

線現蹤跡 -看的見的電磁波

名次：國小組數理類佳作

學校名稱：中西區成功國小

作者：羅習謹、邱子芸

指導教師：蘇游宇均、陳昱宏

摘要

父母常告訴我們說儘量不要用手機、3C 電子產品，但生活中到處充斥著各式家電用品，爸爸汽車上的無線廣播及數位電視、媽媽做業務時機不離手的行動電話及藍牙耳機、我們回家使用的 Wi-Fi 無線網路、打報告用的筆記型電腦、…，這些設備都會產生各種不同強度的電磁波。

只是，電磁波看得見嗎？要怎麼說服我們電磁波很可怕呢？

五彩繽紛的顏色組合成了這個美麗的世界。但並不是所有的東西都能被我們用眼睛看見，例如：紫外線、電磁波、微波等等。在自然課程「光的世界」中，我們了解到形成彩虹的原理，進而學到了「可見光」這個名詞，於是興起了一個念頭，為什麼不能把「不可見光」的電磁波上色呢？如果我們可以把這些東西用彩色的方式呈現出來，大家不就能看見這些神秘射線的真實面貌嗎？如果一個空間中的電磁波能用色彩呈現出來，讓大家看清楚這裏面有那些電磁波，大家不就能輕易地避開它們嗎？對那些必須配戴助聽器、心律調節器的人，他們可以根據我們提供的「健康地圖」---「彩色」電磁波圖，知道那些地方的電磁波比較小，可以儘量待在干擾較小的地方。假設每個公共空間都能提供這樣的「健康地圖」，想必更能營造一個友善的生活空間。

壹、研究動機及目的(或問題)

一、研究動機

小學自然科學課程翰林版四下的第四單元，主題是「光的世界」。透過這個單元我們學習到光的特質是直線行進，不會彎曲或歪曲，一旦遇到了阻礙物而無法穿透，會形成影子。但光在不同物質中前進的速度不同，所以當光進入不同物質時，行進的方向會改變，而產生偏折，也就是光的折射。

自然界的虹就是藉由折射看到可見光譜的理想例子，陽光經由空氣中的小水珠，產生折射和反射現象的結果，也就是美麗的彩虹。彩虹以人眼「可以感受得到的可見光」依序以紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫排列，玻璃稜鏡則能把白光進行分光產生色散(折射率隨波長改變)，亦可形成可見光譜。

那電磁波能被看見嗎？

由於環境中到處都是電器用品，電腦、變電箱、高壓電塔、行動電話、基地台、藍牙、Wi-Fi 無線網路充斥著，於是各種電磁波便無所不在的充塞在我們生活周遭，即便是日常生活必備的電力需用到的輸配電線與變電箱，也是利用 50~60Hz 之極低頻電磁場進行傳遞，因此我們所使用的電器用品，或多或少都會產生一定程度的電磁波。

電磁波是一種泛稱，它涵蓋的範圍相當廣泛，顧名思義即是結合「電」與「磁」的一種「波動」，當電場與磁場隨時間發生變化時，在空間中所形成的一種波，它可以攜帶功率，也不需介質傳遞，並以光速運動。

若從電磁波的頻率來看，從低到高分別有無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X 射線和 γ 射線。我們的肉眼只能看見「可見光」波段的各種光線（如彩虹），但「紅外線」與「紫外線」在可見光波段之外，

無法被看見，只能感受二者所造成的影響：比如說，「紅外線」會讓我們感受到熱，「紫外線」會曬傷我們的皮膚。

但「可見光」在整個電磁波裏面只能算是極少數能夠被人類的肉眼辨識出來的，大多數的光是屬於「不可見光」，本研究即是企圖將日常生活周遭「不可見光」的電磁波，用七彩顏色呈現它神秘的面貌，如果在公共場所可以有一張彩色的圖片提醒大家電磁波的強度，而不是冰冷沒有感覺的數據，想必更能吸引大家的目光來注意電磁波在我們的身邊，也希望能透過我們製作的「健康地圖」---「彩色」電磁波圖，對那些有需要的人，能適時地避開電磁波的干擾。

二、研究目的

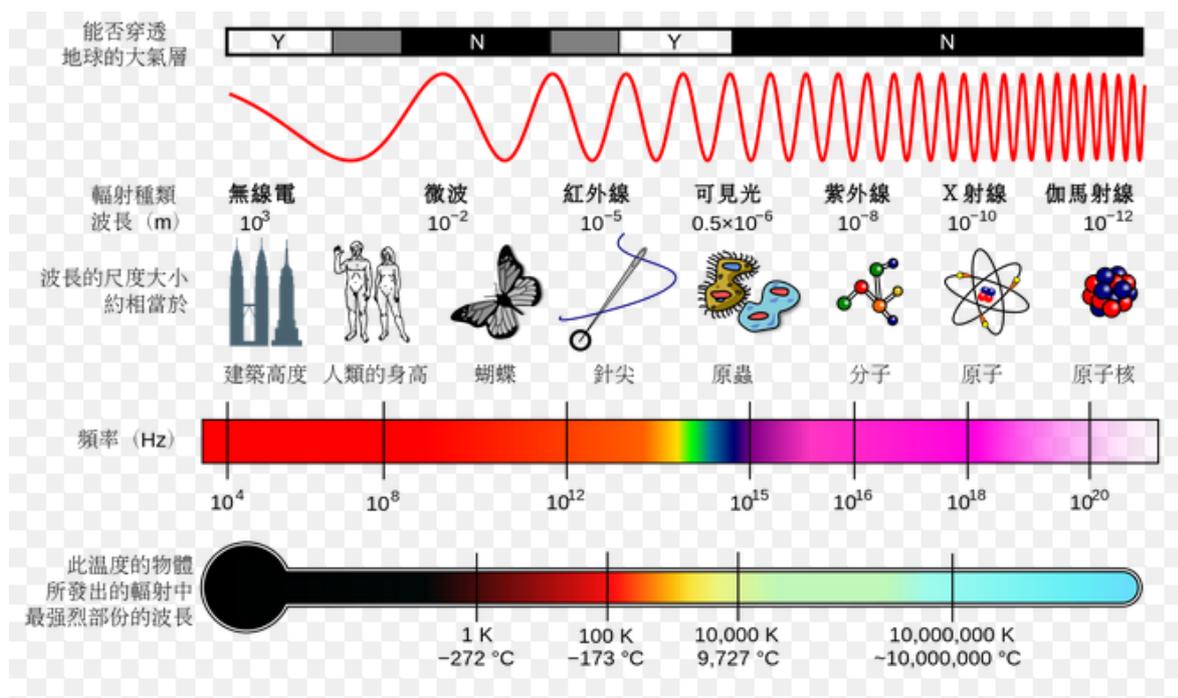
1. 了解光譜。
2. 了解「可見光」和「不可見光」。
3. 了解電磁波特性。
4. 了解如何測量電磁波。
5. 將不可見光的頻譜轉化為可見光。
6. 測量受測物在不同方向電磁波衰減程度。
7. 將真實世界的照片用轉換後的光譜呈現出新的影像，提醒大家在這個空間內有那些電磁波。

貳、文獻探討

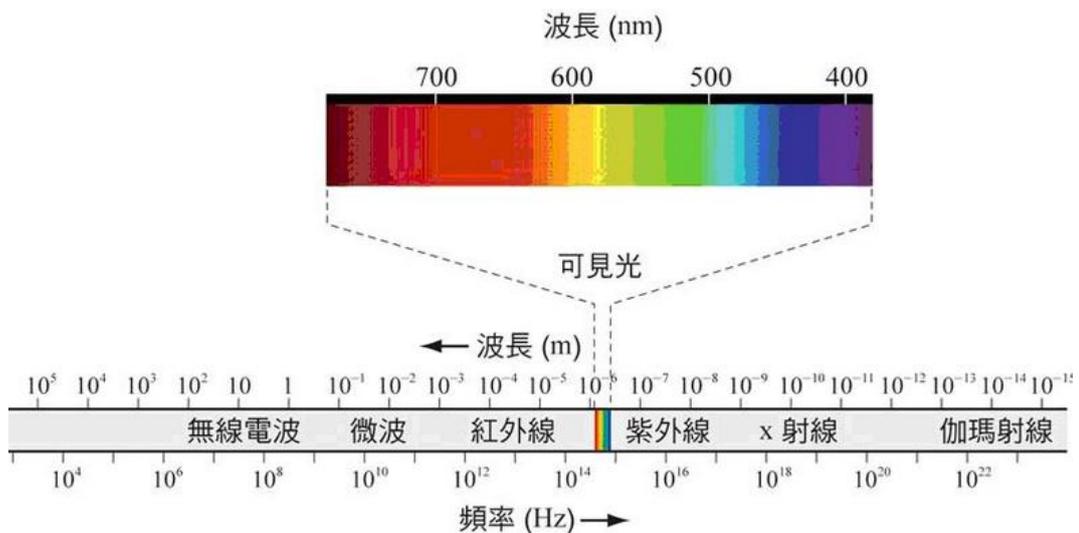
一、維基百科資料來源：

1. 電磁波

又稱電磁輻射，是由同相振盪且互相垂直的電場與磁場在空間中以波的形式傳遞能量和動量，其傳播方向垂直於電場與磁場構成的平面。電磁輻射的載體為光子，不需要依靠介質傳播，在真空中的傳播速度為光速。人眼可接收到的電磁輻射，波長大約在 380 至 750nm(奈米， 10^{-9})之間，稱為可見光。只要是本身溫度大於絕對零度 (-273.15°C) 的物體，都可以發射電磁輻射，而世界上並不存在溫度等於或低於絕對零度的物體。因此，人們周邊所有的物體時刻都在進行電磁輻射。儘管如此，只有處於可見光頻域內的電磁波，才可以被人們肉眼看到，請參考下圖一、圖二。



圖一：電磁波的波譜與性質



圖二：可見光譜只佔有寬廣的電磁波譜的一小部分

2. 可見光 (Visible light)

可見光的頻域是太陽和其它類似的恆星所發射的大部份輻射的頻域(參考圖二，可見光譜部份)，是電磁波譜中人眼可以看見(感受得到)的部分，頻率介於在 400 THz(10^{12} 赫茲，或用波長約 750 nm 表示)至 790 THz (或用波長約 380 nm 表示)之間的電磁輻射，可以被人類眼睛偵測感知。正常視力的人眼對波長約為 555 奈米的電磁波最為敏感，這種電磁波處於光學頻譜的綠光區域。

3. 不可見光

不可見光是比較籠統的概念，是指除可見光外其他所有人眼所不能感知的波長的電磁波，包括無線電波、微波、紅外光、紫外光、X射線、 γ 射線、遠紅外線等。傳播速度同可見光，為 3×10^8 公尺/秒，不可見光如果以波長來表示：不可見光 $< 380 \text{ nm}$ ：如紫外線。不可見光 $> 760 \text{ nm}$ ：如紅外線、遠紅外線。

二、行政院環境保護署資料來源：

電磁波的分類與測量

1. 電磁波的種類

「電磁波」是由電場與磁場交互作用所產生，屬能量的一種。它以波的形式接近光的速度輻射傳遞，自古以來就以各種面向存在於大自然。

電磁波可分為「游離輻射」和「非游離輻射」。游離輻射係指頻率大於 3×10^{15} Hz(赫茲)的電磁波，一般常稱呼為輻射或放射線。最為人所知的游離輻射就是 X 光，它的頻率比起非游離輻射高的多，其光子能量強到足以藉由打斷細胞內各種分子的原子鍵而產生游離化，必須嚴格防護，因此醫院的 X 光室都有鉛板屏蔽，避免輻射外洩。

非游離輻射係指頻率小於 3×10^{15} Hz(赫茲)的電磁波，一般俗稱電磁波者皆屬此類。它的能量較微弱，無法打斷原子的鍵結產生游離化。按照頻率／光子能量高到低的順序，非游離輻射的族群可分為紫外線 (UV)、可見光、紅外線 (IR)、微波 (MW)、射頻 (RF)、極低頻 (ELF)、以及靜電場與靜磁場。另外極低頻由於波長非常長，約 5000 公里，所以通常稱為電磁場。

2. 電磁波的單位

一般人為產生的非游離輻射來源，可概分為射頻和極低頻兩類：射頻非游離輻射來源常見的有廣播電臺、電視轉播站、手機和基地台、無線網路 (Wi-Fi)；極低頻非游離輻射來源通常由各種電力、用電設備所產生，像是變電所、輸配電線、配電變壓器、各式家電用品。

各種非游離輻射常見來源	
紫外線	陽光、殺菌燈 
可見光	陽光、各種照明設施 
紅外線	電暖器、火、陽光、人體 
微波	無線網路、無線通訊、微波爐、雷達 
射頻	電視、廣播、無線電 
極低頻	家電用品、配電設施、輸配電纜 
靜電磁場	直流電、磁鐵、地磁 

表一：各種非游離輻射常見來源對照表

要描述非游離輻射強弱時，可以強度或密度來說明。常用單位有下列幾種表示法：

- 電場強度：每公尺的伏特數 (V/m) (本實驗測量「低頻電場」項目時採用)
- 電通量密度：每平方公尺的庫侖數 (C/m²)
- 磁場強度：每公尺的安培數 (A/m)
- 磁通量密度：每平方公尺的韋伯數 (Wb/m²) 或特士拉 (T) (本實驗測量「電磁波[低頻磁場]」項目時採用毫高斯 mG)
- 功率密度：每平方公尺的瓦特數 (W/m²) (本實驗測量「無線電磁波[高頻電磁波]」項目時採用 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)

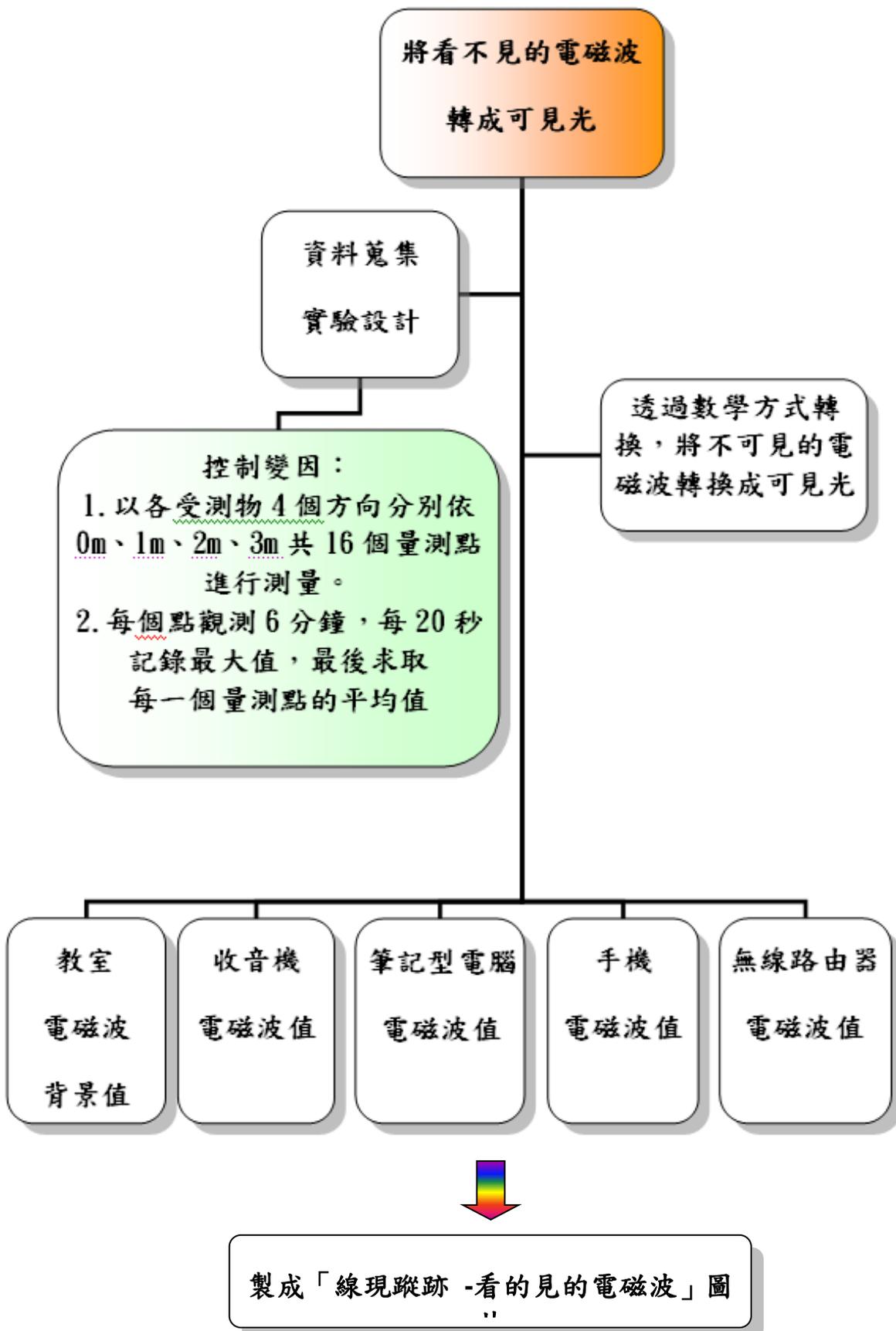
依頻率波長不同，極低頻通常以磁通量密度表示單位面積的磁場強度或磁力線密度，單位使用微特士拉 (μT) 或毫高斯 (mG)；射頻以電場強度、磁場強度或是功率密度表示單位面積的電磁場強度。值得注意的是，發射源輻射能量很高不表示強度一定很大，強度會隨距離的平方而衰減，就像是太陽光輻射到地球表面時，已經不會強到讓上面的生物受不了了一樣。

極低頻單位	高斯 (G)	毫特士拉 (mT)	微特士拉 (μT)	毫高斯 (mG)	微高斯 (μG)
倍數關係	1	0.1	100	1,000	10^6
射頻單位	瓦特 每平方公尺 (W/m ²)	毫瓦特 每平方公分 (mW/cm ²)	微瓦特 每平方公分 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	毫瓦特 每平方公尺 (mW/m ²)	微瓦特 每平方公尺 ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)

表二：各種非游離輻射強度單位的比值對照表

參、研究過程與方法

一、研究架構



二、使用器材

1. 電磁波測試器



2. 收音機(受測物)



3. 筆記型電腦(受測物)



4. 手機(受測物，開啟 Wi-Fi 但不開啟行動數據)



5. 無線路由器(受測物)



6. 電腦影像處理軟體 PhotoImpact

7 計時器

8. 數位相機

9. 量尺、童軍繩、紙、筆等記錄工具

三、研究過程

1. 將不可見光轉換成可見光譜

顏色	頻率範圍(THz)		差值	佔可見光譜比
紫色	668	789	121	31.11%
藍色	631	668	37	9.51%
青色	606	631	25	6.43%
綠色	526	606	80	20.57%
黃色	508	526	18	4.63%
橙色	484	508	24	6.17%
紅色	400	484	84	21.59%

表三：可見光中各種顏色所佔比值對照表

由於本研究受測物所佔頻率範圍只有 30MHz(10^6 赫茲) ~2.4GHz(10^9 赫茲)，所以將範圍最大的紫色(代表低頻區)、紅色(代表高頻區)先去除，以便將這兩區保留給不在本次測試範圍內的較低頻區和較高頻區的電磁波使用，將剩下的顏色重新計算比值如下：

顏色	頻率範圍(THz)		差值	佔可見光譜比值
藍色	631	668	37	20.11%
青色	606	631	25	13.59%
綠色	526	606	80	43.48%
黃色	508	526	18	9.78%
橙色	484	508	24	13.04%

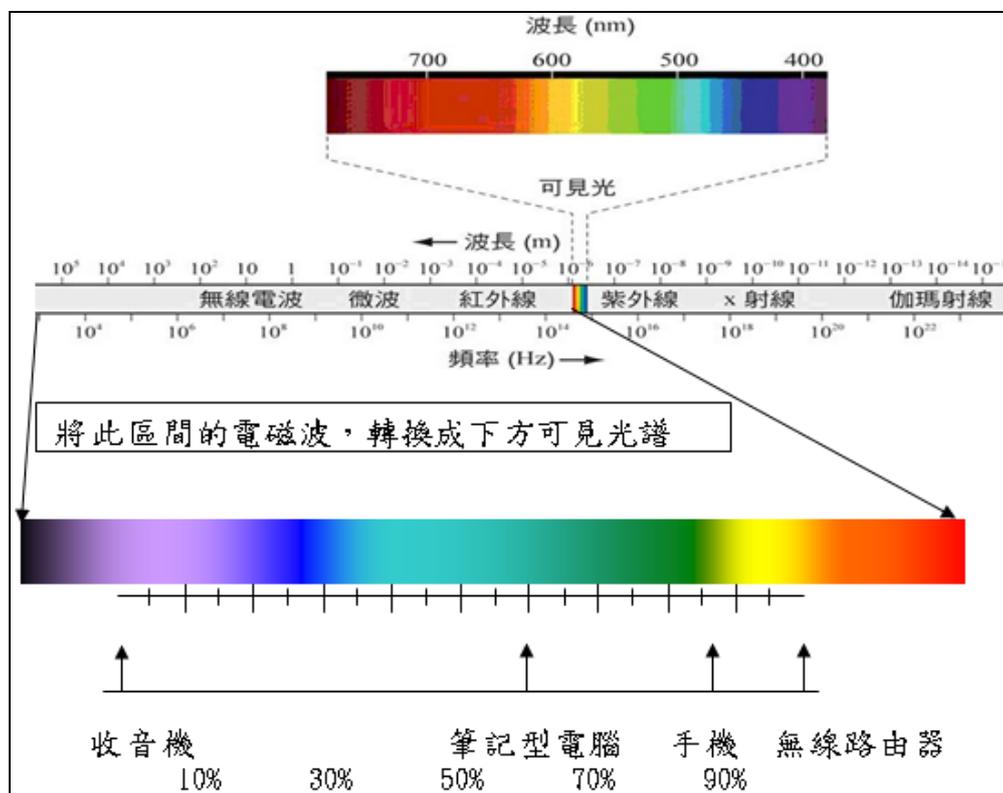
表四：扣除紫色及紅色，可見光中其餘顏色所佔相對比值對照表

本研究的受測物所佔頻率範圍及比值如下：

	頻率(MHz)	差值	佔全體比值
收音機	165(平均值)		
筆記型電腦	1500	1335	59.73%
手機	2100	600	26.85%
無線路由器	2400	300	13.42%

表五：受測物所佔頻率範圍及比值對照表

為了將低頻至紅外線範圍的不可見光轉換成可見光譜，並將低頻範圍設定為紫色、高頻範圍設定為紅色，以配合一般人認知數值低以藍色表示，數值高以紅色表示，因此將上述表格轉成下圖表示法：



圖三：將受測物發出的電磁波轉成可見光示意圖

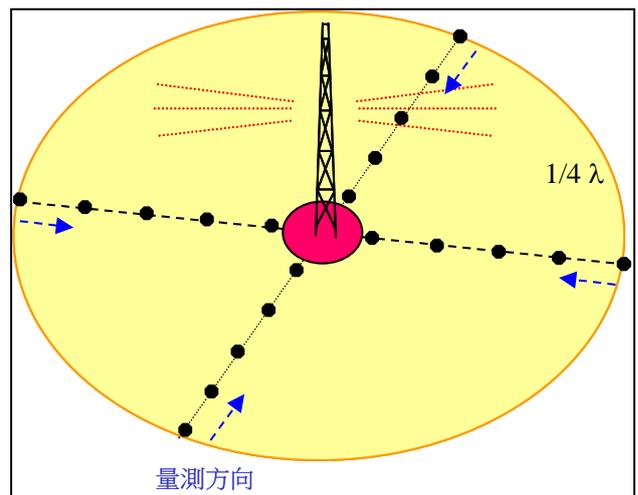
經由上述方式轉換後，可以得到收音機所發出的電磁波經轉換後為紫色，筆記型電腦轉換後為接近綠色，手機轉換後為黃色，而無線路由器轉換後則為橘紅色。

2. 計算受測物在不同方向電磁波的衰減程度

為求出各受測物在不同方向電磁波的衰減程度，以算出光線所能發射的距離，接下來的實驗將進行每個受測物各 16 個量測點的電磁波值。

3. 電磁波測量工具與方法

(1)測量工具：如下圖四，採用三合一電磁波測試器，可同時檢測低頻磁場、AC 電場及高頻電磁波，在螢幕由上至下所顯示的偵測值依序為：「電磁波、低頻電場、無線電磁波」，在下面的實驗記錄中，我們將直接以螢幕上所顯示的名稱及數據進行抄錄。



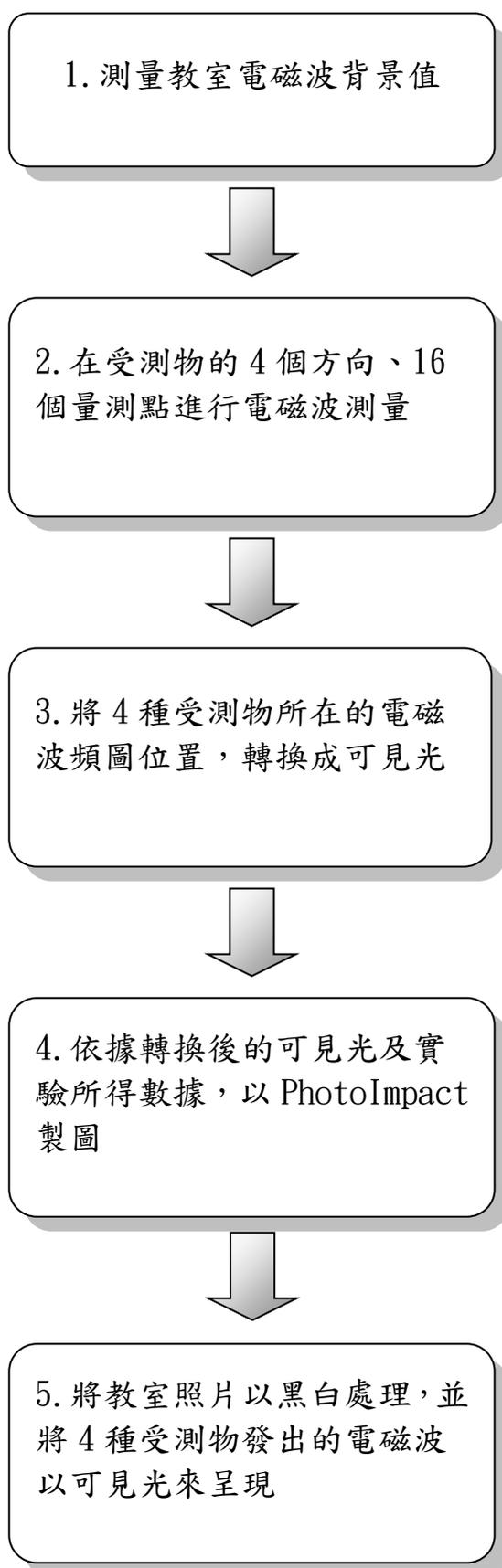
圖四：電磁波測量工具

圖五：行政院環保署訂定電磁波量測方法

(2)測量方法：參考環保署在民國 102 年 10 月 29 日公告的「環境中射頻電磁波檢測方法」：『在量測區域內選擇四條正交軸線為量測線，於每一量測線上劃出等間隔的量測點，自最小量測半徑至最大量測半徑區域內定出量測點(如上圖五所示)，以電磁波測試器最大值量測模式，於每一量測點連續掃瞄，掃描時間應大於 10 秒，記錄量測的最大值。』

但考量我們的儀器不夠精良，所以每一個量測點我們改為觀測 6 分鐘，每 20 秒記錄一次最大值，然後將所有測量值求取平均數並記錄。

四、實驗步驟



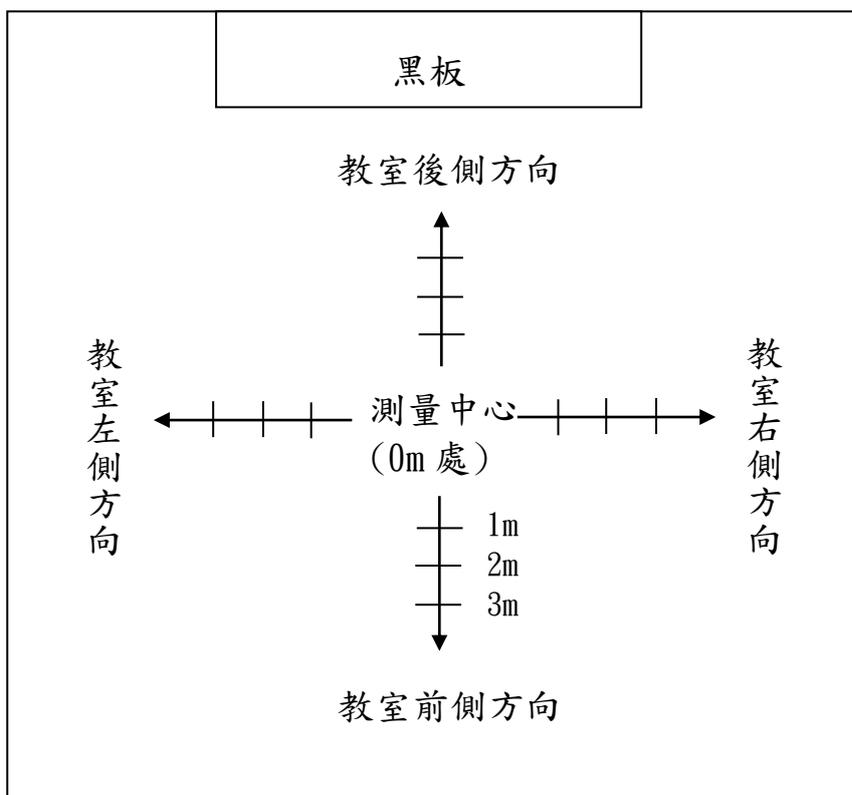
五、實作過程

		
<p>測量教室 16 點測量點的電磁波背景值</p>	<p>測量收音機在 16 點測量點的電磁波值</p>	<p>測量筆記型電腦在 16 點測量點的電磁波值</p>
		
<p>測量手機在 16 點測量點的電磁波值</p>	<p>測量無線路由器在 16 點測量點的電磁波值</p>	<p>記錄 16 個測量點的電磁波值並計算各點的平均值</p>

表六：電磁波測量實作過程及解說對照表

六、實驗記錄

1. 教室電磁波背景值測量平面圖示：

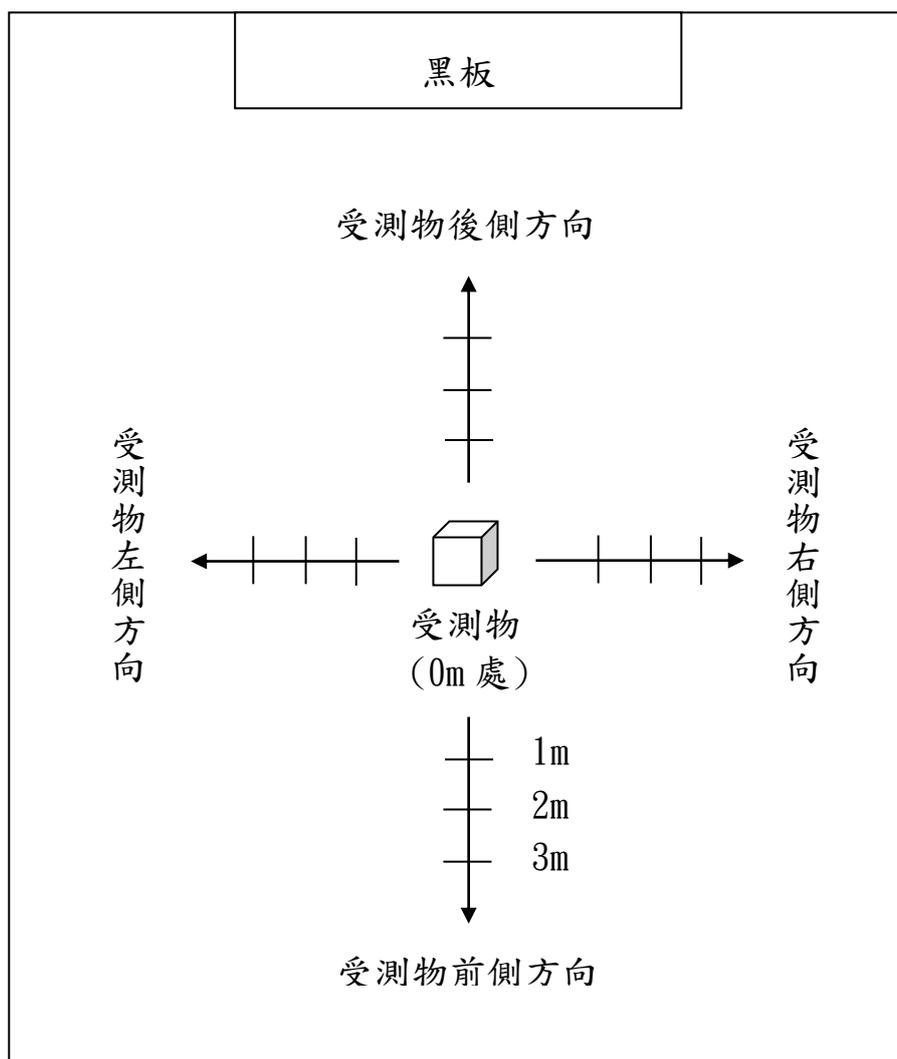


圖六：教室電磁波背景值 16 個量測點平面圖

教室的電磁波背景值		0m	1m	2m	3m
後側	電磁波	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0
	無線電磁波	87.7	95.4	103.3	160.7
前側	電磁波	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0
	無線電磁波	87.7	109.1	111.2	202.4
左側	電磁波	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0
	無線電磁波	87.7	91.1	101.7	210.8
右側	電磁波	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0
	無線電磁波	87.7	102.8	110.4	98.1

表七：教室 16 個量測點的電磁波背景值參考表

2. 受測物電磁波測量平面圖示：



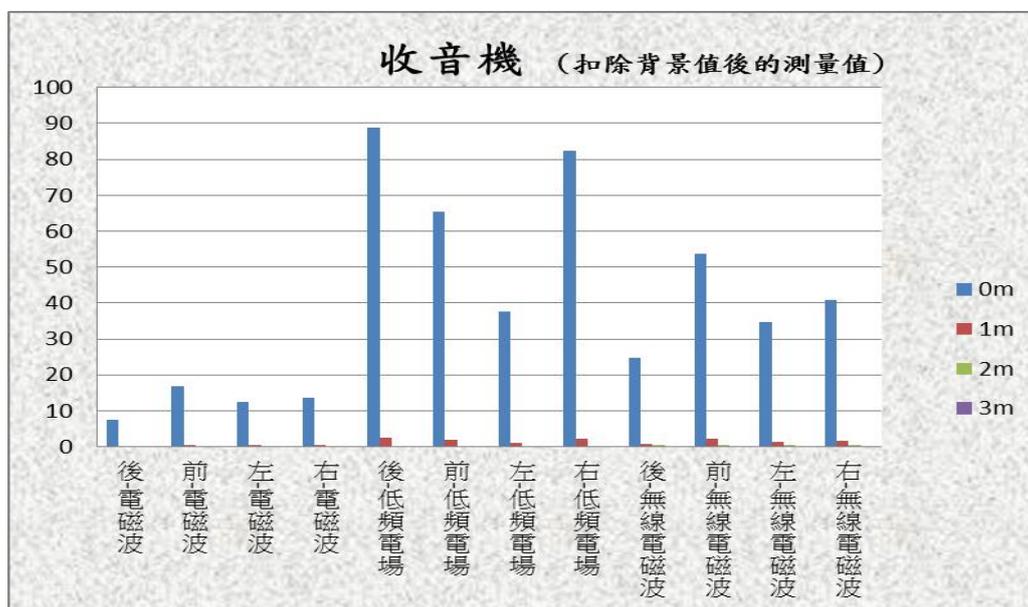
圖七：四種受測物的電磁波 16 個量測點平面圖

3. 將四項受測物依照四個方向共 16 個量測點進行測量，並扣除背景值測量值後繪製直條圖。

(1) 測量收音機電磁波值

		收音機測量值				收音機扣除背景值測量值			
		0m	1m	2m	3m	0m	1m	2m	3m
後側	電磁波	7.43	0.24	0.09	0	7.43	0.24	0.09	0
	低頻電場	88.8	2.5	0	0	88.8	2.5	0	0
	無線電磁波	112.5	96.1	103.7	160.7	24.8	0.7	0.4	0
前側	電磁波	16.93	0.49	0.13	0.06	16.93	0.49	0.13	0.06
	低頻電場	65.4	1.9	0	0	65.4	1.9	0	0
	無線電磁波	141.5	111.4	111.8	202.6	53.8	2.3	0.6	0.2
左側	電磁波	12.58	0.43	0.09	0	12.58	0.43	0.09	0
	低頻電場	37.6	1.1	0	0	37.6	1.1	0	0
	無線電磁波	122.3	92.5	102.1	210.8	34.6	1.4	0.4	0
右側	電磁波	13.67	0.44	0.12	0.06	13.67	0.44	0.12	0.06
	低頻電場	82.3	2.3	0	0	82.3	2.3	0	0
	無線電磁波	128.6	104.3	110.8	98.1	40.9	1.5	0.4	0

表八：收音機在 16 個量測點的電磁波值參考表



圖八：收音機在 16 個量測點的電磁波淨值圖

測量單位

(低頻)電磁波：mG(毫高斯)

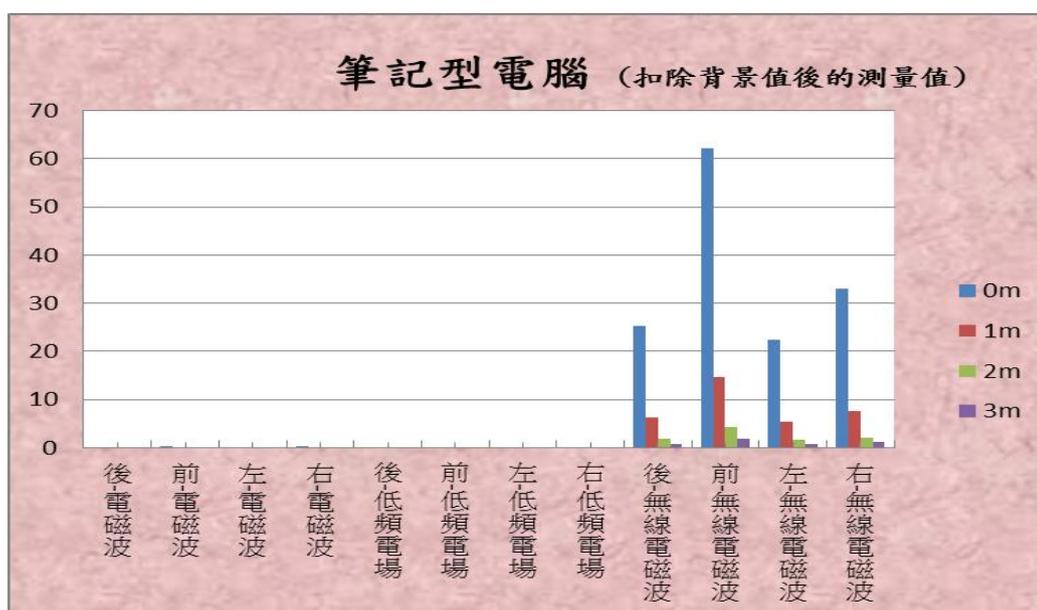
低頻電場：v/m

(高頻)無線電磁波： $\mu\text{w}/\text{m}^2$

(2)測量筆記型電腦電磁波值

		筆記型電腦測量值				筆記型電腦扣除背景值測量值			
		0m	1m	2m	3m	0m	1m	2m	3m
後側	電磁波	0	0	0	0	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	112.9	101.7	105.1	161.5	25.2	6.3	1.8	0.8
前側	電磁波	0.06	0	0	0	0.06	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	149.9	123.9	115.4	204.3	62.2	14.8	4.2	1.9
左側	電磁波	0	0	0	0	0	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	110.2	96.4	103.4	211.6	22.5	5.3	1.7	0.8
右側	電磁波	0.06	0	0	0	0.06	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	120.7	110.4	112.6	99.3	33	7.6	2.2	1.2

表九：筆記型電腦在 16 個量測點的電磁波值參考表



圖九：筆記型電腦在 16 個量測點的電磁波淨值圖

測量單位：低頻電磁波：mG(毫高斯)

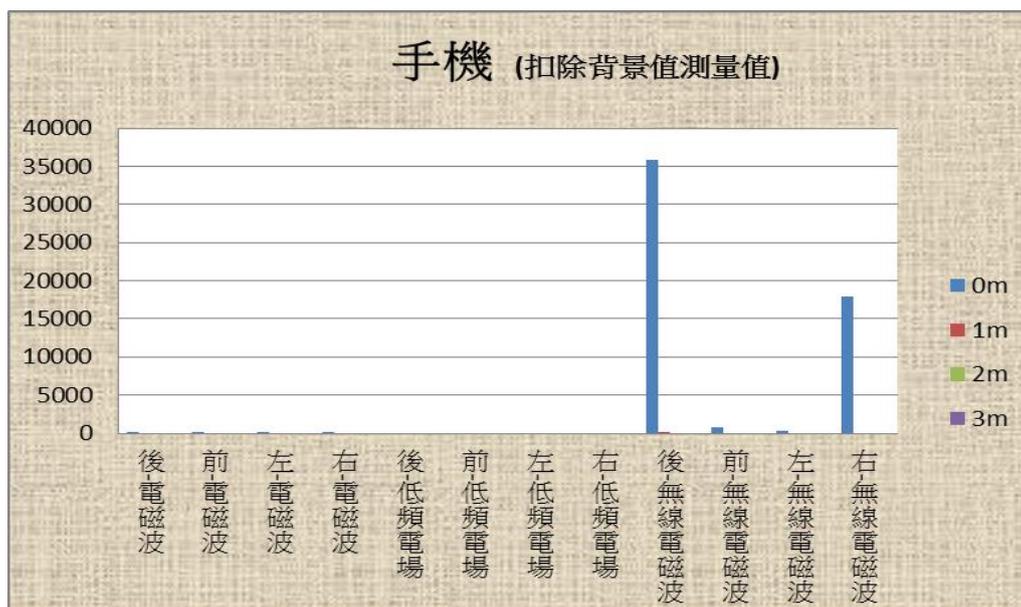
低頻電場：v/m

高頻無線電磁波： $\mu\text{w}/\text{m}^2$

(3)測量手機電磁波值

		手機測量值				手機扣除背景值測量值			
		0m	1m	2m	3m	0m	1m	2m	3m
後側	電磁波	5.5	0	0	0	5.5	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	35874.2	95.8	103.3	160.7	35786.5	0.4	0	0
前側	電磁波	4.5	0	0	0	4.5	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	847.7	109.1	111.2	202.4	760	0	0	0
左側	電磁波	5.02	0	0	0	5.02	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	375.2	91.1	101.7	210.8	287.5	0	0	0
右側	電磁波	0.4	0	0	0	0.4	0	0	0
	低頻電場	0	0	0	0	0	0	0	0
	無線電磁波	18077.4	102.8	110.4	98.1	17989.7	0	0	0

表十：手機在 16 個量測點的電磁波值參考表



圖十：手機在 16 個量測點的電磁波淨值圖

測量單位：低頻電磁波：mG(毫高斯)

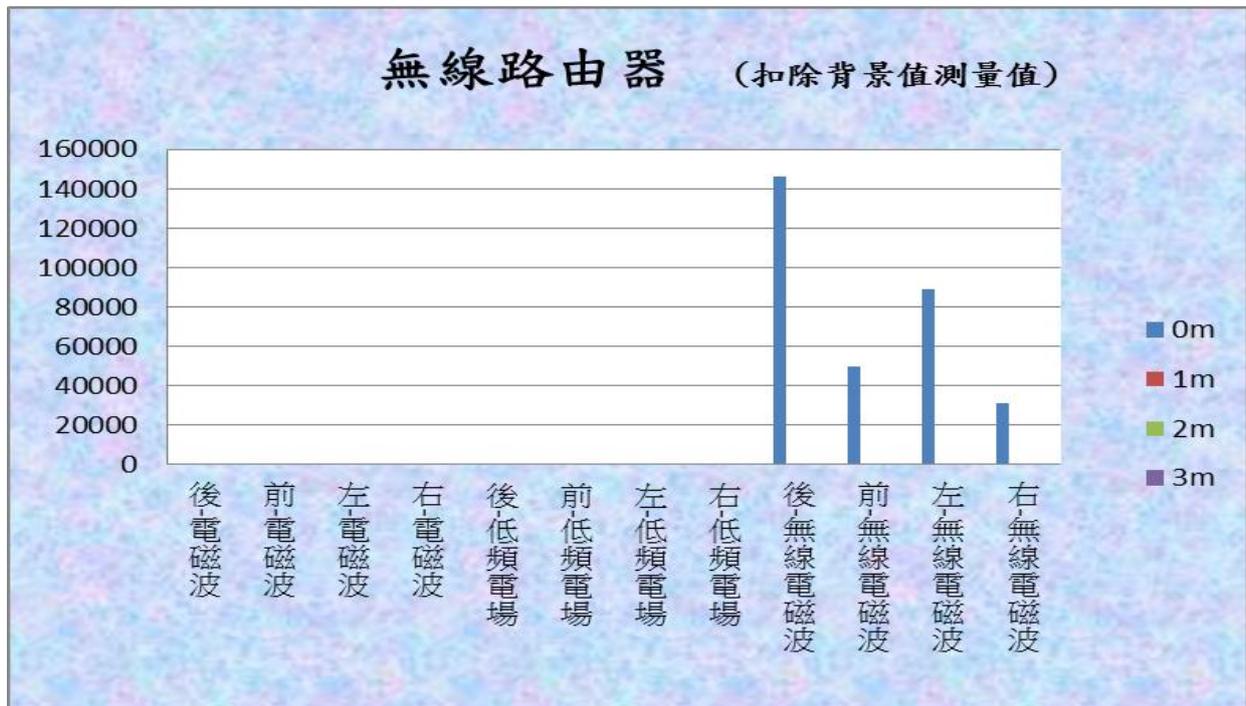
低頻電場：v/m

高頻無線電磁波： $\mu w/m^2$

(4)測量無線路由器電磁波值

		無線路由器測量值				無線路由器扣除背景值測量值			
		0m	1m	2m	3m	0m	1m	2m	3m
後側	電磁波	0.21	0	0	0	0.21	0	0	0
	低頻電場	78	0	0	0	78	0	0	0
	無線電磁波	146605.6	415.7	191.7	201.4	146517.9	320.3	88.4	40.7
前側	電磁波	0	0	0	0	0	0	0	0
	低頻電場	40	0	0	0	40	0	0	0
	無線電磁波	49583.1	233.9	147.8	220.7	49495.4	124.8	36.6	18.3
左側	電磁波	0.37	0	0	0	0.37	0	0	0
	低頻電場	11	0	0	0	11	0	0	0
	無線電磁波	89101.2	314.8	166.1	240.7	89013.5	223.7	64.4	29.9
右側	電磁波	0	0	0	0	0	0	0	0
	低頻電場	26	0	0	0	26	0	0	0
	無線電磁波	31237.4	172.4	133.2	109.7	31149.7	69.6	22.8	11.6

表十一：無線路由器在 16 個量測點的電磁波值參考



圖十一：無線路由器在 16 個量測點的電磁波淨值圖

測量單位：低頻電磁波：mG(毫高斯)

低頻電場：v/m

高頻無線電磁波： $\mu\text{W}/\text{m}^2$

肆、結果與討論

一、實驗剛開始的時候，並不順利，原因可能是量測方式，只先量測受測物的一個方向，然後在透明玻璃紙在上面劃分 20 個小方格，再將透明玻璃紙立在胸前，在 0 公尺處、1 公尺處、2 公尺處及 3 公尺處，分別對這 20 個小方格進行測量，如圖十二，



圖十二：在透明玻璃紙劃分 20 個小方格進行測量示意圖

後來發現，隨著測量的距離變大，這 20 個區域也應該在空間放大，這會大大增加這個實驗的誤差，要考慮每一個小方格和受測物所形成的角度。

與老師討論之後，建議採用環保署公告的「環境中射頻電磁波檢測方法」，在四個方向、同一個平面上進行測量。另外實驗中為了量測距離，我們本來是用捲尺來測量，但是在教室內有很多障礙物，捲尺無法進行大幅度的多次彎曲，後來我們想到在童軍繩上先劃記好 1 公尺、2 公尺和 3 公尺的標記，再來進行距離定位，也順利的解決我們遇到障礙物的問題。

二、雖然使用環保署公告的電磁波檢測方法，依照指示在 16 個量測點直接進行測量 10 秒，然後記錄這段時間內儀器上顯示的最大值。但在進行到「手機」、「無線路由器」測量時，我們記錄完資料後突然量測到比記錄值還大的數據，有些數據大到連儀器都發出警示聲，所以表示最大值的出現未必在我們在測量的 10 秒內發生，小組和老師討論之後，考量我們的儀器的精密度沒有這麼好，可能無法和專業的測量工具相比，我們決定更改測量方式，每一個量測點我們改為觀測 6 分鐘，每 20 秒記錄一次最大值，然後將所有測量值求取平均數，因此在前面的表格內各受測物的測量值，均是透過這個改良後的方法所得到。

三、實驗在一開始的時候並未考慮在教室的不同量測點進行測量時，需要考量每一個量測點的背景值，在不同受測物時的測量值，發現收音機在三項測量值中的「電磁波」這個項目，由 0 公尺處到 3 公尺處有顯著降低的變化，因此推測「無線電磁波」這個項目測量值，很有可能是我們的測量方式不正確，才會有忽大忽小的數值出現，經過檢討後，我們決定將教室內的所有電源關閉(包含各項電器用品、日光燈)，重新將空教室的 16 個量測點的背景值測量出來，以便與受測物測量值進行比對。

四、為了要將不可見光轉換成可見光譜，首先我們必須將受測物在光譜的位置決定下來，在參考完行政院環境保護署及國家通訊傳播委員會的電磁波圖和台灣各大電信業者的 3G 信號頻道之後，我們才決定好了受測物在電磁波譜的位置，接下來就是這四個受測物應該給它什麼顏色的光？原先的設想是直接將可見光譜平移，然後透過各顏色的比值，與這四個受測物在光譜上的位置重新計算後分配，不過這有一個問題，就是最低頻的收音機，將會得到紅光，而比較高頻的手機則會得到藍光，這個與我們一般人的認知，手機發出的電磁波應該比收音機來得強大而危險，紅色代表危險，而藍色代表安全是違背的。所以我們決定將可見光譜鏡射，也就是反過來，將低頻的部份以紫色代替，而高頻的部份以紅色代替。

五、綜合各受測物的數據我們可以發現，其實大部份的(高頻)無線電磁波在距離 1 公尺之後所量測到的電磁波強度已經明顯比 0 公尺處降低許多，雖然有些數值仍未降低到 0，但其實已經非常接近 0，所以只要我們能夠和這些 3C 產品保持適當的距離，其實不必太擔心電磁波對我們的威脅。

六、在做實驗之前，我們推測在無線電磁波這個項目上，應該是受測物的前方測量值要比其它三個方向要來得大，如此推測的原因是認為電磁波主要是由受測物的正前方發射，但是依據測量結果，只有收音機、筆記型電腦是如此；手機和無線路由器則是後方測量值比較

大，顯然電磁波的發射強度未必是在受測物的正前方最大。

七、由於收音機是第一個受測物，記錄時在(低頻)電磁波、低頻電場、(高頻)無線電磁波三項皆測得數據，以為所有受測物都應該有這三項數值，後來做完實驗才發現，只有收音機可同時測得這些資料。但為了製作可見光線，所以我們一律以(高頻)無線電磁波的衰減程度做為製圖依據。

八、根據我們測量所得的數據，我們將教室的照片，利用 PhotoImpact 影像處理軟體製成下圖，將四項受測物所發出的電磁波以可見光來表達，完成我們這次研究的主題「線現蹤跡 - 看的見的電磁波」。



(紫色中心：收音機，綠色中心：筆記型電腦，黃色中心：手機，
橘紅色中心：無線路由器)

伍、結論

- 一、雖然電磁波大部份是看不見的，但是我們可以透過測量儀器證實電磁波的存在，而且為了讓電磁波變成可以看見的可見光，我們也可以使用數學運算做出轉換，讓不可見的電磁波以可見光的形式來表達，使大家都能輕易察覺電磁波的存在。
- 二、在測量之初，我們其實考慮過要測量不同高度的電磁波，經過小組討論後，我們主要是將電磁波轉換成可見光，變成可見光才是我們這次研究主題的重點，所以將測量重點放在同一平面不同測量點上進行實驗。
- 三、由於是在教室進行測量，所以我們定出的量測距離是 0 公尺、1 公尺、2 公尺及 3 公尺，並非採用較小的測量距離 30 公分或 50 公分，主要也是考量我們只是想要表達轉換後的可見光大概可以發射多遠，所以並沒有非常刻意的以較小尺度距離進行量測。
- 四、最後以 PhotoImpact 製成的圖片中，我們想要表達的是在一個空間內，當愈多的紅色、黃色等警戒色出現時，我們應該儘可能的遠離這些設備或是關閉部份設備，以減少我們暴露在過度的電磁波環境之中，而如果將來大家在公共場所都能看到這樣的圖片警示時，會比專家用數值表示危險值更能吸引大家的目光，而對於沒有電磁波這方面常識的人，也可以透過這一張簡單的圖片，提醒大家這個空間是安全的還是危險的，讓大家能對電磁波更有感覺。

陸、參考文獻

1. 「光的世界」，國民小學自然科學課程翰林版四下，第四單元。
2. 電磁場/電磁波/可見光/不可見光/對可見光譜的解釋/光譜色，維基百科。
3. 非游離輻射，李中一，輔仁大學醫學院公共衛生學系 教授(民國 93 年 3 月)
4. 環境中的電磁波，行政院環境保護署編制之宣導手冊。
[hppt://www.epa.gov.tw/](http://www.epa.gov.tw/)
5. 無所不在的電磁波，張天瑋、陳麒年、陳樹儒、林仕偉。中華民國第四十六屆中小學科展作品。
6. 第三次世界大戰-植物 VS. 電磁波，蘇維翕、呂宜馨、杜中繼、張起睿、許之綺。中華民國第四十六屆中小學科展作品。
7. 環境中射頻電磁波檢測方法，中華民國 102 年 10 月 29 日環署檢字第 1020093105 號公告
8. 科技部高瞻自然科學教學資源平台
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/>
9. 台灣綠色生產力基金會
<http://www.tgpf.org.tw/>
10. 國家通訊傳播委員會
<http://www.ncc.gov.tw/chinese/index.aspx>