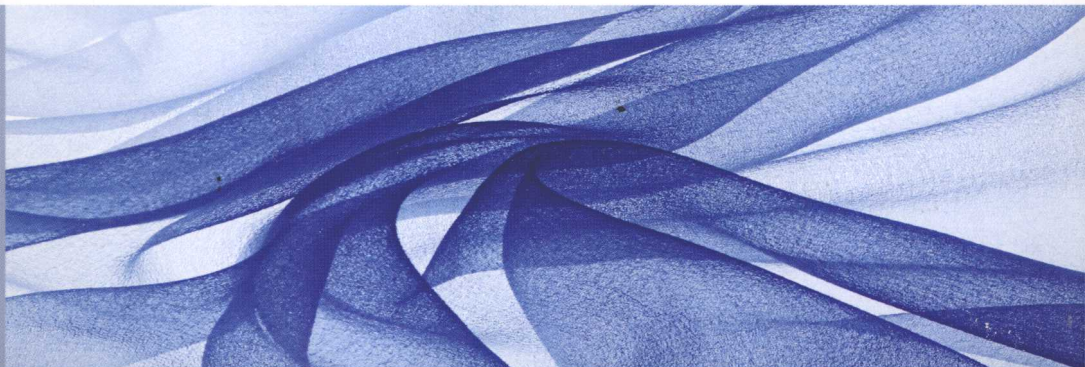


高等学校教材

大学物理学

下册

University
Physics



主 编 秦万广 刘 帅 宋更新
副主编 韩雪英 宋瑞丽 马文杰



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

013026550

高等学校教材

04-43

205

V2

大学物理学

下册

Daxue Wulixue

主 编 秦万广 刘 帅 宋更新

副主编 韩雪英 宋瑞丽 马文杰



北航

C1633814



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

04-43
205
✓2

内容提要

本书是按照教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求(2010年版)》,结合作者多年的教学实践经验编写而成的。全书分为上下两册,上册主要内容为质点运动学、质点运动定律与守恒定律、刚体的定轴转动、狭义相对论、机械振动、机械波、气体动理论、热力学基础,下册主要内容为真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、稳恒磁场、电磁感应、电磁场和电磁波、光的干涉、光的衍射、光的偏振。本书思路清晰、简明扼要,理论与实际结合紧密,重物理思想和物理图像,内容通俗易懂且不乏趣味。

本书可作为高等学校理工科专业的大学物理课程教材,也可供高职高专相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.下册/秦万广,刘帅,宋更新主编.

--北京:高等教育出版社,2013.2

ISBN 978-7-04-036541-2

I. ①大… II. ①秦… ②刘… ③宋… 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(2013)第003113号

策划编辑 郭亚嫫	责任编辑 郭亚嫫	封面设计 于涛	版式设计 马敬茹
插图绘制 尹莉	责任校对 王雨	责任印制 刘思涵	

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 山东鸿杰印务集团有限公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 15.25
字 数 270千字
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.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013年2月第1版
印 次 2013年2月第1次印刷
定 价 24.20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 36541-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第 4 部分 电磁学	1
第 9 章 真空中的静电场	5
9.1 电荷的量子化 电荷守恒定律	5
9.2 电场强度	8
9.3 电场强度通量 高斯定理	18
9.4 静电场的环路定理 电势能	27
9.5 电势	30
9.6 电势和电场强度的关系	34
9.7 电偶极子	37
习题	39
第 10 章 静电场中的导体和电介质	44
10.1 导体与电介质	44
10.2 静电场中的导体	46
10.3 大气电学	55
10.4 静电场中的电介质	59
10.5 电位移 有电介质时的高斯定理	66
10.6 电容	71
10.7 静电场的能量 能量密度	77
习题	82
第 11 章 恒定磁场	85
11.1 磁场 磁感强度	85
11.2 毕奥 - 萨伐尔定律	90
11.3 磁场的高斯定理	97
11.4 安培环路定理	101
11.5 磁矢势与 A - B 效应	108
11.6 磁场对电流的作用	111
11.7 生物磁学	129

II 目录

习题	131
第 12 章 电磁感应	135
12.1 电磁感应定律	135
12.2 动生电动势和感生电动势	146
12.3 自感和互感	160
12.4 磁场的能量 磁场能量密度	166
习题	169
第 13 章 电磁场和电磁波	172
13.1 麦克斯韦电磁场理论	172
13.2 电磁波	174
第 5 部分 光学	181
第 14 章 光的干涉	185
14.1 相干光源	185
14.2 双缝干涉	186
14.3 光程与光程差	190
14.4 薄膜干涉 增透膜及增反膜	191
14.5 等厚干涉	193
习题	197
第 15 章 光的衍射	199
15.1 惠更斯-菲涅耳原理	199
15.2 单缝衍射	200
15.3 圆孔衍射 光学仪器分辨率	203
15.4 光栅衍射	206
习题	210
第 16 章 光的偏振	212
16.1 自然光和偏振光	212
16.2 马吕斯定律	214
16.3 布儒斯特定律	217
16.4 光的双折射	219
16.5 偏振光的干涉	221
16.6 近、现代光学	225
习题	230
参考答案	232

第4部分

电 磁 学

电磁学是经典物理学的一部分，主要研究电荷、电流产生电场、磁场的规律，电场和磁场的相互联系，电磁场对电荷、电流的作用，以及电磁场对物质的各种效应等。电磁现象是自然界存在的一种极为普遍的现象，涉及广泛的领域。电的研究和应用在认识客观世界和改造客观世界中展现了巨大的活力。因此，电磁学课程是理科和工科的一门重要基础课。

任何一门科学都有其发展史，都是人类长期实践活动和理论思维的产物。回顾科学发展的历史可以使我們看清楚，在荒漠的知识原野上如何建造起庄严的科学大殿，从而获得科学方法论上的教益。

16 世纪末，英国人吉伯第一个研究了摩擦使物体带电的现象。

18 世纪中叶，美国人富兰克林提出了正、负电荷的概念。

1752 年，富兰克林在费城通过风筝实验验证闪电是放电的一种形式，把天电与地电统一起来，并发明了避雷针。

1785 年法国物理学家库仑利用扭秤实验发现了电荷之间的相互作用规律——库仑定律，并测出了静电力常量 k 的值。

1826 年德国物理学家欧姆(1787—1854)通过实验得出欧姆定律。

1837 年，英国物理学家法拉第最早引入了电场概念，并提出用电场线表示电场。

1911 年，荷兰科学家昂纳斯发现大多数金属在温度降到某一值时，都会出现电阻突然降为零的现象——超导现象。

1913年,美国物理学家密立根通过油滴实验精确测定了元电荷 e 的电荷量,从而获得诺贝尔奖。

19世纪,焦耳和楞次先后各自独立地发现了电流通过导体时产生热效应的规律,即焦耳定律。

1820年,丹麦物理学家奥斯特发现电流可以使周围的小磁针发生偏转,称为电流磁效应。

法国物理学家安培发现两根通有同向电流的平行导线相吸,通有反向电流的平行导线则相斥,并总结出安培定则(右手螺旋定则)判断电流与磁场的相互关系和左手定则判断通电导线在磁场中受到磁场力的方向。

荷兰物理学家洛伦兹提出了运动电荷产生磁场和磁场对运动电荷有作用力(洛伦兹力)的观点。

汤姆生的学生阿斯顿设计的质谱仪可用来测量带电粒子的质量和分析同位素。

1932年,美国物理学家劳伦兹发明了回旋加速器,从而能在实验室中产生大量的高能粒子。(最大动能仅取决于磁场和D形盒直径,带电粒子圆周运动周期与高频电源的周期相同。)

1831年,英国物理学家法拉第发现了由磁场产生电流的条件和规律——电磁感应定律。

1834年,俄国物理学家楞次发表确定感应电流方向的定律——楞次定律。

1835年,美国科学家亨利发现了自感现象(因电流变化而在电路本身引起感应电动势的现象),日光灯的工作原理即为其应用之一。

直至今日,电磁学已发展成为经典物理学中相当完善的一个分支,它可以来说明宏观领域内的各种电磁现象。一方面,物质的电结构是物质的基本组成形式(实物由分子、原子组成,而原子由带正电的原子核和带负电的电子组成);电磁场是物质世界的重要组成部分(除了实物之外,场是物质存在的形式);电磁作用是物质的基本相互作用之一(通常宏观范围内的各种接触力,如摩擦力、弹性力以及黏滞力等都是原子之间电磁作用的结果);电过程是自然界的基本过程。因此,电磁学渗透到物理学的各个领域,成为研究物理过程必不可少的基础;此外它也是研究化学和生物学某些基元过程的基础。另一方面,电磁学的日臻完善也促进了电技术的发展。电技术具有便于实现电与其他运动形式之间的转化,转化的效率高,传递迅速、准确,便于控制等优点。因此,电技术在能源的合理开发、输送和使用方面起着重要作用,它使人类可更广泛、更有效、更方便地利用一切可以利用的能源。电技术在实现机电控制和自动化,在信息的传递以及利用各种电效应实现非电量的电测方面也具有重要

意义。此外，在电子计算机的性能改进和广泛使用方面，电技术也起着重要作用。因此，电磁学也是技术学科的重要基础。迄今，无论人类生活、科学技术活动以及物质生产活动都离不开电。

在科学和技术的不断发展中，电磁学的应用必定会找到它更为广阔的前景，同时，它也必将更加丰富电磁学内容本身。

第9章

真空中的静电场

现代物理研究把自然界各种各样的物质形态划分为实物和场两大类。实物是我们日常生活中所熟知的物质形态，我们看得见也摸得着，而场我们单凭感觉是既看不到也摸不着的，但场是真实存在的，如引力场、电磁场、核力场等。场和一切实物一样，也具有能量、动量和质量等重要性质，但场又与其他实物不同，几个场可以同时占有同一空间，所以，场是一种特殊的物质形态。

实验表明，运动电荷会同时激发电场和磁场，这就揭示了电场和磁场具有相互关联的性质。而电荷量不变的电荷相对参考系静止时所激发的电场，我们称之为静电场。

本章只研究真空中静电场的基本性质。在本章中，我们将介绍电荷的概念及性质，以及它们相互作用的规律。由库仑定律出发，引入描述电场的基本概念——电场强度矢量；研究静电场的两条基本规律——高斯定理和环路定理；深入介绍应用高斯定理求解静电场的方法，即对称性分析，对称性分析已成为现代物理学一种基本的分析方法；并引入电势能和电势的概念。无论是概念的引入，或是定律的表述，或是分析方法的介绍，本章所涉及的内容，就思维方法来讲，对整个电磁学(甚至整个物理学)都具有典型的意义，希望读者细心、认真地学习体会。

9.1 电荷的量子化 电荷守恒定律

9.1.1 电荷的种类

电荷是古代对电的一种称呼，古代人们认为电是附着在物体上的，因而称其为“电荷”。物体能产生电磁现象，现在都归因于物体带上了电荷以及这些电荷的运动。

在很早的时候，人们就发现了用毛皮摩擦过的琥珀能够吸引羽毛、头发等轻小物体。后来又发现，摩擦后能吸引轻小物体的现象，并不是琥珀所独有

的,像玻璃棒、火漆棒、硬橡胶棒、硫黄块或水晶块等,用毛皮或丝绸摩擦后,也都能吸引轻小物体。

物体有了这种吸引轻小物体的性质,就说它带了电,或有了电荷。带电的物体叫**带电体**。使物体带电叫做**起电**。用摩擦方法使物体带电叫做**摩擦起电**。

实验指出,两根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒互相排斥;两根用丝绸摩擦过的玻璃棒也互相排斥;可是,用毛皮摩擦过的硬橡胶棒与用丝绸摩擦过的玻璃棒互相吸引,这表明硬橡胶棒上的电荷和玻璃棒上的电荷是不同的。实验证明,所有其他物体,无论用什么方法起电,所带的电荷或者与玻璃棒上的电荷相同,或者与硬橡胶棒上的电荷相同。所以,自然界中只存在两种电荷;而且,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。18世纪中期,美国科学家富兰克林首先用正电荷和负电荷来区分,规定:与用丝绸摩擦过的玻璃棒带的电相同的,叫做**正电**;与用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电相同的,叫做**负电**。

近代科学告诉我们:宏观物体都是由微观原子构成的。任何化学元素的原子,从微观看,都是由带正电的原子核和绕着原子核运动的带负电的电子所组成。通常情况下,原子核带的正电荷总数跟核外电子带的负电荷总数相等,原子对外不显电性,所以整个原子是呈电中性的。原子核里正电荷总数很难改变,而核外电子却能摆脱原子核的束缚,转移到其他物体上,从而使核外电子带的负电荷总数发生改变。那么,当物体失去电子时,它核外电子带的负电荷总数就要比原子核的正电荷总数少,对外就显示出带正电;相反,本来是电中性的物体,当得到电子时,它对外就显示出带负电。摩擦起电就是电子转移的一种现象:两个物体互相摩擦时,其中必定有一个物体失去一些电子,而另一个物体得到多余的电子。如用丝绸摩擦玻璃棒时,玻璃棒的一些电子转移到丝绸上,玻璃棒因失去电子而带正电,丝绸因得到电子而带等量负电。用毛皮摩擦橡胶棒,毛皮的一些电子转移到橡胶棒上,毛皮带正电,而橡胶棒带着等量的负电。

9.1.2 电荷的量子化

物体所带电荷的多少叫做**电荷量**,电荷量用符号 Q 或 q 表示。在国际单位制(SI)中,电荷量的单位是库仑,符号为C。库仑是一个导出单位,我们知道,单位时间内通过截面的电荷量就是电流,电流的单位为安培。若1s内流过某截面的电荷量为1C,则流过该截面的平均电流即为1A,因此库仑和安培的关系为 $1\text{ C}=1\text{ A}\cdot\text{s}$ 。

1833年,英国物理学家法拉第提出了两条电解定律。随着物质结构的原子学说的建立,人们由电解定律发现了一个惊人的结果:电荷存在最小单元。

人们把负电荷的最小单元叫做电子。

1897年,剑桥大学卡文迪许实验室的约瑟夫·汤姆生在研究阴极射线时发现了电子,并且测出了电子的荷质比(即电荷与质量的比值)。

1913年,密立根从实验中测出其电荷量大小为 $e = 1.602\,177\,33 \times 10^{-19} \text{ C}$,并且测出任何带电体所带有的电荷量都是电子电荷量绝对值 e 的整数倍。这种电荷量只能取分立的、不连续的量值的性质,称为电荷的量子化。

粒子物理理论认为,存在具有分数电荷的粒子——夸克,它们所带电荷的绝对值是 e 的 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{2}{3}$ 倍,但是实验尚未发现单独存在的夸克。即使发现了,也不过把基本元电荷的大小缩小到目前的 $\frac{1}{3}$,电荷的量子性依然不变。

由于电子电荷量是个非常小的数值,使得宏观电现象很难表现出电荷的量子化,因此我们在计算时经常把带电体上的电荷当做连续分布来处理,并认为电荷变化也是连续的。

9.1.3 电荷守恒定律

摩擦起电现象告诉我们,摩擦使物体带电的过程其实是使物体所带正、负电荷分离或转移的过程,在这种过程中,电荷并没有被消灭,也没有被创造,只是从一个物体转移到另外一个物体上,或从物体的一部分转移到另一部分,再结合其他起电实验,我们不难总结出以下的电荷守恒定律:对于一个系统,如果没有净电荷出入其边界,则说系统所具有的正、负电荷电荷量的代数和保持不变。电荷守恒定律同能量守恒定律、角动量守恒定律一样,是自然界的基本定律之一。

在 高能粒子相互作用的实验中,电子是可以产生或者消失的。例如,一对正负电子相遇,会同时消失产生光子:

$$e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$$

而一个高能光子和一个重核相互作用时,该光子就可以转化成一个正电子和一个负电子:

$$\gamma \rightarrow e^+ + e^-$$

但是在反应过程中,系统的正负电荷的代数和并没有发生改变,因此电荷守恒定律依然有效。

9.1.4 电荷的相对论不变性

实验证明,一个电荷的电荷量与它的运动状态无关。较为直接的实验例子

是比较氢分子和氦原子的电中性。氢分子和氦原子都有两个电子作为核外电子, 这些电子的运动状态相差不大。氢分子还有两个质子, 它们是作为两个原子核在保持相对距离约为 0.07 nm 的情况下转动的。氦原子中也有两个质子, 但它们组成一个原子核, 两个质子紧密地束缚在一起运动。氦原子中两个质子的能量比氢分子中两个质子的能量大得多(一百万倍的数量级), 因而两者的运动状态有显著的差别。如果电荷的电荷量与运动状态有关, 氢分子中质子的电荷量就应该和氦原子中质子的电荷量不同, 但两者的电子的电荷量是相同的, 因此, 两者就不可能都是电中性的。但是实验证实, 氢分子和氦原子都精确地是电中性的, 它们内部正、负电荷在数量上相对差异小于 $\frac{1}{10^{20}}$ 。这就说明, 质子的电荷量是与其运动状态无关的。

还有其他实验, 也证明电荷的电荷量与其运动状态无关。例如, 用加速器把带电粒子加速到接近光速时, 粒子的质量会变化, 但它们所带电荷的电荷量却没有任何改变。

所以, 电荷的电荷量与其运动状态是无关的, 在不同的参考系观察, 同一带电粒子的电荷量也是不变的。电荷的这个性质叫做**电荷的运动不变性**。

9.2 电场强度

9.2.1 点电荷

从 18 世纪开始, 不少人着手研究电荷之间的相互作用力的定量规律。首先是研究静止电荷之间的相互作用的理论, 叫**静电学**。

带电体之间存在力的相互作用, 我们把这种力称为**电场力**。实验发现, 真空中两个静止带电体之间的电性相互作用力, 不仅和两个带电体的电荷量、距离有关, 而且与它们的大小、形状以及电荷在带电体上的分布有关。当带电体的几何线度远小于带电体之间的距离时, 带电体的大小、形状以及电荷在带电体上的分布对它们之间的相互作用力的影响非常小, 可以忽略不计, 如果带电体的几何线度远小于它到其他带电体的距离时, 这种带电体可被看成**点电荷**。带电体被简化为点电荷后, 可以用一个几何点标志它的位置, 两个带电体之间的距离就是标志它们位置的两个几何点之间的距离。点电荷是电学中的一个重要的物理模型, 它类似于力学中的质点, 只是一个理想模型。至于带电体的几何线度比带电体之间的距离小多少才能把带电体当做点电荷, 要根据具体问题

要求的精确度来确定。

9.2.2 库仑定律及叠加原理

1784—1785 年间,法国物理学家库仑通过扭秤实验,总结出真空中两个静止点电荷间相互作用力的基本规律,即真空中的库仑定律,简称库仑定律。

库仑定律可以表述为:真空中的两个静止点电荷间的相互作用力,其方向沿两个点电荷的连线,同种电荷相斥,异种电荷相吸;其大小与两点电荷的电荷量乘积成正比,与它们之间距离的平方成反比。

库仑定律的矢量表示式为

$$\mathbf{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_{21} \quad (9-1)$$

其中, $\mathbf{F}_{21}$ 表示点电荷 q_2 对点电荷 q_1 的作用力, r 表示两个点电荷之间的距离, $\mathbf{e}_{21}$ 表示从电荷 q_2 指向电荷 q_1 的单位矢量, k 为比例系数。如图 9-1 所示。

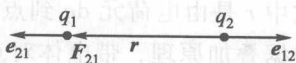


图 9-1 真空中两个静止点电荷之间的作用力

点电荷所带的电荷量 q_1 、 q_2 为标量,有大小和正负。当 q_1 和 q_2 同号时, $\mathbf{F}_{21}$ 与 $\mathbf{e}_{21}$ 同方向,表示电荷 q_1 受到 q_2 的排斥力作用。而当 q_1 和 q_2 异号时, $\mathbf{F}_{21}$ 与 $\mathbf{e}_{21}$ 反方向,表示电荷 q_1 受到 q_2 的吸引作用。

在 SI 中,当距离用 m、力用 N、电荷量用 C 作单位时,由实验测得的比例系数值为

$$k = 8.988\,0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

为了更方便地表达电磁学公式,人们引入另一个常量 ε_0 ,使 $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ 。这样,我们得到了库仑定律的常用形式

$$\mathbf{F}_{21} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \mathbf{e}_{21} \quad (9-2)$$

这里引入的 ε_0 称为真空介电常量(又称真空电容率),在 SI 中,它的数值和单位是

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.854\,1 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

(9-3)

库仑定律只适用于真空中两个点电荷之间的相互作用,而不能用于直接求解多个点电荷或连续带电体之间的相互作用力。

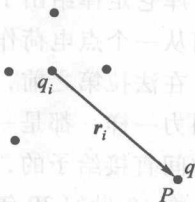


图 9-2 电场力叠加原理

如图9-2所示,当空间同时存在多个点电荷时,多个点电荷对点 P 处点电荷 q 作用总的电场力就等于其他点电荷单独存在时对它作用的电场力的矢量和。这就是**电场力叠加原理**。用公式表达为

$$\mathbf{F} = \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{qq_i}{r_i^2} \mathbf{e}_i \quad (9-4)$$

式中 r_i 和 $\mathbf{e}_i$ 表示第 i 个点电荷 q_i 到 q 的距离和单位矢量。

电荷连续分布的带电体对点电荷 q 的作用力也可根据库仑定律和叠加原理求解。把带电体分成无限多个电荷元 dq ,每个电荷元可以当成一个点电荷。电荷元 dq 与点电荷 q 之间的静电力 $d\mathbf{F}$ 遵守库仑定律:

$$d\mathbf{F} = \frac{qdq}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{e}_r \quad (9-5)$$

式中 r 是由电荷元 dq 到点电荷 q 的距离, $\mathbf{e}_r$ 是由 dq 指向 q 方向的单位矢量。根据叠加原理,带电体对点电荷 q 的作用力等于所有电荷元对 q 作用力的矢量和。因此,点电荷 q 受到的静电力为

$$\mathbf{F} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \mathbf{e}_r \quad (9-6)$$

式(9-6)的积分区间是整个带电体。

库仑定律和电场力叠加原理是电学的基本规律,原则上讲,我们可以用它解出任何带电体之间的相互作用力。例如,我们求两个连续带电体之间的作用力,若两个带电体不能被看作点电荷,我们就无法直接应用库仑定律式(9-2)来求解。但是,按照叠加原理,我们可以把连续带电体划分成许多带有电荷的小块,使每个小块都可以看作点电荷。按照库仑定律式(9-2)求出连续带电体上的每个点电荷对另一个带电体上每个点电荷的相互作用力,再根据电场力叠加原理式(9-4)求它们的矢量和,即可得两个连续带电体之间的相互作用力的电场力。

9.2.3 静电场

库仑定律给出了两个静止点电荷之间相互作用力的表达式,那么电场力是如何从一个点电荷作用到另一个点电荷上的呢?

在法拉第之前,人们认为两个电荷之间的相互作用力和两个质点之间的万有引力一样,都是一种超距作用。即一个电荷对另一个电荷的作用力是隔着一定空间直接给予的,不需要中间什么介质传递,也不需要时间。

在19世纪30年代,法拉第提出另一种观点,认为一个电荷周围存在着由它所产生的电场,另外的电荷受这一电荷的作用力就是通过这电场给予的。

近代物理学的理论和实验完全证实了场的观点的正确性。电场以及磁场已被证明是一种客观实在，它们运动(或传播)的速度是有限的，这个速度就是光速。电磁场与实物一样具有能量、质量和动量。场与实物是物质存在的两种不同形式。

尽管如此，在研究静止电荷的相互作用时，电场的引入可以认为只是描述电荷相互作用的一种方便方法。而在研究有关运动电荷，特别是其运动迅速改变的电荷的现象时，电磁场的实在性就凸显出来了。

产生电场的电荷称为源电荷。源电荷相对参考系静止时，产生的电场就称为静电场。

电场具有这样的性质，即处于电场中的任何带电体都将受到力的作用，而且带电体在电场中移动时，电场对带电体做功。

电场力有以下几个基本特性：

(1) 带电体之间相互作用的电场力远大于带电体间的万有引力，因此，除非特别说明，通常我们不考虑带电体间万有引力的相互作用。

(2) 电场力是一种长程力，相隔无限远的带电体之间仍存在电场力的相互作用。

(3) 电场力有引力、斥力两种基本形式，因此我们可对电场力进行屏蔽。

下面，我们来学习如何描述一个静电场。

9.2.4 电场强度

由于场是特殊物质，不能像一般实物一样直接看得见，摸得着，那我们要如何研究它的性质呢？我们说过，处于电场中的任何带电体都将受到力的作用。把一个小电荷放到由点电荷产生的电场中的不同点，分别去测小电荷在不同点受到的作用力。我们发现，小电荷在电场中的位置不同，它受到的电场力的大小和方向是不一样的。因此，小电荷所受的电场力可以用来显示电场的性质。那么，如果要描述任意一个带电体在真空中产生的静电场，我们可以用其他电荷在该电场中所受的作用力来定量描述。

引入一个试验点电荷 q_0 ，它的电荷量很小，不会影响周围空间的电场分布。将试验电荷置于一电荷产生的电场中，它将受到电场力的作用。实验表明， q_0 所受的电场力 F 与试验电荷 q_0 的大小和正负有关，但比值 F/q_0 与试验电荷无关，是一个能反应电场性质的物理量。

我们定义比值 F/q_0 为电场强度矢量，简称电场强度或场强，用符号 E 表示。电场中任一点的电场强度可表示为