

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 物理與天文學科

051806

毛髮溼度計之探討

學校名稱：臺中市立臺中第一高級中等學校

作者： 高二 黃懷林	指導老師： 凌美瓊
-------------------	------------------

關鍵詞：毛髮溼度計

摘要

利用人類頭髮為實驗對象，測量毛髮對於不同溼度時的性質。其中包含長度與彈性係數的變化。找出其中關係後，再利用這些數據，設法找出毛髮溼度計的運作原理，和增加準確度的可能方法。

壹、研究動機

濕度是氣象預報的重要資訊之一，常見的濕度計中，毛髮溼度計究竟如何運作？濕度影響毛髮原料的，是單純讓毛髮伸長縮短，還是另有其他因素呢？我因好奇而展開了調查。

貳、研究目的

- 一、測量頭髮伸長量與溼度的關係
- 二、測量頭髮彈性係數與溼度的關係
- 三、誤差的校正
- 四、統整兩實驗的數值並歸納結果
- 五、觀察溼度計結構並探討可能增加準確度的方式
- 六、探討尼龍性質並嘗試自製溼度計

參、研究設備及器材

毛髮溼度計、電阻式電子溼度計、長髮、雷射筆、壓克力箱、自製轉軸原件、自治小紙盒、秤子、紙、筆、0.4號尼龍線



圖一(-2)、壓克力箱和內部裝置

肆、研究過程或方法

一、電子溼度計與毛髮溼度計的原理

毛髮溼度計：採用會跟隨濕度變化長度的材料，如動物的毛髮、尼龍等元件。當濕度變化時，這些材料會拉動指針。然而此種濕度記在濕度變化量不大時敏感度較低。

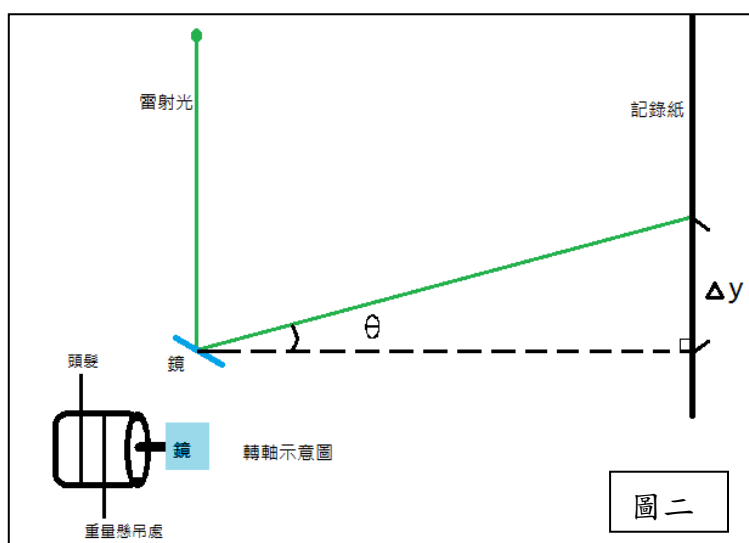
電子溼度計：電子溼度計有非常多種，其中常見的，電阻式濕度計，利用某些鹽類的吸水性，在不同濕度時會與外界濕度達成平衡，不同水分含量會有不同的電阻值。

二、實驗方式簡介

在毛髮原料方面，我利用最容易取得的：人類的頭髮，進行各種試驗，其中大多是長度的測量。頭髮事先經過脫脂——在酒精內浸泡約5分鐘，如此頭髮對溼度改變的反應更靈敏。此部分做法資料源自「48屆中小學科展：以光槓桿探討毛髮伸長量與溼度的關係」，並且經過我的觀察，脫脂過後確實增加頭髮對濕度之靈敏度，但此部分並非本實驗重點，故不詳細陳述。

測量方面，將頭髮與市售電子溼度計放入一壓克力箱。箱內含一裝有鏡子的轉軸，將頭髮一端懸吊在上方掛勾，另一端繫在轉軸上。利用溼抹布和水調控溼度，上方有一雷射射到鏡上，並反射到另一側壓克力箱面。持續記錄光點的移動，便可知道頭髮長度的變化量。

三、實驗一：測量頭髮溼度與長度的關連



圖二為實驗裝置示意圖。利用光槓桿原理，放大數據的變化量，使實驗更精確。

轉軸周長：8.60cm
光源到鏡面：22.70cm
鏡面到紙：31.80cm

如圖三，實驗裝置採取質量極輕的塑膠轉軸和軟鏡，雷射光點位置對準轉軸中心延伸處，降低實驗誤差。



圖三

其中實際伸長量 Δl 與測量到的 Δy 關係如下：

$$\Delta l = \frac{\tan^{-1}\left(\frac{\Delta y}{31.8}\right) \times 8.6}{2\pi}$$

單位為公分，其中31.8為鏡面到紙的距離，8.6為轉軸圓周長。通過第一個數據點與各點之差值，可以得知頭髮的長度變化量。

四、實驗二：測量頭髮彈性係數與濕度的關係

利用同實驗一測量長度與濕度關係的方法，在不同溼度條件下，測量不同的重量加在紙盒內時頭髮的伸長量，並計算彈性係數。加上重量時，須先觀察是否超過頭髮彈性限度。當重量超過彈性限度時，頭髮將會過度伸長，並且無法回到原本的長度。

五、具體流程

頭髮長度變化量測量詳細流程：

事前作業：將頭髮脫脂——使頭髮對溼度更靈敏、

轉軸另外掛上一小盒，一為使頭髮能保持在輕輕拉直的狀態，二為接下來的實驗作準備。小盒重量為1.9公克。

實驗一：頭髮伸長量與溼度

1. 將頭髮兩端繫到小掛鉤上，並測量長度。長度盡量控制在23.5-24.5公分之間，使雷射光點能投射在接近白紙中央的部分。
2. 記錄初始溼度，並用雷射光標記起始點。
3. 箱內放入水和溼抹布控制溼度變化速度。
4. 記錄溼度變化和雷射光點的移動。
5. 利用算式統整溼度和長度變化量的關連。

實驗二：頭髮彈性係數與溼度

1. 同伸長量實驗，記錄初始點和溼度。
2. 將重量放入小盒中，觀察頭髮有無過度伸長。若無，記錄數據。
3. 增加一點重量，重複步驟2。
4. 改變溼度，重複步驟2-3。
5. 若頭髮過度伸長，則超出彈性限度，此組數據不與採用。

六、尼龍實測

由於頭髮雖然較好測量，市售毛髮溼度計卻是以尼龍為主，故借由同樣的實驗裝置進行測量，並比較其與頭髮的異同。材料為0.4號尼龍，借由用較細的線，較容易觀察到變化。

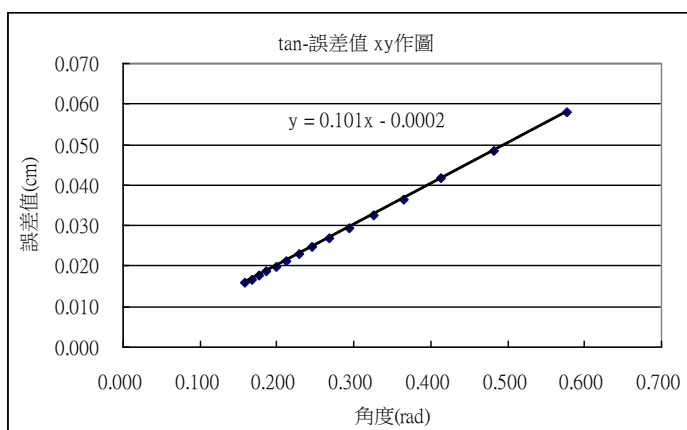
伍、研究結果

一、實驗器材的誤差

由於打開壓克力箱會影響溼度，記錄數據的紙張是貼在壓克力箱外側的。然而壓克力的折射率會造成一定的誤差，角度越大， Δy 誤差值越大。

壓克力的折射率約為1.5，空氣折射率約為1，誤差值如下表所示。

角度(rad)	$\tan \theta$	誤差質(cm)
0.524	0.577	0.058
0.449	0.482	0.048
0.393	0.414	0.042
0.349	0.364	0.037
0.314	0.325	0.033
0.286	0.294	0.029
0.262	0.268	0.027
0.242	0.246	0.025
0.224	0.228	0.023
0.209	0.213	0.021
0.196	0.199	0.020
0.185	0.187	0.019
0.175	0.176	0.018
0.165	0.167	0.017
0.157	0.158	0.016



圖表一

就伸長量實驗而言，角度(rad)多在0.3以下，也就是誤差值在0.03以下。相較於 Δy 本身約在0.3上下，誤差約10%以內。

校正方式： Δy 為測量量， $\Delta y'$ 為校正後的量其中 k 為鏡面到紙距離，及 31.8cm， m 為 $\tan \theta$ 對誤差值作圖後的斜率，為 0.101。

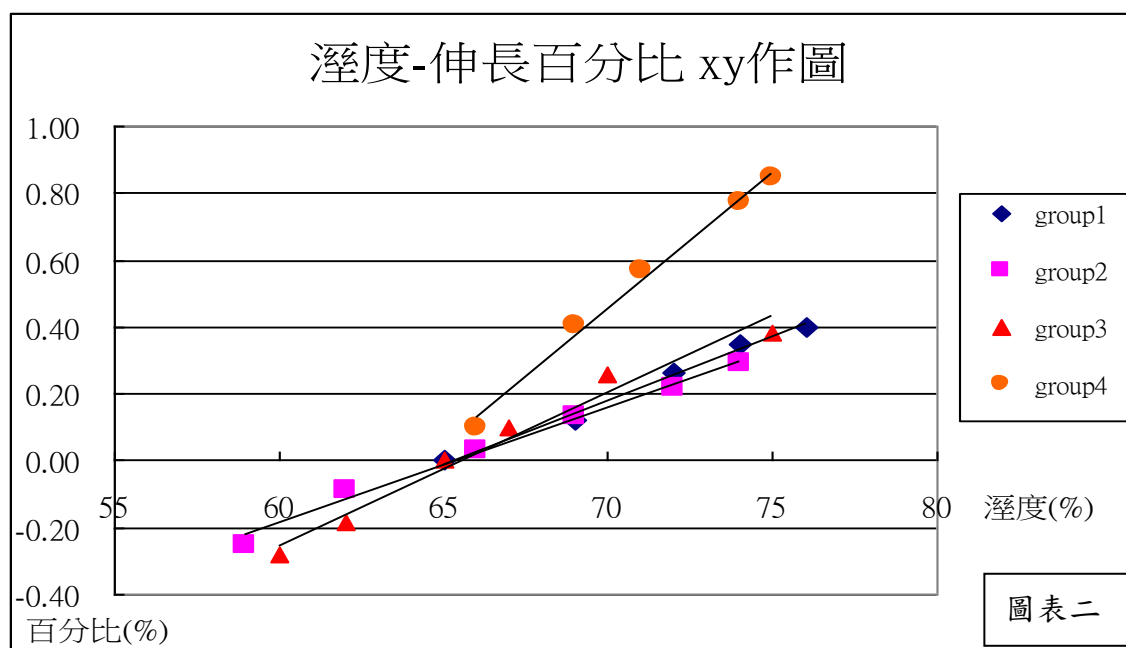
$$\Delta y' = \frac{k \times \Delta y}{(k - m)}$$

二、實驗一結果：長度與濕度間的關係

受到除濕機的限制，低濕度的變化尚未測量出來。此處將 65% 濕度時變化量訂為 0。為了不受到頭髮原始長度影響，此處將伸長量化為百分比，將初步資料做城表格：

溼度(%)	第一組(cm)	伸長百分比(%)	溼度(%)	第二組(cm)	伸長百分比(%)
65	0.000	0.00	59	0.000	-0.25
69	0.029	0.12	62	0.039	-0.09
72	0.063	0.26	66	0.067	0.03
74	0.084	0.35	69	0.090	0.13
76	0.096	0.40	72	0.110	0.22
			74	0.129	0.29

溼度(%)	第三組(cm)	伸長百分比(%)	溼度(%)	第四組(cm)	伸長百分比(%)
60	0.000	-0.28	66	0.000	0.10
62	0.023	-0.18	69	0.073	0.41
65	0.067	0.00	71	0.111	0.57
67	0.090	0.10	74	0.161	0.78
70	0.128	0.26	75	0.178	0.85



圖表二可以發現頭髮伸長量與溼度之間有明顯的線性關係。然而因下方掛著1.9g的小紙盒，此處仍有受到彈性係數影響。彈性係數的部分將在第四部分與實驗二之結果共同整理歸納。

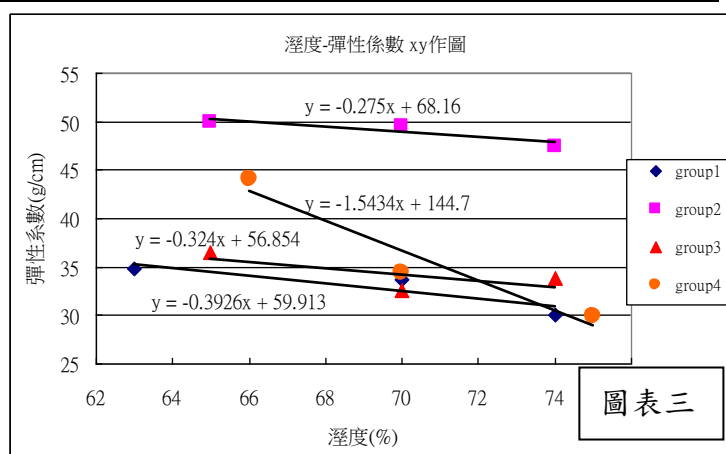
三、實驗二結果：毛髮之彈性係數與濕度之關連

此數據亦為校正過後的數據，校正方法同上一實驗。

溼度(%)	第一組彈性係數(g/cm)	溼度(%)	第二組彈性係數(g/cm)
63	34.745	65	49.992
70	33.630	70	49.561
74	30.100	74	47.444

溼度(%)	第三組彈性係數(g/cm)	溼度(%)	第四組彈性係數(g/cm)
65	36.507	66	44.124
70	32.576	70	34.342
74	33.769	75	29.976

圖表三中可發現，雖然每條頭髮彈性係數略有不同，但大致上而言，溼度越高，彈性係數越小。

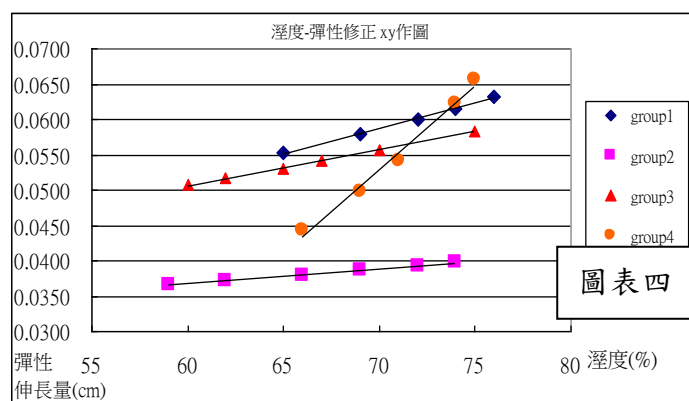


四、實驗結果統整

利用實驗二的數據，對實驗一進行校正，校正方式如下：

$$\Delta l' = \Delta l - \sigma, \quad \sigma = \frac{1.9}{k(h)}$$

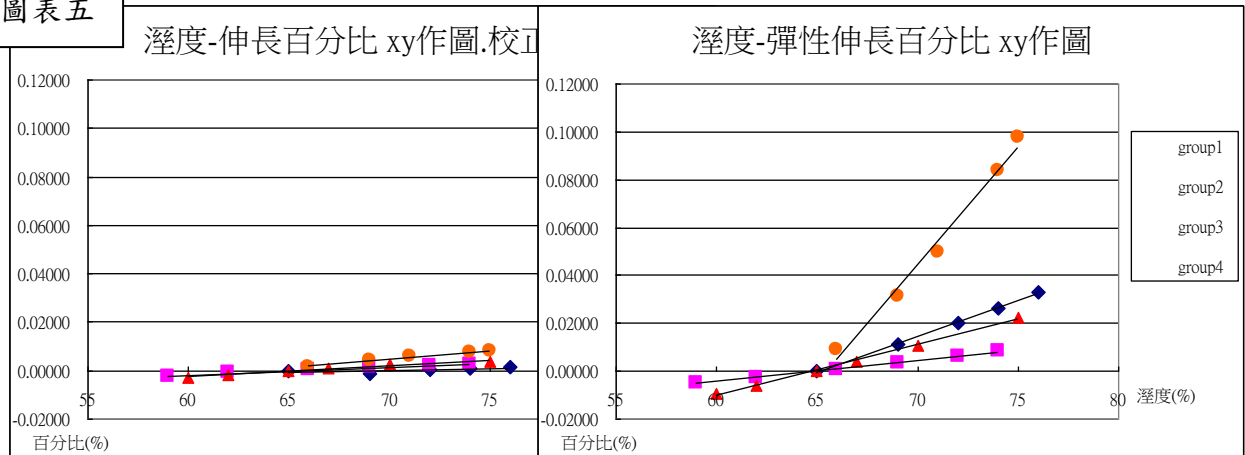
其中 σ 為彈性校正項；1.9為基本重量，即1.9g的紙盒； $k(h)$ 為實驗二得出之數據，表示彈性係數 k 對溼度 h 的關係式。



由於各組的彈性係數不同，利用此關係式可得出各組的修正項和修正過後的結果。

圖表四為每組實驗中，溼度和因彈性造成的伸長量之關係圖。

圖表五



將伸長量除去彈性因素後所得的百分比作圖，和將彈性影響的伸長量化成百分比後，以同樣尺度的間隔坐成圖表。比較後可明顯發現，彈性係數的變化對原料的影響顯著的多。也就是說，溼度大部分並非直接影響原料的長度，而是透過影響彈性係數而改變了毛髮原料的長度。



溼度直接影響伸長量的只占小部分，其他則是先影響彈性係數。

五、市售毛髮溼度計構造

材質：尼龍

a：尼龍的固定點

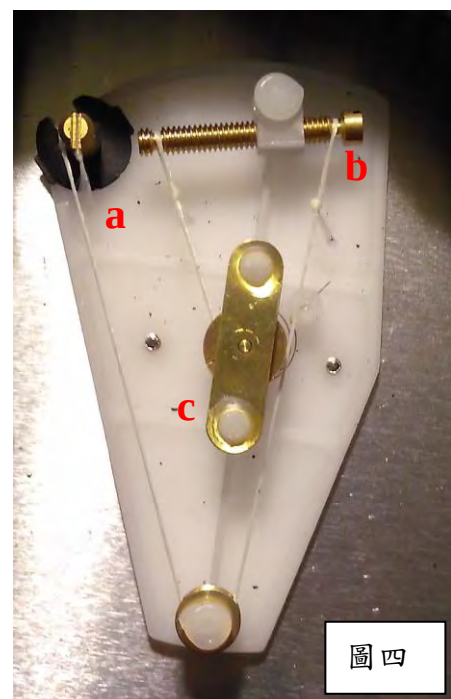
b：槓桿，長比短約為3:2

c：彈簧轉軸，帶動指針

由a到b的尼龍總長約10cm，經過槓桿放大後，再加上到c約為2cm，相當於約17cm的尼龍絲的長短變化。由此再帶動指針旋轉，顯示溼度。

由實驗結果推測，若想增加溼度計的準確度，可以嘗試以下方法：

1. 增加毛髮原料的總長——總長增加的同時，總伸長量也會增加。

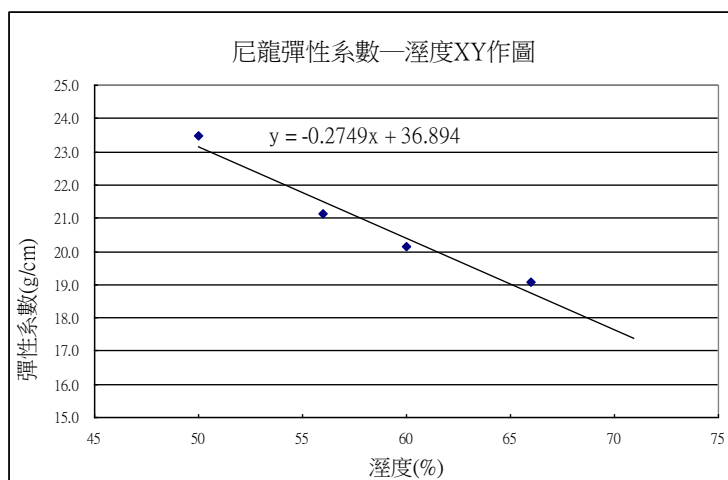


圖四

2. 增加毛髮原料的張力——由於彈性係數影響伸長量極大，將張力增加亦可增加伸長量的變化，由此放大數據，減小誤差。

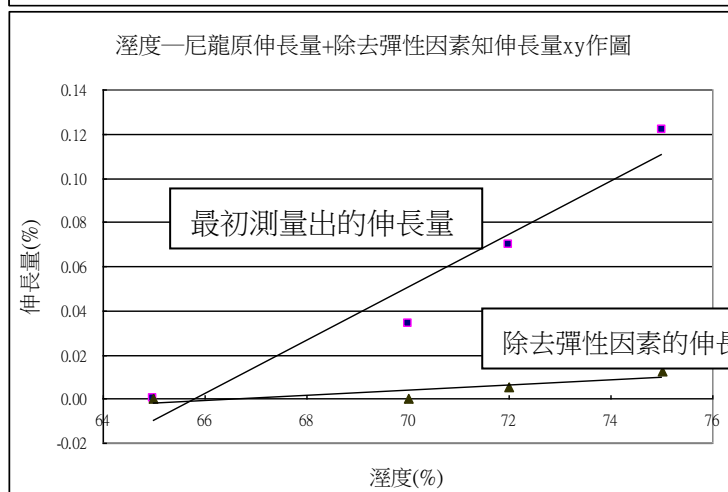
六、尼龍實際測試

用相同的方法測量尼龍，得出伸長量與溼度之關係和彈性係數與溼度之關係，並做成圖表。



圖表六為彈性係數與溼度之關係xy做圖，發現尼龍同頭髮有相似的性質：彈性係數與溼度呈現負相關。

圖表六

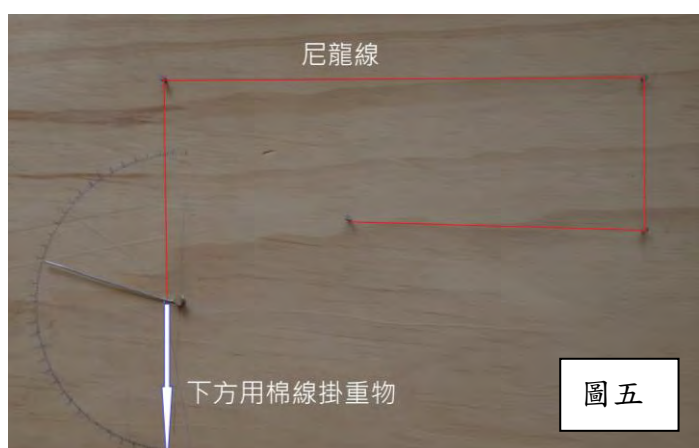


伸長量部分同樣可以得出與頭髮相似的實驗結果：彈性所造成的伸長量變化大於溼度的直接影響。

圖表七

七、自製溼度計測試

利用手邊的材料製作簡易的尼龍濕度計，並測試不同重量的效果，實體圖片如下：(0.4號尼龍)



由於此溼度計尚不能有效放大尼龍線的伸長量，故測出之溼度刻度10%約只有5個小刻度，導致無法看得十分清楚。

圖五

然而，在不同重量仍有顯著的效果，其中2g時無法有效拉直尼龍，對濕度變化有較不明顯；當5g時，對濕度變化穩定，刻度均勻；7g時反而因重量較重，變的較不穩定。

陸、討論

- 一、此實驗中，為了控制濕度，不能不斷打開壓克力箱記錄數據點，故只好將記錄紙貼在箱外。然而壓克力的折射率會造成一定的誤差，雖然利用公式校正，卻仍增加了一個變數，此為此實驗裝置需要改進的地方。
- 二、雖然此實驗以探討毛髮溼度計誤差為主，然而電子溼度計的誤差卻是我現在無法得知的部分。若是能找到更精確的儀器，或許能校正此問題。
- 三、雖然已提出幾點提高濕度計準確度的想法，卻還未能實踐。此為日後能發展的方向。
- 四、自製溼度計雖然還算穩定，但以目前我所使用的槓桿結構尚不能有效放大尼龍伸長量，此部分應再做其他設計。

柒、結論

- 一、溼度會影響頭髮的伸長量，呈線性增加，然而此伸長量極小。
- 二、溼度亦會改變頭髮的彈性係數，且只要有輕微的拉力施加在頭髮上，其對伸長量的影響大於單純溼度的影響數倍。
- 三、綜上所述，溼度對毛髮原料的主要影響途徑為借由改變彈性係數影響整體伸長量。由此可知，溼度計內毛髮的張力亦是影響準確度的重點之一。
- 四、尼龍與頭髮性質十分相似。
- 五、以0.4號尼龍而言，5g左右為較適合的張力，能使溼度計保持穩定。

捌、參考資料及其他

- 一、48 屆中小學科展：以光槓桿探討毛髮伸長量與溼度的關係。
- 二、2017 年 IYPT 題目提供之資料。

【評語】 051806

本件作品取材自 IYPT 題目，討論毛髮濕度計。作品討論濕度主要影響彈性係數，接著才影響伸長量。

1. 實驗的細節考慮不夠詳盡。例如毛髮的粗細應該是重要的參數，以致數據取得不一致。
2. 自製毛髮濕度部分討論及分析可以再多進行，毛髮和尼龍繩的差別可多做比較分析。
3. 報告 p7 下段的推測含意不清，學理配合也顯得不足。

摘要

利用人類頭髮為實驗對象，測量毛髮對於不同溼度時的長度、彈性係數等變化。找出其中關係後，再利用這些數據，歸納濕度影響毛髮溼度計的原因。

壹、研究動機

溼度是氣象預報的重要資訊之一，常見的濕度計中，毛髮溼度計究竟如何運作？濕度影響毛髮原料的，是單純讓毛髮伸長縮短，還是另有其他因素呢？我因好奇而展開了調查。

貳、研究目的

- 一、測量頭髮伸長量與溼度的關係
- 二、測量頭髮彈性係數與溼度的關係
- 三、誤差的校正
- 四、統整兩實驗的數值並歸納結果
- 五、觀察溼度計結構並探討可能增加準確度的方式
- 六、探討尼龍性質並嘗試自製溼度計



圖一、市售毛髮溼度計和電子溼度計

參、研究設備及器材

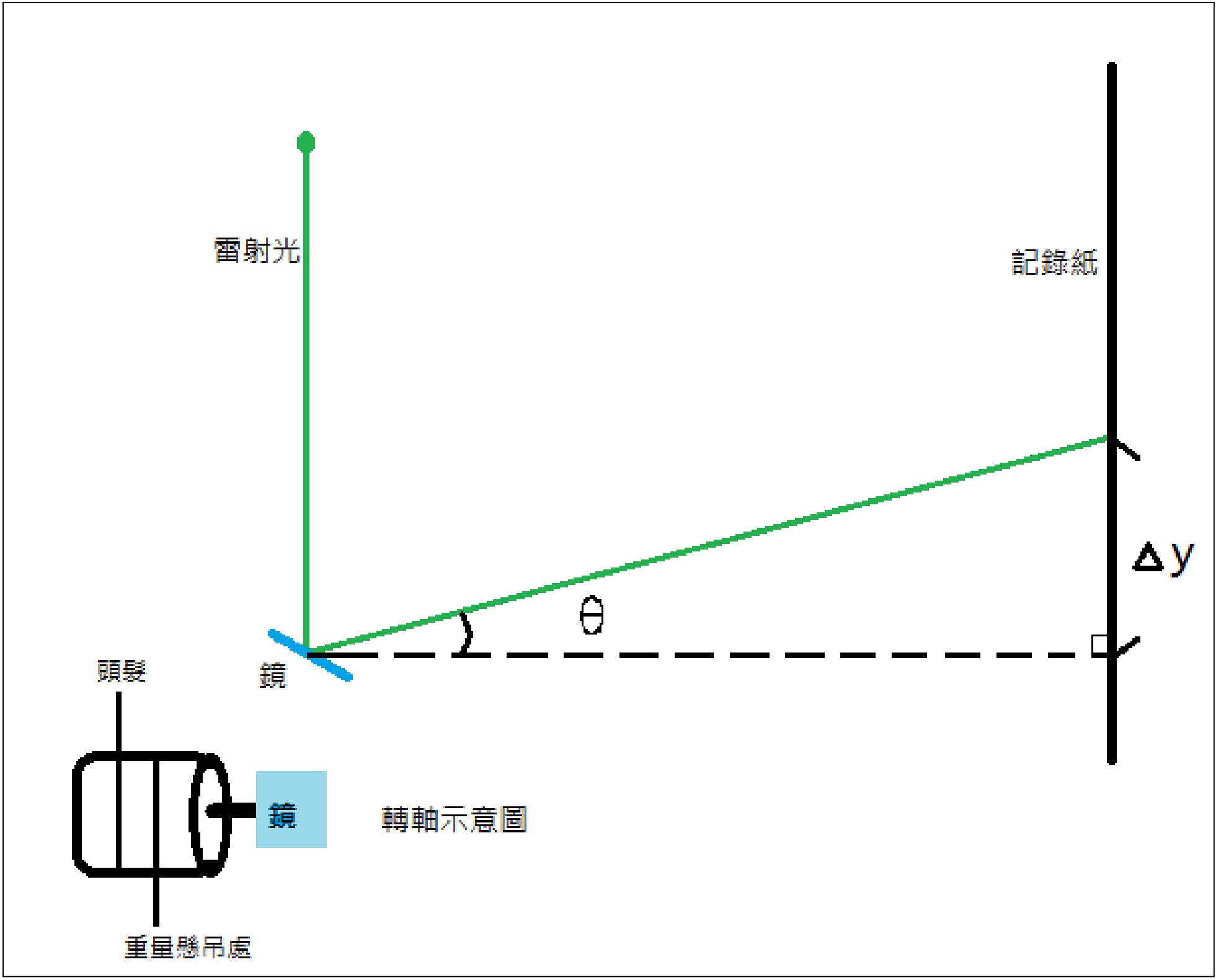
毛髮溼度計、電阻式電子溼度計、長髮、雷射筆、壓克力箱、自製轉軸原件、自製小紙盒、秤子、紙、筆、0.4號尼龍

肆、研究過程及方法

實驗架設：

圖二為實驗裝置示意圖。利用光槓桿原理，放大數據的變化量，使實驗更精確。

轉軸周長：8.60cm
光源到鏡面：22.70cm
鏡面到紙：31.80cm



圖二、實驗裝置示意圖

實驗一、測量頭髮伸長量與溼度之關聯

- 前置作業1：將頭髮浸泡酒精約5分鐘，增加對溼度靈敏度。
- 前置作業2：掛上一1.9g之紙盒，使頭髮輕微拉直
- 實驗方法：測量並紀錄溼度和頭法伸長量之關係。

其中實際伸長量 與測量到的 關係如下：

$$\Delta l = \frac{\tan^{-1}(\frac{\Delta y}{31.8}) \times 8.6}{2\pi}$$

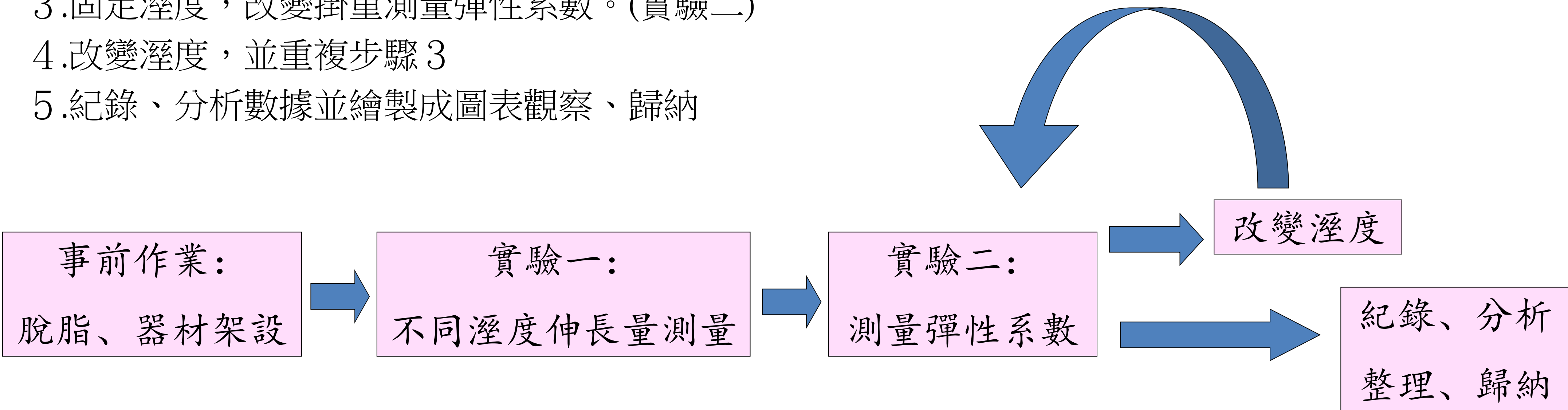
單位：公分

實驗二、測量頭髮彈性係數與濕度的關係

- 實驗架設：同實驗一
- 實驗過程：在不同溼度利用增加重量，測量彈性系數。

實驗流程：

- 1.將頭髮樣品脫脂
- 2.逐漸改變溼度並紀錄伸長量。(實驗一)
- 3.固定溼度，改變掛重測量彈性系數。(實驗二)
- 4.改變溼度，並重複步驟 3
- 5.紀錄、分析數據並繪製成圖表觀察、歸納



伍、實驗數據

數據校正：

較正分為兩部分：壓克力校正、彈性係數校正

壓克力校正：

雷射穿過壓克力箱產生折射，利用壓克力折射率**1.5**較正。

用正切值與誤差值做圖，得關係式。

$$\Delta y' = \frac{k \times \Delta y}{(k - m)}$$

Δy 為測量量， $\Delta y'$ 為校正後的量， k 為鏡面到紙距離，即**31.8cm**， m 為 $\tan \theta$ 對誤差值作圖後的斜率，為**0.101**。

彈性係數校正：

實驗一中，頭髮尚有**1.9**克的張力，在實驗結果部分，會利用實驗二的結果對實驗一進行校正。

實驗一：長度與濕度間的關係

受到除濕機的限制，低濕度的變化尚未測量出來。將**65%**濕度時變化量訂為**0**，伸長量化為百分比。

因下方掛著**1.9g**的小紙盒，此處仍有受到彈性係數影響。彈性係數將在第四部分與實驗二之結果共同整理歸納。

實驗二：毛髮之彈性係數與濕度之關連

圖四中可發現，雖然每條頭髮彈性係數略有不同，但大至上而言，溼度越高，彈性係數越小。

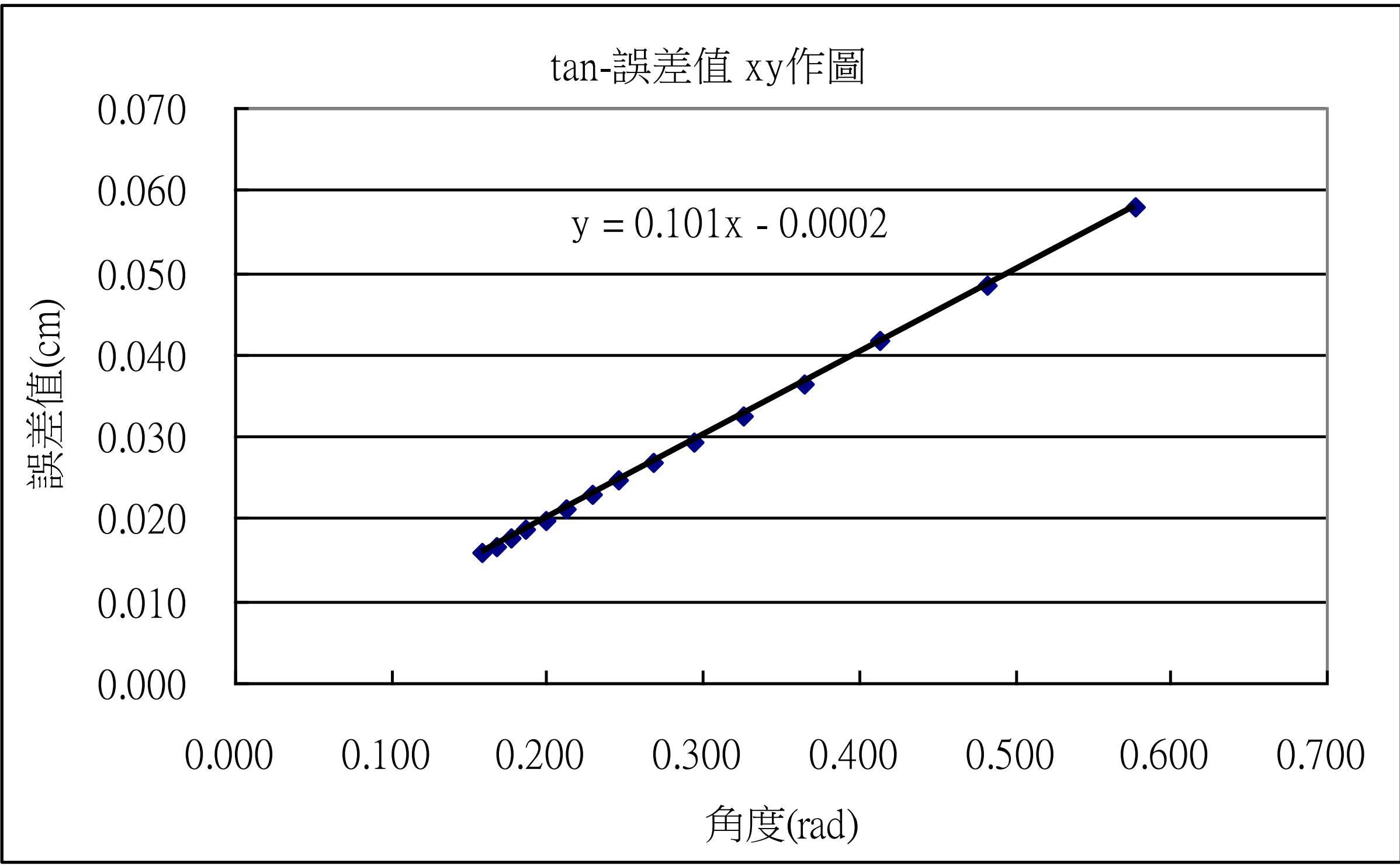
圖五、彈性系數–溼度關係圖

陸、實驗結果統整

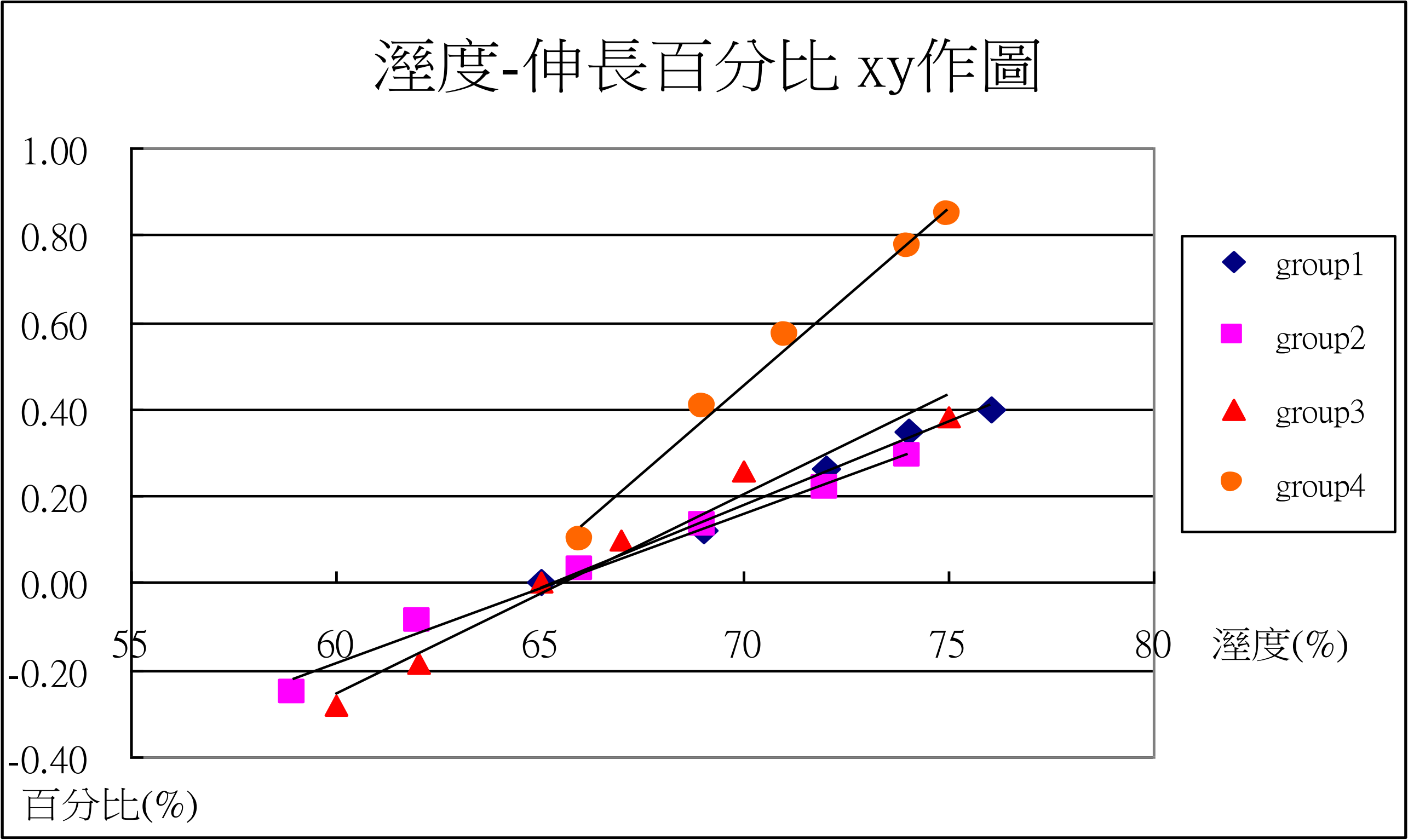
利用實驗二的數據，對實驗一進行校正，校正方式如下：

$$\Delta l' = \Delta l - \sigma \qquad \sigma = \frac{1.9}{h(k)}$$

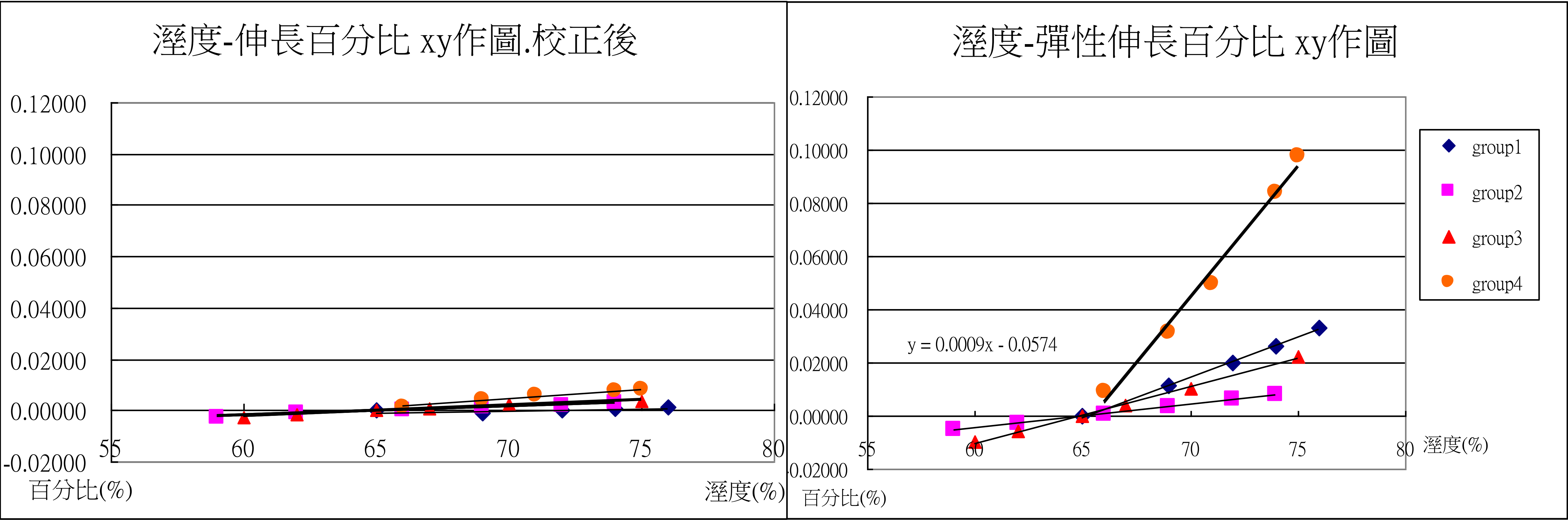
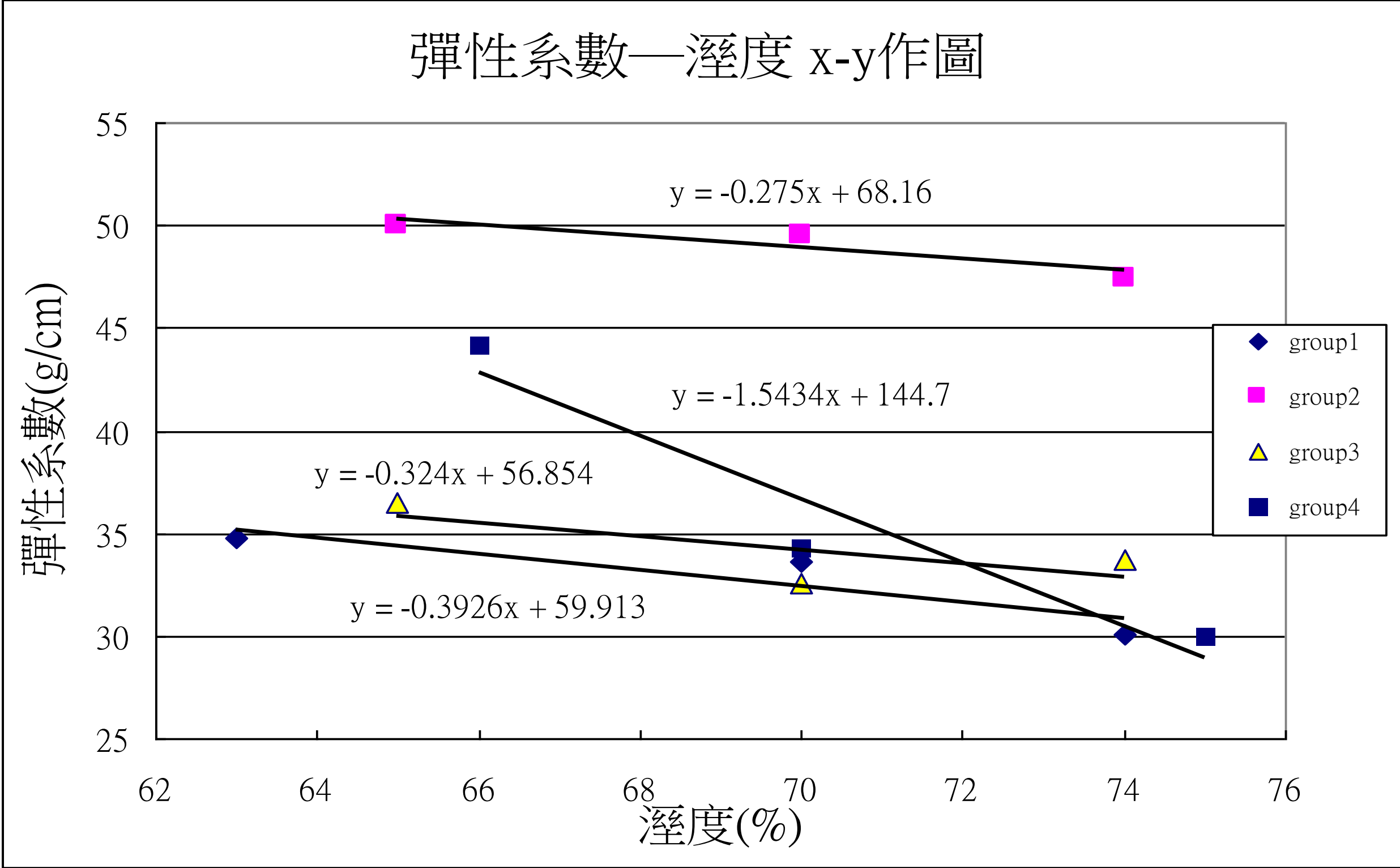
其中為 σ 彈性校正項；**1.9**為基本重量，即**1.9g**的紙盒； $h(k)$ 為實驗二得出之數據，表示彈性係數**k**對溼度**h**的關係式。由於各組的彈性係數不同，利用此關係式可得出各組的修正項和修正過後的結果。



圖三、角度正切—誤差值關係圖



圖四、伸長量百分比–溼度關係圖



圖六、溼度直接影響—彈性係數間接影響 比較圖

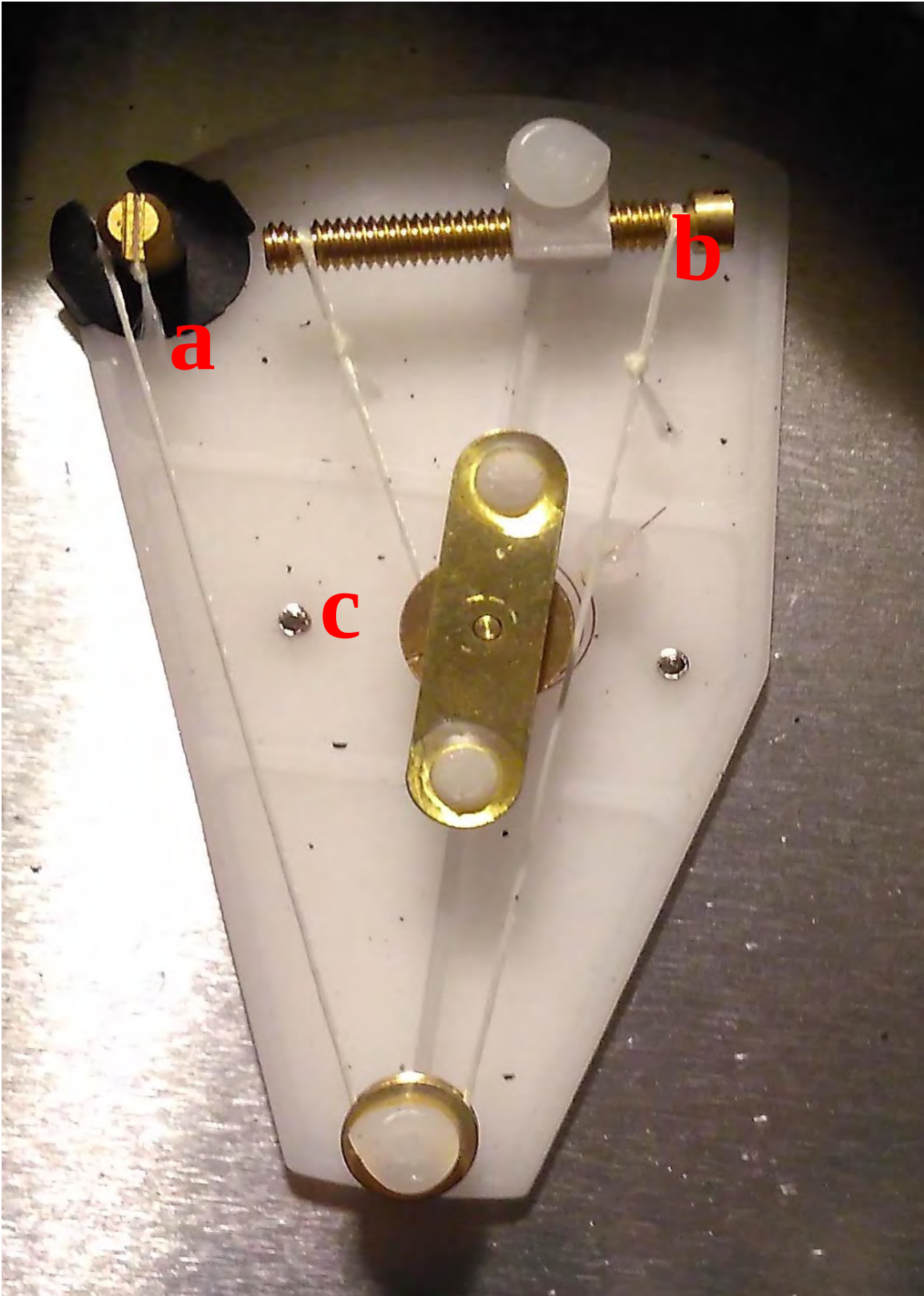
比較後可發現，輕微的張力(**1.9g**)，透過彈性係數，便可對頭髮長度造成大於直接影響數倍的改變。

柒、市售毛髮溼度計構造

- 材質：尼龍
- a：尼龍的固定點
- b：槓桿，長比短約為3:2
- c：彈簧轉軸，帶動指針

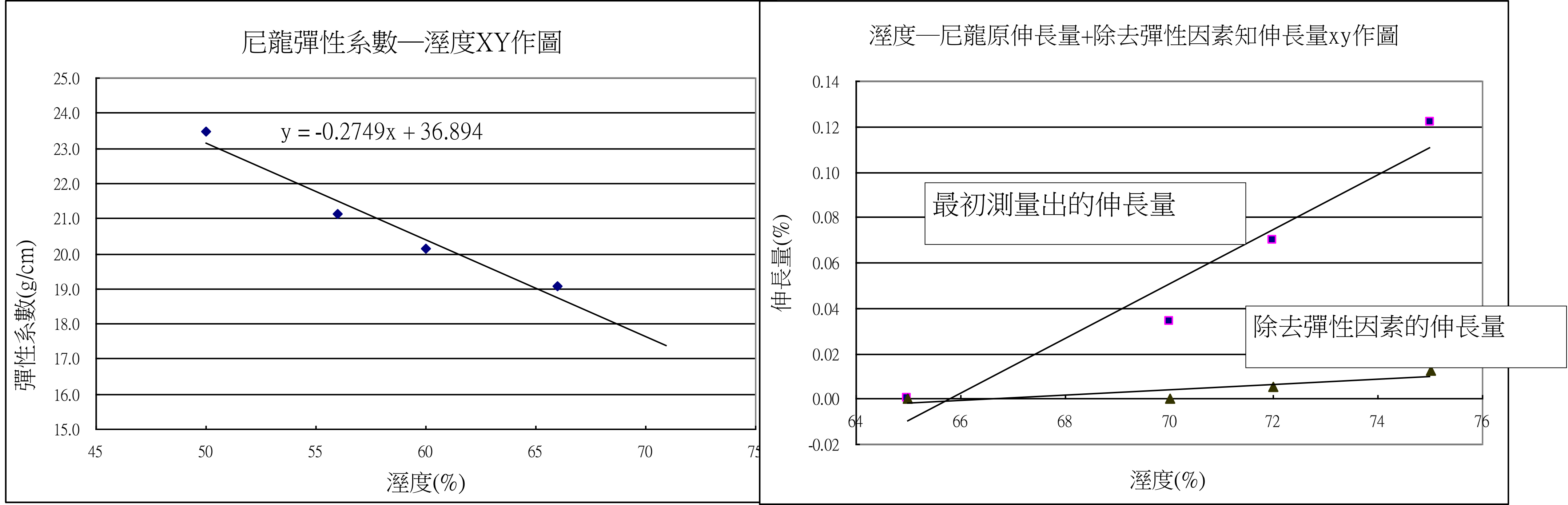
由a到b的尼龍總長約10cm，經過槓桿放大後，再加上到c約為2cm，相當於約17cm的尼龍絲的長短變化。由此再帶動指針旋轉，顯示溼度。

以此為藍本，嘗試製作自製溼度計。



圖五、市售溼度計構造

捌、尼龍的性質和自製溼度計



圖六、尼龍之性質

用同實驗一、實驗二之方法測量後，發現尼龍之性質與頭髮十分相似，並且更為穩定、線性。利用0.4號尼龍，製作簡易溼度計，觀察影響溼度計準確度的因素。

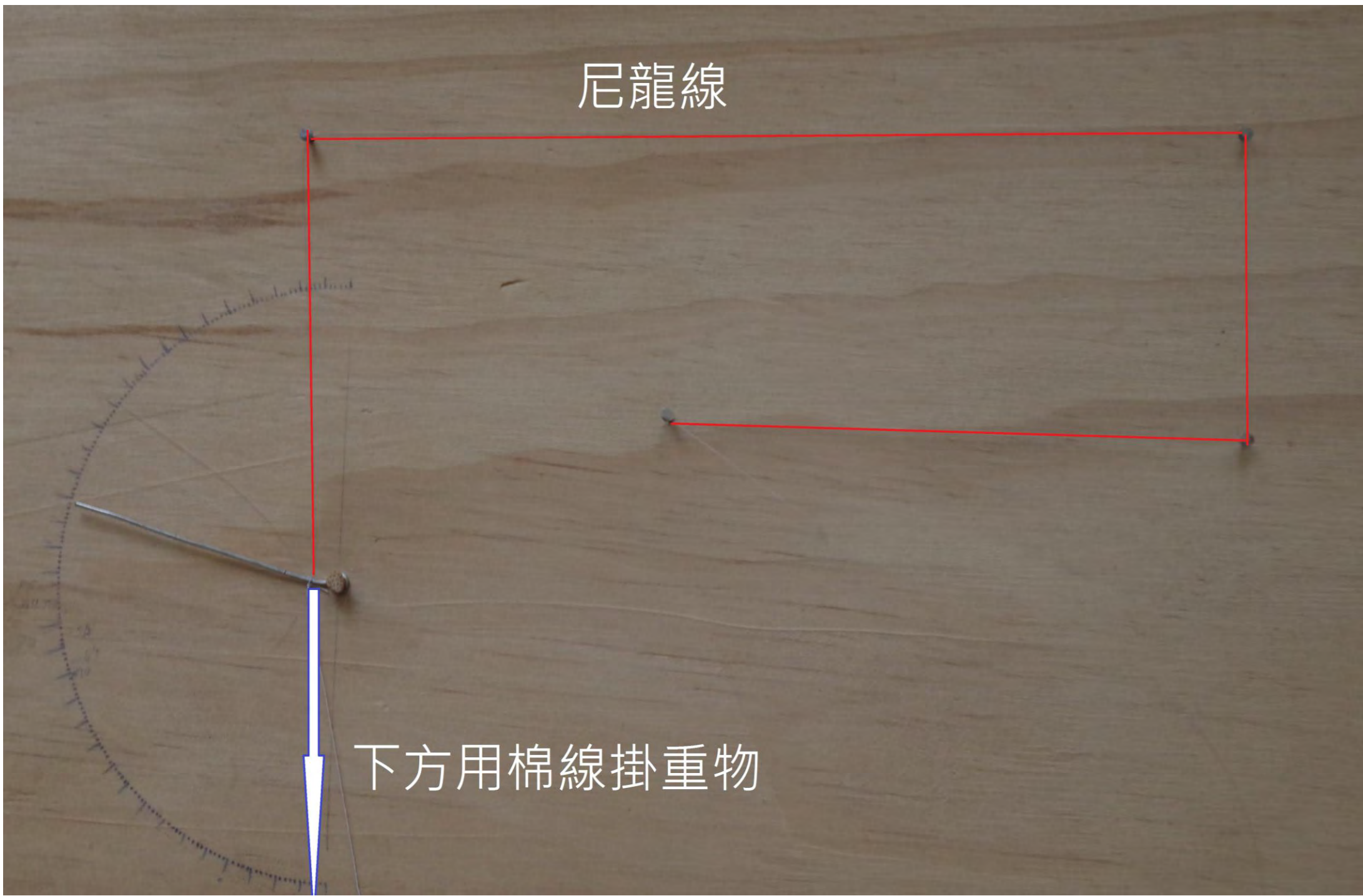
自製溼度計

- 原料：木板、釘子、0.4號尼龍、重物
- 方法：

- 1.在木板上釘上釘子、固定指針。
- 2.在釘子、指針中間綁上尼龍。
- 3.在指針下方綁上掛重。
- 4.放入箱中，測量穩定度和不同溼度的刻度。
- 5.換上不同掛重，從新測試。

利用簡單的原料自製溼度計，發現下列幾點：

1. 需要用大量空間取代不易製做的無磨擦槓桿。
- 2.掛重決定了自製溼度計的準確度。
- 3.以此樣品而言，5g為較適合的重量。
- 4.太輕時變化不明顯，太重時易磨擦產生誤差。



捌、討論

- 一、此實驗中，溼度尚不能有效的控制，可能會影響實驗，是需要改進之地方。
- 二、雖然此實驗以探討毛髮溼度計誤差為主，然而電子溼度計的誤差卻是目前無法得知的部分。
- 三、測量時摩擦力易造成誤差，應減少更多的摩擦力提高準確度。
- 四、自製溼度計雖還算穩定，但目前的槓桿結構尚不能有效放大伸長量，此部分應再做其他設計。

玖、結論

- 一、溼度會影響頭髮的伸長量，呈線性增加，然而此伸長量極小。
- 二、溼度亦會改變頭髮的彈性係數，且輕微的張力對其伸長量的影響大於單純溼度的影響數倍。
- 三、尼龍是市售溼度計主要原料，其性質與頭髮十分相似。
- 四、溼度計內毛髮的張力亦是影響準確度的重點之一。
- 五、自製溼度計須考量適合的張力，增加準確度。

捌、參考資料及其他

- 一、48屆中小學科展：以光槓桿探討毛髮伸長量與溼度的關係。
- 二、2017年IYPT題目提供之資料。