

“以学生为中心”的教学理念在 数学建模课程中的应用研究

贾彦娜*, 王福胜

太原师范学院数学系, 山西 晋中

收稿日期: 2022年2月17日; 录用日期: 2022年3月10日; 发布日期: 2022年3月21日

摘要

数学建模课程在当今大学课程中有着举足轻重的地位, 在许多学科及领域中发挥了通用性和基础性的作用。数学建模竞赛活动的开展和普及, 尤其是“以学生为中心”这一教学理念的贯彻落实将大大提高学生的动手操作能力和自主创新能力。本文将从课堂教学的实际情况入手, 采用多种形式的教学模式, 秉承“以学生为中心”的教学理念, 开展该理念在数学建模中的研究。

关键词

以学生为中心, 数学建模, 教学方法, 创新能力

Application Research on the Teaching Idea of “Student Centered” in the Course of Mathematical Modeling

Yanna Jia*, Fusheng Wang

Department of Mathematics, Taiyuan Normal University, Jinzhong Shanxi

Received: Feb. 17th, 2022; accepted: Mar. 10th, 2022; published: Mar. 21st, 2022

Abstract

The course of mathematical modeling plays a pivotal role in the current university curriculum. It plays a universal and fundamental role in many subjects and fields. Naturally, the establishment and development of mathematical modeling competition, especially the implementation and operation of the teaching idea of “student-centered”, will greatly enhance students’ independent practical ability and innovation ability. This article will start with the actual situation of classroom

*通讯作者。

teaching, adopt various forms of teaching mode, uphold the “student centered” teaching idea, and carry out the research of this concept in mathematical modeling.

Keywords

Student Centered, Mathematical Modeling, Teaching Methods, Innovation Ability

Copyright © 2022 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

“以学生为中心”的教育理念在数学建模课程中的研究本质是理解学生所处的知识层面、尊重学生的个性差异、服务学生的合理需求、启迪学生的思维动机、激励学生完善建模论文。基于数学建模课程的开放性和实践性[1] [2], 教学改革对课堂教学方法提出了全新的要求: 不仅要培养学生的抽象概括能力、数据整合能力、模型分析的创新能力, 更要培养学生的发散性思维模式。

数学建模课程作为一门应用性极强的课程, 它是针对实际问题应用科学知识和数学理论建立数学中对应的模型, 然后根据数学模型设计合适的数值计算方法, 编程进行数值模拟的过程。首先, 它在工科领域经常出现, 诸如机械、电机、土木、水利等工程技术领域。其次, 在高新技术领域, 数学建模的应用也随处可见。此外, 随着数学应用范围越来越广, 一些非物理领域和一些交叉学科比如人口控制论、计量经济学也应运而生。我们在研究这些领域中的数量关系时, 很大程度上需要借助数学方法, 而对应的数学建模就毫无悬念的成为首选的基础步骤, 当然也是关键步骤。这些领域给了数学建模发挥的空间, 为数学建模提供了广阔的新天地。马克思曾说过: “一门科学只有成功地运用数学时, 才算达到了完善的地步。”数学建模也将迎来蓬勃发展的新时期。

目前, 在我国的高等院校中, 特别是以培养教师为主的师范类高校, 数学建模课程的开设与研究不但能够充分锻炼大学生的抽象概括能力, 培育大学生多学科知识融合应用的能力, 提高大学生的动手能力和创新能力, 而且还有助于培养大学生分析和解决实际问题的能力。因此, 数学建模课程的教学效果也会直接关系到每个学生处理实际建模问题的思维模式。

现如今, 数学建模课程的教学实践中[3] [4] [5], 许多教师采用填鸭式的纯输入式教学方法, 导致学生没有主动思考的时间, 在后续的实践方面涉及的更是少之又少, 后果便是学生思维模式的固定化, 很难有大的创新突破。下面我们就来探究四种能够提升数学建模课程效果的手段。

2. 探索“以学生为中心”的数学建模课堂教学手段, 提升本科学生数学建模的综合素质

数学建模教材普遍是以案例教学法的方式编写的, 它不同于其他普通数学课程。根据这一特点, 数学建模课程的教学方式与其他数学课程就有明显的不同[6] [7] [8] [9]。因此, 我们认为在数学建模课程的教学贯彻“以学生为中心”[10] [11] [12]的教学理念是非常重要的, 势在必行。下面结合四种教学方法阐述“以学生为中心”的教学理念的优越性。

2.1. 抽象中心词的概念教学法, 培养学生对中心词的抽象概括能力

众所周知, 数学建模工作是在学生掌握了一定数学知识[13]的基础上开展的, 如何理解和掌握这些数

学知识就显得尤为重要。掌握数学的概念、定理及公式也是有一定的方法可寻的,不能单纯依靠死记硬背,相反在理解的基础上进行记忆,即分离问题的表面词语和核心意义的能力,反而能帮我们提高抽象概括能力。

通过对数学所学知识的积累,我们会发现数学的基本概念和定理很多,如果不经过大量的实际练习就想熟练掌握数学定理等知识是很困难的,抽象概括就更将无从谈起。比如,讲授“导数”的基本定义时,其字面意思是当自变量的增量趋于零时,因变量的增量与自变量的增量之商的极限。如果学生不理解其内涵就单纯地记忆,那么就会觉得很困难。我在讲解这个概念时,通常会抽象出该概念的主语即极限,然后再加以引导:“哪两个量的极限?”、“在什么条件下的极限?”这样加入相应的定语,学生自然就容易记忆。这种基于抽象中心词的概念教学法将会经常被运用,尤其对于通过概念来逐步建立抽象概括思维能力的学生来说,使用频率将会大大提高。

其次,基于数学知识的完整性和严谨性,许多数学的结论与计算方法都具有一定的相似性,因此我们还希望通过类比推理的方式培养学生对抽象问题本质的认识能力,这种以循循善诱的方式引导学生进行拓展和延伸,很好地培养了学生的抽象概括能力。

2.2. 通过传统的统计教学,鼓励学生多维度去分析统计数据,提高数据的整合处理能力

现在各项产品都最大限度地追求智能化,渴望得到更高的舒适体验感,这就对产品核心设计提出了更高的要求。相应的,智能化要求越高,对员工的数据分析整合能力也就越高。因此在学生阶段学会处理各种信息,能尖锐透彻地分析问题并快速有效地整合数据很有必要。统计与概率的核心工作就是针对实际问题的背景,提炼有效数据,进而帮助学生掌握数据分析的正确方法,这对学生数学建模后期利用数据进行数值模拟起到关键性作用。通过统计教学,让学生建立统计的基本思想,理解数据分析的概念,提高学生灵活的思维能力和独立运用数据进行数值仿真的能力。

那么如何有效的分析统计数据呢?首先,学生必须清楚的把握好数据分析的概念(即提取有价值的信息形成指具有导意义结论的过程),明确分析数据的最终目的;其次要结合数据采集的背景,进行现状分析和预测分析。需要着重解决的数据分析问题有四类:分类、聚类、关联和预测,重点在寻找模式与规律。对数据的处理,大部分情况下采取 Excel 的数据透视表完成。最后图表的呈现要按需表达,选取最恰当的呈现方式,并且要检查图表是否能真实反映要表达的观点。

通常,数据分析完成之后要简明扼要的撰写报告,这里需要注意避免四大误区:

- 1) 目的是否明确,具有针对性;
- 2) 对建模的实际问题考虑是否不全面,分析结果能否与实际吻合;
- 3) 选取的方法和工具是否合理,切忌认为只要能解决问题即可;
- 4) 掺杂主观意识,带着主观意图去分析结果。

由于人本身的差异性,尽管每个人都有自己的工作特点和方法倾向,但对于数据分析这种逻辑性强的工作,逻辑思路必须理清楚,该遵从的客观标准还是要严格遵守。只有数据分析只有产生了价值,做的工作才算真正发挥了作用。

2.3. 模型分析的创新能力

在数学建模的过程中最基础、最重要的一步就是将模型准确无误的建立,这个过程不仅仅需要参赛者精准把握字面意义,还必须全面地进行分析 and 推理,有时甚至是需要我们借助直觉启发来对其进行猜测推理,将具体模型中出现的问题运用数学的思想和手段对其进行升华和概括,继而运用各种知识,创新理论、算法与技术去分析解决问题。每年的建模问题都具有很强的新颖性,参赛者很难通过搜索互联

网资料, 查阅教材得到现成的模型。这就要求参赛者充分考虑到问题存在的差别和原因, 利用本科生发散性思维和创新性思维, 根据实践中的需要建立一套符合现实原理的数学模型。通过整合新的知识、手段和技能来培养学生的创新意识。在实践中出现有问题时, 能针对出现的问题进行修正并为其寻求一种最有效的解决途径。

2.4. 解题教学, 培养学生的发散思维模式

数学是一门思维严谨, 逻辑性很强的学科, 学生发散思维的流畅与否将影响数学成绩的好坏。而数学成绩的优劣又在一定程度上决定了数学建模过程中各种模型构建的准确与否, 所以如何培养本科学生的发散性思维就显得尤为重要。发散性思维是人才自主创新能力的核心和基础, 又称求异思维或变通思维, 通常需要学生打破思维定式, 寻求多途径处理问题。这就为教师们课堂教学中指导学生提出了一个很重要的基本功要求, 那就是通过课上讲授知识和课后讲解习题来培养学生的发散性思维。教师在分析问题时, 需要站在一定的高度进行全局把握, 多方位、多角度来渗透解题方法, 间接地渗透变通意识、流畅意识、独特意识, 提升学生的创造性思维和逻辑思维。教师在讲解习题的时候可以选择一题多解、把生活实例和解题方法相结合的方式, 鼓励学生打破单一的解题思维, 强调灵活性。这就要求我们的教师首先必须能够熟练地掌握所讲授的教学内容, 擅于从其中精选一些比较具有代表性、解题方法多样的题目作为例题进行讲解, 以达到启发学生发散性思维的目标。在典型习题的讲解中, 教师需要渗透反思意识。每一个解题的过程其实也是一个探索和猜测的过程, 一个人打开思路分析题目的结果可能成功也可能失败, 所以每一个典型习题讲解结束之后, 教师就要引导学生通过反思总结出解题的思路, 在学生反思的过程中锻炼他们的创造性思维和逻辑性思维。

3. “以学生为中心”的数学建模理念的构建

3.1. 把握好“以教师为本”和“以学生为中心”的关系

在本着“以学生中心”教育理念原则的同时, 保证教师的主体地位。往往会有两种极端错误, 即任学生自由发展或者老师的意愿强加于学生。教师任学生自由发展, 实际上是不负责任的表现。教师应该发挥主导作用, 兼顾学生的知识水平以及接受能力, 因材施教。学生作为主体, 在教师的指导下, 根据合适的指导方案能按照自身的需求, 主动吸收知识, 独立思考, 成为独立意义的个体。

3.2. 转变教育观念, 提高数学建模教师的服务能力

数学建模教育归根结底是锻炼学生理论与实践结合实施的能力, 是锻炼学生动手能力的。广义的教育归根结底是用来服务人类的, 它的作用是为人类提供教育。在这种意义下, 学生是消费者, 发挥中心作用。数学建模教师应该以积极的态度, 转变自身观念, 准确把握“以学生为中心”的教育理念, 组织好建模教育的各个环节, 做好准备工作, 多方面调查学生需求, 努力增强服务学生的水平, 为学生建模竞赛提供更具有针对性的指导。

3.3. 提升学生的自身素质和自我管理力

在数学建模教育中, 我们在把握“以学生为中心”的教育理念原则的同时还要兼顾对学生基础知识以及文明道德的培养。基础知识以及文明道德是每一个学生应备的素养, 也是教育者教学过程中必不可少的教育内容。在教学实施的过程中, 教育者应该从学生的角度出发, 站在学生容易接受的角度予以施教, 切忌强加于学生, 比如可以采取宣传片或者故事的形式进行侧面教育。这种方式既能很好的提升学生的接受速度, 又能感同身受的理解道德实施的环境。这无形中就提高了学生的自身素质和自我管理能

力。

3.4. 架构学生与教师之间的沟通合作平台

数学建模教育不像普通课程一样坐在教室看着黑板或者多媒体就能完整的把课程讲解透彻, 它需要更丰富的教学平台。最简单的来说, 它需要学生来实际操作电脑进行数据处理和数值模拟。此外, 师生之间顺畅的沟通交流以及可视化的指导是关键, 因此搭建高效合适的合作平台很有必要。如果我们把教师比作教育产品的生产者, 学生无疑就是消费者, 只有生产者和消费者之间互相需要了解彼此的诉求, 才能更加和谐的把产品进行流通, 使二者的诉求达到一致。那么作为提供教育环境的主体, 提供高效的师生沟通合作平台是不可推卸的责任, 协调师生的诉求, 取得共赢。

4. “以学生为中心”的数学建模方案实施

坚持“以学生为中心”的课堂教学思想[14][15], 最大化地体现学生的兴趣和主体性, 采用模块教学法对学生进行系统培训, 主要分为三个模块。

模块一, 选择与实际结合紧密的物理模型作为切入点, 提高学生的学习兴趣;

例: 椅子的四条腿在平面上能否放置平稳的问题。

这个问题在日常生活中很常见, 所以说能引起学生的共鸣, 有利于学生大脑联系实际, 积极主动的去思考这种情况下椅子到底能不能在地面上平稳站立。

- 1) 模型假设
- 2) 模型建立(运用数学语言把条件和结论表现出来)

设椅脚的连线为正方形 $ABCD$, 见图 1。对角线 AC 与 x 轴重合, 坐标原点 O 在椅子中心, 当椅子绕 O 点旋转后, 对角线 AC 变为 $A'C'$, $A'C'$ 与 x 轴的夹角为 α 。

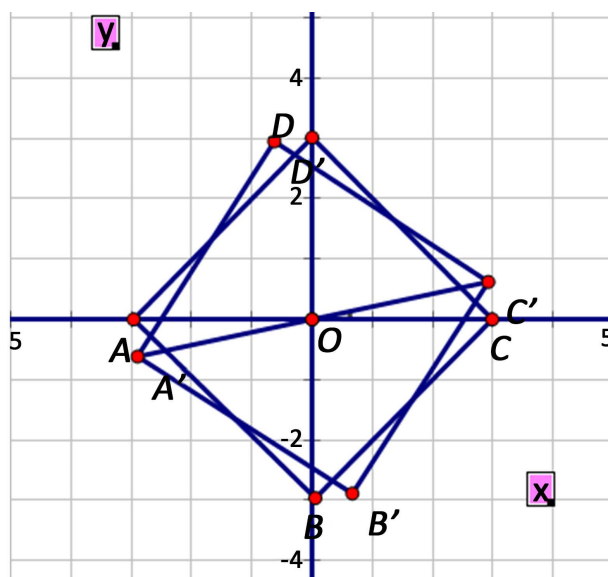


Figure 1. Rotation plan of chair feet

图 1. 椅脚平面旋转图

由于正方形的中心对称性, 只要设两个距离函数就行了, 记 A 、 C 两脚与地面距离之和为 $h(\alpha)$, B 、 D 两脚与地面距离之和为 $l(\alpha)$ 。显然 $h(\alpha) \geq 0$ 、 $l(\alpha) \geq 0$ 。因此椅子和地面的距离之和可令 $m(\alpha) = h(\alpha) + l(\alpha)$ 。由假设(2), $h(x)$ 、 $l(x)$ 为连续函数, 因此 $m(\alpha)$ 也是连续函数; 由假设(3), 得:

$$h(\alpha)l(\alpha)=0。$$

则该问题归结为：已知连续函数 $h(\alpha) \geq 0$ 、 $l(\alpha) \geq 0$ 且 $h(\alpha)l(\alpha)=0$ ，至少存在一个 α_0 ，使得：

$$h(\alpha_0)=l(\alpha_0)=0$$

3) 模型求解(找出 α_0)

证明：不妨设 $h(0) > 0$ ，则 $l(0)=0$ ，令 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ (即旋转 90° ，对角线 AC 和 BD 互换)。则有

$$h\left(\frac{\pi}{2}\right)=0, l\left(\frac{\pi}{2}\right)>0$$

定义： $M(\alpha)=h(\alpha)-l(\alpha)$ ，所以 $M(0)M\left(\frac{\pi}{2}\right)=-\left[h(0)l\left(\frac{\pi}{2}\right)\right]<0$

根据连续函数解的存在性定理，得：存在 $\alpha_0 \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$

使得： $M(\alpha_0)=h(\alpha_0)-l(\alpha_0)=0$ ；

又 $h(\alpha_0)l(\alpha_0)=0$

所以 $h(\alpha_0)=l(\alpha_0)=0$

即当 $\alpha = \alpha_0$ 时，四点均在同一平面上。

模块二，训练学生的创新能力，结合经典案例对应的建模方法系统教授学生，常用方法有概率统计、线性规划、线性回归分析、矩阵分析等。

创造高效建模课堂，以学生为中心，以多元创新的教学方式培养、引导学生，关注学生的疑问以及对于建模竞赛题目与书本知识不同的理解和质疑，使书本知识活起来。叶圣陶先生说：“教是为了不教。”要想达到这个目的，那么在教授知识的过程中，不应当只有施教或者受教，这个时候教师就应该发挥启发、引导的作用，体现教师为辅，学生为主的作用。让学生通过自主学习，产生质疑能力，从而对知识有独到的见解。

传统的教学模式过于要求学生被动接受知识，纯粹以书本为中心，课堂上教师采取满堂灌的填鸭式教学模式，造成学生死板的接受新知，抑制了学生思维的发散性，我们说思维发散与否与学生的质疑创新能力有很大关系，所以说课堂上，教师应该把课堂的主导能力放手教给学生，最大化的发挥学生的主体性，让学生通过思考问题有所领悟。清人唐彪说：“有疑者看到无疑，其益犹浅；无疑者看到有疑，其学方进。”用此强调质疑能力的培养对学习知识、掌握技能的重要性。有了自己的理解，就会收获更多新知，事物与事物之间有学生自己独特的认识，便不会固守于传统，会有更多的思辨能力和创新能力。

模块三，训练学生的数值模拟能力，常用的方法有有限元、有限差分(向前差分、中心差分、向后差分)等，常用的程序语言有 Spss、Matlab、Python 等，这个过程需要有针对性地选取小型实训题目，由简到难，由浅入深地锻炼学生的编程能力。这一模块的实施，既是对建模论文理论分析的合理验证，又能提高论文的完整性，极大的提高了建模论文的质量。根据典型例子，以学生为中心，激励学生在内驱力的推动下带着问题进行简单的编程，完成数学建模最重要的一步。

21 世纪 SARS 传染病的爆发和蔓延给中国的经济发展和人民的生命财产带来了极大的威胁，我们从中学到了很多经验和教训，发现了研究传染病的传播规律，为预测和控制传染病蔓延创造了有利条件。就 SARS 的传播过程建立数学模型，这其中不可避免的需要用到 Matlab、有限差分(向前差分、中心差分、向后差分)等数值计算方法。接着建立微分方程数学模型，利用 MATLAB 语言编写程序，锻炼学生的逻辑思维和编程能力。这个例子能够从很实际的问题切入，建立简单的微分方程模型，利用数值微分，描述人口变化规律，关键是对人口增长率做出合理简单的假定。

综上对学生进行的三个针对性模块训练, 我们不但能够有效快速提升学生的数学建模核心素养, 而且能增强学生的主体意识, 使学生化被动为主动, 着重培养学生质疑能力、兴趣和个性。

5. 结论

在数学建模课程的教学, 秉承“以学生为中心”的教学理念, 凸显了学生在课堂中的主体性。该理念的实施不但可以提高学生对该课程的兴趣、能积极主动的学习该课程, 而且还可以增强学生的动手操作能力和解决应用问题的数学能力。例如, 对各种实际应用问题背景知识的学习能力、将应用问题“翻译”成恰当的数学问题从而建构数学模型的能力、对大规模数据的处理以及数值模拟的能力、计算机编程计算的能力等。基于以上能力的提升, 引导大学生积极参与国内外各种数学建模竞赛活动, 借助竞赛平台, 将数学建模课程的课堂教学与具体实践及应用有效地结合在一起, 从而可以大大提高学生们的数学核心素养, 培育创新能力, 达到该课程的教学训练目的。

基金项目

本文系山西省高等学校科技创新项目(2021L416); 山西省基础研究计划(自由探索类)青年项目(20210302124688); 山西省高等学校教学改革创新项目(J2021552); 太原师范学院大学生创新创业训练重点项目(CXCXY2108)研究项目成果。

参考文献

- [1] 刘献君. 课程教学中的个性化教育[J]. 中国高教研究, 2020(11): 49-53.
- [2] 李鑫, 张建华. 应用型本科数学建模课程教学改革探索[J]. 重庆科技学院(社会科学版), 2015(11): 22-25.
- [3] 李大潜. 数学建模是开启数学大门的金钥匙[J]. 数学建模及其应用, 2020, 9(1): 1-8.
- [4] 王军. 以建模为导向的高等数学教学改革探索[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2016, 25(5): 301-302.
- [5] 李宏, 韩邦和, 杨有龙. 智能教育背景下工院校数学建模教育教学的改革与实践[J]. 数学建模及应用, 2020, 9(3): 47-52.
- [6] 龚雅玲. 数学建模思想在高等数学教材中的渗透[J]. 北京教育学院学报(自然科学版), 2015(3): 105-107.
- [7] 张丽丽. 浅谈数学建模[J]. 科技信息, 2008(28): 462+467.
- [8] 李大潜. 数学科学与数学教育当议[J]. 中国大学教学, 2004(4): 4-9.
- [9] 郑文. 引入数学建模, 促进高职数学教学改革[J]. 重庆电子工程职业学院学报, 2012, 21(6): 115-117.
- [10] 张宁. 数学建模对高校数学教学改革的重要价值[J]. 高教视野, 2019(3): 23.
- [11] 汤智, 计伟荣. 金课: 范式特征、建设困局与突围路径[J]. 中国高教研究, 2020(11): 54-59.
- [12] 刘徽, 滕梅芳, 张朋. 什么是混合式教学设计的难点?——基于 Rasch 模型的线上线下混合式教学设计方案分析[J]. 中国高教研究, 2020(10): 82-87+108.
- [13] 何克抗. 从 Blending Learning 看教育技术理论的新发展(上)[J]. 中国电化教育, 2004(3): 5-10.
- [14] 刘会民, 张淳, 耿晓龙. 数学建模与数学实验课程的改革与实践[J]. 辽宁科技学院学报, 2010, 12(3): 69-70+88.
- [15] 肖满红. 高职院校数学建模课程的研究与实践[J]. 教育与教学, 2012(10): 34-36.