

21 世纪物理专业知识的培养对《热学》教学的要求*

吴寿煜[†] 张忠锁

(河南大学物理与信息光电子学院 开封 475001)

摘要 文章从《热学》的教材建设、物理学思想、教学内容和教学方法等方面阐述了 21 世纪物理专业知识的培养对《热学》教学的要求.

关键词 热学 教学内容 教学方法

ON TEACHING HEAT FOR THE 21ST CENTURY

WU Shou-Yu[†] ZHANG Zhong-Suo

(School of Physics and Information Optoelectronics, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract This article discusses how to improve the teaching of courses on *Heat* for physics professionals of the 21st century.

Key words Heat, teaching content, teaching method

1 《热学》教学内容的现状及存在的问题

《热学》的主要思想内容来源:1857 年克劳修斯在《论我们称之为热的运动》一文,首先阐述了理想气体分子动力论的微观模型,对气体压强作了统计解释,开创了将统计方法引入物理学的新时代;以后,1859 年麦克斯韦发表了《气体分子动力论的说明》,应用概率和气体分子按速度分布应有的对称性质,第一个引进速度分布函数的概念,并从理论上导出了著名的麦克斯韦速度分布律.随后,玻尔兹曼于 1869 年把麦克斯韦的分布律推广到势场作用下的气体分子在空间的分布,得到著名的玻尔兹曼因子,并于 1872 年提出了 H 定理,为系统有趋向平衡态并停留于此态的自然趋势提供了统计解释,提供了从微观出发,直接计算系统熵的方法,这就是著名的玻氏熵公式.这使热力学第二定律从微观上得到说明,归结为熵增加原理^[1].可以看出《热学》内容主要是建立在 20 世纪前的科学结构和体系上,20 世纪以来科学技术发展的巨大成就很少进入《热学》课程体系.

20 世纪的 40—50 年代,出现了一系列崭新的科学技术理论,主要是:N·维纳于 1948 年从研究飞机飞行曲线的预测等问题后,提出来的控制论;申农研究通信问题提出的信息论;生物学家 L·V·贝塔朗菲从生物研究中提出来的系统论,就其以后的进展来说,它们各自向纵深发展而又相互渗透,在这个过程中形成了一系列边缘学科,对科学技术与社会的发展产生了重大而深远的影响.20 世纪 60—70 年代,又产生了一系列崭新的科学技术理论,主要是:哈肯从激光的研究中得出的协同论;数学家汤姆创立的突变论;化学家普列高津研究化学振荡得出的耗散结构理论.这些理论已经在人们思想上产生了深刻的影响,其应用范围几乎遍及整个自然科学和社会科学.其所以如此,因为世界上的一切系统说到底都是开放的非平衡系统,而《热学》课程内容仍然停留在玻尔兹曼 1869 年的研究成果上:“为系统有

* 教育部世界银行贷款“师范教育发展”(课题编号 JG451)资助项目,河南省高等教育面向 21 世纪教学改革计划(项目编号:74-1)资助项目

2002-03-06 收到初稿,2002-08-22 修回

[†] 通讯联系人, E-mail: wushouyu@sina.com

趋向平衡态的自然趋势提供了统计解释”。这种平衡态只是在某种时间、空间范围的近似。研究非平衡开放系统的变化规律具有根本的理论意义,而当今科学技术发展的结果,扩大了人们认识的时空范围,使人们原来在小的时空范围内认为是静止的不变的系统,而今看到了它的发展变化,不得不用开放的、非平衡的和变化的观点来处理它们,过去用平衡系统观点所不能解决的问题,而现在有许多用非平衡的观点都顺利得到解决,这是这些理论被人们重视的根本原因,因而在《热学》课程内容中,陈旧的教学内容和体系与先进的科学前沿理论的矛盾日益尖锐,已经到了影响培养21世纪人才的地步。

2 国外对《热学》的研究概况及发展趋势

国际上以研究物理教育为宗旨的组织是“国际物理教育委员会”(International Commission on Physics Education,简称ICPE),这一组织每隔两年就组织一次有关物理教学与物理学前沿科研间的联席会议。1992年,在西班牙Bajadoz市召开了“现代物理教学:统计物理学,热力学”会议。会议的主要议题是如何把科研和教学有关领域的新发展纳入教学内容范围。

大学基础物理学规划(The Introductory Universities Physics Project,简称IUPP)始于1987年8月。这个规划是由美国物理学会(APS)和美国物理教师协会(AAPT)共同发起的,它是出于一个广泛而共同的信念:基础物理课程需要进行重新评价。因为目前普遍反映基础物理课程大量忽略20世纪物理学的内容。IUPP聚合了70余位教授分成6个小组:(1)经典力学;(2)统计物理;(3)电磁学;(4)量子力学;(5)现象学;(6)教育学。他们从事研究基础物理课程的改革。统计物理的改革方向:把现代微观理论和日常经验中观察的现象联系起来,把热力学第二定律作为物理学中最普遍的原理之一。教程内容有:物质结构,功和能,熵原理,孤立系统,基础统计概念等^[2]。我们认为IUPP的改革思想是保留经典精华,插入现代微观理论,加强理论与实践的联系。

3 国内对《热学》教学内容的研究概况及发展趋势

国内的专家学者认为:“为了适应当前科学技

术的迅速发展和21世纪可能面临的趋势,应该不断地把与课程有关的科技发展的新成就、科学研究的新方法和理论研究的新进展,充实到教材中来,或者开设一些‘窗口’和安装一些‘接口’,便于学生瞻望一下基础学科内容与近代科技前沿之间的关系,开阔眼界,启迪思维,增强学习的兴趣,这无疑是有益的。”

4 《热学》教学内容的改革方案

4.1 改革的理论根据

我们改革《热学》教学内容的理论基础是美国著名认知心理学家和教育家布鲁纳的教育理论渗透着系统论的思想和观点。他提出的结构主义教育理论强调了结构的重要性,并进一步指出,无论我们选择什么学科,务必使学生理解学科的基本结构。所谓学科的基本结构是学科的基本概念和原理之间具有内在联系并起普遍作用的知识体系。

我们认为《热学》和许多相关近代物理课题可以组成一个有机的整体。因为这些课题是在热学的基本概念和基本原理上产生的,它们的发展对热学产生着深刻的影响。这表现为一些基本热学概念建立在新的实验基础上,因而有了新的内涵;一些基本的热学原理有了新的应用,人们对这些原理的认识更加深刻,热学的原理有了新意。用现代的观点更新热学的内容是知识整体性和教学系统开放性的要求。热学作为一门基础课程,无疑是介绍现代物理学中已经成熟的,形成体系的,与热学系统紧密联系的,具有植根意义的基本理论。这些内容包括基本概念、基本原理和基本规律,这就是布鲁纳称之为的“一般观念”,它们应是教学的重点。

4.2 《热学》教学内容的改革方案

我们设计的《热学》教学内容包括:(1)经典热学知识的精华;(2)热学的最新成就;(3)热学在高科技中的应用;(4)高新科技的热学基础;(5)有关的科学发展史;(6)其他。

《热学》内容结构改变的方式:(1)局部融合式,即在热学和现代物理学中找出结合点,把相应的物理前沿内容渗透进去;(2)例题和习题取于热学的新进展;(3)集中专题式;(4)删减某些经典内容来增加现代内容。

下面介绍我们设计的《热学》教学内容的方案:
绪论 (1)简要介绍热学的研究对象和研究方法以及热学在现代科技、生产和生活的应用 (2)扼

要介绍热学发展简史,特别介绍 20 世纪热学的发展情况及热学与其他科学的交叉情况.

第一章 温度和基本热现象 渗透内容:负热力学温度和负温度热力学

第二章 气体分子运动论的基本概念 渗透内容:非平衡态现象和理论

第三章 气体分子热运动的速率和能量的统计分布率 渗透内容:结合麦克斯韦速度分布定律介绍分子束技术和分离同位素技术

第四章 气体的输运过程 渗透内容:介绍光的散射与气体密度涨落的关系

第五章 热力学第一定律 渗透内容:结合热力学循环介绍热管和热泵技术

第六章 热力学第二定律 渗透内容:远离平衡态系统中通过涨落导致的耗散结构和自组织现象

第七章 实际气体 渗透内容:大爆炸和宇宙膨胀

第八章 固体和液体 渗透内容:能源与环境

第九章 相变 渗透内容:连续相变和临界现象

4.3 教学内容中的几点说明

4.3.1 突出绪论课对前沿课题的介绍

绪论课在《热学》教学中具有纲举目张的重要作用.随着时代的发展,绪论课的内容也应有所革新.除了简单介绍《热学》的研究对象、研究方法和理论框架外,还应该介绍:

(1)在简史中加入现代内容,例如伽莫夫等人的大爆炸标准模型,古思等人的暴胀宇宙论, L·V·贝塔朗菲的系统论,普利高津的耗散结构理论,负热力学温度和负温度热力学,非平衡态现象和理论,分子束技术和分离同位素技术,光的散射与气体密度涨落的关系,热管和热泵技术.

(2)突出新时代前沿的介绍,例如宇宙常数,宇宙生命探索,生物物理(生命科学:癌、艾滋病、气功、遗传密码、基因工程),非晶态物理,等离子体物理等.

(3)应该强调热学具有魅力的美学和哲学特征,例如简洁美(最小能量原理,哈密顿原理),对称性破缺与可观测量并可引入科学哲学思考(例如宇宙万物有生于无,概率论与确定论,对称性及其自发破缺).

4.3.2 自由度概念的扩展

在讲经典的能量均分原理时,要讲自由度的概念,经典的自由度或空间维数都是整数,这是学生习

以为常的.此处可提出问题:空间维数有没有小数或分数呢?从而引入了分数与分形的概念,可举出自然界物体形状不规则的例子,可画出谢尔平斯基地毯与海绵等图形,可列出最通用的求豪斯多夫维数的公式

$$L^{D_f} = K, \quad D_f = \ln K / \ln L,$$

式中 D_f 是豪斯多夫维数, L 是部分放大倍数, K 是整体放大倍数,并可进一步举出一些图形的 D_f 的取值以及分形的实际应用举例.

4.3.3 熵理论在现代科技中的应用

热力学第二定律是物理学中最普遍的原理之一,熵概念在现代化的科技中发挥着越来越重要的作用.近代熵概念及其应用的广泛化,可以说应验了爱因斯坦远见卓识之言:“熵理论对整个科学来说是第一法则”.作为提高性与扩展性的知识,可将薛定谔的负熵与先农的信息熵,包括信息熵的概念与定义等以及自组织现象与耗散结构理论的概念要点等,插入此处讲解,既批判“热寂说”,也耦合生命的起源与发展,这样不仅深化了学生对熵概念的理解,而且引起了浓厚的兴趣,开阔了学生的视野.

4.3.4 大爆炸理论的引入

大爆炸理论使学生深化对温度概念的认识.它与微观粒子运动的联系,对宇宙的起源、膨胀和发展,地球的生成与发展,以致人类在宇宙中的产生时间及其发展都有一个更高的认识,对建立学生的辩证唯物主义世界观与人生观都有实践意义.越来越被实践证实了的大爆炸理论,是人类认识宇宙起源的基础.

4.3.5 能源问题

对各种能源包括太阳能、风能、核能、地热能、海洋能、气体能和生物能的介绍扩大了学生对征服自然的认识,这是走向未来的一个基础.介绍日本的能源情况,虽然本土能源缺乏,但日本的科学家们正向海洋开辟新能源,并提出要在 21 世纪向全体日本人民免费提供能源,真能做到这一步,那是对人类征服自然的一个贡献,对我们也是一个鞭策.

4.3.6 相变理论的新认识

随着高科技的发展,相变理论显得日益重要,人们在重点研究常见的一级相变时必须学习和掌握气液、液固、气固相变规律.目前,对一定温度条件下出现液晶和低温条件下出现的超导以及极低温度下出现的超流的研究正在蓬勃发展.除了平衡相变中的连续相变与临界现象之外,还有非平衡相变中的无序到有序相变(耗散结构)和有序到无序相变(混沌

理论)都涌现出了许多新成果,促使新理论产生.新世纪的大学生应该适应新形势的要求,努力拓宽这一方面的知识^[3].

4.4 教学方法的现代化

现代化的教学手段,特别是在计算机辅助热学教学中的应用,对改革传统热学教学模式,优化教学过程,提高热学教学质量和效率发挥了重要作用.这主要是因为 CAI,特别是多媒体化,网络化,智能化的热学 CAI 具有下列独到的作用:

(1)可以利用视频、图像、动画等技术生动形象地再现通常在热学教学中无法看到的宏观世界和微观世界,能利用特技将那些在热学中稍瞬即逝或非常缓慢的热学过程以平常的速度呈现出来,还可以通过形象的动画,鲜明的色彩,不断运动变化的情景和恰当的解说词展现和描绘物质内部结构运动过程.

(2)它可以突破传统热学的教学方法和教学手段在时间、空间、地域上的限制,多形式、多方位、多角度地展示复杂的热学过程和现象,从而更加有效地激发学生兴趣,加深学生对热学问题本质的理解.

(3)构建式、问题式、个案式、见习式、情景式等多种形式的 CAI 课件可以培养学生在具体环境中思考热学问题,分析热学问题及解决热学问题的能力.

(4)利用交互式网络,可以发展学生独立学习,协作学习和善于从广阔的资源中获取解决热学问题所需知识的综合能力等.

5 结束语

热学知识在当前高科技中占有相当的比重.我们把当前高科技中的新理论和新成果渗透在热学教学内容中,可使“现代化”贯彻整个热学课程,不仅使学生对热学教学内容有更深入的理解,而且让学生了解科学家正在向大自然探索的问题以及解答这些问题经常使用的方法,要给学生一些关于今日热学是什么的观念,要让学生体会到热学不只是事实与概念的集合,它是探索自然界的重要的思维方法.

参 考 文 献

- [1] 包科达. 大学物理教育专刊,1995,10(2):10 [Bao K D. Special Issue or Column of College Physics Education, 1995, 10 (2):10 (in Chinese)]
- [2] 恽瑛. 大学物理教育专刊,1992,5(1):1 [Yun Y. Special Issue or Column of College Physics Education, 1992, 5(1):1 (in Chinese)]
- [3] 刘锦成. 大学物理教育专刊,1997,14(2):19 [Liu J C. Special Issue or Column of College Physics Education, 1997, 14(2):19 (in Chinese)]

· 书评和书讯 ·

科学出版社物理类图书精品推荐

书 名	作(译)者	定 价	出版日期	发行号
计算方法	孙志忠	¥29.00	2002年8月	0-1578
半导体光谱和光学性质(第二版)	沈学础	¥88.00	2002年8月	0-0507
电磁学千题解	张之翔	¥48.00	2002年8月	0-1371
电磁学及其计算机辅助教学	陈义成	¥42.00	2002年8月	0-1587
流体的高压相平衡与传递性质	王利生	¥32.00	2002年8月	0-1285
高等原子分子物理学	徐克尊	¥25.00	2002年8月	0-1232
大学物理教程	程国均	¥55.00	2002年9月	0-1659
群论习题精解(物理专业用群论习题集)	马中骥	¥35.00	2002年9月	0-1615
电磁学	戚伯云	¥25.00	2002年9月	0-1187

即日起,欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书,并可免费索取书目.凡购书者均免邮费.有意者请按以下方式和我们联系.同时欢迎访问科学出版社网址 <http://www.sciencep.com>

电 话:010-64011127 传 真:010-64034622 电子邮件:luxiuming@sina.com

通讯地址:北京东黄城根北街16号科学出版社 邮政编码:100717 联系人:卢秀明