



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医用物理学

(第二版)

■ 喀蔚波 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高 容 内

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

医用物理学

(第二版)

喀蔚波 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,按照教育部高等学校物理基础课程教学指导分委员会制定的“理工科大学物理课程教学基本要求”,结合医药类专业物理课程的特点编写而成。教材具有如下特色:一、为适合当前高等教育形势的要求,教材的编写注重对学生科学素养的培养。二、在坚持物理基础的同时,强调物理思想、物理方法的介绍。本教材物理学的理论体系基本完整,以讲授物理学的基本概念、基本规律、基本方法为主,同时简要介绍物理学原理、方法在医学中的应用。三、本教材的适用性较强。考虑到“大众化教育”阶段学生的实际情况,在本教材中适当降低了数学要求与物理难度,增加了可读性。四、本教材备有相关配套教材、电子教案以及医学物理学教学素材库。编写者充分考虑了医药类专业学生的特点,既系统讲授物理知识,又照顾医药类学生数学、物理基础知识较薄弱的特点。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/喀蔚波主编. —2版. —北京:高等教育出版社, 2008.6

ISBN 978 - 7 - 04 - 023921 - 8

I. 医… II 喀… III. 医用物理学 - 高等学校 - 教材 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 051679 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京明月印务有限责任公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 960 1/16	版 次	2005 年 5 月第 1 版
印 张	25.25		2008 年 6 月第 2 版
字 数	460 000	印 次	2008 年 6 月第 1 次印刷
		定 价	26.40 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 23921 - 00

北京出版集团

序

长期以来基础物理教材存在两个矛盾：一个是丰富的内容和相对较少的学时之间的矛盾；一个是物理学科本身的系统性结构和为专业服务针对性需求之间的矛盾。医药类和农林类专业矛盾尤为突出。经过不懈的努力，在学时没有太多改变的情况下或多或少取得了某种妥协或协调。那种大量地砍伐内容，保留为专业服务的相关知识点，教材变成手册或说明书的极端情形已经不多见。然而我们期待更好的结果。

喀蔚波主编的《医用物理学》是一套特色鲜明的教材，也是我们希望看到的积极应对的结果。在既定的学时框架中融入合适的内容是可用教材的基本要求。本书不是简单地在数量上对知识点进行控制，编著者有着明确的指导思想：在传授物理知识的时候适当控制数学用量，相当地注重物理思想、物理方法的介绍，注重近代物理内容的介绍。在篇幅非常精贵的情况下，纳入了狭义相对论基础（广义相对论简介）和量子物理基础。这样的处理体现了编著者对物理学内容的整体把握和对学生的科学素养培养的重视。读者应该体味编著者的良苦用心。我们的同行阿特·霍布森^①引用过两段话也许能够给我们启示：

在这个科学时代，如果公民不具备科学素养，国家就不可能生存下去。

没有一个具备科学素养的大众，美好世界的前景就没有指望。^②

提高公众的科学素养是物理学工作者义不容辞的职责。本书编著者的理念和努力令人称道，也值得学习。医学生的素养或未来医生的科学素养事关人的生命、健康。本书在这一领域的实践意义深远。

本书中有二十余段相关链接，介绍了科学史科、学科前沿、与正文相关的新概念、新方法、新技术的应用等等，其中约有三分之一直接、间接与医药、生命科学有关。这是控制正文篇幅的一种处理，也是内容的深入或外延。这些链接可以供有进一步学习要求的读者选择使用。此外每章还附有参考文献，多为内容

^① Art Hobson, 美国阿肯色大学物理系教授, 在美国有超过 130 所大学开设了以他编写的教材《物理学的概念和文化素养》(Physics: Concepts and Connections) 为基础的“面向全体学生 (physics for all)”的课程或“物理素养 (physics literacy)”课程。

^② 引自《面向全体美国人的科学》(F. James Rutherford, Project 2061: Science for All Americans), 这是美国科学促进会 (AAAS) 为提高美国人的科学素质于 20 世纪 80 年代启动的“2061 计划”的项目手册。

来源或相关的教材。如果能够引一些与相关链接题材有关的原始学术论文就更好了。

再者,正文的重点是基本概念、基本理论、基本方法,而所配的思考题、习题中有相当多的结合医学、生物学,使得学生在进入专业学科之前有了物理学的基本铺垫。这样的构思也是本书的特色之一。可以成为一种模式,对别的教材有很好的参考价值。

在体例方面也不乏值得赞赏之处。章首图及其说明和提纲挈领的章首语都起到了很好的引导作用。希望文字模块的体例得到适当协调、图的印刷质量有所提高,以期赏心悦目。在一些地方如果能够为读者(学生)提供多个视角,也许会更加受到欢迎。例如:驻波可以是本征值方程的解,行波叠加作为一种理解;(气体分子)动理学理论的标题下,尚有宏观热物理主题;势可以作为保守场的基本量,也可以不必从能量引出;X射线的特征谱要有原子能级概念铺垫以及能量零点的不同选取。

本书为多作者合作编著,风格差异在所难免。授课者在使用时可以适当协调,对读者似乎并没有本质的影响。从总体上我们感受到的是优秀资源的共享。本书的产生是合作成功的标志。

卢德馨谨识

2008年4月

第二版前言

这次修订除了订正了已发现的一些错误外,还对第一版中一些叙述不严谨或不当之处作了修改,在此基础上增加了血液流动、电泳在生物医学研究中的应用、激光及其医学应用、磁共振成像等四个相关链接,介绍物理学在医学中的应用。

非常高兴的是首届高等学校国家级教学名师奖获得者、南京大学卢德馨教授应邀为本书作序。在序中卢德馨教授强调了物理学课程在培养大众科学素养方面的重要作用,医药院校的物理教师应把提高医药专业学生的科学素养作为自己义不容辞的责任。经过几十年的努力,国内医药类专业物理学课程教学虽然取得了一定成绩,但随着课程建设和改革的深入,要求我们学习和借鉴国内理工类专业物理学课程建设和改革的成功经验,也需要有更多的物理教学专家给予我们关心、指导。例如卢德馨教授倡导的研究型教学,在教学中注重科学思维、科学精神、创新意识和科学道德培养的教学思想同样值得医药院校物理教师学习、实践。只有这样才有利于提高医药类专业物理学课程的教学水平;有利于开阔医学院校物理教师的视野,更新教学理念;有利于改变目前部分医药院校物理课程过多偏重医学应用的现状。为培养新世纪具有创新精神和实践能力,有较强发展潜能的高素质医药专业人才作出我们的贡献。

在教学内容上,物理学的原理、方法在医药科学中的应用越来越多。从这个角度看,传授方法、提高能力比单纯的知识学习更重要。因此,物理学课程除了要传授物理学知识,为学生学习后续课程以及将来从事医疗卫生、科学研究工作打下必要的物理基础以外,还应帮助学生确立正确的科学观念,训练学生掌握科学的思维方法,提高分析问题、解决问题的能力。为激发医药类专业学生对物理课程学习的兴趣,需要在物理学课程中介绍物理学在医药科学中的应用,这也是医药类专业物理学课程的主要特点。但这部分内容不必讲得过深过细。因为一方面物理学一般开设在第一学年,学生并不具备必要的专业知识;另一方面医药类专业的物理课程学时较少,增加医学应用势必影响到物理学课程的系统性。况且,不断有新的物理技术、方法应用于医药科学。我们认为培养医药专业学生具备利用物理学原理、方法和技术解决临床或科研中实际问题的意识和能力比

学习现在已广泛应用于临床中的那些物理学原理、技术更加重要。因此,物理学课程应更多地介绍包括近代物理在内的物理基础知识,在物理学课程之后另外开设物理学在医药科学中应用的相关后续课程更为合适。

最后,衷心感谢卢德馨教授为本书作序,感谢高等教育出版社的大力支持。虽然本书已经作了很多修改和订正,但仍难免存在一些谬误,不当之处恳请读者不吝批评指正。

喀蔚波

2008年4月

第一版前言

物理学是研究物质的基本结构、基本运动形式、相互作用的自然科学。历史上,物理学的发展推动了18世纪以蒸汽机的出现为标志的第一次工业革命,并揭开了19世纪以电的发明为标志的第二次工业革命的序幕。20世纪初以相对论、量子论出现为标志的物理学革命更是推动人类社会进入信息时代的先导。物理学的理论、方法与技术对现代医药科学的发展也作出了重要贡献,X射线、生物电、激光、超声、核磁共振、各种显微技术等已广泛应用于医学临床及研究领域。回顾诺贝尔生理学及医学奖的历史,就不难发现其中有多项获奖项目与物理学有关,有多位获奖者是物理学家或具有物理背景的科学家。例如:1911年眼睛屈光学方面的研究;1924年发现心电图机理;1962年发现脱氧核糖核酸(DNA)双螺旋结构;1979年X射线计算机断层扫描(X-CT)技术;2003年磁共振成像(MRI)技术等等。现在物理学的基本理论已经渗透到自然科学的各个领域,应用于生产技术的许多部门,物理学已成为其他自然科学和工程技术的基础。

同时,在人类追求真理、探索未知世界的过程中,物理学展现的一系列科学的世界观和方法论,深刻地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。从这个角度,我们可以把物理学看做是人类文明发展的基石,它在人才的科学素质培养中具有重要的地位。

在编写本书的过程中,作者有机会作为特邀代表参加教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会的工作,全程参与了2004年非物理类理工科大学物理课程和大学物理实验课程教学基本要求的制订。同时,主持了国家级教育科学研究课题“21世纪中国高等学校农林/医药类专业数理化基础课程的创新与实践”医药类物理子课题中医药类专业物理课程教学现状的调查、医药类专业本科物理课程的目标与定位以及医药类专业本科物理理论课和实验课教学内容和课程体系的创新与实践等项目的研究。这使得我们对国内高等教育的形势、国家对高等教育的要求、国内大学物理基础课程教学改革的成果以及医药类专业物理课程教学的现状有了比较深入的了解和分析。

我们认为要适应我国高等教育由“精英教育”向“大众化教育”的转变,在医药类专业物理基础课程的教学必须贯彻和体现素质教育、创新教育、能力培养

的教学理念。物理课程的教学不仅要为各学科专业提供必要的知识基础,而且还应是帮助学生确立正确的科学观念的主要手段,也是训练学生掌握科学的思维方法、提高分析能力的极重要的方式。因此,医药类专业物理课程的教学应以基本概念、基本规律、基本方法、基本技能的学习和训练为中心,同时将相关学科的现代知识有机地引入物理基础课教学中。在此指导思想下,我们参阅了许多国内外物理学教材,特别是理工科和文科的物理学教材,确定了本书的内容和编写思路。在内容的选择上,充分研究了教育部高等学校非物理教指委组织制订的大学物理课程教学基本要求,以及目前医药类院校物理课程的教学现状。本书所选的内容涵盖了绝大部分医药类院校现在讲授的物理学全部内容,并注重近代物理内容的介绍。在编写中力求做到概念准确,叙述清晰、生动,可读性强。同时,在传授物理知识的同时,注重物理思想、物理方法的介绍。为此,适当降低了数学要求,加强了与实际的结合。特别是在每章中都安排了两个左右的“相关链接”,内容涉及重大理论发现的经过,和与正文内容相关的新概念、新方法及新技术的应用。相关链接一般篇幅不长,以定性说明为主,以此起到开阔视野、激发兴趣、拾遗补缺的作用。鉴于大部分学生在学习物理学时,还没有接触更多的专业知识,书中对物理学在医药科学中的应用主要以定性介绍为主。在每章后面列出了参考文献,便于读者参阅。本书主要面对医药类各专业本科学生,兼顾长学制及专科学生,也可供理工科各相关专业学生使用。

希望同学们在学习物理学时不要将精力只放在做题上,应首先掌握基本概念、基本规律、基本方法和基本技能,然后通过做题来检验自己掌握的程度。对书中的公式不必死记硬背,应在理解的基础上加以记忆。重要的物理定律一般都具有丰富的内涵和外延,可以从观察现象、提出问题、猜测结果、设计实验并测量、发现规律、定义新的物理量、用数学公式定量表述,进而判定公式的成立条件、适用范围和精度等方面理解物理定律。只有这样才能更好地认识和使用这些定律。由于物理思想和科学方法往往体现在物理大师们重要概念、规律和理论的建立过程之中,因此了解历史的发展过程,特别是了解物理大师们是如何提出问题、遇到的困难和他们解决问题的方法,对同学们的能力培养有着潜移默化的积极作用。爱因斯坦指出:“提出一个问题往往比解决一个问题更重要,因为解决一个问题也许仅是一个数学上的或是实验上的技能而已,而提出新的问题,新的可能性,从新的角度去看旧的问题,却需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步。”诚然,由于本书的篇幅限制,这些内容不可能一一涉及。感兴趣的同学可以参阅每章后面列出的参考文献,也可以充分利用网络上的大量信

息,使用搜索引擎^①查找相关内容。通过查找资料提高主动获取知识、自主学习的能力。

本书的编写得到了全国高等学校教学研究中心和高等教育出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。由于我们水平有限,编写思想没能完全体现出来,书中也难免存在一些谬误;加之编者较多,全书风格难以统一。不当之处恳请读者不吝批评指正,以便再版时修订。

喀蔚波 刘志成 童家明

2005年1月

^① 例如:百度(<http://www.baidu.com>),google(<http://www.google.com>)等。

目 录

第一章	力学基本定律	1
§ 1.1	单位和量纲	2
	相关链接 理解时空	3
§ 1.2	物理量及其表述	6
1.2.1	物理量	6
1.2.2	质点	6
1.2.3	参考系与坐标系	6
1.2.4	矢量及其运算	7
§ 1.3	运动描述	8
1.3.1	位置矢量与位移	8
1.3.2	速度	9
1.3.3	加速度	10
§ 1.4	牛顿运动定律	12
1.4.1	牛顿运动定律	12
1.4.2	功与功率	13
1.4.3	动能 动能定理	14
1.4.4	保守力 非保守力 势能	14
1.4.5	功能原理	15
1.4.6	机械能守恒定律	16
1.4.7	动量 冲量 动量定理 动量守恒定律	16
§ 1.5	刚体定轴转动	17
1.5.1	刚体定轴转动的运动描写	18
1.5.2	刚体定轴转动定律	20
1.5.3	刚体定轴转动的功和能	24
1.5.4	角动量定理 角动量守恒定律	26
1.5.5	进动	27
	思考题	29
	习题	30
	参考文献	32
第二章	流体的运动	33
§ 2.1	理想流体的定常流动	34
2.1.1	流体运动的描述方法	34

泉 目

2.1.2 定常流动	36
2.1.3 连续性方程	36
§ 2.2 理想流体的伯努利方程	38
2.2.1 理想流体的伯努利方程	38
2.2.2 伯努利方程的应用	40
§ 2.3 黏性流体的运动	45
2.3.1 黏性流体的运动	45
相关链接 超流动性	47
相关链接 流动相似性	49
2.3.2 黏性流体的运动规律	50
相关链接 血液流动	53
2.3.3 物体在黏性流体中的阻力	54
思考题	56
习题	56
参考文献	58

第三章

机械振动和机械波 61

§ 3.1 弹簧振子和简谐振动	62
§ 3.2 运动方程及其图像	64
3.2.1 简谐振动图像	64
3.2.2 简谐振动的能量	67
§ 3.3 简单的非理想振动	67
3.3.1 阻尼振动	68
3.3.2 受迫振动 共振	69
§ 3.4 简谐振动的合成与分解	70
3.4.1 同方向同频率简谐振动合成	70
3.4.2 同方向不同频率简谐振动的合成	71
3.4.3 相互垂直简谐振动的合成	72
3.4.4 振动的分解	73
相关链接 傅里叶变换的应用	75
§ 3.5 简谐波	76
3.5.1 机械波的产生和传播	76
3.5.2 波动方程	77
3.5.3 波的能量	79
§ 3.6 波的叠加原理、波的干涉	81
3.6.1 波的叠加原理	81
3.6.2 波的干涉	81
3.6.3 驻波	82
§ 3.7 声波和超声波	85

3.7.1	声强和声强级	85
3.7.2	多普勒效应	86
3.7.3	超声波	87
	相关链接 脉冲反射式超声诊断仪	89
3.7.4	次声波	90
思考题	.....	90
习题	.....	91
参考文献	.....	92
第四章	分子动理论	93
§ 4.1	物质的微观模型	94
§ 4.2	理想气体分子动理论	95
4.2.1	理想气体的物态方程	95
	相关链接 玻意耳定律、查理定律和盖-吕萨克定律	97
4.2.2	理想气体的微观模型	98
4.2.3	理想气体的压强公式	98
4.2.4	分子平均平动能 理想气体的温度	100
4.2.5	能量基本公式	100
	相关链接 定体比热容实验	102
§ 4.3	气体分子速率分布和能量的统计规律	102
4.3.1	伽尔顿板实验	103
4.3.2	速率分布函数	105
4.3.3	麦克斯韦速率分布律	106
4.3.4	三种分子速率	107
4.3.5	玻耳兹曼能量分布律	109
§ 4.4	液体的表面现象	110
4.4.1	表面张力	110
4.4.2	表面能	112
4.4.3	表面活性物质和表面吸附	113
4.4.4	弯曲液面的附加压强	114
	相关链接 表面活性物质在肺呼吸过程中的作用	115
4.4.5	毛细现象	115
4.4.6	气体栓塞	117
思考题	.....	118
习题	.....	119
参考文献	.....	120
第五章	静电场	121
§ 5.1	库仑定律	122

5.1.1	电荷的性质	122
5.1.2	库仑定律	123
5.1.3	电场和电场强度	124
§ 5.2	高斯定理	127
5.2.1	电场线	127
5.2.2	电场强度通量	128
5.2.3	高斯定理	130
	相关链接 电泳在生物医学研究中的应用	134
§ 5.3	静电场力的功 电势	135
5.3.1	静电场力所作的功	135
5.3.2	静电场的环路定理	136
5.3.3	电势	137
5.3.4	电场强度与电势的关系	141
§ 5.4	静电场中的电介质	142
5.4.1	电介质及其结构	142
5.4.2	电介质的极化	143
5.4.3	电介质中的静电场	145
	相关链接 压电效应	148
§ 5.5	静电场的能量	149
5.5.1	电容器及其电容	149
5.5.2	电容器中的电能	150
5.5.3	静电场的能量与能量密度	150
	思考题	152
	习题	153
	参考文献	155

第六章

直流电

157

§ 6.1	电流密度和欧姆定律的微分形式	158
6.1.1	电流密度	158
6.1.2	连续性方程 电流的恒定条件	159
6.1.3	欧姆定律的微分形式	160
	相关链接 欧姆定律的发现	160
6.1.4	金属与电解质的导电性	162
	相关链接 超导电性	164
§ 6.2	电源的电动势	165
6.2.1	电源及其电动势	165
6.2.2	一段含源电路的欧姆定律	166
§ 6.3	基尔霍夫定律及其应用	168
6.3.1	基尔霍夫定律	169

6.3.2 基尔霍夫定律的应用	170
§ 6.4 电容器的充放电过程	171
6.4.1 电容器的充电过程	171
6.4.2 电容器的放电过程	172
思考题	173
习题	174
参考文献	175

第七章**磁场与电磁感应****177**

§ 7.1 磁场 磁感应强度	178
7.1.1 磁场	178
7.1.2 磁感应强度	178
7.1.3 毕奥-萨伐尔定律	179
7.1.4 磁感线 磁通量	182
7.1.5 安培环路定理	183
§ 7.2 磁场对运动电荷的作用力	187
7.2.1 洛伦兹力	187
7.2.2 霍尔效应	188
相关链接 磁场是哪里来的	189
§ 7.3 磁场对载流导线的作用	190
7.3.1 安培力	190
7.3.2 磁场对载流线圈的作用 载流线圈的磁矩	191
§ 7.4 物质的磁性	193
7.4.1 介质的磁化	193
7.4.2 顺磁质、抗磁质和铁磁质	194
7.4.3 有介质存在时的磁场 磁场强度	195
§ 7.5 电磁感应	195
7.5.1 电磁感应定律	196
7.5.2 自感	197
7.5.3 RL 电路	198
7.5.4 磁场的能量	199
相关链接 法拉第与电磁感应	201
§ 7.6 电磁场理论	203
思考题	206
习题	207
参考文献	209

第八章**波动光学****211**

§ 8.1 光的干涉	212
-------------------------	------------

8.1.1	光的相干性	212
8.1.2	杨氏双缝干涉实验	213
8.1.3	劳埃德镜实验	215
8.1.4	光程与光程差	216
8.1.5	薄膜干涉	217
§ 8.2	光的衍射	219
8.2.1	光的衍射现象	219
8.2.2	惠更斯-菲涅尔原理	220
8.2.3	单缝衍射	220
8.2.4	圆孔衍射 光学仪器的分辨率	223
8.2.5	衍射光栅	225
	相关链接 全息照相	228
§ 8.3	光的偏振	229
8.3.1	自然光与偏振光	230
8.3.2	偏振光的获得与检验	231
8.3.3	反射和折射时光的偏振	232
§ 8.4	双折射现象	234
8.4.1	双折射现象	234
8.4.2	惠更斯原理在双折射现象中的应用	236
8.4.3	波片	237
§ 8.5	旋光现象	239
§ 8.6	光的吸收与散射	240
8.6.1	光的吸收	240
8.6.2	光的散射	241
	相关链接 光学信息处理	243
	思考题	244
	习题	245
	参考文献	246

第九章

几何光学

249

§ 9.1	几何光学的三个基本定律	250
	相关链接 光导纤维	251
§ 9.2	球面折射	252
9.2.1	单球面折射	252
9.2.2	共轴球面系统	254
	相关链接 眼睛	257
§ 9.3	透镜	258
9.3.1	薄透镜	259
9.3.2	柱面透镜	262

相关链接 眼睛的屈光不正与矫正	263
9.3.3 透镜的像差	264
§ 9.4 放大镜 光学显微镜	265
9.4.1 放大镜	265
9.4.2 光学显微镜	266
思考题	267
习题	267
参考文献	268
第十章 X 射线	269
§ 10.1 X 射线的产生及其性质	270
10.1.1 X 射线的发生装置	270
相关链接 X 射线的发现	271
10.1.2 X 射线谱	271
10.1.3 X 射线的特性	274
10.1.4 X 射线的强度与硬度	274
10.1.5 物质对 X 射线的衰减	275
§ 10.2 X 射线的衍射	276
10.2.1 X 射线的衍射	276
10.2.2 X 射线晶体结构分析	276
相关链接 同步辐射与 X 射线生物分子结构分析	279
§ 10.3 X 射线在医学上的应用	280
10.3.1 X 射线在诊断方面的应用	280
10.3.2 X 射线在治疗方面的应用	284
相关链接 激光及其医学应用	285
思考题	287
习题	288
参考文献	288
第十一章 狭义相对论基础	289
§ 11.1 爱因斯坦相对性原理	290
§ 11.2 狭义相对论的时空观	292
11.2.1 同时性	292
11.2.2 时间延缓	293
11.2.3 孪生子佯谬	295
11.2.4 长度收缩	296
§ 11.3 洛伦兹变换与相对论的速度叠加	299
11.3.1 洛伦兹变换	299
11.3.2 相对论的速度叠加	301