

基于物理学科核心素养的 教学实践与反思

研究型教师的成长智慧

董友军 著

物理观念

科学思维

科学探究

科学态度与责任



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

基于物理学科核心素养的 教学实践与反思

研究型教师的成长智慧

董友军 著



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

基于物理学科核心素养的教学实践与反思：研究型教师的成长智慧/董友军著. —广州：暨南大学出版社，2019.12

ISBN 978 - 7 - 5668 - 2801 - 9

I. ①基… II. ①董… III. ①中学物理课—教学研究—高中 IV. ①G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 272705 号

基于物理学科核心素养的教学实践与反思：研究型教师的成长智慧

JIYU WULI XUEKE HEXIN SUYANG DE JIAOXUE SHIJIAN YU FANSI;

YANJIUXING JIAOSHI DE CHENGZHANG ZHIHUI

著 者：董友军

出 版 人：徐义雄

责任编辑：高 婷 刘宇韬

责任校对：冯月盈

责任印制：汤慧君 周一丹

出版发行：暨南大学出版社 (510630)

电 话：总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真：(8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

网 址：<http://www.jnupress.com>

排 版：广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷：佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本：787mm×960mm 1/16

印 张：16.25

字 数：257 千

版 次：2019 年 12 月第 1 版

印 次：2019 年 12 月第 1 次

定 价：68.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题，请与出版社总编室联系调换)

序

周光召先生说：“科学教育不应该传授给孩子支离破碎、脱离生活的抽象理论和事实，而是应当慎重选择一些重要的科学观念，用恰当、生动的方法，帮助孩子们建立一个完整的对世界的理解。”基础教育阶段的物理课程用物理学核心素养一词集中概括了物理学科的教育价值，并将其作为教育目标来引领课程、教材和教学的改革方向。从我国目前的物理教学情况来看，需要重点关注以下三个方面：

1. 围绕物质、运动与相互作用、能量发展学生的物理观念，关注初中、高中之间的衔接

近几年来，我们研究团队做了大样本调查，结合我们所做的课堂观察和测试结果，发现教学中普遍存在学段之间的断层现象，学生在测试中表现出知识碎片化，不能形成系统的知识结构，缺乏上位的物理观念；模型建构能力较差；科学论证缺乏证据意识；科学推理逻辑不严谨。针对这些问题，迫切需要用物理核心素养引领初中、高中之间的衔接，关注学生物理观念和能力的连续发展。

2. 深入挖掘中学物理课程中蕴含的科学思维教育价值，发展学生的科学思维和探究能力

以模型建构为例，物理教学中的模型有很多，例如：匀速直线运动、力的图示、重力场、物质结构的微观模型、电路图、磁感线、原子模型、微观粒子模型等。在教学中，教师不但要引导学生了解物理学的研究需要建构模型，还

要带领学生经历建构模型的过程，了解物理中所建构的模型是有局限性的，在以后的学习中需要进一步修正和完善。这样不但能为学生以后的物理学习留下发展空间，而且能帮助学生深化对科学本质的认识。

3. 用物理学科核心素养引领中学物理教学设计

(1) 基于物理学科核心素养进行教学内容分析，确定教学重点。

首先，用物理观念统领物理概念、物理规律的教学，具体分析某个课题在发展学生物理观念中的地位和作用；其次，分析课题对发展学生科学思维能力和探究能力的价值，即其具体内容有助于发展哪些思维能力和探究能力；最后，分析课题与学生生活、科技、社会有哪些联系，蕴含哪些科学本质、ST-SE的教育因素。

(2) 基于物理学科核心素养进行学情分析，确定教学难点。

首先，针对某个课题具体分析学生现有的物理观念、科学思维、科学探究能力和科学态度与责任的发展水平；其次，分析学生从现有水平发展到课程标准要求水平需要经过几个阶段，观念和能力的发展障碍是什么。

(3) 基于物理学科核心素养确定教学目标。

教学目标具体包括物理概念、规律和相应观念的发展目标，科学思维能力的具体发展目标，科学探究能力的具体发展目标，科学态度与责任的渗透目标。

(4) 基于物理学科核心素养设计符合学生认知发展的教学过程。

关于学习进阶的研究表明，科学概念的学习可以按照一定的系列逐渐进阶发展。根据科学概念理解的发展层级模型和基于学习进阶理论的教学过程模型，可以从四个方面设计符合学生认知发展的教学过程：①根据概念理解的发展层级模型进行学情分析，从学生已有认识入手展开循序渐进的教学过程；②创设能给学生提供支撑性的事实经验的真实情境；③引导学生经历概念建构或探索规律的完整过程，促进相应能力的发展；④让学生解决真实的物理问题，从中认识物理学的价值及其与生活、社会、科技的联系。

为了使课程标准描绘的理想愿景真正落实到物理课堂中，董友军老师在教学实践中积极探索，及时总结成文，有几十篇论文发表在《物理教学》《物理教师》《物理实验》《中学物理教学参考》《物理教学探讨》《中学物理》等期刊。他把近几年关于物理核心素养的论文整理成集，我很支持！这是一线教师落实物理学科核心素养的智慧结晶，它可以给更多同行提供借鉴。我祝贺本书出版，也期待董友军老师能够再接再厉，在实践中创新成长，实现教学技能的进阶发展，做出更出色的成绩。



2019年9月20日于北京师范大学

目 录

序.....	1
--------	---

第一编 教学策略研究

落实“物理学科核心素养”的三大策略	2
立足核心素养的物理教学策略	10
基于物理学科核心素养的概念教学策略	15
基于核心素养的高中物理新授课练习教学策略	26
基于物理学科核心素养的专题教学策略	34
探究习题是提高物理思维的重要方式	43
破解“台阶现象”的教学策略	54
提升“二轮复习”效率的五大教学策略	60

第二编 教材内容研究

研究“加速度”	72
研究“线速度”	76
研究“静止”	83
研究“弹力”	88
研究“完全非弹性碰撞”	94
研究“感生电动势”	102

研究教材习题 109

研究教材插图 116

第三编 高考试题研究

回顾三年历史 探究未来方向 128

赏析测速方法 提高教学效率 134

彰显求同存异 渗透核心素养 142

赏析生热途径 培养物理观念 148

凸显知识迁移 考查核心素养 156

静守基础素养 动升关键能力 163

考查必备知识 凸显学科素养 170

高考物理实验 考查变与不变 179

第四编 教学设计研究

“加速度”高端备课 188

“静摩擦力”高端备课 197

“速度”教学设计 204

“平抛运动”高端备课 208

“机械能守恒定律”高端备课 215

“功率”高端备课 226

“向心力”教学设计 236

基于学习进阶的功专题教学设计 244

后 记 252

第一编
教学策略研究

贵州师范学院内部使用

落实“物理学科核心素养”的三大策略

教育部公布的2017版《普通高中物理课程标准》指出，物理学科核心素养主要包括“物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任”四个方面，其中物理观念主要包括“物质观念、运动与相互作用观念、能量观念”等要素；科学思维主要包括“模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新”等要素；科学探究主要包括“问题、证据、解释、交流”等要素；科学态度与责任主要包括“科学本质、科学态度、社会责任”等要素。^① 学生通过高中三年物理的学习，可以初步形成正确的价值观念、养成优良的必备品格、炼成厚实的关键能力。如何在课堂教学中落实物理学科核心素养？它既是当前物理教学的现实问题，也是当前物理教研的理论问题。笔者在落实物理学科核心素养的教学实践过程中得到一些启发，并且总结出三大策略，写出来与大家分享，权当抛砖引玉。

一、策略一：基于核心素养的教学设计，是落实物理学科核心素养的前提

古人云：“凡事预则立，不预则废。”要想落实物理学科核心素养，就要根据物理学科核心素养的四个方面进行教学设计。教学设计是教学的整体思路，它指引着教学的整个过程，使教学更有目的、更有效果。

^① 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准：2017年版[S]. 北京：人民教育出版社，2018：4-5.

（一）根据核心素养，确定教学目标

根据高中物理学科核心素养的要求，确定“作用力和反作用力”^①这一节的教学目标如下：

1. 物理观念

教师创设“手拍桌子”“地面行走”“磁铁小车”实验，先让学生说出自己的感受和观察到的现象，后引导学生分析感受和现象背后蕴藏的规律。在轻松的课堂交流中，让学生逐渐形成“运动与相互作用观念”素养。

2. 科学思维

教师引导学生用自己的语言总结以上三个实验的规律，建构作用力和反作用力的概念。在探究作用力与反作用力的过程中，引导学生质疑。在得出牛顿第三定律的内容后，教师设置“拔河比赛”“以卵击石”实验，引导学生把实际情境转换成物理模型，并运用物理规律进行分析。通过以上过程，培养学生“模型建构”“质疑创新”素养。

3. 科学探究

为了定量说明作用力和反作用力，教师准备实验器材，主要包括弹簧测力计和力传感器，并把学生分成几个小组，让各小组学生自己设计实验方案、分工合作、观察现象、总结规律，探究出作用力和反作用力“等大”“反向”“共线”。同时，给各小组交流展示的机会，各小组成员可以相互提问与解答，养成合作与交流的习惯，在这个过程中逐渐培养学生的“科学探究”素养。

4. 科学态度与责任

教师用力传感器创设“以卵击石”实验，让学生看到鸡蛋碰石头的力与石头碰鸡蛋的力大小相等；教师创设“磁针实验”，让学生看到甲磁针对乙磁针的吸引力与乙磁针对甲磁针的吸引力“反向”“共线”。通过以上两个实验，让学生认识到，物理规律是基于实验探究的正确结论，需要严谨认真的态度和

^① 广东基础教育课程资源研究开发中心物理教材编写组. 物理必修1 [M]. 广州：广东教育出版社，2010：70-71.

实事求是的精神，培养“科学本质”“科学态度”素养。

(二) 创设师生活动，明确设计意图

在设计教学过程中，包括“教师活动”“学生活动”“设计意图”三个要求，如表 1 所示。这样一来，整个教学过程思路清晰、分工明确、针对性强，便于课堂教学实施。

表 1

教师活动	学生活动	设计意图
教师设计“手拍桌子”“地面行走”“磁铁小车”三个活动	学生用手拍桌子并体验到手疼；学生观察教师演示的毛刷鞋和毛刷地面并说出毛刷的弯曲方向；学生观察教师演示的小车运动并说出小车运动的方向	引导学生体验、观察和思考，形成“运动与相互作用观念”素养
教师提问“手与桌子”“鞋与地面”“磁极之间”的力属于什么性质的力	学生分析并回答分别属于“弹力”“摩擦力”“磁力”	引导学生“从物理学视角对客观事物的本质属性的认识”，培养学生“科学思维”素养
教师设计弹簧对拉的学生分组实验和力传感器的学生演示实验	学生完成弹簧对拉分组实验并记录对拉时弹簧的读数；任找两个学生对拉力传感器并通过电脑显示力的大小和方向	通过分组实验和演示实验，让学生“提出问题、形成猜想”；并“制订方案、处理信息”；对实验数据进行“交流、反思”；用自己的语言概括出结论，培养学生“科学探究”素养

(续上表)

教师活动	学生活动	设计意图
教师用力传感器创设以卵击石的演示实验	学生观察在以卵击石过程中，力传感器显示的鸡蛋对石头的力与石头对鸡蛋的力是否相等	通过以卵击石实验，可以观察到鸡蛋对石头与石头对鸡蛋的力大小相等，使学生“逐渐形成探索自然的内在动力，严谨认真、实事求是的科学态度”，培养学生“科学态度”“科学本质”素养

二、策略二：基于创新实验的课堂教学，是落实物理学科核心素养的灵魂

物理学科核心素养四个方面，浅层分析相互独立，深层研究聚焦创新，如图1所示。“物理观念”“科学思维”“科学探究”是创新的基础，它们互相影响、彼此促进；“科学态度与责任”起到协调作用，协调“物理观念”“科学思维”“科学探究”与“创新”的关系，让“创新”成果与社会和环境可以协调发展；“创新”是根本目的，通过培养学生物理学科核心素养，让学生具有创新意识和创新能力。《中华人民共和国义务教育法》第三十四条明确规定：“注重培养学生独立思考能力、创新能力和实践能力，促进学生全面发展。”笔者在创新实验过程中，依据“化微观为宏观”“化抽象为具体”“化定性为定量”等思路，创设了很多新颖实验，引导学生观察，激发学生思考，不仅活跃了课堂气氛，也激发了学生思维，从而有效地培养了学生的物理学科核心素养。

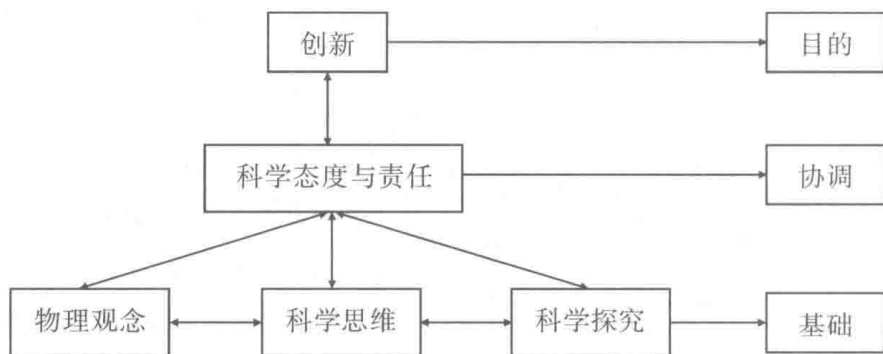


图 1

（一）创设“毛刷实验”——化微观为宏观

人在地面正常行走，地面对人的摩擦力向前，同时人对地面的摩擦力向后。由于地面和人都发生微小形变，无法观察。为了增加学生的感性认识，同时也是为了增加物理知识的可信度，笔者设置了毛刷鞋实验，展示地面对人的摩擦力向前；设置毛刷地面实验，展示人对地面的摩擦力向后。

（二）创设“磁针实验”——化抽象为具体

为了说明作用力和反作用力在同一直线，笔者设计了一个磁针实验，在圆上画出多条直径，将一个强磁针放在圆心处，另一个强磁针放在圆周上，并沿着圆周缓缓移动。通过强磁针的异名磁极相互吸引，学生很容易发现两个强磁针的磁力方向总是相反，且在一条直线上。

（三）创设“卵石实验”——化定性为定量

很多教师上课时都会讲到鸡蛋碰石头这个情景，虽然鸡蛋碎而石头不碎，但鸡蛋对石头的力和石头对鸡蛋的力是作用力和反作用力，由牛顿第三定律得出鸡蛋对石头的力与石头对鸡蛋的力大小相等，这样的定性解释，由于没有实验数据可以验证，说服力不强，学生们只能被动接受。为了解决这个问题，笔者把鸡蛋固定在一个力传感器上，把另一个力传感器的金属拉钩当做石头，让

它们进行碰撞,通过观看力传感器的数值,非常直观地得出鸡蛋对石头的力和石头对鸡蛋的力总是大小相等。通过力传感器数据的展示,不但让学生“诚服”,而且让学生“心悦”,同时也激发了学生学习物理的兴趣,可谓一举三得。

三、策略三:基于“学生主体”的教学理念,是落实物理学科核心素养的保证

现代教学理论指出:在教学过程中,要始终体现学生的主体地位,教师应充分发挥学生在学习过程中的主动性和积极性,激发学生的学习兴趣,营造宽松和谐的氛围。“学生主体”主要表现在三个方面:学生是学习活动的主体,是主动的发现者、探索者,这是主体得以确立的内在依据;学生是个体身心发展的主体,是个性社会化的主体,具有自主性、能动性、创造性等主体性品质;学生在教学过程中是主体化的客体,是由教到不教、由教育走向自我教育的主体。学生才是教学的主体,教师只是教学的客体。不过,教师是客体并不等同于只起非决定性作用,学生是主体也并不意味着一直起决定性作用,师生在教学过程的不同阶段分别起决定性作用(见表2)。^①笔者在课堂教学中,主要以“学生小组讨论”“学生动手探究”等方式进行教学,对落实物理学科核心素养起到了良好的效果。

表2

教学过程	教师(客体)	学生(主体)
被组织阶段	决定性作用	非决定性作用
自组织阶段	非决定性作用	决定性作用

^① 董友军.高中物理新授课练习教学策略[J].中学物理(高中版),2017(12):23-26.

(一) 学生小组讨论

海森堡说：“科学植根于讨论之中。”在课堂教学中引入小组讨论，能够激发学生思考的兴趣和培养学生表达的能力。如对于“比较一对平衡力与一对作用力和反作用力的相同点和不同点”，笔者就采用了小组讨论的方式。为了使小组讨论更有针对性，笔者设计了表格（见表3），引导学生积极思考、相互讨论、各自表达，同时用自己的语言填写相关内容，从而促进学生对一对平衡力与一对作用力和反作用力的深刻认识。教师这样组织教学，把学生从客体地位变换到主体地位、从幕后推到台前，易于激发学生主动学习、积极思考的意识，有利于培养学生良好的思维习惯和创新能力，使学生真正成为学习的主人，起到了培养学生物理学科核心素养的作用。

表 3

		一对作用力和反作用力	一对平衡力
相同点	力的大小		
	力的方向		
	是否共线		
不同点	力的性质		
	作用对象		
	力的变化		
	作用效果		

(二) 学生动手探究

“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”，学生动手探究，是物理教学最重要的方式，也是培养学生物理学科核心素养的重要途径。笔者分配给学生两个弹簧测力计、两个拉力传感器，让学生动手探究作用力与反作用力大小相等、方向相反、同时产生、同时变化、同时消失的特点。学生通过动手探究，增强

了动手能力，同时也加深了对牛顿第三定律的理解及其应用，有效地培养了学生的物理学科核心素养。

“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”，落实物理学科核心素养，既是新课标的要求，也是时代的呼唤。作为一线物理教师，应该把物理学科核心素养铭记于心中，并落实在课堂。

（本文发表在《物理教师》2019年第3期）