

547695

322
7/204
T. 2

工專·物理

(下 冊)

Physics for Technology

原著者：John E. Betts

譯述者：陳坤鏡 陳浩湧

科技圖書股份有限公司

332
7/204
T. 2

547695

工專物理

(下 冊)

Physics for Technology

原著者：John E. Betts

譯述者：陳坤鏡 陳浩湧

科技圖書股份有限公司

原書作者 John E. Betts 為美國 Comosun 學院教授。本書專為土木、結構、建築、機械、電機、電子與控制系統等專科學生而寫。原書由美國 Prentice-Hall 書局出版，為工專物理教科書中最新版本。

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：工專物理（下冊）

原著者：John E. Betts

譯述者：陳坤鏡 陳浩湧

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市博愛路185號二樓

電話：3 1 1 0 9 5 3

郵政劃撥帳號 15697

六十七年四月初版 特價新台幣80元

工專物理

(下)

目 錄

第十九章 靜電學

19-1	電 荷	2
19-2	電荷與原子構造	2
19-3	電荷與電流	4
19-4	金箔驗電器與導電	5
19-5	電荷之分佈	6
19-6	接地與感應	7
19-7	庫倫定律	8
19-8	電 場	12
19-9	電力線	14
19-10	電位與電位差	16
19-11	電位梯度和電場	20
19-12	電 子	23

第二十章 電容與介電質

20-1	電 容	27
20-2	平行板電容器	28
20-3	介電質	30
20-4	電容器之組合	35
20-5	貯藏在電容器的能量	41
20-6	電容器的種類	44

第二十一章 電流與電阻

21-1	電 流	46
21-2	電流與電位差	49
21-3	歐姆定律	51
21-4	電阻率隨溫度變化	55
21-5	超導電性	57
21-6	能量轉換與電功率	58
21-7	電阻器的組合	61

第二十二章 直流電路

22-1	電能源	69
22-2	內電阻	75
22-3	電池的組合	78
22-4	克希荷夫定律——網路分析	80
22-5	測量儀器	84
22-6	RC 電路	92
22-7	熱離子真空管	96

第二十三章 磁 場

23-1	磁的現象	100
23-2	磁 場	101
23-3	圓周運動的電荷	105
23-4	電流的磁場	109
23-5	作用於電流上的磁力	117
23-6	電流間的磁力	119
23-7	電流迴路上的磁轉矩	122

第二十四章 物質的磁性

24-1	磁性的原子理論	126
------	---------	-----

24-2	磁場強度或場強度	129
24-3	抗磁性	131
24-4	順磁性	131
24-5	鐵磁性	132
24-6	磁性裝置	136
24-7	鐵氧磁	138

第二十五章 電磁感應

25-1	法拉第定律與感應電動勢	141
25-2	磁場中的運動導體	144
25-3	發電機與馬達	146
25-4	互感應	154
25-5	自感應	156
25-6	電感的組合	158
25-7	直流串聯電路中的電感器	161
25-8	磁 能	164
25-9	電感器的類別	166
25-10	變壓器	167

第二十六章 交流電與電磁波

26-1	有效電流與電壓	173
26-2	純電感電路中之交流電	176
26-3	純電容電路之交流電	179
26-4	串聯電路的阻抗	181
26-5	交流電路中的功率消耗	185
26-6	共 振	187
26-7	電磁波	189
26-8	相對論性之都卜勒效應	193

第二十七章 光與照度

27-1	光的本性	196
27-2	光線與陰影	197
27-3	光源	199
27-4	光源的特性	200
27-5	表面照度	206
27-6	亮度	211
27-7	光度計	212

第二十八章 幾何光學

28-1	反射定律	216
28-2	平面鏡	218
28-3	球面鏡	219
28-4	球面像差與拋物柱面反射鏡	229
28-5	折 射	230
28-6	稜 鏡	239
28-7	透 鏡	240
28-8	簡單光學儀器	250
28-9	透鏡組合	256
28-10	透鏡的缺點	260

第二十九章 波動光學

29-1	顏 色	264
29-2	楊氏雙狹縫	267
29-3	繞射光柵	270
29-4	單狹縫繞射	273
29-5	薄 膜	274
29-6	電極化	278

第三十章 量子物理與原子

30-1	光 譜	282
------	-----	-----

30-2	光電效應	285
30-3	拉塞福原子	290
30-4	波爾原子	292
30-5	熒光與磷光	296
30-6	量子數	297
30-7	週期表	299
30-8	物質波	301
30-9	雷 射	304

第三十一章 固 態

31-1	鍵 結	308
31-2	晶體結構	310
31-3	X-射線	312
31-4	能 帶	318
31-5	電子統計學	321
31-6	半導體	324
31-7	霍耳效應	329

第三十二章 原子核與核能

33-1	自然放射性的發現	332
33-2	輻射的類型	333
33-3	核構造	334
33-4	結合能	336
33-5	原子核蛻變	338
33-6	核之活 動性	341
33-7	人工蛻變	344
33-8	Q- 值	346
33-9	連鎖反應	347
33-10	核能廠	349
33-11	核融合	351

附 錄

附錄 1	轉換因素和物理常數·····	353
附錄 2	週期表·····	356

19

靜電學

電與磁的所有基本特性，可追溯到一種稱為電荷（electric - charge）的實體狀態或運動。電荷的真正性質，我們尚不了解，雖然它經常與一些特殊形式的質點，如電子（electrons）、質子（protons）與正子（positrons）等發生關聯，但它並非一種物質，而且電荷本身也不是某種能的形式。不過，帶電質點的運動，可將能量從一地移轉到另一地。如果要積聚過量的電荷，必需作功（work）。運動的電荷與過量靜電荷的區域具有電能（electric energy）。

磁（magnetisms）是電荷運動所產生的現象。電（electricity）一詞，係用來指出電荷與電流的其他特性。

現代的家庭與工業，需要大量的能。從能源到消費者，在長距離輸送途中，能量必須具最少損耗。這種能量傳送，最適宜用電的方式來完成。在能源處，能量（例如瀑布的能量）被轉變為電能，然後輸送到消費者，再被轉換為需要的能量（光、熱、或機械能）。

19-1 電 荷

古希臘人（西元前 600 年前）曾注意到，琥珀用毛皮摩擦後，會吸引輕的物體，像稻草與軟木 *。假如其他物體與適當的材料摩擦，也會有這種特性。這些物體稱為帶電體（*electrified*）而具有靜電荷。

共有兩種不同種類的電荷。當玻璃棒與蠶絲摩擦時，玻璃棒帶電。當橡膠棒與毛皮摩擦時，橡膠棒亦帶電。但兩棒具有不同種類的電荷。電荷有兩種不同的形式，可用一簡單實驗來證明。若一帶電的玻璃棒，用長而輕的纖維懸着，它會排斥另一根帶同樣電的玻璃棒。當第二根棒移近時，懸着的棒就會移開。但是當帶電的橡膠棒移近懸着的玻璃棒時，它們相互吸引，而玻璃棒亦向移橡棒移動。兩根帶同樣電的橡膠棒也會互相排斥。

在十八世紀時，朋傑明·富蘭克林（*Benjamin Franklin*）替這兩種電荷命名。當玻璃棒與蠶絲摩擦時，被認為帶正電（*positive charge*）。而當橡膠棒與毛皮摩擦時，則帶負電（*negative charge*）。

帶相同類型靜電荷的物質互相排斥。帶不同類型靜電荷的物質互相吸引。

19-2 電荷與原子構造

所有物質都由原子組成，此原子是化學元素中最小的質點。在二十世紀，科學家斷定，一個原子由一小而非常稠密的帶正電荷的核（*nucleus*），一個或多個輕而帶負電荷的電子（*electrons*）所組成。電子非常高的速度繞核旋轉（見第三十章）。每個電子具有 $9.108 \times$

*“*electricity*”一詞源出希臘字的琥珀“*electron*”。

10^{-27} kg 的質量。

原子核的真正構造，至今仍是一個有待探討的領域。不同化學元素的原子各有不同的原子核。但所有原子核都含有一個或多個稱為質子 (protons) 的帶正電粒子。原子核中的質子數目稱為原子序 (atomic number) Z 。不同的化學元素具有不同的原子序，但相同種元素恆具相同的原子序。單一質子的質量為 1.673×10^{-27} kg。

另有稱為中子 (neutrons) 的質點，也存在大部分的原子核中。單獨的中子並不帶電，每個中子具有 1.675×10^{-27} kg 的質量 (約等於一個質子的質量)。

質子與電子帶有大小相同但極性 (polarity) 相反的電荷。在中性原子中，核內質子數等於軌道上的電子數。原子中，各個電子在離原子核不同距離的軌道運轉，正如不同行星在相異軌道上繞太陽運行。離原子核最遠的電子，所受的束縛不像離核較近的電子那麼大。由於不同極性電荷互相吸引，結果使帶負電的電子被吸引向帶正電的電子。但有些原子核較其他核更具吸引力，於是當兩物互相摩擦時，其中一物體離核最遠的電子最被強烈地吸引到另一物體的原子上，結果第一物體上某些帶負電荷電子 (變成帶有淨正電荷) 流到第二物體，使其具有靜負電荷。

電荷守恆

電荷不能被創造，也不能被消滅。帶負電荷電子，僅從一物體流到另一物體。當一物體顯現帶負電荷時，另一物體一定會有正電荷的形成，使整個系統的總淨電荷保持不變。這項事實，稱為電荷守恆定律 (law of conservation of electric charge)。可敘述如下：

任何孤立系統，所有電荷的代數和為一常數。

固體中的電荷流動

固體，是由大量的原子所組成 ($\sim 10^{18}$ atoms / mm³)。在某些稱為導體 (conductors) 的物體中，欲從個別原子移去一些電子非常容易，這些電子可很自由地在物體上移動。另有一些不良導體，它們的電子被個別原子緊緊地束縛着，這些物質稱為絕緣體 (insulators)

）。

19-3 電荷與電流

電流 (electric current) 是電荷的流動。習慣上以電流的方向作為正電荷流動的方向。假若電子在物體中向某一方流動。電流則往相反的方向流動。

在國際制中，電流的單位是安培 (Amperes)。由於它比電荷更易量度，故為一種基本單位。安培係用兩平行電流間的力來定義。考慮真空中相距 1 m，並帶相同電流的兩根平行導線。當每單位長度導線的吸引力* 恰為 $2 \times 10^{-7} \text{ N/m}$ 時，每一導線電流的大小，被定義為 1 安培 (A, Ampere)。

國際制中，電荷的單位稱為庫倫 (Coulomb)，是一種導出單位。1 庫倫 (Coulomb, C) 被定義為，當導體中具有 1 安培電流，每秒流過導體某固定點的電荷量。因此

$$q = I t \quad (19-1)$$

式中 q 為電荷，單位為庫倫， I 為電流，單位為安培； t 為時間，單位為秒。

原子電荷單位 (atomic charge unit) e ，被定義為每一質子所具有的電荷，其大小為 1.602×10^{-19} 庫倫。一個電子具有與原子電荷單位大小相同、而極性相反的電荷。

電荷與特殊粒子如質子及電子相結合，每一粒子恆具有大小等於一個電荷單位的電量。因此，電荷以不連續而定量的方式存在，稱為量子化 (quantized)。任何電荷等於一個電荷單位的整數倍。

例題 19-1 假如銅線帶 1.5 mA 的穩定電流。求在一分鐘內有多少電子流經銅線的一固定點。

解： $q = It = (1.5 \times 10^{-3} \text{ A})(60 \text{ s}) = 9.0 \times 10^{-2} \text{ C}$

* 有關該力的由來，將在第二十三章中討論。

因此，電子數為

$$= \frac{9.0 \times 10^{-2} \text{ C}}{e} = \frac{9.0 \times 10^{-2} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 5.6 \times 10^{17} \text{ 電子}$$

習 題

19-1 假如一電線具 1.8 A 的電流，在 3 S 內有多少電子流經電線的一固定點？

答： 3.4×10^{18} 。

19-2 假如 $4 \times 10^{-6} \text{ C}$ 的電量，在 0.15 s 內流經導線的一固定點，求導線的電流。

19-4 金箔驗電器與導電

驗電器 (electroscope)，係用來檢驗與研究電荷的裝置。一個金箔驗電器 (leaf electroscope) 由一金屬導電棒所構成，其一端為一平板或一圓球，另一端為一對金屬箔片。導電棒垂直通過玻璃容器頂端的絕緣環 (圖 19-1)。

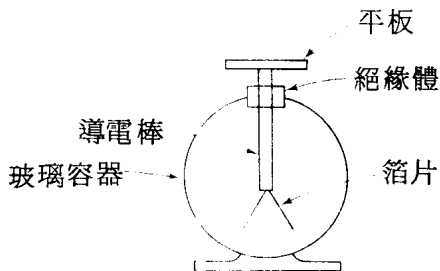


圖 19-1 金屬驗電器

當正電荷移近無電的驗電器時，電子被正負荷吸引，而從箔片與導電棒流到金屬平板。此時金屬平板可說被感應（induced）出負電荷，箔片由於缺乏電子，故產生一淨正電荷，結果箔片下垂。

同樣，當負電荷移近無電的驗電器時，金屬平板上的電子被排斥，流到箔片，使它們張開。此時驗電器的金屬平板含有感應的淨正電荷。當負電荷移開，電子重行分佈使箔片下垂。

假如金箔驗電器的金屬平板與一帶負電的物體接觸，一部分電子從物體流到平板上。這些電子互相排斥，經過導電棒到箔片，結果箔片張開，顯示出有淨電荷存在。當帶電體移開，驗電器仍保有過量的電子，此係經由導電過程（conduction process）而充負電。這些過量的電子，會重新分佈於金屬平板、導電棒與箔片上。結果因部份電子從箔片流開，所以箔片會稍微下垂。

假如驗電器與帶正電的物體接觸，也可藉導電而充正電。在這種情形下，電子從驗電器流到物體，而在驗電器留下正電荷。

箔片張開角度的大小，與接近或接觸驗電器金屬平板的物體上的淨電荷有關。淨電荷愈多，箔片張開愈大。

19-5 電荷的分佈

電荷在絕緣體中不易流動。任何淨電荷恆分佈於導體的表面。在表面彎曲最大的區域聚積的淨電荷也較多。任何淨電荷有向導體尖端表面集中的傾向（圖 19-2）。由於相同電性間的靜電斥力，造成導體尖端到環境間的漏電。這種現象被利用到某些裝置上，以便從導體移轉電荷到另一導體。

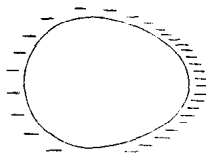


圖 19-2 導體表面的電荷分佈，電荷有聚集在最大曲率區域的傾向

19-6 接地與感應

地球是一個質量很大的物體，且含大量的原子。當電子在物體與地球間流動時，物體電荷的變化十分顯着，而地球由於它的大小，使淨電荷的變化微不足道。所以地球可視為電子的源極（source）或洩極（drain）。

接地（electrical ground），係用地球作為一個電荷的貯藏所，用符號表示如下：



當帶電物體用導線與地球連接時，電子流動的方向趨向於要中和電荷。

利用接地感應（induction）的方法，使物體帶電。當一帶負電的物體移近一不帶電的導體時，可將一部分電子排斥到導體最遠的表面，而在正面留下一些感應的淨正電荷（圖 19-3）。若後面接地，一些過量電子即從導體流到地球。若接地移開，導體帶淨正電荷。然後移去帶負電的物體，使導體表面的負電荷重行分佈，不過仍會顯出帶淨正電荷。

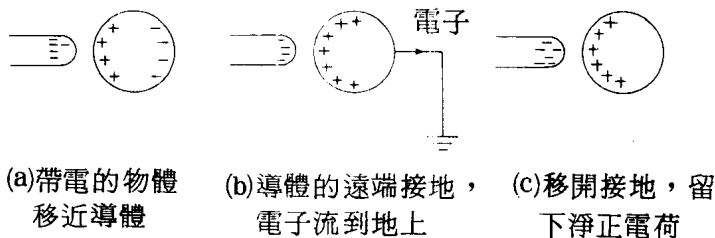


圖 19-3 感應帶電

經由同樣步驟，物體也可能帶淨負電荷。

習 題

19-3 由感應過程，討論一物體上淨負電荷的形成。

19-7 庫倫定律

電力永遠作用於兩電荷中心的連線上。依牛頓第三定律，在一隔離系統中，電荷所施力的大小等於另一電荷所施的力，但方向相反。電力的大小，決定於介質的本性（在真空中最大）、電荷的大小，及它們的距離。

庫倫（Charles Augustin de Coulomb, 1785）利用扭擺，來測定兩個帶電物體間電力的大小，確定兩電荷 q_1 與 q_2 間，電力 F 的大小與電荷的乘積成正比，而與距離 d 的平方成反比。即

$$F \propto (q_1 q_2) / d^2 \quad \text{或} \quad F = (k q_1 q_2) / d^2 \quad (19-2)$$

稱為庫倫定律（Coulomb's law）。這僅適用於帶電體的大小，遠小於物體的中心距離 d 。比例常數 k ，稱為庫倫常數（Coulomb constant），其值決定於質點周圍介質的本性，在真空中（或空氣中近值） $k = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$ 。

若兩電荷的極性相反，會互相吸引，但在庫倫定律中的電力將產生負值。同樣，相同電荷會互相排斥，其間的電力則為正值。

庫倫常數通常表成 $k = 1 / 4\pi\epsilon$ ， ϵ 是周圍介質的電容率（permittivity），其值隨不同介質而改變，其意義將在第二十章中討論。在真空中（或空氣中），電容率 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$ ，代入庫倫定律成為：

$$F = [1 / (4\pi\epsilon_0)] [(q_1 q_2) / d^2] \quad (19-3)$$

|| 例題 19-2 求自由空間（真空）中兩個非常小質點間的電力。設 ||