

桃園市第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

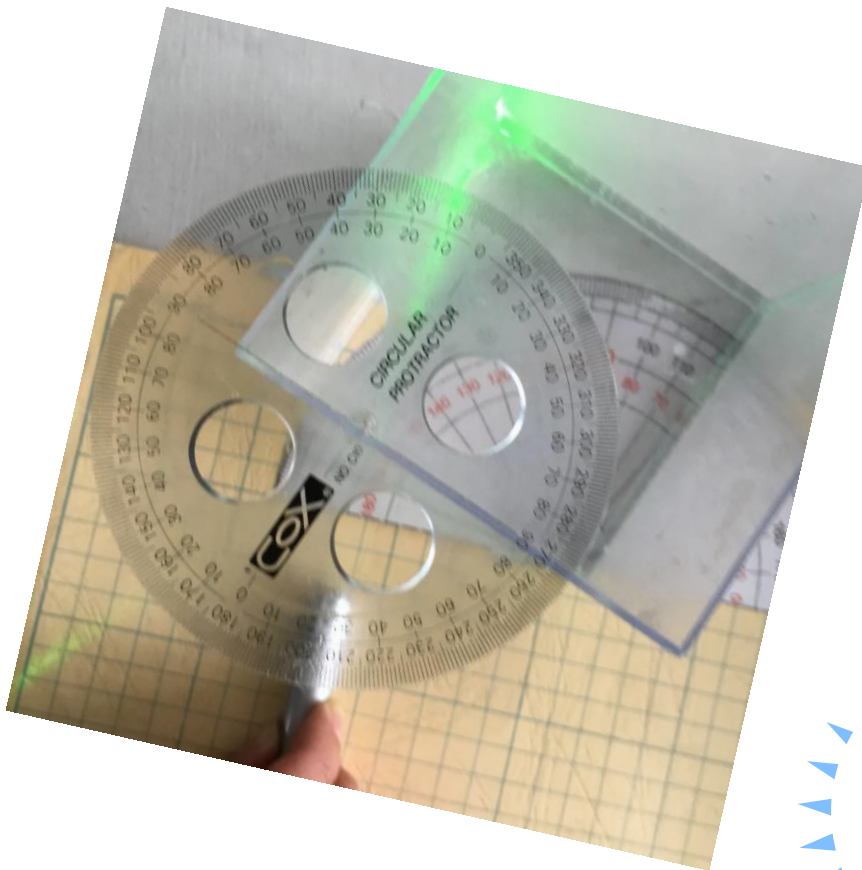
科 別：物理科

組 別：國小組

作品名稱：無所遁形—濃不濃，「光」知道！

關 鍵 詞：折射、濃度、甜度計

編 號：



無所遁形—濃不濃，「光」知道！

摘要

三年級學過溶解，當時只知道鹽巴溶在水裡面，水會變成鹹的；糖溶在水裡面，水會變成甜的。哈密瓜的果汁混合在水裡面，應該會有水果的味道。但是沒有想到，我們偶然中發現將筆插入水裡會看起來斷了，加入大量的糖後，竟然水裡面的筆又有變化。如果三年級學過的溶解加上四年級學過光的折射一起應用，會有什麼其他的現象發生呢？

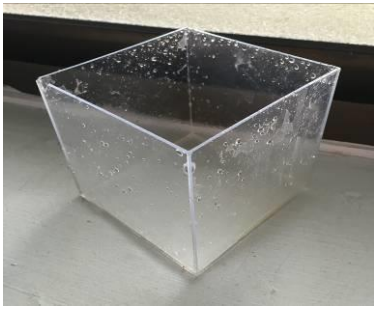




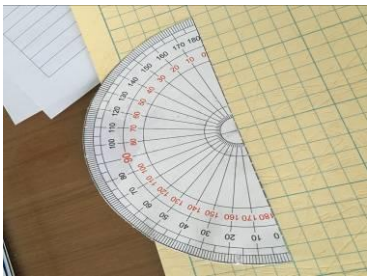
壹、研究動機：








近日不斷的有食安風暴的危機爆發出來，而長輩跟老師也不斷的勸說希望大家少喝飲料，即使不知道內容物有什麼，但是如果我們所喝的東西含量越少，越接近水的本質，是不是就代表著我們所喝的東西越天然，越健康？

貳、研究目的：

- 一、利用甜度計，探討溶液的濃度。
- 二、利用折射，探討濃度對折射的變化。
- 三、應用在生活中，探討我們的食用油到底有何變化。

參、研究設備及器材：

名稱	1.容器	2.雷射筆和電池	3.糖
照片			
名稱	4.食鹽	5.雙面膠	6.量角器和方格紙
照片			

名稱	7.圓形量角器	8.油	9.相機
照片			
名稱	10.計算機	11.甜度計	12.筆或攪拌物
照片			
名稱	13.量杯		
照片			

備註：

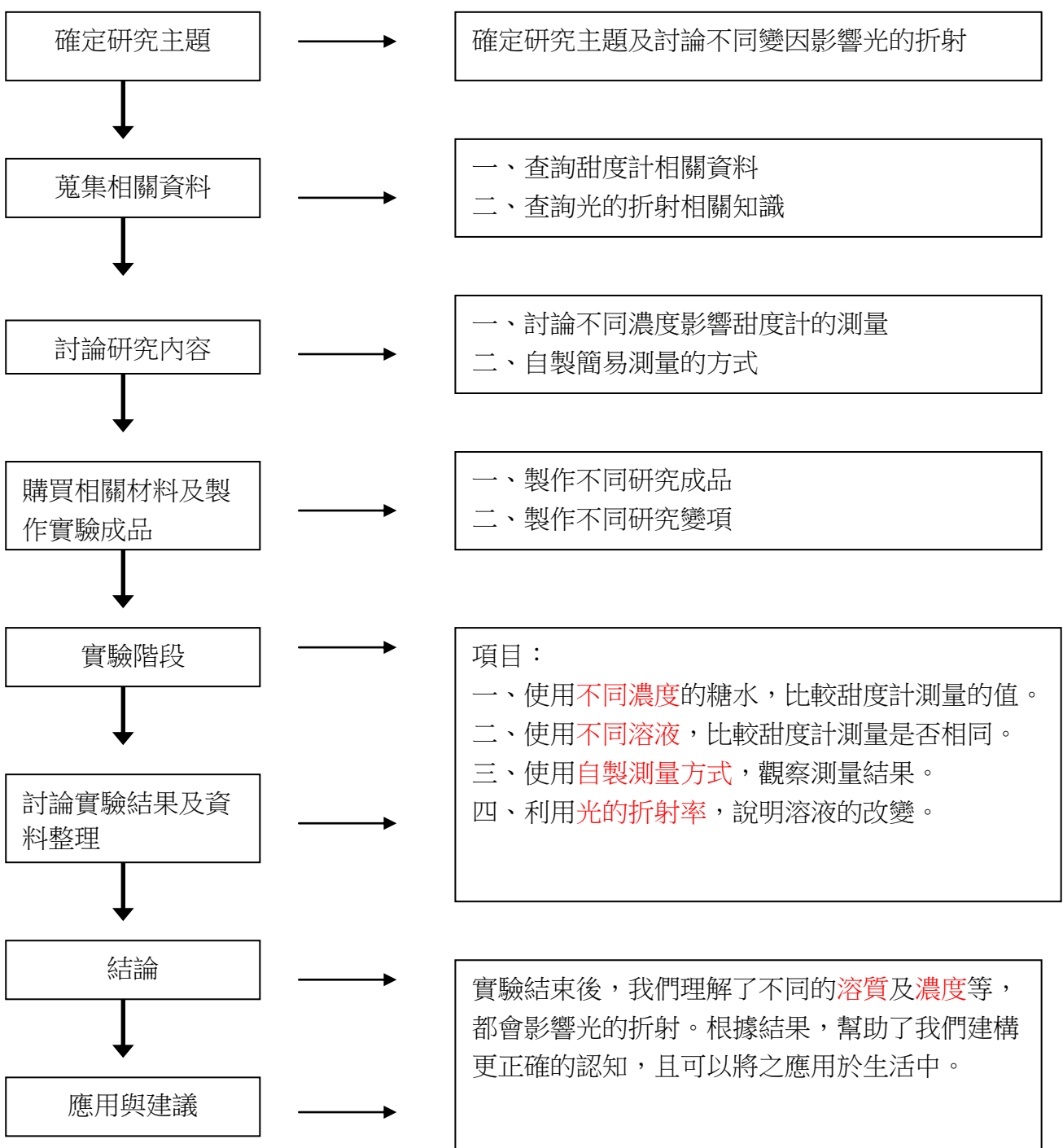
名稱	實驗目的
容器	選擇方形容器，在雷射筆的照射下，有光的軌道，方便我們測量角度。
雷射筆	我們預備了兩枝同樣的雷射筆，總共使用了4號電池6顆。
電池	在照射方形容器的時候，測量光的折射。
糖	溶入水裡面，測量不同濃度的糖水在甜度計跟光的照射有甚麼樣的變化？
食鹽	溶入水裡面，測量不同濃度的食鹽水在甜度計跟光的照射有甚麼樣的變化？
雙面膠	固定量角器跟方格紙。
量角器	容器擺放適當的位置，測量入射角。
方格紙	使用雷射筆照射的時候，確定沒有偏差或是歪斜。
圓形量角器	測量折射角使用，擺放的時候放至容器的內邊測量，降低容器的厚度而造成的實驗誤差。
油	午餐廚房使用的油，測量回鍋油是否會改變油的品質。
相機	拍攝與記錄，例如器材與實驗。
計算機	計算折射率，由於有三角函數，所以請老師幫忙計算。

甜度計	測量不同的濃度，在甜度計中有什麼變化？
筆或攪拌物	攪拌糖和食鹽，加速溶解。
量杯	測量水量。

PS：之所以定為 100ml，是因為雷射筆照射的時候有一定的高度。方形的容器最少要 80ml 才能超過這個高度，方便我們測量。

肆、研究過程或方法

一、實驗流程圖：



二、實驗階段：

(一)使用不同濃度的糖水，利用甜度計來測量：




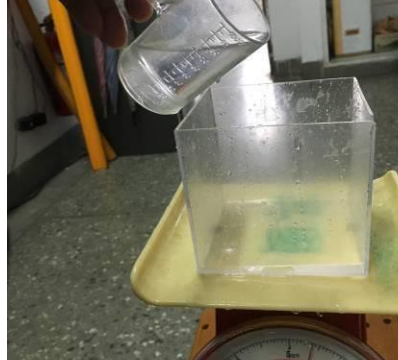




1.本實驗使用不同濃度的糖水，比較甜度計測量的數值。

(1)實驗緣由：當我們在吃水果的時候，常常看到甜度的標示，所以我們利用甜度計來測量看看，是不是越甜的糖水，甜度計測量的結果數值越高。

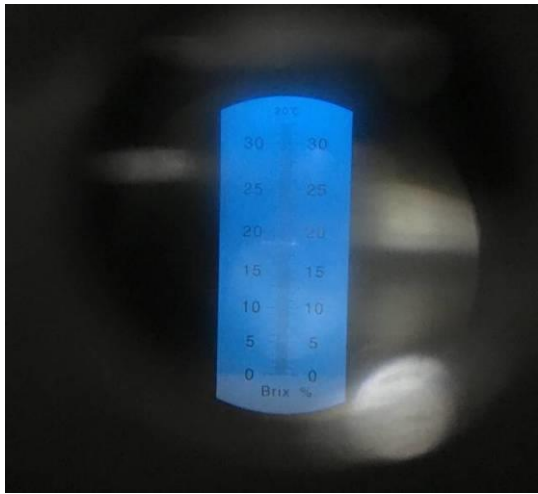
(2)操縱(改變)變因：糖水的濃度。

(3)控制(不變)變因：滴管的溶液量、甜度計使用前保持乾淨。

2.步驟：

步驟一：磅秤歸 0。	步驟二：測量物體的重量。	步驟三：測量出糖的重量。
		
步驟四：用量杯量好 100cc 水，並倒入容器中。	步驟五：攪拌至溶質完全溶解。	步驟六：用滴管吸水，把水滴在藍色的玻璃地方。
		
步驟七：把玻璃片蓋上，注意不要有水泡產生。	步驟八：開始觀察。	
		

鏡頭下的畫面：



可以發現上半部分為深藍色，下半部分為淺藍色。剛好顏色分隔的地方為 0 度。所以我們讀取為 0 度。

(本圖片為學校過濾水的測量圖片。)

3.結果：

糖水	濃度	甜度計
100g 水	0%	0
100g 水+10g 糖	9.1%	12 度
100g 水+20g 糖	16.7%	18 度
100g 水+30g 糖	23.1%	24 度
100g 水+40g 糖	28.6%	29 度

4.發現：

(1)在濃度提升的情況下，甜度計觀測的數值結果也會跟著提升。

(2)飲水機的過濾水，在甜度計的測量下為 0 度。

(二)使用不同濃度的食鹽水，利用甜度計來測量：

1.本實驗使用不同濃度的食鹽水，比較甜度計測量的數值。

(1)實驗緣由：甜度計測量糖水，因為濃度而改變，那麼我們測量不同濃度的食鹽水是否有相同的效果呢？

(2)操縱(改變)變因：食鹽水的濃度。

(3)控制(不變)變因：滴管的溶液量、甜度計使用前保持乾淨。

2.步驟：(相關圖片，請參考實驗(一)的部分。)

(1)磅秤歸 0。

(2)測量物體的重量。

(3)測量出鹽的重量。

(4)用量杯量好 100cc 水，並倒入容器中。

(5)攪拌至完全溶解。

(6)用滴管吸水，把水滴在藍色的玻璃地方。

(7)把玻璃片蓋上，注意不要有水泡產生。

(8)開始觀察。

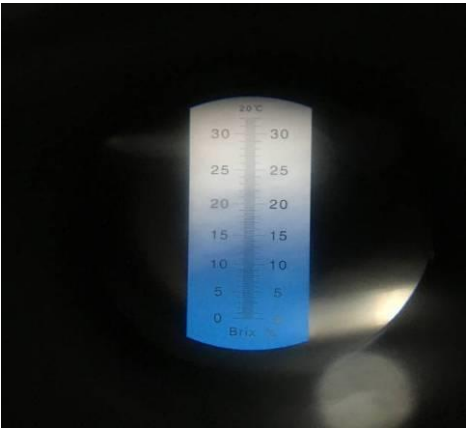
3.結果：

糖水(室溫 21 度)	濃度	甜度計
100g 水+10g 鹽	9.1%	8 度
100g 水+20g 鹽	16.7%	14 度
100g 水+30g 鹽	23.1%	20 度
100g 水+40g 鹽	有沉澱物	X
100g 水+36g 鹽 (飽和食鹽水)	26.5%	24 度

4.發現：

- (1)食鹽水的鹽分濃度越濃，甜度計測量的結果還是會上升。
- (2)跟糖水的結果略為不同。

我們依照相關的方式，用甜度計來檢測食用油，在測量的時候發現甜度計能夠偵測的範圍為 0 度到 32 度之間。油在甜度計裡面看到的畫面，完全沒有辦法做測量。

油在甜度計的畫面：	
	<p>可以發現跟先前的圖片不一樣，顏色大略被區分成三等份，且完全顛倒，沒有辦法讀取數據。本來以為是因為水泡的產生或是自己測量的時候角度傾斜，但是確認之後，並沒有發現其他操作錯誤的地方。</p>



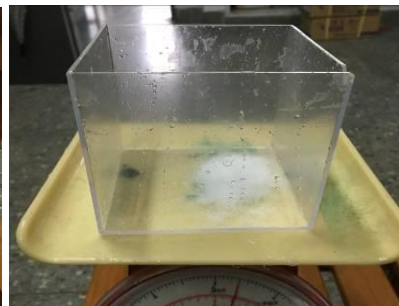
所以我們必須得另外想一個辦法。既然光的折射能夠測量濃度，那麼我們討論之後，決定用雷射筆來試試看。




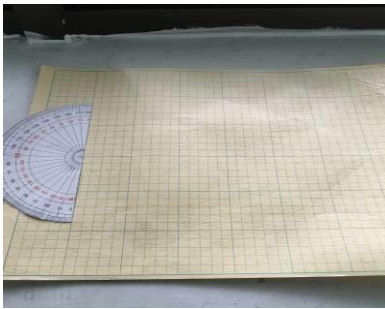
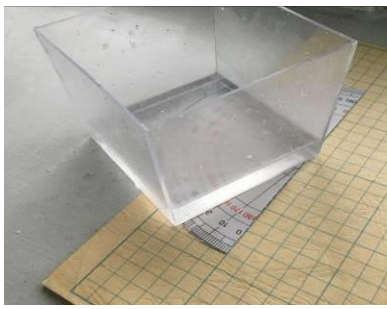
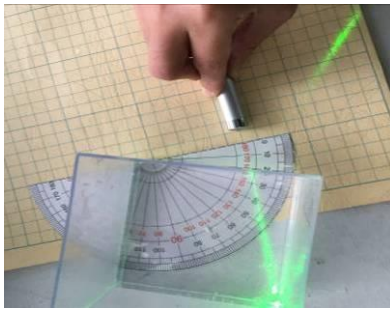
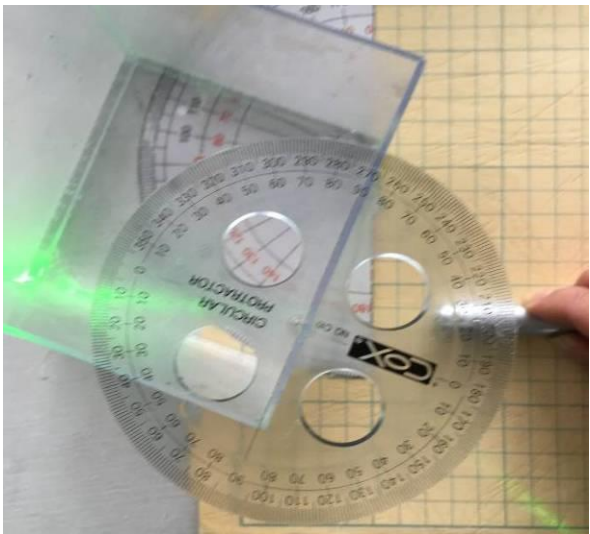
(三)使用自製測量方式，觀察濃度與光的折射結果：

1.本實驗使用相同濃度的食鹽水，比較折射角以及入射角的變化。

- (1)實驗緣由：甜度計沒辦法測量油的濃度變化，那麼我們就先測量鹽水在雷射光的照射之下，濃度的變化對於光的折射有什麼改變吧！
- (2)操縱(改變)變因：入射角。
- (3)控制(不變)變因：食鹽水的濃度、雷射筆的距離、方形容器同一個、方格紙與量角器。

2.實驗的操作步驟：

步驟一：磅秤歸 0。	步驟二：測量物體的重量。	步驟三：測量出食鹽的重量。
		

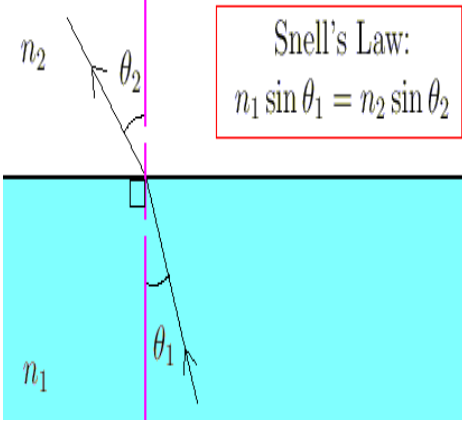
<p>步驟四：用量杯量好 100cc 水，並倒入容器中。</p>	<p>步驟五：攪拌至完全溶解。</p>	<p>步驟六：準備好雷射筆。</p>
		
<p>步驟七：利用雙面膠，固定好量角器跟方格紙，製作好測量用的模板。</p>	<p>步驟八：把容器擺放置量角器上，擺放好我們想要測量的入射角。</p>	<p>步驟九：雷射筆放在適合得位置，按下之後我們發現溶液中有光的線條。</p>
		
<p>步驟 10：擺上量角器開始測量。</p>		
	<p>我們發現光有寬度，所以我們在讀取的時候是看到一個範圍值。(此圖為飽和食鹽水在 20 度入射角的圖片。)</p> <p>以這張圖片為例子，光約在 9 度至 12 度之間，所以我們讀取角度為 11 度。</p>	

3.結果：測量了 10g 食鹽加入了 100g 的水，並且在不同入射角比較下：

食鹽水	入射角	折射角
100g 水 加上 10g 鹽 (濃度 9.1%)	10 度	8 度
	20 度	14 度
	30 度	20 度
	40 度	27 度

4.發現：

(1)當入射的角度越大的時候，光的折射角度也就越大。

說明圖	理論
	<p>在不同入射角實驗下，光的折射角度也會越來越大，這些折射角有甚麼相關的因素呢？光在不同的物質中會產生折射，當光波從一種介質傳播到另一種具有不同折射率的介質時，會發生折射現象，其入射角與折射角之間的關係，可以用司乃耳定律（Snell's Law）來描述。當光波從一個物體傳播到另外的物體時，假若兩種介質的折射率不同，則會發生折射現象，其入射光和折射光都處於同一平面，稱為「入射平面」，並且與介面法線的夾角滿足如下關係：$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$；其中，$n_1$、$n_2$分別是兩種介質的折射率，$\theta_1$和$\theta_2$分別是入射光、折射光與介面法線的夾角，分別叫做「入射角」、「折射角」。這公式稱為「司乃耳公式」。</p>

整理過後表格如下：

食鹽水	入射角	折射角	折射率
100g 水	10 度	8 度	1.25
加上	20 度	14 度	1.41
10g 鹽	30 度	20 度	1.46
(濃度 9.1%)	40 度	27 度	1.41

驗證我們發現折射角在低角度的時候，好像有明顯的偏差。是不是其他重量的食鹽水也有這樣的情況呢？所以我們設計了另外一個實驗：

1. 本實驗使用不同濃度的食鹽水，比較折射角以及入射角的變化。
 - (1) 實驗緣由：相同濃度的食鹽水，根據入射角的不同，會產生不同的折射角。我們測量不同的入射角以及不同的濃度，觀察其數據。
 - (2) 操縱(改變)變因：食鹽水的濃度
 - (3) 控制(不變)變因：入射角、雷射筆的距離、方形容器同一個、方格紙與量角器。
2. 實驗操作步驟：
 - (1) 磅秤歸 0。
 - (2) 測量物體的重量。
 - (3) 測量出鹽的重量。
 - (4) 用量杯量好 100cc 水，並倒入容器中。
 - (5) 攪拌至完全溶解。
 - (6) 準備好雷射筆。
 - (7) 擺放好我們使用的測量模板。
 - (8) 把容器擺放置量角器上，擺放好我們想要測量的入射角。
 - (9) 雷射筆放在適合的位置，按下之後我們發現溶液中有光的線條。
 - (10) 擺上量角器開始測量。
 換不同的濃度，重複(3)~(10)

3.結果：

以此表格我們做了不同重量的食鹽溶入 100 公克的水，並且試試看根據不同的入射角，實驗出來的折射角度有何變化。並且把相關的折射率整理出來。

鹽水	入射角	折射角	折射率	平均折射率
100g 水	10 度	5 度	1.99	1.13
	20 度	18 度	1.10	
	30 度	25 度	1.18	
	40 度	35 度	1.12	
100g 水 加上 10g 鹽 (濃度 9.1%)	10 度	8 度	1.25	1.43
	20 度	14 度	1.41	
	30 度	20 度	1.46	
	40 度	27 度	1.41	
100g 水 加上 20g 鹽 (濃度 16.7%)	10 度	8 度	1.25	1.52
	20 度	13 度	1.52	
	30 度	19 度	1.53	
	40 度	25 度	1.52	
100g 水 加上 30g 鹽 (濃度 23.1%)	10 度	10 度	1	1.63
	20 度	12 度	1.64	
	30 度	18 度	1.62	
	40 度	23 度	1.64	
100g 水 加上 36g 鹽 (濃度 26.5%)	10 度	6 度	1.66	1.79
	20 度	11 度	1.79	
	30 度	16 度	1.8	
	40 度	21 度	1.79	

4.發現：

(1)在 10 度入射角的時候，都有明顯的偏差，故在計算平均的時候排除掉。經由討論，或許入射角太小真的會失去測量的準確度。也或是因為容器的厚度影響到了我們的測量。所以即使是甜度計，製作的時候斜切面也有 30 度。

(2)濃度越大的食鹽水，折射率越大。

(四)驗證糖水於濃度有不同的變化時，是否也能夠適用：

1.本實驗使用相同濃度的糖水，比較折射角以及入射角的變化。

(1)實驗緣由：甜度計沒辦法測量油的濃度變化，先前已經先測量過食鹽水的變化，那麼我們就測量糖水在雷射光的照射之下，濃度的變化對於光的折射有什麼不同吧！

(2)操縱(改變)變因：糖水的濃度、入射角。

(3)控制(不變)變因：雷射筆的距離、方形容器同一個、方格紙與量角器。

2.實驗的操作步驟：

(1)磅秤歸 0。

- (2)測量物體的重量。
- (3)測量出鹽的重量。
- (4)用量杯量好 100cc 水，並倒入容器中。
- (5)攪拌至完全溶解。
- (6)準備好雷射筆。
- (7)擺放好我們使用的測量模板。
- (8)把容器擺放至量角器上，擺放好我們想要測量的入射角。
- (9)雷射筆放在適合的位置，按下之後我們發現溶液中有光的線條。
- (10)擺上量角器開始測量。

換不同的濃度，重複(3)~(10)

- 3.結果：以此表格我們做了不同重量的糖溶入 100 公克的水，並且試試看根據不同的入射角，實驗出來的折射角度有何變化。並且把相關的折射率整理出來。

糖水	入射角	折射角	折射率	平均折射率
100g 水	10 度	5 度	1.99	1.13
	20 度	18 度	1.10	
	30 度	25 度	1.18	
	40 度	35 度	1.12	
100g 水 加上 10g 糖 (濃度 9.1%)	10 度	10 度	1	1.34
	20 度	15 度	1.32	
	30 度	22 度	1.33	
	40 度	28 度	1.37	
100g 水 加上 20g 糖 (濃度 16.7%)	10 度	5 度	1.99	1.5
	20 度	13 度	1.52	
	30 度	20 度	1.46	
	40 度	25 度	1.52	
100g 水 加上 30g 糖 (濃度 23.1%)	10 度	5 度	1.99	1.61
	20 度	12 度	1.64	
	30 度	18 度	1.62	
	40 度	24 度	1.58	
100g 水 加上 40g 糖 (濃度 28.6%)	10 度	5 度	1.99	1.77
	20 度	11 度	1.79	
	30 度	16 度	1.81	
	40 度	22 度	1.72	

- 4.發現：

- (1)在入射角為 10 度的時候，由於跟其他的實驗差距太多，故不予列入平均裡面。
而經過討論，如果入射角度太小，會因為實驗的容器厚度而影響。所以即使是甜度計，也都做出切口約 30 度的切角，讓光透過鏡面。
- (2)比較糖水跟鹽水我們最後統整的結論是：溶液越大，折射角度越小，折射率越大。

(五)利用光的折射率，說明油的改變。


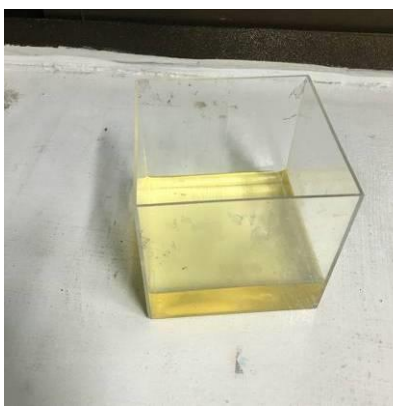

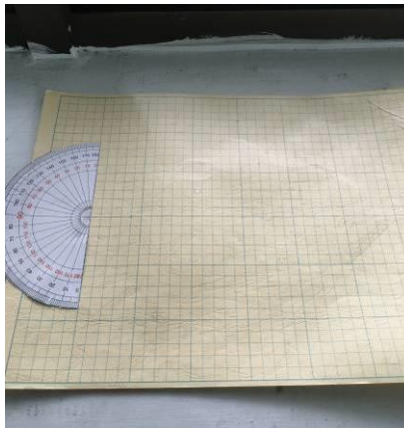

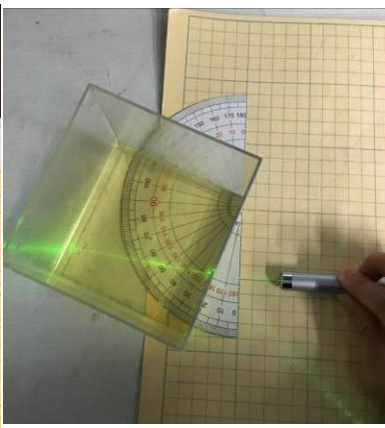

1.本實驗午餐的用油，比較使用後的折射率變化，說明油的品質改變。

(1)實驗緣由：我們都知道回鍋油很恐怖，但是油在重複使用之後，到底改變了什麼？經由實驗我們來看一下。

(2)操縱(改變)變因：油(乾淨的油、用過一次、用過二次)。

(3)控制(不變)變因：雷射筆的距離、方形容器同一個、方格紙與量角器。

2.實驗的操作步驟：

步驟一：準備油。	步驟二：倒入容器。	步驟三：準備好雷射筆。
		
步驟四：準備好測量用的模板。	步驟五：把容器擺放置量角器上，擺放好我們想要測量的入射角。	步驟九：雷射筆放在適合的位置，按下之後我們發現溶液中有光的線條。
		
步驟 10：擺上量角器開始測量。		
	此為乾淨的用油，在入射角 20 度的示意圖。發現光線跟水溶液比起來比較不明顯。	

3.結果：以濃度越濃，折射率越高的這個結論，我們探討食用油回鍋油炸會有甚麼不同：

油	入射角	折射角	折射率	平均折射率
乾淨的油	10 度	7 度	1.42	1.20
	20 度	17 度	1.17	
	30 度	24 度	1.23	
	40 度	32 度	1.21	
炸過一次後 (營養午餐使用)	10 度	10 度	1	1.36
	20 度	15 度	1.32	
	30 度	21 度	1.39	
	40 度	28 度	1.37	
炸過二次後 (營養午餐使用)	10 度	10 度	1	1.55
	20 度	13 度	1.52	
	30 度	19 度	1.54	
	40 度	24 度	1.58	

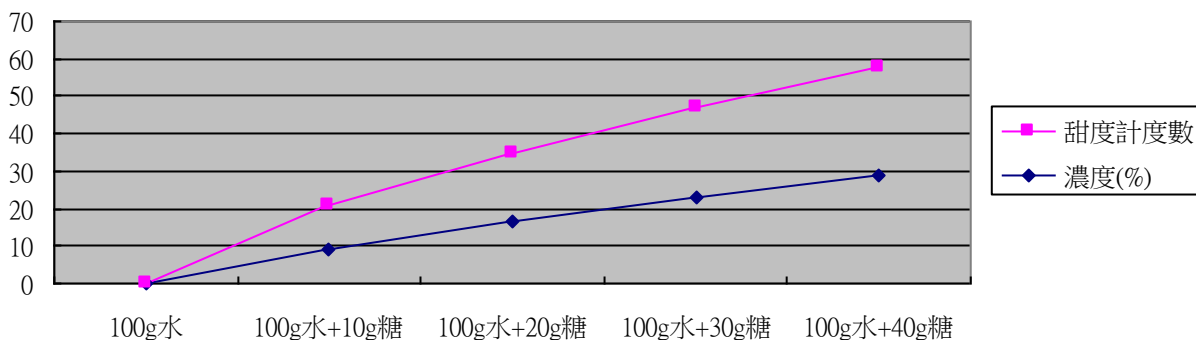
4.發現：

(1)油使用越多次，折射角越小，代表濃度越大。濃度越大的溶液，裡面到底多了多少物質，我們目前無法得知，油是越來越可怕。

伍、研究結果：

一、使用不同濃度的糖水，比較甜度計測量結果：

(一)利用甜度計測量糖水的結果圖：

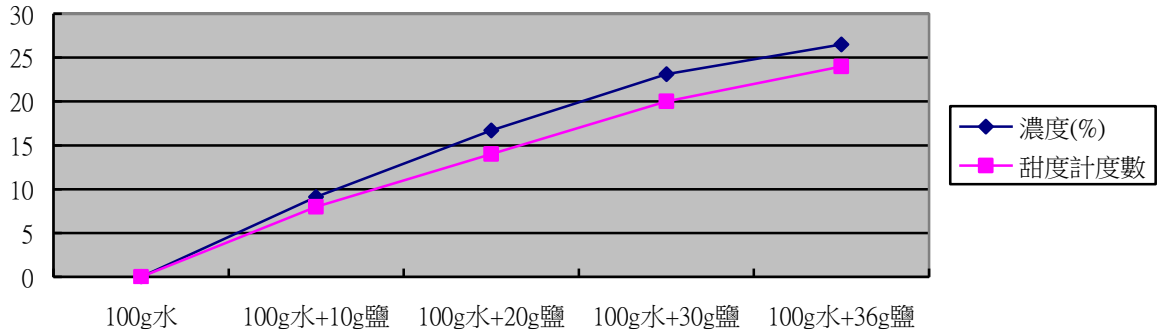


發現：

- 1.糖水的濃度提昇，甜度計測量的數值也隨之提昇，所以甜度計之所以可以用來測量水果的甜味，可由實驗中得證。
- 2.但是由於並非完美的直線，所以數據只能當作參考。也就是沒有「絕對的甜」，只有比較數據的「相對的甜」。

二、使用不同濃度的食鹽水，利用甜度計來測量：

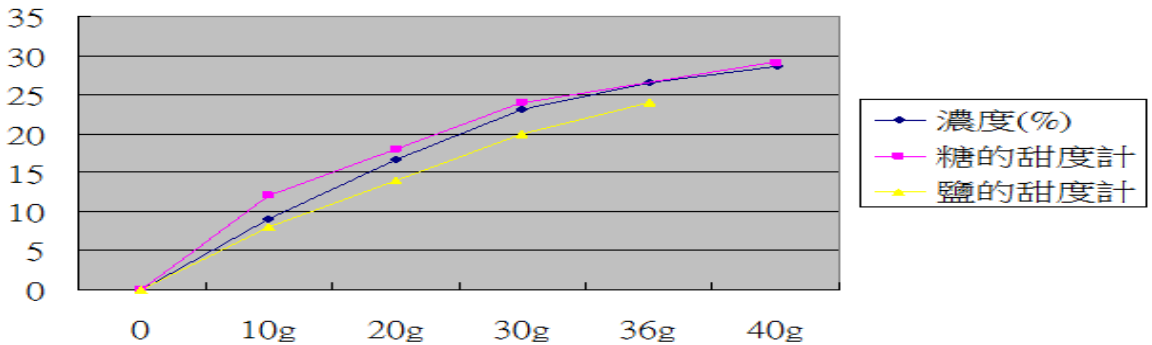
(一)利用甜度計，測量食鹽水的結果圖：



發現：

- 1.食鹽水的濃度提升，甜度計的數值也跟著上升。
- 2.推測溶液的濃度能夠超越飽和濃度，那麼我們在讀取甜度計的時候，度數應該是更大。

(二)如果把糖水跟食鹽水比較在一起：

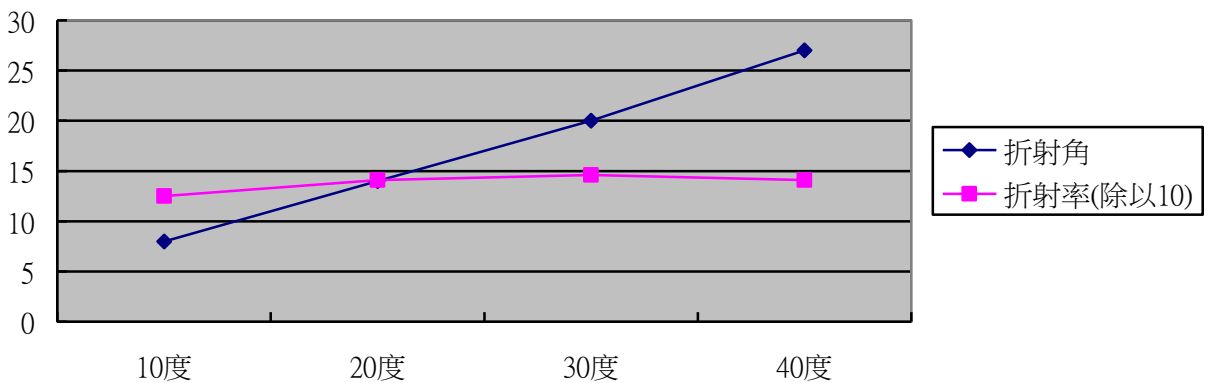


發現：

- 1.兩者之間的甜度計讀取的數據，幾乎糖的甜度數據大於鹽的甜度數據。
- 2.不代表濃度相對來說糖水的濃度比鹽水還要濃。
- 3.數字就是參考使用，對於濃度的數字而言並非是「絕對」，而只能在同一種溶液中比較濃度的大小而已。

三、使用自製測量方式，觀察濃度與光的折射結果：

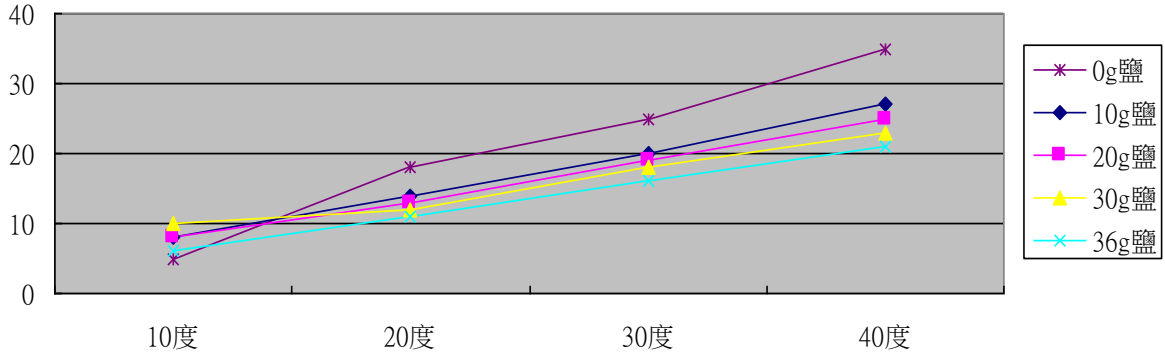
(一)相同濃度的食鹽水，折射角與折射率的關係：



發現：

- 1.同一種溶液的濃度，折射率差別不大，幾乎是一樣的。
- 2.討論入射角為 10 度的時候，誤差較大，所以排除。

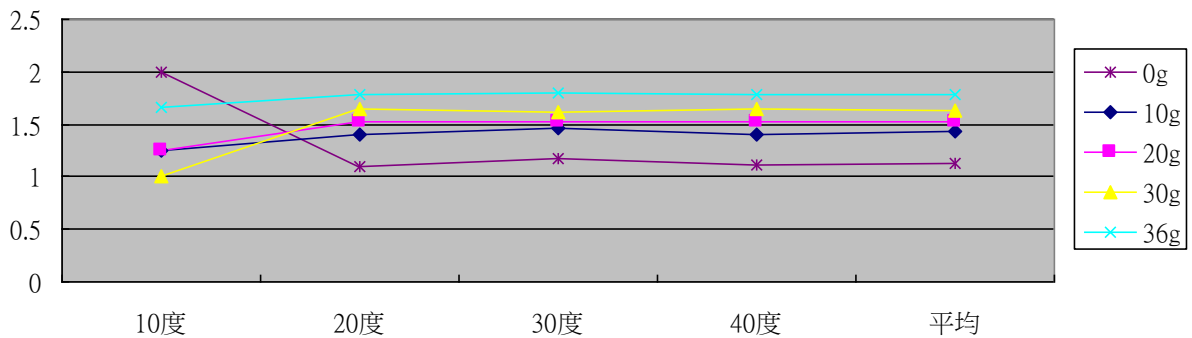
(二)不同濃度的食鹽水折射角：



發現：

- 1.在低入射角的時候，實驗誤差太大。
- 2.隨著濃度的提升，折射角的角度會變小。

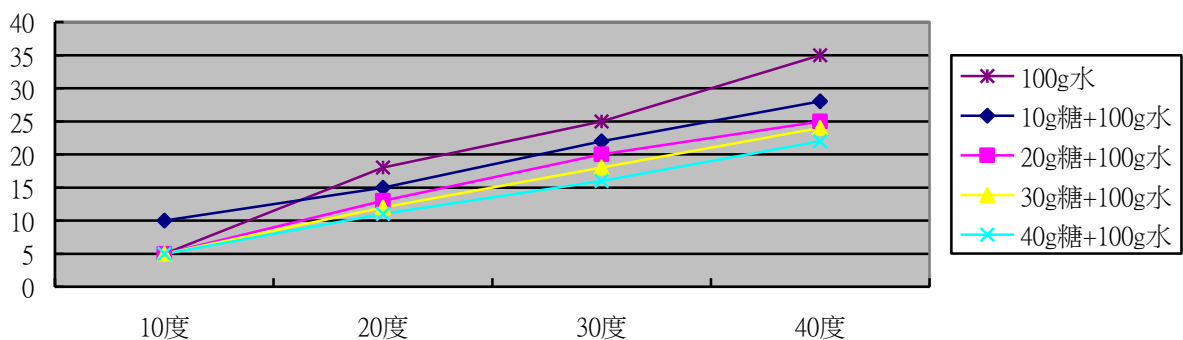
(三)食鹽水折射率的圖片：



發現：

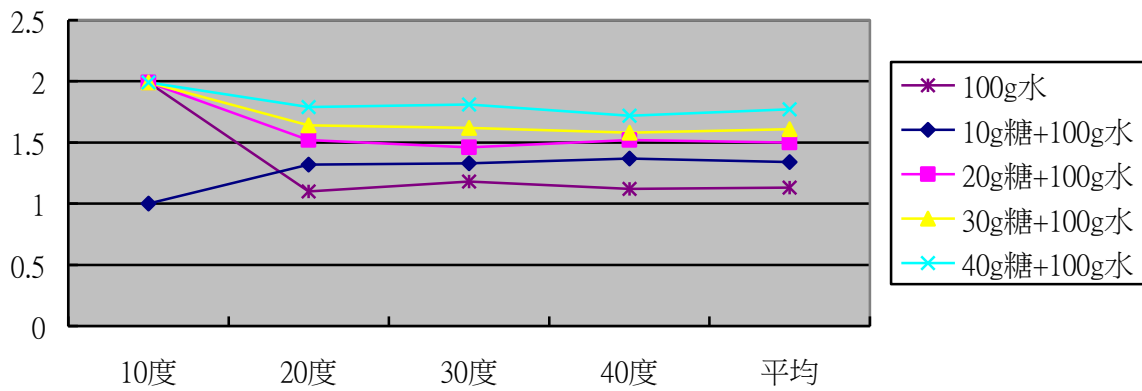
- 1.排除了低角度的測量，在其他的角度中發現同一種濃度，折射率幾乎相同。
- 2.濃度越大的食鹽水，折射率越高。

(四)不同濃度的糖水，折射角的圖片：



發現：入射角越高，其折射角也越大。

(五)糖水折射率的圖片：

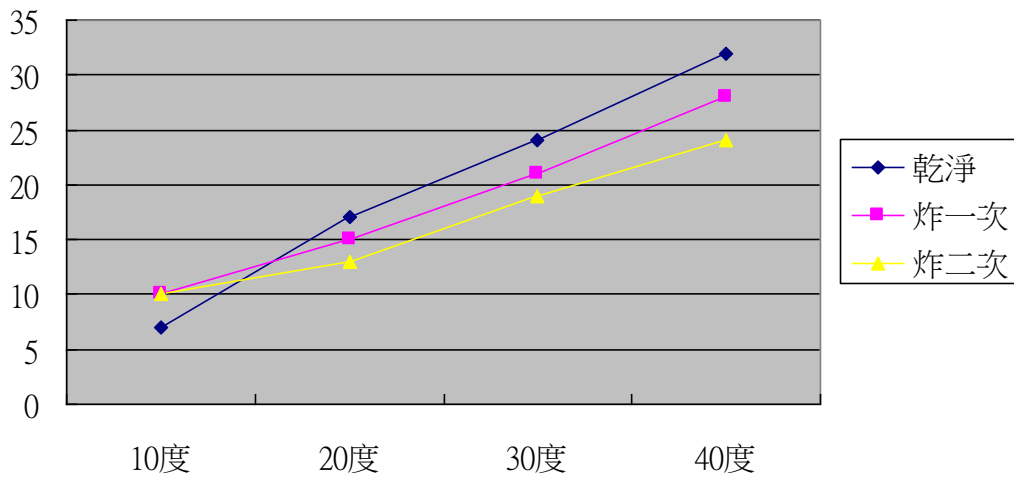


發現：

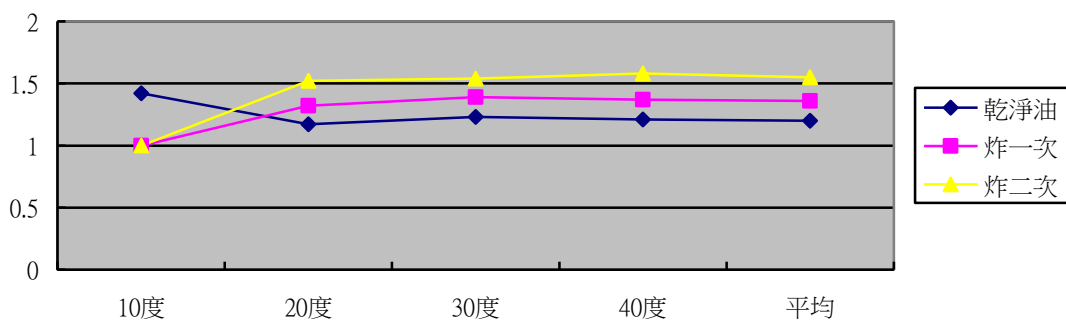
- 1.不管是折射率或是折射角，都跟食鹽水的變化類似。
- 2.在 10 度入射角的時候，有嚴重的誤差，所以刪除掉。
- 3.發現同一種濃度的折射率竟然都差不多。
- 4.而濃度越大的溶液折射率越高，其折射角越小。

四、利用光的折射率，說明油的改變。

(一)午餐用油的折射角圖表：



(二)午餐用油折射率圖表：



發現：

- 1.在入射角只有 10 度的時候，誤差還是很大，沒辦法控制，只好予以排除。
- 2.油的折射率跟其他的溶液類似，同樣的溶液折射率幾乎一樣。
- 3.用過越多次的油，折射率越高。

陸、討論：

一、使用不同濃度的糖水，比較甜度計測量的值。

根據不同的濃度糖水，發現甜度計也會相對的提昇。但是根據甜度計的使用說明，會因為溫度而產生影響，經過大家的討論，認為是不同的溫度有著不一樣的密度。因此我們在做測量的時候，都是使用學校的飲水機過濾水，溫度為 20 度。糖水的濃度提昇，甜度計測量的數值也隨之提昇，所以甜度計之所以可以用來測量水果的甜味，可由實驗中得證。但是由於並非完美的直線，也有些許的誤差，所以數據只能當作參考。也就是沒有「絕對的甜」，只有比較數據的「相對的甜」，因此不同水果的甜度沒辦法互相的去做比較。

二、使用不同溶液，比較甜度計測量是否相同。

我們使用食鹽水跟糖水做比較，兩者之間的甜度計讀取的數據，有一定程度的類似。(都是濃度越大的時候，甜度計讀取的數字越大。)但是並不代表濃度相對來說糖水的濃度比鹽水還要大。只能說數字就是參考使用，只能在同一種溶液中比較濃度的大小而已。

三、使用自製測量方式，觀察測量結果。

由於甜度計能觀察的範圍有限，在偶然的機會下發現將筆插入水裡會看起來斷了，加入大量的糖後，變化反而變小了，所以我們利用光的折射，看看有沒有可能有不同的辦法可以做觀察。經由雷射筆的照射與測量入射角與折射角後，再去探討這之間的關係，於是發現了我們可以利用折射率來判定溶液的濃度。而在入射角很小的時候，或許是因為容器的厚度，因此造成了些許的實驗誤差。

四、利用光的折射率，說明溶液的改變。

長輩跟老師也不斷的勸說希望大家少喝飲料，也不希望我們時常在外吃油炸的食物，因此我們就設定回鍋油的變化來觀察。即使不知道內容物有什麼，但是每一次的油越來越深，折射率越來越大。我們不禁懷疑起回鍋油到底經過反覆的油炸後，多了哪一些可能危害我們健康的雜質。

柒、結論：

- 一、以糖水而言，甜度計的數值能比較出糖水的濃度，糖水的濃度越高，甜度計讀取的數據越大。
- 二、甜度計在不同的溶液也可以比較，然而只能在同一種溶液之間互相比較濃度。例如；糖水對糖水哪一個比較甜，但是沒辦法比較糖水對食鹽水哪一個溶解的量比較多。
- 三、甜度計有一定的範圍，市面上的甜度計大約是 0 度到 32 度的比較值，然而如果我們測量

的溶液超過之後，就沒有辦法讀取，所以我們需要用別的方法。因此我們使用了雷射筆照射作一個比較。以同一種溶液而言，如果濃度越濃，則折射角的角度相對的比較小。然而我們用雷射筆照射只能比較濃度的大小，卻無法準確的測量出溶液的濃度。

四、每種溶液只要在相同的濃度下，都有相同的折射率，因此我們可以利用光的折射做一個比較，看看此種溶液是否有其他混和的雜質。在測量油的實驗中，發現回鍋油的折射率越來越大，我們根據之前的實驗結果(濃度越大，折射率越大)，推測溶液裡面的物質越來越多，也影響了油的品質。

捌、展望與建議：

- 一、前期實驗時發現誤差很大，而我們本來是利用黏土與厚紙箱來固定雷射筆。後來發現利用方格紙比較方便固定雷射筆的光源方向，也方便我們按壓開關。
- 二、在此次實驗研究結束後，發現折射可以利用在生活不同的地方，簡易的測量出濃度，如果我們所喝的飲料，本質越接近於水，應該可以表示這東西越接近於天然的，比較少加入其他不知名的物體。

玖、參考文獻：

- 一、自然與生活科技 - 三上第三單元，溶解。
- 二、自然與生活科技 - 四上第一單元，光的性質。
- 三、<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%98%E5%B0%84>