

高等医药院校教材

供基础、临床、口腔、药学、影像等专业用

# 医用物理学

主编 鲍修增 洪洋

3  
 人民卫生出版社

高等医药院校教材

供基础、临床、口腔、药学、影像等专业用

# 医用物理学

主编 鲍修增 洪洋

编者(以姓氏笔画为序)

王 岚(哈尔滨医科大学)

王秀芝(中国医科大学)

卢 雁(哈尔滨医科大学)

刘 为(中国医科大学)

李 莉(中国医科大学)

洪 洋(中国医科大学)

俞 航(中国医科大学)

翟建才(第三军医大学)

鲍修增(哈尔滨医科大学)

人民卫生出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

医用物理学/鲍修增,洪洋主编. —北京:  
人民卫生出版社,2002  
ISBN 7-117-05057-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 049638 号

---

**医 用 物 理 学**

---

主 编: 鲍修增 洪 洋

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

印 刷: 三河市潮河印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21

字 数: 482 千字

版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05057-8/R·5058

定 价: 27.50 元

著作权所有,请勿擅自用本书制作各类出版物,违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

# 前 言

本书是依据现代医学对物理学的基本要求,在总结我们多年来的教学实践及教学改革的经验基础上,参考国内外近年来相关的优秀教材,由哈尔滨医科大学、中国医科大学和第三军医大学共同编写而成。

全书共十四章,基本覆盖了物理学的基本理论。根据本书的使用对象是医学院校的学生及受教学时数的限制,在保持物理学系统性的基础上,本书对所阐述的内容有所侧重,并在每章都不同程度地用物理学的理论和方法介绍了物理学在现代医学方面的应用。为了保证物理学理论的系统性和科学性,本书采用矢量运算与物理概念相结合的方法,尽可能用准确、简明、易懂的术语阐述涉及到矢量的物理学理论,引导和启发学生正确理解物理学的基本概念和基本规律,加强对学生的自学能力和科学思维能力的培养。在附录部分对本书所涉及到的有关矢量知识作了详细的介绍。为使所介绍的物理学知识更具完整性,同时又避免与中学内容重复,本书在编写时对个别理论和概念只作了简单的介绍。

由于学时数少,涉及面广,使用对象特殊等方面的原因,给《医用物理学》的编写带来了一定的难度。根据医学院校的教学特点,为使教材深入浅出,本书在概念上采用了逐步展开和深化的方法,做到后面用到的知识必须在前面有所叙述、说明,分散了难点,使全书在内容和结构上形成了一个前后呼应的有机整体。

由于水平有限,书中难免有不当之处,希望读者给予批评和指正。

编 者

2002年5月

# 目 录

绪论	(1)
第一章 人体力学的基础知识	(4)
第一节 刚体绕固定轴的转动	(4)
一、刚体转动的运动学	(4)
二、刚体转动的动力学	(5)
三、刚体的转动定理	(7)
四、刚体转动的角动量守恒定律	(8)
五、陀螺的旋进	(9)
第二节 物体的弹性和形变	(10)
一、应变和应力	(10)
二、弹性模量	(12)
三、弹性膜的拉普拉斯公式	(13)
四、弹性和粘弹性	(14)
第三节 骨力学和软组织力学概述	(16)
一、骨组织和形变	(16)
二、骨的粘弹性及骨的外力损伤	(18)
三、应力作用与骨生长及创伤恢复	(19)
四、血管和肌肉的力学性质	(19)
第二章 流体的运动规律	(22)
第一节 理想流体及其运动规律	(22)
一、理想流体	(22)
二、连续性方程	(23)
三、柏努利方程	(24)
四、柏努利方程的应用	(26)
第二节 实际流体的运动规律	(28)
一、层流	(28)
二、湍流和雷诺数	(29)
三、实际流体的柏努利方程	(30)
四、泊肃叶定律	(30)
五、斯托克斯定律	(33)
第三节 血液的流变特性	(33)

一、血液的粘度 .....	(34)
二、微血管中血液的流动 .....	(34)
三、血液在人体循环系统中的流动 .....	(35)
<b>第三章 振动和波 .....</b>	<b>(40)</b>
<b>第一节 简谐振动 .....</b>	<b>(40)</b>
一、简谐振动的方程 .....	(40)
二、简谐振动的特征量 .....	(41)
三、简谐振动的矢量图解法 .....	(42)
四、简谐振动的能量 .....	(42)
<b>第二节 阻尼振动、受迫振动和共振 .....</b>	<b>(44)</b>
一、阻尼振动 .....	(44)
二、受迫振动 .....	(45)
三、共振 .....	(46)
<b>第三节 简谐振动的合成 .....</b>	<b>(46)</b>
一、两个频率相同沿同一直线的简谐振动的合成 .....	(46)
二、两个频率相近沿同一直线的简谐振动的合成 .....	(47)
三、两个同频率、互相垂直的简谐振动的合成 .....	(49)
<b>第四节 波动的基本概念 .....</b>	<b>(51)</b>
一、波的产生和描述 .....	(51)
二、波速、波长以及波的周期和频率 .....	(52)
三、波动所遵从的基本原理 .....	(53)
<b>第五节 平面简谐波的波动方程 .....</b>	<b>(53)</b>
<b>第六节 波的能量 .....</b>	<b>(55)</b>
一、波的能量 .....	(55)
二、波的能流密度(强度) .....	(56)
三、波的衰减 .....	(56)
<b>第七节 波的干涉 .....</b>	<b>(57)</b>
一、波的干涉现象和规律 .....	(57)
二、驻波 .....	(58)
<b>第八节 声波 .....</b>	<b>(60)</b>
一、声压和声的特性阻抗 .....	(60)
二、声强 .....	(61)
三、声强级 .....	(62)
四、响度级 .....	(63)
<b>第九节 多普勒效应 .....</b>	<b>(63)</b>
<b>第十节 超声波及其在医学上的应用 .....</b>	<b>(66)</b>
一、超声波的特性 .....	(66)
二、超声波的产生与接收 .....	(67)

三、超声波在医学上的应用 .....	(68)
<b>第四章 分子物理学 .....</b>	<b>(75)</b>
<b>第一节 理想气体的分子运动论 .....</b>	<b>(75)</b>
一、理想气体的状态方程 .....	(75)
二、理想气体的压强公式 .....	(77)
三、理想气体的能量公式 .....	(78)
四、理想气体的分压定理 .....	(79)
<b>第二节 气体分子速率分布和能量的分布规律 .....</b>	<b>(79)</b>
一、麦克斯韦速率分布律 .....	(79)
二、玻尔兹曼能量分布律 .....	(81)
<b>第三节 输运过程 .....</b>	<b>(81)</b>
一、平均自由程 .....	(81)
二、热传导过程 .....	(83)
三、扩散过程 .....	(83)
四、透膜输运 .....	(84)
<b>第四节 液体的表面性质 .....</b>	<b>(85)</b>
一、表面张力和表面能 .....	(85)
二、弯曲液面的附加压强 .....	(88)
三、毛细现象和气体的栓塞 .....	(89)
四、表面活性物质和表面吸附 .....	(92)
<b>第五章 热力学基础 .....</b>	<b>(95)</b>
<b>第一节 热力学系统及热力学第零定律 .....</b>	<b>(95)</b>
一、热力学系统 .....	(95)
二、热力学第零定律 .....	(95)
<b>第二节 热力学第一定律 .....</b>	<b>(96)</b>
一、准静态过程 .....	(96)
二、态函数 .....	(96)
三、传热与作功 .....	(97)
四、系统的内能 .....	(97)
五、热力学第一定律 .....	(98)
<b>第三节 理想气体的热力学过程 .....</b>	<b>(98)</b>
一、等体过程 .....	(99)
二、等压过程 .....	(99)
三、等温过程 .....	(100)
四、绝热过程 .....	(100)
五、人体的新陈代谢 .....	(102)
<b>第四节 热力学第二定律 .....</b>	<b>(103)</b>

一、循环过程与热机效率 .....	(104)
二、可逆过程与不可逆过程 .....	(104)
三、热力学第二定律的两种表述 .....	(105)
四、热力学第二定律的统计意义 .....	(105)
第五节 卡诺循环和卡诺定理 .....	(107)
一、卡诺循环 .....	(107)
二、卡诺定理 .....	(108)
第六节 熵增加原理 .....	(108)
一、熵 .....	(108)
二、熵增加原理 .....	(110)
三、热力学第二定律与生命系统 .....	(111)
四、熵的计算 .....	(111)
第七节 自由能和焓 .....	(113)
一、自由能 .....	(113)
二、焓 .....	(114)
第六章 静电场 .....	(117)
第一节 电场和电场强度 .....	(117)
一、电荷和库仑定律 .....	(117)
二、电场 .....	(117)
三、电场强度 .....	(118)
四、电场强度的计算 .....	(118)
第二节 高斯定理 .....	(120)
一、电力线 .....	(121)
二、电通量 .....	(121)
三、高斯定理 .....	(122)
第三节 电势和电势梯度 .....	(124)
一、静电场力作功 .....	(125)
二、电势、电势差和电势能 .....	(126)
三、电势梯度 .....	(127)
第四节 生物膜电位 .....	(128)
一、电偶极子的电势 .....	(128)
二、电偶层电场的电势 .....	(129)
三、能斯特方程 .....	(131)
四、静息电位 .....	(132)
第五节 静电场中的电介质 .....	(133)
一、电介质的极化 .....	(133)
二、极化强度矢量 .....	(135)
三、电介质内部的电场强度 .....	(135)



四、静电场的能量 .....	(136)
五、介质中的高斯定理 .....	(139)
<b>第七章 稳恒电流</b> .....	(142)
<b>第一节 稳恒电流的导电规律</b> .....	(142)
一、电流强度和电流密度 .....	(142)
二、欧姆定律、电阻和电阻率 .....	(143)
三、欧姆定律的微分形式 .....	(143)
<b>第二节 含源电路的欧姆定律</b> .....	(143)
一、电源电动势 .....	(143)
二、直流电路的特点 .....	(144)
三、闭合电路的欧姆定律 .....	(145)
四、一段含源电路的欧姆定律 .....	(145)
<b>第三节 基尔霍夫定律及其应用</b> .....	(146)
一、基尔霍夫第一定律 .....	(146)
二、基尔霍夫第二定律 .....	(146)
三、基尔霍夫定律的应用 .....	(147)
<b>第四节 RC 电路的暂态过程</b> .....	(148)
一、电容器的充电过程 .....	(148)
二、电容器的放电过程 .....	(149)
<b>第五节 直流电的医学应用</b> .....	(150)
一、直流电对机体的作用 .....	(150)
二、直流电在医学上的应用 .....	(151)
<b>第八章 磁场</b> .....	(155)
<b>第一节 磁场和磁感应强度</b> .....	(155)
一、磁场 .....	(155)
二、磁感应强度 .....	(157)
三、磁感应线和磁通量 .....	(157)
<b>第二节 毕奥-沙伐尔定律及其应用</b> .....	(159)
一、毕奥-沙伐尔定律 .....	(159)
二、毕奥-沙伐尔定律的应用 .....	(160)
<b>第三节 磁场的高斯定理和安培环路定理</b> .....	(163)
一、磁场的高斯定理 .....	(163)
二、安培环路定理 .....	(164)
<b>第四节 磁场对运动电荷的作用</b> .....	(167)
一、洛伦兹力 .....	(167)
二、带电粒子在匀强磁场中的运动 .....	(167)
三、霍尔效应 .....	(169)

四、电磁流速计 .....	(170)
五、电磁泵 .....	(170)
第五节 磁场对载流导线的作用 .....	(171)
一、安培定律 .....	(171)
二、磁场对载流平面线圈的作用 .....	(172)
三、两平行长直电流之间的相互作用 .....	(173)
第六节 磁介质和生物磁效应 .....	(174)
一、介质中的磁场 .....	(174)
二、磁介质的分类 .....	(175)
三、生物磁场和磁场的生物效应 .....	(177)
第九章 电磁感应现象、电磁场和电磁波 .....	(183)
第一节 电磁感应的基本定律 .....	(183)
一、电磁感应现象 .....	(183)
二、法拉第电磁感应定律 .....	(184)
三、楞次定律 .....	(185)
第二节 感应电动势 .....	(186)
一、动生电动势 .....	(186)
二、感生电动势 .....	(187)
三、涡旋电场 .....	(187)
第三节 互感和自感 .....	(188)
一、互感现象 .....	(188)
二、自感现象 .....	(190)
第四节 磁场的能量 .....	(191)
一、RL 电路的暂态过程 .....	(191)
二、磁场的能量 .....	(193)
第五节 电磁场和电磁波 .....	(195)
一、静电场和稳恒磁场 .....	(195)
二、变化的电场和变化的磁场 .....	(196)
三、电磁波 .....	(198)
第十章 波动光学 .....	(203)
第一节 光的电磁理论 .....	(203)
一、光速和折射率 .....	(203)
二、光强 .....	(204)
三、光谱 .....	(204)
第二节 光的干涉 .....	(205)
一、相干光源 .....	(205)
二、光程和光程差 .....	(205)

三、杨氏双缝实验 .....	(207)
四、薄膜干涉 .....	(209)
第三节 光的衍射 .....	(211)
一、单缝衍射 .....	(211)
二、圆孔衍射 .....	(213)
三、衍射光栅 .....	(214)
第四节 光的偏振 .....	(215)
一、自然光和偏振光 .....	(215)
二、偏振光的产生和检验 .....	(216)
三、旋光现象 .....	(219)
<b>第十一章 几何光学</b> .....	(222)
第一节 几何光学的实验定律和费马原理 .....	(222)
一、实验定律 .....	(222)
二、费马原理 .....	(223)
第二节 球面成像 .....	(224)
一、单球面成像 .....	(224)
二、阿贝正弦条件 .....	(227)
三、共轴球面系统 .....	(229)
第三节 透镜 .....	(230)
一、薄透镜及其成像公式 .....	(230)
二、薄透镜的组合 .....	(232)
三、共轴光具组 .....	(233)
四、柱面透镜 .....	(234)
五、透镜的像差 .....	(235)
第四节 眼 .....	(236)
一、眼的结构 .....	(236)
二、眼的调节 .....	(238)
三、眼的分辨本领和视力 .....	(238)
四、眼的屈光不正及其矫正 .....	(239)
第五节 放大镜和纤镜 .....	(241)
一、放大镜 .....	(241)
二、纤镜 .....	(242)
第六节 显微镜 .....	(243)
一、显微镜的光学原理 .....	(243)
二、显微镜的分辨本领 .....	(244)
三、特殊显微镜 .....	(246)
<b>第十二章 波与粒子</b> .....	(253)

第一节 热辐射	(253)
一、基尔霍夫辐射定律	(253)
二、黑体辐射的基本规律	(255)
三、普朗克量子假说	(256)
第二节 光的粒子性	(257)
一、光电效应	(257)
二、爱因斯坦光子理论	(258)
三、康普顿散射	(260)
四、光的波粒二象性	(262)
第三节 实物粒子的波动性	(262)
一、德布罗意波	(262)
二、波函数	(263)
三、不确定关系	(264)
第四节 原子光谱的实验规律及玻尔的氢原子理论	(266)
一、原子光谱的实验规律	(266)
二、卢瑟福的原子模型及玻尔假说	(267)
三、类氢离子的量子理论	(268)
第五节 分子光谱	(269)
一、分子结构	(269)
二、分子光谱的特征	(270)
三、双原子分子的能级	(270)
四、分子光谱的定性解释	(272)
第六节 激光	(273)
一、激光的产生机制	(273)
二、常见医用激光器	(275)
三、激光的特性	(276)
四、激光的生物效应	(276)
五、激光的医学应用	(278)
<b>第十三章 X 射线</b>	<b>(281)</b>
第一节 X 射线的基本性质	(281)
第二节 X 射线的产生	(282)
一、X 射线的发生装置	(282)
二、X 射线的强度和硬度	(283)
三、X 射线谱	(284)
第三节 物质对 X 射线的吸收规律	(287)
一、吸收规律	(287)
二、质量吸收系数	(288)
三、吸收系数与波长及原子序数的关系	(289)

第四节	X射线的医学应用	(290)
一、	X射线透视和照相	(290)
二、	X射线的生物效应和治疗	(290)
三、	X射线断层扫描成像	(291)
四、	数字减影血管造影技术	(291)
<b>第十四章</b>	<b>原子核和放射性</b>	(293)
第一节	原子核的基本性质	(293)
一、	原子核的组成	(293)
二、	原子核的角动量和磁矩	(295)
三、	原子核的稳定性	(296)
第二节	放射性核素的衰变种类	(297)
一、	$\alpha$ 衰变	(297)
二、	$\beta$ 衰变	(298)
三、	$\gamma$ 衰变和内转换	(299)
第三节	放射性核素的衰变规律	(300)
一、	衰变规律	(300)
二、	半衰期和平均寿命	(300)
三、	放射性活度	(301)
四、	放射性平衡	(302)
第四节	射线与物质的相互作用	(303)
一、	带电粒子与物质的相互作用	(303)
二、	$\gamma$ 射线与物质的相互作用	(304)
三、	中子与物质的相互作用	(304)
第五节	电离辐射防护	(305)
一、	电离辐射的生物效应	(305)
二、	电离辐射剂量单位	(306)
三、	电离辐射的防护	(306)
第六节	放射性核素在医学上的应用	(307)
一、	放射治疗	(307)
二、	示踪诊断	(308)
三、	磁共振成像	(311)
<b>附录一</b>	<b>矢量运算简介</b>	(313)
<b>附录二</b>	<b>基本物理常数</b>	(317)
<b>附录三</b>	<b>中华人民共和国法定计量单位</b>	(318)
<b>附录四</b>	<b>名词索引</b>	(320)

# 绪 论

## 一、物理学的研究对象

物理学是研究物质结构和物质运动最基本最普遍规律的科学。各种自然现象，如天体运动、化学运动、动植物的生长和生殖过程等都是不同形态的物质运动的表现。最简单的物质运动形态是机械运动，稍微复杂一点的运动形态有物理的和化学的现象，而生命现象则是更加复杂、更加高级的物质运动形态。物质的运动形态是多种多样的，它们既服从共同的普遍规律，又有各自独特的规律，对于各种不同的物质运动形式的研究，形成了自然科学的各个分类。物理学是一门以观察和实验为基础的精密科学，它发明为观测自然界所需要的有效的实验工具，创立能解释已观测到的或预测尚未观测到的物理现象的理论。物理学所研究的规律，具有极大的普遍性，物理学所研究的运动，普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中，如在化学反应中都包含有分子运动、热和电的现象；人体内的神经活动包含着复杂的电学过程。一切自然现象（包括有生命的和无生命的现象）都毫无例外地要受到能量守恒定律、万有引力定律以及其他物理定律的约束。正是由于物理学所研究的规律在自然界中具有极大的普遍性，使得物理学成为研究其他自然科学所不可缺少的理论基础。物理学的发展过程充分说明了物理学的重要性。

公元 1600 年以前，包括古希腊自然哲学和中国古代物理学成果，以及哥白尼、开普勒等在天文学上的成就在内，是物理学的前科学时期。这以后，伽利略首创实验、物理思维、数学演绎结合的科学方法标志着物理学作为一门系统的定量学科的开端，牛顿力学的建立标志着物理学成为一门真正的精密科学。此后热力学、波动光学和经典统计物理学得到迅速发展，直到 19 世纪后期，麦克斯韦的电磁场理论的建立，经典物理学建立了比较完整的理论体系。同时，物理学研究开始从宏观进入到了微观世界领域。19 世纪末到 20 世纪初，普朗克的量子论和爱因斯坦的相对论开辟了近代自然科学的新纪元，相对论和量子力学的建立，不但使人类对时空、物质及其运动的经典概念框架发生了根本性的变化，而且已成为近代物理乃至现代科学和工程技术的理论基础。从 1940 年至今，由于近代物理理论所带来的崭新观念加深了人们对客观世界的认识，加上实验技术水平和规模的空前提高，使物理学研究的深度和广度都有了很大的提高，物理学分支学科不断产生，例如，原子分子物理学、原子核物理学，凝聚态物理学、非线性物理学等。物理学与现代应用技术相结合，产生了激光物理、量子电子学、等离子体物理等，以解决应用技术中的一系列物理问题。物理学与其他自然科学交叉、渗透，出现了天体物理、物理化学、生物物理等。物理学的所有分支学科和交叉学科以及物理学在现代应用技术中都取得了引人注目的成就，物理学在现代科学技术中的重要作用在不断提高。

## 二、物理学是深入认识生命现象的理论基础

医学是一门以人为研究对象的生命科学,它所研究的是属于高级的、复杂的运动形态—生命现象,这种高级的运动形态是以普遍的物理的和化学的运动形态为基础的。随着物理学的发展,人类对生命现象的认识也逐步深入,生命科学已经从宏观形态的研究进入微观机制的探讨,也就是说医学研究已逐步进入到了对生命现象的本质性的研究阶段。生命现象的本质性研究离不开物理学。例如,研究肌肉、骨骼、血管功能时就涉及到材料力学的基本知识;人们所以能看到五彩缤纷的世界,是因为视网膜上有“视杆细胞”和“视锥细胞”,它们实际上起着物理学中光电转换的作用;临床中的基础代谢属于热力学第一定律的范畴;而呼吸、消化、血液循环等这些生理现象(过程)和物理学中的力学、热学、电学有关。因此,坚实的物理学基础将使人们在深入认识生命现象的过程中能够把握正确的观点和方法。大量事实表明,物理学在医学领域中的应用已更为广泛和深入。核物理的成就,促成了核医学的建立和发展,分子生物学和生物医学工程学的建立和发展,是物理学和生物学、医学互相渗透、互相促进的产物。可以预期,随着医学科学的发展,物理学和医学的关系必将越来越密切。

## 三、物理学的技术和方法是推动生物医学发展的强大动力

物理学与生物医学的联系还体现在另一方面,即在生命科学的研究和临床实践中,越来越多地采用了物理学的技术和方法。借助于光学显微镜人们发现了生物细胞,电子显微镜的出现又使人们对生物医学的研究由细胞水平上升到分子水平,而激光扫描共聚焦显微镜可直接观察活细胞,对其每一断层或一系列某瞬间细胞的形态结构的变化进行实时拍摄,获得动态变化的实时彩色图像,再用计算机系统做快速记录和分析,并进行三维重组等,使得对细胞的超微结构及其功能的研究达到更理想的境界。电子计算机 X 射线断层扫描术(X-CT)、磁共振成像(MRI)等的制成和应用,不仅极大地减少了病人的痛苦和创伤,提高了诊断的准确程度,而且直接促进了医学影像诊断学的建立和发展。激光、红外摄影技术、超声技术、特别是电子技术和电子计算机等,这些近代物理学派生出来的新技术在医学上的广泛应用,已使临床诊断、治疗和护理技术发生质的飞跃。物理学的每一新的发现或是技术发展到每一个新的阶段,都为医学研究和医疗实践提供更先进、更方便和更精密的仪器和方法。可以说,在现代的医学研究机构和医疗单位中,都离不开物理学方法和设备。

## 四、物理学的研究方法和思维模式

物理知识是一名现代医务工作者知识结构中不可缺少的重要组成部分,物理素质是医务工作者必备的科学素质。21 世纪需要的是具有创新意识和开拓能力的科技人才,这就要求医学院校的学生不仅掌握扎实的现代物理基础知识,而且更需要掌握现代物理的思想和方法。物理学前进的历史也是物理学研究方法发展的历史。物理学的研究方法是丰富多彩的,如观察、实验、归纳、演绎、分析、综合、模拟、类比、理想化、假说、系统科学方法等。现代物理学研究已经成为一门理论和实验高度结合的精确科学,物理学中有一套获得知识、组织知识和运用知识的有效步骤和方法,其要点可以概括为:提出命题、推测答

案、理论预言、实验检验和修改理论。以上步骤循环往复,构成物理学发展的模式化进程。物理学研究对象的普遍性和研究范围的广泛性,使物理学的研究方法具有普遍意义,物理学方法已经形成了一些成熟的、带有指导意义的原理。如简单性原理指出:逻辑前提越简单的理论其普遍性程度越高;对应原理指出新理论应该包括那些在一定范围内已被证明是正确的旧理论,并在极限条件下过渡到旧理论。物理学的方法已经广泛应用于各种自然科学,甚至社会科学之中。所以我们在学习物理时,不仅要学习物理学的知识(包括它的整体理论系统和框架),而且更要重视现代物理学研究方法的学习。

由于物理学和医学的关系如此密切,所以物理学是医学院校一门必修的基础课。虽然它所讨论的内容并不直接用于解决医疗实践中所遇到的具体问题,但它是后续课程和顺利进行医学实践的基础。因此,掌握物理学所提供的、与医学紧密结合的一些系统知识,对一个医学生来说是必不可少的。正确地认识物理学与医学的关系,是学好这门课程的关键。

(鲍修增)



# 第一章 人体力学的基础知识

人体力学是生物力学的一个分支。它用力学的观点和方法定量地研究和描述人体组织及器官的力学特征。

本章首先对人体力学所需的力学概念和规律作重点讲述,然后对人体的骨骼、肌肉等组织的力学性质作一简单介绍。

## 第一节 刚体绕固定轴的转动

### 一、刚体转动的运动学

大小和形状在任何情况下都不发生改变的物体称为刚体。显然,刚体是一个理想的物理模型,实际的物体在受力的作用时都要发生形变,但在某些情况下,物体的形变很小,为使所讨论的问题简化,我们可以把物体作为刚体来处理。在处理刚体的力学问题时,可以把刚体看成是一个质点系,对于可加性的物理量,如质量、力、能量等,整个刚体的力学量就是构成刚体的所有质点的力学量的叠加。

刚体的运动有两种形式,即平动和转动。在刚体运动的过程中,如果刚体上任意一条直线始终保持平行,这种运动就称为刚体的平动;如果刚体上所有的点在任一瞬间都绕同一条直线作圆周运动,则称这种运动为刚体的转动,这条直线称为转轴。

在刚体的转动过程中,如果转轴的空间位置保持不变,则这种转动称为定轴转动。本节我们主要研究刚体的定轴转动问题。

当刚体作定轴转动时,虽然刚体上到转轴的距离不同的各个质点在同一时间内的位移不同,但它们绕过的角度却是一样的。为了描述刚体的转动,常采用角位移这个物理量。如图 1-1 所示,设一刚体绕定轴  $AA'$  转动,过刚体内一点  $P$  作垂直于轴的平面,则该平面称为转动平面。显然,当刚体作定轴转动时,刚体内的任意质点都在其各自的转动平面内绕轴作圆周运动。设过  $P$  点的转动平面交转轴于  $O$ ,  $Ox$  为转动平面内的一条参考线。 $P$  点到轴的距离  $OP$  称为  $P$  点的矢径,记为  $r$ 。它是一个矢量,方向由  $O$  指向  $P$ 。设在  $\Delta t$  时间内,质点  $P$  到达位置  $P'$  点,即矢径扫过角度  $\Delta\theta$ ,则  $\Delta\theta$  称为刚体在  $\Delta t$  时间内的角位移,单位为  $\text{rad}$ (弧度)。角位移对时间的变化率称为角速度,用符号  $\omega$  表示,单位为  $\text{rad/s}$ ,即

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (1-1)$$

角速度对时间的变化率称为角加速度,用符号  $\alpha$  表示,单位为  $\text{rad/s}^2$ ,即

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (1-2)$$