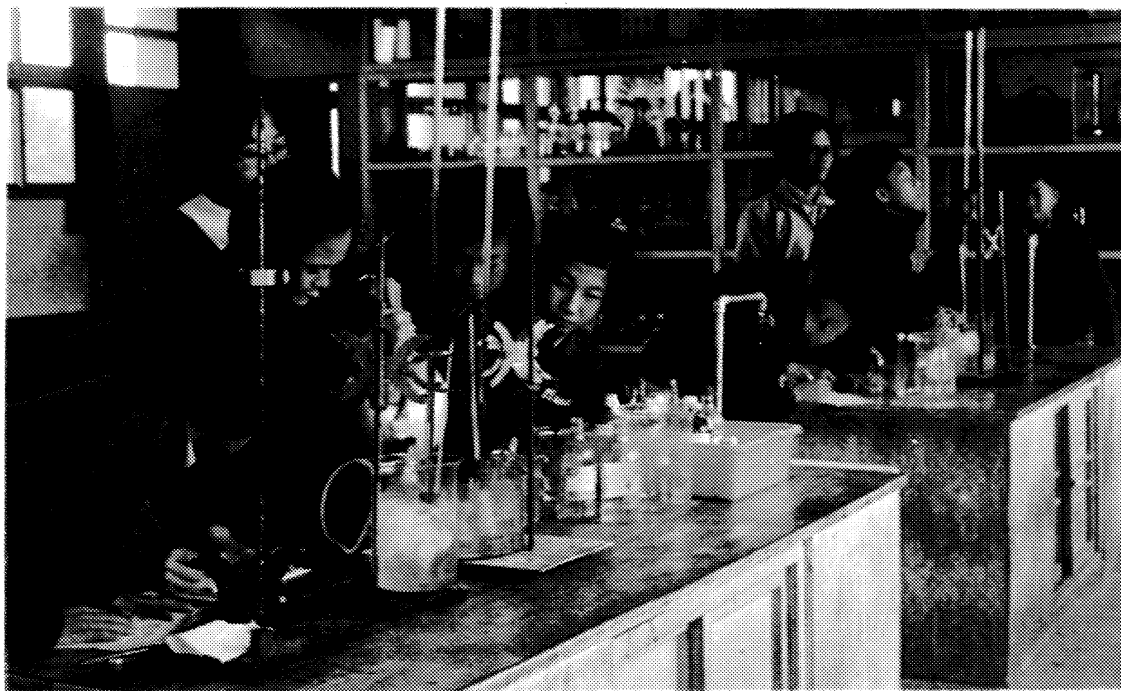


# 利用連通管原理測量液體體膨脹係數的探討

## 國中組物理第三名

彰化縣彰化國中

作者：殷世山等九名  
指導老師：吳慶雄、陳惠卿



### 一、動機與目的

在日常生活中，所接觸的物質，就一般而論，物體經加熱以後，都會增大體積，而冷卻時却收縮。也就是說：物體的體積增加愈多，則溫度愈高；反之，如該物體的體積增加愈少，則溫度愈低。即物體有熱脹冷縮的性質。在國中物理第十二章第一節「溫度和溫度計」中，談到：常用的水銀溫度計、酒精溫度計，都是利用此種液體熱脹性質來測量溫度的，並且以穿有細玻璃的小燒杯放在沸騰水中，以觀察不同的液體，其在加熱時的膨脹效果，（見物理第三冊，第28頁圖12-1。圖12-2）。

我們爲了進一步瞭解，各種液體其膨脹的效果—液體的體膨脹係數的大小與其變因之間的關係。另外設計一套實驗方法，利用不

同密度的液體在連通管中，測量液體的體膨脹係數。

## 二、實驗原理

所謂液體的體膨脹係數，乃是指溫度每升高  $1^{\circ}\text{C}$  時，各該液體的體積較  $0^{\circ}\text{C}$  時原有體積所增加的分數而言。

設以  $V_0$  表示某一液體在  $0^{\circ}\text{C}$  時原有體積。

以  $V_t$  表示溫度由  $0^{\circ}\text{C}$  增至  $t^{\circ}\text{C}$  時的體積。

以  $\beta$  表示該液體的體膨脹係數。

$$\text{則 } \beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

$\therefore$  液體的體積受熱會膨脹，密度會變小。

$\therefore$  同一質量時，物體的密度和體積成反比。

$$\text{即 } \frac{V_t}{V_0} = \frac{D_0}{D_t}$$

又根據連通管原理。連通管其底部相連部份同一液面上，各點的壓力相等。

$$\text{即 } P_0 = P_t$$

由液體的壓力公式： $P = hD$

$$\therefore h_0 D_0 = h_t D_t$$

$$\Rightarrow \frac{h_t}{h_0} = \frac{D_0}{D_t} = \frac{V_t}{V_0} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

將②式代入①式

$$\text{得 } \beta = \frac{h_t - h_0}{h_0 t} = \frac{\Delta h}{h_0 t}$$

$B$ ：體膨脹係數。

$V_t$ ：溫度  $t^{\circ}\text{C}$  時液體體積。

$V_0$ ：溫度  $0^{\circ}\text{C}$  時液體體積。

$t$ ：液體的溫度。

$P$ ：液體的壓力。

$D$ ：液體的密度。

$h_0$ ：溫度  $0^\circ\text{C}$  時液柱高度。

$h_t$ ：溫度  $t^\circ\text{C}$  時液柱高度。

$\Delta h$ ：液柱高度差。

### 三、實驗手續

#### (一)液體體膨脹係數的測定

1. 將甲醇經由漏斗倒入連通管組件內，使液柱高約 50cm。
2. 調整左右兩邊的米尺，使兩邊的液高相同。
3. 以正在熔解的碎冰塊圍住左邊的管柱，使左管的液體溫度降至  $0^\circ\text{C}$ 。
4. 再以適當的已知溫度的熱水由右管上端慢慢注入大燒杯中圍住右管。同時左管上端亦不斷以冰水澆淋。
5. 觀察兩邊的溫度變化及液柱高度的變化直到右管的溫度不再上升時，而兩管的液柱高度不再升高為止。
6. 記錄此時兩邊液柱的高度，溫度及液柱的高度差。
7. 將甲醇依次改變為乙醇。乙醚。甘油。松節油。水，重覆手續 1 至手續 6。

#### (二)液體液柱的高度與液柱高度差的關係

1. 控制變因：溫度

改變的變因：液柱的高度

2. 手續

(1)重覆(A)部分的手續

(2)溫度要保持一樣，可於手續 4 時，每一次皆用一樣溫度的熱水。

(3)要改變液柱的高度。則可另置待測液於  $0^\circ\text{C}$  的冰水中而於手續 5 之後，將此  $0^\circ\text{C}$  的待測液加入左管，以改變左管液柱的高度分別為 400 毫米。500 毫米。600 毫米。700 毫米。800 毫米時，其右管的液柱高分別記錄之。

#### (三)液體溫度與液柱高度差的關係

1. 控制的變因：液柱的高度

改變的變因：溫度

## 2. 手續

(1)重覆(A)部分的手續。

(2)改變溫度時於手續4時可用不同溫度(例如第一次用 $20^{\circ}\text{C}$ 。第二次用 $25^{\circ}\text{C}$ ……)的熱水。

(3)要使液柱高度保持一定。則於手續5之後加 $0^{\circ}\text{C}$ 的待測液於左管。則可控制液柱高度於800毫米，觀察並記錄右管的液柱高。

## 四、實驗結果及討論

(一)表1

物質名稱	左管液柱		右管液柱		高度差 $\Delta h$ 毫米	$B \times 10^{-5}$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) $^{-1}$	誤差 %
	柱高 $h_0$ 毫米	溫度 $^{\circ}\text{C}$	柱高 $h_t$ 毫米	溫度 $^{\circ}\text{C}$			
甲 醇	798	0	829	35	31	111	9
乙 醇	752	0	783	49.5	31	83	6
乙 醚	720	0	752	29	32	153	9
甘 油	451	0	457	30	6	51	2
松 節 油	502	0	523	45	21	102	2.8
水	883	0	894	63	11	20	11

討論：

1. 左右兩管因不是全部浸入冰水浴及熱水中，故誤差值稍大
2. 右管加熱水宜由上端慢慢注入大燒杯中，以免液體膨脹過速，溢出管外，同時左管亦應不時以冰水在管上端澆淋，以使管的上端部分和下端部分，保持同溫。
3. 乙醚的沸點是 $34.6^{\circ}\text{C}$ ，故所加的熱水不宜超過 $35^{\circ}\text{C}$ 。
4. 本實驗時，為使左管之液體保持 $0^{\circ}\text{C}$ ，故右管加熱時為減少熱量傳導於左管，可在底部連通管之橡皮管上套入滴定管

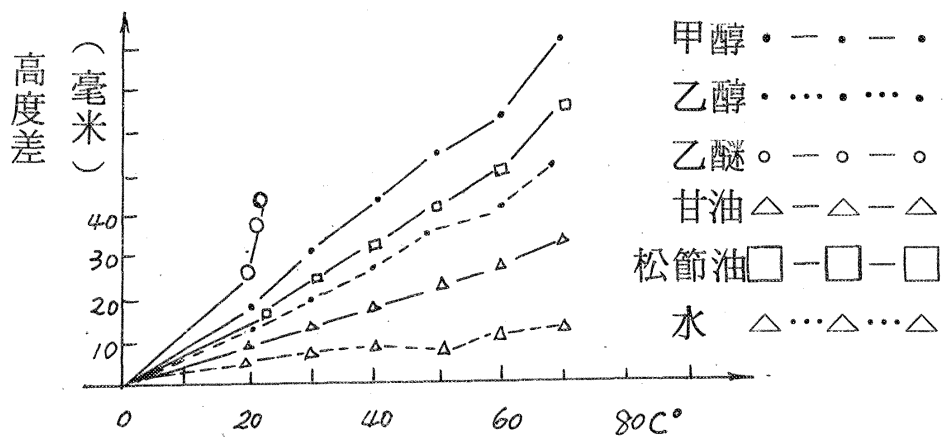
，使底部變細，則可使左管保持0°C。

(二)表2

物質名稱	右管溫度	左管溫度	右管高度 左管液柱高度及 高度差	400	500	600	700	800
				毫米	毫米	毫米	毫米	毫米
甲醇	55	0°C	ht	426	532	641	747	852
			$\Delta h = ht - ho$	26	32	41	47	52
乙醇	40	0°C	ht	412	515	619	722	824
			$\Delta h = ht - ho$	12	15	19	22	24

乙醚	25	0°C	ht	417	520	625	730	835
			$\Delta h = ht - ho$	17	20	25	30	35
甘油	35	0°C	ht	407	509	611	713	815
			$\Delta h = ht - ho$	7	9	11	13	15
松節油	40	0°C	ht	417	522	625	730	833
			$\Delta h = ht - ho$	17	22	25	30	33
水	55	0°C	ht	404	505	607	708	810
			$\Delta h = ht - ho$	4	5	7	8	10

討論：由表2可知，當液體的溫度保持一定時。若液柱的高度愈高，則液柱的高度差愈大，效果亦愈顯著。



溫度—高度差關係圖)

(三)表 3

物質名稱	左管液柱		右管溫度 °C 右管高度及 高度差	20	25	30	35	40	50	60	70
	柱高 毫米	溫度 °C									
甲醇	800	0	ht	818.3	—	830.8	—	843.5	856.1	868.4	880.4
			$\Delta h = ht - ho$	18.3	—	30.8	—	43.5	56.1	68.4	80.4
乙醇	800	0	ht	811.8	—	819.8	—	828.1	836.1	844.3	852.6
			$\Delta h = ht - ho$	11.8	—	19.8	—	28.1	36.1	44.3	52.6
乙醚	800	0	ht	826.4	833.8	841.3	沸騰				
			$\Delta h = ht - ho$	26.4	33.8	41.3	—				
甘油	800	0	ht	807.6	—	812.6	—	817.8	823.5	828.7	834
			$\Delta h = ht - ho$	7.6	—	12.6	—	17.8	23.5	28.7	34
松節油	800	0	ht	816	—	826.7	—	837.5	848.2	858.7	869.3
			$\Delta h = ht - ho$	16	—	26.7	—	37.5	48.2	58.7	69.3
水	800	0	ht	802.9	—	804.6	—	806.7	808.5	810.5	812.6
			$\Delta h = ht - ho$	2.9	—	4.6	—	6.7	8.5	10.5	12.6

討論：

- (一)由表 3 可知，當液柱高度一定時，則兩管的溫度差愈大其液柱高度差亦愈大，故可畫出溫差對液柱高度差之曲線圖，如上：
- (二)由曲線圖可知當液體的溫度與該液體的沸點，愈近時，其膨脹係數也就愈大。

## 六、結論

- (一)本實驗是就國中物理第三冊第 28 頁中「液體熱膨脹性質」做較深入的探討。而其測量液體膨脹係數的大小，所應用的原理，涵蓋了國中物理第一、二、三、冊中的「密度」「液體的壓力」「溫度和熱」因此可誘導學生學習興趣，啓發學生對科學的活用。
- (二)本實驗是以測量液柱的高度，來求膨脹係數，較之測量液體的體積來得容易方便。
- (三)利用連通管原理所測定的液體膨脹係數，與承裝容器的膨脹不發生關係。故不受容器本身膨脹的影響。故可得較標準的數值。

- 評語：
1. 對皆知之較難問題，設計簡單可行之方法及儀器，量取液體膨脹係數甚具創意。
  2. 對影響實驗結果之因素，尚能考慮周詳。
  3. 實驗結果尚佳。