

普通物理学

(修訂本)

第二卷 第二分册

C. Д. 福里斯 A. B. 季莫列娃 著

梁宝洪 译

高等教育出版社

13.3/1-2
0178346

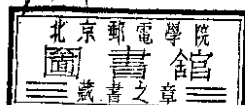
普通物理学

(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

29/01



21113000852793

高等教育出版社

12.3/12.0
0167043

普通物理学

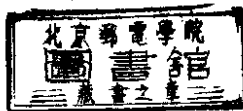
(修訂本)

第二卷 第二分册

C. D. 福里斯 A. B. 季莫列娃 著
梁宝洪 译



21113000852826



YD29/1

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(Геофизиздат)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论书籍出版社(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。第一分册的内容为解电学和直流。

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登记证字第 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 K13015·1173 开本 850×1168 1/32 印张 9 2/16

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 1966 年 1 月上海第 1 次印刷

本书原由梁宝洪同志根据苏联国立技术理论书籍出版社(ТОО-техиздат)出版的С.Э. 福里斯(Фриш)和А.В. 季莫列娃(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。

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。第二分册的内容为电磁现象。在新版中，第十八章增添了几节关于磁场强度矢量的环量及其应用，磁感应矢量的环量等，有些节的讲授次序也作了一些变动。

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，也可供各高等学校其他专业的师生参考。

本书原由高等教育出版社出版，自1960年4月至1964年12月改由人民教育出版社出版。1955年1月1日高等教育出版社成立后，本书仍用高等教育出版社名义继续印行。

普通物理学

第二卷 第二分册

(修订本)

С. Э. 福里斯 著
А. В. 季莫列娃
梁宝洪 译

北京市书刊出版业营业登记证出字第119号

高等教育出版社出版(北京景山东街)

商务印书馆上海厂印装

新华书店上海发行所发行

各地新华书店经售

统一书号K13010·1174 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 8 $\frac{7}{16}$

字数 195,000 印数 0,001—5,000 定价(5) 40.80

1963年5月合订本第1版(共印102,000)

1965年3月第2版 1965年4月上海第1次印刷

12.3/12.0
0167043

普通物理学

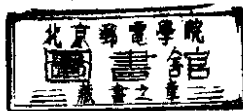
(修訂本)

第二卷 第二分册

C. D. 福里斯 A. B. 季莫列娃 著
梁宝洪 译



21113000852826



YD29/1

高等教育出版社

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。恒定电流
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 间的关系.....160	§ 177. 溶液中离子的能量.....228
§ 163. 金属导电性的量子理论.....162	§ 178. 电解导电性的理论.....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 问题.....180	§ 182. 气体中的电流.....245
§ 168. 接触电位差.....188	§ 183. 气体受激导电的理论.....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. 热电子发射理论.....215	§ 188. 电子与原子和分子之间的 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	

第二卷第二分册目录

第六篇 电磁现象

第十八章 电流的磁场.....291

§ 191. 磁场及其描述.....291

§ 192. 磁场强度的图示法.....295

§ 193. 求电流所产生的磁场强度的方法.....300

§ 194. 环形电流与螺线管产生的磁场.....304

§ 195. 磁场强度的量度单位。绝对电磁单位系.....308

§ 196. 电流在磁场中所受的力.....314

§ 197. 磁场中的载流闭合回路.....319

§ 198. 磁场强度矢量的环量.....327

§ 199. 磁场强度矢量的环量之表式如何应用.....330

§ 200. 磁质.....333

§ 201. 分子、原子和电子的磁矩.....337

§ 202. 磁化强度矢量.....342

§ 203. 铁磁性.....347

§ 204. 铁磁性的本质.....353

§ 205. 永磁铁.....356

§ 206. 磁感应矢量线。磁感应矢量的环量和磁场强度矢量的环量。边界条件.....362

§ 207. 静电场与磁场的类比.....368

§ 208. 矢量 H 与 B 的物理意义.....372

§ 209. 螺线管与磁体的区别.....375

§ 210. 载流线路在磁场中运动时所作的功.....377

§ 211. 磁路定律.....383

§ 212. 磁路的基尔霍夫方程.....389

§ 213. 测量仪器.....392

第十九章 带电粒子在电场和磁场中的偏转.....398

§ 214. 电荷在磁场中运动时所受的力.....398

§ 215. 运动电荷的磁场.....403

§ 216. 运动电荷之磁场的实验研究.....406

§ 217. 霍耳效应.....414

§ 218. 电子荷质比的测定.....417

§ 219. 正离子荷质比的测定.....424

§ 220. 电子射线在工程技术上的应用.....430

第二十章 电磁感应.....437

§ 221. 电磁感应现象.....437

§ 222. 感应电动势的确定.....440

§ 223. 求几种特殊情形下的感应电动势.....445

§ 224. 自感现象.....449

§ 225. 断路额外电流与短路额外电流.....454

§ 226. 互感.....457

§ 227. 电流的磁场所具有的能量.....459

§ 228. 反复磁化中所作的功.....463

§ 229. 电缆的自感系数.....466

§ 230. 感应电流所迁移的电量.....467

§ 231. 傅科电流。趋肤效应.....471

§ 232. 交变电流.....473

§ 233. 交流电路中放出的功率.....479

§ 234. 含有自感和电容的交流电

路.....	481	藕.....	510
§ 235. 发电机和电动机.....	489	§ 242. 位移电流.....	513
§ 236. 变压器.....	492	§ 243. 电磁场.....	516
§ 237. 交流的整流和测量.....	495	§ 244. 麦克斯韦方程.....	521
§ 238. 三相电流.....	497	§ 245. 麦克斯韦-洛伦兹方程.....	526
第二十一章 电磁振荡与		§ 246. 电磁波.....	528
电磁波.....	501	§ 247. 电磁波的传播速度.....	535
§ 239. 电容器的振荡放电.....	501	§ 248. 伍莫夫-坡印廷矢量.....	539
§ 240. 受迫电振荡.....	506	§ 249. 无线电技术。激发和记录	
§ 241. 用真空管激发无阻尼振		电磁波的近代方法.....	540
附录 电磁量的单位制.....	546		

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綢摩擦之後，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，“ηλεκτρον”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却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，這是標記着電學進一

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(Эйнхвальд)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。Б. С. 亚科比(Якоби)最先制成了电动机,并且用它来开动车船;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)发明了白炽灯。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:“共产主义就是苏维埃政权加全国电气化”。伟大的十月社会主义革命给科学和技术的发展创造了非常有利的条件,使我们国家的电气化以空前的速度进行着,而且使我们在电学方面和电现象的实际应用方面获得了新的杰出的成就。新水电站的建设计划规定要大规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经济的一切部门中去。

§ 121. 电荷 根据电学发展的历史进程,我们从带电状态的特性和带电体之间相互作用的定律开始讲述。我们已经指出,电学的这一部分叫作静电学。十八世纪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(叫作负的)。带同号电(例如都带正电)的物体互相排斥;带异号电的物体则互相吸引。物体相接触时,带电状态能够从一些物体传递到另一些物体上去。

处于带电状态的物体就说它具有电荷,电荷用作物体带电的度量。下面还将给电荷概念下定义。

在自然界中存在着能自由传递带电状态的物体,即所谓导体;

也存在着不能传递带电状态的物体,即绝缘体。

由各带电体之间的相互作用力能够确定带电的程度。例如,要想定性地确定带电的程度,可用两个系在长线上的轻小球(图1);当两小球带同种电时,它们之间发生排斥力,因此它们互相分开;小球带电愈强,则分开愈甚。实际使用的是一种特制的仪器——验电器,其中的一种如图2所示。

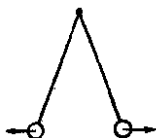


图1. 带电小球的相互作用。

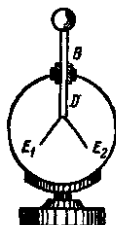


图2. 箱验电器。

图2所绘的验电器,其构造如下:把两片薄铝箔 E_1 和 E_2 固定在金属杆 D 的下端;用硬橡皮塞 B 把带箔的金属杆装在一个金属盒子里^①,盒上有一小玻璃窗,以备观察金属箔之用。如果使一带电体和金属杆 D 接触而把电荷传给它,则两箔带电,互相排斥而分开。由两箔分开的远近即可判断其带电程度。

为了更准确地定量测定带电的程度,验电器必须备有刻度。这样的仪器叫做“静电指示器”,或静电计,是1745年Γ·B·里赫曼在同M. B. 罗蒙诺索夫一道观察响雷放电中发生的带电现象时首次制成的。图3是Γ. B. 里赫曼的“静电指示器”简图,图中 g 表示一铅直挂起的金属直尺。丝线 f 的一端固定在直尺上。丝线带电时就离开直尺,其偏转的程度可以从木制弧尺 ab 上的分度来

① 下面(§138)将说明这个盒子的作用。

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。

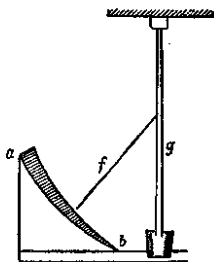


图 3. T. B. 里赫曼的静电指示器。

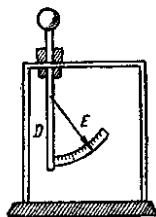


图 4. 静电计。

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

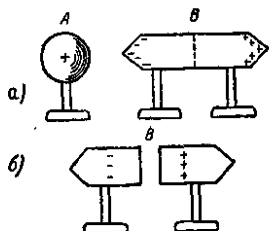


图 5. 感应带电。

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，就极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确的。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结果，这些基本粒子带有完全确定的负电荷 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（转动矩，磁矩）。电子的这种复杂性质是辩证唯物主义的卓越例证之一，辩证唯物主义认为客观存在的世界是不可穷尽地多种多样的。列宁写道：“电子和原子一样，也是不可穷尽的，……”。^①

电子的质量约等于最轻原子（氢原子）的质量的 $1/1840$ 。

按照现代的看法（参看第三卷），电子存在于一切原子之中，为原子的一个组成部分；原子的中心部分，即所谓原子核，带有正电荷；几乎整个原子的质量都集中在它的核里。现代，我们知道还有正电子存在，但是它们只在某些特殊情况下才出现，在这里我们暂时不研究它们。

§ 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）传电的物体，叫做导体，（2）不传电的物体，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别的导体接触之处离解出来。一切金属都属于第一类导体；各种熔融的盐、酸、碱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则是絕緣体。

在现代，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，它们还具有一些其他的性质，因而可以合并为特殊的一类。在现代，对导体和电介质的本性已经确立了一

① 列宁：唯物主义与经验批判主义，人民出版社 1961 年版，第 277 页。