



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



河南省“十二五”普通高等教育规划教材

Medical Physics

医用物理学 (第二版)

主 编 唐伟跃
副主编 唐文春 刘婉华 陈庆东

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



河南省“十二五”普通高等教育规划教材

Medical Physics

医用物理学 (第二版)

YIYONG WULIXUE

主 编 唐伟跃

副主编 唐文春 刘婉华 陈庆东

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是编者根据多年的教学实践及教学研究成果，在第一版的基础上修订而成的。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、方法与医学有机地融于一体，既保持了物理学的系统性，又适当结合现代医学，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(C I P)数据

医用物理学 / 唐伟跃主编. -- 2版. -- 北京 : 高等教育出版社, 2015.6
ISBN 978-7-04-042473-7

I. ①医… II. ①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(2015)第074932号

策划编辑 缪可可	责任编辑 缪可可	封面设计 张楠	版式设计 杜微言
插图绘制 杜晓丹	责任校对 胡美萍	责任印制 刘思涵	

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.landaco.com
印 刷	北京人卫印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787 mm×1092 mm 1/16	版 次	2012 年 7 月第 1 版
印 张	24.25		2015 年 6 月第 2 版
字 数	600 千字	印 次	2015 年 6 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	42.60 元
咨询电话	400-810-0598		

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 42473-00

前言

本书是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,结合最近几年各高校教学实践和教学改革的经验而协作编写的。

面对 21 世纪教育和教学改革的新形势,本书作者于 2013 年 5 月申报河南省“十二五”规划教材,2013 年 11 月 25 日,河南省教育厅教办高[2013]398 号文件通过本书为河南省第一批“十二五”规划教材。2014 年 4 月申报“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,2014 年 9 月获批并予以公示。本书各协编单位于 2014 年 4 月 6 日在郑州举行了教材第二版的编写会议,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了如下几点:

(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,对于这些内容,任课老师可以按照本院校设定的教学课时数灵活地选为必修或重点讲授的内容,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作者有郑州大学唐伟跃(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(副主编)、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、第十四章,刁振琦编写第一章、第十二章,潘志峰编写第二章,谷运红编写第八章、第十章,唐文春编写第十三章、第十五章,陈庆东编写第六章,杨传径编写第七章、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处的大力支持,高等教育出版社缪可可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

2014 年 5 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1	第三节 简谐振动的合成	37
一、物理学的研究对象、研究方法与发展趋势	1	一、两个同方向、同频率简谐振动的合成	37
二、物理学与医学的关系、医用物理学简介	3	二、两个同方向、不同频率简谐振动的合成	38
三、医用物理学课程的教学目标与学习方法	4	* 三、振动谱	39
第一章 医用力学基础	5	* 四、两个同频率、互相垂直的简谐振动的合成	40
第一节 刚体的定轴转动	5	* 第四节 振动在医学中的应用	41
一、描述刚体转动的物理量	5	一、机械振动对人体的生物效应	41
二、转动动能和转动惯量	8	二、振动测量技术在医疗上的应用	43
三、力矩和转动定律	9	习题二	45
四、刚体的角动量	11	第三章 波动 声波	47
五、刚体的进动	13	第一节 波动方程	47
第二节 应力 应变 弹性模量	14	一、机械波的产生	47
一、应力	14	二、波面 波线	48
二、应变	15	三、波速、波长、周期和频率	48
三、弹性模量	16	四、波函数	49
* 第三节 骨骼与肌肉的力学性质	17	第二节 波的能量	52
一、骨骼的力学性质	17	一、波的能量 能量密度	52
二、肌肉的力学性质	19	二、波的强度 能流密度	54
* 第四节 作用于骨骼上的力	21	三、波的衰减	54
一、人体平衡的力学条件	21	第三节 惠更斯原理与波的干涉	55
二、人体中的杠杆作用	22	一、波的叠加原理	55
三、作用在髋关节上的力	25	二、惠更斯原理	55
四、作用在脊柱上的力	26	三、波的干涉	56
习题一	27	四、驻波	58
第二章 振动	29	第四节 声波	60
第一节 简谐振动	29	一、声速	61
一、简谐振动方程	29	二、声压和声阻	61
二、简谐振动的特征量	30	三、声强和声强级	62
三、简谐振动的矢量图示法	32	四、响度级和等响曲线	64
四、简谐振动的能量	33	第五节 多普勒效应	65
第二节 阻尼振动 受迫振动 共振	34	第六节 超声波及其医学应用	67
一、阻尼振动	34	一、超声波的产生和接收	67
二、受迫振动	35	二、超声波的特性	68
三、共振	36	三、超声波在医学中的应用	70
		习题三	73

第四章 液体的流动	74
第一节 理想液体的流动	74
一、理想液体的定常流动	74
二、液流连续性原理	75
第二节 伯努利方程及其应用	77
一、伯努利方程	77
二、伯努利方程的应用	79
第三节 实际液体的流动	81
一、实际液体的黏性与黏度	81
二、血液的黏度	82
三、实际液体的伯努利方程	83
四、湍流与雷诺数	84
第四节 泊肃叶定律	85
一、泊肃叶定律	85
* 二、血液的流动及血压在血流过程中的分布	88
* 第五节 斯托克斯定律	89
习题四	90
第五章 液体的表面现象	93
第一节 表面张力和表面能	93
一、表面张力	93
二、液体的表面层和表面能	95
第二节 弯曲液面的附加压强	98
一、弯曲液面的附加压强	98
二、液泡内外的压强差	99
第三节 毛细现象 气体栓塞	100
一、润湿作用	100
二、毛细现象	101
三、气体栓塞	102
第四节 表面吸附和表面活性物质	103
习题五	106
第六章 气体动理论与热力学定律	108
第一节 气体动理论	108
一、气体动理论的基本概念	108
二、理想气体物态方程	110
三、理想气体的压强公式	111
四、理想气体的能量公式	113
五、麦克斯韦速率分布律	117
* 六、玻耳兹曼能量定律	119
* 七、气体的溶解 高压氧疗	120
第二节 热力学第一定律	121
一、热力学系统与平衡态	121

二、准静态过程	122
三、功、热量和内能	122
四、热力学第一定律	125
第三节 理想气体的热力学过程	126
一、等体过程	126
二、等压过程	126
三、等温过程	127
四、绝热过程	128
* 第四节 热力学第一定律的应用	130
一、人体的能量交换与基础代谢	130
二、体温的恒定和控制	131
三、卡诺循环	132
四、制冷机	134
第五节 热力学第二定律	136
一、可逆过程与不可逆过程	136
二、热力学第二定律	137
三、卡诺定理	138
四、熵的概念与熵增原理	138
五、生命系统的熵变	140
六、热力学第二定律的统计意义	141
习题六	143
第七章 真空中的静电场	144
第一节 电场 电场强度	144
一、电荷 库仑定律	144
二、电场与电场强度	145
三、场强叠加原理	147
第二节 高斯定理	149
一、电场线	149
二、电场强度通量	150
三、高斯定理	151
四、高斯定理应用举例	152
第三节 静电场力的功 电势	156
一、静电场力的功	156
二、静电场的环路定理	157
三、电势能 电势 电势差	157
四、电势的计算	158
五、等势面 场强与电势的关系	160
* 第四节 电偶极子 电偶层	163
一、电偶极子电场的电势	163
二、电偶层	164
* 第五节 静电场中的电介质	164
一、电介质的极化	165
二、电介质中的静电场	167
* 第六节 心电知识	168

一、心电的产生和心电偶	168	三、感生电动势 感生电场	208
二、空间心电图向量环	169	四、自感 互感	209
三、心电图导联	170	* 第六节 磁场的医学应用	211
习题七	171	一、生物的磁场现象	211
第八章 恒定电流	173	二、磁场的生物效应	212
第一节 电流的描述	173	三、磁场疗法	213
一、电流线	173	四、核磁共振	213
二、电流	173	习题九	214
三、电流密度	175	第十章 波动光学	216
四、恒定电流	176	第一节 光的干涉	216
第二节 欧姆定律	177	一、光的相干性	216
一、物质的导电性与超导现象	177	二、光程 光程差	217
二、欧姆定律	178	三、杨氏双缝干涉	218
第三节 含源电路的欧姆定律	179	四、劳埃德镜	220
一、一段含源电路的欧姆定律	179	五、薄膜干涉	221
二、闭合电路的欧姆定律	180	* 六、等厚干涉	223
第四节 基尔霍夫电路方程	181	* 七、迈克耳孙干涉仪	225
一、节点电流方程	181	第二节 光的衍射	226
二、回路电压方程	181	一、单缝衍射	227
* 第五节 直流电在医学中的应用	183	二、圆孔衍射	230
一、人体的导电性	183	三、光栅衍射	231
二、直流电对机体的作用	184	第三节 光的偏振	232
三、离子透入疗法	185	一、自然光和偏振光	232
习题八	185	二、起偏与检偏 马吕斯定律	233
第九章 电磁现象	188	三、部分偏振光的获得 布儒斯特 定律	235
第一节 磁场 磁感应强度 磁通量	188	四、光的双折射现象与二向色性	235
一、磁场	188	五、物质的旋光性	238
二、磁感应强度	189	* 第四节 波动光学的应用	239
三、磁通量	189	一、CD 播放原理	239
第二节 电流的磁场	191	二、计算机芯片的制作	240
一、毕奥 - 萨伐尔定律	191	三、糖量计	241
二、安培环路定理	194	习题十	242
第三节 磁场对电流的作用	197	第十一章 几何光学	244
一、磁场对运动电荷的作用	197	第一节 球面折射	244
二、磁场对载流导线的作用	200	一、单球面的折射	244
三、磁场对载流线圈的作用 磁矩	201	二、共轴球面系统	246
第四节 磁介质	202	第二节 透镜	247
一、磁介质	202	一、薄透镜成像公式	247
二、顺磁质和抗磁质的磁化机制	203	二、透镜组合	249
三、铁磁质	204	三、像差	249
第五节 电磁感应	205	第三节 共轴球面系统的基点和成像 公式	250
一、电磁感应定律	205		
二、动生电动势	207		

一、共轴球面系统的三对基点	251	第二节 原子核的放射性衰变	289
二、作图成像法	252	一、 α 衰变	290
三、成像公式	252	二、 β 衰变和电子俘获	290
第四节 眼睛	253	三、 γ 衰变和内转换	292
一、眼球的结构简介	253	第三节 核衰变的规律	292
二、眼睛的光学系统	253	一、核衰变定律	292
三、眼的分辨本领	254	二、半衰期和平均寿命	293
四、眼的调节及非正常眼的矫正	256	三、统计涨落现象	295
第五节 放大镜 显微镜	259	四、放射性活度	296
一、放大镜	259	* 五、级联衰变和放射平衡	297
二、显微镜	259	第四节 射线与物质的相互作用	300
三、显微镜的分辨本领	260	一、带电粒子与物质的相互作用	301
* 四、电子显微镜	261	二、光子与物质的相互作用	302
* 第六节 纤镜	262	三、中子与物质的相互作用	303
一、光学纤维导光原理	263	第五节 射线的探测、剂量与防护	304
二、纤镜及其医疗应用	264	一、射线的探测	304
习题十一	264	二、射线的剂量	307
第十二章 X 射线	266	三、剂量当量	308
第一节 X 射线的基本性质	266	四、有效剂量	309
第二节 X 射线的产生	267	五、天然本底辐射	310
第三节 X 射线的强度和硬度	268	六、辐射防护	311
一、X 射线的强度	268	* 第六节 放射性核素的医学应用	314
二、X 射线的硬度	268	一、放射治疗与 γ 刀	314
第四节 X 射线谱	269	二、示踪原子	316
一、连续 X 射线谱	269	三、放射性核素成像	316
二、标识 X 射线谱	270	习题十三	319
第五节 X 射线的吸收	271	第十四章 量子力学基础	321
* 第六节 医用 X 射线透视与摄影装置	274	第一节 光的波粒二象性	321
一、医用 X 射线透视装置	274	一、黑体辐射	321
二、医用 X 射线摄影装置	275	二、光电效应	323
* 第七节 X 射线 CT 简介	276	三、康普顿效应	324
一、X 射线 CT 装置成像基本原理	276	第二节 氢原子结构的玻尔理论	325
二、X 射线 CT 装置的基本结构	279	一、氢原子光谱的规律性	325
三、X 射线 CT 的图像特点与临床	281	二、玻尔的氢原子理论	326
应用	281	第三节 微观粒子的波粒二象性	328
习题十二	281	一、德布罗意波	328
第十三章 原子核和放射性	283	二、电子衍射	329
第一节 原子核的结构与基本性质	283	三、不确定关系	330
一、原子核的组成	283	第四节 薛定谔方程	331
二、原子核的大小与密度	285	一、薛定谔方程的建立	331
三、结合能 原子核的稳定性	285	二、一维无限深势阱	333
四、原子核的自旋和磁矩	287	三、势垒 隧道效应	335
五、核力	288	四、扫描隧穿显微镜	336
		五、薛定谔方程在原子分子中的应用	336

第五节 激光	338	三、同时性的相对性	359
一、激光的产生	338	四、因果律和信号速度	359
二、光学谐振腔	340	五、光的多普勒效应	360
三、激光的特点	341	第四节 相对论动力学	361
四、激光的生物效应	341	一、动量和质量	361
五、激光在医学中的应用	345	二、力和动能	363
习题十四	346	三、质能关系	364
第十五章 狭义相对论和广义		四、能量和动量的关系	364
相对论	347	* 第五节 广义相对论简介	365
第一节 伽利略变换	348	一、等效原理	366
一、经典力学的绝对时空观和相对性		二、广义相对性原理	367
原理	348	三、引力场的时空特性	367
二、伽利略变换	348	四、引力坍缩与黑洞	369
第二节 狭义相对论基本原理	350	五、引力波	369
一、迈克耳孙 - 莫雷实验	350	习题十五	370
二、狭义相对论的基本原理	351	附录 A 国际单位制	371
三、洛伦兹变换	352	附录 B 常用物理学常量	373
四、洛伦兹速度变换	354	习题参考答案	374
第三节 狭义相对论的时空观	356	参考文献	375
一、时间延缓	356		
二、长度收缩	358		

绪 论

一、物理学研究对象、研究方法与发展趋势

宇宙万物,大至恒星和星系,小至原子和粒子,都是按照一定的规律处于永不停息的运动之中.物理学是研究物质的内部结构和物质的最基本、最普遍的运动规律的一门基础科学,它包括力学、声学、热学、电磁学、光学、原子和原子核物理学等多个分支学科.物质的运动形式是多种多样的,如从简单的机械运动,到复杂的物理和化学现象,到更加高级、更加复杂的生命现象等,各种物质的运动形式之间,相互依存而又在本质上相互区别.它们既服从普遍的规律,又有各自独特的规律.物理学研究的目的在于认识物质运动的客观规律及其原因.

物理学研究的领域非常广泛,如在空间尺度上从小到 10^{-16} m 的粒子,到哈勃半径 10^{26} m;在时间尺度上从短到中间玻色子的寿命 10^{-24} s,到宇宙年龄 10^{18} s;在质量尺度上从电子的质量 10^{-31} kg,到目前所测宇宙的质量 10^{53} kg.

物理学是各门自然科学的基础.物理学的研究成果对整个科学技术发展和社会进步产生深刻影响和巨大推进作用,在公认的改变人类生活的重大发明中,绝大部分是物理学的成就.例如,18世纪60年代蒸汽机的发明,引起了第一次技术革命;19世纪中后期电磁学的研究引起了第二次技术革命,导致电力的应用与电气化迅猛发展,其中包括电机、电话、电灯、电视的发明,越洋无线电通信的实现,以及后来广播、电视、短波和卫星通信、无线电话的普及等.20世纪以来,原子物理学、粒子物理学和量子力学的进展,使人类的认识从宏观世界扩展到微观世界,促成了一系列新材料、新能源和新技术的诞生.尤其是作为第三次技术革命标志的电脑的发明与广泛应用,从根本上改变了社会生产和科学研究的面貌,使人类进入了信息化时代.

物理学研究方法包括观察、实验、假说和理论等步骤,观察

是研究物理学的基础;实验则是用人工方法重现某些自然现象,通过定量分析,揭示其本质和规律.例如,电子的发现是对阴极射线长达二三十年实验研究的结果.汤姆孙等人反复测定了电子的电荷量、磁偏转、比荷等物理参量,才确定了这种粒子的存在.又如库仑用扭秤测量静电力时曾出现4%的偏差,他参照万有引力定律,反复试验取得了精确数据,证明了静电力也是遵守平方反比律的.在观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.更基本的粒子是指夸克、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 unified theory).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)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展,医学和生命科学已经以宏观形态的研究进入微观机制的研究,并且将其理论建立在物理学基础之上。电子计算机和大批先进医疗器械的应用,促成了医学从定性科学向定量科学过渡,理、工、医三结合的多学科研究进一步揭示了生命现象的本质。人体内的新陈代谢、能量交换、信息传递、体内控制和调节、疾病发生的机制和物理因素的作用等,都可以应用物理学规律来解释。

物理学和现代医学相互渗透和结合,形成了一些活跃的边缘学科。其中医用物理学是物理学原理和方法直接应用于医学的产物,包括放射诊断物理学、医学影像物理学、血流动力学和放射治疗物理学等。这些新兴的学科(分支)对基础医学研究和临床诊断、治疗、护理等方面都有重要作用。

概括地说,物理学和现代医学的关系主要表现在下列两个方面。

(1) 物理学所提供的原理、方法和技术,为基础医学和临床医学的研究开辟了新的途径。依据物理学原理研制的各种先进医用设备提高了医学诊断、治疗和护理的整体技术素质。例如电子显微镜的应用,使医学研究从细胞水平进展到分子水平,可以对蛋白质、酶和核酸(DNA)等大分子结构进行细致地观察,近年又绘制出了人类基因图组。又如在许多医院中,心电图机、心脏起搏器、光纤内窥镜和电子监护系统已成为常规医疗器械。X射线机、CT、核磁共振系统(MRI)、核素断层显像仪(SPECT和PET)以及超声构成了当今五大影像技术,可以对心脏病、肿瘤和各类病变作出早期诊断,为21世纪分子医学的研究提供了强劲的手段。在放射治疗方面,最早使用的是深部X射线机和电子直线加速器,后来发展到

^{60}Co (钴) 远距治疗、近距 (后装) 治疗, 近几年又增加了 X 刀、 γ 刀和聚焦超声刀等精良“武器”。随着计算机硬件和软件技术的快速发展, 特别是多叶光栅及其计算机控制系统的建立和发展, 使调强适形放射治疗成为现实, 并已投入临床使用。调强适形放射治疗被认为是放射肿瘤学史上的一个里程碑, 它将是 21 世纪初放射治疗技术的主流。所有这些高科技产物, 为防病治疗作出了重要贡献, 真正起到了救死扶伤的作用。

(2) 物理学是学习和研究生命现象和医学科学不可缺少的理论基础。例如, 要了解人体血液循环并进行心血管疾病研究, 就必须掌握流体力学; 要利用心电、脑电、胃肠电等方式进行诊断, 就必须学习电场电流的知识; 要懂得 CT、ECT 和 MRI 等影像设备的成像原理, 就必须学习电磁学和原子核物理学知识, 尤其是射线与物质的相互作用机制等。缺乏物理学基础, 要学好各门医学课程也是困难的。

三、

医用物理学课程的教学目标与学习方法

医用物理学是高等医学院校的一门必修的基础课程。它的目标是: ①授予学生比较系统的物理学知识, 使他们能够掌握物理学中的基本概念、基本理论和基本方法, 为后继课程以及将来从事医疗卫生工作打下基础; ②通过物理教学和实验, 培养学生的逻辑思维方式、动手能力和创新意识。概括地说, 就是要求认识物质运动的普遍规律, 逐步树立起辩证唯物主义世界观。

为了达到这门课程的目标, 需要讲究学习方法。如上所述, 物理学是一门实验科学, 也是逻辑性强的课程。物理现象的规律一般是通过概念、定理和公式表述的, 而每一条规律对应着若干物理量。因此, 在学习中必须正确理解物理学概念和定理的表述与内涵, 弄清定理和定律的成立的条件、适用范围和应用方法。通过医用物理学的学习, 学生可在实验技能、计算能力和抽象思维能力等方面都得到严格训练, 从而提高分析问题和解决问题的本领。

我们相信, 只要树立明确的学习目标, 发扬刻苦学习的精神, 并采用正确的、行之有效的学习方法, 就一定能够学好医用物理学课程。

第一章 医用力学基础

力学 (mechanics) 是物理学的基础. 用力学的观点、方法和理论来研究生物体力学性质及其运动规律的科学, 称为医用力学. 从宏观上讲, 人体医用力学是以力学的观点研究人体的脏器、肌肉、骨骼、关节等部位的结构和功能; 从微观上讲, 人体医用力学是研究生物大分子、生物聚合物、细胞、组织等的力学性质. 有关人体医用力学的研究不仅推动了解剖学、组织学和生理学的发展, 使人们对生命现象的认识得到深化, 而且还澄清了一些疾病的病理机制, 并为这些疾病的治疗提供理论上的指导. 本章首先介绍刚体的转动规律和应力、应变等概念, 在此基础上, 再讨论骨骼和肌肉的力学性质及作用于人体骨骼上的力的平衡问题.

第一节 刚体的定轴转动

在任何情况下大小和形状都不发生变化的物体称为刚体. 刚体最基本的运动是平动和转动, 在运动过程中, 如果刚体内任一直线在各个时刻的位置都相互平行, 则这种运动称为刚体的平动 (图 1-1); 如果刚体上所有质点都绕同一直线做圆周运动, 则这种运动称为刚体的转动, 而该直线称为刚体的转轴. 如果刚体转动过程中其转轴固定不动, 则这种转动称为刚体的定轴转动 (图 1-2). 刚体的一般运动虽然比较复杂, 但可以看成是平动和转动的叠加, 例如车轮的滚动, 可以看成是绕轴的转动加上随轴一起的平动.

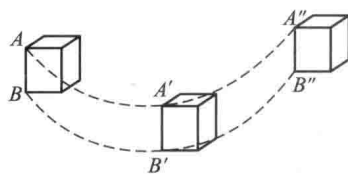


图 1-1 刚体的平动

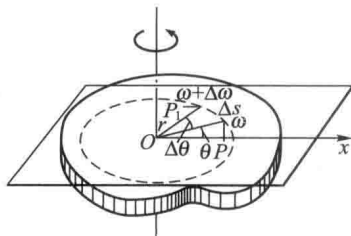


图 1-2 刚体的定轴转动

一、描述刚体转动的物理量

刚体做定轴转动时, 其上的任一质点都在垂直于转轴的平面内做圆周运动, 这一平面称为转动平面. 当然, 不同质点的转动平

面可能是不同的. 描述这些质点的运动可以用位移、速度、加速度等线量, 也可以用角位移、角速度和角加速度等角量. 对于定轴转动的刚体来说, 由于各质点到转轴的距离不尽相同, 各质点的线量就可能不同, 而各质点到转轴的半径线在同一时间内转过的角度都是相同的, 即刚体上各质点做圆周运动的角量完全相同, 因此用角量来描述定轴转动刚体的运动状态尤为方便.

1. 刚体转动的角量描述

在图 1-2 中, 半径线 OP 在 Δt 时间内转过的角度 $\Delta\theta$, 称为刚体在 Δt 时间内的角位移, 单位是 rad . 一般规定, 刚体沿逆时针转动时, 角位移取正值; 沿顺时针转动时, 角位移取负值.

角位移 $\Delta\theta$ 与时间 Δt 的比值, 称为 Δt 时间内的平均角速度, 即

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

当 Δt 趋于零时, 平均角速度的极限, 称为 t 时刻的瞬时角速度, 简称角速度, 即

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (1-1)$$

角速度是描述刚体转动快慢的物理量, 在 SI (国际单位制) 中, 单位是 $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$. 角速度的方向由右手螺旋定则确定.

刚体做变速转动时, 角速度要发生变化. 角速度在 Δt 时间内的增量 $\Delta\omega$ 与时间 Δt 的比值, 称为刚体在 Δt 时间内的平均角加速度, 即

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

当 Δt 趋于零时, 平均角加速度的极限值称为刚体在 t 时刻的瞬时角加速度, 简称角加速度, 即

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (1-2)$$

角加速度是描述角速度变化快慢的物理量, 在 SI 中, 单位是 $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$.

2. 匀变速转动的基本公式

当刚体做匀变速转动时, 角加速度是一常量, 其运动方程与匀变速直线的运动方程相似, 其角位移、角速度、角加速度之间有下列关系:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \omega_0 + \alpha t \\ \theta &= \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \\ \omega^2 &= \omega_0^2 + 2\alpha\theta \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$