

# 物理拔尖创新人才培养中的高等数学课程建设

## ——以山西大学物理学拔尖学生培养基地为例

张亚静, 吴密景, 郭雅平, 郝江浩\*

山西大学数学科学学院, 山西 太原

收稿日期: 2023年1月28日; 录用日期: 2023年6月5日; 发布日期: 2023年6月14日

### 摘要

拔尖创新人才培养是国家一项人才培养计划, 旨在为我国加快建设创新型国家、提高国际竞争力奠定人才基础。本文针对高校在物理学拔尖创新人才培养过程中高等数学教学体系中存在的问题, 从教学内容及方式、课程思政、教学互动以及过程性评价等方面展开研究, 牢牢把握思想政治主线, 不断完善现代化教学体系, 提升信息化教学和课程思政的能力, 创新人才培养模式。

### 关键词

拔尖创新, 创新人才培养, 高等数学

# Construction of Higher Mathematics Course in the Cultivation of Top Innovation Talents in Physics

## —Taking the Training Base for Top Physics Students of Shanxi University as an Example

Yajing Zhang, Mijing Wu, Yaping Guo, Jianghao Hao\*

School of Mathematical Sciences, Shanxi University, Taiyuan Shanxi

Received: Jan. 28<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jun. 5<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 14<sup>th</sup>, 2023

### Abstract

The cultivation of top innovative talents is a national talent training program, which aims to lay a

\*通讯作者。

talent foundation for our country to accelerate the construction of an innovative country and improve international competitiveness. In view of the problems existing in the teaching system of higher mathematics in the process of cultivating top-notch innovative talents in physics in colleges and universities, this paper studies from the aspects of teaching content and methods, curriculum ideological and political education, teaching interaction and process evaluation, firmly grasp the main line of ideology and politics, constantly improve the modern teaching system, improve the ability of information teaching and curriculum ideological and political education, and innovate the talent training mode.

## Keywords

Top Innovation, Innovative Talent Training, Higher Mathematics Course

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

山西大学物理学拔尖学生培养基地于 2021 年成功入选拔尖学生培养计划 2.0, 成为全国 32 个物理学拔尖基地之一。拔尖计划是国家为回应“钱学森之问”而推出的一项人才培养计划, 旨在为我国加快建设创新型国家、提高国际竞争力奠定人才基础。

## 2. 课程建设的必要性

众所周知, 数学是所有自然学科的基础, 数学在自然科学特别是物理学领域发挥着越来越重要的作用, 高等数学是本科相关各专业学生的一门必修的重要基础理论课。对于物理学拔尖班的学生来说, 作为他们接触的第一门数学类课程, 这门课程尤为重要。

高等数学的教学要使学生学到更丰富而且有用的现代数学知识, 具有更强的运用数学工具和技术的能力, 以适应未来高强度物理学研究的需要, 而这也对高等数学的教学提出了更高的要求。在“双一流”建设的背景下, 探索卓越人才培养模式, 不断更新教学内容和教学方法、提高师资水平, 建立能够促进拔尖创新人才脱颖而出的长效机制是当务之急。为适应物理拔尖人才的培养, 必须进一步改革高等数学的教学理念、教学内容和教学方式, 坚持“厚基础、宽口径、重实践、强能力、求创新”的人才培养理念, 努力培养具有家国情怀与全球视野的高素质创新人才。

## 3. 教学内容及方式的改革

物理学拔尖学生人才培养中非常重要以及挑战性的工作是教学内容及方式的改革。本着知识传授和能力发展的目的, 进行如下改革建设。

1) 结合现代数学的发展, 在教材中引入现代数学的思想方法, 比如: 用数学中的函数思想来审视物理中的变量, 建立相应变量之间的函数关系, 从而将物理中的定量和定性问题相互转化[1]。这样既可加强建立数学模型的思想与训练, 也能提高学生分析问题与解决问题能力。

2) 注重概念的引申, 通过黎曼积分与勒贝格积分、有限维空间与无穷维空间、曲线、曲面积分与流形上的微积分、极值问题与变分法、代数方程与微分方程的对比, 引出相应的后继课程《实变函数》、《泛函分析》、《微分流形》、《变分法》、《偏微分方程》的介绍, 为学生将来的物理学习做好铺垫,

同时有利于教学内容的深化。

3) 学生在高等数学课程中不应该只学到数学知识的冰山一角, 教师应该把现代数学宝库中珍藏着的琳琅满目的瑰宝奉献给学生。为拓宽学生的知识面、促进专业的交叉渗透, 介绍数学思想、数学方法、数学精神、数学与人文的联系, 突出数学的趣味性和知识性, 体现“浸润”、“熏陶”、“养成”、“感染”、“培育”等培养理念。

4) 关心学科的发展, 体现数学与物理学两个学科之间的联系, 在教学中着重介绍具有物理背景的公式、方程及其计算, 比如勒让德多项式、切比雪夫多项式、狄拉克方程、薛定谔方程的介绍。

5) 探索教育教学规律, 针对不同学生的特点采取灵活多样的教学方法。同时精心进行课堂教学的设计, 使教学手段、教学方法的运用更加有利于调动学生的学习兴趣, 比如通过微信公众号进行课程拓展; 用 MOOC 进行提前自主预习[2]。

#### 4. 设计课程思政

高等数学的教学应该抓住青年学生正处于人生的世界观、人生观、价值观形成期加以精心引导, 培养学生的爱国情怀, 帮助他们坚定“四个自信”, 成长为担当民族复兴大任的时代新人, 立志为中国特色社会主义事业奋斗终身。

微积分虽然属于现代数学的内容, 但是其中心概念和思想, 比如极限、无穷大和无穷小、微分和积分等在中国古代哲学以及数学中都有涉及。比如: 《管子·心术上》亦讲: “道在天地之间也, 其大无外, 其小无内。”这里的“无外”和“无内”其实就是无穷大和无穷小的意思。而《庄子·杂篇·天下》里的“一尺之棰, 日取其半, 万世不竭”更是道出了无限分割的极限思想。在我国魏晋时期数学家刘徽于公元 263 年撰写《九章算术注》中提出的割圆术, “割之弥细, 所失弥少; 割之又割, 以至于不可割, 则与圆周合体而无所失矣”, 即用无穷小分割求面积的方法, 也充分体现了现代极限的思想。以南北朝时期的数学家祖暅(中国古代著名数学家祖冲之之子)的名字命名的涉及几何求积的“祖暅原理”: “夫叠基成立积, 缘幂势既同, 则积不容异。”指出: 两个同高的立体, 如在等高处的截面积相等, 则体积相等, 这也充分体现了微积分的思想。这些内容的讲授一方面让学生了解我国在数学研究方面的成就, 另一方面增强学生的民族自豪感, 引领学生将个人成长融入国家发展和民族复兴的进程中。

微积分和其他科学一样, 也是人类探索世界、揭秘大自然的过程中所形成的知识体系。在这个过程中, 有着许多数学家辛勤的付出, 比如柯西、欧拉、莱布尼茨、牛顿和麦克斯韦等。我们在高等数学课程中穿插一些数学家们的生平介绍、趣闻轶事, 比如, 1665 年, 黑死病传入伦敦后, 剑桥大学出于防护的目的暂时关闭了校园, 牛顿回家以后不仅整理了《流数简论》(历史上第一篇系统的微积分文献), 还发现了万有引力[3][4]; 作为物理学家的麦克斯韦不但将全部电磁现象所服从的规律概括为我们所熟知的麦克斯韦方程组, 而且还预言了电磁波的存在[5]。这些事例可以从情感上教育学生, 从精神上振奋学生, 增强学生学习高等数学和从事物理学研究的热情和积极性。

#### 5. 加强互动交流

教师和学生之间的互动交流不仅影响课堂氛围, 还会在一定程度上影响上课效果。在这个信息时代, 大学生的授课一般由授课教师在课前提前将教学内容整理好, 课堂上再以幻灯片结合板书的方式呈现给学生, 在课时较少的情况下可及时完成教学任务, 但也存在着一些弊端。大多数采用幻灯片授课的节奏较快, 教师较多的精力侧重于知识的讲解, 师生之间互动较少。对学生来说定义、定理一闪而过, 只能通过拍照来补充笔记。然而通过课后问卷调查发现, 对拍照留存下来的资料进行认真复习整理的不足 5% [6]。

师生之间缺乏互动还包括以下几种原因：第一，有些学生不太愿意表述自己的观点和想法；第二，有些学生不能正确地看待高等数学这门课程，从心底认为高等数学内容枯燥抽象无趣；第三，课堂上听到自己不明白的东西，不会及时跟教师反馈，高等数学是一门逻辑性很强的课程，这样可能就会一步差步步差，从而影响整个高等数学的学习效果。

面对上述情况，授课教师要专门设置答疑时间，对学生提出的问题给予细致耐心的解答；另外平时要有效利用微信等信息化工具和学生多交流、多鼓励，及时答疑解惑，令学生放松心态，主观上更有兴趣的学习这门课程；课堂提问是师生最常用的互动方式之一。教师需要注意提问学生的方式、方法，当学生不能顺利回答问题给予适当的引导建议。

经多年教学经验发现，学生的课后复习和自主预习是课堂实现有效互动的基础。教师可采用翻转课堂的教学模式来增强师生之间的互动。在课前利用微信、雨课堂向学生推送视频、测试题等学习资料，让学生在课前对知识点有个简单的了解。在课上对某一个具体的问题进行分组交流讨论，使知识进一步加工内化，帮助学生真正了解到知识的本质。比如，在定积分这一节课里，提前让学生感受到定积分是从中学中测量矩形面积的问题推广到测量曲边梯形的问题。那个像天鹅颈一样的积分符号其实是一个拉伸的“S”，它表示正在进行的是求和运算[3]；这种求和是积分学中特有的一种运算：把无穷多个无穷小的矩形面积之和整合成连贯的曲边梯形的面积。这种形象的解释会让学生了解定积分的实质，进而更好的理解它的性质和应用。

## 6. 坚持过程性、科学性评价

科学的课程考核与评价系统是提高教学质量，调动学生学习积极性，提升人才培养质量等方面都发挥着重要的作用。传统的课程考核往往以一考定高低，“唯期末试卷成绩”论学习好坏，不仅存在内容与形式单一，评价片面的弊端，而且限制了学生对于所学知识的自由发挥和综合应用，忽视了学生创新思维和综合素质的体现[7]。促发一些出畸形的学习怪象：个别学生在学习中“躺平”，对考试存在投机心理，考前突击复习，依靠刷“重点题”不挂课。长此以往，学生的学习氛围受到破坏，学习的主动性遭到打击，谈不上提高学生综合素质，更谈不上培养卓越人才。

以激发学生自身学习潜能为目标，以调动学生获得持久的学习动力为方向，构建多元化、全面化、统一化的课程考核与评价系统是拔尖学生人才培养改革建设的关键环节之一。

1) 线上与线下结合的过程性评价的多元化。数字化、网络化、多媒体化为高等数学的教学提供了师生资源共享、开放、互动的有利条件，过程性考核不再拘泥于线下签到、课堂提问、平时作业、课堂测试等形式，弹幕，互评等均可纳入考核范围。考核不是非要通过答题才是有效的。例如在学习微分方程内容时，采用翻转课堂的形式让学生自己探究人口模型的建立与求解，在教师引导下，实现学习过程中自主探索，更新思维，合作交流，能够充分调动学生的学习积极性与主动性，有益于培养学生的创新思维与实践能力。

2) 基础与创新结合的考核全面化。知识层是核心竞争力的基础层，不断积累的高数知识会成为学生未来物理专业学习夯实的基石，脱离基础空谈人才培养，往往所育之才缺乏科研持久力。通过随堂随测、期中测试与期末测试，重要知识点不仅可以一步步得到及时内化，同时可避免学生学习中“划水”现象的发生。进一步说，各种测试均是经过精心设计的，是创新性的，考核的可能是同一知识点，但体现出不同的教学要求，层层递进、形式独特、让学生进行挖掘特质、抽丝剥茧、真相大白的数学训练不断提高数学能力。

3) 过程性评价与终结性评价的统一化。合理分配过程性评价与终结性评价的比例，综合考察学生线上与线下的学习活动与课堂表现，线上课程一般采用平时成绩与期末成绩各占 50% 的比例，既能调动学

生的积极性又真实有效反映出学生的水平，同时能反映出学生对教学活动的满意度与教师教学目标的完成度。

## 7. 结语

以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴，对德才兼备高素质人才的需要比以往任何时候都更加迫切。致力于深入、科学回答“培养什么人，怎样培养人，为谁培养人”这一根本问题是广大高校教育工作者的责任与使命。牢牢把握思想政治主线，不断完善现代化教学体系，不断提升信息化教学和课程思政的能力，创新人才培养模式，为着力造就理想信念坚定，会学习善思考，勇于创新的拔尖人才而做出贡献。

## 基金项目

山西省高等学校教学改革创新项目(晋教高[2022] 3 号)，项目名称：物理学科拔尖学生数学课程教学改革与创新(J20220093)。

## 参考文献

- [1] 施德民. 浅谈物理学中的数学思想方法[J]. 新课程·中旬, 2013(9): 34-35.
- [2] 陶磊, 徐明慧, 龙灵, 等. 基于 MOOC 与雨课堂的“高等数学”混合式教学模式研究[J]. 教育教学论坛, 2020(29): 178-179.
- [3] 史蒂夫·斯托加茨. 微积分的力量[M]. 北京: 中信出版集团, 2021.
- [4] 李文林. 关于牛顿制定微积分若干史实的注记[J]. 自然科学史研究, 1989, 8(2): 138-146.
- [5] 周艳玲, 吉春燕, 杨庆余. 19 世纪电磁学史上的一座丰碑——麦克斯韦与电磁场理论的创立[J]. 物理与工程, 2011, 21(1): 59-63.
- [6] 程丽莉, 王玲玲, 胡澄. 互联网信息时代下大学生课堂互动的重要性——以建筑环境学课程为例[J]. 高教学刊, 2022, 8(6): 132-135.
- [7] 王亚南, 张伟. 高校课程考核改革的思考与探索[J]. 吉林省教育学院学报, 2022, 38(3): 25-28.