**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**二、電磁學之電學**

**高斯定律**

授課教師：台灣大學物理系　易富國教授  
筆記編寫：台灣大學物理系　曾芝寅助理  
編者信箱：[r01222076@ntu.edu.tw](mailto:r01222076@ntu.edu.tw)  
上課學期：98學年度第二學期

[創用 CC 授權條款](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/deed.zh_TW)  
本著作係採用[創用 CC 姓名標示-非商業性-相同方式分享 3.0 台灣 授權條款](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/deed.zh_TW)授權.

**電場通量**

+ + + +

+ + + +

+ + + +

利用上圖簡單的例子，試定義**電場通量**，電力線通過一個面積的量：

電場通量

又 ，合理的定義應得到

可將**面積向量化** , ，(並含有**法線方向**資訊)

,

得

因此，推廣至任何平面 上、均勻電場 的電場通量

將平面的結果再推廣到任何曲面 、不均勻的電場

用微積分的辦法，將曲面分割成每個小面積 ，通過電場 ，小面積上的電場通量是 ，再將所有的加起來：

例子：點電荷 在球面上的電場通量

在球面 、 中， 。

這和點電荷具有球形旋轉「**對稱**」有關：

**對稱性**

一安排經一特定變換，變換後的樣子與其原來的樣子完全一樣，稱此安排具上述變換的對稱性。

以任何方式旋轉點電荷，電荷安排的方式不會改變，因此電場也不應改變。所以只有平行徑向 的電場才可能存在。

電場通量

電場通量

**這個例子的電場通量和球面半徑沒有關係。**

**形象化的想法：**

將電荷想像成噴水的噴頭；電力線想像成流水線。

若把電場視為單位時間內的流水總量，無論球面半徑是多少都一樣。

這個想法將是證明高斯定律的基礎。

**立體角**

一個面在半徑為1的球面上所對應出來的面積，稱為該面的立體角 。

球面的立體角為 。

因此，對點電荷 所產生的電場，面 (如上圖) 的電場通量

若將面 的頂點若沿著徑向移動 (如上圖紅色箭頭) ，不會影響對應的立體角，也就不會影響 (點電荷在中心的) 電場通量。換言之，電場不會從旁邊的面(如面 、 ) 流出去。

更一般性地，點電荷 對**任何曲面**

曲面 的電場通量只和對應的立體角有關係，

**高斯定律及其證明**

一個點電荷

若點電荷 在封閉曲面 之**內**：

若點電荷 在封閉曲面 之**外**：

**點電荷的高斯定律**

一個點電荷 所產生的電場 ，對任何封閉曲面

多個電荷

總共有 個電荷，由 編號。

封閉曲面 中只有 個電荷，由 編號。

電場

電場通量

(內積可分配)

(利用一個點電荷結果)

**庫倫定律、高斯定律等價**

庫倫定律 高斯定律

， 是 對點電荷 所張立體角。(前面已證)

庫倫定律 高斯定律 (一個點電荷 )

證明：**電荷安排對稱性決定電場的樣子。**點電荷具有球形旋轉「對稱」。

1. 電場平行徑向 。

(由以 方向為軸旋轉可得)

1. 電場在球面各處上之大小相等。

(由其他軸旋轉可得)

(庫倫定律) 得證。

**一個點電荷的定律得證後，任何電荷安排都能得證。**

高斯定律在定性的問題上更有用。特別是應用在導體上 (見第四講)。