

大学物理学

下册

University
Physics



饶瑞昌 时钟涛 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

大学物理学

下册

Daxue Wulixue

饶瑞昌 时钟涛 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是依据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科大学物理课程教学基本要求(2010年版)》，在总结编者长期教学实践的基础上编写而成的。全书分为上、下两册，共16章。上册讲述力学、波动学和热学，内容包括：质点运动的基本规律、守恒定律、刚体的定轴转动、机械振动、机械波、波动光学、气体动理论、热力学基础。下册讲述电磁学和近代物理学，内容包括：真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、恒定磁场、变化的磁场和电场、狭义相对论、早期量子论、量子力学初步、现代科学与高新技术物理基础专题。为配合本书的学习，还专门出版了配套的学习辅导书。

本书可作为普通高等学校理工科专业的大学物理课程的教材，也可作为各类成人教育相关专业的大学物理课程的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学. 下册 / 饶瑞昌, 时钟涛编. —北京: 高等教育出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-04-036307-4

I. ①大… II. ①饶…②时… 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(2012)第 240727 号

策划编辑	程福平	责任编辑	程福平	封面设计	于涛	版式设计	于婕
插图绘制	尹莉	责任校对	张小楠	责任印制	韩刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京玥实印刷有限公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 20
字 数 360 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2012年12月第1版
印 次 2012年12月第1次印刷
定 价 31.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 36307-00

目 录

第4篇 电 磁 学

第9章 真空中的静电场	3
§ 9.1 电荷及其相互作用	3
9.1.1 电荷是量子化的	3
9.1.2 电荷守恒定律	4
9.1.3 库仑定律	4
9.1.4 静电力叠加原理	6
§ 9.2 电场与电场强度	7
9.2.1 电场	7
9.2.2 电场强度	7
9.2.3 电场叠加原理	8
9.2.4 电场强度的计算	9
§ 9.3 电场线与电场强度通量	17
9.3.1 电场线	17
9.3.2 电场强度通量	18
§ 9.4 静电场的高斯定理与安培环路定理	21
9.4.1 静电场的高斯定理	21
9.4.2 应用高斯定理求电场强度	23
9.4.3 静电场的安培环路定理	28
§ 9.5 电势与电势差	30
9.5.1 电势能	30
9.5.2 电势	32
9.5.3 电势差	32
9.5.4 电势的计算	33
§ 9.6 电场强度与电势的关系	36
9.6.1 等势面	36
9.6.2 电场强度与电势的微分关系	38
§ 9.7 电场对电荷的作用	41
9.7.1 带电粒子在电场中受力及其运动	41

9.7.2 电偶极子在均匀电场中所受的力矩	42
习题	43
第 10 章 静电场中的导体和电介质	48
§ 10.1 静电场中的导体	48
10.1.1 导体的静电平衡条件	48
10.1.2 导体处于静电平衡时的性质	49
10.1.3 静电屏蔽	51
10.1.4 有导体存在时静电场的电场强度和电势的计算	52
§ 10.2 电容与电容器	56
10.2.1 孤立导体的电容	56
10.2.2 电容器及其电容	56
10.2.3 电容器的连接方式	59
§ 10.3 静电场中的电介质	60
10.3.1 电介质对电场的影响	60
* 10.3.2 电介质的极化	61
10.3.3 充满均匀电介质的电场	63
§ 10.4 有电介质时的高斯定理与安培环路定理	64
10.4.1 有电介质时的高斯定理	64
10.4.2 有电介质时的安培环路定理	66
§ 10.5 电场的能量	67
10.5.1 电容器储存的能量	67
10.5.2 电场的能量	67
习题	69
第 11 章 恒定磁场	73
§ 11.1 恒定电流与恒定电场	73
11.1.1 电流和电流密度	73
11.1.2 电流的连续性方程	75
11.1.3 恒定电流和恒定电场	75
* 11.1.4 欧姆定律的微分形式	77
11.1.5 电动势	77
§ 11.2 磁场与磁感应强度	79
11.2.1 磁场	79
11.2.2 磁感应强度	79
§ 11.3 毕奥 - 萨伐尔定律及应用	80
11.3.1 毕奥 - 萨伐尔定律	80
11.3.2 磁场叠加原理	81

11.3.3 毕奥 - 萨伐尔定律的应用	82
11.3.4 运动电荷的磁场	87
§ 11.4 磁感应线与磁通量	89
11.4.1 磁感应线	89
11.4.2 磁通量	90
§ 11.5 磁场的高斯定理与安培环路定理	90
11.5.1 磁场的高斯定理	91
11.5.2 磁场的安培环路定理	91
11.5.3 应用安培环路定理求磁感应强度	93
§ 11.6 磁场对电流的作用	98
11.6.1 安培定律	98
11.6.2 两平行无限长载流直线间的相互作用力	100
11.6.3 磁场对载流线圈的作用	101
11.6.4 磁场力做功	103
§ 11.7 磁场对运动电荷的作用	105
11.7.1 洛伦兹力	105
11.7.2 带电粒子在均匀磁场中的运动	106
11.7.3 霍尔效应	108
§ 11.8 磁场中的磁介质	109
* 11.8.1 磁介质及其磁化	109
11.8.2 有磁介质时的高斯定理	111
11.8.3 有磁介质时的安培环路定理	112
* 11.8.4 铁磁质	114
习题	116
第 12 章 变化的磁场和电场	124
§ 12.1 电磁感应的基本定律	124
12.1.1 法拉第电磁感应定律	124
12.1.2 楞次定律	127
§ 12.2 动生电动势	128
12.2.1 动生电动势的非静电力	128
12.2.2 动生电动势的计算	129
§ 12.3 感生电场假设	132
12.3.1 感生电动势的非静电力	132
12.3.2 感生电场的高斯定理与安培环路定理	132
12.3.3 感生电动势的计算	134
12.3.4 涡电流	137

12.3.5 导体在变化磁场里运动时的感应电动势	137
§ 12.4 自感与互感	139
12.4.1 自感	139
12.4.2 互感	141
§ 12.5 磁场的能量	144
12.5.1 自感储存的能量	144
12.5.2 磁场的能量	144
§ 12.6 位移电流假设	146
12.6.1 位移电流	146
12.6.2 感生磁场的高斯定理与安培环路定理	148
§ 12.7 麦克斯韦方程组	150
12.7.1 电场的性质	150
12.7.2 磁场的性质	151
12.7.3 麦克斯韦方程组积分形式	152
§ 12.8 电磁波	153
12.8.1 电磁波的产生和传播	153
12.8.2 电磁波的性质	155
12.8.3 电磁波的能量	156
12.8.4 电磁波谱	157
习题	158

第 5 篇 近代物理学

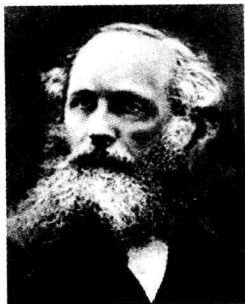
第 13 章 狭义相对论	165
§ 13.1 经典力学的伽利略变换与时空观	165
13.1.1 经典力学的伽利略变换	165
13.1.2 经典力学的时空观	166
13.1.3 经典力学的相对性原理	167
§ 13.2 狭义相对论的基本原理	169
§ 13.3 洛伦兹变换	170
13.3.1 洛伦兹坐标变换	170
13.3.2 洛伦兹速度变换	172
§ 13.4 狭义相对论的时空观	174
13.4.1 长度缩短	174
13.4.2 时间延缓	176
13.4.3 同时的相对性	177
13.4.4 同时性与因果律	177

§ 13.5 狭义相对论动力学基础	178
13.5.1 质量和速度的关系	178
13.5.2 动力学基本方程	179
13.5.3 质量和能量的关系	180
* 13.5.4 能量和动量的关系	182
习题	182
第 14 章 早期量子论	185
§ 14.1 黑体辐射与普朗克量子假设	185
14.1.1 热辐射及其描述	185
14.1.2 黑体辐射规律	186
14.1.3 普朗克量子假设	187
§ 14.2 光电效应与爱因斯坦光子假设	190
14.2.1 光电效应的实验规律	190
14.2.2 爱因斯坦光子假设	192
§ 14.3 康普顿效应	194
14.3.1 康普顿效应	194
14.3.2 光的波粒二象性	198
§ 14.4 氢原子光谱与玻尔理论	200
14.4.1 氢原子光谱规律	200
14.4.2 原子的核式结构模型	201
14.4.3 玻尔的氢原子理论	202
14.4.4 玻尔理论的成就与局限性	206
习题	206
第 15 章 量子力学初步	209
§ 15.1 微观粒子的波粒二象性	209
15.1.1 德布罗意假设	209
15.1.2 德布罗意假设的实验验证	210
§ 15.2 不确定关系	213
§ 15.3 波函数及其统计解释	216
15.3.1 波函数	216
15.3.2 波函数的统计解释	217
* § 15.4 态叠加原理	218
* § 15.5 算符与平均值	220
15.5.1 力学量算符	220
15.5.2 本征值方程	221
15.5.3 平均值	221

§ 15.6 薛定谔方程	222
15.6.1 薛定谔方程	222
15.6.2 定态薛定谔方程	223
§ 15.7 薛定谔方程的应用	223
15.7.1 一维无限深方形势阱	223
15.7.2 隧道效应	227
* 15.7.3 一维线性简谐振子	229
15.7.4 氢原子	230
§ 15.8 电子的自旋	233
15.8.1 施特恩 - 格拉赫实验	233
15.8.2 电子自旋假设	233
15.8.3 四个量子数	234
* § 15.9 全同性原理	235
§ 15.10 原子的壳层结构与元素周期表	236
15.10.1 泡利不相容原理	237
15.10.2 能量最小原理	238
习题	240
* 第 16 章 现代科学与高新技术物理基础专题	243
§ 16.1 原子核物理	243
16.1.1 原子核的基本性质	243
16.1.2 原子核的结合能	246
16.1.3 原子核的衰变规律	248
16.1.4 原子核能的应用	254
§ 16.2 粒子物理	257
16.2.1 粒子的分类	257
16.2.2 粒子的相互作用	260
16.2.3 粒子的一些特性和规律	261
16.2.4 强子的夸克模型	262
§ 16.3 激光	264
16.3.1 自发辐射和受激辐射	264
16.3.2 激光器	265
16.3.3 激光产生的原理	266
16.3.4 氦 - 氖激光器	269
16.3.5 激光的特性和应用	270
§ 16.4 固体的能带结构	271
16.4.1 电子共有化	271

16.4.2 能带的形成	272
16.4.3 导体、半导体和绝缘体	272
16.4.4 半导体的导电机制	273
16.4.5 半导体的特性及其应用	275
§ 16.5 纳米技术	278
16.5.1 纳米技术的基本概念	278
16.5.2 扫描隧穿显微镜与纳米技术	278
16.5.3 纳米材料的奇异特性及应用	280
§ 16.6 超导电性	282
16.6.1 超导体的发现与发展	282
16.6.2 超导体的基本性质	283
16.6.3 超导电性理论简介	285
16.6.4 超导的应用前景	285
习题	286
习题参考答案	288
参考文献	295
附录 A 历年诺贝尔物理学奖获得者	296
附录 B 常用基本物理常量	307
附录 C 本书中常用物理量的符号和单位	308

麦克斯韦，英国物理学家、数学家，经典电磁理论的奠基人。他提出了感生电场和位移电流概念，建立了经典电磁理论，并预言了以光速传播的电磁波的存在。他的《电磁学通论》与牛顿的《自然哲学的数学原理》在科学史上并驾齐驱，是人类探索电磁规律的一个里程碑。



(1831—1879)

第4篇 电 磁 学

电磁运动是物质的又一种基本的运动形式，电磁相互作用是自然界已知的四种基本相互作用之一。电磁学研究的是物质电磁运动、电磁相互作用规律及其应用。其理论不仅普遍应用在日常生括、科技和生产的各个方面，而且成为新科学、新技术发展的理论基础。

在相当长的历史时期内，电和磁被看做是两种完全不同的现象而加以研究，直到1862年发现电流有磁效应以及之后发现的变化的磁场有电效应，才将人类关于电磁之间联系的认识推广到一个新的阶段。1864年，英国物理学家麦克斯韦在总结了大量实验研究成果的基础上提出感生电场和位移电流假设，建立了完整的电磁场理论基础——麦克斯韦方程组。这个理论的重要意义在于它不仅支配一切宏观电磁现象，促使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电磁学这个理论框架内，深刻地影响着人们认识物质世界的思想。

电磁学内容大体可划分为“场”和“路”，大学物理学侧重于对场的研究，而电路、电子线路等有关“路”的部分留待后续课程去研究。需要指出的是，“通量”和“环路”是描述矢量场性质的两个重要特征量，考虑一个矢量场的“通量”和“环路”是人们总结出来的研究矢量场的基本方法，这一思想和方法将贯穿于电磁学的始末，从静电场到恒定磁场，再到变化的磁场和电场，这一基本方法是一脉相承的。把握了这一点，也就理清了电磁场理论的基本框架，对于电磁场的学习将是十分有益的。

本篇先介绍电现象，然后介绍磁现象，接着介绍电现象和磁现象间的联系，最后介绍统一的电磁场和电磁波。

第9章 真空中的静电场

任何电荷周围都存在电场, 相对于观察者为静止的电荷在其周围空间所激发的电场称为静电场. 静电场规律虽然简单, 但却是复杂场的基础.

本章讨论真空中静电场的基本性质与规律.

§ 9.1 电荷及其相互作用

9.1.1 电荷是量子化的

两种不同材料的物体, 如丝绸与玻璃棒, 相互摩擦后都能吸引小纸片等轻微物体, 这是因为丝绸和玻璃棒带了电, 或有了电荷. 处于带电状态的丝绸和玻璃棒称为带电体. 带电体所带电荷的多少称为电荷量, 电荷量常用 Q 或 q 表示. 在国际单位制中, 电荷量的单位为 C(库仑).

实验证明, 物体所带的电荷只有两种, 正电荷和负电荷. 电荷之间有相互作用, 带同种电荷(或称为同号电荷)的物体相互排斥, 带异种电荷(或称为异号电荷)的物体相互吸引. 静电荷之间的相互作用力称为静电力(或称为库仑力).

根据原子结构理论, 在每个原子内, 电子绕由中子和质子组成的原子核运动. 原子中的电子带负电, 质子带正电, 中子不带电. 而且, 质子与电子所具有的电荷量的绝对值是相等的. 在正常情况下, 每个原子中的电子数与质子数相等, 故物体呈电中性, 通常就说该物体不带电. 如果在一定的外因作用下, 物体得到或失去一定量的电子, 物体就带电了, 失去电子的物体带正电, 获得电子的物体带负电.

1913 年, 密立根通过著名的油滴实验, 测定所有电子都具有相同的电荷量, 以符号 e 表示, 其值为

$$e = 1.602\,176\,565 \times 10^{-19} \text{ C}$$

在计算中, 可取 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$.

精确的实验表明, 自然界中任何带电体所带电荷量只能是电子电荷量的整数倍, 而不能连续变化, 即

$$Q = ne \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (9-1)$$

式中 e 为电荷的量子, n 为量子数. 电荷的这一特性称为电荷的量子化.

在近代物理学中, 量子化是一个重要的基本概念, 在微观领域里将看到能量、角动量等也是量子化的.

9.1.2 电荷守恒定律

大量实验事实表明, 在一个与外界没有电荷交换的孤立系统内, 无论进行怎样的物理过程, 系统的正、负电荷的代数和总保持不变. 这一结论称为**电荷守恒定律**, 它是自然界的基本守恒定律之一, 无论是在宏观过程中, 还是在微观领域里, 它都是成立的. 例如, 在宏观物体的带电过程中, 随着带电粒子的迁移, 物体所带电荷可以从一个物体迁移到另一个物体, 但在其所构成的系统中, 电荷总量既不会增加, 也不会减少; 在微观领域里, 当高能光子穿过铅板后, 可以产生正负电子对(一个为正电子, 另一个为负电子), 光子并不带电, 而产生的正电子 e^+ 和负电子 e^- 带有等量异号电荷, 所以光子穿过铅板前后系统的电荷量相等且均为零. 可见系统的总电荷量保持不变.

9.1.3 库仑定律

两个静止带电体之间的作用力, 除了与带电体所带电荷量的多少及它们之间的距离有关外, 还与带电体的形状、大小及带电体所在的电介质的性质有关. 但是, 在一些具体问题中, 往往可以忽略带电体的大小和形状. 例如, 在讨论两个大小相同的带电球体 A、B 间的相互作用时, 如图 9-1 所示, 当两带电球本身的直径 d 与它们间的距离 r 相比可以忽略, 即当 $r \gg d$ 时, 就可忽略它们的形状和大小, 把带电体所带的电荷量看成是集中在一点上, 从而把带电体看成一个点电荷. 显然, 点电荷和质点、刚体一样是一种理想模型. 在宏观意义上谈论电子、质子等带电粒子时, 完全可以把它们视为点电荷.

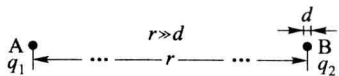


图 9-1

1785 年, 库仑通过扭秤实验总结出一条规律: 在真空中两个静止点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互作用力的大小与其电荷量 q_1 和 q_2 的乘积成正比, 与它们之间的距离 r 的二次方成反比; 作用力的方向沿着它们的连线, 同号电荷相互排斥, 异号电荷相互吸引. 这一结论称为**库仑定律**, 其数学表达式为

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

式中 k 为比例系数, 称为库仑常量. 在国际单位制中, 其值为

$$k = 8.99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2 \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

为使以后导出的电学公式简化,在国际单位制中将 k 写成

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

式中 ϵ_0 称为真空电容率,即

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

于是真空中的库仑定律可以写为

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (9-2)$$

库仑定律对两个静止的点电荷间静电力的大小和方向都作了确切的描述,然而式(9-2)只反映静电力的大小所服从的规律,并未涉及静电力的方向,若要同时反映静电力的大小和方向,可以用矢量式表示为

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_r \quad (9-3)$$

式中 $\mathbf{F}$ 为 q_1 作用于 q_2 的力, $\mathbf{e}_r$ 为从 q_1 指向 q_2 方向上的单位矢量. 当 q_1 、 q_2 同号时, $q_1 q_2 > 0$, $\mathbf{F}$ 与 $\mathbf{e}_r$ 同向,如图 9-2(a) 所示,这表示 $\mathbf{F}$ 是斥力;当 q_1 、 q_2 异号时, $q_1 q_2 < 0$, $\mathbf{F}$ 与 $\mathbf{e}_r$ 反向,如图 9-2(b) 所示,这表示 $\mathbf{F}$ 是引力.

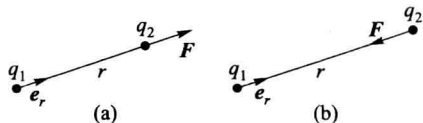


图 9-2

必须指出,库仑定律只适用于真空

中两个静止点电荷之间的静电力,在计算一般带电体之间的静电力时不能直接应用.

例 9-1 在氢原子中,电子与质子的距离约为 $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$,求此两粒子间的静电力和万有引力.

解 由于电子的电荷量是 $-e$,质子的电荷量是 $+e$,而电子的质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$,质子的质量 $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$,所以由库仑定律求得两粒子间的静电力大小为

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N} = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

由万有引力定律求得两粒子间的万有引力大小为

$$F_g = G_0 \frac{m_e m_p}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 9.11 \times 10^{-31} \times 1.67 \times 10^{-27}}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \text{ N} = 3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

由计算结果可以看出,氢原子中电子与质子间的静电力远比万有引力大,前者约为后者的 2×10^{39} 倍.所以在原子中电子与质子间的万有引力完全可以

忽略不计,作用在电子上的力主要为静电力。

9.1.4 静电力叠加原理

实验表明,若个点电荷对一个点电荷的作用力等于各个点电荷单独存在时对该点电荷的作用力的矢量和。这一结论称为静电力叠加原理。如果用 $F_1, F_2, \dots, F_n$ 分别代表 $q_1, q_2, \dots, q_n$ 单独存在时对 q_0 的作用力,那么,各个点电荷作用在 q_0 上的静电力的合力则为

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i \quad (9-4)$$

库仑定律和静电力叠加原理是关于静电荷之间相互作用的两个基本实验规律,它们一起构成了静电理论的基础。

例 9-2 如图 9-3 所示, q_1, q_2, q_3 为处于真空中的三个点电荷, $q_1 = -2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$, $q_2 = +4.0 \times 10^{-8} \text{ C}$, $q_3 = -3.0 \times 10^{-8} \text{ C}$, $r_{12} = 0.15 \text{ m}$, $r_{13} = 0.10 \text{ m}$, $\theta = 30^\circ$, 求作用于 q_1 上的力 F_1 。

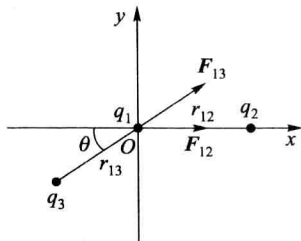


图 9-3

解 选择坐标系如图 9-3 所示, q_3 对 q_1 的作用力 F_{13} 为斥力, q_2 对 q_1 的作用力 F_{12} 为引力, 由库仑定律可得

$$\begin{aligned} F_{12} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{2.0 \times 10^{-8} \times 4.0 \times 10^{-8}}{(0.15)^2} \text{ N} \\ &= 3.2 \times 10^{-4} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{13} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{2.0 \times 10^{-8} \times 3.0 \times 10^{-8}}{(0.10)^2} \text{ N} \\ &= 5.4 \times 10^{-4} \text{ N} \end{aligned}$$

作用在 q_1 上的合力 F_1 在 x 轴、 y 轴上的分量分别为

$$F_{1x} = F_{12} + F_{13} \cos \theta = (3.2 \times 10^{-4} + 5.4 \times 10^{-4} \cos 30^\circ) \text{ N} = 7.88 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_{13} \sin \theta = (5.4 \times 10^{-4} \sin 30^\circ) \text{ N} = 2.7 \times 10^{-4} \text{ N}$$

所以 F_1 的大小为

$$F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2} = 8.33 \times 10^{-4} \text{ N}$$

F_1 与 x 轴的夹角为

$$\theta = \arctan \frac{F_{1y}}{F_{1x}} = \arctan \frac{2.7 \times 10^{-4}}{7.88 \times 10^{-4}} = 18.9^\circ$$

§ 9.2 电场与电场强度

9.2.1 电场

库仑定律定量地确定了点电荷之间的相互作用力。但是，电荷之间的相互作用力是通过什么途径得以实现的呢？对这一问题，在物理学历史上，曾有过两种不同的观点。一种观点认为，电荷之间的作用是“超距”作用，即一个电荷所受到的作用力是由另一个电荷直接给予的，既不需要中间介质进行传递，也不需要时间，而是从一个电荷立即到达另一个电荷的。这种作用方式可表示为

$$\text{电荷} \longleftrightarrow \text{电荷}$$

另一种观点认为，任何电荷都会在其周围的空间激发电场，电荷与电荷之间的相互作用是通过电场对电荷的作用来实现的。例如，当电荷 q_1 位于电荷 q_2 附近时，即处于 q_2 的电场中， q_1 所受的作用力就是通过 q_2 的电场施加给它的。同理， q_2 也处于 q_1 的电场中， q_2 受到的作用力是通过 q_1 的电场施加给它的。这也就是说电荷之间的相互作用是经电场传递的。这种作用方式可表示为

$$\text{电荷} \longleftrightarrow \text{电场} \longleftrightarrow \text{电荷}$$

因此，电荷之间的作用力称为电场力。

现代科学实验证明，电场的观点是正确的，电场虽然看不见、摸不着，但它和实物一样，也具有质量、能量、动量等一切物质所具有的重要属性，不过这种物质不同于通常由分子、原子所构成的物质。例如，某一实物所占有的空间不能再被其他实物所占有，而几个电场却可以同时占有同一空间，所以，电场是一种特殊形式的物质。

相对于观察者静止的带电体周围存在的电场称为静电场，静电场对外的表现主要有两种：

- (1) 引入电场中的任何电荷都要受到电场力的作用；
- (2) 当电荷在电场中移动时，电场力对运动电荷要做功，这表明电场是具有能量的。

因此，可以根据上述电场的两种表现，来研究电场的性质。

9.2.2 电场强度

由于电场对置于其中的电荷有力的作用，因此，为了测定电场的分布，可将一电荷量为 q_0 的检验电荷引入电场中，若检验电荷 q_0 受到力的作用就表示