13.21
31.2

工專物理

（下　册）

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

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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

V7 10.26

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：陳坤鐃　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

（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 熱離子眞空管……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

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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，可追溯到一種稱爲電荷（electric-charge）的實體狀態或運動。電荷的眞正性質，我們尙不了解，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（electrcity）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）被轉變爲電能，然後輸送到消費者，再被轉換爲需要的能量（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。這些物體稱爲帶電體（electrified）而具有靜電荷。

共有兩種不同種類的電荷。當玻璃棒與鐵絲摩擦時，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，而玻璃棒亦向移膠棒移動。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。當玻璃棒與鐵絲摩擦時，被認爲帶正電（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×

*"electricity"一詞源出希臘字的琥珀"electron"。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

10^{-37} kg的質量。

原子核的眞正構造，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爲質子（protons）的帶正電粒子。原子核中的質子數目稱爲原子序（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。單一質子的質量爲 1.673×10^{-27} kg。

另有稱爲中子（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，稱爲電荷守恆定律（law of conservation of electric charge）。可敍述如下：

任何孤立系統，所有電荷的代數和爲一常數。

固體中的電荷流動

固體，是由大量的原子所組成（～10^{18} atoms /mm^3)。在某些稱爲導體（conductors)的物體中，欲從個別的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，它們的電子被個別的原子緊緊地束縛着，這些物質稱爲絕緣體（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爲正電荷流動的方向。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，故爲一種基本單位。安培係用兩平行電流間的力來定義。考慮眞空中相距 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* 恰爲 2×10^{-7} N/m時，每一導線電流的大小，被定義爲 1 安培（A，Ampoere）。

國際制中，電荷的單位稱爲庫侖（Coulomb），是一種導出單位。1 庫侖（Coulomb，C）被定義爲，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

$$q = It \qquad (19\text{-}1)$$

式中 q 爲電荷，單位爲庫侖，I 爲電流，單位爲安培；t 爲時間，單位爲秒。

原子電荷單位（atomic charge unit）e，被定義爲每一質子所具有的電荷，其大小爲 1.602×10^{-19} 庫侖。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，稱爲量子化（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：$q = It = (1.5\times10^{-3}\,\text{A})(60\,\text{s}) = 9.0\times10^{-2}\,\text{C}$

---

* 有關該力的由來，將在第二十三章中討論。

因此，電子數爲

$$= \frac{9.0\times10^{-2}\,C}{e} = \frac{9.0\times10^{-2}\,C}{1.6\times10^{-19}C} = 5.6\times10^{17}\text{電子}$$

習　題

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

答：3.4×10^{19} 。

19-2　假如 4×10^{-6} 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，其一端爲一平板或一圓球，另一端爲一對金屬箔片。導電棒垂直通過玻璃容器頂端的絕緣環（圖 *19-1*）。

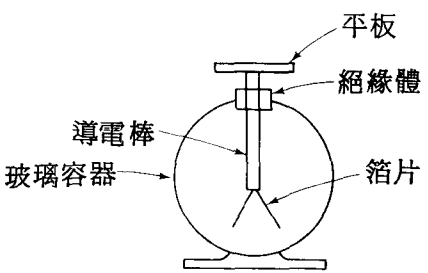


圖 *19-1*　金屬驗電器

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，會重新分佈施金屬平板、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。

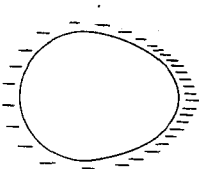


圖 *19-2* 導體表面的電荷分佈，電荷有聚集在最大曲率區域的傾向

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。所以地球可視爲電子的源極（source）或洩極（drain）。

接地（electrical ground），係用地球作爲一個電荷的貯藏所，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。

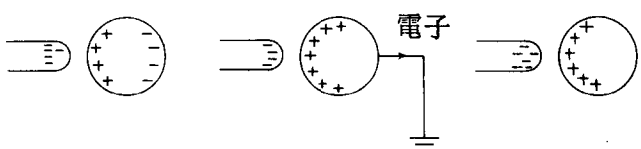


圖 *19-3*　感應帶電

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（在眞空中最大）、電荷的大小，及它們的距離。

庫侖（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

$$F \propto (q_1 q_2)/d^2 \quad 或 \quad F=(kq_1q_2)/d^2 \qquad (19\text{-}2)$$

稱爲庫侖定律（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，稱爲庫侖常數（Coulomb constant），其值決定於質點周圍介質的本性，在眞空中（或空氣中近值）$k=9\times10^9\,\mathrm{Nm^2/C^2}$。

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

庫侖常數通常表成 $k=1/4\pi\epsilon$，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。在眞空中（或空氣中），電容率 $\epsilon_0=8.85\times10^{-12}\,\mathrm{C^2/Nm^2}$，代入庫侖定律成爲：

$$F=[1/(4\pi\epsilon_0)][(q_1q_2)/d^2] \qquad (19\text{-}3)$$

例題 19-2 求自由空間（眞空）中兩個非常小質點間的電力。設

需要全本请访问 www.ertongbook.com