

探究物理美在大学物理课程教学中的应用

薛飘洁

江苏师范大学文学院文理学院, 江苏 徐州

收稿日期: 2024年7月1日; 录用日期: 2024年8月13日; 发布日期: 2024年8月21日

摘要

文章介绍了物理学的起源、大学物理课程的重要性, 阐述了在当前大学物理课程教学过程中存在的困难和将物理美运用于大学物理课程教学的意义, 以及物理美的内涵和具体表现形式。通过牛顿第二定律的教学实例, 展示如何将物理美运用于课程教学的思路和方法。多角度、全方位挖掘大学物理课程中的美学特征, 并将其自然融入课堂教学, 不仅能够丰富教学内容, 激发学习兴趣, 也能感染心灵, 塑造优良品质, 培养全方面发展的高素质人才。

关键词

物理教学, 大学物理, 物理美

Exploring the Application of Physical Beauty in Teaching University Physics Courses

Piaojie Xue

College of Arts and Sciences, Jiangsu Normal University Kewen College, Xuzhou Jiangsu

Received: Jul. 1st, 2024; accepted: Aug. 13th, 2024; published: Aug. 21st, 2024

Abstract

This article introduces the origin of physics, the importance of university physics courses, and describes the difficulties existing in the current teaching process of university physics courses and the significance of applying physical beauty to the teaching of university physics courses, as well as the connotation and specific expression of physical beauty. Through the teaching example of Newton's second law, it shows how to apply physical beauty to the ideas and methods of course teaching. Multiangle and omnidirectional excavation of aesthetic features in university physics courses and their natural integration into classroom teaching can not only enrich the teaching

content, and stimulate learning interest, but also infect the mind, shape excellent quality, and cultivate high-quality talents with all-round development.

Keywords

Physics Teaching, College Physics, Beauty of Physics

Copyright © 2024 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

物理学的正式名称最早来自于古希腊哲学家亚里士多德的命名，不过，早在我国的晋代时期，“物理”一词就已经出现，这是取自于庄子的“析万物之理”，泛指事物中所蕴含的道理[1]。对于现代物理学来说，它是一门研究物质与能量的自然科学，注重观察分析各类自然现象，同时利用实验和理论分析的研究方法，探索自然界的各种基本规律。

大学物理课程是很多理工科专业的必修课程，一般设置在大一、大二年级，在专业课的学习之前，属于非常基础但又非常重要的学科。如果缺失了物理基础，对于之后的专业学习就会造成很大困难，产生了“拦路虎”。但是目前很多学生并没有取得理想的学习效果，存在基本概念模糊不清、公式定理张冠李戴等现象，最后只能仓促应对考试。所以在目前的大学物理教学中，还存在很多值得探究和提升的地方。

2. 大学物理课程教学中的困难

2.1. 学生的畏难情绪

在实际教学工作中，有些学生在正式开课之前，甚至就将这门课程称之为“一生之敌”，并且普遍反馈物理概念抽象难以理解，公式繁杂难以记忆，题目灵活难以解析，特别是对于电磁学等章节内容，更是存在很大的“心理阴影”。产生这些情绪的原因也有很多，比如物理学原理的学习确实需要一定的思维基础，相比一些记忆为主的课程存在一定的难度；大学物理课程内容的设置相比中学更具有挑战性，解决更加复杂的问题；大学物理的学习建立在中学物理和大学数学课程知识的基础之上，有些学生数理基础差，面对这门课程的时候难免信心不足。若以消极的心态面对学习，遇到难题或许轻易退缩，缺乏刻苦钻研和积极探索的精神，有时难免“事倍功半”。

2.2. 单调的传统教学方式

传统课堂教学方式主要采用概念讲解，公式推导和题目练习等方式进行，这些方式具有一定的积极意义，可以引导学生掌握书本上的基本知识点，同时进行巩固和提高。但是这种方式也有一些不足之处，比如课堂内容可能会有些枯燥无趣，学生缺乏学习兴趣，或者觉得学习内容比较晦涩抽象，在理解和掌握上存在很多困难。理科教学不像一些人文艺术课程具体形象、活泼生动，教师在课堂中涉及到的美学内容相对有限，很多时候一带而过，学生难以真正领会到物理之美，更遑论以此激发学习兴趣，促进课程内容的学习。

同时大学物理覆盖基础物理的方方面面，涉及到的知识点比较广泛，若只是单调讲解，学生印象不

深，理解不足，难免混淆遗漏，有些同学甚至单纯依靠“死记硬背”，这显然并不是物理学习的最佳方法。

2.3. 单一的教学效果

在传统的大学物理课堂中，往往因为教学内容、教学方法、教学进度，以及学生的学习基础和学习态度等因素的限制，学生学到的知识具有一定的局限性，学习效果有所缺陷。例如只简单记忆书本上的基础概念和公式，缺乏对于这些物理知识的思想起源、历史发展、物理建模、理论推导等过程的深入理解，导致对本学科的学习浮于表面、浅尝辄止。例如只掌握课本基础例题的求解方法，无法灵活运用、举一反三，无法运用课堂所学知识解决生活和工程中的实际问题。例如只聚集于书本知识，视野不够开阔。对于学科发展、科技前沿、国家科技工程发展新成就、学科交叉、历史人文关怀等方面了解太少，不利于学生的全面发展。

3. 物理美的表现形式

将物理美运用于大学物理课程教学，需要明确物理美的内涵，挖掘物理美的实例。所谓“物理美”，涉及到物理学中方方面面之美，既有现象之美，也有规律之美；既有自然之美，也有人文之美。美的事物必然能给人带来愉悦，也更具感染力、更易于被接受，大学物理课程中也包含着丰富的美之案例，将物理美积极融入大学物理的课堂教学之中，必然能够有效地激发学生的学习兴趣，提高学习积极性。同时也可以感染心灵、陶冶情操，为培养全面发展、德才兼备的高素质人才增砖添瓦[2]。

3.1. 物理学的外在美

3.1.1. 研究对象之美

物理学注重对于各类自然现象和自然规律的观察、分析和实验论证，其研究对象包括物质的微观结构和宏观运动，大学物理课程主要研究力、热、光、电领域中的一系列经典问题。物理学的研究的问题范围广阔、多姿多彩，其中蕴含着丰富的自然之美。例如力学中所学的振动，若是从广义的角度理解，就不局限于弹簧振子的伸长和压缩，或是单摆的往复摆动，它可以泛指一切物理量随时间的周期性变化的现象。太阳的东升西落、地球的四季变化、生态系统中的水循环和碳循环、和谐美妙的各类乐器演奏，这些都属于广义的振动。其中包含循环往复的哲理之美。例如自然界中形态多姿的云、变化莫测的雨，其成因是来自于地表水的蒸发，水分子在微尘的周围聚集产生小水滴或小冰晶，从而形成日常所见的云。若这些微小的水滴或冰晶进一步融合，则颗粒会越来越大，无法悬浮在空中，进而下落成为降雨。而江河湖海表面的水分子溢出和蒸发的现象，遵循统计物理中的麦克斯韦速率分布律。虽然大部分分子具有最概然速率，但仍有少量分子拥有更高的速率，使它们能够拥有足够的动能冲出水面。日常生活中多彩的气象形态背后也包含着数理分析的逻辑之美。在讲授到这类问题时，教师可以主动引导学生观察自然现象之美，从而提升教学的趣味性，激发学习兴趣。同时鼓励学生从复杂的自然现象中提炼物理模型、分析和探索现象背后的物理规律，从而加深对书本知识的理解和领悟。

3.1.2. 实验现象之美

物理学的发展离不开各种科学实验的支撑，大学物理课程中也有很多经典的实验。例如利用分光计测量光的波长实验，其原理是将一束平行光垂直照射到光栅上，产生明暗条纹，再通过测量每个条纹的衍射角的数值，代入光栅方程，最终可以求出相应入射光的波长。如实验光源选用的是水银灯，则白光的光栅衍射会呈现出出色散现象，不同颜色的光发生分离，产生五彩缤纷的光谱，具有美感。例如在示波器实验中，探究两个简谐振动的合成，如果两个分振动频率相同、方向相同，则合成的振动也依然是频

率不变的简谐振动。如果两个分振动频率不同、方向相同，则合成的振动就不再是简谐振动，但仍然是一种周期性振动，而当两个频率非常接近的时候，还会产生“拍”现象，即合成的振动是一个低频变幅的周期性振动。如果当两个振动方向相互垂直时、且频率比为简单整数比时，合成的图像就变成了复杂的“李萨如图形”。图形的形状与频率比的数值有关，若比值为 1，随着两个振动的相位差的变化，图形会从直线、椭圆和圆之间周期性变化，如果比值为更加复杂的分数，则图形会呈现出更加复杂多变、巧妙有趣的图案，呈现出实验现象的美感。在大学物理课程教学中，可以把理论知识和实验探究联系起来，将抽象的物理概念运用直观具体的方法呈现出来，帮助学生加深记忆和理解。

3.1.3. 发展进程之美

物理学作为自然科学中的重要成员，其发展进程也不是一蹴而就的，而是经历时间的沉淀、无数物理学家的心血积累，不断实践探索、去伪存真、开拓创新的过程，最终才能总结出书本上的规律和公式。了解物理学的发展进程，感悟发展之美，对于全面深刻地理解物理知识具有重要意义。关注物理学的发展进程，需要以史为鉴，了解我国古代对于物理学的发展贡献，例如墨家对静力学的研究，“墨子定理”提出了解决斜面上物体平衡问题的求解思路。沈括发明的“沈氏砂仪”，可以测量物体的密度和比重。徐光启发明的“弧形反光镜”，可将光纤汇聚到一个点上。这些发现和发明无一不蕴藏着古人的智慧之美。还要了解近代科学的发展历程，了解如何从古希腊的哲学思想、地心说到日心说发展出经典力学的过程，了解如何从扭秤实验、风筝实验发展出经典电磁学的过程，了解如何从温度计的发明和燃烧实验发展出经典热学的过程，以及如何从微粒说和波动说的争论中发展出近代经典光学的过程。在关注历史的同时，也要注重展望未来，关注前沿科技的发展成果，特别是我国科学发展和工程技术发展的新成就，关注经典物理知识在科技创新中散发出的勃勃生机。

3.2. 物理学的内在美

3.2.1. 物理规律之美

物理学的规律是以科学家经过多年重复实验和观察为基础，总结归纳出来的科学领域内普遍接受的典型结论。例如力学中经典的牛顿三定律，阐述了宏观低速领域的基本运动规律，彼此既相互独立又和谐统一，蕴含着丰富的自然哲理。所有这几条定律都可以用简单的数学公式表达出来，却能够描述地球上千变万化的运动现象，“万变不离其宗”，极尽简洁之美。例如电磁学中著名的麦克斯韦方程组，它也被人们称赞为“世界上最优美的物理公式”。简单的四个数学公式揭示出电与磁密不可分的关系，并且成功预言了电磁波的存在，促成了人类科学史上划时代的突破。而久负盛名的还有它无与伦比的对称之美，这离不开麦克斯韦的大胆假设，凸显出物理规律之美。在课堂教学中，教师不仅要向学生介绍物理公式的具体表达形式、阐述公式的意义，还应引导学生体会物理公式的形式美和蕴含的规律之美。

3.2.2. 研究思想和研究方法之美

物理学是一门理论与实践相结合的学科，物理学家们取得的伟大研究成果，离不开科学的研究方法。例如理想模型的研究方法，如力学中的质点、刚体、弹簧振子、单摆等，热学中的理想气体，电磁学中的点电荷等等，这些理想模型把复杂的实际问题简化成容易解决的问题，化繁为简，于繁杂的现象中揭示问题的本质，可谓十分巧妙。例如类比法，可将电学中的电流和电压与现实中的水流和水压进行类比，有助于更好地理解和研究电现象。例如描述法，电场线和磁感应线虽然不是真实存在的，但是可以帮助理解电场强度和磁感应强度等物理量。波动光学中常用的近似法，忽略数学计算中的小量差异，得到干涉和衍射的明暗条纹位置。研究分子运动时，运用转换法，因为难以直接观测微小分子的运动情况，可以通过扩散等宏观现象进行间接研究。以及实验研究中普遍采用的控制变量法，为实验的科学性提供了保障。所以物理学的研究并不是盲目的、杂乱的，而是遵从各种科学的研究方法，这些无一不是前人智

慧的结晶，蕴含着思维之美。

3.2.3. 物理学家品德之美

书本上的知识都是科学家们历经无数研究探索才得出的真知灼见，每一项重大的物理学发现背后都离不开学者们强烈的好奇心、求知欲，积极探索的勇气、百折不挠的坚韧、以及追求和捍卫真理的信念。无论是书本上那些耳熟能详的名字，还是他们背后那些曾经与真理“擦肩而过”、提出“不完善理论”的学者们，他们孜孜不倦的探索精神都值得钦佩，可以将品德熏陶和物理学史的内容一起引入课堂[3]。

例如功和能量的单位 J，其背后是为了纪念英国科学家焦耳做出的科学贡献。焦耳一开始只是酿酒厂学徒，并未经历完整的科研训练，但凭借着对于科学的热爱，坚持不懈地完善自己的研究，哪怕陷入经济困境，也没有半途而废，最终成就了举世闻名的热力学第一定律，揭示了热力学中的能量守恒本质。科学家们孜孜不倦、百折不挠、勇于创新、执着追求真理的美好品质让人印象深刻，学习这些知识也是重新回顾他们的传奇人生，能够感染心灵、陶冶性情。

4. 将物理美引入大学物理课堂的意义

鉴于目前大学物理教学过程中存在的一些困难，现将物理美引入大学物理课堂教学。美育和智育相结合，对于提升教学效果、塑造人格修养具有一定的积极意义。

4.1. 有助于激发学习兴趣，提升课堂效率

大学物理的教学内容繁杂多样，覆盖面广，学习任务较重，学习周期较长，同时有些章节的内容较为枯燥，具有一定的难度深度，存在一定的挑战性。面对繁多的学习任务，兴趣才是最好的老师，兴趣是自主学习的渴望、是对特殊事物的认识倾向、是积极研究某种事物进行某种活动的倾向。学习有兴趣，就有源源不断地动力支持和充分的情感支撑，就能引导个体自主自觉地花费精力去求知和探索，无需太多外力督促。美好的事物和现象有助于让学生体验美、感受美，在享受美感的过程中获得精神愉悦、激发学习兴趣，帮助学生集中注意力，提升学习效率，缓解学习压力和劳累，从而能够提高课堂教学效果。

4.2. 有助于加深对物理概念、定律和公式的理解

大学物理的知识点数量很多，涉及到的概念、定律和公式更是五花八门，覆盖经典力学、热学、光学、电磁学的各种基础理论，其中不乏一些非常重要的内容，例如牛顿定律、动能定理、热力学定律、电磁感应定律、光的干涉和衍射规律等等。这些内容都需要学生充分理解和记忆，才能将其灵活运用于解题之中，取得好的学习效果。将物理学的思想方法之美、规律之美和物理学的发展历史运用于概念公式的引入和讲授环节，有助于帮助学生深入理解、熟练记忆、构建知识体系。

4.3. 有助于培养优良品德，培养家国情怀

在大学物理课程的教学过程中，不仅要注重知识的传授和学习，更要注重帮助学生塑造正确的三观，培养优秀的品德，培养优秀的科学态度和科学素养。同时，也要注重培养学生的爱国主义情怀和奉献社会的精神。在学习科学知识之余，只有具备良好的品德、强大的意志品质、强烈的爱国主义情怀，才能成为全方面发展的优秀人才。将美育融入教学各个环节，让学生学习物理学家求真求实、探索创新的研究精神、刻苦钻研勤勤恳恳的工作态度、热爱祖国奉献社会的责任担当，以及引导学生关注国家大事，关注国家科技发展成就，增强国家认同感，成为对国家对社会有用的人。

4.4. 有助于提升审美能力，开阔眼界，增长见识

在课程的学习过程中，虽然要认真学习书本知识，完成相应的教学任务，但也不应局限于课本，局

限于书本问题。将物理美运用于大学物理教学，注重从生活实例、科技前沿创新实例、我国科学发展史、科学与历史人文关联、学科交叉等领域挖掘案例，将其与课本知识有机结合，鼓励学生参与实践创新，保持开放心态，帮助学生扩展视野、增强发现美、创造美的能力。

5. 将物理美运用于课堂教学的实例

将物理美运用于大学物理课堂教学，需要准备丰富的美育材料和案例，将其自然融合到各个教学环节之中，注重带给学生美的体验，在美的体会和感悟中获得更好的学习效果。下面以牛顿第二定律的微分形式教学环节为例，展示将物理美运用于课程教学的思路探索。

5.1. 课程导入

牛顿第二定律阐述了力与运动的关联关系，是经典力学的核心定律。在课堂引入时，可以从物理学史的角度作为切入点。早在中国古代春秋末期战国初期，墨子的《墨经》中就提到“力，形之所以奋也”，指的是力是改变物体运动状态的一种作用。西汉时期王充的《论衡》中已有记载“是故车行于路，船行于沟，其满而载重者行迟，空而轻者行疾”。表示在同样的力的作用下，载重大的车和船运用得更迟缓，载重小的运动得更迅疾。这些描述中蕴含着古人从实践中观察现象总结规律的智慧 and 思维之美，表明我国人民很早以前就对力和运动的规律有所发现。在西方物理学的发展进程中，公元前 4 世纪，首先由古希腊的哲学家亚里士多德提出“凡运动的事物必然都有推动者在推着它运动”的观点，引发了人们对于力和运动关系的思考和研究。直到公元 17 世纪，意大利天文学家、物理学家通过一个著名的思想实验，推翻了亚里士多德的观点，人们才正确认识到“只要除去加速或减速的外因，物体的运动速度将保持不变”，物体的运动状态并不需要力的作用来维持。1644 年，法国数学家、物理学家笛卡尔首次提出了动量和动量守恒的思想雏形。1687 年，英国物理学家牛顿在前人工作的基础上，取其精华去其糟粕，经过深入的总结和归纳，最终提出了牛顿第二定律，即“运动的变化正比于外力，变化的方向沿外力作用的直线方向”。体验历史之美科学探索之美，加深对知识点的理解和记忆。

可以将古典诗词与物理知识相结合，将中国传统文化引入课堂教学[4]。例如唐朝诗人李白的《望庐山瀑布》，其中写到“飞流直下三千尺，疑是银河落九天”，这描写的就是庐山瀑布在重力作用下，发生运用状态改变的现象。唐朝诗人白居易的《琵琶行》，其中写到“轻拢慢捻抹复挑，初为霓裳后六么，大弦嘈嘈如急雨，小弦切切如私语”，描写的是因为有力的作用拨动琴弦，才能使弦产生不同的振动，发出不同的声音。唐朝诗人卢纶的《和张仆射塞下曲·其二》，描写到“弓开如满月，箭去似流星”，因为有弓给予的力的作用，箭才能像流星般射出命中目标。将诗词等传统文化引入课堂，既能让学生感悟传统文化之美、诗词意象之美，又能激发学习兴趣和好奇心，引起深入思考。

还可将我国的科技发展成果作为引入案例。2024 年 4 月 25 日，神州十八号飞船搭载三名字航员，在酒泉卫星发射中心成功发射，标志着我国航天发展的又一个新成就。神州系列载人航天任务的圆满完成，牛顿第二定律依然发挥着十分重要的作用。例如计算火箭发射的发射速度、飞船绕地运行的轨道半径、以及设计飞船着陆过程中的缓冲装置，都离不开这一定律。能上九天揽月，也能下五洋捉鳖，2024 年 5 月 28 日，“深海一号”船携蛟龙号载人潜水器抵达青岛港，完成我国首个大西洋深潜载人科考任务。在蛟龙号的研制过程中，分析潜水器的水中受力过程也离不开牛顿第二定律。将我国科技成果引入课堂教学，发掘实践运用之美，可以激发学生的探索精神和爱国精神，开阔眼界，增长见识。

5.2. 课堂讲授

在讲授时，同时介绍著名物理学家的研究过程和研究事迹。牛顿是英国杰出的物理学家，在他的《自然哲学的数学原理》当中，通过几何证明证实了运动的量与所加外力的关系，经后人整理得到今天的微

分公式。除了在力学上的成就之外，他在微积分、光学、热学和天文学中都有重大发现。牛顿之所以能取得这么多的成就，是因为他具有强烈的好奇心和求知心，极强的探索能力和实践能力，勤奋刻苦孜孜不倦的工作态度，以及不畏困难，战胜困难的勇气。可在教学中融入这部分内容，让学生在知识学习的同时，感受物理学家的精神品质之美，学习物理学家的良好品质。

在讲授公式的过程中，除了讲解公式的数学形式和物理意义，还要引导学生体会物理学的规律之美、思想方法之美。牛顿第二定律的微分形式可以求解多种多样的问题，不只限于宏观低速的问题，还适用于微观高速的问题，具有普适性。复杂的受力问题、人类社会和自然界变化多样的动力学过程，都与这一定律有密不可分的关系，符合同样的规律，体现出和谐统一的物理规律之美，以及公式的简洁之美。同时，在运用这一定律时，要忽略次要矛盾，抓住主要矛盾，忽略平动物体的形状和体积，将其看做是质量集中于质心的一个质点，这样可以大大简化计算过程，体现了物理学的思想之美。

在课堂教学中设置讨论和自由探索环节，加强互动，让学生自主探寻答案。探究牛顿第二定律的两种形式，即 $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ 和 $\vec{F} = m\vec{a}$ 在数学上有何区别，两者能否互相转换，以及两者的适用范围是否相同。探究如何运用牛顿第二定律解决实际问题，如何分析问题，运用哪些步骤去求解。通过问题设问和引导，激发学生的好奇心和探索欲，让学生自主探寻公式定律的深刻意义和解决问题的思路方法，进行思维碰撞，感受物理之美。

在理论教学中也可与实验内容结合，引入验证牛顿第二定律成立的实验，让学生亲自动手操作，亲身体会验证的过程和结论。实验需要的仪器有滑块、气垫导轨、计时计数测速器、光电门、电子天平、砝码和砝码盘等等，将滑块和砝码盘相连，滑块置于气垫导轨上滑动，通过测速器测量连接不同质量砝码时滑块运用的速度和加速度，从而探究合外力与物体运动的加速度之间的数学关系。通过实验操作过程，可以进一步加深学生对于定律的感受和记忆，体验实验探究过程和实验现象之美。

在教学过程中，还要注重信息化技术的运用[5]。运用多媒体技术，可以进行音频视频展示，例如展示公式推导过程、展示应用实例、展示实验过程，图文并茂，丰富讲授内容，直观的向学生展示物理知识和物理美。运用在线课堂技术，如超星学习通或雨课堂客户端，可以让学生加入线上课堂，进行同步测试和讨论。平台会在后台实时统计学生的签到率、课堂参与情况、问答正确率等数据，有助于实时掌握学情，进行针对性教学。运用人工智能技术，可以分析学生的学习数据，进行智能评估和诊断，并设计和推送个性化的学习内容。运用虚拟现实技术，可以建设虚拟实验室，进行虚拟实验，以及创设沉浸式的虚拟情境，让学生身临其境地感受知识的发现和发展过程，获得美的体验。

5.3. 课后提升

教师要对课堂教学效果进行整理和反思，充分了解每个学生的学习情况以及遇到的具体困难，对于不同的学生采取不同的辅导提升方案。对于基础较差的同学，还是以掌握基本的公式定理和解题方法为目标，对于学生不理解的问题重点辅导，加强训练，帮助学生养成良好的学习方法，培养优秀的品德修养，以及提升审美意识和审美能力。对于水平较高的同学，鼓励学生主动扩展眼界，运用书本知识尝试解决科研和工程问题，运用物理知识解决学科交叉问题，不仅能够发现美、感受美，还能主动创造美，提升综合素质，成为全方面发展的人才。

6. 总结

课堂教学不仅是传授知识的平台，也是培养心灵，塑造品质的途径。将物理美融入大学物理课堂，不仅能丰富教学内容，提高学生的学习积极性，同时也能帮助学生更好地认识科学、认识自然，在耳濡

目染的过程中提高审美能力，树立正确的世界观、人生观和价值观。大学物理课程的学习不再局限于枯燥的公式和定理，不再局限于考试和分数，学生可以从中得到更加多元全面的收获。教师在教学中融入美育，也要深入研究教材，挖掘物理美案例，采用合适的教学方法，将其有机融合到教学内容之中，潜移默化中给学生带来积极正面的影响。

参考文献

- [1] 于永建. “物理学”词源与我国物理教学起源探秘[J]. 中学物理教学参考, 2004(Z1): 61.
- [2] 乔通, 邢红军, 胡扬洋. 论物理教学中的审美教育[J]. 课程·教学·教法, 2015, 35(1): 91-95.
- [3] 徐俊敏, 李欣. 浅谈物理学史在大学物理教学中的作用[J]. 教育教学论坛, 2020(31): 329-331.
- [4] 温宁花, 万海清, 曾晓峰. 浅析诗词中的物理美在物理教学中的应用[J]. 江西教育学院学报, 2010, 31(3): 24-27.
- [5] 王恒贵. 感受物理美, 叩开物理学习的大门[J]. 新校园(上旬刊), 2011(9): 85.