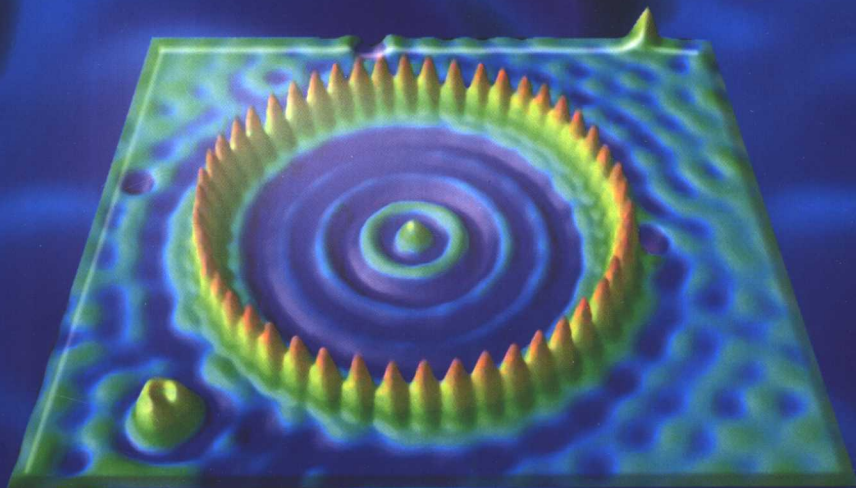




# 大学物理基础

(下册)

吴百诗 主编



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

中国科学院规划教材

# 大学物理基础

(下册)

主 编 吴百诗  
编 者 李锦泉 张孝林 徐忠锋  
陈光德 喻有理

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是在西安交通大学吴百诗教授主编的《大学物理(新版)》的基础上修改而成的.本教材秉承原书的指导思想,切实加强基础理论,着力培养学生分析问题、解决问题和独立获取知识的能力.同时本教材在内容、例题、习题等方面在原书的基础上有所精简,难度适中.

全书共分上、下两册.本书为下册,由电磁学、波动与波动光学以及近代物理基础三部分内容组成.

本书可作为大学物理教学学时数为 90~120 的工科大学各专业、理科与师范院校非物理专业的教材.

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理基础(下册)/吴百诗主编. —北京:科学出版社,2005

中国科学院规划教材

ISBN 7-03-014509-7

I.大… II.吴… III.物理学-高等学校-教材 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 117936 号

责任编辑:杨波 昌盛/责任校对:包志虹

责任印制:安春生/封面设计:耕者设计室

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年1月第一版 开本:B5(720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张:25 1/4

印数:1—4 000 字数:477 000

定价:26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(路通))

## 前 言

本书是根据 2001 年科学出版社出版的《大学物理(新版)》修改而成的.《大学物理(新版)》出版后,编写者和出版社广泛地听取了使用该书学校师生们的意见,一些学校(主要是教学时数在 128 以上的学校)的师生们反映该书内容丰富、图文并茂,书中物理概念、物理基础理论阐述准确、清楚,注意对学生能力的训练和培养,对学有余力的学生提供了进一步深入学习的空间,全书在取材和编写上都有所改革.另一些学校(主要是教学时数在 100 左右的学校)师生们则反映,该书内容较多、要求较高,在现有学时范围内较难使用.考虑到后一类学校师生们的意见,为适应学时较少学校教学使用需要,特对《大学物理(新版)》进行了修改,形成了这套《大学物理基础》.

本次修改主要删除和简化了原书中一些要求偏高或带有星号的内容,例如,力学部分删除了一般平面曲线运动中的加速度、惯性力的概念、势能曲线的讨论、质心运动定理、变质量动力学简介、角速度矢量和角加速度矢量等;热学部分删除了玻尔兹曼分布律、气体的内迁移现象、熵的宏观表示等,简化了实际气体的性质.电磁学部分和其他部分也作了相应的简化和删除.

本次修改还删除和调整了原书中一些难度偏大、要求偏高的例题和复习思考题,以力学为例,力学前 4 章中原有例题 69 个,这次修改、删除了 37 个;原有复习思考题 70 个,本次修改、删除了 24 个,其他部分也作了相应地删除或调整.

本次修改对各章习题也作了适当的调整,删除了一些难度偏大的习题,删除量约为原习题量的  $1/4 \sim 1/3$ .

综合上述,经过本次修改,本书篇幅约减少了  $1/3$ .

本次修改保持了《大学物理》(新版)的特点,同时编者认为经过这次修改,本书对教学学时在 100 左右的学校是适用的.

吴百诗  
2004 年 11 月

## 《大学物理(新版)》序

物理学研究的是物质的基本结构及物质运动的普遍规律.它是一门严格的、精密的基础科学.物理学的新发现,所产生的新概念及新理论常常会发展为新的学科或学科分支.它的基本概念、基本理论与实验方法向其他学科和技术领域的渗透总是毫无例外地促成该学科或技术领域发生革命性变化或里程碑式的进步.历史上几次重要的技术革命都是以物理学的进步为先导的.例如,电磁学的产生与发展导致了电力技术和无线电技术的诞生,形成了电力与电子工业;放射性的发现导致了原子核科学的诞生与核能的利用,使人类进入了原子能时代;固体物理的发展导致了晶体管与集成电路的问世,进而形成了强大的微电子工业与计算机产业;激光的出现导致光纤通信与光盘存储等一系列光电子技术与产业的诞生.微电子、光电子、计算机技术以及与之相匹配的软件正在使人类进入信息社会.

当前,科学技术发展的学科交叉与结合特征更为突出.物理学正在进一步与生物学、化学和材料科学结合,使后者的研究向更深的层次发展.因此可以毫不夸张地说,物理基础是学好各自然科学和工程技术科学的基础.工科大学学生们物理基础的厚薄将会影响他们日后的工作适应能力和发展后劲.物理学教育对于大学生素质教育的作用是什么任何学科都无法取代的.

从本书内容来看,作者在处理经典内容和近代内容关系上,采取了保证和加强经典和近代基础理论知识的同时,用适当的方式,有节制地介绍现代物理和现代科学技术知识,这无疑是十分正确的.毕竟这是一本作为基础课的工科大学物理教材,而不是本学科前沿领域发展情况的述评.本书例题量大,并增加了“解题思路和方法”,这有利于训练和培养学生的科学思维方法和分析、解决问题的能力.

要教好、学好大学物理课程,一本好的工科大学物理教材是重要条件.吴百诗教授主编的这本《大学物理(新版)》既体现了重基础、重能力、重素质的教学改革要求,又参考了国内外物理教学发展趋势和我国工科物理多年教学经验及当前教学实际.本书也适用于有志更新或强化自己的物理知识的工程技术人员.读者研读这本书一定会学到比较系统的物理知识,并提高自己的创新能力.

《大学物理(新版)》的出版是对物理教材建设和工科大学教育的一大贡献,是对培养新世纪科技人才的一大贡献,特为之序.

中国科学院院士 侯洵  
西安光机所原所长

2000年3月

## 《大学物理(新版)》前言

著名科学家、原中国科学院院长卢嘉锡先生在一次报告中谈到,关于适应 21 世纪需要的人才应具备什么样的知识结构和有关教材改革问题时,有两段话,对我们考虑教学和教材改革问题有重要参考价值(文字未经本人审阅),现介绍如下:

(1)有一点却是十分清楚的,这就是要加强基础课程的教学.大家知道,50 年代中期,我们要搞两弹一星,当时集中了一批人才,其中许多是物理学家,如钱三强、邓稼先、王淦昌、彭桓武、王承书、朱光亚、周光召、于敏等同志,他们中有的搞实验物理的,有相当一部分是搞理论物理的,……他们没有辜负党和国家的期望,做出了很大贡献.

(2)教学内容和课程体系改革是涉及面很广、影响极其深远的改革,系统性、科学性很强.改革一定要遵循教学规律和科学发展规律,要处理好传统内容和现代内容的关系,要处理好传授知识和培养能力的关系,教学内容和教材必须是成熟的、稳定的、基础的理论知识,不可能也不应该将当代科学的所有东西都放进去.

大学物理是低年级学生的一门重要基础课,它的作用一方面是为学生打好必要的物理基础;另一方面是使学生初步学习科学的思维方法和研究问题方法,这些都起着增强学生适应能力、开阔思路、激发探索和创新精神,提高人才科学素质的重要作用.打好物理基础,不仅对学生在校学习起着十分重要的作用,而且对学生毕业后的工作和在工作中进一步学习新理论、新知识、新技术,不断更新知识都将产生深远的影响.

本书是根据编者原先编写的《大学物理》(修订本)修改而成.该书 1995 年曾获国家教委优秀教材一等奖.改编中注意了保持原有的风格和特点,包括重物理基础理论、重分析问题解决问题能力的训练和培养,以及结合我国工科教学实际,使教材便于教和学.在此基础上,力图在不过多增加教学负担的情况下,多介绍一些新知识,扩大读者的视野,提高读者的综合科学素质.

编者对一些问题的认识和改编中的一些具体作法是

(1)在处理经典物理和近代物理关系上,编者认为,经典物理不但是学习工科各专业知识的基础,而且也是学习近代科学技术新理论、新知识的理论基础.不仅如此,经典物理当今在科学和技术各领域仍然是应用最广泛的基础理论,而且大学物理中的经典部分对训练和培养大学低年级学生科学思维方法和分析问题解决问题能力的作用是其课程所不能代替的.因此,在大学物理课程和教材中必需的经典物理内容应予切实保证.在大学物理课程和教材中加强近代物理内容

是必要的. 编者认为, 加强近代物理, 应首先是加强那些学习新理论、新知识所必需的近代物理基础理论, 主要是量子物理和统计物理有关的基本概念和基本理论. 基于这样的认识, 编者认为, 原国家教委颁布的“高等工业学校大学物理课程教学基本要求”中关于经典和近代物理内容分配和要求当前还是合适的.

为了满足教学内容选择的灵活性和学有余力读者的需要, 扩大教材的适应性, 在经典物理和近代物理基础理论部分都写了一些带星号的内容, 如经典变质量力学、多自由度线性系统振动、隧道效应等, 此外, 还在附录中给出矩阵光学、混沌等少量专题, 供有兴趣的读者参考.

(2) 编者认为, 着力于训练和培养学生的科学思维方法, 分析问题解决问题的能力, 帮助低年级学生打好物理基础, 提高他们独立获取知识的能力是在基础课教学中, 贯彻加强科学素质培养的一种重要途径. 为此, 精选了例题和复习思考题, 加大了例题和复习思考题量, 对例题的求解过程注意了解题思路和方法的引导. 书中尝试着写了多条“解题思路和方法”, 意在向读者介绍如何用刚学过的理论去分析问题的思路和方法, 同时也起着回顾、复习、小结有关内容的作用. 由于这种作法系初次尝试, 各条写法、深度不尽一致, 写的是否中肯, 尚待使用中不断总结、改进提高.

(3) 考虑到工科大学物理课涉及面宽、内容多、教学时数少的具体情况, 本书在保证物理基础理论的前提下, 尽量在不过多增加教材篇幅和教学负担的情况下, 采取多种形式向读者介绍新知识, 特别是我国当前科研和技术领域的新成就, 以扩大读者新知识面, 激发学生爱国激情和学习积极性. 具体作法有:

① 结合相关内容, 插入教师可以不讲而由学生自己阅读研究的小段内容, 对这些内容尽可能地配以照片、图表. 例如, 火箭、卫星、太阳系、天体、热泵、激波等等. 有些远超出大学物理范围的重要内容, 也提一二句, 使读者稍有所知, 如量子霍尔效应、分数量子霍尔效应等, 待以后需要时, 再专门学习.

② 有些和教学内容结合紧密, 而且应用十分广泛的新知识、新技术等, 按大学物理水平写了冠以星号的专节, 供读者参考, 如核磁共振、穆斯堡尔效应、光的多普勒效应等.

③ 书中放了一些照片(每章至少两张), 其中有的是结合教学内容, 但限于学时, 工科大学物理教材中一般不专门写, 或只顺便提两句, 例如, 对长度、时间、质量的定义, 这次我们结合我国计量科学研究院基准测量设备照片作了稍多一点介绍. 也有的和教学内容并不直接联系, 这些照片向读者介绍科学技术新成就, 扩大读者眼界, 照片下都有相对多一点的文字说明, 虽然在收集各类照片时得到许多单位的支持和帮助, 但毕竟遇到不少困难. 本希望这部分内容能写得更好些, 但现在做的尚不能令人满意. 编者认为, 这种尝试是有益的, 但有待在实践中进一步完善.

④ 本书还介绍了几位物理学家, 如法拉第、爱因斯坦等, 他们不但在物理学中

作出了划时代的重大贡献,而且道德高尚,爱好广泛,堪称为人楷模。

(4)本书体系未作大的调整。编者认为“大学物理”教材体系是国内外经过长期教学实践形成的,因此对体系进行大的改革,宜认真总结过去教学实践中的经验,明确原有体系存在什么问题、改什么、怎么改?大的体系改革应经过仔细论证,通过试点,成功后再根据具体情况(条件)进行推广。

(5)本书分上、下两册,上册包括力学和电磁学部分;下册包括热力学、气体动理论、波动和波动光学、狭义相对论、量子物理和凝聚态物理有关知识简介等。

本书与现有多数教材安排上两点不同。一是在热学中,先讲热力学后讲气体动理论,二是将电磁学放在热学前面,对前者,编者认为对工科学生应首先要求他们掌握热学的宏观规律,在此基础上学习气体动理论,从而在微观意义上对宏观热现象的本质以及如何采用统计平均方法建立宏观量与微观量的联系等有个初步了解。对后者只是为了与后继课程的配合和安排上的方便,对于先讲气体动理论,后讲热力学,或者是先讲热学后讲电磁学,现在这种安排也不会对教学有任何影响。参加本书编写的有焦兆焕、张孝林、李甲科、王小力、周瑞云、李锦泉、徐忠锋、陈光德等。李普选、张俊武、刘会玲同志为本书插图及出版方面做了不少工作。

(6)本书出版有配套的多媒体光盘和张孝林教授主编的《大学物理(新版)学习指导》,指导书中包括了本书中全部习题的解答。

(7)本书编写中仔细地考虑了我国目前工科大学物理教学实际,包括教学课时数实际、学生实际等,以使本教材有利于教师教和学生学。为了便于教学中使用本书,我们提供了一个教学内容学时数参考分配方案(见下页)。

(8)为本书提供照片的单位有:中国科学院物理所、力学所、化学所、高能物理所、等离子体所、近代物理所、合肥国家同步辐射实验室,中国计量科学研究院、中国空气动力研究与发展中心、中国航天总公司、北京天文台、新疆天文台、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学等,在此对他们深表谢意。

(9)编写本书得到西安交通大学教务处和大学物理教学中心的大力支持。

(10)全书采用SI单位制。本书中用到的物理量符号、单位和量纲列于书前。

由于编者们的学识和教学经验的限制,书中不当之处和错误在所难免,还望使用本书的师生和同志们指正。

吴百诗

2000年7月



基本物理常数表(1986年国际推荐值)

物理量	符号	数值	单位	不确定度 ( $\times 10^{-6}$ )
真空光速	$c$	299 792.458	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	(精确)
真空磁导率	$\mu_0$	$4\pi \times 10^{-7}$	$\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$	(精确)
真空介电常数	$\epsilon_0$	$8.854\ 187\ 817\cdots \times 10^{-12}$	$\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$	(精确)
牛顿引力常量	$G$	$6.672\ 59(85) \times 10^{-11}$	$\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$	128
普朗克常量	$h$	$6.626\ 075\ 5(40) \times 10^{-34}$	$\text{J}\cdot\text{s}$	0.60
基本电荷	$e$	$1.602\ 177\ 33(49) \times 10^{-19}$	C	0.30
里德伯常量	$R_\infty$	10 973 731.534(13)	$\text{m}^{-1}$	0.0012
电子质量	$m_e$	$0.910\ 938\ 97(54) \times 10^{-30}$	kg	0.59
康普顿波长	$\lambda_c$	$2.426\ 310\ 58(22) \times 10^{-12}$	m	0.089
质子质量	$m_p$	$1.672\ 623\ 1(10) \times 10^{-27}$	kg	0.59
阿伏伽德罗常量	$N_A, L$	$6.022\ 136\ 7(36) \times 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$	0.59
原子(统一)质量单位, 原子质量常数 $1\text{u} = m_u = \frac{1}{12} m(^{12}\text{C})$	$m_u$	$1.660\ 540\ 2(10) \times 10^{-27}$	kg	0.59
气体常数	$R$	8.314 510(70)	$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	8.4
玻尔兹曼常量	$k$	$1.380\ 658(12) \times 10^{-23}$	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$	8.4
摩尔体积 (理想气体) $T = 273.15\text{K}$ $p = 101\ 325\ \text{Pa}$	$V_m$	22.414 10(19)	$\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$	8.4
斯特藩-玻尔兹曼常量	$\sigma$	$5.670\ 51(19) \times 10^{-8}$	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$	34

# 目 录

前言

《大学物理(新版)》序

《大学物理(新版)》前言

基本物理常数表

## 电 磁 学

<b>第 9 章 静电场</b> .....	2
9.1 电荷 库仑定律 .....	3
9.2 静电场 电场强度 $E$ .....	9
9.3 电通量 高斯定理 .....	20
9.4 静电场的环路定理 电势能 .....	31
9.5 电势 电势差 .....	34
9.6 等势面 * 电势与电场强度的微分关系 .....	44
9.7 静电场中的导体 .....	47
9.8 电场能量 .....	55
9.9 静电场中的电介质 .....	58
习题 .....	67
<b>第 10 章 恒定磁场</b> .....	75
10.1 磁场力和磁感应强度 $B$ .....	76
10.2 毕奥-萨伐尔定律 .....	79
10.3 磁高斯定理 .....	91
10.4 安培环路定理 .....	93
10.5 磁场对电流的作用 .....	100
10.6 带电粒子在磁场中的运动 .....	108
10.7 物质的磁性 .....	117
习题 .....	127
<b>第 11 章 变化的磁场和变化的电场</b> .....	134
11.1 电磁感应 .....	135
11.2 感应电动势 .....	142

11.3 自感和互感·····	153
11.4 磁场能量·····	160
* 11.5 麦克斯韦电磁场理论简介·····	163
习题·····	167

## 波动和波动光学

<b>第 12 章 机械波</b> ·····	177
12.1 机械波的产生和传播·····	178
12.2 平面简谐波·····	180
12.3 波的能量·····	191
12.4 惠更斯原理·····	196
12.5 波的干涉·····	198
12.6 驻波·····	202
12.7 多普勒效应·····	209
习题·····	213
<b>第 13 章 波动光学基础</b> ·····	221
13.1 光是电磁波·····	222
13.2 光源 光波的叠加·····	228
13.3 获得相干光的方法 杨氏实验·····	233
13.4 光程与光程差·····	238
13.5 薄膜等厚干涉·····	241
13.6 惠更斯-菲涅耳原理·····	248
13.7 单缝的夫琅禾费衍射·····	250
13.8 衍射光栅及光栅光谱·····	255
13.9 线偏振光 自然光·····	262
13.10 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律·····	263
13.11 反射和折射产生的偏振 布儒斯特定律·····	265
13.12 双折射现象·····	268
习题·····	271

## 近代物理基础

<b>第 14 章 狭义相对论力学基础</b> ·····	280
14.1 经典力学的相对性原理 伽利略变换·····	281
14.2 狭义相对论的两个基本假设·····	285
14.3 狭义相对论的时空观·····	288

14.4 洛伦兹变换·····	297
14.5 狭义相对论质点动力学简介·····	303
习题·····	308
<b>第 15 章 量子物理基础</b> ·····	<b>311</b>
15.1 热辐射 普朗克量子假设·····	312
15.2 光电效应 爱因斯坦光子假说·····	317
15.3 康普顿效应·····	323
15.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论·····	328
15.5 微观粒子的波粒二象性 不确定关系·····	334
15.6 波函数 一维定态薛定谔方程·····	341
15.7 氢原子的量子力学描述 电子自旋·····	348
习题·····	354
<b>第 16 章 固体物理简介 激光</b> ·····	<b>359</b>
16.1 晶体结构和晶体分类·····	360
16.2 固体的能带·····	362
16.3 绝缘体 导体 半导体·····	366
16.4 杂质半导体 pn 结·····	369
16.5 激光·····	373
16.6 激光器的基本构成 激光的形成·····	376
16.7 激光的特性及应用·····	380
习题·····	382
<b>习题答案</b> ·····	<b>386</b>
<b>参考文献</b> ·····	<b>389</b>

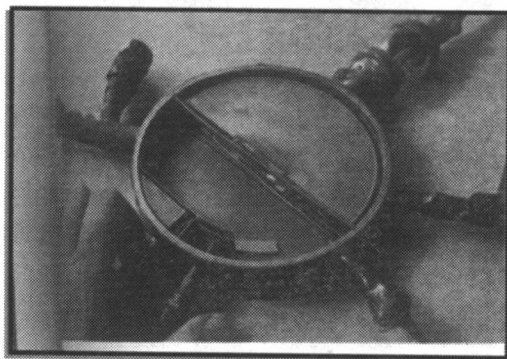
# 电磁学

---

电磁运动是物质的又一种基本运动形式,电磁相互作用广泛地存在于自然界.电磁相互作用使电子和原子核结合在一起形成原子,原子结合在一起形成分子,分子再结合在一起成为宏观物质.从根本上讲,我们周围发生的许多现象,都是电磁相互作用的结果.电磁学就是研究物质电磁运动、电磁相互作用规律及其应用的学科.

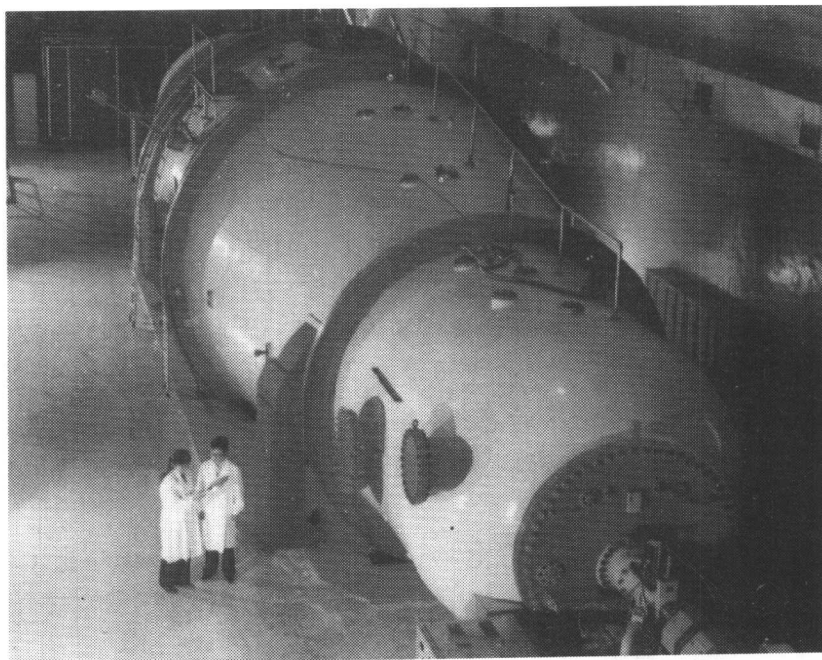
历史上,人们曾经认为电与磁是彼此无关的.后来发现电流有磁效应,变化的磁场有电效应,才逐步认识到二者的关系.麦克斯韦在总结了大量的实验研究结果之后,进一步提出变化的电场产生磁场和变化的磁场产生电场的假设,从而奠定了整个电磁学的理论基础.这个理论的重要意义在于它不仅支配着一切宏观电磁现象,促进了工程技术和现代文明的飞速发展;而且在于它将光现象统一在这个理论框架之内,深刻地影响着人们认识物质世界的思想.当今,电磁理论不仅普遍地应用在日常生活、科技和生产各个部门,而且也越来越成为新科学、新技术发展的理论基础.

本书电磁学部分包括:静电场、恒定磁场、变化的磁场和变化的电场等.



图为1930年E.O.劳伦斯制成的世界上第一台回旋加速器.正是这种看似简陋的加速器的问世,才开辟了无限广阔的高能物理发展的前景.

## 第9章 静 电 场



加速器是利用一定形态的电磁场将电子、质子或重离子等带电粒子加速的设备,用以获得低能、中能和高能带电粒子束.它是原子核物理、粒子物理研究的重要实验手段.在科学技术、工农业生产、医疗卫生及国防建设等方面都有着广泛的应用.如半导体材料设备中的掺杂、种子的辐照、铸件探伤和辐射治癌等.图为我国建成的 HI-13 串联式加速器,是目前国际上低能物理研究的先进设备,至今世界上只有三台,这台加速器是我国现有的最大静电加速器.

本章首先讨论真空中相对于观察者静止的电荷之间的相互作用, 及它们周围存在的静电场的性质. 并从静电场对电荷有力的作用以及电荷在电场中运动时电场力对它做功这两个方面出发, 引入描述电场的两个重要物理量——电场强度和电势. 同时还通过电场强度对场内任一闭合曲面的通量及电场强度沿场内任一闭合曲线的积分值, 给出静电场两条基本规律——高斯定理和环路定理. 最后简要地介绍静电场中放入导体和电介质后, 它们之间相互作用和相互影响的规律.

## 9.1 电荷 库仑定律

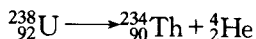
### 9.1.1 电荷

电荷是实物的一种属性. 它最直观的表现就是对轻小物体(如羽毛、纸屑等)的吸引. 物体具有了这种吸引轻小物体的性质, 就说它带了电荷. 带电荷的物体称为带电体. 电荷有两种, 美国科学家富兰克林将其命名为“正电荷”与“负电荷”. 电荷的多少用电量来度量. 1897年英国物理学家汤姆孙发现了电子, 电子是已知的稳定且最轻的粒子, 具有最小静止质量, 带有最小负电荷, 其所带电量的国际通用值为

$$e = (1.602\ 189\ 2 \pm 0.000\ 004\ 6) \times 10^{-19} \text{ C}$$

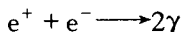
C为电量的SI单位, 称为库仑. 质子是带最小正电荷的粒子, 其带正电荷的量与电子带负电荷的量相等(实验精度已达 $10^{20}$ 分之一). 自然界中, 任何物体所带的电量都是 $e$ 的整数倍, 也就是说, 并不是任何数值的电量都是可能的, 或者说电量是不连续的. 我们称这种现象为电荷的量子化. 1964年美国科学家盖尔曼提出“基本粒子”的夸克模型, 并预言夸克的电荷应为 $\pm \frac{1}{3}e$ 或 $\pm \frac{2}{3}e$ , 即夸克可带有分数电荷, 尽管这一模型对粒子物理中的许多现象的解释获得了很大的成功, 但至今在实验中仍未观测到自由夸克. 由于电荷的量子 $e$ 非常小, 通常问题中涉及到的带电粒子的数目又非常巨大, 以致在宏观现象中, 电荷的量子性就表现不出来. 所以在我们所讨论的带电体上, 认为电荷是连续分布的.

在一个孤立系统中总电荷量是不变的. 即在任何时刻系统中的正电荷与负电荷的代数和保持不变, 这称为电荷守恒定律. 它表明, 如果某处在一个物理过程中产生(或消失)了某种电荷, 那么必有等量异号的电荷伴随产生(或消失); 如果某一区域中的电荷总量增加(或减少), 那么必有等量的电荷进入(或离开)这一区域. 所谓带电, 只不过是正、负电荷的分离或转移. 所谓电荷消失, 只不过是正、负电荷的中和. 例如 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 放射出 $\alpha$ 粒子后, 蜕变为 ${}_{90}^{234}\text{Th}$ 的过程中



母核 ${}_{92}^{238}\text{U}$ 带正电 $92e$ , 蜕变后所得子核 ${}_{90}^{234}\text{Th}$ 带正电 $90e$ , 放出的 $\alpha$ 粒子带正电

$2e$ , 所以蜕变前后的总电量不变. 再如, 正、负电子的“湮没”过程



正、负电子带电量数值相等, 符号相反, 代数和为零. 光子并不带电, 故在湮没过程中系统的总电量不变. 电荷守恒定律是从大量实验事实总结归纳出来的, 直到现在为止, 在一切已经发现的宏观过程和微观过程中, 都是成立的.

实验证明, 电荷的电量与它的运动(速度、加速度)无关, 如电子(或质子)被加速时, 随着速度的变化, 其质量变化比较明显, 而电量却没有任何变化. 电量也不因坐标系间的变换而改变, 即与参考系无关, 说明它具有相对论不变性.

应该说人们对电荷的认识还是很不够的. 如在理论上还不能解释自然界中最小电量为什么是“ $e$ ”? 质子和电子带电量的值为什么相等? 电子的内部是否还有结构? 为什么电量  $e$  能聚集在电子那样小的范围( $10^{-13}$  m)内却不会因斥力而溃散? 等等.

在实际问题中, 对所讨论的问题, 在所要求的精度范围内, 带电体的大小、形状、电荷分布等因素的影响有时可以忽略不计. 在这种条件下, 我们就可以建立一个称为“点电荷”的理想模型, 把这样的带电体视为一个带电的“几何点”.

### 9.1.2 库仑定律

库仑定律是关于点电荷间相互作用的定律, 是静电学的基础. 1785年, 法国物理学家库仑发现: 处在静止状态的两个点电荷, 在真空(空气)中的相互作用力的大小, 与每个点电荷的电量成正比, 与两个点电荷间距离的平方成反比, 作用力的方向沿着两个点电荷的连线. 当两个点电荷带同号电荷时, 它们之间是排斥力, 带异号电荷时, 它们之间是吸引力. 其数学表达形式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (9.1a)$$

式中  $q_1$ 、 $q_2$  分别表示两个点电荷的电量,  $r$  为它们之间的距离,  $k$  为比例系数, 其值和单位取决于所用的单位制, 当选用 SI 单位制时

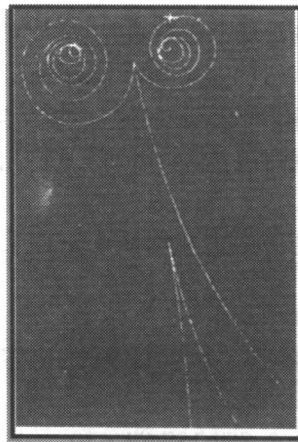
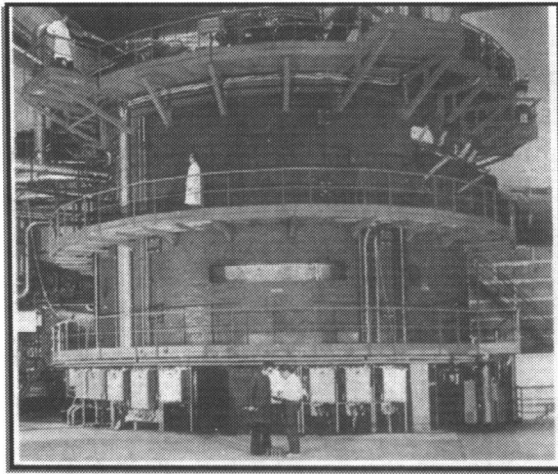
$$k = 8.987\ 551\ 79 \times 10^9 \text{ m/F} \quad (\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2)$$

一般近似地取

$$k = 9 \times 10^9 \text{ m/F}$$

“库仑”是一个很大的电量单位(1 C 的电量是基本电荷  $e$  的  $6.24 \times 10^{18}$  倍), 所以比例系数  $k$  的值很大, 例如, 两个带电量分别为 1 C、相距为 1 m 的带电粒子, 其间的作用力大小为





气泡室是一种探测高能粒子运动轨迹的仪器。在高压的容器中装有被压缩的液体(如液氢、液氮、丙烷、戊烷等),在一定的温度下,突然减压而处于过热状态,这时若有带电粒子通过,就会发生沸腾,结果在粒子经过的轨迹上产生气泡,从而显示粒子的径迹。1959年,我国物理学家王淦昌及其领导的研究小组,就是利用自制的丙烷气泡室,在10 GeV的质子同步稳相加速器上,从4万多张照片中发现了反西格马负超子,证明了任何粒子都有反粒子的理论预言。

上图所示为气泡室的照片,下图为气泡室拍摄的正、负电子对产生的照片。