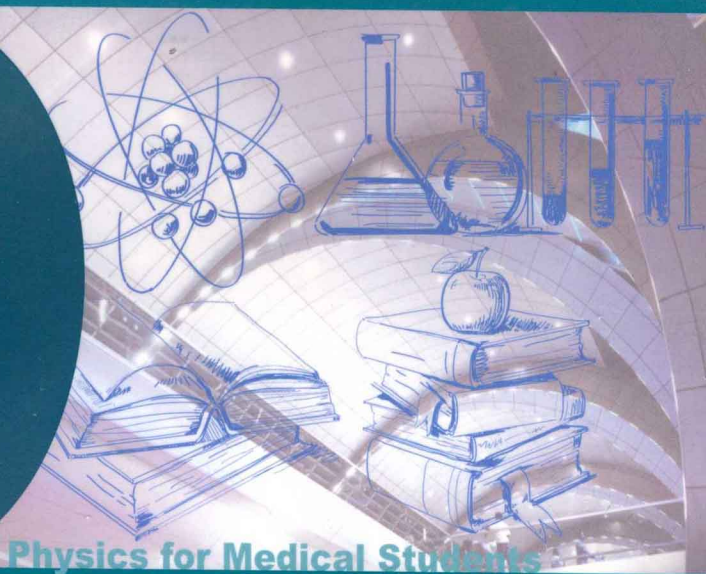


高等学校医药类专业物理基础课程系列教材

医用物理学

江 键 屈学民 邓 玲 主 编

文 峻 廖新华 王小平 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

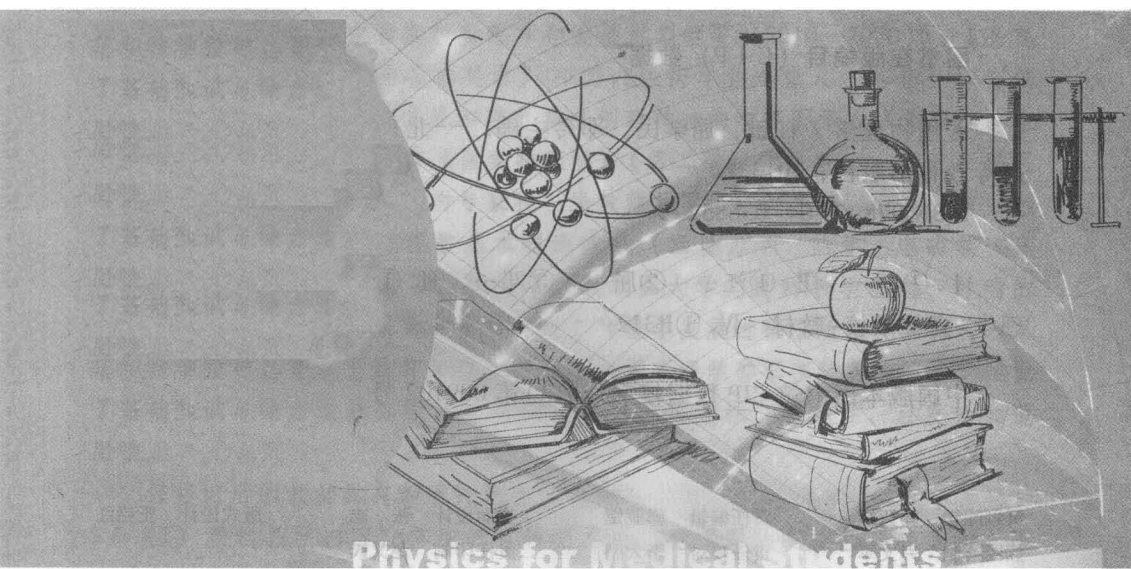
高等学校医药类专业物理基础课程系列教材

医用物理学

Yiyong Wulixue

江 键 屈学民 邓 玲 主 编

文 峻 廖新华 王小平 副主编



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

内容提要

本书是由中国人民解放军总后勤部三所军医大学联合编写的国内第一部符合军队院校教育转型需求和体现军事医学特色的《医用物理学》教材。全书强调了基础性和先进性,突出了科学性和思想性,体现了应用性和军事性,它对提高学生的思维能力和培养学生的创新意识具有重要作用。

全书共分十五章,涵盖了生物力学、生物流变学、振动与波、热学、光学、电磁学、量子力学基础、X射线、激光和放射医学基础等内容,可作为军医大学和其他高等医学院校各专业的本科生教材,也可以作为长学制医学生、研究生、教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学 / 江键, 屈学民, 邓玲主编. --北京: 高等教育出版社, 2013. 2
ISBN 978-7-04-036852-9

I. ①医… II. ①江… ②屈… ③邓… III. ①医用物理学-高等学校-教材 IV. ①R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 009102 号

策划编辑 郭亚嫒	责任编辑 郭亚嫒	封面设计 张志	版式设计 王艳红
插图绘制 尹文军	责任校对 李大鹏	责任印制 赵义民	

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	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	北京泽明印刷有限责任公司	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 960mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	24.5	版 次	2013 年 2 月第 1 版
字 数	450 千字	印 次	2013 年 2 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	38.00 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 36852-00

前 言

本教材是由中国人民解放军总后勤部三所军医大学联合编写的国内第一部既符合国内外医学教育标准,又能满足军队院校教育转型需求,且充分体现了军事医学特色的医用物理学教材。它是医药类专业学生一门重要的自然科学课程用书,它对提高学生的思维能力和培养学生的创新意识具有重要作用。

本教材以《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》、《医药类专业大学物理课程教学基本要求》和国内医药学各专业人才培养目标为依据,以军队院校教育转型发展和培养具有创新精神的军事医学人才为驱动,在第四军医大学出版社出版的《医学物理学》(第二版)的基础上,由三所军医大学长期从事医用物理教学的专家和一线教师共同修订和完善。

本教材在保持完整物理学基本理论体系(涵盖力学、热学、电磁学、光学和量子力学等)的条件下,融入了三所军医大学先进的教学理念、鲜明的教学特色和丰富的教改成果。全书强调了物理学发展过程中所呈现出的物理思想和科学精神,贯穿了物理学与生命科学、军事医学和军事装备的结合,注重了基础知识与能力培养的统一,确保了教材的科学性、思想性、启发性和适用性。

经修订后的教材具有如下特色:

(1) 精选教学内容,体现教育转型发展。根据军队院校教育转型和军医大学创新人才培养方案,新编教材在基本保留原版教材完整理论体系的框架下,对教材内容进行了适当调整、补充和完善,增加了波动光学、几何光学、激光、分子成像和电磁频谱管理等内容,调整了近代物理学专题内容的编写方法,将等离子体、生物非线性动力学和超导等内容融入相关章节,以满足军队院校医药类专业和地方医药类院校物理课程的教学需求,使教材结构更趋完善合理。同时新编教材适当提高了课程的起点,增加了知识的深度与广度,丰富了物理学与医药学和军事医学的联系,简化了繁琐的数学推导,注重了物理思维和物理方法介绍,使教材更具可读性、生动性、先进性和科学性。

(2) 拓展应用范围,体现军事医学特色。医用物理学的教学理念不仅在于向学生传授物理学的基本思想、基本规律和基本方法,更重要的是能培养学

生借助物理原理去创造知识,提高解决实际问题的能力。为此,新编教材关注了现代医学研究、军事医学研究和军事装备研究的最新需求,并以物理学的新技术和新知识为基础,将现代物理研究的最新技术与成果融入医用物理学的教材中,使医用物理学教材的内容更加新颖和实用。例如教材中增加了生物电磁学、电磁频谱管理、光生物成像、分子成像和激光在军事中的应用等内容,力求使学生能够掌握科学发展的最新动态和新技术,以及新技术在医药学和军事医学中的应用,为学生创新能力的培养奠定坚实基础。

(3) 提高思维能力,培养学生创新能力。医用物理学教学的目的在于培养学员科学的思维方法,提升学员的思维能力,激发学员潜在的创新意识和提高学员解决问题的能力。全书紧紧围绕加强学员科学思维方法和创新能力培养这个主题,在各章节内容的编写过程中充分融入了物理学人文知识、物理学思维方法、科学家创新精神和科学的时空观,并将学生创新能力的培养贯穿于教材的始终。同时借助于学生关注的物理学与医药学和军事医学紧密联系的内容,诸如生物力学的物理基础、生物流变力学、生命系统中的热力学结构、生物电磁学、核磁共振成像等,强化物理思维和创新意识的教育,使学生在了解物理知识与医药学紧密联系的同时,通过比较、演绎、综合和分析等过程全面提高思维能力和培育创新意识。

(4) 符合认知规律,培养学生自学能力。本教材将基本概念、基本规律和基本理论贯穿于教学的整个过程中,全面、透彻、清晰地阐述基本概念,突出规律与现象之间的联系,力求做到叙述准确、简洁易懂。同时,为加深对基本概念、基本原理和基本规律的掌握,精选例题与习题,便于学生阅读。

本教材强调基础性和先进性,体现应用性和军事性,适合军医大学和其他高等医学院校五年制临床、预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、中药、检验、护理、心理和生物技术等专业使用,也可以作为长学制医学生、研究生、教师、科研工作者的科研参考用书。

本书共分十五章,基本涵盖了医药学和生物技术各专业所需的物理学基础知识和基本技能,科学思维方法和学术发展动态,及物理学在医药学、军事医学和军事医学装备等方面的主要应用。教材中绪论、第十一章、第十二章和第十四章和附录由第二军医大学编写;第二章、第三章、第四章、第八章、第十章和第十五章由第三军医大学编写;第一章、第五章、第六章、第七章、第九章和第十三章由第四军医大学编写。本教材拟配套出版供师生使用的医用物理学学习指导、医用物理学实验教材及其相关数字化教学资源,使教材体系完整,配套齐全,特色鲜明,适用面广。

本教材在编写过程中得到了第二军医大学、第三军医大学、第四军医大学和高等教育出版社相关部门的鼎力支持,在此表示由衷的感谢。此外,感谢大

连医科大学柴英教授参与本教材的编写。由于编者水平有限，书中在内容上难免存在一些不妥之处，疏漏和错误也在所难免，恳请读者与同行赐正。

编 者
2012 年 8 月

目 录

绪论	1
第一章 生物力学的物理基础	7
第一节 质点的运动	7
第二节 刚体的运动	12
第三节 三个守恒定律	15
第四节 生物材料的力学特性	17
思考题	24
习题	24
第二章 流体动力学	26
第一节 理想流体的流动	26
第二节 牛顿流体的流动	34
第三节 血液的流动	39
思考题	44
习题	45
第三章 振动和波	47
第一节 简谐振动	47
第二节 阻尼振动 受迫振动	52
第三节 简谐振动的合成与分解	54
第四节 波动的基本规律	58
第五节 波的能量	62
第六节 波的干涉	65
思考题	69
习题	69
第四章 声波	71
第一节 声波的基本性质	71
第二节 多普勒效应	76
第三节 超声波及其医学应用	78
第四节 次声波及其军事应用	85
思考题	87

习题	87
第五章 分子动理论	89
第一节 物质的微观模型	89
第二节 理想气体压强公式	91
第三节 气体分子的速率分布	96
第四节 液体的表面性质	100
思考题	106
习题	107
第六章 热力学基础	109
第一节 热力学的基本概念	109
第二节 热力学第一定律	113
第三节 热力学第二定律	120
第四节 熵与熵增加原理	123
第五节 生命系统中的热力学结构	126
思考题	130
习题	131
第七章 静电场	133
第一节 库仑定律 电场强度	133
第二节 高斯定理	140
第三节 电势 环路定理	147
第四节 静电场中的电介质	154
第五节 心电知识	156
思考题	158
习题	159
第八章 直流电	161
第一节 电流密度	161
第二节 基尔霍夫定律	166
第三节 电容器的充放电规律	170
第四节 直流电的医学应用	172
思考题	176
习题	176
第九章 恒定磁场	179
第一节 磁场 磁感应强度	179
第二节 毕奥-萨伐尔定律	181
第三节 高斯定理和安培环路定理	183

第四节 磁介质	187
思考题	190
习题	190
第十章 电磁感应与电磁波	193
第一节 电磁感应	193
第二节 麦克斯韦方程	198
第三节 电磁波	201
第四节 电磁频谱管理	206
第五节 生物电磁学	210
思考题	216
习题	216
第十一章 波动光学	218
第一节 光的干涉	218
第二节 光的衍射	229
第三节 光的偏振	237
思考题	248
习题	248
第十二章 几何光学	250
第一节 几何光学的实验定律和概念	250
第二节 球面折射成像	251
第三节 透镜	257
第四节 眼睛成像	264
第五节 光学仪器	269
思考题	278
习题	278
第十三章 量子力学基础	280
第一节 量子力学的实验基础	280
第二节 玻尔的氢原子理论	287
第三节 实物粒子的波粒二象性	289
第四节 不确定关系	290
第五节 波函数与薛定谔方程	292
第六节 原子状态的量子力学描述	298
思考题	300
习题	300

第十四章 激光与 X 射线 302

第一节 激光的产生及其性质 302

第二节 激光的医学应用 308

第三节 激光的军事应用 312

第四节 X 射线的产生及其性质 315

第五节 物质对 X 射线的吸收规律 323

第六节 X 射线的医学应用 325

第七节 X 射线电子计算机断层成像 328

思考题 334

习题 334

第十五章 放射医学基础 336

第一节 原子核的基本性质 336

第二节 原子核的衰变规律 340

第三节 射线的防护 345

第四节 磁共振成像 351

第五节 核医学成像与放射治疗 358

第六节 分子成像 364

思考题 367

习题 368

附录 1 基本物理常量 369

附录 2 国际单位制 370

附录 3 中英文对照索引 373

参考文献 378

药学专业学生学习后继课程打下扎实的基础，而且为培养学生的思维品质 and 创新能力提供良好的平台，更重要的是为将来从事医学科学研究、医疗卫生研究和军事医学科学研究提供合格的创新人才。

一、医用物理学的研究对象

医用物理学是物理学的重要分支学科，是物理学与生命科学相结合所形成的交叉学科，涵盖众多近代物理学的最新研究成果及其在医药学和军事医学中的应用与实践。因此，医用物理学的研究对象主要涉及与生命运动相关的物质基本结构、物质间相互作用及其运动规律。

自然界中任何物体都是由运动着的物质所组成，生命现象在自然界中呈现出众多高级和复杂的物质运动形态，它们的运动方式千变万化且遵循各自独特的运动规律，但它们普遍服从物质运动的共同规律并以简单的物理运动形式为基础。例如任何生命运动毫无例外地遵循物理学所确立的能量转化和守恒定律；又如呼吸、消化、循环、肌肉收缩和神经传导等生理过程涉及各种形式的生物化学变化，而生化反应通常与分子运动、热运动和电磁现象等各种物理运动过程密不可分；再如人体内的组织、细胞和神经电活动包含着复杂的电学过程等。物理学是研究物质运动基本性质和普遍规律的科学，物理学研究的各种运动形式普遍存在于生命活动等高级和复杂的物质运动形式之中，它为人们深入了解生命活动规律提供了基础理论和实验依据。

需要指出的是自然界中的生命现象除了服从有关物理学运动规律以外，还各自遵循特定的化学和生物学变化规律。物理学是研究生命现象的基础，但不能解释生命现象的全部。

二、医用物理学研究方法及其科学思维

医学物理学是建立在实验基础上的科学，科学实验是医学物理学研究的重要手段。在医用物理学的发展历程中许多自然现象和生命活动规律都是通过实验观测发现的，其相关理论也是通过实验反复验证而总结出来的。

医用物理学研究方法通常包括实验观察、归纳演绎、联想类比、提出假设、构建模型、建立理论和实践应用等。通常研究者在对某一自然现象（或生命现象）进行实验观测并获取大量基本资料的基础上，对研究问题进行简化和抽象并建立相应的物理模型；然后用已知的理论对研究对象进行概括、分析、判断和推理并作出合理的定性解释，用数学工具对研究对象进行定量计算和推理分析，阐述事物的客观规律和内在本质，并总结归纳出经实践证明可以正确反映某些自然现象的客观真理，从而导致新的定律和理论的建立。在定律和理论的建立过程中，有些自然规律用旧的定律和理论无法解释时，需要研究

者对研究规律提出新的科学假说和理论预言，假说和预言在科学研究中往往起着很重要的作用。例如，普朗克为了解释黑体辐射规律提出了突破经典物理理论束缚的能量量子化假设；爱因斯坦为了解释光电效应提出了光量子假设；玻尔为了解释氢原子光谱规律提出了玻尔假设；德布罗意在光的波粒二象性的启发下提出了物质波假设，为量子力学的建立奠定了基础。物理假说是科学认识发展的重要环节，也是科学研究的主要方法。

值得一提的是，在探索自然现象和生命运动规律的过程中，建立能抽象反映事物特征和本质的理想化物理模型来研究复杂的物理过程是常用的研究方法。例如用电缆模型来模拟神经纤维的电学性质；用闭合的电偶层模拟心肌细胞研究其对外的电场分布状态；将理想流体模型得到的流体运动规律再经适当修正应用于牛顿流体；用电流、电压、电阻和电容分别替代血流量、血压、流阻和血管顺应性等。构建理想化的物理模型可以将复杂的物质运动形式简单化，进一步突出被研究对象的主要特征，反映事物的内在本质。

医用物理学在长期的发展过程中形成了许多具有鲜明学科特色的创新思维模式、逻辑分析方法和科学思维方式。能量守恒原理是物理思维模式的完美体现，科学家可以根据能量守恒原理预言和发现新的物质和新的能量形式的存在。综合分析和归纳演绎是物理学逻辑分析的重要方法，是科学抽象思维过程的主要表现形式。综合是把部分结合成整体，分析是把整体分解为部分，综合与分析是一种可逆的思维过程，两者有机组合形成了综合分析法。归纳是从个体到一般的认知过程，演绎是从一般到个别的认知方法，归纳和演绎是科学认识过程中相互独立和相合依存的思维方式，二者的相互融合形成了科学的归纳演绎分析法。在医用物理学课程体系中利用综合分析法和归纳演绎法研究问题的事例不胜枚举，它们对促进医用物理学的快速发展起到了重要作用。此外，批判性思维、物理类比思维、物理假说和物理模型构建等均是医用物理学创新性思维的重要方式，是推动医用物理学创新发展的源泉，也是大学生开启知识宝库的钥匙。

三、医用物理学与医学的联系

物理学与其他自然科学之间没有绝对的界限，它已延伸和融合到许多科学之中。物理学和医学两门学科相互依存、相互促进和协调发展形成了医用物理学，物理学的成就促进了医学科学的发展和进步，它对探索和阐述生命现象的物理本质做出了重大贡献。同时医用物理学的发展也离不开物理学与医学的结合，医学科学的进步推动了医用物理学的快速发展。在医用物理学的发展历程中物理学与医学的联系主要体现在以下几个方面：

(1) 物理学的基本理论是理解生命运动规律不可或缺的基础。物理学是

自然科学、医学科学和工程技术的重要基础。物理学的基本理论和思维方法是了解和掌握生命运动规律不可或缺的基础知识，它对推动生命科学从宏观形态的研究深入到微观机制的探讨，从细胞水平研究拓展到分子水平探索，从对生命现象的定性观察延伸到定量分析起到重要作用。例如要了解人体骨骼和关节的受力情况以及平时对骨伤患者的合理救治必须学习弹性力学、静力学和静电学的相关知识。要了解血液在心血管系统中的流动规律和心血管系统疾病产生的物理机制必须知道流体力学的基本理论和基本规律。要了解心电、脑电和生物电的形成原因以及微波武器的致伤原理必须学习电磁学相关知识。要了解眼睛屈光不正的形成原因及其治疗原则必须掌握几何光学的基本理论。要了解肿瘤放射治疗基本原理以及核武器的致伤机理必须学习原子核物理的相关知识等。

(2) 物理学的技术与方法为现代医学研究和临床疾病诊治提供了新方法。物理学的发展与现代医学研究和临床疾病诊治之间具有密切的关系。用物理学基本理论设计制造的各种医疗检测和诊断设备几乎涵盖了医学研究和临床疾病诊断的各个方面，它不仅为临床疾病的检测和诊断提供了先进的医疗设备，而且为各类疾病的病因病理研究和预防治疗提供先进理念和实验手段，对医学研究和临床疾病诊断水平的提高起到了重要作用。例如借助于光学显微镜人们可以观察到细胞和微生物，电子显微镜的出现使生物医学研究从细胞水平深入到分子水平并实现对细胞超微结构的观测研究。激光扫描共聚焦显微镜的诞生实现了对活细胞进行动态观测和分析。X 射线断层成像技术可以为临床医生提供人体的组织信息。磁共振成像技术可以获取人体解剖学的结构信息和表征人体组织功能和代谢过程的特征信息。此外生物电检测技术、超声技术、激光技术、微波技术、光纤内窥镜技术、热成像技术、红外技术、核技术、遥感技术、信息技术、放射免疫技术、数字减影血管造影技术、单光子和正电子发射断层成像技术等也都成为疾病检测和诊断的有力武器，极大地推动了医学科学的发展和医学科学技术的现代化。

(3) 物理学的发展为临床治疗提供了新技术。随着物理学各领域的快速发展，物理学的新理论、新技术、新方法和新材料为临床治疗开辟了许多新途径。热疗、电疗、光疗、放射疗法、射频疗法、等离子体疗法、激光疗法、微波疗法和低温冷冻疗法等物理治疗方法已广泛临床各科室。此外高频刀、X 刀、 γ 刀、医用激光器、医用加速器、心脏起搏器、各种医用传感器和生物医学材料等先后进入临床治疗领域，它们对推动临床医学发展、保障国民健康做出了巨大贡献。医学的发展事实证明，没有物理学的支持就没有现代医学的今天，没有物理学的发展就没有医学的未来。

四、医用物理学与军事医学的联系

军事医学是运用一般医学原理和技术,研究军队平战时特有卫生保障的科学。军事医学是衡量国家军事实力的重要标志之一,事关国家安全,其成果通过卫生勤务的实施,达到维护部队健康,提高野战医疗和防疫水平,巩固与增强部队战斗力的目的。与普通医学科学相比,军事医学与普通医学的研究内容相互交叉和渗透,但其研究对象所处环境涉及高原环境、低温环境、高热环境、电磁环境和各类极限环境等,由此产生的军事医学问题日趋复杂,相关问题的解决需要医用物理学在内的多学科的协同攻关。如海军、空军和电子对抗部队在信息化作业环境下带来的军事神经认知维护问题;海军和空军军事作业场所的噪声防护问题;海军核潜艇、二炮坑道和空军雷达作业带来的辐射防护问题;海军医疗后送问题;高原综合征和三防快速检测问题等。

自 20 世纪以来物理学的快速发展带动了科学技术的进步,大量物理学的最新研究成果如核技术、红外技术、激光技术、超声技术、雷达技术、微波技术、电子技术、隐身技术等优先用于军事领域,由此带来了新军事科技的变革,推动了常规武器、精确制导武器和新概念武器的发展,极大地提高了部队的战斗力。随着精确制导武器、激光武器、次声武器、微波武器、电磁武器、粒子束武器、基因武器和新型核武器等新式武器的出现和作战模式的改变,由此产生的战创伤的性质和程度较以往有很大的不同。例如燃烧弹造成大批人员严重烧伤;集束弹导致伤员多处伤的出现;定向能武器造成烧伤、冲击伤和复合伤;核武器扩大了杀伤范围,增加了辐射损伤和复合伤;生物战剂和化学战剂导致各种传染病的传播和生物化学损伤出现等。因此研制生物战剂和化学战剂的侦检仪器,研究新型武器产生的各类物理因子的致伤原理及其治疗方案,探索新型武器的防护措施等都是医用物理学研究的新领域和新课题。

21 世纪人们进入了信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术和空间技术为主要内容的高新科技时代,医用物理学所取得的各项新成果必将为新世纪的科学技术和军事医学带来巨大的进步。

五、医用物理学的学习方法

医用物理学是了解生命现象、学习医学科学知识不可缺少的基础,其所提供的基本理论、实验技术和思维方法为医学研究和医疗实践开辟了许多新途径。因此本书中介绍了大量与医学研究、医疗实践和军事医学紧密相关的物理学基本理论和基础知识,它不仅是进一步深入学习现代物理学最新理论的基础,而且是学习生物学和生命科学的基础,在临床医学和军事医学中有着广泛的应用。

学好医学物理学必须同时做好“教”与“学”两方面的工作。关于“教”，教师应根据军队院校教育转型发展的需求和军医大学创新人才培养目标，针对不同专业合理选择不同的教学内容、教学方法和教学手段，架好医用物理学与后续医学基础课及临床专业课之间的沟通桥梁，有效提高学生的学习积极性，关注学生创新能力的培养。在教学过程中充分利用启发式、批判式、交互式、讨论式、同伴式和专题式等教学方法启迪学生的思维，关注学生的人格发展，提高学生的创新能力。合理利用信息化技术和网络教学平台，丰富学生的学习内容，拓展学生的知识面，提高课堂教学质量，最终实现在课程价值观上体现人的发展、专业发展和社会发展并举，在课程目标上体现知识、能力和人格发展并重。

关于“学”。学生首先要正确地认识物理学与医学之间的关系，了解物理学中各种物质运动的规律，注重物理学基础理论、基本知识和基本规律的学习。其次要掌握正确的学习方法，这在某种程度上比获取知识更为重要。在学习过程中要善于思考，及时总结人们发现物理规律的过程与方法，体验和凝练物理学的研究方法和科学思维，实现逐步增强逻辑思维能力、提升物理思维品质和培育创新意识的目的。再者要重视医用物理实验，学习和掌握必要的物理实验手段、技术和方法，认真观察实验现象，注重发现问题、捕捉问题和解决问题的过程。最后在有可能的情况下积极参加医用物理学课外科技创新实践活动，进一步体验科学研究和科技创新的全过程，加深对医用物理学在生命科学和军事医学领域中重要性的认识。

我们相信通过“教”与“学”的共同努力，同学们一定能够学好医用物理学，为后续专业课程的学习打下扎实的基础，为促进医学和军事医学的发展发挥作用。

第一章 生物力学的物理基础

教学要求：

1. 了解机械运动的特点，掌握运动方程的应用。
2. 掌握牛顿三定律和刚体的定轴转动定律，熟悉三个守恒定律。
3. 理解应力、应变和弹性模量的概念，掌握应力和应变之间的关系。
4. 了解骨、血管与肌肉的力学特性。

生物力学是应用力学原理和方法对生物体中的力学问题进行定量研究的生物物理学分支。生物力学的研究尺度从生物整体到单个分子，研究范围从植物到动物；依据研究对象的特点和运动特征可分为生物流体力学、生物固体力学和运动生物力学等；生物力学研究的重点是与医学有关的力学问题。本章首先重点讲述在生物力学研究中必需的物理基础，之后对人体的骨骼、血管和肌肉的力学特征作一简要介绍。

第一节 质点的运动

世界由物质构成，而物质又处于不断地运动中，且运动的形式很多。人们将一个物体相对于另一个物体的位置随时间的变化（或物体各部分间的相对位置随时间的变化）称为**机械运动**（mechanical motion）。机械运动是最简单的一种运动，它也是研究其他运动形式的基础。

一、质点运动的描述

1. 参考系和坐标系

运动是绝对的，而对运动的描述是相对的。正因为描述运动的相对性，所以当谈到某一个物体做何种运动时，事实上我们是相对于一个参考物而言，这个被选作参考的物体称为**参考系**（reference frame）。选择什么物体作为参考系，往往要根据所研究的问题来确定。选择不同的参考系，对一个特定运动的观察结果就不同。某列车做匀速直线运动，若其天花板上有一个物体脱落，以车厢为参考系，物体做直线运动；以地面为参考系，物体做曲线运动。

运动是物体相对于参考系的位置随时间所发生的变化，要研究这种位置变化，首先得确定物体的位置。为了准确标定物体的位置，常将一个坐标系（如直角坐标系）和参考系牢固地连接起来。坐标系比参考系进了一步，它不仅在性质上起到了参考系的作用，而且在量上使描述精确化。

2. 质点

任何物体都有质量、大小和形状，但在研究物体做机械运动时，如果运动的物体满足以下两个条件之一，我们就能把待研究的物体视做一个只具有质量而不需考虑大小和形状的对象，这样的对象称为质点（particle）。显然，质点是一个理想化的模型。两个条件分别是：①对象的大小和形状不用考虑，如汽缸中活塞的运动（活塞上任意两点运动前后的连线保持平行。各点的运动状态相同）；②大小和形状可以忽略不计。如研究地球绕太阳的公转（地球绕太阳的轨道半径比地球的半径大4个数量级）。研究质点的运动规律至关重要，它是研究一般对象运动的基础，因为任何对象都可看做是由有限个或无限个质点所组成。

3. 运动方程

如图1-1所示，空间某质点P的位置可以用x、y、z三个坐标来表示，也可以用从原点O到质点P的有向线段r来表示。矢量r的方向和长度决定了质点P的位置，矢量r称为位矢（position vector）或矢径。位矢与坐标的关系为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

式中i、j、k分别为沿x、y、z三轴正方向的单位矢量，单位矢量的模为1。位矢的模（或大小）为

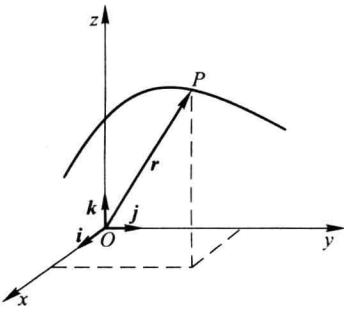


图1-1 位矢

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

质点在运动时，它的位置随时间发生变化，描述位置随时间变化的函数关系式，称为运动方程（equation of motion）。

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \tag{1-1}$$

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \tag{1-2}$$

运动方程可以是（1-1）式的标量形式，也可以是（1-2）式的矢量形式。

4. 平均速度与速度

如图1-2所示，曲线AB是质点运动轨迹的一部分。在t时刻，质点位于A点，位矢为r_A，在t+Δt时刻，质点位于B点，位矢为r_B。描述质点的位置变化可以用从A到B的有向线段Δr来表示，Δr称为位移（displacement）。按照矢量运算法则，位移可写成