



常用家電量測

學習大綱

- 2-1 低功率電烙鐵
- 2-2 電阻的識別與測量
- 2-3 交直流電壓及電流之量測
- 2-4 常用家電的認識與量測
- 2-5 電源與電線過載實作
- 2-6 本章內容摘要

學習目標

1. 能夠使用低功率電烙鐵焊接電路。
2. 能夠由電阻色碼識別電阻值與使用三用電表量測其電阻值。
3. 能夠量測交直流電壓與交直流電流。
4. 能夠量測家用電器所使用電流與功率。
5. 能夠實作電線過載。

前面第 1 章已經介紹實習工場設施、環境及機具也探討工業安全及衛生、消防安全的認識，本章就要進入主題，學習量測電阻、電壓、電流，然後也介紹認識家用電器的基本量測，也要探討電線過載安全問題，然而進入主題之前，也要先認識基本電學最常用基本工具與儀器—尖嘴鉗、斜口鉗、電烙鐵、電源供應器、三用電表。

2-1 低功率電烙鐵

► 表 2-1a 本節零件表（以下各章都需要這些材料與工具）

編號	零件名稱	數量	備註
1	尖嘴鉗	1 把	
2	斜口鉗	1 把	
3	電線	1 捲	
4	焊錫	1 捲	
5	含海綿烙鐵架	1 組	
6	低功率電烙鐵	1 把	
7	吸錫器	1 把	

範例 2-1a

電線剝線練習。

準備工作

1. 準備尖嘴鉗、斜口鉗、電線如圖 (1)。

操作步驟

1. 使用左手拿尖嘴鉗，用尖嘴鉗後端平的地方夾住電線。（尖嘴鉗前端有齒紋，若用此齒紋夾電線，很容易把電線絕緣皮咬破，容易造成不必要的短路）
2. 使用右手拿斜口鉗平貼尖嘴鉗，如圖 (2)。
3. 使用尖嘴鉗的尖端當支點，右手向外輕輕推開施力，即可剝開絕緣皮，如圖 (3)。



✦ 圖 (1)



✦ 圖 (2)



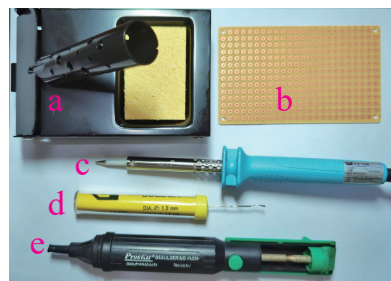
✦ 圖 (3)

範例 2-1b

焊接示範。

準備工作

1. 準備含有海綿的安全烙鐵架，如圖 (1a)，電烙鐵加熱後可說無堅不摧，所以要放在安全烙鐵架內，才不會燙傷皮膚或燒毀桌子。焊接前請在海綿加點水，每次烙鐵使用前都要先將烙鐵頭在濕海綿擦拭，將上次焊接的餘錫抹掉（因為上次餘錫已經沒有黏著力）。
2. 準備電路板，如圖 (1b)。
3. 準備低功率電烙鐵，如圖 (1c)，電烙鐵的規格是加熱功率，30W 以內稱為低功率電烙鐵，因為初學者熟練度不足，若功率太高，很容易將電子零件燒壞、或燒破電線絕緣皮。
4. 準備焊錫，如圖 (1d)。
5. 準備吸錫器，如圖 (1e)。



✦ 圖 (1)

操作步驟

1. 焊接頭先在海綿擦拭，將上次餘錫擦拭掉。
2. 焊接頭要點在零件腳的地方，且焊接頭保持不晃動，將焊接面與零件加熱。
3. 下焊錫。
4. 待焊錫足夠，抽離焊錫。
5. 待焊接面光滑時，抽離電烙鐵。

6. 在焊接點未完全冷卻前，不可搖晃零件腳，只要還沒完全冷卻前，零件腳有搖晃，此焊接就不牢靠，焊點的光滑性也消失，請務必重焊。牢靠的焊接，才能經得起使用者不斷的摔，還能堅如磐石，現代的手機已經很耐摔，十年前的手機通常摔幾次就毀了，可見焊接與防撞技術已經進步很多。
7. 如圖 (2a)，焊點 a 表面光滑，焊錫量也剛好。
8. 如圖 (2b)，焊點 b 焊錫量太少。
9. 如圖 (2c)，焊點 c 焊錫量太多，浪費焊錫。
10. 如圖 (2d,2e)，焊點 d,e 表面沒光澤，焊點不牢靠。
11. 圖 (2) 是學生練習用電路板，焊點銅片大，很好焊接。圖 (3) 則是業界生產的電路板，焊點就很小，焊接時，要先用烙鐵將零件腳往旁邊推，焊錫才能灌入零件孔，流進洞的焊錫才能同時連接正反面的銅片，零件才能與正反面銅片導通，如圖 (3) 的焊點 a,b,c,d，都很好，但是焊點 e,f,g,h,i，焊錫都像一陀鳥大便，掉在焊點，根本沒焊接效果。



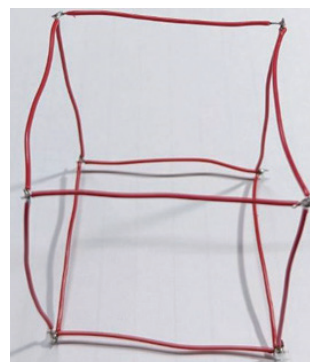
a b c d e

✦ 圖 (2)



a b c d e f g h i

✦ 圖 (3)



✦ 圖 (4) 正立方體

自我練習

1. 剪 12 根，每根 5 公分，兩端各剝線 0.5 公分，然後焊接成一個正立方體，如圖 (4)。

範例 2-1c

示範吸錫器的使用。

若要更換零件，則應使用吸錫器將焊錫吸走，再拔零件。

操作步驟

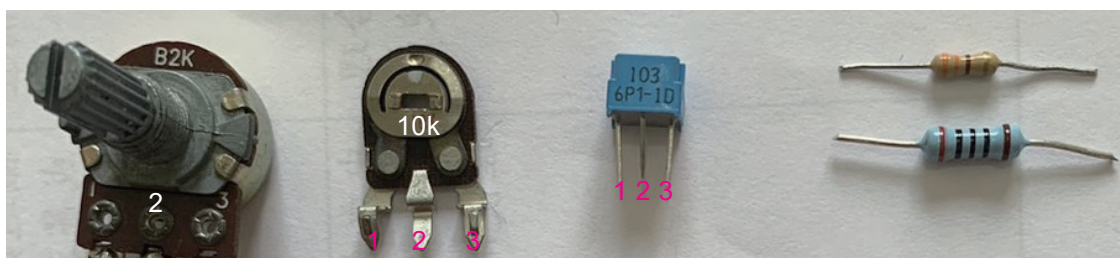
1. 準備吸錫器，如範例 2-1b 圖 (1e)，先按壓吸錫器彈簧使其卡住。
2. 使用電烙鐵先加熱焊點，待焊點融化，將吸錫器的吸頭靠近融化的焊點，並按下彈簧吸取開關，即可吸走焊錫。

2-2 電阻的識別與測量

► 表 2-2a 本節零件表

編號	零件名稱	數量	備註
1	4 碼電阻	5~10 個	
2	5 碼電阻	5~10 個	
3	可變電阻	1 個	
4	半可變電阻	1 個	

電阻器 (resistor) 是電氣設備中最常見的元件，單位為歐姆 (Ω)，依其用途可分為可變電阻器、半可變電阻器及固定電阻器等三種，其外觀及電路符號圖如圖 2-2a ~ 2-2d 所示。可變電阻器，如圖 2-2a，通常放在電器的面板讓使用者調整電阻值，例如，音響設備的音量調整；半可變電阻如圖 2-2b 與 2-2c，半可變電阻通常焊在電路板，給工程師進行出廠前調整。以上可變與半可變電阻都有三隻腳，其 1,3 接腳兩端電阻值是固定的，如電阻上的標示，分別是 2K、10K、10K(103)，調整旋扭即可改變 (1,2) 或 (2,3) 腳之間的電阻值，因為腳位 2 的電阻位置是在腳位 1,3 之間移動，所以 (1,2) + (2,3) 的總電阻也是固定值。固定電阻如圖 2-2d。



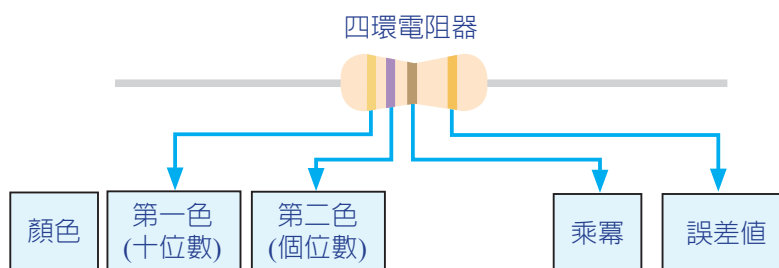
★ 圖 2-2a 可變電阻 ★ 圖 2-2b 半可變電阻 ★ 圖 2-2c 半可變精密電阻 ★ 圖 2-2d 固定值電阻器

電阻值的標示

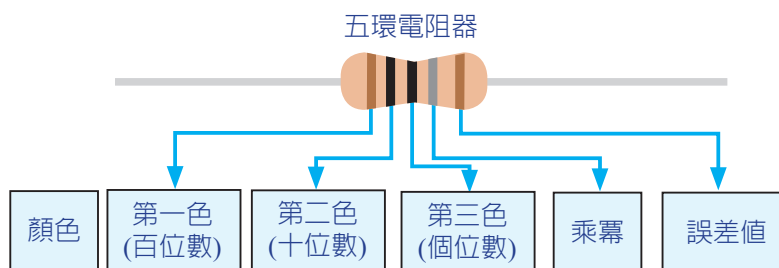
常見的電阻值的標示有色碼標示與數字標示，分別說明如下：

色碼標示

色碼標示又分為四環標示，如圖 2-2e 與五環標示，如圖 2-2f。第一，兩者使用相同色環，如圖 2-2g，只是五環標示多一個有效值，所以其精密度比較高。第二，不管是四環或五環，環與環的間隙，都有一個間隙比較寬，請將此間隙放在最右邊，此間隙右邊的環代表誤差值；第三，四環的前兩碼，分別代表十位數與個位數，第四，五環電阻前三碼，分別代表百位數、十位數與個位數；間隙較大左邊一環則代表 10 的乘幂（也就是後面加零的個數）。



★ 圖 2-2e 四環電阻器



★ 圖 2-2f 五環電阻器

黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
紅	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黃	4	4	4	10^4	
綠	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
藍	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.10\%$
灰	8	8	8		$\pm 0.05\%$
白	9	9	9		
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
銀				10^{-2}	$\pm 10\%$
無					$\pm 20\%$

★ 圖 2-2g 色碼與數字對照表

範例 2-2a

如圖 2-2e 所示，請寫出電阻的電阻值與可能範圍。

操作步驟

1. 將電阻橫放。
2. 此為四環電阻。
3. 將間隙較寬的放在右邊。
4. 第 1 環是黃色，其值是 4；第 2 環是紫色，其值是 7；第 3 環是棕，表示 10^1 ，所以電阻值是 $47 \times 10^1 = 470 \Omega$ 。
5. 第 4 環是金，表示誤差值是 $\pm 5\%$ 。所以表示此電阻值可能落在 $470 \pm (470 \times 0.05) = 470 \pm 23.5 = 446.5 \Omega \sim 493.5 \Omega$ 之間。

自我練習

1. 請寫出以下色碼的電阻值與誤差。

題號	色碼	電阻值	誤差
1	棕黑紅金		
2	黃紫藍銀		
3	澄白黑棕		
4	棕黑金無		

2. 請任意拿出 5 個四環電阻，寫出其顏色、電阻值、誤差百分比與電阻可能範圍。

範例 2-2b

如圖 2-2f 所示，請寫出電阻的電阻值與可能範圍。

操作步驟

1. 將電阻橫放。
2. 此為五環電阻。
3. 將間隙較寬的放在右邊。

- 第 1 環是棕色，其值是 1；第 2 環是黑色，其值是 0；第 3 環是黑色，其值是 0；第四環是銀色表示乘以 0.01，所以電阻值是 $100 \times 0.01 = 1 \Omega$ 。
- 第 5 環是棕色，表示誤差值是 $\pm 1\%$ 。所以表示此電阻值可能落在 $1 \pm 0.05 = 0.95 \Omega \sim 1.05 \Omega$ 之間。

自我練習

- 請寫出以下色碼的電阻值與誤差。

題號	色碼	電阻值	誤差
1	棕黑白紅金		
2	黃紫灰藍銀		
3	澄白綠黑棕		
4	棕黑黃金金		
5	紅黑黑銀無		

- 請任意拿出 5 個五環電阻，寫出其顏色、電阻值、誤差百分比與電阻可能範圍。

數字標示

數字的標示也有兩種，分別是直接標示與數字標示，如圖 2-2a 的「2K」與圖 2-2b 的「10K」則為直接標示。圖 2-2c 則為數字標示，103 的第一個數字所代表的是電阻值的十位數，第二個數字代表電阻值的個位數，最後一個數字所代表的是十的乘幂，也就是數字後面加零的個數，所以 103 的數值代表其電阻值為 $10000 \Omega = 10k \Omega$ 。

自我練習

- 某一可變電阻標示 202，請問其電阻值。

乘幂表示法

基本電學的數值資料有時會太大或太小，例如 47000 或 0.001，為了好讀好寫與好溝通，通常會加上一些乘幂符號輔助，例如，k 表示乘以 1000，m 表示乘以 0.001，所以 47000 會以 47k 表示，0.001 會以 1m 表示，表 2-2b 是常見的乘幂符號。

► 表 2-2b 常見的乘幂符號

乘幂符號	代表大小	中文	英文
T	$10^{12}=1,000,000,000,000$	兆	tera
G	$10^9=1,000,000,000$	十億	giga
M	$10^6=1,000,000$	百萬	mega
k	$10^3=1,000$	仟	kilo
m	$10^{-3}=0.001$	毫	milli
μ	$10^{-6}=0.000001$	微	micro
n	$10^{-9}=0.000000001$	毫微，奈	nano
p	$10^{-12}=0.000000000001$	微微，披	pico

自我練習

1. 請將以下數字以乘幂符號表示：

題號	題目	答案	題號	題目	答案
1	10000		6	$10\text{m} \times 1\text{k}$	
2	3000000		7	$10\text{M} \times 3\mu$	
3	4000000000000000		8	$20\text{T} \times 4\text{n}$	
4	0.022		9	$10\text{m}/4\text{p}$	
5	0.0000033		10	$15\text{n}/3\text{k}$	

三用電表(multimeter)

電學實驗與電器修護常要測量電阻、電壓、電流，以前的水電師傅外出，都要帶很多儀表，有點不便，後來就有人將以上儀表統整成一個儀表，就稱為三用電表。但由於科技的進步，現代的三用電表功能可說越來越多，但還是沿用三用電表代表此一量測儀器。圖 2-2g 與 2-2h 是目前常見指針式三用電表，圖 2-2i 則是新型數位顯示電表，功能可說越來越多，但其原理都相同，只要熟悉任一指針式或數位式三用電表，都可以很快上手其它廠牌三用電表。



✦圖 2-2g 傳統指針電表

✦圖 2-2h 傳統指針電表

✦圖 2-2i 新型數位電表

以上三款電表的共同特徵是，第 1，面板都有三個孔；第 2，黑色「—com」孔都是接黑棒，都是共用孔，紅色孔都有兩個，有一個是量測大電流專用孔，上面都有標示最大「10A」，當電流超過 25mA 時，插入此孔；第 4，除了大電流外，所有電壓、電阻、與小電流的量測，都是使用紅色通用孔，上面有標示「VmAΩ+」。

範例 2-2c

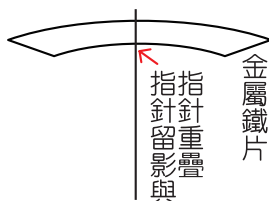
指針式三用電表的電阻量測。

操作步驟

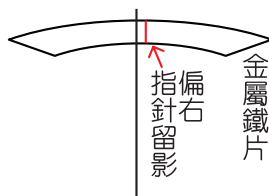
1. **零位調整**：所有的量測前應先確認指針是否在左邊「0」的刻度上（金屬鏡片下方的刻度），如果不在「0」的刻度上，請先利用一字型起子調整。
2. **金屬鏡片**：金屬鏡片可讓指針在鏡片上留下指針影像位置，判讀時，請移動眼睛觀測位置，使指針與指針影像重疊，如圖 (2)，若能同時看到指針與指針影像，如圖 (3) 或 (4)，表示眼睛觀測角度不對，指針留影在右邊，表示觀測點偏右，如圖 (3)，指針留影在左邊，表示觀測點偏左，如圖 (4)。



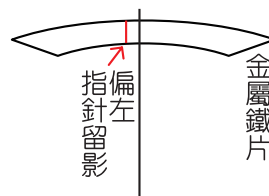
★ 圖 (1) 選 *1 檔位



★ 圖 (2)



★ 圖 (3)



★ 圖 (4)

3. **電阻檔位：**圖 (1) 的三用電表電阻檔共有 *1、*10、*100、*1K、*10K 等 5 個檔位。例如待測電阻是 $330\ \Omega$ ，則檔位選用「*1」的結果如圖 (1)，檔位選用「*10」的結果如圖 (5)，檔位選為「*100」的結果如圖 (6)，都有執行結果，但是檔位應盡量選在讓指針停留在 $5\ \Omega \sim 50\ \Omega$ 之間為原則，因為，此範圍內刻度的變化量比較線性，數值判讀較準確，所以本例以選用「*10」，則指針停留在 $30\ \Omega$ 附近較佳。



★ 圖 (5) 選 *10 檔位



★ 圖 (6) 選 *100 檔位

4. **零歐姆調整**：每選一個檔位，都要進行零歐姆調整，再進行量測。零歐姆的調整是將兩根測試棒短路，調整「0 Ω ADJ」旋鈕，若 *1、*10、*100、*1K 無法歸零，表示 1.5V 電池電力不足，若 *10K 無法歸零，表示 9V 電池電力不足，請更換電池。

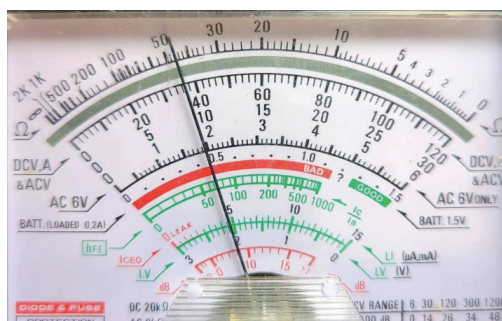
自我練習

1. 請寫出以下電阻的量測值。(請留意，我們拍攝時，也有考慮金屬鏡片的留影位置)

1. 使用 *100 檔位，電阻值=_____。



2. 使用 *1k 檔位，電阻值=_____。



範例 2-2d

使用數位型三用電表量測電阻值。

操作步驟

- 選擇檔位。本例請將檔位撥在「 Ω 」檔位。
- 範圍選擇。請連續按一下「Range」按鈕，觀察此電表所提供的檔位。例如，本三用電表提供「.0」「.000k」「.00k」「.0k」「.000M」「.00M」共6個檔位。
- 圖 (1) 是量測 2k Ω 電阻，小數點選 3 位的執行結果，圖 (2) 是小數點選 2 位，圖 (3) 是小數點選 1 位的執行結果。



✦ 圖 (1) 小數點選 3 位



✦ 圖 (2) 小數點選 2 位



✦ 圖 (3) 小數點選 1 位

相關知識

1. 圖 (4)、圖 (5) 是兩種常用數位電表的對照照片，其特徵是都有功能接近的轉盤，可以轉換量測模式，也都有「SELECT」或「SEL」選 AC/DC，有「RANGE」選有效數字範圍。
2. 圖 (4) 有大電流專用孔「10A」，圖 (5) 則分大電流「A mA」與小電流「uA」專用孔，其餘都是使用一般通用孔。



✦ 圖 (4)



✦ 圖 (5)

2-3 交直流電壓及電流之量測

► 表 2-3a 本節零件表

編號	零件名稱	數量	備註
1	9V 電池	1 顆	
2	3 號或 4 號 1.5V 電池	3 顆	

直流電壓的量測

電壓(voltage)

物理理論的建構先後順序是力學、電學、磁學，我們希望萬物歸一理，所以電學模型的建立，也都比照力學，例如，在力學裡，水會流動是因為有水壓，在電學裡，自由電子為什麼會移動，我們就用電壓 (voltage) 來解釋。電壓的英文是 voltage，所以電壓的符號是 V（以字母為讀音），單位是也是 V，但單位的 V 發音為伏特（電壓因為符號與單位都相同，都是 V，常令初學者困惑，所以在此特別強調）。前面我們已經使用三用電表測量電阻，本節即將介紹使用三用電表量測直流電壓、交流電壓、直流電流。

範例 2-3a

9V 電池電壓的量測。(請準備 1 顆 9V 電池)

操作步驟

1. 三用電表零位調整。(請複習範例 2-2c)
2. 三用電表，撥 DCV10，黑棒接負極（電極開口較大的一端為負極），紅棒接正極（電池有凸點的為正極），畫面如圖 (1)，代表電壓是 9.24，每一小格代表 0.2V，所以 9.2 是測量值，0.04 是估計值。
3. 三用電表，撥 DCV50，畫面如圖 (2)，代表電壓是 9.0V。(請留意 9 與 9.0 是不同的，9.0 強調 9 是正確值，0 是估計值。)



★ 圖 (1)



★ 圖 (2)

4. 以上兩個檔位都可以量測 9V 電池，但是電壓檔位選用標準是選讓指針能盡量伸展為原則，所以本例應該選用 DCV10V 檔位。
5. 請找出一顆新電池，量測新的電池電壓_____。
6. 請找出一顆舊電池，量測舊電池的電壓_____。

補充說明

1. 三用電表滿刻度 250 時，每小格是 5。
2. 三用電表滿刻度 50 時，每小格是 1。
3. 三用電表滿刻度 10 時，每小格是 0.2。

自我練習

1. 請寫出以下電壓的量測值。

1. 使用 30V 檔位，電壓值=_____。	2. 使用 12V 檔位，電壓值=_____。
--------------------------------	--------------------------------

範例 2-3b

1.5V 電池直流電壓的量測。

操作步驟

1. 3 號與 4 號 1.5V 電池平的一端為負極，電池有凸點的為正極。（3 號電池較大，長度是 5cm，4 號電池較小，長度只有 4.3cm，普遍用在遙控器）
2. 將三用電表測試棒黑棒接電池負極，測試棒紅棒接電池正極。
3. 圖 (1) 為使用 DCV2.5 檔位的輸出結果，請留意指針和金屬鏡片反射的位置要一致。
4. 但三用電表的刻度只有 250、50、10，並沒有滿刻度是 2.5 的刻度，變通的辦法是使用滿刻度是 250 的刻度，由圖可知，準確值是 160（每小格是 5），估計值是 3，量測值是 163，然後因為是使用 2.5 檔位，要除以 100，所以電壓是 1.63V。



★ 圖 (1) 量測結果

自我練習

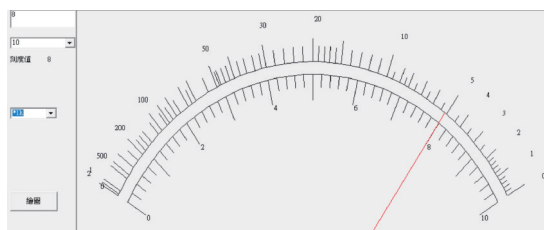
1. 請找一個新的 3 號電池，量測新電池電壓_____。
2. 請找一個舊的 3 號電池，量測舊電池電壓_____。

範例 2-3c

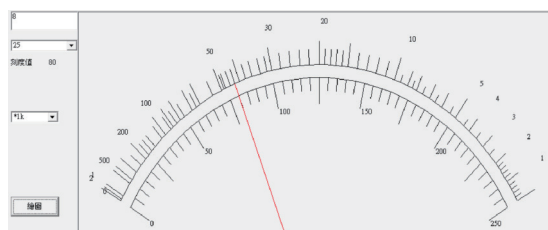
三用電表模擬軟體的操作。三用電表滿刻度只有 250、50、10，但檔位除了 250、50、10 以外，還有 1000、2.5、0.5、0.1 等檔位，此時 1000、2.5、0.5、0.1 等檔位，就需要選用對應檔位，然後再乘除，本書撰寫一個三用電表模擬軟體如下，讓大家熟悉檔位的選用與心算的練習。

操作步驟

1. 開啓「www.goodbooks.com.tw/elect/meter.exe」。
2. 圖 (1) 是輸入 8V，使用滿刻度 10V 檔位的畫面。
3. 圖 (2) 是輸入 8V，使用滿刻度 25V 檔位的畫面，但三用電表沒有滿刻度 25V 的刻度，所以先用 250V 的刻度，每格 5V 共 16 格， $5V \times 16 = 80V$ ，但還要除以 10，所以是 8V。



★ 圖 (1) 8V 使用滿刻度 10V 的畫面



★ 圖 (2) 8V 使用滿刻度 25V 的畫面

自我練習

1. 請自行開啓以上軟體，自行操作讀取。
2. 以上軟體，因為可藉由電腦畫面放大顯示，亦可做為老師電阻量測、電阻值判讀教學。

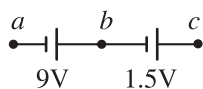
範例 2-3d

電池串聯電壓的量測。

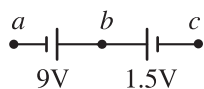
操作步驟

1. 請準備 1 個 9V 與 2 個 1.5V 電池。
2. 請先量測每個電池電壓實際值。

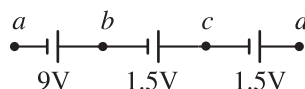
3. 9V 與 1.5V 電池串聯方式與極性如圖 (1)，三用電表負極接 a 點，正極接 c 點，寫出理論電壓_____，量測實際電壓_____。
4. 9V 與 1.5V 電池串聯方式與極性如圖 (2)，三用電表負極接 a 點，正極接 c 點，寫出理論電壓_____，量測實際電壓_____。
5. 9V 與 1.5V 電池串聯方式與極性如圖 (3)，三用電表負極接 a 點，正極接 d 點，寫出理論電壓_____，量測實際電壓_____。
6. 9V 與 1.5V 電池串聯方式與極性如圖 (4)，三用電表負極接 a 點，正極接 d 點，寫出理論電壓_____，量測實際電壓_____。



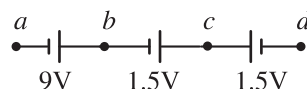
★ 圖 (1)



★ 圖 (2)



★ 圖 (3)



★ 圖 (4)

交流電壓

範例 2-3e

台電交流電壓的量測。

操作步驟

1. 家裡常用插座有兩孔、與三孔插座，如圖 (1)，(2)，(3)。



★ 圖 (1) 110V 兩孔插座



★ 圖 (2) 110V 三孔插座



★ 圖 (3) 220V 冷氣插座

2. 指針式三用電表請撥 AC250V，將兩根測試棒，不用分極性，任意插入中性線 (neutral wire) 與火線 (live wire)，量測結果如圖 (4)，指針放大如圖 (5)，每 1 小格 5V，所以是 115V。
3. 數位式三用電表，的交流電壓與直流電壓則釋放在同一檔位，請用「Select」選「AC」，然後使用「Range」選「000.0」的檔位，也是不分極性插入中性線與火線，量測結果如圖 (4) 右邊，顯示 118.3V。以上量測結果不一致，此為儀器誤差。



✦ 圖 (4)



✦ 圖 (5)

自我練習

1. 請將測試棒插入接地線 (earth wire) 與中性線，請問電壓為_____。
2. 如圖 (3)，請將測試棒插入兩個火線，請問電壓為_____。
3. 如圖 (3)，請將測試棒插入任一火線與接地線，請問電壓為_____。

電源供應器(power supply)

以下範例 2-3f、2-3g 是目前常見的電源供應器。他可以提供指定大小的直流電壓源，而且還有限流保護（限制在一個電流內可以正常運作，超出範圍就亮燈且切斷），保護我們的電路不會被摧毀。

範例 2-3f

電源供應器的基本操作。

操作步驟

1. 圖 (1) 是目前常見的電源供應器。
2. 圖 (1) 有三組電源，其中 CH1、CH2 可單獨使用、也可串聯、並聯使用，CH3 則獨立提供 5V，且至多 3A 的電源。
3. CH1、CH2 的工作模式由兩個按壓開關控制，兩個都不按，為獨立供電；左邊按，右邊不按，為串聯供電；兩個按鈕都按下去，則為並聯模式。本例為獨立供電。
4. 請先調電壓，圖 (1) 右邊為 CH1，調整為 18V，調整電流上限，本例調為 0.1A。

5. 輸出電壓。請按一下「OUTPUT」按鈕，如圖 (2)，電源供應器顯示實際輸出電流與電壓，請用直流電壓檔量測輸出電壓=_____；若電流超過預設值「0.1」，則「CC」燈會轉為紅燈，電壓會切斷或下降。



★ 圖 (1) 電源供應器電流設定



★ 圖 (2) 電源供應器實際輸出

自我練習

- 請問您的電源供應器輸出最大電壓是多少？_____可輸出最大電流是多少？_____
- 請問若使用『SERIES』模式，可輸出最大電壓是多少？_____，請實際使用電表量測，量測值是多少？_____，可輸出最大電流是多少？_____（串聯模式可提高電壓的供應）
- 請問若使用『PARALLEL』模式，可輸出最大電壓是多少？_____請實際使用電表量測，量測值是多少？_____，可輸出最大電流是多少？_____（並聯模式可提高電流的供應）
- 請使用『INDEP』模式，將 CH1 設定 8V，將 CH2 設定 2V。
 - 請練習接線，使得電源供應器輸出 10V，且用三用電表量測。
 - 請練習接線，使得電源供應器輸出 6V，且用三用電表量測。

範例 2-3g

液晶顯示電源供應器基本操作。由於液晶顯示的普及與單晶片技術的精進，現在電源供應器已經慢慢進入液晶顯示介面，所能設定與顯示的資訊也較多，圖 (1) 是目前常見液晶顯示電源供應器，而且價錢也逐漸降低中，很適合學生買一套放在家裡做實驗。

操作步驟

1. 因為有液晶顯示器，所以操作方式與手機接近。如圖 (1) 所示，此儀器有 5 個常用按鈕與 1 個旋鈕，其功能分別是電壓設定 (V)、電流設定 (I)、過壓設定 (OVP)、過流設定 (OCP)、數值調整旋鈕（調整以上數值）、輸出設定（按下去才輸出）（Display 與 Memory 初學者先略）。
2. 電壓、電流設定顯示在液晶螢幕的「Set」位置，過壓與過流設定顯示在「Limit」位置，都是按一下指定按鈕（V、I、OVP 或 OCP），請留意游標所在位置，繼續按指定按鈕（V、I、OVP 或 OCP）可以改變游標位置，然後旋轉「數值調整」旋鈕，即可調整指定游標位置的數值。
3. 以電壓設定為例，按一下「V」按鈕，請留意游標位置，再按一下「V」按鈕，即可改變游標位置（數值「12.00」，表示游標共有 4 個位置，然後旋轉「數值調整」旋鈕，即可調整指定游標位置的數值）。
4. 請逐一電壓設定「V」、電流設定「I」、過壓設定「OVP」、過流設定「OCP」，最後按一下「On/Off」按鈕，即可輸出電壓。



電子(electron)

我們在國中理化有談到摩擦起電，說明電子的存在，大致是說，古代的魔術師，取兩支塑膠尺使用毛皮摩擦，然後靠近，此兩支塑膠尺會互相排斥；取兩支玻璃棒用絲絹摩擦後，此兩支玻璃棒靠近也是互相排斥，但以上塑膠尺與波離棒靠近卻互相吸引。以上現象，17 世紀的富蘭克林就提出正負電荷的觀念來解釋此現象，他說「用毛皮摩擦塑膠尺，電子會由毛皮轉移到塑膠尺上，故毛皮帶正電，塑膠尺帶負電。用絲絹摩擦玻璃棒，電子會由玻璃棒轉移到絲絹上，故玻璃棒帶正電，絲絹帶負電；而且因為塑膠尺帶負電，玻璃棒帶正電，所以塑膠尺和玻璃棒靠近會互相吸引」。（補充說明：1. 萬物一開始都是正負電荷數量一樣多，所以是電中性。2. 正電荷不會移動，負電荷才會移動。3. 當負電荷逃走了，就帶正電，接收負電

荷者則帶負電)。富蘭克林也成功在雷雨中使用風箏引來這些「電子」，且以萊頓瓶收集，此「電子」能吸引絲線。看到動植物被雷電打到會焦黑，為什麼動植物會起火且變為焦黑呢，科學家就說因為雷電中的大量「電子」快速通過這些動植物，大量的「電子」在動植物內部劇烈竄動摩擦就可以產生火花，而燒焦動植物。近兩百年，此「電子」，經由科學家大膽假設與不斷實驗，證明此電子是一顆顆的質點，其重量為 $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，帶電量是 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ (庫倫)，且沿用至今，且以上的假設與推論，都可以解釋目前的所有電學現象。

電流(electric current)

在力學裡，水的流動稱為水流，在電學裡，電子的流動，我們就稱為電流。我們定義單位時間通過某一截面的電量為電流。以數學式表示如下：

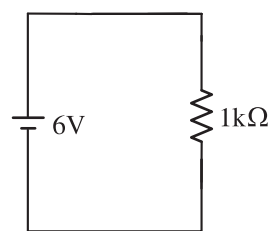
$I = Q/t$ (Q 是帶電量，單位是 C (庫倫)， t 是時間，單位是秒， I 是電流，單位是 A (安培))

電流的量測

前面電阻與電壓的量測都是直接量測，但是電流的量測，則要切斷原來的電路，讓電流流進電表。請看以下範例說明。

範例 2-3h

電流的量測。假設有電路如圖 (1)，請問如何量測電流。

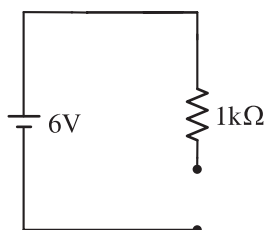


★ 圖 (1) 電路圖

操作步驟

1. 要量測其電流，都要將電路切斷，如圖 (2)。
2. 電路焊接如圖 (3)，於 a, c 兩點輸入電壓，於 b, c 兩點量測電流，請留意 b, c 兩點下面沒有導線連接，而畫黑線的地方表示焊接面有導線連接。

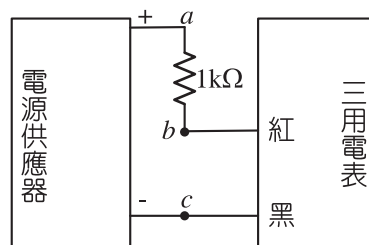
3. 三用電表連結如圖 (4)。



✦ 圖 (2) 電路切開

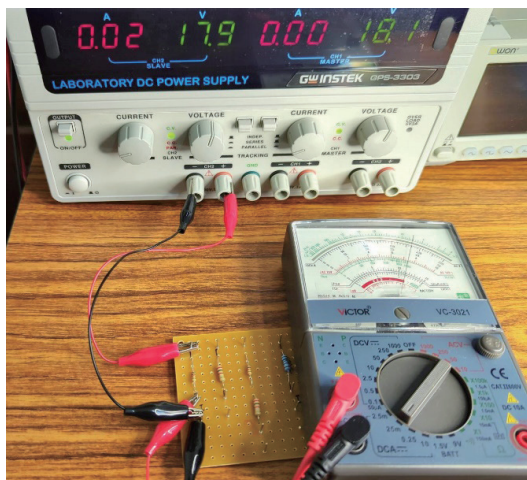


✦ 圖 (3) 電路板

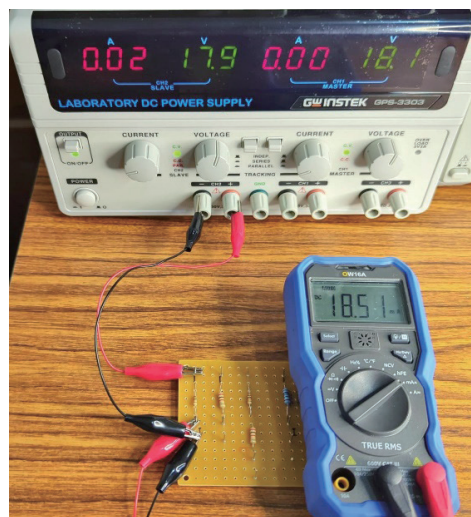


✦ 圖 (4) 電表連接圖

4. 若是指針型三用電表，則先選擇最大直流電流檔。例如，先選擇 250mA 檔位，再逐一下降檔位，讓指針盡量張開，如圖 (5)。
5. 若是數位顯示型三用電表，則先用轉盤選擇電流檔，然後用「Select」選擇「DC」直流，再用「Range」選擇「000.0mA」或「00.00mA」，如圖 (6)。



✦ 圖 (5)



✦ 圖 (6)

2-4 常用家電的認識與量測

一般家庭常用家電有電鍋、電風扇、冰箱、電視機，配電盤則是室內所有配線的中心，本單元將介紹這些電器的量測。

家用電器電流的量測

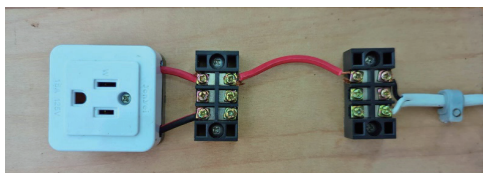
家用電器交流電流的量測有兩種方式，分別是交流電流表與交流勾表，分別說明如下。

範例 2-4a

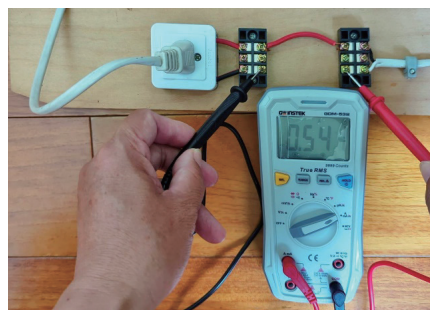
示範使用交流電流表量測交流電流。

操作步驟

1. 交流電流表與前面範例 2-3c 已經介紹直流電流的量測相同，都必須先將電路切斷，然後讓電流流進電表，爲了不破壞原來電源線的完整性，所以我們製作電路如圖 (1)。
2. 電流表接線如圖 (2)，請留意家用電器的電流一定超過 25mA，所以要先將紅色插銷改插在「10A」的位置，下圖電表電流插銷還分小電流的「uA」與大電流的「A mA」，且請用「DEL」選擇「AC/DC」與用「RANGE」選擇顯示範圍「mA/A」。



✦ 圖 (1)



✦ 圖 (2)

延伸思考

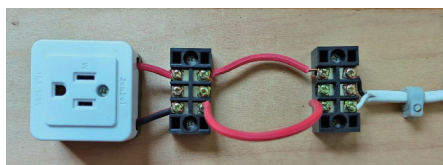
1. 前面電壓的量測，我們可以同時使用兩支電壓表同時量測電壓，請問是否可以同時使用兩個電流表量測電流，請同學發揮實驗精神，自己也量測看看。

範例 2-4b

示範使用交流電流勾表量測交流電流。

操作步驟

1. 前面交流電流表，必須先將電路切斷，這樣真的很不方便，所以就有電流勾表的發明，利用電生磁的原理（載流導線周圍會產生磁場），所以只要用一個線圈圈住單一導線（僅能圈一條，不能圈兩條），就可量測此導線流過的電流。因為所有電源線都還有外面絕緣皮，為了不破壞原來電源線的完整性，所以我們製作電路如圖 (1)。
2. 圖 (2) 是使用電流勾表量測的結果，我們同時用 2 支，但同學實驗時，用 1 支勾表就可以。請留意電流的大小有不同的檔位，所以轉盤還分「200A」「2A」與「mA」檔位，且留意通常「AC/DC」都共用檔位，還要用「SEL」按鈕選擇「AC/DC」。



★ 圖 (1) 準備電路



★ 圖 (2) 量測結果

延伸思考

1. 前面範例 2-4a，我們發現不能同時使用兩支電流表量測電流，此一勾表竟然可以，請說明其差異。

功率

電器能量轉換或使用的速率稱為功率 (power，符號為 P)，單位是 W，讀音是瓦特，數值越大效率越高，例如，30W 的充電器，就比 10W 充電器的效率高，所需充電時間就比較短。

功率的計算

功率的計算為該電器的端電壓與通過電流的乘積。

$$P = V \cdot I$$

但因為 $V = IR$ 或 $I = V/R$ ，所以功率 P 也可以寫成

$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2 / R$$

額定功率(rated power)

額定功率是指用電器正常工作時的功率，它的值為用電器的額定電壓乘以額定電流。所有的電器都有貼一張貼紙，標示使用電壓、使用頻率與額定功率的標籤，例如圖 2-4a 代表此電子鍋使用電壓為 110V，使用頻率為 60Hz，額定功率為 760W，額定功率代表此電器可以接受或輸出的最大的功率，當超過此功率時，導線或發熱元件容易燒毀。由功率 = VI，可推測此電器工作時流進的電流為 $760/110 = 6.9A$ ，所以以下自我練習，請自己量測其電流。但通常會比較低，因為實際消耗功率當然比額定功率低，因為額定功率代表此電器可以接受的最大的功率。



圖 2-4a

自我練習

- 下表是家裡常用電器，請由其貼紙一一檢視其額定功率，然後量測電壓、量測電流、計算消耗功率，填入下表。

編號	電器名稱	額定功率	端電壓	通過電流	消耗功率	編號	電器名稱	額定功率	端電壓	通過電流	消耗功率
1	電視機					8	檯燈				
2	電冰箱					9	筆電或電腦				
3	電子鍋					10	冷氣機				
4	電鍋					11	洗衣機				
5	熱水瓶					12	烘衣機				
6	烤箱					13	電風扇				
7	吹風機					14	手機充電器				

範例 2-4c

配電盤 (distribution panel) 的認識與量測。

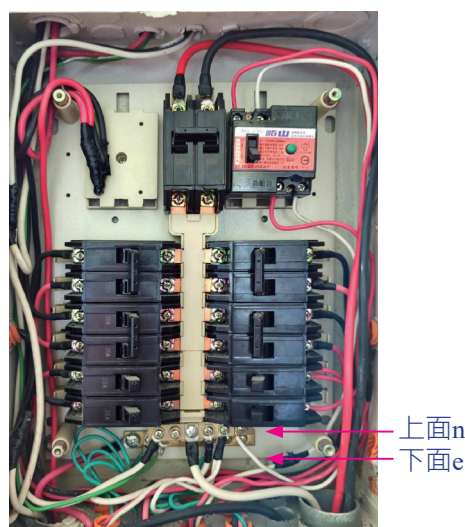
操作步驟

1. 配電盤如圖 (1)，拆開鐵片如圖 (2)，內部電路示意圖，如圖 (3)。 a, b 兩點的導線通常是紅色與黑色，稱為火線， n 點導線通常是白色，無通電，稱為中性線， e 點導線通常是綠色，直接埋到地底下，稱為地線。其中 a, b 兩條火線與中性線 n 連接到電力公司， e 點的地線，直接連接埋在牆面與地裡的鋼筋，直通大地。((圖 2) 綠色的地線 e 點，與白色的中性線 n 點，是立體上下排列，地線在下面，中性線在上面，因為拍照角度關係，立體上下排列效果不是很清楚，請自己打開家裡配電盤就會很清楚)
2. 請用電壓檔，量測圖 (2) 的 a, e 兩點電壓_____， b, e 兩點電壓_____， n, e 兩點地壓_____，量測 a, b 兩點電壓_____，理論值是 220V，所以直接經由無熔絲開關送到每一台冷氣。
3. 量測 a, c 與 b, c 的電壓_____，這兩條線理論值都是 110，配線時要平均分給家裡的電器，這樣電力系統才會穩定。
4. 無熔絲開關將於 2-5 節介紹，額定電流是 20A，所以每個迴路可以供應額定功率 $P = IV = 20 \times 110 = 2200\text{W}$ ，若超過，無熔絲開關就會跳開。
5. 廚房通常是用電量較大的房間，所以單獨使用一個無熔絲開關。每個無熔絲開關都標注 20A，表示額定電流是 20A，依據功率公式 $P = IV = 20 \times 110 = 2200\text{W}$ ，表示每一個回路僅能同時使用 2200W。
6. 浴室、廚房、陽台插座都要加裝漏電斷路器 (earth leakage circuit breaker，簡稱 ELCB)，因為以上三個位置都有水，若電線供電途中，裸露的電線有浸泡到水，或人員觸到裸露的電線，都會產生漏電，漏電斷路器可以馬上切斷供電，這樣才能保障人員安全。漏電斷路器原理是此元件偵測去程與回程線路的電流是否一致，若不一致，表示有電流流失。電線或電器為什麼會漏電呢？例如，浴室、陽台、廚房都很容易漏水、若火線被水淹，就會有部分電流流進大地，人類碰到有電的水，電也會經由人類進入大地（例如，人類赤腳站著小便，用小便噴向火線，電流也會經由人類流回大地；或人類碰到裸露的火線，電也

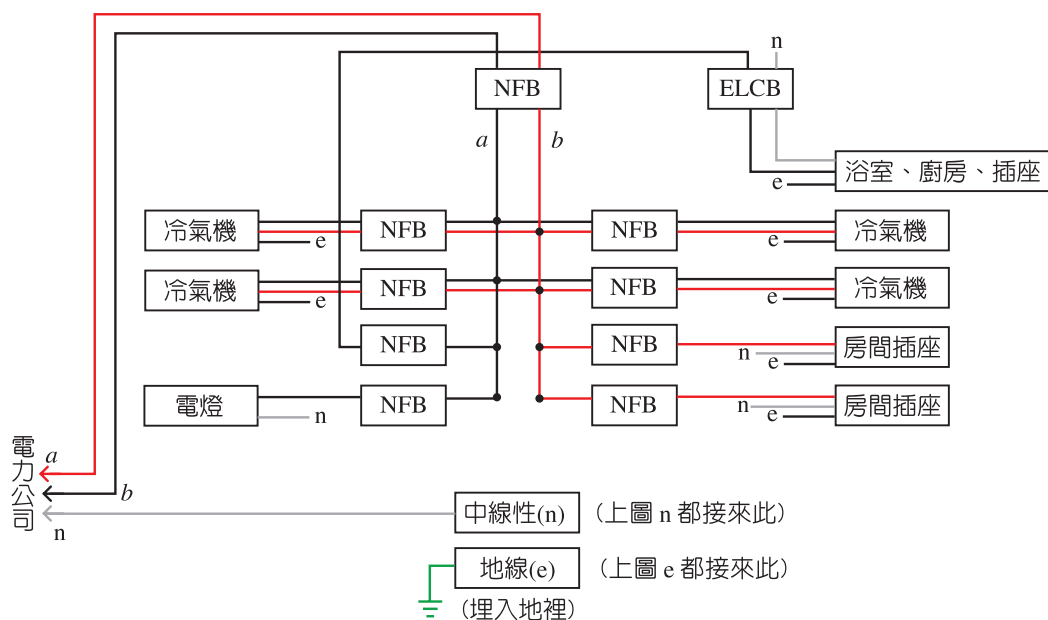
會經由人類流進大地)，只要部份電流有提早流進大地，就會造成流出去的與流回來的電流不相等，漏電斷路器就是時時刻刻監測流進與流出的電流是否相同，只要流回去的電，不等於流出的電，表示漏電，此時漏電斷電器就會發揮作用，立刻斷電，才不會造成人員傷亡。因為只要電線進水，部分電荷就會提早流進大地，這樣就造成流回去的電流不等於流出去的電流，這也就是下雨後，陽台的插座容易跳電，或者浴室插座不小心噴到水，都很容易跳電。



★ 圖 (1) 配電盤外觀圖



★ 圖 (2) 配電盤實體圖



★ 圖 (3) 配電盤電路示意圖

7. 為什麼要有接地線？過去的洗衣機、冰箱、烤箱都附有一條綠色接電線，都有交代此地線要埋進地裡，現在的家電都改為有地線的三線式插頭，此電線有連通配電盤地線，也流進大地，此地線主要目的就是預防漏電時，可將這些漏電收集起來，直接流進大地。因為機殼可能因為碰撞、或老鼠咬破火線，導致機殼接觸裸露火線，此時機殼就帶電了，若機殼有使用接地線，則這些電可經由地線先接地，這樣使用者碰觸漏電的機殼才不會觸電。但是有些惡質水電工，有可能為了省事省錢，沒有連接此地線大地，請拆開您家的電源插座，仔細檢查此地線有沒有實際連接。

補充說明

1. 農夫抽水灌溉為什麼容易觸電？因為抽水機有水，這些水若流過破損的火線，那水就帶電了，農夫水裡耕作又沒穿鞋，所以很容易觸電，所以下次經過抽水站，請勿赤腳走在潮濕的地方，下雨天，也不要赤腳走在陽台，因為您的漏電斷電器若故障，也很容易觸電。

自我練習

1. 標示無熔絲開關的供電位置。除了總開關，請將所有無熔絲開關關掉，每次僅開一個無熔絲開關，然後拿三用電表去量測哪些插座或電燈有電，並將開關的控制範圍用油性筆寫在無熔絲開關旁邊。
2. 檢查漏電斷路器是否正常。請用水噴陽台或浴室插座，並檢查漏電斷路器有沒有斷電。（正常的漏電斷路器，只要噴一點水就斷電，但還是請特別注意，要有家人看著，且穿鞋子，且不要踩到水，不然小命也會不保。因為富蘭克林用風箏引雷電沒事，證明電的存在，沒死的才是科學家，後續的人做同樣實驗，卻有人被電死。）（特別聲明：本項實驗有危險性，可選擇看我們影片即可）

2-5 電源與電線過載實作

電源線若沒有過載保護，當電流過大時，電源線持續增溫，電源線絕緣皮會慢慢融化，然後裸露的中性線與火線會直接碰觸，當然產生火花，您會看到整條電線有如爆竹一樣，持續往線頭竄進，直到有人關掉電源，或產生更大的火災。

無熔絲開關

無熔絲開關 (no fuse breaker，簡稱 NFB)，如圖 2-5a，範例 2-4c 的配電箱即有 50A、20A 無熔絲開關，無熔絲開關是利用雙金屬片 (bimetal) 受熱彎曲，兩種不同金屬彎曲的角度不同，推動跳脫機構，致使接點被頂開，供電迴路因此被切斷，以達到保護之目的。當無熔絲開關跳開時，應先檢查用電狀況，排除部分用電，並休息三分鐘以上，讓雙金屬片降低溫度，再行將開關往上推動。但每次保護裝置斷開電源後，開關也會損耗，也會降低此開關的使用年限。



★ 圖 2-5a 無熔絲開關

延長線與過載保護(overload protect)

現代 3C 產品都需要充電，所以延長線插座（如圖 2-5b）的需求越來越多，台灣市售延長線通常額定電流為 15A、最大功率 1650W、且最高可承受 125V 的電壓。安檢合格的延長線也都有「過載保護裝置」，當延長線插入太多的電器，導致電流超過負載時，保護裝置會瞬間跳脫斷電，在保護電器用品的同時也避免延長線過熱、電線走火。不過需要注意的是，雖然配有過載保護裝置的延長線能夠避免電流超過負載，但每次保護裝置斷開電源後，開關也會損耗，也會降低使用年限。



（當過載跳電後，可按一下過載重置開關，即可繼續通電）

過載保護開關

★ 圖 2-5b 具有過載保護的延長線

範例 2-5a

電源與電線過載實作。(特別聲明：本項實驗有危險性，可請老師示範或看我們書籍的影片即可)

操作步驟

1. 室內配線的導線線徑至少要 1.6mm，才能承受 20A 額定電流，請將範例 2-4b 的紅色導線換成 1mm 細導線。
2. 請於插座插入家用電熱水瓶。
3. 請用溫度感測器，量測導線溫度的變化。
4. 當導線溫度上升時，就拔掉電源線，此即為電線過載，電線產生高溫。若不理會，電器繼續運轉，溫度當然越來越高，接著絕緣皮就會融化，然後兩條電線裸露。但本實習有將兩條線分開，若不分開當然兩條導線碰在一起而產生火花，而繼續往線頭竄燒，產生更大火花，此即為電線走火。

自我練習

1. 電鍋與吹風機都是高功率電器，當電鍋與吹風機工作時，請摸著電線感受電線的溫度是否稍微上升，若感覺有點溫度，那就不行了，表示導線太細，絕緣線容易老化，導致電線走火。
2. 請問同一延長線，其功率標注 1650W，若同時插入與使用烤箱(800W)、電鍋(800W)、電子鍋(700W)，這樣總功率是多少？是否安全？
3. 廚房是用電量最大的房間，在配電箱通常有一專用無熔絲開關，此開關的額定電流是 20A，請問其額定功率是多少？

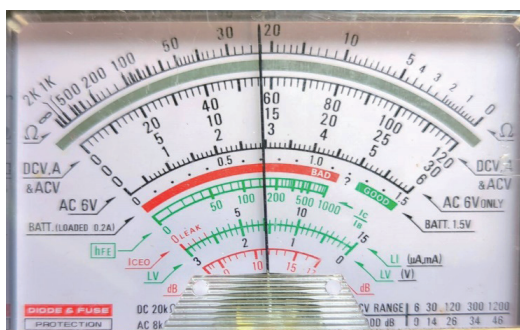
2-6 本章內容摘要

1. 電阻色碼的黑、棕、紅、橙、黃、綠、藍、紫、灰、白，分別代表 0 ~ 9。四環電阻前兩環代表數值，第 3 環代表後面加 0 的個數，第四環代表誤差。例如，黃、紫、棕、金代表 $470\ \Omega \pm 5\%$
2. 五碼電阻的前 3 環代表數值，第 4 環代表後加 0 的個數，第 5 環代表誤差。例如，棕、黑、黑、金、銀代表 $10\ \Omega \pm 10\%$
3. 三用電表所有的量測前應先確認指針是否在左邊「0」的刻度上，此稱為「零位調整」。
4. 三用電表量測電阻前，每變換一個檔位，都要先將測試棒短路，將電阻歸零，此稱為零歐姆調整。
5. 三用電表備有金屬鏡片，觀測時，應該讓指針與鏡面指針一致。
6. 電池串聯應該留意極性，極性正確電壓相加，極性錯誤則相減。
7. 三用電表測得的交流電是有效值。
8. 電源供應器可提供任意電壓的直流電，且有過載保護。
9. 電子是一顆顆的質點，其重量為 $9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ ，帶電量是 $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ (庫倫)。
10. 使用直流電流表必須將原電路切斷，然後將測試棒夾在切斷點。
11. 使用交流電流勾表，僅能圈住一條導線，然後讀取量測值。
12. 電器能量轉換或使用的速率稱為功率 (Power，符號為 P)，單位是 W。
以下三個公式都可以計算功率
$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = V^2 / R$$
13. 電力公司使用 3 條電線送來電力，分別是火線 1、火線 2 與中性線，任一火線與中性線為 110V，可供應家裡所有電器與燈具（冷氣除外）；兩條火線可供應 220V，可供給冷氣機使用。
14. 無熔絲開關為過載保護器，當線路過載時，可跳電保護線路過熱、燒毀與走火。
15. 漏電斷電器為漏電保護裝置，當線路漏電時，可快速跳電，保護使用者。
16. 延長線一定要有過載保護，延長線才不會過熱與電線走火。

2-7 課後習題

1. 若有四環電阻色碼分別為紅、綠、藍、金，請寫出電阻值=_____，誤差=_____。
2. 若有五碼環阻色碼分別為紫、灰、棕、金、銀，請寫出電阻值=_____，誤差=_____。
3. 請寫出以下圖 (1) 電阻測量值。
4. 請寫出以下圖 (2) 電壓測量值。

使用*100檔位



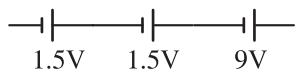
★ 圖 (1)

使用3V檔位

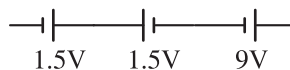


★ 圖 (2)

5. 請將以下數值以乘冪表示。 $2000000 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $0.0001 = \underline{\hspace{2cm}}$
6. 請完成以下乘冪運算，且以乘冪表示。 $3p * 4T = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $4M / 2u = \underline{\hspace{2cm}}$
7. 有一電阻標示 104，請問其電阻值。_____
8. 電池串聯如圖 (3)，請問其端電壓。
9. 電池串聯如圖 (4)，請問其端電壓。



★ 圖 (3)



★ 圖 (4)

10. 家用插座如圖 (5)，三用電表撥交流電壓檔，且測試棒插入中性線與地線，則電壓理論值=_____V；插入中性線與火線，電壓理論值_____，插入接地線與火線，電壓理論值_____。
11. 家用插座如圖 (6)，三用電表撥交流電壓檔，且測試棒插入兩條火線，則電壓理論值=_____V



★ 圖 (5)

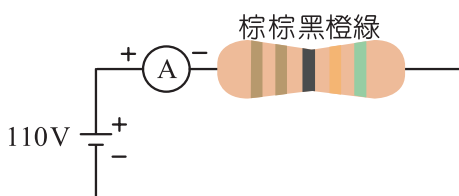


★ 圖 (6)

12. 請問額定電壓是 110V，額定功率是 770W 的家電，其額定電流是多少？
13. 電力公司的用電 1 度是千瓦·小時，也就是 1 千瓦的家電連續使用 1 小時，其用電稱為 1 度，請問 20W 的燈泡，連續使用 300 小時，其用電度數是多少？

14. 如圖 (7) 所示電路，五色碼電阻色環依序讀取為「棕棕黑橙綠」，安培計(A)的讀值約為何？

統測 111



★ 圖 (7)

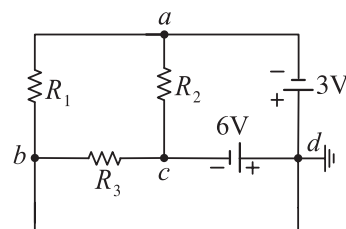
- (A) 1A (B) 100mA
(C) 1mA (D) 0.01mA
15. 將一個五環色碼電阻串接直流安培計，再串接於 12.4V 之直流電壓源，安培計讀值為 20mA，此色碼電阻的色環依序（第一環至第五環）可能為何？

統測 111

16. 如圖 (8) 所示， $R_1 = 1k\Omega$ ， $R_2 = 3k\Omega$ ， $R_3 = 6k\Omega$ ，

d 點接地，下列何者正確？

- (A) $V_{ab} > V_{bc}$ (B) $V_{ab} > V_{ac}$
(C) $V_{bc} > V_{ac}$ (D) $V_{ca} > V_{ba}$

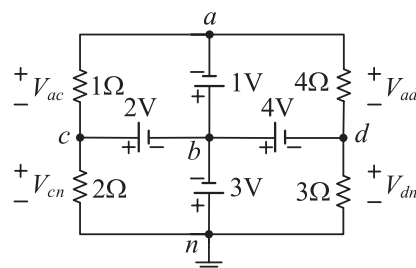


★ 圖 (8)

17. 如圖 (9) 所示電路，下列有關各節點間電位差之敘述，何者正確？

統測 112

- (A) $V_{ac} > V_{ad}$ (B) $V_{dn} > V_{cn}$
(C) $V_{dn} > V_{ac}$ (D) $V_{ad} > V_{ac}$



★ 圖 (9)

MEMO