

中央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本

物理教程

第二卷 第一分冊

К. А. ПУТИЛОВ 著
大連工學院物理教研組譯

商務印書館

● 中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



物 理 教 程

第二卷 第一分冊

R. A. 布吉洛夫 著
大連工學院物理教研組譯

商 務 印 書 館

本書係根據蘇聯技術理論書籍出版社(Государственное издательство технико—теоретической литературы)出版的布吉洛夫(К. А. Путилов)著“物理教程”(Курс физики)第二卷1945年版譯出。原書經蘇聯航空工業人民委員會學校教育司審定為高等航空學校教學參考書。

本書第一卷暫不出版。第二卷內分1. 電學及磁學, 2. 光學, 3. 原子物理等三部分。現先出第一分冊(即第一部分), 繼出第二分冊(即第二部分), 第三部分原子物理不擬翻譯出版。

本書由大連工學院物理教研組譯校, 並由大連工學院研究室協助校訂。

物 理 教 程

第二卷 第一分冊

大連工學院物理教研組譯

★ 版權所有 ★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

中國圖書發行公司 總經理

華 文 印 刷 局 印 刷

(52144B1)

1953年12月初版 版面字數259,000

印數1—10,000 定價¥13,500

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

第一分冊目錄

第一章 電場	1
§ 1 電量。庫倫定律	1
§ 2 電力線。電場強度	4
§ 3 高斯定理	7
§ 4 電感應矢量	8
§ 5 高斯定理的應用舉例	11
第二章 電介質的極化	13
§ 6 電介質的極化	13
§ 7 介電常數。塞格涅特電介質	15
§ 8 關於用虛設電荷的分佈來代替極化電介質的定理。電極化率	17
§ 9 電介質的電子理論	19
§ 10 壓電現象和熱電現象	22
第三章 電位・電場中的導體	24
§ 11 電場的位	24
§ 12 導體的帶電	28
§ 13 電場中的導體	31
§ 14 電容	34
§ 15 靜電計	36
第四章 電場的電能	39
§ 16 電能	39
§ 17 電容器電容和能量的計算	41
§ 18 電容器的並聯和串聯	44
§ 19 電場的能量	46
§ 20 靜電高壓機	48
第五章 直流電的定律	54
§ 21 電流的電動勢和電壓	54
§ 22 歐姆定律。電導	55
§ 23 克希霍夫定律	58
§ 24 電流的分支	60
§ 25 惠斯通電橋和湯姆孫電橋	62
§ 26 電源的串聯和並聯	63

§ 27	焦耳定律	64
第六章 金屬內的電流		69
§ 28	金屬的電子傳導	69
§ 29	關於金屬電阻率的知識	71
§ 30	超導電性	72
§ 31	接觸位差。溫差電動勢。拍耳帖現象	75
第七章 電解質中的電流		79
§ 32	電解質	79
§ 33	歐姆定律適用於電解質	81
§ 34	法拉第電解定律	81
§ 35	電子電荷的計算法	83
§ 36	在電極上的反應及其技術應用	84
§ 37	伽伐尼電池的理論	87
§ 38	伽伐尼電池的其他類型。電極的電位	89
§ 39	電化性的極化	92
§ 40	蓄電池	93
§ 41	腐蝕作用的電化本性	94
第八章 氣體中和真空中的電流		97
§ 42	氣體的電離和電導	97
§ 43	密立根實驗	100
§ 44	陰極射線	101
§ 45	輝光放電時真空管中發生的現象	105
§ 46	陽極射線	107
§ 47	用法拉第一伏特和電子一伏特來作電子能量的量度單位。計算電子速度的公式	109
第九章 電子發射及其應用		111
§ 48	熱電子發射	111
§ 49	倫琴射線管	113
§ 50	整流電子管	116
§ 51	放大電子管	118
§ 52	光電子發射。光電管	122
§ 53	次級電子發射。電子倍加器	126
第十章 磁性		130
§ 54	天然磁性	130
§ 55	磁化現象的物理本質	131

§ 56 磁力的庫倫定律。磁導率	133
§ 57 磁力線。磁場強度及磁感應	135
§ 58 關於用虛設磁的分佈來代替磁化物體的定理。磁化率	139
§ 59 鐵磁體。磁滯現象	140
第十一章 電流所生的磁場	145
§ 60 電流所生的磁場	145
§ 61 電流現象中的兩方面。電量和電流強度的電磁單位	148
§ 62 畢奧、沙伐爾定律	151
§ 63 直線電流和圓形電流的磁場	152
§ 64 磁動勢	154
§ 65 電流所生的磁感應通量。羅布金孫公式	155
§ 66 螺線管內鐵心的作用。電磁鐵的起重力	157
第十二章 磁場對電流的作用	160
§ 67 安培公式	160
§ 68 磁場對於電流的有質動力作用的法拉第解釋	161
§ 69 兩平行電流之間的有質動力作用	163
§ 70 磁場對電子流(在真空中和在金屬中)的偏向作用。霍耳效應	164
§ 71 導體在磁場內移動時電流所做的功	165
§ 72 電動式量度儀器(電流計和迴線示波器)	167
第十三章 電磁感應	172
§ 73 電磁感應	172
§ 74 楞次定則	174
§ 75 法拉第所想像的電磁感應圖	176
§ 76 法拉第電動力學定律	178
§ 77 傅科電流	180
§ 78 自感應	181
第十四章 電流的磁能。麥克斯韋方程	185
§ 79 電流所生磁場的能量(動電能量)	185
§ 80 電磁鐵的自感和能量	187
§ 81 電動力學中的兩個主要方程	189
§ 82 關於麥克斯韋方程	190
第十五章 電子質量的電磁性起源。磁性的電子說	199
§ 83 電力質量的實驗測定法	199

§ 84 電子質量的電磁性起源	200
§ 85 電子的橫質量和縱質量。電子質量依從於速度的羅倫茲—愛因斯坦公式	203
§ 86 羅倫茲—愛因斯坦公式從實驗上檢驗的結果	205
§ 87 磁力學現象(愛因斯坦和德哈斯實驗以及巴內特實驗)	206
§ 88 反磁性和順磁性的電子說	208
§ 89 鐵磁性的理論。巴克好生效應。居里點	210
第十六章 交流電理論	213
§ 90 交流電	213
§ 91 交流電的發生(導體在磁場內的轉動)	215
§ 92 電壓和電流強度的有效值	217
§ 93 電容電抗	218
§ 94 有感電抗	220
§ 95 交流電的矢量圖	221
§ 96 複雜交流電路的廣義歐姆定律	222
§ 97 電共振	224
§ 98 電路的功率係數($\cos \phi$)	227
§ 99 變壓器	229
§ 100 三相電流	232
§ 101 迴轉磁場。同步和非同步電動機	233
第十七章 電振盪	237
§ 102 感應器	237
§ 103 振盪電路	241
§ 104 赫芝振盪器(用感應器來激發振盪電路)	244
§ 105 振盪電路的自激。電子管振盪器	246
第十八章 電磁波	251
§ 106 電磁場	251
§ 107 電磁波輻射	253
§ 108 電磁波的傳播。黑維賽德層	262
第十九章 電振盪和電磁波的應用	267
§ 109 無線電通訊原理	267
§ 110 聲振動轉變為電振盪(傳聲器)及電振盪轉變為聲振動(重發器)	271
§ 111 聲音的電記錄及其重發	274
§ 112 電視原理	277

物理教程

第一章 電場

§ 1 電量。庫侖定律 電有兩種，而且只有兩種：一種電，例如用塗有汞齊的皮革擦玻璃後在玻璃上所得的，叫做“玻璃的”電（正電），而另一種電，在用羊毛擦過的硬橡膠或樹脂上所得的，叫做“樹脂的”電（負電）。帶有（荷有）同種電的兩物體，互相排斥；帶有（荷有）異種電的兩物體，互相吸引。

決沒有這樣一種現象，其中會產生或消滅單一種電荷的；所發生的總不過是，電荷在不同物體間有某種一定的分配情況而已。當一個帶電體跟一個不帶電體相接觸時，電荷就分配在相接觸的兩物體上，而總量沒有改變。在摩擦或用任何別的方法起電時，總是有一個物體帶正電，另一個物體帶負電，但電荷的代數和保持不變。這便是電荷守恆定律，它跟質量守恆定律相像。所以我們完全有理由把電荷叫做電量。電量守恆定律是物理學基本定律之一。

帶電體之間的相互作用由庫侖定律決定。兩個點電荷 Q_1 跟 Q_2 之間的相互作用力 F ，是沿着該兩電荷 Q_1 和 Q_2 所在點的聯線方向的；這相互作用力 F 的大小跟兩電荷的乘積成正比而跟它們之間距離的平方成反比：

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}. \quad (1)$$

上式中 K 是數值係數，在電荷是分佈在真空中的情形下， K 的大小只跟所選用的單位有關。

異名的電荷相吸，同名的電荷相斥。

如果量 Q_1 和 Q_2 同符號,那末它們的乘積是正的;所以庫倫公式中的力如果是正的,那就表示該力是斥力。

用庫倫定律來決定兩帶電體之間的相互作用,且 Q_1 和 Q_2 指這兩物體所帶的總電荷時,必須注意,唯有在這兩帶電體的線度跟它們之間的距離 r 相比起來是極小的情形下,公式(1)才能成立。如果帶電體的線度跟物體之間的距離相比起來不夠小,那末在這情形下的相互作用力,是物體上一切帶電點所產生的全部作用力的合力。

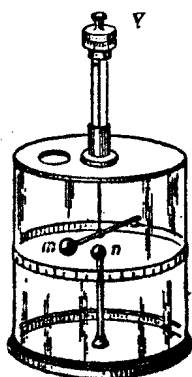


圖 1 扭秤,庫倫曾利用類似的秤在 1785 年確立了帶電體之間相互作用的定律。

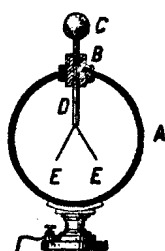


圖 2 驗電器。

庫倫定律曾用所謂扭秤(如圖 1 所示)確立並多次證實。小球 n 和 m 上帶有同名的電荷。要把帶同名電荷的兩小球之間所發生的斥力抵消^①,就旋轉圓盤 T ,以扭轉那懸掛着秤桿(其一端為小球 m)的細金屬絲。根據金屬絲扭轉的角度,就可以定出兩帶電小球之間的相互作用力。

用來辨認帶電體的那種儀器,叫做驗電器。驗電器的略圖如圖 2 所示。在銅桿 D 的上端有一個銅球 C ,下端懸掛着兩片鉛箔 EE 。帶鉛箔的銅桿由硬橡膠塞子 B 固定在金屬盒中,盒上裝有小玻璃窗。如果把電荷傳給球 C ,鉛箔就也帶電,因此互相排斥而形成某一角度。

要測定電荷的量,可以用一種所謂靜電計的儀器。這類儀器中的一種——柯列布靜電計(электрометр Кольбе)——如圖 3 所示。

較完善的靜電計到 § 15 中再講。

電量的單位規定為這樣的電量:當它^②作用在跟它相等且相距 1 厘

① 使它們回到未帶電時的位置。

② 在 $K=1$ 的空間中(即在真空中)。

米的另一電量上時，作用力是 1 達因。

從數學上來表示這個條件時，便得：當 $r=1$ 厘米， $F=1$ 達因，且 $K=1$ 時，那末 $Q_1=Q_2=1$ 。

因此，採用上述單位後，庫倫定律的形式是：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \text{ 達因。} \quad (2)$$

這樣定出的電量單位叫做**絕對靜電單位**。以後 (§ 36) 我們將認識另一種從電磁現象的定律而推出來的電量單位，叫做**絕對電磁單位**。很明顯，從兩種完全不同的現象而推出來的這兩種單位是不相等的。我們用符號 CGSE 來表示絕對靜電單位。

在實用上我們並不採用電量的靜電單位，因為它太小了，實用上所碰到的一些量，如果用靜電單位來表示就會是很大的數目；所以電量的實用單位就採用為一庫倫，而令：

$$1 \text{ 庫倫} = 3 \times 10^9 \text{ CGSE。} \quad (3)$$

1 庫倫的電量又叫做**安培秒**（因為電流強度是 1 安培時，在 1 秒鐘內流過導體橫截面的電量，正好等於 1 庫倫）。通常，庫倫的簡便記號是 k 。

如果電荷 Q_1 和 Q_2 用庫倫、 r 用厘米、而 F 用達因來表示，那末庫倫公式中的比例係數 K 就不等於 1，而等於 9×10^{18} 。

爲了要得到一個明確的概念，究竟一庫倫的電量跟一靜電單位的電量比起來有多大，我

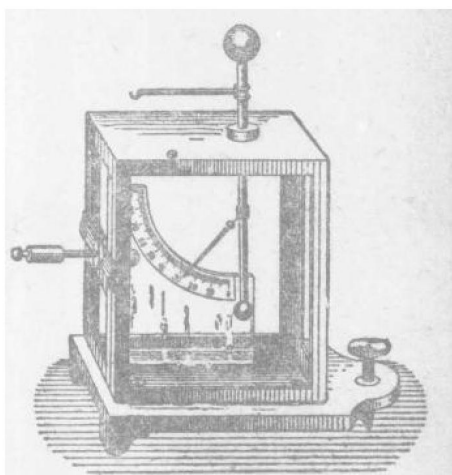


圖 3 柯列布靜電計。由鋁箔受金屬桿排斥而偏離的角度，可以判定靜電計所得電荷的量。

們現在來計算一下，1庫侖電荷作用在另一相等且相距1千米的電荷上時，它的作用力是多少。根據庫侖定律得： $F = \frac{9 \times 10^{18}}{(10^3)^2}$ 達因 $= 9 \times 10^8$ 達因，或用概數表示時，約為0.9噸。

不過，實際上是不可能使物體帶電到等於或近於1庫侖電荷的。這樣多的電荷不可能留在物體上；它將打穿任何絕緣裝置。我們能使巨大的電量運動，但是要得到靜止的電荷時，卻只能限於得到微量電荷。

我們看到，庫侖定律跟牛頓萬有引力定律在形式上是相似的。但必須注意，相似之處只在於：這兩種情形中的相互作用力跟距離的平方成反比而跟電荷或質量的乘積成正比。同名的電荷相斥而不相吸，就已經根本破壞了這相似性。其次，由於電荷鄰近的物體、以及電荷周圍的媒質本身，對電荷之間的相互作用都發生影響，因而使電的相互作用情況非常複雜（跟質量的萬有引力相比來說）。一切物體（物質）在跟電荷的關係上可以分為兩類：絕緣體（電介質）和導體。絕緣體靠近電荷時就“極化”，而導體靠近電荷時就“感應起電”（這兩種現象以後將詳細討論）。至於媒質的影響，由實驗得知，兩帶電體放在任何介電媒質裏面時，它們之間的相互作用力總等於放在真空中時的 ϵ 分之一那麼小，而 ϵ 是一定的媒質所特有的一個數目。在這種情形下庫侖定律應寫成下列形式：

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2}. \quad (4)$$

量 ϵ 叫做媒質的介電常數或媒質的電容率。真空的介電常數等於一。

§2 電力線。電場強度 所謂電場，就是電力在其中起作用的空間。

作用在空間任一點處單位正電荷上的力的矢量叫做電場強度。除了“電場強度”這名稱以外，有時也簡稱“場強”。

在每一點處的力場，由該點處場強的一定數值和方向來描述。

在電場中場強為 E 的任一處，放一電量為 Q 單位的電荷，那末當電荷為正時，作用在這電荷上的力 F 顯然將跟場強 E 同方向，當電荷為負時， F 的方向跟 E 相反，而 F 的大小將是場強的 Q 倍：

$$F = QE. \quad (5)$$

由庫侖定律得知，在距離點電荷 Q 為 r 的 A 點處，場強的數值等於

$$E = \frac{Q}{\epsilon r^2}, \quad (6)$$

它的方向是沿着從電荷所在點到 A 點的矢徑（如果電荷是正的，那末矢徑是從 Q 到 A 的方向，如果電荷是負的，那末矢徑是從 A 到 Q 的方向）。

在孤立的電偶極子（圖 4）的情形下，位在偶極子軸線上且離偶極子中心為 r （大於偶極子兩電荷之間的距離 λ ）的任意點處，場強顯然等於偶極子電荷 $+Q$ 和 $-Q$ 所成兩場強的差：

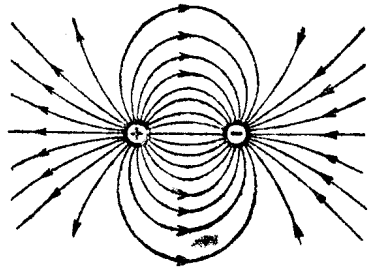


圖 4 偶極子（兩個同量而不同名的電荷）的力線。

$$E = \frac{Q}{\epsilon \left(r - \frac{\lambda}{2}\right)^2} - \frac{Q}{\epsilon \left(r + \frac{\lambda}{2}\right)^2} \approx 2 \frac{M}{\epsilon r^3},$$

式中 $M = Q\lambda$ 是偶極矩。

這樣看來，位在偶極子軸線上的各點處，場強跟偶極矩成正比而跟離偶極子中心的距離立方成反比。

在通過偶極子中心且垂直於偶極子軸線的方向上，場強的數值是上述的一半，就是 $\frac{M}{\epsilon r^3}$ 。偶極子所成的電場中各點強度矢量的取向，如

圖 4 所示。

在一般情形下，當電場是由幾個電荷（數目任意多的電荷）所形成

時，如果需要求出場強，就必須用幾何加法（累次應用平行四邊形法則），把各個電荷所形成的場強加起來。如果需要求出各個磁極所形成的場強時情形也是一樣。

電場強度 E 的絕對靜電單位是這樣一個電場的強度，它作用在 1 靜電單位電量上的力是 1 達因。電場強度的這個單位並沒有專門的名稱。

實用上的單位是絕對靜電單位的 300 分之一，表示為伏特每厘米，或 1 伏特/厘米（參看第 27 頁）。

如果從力場中某點沿着該點處的場強方向而移動到鄰近一點，再從這第二點沿着該點處的場強方向移動到第三點，依此類推，那末在力場中將描出一條曲線，叫做力線。這樣看來，力場內每一點處的力線，跟各該點處的場強方向一致。

電力線相當於點電荷（無慣量）在電場中運動時所應沿着而走的路徑。

對於電力線必須指定方向：正電荷沿着力線而運動的方向，通常定為正方向；反之為負方向。從正電荷到負電荷的方向相當於力線的正方向。

正電荷是電力線的發源處，負電荷是電力線的進入處。

電力線開始和終止於“發源處”和“進入處”，也就是開始和終止於正電荷和負電荷。

場的兩條力線決不相交；假如它們相交的話，就表示跟空間同一點相對應着的。會有兩個不同的場強方向，這自然是不可能的。

場的全部特點都表現在力線的分佈和形狀上。孤立的點電荷所成電場的力線，是沿徑放射的。兩個帶電平面間的力線是一族平行直線。

電力線的圖是可以得到的；為此，在一塊玻璃板上厚厚地塗上一層凡士林，再撒上細碎的奎寧或石膏晶體；當這樣的板放在電場中時，奎寧晶體就照着電力線的方向而排列起來（圖 5 和 6）。圖 4 和 7 簡單地

表示兩個等量異名電荷(圖 4)和兩個等量同名電荷(圖 7)的電場圖。

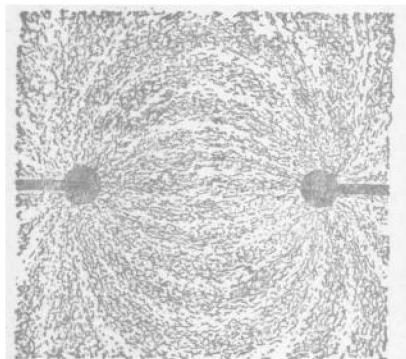


圖 5 用奎寧晶體在凡士林中所得的，兩個帶異名電荷的球之間的電力線圖。

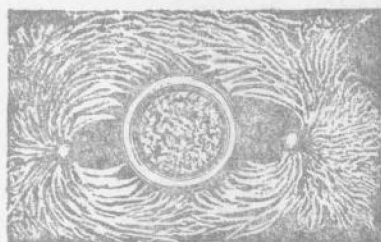


圖 6 金屬環在兩個異名電荷的電場中。兩極的力線都趨向於環而在環面上中斷；環內沒有電場。這力場的圖是用細碎石膏晶體而得到的。

§3 高斯定理 力線的觀念使我們能夠明晰而簡易地研究電的現象。

通過場的每一點都可以引一條力線。力線的數目是不受任何限制的；畫電場的圖時可以把力線畫得很密，也可以畫得很疎。我們規定要這樣來選擇那畫電場圖時的力線密度，

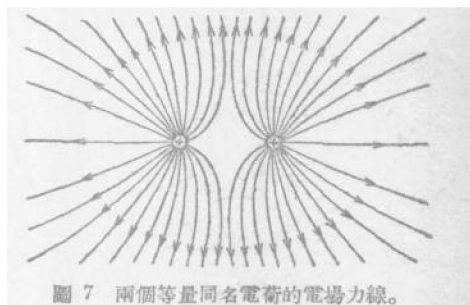


圖 7 兩個等量同名電荷的電場力線。

目的是使這密度能定出場強的大小：我們將引出這麼多條力線，使通過跟力線垂直的每平方厘米截面積的力線數，等於場強的數值。如果場強等於 E 單位，那末通過 1 平方厘米橫截面須引出 E 條線。

電場的這種畫法有極其重要的優點：在電場的全部範圍內，都是用同樣一些電力線來畫這電場的，且根據從任一閉曲面上出來的電力線總數，就可以判斷在這曲面所圍的空間中含有多少電量。

為說明這事，我們在任何的點電荷 Q 周圍，作一半徑為 r 的球面。這時，因為電場的力線是沿半徑方向的，而球面處處跟半徑垂直，所以

通過每平方厘米球面的力線數，根據條件應當等於這球面上的場強，就是有 $\frac{Q}{\epsilon r^2}$ 條力線，這裏 ϵ 是媒質的介電常數，且我們假設媒質是均勻的。球面積等於 $4\pi r^2$ 。所以，從整個球面上出來的力線總數等於：

$$N = 4\pi r^2 \times \frac{Q}{\epsilon r^2} = \frac{4\pi Q}{\epsilon}.$$

電荷爲正時，力線數 N 是正的，電荷爲負時， N 是負的，也就是力線進入球面。

我們看到，這數目跟 r 沒有關係。無論遠近，我們所選擇的畫電場圖的方法（用力線密度來表示場強），都是用同樣幾條力線來作出的。力線只能在電荷上開始或終止。

高斯曾證明，表示力線數 N 的上述公式可以推廣到任何數目的任意分佈的電荷上去。

高斯定理可陳述如下：如果在畫電場圖時每點處的力線密度表示場強那末從包含電荷 $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ 的任何閉曲面上出來的力線的代數值爲：

$$N_{\text{力線}} = \frac{4\pi}{\epsilon} (Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots). \quad (7)$$

如果我們作一閉曲面，其中不含電荷，或含相等數目的正負電荷，那末從這曲面上出來的力線的代數值等於零：有多少條力線從曲面上出來，就有多少條進入它。

§4 電感應矢量 畫力線而得的力場圖的主要優點，當場的媒質不均勻時就不存在了。

如果電場中充滿了不同的電介質，那末在這種情形下就不能根據上述形式的高斯定理來計算。

例如，假設有點電荷 Q 放在空氣泡的中心，而空氣泡則在某種媒質例如介電常數爲 ϵ 的油中（空氣的介電常數近於 1）。

這時在電荷周圍的空氣中有 $4\pi Q$ 條力線，離球形空氣泡（半徑爲

r) 表面非常近的空氣中, 力線密度等於 $\frac{Q}{r^2}$ 。而在離該表面非常近的油中, 場強和力線密度都等於 $\frac{Q}{\epsilon r^2}$, 也就是等於在空氣中的 ϵ 分之一, 因此從球面上出來的力線總數也是球面內側的 ϵ 分之一, 它等於 $\frac{4\pi Q}{\epsilon}$ 而不是 $4\pi Q$ 。這樣說來, 通過不同電介質的分界面時, 某些數目的力線是損失了(圖 8)。

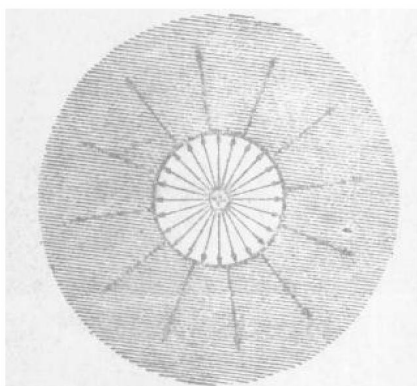


圖 8 油中空氣泡中心處的電荷。在空氣和油的分界面上有一部分力線也不連續。

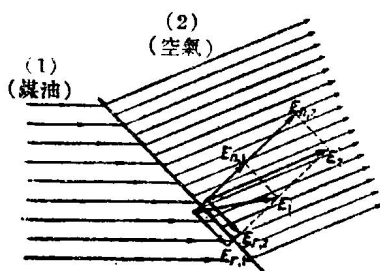


圖 9 力線在兩個電介質——煤油(1)和空氣(2)——分界面上的折射。

在上例中, 力線是垂直於分界面的。在一般情形下, 當力線跟分界面成一斜角時, 電場強度矢量的法向分量, 跟上述垂直相交時一樣, 也會作同樣的突變。

如果一個媒質的介電常數是 ϵ_1 , 另一個是 ϵ_2 , 那末場強法向分量的突變將由下面的方程決定:

$$\epsilon_1 E_{n1} = \epsilon_2 E_{n2}, \quad (8)$$

式中 E_{n1} 是在第一媒質中場強的法向分量, E_{n2} 是在第二媒質中場強的法向分量。平行於分界面的切向分量, 在從一個媒質到另一媒質時, 是連續變化而沒有任何突變的。由於這個緣故, 力線在兩個媒質的分界面上發生“折射”現象(圖 9)。