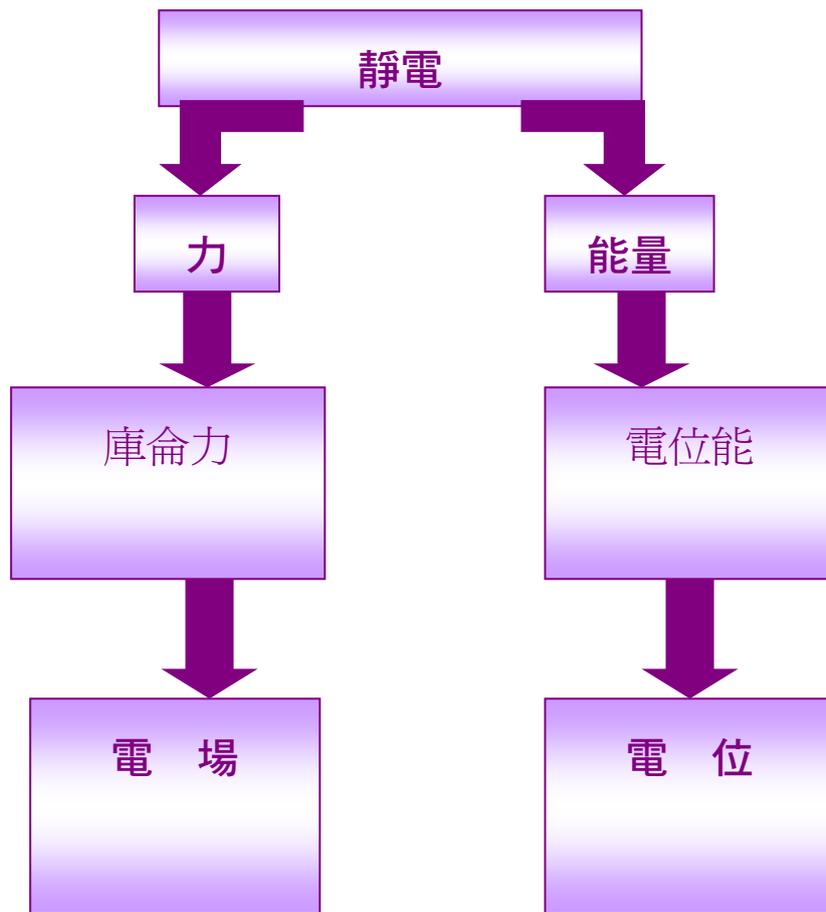


# Here 第 17 章 靜 電 學

170101  電磁學與靜電學架構：

電磁學：17 靜電 18 動電:電流 19 電生磁 20 磁生電

## 21 電子學



物理量	物理意義	公 式	性 質	單 位
庫侖力(F)	電荷所受的力	$F = \frac{kQq}{R^2}$	向量計算	牛頓(N)
電 場(E)	單位正電荷所受的力	$E = \frac{F}{q} = \frac{kQ}{R^2}$	向量計算	牛頓/庫侖 (N/C)
電位能(U)	兩電荷所具有的電位能	$U = \frac{kQq}{R}$	純量計算	焦耳(J)
電 位(V)	單位正電荷所具有的電位能	$V = \frac{U}{q} = \frac{kQ}{R}$	純量計算	伏特(V=J/C)

## 17-1 電荷與庫侖定律

### 170102 靜電學基本概念

1. **暫態**(transition)與**穩態**(steady state)：電荷在絕緣金屬上(未與其他導體接觸)因未達平衡而流動的過程稱為暫態/過渡態(transition)，當電荷穩定分布以後稱為穩定態(steady state)。我們所討論的靜電現象，是電荷已達穩態。

2. 電的發現—摩擦起電：

▶ 將兩不同物體相互摩擦後，會產生相互吸引或相互排斥的現象。

▶ 1646 A.D.：electricity 意為吸引輕物體的力。



▶ 由於：

(1) **接觸起電**：兩物體接觸，功函數小者帶正電，功函數大者帶負電。因功函數小者對電子的吸引力小，功函數大者，對電子的吸引力大。相互摩擦，只是擴大有效接觸面積，等到所有的面積已充份接觸，會達飽和電量。

(2) **熱電效應**：摩擦生熱等同於對物體作功，使得自由電子能量增加，移至另一物體。

3. 靜電力的種類：(1)帶異性電之點電荷▶ 引力

(2)帶同性電之點電荷▶ 斥力

除了異性相吸外，帶電體也會因靜電感應而吸引不帶電的物體相吸有兩種可能性，相斥只有一種。

4. 電的種類—富蘭克林的定義：

▶ 正電：被**絲絹**摩擦後，**玻璃棒**所帶的電稱為正電。

▶ 絲絹帶負電，玻璃棒帶正電(記法：\_\_\_\_\_ )。

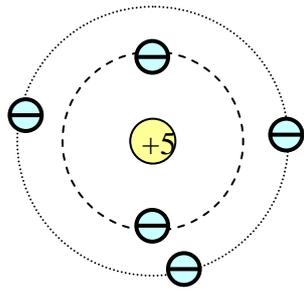
▶ 負電：被**毛皮**摩擦後，**塑膠棒**所帶的電稱為負電。

▶ 毛皮帶正電，塑膠棒帶負電(記法：\_\_\_\_\_ )。

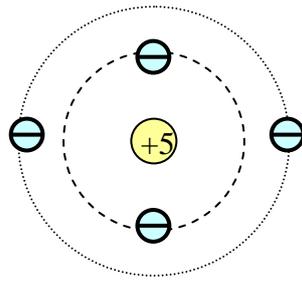
▶ (1)其他物質摩擦所帶之電性，則是與上述標準做比較。

▶ (2)一般物質的組成，正負電量相等，故呈電中性狀態。摩擦後會帶何種電，要看兩物質相較之下失去電子的難易度(游離能)：

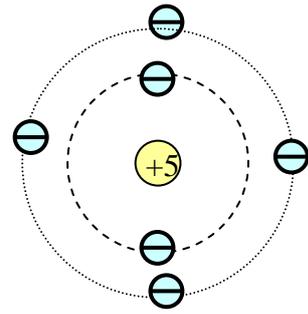
失去電子帶 正 電(正電量>負電量)；得到電子帶 負 電(負電量>正電量)。



正負電荷相等



失去電子→帶正電



得到電子→帶負電

## 5.電量的單位：庫倫(C)

(1) 1 莫耳電子電量=96500 庫倫

(2) 電子電量= $-1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫
 沒有知識也要有常識 1

班傑明·富蘭克林  
(Benjamin Franklin, 1706-1790 年) 18 世紀  
美國科學家、政治家、  
外交家、美國獨立革  
命的領導人之一、



協助起草、修改《美國獨立宣言》，但他的學歷只有 2 年小學。富蘭克林在 1746 年看過萊頓電瓶的實驗後，開始了電學的研究。他認為閃電與摩擦起電的性質是相同的，才於雷雨天做放風箏的實驗。

2006 年 1 月 17 日是富蘭克林 300 周年誕辰紀念日，在費城「國家憲法中心」有「富蘭克林：尋找更美好的世界」展覽會，可上官方網站[www.benfranklin300.org](http://www.benfranklin300.org)查詢!

## 6.物質導電性之分類：

- ▶ (1) 導體：物質中含有容易自由移動之帶電質點(電子或正負離子)。  
Ex：金屬、石墨、電解質溶液、游離氣體
- ▶ (2) 絕緣體：物質中所含有之帶電質點，不容易自由移動。  
Ex：玻璃、乾燥空氣、塑膠
- ▶ (3) 半導體：導電度介於導體與絕緣體之間，但加入三價或五價原子則可提高導電度，電子學中會詳述。

▶ 導體與絕緣體只是程度上之差異，加極高之電壓，木頭也會導電。

7. 導體與絕緣體電荷分布之比較：

帶靜電導體上之電荷分布	帶電絕緣體上電荷之分布
1、電荷在金屬中可自由移動	1、電荷在絕緣體中不能自由移動
2、靜電平衡時，電荷只分布在表面  Why? 電荷互斥。  電位高流向電位低	2、絕緣體上電荷可任意分布

170103  庫侖定律

1. 庫侖定律 (Coulomb's Law; 庫侖定律; クーロンの法則<sup>ほうそく</sup>):

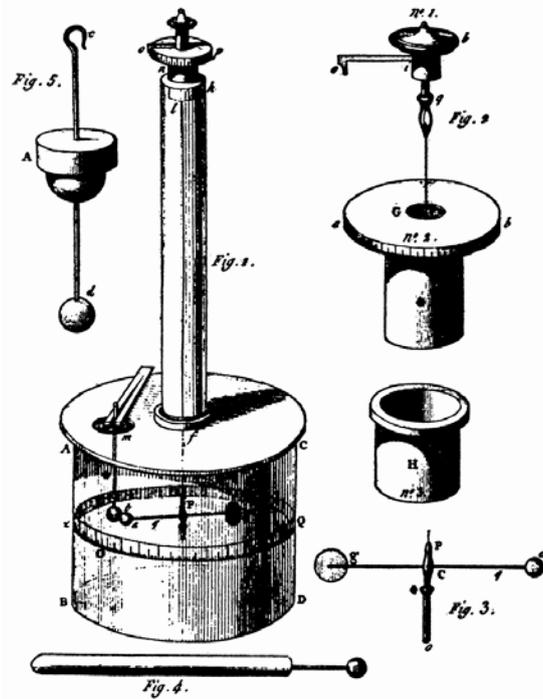
(1) 1785 年法國物理學家庫侖(Charles Augustin de Coulomb, 1736~1806)確立了兩電荷之受力與距離平方成反比，與兩電荷之乘積成正比之關係。

$$F = \frac{kQq}{R^2} \quad (Q、q \text{ 異號爲引力；同號爲斥力})$$

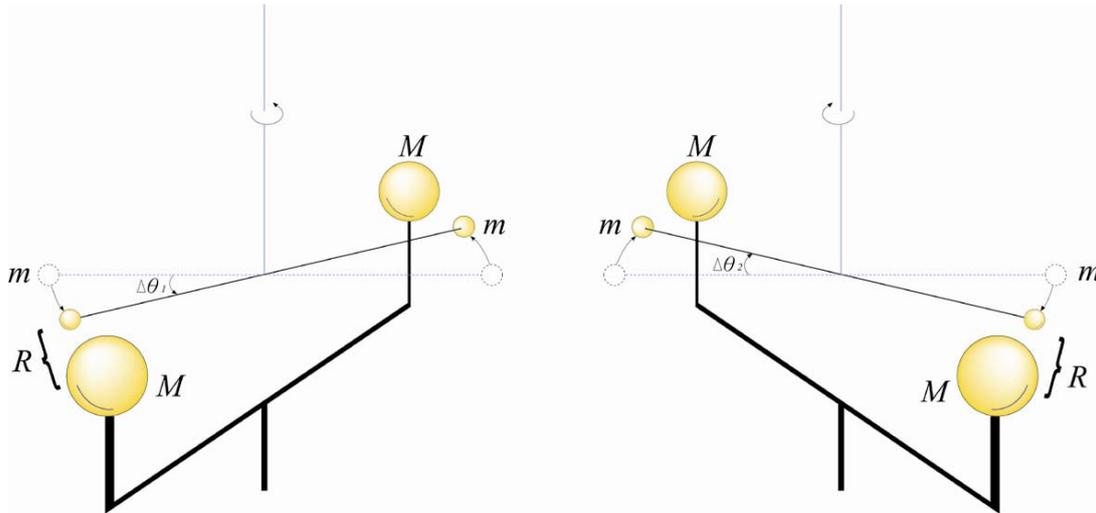
(2) 庫侖常數  $k=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$

【進階補充】： $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ， $\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 c^2}$  = permittivity of free space = 真空電容率

(3) 庫侖的扭秤實驗：從扭轉的角度，可測得扭轉的恢復力



(4)卡文狄西模仿庫倫的扭秤實驗，求出萬有引力常數 G



170103  「牛頓萬有引力」與「庫倫靜電力」之比較：

	牛頓萬有引力	庫倫靜電力(Coulomb Force)
相同處	超距力	超距力
公式	$F = \frac{GMm}{R^2}$	$F = \frac{kQq}{R^2}$
常數	萬有引力常數 $G=6.67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$	庫倫常數 $k=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
相異處	只有引力	同性電荷:斥力(同性相斥) 異性電荷:引力(異性相吸)
備註	基本電荷之間的庫倫力比萬有引力大很多(約_____倍)，因此基本電荷之間的計算若無特別聲明，一般計算只考慮庫倫力。但若是一般的金屬球問題，還是要考慮重力。	

170104  「牛頓萬有引力」與「庫倫靜電力」之比較 2：

一電子與一質子相距  $5.3 \times 10^{-10}$  公尺，求兩者之間的庫倫力及萬有引力之大小？

質子質量= $1.7 \times 10^{-27}$  公斤；電子質量= $9.1 \times 10^{-31}$  公斤； $K = 9 \times 10^9$ ； $G = 6.7 \times 10^{-11}$

※k與G的單位不用刻意去記，記住物理皆用標準單位即可。

$$\text{庫倫力 } F = \frac{KQq}{R^2} = \frac{(9 \times 10^9) \cdot (1.6 \times 10^{-19}) \cdot (1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-10})^2} = 8.1 \times 10^{-6} \text{ (N)}$$

$$\text{萬有引力 } F = \frac{GMm}{R^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11}) \cdot (9.1 \times 10^{-31}) \cdot (1.7 \times 10^{-27})}{(5.3 \times 10^{-10})^2} = 3.7 \times 10^{-45} \text{ (N)}$$

庫倫力與萬有引力的比值為：

3.庫倫定律的適用範圍--點、球、球殼：

$$F = \frac{kQq}{R^2} ?$$



$$F = \frac{kQq}{R^2} ?$$



$$F = \frac{kQq}{R^2} ?$$

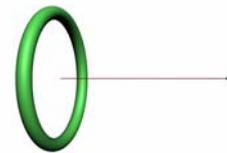


適用範圍	1.點電荷	2.球 (電荷均勻分布)	3.球殼 (電荷均勻分布)
理由	基本假設	球殼定理(shell theorem) 可用積分證明	用兩球的疊加證明

數學上的「點」是體積=0，除非距離甚遠，否則一般物體不能視為質點。

170105  庫倫定律的適用範圍：

(1)：(86 日大)電荷均勻分布的環形導體的受力？  $F = \frac{kQq}{R^2} ?$



(2)：兩帶正電的物體，互相靠近，其間的作用力可能為(A)斥力 (B)引力 (C)零

