

可视化教学培养学生建模能力

——基于GeoGebra的高中力学“板块模型”制作

马健群, 任铁未*

黄冈师范学院物理与电信学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2025年11月19日; 录用日期: 2026年1月6日; 发布日期: 2026年1月16日

摘要

本研究探讨了GeoGebra (GGB)软件在高中物理教学的可视化应用, 特别是针对“板块模型”的教学创新。物理学作为一门基础学科, 对学生的抽象思维和模型建构能力要求较高, 然而传统的物理教学方式往往无法有效地展示复杂的物理现象和抽象的物理模型。通过结合虚拟仿真技术, 本文开发了一个基于GeoGebra软件的“板块模型”教学案例, 旨在通过可视化教学帮助学生更直观地理解物理概念和规律, 提升学生的科学思维中的建模能力。

关键词

GeoGebra, 物理模型, 板块模型, 科学思维, 教学创新, 虚拟仿真

Visualized Instruction to Cultivate Students' Modeling Competence

—Development of a High School Mechanics “Block-on-Board Model” Based on GeoGebra

Jianqun Ma, Tiewei Ren*

School of Physics and Electronic Information Engineering, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: November 19, 2025; accepted: January 6, 2026; published: January 16, 2026

Abstract

This study explores the application of GeoGebra (GGB) software in visualized physics instruction at the senior high school level, with a particular focus on innovative teaching of the “Block-on-Board

*通讯作者。

Model". As a foundational discipline, physics places high demands on students' abstract reasoning and ability to construct physical models. Traditional instructional approaches, however, often fail to effectively present complex physical phenomena and abstract models. By integrating virtual simulation technology, this paper develops a GeoGebra-based teaching case for the "Block-on-Board Model". The design aims to enable students to intuitively grasp physical concepts and laws through dynamic visualization, thereby enhancing their modeling competence within scientific thinking.

Keywords

GeoGebra, Physical Modeling, Block-on-Board Model, Scientific Thinking, Instructional Innovation, Virtual Simulation

Copyright © 2026 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. 绪论

即使物理学十分重要，但并不是每一个学过物理的人最终都能成为物理学家或者从事相关科研工作，但作为基础学科，其依然是许多技术学科的支柱，而基础教育中的物理学科就担任着人才物理能力的培养。模型建构是学科核心素养中科学思维的主要构成因素[1] (p. 5)。而建模能力即学生系统性地完成从真实情境到科学解释的转化过程中，所表现出的可观察、可引导、可评价的思维与技能。中学物理相比于其他中学学科更要求学生拥有较强的抽象思维和模型建构能力，学生需要从数学和物理模型中获取信息，从而解释和预测现实世界中的现象。与直观的现象不同，物理模型集中了具体现象中存在的普遍规律，最后以符号、公式的形式表达出来。而青少年正处于思维能力发展的关键期，抽象思维的能力正在逐渐发展[2]，因此从科学思维的角度上来看，中学物理能够帮助学生通过抽象化的思维理解事物的本质规律从而举一反三，而不是简单、机械地记住一堆具体的事例或者现象。如何加强现象与物理模型之间的联系，是中学物理教学的关键之一。同时维果斯基的最近发展区理论也指出学习者拥有一定的学习能力与基础，利用教学媒介为学生搭建“脚手架”，相比于语言、文字媒介，具有交互性真实图像的教学情境更能够为学生提供更具体的经验，在拥有大量抽象模型的物理学科中更甚。除了维果茨基的最近发展区理论，建构主义学习理论也为本研究提供了重要的理论支撑。该理论认为，知识并非静态、绝对的实体，而是在特定情境中，通过社会互动、工具中介与个体经验的整合，动态建构而成的意义体系。相应的教学观强调，教师应当创设贴近真实问题且富有探索性的学习情境，引导学生通过协作交流、动手实践与反思提炼，主动构建内在的知识结构。本研究借助 GeoGebra 构建的可视化、可交互的物理建模环境，正是为学生提供了这样一种能够促进意义建构、支持合作探究的“情境化认知支架”，从而帮助他们在动态操作与直观反馈中，自主建构对“板块模型”的深层理解。

从教学上来看，任何物理问题都可以提炼出物理模型，复杂性也会因实际现象的复杂程度而提高，在学习过程中就会使学生产生挫败感，久而久之便会产生习得性无助[3]。从高考的角度来看，自课程改革以来，高考的要求由最开始的知识要求转向了对学生的能力要求，尤其是科学思维方面，也迫切地需要教师能够帮助学生将物理知识与生活实际相联系。从世界范围内科学教育的改革上来看，美国《下一代科学教育标准》(NGSS, Next Generation Science Standards)强调了在科学教育中运用模型的核心作用。NGSS 强调，科学教育应通过实践活动来培养学生使用科学模型的能力。模型在科学探究中起着关键作

用, 因为它们帮助学生理解抽象的科学概念和复杂的自然现象。学生不仅要学习现有的模型, 还要能够设计、修改和使用这些模型来进行预测和解释。并且 NGSS 规定 K-12 阶段的学生都应参与到模型的学习和使用中[4]。芬兰的《基础教育课程大纲》(National Core Curriculum for Basic Education)也提出, 科学教学应当通过探索和实验来促进学生对自然世界的理解。芬兰教育系统强调“模型思维”(Modelling Thinking)作为科学探究的一部分[5]。而在加拿大的课程中, 模型的使用贯穿各学段。小学阶段学生可能会使用简单的模型(如水循环模型), 而中学和高中阶段则需要学生能够设计、修改和使用更复杂的数学或计算机模型, 来解释物理或化学现象。中国《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 年修订)》也提到要求学生具有建模的意识和能力这一课程目标。也要求教学需要通过联系生产生活实际, 从多个维度创设物理情境, 引导学生体会、理解构建模型的重要性并掌握建模的方法。随着 21 世纪计算机技术和互联网等数字技术不断发展, 现代教育技术越来越受到教育者的重视。多媒体教学资源和网络资源为教学提供了极大的便利, 同时丰富的信息和生动的情境打破了传统教学的狭隘性, 虚实结合的教学方法应运而生, 为本就需要大量实验和图像来创设情境的物理学科提供了极大的便利。板块模型是指木板和物块组成的力学系统, 该模型涉及到多方面知识, 能够考察学生的综合能力, 因此该模型是高考命题的热门题型。而当物理现象很难真实呈现时, 可以利用信息技术辅助手段, 让学生比较直观便捷地进行相关实验[1] (pp. 71-72)。而 GeoGebra 软件是一套包含处理几何、代数、微积分、概率统计、数据表、图形、计算等功能的动态数学软件, 该软件操作简单、内容直观、免费开源并且资源充足, 能够有效地将物理模型转化为直观图像, 供学生学习, 发展高中阶段学生建模能力的科学思维。在本研究中, 笔者将围绕“可观察、可引导、可评价的思维与技能”这三个方面, 从模型化抽象、数学化表征及工具化验证三个方面进行案例开发。

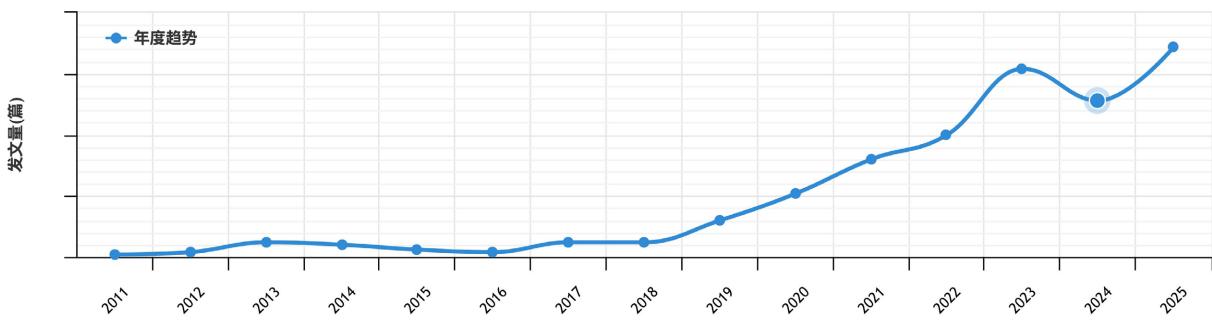
2. 研究现状

GeoGebra (以下简称 GGB)是由奥地利数学家 Markus Hohenwarter 以及其国际开发团队, 为了让全世界的校园都可以免费使用动态数学软件而共同开发的自由开源软件。自面世以来, 该软件在世界范围内被迅速推广, 在欧洲设立了国际 GGB 研究院(International GeoGebra Institute)的同时, 多国也建立了 GGB 研究院, 中国总部为北京师范大学 GGB 学院。

Markus Hohenwarter 早在 2004 年在其文章《Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra》中便介绍了该软件, 目的是为了将动态几何和计算机代数系统结合起来进行数学教学。在这之后的很长一段时间, GeoGebra 的论文主要集中在数学教学领域。而在 2010 年 Eunice Maria Mussoi 便在其论文《GeoGebra and eXe Learning: applicability in the teaching of Physics and Mathematics》中构建了两个活动: 一个是数学内容——连续导数的应用, 另一个是物理内容——匀速直线运动的应用[6]。在此之后, GGB 的应用在物理领域中广泛出现, 不仅出现在基础教育阶段, 在高等教育阶段中也有大量应用。

然而, 现有国际研究也存在一定的局限: 多数案例集中于大学或高中高年级的复杂模型(如电磁场、量子现象), 对高中基础力学中的经典模型(如板块模型)虽有关注, 但往往侧重于运动仿真本身, 缺乏系统化的教学设计与教学应用。

2011 年, 由北京师范大学数学科学学院曹一鸣教授牵头, 中国 GGB 研究院成立。通过中国知网主题检索“GeoGebra 物理”主题, 可以发现最早的相关论文发表于 2011 年。而从 2018 年起, 国内 GGB 在物理领域中的研究逐年增加, 同时也可以反映出我国物理教育工作者对教育现代化的关注, 如图 1 所示。

**Figure 1.** Research trends of GeoGebra applications in physics education in China**图 1.** 国内 GeoGebra 物理领域研究趋势

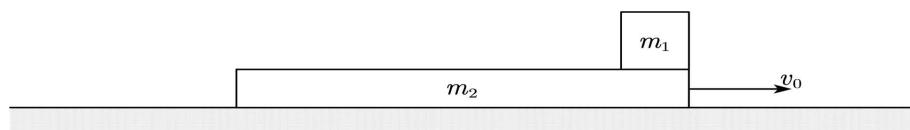
在具体研究中, GGB 主要用来将物理概念与规律可视化, 从而帮助学生理解抽象概念。在电磁学领域贵州师范大学徐雪将 GGB 用于解决高考中出现的带电粒子在复合场中的运动这一题型[7], 云南师范大学宁镇宇等人则将该软件应用于“平抛运动”中[8]。除此之外, 还有许多学者将 GeoGebra 用于物理概念和规律的演示。但大多数研究集中于运动学、电磁学等易于可视化的领域, 对力学中综合性、多对象交互的模型(如板块模型)关注不足。

现阶段将 GeoGebra 应用在物理教学的研究多数聚焦于更为复杂的电磁学图像中, 对力学中综合性、多对象交互的模型关注不足, 而力学中综合性高、抽象性强的“板块模型”的研究则有所空缺。本研究定位于“基于特定工具的高中物理经典模型教学创新”, 聚焦于 GeoGebra 在高中力学“板块模型”教学中的深度整合, 开发了一套完整的 GeoGebra 支持的教学案例, 涵盖模型构建、参数调节、过程仿真等环节的方案, 通过动态可视化手段, 将原本静止、抽象的模型转化为可交互、可观测的学习对象, 帮助学生建立“情境 - 图像 - 公式”之间的多重表征联系, 从而促进其建模能力在科学思维层面的内化。

3. GeoGebra “板块模型”案例开发

3.1. 案例分析与开发

因为光滑的地面在该模型中属于一种理想情况, 想象其运动状态需要有较强的抽象思维能力, 因此笔者采用“板块模型”中的光滑地面的“已知初始速度”这一情况来开发案例。如图 2, 物块与木板右端对齐, 设物块的质量为 m_1 , 木板的质量为 m_2 , 物块与木板间的动摩擦因数为 μ_1 , 地面为光滑, 木板的长度为 L , 现在将木板以一初速度 v_0 向右滑出, 假设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等, 重力加速度大小为 g , 如图 2 所示。

**Figure 2.** Schematic diagram of the initial state of the block-on-board model**图 2.** 板块模型初始状态

那么当水平面光滑时, 木板首先做减速运动, 此时加速度大小为 $a_2 = \frac{\mu m_1 g}{m_2}$, 物块做加速运动, 加速度 $a_1 = \mu g$, 两者在经过时间 $t = \frac{m_1 v_0}{\mu(m_1 + m_2) g}$ 后会达到共速状态, 此时速度为 $v_{共} = \frac{m_2 v_0}{m_1 + m_2}$, 同时根据

速度与时间, 可以分别求得滑块与木板的位移。

根据以上分析, 利用 GGB 软件制作了该种情况的模型, 并且将位移和位移差等参数置入界面中, 同时能够通过拖动滑动条改变动摩擦因数速度与质量等值, 如图 3:

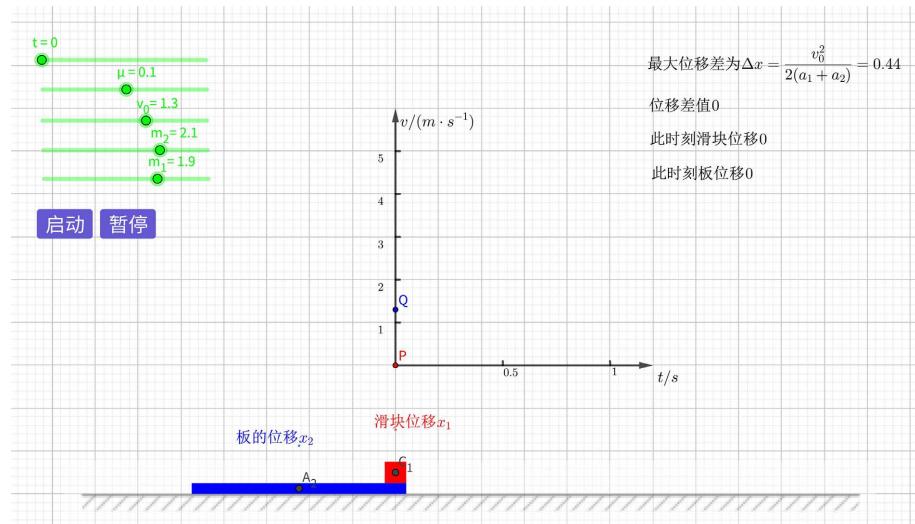


Figure 3. Control interface of the block-on-board model in GeoGebra
图 3. GGB 截图——板块模型控制界面

在传统教学中, 若要对板块模型的习题进行讲解, 需要教师进行板书并画出初始状态, 但无法即时演示物块与木板的运动状态。此时可以根据习题具体数据, 更改滑动条数值, 并启动模型, 即可展示实时的 $v-t$ 图像与二维的模型运动状态。

3.2. 可视化教学流程——板块模型

板块模型是一种理想模型。在高中阶段, 解决实际问题需要将模型抽象为理想模型, 再进行求解, 因此培养能够构建物理模型的科学思维十分重要。

板块模型是由木板与物块组成的一种理想模型, 知识点较为综合, 能够从动量以及牛顿运动定律等多个角度来分析并解决该问题。

3.3. “板块模型”习题课的教学目标

习题课主要是帮助学生理解知识点、熟悉题型和解题方法、培养解决问题的能力、锻炼应用能力、强化记忆与巩固知识和提高应试能力。

利用 GGB 软件将板块模型进行演示, 让学生能够结合运动以及力的知识促进其物理观念的发展, 同时通过软件构建模型, 能够让学生更直观感受理想模型, 促进学生的模型化抽象能力的提高。

3.4. 结合 GGB 软件的教学流程

1) 物理模型的构建

首先通过课前制作好的 GGB 模型进行授课, 采用 2.1 节中的特殊情况, 通过拖动滑动条来改变动摩擦因数、速度等参数, 从而改变该模型的运动状况。此时将参数设置为: 动摩擦因数 $\mu=0.1$, 板的初速度为 $v_0=1.5\text{m/s}$, 木板和物块质量均为 2kg , 如图 4、图 5 所示。

设计意图: 在习题课中单纯结合理论知识与演板进行授课, 过程往往很难展现出来, 并且结果并不只直观。结合 GGB 进行讲解, 能够很容易改变参数, 观察不同参数间图像的变化。并且能够通过数据验证推导出的公式, 培养学生的数字化表征能力。

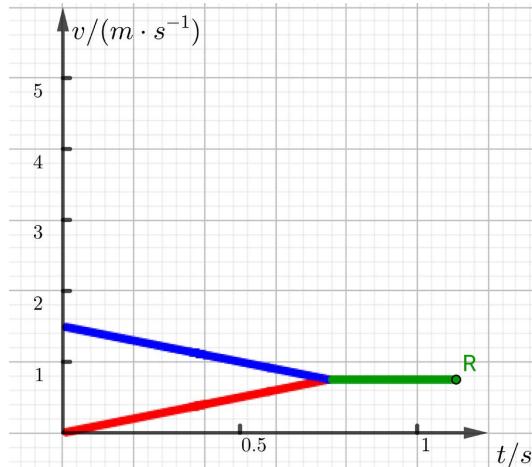


Figure 4. Velocity-Time (v - t) graph of the model's motion state
图 4. 模型运动状态 v - t 图像

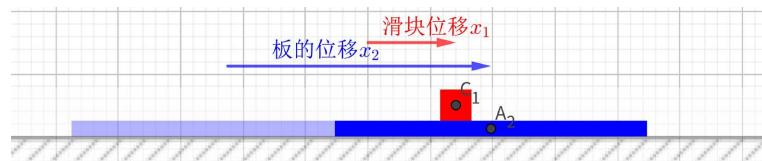


Figure 5. Two-dimensional motion graph of the block-on-board model
图 5. 模拟板块模型二维运动图像

2) 利用软件推导公式并验证

启动模型, 待模型达到共速状态时, 暂停动画。观察后发现, 在 $t = 0.75s$ 时, 物块与木板达到共速状态, 同时观察纵坐标, 共速时速度为 $0.75m/s$ 。在共速前, 木板作减速运动, 而物块作加速运动。由 $F_f = \mu m_1 g = m_2 a_2$ 可得木板的加速度 $a_2 = \frac{\mu m_1 g}{m_2}$, 并由 $v = v_0 + a_2 t$ 可得木板在 $0.75s$ 时的速度为 $0.75m/s$ 。同理, 也可以由 $F_f = \mu m_1 g = m_1 a_1$ 可得 $a_1 = \mu g$, 同样可以得到木块在 $0.75s$ 时的速度为 $0.75m/s$ 。如图 6, 符合观察结果。

最大位移差为 $\Delta x = \frac{v_0^2}{2(a_1 + a_2)} = 0.56$
位移差值 0.56
此时刻滑块位移 0.28
此时刻板位移 0.84

Figure 6. Partial calculation results of the case study
图 6. 案例中的部分计算结果

接着验证位移, 由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 可得此时物块与木板相对于地面的位移分别为 $x_1 \approx 0.28m$ 和 $x_2 \approx 0.84$ (保留小数点后两位)。从其他时刻来推导验证图像, 结果也都符合。

设计意图: 通过软件图形对公式进行推导, 将数学模型动态运行, 并通过调节参数(如改变 μ 、 m)来观察模型行为的系统性变化, 从而验证理论推导结果(如共速时间、位移差), 或探究模型的内在规律与临界条件, 能够更清晰地展示物理图像, 加深学生对知识点的综合能力。

3) GGB 在板块模型例题中的应用

如图 7 所示, 质量 $m = 1\text{ kg}$ 的木板静止在光滑的水平地面上, 木板的左端放置一个质量 $m = 1\text{ kg}$, 大小忽略不计的木块, 两者之间动摩擦因数为 $\mu = 0.4$, g 取 10 m/s^2 , 若木板长 1 m , 给予一个向右的初速度 $v_0 = 2\text{ m/s}$ 于木板上, 运动时间 t 后木块恰好运动到木板左端与木板保持相对静止, 求时间 t 。

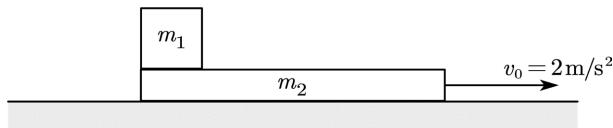


Figure 7. Schematic diagram of the block-on-board model with an initial velocity imparted to the board
图 7. 给予木板初速度的板块模型初始状态

结合 GGB 作图, 该模型制作了计算最大位移差的公式, 当木板与木块共速时, 位移差达到最大。设木块加速度为 a_1 , 木板加速度为 a_2 , 经计算后得到代入最大位移差公式中计算, 得到将题目参数设置进 GGB 模型中, 当最大位移差, 即两者共速时, 达到木板最左端。点击“启动”按钮后观察, 当时间为 1 s 时, 木块运动到左端。

设计意图: 通过 GGB 软件辅助, 木板与木块运动轨迹以及物理图像被清晰地展示出来, 将板书时固定的点转化为可以移动的点, 能够进行动态分析, 培养学生的科学思维。

3.5. 对于其他板块模型情境的推广

除了模拟以上情况, 对于地面存在摩擦力的“已知木板初始速度”, 达到共速并最终静止的情况也可以通过 GeoGebra 进行模拟, 如图 8 所示:

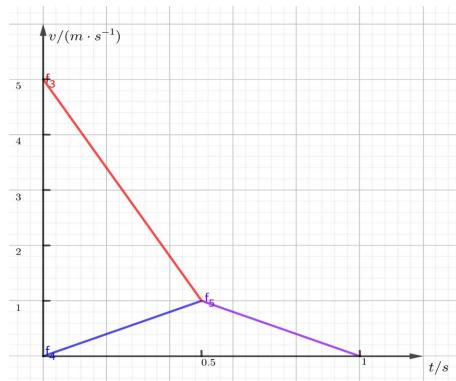


Figure 8. Trajectory simulation of a board subject to ground friction, given its initial velocity
图 8. 模拟地面存在摩擦力的“已知木板初始速度”时的运动轨迹

而对于有外力作用的模型, 则需要分析所受外力的临界值。不适用于 $v-t$ 图像, 但仍可使用 GGB 实现, 在此不作展示。

4. 总结

GeoGebra 软件中的图形功能十分强大, 可以演示大量的物理模型, 通过对模型中的变化过程进行演示, 模拟实验现象, 弥补实物演示速度太快等演示中可能出现的问题。但在一整节课中很难将所有内容进行可视化, 因此该软件适合对特定物理模型或问题的课堂教学环节进行演示。针对学生的建模能力培养, 笔者采用了可视化的教学方式, 利用 GeoGebra 软件对人教版高中物理必修一力学“板块模型”进行了模型建构, 该模型能提供可交互、可观测的学习对象, 为抽象的力学模型建立了在二维平面上进行的动态理想模型。但本研究仅聚焦于“板块模型”在光滑地面情形下的运动分析, 未能详细拓展至其他情况, 更多的资源有待发掘。作为一次将虚拟仿真融合于经典物理模型教学的尝试, 希望能为高中物理教学改革提供一种可行的思路与具体的工具参考。

参考文献

- [1] 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) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 5.
- [2] 吴红琴. 高中物理教学中物理模型建构能力的培养[J]. 中学物理, 2016, 34(13): 43-44.
- [3] 武晓艳, 曾红, 马绍斌, 等. 习得性无助量表研制及其与人格相关研究[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2009, 30(3): 357-361.
- [4] NGSS Lead States (2013) Next Generation Science Standards: For States, by States. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- [5] Finnish National Agency for Education (2014) National Core Curriculum for Basic Education 2014. Finnish National Agency for Education. <https://data.nationallibrary.fi/bib/me/W00978090200>
- [6] Mussoi, E.M., Flores, M.L.P., Bulegon, A.M., et al. (2010) GeoGebra and eXe Learning: Applicability in the Teaching of Physics and Mathematics. *International Conference on Society and Information Technologies-ICSIT*, Orlando, 6-9 April 2010, 61-66.
- [7] 徐雪. 应用 GeoGebra 软件分析带电粒子在复合场中的运动[J]. 物理通报, 2023(10): 120-126.
- [8] 宁镇宇, 冯洁, 李红梅. Geogebra 软件在高中物理复习课中的应用——以“平抛运动”为例[J]. 中学理科园地, 2023, 19(4): 50-53, 57.