**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**二十一、電磁學**

**能量流、電磁場動量**

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

[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.

**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：**電磁場傳播速度為光速 (有限的)。只有電板附近的磁場由電流所感應；遠離電板處的磁場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)**

總電流 ，鄰近磁場強度 ，方向可由安培右手定則定出。

若速度非定值，則磁場亦隨之變化，並生成感應電場。

磁、電場可寫成 ; ，理由請參考上一講。

**遠離電板處 (不必再考慮電流)**

(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 。

磁場

，

，

電場

，

，

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。

**本問題有什麼用——光在物質裡行進的問題**

所有物質可視為一片一片平板之堆疊，當平面電磁波進來時，電子受作用震盪，就如平板之上下運動。

以特例 探討，

在 ，

,

有以下關係：

角頻率 , 頻率

波數向量 , 波長

**電磁波傳遞了什麼？**

電場能量密度

磁場能量密度

在電磁波中

得

總能量密度

定義能量流 (強度)：

單位時間 (走距離 ) 內通過單位截面之能量

體積

總能量

能量流向量，又稱坡印廷向量 (Poynting Vector)，記作

能量流(強度)

定義**能量流強向量**

*A*

+ + + +

+ + + +

**例一 歐姆電阻 (圓柱狀)**

電阻圓柱半徑 ，柱高 ，電阻率 ，通過電流 ，圓柱面上磁場 、電場

已知歐姆電阻滿足電位差 ，電阻消耗功率為

，

，

單位時間內流進電阻之能量 ，即**功率**。

**注意能量流方向**：能量並非從電線方向灌入，而是由垂直圓柱面方向進入。

**例二 電容 (平行圓電板)**

兩平行圓電板面積 ，半徑 ，相距 ，充電 ，通過穩定電流 ，生成磁場

，

總電能

單位時間內流進電容之能量

**注意能量流方向**：能量並非從電線灌入，而是由垂直連接兩圓電板間圓柱面方向進入。

**結論：**

充電可視為將正、負電荷從無限遠處施加能量使之靠近，

電場向內壓縮，能量亦然，違反我們的直覺想像。