

桃園市陽明高中107學年度校內科學展覽會 作品說明書封面

科 別：化學科

作品名稱：不再孤單寂寞覺得冷—暖心發熱衣實驗

關 鍵 詞：發熱衣材質、石墨烯配置、導熱效能

摘要

本實驗透過測量具備各種不同材料（如聚丙烯纖維、聚酯纖維、螺縐等）及其在各個發熱衣中所佔之不同比例，對於其發熱與保溫效果進行探討。除了上述的材料之外，更好奇還有什麼樣的材質擁有較高的導熱率（導熱係數）。

導熱係數 (Heat Transfer Coefficient) 又稱傳熱係數(k)的單位為W/m.K，熱導率公式為 $k = (Q/t) * L / (A * T)$ ，其中k為熱導率、Q為熱量、t為時間、L為長度、A為面積、T為溫度差，用來衡量單位時間能傳導的熱能。石墨烯導熱係數高達5300W/m.K，高於金剛石（2300W/m.K）。於是欲利用自行製備的石墨烯，與發熱衣一併測量其保溫效果。

壹、研究動機

在寒冷的冬天，一般衣物裡常會多加一件所謂的「發熱衣」，而發熱衣是否真的能幫助發熱？真的能有保持溫度的效用？一直是一件令人感到好奇的事物。市面上販售的發熱衣種類琳瑯滿目，於是追求利用最低的價格買到最具效能的發熱衣便成為值得探究的事情。

發熱衣真的能發熱嗎？有研究顯示，發熱衣最主要的發熱來源就是人的體溫。

「纖維吸濕放熱」的原理，是在布料中織入聚丙烯酸酯，利用纖維吸收將水蒸氣凝結成水時所放出的熱量，達到發熱的效果。由此了解發熱衣並不能真正「發熱」，實驗方向轉為測量各個發熱衣及其材質最好的「保溫」效果，並想透過自行製作具高導熱係數的石墨烯，一同了解導熱係數較高的石墨烯（直接傳導熱能力較好）是否較一般在發熱衣中常見的材質具備更好的保溫效果，嘗試以不同比例混入現有的發熱衣中，觀察其保溫的狀態是否影響其他材質，或是能夠增進效果，達到更好的保溫狀態。

貳、研究目的

- 一、在固定時間內測量最具保溫效果的發熱衣樣品。
- 二、探討發熱衣中最具保溫效果的材料。
- 三、自行製備石墨烯。
- 四、測量並探討石墨烯導熱與保溫的效果。

參、研究設備及器材

器材：

燒杯	溫度計	紅外線溫度計
密封夾鏈帶	發熱衣	鑷子
布手套	瓦斯爐	小湯匙
打火機	玻棒	抽濾機
陶瓷抽濾漏斗	抽濾瓶	濾紙
烘箱	刮勺	電子秤
秤量紙	抽風櫥	加熱板

藥品：

鎂帶	乾冰	蒸餾水
活性碳 (2g)	硝酸鈉 (1g)	濃硫酸 (46mL)
過錳酸鉀 (6g)	過氧化氫水溶液 (30%)	鹽酸水溶液 (1M)
冰塊		

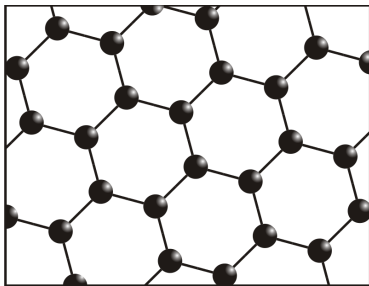
肆、研究過程及方法

一、發熱衣保溫能力測量

1. 測量當下的室溫，調配40度左右的熱水置於燒杯中，並放入溫度計測量水溫，等待放涼至 37 度。
2. 待水溫降至 37 度後，取 250mL 的水置入密封夾鏈袋中。
3. 測量發熱衣在室溫下的初溫。
4. 將密封的夾鏈袋置入發熱衣的袖口，並用紅外線溫度計測量初溫。
5. 每隔一分鐘測量發熱衣表面溫度，連續十次，觀察發熱衣的溫度升降變化。
6. 測完十次之後，將其靜置於原地，每隔 30 分鐘測量一次溫度，直到其降至初溫。

二、石墨烯的性質與製備

(一) 石墨烯的性質



圖(一) 石墨烯

石墨烯（Graphene）是一種由碳原子以 sp^2 混成軌域組成六角型呈蜂巢晶格的平面薄膜，只有一個碳原子厚度的二維材料。石墨烯從前被認為是假設性的結構，無法單獨穩定存在，直至2004年，英國曼徹斯特大學物理學家安德烈·海姆和康斯坦丁·諾沃肖洛夫，成功地在實驗中從石墨中分離出石墨烯，而證實它可以單獨存在，兩人也因「在二維石墨烯材料的開創性實驗」為由，共同獲得2010年諾貝爾物理學獎。

石墨烯目前是最薄卻也是最堅硬的奈米材料，它幾乎是完全透明的，只吸收2.3%的光；導熱系數高達 $5300\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ，高於奈米碳管和金剛石，常溫下其電子遷移率超過 $15000\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，又比奈米碳管或矽晶體（monocrystalline silicon）高，而電阻率只約 $10^{-6}\text{ }\Omega\cdot\text{cm}$ ，比銅或銀更低，為目前世上電阻率最小的材料。由於它的電阻率極低，電子的移動速度極快，因此被期待可用來發展出更薄、導電速度更快的新一代電子

元件或電晶體。石墨烯實質上是一種透明、良好的導體，也適合用來製造透明觸控螢幕、光板、甚至是太陽能電池。

(二)、石墨烯的製備：

(一) 鎂帶燃燒法

1. 將兩塊乾冰分別挖一個寬約2cm、深約1.5cm的凹槽，並將鎂帶放入其中一個凹槽。
2. 再將另一條鎂帶使用瓦斯爐點燃，快速置入乾冰凹槽中引燃其中的鎂帶，再迅速蓋上另一塊乾冰。
3. 待鎂帶燃燒完畢後，將產物倒入燒杯中，重複以上步驟多次，以獲得足夠產物。
4. 將燒杯置入1M、250mL鹽酸水溶液中並持續攪拌，使 Mg 、 MgO 和 HCl 反應生成 MgCl_2 ，使其反應至不再有氣泡產生。
5. 三天後，用抽濾機將水溶液過濾掉，再邊抽濾邊用蒸餾水沖洗黑色石墨烯沉澱物，使 MgCl_2 溶於水中，直到濾液呈中性，得黑色石墨烯沉澱物。
6. 將石墨烯沉澱物置於烘箱中烘乾。



圖(二) 置備石墨烯-鎂帶燃燒法 實驗照片

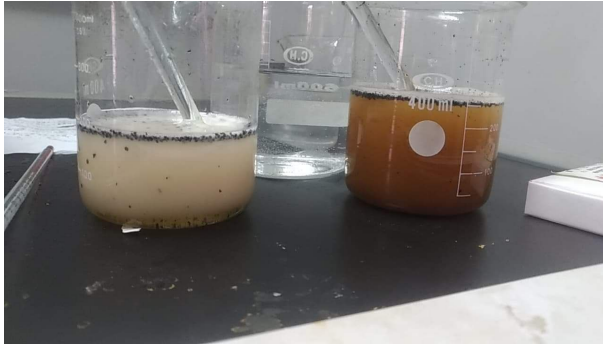
(二) 製備氧化石墨烯

1. 精秤 2g 活性碳與 1g 硝酸鈉，溶於水欲加入 46mL 濃硫酸中。

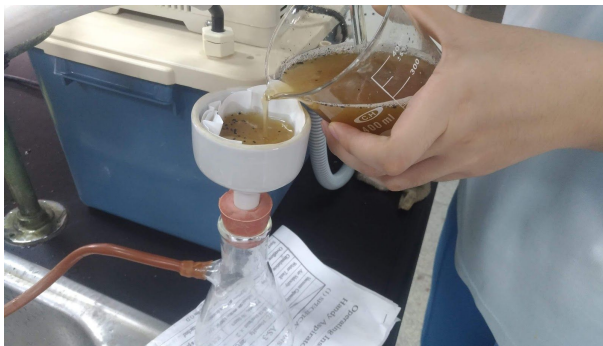
2. 再取 6g 過錳酸鉀加入上述溶液中，加熱保持 35 度並持續攪拌，此時溶液呈棕色。
3. 將上述溶液移至冰水中，緩慢加入 92mL 蒸餾水並持續攪拌。
4. 加熱上述溶液 40 分鐘並維持 98 度，直至溶液由棕色轉為黃棕色。
5. 將 30% 過氧化氫水溶液邊攪拌邊加入上述溶液，直到沒有氣泡產生為止。
6. 將溶液抽氣過濾並用稀鹽酸沖洗去掉多餘的離子，再以蒸餾水沖洗沉澱物直到濾液呈中性。
7. 將棕色石墨烯沉澱物置於烘箱中烘乾。



圖(三) 置備氧化石墨烯實驗照片 1



圖(四) 置備氧化石墨烯實驗照片 2



圖(五) 置備氧化石墨烯實驗照片3

伍、研究結果

測試樣品一	測試樣品二	測試樣品三	測試樣品四	測試樣品五
爆榮 36.5% 壓克力纖維 43.5% 彈性纖維 2 % 尼龍 18 %	爆榮 31% 壓克力纖維 47% 彈性纖維 3 % 聚酯纖維 19 %	爆榮 55% 聚丙烯腈纖維(壓克力纖維) 40% 聚氧機甲酸酯纖維 5%	爆榮 15% 棉 40% 尼龍 20 % 聚丙烯腈纖維 20% 聚氧機甲酸酯纖維 5%	爆榮 67% 壓克力纖維 19% 彈性纖維 7 % 維勒夫特 7%



圖(六) 實驗照片

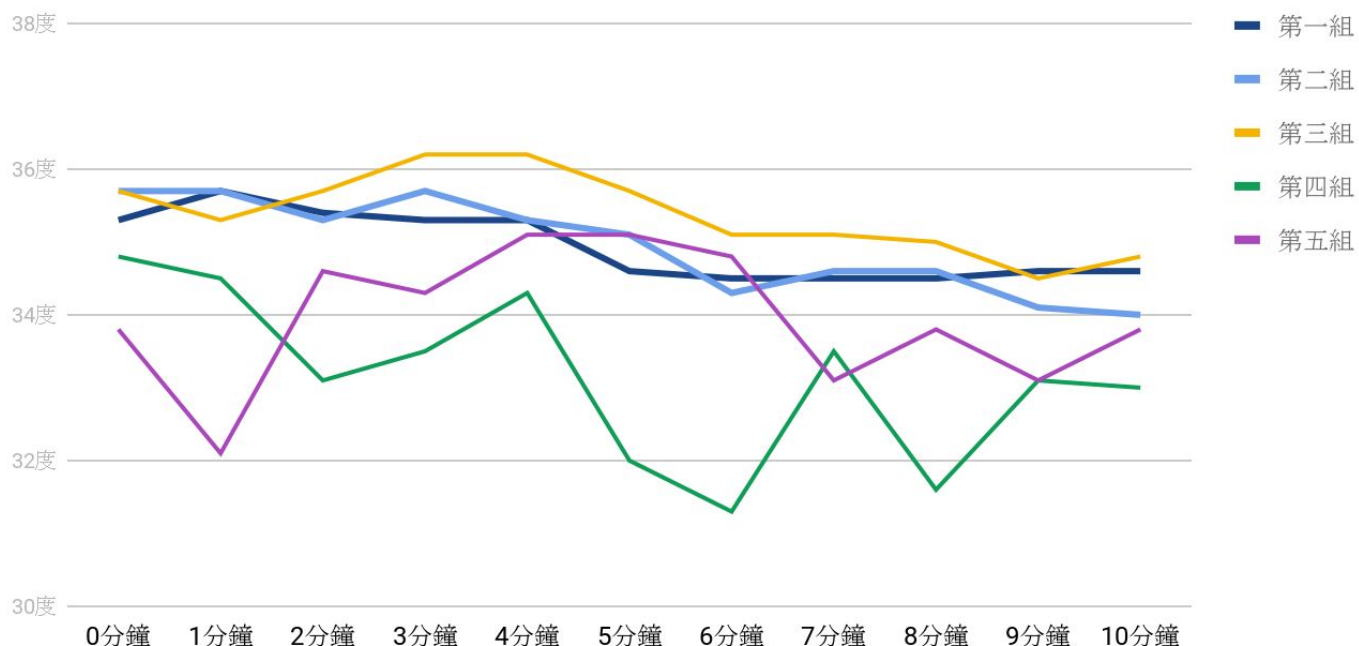


圖(七) 實驗照片

第一次實驗結果 2018.11.08 (四) 下午 12 : 35 室溫 : 26 °C

分鐘	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一組	35.3	35.7	35.4	35.3	35.3	34.6	34.5	34.5	34.5	34.6	34.6
第二組	35.7	35.7	35.3	35.7	35.3	35.1	34.3	34.6	34.3	34.1	34.0
第三組	35.7	35.3	35.7	36.2	36.2	35.7	35.1	35.1	35.0	34.5	34.8
第四組	34.8	34.5	33.1	33.5	34.3	32.0	31.3	33.5	31.6	33.1	33.0
第五組	33.8	32.1	34.6	34.3	35.1	35.1	34.8	33.1	33.8	33.1	33.8

第一次實驗結果



(圖八) 五種材質不同的試測樣品在十分鐘內放熱曲線圖

1. 實驗討論

從上圖 我們可以得到以下結論：

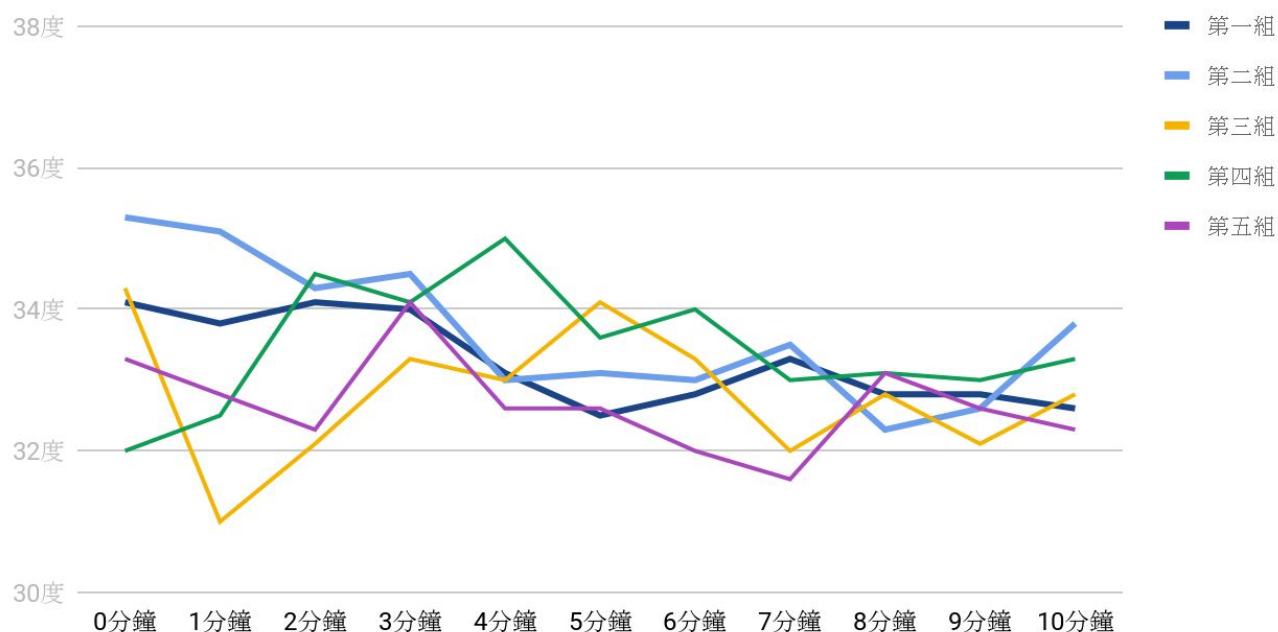
第一組、第二組及第三組在室溫下放熱曲線變動較小；第四組及第五組放熱曲線變動較大。並且每一條放熱曲線均有起伏，可能是因為試測放熱衣本身進行放熱，而使曲線略為升高，其中以第四組樣品的保溫發熱效果最差，其測得的最低溫 31.3°C 與初溫 34.8°C 相差 3.5°C ，為五組數據中溫度降溫程度最明顯的一組。

第二次實驗結果 2018.11.09 (五) 上午 10 : 41 室溫 : 26°C

分鐘	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一組	34.1	33.8	34.1	34.0	33.1	32.5	32.8	33.3	32.8	32.8	32.6
第二組	35.3	35.1	34.3	34.5	33.0	33.1	33.0	33.5	32.3	32.6	33.8

第三組	34.3	32.0	32.1	33.3	33.0	34.1	33.3	32.0	32.8	32.1	32.8
第四組	32.0	32.5	34.5	34.1	35.0	33.6	34.0	33.0	33.1	33.0	33.3
第五組	33.3	32.8	32.3	34.1	32.6	32.6	32.0	31.6	31.1	32.6	32.3

第二次實驗結果



圖(九) 五種材質不同的試測樣品在十分鐘內放熱曲線圖

2. 實驗討論

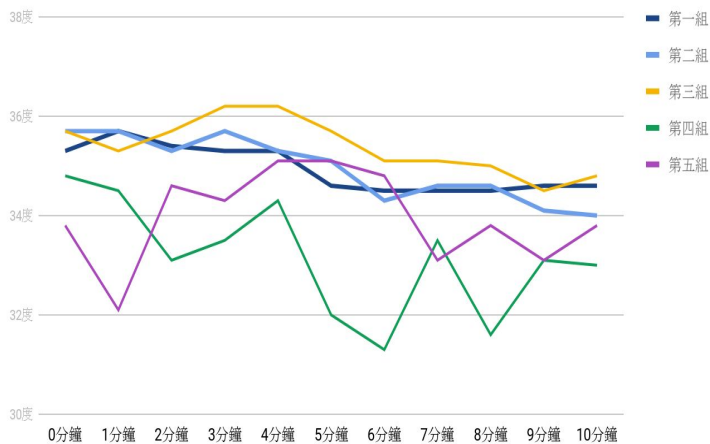
從上圖我們可以得到以下結論：

由於初溫受到室溫影響，導致在初溫時測量略有差異，但對個別樣品的放熱曲線並無影響，從上圖可知五組放熱曲線在十分鐘內的趨勢都逐漸維持平衡，在最後的7-10分鐘，五組的溫度變化均 ≤ 2 。

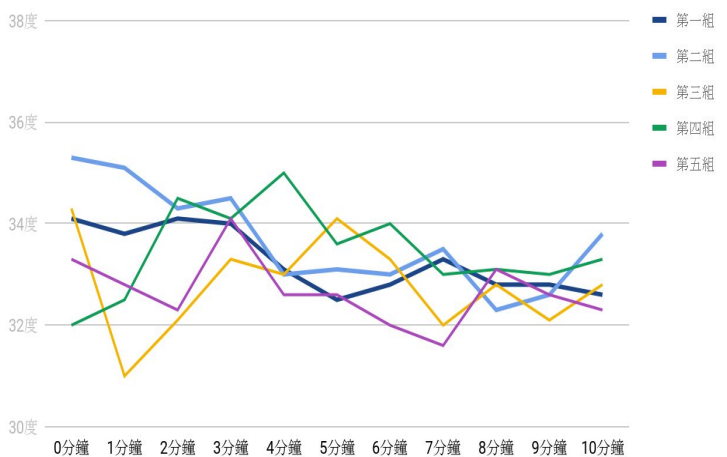
(二)實驗圖形

1.十分鐘內的放熱曲線圖

第一次實驗結果



第二次實驗結果



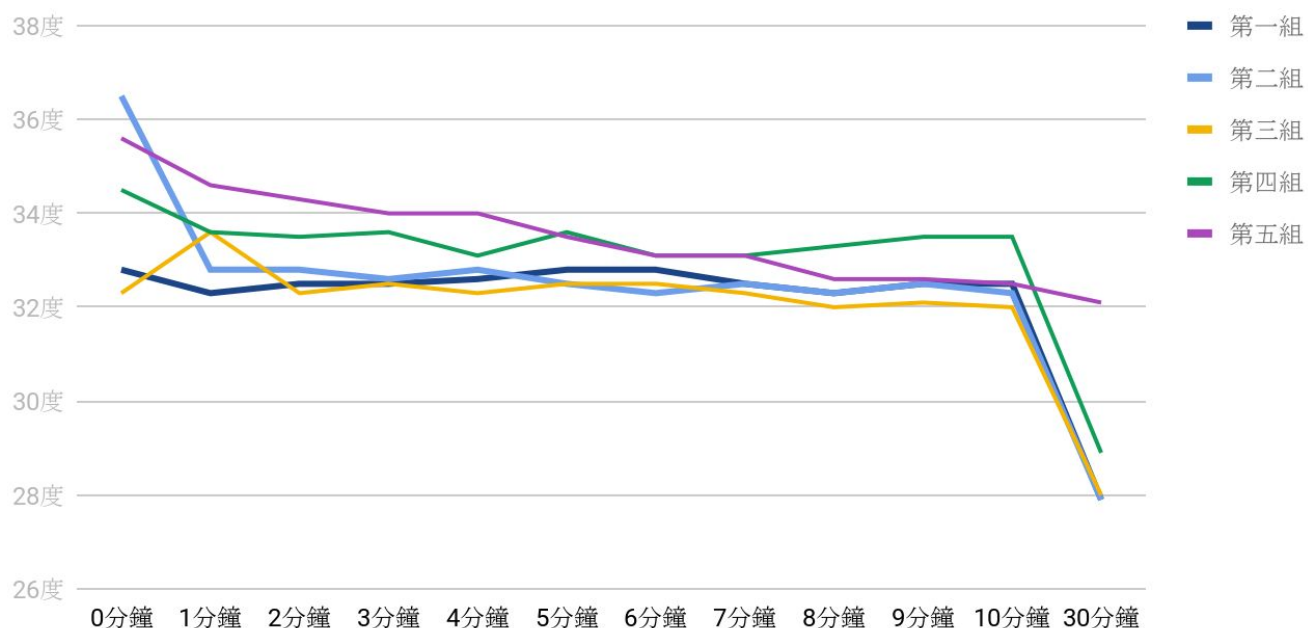
3. 實驗討論

在十分鐘內的試測中，我們觀察到——其一，初溫都因受室溫影響而略有差異，雖然在個別的曲線中並無影響，但是在五組數據對比中較不明顯。其二，因為試測時間只有十分鐘，所以無法精確知道五組樣品的最大保溫時長，進而探討其保溫發熱效能差異，因此我們試著把試測時間拉長。

第三次實驗結果--三十分鐘實驗 2018.11.10 (六) 下午 7 : 50 室溫 : 28 ℃

分鐘	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30
第一組	32.8	32.3	32.5	32.5	32.6	32.8	32.8	32.5	32.3	32.5	32.5	27.9
第二組	36.5	32.8	32.8	32.6	32.8	32.5	32.3	32.5	32.3	32.5	32.3	27.9
第三組	32.3	33.6	32.3	32.5	32.3	32.5	32.5	32.3	32.0	32.1	32.0	28.0
第四組	34.5	33.6	33.5	33.6	33.1	33.6	33.1	33.1	33.3	33.5	33.5	28.9
第五組	35.6	34.6	34.3	34.0	34.0	33.5	33.1	33.1	32.6	32.6	32.5	32.1

第三次實驗結果



圖(十) 五種材質不同的試測樣品在三十分鐘內放熱曲線圖

4. 實驗討論

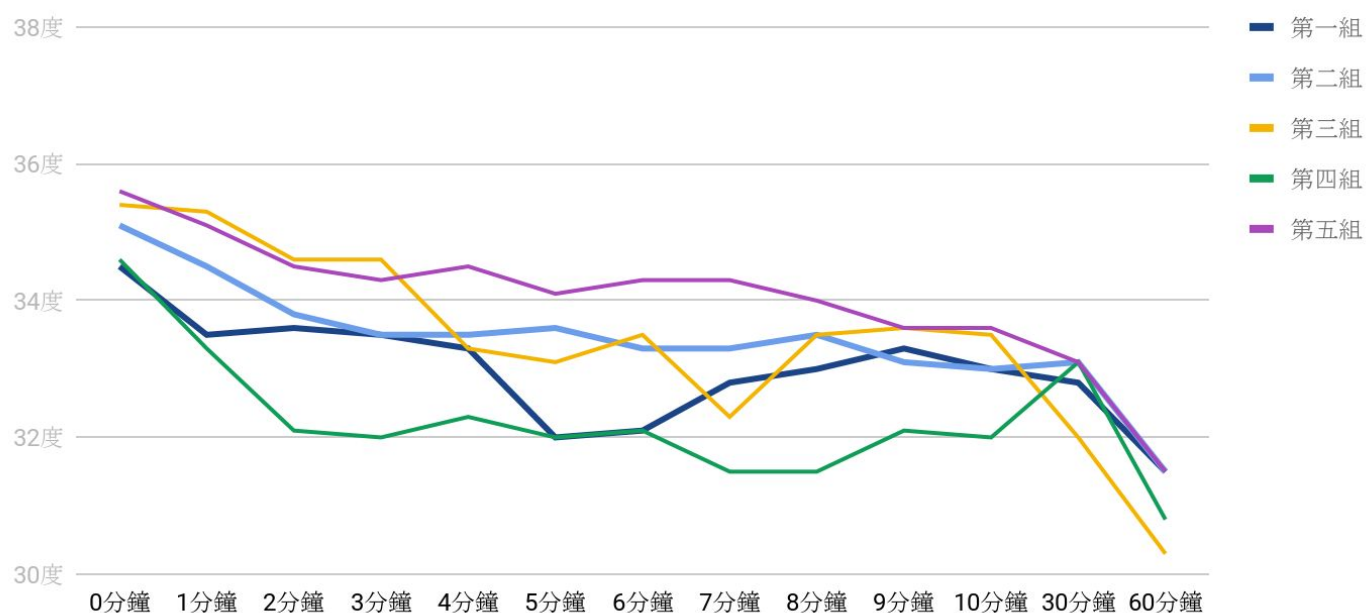
從上圖我們可以得到以下結論：

在第三次試測時，我們將時間拉長至30分鐘，在試測的前期與中期，除了在試測0-1分鐘內因試測樣品受室溫影響 $2 \leq \text{溫差} \leq 4$ ，每一組的放熱曲線都很平衡(溫差 ≤ 2)，但是試測後期，第一組、第二組、第三組及第四組均明顯降溫($\neq 28^\circ\text{C}$)，第五組卻能維持在($\neq 32^\circ\text{C}$)，因此我們推估，第五組的保溫及發熱效能優於另外四組。

第四次實驗結果--六十分鐘實驗 2018.11.11 (日) 下午 2 : 30 室溫 : 28 °C

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30	60
第一組	34.5	33.5	33.6	33.5	33.3	32.8	32.1	32.8	33.0	33.3	33.0	32.8	31.5
第二組	35.1	34.5	33.8	33.5	33.5	33.6	33.3	33.3	33.5	33.1	33.0	33.1	31.5
第三組	35.4	35.3	34.6	34.6	33.3	33.1	33.5	32.3	33.5	33.6	33.5	32.0	30.3
第四組	34.6	33.3	32.1	32.0	32.3	32.0	32.1	31.5	31.5	32.1	32.0	33.1	30.8
第五組	35.6	35.1	34.5	34.3	34.5	34.1	34.3	34.3	34.0	33.6	33.6	33.1	31.5

第四次實驗結果



圖(十一) 五種材質不同的試測樣品在六十分鐘內放熱曲線圖

5. 實驗討論

從上圖我們可以得到以下結論：

在第四次試測時，我們將試測樣品放入烘箱，使五組的初溫差異降低(初溫差異 ≤ 2)，並且我們將試測時間再拉長至60分鐘。在試測前期，保溫及發熱效能最好的是第五組，最差的則

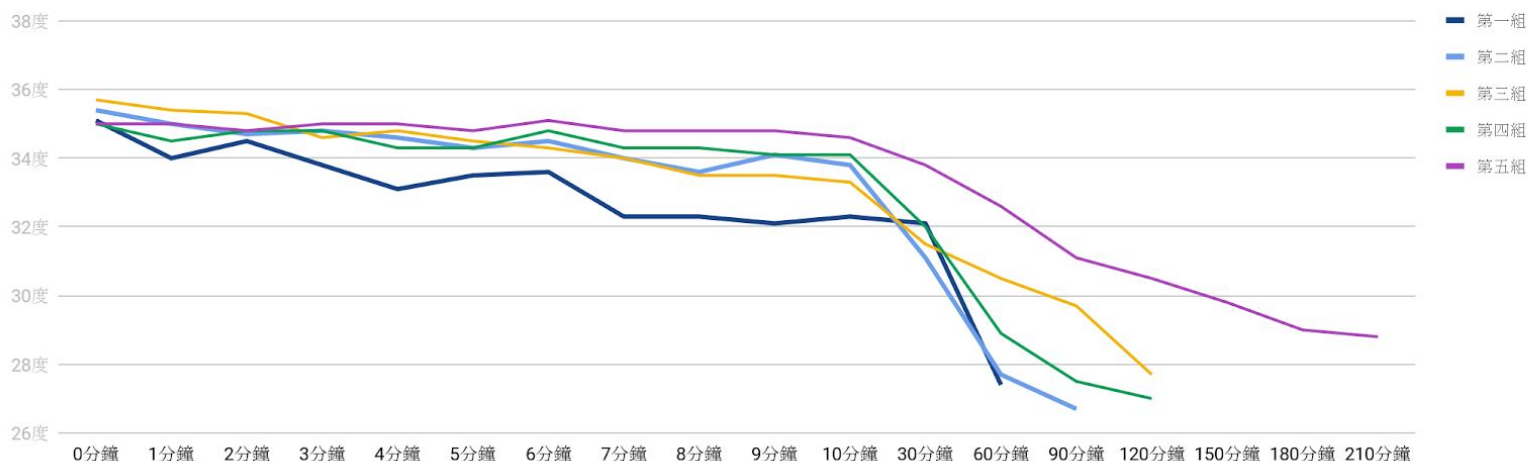
為第四組；在3試測中期(30分鐘)時，第三組的溫度略低於其他四組，此時一、二、四、五之試測溫度趨近相同；在試測後期(60分鐘)，其測量結果為 $T^{\circ}\text{C}_1=T^{\circ}\text{C}_2=T^{\circ}\text{C}_5>T^{\circ}\text{C}_4>T^{\circ}\text{C}_3$ 。

第五次實驗結果--從初溫降至室溫 2018.11.13 (三) 下午 11 : 00 室溫 : 26 °C

分鐘	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一組	35.1	34.0	34.5	33.8	33.1	33.5	33.6	32.3	32.3	32.1	32.3
第二組	35.4	35.0	34.7	34.8	34.6	34.3	34.5	34.0	33.6	34.1	33.8
第三組	35.7	35.4	35.3	34.6	34.8	34.5	34.3	34	33.5	33.5	33.3
第四組	35.0	34.5	34.8	34.8	34.3	34.3	34.8	34.3	34.3	34.1	34.1
第五組	35.0	35.0	34.8	35.0	35.0	34.8	35.1	34.8	34.8	34.8	34.6

分鐘	30	60	90	120	150	180	210
第一組	32.1	27.4					
第二組	31.1	27.7	26.7				
第三組	31.5	30.5	29.7	27.7			
第四組	32.0	28.9	27.5	27.0			
第五組	33.8	32.6	31.1	30.5	29.8	29.0	28.9

第五次實驗結果



圖(十二) 五種材質不同的試測樣品回到室溫的放熱曲線圖

6. 實驗討論

從上圖我們可以得到以下結論：

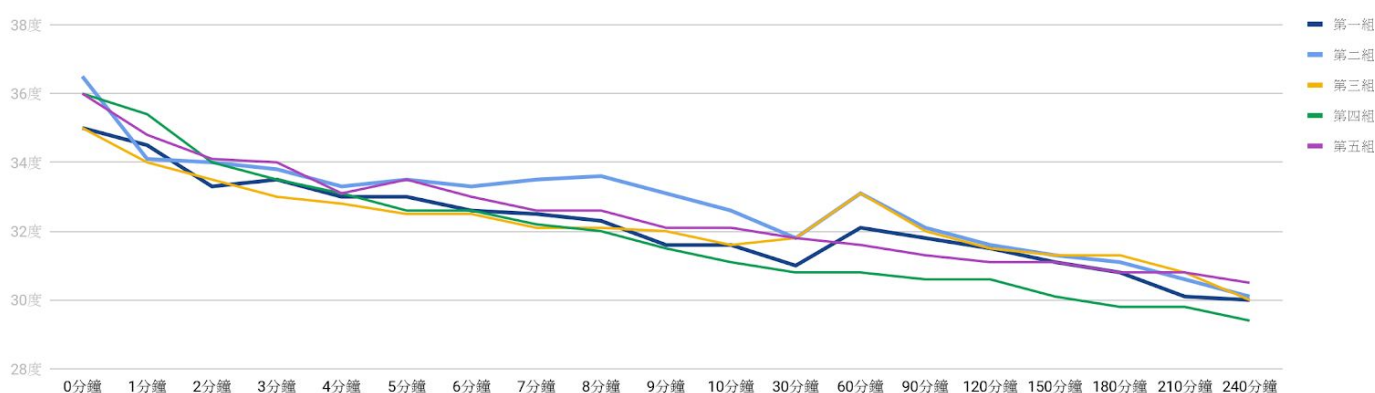
在第五次試測中，我們也將樣品放烘箱，降低初溫的差異，並且我們測量每一組樣品回到室溫的時間，從五組回到室溫的時間($T_5 > T_3 > T_4 > T_2 > T_1$)可知，第五組的保溫耐熱效能遠高於其他四組。

第六次實驗結果-- 從初溫降至室溫 2018.12.04 下午 7 : 00 室溫 : 27 °C

分鐘	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一組	36.0	34.5	33.3	33.5	33.0	33.0	32.6	32.5	32.3	31.6	31.6
第二組	36.5	34.1	34.0	33.8	33.3	33.5	33.3	33.5	33.6	33.1	32.6
第三組	36.5	34.0	33.5	33.0	32.8	32.5	32.5	32.1	32.1	32.0	31.6
第四組	36.0	35.4	34.0	33.5	33.1	32.6	32.6	32.2	32.0	31.5	31.1
第五組	36.0	34.8	34.1	34.0	33.1	33.5	33.0	32.6	32.6	32.1	32.1

分鐘	30	60	90	120	150	180	210	240
第一組	31.0	32.1	31.8	31.5	31.1	30.8	30.1	30.0
第二組	31.8	33.1	32.0	31.5	31.3	31.3	30.6	30.1
第三組	31.8	33.1	32.0	31.5	31.3	31.3	30.8	30.0
第四組	30.8	30.8	30.6	30.6	30.1	29.8	29.8	29.4
第五組	31.8	31.6	31.3	31.1	31.1	30.8	30.8	30.5

第六次實驗結果



圖(十三) 五種材質不同的試測樣品回到室溫的放熱曲線圖

7. 實驗討論

從上圖我們可以得到以下結論：

在第六次試測中，我們同樣將樣品放烘箱，降低初溫的差異，並將其最大溫差控制在 ≤ 2 。

五組的放熱曲線圖雖受自身發熱而使溫度略為上升而有起伏，但五組曲線都有相同的趨勢，

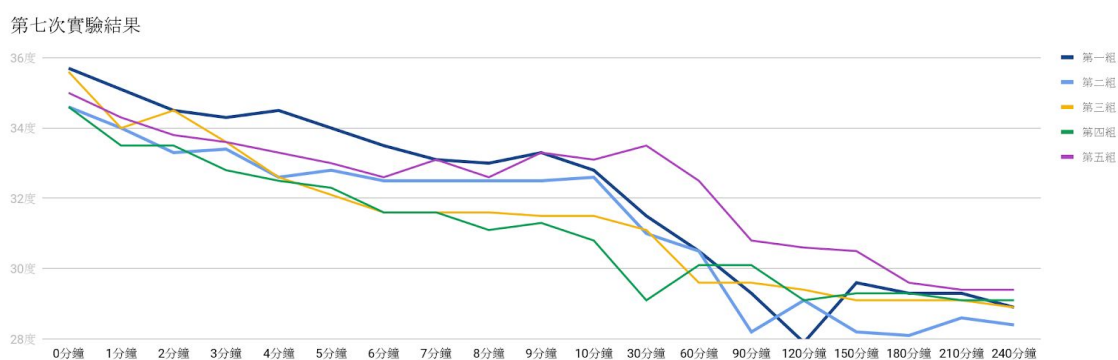
從試測末期的曲線圖($T^{\circ}\text{C}_5 = T^{\circ}\text{C}_2 = T^{\circ}\text{C}_3 > T^{\circ}\text{C}_1 > T^{\circ}\text{C}_4$)可知，第四組的溫度略低。

第七次實驗結果-- 從初溫降至室溫 2018.12.05 下午 10 : 00 室溫 : 27°C

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一組	35.7	35.1	34.5	34.3	34.5	34.0	33.5	33.1	33.0	33.3	32.8
第二組	34.6	34.0	33.3	33.4	32.6	32.8	32.5	32.5	32.5	32.5	32.6

第三組	35.6	34.0	34.5	33.6	32.6	32.1	31.6	31.6	31.6	31.5	31.5
第四組	34.6	33.5	33.5	32.8	32.5	32.3	31.6	31.6	31.1	31.3	30.8
第五組	35.0	34.3	33.8	33.6	33.3	33.0	32.6	33.1	32.6	33.3	33.1

分鐘	30	60	90	120	150	180	210	240
第一組	31.5	30.5	29.3	27.9	29.6	29.3	29.3	28.9
第二組	31.0	30.5	28.2	29.1	28.2	28.1	28.6	28.4
第三組	31.1	29.6	29.6	29.4	29.1	29.1	29.1	28.9
第四組	29.1	30.1	30.1	29.1	29.3	29.3	29.1	29.1
第五組	33.5	32.5	30.8	30.6	30.5	29.6	29.4	29.4



圖(十四) 五種材質不同的試測樣品回到室溫的放熱曲線圖

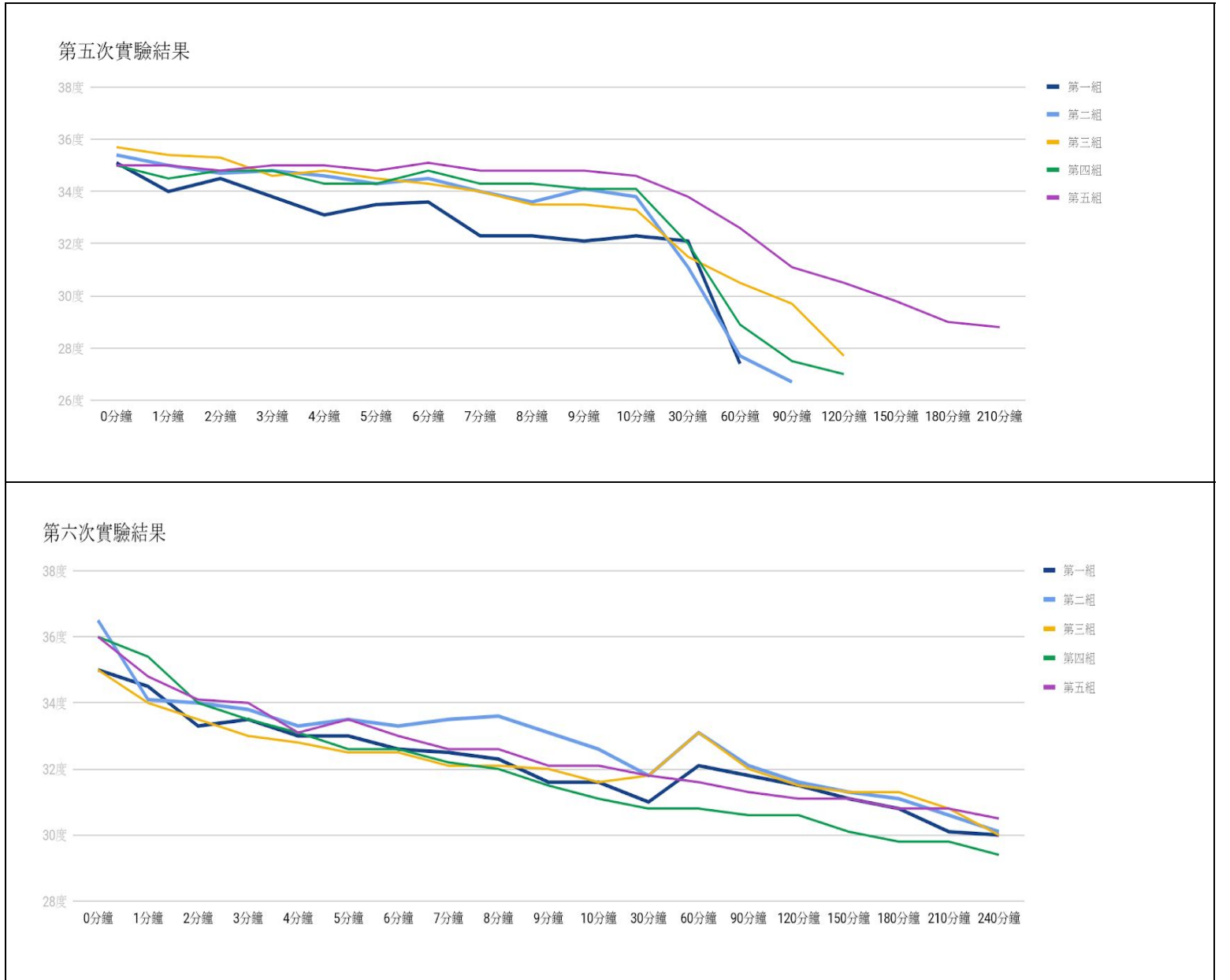
7. 實驗討論

從上圖我們可以得到以下結論：

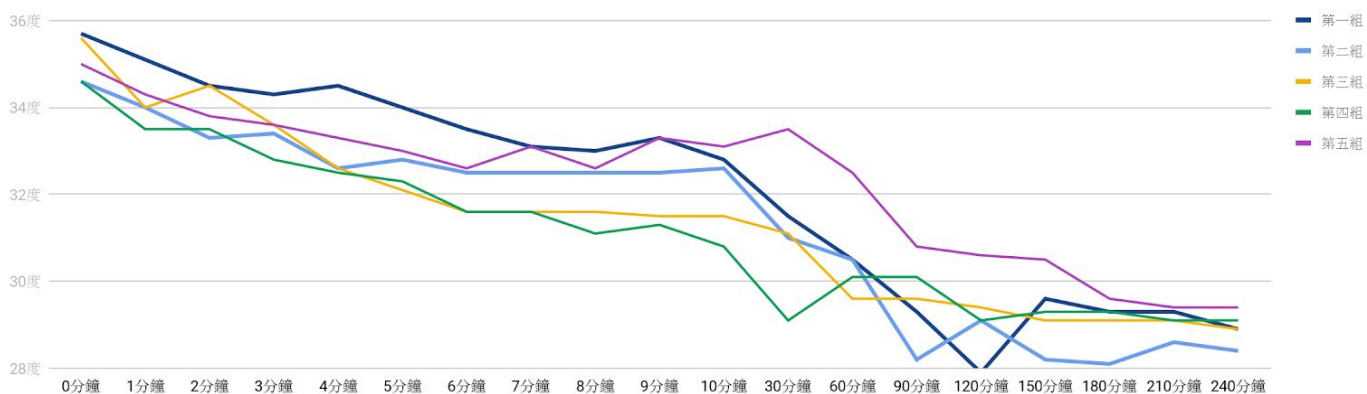
在第七次試測中，因為在初測時，也有放入烘箱控制溫度，因而五組樣品的初溫最大溫差皆 ≤ 2 ，此外我們也發現五組再回到接近室溫的半小時時段，均保持一定溫度的平衡，並且第五組的保溫及放熱效能最好且第四組為最差。

(二)實驗圖形

1.從初溫降至室溫內的放熱曲線圖



第七次實驗結果



3. 實驗討論

在初溫降至室溫內的試測中，我們觀察到——其一，初溫都因有烘箱溫控，所以最大溫差均 ≤ 2 。其二，因為將試測時間拉長至接近室溫，使我們能夠更清楚的觀察五組的放熱曲線，雖然三次實驗的曲線圖略有差異，我們推論可能是氣候條件及環境的差異所造成的影響，但從上圖中，發現共同的特點——第五組的保溫及發熱時長最久和升溫效能最好，而第四組的升溫效能略差。

由上述實驗測量物中，得到的**結論**：

- (1) 每一組的整體溫度隨時間逐漸下降，但會因發熱衣發熱保溫而有些微回溫。
- (2) 在實驗時間短時，保溫效能差異不明顯；拉長實驗時間，使保溫效能差異更明顯。
- (3) 時長10分鐘的測試中，我們可以發現試測樣品的溫度最後會趨於平衡。
- (4) 試測樣品五的保溫發熱效能最好，而試測樣品四的保溫發熱效能最差。

因而我們去探討試測物材質的差異和比較：

(一)材質分析

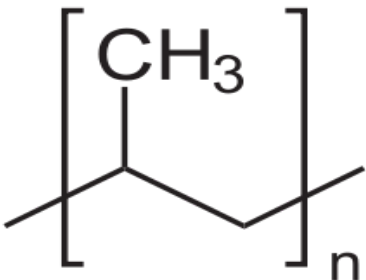
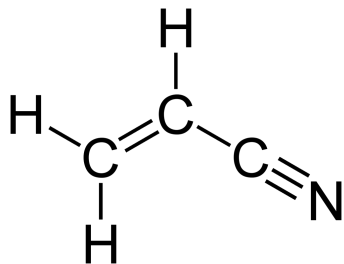
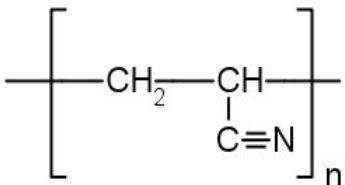
人造纖維的種類:人造纖維是由原本並非「纖維」的物質製造而成的纖維，主要分為兩類：

1.合成纖維-化學聚合

2.再生纖維(半合成)-化學改質

(1) 聚丙烯腈纖維（壓克力）

聚丙烯腈是由單體丙烯腈經自由基聚合反應而得到。大分子鏈中的丙烯腈單元是接頭-尾方式相連的。主要用于製聚丙烯腈纖維，聚丙烯腈纖維（俗稱晴綸）的強度並不高，耐磨性和抗疲勞性也較差。聚丙烯腈纖維的優點是耐候性和耐日曬性好，在室外放置18個月後還能保持原有強度的 77%。它還耐化學試劑，特別是無機酸、漂白粉、過氧化氫及一般有機試劑。

	聚丙烯 聚丙烯是一種半結晶的熱塑性塑膠。具有較高的耐衝擊性，機械性質強韌，抗多種有機溶劑和酸鹼腐蝕。市場上絕大多數微波爐專用塑膠容器都應是聚丙烯材質，這是因為它的耐熱且化學穩定性比較高。
	丙烯腈 丙烯腈的最主要的用途是作為單體來生產聚合物，如聚丙烯腈。
	聚丙烯腈 三大合成纖維之一。聚丙烯腈纖維 Polyacrylonitrile (PAN) 是加成聚合物。常用作羊毛替代品。丙烯腈單體 (H₂C=CH-CN) 聚合而成。熔點為317℃。

物理上的特性：

- (1) 微纖維至粗纖維均有
- (2) 濕紡壓克力呈圓形及豆形
- (3) 乾紡壓克力呈狗骨形，並且更加柔軟及富有光澤
- (4) 手感與羊毛相似
- (5) 可染成多種顏色

(6) 具熱可塑性，遇火便會燃燒及融化

(7) 吸濕率趨近於 0%

化學上的特性：

(1) 可透過熱定型方法做出壓紋、齊褶及摺痕

(2) 高溫可導致收縮及褪色

(3) 除硝酸外，具有抵抗其他酸性物質的能力

(4) 可抵抗鹼性，但氫氧化鈉會使品質變差

力學上的特性：

(1) 具有很大的可調性

(2) 可伸展性良好

(3) 能抵受光及化學品

(4) 彈性中等，黏性中等

(5) 防皺

(2) 聚醯胺纖維（尼龍）Nylon：

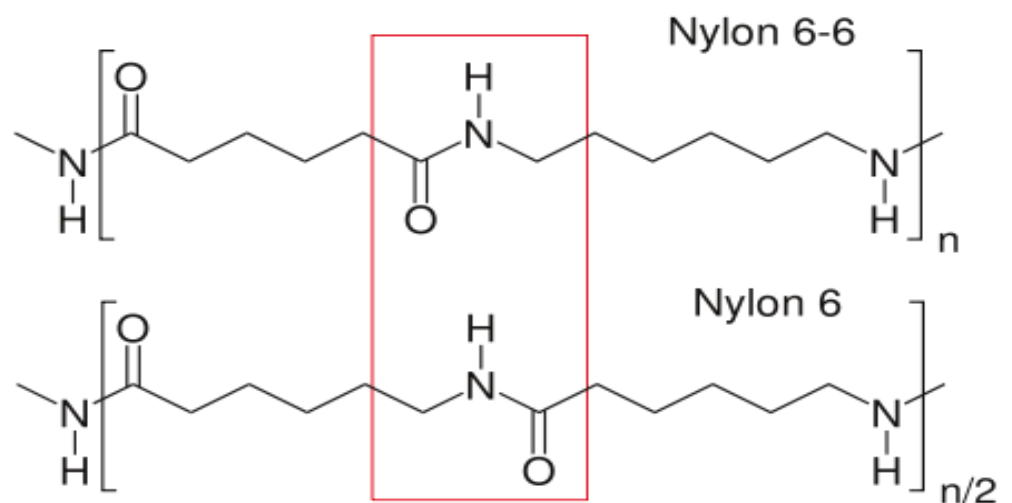
醯胺鍵合（NHCO）的線性聚合體，由一種**酸**（R-COOH）及一種**胺**（R'-NH₂）反應而來的三大合成纖維之一

尼龍6

將己內醯胺開環聚合而成的聚醯胺6（尼龍6），熔點為215°C

尼龍6,6

己二酸與己二胺聚合成聚醯胺纖維稱「尼龍6.6」，熔點為265°C。



物理上的特性：

- (1) 可紡製成各種粗細與形狀
- (2) 可染成多種顏色
- (3) 吸濕率約為 4.5% (防風、拒水、防水)

化學上的特性：

- (1) 熱力可以使尼龍永久定型
- (2) 可抵抗鹼性及大部分溶劑，常溫下會溶於酚類與甲酸(蟻酸)
- (3) 經陽光長期曝曬會變黃及失去韌力

(3) 彈性人造纖維 (PU)：

彈性紗線，由**嵌段式聚氨基甲酸酯** (polyurethane(PU))組成，含有 85% 的嵌段式聚氨基甲酸酯。布料中常會加入彈性人造纖維長絲，PU**聚合物鏈的軟性嵌段則容許變形**，令纖維具有**彈性**，可伸展至本身長度 6~8 倍，伸展力及恢復力，但不能漂白或熨斗熱燙。**嵌段式聚氨基甲酸酯**(Segmented Polyurethane, SPU)是一種**團聯共聚物**，本身的結構可分為兩大部分，分別是由**多元醇**所組成的**軟質鏈段**，及由**二異氰酸酯與鏈延長劑**所構成的**硬質鏈段**，由於兩大部分皆具有化學結構數目眾多特性，再加上不同的化學組成又會使兩鏈段之間產生不同的微相變化，所以使其擁有多變的化性及物性優勢。



物理上的特性：

- (1) 橫切面：呈纖維狀
- (2) 縱切面：光滑或帶條紋
- (3) 具熱可塑性及約攝氏 230 度融化
- (4) 吸濕率：約為1% – 單絲或複絲

化學上的特性：

濃度的含氯漂白劑令品質變差及變黃

力學上的特性：

- (1) 極佳彈性(可被伸長 6-8 倍後回復本來長度)
- (2) 堅韌、伸縮性強及尺寸穩定
- (3) 極度防縮
- (4) 耐磨度及抗張力較其他纖維差

(4) 嫞縐 (Viscose Rayon) :

為**人造絲**，中文譯名是發想自中國傳說中發明養蠶的嫞祖而來。

是一種**人工製造**的纖維。由天然的植物纖維素加工製造而成，所以屬於**再生纖維**
易染色，洗滌，吸水性佳，耐酸鹼。



← 人造絲裙子的樣品

物理上的特性：

- (1) 白色纖維富有光澤，橫切面不規則
- (2) 粗幼可以調校
- (3) 輕身

化學上的特性：

- (1) 具熱可塑性
- (2) 酸鹼性均可令其品質變差

力學上的特性：

- (1) 韌度、耐磨度及耐用度較棉低，浸水後可撕開
- (2) 浸水後的韌度較乾燥時低 40-70%

(3) 尺寸不穩定

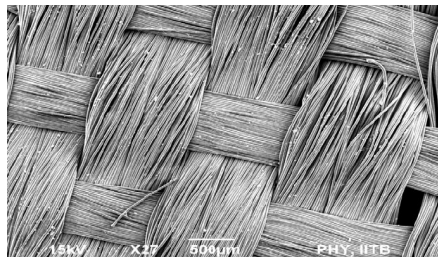
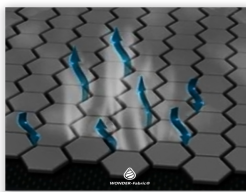
(4) 彈性回復力差劣，容易收縮及皺摺

(5) 復原能力欠佳

(6) 可伸展性佳

(5) 聚酯纖維 (POLYESTER)

最熱門的人造纖維之一(三大合成纖維)。從酸性物質(R-COOH)及醇類(R'-OH)產生出來的酯鍵合(ester) (-COO-)的聚合物。最普遍的是以對苯二甲酸(Terephthalic Acid，簡稱 TPA)替代原先的脂肪酸，和乙二醇(Ethylene Glycol，簡稱EG)縮合反應聚合成性能優越的多元酯。聚對苯二甲酸乙二醇酯 (polyethylene terephthalate，簡稱 PET)，熔點為265°C。



物理上的特性：

(1) 可依功能需求紡製出圓形、三葉形及多葉形、橢圓形及中空等不同斷面之纖維

(2) 具熱可塑性，對熱敏感，約 265°C 融化

(3) 吸濕率 0.25-0.4%，幾乎不吸水

化學上的特性：

抗酸、抗溶劑，不耐鹼 (可以氫氧化鈉進行減量加工)

力學上的特性：

(1) 堅韌，但經過陽光長期曝曬會失去韌力 (光裂解)

(2) 耐磨耐用，抗撕裂

(3) 硬挺、抗皺

(4) 非常穩定的尺寸

物理上的特性：

- (1) 具有很大的可調性
- (2) 有彈性、強韌
- (3) 耐老化性、耐熱性、耐油性佳

化學上的特性：

耐酸、鹼及有機溶液腐蝕，經常被用於橡膠製品在惡劣環境下的替代品

力學上的特性：

耐磨耗性

(7) 棉：

棉纖維的主要成份是纖維素，纖維素是天然高分子化合物，纖維素的化學結構式由 α 葡萄糖為基本結構單元重複構成，其元素組成為碳 44.44%、氫 6.17%、氧 49.39%。棉纖維的聚合度在 6000-11000 間。此外，棉纖維還附有 5% 左右的其他物質，稱為伴生物，伴生物對紡紗工藝、印染加工均有影響。棉纖維的表面含有脂蠟質，俗稱棉蠟，棉蠟對棉纖維具有保護作用，是棉纖維具有良好紡紗性能的原因之一，但在高溫時，棉蠟容易熔融。所以棉布容易繞羅拉、繞膠輥。經脫脂處理，原棉吸濕性增加，吸水能力可達本身重量的 23-24 倍。

物理上的特性：

- (1) 彈性較差
- (2) 吸濕性優良
- (3) 耐光性、耐熱性一般

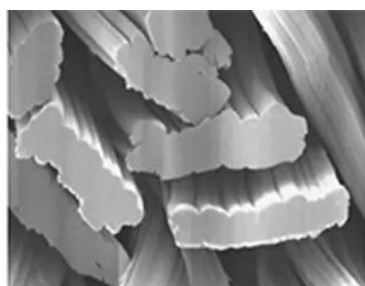
化學上的特性：

耐酸鹼性差

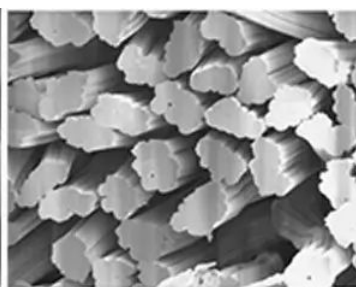
(7) 維勒夫特（VILOFT）纖維：

VILOFT®主要原料為來自於自然界的人工種植林區樹木的木漿，具有可再生性，其生產過程近似於Tencel®，生產過程中所使用的輔料、助劑均無毒，不會對環境造成污染，且大部分助劑和半成品纖維均可回收重新使用，是一種綠色新型環保纖維素纖維。由於採用了特殊的加工工藝，使其具有特殊的結構和性能。VILOFT® original為扁平橫截面纖維，且表面呈鈍鋸齒形，相對於圓形纖維具有更高的彈性和柔軟度，可使紗線結構內部形成空氣腔，保證了良好的保暖性能。另外，其他纖維混紡有好的控

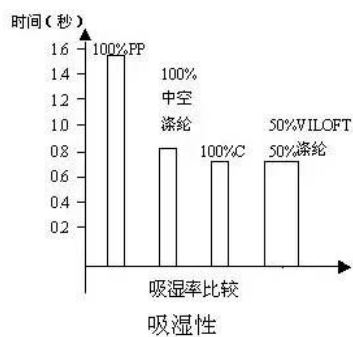
水和吸濕性能，可用於功能性紡織品，如保暖睡袋和內衣褲、運動裝、襪子、襯衫等。VILOFT® micro細度僅為0.9dtex，具有圓形截面，適合所有的常規紡紗工藝，可使用100%的原纖，也可以與VILOFT® original或其他天然或合成纖維混紡，用於生產輕薄、柔軟的運動服和機織織物。



VILOFT® original



VILOFT® micro



物理上的特性：

- (1) 吸濕性佳
- (2) 導濕性佳，快速排濕
- (3) 材質柔軟，質輕
- (4) 天然原料

化學上的特性：

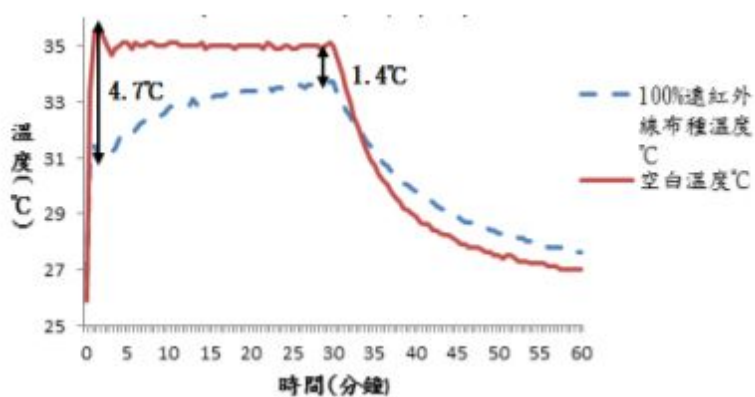
可染性佳

(二) 試測結果探討

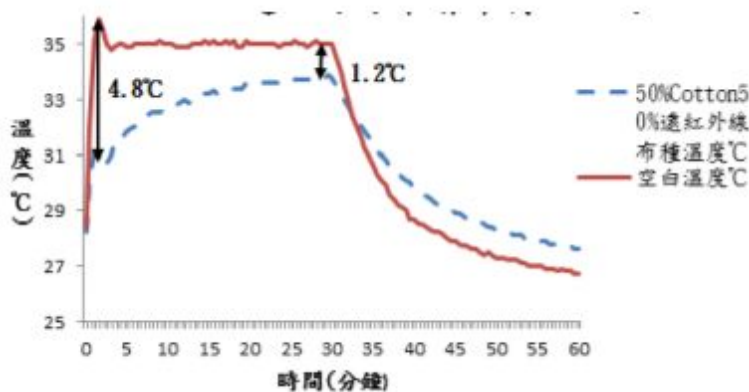
測試樣品一	測試樣品二	測試樣品三	測試樣品四	測試樣品五
壓克力纖維43.5% 爆榮 36.5% 尼龍 18 % 彈性纖維 2 %	壓克力纖維 47% 爆榮 31% 彈性纖維 3 % 聚酯纖維 19 %	爆榮 55% 聚丙烯腈纖維 40% 聚氯機甲酸酯纖維 5%	棉 40% 尼龍 20 % 聚丙烯腈纖維 20% 爆榮 15% 聚氯機甲酸酯纖維 5%	爆榮 67% 壓克力纖維 19% 彈性纖維 7 % 維勒夫特 7%

(一)試測結果：

綜合以上實驗，我們得出試測樣品五的保溫及發熱效能最好；試測樣品四的保溫及發熱效能最差。我們對此測試結果進行推論。試測樣品五含有67%嫪縈、19%壓克力纖維、7%彈性纖維、7%維勒夫特，在每一組數據中，樣品五皆展現良好保溫及發熱效能，進而我們發現樣品五中含有高達74%的人造纖維(67%嫪縈+7%維勒夫特)，木質(植物)纖維雖然不具發熱能力卻具有良好的吸水性，除了彌補聚丙稀腈(壓克力)纖維、聚酯纖維、彈性纖維、尼龍等吸濕率極低的材質不易，也運用物理上所謂的“吸濕發熱”原理，為釋放熱量的化學反應。放熱反應如下： $H + OH^- \leftrightarrow H_2O \Delta H = -483.6 KJmol^{-1}$ 對纖維材質之吸水官能，吸收了人體皮膚表面所逸散的水分子，在衣物纖維內，從水氣到液態水的過程，是一種動態的動能轉換，因而釋放出熱量，讓皮膚感受到熱能，達到保溫效能。觀察第四組的實驗數據，我們發現在試測前期，第四組的放熱曲線皆略低於其餘四組，成分含有40%的棉，其吸水性略低於嫪縈，因而我們推論，影響吸水效能的回潮率為影響放熱結果的一大主因。回潮率越大的材質，吸水性能越好；反之，回潮率越小的材質，吸水性越差。透過回潮率高低與吸水性高低的正比關係，也直接影響吸濕發熱的效能性。



圖(十五)相對濕度 65%RH，環境溫度 25°C下，100% 遠紅外線嫪縈纖維 (A-1) 之持溫曲線 (圖片來源：華岡紡織期刊 第二十四卷 第二期)



圖(十六) 相對濕度 65%RH，環境溫度 25°C下，/紅外線棉纖維 (D-4) 之持溫曲線(圖片來源，華岡紡織期刊 第二十四卷 第二期)



圖(十七) 發熱衣的吸濕發熱原理 (圖片來源：自由時報；製圖：記者魏怡嘉；繪圖：美編組)。

陸、問題與討論

- 一、發熱效果越好的材質是不是在發熱衣中佔的比例越高發熱效果越好？舒適成度是否會受此材質影響？
- 二、室溫對於發熱衣的效果是否有影響？
- 三、為何石墨烯成為發熱衣的成分之後，衣服質地依然保持柔軟而不堅硬？
- 四、將聚合物融入發熱衣的成分中，是否會因接觸水分、酸、鹼等雜質以及空氣中的氧而產生降解作用，導致結構改變？
- 五、發熱衣中使其發熱的材質是否與人類本身排汗體質有密切連？

(人類排汗，水蒸氣凝結成小水滴時放熱)

柒、結論

目前有許多市售的發熱衣種類五花八門，使消費者不知從何下手，所以通過此研究，我們列舉了常見的發熱衣材質，並由其物理、化學及力學性質方面去分析及探討，實際在市售發熱衣中挑選五款作為試測樣品，探討不同發熱衣材質的保溫及發熱效能，針對不同材質作出優缺的之比較，希望為消費者們排憂解難。其次，目前全球發熱衣材質中最薄、最精密的是石墨烯，於是我們透過自行製備石墨烯，欲與上述之五款發熱衣做比較，抑或是在原本的發熱衣中，增添上製備的石墨烯，觀察其保溫的效果是否有所增長。

捌、參考資料及其他

一、<http://77bbs.com/~dennywu/102-2/M3.pdf>

二、

<https://www.itsfun.com.tw/%E8%81%9A%E4%B8%99%E7%83%AF%E8%85%88/wiki-3168503-9038982>

三、<http://cht.a-hospital.com/w/%E8%81%9A%E4%B8%99%E7%83%AF>

四、

<https://www.itsfun.com.tw/%E8%81%9A%E6%B0%A8%E9%85%AF%E7%BA%96%E7%B6%AD/wiki-0444601-0186001>

五、

<https://hk.saowen.com/a/c7bce20492d8119cc007e1f4c134c87ff5cf3b>

六、

https://6e63b68a4922f7a160cd672407?fbclid=IwAR1_voJEiL-50zlFidFAk

七、hOl3AcmRLhhuEJACMTu-nGfcFEoS1phcEfrZBA

八、

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%B3%E5%A2%A8%E7%83%AF>

九、<https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=27556>

十、[http://www.jhgt.org.tw/pdf/jhgt-24.2\(72-77\)\(2017-02\).pdf](http://www.jhgt.org.tw/pdf/jhgt-24.2(72-77)(2017-02).pdf)

