



“十三五”江苏省高等学校重点教材

A CONCISE  
INTRODUCTION  
TO PHYSICS

物理学  
简明教程

江美福 冯秀舟 张力元 主编

(第2版)



苏州大学出版社  
Soochow University Press

# 物理学简明教程

(第二版)

江美福 冯秀舟 张力元 主编

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学简明教程 / 江美福, 冯秀舟, 张力元主编  
— 2 版. — 苏州: 苏州大学出版社, 2022. 9  
ISBN 978-7-5672-4014-8

I. ①物… II. ①江… ②冯… ③张… III. ①物理学  
— 高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 133525 号

物理学简明教程(第二版)

WULIXUE JIANMING JIAOCHENG (DI-ER BAN)

江美福 冯秀舟 张力元 主编

责任编辑 肖 荣

---

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市十梓街 1 号 邮编: 215006)

常州市武进第三印刷有限公司印装

(地址: 常州市武进区湔里镇村前街 邮编: 213154)

---

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 29.75 字数 743 千

2022 年 9 月第 2 版 2022 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5672-4014-8 定价: 78.00 元

---

图书若有印装错误, 本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话: 0512-67481020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>

苏州大学出版社邮箱 [sdcbbs@suda.edu.cn](mailto:sdcbbs@suda.edu.cn)



# 第一版前言

宇宙万物,大到日月星辰,小至原子核,无论是以固体、液体、气体、等离子体等实物形式存在,还是以电磁场、重力场、引力场等场物质形式存在,都在永不停息地运动.运动是绝对的,是物质的根本属性.

物理学就是研究物质运动基本规律和物质的基本结构及其相互作用的科学.物质的运动形式是多种多样的,包括机械运动、电磁运动、热运动、原子分子等微观粒子的运动等.物理学研究的运动普遍存在于其他高级、复杂的运动形式(如生命运动、生物代谢等)之中,因此,物理学所研究的基本规律和基本研究方法具有极大的普遍性,物理学的基本原理已渗透于自然科学的所有领域,广泛应用于工程技术之中.

历史上每次重大的技术革命都来源于物理学上的重大突破.热学、热力学的研究(18世纪下半叶)导致蒸汽机的发明和广泛应用,引发了第一次工业革命,使人类进入了蒸汽机时代.电磁感应的研究、电磁学理论的建立(19世纪中叶)导致发电机、电动机的发明及无线电通信的出现,引发了第二次工业革命,人类从此跨入了电气化时代.相对论、量子力学的建立(1900—1930年)使物理学进入了高速、微观领域;核物理的研究使核能的释放和应用成为现实;原子、分子物理的研究使激光得以发明和应用;半导体、固体物理、材料科学的研究使晶体管、超大规模集成电路、纳米、新能源、云计算、航天等技术得以发展,人们把新能源、新材料、激光、信息等技术的发展称为第三次工业革命.如今量子通信的曙光已经显现,人类对宇宙的了解将进一步深入,物理的光辉曾经并将继续照耀着世界.

但是,相关学院不止一次要求:大学物理课程的讲授应该考虑到学生的专业特点,与专业有关的知识点多讲,无关的少讲或不讲.

目前不少医学院校开设了“医用物理”课程,那是否还要开设“机械物理”“纺织物理”“金融物理”等课程呢?

课堂上学生喜欢问的话题是“物理有何用?”

多年来为理、工、医、农、商等不同学院的学生讲授“大学物理”课程的经历提醒我们:“大学物理”不是专业课!判天地之美,析万物之理,物理学涉及的研究方法多种多样,所起的作用是哪一门专业课无法取代的.物理学为相关专业服务的落脚点应该放在培养学生的学习能力上,而不是具体的知识点或技术的学习.听同行谈及给医学部学生讲授“医用物理”的苦衷,编者也感同身受.物理老师的医学知识不可能到位,学生医学知识也还未掌握,大幅介绍物理原理在一些具体医学环节上的应用,效果并不好.况且,当今的科技日新月异,医学手段、医疗器械更新换代非常快,课堂上学到的与实际接触的势必差距不小.相关统计数据表明,近年来,毕业后真正从事本科所学专业的人大概在30%,工作3年内跳槽、改行已成常



态. 物理教学应该回归到培养学生的科学思维方法、科学素养和创新精神上来. 相比学习“医用物理”“纺织物理”等而言, 学好“大学物理”可能是一个更好的选择.

物理学在发展, 相关的知识、方法也在不断更新. 让身边的物理, 以及科技热点尽量融入相关的知识点, 正是本书全体参编人员倾心追求的. 希望编者精心准备的阅读材料对拓宽师生们的视野有所裨益.

本书编写秉持的指导思想是: 以教育部颁布的“理工科类大学物理课程教学基本要求”为大纲; 淡化学生的专业背景, 注重相关知识的系统性, 加强对物理方法、科学建模思想的介绍; 力求结构紧凑, 概念清楚, 论证严谨. 便于教和学, 较好地服务于使用本教程的所有专业的师生们, 此乃本书编写的宗旨所在.

参加本书编写的人员包括苏州大学物理科学与技术学院的江美福、冯秀舟、朱天淳、戴永丰、吴亮、阮中中和苏州大学附属第一医院的陈亮、顾勇等, 并由江美福、冯秀舟、陈亮负责统稿、修改和定稿.

本书的编写得到了苏州大学教务部、物理科学与技术学院、苏州大学出版社有关领导和同仁的大力支持, 在此, 谨向他们致以最诚挚的谢意!

虽然本书的构思和组稿耗时较长, 但有关想法还须实践检验与完善, 所有使用本教程的教师和学生们的真知灼见十分重要, 编者期待着.

编 者

2017 年 2 月





## 第二版前言

“互联网+教育”的飞速发展突破了教室和教师的限制,拓展了学习的时空,促进了教育信息化及教学模式的改革.教材内容和形式必须适应读者的学习方式和个性化发展的需求也就成了必然.基于此,《物理学简明教程》编委会借助新媒体和互联网技术,结合近年来的教学改革成果,采纳自2017年第一版(江美福 冯秀舟 陈亮 主编)出版发行以来收到的意见和建议,于2019年启动了《物理学简明教程》第二版的编写工作,并获2020年“十三五”江苏省高等学校重点教材立项支持.

相比于第一版,第二版的特色主要体现在“两个融合”.其一,与新媒体和互联网技术的融合,凸显“互联网+教育”的特色.针对教学大纲中的重要知识点,推出了188个线上资源,包括单个时长在10分钟左右的教学微视频、PPT或PDF格式的拓展材料,作为“碎片化”的线上资源,以二维码形式呈现给读者.读者可以依据知识图谱,通过移动端选择性地“点对点”获取学习资源,助力个性化学习,提高学习效率.其二,与相关专业交叉融合,倡导“专业拓展请专业人员写”的理念,彰显物理“析万物之理”的本质,特邀苏州大学附属第二医院的9名一线骨干医生加入编委会.他们结合各自的临床实践,从专业视角以阅读材料的形式专题介绍物理学原理在临床诊断、常规检测、职业防护、身心健康等方面的应用.另外,本教材还介绍了物理学原理在科技前沿中的应用.专业视角下“物理有用”才真有用!

参加本书编写的人员包括苏州大学东吴学院的江美福、冯秀舟、罗晓琴、朱天淳、戴永丰、吴亮、阮中中、杨亦赏、钱懿华、张健敏、曹海霞、倪亚贤、卢兴园,苏州大学附属第一医院的陈亮、顾勇和苏州大学附属第二医院的张力元、邹莉、李柳炳、邢鹏飞、孔月虹、徐美玲、彭启亮、张军军、徐耀等,最后由江美福、冯秀舟、张力元负责统稿和定稿.

本书的编写得到了苏州大学教务处、东吴学院和苏州大学出版社有关领导与同仁的大力支持,在此,谨向他们致以最诚挚的谢意!

本教材将不断更新和完善,特别注重对相关在线资源,包括教学视频及相关科技前沿知识、专题介绍等内容的补充和更新.编者希望得到广大读者和同仁一如既往的关心与支持,期待所有使用本书的师生们的真知灼见!

编者

2022年5月于苏州



# 目 录

## Contents

### 第 1 篇 力 学

第 1 章 质点力学 .....	3
1.1 质点运动学 .....	3
1.1.1 质点 参照系 时间和空间 .....	3
1.1.2 位矢 位移 速度 加速度 .....	5
1.1.3 曲线运动及其描述 .....	9
1.1.4 伽利略坐标变换 .....	13
1.2 质点动力学 .....	15
1.2.1 牛顿运动定律 .....	15
1.2.2 SI 单位和量纲 .....	17
1.2.3 常见力和基本力 .....	18
1.2.4 应用牛顿运动定律解题 .....	20
1.2.5 冲量与动量定理 .....	23
1.2.6 动量守恒定律 .....	26
1.3 功和能 .....	28
1.3.1 功与功率 势能 .....	28
1.3.2 动能 动能定理 .....	32
1.3.3 功能原理 机械能守恒定律 .....	33
1.3.4 碰撞 .....	34
阅读材料 A 人体的力学特性 .....	37
A.1 骨的力学性质和特点 .....	37
A.2 肌肉的力学性质和特点 .....	39
A.3 血管壁的力学性质和特点 .....	39
A.4 相关实用案例 .....	40
第 2 章 刚体的运动 .....	49
2.1 刚体的运动 .....	49
2.1.1 平动和转动 .....	49
2.1.2 质心 刚体的质心运动定理 .....	50
2.1.3 定轴转动的角量描述 .....	52
2.1.4 刚体定轴转动的角动量 .....	53





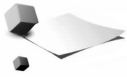
2.1.5	刚体的转动动能	53
2.1.6	转动惯量的计算	54
2.2	刚体的转动定律	56
2.2.1	刚体定轴转动的力矩	56
2.2.2	刚体定轴转动定律	57
2.3	刚体的功和能	61
2.3.1	力矩的功	61
2.3.2	定轴转动的动能定理	61
2.3.3	定轴转动的机械能	62
2.4	角动量守恒定律	63
2.4.1	刚体的角动量定理	63
2.4.2	刚体的角动量守恒定律	63
2.5	刚体的平面平行运动	65
	阅读材料 B 陀螺仪	66
<b>第 3 章</b>	<b>流体力学</b>	<b>74</b>
3.1	流体静力学	74
3.1.1	静止流体中的压强	74
3.1.2	帕斯卡原理	75
3.1.3	流体中的浮力 阿基米德原理	75
3.2	理想流体的定常流动	75
3.2.1	基本概念	75
3.2.2	连续性方程	76
3.2.3	伯努利方程及其应用	77
3.3	黏性流体的流动	80
3.3.1	牛顿黏滞定律	80
3.3.2	湍流 雷诺数	81
3.3.3	黏性流体的伯努利方程	82
3.3.4	泊肃叶公式	82
3.3.5	斯托克司定律	84
	阅读材料 C 血液的流动	85
C.1	血液的流动	85
C.2	心脏做功	87
C.3	血压的测量	87
<b>第 4 章</b>	<b>振动和波动</b>	<b>92</b>
4.1	简谐运动	92
4.1.1	简谐运动的运动学	92
4.1.2	简谐运动的动力学	93
4.1.3	简谐运动的能量	97
4.1.4	简谐运动的合成和分解	98



4.1.5	阻尼振动 受迫振动 共振	103
4.2	波 动	105
4.2.1	波的产生和传播	105
4.2.2	平面简谐波波动方程	106
4.2.3	波的能量和强度	109
4.2.4	波的叠加原理 波的干涉 驻波	110
4.2.5	声波和超声波	112
4.2.6	多普勒效应	116
阅读材料 D	听诊与叩诊	118

## 第 2 篇 电磁学

第 5 章	静电场	125
5.1	电场 电场强度	125
5.1.1	电荷 库仑定律	125
5.1.2	电场 电场强度	126
5.1.3	场强叠加原理	127
5.2	高斯定理及其应用	129
5.2.1	电场线 电通量	129
5.2.2	静电场的高斯定理	131
5.2.3	高斯定理的应用	132
5.3	电场力的功 电势	134
5.3.1	电场力的功 静电场的环路定理	134
5.3.2	电势能 电势	135
5.3.3	等势面 电场强度和电势的关系	138
5.4	静电场中的导体	139
5.4.1	导体的静电平衡	139
5.4.2	静电平衡时导体上的电荷分布	140
5.4.3	静电屏蔽	141
5.5	静电场中的电介质	141
5.5.1	电介质及其极化	141
5.5.2	电介质中的场强	143
5.6	电容 电场的能量	144
5.6.1	电容 电容器	144
5.6.2	带电系统的能量	147
5.6.3	静电场的能量	147
第 6 章	电流与电路	153
6.1	恒定电流	153
6.1.1	电流 电流强度	153



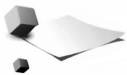
6.1.2	欧姆定律的微分形式	154
6.2	电动势	156
6.3	直流电路	156
6.3.1	含源电路的欧姆定律	156
6.3.2	基尔霍夫定律及其应用	158
阅读材料 E	细胞膜电位	160
阅读材料 F	心电图的电学原理	162
F.1	心电的产生和心电偶	162
F.2	心电图机和心电导联	164
阅读材料 G	电流对人体的作用	166
G.1	直流电对人体的作用	166
G.2	低频电的作用 心脏起搏器	166
G.3	高频电疗和电刀	167
G.4	人体的触电问题	168
<b>第 7 章</b>	<b>磁 场</b>	<b>171</b>
7.1	磁场 磁感应强度	171
7.1.1	磁场 磁感应强度	171
7.1.2	磁场的高斯定理	172
7.1.3	毕奥-萨伐尔定律	173
7.1.4	电流的磁场	173
7.1.5	安培环路定理及其应用	175
7.2	磁场对运动电荷和电流的作用	178
7.2.1	磁场对运动电荷和电流的作用 磁聚焦	178
7.2.2	霍尔效应 电磁泵	180
7.2.3	磁场对载流导线的作用	181
7.2.4	磁场对载流线圈的作用	182
7.3	物质的磁性	183
7.3.1	物质的磁性和磁化	183
7.3.2	有磁介质时的高斯定理和安培环路定理	185
7.3.3	铁磁性	186
7.4	电磁感应	187
7.4.1	电磁感应定律	187
7.4.2	动生电动势	188
7.4.3	感生电动势 涡电流	189
7.4.4	自感和互感	189
7.4.5	磁场的能量	191
7.5	麦克斯韦方程组和电磁波	193
7.5.1	位移电流	193
7.5.2	麦克斯韦方程组	194



7.5.3 电磁波 .....	195
阅读材料 H 生物磁现象 .....	197
H.1 生物磁现象 .....	197
H.2 磁场的生物效应 .....	198

### 第 3 篇 热 学

第 8 章 气体动理论 .....	211
8.1 状态 过程 .....	211
8.2 理想气体状态方程 .....	212
8.3 理想气体的压强 .....	214
8.3.1 理想气体的微观模型 .....	214
8.3.2 理想气体的压强 .....	215
8.4 温度的微观意义 .....	216
8.4.1 温标 .....	216
8.4.2 温度的微观本质 .....	217
8.4.3 气体的方均根速率 .....	217
8.5 能量均分原理 理想气体的内能 .....	218
8.5.1 分子的自由度 .....	218
8.5.2 能量均分原理 .....	218
8.5.3 理想气体的内能 .....	219
8.6 热平衡态的统计规律 .....	220
8.6.1 速率分布函数 .....	220
8.6.2 麦克斯韦速率分布律 .....	220
8.6.3 气体分子速率分布的实验测定 .....	222
8.6.4 麦克斯韦速度分布律 玻尔兹曼能量分布律 .....	223
8.7 实际气体等温线 范德瓦尔斯方程 .....	224
8.7.1 实际气体等温线 .....	224
8.7.2 范德瓦尔斯方程 .....	225
8.7.3 范德瓦尔斯方程的等温线 .....	227
8.8 气体分子的平均自由程 .....	228
8.9 输运过程及其宏观规律 .....	229
8.9.1 内摩擦 .....	229
8.9.2 热传导 .....	230
8.9.3 扩散 .....	231
阅读材料 I 液体的表面性质 .....	231
I.1 液体的表面张力和表面能 .....	232
I.2 液体与固体交界处的表面现象 .....	235



<b>第9章 热力学基础</b> .....	242
9.1 热力学第一定律 .....	242
9.1.1 内能 功和热 .....	242
9.1.2 热力学第一定律 .....	243
9.1.3 理想气体的热容 .....	243
9.1.4 热力学第一定律的应用 .....	245
9.1.5 绝热过程 .....	246
9.2 热力学第二定律 .....	248
9.2.1 循环过程 热机和制冷机 .....	248
9.2.2 热力学第二定律 .....	250
9.2.3 可逆过程与不可逆过程 .....	251
9.2.4 卡诺循环和卡诺定理 .....	252
9.3 熵 熵增加原理 .....	254
9.3.1 熵 .....	254
9.3.2 不可逆过程中的熵变 .....	255
9.3.3 熵增加原理 .....	256
9.4 热力学第二定律的统计意义 .....	257
9.4.1 热力学第二定律的统计意义 .....	257
9.4.2 玻尔兹曼关系 .....	258
阅读材料 J 人体的体温控制 .....	258
J.1 人体的能量交换 .....	258
J.2 人体中的熵变问题 .....	259

## 第4篇 光 学

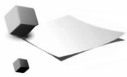
<b>第10章 几何光学</b> .....	267
10.1 几何光学的基本定律 .....	267
10.2 球面折射成像 .....	267
10.2.1 单球面折射成像 .....	268
10.2.2 共轴球面系统 .....	272
10.3 透镜成像 .....	274
10.3.1 薄透镜成像 .....	274
10.3.2 透镜的像差 .....	279
10.4 放大镜 光学显微镜 .....	280
10.4.1 放大镜 .....	280
10.4.2 光学显微镜 .....	281
10.5 眼的光学系统 .....	287
10.5.1 眼的结构和光学性质 .....	287
10.5.2 人眼的调节 视力 .....	288



10.5.3	非正视眼的矫正 .....	288
<b>第 11 章</b>	<b>波动光学</b> .....	294
11.1	光的干涉 .....	294
11.1.1	分波前干涉 .....	298
11.1.2	薄膜干涉 .....	301
11.1.3	迈克耳孙干涉仪 .....	307
11.1.4	光的相干性 .....	309
11.2	光的衍射 .....	310
11.2.1	光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理 .....	310
11.2.2	单缝的夫琅禾费衍射 .....	313
11.2.3	圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨率 .....	316
11.2.4	衍射光栅 .....	319
11.2.5	晶体对 X 射线的衍射 .....	323
11.3	光的偏振 .....	324
11.3.1	自然光和偏振光 .....	325
11.3.2	偏振片 马吕斯定律 .....	327
11.3.3	反射和折射时光的偏振 .....	331
11.3.4	双折射现象 二向色性 .....	333
11.3.5	波片 偏振态的检验 .....	336
11.3.6	偏振光的干涉 .....	338
阅读材料 K	克尔效应和旋光现象 .....	339
阅读材料 L	液 晶 .....	341
L.1	液晶的光学特性 .....	341
L.2	液晶的电光效应 .....	342
阅读材料 M	光的吸收、散射和色散 .....	343
M.1	光的吸收 .....	343
M.2	光的散射 .....	345
M.3	光的色散 .....	346
阅读材料 N	激光全息 .....	348
N.1	激光全息的原理 .....	348
N.2	全息显示的发展及应用 .....	349

## 第 5 篇 近代物理基础

<b>第 12 章</b>	<b>狭义相对论基础</b> .....	357
12.1	经典力学的相对性原理和时空观 .....	357
12.2	洛伦兹变换 .....	360
12.3	狭义相对论的基本原理 .....	363
12.3.1	同时的相对性 .....	363



12.3.2	时间延缓(钟慢效应)	364
12.3.3	长度收缩	365
12.4	相对论动量和能量	366
12.4.1	质量与速度的关系	366
12.4.2	相对论力学的基本方程	367
12.4.3	质量与能量的关系	367
12.4.4	动量与能量之间的关系	369
12.5	广义相对论简介	371
12.5.1	非惯性系与惯性力	371
12.5.2	惯性质量和引力质量	371
12.5.3	广义相对论的基本原理	372
12.5.4	广义相对论的实验验证	372
<b>第13章</b>	<b>量子力学基础</b>	<b>375</b>
13.1	黑体辐射和普朗克的量子假设	375
13.1.1	热辐射现象	375
13.1.2	黑体辐射实验定律	375
13.1.3	普朗克量子假设	378
13.2	光电效应	379
13.2.1	光电效应的实验规律	379
13.2.2	爱因斯坦的光子理论	380
13.2.3	光的波粒二象性	381
13.3	康普顿效应	382
13.3.1	康普顿效应的实验规律	382
13.3.2	光子理论的解释	384
13.4	氢原子光谱与玻尔模型	386
13.4.1	氢原子光谱的规律性	386
13.4.2	玻尔的氢原子理论	387
13.4.3	玻尔理论的局限性	389
13.5	实物粒子的波粒二象性	389
13.5.1	德布罗意波	389
13.5.2	德布罗意波的实验验证	390
13.6	不确定关系	392
13.7	波函数与薛定谔方程	394
13.7.1	波函数及其统计解释	394
13.7.2	薛定谔方程	395
13.8	一维势阱 势垒与隧道效应	396
13.8.1	一维无限深势阱	396
13.8.2	一维势垒与隧道效应	399
13.8.3	谐振子	400



阅读材料 O 量子通信 .....	400
<b>第 14 章 原子核与放射性</b> .....	405
14.1 原子核的结构和性质 .....	405
14.1.1 原子核的组成 .....	405
14.1.2 结合能 原子核的稳定性 .....	406
14.1.3 原子核的自旋和磁矩 .....	407
14.2 原子核的衰变 .....	408
14.2.1 $\alpha$ 衰变 .....	408
14.2.2 $\beta$ 衰变和电子俘获 .....	409
14.2.3 $\gamma$ 衰变和内转换 .....	410
14.3 原子核的衰变规律 .....	411
14.3.1 指数衰变规律 .....	411
14.3.2 半衰期和平均寿命 .....	412
14.3.3 放射性活度 .....	413
14.3.4 放射性平衡 .....	414
14.4 射线与物质的相互作用 .....	415
14.4.1 带电粒子与物质的相互作用 .....	415
14.4.2 光子与物质的相互作用 .....	416
14.4.3 中子与物质的相互作用 .....	416
14.5 射线的探测、剂量与防护 .....	417
14.5.1 射线的探测 .....	417
14.5.2 射线的剂量 .....	418
14.5.3 辐射防护 .....	419
14.6 放射性核素的医学应用 .....	420
14.6.1 放射性治疗 .....	420
14.6.2 放射性诊断 .....	421
<b>第 15 章 X 射线成像</b> .....	425
15.1 X 射线的产生及其基本性质 .....	425
15.1.1 X 射线的产生 .....	425
15.1.2 X 射线的基本性质 .....	426
15.1.3 X 射线的强度和硬度 .....	427
15.2 X 射线谱 .....	428
15.2.1 连续 X 射线谱 .....	428
15.2.2 标识 X 射线 .....	429
15.3 X 射线的吸收 .....	430
15.3.1 X 射线的线性吸收系数及质量吸收系数 .....	430
15.3.2 半价层 .....	431
15.3.3 质量吸收系数与波长的关系 .....	431



15.4 X 射线的应用 .....	432
15.4.1 常规 X 射线投影成像 .....	433
15.4.2 X 射线的电子计算机断层成像 .....	434
附录 .....	441
附表 1 国际单位制的基本单位与辅助单位 .....	441
附表 2 国际单位中具有专门名称的导出单位 .....	441
附表 3 基本物理常数 .....	442
附表 4 国际制词头 .....	443
附表 5 一些常见物体的密度 .....	443
附表 6 1 标准大气压( $1.013 \times 10^5$ Pa)下一些元素的熔点和沸点 .....	443
附表 7 希腊字母读音表及意义 .....	444
习题答案 .....	445



# 第 1 篇 力 学