**進階電磁學**

**課程筆記**

**第24-1講、**

**Radiation field of an arbitrarily moving point charge**

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：[f01222076@ntu.edu.tw](mailto:f01222076@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.

**Radiation field of an arbitrarily moving point charge**

第17講探討過──點電荷作等速直線運動產生的電磁場。

本講探討點電荷作任意(有加速度)運動產生的電磁場、電磁波。

首先參考普通物理下第23講 (影片誤植為24, 25)。

一個點電荷沿*x*軸方向在 時間內，作等加速 運動，產生電磁波。

若電荷的位置：

靜止

等加速

等速

,

**假設**

在過了很久之後 ()，

電荷於原點 () 發出的電磁場前緣已到了半徑 ；

加速終止的點 (，可近似為原點) 發出的電磁場前緣到了半徑 。

靜止電荷產生(反)指向原點的電場 (下圖綠球外)；

等速直線運動的電荷產生(反)指向電荷當下的位置 的電場 (下圖黃球內)。

有了上面的知識，知道同個立體角 內，電場通量在這兩個球面上是一樣的。

因此電場必在兩球之接合面上**無通量**，得電場平行接合面的結論 (如下圖)。

平行接合面的電場可分為兩個分量，分別是平行的靜電場的殘餘 ，與垂直的 部分，即輻射電場。

沿接合面

輻射電場

,靜電場殘餘

高斯面

接著可以利用幾何關係推導電場大小，

靜電場殘餘近似

得到 ，即加速電荷所生之輻射電場。

，而非 ，在遠處較庫倫電場重要。

，因此在平行方向沒有輻射電場。

接下來，考慮感應的磁場：

**圓錐面**

，

能量流

圓錐面單位時間通過能量

**， Larmor formula**

此公式應用很廣。最著名的例子，倫琴 (Wilhelm Röntgen) 之X光的產生。

以速度 並作加速度 運動電荷輻射之功率。

坐標系 對坐標系 以相對速度 運動。選擇 ，而有 。

相對論的速度變換公式： ,

推導加速度變換公式： ，

帶入 ，

在坐標系 ，若考慮平行方向

Lorentz 變換回坐標系 ，四動量 ， 為原時，

，是 的情形。

帶入 , ，

同理，考慮垂直方向

**相對論的速度坐標系變換，結合Larmor 公式，便能得到加速電荷的輻射功率。**