中華民國第53屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　生活與應用科學科

佳作

030815

可變電阻在角度、高度、面積、體積之測量與應用

學校名稱：臺北市私立衛理女子高級中學(附設國中)

作者：	指導老師：
國二 陳妍儒 國二 蔡品妮 國一 莊喆媗	盧麗鈴 許富忠

關鍵詞：量角器、可變電阻、中央對焦

可變電阻在角度、高度、面積、體積之測量與應用

摘要

首先利用 3C 常用之手機十字對焦原理，呈現待測物體之定位點，然後再轉動本科展之三維角度量測儀的齒輪模組裝置，將水平、傾斜、垂直三維角度藉由線性可變電阻的線性基本原理精確地量測出來，實驗結果顯示出此件作品，已可應用在生活上之已知與未知角度的量測，並且利用三角函數之關係達成面積、體積的計算。此儀器成功地控制在工程誤差 5% 以內，已達成生活應用面之最大實用價值，比美市售精密光學量測儀。

壹、 研究動機

去年校慶園遊會時，看見學校新建宿舍大樓外牆所懸掛的紅布條，不禁讓我們思索該如何計算高樓外牆懸掛紅布條的大小？有些超高的建築物又該如何測量高度？而戶外教學時，看到的湖泊、池塘或造型奇特的建築物，我們又如何知道它所涵蓋的面積或體積？查了資料並詢問老師，了解現今已有專業的儀器可以測量，但是這些儀器若不是價格昂貴就是操作程序有些繁雜，因此我們想要利用日常生活隨手可得的電阻及手機，設計操作簡便的量測儀器，達到測量角度，計算高度、面積及體積，實際應用來解決生活上的量測問題。

相關教材單元： 數學第三冊 2-3 勾股定理

數學第四冊 3-2 三角形的全等　　3-3 三角形的邊角關係

自然與生活科技第五冊 4-4 電阻

貳、 研究目的

一、找出可變電阻的電阻值與旋鈕角度的線性關係。

二、自製可變電阻量角器。

三、應用可變電阻量角器測量待測物的水平角度、傾斜角度。

四、應用可變電阻量角器測量待測物的仰角並計算高度。

五、應用量測的夾角計算待測物的面積及體積。

文獻回顧

測量角度的方法

1.量規法：將被測角度與圓錐量規，角度量規等作直接比較判斷。

2.圓周角法：測量被測角圓周以推測相對圓周角。

3.間接測量法：利用鋼球，圓柱等測量圓錐的錐角。

4.影像法：利用光學放大原理將被測角放大再測量。

5.光學式遙測：航空照片立體像對-類比或雷射數位攝影測量。

6.幾何測量：相似三角形法/三角函數法測量。

7.儀器測量 ： 傾斜儀/角度傳感器/鐳射測角儀/游標/光學/電子經緯儀測量。

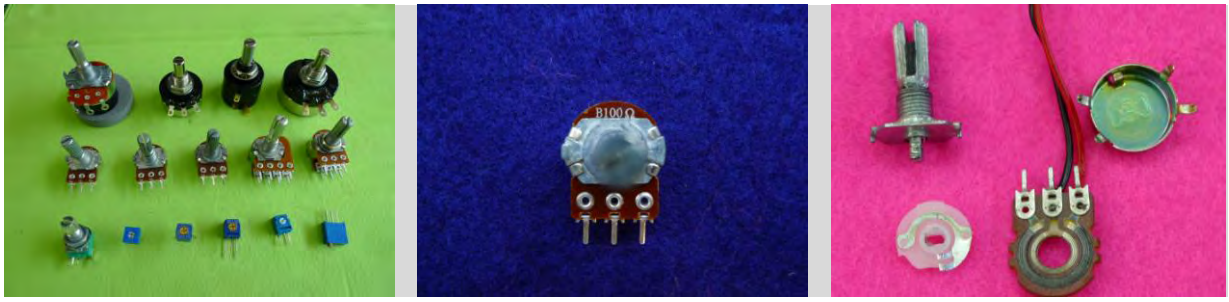
8.衛星影像-ＧＰＳ定位測量。

可變電阻

又稱電位器，電位分配器，可隨需要在某範圍內任意改變其電阻值，常使用於需時常移動其分接頭來改變其電阻值之狀況，例如收音機、揚聲器、熱水爐等。一般由電阻體和可移動的電刷組成，電阻調整方式有轉動、滑動、插梢等。當電刷沿著電阻體移動時，在輸出端即獲得與位移量成一定關係的電阻值或電壓。常見的可變電阻為圓形線性可轉動之可變電阻，又分成一般型 A type、B type 及精密型，其中以一般型 B type 較常使用。

電阻的大小與製作的材料及形狀有關，不同的材料有不同的電阻係數，電阻係數愈大者愈不容易導電(不良導體)，反之電阻係數愈小者則愈容易導電(良導體)。

物體的電阻會隨著溫度改變而改變，一般金屬材料會隨溫度增加而增加，絕緣體則隨溫度增加而減少。



圖一 ： 各種可變電阻及可變電阻內部構造 ： 圓形線性電阻體

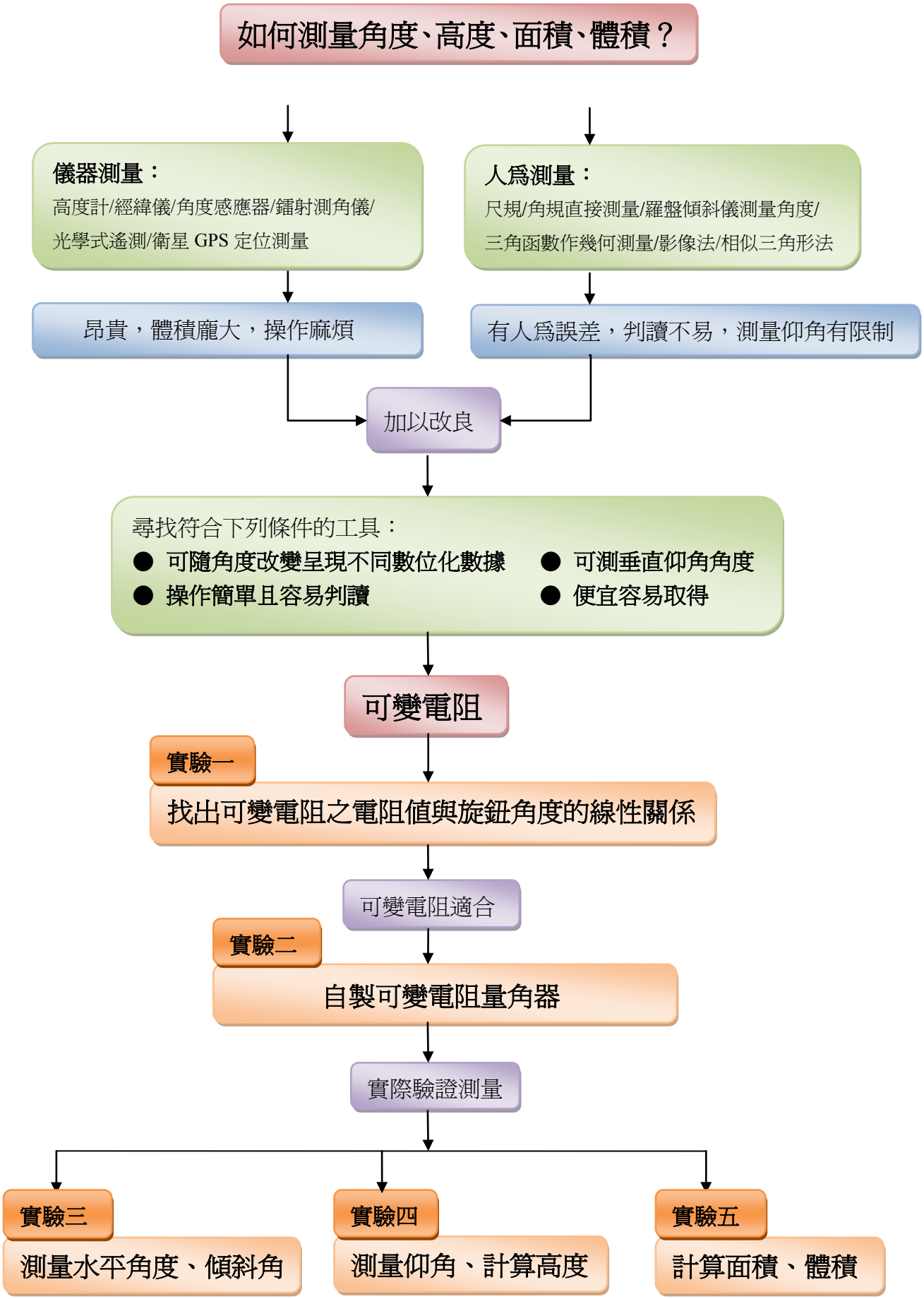
參、研究設備及器材

我們使用的材料如下：B type 可變電阻，12cm 透明光碟片，塑膠片，軟墊，細鐵絲，白鐵絲，墊片及螺帽，開關旋鈕，樂高積木及齒輪，子母扣，水平儀，三腳架，智慧手機，傾斜儀，鉛錘線，GPS 定位儀，三用電表，電焊槍及焊錫，電線，鱷魚夾，直尺，塑膠製量角器，鋁箔膠帶，快乾膠。

圖二 ：研究設備及器材

肆、研究過程或方法

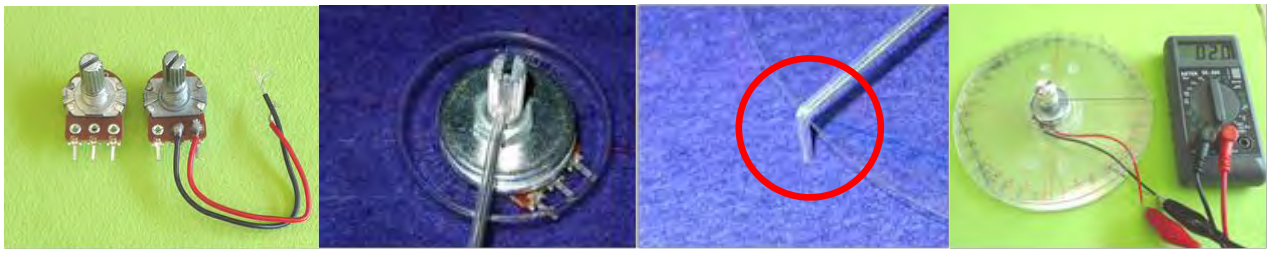
一、研究過程 ：


如何測量角度、高度、面積、體積？
儀器測量：
高度計/經緯儀/角度感應器/鐳射測角儀/
光學式遙測/衛星 GPS 定位測量
人爲測量：
尺規/角規直接測量/羅盤傾斜儀測量角度/
三角函數作幾何測量/影像法/相似三角形法
昂貴，體積龐大，操作麻煩
有人爲誤差，判讀不易，測量仰角有限制
加以改良
尋找符合下列條件的工具：
● 可隨角度改變呈現不同數位化數據
● 可測垂直仰角角度
● 操作簡單且容易判讀
● 便宜容易取得
可變電阻
實驗一
找出可變電阻之電阻值與旋鈕角度的線性關係
可變電阻適合
實驗二
自製可變電阻量角器
實際驗證測量
實驗三
測量水平角度、傾斜角
實驗四
測量仰角、計算高度
實驗五
計算面積、體積

二、研究方法：

(一)實驗一：找出可變電阻之電阻值與旋鈕角度的線性關係

1. 實驗工具設計(I)：第一代可變電阻量角器



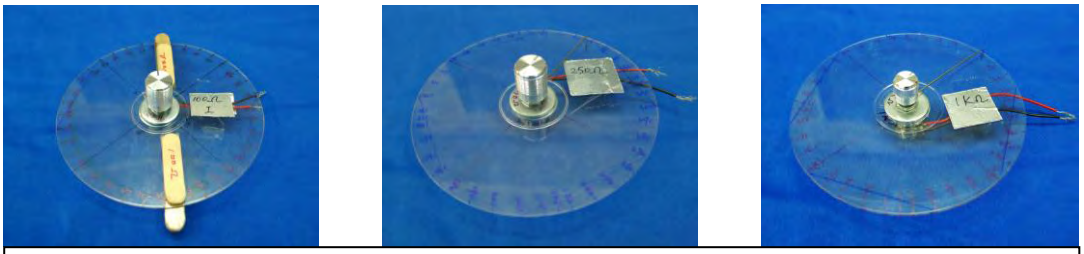
圖三：第一代可變電阻量角器製作過程

- 取紅黑電線分別焊接在可變電阻三個接點的右側兩個，不可接錯，如此才可確保當轉軸逆時針旋轉時電阻逐漸增加。
- 確認轉軸位於光碟中心點，用墊片及螺帽固定可變電阻在固定光碟片上。
- 在光碟片上利用量角器標出各個角度位置，並使轉軸缺口對齊 0 度線位置。
- 用較不易變型之白鐵絲當指針，注意指針前端彎成 L 形向下轉彎處恰好在固定光碟片邊緣，將開關旋鈕固定在轉軸上，確認指針穩固不會晃動後，接上三用電表。

2.選用三種不同規格之可變電阻：100Ω、250Ω、1K(1000)Ω組成量角器。

3.測量角度 0 度~300 度間每 10 度角變化之相對應電阻值。

4.做出電阻值與旋轉角度的關係圖。



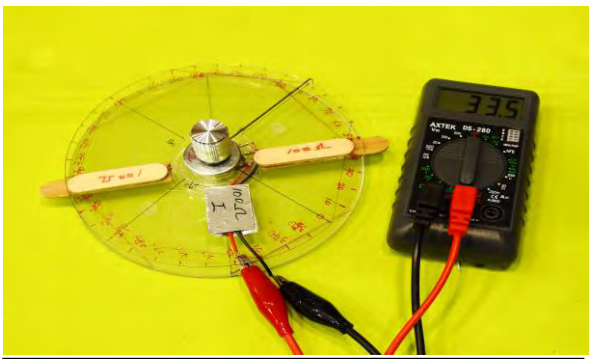
圖四：三組不同範圍之可變電阻：100Ω、250Ω、1KΩ(1000Ω)

(二)實驗二：自製可變電阻量角器

1.依照所要測量的不同角度，改良出下列三種進階版的可變電阻量角器。

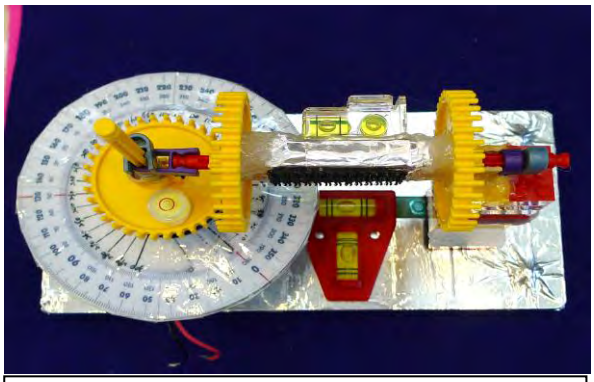
圖五：第一代可變電阻量角器
核心結構：100Ω的可變電阻
缺點 ： 角度可能落在非線性範圍內

改進



圖六：第二代水平角度可變電阻量角器
核心結構：侷限旋轉角度的可變電阻
缺點 ： 無法測量仰角的角度

改進



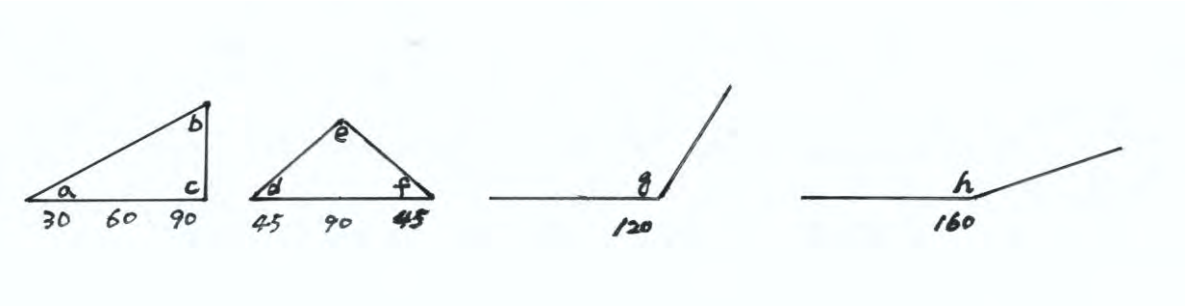
圖七：第三代垂直角度可變電阻量角器
核心結構：垂直水平角度轉換儀
缺點 ： 軸心不穩定，無法測量傾斜角

改進

圖八：第四代三維角度可變電阻量角器
核心結構 ： 三合一快拆測量平台
優點 ： 可測水平、垂直、傾斜角度

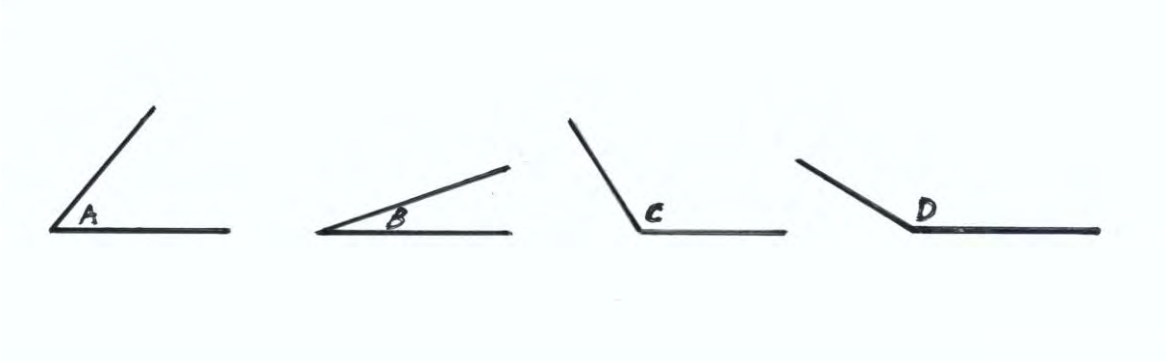
(三)實驗三：應用可變電阻量角器測量已知與未知水平角度及傾角

1.測量已知水平角度：測量兩個常用三角板的內角角度及另外兩個已知鈍角。



圖九：測量已知角度　a:30°　b:60°　c:90°　d:45°　e:90°　f:45°　g:120°　h:160°

2.測量未知水平角度 ： 測量兩個銳角及兩個鈍角。



圖十：測量未知角度 ： 銳角 A　銳角 B　鈍角 C　鈍角 D

3.測量傾角角度 ： 測量蘭陽博物館建築的傾角。

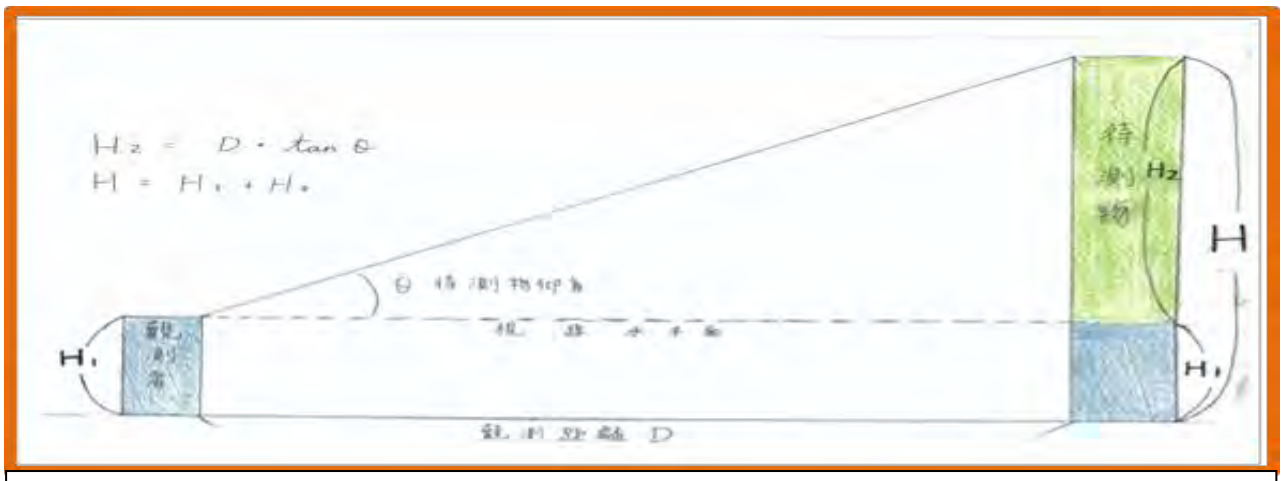
圖十一：實際測量蘭陽博物館主體建築的傾角

(四)實驗四 ： 應用可變電阻量角器測量待測物的仰角並計算高度

1.開啓手機相機對焦功能，以螢幕中心十字對焦點對準待測物，測量各位置之電阻值。

2.自行設計 EXCEL 轉換公式，將電阻值轉換成仰角並計算高度。

3.應用原理如圖(十二)、圖(十三)所示 ：

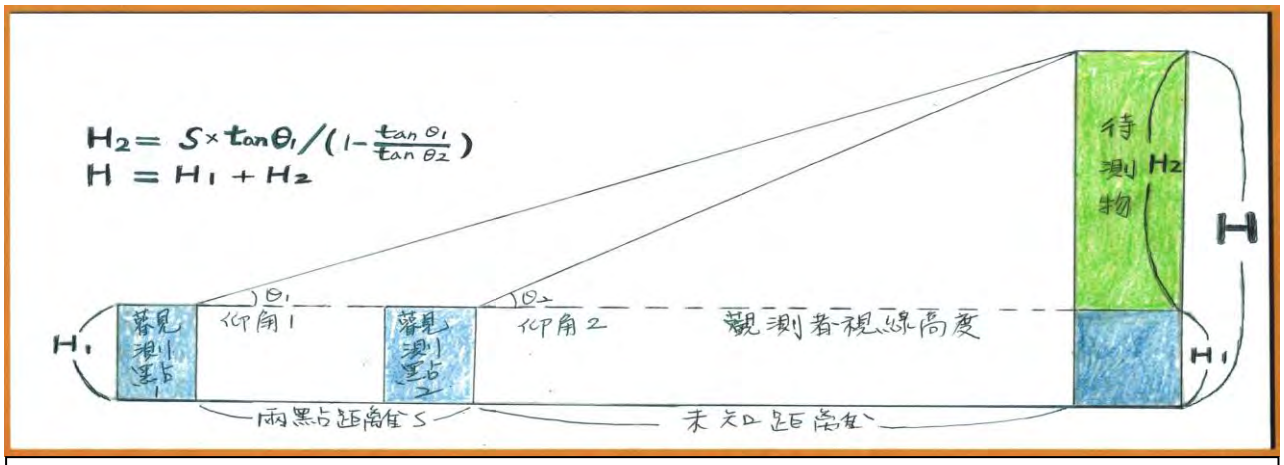


圖十二：已知距離待測物仰角及高度測量方法示意圖

三角函數正切公式 1：$H_2 = D * \tan\Theta$　　待測物實際高度 $H = H_2 + H_1$

H_1：觀測者視線高度　　H_2：待測物從觀測者視線水平面算起之高度

D：觀測距離　　Θ：待測物之仰角



圖十三：未知距離待測物仰角及高度測量方法示意圖

三角函數正切公式 2：$H_2 = S * \tan\Theta_1 /(1-\tan\Theta_1/\tan\Theta_2)$　　待測物實際高度 $H = H_2 + H_1$

H_1：觀測者視線高度　　H_2：待測物從觀測者視線水平面算起之高度

S：兩觀測點之距離　　Θ_1：觀測點 1 之仰角　Θ_2：觀測點 2 之仰角

圖十四：傾斜儀及其測量的方式

4.使用傾斜儀測量各位置之待測物仰角並計算高度。

5.我們測量了七個待測物的仰角：

(1)測量學校宿舍一樓牆面的紅布條高度：

距 4.79m 高之牆面 3m、6m、9m、12m、15m 五個位置測量。

(2)測量學校操場之升旗旗桿仰角並計算高度

距 13.1m 高之旗桿 10m、11m、12m、13m、14m、15m、16m、17m 八個位置測量。

(3)測量學校宿舍大樓之整棟樓仰角並計算高度

距 27.20m 高之宿舍大樓 10m、20m、30m、40m、50m 五個位置測量。

(4)測量中正紀念堂之自由廣場牌樓仰角並計算高度

距 30m 高之牌樓 58m、117m、175m 三個位置觀測。

(5)測量中正紀念堂主樓仰角並計算高度

距 76m 高之主樓 95m、100m、116m、146m、176m、206m、236m、266m 八個位置測量。

(6)測量台北 101 大樓屋頂樓層平台、最高點仰角並計算高度

距 509.2m 高之最頂端及 449.2m 之屋頂 400m、700m、980m 三個位置測量。

(7)測量宜蘭蘭陽博物館主體建築仰角並計算高度

距 31.15m 高、右側傾斜 20 度、左側傾斜 70 度之主體建築 152m 一個位置測量。

圖十五：以傾斜儀及可變電阻量角器測量學校宿舍大樓的仰角

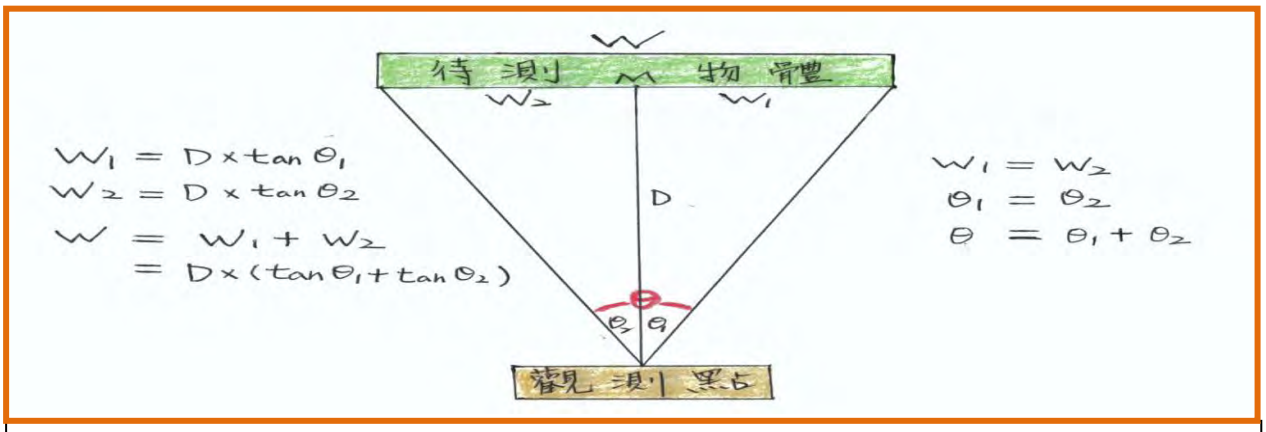
圖十六：測量中正紀念堂 30 米高之自由廣場牌樓及 76 米高之主樓建築物的仰角

圖十七：測量台北 101 大樓 509.2 米高之最高點頂端及 439.2 米高之屋頂平台的仰角
左 ： 距離 400m　　中 ： 距離 700m　　右 ： 距離 980m

圖十八：測量蘭陽博物館主體建築最高處的仰角

(五)實驗五：應用可變電阻量角器計算待測物的面積及體積

1.測量夾角應用之原理如圖(十九)所示 ：



圖十九：待測物夾角及寬度測量方法示意圖

三角函數正切公式 1：$W_1 = W_2 = D * \tan\Theta_1$　　待測物實際寬度 $W = W_1 + W_2$

W：待測物從觀測點所見之兩側寬度　M：待測物從觀測點所見之中點位置

D：觀測距離　Θ：待測物從觀測點所見之兩側夾角

$W_1 = W_2$　　$\Theta = \Theta 1 + \Theta 2$　　$\Theta_1 = \Theta_2$

2.測量夾角的方式 ：先將手機螢幕中十字對焦點對準待測角之一邊測得第一組電阻值，旋轉手機螢幕對準待測角之另一邊測得第二組電阻值，將測得的電阻值代入 EXCEL 轉換公式求得夾角角度。

3.應用實例如圖(二十)：

圖二十 ：利用水平角度測量平台來測量三度空間中的水平夾角

4.計算水平面積：

圖二十一：測量嘉義東石漁人碼頭浮筏式蚵棚的面積 ：
34 尺(10.2m*10.2m)及 36 尺(10.8*10.8m)兩種規格

5.計算垂直面積：

圖二十二：
測量大樓外牆之紅布條的寬度及高度並計算面積

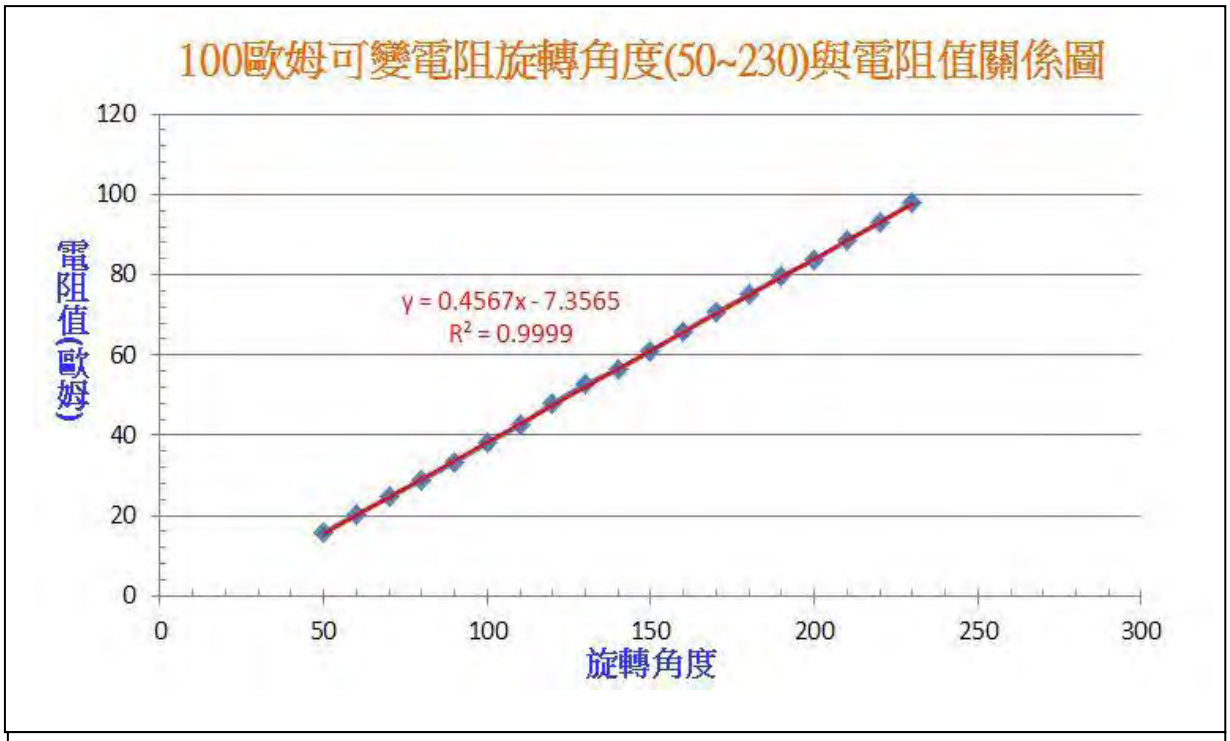
6.計算歐式古堡體積：

圖二十三：
測量歐式城堡建築之圓柱體直徑、高度並計算底面積及體積

伍、 研究結果

一、 實驗一 ：找出可變電阻的電阻值與旋鈕角度的線性關係

(一)可變電阻的電阻值與旋鈕角度的線性關係



圖二十四：100Ω可變電阻旋轉角度(0~230 度)與輸出電阻值之直線線性關係圖及其最佳直線

由以上圖表可以看出：

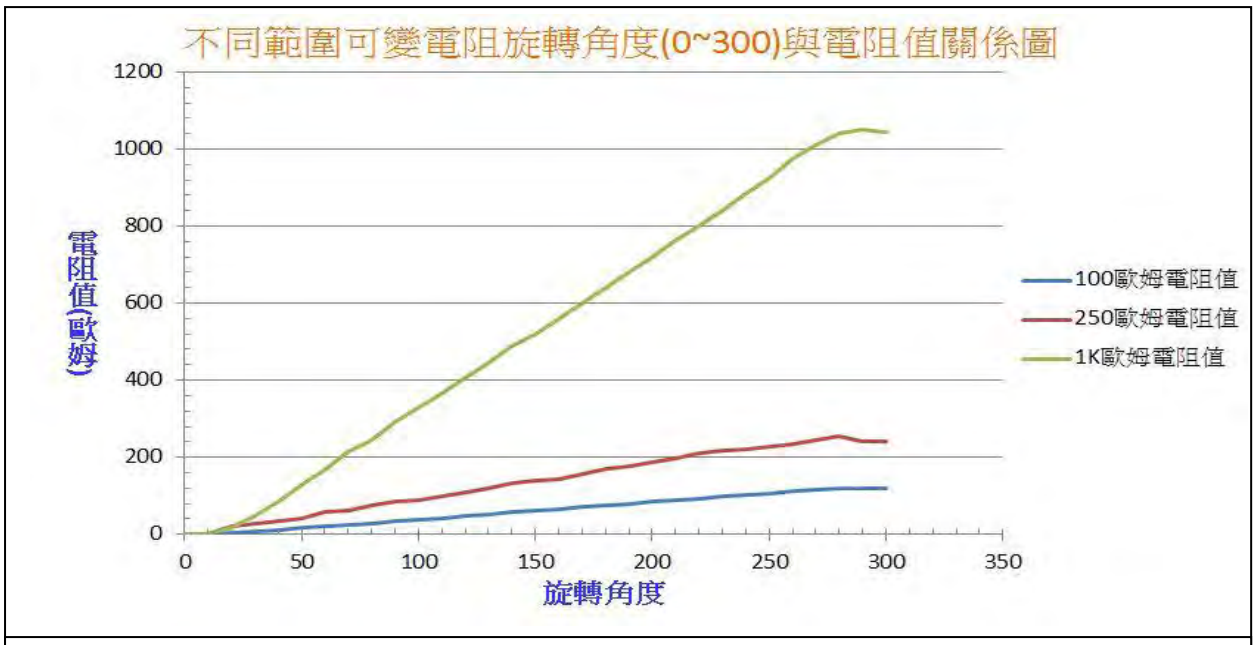
此 100Ω可變電阻在旋轉角度 50~230 度間其旋轉角度與輸出電阻值呈線性關係，且其最佳直線為 ：

y = 0.4567x-7.3565　R2=0.9999

y : 100Ω可變電阻輸出電阻值

x : 100Ω可變電阻旋鈕旋轉角度　　50 度 < x < 230 度

(二)不同規格電阻值是否有不同之線性操作區域？



圖二十五：100Ω、250Ω、1KΩ 三種可變電阻之旋轉角度與電阻值之線性關係比較

由上圖可看出以下結果：

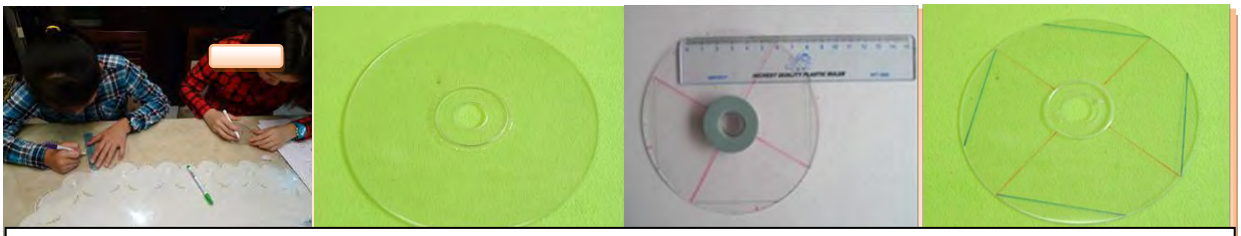
1.1KΩ可變電阻有較大的操作範圍，100Ω可變電阻則有最好的操作性，而 250Ω可變電阻則介於中間。

2. 250Ω及 1KΩ在測定時每次需等較久時間電表才會穩定，100Ω則很快就穩定下來，所以我們決定採用 100Ω可變電阻當作數位量角器的核心裝置。

二、實驗二：自製可變電阻量角器

(一) 實驗工具設計(II)：第二代水平角度可變電阻量角器

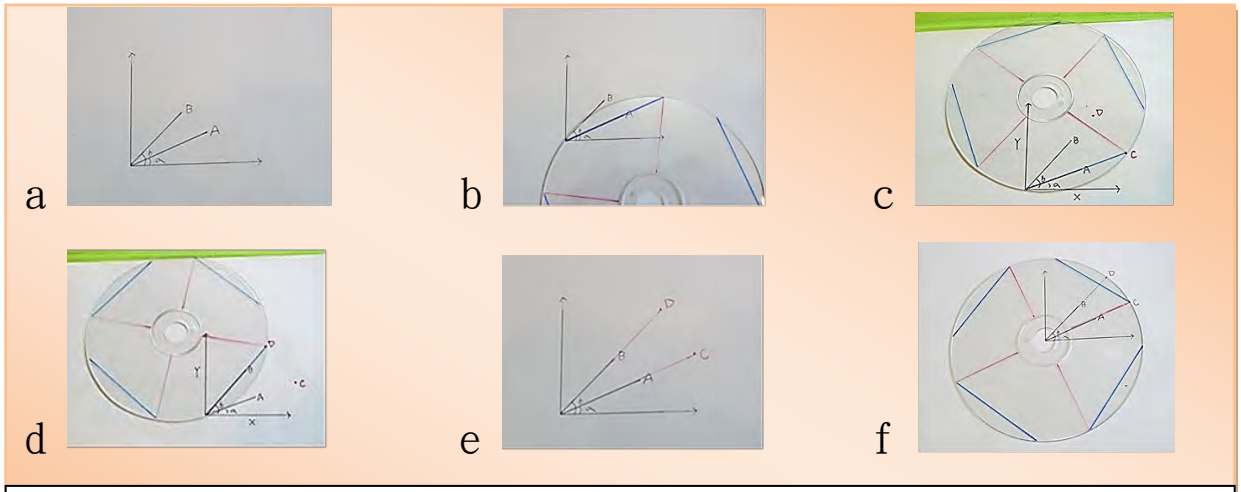
1. 首先製作定位光碟片：用來定位待測角之中心位置。



圖二十六：製作定位光碟片

- 在空白光碟片畫出兩條垂直且通過圓心(光碟直徑)之紅線：以利定位中心點及 0 度/90 度/180 度/270 度/360 度位置及用來對齊待測角度之起始線或終止線。
- 四周標記四條 6cm 長(光碟半徑)之藍線：用來延長待測角度之起始線或終止線長度，以利於定位光碟中心點與待測角度原點對齊。

2.利用定位光碟對齊中心點之操作步驟：

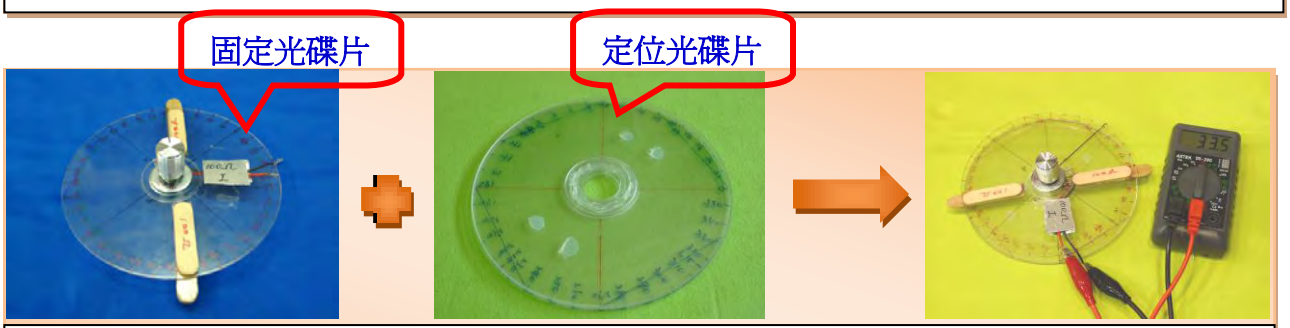


圖二十七：對齊中心點之操作步驟：將待測角之邊線對齊 6cm 之藍線(圖 a,b)，將邊線延長到 6cm 長(圖 c 中之 C 點或圖 d 中之 D 點)，將數位量角器之定位光碟片之紅線重疊待測角之邊，並使得 C 或 D 點恰好位於光碟之圓周上，即可確定數位量角器中心點位置與待測角原點重疊。(圖 e,f)

3.改良第一代成為第二代水平角度數位化量角器

圖二十八：第二代可變電阻量角器製作過程

- 在第一代數位化量角器之固定光碟片上 50 度及 230 度位置各貼上一木片使得可變電阻旋轉範圍侷限在 50~230 度間。
- 將一片空白光碟片重疊到定位光碟片上並用熱溶膠固定形成雙層定位光碟以方便與第一代固定光碟片接合。

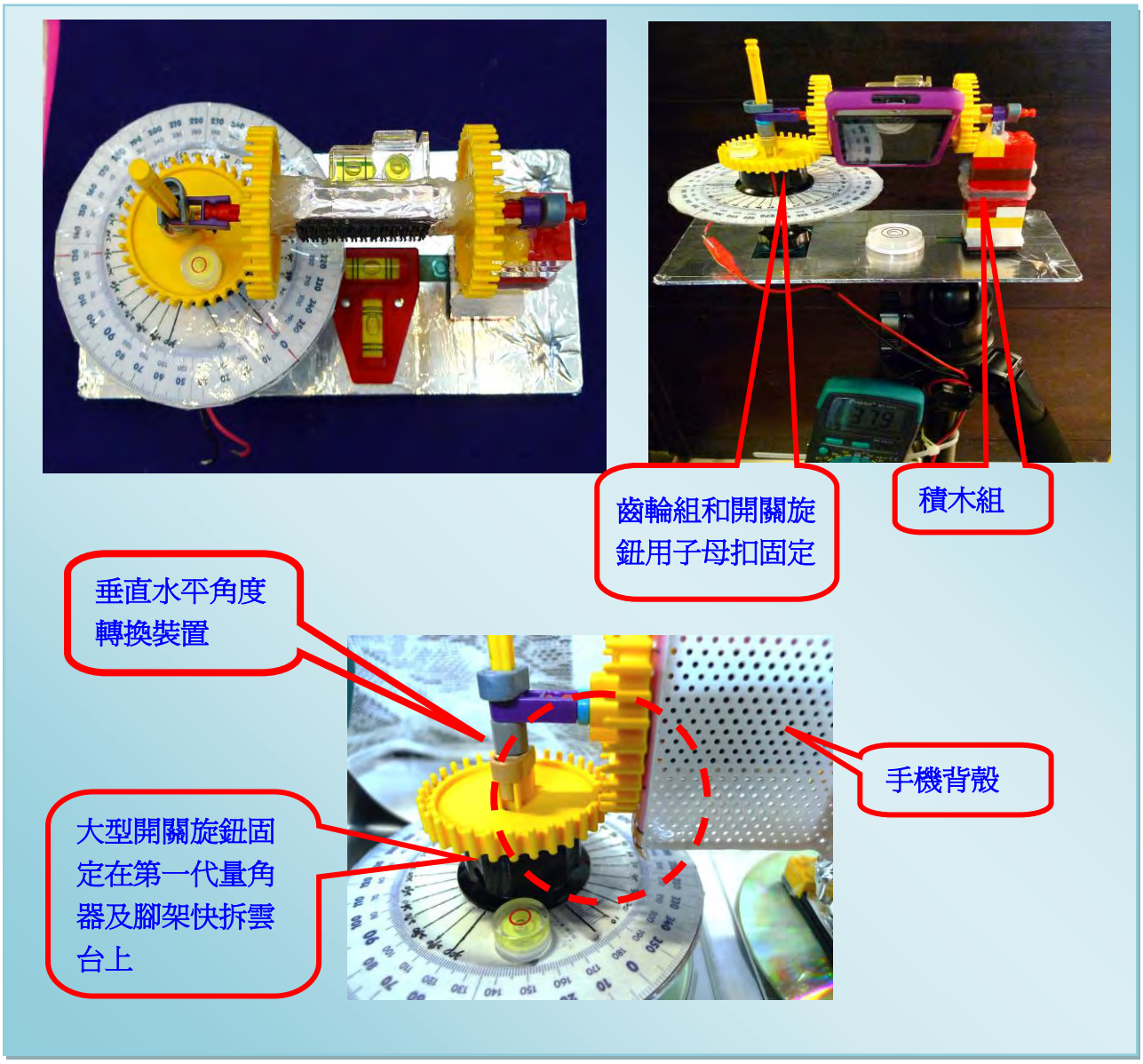


圖二十九：第二代可變電阻量角器完成圖

最後將固定可變電阻之固定光碟片再重疊到上述之定位光碟片上。

固定光碟片 ＋ 定位光碟片 ＝ 第二代水平角度可變電阻量角器

(二) 實驗工具設計(III)：第三代垂直角度可變電阻量角器

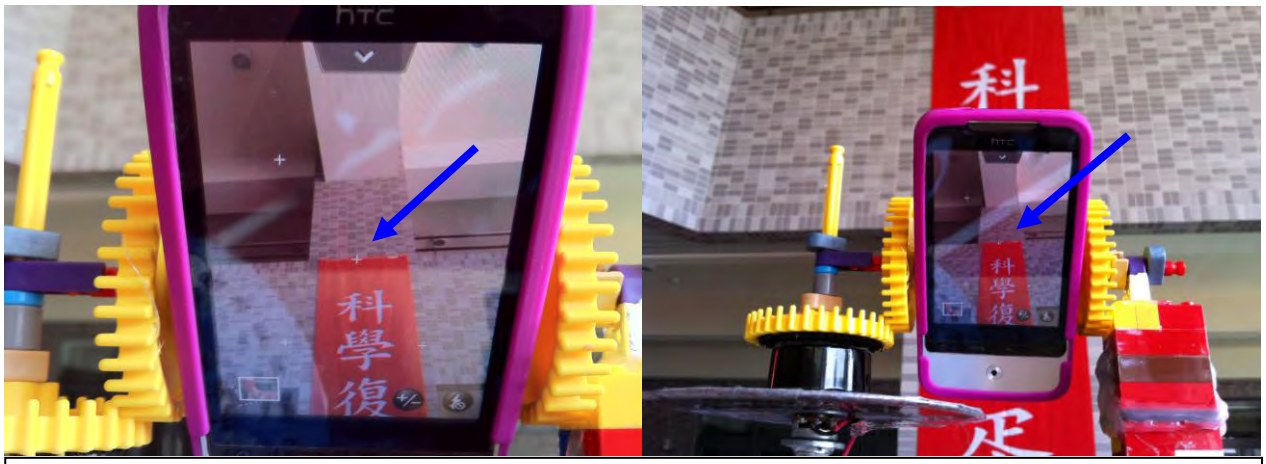


圖三十：第三代垂直角度可變電阻量角器：垂直水平角度轉換儀製作過程

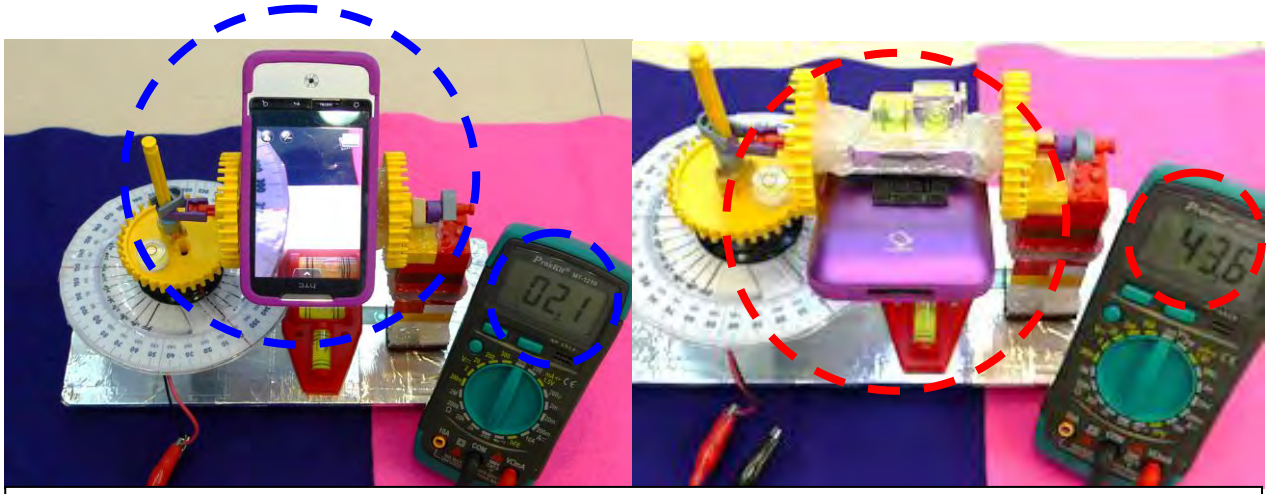
- 將第一代量角器固定在相機腳架之快拆式雲台上。
- 利用積木及齒輪組設計一個可將垂直面旋轉角度轉換成水平面旋轉角度之裝置我們稱它為「**垂直水平角度轉換儀**」。
- 將大型開關旋鈕裝在可變電阻轉軸上，並用強力子母扣將「垂直水平角度轉換儀」固定在第一代數位化量角器上。
- 將智慧型手機之背殼用子母扣固定在「垂直水平角度轉換儀」之另一側。

圖三十一：校正第三代可變電阻量角器

- 利用氣泡水平儀校正上述裝置之水平位置：可調整腳架或雲台角度，也可調整垂直水平角度轉換儀本身之角度。
- 確定當齒輪下方之水平角度數位化量角器轉至 50 度角時，手機成垂直地面位置且鏡頭成水平位置。如此才能確定當垂直角度爲 0 度時，水平角度爲所設定的自訂 0 度角(事實上相當於 50 度角)。

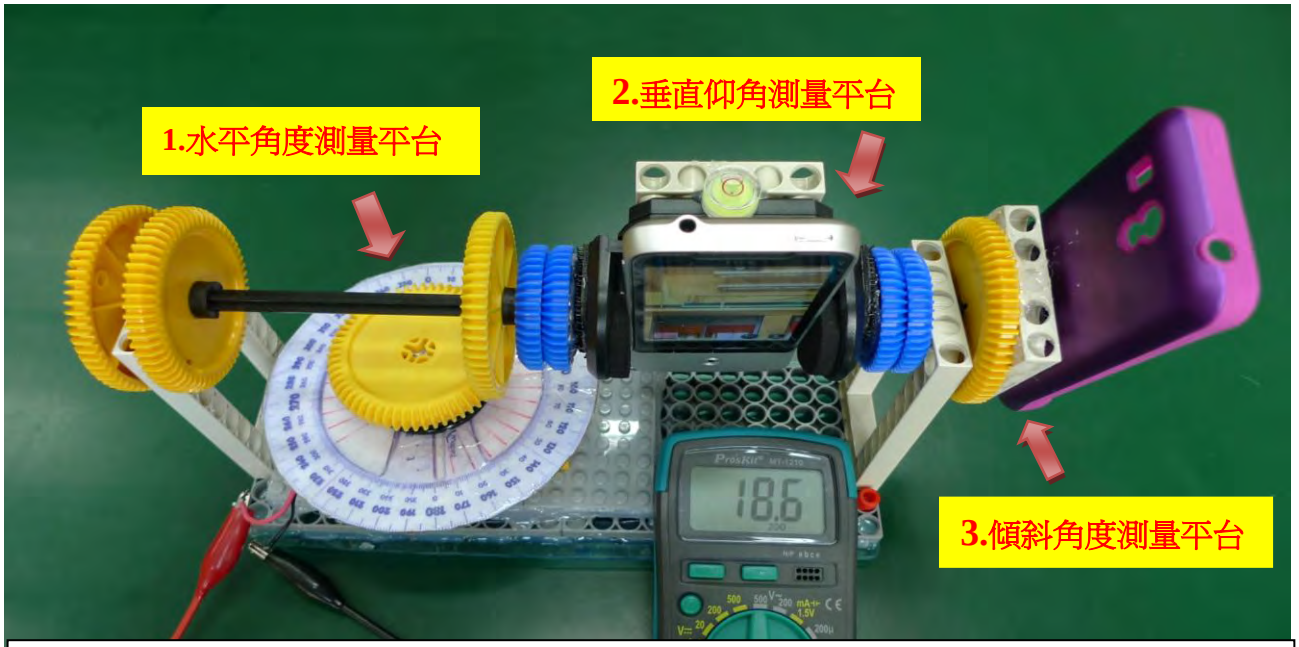


圖三十二：開啓照相機功能並確認中心點十字指標清楚



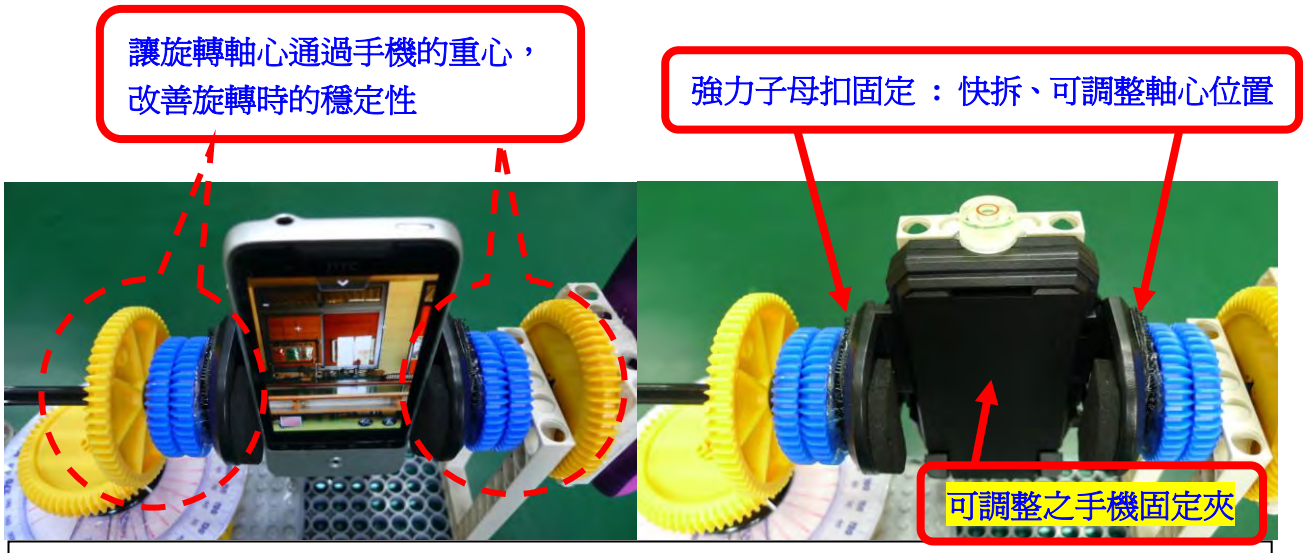
圖三十三：確認水平角度隨著垂直角度的變化而改變，電阻值隨之增加。

(三) 實驗工具設計(IV)：第四代三維角度可變電阻量角器

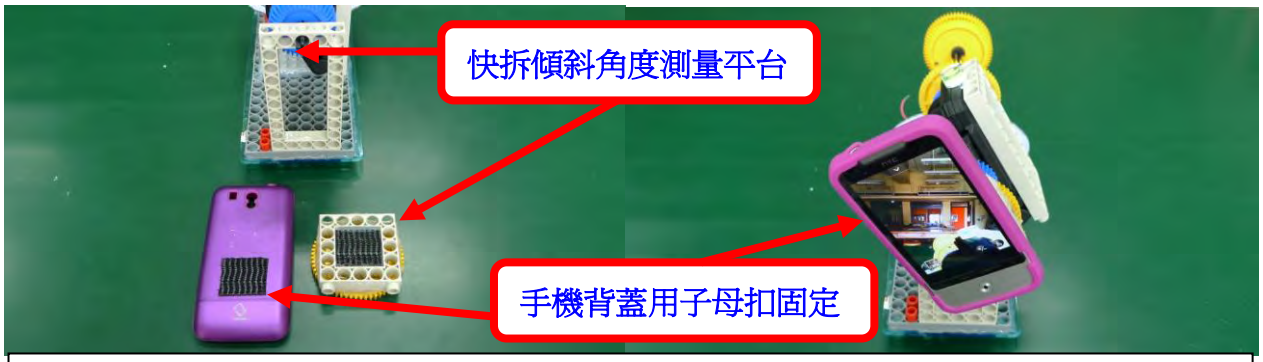


圖三十四 ： 第四代三維角度可變電阻量角器 – 包含三個測量平台 ：
1.水平角度測量平台　2.垂直仰角測量平台　3.傾斜角度測量平台

圖三十五 ： 第四代三維角度可變電阻量角器 ： 水平角度測量平台



圖三十六 ： 第四代三維角度可變電阻量角器 ： 垂直角度測量平台



圖三十七：第四代三維角度可變電阻量角器：傾斜角度測量平台

三、實驗三：應用可變電阻量角器測量已知與未知水平角度及傾角

（一）驗證已知水平角度結果

已知角度（度）	a=30	b=60	c=90	d=45	e=90	f=45	g=120	h=160
實驗電阻值（Ω）	29.3	42.2	56.3	35.6	57.1	35.6	70.6	89.2
資料庫電阻值（Ω）	28.7	42.7	56.5	35.6	56.5	35.6	70.5	88.4
測量角度（度）	30.2	58.5	89.4	44.0	91.0	44.0	120.7	161.4
誤差百分率	0.7%	2.5%	0.7%	2.2%	1.1%	2.2%	0.6%	0.9%

圖三十八：驗證已知水平角度的結果

（二）驗證未知水平角度結果

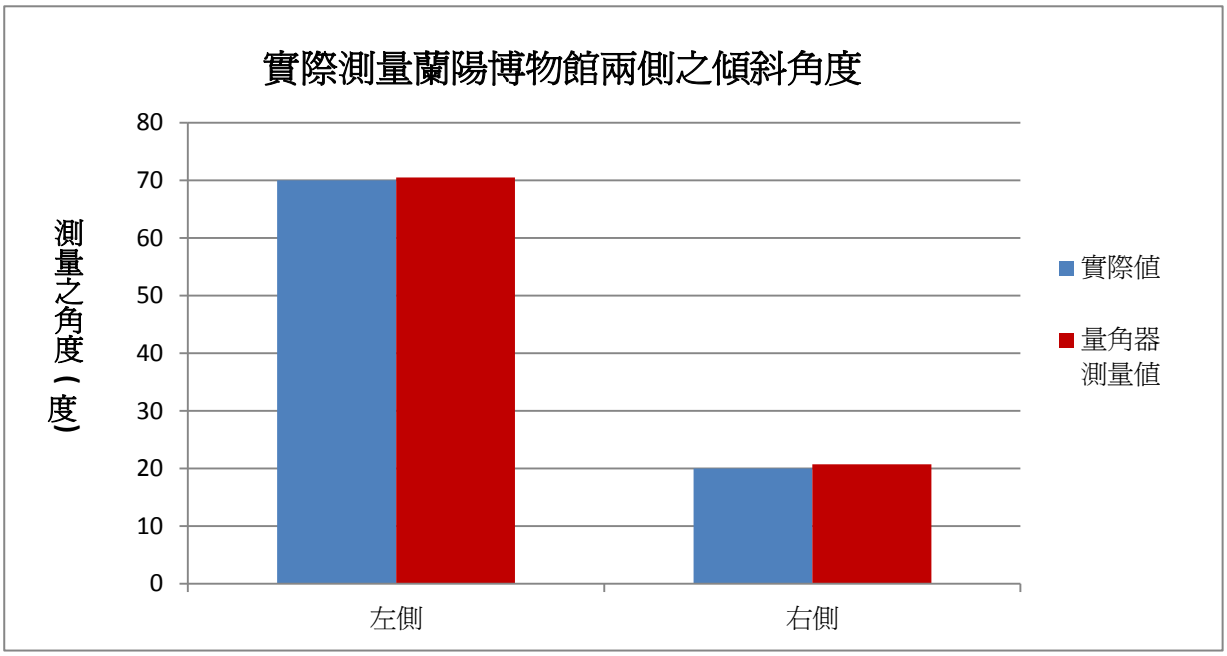
未知角度	未知銳角 A	未知銳角 B	未知鈍角 C	未知鈍角 D
實驗電阻值（Ω）	39.7	23.5	71.5	80.7
測量角度（度）	53.0	17.5	122.7	142.8
實測角度（度）	52	18	120	145
誤差百分率	1.9%	2.8%	2.3%	1.5%

圖三十九：驗證未知水平角度的結果

角度計算法：最佳直線：$y=0.4567x-7.3565$

y：電阻值　　x：從 50 度起算之旋轉角度　　實際角度爲：$x-50$

（三） 測量傾斜角度 ： 測量蘭陽博物館建築的兩側傾角

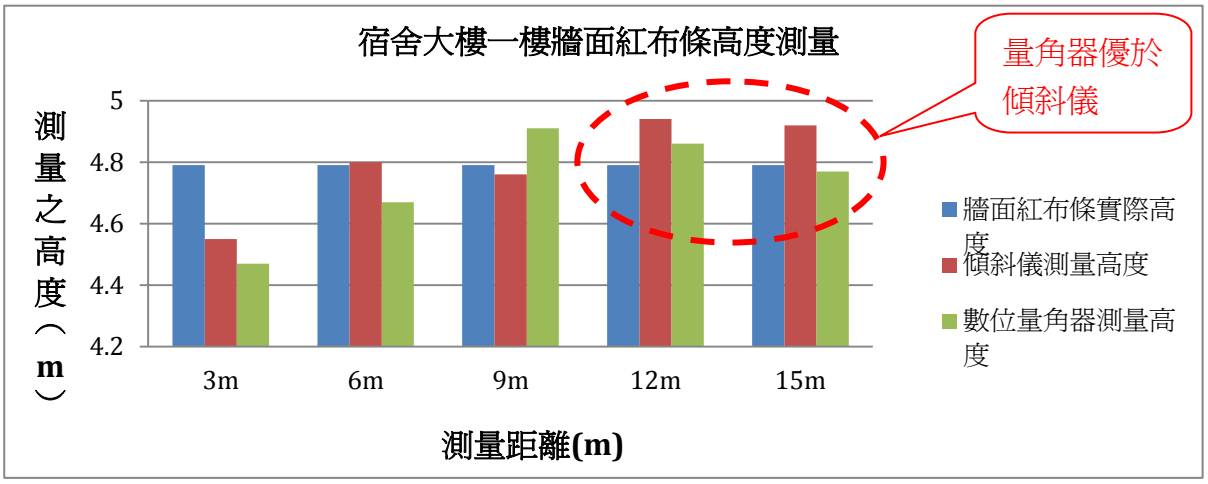


圖四十：測量宜蘭蘭陽博物館主體建築兩側之傾斜角度

1. 可變電阻量角器傾斜角度測量之誤差百分率左側爲 0.71%，右側爲 3.5%

四、實驗四 ： 應用可變電阻量角器測量待測物的仰角並計算高度

（一）宿舍大樓一樓牆面紅布條高度：



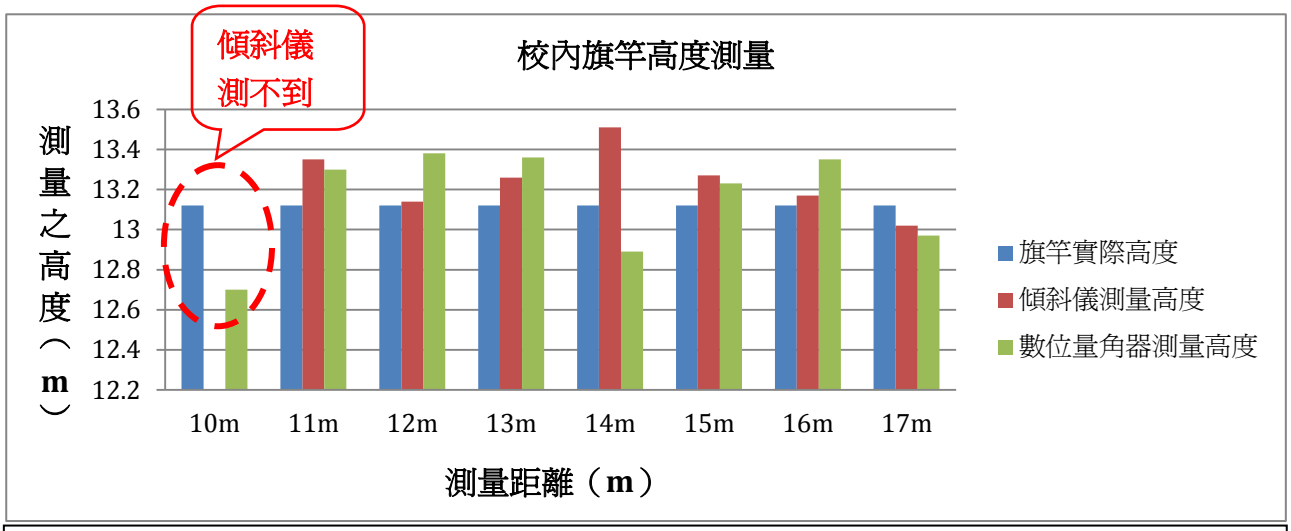
圖四十一：測量宿舍大樓一樓牆面仰角及計算高度

1.高度計算法：

測量距離*tan(觀測角度)+觀測者高度(本實驗以腳架上相機鏡頭位置爲準：1.55m)。

2.傾斜儀與量角器在 3m 距離時誤差皆大，在 6m 及 9m 時傾斜儀較準確，但是在 12m 以後則是量角器效果較好。量角器在 6m(1.25 倍待測物高度)以上時誤差在 3%以內，在 12m(2.5 倍待測物高度) 以上時誤差在 2%以內。

（二）校內旗桿：

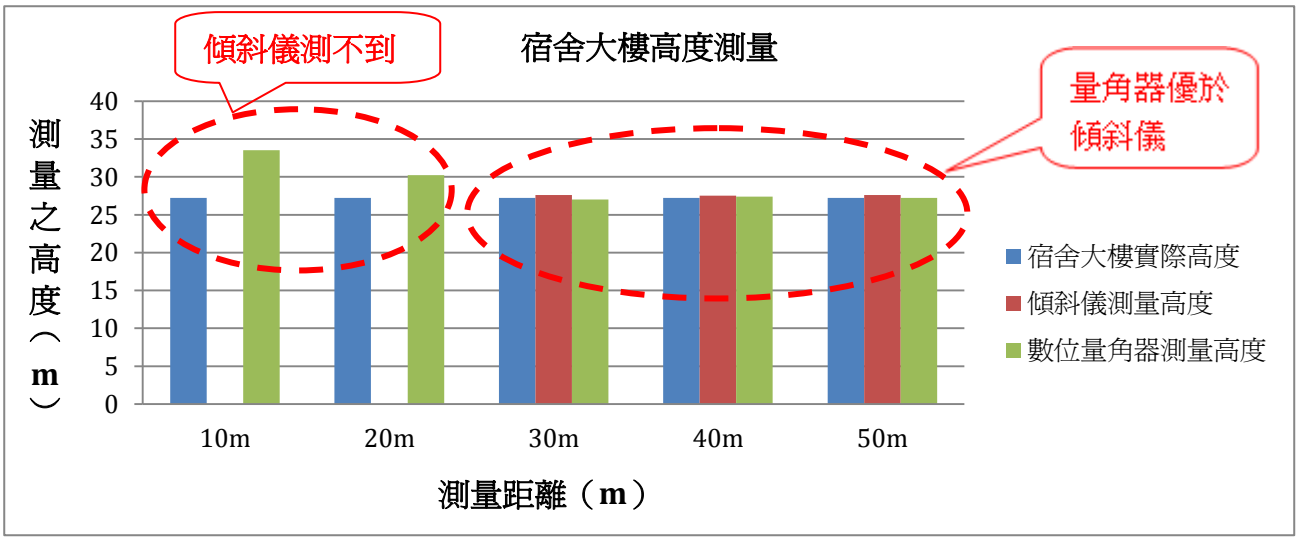


圖四十二：測量升旗旗桿的仰角及計算高度

1.傾斜儀與量角器的誤差相近，兩者在 11m 以上距離時，誤差都在 2%以內。

2.傾斜儀在距離 10m 以內就因仰角太大而測試不到，量角器在 10m 距離時仍可觀測仰角，誤差值約 3%，這是比傾斜儀優越的地方。

（三 ）宿舍大樓樓高：

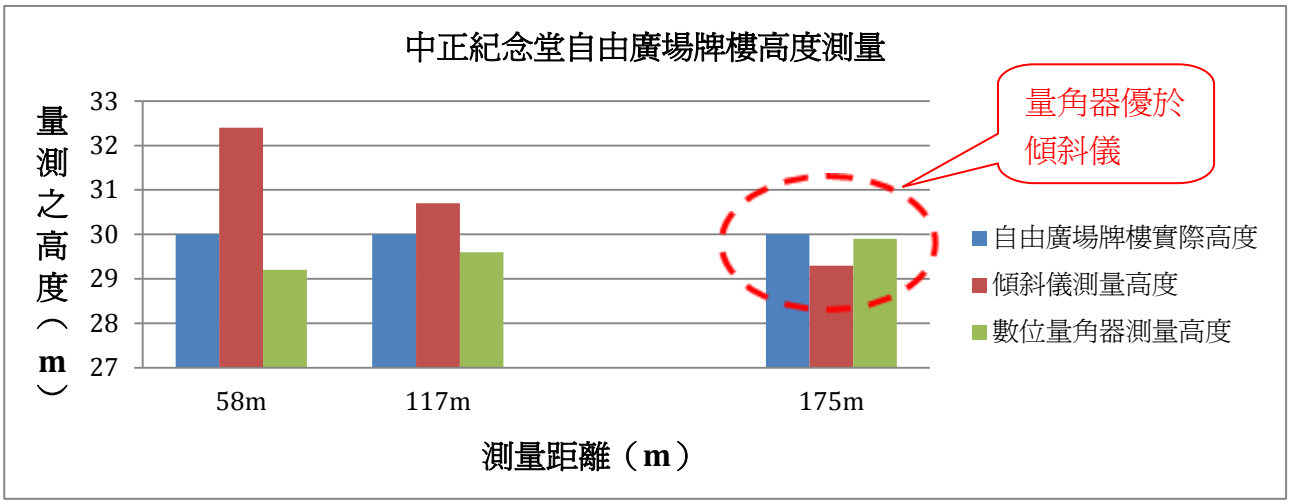


圖四十三：測量宿舍大樓仰角及計算樓高

1.傾斜儀在 20m 以內，因仰角太大，超過儀器測量範圍，因此測試不到。量角器雖可測到， 但因仰角太大不易對準中心位置，故誤差較大。

2.傾斜儀與量角器兩者在距離 30m、40m、50m 三個距離測試效果皆不錯，傾斜儀約 <2%，量角器的誤差在 1%以下。

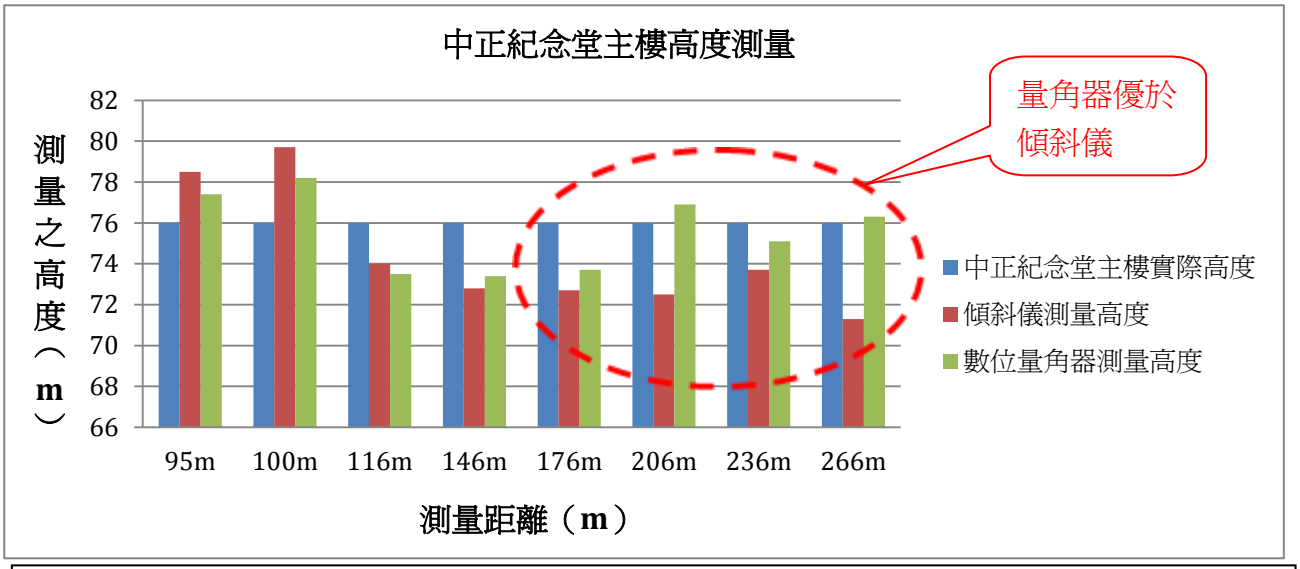
(四) 中正紀念堂自由廣場牌樓：



圖四十四：測量中正紀念堂自由廣場牌樓仰角及計算高度

1.不論是傾斜儀或量角器在較遠觀測距離其預測高度的準確性都比較近距離來的高。
2.觀測距離 58m(2 倍待測物高度)以上量角器誤差在 3%以內，117m(4 倍待測物高度)則<2%，175m(6 倍待測物高度)則<1%。
3.整體來看量角器的誤差值都比傾斜儀來的小，尤其在較遠觀測距離時(如圖中虛線圈起來之 175m 處)其準確度優於傾斜儀，且預測值相當接近實際高度

（五）中正紀念堂主樓：



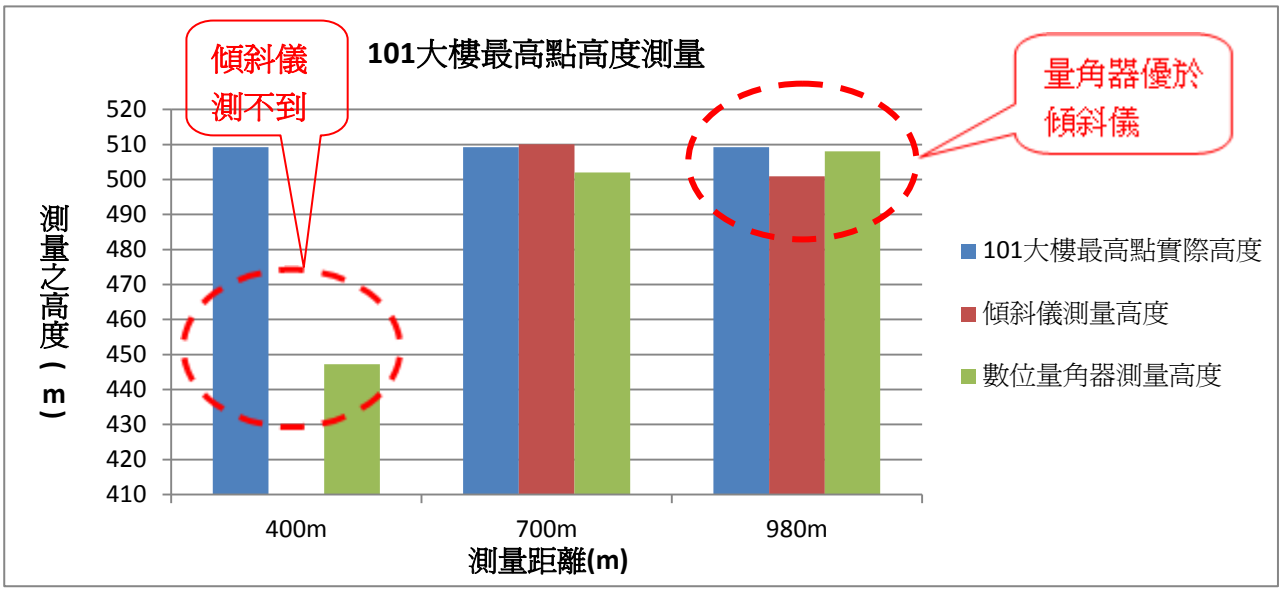
圖四十五：測量中正紀念堂主堂建築的仰角及計算高度

1.在 176m 以內之觀測距離，傾斜儀及可變電阻量角器預測高度的誤差值差距不大，但量角器整體來講仍比傾斜儀來的準確。

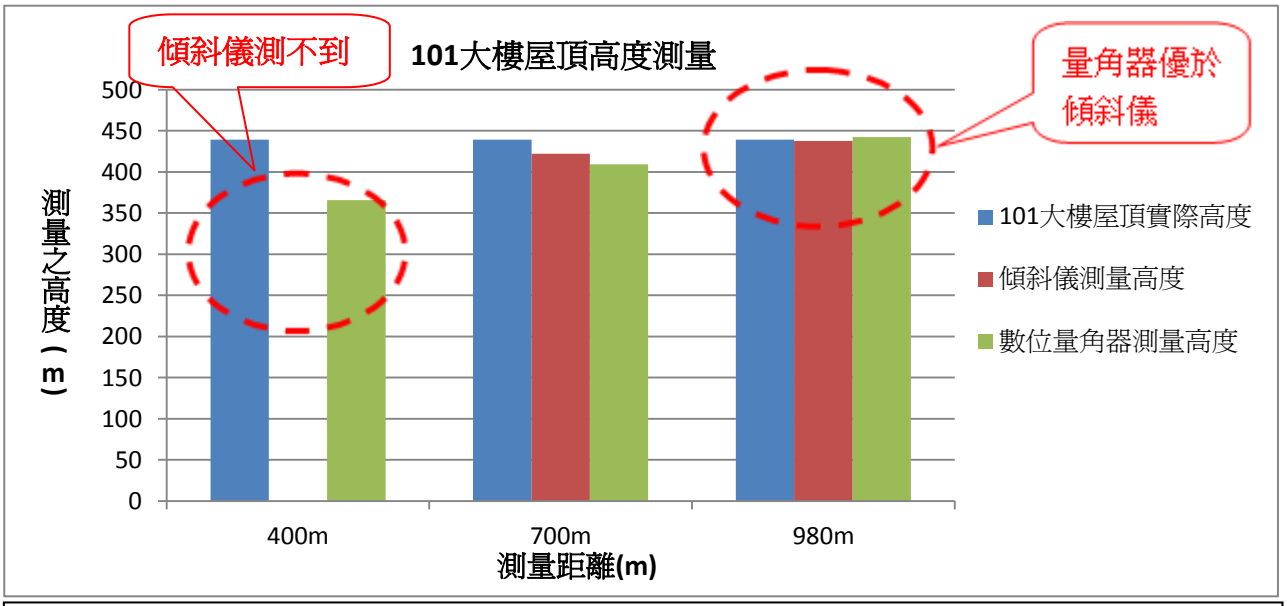
2.在大於 176m 以上之較遠觀測距離時，量角器明顯優於傾斜儀(如圖中虛線圈起來處)，由我們的數據看起來當觀測距離大於 206 米以上時，量角器預測較高建築物之仰角及高度的誤差值可降低到 1%左右。

3.觀測距離 176m(2.3 倍待測物高度)時量角器誤差<3%，觀測距離 206m(2.7 倍待測物高度)則<2%，觀測距離 266m(3.5 倍待測物高度)則<1%。

(六)台北 101 大樓最高點頂端及屋頂平台 ：



圖四十六：測量台北 101 大樓尖端最高點仰角及計算高度

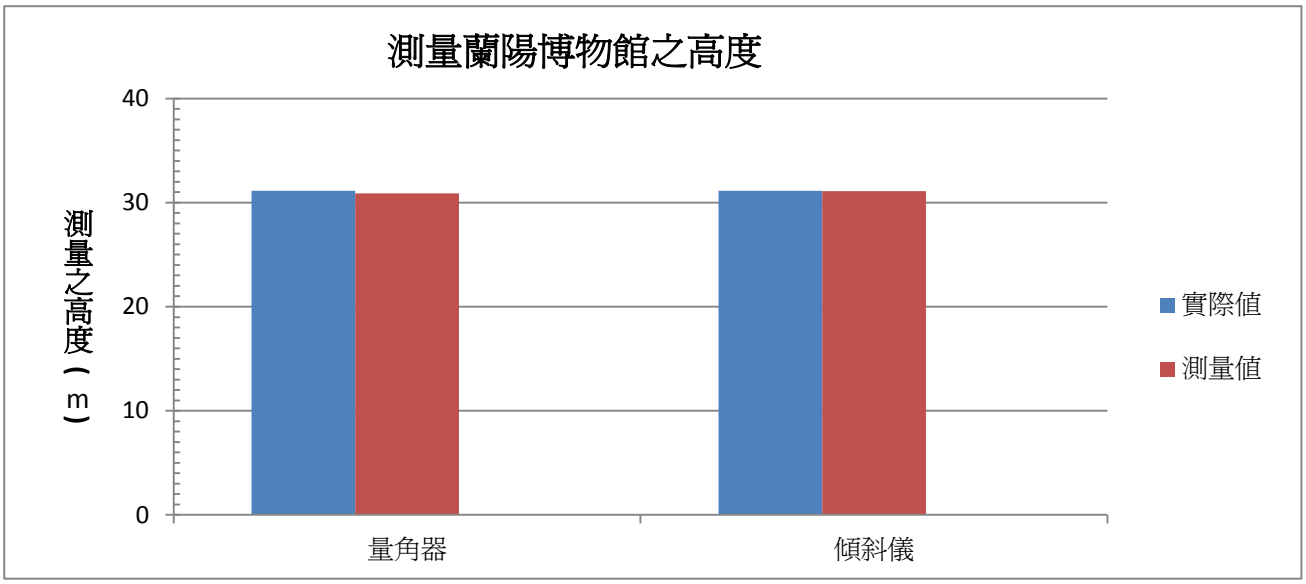


圖四十七：測量台北 101 大樓屋頂仰角及計算高度

1. 在 400m 之觀測距離時，傾斜儀無法測量。
2. 在 700m 及 980m 觀測距離時傾斜儀及可變電阻量角器的誤差值皆<2%。

3. 在 980m 觀測距離時可變電阻量角器的誤差值<1%，且優於傾斜儀。

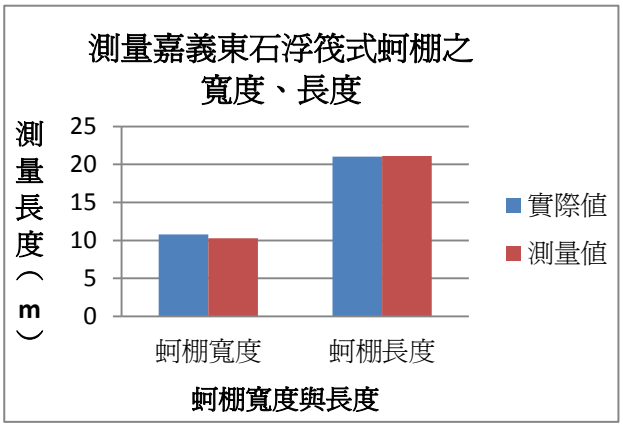
(七) 宜蘭蘭陽博物館主體建築之高度

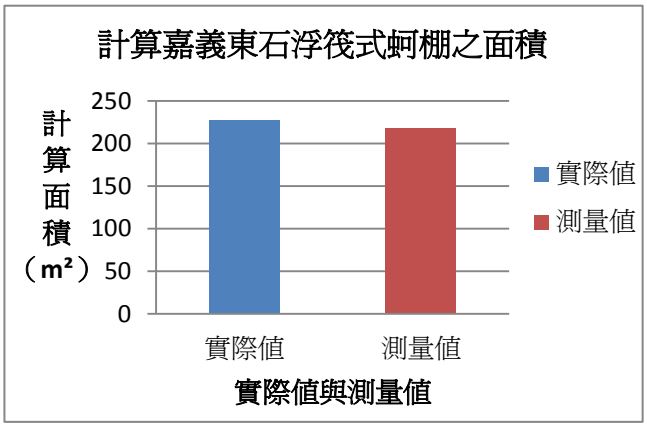


圖四十八：測量宜蘭蘭陽博物館主體建築之仰角及計算高度
可變電阻量角器誤差百分率 0.8.%，傾斜儀誤差百分率 0.16%

五、實驗五 ： 應用數位化量角器計算待測物的面積及體積

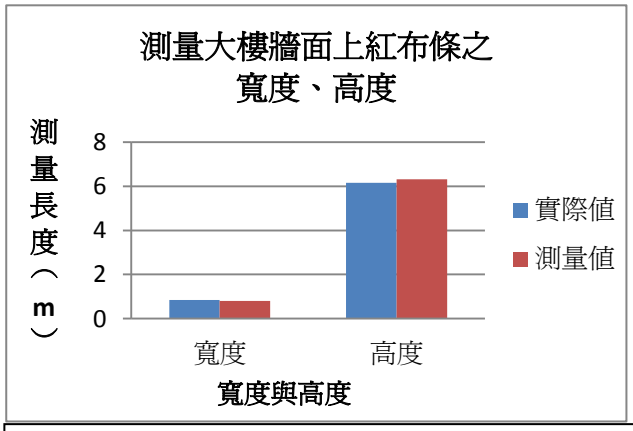
(一)計算水平面積 ：嘉義東石漁人碼頭浮筏式蚵棚之寬度、長度、面積

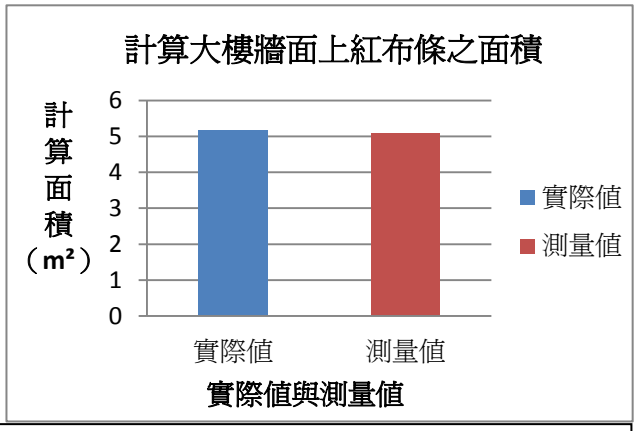




圖四十九 ： 測量嘉義東石漁人碼頭浮筏式蚵棚之寬度、長度及計算面積
蚵棚寬度誤差百分率爲 4.8%，長度誤差百分率爲 0.6%，總面積累積誤差百分率爲 4.2%

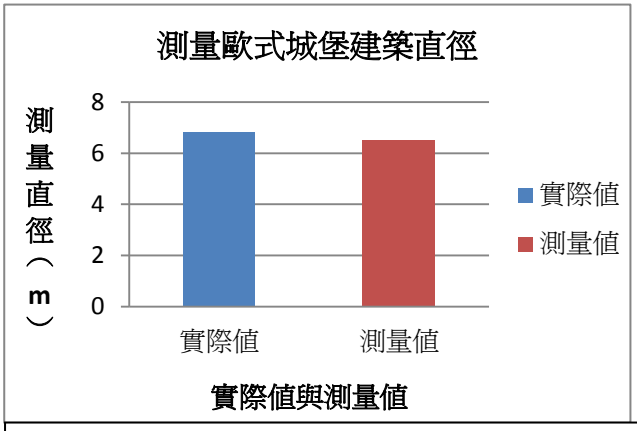
(二)計算垂直面積：大樓牆面上之紅布條寬度、高度、面積

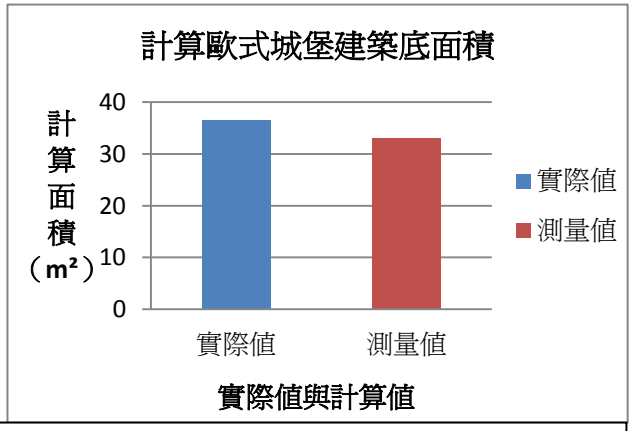




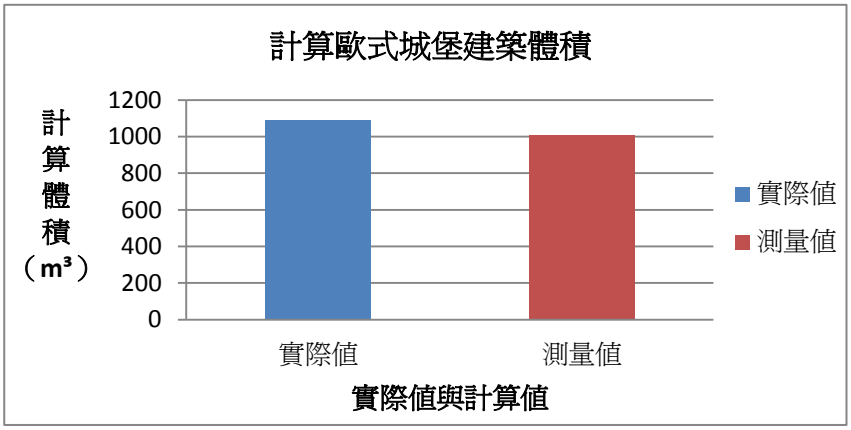
圖五十：測量大樓牆面上紅布條之寬度、長度及計算面積
牆面上之紅布條寬度誤差百分率為 4.3%，長度為 2.6%，總面積累積誤差百分率為 1.8%

(三)計算歐式城堡建築之直徑、面積、體積：





圖五十一：測量歐式城堡建築圓柱體之直徑及計算底面積
歐式城堡建築直徑誤差百分率為 4.7%，底面積累積誤差百分率為 9.4%



圖五十二：
計算歐式城堡的體積

歐式城堡建築體積累積誤差百分率為 7.9%

陸、討論

一、實驗一： 1KΩ可變電阻有較大的操作範圍，100Ω可變電阻則有最好的操作性，而 250Ω可變電阻則介於中間。在實際操作時 100Ω可變電阻每轉動一度的電阻值的變化量較小且較快穩定，故最適合來組成量角器。

二、實驗二：第一代可變電阻量角器因未限制測量角度，有可能測量到非線性範圍之電阻值，故改進成第二代。因爲 100 歐姆可變電阻在 0~40 度及 280~300 度範圍內，旋轉角度與電阻值並不成線性關係，所以我們在第二代量角器將 100Ω可變電阻從 50 度角訂爲起始原點 0 度角，90 度角相對成爲 40 度角，依此類推，如此則 0~180 度之角度皆可測得成線性關係之電阻值。第二代可變電阻量角器則因無法測量仰角，故改良成第三代。而第三代可變電阻量角器因爲轉軸不穩定且無法測量傾斜角度，所以再改良成第四代三維角度可變電阻量角器。

三、實驗三：應用可變電阻量角器完成對已知水平角度、未知水平角度和蘭陽博物館建築兩側傾角的測量。每次測量時先取可變電阻在線性範圍內任意兩個角度(如 50 度及 230 度)之電阻值進行校正，取得實驗當時之線性公式。在測量三度空間水平夾角及傾斜角時要注意調整起始角度的大小，需使得測量之角度位於可變電阻的線性範圍內。

四、實驗四：應用實驗三量測角度的方法，成功計算出學校旗桿、宿舍大樓、中正紀念堂主樓、自由廣場牌樓、台北 101 大樓最高點、屋頂及蘭陽博物館建築的最高高度。實驗中我們發現傾斜儀在測量仰角時有其限制，其最大可測仰角爲 50 度角，所以太接近較高之待測物時無法使用，且需靠視覺判讀十字中心位置，加上傾斜儀最小刻度爲 1 度，所以會有 0.5 度的誤差。而我們的可變電阻量角器數值可讀取到小數點第一位，雖也需靠判讀相機影像中心十字對焦點，經實驗證明誤差比傾斜儀小，且無觀測角度的限制。另外我們也發現當觀測距離越遠時，因三角函數 sin(角度)可近似 tan(角度)之原因，故計算出來的高度誤差就越小。

五、實驗五：應用可變電阻量角器成功計算出嘉義東石浮筏式蚵棚面積、大樓外牆紅布條面積及歐式城堡建築的體積。雖有累積誤差，但仍然在工程誤差值之內。

柒、結論

一、100Ω可變電阻經實際操作後，不論是線性度或操作的容易度皆爲最佳選擇。

二、第四代三維角度可變電阻量角器成功地可測量水平、垂直及傾斜三個角度。

三、量測已知水平角度、未知水平角度及蘭陽博物館建築物傾角，誤差可控制在 3%以內，符合工程應用上所需。

四、計算建築物的高度，在距離大於兩倍待測物高度測量時，誤差在 3%以內。

五、本儀器可推廣應用至面積與體積上，例如:計算水平蚵棚面積、垂直紅布條面積，累積誤差爲 5%以內；計算歐式城堡體積可控制在工程誤差 5%以內。

捌、參考資料及其他

一、【可變電阻—電位器】

維基百科(無日期),2013 年 3 月 16 日　取自:
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%BB%E4%BD%8D%E5%99%A8

二、【光學量角器與測振研究】

台北縣興南國小李建志,鄭鈞瑋等(無日期)
第 34 屆中華民國全國中小學科展應用科學科第一名

三、【萬能分度器】

台北縣興南國小洪其秀,陳詩旻等(無日期)
第 37 屆中華民國全國中小學科展應用科學科第一名

四、【角度測量】

互動百科(無日期)　取自:
http://www.hudong.com/wiki/%E8%A7%92%E5%BA%A6%E6%B5%8B%E9%87%8F

五、【易教,量角,算角器】

高雄市鹽埕國小陳香吟、陳啓文等　取自:
http://teachernet.moe.edu.tw/Upload/BenchMark/1016/GTC020.pdf

六、【高度測量創意】

陳正治、許嘉琪　取自: 亞太科學教育論壇,第五期,第二冊,文章二(2004 年 8 月)

【評語】030815

1. 此作品利用可變電阻之線性關係來測量不同的數值，如高度、面積等。

2. 此方法之實測證明可行，且作品完整。

3. 可於電阻部份再加以設計便於讀取，降低系統複雜度。