



普通高等教育“十二五”规划教材

医学物理学

(第二版)

主 编 孟燕军 易小林



科学出版社

013071543

R312-43
09-2

内 容 简 介

普通高等教育“十二五”规划教材
供基础、临床、预防、口腔医学类专业用

医学物理学

(第二版)

主 编 孟燕军 易小林
副主编 谢双运 田 会 刘晓静 刘 磊



北航

C1680388

科学出版社

北 京

R312-43

09-2

01301243

内 容 简 介

本书是在前一版的基础上,根据教育部高等学校物理与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会制定的《理工科类大学物理课程教学基本要求》,结合医学院校的学生特点,融汇多年教学经验并汲取先进教学理念编写而成的.本书科学系统地讲述物理学的基本理论、分析方法及医学应用.全书分17章,内容包括力学、流体的运动、振动和波动、分子动理论、热力学基础、静电场、直流电、磁场与电磁感应、波动光学、几何光学、狭义相对论、量子力学基础、X射线、分子与固体、原子核和放射性、激光、天体物理与宇宙学.

本书适合普通高等院校基础、临床、预防、口腔医学类专业学生学习使用,也可供相关人员参考使用.

图书在版编目(CIP)数据

医学物理学/孟燕军,易小林主编.—2版.—北京:科学出版社,2013.8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-03-038184-2

I. ①医… II. ①孟… ②易… III. ①医用物理学-高等学校-教材
IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 165404 号

责任编辑:王 刚 昌 盛 / 责任校对:张小霞
责任印制:阎 磊 / 封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年8月第 二 版 印张:23 1/2

2013年8月第六次印刷 字数:558 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编 委 会

主 编 孟燕军 易小林

副主编 谢双运 田 会 刘晓静 刘 磊

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)
(河北医科大学)

李 静 刘 磊 孟燕军 田 会

吴艳茹 谢双运 杨海波 易小林

张 晶 张敬晶 赵瑞斌

(河北师范大学)

韩辉云 刘晓静

秘 书 杨海波

前 言

为贯彻落实《教育部关于全面提高高等教育质量的若干意见》(教高[2012]4号)精神,进一步深化医药类专业物理课程的教学改革,全方位提高医药类专业物理课程的教学质量,培养具有创新能力的医药人才.我们在2008年第一版的基础上编写了这部教材,使之能更好地满足我国高等医学教育对物理学的需求.

本书适用于高等医药院校五年制和七年制临床、口腔、法医、医检、卫检、预防医学、药学、麻醉、护理、儿科等专业及理工科院校生命科学相关专业,也可供大专院校师生和研究工作者作为参考书.

本书的编写得到教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会物理基础课程教学指导分委员会、中国生物医学工程学会医学物理分会和科学出版社领导的支持,同时有关专家、教师和医务工作者对本书提出了许多宝贵意见和建议,在此一并表示衷心感谢.

书中如有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正.

编 者

2012年10月

第一版前言

《医学物理学》一书,是根据高等院校医学物理学教学大纲,结合我校教学和临床实践经验,考虑到我国医学物理学教学的现状和前景,参阅国内外有关资料编写而成.该书供高等院校五年制和七年制临床、影像、口腔、麻醉、检验、预防医学、药学药剂、法医、护理等专业使用,也可供其他相关医学专业,生命科学相关专业和研究工作者作为参考书.

全书共有 11 章,每一章都配有一定数量的习题,习题附有答案,方便学生自学和课后练习.

本书在编写过程中,得到了河北医科大学领导与河北师范大学的关心支持,得到科学出版社的领导和责任编辑的支持,同时有关专家、教师和医务工作者对本书提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心的感谢.

由于时间仓促和编者的水平有限,疏漏和不妥之处在所难免,恳请广大师生和医学工作者对本教材的缺点和错误给以批评指正,以便再版时修改、提高.

编 者

2008 年 6 月

目 录

前言

第一版前言

绪论..... 1

一、物理学和医学的研究对象 1

二、物理学和医学的关系 1

三、物理学和医学的研究方法 2

四、如何学好医学物理学 2

第 1 章 力学..... 4

1.1 描述质点运动的基本物理量 ... 4

1.1.1 位置矢量 4

1.1.2 位移 速度 加速度 4

1.2 牛顿运动定律及应用 7

1.2.1 牛顿运动定律 7

1.2.2 惯性系和伽利略相对性原理 ... 9

1.3 功和能守恒定律..... 10

1.3.1 功和功率..... 10

1.3.2 势能 11

1.3.3 动能和动能定理 11

1.3.4 功能原理..... 12

1.3.5 机械能守恒定律 12

1.4 动量和动量守恒定律..... 13

1.4.1 动量和动量定理 13

1.4.2 动量守恒定律 14

1.5 刚体的转动..... 14

1.5.1 刚体的定轴运动 15

1.5.2 定轴转动的动能和转动定律 ... 16

1.5.3 角动量及守恒定律 18

1.5.4 旋进 19

习题一 20

第 2 章 流体的运动 22

2.1 理想流体的运动..... 22

2.1.1 理想流体..... 22

2.1.2 稳定流动..... 22

2.1.3 连续性方程 23

2.2 伯努利方程..... 24

2.2.1 伯努利方程 24

2.2.2 伯努利方程的应用 26

2.3 黏性流体的流动..... 29

2.3.1 层流和湍流 29

2.3.2 牛顿黏滞定律 30

2.3.3 雷诺数 31

2.4 黏性流体的运动规律..... 32

2.4.1 黏性流体的伯努利方程 ... 32

2.4.2 泊肃叶定律 32

2.4.3 斯托克斯定律 34

2.5 血流动力学与流变学基础 ... 35

2.5.1 心脏的功与功率 35

2.5.2 血液在循环系统中的流动 ... 37

2.5.3 血液的黏度及其影响因素 ... 38

习题二 39

第 3 章 振动和波动 42

3.1 简谐振动..... 42

3.1.1 简谐振动方程 42

3.1.2 简谐振动的特征量 43

3.1.3 简谐振动的矢量图示法 ... 44

3.1.4 简谐振动的能量 44

3.2 阻尼振动 受迫振动 共振 ... 46

3.2.1 阻尼振动 46

3.2.2 受迫振动..... 47

3.2.3 共振 48

3.3 简谐振动的合成..... 49

3.3.1 两个同方向、同频率简谐振

动的合成..... 49

3.3.2 同方向、不同频率的简谐振

动的合成..... 50

3.3.3 频谱分析原理 51

3.3.4 相互垂直的同频率的简谐振动的合成	53	4.2.2 理想气体的微观模型	80
3.4 波动的基本规律	54	4.2.3 理想气体的压强	80
3.4.1 机械波的产生	54	4.2.4 理想气体的能量公式	82
3.4.2 波面和波线	55	4.2.5 理想气体定律的推导	83
3.4.3 波长 波的周期和频率 波速	55	4.3 气体分子速率分布律和能量分布律	84
3.4.4 简谐波的波动方程	55	4.3.1 玻尔兹曼能量分布定律	84
3.5 波的能量	57	4.3.2 麦克斯韦速率分布定律	85
3.5.1 波的能量和强度	57	4.3.3 气体分子的三种速率	86
3.5.2 波的衰减	58	4.3.4 平均碰撞频率和平均自由程	87
3.6 波的干涉	58	4.4 液体的表面现象	89
3.6.1 惠更斯原理	58	4.4.1 表面张力和表面能	89
3.6.2 波的叠加原理	59	4.4.2 曲面下的附加压强	91
3.6.3 波的干涉	59	4.4.3 毛细现象	93
3.6.4 驻波	61	4.4.4 气体栓塞	94
3.7 声波	63	4.4.5 表面活性物质和表面吸附	95
3.7.1 声压和声强	64	习题四	96
3.7.2 听觉域	65	第5章 热力学基础	98
3.7.3 声强级和响度级	66	5.1 气体物态参量 平衡态 理想气体物态方程	99
3.8 多普勒效应	67	5.1.1 气体的物态参量——热力学系统状态的描述	99
3.8.1 声源和观察者相对于介质静止($v_s=0, v_o=0$)	67	5.1.2 平衡态与平衡过程	101
3.8.2 声源静止, 观察者以速度 v_o 向着声源运动($v_s=0, v_o \neq 0$)	67	5.1.3 热力学第零定律	101
3.8.3 观察者静止, 声源以速度 v_s 向着观察者运动($v_s \neq 0, v_o=0$)	68	5.1.4 理想气体的物态方程	101
3.8.4 当声源和观察者分别以速度 v_s 和 v_o 同时运动($v_s \neq 0, v_o \neq 0$)	68	5.2 准静态过程 内能 功 热量	103
3.9 超声波及其医学应用	69	5.2.1 热力学系统和热力学过程	103
3.9.1 超声波的特性	69	5.2.2 准静态过程	103
3.9.2 超声波的产生	70	5.2.3 内能	104
3.9.3 超声波成像的基本原理	71	5.2.4 功	104
习题三	75	5.2.5 热量	105
第4章 分子动理论	78	5.3 热力学第一定律	106
4.1 分子之间的相互作用力	78	5.4 理想气体的等体过程和等压过程	107
4.2 理想气体分子动理论	79	5.4.1 等体过程	107
4.2.1 理想气体状态方程	79	5.4.2 等压过程	107
		5.4.3 关于摩尔热容的讨论	108

5.5 理想气体的等温过程、绝热 过程和多方过程	109	6.4.3 电介质中的高斯定理	140
5.5.1 等温过程	109	6.4.4 静电场的能量	141
5.5.2 绝热过程	110	6.5 电偶极子 心电图	143
5.5.3 多方过程	112	6.5.1 电偶极子	143
5.6 循环过程 卡诺循环	112	6.5.2 电偶层	144
5.6.1 循环过程的定义及其特点 ..	112	6.5.3 心电图	145
5.6.2 循环过程的分类及其应用 ..	113	习题六	147
5.6.3 卡诺循环	115	第7章 直流电	148
5.7 热力学第二定律	117	7.1 电流密度	148
5.7.1 热力学第二定律的表述	118	7.1.1 电流和电流密度	148
5.7.2 热力学第二定律的证明	119	7.1.2 金属和电解液的导电性 ..	149
5.8 熵 熵增加原理	119	7.1.3 欧姆定律的微分形式	150
5.8.1 熵的引入	120	7.2 一段含源电路的欧姆定律 ..	151
5.8.2 克劳修斯不等式	121	7.3 基尔霍夫定律	153
5.8.3 熵增原理	122	7.3.1 节点和回路	153
5.8.4 熵的物理意义	123	7.3.2 基尔霍夫第一定律	153
5.8.5 玻尔兹曼与统计力学	123	7.3.3 基尔霍夫第二定律	154
5.9 范德瓦尔斯方程	124	7.4 电容器的充电和放电过程 ..	155
习题五	126	7.4.1 RC 电路的充电过程	155
第6章 静电场	127	7.4.2 RC 电路的放电过程	157
6.1 电场和电场强度	127	7.5 生物膜电位及其医学应用 ..	158
6.1.1 电荷 库仑定律	127	7.5.1 静息电位	158
6.1.2 电场和电场强度	128	7.5.2 动作电位	161
6.2 静电场的高斯定理	130	7.5.3 神经纤维的电缆方程	162
6.2.1 电场线 电通量	130	7.5.4 电泳	164
6.2.2 高斯定理	132	7.5.5 电渗	165
6.2.3 高斯定理的应用	133	习题七	166
6.3 静电场力的功 电势	135	第8章 磁场与电磁感应	168
6.3.1 静电力做功	136	8.1 磁场 磁感应强度	168
6.3.2 电势能 电势 电势差 ..	136	8.1.1 磁现象 磁场	168
6.3.3 电势叠加原理	138	8.1.2 磁感应强度矢量 磁感线 ..	168
6.3.4 等势面 场强与电势的关系 ..	138	8.1.3 磁通量 磁场中的高斯定理 ..	170
6.4 静电场中的电介质	139	8.2 电流的磁效应	171
6.4.1 电介质的极化	139	8.2.1 毕奥-萨伐尔定律	171
6.4.2 电介质对电场的影响	140	8.2.2 磁感应强度叠加原理	171
		8.2.3 典型电流的磁场	172

8.3	安培环路定理	174
8.3.1	安培环路定理的表述	174
8.3.2	安培环路定理应用举例	174
8.4	磁场对运动电荷的作用	176
8.4.1	洛伦兹力	176
8.4.2	带电粒子在匀强磁场中的运动	176
8.4.3	霍尔效应	177
8.4.4	电磁流量计	178
8.4.5	电磁泵	178
8.5	磁场对载流导线的作用	178
8.5.1	安培定律	179
8.5.2	载流线圈的磁力矩	179
8.5.3	直流电动机基本原理	181
8.6	磁介质	182
8.6.1	三类磁介质	182
8.6.2	分子磁矩	183
8.6.3	顺磁质和抗磁质的磁化	183
8.6.4	铁磁质的磁化	184
8.6.5	超导体的磁性	185
8.7	磁场的生物效应	186
8.7.1	生物磁现象	186
8.7.2	磁场的生物效应	186
8.7.3	生物磁场的测定	186
8.7.4	磁疗	187
8.7.5	磁示踪和磁性药物	187
8.8	电磁感应	188
8.8.1	法拉第电磁感应定律	188
8.8.2	楞次定律	188
8.8.3	动生电动势和感生电动势	189
8.8.4	自感与互感	190
8.8.5	磁场的能量	192
8.8.6	电磁现象的医学应用	193
8.9	电磁场理论	193
8.9.1	位移电流与感生磁场	194
8.9.2	麦克斯韦方程组	196

习题八	197
-----	-----

第9章 波动光学

9.1	光的干涉	199
9.1.1	杨氏实验	199
9.1.2	光程 光程差	201
9.1.3	洛埃镜实验	202
9.1.4	薄膜干涉	203
9.1.5	等厚干涉	204
9.1.6	迈克耳孙干涉仪	206
9.2	光的衍射	207
9.2.1	单缝衍射	207
9.2.2	圆孔衍射	209
9.2.3	光栅衍射	210
9.3	光的偏振	211
9.3.1	自然光和偏振光	211
9.3.2	马吕斯定律	212
9.3.3	布儒斯特定律	213
9.3.4	光的双折射	214
9.3.5	二色性	214
9.3.6	物质的旋光	215
习题九		216

第10章 几何光学

10.1	球面折射	218
10.1.1	单球面折射	218
10.1.2	共轴球面系统	220
10.2	透镜	221
10.2.1	薄透镜	221
10.2.2	薄透镜组合	222
10.2.3	厚透镜	223
10.2.4	柱面透镜	224
10.2.5	透镜的像差	225
10.3	眼睛	226
10.3.1	眼睛的光学结构	226
10.3.2	人眼的调节	228
10.3.3	眼睛的分辨本领 视力	228
10.3.4	眼的屈光不正及矫正	229

10.4 放大镜和光学显微镜	231	12.2.2 爱因斯坦光子假设	256
10.4.1 放大镜	231	12.3 康普顿效应	257
10.4.2 显微镜	232	12.3.1 康普顿效应	257
10.4.3 显微镜的分辨本领	233	12.3.2 康普顿效应的解释	258
10.5 其他几种医用光学仪器	235	12.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子	
10.5.1 检眼镜	235	理论	259
10.5.2 纤镜	236	12.4.1 氢原子光谱	259
10.5.3 相差显微镜	236	12.4.2 玻尔理论	260
习题十	237	12.5 物质的波动性	263
第 11 章 狭义相对论	239	12.5.1 德布罗意假设	263
11.1 迈克耳孙-莫雷实验和相对性		12.5.2 电子衍射	264
原理	239	12.5.3 不确定原理	264
11.1.1 迈克耳孙-莫雷实验	239	12.6 薛定谔方程	266
11.1.2 爱因斯坦相对性原理	240	12.6.1 波函数、概率密度	266
11.2 洛伦兹变换	240	12.6.2 薛定谔方程	267
11.2.1 洛伦兹坐标变换	240	12.6.3 一维无限深势阱	269
11.2.2 洛伦兹速度变换	241	12.6.4 一维方势垒 隧道效应	270
11.3 狭义相对论的时空观	243	12.6.5 线性谐振子	271
11.3.1 同时性的相对性	243	12.7 氢原子的量子理论	272
11.3.2 长度缩短	244	12.7.1 电子云	273
11.3.3 时间延缓	244	12.7.2 氢原子的量子数及能量本	
11.4 相对论动力学基础	245	征值	273
11.4.1 质量和速度的关系	246	12.7.3 塞曼效应 角动量的空间	
11.4.2 质量和能量的关系	247	量子化	274
11.4.3 能量和动量的关系	248	12.7.4 反常塞曼效应、电子自旋	275
11.4.4 电磁场的相对性	248	12.8 多电子原子的壳层结构	276
11.4.5 非相对论条件下运动电荷的		12.8.1 电子自旋 自旋磁量子数	276
电场和磁场	248	12.8.2 多电子原子中的电子分布	277
11.4.6 电磁场的相对论性变换	249	习题十二	279
习题十一	250	第 13 章 X 射线	281
第 12 章 量子力学基础	252	13.1 X 射线的产生	281
12.1 黑体辐射	252	13.1.1 X 射线的产生装置	281
12.1.1 黑体辐射	252	13.1.2 X 射线的强度和硬度	283
12.1.2 普朗克能量量子化假设	254	13.2 X 射线谱	284
12.2 光电效应	255	13.2.1 连续 X 射线谱	285
12.2.1 光电效应	255	13.2.2 标识 X 射线谱	286

13.3 X射线的基本性质	287	15.3 原子核的衰变规律	317
13.3.1 X射线的一般性质	287	15.3.1 衰变定律	317
13.3.2 X射线的衍射	288	15.3.2 半衰期	317
13.4 物质对X射线的衰减规律	289	15.3.3 放射性活度	319
13.4.1 单色X射线的衰减规律	289	15.3.4 放射性平衡	319
13.4.2 衰减系数与波长、原子序数 的关系	290	15.4 核物理在医学中的应用	320
13.5 X射线的医学应用	291	15.4.1 诊断	320
13.5.1 诊断	291	15.4.2 治疗	324
13.5.2 治疗	295	习题十五	326
习题十三	295	第16章 激光	327
第14章 分子与固体	297	16.1 激光产生的基本原理	327
14.1 固体中的电子	297	16.1.1 粒子吸收与辐射的三种 过程	327
14.1.1 自由电子的能量分布	297	16.1.2 产生激光的两个条件	328
14.1.2 金属导电的量子解释	300	16.2 激光器	329
14.2 能带 导体和绝缘体	302	16.2.1 激光器的构成	330
14.2.1 能带	302	16.2.2 实例说明激光产生原理	330
14.2.2 导体	304	16.2.3 激光器的分类	331
14.2.3 绝缘体	304	16.2.4 几种常用医用激光器	333
14.2.4 分子的转动能级和振动 能级	304	16.3 激光的特性	333
14.2.5 半导体	305	16.3.1 方向性好	334
14.2.6 pn结	307	16.3.2 单色性好	334
14.2.7 半导体器件	308	16.3.3 亮度高	334
习题十四	310	16.3.4 相干性好	334
第15章 原子核和放射性	311	16.3.5 偏振性好	335
15.1 原子核的基本性质	311	16.4 激光的医学应用	335
15.1.1 原子核的组成	311	16.4.1 激光与生物组织的作用 机制	336
15.1.2 原子核的性质	312	16.4.2 激光的医学应用	338
15.1.3 原子核的自旋和磁矩	313	16.4.3 激光的危害和防护	339
15.1.4 原子核的结合能及质量 亏损	314	习题十六	339
15.2 原子核的衰变类型	315	第17章 天体物理与宇宙学	340
15.2.1 α 衰变	315	17.1 星体的演化	340
15.2.2 β 衰变	316	17.1.1 赫罗图——20世纪最伟大的 发现之一	340
15.2.3 γ 衰变和内转换	317	17.1.2 恒星的诞生和演化	340

17.2 广义相对论基础.....	345
17.2.1 等效原理和广义相对性 原理	345
17.2.2 广义相对论的空间与时间 ——弯曲时空	346
17.2.3 引力红移	347
17.2.4 引力辐射	348

17.3 现代宇宙学.....	352
17.3.1 大爆炸理论	352
17.3.2 宇宙膨胀	354
17.3.3 背景辐射	356
参考文献.....	358
附录.....	359

绪 论

一、物理学和医学的研究对象

世界是物质的世界,日月星辰、山川树木、原子分子都是物质.物质和物质运动的规律就是自然科学的研究对象,对不同物质运动规律的研究形成了自然科学不同的学科.物理学是研究物质运动规律共性的科学.物理学所研究的运动形式普遍存在于其他高级的、复杂的物质运动形式之中,因此,物理学知识是研究其他自然学科不可缺少的基础.物理学的研究对象可以表述为:物理学所研究的是物质运动最基本、最普遍的形式,它包括物质的机械运动、电磁运动、原子分子的热运动、原子分子内部的运动等.由于物质运动最基本、最普遍的形式有多种,从而形成了物理学不同的分支学科.例如,对机械运动规律的研究就形成物理学中的力学;对电磁运动规律的研究就形成了物理学中的电磁学;对原子、分子热运动的研究就形成了物理学中的热学.

医学是以人体为主要研究对象的生命科学,主要是研究人类机体内部结构、生理和病理的性质、特点、变化和生命过程等,以实现对疾病的诊断和治疗、延长生命和提高生存质量.随着现代物理学和医学的发展,人类对生命现象的认识也逐步地由宏观形态深入到微观机制的研究,并在日益精确的物理学基础上逐步建立起新的医学理论.生命现象属于物质的更高级的运动形式,任何生命现象的背后都隐含着诸多物理学规律.现代物理学和医学相互渗透、相互结合,形成了医学物理学这一交叉边缘性学科.

二、物理学和医学的关系

物理学起源于人类的生产活动和科学实践,是人们认识和研究物质世界的基础学科,它的形成和发展是和其他学科相辅相成、互相推动的,物理学的理论和定律带有极大的普遍性.第一,物理学是医学的基础.如物理学中的声波,它是一种机械波,作用于人的听觉器官后,就会引起声音的感觉.物理学对声波的进一步研究发现了超声波和次声波,并推动医学和技术领域相继发明了利用超声波探测人体内部各种信息的超声波医疗诊断仪,在此基础上创立和发展了超声诊断学学科.第二,物理学是医学的重要工具.在基础医学的研究、医学预防、诊断、治疗、药物制备和检验等领域,物理学的方法和技术为医学的发展提供了强有力的工具.例如,正是三百多年前光学显微镜的问世以及在医疗领域中的应用,为现代医学的临床诊断和科学研究提供了有力的工具,它使医学工作者可以观察到人体肉眼看不到的细胞,为发现致病因子,控制危害人类健康的传染病和流行病创造了条件.我国在 2003 年对 SARS 病毒的研究,就是依靠高科技的电子显微镜找出了冠状病毒的结构,为防治和消灭非典病毒打下了基础.第三,物理学和医学互为进步和发展动力.物理学的重要发明、发现和新理论的建立,大都被医学领域采纳运用甚至推动医学领域产生了划时代的进步,大量采用物理学的设备和方法,已成为现代医学的一个特征;同时由于

医学领域对疾病的诊断和治疗不断提出更多更高的要求,极大地推动了物理学和相关技术的发展.1923年德国物理学家伦琴发现X射线后,很快就应用于临床医学,大大地丰富了诊断内容和手段.医生看不到、摸不着的内脏器官,经X射线透视摄影后便可观察到各器官的形态、运动功能等,为早发现、早诊断疾病提供了崭新的有效工具.为了满足诊断和治疗的需要,医学领域对影像质量的分辨率、直观性和快速性不断提出更高的要求,从而推动X射线机的技术进步及其他影像设备的发明和创新,使人们对病变的诊断进入了影像时代.也使人们在新的认识基础上,建立了解剖学、生理学、病理学的新概念.随着科学的进步发展,物理学和医学领域的相互推动和发展正日益广泛和深入.

三、物理学和医学的研究方法

物理学与医学的研究方法基本是一致的,主要方法有三点:第一是观察.物理学的观察就是在自然条件下观察所要研究的对象,而医学观察就是对人体在一定的条件下进行研究的自然过程,这是获取医学资料信息的主要来源.例如,血液流变学对血液的黏度、流动性、聚集等流变特性进行研究,利用仪器对血样的观察检验,可以得到血液的流变学指标.运用物理学中的流体运动学和流体动力学,可以计算出血液的还原黏度、血浆黏度、红细胞比容、红细胞变形性及聚集性指标等.人类的血液病、心血管疾病、肿瘤等多种疾病都伴随着这些指标的变化.所以血液流变指标的观察,对有关疾病的诊断、病情的观察和治疗效果的判断都是重要的依据.观察这些指标的变化,可对潜在的疾病及时做出预测,有利于早预防、早诊断、早治疗.第二是实验.实验就是在人为的条件下,重现客观现象,从而研究现象中各种因果关系,在观察和实验所取得大量资料基础上,经过分析、概括、判断和推理,把事物的本质和内在联系抽象到更一般的形式,建立实验定律,物理学和医学都需要这样的实验.第三是建立理论.客观现象经过反复验证,被证明能正确反映客观规律时就可以形成一定的理论.例如,物理学中,当润湿液体在细管中流动时,如管中有气泡,液体的流动就会受阻,气泡多时可发生气体栓塞现象.而在临床医学中,输液及静脉注射时应注意防止气泡出现,护士们都会认真地把输液管中的气泡排尽后才给病人输液,这样就能防止因输液时气泡进入血管引起气体栓塞,危及病人的生命.

四、如何学好医学物理学

医学物理学是近代物理学与医学相结合所形成的交叉学科,它是医学院校一门重要的必修基础课.大纲要求学生通过学习这门课程,掌握物理学的基本理论、基本规律、研究方法和科学思维方法,熟悉和了解物理学在医学领域中的应用,为后续课程的学习、为培养高级医学卫生人才奠定坚实的理科基础.因此,正确认识物理学与医学的关系,是学好物理学的关键.有人说:物理学是解释自然的艺术.说它是艺术是因为它美丽,美在哲学的抽象性和概括性,美在数学的严密性和逻辑性,美在公式的简洁与纯粹,美在理性思辨的魅力,美在对世界本质的探索 and 追求,美在科学思想的广博与深邃.这也要求我们在学习过程中,首先要对物理学的研究方法和科学思维有所了解,这样不仅有助于学生对物理学和其他学科的学习及能力的培养,而且可以启发学生积极思维,激发学生的探索和创新意识,培养学生的创新精神和科学态度.自然科学的基本任务是认识客观物质世界的基本属

性、研究物质运动的基本规律,其研究方法是“实践—理论—实践”的认识论.物理学的研究方法包括现象观察、实验演绎、提出推论或假设、综合分析、归纳总结、建立基本理论(定理、定律、原理)等各个方面.观察和实验所获得的大量原始资料是建立理论的基础和依据,而理论又要受到实践的检验,并得到进一步的验证,使之具有真理性和普遍意义.理论在一定范围内描述了物理现象,并且能在某种程度上预言未知现象的存在和发展趋势.随着人们对物质世界认识的逐渐深入,新的实践事实与理论之间出现了矛盾,使理论得到修正和发展,甚至否定原有理论,而建立更能反映客观实际的新理论.物理学知识的高度科学性、逻辑性、系统性和准确性常常以数学形式描述,使物理学处于现代科学知识的领先地位.在现代自然科学体系中,物理学形成的科学风格、提供的科学准则,就是人们特别重视物理学的研究方法和科学思维的原因.

同时,在学习过程中,一定要注意物理在医学中的应用,也就是说是如何利用物理模型来解决医学问题.

一个质点在平面内运动,其位置矢量 $\vec{r}$ 可表示为: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$,其中 $\vec{i}$ 和 $\vec{j}$ 分别为沿 x 轴和 y 轴方向的单位矢量.质点的速度 $\vec{v}$ 和加速度 $\vec{a}$ 可表示为: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j}$, $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j}$.

1.1.1 位置矢量

在三维空间中,位置矢量 $\vec{r}$ 可表示为: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$,其中 $\vec{i}$ 、 $\vec{j}$ 和 $\vec{k}$ 分别为沿 x 、 y 和 z 轴方向的单位矢量.位置矢量的大小 r 可表示为: $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.位置矢量的方向可用它与 x 、 y 和 z 轴的夹角 α 、 β 和 γ 来表示.

位置矢量的微分可表示为: $d\vec{r} = dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k}$.

位置矢量的二阶微分可表示为: $d^2\vec{r} = d^2x\vec{i} + d^2y\vec{j} + d^2z\vec{k}$.

位置矢量的三阶微分可表示为: $d^3\vec{r} = d^3x\vec{i} + d^3y\vec{j} + d^3z\vec{k}$.

位置矢量的四阶微分可表示为: $d^4\vec{r} = d^4x\vec{i} + d^4y\vec{j} + d^4z\vec{k}$.

位置矢量的五阶微分可表示为: $d^5\vec{r} = d^5x\vec{i} + d^5y\vec{j} + d^5z\vec{k}$.

位置矢量的六阶微分可表示为: $d^6\vec{r} = d^6x\vec{i} + d^6y\vec{j} + d^6z\vec{k}$.

位置矢量的七阶微分可表示为: $d^7\vec{r} = d^7x\vec{i} + d^7y\vec{j} + d^7z\vec{k}$.

位置矢量的八阶微分可表示为: $d^8\vec{r} = d^8x\vec{i} + d^8y\vec{j} + d^8z\vec{k}$.

位置矢量的九阶微分可表示为: $d^9\vec{r} = d^9x\vec{i} + d^9y\vec{j} + d^9z\vec{k}$.

位置矢量的十阶微分可表示为: $d^{10}\vec{r} = d^{10}x\vec{i} + d^{10}y\vec{j} + d^{10}z\vec{k}$.

位置矢量的十一阶微分可表示为: $d^{11}\vec{r} = d^{11}x\vec{i} + d^{11}y\vec{j} + d^{11}z\vec{k}$.

位置矢量的十二阶微分可表示为: $d^{12}\vec{r} = d^{12}x\vec{i} + d^{12}y\vec{j} + d^{12}z\vec{k}$.

位置矢量的十三阶微分可表示为: $d^{13}\vec{r} = d^{13}x\vec{i} + d^{13}y\vec{j} + d^{13}z\vec{k}$.

位置矢量的十四阶微分可表示为: $d^{14}\vec{r} = d^{14}x\vec{i} + d^{14}y\vec{j} + d^{14}z\vec{k}$.

位置矢量的十五阶微分可表示为: $d^{15}\vec{r} = d^{15}x\vec{i} + d^{15}y\vec{j} + d^{15}z\vec{k}$.

位置矢量的十六阶微分可表示为: $d^{16}\vec{r} = d^{16}x\vec{i} + d^{16}y\vec{j} + d^{16}z\vec{k}$.

位置矢量的十七阶微分可表示为: $d^{17}\vec{r} = d^{17}x\vec{i} + d^{17}y\vec{j} + d^{17}z\vec{k}$.

位置矢量的十八阶微分可表示为: $d^{18}\vec{r} = d^{18}x\vec{i} + d^{18}y\vec{j} + d^{18}z\vec{k}$.

位置矢量的十九阶微分可表示为: $d^{19}\vec{r} = d^{19}x\vec{i} + d^{19}y\vec{j} + d^{19}z\vec{k}$.

位置矢量的二十阶微分可表示为: $d^{20}\vec{r} = d^{20}x\vec{i} + d^{20}y\vec{j} + d^{20}z\vec{k}$.

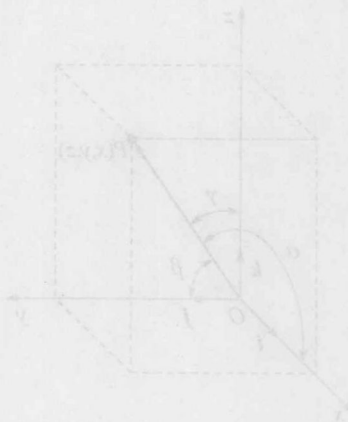


图 1-1 位置矢量

1.1.2 位移、速度、加速度

1. 位移 (displacement)

位移是指物体从初始位置 $\vec{r}_1$ 到最终位置 $\vec{r}_2$ 的位移矢量,可表示为: $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$.

位移的大小 Δr 可表示为: $\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2}$.

物理学是研究物体机械运动(mechanical motion)规律及其应用的学科。研究一个物体的运动首先要说明它的运动形式,称为运动学(kinematics)。进一步探究这类运动的原因,是动力学(dynamics)研究的问题。力学通常分为运动学和动力学两部分,力学是学习物理学的基础。

第1章 力学

力学是研究物体机械运动(mechanical motion)规律及其应用的学科。研究一个物体的运动首先要说明它的运动形式,称为运动学(kinematics)。进一步探究这类运动的原因,是动力学(dynamics)研究的问题。力学通常分为运动学和动力学两部分,力学是学习物理学的基础。

1.1 描述质点运动的基本物理量

研究物体运动时,在某些情况下往往可以忽略物体的大小和形状,把物体抽象成一个具有质量的点,这样抽象化的理想物体模型,称为质点(particle)。

1.1.1 位置矢量

描述质点位置和运动可以用矢量的方法。如图 1-1 所示,在参考系上选定一参考基准的原点 O ,以 O 点为起点,作矢量 $\mathbf{r}$ 指向质点所在的 P 点,这个矢量就给出质点的位置,矢量 $\mathbf{r}$ 称为位置矢量,简称位矢。从图 1-1 中可以看出,位置矢量在坐标轴上的投影分别为 x, y, z 。因此,位矢 $\mathbf{r}$ 可表示为

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

$\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ 分别为 x, y, z 轴正方向的单位矢量,它们的大小和方向都不变。

质点运动时,位矢 $\mathbf{r}$ 随时间变化,即

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

位矢 $\mathbf{r}$ 随时间 t 变化的函数关系式(1-2)称为质点的运动方程。

作为时间函数的三个坐标值可以表示为

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1-3)$$

这一组函数称为质点的标量表示式,也可看做质点沿坐标轴的分运动的表示式。从(1-3)式中消去时间 t 可得到质点的轨道方程。

1.1.2 位移 速度 加速度

1. 位移(displacement)

质点沿曲线从时刻 t 的点 A 运动到时刻 $t + \Delta t$ 的点 B ,如图 1-2,在 Δt 时间内,质点的位矢 $\mathbf{r}(t)$ 变为了 $\mathbf{r}(t + \Delta t)$,质点位置的变化称为质点的位移,用 $\Delta \mathbf{r}$ 表示,即