

初中物理模型建构思维能力提升策略探究

朱学山, 李晓伟, 沈冲, 段新雨, 仪修远

赤峰学院物理与智能制造工程学院, 内蒙古 赤峰

收稿日期: 2024年9月10日; 录用日期: 2024年10月9日; 发布日期: 2024年10月17日

摘要

随着教育的不断发展和对人才培养的要求不断提高, 物理教育越来越重视培养学生核心素养。物理课程要培养的核心素养, 主要包括物理观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任。其中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, 模型建构居于这四个要素的首位。本文先探讨了模型的含义和培养模型建构能力的意义, 然后总结了初中物理教科书部分模型, 讨论了影响模型建构思维能力的因素, 最后提出了培养和提升模型建构思维能力的策略, 希望能够为物理教师提高初中物理教学效果, 提升学生核心素养提供一定的参考。

关键词

模型建构, 物理教学, 初中物理

Research on Strategies to Improve Thinking Ability in Modeling in Junior High School Physics

Xueshan Zhu, Xiaowei Li, Chong Shen, Xinyu Duan, Xiuyuan Yi

School of Physics and Intelligent Manufacturing Engineering, Chifeng University, Chifeng Inner Mongolia

Received: Sep. 10th, 2024; accepted: Oct. 9th, 2024; published: Oct. 17th, 2024

Abstract

With the continuous development of education and the constantly improved requirements for talent cultivation, physics education has increasingly emphasized the cultivation of students' core literacy. The core literacy to be cultivated in physics courses mainly includes physical concepts, scientific thinking, scientific inquiry, scientific attitudes, and responsibilities. Among them, scientific thinking mainly includes elements such as model construction, scientific reasoning, scientific argumentation,

and questioning innovation, with model construction ranking first among these four elements. This paper first explores the meaning of the model and the significance of cultivating model construction ability, and then summarizes some models in junior high school physics textbooks, discusses the factors that affect the ability of model construction thinking, and finally proposes strategies for cultivating and improving the ability of model construction thinking, hoping to provide a certain reference for physics teachers to improve junior high school physics teaching effectiveness and enhance students' core literacy.

Keywords

Model Construction, Physics Teaching, Junior High School 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

核心素养是学生在接受相应学段的教育过程中,逐步形成的适应个人终生发展和社会发展需要的必备品格与关键能力[1]。依据《义务教育物理课程标准(2022 版)》关于核心素养的分类,模型建构属于物理核心素养中的科学思维。模型建构是以简化和直观的形式来显示复杂事物或过程的手段,是科学研究中常用的重要方法之一,在物理教学中也离不开模型建构,所以物理模型建构思维能力备受教师和教育工作者的关注。初中阶段学生的年龄处于 13~15 岁,思维处于由形象思维向抽象思维发展的阶段。如果不注重模型建构能力的培养,不重视规律和结论的得出过程,就不能解决初中物理中较复杂的问题[2]。因此,提高学生模型建构思维能力有助于物理课程学习,发展学生物理核心素养,培养解决问题的能力。

2. 培养学生模型建构思维能力的意义和作用

自然界物理现象纷杂多余,其背后都有着必然的物理规律,为了对事物和现象有进一步的认识,人们往往对它们进行简化处理,抓主要矛盾,忽略次要因素,化繁为简,抽象出来得到的就是一个理想化的物理模型。这里的物理模型仅仅只是宽泛地指在物理学习和研究过程中建立的模型,对于模型一词的定义,并没有统一的说法,但从文献研究中可以看出模型定义中的核心内容是:模型是事物的表征,且这些事物除了具体的实物之外,还包括观点、概念、事件、过程和系统等[3]。对于模型的分类,哈里森和揣古斯特于 2000 年提出了十类模型[4],分类比较全面,比较切合实际问题研究的需要,但考虑到初中尚属于基础教育阶段,从利于实际教学情况的角度出发,本文只取其中七个类型,如表 1 所示。邱美虹认为模型具有描述性、解释性、预测性、抽象化、模拟、沟通、推理性、问题解决这八个功能[5]。其中描述性、解释性、预测性是模型对事物本身属性的描述,后面五个则是模型对使用模型的人产生的功能的描述。因此,模型可以帮助教师进行形象的、易于学生理解的教学工作,学生在理解的同时,提升了抽象能力和模型思维能力,促进物理核心素养的发展。物理模型作为物理教学的一个重要方面,培养学生的模型建构思维能力是物理教育的应有之义,虽然模型建构属于科学思维的范畴,但其中也蕴含着不少与物理观念、科学探究关联的内容,是落实学科核心素养导向的重要载体之一[6]。

Table 1. Harrison and Treagust’s science model classification
表 1. 哈里森和瑞古斯特的科学模型分类

模型类型	模型含义
尺度模型	主要关注的是表征对象的外部特征，是实体的放大或缩小。
教学的类比模型	反映的是“资源”与“目标”间一些属性的相似性，通常用这类模型来描述和解释无法观察或不易观察到的实体。
图像和符号模型	主要是解释和沟通的工具。
数学模型	主要用数学方程式与图表来表示性质与过程，用来描述概念关系。
理论模型	是人们所构建的描述理论的一类模型。
概念－过程模型	是过程性的或双向性的，在学习这些概念时会用到这类模型。
示意图图表和表格模型	用来表征模式或反应路径，使看到的人容易产生视觉化的效果。

2.1. 物理观念：促进概念巩固，形成知识体系

物理观念是基于物理学客观规律、经过逻辑加工的一种物理哲学思想，是物理概念和规律等的提炼和升华。模型建构通过建立抽象事物与具体事物的联系，帮助学生把握事物的本质属性，向学生展现出物理事物本质之间的相互关系，加深学生对相关物理概念的理解，体会模型所反映的事物的原本形态。物理规律反映的是物理概念之间的本质联系，学生通过物理模型，能够简洁直观地理解物理规律并与物理概念串接起来，形成完整的知识逻辑。例如，通过建立物理类比模型，学生能够区别和联系相关概念；通过建立示意图模型，学生可以把这些知识放在一个更高层次的框架中，这个框架就是知识体系。学生通过建立物理模型，使得其知识体系不断扩展，物理观念也得到发展和完善，提升了物理核心素养。

2.2. 科学探究：帮助科学探究，科学分析实验

学生如果想要学好物理存在较高难度，通过实验教学的方式可以将理论知识转变成现实场景，利用更为具象化且直观的方式将物理知识呈现出来，体现核心素养所具有的价值，促使学生物理学习拥有更高的效率[7]，这表明教学中教师应当引导学生进行科学实验，帮助学生掌握科学实验的方法。模型建构能帮助学生分析问题的来龙去脉，知道科学实验的基本思路，清楚关键的实验原理和实验步骤。例如，通过建立概念－过程模型，能够理解各个实验步骤环环相扣的关系，能够有序地进行实验探究；对于实验数据，通过建立数学模型，图表模型，分析其合理性，并能够与同学交流反思，对于实验不足之处，能够及时发现并修正，并通过实践修正模型，进而得出科学的结论或解释。基于模型的物理实验，有助于学生尽快理解和掌握实验的精髓，对实验既有整体的感知，也有细微之处的敏锐。

2.3. 科学态度与责任：端正科学态度，树立责任意识

学生进行模型建构的过程是认识事物的过程。在模型建构过程中，学生需要从各个角度分析事物的各个特征，综合考虑各个方面对模型重要程度用以评估模型适用性，最后建立起在一定条件下切合的物理模型。因此，学生要严谨认真地对待模型建构过程，实事求是地分析事物特征，不甚妥当的地方需要仔细分析思考，力求做到可用、适用、好用。在经历“建立－修改－再建立”的模型构建过程中，学生对事物本质的理解愈发深刻和透彻，于潜移默化中培养了学生的科学本质观，学生也逐渐形成严谨、实事求是的科学态度。对于在尺度模型“实物模型”建立过程中产生的实验废料，教师应当指导学生科学处理，对于可回收再利用的应当妥当保存，引导学生树立保护环境意识，承担社会责任，树立可持续发展的意识。

3. 初中物理教学涉及的部分模型

理解模型是进行模型构建的重要基础。模型分类的角度不同，其分类方法有很多，综合研究得出，

在教学中实际广泛运用的模型有：数学模型、尺度模型(实物模型)、计算机模型、类比模型。为了便于教师和学生理解模型，更好地应用模型，本文采用了哈里森和揣古斯特的模型分类方法，剔除了其中对初中物理教学适用性不强的，综合性较强，模型构建难度较大的三类模型：模拟模型、心智模型、综合模型，保留了另外七类，如表 1 所示。在此基础上，以义务教育物理课程内容框架中的一级主题为分类依据，对初中物理教科书模型作典型总结，形成表 2。由于一级主题中的实验探究和跨学科实践内容在教科书是以其他三个主题为基础展开的，因此表 2 中未列出。

Table 2. Some models involved in junior high school physics textbooks published by People’s Education Press
表 2. 人教版初中物理涉及的部分模型

模型类型	物质	运动和相互作用	能量
尺度模型	温度计、天平	小车、弹簧测力计、木块、砝码、连通器、剪刀、滑轮	电流表、电压表、磁铁
教学的类比模型	尺度类比	扩散实验	水流类比电流
图像和符号模型	图片	力的示意图	灯泡、开关
数学模型	密度定义式	波形图、速度定义式、表示关系的图表	功定义式
理论模型	晶体	参照物	磁感线
概念 - 过程模型	物态变化	惯性定律	焦耳定律、四冲程
示意图图表和表格模型	水循环图	机械运动	电路图

对于一个物理问题进行模型建构，往往牵涉多种模型，是多个模型的有序组合。例如小车匀速直线运动这样一个简单运动模型，需要代表小车的符号模型，以地面为参照物的理论模型，表示运动方向的示意图模型。如果学生对于模型很熟悉，模型建构则更有条理和依据，建立的大模型则更准确有效。因此，对模型分类能够有效帮助学生提升模型建构能力，培养学生模型建构思维。教师依据模型分类，可以把握教学过程中的模型运用，将模型建构思维贯穿于整个课堂中。

4. 影响模型建构思维能力的因素

皮亚杰认为儿童认知结构的发展受到以下四个因素的影响：身体机能的成熟程度、物理环境与客体的外部经验、社会环境，以及具有自我调节作用的平衡过程[8]。皮亚杰的观点虽然是对儿童认知发展的描述，但在实质上揭示了思维发展的规律性，因此，本文从这个角度出发，结合物理教学实际和学生的学习生活情况，总结出四个因素：性别和年龄、学生已有的知识经验、学生学习的积极性、模型建构训练程度。

4.1. 性别和年龄差异

相关研究表明：在中学阶段，男生推理能力稍高于女生，女生逻辑运算能力稍高于男生，男生擅长抽象思维、空间思维，女生擅长形象思维、艺术思维[9]，因此，这个阶段男生对于物理现象物理规律具有更深入的理解和认识，能够对不同问题进行具体的分析，进而选择合适的模型，这有利于模型建构和解决问题。需要专门指出的是，男生和女生虽然在模型建构思维能力上虽在统计学上有差异，但并不存在显著的差别，因此对学生个体而言，性别并不是影响模型建构能力的关键因素。物质决定意识，整体来看，中学阶段年龄越大，神经系统发展越完整，功能越高效，对于问题的考虑也更加全面和深入，这也有助于模型构建。

4.2. 学生已有的知识经验

物理学中的很多概念和规律都是从实际生活情境中总结、简化、抽象出来的。学生在日常生活中能

够源源不断获取经验,经验能丰富学生的知识储备,深刻影响学生的认知方式。心理学上有个名词叫做前摄抑制,意思是一个信息或记忆的前一个刺激对后续相关信息的影响。更长远地来看,在早先的知识学习中产生的思维模式会对当前的思维活动产生影响,进而对当前的模型建构产生影响,如回忆不起相关模型或者是思维过程不能流畅地进行,就会降低模型建构的效率和减少模型与实际问题的切合程度。但是也存在另一种情况,早先问题的模型建构复杂程度更高,而当前问题模型建构复杂程度低,因此先前的知识经验则有利于模型建构,与孔子所说的求其上者得其中的思想不谋而合。

4.3. 学生学习的积极性

建构主义学习理论认为,学习者不是被动的信息接受者,应是主动的信息建构者[10]。从模型建构到应用模型去解决现实问题的完整教学的过程并不应该是教师一手完成,学生被动接受的形式。在模型建构过程中,学生作为学习活动的主体,只有学生认识到自己的主体地位,产生有想学的念头,才会有积极的学习行为。当学生缺乏学习的积极性,其注意力就会涣散不集中,进而不可能认真思考模型与原型的匹配程度。当在模型建构过程中遇见困难时,也缺乏思考问题克服困难的动力。因此,教师在模型建构过程中,应充当一个引导者的角色,不仅要在模型建构的步骤和思路引导,更要在心理层面上激发学生学习积极性,鼓励学生克服困难,逐步培养学生模型建构的兴趣,提升模型建构的能力。

4.4. 模型建构训练程度

罗马不是一天建成的,模型建构能力也不能速成。实际物理问题繁杂且多层次,所需要建构的模型往往是多个模型的有机组合,这需要学生在平时多关注事物、多积累模型,思考事物和模型之间的联系和区别,抓住事物在具体问题中的本质属性,并理解该模型能够代表该事物底层逻辑,最后有意识地进行基本的模型建构训练。学生训练越多,所能掌握和提炼的基本模型越多,则进行思维分析的速度就越快,就能准确地厘清各个模型之间的相对位置、相互关系,进而迅速地开展模型建构,在训练中提升模型建构能力。

5. 初中物理模型建构思维能力提升策略

物理模型是科学思维的产物[11],模型建构是思维活动的过程,模型建构思维能力是学生对这一活动的高效性和准确性的衡量程度。学生解决物理问题的过程就是把问题的本质抽象出来,把问题对象以及它的运动情况建构成物理模型,最后应用模型解决问题的思维活动。作为教师,学生的性别和年龄的差异无法改变,但可以充分考虑具体学情,多角度调动学生模型建构的积极性,经常性地开展模型建构训练,尽最大能力培养和提升学生的模型建构思维能力。模型建构思维能力不仅关系到物理学习顺利与否,也关系到物理核心素养的发展,更关系到学生看待和思考问题的角度乃至人生观和价值观的塑造,对学生个人成长和综合能力的全面有着重要的积极意义。

5.1. 从日常中多观察和思考生活现象

初中是学生初步接触物理知识的阶段,这一阶段的物理知识相对简单,具有经验性和生活性[12],初中物理模型常常也与日常生活密切相关。例如,学生观察到了刚从开水瓶倒进杯子里面的水冒白气,观察到洗澡时淋浴喷头出来的水周围有白气,观察到炒菜时锅里洒一点点水后也会有白气,然后在课堂上学到了液化这个物理概念,并建立起了概念-过程模型,那么学生就能够对这些白气恍然大悟,理解物理过程,给出正确的物理解释。情景是模型建构的感性材料,在教师讲解和模型建构时,丰富的情景能够帮助学生理解其物理意义,因此,学生应当有意识地观察生活现象,在意识中留下实实在在的生活情景,为高效地物理教学做好情景化的铺垫。

5.2. 从物理学史中学习思路

总书记在 2021 年春节团拜会上说过：“我们要认真回顾走过的路，不能忘记来时的路，继续走好前行的路。”新时代社会主义建设应当如此，对于科学研究也是如此，对于物理学习同样如此。物理学史记载着物理学的发展历程，蕴含着重要的物理思想、重大物理实验。学生了解物理学史后可以引起学生的兴趣，打破对物理学刻板的定律公式的影响，并从科学家的角度看待物理问题，体会他们解决问题的方法，从中习得模型建构思路。教师在日常教学中处于主导地位，因而难以表现科学家们的思考模式，难以展示理想化模型的构造过程和数据处理。因此，教师重视物理学史并且与教学深度融合成为了学生学习模型建构的重要途径，是培养学生模型建构能力的重要教学策略。学生通过教师引导下的间接学习，站在巨人的肩膀上学习模型建构的效果事半功倍。

5.3. 从教学中强化练习

在初中物理课堂教学中，教师要创设良好的教学情境，开展情境化、兴趣化的模型建构。教师可以引导学生创设生活化的学习情景，让学生身临其境，提高学生对新知识的接受程度，深入了解物理对象的结构特征，启发学生思考，帮助学生建立模型。例如在杠杆一课的教学中，教师首先提问学生有没有见过跷跷板，然后继续提问学生跷跷板是如何玩耍的，并让学生用直尺和笔做一个简单的跷跷板，做好之后，两个同学一组试玩迷你跷跷板，有的同学就会发现在直尺上的不同位置，所用力的大小是不一样的。教师利用生活情景，不断提问，引导学生思考，成功开展了一次小型的情景化，吸引人的模型建构活动。这样一个简单的课前引入与课前小实验，让学生建立了跷跷板的实物模型，不仅活跃了课堂氛围，而且有意识地引导学生对生活中的事物进行模型建构，培养了学生模型建构能力。课堂上的模型建构练习应当不止一次，教师要敏锐察觉教科书中的模型，生活中能够用于教学开发的模型，网络资源有利于教学的模型，尽所能地最大程度地开展模型建构教学；学生则应该用好习题，尤其是复杂的习题，所包含的模型种类很多，精练这类习题可以帮助学生在头脑中形成清晰的物理问题场景，理清正确思路，顺利解题，提升学生模型建构能力。

6. 结语

本文探讨了物理模型建构思维能力对学生发展的意义和价值，以及对提升学生物理核心素养的重要意义，并基于哈里森和揣古斯特模型分类和皮亚杰的关于儿童认知发展理论提出了模型建构思维能力提升策略，为一线教师在教学中培养学生模型建构思维能力提供一定参考。培养初中生物理模型建构思维能力，不仅有助于锻炼学生的科学思维能力，对于物理观念、科学探究、科学态度与责任等其他物理学科核心素养的提升也有很大裨益，此外，提升初中生物理模型建构思维能力，能帮助学生进行跨学科学习，提高学生分析解决问题的能力，不断扩大学习的深度和广度。因此，教师应当在教学中充分发挥引领作用，根据学生年龄、心智、以及现有物理模型建构水平等特点，引导学生从日常经验中出发，多观察多思考，并结合教学实际，多训练多引导，帮助学生打破学习壁垒，多维度多方面提升物理模型建构能力，以提高现有教学水平和教学能力，为提升和发展学生的核心素养增砖添瓦，充分发挥物理学科的育人价值。

参考文献

- [1] 林崇德. 21 世纪学生发展核心素养研究[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2016.
- [2] 安小娜. 初中物理模型建构能力的培养[J]. 教育实践与研究(B), 2023(9): 40-43.
- [3] 赵萍萍, 刘恩山. 科学教育中模型定义及其分类研究述评[J]. 教育学报, 2015, 11(1): 46-53.

-
- [4] Harrison, A.G. and Treagust, D.F. (2000) A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, **22**, 1011-1026.
 - [5] 邱美虹, 刘俊庚. 从科学学习的观点探讨模型与建模能力[J]. 科学教育月刊, 2008(314): 2-20.
 - [6] 戴大勇. 例谈指向高阶思维的模型建构方法[J]. 物理教师, 2024, 45(7): 20-24.
 - [7] 马牧野. 核心素养下高中物理实验教学开展方法分析[J]. 数理天地(高中版), 2024(16): 118-120.
 - [8] 陆有铨. 皮亚杰理论与道德教育[M]. 北京: 北京大学出版社, 2012: 31-34.
 - [9] 张典兵. 论人的思维差异性[J]. 菏泽师专学报, 1994(1): 33-36.
 - [10] 王春阳, 杨彬, 张婕. 教育心理学[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2017: 88.
 - [11] 张国泉. 物理模型及模型建构能力的培养[J]. 物理之友, 2022, 38(6): 30-32.
 - [12] 黄海峰. 如何在物理教学中培育学生的物理学思维[J]. 江西教育, 2023(47): 36-37.