

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-應用科學科

科 別：生活與應用科學
組 別：國小組
作品名稱：多「彩」多「滋」的畫糖人
關 鍵 詞：畫糖人、糖的性質、糖煮熟
編 號：080814

學校名稱：

臺中縣太平市東平國民小學

作者姓名：

許晏榕、黃柏瑞、解家威

指導老師：

林憶汝、方玉玲



多「彩」多「滋」的畫糖人

壹.摘要：

看民俗技藝師傅「畫糖人」而引發了研究畫糖人的興趣，首先是認識糖的組成元素是碳、氫、氧，糖是碳水化合物。

再探討糖的基本性質：糖的溶解量隨水溫升高而增多；糖量越多，糖水的沸點越高；糖水中性的；白砂糖的熔點約 175.7℃；當白砂糖水加熱變成透明淺黃色液體時，就是雙醣分解成單醣的時候，也就是「糖煮熟」。

最後研究如何成功製作畫糖人：發現糖煮熟了就能成功的製作畫糖人，而且以糖水加熱到透明淺茶色時，所做的畫糖人最像師傅的作品。畫糖人在金屬材質的桌板上較快凝固成型而且容易剝離。純度越高的糖（雙醣），所做出來的成品越晶瑩剔透。單醣（葡萄糖、果糖）無法製作畫糖人。先將糖煮熟，再加粉末添加物，或是用果汁取代水來煮糖，可以做出不同口味的「畫糖人」，創造出在市面上不曾出現過的畫糖人口味，這結果可推廣到市面上，讓「畫糖人」的世界更多「彩」多「滋」。

貳.研究動機：

校慶園遊會的時候，學校邀請了民俗技藝的師傅到學校來擺攤位，其中最讓我感到有趣的是「畫糖人」的攤位，請教師傅關於「畫糖人」的製作原料與方法後，讓我回想起自然課「溶液」的單元曾經學過：物質溶解在水裡會形成水溶液；不同的溶液有不同的性質；物質的溶解量和水溫有關。那麼可以做成「畫糖人」的糖組成元素是什麼？糖水有哪些性質呢？怎樣才能成功的畫出糖人？可以做出不同口味的畫糖人嗎？一連串的問題，引起我研究的興趣，於是找了同學一起來研究「畫糖人」。

參.研究目的：

- 一. 認識糖的組成元素。
- 二. 探討糖的性質。
- 三. 探討什麼是「糖煮熟」了？
- 四. 探討會影響製作「畫糖人」的因素。

肆.研究器材：

特砂、二砂、糖粉、冰糖、綿白細糖、黑糖、葡萄糖、果糖、麥芽糖、沙拉油、蒸餾水、藍莓粉、梅子粉、巧克力粉、葡萄汁、蘋果汁、梅子醋、酒精、酒精燈、石綿芯網、三角架、打火機、攪拌棒、竹筷、水銀溫度計、燒杯、毛細管、鐵架、刮勺、量匙（1/2 茶匙）、鐵湯匙、碼表、廣用試紙、本氏液、玻璃盤、不銹鋼板、木板、瓷盤。

伍.研究過程、結果及討論：

一.認識糖的組成元素

- (一) 想法：從我們所蒐集到的資料中(參考資料三)得知---糖的組成元素是碳、氫、氧，而且這三種元素還保持一定的比例，正好是 1：2：1。其中氫原子和氧原子個數的比例是 2：1，和水的組成完全相同，就好像碳和水直接化合成糖，所以我們說糖是「碳水化合物」。我們做以下實驗來證明。
- (二) 方法：用鐵湯匙舀一些白砂糖在酒精燈上加熱，觀察白砂糖的變化。
- (三) 結果：白砂糖的變化----白色固體 → 透明淺黃色液體 → 透明深黃色液體 → 透明淺茶色液體 → 透明深茶色液體 → 焦黑的糖膏 → 糖膏燃燒起來 → 火熄了，糖膏變成黑炭 → 繼續加熱，黑炭也燃燒起來了，像燒紅的木炭 → 灰燼
- (四) 討論：白砂糖加熱會有以上的變化是因為---當糖加熱時，組成元素中的氫和氧變成水，當水蒸發完後，就只剩下碳了，碳燃燒完就成了灰燼。

二.探討糖的性質

想法：「畫糖人」的師傅告訴我們，他們所使用的糖是白砂糖，我們想先了解白砂糖的性質，所以我們使用白砂糖做以下的實驗來探討糖的性質。而且，為了降低實驗誤差，我們使用蒸餾水來做實驗。

(一) 糖的溶解量

1. 方法：

- (1) 100 cc的水放入燒杯中，室溫下，糖慢慢加入水中並攪拌，直到不能溶解為止，看能溶解幾克的糖？
- (2) 100 cc的水放入燒杯中，用酒精燈把水加熱至 50℃，糖慢慢加入水中並攪拌，直到不能溶解為止，看能溶解幾克的糖？
- (3) 100 cc的水放入燒杯中，用酒精燈把水加熱至 100℃，糖慢慢加入水中並攪拌，直到不能溶解為止，看能溶解幾克的糖？
- (4) 以上步驟重複 3 次。

2. 結果：

表 1-1.糖的溶解量

控制變因：水量

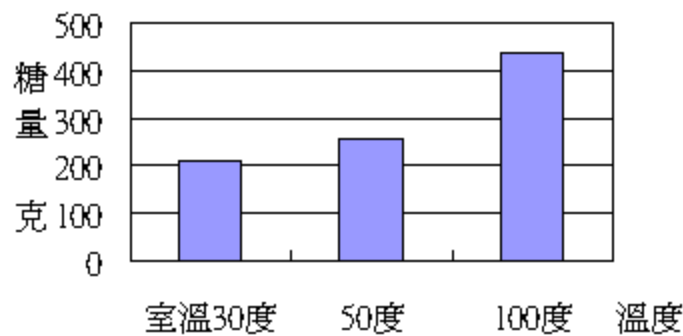
操作變因：溫度

應變變因：糖的溶解量

單位：克

溫度	室溫 30 度	50 度	100 度
重複 1	212	258	433
重複 2	209	255	437
重複 3	214	257	442
平均	211.7	256.7	437.3

圖 1-1.糖的溶解量



3. 發現：

- (1) 把糖顆粒壓碎，再攪拌，可以讓溶解速度變快。
- (2) 室溫下糖溶解的速度很慢。水溫越高，糖溶解的速度越快。
- (3) 同一溫度下，糖加的越多溶解的速度會越慢。
- (4) 室溫 30℃，糖的溶解量約 211.7g；50℃，糖的溶解量約 256.7g；100℃，糖的溶解量約 437.3g。水溫越高，糖的溶解量越大。
- (5) 熱糖水靜置一段時間後，溶液表面有一層薄膜。再過一段時間，溶液表面與燒杯杯壁的接觸面有糖的結晶出現。
- (6) 熱糖水靜置冷卻後有大量結晶體析出。100℃ 的糖水所析出的結晶比 50℃ 的糖水多。

4. 討論：

- (1) 熱糖水靜置一段時間後，溶液表面有一層薄膜。再過一段時間，溶液表面與燒杯杯壁的接觸面有糖的結晶出現，是因為接觸面溫度低，糖的溶解量變小，所以會出現結晶。
- (2) 糖的溶解量會隨水溫升高而增多。
- (3) 熱糖水靜置冷卻後會析出糖結晶，這是因為：水溫降低，糖的溶解量變小，所以會析出糖結晶。

(二) 糖水的沸點

1. 方法：

- (1) 100 cc的水放入燒杯中，在酒精燈上加熱直到沸騰，用溫度計測量沸騰時溫度。
- (2) 100 cc的水加 100g 的糖放入燒杯中攪拌，在酒精燈上加熱直到沸騰，用溫度計測量沸騰時的溫度。
- (3) 100 cc的水加 200g 的糖放入燒杯中攪拌，在酒精燈上加熱直到沸騰，用溫度計測量沸騰時的溫度。
- (4) 100 cc的水加 300g 的糖放入燒杯中攪拌，在酒精燈上加熱直到沸騰，用溫度計測量沸騰時的溫度。
- (5) 100 cc的水加 400g 的糖放入燒杯中攪拌，在酒精燈上加熱直到沸騰，用溫度計測量沸騰時的溫度。
- (6) 以上步驟重複 3 次。

2. 結果：

表 1-2.糖水的沸點

控制變因：水量

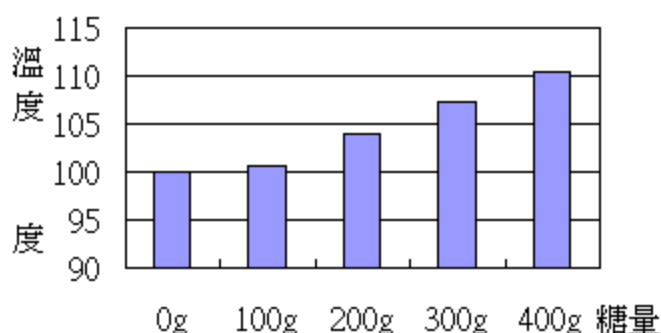
操作變因：糖量

應變變因：沸點

單位：

糖量	0g	100g	200g	300g	400g
重複 1	100	101	104	107	110
重複 2	100	100	104	108	111
重複 3	100	101	104	107	110
平均	100.0	100.7	104.0	107.3	110.3

圖 1-2.糖水的沸點



3. 發現：

- (1) 100g 的糖加入水中，水溶液很清澈，很容易攪拌。
- (2) 200g 的糖加入水中，糖水有點渾濁，攪拌起來感覺有點濃稠。
- (3) 300g 的糖加入水中，糖水的渾濁度加深，攪拌起來感覺較濃稠。靜置幾分鐘後，溶液表面有一層薄膜。冷卻後有結晶析出。
- (4) 400g 的糖加入水中，糖水的渾濁度更深，攪拌起來感覺更濃稠，不容易攪拌。靜置幾分鐘後，溶液表面有一層薄膜。冷卻後有結晶析出。
- (5) 攪拌棒、溫度計上有糖的結晶出現。
- (6) 溶液表面與燒杯杯壁的接觸面有糖的結晶出現。
- (7) 純水的沸點是 100 。
- (8) 糖加的越多，糖水的沸點越高。

4. 討論：

- (1) 攪拌棒 溫度計上及溶液表面與燒杯杯壁的接觸面有糖的結晶出現，是因為接觸面溫度低，糖的溶解量變小，所以會出現結晶。
- (2) 水溶液的沸點會因為溶液所含物質的量而改變，所以糖加的越多，糖水的沸點越高。

(三) 糖水的 PH 值

1. 方法：

- (1) 用廣用試紙測蒸餾水的 PH 值。

- (2) 10g 糖加 5 cc 的水放入燒杯中攪拌，溶解後用廣用試紙測糖水的 PH 值。
 - (3) 10g 糖放入燒杯中，在酒精燈上加熱直到糖熔化，用廣用試紙測糖液的 PH 值。
2. 結果：
- (1) 蒸餾水的 PH 值是 7。
 - (2) 糖水的 PH 值是 7。
 - (3) 糖液的 PH 值是 7。
3. 發現：
- (1) 水是中性的。
 - (2) 糖水是中性的。
 - (3) 糖是中性的。

(四) 糖的熔點

1. 想法：熔點是固體物質熔化成液體的溫度，一開始我們用燒杯裝 5g 的糖在酒精燈上加熱想測量糖的熔點，但是我們發現：燒杯底部的糖已熔化變焦黑了，但上層的糖卻還未熔化，這樣無法準確測得糖的熔點。所以我們繼續尋找測量熔點方法的資料，最後在網路上搜尋到了測量物質熔點的方法（參考資料八、十），但我們不是很了解實驗原理與方法，經過我們四處請教後，有位通過技術士檢定的紀先生教了我們更簡化的實驗方法：將放了糖粉的毛細管與溫度計放入甘油中加熱，糖粉熔化時讀溫度計的溫度，就能得到糖的熔點了。但是學校的實驗器材室裡沒有甘油，紀先生建議我們找沸點超過 250 的溶液代替，我們想到用沙拉油來代替甘油，所以我們先測量沙拉油的沸點是不是超過 250 ？
2. 方法：
 - (1) 沙拉油加熱直到沸騰，用溫度計量沸騰時的溫度。
 - (2) 把毛細管的一端放在火上烤，直到玻璃熔化將開口封住。
 - (3) 把白砂糖磨成粉末，毛細管開口的一端沾糖粉末，把毛細管正立後以底部輕敲桌面讓粉末滑落管底，重複沾粉末與輕敲動作，直到毛細管裡粉末的高度約 0.5 公分為止。
 - (4) 溫度計浸在沙拉油中，拿出溫度計後，讓毛細管沾黏在溫度計上，毛細管底部與溫度計的水銀球底部同高。
 - (5) 把溫度計與毛細管掛在鐵架上，浸入沙拉油中加熱。
 - (6) 當毛細管內的糖熔化時（白色固體粉末會變透明），讀溫度計上的溫度。
 - (7) 步驟 2～ 步驟 6 重複 3 次。
3. 結果：

表 1-3. 糖的熔點

熔點	溫度 ()
重複 1	174
重複 2	176
重複 3	177
平均	175.7

4. 發現：

- (1) 沙拉油加熱到 160 後，溫度上升的速度明顯的變慢。
- (2) 沙拉油加熱至 300 還沒沸騰，因為溫度已經太高了，而且超過 250 ，所以停止實驗。
- (3) 沙拉油的熱對流現象比水熱對流的現象明顯，容易觀察。
- (4) 白砂糖的熔點約 175.7 。

(五) 醣的分解

想法一：在「認識糖的組成元素」實驗中，加熱的過程中發現：糖會從白色固體 → 透明無色液體 → 透明淺黃色液體 → 透明深黃色液體 → 淺茶色液體 → 深茶色液體 → 焦黑的糖膏。從參考資料中（參考資料六）得知：當雙醣加熱過久時會分解成單醣。白砂糖的原料是蔗糖，而蔗糖是雙醣，是不是白砂糖加熱過久也會分解成單醣？所以加熱過程中產生了上面的變化，為了驗證我們的想法，開始做以下實驗。

1. 方法：

- (1) 在燒杯中裝 5g 糖，用滴管將本氏液滴入燒杯中，觀察顏色變化。
- (2) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成透明無色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- (3) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成透明淺黃色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- (4) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成透明深黃色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- (5) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成淺茶色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- (6) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成深茶色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- (7) 在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成焦黑液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。

2. 結果：

- (1) 5g 糖滴入本氏液後，本氏液保持淡藍色。
- (2) 糖加熱變成透明無色液體時，滴入本氏液，本氏液還是淡藍色。
- (3) 糖加熱變成透明淺黃色液體時，滴入本氏液，本氏液變成綠色。
- (4) 糖加熱變成透明深黃色液體時，滴入本氏液，本氏液變成黃綠色。
- (5) 糖加熱變成淺茶色液體時，滴入本氏液，本氏液變成黃色。
- (6) 糖加熱變成深茶色液體時，滴入本氏液，本氏液變成橙色。
- (7) 糖加熱變成焦黑液體時，滴入本氏液，本氏液變成橘紅色。

想法二：實驗過程中我們有些疑問----（1）糖變成透明無色液體時，滴入本氏液後，本氏液還是淡藍色，如果繼續加熱，會有什麼變化呢？（2）單醣冷卻後會不會變回雙醣？所以進行以下實驗。

1. 方法：

- （1）將變成透明無色液體並且滴入本氏液的糖水繼續加熱，觀察本氏液顏色變化。
- （2）在燒杯中裝 5g 糖加熱，到糖水變成透明淺黃色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，靜置冷卻後再將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- （3）在燒杯中裝 5g 糖加熱，到糖水變成透明深黃色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，靜置冷卻後再將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- （4）在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成淺茶色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，靜置冷卻後再將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- （5）在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成深茶色液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，靜置冷卻後再將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。
- （6）在燒杯中裝 5g 糖加熱，至糖變成焦黑液體時，用刮勺舀一些液體到另一個燒杯中，靜置冷卻後再將本氏液滴入燒杯中，觀察本氏液顏色變化。

2. 結果：

- （1）變成透明無色液體並且滴入本氏液的糖水繼續加熱，本氏液顏色變化從淡藍→綠色→黃綠色→黃色→橙色→橘紅色。
- （2）糖加熱變成透明淺黃色液體時，靜置冷卻後再滴入本氏液，本氏液變成綠色。
- （3）糖加熱變成透明深黃色液體時，靜置冷卻後再滴入本氏液，本氏液變成黃綠色。
- （4）糖加熱變成淺茶色液體時，靜置冷卻後再滴入本氏液，本氏液變成黃色。
- （5）糖加熱變成深茶色液體時，靜置冷卻後再滴入本氏液，本氏液變成橙色。
- （6）糖加熱變成焦黑液體時，靜置冷卻後再滴入本氏液，本氏液變成橘紅色。

3. 發現：

- （1）當糖加熱變成透明無色液體時，滴入本氏液，本氏液還是淡藍色，所以此時的糖還是雙醣狀態。
- （2）當糖加熱變成透明淺黃色液體後，滴入本氏液，會讓本氏液變色，所以此時的糖已經分解成單醣了。
- （3）單醣冷卻後不會變回雙醣。

4. 討論：

- （1）蔗糖加熱過久會分解成葡萄糖和果糖，葡萄糖和果糖屬於單醣，而本氏液會和單醣起反應。
- （2）當糖加熱變成透明淺黃色液體後，代表糖已分解成單醣，所以會讓本氏液變色。
- （3）變成透明無色液體並且滴入本氏液的糖繼續加熱，本氏液顏色變

化從淡藍 → 綠色 → 黃綠色 → 黃色 → 橙色 → 橘紅色，這是因為糖加熱越久，分解出的單醣量越多。

(4) 雙醣加熱可以分解成單醣，但是單醣冷卻後不能還原成雙醣。

三.探討什麼是「糖煮熟」了？

(一) 想法：我們訪談「畫糖人」的師傅時，師傅說他們都是靠經驗來判斷糖水煮到什麼程度就可以開始畫糖人，並沒有一定的標準。所以我們繼續尋找如何製作畫糖人的資料，結果找到的參考資料中（參考資料七）提到製作畫糖人的方法是：將白砂糖倒入鍋中，加入適量的清水，放在爐火上熬煮，且隨時用竹筷攪勻，至糖漿起泡，成茶色現象時，轉小火，然後用竹筷沾上一點糖漿，放入冷水中試其硬度，若取出後能立即硬化，則表示糖已煮熟，就可以開始畫糖。所以我們想了解「糖煮熟」時的糖水狀態，於是開始進行以下實驗。

(二) 方法：

1. 把 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱，直到糖水沸騰（沸點 110℃），移開酒精燈，做下列 4 項觀察：①觀察糖水顏色；②用攪拌棒沾糖水，放入冷水中，立即取出試其硬度；③觀察牽絲現象；④將本氏液滴入糖水中，觀察本氏液顏色變化。
2. 同步驟 1，但加熱至沸騰後繼續煮沸 30 秒，再移開酒精燈。
3. 同步驟 2，但加熱至沸騰後繼續煮沸時間每次都多 30 秒，直到糖水顏色變成焦黑色，停止實驗。
4. 以上步驟重複 3 次。

(三) 結果：

表 2-1.「什麼是糖煮熟了？」<重複 1>

控制變因：水量、糖量

操作變因：沸騰後繼續煮沸的時間

項目 時間	糖水顏色	硬度	牽絲現象	本氏液顏色變化
0 秒	透明無色	無	無	淺藍色
30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
1 分	透明無色	無	無	淺藍色
1 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
2 分	透明無色	無	無	淺藍色
2 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
3 分	透明無色	無	無	淺藍色
3 分 30 秒	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
4 分	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
4 分 30 秒	透明淺黃色	有	有	綠色
5 分	透明深黃色	有	有	黃綠色
5 分 30 秒	透明淺茶色	有	有	黃色
6 分	透明深茶色	有	有	橙色

表 2-2.「什麼是糖煮熟了？」<重複 2>

控制變因：水量、糖量

操作變因：沸騰後繼續煮沸的時間

項目 時間	糖水顏色	硬度	牽絲現象	本氏液顏色變化
0 秒	透明無色	無	無	淺藍色
30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
1 分	透明無色	無	無	淺藍色
1 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
2 分	透明無色	無	無	淺藍色
2 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
3 分	透明無色	無	無	淺藍色
3 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
4 分	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
4 分 30 秒	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
5 分	透明淺黃色	有	有	綠色
5 分 30 秒	透明深黃色	有	有	黃綠色
6 分	透明淺茶色	有	有	黃色
6 分 30 秒	透明深茶色	有	有	橙色

表 2-3.「什麼是糖煮熟了？」<重複 3>

控制變因：水量、糖量

操作變因：沸騰後繼續煮沸的時間

項目 時間	糖水顏色	硬度	牽絲現象	本氏液顏色變化
0 秒	透明無色	無	無	淺藍色
30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
1 分	透明無色	無	無	淺藍色
1 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
2 分	透明無色	無	無	淺藍色
2 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
3 分	透明無色	無	無	淺藍色
3 分 30 秒	透明無色	無	無	淺藍色
4 分	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
4 分 30 秒	透明無色	外硬內軟	無	淺藍色
5 分	透明淺黃色	有	有	綠色
5 分 30 秒	透明深黃色	有	有	黃綠色
6 分	透明淺茶色	有	有	黃色
6 分 30 秒	透明深茶色	有	有	橙色

(四) 發現：

1. 當加熱時間越久，糖水就越濃稠，顏色越來越深。
2. 20g 的糖和 5 cc 的水加熱到沸騰，再繼續煮沸約 4 分 30 秒至 5 分鐘，就可以讓糖水顏色變成透明淺黃色；用攪拌棒沾糖水，放入冷水中，立即取出，糖水會變硬；有牽絲現象；而且會讓本氏液從淡藍色變綠色。這時候就是「糖煮熟」。

(五) 討論：

1. 由以上發現及參考資料（參考資料六、七）得知：當雙醣加熱分解成單醣的時候，就是「糖煮熟」了。

四.探討會影響製作「畫糖人」的因素

(一) 糖量與水量的比例對畫糖人的影響

1. 方法：

- (1) 20g 的糖倒入燒杯中，在酒精燈上加熱，用碼表計時，從糖完全熔化到糖煮熟所需時間。
- (2) 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱，用碼表計時，從糖水沸騰（沸點 110）到糖煮熟所需時間。
- (3) 20g 的糖和 10 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱，用碼表計時，從糖水沸騰（沸點 104）到糖煮熟所需時間。
- (4) 20g 的糖和 20 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱，用碼表計時，從糖水沸騰（沸點 101）到糖煮熟所需時間。
- (5) 以上步驟重複 3 次。

2. 結果：

表 3-1.糖量與水量的比例對畫糖人的影響

控制變因：糖量

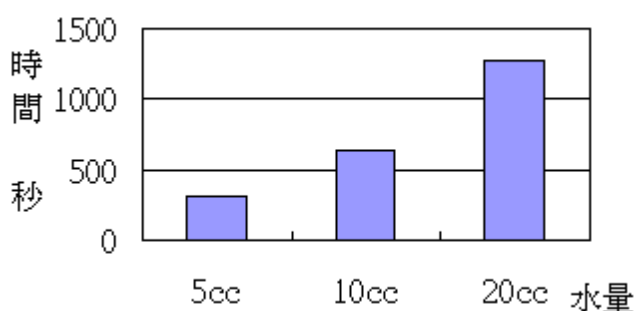
操作變因：水量

應變變因：沸騰後到糖煮熟所需時間

單位：秒

水量	5 cc	10 cc	20 cc
重複 1	306	637	1266
重複 2	312	634	1275
重複 3	318	622	1270
平均	312.0	631.0	1270.3

圖 3-1.糖量與水量的比例對畫糖人的影響



3. 發現：

- (1) 不加水時，燒杯底部的糖已經焦黑了，上層的糖卻還沒熔化，所以無法製作畫糖人。
- (2) 固定糖量，水加的越多，從糖水沸騰到糖煮熟所需時間越長。

4. 討論：

- (1) 我們推論：固定糖量，不管水加多少，最後一定可以讓糖煮熟。擺「畫糖人」攤位的師傅為了在短時間內製作出成品，然後賣給顧客，所以不會加太多的水在糖裡面。

(二) 糖煮熟後繼續煮沸的時間對畫糖人的影響

1. 想法：糖煮熟了，就真的能畫糖成功嗎？糖煮熟後繼續煮沸，是不是不管煮沸多久，仍然可以畫糖成功呢？接著我們利用「探討什麼是糖煮熟了」的結果，繼續下面的實驗。

2. 方法：

- (1) 利用「探討什麼是糖煮熟了」的結果，調出糖煮熟時的糖水顏色，作為比對的基準色。
- (2) 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟（比對糖水顏色以及攪拌棒沾糖水，浸冷水，立即取出試其硬度）移開酒精燈，舀一茶匙的糖水到不銹鋼板上，開始畫糖。
- (3) 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟後，再繼續煮沸 1 分鐘，移開酒精燈，舀一茶匙的糖水到不銹鋼板上，開始畫糖。
- (4) 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟後，再繼續煮沸 2 分鐘，移開酒精燈，舀一茶匙的糖水到不銹鋼板上，開始畫糖。
- (5) 同上步驟，但糖煮熟後再繼續煮沸時間，每次都多 1 分鐘，直到糖水變焦黑色，停止實驗。
- (6) 以上步驟重複 3 次。

3. 結果：

表 3-2. 糖煮熟後繼續煮沸的時間對畫糖人的影響

控制變因：水量、糖量

操作變因：糖煮熟後繼續煮沸的時間

應變變因：能不能畫糖

時間	0 分	1 分	2 分
重複 1	能畫糖	能畫糖	能畫糖
重複 2	能畫糖	能畫糖	能畫糖
重複 3	能畫糖	能畫糖	能畫糖

4. 發現：

- (1) 20g 的糖和 5 cc 的水加熱到糖煮熟時，再繼續煮沸 2 分鐘，糖水已變成焦黑色。
- (2) 糖煮熟後再繼續煮沸 0 分鐘（糖水呈透明淺黃色），容易推動糖漿畫糖；所畫出的糖人凝固後是淺黃色，有白色結晶顆粒；容易從桌板上剝離。
- (3) 糖煮熟後再繼續煮沸 1 分鐘（糖水呈透明淺茶色），容易推動糖漿畫糖；所畫出的糖人凝固後是透明淺茶色，無結晶顆粒；容易從桌板上剝離，而且最像畫糖人師傅所做的成品。
- (4) 糖煮熟後再繼續煮沸 2 分鐘（糖水呈透明黑茶色），糖水黏稠，不易推動糖漿畫糖；所畫出的糖人凝固後是焦黑色，無顆粒，有苦焦味；不易從桌板上剝離，容易碎裂。

- (5) 糖煮熟了就能成功製作畫糖人，但以糖煮熟後再繼續煮沸到糖水呈透明淺茶色時，所做出來的畫糖人最好看，最像「畫糖人」師傅做出來的成品。
- (6) 成功的畫糖人是：容易推動糖漿畫糖，凝固後畫糖人是透明淺茶色，無結晶顆粒，看起來晶瑩剔透而且容易從桌板上剝離。

5. 討論：

- (1) 糖煮熟後再繼續煮沸 0 分鐘，所畫出的糖人有白色結晶顆粒，是因為有少數砂糖還沒有完全熔化。
- (2) 糖煮熟後再繼續煮沸 1 分鐘，所畫出的糖人無結晶顆粒，是因為繼續煮沸的時間較久，砂糖全部熔化了。
- (3) 糖煮熟後再繼續煮沸 2 分鐘，所畫出的糖人容易碎裂，是因為繼續煮沸的時間太久，糖漿所含的水分子變少，所以凝固後容易碎裂。

(三) 桌板材質對畫糖人的影響

- 想法：「畫糖人」的師傅所用的桌板是銅板，因為我們找不到銅板可以用，師傅說只要是金屬做的板子，都可以用。所以我們找了不銹鋼板取代銅板。另外我們想了解：如果用非金屬的桌板，畫糖時會不會有什麼差別？所以又找了玻璃盤、瓷盤、木板來做實驗。在實驗(二)已找出「糖煮熟後再繼續煮沸 1 分鐘，所做出來的糖人最像畫糖人師傅做出來的成品」，所以下面的實驗採用「糖煮熟後再繼續煮沸 1 分鐘」的時機來做。
- 方法：
 - 準備不銹鋼板、玻璃盤、瓷盤、木板。
 - 20g 的糖和 5 cc 的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟，再繼續煮沸 1 分鐘，移開酒精燈，分別舀一茶匙的糖水到不銹鋼板、玻璃盤、瓷盤、木板上，用碼表計時：從糖水倒到桌板至糖人凝固所需時間。
- 結果：

表 3-3. 桌板材質對畫糖人的影響

控制變因：糖量、水量、糖煮熟的時間

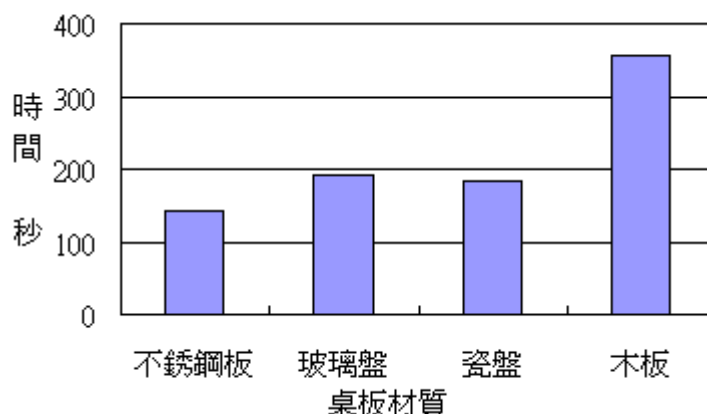
操作變因：桌板材質

應變變因：糖凝固所需時間

單位：秒

材質	不銹鋼板	玻璃盤	瓷盤	木板
重複 1	143	183	185	353
重複 2	143	189	179	362
重複 3	138	200	185	354
平均	141.3	190.7	183.0	356.3

圖 3-3.桌板材質對畫糖人的影響



4. 發現：

- (1) 糖人在不同材質的桌板上凝固所需時間：不銹鋼板 < 瓷盤 < 玻璃盤 < 木板。
- (2) 凝固後，畫糖人在不銹鋼板上最容易剝離，其次是玻璃盤、瓷盤，在木板上無法剝離。
- (3) 不銹鋼板上的畫糖人凝固後即可剝離；玻璃盤、瓷盤上的畫糖人冷卻時間要長一點，才能輕易剝離。

5. 討論：

- (1) 糖人在不同材質的桌板上凝固所需時間：不銹鋼板 < 瓷盤 < 玻璃盤 < 木板。這是因為金屬的導熱速度比非金屬快，所以在不銹鋼板上的糖人可以較快冷卻而凝固。
- (2) 自然課曾經學過：物體的導熱速度——銅 > 鐵 > 玻璃，因為銅的導熱速度快，所以「畫糖人」的師傅所用的桌板材質是銅板。

(四) 糖的種類對畫糖人的影響

1. 想法：我們想知道除了白砂糖能製作畫糖人外，其他的糖是否也可以？所以另外找了 8 種糖來做實驗，因為有的糖本身就有顏色，無法用糖煮熟了的糖水基準色來比對，所以我們以「用竹筷沾上一點糖漿，放入冷水中試其硬度」的方法來確定糖煮熟了沒？
2. 方法：
 - (1) 分別取 20g 特砂、二砂、糖粉、冰糖、黑糖、綿白細糖、葡萄糖、果糖、麥芽糖放入燒杯中，各加 5 cc 的水。
 - (2) 將糖水放在酒精燈上加熱，沸騰後用竹筷沾上一點糖漿，放入冷水中試其硬度，直到糖煮熟，將糖水倒至不銹鋼板上畫糖，觀察①糖人的顏色；②是否容易推動糖漿畫糖；③凝固後從桌板剝離的難易度。

3. 結果：

表 3-4. 糖的種類對畫糖人的影響

控制變因：水量、糖量

操作變因：糖的種類

	糖人的顏色	推動糖漿 難易度	剝離的 難易度	其他
特砂	透明淺茶色	容易	容易	
二砂	透明深茶色	不易	容易	大量溢泡
糖粉	淺黃渾濁	難	不易	大量溢泡，杯底有糊狀物
冰糖	透明淺茶色	容易	容易	
黑糖	黑色	容易	不易	少量溢泡
綿白細糖	透明淺茶色	容易	容易	
葡萄糖	焦黑	難	難，會碎裂	無法製作畫糖人
果糖	焦黑	難	難，會碎裂	無法製作畫糖人
麥芽糖	透明淺茶色	不易	不易	

4. 發現：

- (1) 特砂、冰糖、綿白細糖都能成功製作畫糖人，糖人都很像「畫糖人」師傅做出來的成品。
- (2) 二砂、糖粉、黑糖都有溢泡情形。
- (3) 葡萄糖、果糖無法製作畫糖人。
- (4) 特砂、冰糖、綿白細糖、二砂、糖粉、黑糖、麥芽糖都屬於雙醣。
- (5) 葡萄糖、果糖屬於單醣。

5. 討論：

- (1) 雙醣經過加熱分解成單醣時，就能製作畫糖人；純度越高的糖，如特砂、冰糖、綿白細糖這三種糖的純度都在 99.6%以上（尤其冰糖的純度超過 99.9%），所做出來的成品越美觀，是晶瑩剔透的。
- (2) 純度不高的雙醣，所製作出來的畫糖人較不美觀，是因為含有雜質，而且煮時會溢泡。如二砂含有少量礦物質（即有機物）、糖粉有加澱粉、黑糖純度不到 80%，含有較多的維生素和礦物質，所以製作出來的畫糖人較不美觀。
- (3) 單醣無法製作畫糖人，如葡萄糖、果糖。

（五）添加物對畫糖人的影響

想法一：只用糖和水所做出來的糖人，只有糖的甜味，我們想變換糖人的味道，所以想實驗看看——如果加了添加物，能否畫糖成功？於是請媽媽帶我去食品材料行買巧克力粉、梅子粉、藍莓粉來做實驗。

1. 方法：

- (1) 20g 的白砂糖、5 cc 的水和 1/2 茶匙的巧克力粉倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟，將糖水倒至不銹鋼板上畫糖，觀察①糖人的顏色；②是否容易推動糖漿畫糖；③凝固後從桌板剝離的難易度；④口感。
- (2) 同上步驟，但添加物分別換成梅子粉、藍莓粉。

2. 結果：

表 3-5-1. 添加物對畫糖人的影響

控制變因：水量、糖量

操作變因：不同的添加物

添加物	糖人的顏色	推動糖漿 難易度	剝離的 難易度	口感	其他
巧克力粉	黑色	難	難，會碎裂	尚可	大量溢泡
梅子粉	黑色	難	難，會碎裂	苦焦味	大量溢泡
藍莓粉	黑色	難	難，會碎裂	苦焦味	大量溢泡

想法二：上面的實驗我們發現，不管添加何種口味的粉末，全部的糖都會煮到焦黑，我們猜測是添加物影響了糖煮熟的時間，所以想試試看---先將糖煮熟，要離火前再加添加物攪拌，然後再畫糖人。

1. 方法：

(1) 20g 的白砂糖、5 cc的水倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟，倒入 1/2 茶匙的巧克力粉稍微攪拌，將糖水倒至不銹鋼板上畫糖，觀察①糖人的顏色；②是否容易推動糖漿畫糖；③凝固後從桌板剝離的難易度；④口感。

(2) 同上步驟，但添加物分別換成梅子粉、藍莓粉。

2. 結果：

表 3-5-2. 添加物對畫糖人的影響

控制變因：水量、糖量

操作變因：不同的添加物

添加物	糖人的顏色	推動糖漿 難易度	剝離的 難易度	口感	其他
巧克力粉	黑褐色	不易	有點不易	佳	少量溢泡
梅子粉	黃褐色	不易	有點不易	佳	少量溢泡
藍莓粉	藍紫色	不易	有點不易	佳	少量溢泡

想法三：在糖水裡加添加物，加熱時都有溢泡情形，我們想起去年科展曾研究『煮食物時會產生溢泡的原因：如果煮食物的時候會釋放出粉末顆粒，這些粉末顆粒就好像是一個個的核心，水蒸氣的泡泡就是以這些凝結核為起點開始長大而造成沸騰的現象，很容易產生許多的氣泡，液體不斷受熱產生對流，氣泡不斷的產生而上升到液體表面，而產生溢泡現象。』因為我們所用的添加物都是粉末，所以會有溢泡產生，那麼如果用果汁來取代水呢？是不是就不會有溢泡的情形？

1. 方法：

(1) 20g 的白砂糖、5 cc的葡萄汁倒入燒杯中，在酒精燈上加熱到糖煮熟，將糖水倒至不銹鋼板上畫糖，觀察①糖人的顏色；②是否容易推動糖漿畫糖；③凝固後從桌板剝離的難易度；④口感。

(2) 同上步驟，但添加物分別換成蘋果汁、番茄汁、梅子醋。

2. 結果：

表 3-5-3. 添加物對畫糖人的影響

控制變因：水量、糖量

操作變因：不同的添加物

添加物	糖人的顏色	推動糖漿 難易度	剝離的 難易度	口感	其他
葡萄汁	黑紫色	不易	有點不易	淡淡葡萄香	少量溢泡
蘋果汁	透明淺茶色	容易	有點不易	吃不出蘋果汁的味道， 但和純糖水所做的糖人味道不同	
蕃茄汁	深褐色	不易	有點不易	吃不出蕃茄汁的味道， 但和純糖水所做的糖人味道不同	蕃茄汁有顆粒，煮時會大量溢泡
梅子醋	透明淺茶色	容易	有點不易	淡淡梅子香，無酸味	

3. 發現：

- (1) 先將糖煮熟，再加粉末添加物；或是用果汁取代水來煮糖，都可以做出不同口味的「畫糖人」。
- (2) 添加粉末或是葡萄汁、蕃茄汁（含有顆粒）都不容易推動糖漿；而且都有溢泡情形。
- (3) 不管是加粉末或是果汁，糖人要從桌板上剝離時都比用純水做的糖人不容易。

4. 討論：

- (1) 當煮含有顆粒的糖水會有溢泡產生，是因為這些粉末顆粒就好像是一個個的核心，糖水加熱時水蒸氣的泡泡就是以這些凝結核為起點開始長大而造成沸騰的現象，很容易產生許多的氣泡，液體不斷受熱產生對流，氣泡不斷的產生而上升到液體表面，而產生溢泡現象。
- (2) 添加粉末或是果汁的糖人都比用純水做的糖人不易從桌板剝離，是因為糖人所含的水分較少。

陸.結論：

- 一. 糖的組成元素是碳、氫、氧，其中氫原子和氧原子個數的比例是 2：1，和水的組成完全相同，就好像碳和水直接化合成糖，所以我們說糖是「碳水化合物」。
- 二. 當糖加熱時，組成元素中的氫和氧變成水，當水蒸發完後，就只剩下碳了，碳燃燒完就成了灰燼。
- 三. 糖的溶解量會隨水溫升高而增多。
- 四. 熱糖水靜置冷卻後會析出糖結晶，這是因為水溫降低，糖的溶解量變小，所以會析出糖結晶。

- 五. 水溶液的沸點會因為溶液所含物質的量而改變，所以糖加的越多，糖水的沸點越高。
- 六. 糖水是中性。
- 七. 白砂糖的熔點約 175.7 。
- 八. 當糖水加熱變成透明無色液體時，此時的糖還是雙醣狀態。當糖水加熱變成透明淺黃色液體後，這時的糖已由雙醣分解成單醣，會讓本氏液變色，這時候就是「糖煮熟」了。
- 九. 雙醣加熱可以分解成單醣，但是單醣冷卻後不能還原成雙醣。
- 十. 固定糖量，水加的越多，從糖水沸騰到糖煮熟所需時間越長。
- 十一.糖煮熟了就能成功的製作畫糖人，但以糖煮熟後再繼續煮沸到糖水呈透明淺茶色時，所做出來的糖人最好看，最像「畫糖人」師傅做出來的成品。
- 十二.成功的畫糖人是：容易推動糖漿畫糖，凝固後糖人是透明淺茶色，無結晶顆粒，看起來晶瑩剔透而且容易從桌板上剝離。
- 十三.糖人在金屬材質的桌板上較快凝固成型而且容易剝離。
- 十四.雙醣經過加熱分解成單醣時，就能成功的製作畫糖人；純度越高的糖（雙醣），所做出來的成品越美觀，是晶瑩剔透的。
- 十五.單醣（葡萄糖、果糖）無法製作畫糖人。
- 十六.先將糖煮熟，再加粉末添加物；或是用果汁取代水來煮糖，可以做出不同口味的「畫糖人」。

柒.參考資料：

- 一. 李萬吉，康軒自然第七冊，康軒文教事業股份有限公司，76~91，2000 年
- 二. 李萬吉，康軒自然第八冊，康軒文教事業股份有限公司，16~31，2001 年
- 三. 紀斌雄，華一兒童知識寶庫（50），華一書局，11~14，1987 年
- 四. 高源清，小牛頓科學百科（4），牛頓出版股份有限公司，194，1988 年
- 五. 郭質良，製糖化學，台灣商務印書館股份有限公司，10，1971 年
- 六. <http://pck.bio.ncue.edu.tw>
- 七. <http://www.contest.edu.tw>
- 八. <http://web.kmsh.tnc.edu.tw>
- 九. <http://202.108.249.200>
- 十. <http://203.71.250.5>
- 十一.<http://pei.cjjh.tc.edu.tw>