

MBE 理念在大学物理课程教学中的探索与实践

吕 浩 郭广海

(青岛科技大学数理学院, 山东 青岛 266061)

摘 要 本文基于大学物理的课程特点, 分析了目前大学物理教学过程中存在的问题, 基础学科地位不受重视, 教师思想保守、不能与时俱进更新知识, 学生学习惰性大、方法差, 学习效果不佳, 提出了基于思维导向的教学理念。在教学过程中以思维培养为导向、以知识框架重构为途径, 打破学生旧的认知, 形成新的知识体系。MBE 理念的教育核心是: 教师按照学科知识的特点, 预先评估知识体系, 对知识依托的思维模式进行分类, 按照梯度逐级深入教学。结合大学物理具体内容, 本文从设计知识结构、完善框架内容、推动逐级教学、联动要点脉络、健全完整体系五个方面深入分析了 MBE 教学理念的实施要点, 为推动大学物理教学改革、促进理工类学生思维的培养提供了积极的思路。

关键词 物理思维; 教学理念; 大学物理

EXPLORATION AND PRACTICE OF MBE CONCEPT IN TEACHING COLLEGE PHYSICS

LV Hao GUO Guanghai

(College of Mathematics and Physics, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266061)

Abstract Based on the characteristics of university physics courses, this paper analyzes the problems that exist in the current teaching process of university physics, including the lack of emphasis on the status of basic disciplines, conservative thinking of teachers, inability to update knowledge with the times, high student learning inertia, poor methods, and poor learning effectiveness. Therefore, we proposed a teaching concept called Mindset-Based Education (MBE) based on thinking orientation. In the teaching process, guided by the cultivation of thinking and guided by the reconstruction of knowledge framework, students' old cognition is broken down and a new knowledge system is formed. The main education points of MBE are that teachers assess the knowledge system in advance and classify the mind modes to the subject knowledge, and then teach the course by the gradient in-depth step by step. Combined with the typical content of college physics, the implementation points of MBE are analyzed deeply from five aspects: designing the knowledge frame, improving framework content, promoting step-by-step teaching, linking the key points, and establishing the complete system. The research could provide positive ideas for promoting the teaching reform of college physics and cultivating the thinking of science and engineering students.

Key words physical thinking; teaching concept; college physics

收稿日期: 2022-12-17; 修回日期: 2023-07-31

基金项目: 青岛科技大学 2022 年教学改革研究重点项目; 2023 年教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会(华东地区)高等学校教学研究立项项目(2023JZWHD05)。

作者简介: 吕浩, 男, 副教授, 主要从事物理教学及科研工作, 研究方向为微纳光子学, lvhao@qust.edu.cn; 郭广海, 男, 教授, 主要从事物理教学及科研工作, 研究方向为黑洞物理学, ghguo@qust.edu.cn。

引文格式: 吕浩, 郭广海. MBE 理念在大学物理课程教学中的探索与实践[J]. 物理与工程, 2023, 33(6): 32-37.

Cite this article: LV H, GUO G H. Exploration and practice of MBE concept in teaching college physics[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(6): 32-37. (in Chinese)

大学物理是理工类专业学生开设的一门公共基础课,主要内容涵盖力、热、光、电、磁、近代物理等基础知识,在夯实学生物理素养、构建理科思维、培养创新能力、塑造辩证唯物主义价值观方面发挥着重要的基础作用。一直以来,大学物理的教学多以“教师讲学生听”“机械式讲授”为主,学生的学习多为听课加做题的形式,缺乏学习兴趣和热情,导致学习效果不甚理想,出现跟不上教学进度过程、不能完成课后学习任务、考试成绩不理想等现象,无法为后续高年级专业课学习打好基础。

物理的学习不仅是知识的理解,更是思维的构建。基于物理的学习特点,有学者提出基于混合式学习模型^[1]、基于变构学习模型^[2]、ETA 教学方法^[3-4]、加强过程考核^[5]等,通过理论分析和实践研究力图使物理的教学更精细化,改变学生的学习认知,引导学生在学中积极思考,提高教学效果。学习认知的重构是一个长期而复杂的过程,需要结合知识的特点和相互关联来进行。近年来,我们教学团队根据学生学习成长规律和物理知识结构特点,提出基于思维导向的教学理念(Mindset-Based Education, MBE),并在青岛科技大学部分理工科专业中推广实施,帮助学生在大学物理的学习过程中,构建物理思维、培养学习兴趣、养好学习习惯,享受大学物理学习的快乐,夯实物理基础素养。

1 物理教学的问题及困境

作为一门公共基础课,大学物理的教学在“科研为主”“专业为王”的大学学术体系主导下,地位越来越轻,应发挥的育人作用无法凸显,呈现出一些教学问题,主要表现在下述 3 个方面。

1.1 基础学科地位不受重视

虽然教育主管部门多次强调物理等基础学科在育人方面的重要作用和地位,但是随着高校分类考核的实施,专业认证、一流专业建设等任务要求,专业所突出的作用越来越重要,专业相关的科研成果、科研论文在考核中占比越来越高,而基础学科的比例和重视程度越来越低。物理基础学科的育人作用,无法在短时间内进行量化考核,更不能说学习了大学物理,就会立竿见影地看到学生进步,所以导致许多理工专业的培养方案中,将物

理的学时数一再压缩,将其定义为最普通的课程,甚至部分学校将其列为选修或直接去掉了物理课,导致知识内容讲不完、学不透,物理基础不牢、筑不牢。

1.2 教师思想保守,不能与时俱进更新知识和教学

大学教师尤其是青年教师肩负着教学和科研的双重任务,科研考核压力大,论文、项目等量化指标几乎年年考核。面对繁重的科研任务,多数青年教师无法拿出更多时间和精力投入到教学和教研,加之许多教师从博士毕业进入高校便开始走上讲台,缺乏教育理论的支撑和教育方法的了解,未能掌握教育规律和学生学习规律,导致教学过程单纯是完成任务、过过流程。部分年长教师教学思想保守,不愿意接受混合式教学、反转课堂、微课慕课等新颖的教学形式^[6],他们认为一支粉笔、一张黑板,原原本本推导物理公式、扎扎实实做好物理题目,就可以把教学做好。这部分老师往往忽略了学生的性格特点和知识基础,把教学过程单独演绎成“教”,从而导致教学效果不佳,甚至进入到了“教师拼命讲、学生一脸懵”物理教学的死胡同。

1.3 学生学习惰性大、方法差,学习效果不佳

学生在大学物理的学习过程中,课堂听课效果较低,学习过程中无法克服中学物理的思维定势,往往尝试利用中学的知识和方法去解决问题,尤其是遇到微积分、公式推导和应用等知识,没法真正打破旧认知、构建新体系,从而无法理解掌握、不能应用计算,导致学不会、兴趣低,跟不上课程的进度,产生学习惰性,出现学习的问题。一学期需要学习的课程较多,无法保障课下的复习巩固,不能有效建立知识的前后联系。在较多学生心中,大学物理是一门特别难的课,即便努力听讲、认真做题,也无法完全跟上,加上课程教学进度快,没有中学时候“一节三测”的题海训练,陷入到“知识能听懂、做题没思路”的学习怪圈。

2 MBE 教学理念的提出及内涵

2.1 MBE 教学理念的提出

大学物理的知识学习是一个打破旧认知、构建新体系的过程,需要把碎片化的内容整理成相

互关联的知识,需要在构建的过程中注重思维的关联、物理思维的塑造。正是由于物理的课程和学科特点,我们提出基于思维导向的教学理念,针对性开展物理思维模式培养和训练,发挥物理基础学科作用,培养学生的理工素养。

2.2 MBE 教学理念的内涵

基于思维导向的教学理念,英文全称为 Mind-set-Based Education,简称 MBE,是在教学过程中以思维培养为导向、以知识框架重构为途径,打破学生旧的认知,形成新的知识体系,采用“框架建构-知识增加-要点关联”立体化模式的教学理念。MBE 理念的教育核心及实施原则如表 1 所示。大学物理学习中主要包含的十种思维及进阶模型如图 1 所示。

表 1 MBE 理念的教育核心及实施原则

教学理念	框架建构-知识增加-要点关联
教育核心	评估知识体系-思维模式分类-梯度逐级教学
实施原则	整体设计-脉络梳理-建立关联-聚焦放大

3 MBE 教学理念的实施要点

大学物理知识具有模块化的特点,不同知识模块之间相对独立又有一定的联系,如力学中包含质点运动学、动力学、动量能量等,彼此密不可分,多需要利用微积分去解决物理问题,因此模型思维、极限思维、整体与隔离思维的塑造非常重要。而光学内容和运动学内容差别较大,溯源于质点的振动,从机械振动引申到电磁振动,从机械波延伸到光波,知识的学习主要基于振动方程和三角函数的变换,因此图像思维、类比思维、归纳总结思维对掌握光学知识更显重要。MBE 教学

理念实施的特点就是时刻与物理知识相联系,注重关联、逐级塑造。

3.1 设计知识结构

大学物理的教学过程,既要做好知识的讲解,又要提前做好教学设计,沿着何种思路讲授非常关键。在哪些过程中调动学生参与、哪些环节中激发学生思考、哪些内容上督促学生做题,都要根据知识特点和依赖的物理思维进行设计。基于 MBE 理念的教学,并非将纯粹的思维凌驾于知识之上,也不是实现知识和思维的单一一对应,通常情况下,一个内容模块包含多个知识点,涉及多种思维模式的锻炼和塑造。

在刚体的转动学习中,知识点涵盖刚体的概念、转动定律、角动量等多个知识点,且是中学从未接触过的,因此刚体章节的学习往往是较难内容之一。在设计本部分知识结构时,需从基本的模型出发,以动画、图像的形式帮助学生弄清刚体的概念,通过开门关门、陀螺转动等生活中常见的刚体转动现象引发学生思考,将现象模型化,从图像和运动动画中发现物理问题,如图 2 所示。

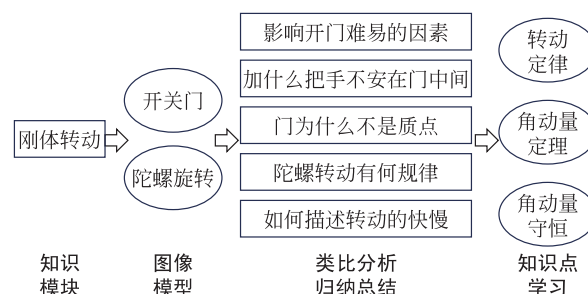


图 2 刚体转动中知识结构的设计

转动定律的设计中,要结合类比思维的锻炼去实施。刚体是由大量的质点组成的,因此刚体的转动也可以看成大量质点的运动,在转动定律推导、转动定律理解、转动惯量引入的过程中,将

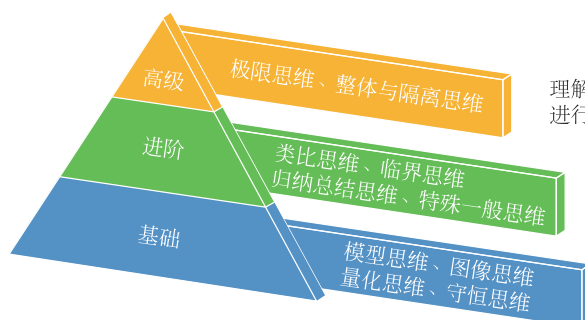


图 1 物理思维进阶模型

理解规律本质,能从多角度分析问题,利用已知规律进行极限思考和预言物理可能的现象和事件。

归纳总结物理现象所蕴含的一般规律,利用一定的数学运算进行推导计算。

熟悉物理现象,进行模型化和量化构建,通过图像对现象的联系和规律进行概述。

$F=ma$ 与 $M=J\alpha$ 逐一对比,既关注定律整体的内容,又聚焦每一个对应的物理量,帮助学生进行前后的知识关联,让刚体的知识体系在质点的基础之上逐步构建起来。引发学生有意识地从转动定律的角度去思考,明白现象、把握规律、弄清成因,更好地促进知识体系的构建。

3.2 完善框架内容

物理知识的讲授和学习要从知识框架的构建开始,首先要破除学生中学旧的知识体系,然后结合课堂教学过程构建新的知识框架。知识模块讲解初期,要有提纲挈领的介绍,讲解过程中要有内容的填充,总结复习时要有梳理反馈,不断引导学生建构新体系、完善物理内容。

在恒定磁场章节的教学过程中,磁场和电场的关联是密不可分的,而磁场又有自身的特殊性。以磁场为中心,首先建立与之相关的知识点体系,磁场的来源(上游):电流、电动势、毕奥-萨伐尔定律、安培环路定理;磁场本身的特点(中游):安培定律、安培力、洛伦兹力、磁介质;磁场性质的应用(下游):载流线圈、螺线管等,通过脉络在知识体系中建立框架。

在框架的基础上,课堂教学过程中,把每一部分知识完善更新。如毕奥-萨伐尔定律中,需要利用微积分工具来解决电流元周围的磁场,通过整

体与隔离思维的训练,引导学生建立 Idl 电流元的概念,如何去选择和确定电流元,为何是 Idl 而不是 IdI 。计算带电导线的磁场,从电流元出发,利用微积分计算有限或无限带电体周围的磁场。把框架中磁感强度的计算部分进行知识内容的填充,如:导线、电流圆环和半圆环、长直螺线管、螺绕环等,进而归纳总结各类计算磁感强度的模型。图3是章节学完以后,教师指导学生设计的知识框架图,可以一目了然地把握恒定磁场的主要内容。

3.3 推动逐级教学

大学物理的知识具有递进性,多为从浅到深或沿着某一条知识定理主线去展开,因此在教学的过程中,基于知识所承载的思维,逐级推动教学。先把基础的现象以物理语言模型化、归类化,引导学生抛开现象本身,聚焦于物理模型;然后对物理模型中各元素特点、规律、性质进行分析,由此推导出核心的定理和定律;在此基础上,围绕物理模型中的变量进一步展开讨论,从特殊到一般进行归纳总结,进一步学懂弄通知识;基于知识和模型的物理范畴,针对其应用展开训练,在逐级教学互动活动中,促进学生建立新知识体系。

高斯定理是电学模块中的重要内容,是计算带电体周围电场强度最常用的方法。在本部分内

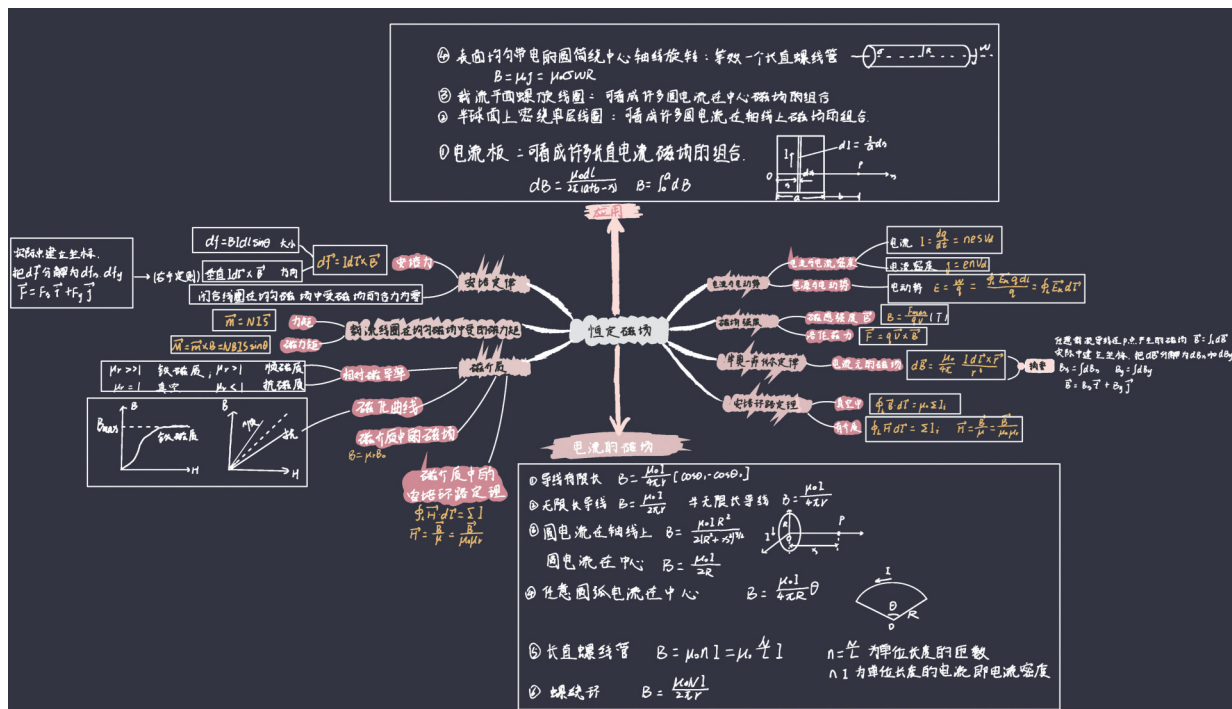


图3 恒定磁场知识框架图

容讲授的过程中,从一个最基本的模型开始,点电荷位于球心处,计算通过球面的电场强度通量,在此过程中基于图像和量化的计算,很容易获得下述表达式: $\Phi_e = q/\epsilon_0$ 。通过分析模型中的变量,讲解中按各个量的改变来分析推导,如:点电荷不在球心而是其他位置、闭合曲面不是球面而是任意曲面、点电荷不唯一而是有多个、点电荷不在曲面内而在曲面外等,把情形罗列出来引导学生思考和推导。

为方便学生理解,讲授过程中采用类比方式,从定性的角度引导学生去分析。如图4所示,模型分析中将点电荷看作一颗会发光的“夜明珠”,发出的“光线”就是一条条电场线,则通过整个闭合球面的电场强度通量就是“光线的数目”。分析“夜明珠”一颗且在中心、不在球心、不在面内、多颗以及不是球面的场景,来判断光线出射的规律,简单明了推导出电场强度通量为 $\Phi_e = q/\epsilon_0$ 、不随电荷位置和闭合曲面形状而改变的结论。通过类比,能有效促进学生对物理现象和规律的理解认识,简化推导流程。讲授完各类情形获得高斯定理的形式以后,再辅以严密的数学推导验证,使得逐级教学的过程更加简化、大大降低了数学推导功底弱对物理知识学习的限制和阻碍。

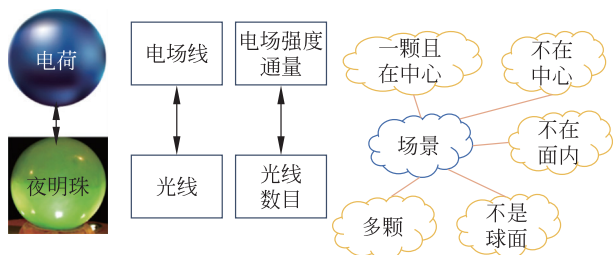


图4 高斯定理推导教学模型设计图

3.4 联动要点脉络

大学物理的教学不可将各部分孤立化,而是要十分注重前后的知识关联,引导学生在知识体系中给每个知识点都找准位置。在教学过程中,通过旧知识来推导新知识,学习新知识来夯实旧知识,建立各个知识点之间的联动脉络,形成一张密织的物理知识网。

光的干涉是光学知识模块的重点内容,其涉及的知识点包含干涉的现象和本质,如杨氏双缝干涉、薄膜干涉等多种干涉类型。按照传统的逐一机械式讲解方式,可以把每一部分都讲清楚,但

较难促进学生建立有效的联系、形成新的知识建构。基于MBE理念的教学实施中,以光束干涉的本质为核心,将各类干涉有效串联。无论哪一类干涉,都可以归为两束光波的相干叠加,分析干涉强度的增强和减弱,就是判断叠加后的振幅,其决定性因素就是相位差,对光束而言即光程差。在光程差的概念下,进一步培养学生的类比和归纳总结思维,杨氏双缝干涉中两束光的光程差计算及分析、薄膜干涉中光程差的计算及分析,从而跳出具体的例子去分析干涉现象和规律。

通过光的干涉可以促成多个知识点的联动,在帮助学生建立了干涉模型以后,就可以进一步扩展,引导学生自主分析劈尖、牛顿环等特殊的干涉模型了。在所有干涉模型全部学习完成以后,以干涉和光程差的计算为主线,对所有干涉现象和规律进行总结、对比,并与前述波动知识相互关联,形成光学的知识体系。在此基础上,由于干涉引发学生对光的本质的思考,波动性有何体现、粒子性有何体现,进而为后续量子物理的学习埋下伏笔。

3.5 健全完整体系

在学生重构物理体系、建立新的物理认知的过程中,对知识整体的把握、全局性的思考尤其重要。好比用一条线就可以把所有知识点串起来,每一个节点处都包含着细致的物理知识。MBE理念实施的过程中,要助力学生健全完整的知识体系,以各类思维的锻炼为基础建立物理知识树。

经典物理学是大学物理的核心内容,在章节中包含质点运动学、牛顿定律等,教学的过程中按照不同知识点之间的关系建立框架,然后健全知识内容。从运动现象入手建立不同模型,分析质点运动的现象、过程和规律;解密现象背后的本质,探究质点运动的成因,引入动力学,即牛顿运动定律;基于守恒思维,分析运动过程中力对时间和空间的累积,延伸到动量和能量的概念,由此经典物理学中的基础知识体系就建立起来了。

由质点引申到质点系进而到刚体、由自由运动引申到受迫运动(振动)进而到波动,既有特殊和一般的思维训练,又有归纳和总结的思维塑造。整个教学过程中,一直围绕经典物理的大体系,描绘一棵枝繁叶茂的知识树。学生在学习的过程中,不是因为课程章节设置而进行某些内容的学习,而是基于下一步的思维需求和物理知识探索,

逐一构建、有序进阶,能够实现随学随练、随构随建,不断把课程中的零散知识填充到自己的物理体系中。

4 结语

近年来,通过基于 MBE 理念的物理教学探索,教师和学生的积极性和参与度得到明显提升,大学物理的学习不再是一个枯燥无味的过程,形成了类似“搭积木”“游戏闯关”“思维导图描绘”的有序化教学过程。随着时代的发展,不同年龄和年级的学生特点也在不断发生变化,对教师的教学设计、教学研究、教学实施提出了更高的要求。无论是教务部门还是不同专业所在的院系,应该与任课教师一起参与到教学过程,形成多方联动。MBE 教学理念,基于思维导向重构知识,依托物理课程又融合物理思维,在大学物理教学过程中具有很强的针对性和实用性。我们将以大学物理教学改革为己任,不断构建好、丰富好学生的知识体系,实现课程所承载的培养学生创新能力、理科思维、科学素养的目标,培养更多道德情操高、理工素养好、逻辑思维敏的新型理工人才。

参 考 文 献

- [1] 张文悦,徐大海,段炼,等. 大学物理混合式学习效果及其影响因素研究[J]. 物理与工程, 2021, 31(6): 163-168.
ZHANG W Y, XU D H, DUAN L, et al. Research on the effect and influencing factors of blended learning of college physics[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(6): 163-168. (in Chinese)
- [2] 陈玉洁,黄致新,詹璇,等. 基于变构学习模型在大学物理深度学习研究——以大一学生解决某一力学问题为例[J]. 物理与工程, 2022, 32(3): 41-45, 49.
CHEN Y J, HUANG Z X, ZHAN X, et al. Research on deeper learning of college physics based on allosteric learning model—Taking freshmen to solve a mechanical problem as an example[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(3): 41-45, 49. (in Chinese)
- [3] 穆良柱. 什么是 ETA 物理学习法——基于物理认知规律的大学物理学习困难现象分析与应对策略[J]. 物理与工程, 2022, 32(5): 5-10, 14.
MU L Z. The ETA physics learning method: The analysis and solution of physics learning problems for undergraduate students based on the physical cognition theory[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(5): 5-10, 14. (in Chinese)
- [4] 其木格. ETA 物理教学法在大学物理教学中的应用——以“稳恒磁场”教学为例[J]. 物理与工程, 2022, 32(3): 50-55.
QI M G. Application of ETA physics teaching method in College Physics Teaching—Taking the teaching of stable magnetic as an example[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(3): 50-55. (in Chinese)
- [5] 韩星星,竹有章,焦春红,等. “一体两课三合作”的应用型本科大学物理过程教学改革与实践[J]. 物理与工程, 2022, 32(1): 103-107, 115.
HAN X X, ZHU Y Z, JIAO C H, et al. Teaching reform and practice of “one system, two courses and three cooperation” in physical process of applied undergraduate universities[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(1): 103-107, 115. (in Chinese)
- [6] 刘海兰,顾壮,吴天刚,等. “大学物理”课程在线混合式教学的改革与实践[J]. 物理与工程, 2020, 30(4): 3-11, 25.
LIU H L, GU M, WU T G, et al. Reform and practice of online blending teaching of “university physics” course[J]. Physics and Engineering, 2020, 30(4): 3-11, 25. (in Chinese)