

6-2

庫侖定律

在十八世紀的中葉，科學家們從實驗中，觀察到電荷間的靜電力與物體間的萬有引力在某些性質上有相似的地方。1785年，法國科學家庫侖首次使用類似卡文迪西研究萬有引力的實驗裝置來研究電力作用所應遵循的定律。如圖 6-9 所示，一水平橫桿用一條細金屬線垂直懸掛著，水平橫桿受力作用後能以懸線為軸而旋轉。帶電小球 A 固定在鉛直絕緣桿上，帶同性電的小球 B 置於水平橫桿之一端，則小球 B 受到靜電排斥力。當靜電力與金屬線轉動所產生的扭力達到靜力平衡時，小



圖 6-9 庫侖進行扭秤實驗，證實兩點電荷間的靜電力與距離的平方成反比的關係。

球 B 會處於靜止狀態。利用靜力平衡關係，便可求得靜電力的量值。改變二球之電量及其距離，可進一步得出靜電力與二球之帶電量以及其距離的關係。

根據實驗結果，庫侖提出兩靜止點電荷（電荷的體積可忽略）間靜電力的量值，與其電量的乘積成正比，而與其距離的平方成反比，這就是庫侖定律（Coulomb's law），靜電力也可稱為庫侖力。

q_1 與 q_2 表示兩點電荷的電量，當其相距 r 時，其靜電力量值 F 為

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} \quad (6-1)$$

若 q_1 、 q_2 為同性電，則靜電力為排斥力（圖 6-10(a)）；若 q_1 、 q_2 為異性電，則靜電力為吸引力（圖 6-10(b)）。靜電力的方向沿著兩電荷的連線，滿足牛頓第三運動定律。在國際單位制中，電量 q_1 、 q_2 的單位為庫侖（C），距離 r 的單位為公尺（m），靜電力 F 的單位為牛頓（N），式中的比例常數 k ，由實驗得知，在真空（或空氣）中其值為

$$k = 8.98742 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2 \approx 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

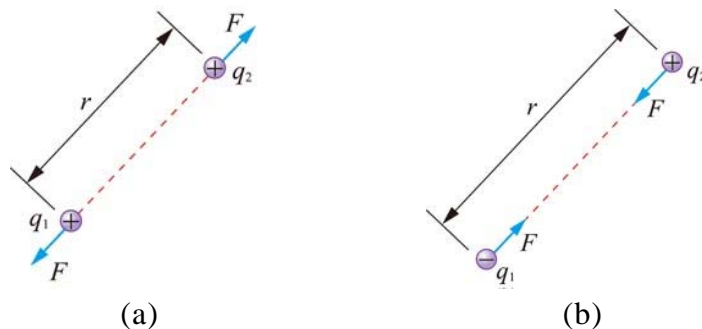


圖 6-10 點電荷彼此相互作用，量值為 F 的靜電力，滿足牛頓第三運動定律。
(a)兩電荷為同性電，則靜電力為排斥力；(b)兩電荷為異性電，則靜電力為吸引力。

庫侖定律是電學中第一個以定量方式表述的定律，對電學的發展意義非常重大。值得注意的是庫侖定律和萬有引力定律在形式上非常類似，它們都是力的量值與距離的關係遵守平方反比律。但是，兩物體間的重力僅會相互吸引，兩電荷間的靜電力會因為電性的異同而有吸引或排斥。

兩種作用力的強度差異也頗大，如果兩點電荷的電量皆為 10^{-7} 庫侖（物體摩擦後所帶電量的數量級），當其相距 1 公分，兩者間的靜電力約是 0.9 牛頓，此靜電力的強度足以抵抗小紙片的重量而將之吸引起來。若質量相同的兩質點相距 1 公分，欲產生相同強度（即 0.9 牛頓）的萬有引力，則每個質點的質量要高達 1000 公斤以上！所以對日常生活的一般物體而言，物體間的萬有引力是比靜電力微弱許多。

想一想

為什麼天體的運動是受萬有引力規範而非靜電力？

實驗也指出，兩個點電荷間的靜電力關係不因第三個點電荷的存在而改變。不管空間中存在多少個點電荷，每一對點電荷之間的靜電力都遵守庫侖定律，而任一點電荷所受的靜電力則等於所有其他點電荷單獨作用於該點電荷的靜電力之向量和，稱為疊加原理（superposition principle）。利用庫侖定律與疊加原理，可以計算任意幾何形狀的絕緣帶電體間的靜電力。例如我們可以利用庫侖定律與疊加原理計算兩個均勻帶電量 q_1 、 q_2 的絕

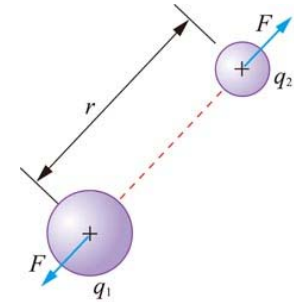


圖 6-11 兩個均勻帶電的絕緣體球，彼此有量值 F 的靜電力作用。

緣體球，球心相距 r ，其靜電力量值 F 亦為 $\frac{kq_1q_2}{r^2}$ ，且靜電力的方向沿球心連線（圖 6-11）。

| 範例 6-1 |

氯化鈉晶體是由電量皆 1.6×10^{-19} 庫侖的氯離子與鈉離子所組成，氯離子為負電性、鈉離子為正電性，且氯離子的質量為 5.9×10^{-26} 公斤、鈉離子的質量為 3.8×10^{-26} 公斤。當兩者距離相同的時候，兩離子的庫侖力量值為其間萬有引力量值的幾倍？（靜電力常數 k 為 $9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ，萬有引力常數 G 為 $6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ）

[解答] 設兩離子為點電荷，電荷間的距離為 r ，電量各為 q_1 和 q_2 ，

質量各為 m_1 和 m_2 ，則其庫侖力量值 $F_c = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ ，

而萬有引力量值 $F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$ ，兩者比值為

$$\begin{aligned} \frac{F_c}{F_g} &= \frac{kq_1q_2}{Gm_1m_2} \\ &= \frac{(9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2) (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) (1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(6.7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2) (5.9 \times 10^{-26} \text{ kg}) (3.8 \times 10^{-26} \text{ kg})} \\ &= 1.5 \times 1033 \end{aligned}$$

由此可見，離子間的萬有引力比其庫侖力小得多，因此在研究原子或分子間的相互作用時，經常把萬有引力忽略不計，僅考慮靜電力的影響。