

花蓮縣第 59 屆國民中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：**閃光聲響—細微顆粒之光聲效應探討**

關 鍵 詞：光聲效應、頻譜、碳黑

編 號：

(由教育處統一編列)

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由教育處統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

# 摘要

本研究採用不同粉末和物質置於不同的材質上，並在閃光燈下進行照射，接著運用Soundcard Scope程式測量在不同的粉末以及不同的材質下響度的大小、頻率的差異，發現在閃光燈照射下造成聲音的因素，並在【主要實驗】中利用文獻中提供的燃燒、顆粒大小、顏色和密度等因素進行在不同環境、不同顆粒大小、不同顏色、不同密度的實驗探究，同時我們也針對物質放置的材質進行研究，並分析聲音大小和成因跟燃燒、顆粒大小、顏色和密度之間的關聯，發現以上變因中顏色、顆粒大小是影響光聲聲音響度的主要因素，顆粒密度是影響聲音頻率的重要因素

## 壹、研究動機

在一次參加學校舉辦的科學活動中，老師讓我們體驗了一系列的奈米課程，告訴我們奈米的原理，以及在日常生活用品上的一些應用。其中我們使用蠟燭將紙杯底部燻黑，使其附著一層碳黑，接著將水滴滴在上方，並觀察水珠的流動情形，我們發現水珠在滴下的瞬間變成一顆小圓球，在平滑的碳黑上自由自在的滾動，正當拿起相機拍照的同時，突然一聲啪！閃光燈拍下的瞬間，突然發出了一個聲響，後來當我們問老師那到底是什麼原因所造成的，老師也回答不出完整的答案。於是我們幾位同學便利用課餘時間，來探討可能影響聲音頻率、響度、大小等因素，而引起研究動機。

## 貳、研究目的

- 一、探討爆鳴聲與不同的置物材質之間的關係
- 二、探討爆鳴聲與不同物質之間的關係
- 三、探討造成爆鳴聲的可能因素

## 參、研究設備及器材

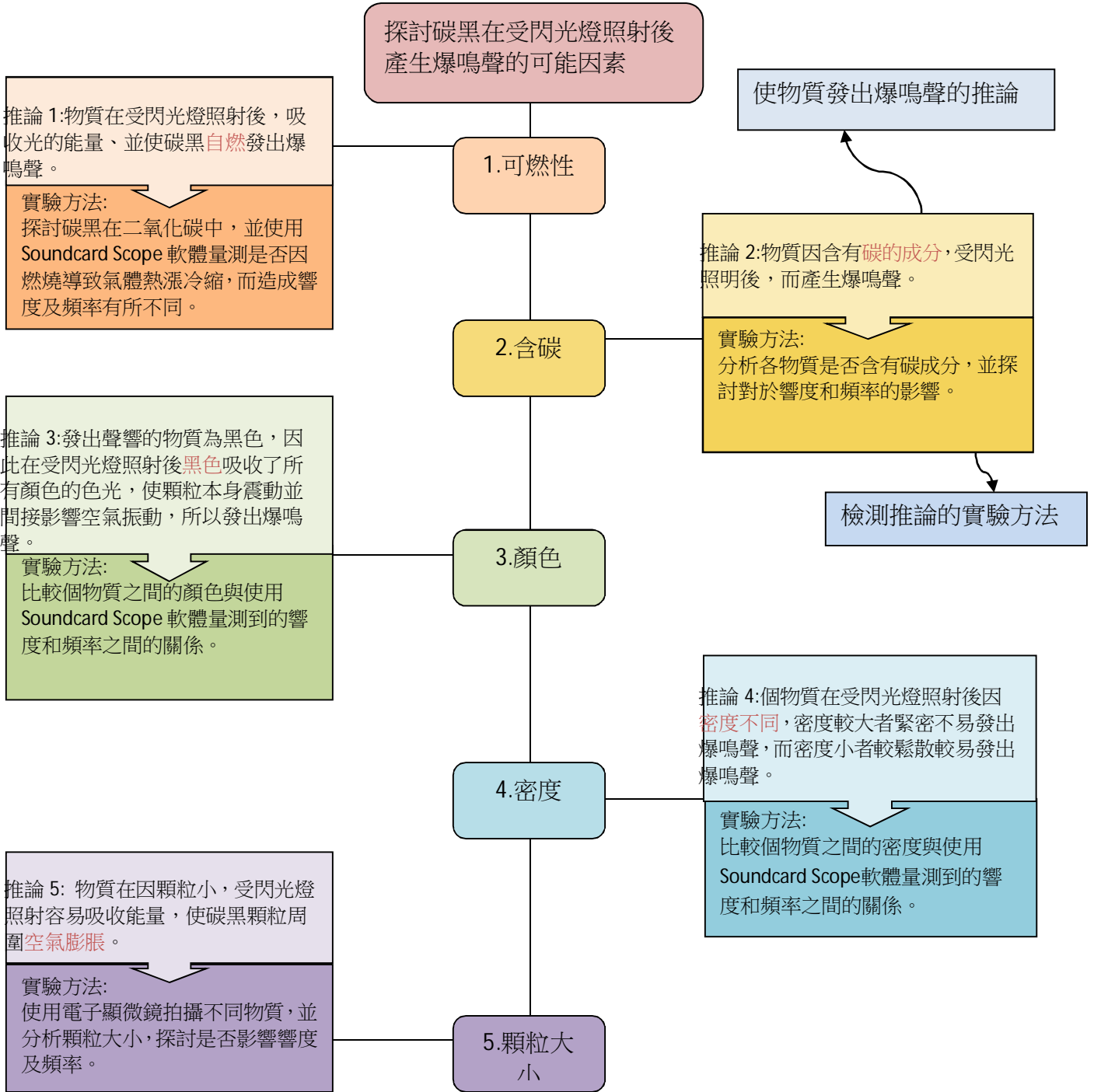
- 一、材料:蠟燭、紙杯、載玻片、銅片、鋅片、黏土、寶特瓶、透明軟管、橡皮筋
- 二、工具:刮勺、鉗子、電子秤、抽真空機、掃描式電子顯微鏡、閃光燈
- 三、軟體:Soundcard Scope

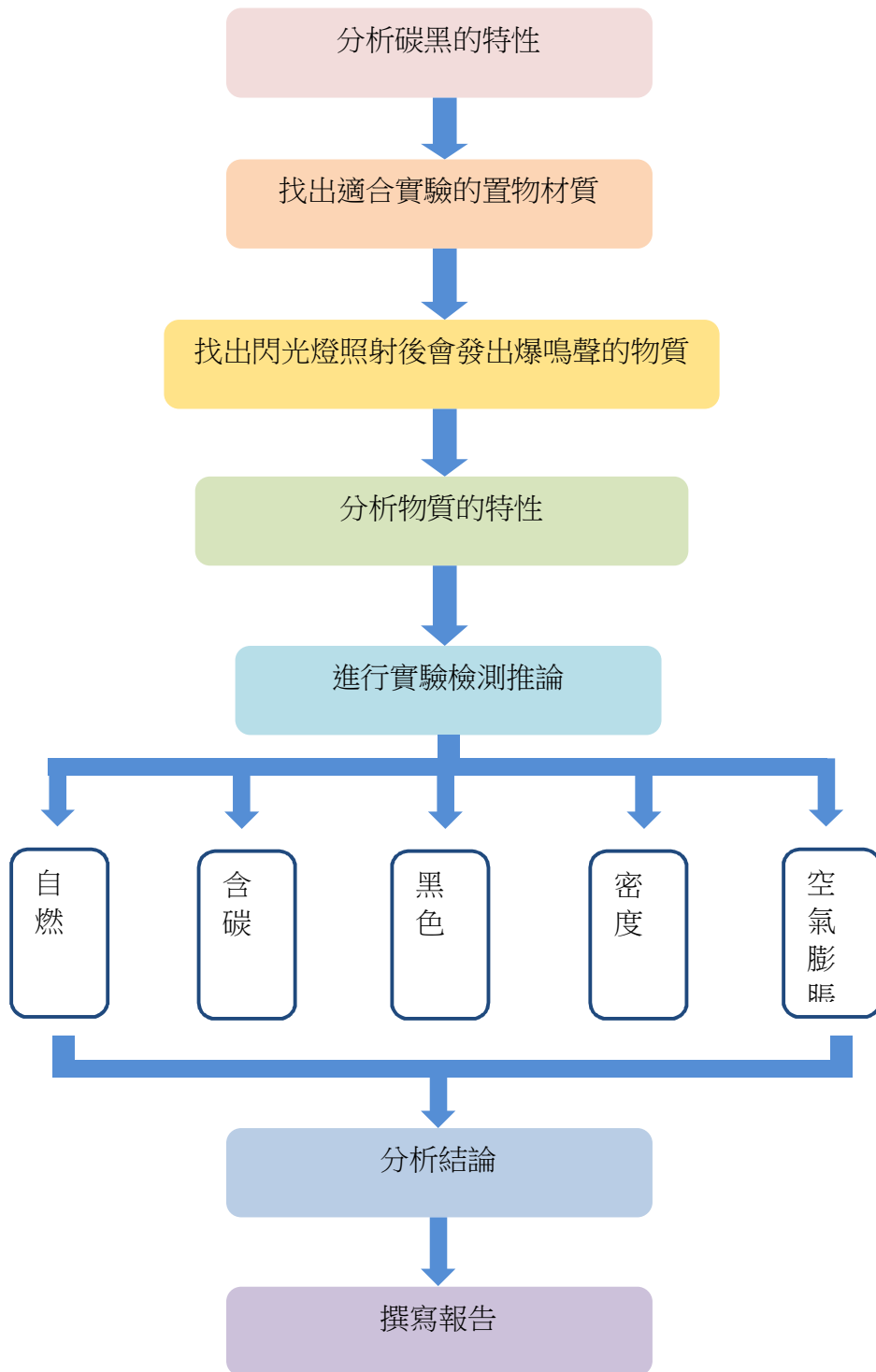


# 肆、研究方法、流程與文獻探討

## 一、研究方法

當閃光照射碳黑時會有爆鳴聲,因此我們有以下的推論與假設。





### 三、文獻探討

#### 1、碳黑(Carbon clack)

又稱為炭黑，為在空氣不足的情況下燃燒碳氫化合物得到極細微碳黑粉，再與廢氣分離後所得之純黑粉末。

碳黑是由平均直徑為5~30nm的球狀或鏈狀粒子聚積而成的，內部是含有直徑3~500nm的微結晶結構，可以和各種游離基反應。碳煙的比重為1.8~1.9，顆粒狀碳煙的堆比重為0.35~0.4，粉末狀碳煙的堆比重為0.04~0.08。

## 伍、研究過程及結果

前置實驗一:探討爆鳴聲與不同的置物材質之間的關係

### 一、研究方法：

- 1.搜尋整理網路上的資料、圖書館裡的書籍、訪問專家等管道找尋與碳黑相關資訊。
- 2.尋找各式不同的置物材質。
- 3.探討在不同置無材質上燒製碳黑經閃光燈照射是否影響其爆鳴聲響度大小及頻率。
- 4.將結果統計並分析。

### 二、研究過程

#### 1.實驗過程

- (1)將碳黑用蠟燭燒製在紙杯、玻璃、銅片、鋅片上
- (2)在紙杯底部放置以燒製完成的玻璃、銅片、鋅片
- (3)運用閃光燈照射以燒製完成的碳黑
- (4)將麥克風連接於閃光燈上方，幫助測量
- (5)使用軟體Soundcard Scope測量閃光燈照射後碳黑所發出聲響的響度以及頻率
- (6)聲音的響度、頻率各測3次後，分別計算響度、頻率的平均值再進行分析

## 2.利用軟體Soundcard Scope測量響度以及頻率的使用方法以及注意事項

### (1)聲音的響度

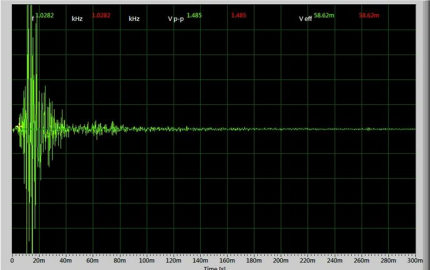
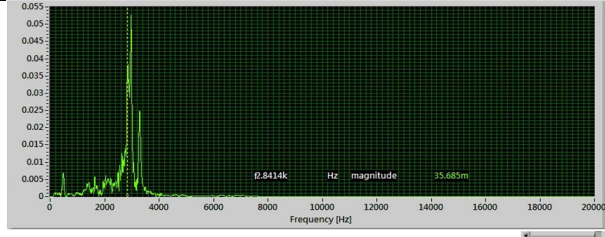
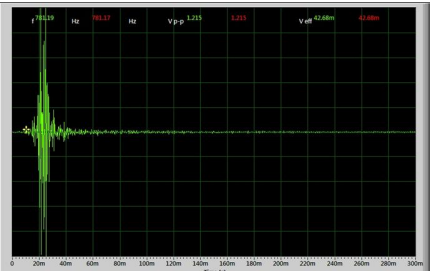
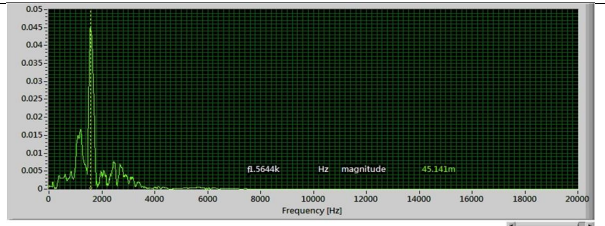
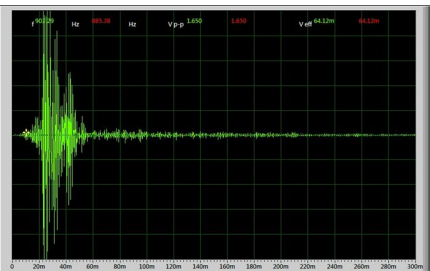
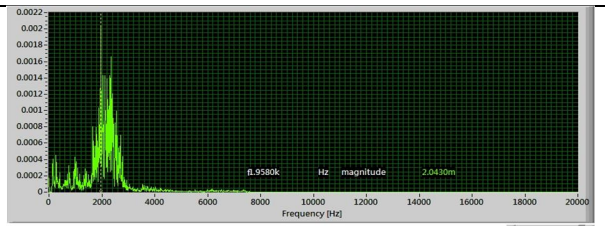
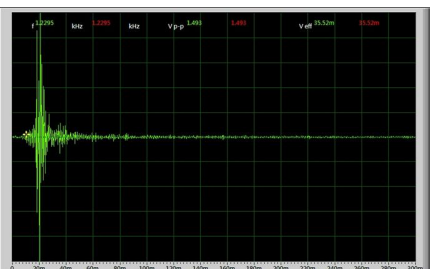
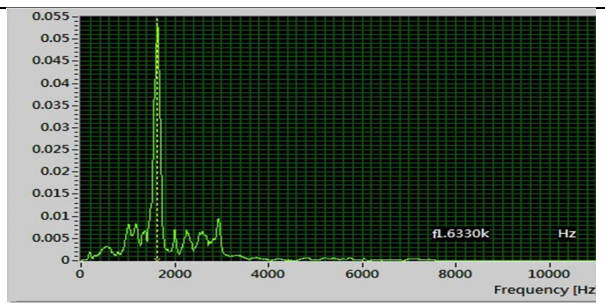
- a.點選Oscilloscope(示波器)
- b.點選Hz and volts顯示赫茲和伏特
- c.點選Frequency(頻率)和Voltage(電壓)
- d.將週期調製300m，最後可得知聲音的響度
- e.點選Run/Stop後儲存，並進行分析

### (2)聲音的頻率

- a.點選Frequency(頻率)
- b.點選Peak-hold(高峰期)，讓所測得最明顯的頻率維持，方便記
- c. 點選Run/Stop後儲存，並進行分析

### 三、研究結果

1、我們分析出在不同置物材質表面燒製碳黑經散光照射所發出的聲響之響度與頻率關係如下:

	響度	響度圖	頻率	頻率圖
紙杯	1.518			
玻璃	1.376		1.5680	
銅片	1.504		2.1300	
鋅片	1.464		1.6050	

### 2.結論

(1)歸納實驗之後我們得知:

a.在紙杯上燒製碳黑受閃光燈照射後，響度大約都在 1.518，玻璃約在 1.376，而銅片為 1.504，鋅片則是 1.464，因此可得知其響度大小比較為：玻璃 < 鋅片 < 銅片 < 紙杯。

b.在紙杯上燒製碳黑受閃光燈照射所發出聲響之頻率為 2.763，玻璃為 1.5680 銅片是 2.1300 新片則為 1.6050，頻率大小比較：玻璃 < 新片 < 銅片 < 紙杯。

(2)經過我們討論後，由於在所有置物材質之中紙杯為響度最大、最容易取得，又是燒製碳黑最常見的材質，我們決定使用紙杯作為實驗的製物材質。

主要實驗一：探討爆鳴聲與不同物質之間的關係

一、研究方法：

1.找出碳黑所有特性:

- (1)可燃
- (2)為顆粒大小30nm~100nm的粉末狀物體
- (3)顏色為純黑
- (4)密度大小1.7 g/mL ~ 2.1 g/mL
- (5)無導電性
- (6)含碳

2.推測造成爆鳴聲的可能因素:

- (1)可燃性:探討物質的可燃性是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用網路找尋個物質的可燃性，並分析顆粒大小與頻率、響度之間的關係。
- (2)顆粒:探討物質的顆粒是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用電子顯微鏡測量個物質的顆粒大小，並分析顆粒大小與頻率、響度之間的關係
- (3)顏色:探討物質的顏色是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用網路以及實際判斷粉末顏色，並分析顏色與頻率、響度之間的關係
- (4)密度:探討物質的密度是否造成爆鳴聲頻率以及響度的不同，利用網路查詢個物質之密度，並分析密度與頻率、響度之間的關係，依照密度大小排序，物質密度由大到小為：銅、鐵、鋅、氧化銅、四氧化三鐵、二氧化錳、氧化鋁、鋁、碳黑、鎂、活性碳
- (5)含碳:探討物質的含碳量是否造成爆鳴聲頻率以及響度的不同，利用網路查詢及判斷各物質是否含碳，並分析是否含碳與頻率、響度之間的關係

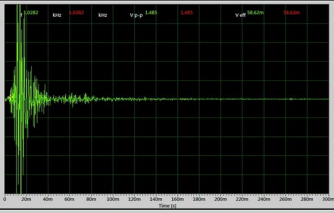
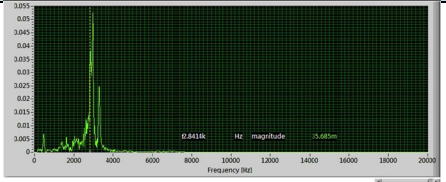
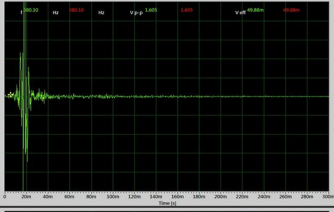
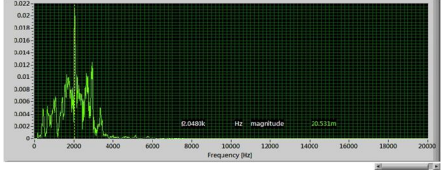
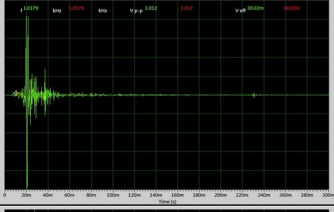
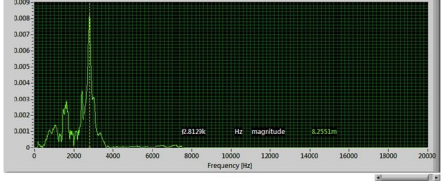
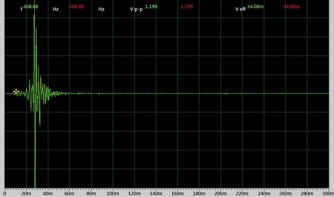
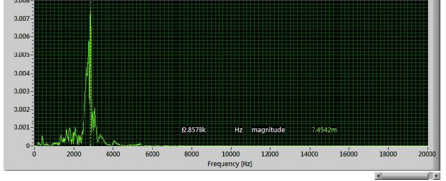
3.實驗方法:

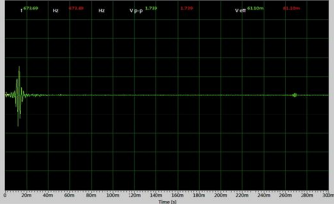
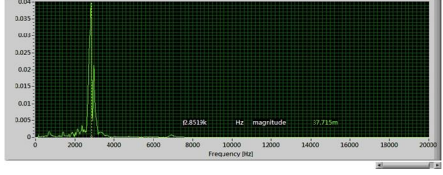
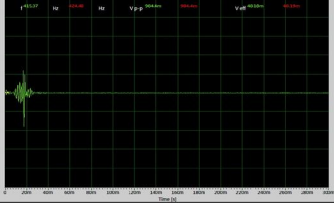
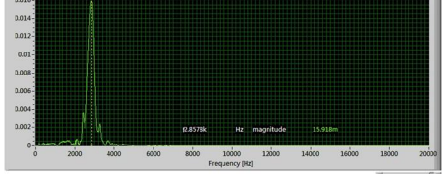
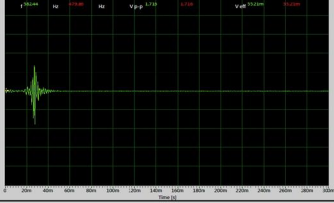
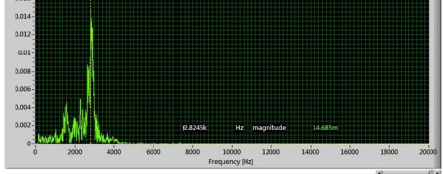

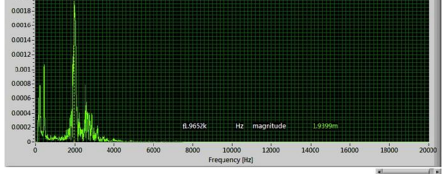
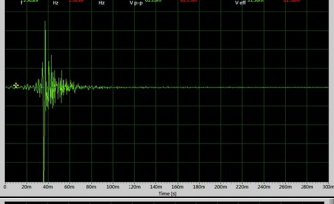
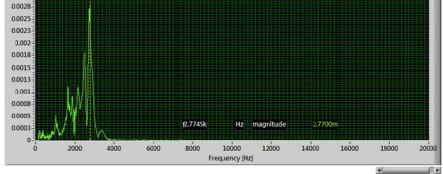

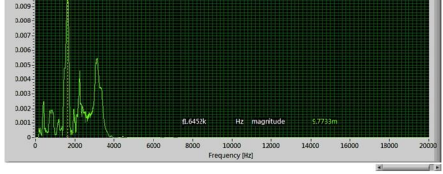

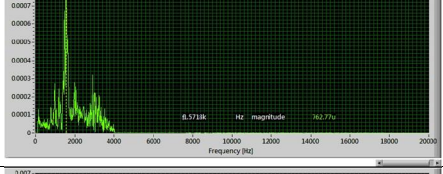
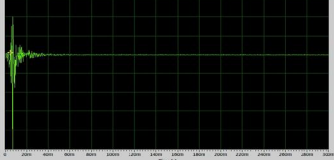
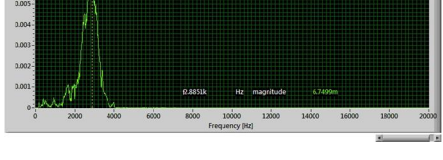


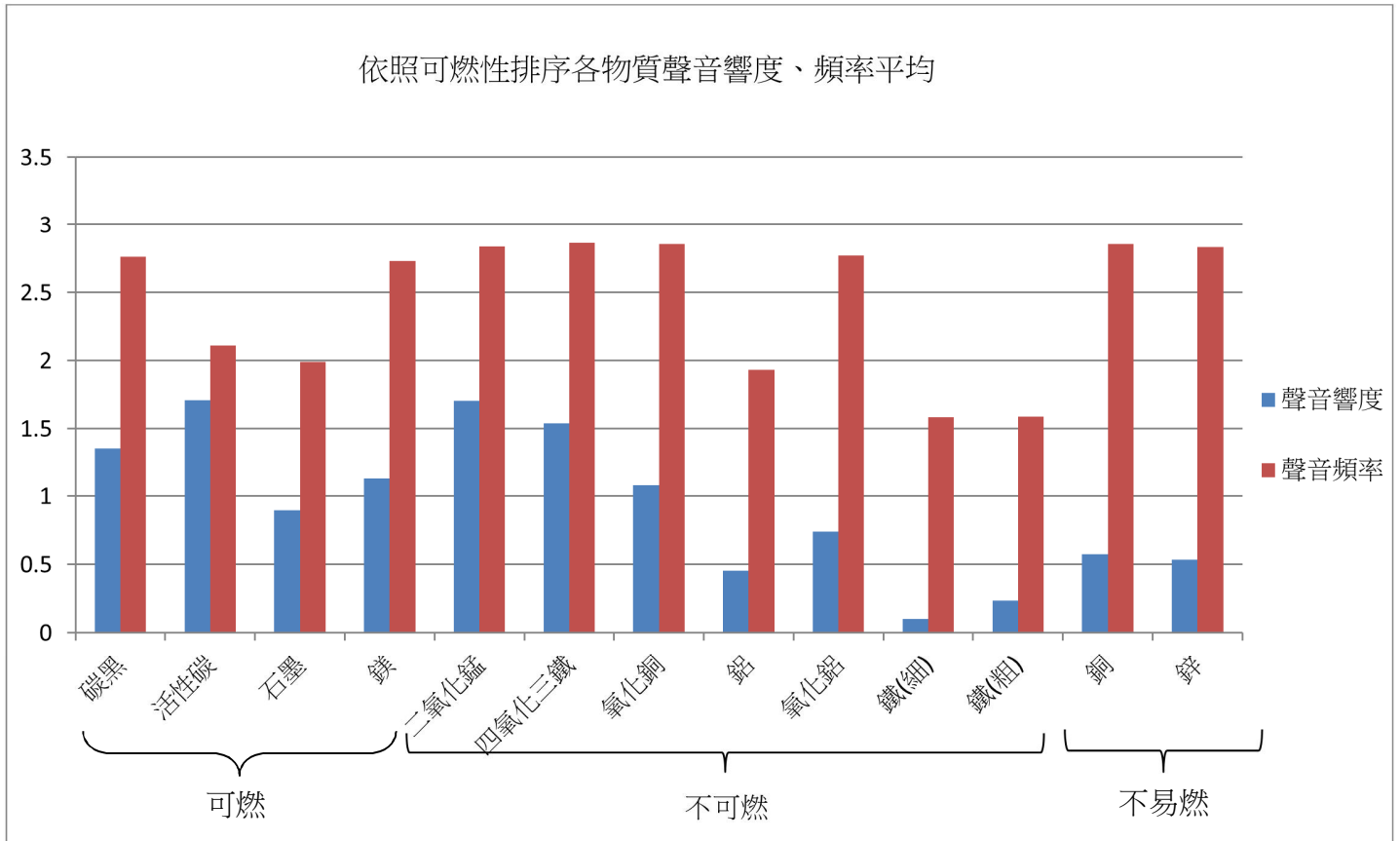
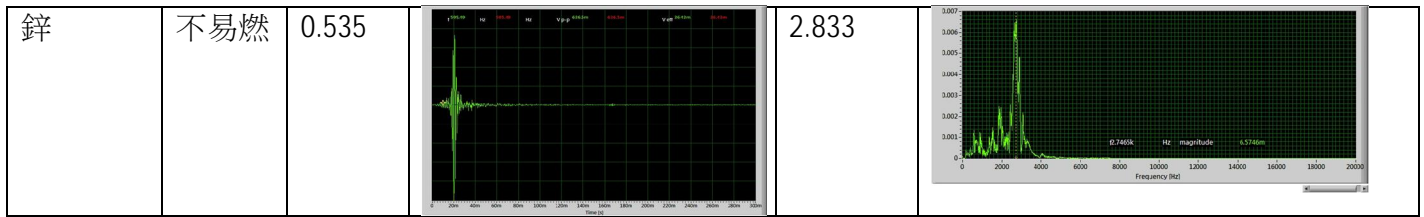
- (1)將碳黑用蠟燭燒製在紙杯上
- (2)運用電子秤量取1克各物質後，將其用刮勺鋪平
- (3)運用閃光燈照射以燒製完成的碳黑以及量取1克後的各物質
- (4)將麥克風連接於閃光燈上方，幫助測量
- (5)使用軟體Soundcard Scope測量閃光燈照射後碳黑所發出聲響的響度以及頻率(軟體 Soundcard Scope使用方法
- (6)聲音的響度、頻率各測3次後，分別計算響度、頻率的平均值再進行分析

## 二、研究結果

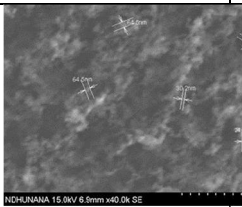
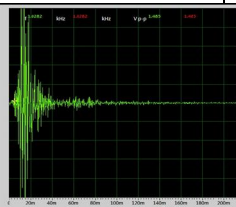
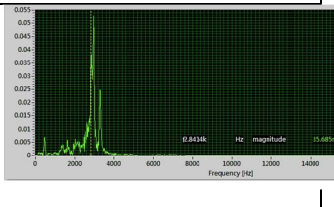
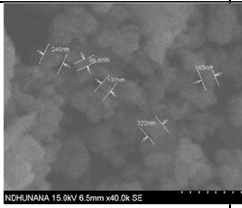

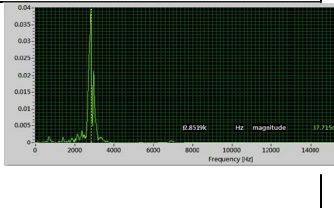
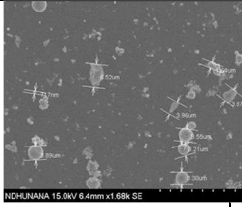
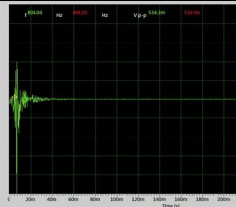
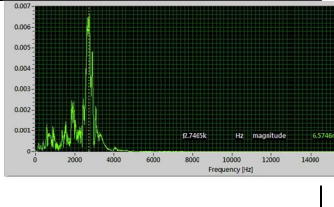
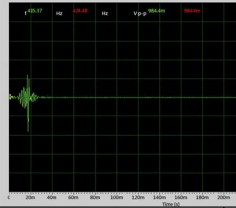
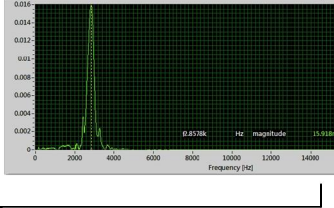

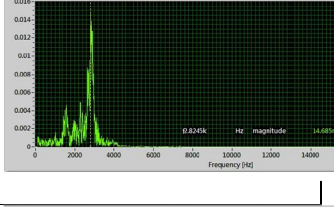
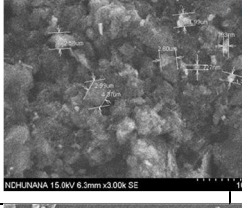
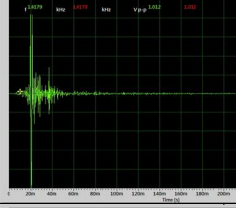
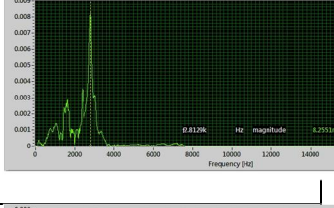
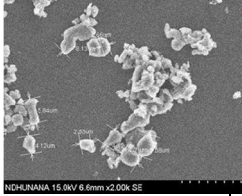
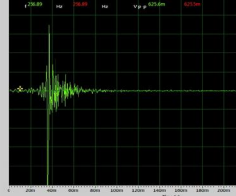
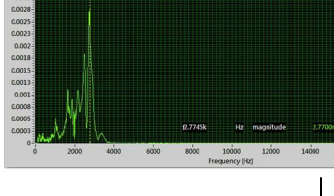
- (1)可燃性:探討物質的可燃性是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用網路找尋個物質的可燃性，並分析顆粒大小與頻率、響度之間的關係

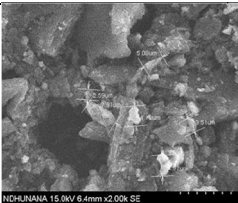
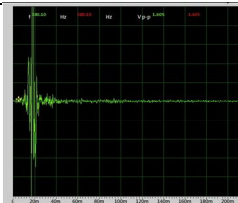
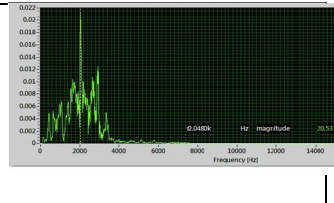
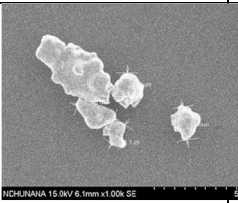

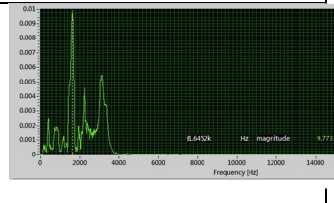
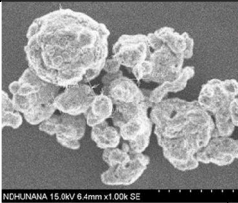
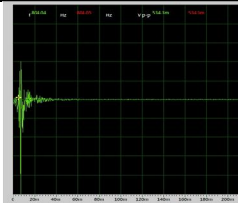
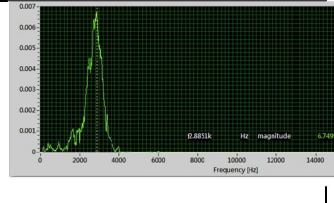
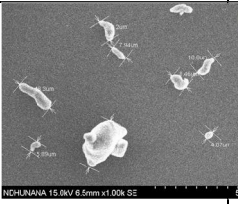
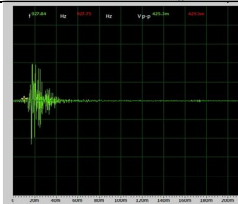
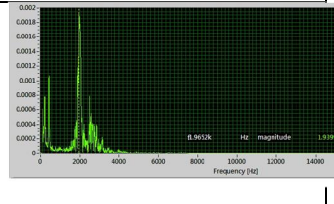
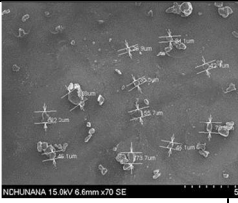
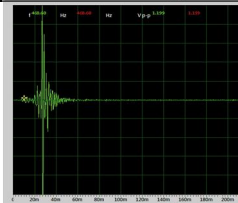
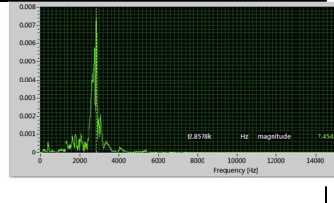
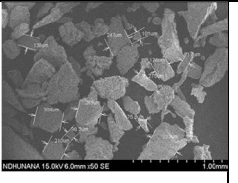

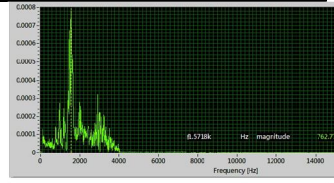
物質	燃燒	響度	響度圖譜	頻率	頻率圖譜
碳黑	可燃	1.347		2.763	
活性碳	可燃	1.709		2.11	
石墨	可燃	0.898		1.991	
鎂	可燃	1.129		2.73	

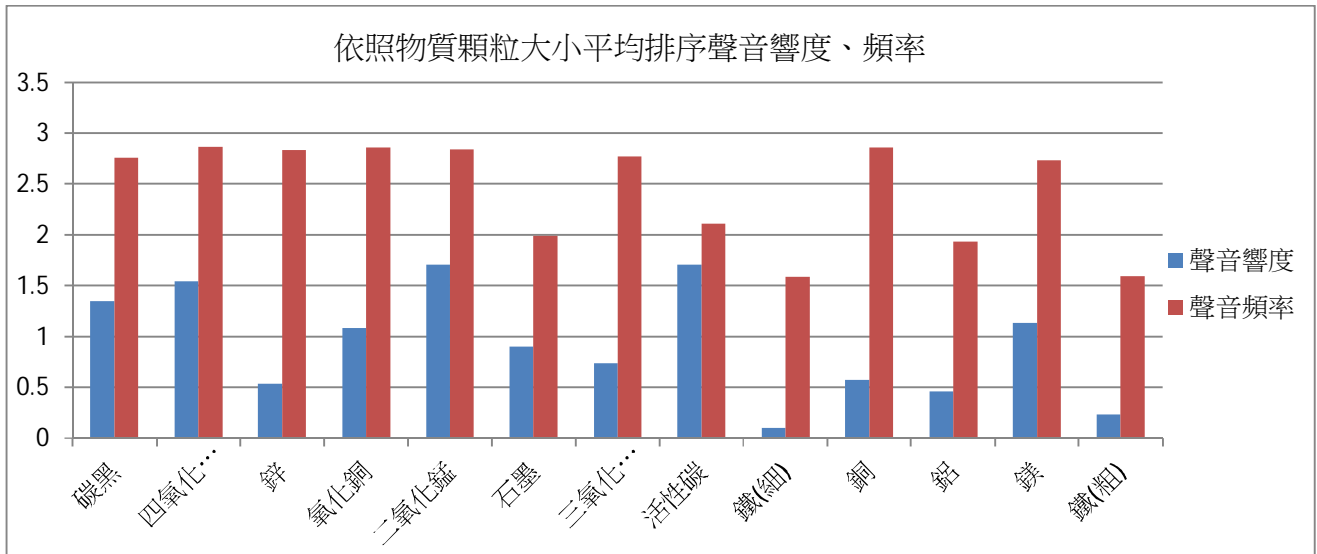
四氧化三鐵	不可燃	1.539		2.865	
氧化銅	不可燃	1.081		2.858	
二氧化錳	不可燃	1.706		2.839	
鋁	不可燃	0.455		1.934	
氧化鋁	不可燃	0.74		2.771	
鐵(細)	不可燃	0.102		1.585	
鐵(粗)	不可燃	1.179		1.587	
銅	不易燃	0.574		2.859	



(2) 顆粒: 探討物質的顆粒是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用電子顯微鏡測量個物質的顆粒大小，並分析顆粒大小與頻率、響度之間的關係

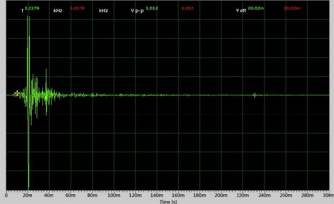
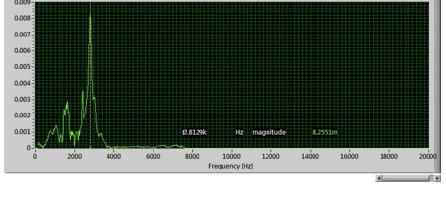
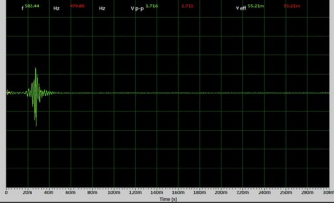
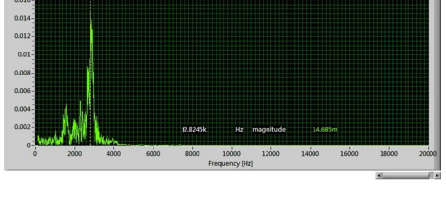
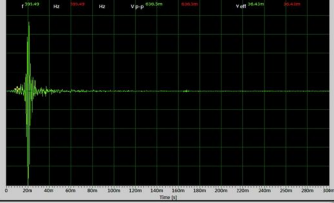
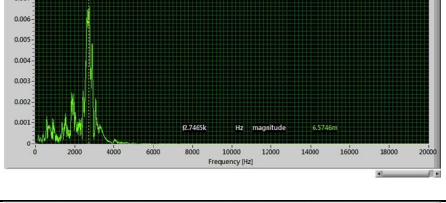

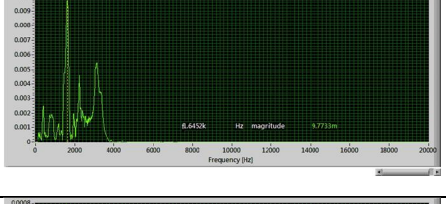

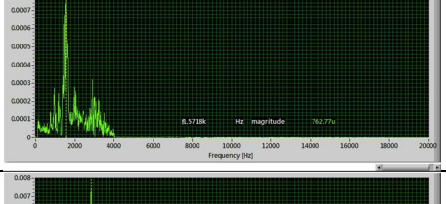
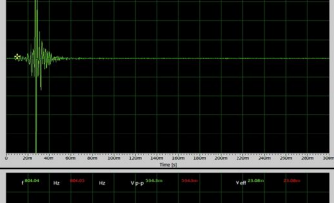
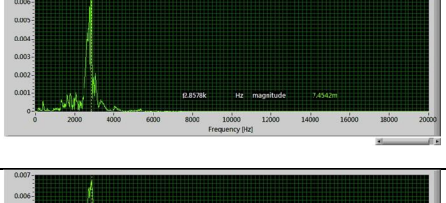
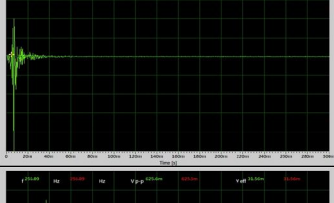

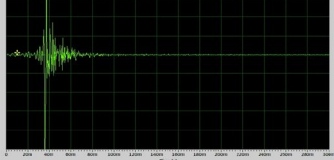
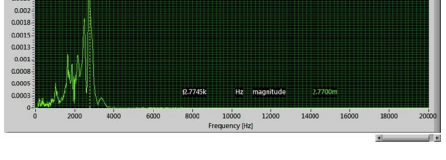
	顆粒大小	電顯圖	響度	響度圖譜	頻率	頻率圖譜
碳黑	24.8nm~64.5nm		1.347		2.763	
四氧化三鐵	137nm~2.07um		1.539		2.865	
鋅	261nm~5.51um		0.535		2.833	
氧化銅	2.70um~430um		1.081		2.858	
二氧化錳	793nm~3.9um		1.706		2.839	
石墨	980nm~3.35um		0.898		1.991	
氧化鋁	1.27um~7.57um		0.74		2.771	

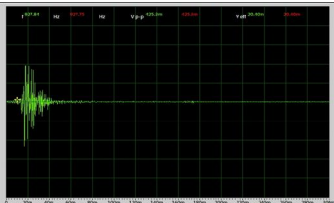
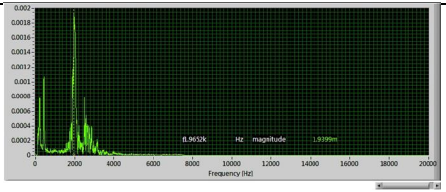
活性 碳	1.39um~8. 74um	 NDHLNANA 15.0kV 6.4mm x2.00k SE	1.709	 Vpp: 5.000 Hz	2.11	 0.0482K Hz magnitude 70.918
鐵 (細)	11.1um~1 8um	 NDHLNANA 15.0kV 6.1mm x1.00k SE	0.102	 Vpp: 5.000 Hz	1.585	 8.6420K Hz magnitude 9.773
銅	16um~33u m	 NDHLNANA 15.0kV 6.4mm x1.00k SE	0.574	 Vpp: 5.000 Hz	2.859	 0.8851K Hz magnitude 6.789
鋁	4.07um~6 3.2um	 NDHLNANA 15.0kV 6.6mm x1.00k SE	0.455	 Vpp: 5.000 Hz	1.934	 8.9625K Hz magnitude 1.099
鎂	26.9um~9 7.2um	 NDHLNANA 15.0kV 6.6mm x7.00k SE	1.129	 Vpp: 5.000 Hz	2.73	 8.8578K Hz magnitude 7.454
鐵 (粗)	75.8um~3 04um	 NDHLNANA 15.0kV 6.8mm x5.00k SE	1.179	 Vpp: 5.000 Hz	1.587	 8.5728K Hz magnitude 76.277

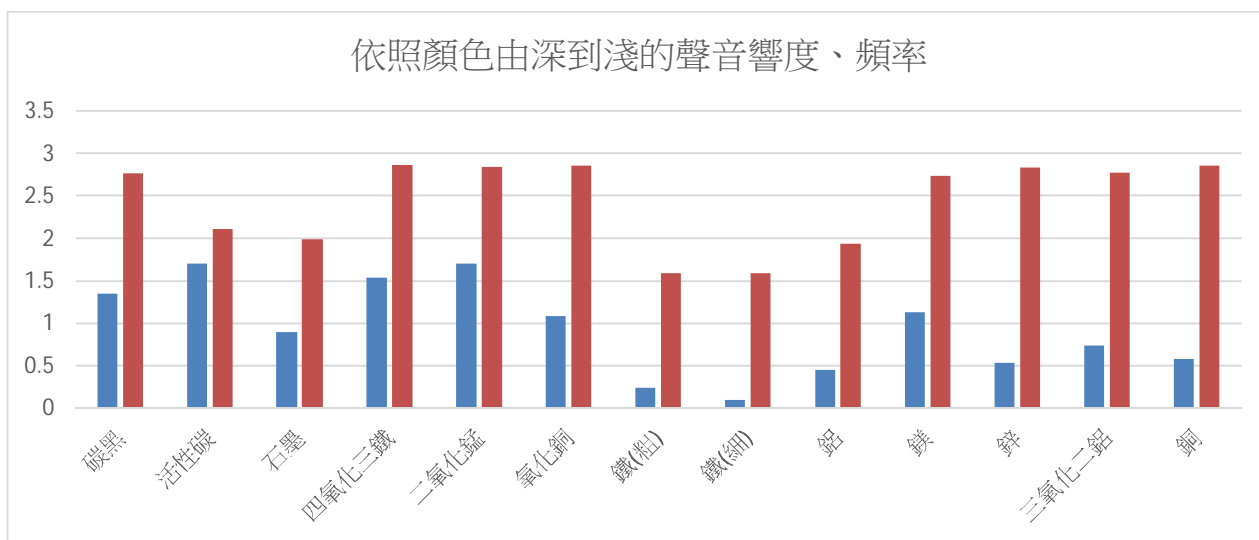


(3)顏色:探討物質的顏色是否造成爆鳴聲的頻率以及響度的不同，利用網路以及實際判斷粉末顏色，並分析顏色與頻率、響度之間的關係

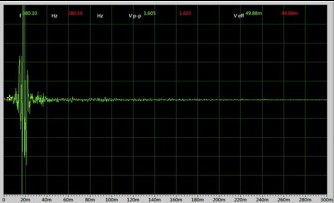
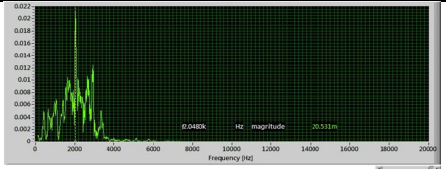
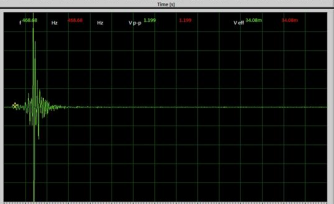
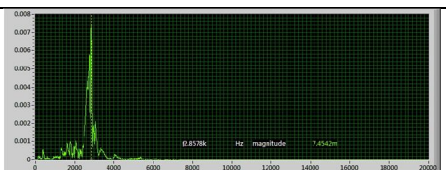
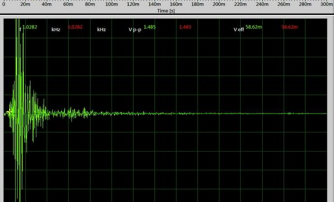
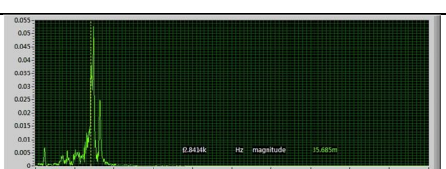
物質	顏色	響度	響度圖譜	頻率	頻率圖譜
碳黑	黑色	1.347		2.763	
活性炭	黑色	1.709		2.11	
四氧化三鐵	黑色	1.539		2.865	
氧化銅	黑色	1.081		2.858	

石墨	鐵黑到鋼 鐵灰不等	0.898		1.991	
二氧化錳	黑色或棕色	1.706		2.839	
鋅	淺灰色	0.535		2.833	
鐵(細)	銀白色	0.102		1.585	
鐵(粗)	銀白色	1.179		1.587	
鎂	銀白色	1.129		2.73	
銅	橙紅色	0.574		2.859	
氧化鋁	白色	0.74		2.771	

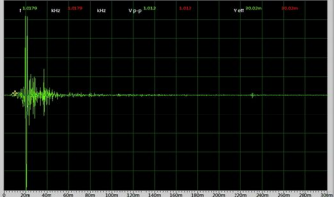
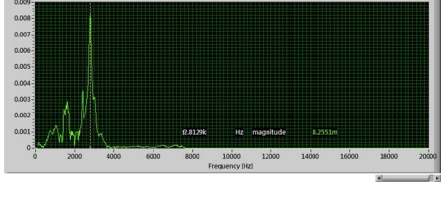
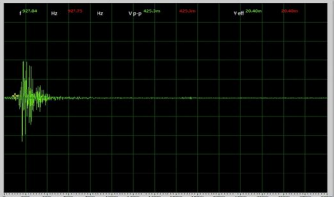
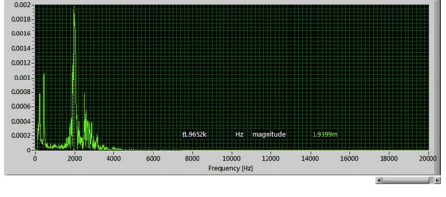
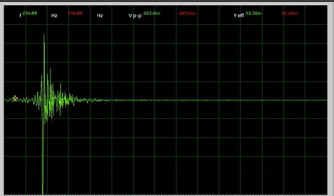
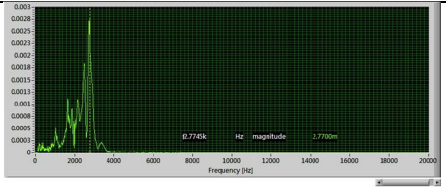

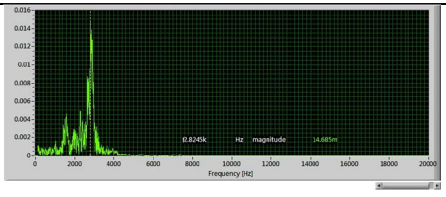

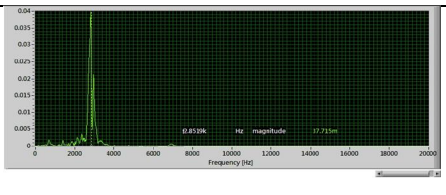

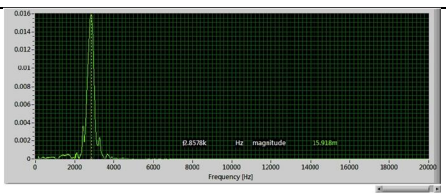

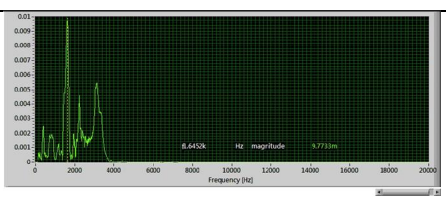

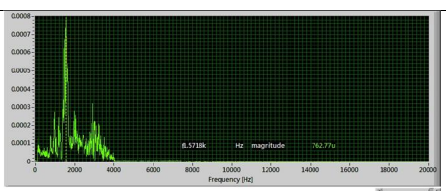
鋁	白色	0.455		1.934	
---	----	-------	---	-------	--

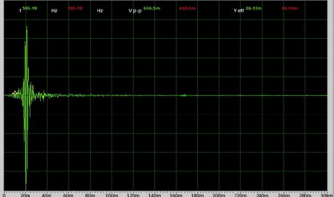
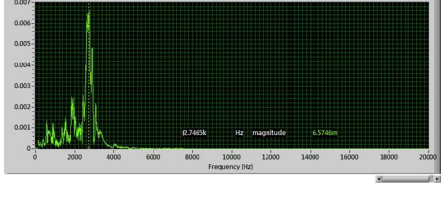
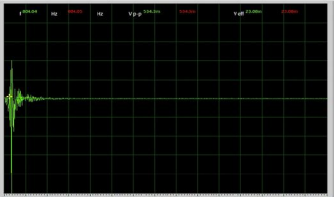
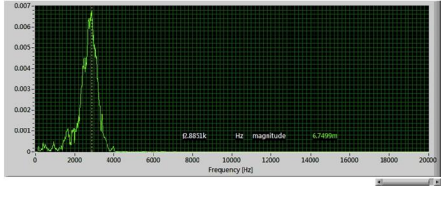


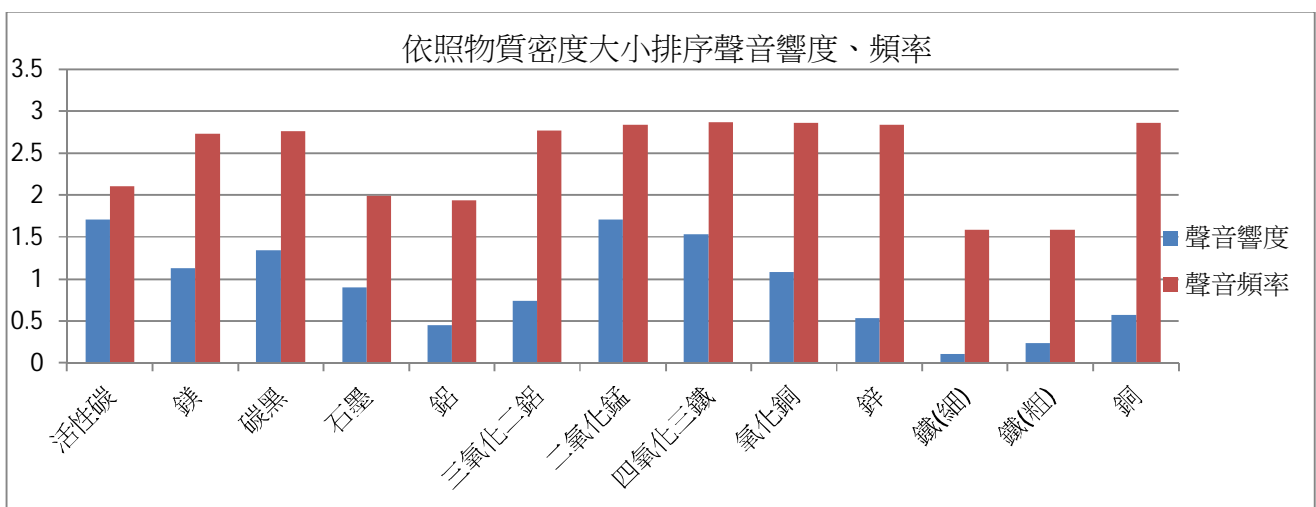
(4)密度:探討物質的密度是否造成爆鳴聲頻率以及響度的不同,利用網路查詢個物質之密度,並分析密度與頻率、響度之間的關係,依照密度大小排序,物質密度由大到小為: 銅、鐵、鋅、氧化銅、四氧化三鐵、二氧化錳、氧化鋁、鋁、碳黑、鎂、活性碳

物質	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	響度	響度圖譜	頻率	頻率圖譜
活性碳	0.08-0.6	1.709		2.11	
鎂	1.738	1.129		2.73	
碳黑	1.7~2.1	1.347		2.763	



石墨	2.09~2.23	0.898		1.991	
鋁	2.7	0.455		1.934	
氧化鋁	3.97	0.74		2.771	
二氧化錳	5.03	1.706		2.839	
四氧化三鐵	5.17	1.539		2.865	
氧化銅	6.31	1.081		2.858	
鐵(細)	7.9	0.102		1.585	
鐵(粗)	7.9	1.179		1.587	

鋅	7.14	0.535		2.833	
銅	8.96	0.574		2.859	



## 主要實驗二：探討造成爆鳴聲的可能因素

### 一、研究方法：

#### 1. 推斷造成爆鳴聲的可能因素

- (1) 燃燒: 由文獻探討我們發現碳黑發出的聲響可能來自於燃燒，因為熱漲冷縮導致空氣振動而造成爆鳴聲
- (2) 顆粒小: 由文獻探討我們發現碳黑顆粒小，我們推斷物質因顆粒小，受閃光燈照射容易吸收能量，使碳黑顆粒膨脹
- (3) 碳黑顏色(黑色): 由碳黑的顏色我們發現碳黑為黑色，因此在受閃光燈照射後吸收了色光及能量色光，使顆粒本身震動並間接影響空氣振動，所以發出爆鳴聲
- (4) 密度小: 探討物質的密度是否造成爆鳴聲，利用網路查詢個物質之密度，我們得知碳黑的密度是受測物中最小的

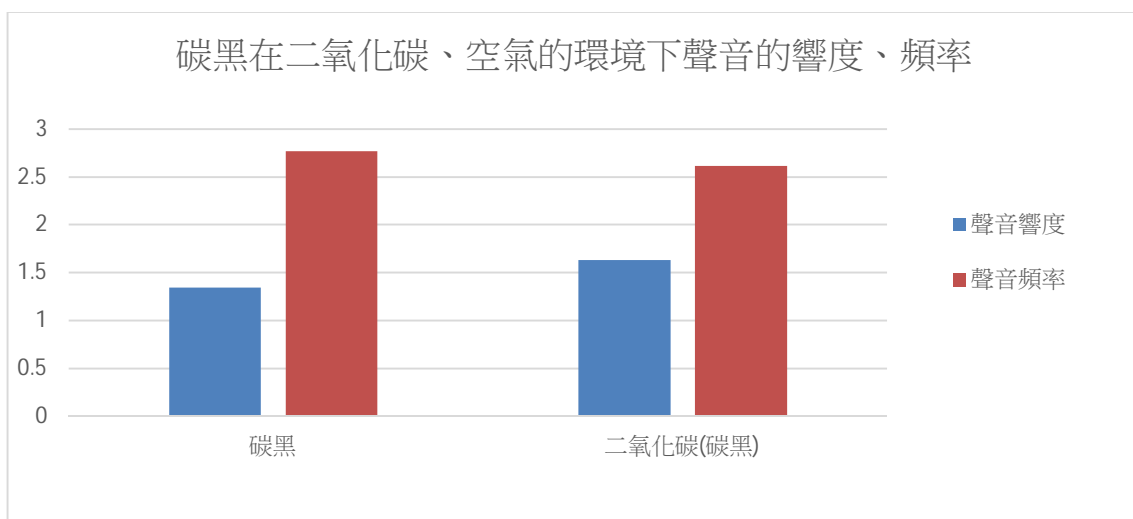
## 2.實驗方法:

- (1)將碳黑用蠟燭燒製在紙杯上，並黏貼於寶特瓶底部
- (2)將寶特瓶的平底剪下並穿洞，再將軟管皆於錐形瓶及抽真空機
- (3)運用保鮮膜封住寶特瓶口，再用橡皮筋以及黏土密封
- (4)在錐形瓶內放入檸檬酸及小蘇打粉製造二氧化碳
- (5)重複數次後，確定寶特瓶底部已經充滿二氧化碳後，用閃光燈照射
- (6)將麥克風連接於閃光燈上方，幫助測量
- (7)使用軟體Soundcard Scope測量閃光燈照射後碳黑所發出聲響的響度以及頻率(軟體 Soundcard Scope使用方法
- (8)聲音的響度、頻率各測3次後，分別計算響度、頻率的平均值再進行分析

## 二、研究結果:

(1)

物質放置環境	聲音響度平均	聲音頻率平均
空氣	1.347	2.763
二氧化碳	1.631	2.613



## 陸、結論

- 一、顏色是細微顆粒產生光聲效應，發出聲響的主要因素。黑色物質受閃光燈照射後吸收了色光及能量色光，使顆粒本身震動並間接影響空氣振動，所以發出爆鳴聲，可以發出聲響的物質皆為接進黑色粉末，例如:碳黑、四氧化三鐵、氧化銅..... 黑色，
- 二、文獻探討中推論碳黑發出的聲響可能來自於燃燒,因為熱漲冷縮導致空氣振動而造成爆鳴聲,本實驗由二氧化碳氣體密閉系統中，碳黑依然可以產生鳴爆聲，且黑色細微顆粒不論是可燃物、不易燃、不可燃物質均可產生鳴爆聲，因此推論，碳黑受閃光之鳴爆聲，主因為光聲效應，燃燒為非必要條件。
- 三、顆粒密度將影響鳴爆聲的頻率，密度越大、顆粒震動聲音頻率越高。
- 四、顆粒粒徑小於 10 微米時，光聲效應明顯，顆粒粒徑分布範圍越廣，鳴爆聲頻率分佈範圍廣，顆粒粒徑分布範圍越小，鳴爆聲頻率趨於單頻音。

## 柒、參考資料

## 捌、致謝

研究期間感謝東華大學物理系、光電所，提供電顯微鏡設備及頻譜軟體使用的協助。