

# 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

### 題目名稱：脫穎而出 - 提升黑糖蛇化學反應產量之探究

#### 一、摘要：

白糖變黑蛇是一個在中小學階段經常可見的話學趣味實驗，將白砂糖與小蘇打粉以質量適當的比例，經過酒精的燃燒，可以產生體積 50 倍以上的黑色物質。我們觀察到此反應燃燒的情形，設計實驗來分析能增加產物的方式。我們以不同的模型、不同的比例、不同的燃料、不同的高度、加入不同的物質來觀察黑糖蛇的變化，發現：

1. 並不是模具越大生長長度越長，超過一定高度後長度不會增加。
2. 小蘇打粉比糖的最佳比例為 1：8，酒精比黑蛇混和物的最佳比例為 1：4。
3. 添加其他添加物只能短暫提高溫度，不影響生長長度。
4. 容器越淺，黑蛇的生長長度越長，容器太深，酒精就會沉在底部，無法幫助燃燒。
5. 正丁醇燃燒熱最大，使用正丁醇做為燃料生長長度也最長。
6. 直接架高、使用階梯與使用斜坡做比較，使用斜坡的生長長度最長。

本研究推論地心引力能促使白糖變黑蛇的反應產物增加，經過實驗證實，我們製作溜滑梯式的斜坡，黑糖蛇產物會沿著斜坡滑下，如此一來就不會有因為摩擦力所導致的妨礙後續反應的狀況。後續的白色原料能夠與助燃物氧氣順利接觸，增加化學反應的效能，這是以地心引力來增加化學反應的特殊成就。正丁醇燃燒熱最大，使用正丁醇做為燃料生長長度也最長。

#### 二、探究題目與動機

白糖變黑蛇是一個在中小學階段經常可見的化學趣味實驗，依據網路上科學網站的教材，將白砂糖與小蘇打粉以質量 4:1 的比例，經過酒精的燃燒，可以產生體積 50 倍以上的黑色物質。在燃燒的過程中，白色的物質與氧氣反應產生黑色物質的扭動，就像金字塔法老王的神奇魔力。而產生的黑蛇，其實是焦糖，藉由小蘇打遇熱產生二氧化碳，不僅將焦糖與黑碳分子之間體積蓬鬆擴大，也將黑色物質推動前進，形成條狀生成物。

實際上進行時實驗時，並無法每次都產生長度足夠的黑蛇，我們經常發現酒精燃燒後，仍在黑色物質中包覆許多白色原料未參與反應，我們以 100 公分當作實驗目標，希望可以把黑蛇的長度盡可能的拉長，以探究這個實驗的成功機制。



實驗燃燒不完全，反應結束時仍經常剩餘許多白色原料未反應

#### 三、探究目的與假設

本研究之目的為增加白糖變黑蛇燃燒反應的產量，研究問題如下：

1. 研究原料模型大小對本反應之影響。
2. 研究原料模型形狀對本反應之影響。
3. 研究糖與小蘇打不同比例對本反應之影響
4. 研究在原料中添加其他物質對本反應之影響。
5. 研究更換燃料對本反應之影響。
6. 研究不同深度容器對本反應之影響
7. 研究地心引力對本反應之影響。

#### 四、探究方法與驗證步驟

1. 調配反應物：依據第 58 屆中小學科學展覽會，國小組化學科：黑糖蛇~糖類燃燒變化之探討資料，糖和小蘇打的最佳的質量比例是 4 : 1，混和物和酒精的最佳比例是 4 : 1。所以我們依照這個比例將砂糖 12g、小蘇打粉 3g 和酒精 3.75g 調配在一起。

2. 實驗設計：

- (1) 將直徑 6cm 蒸發皿裝滿沙子後倒入 25 毫升的酒精。
- (2) 將第一步的成品倒入用 xyz printing 製作的模具，並在蒸發皿上脫模。
- (3) 用打火槍點燃並觀察黑蛇的產生狀況。

3. 不同的模型：

模型樣式 實驗次數	直徑 3 公分 高 5 公分圓錐	直徑 3 公分 高 6 公分圓錐	直徑 3 公分 高 7 公分圓錐	直徑 3 公分 高 8 公分圓錐
第一次	124 公分	193 公分	210 公分	193 公分
第二次	134 公分	198 公分	199 公分	179 公分
第三次	132 公分	182 公分	201 公分	173 公分
平均	130 公分	191 公分	203.3 公分	181.67 公分

4. 不同燃料對產物長度之影響比較



燃料種類 實驗次數	酒精膏	甲醇	乙醇	正丙醇	丙二醇	異丙醇	正丁醇
第一次	幾乎無 向上生 長	163 公分	205 公分	203 公分	無法持 續燃燒	212 公分	264 公 分
第二次		172 公 分	187 公 分	201 公分		184 公分	223 公 分
第三次		170 公	182	185		202	199 公

		分	公分	公分		公分	分
平均		168.33 公分	191.33 公分	196.33 公分		199.33 公分	228.67 公分

5. 砂糖與小蘇打粉質量不同比例對黑糖蛇長度的影響

砂糖：小蘇打	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
1 : 1	16 公分	11 公分	7 公分	13 公分	9 公分	11.20 公分
2 : 1	40 公分	38 公分	36 公分	41 公分	37 公分	38.40 公分
3 : 1	69 公分	83 公分	76 公分	80 公分	74 公分	76.40 公分
4 : 1	180 公分	188 公分	185 公分	182 公分	183 公分	183.60 公分
5 : 1	223 公分	199 公分	203 公分	214 公分	218 公分	211.40 公分
6 : 1	171 公分	178 公分	173 公分	177 公分	180 公分	175.80 公分
7 : 1	227 公分	219 公分	224 公分	225 公分	230 公分	225 公分
8 : 1	246 公分	220 公分	237 公分	242 公分	252 公分	239.40 公分
9 : 1	152 公分	205 公分	158 公分	210 公分	196 公分	184.20 公分
10 : 1	49 公分	76 公分	37 公分	45 公分	64 公分	54.20 公分

6. 不同深度的裝沙容器對黑糖蛇的影響

容器深度	深度 7 公分	深度 6 公分
實驗次數		
第一次	43.00 公分	133.00 公分
第二次	52.00 公分	114.00 公分
第三次	50.00 公分	138.00 公分
第四次	48.00 公分	127.00 公分

第五次	40.00 公分	121.00 公分
平均	46.60 公分	126.60 公分

7、地心引力對生長是否有影響(架高、階梯、斜坡)

輔助 工具 實驗 次數	無(放於桌面)	以三角架架高	階梯	斜坡
				
第一次	169.00 公分	177.00 公分	200.00 公分	245.00 公分
第二次	197.00 公分	210.00 公分	245.00 公分	305.00 公分
平均	183.00 公分	193.50 公分	222.50 公分	275.00 公分

※心得一：模具大小會對生長造成影響，但是模具越大並不代表生長越長。我們發現直徑 3 公分 x 深度 7 公分的模具，在本次實驗中效果最佳。也因為 25 毫升的燃料所能提供之能量有所固定，就算我們提供更多的白色原料，但仍無法反應產生更多的黑色產物。

※心得二：添加鎂粉提高溫度並沒有明顯令反應的產物增多，但過程中鎂粉遇熱產生小閃光，且發現，添加鎂粉造成實驗數據不穩定。

※心得三：燃料燃燒時所產生的熱量越高，生長長度越長。

※心得四：環境溫度對生長的影響明顯，推測為糖和小蘇打過期或結塊，造成生長長度變短。

※心得五：燃燒時將白糖架高，會令生長長度變長，推測原因為架高有助於燃燒後之物質斷裂，令未燃燒的白糖接觸到氧氣，能繼續反應。

※心得六：斜坡比起階梯，能令生長更長，推測為斜坡表面較平滑，能令燃燒後之物質緩緩斷裂，不至於在中途卡住，也不至於直接斷裂，造成燃燒終止。

※心得七：新鮮配製的白糖與小蘇打粉能令生長長度穩定，預先配製好會令白糖與小蘇打粉受潮結塊，造成數據不穩定。

※心得八：為沙子添加燃料時，集中於一點倒入比均勻倒入造成的效果更好，集中於一點倒入生長長度更長，推測為燃料更集中，產生的溫度更高，才令生長長度更長，且集中於一點倒入更不容易令燃料溢出。

※心得九：使用模具操作實驗雖然已將誤差降至最小，不同人操作還是會影響實驗結果。

※心得十：其他資料皆說明砂糖與小蘇打的最佳比例為 4：1，我們卻發現比例 8：1 的黑蛇能最好狀況可以生長至 300 公分以上。

※心得十一：添加在砂糖與小蘇打中的酒精主要為塑形用，酒精添加不足時，塑形需要用力擠壓，導致白糖中沒有空氣可提供燃燒。

※心得十二：容器越淺，酒精燃燒越完全，較深的容器酒精會沉在底部，無法成為黑蛇燃燒的燃料，當黑蛇停止燃燒後，容器中的酒精還會持續燃燒。

※心得十三：大斜坡雖然斜面較長，令黑蛇能持續往下滑，但結果卻和小斜坡相去不遠。

## 五、結論與生活應用

經過一連串的實驗，發現影響生長長度的因素有模具的大小、形狀、使用的燃料、是否架高、小蘇打與白糖的顆粒大小與比例、實驗環境空氣是否流通。

綜觀以上實驗結果與心得，我們發現：

1. 並不是模具越大生長長度越長，超過一定高度後長度會減少，不是增加。
2. 白糖與小蘇打的最佳比例為 8：1，混和物與添加酒精之最佳比例為 4：1。
3. 添加其他添加物只能短暫提高溫度，無法使溫度持續提高，因此添加添加物並不會影響生長長度。
4. 已知甲醇、乙醇、丙醇、丁醇中，丁醇燃燒熱最大，使用丁醇做為燃料生長長度也最長。因此得知燃燒熱越大，生長長度越長。
5. 容器越淺，黑蛇的生長長度越長，容器太深，酒精就會沉在底部，無法幫助燃燒。
6. 將白糖架高再燃燒確實會使生長長度變長，原因為架高會使燃燒後所產生的物質斷裂，還未燃燒的白糖就能暴露在空氣中，繼續與氧氣產生反應，持續燃燒。
7. 直接架高、使用階梯與使用斜坡做比較，使用斜坡的生長長度最長。直接架高會使燃燒後所產生的物質直接斷裂，有使燃燒終止的風險。使用階梯會使燃燒後所產生的物質卡在階梯上。
8. 大斜坡與小斜坡產生的結果差不多，由此可知，只要黑蛇的最前段被推出去，黑蛇就能持續生長。

本研究推論地心引力能促使白糖變黑蛇的反應產物增加，經過實驗證實，在沒有處遇的原始實驗設計中，實驗產物黑糖蛇的本體足夠遇到桌面時，桌面與黑糖蛇之間的摩擦力便會增加後續燃燒反應的難度；相對的，如過我們製作溜滑梯式的斜板，黑糖蛇產物會沿著斜板滑下，如此一來就不會有因為摩擦力所導致的妨礙後續反應的狀況。後續的白色原料能夠與助燃物氧氣順利接觸，增加化學反應的效能，這是以地心引力來增加化學反應的特殊成就。

#### 參考資料

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會—黑糖蛇～糖類燃燒變化之探討

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080211.pdf>

維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/1-%E4%B8%81%E9%86%87>

百度百科 <https://baike.baidu.com/item/%E6%AD%A3%E4%B8%81%E9%86%87>

化學元素導覽，阿爾貝特·斯特沃特加著，田曉伍、任金霞譯，世茂出版社，2006。

蘇老師化學黑白講，Joe Schwarcz 著，葉偉文譯，天下文化，2005。

科學史上最有趣的 20 堂化學課，姚荏富、胡妙芬著，親子天下，2019。

全彩圖解觀念化學，市村均，學研 PLUS 著，李彥樺譯，小熊出版，2018。

現代科技大百科—化學篇，黃麗鳳著，牛頓出版社，1989。