



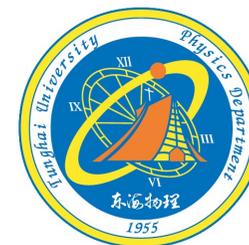
【上學期】

- 實驗01：游標尺、螺旋測微器、球徑計
- 實驗02：動量守恆
- 實驗03：重力加速度的測量
- 實驗04：可變 g 擺
- 實驗05：拋體運動實驗組
- 實驗06：環擺經驗方程式
- 實驗07：基礎光學實驗組
- 實驗08：稜鏡分光儀
- 實驗09：金屬的熱膨脹

【下學期】

- 實驗 10：歐姆定律
- 實驗 11：安培計與伏特計
- 實驗 12：示波器應用
- 實驗 13：克希荷夫定律
- 實驗 14：載流導線所受磁力
- 實驗 15：共振管實驗組
- 實驗 16：半導體元件的特性
- 實驗 17：電位與電力
- 實驗 18：微波光學





<https://physcourse.thu.edu.tw/mengwen/>

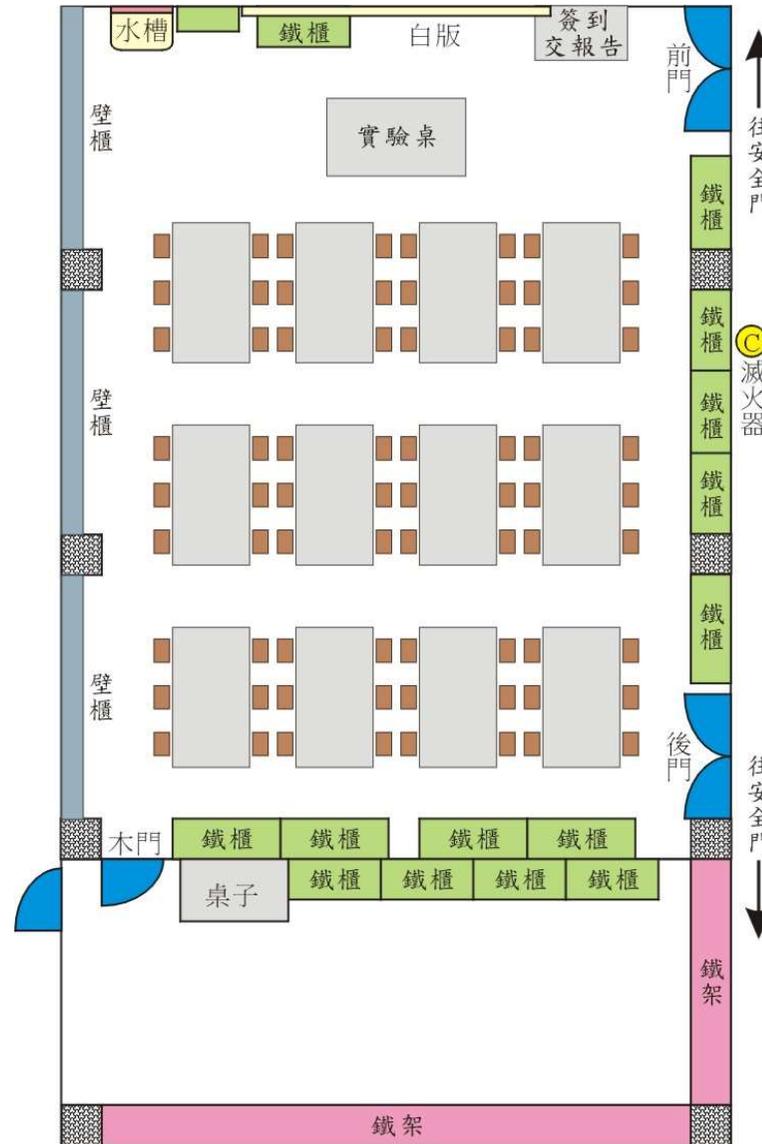




【下學期】

- 實驗 10：歐姆定律
- 實驗 11：安培計與伏特計
- 實驗 12：示波器應用
- 實驗 13：克希荷夫定律
- 實驗 14：載流導線所受磁力
- 實驗 15：共振管實驗組
- 實驗 16：半導體元件的特性
- 實驗 17：電位與電力
- 實驗 18：微波光學

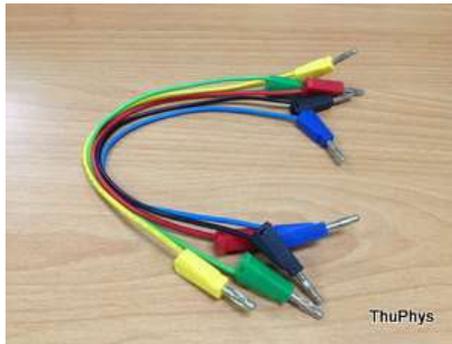
儀器配置會公布在實驗室





下學期主要是做『電』和『磁』的實驗

- 1-基本電路的認識
- 2-儀器的使用





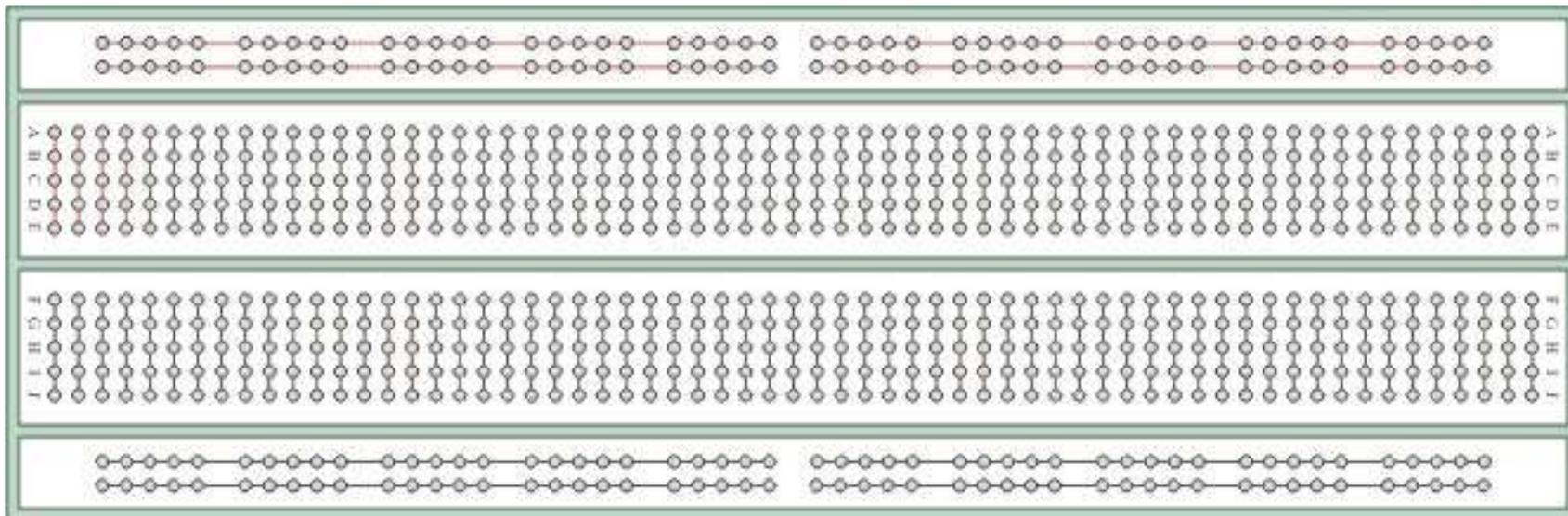
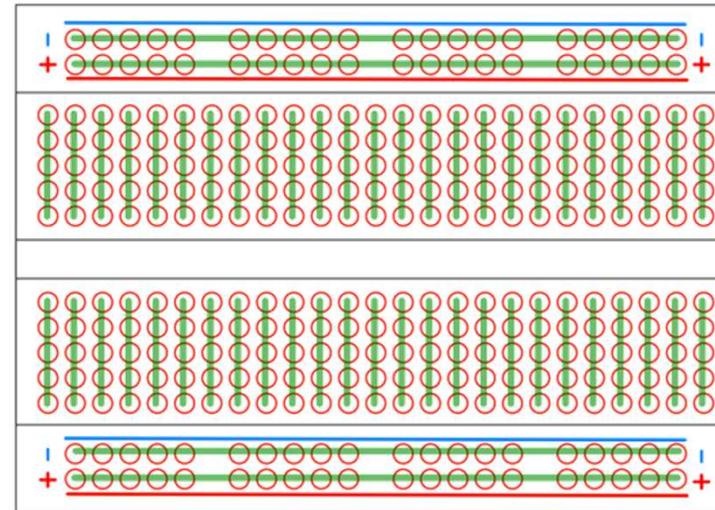
實驗 10：歐姆定律

要學會三用電表的使用



免焊萬用電路板 (solder less breadboard) 俗稱麵包板，
內部是由一些長條形的磷青銅片組成，
水平是由25個插孔組成，
而垂直線則是每5個插孔為一組。
各插孔間可視需求，
以0.6 mm之單心線加以連接組合。

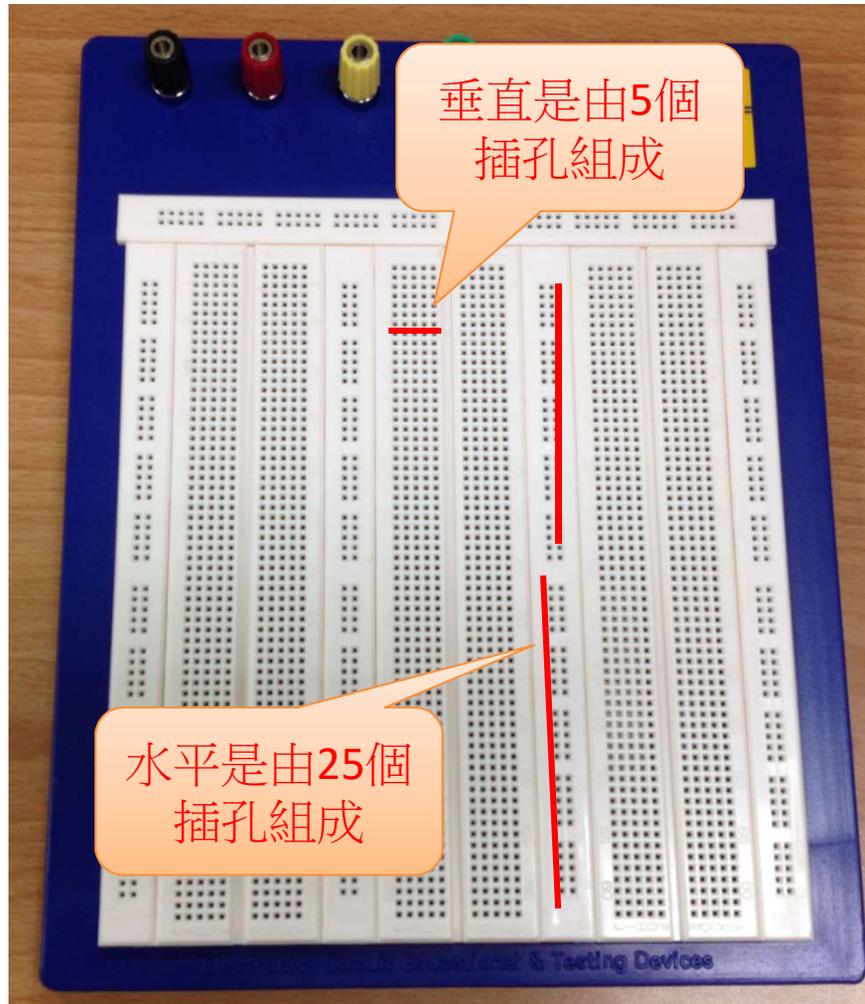
水平是25個插孔為一組組成。
垂直是 5個插孔為一組組成。



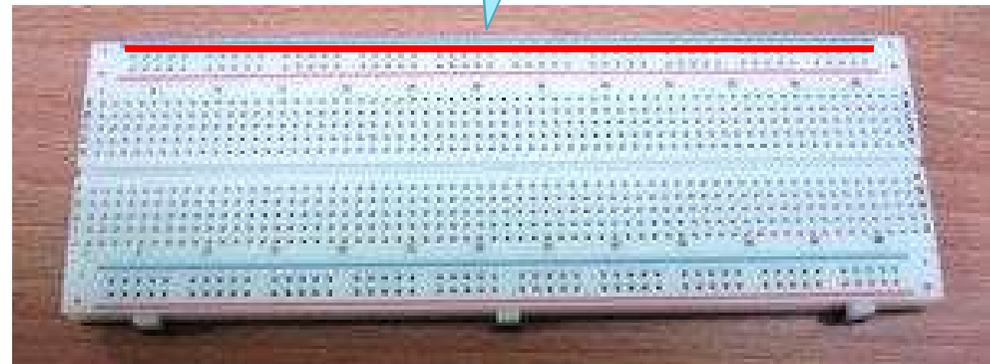
東海物理教學實驗室【下學期】



水平是由25個插孔組成
垂直線則是每5個插孔為一組



水平是由25個插孔組成？

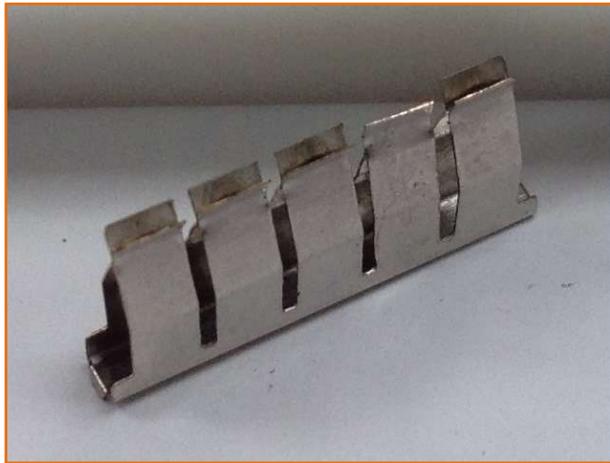


一般，水平是由25個插孔組成。
這片麵包版比較小，水平部分是30孔組成。



麵包版內部結構

麵包版就是將許多小夾子組合在一個平面上，提供給電路元件所需要的連接。在使用上，其裝配速度快，且容易更換元件。但也常因使用不當導致連接點鬆脫，使得接觸不良。

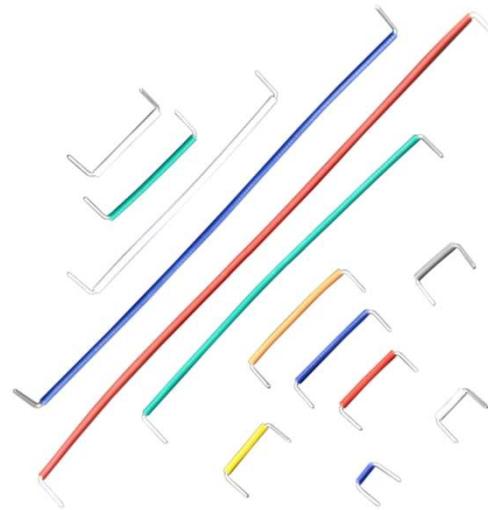


東海物理教學實驗室【下學期】

麵包版用之 0.6 mm 單心線
又稱為跳線 (jump)



ThuPhys





普物實驗室裡有的幾款三用電表



YF1000



TES2206



MT1706



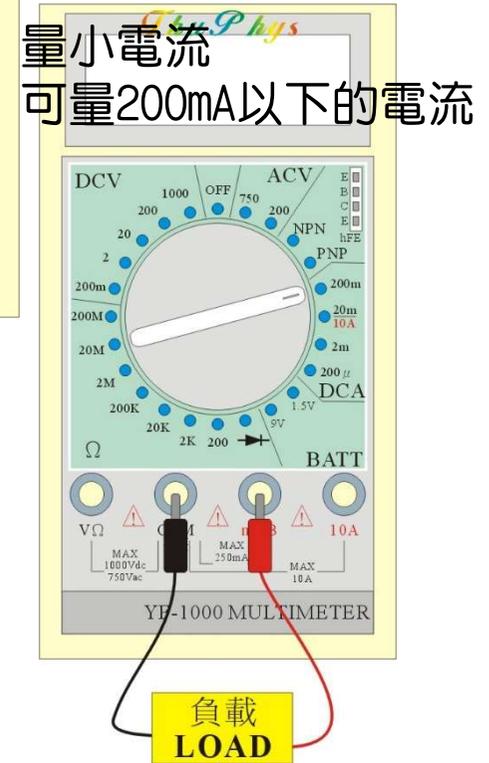
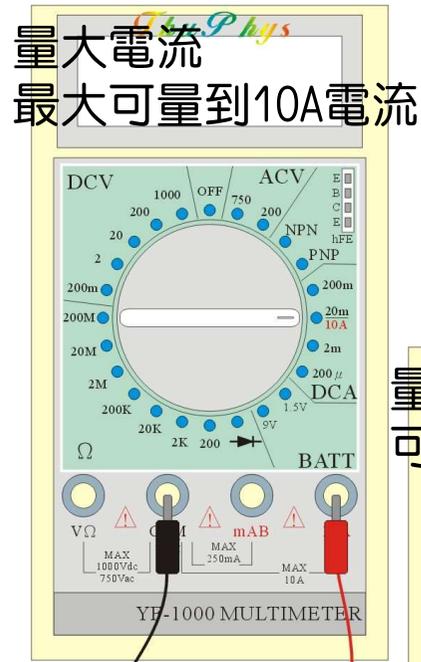
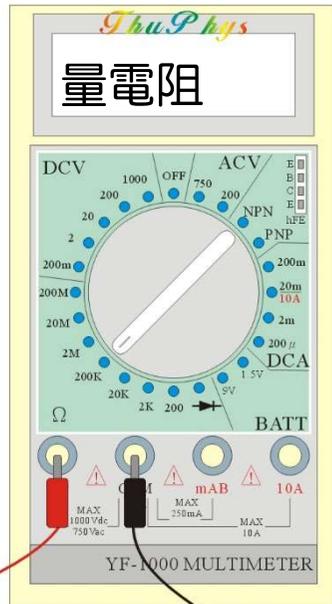
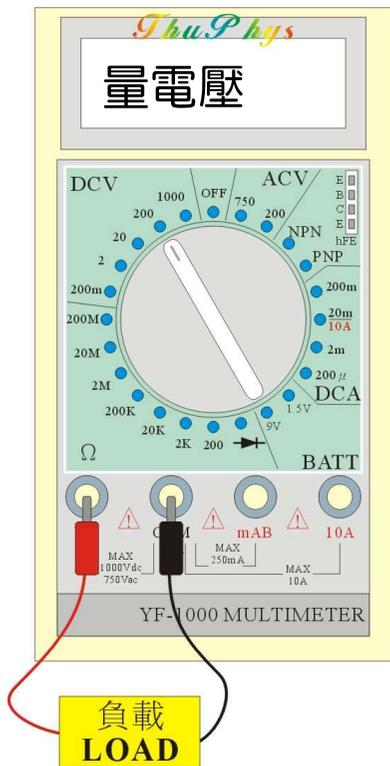
DM2610



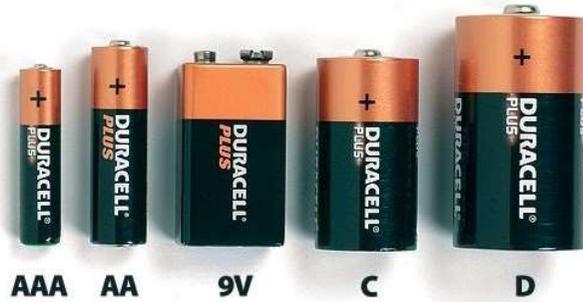
三用電表量電壓、電流、電阻

紅色端接？
 量電壓-VΩ
 量小電流-mAB
 量大電流-10A

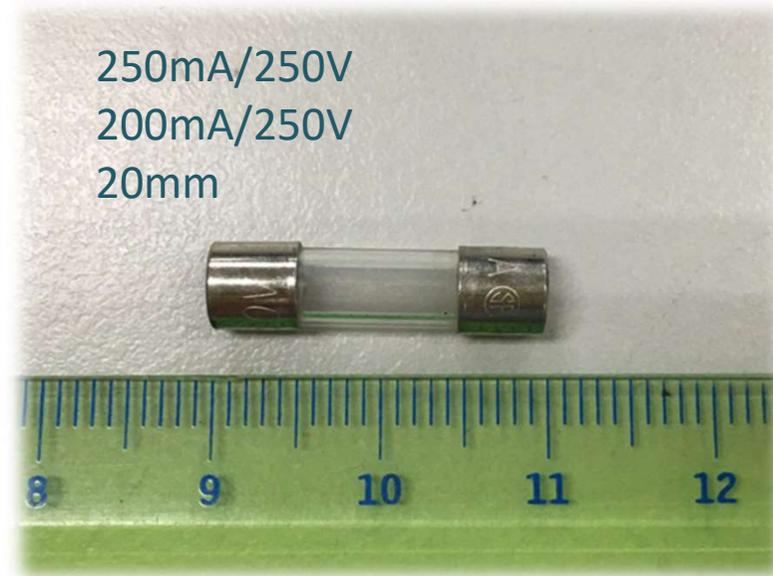
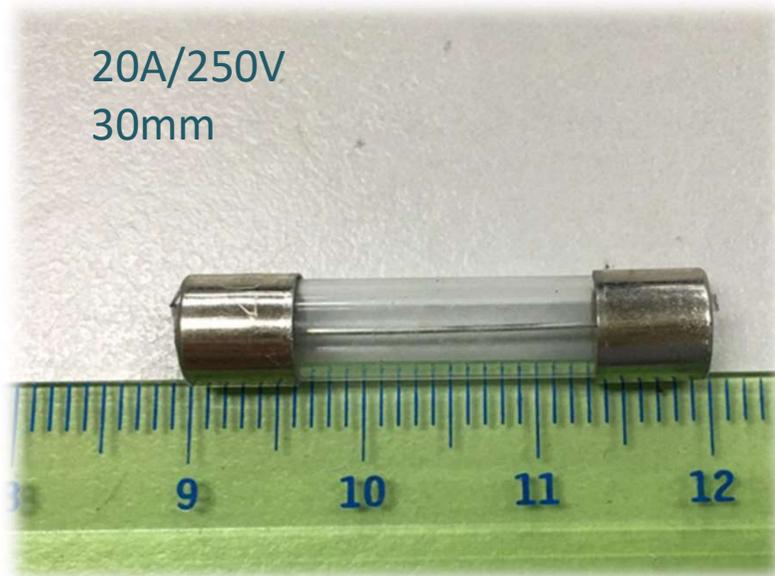
黑色端接COM(負端)



當電力不足時，液晶顯示器左上角會顯示“BT”，此時要更換9V電池。



更換保險絲





電阻種類

碳膜電阻

金屬氧化膜電阻

水泥電阻

可變電阻

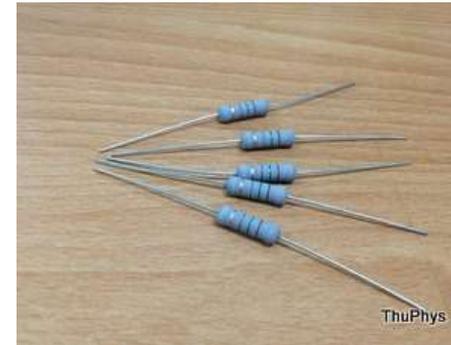
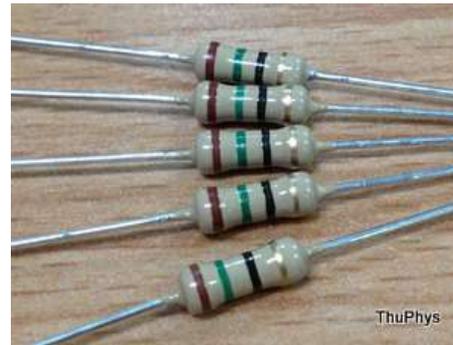
微調電阻

排列電阻(排阻)

熱敏電阻

光敏電阻

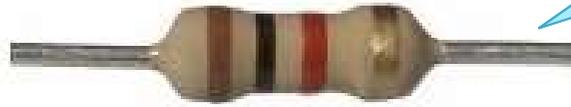
...





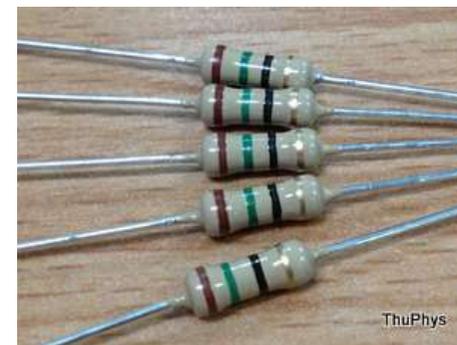
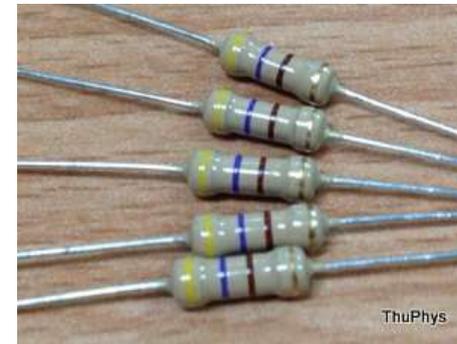
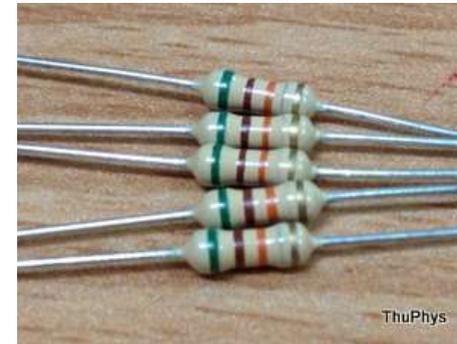
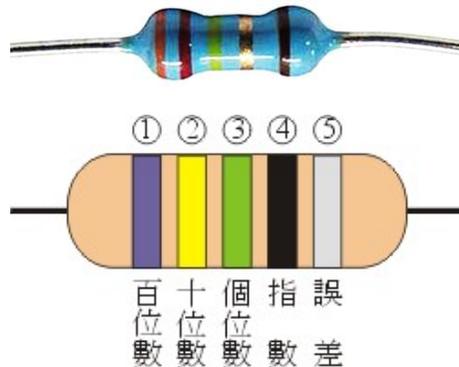
電阻色碼

實驗室裡的大多是四環色碼



顏色	位數	指數	誤差
黑	0	10^0	/
棕	1	10^1	1%
紅	2	10^2	2%
橘	3	10^3	/
黃	4	10^4	/
綠	5	10^5	0.5%
藍	6	10^6	0.25%
紫	7	10^7	0.10%
灰	8	10^8	0.05%
白	9	10^9	/
金	/	0.1	5%
銀	/	0.01	10%
無色			20%

精密電阻





電阻瓦數



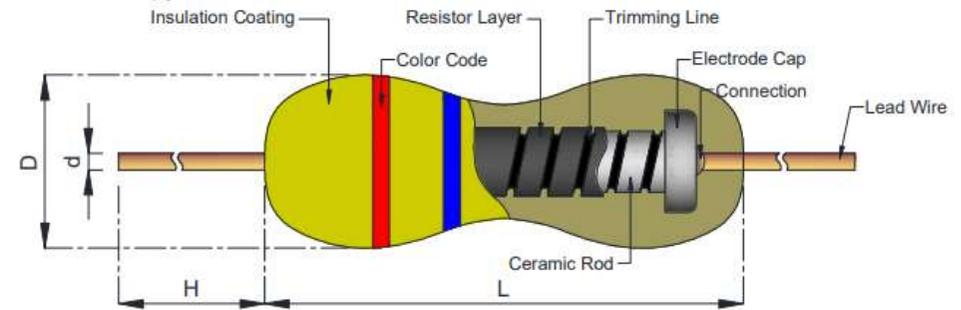
瓦數越大，電阻越大顆

$\frac{1}{8}W, \frac{1}{4}W, \frac{1}{2}W, 1W, 2W$



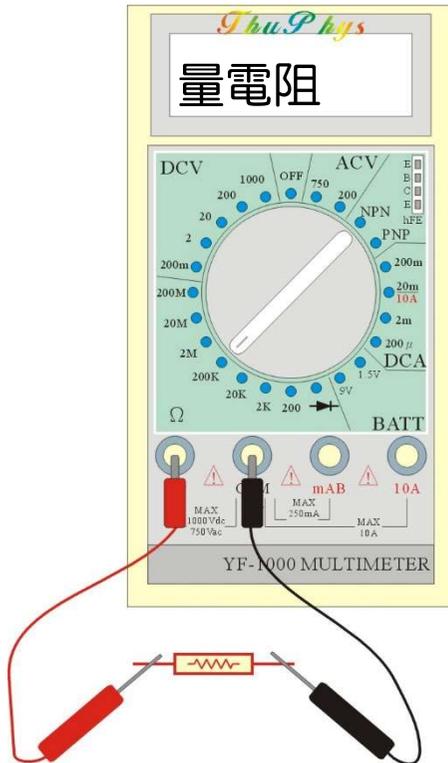
實驗室裡的
大多是1/2W

- ◎ Standard Type: 1/8W ~2W
- ◎ Miniature Type: 1/4Ws~3Ws

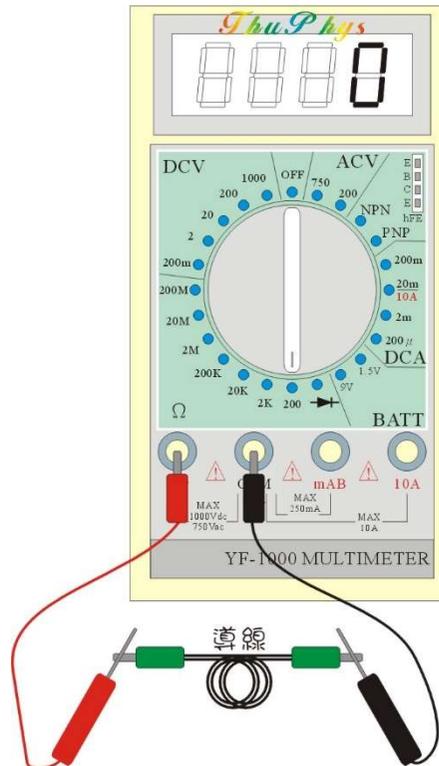


STYLE		DIMENSIONS(mm)				
Normal	Miniature	L	D	H	d	
CF-1/8W	CF1/4Ws	3.3	1.8 ± 0.3	29 ± 2.0	0.45 ± 0.03	
CF-1/8W	CF1/4Ws	3.3	1.8 ± 0.3	29 ± 2.0	0.45 ± 0.03	
	CF1/2Wss	3.3	1.8 ± 0.3	29 ± 2.0	0.45 ± 0.03	
CF-1/4W	CF1/2Ws	6.3 ± 0.5	2.3 ± 0.3	28 ± 2.0	0.55 ± 0.03	
CF-1/3W	CF1/2Wss	8.5 ± 0.5	2.7 ± 0.5	27 ± 2.0	0.60 ± 0.03	
CF-1/2W	CF1Ws	9.0 ± 0.5	3.2 ± 0.5	26 ± 2.0	0.65 ± 0.03	
CF-1W	CF2Ws	11.5 ± 1.0	4.5 ± 0.5	35 ± 2.0	0.78 ± 0.03	
CF-2W	CF3Ws	15.5 ± 1.0	5.0 ± 0.5	32 ± 2.0	0.78 ± 0.03	

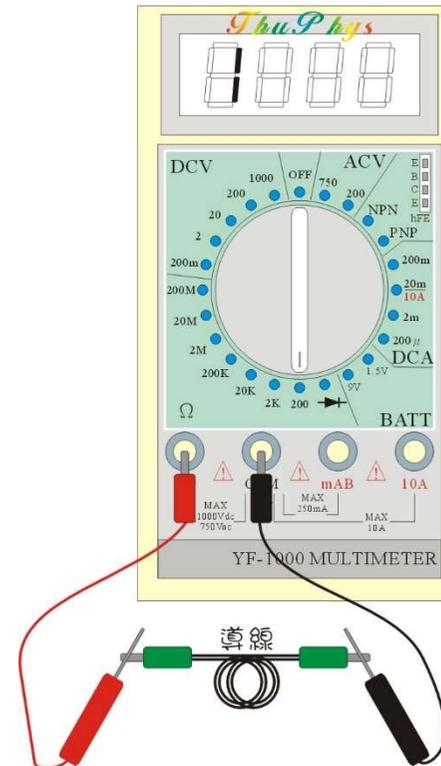
三用電表檢查導線-量電阻



螢幕顯示“0”
導線OK
可以使用



螢幕顯示“1”
導線掛了
請換一條使用

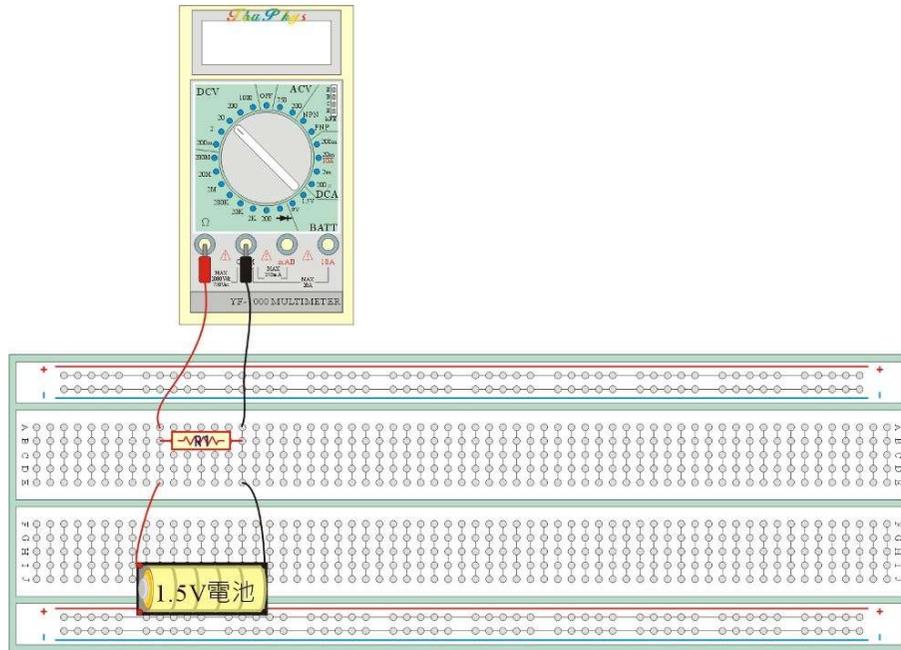


實驗室使用的連接線長度都不長
(了不起 2m 已經很長了，大多數是 30~60cm 長)
因此量到的電阻值會很小，接近”0”
如果你量到幾歐姆的電阻值…
那…先檢查一下測試線！

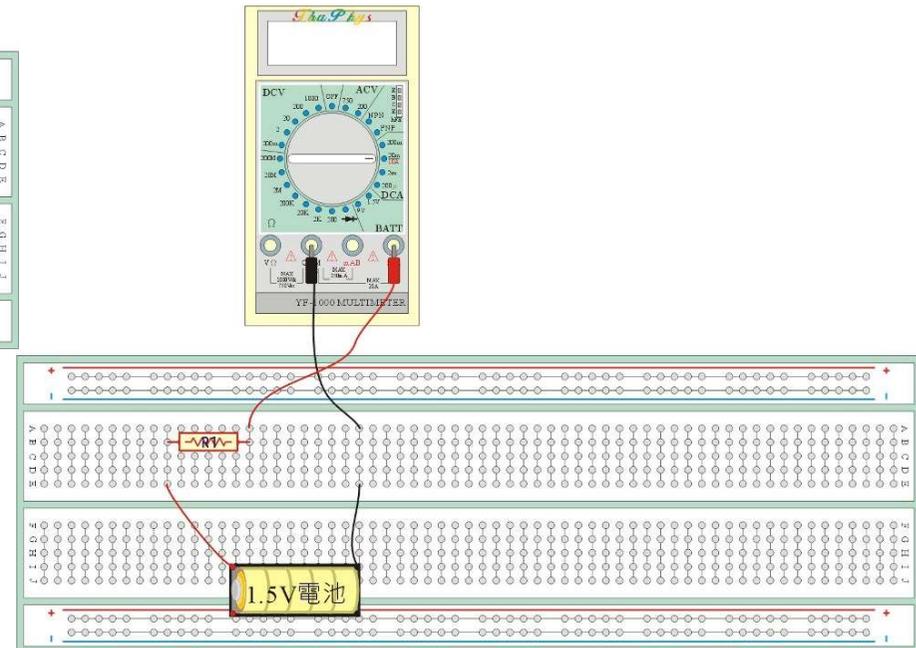


電源 + 單顆電阻

量電壓-三用電表『並聯』



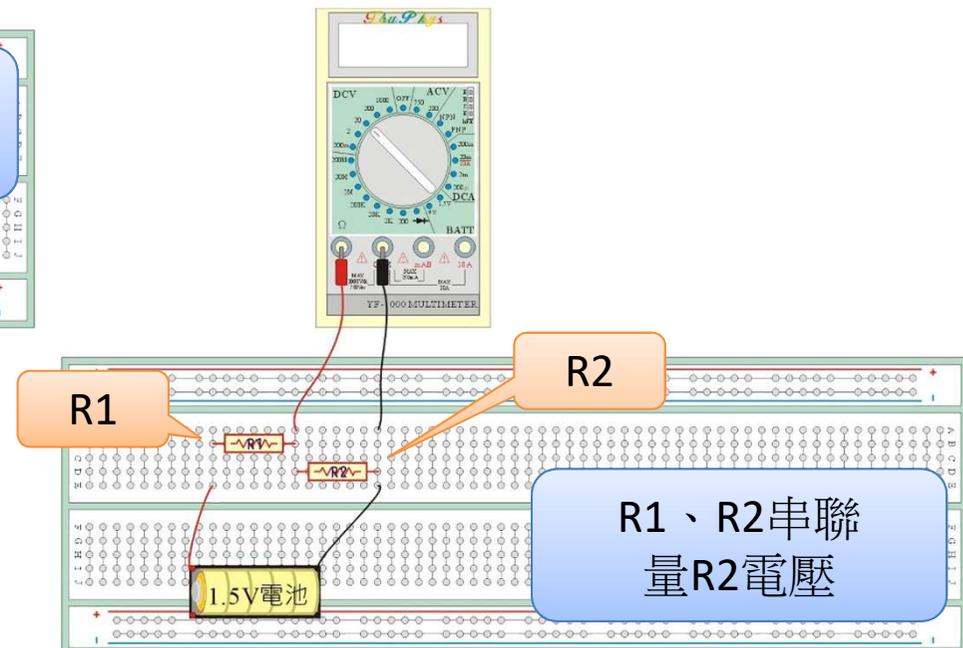
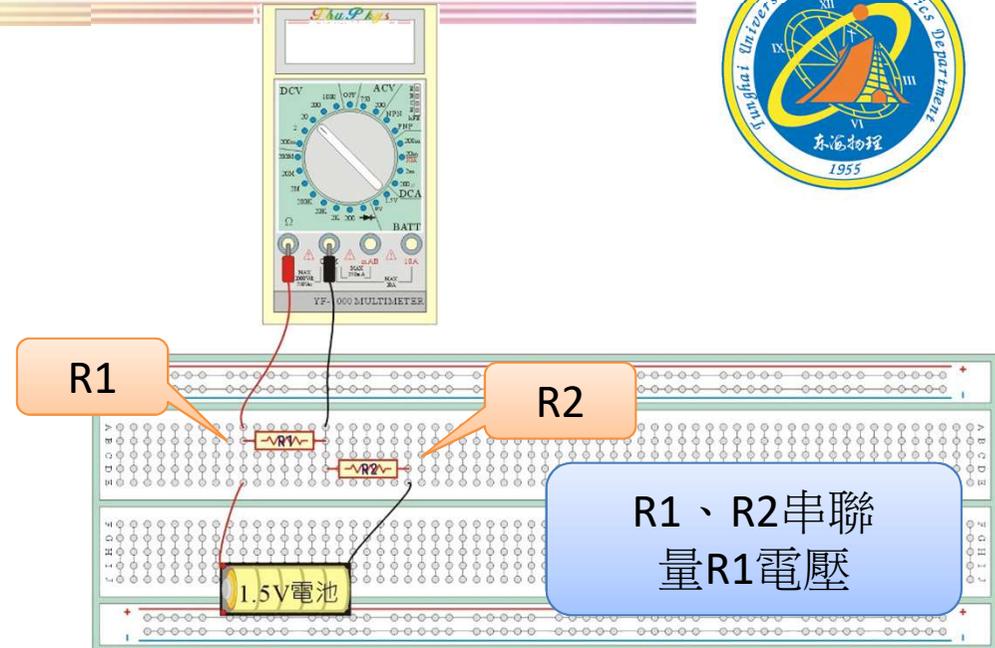
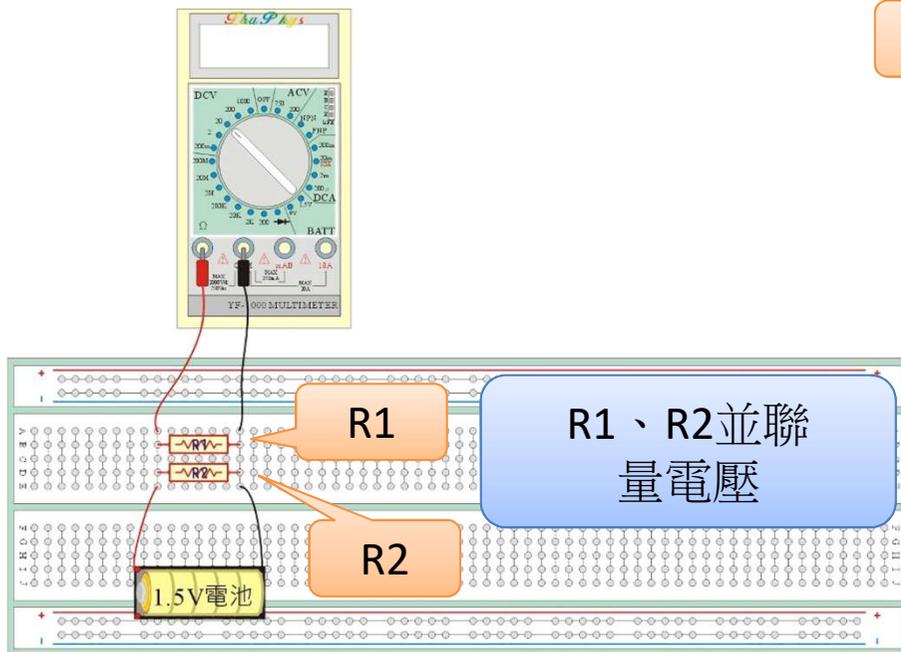
量電流-三用電表『串聯』





電源 + 兩顆電阻

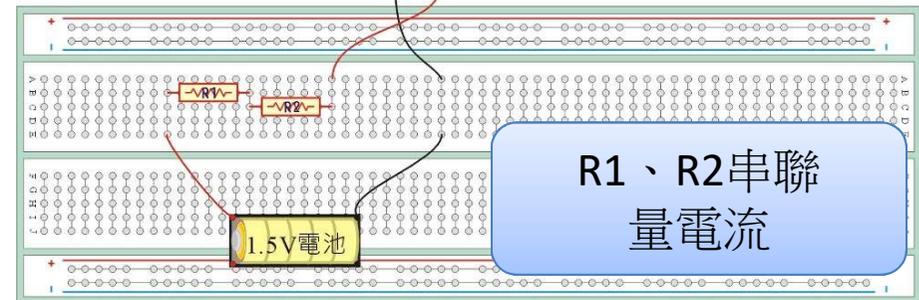
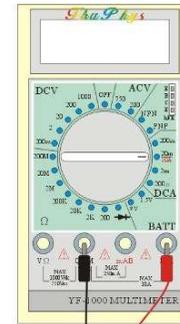
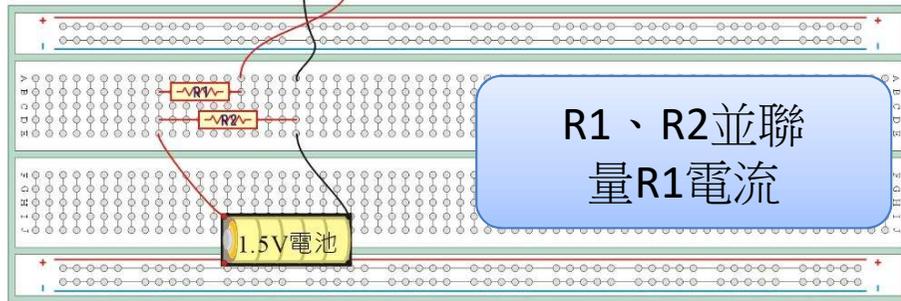
量電壓-三用電表並聯





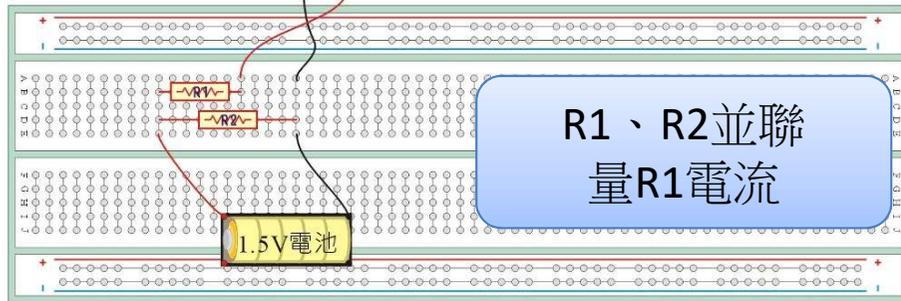
電源 + 兩顆電阻

量R1電流-三用電表和R1串聯

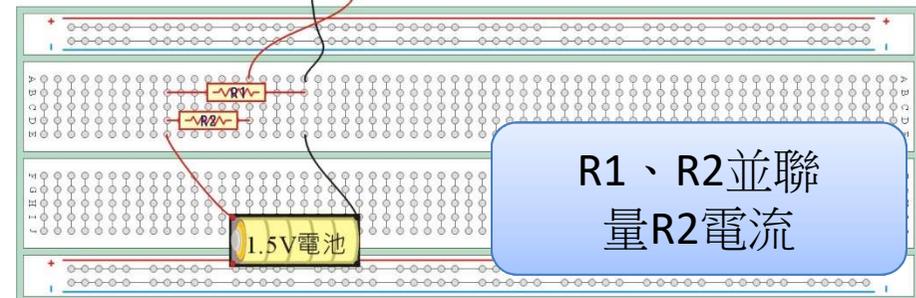
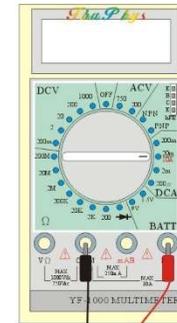


電源 + 兩顆電阻

量R1電流-三用電表和R1串聯



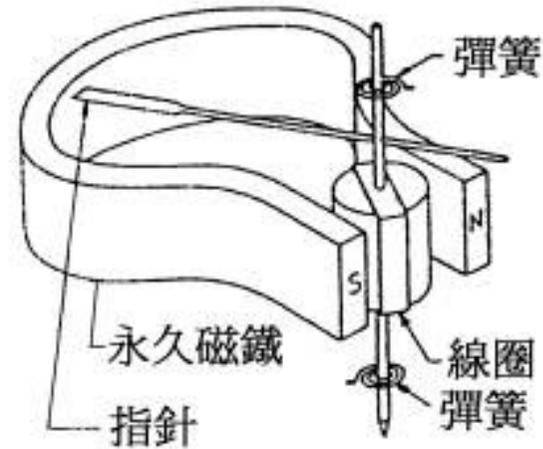
量R2電流-三用電表和R2串聯





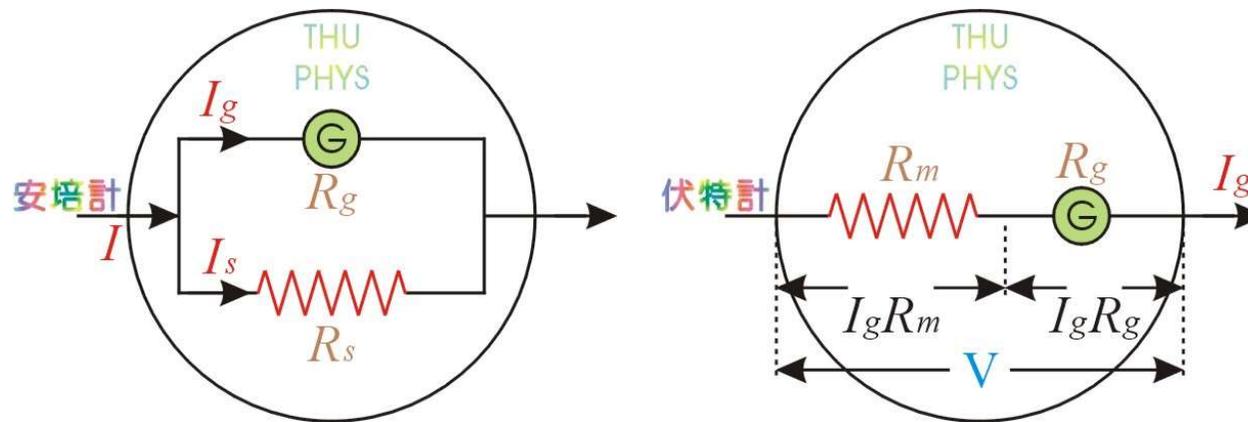
安培計與伏特計

達松伐耳檢流計(D' Arsonval galvanometer)



安培計：一個檢流計並聯一個低電阻

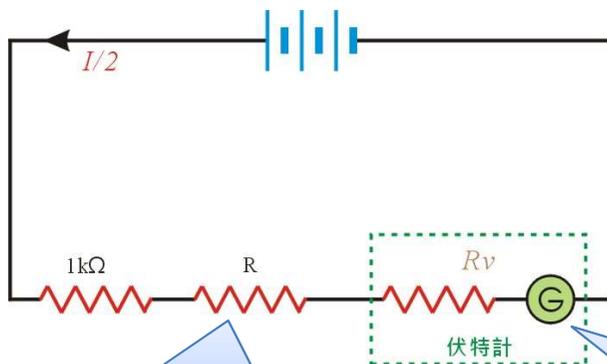
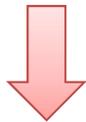
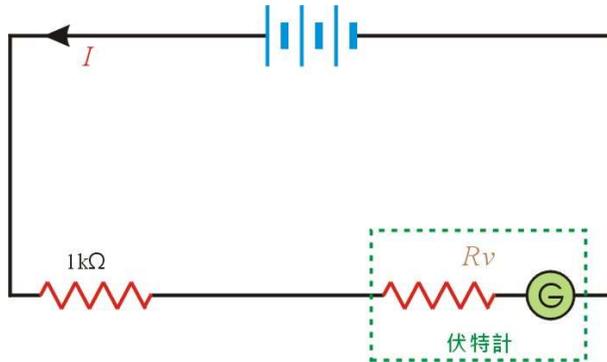
伏特計：一個檢流計串聯一個高電阻





安培計與伏特計

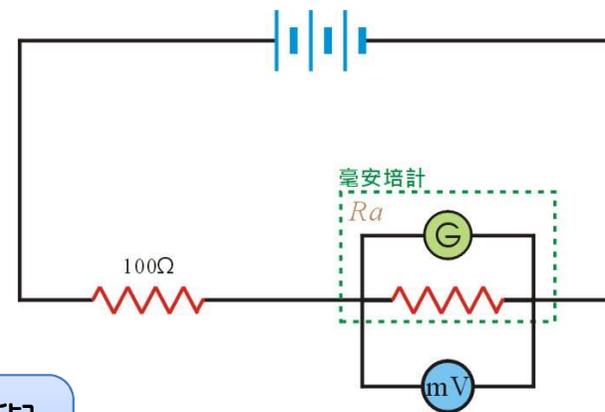
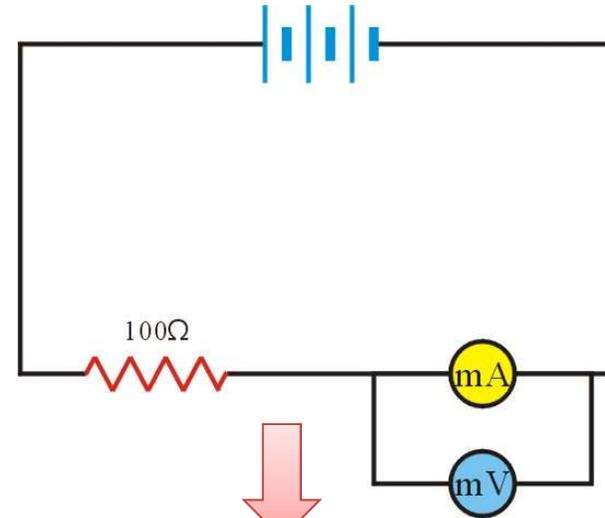
量伏特計的內電阻



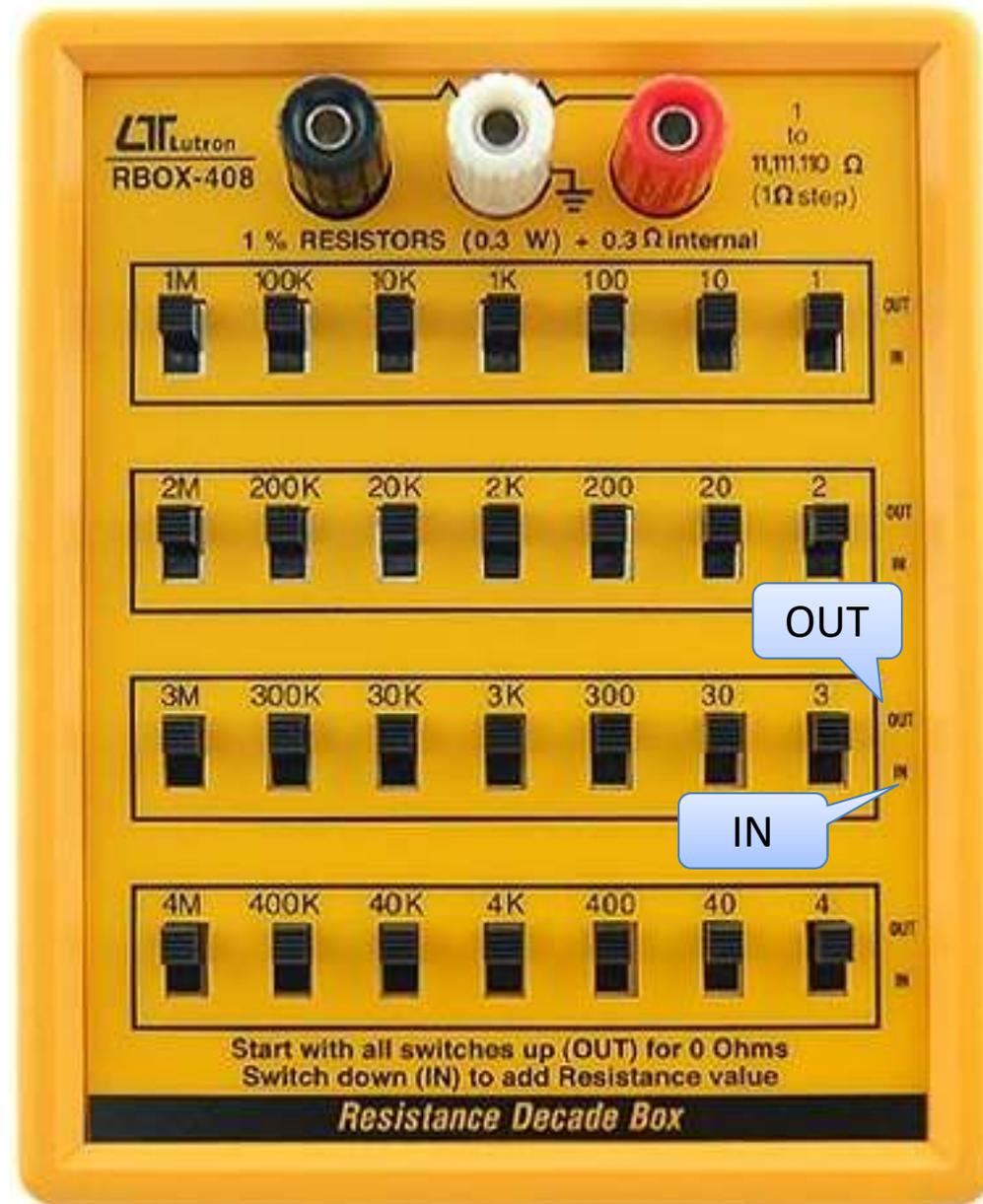
接『可變電阻箱』

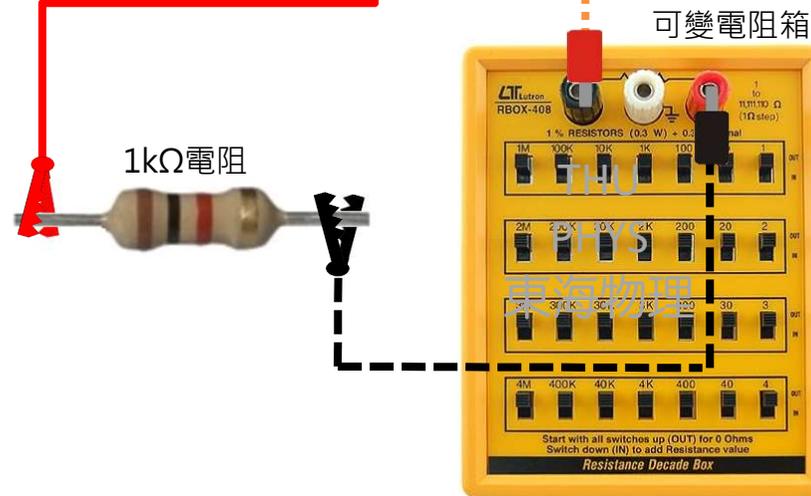
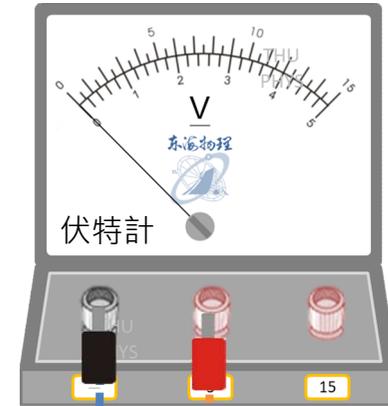
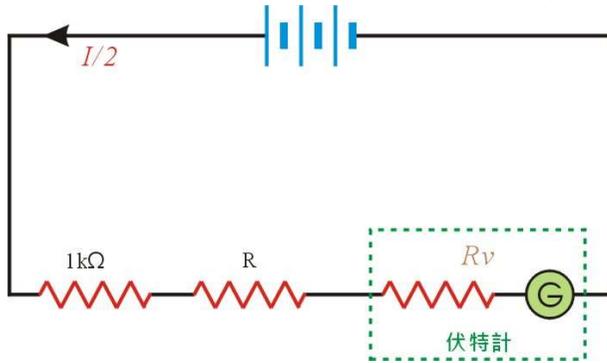
指針偏轉程度與
電流大小成正比

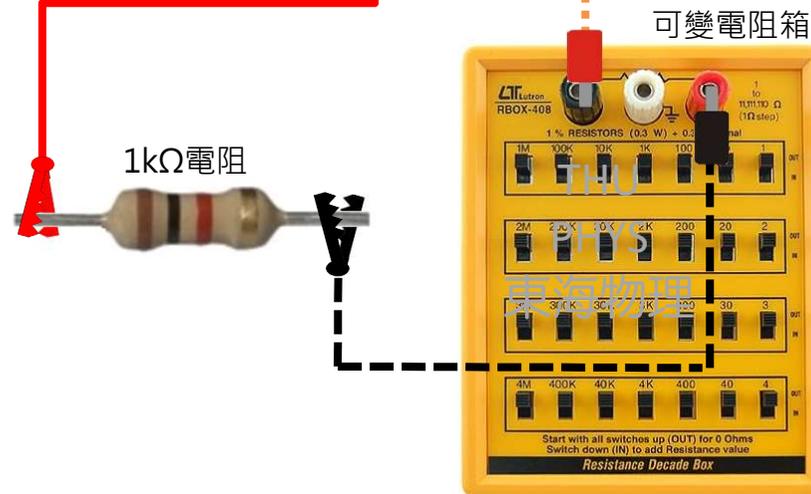
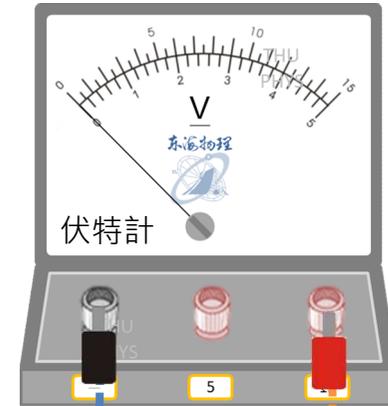
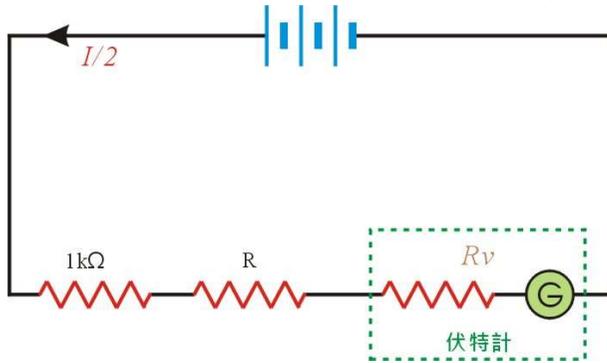
量安培計的內電阻

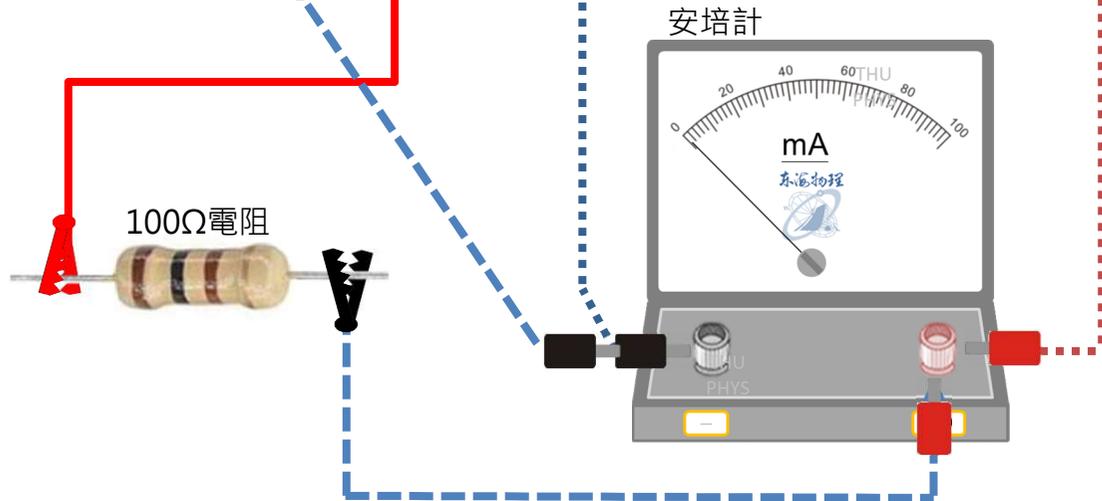
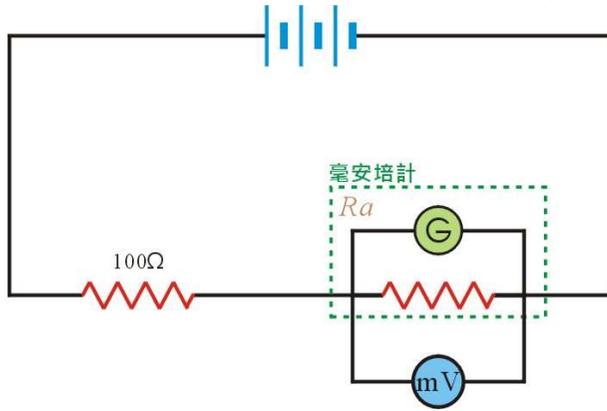


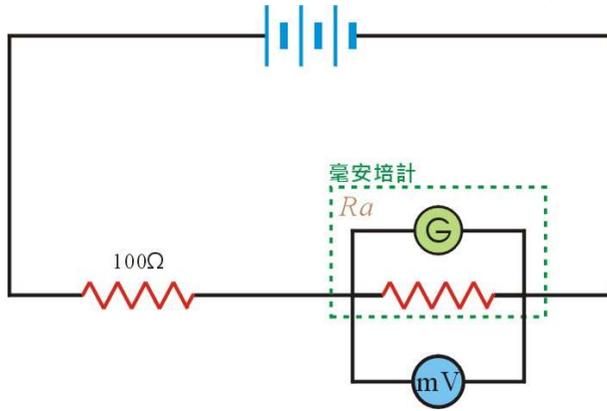
安培計與伏特計
可變電阻箱



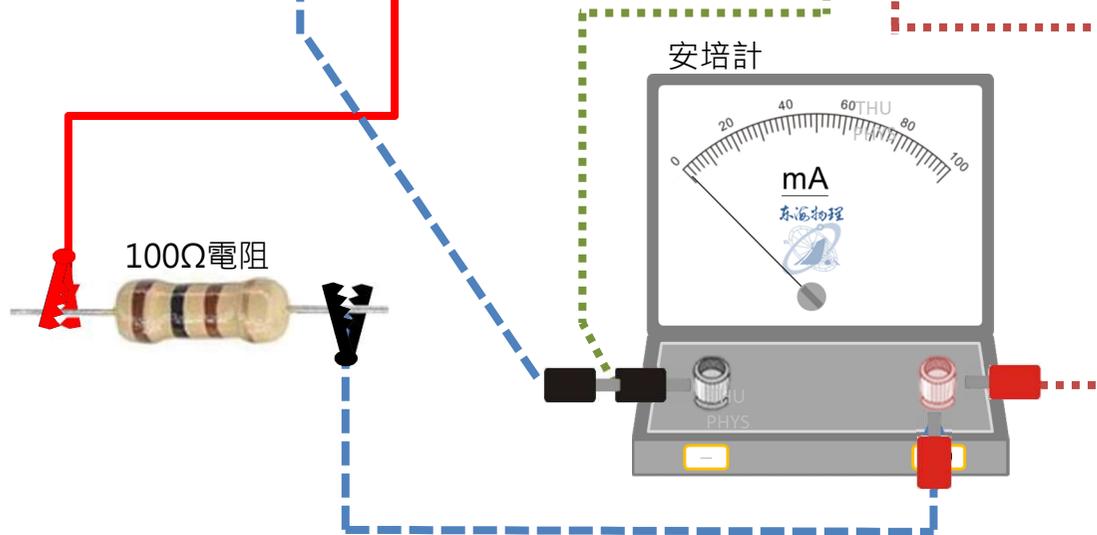








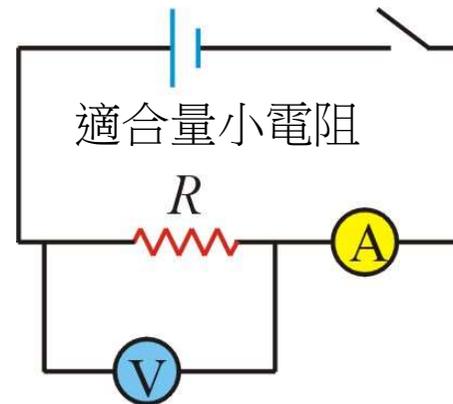
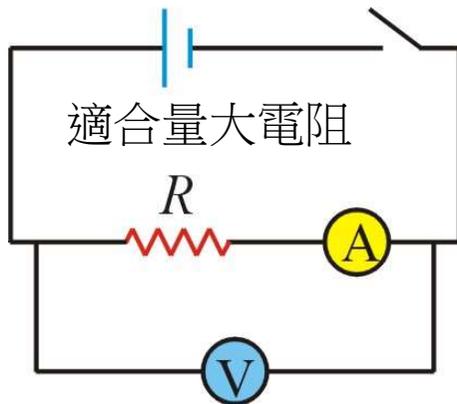
三用電表
量電壓
(伏特計)





安培計與伏特計

量電阻的方法-兩種接線方法



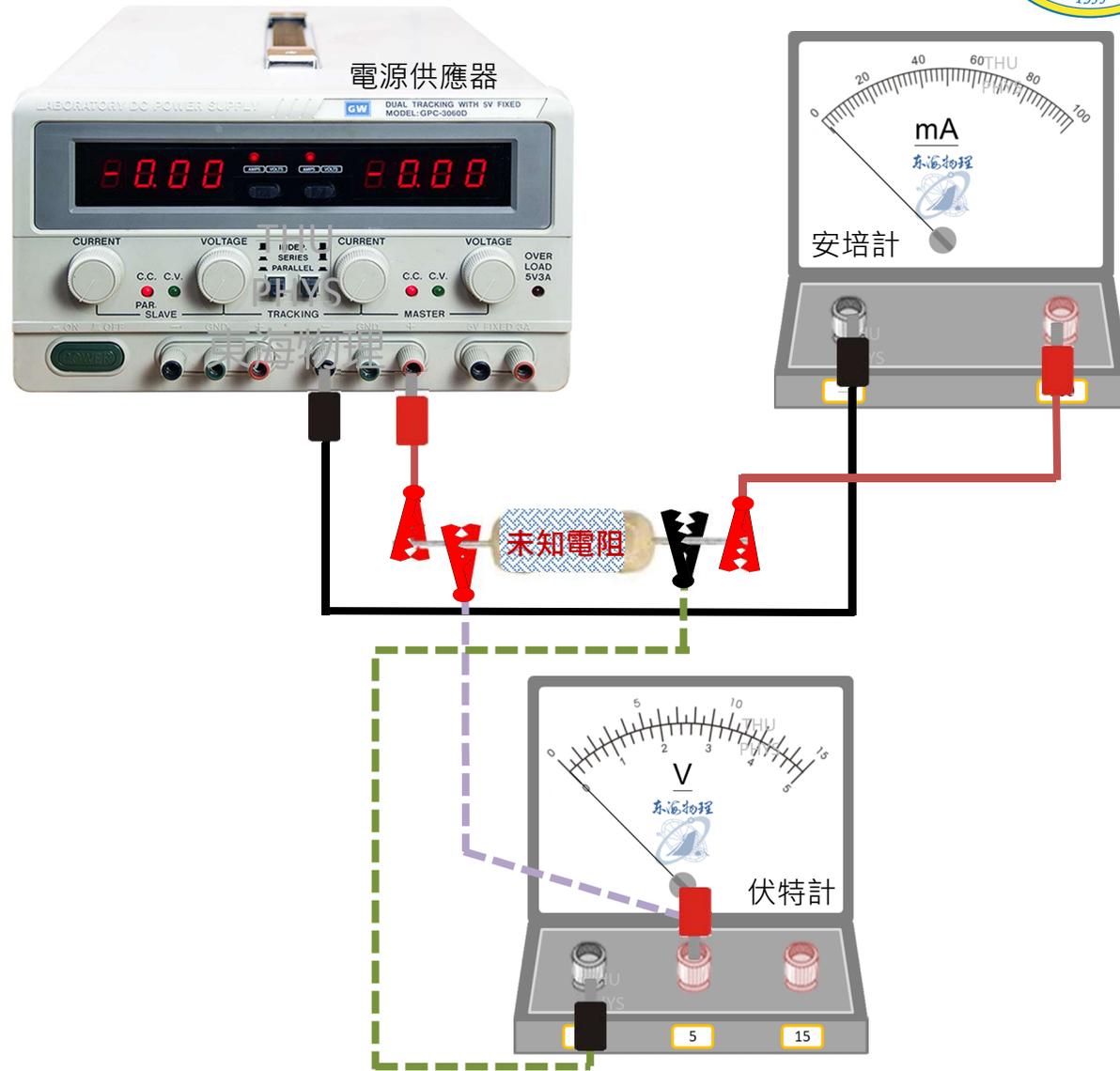
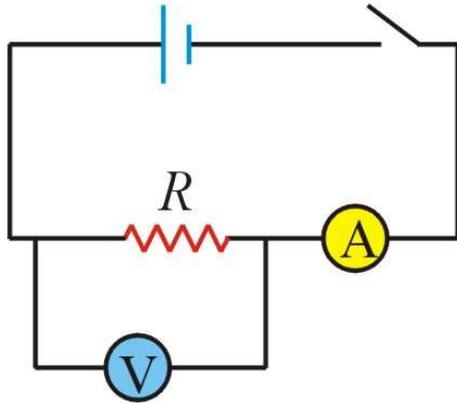
建議：

大電阻拿取約 200Ω ， 300Ω 也可以， 500Ω 也沒問題～

小電阻拿取約 10Ω ， 33Ω 都OK～

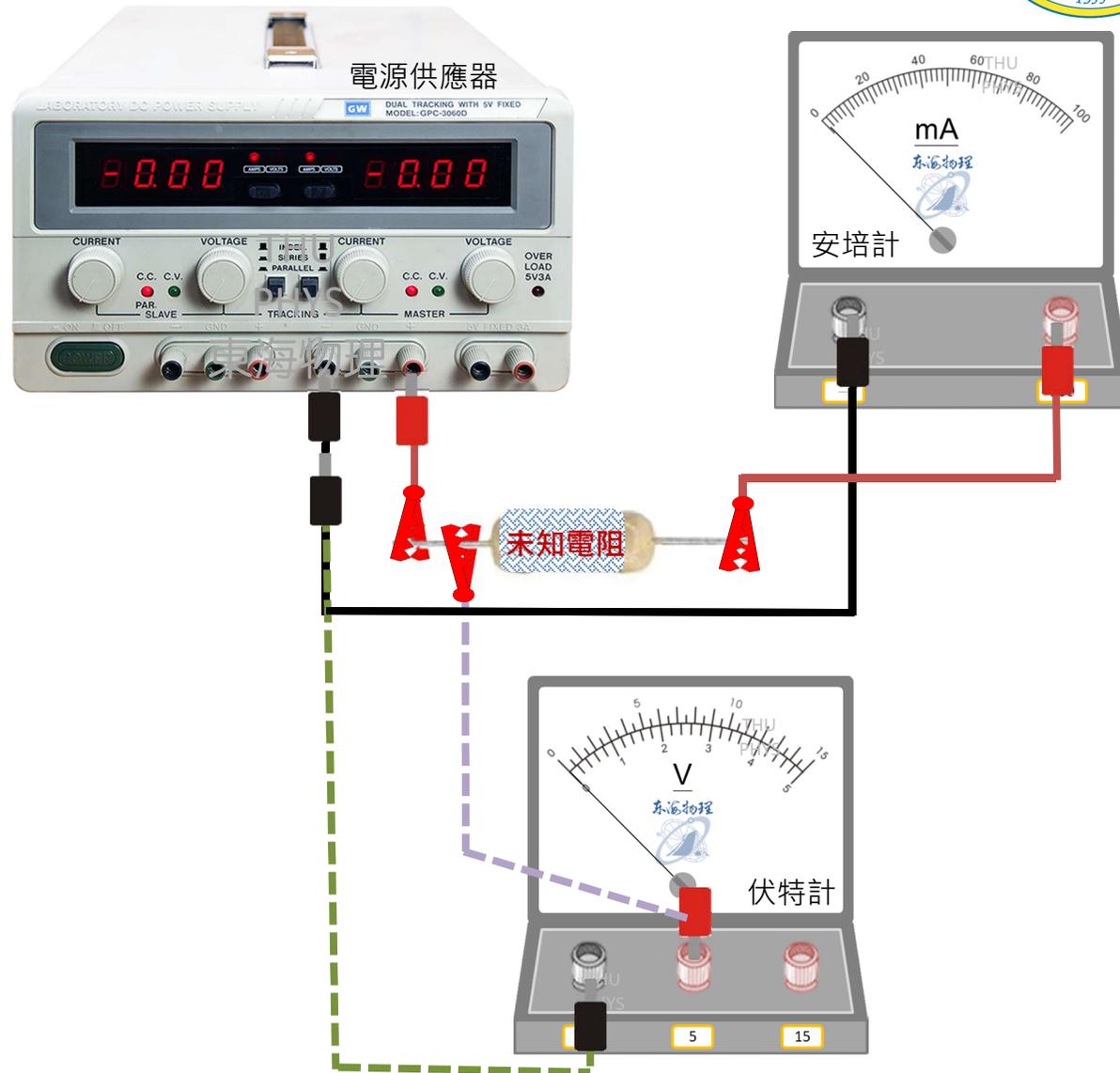
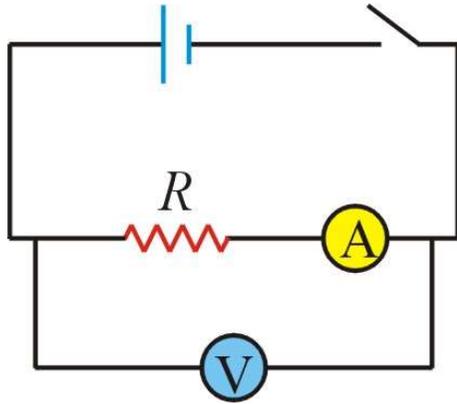


安培計與伏特計





安培計與伏特計



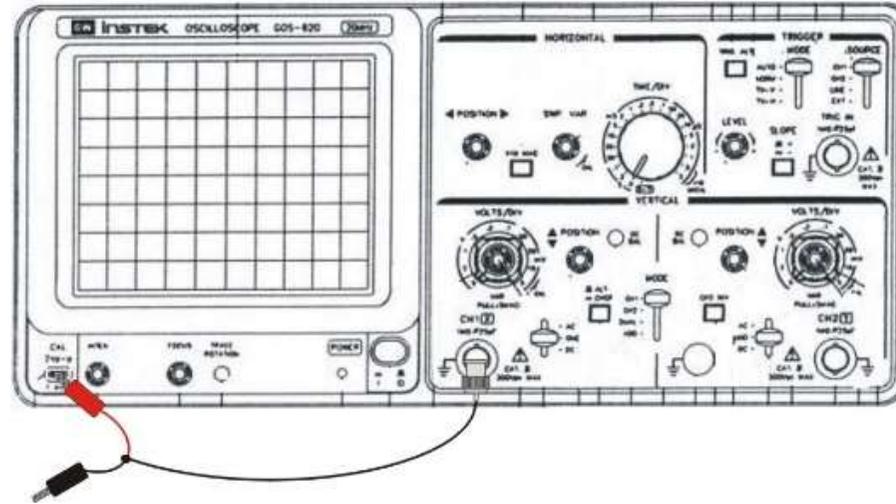
示波器

GOS-620是一款20MHz頻寬的類比示波器



示波器

- 1-校正示波器
- 2-量頻率
- 3-量 V_{p-p}
- 4-量 V_{rms}
- 5-利撒如圖形



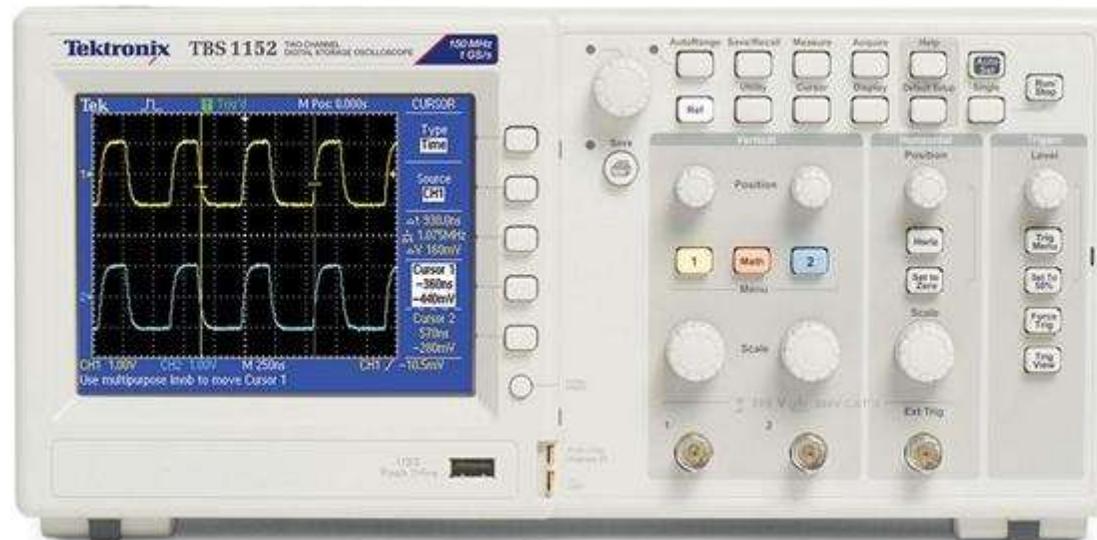
- 1-按下示波器POWER開關，VERTICAL區塊的MODE調到CH1。將INTEN旋開，注意勿集中成一點、勿太亮，此時應看到一條水平線在螢幕中。
- 2-調整上下左右位置使螢幕上出現的光線位於正中央。
- 3-取一隻調整棒（或小隻的一字起子），調整TRACE ROTATION地磁水平。
- 4-取一條BNC-鱷魚夾導線，鱷魚夾紅色端接到CAL測試端，此時螢幕上會出現方波
- 5-調整方波訊號為1kHz，2Vp-p。步驟如下：
- 6-將VOLTS/DIV轉到1V位置。此時表示上下一大格為1Vp-p。調整VOLTS/DIV上方璇鈕，使得方波為上下2大格，即為1Vp-p。
- 7-將TIME/DIV轉到1ms位置。此時表示左右一大格為1ms。調整SWP.VAR璇鈕，使得方波的一個週期佔滿左右兩大格，即為1ms。
- 8-將VERTICAL區塊的MODE調到CH2，校正CH2電壓。
- 9-判斷哪些鈕為校正後不可再旋轉的校正鈕。



示波器

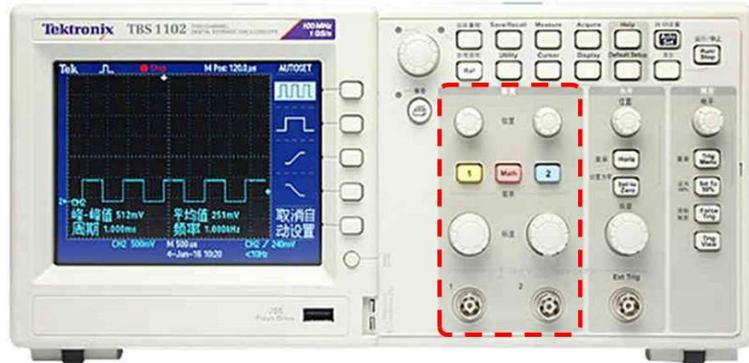
TBS-1102

數位示波器



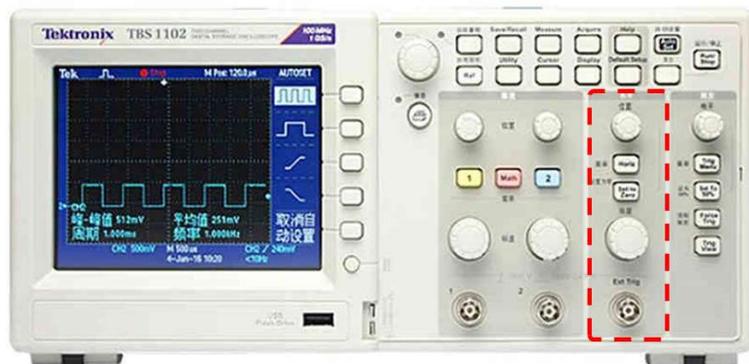
示波器 TBS-1102 數位示波器

『垂直』 Vertical



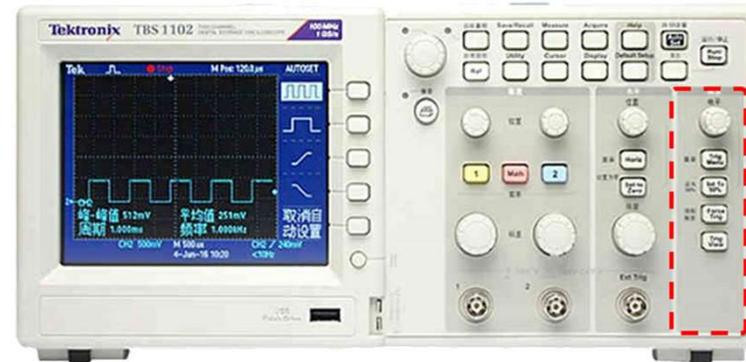
『垂直』旋鈕調控的是電壓。

『水平』 Horizontal



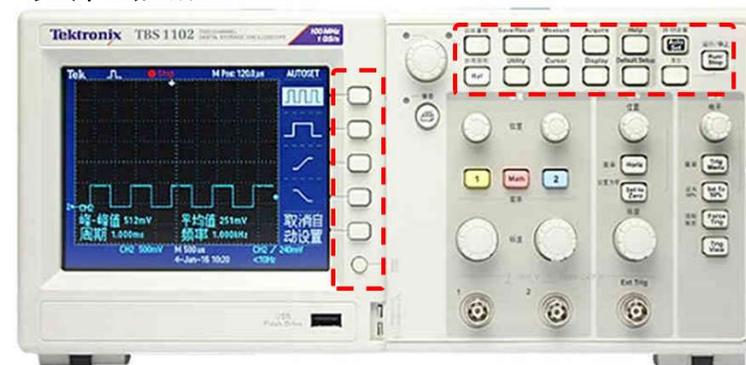
『水平』旋鈕調控的是時間（週期、頻率）。

『觸發』 Trigger



『觸發』 Trigger：Trigger的中文翻譯為扳機，當訊號或波型滿足某個特定條件的時候才開始畫波形，這個『開始畫』的動作就是觸發。如同扳機，條件滿足時會被扣下，而產生觸發訊號，該時間點就是觸發點，波形就會從這個時間點開始畫。可以使用『觸發位準』來穩定重複訊號，或是在單個事件上產生觸發。

其他按鍵

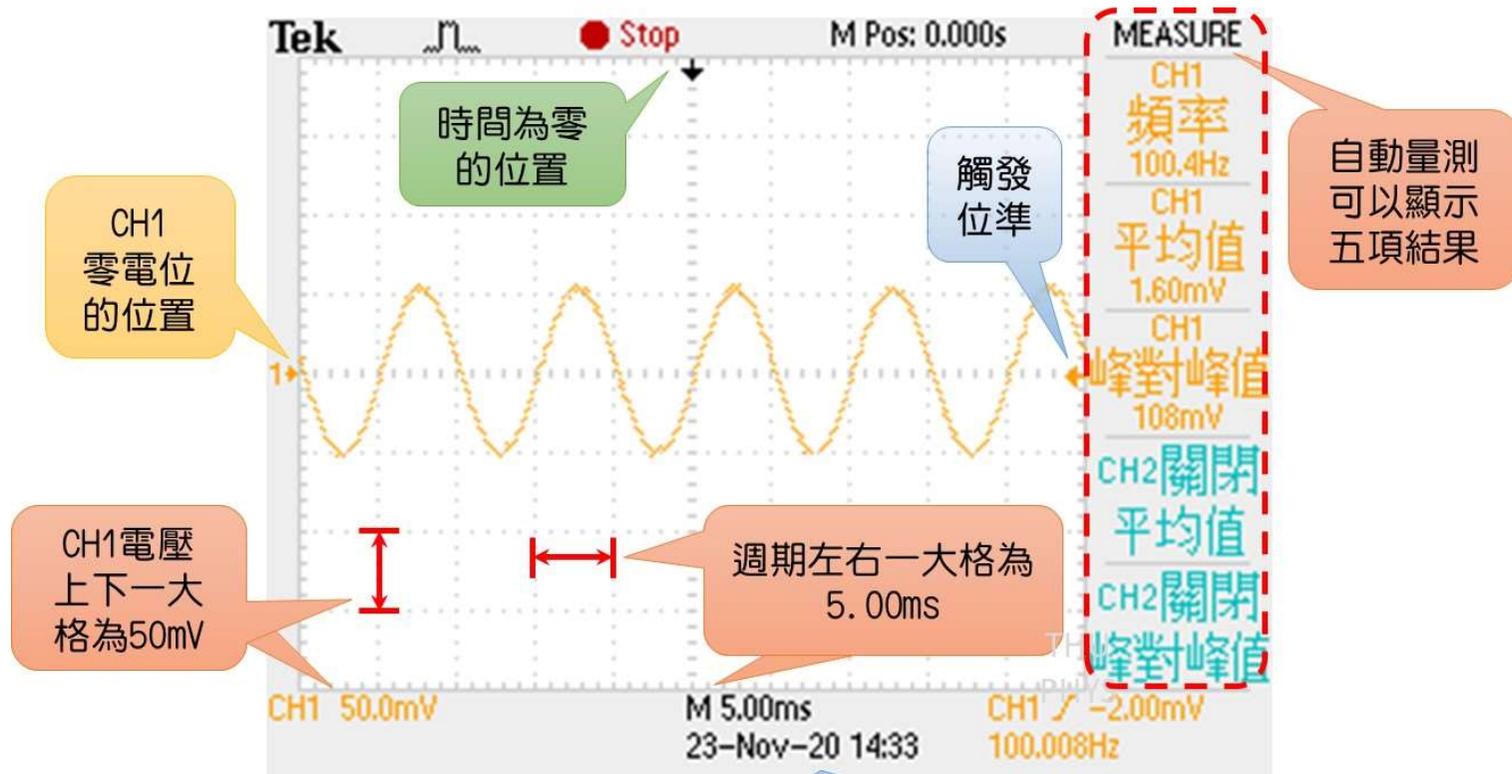




示波器

TBS-1102

螢幕面板介紹：

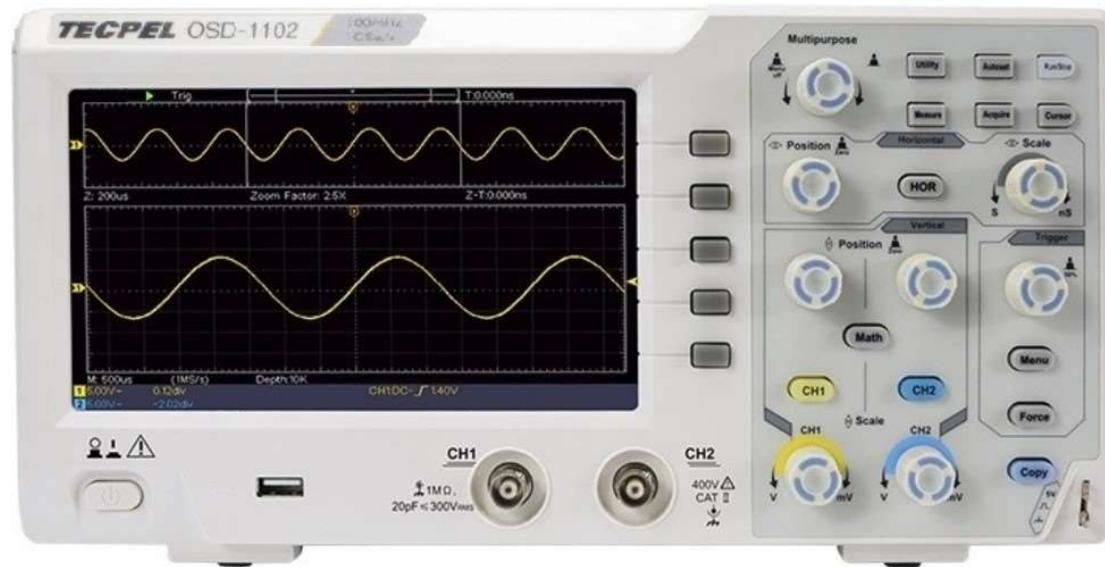


列印（儲存）這張圖的時間為2020年11月23日（日-月-年）



示波器

OSD-1102是一款100MHz頻寬的數位示波器



另一款是
OSD-1202



訊號產生器

GFG-8020H



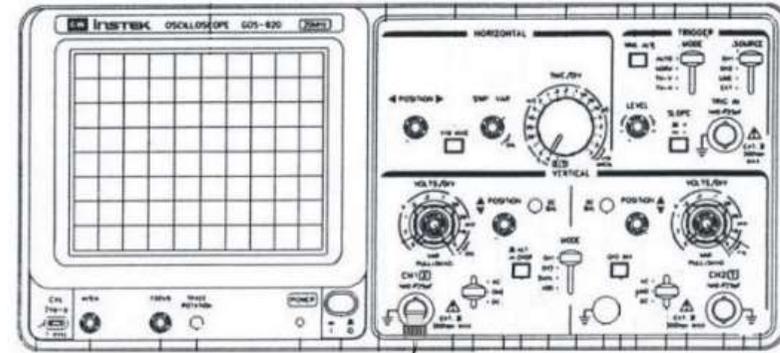


示波器

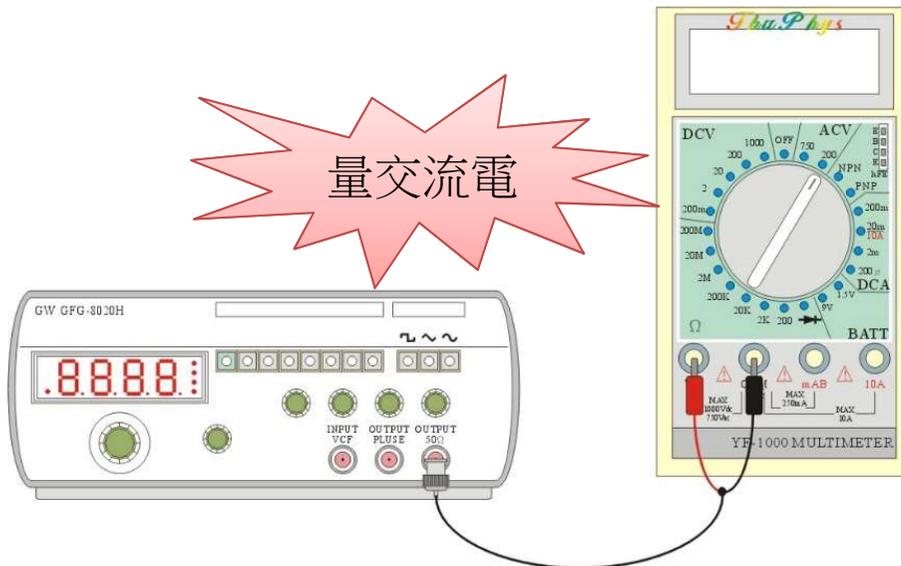
- 1-校正示波器
- 2-量頻率
- 3-量 V_{p-p}
- 4-量 V_{rms}
- 5-利撒如圖形
- 6-量直流電壓



示波器

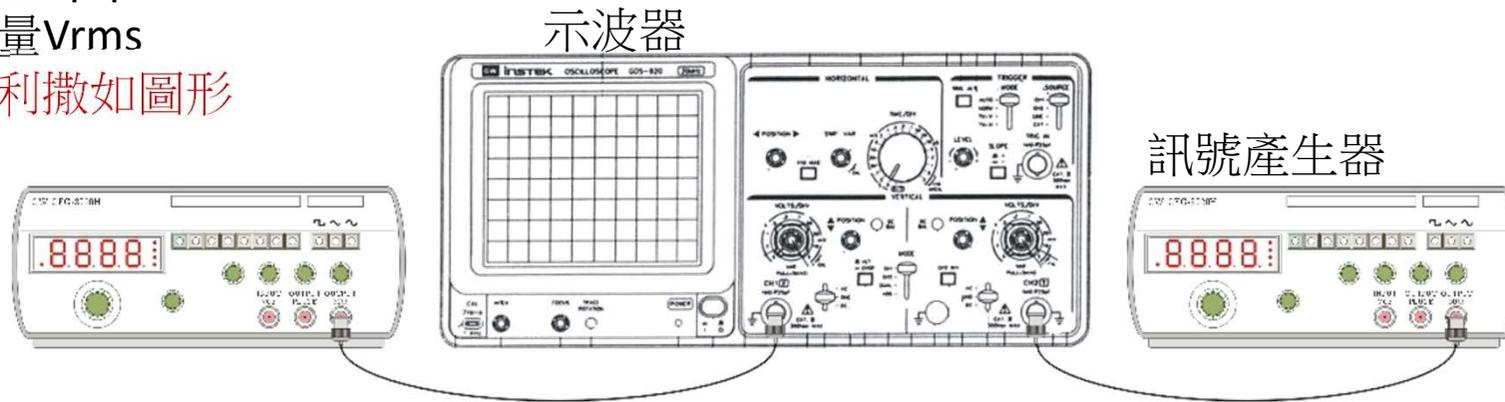


量交流電

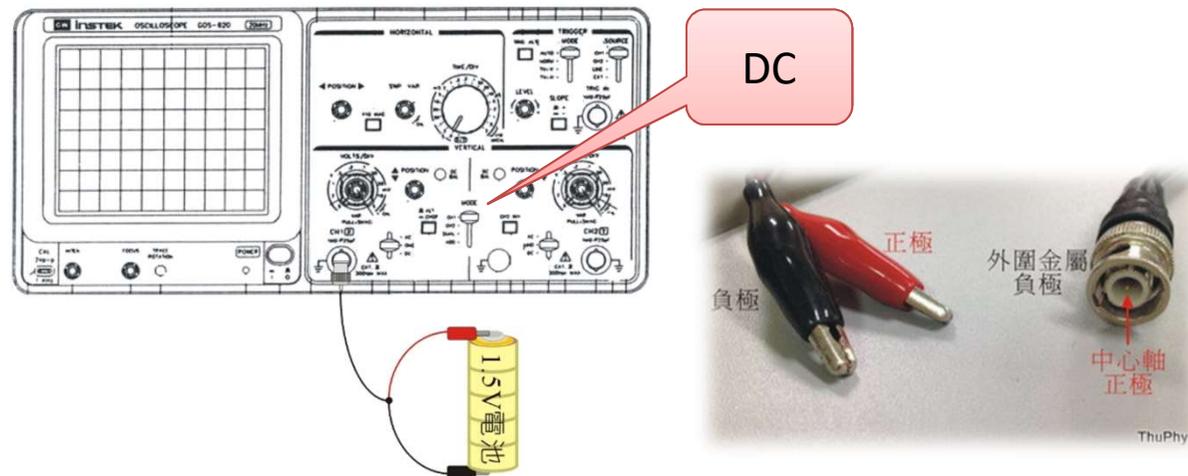


示波器

- 1-校正示波器
- 2-量頻率
- 3-量 V_{p-p}
- 4-量 V_{rms}
- 5-利撒如圖形

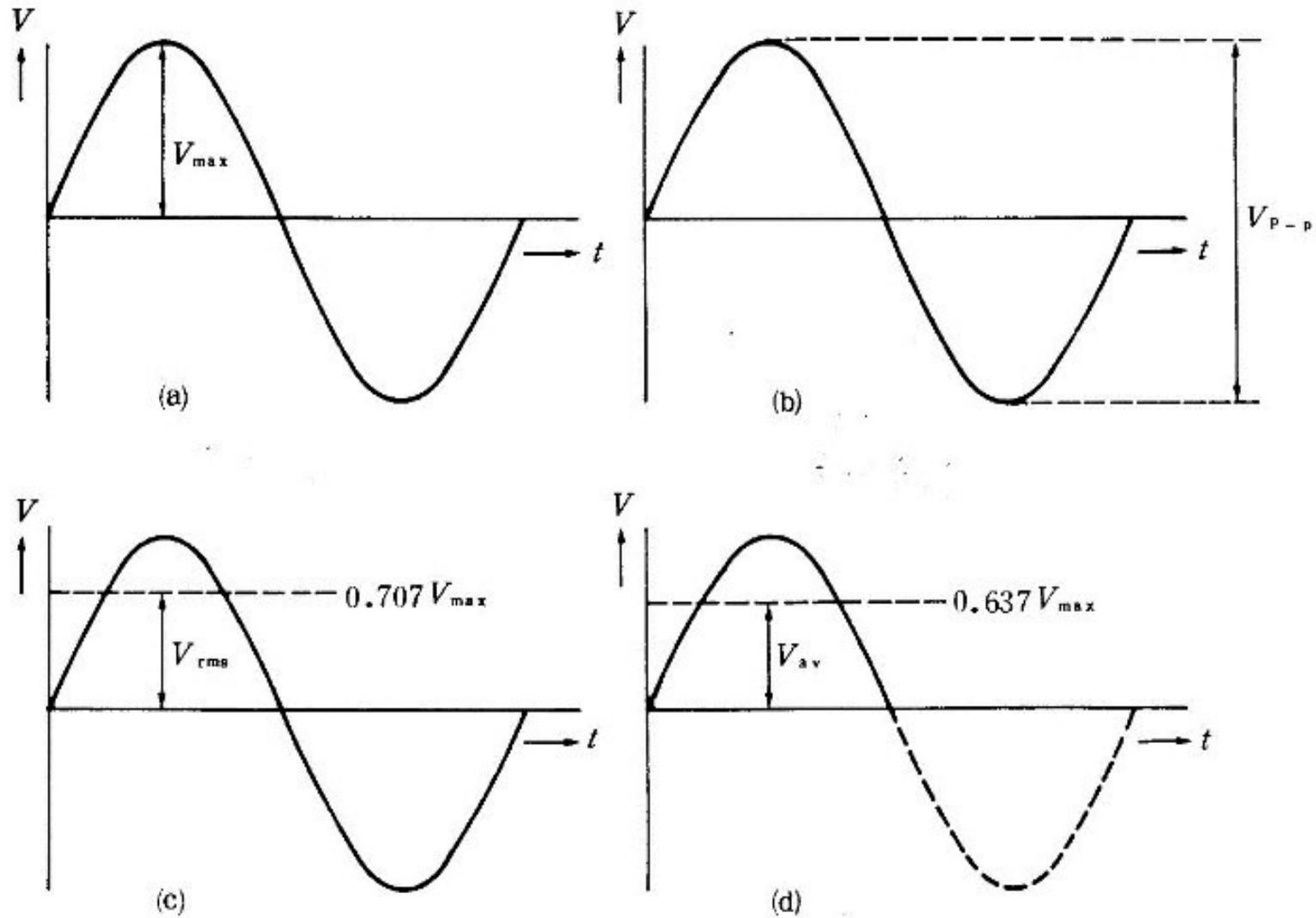


6-量直流電壓



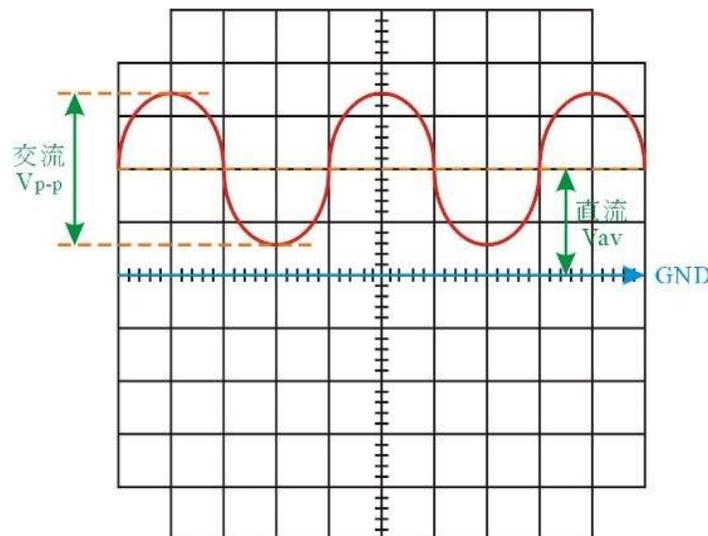
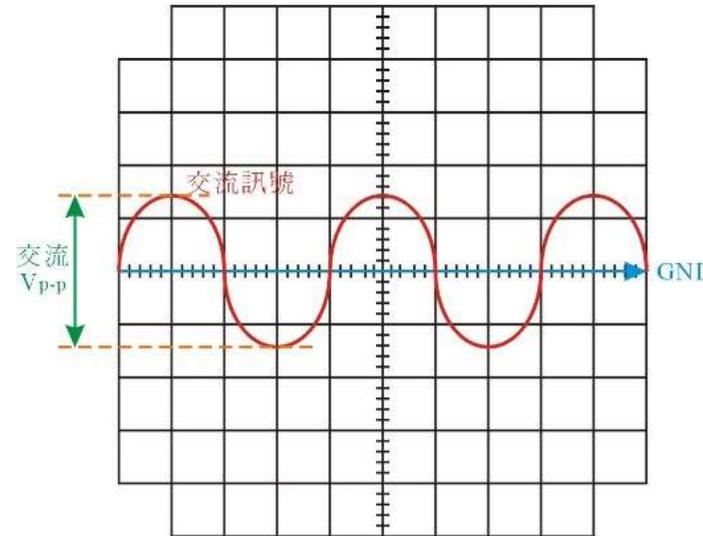
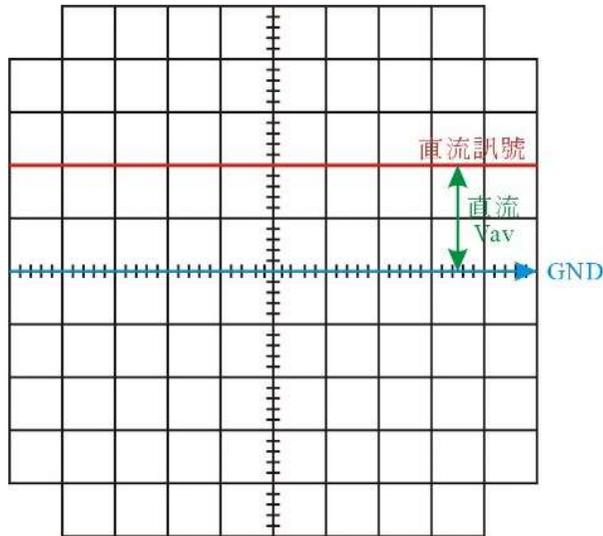


最大值、有效值與平均值





直流、交流訊號



留意：
零電位GND
位置



克希荷夫定律

(1) 電流定律：

對於一個點，**進來的** 等於 **出去的**
(電流不會憑空生出來)

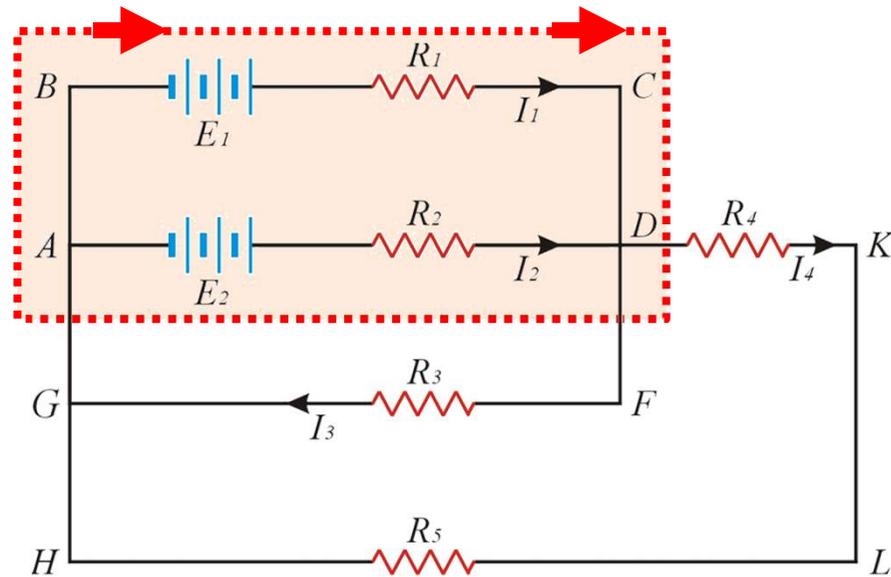
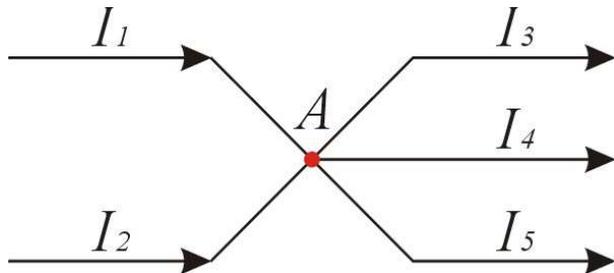
(2) 電位差定律：

對於一個封閉迴路，**提供的** 等於 **消耗的**
(電池提供、電阻消耗)

如果計算出來的結果是負值，表示電流方向與原先預設的相反。

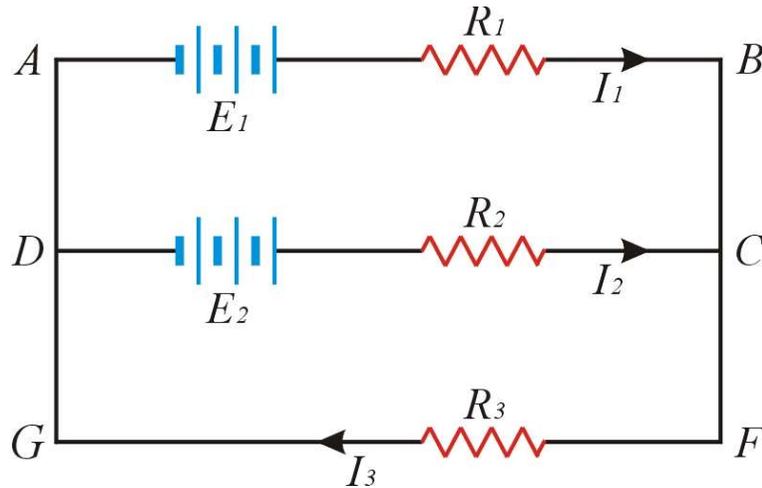
$$E_1 + (-E_2) = I_1 R_1 + (-I_2) R_2$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$





克希荷夫定律-雙電源



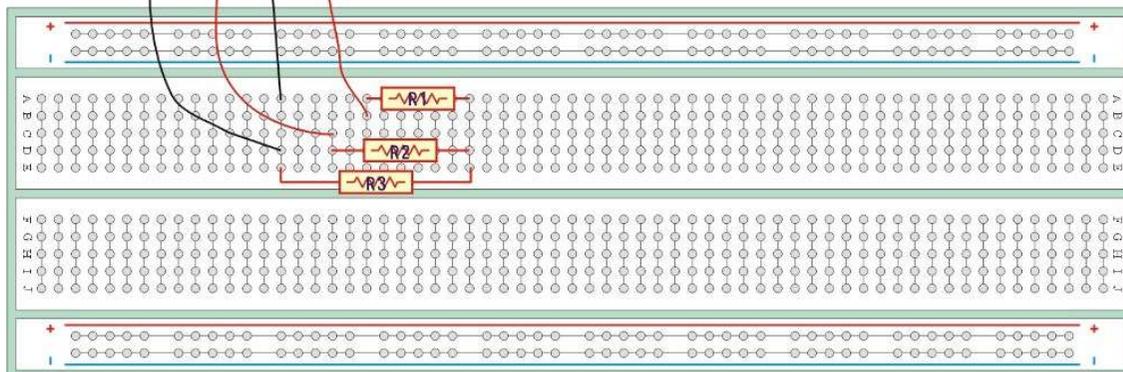
三顆電阻的電阻值
不要差太多



量電壓
-R1兩端電壓
-R2兩端電壓
-R3兩端電壓

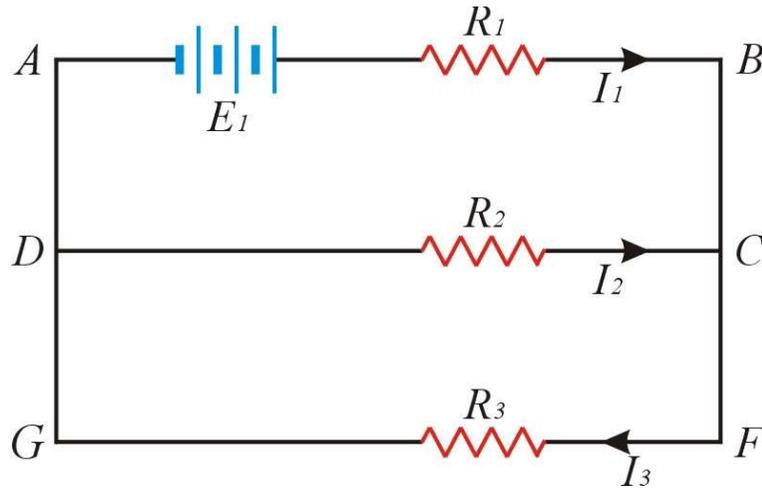
電源供應器怎麼用？

- C.C.
- C.V.





克希荷夫定律-單電源

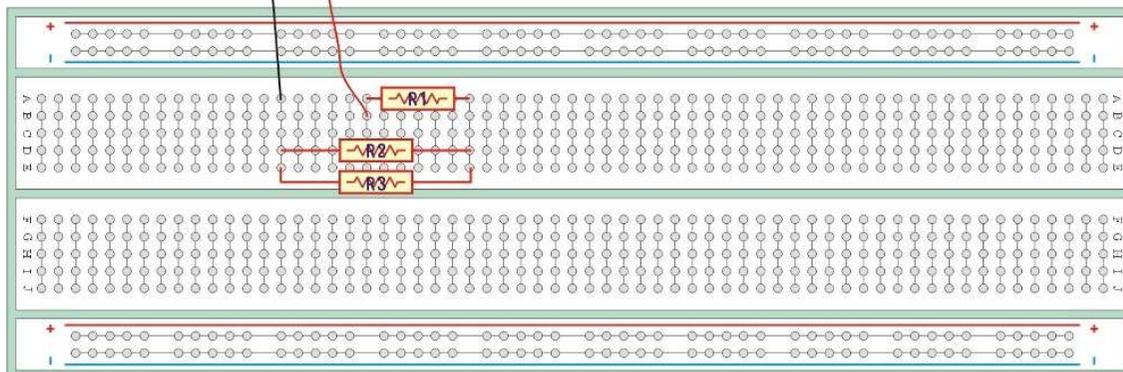


三顆電阻的電阻值
不要差太多



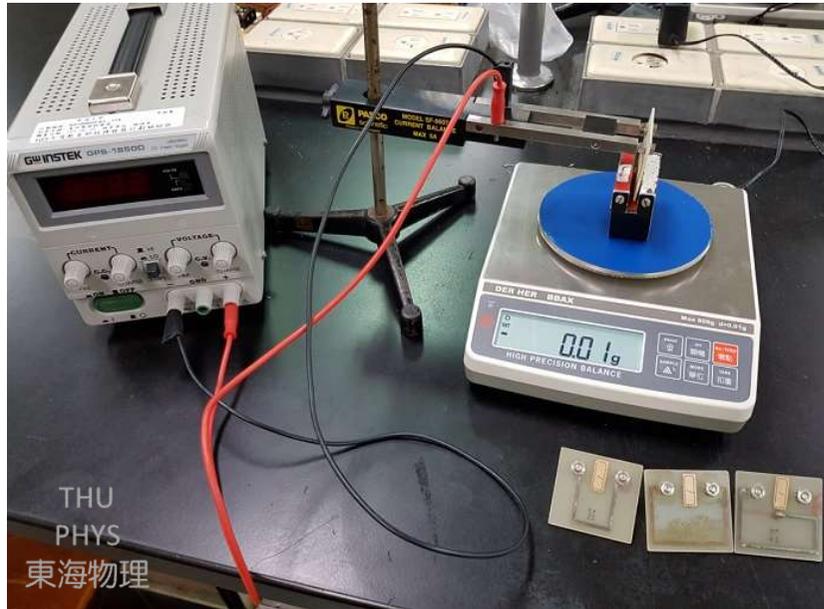
量電壓
-R1兩端電壓
-R2兩端電壓
-R3兩端電壓

電源供應器怎麼用？
C.C.
C.V.





載流導線所受的力

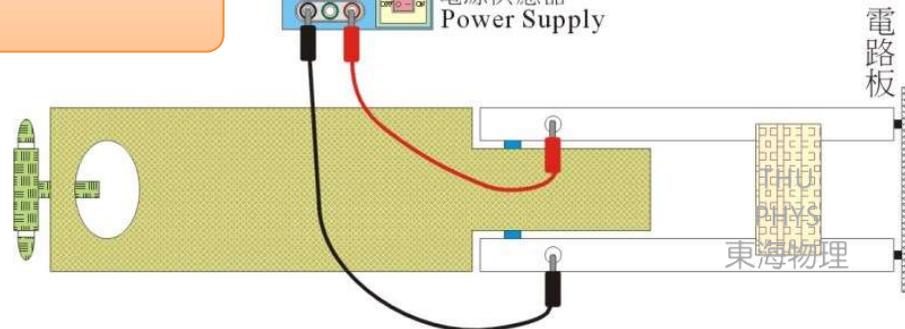


留意單位！

電路板



電源供應器怎麼用？
C. C.
C. V.





載流導線所受的力

$$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}$$

SI 單位：

力	F	- 牛 頓 [Nt]
電 流	i	- 安 培 [A]
導線長度	L	- 公 尺 [m]
磁 場	B	- 特 斯 拉 [T]

課本印刷 $\mathbf{F} = i\mathbf{L} \times \mathbf{B}$

向量 - 粗體字 **F L B**
純量 - 一般字體 *i*

手寫 $\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B}$

向量 - 上方要有箭頭符號
純量 - 不用

現在有些書本印刷
會印成手寫形式

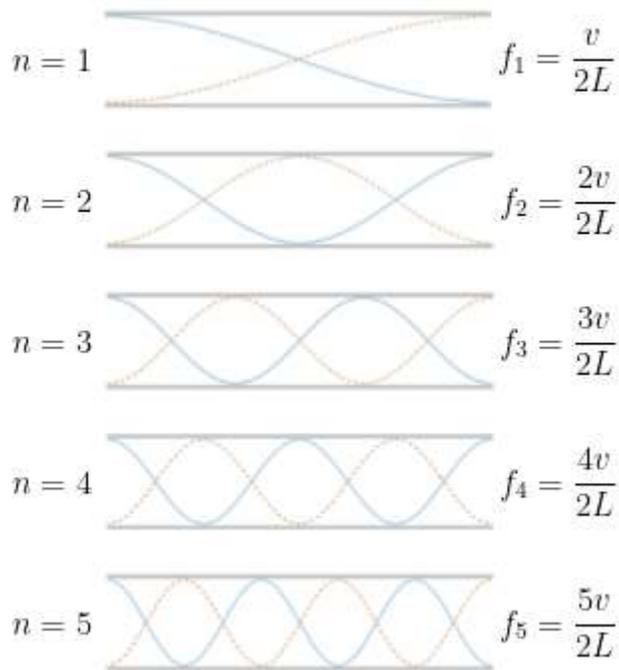
聲速（音速）會依空氣的濕度、溫度、密度...的不同而有不同的值。
 $v=331+0.6T$



在空氣柱裡，聲音速度 v ，共振管長度 L 。

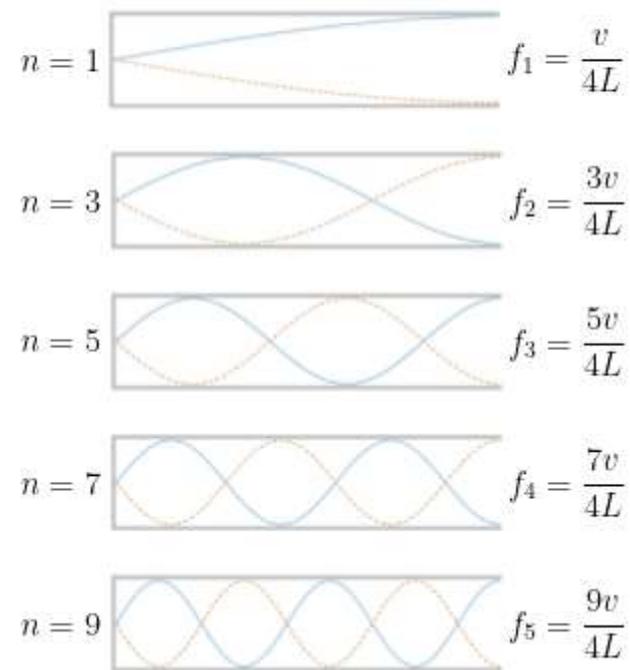
開口管：空氣柱兩端開啟

$$f_n = \frac{nv}{2L}, n = 1, 2, 3, \dots$$



閉口管：空氣柱一端封閉，一端開啟

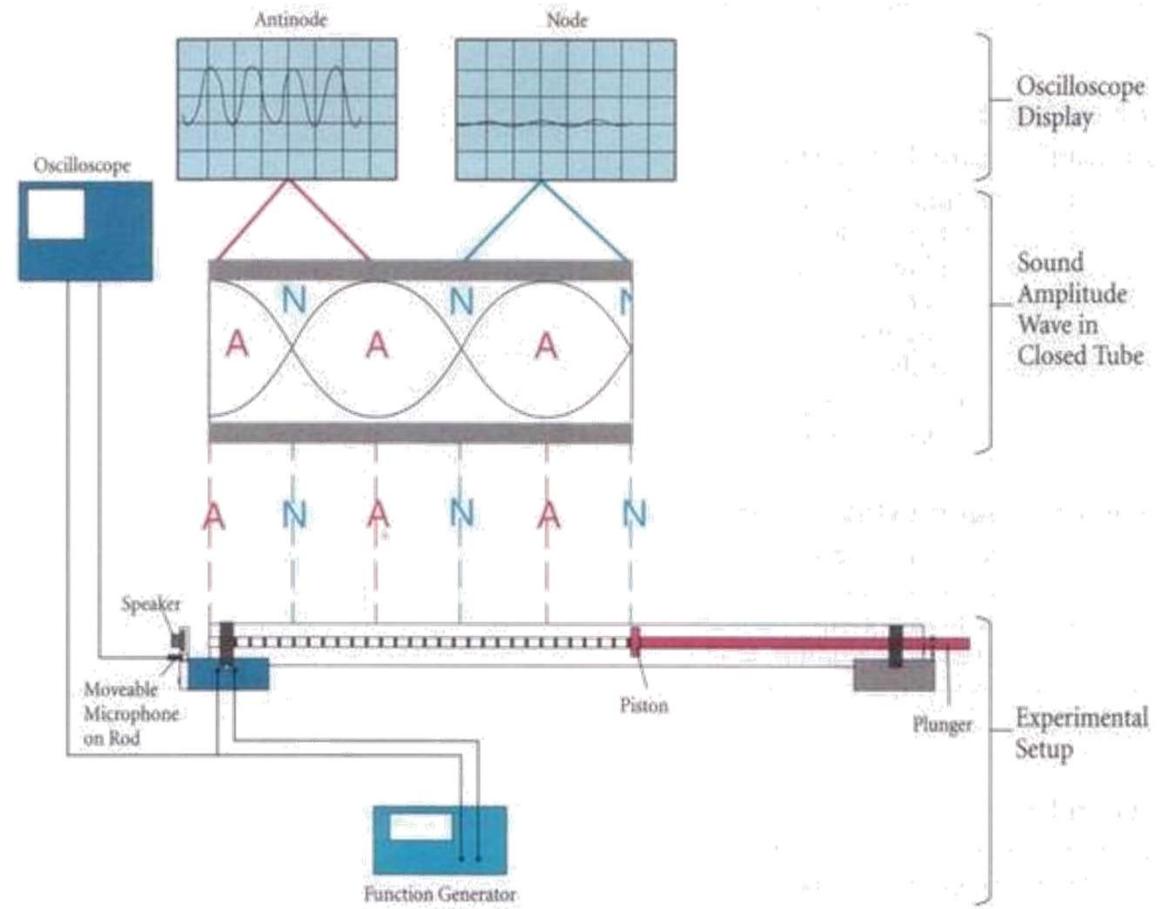
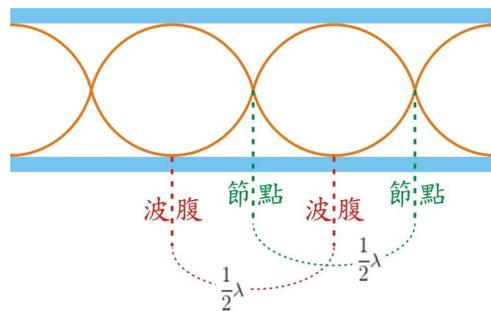
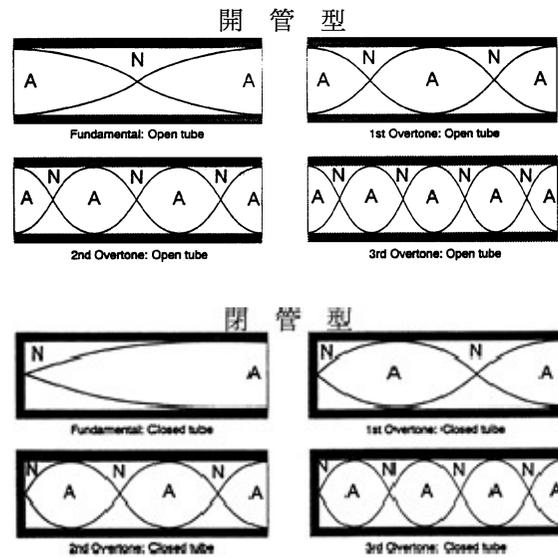
$$f_n = \frac{nv}{4L}, n = 1, 3, 5, \dots$$



特定的頻率
會產生駐波



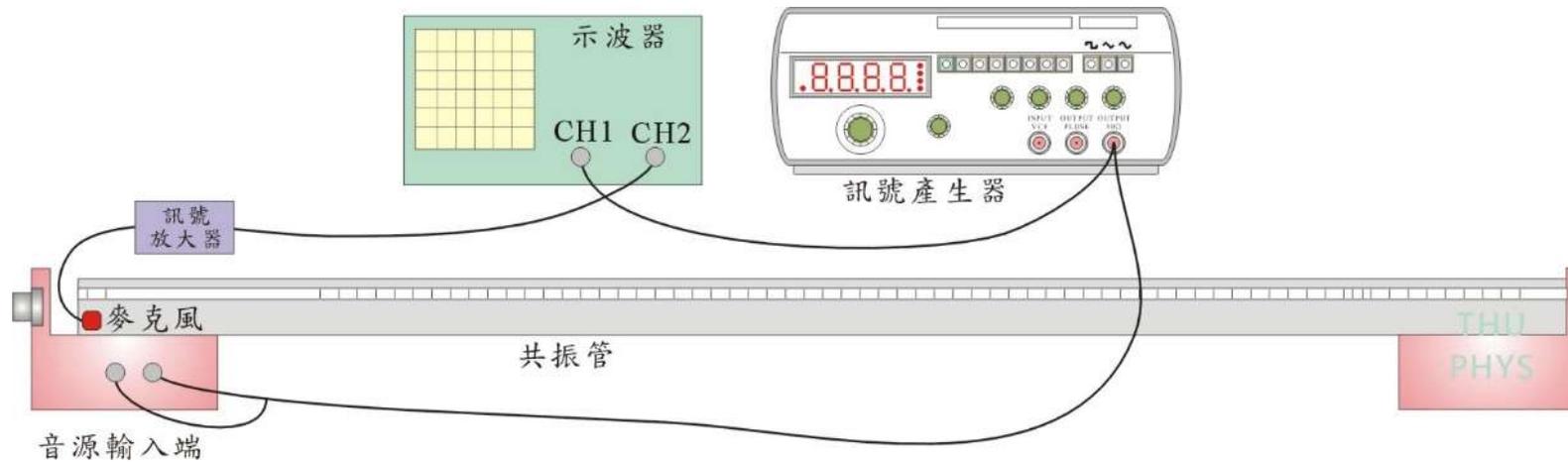
共振管實驗組



Resonant States—Observing Nodes and Antinodes in a Closed Tube



共振管實驗組



找出導管的共振頻率



訊號產生器

GFG-8020H





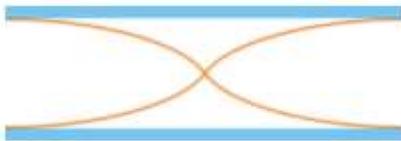
共振管實驗組

對於開口管對應的共振頻率 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{vn}{2L}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

假設聲速為 340m/s

共振管長度 $L = ?\text{m}$

則第一個共振頻率約為 ? Hz



$$n=1, f = \frac{(340\text{m/s})(1)}{2(1\text{m})} = 170\text{Hz}$$

$$n=2, f = \frac{(340\text{m/s})(2)}{2(1\text{m})} = 340\text{Hz}$$

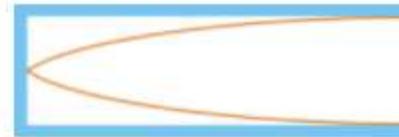
$$n=3, f = \frac{(340\text{m/s})(3)}{2(1\text{m})} = 510\text{Hz}$$

對於閉口管對應的共振頻率 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v(2n-1)}{4L}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

假設聲速為 340m/s

共振管長度 $L = ?\text{m}$

第一個共振頻率為 ? Hz

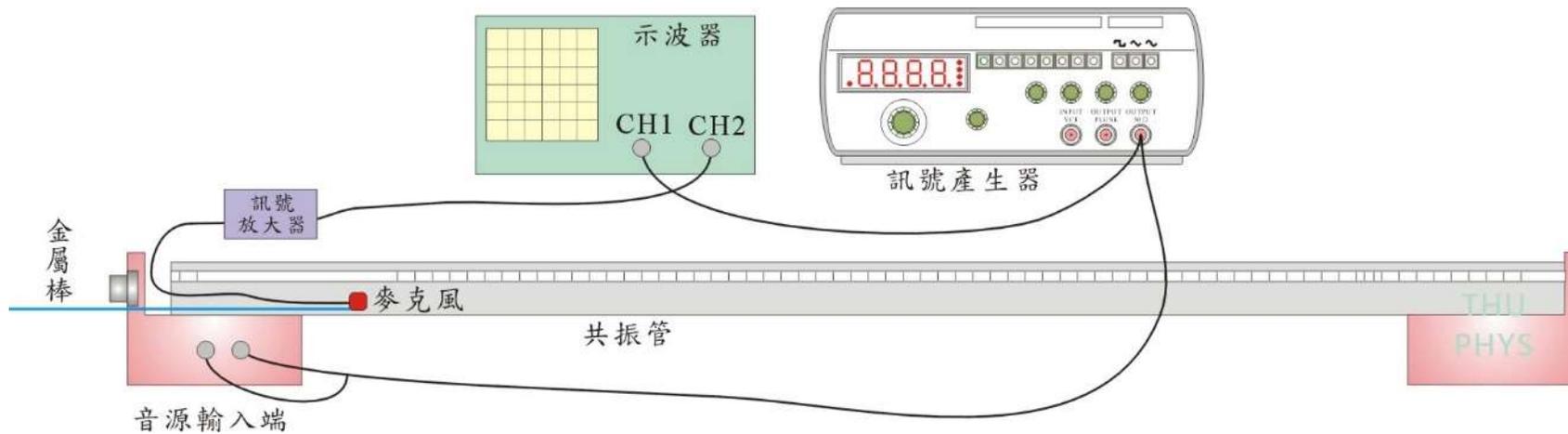


$$n=1, f = \frac{(340\text{m/s})(2 \cdot 1 - 1)}{4(1\text{m})} = 85\text{Hz}$$

$$n=2, f = \frac{(340\text{m/s})(2 \cdot 2 - 1)}{4(1\text{m})} = 255\text{Hz}$$

$$n=3, f = \frac{(340\text{m/s})(2 \cdot 3 - 1)}{4(1\text{m})} = 425\text{Hz}$$

共振管實驗組



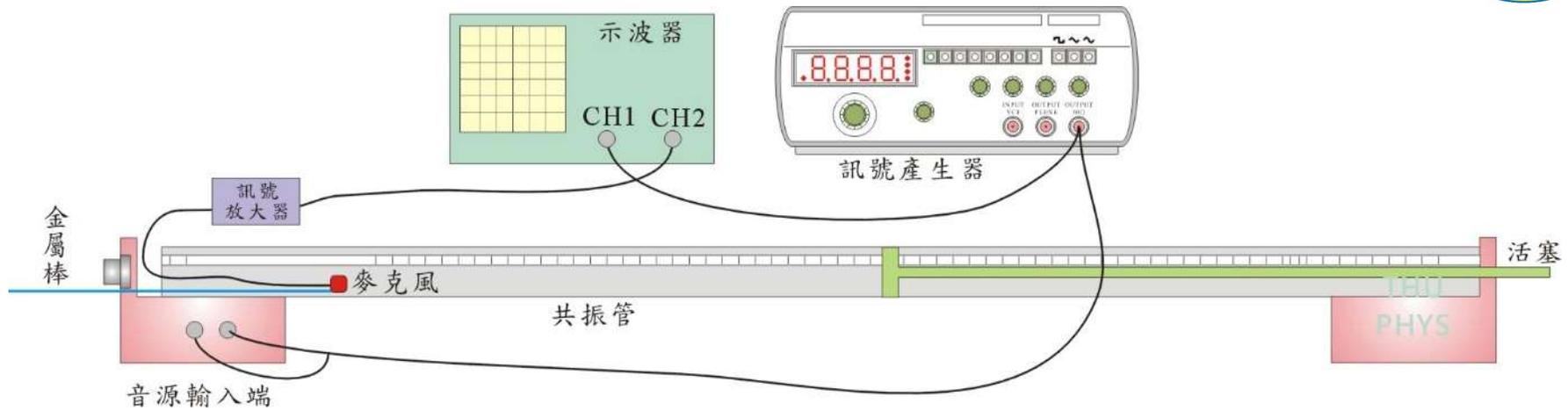
求聲速

$$v = 331 + 0.6T \text{ (m/s)}$$

T : 溫度 ($^{\circ}\text{C}$)



共振管實驗組



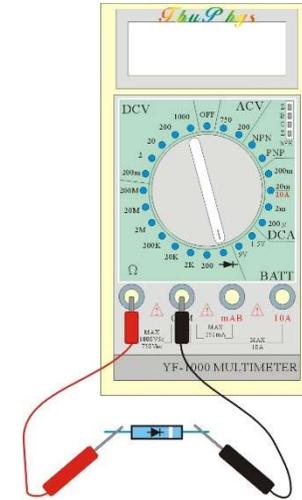
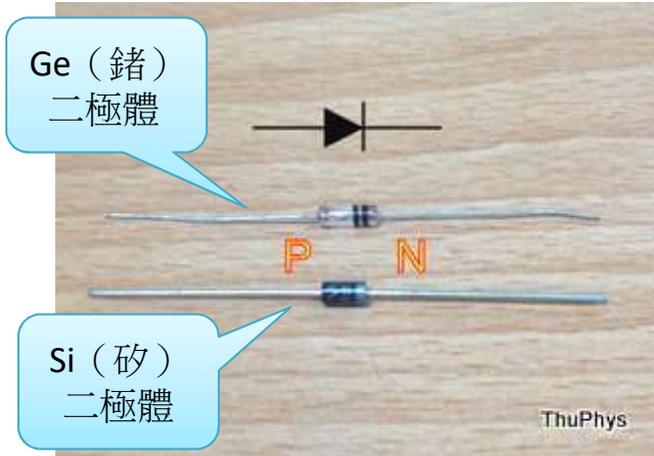
管長與節點的關係



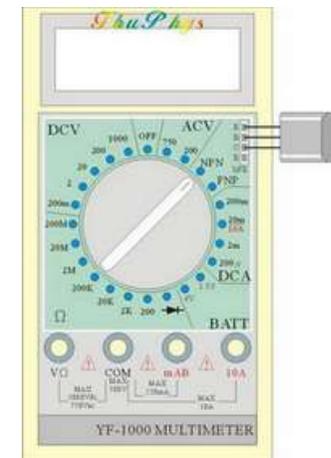
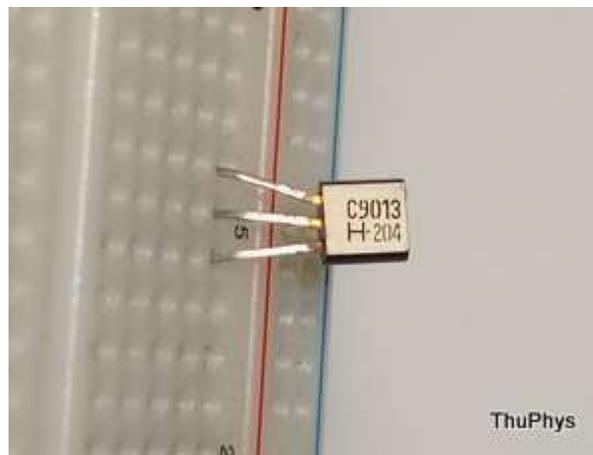
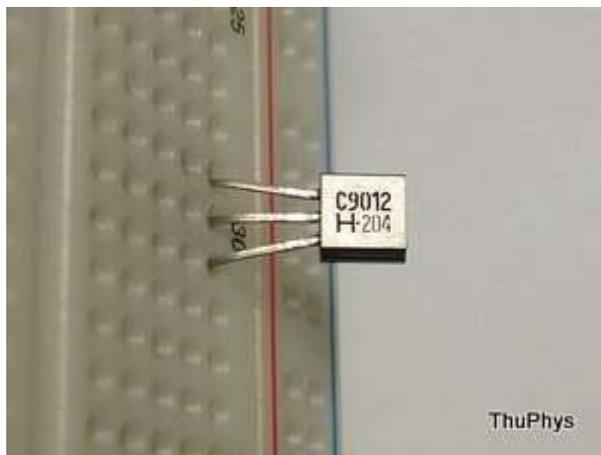
半導體元件

1-PN二極體

PN接面二極體有一圈銀色記號的為負（-）端（N端）通常用來整流（開關）。



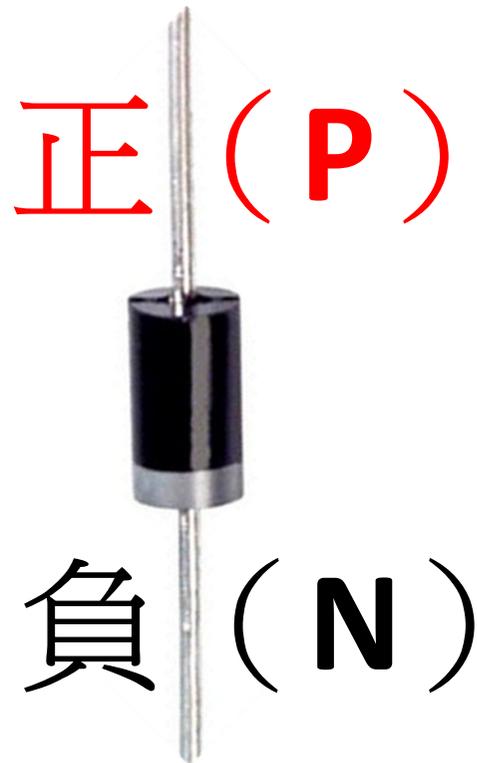
2-電晶體





半導體元件

1-PN二極體



PN接面二極體有一圈銀色記號的為負（-）端（N端）。

PN接面二極體有一圈銀色記號的為負（-）端（N端）。

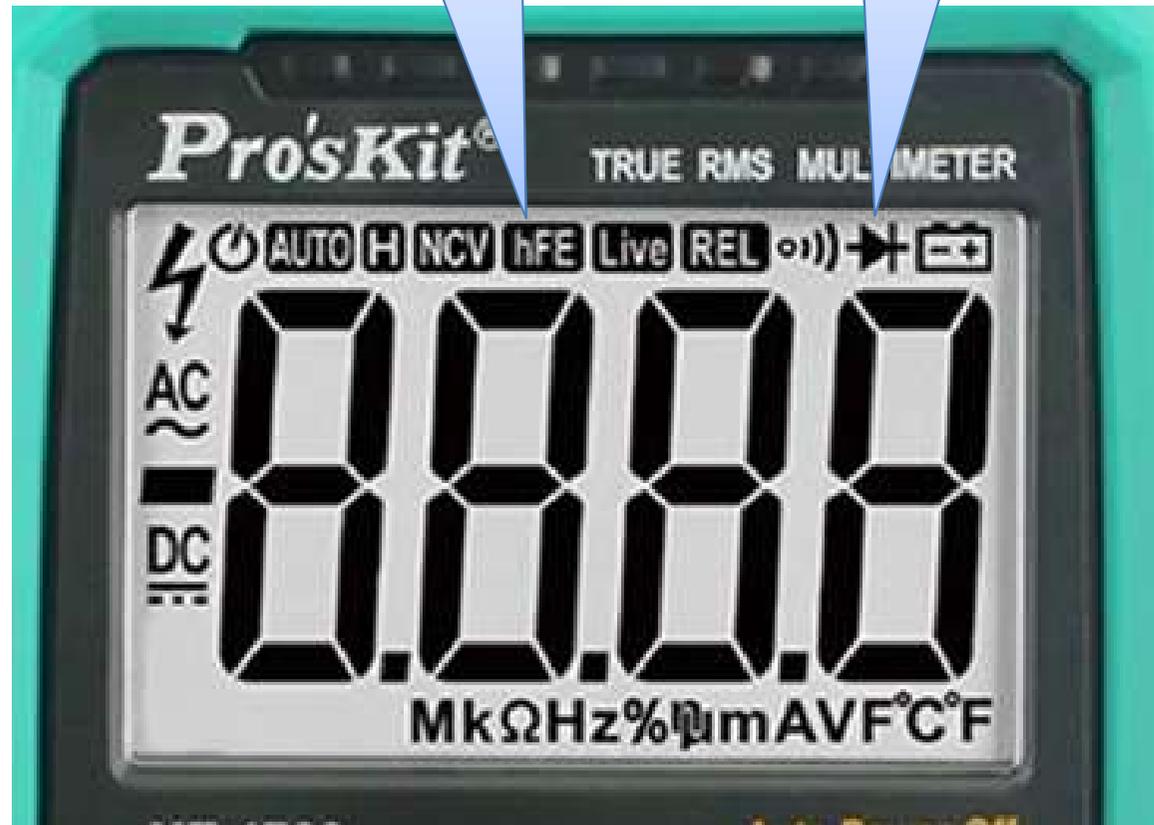


MT-1706



量電晶體

量二極體



MT-1706

二極體

單位：V

按【SEL】
切換
【導通蜂鳴】
與
【二極體】

旋鈕開關轉到

量二極體
順向電壓降（順向導通電壓）

DM2610



2-3-7.二極體及導通蜂鳴

量程	顯示值	測試條件
	二極體順向導通電壓	正向直流電流約 1mA
	蜂鳴器發出長響，並有燈光 警報，測試兩點阻值小於(50 ±20) Ω	反向電壓約 3V 開路電壓約 3V

DM2610



按【HOLD B/L】
切換
【導通蜂鳴】
與
【二極體】



DM2610



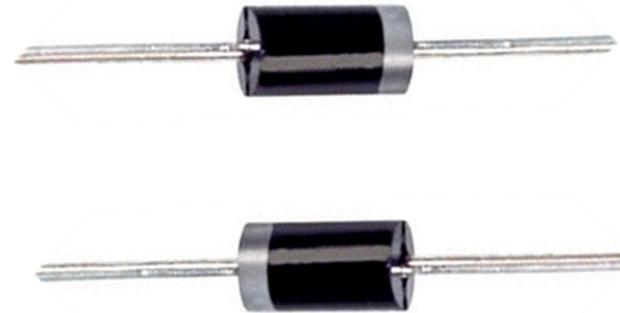
按【HOLD B/L】
切換【導通蜂鳴】
與【二極體】

旋鈕開關轉到

二極體

單位：V

量二極體
順向電壓降（順向導通電壓）





DM2610

如果電阻值超過所選的量程值，則會顯示“OL”。

DM2610最大量到200MΩ
MT1706最大量到60MΩ
YF1000最大量到200MΩ
TES2206最大量到20MΩ

OL :
Over Load



紅接P
黑接N
電阻量到2MΩ

順向連接-量到小電阻
逆向連接-量到大電阻



紅接N
黑接P
電阻量到95.3MΩ

普物實驗室裡有的幾款三用電表



YF1000



TES2206



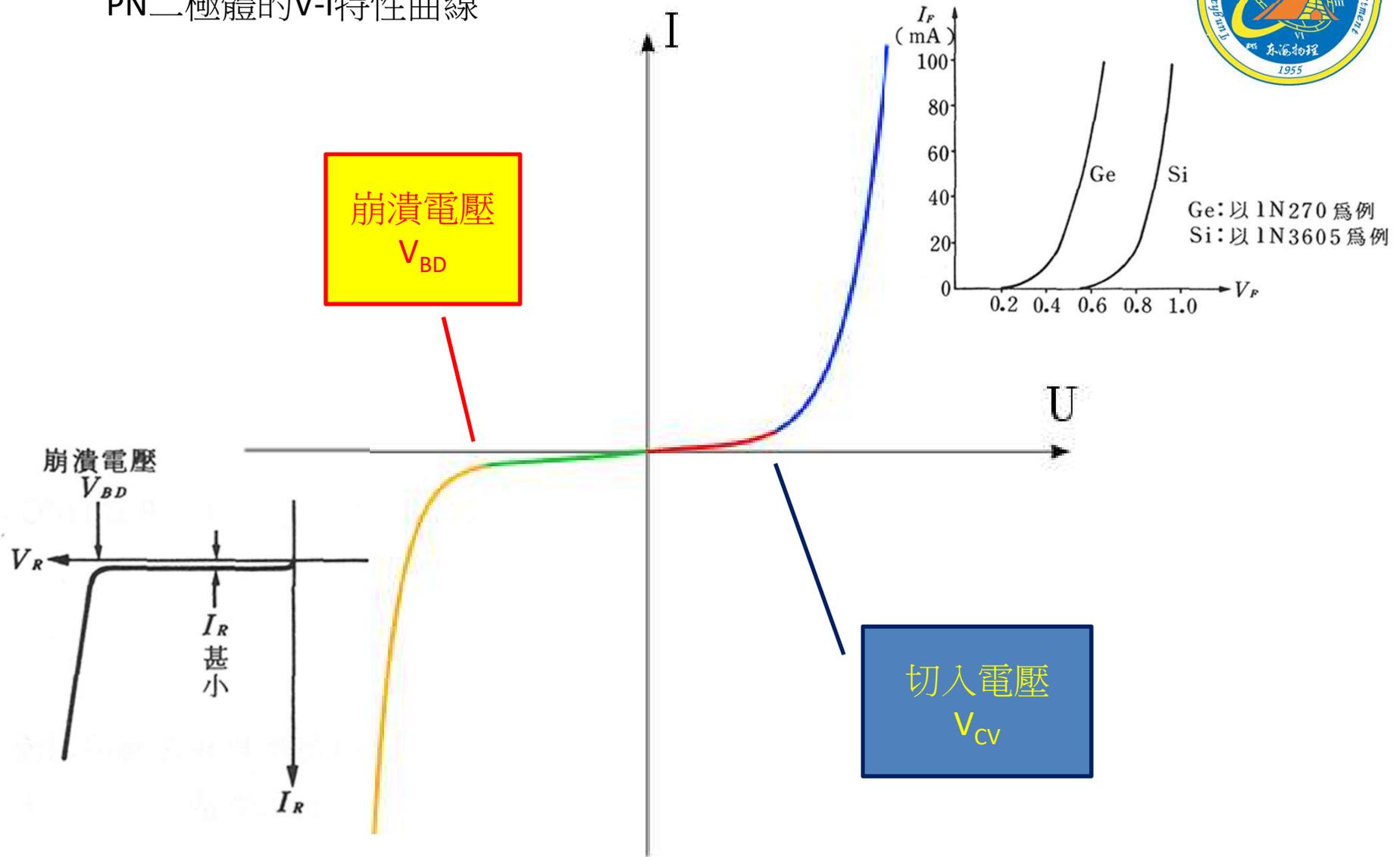
MT1706



DM2610

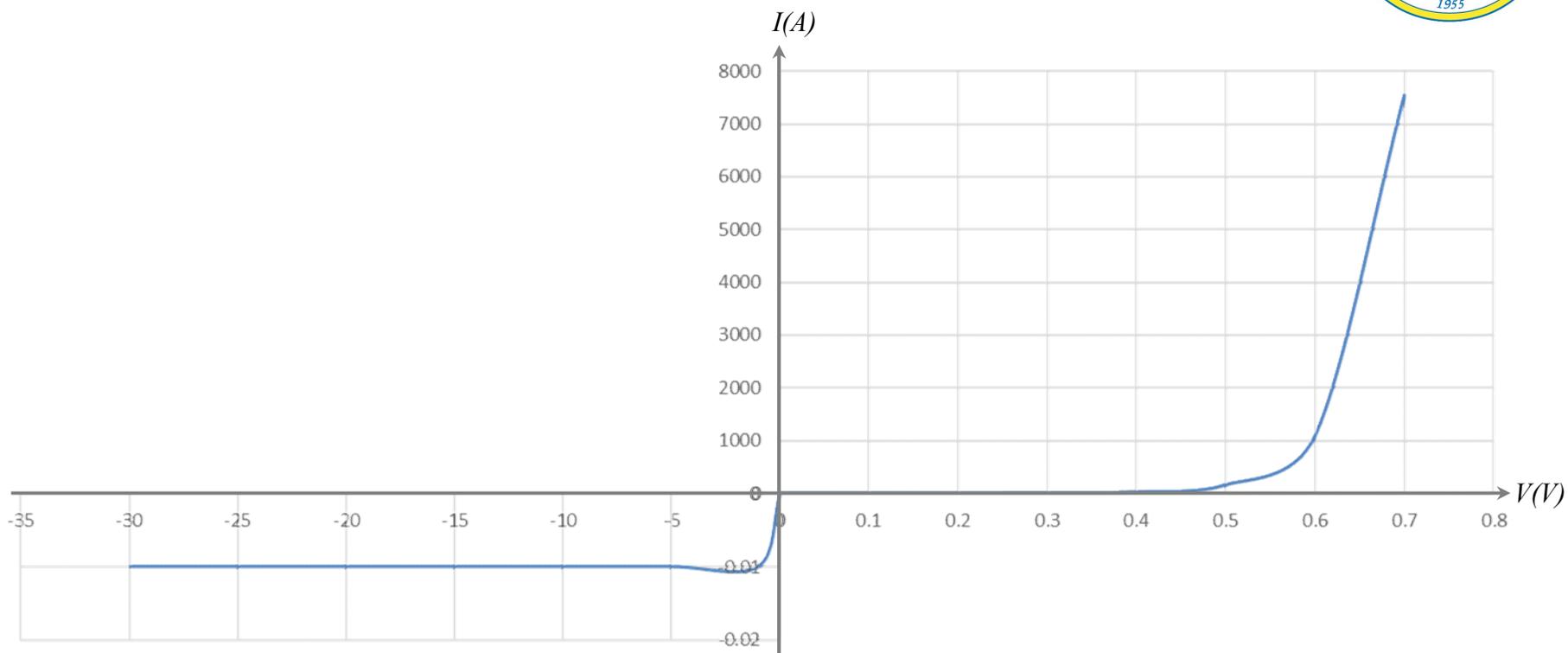


PN二極體的V-I特性曲線





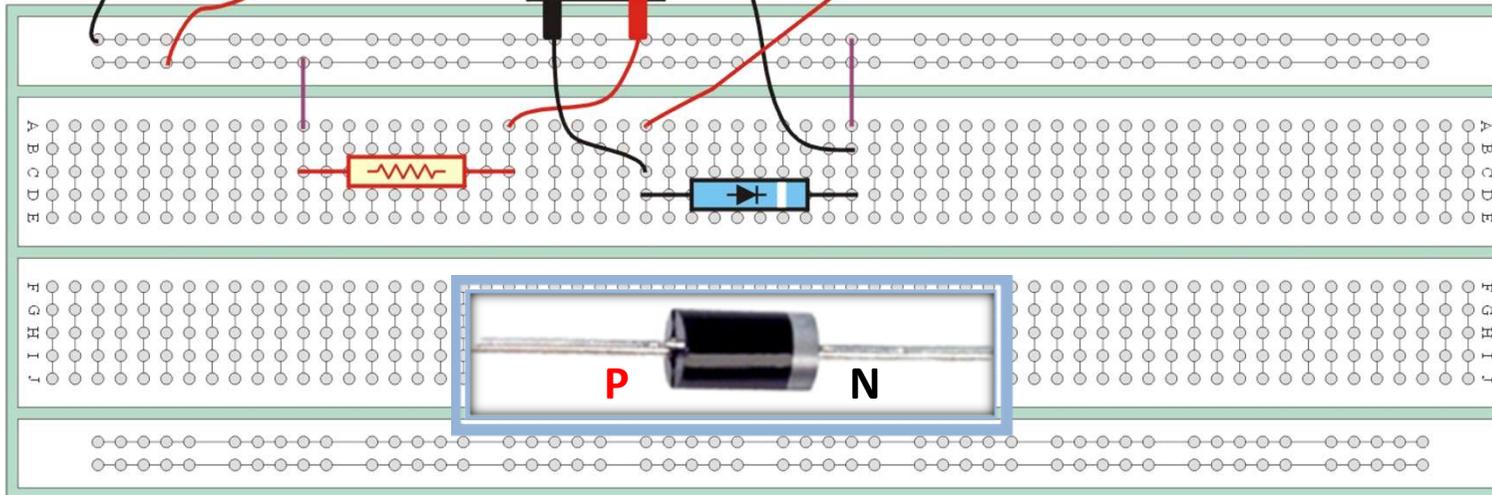
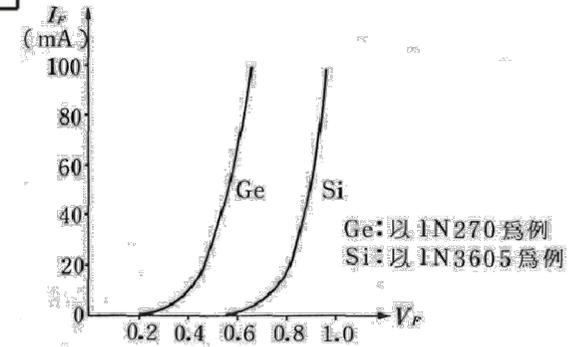
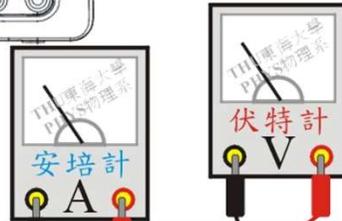
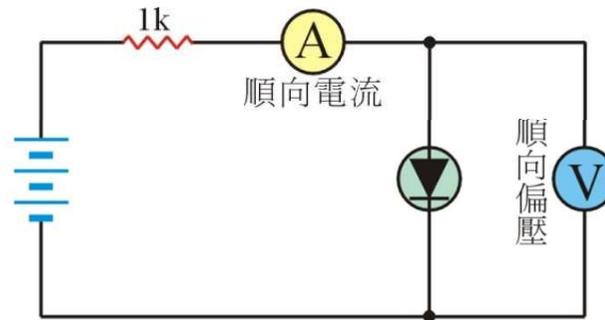
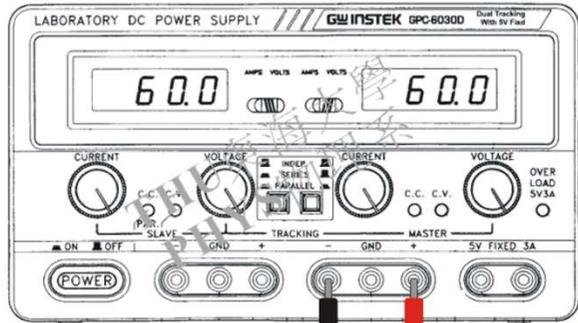
PN二極體的V-I特性曲線

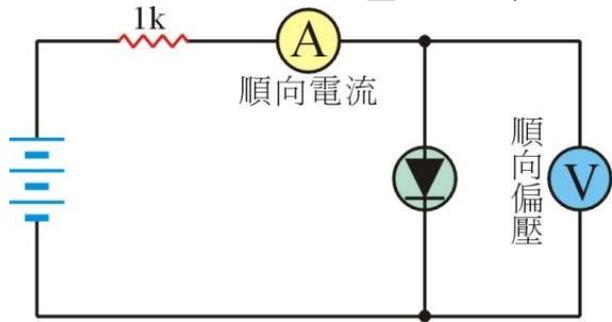




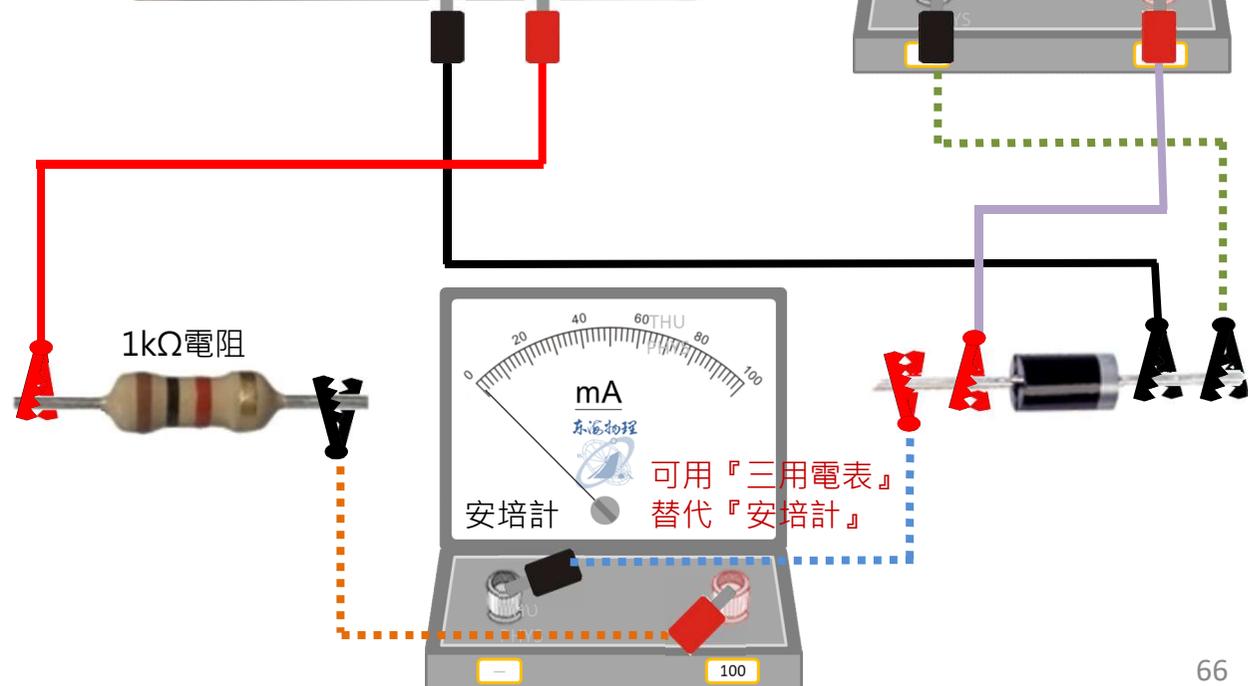
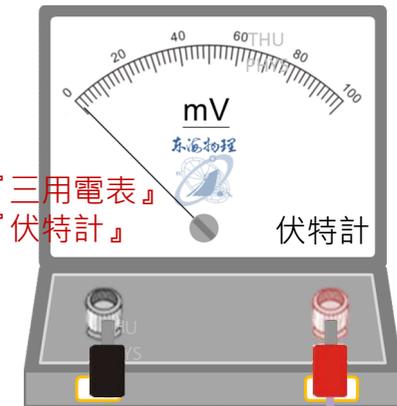
PN二極體的V-I特性曲線

電源供應器





可用『三用電表』
替代『伏特計』

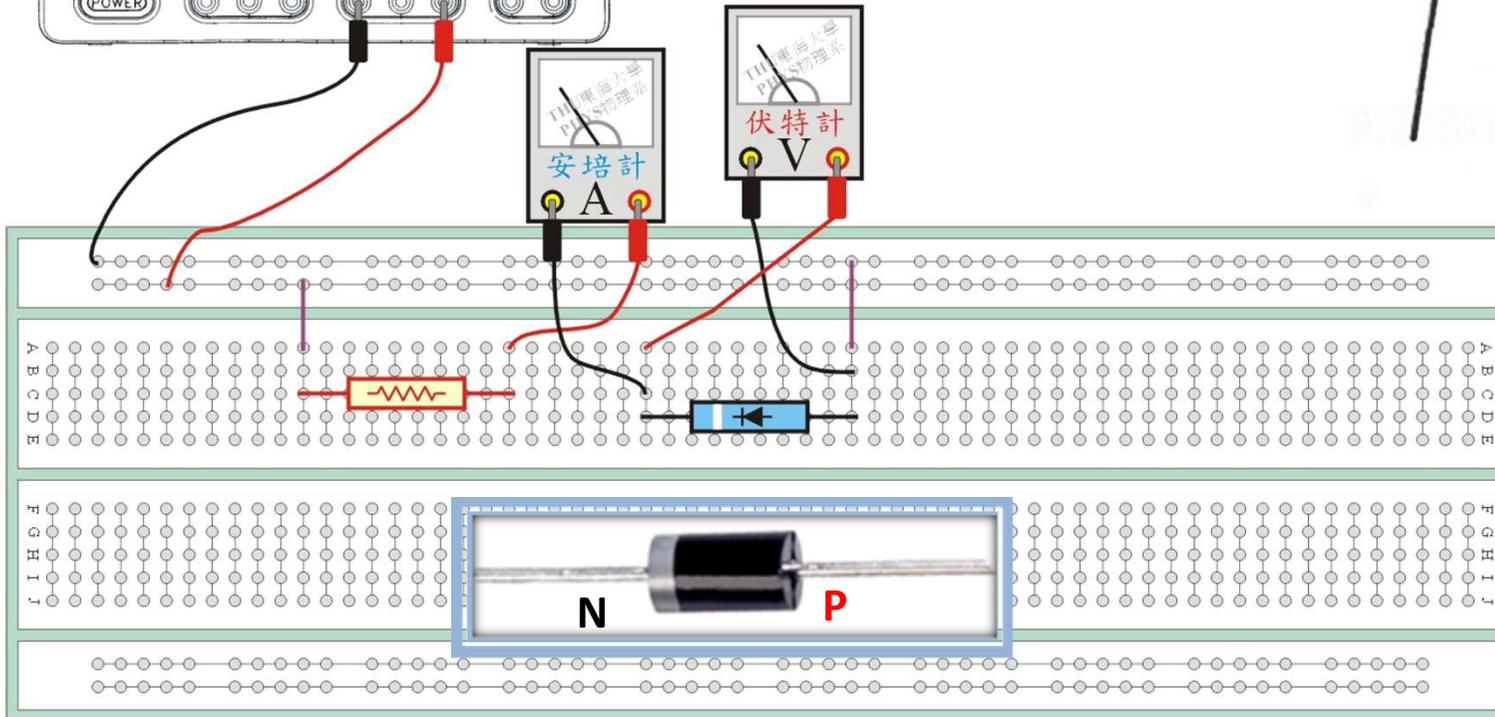
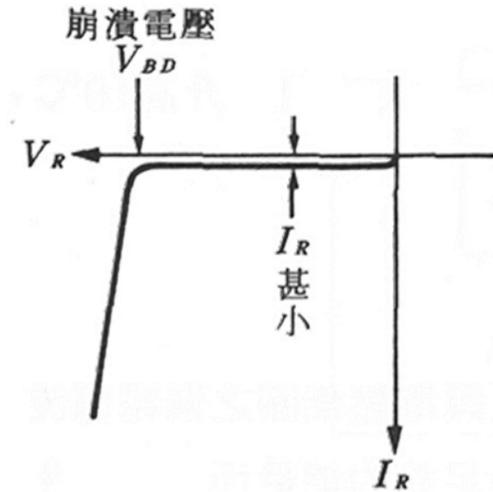
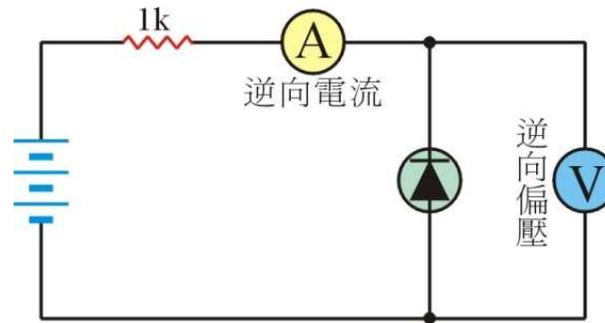
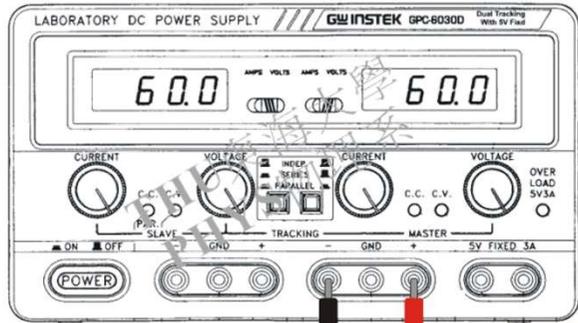


可用『三用電表』
替代『安培計』



PN二極體的V-I特性曲線

電源供應器



半導體元件

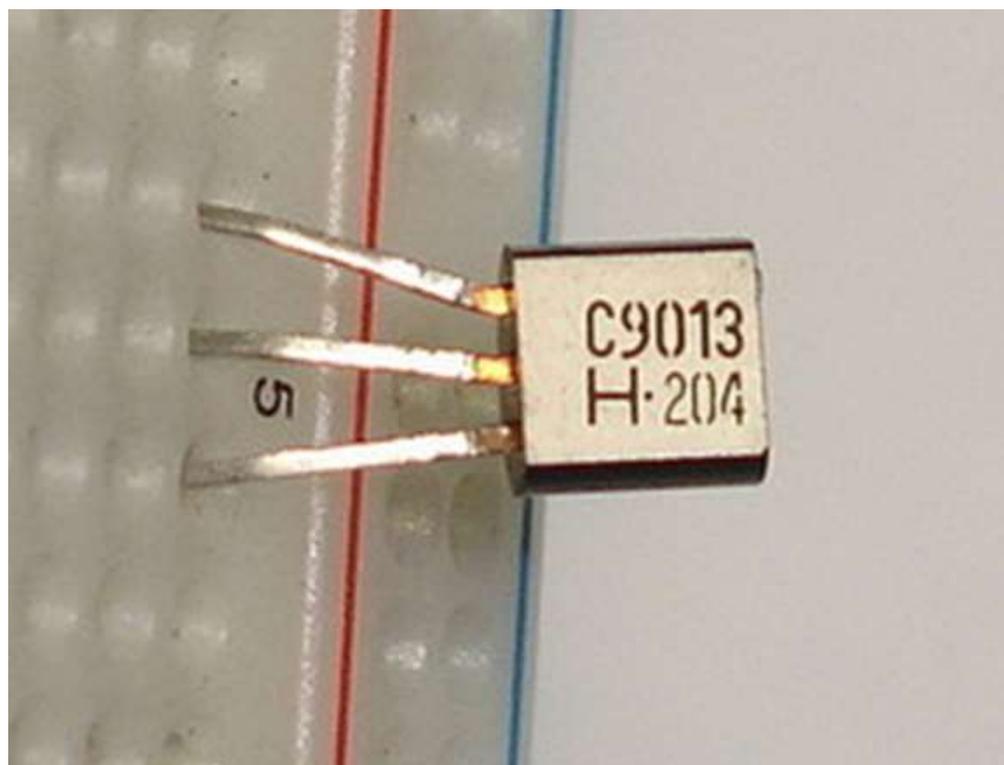
2-電晶體

電晶體接腳：

射極 (Emitter ; E)

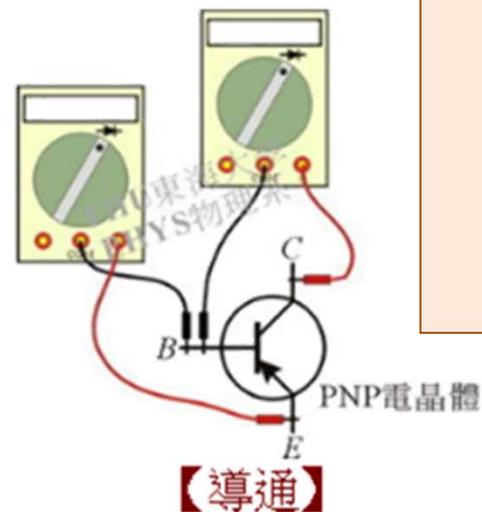
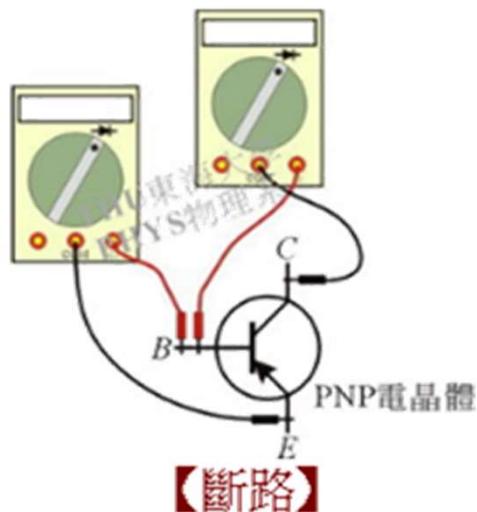
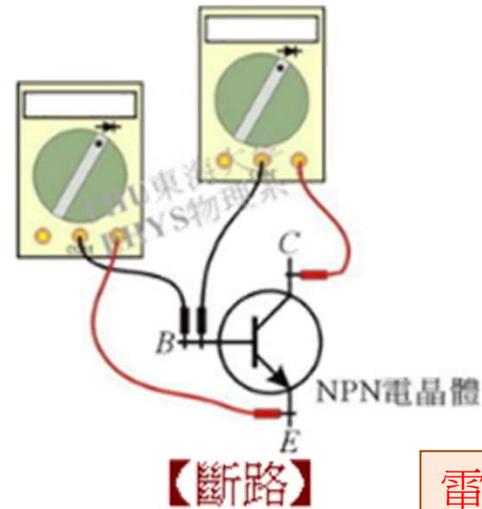
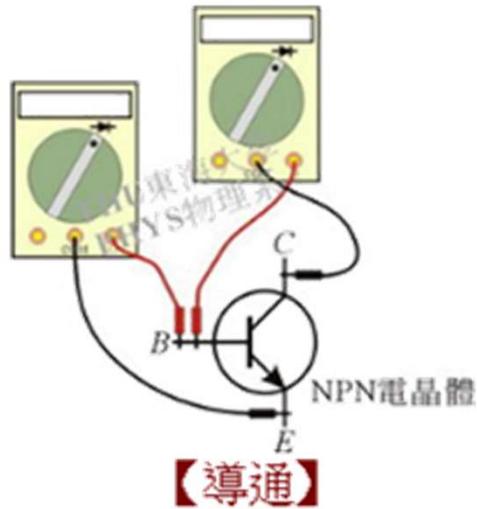
基極 (Base ; B)

集極 (Collector ; C)



判斷電晶體 E、B、C 的三個接腳

➡ 利用三用電表找出 B 腳：



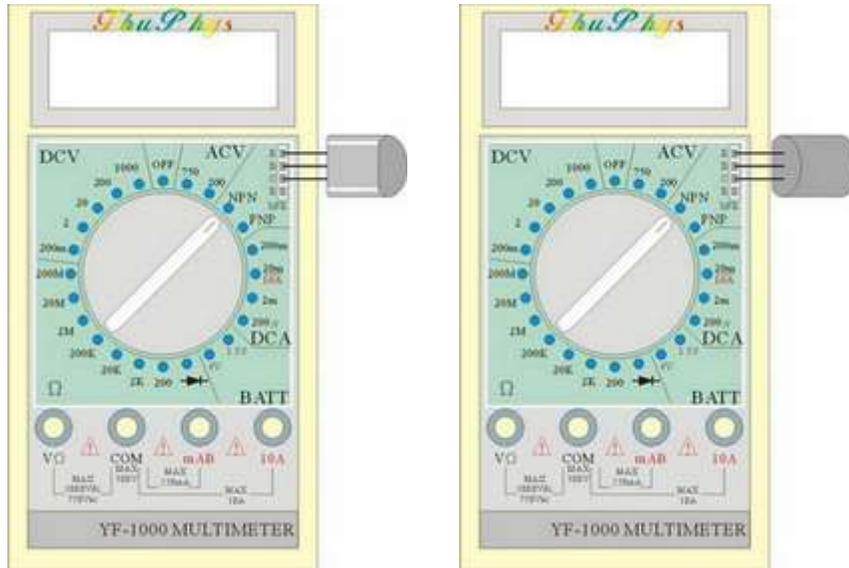
電晶體接腳：
射極
（Emitter；E）
基極
（Base；B）
集極
（Collector；C）

判斷電晶體 E、B、C 的三個接腳

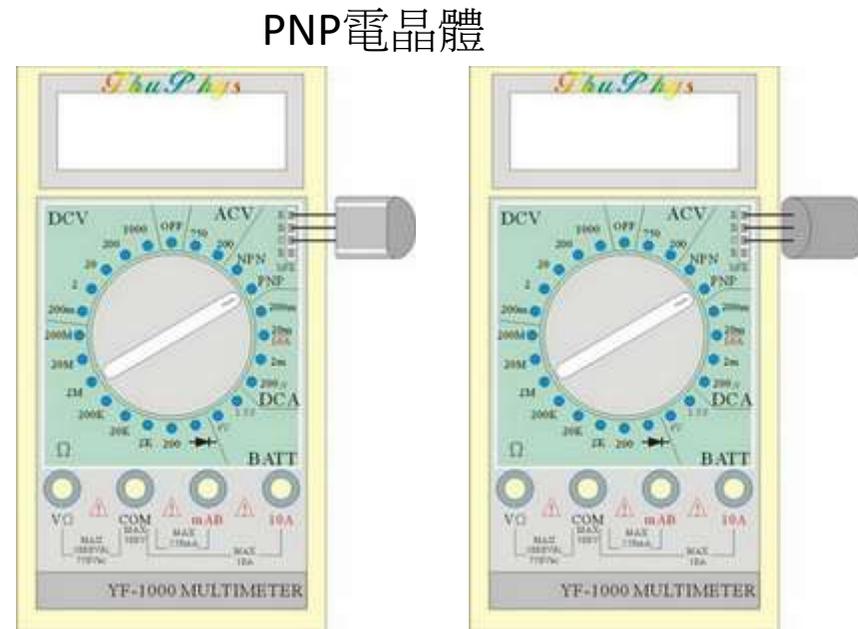
(這個數值為 h_{FE} 值，指的是 $\frac{I_C}{I_B}$)

➡ 找出電晶體的 E、C 腳：

找出數值最大的那個，
對應的腳位即為正確的
EBC腳位。



NPN電晶體



實驗室常用的是C9013，
中間腳為B。
但有些電晶體中間腳是C，
使用時要先確認後再接線~

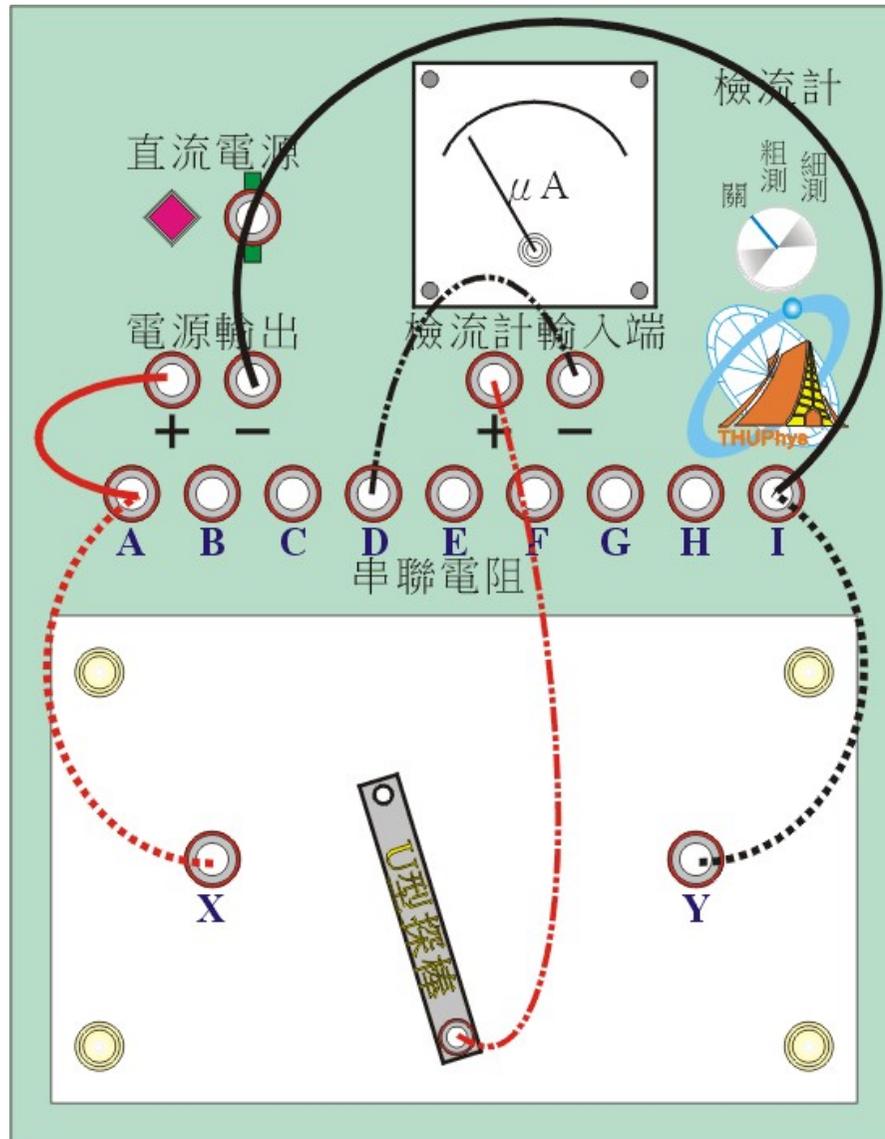


DM2610
MT-1706
找EBC

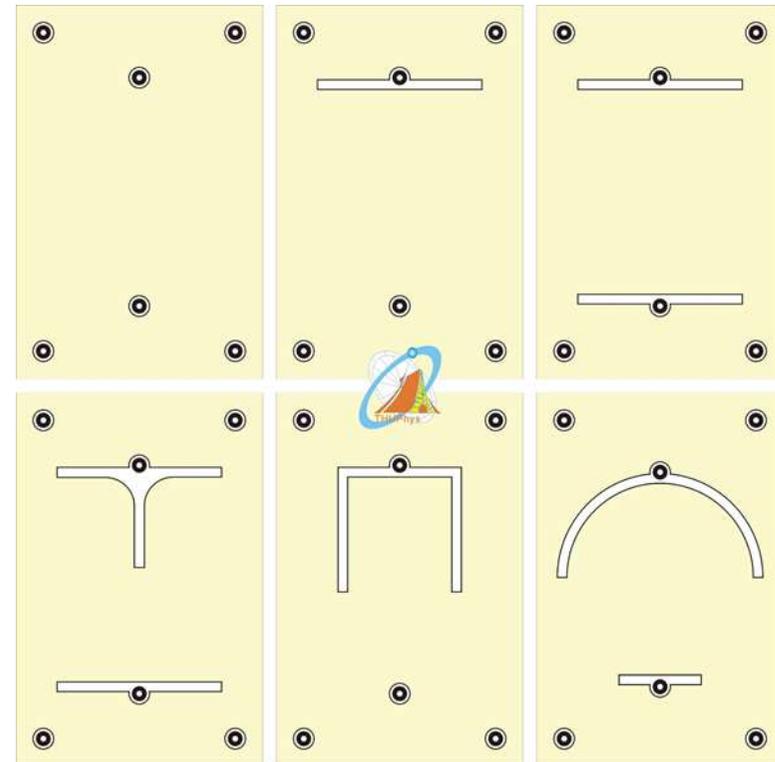




電位與電力線

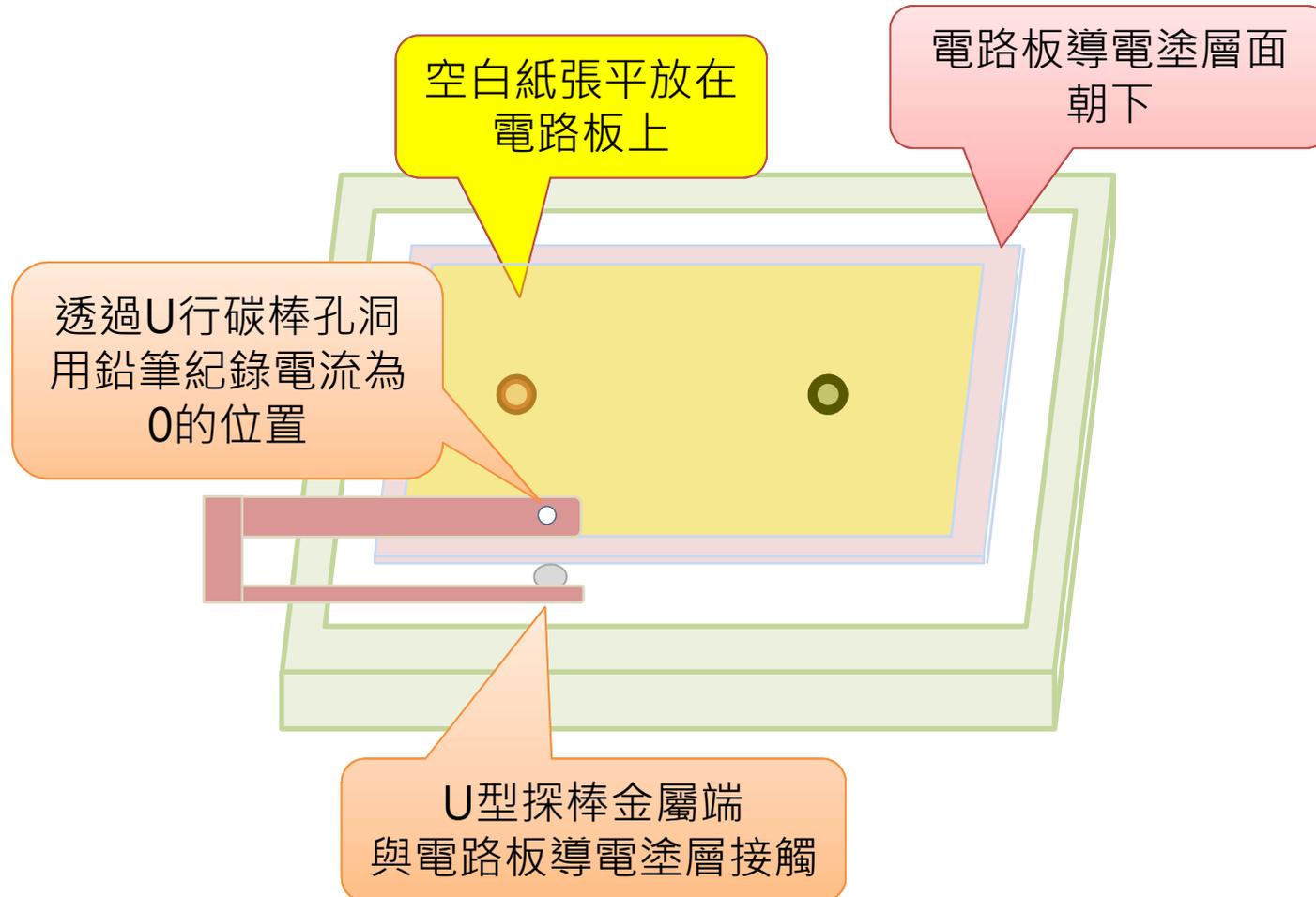


你畫的是
等位線？
電力線？





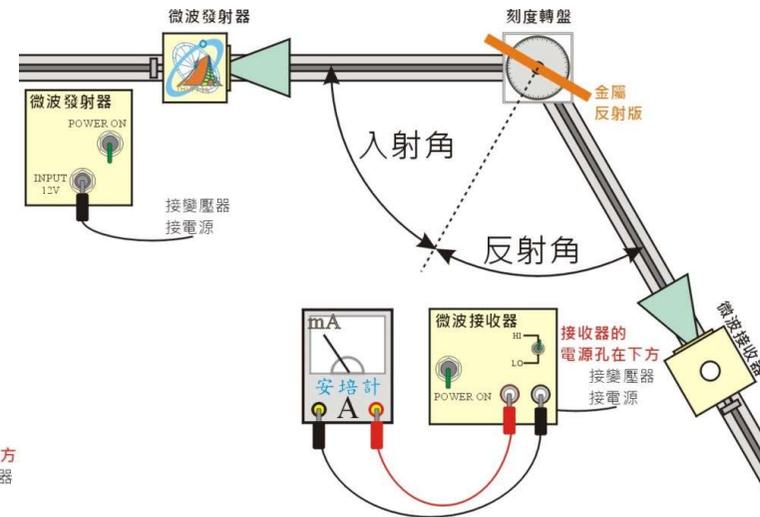
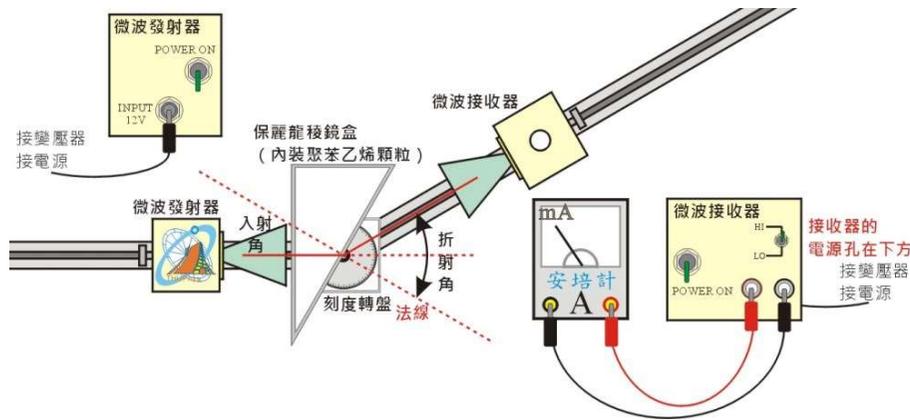
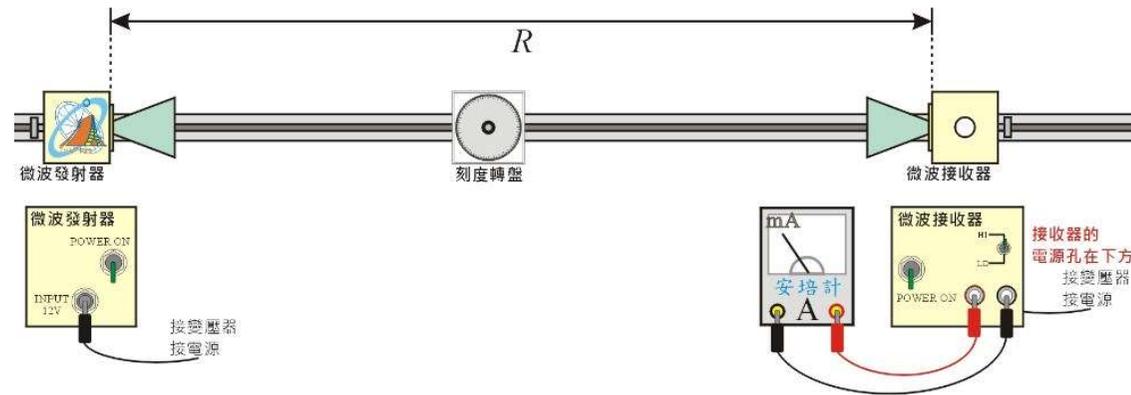
電位與電力線





微波光學

- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射



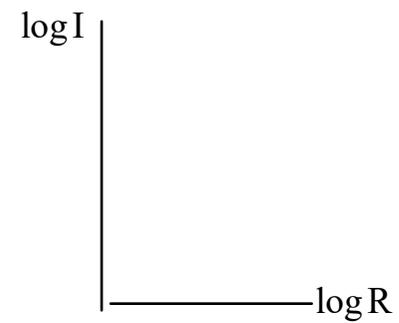


微波光學

- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射

$$I = AR^p$$

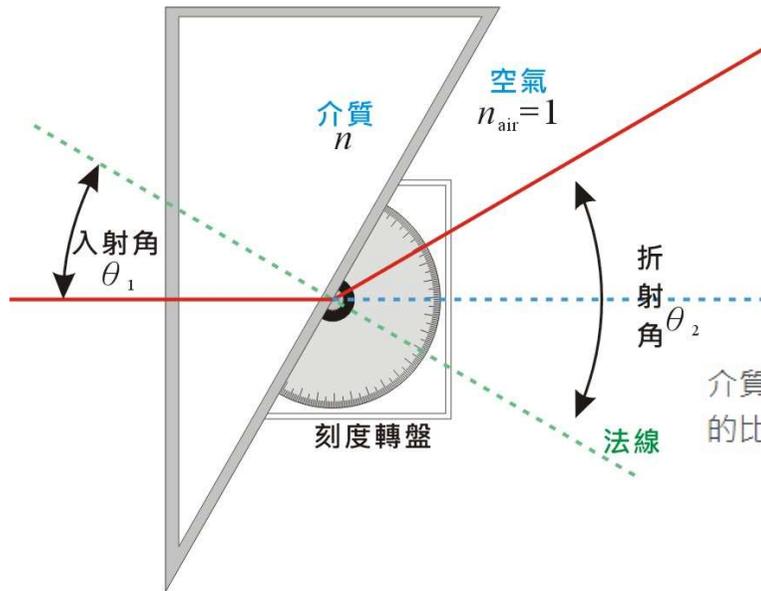
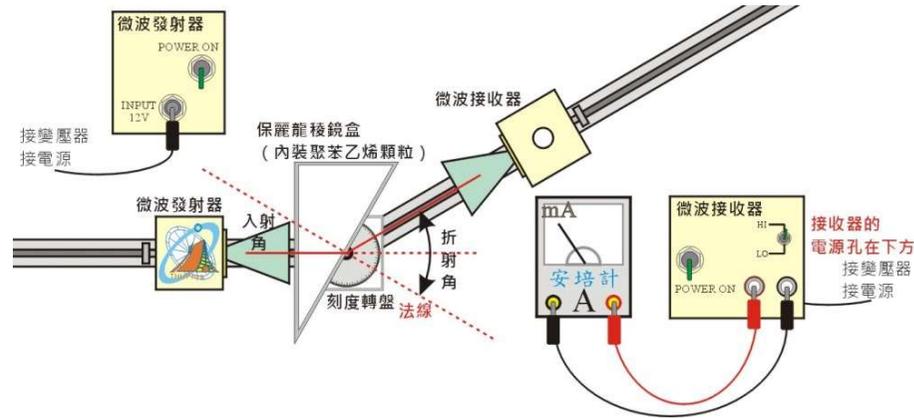
$$\log I = \log A + p \log R$$





微波光學

- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射



注意：介質進入空氣 $n \sin \theta_1 = n_{air} \sin \theta_2$

$$n = \frac{n_{air} \sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad (n_{air} = 1)$$

介質的折射率 n ，為「光在真空中的速度 (c)」與「光在介質中的速度 (v)」的比值：

$$n = \frac{c}{v}$$

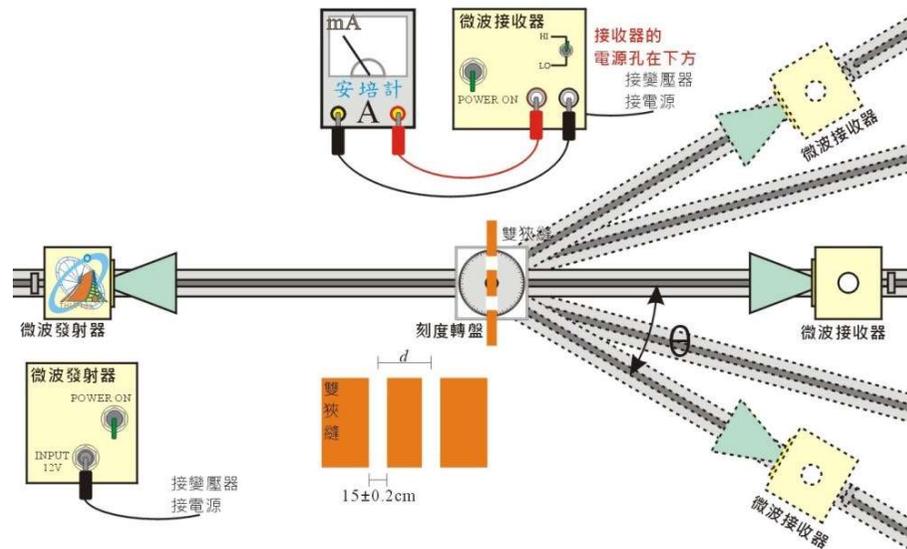
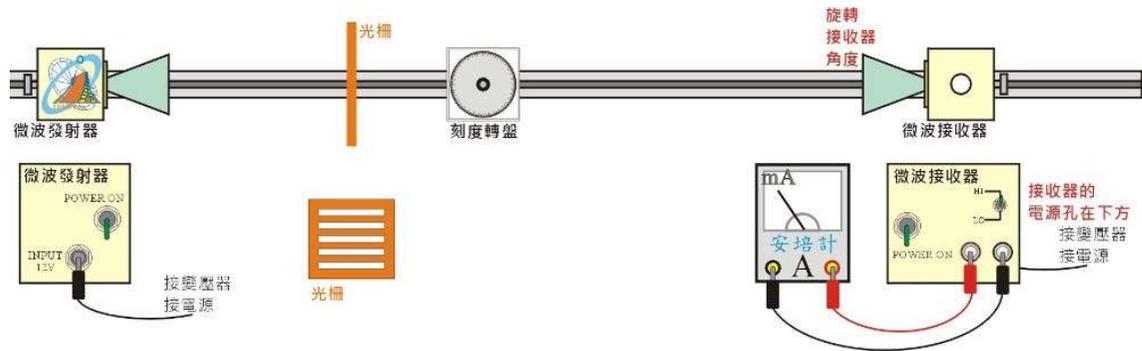
真空的折射率為 $n = 1$

任何介質折射率 > 1 ，意即，陽光從空氣射入介質，不會發生全反射的現象。



微波光學

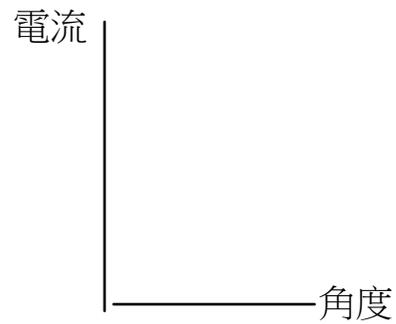
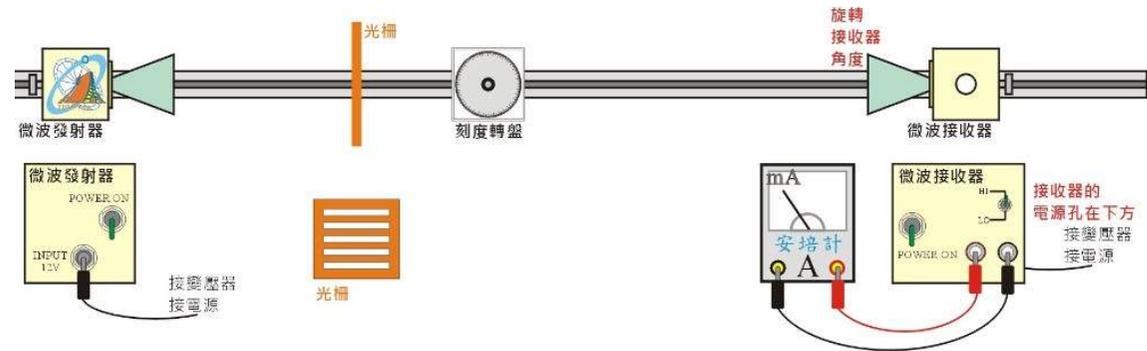
- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射





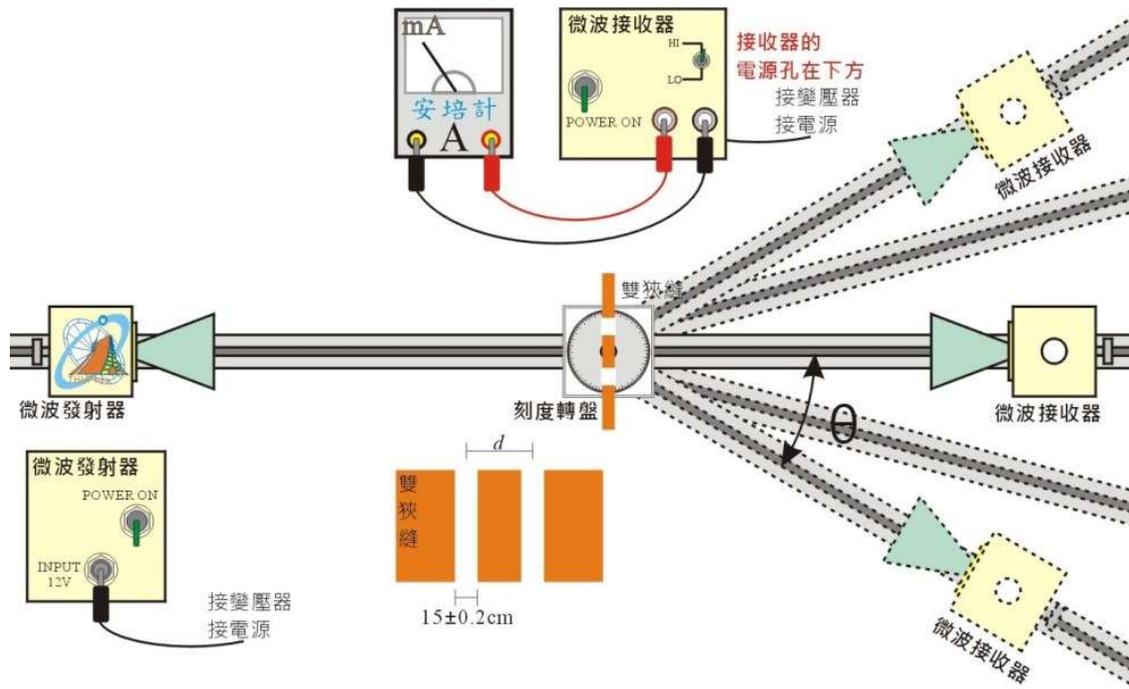
微波光學

- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射



微波光學

- 1-微波性質
- 2-反射
- 3-折射
- 4-偏極
- 5-干涉與繞射



我們沒有最好 只有追求更好

有空繼續補~~



東海大學應用物理學系
地址：40704台中市西屯區東海大學應用物
理學系
電話：04-23590121*32100
網址：<http://physics.thu.edu.tw/>