**普通物理學甲下**

**課程筆記**

**十六、電磁學之電磁感應**

**法拉第電磁感應定律 I**

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
上課學期：98學年度第二學期


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.

**法拉第感應定律**

1831年，由法拉第 (Michael Faraday) 所發現。

研究動機來自觀察「電流生磁」的現象 (安培定律)，

進而猜測「磁生電」的現象。或者說「電流感應出電流」。

 電荷感應出電荷。

金屬(導體)球

帶電荷的棒子

 穩定電流*不會*感應出電流。

*S*

*N*

鐵環

磁針

鐵環

鋼針

開關關上 (通電) 時，鋼針被磁化；

開關打開 (斷電) 時，鋼針被反向磁化。

**示範實驗：**

一、電磁爐開啟時，爐內通電的載流(交流電) 線圈在另一線圈上生成感應電流。

二、磁浮實驗：高溫超導體 (實驗中為釔鋇銅氧，由朱經武和吳茂昆所發現)，在永久磁鐵上會因排斥而浮起。

超導體內部電阻為零。

歷史上首先發現：水銀溫度降到4K以下時，電阻驟然下降至零。

超導體為完全反磁性物質。外加磁場存在時，超導體於表面生成超導電流，由於電阻幾乎為零，電流可以維持很久，保持內部磁通量 (磁場) 為零。

* 實驗中的 (高溫) 超導體為釔鋇銅氧，是第一個可用液氮冷卻的超導體，由朱經武和吳茂昆於1987年所發現。
* 實驗中的白煙為液氮 (沸點為77K)。

結論：**隨時間變化的電流產生隨時間變化的磁場，可產生感應電流。**

**實驗一 (磁鐵動、線圈不動)**

*S*

*N*

**A**

檢流計

磁力線

永久磁鐵運動以速度 運動，不動線圈 上產生感應電流。

**實驗二 (線圈動、磁鐵不動)**

*S*

*N*

**A**

檢流計

磁力線

永久磁鐵不動，線圈 以速度 運動，線圈 上產生感應電流。

法拉第以線圈「切割磁力線」來解釋感應電流的成因。

**兩個實驗產生一樣的現象。**

**愛因斯坦**

磁鐵、線圈間相對運動的兩個對稱實驗，儘管實驗結果毫無分別，卻須分別使用兩種不同的定律加以解釋：實驗一 (磁鐵動、線圈不動)，以隨時間變化中的磁場感應出電場而產生電流，實驗二 (線圈動、磁鐵不動)，以線圈中的電流載子感受羅倫茲力 (Lorentz force) 而產生電流。

愛因斯坦深刻地看出了這一奇怪的事情，而直接導致了他提出特殊相對論(Special Theory of Relativity) 中的相對性原理。**這就是特殊相對論的開端，也是最直接、最自然的切入點。**

設線圈的坐標系為 ；磁鐵的坐標系為 。

從這兩個實驗可知：

線圈上觀測到的電場

線圈上觀測到的磁場來自移動中的永久磁鐵

磁鐵上觀測到的電場 ，兩者觀測到的電場不一樣。

磁鐵上觀測到的磁場來自靜止的永久磁鐵 ，兩磁場事實上也不一樣。

零和非零是明顯地不一樣的。

**電場和磁場非絕對性的概念，而與觀察者所在坐標系**  **有關，是相對性的。**

**羅倫茲力**

安培發現：導線1作用在導線2上的力 ，

導線2中看成有*N*個電流載子，帶電量

導線2上的力可寫成

平均一個電流載子所受的力為 。

，即羅倫茲力，一個運動電荷 在磁場 中所受到的力。

化學上所用的質譜儀 (mass spectrometer) 的主要原理便應用了此力。

**再看實驗二 (線圈動、磁鐵不動)**

從坐標系 來觀測，線圈 上的電流載子 隨導線以 的速度運動，

受羅倫茲力

*S*

*N*

作功

運動電動勢 ，斜線區域面積所掃過磁力線之數目。

 表示以 為框的面。

*S*

*N*

**法拉第通量法則**

**再看實驗一 (磁鐵動、線圈不動)**

*猜測*新的物理定律：定律的形式一樣，不因觀測者不同而有差別 (相對性原理)

**感應電動勢**

注意：此處電力不是保守力，電場 也不是靜電場。