

高等学校医药类专业物理基础课程系列教材

医用物理学

唐伟跃 唐文春 主编



Physics for Medical Students



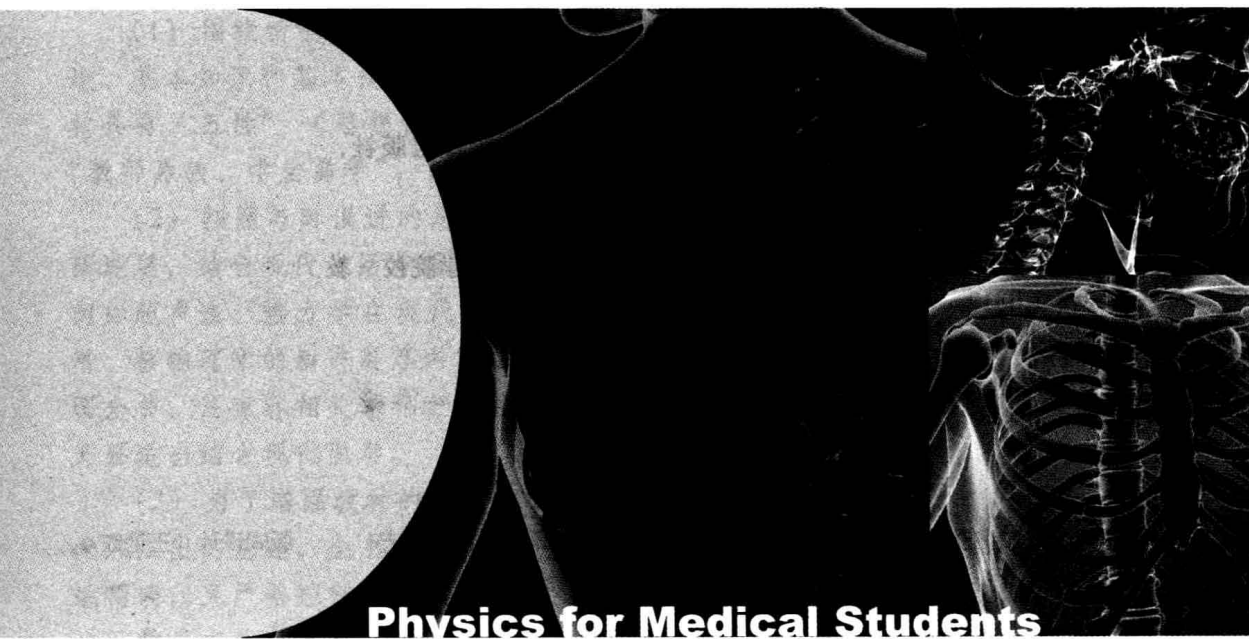
高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校医药类专业物理基础课程系列教材

医用物理学

Yiyong Wulixue

唐伟跃 唐文春 主编



Physics for Medical Students



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是编者根据多年的教学实践及教学研究成果编写而成的。本书包括刚体力学、气体动理论、热力学、电磁学、光学、原子物理学、相对论和近代物理学等部分,既包含了基础性内容,又体现出时代特色。本书将物理学思想、知识、技术、方法等与医学有机地融于一体,既保持了物理学的系统性,又妥当结合现代医学,突出医学特色,便于学生自学,有利于培养学生的创新能力和科学素质。

本书可供高等医学院校临床医学、检验、影像、口腔、药学和护理等专业学生作为医用物理学教材使用,也可供医学工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/唐伟跃,唐文春主编. —北京:高等教育出版社, 2012.7

ISBN 978 - 7 - 04 - 035163 - 7

I. ①医… II. ①唐… ②唐… III. ①医用物理学 - 医学院校 - 教材 IV. ①R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 137464 号

策划编辑	郭亚嫒	责任编辑	张海雁	封面设计	张志	版式设计	王艳红
插图绘制	尹莉	责任校对	金辉	责任印制	田甜		

出版发行	高等教育出版社	免费咨询	400 - 810 - 0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京铭传印刷有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
开 本	787 × 960 1/16		http://www.landracom.com.cn
印 张	27	版 次	2012 年 7 月第 1 版
字 数	500 千字	印 次	2012 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010 - 58581118	定 价	41.50 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 35163 - 00

前 言

本书是编者根据现代医学对物理学的基本需求，参考国内外的有关教材，结合最近几年各院校教学实践和教学改革的经验合作编写的。

面对 21 世纪教育和教学改革的新形势，各合编单位于 2011 年 4 月在郑州举行了教材编写会议，就有关指导思想与基本原则等取得了共识，并且在编写过程中贯彻和体现如下几点：

(1) 围绕新世纪医学人才培养的目标和模式，既要突出“三基”（基本理论、基本知识和基本技能），又要反映学科的新进展。具体地说，就是要使教材具有“五性”（思想性、科学性、先进性、启发性和适用性），力求做到“教师易教，学生易学”，以适应当前加强素质教育，培养创新型人才的需要。

(2) 按照与时俱进的思想，积极更新教学内容。我们将能反映物理学最新进展，结合现代生活与医学实际而学生又可以理解的素材编入了有关章节。例如超声波、热力学在现代生活中的应用、X 射线成像技术、激光的医学应用、核物理学的新进展等内容。编者力求以现代物理学的思想、方法和概念统领全书，注意各相关学科之间的渗透和融合，既要保持物理学科本身的特点，又要适当结合现代医学。

(3) 为了增强教材的启发性和易读性，编者注意用简明易懂的语言进行深入浅出的论述，全书循序渐进，思路清晰。本书尽可能做到既说理充分，论述精确，又严格控制难度，方便学生自学。考虑到近几年高考模式的改变，部分医学生中物理基础知识相对薄弱，本书尽量精简物理公式和减少数学推导，尤其是避免采用难度较大的高等数学推导。有的内容只作定性解释，力求删繁就简，减轻学生负担。

本书适合高等医学院校临床医学、医学检验、医学影像、预防医学和护理等专业使用，也可供医药院校其他专业、生命科学相关专业的师生和医务工作者参考。全书共 15 章，教学参考课时数为 48 ~ 72 学时。多章有 1 ~ 2 节（或分节）内容打上了 * 号，供选讲或自学。任课老师可以按照本院校设定的教学课时数灵活选择必修或重点讲授内容，其余任何部分（包括打 * 号的内容）均可指定学生自学。为了方便学生阅读或参考国外同类教材，书中列出了主要物理学概念、名词的英文以供对照，还列出了一些物理量单位、部分物理学常量。

参加本书编写工作的教师有郑州大学唐伟跃（主编）、刘婉华（副主编）、李云涛、刁振琦、潘志峰、谷运红，河南大学唐文春（主编）、河南科技大学陈庆东（副主编）、杨传径、毛爱霞。其中唐伟跃编写绪论、第十一章、附录，刘婉华编写第四章，李云涛编写第五章，刁振琦编写第十二章，潘志峰编写第一、第二、第十四章，谷运红编写第八、第十章，唐文春编写第十三、第十五章，陈庆东编写第六章，杨传径编写第七、第九章，毛爱霞编写第三章。

本书的编写工作得到了郑州大学、河南大学和河南科技大学领导及有关部门的大力支持，高等教育出版社郭亚嫫编辑为组织教材的编写与出版做了大量工作。我们在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，错误和不当之处在所难免，恳请使用本书的师生惠予批评指正，以便总结经验，使本书得以不断完善。

唐伟跃

2012年2月

目 录

绪论	1
第一章 医用力学基础	5
第一节 刚体的定轴转动	5
一、描述刚体转动的物理量	6
二、转动动能和转动惯量	8
三、力矩和转动定律	10
四、刚体的角动量	11
五、刚体的进动	13
第二节 应力 应变 弹性模量	15
一、应力	15
二、应变	16
三、弹性模量	17
第三节 骨骼与肌肉的力学性质	18
一、骨骼的力学性质	18
二、肌肉的力学性质	20
第四节 作用于骨骼上的力	22
一、人体平衡的力学条件	23
二、人体中的杠杆作用	23
三、作用在髋关节上的力	27
四、作用在脊柱上的力	28
习题一	30
第二章 振动	33
第一节 简谐振动	33
一、简谐振动方程	33
二、简谐振动的特征量	34
三、简谐振动的矢量图示法	36
四、简谐振动的能量	37
第二节 阻尼振动 受迫振动 共振	38
一、阻尼振动	38

二、受迫振动	39
三、共振	40
第三节 简谐振动的合成	41
一、两个同方向、同频率简谐振动的合成	41
二、两个同方向、不同频率简谐振动的合成	43
* 三、振动谱	44
* 四、两个同频率、互相垂直的简谐振动的合成	45
* 第四节 振动在医学中的应用	46
一、机械振动对人体的生物效应	46
二、振动测量技术在医疗上的应用	48
习题二	50
第三章 波动 声波	52
第一节 波动方程	52
一、机械波的产生	52
二、波面 波线	53
三、波速、波长、周期和频率	53
四、波函数	54
第二节 波的能量	57
一、波的能量 能量密度	57
二、波的强度 能流密度	58
三、波的衰减	59
第三节 惠更斯原理与波的干涉	59
一、波的叠加原理	59
二、惠更斯原理	59
三、波的干涉	61
四、驻波	63
第四节 声波	66
一、声速	66
二、声压和声阻	66
三、声强和声强级	67
四、响度级和等响曲线	69
第五节 多普勒效应	70
第六节 超声波及其医学应用	73
一、超声波的产生和接收	73
二、超声波的特性	74

三、超声波在医学中的应用	75
习题三	79
第四章 液体的流动	81
第一节 理想液体的流动	81
一、理想液体的定常流动	81
二、液流连续性原理	82
第二节 伯努利方程及其应用	84
一、伯努利方程	84
二、伯努利方程的应用	86
第三节 实际液体的流动	90
一、实际液体的黏性与黏度	90
二、血液的黏度	91
三、实际液体的伯努利方程	92
四、湍流与雷诺数	93
第四节 泊肃叶定律	94
一、泊肃叶定律	94
二、血液的流动及血压在血流过程中的分布	97
第五节 斯托克斯定律	98
习题四	99
第五章 液体的表面现象	102
第一节 表面张力和表面能	102
一、表面张力	102
二、液体的表面层和表面能	104
第二节 弯曲液面的附加压强	107
一、弯曲液面的附加压强	107
二、液泡内外的压强差	109
第三节 毛细现象 气体栓塞	110
一、润湿作用	110
二、毛细现象	111
三、气体栓塞	113
第四节 表面吸附和表面活性物质	114
习题五	116
第六章 气体动理论与热力学定律	118
第一节 气体动理论	118
一、气体动理论的基本概念	118

二、理想气体物态方程	120
三、理想气体的压强公式	121
四、理想气体的能量公式	123
五、麦克斯韦速率分布律	126
* 六、玻耳兹曼能量定律	128
* 七、气体的溶解 高压氧疗	130
第二节 热力学第一定律	131
一、热力学系统与平衡态	131
二、准静态过程	131
三、功、热量和内能	132
四、热力学第一定律	134
第三节 理想气体的热力学过程	135
一、等体过程	135
二、等压过程	136
三、等温过程	137
四、绝热过程	137
* 第四节 热力学第一定律的应用	139
一、人体的能量交换与基础代谢	139
二、体温的恒定和控制	140
三、卡诺循环	142
四、制冷机	144
第五节 热力学第二定律	146
一、可逆过程与不可逆过程	146
二、热力学第二定律	147
三、卡诺定理	147
四、熵的概念与熵增原理	148
五、生命系统的熵变	150
六、热力学第二定律的统计意义	150
习题六	152
第七章 真空中的静电场	154
第一节 电场 电场强度	154
一、电荷 库仑定律	154
二、电场与电场强度	155
三、场强叠加原理	157
第二节 高斯定理	160

一、电场线	160
二、电场强度通量	161
三、高斯定理	162
四、高斯定理应用举例	164
第三节 静电场力的功 电势	168
一、静电场力的功	168
二、静电场的环路定理	169
三、电势能 电势 电势差	170
四、电势的计算	171
五、等势面 场强与电势的关系	172
* 第四节 电偶极子 电偶层	175
一、电偶极子电场的电势	175
二、电偶层	176
* 第五节 静电场中的电介质	177
一、电介质的极化	177
二、电介质中的静电场	180
* 第六节 心电知识	181
一、心电的产生和心电偶	181
二、空间心电向量环	181
三、心电图导联	182
习题七	184
第八章 恒定电流	186
第一节 电流的描述	186
一、电流线	186
二、电流	187
三、电流密度	188
四、恒定电流	190
第二节 欧姆定律	190
一、物质的导电性与超导现象	190
二、欧姆定律	191
第三节 含源电路的欧姆定律	192
一、一段含源电路的欧姆定律	192
二、闭合电路的欧姆定律	193
第四节 基尔霍夫电路方程	194
一、节点电流方程	194

二、回路电压方程	194
* 第五节 直流电在医学中的应用	196
一、人体的导电性	196
二、直流电对机体的作用	197
三、离子透入疗法	197
习题八	198
第九章 电磁现象	201
第一节 磁场 磁感应强度 磁通量	201
一、磁场	201
二、磁感应强度	202
三、磁通量	202
第二节 电流的磁场	204
一、毕奥-萨伐尔定律	204
二、安培环路定理	208
第三节 磁场对电流的作用	212
一、磁场对运动电荷的作用	212
二、磁场对载流导线的作用	216
三、磁场对载流线圈的作用 磁矩	217
第四节 磁介质	218
一、磁介质	218
二、顺磁质和抗磁质的磁化机制	219
三、铁磁质	220
第五节 电磁感应	222
一、电磁感应定律	222
二、动生电动势	224
三、感生电动势 感生电场	225
四、自感 互感	226
* 第六节 磁场的医学应用	229
一、生物的磁场现象	229
二、磁场的生物效应	229
三、磁场疗法	230
四、核磁共振	231
习题九	231
第十章 波动光学	234
第一节 光的干涉	234

一、光的相干性	234
二、光程 光程差	235
三、杨氏双缝干涉	236
四、劳埃德镜	239
五、薄膜干涉	240
* 六、等厚干涉	242
* 七、迈克耳孙干涉仪	245
第二节 光的衍射	246
一、单缝衍射	247
二、圆孔衍射	250
三、光栅衍射	252
第三节 光的偏振	253
一、自然光和偏振光	254
二、起偏与检偏 马吕斯定律	255
三、部分偏振光的获得 布儒斯特定律	257
四、光的双折射现象与二向色性	258
五、物质的旋光性	261
* 第四节 波动光学的应用	262
一、CD 播放原理	262
二、计算机芯片的制作	264
三、糖量计	264
习题十	265
第十一章 几何光学	268
第一节 球面折射	268
一、单球面的折射	268
二、共轴球面系统	270
第二节 透镜	271
一、薄透镜成像公式	272
二、透镜组合	273
三、像差	274
第三节 共轴球面系统的基点和成像公式	275
一、共轴球面系统的三对基点	276
二、作图成像法	276
三、成像公式	277
第四节 眼睛	278

一、眼球的结构简介	278
二、眼睛的光学系统	279
三、眼的分辨本领	280
四、眼的调节及非正常眼的矫正	282
第五节 放大镜 显微镜	285
一、放大镜	285
二、显微镜	286
三、显微镜的分辨本领	287
* 四、电子显微镜	289
* 第六节 纤镜	291
一、光学纤维导光原理	291
二、纤镜及其医疗应用	292
习题十一	293
第十二章 X 射线	294
第一节 X 射线的基本性质	294
第二节 X 射线的产生	295
第三节 X 射线的强度和硬度	296
一、X 射线的强度	296
二、X 射线的硬度	296
第四节 X 射线谱	297
一、连续 X 射线谱	297
二、标识 X 射线谱	298
第五节 X 射线的吸收	300
* 第六节 医用 X 射线透视与摄影装置	302
一、医用 X 射线透视装置	302
二、医用 X 射线摄影装置	304
* 第七节 X 射线 CT 简介	305
一、X 射线 CT 装置成像基本原理	305
二、X 射线 CT 装置的基本结构	309
三、X 射线 CT 的图像特点与临床应用	311
习题十二	312
第十三章 原子核和放射性	313
第一节 原子核的结构与基本性质	313
一、原子核的组成	313
二、原子核的大小与密度	314

三、结合能 原子核的稳定性	315
四、原子核的自旋和磁矩	317
五、核力	318
第二节 原子核的放射性衰变	319
一、 α 衰变	319
二、 β 衰变和电子俘获	320
三、 γ 衰变和内转换	322
第三节 核衰变的规律	323
一、核衰变定律	323
二、半衰期和平均寿命	323
三、统计涨落现象	325
四、放射性活度	326
* 五、级联衰变和放射平衡	327
第四节 射线与物质的相互作用	331
一、带电粒子与物质的相互作用	331
二、光子与物质的相互作用	332
三、中子与物质的相互作用	334
第五节 射线的探测、剂量与防护	334
一、射线的探测	334
二、射线的剂量	337
三、剂量当量	338
四、有效剂量	340
五、天然本底辐射	340
六、辐射防护	341
* 第六节 放射性核素的医学应用	344
一、放射治疗与 γ 刀	344
二、示踪原子	346
三、放射性核素成像	346
习题十三	350
第十四章 量子力学基础	352
第一节 光的波粒二象性	352
一、黑体辐射	352
二、光电效应	354
三、康普顿效应	355
第二节 氢原子结构的玻尔理论	357

一、氢原子光谱的规律性	357
二、玻尔的氢原子理论	357
第三节 微观粒子的波粒二象性	360
一、德布罗意波	360
二、电子衍射	360
三、不确定关系	361
第四节 薛定谔方程	363
一、薛定谔方程的建立	363
二、一维无限深势阱	364
三、势垒 隧道效应	366
四、扫描隧穿显微镜	367
五、薛定谔方程在原子分子中的应用	368
第五节 激光	369
一、激光的产生	370
二、光学谐振腔	371
三、激光的特点	372
四、激光的生物效应	373
五、激光在医学中的应用	376
习题十四	377
第十五章 狭义相对论和广义相对论	379
第一节 伽利略变换	379
一、经典力学的绝对时空观和相对性原理	379
二、伽利略变换	380
第二节 狭义相对论基本原理	381
一、迈克耳孙-莫雷实验	381
二、狭义相对论的基本原理	383
三、洛伦兹变换	384
四、洛伦兹速度变换	385
第三节 狭义相对论的时空观	387
一、时间延缓	387
二、长度收缩	389
三、同时性的相对性	391
四、因果律和信号速度	391
五、光的多普勒效应	392
第四节 相对论动力学	393

一、动量和质量	393
二、力和动能	394
三、质能关系	396
四、能量和动量的关系	396
* 第五节 广义相对论简介	397
一、等效原理	397
二、广义相对性原理	399
三、引力场的时空特性	399
四、引力坍缩与黑洞	401
五、引力波	401
习题十五	402
附录 A 国际单位制	403
附录 B 常用物理学常量	405
习题参考答案	406
参考文献	413

察后获得大量实验数据的基础上，还要经过分析、概括、判断和推理等一系列过程，去粗取精，去伪存真，才能导致物理学定律或理论的建立。假说往往是正确理论建立的先导。据物理学史记载，不少物理定律最先只是一种假说，然后通过大量实验而得到确认。例如1900年普朗克提出的量子假说，打破了经典物理学束缚，成功地解释了热辐射等问题，导致了量子力学的建立。物理定律正确与否主要看它的解释和预言是不是与实验事实相符，即使在定律建立以后，还要经过不断实践修改，因为自然界不存在永恒不变的绝对真理。

物理学的研究方法包含着科学的思维方式。物理学家在探索自然规律时常会提出这样两种问题，即“是什么？”和“为什么？”前者只是弄清事物的表现形式，而后者则要追究引起这个现象的内在原因。继承与创新，是物理学和整个科学技术发展的基础。

物理学的研究有两个明显的趋势：第一是向微观领域，即“无穷小”处深入，其标志是粒子物理学的发展。以前人们认为构成原子核的质子和中子是不可分割的“基本粒子”，这一观念随着夸克的发现而被打破了。近30年陆续发现了6种夸克，按照现代粒子理论，质子和中子属于数百种强子之一，而强子是由夸克组成的。真正的基本粒子是指夸克、轻子和规范玻色子（对称交换粒子），共3类24种。第二是向宏观领域，即“无穷远”处进军，其标志是天体物理学和太空技术研究的进展。借助射电望远镜和太空观测站等先进设备，人们的观测范围已伸展到 10^{26} m以外。近20年来，通过对宇宙空间的低温黑体辐射，探索宇宙的起源和膨胀、天体演化等规律，建立了以广义相对论为基础的宇宙标准模型。随着各种航天飞机、宇宙飞船和火箭的研制，人类到月球、火星和其他星球去旅行已不再是遥远的梦想。

越来越多学者认为，物理学发展水平越高，物理学定律应该是越少，20世纪后期至今，物理学家致力于探索大统一理论（grand unification theories）。已知物质的基本相互作用归结为4种，即强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和引力相互作用。量子场论的研究表明，基本相互作用是通过交换某种粒子实现的。它们在数学上的相似性引发人们思考：可否把4种相互作用统一为1种？又可否用少数几种（而不是24种）基本粒子来解释物质的结构与运动规律？与此并行的一项研究是寻找能量、质量、角动量和电荷这几种守恒定律的内在联系，并且把它们统一起来，这称为对称性原理。

二、物理学与医学的关系、医用物理学简介

物理学的基本原理、基本规律和研究方法普遍应用于自然科学的各个领域，包括医学和生命科学之中，有力地推动了这些学科的发展。物理学所研究的原子和粒子，构成了蛋白质、基因、器官和生物体。随着现代科学技术的发