

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 理化科

031602

液體體積膨脹的探討與研究

學校名稱：金門縣立金城國民中學

作者：	指導老師：
國三 李松錡	黃靜柯
國二 黃心潔	許績川
國一 許惟智	

關鍵詞：熱縮冷脹、黏度、附著力

# 液體體積膨脹的 探討與研究

## 摘要：

當物質受熱時，內部會因為溫度升高而使分子振動得更快，分子間的距離變大，使得物質膨脹。當溫度下降時，物質內部分子振動得較慢，分子間的距離變小，使得物質收縮。大多數物質，包括固體、液體及氣體都具有熱脹冷縮的特性，以同體積而言，氣體膨脹最大，液體次之，固體最少。

少數的特殊例子：水在一般狀況下也是熱脹冷縮，但在溫度從  $4^{\circ}\text{C}$  到  $0^{\circ}\text{C}$  時，卻是遇熱收縮，遇冷膨脹，即「冷脹熱縮」，這個奇妙的特性在大自然界中扮演很重要的角色。冬天時，當戶外氣溫低至  $0^{\circ}\text{C}$  以下時，湖水結冰、體積冷脹、密度變小，即結冰的湖水比水的密度要小，所以，浮在水面上，使整個水面結冰，冰面下的水仍會保持一定的水溫，使得生活在水中的生物得以過冬。水是冷脹熱縮嗎？這樣說其實並不正確喔！水在  $4^{\circ}\text{C}$  以上，都是熱脹冷縮的，但在  $4^{\circ}\text{C}$  以下，因為要準備結冰，體積會慢慢的開始隨溫度下降而膨脹（熱縮冷脹），在人的日常生活中，也有很多溶液具熱脹冷縮的特性

## 壹、研究動機：

在二上自然與生技第二章談到「溫度與熱」。實驗 2-1「溫度計的原理」時，玻璃管內液面當水溫高則液面高，水溫低則液面低，明確表示水會因溫度高低而膨脹？難道亦只跟溫度有關？或者還有其他因素呢？如果將他換成他液體或以不同濃度的液體及不同管壁，則液體膨脹程度是否有所差異呢？因此，我們一方面尋找資料，一方面請教老師，想利用各不同的液體作一系列實驗，來探討影響液體體積膨脹的變因。

## 貳、研究目的：

- (一)明瞭液體不同濃度，不同溶質與膨脹的關係。
- (二)證明不同液體膨脹度的差異。

- (三)探討液體在管壁內膨脹大小與粘性係數或其他相關性。
- (四)以不同管壁內的相同液體所產生毛細現象的差異，探討影響液體體積膨脹的因素。
- (五)製作簡易粘度計，以培養製作儀器的技巧。

### 叁、研究設備及器材：

燒杯、錐形瓶(150mL)、直徑 0.9cm 長 40cm 塑膠管、溫度計、雙口橡皮塞、鐵架、酒精燈、陶瓷纖維網、糖、鹽、沙拉油、直徑 0.8cm 長 40cm 塑膠管和玻璃管、直徑 0.4cm 長 60cm 的塑膠管和玻璃管、酒精、甘油。

### 肆、研究過程：

#### 一、探討溫度、熱含量與體積膨脹關係：

步驟：

- 1.分別將水、甘油(丙三醇)、酒精、沙拉油等液體注滿錐形瓶。
- 2.測量玻璃管內徑。
- 3.將溫度計和玻璃管推入雙孔橡皮塞，並將橡皮塞塞住錐形瓶，使瓶中液體升入管內，並做記號。
- 4.將上述四錐形瓶，放入加水的鍋中，做隔水加熱實驗
- 5.將實驗所得的數據，記錄於表中並計算熱含量及膨脹率。



#### 二、探討液體濃度與膨脹大小及證明兩大不同溶液，液體積膨脹的差異：

步驟：

- 1.調製 5% 、10% 、15%及飽和鹽水溶液(26.2%)。
- 2.將溶液注滿錐形瓶，並將裝有玻璃管的橡皮塞，塞住錐形瓶使液體升入玻璃管，在水面作記號。
- 3.將錐形瓶置放於陶瓷纖維網上，並以酒精燈加熱，每隔 1 分鐘觀察記錄一次。
- 4.調製 5% 、10%、15%及飽和糖水溶液。
- 5.將溶液注滿錐形瓶，並將裝有玻璃管的橡皮塞塞住錐形瓶，使溶液升入玻璃管，在水面作記號。
- 6.將錐形瓶置放於陶瓷纖維網上，並以酒精燈加熱，每隔 1 分鐘觀察記錄一次。

#### 三、證明液體在管壁內膨脹大小與黏性係數的相關性有關並製作簡易黏度計：

步驟：

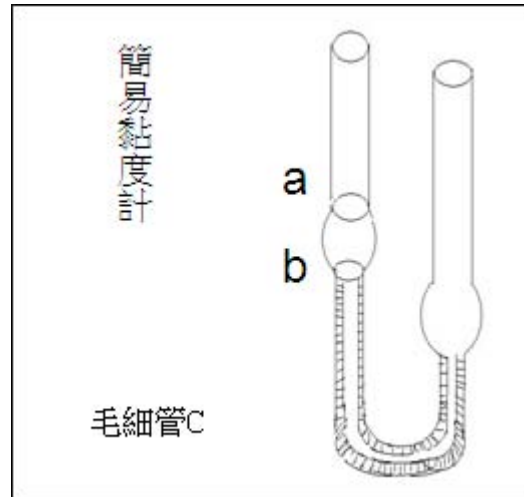
- 1.(1)分別將溫度計和玻璃管插入雙孔的橡皮塞。
- (2)將水及沙拉油、甘油、酒精注滿錐形瓶，用橡皮塞塞住。
- (3)將錐形瓶置於於陶瓷纖維網上並以酒精加熱，並加以觀察紀錄。
- 2.(1)製作簡易黏度計(如右圖)由一球形物及連接一毛細管 C 所構成
- (2)球物中盛以液體，量取液面由表記 a 至表記 b 所歷之時間
- (3)應用：使用經導出的公式求粘度

$$\frac{\eta_1}{\rho_1} : \frac{\eta_2}{\rho_2} = t_1 : t_2$$

$$\frac{\eta_1}{\rho_1} \times t_1 = \frac{\eta_2}{\rho_2} \times t_2$$

經等量公理

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$



公式及可求出相對或絕對黏度，也就是應用泊稪(Poiseuille)方程式:即測一定容量之試液，流經一定長度及半徑之毛細管所需要之時間，通常均由已知絕對黏度之標準的對比測定時間，公式中 $\rho$  為密度， $t$  為時間， $\eta$  為黏性係數。

$$Q = \frac{\pi p a^4}{8 l \eta}$$

泊稪方程式補充：

$p$  是管長為  $l$  的兩端壓力差， $a$  是管的半徑， $\eta$  是液體粘度，僅層流才有效，雷諾數超過 200 時此定律不為真。

層流：各質點運動方向平行，互不干擾

雷諾數：判斷流體流動狀態的重要依據，沒有單位，可視為慣性力與黏性力的比值。

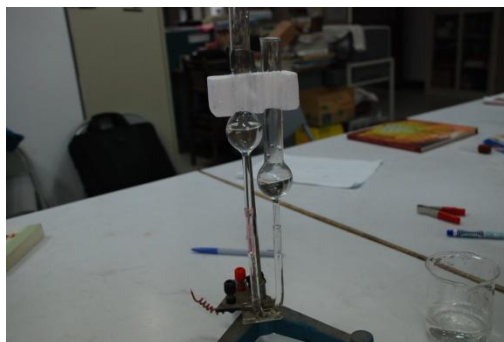
$$\frac{\eta}{\rho} = \nu$$

粘度係數：

$\eta$  是液體粘度， $\rho$  是密度

絕對粘度：使用兩個粘度計，一個裝水，一個裝待測物。即是以水的粘度定為標準而測出的一個數值

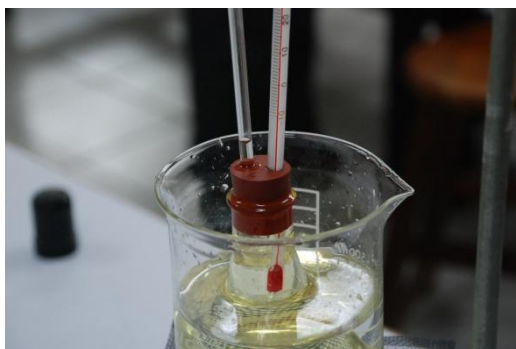
相對粘度即是兩個絕對粘度之間的差



#### 四、探討產生毛細現象的差異：

步驟：

- 1.分別將四種不同的塑膠和玻璃管插入四個橡皮塞內。
- 2.分別將水裝滿兩錐形瓶，並將上述兩橡皮塞塞住錐形瓶。
- 3.將錐形瓶置放陶瓷纖維網上並用酒精燈加熱，並加以觀察。



#### 伍、研究結果：

##### 一.熱含量與體積膨脹研究結果

（表一）水的熱含量與體積膨脹研究結果：

	熱量的關係		體積的關係		
	溫度 (°C)	熱含量 $\Delta H$	體積 (cm <sup>3</sup> )	體積增加量 (cm <sup>3</sup> )	膨脹率 (%)
0	18	0	145.00	0	0.0
1	21	435	145.05	0.05	0.3
2	25	1015	145.61	0.61	0.4
3	30	1740	146.41	1.41	1.0
4	36	2610	147.61	2.61	1.8
5	42	3480	148.42	3.42	2.4
6	47	4705	149.27	4.27	2.9
7	52	4930	150.03	5.03	3.5
8	56	5510	151.18	6.18	4.3
9	60	6090	152.29	7.29	5.2

10	63	6525	153.19	8.19	5.6
11	67	7105	154.09	9.09	6.3
備註	1. $\Delta H = m \cdot s \cdot \Delta t$ 2. 水的比熱：S=1.0 卡/公克·°C 3. 內管直徑為 0.5cm。 4. 膨脹率取至小數點第一位四捨五入 5. 膨脹率= $\Delta V/V$				

(表二) 酒精的熱含量與體積膨脹研究結果：

項 目 加熱時間	熱量的關係		體積的關係		
	溫度 (°C)	熱含量 $\Delta H$	體積 (cm <sup>3</sup> )	體積增加量 (cm <sup>3</sup> )	膨脹率 (%)
0	21	0	145.00	0	0.0
1	27	202	147.56	2.56	1.6
2	38	1143	150.03	5.03	3.5
3	45	1614	151.53	6.53	4.5
4	47	1749	153.54	8.54	5.9
5	50	1951	155.30	10.30	7.1
6	54	2287	157.31	12.31	8.5
7	58	2489	159.32	14.32	9.8
8	62	2758	161.83	16.83	11.6
9	67	3094	164.09	19.09	13.2
10	72	3431	166.10	21.10	14.6
11	77	3767	168.22	23.22	16.0
備註	1. $\Delta H = m \cdot s \cdot \Delta t$ 2. 酒精的比熱：S=0.58 卡/公克·°C 3. 玻璃內管直徑為 0.5 cm。 4. 膨脹率取至小數點第一位四捨五入 5. 膨脹率= $\Delta V/V$				

(表三) 甘油的熱含量與體積膨脹研究結果：

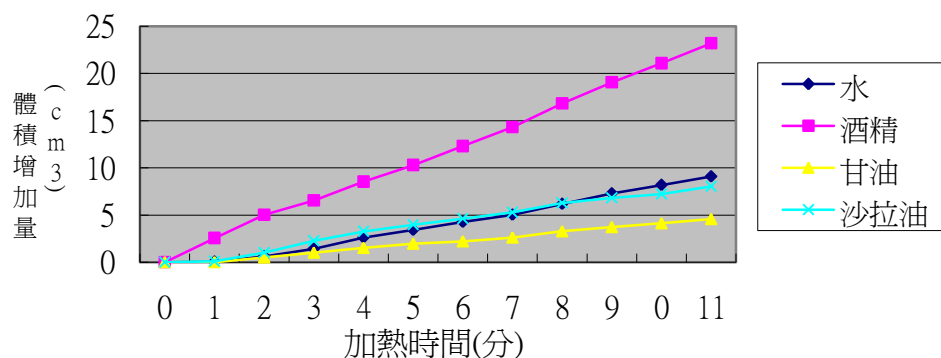
項 目 加熱時間-分	熱量的關係		體積的關係		
	溫度 (°C)	熱含量 $\Delta H$	體積 (cm <sup>3</sup> )	體積增加量 (cm <sup>3</sup> )	膨脹率 (%)
0	19	0	145.00	0.0	0.0
1	24	493	145.00	0.0	0.0
2	29	986	145.50	0.5	0.4
3	31	1184	146.01	1.01	0.7
4	33	1381	146.51	1.51	1.0
5	36	1677	146.96	1.96	1.4

6	40	2072	147.21	2.21	1.5
7	44	2269	147.61	2.61	1.8
8	48	2861	148.27	3.27	2.3
9	53	3354	148.72	3.72	2.5
10	58	3848	149.12	4.12	2.8
11	61	4144	149.57	4.57	3.2
備註	1. $\Delta H = m.s.\Delta t$ 2.甘油的比熱：S=0.567 卡/公克-°C 3. 玻璃內管直徑為 0.5 cm。 4.膨脹率取至小數點第一位四捨五入 5.膨脹率= $\Delta V/V$				

(表四) 沙拉油的熱含量與體積膨脹研究結果：

項目 加熱時間-分	熱量的關係		體積的關係		
	溫度 (°C)	熱含量 $\Delta H$	體積 (cm <sup>3</sup> )	體積增加量 (cm <sup>3</sup> )	膨脹率 (%)
0	23	0	145.00	0.0	0.0
1	28	217	145.10	0.10	0.1
2	37	609	146.01	1.01	0.7
3	43	870	147.26	2.26	1.6
4	46	1001	148.27	3.27	2.3
5	51	1218	148.97	3.97	2.7
6	56	1436	149.62	4.62	3.2
7	60	1610	150.28	5.28	3.6
8	63	1740	151.28	6.28	4.3
9	68	1958	151.83	6.83	4.7
10	72	2132	152.24	7.24	5.0
11	74	2219	153.04	8.04	5.5
備註	1. $\Delta H = m.s.\Delta t$ 2.沙拉油的比熱：S=0.4 卡/公克-°C 3. 玻璃內管直徑為 0.5 cm。 4.膨脹率取至小數點第一位四捨五入 5.膨脹率= $\Delta V/V$				

(圖一)熱量與體積關係



(一) 討論：

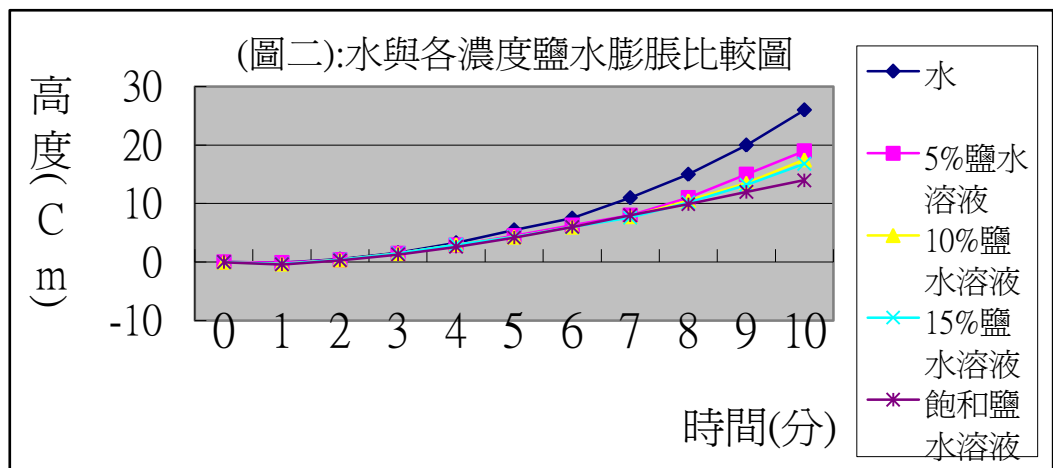
- 溫度愈高，熱量愈大，膨脹度愈大，由實驗數據可知膨脹度大小：酒精 > 水 > 沙拉油 > 甘油。
- 在實驗過程中，我們發現使用酒精燈加熱，常因風的關係使火焰搖動，熱源不穩定，因此我們在熱源四周另加四塊木板，以防止實驗誤差。

二、探討液體濃度與膨脹大小及證明兩大不同溶液：

(表五) 鹽水溶液和水膨脹的比較

高度 時間	水	鹽水溶液 5%	鹽水溶液 10%	鹽水溶液 15%	飽和鹽水 溶液
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.4
2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
3	1.6	1.5	1.5	1.5	1.3
4	3.3	2.9	3	3	2.6
5	5.5	4.5	4.3	4.3	4.2
6	7.5	6.3	6.0	6.0	6.0
7	11	8.0	7.8	7.6	8.0
8	15	11	10.5	10.2	9.9
9	20	15	13.5	13.2	12
10	26	19	17.5	16.8	14
備註					

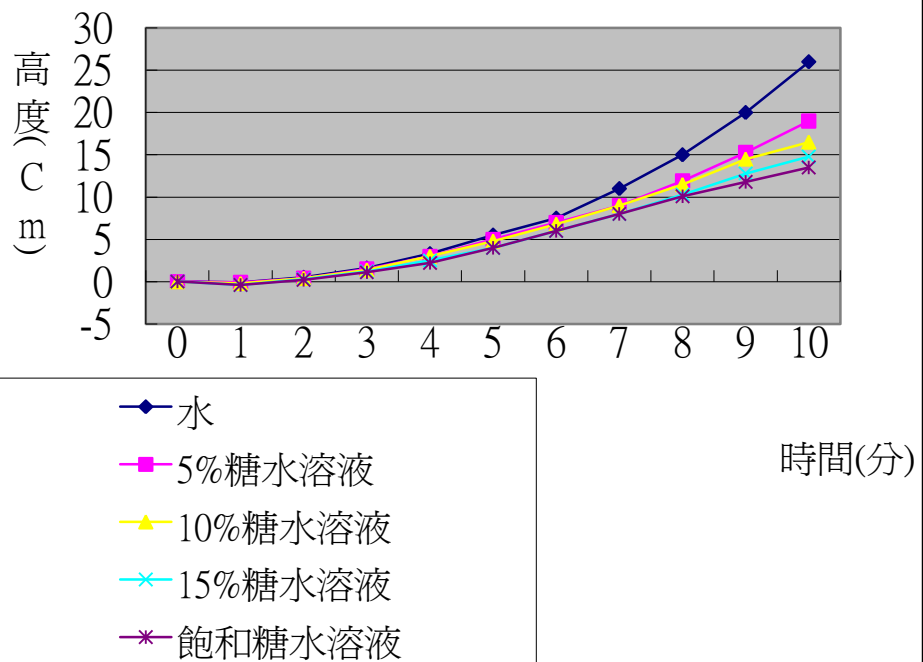




(表六) 糖水溶液和水膨脹的比較

高度 時間-分	水	糖水溶液 5%	糖水溶液 10%	糖水溶液 15%	飽和糖水溶液
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4
2	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2
3	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1
4	3.3	3.0	3.0	2.5	2.2
5	5.5	5.0	4.8	4.0	4.0
6	7.5	7.0	6.8	6.0	6.0
7	11.0	9.0	9.0	8.0	8.0
8	15.0	11.9	11.5	10.3	10.1
9	20.0	15.3	14.5	12.8	11.8
10	26.0	19.0	16.5	14.8	13.5
備註					

(圖三):水與各種濃度不同的糖水比較圖



(二)討論：

- 1.由實驗的數據表來看，可得知液體濃度越濃，上升速率越慢。
- 2.比較表五、表六發現，同濃度的鹽水溶液及糖水溶液上升高度不一樣，主要原因在於他們粘度大小及內聚力造成的表面張力大小不同。
- 3.在最初溫度，液體下降是錐形瓶先受熱膨脹，體積變大所致。

三.黏性係數的探討：

(表七) 水和濃度不同鹽水溶液粘性係數比較表

項目 \ 溶液	水	5%鹽水溶液	10%鹽水溶液	15%鹽水溶液	飽和鹽水溶液
時間(秒)	36	37	38	39	43
重量(M)	25	26.6	28.3	30.2	34.2
體積(V)	25	25	25	25	25
密度(D)=M/V	1.0	1.064	1.132	1.208	1.368
黏性係數 $U \times 10^3 (\text{kg/ms})$	1.140	1.274	1.362	1.492	1.863
備註					

(表八) 水和濃度不同糖水溶液粘性係數比較表

項目	水	5%糖水溶液	10%糖水溶液	15%糖水溶液	飽和糖水溶液
時間(秒)	36	40	43	48	160
重量(M)	25	26.6	28.3	30.2	49.2
體積(V)	25	25	25	25	25

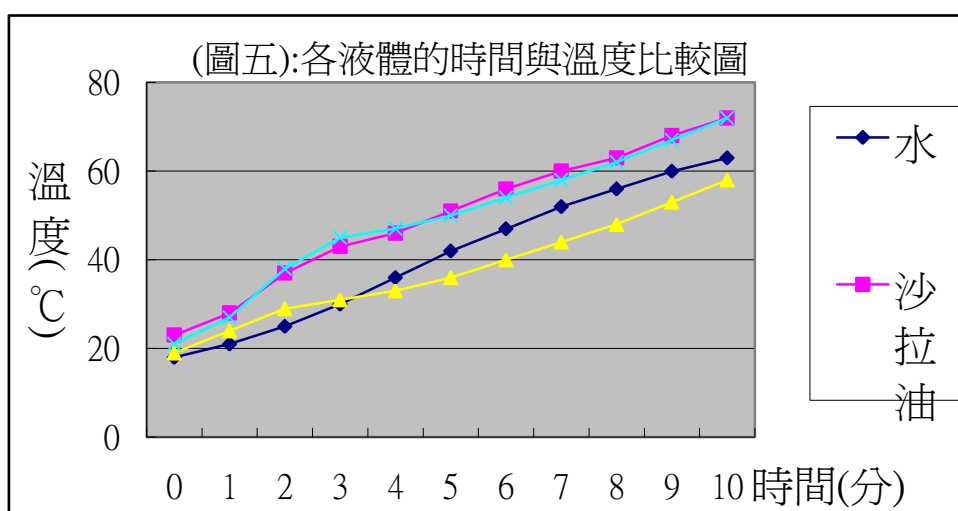
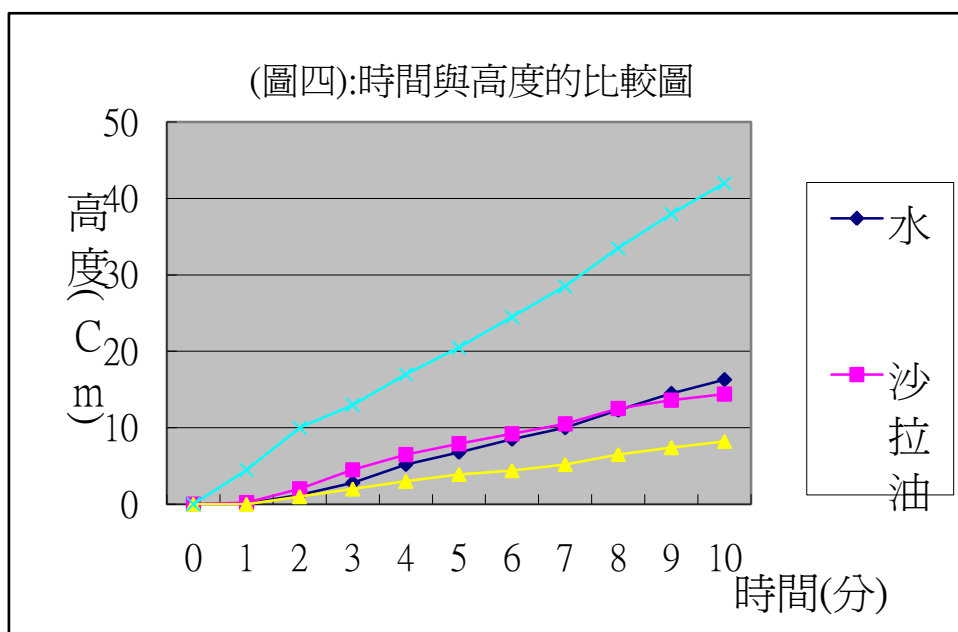
密度(D)=M/V	1	1.064	1.132	1.208	1.968
黏性係數 U×10 <sup>3</sup> (kg/ms)	1.140	1.348	1.541	1.836	9.971
備註					

(表九) 水和其他液體粘性係數比較表

項目 \ 溶液	水	沙拉油	甘油	酒精
時間(秒)	36.0	34.3	21.0	22.0
重量(M)	25.0	22.7	31.2	22.5
體積(V)	25.0	25.0	25.0	25.0
密度(D)=M/V	100	0.908	1.25	0.81
黏性係數 U×10 <sup>3</sup> (kg/ms)	1.140	9.86	8.31	0.56
備註				

(表十) 各種液體溫度和高度比較

溫度 名稱 加熱時間	水		沙拉油		甘油		酒精	
	高度 (Cm)	溫度 (°C)	高度 (Cm)	溫度 (°C)	高度 (Cm)	溫度 (°C)	高度 (Cm)	溫度 (°C)
0	0.0	18	0.0	23	0.0	19	0.0	21
1	0.1	21	0.2	28	0.0	24	4.5	27
2	1.2	25	2.0	37	1.0	29	10.0	38
3	2.8	30	4.5	43	2.0	31	13.0	45
4	5.2	36	6.5	46	3.0	33	17.0	47
5	6.8	47	7.9	51	3.9	36	20.5	50
6	9.5	47	9.2	56	4.4	40	24.5	54
7	10.0	52	10.5	60	5.2	44	28.5	58
8	12.3	56	12.5	63	6.5	48	33.5	62
9	14.5	60	13.6	68	7.4	53	38.0	67
10	16.3	63	14.4	72	8.2	58	42.0	72
備註								

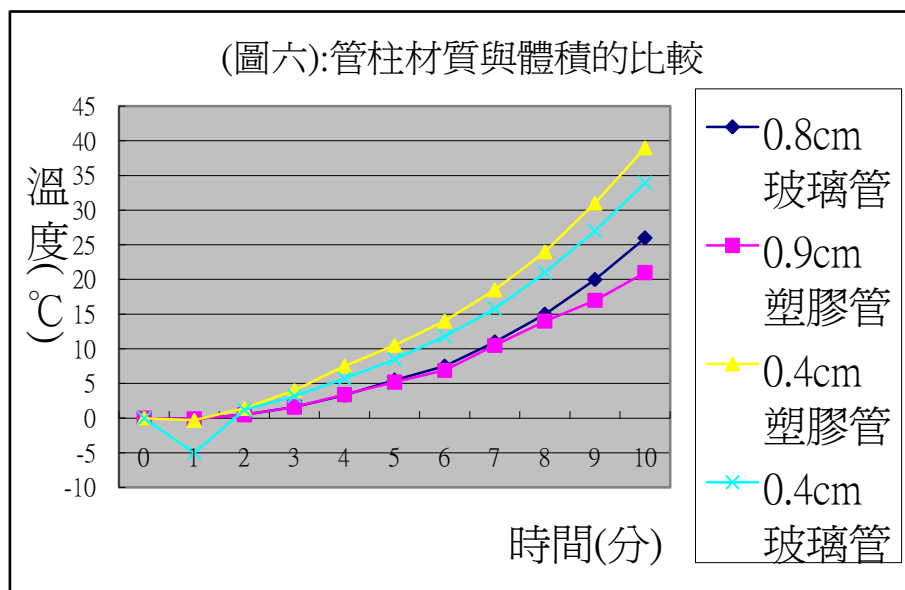


(三)討論：

- 1.由表(十)可得知，水的中上升高度較沙拉油的上升高度更高，其原因是因爲水的黏性係數  $1.140 \times 10^{-3}$  (kg/ms)，沙拉油的黏性係數爲  $9.8610^{-3}$  (kg/ms)，所以水上升高度大於沙拉油。所以粘性係數越大，上升高度越大。
2. 由[表(七)、(八)]可得知液體的濃度愈大，相對的黏性係數愈大，但和前面的實驗結果矛盾。
- 3.由實驗觀察中，我們發現水、沙拉油、酒精三種液體和玻璃管的附著力大於三液體的凝聚力，當玻璃管和液體的接觸小於 90 度(表面張力大)，高度較容易上升，而甘油與玻璃管得附著力等於其凝聚力，及玻璃管與甘油接觸角等於 90 度(表面張力小)，所以高度較不容易上升，所以真正影響上升高度的是表面張力。

(表十一) 管柱的管材料與體積膨脹的關係

高度 時間	0.8 cm 玻璃管	0.9 cm 塑膠管	0.4 cm 塑膠管	0.4 cm 玻璃管	備註
0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.5	
2	0.5	0.5	1.4	1.2	
3	1.6	1.6	4.0	3.2	
4	3.3	3.4	7.5	5.7	
5	5.5	5.2	10.5	8.5	
6	7.5	6.9	14.0	11.8	
7	11.0	10.5	18.5	15.8	
8	15.0	14.0	24.0	21.0	
9	20.0	17.0	31.0	27.0	
10	26.0	21.0	39.0	34.0	
附註					



(四)討論：

- 1.由[實驗(四)]數據表可看出水在 0.4 cm塑膠管比水在 0.4 cm玻璃管的附著力大於水與玻璃管的附著力所致。
- 2.由於塑膠管較玻璃管受熱易於膨脹，因此，實驗中水在塑膠管中上升會有微小的誤差。
- 3.由[實驗四]數據表得知相同液體在相同質材而不同內徑的管子中上升，管徑小的上升愈快，原因在於相同液體在一定溫度下膨脹度一定，而口徑愈大

所佔體積愈大，上升高度因此較低。

## 陸、研究結論:

- (一)綜觀整個實驗，我們深切了解液體積脹縮受溫度的影響，而脹縮大小卻受黏性大小，及表面張力，以及液體中所含溶質影響甚大。會膨脹是因分子間分子力、分子震動、擾亂、擺動等運動所造成。溫度愈高，分子吸收足夠能量而運動，而使體積變大。
- (二)同液體在管徑相同，而管壁不一樣的管子中受熱上升快慢，與管壁本身膨脹及液體對管壁的附著力有關，會因此間接影響上升高度。

## 柒、參考資料：

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| (一)自然與生活科技 2 上   | 康軒文教事業        |
| (二) 流體動力學        | 臺灣高等教育出版社     |
| (三) 物理大辭典        | 文人出版社         |
| (四) 二十世紀世界彩色百科全書 | 百科文化出版社       |
| (五)中山科學大辭典       | 台灣商務印書館股份有限公司 |

**【評語】** 031602

1. 本研究討論液體體積膨脹之現象，研究方法尚佳，但創意不足。
2. 水在  $4^{\circ}\text{C}$  到  $0^{\circ}\text{C}$  時有冷脹熱縮的現象，應該有較深入的討論，為何與一般物質熱脹冷縮的現象不同。