

师范类“热力学统计物理”教学过程中的思考^{*}

周春丽 张 珍 杨会静

(唐山师范学院物理科学与技术学院 河北 唐山 063000)

(收稿日期:2022-11-24)

摘 要:热力学统计物理是一门师范类物理学专业的重要理论课程,为了培养师范生的学科素养,从而帮助学生在毕业走上教学岗位后,成为一名合格的中学物理教师,本文对热力学统计物理教学过程中遇到的问题进行思考,并提出改进方案,希望能够提高教学效果,扎实物理师范生的学科素养。

关键词:热力学统计物理;教学问题;教学方法;教学设计

党的二十大报告中提出“要加快建设教育强国、科技强国和人才强国”,对于师范类院校来说,培养高素质的师范生是重中之重,而对于物理师范生来说,应具备扎实的物理专业知识和物理学的思维方法,热力学统计物理作为物理学四大力学课程之一,是研究热现象和热运动规律的重要课程^[1-2],在学习本门课程之后,学生不仅应该能够完善物理学专业知识体系,还应该能够建立学习物理学知识的思维方式,同时也为以后成为合格的中学物理教师打下坚实的基础。而在讲授本课程时发现了一些问题,首先本门课程理论性较强,与实际结合较少,同时在课程内容里涉及非常多的数学语言,导致学生学习兴致不高,对课程内容望而却步,因此对于教学方法和教学设计进行深入思考是十分有必要的。

1 教学过程中存在的主要问题

首先,热力学统计物理课程内容综合性较强,先修课程的掌握程度对本课程教学影响较大,在授课的过程中发现学生由于各种原因导致基础知识掌握不牢,不能很好地将已经学过的课程知识联系起来,未能形成很好的知识体系。比如本课程的第一章基本是“热学”^[3]中学习过的内容,因此第一章在本课程的讲述中应该起到承接的作用,但是可能由于热学和本门课程的学习时间间隔了一年,因此学生会在刚开始学习本门课程时接受度差。另外热力学统计物理包含很多的数学语言,需要进行大量公式推

导,而这些过程又是学生必须了解的内容,所以容易造成教师满堂灌的授课模式,学生普遍体现出数学基础薄弱的特点,因此教学的推进产生了困难,学生的学习兴趣也会下降,综合结果可能会使得课堂枯燥乏味,且不能达到良好的教学效果。且热力学统计物理是从宏观和微观两个角度研究热运动的规律性和宏观物质的性质,因此理论知识较多,与实际生活联系较少,同样也会导致学生学习兴趣不高,教学过程乏味。

2 教学改革探索

2.1 探索教学方法

本课程知识内容主要包含热力学和统计物理两大部分,从知识结构上来说这两部分是相辅相成的关系,热力学从实验观测的角度去解释热现象的规律,进而分析物质的宏观性质和宏观过程进行的方向和限度等问题,而统计物理从微观角度以物质是由微观粒子组成的事实出发,通过建立模型利用统计物理学的理论得出物质的特性,进而分析微观机理^[1-2]。因而这两部分在知识内容和要解决的问题方面存在着相同之处,基于这种课程特性,探索适合本课程的学习方法是至关重要的,在课程的讲授过程中,需要帮助学生找到好的学习方法,反映到授课上就是探索合适的教学方法。

2.1.1 以点带面式教学法

基于大多数学生对已学过的物理专业课程知识

^{*} 唐山师范学院首批协同提质计划对接基础教育教学研究与改革项目,项目编号:2023XTTZ023;唐山师范学院教学改革项目,项目编号:2022JG23。

作者简介:周春丽(1990-),女,博士,讲师,主要从事物理教育教学和储能炭材料等方向的研究工作。

并没有形成好的知识框架的特点,在讲授本课程相关内容前后积极引导看书预习和复习,如在讲授“热力学的基本规律”时向学生们提出几个关键词:“热力学三大定律”“温度”“内能”“焓”“熵”“自由能”和“吉布斯函数”,让学生们回忆之前热学里讲过的相关知识,同时在复习本章内容时,以6个讲

到的状态函数为起点,引导学生们回忆与这6个状态函数有关的知识点,思维导图能够有效训练学生的思维能力^[4],因此以思维导图方式帮助学生进行复习,如图1所示,从而达到以点带面地帮助学生建立知识网络,缕清各个知识点之间的关系,从而加深对于理论知识的理解效果。

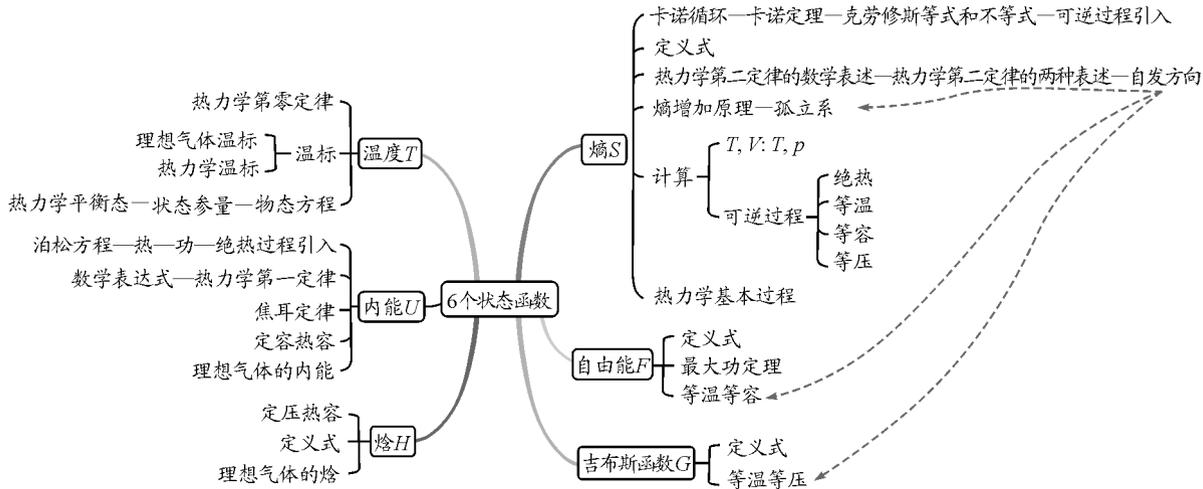


图1 由6个状态函数复习热力学基本规律章节内容的思维导图

2.1.2 模块化教学法

基于课程的热力学和统计物理解决的问题的一致性,将对于物质同一性质的分析内容进行整合形成不同的模块^[5],在讲授的过程中作为讲授背景或者复习时的方式,也就是在纵向讲解之后,进行横向的复习,以此加深学生们对于知识的理解,促进知识框架的形成。

在热力学部分讲到的非常重要的3个基本热力学函数为内能、物态方程和熵,而统计物理从统计学

的角度借助数学语言也能够写出这3个函数的统计表达式,因此可以如表1所示以内能、物态方程和熵分别建立模块,将热力学和统计物理部分的相关知识点罗列整合起来,达到帮助学生们学习知识的目的,同时也能加深学生们对知识在热力学和统计物理两个角度的理解。当然热力学和统计物理都讲解到的实际气体的物态方程、热容和热辐射等也可以采用此种方法,进而加深学生们对于科学进步的体会。

表1 模块化教学法示例:物态方程、内能和熵

热力学函数	热力学部分	统计物理部分
物态方程	定义 理想气体的物态方程 范德瓦尔斯方程	玻耳兹曼统计中物态方程表达式 理想气体的物态方程 玻色 / 费米统计中物态方程表达式 正则系综中物态方程表达式 正则系综中求实际气体的物态方程 巨正则系综中物态方程表达式
内能	热力学第一定律 热力学基本方程 定容热容 克氏方程 空腔辐射的内能 开系的热力学基本方程	玻耳兹曼统计中内能表达式 能量均分定理 理想气体的内能和容量 玻色 / 费米统计中内能表达式 普朗克热辐射公式 费米能级 正则系综中内能表达式 巨正则系综中内能表达式

续表 1

热力学函数	热力学部分	统计物理部分
熵	克劳修斯等式和不等式 定义式 热力学基本方程 熵增加原理 麦氏关系 空腔辐射的熵 熵判据	玻耳兹曼统计中熵表达式 玻耳兹曼关系 理想气体的熵 玻色 / 费米统计中熵表达式 正则系综中熵表达式 巨正则系综中熵表达式

2.1.3 类比教学法

本课程中应用到的数学语言较多,学生在学习的过程中往往容易迷失在数学公式中,但是各个章节的知识点之间是存在着相关性的,甚至是相似性,在教学的过程中为学生捋清楚关系,通过类比的方法强调各个知识点间的关系能够很好地帮助学生记忆和理解课程内容^[6]. 比如在讲解到开系的热力学基本方程时,引导学生与前面章节讲过的内能、焓、自由能和吉布斯函数的全微分方程进行对比,可以发现开系的热力学基本方程是在这些全微分方程的基础上加一项,这是因为开系时系统与外界会有物质交换导致的;在讲解 3 个不同系统的最概然分布时可以发现,在玻耳兹曼分布基础上分母减 1 为玻色分布,分母加 1 为费米分布;在讲解不同系统下的热力学量的统计表达式时可以发现,在记忆了玻耳兹曼统计下的内能和物态方程的表达式后,除以 N 即为玻色 / 费米统计、正则系综和巨正则系综中的表达式,只不过后 3 个体系的配分函数表达式和符号不同.

课程内容中还有许多地方存在着相似之处,在教学的过程中引导学生们进行类比,一方面使得知识点尤其是数学语言易于记忆,另一方面也能够加深对于知识深化的逐步理解,提高学生对于课程内容的接受度.

2.2 激发学生学习兴趣

2.2.1 挖掘课程内容与科学前沿知识的结合点

虽然本门课程与实际生活结合的地方较少,但是在更深层次的科学研究方面起着十分重要的作用,在授课过程中将科学前沿的知识展示给学生们,以此也可以激发学生的学习兴趣,提高教学效果. 如表 2 所示在讲解温度和热力学温标后,向学生们介绍疫情时期出入各个场所用的比较多的测温枪的工作原理;在讲解到相图知识点时,介绍铁碳合金相图

在研究钢铁材料性能方面的重要应用;在讲解到热辐射的热力学理论时,了解了任何物体在任何温度下都辐射电磁波后,向学生们介绍电磁波辐射在日常生活、医用设备和航空航天等领域都有一定的危害,由此可以向学生们介绍当前科学研究比较热的吸波材料和电磁屏蔽材料;在讲到平衡的稳定性条件时会涉及亚稳平衡状态,向学生们介绍国际上科学研究热点亚稳材料;在讲解到系综及系综的分类时,向学生们介绍目前应用比较多的理论计算分析材料的性质,如在 VASP 软件中计算物质结构参数时就会用到系综的知识,并介绍相关教师理论计算的成果,这样学生们既能够体会到课程知识和生活的结合,同样也将提高他们对于科学研究的兴趣,进而激发学生的学习兴趣. 因此在课程设计的过程中不断追踪物理相关科学前沿,并在课上相关知识点部分给学生们进行知识拓展,能够激发学生的学习兴趣,开阔视野,同时加深对物理和生活、科学息息相关的认识.

表 2 课程知识点与科学前沿契合点

课程知识点	科学前沿知识
温度和热力学温标	测温枪的工作原理
相图	铁碳合金相图
热辐射的热力学理论	吸波材料和电磁屏蔽材料
亚稳平衡状态	亚稳材料
系综理论	VASP 模拟材料结构

2.2.2 打造翻转课堂,激发学生学习的主动性

物理师范生未来大多数将走上讲台成为一名教师,因此对于学生授课能力的培养是重要的,激发学生学习主动性是必要的^[7]. 可以在课程教学过程中合理地设计几种以学生为主体的小课堂,培养教学能力,比如:(1) 在课程学习的过程中选择一些小的知识点,让学生们自己去查阅相关资料,准备一定时间的小课堂为大家讲解,在这个过程中学生可以体

会到“备课—授课”的全过程,同时通过查阅各种资料也能学习到很多的知识,激发学习的主动性,提高自主学习的能力;(2)将班级学生进行分组,每个小组自行选取一小节的内容进行拓展,通过查阅资料,让学生们试着撰写课程知识和生活、科研工作等联系的报告,这样既能够加深对于课程知识的理解,也能够发挥学生们的主观能动性,让课程内容更加生动,学习成果计入最终考核成绩,实现按照师范专业认证对学生过程性考核;(3)提高学生的参与度,比如在讲解到玻耳兹曼系统、玻色系统和费米系统时,为了让学生更加形象地理解不同系统的区别,可以让两名学生代表两个粒子,让学生们想象两名学生进入3间教室,分别展示出在不同系统中两个粒子占据3个量子态的时候会有多少种可能的微观状态,会使学生们对于不同系统的区别印象更为深刻。

2.3 做好数学语言准备

由于本课程讲授过程中包含着大量的数学语言,在讲授新课程前必须为学生们打好数学基础,所谓“磨刀不误砍柴工”,因此每次课程前先为学生讲解本节课中要应用到的数学知识,打通数学推导过程,防止学生在物理公式推导的过程中“迷路”,产生厌倦心理。如在讲述麦氏关系时,将全微分和求偏导的知识先讲解给学生,就会提高学生对于推导过程的接受程度。在讲解热动平衡判据时,先带领学生们回忆一条曲线在某点上有极值和极大值的条件,加深学生们对于平衡条件和平衡稳定性条件得出的理解。在讲不同分布下的微观状态数求法时,先铺垫独立事件的乘法定理和排列组合的知识,提高学生对于微观状态数求法的理解。在讲玻耳兹曼分布、玻色分布和费米分布时,先介绍斯特林公式和拉格朗日

未定乘子法,帮助学生们很好地理解如何由微观状态数求解最概然分布,从而为后面玻耳兹曼统计、玻色统计和费米统计的讲解打下基础。虽然数学语言在推导物理公式过程中是必要的,也是不可缺少的,但是一定要在推导之后为学生们展示物理公式推导过程的演化思路,加深学生们对于物理公式推导过程的理解。

3 结论

本文结合师范生热力学统计物理课程教学的实际情况,提出了存在的问题和相应的课程教学改革方法,从探索教学方法、激发学生学习兴趣和做好数学语言准备三大方面着手,得出提高学生的学习兴趣 and 能动性是有效提高教学效果的途径,同时在这个过程中也能够提高师范生的教学能力和逻辑思考能力,助力物理师范生的培养。

参考文献

- [1] 汪志诚. 热力学统计物理[M]. 北京:高等教育出版社, 2019:1-321.
- [2] 林宗涵. 热力学与统计物理学[M]. 北京:北京大学出版社, 2007:1-637.
- [3] 李椿. 热学[M]. 北京:高等教育出版社, 2015:1-275.
- [4] 塔金星,李春雷,李玉,等. 思维导图在热力学与统计物理(二)教学中的应用研究[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(9):70-71.
- [5] 于景新. 热力学统计物理课程线上线下混合教学的尝试与实践[J]. 河南教育, 2021(8):84-85.
- [6] 杨洪涛,冀文慧. 热力学统计物理课程教学改革[J]. 集宁师范学院学报, 2021(5):27-29.
- [7] 陈亚江,曹伟平,黄海燕. 师范类热力学统计物理课堂教改实践[J]. 丽水学院学报, 2014, 36(5):77-79.

Thinking on the Teaching Process of Normal Thermodynamics and Statistical Physics in Normal Universities

ZHOU Chunli ZHANG Zhen YANG Huijing

(School of Physics and Technology, Tangshan Normal University, Tangshan, Hebei 063000)

Abstract: Thermodynamics and statistical physics is an important theoretical course for normal physics student. To develop the discipline quality of normal students and then promote them become qualified middle school physics teachers after graduation. This paper analyzes the questions in the teaching process and puts forward improvement projects. We wish these approaches can bring good teaching effect and improve the professional knowledge ability of normal physics student.

Key words: thermodynamics and statistical physics; teaching questions; teaching method; teaching design