

☆ ☆ 高 等 学 校 教 材 ☆ ☆

工科物理

GONG KE WU LI JIAO CHENG

教程

(第二版)

王文福 陈代珣 刘廷平 段志强 编



石油工业出版社

工科物理教程

(第二版)

王文福 陈代珣 刘廷平 段志强 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在满足国家教委颁布的工科物理课程教学基本要求的前提下,从现代科学技术的发展及工程技术人才培养的总体要求出发,精选了工科物理课程教学内容。在课程内容现代化、突出工程意识、突出能力和素质的培养等方面作了较大幅度的改革。本书分为力学和相对论、电磁学、振动和波、物理光学、量子物理和热物理等部分。本书既可作为工科院校基础物理教学用书,又可作为工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工科物理教程/王文福等编. —2 版.
北京:石油工业出版社, 2003. 1
ISBN 7-5021-4159-6

I. 工…
II. 王…
III. 物理学-高等学校-教材
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 003060 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
西南石油学院印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 30.5 印张 760 千字
2003 年 1 月北京第 2 版 2003 年 1 月四川第 2 次印刷
ISBN 7-5021-4159-6/TE·2938
定价:36.00 元

前 言

工科物理是高等工业院校的一门重要基础课。随着科学技术发展的方向日趋综合,渗透日益加强。综合倾向将成为 21 世纪学科发展的趋势,加强基础无疑是与这一发展趋势一致的,这也就对基础课提出了更高的要求。但是,现行的大多数工科物理教材并没有很好地适应这种时代的变化。这主要表现在:(1)物理教材的内容、体系和框架基本上是理科教材的简编本,缺乏工程技术人员培养中注重理论联系工程实际的特色。(2)物理学中力学、热学、电磁学、光学及近代物理学中各部分内容相互分离,自成体系,其结果是隔离了各部分内容的内在联系,不利于学生综合分析问题能力的培养。(3)与中学物理内容重复较多也造成了教学内容陈旧、教学时数增多的弊病。

教材是集中而具体地体现教学指导思想、教学方法和能力、素质培养要求的实体。我们确定的教材编写原则是:应以现代的物理理论和观点审视物理课程的体系和内容,应清楚地给出当代人类对物质世界认识的层次;应明确地介绍研究方法,介绍对理论的开发和应用的方法,培养学生的工程意识;应遵循教学规律——循序渐进,利于学生理解、接受和有兴趣。

本书编写时力求体现以下几个特点:

(1)删去了与中学重复的内容,对部分经典内容做了适当的压缩。讲经典内容时注意渗透现代物理的观点、概念和方法,给经典物理概念赋予了新的内涵。在内容安排上体现了人们在认识物质世界时,由单(或有限个)体到多体系统、由物质的实物形态到场形态、由确定运动规律到统计规律、由波(或粒子)到粒子(或波)统一于波粒二象性的多重递进和螺旋式上升的关系,使我们能以现代的观点来审视。消除了物理教材中经典内容和近代内容的截然分割现象,使二者能自然地融合。

(2)突出了工程意识。在讲清物理基本原理的前提下,结合物理理论内容,介绍该物理知识在科学技术及生活实际中的应用,将工程技术应用中的典型内容融合进教材中,尤其是重视将 20 世纪以来科学技术发展和巨大成就中的物理学基础引进教材内容之中,并占到一定的比例。如水坝的弧形闸门、喷墨印刷原理、磁悬浮、磁存储和磁记录、激光核聚变、扫描隧穿显微镜等。这些内容在语言表达上力求深入浅出和重在给出物理图象,因此在课堂教学中,常可以用不多的时间给以介绍,使教材具有较好的可操作性。

(3)在保证基本经典内容的基础上,大力使内容现代化。书中着重介绍了现代物理学的观点,如相对论的时空观、守恒定律与对称性、统计规律、微观粒子的二象性和量子论等。

(4)重视习题和例题的实用价值。从大量工程技术应用和生产生活实际中提炼出各种物理模型,充以真实的数据,使许多习题和例题贴近生活、贴近生产、贴近时代。

总之,我们在教材的编写中力图解决课程内容和授课时数的矛盾。在 120 学时内既要确保必要的传统的基本内容,尤其要尽可能加强近代物理内容的教学;又要突出学生的物理思维能力的培养。这包括观察和描述物理现象、进而抽象、概括物理本质的能力;知识迁移和独立获取新知识的能力;用数学表述物理过程和规律的能力;计算解题的能力及用数量级估算的能力等。

本书的编写出版,是西南石油学院全体物理教师多年教学经验的结晶。参加编写的人员及分工为:王文福(绪论、第4、12、13章),陈代珣(第5、6、7、8章),刘廷平(第1、2、3、9章),段志强(第10、11章)。郑悦明先生完成了本书的计算机绘图工作,编者在此深表谢意!

在本书的编写工作中,我们还借鉴了国内、外的许多教材,尤其是本书末列出的参考书目。对于这些书的作者,我们也特别致以谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和问题,望读者给予批评、指正。

编 者 2002 年 12 月

常用物理基本常数表

名 称	符 号	最 佳 实 验 值	供计算用的值
真空中的光速	c	$299792458 \pm 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
引力常数	G	$(6.6720 \pm 0.0041) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$	$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$
阿伏伽德罗常数	N_A	$(6.022045 \pm 0.000031) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
普适气体常数	R	$(8.31441 \pm 0.00026) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻耳兹曼常数	k	$(1.380662 \pm 0.000044) \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
理想气体在标准温度、 压强下的摩尔体积	V_m	$(22.41383 \pm 0.00070) \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	$22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$
基本电荷	e	$(1.6021892 \pm 0.0000046) \times 10^{-19} \text{ C}$	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
原子质量单位	u	$(1.6605655 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
电子的静止质量	m_e	$(9.109534 \pm 0.00047) \times 10^{-31} \text{ kg}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
电子荷质比	e/m_e	$(1.7588047 \pm 0.0000049) \times 10^{-11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$	$1.76 \times 10^{-11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$
质子静止质量	m_p	$(1.6726485 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
中子静止质量	m_n	$(1.6749543 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
法拉第常数	F	$(9.648456 \pm 0.000027) \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
真空磁导率	μ_0	$12.5663706144 \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$	$4\pi \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
质子磁矩	μ_p	$(1.4106171 \pm 0.0000055) \times 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$1.41 \times 10^{-26} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
玻尔半径	a_0	$(5.2917706 \pm 0.0000044) \times 10^{-11} \text{ m}$	$5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$
玻尔磁子	μ_B	$(9.274078 \pm 0.000036) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$9.27 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
核磁子	μ_N	$(5.050824 \pm 0.000020) \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$5.05 \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
普朗克常数	h	$(6.626176 \pm 0.000036) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

常见的时间、长度、质量值

时间(s)

项 目	数 值
宇宙的年龄	$\sim 4 \times 10^{17}$
地球的年龄	1.2×10^{17}
万里长城的年龄	7×10^{10}
人的平均寿命	2.2×10^9
地球公转周期(1 年)	3.2×10^7
地球自转周期(1 日)	8.6×10^4
自由中子寿命	9.2×10^2
人的脉搏周期	~ 0.9
说话声波的周期	$\sim 1 \times 10^{-3}$

无线电广播电磁波周期	$\sim 1 \times 10^{-6}$
π^+ 粒子的寿命	2.6×10^{-8}
可见光波的周期	$\sim 2 \times 10^{-15}$
最短的粒子寿命	$\sim 10^{-25}$

长度(m)

目前可观察到的宇宙的半径	$\sim 1 \times 10^{26}$
星系之间的距离	$\sim 2 \times 10^{22}$
我们的银河系的直径	7.6×10^{20}
地球到最近的恒星(半人马座比邻星)的距离	4.0×10^{16}
光在一年内走的距离(1 光年)	0.95×10^{16}
地球中心到太阳中心的距离	1.5×10^{11}
太阳的半径	7.0×10^8
地球中心到月球中心距离	3.8×10^8
地球的半径	6.4×10^6
月球的半径	1.7×10^6
珠穆朗马峰的高度	8.9×10^3
人的身高	~ 1.7
无线电广播电磁波波长	$\sim 3 \times 10^2$
说话声波波长	$\sim 4 \times 10^{-1}$
人的红血球直径	7.5×10^{-6}
可见光波波长	$\sim 6 \times 10^{-7}$
原子半径	$\sim 1 \times 10^{-10}$
质子半径	1×10^{-15}
电子半径	1×10^{-18}
夸克半径	1×10^{-20}

质量(kg)

可观察到的宇宙	$\sim 10^{53}$
我们的银河系	4×10^{41}
太阳	2.0×10^{30}
地球	6.0×10^{24}
月球	7.4×10^{22}
满载大油轮	2×10^8
大宇宙飞船	1×10^4
人	$\sim 6 \times 10^1$
一个馒头	1×10^{-1}
雨点	1×10^{-6}
尘粒	1×10^{-10}
红血球	9×10^{-14}
最小的病毒	4×10^{-21}
铂原子	4.0×10^{-26}
质子(静止的)	1.7×10^{-27}
电子(静止的)	9.1×10^{-31}
光子、中微子(静止的)	0

目 录

绪论	1
第 1 章 物体运动的描述	
§ 1.1 参照系和坐标系	5
1.1.1 运动的绝对性和相对性	5
1.1.2 质点	6
1.1.3 刚体	6
§ 1.2 物体运动的描述	7
1.2.1 描述质点运动的基本物理量	7
1.2.2 平面曲线运动的描述	14
1.2.3 刚体的运动	22
§ 1.3 相对运动	24
思考题	28
习题	30
阅读材料 物理学与高新技术	34
第 2 章 动力学基本定律	
§ 2.1 动量 牛顿运动定律	38
2.1.1 牛顿第一定律	38
2.1.2 动量 牛顿第二定律	39
2.1.3 牛顿第三定律	40
2.1.4 几种常见的力	41
2.1.5 牛顿运动定律的应用	43
2.1.6 惯性参照系和非惯性系	48
2.1.7 单位制与量纲	49
§ 2.2 刚体的定轴转动定律	50
2.2.1 转动惯量	50
2.2.2 力矩 转动定律	52
思考题	57
习题	58
阅读材料 超重与失重	62
第 3 章 守恒定律	
§ 3.1 动能定理 机械能守恒定律	64
3.1.1 功 功率	64
3.1.2 保守力与保守力的功	66
3.1.3 势能	68
3.1.4 刚体转动时合外力矩的功	69
3.1.5 动能 动能定理	70

3.1.6 机械能守恒定律 能量守恒定律·····	73
§ 3.2 动量守恒定律·····	76
3.2.1 冲量 动量定理·····	76
3.2.2 动量守恒定律及空间平移对称性·····	79
3.2.3 火箭运动·····	81
§ 3.3 角动量守恒定律·····	83
3.3.1 质点的角动量定理·····	83
3.3.2 刚体的角动量定理·····	85
3.3.3 角动量守恒定律·····	87
§ 3.4 守恒定律的综合应用·····	89
3.4.1 守恒定律的意义·····	89
3.4.2 质点间的碰撞·····	90
3.4.3 刚体的碰撞·····	93
思考题·····	95
习题·····	96
阅读材料 我国运载火箭研制概况·····	101
第4章 狭义相对论	
§ 4.1 洛仑兹变换·····	103
4.1.1 牛顿力学的时空观·····	103
4.1.2 麦克斯韦电磁场理论的挑战·····	105
4.1.3 爱因斯坦的选择·····	106
4.1.4 洛仑兹变换·····	106
4.1.5 时空间隔的不变性·····	108
§ 4.2 狭义相对论的时空观·····	109
4.2.1 同时性的相对性·····	109
4.2.2 时间膨胀·····	111
4.2.3 长度缩短·····	112
4.2.4 相对论中的速度变换·····	112
4.2.5 经典力学时空观与相对论时空观的比较·····	114
§ 4.3 狭义相对论的动力学基础·····	115
4.3.1 相对论力学的基本方程·····	115
4.3.2 相对论中的质量—能量关系·····	116
4.3.3 狭义相对论中的动量—能量关系·····	117
4.3.4 同步回旋加速器·····	118
思考题·····	120
习 题·····	121
阅读材料 广义相对论简介·····	123
第5章 电 场	
§ 5.1 电荷 库仑定律·····	125
5.1.1 电荷的基本性质·····	125

5.1.2	库仑定律	126
5.1.3	关于库仑定律的验证	128
5.1.4	电磁学的单位制和量纲	128
§ 5.2	电场 电场强度	129
5.2.1	电场	129
5.2.2	电场强度	129
§ 5.3	高斯定理	135
5.3.1	电场线	135
5.3.2	电通量	135
5.3.3	高斯定理	136
5.3.4	高斯定理的应用	139
§ 5.4	静电场的环流定理 电势	142
5.4.1	静电场的保守性和环流定理	142
5.4.2	电势差和电势	143
5.4.3	电势叠加原理	145
5.4.4	等势面	147
5.4.5	电势梯度与场强的关系	148
§ 5.5	电场对电荷的作用	149
5.5.1	电场对电荷的力作用	149
5.5.2	电荷在外电场中的静电势能	151
	思考题	153
	习题	154
	阅读材料 喷墨印刷原理	159
第 6 章 磁 场		
§ 6.1	电流的磁场	160
6.1.1	磁感应强度	160
6.1.2	电流的磁场 毕奥—萨伐尔定律	161
6.1.3	低速运动电荷的磁场	165
§ 6.2	磁场定理	166
6.2.1	磁通量	166
6.2.2	磁场的高斯定理	167
6.2.3	安培环路定理	167
6.2.4	安培环路定理的应用	169
§ 6.3	磁场对运动电荷和电流的作用	171
6.3.1	磁场对运动电荷的作用 磁聚焦 磁约束	171
6.3.2	霍尔效应	173
6.3.3	磁场对电流的作用 安培力公式	174
6.3.4	电流回路在磁场中所受的作用	175
§ 6.4	电场和磁场的相对性	177
6.4.1	运动点电荷间相互作用与观察者的关系	177

6.4.2 运动电荷激发的场	178
6.4.3 运动电荷在场中所受的作用	179
思考题.....	181
习题.....	182
阅读材料 地球附近的电磁场.....	186
第7章 物质与电磁场	
§7.1 导体周围的电场	189
7.1.1 导体的电结构特征	189
7.1.2 导体的静电感应平衡	189
7.1.3 静电平衡导体上的电荷分布	190
7.1.4 场致发射显微镜	191
7.1.5 导体周围的电场	191
§7.2 电介质与电场	193
7.2.1 电介质的电结构特征	194
7.2.2 电介质的极化	194
7.2.3 电位移 $\boldsymbol{D}$ 电介质中关于 $\boldsymbol{D}$ 的高斯定理	196
7.2.4 有电介质时的场与力	197
§7.3 电容 电容器	198
7.3.1 孤立导体的电容	198
7.3.2 电容器及其电容	198
7.3.3 电介质在电容器中的作用	200
7.3.4 电容器的并联 串联	200
7.3.5 电容式传感器	201
§7.4 电场能量	202
7.4.1 电容器储存的静电场能量	202
7.4.2 电场的能量	203
§7.5 磁介质与磁场	205
7.5.1 磁介质的顺磁性和抗磁性的来源	206
7.5.2 磁介质的磁化	207
7.5.3 磁场强度 $\boldsymbol{H}$ 磁介质中的关于 $\boldsymbol{H}$ 的安培环路定理	208
7.5.4 原子核的磁性 核磁共振	210
§7.6 铁磁质	211
7.6.1 铁磁性的起因	211
7.6.2 磁滞回线($B \sim H$ 曲线)	212
7.6.3 铁磁质的分类和应用	213
7.6.4 磁记录与磁存储	213
思考题.....	216
习题.....	216
阅读材料 1. 压力、压磁效应	222
2. 超导	223

第8章 变化的电磁场

§ 8.1 法拉第电磁感应定律	226
8.1.1 电动势	226
8.1.2 电磁感应现象	227
8.1.3 法拉第电磁感应定律	228
8.1.4 磁流体发电	229
§ 8.2 动生电动势	231
8.2.1 动生电动势的非静电力	231
8.2.2 动生电动势的计算	232
§ 8.3 时变磁场 感生电动势	234
8.3.1 时变磁场与感生电场	234
8.3.2 感生电动势	236
8.3.3 涡电流 趋肤效应	237
8.3.4 自感应现象	239
8.3.5 耦合电路的互感应现象	240
§ 8.4 磁场的能量	241
8.4.1 自感磁能和互感磁能	241
8.4.2 磁场的能量 电磁场的能量	242
§ 8.5 麦克斯韦电磁场方程组	243
8.5.1 位移电流 时变电场激发磁场	243
8.5.2 麦克斯韦电磁场方程组	245
8.5.3 偶极子振荡	246
8.5.4 电磁波的性质	248
8.5.5 电磁波谱	249
思考题	253
习题	254
阅读材料 无线电波的传播	259

第9章 振动学基础

§ 9.1 简谐振动	261
9.1.1 简谐振动的方程	262
9.1.2 表征简谐振动的特征量	264
9.1.3 旋转矢量——简谐振动的矢量图表示法	267
9.1.4 简谐振动的能量	269
§ 9.2 典型的简谐振动实例	271
9.2.1 单摆	271
9.2.2 复摆	272
9.2.3 扭摆	273
§ 9.3 振动的合成 频谱分析	273
9.3.1 同方向同频率简谐振动的合成	273
9.3.2 同方向不同频率简谐振动的合成 拍现象	275

9.3.3 频谱分析	276
9.3.4 相互垂直的简谐振动的合成 李萨茹图形	277
§ 9.4 阻尼振动 受迫振动 共振	278
9.4.1 阻尼振动	278
9.4.2 受迫振动 共振	280
思考题	283
习题	283
阅读材料 混沌与物理学	287
第 10 章 波 动	
§ 10.1 机械波	290
10.1.1 机械波产生的条件	290
10.1.2 波的周期性和波速	291
§ 10.2 平面简谐波的波函数	293
10.2.1 平面简谐波的波函数	293
10.2.2 地震波与地震勘探	296
§ 10.3 波的能量和能流密度	297
10.3.1 波是能量传递的一种形式	297
10.3.2 能流和能流密度	299
10.3.3 波的吸收	300
§ 10.4 多普勒效应	301
10.4.1 声波的多普勒效应	301
10.4.2 电磁波的多普勒效应与红移	302
§ 10.5 波的干涉	302
10.5.1 惠更斯原理	302
10.5.2 波的叠加和波的干涉	303
10.5.3 驻波	305
10.5.4 电磁波谐振腔	307
思考题	309
习题	310
阅读材料 声学的发展及其应用	314
第 11 章 物理光学	
§ 11.1 获得相干光的方法	317
11.1.1 光的相干条件	317
11.1.2 光程和光程差	317
11.1.3 热光源发光的特点	319
§ 11.2 杨氏双缝干涉	320
11.2.1 杨氏双缝干涉实验	320
11.2.2 洛埃镜实验	322
§ 11.3 薄膜干涉	323
11.3.1 薄膜干涉	323

11.3.2	增透膜与增反膜	324
11.3.3	劈尖干涉	325
11.3.4	牛顿环	328
11.3.5	迈克尔逊干涉仪	329
§ 11.4	光的衍射	331
11.4.1	惠更斯—菲涅耳原理	331
11.4.2	夫琅和费单缝衍射	332
11.4.3	夫琅和费圆孔衍射	334
§ 11.5	光栅衍射	335
11.5.1	光栅衍射	335
11.5.2	X 射线在晶体上的衍射	339
11.5.3	全息照相	339
§ 11.6	光的偏振	340
11.6.1	自然光和偏振光	340
11.6.2	起偏和检偏	341
11.6.3	反射和折射时光的偏振	343
11.6.4	光在晶体中的传播	344
11.6.5	人工双折射	345
11.6.6	旋光现象	347
§ 11.7	光的粒子性	347
11.7.1	光电效应	347
11.7.2	光的波动说的缺陷	349
11.7.3	普朗克的能量子假说	350
11.7.4	爱因斯坦的光子理论	350
11.7.5	康普顿效应	351
11.7.6	光的波粒二象性	353
	思考题	356
	习 题	358
	阅读材料 激光	364
第 12 章 量子物理		
§ 12.1	实物粒子的波粒二象性	369
12.1.1	德布罗意假设	369
12.1.2	德布罗意假设的实验验证	370
12.1.3	德布罗意假设的意义	372
12.1.4	电子显微镜	373
§ 12.2	不确定关系	374
12.2.1	不确定关系	374
12.2.2	用不确定关系讨论几个具体例子	375
§ 12.3	薛定谔方程	377
12.3.1	波函数	377

12.3.2	薛定谔方程	378
§ 12.4	势阱和势垒中的粒子	379
12.4.1	一维无限深势阱	379
12.4.2	隧道效应	382
12.4.3	扫描隧穿显微镜	382
§ 12.5	氢原子	383
12.5.1	氢原子光谱的实验规律	383
12.5.2	经典理论处理氢原子问题遇到的困难	384
12.5.3	玻尔的氢原子理论	384
12.5.4	氢原子的量子力学处理	387
12.5.5	电子自旋	390
§ 12.6	原子壳层结构	391
	思考题	393
	习 题	394
	阅读材料 纳米科技探索	396
第 13 章 气体动理论及热力学		
§ 13.1	气体状态方程	400
13.1.1	理想气体状态方程	401
13.1.2	理想气体的压强	403
13.1.3	温度的微观意义	405
13.1.4	范德瓦尔斯方程	406
§ 13.2	麦克斯韦—玻耳兹曼分布定律	408
13.2.1	分布函数和统计平均值	408
13.2.2	麦克斯韦速率分布定律	410
13.2.3	麦克斯韦速率分布律的实验证明	412
13.2.4	玻耳兹曼分布定律	412
13.2.5	激光器工作原理	414
13.2.6	统计规律性和涨落现象	416
§ 13.3	理想气体的内能	417
13.3.1	自由度	417
13.3.2	能量按自由度均分定理	417
13.3.3	理想气体的内能	418
§ 13.4	热力学第一定律	419
§ 13.5	热容量	421
13.5.1	理想气体的定体摩尔热容 C_V	422
13.5.2	理想气体的定压摩尔热容 C_p	422
13.5.3	热容量的量子理论	423
§ 13.6	理想气体在各种过程中所做的功	425
13.6.1	等体、等压、等温过程中的功	425
13.6.2	绝热过程中的功	425

13.6.3 多方过程中的功·····	427
13.6.4 理想气体各准静态过程的主要公式·····	427
§ 13.7 循环过程·····	428
13.7.1 循环过程·····	429
13.7.2 卡诺循环·····	431
13.7.3 逆循环和致冷机·····	432
§ 13.8 热力学第二定律·····	434
13.8.1 热力学第二定律·····	434
13.8.2 热力学第二定律的统计意义·····	436
13.8.3 熵的概念·····	436
13.8.4 自组织现象·····	439
§ 13.9 输运过程·····	441
13.9.1 平均碰撞频率和平均自由程·····	441
13.9.2 内摩擦现象(粘滞现象)·····	443
13.9.3 热传导现象·····	444
13.9.4 扩散现象·····	444
13.9.5 模拟试验与物理相似性原理·····	445
思考题·····	448
习 题·····	450
阅读材料 大爆炸宇宙模型·····	454
部分习题答案·····	457
参考文献·····	472

绪 论

1. 物质和相互作用

物理学研究宇宙间物质存在的各种主要基本形式,它们的性质、运动和转化以及内部结构,从而认识这些结构的组元及其相互作用,运动和转化的基本规律。

人类对物质微观结构的认识是不断发展和深入的。早在 1810 年,道尔顿就建立了原子学说。他认为原子是物质微观结构的不可分割的最小组元。1897 年汤姆逊发现了电子,1911 年卢瑟福提出了原子的行星式模型。卢瑟福认为,原子是由原子核和绕原子核作圆周运动的电子所组成。1932 年查德威克发现了中子,从而表明原子核是由紧密结合在一起的质子和中子组成的。由于当时的实验研究中,没能探测出质子和中子等粒子的结构,人们就认为它们可能是物质微观结构的最小组元,称它们为基本粒子。质子、中子、电子和光子就是人们最早认识的一批基本粒子。

20 世纪 50 年代以来,人们发现了大量称为强子的粒子。强子分为介子和重子,重子又分为核子(包括质子和中子)和各种超子。在至今已经发现的 430 种粒子中,介子有 150 种,重子有 264 种。随着实验和理论研究的发展,显示出某些基本粒子肯定不能看作是点粒子,它们有一定的大小并有内部结构。同时,还显示出从内部结构的情况来看,已有的基本粒子并不属于同一层次。因此,现在已将基本粒子改称为粒子,基本粒子物理学改称为粒子物理学。

1964 年,盖尔曼和兹维格在对大量强子性质分析的基础上,各自独立地提出了强子结构的夸克模型。他们认为,所有的强子都是由夸克、反夸克和胶子组成的:重子由 3 个夸克组成,反重子由 3 个反夸克组成,介子由一对正、反夸克组成。一般而言,强子是由夸克、反夸克和胶子组成的复合粒子。现在,人们还没有观测到夸克和胶子有内部结构,它们与规范玻色子以及轻子是属于同一层次的粒子。

物理学所研究的物质尺度小到原子、粒子、夸克,大到地球、太阳系、星系乃至整个宇宙。人们自然会问,物质聚集起来,从微观粒子到巨大的星体,从细菌到人,这些都是怎样发生的?在物理学中,我们可以用“相互作用”这个概念来回答。物理学的重大成就之一是,我们已经认识到物质世界千变万化的现象,归根到底只通过四种基本相互作用,即强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和引力相互作用。

强相互作用虽是最强的作用,但却是物理学家后来才了解的,因为它的作用范围小于 10^{-15}m 。1913 年卢瑟福实验指出,原子由原子核和电子组成,原子核非常小,其中质子之间都存在着很大的静电排斥相互作用,这就必需另有强相互作用才能使核稳定。后来又发现,强作用不限于核子间的核力,凡强子(包括介子和重子)都参与强作用。描述强相互作用的较有效的理论是量子色动力学(QCD)。它把强相互作用归结为强子的构成粒子夸克之间通过交换胶子而产生的作用力,夸克和胶子被禁闭在 10^{-15}m 线度的微观世界中,物理学家用高能电子-正电子对撞实验分别于 1978 年和 1979 年证实了它们的存在。

电磁相互作用是人们认识得最清楚的相互作用,就是电力与磁力。宏观物体的一般物理、化学性质,其本质都取决于电磁相互作用,宏观的电磁作用理论是麦克斯韦电动力学,而微观的电磁作用理论是量子电动力学(QED)。电磁相互作用是发生在荷电粒子之间的长程相互作用,它使原子核和电子能聚集在一起而形成原子。在 QED 中,电磁场是量子化的光子场,荷电粒子间的相互作用是由于它们彼此之间交换虚光子而产生。