

## 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

### 普高組 成果報告表單

題目名稱：「特」立獨行的「斯」考如何「拉」開「線」速的「圈」內奧妙

Create a tesla-coil-based detector to determine the velocity of body motion

#### 一、摘要

特斯拉諧振裝置可以產生超高電壓但低電流的交流電，並對外發射無線電波。在此裝置向外傳輸電磁波的過程中，只要途中有電阻率大的介質經過磁力線較密的範圍，譬如人體部位的遮蔽，就會使另一側感應線圈所接受到的訊號減少，而使感應電壓波形發生變化。

本實驗運用了感應線圈電感及橋式整流器組合，將感應線圈接受到來自特斯拉線圈所產生的電磁波，轉成穩定的直流電，當介質經過此裝置附近，在示波器上所顯示的波形改變，測量其最大干擾距離和干擾時間，就可以測量介質的移動速率。

本研究將查到的特斯拉電路改變並探討電路中的主線圈匝數、電波發射端電路的二極體種類、電波接收端電路中橋式整流器裡的二極體種類，發現發射端不影響，接收端會影響且三匝時特斯拉所產生的訊號最強，另一方面也發現使用電阻較大的綠光二極體，可以使感應線圈接收到較大的電磁訊號。

本研究巧妙使用無限傳電的發射接收與干擾來測量介質的運動速率，未來會更進一步討論更多參數，來擴大此裝置設計的偵測用途。

#### 二、探究題目與動機

平常在路邊會看到許多測速照相裝置、闖紅燈偵測裝置等，本組非常好奇他背後是怎麼運作的，上網查詢資料後發現是利用感應線圈來測車的速度。在知道運作原理後想到老師曾經介紹過的「特斯拉線圈」同樣可以產生無線電波來偵測物體，因此本實驗想知道是否可以用倒裝特斯拉線圈做出跟測速照相一樣的測速系統。

#### 三、探究目的與假設

目的：

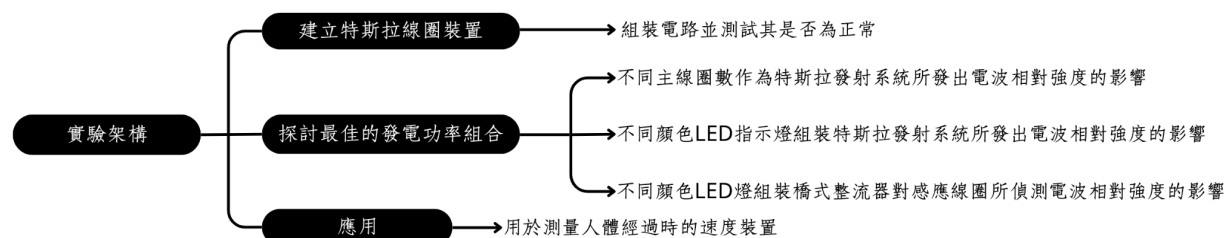
- 1.組裝特斯拉線圈發射系統與感應線圈系統。
- 2.探討以不同主線圈數作為特斯拉發射系統所發出電波相對強度的影響。
- 3.探討以不同顏色 LED 指示燈組裝特斯拉發射系統所發出電波相對強度的影響。
- 4.探討以不同顏色 LED 燈組裝橋式整流器對感應線圈所偵測電波相對強度的影響。

假設：

- 1.主線圈與感應線圈的距離和電壓大小成負相關。
- 2.主線圈數和所發出電波相對強度呈現正相關。
- 3.紅色的燈泡電阻最小，黃色次之，綠色最大。推測其電阻和所發出的電波強度呈現正相關。
- 4.紅色的燈泡電阻最小，黃色次之，綠色最大。推測其不同內電阻的橋式整流器所接收到的電壓呈現正相關。

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 一、實驗架構



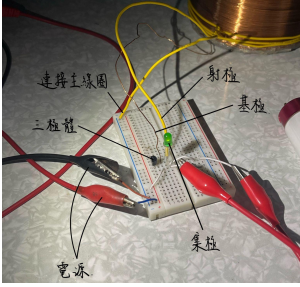
▲圖【實驗架構圖】

##### 二、建立特斯拉線圈裝置

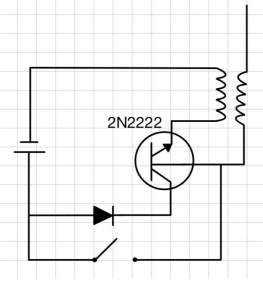
第一步驟：組裝電路[圖 1][圖 2]，開啟電源，利用燈管來測試其裝置是否正常[圖 3]。

第二步驟：感應線圈所感應的特斯拉原始訊號[圖 4]，沒辦法作為偵測電磁波強度浮動的依據，所以需要利用橋式整流器[圖 5][圖 6]將交流電轉成直流電[圖 7]，使觀測可以更加明確。

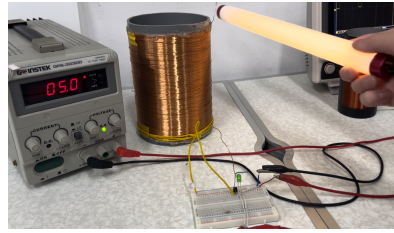
第三步驟：測試人體對高頻電磁波的屏蔽效果[圖 8]，初步的裝置就完成了[圖 9]。



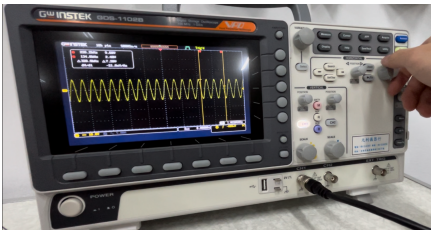
▲【圖 1】 電路裝置



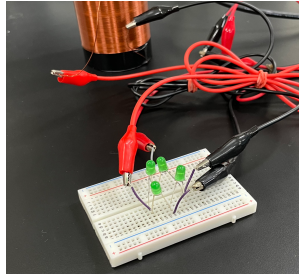
▲【圖 2】 裝置電路圖



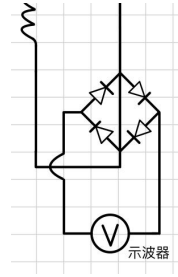
▲【圖 3】 燈管測試



▲【圖 4】 感應線圈的原始訊號(1M Hz)



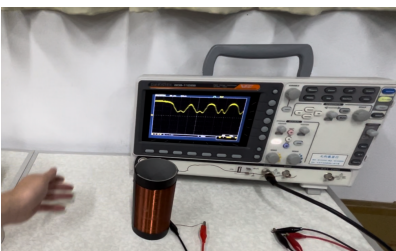
▲【圖 5】 橋式整流器



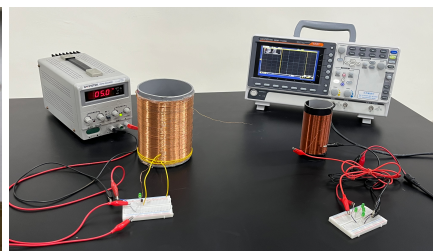
▲【圖 6】 橋式整流器電路圖



▲【圖 7】 整流後的電波圖



▲【圖 8】 利用手測試屏蔽效果

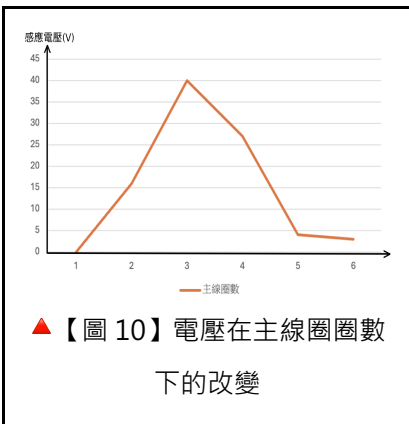


▲【圖 9】 裝置圖

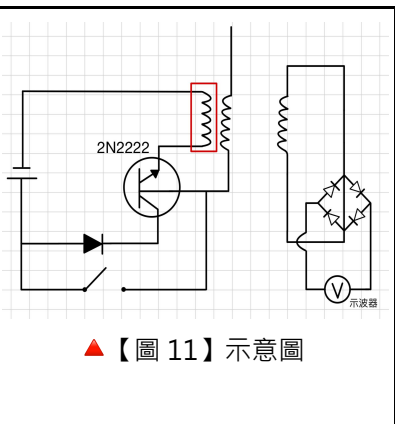
### 三、找尋最佳的電波發射器裝置組合

討論 3-1：探討以不同主線圈數作為特斯拉發射系統所發出電波相對強度的影響。

由此實驗可知，在主線圈數為 3 圈時，所產生的電波強度最大[圖 9][圖 10][圖 11]。



▲【圖 10】 電壓在主線圈圈數下的改變



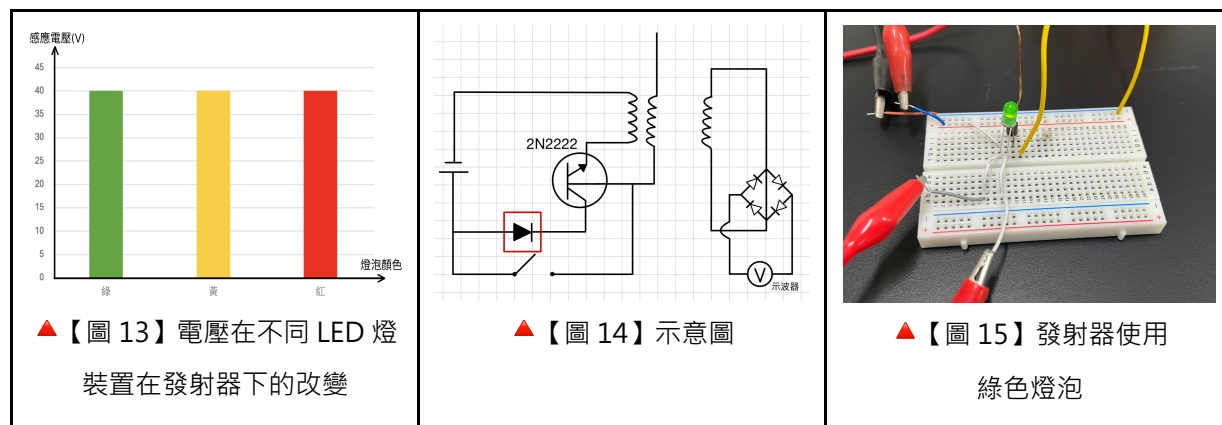
▲【圖 11】 示意圖



▲【圖 12】 主線圈為 3 圈

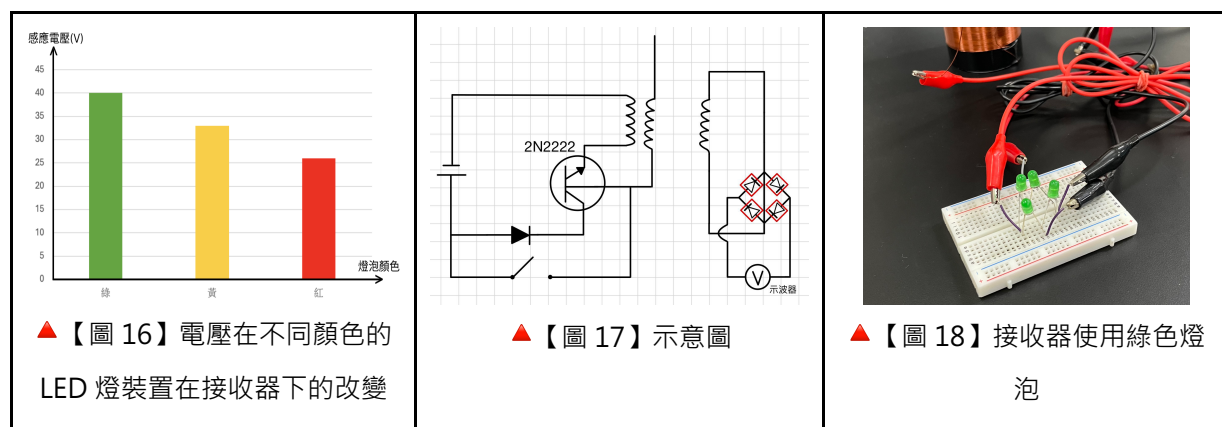
討論 3-2：探討以不同顏色 LED 指示燈組裝特斯拉發射系統所發出電波相對強度的影響。

由此實驗可知，改變發射器的燈泡顏色，並不會改變電壓的大小[圖 13][圖 14][圖 15]。



討論 3-3：探討以不同顏色 LED 燈組裝橋式整流器對感應線圈所偵測電波相對強度的影響。

由此實驗可知，在接收器燈泡顏色為綠色時的電壓最大，黃色次之，紅色最小[圖 16][圖 17][圖 18]。



#### 四、生活中的應用

(一) 測試完最佳的線圈數量及燈泡數量後，本實驗所使用的裝置規格為：

- (1)主線圈數 3 圈（因為發射的電波強度最強）。
- (2)發射器使用綠色燈泡（因為效果差不多，所以使用最為直觀的顏色）。
- (3)接收器使用綠色燈泡（因為所接收到的電波強度最強）。

(二) 本實驗將此特斯拉線圈裝置分置於桌上兩處，主線圈和感應線圈間距約為 20 公分，測量拳頭經過時[圖 19]所會產生的電壓變化[圖 20]，並計算其速率。

速率 = 距離 / 時間，表中橫軸一格為 0.2 秒，跳動了約 1 格，而此電場受影響的範圍約為 50 公分。 $0.5 / 0.2 = 2.5$ ， $2.5 \times 2$  (來回一次) = 5.0 m/s。

本組在網路上所查詢到的人類平均出拳速約為 5 m/s ~ 8m/s，符合所測出來的數據範圍，因此此數據是合理的。



▲【圖 19】拳頭來回經過裝置

▲【圖 20】拳頭來回經過產生的電波圖

(三) 本實驗將此特斯拉線圈裝置架高於兩側，主線圈和感應線圈間距約為 60 公分 (因受試者的寬度約為 50 公分)，測量人慢跑經過時[圖 21]所會產生的電壓變化[圖 22]，並計算其速率。

速率 = 距離 / 時間，表中橫軸一格為 0.2 秒，跳動了約 1.5 格，而此電場受影響的範圍約為 60 公分。 $0.6 / 0.2 \times 1.5 = 2.0$  m/s。

本組在網路上所找到的人類平均慢跑速率約為 1.9 m/s ~ 2.2 m/s，符合所測出來的數據範圍，因此此數據是合理的。

\*本組在觀察實驗結果時也發現人在經過時電波有產生兩次抖動，推測是因為人的高度高過於特斯拉線圈，所以頭和身體會分成兩段經過此裝置。



▲【圖 21】人跑過裝置

▲【圖 22】人跑過裝置產生的電波圖

## 五、結論與生活應用

根據以上實驗和測試結果，本組得出了以下結論：

首先，在建立特斯拉線圈裝置的過程中，本組組裝了裝置並利用了燈管確認了其正常運作，通過橋式整流器轉換電源，讓其有效地感應並測試了電磁波的屏蔽效果。

再者，在探討最佳的電波發射器裝置組合的過程中，本研究得出了三個結論。

一、主線圈數為 3 圈時產生的電波強度最大。二、在改變發射器上的 LED 燈泡顏色時，並未觀察到電壓大小的明顯變化。三、在改變橋式整流器上的 LED 燈泡顏色時，觀察到接收器燈泡顏色為綠色時產生的電壓最大。通過以上這三點，本研究找尋到了最佳的電波發射器組合。

最後，本組將特斯拉線圈裝置應用於生活中。測試了裝置在拳頭來回經過時，和人跑過去時的兩種電波變化，並計算其速率。利用這個概念，未來希望可以作為路上的測速裝置。

### 參考資料

- 1.周祥順, 特斯拉線圈, 海洋大學光電學研究所, 摘自 <https://reurl.cc/Djn4xj>
- 2.How to Make a Tesla Coil at Home | Wireless Power Transfer, 摘自 <https://www.youtube.com/watch?v=owbkvDW7wAQ>
- 3.高浩鈞 (2018), “無線傳電「遠」又「多」— 利用特斯拉線圈自製無線傳電系統”, 第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書
- 4.林予瀨、蘇健勛、陳苡禎 (2021), “An Easy Method to Discuss Properties of Simplified Solid-state Tesla Coil”, 2021 年臺灣國際科學展覽會優勝作品專輯
- 5.黃柏翰、蔡奉均 (2022), “無線你的無限--無線電力傳輸效能的改善”, 第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書