

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-物理科

科 別：物 理 科

組 別：國 中 組

作品名稱：電磁感應 - 無接點充電

關 鍵 詞：電磁感應、無接點充電、電磁誘導

編 號：030114

學校名稱：

臺北市立仁愛國民中學

作者姓名：

吳宗哲、黃泰翰、羅喬嶽

指導老師：

陳家順、劉秀娟



摘要：

本件作品主要是由目前最新穎的一種充電方式——無接點充電——出發。先了解其基本原理——電磁感應，再應用此原理，使用可發出電磁波之裝置，搭配感應線圈，產生感應電動勢。之後並探討各種變因對此裝置輸出之影響，設法找出其最佳情形，同時利用此原理尋找生活週遭之電磁波來源。最後，利用此裝置之原理，實際作出生活化之成品，與傳統發電方式加以比較，再思考此種發電方式之優缺點與未來發展應用方向，對此裝置加以改進。

二、研究動機：

有一天，看到弟弟把沒電的電動牙刷放到充電座上，立即有源源不斷的電流輸入，這使我心中發出了偌大疑問：為何充電器與牙刷間，沒有任何線路、接點，也能夠傳遞電流？

三、研究目的：

- (一) 無接點充電器的基本電路了解及建立。
- (二) 探討影響充電器輸出的因素。
- (三) 深入探討電磁感應內容。
- (四) 自製充電器的應用。

四、文獻探討：

我們經過網路搜尋及相關書籍閱讀後，了解無接點充電之原理是由電磁波與線圈產生感應電流。

查閱與電磁學之有關資料後，我們得知：

(一)電磁感應：當一封閉線圈中的磁力線數有變化時，導線上會產生電流，

此種現象稱為電磁感應。

(二)法拉第電磁感應定律：

1. 電路中所產生感應電動勢的大小，等於單位時間內通過線圈中磁力線數目的總變化量。

2. 感應電動勢的方向乃在抵抗磁力線數變化之方向，即感應電動勢的方向係用來產生一感應電流因而產生一感應磁場，藉以阻止線圈中磁力線數目的改變。(冷次定律)

(三)電磁波：假想有一根直立的金屬棒，上下兩端加上電位差使得電子朝向

正電位端加速，而另一端由於缺少電子而帶正電。這樣的電流會在四周

空間形成磁場，若電位差隨時間變化，則產生的磁場也會隨時間變化。

磁場隨時間變化則由法拉第定律會在四周形成感應電場。而這些電場

也會隨時間再度變化，於是這些電通量的變化又導致四周形成磁場。如

此交互循環，交流變化電場感應交流變化磁場，而交流變化磁場再感應

交流變化電場，於是就形成電磁波，向外輻射出去。

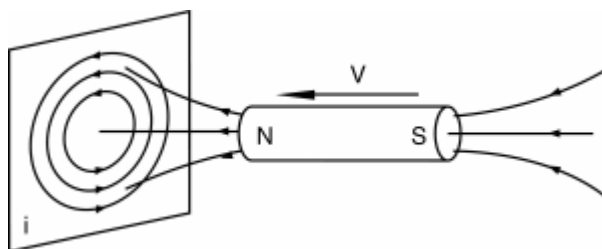
(四)渦電流：當金屬塊處在變化的磁場中或相對於磁場運動時，金屬塊內部

會產生感應電流。此金屬塊形成一圈圈的閉合電流類似流體中的渦旋，

稱為渦電流。

(五)電磁爐之原理：電磁爐是一種利用電磁感應使電磁能量轉換成熱能的家

電用品。假如我們把一根磁鐵棒對著一塊銅板，然後平行移動磁鐵棒，則銅板即會感應出有如漩渦狀的電流。這漩渦狀的電流由電磁感應現象而來。銅板上正對磁鐵棒的表面，由於磁鐵棒的移動使得該處的磁通量發生變化，因而感應出有同心圓圈狀的渦電流。尤其使用交流電時，電流交互變化迅速，以致於電流產生的磁場也快速交互變化，當有導體置放於此交互變化的磁場中時，導體上通過的磁通量也跟著快速交互變化，因而更能顯著的感應出漩渦狀的電流，如下圖所示。



圖(一):電磁爐原理之示意圖

(六)焦耳熱:電子流過金屬導體中原子的空隙時，震動了導體中的原子而使其溫度上升，這種由於電流的流動，在導體內產生的熱，就稱為焦耳熱。

五、研究設備及器材：

電動牙刷充電座、PHS 手機充電座、SW750；SW500(用來測電磁波之頻率電流大小 電壓)、Data Studio 數據處理軟體、筆記型電腦一臺、漆包線(33 號和 0.5mm)、數位三用電表 X1、芯線(14 號)X14M、AC 母頭(110V)X8 插頭(110V)X8、風扇(8cmX8cm 0.1A DC12V)、小鱷魚夾 X16、燈泡(3 瓦 5 瓦 60 瓦)3 瓦 X5;5 瓦 X3;60 瓦 X4 蜂鳴器(DC24V)X1 蜂鳴器(DC12V)X3

刀片 X1、剪刀 X1、絕緣膠帶 X1、尺 X3、鉗槍 X1、鉗錫 X1、咖啡機(110V 60HZ 300W)X1、整流二極體(1A 和 2A)各五、橋氏整流器(1A)X5、燈座(插 60W 燈泡)X2、手提收錄音機 X1、隨身聽型收錄音機 X1、警報器 X1、鐵鍋 X1、鋁箔紙一捲、照相機 X1、電鈴 (AC110V) X1、充電電池 (1.2V) 若干、充電電池充電器 X 1、電池座若干、發光二極體數個、SONY DSC-P2 數位相機一臺。

六、研究過程或方法：

(一) 參考相關文獻，並上網查詢相關資料。

(二) 1.以任意線圈代替充電器，置於電動牙刷充電座上，並測量線圈

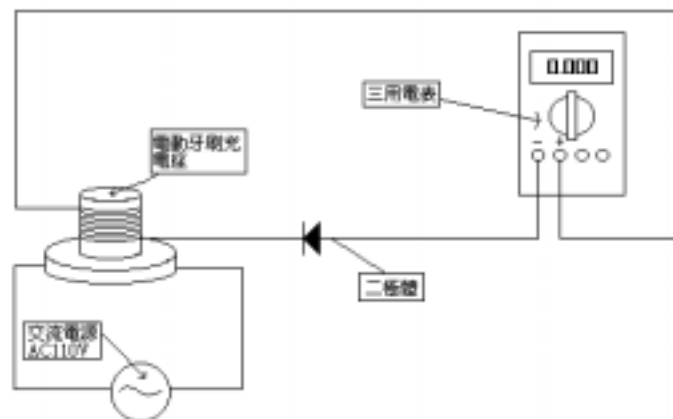
兩端是否有電壓。(驗證「電磁波+線圈」的假設)：

(1)以#33 漆包線繞一線圈(接上二極體)，其大小恰可套住電動牙刷
充電器基座。

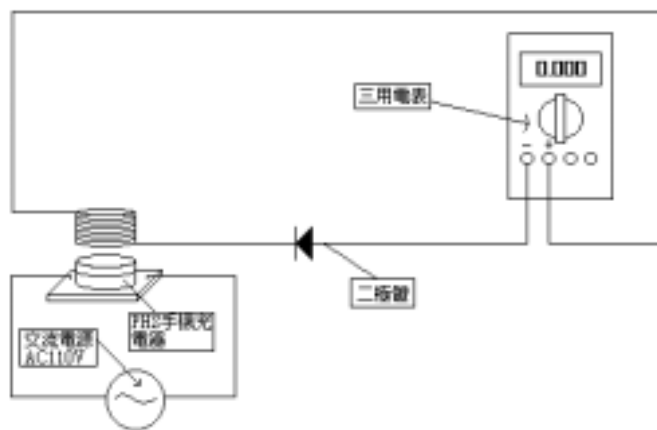
(2)以三用電表測量線圈兩端是否有電壓。

(3)再以相同線圈(加上二極體)，放在 P H S 手機之充電座上。

(4)以三用電表測量線圈兩端是否也有電壓差。



圖（二）-1.-a



圖（二）-1.-b

2.謎底揭曉——拆解—P H S 手機充電座及電動牙刷本體：

- (1)取得一電動牙刷。
- (2)以螺絲起子拆開牙刷底部，將內部零件取出。
- (3)觀察其構造。
- (4)取得整套 P H S 手機。

(5)將充電座外殼拆解，觀察其構造。

(三) 1.找尋能釋放較強電磁波之裝置：

發揮觀察力留意週遭以電磁波、電磁感應或渦電流效應產生能量之裝置，並設法利用在實驗中。

2.查詢有關電磁爐構造、原理等資料。

上網以及查百科全書，蒐集關於目前所能找到之最佳裝置——電磁爐的資料。

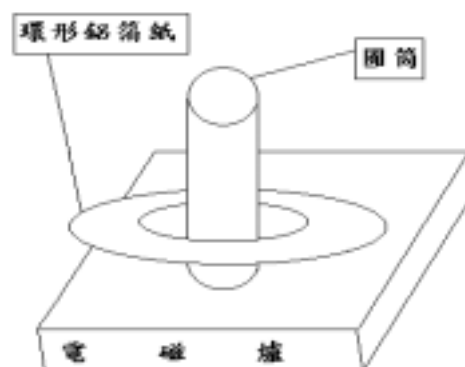
3.作鋁箔幽浮彈開實驗。(了解電磁爐所釋放之電磁波強度)上網蒐

集資料時，由一個教學網站上看到一個有趣的實驗：

(1)裁切一約二十公分見方的鋁箔紙，平放於電磁爐表面，並開啟電源，觀察鋁箔紙有何變化。

(2)裁切一半徑約二十公分的環型鋁箔紙，觀察有何變化。

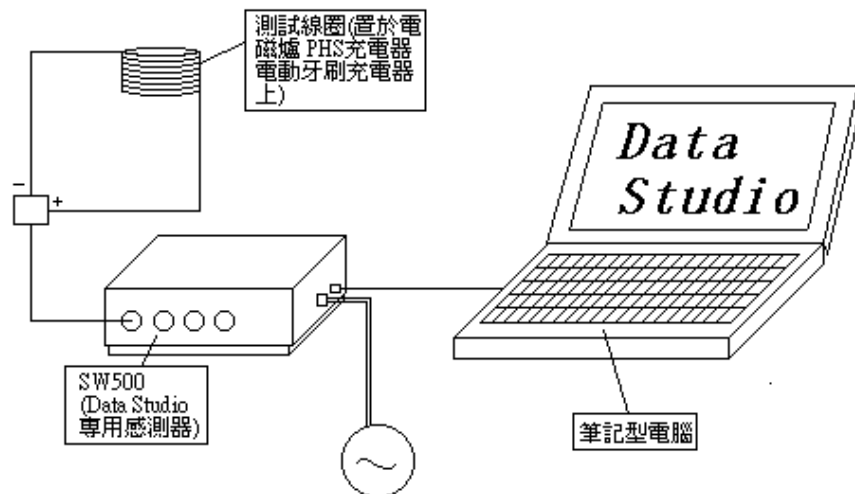
(3)原實驗之改進：在圓筒中放入一小片鋁箔，並在鋁箔上放置濕衛生紙防止鋁箔過熱，使電磁爐感測器開啟，持續釋放電磁波。



圖(三)-3.原實驗裝置

4.比較電磁爐、P H S 充電器、電動牙刷充電裝置之差異。

以“Data Studio”配合感測器“SW500”、“SW750”測量電磁爐、P H S 充電器及電動牙刷充電裝置之電磁波頻率、線圈產生之感應電流頻率等數值。



圖（三）-4.

（四）1.調整電磁爐金屬感測器，以使其能持續釋放電磁波。

(1)在電磁爐內部裝有一感應器，若感應到鐵製物品才會持續釋放能量。

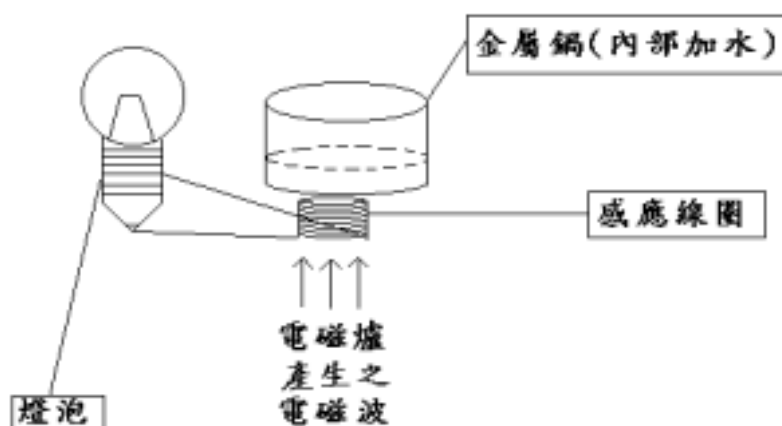
(2)為了使實驗容易進行，必須使感應器持續開啟，第一種方法為修改、拔除感應器，另一種則為置一不影響實驗進行的金屬物品於電磁爐上：

A.將電磁爐拆開，找出感應器，並將其拔除。

B.將欲實驗之線圈擺好後，置一鐵鍋於線圈上方並加入些許

冷卻水以防焦耳熱過大。(最後採用之方案一，稱“方案一”)

C.剪一片圓形鋁箔紙，置於電磁爐中央，使感測器開啟，並在鋁箔上灑水，放置浸濕的衛生紙(以防鋁箔過熱)。(最後採用之方案二，以下稱“方案二”)——來自鋁箔飄浮實驗之改良。



圖(四)-1.方案一之基本裝置

2.調整線圈匝數使電壓至可用範圍(如：110V)(利用法拉第電磁感應定律)。

實驗過程(使用“方案一”)：

(1)先做一試驗線圈(#33, 19匝)，並在兩端接上一燈泡

(110V, 5W)，觀察電燈是否發亮。

(2)將前一步驟之燈泡改為(3V, 5W)，觀察燈泡是否發亮。

(3)再換上一(110V, 60W)燈泡，觀察之。

(4)驗證法拉第電磁感應定律(電壓與感應線圈數成正比)：

A.作三線圈，半徑為6cm(0.5mm, 10匝)(0.5mm, 20匝)

(0.5mm , 3 0 匝)。

B.分別測量三線圈置於電磁爐上時產生之電壓。

C.作五個線圈 (0.5mm , 1 0 匝) (0.5mm , 2 0 匝) (0.5mm , 3 0 匝) (0.5mm , 4 0 匝) (0.5mm , 5 0 匝) , 半徑恰可套住電動牙刷充電座 (由於電磁爐電流過強 , 二極體無法承受 , 只能用電動牙刷充電座來實驗) , 並分別接上二極體。

D.測量各線圈上之電流、電壓。

E .用 0.5mm 粗的漆包線繞出半徑為 11.25cm 7.5cm 6.1cm 3.5cm 的線圈 , 並分別置於電磁爐上。

F.測量各線圈兩端之電壓。



照片 (一) : 驗證感應電壓隨線圈匝數增加而上升之簡易裝置。

(5)由(4)之結果推算欲使輸出電壓為 1 1 0 V 所需的匝數 , 並製作。

3.利用二極體或橋式整流器調整交、直流電。同時探討影響無接點充

電之變因。

由於線圈產生之感應電流為交流電，欲推動某些使用直流電的電器，需要“整流”。

整流步驟：

(1)將線圈一端接上二極體（1 A）。

(2)用三用電表測量直流電電流。

(3)探討感應電流與匝數間的關係

4.探討無接點充電之各種變因對其感應電壓的影響。

(1) 線圈與電磁爐之距離與感應電壓的關係。

實驗步驟（使用“方案二”）

A. 繞一半徑 6cm(0.5mm，25 匝)之線圈。

B. 調整線圈與電磁爐之距離，由靠在電磁爐上(距離 0cm)起，

依序放在距離 1cm，2cm，3cm.....直到 30cm 為止，並以

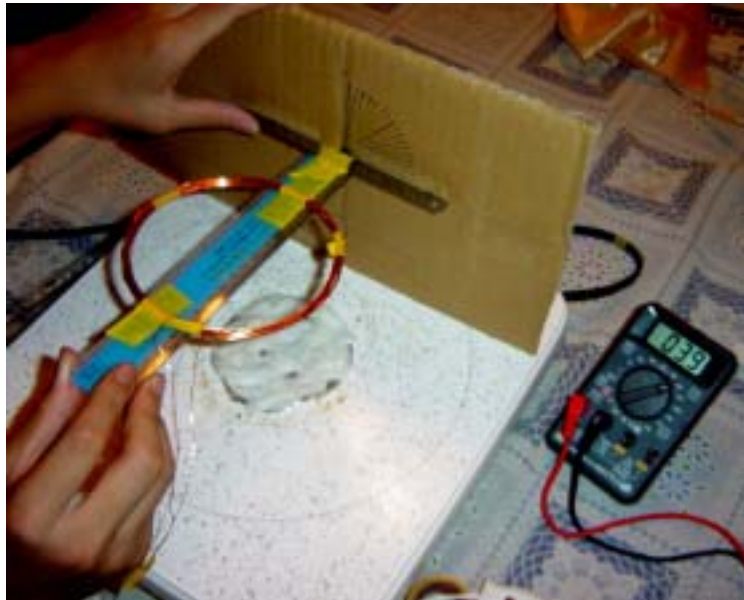
三用電表測量數據。



照片（二）：線圈與電磁爐之距離與感應電壓之關係

(2)線圈與電磁爐夾角和輸出電壓關係之實驗過程（使用方案二）：

- A.做一 25 匝，半徑為 6cm 的線圈。
- B.將線圈黏貼於一直尺上，以方便轉動，並在一厚紙板上畫上 0~90 度的刻度，垂直豎立於電磁爐上。
- C.以直尺的中線為軸，並使軸線通過厚紙板上刻度的原點，利用刻度調整線圈平面與電磁爐平面之夾角並以三用電表分別測量線圈兩端的電壓。



照片（三）：線圈與電磁爐夾角和輸出電壓之關係

(3)半徑大小與電壓之關係：

線圈半徑與可感應到之電磁爐電磁波電壓值的關係，能藉此找出最佳的線圈半徑。

實驗過程（使用“方案一”）：

- 1.將直徑 0.5mm 之漆包線分別作成半徑 1cm 2cm 3cm、

14cm 之一匝線圈。

- 2.將線圈放於電磁爐上，用三用電表測量線圈兩端之交流電壓，並記錄其電壓值。



照片（四）：線圈半徑大小與感應電壓之關係

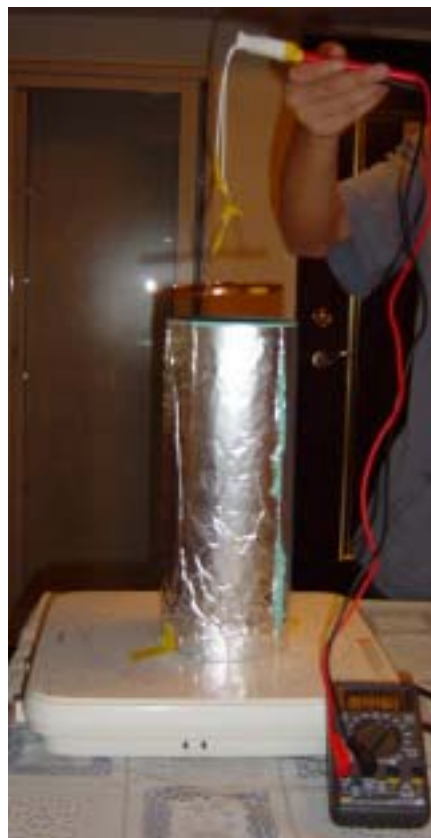
- (4)在線圈四周增加屏蔽是否能使電磁波傳送損耗減低

實驗步驟（使用“方案二”）：

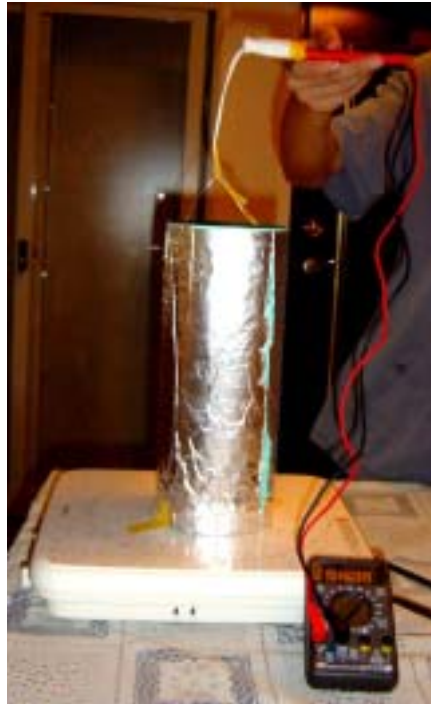
- A.用書面紙捲成圓筒狀（半徑為 8cm），外層粘上鋁箔紙，垂直豎立於電磁爐面上，作為屏蔽。
- B.將外圈鋁箔紙剪開一小縫，防止渦電流產生。
- C.製作如下圖之裝置，以便能垂吊放入圓筒屏蔽中。
- D.分別測量線圈在不同高度時之電壓。
- E.將屏蔽縮小，半徑改為 6cm，重做一次實驗，並比較結果。



照片（五）：“屏蔽”裝置俯視



照片（六）-1：在線圈四周增加屏蔽是否能使電磁波傳送損耗減低



照片（六）-2：在線圈四周增加屏蔽是否能使電磁波傳送損耗減低

(5)線圈在電磁爐上位置與輸出電壓之關係

實驗步驟（使用“方案二”）：

A.測量電磁爐之中心點並做上標記。

B.由中心點畫出一條半徑，並在距中心點 1cm , 2cm , 3cm.....

等位置標記。

C.做一半徑極小（<1cm）的線圈置於各標記上，分別測量與中

心相距不同距離時之電壓。

5. (1)嘗試用此裝置推動電器，並由此裝置之輸出功率、電壓、電流

、電阻、頻率、損耗、特性等方面，思考此裝置之用途及優缺點。

經由 2、3、4.之結果，並確認“安全無虞”後，嘗試將其接上不

同電器：

A. 將已製作完成之 110 V 線圈，連接 AC 母頭，再連接一
並聯六個插座的延長線接頭，置於電磁爐上，並放上鐵鍋。



照片（七）：嘗試使用“無接點”裝置推動電器

將插座分別插上咖啡機（110V，60HZ，300W）、燈泡（
110V，60W）、手提收錄音機（AC110V，60Hz/AC220V
，50Hz <-> DC6V；6W）、鐸槍（110V，80W）、三用電表
、家用電扇、電鈴（AC110V）……，檢驗成效，並監控並
聯時單一插座的各項數值變化，並就結果加以討論、改進。

B. 將二極體及橋式整流器換接不同匝數之線圈，以配合
不同電器所需電壓。

分別將不同的線圈加上蜂鳴器（DC 12 V；DC 24 V）
和風扇（DC 12 V）同時以三用電表監測輸出電壓大小，
就結果加以檢討、改進。

(2)電器增加與改進：

原本使用“方案一”(使用鐵鍋)誘使電磁爐持續釋放電磁波，過於笨重，故改用較簡便的“方案二”。

另外，先前之實驗其線圈均貼近電磁爐表面，並未顯露出無接點充電可遠距離傳輸的特性，故此部份實驗嘗試將線圈遠離電磁爐表面，同時設法將線圈與電器結合，增加實用性。

A.汽車燈泡：先作一線圈焊上二極體，再接上車燈的正負兩極，放於電磁爐上，檢驗是否能發出光亮。

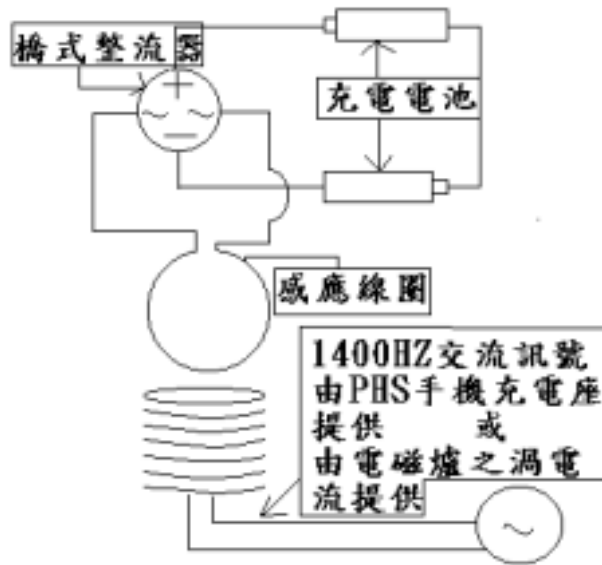
B.風扇：先作一線圈焊上二極體，再接上風扇之正負兩極，放於電磁爐上，檢驗是否能轉動。

C.收音機：先作一線圈接上二極體，再接上收音機之正負兩極，放於電磁爐上，檢驗是否能發出聲音。

C. 發光二極體：先作一線圈焊上二極體，在接上發光二極體，放於電磁爐上，檢驗是否能發出光亮。

(3) 充電器：

A.將已做好的電磁波收集線圈代替電池充電器，以橋式整流器整流後接上充電電池，並聯一發光二極體，通電一段時間。(裝置如圖【圖中不含發光二極體，僅為充電裝置】)



圖（四）-4.：無接點充電裝置



照片（八）：無接點充電裝置成品

B.拔去充電裝置，觀察發光二極體繼續發光情形。

（4）角度造成之影響的改進：

做了角度的實驗後，發現從不同方位，所感應到的電壓大小不同，於是我們想到在球狀物上繞上線圈，使每個方位的電壓相等，以達到各個方位都能感應到電磁波。

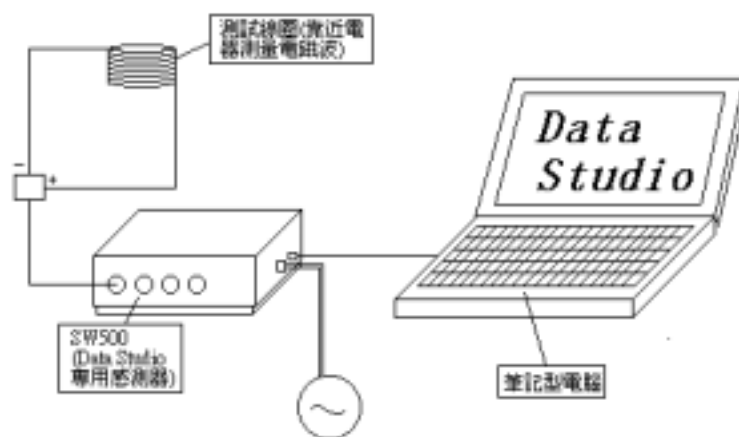
- A.先找一球狀物在上面繞上線圈，兩端接上三用電表。
- B.將繞好的線圈，放於電磁爐上，轉動球狀線圈，看看是否能從各方位感應到電磁波。

此實驗發現，將線圈作成球狀，的確能從各方面感應到電磁波，但因我們所作支線圈所繞密度不均，所以感應到的電壓不均，如將線圈做到密度一樣，則從各角度感應到的電磁波電壓應相同。

6.無接點充電利用電磁波傳送能量，日常生活中也處處充滿電磁波。

根據醫學研究，電磁波可能增加致癌危險。在此藉電磁感應原理找尋生活中的電磁波來源：

製作數個感應線圈，接上二極體和三用電表（或接上 Data Studio），分別置於電視機（或電腦螢幕）前、後方；吹風機旁；大哥大天線上……各種電器附近，測量線圈兩端電壓是否增強。（亦即，該電器有無明顯電磁波釋放）



圖（四）-4.



照片（九）：測量電腦螢幕附近之電磁波

7.探討“無接點充電”之實用性及用途，並以實驗裝置實作

生活化的成品。

見「討論」及「成品」。

七、研究結果：

（一）見文獻探討。

（二）1.以任意線圈加上二極體，放在電動牙刷充電座上，並接於三用電表

測得電壓 36V。再以相同線圈加二極體，放在 P H S 手機之充電

座上測得電壓 42V 。

2.（1）將電動牙根本體(不是充電座)拆開後發現:下端有一線圈，剛好可

套進充電座，而內部零件含充電電池。

（2）P H S 手機的充電座拆解，發現內部有一線圈纏繞著金屬棒作為

電磁波釋放裝置達成充電用途，同時有些精密構造用來穩定電

壓、電流，保護手機不至於損壞。



照片（十）：PHS 手機充電座之內部構造

（三）1. 經過觀察，共找到了下列幾種裝置：

- (1) 電磁爐。
- (2) 無線手機。
- (3) 微波爐。
- (4) 變壓器。
- (5) 無接點充電座。



照片（十二）：電磁爐之內部構造

2. 見文獻探討。

3. (1)鋁箔紙浮起約兩公分後飄開，且若放在電磁爐上方過久，會因

焦耳熱過大而發紅燃燒。

(2)鋁箔紙沿紙杯持續飄起約三公分高，且若將開關調小，其高度

也跟著降低。



影片一:鋁箔飄浮實驗(可點選播放或由附件資料夾點選)

4. (見附表)

(四) 1.(1)試著將感應器拔除，經測試後不能使其不斷的供應電磁波。

(2)在電磁爐上置一金屬物體:為了讓它持續放出電磁波，想到放一

金屬物體在電磁爐上，於是拿了鐵鍋，裡面加水，經過測試發

現能持續放出電磁波，於是爾後的實驗，便採用此種裝置。

2.(1)先作一線圈(19 匝 半徑 6cm)兩端接上一個 110v60w 的燈泡，放

在電磁爐上再加上鐵鍋，開啟電磁爐之電源後，燈泡發了亮光。

(2)將(1)之相同線圈，接於另一個燈泡(3v5w)，放在電磁爐上，加

上鐵鍋，開啟電源後，燈泡發出強烈白光就燒壞了。

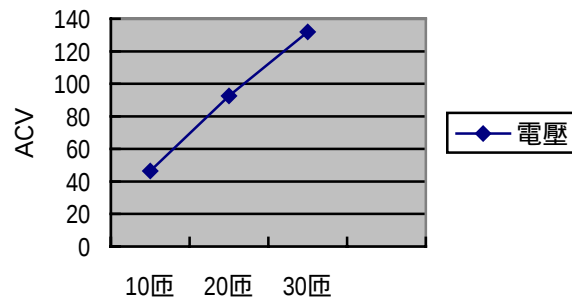
(3)將(1)之相同線圈，接於另一個燈泡(110v60w)，放在電磁爐上，

加上鐵鍋，開啟電源後，燈泡也發出了亮光，而且較五瓦的亮。

(4) 表一:線圈匝數與電壓之關係

線圈匝數	電壓
10 匝	46.5V
20 匝	92.6V
30 匝	132V

線圈匝數與電壓之關係



圖表(一):線圈匝數與電壓之關係



照片 (十一) -1：驗證感應電壓隨線圈匝數增加而上升(5 匝)



照片（十一）-2：驗證感應電壓隨線圈匝數增加而上升(15 匝)



照片（十一）-3：驗證感應電壓隨線圈匝數增加而上升(25 匝)

(5)由(4)之結果得知，電壓與線圈匝數確實成正比關係。

計算：

$$10 * 110/46.5 = 1100/46.5 = 23.7 \text{ (匝)}$$

$$20 * 110/92.6 = 2200/92.6 = 23.8 \text{ (匝)}$$

$$30 * 110/132 = 3300/132 = 25 \text{ (匝)}$$

$$(23.7 + 23.8 + 25) / 3 = 24.2 \text{ (匝)}$$

但由於實際測量一般插座供電電壓多為 112V~115V 間，為配

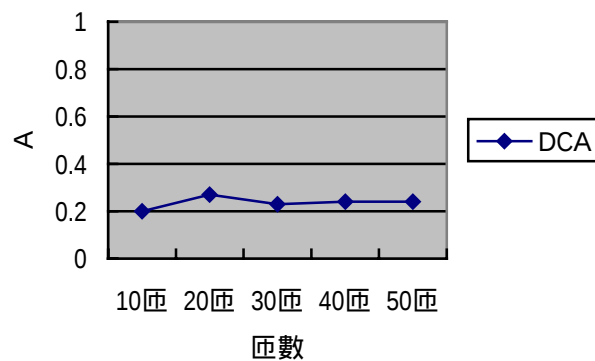
合現實情況，便取 25 匝線圈作為我們的自製交流電源。

3.

線圈匝數	DCA
10 匝	0.20A
20 匝	0.27A
30 匝	0.23A
40 匝	0.24A
50 匝	0.24A

表(二):線圈匝數與電流之關係

線圈匝數與電流之關係



圖表(二):線圈匝數與電流之關係

由電流測量結果，發現電流幾乎不變化。我們認為主因為：

由於電阻和導線長度(匝數)成正比關係，而電壓亦和匝數成正比，

由歐姆定律： $I=V/R$ 可得電流強度為一定值。

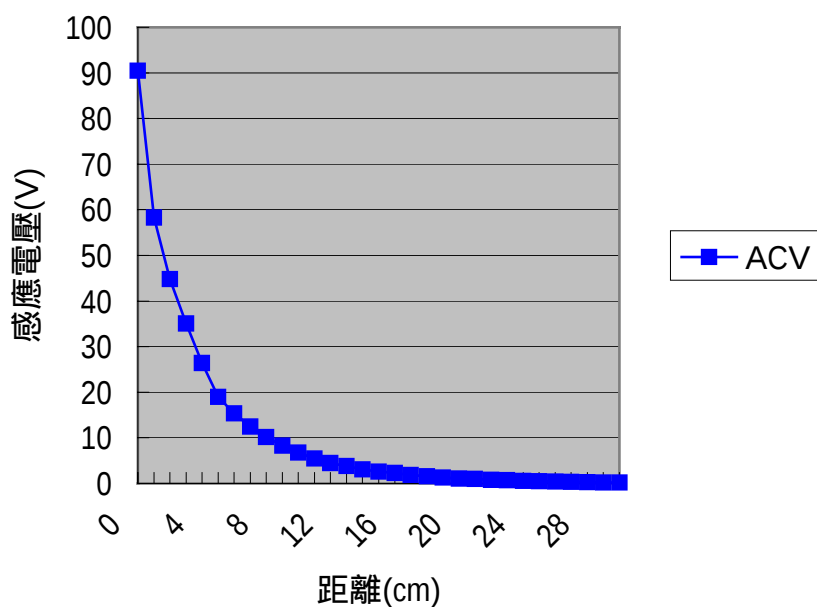
4.(1)

距離	0cm	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm
ACV	90.5V	58.3V	44.8V	35.1V	26.4V	19.0V	15.4V
距離	7cm	8cm	9cm	10cm	11cm	12cm	13cm
ACV	12.5V	10.2V	8.3V	6.8V	5.5V	4.5V	3.8V
距離	14cm	15cm	16cm	17cm	18cm	19cm	20cm
ACV	3.1V	2.6V	2.3V	1.9V	1.6V	1.3V	1.1V
距離	21cm	22cm	23cm	24cm	25cm	26cm	27cm
ACV	1.0V	0.8V	0.7V	0.6V	0.5V	0.4V	0.35V

距離	28cm	29cm	30cm
ACV	0.3V	0.25V	0.2V

表(三):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響

線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響



圖表(三):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響

由表中可知: 距離越遠, 感應電壓越小, 但下降幅度卻隨距離而減少, 因此我們認為感應電應是與距離平方成反比, 但因電磁爐線圈與其外殼有一段距離, 且有外殼阻隔, 故無法以數據直接代入驗算。

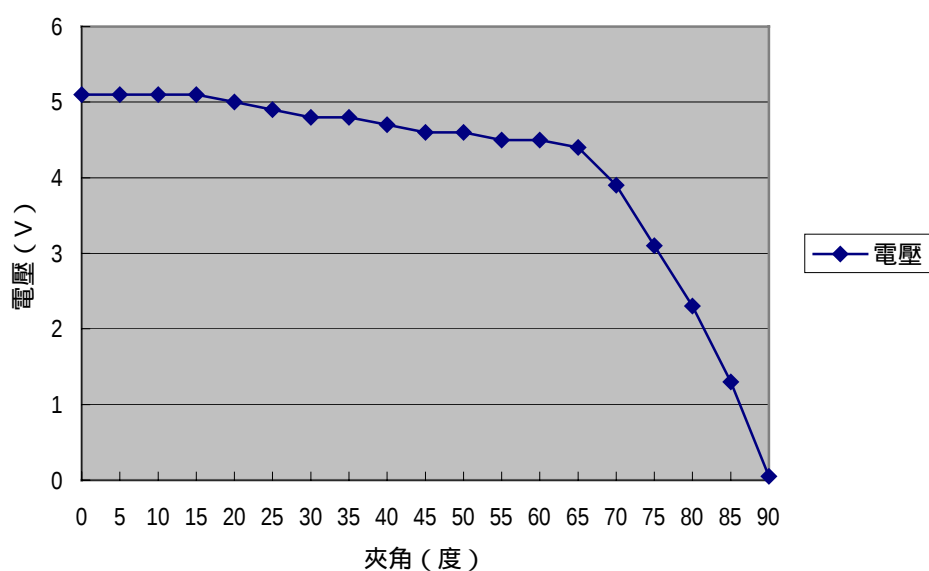
(2)

夾角 (度)	電壓 (V)
0	5.1
5	5.1
10	5.1
15	5.1
20	5.0
25	4.9
30	4.8
35	4.8
40	4.7

45	4.6
50	4.6
55	4.5
60	4.5
65	4.4
70	3.9
75	3.1
80	2.3
85	1.3
90	0.05

表(四):線圈與水平面之夾角對感應電壓的影響

夾角與電壓之關係

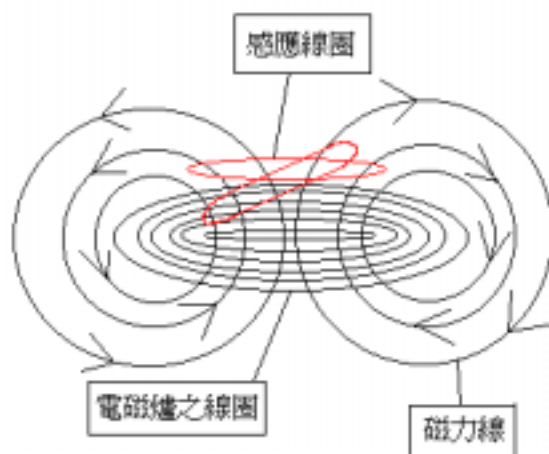


圖表(四):線圈與水平面之夾角對感應電壓的影響

由表中可見:

在夾角較小時，感應電壓並無顯著改變，而夾角漸漸變大時，感應電壓的下降幅度也隨之越來越快。此現象可藉由下圖(圖五)說明: 在夾角尚很小時，由於感應線圈與電磁爐線圈有段距離，附近磁力線呈非均勻散佈之曲線，因此當線圈往右上傾斜時，雖然線圈

右方磁力線通過數減少，但左下方通過的磁力線數又增加了，故電壓並無顯著變化。但在線圈傾斜到某個程度時，線圈左右兩邊所通過的磁力線數均同時減少，故電壓開始急速下降。



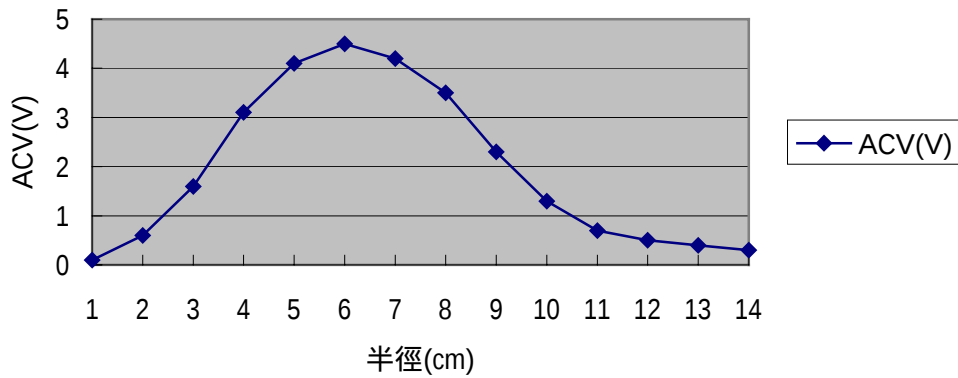
圖(五):線圈與水平面之夾角對感應線圈的影響說明圖

(3)

半徑	ACV
1cm	0.1V
2cm	0.6V
3cm	1.6V
4cm	3.1V
5cm	4.1V
6cm	4.5V
7cm	4.2V
8cm	3.5V
9cm	2.3V
10cm	1.3V
11cm	0.7V
12cm	0.5V
13cm	0.4V
14cm	0.3V

表(五):線圈之半徑對感應電壓的影響

線圈半徑與感應電壓之關係



圖表(五):線圈之半徑對感應電壓的影響

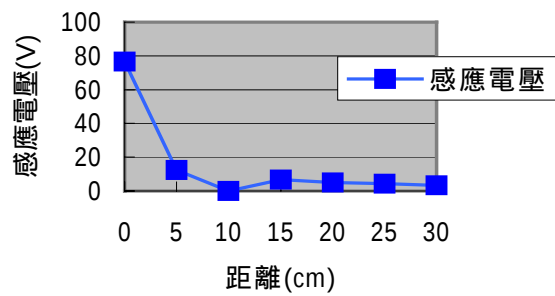
由圖可知，在半徑為 6cm 時，其電壓值最大，而半徑小於或大於 6cm 時，電壓則越小。所以，用半徑 6cm 左右的線圈感應電磁爐所發出的電磁波為最高效率。(原因請見討論)

(4)

距離	感應電壓
0cm	76.7V
5cm	12.5V
10cm	8.2V
15cm	6.7V
20cm	5.1V
25cm	4.4V
30cm	3.3V

表(六):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響(加上半徑 8cm 之屏蔽)

線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響
(加上半徑8cm之屏蔽)



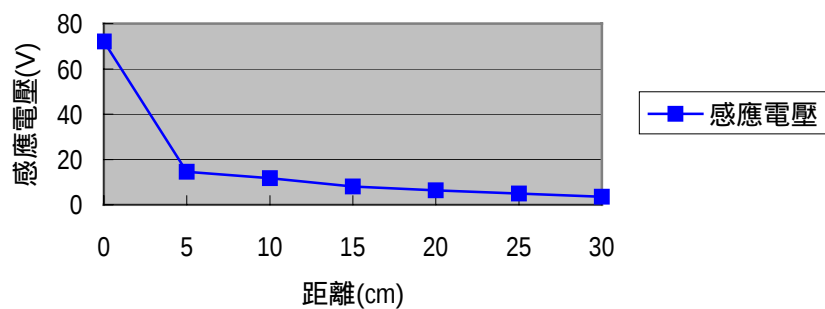
圖表(六):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響(加上半徑 8cm 之屏蔽)

(4)E.

距離	感應電壓
0cm	72.1V
5cm	14.5V
10cm	11.7V
15cm	8.1V
20cm	6.4V
25cm	4.9V
30cm	3.5V

表(七):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響(加上半徑 6cm 之屏蔽)

線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響
(加上半徑6cm之屏蔽)



圖表(七):線圈與電磁爐之距離對感應電壓的影響(加上半徑 6cm 之屏蔽)

由圖表(六)、(七)可知，鋁箔屏蔽的確可達到反射電磁波，增強遠距離線

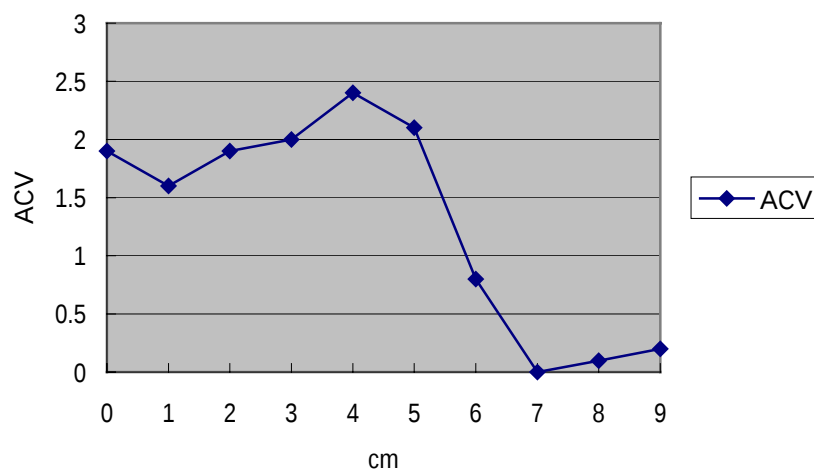
圈所產生之感應電壓的效果，且鋁箔屏蔽半徑較小，即與感應線圈靠得較緊密時，增強的效果較佳。

(5)

與中心距離	感應電壓
0cm	1.9V
1cm	1.6V
2cm	1.9V
3cm	2.0V
4cm	2.4V
5cm	2.1V
6cm	0.8V
7cm	0.0V
8cm	0.1V
9cm	0.2V

表(八):線圈與電磁爐中心之距離對感應電壓的影響

線圈與電磁爐中心之距離對感應電壓的影響

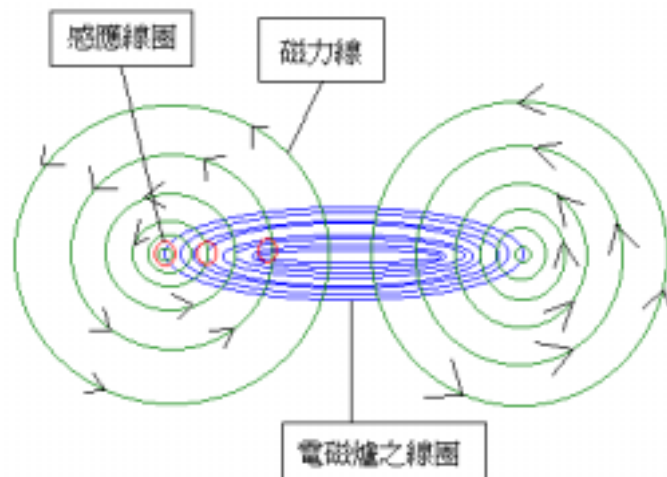


圖表(八):線圈與電磁爐中心之距離對感應電壓的影響

由表中可見:

線圈在靠電磁爐中心較近時,感應電壓較高(但最中心因有鋁箔造

成損耗，其值稍稍降低)，而在較外側時，感應電壓普遍較低，而在電磁爐本身線圈的邊緣處(約 7、8cm 左右)，電壓甚至低至幾乎為 0。此現象可以圖(七)說明:電磁爐線圈內側的磁力線較密集，外側的磁力線較分散，故內側的感應電壓較強。而在電磁爐線圈邊緣處之感應線圈，恰好讓整圈磁力線通過，由上至下及由下至上的磁力線數大致相等，故磁力線變化數幾乎為零，故感應電壓也接近 0。



圖(六):線圈與電磁爐中心之距離對感應線圈的影響說明圖

5. (1)A.將各種要測試的東西加上插頭，以 110 V 的線圈測試有哪些可運作，結果可行的有：60 W 燈泡、泡咖啡機、焊槍、手提收錄音機、三用電表。



照片 (十二): 使用 “無接點” 裝置成功推動電器



影片二-以無接點裝置推動手提收音機(可點選播放或由附件資料夾點選)

(2)將各種要測試的東西加上二極體和插頭，以所需的電壓配合線圈

測試有哪些可運作，結果可運作的器材有：蜂鳴器、風扇 (D C 1

2 V)。



照片(十三)-1:以“無接點”裝置成功推動蜂鳴器(以二極體整流)



照片(十三)-2:以“無接點”裝置成功推動風扇(以二極體整流)

(3)此自製充電裝置確實可達到充電效果，且所費時間不長。

(4)A.汽車車燈在一定距離內可正常發亮，而且距離越近光度越亮。

B.在一定距離之內，風扇仍可轉動，但距離越遠，速度越慢。

C.當收音機靠近到一定距離內時，便開始運作，且距離越近，音量

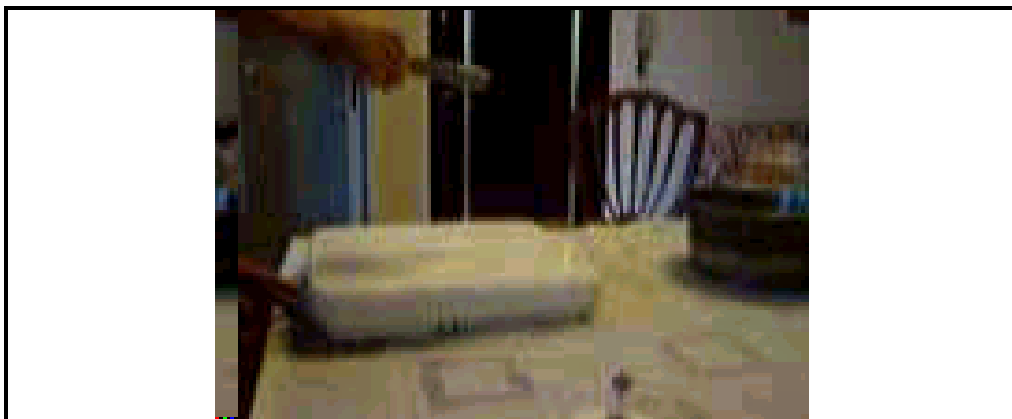
越大，但當距離過近時，會因電磁波干擾而收訊不良。

D.當線圈逐漸接近電磁爐，發光二極體也逐漸亮起。



影片三-以無接點裝置遠距離推動風扇.MPG

影片三-以無接點裝置遠距離推動風扇(可點選播放或由附件資料夾點選)



影片四-以無接點裝置遠距離推動攜帶型收音機.MPG

影片四-以無接點裝置遠距離推動攜帶型收音機(可點選播放或由附件資料夾點

選)



圖(十四)-1: 以“無接點”裝置遠距離推動發光二極體(較近距離)



圖(十四)-2: 以“無接點”裝置遠距離推動發光二極體(較遠距離或由附件資料夾點選)



影片五-以無接點裝置遠距離使警報器發聲(可點選播放或由附件資料夾點選)

6.

置放位置	電壓變化
電腦螢幕前方	變化大
電腦螢幕前方(加護目鏡)	其值大幅縮小
電腦螢幕後方	變化大, 其值比螢幕前方大
電視機前方	約 0.5DCV
電視機後方	約 0.6DCV
吹風機旁	極小, DCV 約在 0 至 0.02 間跳
大哥大天線(撥打中)	幾乎無變化
大哥大天線(通話中)	幾乎無變化

表(九):以無接點充電裝置測量常見電器之電磁波的電壓變化情形

八、討論：

(一) 為何部份電器雖然電壓相符，卻無法驅動？

因為這些電器的驅動與交流電的頻率有關，一般家用交流電的頻率約為 60Hz，而由電磁波所產生感應電流的頻率高達 1000Hz 以上(約 1200Hz)，差異過大而無法驅動。

茲舉一例說明——電鈴（使用交流電）：

電鈴主要構造為一電磁鐵、鐘罩、簧片和棒槌。當交流電通過時，由於電流方向以 60Hz 的頻率不斷改變，使得電磁鐵之南北極方向也以相同頻率變換，在簧片彈性加上磁場作用力下棒槌便產生振動敲擊鐘罩而發聲。但此次實驗中所發出之交流電頻率過高，與簧片的共振頻率相差太大，致使簧片反應不及，所以電鈴無法發聲。

(二) 無接點充電有哪些優點？

1. 在潮濕的環境下，一般金屬接頭容易造成觸電傷害，而無接點充電可做到無裸露之金屬接頭(因利用電磁波與線圈的電磁感應，電磁波可穿透絕緣體，故可將金屬部份以絕緣體包起)，故無此問題。
2. 因無裸露之金屬部分，故亦可避免氧化及孩童將異物插入。
3. 由於供給的電壓可由電器內部之感應線圈決定，故在電器設計之初即可調整其匝數，使電壓與電器本身所需之規格相符(供電裝置之電磁波須有

統一規格)，如此一來即可不需使用變壓器(如為需使用直流電的電器則

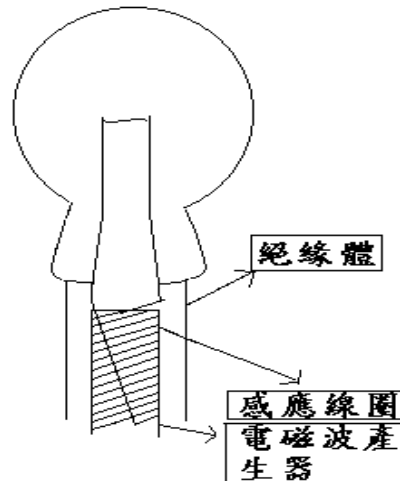
可在內部加裝二極體或橋式整流器)。

(三)目前無接點充電的裝置可作何種改進？

可將裝置分為兩部分：

- 1.電磁波供給裝置：將目前家家戶戶隨處可見的插座，改為一個柱狀電磁波產生器，外殼以絕緣體包起(避免有金屬部分)，並加上一個開關，有電器要使用時方打開使電磁波輸出，平時則關閉，以減少電磁波對人體造成之傷害。(電磁波之頻率、強度等須有統一規格)
- 2.電器:以絕緣體為外殼，內部置一感應線圈(電器製造時即須依其實際所需之電壓、功率等規格，計算出適合的線圈【因電磁波裝置已有統一規格】)，利用感應線圈所輸出之電流來驅動電器，且在外型上設計一凹槽(內部仍以絕緣體包起)，使柱狀電磁波產生器能剛好插入(減少使用時電磁波逸散至環境中，對人體造成不良影響)，如為使用直流電之電器，則須於內部加上二極體或橋式整流器。(如圖，以燈泡為例)

燈泡之無接點理想裝置



圖(七):燈泡之無接點充電理想裝置示意圖

由無接點充電的優點，我們認為其較恰當之用處有：

1.衛浴、盥洗設備：如電動牙刷、刮鬍刀、浴室鏡、抽風機、浴室燈……。

（因可防潮、防漏電）

2.幼兒用品或玩具：如電動車。（因可防異物插入、防漏電）

3.小夜燈、小電扇。（隨插隨用、隨充電）

4.手機充電。

5.電池充電。

6.無線電話充電。

7.雙電源備用系統。（如電子計算機）

8.其他低功率之電器……。

9.應用此原理，亦可用作電磁波輻射強度之測量。

（五）無接點充電未來發展之方向：

1. 血管內微小之攝影機或血管內其餘微小之開刀儀器之充電。

2. 大功率之電能傳輸:如電力車充電、磁浮列車之電能傳輸。
3. 遠距離電能傳輸:如飛行器、電磁列車、無軌道自動運送車、心律調整器。
4. 太空帆：以電磁波把太空船打上太空。(由地面發射站提供動力來源)
5. 長壽命之電極螢光燈：在不方便更換的處所(如隧道頂、水底)利用無接點充電產生之電流激發螢光。
6. 不方便更換或須長時間使用之電器：如手錶、手機充電站、電力車(電動車、無軌道自動傳送車)、錄音棒、手提電腦等。
7. 電腦數位板之訊號輸入方式：筆壓下時造成磁力線變化，可用於精密儀器的安全操作方式(開發中)。
8. 可用於電磁輻射之偵測。
9. 幽浮飄浮之可能原理:利用高速自轉之機體，內含線圈，切割地球磁力線造成感應電流，形成磁場與地球磁場排斥而飄浮。
10. 遙控偵察機或衛星：由地面發射電磁波充電。(使用核能將有污染環境的危險，而使用傳統動力之使用時限較短)
11. 廚房之電器:除電磁爐外，任何加熱電器皆可使用，可使其均勻受熱。
12. 背對太陽處的衛星充電之方式：一般衛星使用太陽能電板充電，但如衛星繞至陽光照不到之處或離太陽極遠，太陽光能量過弱，此時可利用衛星自轉及線圈切割所繞行星的磁力線，以獲得電能。(可使用在夜晚天空中的同步衛星充電)

13. 微波發電 (已在開發中): 利用數百至數千個小型衛星收集太陽能, 將之轉變成電能後, 轉成高能量微波傳回地球上之接收站, 再轉換回電能, 可大幅提升一般太陽能發電時的發電量, 避免受天氣的影響與減少損耗。為一種高效率的發電方式。

(六) 無接點充電裝置多使用高頻率交流電, 原因在於若頻率太低, 則產生之磁場變化率太低, 須使用極大的次級線圈, 方能產生較高電壓。(法拉第電磁感應定律)

(七) 感應線圈半徑與電壓之關係: 由於感應電壓大小與磁場變化有關, 因此我們認為當線圈大小小於電磁爐產生之電磁波的範圍時, 線圈越大則在線圈中的磁力線數越多, 磁場變化越大, 因而感應電壓越大。若線圈大小超過電磁爐產生之磁力線的範圍時, 線圈內磁場變化量相同, 線圈越大則內電阻越大, 因而感應電壓越小。

九、結論：

(一) 無接點充電的原理, 為一「原始線圈 + 感應線圈」之裝置, 利用的原理主要為：電磁感應。

(二) 利用電磁爐所產生的電磁波可使線圈產生感應電流而輸出交流電。

(三) 感應線圈輸出的電壓與匝數成正比。

(四) 感應線圈輸出的電流與匝數無關。

(五) 感應線圈與水平面的夾角越大, 所產生的感應電壓越小 (夾角在 0 至 90

度間), 且下降的幅度越來越大。

(六)感應線圈與電磁爐的距離越大, 所產生的感應電壓越小且下降的幅度越大。

(七)在感應線圈外加上以鋁箔製成的屏蔽, 可使較遠距離所產生的感應電壓增加, 且鋁箔屏蔽與線圈較密合時, 感應電壓的增加幅度較大。

(八)由電磁爐產生的感應電流除少數與頻率有關的電器無法使用外, 可驅動大部份電器。

十、參考資料：

(一)牛頓物理研習百科 < 物理 > 牛頓出版股份有限公司

(二)國中理化第二、三冊。

(三)利用 Google 搜尋引擎。(搜尋相關資料)

<http://www.lungteng.com.tw/LTnews/natural/03/0311.htm>(電磁感應與電磁爐)

<http://user.nksh.tp.edu.tw/Tause//6-6.htm>(電磁感應與相關知識)

(第三名)

1. 使電磁裝置結構原理一目瞭然，並自行製作多項裝置，值得嘉許。
2. 實驗項目過於雜亂，分析和討論可再加強。