

普通物理学

(修訂本)

第二卷 第一分册

C. Э. 福里斯 A. B. 季莫列娃 著

梁宝洪 译

高等教育出版社

普 通 物 理 学

(修 訂 本)

第二卷 第一分册

C. Д. 福 里 斯 A. B. 季莫列娃 著

梁 宝 洪 译

高 等 教 育 出 版 社

本书原由梁宝洪同志根据苏联国立技术理论书籍出版社(Гостехиздат)出版的福里斯(С. Э. Фриш)和季莫列娃(А. В. Тиморева)合著“普通物理学”(Курс общей Физики)第二卷 1953 年第五版译出。现在由雷祖猷同志根据苏联国立数理书籍出版社(Физматгиз) 1961 年出版的该书第八版在原译本基础上进行了全面的修订。〔原书新版较旧版作了较大改变。〕

这部普通物理学共分三卷,第二卷的中译本分成两分册出版。第一分册的内容为静电学和直流。

本书可作为综合大学及高等师范学校物理各专业“普通物理学”电学部分的教学参考书,也可供各高等院校其他专业的师生参考。

普 通 物 理 学

第二卷 第一分册

(修订本)

(苏) С. Э. 福里斯 А. В. 季莫列娃著

梁宝洪译

北京市书刊出版业营业许可証出字第 119 号

高等教育出版社出版(北京景山东街)

中华书局上海印刷厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 K13010 · 1173 开本 850×1168 1/32 印张 9 3/16

字数 218,000 印数 0,001—3,500 定价(5) ¥ 0.90

1958 年 5 月合订本第 1 版(共印 102000)

1965 年 1 月第 1 版 1965 年 1 月上海第 1 次印刷

第二卷第一分册目录

第四篇 静电学

第十四章 基本静电现象1

- § 120. 引言1
- § 121. 电荷3
- § 122. 导体和绝缘体7
- § 123. 静电场。库仑定律9
- § 124. 静电场的强度13
- § 125. 电力线19
- § 126. 电场强度通量。奥斯特罗
格拉德斯基-高斯定理20
- § 127. 奥-高定理的更严格推导25
- § 128. 奥-高定理的应用27
- § 129. 静电场的力所作的功。电
位34
- § 130. 等位面40
- § 131. 静电场强度与电位之间的
关系42
- § 132. 电场强度、电位和体电荷
密度之间的关系46
- § 133. 静电场中的导体48
- § 134. 导体表面附近的电场强度51
- § 135. 外电场中的电偶极子54
- § 136. 导体的电容57
- § 137. 电荷系的能量61
- § 138. 静电场的能量67

第十五章 电介质中的静电现

象71

- § 139. 电介质。介电常数71
- § 140. 有电介质时电容器的能
量。电介质中的电场能量74

- § 141. 电介质的极化。极化矢量76
- § 142. 电介质内部的电场强度80
- § 143. 有电介质存在时作用在带
电体上的力84
- § 144. 电位移矢量91
- § 145. 矢量 E 和 D 的物理意义98
- § 146. 有极电介质。分子偶极矩
的决定101
- § 147. 晶体的介电性质。压电现
象105
- § 148. 电容器107
- § 149. 各种类型的电容器110
- § 150. 电位差的量度114
- § 151. 非常小的电荷的测定。电
子的电荷119
- § 152. 静电场的本性124

第五篇 直流

第十六章 直流的基本定律127

- § 153. 直流。欧姆定律127
- § 154. 导体的电阻129
- § 155. 电流密度矢量133
- § 156. 电荷守恒定律。稳定电流
的闭合性136
- § 157. 楞次-焦耳定律139
- § 158. 电流强度和电位差的测定
.....144
- § 159. 电阻及其测定148
- § 160. 导体中的自由电子。经典
概念151
- § 161. 从经典电子论观点研究欧

姆定律和楞次-焦耳定律.....155	§ 176. 电解分离.....225
§ 162. 金属的导电性与导热性之 間的关系.....160	§ 177. 溶液中离子的能量.....228
§ 163. 金属导电性的量子理論.....162	§ 178. 电解导电性的理論.....231
§ 164. 闭合的直流电路.....166	§ 179. 电极的极化.....236
§ 165. 直流电路中放出的能量.....173	§ 180. 电解的技术应用.....240
§ 166. 关于非均匀电路的欧姆定 律. 基尔霍夫定律.....175	§ 181. 固体的电解导电性.....243
§ 167. 应用基尔霍夫方程解各种 問題.....180	§ 182. 气体中的电流.....245
§ 168. 接触电位差.....188	§ 183. 气体受激导电的理論.....248
§ 169. 伽伐尼电池.....196	§ 184. 气体离子的复合系数与迁 移率的实验测定.....254
§ 170. 温差电现象.....199	§ 185. 电子流通过真空.....262
§ 171. 半导体, 导体和电介质.....204	§ 186. 鲍古斯拉夫斯基-朗缪尔 公式的推导. 电流强度的 起伏.....266
§ 172. 灼热导体的电子发射.....208	§ 187. 气体中电子的平均自由程270
§ 173. 热电子发射理論.....215	§ 188. 电子与原子和分子之間的 碰撞.....274
第十七章 电解质与气体中的 电流.....219	§ 189. 低压气体中电子的迁移率280
§ 174. 电解导电性.....219	§ 190. 气体的自激导电.....284
§ 175. 法拉第定律.....222	

第四篇 靜电学

第十四章 基本靜电現象

§ 120. 引言 紀元前七世紀的時候，希臘哲學家撒勒斯 (Thales) 曾敘述過織工們所觀察到的一種現象，就是用毛織物摩擦過的琥珀能夠吸引某些輕的物體。兩千多年之後，即在 1600 年，英國醫生吉伯特 (William Gilbert) 才把這一發現擴大，他發現玻璃以及許多其他物質同絲絹摩擦之後，也能得到類似的性質。在這種狀態中的物體，叫作帶電體，或者按字面來說，叫作“琥珀化的”物體，因為按希臘文，“ $\etaλεκτρον$ ”的意思就是琥珀。

在以後差不多二百年里 (到十八世紀末) 對物體帶電的研究發展得很慢，而且基本上是脫離對其他自然現象的研究而孤立地進行的。當時主要只限於利用摩擦使物體處於帶電狀態，並且只研究帶電體間的相互作用力。這一部分關於電的學問後來叫作靜電學。

伽伐尼 (Galvani) 於 1789 年發現了電流的生理作用。他用銅鉤子鉤住新解剖的青蛙的腰神經，把它掛在陽台的鐵欄杆上，這時他注意到，每當欄杆和蛙的筋肉接觸一次，筋肉就收縮一下。那時雖然已經知道，當帶電體通過筋肉放電的時候，筋肉就發生收縮，但是在很長一個時期里卻未能發現各種電現象的統一性，因而通常把“伽伐尼電”跟摩擦產生的電區別開來。直到十九世紀初，才陸續出現了一些重大的發現：研究了電流發生的條件，發現了電流的热效應和磁效應，說明了電介質的作用等等；這些發現說明了電現象是極其多種多樣的。十九世紀下半期，這是標幟着電學進一

步蓬勃发展的时期。经过法拉第和麦克斯韦的研究，确立了电磁现象的统一性，发现了电磁波，从而创立了光的电磁理论。

电学的发展有极重大的原则性意义：一方面，它使得把电现象归之于机械现象显然成为不可能，另一方面，它又表明了电现象同一切其他物理过程之间有深刻的相互联系。所以电学对于由机械唯物主义过渡到辩证唯物主义起了促进作用。最后，重要性并不稍逊的还有电现象的各种应用。

在电学的发展中，俄国学者曾起过杰出的作用。在十八世纪中期，М. В. 罗蒙诺索夫在和 Г. В. 里赫曼 (Рихман) 共同研究雷雨现象后得出结论：空气之所以带电是由于上升气流之间的摩擦作用。罗蒙诺索夫于 1753 年发表了当时的先进思想：电是以太微粒的很迅速的转动。在同一年里，彼得堡科学院向全世界悬赏征文，题目是“论电力的性质”。1755 年，Л. 欧勒的论文得到了奖金，他在这论文里用以太中的张力来解释带电体间的相互作用。彼得堡科学院院士埃皮努斯 (Эпинус) 引入了在当时是很有名的一种“电液”学说，并最先发展了电现象和磁现象的数学理论。在 1803 年，В. В. 彼得罗夫 (Петров) 发现了电弧，并且指出了它有实际应用的可能。他也是液体中由于通过电流而发生电离现象的最早研究者之一。在十九世纪三十和四十年代，彼得堡科学院院士兼彼得堡大学教授 Э. Х. 楞次 (Ленц) 发现了确定感应电流方向和电流的热效应等最重要的定律。在十九世纪下半期，А. Г. 斯托列托夫 (Столетов) 提出了研究铁的磁性的方法，并且发现了光电现象。1895 年 А. С. 波波夫 (Попов) 发明了无线电报，而不到几年之后，П. Н. 列别杰夫 (Лебедев) 就得到了毫米电磁波。在二十世纪初，莫斯科大学教授 А. А. 埃欣瓦利德 (Эйхенвальд) 用实验证明了运动着的电荷和电流一样，也能产生磁场。苏联科学家在电学的各个领域中都得到了很大的成就。

俄国发明家在电工学的发展中起过重大的作用。B. C. 亚科比(Якоби)最先制成了电动机,并且用它来开动車船;他还发现了电解的实际应用(电镀)。П. Н. 亚勃洛奇科夫(Яблочков)发明了第一个实际适用于照明的电弧, А. Н. 洛德金(Лодыгин)发明了白熾灯。П. Н. 亚勃洛奇科夫又和 И. Ф. 烏薩金(Усагин)首先把变压器付诸实用,而 М. О. 多利沃·多勃罗沃利斯基(Долливо-Добровольский)则把三相电流应用到实际中去。Н. Г. 斯拉夫揚諾夫(Славянов)和 Н. Н. 別納尔多斯(Бенардос)发明了电焊。

现代电工学在工业上所占的重要位置,也就决定了电工学在苏联所起的巨大作用。列宁在他的名言中曾强调过电工学的意义:“共产主义就是苏維埃政权加全国电气化”。偉大的十月社会主义革命給科学和技术的发展創造了非常有利的条件,使我們国家的电气化以空前的速度进行着,而且使我們在电学方面和电現象的实际应用方面获得了新的杰出的成就。新水电站的建設计划规定要大規模地应用水力资源以获得廉价的电能,并要把它应用到国民經济的一切部門中去。

§ 121. 电荷 根据电学发展的历史进程,我們从带电状态的特性和带电体之間相互作用的定律开始讲述。我們已經指出,电学的这一部分叫作靜电学。十八世紀初叶所作的实验就已表明,带电状态有两种,而且也只有两种:一种和用毛皮摩擦过的玻璃的带电性质相同(叫作正的),另一种和擦过玻璃的毛皮的带电性质相同(叫作負的)。带同号电(例如都带正电)的物体互相排斥;带异号电的物体則互相吸引。物体相接触时,带电状态能够从一些物体傳遞到另一些物体上去。

处于带电状态的物体就說它具有电荷,电荷用作物体带电的量度。下面还将給电荷概念下定义。

在自然界中存在着能自由傳遞带电状态的物体,即所謂导体;

也存在着不能傳遞帶電狀態的物體，即絕緣體。

由各帶電體之間的相互作用力能夠確定帶電的程度。例如，要想定性地確定帶電的程度，可用兩個系在長綫上的輕小球(圖1)；當兩小球帶同種電時，它們之間發生排斥力，因此它們互相分開；小球帶電愈強，則分開愈甚。實際使用的是一種特制的儀器——驗電器，其中的一種如圖2所示。

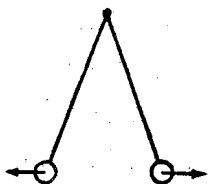


圖1. 帶電小球的相互作用。

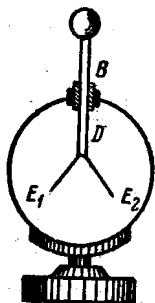


圖2. 箔驗電器。

圖2所繪的驗電器，其構造如下：把兩片薄鋁箔 E_1 和 E_2 固定在金屬杆 D 的下端；用硬橡皮塞 B 把帶箔的金屬杆裝在一個金屬盒子里^①，盒上有一小玻璃窗，以備觀察金屬箔之用。如果使一帶電體和金屬杆 D 接觸而把電荷傳給它，則兩箔帶電，互相排斥而分開。由兩箔分開的遠近即可判斷其帶電程度。

為了更準確地定量測定帶電的程度，驗電器必須備有刻度。這樣的儀器叫做“靜電指示器”，或靜電計，是1745年 $\Gamma \cdot B \cdot$ 里赫曼在同 $M. B.$ 羅蒙諾索夫一道觀察响雷放電中發生的帶電現象時首次制成的。圖3是 $\Gamma. B.$ 里赫曼的“靜電指示器”簡圖，圖中 g 表示一鉛直挂起的金屬直尺。絲綫 f 的一端固定在直尺上。絲綫帶電時就離開直尺，其偏轉的程度可以從木制弧尺 ab 上的分度來

^① 下面 (§133) 將說明這個盒子的作用。

确定。

按照里赫曼的简图制成的现代静电计如图 4 所示。如果使杆 D 带电, 铝箔 E 就离开固定的杆 D ; 箔偏转的大小, 与带电的程度有关, 可以根据标尺求出。

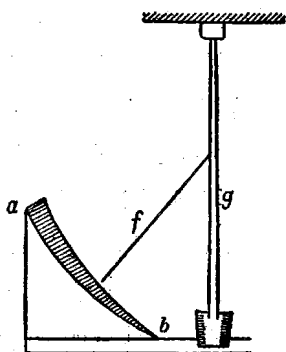


图 3. Г. Б. 里赫曼的静电指示器。

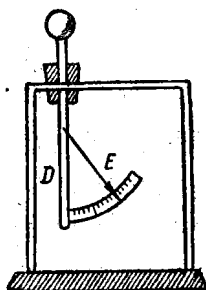


图 4. 静电计。

下述的重要现象能够帮助我们理解物体的带电过程: 如果开始给一个比如说带正电的物体充负电, 则这物体的带电状态起初变弱, 以后完全消失, 且只有在这以后, 该物体才开始带负电。由此可知, 异号电荷是互相抵消的。由这一事实引出一个假说: 在不带电的物体中, 也存在两种符号相反的电荷, 并且这两种电荷的数量是这样的恰好使它们的作用完全互相抵消。含有过多的正电荷的物体是带正电的。含有过多的负电荷的物体是带负电的。以摩擦使物体带电时, 两物体都带电, 而且总是一个带正电, 一个带负电。我们由此得到结论: 电荷既不能被创造, 也不能被消灭, 只能从一个物体转移到另一个物体, 或者在同一个物体内部移动。这个原理叫做电荷守恒定律, 是电学的基本定律, 已经为许多事实所证实, 其中之一就是埃皮努司所发现的感应带电。

感应带电现象如下所述: 如果将带电体 A (图 5a) 移近一个绝缘的导体 B , 则在导体 B 上将有电荷出现, 靠近 A 的一端出现符号

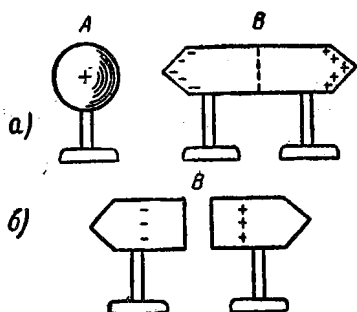


图 5. 感应带电。

相反的电荷,而在较远的一端,电荷符号则与物体 A 的相同。如果将带电体 A 移去,则导体 B 上的电荷将会消失。但是,如果在带电体 A 移去之前把导体 B 分为两部分(图 56),则在带电体 A 移去之后,这两部分上面的电荷却还保留着。如果假定导体 B 中总存在

有两种符号的电荷:正电荷和负电荷,并且假定这些电荷(或者至少是一种符号的电荷)可以在导体内自由移动,那就能够直接解释上述实验。当我们把带正电的物体 A 移近导体 B 时,存在于导体 B 内的负电荷被吸引,而正电荷被排斥,因此,导体 B 的两端即带上符号不同的电荷。如果把带电体 A 移去,则施于导体 B 内的电荷的作用停止,电荷“混合”起来,因而整个导体 B 的各部分又变为中性的。但是,如果当带电体 A 还在导体 B 近旁时,就把导体 B 分成了两部分,则当带电体 A 移去之后,导体 B 内的电荷无法“混合”,因而导体 B 所分成的两部分都仍然带电。如果使导体 B 所分成的两部分接触,就很易证实保留在这两部分上的电荷是等量的,因为接触以后,物体 B 变为中性的了。

中性物质中存在着两种电荷并且这两种电荷具有不变性,这可以认为是肯定无疑的了。

十八世纪中叶所出现的关于电现象的最初学说,是假定有一种特殊的电液存在。后来又出现了一种学说,假定有两种电液——正的和负的——存在。彼得堡科学院院士埃皮努司发展了单电液学说,他认为这种电液是正的。根据埃皮努司的学说,如果物体中的这种电液过多,则物体处于带正电的状态,如果这种电液不足,则处于带负电的状态。在上世纪末期肯定了基元电荷的存在;

原子或分子所得到的电荷只能是这基元电荷的整数倍。其次，还确定了这是由于存在着一种基本粒子的結果，这些基本粒子带有完全确定的負电荷 e ；这种粒子叫做电子。后文将指出：电子不仅具有确定的电荷 e ，而且具有确定的质量 m 以及其他一系列物理量（轉动矩，磁矩）。电子的这种复杂性质是辯证唯物主义的卓越例证之一，辯证唯物主义认为客观存在的世界是不可穷尽地多种多样。列宁写道：“电子和原子一样，也是不可穷尽的，……”。^①

电子的质量約等于最輕原子（氢原子）的质量的 $1/1840$ 。

按照現代的眼光（参看第三卷），电子存在于一切原子之中，为原子的一个組成部分；原子的中心部分，即所謂原子核，带有正电荷；几乎整个原子的质量都集中在它的核里。現代，我們知道还有正电子存在，但是它們只在某些特殊情况下才出現，在这里我們暫時不研究它們。

§ 122. 导体和絕緣体 如上所述，实验表明一切物体可分为两类：（1）傳电的物体，叫做导体，（2）不傳电的物体，叫做非导体（也叫做絕緣体或电介质）。导体又分为第一类导体和第二类导体。在第一类导体中，电荷的移动并不使导体的化学性质发生任何变化，也不引起觉察得出的物质迁移；在第二类导体中，电荷的移动和化学变化联系着，这种化学变化使构成导体的物质在它和別的导体接触之处离解出来。一切金屬都属于第一类导体，各种熔融的盐、酸、鹼和盐的溶液都是第二类导体。盐的晶体、油、空气、玻璃、磁器、硬橡皮、橡胶皮、琥珀和一系列其他物质則是絕緣体。

在現代，还分出了半导体这一类。这类物体的导电性虽然很弱，但却总能察觉出来，它們还具有一些其他的性质，因而可以合并为特殊的一类。在現代，对导体和电介质的本性已經确立了一

① 列宁：唯物主义与經驗批判主义，人民出版社 1961 年版，第 277 頁。

定的观点。

在金屬(第一类导体)中,一部分电子能够在各原子之間自由移动。在不带电的金屬中,自由移动的电子的电荷被金屬晶格上的正电荷所抵消。导体之带电乃是由于导体中电子数目的变化:带負电是有多余的电子从外界进入导体;带正电則是导体的一部分电子被取出去,結果原子核的正电荷未被完全抵消而显现出来。

在感应带电的情况下,电子在外界电荷的引力或斥力的作用下移动到导体的一端;在这一端就有了过多的电子,从而表现出带負电;而在导体的另一端,由于电子不足,未被抵消的正电荷就呈现出来了。

一切金屬中的所有电子都是相同的,因此,电子的移动并不会使第一类导体的化学成分发生变化。而电子的质量是这样微小,以致在实际所能达到的带电情况下,无法观察出由于导体內电子数目的变化而发生的导体质量的变化。^①

第二类导体中没有自由电子,但却存在着缺少电子(或者有着过剩电子)的原子或分子。这种带电的原子或分子叫作离子。第二类导体中电荷的移动实质上就是离子的移动,这也就说明了在这种情况下第二类导体何以发生化学变化。

电介质——电的非导体——或者是由含有等量的正电荷和負电荷的分子构成;或者是由不能在电介质中自由移动的离子构成。电介质中的电荷在电力的作用下,仅能稍微改变其位置,或者改变其取向。可以作为电介质模型的是这样的物质,在这种物质中,成对結合着的异号电荷(极性分子),其取向是无規則的(图 6, a),所以不論就整体来看,还是就各部分来看,电介质都呈中性。将带电体移近电介质时,电介质中的电荷并不移动,而只是轉往同

① 見 § 151 中的計算。

一方向(圖 6, 6), 結果在電介質上, 同被移近的帶電體相對的那端, 出現符號相反的電荷, 而在另一端則出現同號電荷。電介質的這種狀態, 叫做極化。它和感應現象中導體上所發生的帶電是不同的。

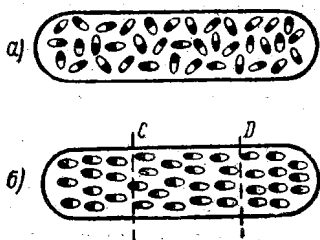


圖 6. 電介質的極化。

如果將極化了的電介質分割開, 比如說沿直線 D 和 C (圖 6, 6) 切開, 則其每一部分就整體來看都是中性的, 僅在表面上呈現某種符號的電荷。

當電力很強時, 電介質的分子可能被破壞, 這時電介質將變成導體。這種現象叫做電介質的击穿。

§ 123. 靜電場。庫倫定律 電荷的相互作用定律是靜電學的基本定律。最初解釋電荷的相互作用的時候, 是把它和萬有引力定律從形式上來類比的。同時假定了電力和萬有引力都是毋需任何中介空間作用的“超距作用”。但實際上電荷在周圍空間中是要引起某些物理變化的(與引力質量的情況相同), 這些變化首先表現在: 與該電荷有一定距離的任何其他電荷都受到力的作用。我們暫不研究這些變化的本質, 而只說: 在靜止電荷的情況下, 在電荷周圍的空間中產生靜電場。

例如, 兩個電荷的相互作用的實質是這樣的: 每一電荷都在周圍空間中產生一個場, 這場以確定的力作用在另一電荷上。

靜電場是物質的一種特殊形式; 它傳遞着一些帶電體對另一些帶電體的作用。場的性質就是根據場作用在電荷上的力所遵從的那些規律來研究的。

因為帶電體的相互作用和各帶電體的形狀、大小有關, 所以為了確定相互作用定律, 我們先來研究所謂點電荷。點電荷是指這樣的帶電體, 它們本身的綫度遠小於它們之間的距離。顯然, 任

何带电体都可以看作是点电荷的集合。

两个点电荷的相互作用定律是庫倫于 1785 年用实验确定的。庫倫定律本身同时也包含着电量的定义。

庫倫的所有测量都是在空气中进行的。但严格说来，本节所讲的庫倫定律的表达式，是关于真空，即关于其中没有显著数量的原子、分子或其他粒子的空间的。

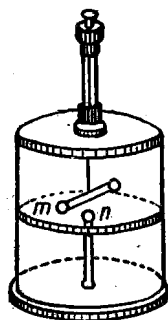


图 7. 庫倫扭秤。

庫倫是根据用扭秤(图 7)所作的测量来建立点电荷的相互作用定律的。这种秤的构造如下：在一个大的玻璃容器内，用一根细线将一根玻璃棒挂起来，棒的一端系有一个金属小球 m ，另一端有一平衡体。另外一个金属小球 n 被固定在一个玻璃支柱上。可以从外面把电荷传给两个小球，小球能够将传来的电荷保持一段时间，因为两球之间以及球与周围物体之间都是绝缘的。转动系着悬线（这线上挂着系有小球 m 的棒）的秤头，可以改变小球 m 和 n 之间的距离。如果把电荷传给小球 m 和 n ，则两球将开始吸引或者排斥（依电荷的符号而定），结果系有小球 m 的棒就转过某一角度。转动秤头可使小球 m 回到原来的位置。在此情况下，线的扭力矩等于小球 m 所受到的电力的力矩。如果悬线已事先校准，则由秤头的转角即可直接确定力矩，如果再知道棒长，就可以确定小球间的相互作用力了。

得出庫倫定律的推理过程如下。首先，观察表明，电荷间的相互作用力的指向就是沿着联结电荷的直线。如 § 121 中曾经指出的，在同号电荷的情况下，这力为斥力，在异号电荷的情况下，这力为引力。保持传给小球 m 和 n 的电荷不变而改变两小球之间的距离 r (图 8, a)，由实验可以确信，这种相互作用力是和距离 r 的平方成反比的。

为了比較两电荷 q_1 和 q_2 的大小，我們把这两个电荷依次放在与某一固定的第三电荷 q_0 相距 r_0 之处 (图 8, 6 和 6)，而测出这两个电荷同第三电荷 q_0 的相互作用力 f_1 和 f_2 。为此，我

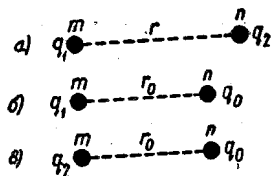


图 8. 庫倫定律的证明。

們依次給小球 m 加上电荷 q_1 和 q_2 ，并保持小球 n 的电荷 q_0 不变。实验表明，力之比 $\frac{f_1}{f_2}$ 和第三电荷 q_0 的大小无关，也和电荷 q_1, q_2 至第三电荷的距离 r_0 无关。由此可見，力之比 $\frac{f_1}{f_2}$ 的值仅取决于电荷 q_1 和 q_2 。因此，自然就把电荷之比 $\frac{q_1}{q_2}$ 取得与力之比 $\frac{f_1}{f_2}$ 相等。这样，我們就有了两个电荷之比 $\frac{q_1}{q_2}$ 的测量方法。

至于电荷的绝对值，則只有在确定了电荷的量度单位 (稍后我們就作这件事)之后才能得到。

既有了比較电荷的方法，我們現在就可以由不同的电荷 $q_1, q_2, q_3, \dots$ 中逐次取出一对对来，使每对中两电荷的相互距离都是 r 。这时实验表明，两电荷之間的相互作用力 f 是和二者大小的乘积 $q_i \cdot q_k$ 成正比的。

这样，我們便最后得出了庫倫定律：两个点电荷之間的相互作用力 f ，与电荷 q_1 与 q_2 的大小之积成正比，而与电荷之間的距离 r 之平方成反比：

$$f = k \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (1)$$

式中 k 为一比例系数。

如果将正电荷标以正号 (+)，将負电荷标以負号 (-)，則力的負值和引力对应，正值和斥力对应。

庫倫定律 (1) 可以写成矢量形式。由点电荷 q_1 至点电荷 q_2 作矢徑 $\mathbf{r}$ (图 9)。

作用在电荷 q_2 上的力 f , 其数值按式(1)等于 $k\frac{q_1q_2}{r^2}$; 至于力的方向, 则在电荷 q_1 和 q_2 符号相同时和矢径 r 的方向相同(图9即属于这种情况), 而在电荷 q_1 和 q_2 符号相反时和矢径 r 的方向相反。因此, 如果以矢径 r 上的单位矢量 r/r (和 r 有相同的方向) 乘 $k\frac{q_1q_2}{r^2}$, 则力 f 的大小和方向都可得出。可见, 库仑定律的矢量形式为

$$\mathbf{f} = k\frac{q_1q_2}{r^2} \cdot \frac{\mathbf{r}}{r}. \quad (1a)$$

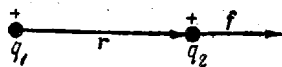


图9. 矢径的方向。

为了确定电荷的厘米·克·秒单位, 我们在库仑定律(1)中令比例系数 k 等于 1:

$$f = \frac{q_1q_2}{r^2}.$$

由此得出: 在厘米·克·秒制中, 乃是取这样的点电荷作为电荷的单位, 当它和另一个与它相同的点电荷相距 1 厘米时, 其间的相互作用力为 1 达因。这种单位叫做绝对静电系电荷单位。

在电学中, 根据厘米·克·秒制和静电学定律而规定的单位, 叫做绝对静电单位, 用符号 CGSE 表示。

静电系电荷单位同电工学中所用的电荷比较起来, 是太小了。在实用系单位中, 取静电单位的 3×10^9 倍作为电荷单位; 这种电荷单位叫做库仑:

$$1 \text{ 库仑} = 3 \times 10^9 \text{ CGSE 电荷单位}.$$

在 CGSE 系中, 电荷的量纲是根据公式(1)得出的:

$$[q^2] = [f] \cdot [r^2],$$

由此得出:

$$[q] = [f^{1/2}] \cdot L = M^{1/2} \cdot L^{3/2} T^{-1}.$$

让我们举一个求两带电体间的相互作用力的例题。