

具体、实用和简单化(CAS)的理工科课程创新能力培养策略 ——以大学物理课程为例

王艳辉¹ 周文革²

(湖南科技大学¹物理与电子科学学院;²化学化工学院,湖南湘潭 411021)

摘要 本文分析和凝练了高等学校理工科课程的“抽象内容具体化、课本知识实用化、复杂问题简单化”的CAS教学策略。以大学物理课程为例,介绍了其创新能力培养功能:具体化培养兴趣,实用化引导主动性以及简单化培养创新能力。

关键词 具体化;实用化;简单化;创新能力培养;理工科课程

ON CONCRETIZATION, APPLICATION, AND SIMPLIFICATION (CAS) OF TEACHING STRATEGIES TO IMPROVE INNOVATION CAPABILITY IN SCIENCE AND ENGINEERING COURSES —TAKING COLLEGE PHYSICS AS AN EXAMPLE

WANG Yanhui¹ ZHOU Wenge²

(¹ School of Physics and Electronic Science;

² School of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201)

Abstract Concretization of abstract contents, application of the knowledge in textbook, simplification of complicated issues (CAS) for science and engineering courses in higher schools is analyzed and condensed to CAS teaching strategy. Taking college physics as an example, this paper analyses the effects of CAS method on capability development. Concretization fosters interest, application motivates initiative, while simplification improves innovation capability.

Key words concretization; application; simplification; improve innovation capability; science and engineering courses

中国已经完成全面建成小康社会的历史任务,进入创新型国家行列,必须深入实施科教兴国

战略、人才强国战略、创新驱动发展战略,培养造就大批德才兼备的高素质人才^[1]。对于高等学校

收稿日期:2023-12-06;修回日期:2023-12-16

基金项目:大学物理湖南省课程思政示范课程;大学物理湖南省精品在线开放课程;大学物理湖南省线上线下混合式一流课程;湖南省普通高等学校教学改革研究项目“大学物理‘四化三提升’教学改革研究与实践”(HNJG-2021-0100);湖南科技大学教学改革项目“大学物理双语教学改革”(G31837)。

作者简介:王艳辉,湖南科技大学物理与电子科学学院副教授,1080061@hnust.edu.cn。

引文格式:王艳辉,周文革.具体、实用和简单化(CAS)的理工科课程创新能力培养策略——以大学物理课程为例[J].物理与工程,2024,34(1):80-84.

Cite this article: WANG Y H, ZHOU W G. On concretization, application, and simplification (CAS) of teaching strategies to improve innovation capability in science and engineering courses—Taking college physics as an example[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(1): 80-84. (in Chinese)

教育,教育部印发的《高等学校课程思政建设指导纲要》明确指出:理学、工学类专业课程要注重科学思维方法的训练和科学伦理的教育,培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感、提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力、激发学生科技报国的家国情怀和使命担当^[2]。

高等学校理工科课程如何实现上述的教育目标?《纲要》明确指出“结合不同课程特点、思维方法和价值理念,深入挖掘课程思政元素,有机融入课程教学,达到润物无声的育人效果。”^[2]大学理工科课程均包含较多的原理、定理,它们大多不能由生活中常见现象直接呈现,因而较为抽象难懂;大学理工科课程均具有很强的实用性,它们的知识广泛运用于现代生活、前沿科技中;大学理工科课程均蕴含大量创新能力培养元素,所有规律、定理、方法等的发现过程都运用了各种复杂问题简单化的能力。针对大学理工科课程特点,作者在2010年提出了教研融合、思政融入的“双三结合”教学模式^[3],并给出了类比学习法的具体实例^[4]。经过多年经验积累,本文提出“抽象内容具体化、课本知识实用化、复杂问题简单化”(CAS)的理工科课程创新能力培养策略。“抽象内容具体化”激发学习兴趣,以兴趣为基础,通过“课本知识实用化”引导学习主动性,并在众多“复杂问题简单化”的能力培养范例中提升创新能力。以下结合大学物理课程,分别进行阐述。

1 抽象内容具体化,增加趣味性

如前所述,大学理工科课程所包含的原理、定理、方法等大多不能由生活中常见现象直接呈现,因而较为抽象难懂;大学理工科课程均强调内容的科学性严谨性、包含大量的公式因而略显枯燥乏味。然而研究表明,当学习过程本身让学生感觉有趣、愉快时,他们表现出积极、主动的学习行为^[5]。可见,有趣的内容、能带来愉悦体验的学习过程将促使学生主动接受知识,从而在学习过程中耳濡目染地接受思维能力训练,在潜移默化中接受熏陶。因此我们采用“抽象内容具体化”策略(具体化,即 concretization,简记为C),用视频、动画、图片等视听资源直观呈现抽象的原理、现象等,降低学生学习难度;用有趣的工作、生活场景

创设趣味学习情境,提高学生学习的愉悦体验。

例如,在讲解多普勒效应时,学生很难理解“当接收者靠近波源,接收频率增大”这一物理现象,课程设计了动画,图1为动画截图^①。从动画中可以直观地看到,波源(喇叭)发出声波,声波向右传播; dt 时间内,波向前传播了 AB 的距离,接收者靠近波源走了 AC 的距离;从图可知,当接收者静止于 A 处,能够接收到的波数为 BA 段,当接收者靠近波源,能够接收到的波数为 BC 段,因此由于接收者靠近波源, dt 时间内多接收到 AC 段的波数,接收频率增大。可见借助动画直观呈现抽象的物理量变化或物理过程,能让抽象难懂的内容变得直观易懂有趣,从而降低学习难度,并增加学习趣味性。

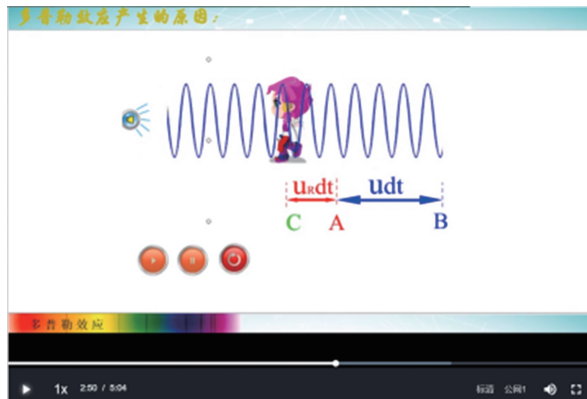


图1 当接收者靠近波源时接收波数的改变

除了动画,大学物理课程还通过熟悉的生活场景帮助学生理解物理知识。例如用雨滴打击伞面产生压强帮助学生理解气体分子压强,用走路摆臂来说明何为一次全振动,用员工迟到工资的三种扣除法和波函数相位类比帮助学生理解波函数的三种形式,用饮料罐的各种状态直观有趣地说明热力学系统的分类等^①。这些生活情境实现了“抽象内容具体化”,使内容易懂易记、生动有趣,从而激发学生学习的积极性,并在多次训练中培养思维能力,在潜移默化中接受熏陶。

2 课本知识实用化,提高主动性

如前所述,大学理工科课程均具有很强的实

^① 王艳辉,周文革等. 大学物理—力学 热学,湖南省精品在线开放课程,学银在线.

用性,它们的知识广泛运用于现代生活、前沿科技中^[6]。“课本知识实用化”(实用化,application,简记为A),即是利用各种形式,包括制作和教材内容配套的线上课程等,充分讲解知识点在现代生活、各个专业领域的具体应用,并依据“适时、适量、最优”的原则精选应用实例,有机融入课堂教学。

例如在刚体定轴转动的动能定理一节,将迪斯科转盘模型化,如图2所示,分析如何控制迪斯科转盘转速以保障安全运行;在角动量定理一节,将石磨、舂碓模型化,分析石磨、舂碓的工作原理;利用角动量守恒知识分析我国的跳水运动冠军如何实现优美的转体动作;在理想气体状态方程一节,分析气温随高度递减的规律和原因、高海拔地区水烧不开的原因;介绍麦克斯韦速率分布律在制造原子弹的铀提纯过程中的应用;介绍大学物理知识在1904年、1907年、1918年、1921年、1922年、1925年、1927年、1929年、1937年、1943年、1974年、1994年、2017年诺贝尔物理学奖工作中的应用^{①②}。

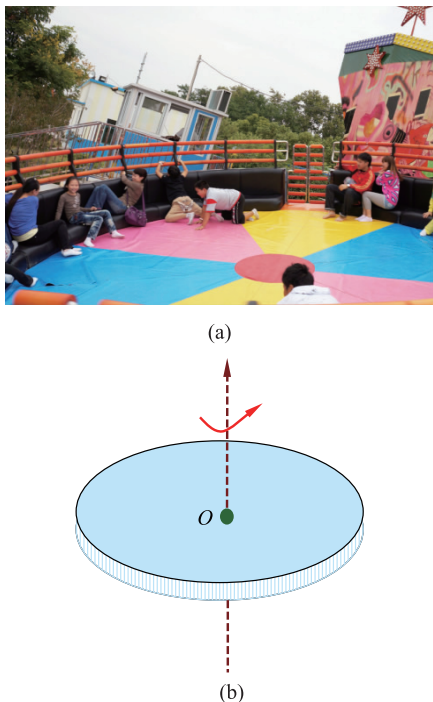


图2 迪斯科转盘的模型化
(a) 迪斯科转盘实物; (b) 迪斯科转盘模型

大量的生活实例、前沿科技实例展示了知识的力量与科技的魅力,让学生深刻体会到“学有所用”,从而提高学习的积极主动性,形成“学以致用”的意识和习惯、培养崇尚科学、献身科学的精神。

3 复杂问题简单化,培养创新能力

核心规律一般都是简单的,但是它却隐藏在复杂的现象之中。科学家们在长期的研究过程中总结出一套研究和发现规律的有效方法,即去除复杂的表面想象,使复杂问题简单化(简单化,simplification,简记为S),从而找出本质的规律。复杂问题简单化的能力是创新思维能力的精髓。数学家斯坦·古德尔邮的一句名言是,数学的本质不是把简单的事情复杂化,而是把复杂的事情简单化。对数学如此,对研究自然界的物质结构和运动基本规律的物理学更是如此。作为高等学校理工科各专业的基础课程,大学物理课程有机融入了近百例思维能力训练^②,以提升学生复杂问题简单化的能力,从而培养创新思维和解决实际问题的能力,促进创新人才、拔尖人才在前沿科技领域的成长。“复杂问题简单化”能力训练包括如下方面:

建立物理模型。模型的方法是辩证唯物主义矛盾论中重点论的方法,通过训练,学生形成分析问题、解决问题抓住主要矛盾、矛盾的主要方面进行研究的思维习惯和能力。物理学的研究对象包含多个要素,具有很多特征。为了使研究简单同时又能得出所研究问题的结论,在研究时,根据所讨论问题的基本要求,保留研究对象或过程的基本特征,进行理想化的简化,使其可以用数学语言描述。物理学的研究对象一般较为复杂,因此建立物理模型是一种很重要的复杂问题简单化的能力和研究方法。除了质点模型、刚体模型、弹簧振子模型、理想气体分子模型等最基本的模型,大学物理课程中设计了多例建立物理模型的训练。例如图2中的将迪斯科转盘模型化;在角动量定理章节,将舂碓模型化为质点绕定点的转动问题^②;在分析高海拔地区水烧不开的原因时,讲解气体压强随高度的变化,因而建立气体温度不随高度变化的模型^[7]。

透过现象看本质。本质是事物的根本属性,

① 安宇,陈信义等. 大学物理1(力学、热学),国家级精品在线开放课程,学堂在线.

② 王艳辉,周文革等. 大学物理—力学 热学,湖南省精品在线开放课程,学银在线.

是构成事物各要素之间的内在联系。现象是事物的外部联系和表面特征,是事物的外在表现^[8]。任何实际的物理过程,各要素间的关系往往错综复杂,本质有时也以假象呈现,从而误导观察者得出错误的结论,例如亚里士多德认为重的物体比轻的物体落地快、罗马教皇拥护地心学与哥白尼认为太阳是宇宙的中心等。这就要求科学研究要善于观察、深入思考,透过事物的外在联系和表面特征,研究事物的根本性质。透过现象看本质给解决扑朔迷离的复杂问题指明了方向,因而实现复杂问题简单化。

大学物理课程包含了较多透过现象看本质的思维能力训练,如分析摩擦生热以及电功的微观机理、分析多普勒效应的产生原因、由电流的磁效应分析磁铁的磁效应产生原因等的研究过程都借助于透过现象看本质的研究方法^①。众多的透过现象看本质的思维能力训练,提高了观察能力、辩证思维能力,培养了勇于质疑的精神,这些可贵的品质在日常生活、工作中同样非常重要。

科学的实验方法。物理学是以实验为基础的学科,实验可以直接呈现结果,可以直观呈现物理现象,从而实现研究、学习简单化。大学物理课程充分利用现场实验、实验视频或动画、实验图片直观展示物理现象、物理过程。例如,在能量按自由度均分一节,通过观察桌球游戏中球的运动变化,理解 x 方向的动能向 y 方向、 z 方向以及转动自由度转移;又如前面提到的华人科学家葛正权实验、水波演示多普勒效应实验、冲量与动量关系的实验、伽尔顿板实验……^①这些课程实验使学生掌握科学的观察和实验的方法,牢牢地树立实践检验真理的世界观。

极限的思维方法。物理学中的一般规律普遍适用,研究相对简单的极限情况,容易得出问题的基本结论,实现复杂问题简单化。例如用图表法和极限的分析方法,得出热力学概率的特点;伽利略斜面实验中,考虑摩擦力为零、斜面倾角为 0° 这两种理想情况,得出惯性定律^①。

类比的思维方法。物理学的某些研究对象具有相同的根本性质,我们在讲授类似的现象时,会引导学生灵活运用类比法来研究和学习,使学生逐步形成透过现象看本质的能力、知识迁移能力,并建立普遍联系的世界观和方法论。例如在讲电势、电势能的定义时,通过复习重力势能函数、弹

性势能函数、万有引力势能函数,同学们自己推导出电势能函数、电势的表达式。这种经过精细加工的学习内容,将在头脑中形成长时间记忆存储^[9]。

课程还有机融入了其他辩证思维能力训练,如过程和要素、分析与综合、归纳与演绎、批判地继承等。大量科学思维能力训练有效提升了学生的创新思维能力和解决实际问题的能力,从而实现了课程高阶性。

除了能力训练,课程还精选思政元素,进行品德培养和价值引领。通过对神舟十七号载人飞船、墨子号通信卫星、华人科学家葛正权实验、诺贝尔奖获得者杨振宁工作、周朝的日晷、宋朝的罗盘等中国元素的介绍,进行爱国主义教育,激起学生民族自豪感。

4 实践效果与讨论

通过 CAS 教学改革,学生的学习兴趣、知识掌握程度、自主学习意识、思想素养、创新能力等都显著提升,主要表现为:

其一,学生的学习积极性明显提高。这表现为课堂到课率提高,达到 98%;考试通过率提高,高于 96%;优秀率提高,学生成绩分布向高分端偏移,如图 3 所示(以 2021 年、2023 年的成绩为样本)。学生对课程的满意度提高,学生对大学物理课程任课教师的评分都在 90 分以上,远高于其他科目。

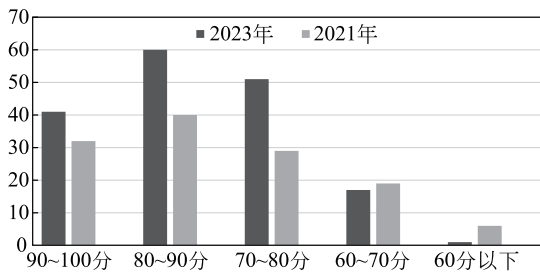


图 3 2023 年、2021 年学生成绩分布统计

其二,学生参加课外拓展项目的积极性明显提高,成效显著。例如,我院学生 2023 年在第六届全国大学生嵌入式芯片与系统设计比赛中,荣

① 王艳辉,周文革等. 大学物理——力学 热学. 湖南省精品在线开放课程. 学银在线.

获全国二等奖 2 项、三等奖 1 项。在 2023 年十一届全国大学生光电设计竞赛中,荣获全国一等奖 1 项、中部地区赛二等奖 3 项、中部地区赛三等奖 4 项。

其三,学生的社会服务意识明显加强。例如,学生能积极参加三下乡志愿者活动、科普志愿者服务活动,并多次被省级、校级媒体报道。

经过多年建设,大学物理创新能力培养模式日趋完善,课程思政模式得到了广泛的认可,并在 2021 年被认定为湖南省课程思政示范课程、湖南省精品在线开放课程、湖南省线上线下混合式一流课程。

这些实践表明,大学物理课程通过“抽象内容具体化、课本知识实用化、复杂问题简单化”实现创新能力培养的课程思政模式是行之有效的。大学物理课程将通过线上课程动态学习数据捕捉学生的学习状态和效果,综合线下的学生反馈情况,持续改进教学内容、教学方法、教学模式,为各专业更多高素质创新型人才的涌现打好基础。

与大学物理类似,大学理工科课程的主要内容均为对研究对象的认知、对复杂问题的处理,它们的知识也都广泛运用于现代生活、前沿科技中。因而“抽象内容具体化、课本知识实用化、复杂问题简单化”的课程思政模式同样适用于大学其他理工科课程。“教无定势,学无定法”,很多其它教学模式成效显著,例如清华大学王青教授的小班翻转课堂就很成功^[10]。

建设教育强国,是全面建成社会主义现代化强国的战略先导,建设教育强国,龙头是高等教育^[11]。躬耕教坛、强国有我,高等学校的每门课程都要发挥好育人作用,构建“全员全程全方位育人大格局”^[2],为早日实现教育强国目标而共同努力。

参 考 文 献

[1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国

代表大会上的报告[N]. 人民日报,2022-11-01.

- [2] 教育部. 高等学校课程思政建设指导纲要[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html(2020-06-06)[2023-12-6].
- [3] 王艳辉,唐利强. 量子力学课程的素质教育——“双三结合”教学模式[J],大学物理教育专刊,2010,22:26-27,31.
WANG Y H. Quality education in quantum mechanics—“Double tri-combination”teaching mode[J]. College Physics (Education Monograph), 2010, 22: 26-7, 31. (in Chinese)
- [4] 王艳辉. 同轴带电刚体转动惯量与磁矩的大小比较[J],物理与工程,2010,20(2):19-21,33.
WANG Y H. Comparison the moment inertia with magnetic moment of a charged rigid body when rotating about the same axis[J]. Physics and Engineering, 2010, 20(2): 19-21, 33. (in Chinese)
- [5] 李亚玲. 情绪认知与管理[M]. 广州:华南理工大学出版社,2013:112-113.
- [6] 龙桂鲁,秦国卿. 量子密钥分发与量子安全直接通信[J]. 物理与工程,2014,24(2):3-12.
LONG G L, QIN G Q. Quantum key distribution and quantum secure direct communication[J]. Physics and Engineering, 2014, 24(2): 3-12. (in Chinese)
- [7] 张三慧. 大学物理(力学、热学)[M]. 安宇,阮东,李岩松,修订. 北京:清华大学出版社,2018:288-289.
- [8] 《马克思主义哲学》编写组. 马克思主义哲学[M]. 北京:高等教育出版社,2009:103-104.
- [9] 奥姆罗德 J E. 教育心理学精要[M]. 雷雳,柳铭心,郭菲,等,译. 北京:中国人民大学出版社,2013:45-46.
- [10] 王青. 小班教学与翻转课堂:《费曼物理学 II》的十年教学实践——纪念费曼先生百年诞辰[J]. 物理与工程,2018,28(4):20-38.
WANG Q. Small group reaching and flipped classroom: Feynman Physics II》Ten Year's Teaching Experiment—To commemorate the Centenary of the Birth of Richard Phillips Feynman[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(4): 20-38. (in Chinese)
- [11] 新华社. 习近平在中共中央政治局第五次集体学习时强调加快建设教育强国 为中华民族伟大复兴提供有力支撑[EB/OL]. 2023-05-29. 教育部网站, http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6052/moe_838/202305/t20230529_1061907.html