

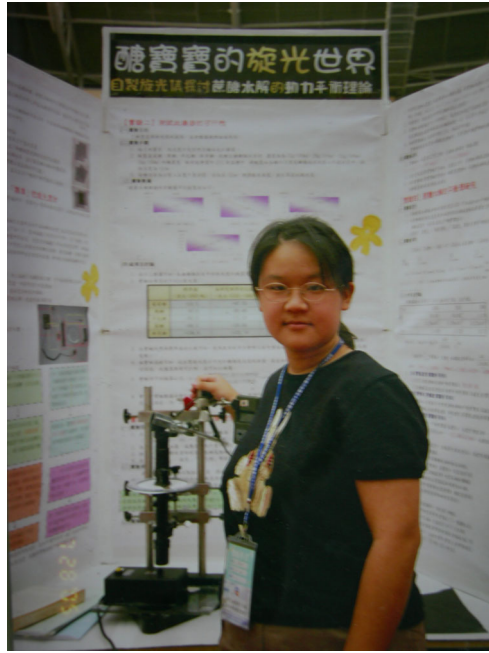
# 臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：化學科

作 品 名 稱：解開蔗糖水解的秘密

得 獎 獎 項：第一名  
紐西蘭正選代表:紐西蘭 2006 年科技展覽會

學 校 / 作 者：高雄市立高雄女子高級中學 張菁文  
                  高雄市立高雄女子高級中學 張明芳



My name is Chang Ching Wen, a senior high student in Kaohsiung Girl's High School. My favorite subjects are chemistry and physics, and they interest me a lot, especially physics. I have enjoyed learning about science since I was a child, so I enjoy reading Scientific American, Newton and learn something in those books. I even participate in Science Fair when I was in elementary school, in junior high and now.

Although the senior high schoolwork are so heavy, especially the third year, I have a dream which is participating in Taiwan International Science Fair for a long time, and I hope I can perform better than before. I think I can learn more in Taiwan International Science Fair.

我的名字是張菁文，就讀高雄女中。自幼喜愛自然科學，國小、國中亦參與科展研究。自識字以來，由小牛頓到牛頓、科學月刊及科學人，隨著年齡的增加而學習了不少。在高中中的學習，我即喜歡物理及化學，更喜歡作實驗來解決問題。參與國際科展是我從國小以來就有的夢，而從過程中學到了不少。希望能在這次的挑戰中有更好的表現。



I am Chang Ming Fang, a senior high student in Kaohsiung Girl's High School. Since I was a child, I have been very interested in science. Whenever I see natural phenomena, I try to find out the cause and effect behind them. My favorite subject is physics, and the second, chemistry. They are fascinating and mysterious to me.

As a high school student in Taiwan, I have to deal with heavy schoolwork. But still, I join the science research club in school and finally participate in scientific display competition. For me it is a meaningful and challengeable experience, which encourages me to learn more and to do better.

我的名字是張明芳，來自高雄女中。我對於自然科學有濃厚的興趣，也常常對自然界感到好奇。我最感興趣的科目是物理，其次是化學，縱使在思考過程中難免會遇到瓶頸，但是其中的奧秘仍使我感到著迷。

參加國際科展，對我而言是一項挑戰，從一開始的研究，到最後的發表成果，其實經過了一段滿長的過程，深覺受益良多，希望這次也能夠有好的表現。

# 目錄

英文摘要.....	P. 1
中文摘要.....	P. 2
壹、研究動機.....	P. 2
貳、研究目的.....	P. 2
參、研究設備及器材.....	P. 3
肆、研究過程及方法.....	P. 3
伍、研究結果.....	P. 29
陸、討論.....	P. 29
柒、結論.....	P. 30
捌、參考資料及其他.....	P. 30

## 壹、Summary:

In this research, in order to measure the optical rotation accurately without expensive equipments or complex process, we assembled a polarimeter by ourselves. With simple materials which can be found in ordinary senior high school laboratories, including a calibrated scale, a simple Luxmeter, a laser as the photo source, and other side devices. The Polarimeter ended up operating fluently and accurately. We put the laser under a tube, which has two pieces of polar screens on the top of it and on the bottom of it, and put a luxmeter just above the tube. When we slowly rotate the polar screen on the top, the figure shown on the luxmeter changes. By numerical analysis, we can get information about the hydrolysis of polarized substance.

Secondary, we measured the optical rotation of glucose, fructose, malt sugar, galactose, and sucrose to get their specific rotation. Then we measured the optical rotation of sucrose every five minutes. By doing this, we could keep track of the hydrolysis rate of sucrose, figure out the order of reaction, and the rate constant ( $k$ ) and the equilibrium constant ( $K$ ).

Thirdly, we used different kinds of acids into sucrose solution as the catalyst, and observed the effect. The result showed that hydrochloric acid is a better catalyst to this reaction than sulfuric acid and nitric acid.

The polarimeter of this research can be used in science education of junior and senior high school. By teaching students to assemble and operate the self-made polarimeter, students can know better about optical rotation and polarized substance. Also, the interest in this experiment will add to students' motivation to do science research.

## 中文摘要：

本研究利用偏振片、量角器為刻度盤、雷射光為光源，及照度計為偵測器，組裝一個簡易且可靠的旋光度計。

我們利用單位時間旋光度的變化量當作反應速率，來測量蔗糖的水解速率，同時求出蔗糖水解反應的反應級數、速率常數(k)。

利用糖類的旋光度具有加成性之特性，找出不同混合比例時的旋光度，追蹤實際蔗糖水解的每個狀態，找出最後平衡狀態，同時將蔗糖水解平衡結果顯示，旋光度與濃度有線性關係，而蔗糖水解反應對蔗糖而言為一級反應。

接著，我們在蔗糖水溶液中加入不同種類的酸，探討催化劑的種類與蔗糖水解反應速率的關係。

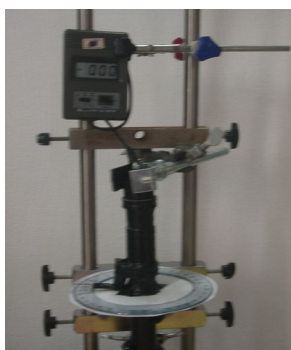
## 貳、研究動機：

化學動力學是探討反應速率與反應物濃度之關係，以及可以利用來說明化學反應進行途徑必要的數據；而平衡學是探討化學反應達平衡時，反應物與生成物之平衡濃度之關係。高中化學將這兩段列為必須學習的基礎化學知識。如果我們能取材自日常用品中所進行之化學反應，經實驗也可以得到化學動力學及平衡學的數據，將有助於提高學習的興趣及對化學動力學及平衡學之瞭解。

高二的物質科學化學篇反應速率這章，出現用  $\frac{\Delta(\text{旋光度})}{\Delta(\text{時間})}$  來表示反應的速率。但是課本上並沒有詳細介紹如何測量，詢問老師後發現，其實，高中化學只有在醣類這一段有稍微的提到大部分的醣類都有旋光性，但並沒有詳細地解釋何謂旋光性？而且，該如何來測旋光度？各種的醣類旋光度都一樣嗎？旋光度會隨著醣類的濃度不同而變嗎？還可以利用旋光度來探討什麼嗎？我們有一堆的疑問，於是我們展開了下列一連串的研究。

## 參、研究目的：

1. 認識並了解何謂旋光性及旋光性物質的理論。
2. 自行組裝一可量測旋光性物質旋光度的簡易且可靠的裝置。
3. 探討高中教材所介紹的醣類之旋光度，並了解醣類濃度與旋光度間的關係。
4. 利用旋光度隨時間的變化來代表蔗糖的水解速率，並討論蔗糖水解的影響因素。
5. 求出蔗糖水解反應中的反應級數、速率常數以及反應的活化能。
6. 了解蔗糖水解反應達平衡時的平衡狀態，並求出該平衡的平衡常數及反應熱。
7. 了解加入不同的酸對蔗糖水解反應造成的影響。



## 肆、研究設備及器材

### (一)實驗所需之藥品與設備

一、器材				
量筒	試管	錐形瓶	燒杯	滴管
藥品匙	溫度計	秤量紙	攪拌器	旋光管(20cm)
100ml 的燒杯	移液管	碼錶	磁攪拌子	安全吸球
二、設備				
加熱板	照度計	恆溫槽		
三、藥品				
葡萄糖	果糖	半乳糖	麥芽糖	蔗糖
四、材料				
偏光片	紙筒	底片盒	盒蓋	量角器
三角板	簡易雷射光源	黑色膠布	支架	平底試管
目鏡	保麗龍	車針		

### (二)醣類水溶液的配製：

葡萄糖溶液	15	20	25	30	濃度單位 (g/100ml)
果糖溶液	15	20	25	30	
半乳糖溶液	15	20	25	30	
麥芽糖溶液	15	20	25	30	
蔗糖溶液	15	20	25	30	

表 1-1

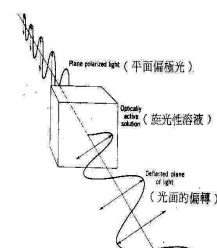
溶液配製的簡易方法如下：

先稱取分別 15 克、20 克、25 克、30 克的葡萄糖置入容量瓶中，加入少許的水使其完全溶解，再加水至 100 毫升。其餘醣類的配製方法同理。(所用醣均為一級試藥)

## 伍、研究過程及方法

### (一)、文獻探討

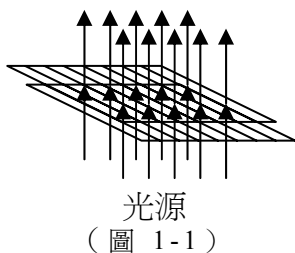
1. 甚麼是旋光性 (Optic rotation)？旋光性物質？何謂『左旋』、『右旋』<sup>文獻一</sup>？  
如果一種水溶液可以把一束偏極化光束所存在的平面扭轉某個角度，此水溶液的溶質就具有旋光性。單醣的水溶液可以把一束偏極化光束所存在的



偏極光透過旋光性溶液時，其偏極光面所生的偏轉情形。

平面扭轉某一個角度，所以單醣具有旋光性。分子的結構不同，扭轉極性化光束的角度也不相同，所以不同的單醣的旋光度不同。

量度溶液把偏極化光束扭轉角度的儀器稱為偏光儀。如果溶液把偏極化光束的平面往順時鐘方向旋轉，這溶質就稱為『右旋的』(dextrorotatory)化合物，在化合物前面以一個"d"字表示，或以正號代表。反之，就稱為『左旋的』(levorotatory)化合物，在化合物前面以一個"l"字表示，或以負號代表<sup>文獻二</sup>。以下為各種醣類的比旋光度標準值：



醣類	比旋光度
葡萄糖 D-glucose	+52.5
果糖 D-fructose	-92.0
半乳糖	+83.3
麥芽糖	+136.0
蔗糖 D-sucrose	+66.5

表 1-2

## 2. 比旋光度 (Ratio polarimetry) 的計算<sup>文獻三</sup>：

$$[\alpha]_t^D = (\alpha_t^D / C \times L) \times 100$$

L—光程 (旋光管的長度，公分)

C—濃度 (每 100mL 溶液中所含溶質的克數)

$\alpha_t^D$ —在以鈉光燈 (稱為 D 線，波長 589.6nm) 為光源，溫度 t 下實測的旋轉角度。用 d 或 (+)、l 或 (-) 分別表示右旋、左旋。比旋光度的單位為  $\text{deg} \times \text{cm}^3 \times \text{g}^{-1} \times \text{dm}^{-1}$



## 3. 動力學與平衡學<sup>文獻四</sup>

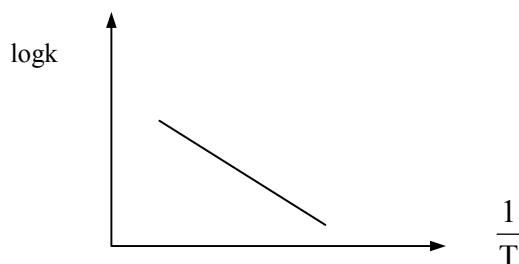
### 動力學：

(1)阿瑞尼斯方程式：

$$k = A e^{-E_a / RT}$$

或

$$\log k = \log A - \frac{E_a}{2.303R} \cdot \frac{1}{T}$$





(2)以  $\log k$  對  $\frac{1}{T}$  作圖成一直線，

$$\text{此線之斜率爲 } \frac{-E_a}{2.303R}$$

(3)求活化能  $E_a$ ：

$$E_a = -\text{斜率} \times 2.303R$$

(其中  $R = 8.29 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ )

平衡學：

$$(1) K = B e^{-\Delta H / RT}$$

或

$$\log K = \log B - \frac{\Delta H}{2.303R} \cdot \frac{1}{T}$$

(2)以  $\log K$  對  $\frac{1}{T}$  作圖成一直線，此線之斜率爲  $\frac{-\Delta H}{2.303R}$

(3)求活化能  $\Delta H$ ：

$$\Delta H = -\text{斜率} \times 2.303R$$

(其中  $R = 8.29 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ )



## (二)、研究思考流程

課本上有出現旋光性，何謂旋光性？  
何謂左旋？右旋？於是引起我們深入地研究。

老師上課說過醣類幾乎都有旋光性，於是我們將無危險性且課本上出現過的各種醣類當作研究的題材。

實驗一：利用簡易偏振片，底片盒、車針、量角器、簡易雷射光源來組裝一「簡易」、「精準」的旋光針

實驗二：配製不同「濃度」的葡萄糖、果糖、半乳糖、麥芽糖、蔗糖，來量測其旋光角度，並算出比旋光度，同時與理論值作比較來驗證此儀器可行。並找出旋光度與濃度的線性關係。

實驗三：利用旋光角度隨時間變化的關係來表達出蔗糖水解的反應速率，並探討「濃度」、「催化劑」、「溫度」等影響速率的因素（追蹤不同濃度，催化劑，溫度時的旋光度隨反應時間的變化）。

試圖求出蔗糖水解反應的反應級數，速率常數 ( $k$ )、反應的活化能 ( $E_a$ ) 及半衰期 ( $t_{1/2}$ )。

實驗四：利用醣類的旋光度具有加成性之特性，推算出不同濃度醣類混合時所呈現的旋光角度，以進一步來追蹤實際蔗糖水解的每個狀態，並找出最後的平衡狀態。

試圖求出蔗糖水解的平衡常數 ( $K$ )，並比較不同「濃度」、「催化劑」、「溫度」對  $K$  值的影響，並求出反應熱 ( $\Delta H$ )。

綜合以上結果來進行討論，並歸納出結論，並探討不同種類的酸對蔗糖水解的催化效果

### (三)、研究過程

#### 【實驗一】組裝一「簡易」、「精準」的旋光度計 (Polarimeter)

(一)實驗設計：利用簡單的零件及實驗室中可取得的元件組裝一可測旋光度計的裝置。

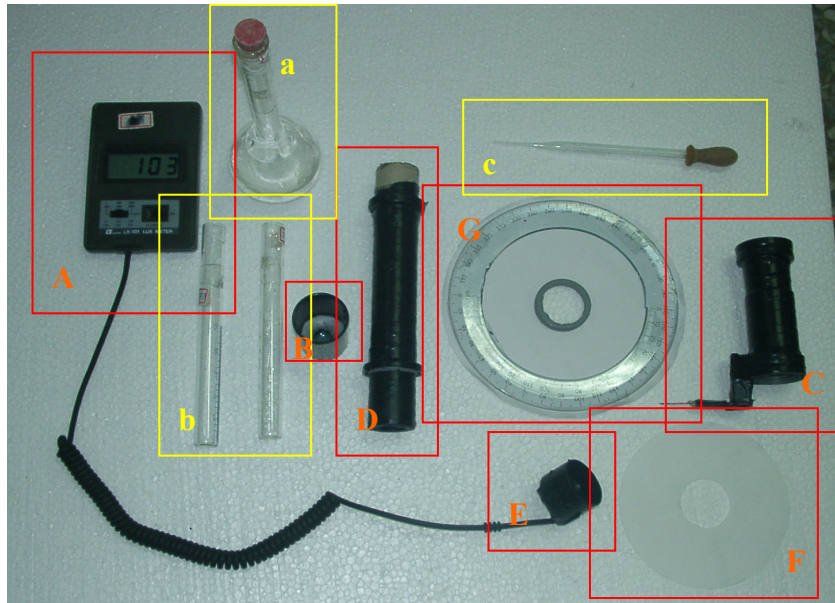
(二)實驗內容：

1. 目的：

自製簡易的偏光儀來檢測醣類濃度、比較醣類濃度與其偏轉角度的關係。

2. 器材：

偏振片、紙筒、底片盒、照度計、量角器、三角板、雷射光源、支架、黑色膠布、平底試管



2. 儀器各部份裝置介紹：

A：照度計：替代人眼，以量化的方式來準確得知光線強弱的變化。

B：底片空盒，下方挖洞並安裝下偏振片，接於紙筒下方，內有保麗龍圈墊，避免放置平底試管時因撞擊或摩擦而損壞下偏振片。

C：含上偏振片及顯微鏡目鏡，以底片空盒固定目鏡及上偏振片。另外接車針做為指針，以指讀刻度板刻度，分解圖如下：



圖 1-2

圖 1-3

D：紙筒：主體，放置平底試管，內部塗黑以減少光線影響實驗結果。

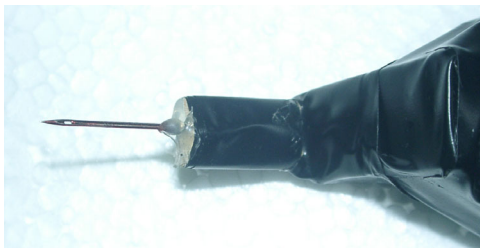
E：經過裁切的底片空盒，內有照度計的感應板，進行測量時，雷射光通過下偏振片、水溶液、上偏振片，經目鏡聚焦後投射至感應板上，以測量光線強弱。

F：圓形紙片，放置於刻度盤下方，使刻度清晰易於讀取。

雷射光源：替代鈉燈，較便宜且穩定性足夠，光波長為 6800 埃。

### 3. 儀器支架：

- (1)物理科實驗用的水波槽支架。
- (2)厚壓克力板，放置雷射光源。
- (3)鐵夾數支，分別固定照度計及儀器主體。



指針部分放大

圖 1-4



操作實況

圖 1-5

### 4. 其他器材介紹：

- a：配置糖溶液用的 500ml 容量瓶。
- b：平底試管。
- c：實驗時所用的滴管。

### 5. 裝置全圖：

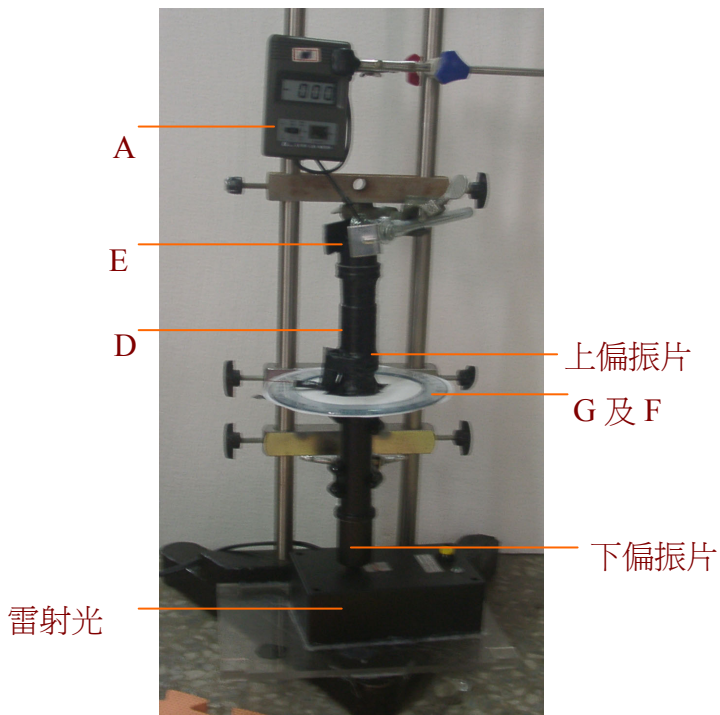


圖 1-6

操作實況



最初的指針設計（後改為紅色指針）

### (三) 自製旋光度計改良過程討論

1. 以肉眼觀察光線強弱變化，找出光線最弱的點，此時的偏折角度即為光線偏折的角度。  
改良：使用光敏電阻來測知光度大小，將所得的結果予以數據化。
2. 下偏振片在實驗過程中不停受試管底部撞擊，容易刮傷或掉落。  
改良：在底片盒底部挖洞並裝上偏振片，於盒內至一保麗龍圈墊，使管底部不會直接撞擊到偏振片上，減少儀器損傷的機會。
3. 將改良過後的旋光度計以雷射光光源測試，發現光點周圍出現不均勻亮點，我們推測是因為偏振片多次重疊，導致介面之間產生不規則的光線繞射所致。  
改良：購買品質較佳的偏振片重新安裝，光點始得消除。
4. 在儀器測試的過程中發現光線經過管中溶液後，由於水面不平的緣故，在光敏電阻四周產生不規則的晃動亮點，影響測量結果。  
改良：經測試後，選擇複式顯微鏡的 10X 目鏡將光線聚焦，使光線能準確的投射於光敏電阻上。
5. 光敏電阻的形狀問題：光敏電阻的受光面太小且形狀不利固定。  
改良：利用生物科實驗用光度計，改裝後裝於底片盒底部，可直接由數據得知光強度，再對照刻度板刻度可知光線偏折的角度。
6. 三角尺底部與刻度板的接觸寬度過寬，以致偏轉角度小時，判讀不易，會遮住部分刻度。  
改良：將三角板改為紅色指針，使其針尖能準確位於刻度上方，使判讀較精確容易。
7. 週邊裝置的改良過程

#### (1) 溶液容器的改良：

原先使用一般的試管來測試，但是考慮到試管的底部為圓弧形，可能影響光的行進方向，進而影響實驗結果。

改良：改用底部平坦的比色管。

#### (2) 固定儀器之支架的改良：

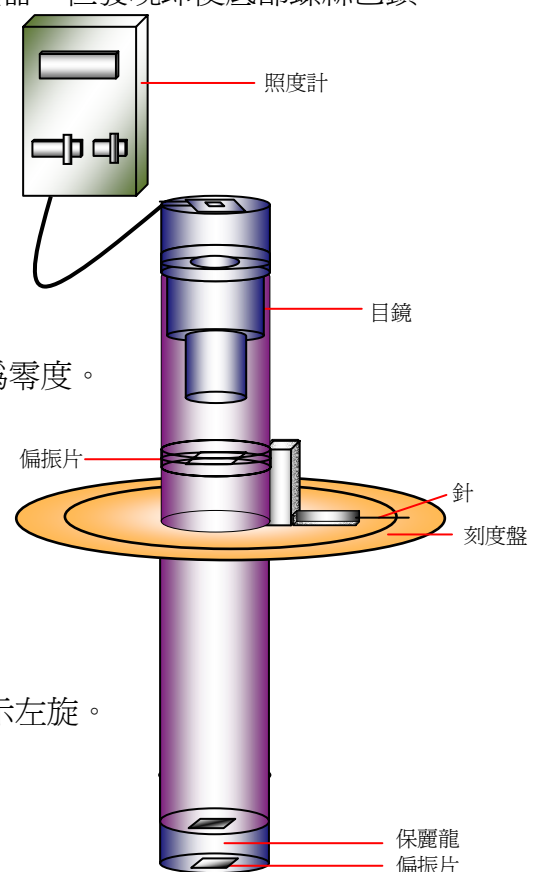
原先使用一般實驗室用的鐵架及試管固定夾，來固定儀器，但發現即使底部螺絲已鎖緊，在實驗的過程中仍會不停搖晃，導致儀表上的數據不停跳動，影響實驗結果。

改良一：將整個儀器裝置與實驗室小木椅以繩索固定，增加穩定性。

改良二：以物理科水波槽之支架代替。

### (四) 自製旋光度計操作方法(過程)

1. 用平底試管裝蒸餾水，水高 12cm，放入自製偏光儀中，旋轉指針盤，直到照度計讀數最小的位置，將該刻度訂為零度。
2. 將待測之溶液裝入平底試管中，溶液高 12cm。
3. 將裝好各濃度的醣類水溶液的平底試管，放入自製偏光儀中，旋轉指針盤，直到照度計讀數最小的位置，記錄其旋光角度。(實驗時儀器裝置必須避免動到，否則會干擾實驗結果)
4. 用測得之旋光角度計算出比旋光度。
5. 在比旋光度數值前面加“+”號表示右旋，加“-”表示左旋。



## 【實驗二】測試此儀器的可行性

### (一)實驗設計：

1. 配製不同濃度的葡萄糖、果糖、半乳糖、麥芽糖、蔗糖五種醣類水溶液。
2. 了解濃度與旋光度 (Polarimetry) 的關係，並將數據與理論值對照。

### (二)實驗步驟：

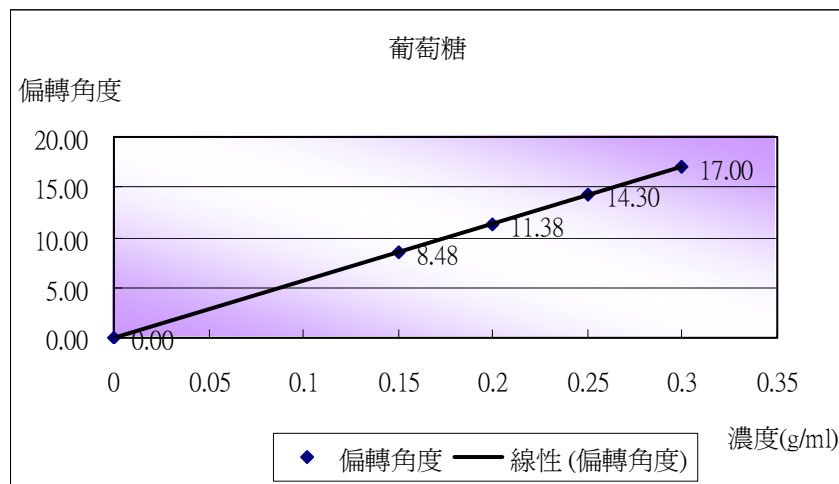
1. 測量前，旋光度計 (Polarimeter) 都利用蒸餾水校正歸零。
2. 配製葡萄糖、果糖、半乳糖、麥芽糖、蔗糖五種醣類水溶液，濃度各為 15g/100ml、20g/100ml、25g/100ml、30g/100ml 四種濃度，配好後靜置於 25°C 恆溫槽中。將配製的各種不同濃度醣類水溶液裝入平底試管中，溶液高度為 12cm。
3. 每種溶液各分裝入五隻平底試管，溶液高 12cm，測其旋光角度，並計算出比旋光度。  
(將五次的旋光角度算出平均值後製表。)

### (三)數據及分析：

葡萄糖 (表 2-1)

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	8.48	0.20average	11.38
0.25average	14.30	0.30average	17.00

比旋光度 average : + 47.35

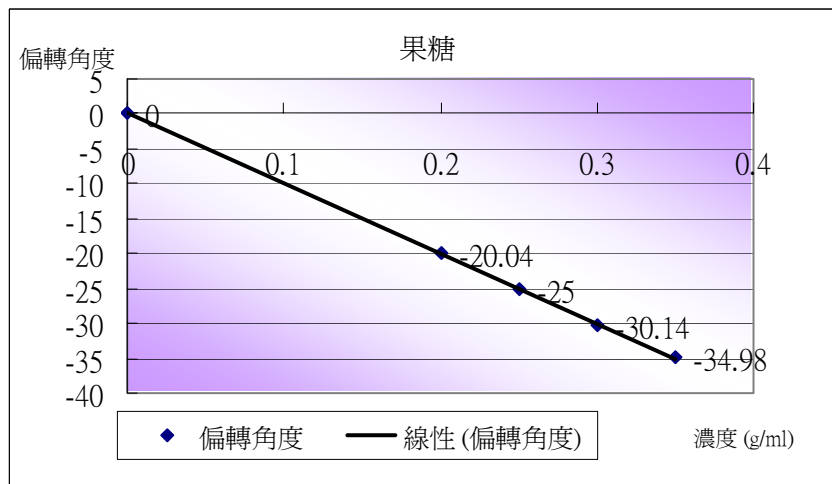


(圖 2-1)

果糖 (表 2-2)

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.20average	-20.04	0.25average	-25.00
0.30average	-30.14	0.35average	-34.98

比旋光度 average : - 83.46

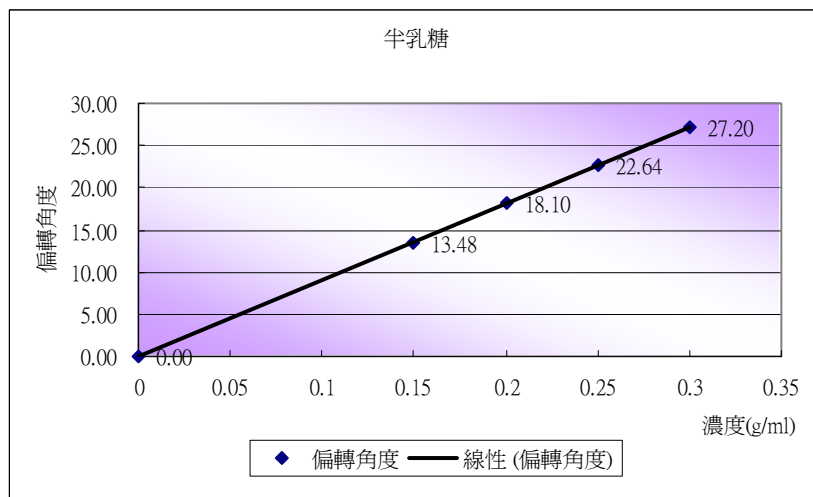


(圖 2-2)

半乳糖 (表 2-3)

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	13.48	0.20average	18.10
0.25average	22.64	0.30average	27.20

比旋光度 average : + 75.33

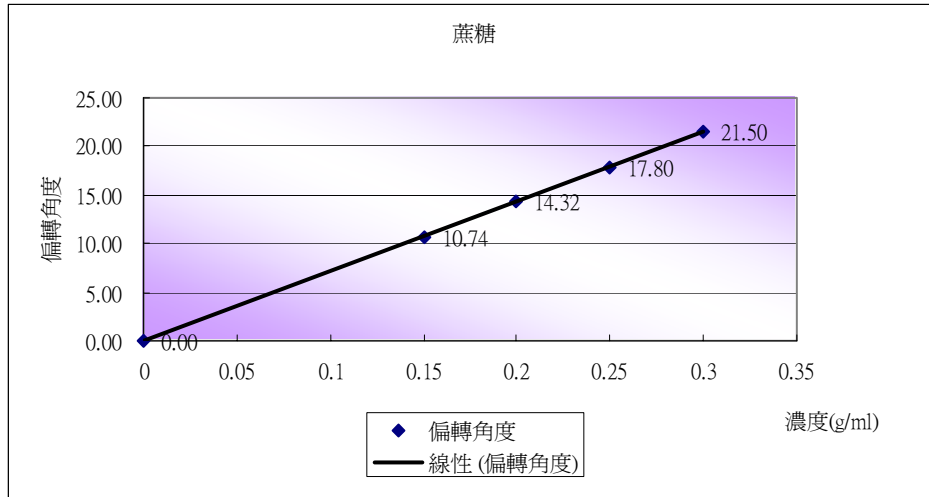


(圖 2-3)

蔗糖 (表 2-4)

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	10.74	0.20average	14.32
0.25average	17.80	0.30average	21.50

比旋光度 average : + 59.60

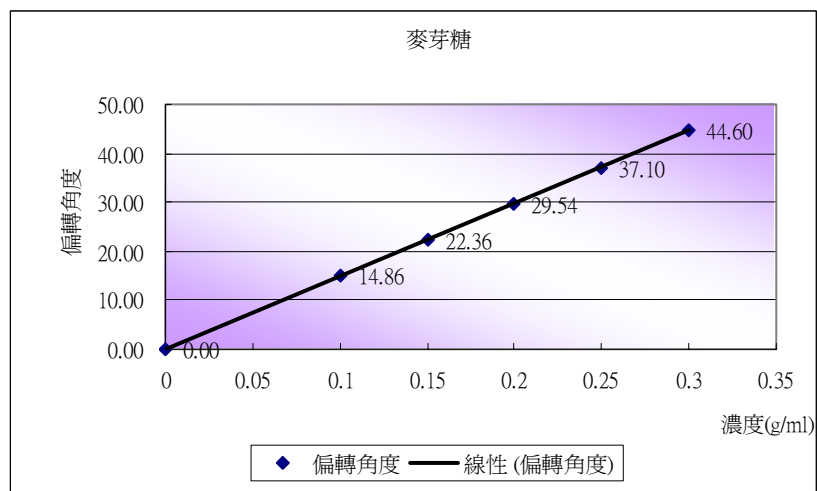


(圖 2-4)

麥芽糖 (表 2-5)

濃度	旋光度	濃度	旋光度
0.15average	22.36	0.20average	29.54
0.25average	37.10	0.30average	44.60

比旋光度 average : +123.74



(圖 2-5)



(四)結果及討論：

1. 由以上數據可知，各種醣類在水中的旋光度均與濃度呈線性關係，水溶液的濃度越小，則測得的旋光度越小。
2. 實驗結果得到平均比旋光度：(表 2-6)

	標準值(波長=5893 埃)	本組測得的比旋光度(波長=6300~6800 埃)
葡萄糖	+52.5	+47.35
果糖	-92.0	-83.46
半乳糖	+83.3	+75.33
蔗糖	+66.5	+59.60
麥芽糖	+136.9	+123.74

(+：左旋 -：右旋)

3. 由實驗結果與標準值的比較可知，光源波長的不同會對比旋光量值產生影響，波長較長的光，造成的旋光角度較小。
4. 由實驗結果可得知此自製旋光度計可用於醣類旋光度的測量，甚至任何具有旋光性物質之旋光度的測量。
5. 在測量未知溶液的旋光度時，將測量所得的旋光度數據，對照上面的表格進行換算，即可以得到此溶液在標準旋光度測量下的旋光度及比旋光度值：

$$\alpha = \alpha' \times \frac{\text{此醣類的比旋光度標準值}}{\text{表中所得的比旋光度數值}}$$

( $\alpha$ ：旋轉角度標準值  $\alpha'$ ：測量所得旋光角度)

6. 實驗中實驗數據的變化穩定，以葡萄糖實驗為例，所測得的角度與平均值最大相差不超過3%，算得比旋光度結果誤差 $<3\%$ ，這樣的準確度已令人相當滿意。且在其它醣類的實驗中，亦結果誤差 $<3\%$ 。

## 【實驗三】蔗糖水解的動力學(Kinetics)研究

### (一)實驗設計：

1. 蔗糖在水中水解成葡萄糖和果糖的反應為：



2. 為使水解反應加速，反應在酸性介質中進行，以  $H^+$  作催化劑。

3. 根據物質的光學性質研究蔗糖水解反應的反應級數，並測定其反應速率常數。

4. 並探討「濃度」、「溫度」、「催化劑」等影響速率的因素。

### (二)實驗原理：

為了讓水解反應加速，反應在酸中進行，以  $H^+$  作為催化劑。反應中水是大量的，與蔗糖濃度相比，可以認為水的濃度沒變。

一、若假設蔗糖水解反應為零級的反應，則其動力學方程式經推導為：

$$\frac{-dC}{dt} = k \Rightarrow -dC = kdt \Rightarrow -\int_{C_0}^{C_t} dC = k \int_{t_0}^t dt \quad \text{積分得} \quad C_t = C_0 - kt$$

蔗糖及其水解產物均為旋光物質，因此，可以利用物系在反應過程中旋光度的改變來量度反應的過程，又旋光度與濃度成正比，且溶液的旋光度具有加成性。若將反應時間為 0, t,  $\infty$  時溶液的旋光度各表示為  $\alpha_0, \alpha_t, \alpha_\infty$ ，則溶液濃度與旋光度的關係為：

$$C_0 = \omega(\alpha_0 - \alpha_\infty) \quad C_t = \omega(\alpha_t - \alpha_\infty)$$

代入上式，可得： $\alpha_0 - \alpha_t = k' t$

當  $C_t = \frac{1}{2} C_0$  時，反應的半衰期為

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{C_0}{2k}$$

顯然，以  $\alpha_0 - \alpha_t$  對 t 作圖可得一條直線，由直線的斜率即可求得反應速率常數 k。

二、若假設蔗糖水解反應為一級的反應，則其動力學方程式經推導為：

$$\frac{-dC}{dt} = kC \Rightarrow \frac{-dC}{C} = kdt \Rightarrow -\int_{C_0}^{C_t} \frac{dC}{C} = k \int_{t_0}^t dt \quad \text{積分得} \quad \log \frac{C_0}{C_t} = \frac{kt}{2.303}$$

溶液濃度與旋光度的關係為：

$$C_0 = \omega(\alpha_0 - \alpha_\infty) \quad C_t = \omega(\alpha_t - \alpha_\infty)$$

代入上式，可得： $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty}$

將上式改寫成： $\log(\alpha_t - \alpha_\infty) = -\frac{k}{2.303} \cdot t + \log(\alpha_0 - \alpha_\infty)$

當  $C_t = \frac{1}{2} C_0$  時，反應的半衰期為  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$

顯然，以  $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$  對 t 作圖可得一條直線，由直線的斜率可求得反應速率常數 k。

三、若假設蔗糖水解反應為二級的反應，則其動力學方程式經推導為：

$$\frac{-dC}{dt} = kC^2 \Rightarrow \frac{-dC}{C^2} = kdt \Rightarrow \int_{C_0}^{C_t} -\frac{dC}{C^2} = k \int_{t_0}^t dt \quad \text{積分得} \frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_0} = kt。$$

溶液濃度與旋光度的關係為：

$$C_0 = \omega(\alpha_0 - \alpha_\infty) \quad C_t = \omega(\alpha_t - \alpha_\infty)$$

代入上式，可得： $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t) = kt$

$$\text{當 } C_t = \frac{1}{2} C_0 \text{ 時，反應的半衰期為 } t_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{kC_0}$$

顯然，以 $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t)$ 對 $t$ 作圖可得一條直線，由直線的斜率即可求得反應速率常數 $k$ 。

(三)實驗步驟：

- 1.測量前，旋光度計都利用蒸餾水校正歸零。
- 2.蔗糖水解過程中 $\alpha_t$ 的測定，反應開始後可在測定第一個旋光度數值之後的5分、10分、15分、20分、25分、30分、35分、40分、45分、50分各測一次。
- 3.每個實驗按上述操作測3次，取其平均值。(實驗時儀器裝置必須避免動到，否則會干擾實驗結果)。

(四)數據及分析：

變因一： 改變蔗糖的濃度

1.  $C_0 = 20\text{g}/100\text{ml}$  (溫度 =  $25^\circ\text{C}$ ，3M HCl = 5 滴)

$\alpha_0 = +14.30$        $\alpha_\infty = -4.28$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.30	13.10	12.10	11.20	10.50	9.80	9.20	8.40	7.70	7.40	7.10
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.58	17.38	16.38	15.48	14.78	14.08	13.48	12.68	11.98	11.68	11.38
$\alpha_0 - \alpha_t$	0.00	1.20	2.20	3.10	3.80	4.50	5.10	5.90	6.60	6.90	7.20
$\text{Log}(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.27	1.24	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13	1.10	1.08	1.07	1.06
$(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_t - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_\infty)$	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03

表 3-1

$\alpha_0$ ：第 0 分時的旋光度

$\alpha_t$ ：第  $t$  分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度。

**【作圖】**

若假設蔗糖水解反應為零級的反應：以  $\alpha_0 - \alpha_t$  對  $t$  作圖可得一條直線

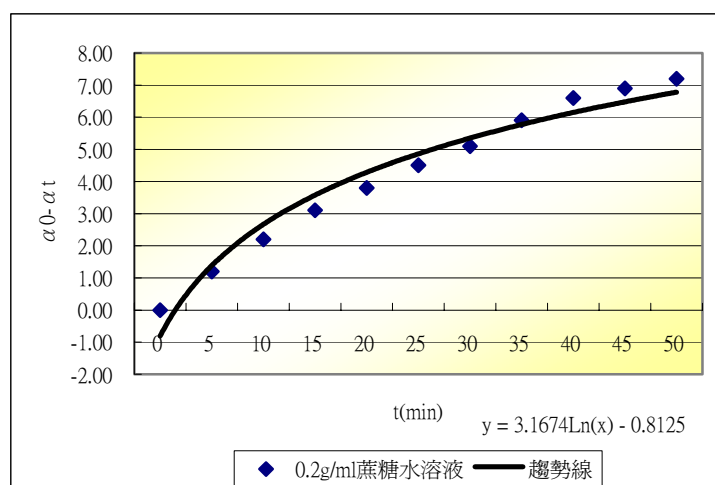


圖 3-1-1

若假設蔗糖水解反應為一級的反應：以  $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$  對  $t$  作圖可得一條直線

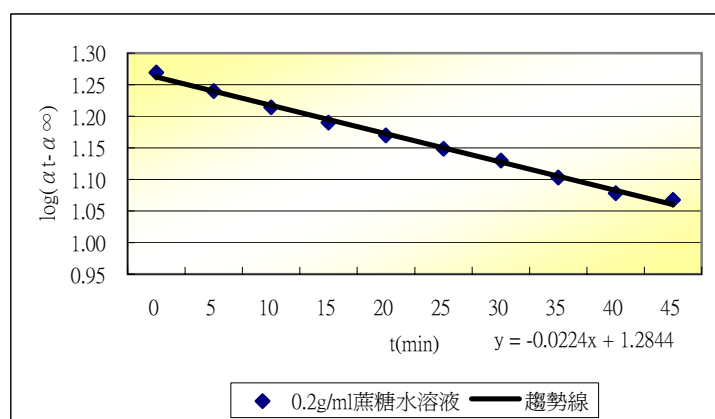


圖 3-1-2

若假設蔗糖水解反應為二級的反應：以  $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t)$  對  $t$  作圖可得一條直線

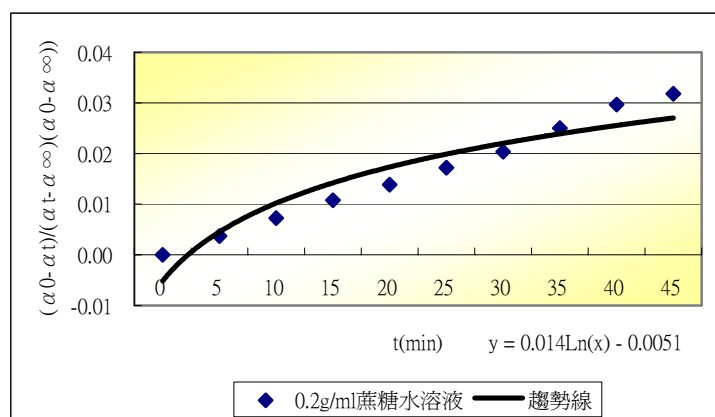


圖 3-1-3

求  $k$ 、半衰期( $t_{1/2}$ )

比較上面的三張圖得知，本反應是一級的反應

經代入公式計算得到：1.  $k = -\text{斜率} \times 2.303 = 0.051578 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

2.  $t_{1/2} = \ln 2 / k = 13.43884 \text{ (min)}$

2.  $C_0 = 30\text{g}/100\text{ml}$

$\alpha_0 = +21.50$        $\alpha_\infty = -6.18$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	21.50	18.70	16.30	14.90	13.90	13.40	13.10	12.60	11.50	9.70	8.30
$\alpha_t - \alpha_\infty$	27.68	24.88	22.48	21.08	20.08	19.58	19.28	18.78	17.68	15.88	14.48
$\alpha_0 - \alpha_t$	0.00	2.80	5.20	6.60	7.60	8.10	8.40	8.90	10.00	11.80	13.20
$\text{Log}(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.44	1.40	1.35	1.32	1.30	1.29	1.29	1.27	1.25	1.20	1.16
$(\alpha_0 - \alpha_t)/(\alpha_t - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_\infty)$	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03

表 3-2

$\alpha_0$  : 第 0 分時的旋光度

$\alpha_t$  : 第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$  : 平衡後的旋光度。

**【作圖】**

若假設蔗糖水解反應為零級的反應：以  $\alpha_0 - \alpha_t$  對 t 作圖可得一條直線

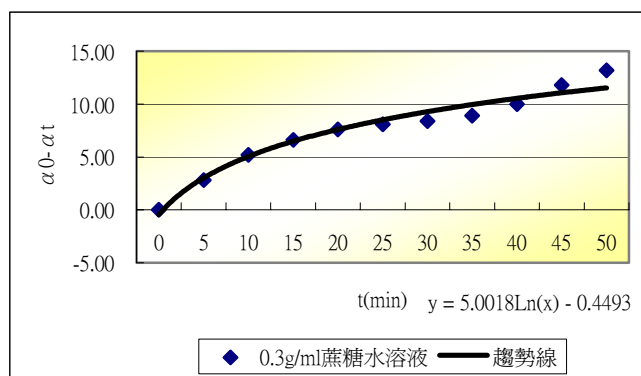


圖 3-2-1

若假設蔗糖水解反應為一級的反應：以  $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$  對 t 作圖可得一條直線

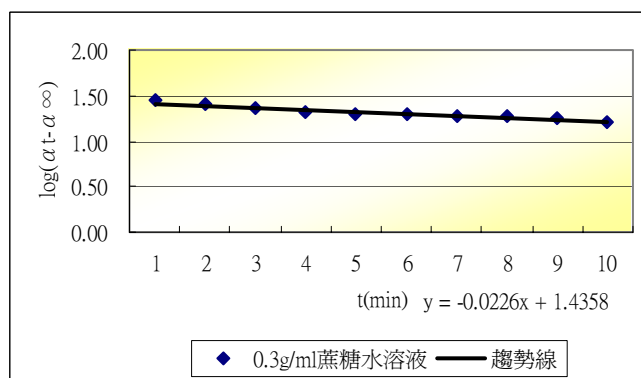


圖 3-2-2

若假設蔗糖水解反應為二級的反應：以 $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t)$ 對t作圖可得一條直線

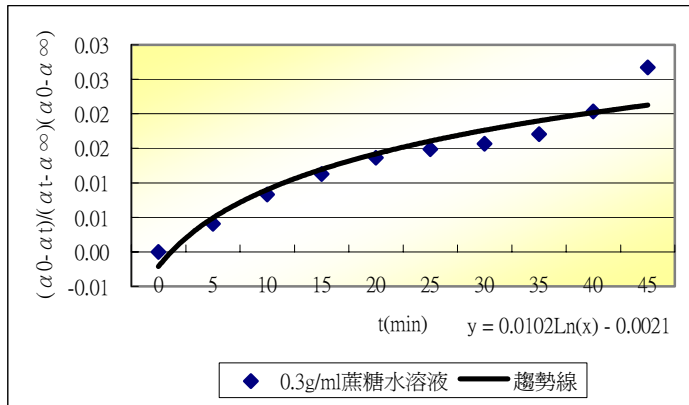


圖 3-2-3

求 k、半衰期( $t_{1/2}$ )

比較上面的三張圖得知，本反應是一級的反應

經代入公式計算得到：1.  $k = 0.052048 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

2.  $t_{1/2} = 13.31751 \text{ (min)}$

3.  $C_0 = 35\text{g}/100\text{ml}$

$\alpha_0 = +28.60$        $\alpha_\infty = -7.17$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	28.60	26.20	24.10	22.70	20.80	19.70	18.10	16.50	15.90	15.80	15.60
$\alpha_t - \alpha_\infty$	35.77	33.37	31.27	29.87	27.97	26.87	25.27	23.67	23.07	22.97	22.77
$\alpha_0 - \alpha_t$	0.00	2.40	4.50	5.90	7.80	8.90	10.50	12.10	12.70	12.80	13.00
$\text{Log}(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.55	1.52	1.50	1.48	1.45	1.43	1.40	1.37	1.36	1.36	1.36
$(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_t - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_\infty)$	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

表 3-3

$\alpha_0$ ：第 0 分時的旋光度

$\alpha_t$ ：第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度。

**【作圖】**

若假設蔗糖水解反應為零級的反應：以  $\alpha_0 - \alpha_t$  對 t 作圖可得一條直線

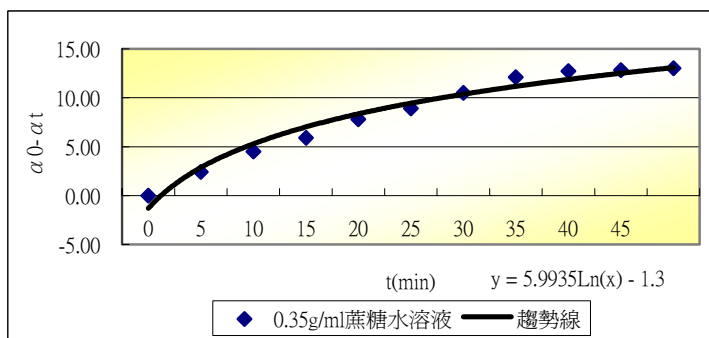


圖 3-3-1

若假設蔗糖水解反應為一級的反應：以  $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$  對  $t$  作圖可得一條直線

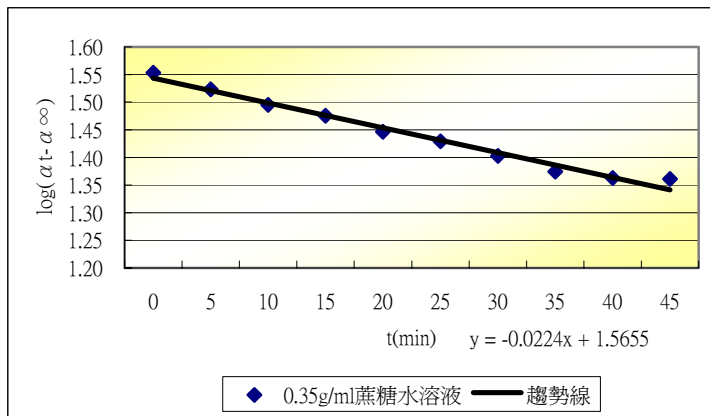


圖 3-3-2

若假設蔗糖水解反應為二級的反應：以  $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t)$  對  $t$  作圖可得一條直線

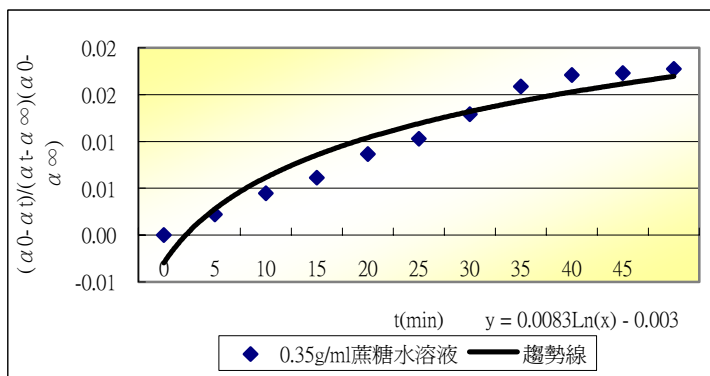


圖 3-3-3

求  $k$ 、半衰期( $t_{1/2}$ )

比較上面的三張圖得知，本反應是一級的反應

經代入公式計算得到：1.  $k = 0.051578 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

2.  $t_{1/2} = 13.43884 \text{ (min)}$

結果與討論一：

- 由上面實驗得知：若假設蔗糖水解反應為零級的反應：以  $\alpha_0 - \alpha_t$  對  $t$  作圖可得一條直線，但結果不成一直線；若假設蔗糖水解反應為二級的反應：以  $(\alpha_0 - \alpha_t) / (\alpha_0 - \alpha_\infty)(\alpha_0 - \alpha_t)$  對  $t$  作圖可得一條直線，但結果也不成一直線。然而以  $\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$  對  $t$  作圖真的得到一條直線，故蔗糖的水解反應為一級反應，所以速率定律式可寫成  $R = k[C_{12}H_{22}O_{11}]$
- 實驗結果所得的  $k$  值與  $t_{1/2}$  值為：

$$k = \frac{0.051587 + 0.052048 + 0.05187}{3} = 0.051741 \doteq 5.17 \times 10^{-2} \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{13.43884 + 13.31751 + 13.43884}{3} = 13.398396 \doteq 13.40 \text{ (min)}$$

3. 實驗所得數據少數有一點小偏差，可能的原因有：

- (1) 實驗過程中可能有稍微碰撞到儀器裝置，導致儀器不穩。
- (2) 日夜溫度不太穩定。

改良：使用恆溫槽後溫度可以得到控制。

(3) 操作上時間控制可能有誤差幾秒。

改良：實驗過程中需要兩人互相協助減少時間上的誤差。

變因二： 改變反應的溫度

1. 溫度 = 25°C (C<sub>0</sub> = 20g/100ml, 3M HCl = 5 滴)

$\alpha_0 = +14.30$        $\alpha_\infty = -4.28$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.30	13.10	12.10	11.20	10.50	9.80	9.20	8.40	7.70	7.40	7.10
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.58	17.38	16.38	15.48	14.78	14.08	13.48	12.68	11.98	11.68	11.38
$\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.27	1.24	1.21	1.19	1.17	1.15	1.13	1.10	1.08	1.07	1.06

表 3-4

$\alpha_0$ ：第 0 分時的旋光度

$\alpha_t$ ：第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度

【作圖】

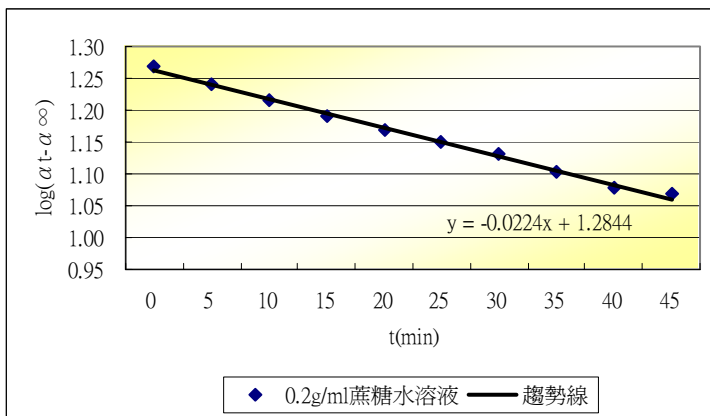


圖 3-4

求 k、半衰期( $t_{1/2}$ )

經代入公式計算得到： 1.  $k = -\text{斜率} \times 2.303 = 0.051578 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

2.  $t_{1/2} = \ln 2 / k = 13.43884 \text{ (min)}$



2.溫度=30°C

$\alpha_0 = +14.30$        $\alpha_\infty = -3.90$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.30	12.90	11.80	10.70	9.70	8.80	8.20	7.50	6.90	5.60	4.30
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.20	16.80	15.70	14.60	13.60	12.70	12.10	11.40	10.80	9.50	8.20
$\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.26	1.23	1.20	1.16	1.13	1.10	1.08	1.06	1.03	0.98	0.91

表 3-5

$\alpha_0$ ：第 0 分時的旋光度

$\alpha_t$ ：第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度

【作圖】

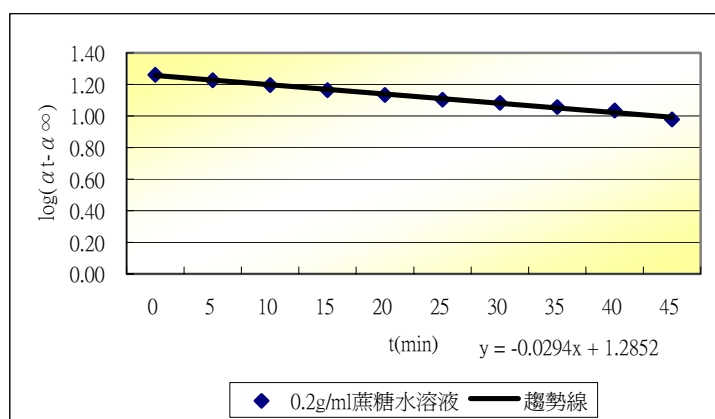


圖 3-5

求 k、半衰期( $t_{1/2}$ )

經代入公式計算得到： 1.  $k = 0.0677082 \text{ (min}^{-1}\text{)}$     2.  $t_{1/2} = 10.235097 \text{ (min)}$

3.溫度=35°C

$\alpha_0 = +14.30$        $\alpha_\infty = -2.77$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.30	12.60	11.30	10.10	9.40	8.10	8.20	7.20	6.30	5.30	4.60
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.20	16.50	15.20	14.00	13.30	12.00	12.10	11.10	10.20	9.20	8.50
$\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.26	1.22	1.18	1.15	1.12	1.08	1.08	1.05	1.01	0.96	0.93

表 3-6

$\alpha_t$ ：第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度

【作圖】

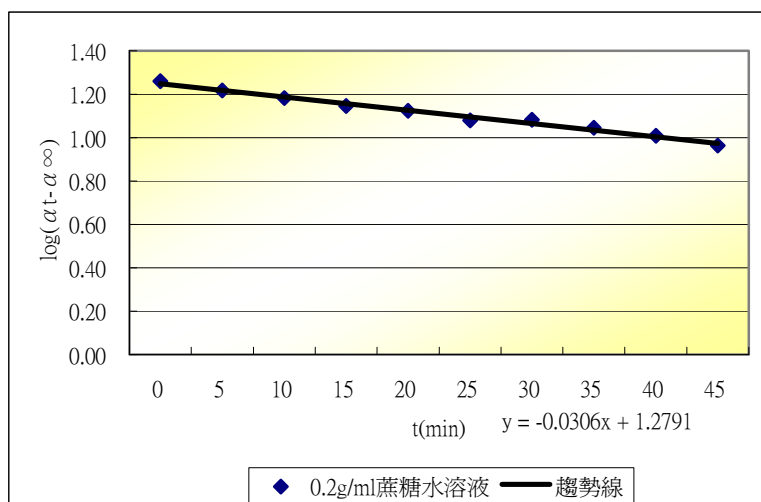


圖 3-6

求 k、半衰期值( $t_{1/2}$ )及  $E_a$

1. 算出  $k = \text{斜率} \times -2.303 = 0.070472 \text{ (min}^{-1}\text{)}$
2.  $t_{1/2} = 9.833721 \text{ (min)}$
3. 另外，又以  $\log k$  對  $\frac{1}{T}$  作圖成一直線，此線之斜率 = -0.0678  
 實驗所得斜率為 -0.0678  $\therefore E_a = -\text{斜率} \times 2.303R$   
 $= -(-0.0678) \times 2.303 \times 8.29 = 1.2944288 \text{ (J/mol)}$

結果與討論二：

1. 由上面的結果可知，當溫度上升時，k 值會增加，因此反應速率一定會變大。
2. 只要能得到不同溫度下的 k 值，即可利用  $\log k$  對  $\frac{1}{T}$  作圖來求得該反應的活化能  $E_a$ 。

變因三： 改變酸的量

1. 6M HCl = 5 滴 (溫度 = 25°C,  $C_0 = 20\text{g}/100\text{ml}$ )

$\alpha_0 = +14.20$        $\alpha_\infty = -4.28$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.20	12.70	11.70	10.90	10.20	9.50	8.70	7.80	7.40	7.00	6.50
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.48	16.98	15.98	15.18	14.48	13.78	12.98	12.08	11.68	11.28	10.78
$\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.27	1.23	1.20	1.18	1.16	1.14	1.11	1.08	1.07	1.05	1.03

表 3-7

$\alpha_t$ ：第 t 分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度

**【作圖】**

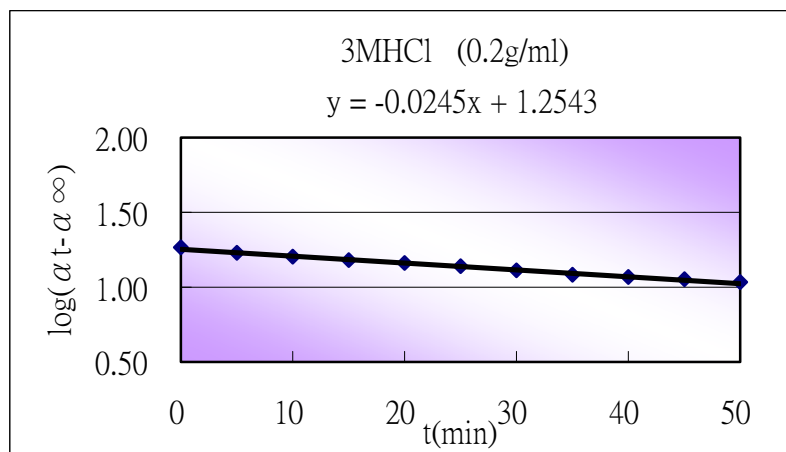


圖 3-7

求  $k$ 、半衰期( $t_{1/2}$ )

經代入公式計算得到：1.  $k=0.056424 \text{ (min}^{-1}\text{)}$

2.  $t_{1/2}=12.282116 \text{ (min)}$

2. 9M HCl=5 滴

$\alpha_0 = +14.20$        $\alpha_\infty = -4.28$

反應時間 (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$\alpha_t$	14.30	12.20	11.40	10.60	9.90	9.10	8.30	7.50	7.10	6.70	6.30
$\alpha_t - \alpha_\infty$	18.58	16.48	15.68	14.88	14.18	13.38	12.58	11.78	11.38	10.98	10.58
$\log(\alpha_t - \alpha_\infty)$	1.27	1.22	1.20	1.17	1.15	1.13	1.10	1.07	1.06	1.04	1.02

表 3-8

$\alpha_t$ ：第  $t$  分時的旋光度

$\alpha_\infty$ ：平衡後的旋光度。

**【作圖】**

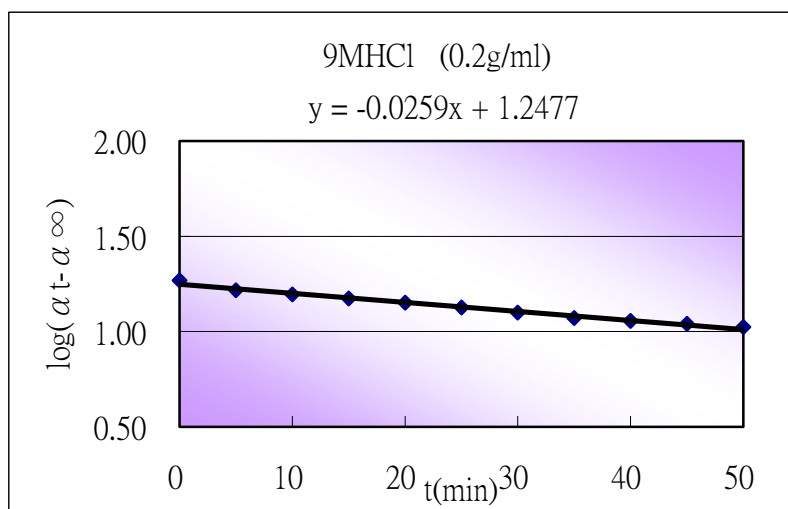


圖 3-8

求  $k$ 、半衰期( $t_{1/2}$ )

經代入公式計算得到：1.  $k=0.059648 \text{ (min}^{-1}\text{)}$       2.  $t_{1/2}=11.618218 \text{ (min)}$

### 結果與討論三：

1. 爲了讓溶液的體積固定不變，因此我們加入酸的量都固定在 5 滴，而是改變酸的濃度。
2. 由結果可知，當加入酸的濃度越大時，k 值會略爲增加，但 k 值增加的幅度沒有像改變溫度那麼明顯。
3. 本實驗的誤差來源，應該主要是來自於一滴一滴地加入酸，但並不能保證每一滴酸的體積都一樣，因此加入 5 滴後，酸的體積一定會有某程度的誤差。

## 【實驗四】蔗糖水解的平衡學(Equilibrium)研究

### (一)實驗設計：

1. 蔗糖水解成葡萄糖和果糖的反應爲：



2. 由於蔗糖與其水解產物的比旋光度互異，故可由最初和平衡時的旋光度數值變化推測蔗糖水解的情形。
3. 利用醣類的旋光度具有加成性及水解產物爲等量之特性，來計算蔗糖水解反應達平衡時各物種的濃度，及其反應之平衡常數 K。
4. 並探討「濃度」、「催化劑」、「溫度」等因素對平衡狀態的影響。
5. 求出反應熱  $\Delta H$ 。

### (二)實驗原理：



初	$C_0$	0	0
平衡	$C_{\infty\text{蔗糖}}$	$C_{\infty\text{葡萄糖}}$	$C_{\infty\text{果糖}}$

$$\alpha_{\infty} = \alpha_{\text{蔗糖}} + \alpha_{\text{葡萄糖}} + \alpha_{\text{果糖}}$$

$$C_0 = C_{\infty\text{蔗糖}} + C_{\infty\text{果糖}} \times \frac{342}{180}$$

$$\alpha = [\alpha] \cdot L \cdot C / 100 \quad \text{其中 } [\alpha] \text{ 爲本實驗測得的比旋光度}$$

L 爲樣品管長度( dm )    樣品管實際長度爲 12cm

C 爲濃度( g/100ml )

(三)實驗步驟：

- 1.旋光度計利用蒸餾水校正歸零。
- 2.配製不同濃度的蔗糖水溶液，並置於不同變因下使之達平衡。
- 3.待蔗糖水解反應達平衡後，測定  $\alpha_{\infty}$ 。

(最終的旋光度數值  $\alpha_{\infty}$  需讀取三次以上無變化，以確保蔗糖水解反應已達平衡)。

- 4.按上述操作測量 3 次  $\alpha_{\infty}$  數值，取其平均值。(實驗時儀器裝置必須避免動到，否則會干擾實驗結果)。

(四)數據及分析：

- 1.變因：蔗糖的濃度 (溫度 = 30°C, 3M HCl = 5 滴)

$$C_0 = 35\text{g}/100\text{ml} \quad \alpha_0 = +21.83 \quad \alpha_{\infty} = -6.17$$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.83	0.00	0.00	+1.359	+9.887	-17.426	16.82
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.019	0.174	0.174	

$$C_0 = 25\text{g}/100\text{ml} \quad \alpha_0 = +15.50 \quad \alpha_{\infty} = -4.76$$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+15.50	0.00	0.00	+0.715	+7.159	-12.619	16.76
濃度(g/ml)	0.25	0.00	0.00	0.010	0.126	0.126	

- 2.變因：催化劑的量 (溫度 = 30°C,  $C_0 = 35\text{g}/100\text{ml}$ )

$$3\text{M HCl} = 5 \text{ 滴} \quad \alpha_0 = +21.83 \quad \alpha_{\infty} = -6.19$$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.83	0.00	0.00	+1.359	+9.899	-17.447	16.87
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.019	0.174	0.174	

$$6\text{M HCl} = 5 \text{ 滴} \quad \alpha_0 = +21.83 \quad \alpha_{\infty} = -6.25$$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.83	0.00	0.00	+1.316	+9.917	-17.469	17.47
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.018	0.175	0.175	

$$9\text{M HCl} = 5 \text{ 滴} \quad \alpha_0 = +22.00 \quad \alpha_{\infty} = -6.23$$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+22.00	0.00	0.00	+1.330	+9.911	-17.426	16.82
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.019	0.174	0.174	

3.變因：溫度 ( $C_0 = 35\text{g}/100\text{ml}$  ,  $3\text{M HCl} = 5$  滴)

溫度 =  $25^\circ\text{C}$        $\alpha_0 = +21.67$        $\alpha_\infty = -7.17$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.67	0.00	0.00	+0.644	+10.228	-18.027	38.00
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.009	0.180	0.180	

溫度 =  $30^\circ\text{C}$        $\alpha_0 = +21.83$        $\alpha_\infty = -6.17$

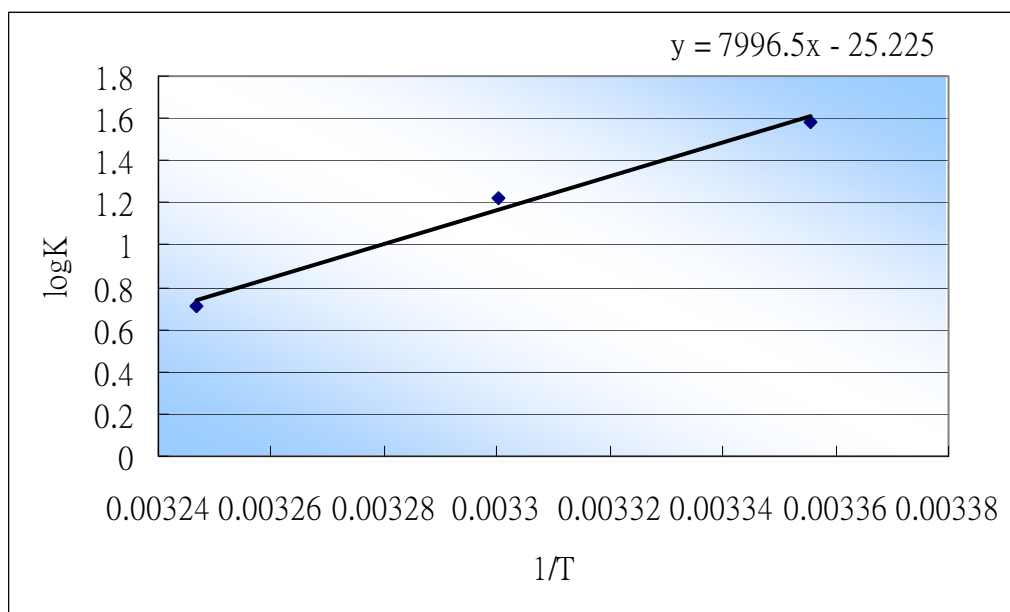
	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.83	0.00	0.00	+1.359	+9.887	-17.426	16.82
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.019	0.174	0.174	

溫度 =  $35^\circ\text{C}$        $\alpha_0 = +21.67$        $\alpha_\infty = -3.17$

	最初狀態			平衡狀態			K 平衡常數 (M)
	蔗糖	葡萄糖	果糖	蔗糖	葡萄糖	果糖	
旋光度	+21.67	0.00	0.00	+3.648	+8.921	-15.724	5.10
濃度(g/ml)	0.35	0.00	0.00	0.051	0.157	0.157	

將實驗 3 之數據經計算得  $1/T$  及  $\log K$  如下表，並作圖：

T	298	303	308
K	38.00	16.82	5.10
$1/T$	$3.36 \times 10^{-3}$	$3.30 \times 10^{-3}$	$3.25 \times 10^{-3}$
$\log K$	1.58	1.23	0.71



由公式：

$$\log K = \log B - \frac{\Delta H}{2.303R} \cdot \frac{1}{T}$$

以  $\log K$  對  $\frac{1}{T}$  作圖成一直線，此線之斜率  $m = \frac{-\Delta H}{2.303R}$ 。

$$\therefore \Delta H = -\text{斜率} \times 2.303R = -7996.5 \times 2.303 \times 8.29 = -152668 \text{ J/mol} = -152.668 \text{ KJ/mol}$$

#### (五)結果及討論

1. 實驗所得的  $K$  值  $> 1$ ，表示此反應偏向生成物進行。
2. 測量所得  $K$  值隨溫度增高而減小，而且經計算所得之  $\Delta H$  為負值，表示蔗糖水解為放熱反應。根據勒沙特列原理，反應溫度上升時，此反應會左移，水解生成的葡萄糖及果糖的量會減少。
3. 由實驗結果可知蔗糖水解反應的熱化學方程式如下：  
$$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{蔗糖}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{葡萄糖}) + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{果糖}) \quad \Delta H = -152.668 \text{ KJ/mol}$$
4. 在濃度效應的部分，兩次實驗所得結果， $K$  值略有差距，但理論上，濃度應不會對  $K$  值造成影響，故有其他因素造成的誤差：
  - (1) 在將旋光度換算成濃度及平衡常數  $K$  時造成實驗所得的誤差放大。
  - (2) 在實驗過程中室溫可能有少許改變，造成實驗結果不穩定。
  - (3) 測量過程中需消耗時間，造成結果產生誤差。  
解決之道：多次練習以縮短測量時間。
  - (4) 偏振片上可能殘有水漬，造成光線強度比預期的弱。  
解決之道：實驗前後都要清理並檢查裝置是否正常。  
修正以上各點之後，發現所得的數據精準許多。
5. 由本實驗得知，若欲增加蔗糖水解的葡萄糖及果糖的產量，在反應物量固定的情況之下，可將溫度降低。若欲增加反應速率，需將溫度增高。

### 【實驗五】比較不同種類的酸對蔗糖水解的影響

#### (一)實驗設計：

1. 配製 0.2N 的鹽酸、硝酸及硫酸。
2. 在 0.2g/ml 的蔗糖水溶液加入 5 滴酸，利用旋光度測量其反應速率。
3. 改變酸的種類並比較之。

#### (二)實驗步驟：

1. 測量前，旋光度計 (Polarimeter) 都利用蒸餾水校正歸零。
2. 配製 0.2g/ml 的蔗糖水溶液，配好後靜置於 25°C 恆溫槽中。將配製水溶液裝入平底試管中，溶液高度為 12cm。
3. 每試管溶液各加入五滴硫酸，每隔 5 分鐘測其旋光角度，記錄並製表。
4. 改變酸的種類，比較不同酸對蔗糖水解反應的催化效果差異。

(三)數據及分析：

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

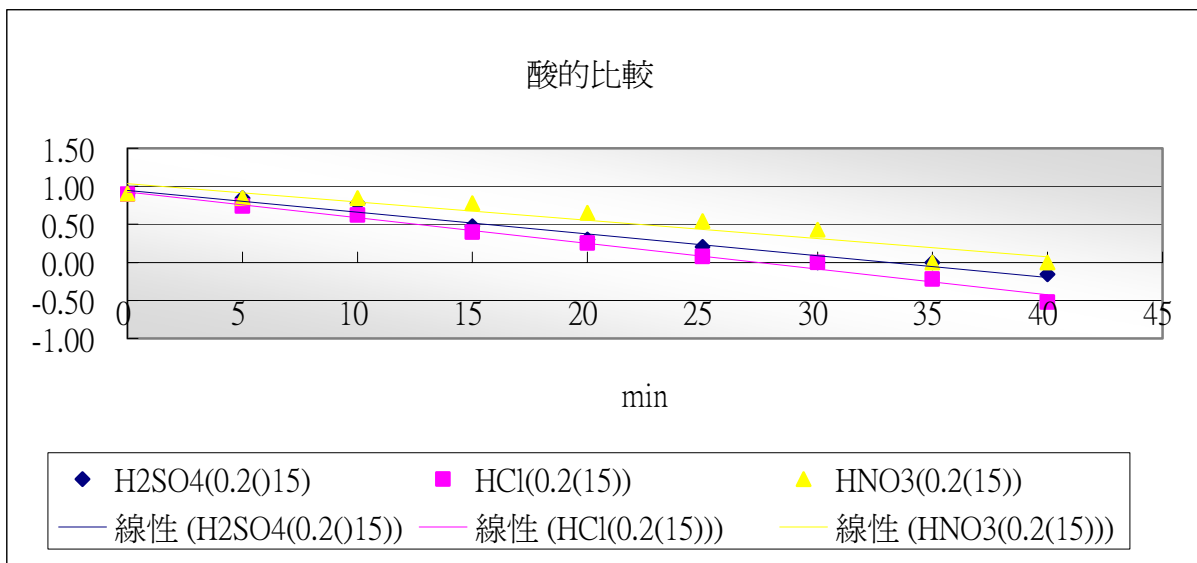
反應速率 min	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\alpha t$	11.0	10.0	9.0	6.0	5.0	4.6	4.0	4.0	3.7
$\alpha t - \alpha \infty$	8.00	7.00	6.00	3.00	2.00	1.60	1.00	1.00	0.70
$\log(\alpha t - \alpha \infty)$	0.90	0.85	0.78	0.48	0.30	0.20	0.00	0.00	-0.15

HCl

反應速率 min	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\alpha t$	13.9	11.5	10.2	8.5	7.8	7.2	7.0	6.6	6.3
$\alpha t - \alpha \infty$	7.90	5.50	4.20	2.50	1.80	1.20	1.00	0.60	0.30
$\log(\alpha t - \alpha \infty)$	0.90	0.74	0.62	0.40	0.26	0.08	0.00	-0.22	-0.52

HNO<sub>3</sub>

反應速率 min	0	5	10	15	20	25	30	35	40
$\alpha t$	15.5	14.5	14.5	13.5	12.0	11.0	10.2	8.5	8.5
$\alpha t - \alpha \infty$	8.00	7.00	7.00	6.00	4.50	3.50	2.70	1.00	1.00
$\log(\alpha t - \alpha \infty)$	0.90	0.85	0.85	0.78	0.65	0.54	0.43	0.00	0.00



由圖可發現HCl比H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>及HNO<sub>3</sub>對蔗糖水解有更大的催化效果。

(四)結果及討論：

1. 由實驗可知，由圖可發現HCl比H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>及HNO<sub>3</sub>對蔗糖水解有更大的催化效果。
2. 推論可能是其中所含的氯離子對蔗糖水解有催化效果，其原因有待進一步的研究。



## 陸、研究結果

- 1.由【實驗二】得知，本組自製之旋光度計是相當精準的，但因為本儀器所使用之光源是雷射光，而文獻的光源是使用鈉燈，雖然兩者波長不同，但經換算後，本組所測出之旋光度與文獻所查到的標準值是成比例的。
- 2.因為水的量比蔗糖大得多，所以水的濃度基本上是維持不變。因此，反應速度可看成與水的濃度無關；而且在不使用酶催化劑，溫度一定時，對於固定的氫離子濃度，反應速度只和蔗糖的濃度有關。從【實驗三】得知，蔗糖水解反應與蔗糖的濃度成正比關係，故本反應遵從一級動力學特性。
- 3.由【實驗三】得知，速率常數(k)不會受到濃度的影響，但會受到溫度及催化劑的影響。在溫度為 25°C 時，測得之  $k = 5.17 \times 10^{-2} (\text{min}^{-1})$ ；當溫度調高至 30°C 及 35°C 時 k 依次變為約  $6.77 \times 10^{-2} (\text{min}^{-1})$  及  $7.05 \times 10^{-2} (\text{min}^{-1})$ 。
- 4.由【實驗四】得知，平衡常數(K)不會受到濃度及催化劑的影響，僅會受到溫度的影響。在溫度為 25°C 時，測得之  $K = 38.00 (\text{M})$ ；當溫度調高至 30°C 及 35°C 時 K 依次變為 16.82(M) 及 5.10(M)。
- 5.由【實驗五】得知 HCl 比 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 及 HNO<sub>3</sub> 對蔗糖水解有更大的催化效果。推論可能是其中所含的氫離子對蔗糖水解有催化效果，其原因有待進一步的研究。

## 柒、討論

### 一、【實驗一】

- 1.本組推測旋光度會受到待測物之濃度、光程、溫度及偵測光波長等因素所影響。理論上，若待測物是不具旋光性的物質，光的波長是不會影響光的行進方向，但如果待測物具旋光性，則不同波長的光會受到旋光性物質的影響，而會有不同的偏向角，而且經本組研究後發現，旋光度是與波長成反比的關係。
- 2.歸納儀器本身有以下的一些優點：
  - (1)使用材料裝置簡單、便宜、易取得。
  - (2)實驗裝置如照度計、水波槽支架，均為現成，不須精細製作即可使用。
  - (3)操作容易，所得數據精確。
  - (4)根據原理自行創意組裝，具有原創性。
- 3.本儀器尚存的改進空間：
  - (1)可直接將光敏電阻輸出之數值傳輸至電腦，可直接在電腦中進行計算、作圖及資料保存。
  - (2)可利用更大的圓形刻度盤，或利用光線投影等方法，可量得更精確的偏轉角度值。
  - (3)改用更精確的照度計，可以讀得測量過程中光線強度的微小變化，使測量更準確。

### 二、【實驗二】

- 1.由測量所得的數據穩定，可證明此儀器的可靠性及穩定性。
- 2.各種醣類所測得的比旋光度如(表2-6)
- 3.由實驗結果可知，醣類的旋光角度與濃度成正比關係，並證明除了果糖之外，葡萄糖、半乳糖、麥芽糖、蔗糖均為右旋糖。
- 4.可由儀器測得的旋光角度，推算出比旋光度，再對照(表2-6)之數值，即可得知某未知糖溶液中所含的醣種類，或也可再經由公式算出此糖溶液在標準鈉光源測量下，所得的偏轉角度及比旋光度值。

### 三、【實驗三】

- 1.由實驗知，溫度在25°C時，蔗糖水解為一級反應 $k = 5.17 \times 10^{-2}(\text{min}^{-1})$ ， $t_{1/2} = 13.38(\text{min})$ 。
- 2.由改變溫度的實驗可得知，溫度上升，蔗糖水解反應的速率會增加，k值會變大。
- 3.由改變酸的量實驗可得知，酸濃度增加，蔗糖水解反應的速率會增加，可證明酸對於蔗糖水解是真的具有催化效果。

### 四、【實驗四】

- 1.由改變溫度的實驗可得知
  - (1)25°C時蔗糖的水解平衡常數 $K = 38.00 (M)$
  - (2)蔗糖濃度的改變並不會對平衡常數K值產生影響。
- 2.由改變催化劑量的實驗可得知
  - (1)酸加入的量並不會對蔗糖水解的平衡常數K值產生影響。
  - (2)和實驗三的結果比較可知，催化劑只影響反應的速率常數，並不會影響反應的平衡常數K值。
- 3.由改變溫度的實驗可得知
  - (1)溫度上升，平衡常數K值變小，反應平衡左移。
  - (2)經作圖及計算得 $\Delta H = -152.668 \text{ KJ/mol}$ ，此數值為負值，故蔗糖水解為放熱反應。

### 五、【實驗五】

- (1)由圖可發現HCl比H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>及HNO<sub>3</sub>對蔗糖水解有更大的催化效果。
- (2)推論可能是其中所含的氫離子對蔗糖水解有催化效果，其原因有待進一步的研究。

## 捌、結論

1. 自行製作的旋光度計，雖然經過了多次改良修正，但我們不僅節省了需要購買昂貴旋光度計的經費，亦得到合乎水準的數據。
2. 本實驗證明了有關醣類水解時的各項性質，並讓我們發現，其實科學研究不一定需要昂貴的儀器，自己動腦思考，有時也可以解決所遭遇的難題。
3. 我們經由實驗與探索的過程，學到了做科學研究的方法及動腦思考的樂趣。
4. 本實驗將討論除了蔗糖外的其他雙糖水解的情形。
5. 本實驗也將進一步對於蔗糖在人體內的水解情況做深入的探討。
6. 本組在後續的研究中，將繼續對於這台自製的旋光度計進行改良，以求盡善盡美。
7. 日後，本組試圖將此自製儀器的應用加以推廣，應用於醫藥的旋光度測量、鑑定及對其他旋光性物質做詳細的性質探討。

## 玖、參考資料及其他

### 一、網路資料關鍵字：旋光性

[www.lstc.net/huansx/jxgz/cai/shengwu/yangyaojun/01.ppt](http://www.lstc.net/huansx/jxgz/cai/shengwu/yangyaojun/01.ppt)

### 二、網路資料關鍵字：醣類

<http://txl.jmu.edu.cn/oho/lab/kinenzym.htm>

[www.hainnu.edu.cn/yuanxisz/HUAXUE/phychem/WLHXSZYD/Ztsj.doc](http://www.hainnu.edu.cn/yuanxisz/HUAXUE/phychem/WLHXSZYD/Ztsj.doc)

### 三、遠哲科學教育基金會.發現月刊第57期

### 四、高級中學物質科學化學篇(下).龍騰文化事業公司主編.民國93年3月出版

## 評語

旋光度計的設計簡單，實用且有相當的創意。蔗糖水解動力學之研究亦相當完整。可加強旋光度計準確度數據之呈現。