**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**二十、電磁學**

**馬克斯威爾方程式與電磁波**

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

[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.

**馬克斯威爾方程式(組)**

1. 高斯庫倫定律
2. 磁場高斯定律
3. 法拉第感應定律
4. 安培-馬克斯威爾定律

**因次 (量綱) 分析**

庫倫常數 和安培定律常數 的比等同速度 (光速) 平方。

(最後一個等號為實驗結果，並非理論推導)

1845年，法拉第 (Michael Faraday) 發現光的偏振平面受磁場作用而旋轉(法拉第轉動，一種磁光效應)。

1849年，法國人斐索 (Hippolyte Fizeau) 首次在地面實驗室利用旋轉齒輪法測量出光速。

1850年，斐索和傅科 (Léon Foucault) 用[旋轉鏡法](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%96%90%E7%B4%A2-%E5%82%85%E7%A7%91%E5%84%80)測量出光速。

1856年，德國人韋伯 (Wilhelm Eduard Weber) 即量出 。

因此，馬克斯威爾認為此結果並非巧合，1865年，推論光的現象應為電力線和磁力線之震盪而來。可由馬克斯威爾方程式III及IV推導而出。

從此光學納編於電磁學之領域。

**如何產生電磁波？**

震盪線路：

一對成雙平板的之電容器 (電容係數*C* )，充電 ，

並連接一個開關*S*、

線圈 (自感係數*L*)，線圈上載有電流 。

*S*

*C*

*L*

電容器之電位差

開關打開後，線圈之電動勢為

兩者相等，得方程式 ，

形式可類比彈簧震盪 。

( 自感 質量 ，電容係數 彈性係數 )

1887年，赫茲 (Heinrich Hertz) 提出將平板電容器更為兩個球，電場便能夠以電磁波的形式釋放。

**平行電板問題**

兩無限大之平面電板，座落 *-* 平面，互持有電性相反之等量電荷面密度 ，正電板以速度 在 方向上運動 (速度為時間之函數)，負電板以 運動，求空間中之電、磁場。

+ + + +

+ + + +

**注意：**電磁場是以*有限的*光速進行傳播，並非瞬間到達的超距現象。因此只有電板附近的磁場由電流所感應；遠離電板處的磁場和電流無直接關係，而是由附近電場感應生成，因而有**時間的延遲**。

**鄰近電板處 (電流生磁場、磁場生電場)**

正電板上單位時間 ，流過單位長度 之電荷為

總電流，考慮兩個板 ，

鄰近磁場強度 。

若速度非定值，則磁場亦隨之變化，並生成感應電場。

(根據方程式IV， => => )

磁場方向根據安培定律得知為 方向，

電場方向必垂直磁場，並由*方程式之對稱性* 得知為 方向。

並根據平面的平移對稱性，場必不為 之函數。

故磁、電場可寫成 ; 。

**遠離電板處 (不必考慮電流)**

+ + + +

+ + + +

* 封閉曲線

=>

=>

* 封閉曲線

=>

=>

得

=>

=> ，(一維)**波動方程式**。

**方程式 有典型的解法**

必為一解，

分別代表向右移動 和向左移動 。

證明：

首先*變數代換*，令 ，則 ，

函數 可寫成

微分算子改寫成

可得

同理可得

原式 => => ，必為一解，得證。

回頭看問題，

**磁場：**

* ，場源在左，場運動必定由左向右，

利用

得

* ，場源在右，場運動必定由右向左，

利用

得

**電場：**

* ，利用

得 。

* ，利用

得 。

兩者皆有 。

**注意：**前提為 ，穩定電流不會感應出電場。

**特點**

1. 電場強度為磁場強度之*c*倍
2. 電、磁場互相垂直，並與傳播方向也垂直。磁場於電板兩側方向相反，電場則相同並與電流反向。
3. 電、磁場用相同的速度*c*在傳播。
4. 感應電、磁場生成並非立即的效應，而有著時間 的延遲。