

交流磁場與離子感應電流相關之研究

國中組：第三名

縣市：高雄市

校名：壽山國中

作者：王鈺慈、邱舒婕

張新楣、蔡盈



王鈺慈：我覺得理化課本中的知識應該要是活的，而不是一條條的公式和一個個填充，所以在作科展時，最高興的莫過於能自己操作各種工具，並且能和同學討論，我能在其中得到新知識，又能增強實力，真是獲益良多。

邱舒婕：藉由此次的科展活動，實在是令我飽嘗了焦急、雀躍、歡欣和感動等種種感受。這就好像毛蟲，經一次次蛻變之後羽化成爲彩蝶一般，之中雖有各種壓力的干擾，但在有了研究成果後，卻有種飛翔的感覺。

張新楣：很高興能在這次的全國科展中獲獎，在研究的過程中：與同學切磋、挖掘科學的趣味，真是獲益不少。國小時，我最喜歡上的課就是自然，它將我帶入另一個新視界。國中時，接觸的理化課更透徹了，令人大開眼界。

蔡盈閻：從小，滿腹「爲什麼」的我，對於「爲什麼」的事，總不能滿足之後，了解了從前的「爲什麼」，又產生了新的「爲什麼」加入了科展、加入了討論、加入了思考、加入了合作、加入了科學無止盡的領域終於，明白了「爲什麼」。

一、研究動機

(一)理化第三冊提到英國科學家法拉第發現：當線圈周圍的磁場有了變化時，線圈就會產生感應電流，之後理化老師又說：「一個金屬板也會有相同的現象，產生感應電流及焦耳熱效應，謂之渦流熱」。頓時好奇的我們隨即閃過一個念頭：金屬板之自由電荷，因爲磁場的變化，可以被推動而產生電流，那麼電解質中的自由正負帶電離子，應該和金屬板中的自由電荷一樣，也可以因爲磁場的變化，而產生『離子感應電流』（我們的

稱呼)。

(二)當我們把這個推論告訴理化老師，之後老師以引導方式告訴我們：電解質中的正負離子，是否可以因磁場變化被推動形成『離子感應電流』必須藉由實驗來得知，但是老師告訴我們，基礎觀念最重要，所以若要作研究，最好由「平面金屬板」先做一系列相關實驗研究，再來架構我們的「離子感應電流」，會比較具備完整性。

二、研究目的

(一)平面金屬板上感應電流之研究及磁場效應之直觀現象

(二)『離子』感應電流之研究及磁場效應之直觀現象

(三)冷次定律之三組直觀設計實驗

三、研究設備器材

自製方形線圈、自製探測針座2台、自製磁場座1台、電解液有：硫酸銅、二鉻酸鉀、食鹽、氫氧化鈉、氫氧化鈣、鹽酸、酒精、自製環形容器1個、軟管、自製螺管線圈3台、自製直觀冷次定律實驗器1台

四、研究過程及討論

實驗一

平面金屬板上感應電流之研究

1.實驗過程：

- (1)取方型線圈(30匝)接通交流電源供應器維持4A，線圈產生交流磁場。
- (2)將銅、鋁、鋅(長9.2cm、寬8.0cm、厚0.4mm)，分別置放於方型線圈上。
- (3)以三用電錶測量金屬板上感應電壓(交流電壓) (測量如下圖)

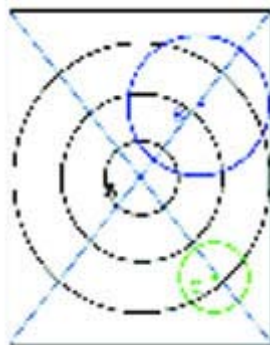
測量方法：

ㄅ、在銅、鋅、鋁金屬板上,先取A B C三個位置,電錶探針O1固定於A位置，以O1 為圓心,另一探針O2分別在距O1點1.5cm處，做8個位置(北、東北、東、東南、南、西南、西、西北)，交流電壓的測量(表略)。

ㄆ、在將探針O2分別在距O1點2.4cm及4cm處，操作同上做交流電壓的測量(表略)。

ㄇ、將電錶探針O1固定於B位置,探針O2距O1點2.4cm處，做8個位置交流電壓的測量(表略)。

ㄋ、將電錶探針O1固定於C位置，探針O2距O1點1.5cm，做8個位置交流電壓的測量(表略)。



2.實驗討論

(1)在金屬板上固定探針O1，另一探針O2移動8個位置做圓環型交流電壓的測量，是因為我們認為：依據安培右手定則，感應電流必須是封閉式的流動，當然不一定是圓環型(也可能是其他封閉式的流動)，如此產生的感應磁場，才有可能恆反抗原來的交流磁場(作N、S極的互變)。

(2)由表一(略)得知：移動探針O2和O1之間的感應電壓，我們均得不到等電位面，此一事實告訴我們：確實在我們設定的圓環型處，應該有感應電流在呈渦流式的流動(或者其他封閉式的流動)。

(3)我們也隨意再任取ABC以外三個位置，均得到相同的情形，這代表著在金屬板上感應電流是以任意大小不等的圓環型在流竄著(或其他封閉式)。

(4)我們輸入的交流週期為1/60秒(台灣區)，那麼金屬板上流竄的感應電流是否也是以相同交流週期1/60秒，在作相同正負電荷的變化呢?36屆學長曾經以硫粉末狀物質經由紙片磨擦後成為負電帶電體，並能經手的抹動散開後，和金屬面板上的交流電場(110V)產生吸力與斥力作用，粉末狀物質出現疏密相間條紋，我們把這個問題請教理化老師，老師告訴我們：36屆學長是將金屬板直接接上家用交流電110V的火線及地線端(未形成通路產生電流)，在金屬板上有電位(正負電荷)變化，且電場強度較強，以致粉末吸斥力較為明顯。

實驗二

以硫粉來直觀平面金屬板上之感應電流及其磁場效應。

1.實驗過程：

(1)方型線圈輸入交流電流4A，將銅、鋁或鋅平面金屬板，分置放於方線圈上。

(2)以刮杓擷取適量硫粉直接撒在實驗銅、鋅或鋁金屬板上。

(3)手執硬紙片抹動金屬板上之硫粉，並改變手抹動速率及任意位置觀察之。

(4)磁場效應:將兩塊磁鐵置放於自製的磁場座台上，置入於金屬板上下之間，使金屬板某一區間在外加磁場內，將硫粉由左至右抹動，使抹動過程中有一區間在外加磁場範圍內，觀察之。

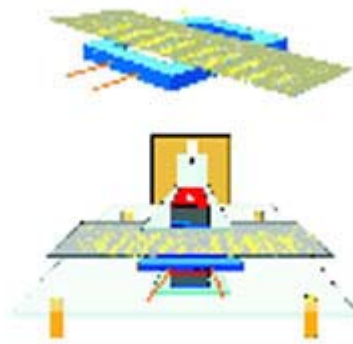
2.實驗結果討論：

(1)硫粉經硬紙片摩擦，極易形成負電帶電體，和金屬板感電流之交流電場E產生吸力或斥力，經手的推動後，電場吸力造成密部條紋(此時金屬板上為正電荷)，電場斥力造成疏部條紋(此時金屬板上為負電荷)(結果如圖)

(2)磁場效應：

金屬板在外加磁場範圍內之區域，硫粉疏密相間條紋變得非常不清晰，但在外加磁場範圍外之疏密條紋依然清晰可見。(裝置及結果如圖)

(3)使用光電計時器確認硫粉密部和密部發生時間確實為1/60秒。



實驗三

離子感應電流之研究及磁場效應

1.實驗過程：

(1)配置硫酸銅飽和溶液(溶液溫度23)

(2)壓克力圓型容器直徑8cm，容器內置入深5mm的硫酸銅飽和溶液並將圓型容器置於方型線圈上。

(3)承實驗一測量金屬板交流電壓之模式，分別在圓型容器內，取A、B、C三個位置，將探針O1 固定於A位置，以O1為圓心，另一探針O2分別在距O1點1.5cm處做8個位置交流電壓的測量，操作同實驗一。(表四)



(4)自製環形容器一個，環寬5.2mm，並於環形容器某一處取一薄絕緣片插入隔開，使環形容器注入電解液時，形成一個斷路。(儀器如圖)

(5)改變電解液的種類：將飽和二鉻酸鉀溶液(23)，飽和氫氧化鈣溶液(23)，飽和食鹽水，飽和氫氧化鈉溶液(23)，及鹽酸溶液和酒精溶液，注入環形容器操作同上。

(6)於環形容器內注入三種不同溶度(60%·80%·100%)的硫酸銅溶液，溶液深度由淺漸深1.1mm~11mm，並於絕緣片兩側，測量交流感應電壓。(表略)

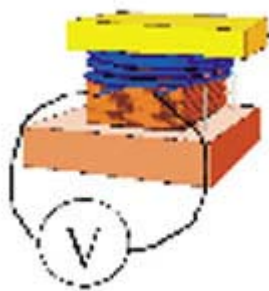
(7)離子感應電流的焦耳效應測定：

ㄣ、自製另一線圈(250匝)，並於線圈內置放矽鋼片(組合)，因為矽鋼片導磁性甚佳且較不易發熱，輸入交流(8 A)。

ㄤ、壓克力圓形容器承6mm之飽和硫酸銅溶液，測其初溫後，將其置於線圈之矽鋼柱上，並用一張紙隔開矽鋼片和圓型容器，30分鐘再測量其末溫。

(8)離子感應電流的磁場效應：(裝置和實驗二之步驟6相同)承實驗二之步驟(6)，使圓型容器內電解液中某一區域在外加磁場內，方型線圈輸入交流電源後，觀察在外加磁場區域內顏色變化。

(9)製作離子線圈測量輸出電壓：(裝置右圖)



ㄣ、取一條長2m內徑0.4mm的軟管，管內置入硫酸銅容液(不能有空氣)，管兩端插入細銅條當電極，並以橡皮筋封閉兩端。

ㄤ、承實驗(三)離子感應電流實驗時，自製一線圈(250匝)，並於線圈內置放矽鋼片組合成矽鋼柱，將軟管(裝有離子溶液)纏繞於矽鋼柱上，上面再置放一個長方形鐵塊，降低磁漏現象，測量離子感應電壓。

2.實驗數據：

表四：探針01與02位置間的感應電壓mv

3.實驗討論：

(1)電解液中的正負離子，受到磁場變化時，確實可以被推動形成「離子感應電流」。

(2)於圓形容器上探針O1，另一探針O2移動8個位置做圓環形的交流電壓測量，其產生的情形，都和金屬板上的感應電流相同，也是成任意大小不等封閉式的流竄，謂之「離子渦流」。

(3)步驟7，我們測量出圓形容器內之末溫增加了約5，這也證實了離子感應電流也產生了焦耳效應，謂之「離子渦流熱」，和金屬板上的熱效應是相同的。

(4)同種電解液的離子感應電流，在交流磁場變化下，濃度愈大深度較淺，離子感應電壓就越大。

(5)不同種類的電解液，在相同溫度及交流磁場變化相同之下，產生的感應電壓，以硫酸銅電解液最佳。這是否告訴我們電解液中離子的解離度呢？

(6)在外加磁場效應下，位於外加磁場範圍內之硫酸銅顏色較不易觀察出變化現象。

(7)製作離子線圈測量輸出感應電壓：

ㄣ、自製線圈：以2m長的離子溶液軟管纏繞後(約10圈)，因為磁漏現象比我們的自製線圈更低，承上以2m長的離子溶液軟管纏繞後(約10圈)，測得離子感應電壓為2.4 伏特。

ㄤ、離子感應電壓大小也是和纏繞圈數成正比(和金屬相同)。

實驗四

冷次定律的二種直觀教學設計

硫酸銅	探針 02 位置(距 01 的距離)			
		1.5cm	2.4cm	4.0cm
探針 01 的位置	A	北－ 0.41 東北 0.21 東－ 0.55 東南 0.56 南－ 0.51 西南 0.37 西－ 0.21 西北 0.08	北－ 0.25 東北 0.46 東－ 1.16 東南 1.09 南－ 1.04 西南 0.82 西－ 0.54 西北 0.18	北－ 0.12 東北 0.25 東－ 0.37 東南 0.30 南－ 0.43 西南 0.35 西－ 0.31 西北 0.50
	B		北－ 0.31 東北 0.52 東－ 0.70 東南 0.80 南－ 0.78 西南 0.27 西－ 0.17 西北 0.26	
	C	北－ 0.21 東北 0.43 東－ 0.67 東南 1.39 南－ 1.21 西南 1.13 西－ 1.01 西北 0.68		

1.實驗設計(一)：

儀器製作：

(1)取一長70，內徑4.2 的透明壓克力管，在壓克力管右端用漆包線纏繞成線圈約5 寬（150匝）後，將漆包線繼續延著管壁串聯至壓克力管左端，同向纏繞5 寬（50匝），再將漆包線兩端連結構成迴路。

(附註說明：左右兩端線圈必須同向纏繞)

(2)於壓克力管左端線圈內中央處，以細線連結成置物臺，將一磁針置於其上。

2.實驗設計(二)：

儀器製作：

(1)取一長6 直徑0.9 的螺旋彈簧M(彈性較佳)。

(2)取一長12、直徑0.8 條形磁鐵，磁鐵一端用木塊鉗入，並於木塊上加一掛勾，掛在螺

旋彈簧S下端，使其靜止。

(3)尋找5塊鋁環，內徑、長度應分別為：(略)。

用手拿住鋁環分別在條形磁鐵下方作上下振動，鋁環作上下振動時必須完全進入條形磁鐵下半部，觀察彈簧S的情形？

3.實驗結果討論：

(1)右端線圈內條形磁鐵N極插入時，左端線圈磁針N極指向條形磁鐵N極。

(2)右端線圈內條形磁鐵N抽出時，左端線圈內磁針S極指向條形磁鐵N極。

(3)鋁環在條形磁鐵下方作上下運動時，彈簧S也隨著鋁環作上下振動(受迫振動)，且當鋁環上下振動的頻率接近或等於彈簧S振動的自然頻率時，彈簧S的振幅加大，謂之共振。

(4)由上可知:感應電流產生的感應磁場恆反抗原磁場。

五、結論

(一)平面金屬板因磁場變化而產感應電流，可以藉由硫粉經由紙片摩擦後形成帶電體，和金屬板上的交流電場產生吸斥力。藉由手的推動之後清晰的看出硫粉產生疏密相間條紋。雖然金屬板上感應電壓及電流並不是很大，但這比使用三用電錶做交流電壓的測量來說明感應電流的存在，更為生動活潑。

(二)平面金屬板上之感應電流在外加磁場效應之下，在外加磁場內的硫粉，呈現出不清晰甚至無疏密條紋，更證實強化了"電流和磁場的交互作用"。

(三)電解液中的正負離子，也因磁場變化而被推動形成「離子感應電流」：以2m長的離子溶液軟管纏繞後(約10圈)，測得離子感應電壓高達為2.4伏特，我們真高興。

(四)離子感應電流在容液內產生的焦耳效應『離子渦流熱』使電解液溫度稍微增高，和金屬板上的渦流熱是相同的，而外加磁場效應也相同，但離子較不容易觀察。

(五)冷次定律提到的感應磁場恆反抗原磁場，藉由我們設計實驗，使我們不再質疑它

(六)從整個設計到完成實驗，有如大夢初醒般鬆了一口氣，謝謝同學彼此間的互諒和理化老師的指導，終於完成了。哈!哈!

六、參考資料

(1)國中理化 (2)高中理化 (3)電工電磁學用書(東亞書局)

(4)實驗大全 (5)科展專輯實驗36屆 (6)物理教學

評語

以交流電所產生的隨時變化磁場，藉磁通量的變化來觀察所產生的感應”離子”電流，很有創意，但作者強調的2.4伏特並沒有值得強調之外。

回到目錄頁../Index.htm