

第二十三屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA23-515

隊伍名稱：最「醇」之隊

作品名稱：最「醇」黃金比例，廷得耳效應

參賽類別：化學

關鍵字：自製光敏電阻、廷得耳效應、醇類的
碳鏈與氫鍵、高精準溫度測量儀

目錄

壹、內容摘要	3
貳、研究動機	4
參、研究目的	4
肆、研究過程	5
伍、研究結果與結論	23
陸、未來展望與生活應用	26
柒、參考資料	26

壹、 內容摘要

本研究旨在探索不同醇類與水混合產生混濁現象，這種現象與廷得耳效應很像，因此我們採用自製光敏電阻來研究醇類水溶液產生廷得耳效應的強弱，並進一步探討醇類溶液濃度與電阻值之間的關係。為此，分析廷得耳效應強弱對於電阻值的影響，並比較不同種類醇類混合水溶液的電阻質差異以及碳鏈長度對廷得耳效應的影響，還有不同醇類與水混合後溫度是否有變化，甚至是否會與電阻值大小有相關。

起初，我們採用物理老師建議的方法，使用折射率測定盒測量光折射現象，並依據司乃耳定律算出折射率。然而，結果顯示，不同種類的醇類與水的溶液，其折射率並未產生明顯變化，這對我們的研究造成了一定困擾。在與化學老師討論後，我們認為醇類與水混合時產生的瞬間混濁現象屬於廷得耳效應，或許可以利用自製光敏電阻裝置來量測。當溶液濁度高時，光敏電阻所測得的電阻值會變高。我們利用醇類與水以不同體積混合時產生的廷得耳效應來測量電阻值，試圖繪製相關圖表。

隨後，我們測量了不同醇類與水混合時產生的細微溫度變化，發現當醇類與水混合達到特定比例時，電阻值最高，但溫度也會上升。這種現象可能與醇類與水混合時產生的作用力（例如氫鍵）以及碳鏈長度有關。

廷得耳效應指的是當光線透過膠體溶液時，從垂直入射光的方向可以觀察到一條光亮的通路，這主要是由於光被粒子散射造成。當樣品槽內溶液的廷得耳效應愈明顯，光敏電阻測量值也愈大。醇類與水混合時，水分子與醇分子之間形成很強的作用力，例如氫鍵，因而釋放出熱量，導致分子重新排列形成更穩定的結構，進而產生混濁現象，即廷得耳效應。一旦結構穩定，廷得耳效應減弱，溶液會再次澄清。實驗數據顯示，各種醇類在體積比 3:7 和 7:3 比例時均測得最大電阻值，即濁度最高。

接下來，我們比較了溶液折射率與電阻值的關係。結果顯示，水的折射率最小，光敏電阻測得的數值也最小，兩者呈現正相關。酒精與水（體積比 3:7）溶液的折射率最大，但由於塑膠做的折射儀產生裂縫導致產生誤差值，但仍與電阻值呈正相關。正丁醇與水（3:7）溶液的折射率和電阻值相對較大，與甘油折射率相符。

我們查詢文獻資料與實驗結果分析，碳數較高的醇與水混合時，分子重新排列較慢，溶液混濁度增加，測得的電阻值變大。碳鏈較長的醇類與水混合時，較難排成穩定結構，進而產生更持久的廷得耳效應，導致電阻值較大。更特別的是，碳鏈小於 4

的醇類異構物，正丙醇與異丙醇的水溶液所測定的電阻值中，以異丙醇水溶液較高。碳鏈大於3的醇類中，正丁醇水溶液的電阻值明顯大於丙醇水溶液，這表明醇類與水的溶解度是影響溶液電阻值的關鍵因素。

貳、研究動機

在 COVID-19 疫情期間，消毒液的需求急劇增加，掌握酒精濃度的精確調配能力變得至關重要。某次我們在實驗室嘗試製備消毒液時，將酒精加入水中後意外發現混合液呈現類似膠體溶液的混濁狀態，這一現象引起了我們的極大興趣。於是我們開始思考，為何簡單的酒精與水混合竟會出現這樣的反應？這讓我們聯想到廷得耳效應，即當光線穿過膠體溶液時，光被懸浮的粒子散射，從而形成光亮的通路。這種光學現象是否也在我們的酒精水混合物中發生？此外，我們發現，當混合比例不同時，這種混濁現象的強度也隨之變化，這促使我們進一步探究其背後的原因。

帶著這些疑問，我們決定展開一系列實驗，探索不同濃度的醇類混合水溶液的電阻變化，並研究廷得耳效應對這些變化的影響。我們希望能夠通過這些實驗，揭示醇類與水混合時分子間的相互作用，並利用光敏電阻來量化這些效應。此外，我們還對溶液混合過程中的細微溫度變化進行測量，以了解氫鍵形成和醇類碳鏈長度對混濁現象的影響。

參、研究目的

1. 探討不同醇類混合水溶液的電阻變化：

研究不同濃度的醇類混合液對電阻的影響，並確定其線性關係。

2. 分析膠體溶液對光的散射和折射影響：

通過觀察廷得耳效應分析其與光敏電阻的關係。

3. 比較不同醇類混合水溶液的電阻差異：

探討不同醇類及其碳鏈長度對溶液電阻和廷得耳效應的影響。

4. 測量不同醇類與水混合時的溫度變化：

使用高精準無線溫度測量儀，觀察醇類與水混合時的溫度變化，並分析不同醇類與水混合時熱量變化。

5. 研究特定醇類與水混合比例對電阻和溫度變化的影響：

確認在特定比例（如 3：7 和 7：3）下，電阻值和溫度變化的特徵，並分析其背後的分子相互作用。

6. 比較不同醇類混合時的電阻差異：

探討不同醇類及其碳鏈長度對溶液電阻和廷得耳效應的影響。

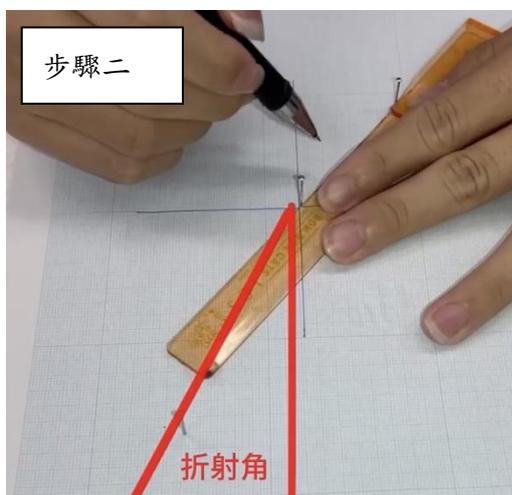
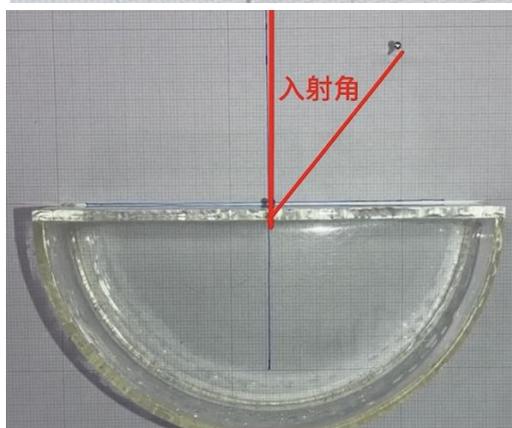
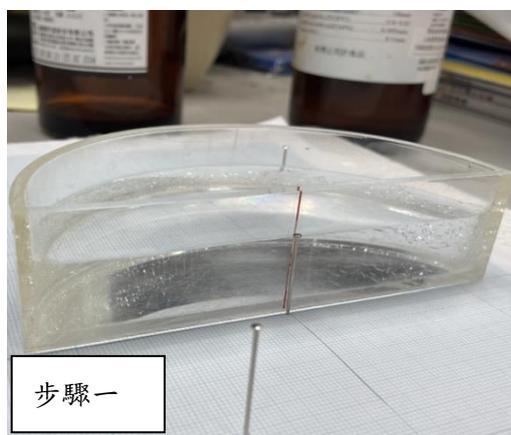
7. 測量不同醇類混合時的溫度變化

肆、研究過程

一、研究背景與實驗原理

(一) 溶液折射率測定

1. 溶液折射測定儀



折射率測定儀的是利用光在不同介質中光速會有差異因而產生偏折現象，進而透過司乃耳定律計算出折射率。

準備物品:保麗龍板一塊、方格紙數張、半圓透明盒一個、長針數支

步驟一：

在半圓透明塑膠盒內倒入醇類水溶液八分滿，並在透明盒的直徑中央插入一根長針當作法線，再插入象徵入射角度的長針。

步驟二：

到透明半圓盒的圓弧面用單眼調整觀察角度，讓象徵法線的長針與象徵入射角的長針重疊。此時在圓弧面的這個角度差一根長針作為記號，象徵折射角，隨後將半圓透明盒拿起並且將三根長針連線就算是完成測量入射角跟反射角了

2. 司乃耳定律

司乃耳定律說明，當光波從介質 1 傳播到介質 2 時，假若兩種介質的折射率不同，則會發生折射現象，其入射光和折射光都處於同一平面，稱為「入射平面」，並且與界面法線的夾角滿足如下關係：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

n 象徵該介質的折射率， θ 象徵角度，也就是說第一種介質的折射率乘以入射角會等於第二種介質的折射率乘以折射角。

(二)光敏電阻

本實驗利用「光敏電阻」當偵測器。它的電阻和通過的光線強弱有直接關係。當光強度增加時，則電阻減小；光強度減小時，則電阻增大。

藉由光傳導特性，我們利用醇類與水混合產生廷得耳效應的特性探討不同醇類間與水混合後的電阻值，並將樣品槽裝入適量的溶液，將其放置在光源與光敏電阻的傳導路徑中間，使光通過溶液，而溶液中的廷得耳效應必定會使光敏電阻最後接收到的光電流強度降低，進而使電阻值變高。**如果廷得耳效應愈強的話，光敏電阻值應該會愈大。**

光敏電阻組裝原理及步驟：

- 1.了解麵包板原理：麵包板是最基本且最簡單的元件之一。板子上有很多小插孔，各種電子元器件可根據需要而任意插入或拔出，免去了焊接程序，且元件可以重複使用，非常適合電子電路的簡易組裝。
- 2.發光二極體、穩壓器及偵測零件組裝，如圖 1 所示。

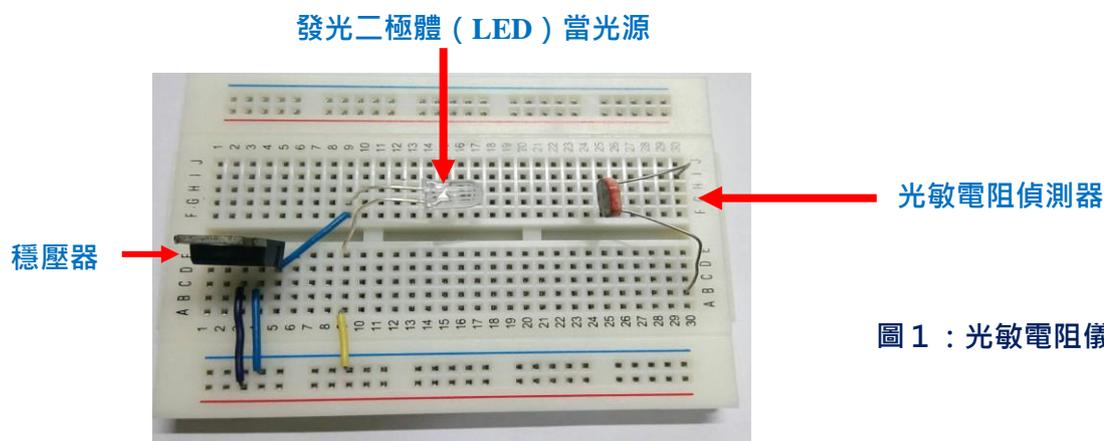


圖 1：光敏電阻儀器組裝

- 3.接上 LED 形成迴路，如圖 2 所示。

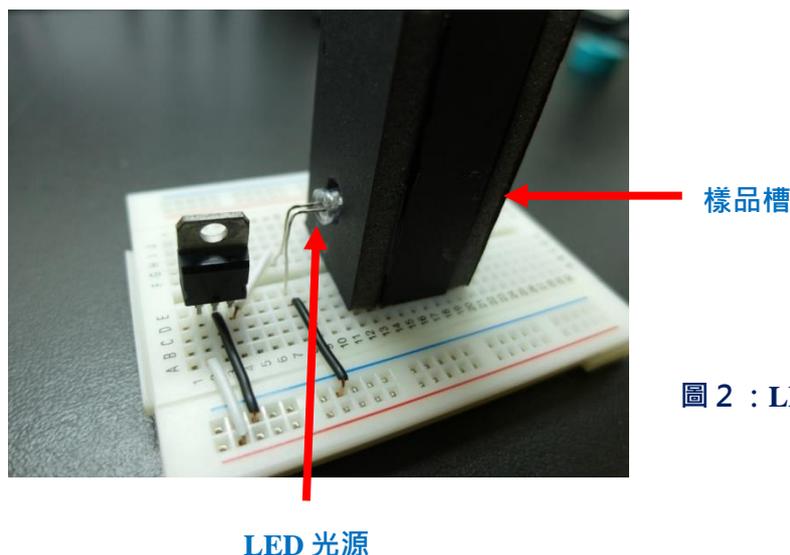


圖 2：LED 光源、樣品槽及穩壓器相關位置

4.樣品槽的另一端接上光敏電阻，利用乾電池為電源，再使用三用電表讀取電阻訊號即可，如圖 3 及圖 4 所示。

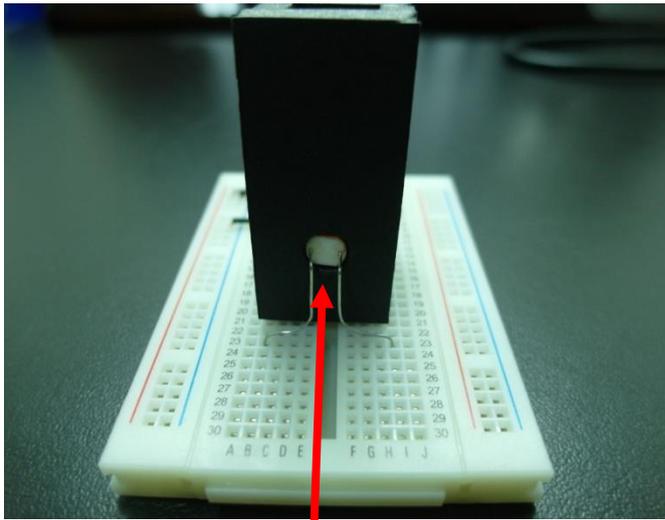


圖 3：光敏電阻組裝位置，樣品槽對面相對位置為藍色 LED 光源

光敏電阻

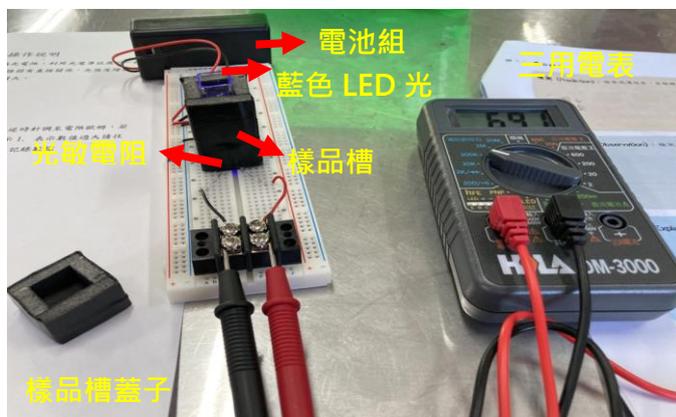
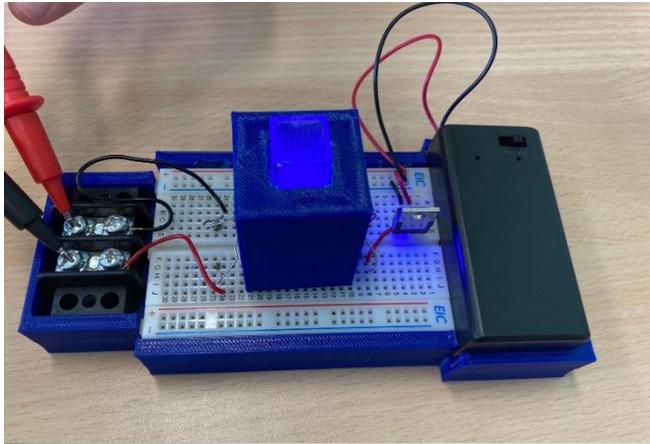


圖 4：光敏電阻零件組裝完成圖

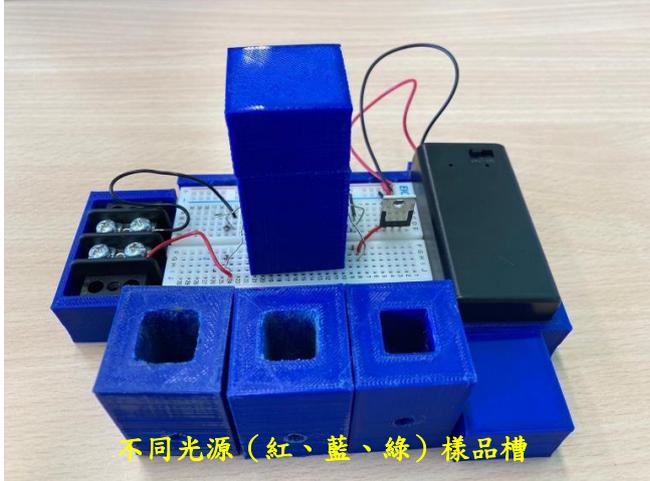
5.相關零件組裝說明：

- (1) 採用藍色 LED 光源，需確保光源射出的光線位於正中央，這樣光線才能有效地穿過樣品槽，並準確照射到光敏電阻上。這樣可以提高三用電表測定的電阻值的準確性。
- (2) 穩壓器最好採用編號 78××，後面的××代表其調整後的固定正電壓輸出，其中 7805 是一顆三端子的穩壓 IC。我們可以利用此 IC，輸出電壓維持在 5V。
- (3) 樣品槽支架設計是黑色吸光的保麗龍板，在左右各打出對稱的一個小洞，大小約 5mm，將 LED、光敏電阻在兩側放入，放入樣品槽測試是否會移動到 LED 或光敏電阻，並用黑色萬用粘土固定 LED 及光敏電阻位置，避免外在光線從兩側孔洞縫隙進入，最後再依樣品槽大小做一個上蓋子，蓋住上方的洞口。

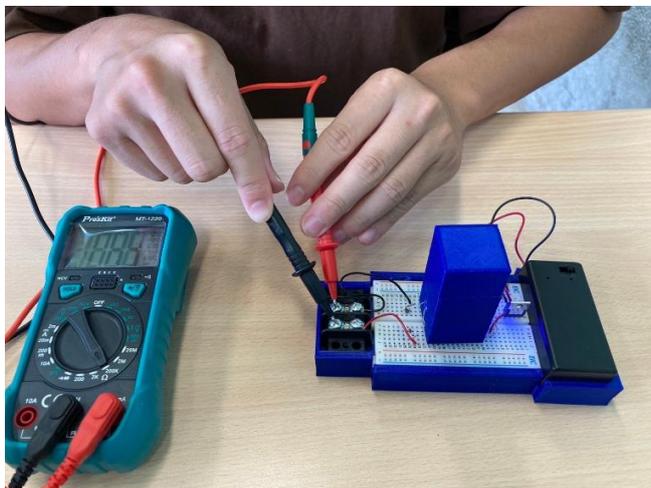
6.後續我們為了增加儀器的準確度，防止人為的操作失誤而產生不準確性，我們使用3D 列印技術，列印了儀器的外殼，增加牢固。而且我們也增加設計燈源更換裝置，可以依據溶液顏色不同，改變不同光源做實驗（不過我們最後選擇藍光的原因是因為這種光源下的電阻變化最明顯！）



尚未加蓋的儀器樣品槽



蓋上蓋子後的儀器



儀器實際操作情形

(三)醇類的性質

1. 甲醇

甲醇 (CH_3OH)，甲醇是一種簡單的醇類化合物，由一個甲基 ($-\text{CH}_3$) 和一個羥基 ($-\text{OH}$) 組成。其分子結構呈四面體形狀，碳原子處於中心，與三個氫原子和一個羥基相連。碳-氧鍵 ($\text{C}-\text{O}$) 和氧-氫鍵 ($\text{O}-\text{H}$) 均為極性共價鍵，這使得甲醇具有極性，能夠與極性物質互溶。甲醇分子之間存在氫鍵，這導致它具有較高的沸點和較強的分子間作用力。甲醇的分子量為 32.04 g/mol ，密度約為 0.7918 g/cm^3 。它的沸點約為 64.7°C ，熔點為 -97.6°C 。在室溫下，甲醇是一種無色、易燃、具有刺激性氣味的液體，能與水和大多數有機溶劑互溶。

2. 乙醇

乙醇 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)，是具有極性的有機化合物，乙醇分子中的羥基 ($-\text{OH}$) 是其化學和物理特性的關鍵所在。羥基使乙醇成為極性分子，這使乙醇能夠與水分子形成氫鍵。氫鍵是最強的分子間作用力，發生在氫與電負度大的原子 (F 、 O 、 N) 鍵結時，氫原子會與另一分子中電負度大的原子 (F 、 O 、 N) 之間產生作用力，這種分子間的作用力稱為氫鍵。氫鍵的形成導致乙醇與水可以任意比例互溶。

乙醇的極性和氫鍵作用使其能夠溶解許多極性和非極性有機物質，這使乙醇成為一種非常有用的溶劑。在液體狀態下，乙醇分子之間因為氫鍵，導致具有較高的沸點 (78.37°C) 和較低的揮發性。此外，乙醇與水混合時，水分子與乙醇分子之間形成的氫鍵很強，導致溶液中的分子重新排列，並釋放出一定的熱量。這種重新排列和氫鍵的形成過程會影響溶液的物理性質，如溶解度、濁度和熱量，當然也包括我們所觀察到的溶液混濁現象。

3. 正丙醇

正丙醇 (1-丙醇)，化學式為 $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ，是一種直鏈的一元醇。其中羥基 ($-\text{OH}$) 位於分子的末端。正丙醇分子中的羥基使其具有極性特徵，這使正丙醇也能夠與其他極性分子 (如水) 形成氫鍵。由於氫鍵的存在，正丙醇具有良好的溶解性，可以與水以任意比例混溶。此外，這種極性還使正丙醇能夠溶解多種極性有機化合物，成為一種有效的溶劑。

正丙醇的極性和氫鍵作用也影響其物理性質。例如，正丙醇的沸點為 97.2°C ，比非極性分子相對應的烷烴高得多。這是因為在液體狀態下，正丙醇分子之間通過氫鍵相互作用，增加了其分子間的吸引力，從而提高了其沸點。

正丙醇與水混合時，兩者之間形成的作用力，主要是氫鍵，會導致溶液的物理性質發生變化。例如，混合過程中分子間的重新排列會釋放熱量，並改變溶液的濁度和熱量。這種現象在一定比例的混合物中尤為顯著。

4. 異丙醇

異丙醇（2-丙醇），化學式 C_3H_7OH ，是一種三個碳原子的醇類化合物。與正丙醇相比，異丙醇的分子結構稍有不同，其中羥基（-OH）位於第二個碳原子。這導致了它們在化學和物理特性上有差異，它的沸點（ $82.3^{\circ}C$ ）略低於正丙醇。異丙醇的羥基與水分子間形成作用力時，分子間重新排列時間較長，因此加入水後，可以觀察到造成溶液混濁的時間也比正丙醇來還要更久。

5. 丁醇

正丁醇是一種直鏈的一元醇，化學式為 C_4H_9OH 。它有兩種同分異構體：正丁醇（1-丁醇）和異丁醇（2-丁醇）。我們將專注介紹正丁醇，並討論其分子結構和碳鏈較長所帶來的影響。其中有一個羥基（-OH）接於碳鏈的末端。由於丁醇分子的碳鏈較長，這導致了一些獨特的物理和化學特性。

首先，由於分子結構中的碳鏈較長，分子間作用力較強，這使得其在液體狀態下具有較高的沸點（ $117.7^{\circ}C$ ）。這也導致了其較低的揮發性，且在常溫下更容易保持液態狀態。

其次，正丁醇與水分子之間形成的作用力較弱，這意味著正丁醇可能不如低碳數醇類化合物與水互溶性高。

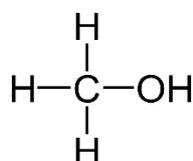


圖 5：甲醇結構式

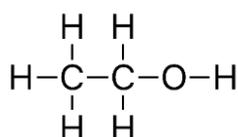


圖 6：乙醇結構式

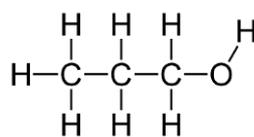


圖 7：正丙醇結構式

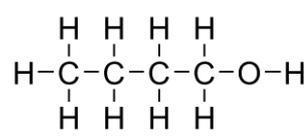


圖 8：正丁醇結構式

，異丙醇結構與之相似，但是羥基接在第二個碳上

(七)高精準溫度測量組

此次實驗需要測量非常細微的溫度變化，所以化學老師購買了一支無線高精準及時溫度計給我們做實驗其中最大的優點就是它會自動繪製溫度變化曲線。我們設計了一個保麗龍杯，在上面蓋蓋子並且挖洞，插入無線溫度計就完成了溫度測量，如右圖 9 所示。



圖 9：溫度檢測裝置

二、研究目的與假設

(一)目的：

- 1.找出不同醇類廷得耳效應所產生的光敏電阻值大小以及與其分子結構的關係。
- 2.測量不同醇類與水反應時的溫度變化，推論是否可與光敏電阻值變化相互佐證。

(二)假設：

- 1.與水氫鍵作用力愈強的醇類，其相互混合時放出熱量應該也較多。
- 2.碳鏈愈長的醇類與水應該愈難互溶，故碳鏈長度應與所測得的電阻值呈正相關。
- 3.理論上，光敏電阻值由大到小應該依序為丁醇 > 正丙醇 = 異丙醇 > 乙醇。

三、研究方法與驗證步驟

(一)研究方法 (光敏電阻值的測量)

1.實驗概述：

- (1)操作變因：不同種類的醇類 (甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇)
- (2)控制變因：待測物與水混合體積比例、光敏電阻測量裝置
- (3)應變變因：光敏電阻大小

2.實驗步驟

- (1)使用量筒取得各 50 毫升的不同種醇類。
- (2)分次將其加入 50 毫升的水中。
- (3)加入之後馬上用吸管吸取些許溶液，並且加到樣品槽八分滿。
- (4)使用三用電表測得電阻值並紀錄。

(二)研究方法 (光敏電阻值的測量)

1.實驗概述：

- (1)操作變因：醇與水混合的比例 (甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇)
- (2)控制變因：醇的種類、光敏電阻測量裝置
- (3)應變變因：光敏電阻值大小

2.實驗步驟

- (1)調配不同體積比例 (醇：水) 混合溶液 (1：0、1：9、2：8、3：7、4：6、5：5、6：4、7：3、8：2、9：1、0：1) 。
- (2)調配完成之後馬上用吸管吸取些許溶液，加到樣品槽八分滿。
- (3)使用三用電表測得電阻值並紀錄。(圖 10、11、12、13、14 所示)。

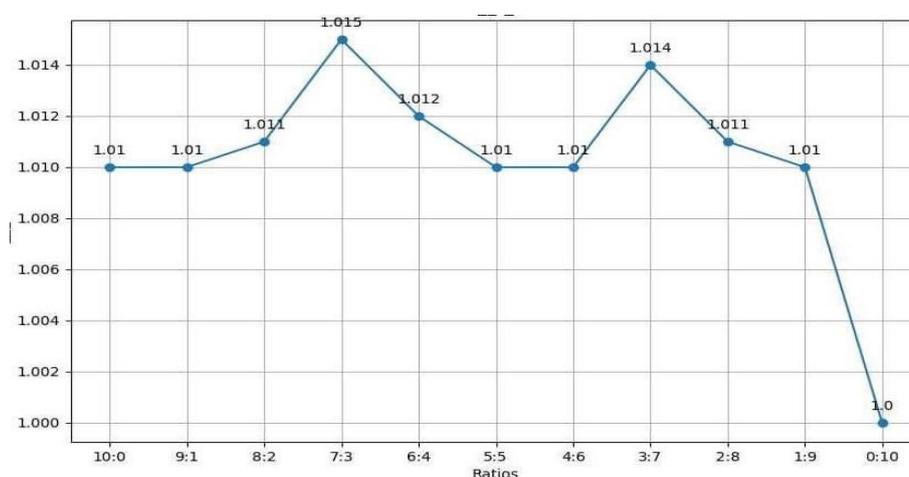


圖 10：甲醇與水混合時之不同比例的電阻值變化

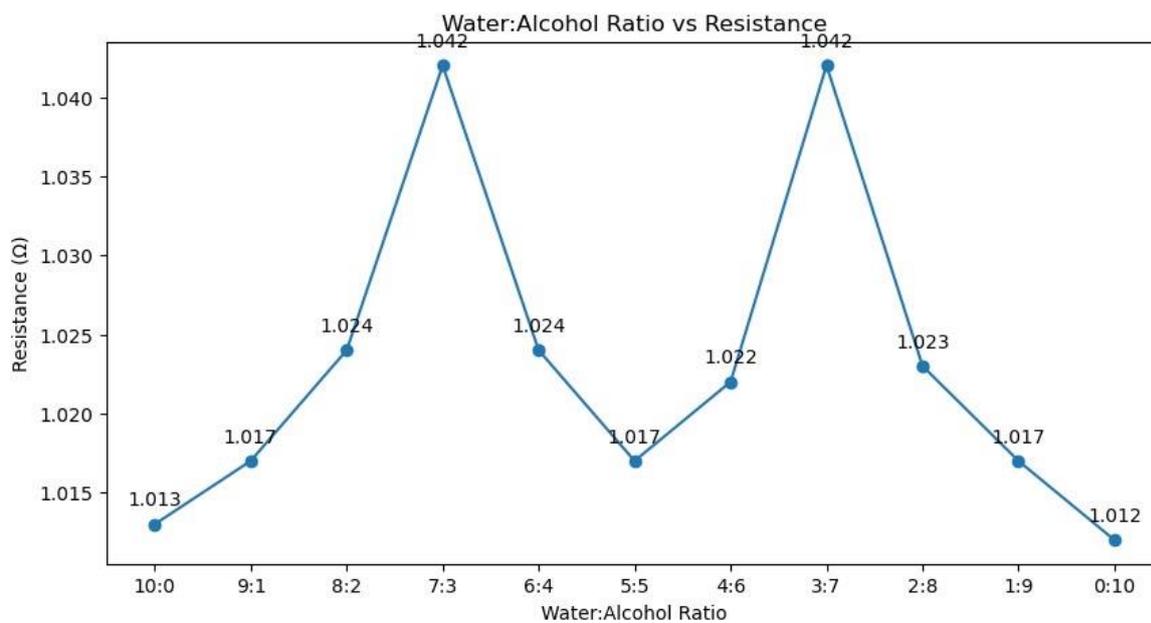


圖 11：乙醇與水混合時之不同比例的電阻值變化

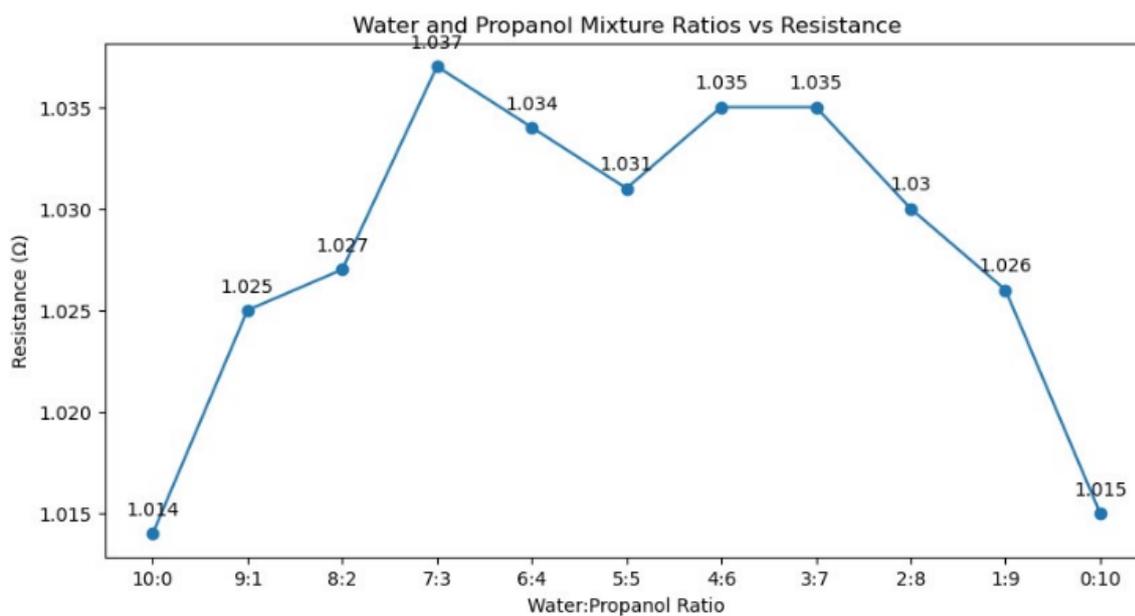


圖 12：正丙醇與水混合時之不同比例的電阻值變化

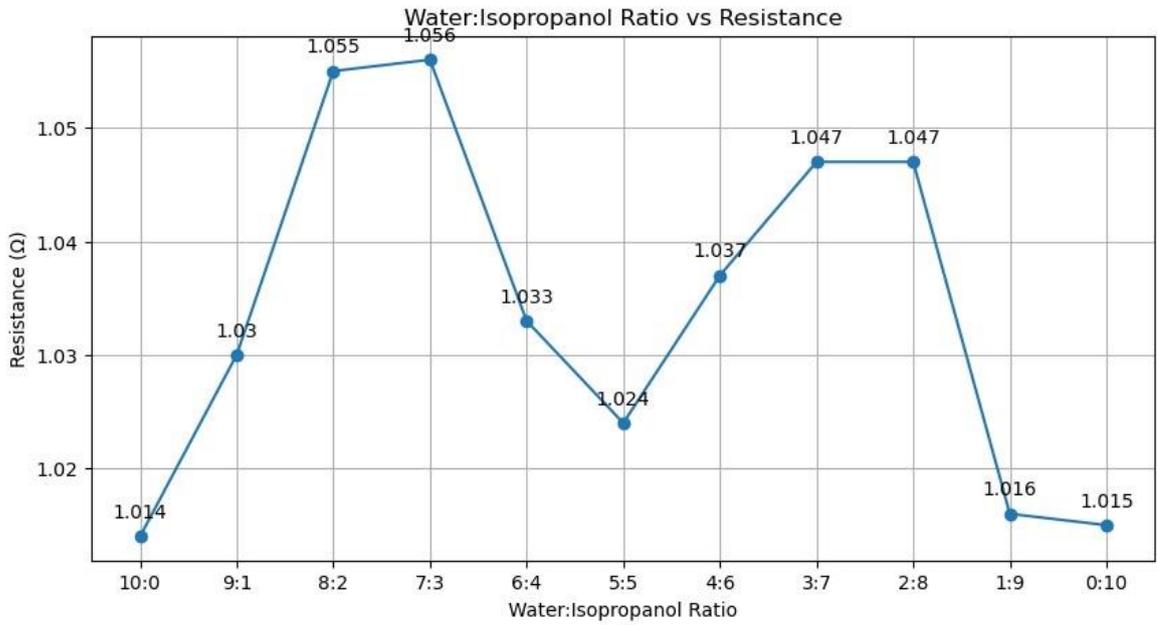


圖 13：異丙醇與水混合時之不同比例的電阻值變化

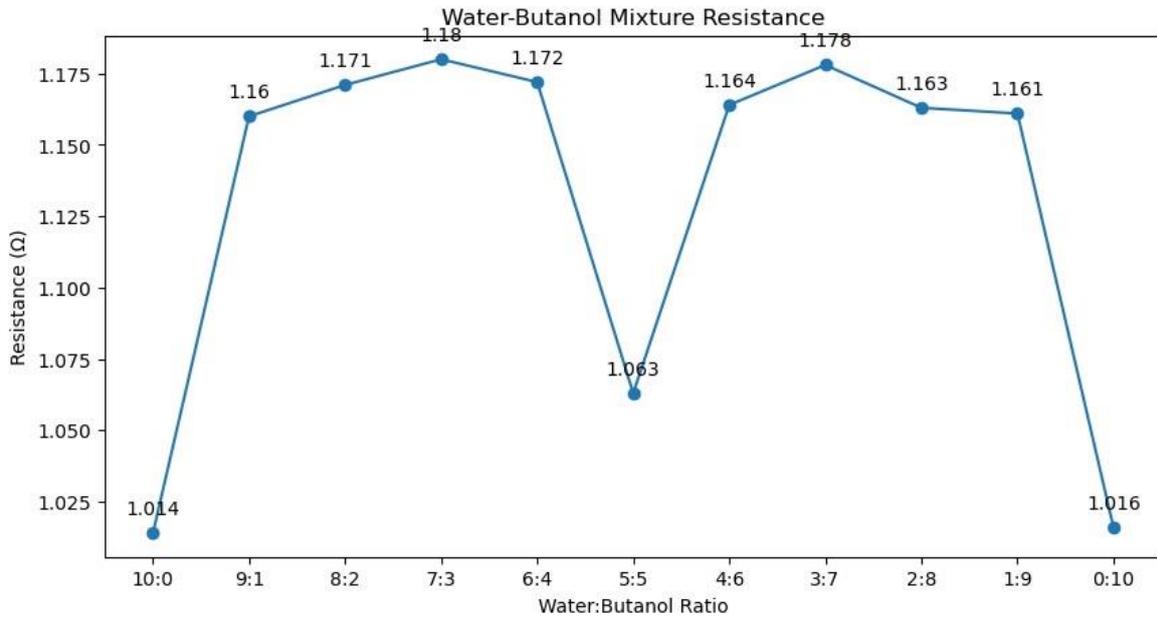


圖 14：丁醇與水混合時之不同比例電阻值變化

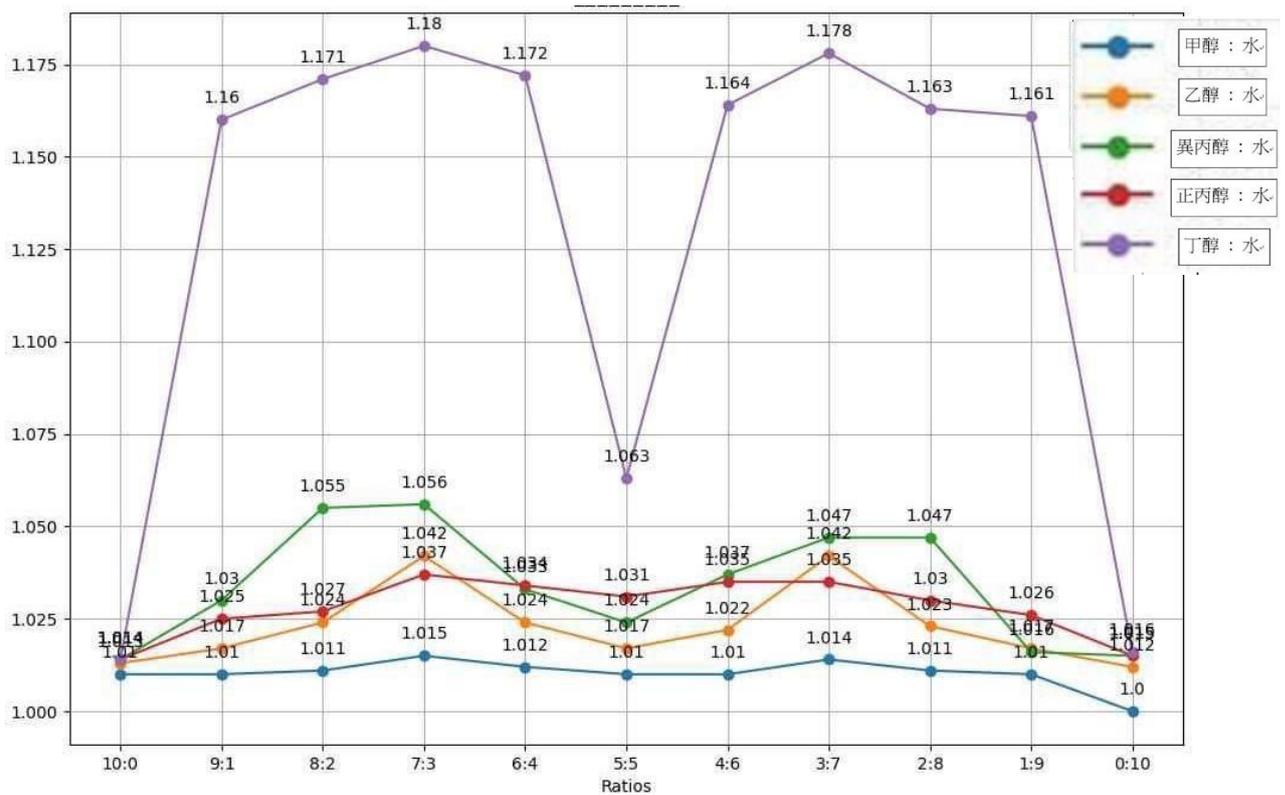


圖 15：五種醇類在不同比例與水混合的綜合比較

(三)研究方法 (光敏電阻值的測量)

1.實驗概述：

- (1)操作變因：各種醇類相互混合的體積比 (甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇)
- (2)控制變因：醇的種類、光敏電阻測量裝置
- (3)應變變因：光敏電阻值大小

2.實驗步驟

- (1)調配不同體積比例混合溶液 (1 : 0 、 1 : 9 、 2 : 8 、 3 : 7 、 4 : 6 、 5 : 5 、 6 : 4 、 7 : 3 、 8 : 2 、 9 : 1 、 0 : 1) 。
- (2)調配完成之後馬上用吸管吸取些許容易並且加到樣品槽八分滿。
- (3)使用三用電表測得電阻值並紀錄。(圖 16、17、18、19、20 及 21 所示)。
- (4)更換不同種醇類並重複以上步驟

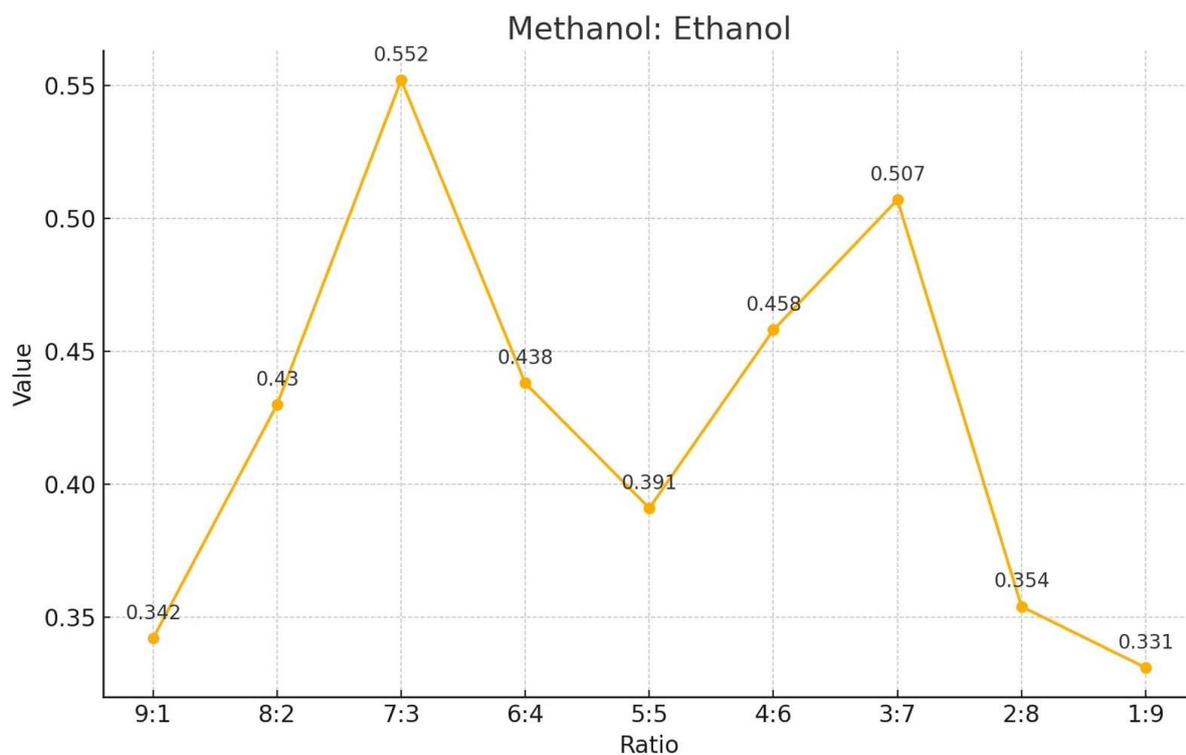


圖 16：甲醇與乙醇混合時之不同比例的電阻值變化

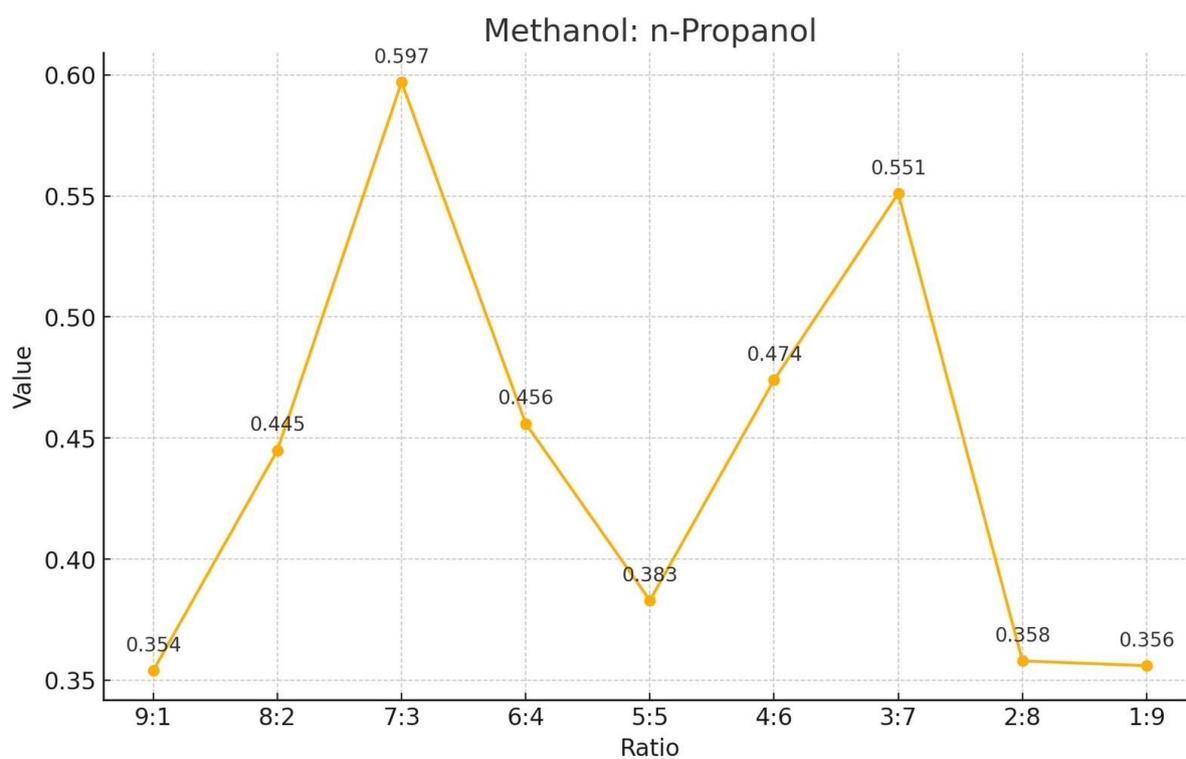


圖 17：甲醇與正丙醇混合時之不同比例的電阻值變化

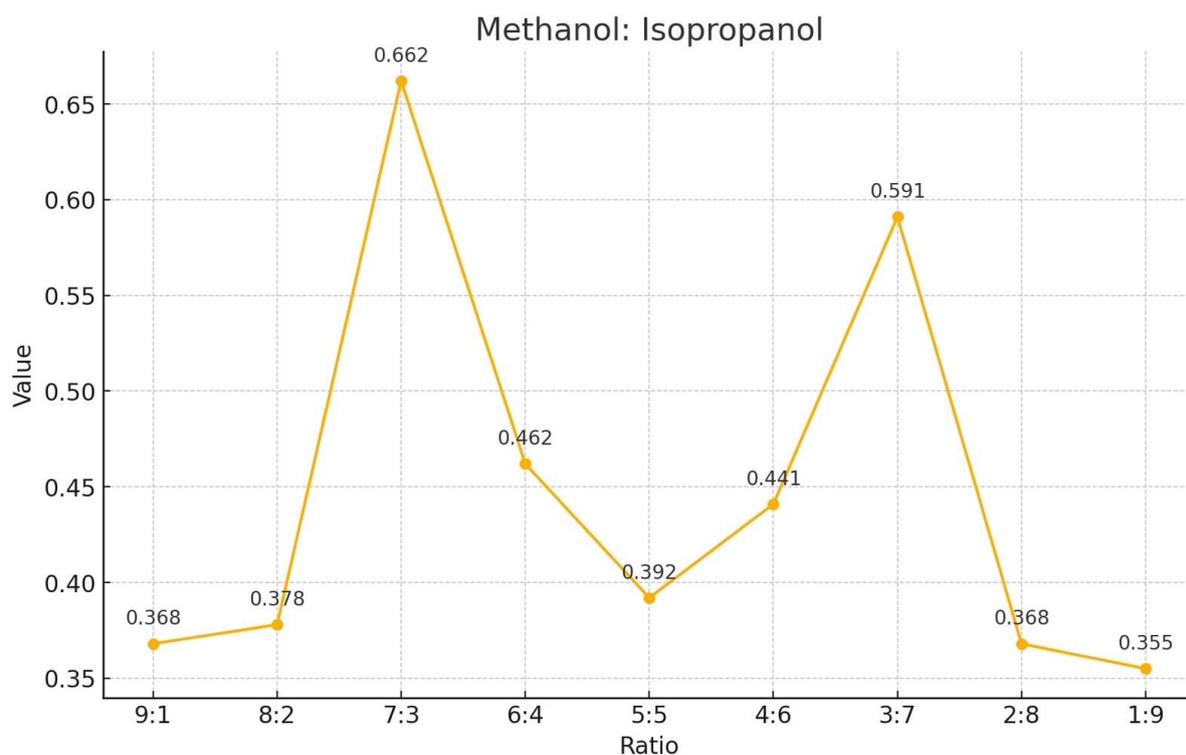


圖 18 : 甲醇與異丙醇混合時之不同比例的電阻值變化

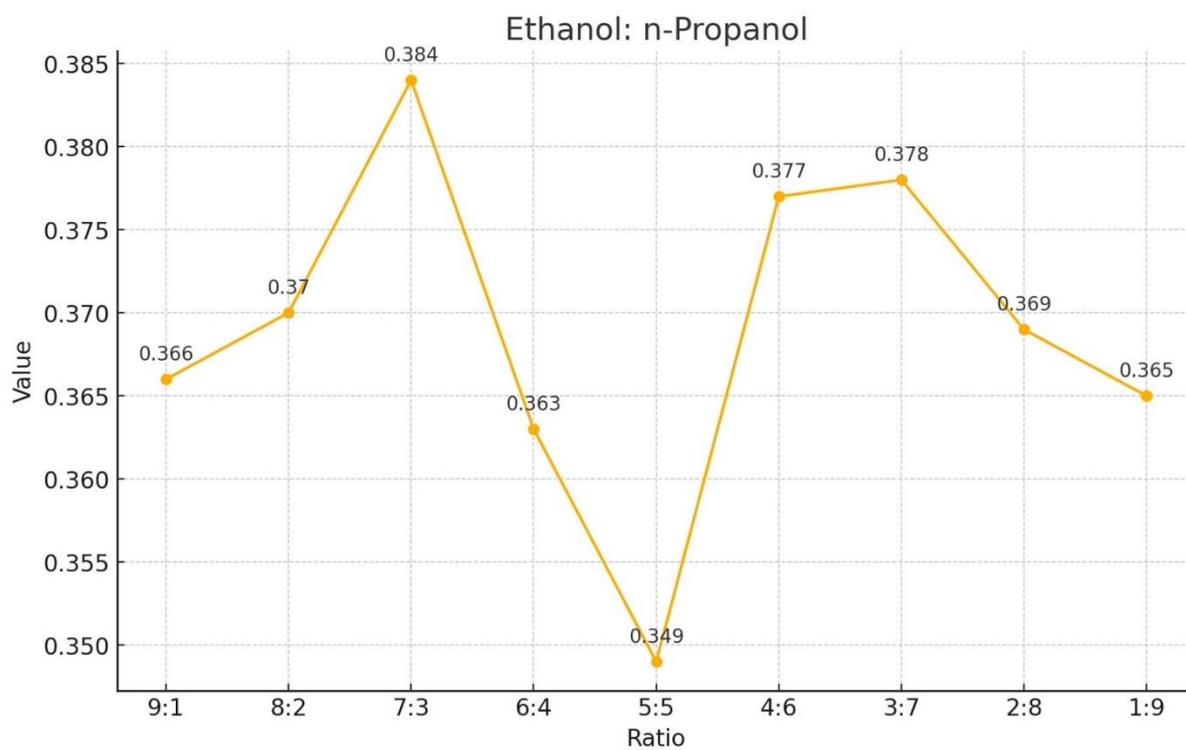


圖 19 : 乙醇與正丙醇混合時之不同比例的電阻值變化

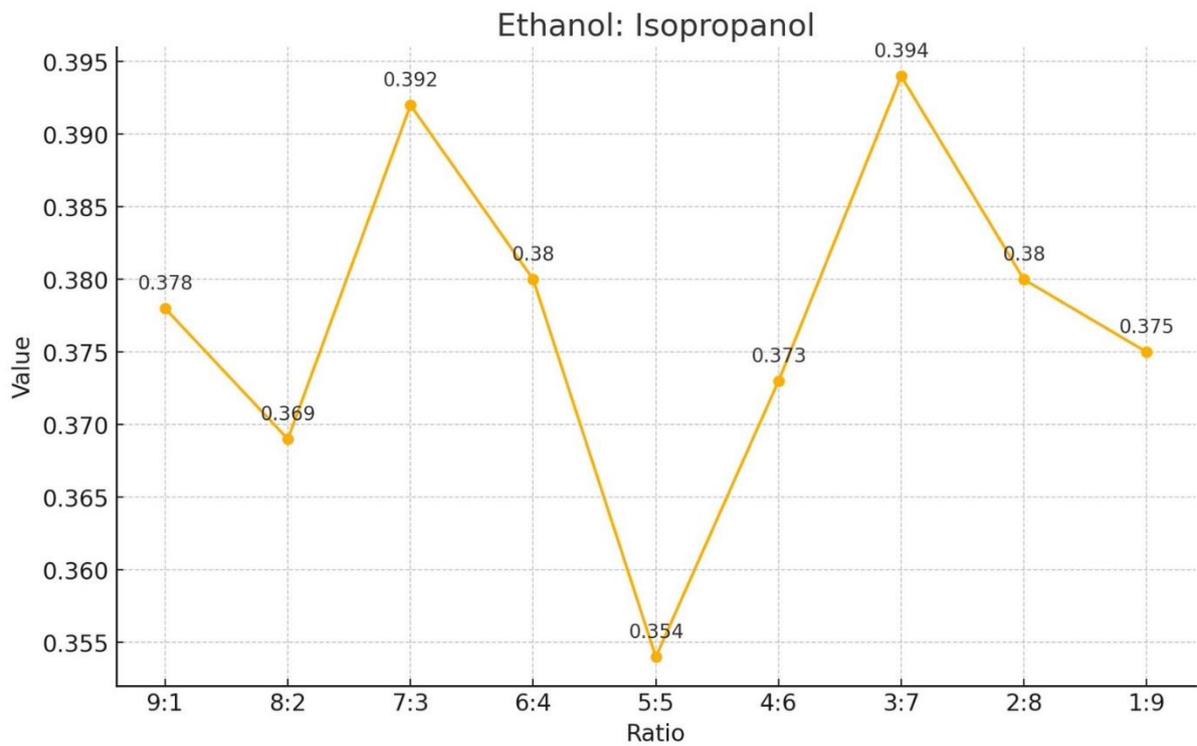


圖 20 : 乙醇與異丙醇混合時之不同比例的電阻值變化

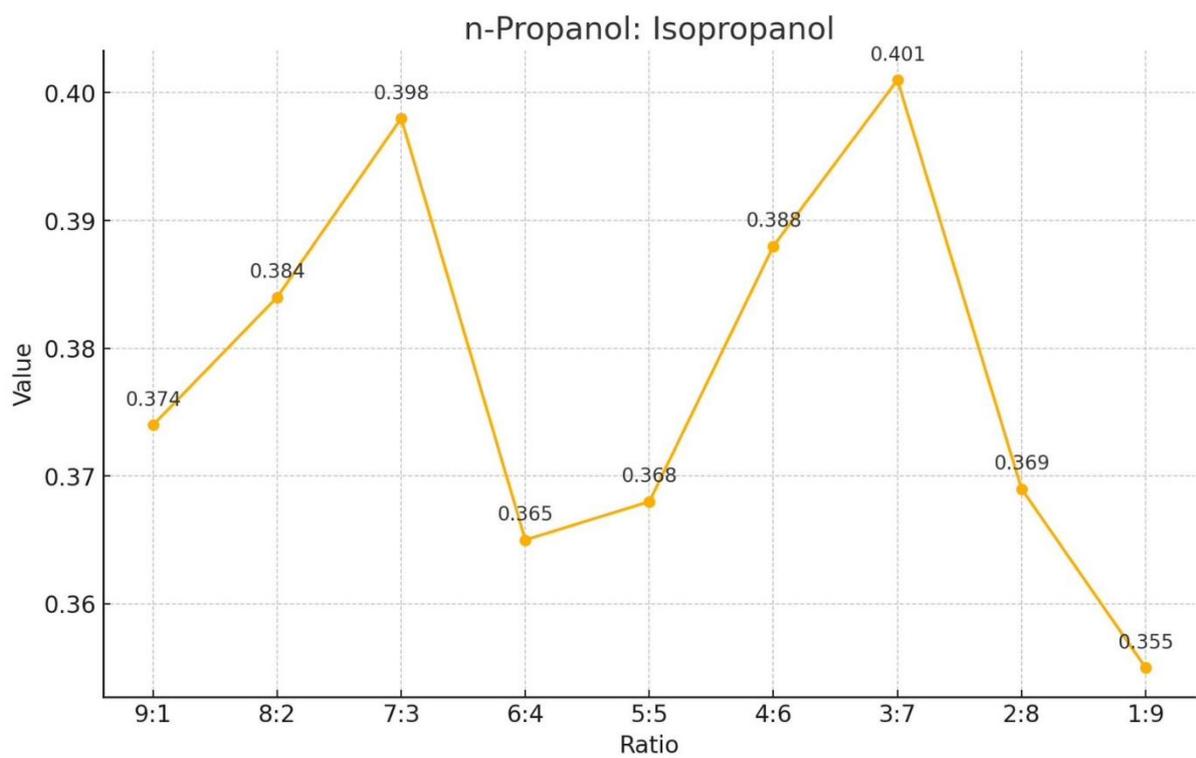


圖 21 : 正丙醇與異丙醇混合時之不同比例的電阻值變化

(四) 研究方法 (醇類與水混合的溫度變化)

1. 實驗概述：

- (1) 操作變因：不同種類的醇類 (甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇) 與水混合
- (2) 控制變因：無線溫度感測儀、保麗龍絕熱裝置
- (3) 應變變因：混合後溫度

2. 實驗步驟

操縱變因：醇類混合水的體積比

控制變因：水溫及醇類初始溫度

- (1) 先倒入欲測量的醇類與水 (每組相加為 100 毫升) 然後依照每組的比例 (分別為 1 : 9 , 3 : 7 , 5 : 5 , 7 : 3 , 9 : 1) 量液體體積。
- (2) 連接精準溫度測量棒至手機 app 並確認溫度。
- (3) 先將保麗龍杯用水清洗過並擦拭乾淨後，倒入醇類至保麗龍杯。
- (4) 把欲加入的水快速加入保麗龍杯，並馬上把溫度測量棒放置在液面底下，接著讀取溫度，並等待大約 20 到 30 秒，看折線圖走向，直到折線圖的走向趨於平緩之後再停止測量裝置
- (5) 將測量完的溶液倒進廢棄溶液杯，並將所有使用過的器材清洗乾淨然後擦拭乾淨，接著等待個器具恢復成原始溫度。
- (6) 重複實驗步驟把所有比例測量完成，並更換使用不同種醇類，截圖並討論數據及分析實驗結果，如圖 22、23、24、25 所示)

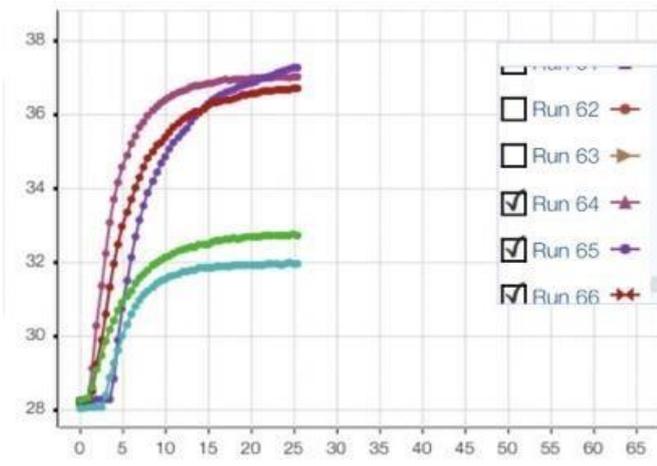


圖 22：甲醇與水混合時的溫度變化（大約 9 度）

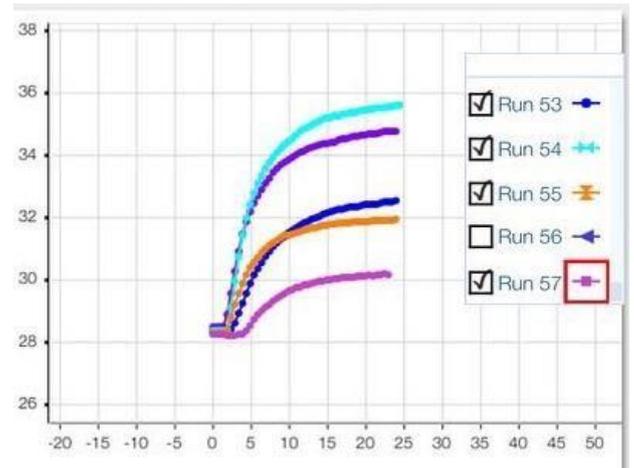


圖 23：乙醇與水混合時的溫度變化（大約 6 度）

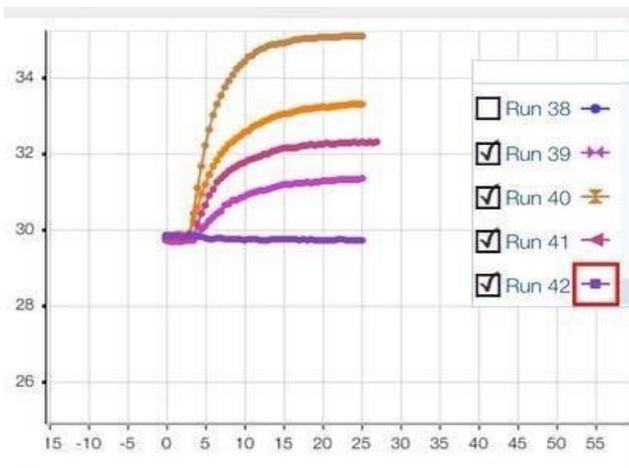


圖 24：正丙醇與水混合時的溫度變化（大約 4 度）

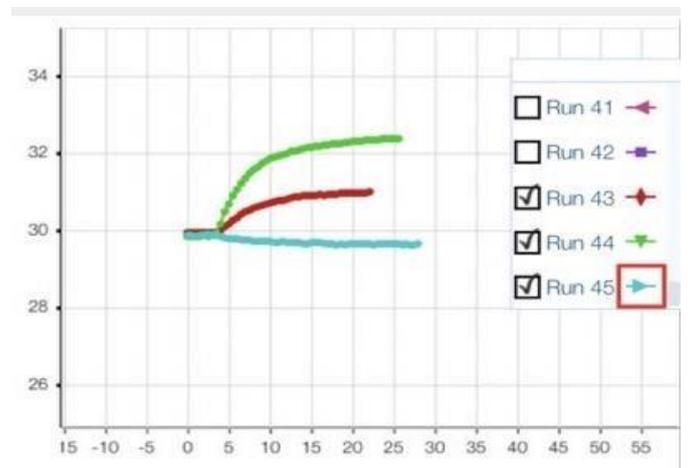


圖 25：異丙醇與水混合時的溫度變化（大約 2 度）

(五) 研究方法 (醇類相互混合的溫度變化測定)

1. 實驗概述：

- (1) 操作變因：不同種類的醇類 (甲醇、乙醇、正丙醇、異丙醇、正丁醇)
- (2) 控制變因：待測物濃度、醇類混合之比例、光敏電阻測量裝置
- (3) 應變變因：溫度

2. 實驗步驟

操縱變因：醇類混合體積比例

控制變因：醇類初始溫度

- (1) 先倒入欲測量的醇類 (每組相加為 100 毫升) 然後依照每組的體積比例 (分別為 1 : 9, 3 : 7, 5 : 5, 7 : 3, 9 : 1) 量液體體積。
- (2) 連接精準溫度測量棒至手機 app 並確認溫度。
- (3) 先將保麗龍杯用水清洗過並擦拭乾淨後再倒入醇類至保麗龍杯。
- (4) 把欲加入的醇類快速加入保麗龍杯，並馬上把溫度測量棒放置在液面底下，接著讀取溫度，並等待大約 20 到 30 秒，看折線圖走向，直到折線圖的走向趨於平緩之後再停止測量裝置。
- (5) 將測量完的溶液倒進廢棄溶液杯，並將所有使用過的器材清洗乾淨然後擦拭乾淨，接著等待個器具恢復成原始溫度。
- (6) 重複實驗步驟把所有比例測量完成，並更換使用不同種醇類，截圖並討論數據及分析實驗結果，如圖 26、27、28、29、30 及 31 所示。



圖 26：甲醇與乙醇混合時的溫度變化（大約 2 度）

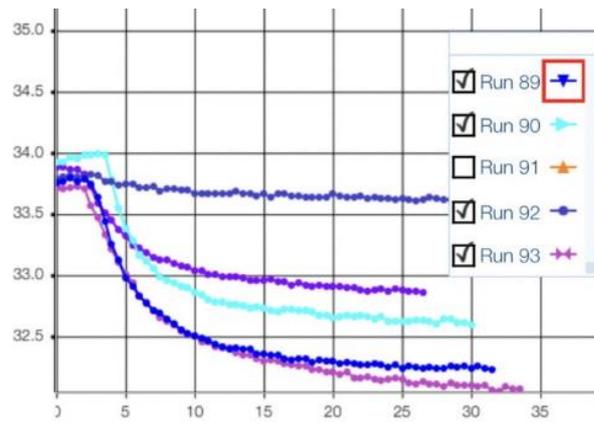


圖 27：甲醇與正丙醇混合時的溫度變化（大約 1.5 度）

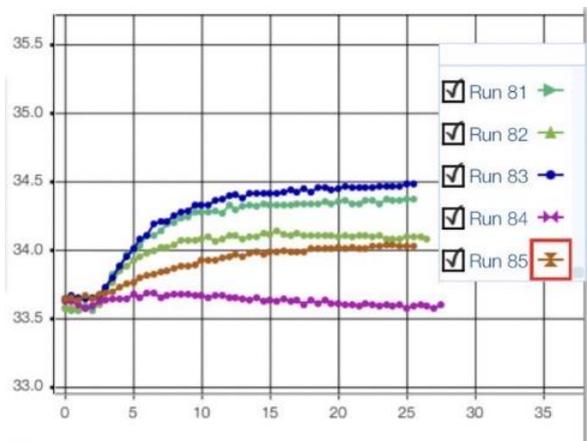


圖 28：甲醇與異丙醇混合時的溫度變化（大約 1 度）

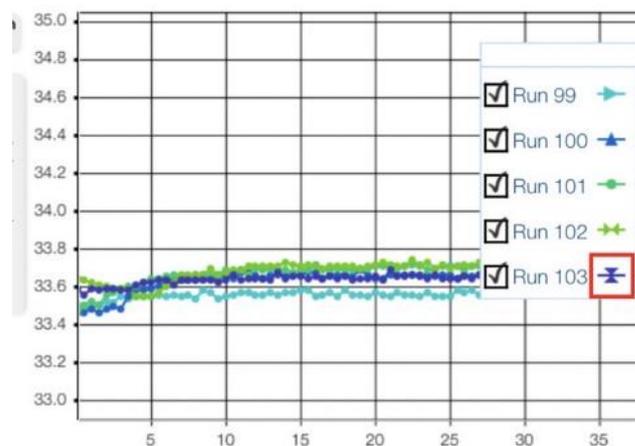


圖 29：乙醇與正丙醇混合時的溫度變化（大約 0.2 度）



圖 30：乙醇與異丙醇混合時的溫度變化（大約 0.5 度）

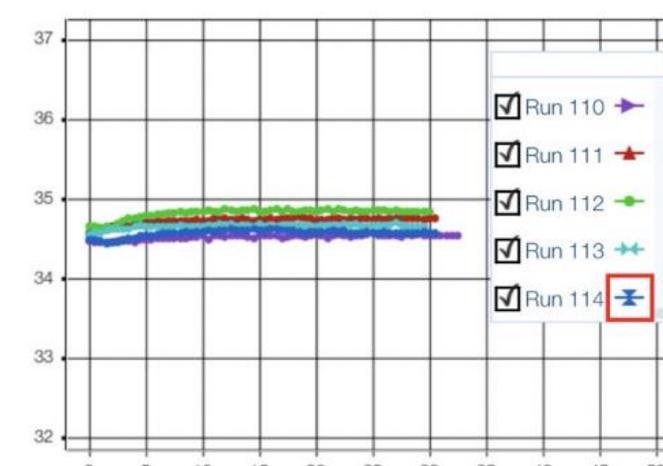


圖 31：正丙醇與異丙醇混合時的溫度變化（大約 0.5 度）

伍、研究結果與結論

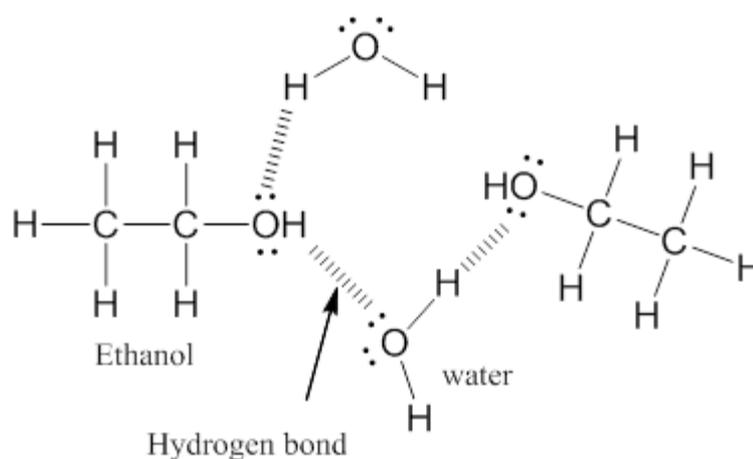
一、結論與研究推論(醇類與水混合時電阻值的變化)

從實驗數據的觀察：

透過實驗可以得知各種醇類與水混合後，測其電阻值得到混濁度由低到高分別是甲醇<乙醇<正丙醇<異丙醇<丁醇。

於是我們推論了以下幾種可能性：

- (一)氫鍵：醇類與水混合時，羥基(-OH)間會形成很強的作用力，我們推論就是氫鍵，還有分子間重新排列時所需時間，造成電阻值的差異。當醇類與水混合時測得電阻值愈大，表示排列成更穩定的結構時所需時間較長，因此產生廷得耳效應。此外分子間若是作用力強，分子間距離愈近，混合時放熱應該愈多，因此我們也做混合液溫度變化的實驗探討。



- (二)碳鏈長度：不同醇類的碳鏈長度不同，含有較長碳鏈（直鏈）的醇類位於末端的羥基較不易與水互溶，從而產生更久且更強的廷得耳效應，所以在碳直鏈大於 3 的醇類跟水的互溶性愈低，無法與水產生較強的分子間作用力，因而放出的熱量也較不明顯。在含碳數越低的醇類因其較易與水互溶，從而產生較多的熱量，偏離理想溶液，而不符合拉午耳定律。
- (三)電阻值：產生的電阻值與醇類與水的互溶性有關，根據我們的實驗數據，含碳數愈多的醇類剛加入水的時候，由於其較不易溶於水，所以在混合瞬間會產生較多且濃稠的不透明絲狀物質，並且充斥整杯溶液。而碳直鏈短的醇類都與水互溶，其電阻值差異就在碳鏈的長度了。

二、結論與研究推論(醇類混合時電阻值的變化)

實驗數據的觀察：

透過實驗結果得知，各種醇類混合時所測得的電阻值都比醇類混合水時的電阻值來的小許多。

於是我們推論了以下幾種可能性：

- (一) 氫鍵：所有醇類分子（如甲醇、乙醇、正丙醇和異丙醇）都含有羥基（-OH），彼此混合時可以形成強的分子間作用力（主要是氫鍵）。正丙醇和異丙醇各種比例混合時測得的濁度最低，這可能是因為分子結構接近，能夠更好互溶。這意味著這兩種醇類混合時的分子作用力與本身的醇類分子間作用力約相等，因此濁度降低。其次，乙醇和異丙醇的混合物混濁度稍高些，但仍然相對較低，這也表明這兩種分子間作用力較強，能夠促進分子的相互溶解。相比之下，乙醇和正丙醇的混合物混濁度較高，這可能是因為它們的分子結構差異較大，分子間作用力不如前兩者穩定。甲醇和異丙醇、甲醇和正丙醇以及甲醇和乙醇的混合物混濁度依次增加，這可能是因為甲醇分子較小，當甲醇與其他碳數較多的醇類混合時，兩個不同醇類的分子間作用力，小於醇類自己本身的作用力，導致互溶性較差，增加溶液混濁度。。
- (二) 電阻值：醇類與醇類混合時所測得的電阻值遠小於醇類與水混合的電阻值，是因為醇類與醇類之間同類極性互溶性高，但是醇類與水混合時極性差異較大，雖然會互溶，但是所需時間也較久。

三、結論與研究推論(醇類與水互溶時產生溫度的變化)

(一) 正丙醇加水與正丁醇加水相比較

從實驗數據發現正丁醇電阻值較大，但是溫度上升卻較小，故可以推論：

含碳數較多的正丁醇與水的互溶性不高，導致剛加入水時瞬間濁度較正丙醇大，電阻值高。相反的，正丙醇與水產生新的作用力（氫鍵）較強，分子間距離拉近，因此溫度上升較正丁醇高。

(二) 正丙醇加水與異丙醇加水相比較

以實驗數據顯示，正丙醇水溶液溫度上升較高但電阻值較小，可推論如果以同碳數的醇類水溶液而言，異丙醇加水時瞬間電阻值較高，顯示其分子間重新排列的速度比正丙醇加水來的慢，混合均勻時所需時間較長；而正丙醇與水分子間重新排列的速度較快，混合均勻時所需時間短且其與水之間產生的氫鍵更強，所以放熱較多。

(三) 甲醇、乙醇及丙醇與水互溶性做比較：

- (1) 碳數最多的丙醇電阻值最高，而碳數最少的甲醇混合水的上升溫度最大，表示甲醇與水形成較強的氫鍵，並且水溶液很快就可以均勻分佈，因而電阻值小。
- (2) 丙醇相較於甲醇較不易溶於水（雖然文獻資料都顯示碳數小於3的醇類與水都是無限互溶），導致剛加入的瞬間較混濁，電阻值大。

四、結論與研究推論(醇類相互混合時的溫度變化)

從實驗數據我們可以觀察到醇類在各種比例相互混合時放熱狀況差距不大，其中甲醇與乙醇上升在2度左右；甲醇與正丙醇下降1.5度；甲醇與異丙醇上升1度；乙醇與正丙醇上升0.2度；乙醇與異丙醇上升0.5度。

- (一) 分子間作用力：這些醇類分子間作用力幾乎相等，所以混合時溫度沒有什麼變化。比較特別的是甲醇與乙醇混合時溫度上升較多，顯示兩分子間產生新的作用力較大；甲醇與正丙醇混合時溫度反而下降，顯示甲醇與正丙醇產生新的作用力較弱。
- (二) 拉午耳定律：根據拉午耳定律，理想溶液應具有體積的加性，放熱為零，分子間作用力均相同。根據我們的實驗結果，甲醇與乙醇混合時溫度上升較多，顯示分子間作用力變大，呈現負偏差；甲醇與正丙醇混合時溫度反而下降，顯示甲醇與正丙醇分子間作用力較弱，呈現正偏差。

五、實驗結論總整理

- (一) 兩物質混合後分子間作用力愈強者，會有越強的重新排列能力，達到均勻混合時間愈短，所以廷得耳效應比較不明顯，也就是電阻值會比較小。
- (二) 醇類與水分子之間形成越強的氫鍵時，代表分子之間作用力越強，而且分子間作用力越強的時候，會產生愈大的溫度變化。
- (三) 醇類與水混合時，碳鏈越長的醇類與水產生的廷得耳效應越明顯，顯示分子間有新的作用力產生，重新排列所需的時間較長。

(四) 醇類之間混合時，因為極性相近，所以電阻值比醇類與水混合時小；醇類分子之間混合時，分子結構接近，分子間產生新的作用力與醇類本身分子間的作用力差不多，所以廷得耳效應不明顯。

陸、未來展望與生活應用

未來展望：

1. 我們希望未來能掌握廷得耳效應的時效性，進一步了解不同醇類與水體積混合比例下廷得耳效應的變化情況，包括溶液混合時溫度、體積及蒸氣壓變化。
2. 我們目前僅能透過混合的比例推估大致上的電阻值，希望未來找出一個方程式來代表醇類濃度與電阻之間的關係，以便能夠更準確地預測不同濃度醇類溶液的電阻值。
3. 我們希望能夠將這個實驗方法應用於測試折射率，將光敏電阻作為測量折射率的實驗工具之一，並與傳統方法進行比較，探索其準確性和可靠性。
4. 我們將進一步測試因氫鍵放出的熱量對廷得耳效應和電阻值的影響，以深入了解分子間作用力對溶液性質的影響機制。
5. 醇類分子間的氫鍵作用在藥物設計和傳遞系統中具有重要應用。通過控制醇類混合物的配比，可以調整藥物分子的溶解性、穩定性和傳遞效率。例如，甲醇和乙醇的混合物可以用於溶解和傳遞難溶性藥物，增強其生物利用度和治療效果。此外，這些混合物可以用於設計新型藥物載體，通過調整氫鍵強度和放熱特性，控制藥物的釋放速率和作用時間，從而提高藥物治療的精確性和有效性。

柒、參考資料

1. 折射率的測定 https://www.youtube.com/watch?v=-EkffyIB_c4，龍騰文化
2. <http://chemismeow.blogspot.com/2016/06/blog-post.html>