

工科数学教学中学生创新能力培养的研究与实践

张卫国, 孙宇娇

(上海理工大学 理学院, 上海 200093)

摘要: 论述工科数学教学中注重学生创新能力培养的做法和成效。在基础理论课教学中广泛开展带有对问题探讨因素的启发式教学。为使学生的创新意识和创新能力得到加强, 建设了“数学实验室”和“数学建模室”, 开设了“数学实验与数学软件”和“数学建模”课程, 开展了数学实验和数学建模培训与竞赛活动, 构建了有利于学生创新能力培养的数学课程教学的基本体系。

关键词: 工科数学教学; 创新能力; 课程基本体系; 启发式教学

中图分类号: G 642.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-895X(2016)02-0175-04

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2016.02.014

Research and Practice for Training Students' Innovative Ability in Engineering Mathematics Teaching

Zhang Weiguo, Sun Yujiao

(College of Science, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In this paper, the author introduces his effect work, focusing on cultivating students' innovative ability during engineering mathematics teaching. Heuristic teaching is proposed to be widely used in the basic theoretic courses. To enhance the students' innovative consciousness and ability, by building mathematical labs and mathematical modeling rooms, offering the courses of “mathematical experiment and mathematical software” and “mathematical modeling”, and carrying out the activities for training and competition on mathematical experiment and mathematical modeling, the basic system of mathematics curriculum are constructed to develop the students' innovative ability.

Keywords: engineering mathematics teaching; innovative ability; basic curriculum system; heuristic teaching

党的十七大报告^[1]指出:“提高自主创新能力, 建设创新型国家。这是国家发展战略的核心, 是提高综合国力的关键。”2015年全国两会期间习近平总书记在参加上海代表团讨论时强调指出, 创新是引领发展的第一动力。抓创新就是抓发展, 谋创新就是谋未来。“创新”是民族振兴之本, 是实现中国梦之魂。建设创新型国家, 首先需要大批具有

创新意识、创新思维和创新能力的创新型建设者, 我国各高校就担负着为国家培养这种创新型接班人和建设者的重任。众所周知, 人才培养是一个复杂的系统工程, 但数学基础课的教学在人才培养中却起着奠基性的作用。特别是工科院校的数学基础课教学在培养理工科学生的创新意识和创新能力方面担负着十分重要的责任。

收稿日期: 2014-01-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11471215); 上海市教委创新项目(13ZZ118); 沪江基金项目(B14005)

作者简介: 张卫国(1957-), 男, 教授。研究方向: 高等教育。E-mail: zwgzwm@126.com

一、工科数学教学在学生创新能力培养中的作用

工科院校的数学基础课教学在理工科学生创新能力培养方面有着其他课程难以替代的作用。数学基础课的教学内容不仅具有理论性、方法性、逻辑性和应用性,而且具有高度的思想性。数学基础课所包含的数学思想方法如极限的思想、逐步逼近的思想、局部线性化的思想、联想类比的思想、推广的思想、分析综合的思想、抽样统计的思想等都是辩证唯物主义的具体体现。学生在学习数学基础课的过程中,不仅可学到课程中的书本知识,同时亦可受到渗透于书本知识的数学思想方法的熏陶,从而在分析问题、解决问题的能力上得到培养和提高。通过数学基础课教学,可以使学生亲身感受到数学的概念、理论、方法建立的思维过程,使之得到感悟、启迪、渐渐地吸取数学思想的精髓,从而促使他们科学世界观和方法论的形成。创新型人才其创新能力的核心是创新思维和创新方法。“数学是一门理性思维科学”^[2-3],这是因为数学课程本身通常就是一个由概念、判断、推理所组成的逻辑体系,其形式呈现为定义、定理、公式、计算方法等等。在数学基础课的教学过程中,师生共同把一个“未知”化为“已知”的推理过程就是一个创新的思维过程,就是对学生创新能力的训练、培养过程。所以数学教师可通过各个教学环节,运用严密的逻辑、思辨、推演等理性思维过程的教学,对学生进行科学思维方法的训练,从而达到培养学生创新能力的目标。

众所周知,数学具有直接应用于科学实践和生产,解决人们在创造性工作中提出的实际问题,推动生产力的发展和科学技术进步的作用。特别是在科学技术飞速发展的当今时代,一些重大科技项目的突破,几乎都要借助于数学。数学科学是当今科技创新的重要基础和支柱,且已渗透到人类活动的各个领域,也已渗透到广大理工科学生所要学习的各门专业基础课程。所以若在数学基础课程教学过程中培养了学生一定的创新思维能力,那么在他们后续课程的学习中,甚至在今后的工作中,这种能力都能得到延续和加强。

二、开展带有对问题探讨因素的启发式教学

如何在数学课堂教学中开展启发式教学,既传

授知识又培养学生创新能力呢?对数学有所了解的人们都知道,数学知识产生时,总是伴随着数学家“火热的思考”,但是数学知识通常以学术论文和教材的方式呈现给读者时,却往往“使得火热的思考变成了冰冷的美丽”(国际著名数学家和数学教育家费赖登塔尔语^[4-5])。作为一个好的数学教师不仅要在课堂上给学生讲清数学知识,更应着力于为学生揭示、并引导他们去感悟和领会那些“火热的思考”。这就是启发式教学的核心。对那些“火热的思考”感悟的积累,就是学生创新思维的基础,而学生感悟和领会那些“火热的思考”的能力,就是他们学习能力的核心,也是他们创新能力的基础性要素。因此,数学教师在教学过程中要善于揭示概念和问题的本质,剖析证明和解决问题的思想方法,从而在课堂教学中实现既传授知识又培养学生创新能力的目标,真正提高课堂教学的效果。基于以上考虑并通过几年的探索和总结,从1987年起,在课堂教学中采用了带有对问题探讨因素的启发式教学法,收到了良好的教学效果。

例如,对定积分中牛顿-莱布尼兹公式是这样讲解的。首先把这个内容纳入寻求计算定积分 $\int_a^b f(x)dx$ 的大目标,接着研究简单物理模型:求变速直线运动的路程。容易得到路程函数 $S(t)$ 与速度函数 $v(t)$ 之间有关系 $\int_{T_1}^{T_2} v(t)dt = S(T_2) - S(T_1)$ 。通过揭示上式中路程函数 $S(t)$ 是速度函数 $v(t)$ 的原函数(即 $S'(t) = v(t)$),提出问题:若闭区间 $[a, b]$ 上 $F(x)$ 是连续函数 $f(x)$ 的一个原函数,那么 $f(x)$ 的定积分 $\int_a^b f(x)dx$ 与它的原函数 $F(x)$ 是否有类似于速度函数 $v(t)$ 的定积分与路程函数 $S(t)$ 之间的关系 $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$?然后紧紧围绕这个问题进行探索、论证,最终得到牛顿-莱布尼兹公式。又如在讲格林公式时也采取类似的步骤。首先回顾一元函数积分学的牛顿-莱布尼兹公式,指出表示闭区间上的积分可以用被积函数的原函数在区间端点(区间的边界)取值的“代数和”表示。接着提出问题:平面上的二重积分 $\iint_D \frac{\partial Q}{\partial x} dx dy$ 能否用被积函数的原函数 Q 在 D 的边界上取值的“和”来表示?一个连续函数在一条连续封闭曲线上的取值的“和”当然只能用曲线积分表示。通过类比得出猜想: $\iint_D \frac{\partial Q}{\partial x} dx dy = \oint_D Q dy$,接着由浅入深地探索、

论证,得出结论,等等。

简要地说,上述带有对问题探讨因素的启发式教学,以“考虑简单数学模型→设问(猜想)→探索、论证”为基本教学程序,其中数学模型具有广泛的含义,包括物理现象、数学命题、运算方法、计算公式等。之所以用这个程序进行讲课,因为这个程序体现了数学研究乃至科学研究的基本思路和方法,而且便于在教学过程中既传授知识又渗透数学思想方法的讲解。如第一步考察数学模型时,为使学生透过现象看本质,抓住主要矛盾,常常要运用变换、数学变形的思想方法等;第二步设问(猜想),常常是对数学模型作初步考察以后提出的,是一种符合逻辑的感性认识,它有几种形式,如对类似的事物用类比的思想方法得出的类比设问(猜想),运用归纳思想方法得到的归纳设问(猜想)等等;第三步中探索是对前一步提出的设问(猜想),寻找证明的方法和途径,同时修正所提问题(猜想),找出问题解决(猜想成立)的条件;论证是在探索的基础上进行的,它的任务是提出正确的命题和证明,而证明常常只需运用分析综合的思想方法将探索过程用综合法表出便是。

带有对问题探讨因素的启发式教学有以下优点:1)应用这个方法进行教学的过程,就是反复应用直觉思维和逻辑思维的过程,这可使学生通过教学过程,在掌握思维规律,提高自己的思维能力等方面,得到有效的、严格的训练;2)应用这个方法进行教学,有利于讲透知识的重点,突破知识的难点,较好地完成传授知识的任务;3)应用这个方法进行教学,能使使学生学得探索科学问题的基本思路和方法,既学到了数学知识,又了解了数学知识发生的过程,理解得深刻、记得牢,有利于提高学生灵活运用知识的自觉性;4)应用这个方法进行教学,便于为学生创造一种意境,把他们的思维自然地带到对问题的探索中,激发他们的学习兴趣。

三、构建利于学生创新能力培养的数学教学基本体系

对于广大理工科学生特别是对于抱负大、发展潜力强的学生而言,仅学“高等数学”“线性代数”“概率论与数理统计”,在知识积累和能力培养方面都显得不够,其中的不足主要是缺少“实

践”这一环节。为了对学完“高等数学”“线性代数”“概率论与数理统计”三门课程的学生加强数学的实践知识,并使他们的创新意识和创新能力得到进一步的加强,在教务部门的大力支持下,建设了“数学实验室”和“数学建模室”,开设了“数学实验与数学软件”和“数学建模”课程,开展了数学实验和数学建模培训与竞赛活动,构建了有利于工科学生创新能力培养的数学课程教学的基本体系。该体系(以下简称“基本体系”)包含下列三个层次的内容。

(1)为工科学生设置“高等数学”“线性代数”“概率论与数理统计”作为工科学生必修的公共基础理论课,并在这些课程的教学开展带有对问题探讨因素的启发式教学。学生通过这一层次的学习,既可学到必要的数学知识为后继课程的学习打下基础,又可获得创新意识、创新能力的初步训练和培养。第一层次是基本的也是最重要的。为了做好第一层次的工作,使便于开展带有对问题探讨因素的启发式教学,根据《教学基本要求》,在现有教材的基础上对教学内容做了适当变动和重新处理,编写出版了三部教材:1)《应用数理统计》(机械工业出版社,2009年1月),该书被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材^[6];2)《概率论与数理统计》(科学出版社,2009年1月),该书获2011年上海普通高校优秀教材二等奖;3)《线性代数》(湖南科学技术出版社,2011年9月第2版)。还编写出版了适合创新能力培养的《高等数学习题集》《高等数学辅导》和《线性代数学习指导》,其中最突出的特点是把习题和测验分成两类:基础练习题和能力提高题。

(2)开设“数学实验与数学软件”课,并开展数学实验活动。该层次内容包括:1)借助计算机演示数学结论,通过数学软件画出图像、图形,加深学生对数学基本概念、定理、公式的理解,使抽象的数量关系得到直观化的图形体现;2)借助计算机验证或探索数学结论,使繁杂的运算技巧和逻辑推理化为程序化的机械操作、归纳演绎;3)让学生了解和初步实践应用数学知识和方法解决实际问题的过程,并通过计算机和数学软件进行“实验”,培养学生对数学原理和方法、建模方法、计算机操作,以及软件使用等多方面内容的掌握和应用等。

第二层次着重于对数学知识的验证、演示和初步运用。为了开展好第二层次的工作,建设了具有

50台电脑120平米的数学实验室,并在数学实验室安装了Mathematica, Matlab, SAS等软件,使与“高等数学”“线性代数”“概率论与数理统计”三大基础课相关的实验项目都可以顺利进行。

(3) 数学知识的综合应用和创新训练。主要是通过开设“数学建模”课和开展校内外的数学建模训练与竞赛来培养学生的创新能力与创新精神。对学生开展数学建模训练与竞赛的题目,通常来自往年的大学生数学建模竞赛题目,也可以来自企业或社会实践,或教师教学和科研派生的题目。训练或竞赛期间,题目由学生自选,整个实践活动由学生独立完成。通过组织学生参加并亲身经历这种运用数学知识解决实际问题的全过程,训练学生综合运用数学知识去刻画问题,提炼数学模型,处理实际数据,分析并解决问题的能力。

四、成效

多年来的教学实践表明:在工科数学教学中广泛开展带有对问题探讨因素的启发式教学,有利于激发学生学习数学的兴趣和积极性,有利于培养学生的数学应用能力和创新能力,并取得了良好的教学效果,主要体现在以下几个方面。

(1) 提高了学生的学习热情和学习成绩(包括数学竞赛和数学建模竞赛的成绩)。1) 自2006年以来,上海理工大学考研学生“数学一”至“数学四”的平均成绩每年均进入上海高校前8名。另外,学生各门数学课考试的及格率逐年提高,“高等数学”课程的每学期考试及格率都在80%以上。2) 2009年以来,学生参加全国大学生数学竞赛暨上海市大学生数学竞赛,每年都获上海市一等奖并代表上海高校参加全国决赛,尤其是在第一届和第四届数学竞赛中成绩最佳。第一届获得全国一等奖和三等奖各1项,获上海赛区一等奖4项、二等奖7项、三等奖9项;第四届获全国一等奖1项。3) 2006—2014年,参加全国大学生数学建模竞赛荣获全国一等奖6项、二等奖11项;参加全国研究生数学建模竞赛荣获全国一等奖9项、二等奖48项、三等奖76项。2011年以来,连续4年荣获全国研究生数学建模竞赛“优秀组织奖”,2009年和2012年还荣获全国大学生数学建模上海赛区优秀组织奖。

(2) 所开设的数学实验课和数学建模课及其

训练竞赛活动,培养了学生乐于探索、勇于创新的精神。数学课创新能力培养体系所包含的数学课程把课堂上的数学知识,延伸到科学研究和社会实际生活中,呈现给学生一个五彩缤纷的数学世界,通过各种各类数学模型让学生体会到数学在当今社会的科技研究、日常生活、市场经济等领域中的重要作用,体会到数学的实际应用价值,激发学生强烈的学习兴趣,唤起学生想学数学甚至要学好数学的积极情感,使之变“要我学”为“我要学”,从而进一步培养学生的创新意识,强化他们提出问题、分析问题和解决问题的能力,激发学生的“探索欲”。

(3) 数学课创新能力培养体系系列课程,丰富了学生的知识,开拓了他们的视野,提高了他们的能力,培养了他们的综合素质。特别是“数学实验”“数学建模”课程的学习、训练与竞赛,不仅增强了学生的学习能力、研究探索能力和创新能力,还培养了他们良好沟通和团结协作的工作意识,锻炼了他们吃苦耐劳的精神。这些优良品质对学生可持续发展将大为有益,可提高他们的就业能力乃至成才的概率。

另外值得指出,在工科数学教学方面的改革和实践,促进了上海理工大学数学系列课程的教材建设和精品课程建设。目前上海理工大学已有三门数学课程被评为上海市级精品课程:《高等数学》《概率论与数理统计》和《线性代数》。这些广大理工科学生都要学习的课程被评为上海高校市级精品课程,对于保障和提高上海理工大学本科教学的水平和质量具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 胡锦涛. 中国共产党第十七次全国代表大会的报告[M]. 北京:人民出版社,2007.
- [2] 波利亚·G. 数学与猜想[M]. 李心灿,译. 北京:科学出版社,1984.
- [3] 李大潜. 漫谈大学数学教学的目标与方法[J]. 中国大学教学,2009(1):7-9.
- [4] Freudenthal H. Didactical Phenomenology of Mathematical Structures[M]. Netherlands: Springer, 1983.
- [5] 蒲淑萍,江晓勤. 弗赖登塔尔的 HPM 思想及其教学启示[J]. 数学教育学报,2011,20(6):20-24.
- [6] 叶慈南,曹伟丽. 应用数理统计[M]. 北京:机械工业出版社,2004.

(编辑:巩红晓)