

基于核心素养的物理大概念提炼策略研究

——以《机械能及其守恒定律》为例

殷哲成, 林忠烨

杭州师范大学物理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年12月2日; 录用日期: 2025年1月2日; 发布日期: 2025年1月9日

摘要

文章基于核心素养, 研究高中物理大概念提炼策略。本文首先通过文献研究与理论分析, 界定了广义大概念, 并论证了核心素养是大概念提炼的立足点。基于理论, 文章提出综合运用多种方法提炼大概念群, 构建“大概念网络”, 并绘制层级图归纳核心大概念的两步提炼法。最后文章以《机械能及其守恒定律》为例, 阐述了大概念提炼策略的应用, 为中学物理大概念教学提供创新参考。

关键词

大概念, 高中物理, 核心素养, 提炼, 教学设计

A Study on the Strategy of Refining Big Concepts in Physics Based on Core Literacy

—Taking “Mechanical Energy and Its Law of Conservation” as an Example

Zhecheng Yin, Zhongye Lin

School of Physics, Hangzhou Normal University, Hangzhou Zhejiang

Received: Dec. 2nd, 2024; accepted: Jan. 2nd, 2025; published: Jan. 9th, 2025

Abstract

Based on the core literacy, the article studies the strategy of refining big concepts in high school physics. Firstly, this article defines the broad concept through literature research and theoretical analysis, and argues that core literacy is the basis for refining big concepts. Based on the theory, the article proposes a two-step refining method that integrates multiple methods to refine the big

concepts, constructs a “big concept network”, and draws a hierarchical diagram to summarize the core big concepts. Finally, the article takes “Mechanical Energy and Its Law of Conservation” as an example to illustrate the application of the big concept refining strategy, which provides an innovative reference for the teaching of big concepts in secondary school physics.

Keywords

Big Concepts, High School Physics, Core Literacy, Refinement, Instructional Design

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着教育改革深入, 教育目标转向培养核心素养、创新能力和解决问题能力。传统物理教学偏重知识灌输, 导致学生难以将知识与实践结合, 而基于一种统筹性的知识体系展开教学可以更好地培养学生的核心素养, 因此, 大概念教学应运而生。

查阅国内外现有文献后, 笔者发现在现有的众多研究中, 高中物理大概念并没有明确的界定, 许多研究提出了提炼物理大概念的方法, 但其各不相同, 没有一套体系化的大概念提炼策略能让教师直接应用于课堂。此外, 现有的大概念提炼策略基本都从课本固有知识出发, 未能很好地把握学生的学科核心素养。

基于此, 本研究旨在基于前人经验, 指向核心素养, 探索物理大概念的体系化提炼策略, 为高中物理教学改革提供参考。研究将采用文献研究、案例分析和跨学科研究法, 界定大概念与核心素养, 探讨其提炼策略, 并通过课程实例分析, 展示提炼策略的应用。

2. 理论分析

2.1. 大概念

笔者在查阅大量文献后, 发现大概念并没有准确的定义, 针对现有的理论, 笔者归纳得到了一个普适性的定义“能将众多的科学知识联为一致整体的科学学习的核心”。从层级来看, 大概念其实不是绝对的而是相对的, 狭义的大概念就指图 1 中间层的“学科大概念”, 而在学科大概念内部, 其实又可以细分出一些小概念, 也就是图中的“学科一般概念”, 但这些概念相对于零碎的事实、知识、技能其实也是统摄它们的大概念, 因此大概念其实不只是最上位的那一个学科大概念, 而是“学科大概念 - 学科单元大概念 - 课时大概念”几层大概念组成的概念脉络网, 那么这些都可以视作是广义上的大概念。

现阶段国内外大部分课程往往根据课程内容的相似度以及学生的认知顺序来编排教材, 一般会划分为一个个单元来组织教学, 每个单元又细分为多个课时来完成教学, 一些学科大概念可能会覆盖多个单元甚至多本教材的内容。因此, 对于同质知识点的大概念提炼与相应的整合式教学更符合现实基础, 这种方式能让学生的学习内化的过程中自发地实现举一反三, 进而成功地使现在过于臃肿的课程瘦下来[2], 教师只需要整合出概念脉络图, 按认知层级教给学生相对较少的大概念, 就能够实现其对关联内容的理解, 大大地提高课堂效率。

在研究过程中笔者发现, 一堂课内可能有不同层级的多个大概念, 但一定有一个统摄整堂课的大概

念, 可以定义为核心大概念, 它可能是最上层的学科大概念, 也可能是单元大概念甚至是课时大概念, 由具体课程安排来决定, 笔者的研究就需要提炼出整套大概念群后, 找出核心大概念, 以核心大概念为基, 大概念群为辅展开教学。

本文主要研究的大概念即为广义大概念, 笔者将探究如何科学提炼物理大概念群并确立教学核心大概念, 将核心大概念统摄的整套大概念群应用于教学。

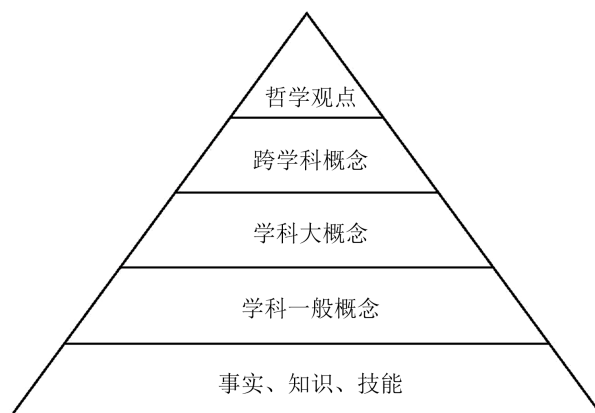


Figure 1. Conceptual hierarchy diagram [1]

图 1. 概念层级图[1]

2.2. 核心素养

核心素养是个体在时代背景下面对复杂问题和不可预测的情境时, 所展现出的高级能力与人性能力的集中体现, 其核心在于创造性思维和交际能力的培育[3]。从核心素养的地位与重要性来看, 它出现在2017年国家教育部发布的课程标准中, 课标是教师备课、授课的根本依据与重要参考, 而核心素养是每门科目课标中最具概括性、最本质的内容, 是学科本质观和学科教育价值观的反映, 体现了本学科在学生三观形成过程中发挥的独特作用。

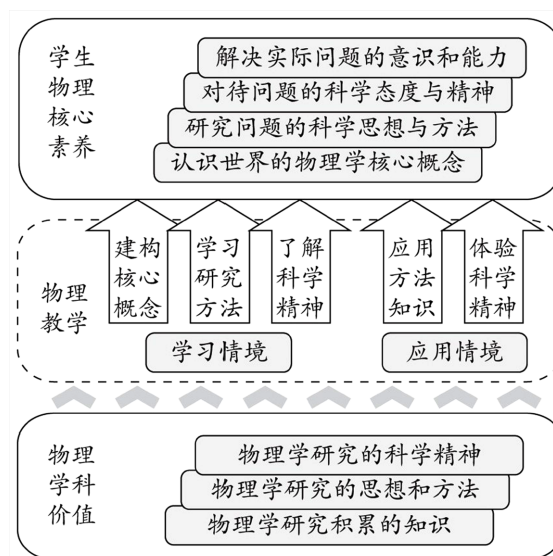


Figure 2. Structure of core literacy oriented physics instruction [5]

图 2. 核心素养导向的物理教学结构图[5]

我国在新课改实施以来, 教学目标的制定依据从双基指引到三维目标, 再到核心素养, 体现的正是国家层面教育最终目的由浅入深的过程。双基是外在的, 主要从学科视角来设计课程与教学; 三维目标既有外在又有内在, 可以理解为在过程中掌握方法, 汲取知识, 养成能力, 培育情感态度价值观; 素养是内在的, 是从人的视角来刻画课程内容与教学的全过程——其变迁过程正体现了从学科本位到以人为本的转变[4]。学生在每门学科中的所学最直观地可以从考试分数体现出来, 但是他们真正内化吸收的, 只有在知识遗忘后脑中剩下的痕迹, 而这些痕迹, 才是教师在教学过程中真正需要去努力镌刻的内容, 也就是核心素养, 如图 2 所示, 即为物理学科价值到学生物理核心素养的转化。

2.3. 两者之间的内在联系

笔者研究发现, 从大概念与核心素养的重要意义中不难提取出其共性——相较于普通知识和概念更抽象更本质的内容。无论是大概念的运用, 还是指向核心素养的教学, 都意在让学生透过知识表层去习得更本质的内容, 因为表层知识是会随着时间的推移而被遗忘的, 而统摄知识的大概念与体现能力和素质的核心素养将会深深烙印在学生心底, 随时能够调用。而不同学科在各类思维方式上都有其自身独特的学科特征, 所以大概念的逐级提炼需要立足学科视角、聚焦学科本质, 因此大概念应与相应的学科核心素养密不可分。

作为学科本位中最上层的知识, 以高中物理为例, 物理大概念没有明确的界定, 而核心素养在新课标中有明晰的定义, 即: 物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任, 且高中物理新课标在“地方和学校实施本课程的建议”中提出: “为促进物理学科核心素养的发展, 课程学习中要倡导基于项目的学习或整合学习等方法。”[6]物理大概念的提炼其实就是对零散物理知识的整合, 能将高中三年物理学科中同质化或类似的知识点聚合归于一类大概念, 自上而下得到学科核心素养-学科大概念-学科单元大概念-课时大概念-学科具体概念-课时具体学习内容一条知识层级链, 自下而上, 促进核心素养的发展, 那么自上而下, 核心素养便是大概念提炼与教学的根本依据。

3. 物理大概念提炼策略

3.1. 两步提炼法概述

大概念的提炼, 其实包含了各级大概念群的提炼和从大概念群中提炼核心大概念两个关键步骤。

总的来说就是先选择适合教学的大单元, 然后根据核心素养确立本节课的教学目标, 交叉应用多种提炼方法提炼出本堂课内容对应的所有大概念, 形成“大概念网络”, 在绘制网络图后逐步修正并建立大概念层级, 确立其最上层的、统摄全局的大概念, 即核心大概念。教学过程都将围绕核心大概念统摄下的整套大概念群进行设计与开展。下面将详述两步提炼法。

3.2. 各级大概念提炼

对于一整块课程内容, 首先需要提炼得到其中的各级大概念群, 找出各个大概念之间的关系, 绘制出大概念网络图。

其中, 各级大概念的提炼是灵活的、多角度的, 具有多种方法, 不同方法之间存在相互印证关系。针对具体的教学内容, 总的来说大概念群提炼策略可以概括为“一根多法”, 即围绕核心素养, 综合应用多种方法提炼各级大概念, 下面笔者将概述研究所得的基于核心素养的多类大概念群提炼方法。

3.2.1. 基于物理学科本质提炼

物理大概念是基于核心素养的、对物理学科本质认知的概览, 因此可以直接围绕核心素养的要求来

提炼大概念, 即从四个核心素养对应的教学目标出发, 通过核心概念总览或派生的方式来确立比较高位的物理大概念, 比如针对“自由落体运动”这一节课指向“科学态度与责任”的培养目标来提炼, 可以得到“伽利略探索与实证的科学精神”的大概念。

但从上面这个例子也可以看到, 用这种方法提炼而出的大概念往往比较抽象, 难以围绕其展开具体的知识解构与教学, 因此从本质提炼而出的物理大概念可以列入教学目标的较高层级作为统摄, 但也还需要将其具体化, 生成较低层级、更加具象化的物理大概念。

3.2.2. 基于物理课程内容提炼

一些物理概念, 如“能量”, 其实从小学、初中到高中都会出现在教学过程中, 但显然在不同阶段的对应于核心素养的教学要求及内容都是截然不同的, 而这种差异也导致了同一学科大概念下面细分的大概念是不同的, 比如在小学, 其大概念可以是“能量一种能够使物体运动或工作的力量”, 到初中就变成了“能量是能够产生功的物理量”, 到高中进一步深化为“能量是物质运动转换的量度, 用来表示物理系统做功的本领” [7], 因此物理大概念的提炼需要基于具体课程内容来进行组织, 而不同阶段同一主题课程内容的差异表现在课程内容要求与教材内容不同, 因此可以从课标课程内容要求和教材出发进行大概念提炼。

自上而下地, 高中物理新课标在“课程内容”中概述了每个模块(一本书代表一个大模块)里的细分主题, 每个主题其实就是一个大概念, 如必修一由“机械运动与物理模型”“相互作用与运动定律”两个主题组成, 那么这两个主题就属于大概念范畴, 在主题之下, 课标及相应课本内容继续自上而下剖析了具体内容要求, 通过对其中的核心观念、概念的降维解读, 抽离出表达其核心含义的辞藻, 进一步聚合并生成大概念; 自下而上地, 我们也可以浏览多册课本, 找出其中同类或相似的知识, 进行一同整合, 提炼出学科大概念作为核心大概念。

3.2.3. 基于已有物理大概念提炼

广义的物理大概念分为多层, 由最高层的物理学科大概念向下层层统摄, 因此在应用前几种方法得到一些物理大概念后, 我们可以基于已有的物理大概念, 围绕核心素养, 按逻辑进行向上或向下的逐级提炼。

一方面, 可以对上层大概念进行树状的解构与逐级分解, 提炼得到下层物理大概念。依然针对课标在必修一中给出的“相互作用与运动定律”, 可以直接拆分并展开得到“力是物体之间的相互作用”和“力是改变物体运动状态的原因”两个分支大概念。继续解构“力是物体之间的相互作用”, 可以得到重力、弹力、摩擦力的相关大概念, 每种力下面又有细分的各种性质, 形成一条知识链, 而针对不同的课程需求就可以确立核心大概念, 例如如果一堂课的主要内容是相互作用单元, 那么其核心大概念即为“力是物体之间的相互作用”, 如果一堂课重点详述弹力, 那么核心大概念就变成了“弹力是物体因受到外力作用而发生形变后恢复原状时所表现出的力”。

另一方面, 也可以从已有的下层大概念出发, 进行向上整合, 如在对一个单元进行研究时, 我们往往先去看它的各章节内容, 每个章节可以轻松提炼得到知识点以及相应的课时大概念, 对课时大概念进行归纳总结, 即可向上提炼得到单元大概念, 自下而上画出概念树形图, 而核心概念的选择同上, 需要根据具体课程需要来选择相应层级的相应大概念。

3.3. 核心大概念确立

绘制出反映各大大概念间关系的大概念网络图后, 需要根据其关系对大概念群进行分层, 自下而上按“基础概念 - 课时具体概念……次级大概念”的顺序绘制出大概念层级图, 此时最上位的大概念为次级

大概念, 结合核心素养的要求, 将最上位的几个并列次级大概念再聚合为一个最上层的大概念, 即为核心大概念, 统摄整块教学内容。

经两步提炼法后可得到一个核心大概念以及自上而下的各层级大概念群, 由核心大概念统摄的整个层级图能够应用于教学的设计与开展。

4. 大概念提炼策略应用——以《机械能及其守恒定律》大单元为例

基于大概念的教学往往以大单元的形式进行, 因此统摄课堂的核心大概念主要是学科单元大概念, 下面笔者以人教版高中物理必修二第八章《机械能守恒定律》为例, 应用上述策略进行该课程主题下的物理大概念提炼。

4.1. 教材分析与单元划分

笔者在高中物理人教版教材中寻找适合采用核心大概念统领单元教学的内容, 发现“能量”是高中物理非常核心的一大块知识点, 但是如果把整个能量作为一个大单元, 那么会涉及运动学、力学、电磁学、热学, 几乎横跨整个高中物理内容, 范围过大, 因此笔者选择研究其中的一类进行大概念提炼。

其中势能包含重力势能和电势能, 且在高中并没有深层次的研究, 不适合作为大单元教学的主题; 动能范围又太小, 称不上大单元且自身就有一课时的设计; 最终笔者在查阅新课标后, 发现课标的课程内容中有一个主题为“机械能及其守恒定律”, 内容涵盖动能和重力势能的机械能, 且必修二刚好用一章“机械能守恒定律”来讲述相关知识, 适合进行大概念提炼与大单元教学设计, 因此笔者选择该章确立“机械能及其守恒定律”大单元作为提炼对象展开研究。

4.2. 基于核心素养的单元教学目标设计

确定研究对象大单元后, 笔者找到新课标中对该单元的四个内容要求, 结合高中物理核心素养与单元内容组织逻辑, 制定大单元学习目标如下:

- ① 联系现实情境, 能在应用场景下将具体的行为抽象为力和位移的组合, 估算出实际情境中的功与功率(科学思维);
- ② 通过势能、动能、机械能等物理概念的组织构建过程, 来提炼各概念建立过程中应用的分析综合、逻辑推理、模型建构能力(科学思维);
- ③ 能够使用机械能、势能、动能、功等物理量及其关系来定量描述现实情境中物体的运动过程(物理观念);
- ④ 能自主使用打点计时器、气垫导轨、光电门等实验器材来设计探究动能、势能、功等物理量之间关系的实验, 会科学分析和处理数据并推导得到实验结论, 归纳出机械能守恒定律(科学探究);
- ⑤ 能应用机械能守恒定律来解决生活中的实际问题, 用实验工具和生活实例来证明机械能守恒, 体会现实技术手段和物理理论之间的相互促进作用(科学态度与责任)。

4.3. 物理大概念提炼与大概念网络绘制

本大单元的教材内容和课标内容要求对整个单元有比较明确的划分, 基于由核心素养撰写的整体目标, 很容易解构得到“功与功率”“重力势能”“动能及动能定理”“机械能守恒定律”这几个知识模块, 其中每个模块下面我们又不难发现“机械能”包含了“动能”和“重力势能”, 而功与每种能之间又密不可分, 根据不同层级的名词及其概念之间的关系可以绘制出“大概念网络”如图3(椭圆框中为名词, 矩形框中为对应的大概念)。

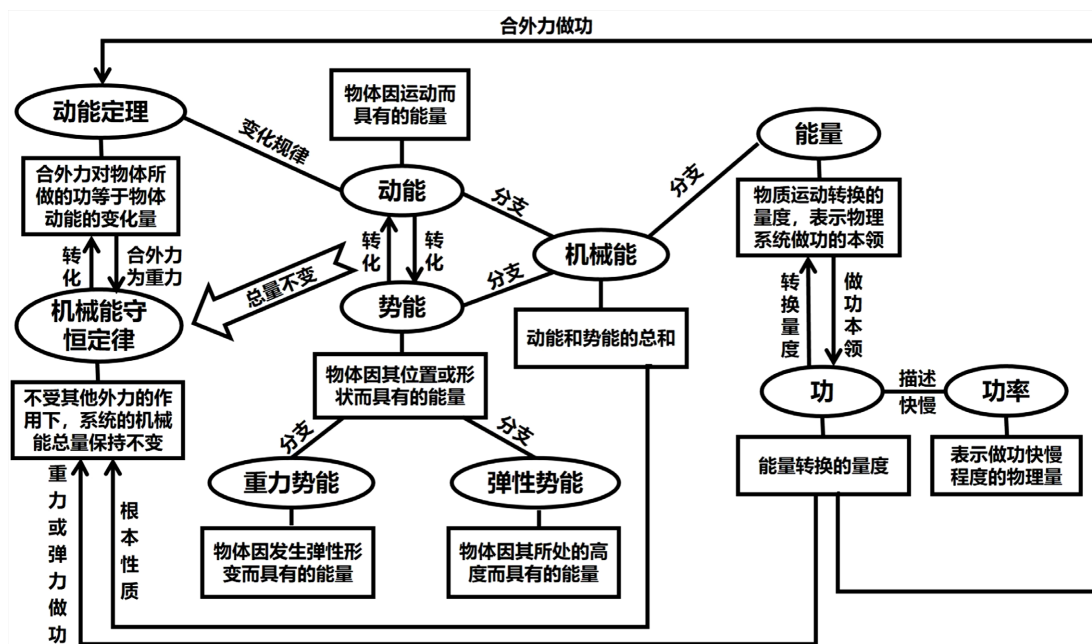


Figure 3. Web map of the big concept of "Mechanical Energy and Its Law of Conservation"

图 3. “机械能及其守恒定律”大概念网络图

4.4. 大概念层级构建与核心大概念确立

对大概念网络图中的大概念进行关系梳理、自下而上的层级划分, 得到大概念层级图如图 4。

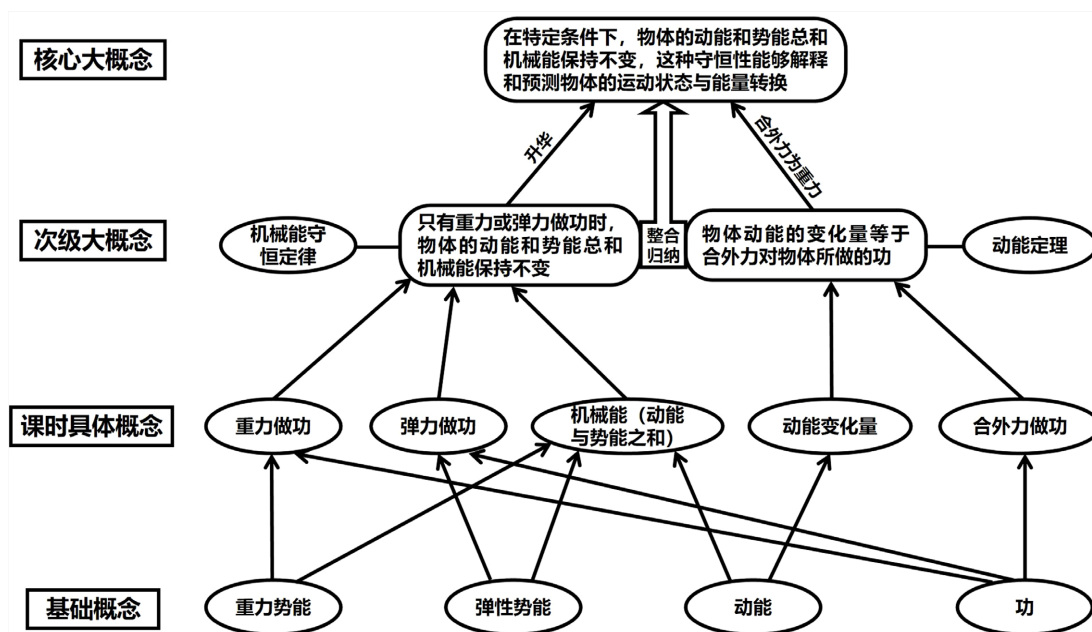


Figure 4. Hierarchical map of the big concept of "Mechanical Energy and Its Law of Conservation"

图 4. “机械能及其守恒定律”大概念层级图

根据层级图对大单元内容进行概括, 可以得到本单元的核心知识是机械能守恒定律及其应用, 在满足守恒条件的情况下, 我们可以通过分析和计算机械能的变化来理解和预测物体的运动状态, 以及动能

和势能之间的转换过程。通过对大概念自下而上的逐级汇聚整合, 归纳确立核心大概念为“在特定条件下, 物体的动能和势能之和机械能保持不变, 这种守恒性能够解释和预测物体的运动状态与能量转换”。

5. 总结

本文概述了基于核心素养的物理大概念提炼策略研究, 旨在探讨新课程标准下如何基于核心素养选取和提炼高中物理内容中的大概念并应用于教学实践。研究首先区分了“大概念”的广义与狭义定义, 强调了在一块教学内容中可能存在多层次的大概念群, 即广义大概念。通过深入分析, 笔者发现新课标中的核心素养对高中物理教学具有指导性作用, 并且大概念的提炼和教学应用与核心素养的落实密切相关。

在研究中, 笔者提出了以高中物理为例的大概念提炼策略, 包括基于核心素养确定教学目标、逐级提炼各层级大概念群、绘制大概念网络与层级图并确立核心大概念等步骤, 最终提炼出一套核心大概念统摄的大概念群体系, 服务于教学。为验证该策略的可行性, 作者以“机械能及其守恒定律”为教学单元, 进行提炼策略的应用, 通过这一实践验证了策略的有效性和实用性。

总结来说, 本研究不仅丰富了高中物理教学的理论, 也为教师在新课程背景下实施指向核心素养的大概念教学提供了具体的策略和方法。

参考文献

- [1] 邓靖武. 大概念统摄下物理单元知识结构构建及教学探讨[J]. 课程·教材·教法, 2021, 41(1): 118-124.
- [2] 李刚, 吕立杰. 国外围绕大概念进行课程设计模式探析及其启示[J]. 比较教育研究, 2018, 40(9): 35-43.
- [3] 张华. 论核心素养的内涵[J]. 全球教育展望, 2016, 45(4): 10-24.
- [4] 余文森. 从三维目标走向核心素养[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2016, 34(1): 11-13.
- [5] 林钦, 陈峰, 宋静. 关于核心素养导向的中学物理教学的思考[J]. 课程·教材·教法, 2015, 35(12): 90-95.
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017版) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [7] 朱健. 基于结构化主题的高中物理能量单元整体教学[J]. 物理教师, 2024, 45(2): 7-10.