

将课堂学术辩论融入工科大学物理的教学实践

邝 泉 邓文基 黄晓东 李 潮

(华南理工大学物理与光电学院, 广东 广州 510641)

摘 要 华南理工大学坚持以学生成长为中心, 提出新工科建设 F 计划, 努力培养“三创型”(创新、创造、创业)工科领军人才。借鉴中国大学生物理学术竞赛(CUPT)模式, 笔者构建了“启发思辨”的大学物理教学模式, 可将物理学术辩论有机融入工科大学物理的课程教学中。本文具体介绍了大学物理课程引入课堂物理学术辩论的教学实践, 包括课堂学术辩论的选题、融入课堂学术辩论的教学安排、学术辩论课的流程设计, 以及课堂学术辩论对工科学生的裨益。实践表明, 课堂物理学术辩论有助提升大学物理课程的高阶性、创新性和挑战度, 从而培养新时代工科学生的学习力、思想力和行动力。

关键词 大学物理; 课堂学术辩论; 启发思辨; 教学实践

TEACHING PRACTICE OF INTRODUCING CLASSROOM ACADEMIC DEBATE INTO ENGINEERING COLLEGE PHYSICS

KUANG Quan DENG Wenji HUANG Xiaodong LI Chao

(School of Physics and Optoelectronics, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510641)

Abstract South China University of Technology (SCUT) adheres to the principle of “student growth as the center” and puts forward the F Plan for new engineering discipline construction, striving to cultivate leading talents in engineering of “three innovation” (innovation, creation and entrepreneurship). With the help of the model of China Undergraduate Physics Tournament (CUPT), we have constructed the “enlighten-discover-think-distinguish” teaching model of college physics, and have integrated the academic debate of physics into the teaching of physics courses in engineering universities. This paper introduces the teaching practice of introducing classroom academic debate into the physics course, including the topic selection of classroom academic debate, the teaching arrangement of integrating classroom academic debate, the process design of the course of academic debate, and the benefits of classroom academic debate to engineering students. The practice shows that classroom physics academic debate can improve the advanced, innovative and challenging degree of college physics course, so as to cultivate the learning ability, thinking ability and action power of engineering students in the new era.

Key words college physics; classroom academic debate; enlighten-discover-think-distinguish; teaching practice

2019 年, 华南理工大学提出新工科建设 F 计划, 努力培养“三创型”(创新、创造、创业)工科领军人才。“新工科建设 F 计划”可归纳为如下公式: $F(p) = P_l \times P_i \times P_a$, P_l (Power of learning)

收稿日期: 2022-05-05

基金项目: 2020 年度广东省高等教育教学改革项目(基于“学生中心内循环”建设大学物理一流课程), 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会教研项目(DJZW202028zn), 华南理工大学校级教研教改项目(C9203062, C9213090)。

作者简介: 邝泉, 男, 副教授, 主要从事凝聚态物理的教学与科研工作, 研究方向为新型能源材料, sckq@scut.edu.cn。

引文格式: 邝泉, 邓文基, 黄晓东, 等. 将课堂学术辩论融入工科大学物理的教学实践[J]. 物理与工程, 2022, 32(6): 11-15.

Cite this article: KUANG Q, DENG W J, HUANG X D, et al. Teaching practice of introducing classroom academic debate into engineering college physics[J]. Physics and Engineering, 2022, 32(6): 11-15. (in Chinese)

代表学习力, P_t (Power of thinking) 代表思想力, P_a (Power of action) 代表行动力, 只有拥有学习力、思想力和行动力(简称“三力”)的人才能在未来的不确定性中找到前行的方向^[1]。如何提高学生的“三力”和创造性, 并在教学中实现知识传授、能力培养和素质提高的紧密结合, 从而使大学物理课程适应新工科人才的培养要求, 是笔者在从事大学物理教学过程中一直思考的问题。海森堡曾经讲过:“科学起源于讨论, 扎根于交流。”但是, 传统的大学物理课堂教学一般只停留在对一些“人为设计”和“理想化”的例题或物理定律进行讨论的阶段, 缺乏对实际问题的深入探究, 不利于需要处理复杂工程问题的新工科人才的培养。而且, 课堂讨论往往是任课教师主导的, 学生只是被动参与, 不利于塑造学生自身的学习力、思想力和行动力。

中国大学生物理学术竞赛(以下简称CUPT), 是在全国高校本科生中开展的学生团体学术赛事, 以团队合作的形式研究实际物理问题, 以辩论的形式进行比赛^[2]。华南理工大学是华南地区最早参加CUPT的高校, 从2012年至今多次获得全国赛的二、三等奖。笔者从2013年开始一直参与华南理工大学CUPT参赛学生的选拔和指导工作, 并与物理实验中心老师一同带领校队学生参加了大学生物理学术竞赛的中南地区赛和全国赛, 亲眼见证了参赛学生的综合素质和创新能力在参赛过程中的快速提升。鉴于此, 笔者近年来不断在探索和尝试将CUPT竞赛模式应用到大学物理的理论教学当中。由于CUPT赛题都是贴近实际生活的开放性物理问题, 只要选择合适的物理问题, 可使之成为大学物理教学中的重要一环, 从而有效培养工科学生分析、思考、解决实际问题的学习力、思想力和行动力。下面将详细介绍笔者近年来在华南理工大学将物理学术辩论融入大学物理课堂的具体教学实践, 涵盖课堂物理学术辩论的选题、融入课堂学术辩论的大学物理教学安排、物理学术辩论课的流程设计, 以及课堂物理学术辩论对工科学生的裨益。

1 课堂物理学术辩论的选题

近年来, 已有武汉大学、西安交通大学、华东理工大学、中国矿业大学、重庆大学等高校先后提出CUPT竞赛模式可以融入大学物理实验或物理专业实验的教学中, 从而培养学生的自主学习能

力、综合实践能力和创新能力^[3-7]。但是, CUPT模式却鲜见应用于大学物理的理论课教学中, 其根本原因是该竞赛主要以实验探究为主, 参赛学生辩论时也主要围绕实验细节进行讨论, 很少会深入探讨其理论模型, 而且绝大多数的指导老师都来自于各高校物理实验中心。解决此问题的关键在于选择适合课堂辩论的题目。CUPT从2010年至今已举办了12届, 按每年17道赛题计算, 目前已积累204个物理问题, 形成了一个初具规模的课堂物理学术辩论题库。但由于大学物理是理论课, 一般不具备进行实验探索的条件, 因此应该根据上课内容和进度选择物理模型清晰的CUPT赛题, 不宜选择“自我发明”类或完全脱离教学大纲的题目。根据近年来物理学术辩论在大学物理课堂教学的实践经验, 笔者建议可以在大学物理第一学期(大学物理1)选择“牛顿摆”和“声悬浮”, 大学物理第二学期(大学物理2)选择“磁力小火车”和“居里点引擎”(具体题目见表1)。

首先, 这四道题贴近实际生活、实验现象奇妙、物理内涵丰富, 非常适合在大学物理课堂上进行纯理论研究和讨论交流。大学物理1的教学重点是牛顿力学、刚体力学、机械振动和机械波、波动光学和热力学。“牛顿摆”涉及牛顿力学和刚体力学, 而“声悬浮”对应机械振动和机械波。大学物理2的教学重点是电磁学(电场、磁场、电磁感应、电磁波)和近代物理(狭义相对论和量子力学初步)。大学物理对近代物理理论的学习深度自然难以对相关题目进行深入讨论, 所以“磁力小火车”和“居里点引擎”两道题都选自电磁学部分。课堂物理学术辩论题目既立足于课本的内容, 也要求学生查阅文献资料, 才能对该问题进行更深入的研究, 能够让工科学生体验“跳一跳才能够得着”的学习挑战。例如在“牛顿摆”题目中, 只考虑碰撞过程的动量和能量守恒, 以及空气阻力对牛顿摆的能量耗散无法完全解释实验现象, 还必须引入“弹簧-质点”碰撞模型和“Hertz接触理论”^[8]。CUPT赛题当中也有大量有关流体力学和自我发明的题目, 如果选择这两类题目就偏离了大学物理的教学重点, 不利于理论教学与学术辩论的内容衔接。此外, 题目的选择也应该尽可能地结合学生的专业, 例如笔者在给华南理工大学电力学院和机械与汽车工程学院上大学物理课程时, 分别选择了“居里点引擎”和“磁力小火车”这两道题, 这样更有利于大学物理课程与学生将来的专

表 1 课堂物理学术辩论的选题建议

学期	题目	内容	出处
大学 物理 1	牛顿摆	牛顿摆的振动会逐渐衰减,直到摆球静止。探究相关参数,例如摆球的数量、材质和排列方式对牛顿摆衰减速率的影响。	2019 年 第 15 题
	声悬浮	小物体可以悬浮于声驻波中,研究这一现象。	2018 年 第 16 题
大学 物理 2	磁力小火车	两块扁圆柱形磁铁与一个柱状的电池两端相接,当这个体系放在铜线圈内部且与铜接触的时候,它会开始运动。解释这个现象并且研究相关参量怎么影响火车的速度和功率。	2016 年 第 8 题
	居里点引擎	制作一个可以围绕它的轴心自由旋转的镍盘。在靠近镍盘边缘的地方放置一块磁铁并对这一侧进行加热。镍盘开始旋转,研究影响镍盘转动的因素,并优化你的设计,使之稳定旋转。	2018 年 第 12 题

业课程内容的有机衔接。

2 融入课堂学术辩论的大学物理教学模式

为了让课堂学术辩论有机融入大学物理课程教学的全过程,笔者秉持“以学生发展为中心”理念,提出构建“启发思辨”的大学物理教学模式(图 1):“启”——问题引导,启迪物理;“发”——观察现象,发现物理;“思”——课后建模,思考物理;“辨”——学术辩论,辨物穷理。在学期开始之初,教师在课堂上利用上述 CUPT 赛题及其视频或演示实验启发和引导学生,谓之“启”;课堂上,学生通过观察实验现象,自己初步发现实验背后的物理知识和规律,谓之“发”;课后学生建立物理模型,通过理论计算和实验模拟,让学生进一步思考该问题更深层次的物理内涵,谓之“思”;在学期中后期,举行“物理学术辩论课”(该课堂的教学设计见下一节),通过翻转课堂进行学术辩论,最终实现辨物穷理,谓之“辨”。课堂学术辩论只是一个过程,最终让学生明辨物理才是“启发思辨”大学物理

教学模式的最终目的。通过“启发思辨”的大学物理教学模式培养学生主动学习、研究性学习和创造性学习。将整体引导和个别指导相结合,通过“问题引导”和“观察现象”促进学生的全员化发展,通过“课后建模”和“学术辩论”实现学生的个性化发展。重视学生在课堂中的主体地位,将课堂教学从封闭转向开放,通过“问题引导”和“观察现象”启迪学生思考,通过“课后建模”和“学术辩论”培养学生能力,逐步建立探究性的大学物理教学模式。

3 物理学术辩论课的流程设计

物理学术辩论课是课堂学术辩论有机融入大学物理课程教学的重要一环,也是构建“启发思辨”大学物理教学模式的最终呈现,其教学设计十分关键。CUPT 赛题都是贴近生活的开放物理问题,以物理知识为主体,涵盖数学、计算机、电子、材料、机械等诸多方面,注重探究性,非常适合工科专业的本科生。CUPT 正式比赛时,参赛学生分成正方、反方和评论方,要求三方学生就这些物理问题的基本知识、理论分析、实验研究、结果讨论等进行辩论性交流,特别强调团队协作、开放思维和表达能力。正方对某一问题做陈述时,要求重点突出,包括实验设计、实验结果、理论分析以及讨论和结论等。反方根据正方陈述中的不足或者谬误提出质疑,总结正方报告的优点与缺点。评论方对正反方的陈述给出简短评述。简言之,物理学术辩论课可以通过“翻转课堂”的形式,按照表 2 所示流程进行。将上述“课后建模”环节完成度较好的学生分成三个小组,分别扮演“正方”“反方”和“评论方”,利用一节课 45 分钟时间,参

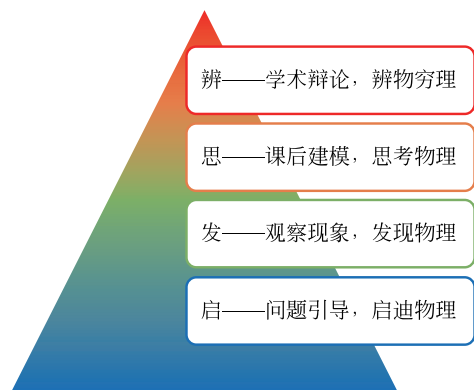


图 1 “启发思辨”的大学物理教学模式的内涵

考 CUPT 的比赛形式(正方报告、正反方辩论、评论方总结)对该物理问题进行深入讨论,让学生知道自己物理模型的不足之处,并通过头脑风暴,完善并拓展该物理模型。任课教师在此过程中用心聆听,学生辩论后与学生进行师生讨论,教师点评指出问题所在并给出改进建议,最后根据学生表现评定成绩。

表 2 课堂学术辩论课的流程设计

课堂学术辩论流程	限时(分钟)
正方报告	10
反方向正方提问, 正方回答	2
反方准备	1
反方报告(最多 3 分钟), 正反方讨论	13
评论方提问, 正反方回答	3
评论方准备	1
评论方报告	4
正方总结发言	1
老师提问, 三方回答	3
老师与同学讨论交流	5
老师点评并给出改进建议	2
总计	45

4 课堂物理学术辩论的裨益

首先,大学物理传统的教学模式,学生只是被动地接受,物理知识量不断增加,但获取知识的能力并没有提高。而通过 CUPT 赛题的引导让学生“自主发现”问题背后的物理知识,这不仅可以提高学生求知的热情和学习的主动性,更重要的是,在此过程中可以让学生逐渐形成自身的“学习力”,让他们日后面对复杂的工程问题也可以快速提取和学习问题背后的关键点和规律。例如“磁力小火车”(题目详情见表 1)是一道很有趣的题目,两块磁铁和一节电池就可变成一辆动力十足的小火车,在各种铜螺线管搭建的轨道中快速穿输,颇有点电磁轨道炮^[9]的味道。那磁力小火车的动力来源是什么呢?机械与汽车工程学院学生通过查阅文献和自己思考就发现,这个问题既可以用中学物理的通电铜线圈在外磁场中所受安培力的反作用力来解释^[10],也可以直接用大学物理的毕奥-萨伐尔定律分析磁铁在闭合回路两端的不均匀磁场中所受合力^[11]。这种多角度分析实际物理问题的方法,慢慢就会构筑学生的“学习力”,让他们将来更好地解决复杂的汽车工程问题。

其次,学习知识的目的在于进一步延伸甚至创造新的知识。大学物理作为所有工科专业的基础,就学科发展而言,物理在历史上曾延伸并创造了目前众多的工程学科和专业。工科学子通过课后“探究式”的物理建模作业,将物理课堂学到的物理思想和方法延伸至自己修读的工科专业,创造新的物理模型解决实际问题,从而练就自身的“思想力”。例如电力学院能源与动力工程专业学生在研究和讨论“居里点引擎”这道题时(图 2),通过分析其物理模型和实验现象,发现居里点引擎目前不能用于实际发电的最主要原因是能量转化效率很低,从而提出很多居里点发动机的新构型来提升转化效率,在这过程中逐渐形成自己的专业“思想力”。



图 2 电力学院学生对“居里点引擎”展开正反方讨论

最后,课堂物理学术辩论是一种“以学生为中心,以行动力为主导”的课堂教学模式。学生通过课前充分准备,在课堂上展示自己的研究成果,有助于培养学生的表达和分享知识的能力。学生通过扮演“正方、反方和评论方”进行学术辩论和思维碰撞,知道自身理解该物理问题的不足,重新多角度地思考并完善物理模型,从而培养出具有思辨精神的“行动力”。例如在“磁力小火车”题目中,计算机科学与工程学院学生通过仔细观察实验现象发现,小火车不但有沿着铜线圈轴向的平动,小火车还有绕自身对称轴的旋转。正方学生一开始只知道小火车平动的原因,但不知道是什么产生了沿自身轴的力矩,从而导致小火车旋转。经过正反双方的讨论和反方的计算机模拟,最终他们发现螺线管的实际构型(铜线圈非严格垂直于轴线)产生了小火车的切向分力,导致其绕自身旋转。这种基于学术辩论的翻转课堂既培养了学生的思辨精神,更塑造了他们利用专业知识解决实际问题的“行动力”。

5 结语

近几年物理学术辩论在华工大学物理课堂的教学实践表明,课堂物理学术辩论有助于构建大学物理课程的“两性一度”,这是教育部高等教育司司长吴岩所提出的“金课”标准,即高阶性、创新性、挑战度^[12]。区别于理想化的课后习题,CUPT赛题是生活中的开放性物理问题,有利于培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维,使大学物理课程更具“高阶性”。课堂学术辩论的教学形式体现了良好的先进性和互动性,使参与学生的学习结果具有探究性和个性化,使大学物理课程更具“创新性”。解决CUPT的实际物理问题并通过课堂物理学术辩论的形式呈现,对老师备课和学生课下都有一定难度,需要“跳一跳才能够得着”,使大学物理课程更具“挑战度”。

同时,笔者也发现物理学术辩论更适合大学物理的小班教学,毕竟每次真正参与课堂学术辩论的只有正反评三方共15名学生,课堂上的其他学生虽然可以从三方的辩论中汲取物理“营养”,但他们的参与度是有待提高的。因此,在“反方准备”和“评论方准备”的环节,教师可以邀请现场其他学生对正方或反方进行提问;在“老师与同学讨论交流”环节,教师除了与正、反、评三方讨论外,还要加强与现场其他学生的互动,以增加他们的参与度。此外,笔者也在尝试利用“雨课堂”^[13]等新型智慧教学手段进一步提升课堂上其他学生的参与积极性,使课堂物理学术辩论可以更好地应用于规模更大的大学物理教学。

参 考 文 献

- [1] 高松. 实施“新工科F计划”,培养工科领军人才[J]. 高等工程教育研究, 2019, 0(4): 19-25.
GAO S. Implement emerging engineering education F-plan and cultivate engineering leaders[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2019, 0(4): 19-25. (in Chinese)
- [2] 李川勇, 王慧田, 宋峰, 等. 中国大学生物理学术竞赛及其对培养学生综合能力的作用[J]. 大学物理, 2012, 31(5): 1-4.
LI C Y, WANG H T, SONG F, et al. China undergraduate physics tournament and its enhancement of students' comprehensive ability[J]. College Physics, 2012, 31(5): 1-4. (in Chinese)
- [3] 王晓峰. CUPT 开放实验[J]. 物理实验, 2017, 37(2): 29-30.
WANG X F. CUPT open experiments[J]. Physics Experimentation, 2017, 37(2): 29-30. (in Chinese)
- [4] 张俊武. 将CUPT题目作为应用目标,纳入科研训练和实验物理技术课程[J]. 物理实验, 2017, 37(3): 35-36.
ZHANG J Y. CUPT topics have been included in scientific research training and experimental physics technology courses as application targets[J]. Physics Experimentation, 2017, 37(3): 35-36. (in Chinese)
- [5] 钟菊花, 顾英俊, 章登宏, 等. 竞赛与教学相融合的开放式物理实验教学探索[J]. 物理与工程, 2017, 27(5): 99-102.
ZHONG J H, GU Y J, ZHANG D H, et al. Open education exploration in undergraduate physics experiment by incorporation of physics tournament into the elementary course[J]. Physics and Engineering, 2017, 27(5): 99-102. (in Chinese)
- [6] 张俊廷, 盛妍. 大学物理实验教学内容与模式的改革与探索[J]. 大学物理实验, 2018, 31(4): 118-120.
ZHANG J T, SHENG Y. Reform and exploration of the content and mode of college physics experiments[J]. Physical Experiment of College, 2018, 31(4): 118-120. (in Chinese)
- [7] 蒲贤洁, 吴小志, 杨骏骏, 等. CUPT模式下的居家物理实验线上教学实践[J]. 物理与工程, 2021, 31(2): 100-106.
PU X J, WU X Z, YANG J J, et al. Online teaching practice of home-base physics experiment in CUPT mode[J]. Physics and Engineering, 2021, 31(2): 100-106. (in Chinese)
- [8] 潘志民, 于云卿, 李尤. 关于牛顿摆运动衰减的研究[J]. 物理教师, 2020, 41(4): 56-62.
PAN Z M, YU Y Q, LI Y. Study on motion decay of Newtonian pendulum[J]. Physics Teacher, 2020, 41(4): 56-62. (in Chinese)
- [9] 马伟明, 鲁军勇. 电磁发射技术[J]. 国防科技大学学报, 2016, 38(6): 1-5.
MA W M, LU J Y. Electromagnetic launch technology[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2016, 38(6): 1-5. (in Chinese)
- [10] 张适. 磁力小火车驱动原理及速度影响因素分析[J]. 物理通报, 2019, 0(1): 73-76.
ZHANG S. Analysis on driving principle and speed influencing factor of magnetical and small train[J]. Physics Bulletin, 2019, 0(1): 73-76. (in Chinese)
- [11] 陈芳婷, 乐永康, 俞熹. 对“磁力小火车”的原理探究及实验验证[J]. 大学物理, 2017, 36(8): 56-61.
CHEN F T, LE Y K, YU X. An explanation of “magnetic train”[J]. College Physics, 2017, 36(8): 56-61. (in Chinese)
- [12] 吴岩. 新时代高等教育的变革与创新——专访教育部高教司司长吴岩[J]. 中国新闻传播研究, 2019, 0(1): 67-75.
WU Y. Outlook of Chinese higher education in new era—An Interview with Wuyan, Director-general of the higher education department of the ministry of education of China [J]. China Journalism and Communication Journal, 2019, 0(1): 67-75. (in Chinese)
- [13] 王帅国. 雨课堂:移动互联网与大数据背景下的智慧教学工具[J]. 现代教育技术, 2017, 27(5): 26-32.
WANG S G. Rain classroom: the wisdom teaching tool in the context of mobile internet and big data[J]. Modern Educational Technology, 2017, 27(5): 26-32. (in Chinese)