

# “为学生终身成长奠基”的大学物理基础课教学改革创新纪实 ——研究生助教视角的浙江大学竺可桢学院“普通物理学 I(H)”教学改革与经验分析

张晗潇 马志为 黄家兴  
(浙江大学物理学院, 杭州 浙江 310058)

**摘要** 本文以研究生助教的视角,回顾了浙江大学竺可桢学院的一次由助教深度参与的大学物理基础课教学改革创新实践的全过程。先从助教自身学习经验和访谈讨论出发,阐述了大学物理基础课的特点与使命,提炼了本次教学改革的核心理念——“为学生终身成长奠基”;然后重点总结了此次担任“普通物理学 I(H)”课程助教时所承担的三项主要工作的经验:作业题解与拓展材料的编制、课程小论文的安排、期中与期末试题的命制,展示如何将上述理念落实到课程教学的每个细节中。最后,基于上述经验,对大学物理基础课教学改革进行了进一步的探讨。

**关键词** 大学物理基础课; 研究生助教; 教学改革; 终身成长; 课程思政

## LAYING THE FOUNDATION FOR STUDENTS' LIFELONG GROWTH: A RECORD OF TEACHING REFORM IN UNIVERSITY FOUNDATIONAL PHYSICS COURSES

—INSIGHTS FROM GRADUATE TEACHING ASSISTANTS ON THE COURSE  
“GENERAL PHYSICS I (H)” AT ZHEJIANG UNIVERSITY'S CHU KOCHEN HONORS COLLEGE

ZHANG Hanxiao MA Zhiwei HUANG Jiaying

(School of Physics, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058)

**Abstract** This paper reviews an innovative teaching reform in the university foundational physics course at Zhejiang University's Chu Kochen Honors College, from the perspective of graduate teaching assistants who were deeply involved. It describes the course's characteristics and mission and derives the core philosophy of the reform as “laying the foundation for students' lifelong growth.” The paper focuses on three key tasks undertaken by teaching assistants in “General Physics I (H)”: compiling homework solutions and extended materials, organizing course projects, and formulating exam questions. These tasks demonstrate how the core philosophy was integrated into teaching practices. The paper concludes with reflections on further reforms in foundational physics courses based on these experiences.

**Key words** university foundational physics course; graduate teaching assistant; teaching reform; lifelong growth; curriculum ideological and political education

收稿日期: 2024-06-10

作者简介: 张晗潇, 浙江大学物理学院博士研究生, zhanghanxiao@zju.edu.cn; 黄家兴, 浙江大学物理学院博士研究生, huangjiaying@zju.edu.cn。

通信作者: 马志为, 浙江大学物理学院教授, zwma@zju.edu.cn。

引文格式: 张晗潇, 马志为, 黄家兴. “为学生终身成长奠基”的大学物理基础课教学改革创新纪实——研究生助教视角的浙江大学竺可桢学院“普通物理学 I(H)”教学改革与经验分析[J]. 物理与工程, 2024, 34(5): 40-59.

**Cite this article:** ZHANG H X, MA Z W, HUANG J X. Laying the foundation for students' lifelong growth: A record of teaching reform in university foundational physics courses—Insights from graduate teaching assistants on the course “General Physics I (H)” at Zhejiang University's Chu Kochen Honors College[J]. Physics and Engineering, 2024, 34(5): 40-59. (in Chinese)

## 1 缘起

物理学是几乎所有自然科学和工程技术学科的共同基础,凝聚了人类理性智慧在探索世界的历史进程中展现出的杰出成果。高校中非物理学专业的低年级本科生所共同必修的大学物理基础理论课程(以下简称“大学物理基础课”,不引起混淆时直接简称“大学物理”),作为通识教育的重要部分,承担了为广大的理工农医类专业学生传授物理学中最基础的概念与方法、启迪科学思想、培育科学精神的关键作用,在高校的人才培养体系和学生的终身成长中具有不可替代的地位。

在生源水平相对高、学科门类齐全、有重视通识教育传统的浙江大学,其大学物理基础课由物理学院的大学物理教研室统筹开设,其中包括面向普通专业的“大学物理”系列课程(分为“(甲)”“(乙)”“(丙)”三个层次),以及面向竺可桢学院的“普通物理学(H)”系列课程等。竺可桢学院是浙江大学对优秀本科生实施“特别培养”的荣誉学院,以面向拔尖人才的培养以及学科交叉贯通为主要特色,更加重视教学改革创新。面向竺院学生的“普通物理学(H)”课程被设计为中英双语课程,采用英文原版教材 *Physics* (Resnick, Halliday, Krane, 5th Edition, 2002)<sup>[1]</sup>,在具体的授课和考核上也为教学创新留下了更充分的空间。

本文第一作者张晗潇(即本文撰稿者,以下简称“笔者”)向来热爱科学教育与普及,感兴趣于课程教学研究。2016年,笔者高考进入浙江大学,本科主修的是工科的机械电子工程专业,曾是“大学物理(甲)”课程的受众,并于2020年直博至浙江大学物理学院。浙江大学物理学院有着比较成熟的研究生助教机制,鼓励研究生参与本科课程的一线教学。也是因此,笔者在2021年春夏学期受导师马志为教授(本文通讯作者)邀请,与同学黄家兴(本文第三作者)共同担任由马老师主讲的“普通物理学 I(H)”课程的助教。笔者基于对物理教育的热爱、兴趣与责任感,在担任助教期间以“构建共同成长平台,为学生终身成长奠基”为宗旨,在条件允许范围内进行教学改革和课程重构,取得了良好的教学效果,受到了学生的广泛好评。本文将回顾笔者基于自身对大学物理基础课教学的理解,在担任“普通物理学 I(H)”助教过程中承

担的主要工作及教学改革创新的经验,并从中提炼出对大学物理基础课教学改革的进一步思考。

## 2 大学物理基础课的特点使命与教学理念——为学生终身成长奠基

作为第一次担任助教的研究生,笔者也是第一次有机会从“教师角度”而非“学生角度”观察和审视大学物理基础课的教学。经过和相关任课教师及同学进行访谈和讨论,结合自己当时对课程的理解和自己作为一个具有跨专业背景的学生在过往学习经历中的体会,笔者对大学物理基础课的特点使命有了更深刻的认识,并凝练了自己此次担任助教工作的理念——为学生终身成长奠基。现在将这些认识和理念及其形成的过程作如下简述。

第一,所面向的对象为非物理专业学生,专业来源广泛。这使得“大学物理”的教学目标与面向物理专业学生的普通物理基础课(在浙大通常称之为“物理学”)存在本质性的不同。对于物理专业的学生而言,他们未来很有可能从事前沿物理的科学研究,普物课程“物理学”的主要意义在于以“归纳”的方法认识物理概念、构建物理图像,并为未来学习更深入的以“演绎”为主线的理论物理课程(如“四大力学”等)以及进入物理研究打基础;但是,对于非物理专业的学生而言,他们未来可能从事的学科领域和工作千差万别,几乎不会进入物理学的前沿研究,“大学物理”作为通识性质的基础教育,意在培养学生对物理学的兴趣与认识以及进行最基本的思维训练,为进一步的学习、研究与工作做铺垫。它应当是现代公民教育的一部分,与物理专业的普物课程“物理学”的定位截然不同,却同样重要,甚至在提高全民科学素养和培育完善人格方面发挥着无可替代的作用。<sup>[2]</sup>同时,专业来源广泛又使得学生的基础、兴趣、期待等各不相同,课堂体现出鲜明的多元性,从而使得各种思想碰撞、创新融合得以发生。

这便意味着大学物理基础课教学所需要具备的知识面与物理科研或物理学专业课教学所需要具备的知识面以及能力素质截然不同。在科研中,我们往往集中于某个领域内非常细小而前沿的方向,而未来可能从事物理学前沿科研的学生

也可能需要获得这种偏向于“专精”的知识体系,但面对广大的非物理专业学生,教学者更需要偏向于“广博”的知识面。<sup>[3]</sup>这要求我们不但要了解经典物理和近代物理方方面面的基础知识,还应当关注物理学与其他学科专业的联系、物理学在高新技术的应用、物理学与社会生活与人类发展的关系等,起到学生进一步学习的“指路人”作用,所需要关注的“前沿”也绝不仅仅局限于物理科研中某一个小课题、小方向的“前沿”,而应该是整个自然科学、工程技术甚至社会发展的“前沿”。“不能以教物理专业学生的方式去教非物理专业的学生”是笔者的第一个认识。

**第二,课程涉及范围广、素材来源和挖掘余地丰富。**大学物理基础课涉及力学、热学、电磁学、光学、相对论、量子力学、原子分子物理与固体物理、核物理与粒子物理、天体物理与宇宙学等<sup>[4]</sup>,几乎涵盖了物理学的方方面面,同时还可以结合科学前沿、学科交叉、现代科学在高新技术中的应用以及科学对社会生活的影响等等展开几乎无穷无尽的“知识窗口”,成为大学生所需要学习的基础课中可能是内容最广泛、蕴涵最丰富、能激发的创造性最强、可能带来的惊喜最多的一门课程。如果精心设计,认真教学,甚至可能彻底改变一个大学生的发展道路,成为助力其未来走向学术或创新工作的第一次推动。

所以,笔者认为:大学物理基础课不应当仅仅局限于物理知识本身,更应该成为全校理工科学生乃至所有专业学生的共同“成长平台”。<sup>[5]</sup>面对课程里丰富的内容,不要放弃任何一个展开“窗口”、构建“桥梁”的机会,不要忽视任何一个能够引导学生成长的契机,努力让学生爱上学习物理学、爱上这个世界。如何能让大学物理基础课的影响能够不限于这门课,而是让来自不同专业的学生都能获得受益四年乃至终身的收获?这是笔者一直思考的命题,也是一切作为的出发点。

**第三,向前衔接高中物理与数学基础课程,对整个大学学习的观念与方式转变起到奠基作用。**“大学物理”通常在大一学年的第二学期开设,这个时候的学生还是刚进入大学不久的新生,尽管已经经历了一个学期的课程学习,有可能仍沿袭高中的学习方式,其观念依然被传统的“听课、作业、考试”占据,自主学习、创新学习、探究学习等

能力还不具备,对大学生活的适应性和自信心也还没有建立起来。具体到“大学物理”的学习,一个比较常见的问题是:由于最开头的章节涉及的似乎是高中物理中的原有概念,很有可能误以为大学物理只是高中物理的简单重复,仍使用旧的学习方法甚至直接认为已经学过而不再认真听讲,从而错过了整个知识体系重塑、学习方法转变、思维能力提升的机会。在开始学习“大学物理”之前,学生可能已经学习过一个学期的单变量微积分、线性代数等基础数学课程,但数学课的学习往往只专注于理论、公式和解题方法,学生对于这些各专业必不可少的数学知识究竟能起到什么作用、怎样用起来并无概念,“大学物理”则为同学们提供了“第一次应用”微积分与线性代数的机会。总而言之,大学物理基础课应当重视向前与高中物理以及大学数学基础课程的衔接,补充一些“高中老师不教,大学老师以为高中教过”或者“数学老师不教,物理老师以为数学老师教过”的知识点,让学习大学物理基础课成为培养本科新生的大学学习习惯、树立自信心的关键节点。

这就要求教学者应当熟悉中学物理课程改革、新高考改革与数学基础课教学等方面的现状,主动了解生源、学情等关键信息,做好衔接工作。有一些高中被删减的知识(如几何光学等)需要补充、有一些高考不作为重点的部分(如波动学、热力学等)需要强化、有一些在第一学期的数学基础课中未涉及或描述较抽象但对后续物理学习有益的概念(如坐标系变换、矢量微分算子、线性变换等)需要以更形象生动、更具有“物理味道”的方式进行重新阐述,甚至“高等数学方法的应用是大学物理基础课的重要特点之一”需要在课程最初强调,微积分方法的实际应用也需要更多的练习。这些工作尽管教师在课堂上也会去做,但是更需要助教面对学生的作业或者疑问时更具针对性的补充。此外,这种“衔接”不仅仅是知识的衔接,更应该注重学习方式与学习观念的转变乃至心态的塑造。

**第四,向后衔接理工类各专业基础课,开启学生大学学习与生活的无限可能。**正如上文所说,“大学物理”的后续衔接课程并不是“四大力学”等理论物理类专业课,而是广大的理工农医类专业的多种多样的专业课程(例如力学类的“理论力

学”“材料力学”“流体力学”、机械类的“机械原理”“机械设计”、电路类的“电路原理”“模拟电子技术”“数字电子技术”“电磁场与电磁波”、控制类的“自动控制原理”、建筑类的“结构力学”、材化类的“物理化学”“材料化学”、地学类的“地球物理”“大气物理”“天气学原理”、航空航天类的“空气动力学”等,数之不尽),这就要求一方面要将“大学物理”视作通向广阔的专业领域(而非仅仅通向单一的专业领域)的窗口,又要让“大学物理”所教授的物理学知识成为联通各个学科领域、激发交叉创新点的重要桥梁。同时,如果能够借“大学物理”课程的机会,引入对科研方法、建模思想、学术阅读(包括文献搜寻的技巧)、科学计算(包括计算物理的常用算法以及 Matlab 等基础软件编程的使用)、学术写作(包括 LaTeX 等专用排版软件的介绍)甚至大学学习生涯规划等的简单引介,更是可以彻底为刚脱离高中进入大学的本科新生“打开新世界的大门”,这些早期的熏陶对无论哪个专业学生的未来发展都是有益的。

所以,教学者不能仅仅局限于物理学知识的“一亩三分地”,而是应当对全校几乎所有理工类专业的培养要求、培养方案、知识体系等有一个最基本的、宏观的了解,在大学物理基础课的教学过程中适当启发学生某个知识点可以同未来的什么课程、什么领域、什么应用技术对接,以激发学生的学习兴趣,让学生认识到大学物理基础课的每一个知识点背后都可能延伸出一片更广阔的天地。例如,在刚体力学的教学中,可以适当延伸介绍自由度的概念,同时引导学生思考机器人的运动与控制;在学完刚体力学之后,启发学生“如果考虑固体的形变会怎样呢”,自然就引入到弹性力学(或材料力学)的基本研究对象上;在学完简单电路的知识后,告诉同学们未来可能还会学习到更深入的电路原理、模拟电路、数字电路的知识,而彻底改变人类社会面貌的电气革命恰恰依赖于电磁学理论打下的地基……要让每一位学生都感受到大学物理基础课中的知识点并不是生硬的、孤立的,而是与他们日后的专业学习乃至终身发展紧密相连。这便要求每一位大学物理基础课教学者必须视野开阔、目光长远,能抽象出不同理工专业知识体系的共性,将学生的整个本科学习作为一个“整体”进行谋划。在这方面,笔者还是比较有信心的,因为笔者本科具有工科背景,也了

解大部分工科专业的培养方案和专业体系,作为曾经的大学物理基础课学生,对学生究竟需要什么有更深刻的理解。

**第五,学情复杂、有一定的难度。**正如前文所说,大学物理基础课的面向对象是来自不同专业的大学新生。即便在浙大这样的重点学府,不同专业的生源其基础也参差不齐,有的可能在高中学习过物理竞赛,已经学习过大量的大学物理甚至理论物理的知识,认为“大学物理”过于简单而漫不经心;有的则可能因为新高考改革等原因导致物理基础偏弱甚至高考就没有考过物理,以及很多还沿袭着高中的学习习惯或者依然处于进入大学后的“迷茫期”而无所适从,这给大学物理基础课的教学工作带来了较大挑战,大学物理基础课的“挂科率”也长期居高不下。同时,部分理工类专业存在轻视物理基础、认为大学物理基础课是意义远不如专业课的“学院派”课程的现象,甚至还会降低培养方案中对大学物理基础课的要求、缩减其学时,这种负面观点也会传导到学生中,让学生对大学物理基础课不甚用心、得过且过。因此,学习大学物理基础课将会是本科学生进入大学学习后的一个重大考验,对学生磨炼学习方法、锻炼意志品质起到重要作用,也会影响后续专业课学习的习惯和心态。

面对“难度”,迎难而上才是正解。作为助教,在用心做好辅导和答疑工作的同时,还需要针对不同类别、不同学生的具体情况进行深入剖析和针对性引导。在这样的过程,最重要的是树立“以学生的长期发展为中心”的心态,以灵魂影响灵魂。要设身处地地考虑到各种不同情况的学生可能面临的实际困难(可能是学业上的,也可能是心理上的,或者生涯规划上的一些困惑),帮助学生克服“大一大二综合症”,树立自信心,降低挂科率,尽可能以轻松愉快、自信平和的心态完成大学物理基础课的学习,为后续专业课程的学习创造一个良好的开端。在这方面笔者作为研究生助教恰好具有独特的优势,因为自己本质也是学生的本校“学长”,从学生中来,对大学的整体学习环境、培养过程以及生涯发展方向等有一定了解,能在适当时刻给予学生引导和帮助。

**第六,“课程思政”潜力巨大、“立德树人”前景广阔。**“世界是物质的,物质是运动的,运动是有规律的,规律是可以被认识的。”物理学是研究物

质的基本结构、基本运动形式和相互作用的自然科学,是马克思主义哲学及其辩证唯物主义世界观最具体、最鲜活的体现。在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现了一系列科学的世界观和方法论,深刻影响着人类对物质世界的基本认识、人类的思维方式和社会生活,是人类文明发展的基石。大学物理基础课因其面向对象的广泛性与多元性、因其内容的基础性与丰富性,更因物理学本身的思想性和创造性,使它成为推广“课程思政”、践行“立德树人”的优秀阵地。在大学物理基础课的教学过程中,突出育人功能和科学史、科学哲学、科学方法、科学文化、唯物主义世界观教育,在潜移默化中完成对求是精神、创新意识、科学美感的熏陶,培育“四个自信”与家国情怀,这是完全可以做到的,也是完全应该做到的。

这一使命也是笔者所深刻认同的。“课程思政”不应浮于表面,不是简简单单讲一点故事、做一些说教就可以完成的。在教学过程中,要将“一部物理学发展史,就是人类解放史”的观点贯穿始终,深入挖掘课程知识中具有育人功能的成分,讲明白物理学是如何改变人类的过去、现在以及未来的,真正起到打动人、引领人的作用。当然,教学者自己首先要热爱科学、热爱教育事业,奉行“以天下为己任、以真理为依归”的理念,在教学实践中保持高度的责任感与使命感。

以上认识和理念,构成了本次教学改革实践的宗旨与主题。

### 3 “普通物理学 I(H)”助教经历与教学创新实践回顾

笔者此次担任助教的“普通物理学 I(H)”课程,学生来自竺院的数学、化学、生命科学、生态学、机器人工程、能源与环境系统工程、人工智能(图灵班)等各类理工科专业,第一学期的内容包括力学、热学和狭义相对论。下面将本人担任助教工作时主要涉及的三个方面(作业题解与拓展材料的编制、课程小论文的安排、期中期末考试题的命制)及其中积累的创新经验介绍如下:

#### 3.1 工作一:作业题解与拓展材料的编制

担任助教最初,为了方便学生订正作业答案、

自行查漏补缺,笔者编制了作业的参考答案与题解,并在每次作业结束后以 PDF 文件形式发送给学生参阅。其中,部分比较有趣或涉及共性疑难的题目,笔者会在答案给出后进行评注,或拓展相关知识点。最初只是随性而为,却在不知不觉中形成了习惯而沿袭了下去。从第二次作业的题解开始,对当时从作业反馈中观察到的普遍问题(很多学生不会或不习惯使用微积分方法处理物理问题,仍使用高中的旧方法;对解题结果数值的表达的意义不甚了解;不擅长直观分析质点在复合运动中的速度与加速度等),专门使用了三个专题附录(拓展阅读材料)来详细阐释其中原理,并插入题解文档中。这一方面容易吸引学生的注意力,另一方面也能让他们阅读题解不是简简单单的订正,能在总结原理、归纳方法的过程中收获更多,最大限度发挥作业题的作用。

自此往后,笔者愈加用心编写《参考答案与题解》和其中的评注与拓展阅读材料,使其成为了笔者实践课程改革、挖掘课程内容育人功能的主阵地。直到结课,笔者总共编制了十五篇《参考答案与题解》,其中撰写的评注与拓展阅读材料多达 34 篇,合计 200 余页,总字数接近 15 万字,还包含大量专门绘制的插图。这些拓展阅读材料立意各异:既有对课堂知识点的归纳、提炼与升华,也有对物理知识在生产生活中应用的介绍,还有对科学知识背后科学方法的传扬、科学精神的讴歌,同时比较注重渗透对课程知识的“向前衔接”(与高中物理、大学数学基础课的衔接)和“向后衔接”(与理工类专业课和学生后续成长发展的衔接)。素材来源既包括在课程教学实践中发现的问题,又包括笔者与学生在“教学相长”的实践中获得的体悟。笔者希望把这些精神食粮以尽可能通俗的阐释、清晰的图像、优美的文笔、拔高的格局带给学生,意在激励学生对物理学的本质有更深刻的认识、对物理学与大自然有更强的热爱。

表 1 展示了一学期来所编写拓展阅读材料的主要内容,并详细阐释了编写的目的及在教学育人中所起的作用。若该部分内容鲜明体现了物理文化的传播和“课程思政”的渗透,则在最后一栏里用“√”表示。

表 1 拓展阅读材料简表

作业序号 课程主要内容	评注与拓展阅读材料标题	内容、目的与作用	物理文化与 课程思政
#1 物理量 一维运动	(评注)日出日落时间、时区 换算	启发学生从生活实际中抽象出物理问题,以及自主进行资料搜集和信息归纳,促使学生改变高中固有的学习模式。	
#2 牛顿定律 二维运动	附1: 用微积分求解物理问题的基本方法	利用图解阐述微分和积分的基本思想和物理图像。让学生理解微积分不但有数学表述,还有物理内涵。强调了微积分的引入是大学物理区别于高中物理最显著的标志,它使我们描述宇宙中更复杂、更普遍的运动与变化形式成为可能。	✓
	附2: 关于计算结果表达式的相关说明	强调了对需要代入数值计算的问题结果应化为小数并按照规范修约,对符号计算的问题结果保留数学上的原始精确形式。这不但是对解题规范的纠偏,更是为了强调物理学(与工程技术)与数学的差异所在。	
	附3: 摆线的形成及质点速度和加速度的直观分析法	介绍上一题中涉及的“摆线”以及对“车轮无滑滚动”这一常见的模型如何进行速度与加速度的直观分析,为后面的刚体力学部分打基础。此外还提示有兴趣的同学可以查询关于“最速降线”的资料。	
#3 牛顿定律应用 动量	(评注)矢量分析法解静力学问题、达朗贝尔原理(惯性力)	对于具体的习题中涉及到的有趣内容进行了阐述。一方面梳理解题方法与理论背景,另一方面结合生活实际与文艺作品(如《流浪地球》《星际穿越》等)阐述原理应用。	
	(评注)科里奥利力、地转偏向力在生活中的体现、矢量叉积		
	(评注)“引力弹弓”效应		
#4 质点系 转动	附1: 质心的计算	归纳总结了质心计算的若干种方法。同时渗透了坐标系选择的重要性以及逆向思维的意识。	
	附2: 关于“日”和“年”的说明	区分了科学中和生活中常用的“日”和“年”的概念,普及天文学常识,且有利于树立学生科学严谨的思维。	
#5 刚体动力学	附1: 转动惯量的计算	归纳总结了转动惯量计算的方法技巧。	
	附2: 刚体的静力学平衡问题举例	举例补充了作业中涉及不多但有着重要实际意义的刚体静力学平衡问题,初步渗透了“自由度”的概念。	
	附3: 纯滚动时的静摩擦力与滚动摩擦阻简介	以学生学习中实际产生的疑惑出发,利用大量实例分析,阐述了“纯滚动时的静摩擦力”这个通常普通物理教学中忽略的知识,拓展了关于“滚动摩擦阻”的概念,解释了“地上滚动的球为什么会停下来”这个生活现象,同时借此揭示轮子的发明在人类文明史中的重要地位。	✓
	附4: 刚体力学提要	系统整理了课程里关于质点合成运动和刚体平面运动的理论知识,并暗示刚体还有更加复杂的运动形式(如定点转动,将地球的运动分解为自转、进动和章动等)。为力学、机械、土建、航空航天等工科学生未来修读“理论力学”等课程奠定基础。	

续表

作业序号 课程主要内容	评注与拓展阅读材料标题	内容、目的与作用	物理文化与 课程思政
#6 角动量 功与动能	附 1: 从角动量守恒到天体系统的 演化	以角动量守恒为切入点,用通俗易懂的语言和大量精美插图,依次介绍了太阳系的形成、星系的形状、开普勒第二定律的解释、太阳系角动量分布问题、行星定义变迁的历史、黑洞的吸积盘,以及宇宙大尺度分布上的“哥白尼原理”和膨胀宇宙模型。意在让学生感受到浩瀚宇宙的瑰丽神奇之余,也要正确、科学地认识到自身在宇宙中的地位。人类不应当假设自己正处在一个“特殊位置”观察宇宙。让学生真正体悟到:科学的发展不但促进了人类对物质世界的认识,还以其彻底的革命性冲刷着人类全部的精神世界。	√
	附 2: 平动和转动的比较	列表归纳了描述平动和转动的基本物理量及定律之间的对应关系。	
	附 3: 虚功原理简介	科普性地阐述了约束、虚位移、虚功等概念,举例介绍了虚功原理这一分析力学中的基础方法。不作考试要求。	
#7 势能 能量守恒	附 1: 量纲分析基础	在学期近半时,正式总结了量纲分析的基本方法。帮助学生排除思维定式;在解决实际问题时,如果不能定量计算,还可以进行定性判断和半定量的分析等,而这会要求相当的经验和对现象本质的洞察力,甚至于在那些未知的领域还要有极其敏锐的物理直觉。	√
	附 2: 几何相似性与标度律	从生活中鲜活的案例出发,阐释了“尺度”效应带来的影响。 <sup>[6]</sup> 可以帮助学生摆脱对物理学的固有刻板印象,让物理学应用到包括天文学、地质学、生物学乃至社会科学(如城乡规划、城市治理)中,为学生的后续专业学习铺垫基础。其中的建模思想还可以用在包括数学建模竞赛等学生的后续学习中。	√
	附 3: 自然界中的对称性与守恒律	揭示了物理学中对称性和守恒律的概念及其相互联系,简单介绍了“诺特定理”。明确了对称性和守恒律等是宇宙性质的体现,是凌驾于具体物理规律之上的普遍规律。其旨在培育科学审美,使学生对自然规律的统一性有着进一步理解。	√
	附 4: 拉格朗日力学简介	在前文虚功原理简介的基础上,进一步用科普性的语言阐释了广义坐标、自由度、位形空间等概念,定义了拉格朗日量,得到了拉格朗日方程,为学有余力的同学架起了从矢量力学通向分析力学的桥梁,同样不作考试要求。意在让同学们看到经典力学还有更完备、更本质的形式,为后续专业课程学习作准备。其中举“倒立摆”的例子联系到了机械、电子、控制等专业“自动控制原理”的课程实践。	

续表

作业序号 课程主要内容	评注与拓展阅读材料标题	内容、目的与作用	物理文化与 课程思政
#8 万有引力 流体静力学	附1: 潮汐	介绍了潮汐的成因、潮汐锁定现象、洛希极限以及行星环的形成。这些天文学知识不但饶有趣味,而且引导学生以物理学的视角去思考生活中司空见惯的现象,将想象的触角延伸到宇宙与地球的未来。其中还对中国古代科学家对潮汐成因的论断进行了介绍,以培育物理文化、增强学生民族自豪感。	✓
	附2: 弹性体力学基础	在“普通物理学”研究的主要模型(质点与刚体、理想流体)之间,插入了对弹性体力学的简要介绍作为过渡。讲解了应力与应变的基础知识以及拉、压、弯、剪、扭等固体变形形式和基本计算,最终归纳出了矩阵形式的广义胡克定律。这既是为了知识体系的完整性进行的补充,也是为了提示学生物理学还存在更广阔的应用空间,为后续部分工科专业“材料力学”等课程的学习作铺垫。	
	附3: 恒星的结构与宇宙中元素的来源	结合该周所学的重点知识(引力场中气体的压强分布),拓展介绍了太阳等恒星的结构基本方程,初步分析了一个稍显复杂的物理模型。由此引申,介绍了科学家探索恒星能量起源的历史、核聚变和核反应循环、恒星的归宿以及宇宙中元素的形成。让学生体悟到超新星爆发是前代恒星的“死亡”,也会带来新的恒星与行星,乃至新的生命与文明的创生。勉励学生们学会仰望星空,因为星辰一直与我们同在。我们只是古老遥远的恒星结束自己生命后散落又凝聚的尘埃。或许我们的肉身终将逝去,山川、地球、太阳、银河系等等都将在未来的某一天不复存在,但是从物质和能量的角度上看——世界上没有任何东西会真正消亡。“星星死去了,你今天才能在这里。”	✓
#9 流体动力学	附: 矢量微积分基础	从教学实践中发现大多数学生在数学课上只是机械学习了梯度、散度、旋度等概念,依赖于生搬硬套公式概念,从未从物理实质上去理解。因此专门设置了这一部分,从物理图像形象直观的角度对梯度、散度、旋度、曲线积分、曲面积分、保守矢量场、高斯定理、斯托克斯定理等进行了全面阐释,并乘胜追击直接运用这些基本概念牛刀小试,推导出麦克斯韦方程组这一被称为“上帝写的诗篇”的不朽杰作,赞誉了物理理论对人类文明发展的贡献。这同样是为了启示学生使用物理图像去理解数学规律,激发学生的求知热情与探索精神。	✓

续表

作业序号 课程主要内容	评注与拓展阅读材料标题	内容、目的与作用	物理文化与 课程思政
	附 1: 单摆、相图与混沌	从单摆模型出发,介绍了相空间和相图的研究方法,揭示了非线性单摆所可能引发的混沌现象,阐释了“蝴蝶效应”。意在让学生认识到:混沌现象在自然界各领域中的广泛存在鲜明反对了机械唯物主义的决定论世界观,形式上简单的物理学规律也有可能包含着巨大的复杂性,从而去解释比我们曾经想象的更加广阔的自然现象。混沌系统属于非线性科学的研究领域,而后者则是当代科学最前沿的课题。	√
# 10 振动	附 2: 简谐振动的合成	归纳了课堂上未明确整理的关于简谐振动的合成、拍频、李萨如图形等知识,为后续物理实验课和专业实验的学习作铺垫。此外还由此引入介绍了托卡马克聚变装置以及“共振磁面”的性质。	
	附 3: 力学系统和电学系统的类比	将力学系统中的弹簧、物块和阻尼器与电学系统中的电容器、电感线圈和电阻器进行类比,揭示了看上去完全不相干的事物可能会服从相同的方程形式,从而适用相同的研究方法。而机械振动也可由此与电磁振荡类比,振动是自然界中一种普遍的运动形式。这同样是为了培育学生抓主要矛盾、分析核心规律的科学方法,也为后续相关专业课程(如电路原理、机电系统建模等)奠定基础。	√
# 11 波动	(评注)电离层	拓展提到了真实存在于天空中的“反射镜”——电离层以及马可尼对无线电通讯的贡献。	
	(评注)变星	介绍了变星的概念以及“造父变星”在天体测量上的作用。	
# 12 声波 温度	附 1: 相对论性多普勒效应·红移与蓝移	以课本上声波的多普勒效应出发,简单引入了考虑相对论情况下光波的多普勒效应,以及由此带来的恒星光谱红移与蓝移现象。由此可以测量遥远天体的运动速度,此外星系中普遍存在的红移成为了“宇宙在膨胀”的观测证据,也成为后续创立大爆炸理论的重要基础。启发学生要重视事物之间的联系,见微知著,有所创造。	√
	附 2: 物态的转化与共存·相变与临界现象	介绍了课堂上未有详细提及的物态转化、物态共存、相变与相图、临界现象和超临界流体等概念。补充完整知识体系,并体现物理学原理在生产生活实践中的广泛应用。	

续表

作业序号 课程主要内容	评注与拓展阅读材料标题	内容、目的与作用	物理文化与 课程思政
# 13 气体分子动理论	附： 非平衡输运过程简介	重新阐述了统计物理学的基本概念,强调实际系统所存在的本质复杂性以及“More is different”的观点。课堂上只讨论了平衡态的统计物理,而在实际中非平衡态更加普遍,于是沿着从宏观实验定律到微观统计原理的路径,介绍了黏性与动量输运、热传导与能量输运、扩散与质量输运、电导与电荷输运等基本的非平衡输运过程。这部分内容也不做考试要求,目的只在于引导学生认识到:在自然界中,平衡是相对的、特殊的、局部的和暂时的,不平衡才是绝对的、普遍的、全局的和常有的。	√
# 14 热力学第一定律	(无)	附： 生命与宇宙·命运与征途	
# 15 热力学第二定律 狭义相对论		<p>这是本学期的最后一篇拓展阅读材料,以当时学习到的热力学第二定律和狭义相对论为引展开。物理学的定律和法则不但支配着无机世界,也同样主宰着有机界,甚至制约着我们自身。物理规律不但适用于粒子、滑块和小球,也适用于宇宙中最高级也最复杂的运动形式——生命。</p> <p>首先,从热力学第二定律的微观解释出发,指出“熵”本质上是对系统“无序”的度量。由此引入“信息熵”的概念。而生命又是什么?薛定谔有言:“生命赖负熵为生。”新陈代谢中真正本质的交换应该是熵的交换——“吸收负熵、排出正熵”,生命体如果想要活着,唯一的办法是通过不断从外界“摄取负熵”减缓体内熵的增长,从而推迟死亡的来临。那生命究竟为什么会起源?这种“从简单到复杂、从低级到高级、从无序到有序”的进化现状,是否与热力学第二定律违背?涨落理论为我们解答了这个难题。在自然界中,看似“自发从无序中诞生出有序的结构”的现象被人们称作“自组织现象”,而这类结构称为“耗散结构”。显然,生命是耗散结构。唯有在远离平衡态的开放系统中,才能有“生”的希望。</p> <p>俗话说“光锥之内就是命运”。根据狭义相对论,可以建立闵可夫斯基空间并定义“光锥”。我们的宇宙也终将迎来它的命运。早期的很多学者受热力学第二定律的引导,得到了宇宙最终会走向“热寂”的悲观结论,但宇宙膨胀的事实和负热容引力系统模型不但彻底反驳了“热寂说”,而且为我们描绘出了一幅不断涌现、不断衍生、生机勃勃的宇宙图景。<sup>[7]</sup>那么,我们自然会想到:生命是否也在宇宙中广泛存在呢?</p> <p>于是,我们探讨了“费米悖论”,解释了科学家研究地外生命问题的基本原则,简述了系外行星的发现历程与探测方法,给出了“宜居带”的传统与拓展定义,用“头脑风暴”的方法对行星宜居性的影响因素进行了讨论,最终寄望于在宇宙中寻找智慧文明。为什么我们要做这些?这首先当然是我们的好奇心对我们的本质要求,也是我们不甘孤独的选择。可以想见,一旦我们能够与“他者”文明发生接触,将是人类文明史上最重要的事件之一。然而更重要的是,百忙之中走一步闲棋是很有必要的,人类不息的探索过程能够为我们提供一种“历史的连续感”,有助于我们站在一个更高的角度上思考生命与智慧的本质以及自己在宇宙中的位置与意义,从而对我们实现更进步的社会形态、探索更遥远的宇宙空间乃至实现人类自身的进化都是有意义的。</p> <p>作为本学期的结束语,我们从信息的本质、生命的起源出发,叩问宇宙的命运,放眼广阔的群星。我们相信:地球虽只是宇宙中一颗极平凡的行星,却因为能够孕育出智慧生命而不凡。我们更相信:生命和文明在宇宙中广泛存在,而智慧文明不息的延续、演进与探索,正是跨越了整个宇宙历史的,最壮阔、最浪漫的篇章。</p>	√

### 3.2 工作二：课程小论文的安排

给“普通物理学 I(H)”课程的同学布置课程小论文(Project)最初是马老师的想法,意在创新教学形式,培养同学们独立获取知识的能力、科学观察和思维的能力以及分析问题和解决问题的能力,锻炼跨学科素养、团队合作素养与科学计算和科学写作的技能。这在马老师这门课的教学历史上也是没有过先例的,因此这也对我们的工作提出了相当大的挑战。经过笔者与马老师和其他助教慎重讨论,确定了布置 Project 的原则如下:

**第一,要选择具有一定趣味性、挑战性和创新性,“综合运用物理理论推导分析与数值建模计算”的问题。**因为“普通物理学 I(H)”所面向的竺可桢学院的优秀学生对知识和能力的先进性与现代性的要求更高,基础也较好。如今,程序设计、软件使用和建模的能力逐渐成为优秀大学生在各专业的学习和研究中所必备的基本能力。同时,大一学生惯常还延续着高中时期以听课、作业、应试为主的学习方法,固有观念会让他们认为数学、物理、计算机等都是彼此无关的课程,缺乏将不同学科内容综合在一起进行应用的机会。而这样一个可能是他们进入大学之后第一次遇到的“硬核”的大作业能让他们耳目一新,有利于启发他们从更高的角度看待自己所学习的各个学科。通过自己动手编程来模拟出抽象的物理现象,也有助于让学生们更形象地理解课堂内容,激发其积极性与成就感。

**第二,要给予学生足够的帮助与引导,在不显著增加学生压力的前提下尽可能促使学生获得“正反馈”。**即便是竺可桢学院的优秀学生,在大一所掌握的知识基础通常也比较有限,数学上只简单学习过常微分方程,尚未学习过偏微分方程,更没有接触过诸如插值和拟合、数值积分、数值求解微分方程等计算物理方法;在编程上最多也是刚刚接触 C 或 Python 这些编程语言,学习过一些初级的课程,绝大部分还没有接触过像 Matlab 这样的专业软件,更没有编写过复杂的数值计算程序。尽管他们有强烈兴趣和挑战意愿,但如果只留题目,不给予任何帮助指导,他们必然会无所适从,感到挫败甚至抵触,不利于教学效果的达成。这就要求助教承担起责任来,编制相关的阅读参考材料,指引他们寻找资料和寻求帮助的路径,做好答疑工作。因此,我们从最开始就明确声明“本次大作业并不强求最后的完成度,对于一些探索

性的问题可以‘能走多远就算多远’”。在出题的同时,要详细撰写和编制包括偏微分方程的概念(含初始条件和边界条件的意义)、数值计算方法(如插值和拟合方法、时间与空间的离散化、有限差分格式、数值求解常微分方程的方法等)等基础知识的拓展阅读材料,给予适当的提示(例如阐释插值和拟合方法的区别,然后再设问:本问题中应当选择插值方法还是拟合方法呢?),让学生得以“一步一个脚印”地解决之前看似无从下手的问题,“进一步有进一步的欢喜”,在研究过程中真正有所收获。

**第三,要采取自由组队、团队分工合作的形式。**现代的学习科研或任何实际工作中,团队合作、沟通协调的能力越来越受到重视。布置这样一个自由组队解决复杂问题的项目,有利于学生们摒弃高中以来形成的“单打独斗”的学习习惯,重视团队合作与沟通方面的锻炼。因此,强调“建议每组 3~5 人,推举一名组长负责最后的作业提交工作”。在组队上,提醒“允许跨学院、跨专业、跨教学班组队”,因为团队合作本就应该是自由的,不应该设置任何行政上的、人为的藩篱,甚至来自不同专业背景的思维碰撞更容易激发起灵感火花。

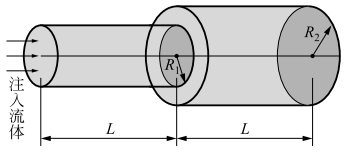
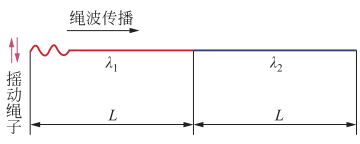
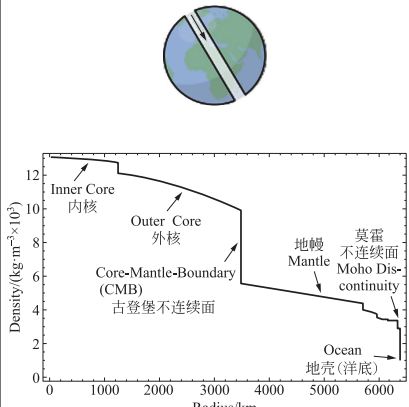
**第四,选题上推崇“自由”与“开放”。**在选题上,给予最大的自由度,允许选择任何认为有研究价值的问题,但同时又为了避免缺乏指导导致的迷茫,结合该学期课程内容,设置 A、B、C 三个参考选题(附上相关参考阅读资料)供优先选择。此外,也提示同学们可以使用多样的研究方法,包括从图书馆、网络中查阅相关的文献和参考书等。关于很多同学第一次接触的 Matlab 软件,告知同学们浙江大学为大家提供了免费的正版下载,指引同学们从 MathWorks 官方帮助文档或者参考书中寻求到帮助,同时还借此机会为同学们普及了文献搜索、电子书查找的方法——这是将对终身成长的关注融入教学的表现。同时还强调:“题目中的文字表述和补充参考资料只起提示作用。如果认为题面中给出的条件不够,请自行假设或补充,还可以改变你假设或补充的条件、调整各参数的数值、选用不同的方法来对比得到的不同结果。”以让学生摆脱高中时形成的追求“标准答案”的应试思维,尽最大可能保证开放性、鼓励自主创新,为学生逐步适应大学的自主学习、探究学习、合作学习模式奠定基础。

第五,表达上要求“严谨”与“规范”。大一新生绝大多数没有独自撰写过研究性的课程论文,更没有受过学术写作和学术规范的训练。因此,借此机会,恰好也能够培养学生的学术写作、排版等方面的能力,而这些能力无论在以后进行课程学习、科学研究还是撰写毕业论文时都能发挥作用。因此,布置 Project 时,要求每个小组提交一份 PDF 格式的报告,报告须包括“问题背景重述、模型建立、理论分析、程序设计思路、计算结果、结论分析”等部分,其中还要求“要用图像来‘可视化’你的结果”。在报告的撰写上,要求“应该采用科技文本写作所要求的尽可能规范的格式和排版”。对大一学生之前较少接触过的公式输入与排版方面,介绍了 OfficeMath、MathType、AxMath、LaTeX 等不同输入方式并指引了学习路径。对于数学符号与物理量符号的使用、正体/斜体/大小写等字体的使用、空格的使用等学生之

前没有深入思考过、常被忽略的细节问题,介绍了 GB/T 15855—2011《出版物上数字用法》、GB 3100—1993《国际单位制及其应用》、GB/T 3101—1993《有关量、单位和符号的一般原则》等国家标准以供参考,对于所使用的参考文献同样要求采用 GB/T 7714—2015《信息与文献 参考文献著录规则》所规定的标准格式列明。在提交报告之外,还要求提交“所编写所有程序的源代码,请加上方便人类读者阅读的必要注释”。意在让大一的同学对学术写作、表达学术成果的规范过程有最基本的体验,写出结构完整、条理清晰的课程论文,培养严谨、扎实的学风。

经过讨论,所布置的 A、B、C 三个供优先选择的题目简介如表 2 所示,所有题目均结合本学期课内所学习的知识,又具有一定创新性和开放性,同时涉及到了大量数值计算方法的应用。表内还附有两位助教为每道题目所编制的参考阅读材料内容。

表 2 课程小论文(Project)选题安排

题序	题图	题目概述	参考阅读材料主要内容
A		考虑一根内径突然增加的圆柱形管道,从管道一端稳定注入流体,假定流体不可压缩。数值模拟流体的运动,讨论内径突然增加处流体的行为。	纳维-斯托克斯方程(N-S 方程)
B		考虑一根左右两段分别由不同线密度的材料制成的长绳,在左端摇绳子产生绳波。数值模拟绳波的传播,讨论在两段绳子连接处绳波的行为。调整各参数的取值并阐释物理图像,可以与光现象类比。	偏微分方程基本知识 时间与空间的离散化 有限差分方法 初始条件与边界条件
C		考虑一根贯穿地球、通过地心的隧道,尝试通过跳入这样的“地心隧道”到达另一端的方式进行快速旅行。先假设地球密度均匀并忽略地球自转,求解旅行者的运动。再考虑地球内部存在密度不均匀的圈层结构,利用资料中的实际数据,数值模拟旅行者的运动。最后在考虑地球自转的情况下讨论结果。	背景:《带上她的眼睛》《地球大炮》 ——刘慈欣所著两则短篇科幻小说 插值与拟合 数值积分 数值求解常微分方程

### 3.3 工作三：期中期末考试题的命制

根据惯例,“普通物理学 I(H)”需要进行期中与期末的闭卷考试作为课程考核的重要部分,试题命制则是保证课程考核质量的关键。此次期中期末考试的试题,是在马老师指导下,两位助教充分发挥主观能动性和创新意识确立了基本原则并精心命制的,笔者负责了整体框架的把握和其中大部分题目的第一手命制。现将命制过程中的主要考虑和最终实践成效总结如下:

**第一,形式标准化、内容与风格非标准化。**与“大学物理”课程统一命题考试、统一阅卷、从题库中抽取试题进行标准化组卷不同,“普通物理学 I(H)”课程的考试历来是非标准化的,由授课教师自行命题,不同教师的教学班试题会有较大差别。笔者认为,大学物理基础课的考试试题应当在形式上力求标准化,即需要布局规划的高屋建瓴、题型框架的整齐严谨、命题逻辑的合理流畅、印制排版的清晰规范等,以给予学生科学、严谨、标准的印象,不能出现明显的“劣质试卷”“敷衍试卷”;但在内容和风格上则应该尽可能脱离标准化、体现创新性,不宜简单复用往年试题或者从题库中抽题组卷,设置适当比例的创新题型与开放题型,加强对物理学思想方法、知识应用和迁移能力的考察而非仅仅停留于知识的表面,唯有如此才能避免过于依赖往年试题、过于依赖“考点”而忽视平时听课等现象,减少“临时抱佛脚”和“死记硬背”等不良应试倾向,让所有学生将精力放在培养综合素质与能力的每个学习环节上,也更有利于优秀拔尖人才的培养。因此,我们在命题上放弃简单复用往年试题,而是在基础原理、生产生活实际、各专业知识研究实际、物理学史甚至科学前沿进展中广泛选材,并设置了适当比例的开放题作为附加题,使整张试卷具备鲜明的独创性和特色风格。

**第二,知识点覆盖力求全面、设问角度力求丰富。**“普通物理学 I(H)”课程知识点涵盖广泛,而考试命题的题量终究有限,这便产生了矛盾。如果命题不能尽可能覆盖大部分知识点,而是只有少数知识点被考到,那么会使得恰好某部分掌握不好的学生比较“吃亏”,成绩受随机因素的干扰比较明显,考试的信度与效度都不能得到保证。因此,一份优秀的试卷,必然要尽可能对整个学期内大部分主要知识点进行完善的覆盖。在有限的

题量下,尽可能让一道题能综合考查多方面的知识点,可围绕同一主题从不同角度、不同侧面展开设问,使整张试卷既有定性的判断,又有定量的计算;计算既含有需要得出数值结果的计算,又有全程使用解析表达式的符号计算,力求设问角度丰富、内涵深刻。

最终命制得到的期中、期末考试题,基本上覆盖了课程里所涵盖的绝大部分主要知识点与物理思想方法。其中期中考试涉及教材 1~14 章内容(至“万有引力”一章为止),期末考试则涉及整个学期所有的知识点内容,同时还特别注意不同章节、不同模块知识点在同一个主题下的综合应用,尤其是压轴两题对学生的综合素养要求较高。纵观全卷,既涵盖了像“动量定理”“角动量守恒”“刚体动力学”“波的干涉”“理想气体分子的速率与能量分布”“热机效率”“洛伦兹变换”等历来被视作重点的经典内容,也照顾到了“科里奥利力”“刚体静力平衡”“开普勒定律”“热膨胀”“相对论动量与能量”等相对冷门但仍有意义的考点,还涉及了“换元积分”“计算曲率半径”“不同坐标系下的轨迹方程”等数学方法的应用,甚至特别强调了“单位制”“量纲分析”“自然界中的相似性与标度律”等通常被忽视的思想方法性内容的地位(甚至期末专门以一道 8 分的大题考查量纲分析),体现了对学生综合科学素养的要求。

期中、期末试卷中各题主要涉及的知识点统计如表 3 所示。

**第三,重视应用背景、联系实际、联系社会。**“普通物理学 I(H)”课程所面向的学生都是非物理专业的理工类学生,他们学习物理课程的目的并不是进行艰深的前沿物理理论研究,而是意在“会用”,能够正确运用物理学的基本概念、基本方法来解决日常生活或者相关专业的生产科研实际中遇到的问题。因此,在“普通物理学 I(H)”课程的教学和考试过程中,我们都致力于提升学生正确理解实际背景、将其转化为物理问题的建模能力。在期中、期末考试里,大约 50% 分值的试题都是以相当具体甚至新颖的实际背景引入,需要学生正确阅读、理解问题的描述以提取信息将它转化为物理问题进行求解。

例如,期中考试的 #4 题便是一个典型的结合实际生活的有趣问题,题目开始便提出问题“为什么老鼠从比自己的‘身高’高许多倍的天花板

表 3 期中、期末试卷各题主要涉及知识点统计

题型	期中考试		期末考试	
	题序 (分值)	主要考点	题序 (分值)	主要考点
选择题	# 1(3)	一般曲线运动的速度和加速度方向	# 1(4)	气体内能
	# 2(3)	科里奥利力	# 2(4)	热力学第二定律
	# 3(3)	牛顿运动定律、动量定理	# 3(4)	绳波的形成、正弦波参量
	# 4(3)	牛顿运动定律、自然界中的相似性与标度律	# 4(4)	重力场中的气体压强分布、理想气体状态方程
	# 5(3)	功的计算、换元积分	# 5(4)	理想气体分子的速率与能量分布
	# 6(3)	刚体运动、转动定律、转动惯量	# 6(4)	弹性碰撞中的机械能和动量、近似计算
	# 7(3)	万有引力与天体运动、逃逸速度		
	# 8(3)	单位制、量纲分析		
填空题	# 9(4)	质心、转动惯量、平行轴定理	# 7(4)	转动惯量、复摆
	# 10(4)	速度与加速度的分解与合成	# 8(4)	流体运动、伯努利方程
	# 11(4)	万有引力、天体运动中的能量和角动量、计算曲率半径	# 9(4)	热膨胀
	# 12(4)	弹性碰撞中的能量和动量、近似计算	# 10(4)	洛伦兹变换、狭义相对论效应
综合解答题	# 13(8)	刚体静力平衡	# 11(8)	量纲分析
	# 14(8)	变质量物体的运动方程、动量定理	# 12(10)	波的干涉与反射
	# 15(10)	牛顿定律、非惯性系与惯性力	# 13(10)	相对论动量与能量
	# 16(10)	万有引力、天体运动中的能量、开普勒定律、极限转化思维	# 14(10)	刚体运动与动力学、动量定理与角动量定理
	# 17(12)	质点运动学、不同坐标系下的轨迹、几何问题与物理问题的转化、科学猜想和解释能力	# 15(10)	理想气体的热力学过程、热力学第一定律、热机效率、熵变、可逆过程
	# 18(12)	刚体运动与动力学、碰撞中的能量与动量、刚体的机械能、科学归纳与迁移能力	# 16(12)	万有引力与天体运动、质心、多普勒效应、麦克斯韦分布下气体的特征速率、科学猜想能力、文献阅读理解和信息提取运用能力

上落下却能安然无恙”，要求学生正确阅读题目理解新概念“动压”(dynamic pressure)的概念，并利用所学知识比较人和老鼠从同一高度处坠下时骨骼承受的动压，从而自然而然地做出解释。期中考试的# 12题创设了“核反应堆中的快中子需要和石墨棒里的碳原子碰撞多少次才能被慢化为热中子”这一情景考查弹性碰撞问题，期末考试的# 2题以“不用插电的冰箱”的幻想来考察热力学第二定律的基本概念。尤其重要的是，本次期中、期末考试还重视从物理学史以及科学前沿中进行选材，例如期中考试# 8题(普朗克创立自然单位

制)、期末考试# 11题(取材于1945年泰勒估计出人类第一颗原子弹“火球”扩散半径的科学逸闻<sup>[8]</sup>)、期末考试# 16题(取材于*Astronomy and Astrophysics*期刊所报道的关于人类首次发现麒麟座的CoRoT-7恒星有“超级地球”行星绕转这一科学进展<sup>[9,10]</sup>)等,进一步丰富了素材来源。

**第四,多措并举,降低题目理解门槛。**“普通物理学 I(H)”是双语课程,考试要求英语命题。对于还处在大一年级,英语词汇量、阅读理解水平本就参差不齐的同学而言,仅仅是理解题意就是一道坎,而遇到涉及大量实际背景、需要阅读材料

来提取信息的题目时这种困难会愈加突出。尽管考试允许携带和查阅纸质词典,但频繁查词典必然会耗费大量珍贵的考试时间,也会影响考试心态。仔细思考我们会发现:“普通物理学 I(H)”课程的教学目标肯定是以让学生掌握物理学知识为主,当然可以同时要求掌握常见物理学术语的英语表述来体现双语教学的效果,但如果学生在考试时却主要因为难以理解那些不是常见物理学术语的单词(例如介绍实际背景时涉及到的生词)而影响了对题目的理解与作答,会使得最终的考试成绩偏离学生的实际物理水平,实属本末倒置。为了在保证双语教学效果的同时尽量为学生减少英语阅读理解上的障碍、降低应考负担,也为了让命题时能够不受学生普遍英语水平的约束、更加开放,决定在命题时采用以下措施:(1)对于题面中所涉及到、课堂中较少遇到的生词,绝大部分要括注中文意思,例如“comet(彗星)”“hyperbola(双曲线)”“Nautilus(鹦鹉螺)”“qualitative(定性的)”“scallop pendant(扇贝挂件)”“attenuation(衰减)”“exoplanets(系外行星)”“spectral(光谱)”“luminosity(光度)”等。而对于那些已经在课堂上反复出现的物理学术语,如“acceleration”“friction”“observer”“magnitude”等则不予标注,认为对这些术语的掌握应属课程要求的一部分。(2)尽量“以图明意”,对绝大部分题目都要绘制尽可能清晰、规范、形象的题图,并把所有物理量、关键解题信息等都标注在图中,力求让学生只需要看图就可以大致明白题目意思,从而理解障碍大大降低。(3)对所有题目的表述都进行了反复的推敲与锤炼,力求简单、直观、清晰,避免过于难以理解的句式和容易发生的歧义,填空题直接用“物理量=\_\_\_\_\_”的形式设空,让学生一眼就能看出题目的待求解量。

期中、期末考试中涉及的部分用以描述题意的题图如表 4 所示。

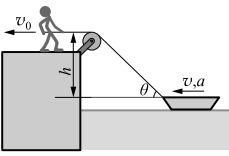
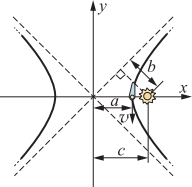
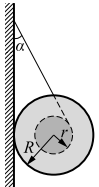
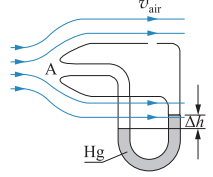
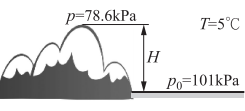
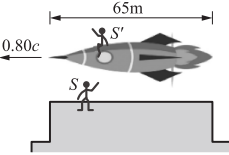
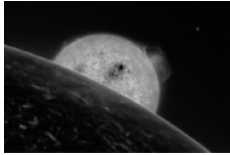
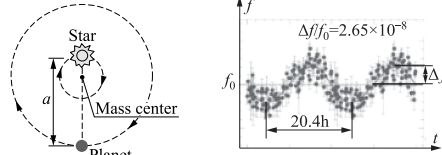
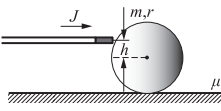
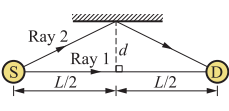
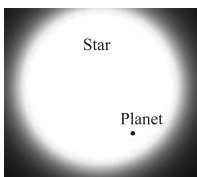
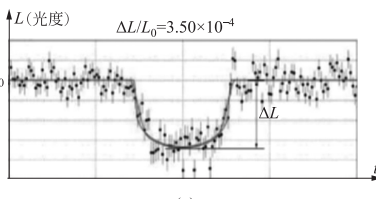
**第五,合理调整难度、设置提示、构筑启发性“阶梯”。**“普通物理学 I(H)”是面向竺可桢学院的通识基础课程,这意味着它的考试难度必须控制得当,命题时必须对试题的题型、分值、位置等通盘考虑,有所取舍。具体来说:(1)期中与期末考试的前两道选择题都是比较基础的、概念性的选择题,以让学生快速进入考试状态、树立信心。(2)对于处在中间位置的大部分题目,命题要求

是:“不能有原则上的难度,但也不能只是看一眼或者套公式就可以一步得出结论,至少需要绕一到两个弯。”例如期中考试#6题考查刚体动力学和转动惯量的相关知识,并不是直接套公式计算,而是另辟蹊径地要学生比较“质量和半径都相同的圆环、圆盘、实心球,从同一个光滑斜面上的同样高度处滚下,哪个先滚到底端”,避免了繁复的计算,考察的更多是定性比较和物理直觉;期中考试#11题考察天体运动,不用课本上常见的椭圆轨道,而是考察双曲线轨道,但原理都是相通的;期末考试#5题考察的是理想气体分子的速率与能量分布,却以导体中的自由电子气作为背景,多了一层思维转换的过程,等等。(3)对于处在压轴位置的题目,也不要原则上的难度,而是设问更多,涉及的知识面更广,更考验学生综合应用各方面知识的能力。这些设问并不是简单堆砌拼凑而成,而是精心设计成富有启发性的“阶梯”,让学生能像攀登“脚手架”一样循序渐进地解决整个“大问题”,让考试过程也变成整个学习过程的一部分,而这种被引导着“一步一个脚印”解决难题的过程,无疑可以让学生树立自信心、收获成就感。

我们分别举期中考试#17题(a)~(d)问以及期末考试#16题(a)~(e)问为例进行评述:

期中考试#17题聚焦于对质点运动学概念与知识的考查,但比较新奇的是这里的运动轨迹比较“不常规”,是螺旋线运动。首先给出的是质点在 $x$ 方向与 $y$ 方向的运动方程,即函数 $x(t)$ 与 $y(t)$ 。(a)问要求学生根据运动方程求解出质点的速度与加速度随时间的演化,即 $v(t)$ 与 $a(t)$ ,这是非常直截了当的;而(b)问则是要求学生求出质点的切向加速度和法向加速度随时间的演化,即 $a_{\tau}(t)$ 和 $a_n(t)$ ,这初看不易直接求出,但由于上一问已知速度大小 $v(t)$ 与加速度大小 $a(t)$ ,则立刻可以由切向加速度的定义 $a_{\tau} = dv/dt$ 求出 $a_{\tau}(t)$ ,再由 $a_n = \sqrt{a^2 - a_{\tau}^2}$ 求出 $a_n(t)$ ,这样就可以看出(a)问为(b)问起到了“脚手架”的作用;(c)问要求写出极坐标系 $(r, \theta)$ 下的螺旋线轨迹方程,这并没有任何难度,而且在这个过程中也计算出了 $r(t)$ 与 $\theta(t)$ ,还告知了这种螺线有一个名字叫“对数螺线”;(d)问中要求求出对数螺线某一段的弧长,如果没有前面的铺垫这一问必然会让人感到人奇怪而无从下手,但有了之前那么多的铺垫,聪明的学生应该能敏锐意识到这是一个“把数学

表 4 期中、期末试卷部分题图

			
		 <p>(i) CoRoT-7 and its planet</p>	 <p>(ii) Doppler radial velocity method</p> <p>(iii)</p>
		 <p>(iv) Transit method</p>	 <p>(v)</p>

问题转化为物理问题”的有趣实例——求对数螺线的弧长可以转化为求质点运动的路程，而这可以用速率  $v(t)$  对时间积分求得，学生在一步步的提示下与引导下终于攀上了这座“阶梯”。

期末考试 #16 题则是一个紧密联系科学前沿的题目，取材于系外行星探索事业，素材与数据是直接来自科研论文中提取的（但为降低题目难度，对数据有少许修饰）。该题涉及到了两种用于探测系外行星的常见手段——“径向多普勒法”和“凌星法”，可用于估计行星质量  $m$ 、行星半径  $R$  以及行星到恒星的距离  $a$ 。但是考试题却没有直接让学生一开始就去计算这些参数，而是在(a)问先用一个双星系统的简单模型起手，让学生可以一步步推导出径向多普勒法所依赖的基本公式，起到“脚手架”的作用，再循序渐进地在(b)(c)两问分别用径向多普勒法和凌星法求得行星的参数，也暗示了两种方法的互补性。(b)(c)两问结束后，(d)问要求通过将行星的密度与地球和木星的密度对比来推测行星的物质组成（是类地行星还是类木行星），因为已经算出了行星的质量与半径，解出这一问自是轻而易举；而(e)问进一步告知行星表面的估计温度，要求推断行星表面是否存在水蒸气，巧妙地将气体分子特征速率与逃逸速度结合考察。一路下来，思路流畅、酣畅淋漓。同时，这道题里涉及的系外行星探测手段和相对

论性多普勒效应公式（光波的多普勒公式），都不是课程要求掌握的内容，但却或多或少在课堂上或在课后拓展阅读材料上提及过。倘若学生平时不听课，只在考前“突击”，固然也是能够解决问题（所有的提示和参考公式都在题面中给出，保证题目不“超纲”），但初次阅读时不免会感到陌生，要花费更多时间去理解，也容易做错；但如果学生平时认真听课、认真阅读拓展材料，哪怕只是对相关背景知识有一点点粗浅的、感性的印象，在考试时遇到类似素材时也能立刻注意到题目的关键，省去了审题时间，准确率也更高，所以，这样能“回归课堂、印证课堂”的题目还能够起到奖励“平时认真听课的学生”的作用。如果这种题型能够得到坚持与推广，长期下来，对提升学生听课时的专注程度、塑造优良学风都能起到积极作用。

第六，设计开放性题目，锻炼学生的综合与创新能力。长期的应试教育传统会让我们认为物理试题总是会有“标准答案”的，而这种对“标准答案”的追逐通常会使得学生的思维受到局限，不利于培养学生的科学猜想能力与科学创新精神。学生从高中进入大学，学习方式最重要的区别之一便是由追逐应试教育下的“标准答案”转为追逐素质教育中的“自主创新”，“普通物理学 I(H)”课程开设的时间点恰恰在这一转折的关键阶段，因此，完全可以在“普通物理学 I(H)”中设计一定的开

开放性试题,鼓励学生综合应用课堂、课外所理解的内容分析问题,发挥自己的主观能动性与创造力,实现“知识、能力、素质”的有机统一。同时,这种题目的存在还可以给学生在枯燥的考试中一个“天马行空”放飞思想的空间,避免答卷的“千篇一律”,教师也可以在枯燥的改卷中缓解疲劳,通过吸收学生的创意实现“教学相长”的目的。从具体形式上看,这种开放性题目可以是定性、半定量形式的分析题,可以是针对自然现象或者特定观点的简答题、辨析题,可以是渗透物理思想方法或者自主设计物理实验、构思解决方案的论述题、分析题,甚至可以更加偏向于个性化,以体现更丰富的思想润泽和情感价值,达到“课程思政”的育人目的。

在本次期中、期末考试中,设计了两道开放性试题,刚好是在上面已经深入介绍过的期中考试#17题与期末考试#16题的最后——恰似在之前已经攀登过无数“脚手架”后,学生终于登上了“巨人的肩膀”,要站在人类知识积累的顶点上仰望星空,尝试猜测与思考未知的世界。在期中考试#17(e)问中,面对在前四问里已经了解这种被称为“对数螺线”的曲线轨迹的学生,提出:“对数螺线经常在自然界中被发现,例如鹦鹉螺、气旋与漩涡星系的旋臂,为什么这些自然现象会展现出对数螺线的形状呢?尝试用你的猜测去解释原因”,引导学生尝试用理性思维去解释大自然中的万千奥妙,从中能更加领悟到自然界和谐统一的庄严美感,既获得思想的锻炼,也得到情感的熏陶。在期末考试#16题里,学生通过前五问的循序渐进,已经能够用所掌握的一些基础物理知识分析观测数据,推测遥远未知行星的相关信息,这本已经能让他们对那些看似不起眼的“基本物理原理”的强大威力感到惊讶了,但最后的#16(f)问却给他们以一个更大的惊喜:“对于这颗行星上的自然环境你还有什么推测?解释你的理由。”提供了一个看似天马行空的创作空间,让学生得以从一道小小的期末试题中“初体验”科学研究的魅力。

在命制试题时,对于开放性试题,分值不宜过高,最好以“附加题”(Bonus)的形式出现,分数作为叠加在总分上的额外奖励。在批卷过程中,不应被“参考答案”束缚,而是“言之成理即可”,重视表达、说理、论证的逻辑性,从而真正体现开放性试题的意义。

**第七,结构严整、排版规范、风格统一,体现科学审美与人文关怀。**我们认为:试卷不仅仅是简简单单的试卷,考试也是整个课程教育中的一个环节,对于每一份试卷、每一道试题,都必须认真对待,不可粗制滥造。尤其是对于专门命制的试卷,命题人应当以对待自己的“一份作品”的心态去对待试卷,将试卷作为一个整体去通盘打磨、考量、取舍,这也是简单“抽题组卷”生成的试卷做不到的。具体到本次期中、期末试题的命制上,除上面已经介绍过的诸如题型规范化以外,还做到了全卷的物理量符号、字体、大小写、空格等都严格按照标准格式书写,所有插图绘制或选用都力求清晰美观、物理量标注到位,所有题型都标注分值与解题说明,甚至对于期末考试#11与#16两道有对应物理学史或者物理学前沿作为材料背景的题目还特地用脚标注了文献出处(在试卷上标参考文献确实是一个很罕见的行为)。此外,对于学生解题中可能需要使用到的物理常量,以“Physical constants you may use:”的形式一一列在卷首;在试卷的排版中,考虑到了给学生留下足够书写空间、尽量避免“问题跨页”的情况、对于文字阅读量较大的期末#16题将插图置于文字之前以引导学生“先读图,再理解文字”等细节;在试卷最初还以一句加粗的“Enjoy your exam and good luck!”来鼓励学生,等等。如此种种,都是因为真正把试卷当作是自己的“作品”、要体现自己的教学“风格”,所以才会力求从每一个细节培育学生的科学审美、给予学生人文关怀,将试卷也视作教学过程里不能丢失的“阵地”。

**第八,考后评讲、全程育人,挖掘试卷的后续价值。**高考时,我们往往听到“考一门扔一门”的忠告,似乎学习仅仅是为了考试,考完一切与己无关。但大学的学习归根到底是为了人的全面发展,大学物理基础课的学习是为了科学素养和未来的成长打基础,不仅仅是为了考试,“考试结束了,学习并没有结束。”因此,我们决定考后公布试卷与答案解析,在钉钉群内对批阅时发现的共性问题进行简单评讲,发挥“全过程育人”作用。部分课程不愿意在考后公开试卷,但由于我们的试卷没有简单复用历年考题、完全坚持原创,所以不怕泄密、不怕公开。如果以后再执教类似课程,我们还会将历年试卷以模拟卷的形式在考前分发给学生,帮助学生熟悉题型、考点等,也可以将试卷公之于众供物理教学同仁参考,让已经完成考试

的试卷继续发挥它的“剩余价值”。

### 3.4 助教工作成效

经历了一个学期的工作,“普通物理学 I(H)”课程的助教工作终于完美落幕。最后的综合成绩以“作业 20%+小测 15%+期中考试 25%+期末考试 40%+Project 额外加分”的形式构成,平均成绩约 83 分,最高分为 100 分,除缺考外无不及格同学。

除了成绩本身,最让笔者感到惊喜和意外的还是 Project。原本以为大一学生面对这样有一定难度和综合性的 Project 会感到困难,呈现出效果会不如人意,但最终的成果其实超乎意料地好,涌现出了大量细致用心、思路新颖、水平突出的作品。与此同时,笔者本人对这些竺可桢学院新生的创造力、钻研精神和团队合作水平也有了更进一步的体会。

对于整个课程学习中的收获,绝大部分学生持高度正面评价。很多学生在自己的结课心得感想中记叙了自己完成 Project 时从最初面临一个完全未知领域的茫然失措到经历多番尝试后终于收获满满的心路历程,其中出现了“越来越明白计算机与真实世界、离散与连续的关系”“小组成员齐心协力共渡难关,记录下每个灵感迸发的瞬间”“从对 Matlab 一无所知到逐渐明白其中有趣的思想”“掌握基础的知识还要有宽广的视野”“深深爱上了物理学这门伟大的学科”“领悟到了建模的重要性,下个学期多选了三门相关课程”“一个人可以走得更快但要一群人才能走得更远”等语句,以及对马老师和助教一个学期工作的认可与感谢,这些饱含真情的文字读来令人感动,也是本次着眼于学生全面发展和终身成长的教学改革实践成效的证明。

## 4 对大学物理基础课教学改革的进一步思考

课程结束后,笔者在总结这一个学期的助教工作经验的基础上,继续思考大学物理基础课教学的改良路径,形成了一些更进一步的思考和建议。现将其中部分列举如下,供读者交流研讨。

第一,要在上课最初就明确好课程的定位,发挥好绪论课的作用。很多同学由于来自不同专业,在刚刚懵懂地进入大学阶段的学习时,对“大学物理”课程的定位与意义认识不够清晰。有的同学可能因为“大学物理”的目录中充斥着高中已

经学习过的那些公式定理(例如牛顿运动定律、动量守恒、能量守恒等),就会认为“大学物理”仅仅是高中物理的重复,不能带来很多新的知识,产生轻视现象,或仅仅抱着“刷学分、混绩点”的心态参加学习;有的同学却对“大学物理”寄以过高的期望,误以为这门课会介绍很多理论物理的前沿内容,而当这种期望不能被满足时又会产生迷茫。这些对课程定位的认知不清都会影响学习兴趣和学习效果。因此,我们要更加重视绪论课的教学:在很多教师的教学实践中,通常不重视绪论课,甚至直接将其忽略,第一堂课就“直击”课程内容,这样做看似节省时间,实则埋下隐患。绪论课教育的目的是让同学们对“大学物理”这门课的定位与目标有一个整体的认识,强调大学物理与高中物理之间的联系与区别(尤其是体现在对物理对象的建模、高等数学方法的应用、科学研究方法的普及上),强调我们能从大学物理课程中学到什么,强调大学物理基础课与后续各门专业课之间的关系,帮助同学们尽快适应“大学物理”课程的学习。

第二,在“重视专业衔接”和“保持通识课本色”间取得平衡。正如之前所论述的,大学物理基础课作为广大理工科专业必修的通识基础课,与物理学专业课存在显著区别。在教学过程中,我们固然要关注学生的专业背景及与后续专业知识的衔接,提示同学们知识点背后可能的延展方向,但也要注意——要避免大学物理基础课的“物理专业化”,也要避免“特定(其他)专业化”,引导学生不要只偏向于其中看似和自己专业相关的部分。在结合学生后续专业与发展兴趣的同时,必须始终明确:大学物理基础课不是为某个特定的专业打基础,而是为通识教育的总目标、为人的全面发展打基础<sup>[2]</sup>。因此,不可以仅仅是为了回应某个专业对学生培养的要求,就改变教学的侧重点或删减教学内容,要保证全体学生都能受到全面、广泛的基础物理教育,这同时也是因为学生的发展道路本就不应该被局限在某个特定的专业上,大学物理基础课作为共同平台课程要为学生全面发展奠定可能<sup>[5]</sup>。

第三,关于过程性考核。在考勤方面,应当尽量减少“显性”考勤,多使用手机回答问题、小测代替考勤等“隐性”考勤,既可以节省时间精力又易于学生接受。在作业方面,应当更多编制具有代表性和创新性、能够反映物理学知识在各专业后续学习和生产生活中的实际应用以及现代高新技

术与科学进展、能给学生以获得感和成就感的习题<sup>[11]</sup>,这些习题辅以合适的阅读材料(例如本文中介绍的),恰能成为大学物理基础课关联后续专业学习与学生未来发展的重要载体。对平常作业的定位应该是“自我练习”,宜使用“完成度”而非“正确率”作为主要的评分标准,结合作业讲评,这样能够尽可能减少作业抄袭现象,使作业能反映真实学情。

**第四,建设“大学物理基础课课程群”。**大学物理基础课的教学改革不应仅限于持续一两个学期的“大学物理”课程本身,而是应当形成一个尽可能完整的通识教育体系,将它打造成面向全校学生进行通识教育的平台以及学生的个性化学习矩阵,进一步提升通识教育水平和各专业学生科学基础与素养,为孵化更多“跨学科交叉”领域的“成长点”造就可能。同时,“大学物理”本身还面临着课时数不足的压力,因此开设多层次且内容丰富的选修课程、建设体系化的“大学物理基础课课程群”就成为了必然选择。例如,面向大一第一学期的学生,开设“大学物理新生预修课”;针对对理论物理“四大力学”知识感兴趣、有热情的非物理专业学生,开设连贯性、综合性的“理论物理基础”课程;针对人文社科类专业的学生,开设“人文性而非技术性”的,将物理学作为“人类的奋斗历程”来介绍的“公众物理学”<sup>[12, 13]</sup>,真正着重于物理学的人文含义以及物理学与当代人类共同面对的社会挑战之间的关联;对于更有想法、兴趣广泛的学生,还可以开设包括“宇宙中的生命”“物理学与人工智能”“创意科学可视化”等在内的通识选修课,甚至教授赵凯华先生的“定性与半定量物理学”<sup>[14]</sup>,乃至效法清华大学探索开设“费曼物理学”<sup>[15]</sup>……要凝聚更广泛的力量,争取学校层面在新课程建设、平台建设、考核方式与评价改革、荣誉课程制度上的支持,鼓励对本科生更多向度的评价,为完成某些较高难度的本科课程(或“荣誉课程”)的本科生以一定政策倾斜(或者荣誉激励等方式)来提高本科生选修较难课程的积极性,缓解过分追求高绩点带来的学习目的“异化”,真正关注于学生的成长成才。

**第五,关于教师队伍建设和组织机制保障。**一切工作,人是关键。大学物理基础课的改革,需要一支热爱教学、潜心育人、德才兼备、素质全面、放眼长远、终身学习的教师队伍。这不但对教师提出了要求,也意味着学校、院系、社会要正

确认识到本科教学工作的重要性和教育事业“百年树人”的特点,凝聚“以本为本”和“四个回归”的共识<sup>[16]</sup>,尊重教学规律,为教师提供能够潜心教学、钻研教学的条件、环境和机会,保护教师的教学热情和创造性,激发教师投身教学工作的认同感与成就感。要扭转“重科研、轻教学”的现实局面,落实“破五唯”的要求,在岗位设置、职称评聘、薪酬与福利待遇、基金项目与奖项申报等方面为以教学为主职的教师创设不受歧视、宽阔畅通的发展空间。<sup>[3]</sup>要创新教学评价体制,构建多主体、全方位、科学公正的教学评价体系以促进教学质量的改进与提升——既不能出现过度重视教改论文、教改项目等“硬性指标”而对课堂教学的实际效果毫不关心的现象,也不能出现过度依赖学生评教结果而使得“分高、事少、段子多”的“水课”大行其道的现象。要更加鼓励教研、推崇创新、允许试错,鼓励教师踊跃开设新课程、踊跃尝试新教法、踊跃承担新的教改项目和发布新的教研成果,鼓励有教学理想的青年人才作为新鲜血液加入到教师队伍中来,让他们的天赋在教学岗位上得到发挥;让他们的价值在教学岗位上得到体现;让他们的梦想在教学岗位上得以成就。

## 5 结语

本文以一名研究生助教的视角,介绍了一次在浙江大学竺可桢学院开展的别开生面的大学物理基础课教学改革实践经历,尝试将“为学生终身成长奠基”的理念真正融入课程教学之中。比较独特的是,这场教学改革是由研究生助教深度参与且发挥主观能动性与创新性的。在这个教学相长的互动过程中,笔者积累了很多重要的经验,也由此引发了对大学物理基础课教学改革的更深入思考。如今将它们整理成文,分享给物理教育界,相信能引发更多有意义的思考和讨论。教学改革毕竟是关系到无数我国青年学生终身成长的大事,以上思考和尝试仍是初步的,还需要笔者日后(乃至未来真正走上教学岗位后)进一步探索和沉淀。

最后,节选笔者本人在学期末与学生们的告别语,为本文作结:

“有些同学可能体会到了,普通物理这门课有‘一节更比六节强’的感觉。除了学习到物理,还牵涉到英语、数学和计算机的大量知识,这还不算天文地理生物工程历史哲学大杂烩的补充材料。

其实这是因为——我们研究的其实仅仅是我们所热爱的大自然而已,而大自然从来不分什么学科的呀!为了研究大自然、为了理解宇宙,我们当然要会使用一切能用的知识、方法或工具;为了改变世界、为了创造美好未来、为了实现共产主义的理想,我们必须有更宽广的视野,要吸收人类文明的一切优秀成果。而物理学,作为通向大自然各个角落的窗口,恰恰就是人类探索世界过程中最经典的理性智慧结晶。学习物理学,能够与‘无尽的远方、无数的人们’产生共鸣。”

“不得不说这门课程还是挺考验大家的综合能力的,或许有不少同学是在这门课程上第一次使用英语学习物理课、第一次用微积分解决科学问题、第一次使用科学计算器、第一次知道连续和离散的区别以及数值方法的重要性、第一次学用 Matlab 等科学软件、第一次入手做一个完整的‘微型’科研课题,甚至说是第一次知道怎么打公式和画插图、第一次知道去哪找文献和电子书、第一次知道科学论文的排版要求、第一次用标准的格式写参考文献,等等。或许再过几年之后回头会发现,你的某些人生选择的苗头或者说种子,可能就是那一节普物课上种下的。”

**致谢:** 本文全体作者感谢当年所有选课的竺可桢学院学生对“普通物理学 I(H)”课程及教学改革的支持。

笔者(本文第一作者)感谢浙江大学物理学院王凯教授同笔者关于本科课程教学、拔尖人才培养等主题的讨论以及在本文成文过程中的指导,感谢物理学院林海青院士、潘正权副教授同笔者关于本科课程教学的讨论交流。

#### 参 考 文 献

- [1] RESNICK R, HALLIDAY D, KRANE K S. Physics, 5th edition[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [2] 陈佳洱, 赵凯华, 王殖东. 面向 21 世纪, 亟待重建我国的工科物理教育[J]. 工科物理, 1999, (5): 1-3.  
CHEN J E, ZHAO K H, WANG Z D. Physics education of the engineering course in China towards the 21st century needs prompt reestablishment [J]. Engineering Physics, 1999, (5): 1-3. (in Chinese)
- [3] 李永刚. 以教学为业: 大学教学型教师发展的理据与制度构想[J]. 高教探索, 2019, (5): 107-12.  
LI Y G. Teaching as a vocation: The basis and institution construction of university teaching teachers[J]. Higher Education Exploration, 2019, (5): 107-12. (in Chinese)
- [4] 教育部高等学校大学物理课程教学指导委员会编制. 理工科类大学物理课程教学基本要求 理工科类大学物理实验课程教学基本要求(2023 年版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- [5] 朱毓雄, 王向晖. 大学物理课程的教学要走在学生发展的前面——对《非物理专业理工科大学物理课程教学基本要求》的解读之三[J]. 物理与工程, 2009, 19(6): 13-6.  
ZHU H X, WANG X H. The teaching of university physics courses should go ahead of students' development—Interpretation of the basic teaching requirements of university physics courses of non-physics majors of science and technology(III)[J]. Physics and Engineering, 2009, 19(6): 13-6. (in Chinese)
- [6] 赵亚溥. 力学讲义[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [7] 赵凯华, 罗蔚茵. 新概念物理教程 热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [8] TAYLOR G I. The formation of a blast wave by a very intense explosion. - II. The atomic explosion of 1945[J]. Proceedings of the Royal Society of London Series A Mathematical and Physical Sciences, 1950, 201(1065): 175-86.
- [9] QUELOZ D, BOUCHY F, MOUTOU C, et al. The CoRoT-7 planetary system: Two orbiting super-Earths[J]. Astronomy and Astrophysics, 2009, 506(1): 303-19.
- [10] LÉGER A, ROUAN D, SCHNEIDER J, et al. Transiting exoplanets from the CoRoT space mission-VIII. CoRoT-7b: The first super-Earth with measured radius[J]. Astronomy and Astrophysics, 2009, 506(1): 287-302.
- [11] 潘正权. 大学物理教材习题配置研究[J]. 教学与教材研究, 1999, (3): 46-7.  
PAN Z Q. Research on the allocation of exercises in college physics textbooks[J]. Teaching and Textbook Research, 1999, (3): 46-7. (in Chinese)
- [12] HOBSON A, 秦克诚, 刘培森, 等. 物理学的概念与文化素养[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [13] 赵凯华, 秦克诚. 一本人文的而非技术性的物理教材: 评介 A. Hobson 著《物理学: 基本概念及其与方方面面的联系》[J]. 大学物理, 2002, (8): 44-6.  
ZHAO K H, QIN K C. A Humanistic rather than technical physics textbook: A review of A. Hobson's physics: Concepts and connections[J]. College Physics, 2002, (8): 44-6. (in Chinese)
- [14] 赵凯华. 定性 & 半定量物理学 第 2 版[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [15] 阮东, 王青, 徐湛. “费曼物理学” 10 年教学小结[J]. 物理与工程, 2018, 28(6): 15-7.  
RUAN D, WANG Q, XU Z. A brief summary of 10-year teaching of the course Feynman physics[J]. Physics and Engineering, 2018, 28(6): 15-7. (in Chinese)
- [16] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2019, (3): 34-41.