**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**七、電磁學之電學**

**電場與能量**

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.

**靜電場貯存的能量 (靜電能)**

將電荷移動至一電荷安排，需作總功

使上式的足碼能對稱

**貯存在電場中的總能 (靜電能)**

推廣至連續電荷分布

**注意：有電荷的地方才有貢獻。**

例一、球面上 電荷均勻分布，球面半徑

靜電能

例二、兩塊金屬導體帶**相反電荷量**

導體是**等電位體**，因為導體內電場為零。

設 ,

靜電能

若把電荷加倍數 ，

電場

電位

**發現電位和電荷量成比例**

靜電能可改寫成

定義此比例常數 為**電容係數**，或**電容**

* 單位是法拉 (Farad)：F
* 電容只和導體分布之**幾何形狀**、相關位置有關係

例二之一、兩平行金屬板電容，面積 ，間距

若間距遠小於平行板的尺度，兩板間電場可視為無限大平面之結果。

電容

**習題**：兩同心金屬球面 (如下圖)，求電容。

靜電能

定義**靜電能量密度**

藉由這個特例，定義靜電能量密度。

這個量不是平均值。只是在本例中恰好均勻，其他例子不必然均勻。

**能量密度可看成空間中真實的量，**如同電場，**是逐點定義的：**

**空間中的體積元 上，凡有電場 ，就有能量密度 。**

靜電能 **，是不同於**  的看法。在未來講到電荷運動時，顯示前者更具有前瞻性。

例三、用能量密度計算例一

利用高斯定律計算電場，(過程見第三講)

靜電能

(結果相同)

例四、實心球上 電荷均勻分布，球半徑 ，電荷密度

方法一 (能量密度)：

，(計算見第三講)

靜電能

計算過程中之第一項結果同上例，不必再算；第二項可看成是電荷均勻分布於球面，進一步壓縮成實心球均勻分布所作的功。

方法二 (電位)：

，(計算見第五講)

靜電能

上面的例子可幫助理解**原子核**和**核反應**。

原子 中，原子核 (質子與中子) 如同電荷平均分布於實心球。

其半徑 和原子的質量數 有關係 ， ，

對應到靜電能 。

而化學反應中的主角為原子，尺寸約為 ，是原子核的十萬倍，

相應的能量約為 ，是原子核的百萬分之一倍。

在核分裂反應 中 ( 比如鈾原子 )， 的靜電能比兩個 的靜電能大，其差距的能量釋出，提供了原子彈、核能發電的能量來源。

**核分裂釋出能量的本質是靜電能。**

立方體

由高斯定理

和數學上的散度定理 (Divergence theorem)

我們有

此公式是精準地，一般性地成立。

我們可以證明：

令

有

最後的等號成立，是因為 , ，得 ，另外

根據散度定理，

當等式左邊積分範圍為全空間時，等式右邊取值在無限遠的邊界處，

**利用散度定理，我們證明了電場能量**

**電場平方 的結果在未來更形重要。**