

高等学校教学用书



物理学概论

第二册

阿·伊·基泰戈罗兹基 著

人民教育出版社

高等学校教学用书



物 理 学 概 論

第 二 冊

电 磁 場

阿·伊·基泰戈罗兹基 著

上海交通大学等十五院校集体翻译

人 民 教 育 出 版 社

高等数学教材系列

物 理 学 概 論

第 三 冊

物質的构造和性質

阿·伊·基泰戈罗兹基 著

上海交通大学等十五院校集体翻譯

人 民 教 育 出 版 社

本书系根据苏联国立物理数学书籍出版社(Физматгиз)出版阿·依·基泰戈罗兹基(А. И. Китайгородский)著“物理学概论”(Введение в физику)一书1959年版译出。原书曾经苏联高等教育部审定作为高等工业学校的教学参考书。其他高等学校理工科学生亦可参考。

原书分为三篇,第一篇讲解机械运动与热运动(第一至十三章)第二篇讲解电磁场(第十四至第二十五章),第三篇讲解物质的结构与性质(第二十六至第三十七章),另有附录。中译本由上海交通大学等十五院校的物理教研组集体翻译,分为三册出版,册次与原书的篇次同。

第二册译者是:唐山铁道学院(第十四章)、南京工学院(第十五、十六章)、东北工学院(第十七至十八章)及西安交通大学(第二十至第二十五章)。

物 理 学 概 论

第 二 册

阿·伊·基泰戈罗兹基 著

上海交通大学等十五院校集体翻译

人民教育出版社出版

高等学校教材编辑组
北京宣武门内大街27号

北京市书刊出版业营业登记证出字第2号

京华印书局印装 新华书店发行

统一书号 13010·775 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 7 $\frac{1}{16}$

字数 179,000 印数 0001—10000 定价(8) ¥0.75

1980年1月第1版 1980年4月北京第1次印刷

本书系根据苏联国立物理数学书刊出版社(Физматгиз)出版的阿·伊·基蔡戈罗兹基(А. И. Кытайгородский)著“物理学概论”(Введение в физику)一书1959年版译出。原书曾经苏联高等教育部审定作为高等工业学校的教学参考书。其他高等学校理工科学生也可参考。

原书分为三篇,第一篇讲解机械运动与热运动(第一至第十三章),第二篇讲解电磁场(第十四至第二十五章),第三篇讲解物质的结构与性质(第二十六至第三十七章),另有附录。中译本由上海交通大学等十五院校的物理教研室集体翻译,分为三册出版,册次与原书的篇次同。

第三册译者是合肥工业大学(第二十六、二十七章)、大连工学院(第二十八、二十九章)、哈尔滨工业大学(第三十至三十二章)、清华大学(第三十三至第三十七章)。其中第二十六至三十二章曾由北京石油学院戈革校订。

簡裝本說明

目前805×1168毫米規格紙張較少,本書暫以787×1092毫米規格紙張印刷,定價相應減少20%。希鑒諒。

物 理 學 概 論

第三册

阿·伊·基蔡戈罗兹基 著

上海交通大学等十五院校集体翻译

人民教育出版社出版

北京宣武門內大街26號
高等學校教學用書出版部

(北京市書刊出版業營業許可證出字第2號)

京華印書局印刷 新华书店发行

統一書號 13010·800 開本 787×1092¹/₃₂ 印張 3¹/₁₆

字數 223,000 印數 30001—45000 定價(6) 0.70

1960年7月第1版 1961年2月北京第2次印刷

目 录

第十四章 电場	223
§ 86. 电場的矢量特性: 电場强度和电位移	223
§ 87. 介电常数	225
§ 88. 电場定律	227
§ 89. 最简单系統的电場計算	230
§ 90. 电能	242
§ 91. 电子半径和經典电动力学的范围	245
§ 92. 电力	247
§ 93. 电荷系的偶极矩	250
§ 94. 各向同性电介质的极化	254
§ 95. 晶体物质的极化	257
§ 96. 在电場中的有限电介体	259
第十五章 磁場	264
§ 97. 磁矩	264
§ 98. 安培力	266
§ 99. 作用在运动电荷上的力	269
§ 100. 永磁铁产生的磁場	270
§ 101. 磁場强度	273
§ 102. 电流与磁铁間的相互作用	275
§ 103. 电流与磁铁的等效性	277
§ 104. 磁場的渦旋性質	280
§ 105. 电磁感应定律和洛倫茲力	285
§ 106. 用感应冲击电流測定磁場的方法	286
§ 107. 磁場中的有限物体	289
§ 108. 磁导率和磁化率間的关系	293
§ 109. 磁場中放进磁体时的畸变	294
§ 110. 磁滞	297
第十六章 电磁場·麦克斯韦方程	301
§ 111. 电磁感应定律的推广	301
§ 112. 位移电流	305
§ 113. 电磁場的图象	308

第十七章 在电磁场中能量的转变	311
§ 114. 直流电路中能量的转变	311
§ 115. 闭合交流电路中能量的转变	313
§ 116. 场的磁能	316
§ 117. 电振荡	318
§ 118. 电磁能量	321
§ 119. 电磁场的动量和压强	325
第十八章 电磁辐射	328
§ 120. 基本偶极子	328
§ 121. 作为电偶极子的天线	329
§ 122. 偶极子的辐射	331
§ 123. 电磁波谱	333
§ 124. 辐射的量子性	336
第十九章 电磁波的传播	338
§ 125. 色散和吸收	338
§ 126. 电磁波在两种媒质分界面上的行为	341
§ 127. 自然光和偏振光·反射时的偏振	344
§ 128. 光波在有折射率梯度的媒质中的传播	346
§ 129. 无线电波的传播	349
§ 130. 雷达定位技术	352
第二十章 干涉现象	355
§ 131. 来自两个波源的波的迭加	355
§ 132. 相干性	357
§ 133. 薄板中的干涉	361
§ 134. 等厚条纹与等倾条纹	364
§ 135. 干涉的实际应用	367
第二十一章 散射	373
§ 136. 二次辐射	373
§ 137. 波在小孔处的衍射	375
§ 138. 无规则排列的散射体系统	380
§ 139. 连续均匀媒质的行为	383
§ 140. 不均匀媒质中的散射	384
§ 141. 衍射光栅	387
§ 142. 无线电波定向辐射器	393
第二十二章 伦琴射线在晶体上的衍射	396

§ 143. 作为衍射光栅的晶体.....	396
§ 144. 晶体的基元晶胞参数的测定.....	399
§ 145. 衍射线的强度.....	401
§ 146. 伦琴射线分析法.....	403
第二十三章 双折射	407
§ 147. 极化率的各向异性.....	407
§ 148. 光在单轴晶体中的传播.....	411
§ 149. 起偏振器·光的偏振状态的研究.....	415
§ 150. 在“交叉”尼科耳中间的晶片.....	418
§ 151. 由外界作用引起的双折射.....	420
§ 152. 旋光性.....	423
§ 153. 旋光性的理论.....	425
第二十四章 相对论	428
§ 154. 理论基础.....	428
§ 155. 光速不变原理的实验证明.....	429
§ 156. 相对论中的时间.....	433
§ 157. 质量.....	435
§ 158. 能量.....	436
§ 159. 质量亏损.....	438
§ 160. 等价性原理和广义相对论的概念.....	439
第二十五章 场的量子性	442
§ 161. 光子.....	442
§ 162. 光电效应.....	445
§ 163. 光流的起伏.....	447
§ 164. 基尔霍夫定律.....	449
§ 165. 绝对黑体.....	451
§ 166. 热辐射理论.....	454

§ 260. 有极分子和无极分子的极化	694
§ 261. 克分子折射度的可加性	698
§ 262. 热晶体和压电晶体	700
第三十六章 磁质	704
§ 263. 磁质的三种类型	704
§ 264. 抗磁性	704
§ 265. 顺磁性	707
§ 266. 铁磁性	709
第三十七章 物体的电子结构和性质	716
§ 267. 自由电子	716
§ 268. 固体中的能级	717
§ 269. 电子气	721
§ 270. 电导性	724
§ 271. 超导性	727
§ 272. 半导体	730
§ 273. 电子发射	735
§ 274. 光电效应	738
§ 275. 阻挡层	741
§ 276. 接触电位差	743
§ 277. 在受热不均匀的物体中的电荷分布	745
§ 278. 温差电动势	746
§ 279. 在电路中热量的放出	748
§ 280. 温差电效应的应用	750
附录	752

目 录

第二十六章 带电粒子流 459

- § 167. 带电粒子在电场和磁场中的运动 459
- § 168. 电离气体 462
- § 169. 气体中的放电现象 464
- § 170. 带电粒子束的获得 468
- § 171. 电子透镜 470
- § 172. 电子显微镜 473
- § 173. 电子投影器和离子示象器 478
- § 174. 电子射线管 480
- § 175. 质谱仪 483
- § 176. 带电粒子的加速器 485
- § 177. 自动稳相 487
- § 178. 同步稳相加速器、同步加速器 488

第二十七章 微观粒子的波动性 491

- § 179. 电子衍射 491
- § 180. 量子力学的基本概念 493
- § 181. 测不准原理 496
- § 182. 位阱 500
- § 183. 薛定谔方程的解提供些什么? 505
- § 184. 隧道跃迁 506

第二十八章 原子结构 508

- § 185. 氢原子的能级 508
- § 186. 量子数 511
- § 187. s 态的电子云和 p 态的电子云 513
- § 188. 泡利原理 515
- § 189. 原子束在磁场中的偏转 517
- § 190. 电子的自旋 519
- § 191. 原子的磁矩 522
- § 192. 门捷列夫周期律 523
- § 193. 电离电位 525
- § 194. 光学范围内的原子光谱 526

§ 195. 原子的倫琴射线譜	529
第二十九章 分子	532
§ 196. 化学鍵	532
§ 197. 分子的几何学	535
§ 198. 分子的电子云	539
§ 199. 分子的能級	541
§ 200. 分子的轉动光譜	544
§ 201. 紅外振轉光譜	547
§ 202. 光的并合散射	552
§ 203. 电子光譜	555
第三十章 原子核	557
§ 204. 原子核物理学的实验方法	557
§ 205. 作为原子核的組成的粒子	565
§ 206. 原子核的质量和能量	566
§ 207. 放射性	569
§ 208. 核的自旋和磁矩	574
§ 209. 磁共振	576
§ 210. 四极共振	578
§ 211. 核子的相互作用力	581
§ 212. 核中的核子	583
§ 213. 快速电子的相互作用	584
§ 214. 核子相互作用的解子理論	586
§ 215. 介子	587
§ 216. 电子的相对論理論	588
§ 217. 粒子偶的产生与湮沒	590
§ 218. 粒子和反粒子	592
§ 219. 基本粒子的不对称性	595
第三十一章 核转变	597
§ 220. 化学变化和核转变的普遍規律性	597
§ 221. 核反应	599
§ 222. 重核的裂变反应	602
§ 223. 鏈式反应	604
§ 224. 核反应堆的作用原理	606
§ 225. 人为放射性产物	609
§ 226. 热核反应	613
第三十二章 物体的原子結構	615

§ 227. 多晶物质和单晶体	615
§ 228. 空间点阵	616
§ 229. 晶胞的选择·晶体的对称性	621
§ 230. 晶体中粒子的堆积	625
§ 231. 分子晶体	628
§ 232. 球的紧密堆积	631
§ 233. 结晶结构的例子	634
§ 234. 晶体中的热振动	637
§ 235. 热波	639
§ 236. 热膨胀	642
§ 237. 晶体的缺陷	644
§ 238. 近程有序性·液体	649
§ 239. 非晶体	651
§ 240. 合金中原子排列的远程有序性和近程有序性	653
§ 241. 液态晶体	655
§ 242. 聚合物	657
第三十三章 相变	659
§ 243. 状态图	659
§ 244. 相变	661
§ 245. 相的稳定状态的条件	663
§ 246. 亚稳状态	665
§ 247. 气体 $\rightleftharpoons$ 液体转变	668
§ 248. 气体的液化	670
§ 249. 气体 $\rightleftharpoons$ 晶体转变	671
§ 250. 液体 $\rightleftharpoons$ 晶体转变	672
§ 251. 晶体 $\rightleftharpoons$ 晶体转变	675
§ 252. 在固体中的扩散	677
第三十四章 物体的形变	680
§ 253. 弹性	680
§ 254. 塑性	681
§ 255. 极限强度	684
§ 256. 多晶体物质的力学性质	685
§ 257. 表面活跃的物质对于形变的影响	686
§ 258. 在粒子流作用下物质的破坏	688
第三十五章 电介质	691
§ 259. 介电常数和分子极化率之间的关系	691

第十四章 电 場

§ 86. 电場的矢量特性: 电場强度和电位移

可以根据很多的特征来探明空間存在着电場。首先, 电場对电荷有作用力的性質和在中性金属表面会感应出电荷的性質都是属于这种特征的。

測量作用在电荷 q 上的力, 我們就可以知道: 在空間不同的点上力 F 的数值和方向可能是不同的。在給定的点上, 这个力与电荷 q 成正比。由此, 便有可能用电場强度 E 表征电場, 电場强度定义为:

$$E = \frac{F}{q}.$$

同时应当声明一下: q 是小的; 这样, 首先是可在相离足够近的点上测出 E 来, 其次, 电荷 q 本身的电場不致使被测电場有显著的歪曲。

任何矢量場常常可以用所謂矢量綫来表征。在每一点, 矢量綫的切綫和該点的矢量方向是一致的。电場也属于这种矢量場, 可以用电場强度 E 的矢量綫来表征它。

- 数字例子 1. 照明导綫的电場强度是每厘米几十伏特。
2. 地球的电場强度在靠近表面处大約为 100 伏特/米 = $\frac{1}{300}$ 绝对单位。
3. 氢原子核在其电子“軌道”半徑处的电場强度为 19.2×10^6 绝对单位 = $= 57.6 \times 10^{10}$ 伏特/米。
4. 击穿空气的电場强度为 30 千伏/厘米 = 100 绝对单位。

要作决定电荷所感应的电場的实验, 可以用两块固定在絕緣手柄上的金属小薄板(以德国物理学家 F. 米命名的米氏板)(图 89)来进行。把一对合并起来的薄板放入电場中, 而后小心地把它們

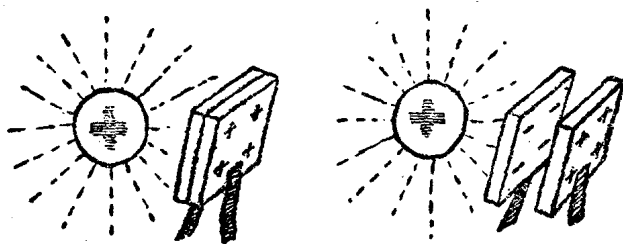


图 89

分开,在一块板上可以得到正电荷,而在另一块板上可以得到负电荷,进而用静电计或冲击电流计测量感应电量。

实验指明:总可以找到板的一个位置,在这个位置上不会感应出电荷来。在均匀的各向同性物体中(现在我们不讨论别种物体),这只有在板面平行于矢量 E 时才能发生。反之,如果板面垂直于矢量则电感应最大。由此可以得出结论:我们还可以用另一种矢量来描述电场,这便是电位移矢量 D ,它由下面的条件来决定:就是当米氏板放置在对电感应最有利即感应得电荷最多的位置上时,矢量 D 指向板的法线。如果对着矢量 D 观察,则应看到正的米氏板。在所有情况下,除了各向异性体以外,矢量 D 和 E 的方向一致。在绝对值上,

$$|D| = \sigma,$$

这里, σ 是分布在米氏板上的电荷面密度。因为面密度 σ 可以写成 $\frac{dq}{dS_{\perp}}$, 所以

$$|D| = \frac{dq}{dS_{\perp}}.$$

我们在上面已经说过,电场可以用矢量 E 的线来表征。当然还可以用矢量 D 的线来描述电场。矢量 D 的线称为电力线。我们取通过与力线成垂直的单位面积的力线数等于 $|D| \equiv D$, 而把量

$$dN = \mathcal{D} dS_{\perp}$$

称为通过面积 $dS_{\perp}$ 的电通量。如果穿过斜交面积 dS 的电通量和穿过 $dS_{\perp}$ 的一样多, 则

$$dS = \frac{dS_{\perp}}{\cos \alpha},$$

式中 α 是面积的法线和力线间的夹角, 也就是

$$dN = \mathcal{D} \cos \alpha dS.$$

穿过大表面的通量可写成

$$N = \int \mathcal{D} \cos \alpha dS$$

的形式, 而一般在积分号上画一个小圈来表示穿过封闭表面的通量:

$$N = \oint \mathcal{D} \cos \alpha dS.$$

§ 87. 介电常数

实验指出: 表征电场的两个矢量之间存在着联系。当表征电场的两个矢量相互平行时, 在给定的空间点上, 它们是成正比的^①。变更矢量 E , 矢量 $\mathcal{D}$ 亦发生变化, 比值 $\frac{\mathcal{D}}{E}$ 仅仅与媒质有关。

一般用无量纲的量 ϵ 来表征媒质的电性质, 这个量是这样选定的, 即选真空的 $\epsilon = 1$ 。由这个条件导出: 不可能存在 $\epsilon < 1$ 的物体(这在下面就将要看出)。因此, 真空是 ϵ 的天然“参考原点”, 数值 ϵ 称为介电常数, 由等式

$$\frac{\mathcal{D}}{E} = \epsilon_0 \epsilon$$

决定, 这里 ϵ_0 跟所选用的单位有关。如果媒质的所有点的状态是

^① 在 § 95 中将研究各向异性媒质的情况, 此时矢量 $\mathcal{D}$ 和 E 彼此不平行。

相同的, 則 ϵ 是一个常数。在两种媒质的分界面处 ϵ 发生突变。物体的密度或其他特性不相同, 介电常数也往往不相同。

某些物质在 18°C 时的介电常数是这样的: 空气 1.00059; 玻璃 7.00; 纸 2-2.5; 水 80.5。

工程上用库仑/米²来量度 $\mathcal{D}$, 而电场强度是以牛顿/库仑来量度的。那时 ϵ_0 用库仑²/米²·牛顿来量度。当用这些单位时,

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \frac{\text{库仑}^2}{\text{米}^2 \cdot \text{牛顿}}$$

在物理学中采用的绝对单位制中, ϵ_0 没有量纲, 而且取其等于

$$\frac{1}{4\pi}.$$

$$\mathcal{D} = \frac{\epsilon}{4\pi} E.$$

我们同样可以利用在数值上大 4π 倍的 D (称为电感应) 来代替电位移, 在绝对单位制中, $D = \epsilon E$ 。

下面我们将会看到, ϵ_0 数值的两种选取法各有自己的优点。第一种单位制能简化一组公式而使另一组公式复杂化, 第二种单位制则导致相反的结果。

应当着重指出, 电位移和电感应的概念有着完全相同的物理内容。数字因子的不同, 仅仅使电感应(电位移)单位和电荷密度单位之间的关系也有所不同而已。

如果在米氏板上的电荷密度等于一个单位, 则电位移便等于一个单位(参阅 § 86)。如果在米氏板上的电荷密度等于 $\frac{1}{4\pi}$, 则电感应等于一个单位。

在电工学中通常只用 $\mathcal{D}$ 这个量(即电位移), 而相反地在物理学中仅仅用电感应 D 。

关于我们在本书的这一部分中所要用的公式和测量单位, 必须提出一些意见。

在力学和热力学中,虽然利用了基本物理量的不同选取法和不同的测量单位,但一般都认为有相同的无量纲单位的比例系数。因此在物理学的这些章节中所有公式的形状都相同,而与单位的选择无关。

很遗憾,在电磁场学说中却是另一种情况。存在着两种通行的处理方法:一种是在电工学中采用的,另一种是在物理学中采用的,在这两种处理方法中,不但是基本量和测量单位的选择不同,而且在相同的物理公式中,比例系数也是不同的。因此,不得不把建立公式的两种单位制介绍出来。在叙述过程中也是这样做的。但在这里我们只限于某些一般结论就足够了。

在电工学中采用的是所谓 MKSA 制。在米、千克和秒中,再选入电流强度单位。此时,这样的电流强度称为 1 安培:就是在这个电流强度之下,出现在电动力学相互作用公式(参阅 275 页)中的比例系数 μ_0 (真空中的磁导率)具有数值:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ 焦耳/安培}^2 \text{ 米.}$$

实验指出,单位电流强度的这种选取法,可使强度为 1 安培的电流通过硝酸银溶液时,在电极上每秒内析出 1.118 毫克的银。这种选取法的历史原因是奇特的,我们不再加以阐述;如果愿意了解这方面的問題,請詳閱謝訥著“物理量的测量单位”苏联技术理论书籍出版社,1951 (Сева Л. А., Единицы измерения физических величин, Гостехиздат, 1951г.), 一书。

MKSA 制的其他计量单位可以由千克、米、秒和安培导出。

因为电工学的计量单位制是由四个基本量组成的,而 CGS 制是由三个基本单位组成的。这种单位制无论如何也不能导出与 CGS 制的公式相同的公式来。但是在这两种单位制中,还存在着其他差别,表现在无量纲数字系数的选取法不同。在正文的叙述过程中,我们常常用两种单位制把公式写出来。而在本书末尾的附录中,把本书中所用的公式用两种单位制列成一张表。

§ 88. 电場定律

让我们设想一个产生任意电场的带电体系统。在这个电场中划出一个封闭面。有一部分电荷被包围在此面的里面,有一部分留在外面。可以测出伸出这个面外的电通量。结果是很自然而且