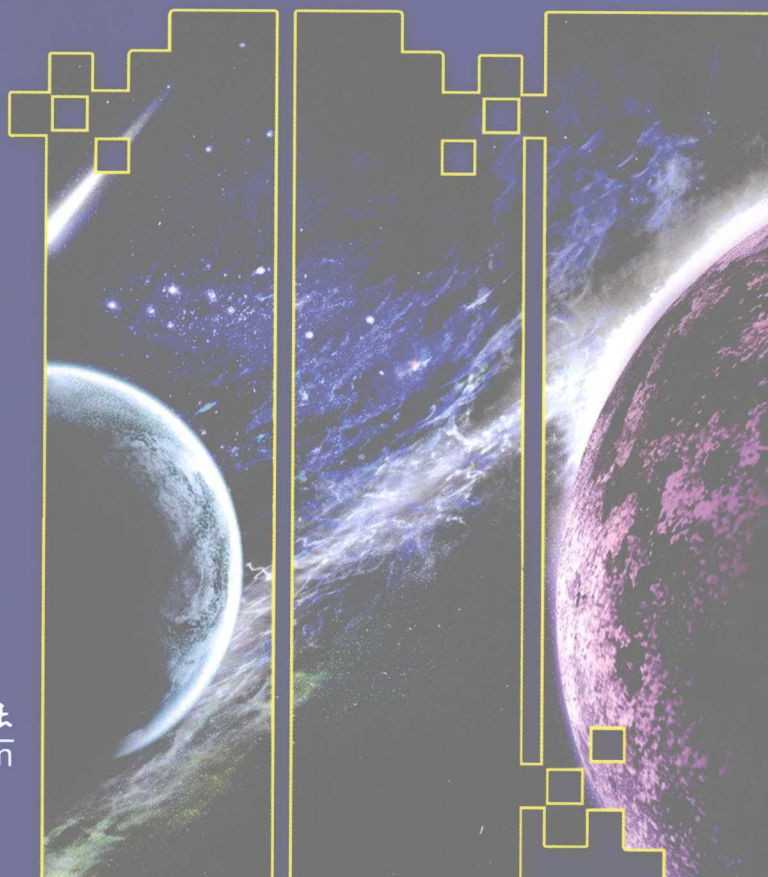


 21世纪高等院校教材

大学物理学

(上册)

陈代珣 谭茂森 刘廷平 编



科学出版社
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

大学物理学

(上册)

陈代珣 谭茂森 刘廷平 编

科学出版社

(电子、工) 元 00.12: 南京

(学) 海内 北京

内 容 简 介

本书在满足教育部非物理类专业物理基础课程教学指导分委会颁布的《理工科非物理类专业大学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,精选了大学物理课程教学内容.为满足一般院校大学物理教学的要求和方便课堂教学,本书在课程内容现代化、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.全书分为上、下册,主要内容包括力学、电磁学、振动和波、光学、气体动理论与热力学、相对论和量子物理等部分.

本书既可作为一般院校理工科非物理类专业大学物理课程的教学用书,又可作为工程技术人员参考书.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/陈代珣,谭茂森,刘廷平编. —北京:科学出版社,2009
21世纪高等院校教材
ISBN 978-7-03-023729-3

I. 大… II. ①陈…②谭…③刘… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 001372 号

责任编辑:昌盛 / 责任校对:郑金红
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年2月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009年2月第一次印刷 印张:18

印数:1—5 000 字数:340 000

定价:54.00元(上、下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

前 言

大学物理是高等院校的一门重要基础课。高等院校肩负着为国家培养高级科学技术人才的重任。培养 21 世纪的优秀人才,物理教学具有特殊的地位和作用。随着科学技术发展方向的日趋综合,各学科的渗透日益加强,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,这也就对基础课的教学提出了更高的要求。

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。21 世纪的大学物理教材一方面要在内容的更新和新技术的介绍等方面有较大的突破,另一方面又要贴近课堂教学,易教易学。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,清楚地给出当代人类对物质世界认识的层次和结果;应明确地介绍研究方法,介绍对理论的开发和应用的方法,培养学生的工程技术意识;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,对部分经典内容作了适当的压缩。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) 突出了工程技术意识。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、隧穿扫描显微镜等。这些内容在语言表达上力求深入浅出和重在给出物理图像。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大学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 10、11、12 章),陈代珣(第 4、5、6 章),谭茂森(第 1、2、3 章),税正伟(第 7、8、9 章),刘廷平完成了第 1、2、3、7 章的部分编写工作.

本书的编写工作中,我们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.本书曾以《工科物理教程》为名由石油工业出版社于 1999 年 12 月出版.现经较大增补和修订更名为《大学物理学》改由科学出版社出版.对石油工业出版社和科学出版社对本书的关照和支持,我们也表示衷心地感谢.

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

2008 年 10 月 31 日

常用物理基本常数表

物理常数	符 号	最佳实验值	供计算用值
真空中光速	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	$(6.6720 \pm 0.0041) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$	$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
阿伏伽德罗常量	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	$(8.31441 \pm 0.00026) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
玻尔兹曼常量	k	$(1.380662 \pm 0.000041) \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
理想气体摩尔体积 (标准状态)	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	$(1.6605655 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
电子静止质量	m_e	$(9.109534 \pm 0.000047) \times 10^{-31} \text{ kg}$	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
电子荷质比	e/m_e	$(1.7588047 \pm 0.0000049) \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-2}$	$1.76 \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-2}$
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	$(1.6749543 \pm 0.0000086) \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
法拉第常量	F	$(9.648456 \pm 0.000027) \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
真空介电常数	ϵ_0	$(8.854187818 \pm 0.000000071) \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-2}$	$8.85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-2}$
真空磁导率	μ_0	$12.5663706144 \pm 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$	$4\pi \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
电子磁矩	μ_e	$(9.284832 \pm 0.000036) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$9.28 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
质子磁矩	μ_p	$(1.4106171 \pm 0.0000055) \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$1.41 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
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	$(9.274078 \pm 0.000036) \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$9.27 \times 10^{-24} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
经典电子半径	R_e	$2.81794092(38) \times 10^{-15} \text{ m}$	
核磁子	μ_N	$(5.059824 \pm 0.000020) \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$	$5.05 \times 10^{-27} \text{ J} \cdot \text{T}^{-1}$
普朗克常量	h	$(6.626176 \pm 0.000036) \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
里德伯常量	R	$1.097373177(83) \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	
电子康普顿波长	λ_c	$2.4263089(40) \times 10^{-12} \text{ m}$	
质子康普顿波长	λ_p	$1.3214099(22) \times 10^{-15} \text{ m}$	
质子电子质量比	m_p/m_e	1836.1515	

国际单位制(SI)的基本单位*

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克[公斤]	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

* 中华人民共和国 1993 年 12 月 27 日发布,GB3100-93

包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位*

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	基本单位和导出单位
[平面]角	弧度	rad	1rad=1m/m=1
立体角	球面度	sr	1sr=1m ² /m ² =1
频率	赫[兹]	Hz	1Hz=1s ⁻¹
力	牛[顿]	N	1N=1kg·m/s ²
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa=1N/m ²
能[量],功,热量	焦[耳]	J	1J=1N·m
功率、辐[射能]通量	瓦[特]	W	1W=1J/s
电荷[量]	库[仑]	C	1C=1A·s
电压、电动势、电势	伏[特]	V	1V=1W/A
电容	法[拉]	F	1F=1C/V
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω=1V/A
电导	西[门子]	S	1S=1Ω ⁻¹
磁通[量]	韦[伯]	Wb	1Wb=1V·s
磁通[量]密度、 磁感应强度	特[斯拉]	T	1T=1Wb/m ²
电感	亨[利]	H	1H=1Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	1℃=1K
光通量	流[明]	lm	1lm=1cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1lx=1lm/m ²

* 中华人民共和国 1993 年 12 月 27 日发布,GB3100-93

目 录

绪论	1	2.2.1 刚体	55
第1章 物体运动的描述	6	2.2.2 刚体的运动	56
1.1 描述质点运动的基本物理量	6	2.2.3 质心运动定理	59
1.1.1 运动的绝对性和相对性 ...	6	2.2.4 转动惯量	60
1.1.2 质点	7	2.2.5 力矩	62
1.1.3 位置矢量和位移	8	2.2.6 转动定律	63
1.1.4 速度矢量	10	本章提要	68
1.1.5 加速度矢量	13	习题	69
1.1.6 直线运动的描述	16	阅读材料	72
1.2 质点平面曲线运动的描述	18	第3章 守恒定律	75
1.2.1 运动的叠加原理	18	3.1 动量守恒定律	75
1.2.2 抛体运动	19	3.1.1 冲量 动量定理	76
1.2.3 圆周运动	21	3.1.2 动量守恒定律	81
1.2.4 任意曲线运动	23	3.2 动能定理 机械能守恒定律	86
1.2.5 圆周运动的角量描述	25	3.2.1 力的空间累积效应 功 ...	87
1.3 相对运动	28	3.2.2 保守力与保守力的功	89
本章提要	31	3.2.3 势能	91
习题	32	3.2.4 动能 动能定理	93
阅读材料	35	3.2.5 机械能守恒定律 能量守恒定律	99
第2章 动力学基本定律	40	3.3 角动量守恒定律	103
2.1 牛顿运动定律	40	3.3.1 质点的角动量定理	103
2.1.1 牛顿第一定律	40	3.3.2 刚体的角动量定理	105
2.1.2 牛顿第二定律	41	3.3.3 角动量守恒定律	107
2.1.3 牛顿第三定律	42	3.4 守恒定律的综合应用	112
2.1.4 力学中常见的几种力	43	3.4.1 守恒定律的意义	112
2.1.5 牛顿运动定律的应用	45	3.4.2 碰撞	112
2.1.6 惯性参考系和非惯性系 ...	53	3.4.3 有刚体的碰撞	118
2.1.7 单位制与量纲	54	本章提要	119
2.2 刚体的定轴转动定律	55	习题	121

阅读材料	125	4.6.1 电介质的电结构特征 ...	166
第4章 静电场	127	4.6.2 电介质极化的微观机制 和宏观表现	166
4.1 电荷 库仑定律	127	4.6.3 电极化强度 $\mathbf{P}$	167
4.1.1 电荷的基本性质	127	4.6.4 电位移 $\mathbf{D}$ 、电介质中关于 $\mathbf{D}$ 的高斯定理	168
4.1.2 库仑定律	129	4.6.5 有电介质时的场与力 ...	169
4.1.3 关于库仑定律的验证 ...	130	4.6.6 静电的危害与防护	170
4.1.4 电磁学的单位制和量纲	131	4.7 电容 电容器	171
4.2 电场 电场强度	131	4.7.1 孤立导体的电容	171
4.2.1 电场	131	4.7.2 电容器及其电容	171
4.2.2 电场强度	132	4.7.3 电介质在电容器中的作用	173
4.3 静电场的高斯定理	141	4.7.4 电容器的并联、串联	174
4.3.1 电场线	141	4.8 电场能量	175
4.3.2 电通量	142	4.8.1 电容器储存的静电场能量	175
4.3.3 高斯定理	143	4.8.2 电场的能量	176
4.3.4 高斯定理的应用	145	4.8.3 电容式传感器	179
4.4 静电场的环路定理 电势	150	本章提要	180
4.4.1 静电场的保守性和环路 定理	150	习题	181
4.4.2 静电场的环路定理	151	阅读材料	187
4.4.3 电势能	151	第5章 稳恒磁场	191
4.4.4 电势和电势差	152	5.1 电流的磁场	191
4.4.5 电势叠加原理	154	5.1.1 磁感应强度 $\mathbf{B}$	192
4.4.6 等势面	157	5.1.2 电流的磁场 毕奥-萨伐尔 定律	192
4.4.7 电势梯度与场强的关系	157	5.1.3 低速运动电荷的磁场 ...	197
4.5 导体周围的电场	160	5.2 磁场定理	198
4.5.1 导体的电结构特征	160	5.2.1 磁通量 Φ_m	198
4.5.2 导体的静电感应平衡 ...	160	5.2.2 磁场的高斯定理	199
4.5.3 静电平衡时导体上的电荷 分布	161	5.2.3 稳恒磁场的安培环路定理	199
4.5.4 场致发射显微镜	162	5.2.4 安培环路定理的应用 ...	202
4.5.5 导体周围电场的分析与 计算	163	5.3 磁场对运动电荷和电流的 作用	204
4.6 电介质与电场	165		

5.3.1 磁场对运动电荷的作用 磁聚焦 磁约束	204
5.3.2 霍尔效应	207
5.3.3 磁场对电流的作用 安培 力公式	208
5.3.4 电流回路在磁场中所受的 作用	209
5.4 磁介质与磁场	211
5.4.1 磁介质的顺磁性和抗磁 性的来源	211
5.4.2 磁介质的磁化	213
5.4.3 磁场强度 H 、磁介质中的关 于 H 的安培环路定理 ..	214
5.5 铁磁质	217
5.5.1 铁磁性的起因	217
5.5.2 铁磁质的磁化	217
5.5.3 铁磁质的分类和应用 ..	219
5.5.4 静磁屏蔽	219
本章提要	220
习题	221
阅读材料	225
第 6 章 变化的电磁场	228
6.1 法拉第电磁感应定律	228
6.1.1 电源电动势	228
6.1.2 电磁感应现象	229
6.1.3 法拉第电磁感应定律 ..	230
6.1.4 磁流体发电	233
6.2 动生电动势	234
6.2.1 动生电动势的非静电力	234
6.2.2 动生电动势的计算	236
6.3 感生电场 感生电动势	239
6.3.1 时变磁场与感生电场 ..	239
6.3.2 感生电动势	241
6.3.3 涡电流 趋肤效应	242
6.3.4 电磁屏蔽	244
6.4 电路中的电磁感应现象 自感与互感	245
6.4.1 自感应现象	245
6.4.2 耦合电路的互感应现象	246
6.5 磁场的能量	248
6.5.1 载流电路具有的自感磁能 和互感磁能表达式	248
6.5.2 磁场的能量密度	250
6.6 麦克斯韦电磁场方程组	252
6.6.1 位移电流 时变电场激发 磁场	252
6.6.2 麦克斯韦电磁场方程组	254
6.6.3 偶极子振荡	256
6.6.4 电磁波的性质	258
6.6.5 电磁波谱	259
本章提要	262
习题	263
阅读材料	267
部分习题答案	272
参考文献	277

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 年汤姆孙发现了电子,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做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,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,这就必须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.

人们对弱相互作用的认识是从 β 衰变开始的, 1898 年法国物理学家贝克勒尔·居里夫妇首先发现 β 衰变, 20 世纪头 30 年对 β 衰变做了许多实验后发现其动量似乎不守恒, 泡利认为动量是守恒的, 似乎不守恒是因为存在一个当时还未被发现的粒子(中微子)带走了的缘故. 引起 β 衰变的就是电子-中微子场与核子间的相互作用——弱相互作用. 中微子假设直至 1956 年由美国物理学家莱因斯观察到了反中微子才被证实. 高能物理研究表明, 除了 β 衰变外, 支配粒子衰变过程的都是弱相互作用.

引力相互作用是物理学家发现最早的相互作用, 17 世纪牛顿在分析前人天文实验数据基础上就得出了万有引力定律. 宏观的引力作用理论是牛顿引力论和 1916 年爱因斯坦引力论(即广义相对论), 牛顿引力论(万有引力定律)是广义相对论的弱场近似, 微观的量子引力理论尚在探讨之中. 引力作用比电磁作用弱 10^{37} 倍, 所以在一般物理问题中往往把引力忽略不计, 然而它在宇宙的构造和演化过程中却起了主要的作用. 显然, 在宏观物体之间所能观测到的, 只有长程的电磁相互作用和引力相互作用.

四种相互作用能否统一成一种相互作用, 这也是近年来物理学家积极探索的一个重要问题. 在规范场理论的框架下, 1967 年温伯格和萨拉姆建立了弱电统一理论, 它把弱作用和电磁作用解释为同一种相互作用的不同表现, 就像电作用和磁作用是电磁相互作用的不同表现一样. 在较高的能量尺度(10^2 GeV)上, 两者是统一的“电弱作用”. 电弱作用理论预言的中间玻色子 W^+ 和 Z^0 已于 1983 年 1 月和 6 月从加速器实验中发现, 这就充分肯定了弱电统一理论的正确性. 弱电统一理论的成功激励人们对大统一理论的探索研究, 这个理论试图把强相互作用和电弱相互作用统一起来. 大统一理论认为参与作用的粒子能量增加(即距离减小)时, 弱作用增强、强作用变弱、电磁作用缓慢地变化. 在极高能量(10^{15} GeV)或极小距离(10^{-29} m)时三者强度相等, 因此成为统一的一种相互作用.

能量尺度为普朗克能量(10^{19} GeV)时四种相互作用一并统一起来的理论叫超对称理论. 当能量大于普朗克能量时, 四种相互作用的强度相等而成为一种统一的

作用,在普朗克能量标度以下,由于对称性破缺,显示为弱强电作用与引力作用的差别,当能量降到大统一能量标度(10^{15}GeV)时对称性进一步破缺,从而显示现在所观察到的四种基本相互作用。

超对称理论和大统一理论目前都只是尝试性和推测性的理论,尚未获得肯定。这些理论似乎提示着存在一种更基本的统一的可能性:可能所有的相互作用是同一种基本相互作用的不同表现形式,或许整个自然界可归结为某种深刻的对称性。一些物理学家还试图找出这样的“超统一理论”,从而打破“物质”与“相互作用”之间的传统的界限。

粒子物理的发展也为整个宇宙的演化提供了一个标准模型。近代宇宙学认为,大约在 138 亿年前,宇宙开始于一次巨大的“爆炸”之中,在那个时刻(大爆炸后 10^{-43} 秒),宇宙的能量标度为 10^{19}GeV (或温度为 10^{32}K),大爆炸后的最早时期($10^{-43}\sim 10^{-35}\text{s}$),今天已知为四种基本相互作用的强度都是相近的。在 10^{-35}s (温度为 10^{28}K),宇宙发生一次暴胀,其直径在 10^{-32}s 内增大了 10^{50} 倍。但能量仍过高,强弱电作用还是统一的一种相互作用。暴胀过后,宇宙继续膨胀并开始冷却,宇宙温度为 10^{16}K (能量为 10^3GeV)时,弱作用和电磁作用的统一开始消失。大爆炸半小时后,温度大大降低(10^8K)。按照大爆炸理论的预言,今天我们应身处一个相当冷的宇宙之中,到处温度约 3K (宇宙背景辐射),这个结论已为天文观察结果所证实。研究非常大尺度天地的宇宙论与研究最小世界的粒子物理学已越来越显现出一种共生的关系,两个极端奇妙地衔接在一起,成为密不可分的姊妹学科。这也揭示了物质世界的统一性。

2. 物理学与科学技术的关系

物理学所研究的是物质运动最基本最普遍的形式,因而物理学是自然科学中最基础的学科。物理学中的发现、发展以及它所建立起来的概念、规律曾经推动了技术革命的到来和发展。世界三次大的技术革命可以说是在物理学发展的基础上开花结果的。在 17、18 世纪,牛顿力学和热力学的发展,顺应了第一次技术革命的需要,其主要标志是蒸汽机的发明、改进和广泛应用,用机器代替人的劳动,人类的劳动生产力第一次获得解放。到了 19 世纪,在法拉第-麦克斯韦电磁理论的推动下,人们成功地制造了各种电力、电信设备,引起工业电气化,使人类进入应用电能的时代,这就是第二次技术革命。第三次技术革命兴起于 20 世纪 20 年代,其特点是出现了一系列新产品和新设备,如半导体、计算机、彩色电视、核能发电站、加速器和人造卫星等等,它们不仅改变着人们的生产和生活,而且还扩展和完善了人类对大自然和社会探索的手段。这是 20 世纪初一系列物理新发展和相对论、量子理论建立的结果。

21 世纪的物理学正在向更加深入和更加广泛的范围发展,向大尺度的恒星、星系探索,追踪宇宙的结构和起源;向微观世界追问,探索物质的基本组成;向其他

学科广泛渗透以及向物质过程的非线性复杂性进军,研究更加复杂的物质结构和运动现象.物理学的这些发展为科学技术的发展提供了更加广阔和更加深入的前景.

物理学的发展对工程技术发展的推动作用至少可以从以下几个方面来认识:

(1) 物理学的发展促进形成科学技术的前沿新领域.在历史上,相对论关于质能关系的确立、原子核结合能的研究和裂变现象的发现开辟了原子核能利用的新领域.如今物理学的深入发展,促进形成了众多工程技术的前沿新领域.例如高温超导电性的研究展现了一个应用广泛、潜力巨大的崭新的技术领域,将对国民经济、军事技术、医疗卫生和各种高新产业产生难以估量的深远影响;激光器的发明、光导纤维的制成在有线通信技术领域引起一场重大的革新;空间遥感技术也是在物理学发展的基础上形成的新领域,利用卫星拍摄的照片,在大地测量、矿藏勘探、天气预报、掌握生态环境的变迁和减少自然灾害等方面发挥了重要的作用.

(2) 物理学的发展为科学技术提供了新的研究手段.由物理学中的核磁共振现象开发出的核磁共振成像技术可逐层清晰地细察人体的内部,诊断体内各器官的疾病,且无扰动、无侵害、无电离辐射,是人体诊断技术的重大革命;利用量子隧道效应制成的扫描隧道显微镜可观察到物体表面原子尺度的细微结构,为表面物理和分子生物学研究提供了有力的手段;集成光学的研究成果为制造运算速度更快、抗干扰能力更强的新一代计算机提供了基础.

(3) 物理学的发展也为技术开发提供了新思路.物理学的每一项新发展总是观察到新的现象,找到新的联系,实现新的构想,揭示新的本质属性,从而也就提供了技术开发的新的可能性.例如放射性元素衰变呈指数规律的发现和放射性元素的半衰期的测定之后,卢瑟福立刻意识到可用放射性元素的衰变来测量时间,从而逐渐形成了今天的同位素年代学,已广泛用于考古学中测定文物的年代,地质学中测定地层年龄以及天体物理中估计天体的年龄,等等.

物理学与工程技术的密切关系是由物理学的基础性质所决定.正是由于物理学是其他自然科学以及技术科学的基础学科,它的影响力才会如此的深厚,影响面才会如此的广阔;也正是因为物理学的基础性质,其他科学技术需要物理学从根基研究上作出应有的贡献.

以上诸多的事例无不说明了“昨天的科学,今天的技术,明天的高效经济”这样一条真理.目前存在的重技术、轻科学(尤其是基础科学)是危害性极大的错误倾向.

3. 大学生必须学好物理课

高等院校肩负着为国家培养高级科学技术人才的重任.培养 21 世纪的优秀创新人才,物理教学具有特殊的地位和作用.

物理学研究自然界最普遍最基本的运动形态及其运动发展的规律.这种最普

遍、最基本的运动形态寓于各种高级复杂的运动形态之中,成为其组成的基础,因此物理学是学习一切科学技术知识的基础课。也正是因为物理学的基础性质,它的研究最早,是发展得最为成熟的学科。物理学研究所形成的物质观、自然观、时空观、宇宙观对整个人类文化都产生了极深刻的影响,是各行各业科技人员必须具备的基本观点。物理学研究所形成的种种方法,如理论与实验、分析与综合、归纳与演绎、类比联想与猜测试探、理想化方法与模型化方法、估算与概算、统计方法等,是科学研究的有效方法,也是培养和提高人才能力素质的最有效的方法。物理学研究中注重理性、崇尚实践的精神尤为突出,是创造性人才必须具备的品格。当代科学技术的发展呈现出越来越多地吸取、应用和借鉴物理学研究成果的趋势。三十多年来化学、地学、生命科学等学科的进展很多得益于物理学的基本概念和技术被应用于这些学科。高新技术的发展过程实际上是近代物理向各个领域渗透的过程。学好物理,特别是近代物理知识,才能掌握新技术、应用新技术、发展新技术。

物理学是高等院校绝大部分专业的一门重要基础课。学生应该牢固地掌握物理学的基本理论和基本知识,深刻地理解物理规律的意义,并在实验技能及独立钻研能力等方面得到严格的训练,为今后成为优秀的科学技术人才奠定必要的物理基础。

第1章 物体运动的描述

【本章要求】

- (1) 理解质点模型和参考系等概念。
- (2) 掌握描述质点运动的物理量:位置矢量、位移、速度和加速度。
- (3) 在直角坐标系中,能熟练地计算质点在做平面运动时的位移、速度、加速度、角加速度、切向加速度和法向加速度。
- (4) 理解刚体运动的描述。
- (5) 理解相对运动。

世界是物质的,物质是运动的,运动形式多种多样.宇宙万物无时不处在运动之中,宏观天体以自己特有的轨道运行,形成了奇妙的宇宙空间;与人类生存息息相关的各种物体亦处于永恒的变动之中,飞机翱翔,火车奔驰,机器运转……,以及一切生物体的活动等.自然界的运动形式多种多样,有机械运动、热运动、电磁运动、基本粒子的运动等.这些运动形式中,最简单、最基本的运动是物体位置的变化,称为**机械运动**.自然界发生的一切变化过程都包含有物体位置的变化.它可以是一个物体相对于另一个物体的位置变化,也可以是物体的一部分相对于另一部分的位置变化.

机械运动是力学研究的主要内容,通常分为运动学、动力学和静力学.运动学主要研究物体运动的描述,不涉及引起运动和运动状态改变的原因;动力学主要研究物体的运动与物体之间相互作用的关系.静力学主要研究物体在怎样的条件下处于平衡,本书不涉及这部分.

1.1 描述质点运动的基本物理量

本节在介绍了质点、刚体、参考系和坐标系等概念后,将具体介绍描述质点运动的物理量:位置矢量、位移、速度和加速度.

1.1.1 运动的绝对性和相对性

运动是绝对的.一切物体都处在永恒的运动之中,任何物体的运动都不能脱离时间和空间.通常说汽车以 60km/h 的速度行驶,指的是汽车相对于地球的运动,

而地球仍以 30km/s 的速度绕太阳转动,太阳也仍然相对于银河系运动着……绝对静止的物质是不存在的,从这个意义上讲,物质运动具有绝对性。

运动的描述又是相对的。例如,考察雨滴的运动,在无风的时候,地面静止的观察者看到它是竖直下落,但在飞速前进的列车上的观察者看到它是斜向后下落。再如,坐在行驶的火车上的乘客看到车厢外的树木、房屋向后消退,但相对地面静止的观察者则看到花草树木是“静止的”。可见,描述同一物体的运动,不同的观察者可能有不同的结果,这就是**运动描述的相对性**。描述物体的运动,通常需要选定一个物体或物体系作为参考。这种被选作参考的物体或物体系称为**参考系**。物体的运动就是物体相对于参考系的位置变化,离开参考系谈物体的运动是毫无意义的。

运动学中,参考系的选择具有任意性,如何选择主要看问题的性质和研究的方便而定。例如,研究地球上物体的运动一般选择地球为参考系;研究地球绕太阳的运动,则要选太阳为参考系。参考系选择不当,会对问题的研究带来极大不便。中国古代寓言“刻舟求剑”所描述的故事,就是参考系(舟)选择不当,从而很难揭示物体(剑)运动规律的例子。

值得一提的是,运动描述的相对性并不是指运动描述的不确定性。相反,正是由于运动描述具有相对性,人们才有可能从不同的侧面对物体进行研究,从而更好地揭示物体的运动规律。

选定了参考系,就可以定性地研究物体的运动。但要精确地研究物体的运动规律,就需要在参考系上建立**坐标系**,用数学规律定量研究。一般地,坐标系的原点选在参考系上。在同一参考系中,可选用不同的坐标系,描述同一物体的运动规律是等价的。但在不同参考系中选用同样的坐标系描述同一物体的运动,结果就不一定相同了。常用的坐标系有:直角坐标系、极坐标系、柱坐标系、球坐标系和自然坐标系等。本书主要采用直角坐标系。

1.1.2 质点

研究物体的运动应抓住主要矛盾。因为实际物体都有大小和形状,物体的大小和形状在运动过程中可能要发生变化,因此研究物体的运动就十分困难。当物体的大小和形状对物体的运动影响很小而可以忽略不计时,我们不考虑物体的大小和形状,而把它的质量看成集中于一点,即将物体视为没有大小和形状,只有质量的几何点,称为**质点**。很显然,质点是一个理想模型。

在许多情况下,物体各部分的运动并不完全相同,但可以忽略次要的运动形式,将整个物体视为质点。例如在平直公路上行驶的汽车,整个车体做直线运动,而它的车轮以及发动机内部仍相对于车身运动,如果我们只研究车体的运动,就可将汽车视为一个质点。又例如研究地球绕太阳公转问题,因为地球的直径不到地日间距的万分之一,可以忽略其线度的影响,将地球看成是一个质点。

应当注意的是,一个物体能否视为质点,并不决定于它的几何线度和质量,而