

臺灣二〇〇四年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：毛細管中的拉午耳

得獎獎項：化學科佳作

學 校：國立臺南第一高級中學

作 者：賴昭男、吳浩緯

作者簡介



我的名字是賴昭男，目前就讀台南一中二年級。平日最喜愛的休閒活動是閱讀、游泳以及音樂欣賞等。高中時，由於平日的閱讀習慣，在幾次的閱讀心得比賽中獲得佳績。而從國中至高中在許多老師的建議及鼓勵下，使得我對於科學也產生濃厚的興趣。在高一時，由於同學的引薦，接受了鄧明聖老師的指導，與吳浩緯同學搭檔參與了此次的科展活動，這也讓我在閱讀普通課外書之外，也開始接觸科普類的書籍。非常高興這一次可以有機會參加此次的台灣國際科學展覽會，雖然實驗過程中經歷了許多非常多的失敗及挫折，但也讓我了解到作實驗所需要的耐心與毅力及團隊精神的重要性。最後要特別感謝指導的鄧明聖老師，在這半年來給予的鼓勵與支持。



我的名字是吳浩緯，目前就讀台南一中二年級。平日喜歡的休閒活動有閱讀、唱歌、溜直排輪以及音樂欣賞。在國中時曾代表學校參加全國學生音樂比賽，在國樂合奏方面獲得優等的佳績。從國中至高中在許多老師的建議及鼓勵下，讓我逐漸對科學產生興趣。在高一時，接受了鄧明聖老師的指導，與賴昭男同學搭檔參與了此次的科展活動，這也培養了我在課後閱讀科學方面書籍的興趣。非常高興這一次可以代表學校參加此次的台灣國際科學展覽會，雖然實驗過程中經歷了許多失敗及挫折，但也讓我了解到作實驗所需要的耐心與毅力及團隊精神的重要性。最後要特別感謝指導的鄧明聖老師，在這半年來給予的鼓勵與支持。

壹、 研究摘要

中文簡介：

本實驗利用簡單的儀器（使用毛細管與注射針筒），求出不同混合比例之有機溶液的各個成分之蒸氣壓、蒸發速率與蒸發量，進而可推算出蒸發熱速率，而利用此實驗得到的數值，並可應用在不同的領域，如日常生活之散熱劑、工業上之機器散熱、及醫療上之人體退燒等，均可利用此實驗程序找出適當的比例，並可進一步理論探討「拉午耳定律中正負偏差」以及「蒸氣中各成分的組成活性」。

英文簡介：

In this experiment, simple instruments including capillary tubes and syringes are used to find vapor pressure, rate of evaporation, and evapotranspiration of all elements of organic solution under different mixed proportions. In this way, the rate of evaporation that can be compared ; therefore, becomes suitable for different areas that include heat dissipation for daily life, machine heat dissipation for industry, and fever reduction for medical applications. In other words, the experiment proposed here can be utilized to find the appropriate ratio. Meanwhile, we can use the results to perform the theoretical investigation of Positive-Negative Bias of Raoult's Law and Component Activity of Vapor.

貳、研究內容

一、研究動機

由於吾人觀察到目前市面上的許多散熱劑產品，似乎可以提供工業、醫學在特定的用途上(例如：使機器、人體散熱等)一些幫助。

目前一些研究單位及實驗室，在探討蒸氣壓以及其組成時，所使用的機器(例如：層析儀、光譜儀等.)在價格上及耗材上均十分昂貴，因此吾人試著找出一種方法，利用「自製的簡單儀器」、「簡單的操作方式」、「十分便宜的價格」卻能夠有令人滿意且值得參考的實驗結果，在不同的使用方向(例如：散熱劑、香精溶劑)上，可利用吾人所研發的這種方式找出適當的比例，進一步探討「拉午耳定律中正負的偏差」以及「蒸氣中各成分的組成」，使得這項研究實驗更可以在高中實驗室中扮演一個非常理想的示範實驗教材。

二、研究目的

設計一簡易的方法並利用自製毛細管針筒裝置系統，求得純溶劑及混合液體蒸發熱、蒸氣壓及蒸發速率，利用蒸發熱量的關係式配合拉午耳定律，求取不同組成在溶液中各成分所佔分壓，並進一步解出活性係數，及探討不同組成蒸發所造成熱量帶走熱量速率，與溶液組成之關係。

三、研究原理

1、拉午耳定律(Raoult's law)

$$P = X_A P_A + X_B P_B$$

P ：總壓； X_A 、 X_B ：二成分溶液組成之莫耳分率； P_A 、 P_B ：組成分純物質態之蒸氣壓

2、蒸汽壓蒸發熱(ΔH_{vap})和溫度之間關係的方程式稱作克勞修斯—克拉貝畢方程(Clausius-Clapeyron equation):

$$\ln P = \frac{-\Delta H_{vap}}{RT} + C$$

3、利用不同液體不同比例混合，其能量傳遞的差異，便可間接求出其分壓。由能量傳遞求得分壓的方式：

(1)先由實驗中求得 A、B 兩種溶液當時溫度的蒸氣壓 P_A 、 P_B 。

(2)再利用克勞修斯—克拉貝畢(Clausius-Clapeyron equation)求出蒸發熱

$$H_A、H_B。$$

(3)利用下列三條方程式：

$$(甲) P = k_A \cdot P_A + k_B \cdot P_B$$

$$(乙) \Delta H' = \frac{X_A}{k_A + k_B} \cdot \Delta H_A + \frac{X_B}{k_A + k_B} \cdot \Delta H_B$$

$$(丙) \frac{\Delta H}{\Delta H'} = k_A + k_B$$

P 表總壓、 $\Delta H'$ 表總能量

k_A 、 k_B ：液體蒸氣在全部氣體中所佔的一個比例數； x_A 、 x_B ：所調配之莫耳分率(註)由於 P 、 $\Delta H'$ 、 ΔH_A 、 ΔH_B 皆可由實驗中求得即推得，而 P_A 、 P_B 、

x_A 、 x_B 為已知數，故可解出 k_A 、 k_B 。

說明：

(1)因為實驗的溶液，大部分為非理想溶液，其混合蒸氣壓會有正負偏差的產生，因此研究者在(甲)式便假設了兩個比例數 k_A 、 k_B ，如果為理想溶液，則 k_A 、 k_B 值等於莫耳分率 x_A 、 x_B ；若為正偏差，則 k_A 、 k_B 大於 x_A 、 x_B ；若為負偏差，則 k_A 、 k_B 小於 x_A 、 x_B (k_A 、 k_B 值大約在 0~2 之間)。

(2)在拉午耳定律的公式, A, B 混合之溶液 $P = k_A \cdot P_A + k_B \cdot P_B$, 但溶液中兩種液體之吸引力彼此不同, 因此混合之後彼此間之作用力即會改變, 氣體中組成之比例會改變, 即會有正偏差或負偏差的情形, 故空間中蒸氣壓之組成公式應該為

$$P = k_A \cdot P_A + k_B \cdot P_B$$

$k_A \cdot P_A$ 、 $k_B \cdot P_B$ 表液體在蒸氣壓組成之分壓

(3)筆者利用蒸汽壓蒸發熱(ΔH_{vap})和溫度之間關係的方程式稱作克勞修斯—克拉貝畢方程(Clausius-Clapeyron equation)求得混合液體蒸發熱, 但認為能量需要守恆, 故純液體蒸發熱×莫耳分率=溶液中該成分蒸發熱×該成分活性 $x_A \Delta H_{vap} = k_A \Delta H'_{vap}$; $x_B \Delta H_{vap} = k_B \Delta H'_{vap}$

(4)由於 $\Delta H = X_A H_A + X_B H_B$, 與(乙)式相除, 筆者可推得(丙)式, 而筆者利用計算較為簡便的(甲)式和(丙)式求得 k_A 、 k_B 。

4、測量平衡蒸氣壓(圖一)

已知未知液尚未蒸發時水銀柱左右之大氣壓力相等

則可求未知液蒸發達平衡時之公式:

$$\because P_x + P_1 = P_2 \Rightarrow \therefore P_x = P_2 - P_1$$

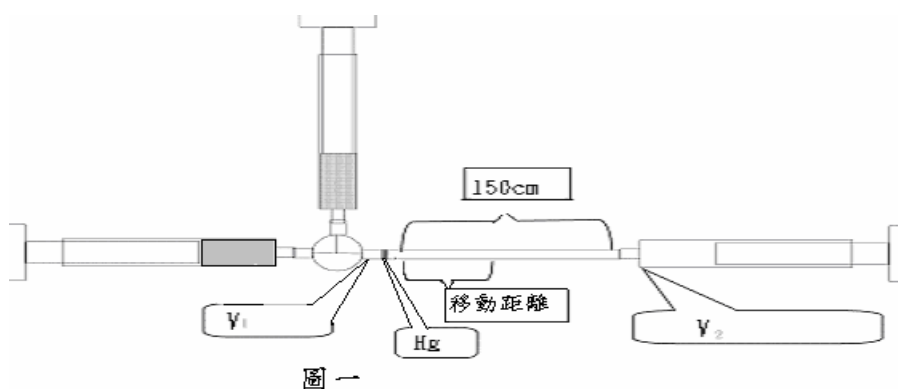
$$P_0 \times V_1 = P_1 \times (V_1 + A \times h) \Rightarrow P_1 = P_0 \times V_1 \div (V_1 + A \times h) \dots\dots 1$$

$$P_0 \times V_2 = P_2 \times (V_2 - A \times h) \Rightarrow P_2 = P_0 \times V_2 \div (V_2 - A \times h) \dots\dots 2$$

$$\text{可知 } P_x = P_2 - P_1 = P_0 \left(\frac{V_2}{V_2 - A \times h} - \frac{V_1}{V_1 + A \times h} \right)$$

P_0 : 大氣壓; P_1 : 蒸發液體達平衡時水銀柱左邊之大氣分壓 ; P_2 : 蒸發液體達平衡時水銀柱右邊之大氣分壓; V_1 : 水銀柱左邊之體積; V_2 : 水銀柱右邊之體積; P_x : 未知液體之蒸氣壓; A : 毛細管之截面積; h : 水銀柱移動之距離

測量平衡蒸氣壓及蒸發熱實驗裝置圖(圖一)



說明：

- (1) 定溫下可測得平衡蒸氣壓
- (2) 不同溫度下可由克勞修斯－克拉貝畢方程(Clausius-Clapeyron equation)測得蒸發熱
- (3) 筆者認為當水銀柱右邊與空氣相連接時(如圖二), 由於壓力不變所以水銀要達平衡所走的距離變長, 故平衡時間會變長; 因此筆者為使平衡時間縮短, 用一注射管在右邊, 使注射管體積 V_2 變大, 可避免方程式(編號)計算繁雜, 且在 V_1 不大時, 為使其平衡時間不會太久以及 h 的大小在可觀察之範圍內, 故筆者使用圖一。
- (4) 而假如左邊體積大時, 因於細小的毛細管中, 蒸氣的擴散速率較慢, 而在液體表面造成假性平衡, 但當體積小時, 則誤差相對會變大, 因此筆者欲取得左邊體積的一個適當的定值, 使其誤差降至最小卻不造成假性平衡。
- (5) 從裝置圖上筆者發現, 假如水銀柱右邊之體積太小時, 其水銀柱移動之距離會因為此研究器材不精確而太短造成誤差, 因此筆者希望找出適當的體積使得水銀柱移動之距離精確但不使平衡時間過長

(6) 筆者發現, 當水銀柱左右壓力(外界之壓力)會隨著室溫移動至預測溫度造成變化, 筆者利用理想氣體方程式可得知水銀柱左右兩邊之體積不會因為溫度的改變造成變化(在不考慮系統裝置不因溫度漲縮), 但壓力會和溫度成正比關係, 即可求出水銀柱左右兩邊至欲測溫度時之壓力 P_0 。

5、測量水銀柱左右兩邊至欲測溫度之壓力(圖一)

$$\because PV = nRT \Rightarrow \therefore \frac{PV}{T} = nR$$

$$V_1' = V_1 - \Delta V$$

$$V_2' = V_2 + \Delta V$$

$$\begin{cases} \frac{P^* V_1}{Tr} = \frac{P_0 \times V_1'}{T} \dots 1 \\ \frac{P^* V_2}{Tr} = \frac{P_0 \times V_2'}{T} \dots 2 \end{cases} \Rightarrow \text{相除} \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{V_1 - \Delta V}{V_2 + \Delta V}$$

$$\text{即可求出 } \Delta V = 0 \Rightarrow V_1' = V_1, V_2' = V_2$$

$$P_0 = P^* \times \frac{T}{Tr}$$

即可知溫度變化部造成體積的改變

而壓力會與溫度成正比

P^* : 外界大氣壓力; P_0 : 恆溫後氣柱的壓力; Tr : 室溫; T : 恆溫之溫度;

V_1' : 水銀柱左邊後來之體積; V_2' : 水銀柱右邊後來之體積

6、測量速率:(圖二)

(1) 裝置圖上筆者發現, 水銀左邊的注筒(A 筒)之氣壓[空氣氣壓+蒸氣壓]等於右邊的大氣壓力, 因此我們可以求得空氣壓為大氣壓減去蒸氣壓。

(2)打開三向閥，使通上方裝一體之注射筒，則左方空間迅速達飽和，水銀會因為左筒中的壓力變大而向右方向移動，因此筆者可以利用上述反應。

(3)理出一個方程式，求出飽和的蒸氣壓。

(4)利用水銀其移動速度來決定蒸發速率。

算式：

$$P_0V_0=P(V_0+Ah) \dots\dots\dots 1$$

$$P_0-P_x = P \dots\dots\dots 2$$

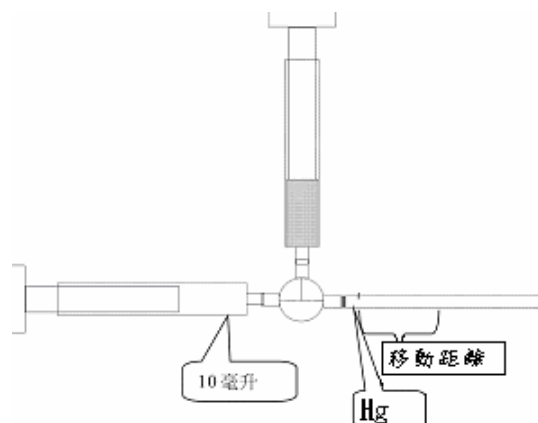
$$1 \text{ 除 } 2 \quad P_0V_0 / (P_0-P_x) = (V_0+Ah)$$

$$P_x= P_0 \times Ah / (V_0+Ah)$$

P_0 ：大氣壓； V_0 ：左筒原空氣體積； P_x ：液體蒸氣壓； A ：毛細管截面積；

h ：水銀移動長度

測量速率裝置圖(圖二)



7、由於整個實驗系統中包括毛細管、混合液體皆會隨著實驗的溫度而膨脹收縮，筆者利用以下之七大步驟來校正實驗數據：

$$(1) P_{0(4^{\circ}C)} = P_{air} \times \frac{T_{4^{\circ}C}}{T_{室溫}}$$

$$(2) \text{莫耳分率: } X_A : X_B = \frac{M_A}{M_A + M_B} : \frac{M_B}{M_A + M_B}$$

$$(3) \text{理想蒸氣壓: } P_{X(0^\circ\text{C})} = X_A P_{A(0^\circ\text{C})} + X_B P_{B(0^\circ\text{C})}$$

$$(4) \Delta H = X_A H_A + X_B H_B$$

$$(5) \text{利用 } \ln \frac{P_{X(4^\circ\text{C})}}{P_{X(0^\circ\text{C})}} = \frac{-\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_{4^\circ\text{C}}} - \frac{1}{T_{0^\circ\text{C}}} \right) \text{ 求出 } P_{X(4^\circ\text{C})}$$

$$(6) \text{再利用 } P_{X(4^\circ\text{C})} = P_{0(4^\circ\text{C})} \left(1 - \frac{V_0}{V_0 + 0.053 \times \Delta h_{4^\circ\text{C}}} \right) \text{ 求出 } \Delta h_{4^\circ\text{C}}$$

$$(7) \text{最後利用 } \frac{\text{開啓的刻度} - 4^\circ\text{C刻度} + \Delta h_{4^\circ\text{C}}}{T_{\text{室溫}} - T_{4^\circ\text{C}}} \text{ 求出 } \Delta h / ^\circ\text{C}$$

說明：

- (1) 由於整個實驗系統是在室溫下裝置，但實驗卻不在室溫下進行，所以整個實驗系統對於溫度的膨脹和收縮會造成實驗數據的誤差，故需要上述的步驟來求得每 $^\circ\text{C}$ 的膨脹率及 4°C 下蒸氣壓的影響，並扣除其影響，已減低實驗之誤差。
- (2) 由於在低溫時，各氣體的微氣壓較小，故正負偏差所造成的影響也較小，所以可假設其符合拉午耳定律(即將其視為理想蒸氣壓)，由於所求出來 (4°C 下蒸氣壓的影響)也較為準確

四、研究器材

1. 異丙醇、丙醇、乙醇、五氧化二磷、水銀
2. 毛細管、恆溫槽、燒杯、量筒、注射筒、數位相機

五、

1、

- (1) 實驗系統(如圖一)裝置完畢後，將其放在室溫下，使用數位相機拍攝系統在三向閥未開啟時的水銀刻度。
- (2) 爾後，把實驗裝置放入 4°C 之恆溫槽內，待整個系統恆溫後，將接再混合溶液針筒之三向閥轉成與毛細管相通，待其壓力平衡後，拍攝此時的水銀刻度。
- (3) 把恆溫槽溫度升為 27°C ，待其壓力平衡後，拍攝此時的水銀刻度，再按此法依序拍攝 30°C 、 33°C 、 36°C 、 39°C 之水銀刻度，並記錄之。
- (4) 用“研究原理中之七大步驟”求出此系統水銀刻度的校正值。
- (5) 利用平衡蒸氣壓公式，代入校正過之數值，求出平衡蒸氣壓。
- (6) 按照 1~5 之步驟，求出不同比例的混合溶液之平衡蒸氣壓。

2、找尋各組混合溶液之活性正偏差最大的溶液組成(最佳比例)

- (1) 利用 1 中求出之不同比例的混合溶液之平衡蒸氣壓製圖，x 軸為兩種液體之莫耳分率，y 軸為活性之比例數(及前述之 k_A 、 k_B)。
- (2) 在圖中找出與理想液體有最大正偏差之最佳比例($k_A + k_B$ 最大之一點)。

3、求各種混合溶液在最佳比例、不同溫度下之蒸發速率

- (1) 利用 2 之最佳比例配置各種混合溶液
- (2) 使用實驗系統(圖二)裝置完畢後，將其放在室溫下，使用數位相機拍攝系統在三向閥未開啟時的水銀刻度

(3) 爾後,把實驗裝置放入 27°C 之恆溫槽內,每隔兩分鐘用數位相機拍攝一次

相片,共拍攝 6 次(12 分鐘),並記錄此時之水銀刻度

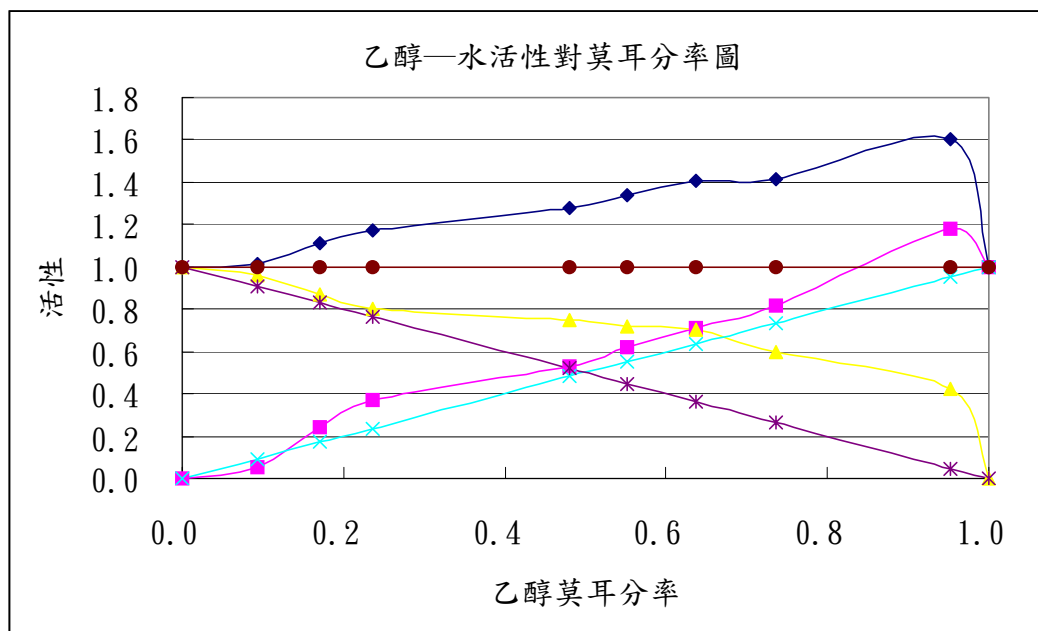
(4) 按上述之步驟,拍攝 30°C、33°C、36°C、39°C 之水銀刻度,並記錄之

五、研究數據

(一)乙醇—水

1、乙醇對水的莫耳分率對活性圖表(300K)

VA	VB	XA	XB	ΔH	P	ka	kb	ka+kb	XA+XB
20.0	0.0	1.000	0.000	42.320	8.820	1.000	0.000	1.000	1.000
19.7	0.3	0.953	0.047	42.449	11.906	1.180	0.420	1.600	1.000
18.0	2.0	0.735	0.265	43.044	9.350	0.819	0.596	1.415	1.000
17.0	3.0	0.636	0.364	43.314	8.759	0.710	0.700	1.410	1.000
16.0	4.0	0.553	0.447	43.543	8.037	0.620	0.720	1.340	1.000
15.0	5.0	0.481	0.519	43.739	7.327	0.527	0.750	1.277	1.000
10.0	10.0	0.236	0.764	44.409	6.117	0.370	0.800	1.170	1.000
8.0	12.0	0.171	0.829	44.587	5.220	0.240	0.870	1.110	1.000
5.0	15.0	0.093	0.907	44.799	3.865	0.050	0.960	1.010	1.000
0.0	20.0	0.000	1.000	45.054	3.567	0.000	1.000	1.000	1.000



2、乙醇對水（19.7/0.3）的蒸發速率圖（其他溫度見附錄）

絕對溫度	現在氣壓	Px	時間（分）
300	762.5	7.809	5
300	762.5	8.336	10
300	762.5	8.394	15
300	762.5	8.627	20
300	762.5	8.915	25
300	762.5	8.915	30
反應速率(mol/min)		1.19551E-06	

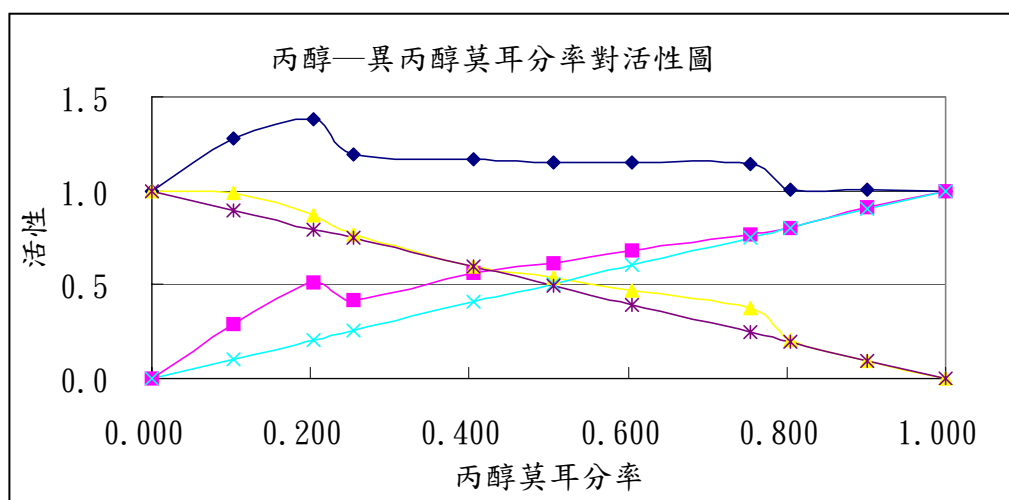
3、乙醇對水（19.7/0.3）的蒸發熱速率圖（其他溫度見附錄）

實驗溫度	絕對溫度	蒸發速率(mol/min)	1/T	ln(RATE)	蒸發熱速率(Kj/min)
27	300	0.00000120	0.003333	-13.6332	3.18×10^{-05}
30	303	0.00000124	0.0033	-13.6004	3.29×10^{-05}
33	306	0.00000675	0.003268	-11.9060	1.79×10^{-04}
36	309	0.00000418	0.003236	-12.3852	1.11×10^{-04}
39	312	0.00000581	0.003205	-12.0559	1.54×10^{-04}

(二)丙醇—異丙醇

1、丙醇—異丙醇莫耳分率對活性圖（300K）

VA	VB	XA	XB	ΔH	P	ka	kb	ka+kb
0	20	0.000	1.000	47.450	6.800	0.000	1.000	1.000
2	18	0.102	0.898	47.644	7.643	0.290	0.990	1.280
4	16	0.204	0.796	47.838	7.517	0.510	0.870	1.380
5	15	0.254	0.746	47.933	6.555	0.420	0.770	1.190
8	12	0.405	0.595	48.220	5.860	0.566	0.600	1.167
10	10	0.506	0.494	48.411	5.587	0.610	0.540	1.150
12	8	0.605	0.395	48.600	5.318	0.680	0.468	1.148
15	5	0.754	0.246	48.883	4.971	0.766	0.377	1.143
16	4	0.804	0.197	49.025	3.890	0.805	0.201	1.005
18	2	0.902	0.098	49.164	3.510	0.908	0.097	1.005
20	0	1.000	0.000	49.350	3.140	1.000	0.000	1.000



2、丙醇—異丙醇（4/16）的蒸發速率圖（其他溫度見附錄）

絕對溫度	現在氣壓	Px	時間
300	755	2.236	2
300	755	3.269	4
300	755	3.396	6
300	755	3.714	8
300	755	3.840	10
300	755	4.155	12

反應速率(mol/min)

7.91653E-07

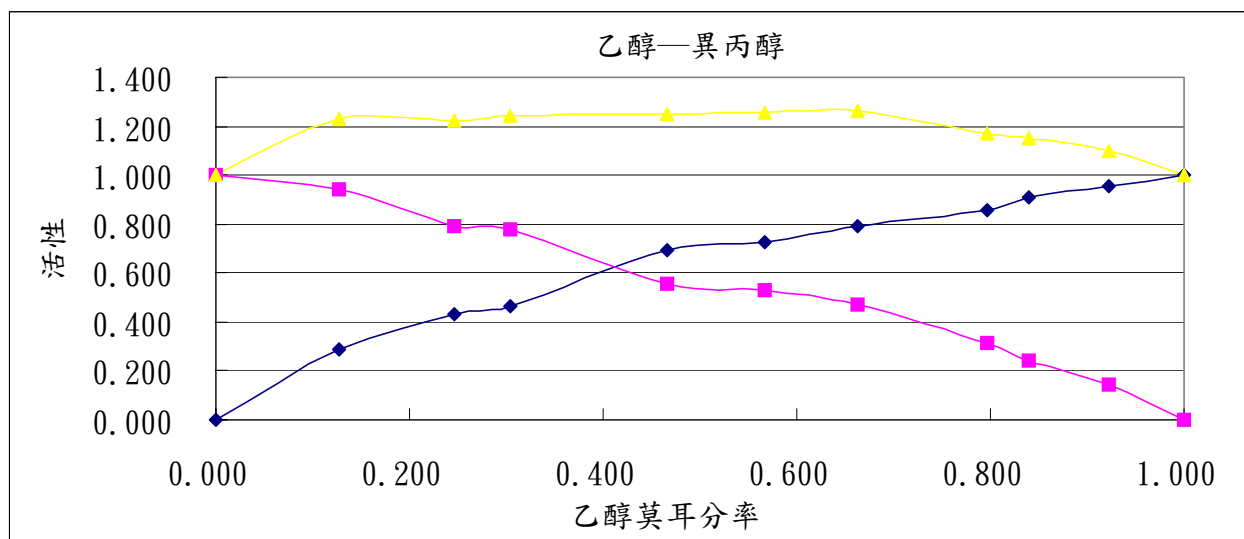
3、丙醇—異丙醇（4/16）的蒸發熱速率圖（其他溫度見附錄）

實驗溫度	絕對溫度	蒸發速率(mol/min)	1/T	ln(RATE)	蒸發熱速率(Kj/min)
27	300	9.93×10^{-07}	0.00333	-13.82	3.43×10^{-05}
30	303	1.10×10^{-07}	0.00330	-13.72	3.80×10^{-05}
33	306	1.29×10^{-07}	0.00327	-13.56	4.47×10^{-05}
36	309	6.22×10^{-07}	0.00324	-11.99	2.15×10^{-04}
39	312	6.41×10^{-07}	0.00321	-11.96	2.22×10^{-04}

(三)乙醇—異丙醇

1、乙醇—異丙醇莫耳分率對活性圖（300K）

VA	VB	XA	XB	ΔH	P	ka	kb	ka+kb
0	20	0.000	1.000	45.39	6.800	0.000	1.000	1.000
2	18	0.127	0.873	45.00	8.957	0.288	0.944	1.232
4	16	0.247	0.753	44.63	9.202	0.432	0.793	1.225
5	15	0.304	0.696	44.46	9.400	0.467	0.777	1.244
8	12	0.466	0.534	43.96	9.906	0.693	0.558	1.250
10	10	0.567	0.433	43.65	10.000	0.726	0.529	1.255
12	8	0.663	0.337	43.36	10.201	0.792	0.473	1.265
15	5	0.797	0.203	42.94	9.700	0.857	0.315	1.172
16	4	0.840	0.160	42.81	9.646	0.908	0.241	1.149
18	2	0.922	0.078	42.56	9.414	0.958	0.142	1.101
20	0	1.000	0.000	42.32	8.819	1.000	0.000	1.000



2、乙醇—異丙醇（12/8）的蒸發速率圖（其他溫度見附錄）

絕對溫度	現在氣壓	Px	時間
300	761.5	2.929	2
300	761.5	3.576	4
300	761.5	3.704	6
300	761.5	3.768	8
300	761.5	4.023	10
300	761.5	4.151	12

反應速率(mol/min) 7.91653×10^{-07}

3、乙醇—異丙醇（16/4）的蒸發熱速率圖

絕對溫度	蒸發速率(mol/min)	1/T	ln(RATE)	蒸發熱速率(Kj/min)
300	7.92×10^{-07}	0.00333	-14.05	2.75×10^{-05}
303	9.70×10^{-07}	0.00330	-13.85	3.37×10^{-05}
306	1.30×10^{-06}	0.00327	-13.56	4.50×10^{-05}
309	2.00×10^{-06}	0.00324	-13.12	6.95×10^{-05}
312	6.60×10^{-06}	0.00321	-11.93	2.29×10^{-04}

六、研究結論及討論

- 1、 在 27°C 時三種有機溶液，以丙醇—異丙醇的蒸發帶走熱量速率最高，並且其隨溫度改變速率增加最快，從數據上發現主要原因在於正丙醇蒸發熱較大，雖然其蒸氣壓增加速率不是最大，但當乘上莫耳蒸發熱後，筆者發現其帶走熱量的效率最好。
- 2、 乙醇—水在在 27°C 帶走熱量效率不錯（乙醇—水： 3.18×10^{-05} 、丙醇—異丙醇： 3.43×10^{-05} 、乙醇—異丙醇： 2.75×10^{-05} ），但在 36°C 以上就不如丙醇—異丙醇（乙醇—水： 1.54×10^{-04} 、丙醇—異丙醇： 2.15×10^{-04} 、乙醇—異丙醇： 6.95×10^{-05} ），效率差距幾乎加倍，並且比例不對，其活性變化較大，蒸發速率變化較大。
- 3、 另外，丙醇—異丙醇也較乙醇—異丙醇安全，因為後者較易燃燒；乙醇—水在非常高的乙醇莫耳分率下，效率才最高，此點對安全性上可能有問題，所以汽車車箱內利用酒精水溶液降溫可能安全性要加以思考。
- 4、 乙醇及異丙醇的 flash point 12°C 較正丙醇的 15°C 高，此點需加以考慮。
- 5、 本方法大致上可讓筆者比較各種有機溶劑混合時蒸氣壓及汽化熱的求

取，可讓研究者調配各種比例，針對蒸發速率、平衡蒸氣壓及汽化熱做全盤性的探討，雖然其在封閉系統中進行實驗，但因為精密度夠，使筆者能利用微分的方法輕易求得時間零的蒸發速率，因而可得到在開放系統中蒸發所帶走的熱量，以此應用在日常生活中各種降溫的場合。筆者雖然沒有一一對所有市面上的有機降溫溶液進行測試，但此研究提供一個高中生簡易的開發此種配方的方法。

- 6、由乙醇—水圖中觀察到酒精莫耳分率 0.4 之後所佔之活性驟降，其可能的原因是水分子具有兩個氫鍵，而酒精只具有一個氫鍵，因此在水的比例高時，加入酒精，便破壞了水分子的二氫鍵系，平均鍵數減少，分子間作用力減弱，水分子便易於脫離液面，形成氣態分子；而等水分子比例降低時，其對於分子間作用力影響便減少，因而曲線逐漸接近於平緩，不過整體而言，酒精與水分子之間的作用力皆減弱，而形成正偏差。
- 7、本次實驗研究者利用一個十分簡單的裝置，便可測出各點的分壓，雖然會有誤差的存在，但比照一般利用光譜法來測量的方式，成本卻降低很多，且可估計各點的活性係數，比之以往簡易很多，因此可當作針對的高中生示範教學及教具，使同學更能了解兩成分係非理想溶液在拉午耳定律中之差別。本實驗提供學生親手探討的機會，並且實驗結果可讓研究者或得分壓（活性乘上該純質的蒸氣壓）及活性，從乙醇—水活性圖最高點也和參考資料一致（19.7/0.3），證明此法有相當的準確性。
- 8、由以上實驗，證明此裝置可行性，並且經由調整注射管中的氣體體積，可

改變精密度，甚至可使測量製 0.1mm-Hg 以下。

- 9、 蒸發數率之探討關係到是否可求得一有商業價值的蒸發冷劑，希望後續可把使此實驗完成。
- 10、 裝入預測液體之注射管的活塞，由於降溫之過程中，注射筒於低溫中會產生負壓造成收縮過大而滑動，使得實驗中之體積誤差，故以筆蓋來固定之
- 11、 於三向閥中插入之預測溶液之注射管及蓋子造成三向閥產生壓力，故需通大氣以平衡氣壓。
- 12、 水和酒精之混合液，在低溫的時的氣壓過小所以平衡時間較久因此可以忽略上述七大步驟之校正值。
- 13、 吸取待測液體之注射管時，須把注射管中的空氣擠出，且要將多餘之待測液體於注射管頭拭去，以免造成多餘之蒸氣壓。
- 14、 為避免三向閥於旋轉時會造成人為疏失使得三向閥關閉的角度不正確，故須蓋上蓋子以防放入恆溫槽時水容易灌入，且蓋子易造成三向閥產生多餘的壓力，因此事後需通大氣以平衡。
- 15、 調整水銀長度時，應使用玻璃之注射管之摩擦力較塑膠注射管小易操作。
- 16、 調整水銀長度時需保持左端通大氣壓，否則在擠水銀之過程中，會因左端之壓力無法宣洩而變大，在打開三向閥時會造成水銀噴出，造成危險。
- 17、 在測蒸發速率的實驗中，原本是每5分鐘拍一次相片，後來因為到後面快接近平衡時，所跑的距離不大，不易觀測，又吾人想測得之蒸發速率為圖形一開始所走的斜率，故吾人改成每兩分鐘拍一次相片，以便觀察。

- 18、在測量平衡蒸氣壓實驗中，曾有好一段時間沒有辦法量出預測液之飽和蒸氣壓，而當時，吾人所採用之乾燥劑為硫酸鈣，後來經過查閱書籍後才發現到硫酸鈣之乾燥效果不如預期，其乾燥程度僅能到 0.003~0.3mg/L(含水量)，因此後來採用氟氧化二磷(其乾燥效果可到 0.000025 mg/L)才順利測出預測液之蒸氣壓
- 19、幾次實驗後，毛細管中之水銀會因為部分殘留於管壁中液體而變質，造成內聚力變小，實驗會有所誤差，故需換之。
- 20、待測之注射管中，由於注射管之活塞會溶於有機待測液，使得注射管過於鬆動，故做完一次變更換一次注射管。
- 21、筆者在平衡蒸氣壓實驗中曾得到的數據之趨勢是正確的，但由數據算出來之蒸氣壓與理論值相差甚遠，吾人推測為開啟之起點錯誤，故退回 4°C，重新測起點。
- 22、一開始作的速率實驗放棄原因是未考慮液體及注射管柱全體系統熱脹冷縮的問題，故經由脹縮零點校準後重作實驗。

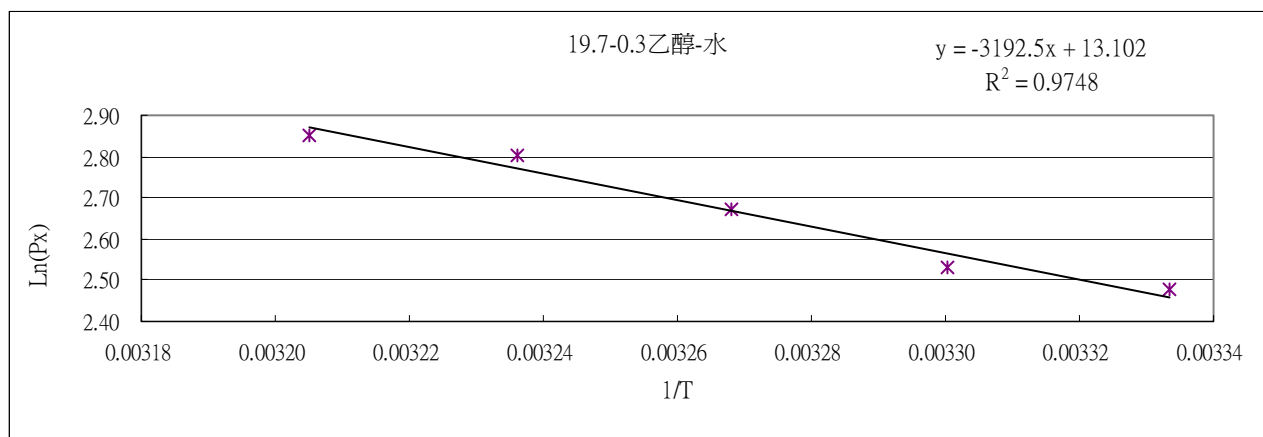
七、參考文獻

- 1、卓靜哲等著，物理化學，台北：三民出版社，1997
- 2、魏耀輝、謝魁鵬編著，最新生物化學實驗，藝軒出版社，1994，p. 567
- 3、田福助等編譯，物理化學，高立圖書有限公司，1999
- 4、CRC handbook of chemistry and physics U.S.A：CRC Press 1999
- 5、IRAN、LEVINE，PHYSICAL、CHEMISTRY，McGraw-Hill，Inc，

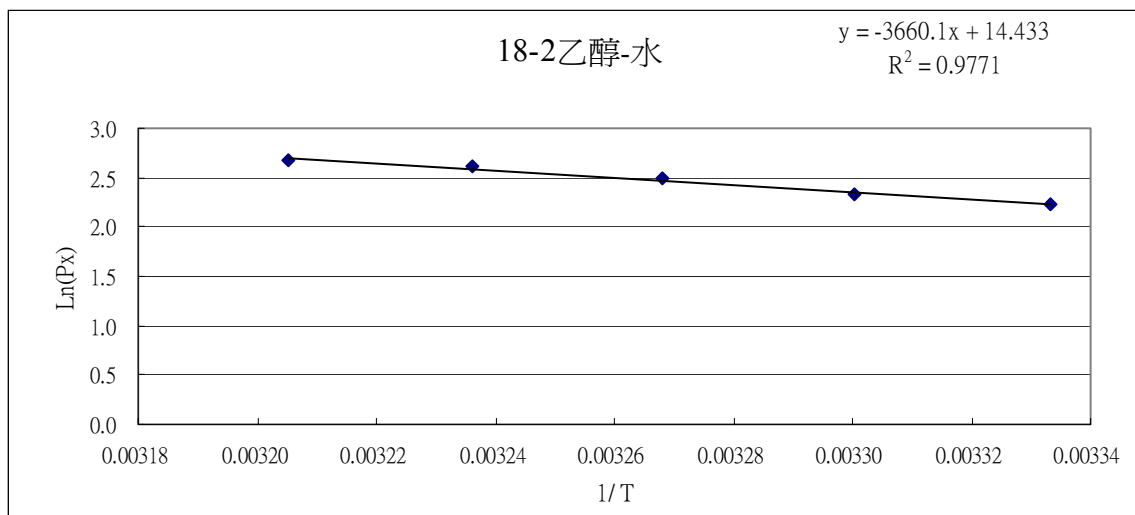
New York, 1987

九、附錄：

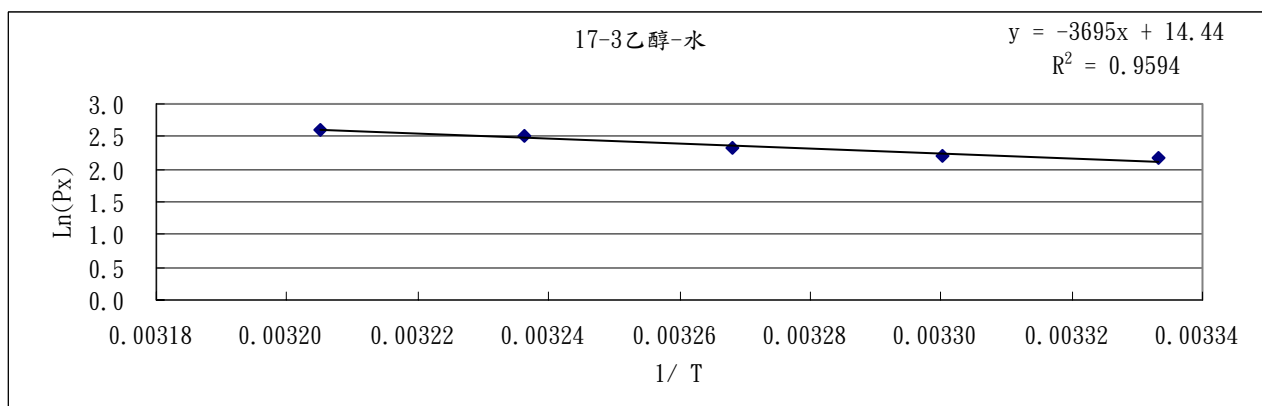
(一)乙醇對水：



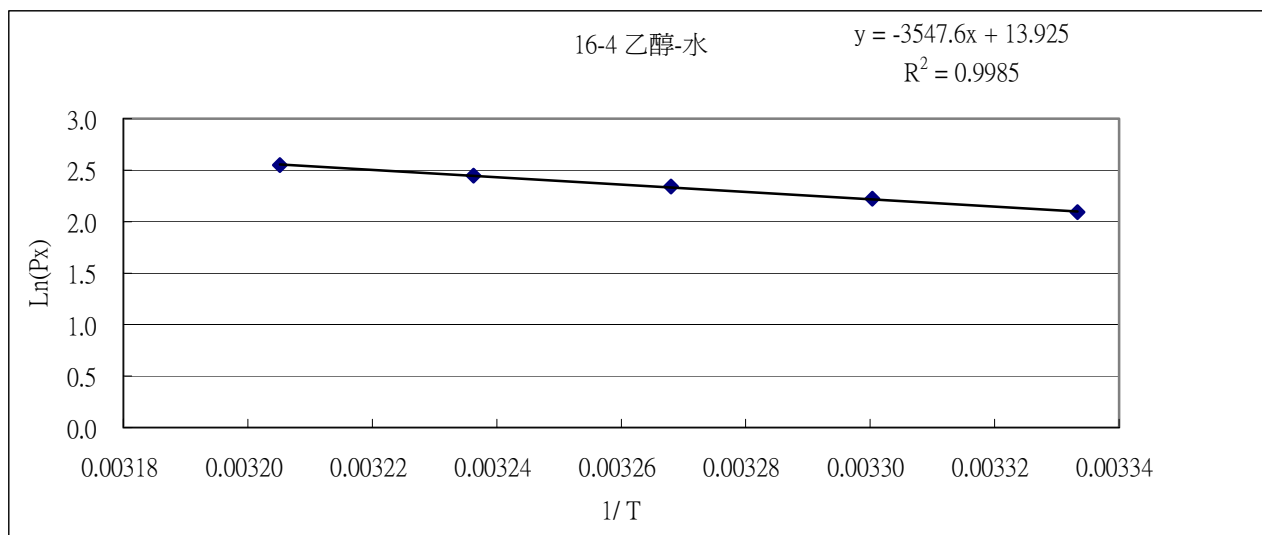
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.57	11.90	42.45	26.54	1.18	0.42	1.60
10.43	4.25	12.57	42.45	26.54	0.93	0.66	1.60
12.30	5.03	14.46	42.45	26.54	0.88	0.72	1.60
14.45	5.95	16.47	42.45	26.54	0.82	0.78	1.60
16.57	7.00	17.34	42.45	26.54	0.64	0.96	1.60



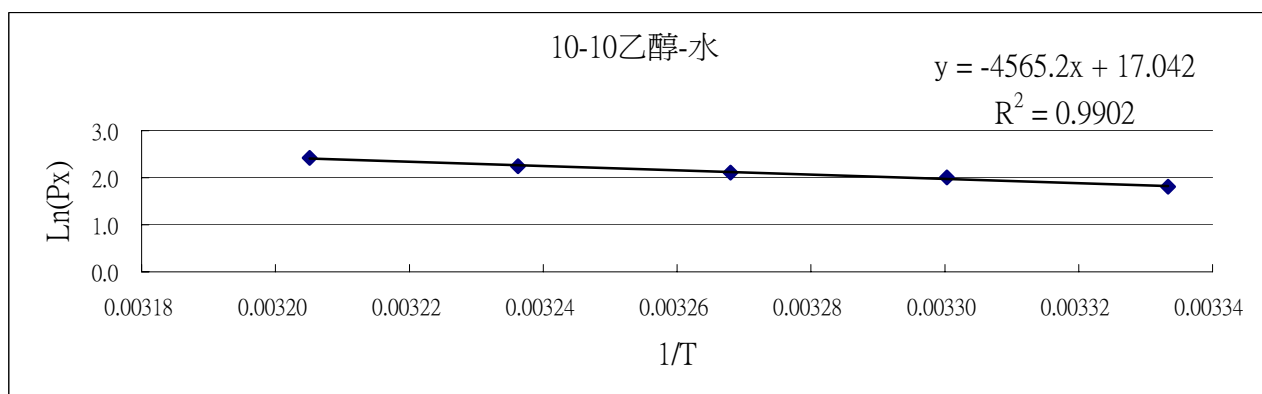
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	9.350	43.069	30.430	0.819	0.596	1.415
10.43	4.2455	10.220	43.069	30.430	0.681	0.734	1.415
12.3	5.0335	12.150	43.069	30.430	0.692	0.724	1.415
14.45	5.9453	13.720	43.069	30.430	0.624	0.792	1.415
16.57	6.9969	14.500	43.069	30.430	0.480	0.935	1.415



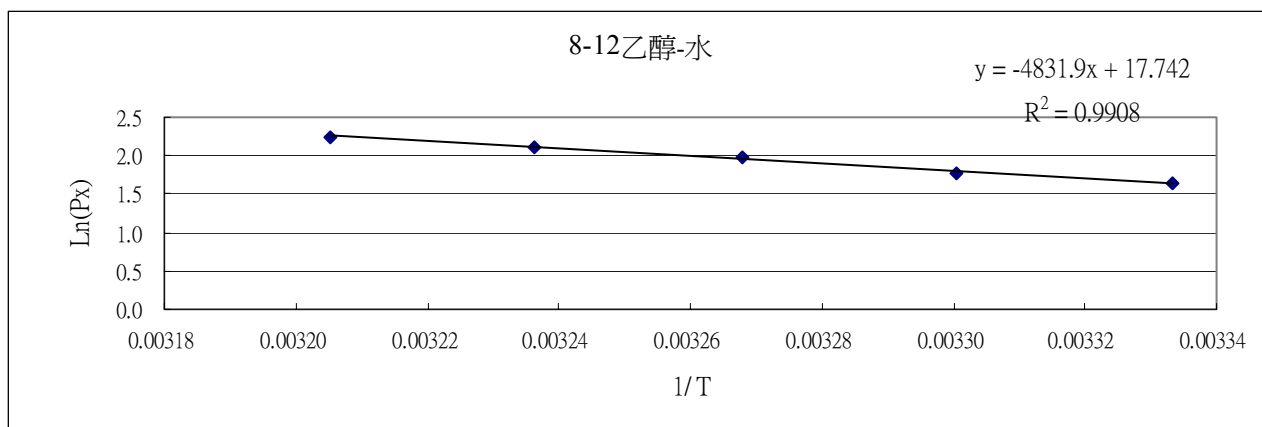
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	8.759	43.315	30.720	0.710	0.700	1.410
10.43	4.2455	9.000	43.315	30.720	0.487	0.923	1.410
12.3	5.0335	10.330	43.315	30.720	0.445	0.965	1.410
14.45	5.9453	12.190	43.315	30.720	0.448	0.962	1.410
16.57	6.9969	13.620	43.315	30.720	0.392	1.018	1.410



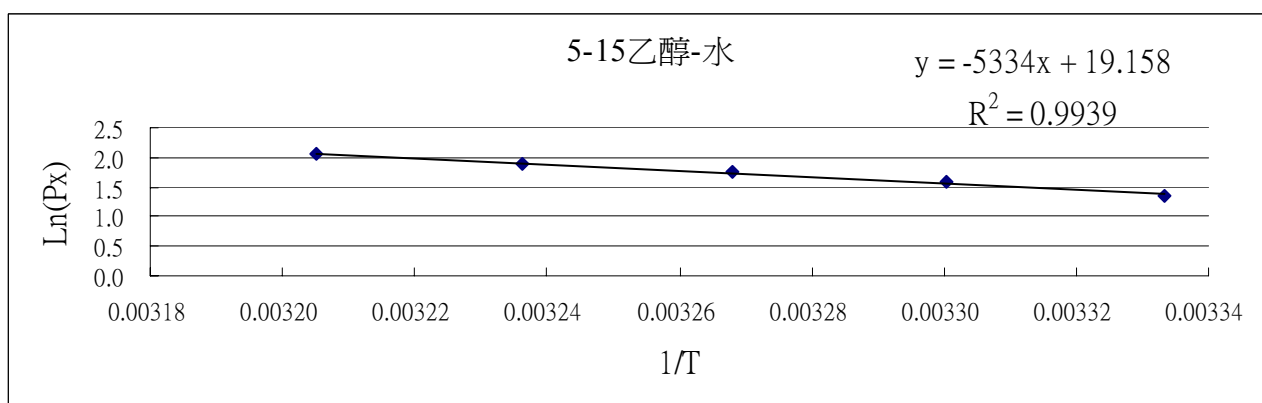
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	8.100	43.5421	29.4947464	0.540	0.937	1.476
10.43	4.2455	9.220	43.5421	29.4947464	0.477	0.999	1.476
12.3	5.0335	10.380	43.5421	29.4947464	0.406	1.070	1.476
14.45	5.9453	11.540	43.5421	29.4947464	0.325	1.151	1.476
16.57	6.9969	12.780	43.5421	29.4947464	0.256	1.220	1.476



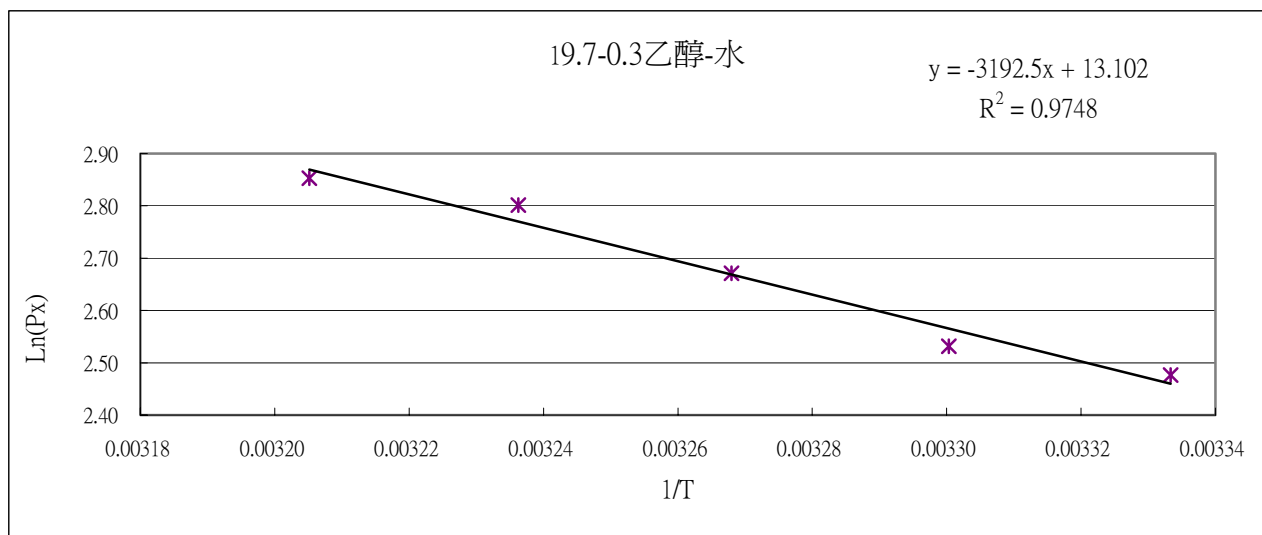
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	6.117	44.409	37.953	0.370	0.800	1.170
10.43	4.2455	7.460	44.409	37.953	0.403	0.767	1.170
12.3	5.0335	8.260	44.409	37.953	0.326	0.844	1.170
14.45	5.9453	9.460	44.409	37.953	0.294	0.876	1.170
16.57	6.9969	11.290	44.409	37.953	0.324	0.846	1.170



Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	5.220	44.587	40.173	0.240	0.870	1.110
10.43	4.2455	5.800	44.587	40.173	0.176	0.934	1.110
12.3	5.0335	7.200	44.587	40.173	0.222	0.888	1.110
14.45	5.9453	8.240	44.587	40.173	0.193	0.917	1.110
16.57	6.9969	9.500	44.587	40.173	0.181	0.929	1.110



Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.567	3.865	44.800	44.347	0.050	0.960	1.010
10.43	4.2455	4.840	44.800	44.347	0.089	0.921	1.010
12.3	5.0335	5.730	44.800	44.347	0.089	0.921	1.010
14.45	5.9453	6.660	44.800	44.347	0.077	0.933	1.010
16.57	6.9969	7.740	44.800	44.347	0.070	0.940	1.010



Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	3.57	11.90	42.45	26.54	1.18	0.42	1.60
10.43	4.25	12.57	42.45	26.54	0.93	0.66	1.60
12.30	5.03	14.46	42.45	26.54	0.88	0.72	1.60
14.45	5.95	16.47	42.45	26.54	0.82	0.78	1.60
16.57	7.00	17.34	42.45	26.54	0.64	0.96	1.60

絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗溫度	Px	時間		
300	762.5	101.6332	1.224	0.792	0.779	7.809	5a		8.5284 2
300	762.5	101.6332	1.314	0.792	0.779	8.336	10b		0.4485 9
300	762.5	101.6332	1.324	0.792	0.779	8.394	15	反應速率 (mol/min)	1.1955 1E-06
300	762.5	101.6332	1.364	0.792	0.779	8.627	20		
300	762.5	101.6332	1.414	0.792	0.779	8.915	25		
300	762.5	101.6332	1.414	0.792	0.779	8.915	30		

絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗溫度	Px	時間		
300	762.5	101.6332	0.914	0.792	0.779	5.947	2a		9.0555 2
300	762.5	101.6332	1.194	0.792	0.779	7.632	4b		0.5081 2
300	762.5	101.6332	1.364	0.792	0.779	8.627	6	反應速率 (mol/min)	1.4378 5E-06
300	762.5	101.6332	1.414	0.792	0.779	8.915	8		
300	762.5	101.6332	1.414	0.792	0.779	8.915	10		
300	762.5	101.6332	1.464	0.792	0.779	9.202	12		

絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗 溫度	Px	時間	
303	762.5	101.6332	1.442	0.792	0.787	8.994	2a	10.087 57 2.1415
303	762.5	101.6332	1.542	0.792	0.787	9.559	4b	5
303	762.5	101.6332	1.632	0.792	0.787	10.062	反應速率 6(mol/min)	6.7507 1E-06
303	762.5	101.6332	1.632	0.792	0.787	10.062	8	
303	762.5	101.6332	1.642	0.792	0.787	10.117	10	
303	762.5	101.6332	1.692	0.792	0.787	10.394	12	

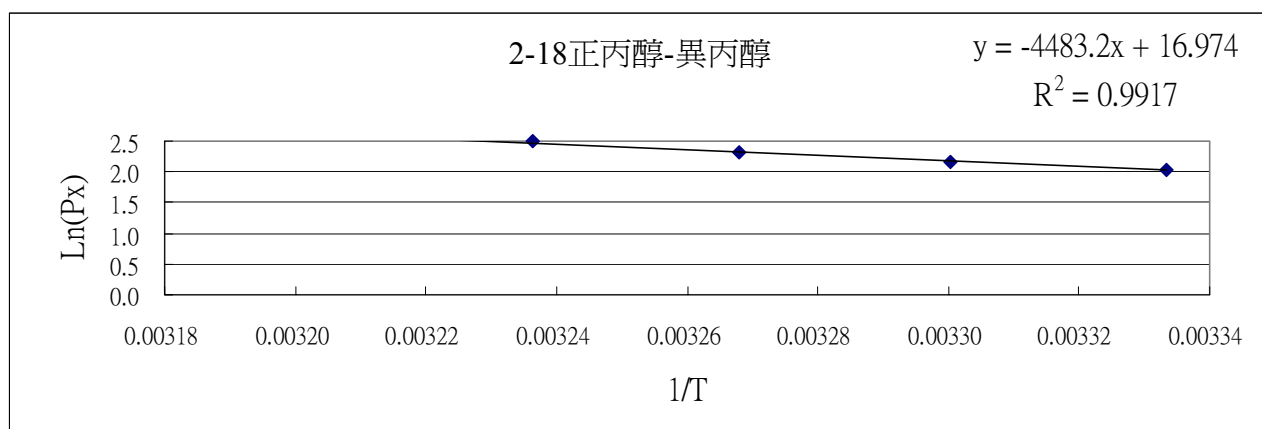
絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗 溫度	Px	時間	
306	762.5	101.6332	1.890	0.792	0.795	11.373	2a	12.801 9 1.0451
306	762.5	101.6332	2.020	0.792	0.795	12.062	4b	6
306	762.5	101.6332	2.070	0.792	0.795	12.325	反應速率 6(mol/min)	4.1811 1E-06
306	762.5	101.6332	2.160	0.792	0.795	12.793	8	
306	762.5	101.6332	2.220	0.792	0.795	13.103	10	
306	762.5	101.6332	2.270	0.792	0.795	13.359	12	

絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗 溫度	Px	時間	
309	762.5	101.6332	2.508	0.792	0.803	14.438	2a	16.070 29
309	762.5	101.6332	2.748	0.792	0.803	15.607	4b	1.1236
309	762.5	101.6332	2.798	0.792	0.803	15.847	反應速率 6(mol/min)	5.8117 5E-06
309	762.5	101.6332	2.848	0.792	0.803	16.085	8	
309	762.5	101.6332	2.878	0.792	0.803	16.227	10	
309	762.5	101.6332	2.898	0.792	0.803	16.322	12	

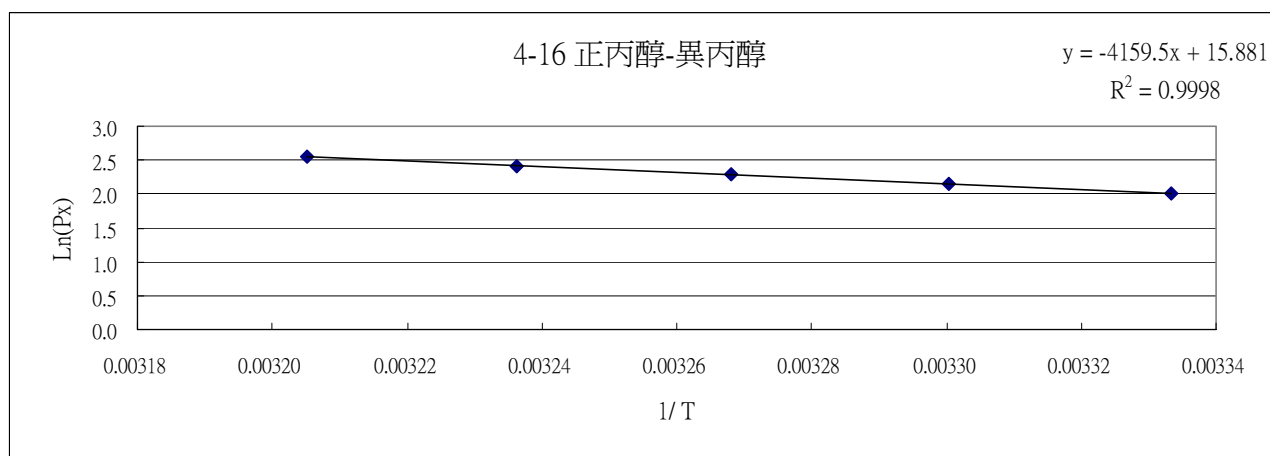
絕對溫度	現在氣壓	P0	Δh	V0 室溫	V0 實驗 溫度	Px	時間	
312	762.5	101.6332	3.316	0.792	0.811	18.109	2a	20.685 72 1.0177
312	762.5	101.6332	3.716	0.792	0.811	19.867	4b	7
312	762.5	101.6332	3.876	0.792	0.811	20.549	反應速率 6(mol/min)	0.0065 78924
312	762.5	101.6332	3.926	0.792	0.811	20.760	8	

312	762.5	101.6332	3.946	0.792	0.811	20.844	10
312	762.5	101.6332	3.956	0.792	0.811	20.886	12

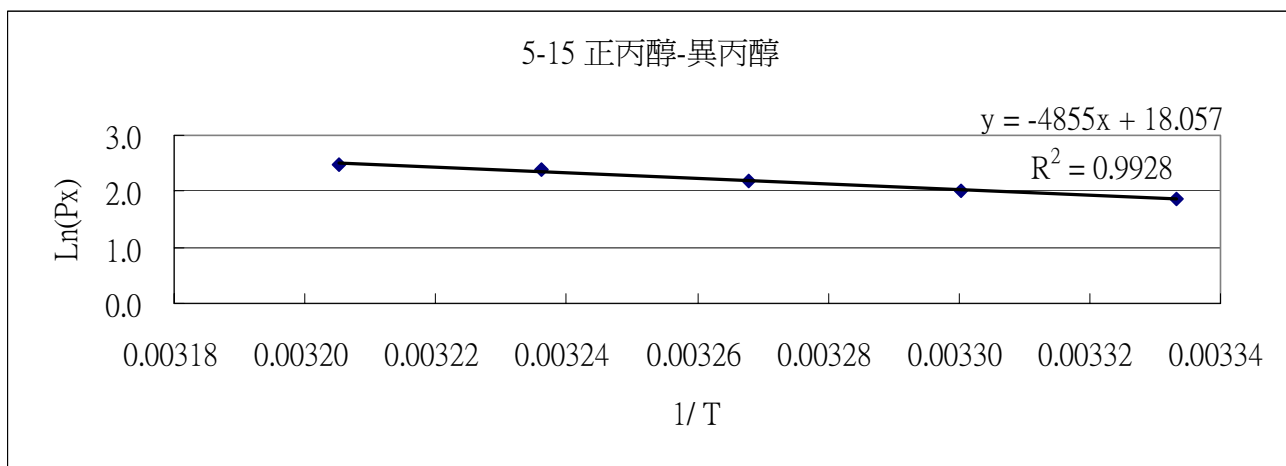
(二)丙醇對異丙醇



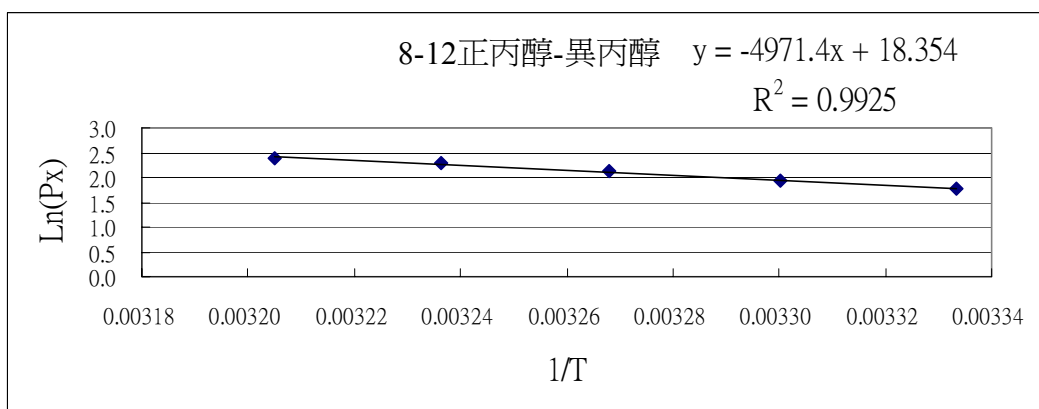
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.80	7.64	47.64	37.27	0.29	0.99	1.28
3.79	8.14	8.69	47.64	37.27	0.39	0.88	1.28
4.55	9.72	10.20	47.64	33.00	0.74	0.70	1.44
5.46	11.56	12.15	47.64	33.00	0.74	0.70	1.44
6.52	13.70	13.25	47.64	33.00	0.91	0.53	1.44



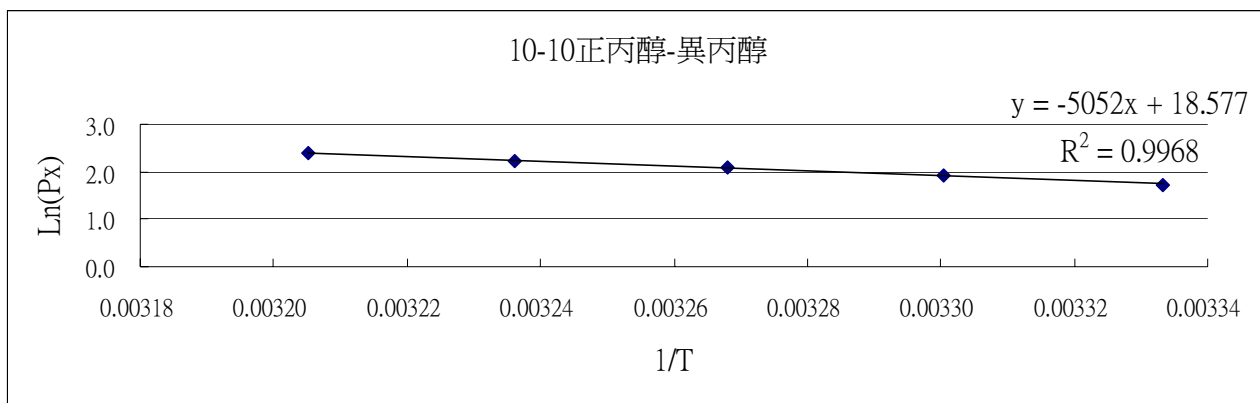
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	7.53	47.84	34.58	0.51	0.87	1.38
3.79	8.14	8.57	47.84	34.58	0.62	0.76	1.38
4.55	9.72	9.86	47.84	34.58	0.69	0.69	1.38
5.46	11.56	11.25	47.84	34.58	0.78	0.61	1.38
6.52	13.7	12.80	47.84	34.58	0.86	0.53	1.38



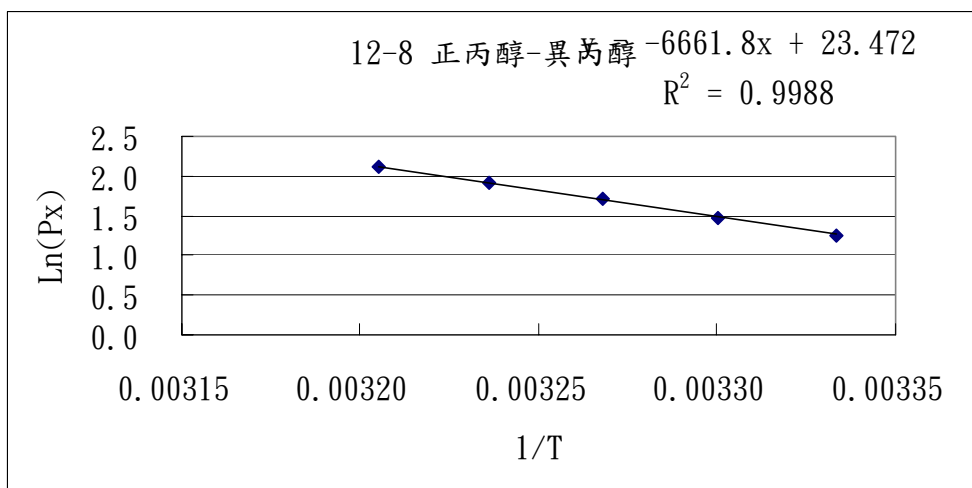
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	6.53	47.93	40.36	0.42	0.77	1.19
3.79	8.14	7.57	47.93	40.36	0.48	0.71	1.19
4.55	9.72	8.86	47.93	40.36	0.52	0.67	1.19
5.46	11.56	10.80	47.93	40.36	0.48	0.71	1.19
6.52	13.7	11.90	47.93	40.36	0.61	0.58	1.19



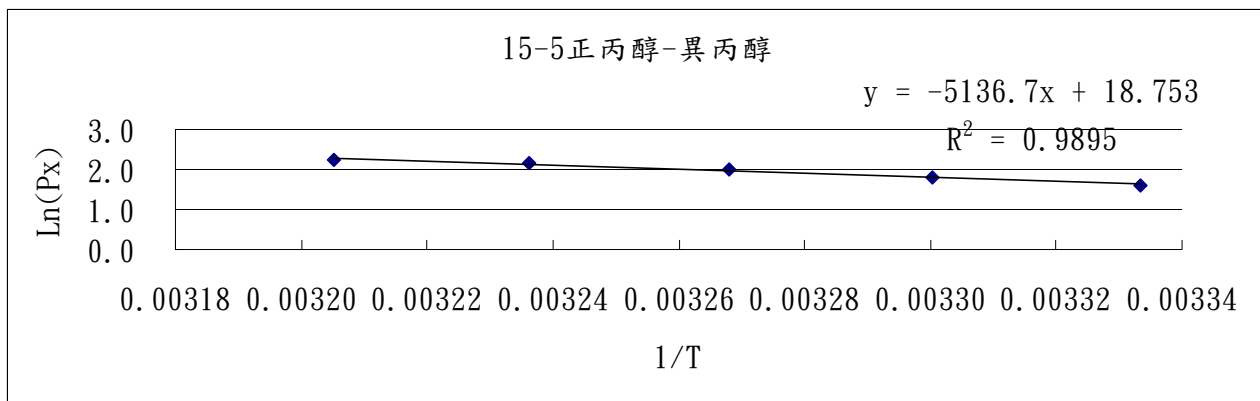
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb
3.14	6.8	5.86	48.22	41.3322196	0.566	0.600
3.79	8.14	6.96	48.22	41.3322196	0.583	0.584
4.55	9.72	8.49	48.22	41.3322196	0.551	0.615
5.46	11.56	9.74	48.22	41.3322196	0.614	0.552
6.52	13.7	10.98	48.22	41.3322196	0.697	0.470



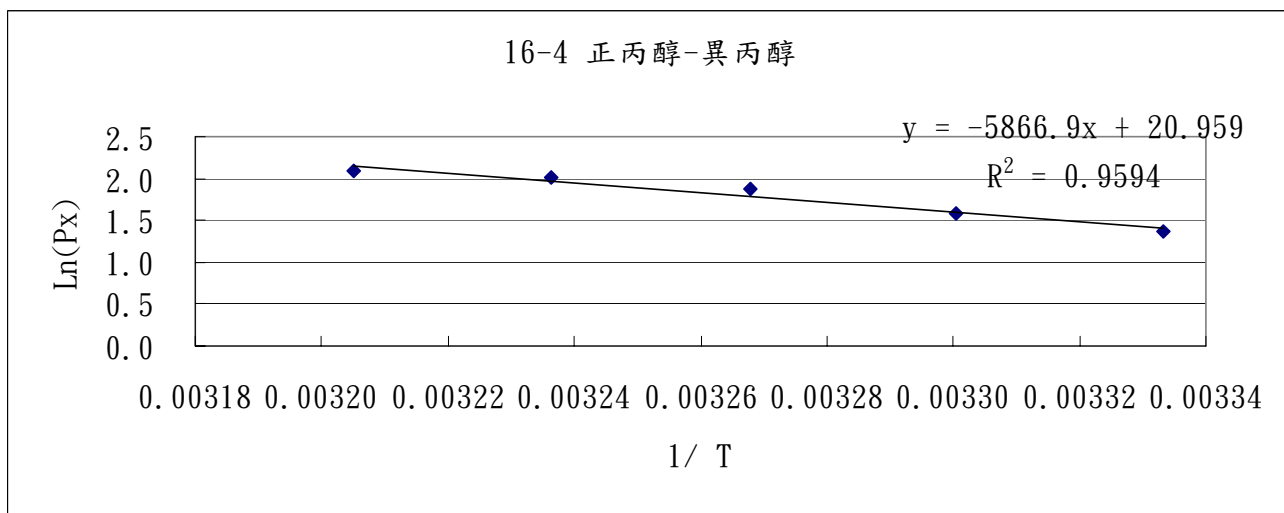
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	5.60	48.41	42.00	0.61	0.54	1.15
3.79	8.14	6.80	48.41	42.00	0.59	0.56	1.15
4.55	9.72	8.03	48.41	42.00	0.61	0.54	1.15
5.46	11.56	9.14	48.41	42.00	0.69	0.47	1.15
6.52	13.7	10.85	48.41	42.00	0.69	0.46	1.15



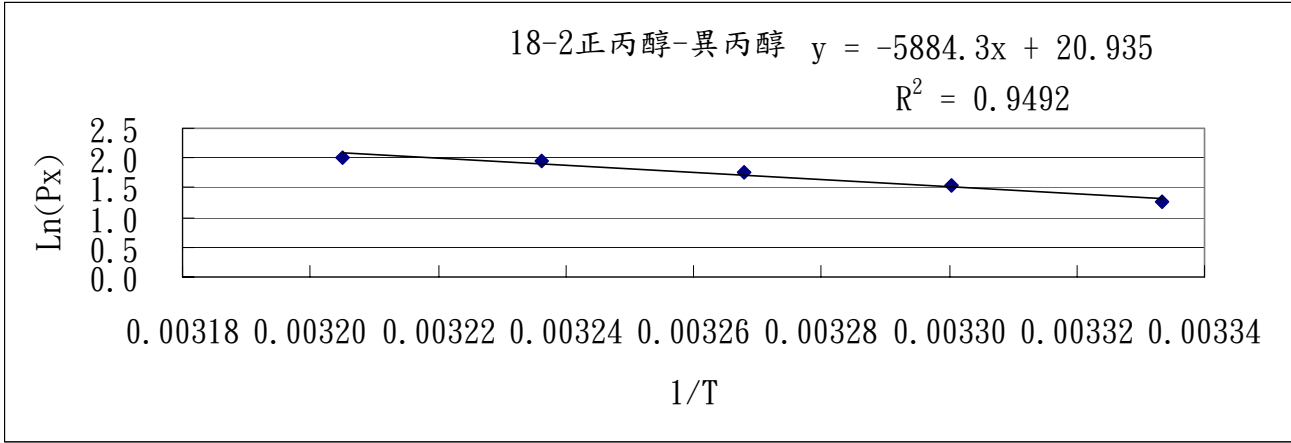
Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	3.52	48.60	55.39	0.67	0.21	0.88
3.79	8.14	4.40	48.60	55.39	0.63	0.25	0.88
4.55	9.72	5.59	48.60	55.39	0.57	0.31	0.88
5.46	11.56	6.77	48.60	55.39	0.55	0.32	0.88
6.52	13.7	8.25	48.60	55.39	0.53	0.35	0.88



Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	4.970677	48.833	42.7065238	0.766343916	0.377111	1.143455
3.79	8.14	6.154658	48.833	42.7065238	0.724843248	0.418612	1.143455
4.55	9.72	7.27406	48.833	42.7065238	0.742809448	0.400646	1.143455
5.46	11.56	8.608435	48.833	42.7065238	0.755722699	0.387733	1.143455
6.52	13.7	9.563847	48.833	42.7065238	0.849789793	0.293665	1.143455

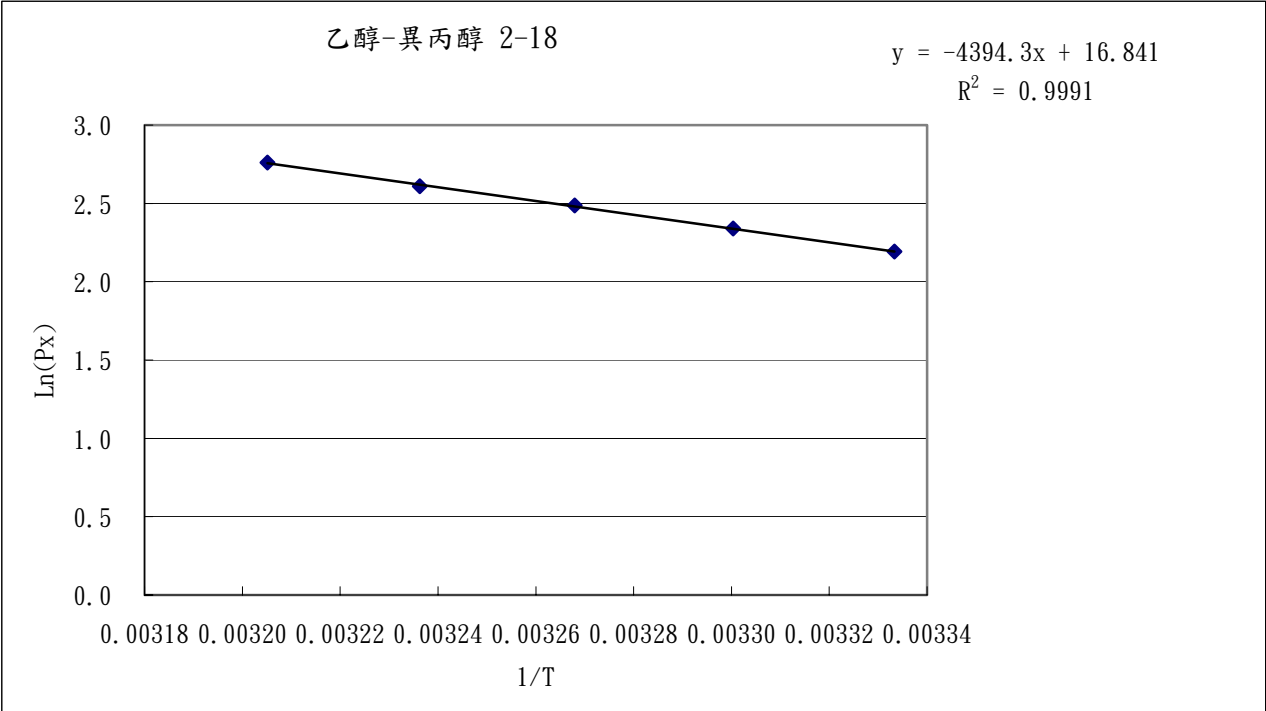


Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	3.89	49.025	48.777	0.805	0.201	1.005
3.79	8.14	4.9	49.025	48.777	0.754	0.251	1.005
4.55	9.72	6.475	49.025	48.777	0.637	0.368	1.005
5.46	11.56	7.47	49.025	48.777	0.680	0.325	1.005
6.52	13.7	8.05	49.025	48.777	0.797	0.208	1.005



Pa	Pb	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
3.14	6.8	3.51	49.164	48.922	0.908	0.097	1.005
3.79	8.14	4.7	49.164	48.922	0.800	0.205	1.005
4.55	9.72	5.8	49.164	48.922	0.768	0.237	1.005
5.46	11.56	7.07	49.164	48.922	0.745	0.260	1.005
6.52	13.7	7.33	49.164	48.922	0.897	0.108	1.005

(三)乙醇對異丙醇

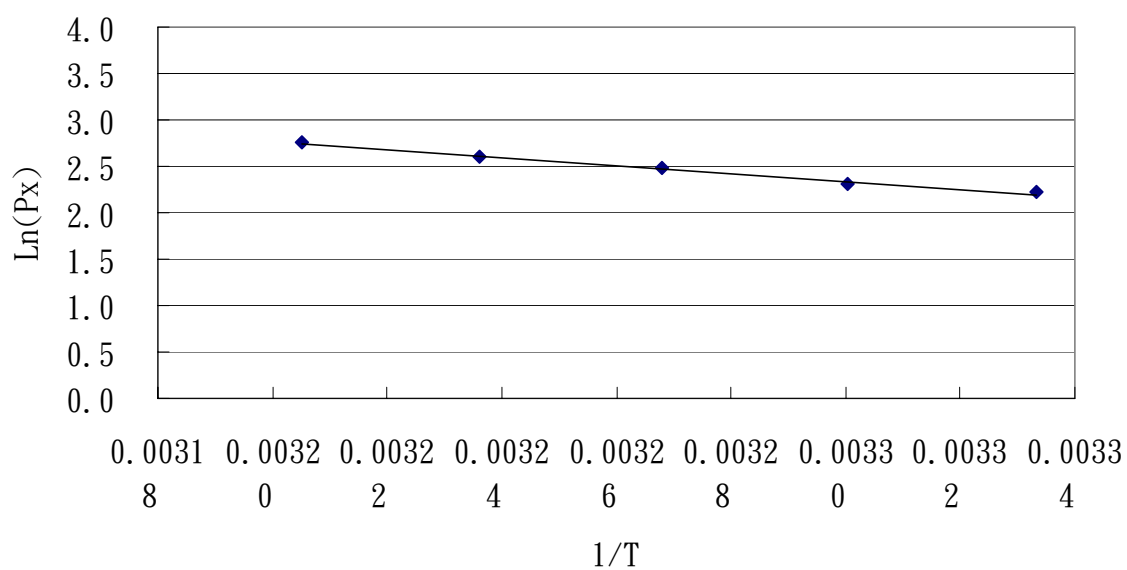


PA	PB	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	8.957	45.000	36.534	0.288	0.944	1.232
10.43	8.14	10.375	45.000	36.534	0.152	1.080	1.232
12.30	9.72	12.033	45.000	36.534	0.024	1.208	1.232
14.46	11.56	13.6	45.000	36.534	-0.221	1.452	1.232
16.94	13.70	15.82	45.000	36.534	-0.326	1.558	1.232

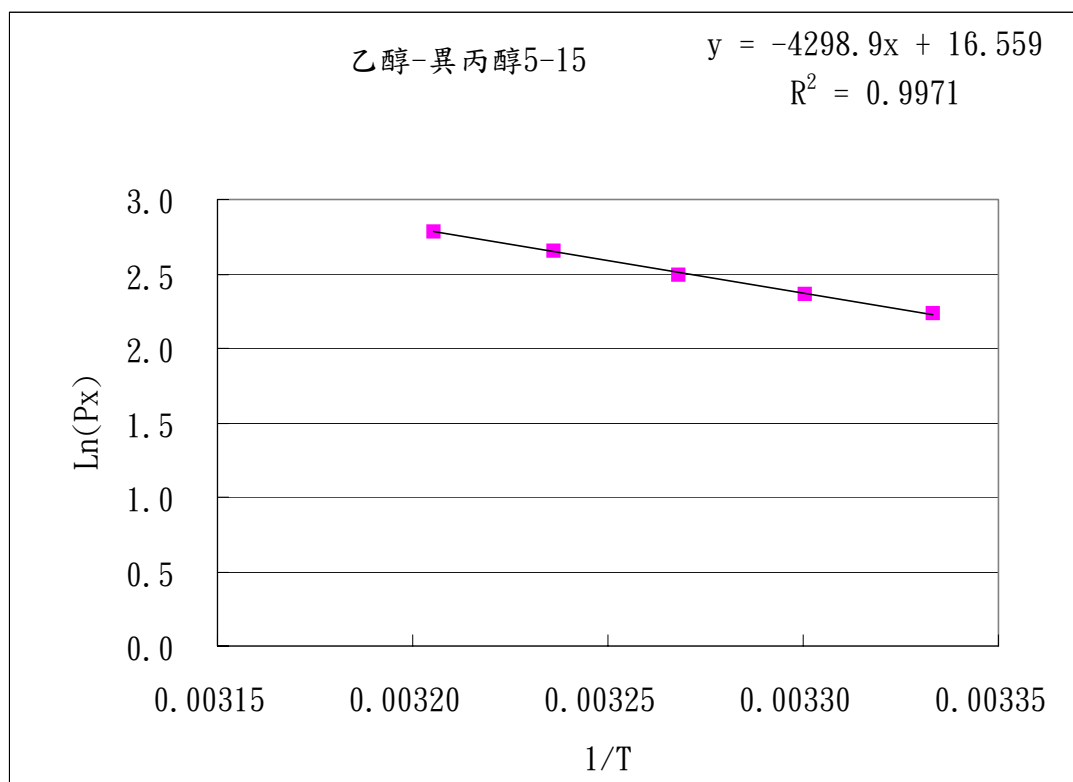
乙醇-異丙醇4-16

$$y = -4317.1x + 16.585$$

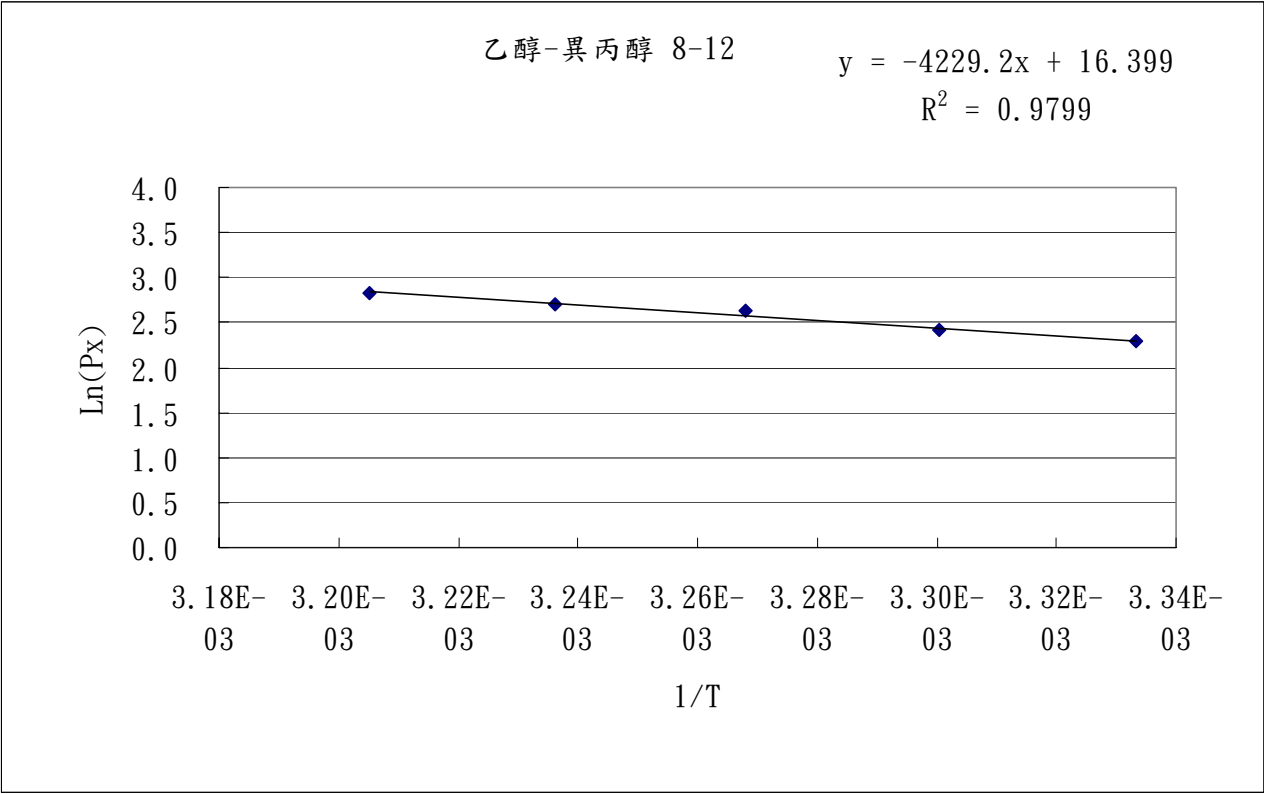
$$R^2 = 0.9896$$



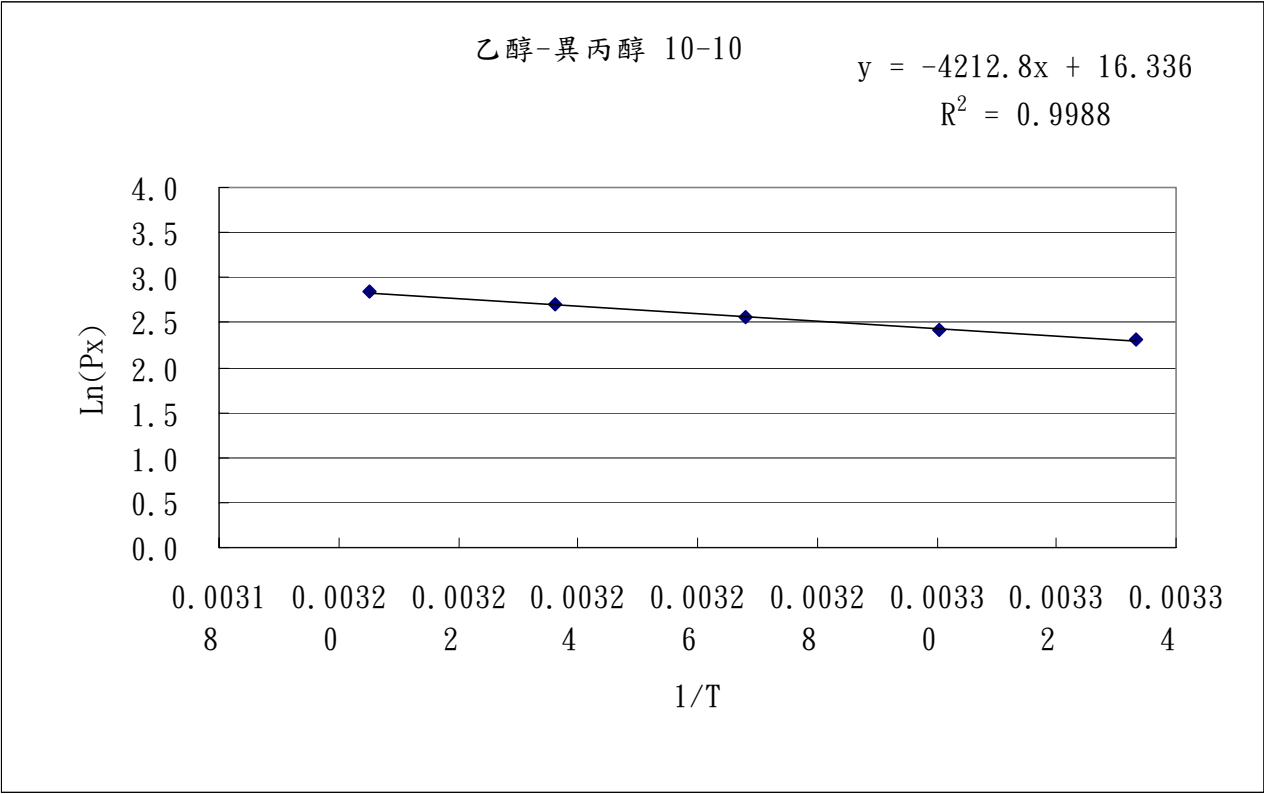
PA	PB	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	9.20	43.96	35.89	0.432	0.793	1.225
10.43	8.14	10.00	43.96	35.89	0.013	1.211	1.225
12.30	9.72	11.95	43.96	35.89	0.018	1.207	1.225
14.46	11.56	13.54	43.96	35.89	-0.213	1.438	1.225
16.94	13.70	15.80	43.96	35.89	-0.302	1.527	1.225



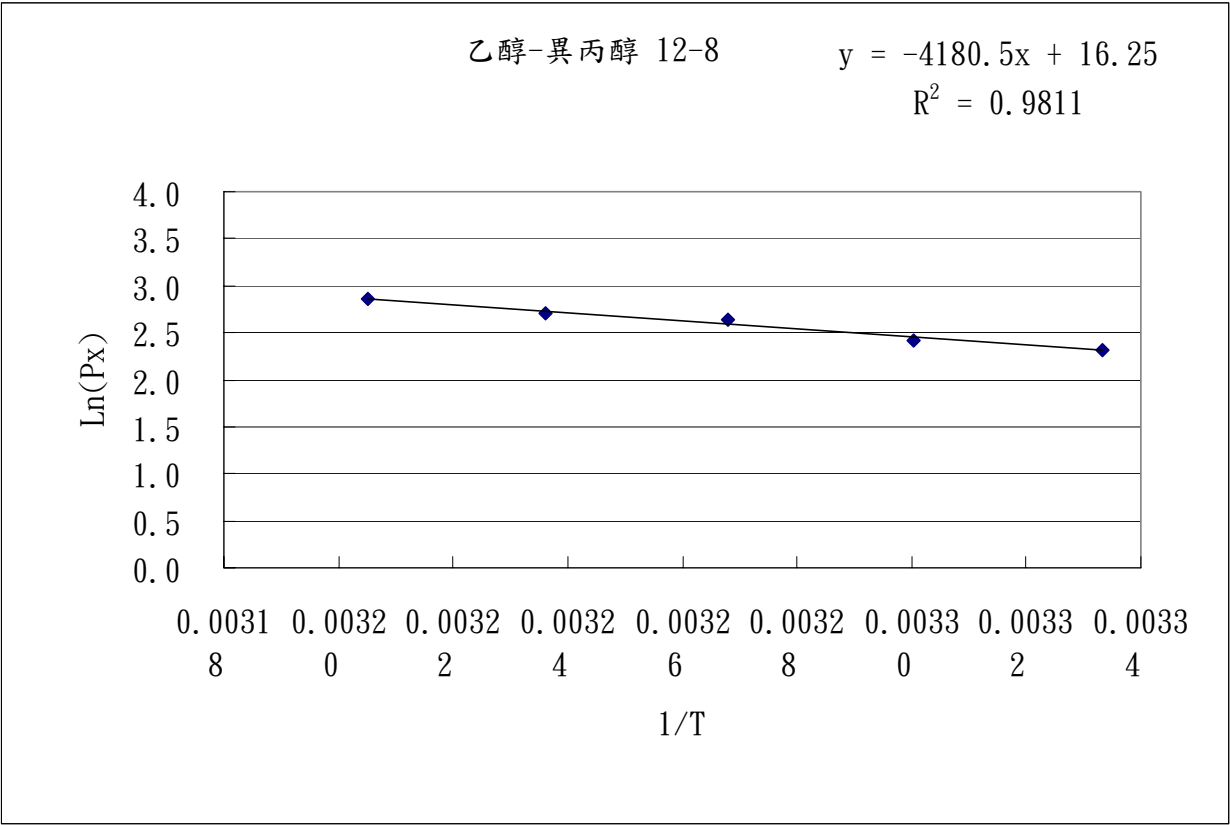
PA	PB	P	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	9.40	44.456	35.741	0.467	0.777	1.244
10.43	8.14	10.60	44.456	35.741	0.207	1.037	1.244
12.30	9.72	12.13	44.456	35.741	0.016	1.228	1.244
14.46	11.56	14.25	44.456	35.741	-0.044	1.288	1.244
16.94	13.70	16.15	44.456	35.741	-0.275	1.519	1.244



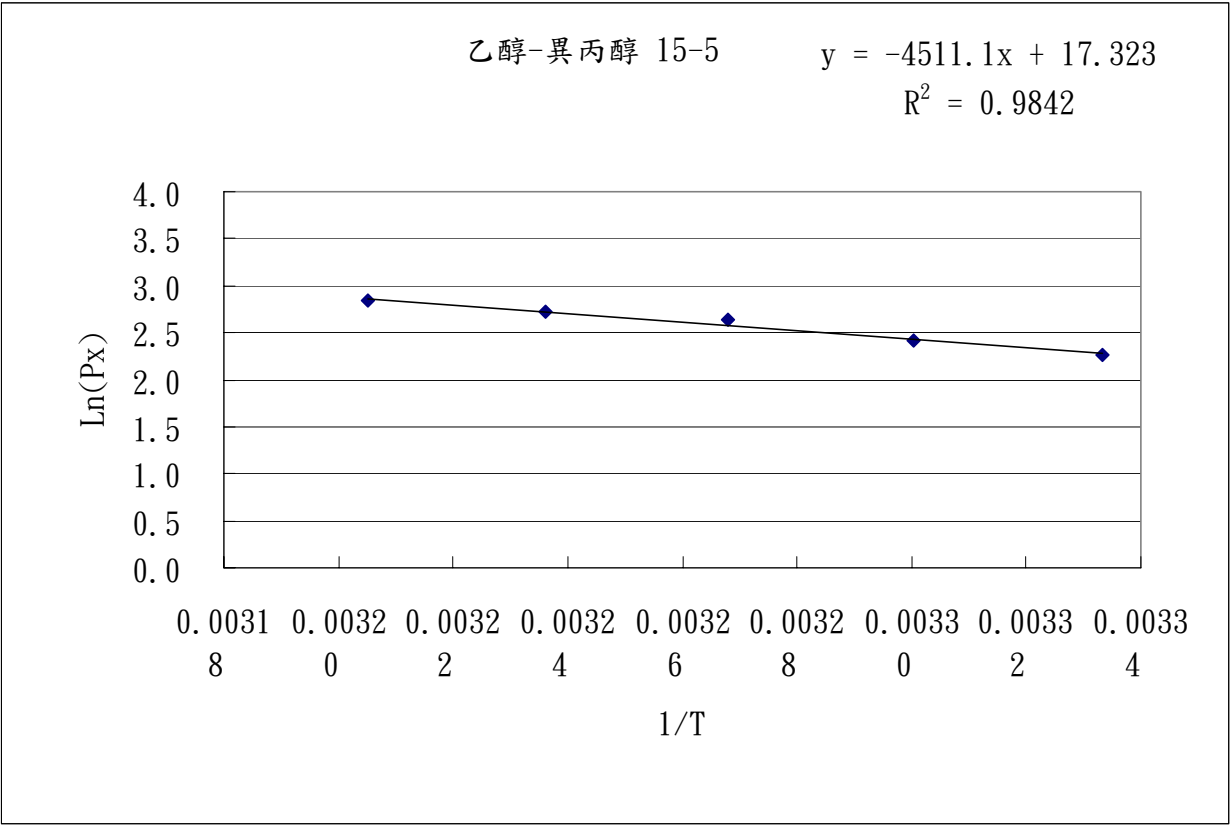
PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb	
8.82	6.80	9.90	1	1	43.96	35.16	0.693	0.558	1.250	
10.43	8.14	11.28	1	1	43.96	35.16	0.481	0.769	1.250	
12.30	9.72	13.91	1	1	43.96	35.16	0.681	0.569	1.250	
14.46	11.56	14.82	1	1	43.96	35.16	0.127	1.123	1.250	
16.94	13.70	17.00	1	1	43.96	35.16	-0.040	1.290	1.250	



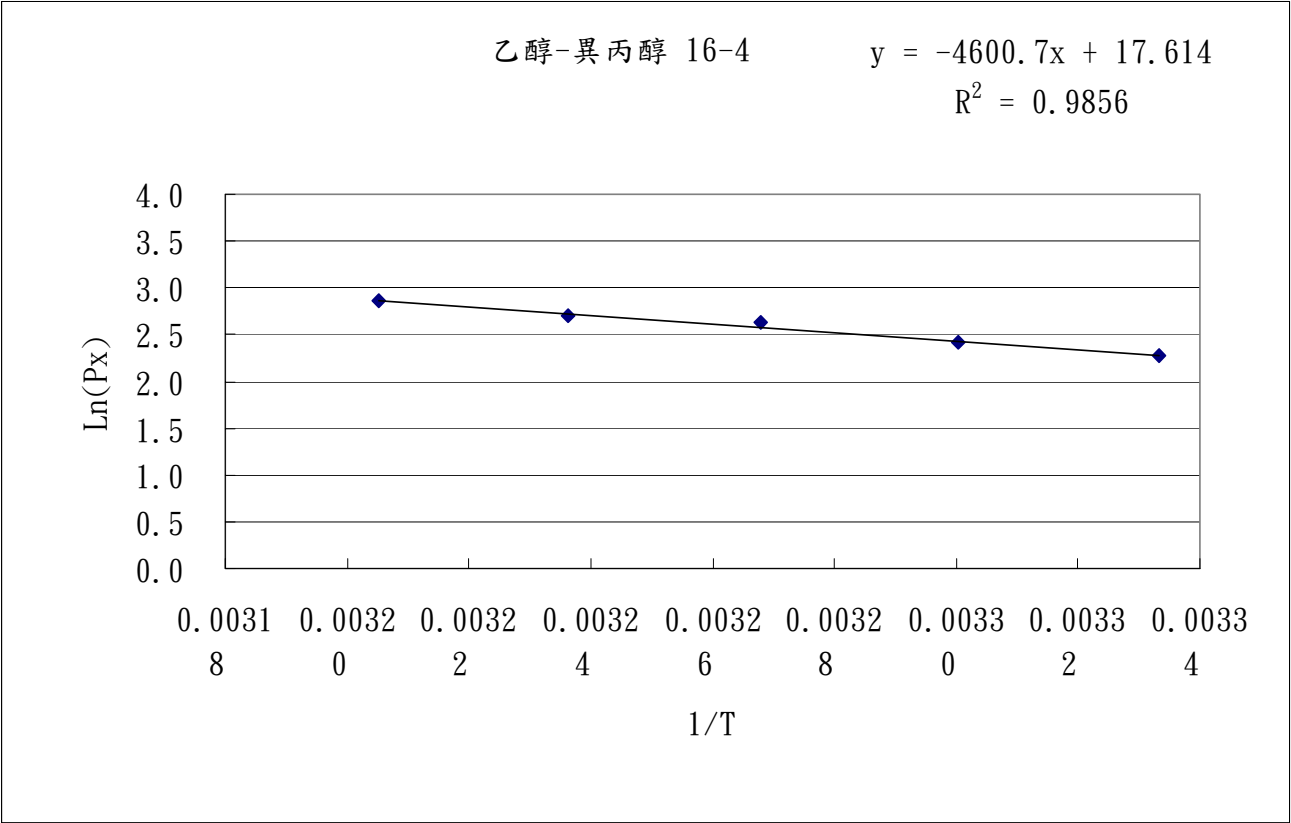
PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	10.00	1	1	43.96	35.03	0.726	0.529	1.255
10.43	8.14	11.28	1	1	43.96	35.03	0.464	0.791	1.255
12.30	9.72	13.01	1	1	43.96	35.03	0.314	0.941	1.255
14.46	11.56	14.89	1	1	43.96	35.03	0.132	1.123	1.255
16.94	13.70	17.10	1	1	43.96	35.03	-0.029	1.284	1.255



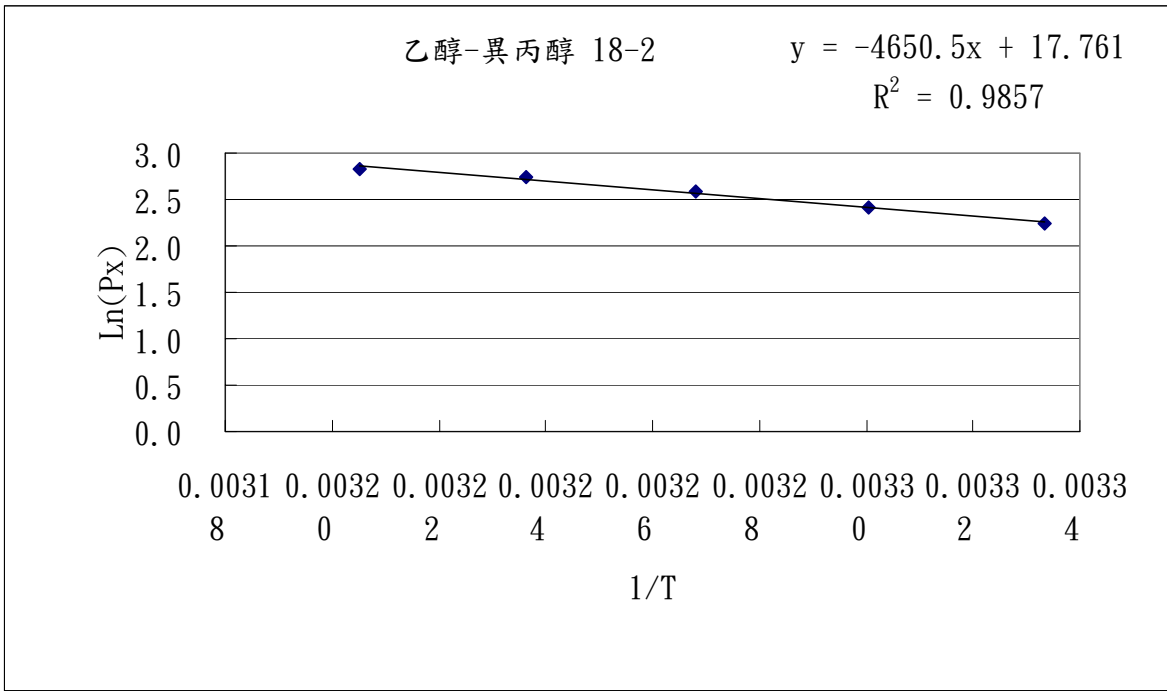
PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	10.20	1	1	43.96	34.76	0.792	0.473	1.265
10.43	8.14	11.28	1	1	43.96	34.76	0.429	0.835	1.265
12.30	9.72	13.91	1	1	43.96	34.76	0.627	0.638	1.265
14.46	11.56	14.85	1	1	43.96	34.76	0.079	1.186	1.265
16.94	13.70	17.37	1	1	43.96	34.76	0.013	1.252	1.265



PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	9.70	1	1	43.96	37.51	0.857	0.315	1.172
10.43	8.14	11.28	1	1	43.96	37.51	0.758	0.414	1.172
12.30	9.72	13.91	1	1	43.96	37.51	0.976	0.196	1.172
14.46	11.56	15.12	1	1	43.96	37.51	0.542	0.630	1.172
16.94	13.70	17.25	1	1	43.96	37.51	0.368	0.804	1.172



PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	9.65	1	1	43.96	38.24	0.908	0.241	1.149
10.43	8.14	11.28	1	1	43.96	38.24	0.839	0.311	1.149
12.30	9.72	13.81	1	1	43.96	38.24	1.022	0.127	1.149
14.46	11.56	14.82	1	1	43.96	38.24	0.529	0.620	1.149
16.94	13.70	17.59	1	1	43.96	38.24	0.569	0.580	1.149



PA	PB	P	ka 係數	kb 係數	理論蒸發熱	實測蒸發熱	ka	kb	ka+kb
8.82	6.80	9.42	1	1	42.56	38.66	0.958	0.142	1.101
10.43	8.14	11.15	1	1	42.56	38.66	0.955	0.146	1.101
12.30	9.72	13.18	1	1	42.56	38.66	0.961	0.139	1.101
14.46	11.56	15.61	1	1	42.56	38.66	0.996	0.104	1.101
16.94	13.70	16.76	1	1	42.56	38.66	0.519	0.582	1.101

絕對溫度	現在氣壓	Δh	V0(室溫)	V0(實驗溫度)	Px	時間	
300	761.5	0.437	0.792	0.779	2.929	2a	3.94049
300	761.5	0.537	0.792	0.779	3.576	4b	0.64291
反應速率							
300	761.5	0.557	0.792	0.779	3.704	6(mol/min)	7.91653E-07
300	761.5	0.567	0.792	0.779	3.768	8	
300	761.5	0.607	0.792	0.779	4.023	10	
300	761.5	0.627	0.792	0.779	4.151	12	

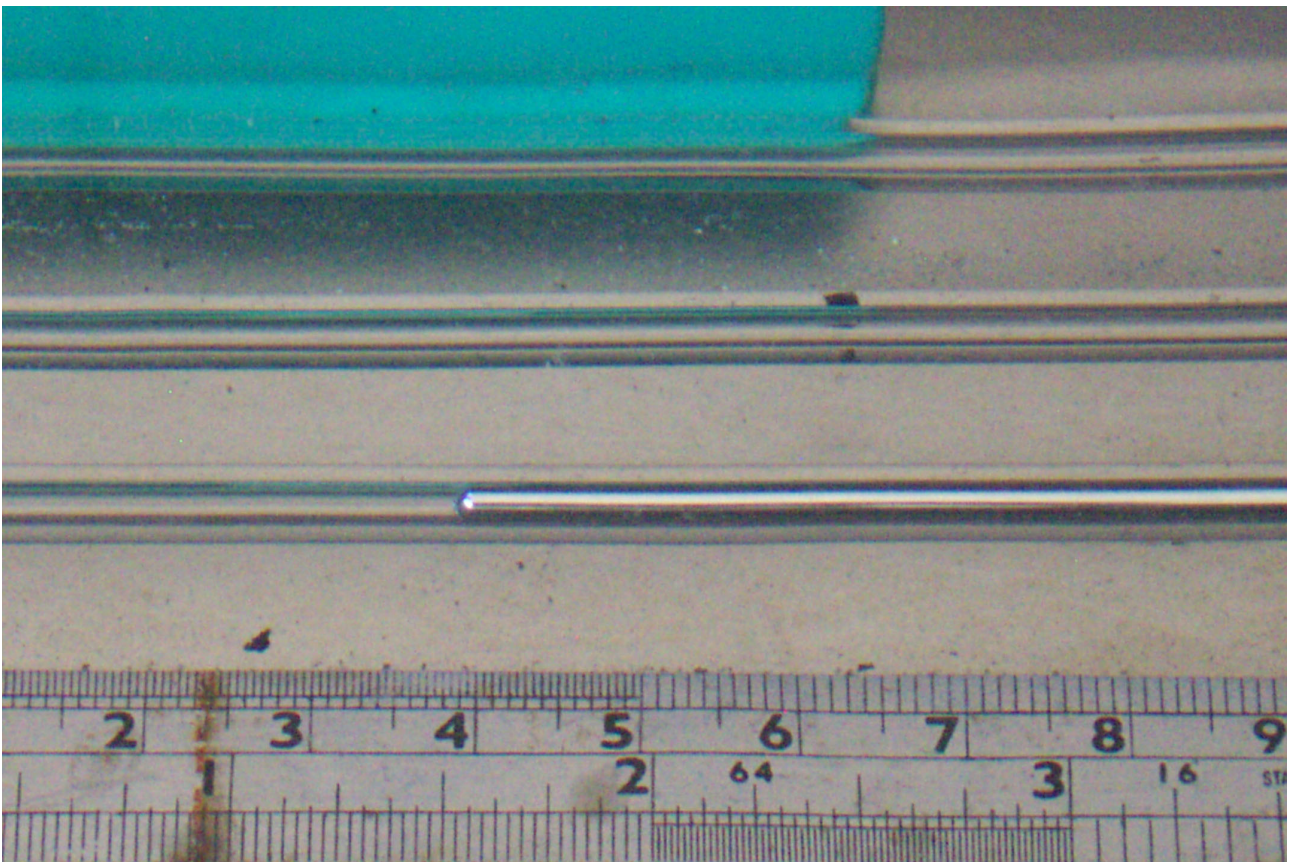
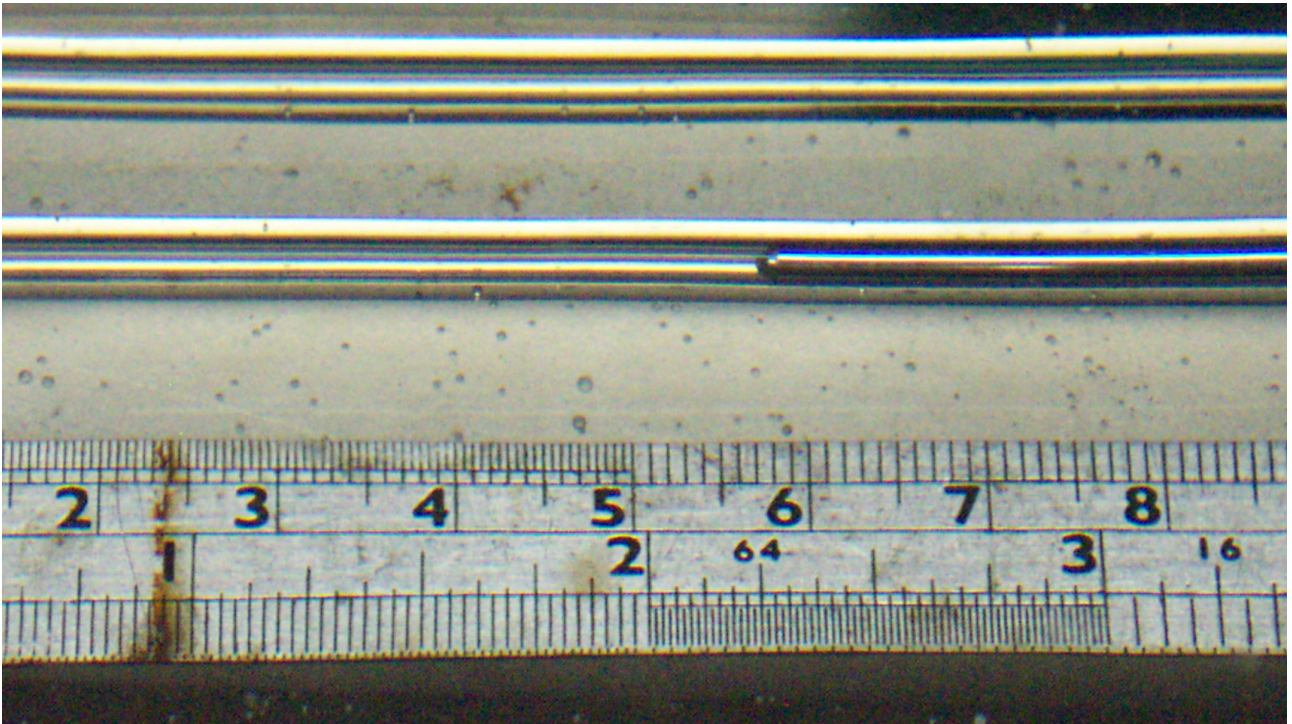
絕對溫度	現在氣壓	Δh	V0(室溫)	V0(實驗溫度)	Px	時間	
303	761.5	0.515	0.792	0.787	3.401	2a	4.32715
303	761.5	0.595	0.792	0.787	3.909	4b	0.71703
反應速率							
303	761.5	0.625	0.792	0.787	4.099	6(mol/min)	9.69558E-07
303	761.5	0.665	0.792	0.787	4.350	8	
303	761.5	0.695	0.792	0.787	4.537	10	
303	761.5	0.715	0.792	0.787	4.662	12	

絕對溫度	現在氣壓	Δh	V0(室溫)	V0(實驗溫度)	Px	時間	
306	761.5	0.633	0.792	0.795	4.110	2a	4.9814
306	761.5	0.723	0.792	0.795	4.667	4B	0.83193
						反應速率	
306	761.5	0.743	0.792	0.795	4.790	6(mol/min)	1.29501E-06
306	761.5	0.743	0.792	0.795	4.790	8	
306	761.5	0.783	0.792	0.795	5.035	10	
306	761.5	0.833	0.792	0.795	5.340	12	

絕對溫度	現在氣壓	Δh	V0(室溫)	V0(實驗溫度)	Px	時間	
							(
							.
							.
							.
							.
							.
309	761.5	0.881	0.792	0.803	5.579	2A	6.264234
							(
							.
							.
							(
							(
							{
309	761.5	0.911	0.792	0.803	5.758	4B	1.031157
						反應速率	
309	761.5	0.961	0.792	0.803	6.055	6(mol/min)	2.01848E-06
309	761.5	1.011	0.792	0.803	6.351	8	
309	761.5	1.011	0.792	0.803	6.351	10	
309	761.5	1.051	0.792	0.803	6.586	12	

絕對溫度	現在氣壓	Δh	V0(室溫)	V0(實驗溫度)	Px	時間	
312	761.5	1.259	0.792	0.811	7.720	2A	20.68572
312	761.5	1.349	0.792	0.811	8.227	4B	1.01777
						反應速率	
312	761.5	1.379	0.792	0.811	8.395	6(mol/min)	6.57892E-06
312	761.5	1.379	0.792	0.811	8.395	8	
312	761.5	1.379	0.792	0.811	8.395	10	
312	761.5	1.479	0.792	0.811	8.950	12	

(四) 毛細管操作圖



評語及建議事項

實驗設計維細玻管觀測平衡溶液之蒸氣壓，蒸氣產生速率與壓力變化等，再應用熱力學的公式，量測拉午耳的實驗結果。創意佳，實驗設計可行，但科學的觀念薄弱，且未討論非理想溶液的蒸氣壓與濃度多寡之間的關係。