

中華民國第 56 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

第三名

051803

鹽糖證共

—探討濃度及溫度對不穩定性雙擴散之影響

學校名稱：國立新竹女子高級中學

作者： 高二 鄧亦辰 高二 章婷瑗	指導老師： 邱嘉盈
-------------------------	--------------

關鍵詞：雙擴散、鹽手指

## 摘要

蔗糖水及鹽水在雙擴散時會有對流柱的產生，此時讓雷射光通過蔗糖水及鹽水交界面後，會將交界面之對流柱排列狀況投影在屏幕上，我們利用此方法觀察雙擴散現象。先觀察在 90 分鐘內之雙擴散現象有何變化後，再深入探討改變其濃度、溫度時的圖形個數及平均面積的變化。

當蔗糖水濃度固定時，圖形個數變化曲線趨勢線斜率最低點會出現在鹽水濃度與蔗糖水濃度相近時，為了驗證，我們再度展開實驗，改成計算圖形平均面積，發現在鹽水濃度等於蔗糖水濃度時，趨勢線斜率絕對值會最低。除了濃度，溶液溫度也互影響雙擴散，溫度愈高，相同時間之圖形平均面積愈大。

## 壹、 研究動機

在學校曾聽某位物理老師提到他以前所做過的有趣實驗：將兩種不同的水溶液，分上下層放置並進行擴散。當進行擴散時若我們自下方以雷射光照射，將在屏幕上得到兩溶液交界面的投影圖，而此投影圖將由數個六邊形所構成。對於這個實驗的結果感到不可思議，同時心中也冒出疑點：為什麼會有這樣的圖形出現？得到的圖形一定全都是六邊形嗎？出自於好奇心，我們開始查詢相關的資料，並展開了一連串實驗。

當兩溶液進行擴散時，若溶質擴散速率大於熱質擴散速率時，會造成不穩定的擴散現象，進而導致兩溶液交界處會是一個凹凸不平的面。因其凹凸不平的交界面形似手指，且此現象最早是發現於混合層的海水擴散，故學術界稱之為鹽手指（salt-finger）現象。

於實驗初期，我們嘗試改變兩種溶液的濃度，並觀察圖形的變化。在實驗過程中，我們發現若是兩種水溶液擴散的速度太快，圖形將無法形成，故我們固定蔗糖水的濃度，並將鹽水濃度變化控制在百分之十(重量百分濃度)之內，以便於觀察圖形的結構及變化。



(圖一)，引用自參考資料(六)

## 貳、 研究目的

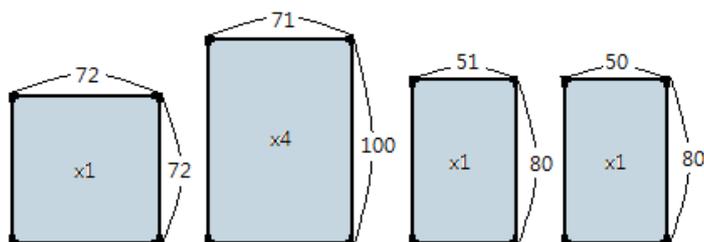
- 一、觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像。
- 二、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形個數之影響。
- 三、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對圖形平均面積之影響。
- 四、探討固定蔗糖水及鹽水濃度時，溫度對圖形平均面積之影響。

## 參、 研究設備及器材

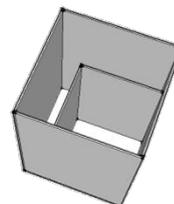
(表一)

蔗糖	精鹽	自製壓克力容器	加熱攪拌器和磁石
電子秤	廣用夾	溫度計	鐵架及鐵環
透鏡組	雷射光機	光學台	相機腳架
單眼相機	電磁爐	保麗龍	魚缸
玻棒	燒杯	砝碼	針筒
銅線	雷射切割機	軟體：SketchUp	軟體：ImageJ

補充：容器



(圖二)

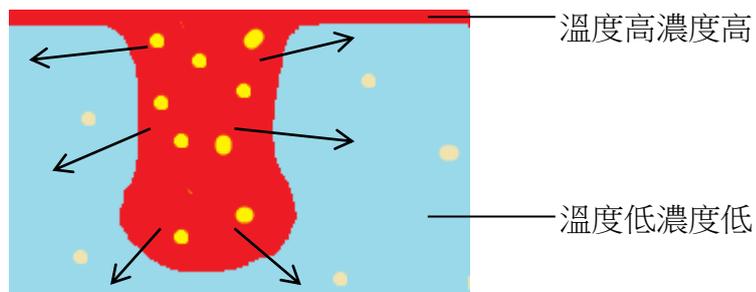


(圖三)

## 肆、研究過程或方法

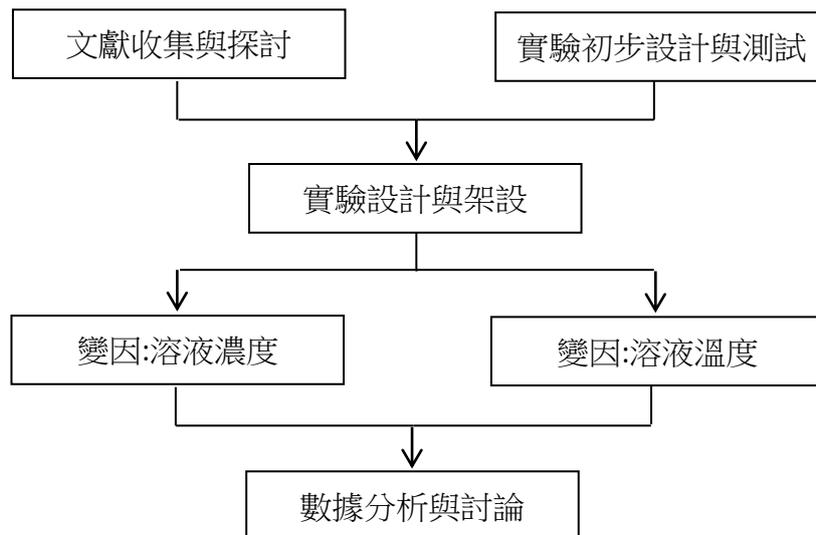
### 一、研究原理

因溫度梯度或濃度梯度所形成的密度變化，在重力作用下所形成浮力所引起之對流，一般稱之為雙擴散對流。在海洋中，混合層的上層因日照因素，造成相對於下層較熱且濃度較高的流體。在尚未進行熱或是鹽度擴散時，海水會分為上、下兩層，而當兩層海水開始進行擴散時，由於鹽水的濃度擴散速率遠小於溫度擴散速率，導致擴散時兩溶液濃度極不均勻，產生雙擴散不穩定性的現象，學術界稱之為鹽手指（salt-finger）現象。當鹽手指現象形成時，在兩溶液的介面會形成凹凸不平的形貌，如此一來兩溶液接觸面即會大幅提升，進而增加了分子碰撞的機會，提高兩溶液的擴散速率。見(圖四)。



(圖四)。改自參考資料(一)

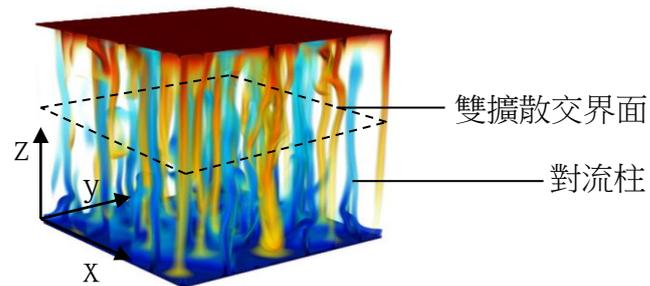
### 二、研究流程



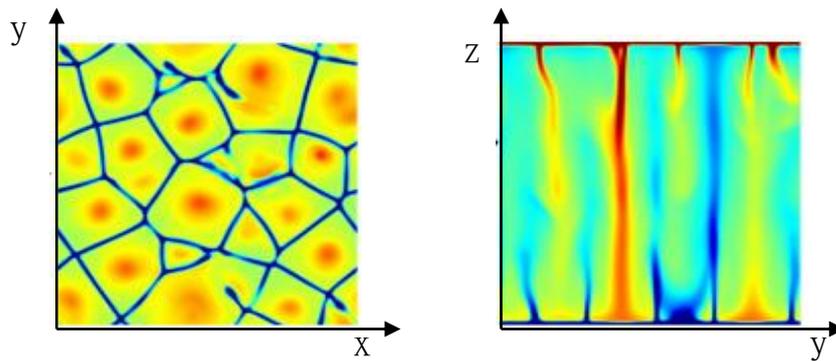
(圖五)

### 三、名詞介紹

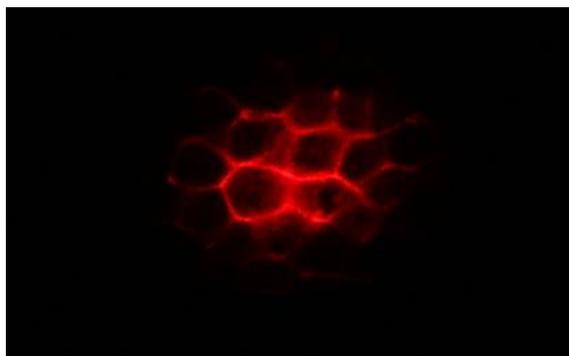
- (一) 對流柱：兩不同溶液在行雙擴散時，會產生鹽手指現象，溶液擴散時鹽手指為其對流時一柱狀通道，於本報告中為方便以下皆稱之為對流柱，如下(圖六)。
- (二) 對流界面：兩不同溶質之溶液的接觸面，雙擴散之對流現象即發生在此接觸面上，如下(圖七)。
- (三) 投影圖：雷射光透過對流界面後映照在屏幕上之成像，如下(圖八)。



(圖六)改自參考資料(五)



(圖七)，改自參考資料(五)



(圖八)

#### 四、實驗設計與架設

在此研究中，我們希望藉由觀察兩溶液交界面的圖像，探討溶液的濃度及溫度對不穩定性雙擴散的影響。為了使截面圖像更為清晰以利於觀察，我們先以光學方法先將溶液交界圖像放大，再投影於屏幕進行觀察與分析。將投影圖與其交界截面圖像相互對照，可發現其投影圖黑暗處為進行雙擴散時對流柱之位置，而光亮處則為兩對流柱交界處。在此研究中我們進行了四種實驗：

實驗一：觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像。

實驗二：探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形個數之影響。

實驗三：探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形平均面積之影響。

實驗四：探討固定蔗糖水及鹽水濃度時，溫度對圖形平均面積之影響。

由於一次完整實驗需花費 90 分鐘，為了方便觀察，我們所選擇的溶液是擴散速率相對較慢的蔗糖水水溶液及鹽水水溶液，此外我們先固定蔗糖水濃度，再逐次改變鹽水濃度。自參考資料使鹽水濃度不大於 10% 或小於 2%，以確保鹽水濃度在可行雙擴散之濃度區間。

在接下來的實驗我們依觀察對象將實驗分成兩部分，同時實驗架設也分成兩種：

##### (一) 架設一

###### 1. 適用實驗

(1) 實驗一：觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像。

(2) 實驗二：探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形個數之影響。

(3) 實驗三：探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形平均面積之影響。

###### 2. 架設說明

(1) 取一鐵架裝上鐵環，鐵環高度 40 公分。

(2) 在鐵環上方架上萬用夾固定壓克力容器。

(3) 廣用夾上方架設凸透鏡，用來放大雷射光光束以便觀察，實驗中需適時調整凸透鏡的高度，確保可得清晰成像。

(4) 於光學台上方放置一平面鏡，使雷射光產生反射往上透過自製壓克力容器中的

溶液交界面，成像於上方屏幕上。

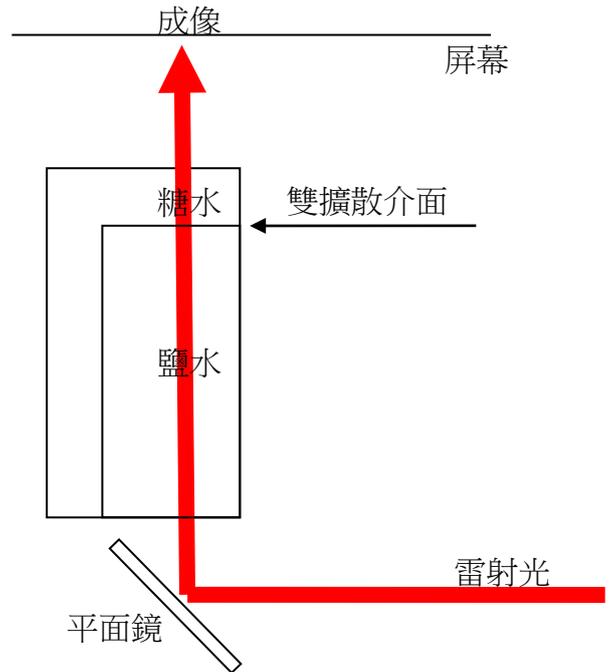
(5)自製壓克力容器中，內、外層有高度差，內層高 8 公分，裝滿鹽水；外層高 10 公分，以針筒將蔗糖水加入外層，當兩溶液混和時按下計時器，在繼續將溶液加至 9 公分處。

(6)將相機置於腳架上，每 10 分鐘拍一次照。

### 3. 圖例：



(圖九)



(圖十：示意圖)

### (二) 架設二

#### 1. 適用實驗：

實驗四：探討固定蔗糖水及鹽水濃度時，溫度對圖形平均面積之影響。

#### 2. 架設說明：

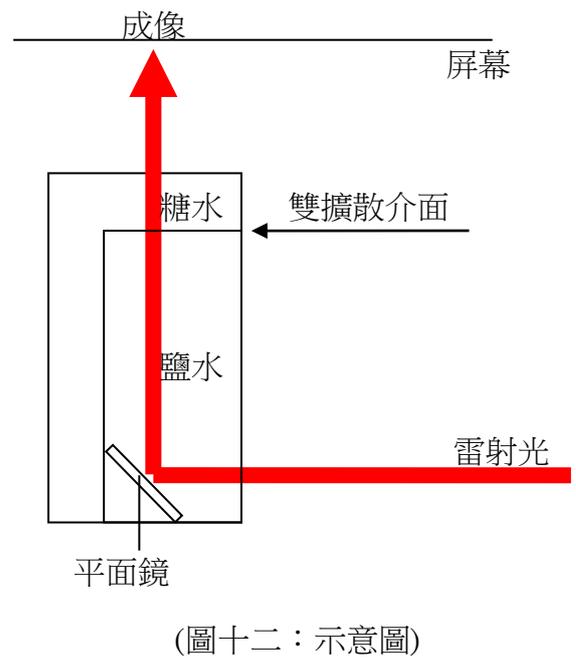
(1)取一魚缸，在底部鋪一層鋁箔紙，四個角落壓上砝碼固定，其中一對對角砝碼上方放上一塊長型玻璃板，再將自製壓克力容器放在玻璃板上。

(2)自製壓克力內層放入一方型平面鏡，使得平面鏡呈約 45°角，用以將雷射光反射於上方屏幕以便觀察。

(3)在魚缸外層用保麗龍包裹後置於電磁爐上。

(4)於保麗龍上方及側面各挖一個洞，使得雷射光得以通過。

3. 圖例：



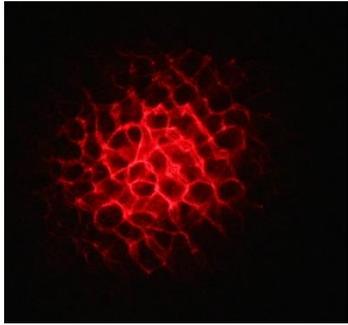
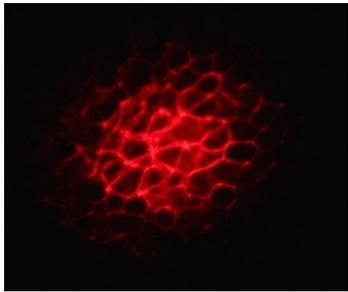
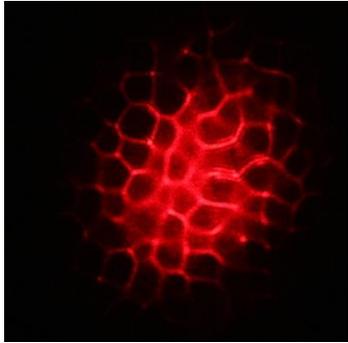
## 伍、 研究結果

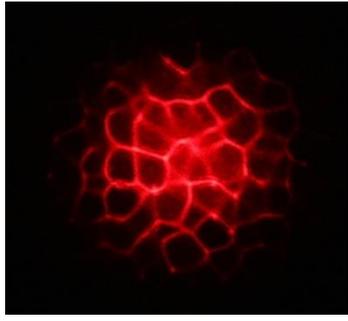
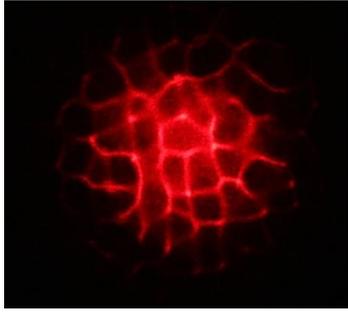
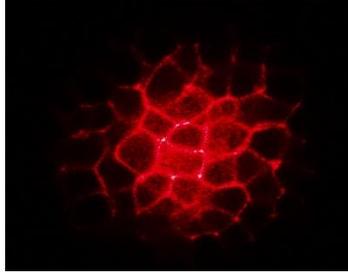
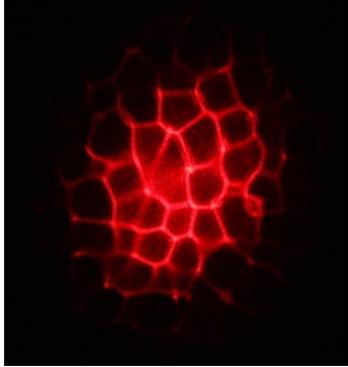
一、觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像。

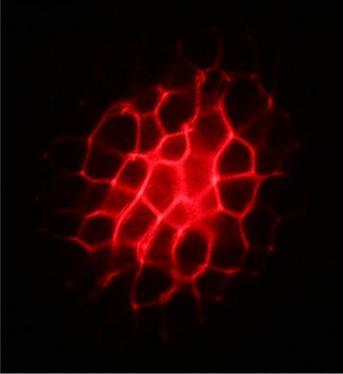
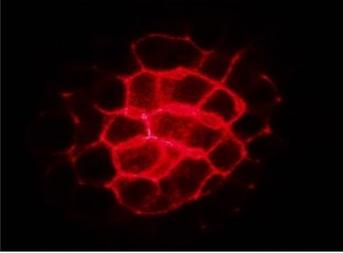
(一) 溶液濃度：蔗糖水濃度 5%、鹽水濃度 5%

(二) 實驗結果：

(表二)

擴散時間	圖形照片	說明
10 分鐘	 <p>(圖十三)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數最多。</li> <li>2. 此時多邊形形狀以橢圓形為主。</li> <li>3. 成像線條不斷移動，由此得知對流柱在擴散初期會不斷移動。</li> </ol>
20 分鐘	 <p>(圖十四)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 10 分鐘時減少。</li> <li>2. 此時多邊形形狀以四邊形和五邊形為主。</li> <li>3. 成像線條仍然移動著，但是移動速度減緩。</li> </ol>
30 分鐘	 <p>(圖十五)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 20 分鐘時減少。</li> <li>2. 此時多邊形形狀以五邊形為主。</li> <li>3. 線條成像移動非常緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> <li>4. 此圖拍攝到的不只有一個介面，因為兩溶液在行雙擴散時的對流柱完全直向的，故而會隱約看到有其他介面。</li> </ol>

40 分鐘	 <p>(圖十六)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 30 分鐘時減少。</li> <li>2. 此時多邊形形狀以四邊形為主。</li> <li>3. 成像線條非常緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> </ol>
50 分鐘	 <p>(圖十七)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 40 分鐘時減少，但是差距不大。</li> <li>2. 此時圖形以四邊形為主。</li> <li>3. 成像線條變化緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> <li>4. 圖形和 40 分鐘時相似，判斷雙擴散已趨於穩定。</li> </ol>
60 分鐘	 <p>(圖十八)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 50 分鐘時減少，但是差距不大。</li> <li>2. 此時圖形以四邊形及五邊形為主。</li> <li>3. 成像線條變化緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> </ol>
70 分鐘	 <p>(圖十九)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 60 分鐘時減少，但是差距不大。</li> <li>2. 此時圖形以四邊形及五邊形為主。</li> <li>3. 成像線條變化緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> </ol>

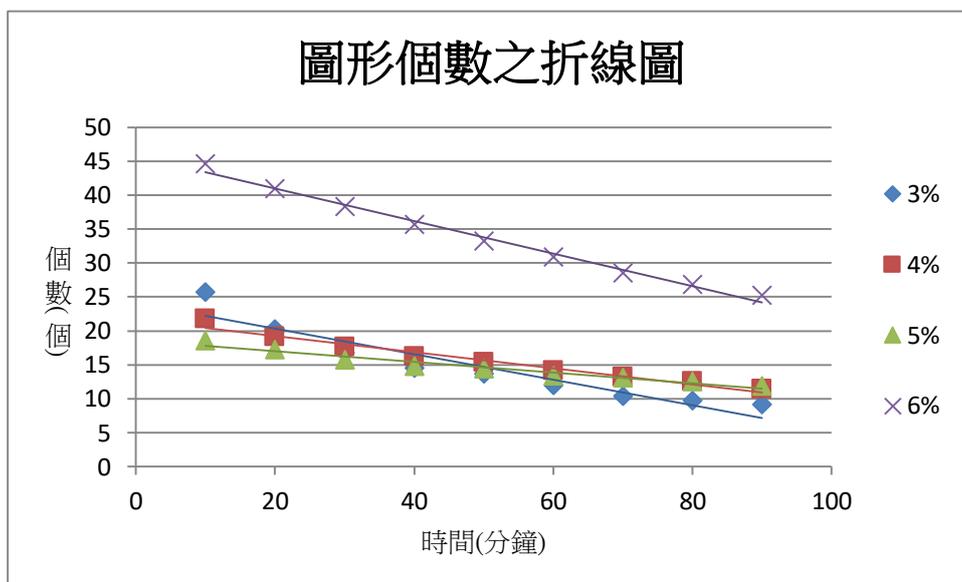
80 分鐘	 <p>(圖二十)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數較 70 分鐘時減少，但是差距不大。</li> <li>2. 此時圖形以四邊形及五邊形為主。</li> <li>3. 成像線條變化緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> </ol>
90 分鐘	 <p>(圖二十一)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多邊形個數最少。</li> <li>2. 多邊形以四邊形為主。</li> <li>3. 成像線條變化緩慢，可看到清楚的多邊形。</li> </ol>

二、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形個數之影響。

(一) 固定蔗糖水濃度 4%

(表三)

時間 \ 鹽水濃度	3%	4%	5%	6%
10 分鐘	25.7	21.7	18.5	44.6
20 分鐘	20.2	19.1	17.2	40.9
30 分鐘	16.8	17.6	15.7	38.3
40 分鐘	14.5	16.2	14.8	35.7
50 分鐘	13.7	15.3	14.4	33.2
60 分鐘	12.0	14.1	13.4	30.9
70 分鐘	10.4	13.2	13.1	28.5
80 分鐘	9.7	12.5	12.5	26.8
90 分鐘	9.1	11.4	11.9	25.2
趨勢線斜率	-0.1887	-0.1198	-0.0785	-0.2405



(圖二十二)

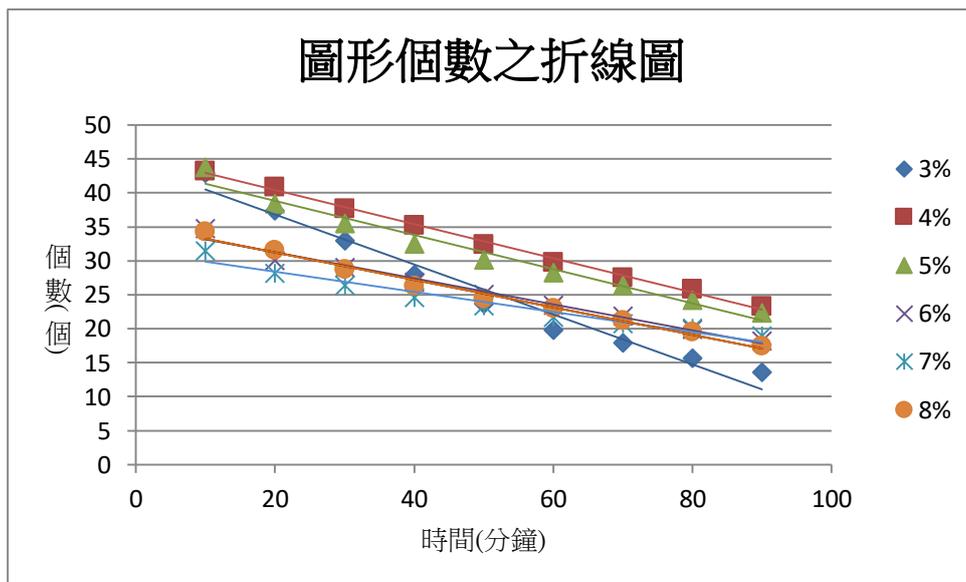
由(圖二十二)可知，在固定糖水濃度 4% 時，圖形個數與擴散時間的關係約為一

線性函數，且斜率相差不大。當鹽水濃度為 6%時，初始值及最終值皆與其他濃度之鹽水相差甚大。

(二) 固定蔗糖水濃度 5%

(表四)

鹽水濃度 時間	3%	4%	5%	6%	7%	8%
10 分鐘	43.0	43.2	43.8	34.8	31.5	34.3
20 分鐘	37.4	40.9	38.4	30.1	28.2	31.6
30 分鐘	33.0	37.7	35.5	29.0	26.4	28.8
40 分鐘	28.0	35.2	32.5	26.9	24.6	26.3
50 分鐘	23.7	32.4	30.2	25.1	23.4	24.4
60 分鐘	19.8	29.8	28.3	23.5	21.7	23.0
70 分鐘	17.9	27.5	26.4	21.9	20.8	21.2
80 分鐘	15.7	25.8	24.2	19.9	20.1	19.5
90 分鐘	13.6	23.3	22.4	18.2	19.0	17.5
趨勢線斜率	-0.3685	-0.2512	-0.2510	-0.1910	-0.1473	-0.2033



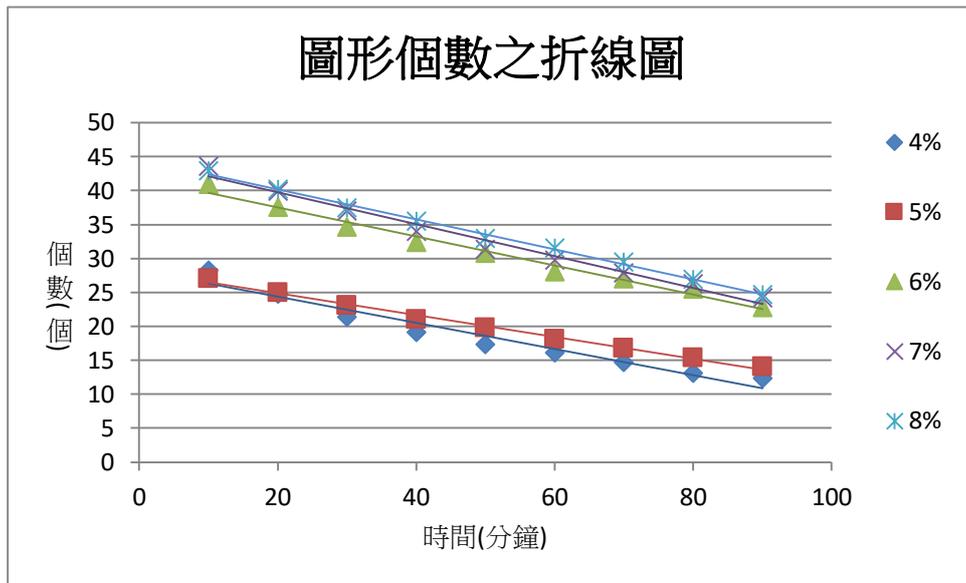
(圖二十三)

由(圖二十三)，當固定蔗糖水濃度 5%時，鹽水濃度 6%、7%、8%時的初始值及最終值相差不大，而當鹽水濃度為 4%、5%時，同樣的初始值及最終值差異不大，然鹽水濃度為 3%時 則有顯著差異。由鹽水濃度為 4%、5%所構成之直線斜率略大於由鹽水濃度 6%、7%、8%所構成之直線斜率。

(三) 固定蔗糖水濃度 6%

(表五)

鹽水濃度 時間	4%	5%	6%	7%	8%
10 分鐘	28.3	27.1	41.0	43.6	43.0
20 分鐘	24.8	25.0	37.6	39.9	40.2
30 分鐘	21.4	23.1	34.7	37.0	37.5
40 分鐘	19.2	21.0	32.4	34.0	35.5
50 分鐘	17.4	19.8	30.8	31.4	33.0
60 分鐘	16.1	18.1	28.1	29.8	31.6
70 分鐘	14.7	16.8	27.1	27.9	29.5
80 分鐘	13.1	15.4	25.6	26.3	27.0
90 分鐘	12.4	14.1	22.8	24.2	24.7
趨勢線斜率	-0.1920	-0.1605	-0.2138	-0.2347	-0.2212



(圖二十四)

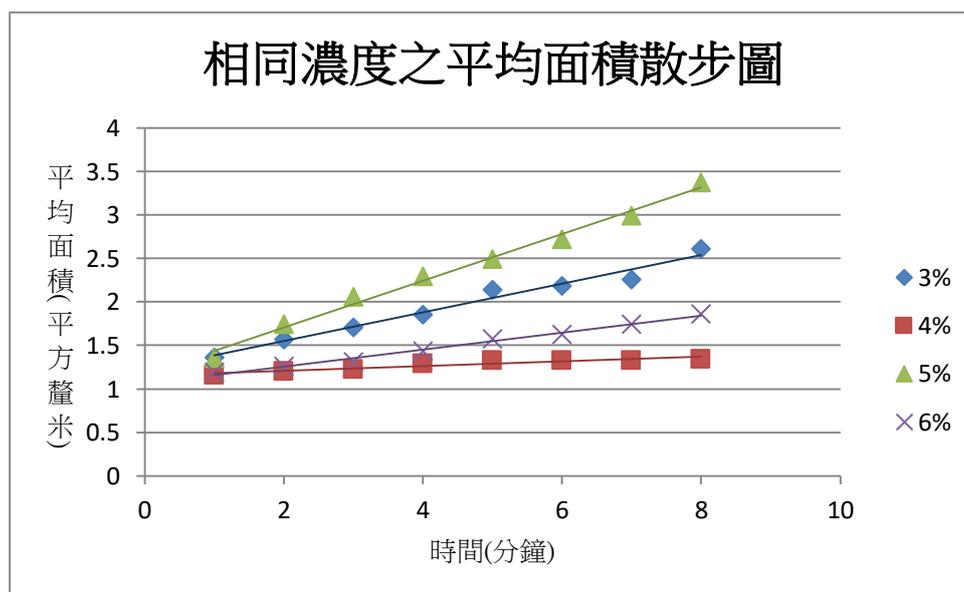
由(圖二十四)，當固定蔗糖水濃度 6%，各組數據所構成之直線分成兩區，分別為鹽水濃度 4%、5%，以及鹽水濃度 6%、7%、8%，然各直線之斜率約略相同，差異不大。

三、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形平均面積之影響。

(一) 固定蔗糖水濃度 4%

(表六)

鹽水濃度 時間	3%	4%	5%	6%
10 分鐘	0.86	0.92	0.62	0.9
20 分鐘	1.17	1.07	0.83	1.08
30 分鐘	1.35	1.11	1.08	1.13
40 分鐘	1.47	1.14	1.27	1.18
50 分鐘	1.6	1.2	1.41	1.29
60 分鐘	1.84	1.22	1.53	1.42
70 分鐘	1.88	1.23	1.68	1.46
80 分鐘	1.94	1.22	1.84	1.57
90 分鐘	2.24	1.24	2.08	1.68
趨勢線斜率	0.164	0.026	0.268	0.097



(圖二十五)

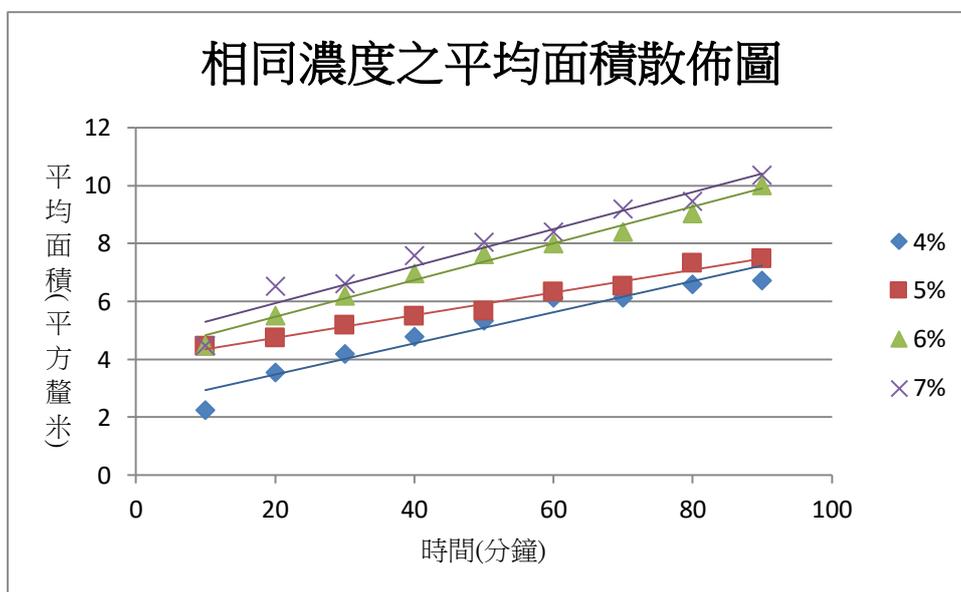
由(圖二十六)，當固定蔗糖水濃度 4%，溶液擴散時間與圖形面積變化約成一正

相關之線性函數。

(二) 固定蔗糖水濃度 5%

(表七)

鹽水濃度 時間	4%	5%	6%	7%
10 分鐘	2.26	4.46	4.49	4.48
20 分鐘	3.55	4.74	5.51	6.54
30 分鐘	4.20	5.19	6.20	6.63
40 分鐘	4.78	5.49	6.97	7.58
50 分鐘	5.35	5.67	7.64	8.05
60 分鐘	6.13	6.33	8.00	8.40
70 分鐘	6.14	6.54	8.41	9.20
80 分鐘	6.59	7.33	9.05	9.46
90 分鐘	6.74	7.49	10.01	10.38
趨勢線斜率	0.0538	0.0391	0.0636	0.0639



(圖二十六)

由(圖二十六)，當固定蔗糖水濃度 5%，溶液擴散時間與圖形面積變化約成一正相關之線性函數。若鹽水濃度為 4%、6%、7%，直線斜率約相等，然當鹽水濃度為 5%時，斜率則與其他三組數據差異明顯。

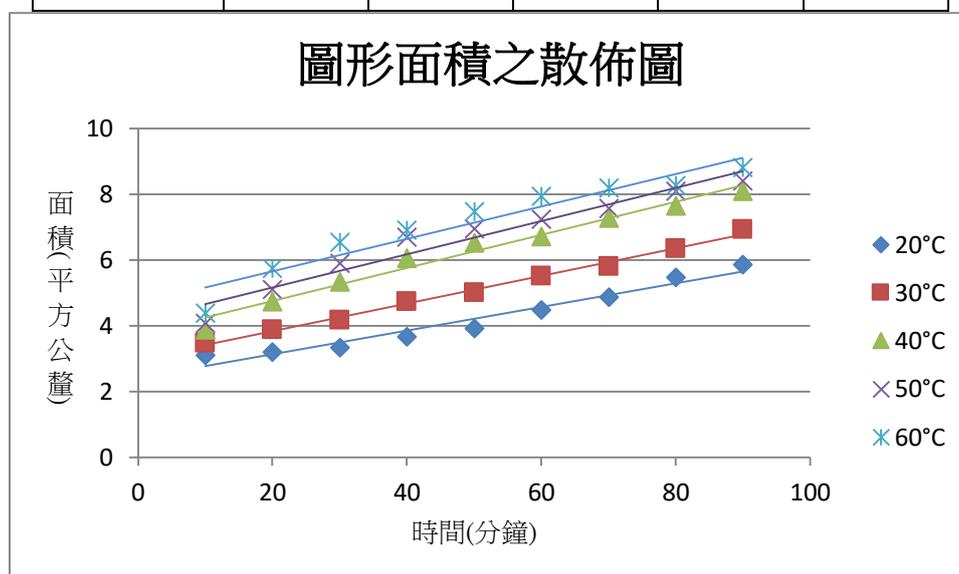
四、探討固定蔗糖水及鹽水濃度時，溫度對圖形平均面積之影響。

(一) 固定蔗糖水濃度 5%、鹽水濃度 5%

1. 各鹽水濃度之圖形面積

(表八)

時間 \ 溫度	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
10 分鐘	3.1	3.47	3.88	4.07	4.39
20 分鐘	3.21	3.88	4.73	5.11	5.75
30 分鐘	3.35	4.18	5.35	5.90	6.54
40 分鐘	3.67	4.74	6.06	6.70	6.91
50 分鐘	3.93	5.01	6.53	6.96	7.47
60 分鐘	4.48	5.51	6.71	7.25	7.94
70 分鐘	4.87	5.80	7.28	7.58	8.19
80 分鐘	5.47	6.35	7.66	8.10	8.27
90 分鐘	5.86	6.94	8.09	8.41	8.82
趨勢線斜率	0.0361	0.0422	0.0502	0.0504	0.0494



(圖二十七)

由(圖二十七)，不論於何種溫度之下，圖形的平均面積將與擴散時間成正相關，且可大致看出趨勢線斜率隨溫度上升而增加。

## 陸、 討論

### 一、觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像

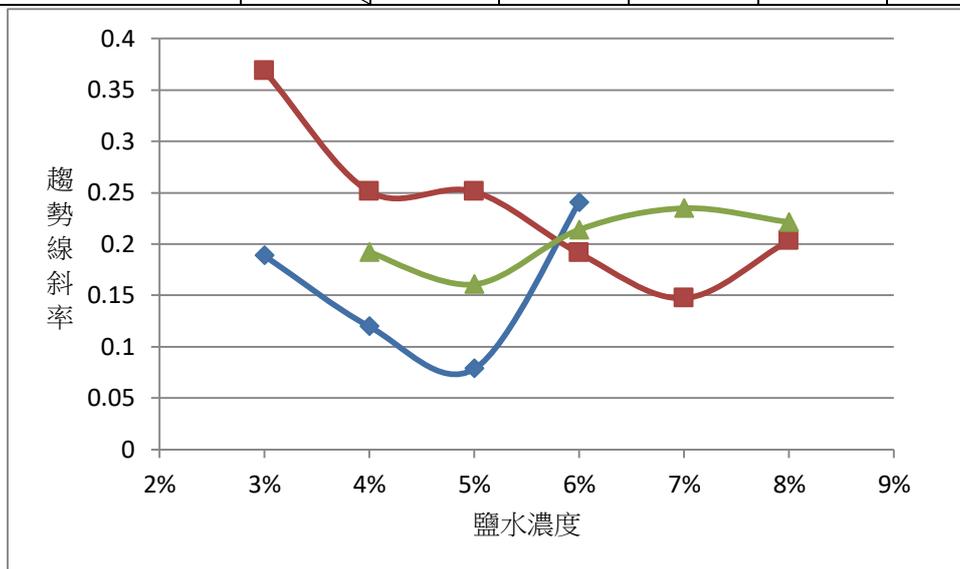
最初我們認為經實驗後所得之圖像應皆為六邊形所組成，然而將投影圖與截面圖相互比較後，發現由於雷射光經過溶液交界面後成於屏幕上的像，黑暗處為溶液擴散時鹽手指現象所形成之對流柱的部分，而光亮區則為兩對流柱之交界，因此圖像並非全由六邊形構成。根據實驗結果，在不同時間所得之圖像皆非由單一種多邊形所組成，除六邊形以外，還有橢圓形、三角形、四邊形及五邊形等，且在圖像中可知，雖然圖像中可看到六邊形區域，卻都不是主要形狀。我們認為會有如此多種圖形產生是因為蔗糖水及鹽水進行擴散時，因對流處的產生，導致濃度不均，造成雷射光分成數道並於成像時互相穿插交疊，而產生多邊形圖形。初期時因對流柱大量產生，擴散極度不穩定，使得圖上線條不斷移動，圖形變化極不規律；當擴散後期對流柱數量下降，雙擴散相對初期趨於穩定後，則可看見較緊密排列的多邊形圖形。

二、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形個數之影響。

在看圖形個數時，發現不同鹽水濃度之曲線差距並不大，但是個數接隨時間減少，故而改看趨勢線斜率，以此觀察不同鹽水濃度時，圖形個數對時間的變化趨勢。以下將趨勢線斜率取絕對值後再畫成散佈圖，觀察曲線變化。

(表九)

鹽水濃度	3%	4%	5%	6%	7%	8%
固定糖水濃度 4%	0.1887	0.1198	0.0785	0.2405		
固定糖水濃度 5%	0.3685	0.2512	0.2510	0.1910	0.1473	0.2033
固定糖水濃度 6%		0.1920	0.1605	0.2138	0.2347	0.2212



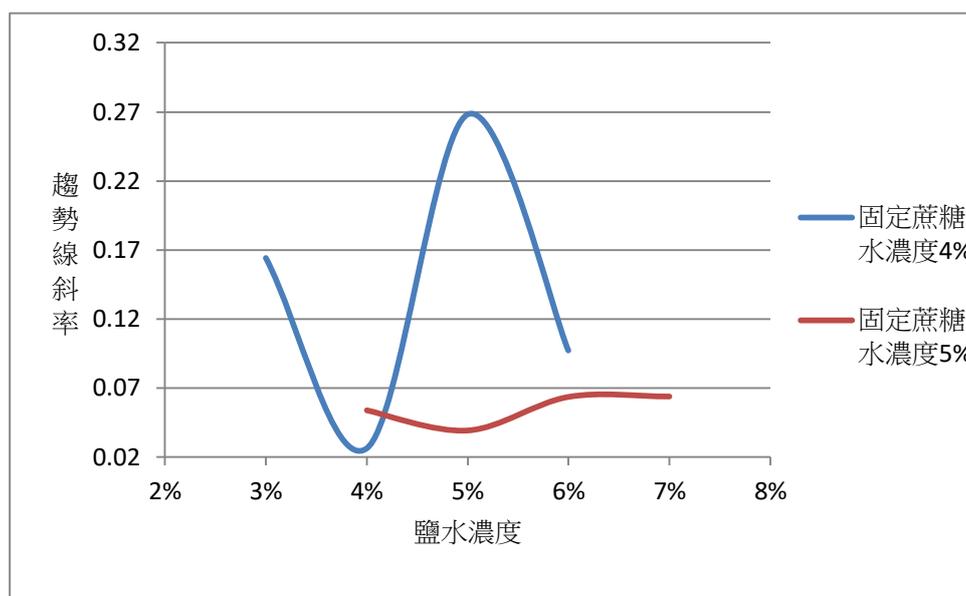
(圖二十八)

由(圖二十八)，可發現固定糖水濃度 4%時，斜率最低點出現在鹽水濃度 5%時，高於蔗糖水濃度 1%；固定糖水濃度 5%時，斜率最低點出現在鹽水濃度 7%時，高於蔗糖水濃度 2%；固定糖水濃度 6%時，斜率最低點出現在鹽水濃度 5%時，低於蔗糖水濃度 1%。三條曲線最低點皆出現在鹽水濃度接近糖水濃度時，但是鹽水濃度與糖水濃度的大小並沒有有一定。我們推測最低點的出現是有規律的，且我們發現分析實驗數據時，計算圖形個數或許不是那麼的準確，所以決定改為計算圖形平均面積而展開實驗三。

三、探討固定蔗糖水濃度時，鹽水濃度對多邊形平均面積之影響。

(表十)

鹽水濃度	3%	4%	5%	6%	7%
固定蔗糖水濃度 4%	0.164	0.026	0.268	0.097	
固定蔗糖水濃度 5%		0.0538	0.0391	0.0636	0.0639



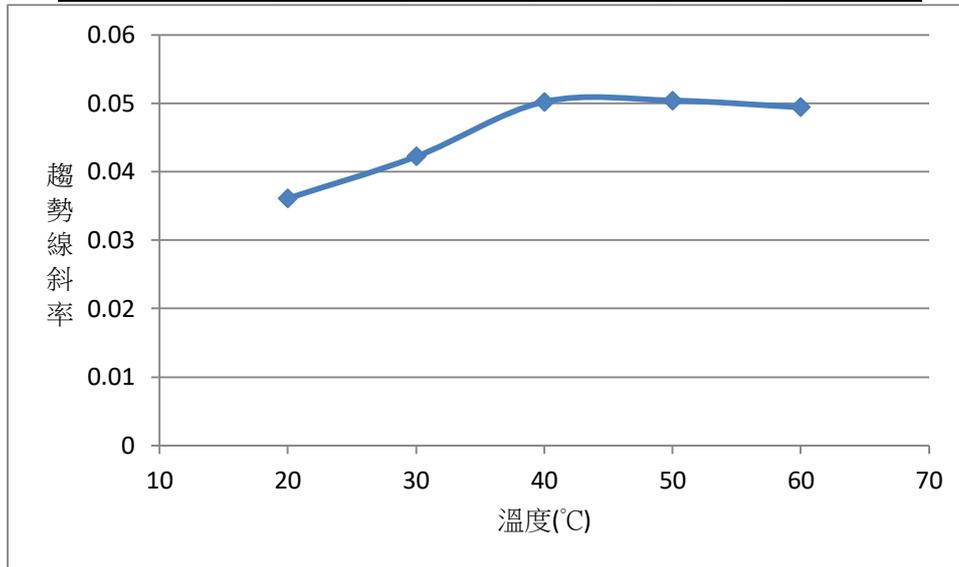
(圖二十九)

由(圖二十九)，可得知，固定蔗糖水濃度 4%、5%，斜率最小值分別出現在鹽水濃度為 4%、5%時，這符合我們實驗二最後的猜想。

四、探討固定蔗糖水及鹽水濃度時，溫度對圖形平均面積之影響。

(表十一)

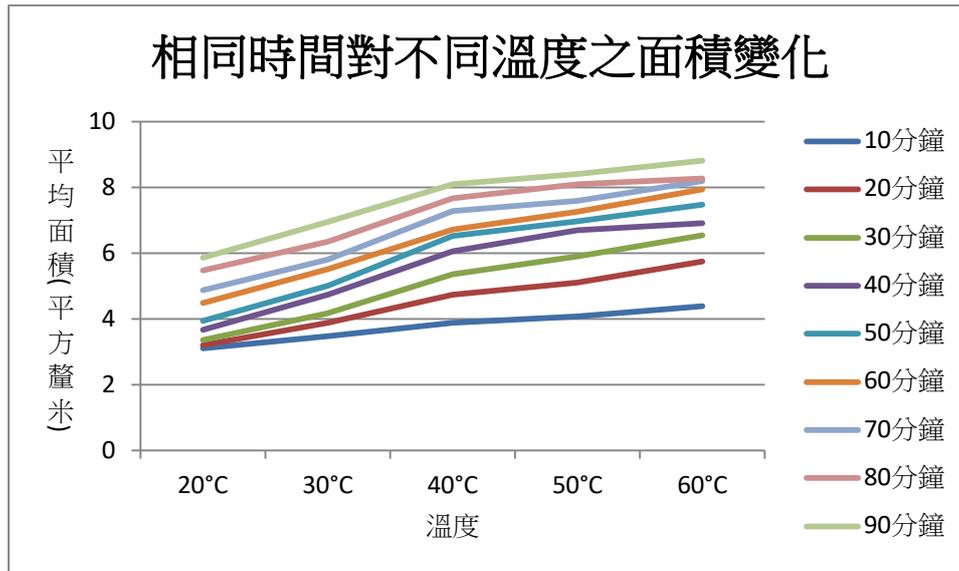
溫度	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
趨勢線斜率	0.0361	0.0422	0.0502	0.0504	0.0494



(圖三十)

由(圖三十)，可得知在 20°C 到 40°C 時，當溫度增加時，面積的變化會較快。我們推測這是因為溶液溫度上升時，擴散速率會較快，因此兩溶液交界面的的溶液濃度變化較為迅速，對流柱數量減少的速度也較快，所以當溫度越高，圖形面積的變化越快。但是在 40°C 到 60°C 時，溫度的變化對圖形平均面積的影響並不大，我們推測這是因為溫度在 40°C 以上時，擴散在 10 分鐘左右就趨於穩定，因此平均面積變化已趨緩，不同溫度之趨勢線斜率也就沒有明顯差異。

若用相同時間下不同溫度的平均面積畫出曲線，我們可以得到一張有趣的結果。



(圖三十一)

由(圖三十一)，我們可以清楚看到溫度以 40°C 為界，當溫度在 20°C 到 40°C 之間時，單位溫度的平均面積變化率，將大於溫度在 40°C 到 60°C 之間。我們推測這是因為當溫度在 40°C 到 60°C 之間時，溫度差異對於擴散速率沒有明顯影響，固斜率沒有明顯改變。

## 五、未來展望

首先，在溫度實驗中，我們發現再 40°C 前後出現明顯差異，設想若是往低溫繼續做下去，是否也會有分界點的出現呢？這是我們所好奇的，如果真的可以做出來，就代表能明顯影響雙擴散現象的溫度有一固定範圍。

其次，我們目前還無法解釋為什麼在兩溶液重量百分濃度相同時擴散速率會最慢，所以我們希望從實驗量的增加及實驗方法的改變去著手，比如說增加糖水濃度的範圍，以及將鹽水濃度的差值從 1% 改成 0.5%；還有就是改變濃度測量的方式，我們目前使用的是重量百分濃度，若是改成莫耳百分濃度，或是其他濃度測量方式，或許會有其他有趣的結果。

## 柒、 結論

一、觀察蔗糖水及鹽水在進行雙擴散時，其溶液交界面之截面圖像。

(一) 隨時間推進，多邊形個數漸減。

(二) 多邊形形狀多樣，其中以四邊形及五邊形為主，呈現不規則緊密排列。

二、探討蔗糖水及鹽水在不同的濃度，對多邊形個數之影響。

圖形個數對時間的變化，最平緩的曲線會在在鹽水濃度接近蔗糖水濃度時，我們推測斜率最低點的出現是有規律的。

三、探討蔗糖水及鹽水在不同的濃度，對圖形平均面積之影響。

(一) 圖形平均面積大小與擴散時間為正相關。

(二) 當蔗糖水與鹽水濃度相同時，面積變化最為平緩，擴散速率最慢。

四、探討蔗糖水及鹽水在不同的溫度，對圖形平均面積之影響。

(一) 因溫度增加有利於擴散速率增加，因此，在溫度範圍為  $20^{\circ}\text{C}$  至  $40^{\circ}\text{C}$  時可以看到，當溫度增加，圖形平均面積的變化會較快；但在  $40^{\circ}\text{C}$  至  $60^{\circ}\text{C}$  時，溫度對圖形平均面積的變化影響卻不大。推測可能 是因為觀測時間間隔過長，可縮小時間間隔後，再進一步研究。

(二) 糖水濃度 5%、鹽水濃度 5%情況下，以  $40^{\circ}\text{C}$  為界，當溫度在  $20^{\circ}\text{C}$  到  $40^{\circ}\text{C}$  之間的單位溫度面積變化率，將大於溫度在  $40^{\circ}\text{C}$  到  $60^{\circ}\text{C}$  之間。

## 捌、 參考資料及其他

1. 洪崇育、陳冠勳、蘇聖翔、孫上原(2007)。液體中的降雨現象。取自  
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2300>
2. 黃志輝(1994)。雙擴散系統之不穩定性分析。台北國立台灣大學機械工程研究所
3. Turner, J.S.,(1973).Buoyancy Effects in Fluids, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., from  
<http://www.phys.ocean.dal.ca/programs/doubdiff/demos/Saltfingers.html>
4. A.Sorkin, V. Sorkin, I. Leizerson,( 2001, April 6). Salt fingers in double-diffusive systems, from  
<http://phycomp.technion.ac.il/~phsorkin/science.pdf>
5. Yantao Yang<sup>1†</sup>, Erwin P. van der Poel<sup>1</sup>, Rodolfo Ostilla-Mónico<sup>1</sup>, Chao Sun<sup>1</sup>, Roberto Verzicco<sup>1,2</sup>, Siegfried Grossmann<sup>3</sup> and Detlef Lohse<sup>1</sup>,Salinity transfer in bounded double diffusive convection, from<http://arxiv.org/pdf/1510.01579.pdf>
6. Cristian. Mixing in the oceans. Some extraordinary phenomena. (2014, November 23) From  
<http://moocs.southampton.ac.uk/oceans/2014/11/23/mixing/>

## 【評語】 051803

作品探討鹽糖溶液間相互滲透的動態行為，能從溶液上方觀測相互滲透所引發的幾何譜圖的變化，及濃度對動態滲透的影響。作品或許可以再對鹽糖界面的滲透物理機制，再做多一層的探討。