

W U L I X U E J I A O C H E N G



面向 21 世纪普通高等教育规划教材

物理学教程 (下册)

主 编 严导淦 副主编 徐维杰 肖德航 韩桂华 主 审 唐光裕



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

物理学教程

(下册)

主 编 严导淦

副主编 徐维杰 肖德航 韩桂华

主 审 唐光裕



同济大学出版社

TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本教材(上、下册)参照教育部高等学校非物理类专业物理基础课程教学指导分委员会 2006 年 7 月公布的《非物理类理工科大学物理课程教学基本要求(正式报告稿)》编写,内容涵盖该基本要求中的 A 类核心内容和有关的 B 类扩展内容.分上、下两册,共 18 章,内容借鉴国外诸多名著多年来行之有效且富具科学性的体系,并结合国情进行安排,且可在教学中灵活调整.上册主要内容为力学、机械振动和机械波以及热力学基础;下册主要内容为电磁学、光学和量子物理学基础等.每章配有习题,习题附有答案.

本教材在内容和论述上详略得当,难度适中,行文优美,知识系统,深入浅出,简明扼要,好教易学.可作为全日制普通高等院校非物理类本科专业的大学物理课程的教材,并可兼作函授、夜大学、网络教育、高等职业技术学院以及高等自学考试的本专科教学用书.

与本教材同步出版的教学辅导书——《大学物理教学导引》对教师备课、授课和学生学习、复习以及巩固本教材的教学效果大有裨益,亦可作为本教材配套的习题课参考书.

图书在版编目(CIP)数据

物理学教程.下册/严导淦主编.—上海:同济大学出版社,
2007.8

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5608-3437-5

I. 物… II. 严… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 109911 号

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

物理学教程(下册)

主 编 严导淦

副主编 徐维杰 肖德航 韩桂华

主 审 唐光裕

责任编辑 曹 建

责任校对 谢惠云

封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 21.25

印 数 1-5 100

字 数 425 000

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3437-5/O·308

定 价 29.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

面向 21 世纪普通高等教育规划教材

《物理学教程》编委会

顾	问	皮名嘉	唐光裕	严导淦	
主	任	霍 雷			
副	主	任	王 强	徐维杰	杜国城 田恩瑞
编	委	(以姓氏笔画为序)			
		王晓鸥	代富平	卢新平	龙行云
		孙 飞	孙秋华	成 钢	何丽娟
		余 光	吴兵平	吴 琳	宋国利
		张 宇	李玉良	李茫雪	杨学栋
		肖德航	陈春天	赵世杰	唐海燕
		戚大伟	谢文广	韩桂华	

前言

近年来,备受诸同好的绮注和勛勉,遵嘱撰写一套适用于普通理工大学本科教学的物理教材,经同济大学出版社组织,与徐维杰、肖德航、韩桂华等几位老师共谋编写,历时两载,终于脱稿。

随着我国经济在科学发展观的指引下持续稳健的增长,为了改革开放和自主创新的需要,推进有中国特色社会主义和谐社会的建设,各类高等学校的“宽口径、厚基础、重能力、求创新”的通识教育理念呼之欲出。为此,拟定本书的下述编写宗旨:参照近期颁布的《非物理类理工科大学物理课程教学基本要求(正式报告稿)》(以下简称“基本要求”),确保 A 类的核心内容,择要介绍 B 类的扩展内容,大致上按“基本要求”对 A 类内容的安排建构本书的体系,冀求适于教学操作和便于读者自学;着重阐述物理学的基本知识、基本概念、基本原理和定律,并以此为载体,让读者从中领会一些物理学的思想和方法;与此同时,适当联系工程和生活实际,反映一些近代物理成就及其在科学和技术领域中的应用,力求体现培养工科应用型人才对物理这门基础课程的需求,以提升工科大学生的科学素养,俾能在当前世界经济全球化的大范围就业结构中,增强其“职业再生力”。

按照上述宗旨,本书具体的编写举措大体如下:

(1) 对 A 类内容,特别是重点章节,作重墨缕述;对 B 类内容,根据需要加以遴选,择要简介,一般不作细节上的钩沉探微。例如非惯性系、惯性力、火箭的飞行等。

(2) 按照本书构建的内容体系,并借鉴国外享誉数十年的大多数同类教材一以贯之的传统做派,本书将“机械振动”和“机械波”这两章内容紧接安排在力学之后。一是由于这两章内容本来属于力学范畴;二是引领读者在力学板块中对物理模型的建立,即从质点、质点系、系统、刚体以至变形体(弹性和理想流体)有一个渐进和完整的认识,最后以变形体作为研究对象,落实到对机械振动和机械波的研讨,顺理成章,似较合理;三是当前已将几何光学划归 A 类内容,若将机械波放在电磁波(波动光学)之前,由于中间插入与波动似无关联的高斯光学,似嫌有割裂感;四是有利于全书内容重行调整。这样,本书上册包含力学(含机械振动和机械波)和热学两个板块;下册包含电磁学(含光学)和近代物理两个板块,使力学和电磁学两个大板块分别安排于上、下册,便于分别在第一和第二学期施教,以分散重点板块,减轻师生的教学负荷。

必须申明,考虑到教学本身具有个体化特征,况且每位任课教师各有其教学意图和风范,凭藉他(她)们的远见卓识和长期积累的教学经验,在使用本书过程中,根据教学实况,对上述体系的安排重作调整,亦无可,这是毋庸编者置喙的。

(3) 对全书的例题、习题和问题的题意力求明晰,布题全面有序,难易程度适中,且适量增入一些较贴近生活或工程实际的例题和习题;个别较难或过繁的习题则冠以星号“*”,作为机动内容;每章习题和个别问题皆附有参考性答案。至于在正文中每节内容之末布设的问题,供读者学了正文后复习之用,其中也包容一些不乏启迪性的类似思考题的题材,有助于读者理解和深化教材的内容。读者若在阅读本书的过程中,对问题的回答(或解答)提纲挈领地写成笔记,不仅有助于自学能力的培养,也便于临考前的复习。

(4) 对各章内容的论述和演证,在文字上尽去枝蔓,并适当放低内容深度的起点,由浅入深,以达到“基本要求”的相应档次(如掌握、理解、了解等),文字力求简明易懂,通晓流畅,插图注意图文一致,意象灵动。

(5) 本书所涵盖的力学、热学、电磁学(含光学)和近代物理四个板块中,近代物理从上世纪以来,与时俱进,日新月异,新潮迭起,为科学和技术界的发展和开拓了广阔的空间,怎奈限于本课程的性质和学时数,在本书中只能有所涉猎,难以进一步展开。

本书主要内容是由力学、热学、电磁学(包括光学)所构成的经典物理学。它不仅在长达近 300 年的漫长岁月中,被广泛地应用于科技领域和人文领域,并且它所建立的宏观世界中诸如能量、动量、角动量、熵、电磁场等概念以及一些相关的物理定律,乃是人类在近代物理中通向宇观世界和微观世界的津梁。如此说来,一味鹜新弃旧,显然违反人们的认识规律。

另外,与本书配套的教学辅导用书《大学物理教学导引》与本书同步出版。其中各章内容包括:复习框图、学习指导、教学参考资料、习题解答和问题选解等,供全日制院校和各类成人高等教育的师生在教学中参考之用。

本书由哈尔滨工业大学唐光裕教授(主审)、赵世杰教授审定,并在本书编写过程中时赐教益和臂助,在此深表谢意。同时,在编写时参阅了有关书籍和文献,从中屡挹清芬,深受启迪,谨向这些书籍和文献的作者致以诚挚的谢忱,为感无既。

对于本书错漏和不当之处,恳望读者不吝赐正,期求通过本书与读者的对话中,相互共勉:“细推物理须行乐,何用浮名绊此身”;这也是袒露编者内心的一份期盼和企望。

严守沧

2007 年 6 月,端午节。

目次

前 言

11 静电场	(1)
11.1 电荷 库仑定律	(2)
11.1.1 电荷 电荷守恒定律	(2)
11.1.2 库仑定律	(2)
11.1.3 静电力叠加原理	(3)
11.2 电场 电场强度	(5)
11.2.1 电 场	(5)
11.2.2 电场强度	(6)
11.2.3 电场强度叠加原理	(7)
11.3 电场强度和电场力的计算	(8)
11.3.1 点电荷电场中的电场强度	(8)
11.3.2 点电荷系电场中的电场强度	(9)
11.3.3 连续分布电荷电场中的电场强度	(10)
11.3.4 电荷在电场中所受的力	(16)
11.4 电通量 真空中静电场的高斯定理	(17)
11.4.1 电场线	(17)
11.4.2 电通量	(18)
11.4.3 高斯定理	(20)
11.4.4 高斯定理的应用示例	(22)
11.5 静电场的环路定理 电势	(24)
11.5.1 静电力的功	(24)
11.5.2 静电场的环路定理	(26)
11.5.3 电势能	(27)
11.5.4 电势 电势差	(27)
11.5.5 电势的计算	(28)
11.6 等势面 电场强度与电势的关系	(30)
11.6.1 等势面	(31)
11.6.2 电场强度与电势的关系	(32)

11.7 静电场中的金属导体	(33)
11.7.1 金属导体的电结构	(34)
11.7.2 导体的静电平衡条件	(34)
11.7.3 静电平衡时导体上的电荷分布	(36)
11.7.4 静电屏蔽	(38)
11.7.5 计算示例	(39)
11.8 静电场中的电介质	(40)
11.8.1 电介质的电结构	(40)
11.8.2 电介质在外电场中的极化现象	(42)
11.9 有电介质时的静电场和高斯定理	(43)
11.9.1 有电介质时的静电场	(43)
11.9.2 有电介质时静电场的高斯定理 电位移矢量 D	(44)
11.9.3 有电介质时静电场的高斯定理的应用	(46)
11.10 电容 电容器	(49)
11.10.1 孤立导体的电容	(49)
11.10.2 电容器的电容	(49)
11.10.3 电容器的串联和并联	(53)
11.11 电场的能量	(56)
习题 11	(58)
12 恒定电流的稳恒磁场	(64)
* 12.1 恒定电流	(64)
12.1.1 电 流	(64)
12.1.2 电流密度	(65)
12.1.3 电流的连续性方程 稳恒电场	(66)
12.1.4 欧姆定律	(67)
12.1.5 焦耳定律	(68)
12.1.6 电源 电动势	(68)
12.2 磁的基本现象	(70)
12.2.1 磁现象的早期认识	(70)
12.2.2 磁力、磁性的起源	(71)
12.3 磁场 磁感应强度	(72)
12.3.1 磁 场	(72)
12.3.2 磁感应强度	(73)
12.4 毕奥-萨伐尔定律及其应用	(75)
12.4.1 毕奥-萨伐尔定律	(75)

12.4.2	应用示例	(77)
12.4.3	运动电荷的磁场	(81)
12.5	磁感应线 磁通量 真空中磁场的高斯定理	(82)
12.5.1	磁感应线	(82)
12.5.2	磁通量	(83)
12.5.3	真空中磁场的高斯定理	(84)
12.6	安培环路定理	(85)
12.6.1	安培环路定理	(85)
12.6.2	应用示例	(87)
12.7	磁场对载流导线的作用 安培定律	(90)
12.7.1	安培定律	(90)
12.7.2	两条无限长直电流之间的相互作用力 “安培”的定义	(92)
12.7.3	均匀磁场中的载流线圈	(94)
12.8	带电粒子在电场和磁场中的运动	(98)
12.8.1	磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	(98)
12.8.2	带电粒子在电场和磁场中的运动	(100)
12.9	磁场中的磁介质	(104)
12.9.1	磁介质在外磁场中的磁化现象	(105)
12.9.2	抗磁质和顺磁质的磁化机理	(105)
12.9.3	磁介质的磁导率	(107)
12.10	有磁介质时磁场的高斯定理和安培环路定律	(108)
12.11	铁磁质	(110)
12.11.1	铁磁质的磁化特性 磁滞回线	(110)
12.11.2	铁磁性的磁畴理论	(111)
习题 12		(112)
13	电磁感应和电磁场理论基础	(118)
13.1	电磁感应及其基本定律	(118)
13.1.1	电磁感应现象	(118)
13.1.2	楞次定律	(120)
13.1.3	法拉第电磁感应定律	(121)
13.2	动生电动势	(125)
13.2.1	动生电动势	(126)
13.2.2	动生电动势的表达式	(126)
13.3	感生电动势 涡旋电场	(129)
13.3.1	感生电动势与感生电场 涡旋电场	(129)

(77)	13.3.2 电子感应加速器	(131)
(18)	13.3.3 涡电流及其应用	(131)
(38)	13.4 自感和互感	(132)
(32)	13.4.1 自 感	(132)
(38)	13.4.2 互 感	(136)
(48)	13.5 磁场的能量	(138)
(28)	13.6 麦克斯韦的位移电流假设	(140)
(28)	13.7 麦克斯韦方程组的积分形式	(143)
(78)	13.7.1 电 场	(143)
(00)	13.7.2 磁 场	(143)
(00)	13.7.3 电磁场的麦克斯韦方程组(积分形式)	(144)
(38)	13.8 电磁振荡 电磁波	(145)
(10)	13.8.1 电磁振荡	(145)
(80)	13.8.2 电磁波	(147)
(80)	13.8.3 电磁波的辐射和传播	(148)
(00)	13.8.4 电磁波的能量	(151)
(10)	13.9 电磁波谱	(152)
(20)	习题 13	(154)
	14 几何光学	(160)
(50)	14.1 几何光学的基本定律	(161)
(80)	14.1.1 光的直进定律	(161)
(01)	14.1.2 光的反射定律 平面镜	(162)
(01)	14.1.3 光的折射定律 全反射	(163)
(11)	14.2 棱 镜	(166)
(31)	14.2.1 棱镜 全反射棱镜	(166)
(21)	14.2.2 棱镜的偏向角	(167)
(31)	14.2.3 光的色散	(168)
(21)	14.3 球面傍轴成像	(170)
(03)	14.3.1 基本概念和符号法则	(170)
(31)	14.3.2 球面反射成像	(171)
(31)	14.3.3 球面折射成像	(174)
(23)	14.4 薄透镜的成像	(176)
(31)	14.4.1 透 镜	(176)
(31)	14.4.2 薄透镜的成像公式	(177)
(31)	14.4.3 薄透镜的焦距	(178)

14.4.4	薄透镜成像的作图法	(179)
14.5	光学仪器简介	(180)
14.5.1	眼 睛	(180)
14.5.2	放大镜	(181)
14.5.3	显微镜	(182)
14.5.4	望远镜	(183)
14.5.5	照相机	(185)
习题 14		(185)
15	波动光学	(187)
15.1	光的干涉 光强度	(188)
15.1.1	波干涉现象的回想	(188)
15.1.2	光强度 光的干涉	(188)
15.1.3	相干光的获得	(190)
15.2	双缝干涉	(193)
15.2.1	杨氏双缝干涉实验	(193)
15.2.2	洛埃德镜实验	(195)
15.3	光程 光程差	(196)
15.3.1	光 程	(197)
15.3.2	光程差	(198)
15.3.3	额外光程差 干涉条件的一般表述	(199)
15.3.4	透镜不引起额外的光程差	(200)
15.4	平行平面薄膜的光干涉	(201)
15.4.1	平行平面薄膜的光干涉	(201)
15.4.2	增透膜和增反膜	(203)
15.5	劈形薄膜的光干涉	(205)
15.5.1	劈形薄膜	(205)
15.5.2	牛顿环	(210)
15.6	迈克耳孙干涉仪	(212)
15.7	光的衍射现象	(213)
15.7.1	光的衍射现象	(213)
15.7.2	惠更斯-菲涅耳原理	(214)
15.8	单缝衍射	(215)
15.8.1	单缝的夫琅禾费衍射	(215)
15.8.2	单缝衍射条纹的形成	(215)
15.8.3	单缝衍射条纹的明、暗条件	(216)

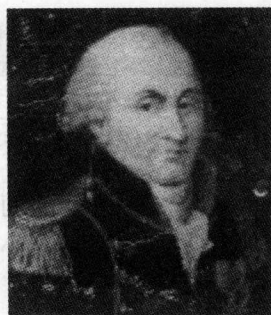
15.9 衍射光栅 衍射光谱	(220)
15.9.1 衍射光栅	(220)
15.9.2 光栅衍射条纹的成因	(221)
15.9.3 光栅公式	(222)
15.9.4 衍射光谱	(224)
15.10 光学仪器的分辨率	(225)
15.10.1 圆孔衍射	(226)
15.10.2 光学仪器的分辨率	(226)
*15.11 X射线的衍射 布拉格公式	(227)
15.12 光的偏振	(230)
15.13 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(232)
15.13.1 偏振片的起偏和检偏	(232)
15.13.2 马吕斯定律	(233)
15.13.3 偏振片的应用	(234)
15.14 反射和折射时光的偏振	(235)
15.14.1 反射和折射的起偏	(235)
*15.14.2 光的双折射现象	(238)
*15.15 椭圆偏振光和圆偏振光 波片	(239)
*15.16 偏振光的干涉 人为双折射	(242)
15.16.1 偏振光的干涉	(242)
15.16.2 人为双折射	(243)
习题 15	(244)
16 早期量子论	(248)
16.1 热辐射	(249)
16.1.1 热辐射及其定量描述	(249)
16.1.2 绝对黑体辐射定律 普朗克公式	(249)
16.2 光电效应	(252)
16.2.1 光电效应的实验规律	(252)
16.2.2 光电效应与光的波动理论的矛盾	(254)
16.2.3 爱因斯坦的光子假设 光的波粒二象性	(254)
16.2.4 光电效应的应用	(256)
16.3 康普顿效应 电磁辐射的波粒二象性	(257)
16.3.1 康普顿效应	(257)
16.3.2 电磁辐射的波粒二象性	(259)
16.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	(259)

16.4.1	氢原子光谱的规律性	(259)
16.4.2	玻尔的氢原子理论	(261)
* 16.5	激 光	(265)
16.5.1	激光的特点	(265)
16.5.2	激光的发光机理	(265)
16.5.3	激光器	(267)
16.5.4	激光的应用	(268)
习题 16		(269)
17	量子力学基础	(271)
17.1	德布罗意的假设 海森伯的不确定关系	(271)
17.1.1	实物粒子的波动性——德布罗意假设	(271)
17.1.2	不确定关系	(274)
17.2	波函数及其统计解释	(276)
17.2.1	波函数	(276)
17.2.2	波函数的统计解释	(278)
17.2.3	波函数的归一化条件及标准条件	(279)
17.3	薛定谔方程	(279)
17.3.1	薛定谔方程	(280)
17.3.2	定态薛定谔方程	(281)
17.4	定态薛定谔方程的应用	(282)
17.4.1	一维无限深方形势阱	(282)
* 17.4.2	一维线性简谐振子	(285)
17.4.3	势垒贯穿	(286)
17.4.4	氢原子	(288)
17.5	电子的自旋 多电子的原子及电子壳层模型	(292)
17.5.1	电子的自旋 自旋磁量子数	(292)
17.5.2	多电子的原子	(293)
17.5.3	原子中的电子壳层模型 元素周期表的本源	(295)
* 17.6	固体的能带结构 半导体	(297)
17.6.1	固体的能带	(298)
17.6.2	导体 绝缘体 半导体	(298)
17.6.3	半导体的导电机构 p-n 结	(299)
* 17.7	超导体	(302)
17.7.1	超导体的基本特性	(302)
17.7.2	临界磁场 临界电流	(302)

17.7.3 高临界温度超导体的研究和应用前景	(303)
习题 17	(303)
* 18 原子核和基本粒子简介	(305)
18.1 原子核的结构和基本性质	(305)
18.1.1 原子核的组成	(305)
18.1.2 原子核的电荷	(305)
18.1.3 原子核的质量	(305)
18.1.4 原子核的结合能	(307)
18.1.5 核 力	(308)
18.1.6 原子核的大小	(308)
18.2 原子核的衰变和衰变规律	(309)
18.2.1 天然放射性现象	(309)
18.2.2 原子核衰变的规律	(310)
18.2.3 位移定则	(311)
18.2.4 探测放射性现象的方法	(312)
18.3 核反应	(313)
18.3.1 人工核反应 中子	(313)
18.3.2 人工放射性 正电子	(314)
18.3.3 放射性同位素及其应用	(314)
18.3.4 获得高能粒子的方法	(315)
18.4 原子核能的利用	(316)
18.4.1 重核裂变	(316)
18.4.2 轻核聚变	(318)
18.5 基本粒子简介	(319)
18.5.1 基本粒子的发现 强子的夸克模型	(319)
18.5.2 夸克模型	(320)
18.5.3 基本粒子的相互作用	(321)
参考文献	(323)

天才是 1% 的灵感和 99% 的汗水。

——(美)爱迪生



库伦(C. A. Coulomb, 1736—1806,

法国物理学家)

11 静电场

电磁运动是物质运动的一种基本形式,电磁相互作用是自然界已知的四种基本相互作用之一.电磁学是人类深入认识物质世界必不可少的基础理论,它在工程技术和自然科学领域中具有十分广泛的应用.学习和掌握电磁现象的基本规律有着十分重要的现实意义.

19 世纪以来,许多科学家对电磁现象的规律和物质的电结构做了大量的实验和理论研究,总结出了经典电磁场理论.

电场是一种特殊的物质形态.本章从静止电荷之间的相互作用出发引述静电场,并着重描写静电场的两个基本概念——电场强度和电势以及它们之间的联系;介绍高斯定理和环流定理,并由此揭示静电场的基本性质;继而研究导体和电介质在静电场中的行为;最后讨论静电场的能量.

11.1 电荷 库仑定律

11.1.1 电荷 电荷守恒定律

实验和研究表明,两个不同材料的物体,例如丝绸和玻璃棒相互摩擦后,都能吸引羽毛、纸片等轻小物体.这时,我们就说这两个物体已处于带电状态,或者说,这两个物体分别带了电(或带了电荷).带了电的物体称为带电体.自然界只存在两种性质不同的电荷:正(+)电荷和负(-)电荷.带同种电荷的物体相互排斥,带异种电荷的物体相互吸引.

组成任何物质的原子,都具有带正电的质子和带负电的电子.质子集中在原子核内,电子在核外绕核运动.每一个质子所带的电荷和每一个电子所带的电荷在数值上相等.在正常状态下,一个原子中的质子数和电子数相等.因此,原子呈电中性,整个宏观物体也呈电中性.当由于某种原因破坏了物体的电中性状态,使物体内电子过多或不足时,物体就相应地带了负电或正电.

摩擦起电、感应起电等实验表明,任何使物体带电的过程,都是借外界做功使物体中原有的正负电荷分离或转移的过程.当一个物体失去一些电子时,必有其他物体同时得到这些电子.由此人们总结出:在一个与外界没有电荷交换的孤立系统内,正、负电荷的代数和在任何物理过程中始终保持不变.这个结论称为电荷守恒定律,它是物理学的基本定律之一.

目前认为,电子是自然界具有最小电荷 e 的粒子,所有带电体或其他微观粒子的电荷都是电子电荷绝对值的整数倍.即物体所带电荷是不连续的,这称为电荷的量子化.不过,常见的宏观带电体所带的电荷远大于电子的电荷,在一般灵敏度的电学测试仪器中,电荷的量子性是显示不出来的.因此在分析带电情况时,可以认为电荷是连续变化的.这正像人们看到江河中滔滔流水时,认为它是连续的,而并不感觉到水是由一个个分子、原子等微观粒子组成的一样.

物体所带电荷的量值叫做电量,记作 Q 或 q ,电量的单位是库仑,简称库,符号为C.经实验测定质子带正电,电量为 1.602×10^{-19} C.电子带负电,电量为 -1.602×10^{-19} C.

11.1.2 库仑定律

实验指出:带电体之间有相互作用,这种相互作用与它们各自的形状、大小、电荷分布情况以及带电体之间的相对位置都有关系.但是随着带电体之间距离的增大,对带电体本身的形状、大小及其上电荷分布的影响将逐步减少.当带电体之间距离远大于它们本身的几何线度时,上述影响可以忽略不计.这时,就可

以忽略带电体本身的大小、形状及其上电荷分布情况而把它们看成为点电荷. 这里“点电荷”这个概念和力学中的“质点”概念相仿, 只有相对的意义. 例如, 有两个带电体长度皆为 d , 若两者相距为 r , 只有当 $r \gg d$ 时, 我们才可以把它们当作点电荷来处理. 下面讨论两个静止点电荷的相互作用力.

两个静止的点电荷之间相互作用力的大小与两个点电荷所带电量 q_1 、 q_2 的乘积成正比, 与两个点电荷之间的距离 r 的平方成反比, 作用力的方向沿着两个点电荷的连线; 同号电荷相斥, 异号电荷相吸. 这就是库仑定律. 它是库仑从实验中总结出来的静电学基本定律. 如果两个电荷处于真空中, 把从 q_1 指向 q_2 的单位矢量设为 e_r , 那么电荷 q_2 受到电荷 q_1 的作用力 F (图 11-1) 可表示为

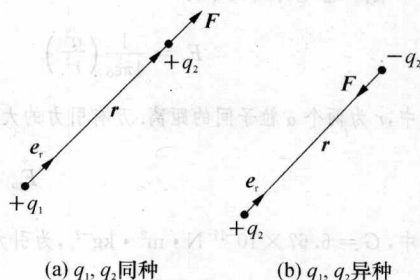


图 11-1 q_1 对 q_2 的作用力

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} e_r \quad (11-1)$$

式中, 比例系数 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.987\,776 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \approx$

$9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$ (计算时取近似值); 其中 ϵ_0 称为真空电容率. $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

静电力 F 通常又称为库仑力. 如图 11-1(a)、(b) 所示, 当 q_1 、 q_2 为同种电荷时, F 与 e_r 同方向, 两者之间表现为斥力; 当 q_1 、 q_2 为异种电荷时, F 与 e_r 反方向, 两者之间表现为引力.

11.1.3 静电力叠加原理

在一般情况下, 对于两个以上的点电荷, 实验证明: 其中每个点电荷所受的总静电力, 等于其他点电荷单独存在时作用于该点电荷上的静电力之矢量和. 这就是静电力的叠加原理. 也就是说, 不管周围有无其他电荷存在, 两个点电荷间的相互作用力总是符合库仑定律的. 设 F_1 、 F_2 、 $\dots$ 、 F_n 分别为点电荷 q_1 、 q_2 、 $\dots$ 、 q_n 单独存在时对点电荷 q_0 作用的静电力, 则 q_0 所受静电力的合力 F (矢量和) 为

$$F = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum_i F_i \quad (11-2)$$

上式即为静电力叠加原理的表达式.

若 r 为 q_1 指向 q_2 的位矢, 则自 q_1 指向 q_2 的单位矢量 $e_r = r/r$ 标志了位矢 r 的方向.