教育科学“十五”国家规划课题研究成果

医 用 物 理 学

梁路光　赵大源　主　编

高等教育出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内容提要

本书是国家“十五”重点立项课题“21世纪中国高等学校人才培养体系的创新与实践”之子项目“21世纪中国高等学校医药类专业数理化基础课程的创新与实践”研究项目的研究成果.作者以现代观点重新审视了物理学在医药类学生培养过程中的地位和作用,合理地组织了教学内容,力求在一个比较完整的现代化的结构体系下进行编写,以使医药类专业学生初步了解物理学最基本的知识和理论,并使他们看到物理学与他们的生活和将要投入的专业工作之间的密切联系,以激发学生的学习热情,从而大大提高学习效果.

本书可作为高等院校5年制、7年制医药类专业学生70～110学时的物理课程教材.

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/梁路光,赵大源主编. —北京:高等教育出版社,2003.12
ISBN 7-04-012985-X

Ⅰ.医… Ⅱ.①梁…②赵… 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(2003)第098373号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
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	100011	网　　址	http://www.hep.edu.cn
总　　机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
印　　刷			
开　　本	787×960　1/16	版　　次	年　月第1版
印　　张	27.75	印　　次	年　月第　次印刷
字　　数	520 000	定　　价	28.90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

策划编辑　陶　铮
责任编辑　王文颖
封面设计　王凌波
责任绘图　朱　静
版式设计　陆瑞红
责任校对　存　怡
责任印制

前　言

物理学是研究自然界最普遍、最基本的运动形态及运动规律的科学，这种最普遍、最基本的运动规律是各种高级复杂运动规律的基础.因此，可以认为物理学是一切自然科学和技术科学的基础.物理学研究所形成的物质观、自然观、时空观、宇宙观对人类文化都产生了极其深刻的影响，它使人类思想的基本概念结构发生了明显的改变.物理学研究所形成的方法，是培养和提高人的观察能力、思维能力、表达能力、理论联系实际能力和创新能力等素质的最有效的方法.回顾人类发展的历程，我们说，物理学既是一门科学，也是一种文化，它是人类思想文明的源泉.

认清物理学的特点，转变教学思想，合理组织教学内容，改革教学方法是人才素质培养的关键，也是医科大学物理教学改革的关键.基于这一理念，我们在长期的教学研究与实践的基础上，编写了这本教材.

本书面向21世纪社会的发展，基于现代物理思想、概念、方法和现代教育思想、理念，根据现代医学技术对物理学的基本需求，力求在一个比较完整的现代化的结构体系上进行编写.本书的任务一方面使医科大学生们初步了解物理学科最基本的理论和知识，另一方面是使他们看到物理学与他们的生活和将要投入的专业工作之间的密切关系.同时试图开发医科大学生的创造性思维以体现出大学物理基础课程素质教育的宗旨.

本书在编写上遵循如下原则：一是加大近代物理教学内容的比重和实现经典物理内容的现代化，建立一个完整的、面向现代社会的医科大学物理课程内容教学体系；二是突出医科物理的基本特点，注重物理原理在医疗技术中的应用，借此培养学生理论联系实际的能力，使他们初步树立学科应用意识；三是强调物理学中的唯物史观和辩证法，确立医科物理的基本概念、基本定律、基本思想、基本方法.全书共安排16章学习内容，适用于高等医、药学院校五年制和七年制学生70～110学时的理论教学.不同专业可结合本专业的具体特点及教学计划选取有关章节.

参加本书编写的人员有：梁路光（第1、3、10、11、12、16章）、赵大源（第2、4、7、15章）、吕遐令（第8、9章）、张铁强（第14章）、刘嘉宜（第6、13章）、洪洋（第5章）.本书的编写得到了吉林大学教材建设基金的资助，并得到了吉林大学教务

处的大力支持,以及吉林大学公共物理教学与研究中心一些同志的帮助,在此,对他们深表谢意.

由于编者水平有限,错误和不当之处在所难免,欢迎读者不吝赐教指正.

编 者

2003 年 7 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第一章　刚体的定轴转动 1

§1.1　角量和线量 1

1.1.1　刚体的定轴转动 1

1.1.2　角量 1

1.1.3　角量与线量的关系 4

§1.2　转动定律 4

1.2.1　转动力矩 4

1.2.2　转动定律 5

1.2.3　转动惯量 7

1.2.4　转动动能 10

1.2.5　力矩的功 11

§1.3　角动量守恒定律 12

1.3.1　角动量 12

1.3.2　冲量矩 12

1.3.3　角动量原理 12

1.3.4　角动量守恒定律 13

§1.4　旋进 13

习题一 14

第二章　物体的弹性　骨的力学性质 19

§2.1　应力和应变 19

3.1.1　应力 19

2.1.2　应变 21

§2.2　弹性模量 22

2.2.1　弹性与塑性 22

2.2.2　弹性模量 22

§2.3　形变势能 24

§2.4　骨的力学性质 25

2.4.1　骨的受力 26

2.4.2　骨的力学特性 28

习题二 …… 30

第三章 血液的流动 …… 31

§3.1 理想流体的稳定流动 …… 31
3.1.1 基本概念 …… 31
3.1.2 连续性方程 …… 33
3.1.3 伯努利方程 …… 33
3.1.4 方程的应用 …… 35
§3.2 血液的层流 …… 39
3.2.1 基本概念 …… 39
3.2.2 连续性方程 人体内血流速度分布 …… 42
3.2.3 伯努利方程 心脏做功 …… 43
3.2.4 泊肃叶定律 外周阻力 …… 47
3.2.5 斯托克斯黏性公式 血沉 …… 49
习题三 …… 50

第四章 振动与波动 …… 54

§4.1 简谐振动 …… 54
4.1.1 简谐振动方程 …… 54
4.1.2 描述简谐振动的特征量 …… 56
4.1.3 初始条件 …… 57
4.1.4 简谐振动的旋转矢量表示法 …… 58
4.1.5 简谐振动的能量 …… 60
§4.2 简谐振动的叠加 …… 61
4.2.1 同方向、同频率的两个简谐振动的合成 …… 61
4.2.2 同方向、不同频率的两个简谐振动的合成 拍 …… 63
4.2.3 两个互相垂直的简谐振动的合成 …… 65
§4.3 振动的分解 频谱分析 …… 68
§4.4 阻尼振动 受迫振动 共振 …… 70
4.4.1 阻尼振动 …… 70
4.4.2 受迫振动 …… 71
4.4.3 共振 …… 72
§4.5 波动方程 …… 73
4.5.1 波的产生和传播 …… 73
4.5.2 横波和纵波 …… 73
4.5.3 波面与波线 …… 74

4.5.4 波的周期、频率和波长 …… 74
4.5.5 平面简谐波 …… 75
§4.6 波的能量　能流密度 …… 79
4.6.1 波的能量 …… 79
4.6.2 波的能流密度 …… 81
4.6.3 波的强度与距离的关系 …… 82
4.6.4 介质对波能量的吸收 …… 83
§4.7 波的干涉 …… 83
4.7.1 波的叠加原理 …… 83
4.7.2 波的干涉 …… 84
4.7.3 驻波 …… 86
习题四 …… 88

第五章　超声波　超声诊断仪的物理原理 …… 94
§5.1 声波 …… 94
5.1.1 声波的基本性质 …… 94
5.1.2 声强级　听觉区域　响度级 …… 95
5.1.3 声波的多普勒效应 …… 97
§5.2 超声波的基本性质及数学表述 …… 100
5.2.1 超声波的动力学方程 …… 101
5.2.2 超声波的速度 …… 103
5.2.3 声压与声压方程 …… 104
5.2.4 声特性阻抗 …… 106
§5.3 超声在介质中的传播规律 …… 107
5.3.1 反射与透射 …… 108
5.3.2 衍射与散射 …… 112
5.3.3 声束通过介质薄层 …… 113
§5.4 超声在介质中的衰减规律 …… 114
5.4.1 超声在介质中的衰减特征 …… 114
5.4.2 超声在介质中的吸收衰减规律 …… 115
5.4.3 测量介质吸收超声的参数 …… 116
5.4.4 超声与物质的相互作用 …… 118
§5.5 超声的产生及声场基本特征 …… 119
5.5.1 超声探头 …… 119
5.5.2 超声束的形状 …… 120
5.5.3 声束的聚焦 …… 122
§5.6 超声诊断仪的物理原理 …… 124

5.6.1 A型超声 …… 125
5.6.2 M型超声 …… 125
5.6.3 B型超声 …… 126
5.6.4 D型超声 …… 128
5.6.5 彩超 …… 131
习题五 …… 133

第六章 狭义相对论 …… 136
§6.1 伽利略变换和经典力学时空观 …… 136
6.1.1 伽利略相对性原理 …… 136
6.1.2 伽利略变换 …… 137
6.1.3 经典力学的时空观 …… 138
§6.2 狭义相对论的基本假设 洛伦兹变换 …… 138
6.2.1 迈克耳孙－莫雷实验 …… 138
6.2.2 狭义相对论的基本假设 …… 139
6.2.3 洛伦兹变换 …… 140
§6.3 狭义相对论的时空观 …… 141
6.3.1 同时的相对性 …… 141
6.3.2 时间膨胀 …… 142
6.3.3 长度收缩 …… 143
§6.4 狭义相对论动力学 …… 144
6.4.1 相对论动量、质量、质点动力学基本方程 …… 144
6.4.2 相对论动能 …… 146
6.4.3 质能关系式 …… 146
6.4.4 能量和动量的关系 …… 147
习题六 …… 148

第七章 液体的表面性质 …… 150
§7.1 液体的表面张力和表面能 …… 150
7.1.1 表面张力 …… 150
7.1.2 表面能 …… 152
7.1.3 液体表面层中的分子力作用 …… 152
§7.2 弯曲液面的附加压强 …… 154
7.2.1 附加压强 …… 154
7.2.2 肺泡中的表面活性物质 …… 157
§7.3 液体与固体接触处的表面现象 毛细现象 …… 158

7.3.1 液体与固体接触处的表面现象 …… 158
7.3.2 毛细现象 …… 159
7.3.3 气体栓塞 …… 160
习题七 …… 162

第八章　静电学 …… 164
§8.1 电场　电场强度 …… 164
8.1.1 库仑定律 …… 164
8.1.2 电场和电场强度 …… 165
8.1.3 场强叠加原理 …… 166
§8.2 高斯定理及其应用 …… 168
8.2.1 电场线　电通量 …… 168
8.2.2 高斯定理 …… 169
8.2.3 高斯定理的应用 …… 170
§8.3 电场力做功　电势 …… 172
8.3.1 电场力做功 …… 172
8.3.2 电势能　电势 …… 173
8.3.3 等势面　电场强度与电势的关系 …… 176
§8.4 电偶极子　电偶层　心电 …… 178
8.4.1 电偶极子 …… 178
8.4.2 电偶层 …… 179
8.4.3 心电向量和心电向量环 …… 181
8.4.4 体表心电的形成 …… 182
§8.5 静电场中的电介质 …… 183
8.5.1 电介质及其极化 …… 183
8.5.2 电介质中的场强 …… 186
§8.6 电容　电场的能量 …… 187
8.6.1 电容 …… 187
8.6.2 带电系统的能量 …… 189
8.6.3 静电场的能量 …… 189
习题八 …… 191

第九章　电流的磁场 …… 196
§9.1 磁感应强度　磁通量 …… 196
9.1.1 磁感应强度 …… 196
9.1.2 磁感应线　磁通量和磁场中的高斯定理 …… 197
§9.2 毕奥－萨伐尔定律及其应用 …… 198

9.2.1 毕奥－萨伐尔定律 …… 198
9.2.2 毕奥－萨伐尔定律的应用 …… 199
§9.3 安培环路定律及其应用 …… 202
9.3.1 安培环路定律 …… 202
9.3.2 安培环路定律的应用 …… 203
§9.4 磁场对电流的作用 …… 205
9.4.1 磁场对运动电荷的作用 …… 205
9.4.2 洛伦兹力的应用 …… 205
9.4.3 磁场对电流的作用 …… 207
§9.5 生物磁场和磁场的生物效应 …… 210
9.5.1 生物磁场 …… 210
9.5.2 磁场的生物效应 …… 212
习题九 …… 212

第十章 稳恒电流 …… 216
§10.1 欧姆定律的微分形式 …… 216
10.1.1 电流 电流密度 …… 216
10.1.2 欧姆定律的微分形式 …… 219
§10.2 电动势 生物膜电位 …… 220
10.2.1 电动势 …… 220
10.2.2 生物膜电位 …… 221
§10.3 直流电路 …… 225
10.3.1 闭合电路的欧姆定律 …… 225
10.3.2 基尔霍夫定律 …… 225
§10.4 电容器的充放电过程 …… 228
10.4.1 充电过程 …… 228
10.4.2 放电过程 …… 230
§10.5 电流对人体的作用 …… 230
10.5.1 直流电对人体的作用 …… 231
10.5.2 低频交流电流对人体的作用 …… 232
10.5.3 中频、高频交流电流对人体的作用 …… 233
习题十 …… 234

第十一章 眼睛的屈光 …… 237
§11.1 眼睛的屈光系统 …… 237
11.1.1 眼睛的生理结构 …… 237
11.1.2 示意眼 …… 238

需要全本请访问 www.ertongbook.com

11.1.3 简化眼 …… 239
§11.2 球面的屈光 …… 239
11.2.1 单球面 …… 239
11.2.2 共轴多球面 …… 243
§11.3 透镜的屈光 …… 246
11.3.1 薄透镜 …… 246
11.3.2 薄透镜的组合 …… 249
11.3.3 圆柱透镜 …… 250
11.3.4 透镜的像差 …… 251
§11.4 眼睛的屈光不正及其物理矫正 …… 253
11.4.1 近视眼 …… 253
11.4.2 远视眼 …… 255
11.4.3 老花眼 …… 256
11.4.4 散光眼 …… 256
习题十一 …… 257

第十二章 波动光学 …… 260
§12.1 光的干涉 …… 260
12.1.1 光波 光的相干性 …… 260
12.1.2 双缝干涉 …… 261
12.1.3 光程和光程差 …… 265
12.1.4 薄膜干涉 …… 266
12.1.5 劈形空气隙干涉 …… 269
12.1.6 迈克耳孙干涉仪 …… 270
§12.2 光的衍射 …… 271
12.2.1 惠更斯－菲涅耳原理 …… 271
12.2.2 夫琅禾费单缝衍射 …… 272
12.2.3 夫琅禾费圆孔衍射 …… 276
12.2.4 光栅的衍射 …… 278
§12.3 光的偏振 …… 282
12.3.1 自然光与偏振光 …… 282
12.3.2 起偏与检偏 …… 284
12.3.3 马吕斯定律 …… 285
12.3.4 旋光现象 …… 286
习题十二 …… 288

第十三章 量子力学基础 …… 292

§13.1 热辐射 普朗克的量子假设 …… 292
13.1.1 热辐射 …… 292
13.1.2 黑体辐射实验规律 …… 294
13.1.3 普朗克能量子假设 …… 294
§13.2 光电效应 爱因斯坦的光子假说 …… 296
13.2.1 光电效应实验规律 …… 296
13.2.2 爱因斯坦光子假说 …… 297
13.2.3 光的波粒二象性 …… 298
13.2.4 光电效应的应用 …… 298
§13.3 康普顿效应 …… 299
13.3.1 康普顿效应的实验规律 …… 299
13.3.2 康普顿效应的光子理论解释 …… 299
§13.4 玻尔的氢原子理论 …… 301
13.4.1 氢原子光谱 …… 301
13.4.2 玻尔的氢原子理论 …… 302
§13.5 微观粒子的波动性 …… 306
13.5.1 德布罗意物质波假设 …… 306
13.5.2 物质波的实验验证 …… 307
13.5.3 不确定关系 …… 308
§13.6 波函数 薛定谔方程 …… 310
13.6.1 波函数及其统计解释 …… 310
13.6.2 薛定谔方程 …… 312
13.6.3 一维无限深势阱中的粒子 …… 313
13.6.4 势垒穿透(隧道效应) …… 315
§13.7 氢原子问题的量子力学处理 …… 316
13.7.1 量子化条件和量子数 …… 317
13.7.2 氢原子中电子的概率分布 …… 318
§13.8 电子的自旋 原子的电子壳层结构 …… 320
13.8.1 电子自旋 …… 320
13.8.2 原子的电子壳层结构 …… 321
习题十三 …… 324

第十四章 激光及其在生物医学中的应用 326
§14.1 激光基本原理 …… 327
14.1.1 光与物质的相互作用理论 …… 327
14.1.2 粒子数反转原理 …… 328
14.1.3 光学谐振腔 …… 330

14.1.4 激励装置 …… 333
§14.2 激光关键参数与特性 …… 334
14.2.1 激光关键参数 …… 334
14.2.2 激光的特点 …… 335
14.2.3 典型激光器 …… 337
§14.3 激光生物效应与技术 …… 340
14.3.1 激光生物效应 …… 340
14.3.2 激光生物技术 …… 344
§14.4 激光在临床医学中的应用 …… 347
14.4.1 激光诊断方法 …… 347
14.4.2 激光治疗方法 …… 349
14.4.3 激光的其他临床应用 …… 355
习题十四 …… 356

第十五章　原子核物理　核磁共振成像原理 357
§15.1 原子核的性质 …… 357
15.1.1 原子核的组成 …… 357
15.1.2 质量亏损和结合能 …… 358
15.1.3 核力 …… 360
§15.2 放射性核素的衰变 …… 361
15.2.1 α衰变 …… 361
15.2.2 β衰变和电子俘获 …… 362
15.2.3 γ衰变和内转换 …… 363
§15.3 放射性核素的衰变规律 …… 364
15.3.1 核衰变定律 …… 364
15.3.2 半衰期和平均寿命 …… 365
15.3.3 放射性活度 …… 367
§15.4 射线与物质的相互作用 …… 368
15.4.1 带电粒子与物质的相互作用 …… 369
15.4.2 光子与物质的相互作用 …… 371
15.4.3 中子与物质的相互作用 …… 372
§15.5 射线的剂量和防护 …… 372
15.5.1 射线的剂量 …… 372
15.5.2 射线的防护 …… 374
§15.6 放射性核素在医学上的应用 …… 374
15.6.1 治疗方面 …… 374
15.6.2 示踪原子 …… 375

§15.7 核磁共振成像原理 …… 376
15.7.1 核磁共振的基本原理 …… 376
15.7.2 核磁共振的宏观描述 …… 380
15.7.3 磁共振成像 …… 384
15.7.4 人体的磁共振成像 …… 387
15.7.5 磁共振成像的医学诊断依据 …… 389
15.7.6 磁共振成像系统 …… 391
15.7.7 磁共振成像的特点及现状 …… 392
习题十五 …… 393

第十六章 X 射线成像的物理基础 …… 395
§16.1 X 射线的产生及其基本性质 …… 395
16.1.1 X 射线的产生 …… 395
16.1.2 X 射线的基本性质 …… 396
16.1.3 X 射线的强度和硬度 …… 397
§16.2 X 射线衍射 X 射线谱 …… 398
16.2.1 X 射线衍射 …… 398
16.2.2 X 射线谱 …… 399
§16.3 X 射线的吸收 …… 402
16.3.1 线性吸收系数及质量吸收系数 …… 402
16.3.2 半价层 …… 403
16.3.3 质量吸收系数与波长的关系 …… 404
§16.4 X 射线成像 …… 405
16.4.1 常规 X 射线投影成像 …… 405
16.4.2 X 射线电子计算机断层成像 …… 405
习题十六 …… 411

附录 A 中英文名词对照 …… 412
附录 B 国际单位制 (SI) …… 422
附录 C 矢量的标积和矢积 …… 424
附录 D 三种坐标系中的线元、面元和体积元 …… 426
附录 E 物理学常用常量 (1998 年推荐值) …… 427
附录 F 希腊字母表 …… 428
参考文献 …… 429

第一章

刚体的定轴转动

在力学中,一般情况下一个物体的运动包含着平动、转动、振动等基本运动形式.在高中物理的学习期间,主要是将物体简化为质点,来研究物体平动的运动规律.本章介绍的内容是,将物体理想化为刚体模型(即一个物体可以看成一个质点系,各个质点间的距离可以看成是不变的物体,就是理想刚体)来研究物体定轴转动的运动规律:转动定律、角动量守恒定律、进动等.

§1.1 角量和线量

1.1.1 刚体的定轴转动

观察门或表针的运动,把它们作为刚体研究,我们会发现,在这类刚体的运动过程中,某一直线上的点相对固定参考系保持不动;其他各点都以该直线上的相应点为圆心,在垂直于该直线的平面内做半径大小不同的圆周运动,这条直线称为转轴,这种运动称为刚体的定轴转动.

1.1.2 角量

描述刚体定轴转动的基本物理量,即角量有以下三个.

(1) 角位移 $\Delta\theta$

如图 $1-1$,在刚体上取一点 P,过 P 点做 OP 垂直于转轴,当刚体绕通过 O 点的定轴转动时,刚体中的 P 点以 OP 为半径绕转轴做圆周运动.在 Δt 时间内,P 点转过 $\Delta\theta$ 角度到达 P' 点.显然,刚体上其他各点在相同的 Δt 时间内都转

过同样大的角度 $\Delta\theta$，这是刚体转动的基本特征，也是假设刚体的大小和形状不变的必然结果. 因此，当 $\Delta\theta$ 一定时，刚体内每一质点的位置也都随之确定. 刚体转动时，$\Delta\theta$ 是时间的函数. 我们称 $\Delta\theta$ 为角位移，角位移是描述刚体转动时位置变化的物理量. 角位移的单位是弧度，符号为 rad. 若取 t_0 时刻刚体的初始位置为角度的零点，则 t 时刻刚体的角位移 $\Delta\theta$ 就是角坐标 θ.

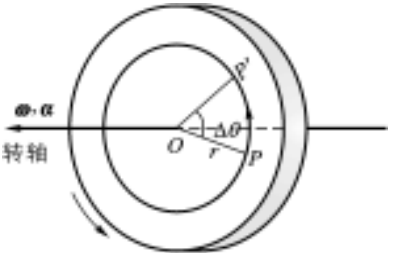


图 1－1　刚体加速转动时的 $\Delta\theta$，ω 和 β

⑵ 角速度 ω

我们用单位时间内刚体转过的角度来衡量整个刚体转动的快慢，即平均角速度：

$$\bar{\omega}=\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \tag{1-1}$$

当 $\Delta t\to 0$ 时，有

$$\omega=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} \tag{1-2}$$

角速度（也称瞬时角速度）的大小 ω 是角位移函数对时间的一阶导数，是描述刚体转动快慢的物理量. 角速度的单位是弧度每秒，其符号为 rad/s. 角速度 ω 是矢量，它的方向由右手螺旋法则确定：让右手四指沿转动方向围绕转轴而弯曲，拇指所指的方向就是角速度的方向（如图 1－1）.

如果刚体做匀速转动，则 $\omega=\bar{\omega}=$ 常量，即在任何相等的时间间隔里，刚体的角位移都相等，此时就有下式成立：

$$\theta=\omega t \tag{1-3}$$

⑶ 角加速度 α

如果刚体做变速转动，仿照研究质点直线运动时引入加速度的概念，我们定义平均角加速度：

$$\bar{\alpha}=\frac{\Delta\omega}{\Delta t} \tag{1-4}$$

$\bar{\alpha}$ 表示单位时间内角速度的增量，当 $\Delta t\to 0$ 时，有

$$\alpha=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} \tag{1-5}$$

需要全本请访问 www.ertongbook.com