**進階電磁學**

**課程筆記**

**第4-2講、**

**Ch13 Magnetostatics（靜磁學）2**

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：100學年度第一學期

[描述: 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.

**電場與磁場的相對性 (Relativity of Magnetic and Electric Fields)**

愛因斯坦的化有為無：站在磁鐵的坐標系，電場就沒有了。

(廣義相對論的精神雷同，站在加速物體的坐標系之下，重力就消失了。)

*S*

*N*

*S*

*N*

以上請參考普通物理學甲下，法拉第感應定律至特殊相對論等單元。

**費曼的把戲：無中生有**

電流線中有正、負電荷 、，電荷密度平衡

其速度分別為 、 ，故電流密度

旁有測試電荷 ，運動速度 、

測試電荷 受磁力作用向下：

接著到測試電荷上看：

電荷 速度為零，受力不為磁場作用，那麼必然是**電場作用** (哪來的電場?)

利用**相對論**中的**長度收縮** (length contraction)，電線截面積不變 ，而沿著移動速度方向，電線長度縮短 。

電荷量不隨坐標系變化，

而

* 正電荷 在 中靜止， 在 中以速度 運動，
* 負電荷 在 中以速度 運動， 在 中靜止，

在 中**電荷密度不平衡**

因此產生長直導線造成的靜電場

**電荷守恆和長度收縮的效應，造成另一坐標系之下電場的無中生有。**

接著看受力

其受力的差異必須考慮**時間膨脹** (time dilation)

由於

則

以上的要點：電場的無中生有、電荷密度的不平衡。

最直接的做法：

上面這個現象，由場的羅倫茲變換來看更容易：

由於

電荷是守恆的。

無論是加熱物體、化學變化等，輕微的電荷不守恆都能容易的檢驗出。

然而電荷密度依賴坐標系，不是守恆量。

**電流密度和電荷密度間的轉換**

**(The Transformation of Current Density and Charge Density)**

兩個坐標系中，有其電流密度和電荷密度，他們之間的關係如何?

要點：注意電荷在哪個坐標系中是靜止的。

電荷密度在 中靜止，

電荷密度在 中運動，

電荷密度的角色如同質量，

猜測

剛剛的問題中，

即得

電荷密度和電流密度的變換公式，是最後被發現的，同時是最難。

相形之下電場與磁場的變換公式最容易，利用相對性原理即可推導。

第一次看費曼的戲法，想必是十分驚艷，此時再回頭，不過就是變換罷了。