

庫倫



┌□學歷

他幼年在巴黎讀書。長大後，他仍留在巴黎研究數學和自然科學。及後他更投筆從戎，擔任技術軍官。庫倫在馬提尼克監督建造防禦工程達九年之久。在這段日子裡，他已開始研究工程力學和靜力學的問題。

1776 年，對磁力進行了深入仔細的研究。設計了新的指南針，在研究機械理論方面作出貢獻，並於 1782 年當選為法國科學院院士。

┌□重大發現

1777 年，庫倫發明了一種扭秤，後人稱之為庫倫秤。這個秤可以用來測量微弱的力。

1781 年，他以在摩擦力上的研究，贏得一個科學大獎。

1785 ~ 1791 之間，發表了七篇有關電與磁重要的論文，包括電的吸引及排斥定律，磁極，電的分佈及庫倫定律等等。他指出電力的大小，與距離的二次成反比，他亦提出，並不存在完全的電介質，每一種物質都有導電能力的上限。

庫倫設計了一個精密的儀器，創始物理學定量的分析，他用嚴密的實驗所得到的數據，強有力地向世人介紹他所發現的新物理規律。

人們集中注意地球的磁性，此外科學家大都忙於力學或光學，較少顧及電學。十八世紀隨著蓄電裝置的發現與閃電的認識，電學變成熱門的研究主題，著名的科學家牛頓(Issac Newton 1642 .. 1727)就曾經探討過玻璃的摩擦發電，也曾對磁石的作用力大膽的提出平方反比律。

庫倫扭秤：通常我們在實驗室所能得到的靜電荷非常小，如果要精確地測量電荷之間的作用力，必須使用十分靈敏的儀器，庫倫發明的扭秤就是靈敏的測力計。庫倫在一個直徑長 12 英寸、高為 12 英寸的玻璃圓柱體頂端，蓋上一塊直徑為 13 板上的中心及中心旁邊分別鑽了一個洞。然後在中央孔裝上一個高 24 英寸的玻璃管，玻璃管的頂端裝置放上一個分度頭，分度頭夾持一根銀製的懸絲，銀絲一直垂到玻璃圓柱容器裡，它的下端懸掛著一根橫桿，橫桿的一端鑲著小木髓球，另一端則貼上圓紙片，控制圓紙片的重量能使橫桿保分度頭持平。玻璃圓柱容器的內壁刻上 0--360 度的刻度，當銀絲沒有扭轉的情況時，使圓柱壁上刻度與分度頭的零度互相對準。實驗時，由側孔垂下另外一個帶電的木髓球，先使兩球輕輕接觸，讓橫桿的木髓球也帶同類電荷，由於同類電荷間的斥力，兩球會自動分開，銀絲上的扭力會和靜電力平衡，最後木髓球就靜止在平衡位置。銀絲上的扭轉角與扭力是成正比關係，所以由分度頭上的角度可以讀出作用力的大小強度，而圓柱壁上的刻度則以弧長顯示平衡時兩個球之間的距離。庫倫的實驗數據如下：

實驗次數 小球間距離 銀絲扭轉角度

1 360 360

2 180 $1260 + 180 = 1440$

3 8.50 $5670 + 8.50 = 575.50$

記載上英國有一位神父麥凱爾(Rev.John MicHell)可能比庫倫早些時候發明扭秤，不過庫倫發明扭秤的發明是自己獨立完成的，與麥凱爾的發明無關。後來卡文迪許用麥凱爾的扭秤精確地驗證了萬有引力定律，測出地球密度。

庫倫定律：雖然定性上的發現同樣令人興奮，然而由實驗得出定量規律，卻是科學發展中不能缺少的過程。庫倫定律是電學中第一個精確的定量規律，它是電學從定性的觀察和實驗階段進入定量研究的標竿，對後來電磁感應上的豐收影響極

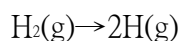
大。庫倫並未想到從庫倫定律來定義電荷的單位，他僅由牛頓的萬有引力定律類比，大膽假設電荷作用存在平方反比關係，並以自己發明的精密扭秤驗證這個假設。"靜庫倫"是描述電荷電量的一種單位，德國的數學家兼物理學家高斯（C. F. Gauss 1777..1855）首先由庫倫定律定義出電荷的"靜庫倫"單位。當相同電量的兩個電荷相距 1 厘米，而作用力為 1 達因時，定義每個電荷的電量為 1 靜庫倫。高斯後來繼續創造了磁矩、磁場強度等的單位，建立了電磁學裡的"高斯制"單位系統。高斯制系統中使用的單位在實用上有的量顯得太大（如電阻），有的量則又太小（如電流），使用起來不是很方便，於是科學家後來又發展成另一種叫做國際單位制（S I -unit），在國際單位制中電荷電量的單位是"庫倫"。如果我們用數學式子表示庫倫定律，則在高斯制裡 $K = 1$ ，對物理系學生作電磁學理論推導時，在這種情況下運用起來相當方便。而在 S I 制系統裡，其中 ϵ_0 為真空容電率(permittivity)， 法拉/米。

。

本文討論的主題是分子和分子間的作用力。分子和分子有靠在一起的趨勢，這種作用力也是出自庫倫作用力。我們以下會解釋一些中性分子之間，怎麼會出現庫倫作用力。這種作用力比起一般化學鍵要弱得多，這種作用所造成的物質變化在我們日常生活中更常見到，不必借助劇烈的加熱及照光反應條件。這些物質變化包括相變化、溶解等現象。這類現象所牽涉到的分子間作用力就是我們常聽說的氫鍵和凡得瓦力。為了區分二類等級的庫倫作用力，我們姑且把一般化學鍵稱為一級力，來自於正負電荷相吸，它決定分子自身的構造和性質；而分子間的作用力稱為二級力，牽涉到電荷偶矩間的作用，它可使分子群凝聚在一起。

具體來說，一級作用力使原子結合為分子，也使離子化合物中的陰陽離子以晶格方式排列。事實上，這二種類型的一級作用分別稱共價鍵及離子鍵作用。就後者而言，例如一般食鹽中 Na^+ 及 Cl^- 的相互吸引力，前者鍵結情況是兩原子共用一對電子，例如氫分子中兩個氫原子。「鍵」即表示這對共用電子。根據量子力學計算，在這環境下電子密度在兩個氫原子中間區域會特別增強，以便同時接受兩核的吸引力，所以說共價鍵也是靜電效應的結果。

想測量這些鍵的強度，一個方法就是測量分子解離為原子時所需能量，氫分子的解離反應是



$$\Delta H = 457.9 \text{ 千焦/莫耳 (109.5 千卡/莫耳)} \dots\dots(1)$$

通常打斷共價鍵或離子晶體化合物之間鍵結的能量約在 200~600 千焦/莫耳的範圍，即 50~150 千卡/莫耳。

分子中每個原子已和其他原子鍵結，已參與一級作用力，而二級作用力是指分子之間的弱作用力，通常強度在 10~50 千焦/莫耳。就因為這能量相當弱，分子容易結合，也容易分離，因此二級作用力是相當普遍而重要。例如氣體的相變化，從多原子分子的甲烷，到雙原子分子的氮氣，以及單原子的氦氣，它們在低溫都會凝結為液體，只要冷卻，再施以壓力，也會變為固體。氣體液化原理是在低溫時，分子的動能被移走，再施壓時，分子彼此被迫靠近，微弱的分子間的作用力就能使得分子聚集在一起。這種作用力的大小可以用液體的汽化熱或固體的昇華熱來估計。像水的氣化熱，



告訴我們拉開 18 克液態水分子，也就是切斷液體分子間所有作用力，需要 40 千焦的能量。

即使在氣相時，這種分子間作用力也造成真實氣體和理想氣體之間的差異。所謂理想氣體是說分子不占積體，分子間無作用力。實際上任何兩分子間皆有吸引力，當分子距離愈近時愈明顯，這也就是氣體在低溫及高壓的情況。凡得瓦納入分子作用力及體積這兩個修正因素到理想氣體方程式，而得凡得瓦修正式： $(P + a/V^2)(V - b) = RT$ 。式中 a/V^2 代表分子間吸引力之修正項，當它加上觀測壓力 P ，才等於理想氣體的壓力值； b 代表氣體分子所占空間， $V - b$ 也就代表實際的自由活動空間。

電通一 A9630013 曾志龍