

基于科研创新的泛函微分方程教学设计与探索

魏新*, 赵建涛, 张爽

黑龙江大学数学科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年4月27日; 录用日期: 2023年5月24日; 发布日期: 2023年5月31日

摘要

创新能力是民族进步的灵魂, 经济竞争的核心。本文针对《泛函微分方程》课程的教学现状和学生的专业基础, 对本课程的教学内容和方法进行探讨与设计, 以科研创新作为教学目标, 激发学生的学习兴趣, 培养学生分析问题、解决问题和科研创新的能力。

关键词

教学设计, 教学方法, 学习兴趣, 创新能力

Teaching Design and Exploration of Functional Differential Equations Based on Scientific Research Innovation

Xin Wei*, Jiantao Zhao, Shuang Zhang

School of Mathematical Sciences, Heilongjiang University, Harbin Heilongjiang

Received: Apr. 27th, 2023; accepted: May 24th, 2023; published: May 31st, 2023

Abstract

Innovation is the soul of national progress and the core of economic competition. Based on the current teaching situation of "Functional Differential Equations" and students' professional foundation, this paper will discuss and design the teaching content and methods of the course. Taking scientific research innovation as teaching goal, it will stimulate students' interest in learning, and cultivate students' ability to analyze problems, solve problems, and innovate in scientific research.

*通讯作者。

Keywords

Teaching Design, Teaching Methods, Learning Interest, Innovative Quality

Copyright © 2023 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

众所周知,任何具有反馈的动力系统总是存在滞后现象,即使质点间力的传递或是以光速传递的信息也是如此。在自动控制的装置中,从输入信号到收到反馈信号,也必然相差一段时间。因而,在描述事物发展规律时引入“时滞”能更为客观、精确地反应事物的发展规律。化学、物理学、生物学、医学、人口生态学、航天以及控制学等其它领域中的很多问题和现象都可以通过泛函微分方程来刻画和分析。通过对描述某一过程的泛函微分方程进行研究,不仅可以对该过程利用《泛函微分方程》课程中的稳定性和分支理论做出数学上的解释,而且有助于预测该过程未来的发展趋势[1]。

在2020年7月召开的全国研究生教育大会上,习近平总书记指出,研究生教育在培养创新人才、提高创新能力、服务经济社会发展、推进国家治理体系和治理能力现代化方面具有重要作用[2]。因此,在课堂教学中如何培养学生的科研创新能力就成为硕士研究生课程教学与设计的中中之重。《泛函微分方程》是各高校应用数学专业,特别是微分方程方向,硕士研究生非常重要的一门专业基础课,从而成为研究生课程体系中的改革重点。但其教学和学习都有一定的困难,究其原因在于本门课程理论性过强,而且理论分析的过程具有高度的抽象性。本文将从背景介绍、思想剖析、应用分析和课堂延伸四个方面对课程教学内容和方法进行探讨与设计,以科研创新作为教学目标,激发学生学习的兴趣,培养学生分析问题、解决问题和科研创新的能力。

2. 教学设计与策略

结合课程中的重点和难点,举例说明教学内容和方法的具体设计思路,以此实现分化教学难点、展现知识的来龙去脉、重视学生创新能力的培养的教学目标,进一步激发学生学习本门课程的兴趣。

2.1. 融合背景, 增强学科趣味性

常微分方程描述的模型表明事物的发展只依赖于当前的状态,然而,事实并非如此。实际上,客观事物的变化规律不仅要受到当前时刻的影响,而且还依赖于过去或未来某一时刻的状态。因此,在描述事物发展规律的微分方程模型中引入“滞量”的影响,更符合事物发展的规律。早在1750年,Euler曾提出一个经典的几何问题:是否存在一种曲线,在经过平移和旋转运动后能与其渐缩线重合?1771年,Condorcet讨论了这个问题,并推导出了第一个泛函微分方程。此后,许多学者相继提出类似的泛函微分方程,但关于泛函微分方程的系统研究工作一直到20世纪50年代才出现。到20世纪70年代,泛函微分方程理论的研究得到了长足发展,在解的基本理论、稳定性理论、周期解理论和解算子理论等方面取得了重要的成果[3][4][5][6][7]。上述课程背景的介绍,有助于学生深入了解学科的发展及应用,同时也可以为单调枯燥的理论学习注入趣味性,提高学生自主学习理论知识的积极性。可以说,学习的主观能动性是培养学生科研创新能力的前提。只有成功将学生吸引到课堂教学中,提高课堂的教学质量,我们才能有效地启发学生提出具有探究性的问题。

2.2. 剖析思想，分化难点，启发学生提出新问题

《泛函微分方程》中初值问题解的存在唯一性定理是该门课程的理论基础，也是泛函微分方程得以广泛应用的基石，从而成为教学重点。但其教学和学习都有一定的困难，究其原因是定理的证明涉及的数学知识较多，而且理论分析的过程具有高度的抽象性。教师在讲授定理的证明时，应着重于讲解该理论证明过程中所涉及的本专业其他课程的相关知识。首先，学生要熟悉《泛函分析》中完备 Banach 空间中 Cauchy 列的性质、范数的定义，以及如何从积分的角度去证明一致收敛性。接下来，跟学生说明证明的思路，即将对应的初值问题转化为积分方程，然后构造迭代序列，继而证明该序列的一致收敛性，最后再利用 Gronwall 不等式证明解的唯一性。课堂上加强对数学思想和几何观点的阐述，阐述为什么要证和如何证，使学生深刻体会数学思想的发展过程。研究生阶段的学习应该侧重于知识的交流与探讨，德国著名教育家 H. Spencer 指出：“什么是好的教育？那就是系统地给学生自己发现事物的机会。”一个好的教师，仅仅能讲授好知识是远远不够的，更应该学会培养学生发现问题和解决问题的能力。学生初次接触《泛函微分方程》这门课程，老师应该适时引导学生发现问题，启发学生利用已有的知识去解决问题。通过前面证明思路的讲解，引导学生独立去完成定理的证明，这一过程是对学生课堂学习的检验，同时，通过该过程的练习，学生可以得到强而有力的实际训练。此外，学生在思考的过程中可能会提出一些新的思路，这些新思路的提出可以使学生的创新意识和动手能力得以不断提升。

2.3. 应用分析，强化学生学习的自主性

Hopf 分支理论为研究微分方程周期解的存在性提供了一种有效的方法，同时该内容也是动力系统理论的重要组成部分。为便于学生深入理解《泛函微分方程》(FDE)的 Hopf 分支理论，应先讲授常微分方程(ODE)的 Hopf 分支理论，再介绍 FDE 的 Hopf 分支理论，这种递进式教学方法更易于学生接受和理解新的知识。在课堂教学中，打破传统的教师讲授为主的授课方式，结合 Hopf 分支定理在实际应用中的重要作用，合理安排小组学习讨论的环节，采取讲授式和小组讨论相结合的授课方式完成本部分的教学任务。在讲授完定理后，以具时滞的 Logistic 模型为例说明 Hopf 分支存在性的证明思路，然后采取小组讨论学习的方式让学生应用前面讲过的稳定性理论和 Hopf 分支定理分析具体的模型。通过课上反馈情况来看，讲授式和小组交流讨论相结合的教学方式可以成功地调动起学生学习的积极性，让学生积极参与到课堂教学中，实现“以学生为中心”的教学宗旨[8]，极大地提高了课堂教学的质量。

2.4. 课堂延深，培养创新意识和能力

课堂教学的时间毕竟是有限的，笔者认为，积极开展课外探究既可以巩固学生对课堂所学内容，同时也能激励学生去发现新的问题，进而尝试用自己所学的理论知识找到答案，有助于培养学生的创新思维[9]。为有效开展课外探究，在课程开始前一周会为学生提供中英文的参考教材。结合近几年的教学实践，笔者发现，学生提前翻阅参考教材是发现问题的过程，等到课堂学习的时候他们才能提出具有探究性的问题。在这个过程中，学生对基本理论的理解得以加深。在讲授完稳定性理论和分支定理之后，我会根据学生的知识储备情况，选取 2~3 个合适的模型，要求学生以小组学习讨论的形式完成小论文的撰写。从学生小论文的完成情况上看，通过这种活动，一方面可以强化学生运用所学理论知识解决实际问题的能力；另一方面，学生在小组讨论的过程中，协作能力和创新能力也得到了提高。

3. 结语

笔者认为，研究生创新能力的培养是一项艰巨、长远的任务，其根本目的在于研究生科研基础能力与学术思维的培养，以及在此基础上创新能力的不断提升。在教学中，教师应不断尝试新的教学方法将

学生吸引到课堂教学中, 逐步引导学生发现问题, 启发学生利用所学的理论知识去解决实际问题。与此同时, 教师应改变传统的教学模式, 打破“唯教材论”的授课方式, 将学生作为课堂教学的主体, 不断探索培养学生创新思维的路径, 逐步实现以创新能力为最终目标的研究生课程教学。

基金项目

本文受黑龙江大学学位与研究生教育教学改革项目资助(项目号: JGXM_YJS_2021018)。

参考文献

- [1] 魏俊杰, 王洪滨, 蒋卫华. 时滞微分方程的分支理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] 胡浩. 习近平对研究生教育工作作出重要指示[C]. 对接京津——区域经济历史回顾研讨会. 北京: 新华社, 2020: 1-2.
- [3] Hale, J.K. (1977) Theory of Functional Differential Equations. Springer, New York.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9892-2>
- [4] Hale, J.K. and Lunel, S. (1993) Introduction to Functional Differential Equations. Springer-Verlag, New York.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4342-7>
- [5] 郑祖麻. 泛函微分方程理论[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1994.
- [6] 李森林, 温立志. 泛函微分方程[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987.
- [7] Smith, H. (2010) An Introduction to Delay Differential Equations with Applications to the Life Sciences. Springer-Verlag, New York.
- [8] 杨丽华, 陆宇平. 以学为中心的学生数学素养提升[J]. 数学教学通讯, 2022(11): 53-54.
- [9] 丁翠玲, 王文. 培养研究生科研思维以提升科研创新能力[J]. 科教导刊, 2020(30): 37-38.