

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：「烯」奇古怪—導熱新星石墨烯導熱效果之探討

一、摘要：

近年來出現一種新興材料—石墨烯，它有著良好的導熱、導電性等，在能源產業上有極大的發展性，加上國中八上的課程剛好教到導熱，兩個主題都引起了我們的興趣，想進一步探究兩者是否有結合的可能性。

我們實驗出，使用酒精作為分散液，加入 1.6% 石墨烯所製作的石墨烯酒精溶液，其石墨烯粉末分布較平均，附著力也最佳。

我們發現將石墨烯粉末加入導熱膏能使導熱效果更好，並利用深色的 BLK3.0 塗料，以 BLK3.0:石墨烯=15:1 的濃度混和石墨烯，嘗試自製導熱膏，塗在銅塊上，發現能使其導熱速度變快，效果更好。

新興材料石墨烯，在未來有極大的發展性，尤其在導熱、導電方面，若能應用到發電等領域將會是人類一大福祉。

二、探究題目與動機

八年級理化課教到了「導熱」，這個先前沒接觸過也不太了解的領域吸引了我們，課程中教到，導熱好的物體吸熱快，放熱也快，而我們就想到了近幾年很紅的新興材料—石墨烯，文獻指出它的導熱率高，結構也穩定，是很理想的導熱材料。於是我們想進一步利用導熱快速的銅，探究石墨烯是否真的能提升導熱效率，以及以何種方法能讓石墨烯較穩固的附著在物體表面上，長期加速物體導熱效率。

三、探究目的與假設

實驗目的：

以下各組實驗目的皆為測試石墨烯是否能有效加速導熱。

- (一) 探究銅條塗上加入石墨烯的導熱膏是否能提升導熱效果。
- (二) 探究以何種比例自製石墨烯導熱膏導熱效果較佳。
- (三) 探究何種分散液及其濃度配方能較有效分散石墨烯粉末且附著力較佳。
- (四) 探究石墨烯分散溶液是否能加速散熱。

實驗假設：

- (一) 石墨烯加入導熱膏中能有效提升導熱速率。
- (二) 石墨烯加入 BLK3.0 黑漆中佔比越高越有效提升導熱速率。
- (三) 以酒精作為分散液能較有效分散石墨烯粉末。
- (四) 石墨烯分散溶液降溫、散熱能力較水、室溫環境佳。

四、探究方法與驗證步驟

實驗一：探究銅條塗上石墨烯導熱膏能否提升導熱效果

實驗構想:讓熱傳到一段距離外，可得知導熱速度及效果是否較佳。

實驗器材:50 公分銅條兩條、鐵架、酒精燈、市售導熱膏、石墨烯

操縱變因:銅條間加速導熱之塗料

(一) 分為兩組實驗，分別為導熱膏組、石墨烯加入導熱膏組。

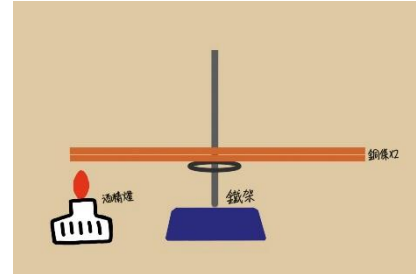
(二) 將兩條銅條置於鐵架上，各組架設方式如下。

導熱膠組:銅條間塗上一層導熱膠並以同樣方式放置。

石墨烯加入導熱膏組:將石墨烯與導熱膠混合並塗於銅條間(導熱膠:石墨烯=15:1)

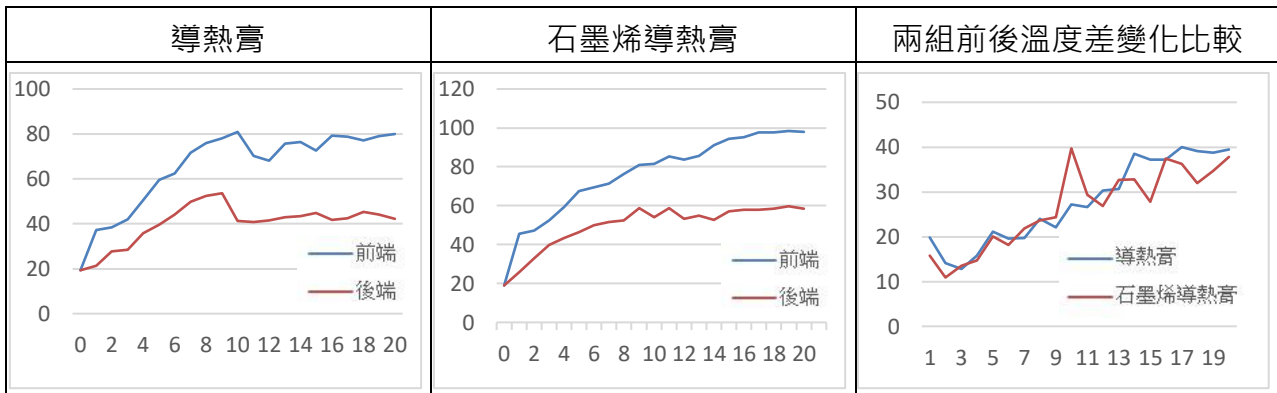
(三) 將酒精燈置於銅條一端加熱(焰溫約為 400°C)。

(四) 每 1 分鐘測量一次銅條 25 公分處之溫度並記錄，共紀錄 20 分鐘。



圖一 銅條實驗示意圖

表一 銅條導熱實驗各組數據及結果分析



結果分析

從溫度差變化比較折線圖中可看出，兩組前後端溫度差皆為上升趨勢，代表後端溫度與前端溫度差距隨時間上升，到 20 分鐘時，石墨烯導熱膏組前後溫差略低於導熱膏組，但差距微小。但從兩組前後端個別比較折線圖中可看出，導熱膏組前端只上升至約 80°C，末端最後上升至約 40°C。石墨烯導熱膏組前端上升至約 100°C，末端上升至約 60°C。石墨烯導熱膏組前後端皆較導熱膏組上升溫度更多，且多達約 20°C。

推測加入石墨烯的導熱膏**加速導熱的效果不明顯**，但確實**能夠增加導熱量**，使銅條溫度上升更高。

實驗二：探究以何種比例自製石墨烯導熱膏導熱效果較佳

實驗構想:嘗試自製類似實驗一之石墨烯導熱膏，並改用銅塊測試，製作減少散熱裝置較方便，能夠較嚴謹減少其散熱量。

實驗器材:兩塊銅塊、BLK3.0 黑漆、混和容器、保麗龍、美工刀、探照燈、溫度計、石墨烯
 操縱變因:導熱膏調配比例

- (一) 將其中一塊銅塊塗滿 BLK3.0 黑漆。
- (二) 將 BLK3.0:石墨烯以 10:1、15:1、20:1 的比例調配並混和均勻，調配完畢之混和物稱為石墨烯導熱膏。
- (三) 另一塊銅塊塗上三種比例石墨烯導熱膏。
- (四) 為減少熱量散失，將保麗龍切割出與銅塊大小相近之凹槽並放入銅塊。
- (五) 將裝置放置於 220V、500W 之探照燈底下（距離約 20 公分）照 10 分鐘。
- (六) 10 分鐘過後測量兩塊銅塊表面溫度並比較其吸熱量。
- (七) 將銅塊放置於室溫中散熱 1 分鐘。
- (八) 1 分鐘後測量兩塊銅塊表面溫度並比較其散熱量。
- (九) 做多組實驗後將結果平均後比較。



圖二 保麗龍防散熱裝置



圖三 自製石墨烯導熱膏

實驗結果:

表二 自製石墨烯導熱膏各組數據及結果分析

10:1	15:1	20:1
3 組實驗組互相比較	結果分析	
	<p>雖然 10:1 和 15:1 的數據差距都很小，但可以看出 10:1 的對照組加熱後溫度較高，15:1 組卻相反，實驗組加熱後的末溫較對照組高。3 組實驗組比較的折線圖也可看出 15:1 組的溫度上升較多。由此四張圖可看出 BLK3.0:石墨烯=15:1 的自製石墨烯導熱膏導熱效果較佳。</p> <p>與預期添加比例愈高散熱效果愈好不同，推測混合比例在 10:1~20:1 間效果較好，比例太高反而造成反效果。</p>	

實驗三：探究何種分散液及其濃度配方能較有效分離石墨烯粉末

實驗構想:透過搖晃讓液體與石墨烯完整混合並分離石墨烯粉末

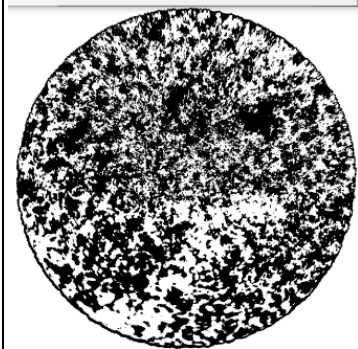
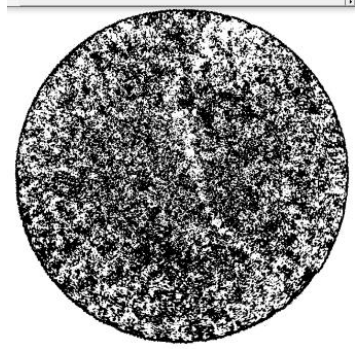
實驗器材:酒精、水、石墨烯粉末、玻璃瓶、蓋玻片、顯微鏡、image j

操縱變因:石墨烯與分散液混和之比例

- (一) 分為酒精及水兩組實驗，酒精組以酒精作為分散液，加入石墨烯分散其顆粒，水組則以水作為分散液，各分為 0.1%、0.2%、0.4%、0.8%、1.6% 五小組。
- (二) 將水或酒精與石墨烯粉末放入瓶子並大力搖晃 30 下使其混和。
- (三) 分散後的石墨烯粉末倒入培養皿並放 2~3 片蓋玻片使其附著。
- (四) 石墨烯分散溶液自然蒸發後留下附著有石墨烯粉末的蓋玻片。
- (五) 將蓋玻片取出並以顯微鏡觀察(15x40)再以手機拍下。
- (六) 使用軟體 image j 分析密度並比較結果。

實驗結果:

表三 石墨烯分散液實驗結果及分析

0.8% 石墨烯酒精溶液	1.6% 石墨烯酒精溶液	結果分析
面積占比 40.8%	面積占比 41.5%	10 組實驗中，我們得出的結果為 0.8% 與 1.6% 石墨烯酒精溶液之石墨烯粉末分散較平均且石墨烯粉末密度較高(可能因為加入量較多)。因兩組皆為酒精溶液，且濃度較高，我們判斷酒精較適合作為石墨烯粉末分散液，並且加入較多石墨烯也不會影響分散效果。
		

實驗四：探究以何種比例分散液分離後的石墨烯附著力較佳

實驗構想:透過滴定管滴下之水滴衝擊力測試何種濃度之石墨烯分散溶液附著力較佳

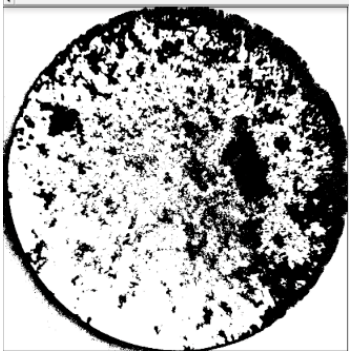
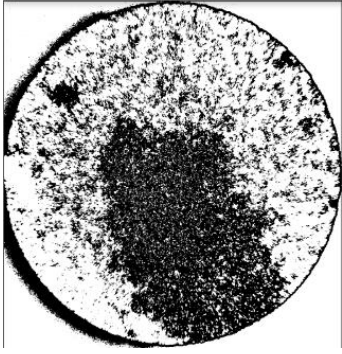
實驗器材:實驗一之蓋玻片、鐵架、滴定管、培養皿、顯微鏡、image j

操縱變因:石墨烯與分散液混和之比例

- (一) 將滴定管設置於鐵架上，並調整至離桌面 10 公分之高度。
- (二) 調整栓鈕鬆緊至 30 秒滴下 8 滴水的速度。
- (三) 將實驗二的蓋玻片放在鋪衛生紙的培養皿上
- (四) 待水滴滴下 10 滴後，取出蓋玻片並待其乾燥。
- (五) 將蓋玻片以顯微鏡觀察並拍照記錄。
- (六) 將照片用與實驗二相同之軟體及方法分析密度。
- (七) 與實驗二附著相同濃度石墨烯之蓋玻片的密度做比較。
- (八) 選出密度降低最少之組別。

實驗結果:

表四 石墨烯分散液附著力測試實驗結果及分析

0.8% 石墨烯酒精溶液	1.6% 石墨烯酒精溶液	結果分析
面積占比降低 8.3% (40.8%→32.5%)	面積占比降低 4.9% (41.5%→36.6%)	10 組實驗中依舊是酒精 0.8% 與 1.6% 石墨烯酒精溶液的石墨烯粉末分散較平均且密度較高，雖兩組皆因水滴衝擊而密度降低且粉末分散情況變差，但 0.8% 石墨烯酒精溶液密度僅降低 8.3%，1.6% 石墨烯酒精溶液密度降低 4.9%，降低幅度更小。兩組雖被水滴衝擊影響，但密度、分散狀況仍然是 10 組中較佳的，代表此兩組附著力較佳。
		

實驗五:探究以何種石墨烯分散溶液散熱效果較好

實驗構想:導熱快的物體散熱自然也快，將加熱後的銅釘泡入石墨烯分散溶液驗證散熱速度是否較置於室溫及水中快，若散熱速度有提升那將石墨烯分散溶液乾燥後附著於固體上應能夠加速導熱。

實驗器材:銅釘數個、燃燒匙、酒精燈、1.6% 石墨烯分散溶液

操縱變因:散熱時周圍環境

- (一) 將銅釘放在燃燒匙上並置於酒精燈上加熱(焰溫約 400 為 $^{\circ}\text{C}$)。
- (二) 分為室溫組、自來水組、石墨烯分散溶液組
- (三) 將三組銅釘各加熱 30 秒後，各組實驗方法如下

室溫組:加熱後直接將燃燒匙與銅釘置於空氣中散熱

自來水組:加熱後將燃燒匙與銅釘放入裝有水的燒杯(銅釘不可直接丟入)

石墨烯分散液組:加熱後將燃燒匙與銅釘放入裝分散液的燒杯(銅釘不可直接丟入)

- (四) 以上述方法讓銅釘散熱 30 秒後並測溫，各組各做三次取平均。



圖四 銅釘實驗示意圖

實驗結果:

表五 銅釘散熱實驗數據及結果分析

三組加熱前→加熱後(散熱前)→散熱後溫度變化	結果分析																
<table border="1"><caption>銅釘散熱實驗數據表</caption><thead><tr><th>環境</th><th>加熱前</th><th>加熱後(散熱前)</th><th>散熱後</th></tr></thead><tbody><tr><td>室溫</td><td>22.0</td><td>80.0</td><td>60.0</td></tr><tr><td>水</td><td>22.0</td><td>70.0</td><td>25.0</td></tr><tr><td>石墨烯</td><td>22.0</td><td>70.0</td><td>25.0</td></tr></tbody></table>	環境	加熱前	加熱後(散熱前)	散熱後	室溫	22.0	80.0	60.0	水	22.0	70.0	25.0	石墨烯	22.0	70.0	25.0	<p>從左圖可看出，在室溫中降溫效果不佳，30 秒後降溫約 20°C。在水中與石墨烯酒精溶液中降溫效果則較佳，銅釘加熱後放入水中 30 秒約降溫 40°C，放入石墨烯酒精溶液則降溫將近 50°C。由這些數據可得知，石墨烯酒精溶液散熱效果較佳，進而推導出其導熱效果也較水及空氣佳。</p>
環境	加熱前	加熱後(散熱前)	散熱後														
室溫	22.0	80.0	60.0														
水	22.0	70.0	25.0														
石墨烯	22.0	70.0	25.0														

五、結論與生活應用

- (一) 探究銅條塗上加入石墨烯的導熱膏是否能提升導熱效果。
加入石墨烯之導熱膏導熱速度雖沒有太大提升，但有提高導熱量的效果，塗上銅條後銅條末段溫度比未加石墨烯之導熱膏高約 20°C
- (二) 探究以何種比例自製石墨烯導熱膏導熱效果較佳。
以 BLK3.0 黑漆:石墨烯=15:1 比例調配導熱膏較 20:1 及 10:1 導熱膏導熱效果佳。
- (三) 探究何種分散液及其濃度配方能較有效分散石墨烯粉末且附著力較佳。
酒精為較有效的分散液，0.8% 及 1.6% 石墨烯酒精溶液附著力較佳，1.6% 又較 0.8% 附著力高。
- (四) 探究石墨烯分散溶液是否能加速散熱。
將加熱 30 秒之銅釘放入 1.6% 石墨烯酒精溶液中 30 秒可使銅釘降溫約 50°C，散熱效果較水中及室溫中佳。

參考資料

PanSci 泛科學科技新聞。相對論流體動力學也出現在量子元件上！台師大研究揭開石墨烯材料之謎。取自

<https://pansci.asia/archives/156709>

PanSci 泛科學科技新聞。(廖英凱)。輕薄的石墨烯，超級電容的問世關鍵。取自

<https://pansci.asia/archives/76889>

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。微型生物分子偵測器，氧化石墨烯濾紙電阻與蔗糖濃度關係。取自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030211.pdf>

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會。「烯」金焦點。取自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-052409.pdf>