**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**二十三、電磁學**

**一個加速電荷的電磁波輻射、**

**Larmor公式**

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.

**一個加速電荷所產生之電磁波**

探討一電荷 原為靜止，在一段極短時間 內作等加速度運動。

位置 , ,

加速期過很久後 ， , ，

如同未經過加速，自原點出發之等速運動。

沿接合面

輻射電場

,靜電場殘餘

高斯面

1. ，電荷呈靜止狀態。

在以原點 為中心， 為半徑之球 (綠球)，**球之外**依然為指向原點的庫倫電場。(尚未接收到電荷 移動的訊息。)

1. ，電荷作等速直線運動 。

以點 為中心 (可近似原點)， 為半徑之球 (橘球)，**球之內**反映電荷作等速運動產生之電場，如同電荷帶著庫倫電場跑。

**注意：**時間 (即橘球之內) 的電場並非指向電荷在時刻 的位置 ，而是當下 的位置 ，彷彿在時刻 預先知道電荷在時刻 的位置。

1. 庫倫電場通量應只和電荷看出去之立體角有關係。 (見第二講)

相同立體角對應之兩球弧面電場通量理應完全抵消 (如圖，橘色短箭頭與綠色短箭頭)。利用高斯定律 (高斯面 取法如上圖)，可得知在時間 (兩球之間) 生電場之方向應**沿著接合面**。

在接合面上，電場 可分解成徑向分量 和垂直徑向分量 ，

而兩者之比例可由速度比例求出，或由高斯定律取另一高斯面 ：

靜電場殘餘 ，因為 。

，即加速電荷所生之輻射電場，輻射電磁波之來源。

**之特點：**

1. **與 成比例，與靜電場之 不同，也是電磁波能傳播久遠之原因。**
2. **與 成比例，於 時 消失，於 時 最大。**

**在加速路徑上感受不到輻射電場/電磁波。**

定義 ，如左圖，

精確而言，，*a*取值於 ，時間延遲。

此即黑維塞 (Oliver Heaviside) 低速度時加速電荷所生輻射電場之公式。

也是發現電子的湯木生 (J.J.Thomson) 對加速電荷輻射電場的物理圖像。

**輻射功率**

在圓錐面上利用安培-馬克斯威爾定律

**圓錐面**

，符合電磁波特性。

能量流

輻射功率，單位時間之總能量輸出

**即Larmor公式，電荷*Q*作加速度*a*之輻射功率。**

此公式應用很廣，例如倫琴 (Wilhelm Röntgen) 之X光的發現。

其餘參見下一講"二十四：Let There Be Light"。