

椰子樹到底有多高？

高小組應用科學科第三名

台北市明道國民小學

作者：陳靜琪、陳佳筠

指導教師：傅聖國

一、研究動機：

上體育課時，老師問我們躲避球場的長和寬是多少？同學們用小尺量，不但不準確，而且不方便。於是大家便互相討論有沒有方法可以簡單又方便的測量出一段「長的距離」。

二、研究目的：

- (一)找出最準確的寬度測量儀。
- (二)利用夾角的大小製作準確的寬度測量儀。
- (三)探討「距離的遠近」對「夾角大小」的影響及其關係。
- (四)研究擴展「寬度測量儀」的使用範圍，使能應用於「測量高度」及測量「太陽和月亮的高度角」等。

三、研究設備器材：

- (1)皮尺 (2)強力膠 (3)長竹竿 (4)壓克力板 (5)大圓規(教具用)
- (6)三角架(照相機用) (7)4分、8分、16分水管 (8)奇異筆
- (9)量角器(教具用) (10)厚紙板 (11)三夾板 (12)鏡子(13)鐵釘
- (14)細針 (15)繚絲 (16)合成皮 (17)調頻器(收音機用)

四、研究過程及方法：

(一)如何很簡便的測量躲避球場的寬度？

1. 步測法：(1)先由小朋友走十步，量其距離。再由小朋友步測寬共有幾步，然後將步數乘以一步的平均距離，即可得知物體的寬度。

(2)結果發現：

ㄅ. 每次的步伐大小無法完全控制，形成誤差。

ㄆ. 人數越多，所做出來的平均值越準確，但耗時費力。

ㄇ. 測量的物體中間若有障礙物（如花圃、水池等）無法橫越，則無法測出。

2. 竹竿測量法：

(1)利用壞掉的掃把柄的竹竿，先測量其長度。再量出球場寬度有幾個竹竿長（倍數）。即球場的寬度=竹竿的長度×倍數。

(2)結果發現：

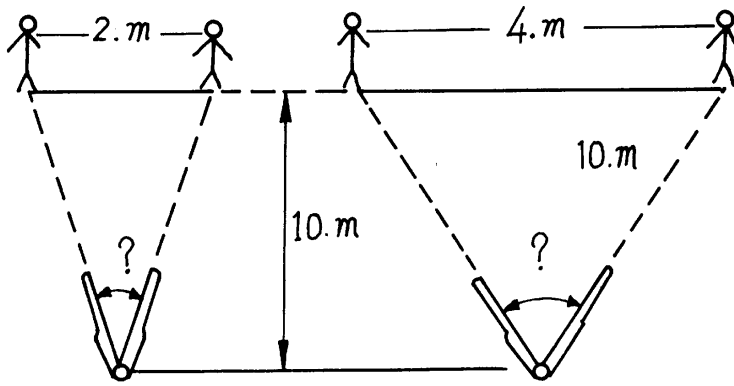
ㄅ. 準確度高。

ㄆ. 竹竿佔空間且攜帶不便。

ㄇ. 受器材限制無法普遍運用。

3. 圓規測量法：

(1)由於學會如何運用量角器，發現二條線的夾角越大所涵蓋的範圍越寬。於是利用教具室的木製大圓規，做為測量的儀器。在2,4,6,8……公尺等定點處站小朋友。分別在2,4,6,8……公尺等的中央前方10公尺處測量2,4,6,8……公尺寬度的夾角大小。（夾角測量以圓規的內緣為準。）

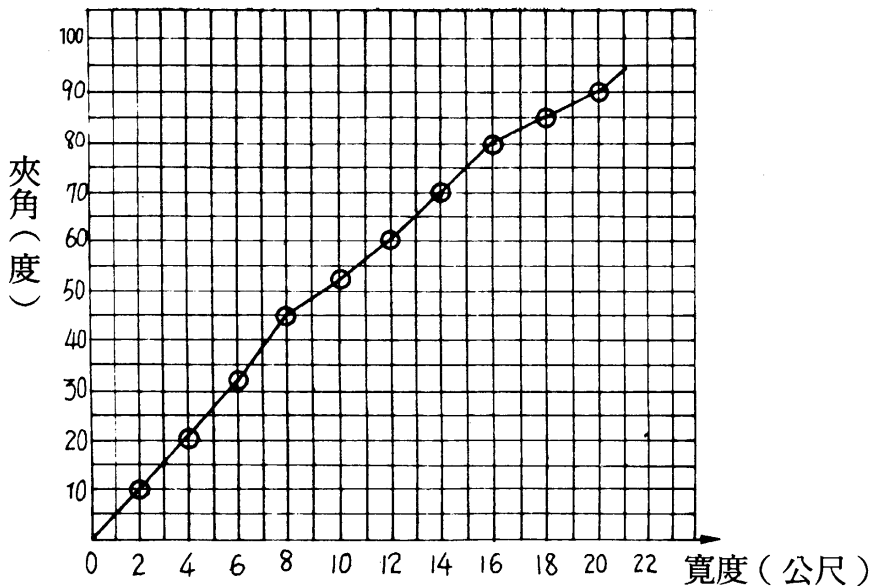


(2)結果：測量寬度對夾角大小的紀錄：

夾角 次數	寬度									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
第一次	10	21	33	43.5	53	61	71	77.5	84.5	90.5
第二次	9.5	21.5	32	44	52.5	60	71.5	77	84	90
第三次	11	21	33	45	52	61	70	77.5	83	91
平均	10.2	21.2	32.7	44.2	52.5	60.3	70.8	77.3	83.8	90.5

(3)發現：

↘ 依據測量結果：夾角對寬度的關係圖如下：



- ㄨ. 三次測量的平均：寬度和夾角大小成穩定增加關係。
- ㄐ. 是目前討論出最理想的測量方法。
- ㄒ. 和前面二種測量方法比較有儀器簡單且測量方便的優點。
- ㄨ. 但仍有缺點：
 - (ㄨ) 精確度不夠。
 - (ㄨ) 圓規必須置於平坦地面觀察，不易描準對正。
 - (ㄐ) 每次必須置於物體兩端的中點前方測量，非常不便。

(二)那一種方法測出的角度最精確？

1. 為了便於描準對正測量物，使用水管測量。

(1)方法：

- ㄨ. 將圓規的二隻柄，裝上4分管。
- ㄨ. 利用潛望鏡原理將水管向上彎曲。
- ㄐ. 將測量儀置於平台上，便於測量。
- ㄒ. 重覆前面方法，測量2, 4, 6, 8……公尺等寬度夾角的步驟。
- ㄨ. 重覆測量三次，並比較兩種器材的精確度。

(2)結果發現：

- ㄨ. 比較兩種瞄準方式，利用水管描準，較科學而快速。
- ㄨ. 雖然水管口徑小，但描準範圍卻很大，因此不夠精確。
- ㄐ. 每次均需找出兩點距離的中點，非常不便。且兩支水管都要描準，非常浪費時間。

2. 如何用水管做最精確的描準？

(1)方法：

- ㄨ. 前次測量必須求出兩物的中點，非常不便。
- ㄨ. 於是改變為對正物體其中一端，然後測出另一夾角的大小。
- ㄐ. 分別在距物10公尺處量出2, 4, 6, 8……公尺等寬度的夾角。

(2)結果發現：

ㄎ. 只要瞄準一水管，比前次的方法來得方便。

ㄎ. 角度變化起初很明顯，愈後來變化越小。

3. 如何做出最理想的寬度測量儀。

(1)方法：

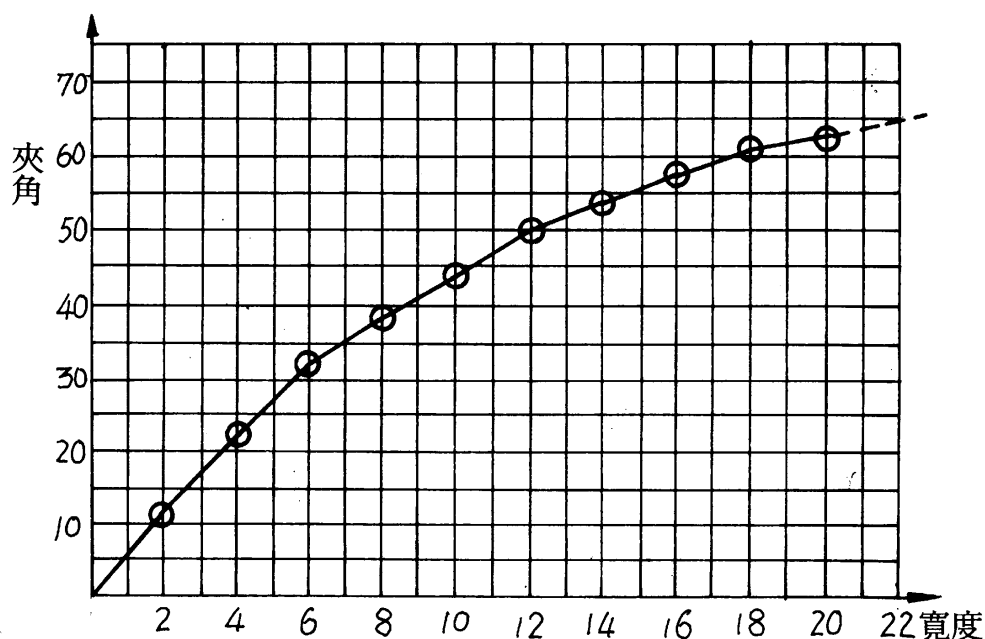
ㄎ. 為了便於描準，在水管前後端加上⊙及⊕使能更精確的對準物體。

ㄎ. 釘製一個四分之一圓的小木箱，使瞄準的水管在箱內移動。

ㄎ. 應用收音機調頻器的原理，帶動水管的移動，達到微調的目的。

ㄎ. 重覆方法3.，定出測量儀的刻度。

ㄎ. 利用內插法及外推法，畫出其餘刻度。



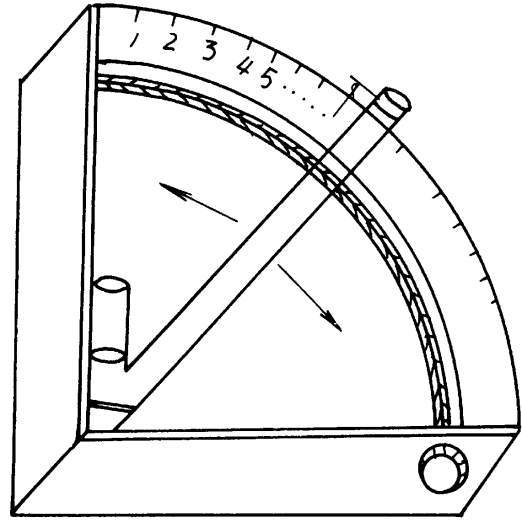
(2)結果：

ㄎ. 將刻度訂在木箱上蓋，再把整個木箱固定在三角架上。

ㄎ. 利用水管上的指針，指出刻度。

ㄎ. 在有效範圍內能精確的量出物體的寬度，最理想的「寬

度測量儀。」（如下圖）



(三)水管的粗細會影響準確嗎？

水管越細會越精確嗎？

(1)方法：

- ㄅ. 分別在用4分、8分、16分的水管測量。
- ㄆ. 分別測量2, 4, 6, 8……公尺的夾角。

(2)結果發現：

- ㄅ. 16分水管誤差最大，但水管的粗細對角度大小沒有顯著影響。
- ㄆ. 水管口徑越大，觀察越方便。（水管越細越不易觀察）
- ㄇ. 經過比較以8分水管觀察最方便誤差極小。

(四)水管的長短會影響精確度嗎？

水管越長會越精確嗎？

(1)方法：

- ㄅ. 分別用10公分、30公分、50公分的水管測量。
- ㄆ. 重覆三次測量6公尺的寬度。

(2)結果發現：

- ㄅ. 以50公分長的水管最精確，10公分長的水管誤差最大。
- ㄆ. 水管越長雖然精確，但不易找到物體，需花較長時間。

□. 10公分長的水管平均瞄準一次費時（5~8）秒。30公分長的水管平均瞄準一次費時（10~15）秒。50公分長的水管平均瞄準一次費時（17~24秒）。

ㄘ. 要用多長的水管，必須看你所要求的精確度而定。

(五)測量儀距物體的遠近會影響角度的變化嗎？

測量儀距離物體越近會越精確嗎？

(1)方法：

ㄎ. 分別在物體前方5, 10, 15, 20公尺處測量寬度。

ㄎ. 紀錄角度的變化及誤差。

(2)結果：距物體5, 10, 15, 20公尺處，寬度和夾角的關係如下。

夾角 大小 距離	寬度	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
5 公尺		22.5	39.5	51	58.5	64	68	70.5	73	75	76.5
10 公尺		11	21.5	30.5	38.5	44.5	50	54	58	60.5	63
15 公尺		7.5	15	22	28.5	34	38.5	43	47	50.5	53.5
20 公尺		5.5	11	16.5	21.5	27	31.5	35	39	42	45

(3)發現：

ㄎ. 距離越近，能測出愈小的寬度，結果也愈精確，反之寬度愈大，誤差愈大。

ㄎ. 距離越遠，能測出寬度越大的物體。

□. 要在何處測量最適當，需視物體大小而定。

ㄘ. 距離的遠近對物體寬度的關係（結果如下頁表）。

(六)自製的測量儀器真的準確嗎？

用皮尺和測量儀分別做測量並做紀錄。

(1)方法：

ㄎ. 選定5種不同寬度的物體，並用自製的測量儀測量寬度。

ㄎ. 再用標準的捲尺測出5種物體的實際寬度。

距物體的距離	可測量的範圍 (物體寬度)
10 公尺	0 ~ 25 公尺
15 公尺	0 ~ 30 公尺
20 公尺	0 ~ 40 公尺
30 公尺	0 ~ 55 公尺

(2)結果：測量結果比較如下：

寬度 時間		受測物 (公尺)	鐵門	司今台	校門	中正堂 紀念門	公佈欄
79年	標準寬度		4.21	8.03	6	21.4	2.8
2月3日	自製測量儀		4.20	8.1	5.95	21.5	2.7
79年2	標準寬度		4.20	8.03	6	21.42	2.8
月14日	自製測量儀		4.15	8.15	6	21.50	2.75

(3)發現：由測量所得和標準寬度吻合，證為一精確度極佳的測量儀。

(七)寬度測量儀，只能測量寬度嗎？

利用寬度測量儀來測量高度。

(1)方法：

- ㄅ. 一般大樓、椰子樹等的高度，是平常我們不易測量的。
- ㄆ. 測量高度的原理，和寬度測量儀的設計原理完全相同。
- ㄇ. 找出幾種可以實際測出高度的物體，並把「寬度測量儀

」豎立起來測量該物體高度，做個比較。

(2)結果：測量結果比較如下：（單位：公尺）

高度 項目	物體	鐵門	教室 高度	旗竿	二樓	三樓	活中 動心
實際高度		2.32	2.86	11.47	6.3	9.82	17.04
測量高度		2.30	2.83	11.32	6.20	10	17.2

(3)發現：

ㄅ.實驗得知，寬度測量儀也可以用來測量高度。

ㄆ.測量前必須先扣掉角架的高度，測量出的高度再加上角架高度即可。

五、實驗結果：

(一)由實驗得知，研究自製的測量儀能輕易而準確的測出球場長寬。

(二)測量儀能測出平常不容易去測量的物體：如椰子樹、銅像等，更是我們最大的收穫。

(三)五年級時，需要測量月亮和太陽的高度角，用此儀器可精密的比較高度角的變化情形→是良好的教具。

六、討論

(一)測量儀的水管越長越準確，但是太長搬移時反而不方便且佔空間，所以我們選擇30公分長的水管，已經相當準確，搬移也方便。

(二)水管的大小，對夾角大小影響不大，主要的關鍵仍在於對準與否。

- (三)測量寬度時，要垂直對正左端是比較難的，可以利用三角形垂直的兩邊是3和4公尺，斜邊是5公尺的原理，很快的對正。
- (四)根據相同的原理，測量儀應該可以測量月亮每天的高度角變化。水管前端加上墨鏡更可以精確的測出太陽的高度角。
- (五)我們也曾經嘗試利用相同原理，求出受測物到測量者的距離，但因三角形中，其中一邊和另兩邊相差太多，角度變化不大，誤差懸殊。

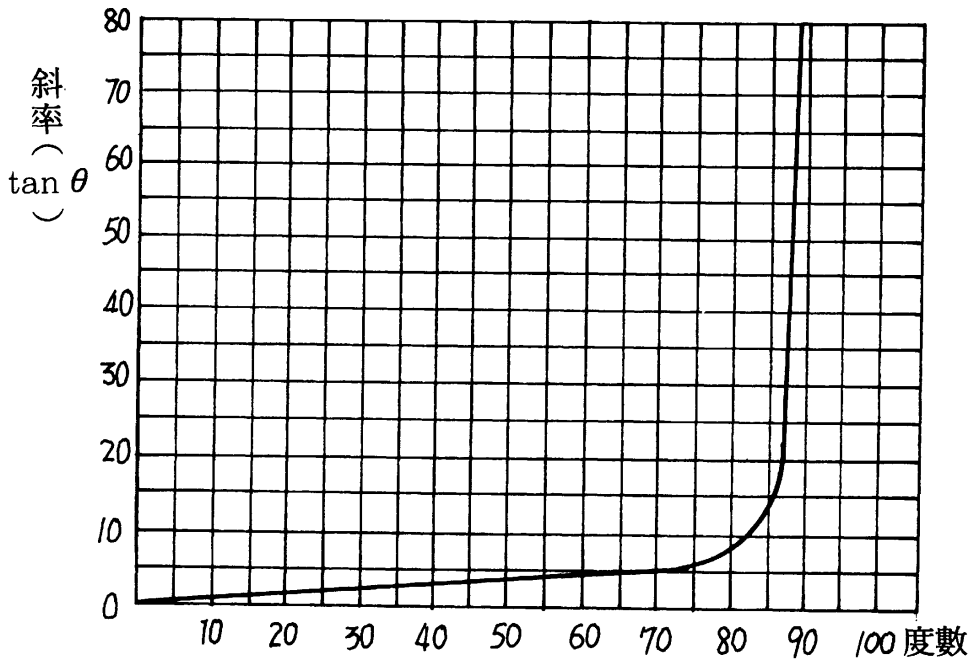
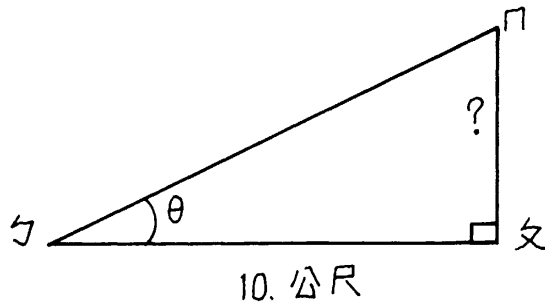
七、結論：

- (一)由實驗得知，當要測量較大的物體寬度時，尤其中間有障礙物如花圃，水池等阻隔，其他方法無法測量時，測量儀能很輕易的測出其高度。
- (二)一般椰子樹、銅像等的高度不容易測量，利用測量儀也可以很快的測出其高度。
- (三)測量時寬度（高度）愈小，可以在愈近的距離測量；寬度（高度）愈大的物體，便要在愈遠測量。選擇適當的距離測量，可以得到最大的精確度。
- (四)測量者的位置與受測物的範圍關係如下：（誤差在20公分內）

距 離	受 測 物 大 小
5 公尺	0 公尺 — 10 公尺
10 公尺	0 公尺 — 25 公尺
15 公尺	0 公尺 — 30 公尺
20 公尺	0 公尺 — 40 公尺
30 公尺	0 公尺 — 55 公尺

(五)我們只要事先訂好距離，分別是5, 10, 15……公尺的刻度，便能在各種情況下測量。如中門有河川阻隔、測量天橋寬度、中正紀念堂正門高度……等。

(六)在直角三角形 \triangle 、 α 、 β 中斜率=對邊除以鄰邊= $\tan \theta$ 。
由 $\angle \beta \alpha \alpha$ (θ) 的大小，可以求出對邊 ($\alpha \beta$) 的長度， $\alpha \beta = \alpha \alpha \div \alpha \alpha \times \alpha \alpha$ 。



(七)當測量夾角超過 80° 時， $\beta \alpha$ 對 $\alpha \alpha$ 的比值急劇增加，誤差也加大，所以測量時角度不超過 80° 。

八、參考資料

- (一)小牛頓數學百科：牛頓出版社第三冊124～125頁。
- (二)小牛頓數學百科：牛頓出版社第六冊214～217頁。
- (三)光復科學圖鑑(1)：數形篇、光復書局40～41頁。
- (四)基礎數學：國立編譯館出版第三冊51～62頁。

評語

本研究由量測球場長、寬的問題所遭遇的困難，想到利用夾角對寬度的關係，設計並製作一種能測量寬度及高度的簡便儀器，實為難得。