



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

普通物理学教程
热学 (第四版)

主 编 秦允豪
副主编 黄凤珍 应学农



非外借

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

普通物理学教程 热学 (第四版)

主 编 秦允豪
副主编 黄凤珍 应学农



高等教育出版社·北京

内容提要

本书及其前身先后获得国家教委优秀教材一等奖、国家级优秀教材二等奖,先后被评为普通高等教育精品教材、“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。本书在继续发扬我国物理教学严谨扎实的传统作风基础上,吸取美国教学灵活、求新、切合实际、注意创新的优点,在“实”的基础上进一步做到“活、新、宽”,注意热学和天、地、生、化、医、气象、工程等学科特别是和实际应用以及科研前沿间的联系,注意物理思维方法训练,特别是创新能力的培养。

为了便于各类学校教师从中选择内容进行教学,本书把教学内容分为三个层次四种印刷字体,任课教师可以根据学时多少和学生水平灵活地选择讲解。每章后面还配有不少阅读材料,可以开拓学生知识面,激发学生学习兴趣,有利于培养学生综合知识能力特别是创新能力。本书既有适应新世纪人才培养要求的先进性,又有符合我国各类高校物理教学实际情况的教学适用性,加上书中内容丰富多彩的趣味性,受到广大同行、专家和学生的的好评。

本书作为高等院校物理类、技术类相关专业的教材,也可供其他专业的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学教程.热学/秦允豪主编.--4版.--

北京:高等教育出版社,2018.8

ISBN 978-7-04-048890-6

I.①普… II.①秦… III.①热学-高等学校-教材
IV.①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 278556 号

PUTONG WULIXUE JIAOCHENG REXUE

策划编辑 程福平
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 程福平
责任校对 张薇

封面设计 赵阳
责任印制 刘思涵

版式设计 范晓红

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	山东临沂新华印刷物流集团有限责任公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	24.25	版 次	2002年1月第1版
字 数	500千字		2018年8月第4版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年8月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	50.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 48890-00

普通物理学教程

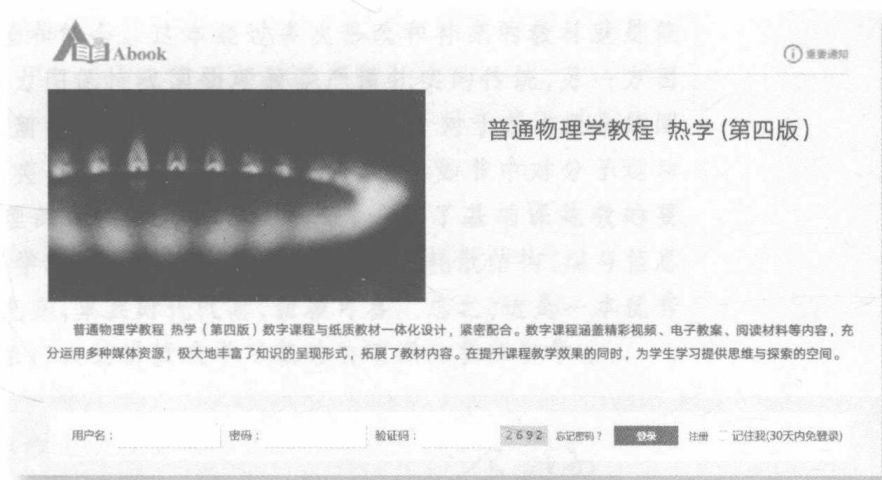
热学

(第四版)

主 编 秦允豪

副主编 黄凤珍 应学农

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1250772>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用



精彩视频



阅读材料



物理学家简介

<http://abook.hep.com.cn/1250772>

序

虽则当代科学发展的前沿未必都能在基础课教科书中得到充分的反映,但是由于学科视野的开拓和技术环境的变迁,必然会导致基础课教科书做出相应的变革,从而体现了新陈代谢的规律。

秦允豪教授在南京大学执教多年,长期承担了普通物理学中“热学”课程的任务,积累了丰富的教学经验和体会。这本经过多次修改和补充的教材就是他多年心血的结晶。一方面他力图保持我国物理教学严谨扎实的传统,另一方面也广泛吸取国外教学灵活求新的优点。这本教材的特色在于对于基本概念的阐述力求透彻清楚,层次分明,突出了规律与现象之间的联系,如书中对分子运动概念的引入,对能量均分定理的说明都可以作为例证,满足了基础课施教的要求。但它也尽可能触及一些学科发展新的生长点,诸如包含耗散结构、熵与信息的关系等内容,使教材丰满充实,卓具时代气息,新颖可喜。总之,这是一本优秀的基础物理教材,值得推荐给广大的讲授或学习基础物理课的教师和学生。

冯端

1999年5月28日

第四版编者的话

——在热学课程中如何培养学生的创新能力

一、情况介绍

本教材的前身是1990年在南京大学出版社出版的《热学》，1995年获得国家教委优秀教材一等奖。1999年在高等教育出版社作为面向21世纪课程教材、“九五”国家级重点教材出版，并于2002年获得全国普通高等学校优秀教材二等奖。2002年1月出版了第二版，它和2004年出版的《普通物理学教程 热学（第二版）习题思考题解题指导》一起于2006年被评选为江苏省高等学校精品教材。编者主讲的热学课程2005年被评选为国家级精品课程，使用的教材就是第二版。2011年1月出版了《普通物理学教程 热学》（第三版），它于2011年被评选为普通高等教育精品教材。2012年出版了《普通物理学教程 热学（第三版）习题思考题解题指导》。2014年《普通物理学教程 热学》（第三版）以及和它配套的教辅一起被评选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

二十多年来该教材一直得到全国广大教师、学生以及知名专家的一致好评。1992年10月，当时长期担任中国物理学会副理事长兼教学委员会主任、北京大学物理系系主任的赵凯华教授，对1990年出版的《热学》教材的评价为：“秦允豪的热学教材在他多年CUSPEA辅导基础上，广泛吸取国外教学优点，并保持我国严谨扎实传统，很好地体现了实、新、宽、活的特点。长期以来我国物理教材总是给人以‘千人一面’的感觉，许多书大同小异，缺乏特色和新意。秦允豪的教材则不然，不仅在物理概念上阐述清晰，而且注意物理模型和物理思想的分析；在讲解物理规律的同时，强调了规律与现象之间的联系。本教材最大特点是广泛从现代物理最新成就中提炼出适合基础教学的新颖内容，使教材丰满、充实，具有时代特色，它体现了今后改革的方向，是我国当前一本比较难得的优秀物理教材，应给予充分肯定。”

二、热学教材和热学课程改革的教學理念来自于杨振宁先生的教學思想

杨振宁先生从20世纪80年代开始曾经做过一系列有关我国物理教学现状的报告，到现在仍然有指导意义。他说：“物理学是一个多方面的学科，是一个活的科学，不是一个死的科学，是一个新的学科，是一个跟实验非常接近的学科，而不是整天在公式内打滚的学科。我之所以这样说，是因为中国有不少学生，确实被引导到一个死的物理学、旧的物理学以及跟实验完全没有关系的方向去了……应当多对新的东西，活的东西，与现象直接有关系的东西发生兴趣……不客气地说，中国过去几十年念物理养成了念死书的习惯……物理学要有骨干，还要有血有肉。有血有肉的物理学才是活的物理学……演算是物理学的一部分，

但不是最重要的部分。物理学最重要的部分是与现象有关的。绝大部分物理学是从现象中来的。现象是物理学的根源……我希望大家多注意新的东西,活的东西,与现象关系密切的东西。”详细内容可以看二维码资源“杨振宁教学思想初探”。本人认为,我们必须改变我国传统教学理念,重理论,轻实践,重前人知识的积累,轻知识创新的现状,在基础理论课程中让学生在物理以及和物理有关的其他领域的现象的探索中感受活的物理学和新的物理学。从而拓宽学生的知识面,培养学生分析并解决问题的能力 and 创新思维能力。

三、热学教材和教学内容的“实”“新”“宽”就是从物理现象着手教好活的物理学,培养学生创新能力的重要体现

(一)“实”,其一是指严谨扎实。正如20世纪八九十年代担任中国物理学会理事长的冯端院士在为该书所作的序中所说的:“一方面他力图保持我国物理教学严谨扎实的传统,另一方面也广泛吸取国外教学灵活求新的优点。这本教材的特色在于对基本概念的阐述力求透彻清楚,层次分明,突出了规律与现象之间的联系,如书中对分子运动概念的引入,对能量均分定理的说明都可以作为例证,满足了基础课施教的要求。”

其二是指加强学生的实践能力。对于理论课程,主要是指加强理论联系实际,联系物理现象的能力的培养。从现象中归纳出物理规律,得到物理规律以后,用它来解释新的现象,解决实际问题。

其三是指加强实际应用。例如在教材中有关太阳能热水器(选读材料3.6)、电冰箱(§4.7.3)、冷暖两用的热泵式空调器(§4.7.4)、汽油机和柴油机(§4.6.3)等内容,这些都是人们在生活中经常会接触到的,对于一个学习过普通物理的学生,最好能够了解的一些科普知识。

(二)“新”,指创新意识和创新能力的培养

创新能力的培养不是到工作以后再来的,而应该从幼儿园开始做起,但是从小学到中学,中考和高考成为压倒一切的指挥棒,因此就谈不上什么创新能力的培养。到了大学阶段有条件而且应该将它放到重要位置。可惜我国传统的教学思想和教学模式对创新能力的培养严重不适应。虽然我们不能够苛求学生有什么创新成果,但是应该逐步培养他们的创新意识,使得他们随时随地的关心、观察并且去思考周围的一切事物、现象的成因和发展趋势,它可以是物理学的,也可以是其他学科的,甚至社会各个方面的。而不是仅仅注意教师所教的内容,满足于每门考试都得到高分并且考上研究生就行了。显然在传统教学理念教学下的这样的学生的创新能力是得不到多少培养的。创新能力培养应该从低年级开始,应该在低年级基础理论课程中就开始培养。在基础理论课程中可以让了解当今科技的热点、新发现、新成就及应用前景,使之产生浓厚兴趣并从中得到思想上的启迪与动力,从而产生时代紧迫感,建立创新意识,为创新能力培养打下良好基础。对科技前沿的介绍,基础课与科普讲座不同的是,它必须与教学水平相适应。为此,教师应对科技前沿及高新技术中相关内容加以精选提炼,突出物理思想、物理思考方法,深入浅出地讲授,使广大低年级学生都能接受。在课堂上教师不可能也没有必要去讲述这么多知识,这完全可以通过教材



文档:杨振宁
教学思想初探

来解决。学生按照自己的兴趣利用课外阅读教材中的内容来学习新知识。对于学生来说,教材是增加知识的最好途径之一,并且是最有效的,因为这些知识的讲述方法是学生最容易接受和理解的。可惜传统教材对此很不重视。最近一段时间内编写的新教材已经有不少改进,但是还做得很不够。在本书中反映科学前沿的内容如:宇宙膨胀(选读材料 4.1)、暗物质(选 4.1.6)、暗能量(选 4.1.6)、白矮星、中子星、黑洞(选读材料 6.1)等。这些都是学生比较关心的热点问题。

(三)“宽”,不仅指拓宽专业口径和拓宽知识面,更要有比较强的综合各学科知识的能力。创新能力培养是要建立在宽阔的知识面以及综合知识的能力培养的基础上的。学问不是单维而是多维的。知识面广的话解决问题时可资利用工具多,思考问题会左右逢源,能起到触类旁通作用,这说明思维具有广阔性。拓宽知识面的传统做法,是让学生修学多门相关学科的课程。但长期以来,在严格按照分科讲授知识,“各人自扫门前雪,休管他人瓦上霜”传统思想以及按部就班、透彻法的教学观点影响下,各学科之间,同一学科的各门课程之间已形成很多壁垒。教学中很多横向联系内容被拒之门外,学生综合各科知识能力没有得到长足发展。在基础课教学中应适当加强物理学中各分支学科间相互联系及物理学与其他学科间的横向联系,在联系、比较和综合过程中培养学生的综合能力和科学思维方法,为创新能力培养打下宽实基础。

杨振宁先生在对学生的多次谈话中都强调:“要培养广泛的兴趣,不要把自己禁锢在狭窄的范畴内。一个人兴趣比较广,可以应付整个学术界前沿方面的千变万化的新情况……从中国传统影响的地方训练出来的人,普遍的兴趣会过于狭小……在这种教育制度下,有许多人往往变成胆子小,他们从训练阶段开始,就养成一种习惯,不敢发‘奇想’,觉得先哲已经这样那样做过了,我是那样的渺小,怎么能超过前人?”,他还指出:“广泛的兴趣,宽广的知识面,能够使对于物理学中新的东西有一定的敏感性,独立思考的能力则保证他们有自己的想法,而不是跟在别人的屁股后面跑,这样才能真正学有所成。”

本书的宽,具体体现在以下几点。

(1) 在本书中,有很多热学与天文、地质、气象、生物、化学、医学等联系的实例。如熵与信息(选读材料 5.2)、化学反应动力学以及催化剂和酶(选读材料 3.2)、温室效应(选读材料 3.4)等。

(2) 本书中介绍一些“三不管”的内容,也是“宽”的一种体现。既然是“三不管”,那么他必然是多学科的交叉点,它一定是培养综合知识的很好例子。多年来,在物理专业的物理学教学中有一些“三不管”的内容。例如辐射传热,它是自然界中到处存在,和科学技术以及人们的生活、生产的各方面都密切相关的重要现象。但是在热学学习阶段学生没有学过量子统计中的玻色统计,没有办法得到热辐射的基本定律——斯特藩-玻耳兹曼定律,所以不能讲。热力学统计物理课程中,认为辐射传热属于普通物理内容而不讲。近代物理中,认为它是热学问题不应该讲,所以这是“三不管”的内容。本人认为辐射传热是三种基本传热方式之一,热学中应该介绍。学时不够就安排在“选读材料 3.3 辐射传热”中介绍。没有学习过玻色统计,就把热辐射的光子气体被容器壁的吸收或者被

容器壁的反射类比于理想气体分子与容器壁发生碰撞以及被反弹的过程,然后再做分析,最后得到斯特藩-玻耳兹曼定律。这样就能够分析辐射传热,并且介绍一些简单的辐射传热问题,包括温室效应。

另外,为什么天空是蓝色的?为什么日出日落时太阳是红色的?这是每个人从儿童开始就存在的疑问。这也是物理教学中的“三不管”内容。在本教材中,作为涨落的一种现象,在“选 1.4.1 为什么天空是蓝色的?为什么日出日落时太阳是红色的?”中做了非常简单地介绍。

“新”和“宽”采用的是渗透法。杨振宁先生指出:“中国传统的学习方法是一种‘透彻法’。懂得透彻很重要,但是若对不能透彻了解的东西就抗拒,这不好。渗透法学习的好处,一是可以吸收更多的知识;二是对整个的动态有所掌握,不是在小缝里,一点、一点地学习”。

(四)“活”,热学教材和教学内容上的“活”就是在“实”“新”“宽”的基础上进一步强调科学思维方法的训练,特别是强调创新思维能力的培养。现行教学中过分强调逻辑思维而忽略形象思维(或称直觉思维);重演绎法而轻归纳法;多数学推演而少联系现象;过度强调严密性。但逻辑严谨并不一定能导致科技创新。科学发现技术创新常常不是首先在严密推理中,而是首先在想象力自由发挥中萌发的。要培养学生创新能力,必须使学生学会从现象的观察、分析出发,把合理想象与逻辑推理结合起来,把研究对象主要特征突出出来,成为理想模型后再作分析讨论的方法。

1. 教材中的“活”体现在数量级估计、量纲分析法(选读材料 3.1)等的应用上。特别是利用数量级的估计来解释一些物理现象。数量级估计是实际问题中非常重要的方法,因为它有利于一开始就从整体上把握住事物的度(或者量),然后再决定如何进一步的深入解决问题。在教材中有不少数量级估计的实际例子。例如:

(1) 由云雾中的水滴和雨滴的半径的数量级的不同,来估计它们自由下落的终极速度数量级是多少,从而说明为什么云雾能够悬浮在空中(请见 § 3.1.3 中“二、云、雾的形成·为什么云悬挂在空中不下落?”),而雨却能够落到地面。

(2) 通过树叶中水的扩散的数量级估计,说明植树造林对于调节气候的作用(§ 3.2.1)。

(3) 在布朗运动中利用涨落大小的公式(1.17)估计布朗粒子大小的数量级。在讲到布朗粒子的扩散公式(§ 3.2.2 看作布朗粒子运动的扩散公式 $\overline{x^2} = 2Dt$)时,估计在人的肺中氧气分子从肺泡中心扩散到肺泡壁的时间的数量级,说明人的呼吸过程中是如何通过扩散在肺中自动进行物质的交换的。

(4) 在牛顿冷却定律(§ 3.4.2)中估计集成电路的散热的数量级,说明在计算机中为什么应该对于微处理器(CPU)设置冷却装置。

(5) 在热辐射中估计太阳表面温度(选 3.3.3),估计地球表面的平均温度(选 3.3.4)。

2. 热学教材中的“活”体现在从物理现象中抽象出物理模型进行分析,从而得到物理规律的使用上。

例如:回转气体的分布是十分重要的空间分布,它有十分广泛的应用,除了台风、龙卷风之外,还有离心分离技术(离心分离获得浓缩铀,高速离心机分离出大分子,例如病毒分子)等。回转气体的中心是低气压,这可以通过玻耳兹曼统计方便地得到,传统教材中是以一个习题出现。因为理论物理和普通物理的一个区别在于理论物理更强调理论方法,而普通物理更注意物理现象和物理模型。显然在整个普通物理教学计划中,回转气体的分布仅仅以一个习题出现是很不够的。因此本书在 § 2.6.2 节中专门介绍回转气体分布,分布的导出是利用对图 2.15 这样的 L 形玻璃管插入水中旋转的模型的分析中得到的。

另外,利用重力场中悬浮粒子的空间分布、麦克斯韦速度分布以及回转气体的空间分布这 3 种分布公式,用归纳法得到玻耳兹曼分布。这比较通常的普通物理学教材中只用 2 种分布就归纳得到玻耳兹曼分布要好一些。

又如:饱和气体是比较容易在水平液面上凝结的,但是和能水平液面达到平衡的饱和气体所在的空间中是不可能产生液滴的。只有有了足够过饱和程度的过饱和气体,并且在空间存在足够大的凝结核的情况下才能够产生不断增大的液滴,这是降水的基本条件。在热力学统计物理的教材中都有“液滴的形成”这一节,一般采用自由能极小的方法来导出液滴形成的临界半径。这种自由能极小方法具有典型性,因为类似方法可以应用于其他方面,是必须介绍的,这也是理论物理方法的魅力所在。理论物理更加注意数学方法,但这样一来物理图像可能不够鲜明。考虑到在热学中讨论相变时要涉及过冷和过热现象,而利用液滴形成的条件就可以非常方便的说明这些一级相变现象,所以在热学教学中有必要分析液滴形成的条件。我们知道水平液面和液滴附近的饱和蒸气压的不同是因为液滴存在弯曲液面的表面张力,表面张力使得半径为 r 的球的球内的压强要比球外的压强大,由此而产生毛细现象。我们就在“§ 6.4.2 汽化和凝结”中设想这样一个物理模型:在图 6.14(a) 那样的密闭容器中有一部分水,同时插入半径为 r 的毛细管,这时毛细管中的水面不是平面而是凹曲面,产生附加压强,从而液面上升了 h 高度。利用这样的模型就可以定量地证明:在液滴(它是凸液面)附近的饱和蒸气压要大于平液面附近的饱和蒸气压。并且 r 越小,过饱和和蒸气压越大,液滴越难形成,越难生长。相反在气泡内部(它是凹液面附近)的饱和蒸气压要小于平液面的饱和蒸气压,说明液体内部的气泡非常容易生成。采用这样的模型,物理概念和物理图像十分清楚,推导十分简单,并且得到定量的公式是和统计物理得到的公式完全一致的。国内其他热学教材对于只有过饱和和蒸气才可能产生液滴的分析都是定性的,并不能够让人信服。

上面介绍的利用毛细管插入有部分水的密闭容器中的方法,以及利用 L 形玻璃管在水中旋转的方法都是利用物理模型来进行分析的普通物理方法,不仅物理图像清晰,并且数学推导简单,这正是普通物理方法的魅力所在。当然在物理学的其他领域,物理模型都在应用,但是在普通物理中的物理模型比较简单,最适合让学生逐渐的学会这种物理分析方法。所以在普通物理学教学中应该特别强调物理模型方法的训练。

3. 热学教材中的“活”还反映在近似方法的应用上。任何实际问题都是比

较复杂的,一般都需要做一些简化处理,或者建立简化模型(也就是物理模型),或者采用近似方法等。而近似方法是应用得最多的。在本教材中应用近似方法的例子很多。

例如:在 § 1.6.2 中单位时间内碰在单位面积器壁上平均分子数以及 § 1.6.3 中理想气体压强公式都是利用近似方法而十分简单地导出的。我们知道对于平衡态的理想气体,分子向空间各个方向等概率地运动,所以从器壁以外任何方向,向单位面积器壁运动的气体分子,都有可能碰撞到这个面积上,但是分子的速度有大小。单位时间内即使是都在相同方向,向该器壁运动的分子,有些分子碰得上器壁,有些分子还没有到达器壁。所以情况是比较复杂的。但是假如器壁上存在一个单位面积的洞,单位时间内碰在单位面积器壁上平均分子数就等于单位时间内穿过该洞的分子数。实际上这是一个粒子流的问题。既然是“流”,那么就可以和水流有些类比了。但是水流只有一个方向运动,而气体分子是各个方向运动过来的;另外水流中每个分子的流动速度是相同的,而气体分子的运动速度从零到无穷大都有。这样我们就要做一个简化模型。既然气体分子向空间各个方向等概率运动,这就是在三维空间中的等概率运动,所以我们可以假定气体分子只在 x, y, z 轴的正向和相反方向的 6 个方向上等概率运动。同时假定气体分子的运动速率都是相同的平均速率。这样我们就可以设想如图 1.6 那样的柱体。在柱体中所有向柱体的底运动的分子,也就是假定柱体的底是一个洞的时候,单位时间内能够穿过该洞的分子数。它应该等于单位时间内碰撞在单位面积上的分子数。要计算柱体中的分子数是十分简单的,只要把柱体的体积乘以向柱体的底运动的气体分子数密度就是我们想要的结果了。这样得到的结果是 $\frac{1}{6}n\bar{v}$, 而准确的结果是 $\frac{1}{4}n\bar{v}$, 所以这既是利用简化物理模型进行分析问题的方法,也是一种近似方法。但是这种方法的引入,不仅数学计算大大简化了,并且物理图像清晰,突出了“流”的概念。其他各种“流”,电流就是电荷流动产生的“流”,热流就是能量流动产生的“流”,它们都类似于水流,都可以设想一个柱体的方法来解决。更加重要的是通过这个例子使得学生知道怎么样通过分析和类比来得到简化模型的,这就是创新思维。创新思维的方法就是在这样的一个个具体例子的分析介绍中逐步培养出来的。

而在 § 1.6.3 中理想气体压强公式的推导中,利用了上面得到的单位时间内碰撞在单位面积上的分子数为 $\frac{1}{4}n\bar{v}$, 然后考虑每一个分子碰撞一次给容器壁 $2m\bar{v}$ 的冲量,还应用了 $\overline{v^2} \approx (\bar{v})^2$ 的近似关系,从而得到气体压强公式。

又如热电子发射(见 § 2.5.4)是一个重要的物理现象,例如荧光灯(日光灯就是其中的一种)、显像管都是它的应用。但是它一直是普通物理教学的空白点。热力学统计物理和固体物理中都由于数学计算太复杂而讲不了,这也是一个“三不管”的内容。分析热电子发射的困难是它要应用量子统计中的费米统计。因为金属原子构成金属晶体时,每个金属原子最外层的价电子必须脱离原来的离子,而成为被整个晶体所共有的自由电子,它们能够在整个金属的范围内

自由运动,是类似于理想气体分子那样的粒子。而热电子发射就是自由电子在加热的情况下脱离金属对它的束缚而逸出金属表面的现象。要计算单位时间内在单位面积上逸出金属表面的电子数,完全可以类似于理想气体分子那样处理。问题在于金属中的自由电子不是经典粒子,是费米粒子,麦克斯韦分布不适用,

而要用量子统计中的费米统计分布公式 $\frac{1}{e^{\frac{\epsilon-\mu}{kT}} + 1}$, 由于分母上加了 1, 因此要先

做级数展开然后做近似处理,即使如此,数学计算仍然十分复杂。实际上,假如在费米分布公式中,假定分母上的指数项比“1”大得多,就可以把“1”忽略,经过变换得到的就是玻耳兹曼分布。这说明玻耳兹曼分布就是费米分布的“零级近似”。所以在本书中,假定金属中自由电子是经典粒子服从麦克斯韦速度分布,从而导出热电子发射率公式,然后和应用费米统计导出的理查森公式进行比较,发现指数因子完全相同,而幂指数仅仅差 2。因为在通常的情况下,理查森公式中的指数因子比幂指数起的作用大得多。所以用麦克斯韦速度分布导出的理查森公式定性解释热电子发射的现象已经足够了。这一例子的引入,既增加了一个麦克斯韦速度分布应用的例子,也填补了物理知识上的一个空缺。更重要的是使得学生知道,思维是可以多角度的进行的。采用简化模型(虽然这模型并不一定符合实际情况),另辟蹊径以后,把问题简化了,数学处理大大简单了,得到的结果仍然有十分好的参考价值,这种近似处理方法非常有用。

4. 教材中的“活”还反映在介绍一些和科学技术有关的社会上的热点问题上。虽然某些内容和热学没有非常直接的关系,但是通过介绍能够开拓学生的视野,激发学生的广泛兴趣和求知欲。杨振宁先生也讲:“要培养广泛的兴趣,不要把自己禁锢在狭窄的范畴内”。例如转基因食品的问题在社会上特别是网络中被炒得沸沸扬扬,绝大多数搞不清楚,不少人把它看为洪水猛兽。而什么是转基因,基因是怎样转的,虫不吃转基因植物是不是因为转基因食品中有了农药因而有毒了? 这些问题很少有材料能够通俗地把它说清楚。在转基因问题上的通俗介绍太少了,因而不少认为经过国家食品药品监督管理局批准上市的转基因食品是安全的人,也没有办法去宣传自己的观点。因为基因 DNA 的双螺旋形结构是和生物的负熵相联系的,所以在“选读材料 5.4 转基因技术”中,比较简单和通俗地介绍了基因技术在这方面的应用。雾霾也是社会上人人关心的问题,而雾和霾是紧密联系的,教材中既然介绍雾为什么能够浮在空中,那么霾也一样能够。所以在选读材料 3.7 中专门介绍雾霾。另外,温室效应怎么会发生的,为什么大气中的二氧化碳气体会产生温室效应的,这是比较复杂的问题,也是和热辐射直接联系,就在选读材料 3.4 中做专门介绍。

5. 教材中的“活”还反映在对一些似是而非的现象的讨论上。例如“选读材料 5.5 超流氦的喷泉效应,它违背热力学第二定律吗?”在常压下,温度降低到 4.2K 时氦气就开始液化了,这种液氦其基本性质和通常的液体没有区别,我们把这样的液氦称为氦 I。但是当温度降低到 2.17K 及以下温度时,液氦就具有超流动性,即它具有能够毫无阻碍的通过非常细小的缝隙的性质,也就是说它毫无黏滞性。我们把这种液氦称为超流氦(又称为氦 II),它是一种量子液体,超流

动性就是一种宏观量子现象。在选读材料 5.5 中的图 5.14 中表示在杜瓦瓶中装有超流氦,内中竖直放置两端开口的玻璃小容器,小容器中紧密地塞满了十分细小的红粉,虽然其中的缝隙非常非常小,但是超流氦能够毫无阻碍的通过。现在用强光照射红粉,发现会产生喷泉。有人认为这是违背热力学第二定律的,红粉把光能转化为热,超流氦吸收了热能全部转化为机械功而形成喷泉。这现象与热力学第二定律产生的矛盾可以通过超流体的二流体模型来非常清楚地说明,产生喷泉的机械能只不过是红粉产生的热能中的一部分,这并不是从单一热源吸收的热量全部转化为机械功,它不违背热力学第二定律。这个例子的引入还使得学生了解液氦奇异的超流现象,这是一种自然界中很少出现的宏观量子效应。这样也能够激发学生的兴趣。

6. 教学内容和教材中的“活”还反映在它的习题和思考题上。

(1) 除了国内传统的习题外,还有不少习题选自美国、英国、俄罗斯等一流大学以及国内的研究生考试试题,其中大部分选自美国 10 多所一流大学(俗称常青藤大学,如哈佛大学、普林斯顿大学、麻省理工学院、耶鲁大学、芝加哥大学等)的 Qualify(博士生资格考试)试题和 CUSPEA(中美联合招收博士研究生考试)的试题。它们涉猎面广、生动活泼且联系实际。有的数学运算并不复杂,但对培养物理思考方法十分有利。最近几年我国参加国际奥林匹克物理竞赛的集训队都一直使用《普通物理学教程 热学(第三版)习题思考题解题指导》作为主要参考书。

(2) 书中有很多的思考题是编者近 50 年中教学经验的总结与积累。其中很多都曾经在任教 20 年中几乎年年开设的“热学”课程的课堂讨论中,被选为讨论题。50 多年来我国出版的物理教材中有很多习题解,但是有思考题解的很少。2004 年和 2012 年分别出版了和第二版以及第三版配套的《习题思考题解题指导》中(第二版仅是部分)对思考题做了详细解答。

7. 教材中的“活”还体现在教材内容安排的灵活性上。

全国各地的大部分设有物理学专业的高等学校,从全国一流大学到地方学院,师范专科学校以及工科院校的热学课程都在使用本教材。这些学校学生水平相差悬殊,教学学时参差不齐,教学要求各不相同,学生毕业以后的去向也不同。为什么这么多的学校都能够使用本教材,除了上面介绍的特点外,内容安排的灵活性也是一个重要原因。不同学校可以按照自己学校的定位,学时的多少,学生水平如何等实际情况,从教材中方便灵活地选出相应的教学内容进行教学。具体介绍请见“如何使用本教材?”。教材这样处理以后就有相当大的灵活性。加上教材有适合培养学生科学思维和物理思考方法,适应时代发展需要的先进性;有知识面广泛,科学前沿介绍丰富,应用的实例又非常多的知识性;再有书中不少内容都是学生非常感兴趣的。这些特点非常适合各类院校使用,也能够适合同一学校中不同学生的需要,适合于因材施教。

上面介绍了本教材是如何加强学生创新能力培养的。下面说明第四版是如何在第三版的基础上做出修订的?

(一) 考虑到有些学校(主要是一些工科学校的物理学专业以及一些技术

类专业)的热学课程其教学只有 32 学时,还有一些学校学生基础比较薄弱,热学教师感觉到 5 号宋体印刷的内容还是太多,从中取舍教学内容有一定困难。在第四版修订中把原来 5 号宋体印刷的很多内容用方正姚体文字印刷,文字开头用“□”标出,目录中也用上标“□”表示。这样整个教学内容有四个层次,四种字体:它们依次为 5 号宋体、5 号方正姚体、5 号楷体、小 5 号宋体。另外还有选读材料。详细情况请见“怎样使用本教材?”

(二) 第四版比第三版增加了如下选读材料:选读材料 1.3 高速铁路与高速列车;选读材料 2.6 微波和微波炉;选读材料 3.7 雾霾天气;选读材料 4.3 汽轮机·燃气轮机·喷气发动机;选读材料 5.4 转基因技术;选读材料 6.4 水和冰的结构和特殊性质·水是生命之源;选读材料 6.5 雨·雪·雹的形成;选读材料 6.8 石墨和石墨烯。

(三) 第四版删去了第一版到第三版的编者的话,同时删去了书最后的索引,节省下来的篇幅用来增加选读材料的内容。

第四版编写和出版过程中得到高等教育出版社高建、缪可可,特别是责任编辑程福平同志的帮助,也得到了南京大学物理学院吴小山教授的支持和帮助,高等教育出版社提供了不少二维码资料,程福平同志也帮助编者做了一些二维码,编者在此表示衷心感谢!

怎样使用本教材?

(一) 教材中教学内容的取舍

从全国各地的部属院校一直到地方学院、师范专科学校以及工科院校的物理学专业,其中大部分学校的热学课程都在使用本教材。这些学校学生基础相差悬殊,教学学时参差不齐(教学学时有 32 学时的,有 48 学时的,也有 64 学时的),教学要求各不相同,学生毕业以后的去向也不同。为了适应这种情况,第二版和第三版中的内容都用三种字体印刷。所有 5 号宋体印刷的内容,是针对热学课程为 48 学时的学校,按照少而精的原则所确定的最低要求,原则上所有学生都必须熟悉或者掌握。而所有 5 号楷体印刷的内容(在开头常常用“※”标出),它们仍然是比较重要的基本内容,但是教师可以根据各个学校的具体情况有选择地讲授。所有小 5 号宋体印刷(常常在开头用“*”标出)的内容,基本上是扩展性的内容,可以让学生自主学习,其中包括所有的选读材料。这样处理以后效果非常好。但是对于 32 学时的学校(这里主要指一些工科学校物理学专业以及一些技术性专业的热学课程)以及某些学生基础比较薄弱的学校,热学教师感觉到 5 号宋体印刷的内容还是太多,从中取舍教学内容有一定困难。第四版中把原来 5 号宋体印刷的很多内容用方正姚体印刷,文字开头用“□”标出,目录中也用上标“□”表示。

说得明确一些:(1) 对于 32 学时的学校建议采用 5 号宋体的内容教学,若时间允许可以在目录中用上标“□”表示的、用方正姚体印刷的内容中选择一些讲解。(2) 对于 48 学时的学校,基本上应该讲解 5 号宋体和方正姚体印刷(目录中用上标“□”表示)的内容,时间不够可以舍去一些方正姚体印刷的内容。时间充裕可以在 5 号楷体印刷的内容(在目录中用上标“※”标出)中选取一些讲解。(3) 对于 64 学时的学校,建议热学课程讲解所有 5 号宋体印刷的和所有方正姚体印刷(目录中用上标“□”表示)的内容,再讲解一些 5 号楷体印刷(在目录中用上标“※”标出)的内容。

另外,假如某些学校在本课程中不准备讲第六章物性与相变。我们建议:(1) 在第四章中一定要讲“□ § 4.2.3 其他形式的功”中的表面张力功,同时适当补充“§ 6.3.1 表面张力与表面能”的相关内容。表面张力是自然界中的一个非常重要的现象,物理专业的学生应该要了解;(2) 在第一章“§ 1.7.3 范德瓦耳斯方程”中得到了范德瓦耳斯方程以后适当补充讲解“□ § 6.4.3 真实气体等温线”使学生了解气液相变具体过程。同时让学生从“※ § 6.4.4 范德瓦耳斯等温线”中简单地知道,范德瓦耳斯方程是能够统一描述气液相变的全过程的,至于为什么如此,可以降低要求,甚至一带而过。

(二) 为了节省篇幅,每章最后不列出重点内容和重点公式,它们在正文中加框表示之。另外,在《普通物理学教程 热学习题思考题解题指导》的每一章都列出了知识点以及基本要求。

(三) 教材中的思考题非常具有启发性,其中不少是编者近 50 年教学经验的总结与积累,是编者在 20 多年中几乎年年开设的“热学”课程的课堂讨论中被选定的讨论题,课堂讨论效果非常好。赵凯华教授对于编者主持的讨论课的评价为“采用启发式讨论式的教学方法,精心组织各教学环节,启发、引导学生独立思考,发挥学生科学想象力,针对学生长期形成缺乏相互研讨习惯的弱点,精心设计课堂讨论。由于讨论题能启发学生积极思考,使学生很快进入‘角色’,讨论中又重视发挥教师启发引导作用,学生普遍反映课堂讨论效果好,收获大,兴趣浓”。编者建议热学任课教师可以尝试进行课堂讨论。

目录

第一章 导论	1
□ § 1.1 宏观描述方法与微观描述方法	1
§ 1.1.1 热学的研究对象及其特点	1
§ 1.1.2 宏观描述方法与微观描述方法	2
§ 1.2 热力学系统的平衡态	3
§ 1.2.1 热力学系统	3
§ 1.2.2 平衡态与非平衡态	4
§ 1.2.3 热力学平衡	5
* § 1.2.4 非平衡态的宏观描述	6
§ 1.3 温度	6
§ 1.3.1 温度的概念	6
□ § 1.3.2 热力学第零定律	7
□ § 1.3.3 温标	8
§ 1.4 物态方程	12
§ 1.4.1 物态方程	12
□ § 1.4.2 体膨胀系数、压缩系数、压强系数 热膨胀现象	13
§ 1.4.3 理想气体物态方程	14
□ § 1.4.4 混合理想气体物态方程	16
§ 1.5 物质的微观模型	17
§ 1.5.1 物质由大数分子组成	17
§ 1.5.2 分子热运动的例证——扩散·布朗运动·□涨落	18
§ 1.5.3 分子间的吸引力与排斥力	21
§ 1.6 理想气体微观描述的初级理论	23
§ 1.6.1 理想气体微观模型	23
§ 1.6.2 单位时间内碰在单位面积器壁上平均分子数 $\Gamma \approx \frac{n\bar{v}}{6}$	24
§ 1.6.3 理想气体压强公式·□压强的单位换算	26
§ 1.6.4 温度的微观意义	28
* § 1.6.5 气体分子碰壁数和 $p = nkT$ 公式的简单应用	30
§ 1.7 分子间作用力势能与真实气体物态方程	31
§ 1.7.1 分子间相互作用势能曲线	32
□ § 1.7.2 分子碰撞有效直径、固体分子热振动、固体热膨胀	33