

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

### 探究精神獎

082904

噓寒問暖，發熱衣解密

學校名稱：連江縣南竿鄉仁愛國民小學

作者：  小五 劉瑞駿  小五 陳子凌  小五 朱 瑩  小五 郭子豪	指導老師：  陳志宥  林月仙
---	-----------------------------

關鍵詞：保暖蓄熱、遠紅外線、聚丙烯酸酯

## 摘要

透過紡織品形成空氣層，達到減緩人體熱能散失是禦寒保暖的策略之一。市售發熱衣為本校學童內搭衣主流，以聚酯纖維、聚丙烯腈、嫘縈及彈性纖維為主材質。其中以聚酯纖維為主要材質的發熱衣較容易達到比純棉內衣更好的保暖效果。在流汗及微風(蒲福風級表)的情境中，發熱衣蓄熱保暖的效果均劣於純棉內衣。而市售發熱衣所標榜發熱技術，其效果甚微。穿著發熱衣時仍需配合當日天氣與活動搭配防風或排汗衣物，才能達到保暖蓄熱的最佳效果。

## 壹、研究動機

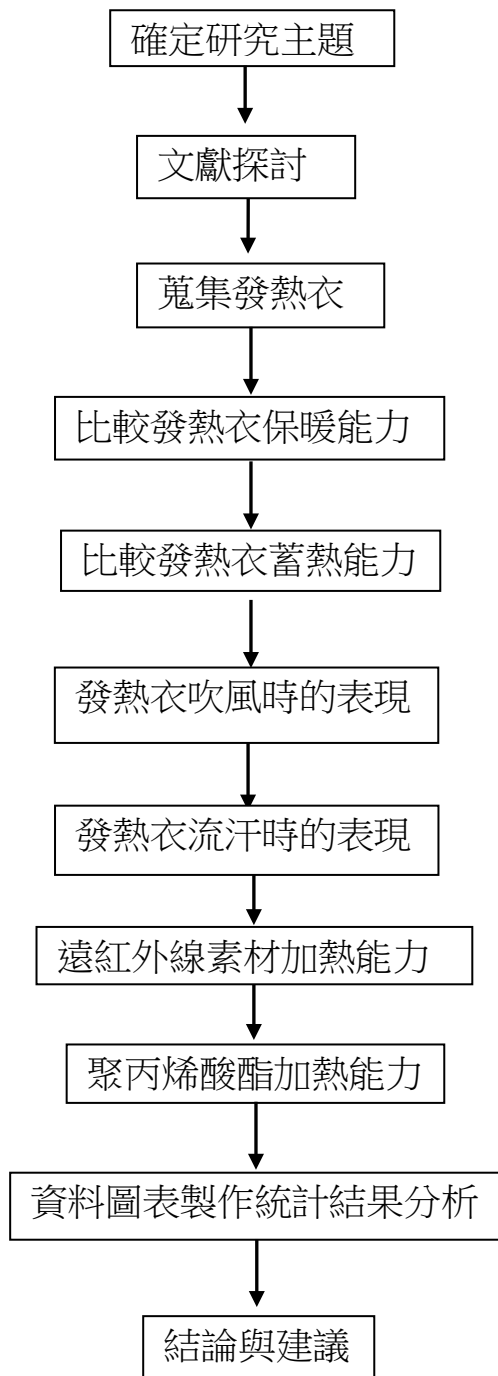
地區 12 月到隔年 3 月的平均溫度大約是 12°C 度，個位數的氣溫也是司空見慣，萬一遇到寒流來襲，大人們的手機 apP 還會主動通知低溫特報。學童一心期待會飄下雪花，但是大人更在意的是體感溫度的下限。

有一種冷，是大人覺得小孩冷！厚重的衣物只會限制我們靈活的身手，明明我們都覺得熱到流汗了，還到處去買發熱衣來穿，大人就是想像洋蔥一樣，把我們一層一層的包起來。我們很想向大人們抗議，有一種熱是小孩覺得熱！老師建議我們可以針對自己身上穿的貼身衣物觀察研究，說不定會改變我們或大人的看法。

於是我們上網搜尋，價錢從 199 到 799 元都有，廣告裡主張使用機能素材搭配最新科技，還有一些商品聲稱可以加溫達 7°C；但是我們也看到了報導說市面上的發熱衣並沒有發熱的效果。想起上學期自然課「熱對物質的影響」單元中，有提到保溫與散熱的內容，剛好同學們幾乎都有發熱衣。名偵探柯南有一句名言：「真相只有一個」，就讓我們來找出發熱衣的秘密與真相！。

## 貳、 研究目的

- 一、 尋找並了解各種不同材質的發熱衣的標示成分。
- 二、 研究不同情境中發熱衣蓄熱保暖的情形。
- 三、 觀察發熱衣是否具備發熱的效果。
- 四、 掌握挑選發熱衣的技巧。



## 參、 研究設備及器材

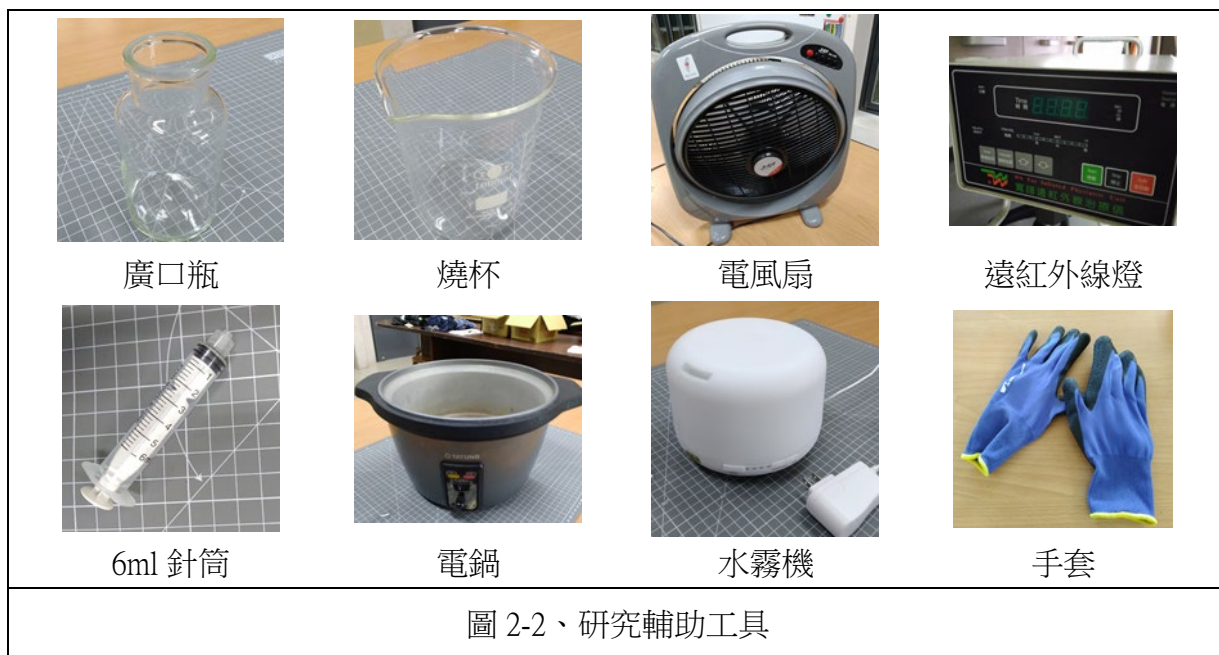
本研究採用眾多品牌及材質組成的發熱衣，由同學們穿上發熱衣進行實驗可能會因個人基礎體溫差異，導致測量結果出現誤差，於是設計以廣口瓶盛裝溫水模擬人體，進行各項實驗與測量。所需器具、設備及材料如下：

### 一、 發熱衣



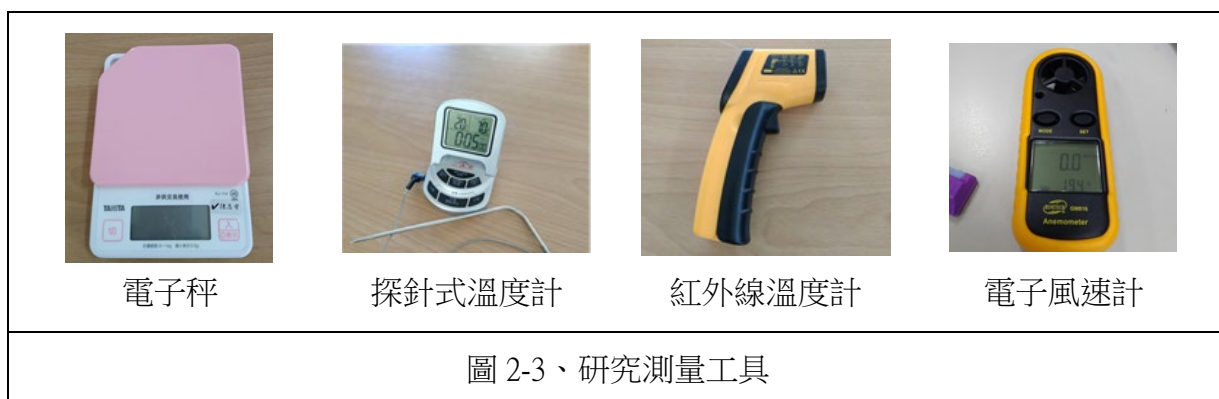
## 二、 輔助工具

本研究為在室內模擬日照、吹風及流汗情境，使用下圖輔助工具進行。



## 三、 測量工具

為測量各項實驗所需時間及溫度的改變，採用下列測量工具，如圖所示。



## 肆、研究過程或方法

為了深入了解市售發熱衣是否如廣告所說，真的具有發熱蓄熱、抵禦寒冷的效果，本研究初期先蒐集有關發熱衣原理及各種常見材料特性，模擬小學生在室內、室外及體育課時穿著發熱衣的情境，透過測量廣口瓶降溫的情形來掌握發熱衣的效果。

### 一、發熱衣與資料的蒐集

市面上的發熱衣款式眾多，網路上充斥各大品牌的業配文宣，各種先進材料、獨家技術，令人目不暇給。本實驗以小學生穿過的發熱衣作為研究材料。

#### (一) 收集發熱衣

請同學們徵詢家長同意後，把發熱衣借給小組進行實驗，歸還品牌重複、破損或標示不清楚等不適合發熱衣。將所有發熱衣一起清洗、曝曬，以降低誤差。

#### (二) 編號與材料紀錄

將每件發熱衣編號並歸納出各種衣料，製作表格加以記錄。

表 4-1 發熱衣材質統計表

編號	聚酯纖維	聚丙烯腈 壓克力	尼龍纖維 錦綸	嫘縈	彈性纖維 氨綸	棉	重量
1.	60%			32%	8%		178g
2.	32%	37%		23%	8%		99.5g
3.	95%				5%		301g
4.	35%	33%		25%	7%		114g
5.	62%+28%				10%		158.5g
6.			75%	25%			151.5g
7.	38%	31%			10%	21%	123g
8.		58%			5%	37%	118g
9.			56%		2%	42%	162.5g
10.	95%				5%		156g
11.		51.9%		38.2%	9.9%		150.5g

12.	54%			39%	7%		181g
13.	92%				8%		182g
14.	35%			33%	5%		187g
15.	95%				5%		141.5g

### (三) 發熱衣材質的特性

表 4-2 紡織品纖維特性一覽表

材質	特性
聚酯纖維 (Polyester)	人造纖維的合成纖維；具有良好的彈性和耐用性，是最好的免燙纖維。有靜電和毛球問題，且因它幾乎不吸水，故不易以水清潔。
聚丙烯腈 (Polyacrylonitrile) 壓克力 (Acrylic)	亞克力(Acrylic)紗是模仿羊毛特性所發明的人造纖維，所以在外觀的視覺、觸覺都很像羊毛，但是亞克力紗做成的衣服保暖性沒有羊毛來得好，還有保濕性較差。
尼龍纖維(Nylon) 錦綸	又稱聚酰胺纖維，具有出色的彈性、強度和耐磨性，這使織物可以在不損失其形狀的情況下伸展到極限，其耐磨性約為棉花的 10 倍，羊毛的 20 倍。由於尼龍耐磨性比所有紡織纖維都高，因此尼龍織品經磨耐用。但不耐高溫、易老化，容易被染色。
嫘縈(Rayon)	是一種半人造的纖維，最常從木漿中提取或植物中提煉，經人工加以製造而成的纖維，觸感平滑、有光澤，具有易染色、易洗滌、涼爽、柔軟光澤、觸感及吸水性佳等特色，多用於織錦緞、內衣料、婦女用衣料、家庭用窗簾、緞帶、標幟等。
彈性纖維 (spandex) 氨綸	有著良好韌性及耐用的特性，同時也不易產生不皮膚舒適感，易於清洗與漂白。含有彈性纖維的衣物，能貼合體型，又不會對人體的活動造成限制，迎合了人體對舒適性的要求。因此，紡織業者將彈性纖維應用到各種織物上去，例如泳裝、內衣、緊身衣、絲襪等。
棉(cotton)	屬於天然纖維，不會產生靜電，吸水性好，觸感柔軟，穿著舒適。吸水時的強度大於乾燥時的強度，整體上而言堅牢耐用。染色性好，光澤柔美，有自然的美感。缺點是容易皺，縮水率高。

## 二、 機能纖維的發熱原理

為了讓紡織品達到更好的保暖效果，人造纖維業者開發出許多創新的加工技術，讓紡織品不但能保溫，甚至還能發熱。讓衣服發熱的原理大致分成：蓄熱保暖、吸濕發熱兩種，要達到此效果最常被使用的素材便是：遠紅外線纖維、聚丙烯酸酯纖維。

表 4-3 發熱機能纖維整理表

	遠紅外線吸熱儲存技術	聚丙烯酸酯纖維
示意圖		
發熱原理	<p>遠紅外線蓄熱保暖原理的發熱衣是在衣服的纖維摻入或表面塗抹一種氧化物(又以氧化鋯或是遠紅外線陶瓷最為常見)，可以吸收光譜中的遠紅外線波長，先轉換成熱能，再把熱能蓄在衣物纖維內，以達到蓄熱保溫的效果。</p>	<p>當聚丙烯酸酯纖維接觸到汗氣時，會吸收並凝結濕氣產生凝結熱，水氣凝結成液態水產生的凝結熱可以在衣料纖維與肌膚中不斷的循環加熱，因而釋出能量，讓皮膚感受到熱能，以達到吸濕放熱的效果。</p>

(圖片取 2012/12/23 自自由時報 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/640318>)

## 三、 實驗流程與方法

### (一)、發熱衣保暖測試

實驗說明：



當物體和外界的溫度不一致時，就會產生熱的轉換發生，熱能的轉換直到物體與外界的溫度一致時才會停止。因此藉由穿著衣物形成空氣層，以降低人體熱能的散失，是長久以來的禦寒機制。每當寒流來襲，號稱「升溫」、「發熱」的機能衣炙手可熱，本實驗欲測試市售發熱衣的保暖能力。

### 實驗步驟

- (1) 調製 300ml 的 38°C 溫水至於廣口瓶中。
- (2) 將發熱衣樣本以袖口套住廣口瓶。
- (3) 每隔 5 分鐘以探針式溫度計測量溫度變化並加以記錄。



### 實驗改良：

實驗初期以傳統溫度計進行測量，由於受限刻度，最終只取得 30.5、30 及 29.5 三種數據，再以紅外線溫度計在測量光亮或透明液體時，難以準確測量溫度，因此另外購買探針式溫度計於本研究使用；另外所有發熱衣在分別完成 30 分鐘測試後，實驗數據只有微小差距，導致不易比較，推論由體溫降至室溫的差異不夠明顯，於是本研究各保暖實驗皆調整水溫至 70°C，重新進行實驗。

## (二)、發熱衣蓄熱測試

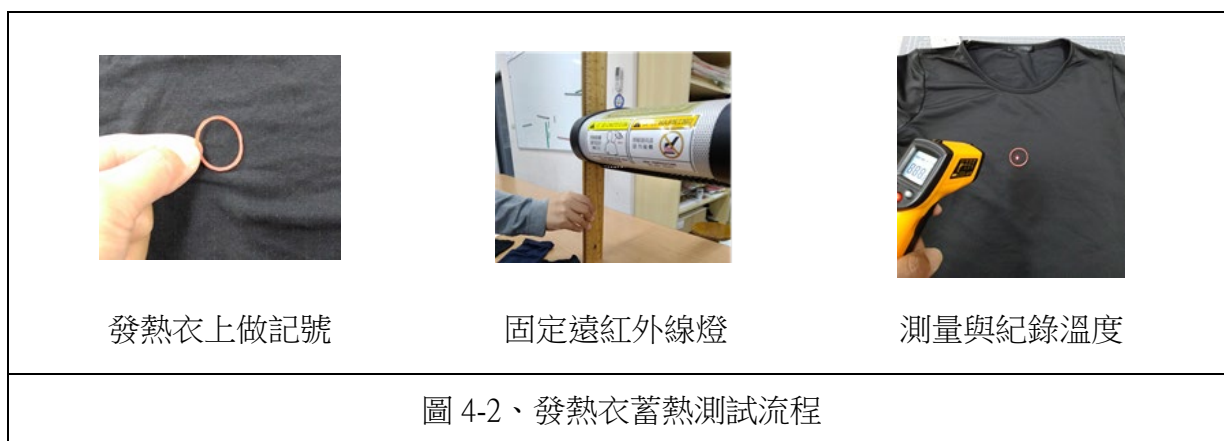
### 實驗說明

陽光是自然界中最常見的熱源之一，陽光的熱輻射能不透過介質就完成熱轉移。

人體所穿著衣物除了能形成空氣層保暖之外，也可以陽光照射下吸收熱能，達到禦寒的效果。本實驗原規劃以日光測試發熱衣蓄熱效果，惟目前氣候條件仍為日照不足的濕冷氣候，因此商借地區醫院的遠紅外線燈做為日照熱源，進行發熱衣蓄熱測試。

#### 實驗步驟

- (1) 用橡皮筋在發熱衣做記號，做為遠紅外線照射及測量溫度的定位點。
- (2) 將遠紅外線燈垂直固定，並保持與發熱衣 20 公分處。
- (3) 每隔 5 分鐘以紅外線溫度計測量溫度變化並加以記錄。



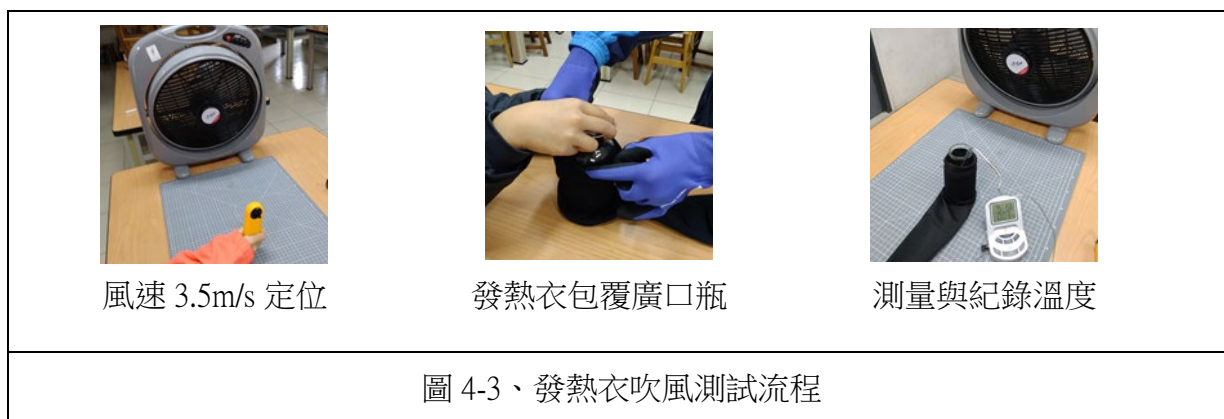
### (三)、發熱衣吹風測試

#### 實驗說明

當環境的氣溫低於體溫時，較高體溫會向外散溢。而空氣的流動會增加與身體接觸的空氣，所以會帶走更多的熱量。地區每年 4~11 月受東本季風吹拂，依地區氣象站資料統計，本年度 3 月份平均風速為 3.5m/s。本實驗將模擬此風速，進行發熱衣保暖能力測試。

#### 實驗步驟

- (1) 設置強度與方向固定的電風扇，以風速計找出符合 3.5m/s 的位置。
- (2) 調製 300ml 的 70°C 溫水於廣口瓶中，以發熱衣袖口包覆廣口瓶置於定點。
- (3) 將溫度計探針放入廣口瓶中，每隔 5 分鐘測量溫度並加以記錄。



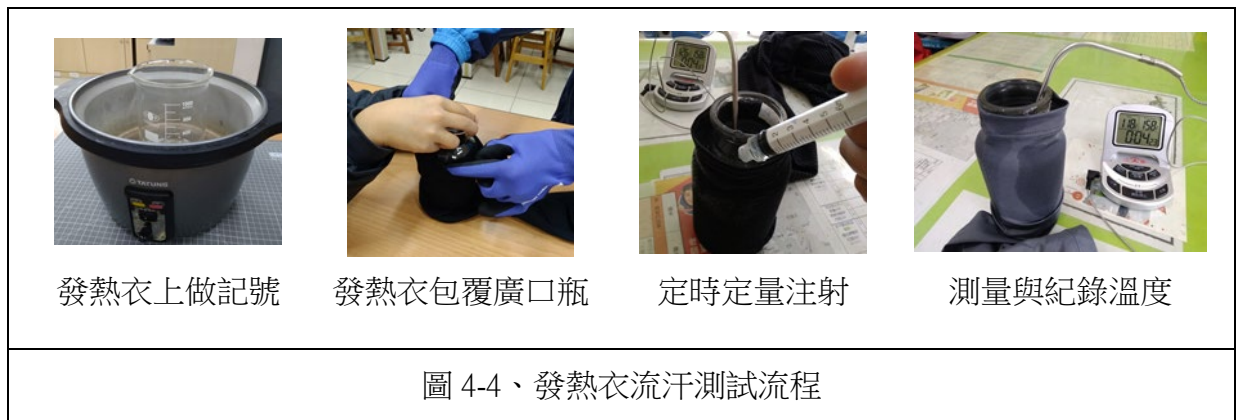
#### (四)、發熱衣流汗測試

##### 實驗說明

流汗是人體自我保護的一種機制，通過流汗能夠避免自己變得過熱，還能加快血液循環，從而散發熱量、調節體溫。本實驗欲模擬學生從事體能活動流汗的情況下，測試發熱衣的保暖能力。

##### 實驗步驟

- (1) 於電鍋外鍋盛 800ml 純水，放置 1000ml 純水於燒杯，穩定取得 38°C 溫水。
- (2) 調製 300ml 的 70°C 溫水於廣口瓶中，以發熱衣袖口包覆廣口瓶。
- (3) 每隔 5 分鐘注射 1 毫升溫水於發熱衣，以探針溫度計測量並加以記錄。



### (五)、遠紅外線素材發熱測試

#### 實驗說明

由文獻探討得知遠紅外線素材加入織品，是科學實證後發熱衣主要技術之一，惟遠紅外線顆粒或塗料目前尚未列入紡織品成分標示項目。本研究實驗一、二、三與四所使用之發熱衣皆為學生借予本研究使用，所有樣本均無標示，亦無法查證。因此本實驗購置於包裝袋上標示遠紅外線發熱功效之發熱衣，進行測試。

#### 實驗步驟

- (1) 將遠紅外線燈垂直固定，並保持與發熱衣 20 公分處。
- (2) 每隔 5 分鐘以紅外線溫度計測量溫度變化並加以記錄。
- (3) 發熱衣外披覆毛衣及外套，30 分鐘後以紅外線溫度計測量溫度變化並記錄。



圖 4-5、發熱衣遠紅外線發熱測試流程

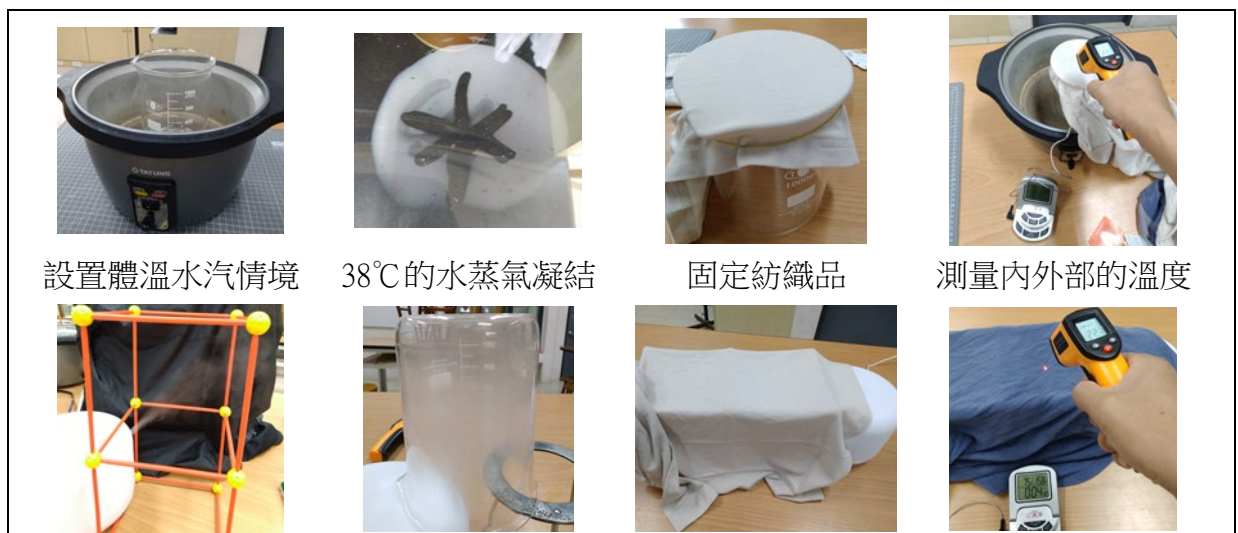
## (六)、聚丙烯酸酯素材發熱測試

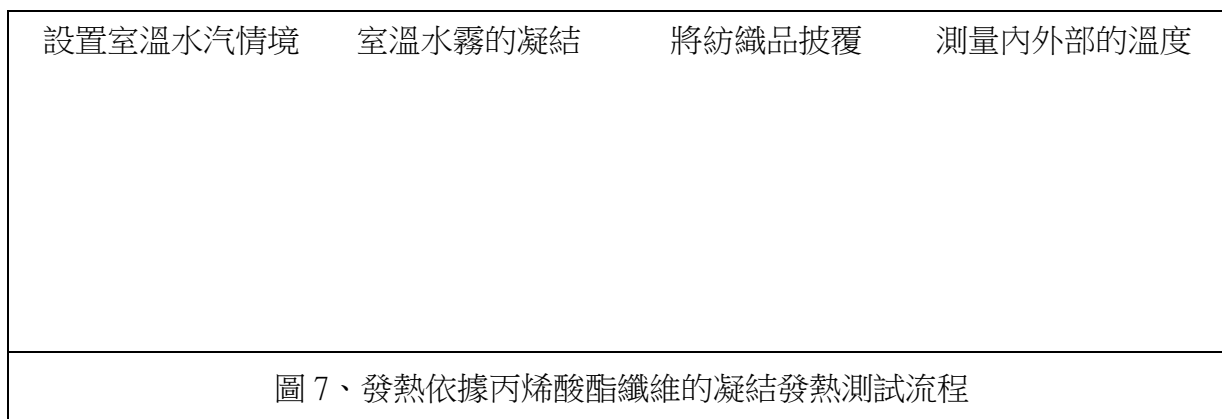
### 實驗說明

由文獻探討得知聚丙烯酸酯素材加入織品，是科學實證後發熱衣主要技術之一，本實驗藉由模擬水蒸氣在含有聚丙烯酸酯素材的紡織品凝結，探究其發熱效果。

### 實驗步驟

- (1) 於電鍋外鍋盛 800ml 純水，放置 1000ml 純水於燒杯，穩定取得 38°C 溫水。
- (2) 以橡皮筋將紡織品固定在燒杯上方。
- (3) 每隔 5 分鐘，分別以探針溫度計及紅外線溫度計測量水溫及紡織品表面溫度。
- (4) 以水霧機製造室溫的水蒸氣。
- (5) 製作充氣支架，將紡織品罩在外面，讓水蒸氣吹入衣服內。
- (6) 每隔 5 分鐘，分別以探針溫度計及紅外線溫度計測量紡織品內部與表面溫度。





## 伍、 研究結果

利用所準備的器材執行第肆章內我們所設計的實驗，得到以下的結果。

### 一、 發熱衣的保暖測試

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-1 保暖測試結果紀錄表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	遞減溫度
純棉	70	66	65	60	57	55	53	17
1	70	65	63	59	56	53	51	19
2	70	65	63	59	56	53	51	19
3	70	66	61	58	55	53	51	19
4	70	67	64	62	59	56	52	18
5	70	69	64	61	59	56	55	15
6	70	64	61	58	55	54	51	19
7	70	68	65	62	59	57	53	17
8	70	65	62	59	57	54	52	18
9	70	67	63	60	58	55	53	17
10	70	69	67	64	62	59	57	13

11	70	66	63	61	58	56	54	16
12	70	65	61	58	55	53	51	19
13	70	66	64	62	60	57	55	15
14	70	68	64	62	60	58	55	15
15	70	67	64	61	59	57	54	16

## 二、發熱衣的蓄熱測試

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-2 蓄熱測試結果紀錄表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	增加溫度
純棉	19.3	32.8	34.5	35.3	35.9	36.8	36.9	17.6
1	18.0	31.3	34.5	35.1	35.8	36.1	36.6	18.6
2	18.1	28.7	32.3	32.8	33.6	34.4	34.7	16.6
3	19	39	39.3	40.2	40.8	41.6	42.3	23.3
4	20.1	34.7	35.6	36.2	36.4	36.5	37.4	17.3
5	17	28.8	30.5	31.5	32	32.9	33.0	16
6	19.2	33.4	34.8	35.4	35.8	36	36.3	17.1
7	19.3	33.4	35	35.5	36.5	36.5	36.6	17.3
8	20.1	33.9	36.2	36.4	36.7	37.4	37.9	17.8
9	19	32.8	35.3	35.6	36.4	37.5	37.6	18.6
10	18.5	32.9	33.8	34.5	34.7	35.5	36.4	17.9
11	19.3	32.1	34.4	35	36.4	36.5	36.7	17.4
12	20.1	35	36.8	37.4	38.3	37.5	37.8	17.7
13	17.3	29.8	32.4	33.8	35	35.7	36.5	19.2
14	17	30.5	32.1	32.5	33.5	34.5	34.9	17.9
15	18	33.5	34.9	35.4	35.7	35.8	35.9	17.9

### 三、發熱衣的吹風測試

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，以風速 3.5m/s 的風吹拂，定時測量溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-3 吹風測試結果紀錄表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	遞減溫度
純棉	70	63	56	51	46	43	40	30
1	70	63	56	50	46	42	39	31
2	70	59	51	44	40	36	33	37
3	70	62	55	49	45	41	38	32
4	70	58.9	50	43.9	40	36.1	32.8	37.2
5	70	62.2	53.9	47.2	42.2	37.8	35	35
6	70	60	52.2	43.9	38.9	35	32.2	37.8
7	70	60	52.2	45	41.1	37.2	33.9	36.1
8	70	62.2	53.9	47.8	43.9	40	36.1	33.9
9	70	62.2	53.9	47.8	42.8	38.9	36.1	33.9
10	70	61.1	52.8	47.2	42.8	28.9	35.6	34.4
11	70	58.9	52.2	46.1	42.2	37.8	35	35
12	70	60	52.2	45	41.1	37.2	33.9	36.1
13	70	58.9	51.1	45	40	36.1	33.9	36.1
14	70	61.1	52.8	47.2	42.8	38.9	36.1	33.9
15	70	61.1	53.9	48.9	43.9	40	37.2	32.8

### 四、發熱衣的流汗測試

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，每 5 分鐘注射 1 毫升的溫水並測量溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-4 流汗測試結果紀錄表



編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	遞減溫度
純棉	70	66.1	62.2	58.9	56.1	53.9	51.7	18.3
1	70	65	61.1	57.8	56.1	52.8	51.1	18.9
2	70	65	58.9	56.1	52.8	50	47.8	22.2
3	70	66.1	62.8	61.1	57.8	56.1	52.8	17.2
4	70	62.2	57.2	52.8	50	47.8	46.1	23.9
5	70	63.9	58.9	56.1	52.8	50	48.8	21.2
6	70	65	61.1	57.8	55	52.2	50	20
7	70	63.9	58.9	55	51.7	48.9	47.2	22.8
8	70	62.2	57.2	53.9	52.2	48.9	46.1	23.9
9	70	61.1	56.1	52.2	48.9	46.1	43.9	26.1
10	70	61.1	56.1	52.2	48.9	47.2	45	25
11	70	62.2	57.2	52.8	50	47.8	45	25
12	70	63.9	60	57.2	53.9	51.1	48.9	21.1
13	70	62.8	58.9	55	51.1	48.9	47.2	22.8
14	70	65	62.2	58.9	56.1	52.8	51.1	18.9
15	70	60	56.1	52.1	48.9	46.1	42.8	27.2

## 五、遠紅外線素材的發熱測試

將 4 件標榜遠紅外線發熱衣及 1 件純棉內衣以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-5-1 遠紅外線素材發熱測試結果整理表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	增加溫度
純棉	21	34.9	36	37.2	37.4	37.6	37.5	16.5
遠紅 1	20.3	34.2	35.2	35.5	35.4	36.6	36.6	16.3
遠紅 2	20	33.9	34.3	34.6	35	35.6	36	16

遠紅 3	20.3	35	36	37.3	37.6	37.9	38	17.7
遠紅 4	20.5	35.4	37.4	38.4	38.7	38.8	39.4	18.9

將 4 件發熱衣及 1 件純棉內衣以毛衣及外套披覆，以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-5-2 遠紅外線素材發熱測試結果整理表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	增加溫度
純棉	22.4	--	--	--	--	--	28.6	6.2
遠紅 1	23	--	--	--	--	--	32.1	9.1
遠紅 2	23	--	--	--	--	--	31.2	8.2
遠紅 3	23	--	--	--	--	--	29.8	6.8
遠紅 4	23.2	--	--	--	--	--	32.8	9.6

## 六、聚丙烯酸酯素材的發熱測試

將 1 件聚丙烯酸酯素材發熱衣及 1 件純棉內衣披覆在 38°C 溫水燒杯，每 5 分鐘測量一次水溫及衣服表面的溫度變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-6-1 發熱衣聚丙烯酸酯吸濕放熱測試結果整理表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	增加溫度
聚丙烯酸酯纖維表面	18.9	24.5	27.9	28	28.2	28.8	28.9	10
燒杯水溫	37.8	37.8	37.8	37.8	38.3	38.3	38.3	0.5
純棉內衣表面	20.3	29.4	29.5	29.1	29.7	29.4	29.7	9.7
燒杯水溫	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	0

將 1 件聚丙烯酸酯素材發熱衣及 1 件純棉內衣披覆在水霧機前方，每 5 分鐘測量一次衣服內部與表面的溫度變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

表 5-6-2 發熱衣聚丙烯酸酯濕放熱測試結果整理表

編號	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	遞減溫度
發熱衣表面	19.4	19.4	19.2	19.1	19.1	19.1	19.0	0.4
發熱衣內部	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	0
純棉內衣表面	20.5	20.5	20.2	19.9	19.7	19.6	19.6	0.9
純棉內衣內部	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	0

## 陸、討論

### 一、發熱衣的保暖與蓄熱

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果製成長條圖如下：

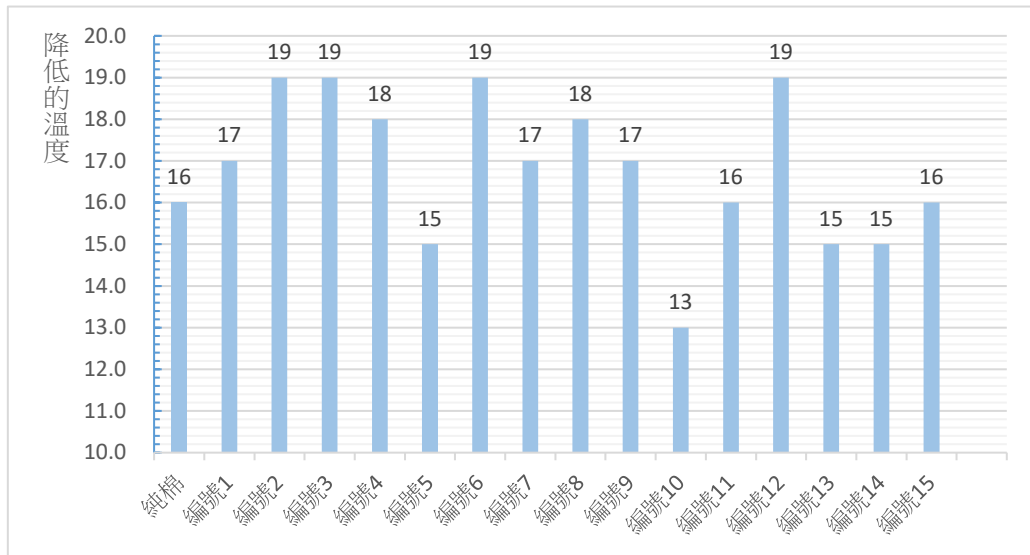


圖 6-1 保暖測試長直條圖

實驗討論：

- (一)、本實驗 15 件發熱衣中有 4 件保暖效果優於棉質內衣，2 件與棉質內衣相同，9 件保暖能力低於棉質內衣。
- (二)、本實驗 15 件發熱衣中保暖能力最佳為編號 10，最弱為編號 2、3、6 及 12 號，其中保暖效果較佳的發熱衣皆以聚酯纖維為主要材質。
- (三)、編號 3 與編號 10 材質完全相同，重量為編號 10 的 2 倍，厚度也最厚，保暖效果卻最差，推測是由於編織方式不同所導致。

## 二、不同情境中發熱衣的功效

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果製成長條圖如下：

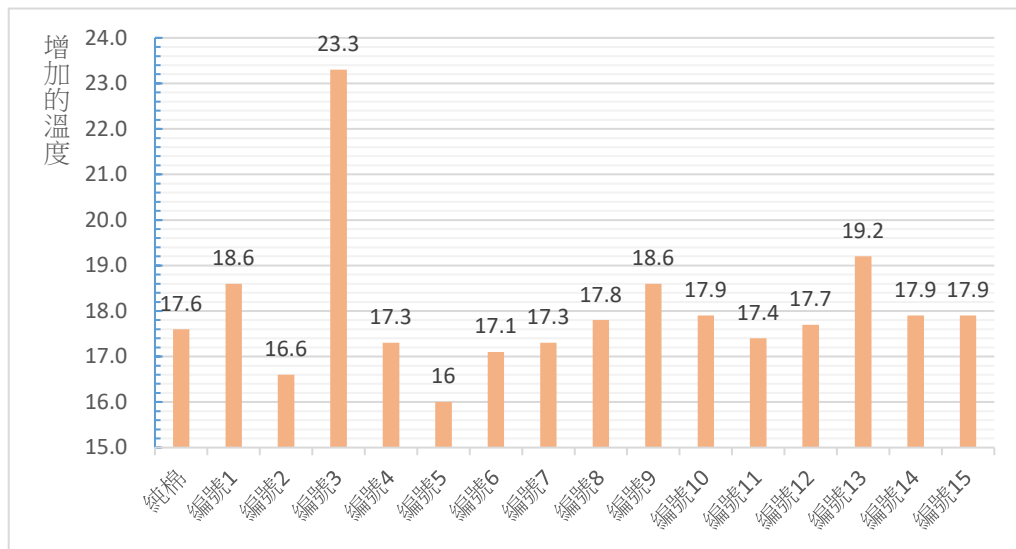


圖 6-2 蓄熱測試長直條圖

實驗討論：

- (一)、15 件發熱衣中有 9 件蓄熱效果優於棉質內衣，6 件蓄熱能力低於棉質內衣。
- (二)、15 件發熱衣中蓄熱能力最佳為編號 3，加溫效果達 23.3°C，最弱為編號 5 號加溫效果為 16°C。依實驗結果，不同材質是否為影響蓄熱效果的原因並不明顯。
- (三)、編號 3 的蓄熱效果明顯優於其他許多，推論是由於使用較多的材料，因此能吸收更多來自遠紅外線燈的熱源，讓發熱衣表面測得更高的溫度。

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，以風速 3.5m/s 的風吹拂，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果製成長條圖如下：

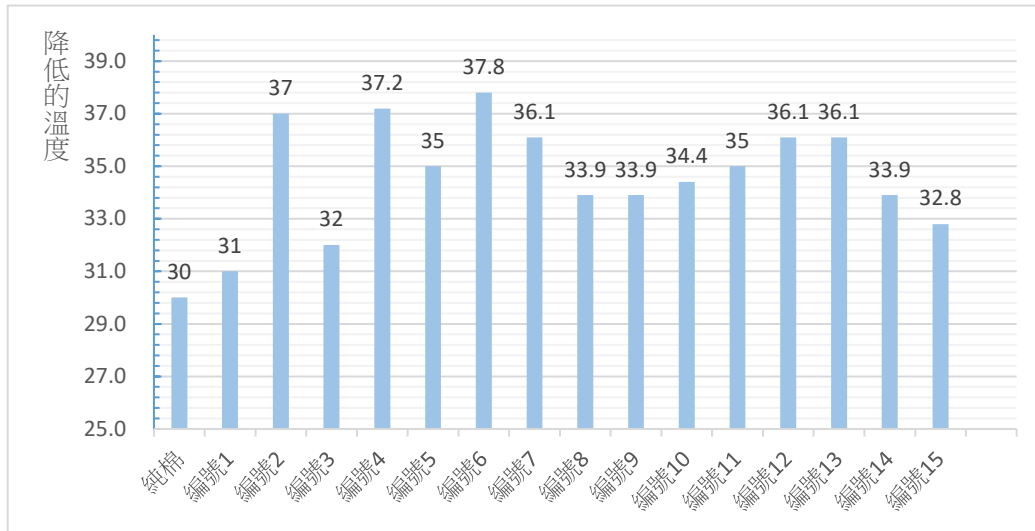


圖 6-3 吹風測試長直條圖

實驗討論：

(一)、15 件發熱衣在風溫 18.5 風速 3.5m/s 吹拂下，保暖能力全部低於棉質內衣。

(二)、15 件發熱衣中在吹風的情況下保暖能力最佳為編號 1；最弱為編號 6 號。依實驗結果，不同材質是否為影響保暖效果的原因並不明顯。

將 15 件發熱衣及 1 件純棉內衣包裹住裝有 300 毫升 70°C 溫的水的廣口瓶，每 5 分鐘注射 1 毫升的溫水並測量溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果製成長條圖如下：

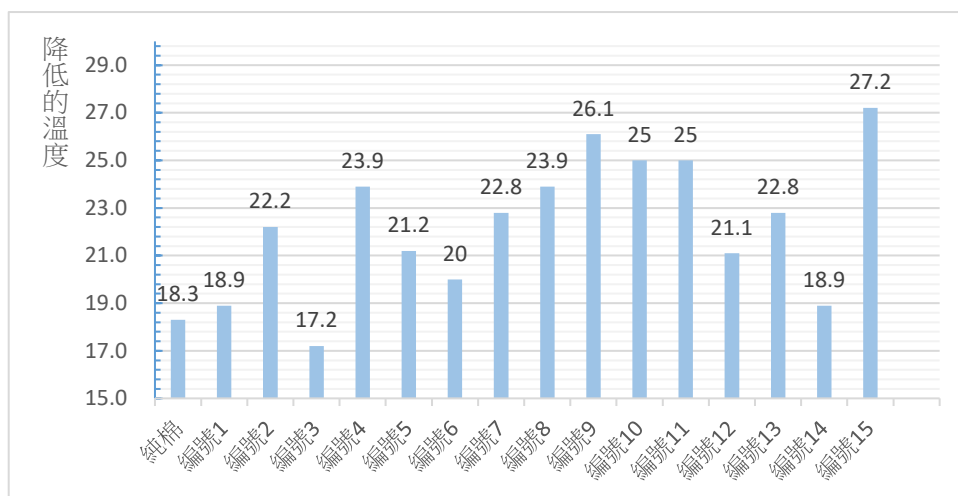


圖 6-4 流汗測試長直條圖

實驗討論：

- (一)、15 件發熱衣在模擬流汗的情形下，僅編號 3 保暖能力優於棉質內衣，其餘全部低於棉質內衣。
- (二)、編號 3 與純棉以外的發熱衣在持續注射溫水的情形下，出現溫水溢出的情形，表示已超過發熱衣所能吸收的水量，讓整件衣服浸溼。推測在液體熱傳導率大於氣熱傳導率的情形下導致加快了熱平衡的傳導。
- (三)、編號 3 與編號 10、15 材質相同，在本實驗中卻有相當明顯的差異。推論是由於編號 3 比較厚，在吸收溫水之餘仍有空間能儲存空氣，減緩了熱傳導的速度。

### 三、遠紅外線與聚丙烯酸酯類纖維的發熱效果

將 4 件標榜遠紅外線發熱衣及 1 件純棉內衣以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

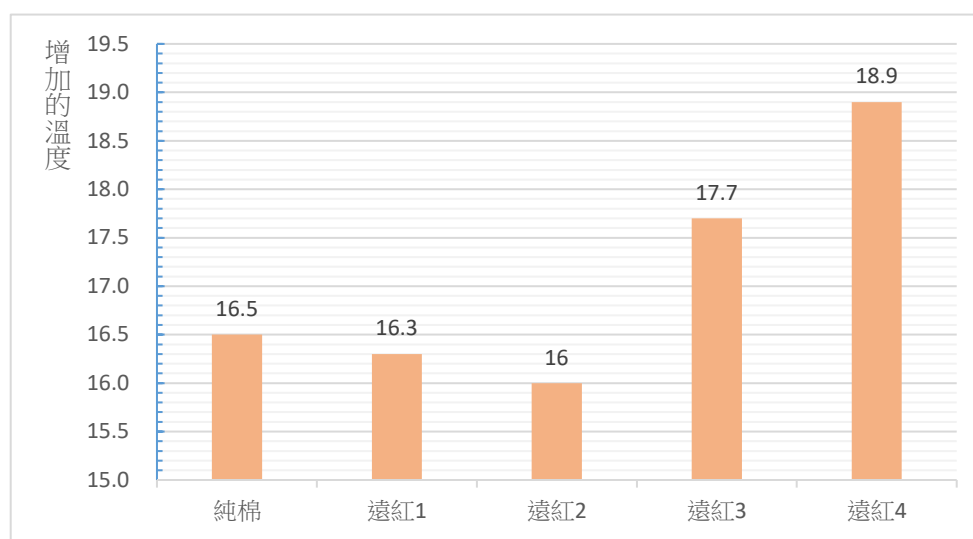


表 6-5-1 遠紅外線素材發熱測試直條圖

實驗討論：

- (一)、本實驗結果與實驗(二)發熱衣的蓄熱測試中，所增加的溫度大致相符。
- (二)、遠紅 1 及遠紅 2 是所有樣本中為二明確標示具備遠紅外線纖維的發熱衣，在本實驗中的蓄熱能力卻低於純棉內衣；遠紅 3、4 以聚酯纖維、棉為主要材質卻展現

較佳的蓄熱能力。

將 4 件發熱衣及 1 件純棉內衣以毛衣及外套披覆，以遠紅外線燈垂直照射，每 5 分鐘測量一次溫度的變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

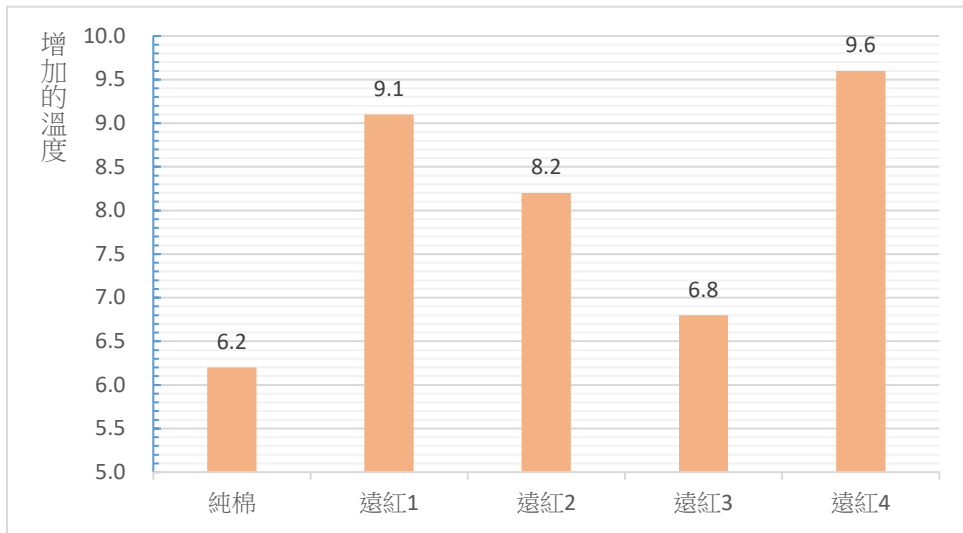


表 6-5-2 遠紅外線素材發熱測試直條圖

實驗討論：

- (一)、禦寒衣物披覆後，減少來自遠紅外線燈的熱源，所有發熱衣蓄熱能力大幅減弱。
- (二)、純棉內衣無轉換遠紅外線的功能，導致本實驗中蓄熱能力最弱的結果。

將 1 件聚丙烯酸酯素材發熱衣及 1 件純棉內衣披覆在 38°C 溫水燒杯，每 5 分鐘測量一次水溫及衣服表面的溫度變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：



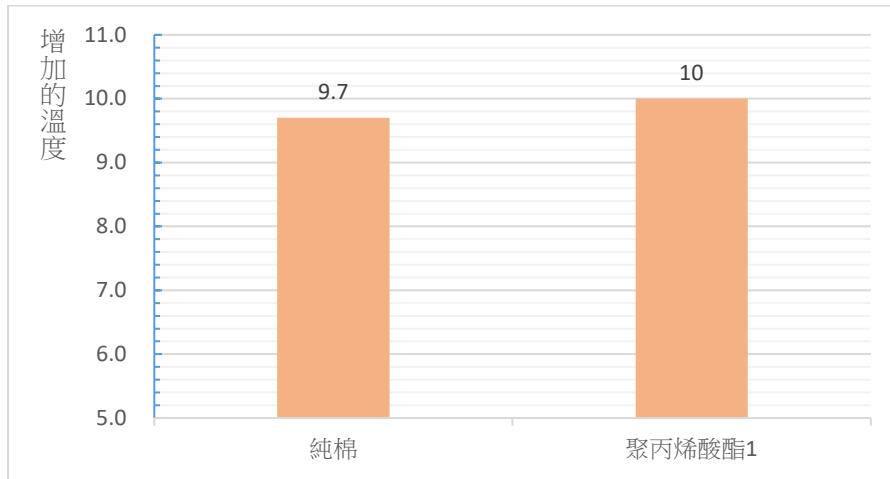


表 6-6-1 發熱衣聚丙烯酸酯吸濕放熱測試直條圖

實驗討論：

- (一)、在純棉纖維組中，內衣表面溫度上升 9.7 度，燒杯 38°C 溫度不變；聚丙烯酸酯纖維組中發熱衣表面上升 10 度，燒杯水溫上升 0.5 度。
- (二)、我們無法確認發熱衣組水溫上升，是由聚丙烯酸酯纖維吸收水汽後換成凝結熱返回到溫水導致溫度上升；或是發熱衣減緩了燒杯內溫水與環境間熱平衡傳導，導致我們設計的電鍋保溫方式加高了燒杯內的溫度。

將 1 件聚丙烯酸酯素材發熱衣及 1 件純棉內衣披覆在水霧機前方，每 5 分鐘測量一次衣服內部與表面的溫度變化，至 30 分鐘為止，得到實驗結果如下：

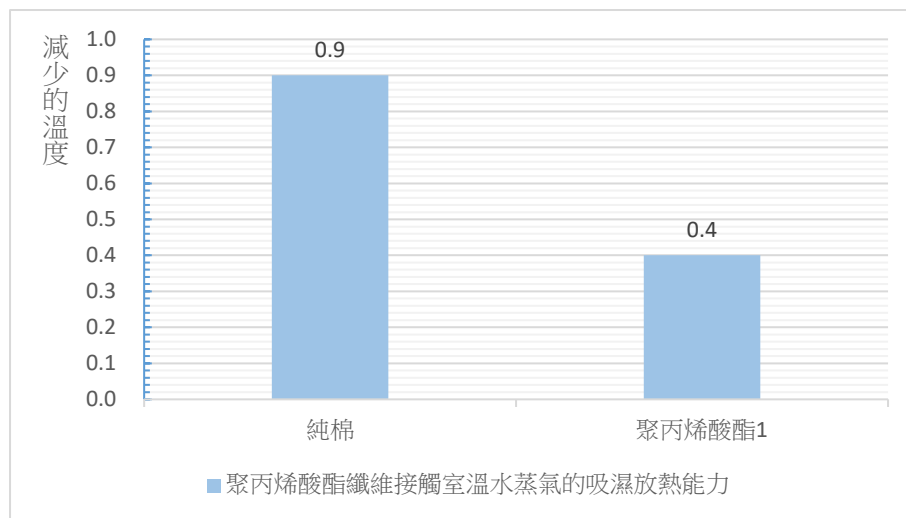


表 6-6-2 發熱衣聚丙烯酸酯吸濕放熱測試直條圖

實驗討論：

- (一)、本實驗中衣服內部的溫度皆無變化，純棉內衣表面溫度降低  $0.9^{\circ}\text{C}$ ，聚丙烯酸酯發熱衣表面溫度下降  $0.4^{\circ}\text{C}$ 。
- (二)、推測聚丙烯酸酯發熱衣吸濕發熱的效果雖不足以讓內部的溫度上升，但是在水蒸氣帶走熱能的同時提供了凝結熱，減輕了表面溫度降低的結果。

#### 四、綜合討論

市面上號稱發熱機能織品眾多，本研究有部分發熱衣素材相同卻因製程不同(如聚酯纖維就有實心與空心之分)、編織(如針織與平織)及加工處理(如抓絨)後，有著不同的結果。本研究中實驗一為觀察室內情境下的禦寒功效，實驗二~四為模擬戶外晴天、颶風與體育課情境，實驗五~六則是探究機能纖維發熱機能的實效。

實驗一~四初期設計以接近體溫  $38^{\circ}\text{C}$  的溫水進行實驗，但是在經過多次實驗後，受限測量器材的最小測量限制，所得各項數據相當接近或重複。為了取得較容易比較的數據，經討論後以較高的  $70^{\circ}\text{C}$  進行各項測試。本研究雖取得各樣本之間的差異，但若回歸人體體溫的條件下，實際差異必然比實驗結果微小。

實驗五與實驗二的測量結果近似，雖未取得遠紅外纖維額外加熱效果的實證，卻在延伸實驗中得到披覆衣物能大幅度改變發熱衣保暖蓄熱功效的結果；至於聚丙烯酸酯發熱衣的取得非常困難，在僅一件樣本的實驗結果中雖然得到加熱功效的結果，但細微的功效與廣告相去甚遠，在實際穿著時未必能感受、察覺其加熱功效。

實驗期間為地區東北季風吹拂季節，每日氣溫易受寒流及降雨波動。實驗雖然都在室內完成，但是不同的室溫、濕度都有可能在實驗中導致不同的熱傳導條件，應該在相同的測試條件環境下，才能做出更具科學性的公正結果。

## 柒、結論

依據研究結果及討論，本章節提出結論如下：

- 一、市售發熱衣中主要以聚酯纖維、聚丙烯腈、嫻縈及彈性纖維為主，因化學纖維貼身耐洗又耐穿的特性，已成為學童內搭衣主流。
- 二、發熱衣的保暖功能僅 1/3 優於棉質內衣，其中的聚酯纖維比例愈高，保暖功能愈顯著；發熱衣蓄熱效果約有 1/2 優於棉質內衣，不同材質的人造纖維之間的效果差異並不明顯。
- 三、在 3.5m/s 的風速下，棉質內衣保暖效果優於所有發熱衣；在模擬持續流汗的情形下，棉質內衣的保暖效果優於所有發熱衣。
- 四、產品標榜遠紅外線加熱效果之發熱衣，增溫效果未必優於棉質內衣；聚丙烯酸酯類纖維製發熱衣不易取得，其吸濕排熱的效果細微不易察覺。
- 五、雖名為發熱衣，但此類紡織品仍以保暖為主要功能，並無顯著加熱效果，或廣告所稱即穿即熱的效果。欲選購發熱衣作為內搭衣穿著時，可挑選聚酯纖維成分較高之產品；穿著時除必備的防風衣物之外，仍需配合當日活動情形，方可達到優於棉質內衣的效果。

## 捌、參考資料及其他

### 一、中文部分

1. 翰林（2020）。*自然與生活科技*，第三單元，熱對物質的改變。台北：翰林出版社。
2. 吳文演、劉綺君（2016）。台灣消費者對發熱衣素材認知之研究。*華岡紡織期刊*，**23**，319-326。
3. 林三永（2014年12月9日）。神奇的發熱衣讓你冬暖夏涼。*科學少年*。

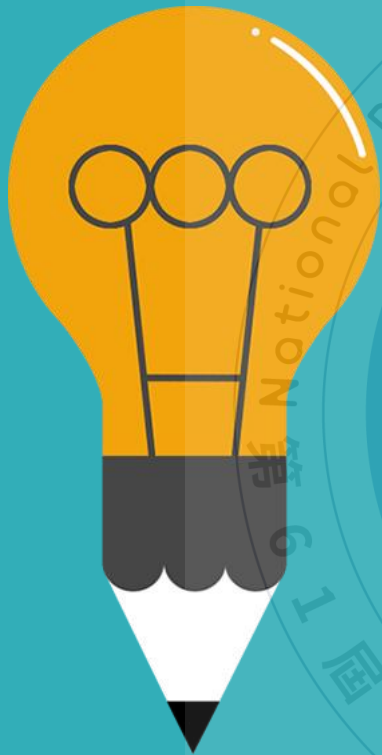
### 二、網路資源

1. 姚興川（2014）。*紡織材料與科技原理*。台北市，臺灣區毛紡織工業同業公會。取自 <http://monitor.textiles.org.tw/doc/%E7%B4%A1%E7%B9%94%E7%BA%96%E7%B6%AD-%E6%A9%9F%E8%83%BD%E6%88%96%E5%8A%9F%E8%83%BD%E6%80%A7%E7%BA%96%E7%B6%AD.pdf>。
2. 黃惠如（2018年1月29日）。穿錯發熱衣，反而更冷。台北市，*天下雜誌*。取自 <https://www.cw.com.tw/article/5087904>
3. 古德興（2020）。不只是美觀，功能更重要—機能性布料。*科學月刊*，**606**。取自 <https://www.scimonth.com.tw/tw/article/show.aspx?num=4027&tags=%E8%A1%A3%E6%9C%8D&page=1>

## 【評語】 082904

研究主題從生活中著手，能應用儀器分析收集的發熱衣，從生活應用的角度找出探討題目，具有研究精神。但可再強化下列資料使結果更為完整，應用性更強。例如人體散熱及水散熱是否相同、實驗衣物應依照成分或編織法分類後再進行相互比較、實驗設計及觀察結果的關聯性較不明確、結果整理及解釋可再加強。

## 作品簡報



# 噓寒問暖 -- 發熱衣解密

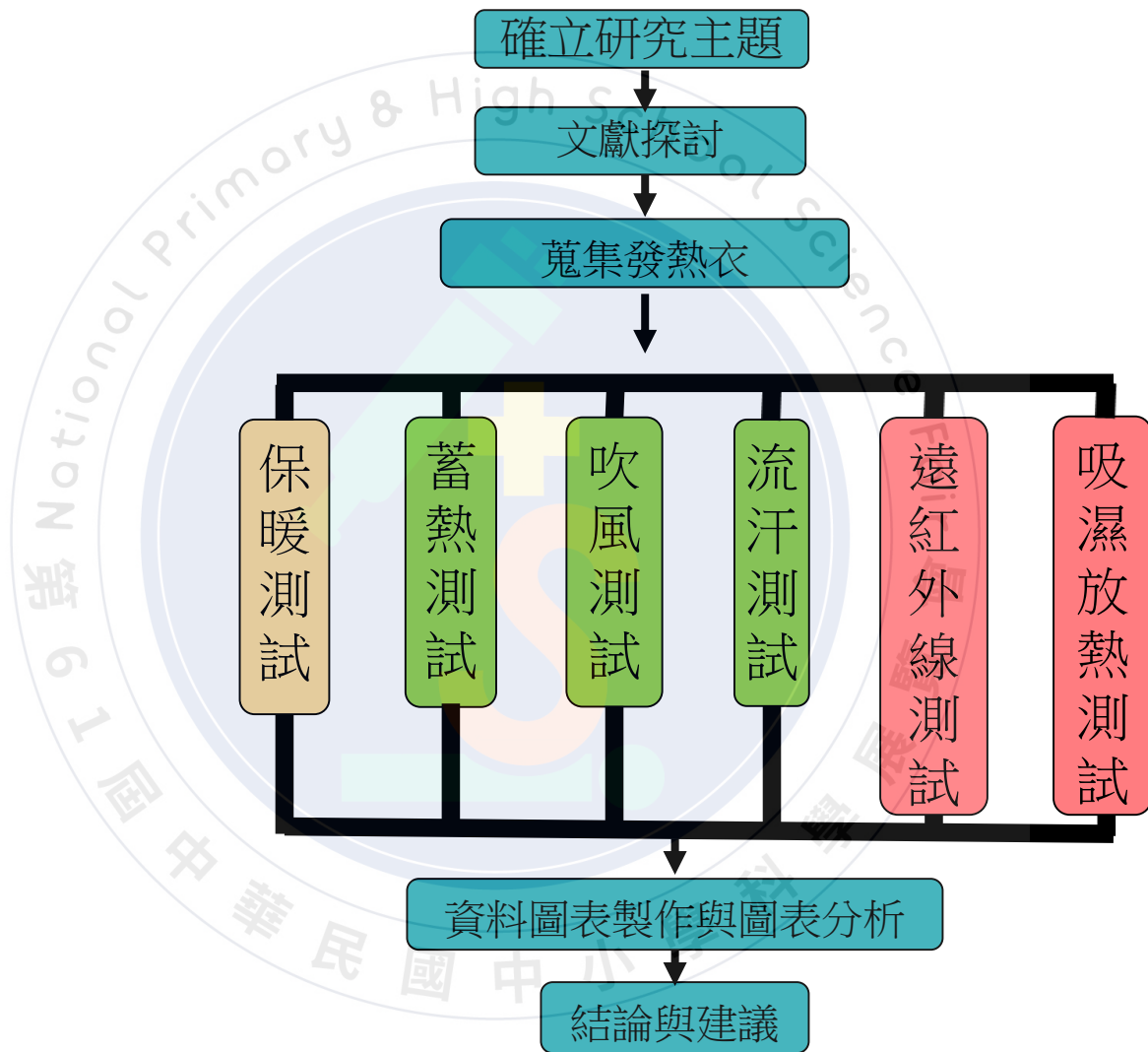
科別：生活與應用科學二(環保與民生)

組別：國小組

作品名稱：噓寒問暖，發熱衣解密

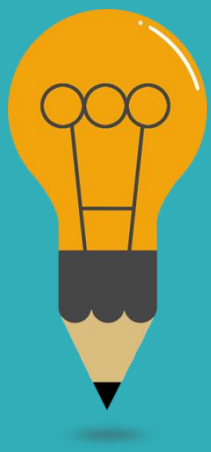
關鍵詞：保暖蓄熱、遠紅外線、聚丙烯酸酯

# 研究架構





# 研究背景



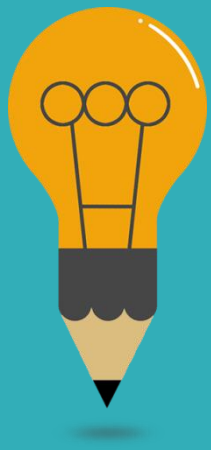
## 壹、研究動機






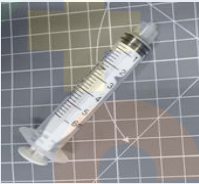


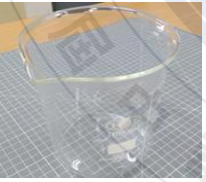

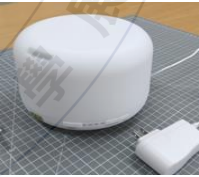

有一種冷，是怕小孩著涼的冷！寒流來襲，各種機能衣物穿在身上，反而限制了我們的活動。發熱衣是否真的像廣告所說，具有神奇的加熱功效？在小學生活潑好動的校園生活中，發熱衣是否是內搭衣的最佳選擇？

## 貳、研究目的

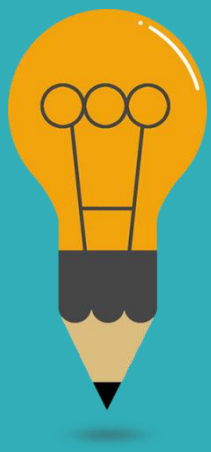
- 一、尋找並了解各種不同材質的發熱衣的標示成分。
- 二、研究不同情境中發熱衣蓄熱保暖的情形。
- 三、觀察發熱衣是否具備發熱的效果。
- 四、掌握挑選發熱衣的技巧。

# 實驗器材



測量器材				
	電子秤	風速計	探針式溫度計	紅外線溫度計
輔助器材				
	300ml廣口瓶	6ml注射器	遠紅外線燈	手套
				
	1000ml燒杯	電鍋	水霧機	電風扇

# 樣本分析



編號	聚酯纖維	聚丙烯腈	尼龍纖維	嫻縲	彈性纖維	棉	重量
1	60%			32%	8%		178g
2	32%	37%		23%	8%		99.5g
3	95%				5%		301g
4	35%	33%		25%	7%		114g
5	90%				10%		158.5g
6			75%	25%			151.5g
7	38%	31%			10%	21%	123g
8		58%			5%	37%	118g
9			56%		2%	42%	162.5g
10	95%				5%		156g
11		51.9%		38.2%	9.9%		150.5g
12	54%			39%	7%		181g
13	92%				8%		182g
14	35%			33%	5%		187g
15	95%				5%		141.5g

# 實驗一

# 保暖測試



			
調38°C溫水	發熱衣包覆	不易判讀	測量與紀錄

## 實驗步驟：

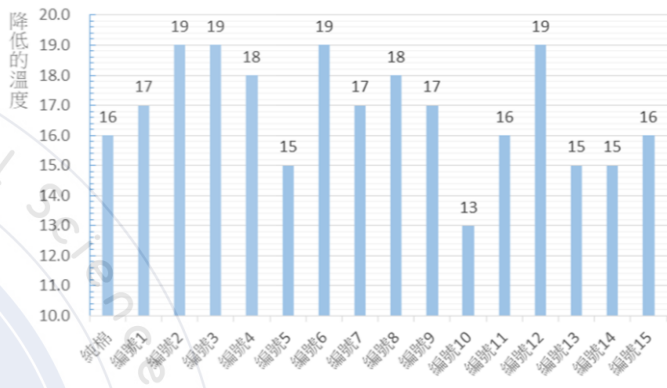
- (1)調製300ml的38°C溫水至於廣口瓶中。
- (2)將發熱衣樣本以袖口套住廣口瓶。
- (3)每5分鐘以測量溫度變化並加以記錄。

## ★實驗改良：

傳統溫度計受限刻度不易判讀。以紅外線溫度計也難以準確測量異體溫度，最終使用探針式溫度計於本研究使用；另外所有發熱衣在分別完成30分鐘測試後，實驗數據只有微小差距，導致不易比較，於是本研究各保暖實驗皆調整水溫至70°C，重新進行實驗。

## 實驗討論：

- (一)、本實驗15件發熱衣中有4件保暖效果優於棉質內衣，2件與棉質內衣相同，9件保暖能力低於棉質內衣。
- (二)、本實驗15件發熱衣中保暖能力最佳為編號10，最弱為編號2、3、6及12號，其中保暖效果較佳的發熱衣皆以聚酯纖維為主要材質。
- (三)、編號3與編號10材質完全相同，重量為編號10的2倍，厚度也最厚，保暖效果卻最差，推測是由於編織方式不同所導致。



# 蓄熱測試 實驗一



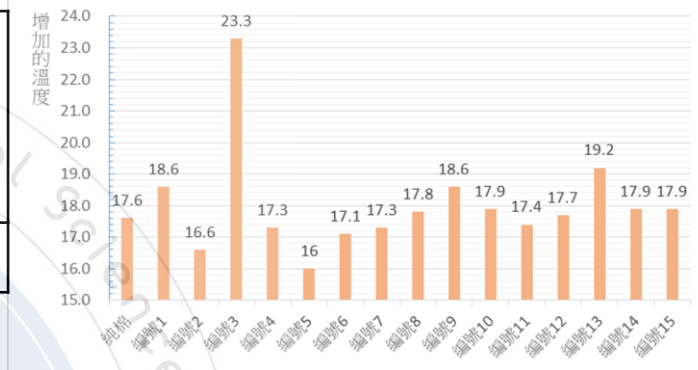
發熱衣做記號



固定遠紅外線燈



測量與紀錄



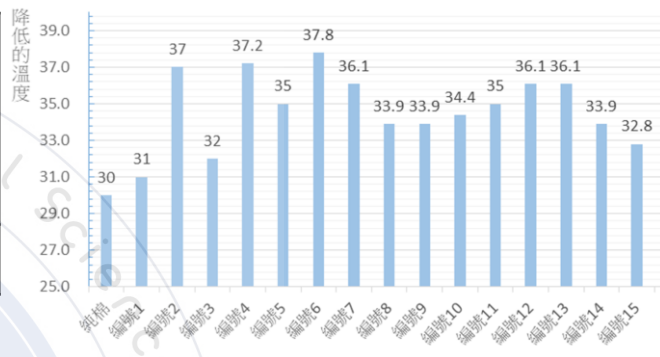
## 實驗步驟：

- (1)用橡皮筋在發熱衣做記號，做為遠紅外線照射及測量溫度的定位點。
- (2)將遠紅外線燈垂直固定，並保持與發熱衣20公分處。
- (3)每隔5分鐘以紅外線溫度計測量溫度變化並加以記錄。

## 實驗討論：

- (一)、15件發熱衣中有9件蓄熱效果優於棉質內衣，6件蓄熱能力低於棉質內衣。
- (二)、15件發熱衣中蓄熱能力最佳為編號3，加溫效果達 $23.3^{\circ}\text{C}$ ，最弱為編號5號加溫效果為 $16^{\circ}\text{C}$ 。依實驗結果，不同材質是否為影響蓄熱效果的原因並不明顯。
- (三)、編號3的蓄熱效果明顯優於其他許多，推論是由於使用較多的材料，因此能吸收更多來自遠紅外線燈的熱源，讓發熱衣表面測得更高的溫度。

# 吹風測試 實驗三



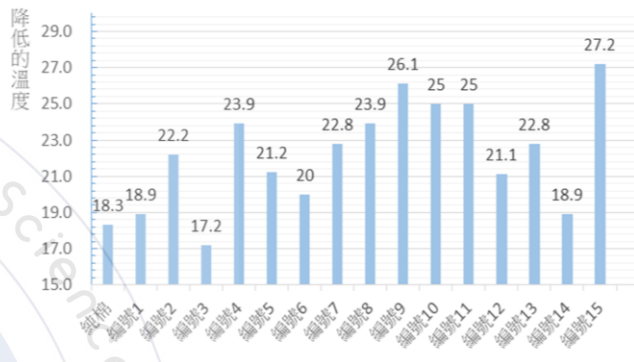
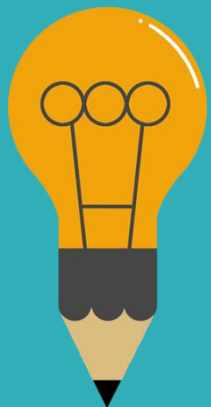
## 實驗步驟：

- (1) 設置強度與方向固定的電風扇，以風速計找出符合3.5m/s的位置。
- (2) 調製300ml的70°C溫水於廣口瓶中，以發熱衣袖口包覆廣口瓶置於定點。
- (3) 將溫度計探針放入廣口瓶中，每隔5分鐘測量溫度並加以記錄。

## 實驗討論：

- (一)、15件發熱衣在風溫18.5風速3.5m/s吹拂下，保暖能力全部低於棉質內衣。
  - (二)、15件發熱衣中在吹風的情況下保暖能力最佳為編號1；最弱為編號6號。
- 依實驗結果，不同材質是否為影響保暖效果的原因並不明顯。

# 流汗測試 實驗四



## 實驗步驟：

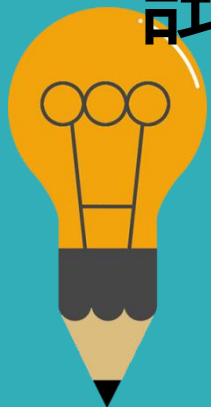
- (1)於電鍋外鍋盛800ml純水，放置1000ml純水於燒杯，穩定取得38°C溫水。
- (2)調製300ml的70°C溫水於廣口瓶中，以發熱衣袖口包覆廣口瓶。
- (3)每隔5分鐘注射1毫升溫水於發熱衣，以探針溫度計測量並加以記錄。




## 實驗討論：

- (一)、15件發熱衣在模擬流汗的情形下，僅編號3保暖能力優於棉質內衣，其餘全部低於棉質內衣。
- (二)、編號3與純棉以外的發熱衣在持續注射溫水的情形下，出現溫水溢出的情形，表示已超過發熱衣所能吸收的水量，讓整件衣服浸溼。推測在液體熱傳導率大於氣熱傳導率的情形下導致加快了熱平衡的傳導。
- (三)、編號3與編號10、15材質相同，保溫效果卻有相當明顯的差異。推論是由於編號3比較厚，在吸水之後仍有空間能儲存空氣，減緩了熱傳導的速度。

# 實驗五

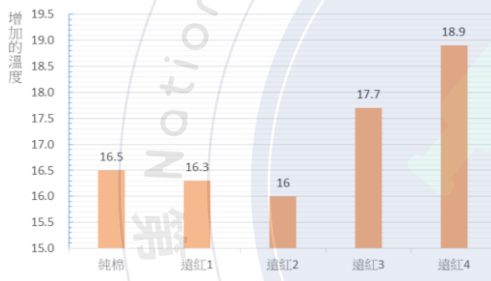
# 遠紅外線測試



		
發熱衣做記號	固定遠紅外線燈	測量與紀錄

## 實驗步驟：

- (1)將遠紅外線燈垂直固定，保持與發熱衣20公分處。
- (2)每隔5分鐘以紅外線溫度計測量溫度變化及記錄。
- (3)發熱衣外披覆毛衣及外套，30分鐘後以紅外線溫度計測量溫度變化並記錄。



## 實驗討論1：

- (一)、本實驗結果與實驗(二)發熱衣的蓄熱測試中，所增加的溫度大致相符。
- (二)、遠紅1及遠紅2是所有樣本中為二明確標示具備遠紅外線纖維的發熱衣，在本實驗中的蓄熱能力卻低於純棉內衣；遠紅3、4以聚酯纖維、棉為主要材質卻展現較佳的蓄熱能力。



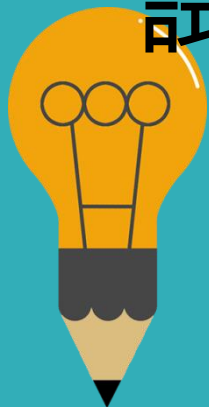
## 實驗討論2：









- (一)、禦寒衣物披覆後，減少來自遠紅外線燈的熱源，所有發熱衣蓄熱能力大幅減弱。
- (二)、純棉內衣無轉換遠紅外線的功能，導致本實驗中蓄熱能力最弱的結果。



# 實驗六

# 吸濕放熱測試



			
設置體溫水汽情境	38°C的水蒸氣凝結	將紡織品披覆	測量內外部的溫度
			
調38°C溫水	發熱衣包覆	不易判讀	測量與紀錄

## 實驗步驟：

- (1)於電鍋外鍋裝800ml純水，放置1000ml純水於燒杯，取得穩定38°C溫水。
- (2)以橡皮筋將紡織品固定在燒杯上方。
- (3)每隔5分鐘，分別以探針溫度計及紅外線溫度計測量水溫及紡織品表面溫度。
- (4)以水霧機製造室溫的水蒸氣。
- (5)製作充氣支架，將紡織品罩在外面，讓水蒸氣吹入衣服內。
- (6)每隔5分鐘，分別以探針溫度計及紅外線溫度計測量紡織品內部與表面溫度。

## 實驗討論1：

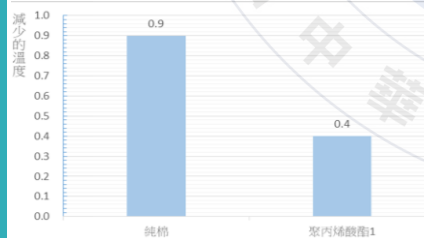
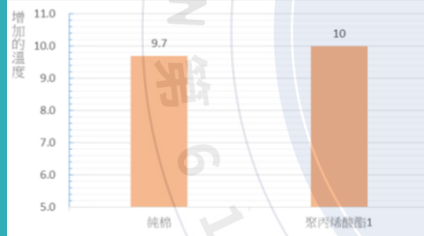
(一)在純棉纖維組中，內衣表面溫度上升9.7度，燒杯38°C溫度不變；聚丙烯酸酯纖維組中發熱衣表面上升10度，燒杯水溫上升0.5度。

(二)、我們無法確認發熱衣組水溫上升，是由聚丙烯酸酯纖維吸收水汽後換成凝結熱返回到溫水導致溫度上升；或是發熱衣減緩了燒杯內溫水與環境間熱平衡傳導，導致我們設計的電鍋保溫方式加高了燒杯內的溫度。

## 實驗討論2：

(一)、本實驗中衣服內部的溫度皆無變化，純棉內衣表面溫度降低0.9°C，聚丙烯酸酯發熱衣表面溫度下降0.4°C。

(二)、推測聚丙烯酸酯發熱衣吸濕發熱的效果雖不足以讓內部的溫度上升，但是在水蒸氣帶走熱能的同時提供了凝結熱，減輕了表面溫度降低的結果。



# 結論



一 以聚酯纖維、聚丙烯腈、嫘縈及彈性纖維為主的發熱衣，因貼身耐洗又耐穿，成為學童內搭衣主流。

二 發熱衣的保暖功能僅1/3優於棉質內衣，其中的聚酯纖維比例愈高，保暖功能愈顯著；發熱衣蓄熱效果約有1/2優於棉質內衣，不同材質的人造纖維之間的效果差異並不明顯。

三 在3.5m/s的風速下，棉質內衣保暖效果優於所有發熱衣；在模擬持續流汗的情形下，棉質內衣的保暖效果優於所有發熱衣。

四 產品標榜遠紅外線加熱效果之發熱衣，增溫效果未必優於棉質內衣；聚丙烯酸酯類纖維製發熱衣不易取得，其吸濕排熱的效果細微不易察覺。

五 雖名為發熱衣，但此類紡織品仍以保暖為主要功能，並無顯著加熱效果，或廣告所稱即穿即熱的效果。欲選購發熱衣作為內搭衣穿著時，可挑選聚酯纖維成分較高之產品；穿著時除必備的防風衣物之外，仍需配合當日活動情形，方可達到優於棉質內衣的效果。