

鐵路工厂职工教材

高中物理

下冊

鐵路工厂职工教材編輯工作組編



人民鐵道出版社

PDG

目



 3067

第三編 电 学

第二十章 靜电	1
§ 201. 摩擦起电 两种电荷	1
§ 202. 两种相互摩擦的物体同时帶电 和 帶电体接触而帶电	3
§ 203. 驗电器	4
§ 204. 导体和絕緣体	4
§ 205. 电子論和摩擦起电現象的說明	6
§ 206. 庫侖定律	7
§ 207. 电介質中的庫侖定律	8
§ 208. 电量的單位	8
§ 209. 电場	9
§ 210. 电場强度	10
§ 211. 电力綫	12
§ 212. 电場中导体的感应起电	14
§ 213. 电势	17
§ 214. 电势差	18
§ 215. 絕緣导体上电荷的分佈	20
§ 216. 等势面	23
§ 217. 靜电防护	24
§ 218. 靜电計	25
§ 219. 导体的电容	26
§ 220. 电容器和它的組合	29
第二十一章 穩恒电流	33

§ 221. 电流	33
§ 222. 电源	35
§ 223. 电流的方向	37
§ 224. 干电池和伏特电池	38
§ 225. 电流的各种效应	39
§ 226. 电流强度	39
§ 227. 电路中的电势降落	41
§ 228. 导体的电阻	42
§ 229. 电阻率	45
§ 230. 电阻跟温度的关系	48
§ 231. 导体的串联	50
§ 232. 导体的并联	52
§ 233. 变阻器和变阻箱	56
§ 234. 全电路的欧姆定律	61
§ 235. 电源的电动势和路端电压	64
§ 236. 电池组	67
§ 237. 电流的功和功率	70
§ 238. 导线横截面的选择	73
§ 239. 焦耳—楞次定律	75
§ 240. 电流热效应的应用	78
§ 241. 温差电和热电偶高温计	81
§ 242. 电弧	82
§ 243. 电弧的应用	84
§ 244. 通过液体的电流	85
§ 245. 电解	86
§ 246. 法拉第电解第一定律	87
§ 247. 法拉第电解第二定律	89
§ 248. 电解时析出一克当量物质所需要的电量	91

§ 249. 基本电荷	92
§ 250. 电解在工业中的应用	93
§ 251. 蓄电池	94
第二十二章 电磁	103
§ 252. 永磁铁的磁现象	103
§ 253. 磁场和磁场强度	106
§ 254. 磁力线	110
§ 255. 电流的磁场	112
§ 256. 安培的磁性起源假说	116
§ 257. 电磁探伤	117
§ 258. 电磁铁	120
§ 259. 电磁铁的应用	121
§ 260. 磁场对电流的作用	129
§ 261. 电流计和安培计	132
§ 262. 伏特计	136
第二十三章 电磁感应	139
§ 263. 电磁感应现象	139
§ 264. 感生电流的方向 楞次定律	143
§ 265. 感生电动势	149
§ 266. 自感现象	148
§ 267. 交流电	151
§ 268. 交流电有效值和功率	155
§ 269. 交流发电机	157
§ 270. 三相交流电	159
§ 271. 直流发电机	166
§ 272. 电动机	169
§ 273. 直流电动机	170
§ 274. 感应电动机	172

§ 275. 电力網	179
§ 276. 变压器	183
§ 277. 交流电焊机	187
§ 278. 直流电焊机	190
第二十四章 电磁振荡和电磁波	192
§ 279. 引言	192
§ 280. 振荡电流和电磁振荡	195
§ 281. 电磁波	200
§ 282. 电磁波的發送	202
§ 283. 調幅	204
§ 284. 电諧振	206
§ 285. 檢波	208
§ 286. 矿石收音机	209
§ 287. 电子管	209
§ 288. 二極和三極电子管收音机	212
§ 289. 無線电应用的發展	215

第四編 光 学

第二十五章 光的傳播与光度学	219
§ 290. 光源	219
§ 291. 光在均匀媒質里的傳播	219
§ 292. 本影和半影	220
§ 293. 日食和月食	222
§ 294. 光的速度	223
§ 295. 發光强度	224
§ 296. 光通量	225
§ 297. 照度	225
§ 298. 照度定律	227

§ 299. 光源的發光強度的測定·····	230
第二十六章 光的反射和折射及其应用 ·····	232
§ 300. 在兩種媒質界面上的光現象·····	232
§ 301. 光的反射定律·····	232
§ 302. 單向反射和漫反射·····	234
§ 303. 平面鏡成象·····	235
§ 304. 凹鏡·····	237
§ 305. 凹鏡成象·····	238
§ 306. 凹鏡公式·····	240
§ 307. 凹鏡的应用·····	242
§ 308. 凸鏡·····	245
§ 309. 光的折射·····	246
§ 310. 全反射·····	249
§ 311. 通过兩面平行的透明板的光綫·····	249
§ 312. 通过稜鏡的光綫·····	250
§ 313. 透鏡·····	252
§ 314. 凸透鏡成象及其公式·····	255
§ 315. 凹透鏡成象·····	257
§ 316. 眼睛的構造·····	259
§ 317. 眼睛的性質和缺陷·····	260
§ 318. 視角·····	262
§ 319. 放大鏡·····	263
§ 320. 顯微鏡·····	264
§ 321. 望遠鏡·····	265
第二十七章 光的本性 ·····	267
§ 322. 微粒說和波動說·····	267
§ 323. 波的干涉·····	268
§ 324. 光的干涉·····	269

§ 325. 波的衍射·····	272
§ 326. 光的衍射·····	273
§ 327. 光的色散·····	275
§ 328. 發射光譜·····	278
§ 329. 吸收光譜·····	279
§ 330. 光譜分析·····	280
§ 331. 太陽光譜·····	280
§ 332. 紅外線和紫外綫·····	282
§ 333. 倫琴射綫·····	284
§ 334. 光的电磁說·····	286
§ 335. 光电效应·····	288
§ 336. 光电管和它的应用·····	289
§ 337. 光子·····	291
§ 338. 光的学說的現况·····	293

第五編 原子結構

§ 339. 引言·····	295
§ 340. 原子的核式結構·····	295
§ 341. 原子的人为嬗变和質子的發現·····	296
§ 342. 中子的發現·····	297
§ 343. 原子核的組成·····	298
§ 344. 原子能 鈾核的裂变和原子能的釋放·····	300
§ 345. 原子反应堆·····	302
§ 346. 热核反应·····	305
§ 347. 放射性同位素及其应用·····	306

第三編 電 學

第二十章 靜 電

§ 201. 摩擦起電 兩種電荷

在很早的時候，就發現了用毛織品摩擦過的琥珀，有吸引像紙屑，羽毛等輕小物的性質，這種性質不獨琥珀所具有，其他像玻璃棒、火漆棒、硬橡膠或水晶等物體，用毛皮、綢子或呢絨摩擦過以後，也可以吸引輕小物體(圖313)。

在日常生活中，也常常遇到上述類似現象。如在比較乾燥的天氣里，用塑膠梳子梳頭時，頭髮梳不平妥；同時，梳過頭髮的梳子，不僅可以吸引頭髮，而且，還像摩擦過的琥珀一樣有吸引碎紙片等輕小物的性質。

我們把物體有了這種吸引輕小物的性質，就說它帶了電，或者說它有了電荷。帶電的物體稱做帶電體。

使物體帶電叫做起電，用摩擦方法使物體帶電叫做摩擦起電。

按照上面所說例子，如用綢子摩擦過的玻璃棒，玻璃棒有吸引輕小物的性質，我們就說玻璃棒帶了電，玻璃棒就叫帶電體。



圖 313 用綢子摩擦玻璃棒能吸引輕小物體的示意圖

用毛皮摩擦兩條硬橡膠片。把一條支在尖針上，讓它能

够左右旋轉。拿另一条靠近它(圖 314)，可以看到两条硬橡膠片互相推斥。

用綢子摩擦兩根玻璃棒。把一根用綫吊起来，拿另一根来靠近它，也可以看到同样的現象。

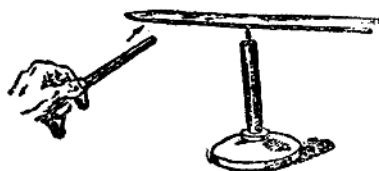


圖 314 兩條帶電的硬橡膠片互相推斥

如果把綢子摩擦过的玻璃棒靠近毛皮摩擦过的硬橡膠片，硬橡膠片就被玻璃棒吸引过来。

这表明，帶了电荷的物体，有的彼此推斥，有的彼此吸引。

那么帶电物体間的这种不同的相互作用是怎样引起的呢？

十分自然地会假定，硬橡膠片上所帶的电荷跟玻璃棒上所帶的电荷不同。經詳細研究的結果，証明这种假定是完全正确的。

这样，我們就把綢子摩擦过的玻璃棒上所帶的电荷叫做正电荷，毛皮摩擦过的硬橡膠片上所帶的电荷叫做負电荷。正电荷又叫做陽电荷，負电荷又叫做陰电荷。实验指出，所有别的物体所帶的电荷，或者跟玻璃棒上的电荷相同，是正电荷，或者跟硬橡膠片上的电荷相同，是負电荷。

所以，在自然界里，有兩種电荷，一种是正电荷，另一种是負电荷。

上面的实验表明，帶着同种电荷的物体(例如兩条硬橡膠片)，互相推斥；帶着不同电荷的物体(例如硬橡膠片和玻璃棒)，互相吸引。

§ 202. 兩種相互摩擦的物体同时帶电 和帶电体接触而帶电

摩擦的时候，一定要有兩個物体，可是，这两个物体是否同时帶电呢？为了回答这个问题，可以做下面的实验。拿兩塊裝着玻璃柄的相同的玻璃圓板，在一塊板面上貼上呢絨如圖 315 里的 K 。把兩塊圓板相互摩擦，然后分別把它們接近輕小物体，可以看出兩塊圓板都有吸引輕小物体的現象，表示它們同时帶了电。

把圓板 C 和 K 分別与圖 314 中掛的帶負电 的火漆棒接近，可以發現火漆棒和圓板 C 吸引和圓板 K 排斥，表示 C 板和 K 板帶上了不同种类的电荷。如果把这两塊帶电板紧紧接触，然后靠近輕小物体，就不显帶电現象，这就說明了兩种相互摩擦的物体同时帶上了种类不同而数量相等的电荷。

把通草或紙做的小球用絲綫掛在木架上。拿帶电的玻璃

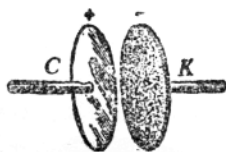


圖 315 兩個互相摩擦的物体
同时帶电

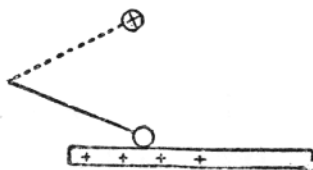


圖 316 小紙球接觸帶电体以后
也帶了电

棒靠近小球如圖 316 所示，小球先是被玻璃棒吸引，在与玻璃棒接触后又被推开。以后这个小球也有了吸引輕小物体的性質，可見小球也帶了电。很明显，小球帶的电荷跟玻璃棒帶的电荷是同种的，因为小球跟玻璃棒接触帶电以后，又被玻璃棒推开。

这样，物体跟帶电体接触，就从帶电体那里得到了同种

的电荷。

§ 203. 驗 电 器

驗电器是檢驗物体是否帶电和帶哪种电的仪器，它是根据帶同种类电荷的物体相互排斥，異种电荷的物体相互吸引的原理制成的。

金箔驗电器是驗电器的一种。它的構造如圖 317 所示，一根金屬棒 *A* 的上端安着金屬球 *B*，下端帶有兩片很輕的金屬箔；金屬棒穿过硬橡胶做的瓶塞，并把下端放在玻璃瓶里，以免金屬箔受到空气运动的影响。



圖 317 金箔驗电器

把要檢驗物体跟驗电器的金屬小球接触一下。如果它是帶电的，那么，接触以后，驗电器的兩片金屬箔上就帶上了与帶电体同种类的电荷，由于相互排斥的結果，金屬箔就張开一个角度。如果这物体不帶电，金屬箔就不会張开。

所以，根据驗电器的金屬箔是不是張开，就能知道物体是不是帶电。

要檢驗帶电体帶的是那种电荷，只須把帶电的物体接触驗电器的金屬球，使它帶电；然后把帶正电的物体（如帶正电的玻璃棒）接触驗电器时，如果金屬箔張开的角度加大，这时帶电体所帶的就是正电荷；反之，如果角度变小，帶电体所帶的就是負电荷。同样，用帶負电的物体（如帶負电的火漆棒），也可以判定帶电体所帶电荷的种类。

§ 204. 导体和絕緣体

为了說明导体和絕緣体，我們来作一个实验。

讓一个驗电器尽可能多帶电荷，使它的金屬箔張开的角度越大越好(圖 318, A)。另外还有一个不帶电的同样的驗电器(圖 318, B)。

如果用帶着硬橡膠柄的金屬棍像圖 319 那样，把 A 和 B 两个驗电器連接起来，可以看到 B 的金屬箔張开了，表示它現在有了电荷。很显然，这时 A 上的一部份电荷通过金屬棍跑到 B 上去了，所以 B 上有了电荷。

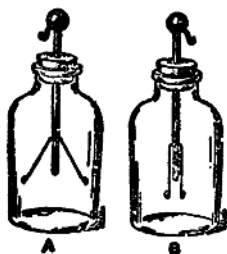


圖 318

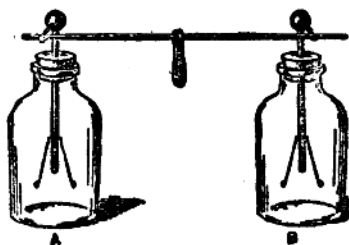


圖 319

如果不用金屬棍，而用玻璃棍或者硬橡膠棍來連接 A 和 B，B 的金屬箔就不會張開，這表示电荷不能通过玻璃棍或硬橡膠棍跑到 B 上去。

从这里知道，有的物体能够通过电荷，有的物体不能够通过电荷。能够通过电荷的物体叫做**导体**，不能够通过电荷的物体叫做**絕緣体**，也叫做**电介質**。

根据实验知道，好的导体是各种金屬、人体、地，电离了的气体等。好的絕緣体是琥珀、硬橡膠、松香、石蜡、油类、絲綫、瓷器、干玻璃等。

应该指出，以上的分类并不是很严格的，有些物体也能够通过电荷，但是导电能力很微弱；例如：酒精、乙醚、树木、紙張、稻草、石板、各种大理石、氧化銅等。

§ 205. 电子論和摩擦起电現象的說明

电子論是解釋物体帶电的理論。它的內容是：一切物体都是由分子組成；分子是由原子組成；在原子中，有一个原子核和一些电子在原子核外圍，分成几層，电子帶負电荷，而原子核帶正电荷；在正常的情况下，原子核所帶的电荷与周围全部电子所帶的負电荷的总和是相等的，因此整个原子不显电性。

使一个物体帶电，实际上就是給它以多余的电子或者是从它那里拿走了一些电子。得到多余电子的物体帶負电，失去电子的物体帶正电。

所謂摩擦起电，其实就是兩個物体互相摩擦时，其中一个物体失去了一些电子而帶正电，另一个物体得到这些电子而帶負电。所以，摩擦时总是兩個相互摩擦物体同时帶上了种类不同而数量相等的电荷。例如，毛皮摩擦硬橡膠棒，一些电子就从毛皮上跑到硬橡膠棒上去，使硬橡膠棒有了多余的电子而帶負电，毛皮失去了一些电子而帶正电。毛皮失去多少电子硬橡膠棒就得到多少电子。

使兩個帶有等量的異种电荷的物体接触，如果帶負电的物体把多余的电子完全傳給帶正电的缺少电子的物体，那么，两个物体都沒有多余的电子，也不缺少电子，因此它們都不显示任何帶电現象了，这就叫做电的中和。

各种金屬的原子，都容易失去一个或几个电子，所以在每一种金屬里，总是有許多电子在原子之間無規則地运动着，这些电子就叫做自由电子。

在金屬导体中自由电子能够移动，因此能够通过电荷。絕緣体几乎沒有自由电子，所以不能通过电荷。

§ 206. 庫倫定律

用毛皮輕微摩擦過的硬橡膠棒，吸引輕小物体的能力很弱，用力摩擦過的硬橡膠棒，吸引輕小物体的能力就較強。這显然是由於硬橡膠棒所帶電荷有多少不同的緣故。吸引能力弱，就是帶的電荷少；吸引能力強，就是帶的電荷多，物体所帶的電荷的多少叫做電量。

我們知道，兩個帶電体之間是有相互作用力的，這個力的大小和電量的多少有關，同時，觀察表明，它也和帶電体之間的距離有關。1785年法國物理學家庫倫用實驗研究了這個問題，得到了帶電体之間相互作用的定律：兩個電荷之間作用力的方向是在兩個電荷的連線上；作用力的大小跟每一個的電量成正比，跟電荷間的距離平方成反比。這就是庫倫定律。

庫倫定律可以用公式表示出來。如果用 K 來表示兩個取作單位的電量在真空中相距單位距離時的作用力，那麼， q 個單位電量和 q_1 個單位電量在真空中相距 r 個單位距離時的作用力，就得到下面的公式：

$$F = K \frac{qq_1}{r^2}。 \quad (1)$$

如果兩個電荷是同種的，那麼， q 和 q_1 的符號相同，公式中的 F 就是正的，表示兩個電荷相互排斥。如果兩個電荷是異種的， q 和 q_1 的符號相反， F 就是負的，表示兩個電荷相互吸引。

必須特別指出，庫倫定律只適用於點電荷的情況。兩個任意形狀的帶電体，如果它們的大小比它們之間的距離小得多，就可以認為帶電体上的電荷是點電荷。

相互作用的帶電体，如果不能看成是點電荷，那麼，它

們之間的作用力就是帶電體各个小部份間的作用力的合力。

§ 207. 電介質中的庫倫定律

如果把兩個電荷放在電介質里，例如放在煤油里或其它油類里，電荷間的作用力就比在同樣情形下在真空里的作用力小得多，並且依電介質的不同而不同。這時庫倫定律用下面的公式來表示：

$$F = K \frac{qq_1}{\epsilon r^2}. \quad (2)$$

量 ϵ 對各種電介質有一定的數值，叫做那種物質的**介電常數**。真空中的介電常數是 1，一切物質的介電常數都大於 1。例如，空氣和所有氣體 ϵ 都近於 1，石蠟、煤油和硬橡膠的 ϵ 是 2 到 3.5，火漆的 ϵ 近似 4，雲母的 ϵ 是 4.7 到 6.7，玻璃的 ϵ 是 6 到 10，純水的 ϵ 是 80。

§ 208. 電量的單位

現在我們根據庫倫定律來確定電量的單位。

如果兩個等量的電荷，在真空中相距 1 厘米，它們之間的作用力是 1 達因時，我們就取它們任一個的電量作為電量單位。

這樣規定的電量單位叫做電量的厘米、克、秒制靜電系單位，可以簡稱為**電量的靜電系單位**。

當電量用這種單位，力用達因作單位，長度用厘米作單位時， K 等於 1。因此，庫倫定律公式變成了下面比較簡單的形式：

$$F = \frac{qq_1}{r^2}. \quad (3)$$

在電學中，根據厘米、克、秒單位制和靜電學定律所確

定的單位系統，叫做厘米、克、秒制靜電單位系，可以称为靜電單位系。

電量的實用單位——庫侖。1 庫侖等于 3×10^9 靜電系單位電量。

習 題

1. 在煤油($\epsilon=2$)中有兩個點電荷，電量分別是 $+20$ 靜電系單位和 -20 靜電系單位，相距 8 厘米。求它們的相互作用力。

2. 在水中，一個點電荷 q ，受到另一點電荷 Q 的吸引，引力是 20 達因。 q 的電量是 4 靜電系單位， q 跟 Q 的距離是 5 毫米。求 Q 的電量。

§ 209. 電 場

我們知道，物體間的相互作用，有下面幾種情形。第一，物體間的相互作用是由于物體直接接觸而發生的。例如，兩個球碰撞時的情形，就是這樣。第二，相互作用是通過另外的物體而發生的。例如，兩個人拉繩子時，他們的相互作用就是通過繩子而發生的。第三，相互作用是通過物體周圍的物質而發生的。例如，兩個音叉共振時，它們之間的作用就是通過音叉周圍的空氣而發生的。

帶電體之間的相互作用既不是由于直接接觸而發生，也不是通過另外的物體而發生。

那麼，帶電體之間是怎樣發生相互作用的呢？

從庫侖定律知道，帶電體在沒有原子、分子存在的真空中也有相互作用。可見，帶電體之間的相互作用是通過一種特殊的物質而發生的。這種特殊的物質叫做電場。

因此，電場是物質的一種特殊形式。它和一般的原子、分子等微粒組成的“物質”不同。只要有電荷存在，電荷所在的空間就有電場，所以電荷跟它的電場是不可分割的。

§ 210. 电 场 强 度

电荷所在空间具有电场这一物理性质，首先表现在对于这个空间里的任何其它电荷都有受力的作用。电场空间内各点的性质是不是不同呢？

为了解答这个问题，我们来研究一个带正电的物体的电场(图 320)。

把一个拴在丝线端的小球，让它带有正电，作为检验电荷^①，然后把它放在一个带正电物体的电场中。在电场的作用下，小球就偏离一个角度，由这角度的大小可以测定电场对检验电荷作用力的大小。如果将小球放在电场中的其它各点而观察它偏离的角度时，将会看到，在电场中不同的点上电场对检验电荷的作用力是不同的。

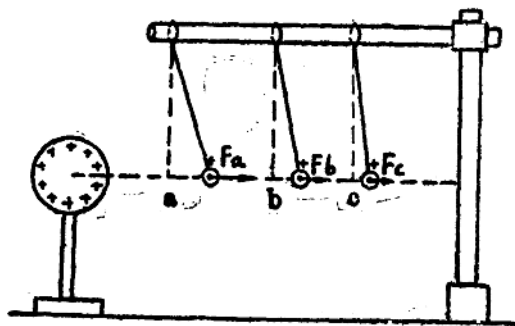


图 320

例如，将检验电荷 q 放在 a 点，电场对它的作用力是 F_a ，如果将检验电荷 q 放在 b 点或 c 点，那么，电场对它的作用力是 F_b 或 F_c 。说明电场空间内各点的性质是不同

- ① 检验电荷就是一个电量很小的点电荷，它的电量要很小，是为了使它的电场不致影响原来的电场。