

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

第一名

最佳創意獎

080209

燈「糖」入視—糖性質的測定

學校名稱：康橋學校財團法人新北市康橋高級中學

作者： 小五 許睦毅 小五 黃裕鈞 小五 何裕騰 小五 彭 惟	指導老師： 彭文萱 林秀珍
---	-----------------------------

關鍵詞：糖度計、旋光性、糖的熱量

得獎感言

燈糖入視樂趣多

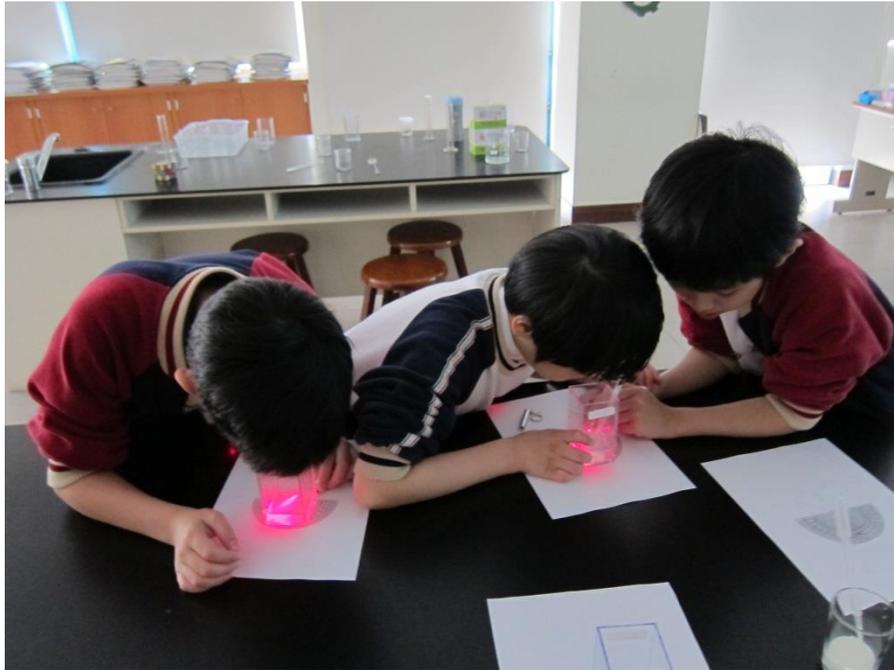
以前老師總會告訴我們學長做科展時的狀況，讓我們很想跟著做。這次，我們終於有機會做科展，才終於發現其中的樂趣和學習到的知識是和一般上課時完全不同的。經過了這一次的科展研究，我們學習到很多有關於糖的知識，例如糖的糖度檢測、旋光性等，最神奇的是了解到糖居然與光有關係，而且我們利用簡單的工具做出糖度計

喔！而且我們藉著糖燃燒測定到熱量，過程雖然我們遇到了很多的困難，例如我們測試的糖類都不容易加熱、也不容易燃燒。製作甜度計時，我們不知如何製作出精準，但又簡易的甜度計等等。不過，在我們激烈的討論和嘗試下，激發我們的想法，這些困難我們還是一一解決了。從中知道學習不能只會死背課本，還要有討論與互動才能真正的學習到知識。

糖的研究真的很有趣，我們接下來的研究將會讓自製的糖濃度檢測工具更加精準，熱量的測定方法也可以再研究改良，讓熱不再容易散出去。我們也建議未來有興趣針對糖進行研究的人，可以朝向零熱量糖的來進行研究，或是找到更多天然的甜味劑來取代糖。不管如何我們都學到了寶貴的一課，所以我們還是要感謝用心指導我們的老師和學校的支持。



獲得國小化學組第一名時，开心的上台領獎。



以自製的簡易式折光儀探討糖水濃度與光線折射的關係。



以方糖沾菸灰後燃燒再加熱水的過程，探討糖的熱量釋放出多少。

摘要

為了讓添加了糖的飲料喝起來更健康，我們藉由實驗更深入的了解糖的糖度、糖的熱量，也了解到甜度是一種感覺，真正與熱量有關的是糖的濃度。我們藉由討論糖度計的原理，嘗試自製了「簡易折光式糖度計」和「旋光儀」，用來檢測糖的濃度，並以燃燒糖的方式，研究糖的熱量釋放，最後比較含糖飲料的糖濃度與熱量的關係。經由實驗發現以自製的簡易折光式糖度計測量可發現糖濃度越高時，光的折射角度越小，而糖的旋光性效果也會與糖濃度有關，飲料中糖的濃度高時通常熱量會高。

壹、研究動機

我們都喜歡喝很甜的飲料，但是家人都說太甜不好，所以都不能喝太多。但是為什麼喝太甜不好呢？是因為糖的關係嗎？與添加糖的量有關係嗎？糖的熱量很高嗎？如果我們找到一種糖可以加在飲料中，又可以不增加身體的負擔，那該有多好！許多關於糖的疑問，在我們的心中產生，所以我們查詢了許多有關糖的資料，發現糖可以提供人體熱量，提供的熱量和吃到肚子裡的熱量有關，於是我們就決定針對糖的濃度、甜度和提供的熱量進行研究。看看哪一種糖比較不甜，提供的熱量比較少，適合我們吃，所以我們閱讀了糖度計的原理，發現糖的濃度與四年級所學的光的原理有關，所以我們利用這些原理來自己製作糖度計來研究糖的糖度與熱量的關係。

貳、研究目的

為了深入了解「糖」，我們針對糖的資料以及糖的特性進行研究，探討糖的種類、熱量、濃度與糖度的關係，以及實際用於飲料的糖度檢測，所以本研究的研究目的有以下三點：

- 一、探討糖溶液的濃度與光的關係、以自製的測定計檢測濃度。
- 二、瞭解糖與熱量的關係，進行糖熱量檢測。
- 三、探討生活中含糖飲料的甜度與熱量。

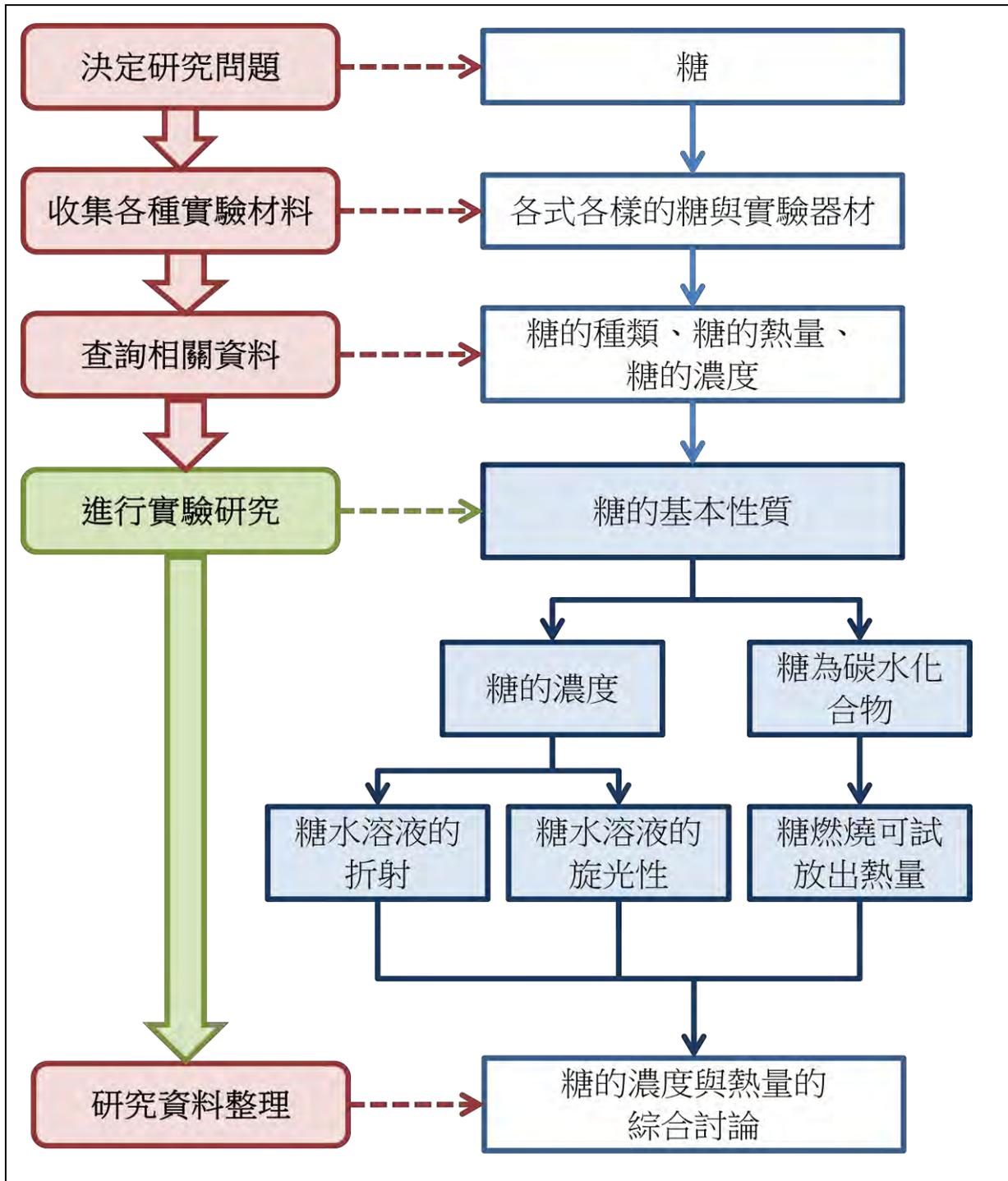
根據以上研究目的所進行的實驗及探討問題如下表。

實驗目的	實驗名稱	探討問題
1.探討糖溶液的濃度與光的關係、以自製的測定計檢測濃度。	1-1 糖水溶液與光反應的探討	糖水溶液和光會有什麼反應？ 市面上的甜度計原理是什麼？
	1-2 細砂糖（葡萄糖、果糖）水溶液與光折射實驗--簡易折光式糖度計	雷射光穿過水溶液後光的折射如何改變？ 比較雷射光於不同濃度的細砂糖水溶液的折射角度？
	1-3 不同糖水溶液與光折射實驗	比較雷射光於不同種類相同濃度的水溶液的折射角度？ 比較不同種類糖的甜度？
	1-4 自製糖濃度測定計（旋光儀）	如何利用簡易的材料，模擬「旋光儀」製作出糖濃度的測定計？
	1-5 自製第一代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗	利用自製旋光儀，比較不同濃度的細砂糖（葡萄糖、果糖）水溶液的光線偏轉角度？ 以白光和單色光源照射水溶液，光線的偏轉角度會改變嗎？
	1-6 自製第二代旋光儀檢測不同高度細砂糖水溶液的糖度實驗	如何改良第二代旋光儀？ 檢測不同高度及濃度細砂糖水溶液的光線偏轉角度？
	1-7 自製第二代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗	檢測相同高度、不同濃度細砂糖、葡萄糖和果糖水溶液的光線偏轉角度？
2.瞭解糖與熱量的關係，進行糖熱量檢測。	2-1 觀察各類的糖	市售各種糖的成分是什麼？ 各種糖的結晶與外型特徵有什麼差異？
	2-2 測定碳水化合物實驗	糖與碳水化合物的關係？
	2-3 方糖燃燒實驗	如何讓方糖直接燃燒？ 有哪些方法讓糖可以當作可燃物直接燃燒？
	2-4 自製棒棒糖實驗	控制水分讓糖顆粒變成棒棒糖？
	2-5 糖燃燒釋放熱量實驗	糖燃燒釋放出的熱量可讓水溫上升多少？ 比較糖燃燒後釋放的熱量與產品包裝上的熱量標示？
3.探討生活中含糖飲料的甜度與熱量。	3-1 生活中含糖飲料的成分	市面上的含糖飲料，所含的是哪一種成分的糖？ 市面上的含糖飲料，熱量標示是多少？
	3-2 檢測飲料糖濃度	檢驗含糖的飲料探討糖濃度與熱量關係？
	3-3 檢測綠茶飲料糖濃度	檢驗含糖的綠茶飲料探討糖濃度與熱量關係？

參、研究設備及器材

實驗名稱	主要實驗器材及材料
1-1 糖水溶液與光反應的探討	網路及圖書館
1-2 細砂糖（葡萄糖、果糖）水溶液與光折射實驗—簡易折光式糖度計	糖、方形平底直筒容器  、量角器、雷射光筆、牛奶
1-3 不同糖水溶液與光折射實驗	糖、方形平底直筒容器、量角器、雷射光筆、牛奶
1-4 自製糖濃度測定計（旋光儀）	紙筒、偏振片、圓形平底直筒容器、保麗龍、手電筒、紅色和藍色玻璃紙、糖
1-5 自製第一代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗	自製第一代旋光儀、糖水溶液
1-6 自製第二代旋光儀檢測不同高度細砂糖水溶液的糖度實驗	自製第二代旋光儀、細砂糖水溶液
1-7 自製第二代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗	自製第二代旋光儀、細砂糖糖水溶液、葡萄糖糖水溶液、果糖糖水溶液
2-1 觀察各類的糖	二號砂糖、細砂糖、冰糖、方糖、葡萄糖、果糖
2-2 測定碳水化合物實驗	糖、鋁箔紙、酒精燈、燈架、陶瓷纖維網 
2-3 方糖燃燒實驗	方糖、香菸灰、蠟燭
2-4 自製棒棒糖實驗	糖、鋁箔紙、酒精燈、燈架、陶瓷纖維網
2-5 糖燃燒釋放熱量實驗	糖、香菸灰、蠟燭、鐵盒、試管
3-1 生活中含糖飲料的成分	各式含糖飲料 
3-2 檢測飲料糖濃度	簡易折光式糖度計、市售折光式糖度計、各式含糖飲料
3-3 檢測綠茶飲料糖濃度	簡易折光式糖度計、市售折光式糖度計、各式含糖飲料

肆、研究架構與流程



伍、研究結果與討論

一、探討糖溶液的濃度與光的關係、以自製的測定計檢測濃度。

我們設定糖的甜度高時，熱量就會很高，但經過資料查詢後發現「甜度」一般是指舌頭上的感覺，會因為人的感覺而有不同，像和蔗糖甜度一樣的果糖，實際糖度只有 70 ~ 75%，因為果糖實際甜度比蔗糖高。甜度的計算通常以一種食物為基準，再找其他的食物依序評比出甜度。一般所謂測糖的甜度計有兩種，分別是「折光式甜度計」和「旋光儀」，這兩種甜度計也都不是在測量糖的甜度，而是測量糖的濃度，故有人甜度計又稱為「糖度計」指的是糖溶解於水中的濃度，因此我們想模擬製作這兩種糖度計來測定糖的濃度。

實驗 1-1：糖水溶液與光反應的探討

【實驗步驟】

1. 了解糖類的甜度。
2. 查詢市面上販售的甜度計，藉以了解甜度計的原理。

【實驗資料】

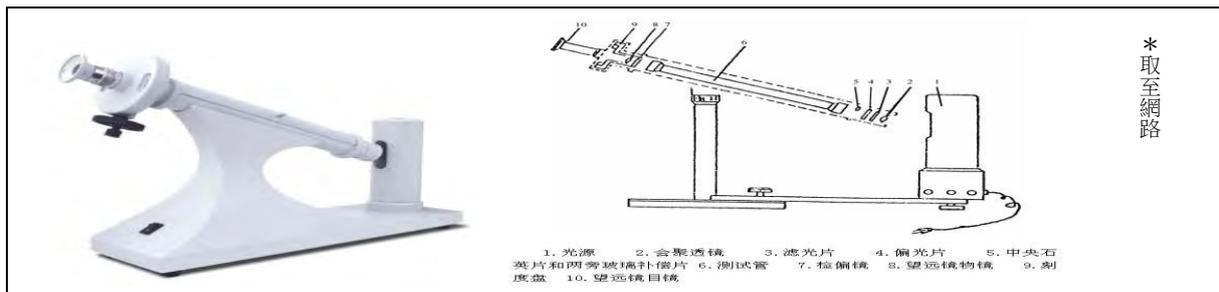
甜度指舌頭上的感覺，目前並沒有客觀的科學方法可以測定，主要是利用主觀的人工品評來加以比較，所以甜的感覺因人而異。

一般的糖度是利用光學折射原理，以「折光式糖度計」來測量含糖量。利用光線穿透不同濃度的液體時，折射角度會產生改變的原理，來測量不同濃度的糖水以比較出實際濃度。在四年級的自然課中，我們學到當光線從空氣中進入水中時，會產生折射的現象。而折光計就是利用這個原理製作出來的科學儀器。光線從一個介質（例如空氣）進入另一個介質（例如水）的時候，因為光的行進速度會產生變化，所以行進的路線會不一樣，產生一個角度上的轉折，這個是折射的現象。右圖就是折光計的照片和構造說明書的圖片。



「旋光儀」是用來測定含有旋光性的物質，如糖水溶液等。經由旋光儀的測定可以分析被測物質的濃度及純度等。旋光儀是利用偏振器使光的振動方向固定垂直在某一方位上，當光通過物質時，偏振光的振動方向會轉過一個角度，這種物質叫做旋光物質。資料上說明如果將起偏振器前放置單色可見光源，並在第二個偏振器後進行觀察，可以發現，如在管中放置水時，並不影響光，但如果把葡萄糖等溶液放製於管內，則光的亮度就減弱以至變暗，並產生顏色上的改變。因此我們決定運用旋光儀的原理，自己設計

一套旋光觀測器來檢驗糖水溶液的濃度。



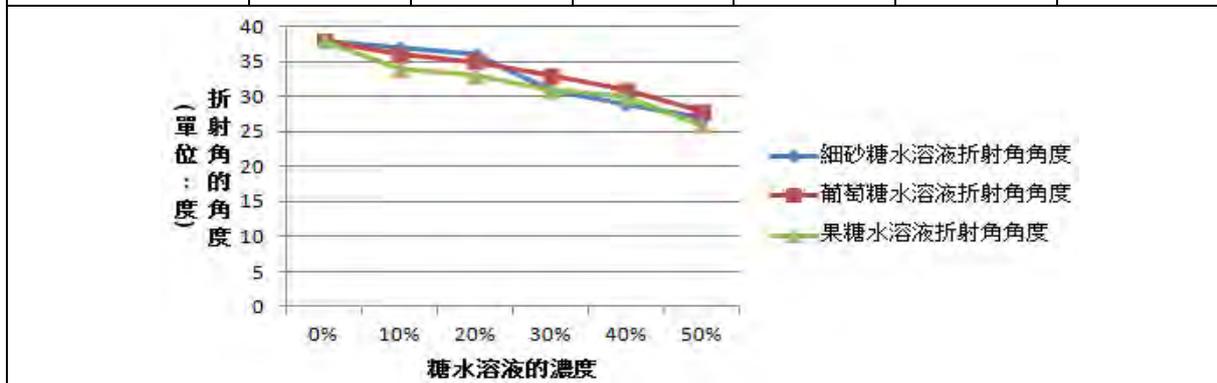
實驗 1-2：細砂糖等糖水溶液與光折射實驗—簡易折光式糖度計

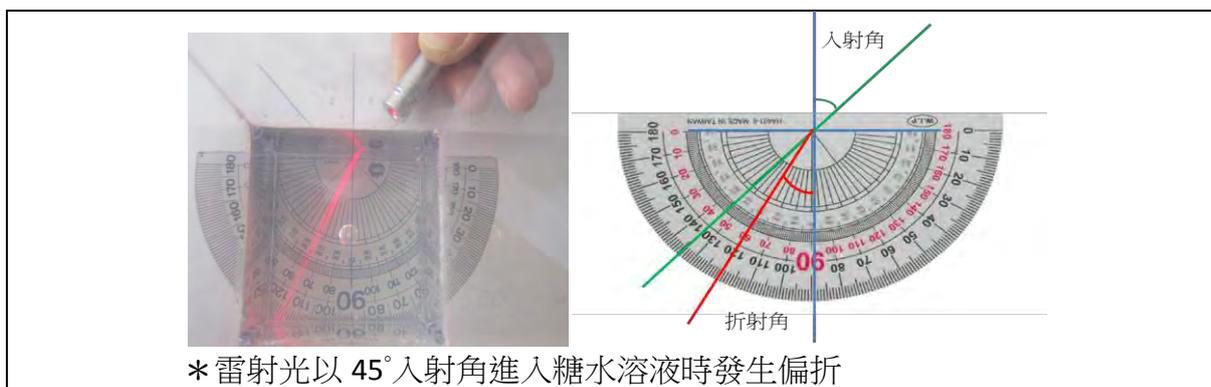
【實驗步驟】

1. 分別製作成細砂糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%。
2. 將調製完成的水溶液分別倒入 100 mL 於正方體的平底質筒容器中。
3. 五杯標示完成的水溶液中在溶液中加入一滴牛奶，攪拌均勻。
4. 在平底直筒容器兩側加上量角器
5. 以雷射光筆照射水溶液，觀察光折射的情形。
6. 分別製作成葡萄糖、果糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%，再重複上述步驟。

【實驗數據】

細砂糖水溶液 (濃度)	0% (清水)	10%	20%	30%	40%	50%
入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	38°	37°	36°	31°	29°	27°
葡萄糖水溶液 (濃度)	0% (清水)	10%	20%	30%	40%	50%
入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	38°	36°	35°	33°	31°	28°
果糖水溶液 (濃度)	0% (清水)	10%	20%	30%	40%	50%
入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	38°	34°	33°	31°	30°	26°





【實驗討論與結果】

我們利用光線折射的特性，製作了簡易的折光計，利用平底直筒容器裝糖水溶液，再加入牛奶讓雷射光筆的紅光更好觀察，經由實驗可以發現同樣利用雷射光筆以入射角 45° 照射水溶液，當細砂糖的水溶液濃度越高時，光的折射角度越小。於清水和細砂糖水濃度 10% 和 20% 時，光的折射角度變化較不明顯，一直到濃度 30% 時才有較明顯的變化。葡萄糖和果糖水溶液有一樣的特性，濃度越高折射的角度越小，而且果糖水溶液的折射角度變化比較明顯，證實了我們的簡易折光式糖度計是成功的。

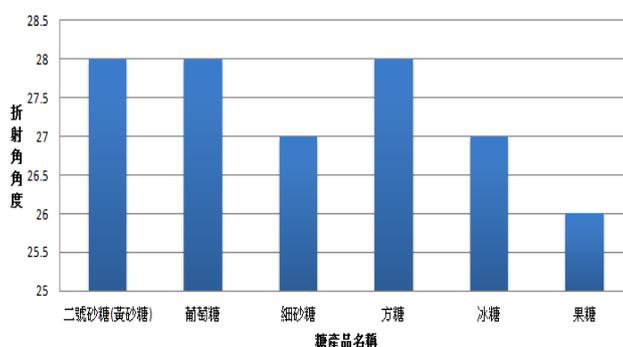
實驗 1-3：不同糖水溶液與光折射實驗

【實驗步驟】

1. 分別製作成濃度 50% 的二號砂糖、葡萄糖、細砂糖、方糖、冰糖、果糖水溶液。
2. 將調製完成的水溶液分別倒入 100 mL 於正方體的平底直筒容器中。
3. 五杯標示完成的水溶液中在溶液中加入一滴牛奶，攪拌均勻。
4. 在平底直筒容器的底部加上量角器
5. 以雷射光筆照射水溶液，觀察光折射的情形。

【實驗數據】

糖產品名稱	二號砂糖 (黃砂糖)	葡萄糖	細砂糖	方糖	冰糖	果糖
入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	28°	28°	27°	28°	27°	26°



【實驗討論與結果】

我們利用簡易折光式糖度計比較不同種類、相同濃度的糖水溶液，結果沒有太大差異，但至少我們知道了，溶液濃度越高折射角越小，使用簡易折光式糖度計時，無法分辨出濃度相同時糖的差異，所以我們的簡易折光式糖度計敏感度顯然不足。但經資料查詢後，我們可以知道果糖的甜度相對比蔗糖高，葡萄糖最低，我們推測折射角度也許跟糖的甜度有關。

實驗 1-4：自製糖濃度測定計（旋光儀）

【實驗步驟】

1. 收集資料了解偏振片的原理。
2. 瞭解糖具有旋光性的性質，探討糖的旋光性與偏振片的關係。
3. 調製一杯濃度 50% 的細砂糖水溶液。
4. 分別將清水和細砂糖水溶液裝入圓形平底直筒容器中。
5. 將其中一片偏振片剪成圓形黏貼在平底直筒容器下，並用厚紙板包覆。
6. 將手電筒固定於保麗龍座臺上，由下至上照射水溶液。
7. 將另一片偏振片放於上方進行觀測，比較清水和細砂糖水溶液的不同。

【實驗資料與數據】

* 旋光性：線偏振光通過某些物質的溶液（如蔗糖溶液）後，偏振光的振動面將旋轉一定的角度，這種振動面自行旋轉現象叫做旋光性。

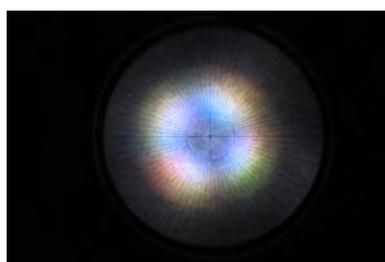
* 偏振片：自然光以波動的形式傳播，並在平行於傳播方向的各個平面上振動，當穿過偏光片時，這束光中，波動方向和這個偏光鏡光軸的方向不一致的部分，就會被擋掉。只剩下在一個方向上振動的光，形成偏振光。



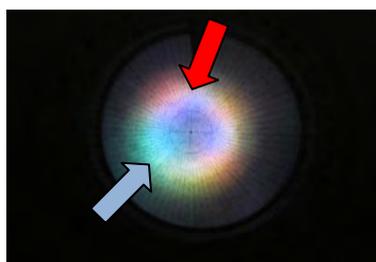
* 兩片交疊的偏振片可看出光明亮的改變



* 以上下交疊的方式觀察糖水溶液

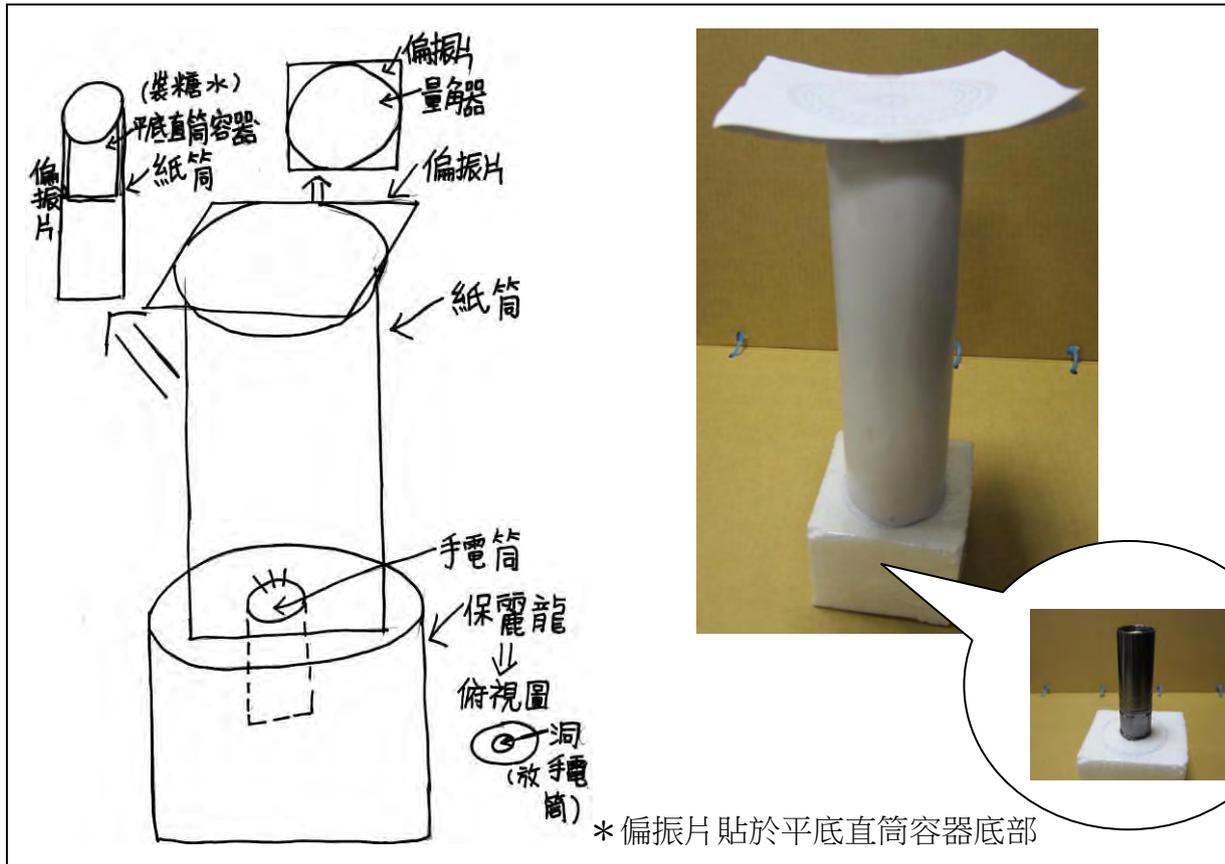


* 清水產生的色光



* 細砂糖水溶液產生的色光有紅光和藍光的變化

【自製第一代旋光儀實驗設計圖】



【實驗討論與結果】

我們自製旋光儀時，旋轉上方的偏振片發現紅光和藍光的變化是最明顯的，在旋轉到某個角度時，紅光會出現，慢慢變成明顯，又慢慢的消失。我們推測這個現象應該就是糖的旋光性造成的，所以我們在上方的偏振片上加上了量角器，分別測量紅光和藍光的出現到消失時的角度，並且嘗試以紅色和藍色的玻璃紙包住手電筒，製造單色的光，看看光是否會有改變。

實驗 1-5：自製第一代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗

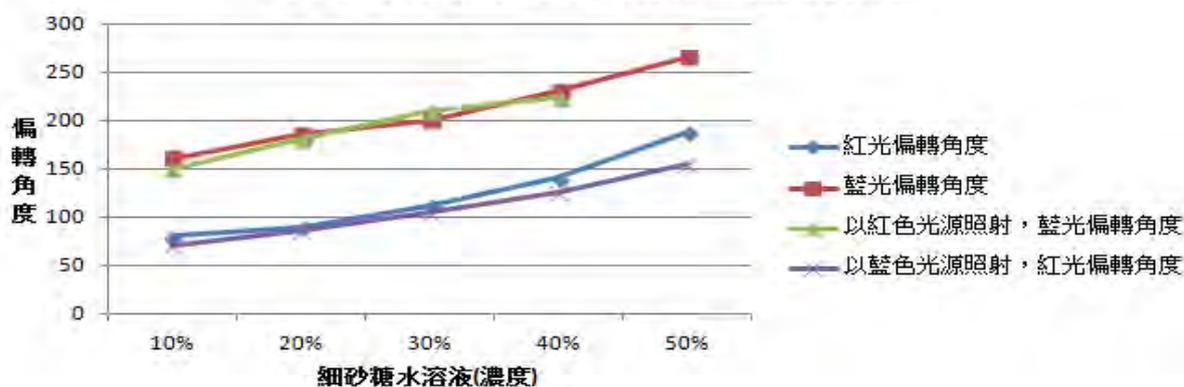
【實驗步驟】

1. 在自製糖濃度測定計上加上 360° 的刻度。
2. 分別製作成細砂糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%。
3. 各將 100 mL 不同濃度的水溶液倒入自製的糖濃度測定計。
4. 以紅光和藍光作為標準，觀測光經過偏振片的偏轉角度。
5. 分別以紅色玻璃紙和藍色玻璃紙包覆手電筒，重新照射，觀察單一顏色光源時，光經過偏振片的偏轉角度。
6. 分別製作成葡萄糖、果糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%，再重複上述步驟。

【實驗數據】

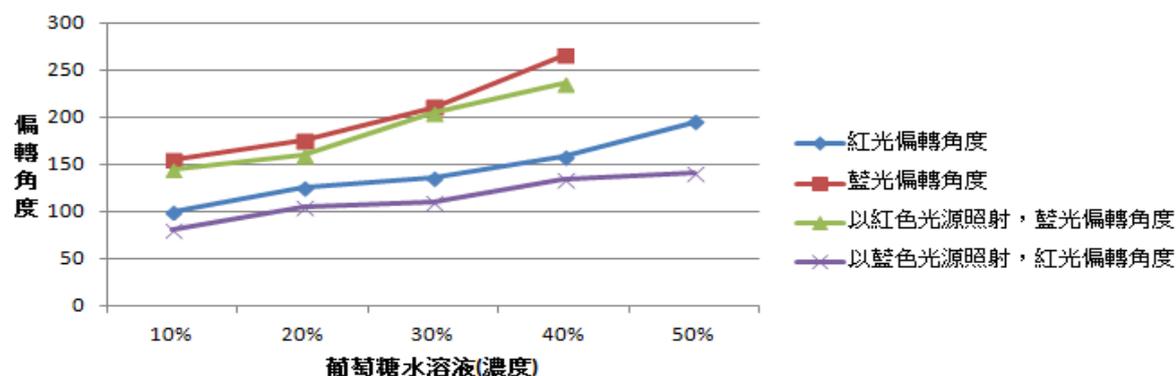
細砂糖水溶液 (濃度)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	80°	90°	112°	140°	187°
藍光偏轉角度	0°	160°	185°	200°	230°	265°
以紅色光源照射， 藍光偏轉角度	0°	150°	180°	210°	223°	無法判斷
以藍色光源照射， 紅光偏轉角度	0°	70°	85°	105°	125°	154°

細砂糖水溶液的濃度與偏轉角度關係折線圖

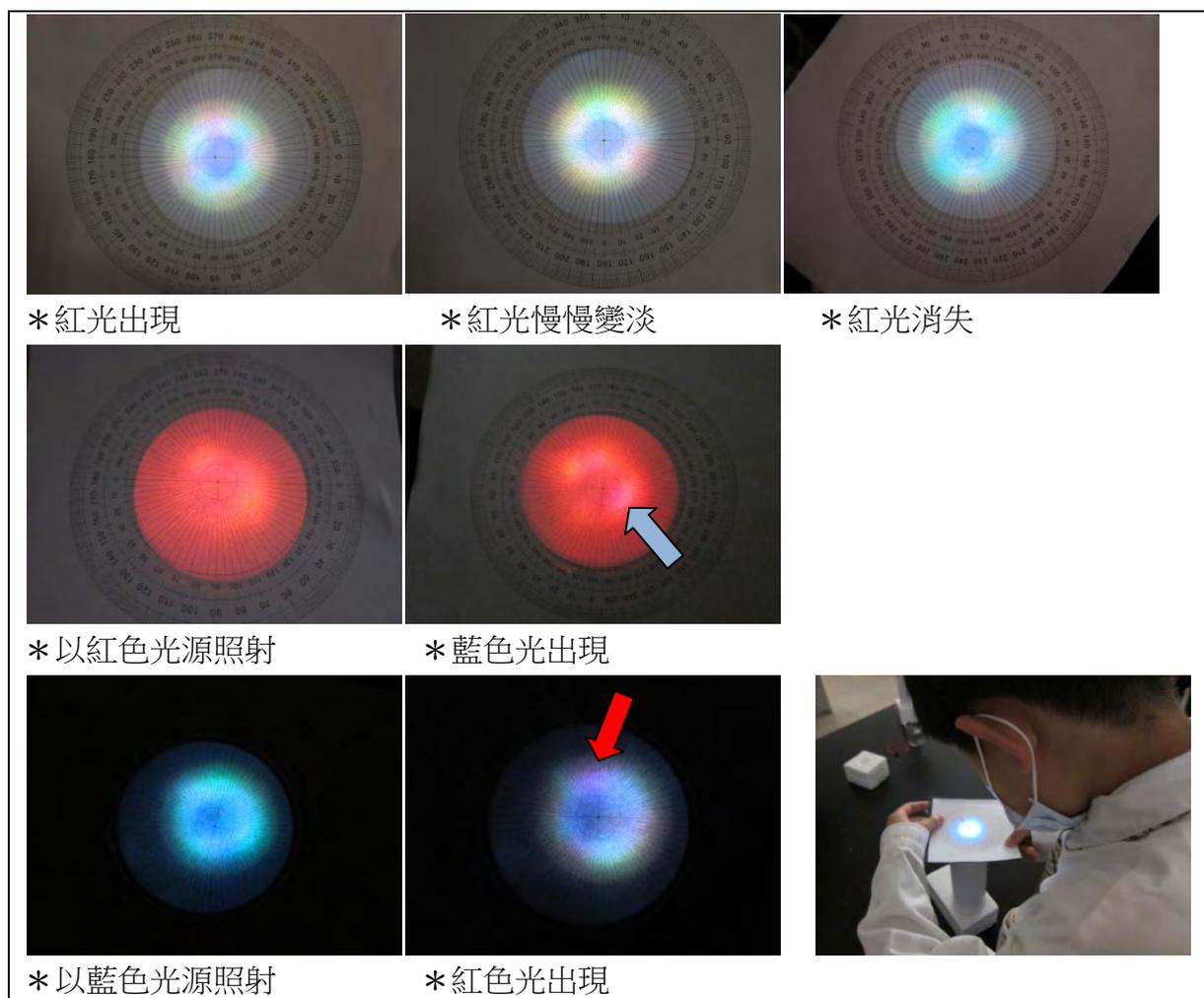
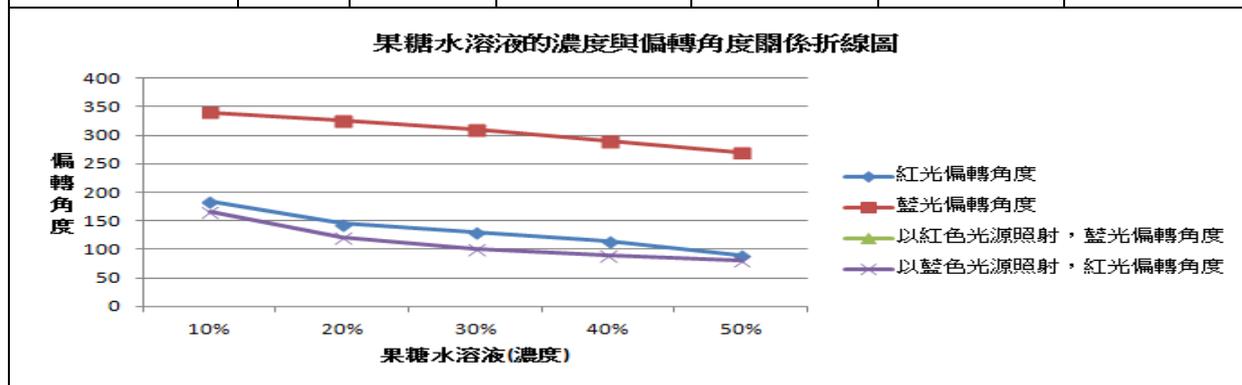


葡萄糖水溶液 (濃度)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	100°	125°	135°	158°	195°
藍光偏轉角度	0°	154°	175°	210°	265°	無法判斷
以紅色光源照射， 藍光偏轉角度	0°	145°	160°	205°	235°	無法判斷
以藍色光源照射， 紅光偏轉角度	0°	80°	105°	110°	134°	140°

葡萄糖水溶液的濃度與偏轉角度關係折線圖



果糖水溶液 (濃度)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	184°	145°	130°	115°	90°
藍光偏轉角度	0°	340°	325°	310°	290°	270°
以紅色光源照射， 藍光偏轉角度	0°	無法判斷	無法判斷	無法判斷	無法判斷 (出現微弱的黃光)	無法判斷 (出現微弱的黃綠色光)
以藍色光源照射， 紅光偏轉角度	0°	165°	120°	100°	90°	80°



【實驗討論與結果】

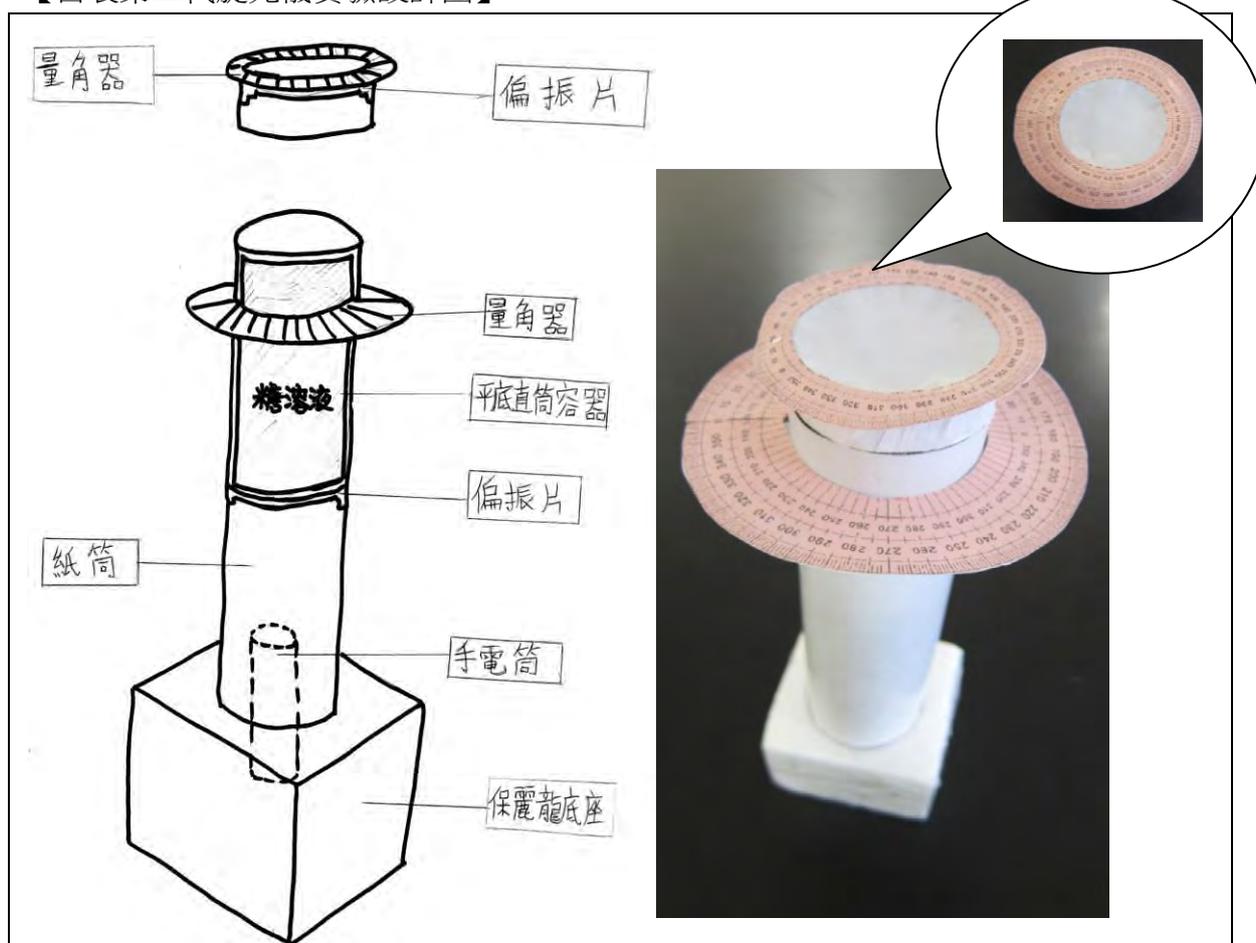
實驗發現細砂糖和葡萄糖濃度越高時，紅光和藍光出現到消失的角度越大；但是果糖的濃度越高時，紅光和藍光出現到消失的角度卻越小。而且若將原本白光以紅色或藍色玻璃紙包覆時，藍光的偏轉角度容易過大，導致超過 360° ，出現無法判斷的數據。深入探討自製旋光儀的原理為透過白色光通過偏振片後變成的七彩色光的色散現象，再藉由糖水溶液的旋光性，產生了旋光角度上的差異。因此我們思考於第二代的旋光儀針對偏振片的品質做為改良。

實驗 1-6：自製第二代旋光儀檢測不同高度細砂糖水溶液的糖度實驗

【儀器改良】

1. 修正第一代旋光儀的缺點，以相機鏡頭的偏光鏡自製第二代旋光儀。
2. 改良量角器刻度不易對準的問題，以上下兩圈量角器呈現。
3. 平底直筒容器外包黑色書面紙，避免塑膠容器反光的問題。
4. 分別製作成細砂糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%。
5. 以 1cm、3cm、6cm 的糖水溶液進行定量測量。

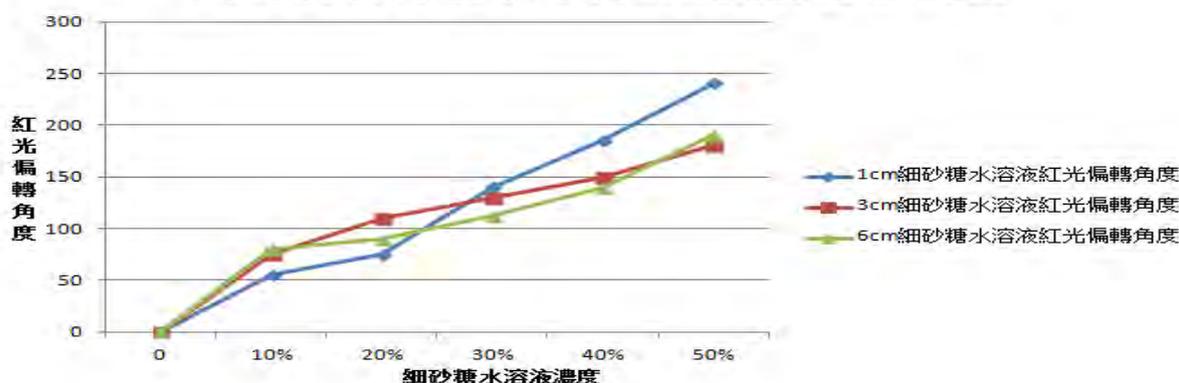
【自製第二代旋光儀實驗設計圖】



【實驗數據】

1cm 細砂糖水溶液（濃度）	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	55°	75°	140°	185°	240°
3cm 細砂糖水溶液（濃度）	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	75°	110°	130°	150°	180°
6cm 細砂糖水溶液（濃度）	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	80°	90°	112°	140°	190°

不同高度細砂糖水溶液紅光偏轉角度折線圖



【實驗討論與結果】

於第一代旋光儀的實驗中，我們發現以白光進行實驗，當光通過偏振片與糖水溶液後，以紅光作為指示，判斷自製旋光儀的旋光角度最佳。進一步檢測糖水溶液的高度，也就是光的旋光路徑是否會有所差異，以 1 公分、3 公分和 6 公分的糖水溶液高度進行實驗，結果發現當細砂糖水溶液為 3 公分時，紅光的偏轉角度會依據濃度的不同而平緩較有規律的上升。因此我們將以 3 公分的溶液高度作為不同糖水溶液定量比較的標準。

實驗 1-7：自製第二代旋光儀檢測不同濃度糖水溶液的糖度實驗

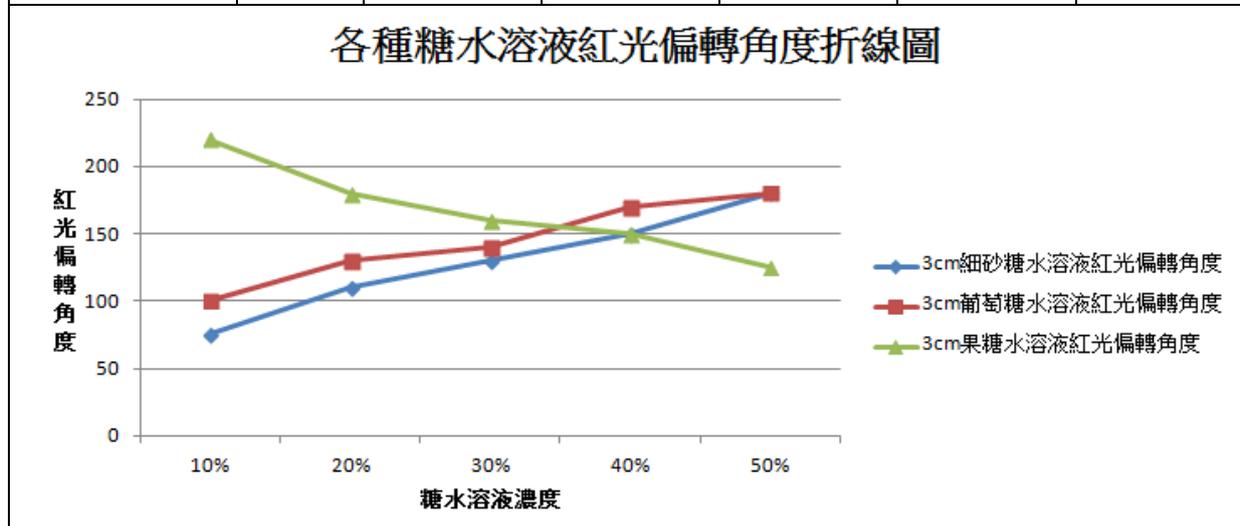
【實驗步驟】

1. 以實驗 1-6 的結果決定以 1cm 糖水溶液高度做定量測量
2. 分別再製作成葡萄糖、果糖水溶液濃度為 10%、20%、30%、40%、50%。
3. 比對三種糖水溶液的旋光性質。

【實驗數據】

3cm 細砂糖水溶液（濃度）	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	75°	110°	130°	150°	180°

3cm 葡萄糖水溶液 (濃度)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	100°	130°	140°	170°	180°
3cm 果糖水溶液 (濃度)	0%	10%	20%	30%	40%	50%
紅光偏轉角度	0°	220°	180°	160°	150°	125°



【實驗討論與結果】

以 3 公分糖水溶液的高度進行定量測量，並比較不同種類及不同濃度的糖水溶液紅光偏轉角度，實驗發現細砂糖和葡萄糖濃度越高時，紅光偏轉角度越大；但是果糖的濃度越高時，紅光偏轉角度越小。所以我們證實糖旋光性的效果與糖水溶液的濃度有關。至於紅光偏轉角度大小的改變，推論應該是與資料顯示的蔗糖、葡萄糖的旋光性為右旋，但果糖卻是左旋性有關。

二、瞭解糖與熱量的關係，進行糖熱量檢測。

醣類是由碳、氫、氧三種元素所組成。醣類的氫、氧之比例與水一樣，所以稱為碳水化合物。那如果以火將糖裡面的水烤乾了，情況會是如何呢？熱量可以利用燃燒物質後水溫上升的度數做測量，那糖類燃燒可以釋放出多少熱量呢？我們模擬燃燒花生米測定熱量的實驗，試著利用網路查詢到的讓方糖燃燒的方法，將收集來的各種糖商品燃燒，測量可以燃燒的醣類商品測量出來的熱量。

實驗 2-1：觀察各類的糖

【實驗步驟】

1. 由市面上販售的商品或是家中使用的調味品中收集生活常見的糖。
2. 查看糖包裝上的成分說明。
3. 觀察糖的顆粒或結晶的外型特徵，並且進行紀錄。

【實驗數據】

品項名稱	商品包裝成分說明	內容物糖的特徵	照片
臺糖二號砂糖	蔗糖	黃色顆粒狀、粗粗的、聞起來有濃郁的甜味	
葡萄糖	葡萄糖	白色粉末、細細的、聞起來味道較淡	
細砂糖	蔗糖	白色透明顆粒狀、粗粗的、聞起來甜甜的	
方糖	純蔗糖	白色方型、看起來像是細砂糖壓成方型	
冰糖	蔗糖	透明顆粒狀、顆粒粗且大、聞起來甜甜的	
果糖	果糖 90%±2%	透明膏狀、聞起來甜甜的	

【實驗討論與結果】

一般市面上販售的糖，大部分是顆粒狀結晶，但是葡萄糖的顆粒較細，應該是產品為提供嬰幼兒食用的，所以顆粒較細；果糖的部分是糖漿。通常我們吃的糖成分是蔗糖，例如二號砂糖、細砂糖、方糖、冰糖。

實驗 2-2：測定碳水化合物實驗

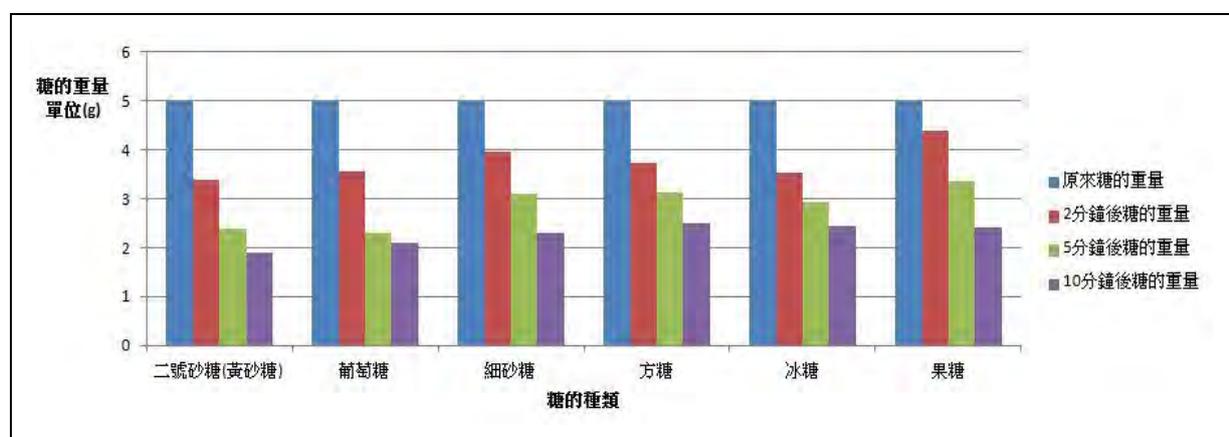
【實驗步驟】

1. 將鋁箔紙剪成邊長 15 公分的正方形，摺成小方盒的形狀。
2. 分別測量各種類的糖 5 克，放在鋁箔紙上。
3. 放在三腳架與陶瓷纖維網上，以酒精燈加熱。
4. 觀察記錄糖融化後，水分蒸發的情形。

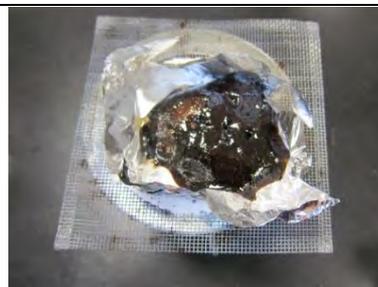
5. 測量糖加熱後留下的殘渣重量。

【實驗數據】

糖產品名稱 (單位:克)	二號砂糖 (黃砂糖)	葡萄糖	細砂糖	方糖	冰糖	果糖
2 分鐘後 糖的重量	3.39	3.55	3.96	3.74	3.54	4.4
5 分鐘後 糖的重量	2.39	2.3	3.1	3.12	2.93	3.36
10 分鐘後糖 的重量	1.9	2.1	2.3	2.5	2.44	2.4



* 剛開始加熱的冰糖



* 加熱 5 分鐘後的冰糖



* 剛開始加熱的果糖



* 加熱 5 分鐘後的果糖

【實驗討論與結果】

經由實驗後可以發現，一開始糖最先接觸火焰的地方會慢慢變黃、變黑，接下來變成黑色膏狀，甚至會起很大的氣泡，氣泡破掉時會冒出白煙，經過一段時間後會發現，糖經過加熱後會將水分蒸乾，變成像黑色木炭的東西，而且輕輕一撥就會脫落，如右圖。實驗中的糖經過 2 分鐘、5 分鐘和 10 分鐘後，可以發現重量減輕了，從 5 克減少到約 2 克多，證實了因為加熱讓糖裡面的水蒸發了，所以糖中少了水分所以減輕了，說明糖為碳水化合物。

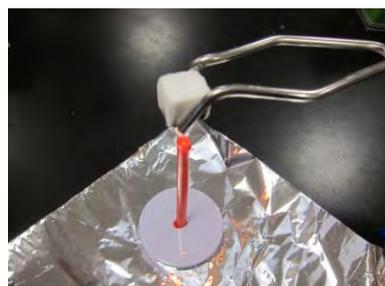


實驗 2-3：方糖燃燒實驗

【實驗步驟】

1. 將蠟燭立於醬瓜蓋上，點燃蠟燭。
2. 用夾子夾住方糖，並在方糖上沾香灰。
3. 將沾好香灰的方糖置於蠟燭上烤，直至方糖可燃燒。
4. 將其他種類的糖依上面的步驟進行操作，試驗可以讓哪些糖商品產生燃燒現象。

【實驗過程】



* 將方糖放置火焰上燃燒



* 試驗讓其他糖產品燃燒的方法



* 將糖做成棒棒糖進行燃燒

【實驗討論與結果】

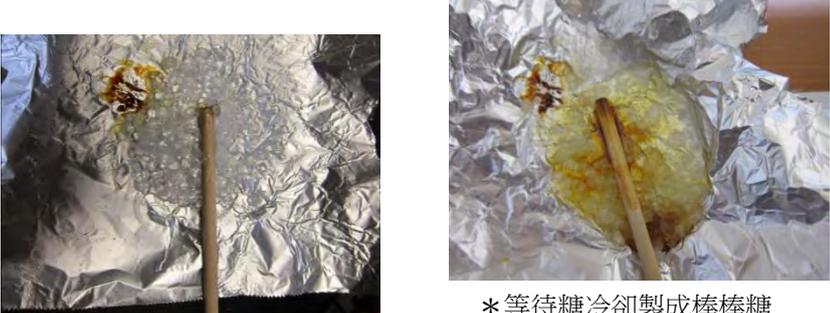
查詢食物熱量的測定方法時，我們查到國中的課程中有利用花生米燃燒，加熱水讓水溫上升的熱量測定辦法，因此為了可以測出糖的熱量，我們讓糖燃燒產生熱量來做測定，但試了很多方法都沒有辦法讓糖直接燃燒。後來我們以糖和燃燒作為關鍵字查詢之後，發現將方糖加鹽或香灰當作催化劑，之後方糖就可以直接燃燒了。所以我們實驗證明方糖沾香灰後可以燃燒。但我們將其他的糖加入香灰，卻沒有辦法燃燒，此時我們思考方糖因為是塊狀，可以直接放在火焰上做點火的動作，但是其他的糖不行，所以我們把糖加熱融化後再讓糖冷卻變成棒棒糖後，就變成塊狀，就可直接放在火上點火燃燒。

實驗 2-4：自製棒棒糖實驗

【實驗步驟】

1. 將 5 克的糖放置在鋁箔紙上，再以滴管加入 5 滴水。
2. 利用酒精燈加熱讓糖顆粒融化後，蓋熄酒精燈。
3. 將木棒放置在融化的糖中間，製作成棒棒糖。

【實驗過程】

						
	*等待糖冷卻製成棒棒糖					
糖產品名稱	二號砂糖 (黃砂糖)	葡萄糖	細砂糖	方糖	冰糖	果糖
棒棒糖照片						
棒棒糖的克數	5.54	5.23	4.8	5	5.8	4.47

【實驗討論與結果】

我們利用酒精燈加熱 5 克的糖，讓糖融化想製作成棒棒糖，但糖很快的就會變黃，有燒焦的感覺，因此我們加入了水，以免糖很快的變黃燒焦。於實驗的過程中我們發現，大部分加了水後製成的棒棒糖，克數比之前未加水的糖重，應該是加了水的重量的原故。果糖因為是糖漿直接加熱，所以果糖的克數減少了喔！

實驗 2-5：糖燃燒釋放熱量實驗

【實驗步驟】

1. 以鐵製餅乾盒，製作燃燒裝置，讓糖燃燒的熱量可以集中。
2. 用試管夾夾住裝有 20 毫升的，放入燃燒裝置中。
3. 點燃糖立即放入燃燒裝置內，將水加熱。
4. 待糖熄滅後，測量試管中的水上升的溫度，進行熱量檢測。

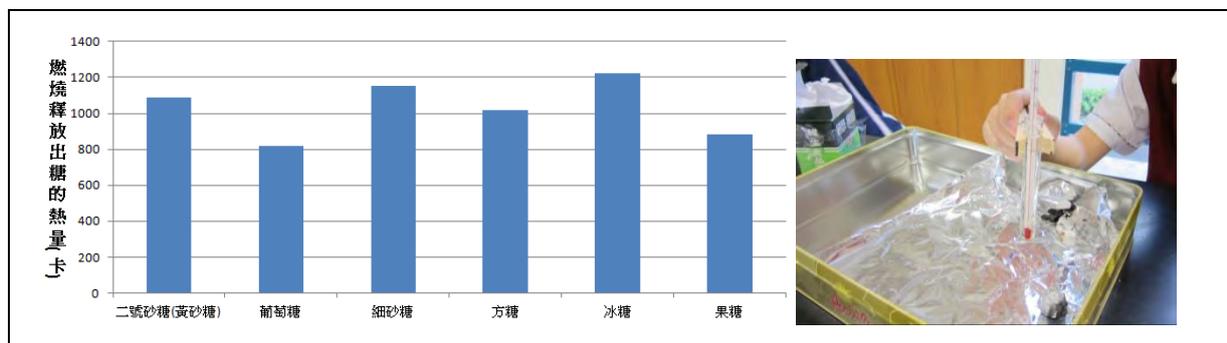


【實驗數據】

糖產品名稱	二號砂糖 (黃砂糖)	葡萄糖	細砂糖	方糖	冰糖	果糖
棒棒糖的克數 (g)	5.54	5.23	4.8	5	5.8	4.47
20 毫升的水原來溫度(°C)	21	21	21	21	21	21

20 毫升的水 加熱後溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	75.5	62	78.5	72	82	65
熱量的計算 (卡)	$(75.5-21)$ $*20=1090$	$(62-21)$ $*20=820$	$(78.5-21)$ $*20=1150$	$(72-21)$ $*20=1020$	$(82-21)$ $*20=1220$	$(65-21)$ $*20=880$
燃燒釋放出 糖的熱量 (卡)	1090	820	1150	1020	1220	880
原產品標示 上的熱量 100g 有幾大卡	385 大卡	364 大卡	400 大卡	400 大卡	400 大卡	425 大卡

* 大卡=仟卡；1 大卡=1000 卡



【實驗討論與結果】

實驗後發現我們依據糖燃燒讓水溫上升的改變計算出的熱量，大約為 5 克糖可經由燃燒釋放出約 1000 卡的熱量，和實際原產品標示的 100 克糖有約 400 大卡的數據相差很多。我們思考應該是在燃燒的過程中，有些熱量散出去了，或糖在沒完全燃燒時就融化掉了，還是熱量被其他物質吸收，沒有全部傳到水中，所以測得的熱量會比實際上糖的熱量低很多。

三、探討生活中含糖飲料的甜度與熱量。

經由糖的濃度與熱量的實驗後，我們希望能將所瞭解的知識運用在日常生活中，因此我們利用自製的甜度計來測量市售的含糖飲料，比對糖濃度與熱量的關係。

實驗 3-1：生活中含糖飲料的成分與熱量

【實驗步驟】

1. 由市面上賣的飲料商品
2. 查看飲料包裝上的成分說明和熱量標示。
3. 觀察飲料的外型特徵，並且進行紀錄。

【實驗數據】

飲料種類	維他命飲料	茶飲	運動飲料	汽水	果汁
成分標示	水、高果糖漿、檸檬果汁、麥芽糖醇糖漿、氯化鈉.....	茉莉綠茶、水、砂糖。	水、高果糖糖漿、氯化鈉.....	碳酸水、高果糖糖漿、檸檬酸.....	水、蔗糖、蘆薈粒、葡萄果粒、白葡萄濃縮汁.....
熱量標示 (每 100 毫升)	20 大卡	18 大卡	17 大卡	23 大卡	41 大卡

【實驗討論與結果】

大部分的含糖飲料都會加入果糖或蔗糖這兩種糖作為甜味的來源，所以思考我們利用簡易折光式甜度計進行測量並比對數據，因此進行了實驗 3-2。

【實驗步驟】

1. 將五種飲料分別取 50 毫升倒入正方體的平底質筒容器中。
2. 以雷射光筆和自製簡易折光式甜度計進行檢測。
3. 與市售的折光式甜度計測量到的濃度作比較。
4. 比對熱量與糖濃度的關係。

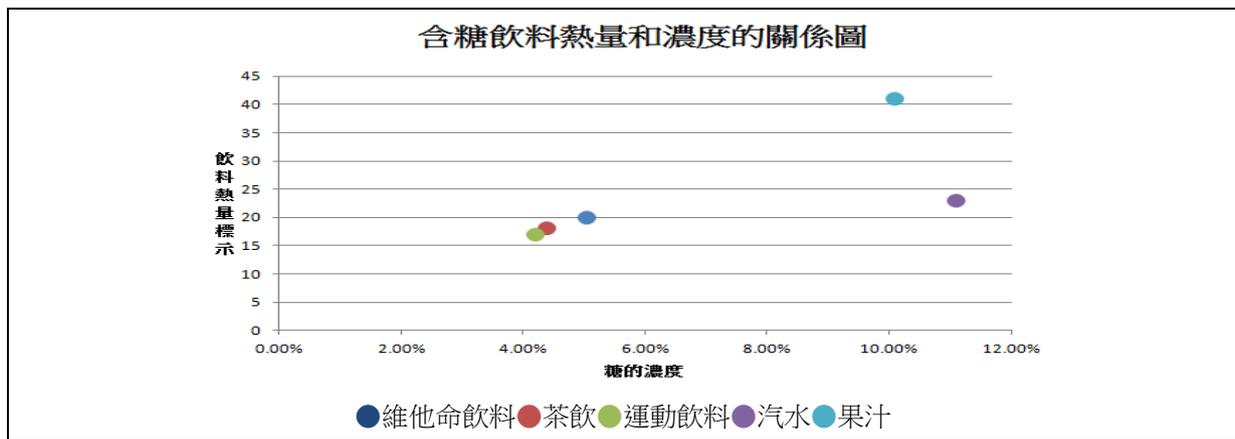
實驗 3-2：檢測飲料糖濃度



* 用折光式甜度計測量糖的濃度

【實驗數據】

飲料種類	維他命飲料	茶飲(茶*王)	運動飲料(F*N)	汽水(雪*)	果汁(美*果)
簡易折光式甜度計 入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	33°	31°	32°	30°	32°
折光式甜度計測量到的濃度	5.05 %	4.4%	4.2%	11.1%	10.1%
飲料熱量標示(每 100 毫升)	20 大卡	18 大卡	17 大卡	23 大卡	41 大卡



【實驗討論與結果】

根據實驗 1-2 的結果顯示糖的濃度越高，雷射光筆的折射角度越小，所以比對實驗 3-2 可以知道汽水的糖濃度高於運動飲料、茶飲和維他命飲料。而由折光式甜度計測量結果可發現，茶飲和運動飲料的糖濃度低，熱量也較低；汽水和果汁的含糖量高，熱量也比較高，所以含糖量越高熱量通常越高，但是還必須注意到飲料中各種的添加物來決定熱量的高低，像果汁裡添加了果粒、蘆薈粒，所以熱量也比糖濃度大約相同的汽水高很多。為了更精準的瞭解糖的濃度與熱量是否有關係，因此我們決定利用成分最單純的含糖綠茶飲料來做進一步的檢驗。

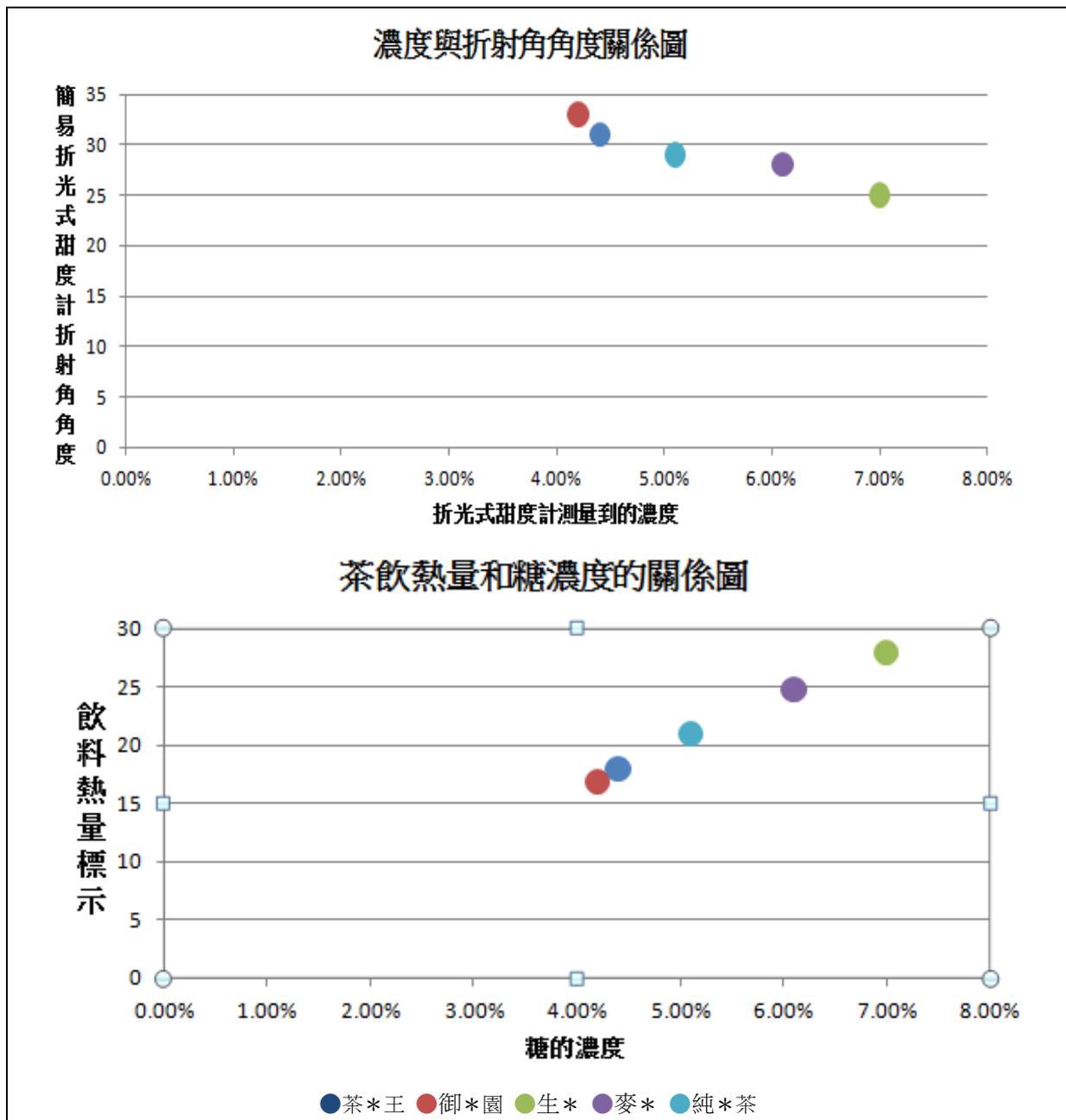
實驗 3-3：檢測綠茶飲料糖濃度

【實驗步驟】

1. 將五種含糖的綠茶飲料分別取 50 毫升倒入正方體的平底直筒容器中。
2. 以雷射光筆和自製簡易折光式甜度計進行檢測。
3. 與市售的折光式甜度計測量到的濃度作比較。
4. 比對熱量與糖濃度的關係。

【實驗數據】

綠茶產品	茶*王	御*園	生*	麥*	純*茶
自製簡易折光式甜度計 入射角角度	45°	45°	45°	45°	45°
折射角角度	31°	33°	25°	28°	29°
折光式甜度 計測量到的 濃度	4.4%	4.2%	7.0%	6.1%	5.1%
飲料熱量標 示(每 100 毫升)	18 大卡	16.8 大卡	28 大卡	24.8 大卡	21 大卡



【實驗討論與結果】

以自製的簡易折光式甜度計測量綠茶飲料的折射角度，並比對市售的折光式甜度計測量到的濃度，可以發現含糖的濃度越高，雷射光筆的折射角度越小。而且以添加物較少的綠茶飲料來進行糖濃度和熱量比較後，可以發現去除了添加物影響熱量的因素後，含糖濃度越高的綠茶飲料，熱量相對的也比較高。所以為了讓我們喝得更健康，要選擇含糖量較少的飲料來喝。

陸、結論

一、探討糖溶液的濃度與光的關係、以自製的測定計檢測濃度。

- (一) 糖的糖度計有兩種，分別是「折光式糖度計」和「旋光儀」，這兩種糖度計都是測量糖的濃度。
- (二) 以自製的簡易折光式糖度計測量細砂糖、葡萄糖和果糖水溶液的濃度，可以發現濃度越高時，光的折射的角度越小。
- (三) 模擬「旋光儀」自製出第一代和第二代的旋光儀，以透過白色光通過偏振片後變成的七彩色光的色散現象，藉由糖水溶液的旋光性，產生了旋光角度上的差異。
- (四) 以自製旋光儀測量發現細砂糖和葡萄糖濃度越高時，紅光的偏轉角度越大；但果糖的濃度越高時，紅光的偏轉角度越小，證實糖旋光性的效果與糖水溶液的濃度有關。

二、瞭解糖與熱量的關係，進行糖熱量檢測。

- (一) 加熱會讓糖裡的水分蒸發，導致重量減輕，證實糖為碳水化合物。
- (二) 方糖沾香灰以及將糖變成棒棒糖後在沾上香灰可以直接燃燒。但依據糖燃燒讓水溫上升的改變計算出熱量，與實際原產品標示有差異，應該是在燃燒的過程中，有些熱量散出或糖沒完全燃燒有關。

三、探討生活中含糖飲料的甜度與熱量。

- (一) 大部分的含糖飲料都會加入果糖或蔗糖這兩種糖作為甜味的來源。
- (二) 市售飲料的含糖量越高，熱量通常越高，但是有些飲料中添加了許多物質會影響熱量的變化。
- (三) 以自製的簡易折光式甜度計測量綠茶飲料可以發現含糖的濃度越高，雷射光筆的折射角度越小，且含糖濃度越高的綠茶飲料，熱量也較高。

柒、研究心得

以前老師總會告訴我們學長姐做科展時的狀況，讓我們很想跟著做。這次，我們終於有機會做科展，才終於發現其中的樂趣和學習到的知識是和一般上課時完全不同的。

經過了這一次的科展研究，我們學習到很多有關於糖的知識，例如糖的糖度檢測、旋光性等，最神奇的是了解到糖居然與光有關係，而且我們利用簡單的工具做出糖度計

喔！而且我們藉著糖燃燒測定到熱量，過程雖然我們遇到了很多的困難，例如我們測試的糖類都不容易加熱、也不容易燃燒。製作甜度計時，我們不知如何製作出精準，但又簡易的甜度計等等。不過，在我們激烈的討論和嘗試下，激發我們的想法，這些困難我們還是一一解決了。從中知道學習不能只會死背課本，還要有討論與互動才能真正的學習到知識。

糖的研究真的很有趣，我們接下來的研究將會讓自製的糖濃度檢測工具更加精準，熱量的測定方法也可以再研究改良，讓熱不再容易散出去。我們也建議未來有興趣針對糖進行研究的人，可以朝向零熱量糖的來進行研究，或是找到更多天然的甜味劑來取代糖。不管如何我們都學到了寶貴的一課，所以我們還是要感謝用心指導我們的老師和學校的支持。

捌、參考資料

- (一) 康軒文教 (2012)。國小自然與生活科技課本第三冊。新北市：康軒文教事業。
- (二) 康軒文教 (2012)。國小自然與生活科技課本第七冊。新北市：康軒文教事業。
- (三) 臺灣糖業公司
<http://www.taisugar.com.tw/>
- (四) 五大營養素
<http://iamamychan.tripod.com/>
- (五) 維基百科—糖的旋光性
<http://zh.wikipedia.org/>
- (六) 農業知識入口網站—水果的甜度測量
<http://kmweb.coa.gov.tw/knowledge/>
- (七) 陳明言 (2007)。臺灣的糖業。臺北市：遠足文化事業有限公司。
- (八) 學研 (2010)。廚房裡的小科學家。臺北市：三采出版。
- (九) 陳秀瑩、葉伶宜、傅偉光 (2009)。新竹地區現調茶飲料之熱量、脂肪及糖質分析調查。臺灣農業化學與食品科學，47 (6)，285-291。
- (十) 余樹楨 (2010)。晶體的旋光性。科學發展月刊，449，52-56。

【評語】 080209

自製簡易糖濃度計和旋光儀，並逐項改進其功能使操作方便和精進其準確度，表現出科學探究的精神，唯將碳水化合物的概念，誤以為是水與其他的混合而可被加熱蒸出是概念上的迷失。