

# 空氣膨脹的妙用

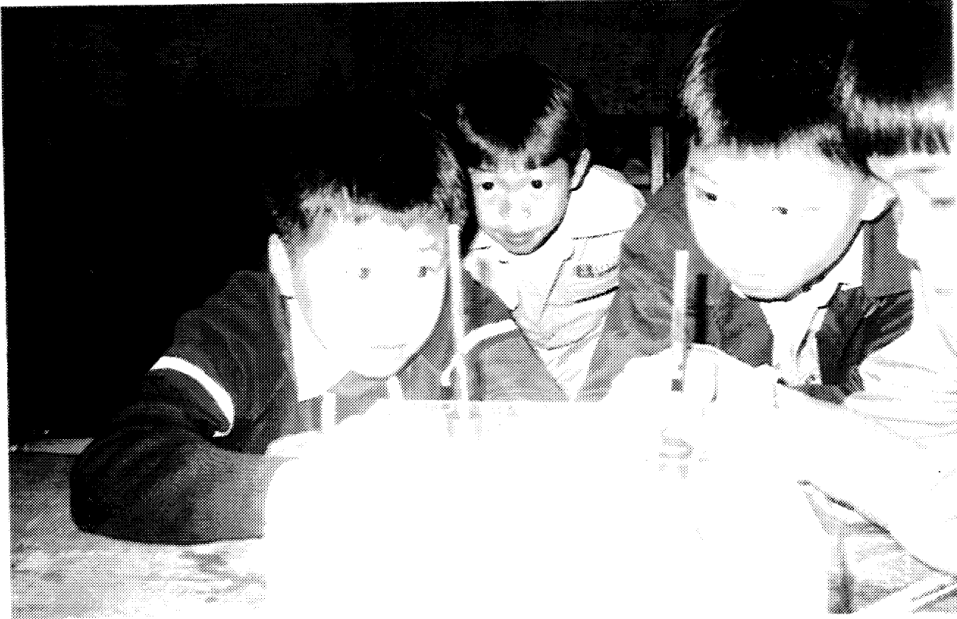
初小組應用科學第三名

台北市立石牌國民小學

作者：林柏劭、陳家豪

龔俊睿、蔡東燁

指導教師：葉月順、蔡義民



## 一、研究動機

放假日，我和妹妹在家幫忙擦地板，發現地板有好多空隙，以為是沒有舖好呢！我們將這個發現告訴媽媽，媽媽說：「物體有熱脹冷縮的現象，如果大理石和大理石之間排列得太緊密，沒有空隙，到了夏天，大理石會因為受熱膨脹而變大，大理石與大理石之間就會因為推擠而東翹西翹。」原來大理石與大理石之間保留適當的空隙，也是學問呢！我對這個問題很好奇，特地找幾位好朋友共同研究，我們想實驗看看，物體有熱脹冷縮的現象，也就是氣體、液體、固體受熱都會膨脹，那一種物體遇熱體積膨脹得最多，熱脹冷縮的現象，是不是能加以利用呢？

## 二、研究目的

- (一)物體熱脹冷縮的觀察。
- (二)空氣膨脹的觀察和實驗。
- (三)利用空氣的熱脹冷縮現象做成溫度控制開關。

四)研究製作空氣式自動消防噴水設備。

### 三、研究設備器材

燒瓶、酒精燈、細玻璃管、細塑膠管、針筒、銅罐、鋁罐、溫度計、砝碼、彈簧秤……等。

### 四、研究過程

(一)物體熱脹冷縮的現象

1.觀察固體的熱脹冷縮現象。

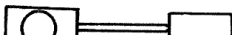
我們參考自然課本第七冊的「物體受熱膨脹」這個單元的方式觀察金屬球受熱現象。

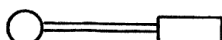
(1)準備一個金屬環和一個剛好能通過金屬環的金屬球。

(2)準備一個酒精燈。

實驗過程：

(1)將金屬球放在酒精燈上加熱。

(2)每隔 20 秒試試看金屬球能否通過金屬環。 金屬環→ 

(3)用眼睛、觀察金屬球受熱膨脹的現象。 金屬球→ 

通 過 否	時間	20	40	60	80	90	100
通 過		✓	✓	✓	✓		
不 通 過						✓	✓

實驗結果：

(1)金屬球當受熱 90 秒時，無法通過金屬環。

(2)金屬球膨脹很少，眼睛看不出來。

結論：金屬球加熱前可以通過金屬環，加熱後無法通過金屬環，因此金屬球受熱體積會膨脹，但是膨脹少，不易用眼睛觀察。

2.觀察液體的熱脹冷縮現象。

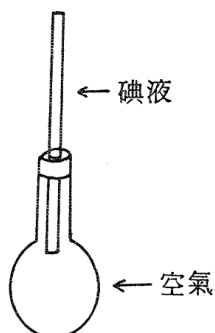
我們觀察水受熱的現象，將錐形燒瓶放在酒精燈上加熱，過了 70 秒，可以看到細玻璃管內的水位，正逐漸向上升高。

實驗結果：我們可以觀察到水受熱體積會增加，受熱愈久，體積會增加愈多。

### 3. 觀察氣體的熱脹冷縮現象。

拿一個插有細玻璃管的瓶塞，細玻璃管內滴一滴碘液，將瓶塞塞緊圓底燒瓶，在碘液的位置做記號。雙手抱緊燒瓶，很快的就看到碘液往上升。

實驗結果：由實驗可以很容易的觀察到氣體受熱體積會很快的膨脹，比金屬球和水膨脹更多。



### (二) 用空氣熱脹的性質，研究定溫開關。

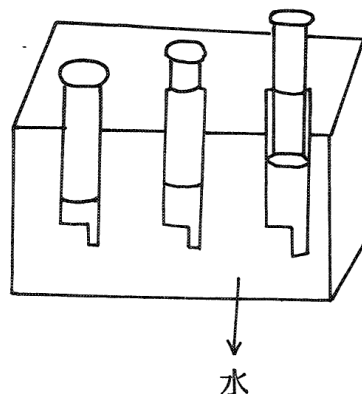
我們經實驗證明空氣受熱，體積會馬上膨脹，而且膨脹率很大，因此如果能利用空氣熱脹冷縮的性質，製作一個定溫開關，當天熱就自動開電扇，那不是很好嗎？

#### 1. 空氣熱脹推動距離的觀察。

我們發現針筒是一個很好的實驗器材，我們準備了三支 10ml 的針筒，分別取不同量的空氣存在針筒內，然後將針筒口封住，浸在同溫的水槽中，觀察三支針筒被推動的距離，並記錄下來。

室溫 22°C

針筒被推動距離 空氣量	溫度			
	40°C	50°C	60°C	70°C
1 公分	0.05	0.1	0.15	0.2
2 公分	0.1	0.3	0.4	0.6
3 公分	0.2	0.4	0.5	0.7



結果：(1)溫度越高針筒移動距離越大。

(2)空氣量越多的針筒，熱脹時移動的距離較多。

討論：針筒移動距離如果要更明顯，由實驗資料，我們認為是增加空氣量。

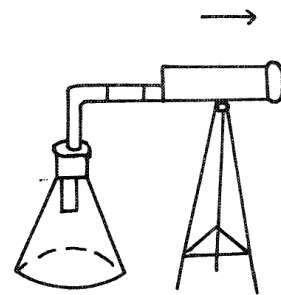
## 2.增加空氣的容量。

(1)將針筒口的一端接上一個小燒瓶，將燒瓶浸入水槽中，觀察針筒的位置，記錄下來，並放置溫度計觀測溫度。

(2)在水槽中加熱水，均勻攪拌使水溫每上升3度，觀察針筒上升的情形做記號，並記錄下來。(5ml 針筒)

實驗結果：

水溫	20℃	23℃	26℃	29℃	32℃
上升高度					
針筒位置 (小格)	10	22	34	45	57



發現：(1)燒瓶在水槽中，當溫度上升時，針筒會向外移動，移動的距離很明顯，容易觀察。

(2)溫度每上3℃時針筒位置大多移動12小格，可見空氣膨脹非常有規律。

## 3.利用空氣熱脹推動針筒設計出一號空氣定溫開關。

空氣受熱可以很容易的推動針筒，當溫度冷卻時，針筒也能很快縮回來，我們不是可以利用這一伸一縮的特性做一個簡單又奇妙的定溫開關嗎？

(1)我們在針筒的管口安裝一個小瓶子，以增加空氣量。

(2)將瓶子放20℃的水中，觀察針筒的位置，並記錄下來。

(3)在水中慢慢加熱，每上升一度，即觀察針筒的位置，記錄下來，並做記號，標上溫度。

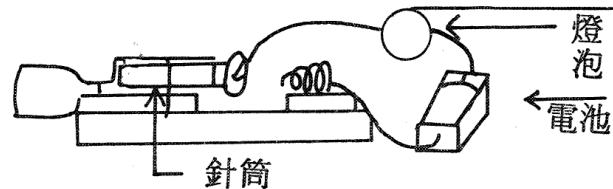
(4)在針筒的一端固定電源的一端，電源的另一端固定在針筒的一個適合的溫度距離。

(5)我們將整個電路，包括電池、燈泡安裝妥當後，在瓶子的位置慢慢加熱，過了一會兒，果然，針筒的一端碰觸到電源，燈泡亮了，通電了，這

實在太神奇了。

討論：(1)我們完成的空氣溫度開關，對外界的溫度變化非常敏感。

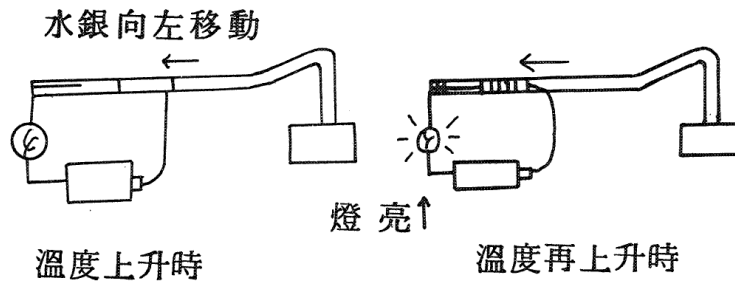
(2)實驗觀察時，我們發現當溫度漸漸上升時針筒有時會向前推進一下，靜止一下，再向前推進多一些，也就是針筒本身會有一些摩擦力，因此在使用上會有  $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$  的誤差。



#### 4. 利用空氣熱脹冷縮原理推動水銀設計出二號空氣定溫開關。

我們觀察氣體膨脹時，曾經在細玻璃管內滴一滴碘液，所以我們想如果能將碘液改成會導電的液體不就可以解決這個難題了嗎？什麼東西會導電，又是液體能放在細管內，隨著空氣的熱脹冷縮而移動？有了！我們想到體溫計內所使用的水銀，因此我們就著手研究！

- (1)將水銀放入細管中，細管的一端連接著裝空氣的罐子。
- (2)用手溫試試看，果然水銀會因空氣受熱而上升，也會因冷卻而下降。
- (3)水銀比重大，內聚力也大，有時一不小心，會因與玻璃管間有一空隙，而掉落至罐子裡。
- (4)為了改進(3)的缺點，我們發現如果將細管改變成橫放，在接口處彎曲，同時水銀多放一些，大約 2 公分長，如此水銀就不會有掉落到罐子裡的困擾了。
- (5)熱傳導最快的是銀，其次是金、鋁、黃銅、鐵，因此我們決定將裝空氣的罐子改為身邊最容易取得又適合我們實驗的金屬罐。
- (6)我們將漆包線的兩端漆刮掉，一端穿入細管內固定，並將孔封閉，一端留在管外。
- (7)再拿一根漆包線兩端的漆刮掉，一端穿過小塑膠管，一端固定在塑膠管口，小塑膠管可插在裝有水銀的細管口。
- (8)在兩條漆包線的外端，分別連接上電池、電線、燈泡。
- (9)當罐子內的空氣受熱推動水銀，水銀碰到兩條漆包線，即造成了通路，燈泡亮了。
- (10)當溫度降低，水銀下降，造成斷路，燈泡不亮。我們終於完成了令人驚喜的二號空氣定溫開關。



實驗結果：(1)二號空氣定溫開關比一號定溫開關靈敏度高，水銀可隨著溫度的變化而前進或後退。

(2)可以調整漆包線的位置，依溫度的高低而要求是不是需要通電。

(3)夏天吹電扇，到了半夜溫度降低，如果有了空氣定溫開關，不就可以幫忙開電扇了嗎？這樣就不會著涼了。

### (三)免電消防自動噴水器

我們經常會從報上得知某某地方又失火了，死傷多人等，令人難過的事，經過調查市面上一些消防設備是利用電子偵測煙霧的裝置，但是當大火發生電源也沒了，電子偵測的設備就不能起作用，控制噴水就自然失效，如果能有免電的消防噴水裝置不是更好嗎？

如果空氣受熱膨脹能產生推力，而且推力夠大的話，也許可以推動噴水器。

#### 1. 打開水龍頭要花多少力呢？

我們到水電行找了一個合適的水龍頭，測測看水龍頭須費多大的力才能將它打開。

我們拿實驗用的彈簧秤拉拉看，結果費了 150g 的力即可將水龍頭打開。

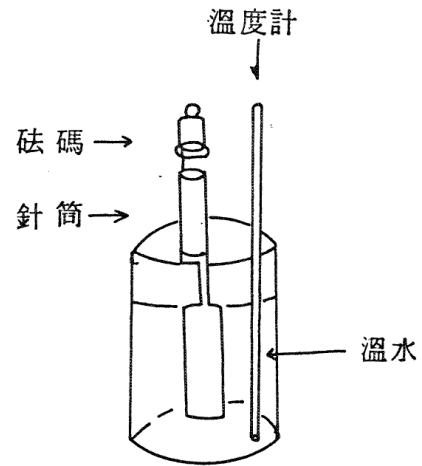
#### 2. 測量空氣膨脹的推力和距離。

(1)拿一個 10ml 和 20ml 的針筒，將針筒的口和鋁罐口接合在一起，並用熱熔膠將接口封住，使它不會漏氣。

(2)將鋁罐分別放置在 40°C、50°C、60°C 的熱水中，針筒的頂端分別放置 10g、20g、50g、100g 的砝碼。

(3)觀測在不同的溫度，針筒能將不同重量的砝碼推動多遠。

針筒大小	溫度 (°C) 針筒上升位置 砝碼重量	40°C	40°C	40°C	40°C
		10ml	10	6.5	6.8
	20	5.3	6.4	6.8	8.3
	50	3.9	4.4	6	8
	100	2.1	3	3.5	7
	200	0	0	1.5	3
20ml	10	3.8	5.7	7.6	9.3
	20	3.6	5.5	7.3	9.1
	50	2.8	4.5	6.6	9
	100	1.5	3.3	5.4	7.1
	200	0	0	3	4.8



發現：(1)用 5cc 針筒實驗，溫度高時針筒移動太快，超出針筒長度，熱空氣會跑出來。

(2)同樣重的砝碼，在溫度較低時，10ml 的針筒推得較遠，但是溫度越高時，可以看出 20ml 的針筒推得較遠。

(3)當溫度高到 70°C 時，放置輕的砝碼，如 50g 針筒容易被推出去。

討論：(1)我們根據實驗資料顯示，空氣的熱膨脹，有足夠的推力，能將水龍頭推開，這實在好極了。

(2)我們實驗用的水龍頭要費 150g 的力量才可推開，根據以上實驗結果，20ml 的針筒比 10ml 的針筒適合。

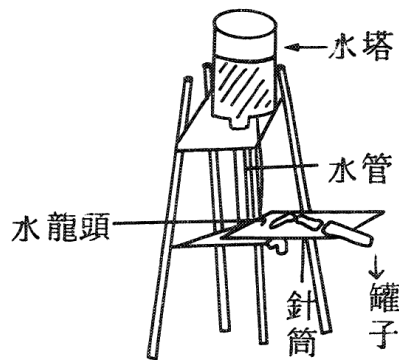
(3)我們預測 20ml 的針筒，在 70°C 時 150g 的砝碼可被推動 5.6 公分的距離。

(4)如果用更大的針筒，尤其高溫時，推力應該更大。

### 3. 設計免電消防自動噴水裝置。

(1)我們為消防自動噴水裝置設計了一個架子，並請王伯伯為我們製作一個木架。

(2)木架的上方用保特瓶裝水，當作是水塔，保特瓶口接一水管，引到木架



的下層。

(3)水管的另一端接上水龍頭，並加以固定。

(4)將針筒的口接上裝滿空氣的罐子，放在水槽中測出水溫，並觀察針筒的位置，做上記號，在水槽中徐徐加熱，每隔  $10^{\circ}\text{C}$  觀察一次針筒的位置做上記號。

(5)設定當溫度  $70^{\circ}\text{C}$  時，要將水龍頭打開，我們即可由針筒上的刻度測量出針筒與水龍頭之間的距離。

(6)測出適當的距離後，將針筒固定，即完成了免電的消防自動噴水器。

討論：(1)這個免電消防自動噴水器對溫度的敏感度高，可以依需要的溫度而定溫。

(2)推力強，有足夠的推力將水龍頭打開，使水噴出。

(3)應用在防火上既方便又安全，不會因停電而失靈。

## 五、研究結果

經過我們長達幾個月的研究，終於研究出利用空氣熱脹冷縮的特性製成簡單，好用的定溫開關，將定溫開關裝置在電扇，以成為免著涼電扇，免電消防噴水器的裝置更可使我們的消防設施更完善，火災發生時，電線被燒斷，照樣能產生效果。

## 六、討論、結論

(一)實驗過程中，2號定溫開關用到水銀，報上登載過水銀會造成污染，因此使用完後，還要還給保健室。

(二)既然物體受熱會膨脹，到加油站加油，如果選擇冷天加油，油量可能比熱天多。

(三)我們製作的定溫開關，除了可以用來控制電扇以外還可以用在冷氣機等和溫度需要有關的電器用品上。



④我們發明的火災免電消防噴水裝置，當火災發生時，電源燒斷時，仍然能發揮自動噴水的效果，可以說是又簡單又經濟，故障少的消防設備，值得推廣。

## 評語

本作品是探討恆體積內空氣與溫度的相關性，針對空氣受熱時會產生體積膨脹的現象去觀察，並用簡單的儀具，設計出應用性的免電消防自動噴水裝置，是有創意，惟本作品尚欠科學性的嚴謹方法，例如壓力、溫度與氣體種類的相關性探討，是作品的弱點。