

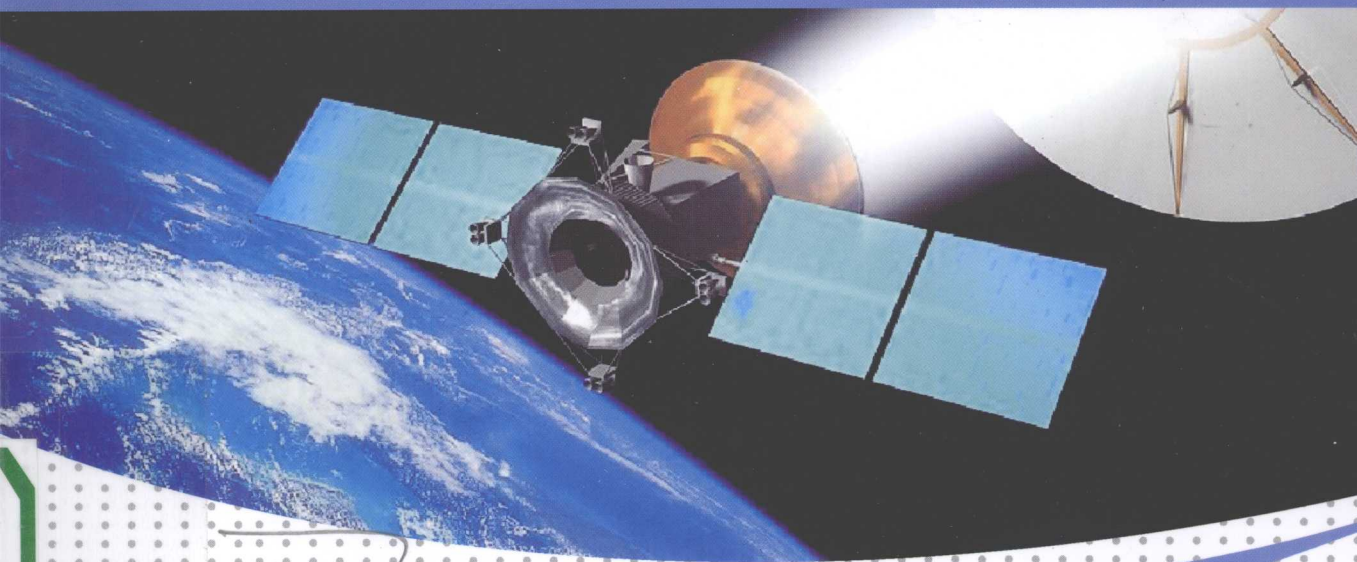


二十一世纪大学精品教材

大学物理教程

(下)

熊天信 蒋德琼 冯一兵 李敏惠 编著



科学出版社

04/484

:2

2012

大学物理教程(下)

熊天信 蒋德琼 编著
冯一兵 李敏惠

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

2012

ISBN 978-7-03-032833-4

物理学(CIP)目次

2012

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

北方工业大学图书馆



C00273398

物理学(CIP)目次

物理学(CIP)目次

科学出版社

北京

内 容 简 介

本教程分上、下两册,为使刚进入高等院校的学生更容易学习,适当地降低了难度,融入了社会生活、工程技术和现代科技中典型有趣的物理问题,并通过大量实例加以介绍.

本书为其下册,内容包括电磁学、波动光学和近代物理.

本书可作为各类高等院校理工科非物理学专业大学物理教程的教材或参考书,也可作为文科专业学生学习大学物理的参考书,还适合对物理学感兴趣的读者阅读.为使读者更好地学而知用,另配有与本书配套的《大学物理教程习题解答》.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程.下 /熊天信等编著.—北京:科学出版社, 2012.3

ISBN 978-7-03-032827-4

I.①大… II.①熊… III.①物理学-高等学校-教材 IV.①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 018823 号

责任编辑:张展罗莉 / 封面设计:陈思思

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年2月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年2月第一次印刷 印张:18.5

字数:445千字

定价:38.00元

目 录

第四篇 电磁学

第九章 真空中的静电场	3
第一节 电荷 库仑定律	3
一、电荷	3
二、库仑定律	4
知识拓展 我国古代对电现象的认识	7
第二节 电场强度 电场强度叠加原理	8
一、电场强度	8
二、电场强度叠加原理	9
三、场强的计算	9
四、电场线	14
第三节 高斯定理及其应用	16
一、任意矢量场的通量	16
二、电场强度通量	16
三、高斯定理	17
四、高斯定理的应用	18
第四节 静电场的环路定理 电势	21
一、静电场力做功与路径无关	21
二、静电场的环路定理	22
三、电势和电势差	23
四、电势的计算	24
第五节 电场强度与电势的微分关系	26
一、等势面	26
* 二、电场强度与电势的微分关系	27
习题	28

第十章 静电场中的导体和电介质	34
第一节 静电场中的导体	34
一、导体的静电平衡	34
二、孤立导体形状对电荷分布的影响	36
三、封闭金属壳内外的静电场	37
第二节 电容器及其电容	40
一、孤立导体的电容	40
二、电容器的电容	40
知识拓展 电容式传感器	43
三、电容器的连接	43
第三节 电介质及其极化	45
一、电介质的特点	45
二、电介质的极化	46
三、电极化强度	47
四、电极化强度与场强的关系	48
五、极化电荷与极化强度的关系	48
第四节 有介质时静电场的高斯定理	49
一、电介质中的场强	49
二、电位移矢量 有介质时静电场的高斯定理	50
三、有介质存在时高斯定理的应用	50
第五节 电场的能量	52
一、电容器储存的静电能	53
二、电场的能量	53
习题	54
第十一章 恒定电流的磁场	59
第一节 恒定电流	59
一、电流 电流密度	59
二、电流的连续性方程	61
知识拓展 我国古代对磁的认识	61
第二节 电源 电动势	62
一、非静电力	62
二、电源 电动势	62
第三节 磁场 磁感应强度	63
一、奥斯特实验	63
二、磁现象的本质	64
三、磁感应强度的定义	65
第四节 毕奥-萨伐尔定律及应用	66
一、毕奥-萨伐尔定律	66

二、毕奥-萨伐尔定律的应用	67
第五节 磁通量 磁场的高斯定理	70
一、磁感应线	70
二、磁场的高斯定理	71
第六节 安培环路定理及应用	72
一、安培环路定理	72
二、安培环路定理的应用	74
第七节 带电粒子在电磁场中的运动	77
一、带电粒子在电磁场中所受的力	77
二、带电粒子在匀强磁场中的运动	78
* 三、磁聚焦	78
* 四、霍耳效应	80
知识拓展 量子霍耳效应和分数霍耳效应	81
第八节 磁场对载流导线的作用	82
一、安培力	82
二、磁场对载流线圈的作用	83
知识拓展 安培力清除太空垃圾的设想	86
第九节 磁介质的磁化	87
一、磁介质的分类	87
二、顺磁质和抗磁质的磁化	87
三、磁化强度	88
四、磁化电流	89
五、磁介质中的安培环路定理 磁场强度	90
* 六、铁磁质	93
习题	96
第十二章 电磁感应及电磁场基本方程	102
第一节 电磁感应的基本定律	102
一、电磁感应现象	102
二、楞次定律	104
三、法拉第电磁感应定律	104
第二节 动生电动势	107
一、动生电动势的形成	107
二、动生电动势的计算	108
三、交流发电机	109
第三节 感生电动势和感生电场	110
一、感生电动势 感生电场	110
* 二、电子感应加速器的基本原理	111
* 三、涡电流	113

50 知识拓展 电磁炮	114
0 第四节 自感和互感	115
07 一、自感电动势 自感	115
17 二、互感电动势 互感	117
8 第五节 磁场的能量	119
88 一、通电电感器的磁能	119
45 二、磁场的能量	120
7 第六节 位移电流 麦克斯韦方程组的积分形式	121
78 一、位移电流	121
85 二、电磁场 麦克斯韦方程组的积分形式	123
87 习题	125
 第五篇 波动光学 	
第十三章 光的干涉	133
8 第一节 光波 单色光的相干性	133
08 一、光波	133
78 二、单色光	134
78 三、光的相干性	134
78 四、光波的干涉	135
84 知识拓展 中国古代对光的认识	137
0 第二节 分波面干涉	138
00 一、相干光的获取方法	138
80 二、杨氏双缝干涉	139
80 三、其他分波面干涉装置	142
80 第三节 分振幅干涉	143
201 一、等倾干涉	144
801 二、增透膜和增反膜	146
401 三、等厚干涉	147
101 第四节 迈克耳孙干涉仪	151
701 习题	153
第十四章 光的衍射	155
80 第一节 惠更斯—菲涅耳原理	155
001 一、光的衍射现象	155
011 二、惠更斯—菲涅耳原理	156
01 第二节 夫琅禾费单缝衍射	157
111 一、实验装置和现象	157
811 二、夫琅禾费单缝衍射的光强	158

三、衍射图样的特点分析	159
第三节 夫琅禾费圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	161
一、夫琅禾费圆孔衍射	161
二、光学仪器的分辨率	161
第四节 光栅衍射及光栅光谱	164
一、光栅衍射现象	164
二、光栅的衍射规律	165
三、光栅光谱	166
* 第五节 X射线的衍射	167
一、X射线	167
二、X射线的衍射	168
习题	171
第十五章 光的偏振	174
第一节 光的偏振性 马吕斯定律	174
一、自然光	175
二、偏振光	175
三、马吕斯定律	176
四、偏振的应用	178
第二节 布儒斯特定律	180
一、反射光和折射光的偏振	180
二、布儒斯特定律	180
第三节 光的双折射现象	182
一、晶体的双折射	182
二、晶体的主折射率, 正晶体、负晶体	182
三、晶体偏振器件	183
四、偏振光的干涉	184
第四节 旋光现象	185
知识拓展 光计算机	186
习题	187

第六篇 近代物理基础

第十六章 相对论基础	191
第一节 狭义相对论产生的历史背景和实验基础	191
一、历史背景	191
二、迈克耳孙—莫雷实验	192
第二节 狭义相对论的基本假设与洛伦兹变换	193
一、狭义相对论的两个基本假设	193

二、洛伦兹变换	194
第三节 狭义相对论的时空观	196
一、相对论时空理论不破坏因果律	196
二、同时的相对性	197
三、长度收缩	198
四、时间膨胀	200
第四节 狭义相对论速度变换	201
第五节 狭义相对论动力学基础	202
一、质量与速度的关系	202
二、相对论质点动力学方程	203
三、质能关系	204
四、能量和动量关系	205
*第六节 广义相对论简介	206
一、广义相对论的两个基本原理	206
二、惯性质量和引力质量	206
三、惯性力与引力的等效	207
四、广义相对论的实验检验	208
习题	210
第十七章 量子物理基础	213
第一节 黑体辐射 普朗克能量量子假设	213
一、黑体辐射	213
二、普朗克量子假设	215
第二节 光电效应 爱因斯坦光子理论	216
一、光电效应及其实验规律	216
二、光电效应与经典波动理论的矛盾	217
三、爱因斯坦光子理论	218
四、光的波粒二象性	219
第三节 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	220
一、氢原子光谱的实验规律	220
二、里兹合并原则	221
三、原子核式结构及困难	221
四、玻尔理论的基本假设	222
五、氢及类氢离子的玻尔理论	222
六、玻尔理论的局限性	224
第四节 实物粒子的波粒二象性 不确定关系	226
一、实物粒子的波粒二象性	226
二、不确定性原理	227
第五节 波函数 薛定谔方程	229

一、波函数及其物理意义	229
二、薛定谔方程	230
第六节 氢原子的量子力学描述	232
一、氢原子的定态薛定谔方程	232
二、氢原子的量子力学处理结果	233
习题	236
* 第十八章 物理学进展与应用	238
第一节 混沌现象	238
一、决定论的可预测性	238
二、决定论的不可预测性	238
三、混沌及其应用	240
第二节 耗散结构	240
一、宇宙正在走向死亡吗	240
二、生命过程的自组织现象	241
三、无生命世界的自组织现象	242
四、开放系统的熵变	243
五、偏离平衡的系统	244
六、远离平衡的系统	245
七、从涨落到有序	246
第三节 磁光效应和磁光盘	247
一、法拉第磁光效应	247
二、塞曼效应	248
三、克尔磁光效应和磁光盘	250
第四节 左手介质	251
一、左手介质的理论基础	251
二、左手介质的人工实现和实验验证	252
三、左手介质的奇异特性	253
四、左手介质的应用前景	253
第五节 扫描隧道显微镜与量子围栏	254
一、扫描隧道显微镜	254
二、扫描隧道显微镜的工作原理	254
三、量子围栏	255
第六节 激光冷却与捕陷原子	256
第七节 玻色-爱因斯坦凝聚	258
一、玻色-爱因斯坦凝聚的由来	258
二、玻色-爱因斯坦凝聚的形成条件	259
三、实现玻色-爱因斯坦凝聚的探索	260
四、前景展望	260

第八节 近代物理学与现代医学	261
一、生物力学在医学中的应用	261
二、热学在医学中的应用	262
三、光学在医学中的应用	262
四、射线与放射性核素在医学中的应用	263
五、电磁学在医学中的应用	264
六、声学在医学中的应用	265
七、纳米技术在医学中的应用	265
第九节 物质构成之迷——基本粒子的新发现	266
一、介子与核力	267
二、反粒子的发现	268
三、强子分类的“八重法”	268
四、新颖的夸克模型	270
五、顶夸克的发现	272
六、夸克的味和色	273
参考答案	277

第四篇 电 磁 学

电磁学是研究电磁现象的规律的科学。人类对电磁现象的接触和认识是非常早的。最初人们认为电现象和磁现象是互不相关的，直到1820年奥斯特发现了电流对磁针的作用，安培发现了磁铁对电流的作用，才开始认识到电现象和磁现象的联系。1831年法拉第发现了电磁感应定律，使人们对电现象和磁现象的关系有了更为深刻的认识。法拉第还提出电场和磁场的观点，并认为电力和磁力都是通过场传递的。麦克斯韦在前人成就的基础上，于1865年建立了系统的电磁场理论，他指出交变的电磁场以波的形式在空间传播形成电磁波，并指出光是一种电磁波，使光学成为电磁场理论的组成部分。

本篇主要介绍电场和磁场的一些基本特性，以及电场和磁场对宏观物体（实物）的作用和三者之间的相互影响，以便读者对电磁场的物质性和电磁场的规律有比较深刻的认识。



第九章 真空中的静电场

相对于观察者(惯性系)为静止的电荷所激发的电场称为静电场(electrostatics)。通过本章的学习,要求理解和掌握静电场的基本性质,并能针对不同的带电系统对描述电场的两个重要物理量——电场强度和电势进行计算。

第一节 电荷 库仑定律

一、电 荷

1. 电荷是物质的一种基本属性

我们知道,用丝绸或毛皮摩擦过的玻璃棒、硬橡胶棒、石英等都能吸附轻小物体,这表明它们在摩擦后进入一种特别的状态。我们把处于这种状态的物体叫做带电体,并说它们带有电荷。

大量实验表明,自然界中的电荷只有两种。美国科学家富兰克林(B. Franklin, 1706~1790)首次把用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷命名为正电荷(positive charge),用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷命名为负电荷(negative charge)。

物体经过摩擦后为什么会带电呢?这可根据物质的电结构理论进行解释。我们知道,物质由原子、分子组成;原子由带正电的原子核和绕核运动的带负电的电子组成;原子核又由带正电的质子和不带电的中子组成。任一原子的质子数和核外电子数相等,正因如此,在通常情况下,整个原子是电中性的。物体带电的根本原因,就是组成物体的原子分子中,存在着带负电的电子和带正电的质子。当物体在某种外因作用下,比如摩擦,使得物体或物体的一部分上的电子数多于质子数,这时物体带负电,反之,物体带正电。

物质的不同电结构将呈现不同的导电性能,而根据导电性能的不同可把物体分成导体、半导体和绝缘体三种,第十章将对导体和绝缘体(电介质)进行较深入的讨论。

这里要注意几个概念的区别和联系:

带电体:是处于带电状态的物体;电荷:是指带电体的一种属性,(是一个和质量相当的物理量);电量:是电荷的定量测度,正电荷的电量以正值表示,负电荷的电量以负值表示。

2. 电荷的基本性质

(1) 对偶性

自然界中只有两种电荷(正电荷和负电荷),它是物质对称性的一种表现形式。

(2) 量子性

一切物体所带的电荷都是分立的,是以一个一个不连续的量值出现的,这种现象叫做电荷的量子化。无论是微观带电粒子,还是宏观带电物体,所带电荷都是基元电荷的整数倍。基元电荷也叫电荷量子,它就是一个电子所带的电荷,用 e 表示,且 $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ 。

应注意:基元电荷太小,宏观带电物体所带基元电荷的数目非常巨大,因此,电荷的量子化表现不出来。所以,在经典电磁学范围内,不考虑电荷的量子化,而把宏观带电物体所带电荷视为连续分布。

关于基元电荷,也有人认为基元电荷比电子电荷还小,即具有分数电荷存在,比如,1964年,美国物理学家马雷·盖尔曼(M. Gell-Mann, 1929~)提出了夸克模型,认为其带电量为 $\pm \frac{1}{3}e$ 或 $\pm \frac{2}{3}e$; 1977年,美国物理学家费尔班克(W. M. Fairbank, 1917~1989)等人说他们测到了 $\pm \frac{1}{3}e$ 电荷,但实验不具重复性;1966年,我国理论物理工作者提出“层子”模型,认为基本粒子由“层子”构成,带电荷 $\pm \frac{1}{3}e$, $\pm \frac{2}{3}e$ 。但至今单独存在的夸克或“层子”尚未在实验中发现。即使发现了,也不过是把基元电荷的大小缩小到目前的1/3,而电荷的量子性依然存在。

(3) 电荷之间有相互作用

同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。当异种电荷在一起时,它们的效应有互相抵消的作用。正负电荷完全抵消的状态叫中和。

(4) 电荷守恒定律

电荷既不能产生,也不能消失,只是由一个物体转移到另一个物体,或者从物体的这一部分转移到另一部分。或表述为:在一个与外界没有电荷交换的系统内,正负电荷的代数和在任何物理过程中始终保持不变,这就是电荷守恒定律。如摩擦起电是电荷从一个物体转移到另一个物体;感应起电(静电感应)是将中性物体上的正、负电荷分开。

(5) 电荷的运动不变性

大量实验表明,电荷的电量与其运动状态无关,具有相对论不变性。例如加速器对电子或质子加速时,随着粒子速度的变化,它们的质量会有明显变化,但其电量没有任何变化的痕迹。

二、库仑定律

前面提到,电荷之间有相互作用,那么这种相互作用服从什么样的规律呢?我们说这种相互作用可用库仑定律来描述。在讨论库仑定律的具体形式之前,引入一个物理模型——点电荷模型。

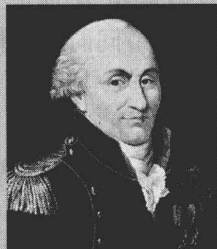
物理学家小传

库 仑

查利·奥古斯丁·库仑(Charlse-Augustin de Coulomb 1736 ~ 1806), 法国工程师、物理学家。1736年6月14日生于法国昂古莱姆。1806年8月23日在巴黎逝世。

1785~1789年, 库仑通过精密的实验对电荷间的作用力作了一系列的研究, 连续在皇家科学院备忘录中发表了很多相关的文章。

1785年, 库仑用自己发明的扭秤帮助他建立了静电学中著名的库仑定律。同年, 他在给法国科学院的《电力定律》的论文中详细地介绍了他的实验装置、测试经过和实验结果。



库仑肖像

1. 点电荷模型

在研究力学问题时引入了质点模型, 有了质点模型后许多力学问题就变得容易解决。在研究电学问题时, 引入“点电荷”(point charge)模型。“点电荷”实际上是一个带电体, 当带电体的线度比带电体之间的距离小得多时, 它们之间的静电力基本上只取决于它们的电量和距离, 而与其他因素无关, 满足这个条件的带电体叫做点带电体或点电荷。带电体能否被看作点电荷, 不仅取决于本身的大小, 而且取决于它们之间的距离。究竟带电体的线度比距离小多少才能被看作点电荷, 却没有一个绝对的标准, 取决于讨论问题时所要求的精确程度。带电体一旦被看作点电荷, 就可用一个几何点标志它的位置, 两个点电荷的距离就是标志它们的位置的两个几何点之间的距离。

2. 库仑定律

真空中两个静止的点电荷间的静电力服从的规律叫库仑定律, 它是1785年库仑在前人实验及理论研究的指导下, 通过精确的扭秤实验测量总结出来的; 是电学历史上第一个定量地描述电荷相互作用的定律, 是静电学的基础, 也是整个经典电磁理论的基础, 所以用他的名字命名为库仑定律。

库仑定律具体内容: 真空中两个静止点电荷间的静电力大小相等而方向相反, 并且沿着它们的连线; 同号电荷相斥, 异号电荷相吸; 静电力的大小与两个点电荷的电量 q_1 和 q_2 的乘积成正比, 与它们之间距离 r 的平方成反比, 数学表述为

$$\mathbf{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_{r12} \quad [9-1(a)]$$

其中 k 是比例常数, 依赖于式中各量单位的选取。 $\mathbf{F}_{12}$ 表示点电荷1对点电荷2的作用力, 作用在点电荷2上; $\mathbf{e}_{r12}$ 表示由点电荷1指向点电荷2的单位矢(图9-1)。

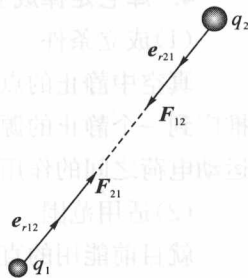


图9-1 库仑力

$$\mathbf{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_{r21} \quad [9-1(b)]$$

$\mathbf{F}_{21}$ 表示点电荷 2 对点电荷 1 的作用力, 作用在点电荷 1 上; $\mathbf{e}_{r21}$ 表示由点电荷 2 指向点电荷 1 的单位矢(图 9-1). 显然 $\mathbf{e}_{r12} = -\mathbf{e}_{r21}$.

只要将 q_1 和 q_2 理解为可正可负的代数量, 则(9-1)式可以同时反映静电力的大小和方向. 例如 q_1 、 q_2 同号, $q_1 q_2 > 0$, 则 $\mathbf{F}_{12}$ 与 $\mathbf{e}_{r12}$ 同向, 为排斥力, 如图 9-2; q_1 、 q_2 异号, $q_1 q_2 < 0$, 则 $\mathbf{F}_{12}$ 与 $\mathbf{e}_{r12}$ 反向, 为吸引力, 如图 9-1.

在国际单位制中, 距离以“m”为单位, 电荷量以“C”为单位, 以实验为基础测得

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

在有理制中引入新的恒量 ϵ_0 来代替 k , 表示为

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

其中 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$, ϵ_0 称为真空电容率(permittivity), 也称真空中的介电常数, 其含义见第十章. 因此库仑定律表述为

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_{r21}$$

在应用过程中, 通常去掉下标而将上式写为

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

3. 力的叠加原理

当空间有两个以上的点电荷时, 作用于每一个电荷上的总静电力等于其他点电荷单独存在时作用于该电荷的静电力的矢量和, 这就叫做力的叠加原理(superposition principle).

叠加原理说明, 一个点电荷作用于另一点电荷的力, 总是服从库仑定律的, 不论其周围是否存在其他电荷. 而任何宏观带电体都可以分成无限多个带电元, 将这些带电元视为点电荷, 利用库仑定律和力的叠加原理, 原则上可以解决静电学的全部问题.

4. 库仑定律成立的条件和适用范围

(1) 成立条件

真空中静止的点电荷. 所谓静止, 是指在惯性系中相对于观察者的速度为零. 可以推广到一个静止的源电荷对运动电荷的作用, 但不能推广到运动的源电荷对静止电荷或运动电荷之间的作用.

(2) 适用范围

就目前能用的直接实验证明而言, 有两个区域库仑定律可能失效: 一个是距离小于 10^{-14} cm 的极小范围, 比如原子核中核子间的相互作用范围; 另一个是非常大的距离范围, 比如天文学上的距离. 大量实验表明, 库仑定律在 $10^{-13} \sim 10^9 \text{ cm}$ 的巨大范围内是可靠的.

5. 库仑定律和万有引力定律的主要异同

(1) 相同点

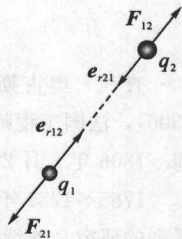


图 9-2 同号电荷之间的作用力