

彰化縣 109 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選
作品說明書（封面）

作品編號： (由承辦單位編列)

組別：
 國小組 數學類
 國中組 自然與生活科技類
 人文社會類

作品名稱：最後一道防『線』

第一階段 研究訓練階段（由教師撰寫）

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

（一）. 學習獨立研究概念與研究方法、練習研究方法與步驟、激盪有興趣之主題。

（二）. 著手進行獨立研究資料蒐集、整理、分析、統整與撰寫。

（三）. 文獻閱讀與報告。

（四）. 修改研究報告成果、PPT 製作、訓練口頭報告、省思與分享。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

（一）. 從解決問題概念切入，讓學生了解獨立研究的意義與目的，並了解研究方法與步驟，以備往後的研究所需。

（二）. 給予學生針對某研究的方法了解研究步驟。協助學生理解研究方法的運用，排除對繁瑣過程的恐懼。

（三）. 以討論的方式激盪學生有興趣的主題，並引導學生聚焦於可行方向，讓學生對廣泛的興趣聚焦於明確的主題。

（四）. 引導學生提出可討論的問題及欲達成的目的。讓學生針對感興趣的主題蒐集資料、整理資料、分析資料，對能統整相關的資訊，以符合研究目的與問題。

（五）. 研究內文進行撰寫。老師是提供協助的引導者，學生是整個研究的主角，給予學生對學習負責的機會。

（六）. 完成研究報告後，學生學習製作簡報 PPT，並學習如何對自己的研究報告做口頭報告，訓練口頭表達能力。

（七）. 最後，回顧獨立研究的過程，做省思與心得分享。

第二階段 獨立研究階段(由學生撰寫)

一. 研究動機

我們團隊在探討研究項目提案時，新聞報導著『台北錢櫃』及『高雄醫生世家』均發生大火且同時奪走多條人命，原因均指出可能發生於【電線走火】並造成了人心惶惶。新型肺炎初期的中國大流行，

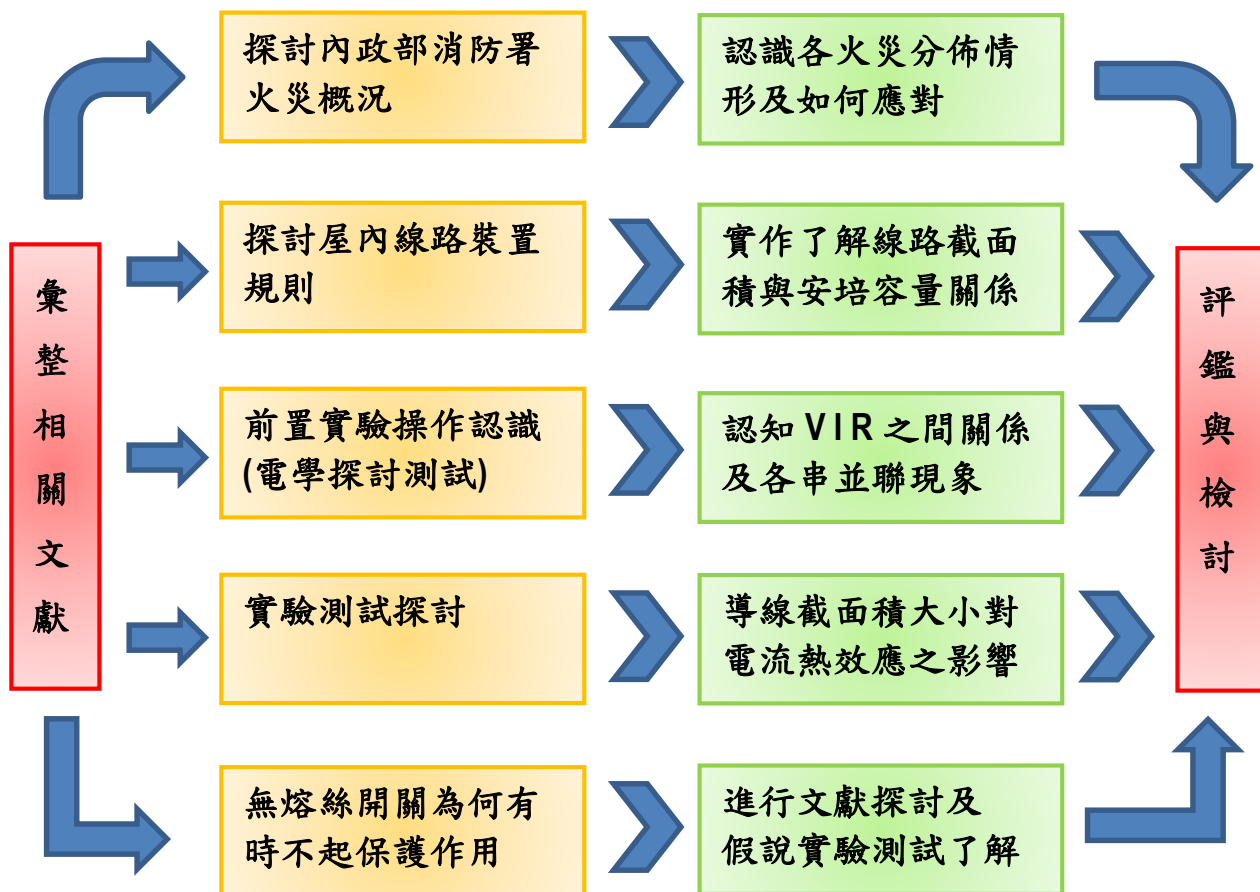
我們政府能用最快速且有條理的預防、注重、公開方式來做宣導，讓人民充分獲得防護知識及疫情現況即時知訊來穩定人心與全民的配合，陳部長帶領著台灣走向世界防疫能力尖端、優異的國家。

108年台灣內政部消防署統計指出，火災發生件數**高達22866件**，更以人民居住的建築火災案件發生率第一且以廚房爐火與電氣走火因素最多。當台北娛樂性場所的火災發生，可以說是公共安全的認知不足；但高雄醫生世家發生的火災，讓我們覺得電氣走火比疫情更可怕，因為疫情我們知道如何防護以及政府持續有效管理與隔離可能案件，**但電氣走火卻永遠無法得知下一秒會在哪裡發生。**

因此，**電線為何會走火也觸動了我們想要進行深入探究的主要原因**，藉由探究電氣走火相關學術性及實驗性認知來了解主要發生原因，藉此進行主動預防、學校宣導等，讓用電安全預防及電氣走火相關知識普及，使我們擁有更安全的居住品質。

二. 擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

(一). 擬定正式計畫實驗流程圖(圖 1. 實驗流程表)



(二). 擬定研究問題

電線為何會走火，對我們而言是既可怕又神秘，在搜尋相關文獻後我們想藉由-學術探討與假說來進行模擬實驗電線走火原因情形，因此訂定以下研究問題。

1. 電線走火原因相關文獻整理。
2. 認識歐姆定律 V, I, R 與電流熱效應關係。
3. 插座頭積汗導電起火假設性實驗觀察紀錄。
4. 探討電流 10A、15A、20A 通過對延長線所產生的變化。
5. 探討電線細綁通過電流 10A、15A、20A 的影響性。
6. 探討半斷線通過電流 10A、15A、20A 的影響性。

7. 模擬與假設測試電線起火過程觀察。

8. 評鑑與檢討。

(三). 擬定工作紀錄表

表 1. 擬定工作紀錄表

	5 月			6 月			7 月			8 月		
文獻探討	✓	✓										
擬定問題		✓	✓	✓								
記錄發現		✓	✓	✓	✓							
擬訂計畫				✓	✓	✓						
進行實驗					✓	✓	✓	✓	✓	✓		
撰寫報告										✓	✓	✓
完成率%	3	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100

三. 彙整相關文獻

1800 年，義大利科學家 伏特 將銅片和錫片浸於食鹽水中，製成了人類歷史上第一個電池。所以我們現在電壓的單位是以他來命名的。1880 年代，配電系統發明初期，當時電力系統是以 愛迪生 (Thomas Edison) 的直流輸電系統為標準，不論電池或是電機大多數電器的內部，都是使用直流電。

愛迪生 旗下有一位員工 特斯拉 (Nikola Tesla) 是個不可多得的人才，除了成功改良多種電器，重新設計愛迪生發明的直流電發動機外，還是個交流電研究者呢。雖然當時許多電器內都是使用直流電，但直流電無法輕易改變電壓，輸送過程會不斷損失能量，每隔一段距離就要增設發電站，所以成本非常高。但交流電沒有這個問題，交流電可以透過變壓器升降壓，若是採用長途輸電，人們不用像輸送直流電設置多座電廠，只要先升壓調成高壓電，接近目的地時再調降電壓即可，能有效降低成本。不過當時 特斯拉 與 愛迪生 產生紛爭，就憤而離職。直到 1887 年，特斯拉 在西屋電氣公司工作

時，研發出世上第一個交流電感應馬達：異步電動機，並在 1888 年嶄露頭角，並展現出交流電在遠距離高壓傳輸的特色優點。

隨著工業二次革命的開始，電器用品蓬勃發展伴隨而來的是人們的便利，而用電安全更是人們在便利之下忘記它所存在的風險，就讓我們在研究電線走火的成因--學術探討與實驗測試，來了解如何進行對電流的安全認知與如何控管風險。我們從屋內線路裝置規則開始了解其規定，探討整個實驗並進行電線走火原因分析與基本電學的關係進行討論與實驗。

四. 資料分析

(一). 研究器材:

1. 研究器材之圖片及文字說明:



圖 2.防火版、PP 瓦楞板



圖 3.各種延長線、插頭及座

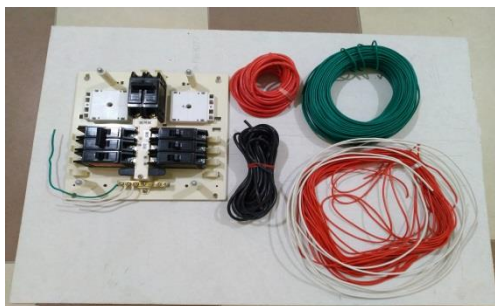


圖 4.電盤含各無熔絲及各電線



圖 5.電烙鐵、吹髮機、熱風槍

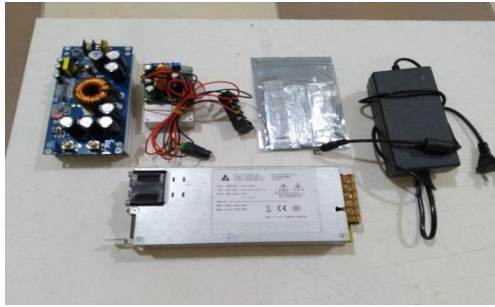


圖 6.可調壓變壓器、青箭鋁箔紙



圖 7.1V、溫度監控器、護目鏡



圖 8.三用電錶、電阻、電池



圖 9.0.2、0.8mm 電熱絲及工具

(二). 電線走火原因相關文獻整理。

1.內政部消防署 108 年火災概況

依據內政部消防署火災統計指出，數年來電線走火所引起的火災是最主要的住宅起火原因，更進一步從起火處分析資料得知，臥室、客廳及廚房是住宅起火的主要三個場所，我們推論，在愈來愈進步的時代，家中電器設備會愈裝愈多，就會增加危險。因此，如何在安全的情況下使用電器設備，絕對是人人都必須認真學習的課題。

108年火災概況

總火災數	死亡火災數	火災死亡人數	火災受傷人數	財物損失(新台幣)
22,866件	116件	150人	478人	約\$14億4,221萬元

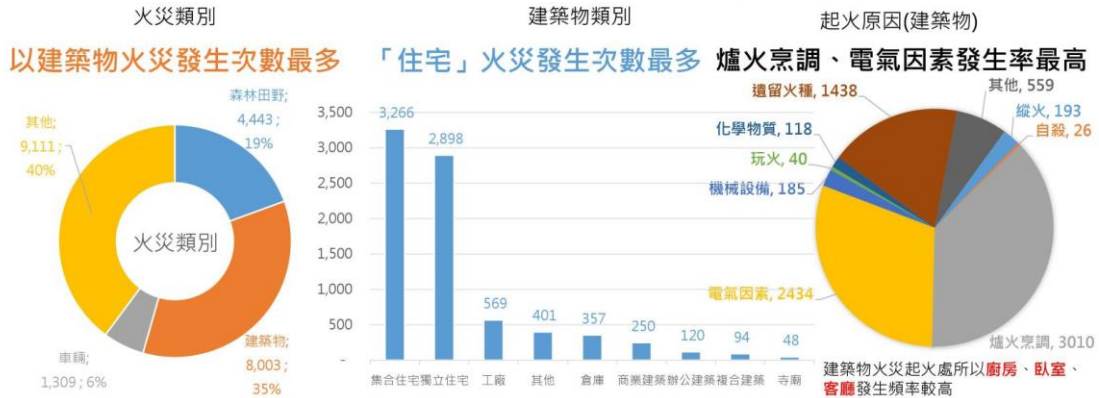


圖 10.108 年火災概況分布圖

2. 探討經濟部頒佈【屋內線路裝置規則】。

說明:依屋內線路裝置規則導線管槽配線(導線絕緣體溫度 60 度 C 者)安倍容量表(周溫 35 度 C 以下), 進行生活常用電線認知。

表 2. 居家線路安倍容量乘載表

線別	截面積(平方公厘)	根數/直徑(公厘)	安倍容量(A)	居家常見位置點
花線	0.75MM	30/0.18	7	電風、電視、冰箱、延長線等
花線	1.25MM	50/0.18	11	吹風機、電鍋、飲水機、延長線等
花線	2.0MM	37/0.26	15	電暖器、高級延長線等
單心線	1.6	1/1.6	15	裝潢用線、居家電盤配線等
單心線	2.0	1/2.0	20	裝潢用線、居家電盤配線等
絞線	3.5	7/0.8	20	冷氣機用線
絞線	5.5	7/1.0	30	電熱水器(沐浴型)

圖說:

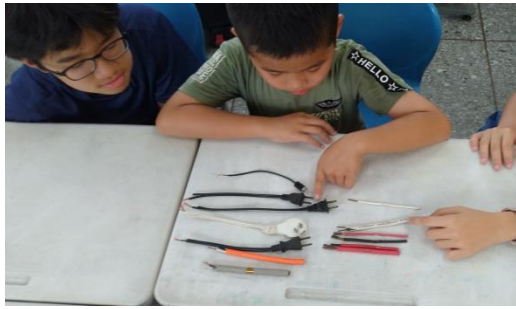


圖 11. 蒐集各種相關電線



圖 12. 將電線製成表格方便觀察

發現:由屋內線路裝置規則了解,其實不是一條延長線即通用所有電器。而是每條電線都有其安全承載電流,且每一種電器也都有不同使用功率,必須注意使用才能確保安全,不致發生危險。

(三). 認識歐姆定律 V, I, R 與電流熱效應關係。

1.基礎電學測量儀器認知與操作(三用電表測量認知)

說明:我們先從電的認知開始進行探討(圖 13)



三用電表常用功能介紹

- 直流電壓測量(DCV)
- 交流電壓測量(ACV)
- 直流電流測量(DCA)
- 電阻測量(Ω)

(1).黑色測量線插入 COM。

(2).測量 $V\Omega mA$, 紅色線插入該孔。

(3).測量大電流, 紅色線插入 10A 位置孔。

2.前置實驗--電池及電阻測量認知及觀察變化情形

(1).測量 1.5V, 乾電池串並聯紀錄(表 3)

串並聯/數量	1	2	3
--------	---	---	---

串聯	1.63	3.26	4.89
並聯	1.63	1.63	1.63

(2).測量電組零件串並聯紀錄(電阻色環橙橙紅金)(表 4)

串並聯/數量	1	2	3
串聯(Ω 值)	3210 Ω	6410 Ω	9630 Ω
並聯(Ω 值)	3210 Ω	1610 Ω	1070 Ω

圖說:

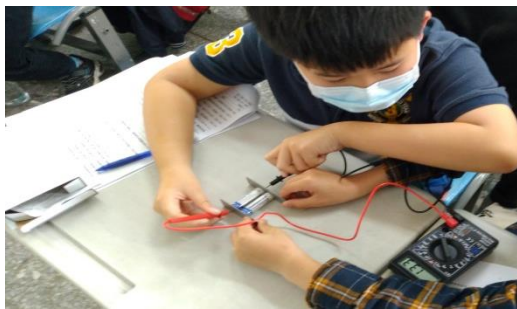


圖 14.電池串聯測試

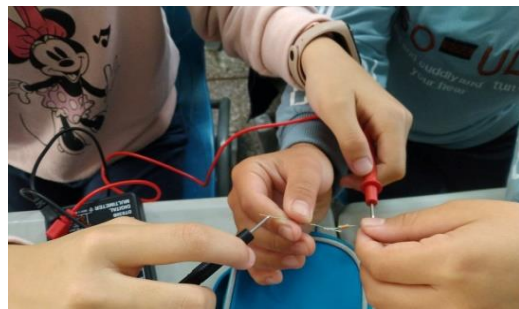


圖 15.電阻串聯測試

3. 測量 V , I , R 並觀察關係變化與其電流之關係。

說明:從屋內配線規則得知:每條電線均有最大可通過電流 $I(A)$ 安全限制。電線會走火又與電流(I)值有著密不可分的關係,於是我們先進行 V , I , R 值測試來了解各相關關係。

(1). 探討當 V 值固定, R 值串、並聯測試(0.2MM 電熱絲), 觀察 I 值變化情形。 R 值固定(0.2MM 電熱絲), V 值串、並聯測試, 觀察 I 值變化情形。

測量 V , I , R 串並聯 I 值變化情形(表 5)

何值固定	何值串、並聯	V、I 值變化串、並數量 1		V、I 值變化串、並數量 2		V、I 值變化串、並數量 3	
		V	I	V	I	V	I
V(6V)	R(Ω)串聯	6V	2.18A	6V	1.19A	6V	0.80A
V(6V)	R(Ω)並聯	6V	2.18A	6V	4.10A	6V	5.71A
R(Ω)	V 值串聯	2V	0.76A	4V	1.49V	6V	2.20A
R(Ω)	V 值並聯	2V	0.76A	2V	0.76A	2V	0.76A

圖說：

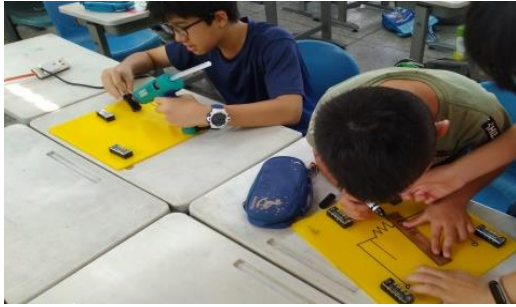


圖 16. R 值串、並聯測試板製作

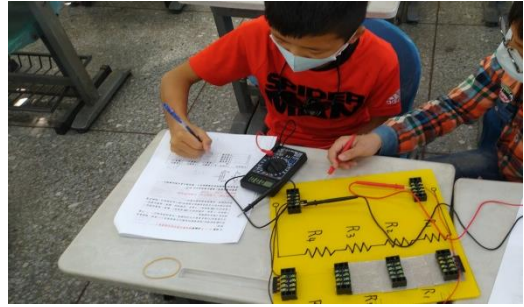


圖 17. R 值串聯測試紀錄

(2). 探討操作家中各電器並聯後 R 值情形(插入延長線座內，模擬多電器同時使用，測量電器電阻變化情形)。

並聯電器測試 R 值變化情形(表 6)

電器種類	單 Ω 值，並聯 1		單 Ω 值，並聯 2		單 Ω 值，並聯 3	
電烙鐵	472	472	459	229	473	152
吹髮機	16.1	16.1	15.2	8.3	40.9	6.8

圖說：

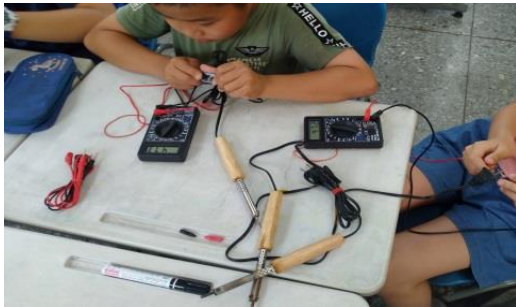


圖 18. 電烙鐵測量電阻值情形

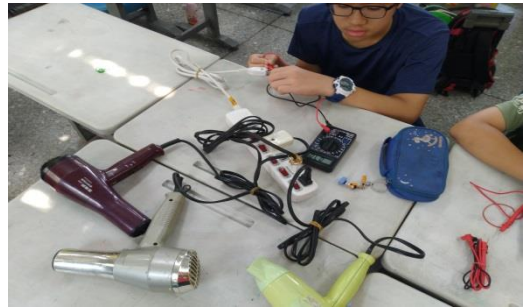


圖 19. 吹髮機並聯測量情形

(四). 插座頭積汙導電起火假設性實驗觀察紀錄。

1. 進行測量認知何謂導體、不良導體、絕緣體

說明: 使用指針式三用電表測量，認知何謂絕緣體、不良導體、導體各作用為何。

測量各種物體電阻值紀錄表(表 7)

物體種	塑	木	乾	水	人體	濕毛	鐵	鉛	電
-----	---	---	---	---	----	----	---	---	---

類	膠	材	毛 巾		雙手	巾		筆 芯	線
測量歐 姆值	∞	∞	∞	26000	600000	40000	0	2	0

圖片說明:

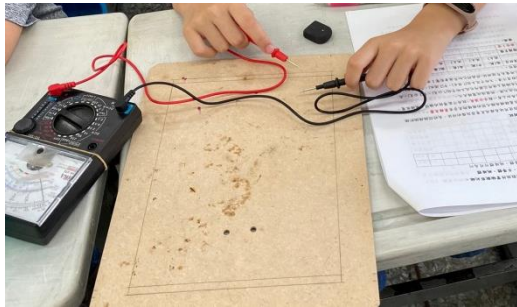


圖 21.木材電阻值測量



圖 22.乾毛巾電阻值測量

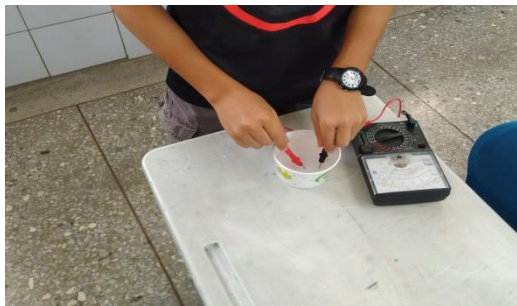


圖 23.水電阻值測量



圖 24.濕毛巾電阻值測量

2. 插座頭積汗測試

說明: 我們在插頭上使用花園內之乾泥土給予約:低(0.5 公克)、中(1 公克)、高(1.5 公克)程度污漬, 又給予低污漬泥土, 低(1 次水噴霧)、中(2 次水噴霧)、高(3 次水噴霧), 來**模擬灰塵吸收水、油氣情形**進行三用電表電阻值測量, 因我們已知**電阻**值會影響 **I** 值變化, 此時家中電壓為 116V(實測), 就能自行推算 **I** 值變化情形。 **$V=I \cdot R$**

模擬插座頭積汗電阻值測量表(表 8)

污漬程度	低(乾 泥土)	中(乾 泥土)	高(乾 泥土)	低(濕泥 土)	中(濕 泥土)	高(濕 泥土)
測量 R 值	∞	∞	∞	2 百萬 Ω	40 萬 Ω	10 萬 Ω
推估 I 值	0	0	0	0.058mA	0.29mA	1.16mA
插座 V 值	116V	116V	116V	116V	116V	116V

圖說：

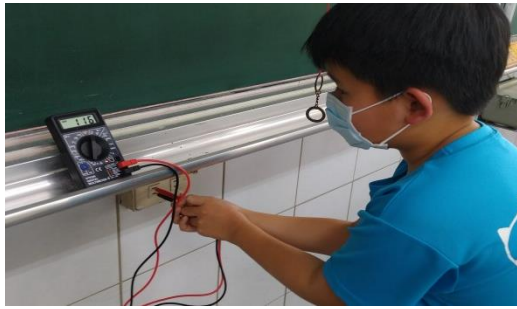


圖 25. 測量插座內電壓 116V
 ∞



圖 26. 模擬乾燥積汗，測量電阻值
 ∞

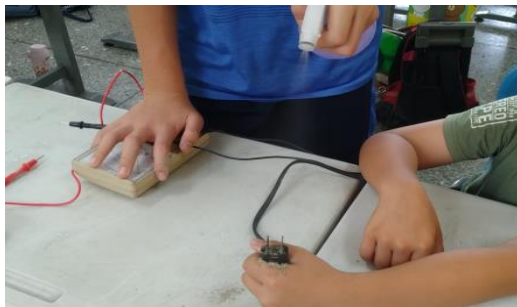


圖 27. 對積汗處噴霧模擬
值



圖 28. 測量積汗潮濕插座頭電阻
值

(五). 探討電流 10A、15A、20A 通過對延長線所產生的變化。

圖說：

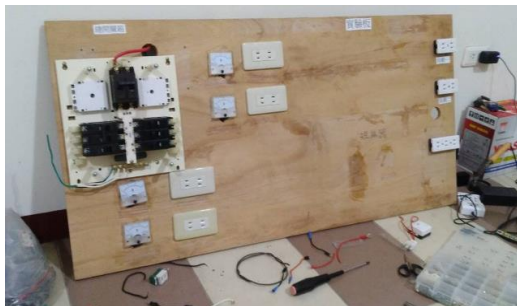


圖 29. 請水電師傅製作真實模擬版

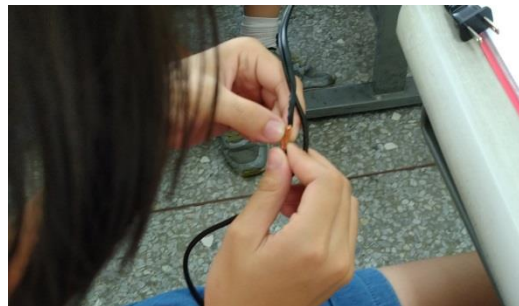


圖 30. 剝皮察看銅導體根數

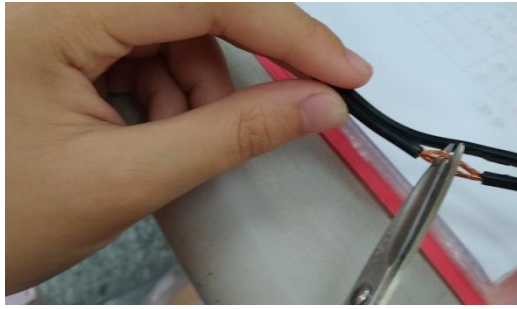


圖 31.將銅導體減半模擬辦斷線



圖 32.接各種導線準備測試

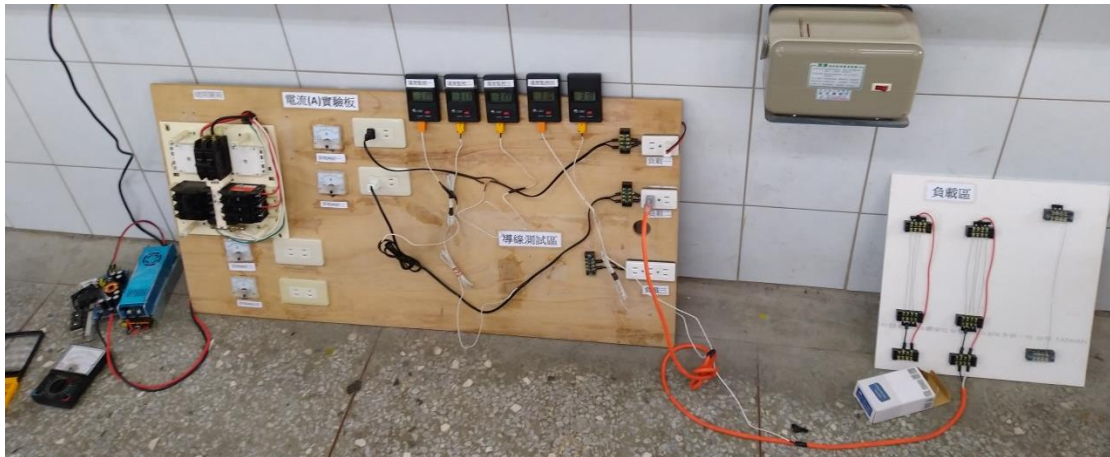


圖 33.整體測試情形，左側為變壓器，中間為測試區，右側為負載區

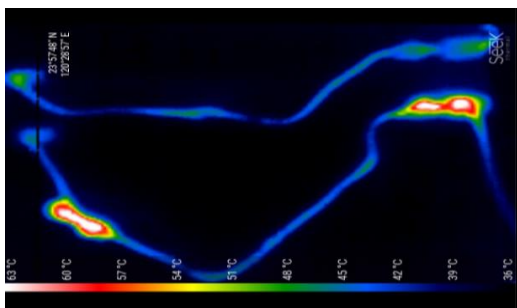


圖 34.導線測試熱顯影分佈情形



圖 35.導線測試達 118、88、160°C

操作說明:使用 0.75mm^2 、 1.25mm^2 、 2.0mm^2 家中常見電線，使其通過電流 10A、15A、20A 並在線體綁上溫度偵測器，確保其觀察準確性。紀錄時間 15 分鐘。使用低壓 12V 以下，負載高耗能電熱絲，增加實驗安全性。

正常導線測試紀錄表(表 9)

環境測試溫度 31° - 32°

測試電線規格	0.75mm^2 7A	1.25mm^2 11A	2.0mm^2 15A
--------	----------------------	-----------------------	----------------------

時間\通 過電流	10A	15A	20A	10A	15A	20A	10A	15A	20A
1min	35.8	43.9	57.4	33.8	36.5	40.3	31.2	32.4	33.8
2min	38.8	52.4	73.6	35.4	41.3	49.1	31.7	33.6	36.1
3min	40.1	56.2	82.9	36.5	44.5	53.1	32.1	34.6	37.7
4min	41.0	57.8	84.6	37.0	45.8	56.3	32.5	35.3	39.2
5min	40.9	59.2	86.7	37.2	46.4	58.4	32.7	35.8	40.2
6min	41.3	59.1	88.5	37.5	47.0	59.0	32.8	36.3	40.6
7min	41.2	59.6	88.7	37.8	47.0	58.3	33.0	36.6	41.2
8min	40.9	59.3	90.1	37.8	47.1	58.6	33.0	36.9	41.9
9min	41.5	59.7	90.4	37.7	46.7	59.0	33.1	37.1	41.9
10min	41.8	60.4	89.8	38.0	47.1	58.2	33.3	37.4	42.3
11min	41.8	61.3	89.4	37.8	48.0	58.8	33.4	37.7	42.2
12min	42.0	61.3	88.3	37.8	48.4	59.8	33.4	37.6	42.9
13min	42.1	61.3	88.8	37.7	48.1	60.4	33.4	37.8	43.0
14min	41.8	61.3	87.6	37.5	48.6	60.5	33.3	37.9	43.0
15min	42.1	61.2	89.9	37.8	48.5	59.1	33.4	38.0	43.0

(六). 探討電線網綁(纏繞)通過電流 10A、15A、20A 的影響性。

操作說明:使用 0.75mm²、1.25mm²、2.0mm² 家中常見電線，使其通過該線徑之電流 10A、15A、20A 並在網綁(纏繞)絕緣體綁上溫度偵測器，確保其觀察準確性。紀錄時間 15 分鐘。使用低壓 12V 以下，負載高耗能電熱絲，增加實驗安全性。

網綁(纏繞)導線測試紀錄表(表 10)

環境測試溫度 31⁰-32⁰

測試電	0.75mm ² 7A	1.25 mm ² 11A	2.0mm ² 15A
-----	------------------------	--------------------------	------------------------

線規格									
時間\通 過電流	10A	15A	20A	10A	15A	20A	10A	15A	20A
1min	37.1	45.9	60.9	34.4	37.1	41.3	31.9	33.1	34.2
2min	40.9	54.9	79.1	35.7	41.2	49.8	32.4	34.3	36.1
3min	42.6	59.4	95.3	36.9	45.2	53.9	32.7	35.2	37.7
4min	43.7	62.5	98.7	37.7	47.9	57.1	33.0	36.0	39.3
5min	44.2	65.6	109	37.7	48.1	59.0	33.3	36.9	40.0
6min	44.9	65.9	113	38.1	48.8	60.1	33.6	37.4	41.0
7min	45.9	67.4	116	38.4	48.1	60.6	33.8	37.8	41.2
8min	45.0	67.6	112	39.1	48.8	61.2	33.7	37.9	41.9
9min	45.7	68.8	117	38.4	49.1	61.0	34.1	38.3	42.4
10min	45.6	68.8	118	39.1	48.8	62.2	34.2	38.7	43.5
11min	45.8	70.2	118	38.7	49.5	62.3	34.1	39.0	43.3
12min	45.9	70.5	120	38.7	50.0	63.2	34.4	39.1	43.5
13min	46.3	70.5	118	38.4	49.1	63.3	34.3	39.3	44.7
14min	46.3	70.1	117	38.7	49.2	62.6	34.2	39.5	44.0
15min	46.5	68.7	118	38.9	49.0	63.2	34.4	39.5	43.9

(七). 探討半斷線(接觸不良)通過電流 10A、15A、20A 的影響性。
 操作說明:使用 0.75mm²、1.25mm²、2.0mm² 家中常見電線，使其通過該線徑之電流 10A、15A、20A 並在正常線體撥開線皮挑斷一半銅線芯並在半斷線線處綁上溫度偵測器，確保其觀察準確性。紀錄時間 15 分鐘。使用低壓 12V 以下，負載高耗能電熱絲，增加實驗安全性。

模擬半斷線(接觸不良)測試紀錄表(表 11)。 環境測試溫度 31⁰-32⁰

測試電線規格	0.75mm ² 7A			1.25 mm ² 11A			2.0mm ² 15A		
	10A	15A	20A	10A	15A	20A	10A	15A	20A
1min	54.9	91.1	122	48.5	74.5	90.4	32.9	36.8	42.4
2min	68.3	102	158	50.1	77.9	100	33.5	38.5	45.6
3min	71.6	107	161	51.7	81.2	105	33.9	39.6	48.0
4min	72.8	101	161	52.9	82.1	109	34.3	40.1	49.3
5min	71.7	104	157	52.8	81.2	106	34.5	40.8	51.1
6min	71.9	103	158	52.8	81.4	104	34.8	40.9	51.4
7min	72.7	101	163	53.1	76.8	103	34.9	41.5	51.8
8min	70.8	103	164	52.6	76.9	103	35.0	41.8	52.1
9min	71.1	103	161	53.3	76.6	103	35.1	41.6	52.4
10min	72.5	100	161	53.3	79.0	99.8	35.1	41.8	52.4
11min	72.4	102	158	52.5	79.4	100	35.2	42.1	52.4
12min	72.2	101	165	54.2	80.3	100	35.3	42.0	52.7
13min	71.3	102	165	56.3	77.3	106	35.3	42.6	52.3
14min	72.0	100	162	56.3	77.4	104	35.3	42.5	52.4
15min	71.5	102	168	56.9	77.9	103	35.4	42.5	52.7

(八). 模擬與假設測試電線起火過程觀察。

1. 電線測試加熱情形，觀察電線受熱時變化。

說明:已知電流通過通過電線時並無明火，經上述各種超載測試得知導體會明顯大幅提升溫度，我們使用烙鐵對線體加溫，並觀察導線變化情形。

模擬導線過熱情形之變化紀錄表 (表 1 2)

電線截面積\溫	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C
---------	------	-------	-------	-------	-------

度					
0.75 mm ²	正常無 變化	絕緣體	絕緣體	絕緣體	絕緣體
1.25 mm ²		有些變 軟	軟化	萎縮、 些微熔 化	熔化並 冒煙
2.0 mm ²					

圖說:



圖 36. 導線加溫紀錄觀察

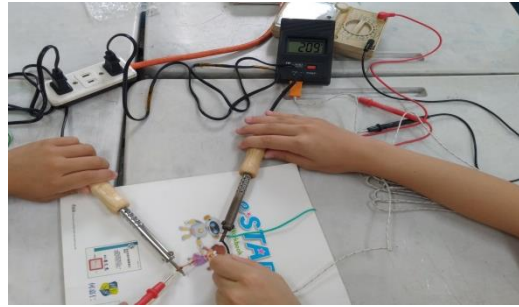


圖 37. 導線溫度達 200⁰ 以上觀察

2. 將無熔絲開關頗面切開探討保護原理並進行加溫觀察其變化。

說明: 使用熱風槍對無熔絲開關內彈簧金屬吹熱風，並使用溫度計進行觀察測量，藉此了解其跳脫原理。

測試無熔絲開關套脫保護溫度記錄情形(表 13)

金屬彈簧片加熱溫度	50°C	100°C	150°C	200°C	250°C
是否跳脫保護	否	否	否	否	是 224 ⁰

圖說:

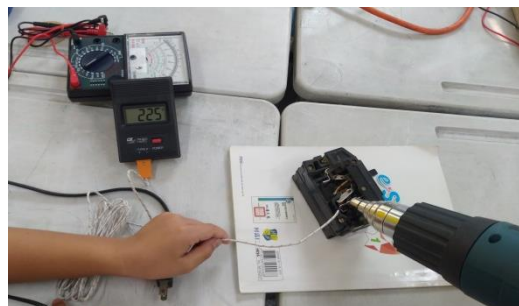


圖 38.熱風槍對無熔絲開關加熱
跳脫

圖 39.內部積熱金屬達 224 度跳脫

3. 模擬電線短路為何無熔絲開關未跳脫進行保護

說明：假設我們使用鋁箔紙裁切中間寬度成 20mm 寬代替 20A 導線、15mm 寬代替 15A 導線、11mm 寬代替 11A、7mm 寬代替 7A 導線、4mm 寬代替 4A，使用二次電池 3 號大小 3.7V 代替 110V 交流電，雙手充當 20A 無熔絲開關，進行短路鋁箔紙測試【鋁熔點 660°C】，親身體驗為何電器短路起火時，來了解無熔絲開關為何未跳脫啟動保護。

鋁箔紙短路雙手熱感覺表

手指模擬無熔絲開關體感紀錄表(表 14)

鋁箔寬度\類別	雙手熱感覺	鋁箔紙是否起火
4mm 寬	一點點熱	是
7mm 寬	會燙手	是
11mm 寬	無法承受的燙	否
15mm 寬	無法承受的燙	否
20mm 寬	無法承受的燙	否

圖片說明：



圖 40.裁切成中間寬度 4-20mm 寬

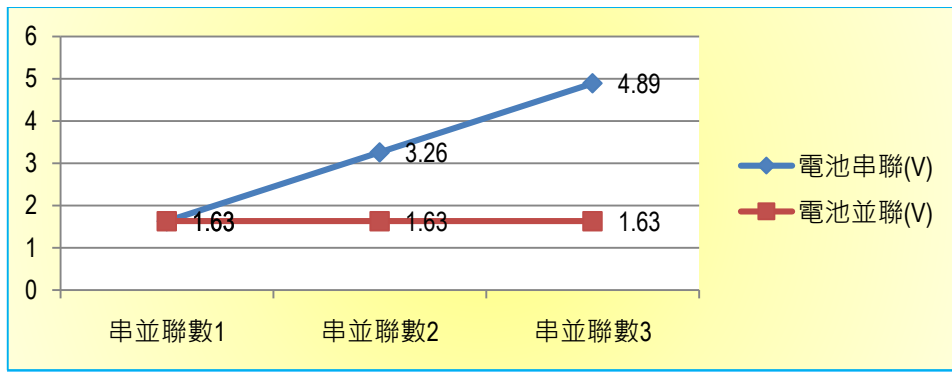


圖 41.測試 4mm 模擬情形

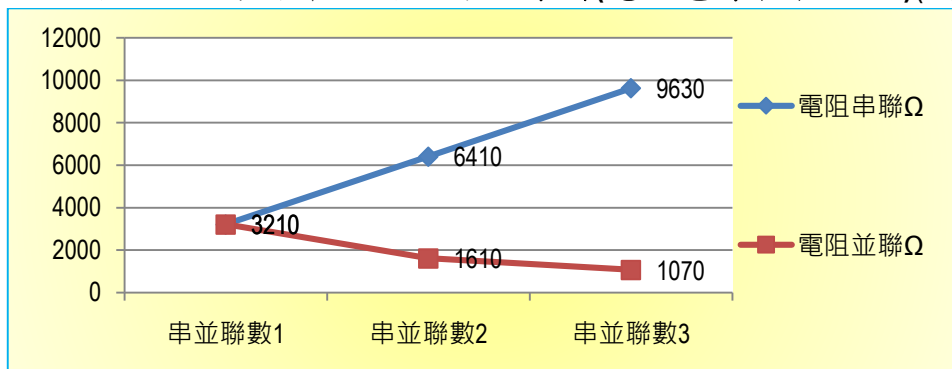
五. 探究結果與討論

(一). 前置實驗--電池及電阻測量認知及觀察變化情形

1. 測量 3 號二次電池串、並聯紀錄曲線圖(圖 42)



2. 測量電阻零件串並聯紀錄曲線圖(電阻色環橙橙紅金)(圖 43)



測試紀錄發現:

(1). 電池串聯時 $V=V_1+V_2+V_3\dots$ 並聯時 $V=V_1=V_2=V_3\dots$

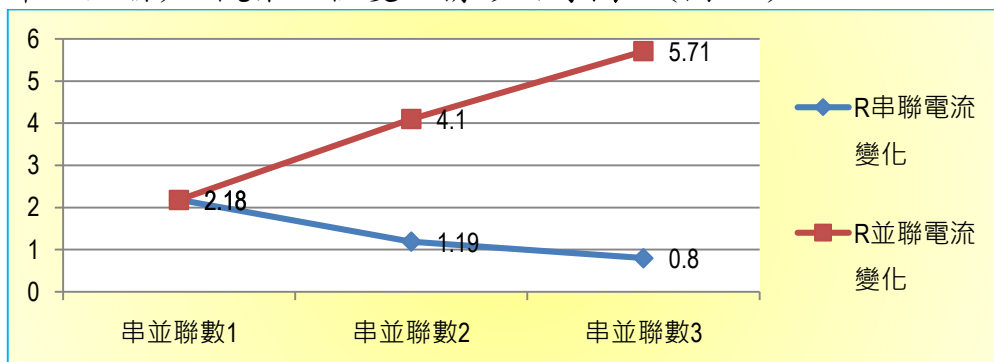
(2). 電阻串聯時 $R=R_1+R_2+R_3\dots$

電阻並聯時發現竟與電池並聯時現象不一樣，其關係如下：

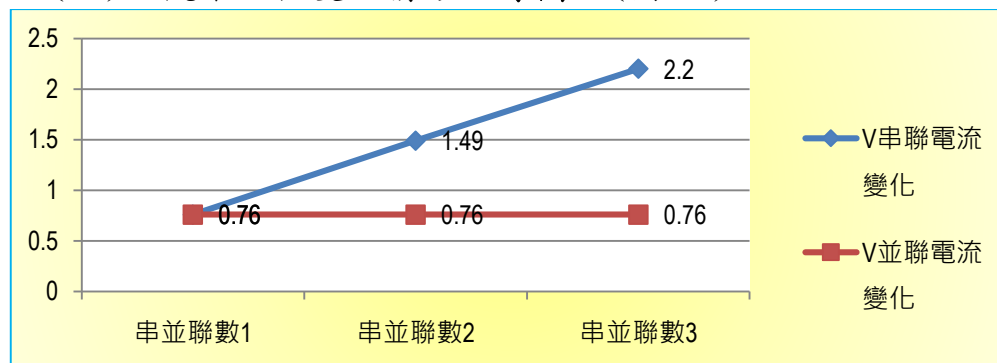
$$R=1/(1/R_1+1/R_2+1/R_3+\dots) \quad R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

(二). 測量 V, I, R 並觀察關係電流變化關係。

1. 探討當 V 值固定(6V)，R 值串、並聯測試(0.2MM 電熱絲持續串、並聯)，觀察 I 值變化情形曲線圖。(圖 44)

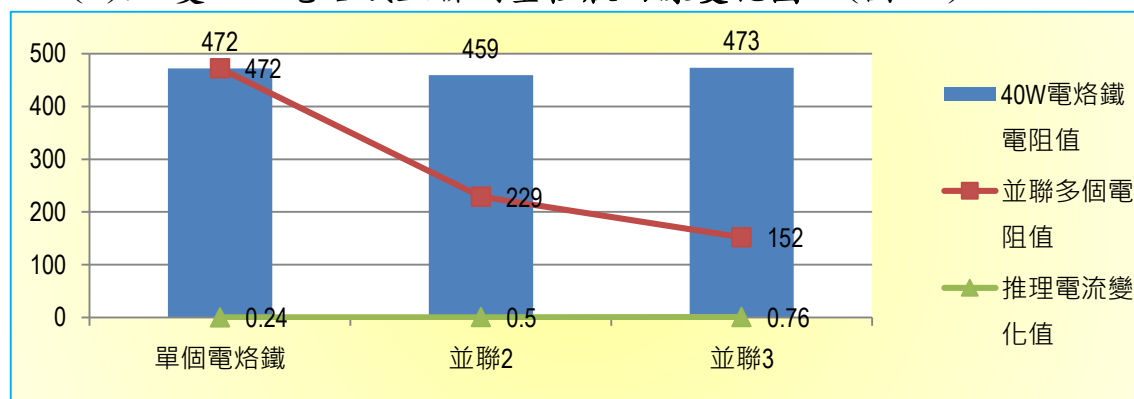


2. 當 R 值固定(0.2MM 電熱絲 1 根)，V 值串(2、4、6V)、並聯測試(2V)，觀察 I 值變化情形曲線圖。(圖 45)

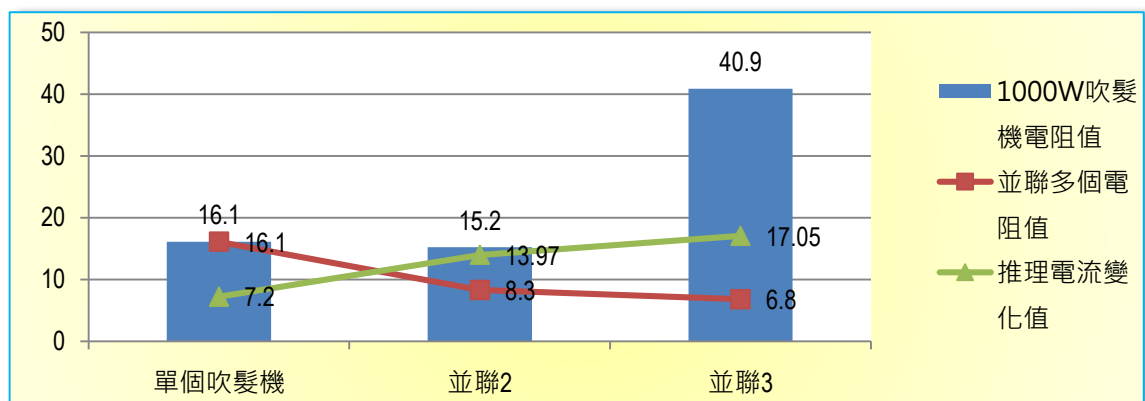


3. 並聯電器測試 R 值變化

(1). 3 隻 40W 電烙鐵並聯測量柱狀曲線變化圖。(圖 46)



(2). 3 隻 1000W 吹髮機並聯測量柱狀曲線變化圖。(圖 47)

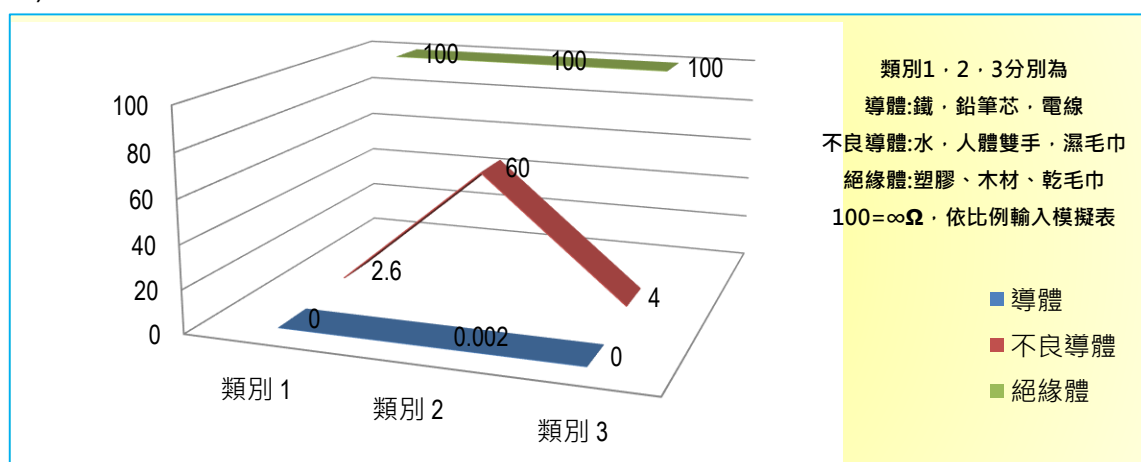


由探究結果(二)測試紀錄發現:

- 當 R 值(Ω)串聯時電壓(V)固定，電流(I)會下降與 R 值成反比。
- 當 R 值(Ω)並聯時電壓(V)固定，電流(I)會上升與 R 值成反比。
- 當 R 值(Ω)固定時電壓(V)上升電流(I)亦會上升與 V 值成正比。
- 當電壓(V)並聯時因 V 值不變電流(I)亦不變。
- **歐姆定律 $V=I \cdot R$** 指出，電路中流動的電流(I)與施加的電位差(V)成正比，與電路中的電阻(R)成反比。換句話說，通過將電路兩端的電壓(V)加倍，電流(I)也將加倍。電阻(Ω)越大則電流(I)越小，電阻(Ω)越小則電流(I)越大。

(三). 插座頭積汙導電起火假設性實驗觀察紀錄。

1. 進行測量認知何謂導體、不良導體、絕緣體之關係圖表。(圖48)



測試紀錄發現:

(1).絕緣體如:塑膠、木材、乾毛巾使用三用電表測量電阻值時，呈現無限大 ∞ ，它們不能導電或導電能力極差，其原因為它們的電子無法自由移動。

(2).不良導體測量發現:有人體、水、及含水分之絕緣體，經通電

之後可測得電阻值，其導電原因是靠離子移動而導電。

(3).導體如:鐵、鉛筆芯、電線等，其電子可自由移動，導電性能良好。

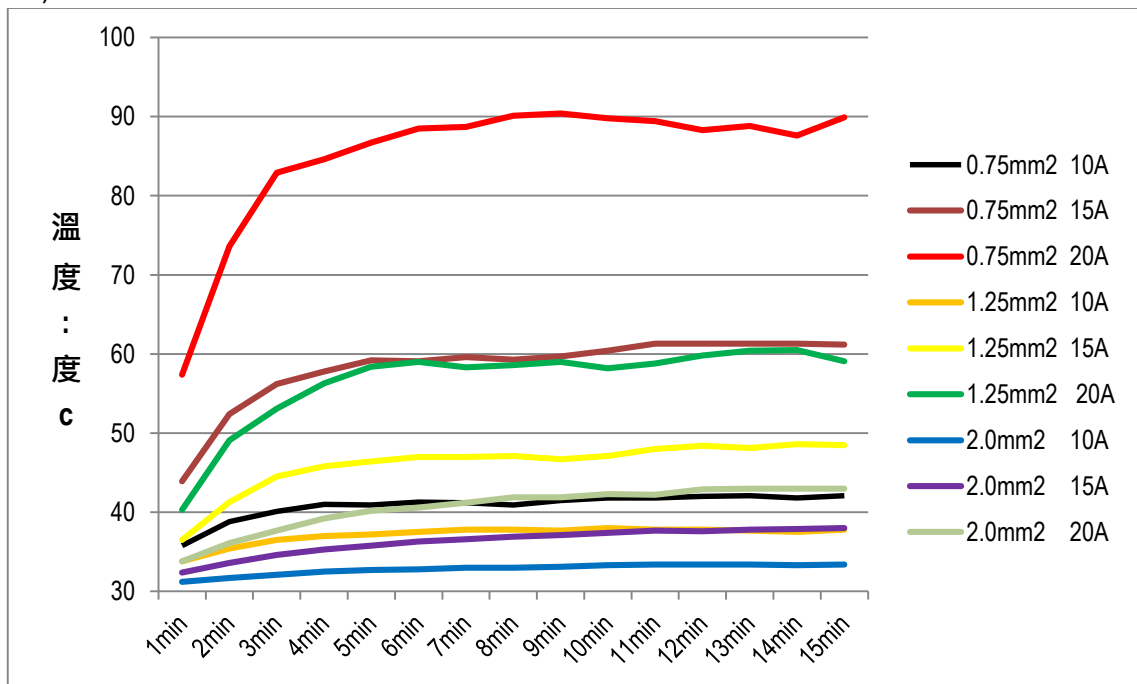
(四). 插座頭積汗測試結果

1.發現：經測試了解

(1).模擬乾燥積汗情形，測量情形為絕緣狀態，電阻值呈現 ∞ 。

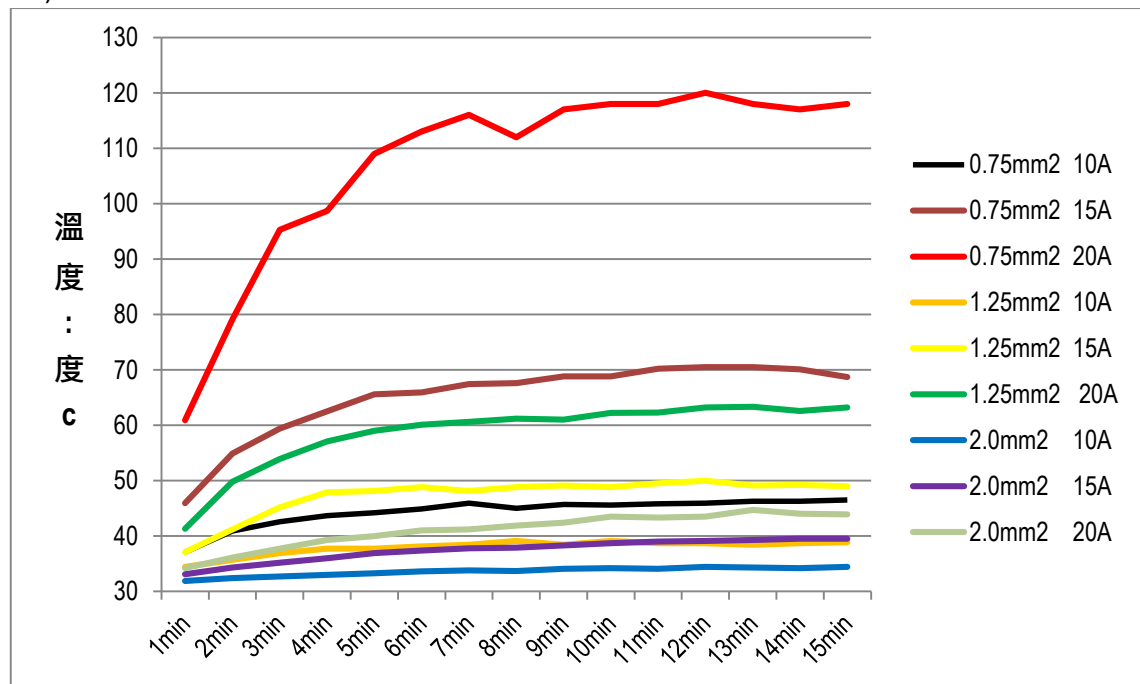
(2).如果有積汗灰塵再加上有一點**水分濕氣(模擬吸收水、油氣情形)**，就會在絕緣體上產生導通現象，就有可能導致兩極間出現導體現象，此時只要電壓夠大就會產生小規模放電，進而產生火花形成火源，造成電線走火。

(五). 電流 10A、15A、20A 通過對延長線所產生的熱變化圖。(圖 49)



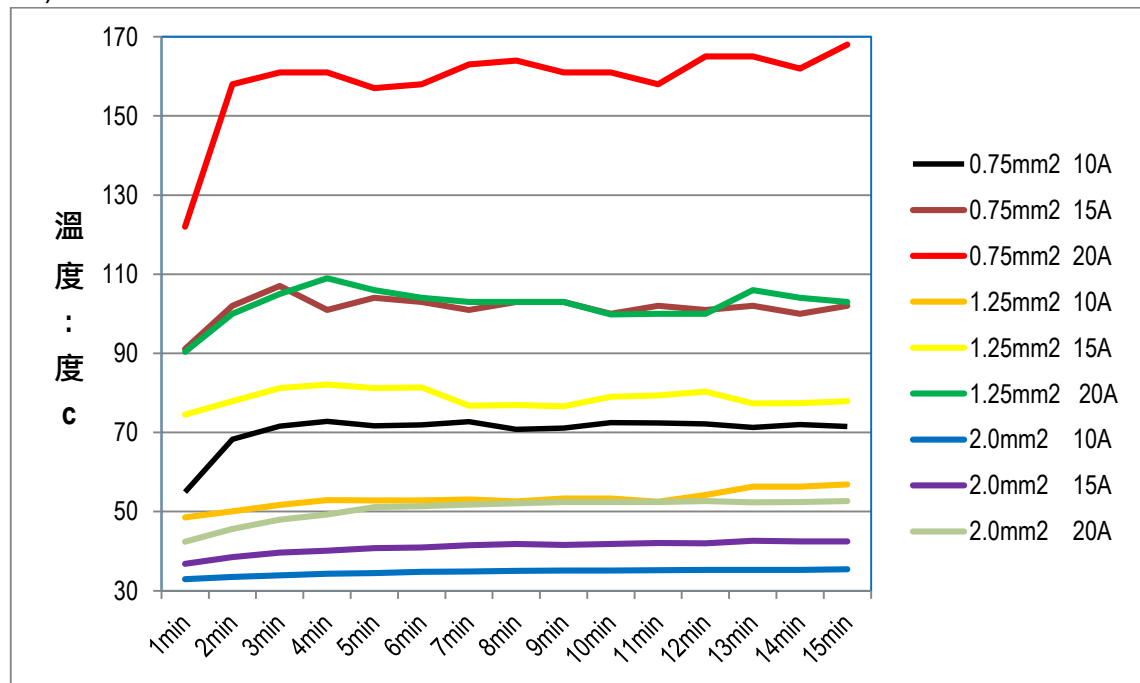
(六). 電流 10A、15A、20A 通過對網綁(纏繞)線的熱變化圖。(圖

50)



(七). 電流 10A、15A、20A 通過半斷線(接觸不良)的熱變化圖。(圖

51)



測試紀錄發現:

實驗各電線規格進行直線、纏繞、半斷線過載情形發現，電線的確會因為過載電流而產生高溫，未過載導線均可約在 40°C 以內，

超載過程實驗測試數據甚至一度超越 160°C，大幅明顯超過絕緣體 60°C 可承載溫度，高溫容易引發絕緣層變質、硬、軟化、脫落或熔化等，除增加耗能外，更可能會帶來不可彌補之巨大傷害(火災)。

實驗過程因都沒有超過 20A 無熔絲開關保護值，所以它都完全放任電線溫度的飆升...，這是多麼可怕的事情。

事後我們立即研討由經濟部頒佈的【**屋內線路裝置規則**】，探討規則的完整性，從各種不同用電實驗得知，來測量電線溫度變化情形，藉由數據分析，來找出可能潛在的危險，目前台灣「**所有 110V 家用電器**」，**最大安全線路承載值才 15A，最小的才 7A**，若要靠總開關內 20A 保護跳脫，必須要同時多電器過流或短路，才會起作用，難怪電器因素類火災【**年年居冠**】。但有發現屋內線路裝置規則第 53 條 為最大盲點，既已規定導線應按安培容量加以保護，卻又有除外條款，讓 0.75mm² 導線安全流量僅 7A，竟可由 20A 無熔絲開關保護，前後矛盾、危險大增，電線走火發生率年年第一，因為法規的不完善，只要機器過載、故障或電線遭外力破壞，若未及時發現並關電滅火，後果將不堪設想。

(八). 模擬與假設測試電線起火過程觀察。

1. 電線測試加熱情形，觀察電線受熱時變化。

(1). 發現：原來電線起火的電線變化為絕緣體因電流引起之熱效應，使的高溫軟化或熔化絕緣體後，露出金屬導體進而產生短路現象。

2. 將無熔絲開關頗面切開探討保護原理並進行加溫觀察其變化。

(1). 發現：我們進行對無熔絲開關內之熱金屬彈簧加熱至 224°C 時，無熔絲開關即跳脫，經查詢後得知家中無熔絲開關為積熱型開關。再查詢屋內配線規則第十節第 51 條規定：**積熱型熔斷路器及積熱電驛及其他並非設計為保護短路之保護裝置，不得作為導線之短路保護**，經此可以看出居家安裝之無熔絲總開關及分支開關保護均

呈現理論與實際安裝的嚴重落差。

3. 模擬電線短路為何無熔絲開關未跳脫進行保護

(1). 發現：此實驗是模擬無熔絲開關在電路短路時的斷路感熱情形，由我們雙手替代無熔絲開關，進行體感操作，實驗後可以得知當導線截面積越小，其發熱量對無熔絲開關來說也越低，也越難保護該導線。

六. 評鑑與檢討

(一). 評鑑：

1. 藉由彙整資料讓我們了解，電線會走火的原因區分為五大點，有積汗導電、超過負載、接觸不良(半斷線)、電線短路及漏電等。

2. 在認識歐姆定律 $V=IR$ 與電流熱效應關係中，電壓(V)的串聯會造成電流(A)量的增加，兩者關係成正比。電阻(Ω)並聯時，與電壓(V)並聯時呈現不同狀態， Ω 值在並聯呈

$$R=1/(1/R_1+1/R_2+1/R_3+..1/R_n) ,$$

電壓(V)並聯則相同 $V=V_1=V_2=V_3=V_n$ 。

3. 探討電器持續插入插座內測量情形發現，其實每一樣電器都有一 Ω 值，當插入越多電器時就是並聯現象，此時依據歐姆定律 $V=I*R$ ，當 Ω 值下降，I電流量則上升兩者關係呈反比。

4. 檢測積汗導電可發現乾燥的灰塵並非導體，但它可能易燃，透過空氣中的水氣、油氣，灰塵會進行吸附，此時的灰塵會變成半導體，只要有微電流通過，所產生的電熱(弧)現象，若無法立即發現，起火將難以避免。

5. 探討電流 10A、15A、20A 通過對延長線所產生的變化在於居家無熔絲保護開關最低為 20A，可家中電器最粗的電暖器電線才發現僅能通過 15A。在測試 0.75mm² 與 1.25mm² 電線，經屋內配線法規了

解，它更只能通過 7A 與 11A 電流量，經測試可發現電線截面積越小，其電流通過時溫度上升越快。

6.電線網綁是一般家中最常會做的事，因為電線太長，組員經討論後也發現多位家庭裡會做的事，經實測了解電線因網綁後造成電流熱效應散熱不良，其上升溫度大於直線(未網綁)電線。

7.模擬半斷線接觸不良，因導體截面積大幅減少，可通過安全電流量也因此下降，發現溫度上升最快也最危險，居家可經常發現電鍋、吹髮機、電暖器、飲水機插頭時常有高溫現象，實驗後我們才了解，這些高耗能電器插頭可能就是半斷線或接觸不良所造成的嚴重電熱現象。

8.分析起火原因:電流熱效應並沒有明火，我們使用烙鐵進行對電線熱加溫，發現電線之絕緣體會因為高溫而產生軟化、冒煙、溶解、碳化，此時導體會露出，一經接觸即產生短路現象，使銅導體短路(電線阻率= $\rho * L/S$)，R 值瞬間降至 0.0172Ω (以 2 公尺電線短路點，截面積 2mm^2 計算)，再依據 $V=I*R$ $P=I*V$ ，因 Ω 值瞬間降至 0.0172 ，I 值自然呈現劇烈暴升，銅導體瞬間會達到千度 C，旁邊若有易燃物，火災將難以避免，可見電流保護器非常重要。

9.觀察無熔絲開關運作原理，經側面剖開無熔絲開關，並進行熱風槍對內部金屬加熱，發現溫度達 224 度 C 時，無熔絲開關在未通電狀況下即跳脫，認知此保護開關為積熱型熔斷路器，但經查詢屋內配線規則第十節第 51 條規定:積熱型熔斷路器及積熱電驛及其他並非設計為保護短路之保護裝置，不得作為導線之短路保護。所以…

居家用電安全要非常注意電線的使用方式，必須做到人離電離。

(二). 檢討:

1. 積汗導電起火是由於長時間插頭插於插座上，日久就要注意插頭兩極之間的絕緣物是否有累積灰塵，因為灰塵會吸收空氣中的水

氣及油氣，導致灰塵產生導通現象而起火，所以必須定期使用乾布擦拭插座及插座頭。

2. 我們將電線導體加溫至 250°C 觀察導線是如何發生起火現象，因為即使過載，電流通過也並無明火只會產生熱能，我們藉由觀察的知高溫會使導線絕緣體熔化並露出銅導體，當兩極導線互碰產生短路現象進而瞬間產生千度高溫使旁邊易燃物起火。所以，在使用高耗能電器如電鍋、電子鍋、吹風機...等，應特別注意導線過熱使絕緣皮熔化、變質等現象，一經發現過熱，應立即更換導線，避免產生短路性電線走火。

3. 本實驗使用**乾電池與青箭口香糖鋁箔紙進行短路實驗假說**，為何**短路時無熔絲開關未跳脫**，測試發現在假說較小之截面積導線短路時，我們使用雙手來替代無熔絲熱感應情形，發現竟無感。**證明較小截面積之導線如:0.5、0.75、1.25mm²可通過電流為 4、7、11 安培卻使用 20A 無熔絲開關保護是很難維護其用電之安全性**。解決辦法就是在使用電器時要有人看管，人離開時插頭也要拔離電源。

4. 在迴路的設計中，我們觀察到保護開關(20A)只保護牆壁裡的電線(單芯 2.0，耐電流 20A)，並無法保護牆壁外的任何電線，因為家中所有電器電線中最粗的電線，可容許通過安全電流是 15A，但卻使用 20A 保護開關保護，難怪超過安全負載電流時保護開關都不跳脫，電線走火問題也層出不窮。

5. 實驗各電線規格進行纏繞、半斷線過載情形發現，電線的確會因為過載電流而產生高溫，實驗測試數據甚至一度超越 160°C，明顯超過 60 度可承載溫度，高溫容易引發絕緣層變質、硬、軟化、脫落或熔化等，除增加耗能外，更可能會帶來不可彌補之巨大傷害(火災)。

6. 從開始研究電線走火的議題，才知道家庭用電是一件必須小心的事情，透過這次的實驗，我們學會了用電安全的知識、電壓、電流及電阻間的關係、三用電表的使用、工作進度表的編排及簡報的製作等，也從中學到團隊合作的重要性及團隊分工的技巧，更在每

次的實驗中培養耐心，因為不斷的測試，才能得到寶貴的實驗結果。

七. 參考資料

(一) 相關課程參考

1. 南一出版 自然與生活科技 四上，單元 4 神奇的電力。
2. 康軒出版 自然與生活科技 四下，單元 4 奇妙的電路。
3. 南一出版 自然與生活科技 五下，單元 3 水溶液的導電性。

(二) 參考網頁

1. 全國法規資料庫-屋內線路裝置規則 109 年 02 月 11 日修訂版
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=J0030018>
2. 內政部消防署
https://www.nfa.gov.tw/pro/index.php?code=list&flag=detail&ids=378&article_id=6885
3. 電線走火原因與預防
<https://www.strongpilab.com/prevent-fire-power-cord-overload/>
4. 居家防護，五大原因造成電線走火
<https://fire-land.com/wire-fire-five-reasons/>
5. 生活電學 全民用電生活常識
<http://www.diydiy.com.tw/joomla/index.php/2017-08-14-12-36-10>
6. 每日頭條 你還真的不知道:電是誰發明的。
<https://kknews.cc/zh-tw/science/kxzen5p.html>
7. 科技新報 百年前特斯拉與愛迪生的交直流之戰。
<https://technews.tw/2019/07/10/current-war-dc-ac-pk/>

8. 每日頭條 直流電最早被發明，最後勝出的卻是交流電。

<https://kknews.cc/zh-tw/digital/jk64m46.html>

9. 電子學實驗室

<http://physcourse.thu.edu.tw/bs508a/關於電子學實驗/注意安全/感電危害/>