堂教学中,创设真实探究情境,培养学生科学探究能力,充分落实课标要求,使学生在过程中逐步形成具有鲜明学科特色的学习品格。

二、“浅易”实验在学科核心素养养成方面的理论依据和应用价值

从建构主义理论来看,课堂教学是学生的自我完善过程,知识产生于主动建构、互动生成和情境体验中,教师是教学引导者与合作者,教师在过程中要创设真实情境,搭建有效合作学习的平台,激发学生学习的动力。将“浅易”实验引入课堂教学能够创设真实情境,基于对“浅易”实验的操

^{*} 基金项目 河北省“十三五”重点资助课题“基于浅易实验的高中物理核心素养养成与发展的实践研究”,课题编号:1602039。

^{**} 作者简介 胡均宇(1968—),男,河北唐山人,河北省物理特级教师,正高级教师,河北省教育教学专家团成员,人民教育出版社培训专家。主要从事命题考试、课堂教学研究及教师培训。

董玉红(1973—),女,河北石家庄人,高级教师,主要从事教学研究及命题考试研究。

作、观察、分析与研究,使学生学会建构物理模型,形成对自然界的初步认识,抽象出物理概念,总结归纳得到物理规律,并应用已有的概念、规律解释自然现象,逐步体会、运用推理论证的思想方法分析解决实际问题,进而形成理论联系实际的自主学习方式。

“浅易”实验的研究内容涉及高中物理课程的力学、热学、电学和光学等部分。按照课程要求的顺序进行研发,逐步形成与教学内容相辅相成的教学方法体系,使学生认识到学习的本质是应用所学的知识和方法解决生活中的问题。一方面,“浅易”实验的研究为课堂教学改革提供范例,将“浅易”实验引入课堂进一步解决了教学中理论联系实际内容不足的问题,使学生能够在真实情境中学会过程分析,形成科学思维方式,激发学习自然科学的动力,使物理课堂教学生动、有趣,能更好地提升课堂学习效率,让学生养成乐学、善学和勤于思考的学习品质。课堂适当引入“浅易”实验,还能巧妙地突破教学难点,以现实生活问题为背景进行分析、思考,能更有效地突出教学重点。教师对“浅易”实验进课堂的研究与探索,可拓展教师教学研究的视野,促使教师形成终身学习的良好习惯。另一方面,“浅易”实验的研究可为学生提供理论联系实际的探究素材和自主思考的空间,课余时间通过对“浅易”实验的研究能加深对所学内容的理解,培养学生的实验探究能力。课下将“浅易”实验作为开放性作业,可以帮助学生巩固概念、理解规律,提升科学探究能力,为高层次的科学探索做好思想方法与技能储备。

在教学实践中,将“浅易”实验与教学内容相结合,逐步探索操作性强的教与学的方法体系。学生通过动手操作与动脑思考建立概念、形成规律,体验科学探究过程,培养科学思维方法,感悟科学态度与责任,充分展现“浅易”实验独特的育人价值。

三、体验“浅易”实验在养成物理学科核心素养方面的应用

要实现“立德树人”的根本任务,高中阶段不仅要建构符合中国国情的课程体系,还要建构基层学校教学方法体系。“浅易”实验在教学方法体系建构中起到完善和补充的作用,能有效提升课堂教学效率,在探究物理学科本质和培养思想方法体系方

面发挥着重要作用。

1. “浅易”实验在形成物理观念方面的应用

课标指出:“物理观念”是从物理学视角对物质、运动与相互作用、能量的基本认识;是物理概念和规律在头脑中的提炼和升华;是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题。要形成物理观念离不开生活中的客观问题及自然现象,“浅易”实验恰好能够为学生提供探究自然现象的素材,引入课堂教学能更好地为学生搭建学习、交流物理观念的平台。

要形成物理观念就要从多维度定义物理概念,探求科学规律,解释生活中的现象,进而形成从物理学视角处理问题的思维方式。在教学过程中,选择的问题越贴近学生生活,趣味性越强,越容易引起学生的好奇心,激发学生求知欲。而“浅易”实验及提炼的问题均来自学生生活,使学生在解决问题的过程中逐步形成具有学科特点的处理问题的方式。例如,在研究参考系时可引入战争年代的短视频,视频中可看到我军指挥员用大拇指和手臂测量指挥员到射击目标的距离。这是怎么回事?怎样用大拇指测距离呢?可以引入一种测距方法——“跳眼法”,通过选定参照物(参考系)来粗略测量物体间的距离,具体操作方法如下:水平举起手臂,竖起大拇指;闭左眼,使右眼、拇指和观察的目标重合;保持手臂和拇指的位置不变,闭上右眼,使左眼、拇指和一个选定的参照物重合,通过已知参照物的大小估测目标到参照物的距离,这个距离乘以10就是目标和指挥员之间的实际距离。通过距离的测量我们可以看出,参考系的选择往往是熟悉而且相对地面不动、大小不变的物体。为什么目标到参照物的距离乘以10就是目标到指挥员的距离呢?此处可以通过几何知识进行推理论证,培养科学推理能力。正常人两眼间的距离约为6 cm,伸直手臂到眼的距离约为60 cm,如图1所示。设参照物到目标的距离为 x ,目标到指挥员拇指的距离为 y ,由相似三角形规律可得 $\frac{6}{60} = \frac{x}{y}$,已估测了目标到参照物间的距离,则目标到指挥员拇指的距离等

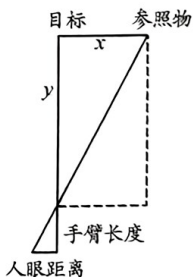


图 1

于10倍估测距离。由此可以看出通过本实验的研究既巩固了参考系的概念,又体现了科学推理能力的培养。

动摩擦因数跟接触面有关,接触面材料或粗糙程度不同,动摩擦因数也不同。教材只从表象做了硬性说明,没有具体解释,这样会造成学生对动摩擦因数概念的模糊认识。例如,交通法规规定高速公路上行驶的汽车在阴雨天需减速行驶^[2],学生会提出疑问,同样的轮胎和路面为什么要减速行驶?是因为雨水的影响吗?教师可以引入“浅易”实验让学生体会动摩擦因数与材料和接触面的关系,直观感受遵守交通规则的重要性。在教学中可引入“浅易”实验——“会走路的玻璃杯”。所用的器材为干燥平滑的有机玻璃板、杯口平整干燥的玻璃杯,操作如下:将玻璃杯倒扣在玻璃板上,缓慢垫高玻璃板一端,直至玻璃杯恰好不能下滑,如图2所示;用水壶控制细水流沿玻璃板流过杯口位置,发现玻璃杯开始下滑。原来不动的杯子遇到水

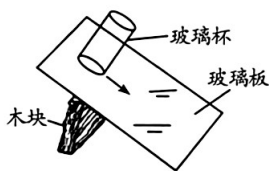


图2

流就会下滑,原因是什么呢?通过分析现象可知:水和玻璃有浸润作用,当水流到杯口时,进入玻璃板和杯口间隙形成水膜,而水与水之间的动摩擦因数远小于杯口与玻璃板间的动摩擦因数,导致水杯下滑,水杯下滑的原因是接触面的材料和粗糙程度均发生了变化。通过“浅易”实验可以理解阴雨天在公路上行驶的汽车需减速的原因,进一步从物理学角度理解交通法规对司乘人员的人文关怀,使物理观念的形成与发展落到实处。

2. “浅易”实验在培养科学思维方面的应用

“科学思维”的本质是对客观事物的属性、内在规律及相互联系的认识方式,往往表现在研究方法和思维方式等方面,科学思维方式包括建构模型、综合分析、推理论证等。本文重点展示建构物理模型和推理论证能力的培养。

例如,在研究力的合成与分解时,可引入逆风行船的原理分析^[3],体会分力的作用效果。帆船是靠风力行驶的,但在航行中遇到逆风该怎么办?此时,引入“浅易”实验——模拟逆风行船。如图3所示,用硬纸板做一张风帆,将其固定在滑板上可转动的插槽中,再把滑板放在水平玻璃板上,用电吹

风吹动风帆,不断调整风帆的方向,到某一位置时固定,滑板就能逆风斜向前进了。学生很难想象帆船怎样逆风前进的,但通过自己感知逆风行船体会到力的分解的作用效果。同时提出问题:逆风行船的原因是什么?为了说明逆风行船的原理,再建构实验模型。如图4所示,将一直尺固定在水平面上,其中一角为 30° 的直角三角板紧靠在直尺一侧,用铅笔从侧面顶压三角板的斜边,将会看到三角板沿直尺方向运动。受力分析如图5所示,铅笔的用力方向(风向)与斜边(帆的位置)成很小的锐角时(一般小于 22°)三角板才能前进。铅笔对三角板的作用效果为压紧三角板和沿三角板斜边方向的摩擦,由于摩擦力较小,可忽略摩擦的作用,正压力垂直三角板的斜边,可分解成平行于直尺的力 F_1 和垂直于直尺的力 F_2 ,由于直尺固定,三角板在垂直于直尺方向不会运动,从而沿 F_1 方向运动,就可以看到逆风行船了。



图3

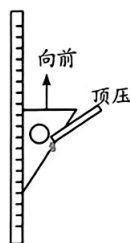


图4

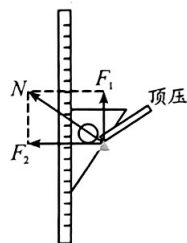


图5

完成了实验探究和模型建构,就可以研究帆船如何逆风行驶了。船的龙骨轴线为 MN ,用箭头代表风的方向, PQ 为帆面所在位置,调整帆面,使帆面平分龙骨轴线和风向之间的夹角,如图6所示。空气与帆面间摩擦力很小,忽略不计。现用 F 表示空气对帆的压力,压力方向与帆面垂直,将 F 分解成垂直龙骨轴线方向的力 F_1 和沿着龙骨轴线方向的力 F_2 。

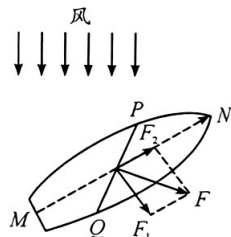


图6

由于船在垂直龙骨轴线方向遇到水的强大阻力作用(帆船的龙骨在水里很深),船不会在垂直龙骨轴线方向运动,只能沿着龙骨轴线方向运动,就好像在逆风中航行了。

通过“浅易”实验操作及对建构的物理模型分析,使学生体会到两个分力方向要按照实际作用效果来确定,化模糊认识为深刻理解,提升了学生模

型建构能力,通过对物理模型的分析、推理、论证解决了生活中的实际问题,激发了学生探究未知和解决问题的热情,促进学生对问题的深入思考,从而形成科学思维方式。

3.“浅易”实验在体验科学探究方面的应用

“科学探究”是指模拟科学研究的全过程,往往要根据观察到的现象或事实进行分析、思考并提出可探究的问题,依据已有的知识或方法进行类比、推理、猜想等预设研究结论,制定合理的探究方案,通过实验或理论推导获取信息,基于信息和证据得出正确结论并作出合理的解释,从而完成整个探究过程。“浅易”实验引入课堂教学能够培养学生提出问题、收集证据、解释交流与合作学习的科学研究方法。例如,在研究自由落体运动时^[3],需要证明空气对下落的物体存在影响,可以引入“浅易”实验——神奇的空气作用。实验前,先让学生进行猜想:将一元硬币和等大的纸片由同一高度自由释放,哪一个先落地?第一次将纸片和硬币从同一高度、不同位置同时释放,观察发现硬币下落得快;第二次将硬币压在纸片上,让它们同时水平下落,会发现硬币压在纸片上时两者同时落地;第三次将纸片压在硬币上,同时水平释放,纸片压在硬币上同时落地。第二次现象说明硬币下落得快,压着纸片运动,第三次实验现象就出乎学生的意料,问题就出现了,是什么原因造成这种现象的呢?经过教师的引导,学生会想到一定有一种流体存在,硬币冲开流体,在硬币上方形成负压,在负压作用下,纸片与硬币同时落地。从几个方面分析来看:物体在地球周围运动一定受到空气阻力的作用,由于空气阻力的作用,重力不同的物体运动状态不同。意大利著名科学家伽利略早在400多年前就得出结论:只要没有空气阻力,不同重量的物品将以同样的速度下降。

教学过程中引入“浅易”实验研究,通过观察现象、分析思考、提出问题,运用已学知识推理论证找到解决问题的方法,并对探究的结果进行总结交流,从而获得的正确结论,提升了学生的科学探究能力,促进了学科素养的养成。

4.“浅易”实验在培养科学态度与责任方面的应用

“浅易”实验来源于学生身边的小实验或生活

中的现象,操作简洁、方便,容易使学生获得成功的喜悦,更能激发学生学习兴趣和求知欲,形成实事求是的科学态度,在实际问题中将已有知识和经验内化成解决问题的综合能力,提升对科学本质的认识。例如,在研究自由落体运动时,可引入“浅易”实验——“有趣”的反应时间。教师将一张百元新纸币放在一学生分开的中指和食指之间,如图7所示,学生做好准备后,教师松开纸币,使纸币做自由落体运动,让学生迅速用中指和食指夹纸币。学生经过多次实验均没有夹住纸币,就会思考夹不住纸币的原因是什么呢?引导学生用所学的自由落体运动规律解释现象,人眼睛看到物体下落,经大脑进行判断,再到开始行动,平均用时约为0.2 s(即为反应时间),由自由落体运动规律可知0.2 s内纸币下落的距离约为20 cm,而百元纸币的长度是15.5 cm,这就是纸币在两指中间下落却夹不到的原因,同时了解了人民币的大小规格,提升对人民币的认知。



图7

此实验使学生学会应用跨学科知识综合分析生活中的现象,培养学生应用跨学科知识解决实际问题的综合创新能力,同时,进一步认识人民币的规格,增强法治观念,从处理问题中培养社会责任感,有效地提升学生学科素养。

将“浅易”实验蕴含的科学原理转化成学习内容的一部分,便于教、学、评的有机结合,强化课程的理论联系实际,体现动手、动脑学习方式,实现快乐学习,使物理课堂教学有趣、有益、有效。感悟科学研究方法,体会科学研究过程,引领学生关注科学·技术·社会·环境(STSE)的关系,从而形成正确的科学态度、世界观和价值观。

四、以“浅易”实验为基础建构新时代高中物理学习模式

1. 以“浅易”实验为基础建构课堂教学模式

探究活动是“浅易”实验引入课堂教学的先导,

创设情境要合理,问题设定需紧扣教学内容,探索“浅易”实验与教学内容的融合,这样的教学融合包括:实验选择、提出问题、组织实施、解释交流、合作分享、结论预测及课后反思等。“浅易”实验引入课堂教学不仅拓展了学习内容,还增加了教学过程中的思维含量,提升了课堂教学效率。

以建构主义学习理论为依托,搭建民主和谐的交流的平台,培养自主学习的习惯。课堂教学融入“浅易”实验能很好地体现自主学习特点,有效激发学生学习动力,通过实验探究让学生养成合作学习和独立思考的良好习惯。在深入理解物理概念教学时,不再局限于设定例题和练习,而是恰当地引入“浅易”实验完成对概念的理解与升华。例如,在牛顿第一定律教学中,理解惯性概念时,引入“浅易”实验——生、熟鸡蛋的判别。本实验虽然是生活中简单的物理现象,但学生几乎没有从物理学的角度进行过分析思考,一般只是依据经验进行判别,没有理论依据。而引入此实验作为学习、思考的内容,增加了理论联系实际的教学活动,提升了学生应用所学知识、依据理论指导解决生活中实际问题的能力。课前教师准备生、熟两种鸡蛋,让学生在破坏鸡蛋外部结构的情况下,辨别哪些是生鸡蛋,哪些是熟鸡蛋,并说明理由。通过问题为学生搭建合作、交流的平台,经学生认真讨论及教师引导提出解决问题的方法。方法1:可使鸡蛋大头向下直立并旋转鸡蛋,两种鸡蛋倒下的时间不同,其原因为:生鸡蛋的内部是液体状态,蛋清与蛋黄密度不同,运动状态不同,且在转轴上非均匀分布,使蛋壳转动不稳定,生鸡蛋会先倒下,由此可知液体和固体转动时惯性的表现形式不同。方法2:把鸡蛋平放在水平圆盘内,使两种鸡蛋在圆盘内各自转动,用手指在鸡蛋上端向下施加力的作用使鸡蛋减速,鸡蛋即将停下来时,马上松开手指,其中一种鸡蛋开始继续转动起来,另一种鸡蛋停止转动。原因为:生鸡蛋被按住时,它内部的蛋清与蛋黄由于惯性仍在运动,只要停止外力作用,蛋内的液体就会带动蛋壳转动起来,而熟鸡蛋内部是固体状态,蛋壳停止运动时蛋清和蛋黄同样停止运动。通过两种方法判别、分析、感知惯性在生活中的应用,引导学生逐步学会应用所学物理概念解决生活中的实际问题,进一步理解概念的内涵和外延。

在理解规律的本质时,不能要求学生只是简单的机械记忆,而是通过“浅易”实验让学生感知规律的本质与内涵。例如,在理解质量是惯性大小的量度时可引入“浅易”实验——“反常”惯性。学生对惯性的认识往往是通过刹车时乘客向前倾倒,或汽车加速启动时乘客后仰,这些现象可以说明物体具有惯性,但并不能准确反映质量是惯性大小的量度,即质量是反映物体抵抗运动状态变化的“能力”。为了理解这一规律,教师将“浅易”实验——“反常”惯性作为思考、分析的问题引入课堂教学。实验时,把内径较大的玻璃管注满水,将黄色乒乓球放入玻璃管并封住管口,水平放置玻璃管,逐渐调整乒乓球位置,使其停留在玻璃管的中间部分,然后突然沿水平方向加速玻璃管,发现乒乓球相对于玻璃管向前运动;若将玻璃管沿水平方向制动,发现乒乓球相对于玻璃管向后运动。乒乓球的运动方向与学生预判及生活经验恰恰相反,其原因是乒乓球的质量小于同体积水的质量,乒乓球的运动状态容易改变,同体积的水维持原来运动状态的能力强。这就说明质量越小,惯性越小,运动状态越容易改变,就看到了乒乓球相对于同体积质量较大的水向相反方向运动,从而理解质量是衡量物体抵抗运动状态改变“能力”的物理量,即质量是惯性大小的量度。

通过“浅易”实验建构物理模型,创设课堂教学情境,加深了对概念和规律的理解,提升了学生应用所学知识认识自然和改造自然的能力。最大限度地将“浅易”实验融入课堂教学,可以提升学习效率。

2. 以“浅易”实验为基础建构自主学习模式

《基础教育课程改革纲要(试行)》倡导学生主动参与、勤于动脑,培养学生自主探究能力。而要学好物理恰恰需要对生活中的现象、问题进行独立的观察、分析与思考,“浅易”实验的素材来源于生活,能帮助学生在课余时间独立完成解决实际问题的自主探究,自己动手、动脑用已有的知识解决生活中的问题。例如,学习“力 物体平衡”一章后,可让学生课下独立完成课题:水平皮带与三角带传动的对比研究。



图 9

生活中常见的皮带传动多为三角带传动,如图8所示,为什么用三角皮带传动?这样传动有什么好处吗?

学生动手实验,体验三角带和平面皮带传动的区别。选取一大一小精装词典(封皮和内部纸张材料相同),保证传动过程中动摩擦因数相同,感悟控制变量法的应用。首先,建构水平皮带传动模型:把小词典平放在大词典上,将大词典一端缓慢抬高,直到小词典开始下滑,记录此时大词典与水平桌面的夹角 θ_1 ,如图9所示。接着建构三角带传动模型,把小词典从中间位置打开,骑跨在直立的大词典的书脊上,将大词典一端缓慢抬高至倾角为 θ_1 时,小词典没有沿大词典的书脊下滑。继续抬高大词典,直至小词典刚好沿大词典书脊下滑,记下大词典与水平桌面的夹角 θ_2 ,如图10所示。小词典的重力保持不变,比较大词典抬高的角度,说明骑跨在大词典上的小词典所受平行于书脊方向的最大静摩擦力大,通过模型对比可以判别三角带传动不易打滑。

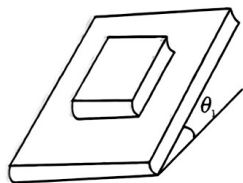


图 9

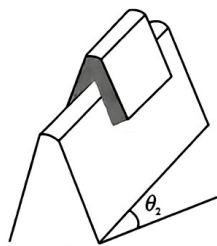


图 10

在高中阶段学习过程中,不仅要创建物理模型,还要用已学的知识进行推理论证与验证分析。根据共点力平衡条件可进一步研究小词典骑跨在大词典上最大静摩擦力偏大的原因。将大词典直立水平桌面上,小词典骑跨在大词典的书脊上。由于小词典分开的夹角很小,忽略垂直于书脊方向的摩擦力,由图11所示受力分析可知,小词典所受重力与大词典对小词典支持力的合力平衡。依据最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力,设小词典的重力为 G ,大词典对小词典的支持力分别为 N_1 、 N_2 ,由于两支持力间夹角较大,从图11中可看出 $N_1 = N_2 > G$,小词典骑跨在大词典上时,沿书脊方向所受最大静摩擦力 $f = \mu(N_1 + N_2) > 2\mu G$;而大、小词典叠放在水平桌面上时,小词典与大词典间沿水平方向的最大摩擦力为 μG ;由以上分析可知作

用在皮带上的总压力相同时,三角带与转轮间的最大静摩擦力大于平面皮带与转轮间的最大静摩擦力,三角带不易打滑,故工业上多采用三角带传动。

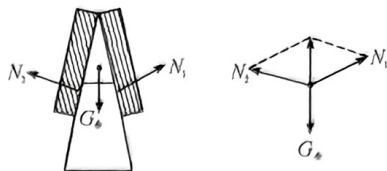


图 11

通过“浅易”实验的操作、观察、分析,建构物理模型及推理论证,提升了学生独立分析问题和解决问题的能力。“浅易”实验能为理解概念和应用规律提供支持帮助,使学生体验到自主探究的乐趣,从而达成热爱科学研究的学习目标。

总之,教与学的过程就是探索新知、启发思维的过程,而基层学校教学中存在过多地关注科学结论,忽视科学原理的形成过程,忽视教学与生活的联系等问题。将“浅易”实验引入到教学过程中很好地解决了教学中存在的问题。教师在深刻理解教学内容的基础上,把授课内容与“浅易”实验相结合,最大限度地发挥“浅易”实验的教育功能,使探究与互动有效地融入物理课堂教学中,发挥学生的主体作用,让物理教与学更有抓手,使学生认识到物理知识源于生活,提升物理学科核心素养。

参考文献

- [1] 米哈伊·奇凯岑特米哈伊. 创造性:发现与发明的心理学[M]. 夏镇平,译. 上海:上海译文出版社,2001.
- [2] 查尔斯·巴里·汤森. 世界上最伟大的思维游戏书[M]. 代巍钢,译. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2007:216-219.
- [3] 汉斯·尤尔根·普雷斯. 游戏中的科学[M]. 王泰智,沈慧妹,译. 海口:海南出版社,2004:42-80.
- [4] George Johnson. 历史上最美的10个实验[M]. 王悦,译. 北京:人民邮电出版社,2010.
- [5] Bob Bonnet, Dan Keen. 科学鬼才:趣味科学实验45例[M]. 石晓妍,梁山,李蕊,译. 北京:人民邮电出版社,2012.
- [6] 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)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.