

熱學實驗裝置的改良

國中教師組物理科第三名

台北市立建成國民中學

作者：范承煉、林福興

一、研究動機

作者從事國中物理教學多年，學生對熱學所發生之疑難甚多，但國中物理課本及一般補充教材等對熱學方面的實驗探討並不多，作者希望藉此研究、新設計一些這方面的實驗裝置，或作者過去曾設計的熱學實驗裝置，再研究改進，使其更精良，更能提高學生學習熱學的興趣，或能將一種實驗裝置，達到多用途實驗的目的，以增進教學上的效果。

二、研究項目

1. 固體熱膨脹比較實驗裝置。
2. 固體傳導實驗裝置。
3. 液體對流實驗裝置。
4. 冷熱影響上下層水溫變化實驗裝置。
5. 多用途氣體對流實驗裝置。
 - (1) 冷氣機應裝於室內上方原理之說明。
 - (2) 暖氣機應裝於室內下方原理之說明。
 - (3) 煙囪幫助對流之說明。
 - (4) 海陸風形成之說明。
 - (5) 深、淺顏色何者易吸收輻射熱之說明。
6. 冷熱空氣對影響蠟燭燃燒的實驗。
7. 露點實驗裝置的改良。

三、儀器與材料

固體熱膨脹比較實驗儀
鎳鉻絲

交直流電源
電線

透明壓克力板

蠟燭

橡皮塞

酒精灯

銅絲

碘化鉀

硝酸銀

酒精

鋁片

石棉板

氯仿（壓克力板粘劑）

蚊香

溫度計

鋁條

鐵條

氯化汞

黑、白色低

吹風機

鋁杯

膠皮導管

四、方法與結果

1. 固體熱膨脹比較實驗裝置。

- (1)裝置如圖1 將三支不同的金屬條穿入A處之孔中，左端固定，由左端G處之螺釘，旋轉調節，推動C處之槓桿，開啓E處之照射灯，使光線照射在連接於槓桿上之鏡片D，並將光線反射在刻度板上。

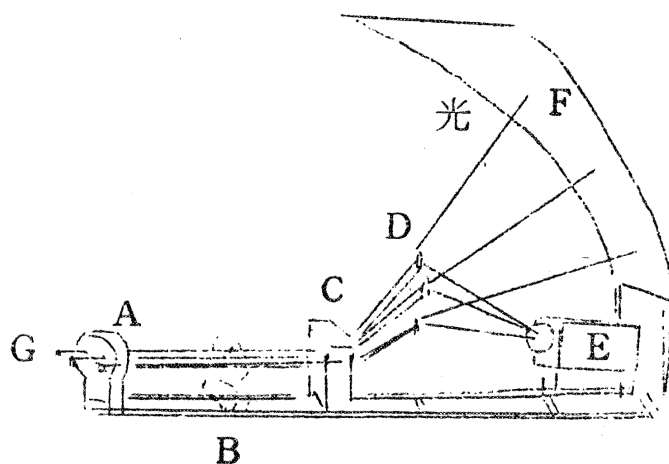


圖 1

- (2)加熱前須先調節三支金屬條之光線均指在刻度板上○的位置。
(3)然後點燃B處之酒精灯，均勻加熱三支金屬條，使它產生熱膨脹。

(4)在一定時間內，測出刻度板上之數據，並加以比較。

實驗實例：

(1)取 20 cm 長，直徑 0.5 cm 之鋁、黃銅、鐵條各一支，同時加熱，每 30 秒記錄一次，結果如下：

物質 \ 時間 刻 度	0 秒	30 秒	60 秒	90	120	150
鋁	0 cm	9.0 cm	20 cm	29.5 cm	36.5 cm	41.0 cm
黃 銅	0 cm	3.0 cm	7.5 cm	11.0 cm	13.0 cm	14.0 cm
鐵	0 cm	1.5 cm	5.0 cm	8.0 cm	9.0 cm	10.0 cm

膨脹程度比：

鐵：黃銅：鋁 = 1：1.5：4

鋁 > 黃銅 > 鐵

(2)實驗結果與察表的室溫熱膨脹係數、熟鐵、黃銅、鋁分別為 1.2×10^{-5} ， 1.8×10^{-5} 及 2.3×10^{-5} 相接近。

(3)金屬的純度，彎曲程度均影響實驗的結果。

2. 回體傳導實驗裝置

(1)將金屬條先用溫度變色紙緊密包紮，然後在金屬條之一端加熱，金屬條上低溫時為黃色的變色紙，將由熱源處因溫度升高而變成紅色，漸漸變化向金屬棒之遠處。由此實驗容易看出金屬傳導熱的情形，較國中課本中，塗蠟在金屬棒上，粘上火柴棒在蠟油上，比較金屬傳導的現象，效果更佳。

(2)取銅、鐵、鋁直徑為 0.5 cm 等長的三金屬條，分別用溫度變色紙緊密包紮，露出少部份不包變色紙，同時將三支金屬條不包紙的部份，垂直放入用保麗龍保溫的熱水 80°C 中，由變色紙顏色的變化，比較出傳導熱的快慢

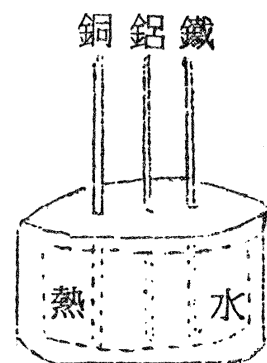


圖 2

。銅>鋁>鐵（裝置
如圖 2）

3. 液體對流實驗裝置

- (1) 利用壓克力板製成長
15 cm 寬 3 cm 高
12 cm 之透明盒，
並在透明盒的一側，
均勻塗上溫度變色劑
（裝置如圖 3）盒內

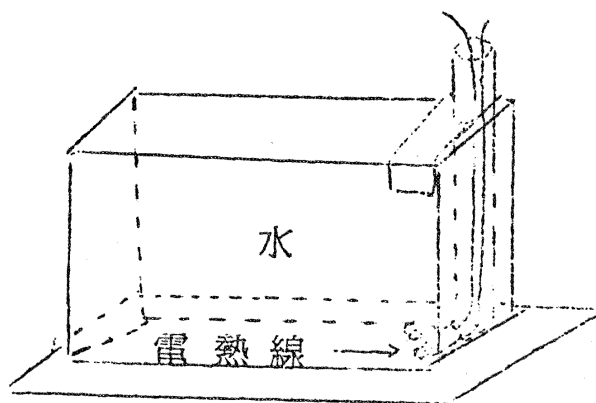


圖 3

裝冷水，由盒邊通入 20 V 電流入盒底之鎳鉻絲，使鎳鉻絲產生熱能，水之溫度隨之升高。藉著盒邊溫度變色劑顏色的變化，可以觀察出由上層開始先變紅，漸漸下層再變紅，可知熱水向上升而冷水向下降的液體對流現象。

- (2) 利用圖 3 的裝置盒面不塗溫度變色劑，盒內裝冷水，在槽底用電熱線加熱，由透明盒觀察冷熱水對流的現象，若在冷水裏加點顏料，則水的對流現象觀察更為清楚。

〔實驗實例〕

使用裝置把電熱絲置於實驗器中間，通以 26 V，直流電流結果上層水溫先升高以致達到全部水變約為 100°C ，但下層水溫幾乎沒變高，可證明上層的熱水有對流作用下層則否。

4. 冷熱影響上下層水溫變化實驗

用透明壓克力板製成一長 9 cm，寬 5 cm，高 27 cm，如圖 4，在側面等距離處挖孔分別插入裝有橡皮塞的溫度計五支，倒冷水入透明盒中，並在冷水中置入冰塊比較上下層水溫的變化。接著在槽底利用電熱器加熱，比較上下層水溫變化

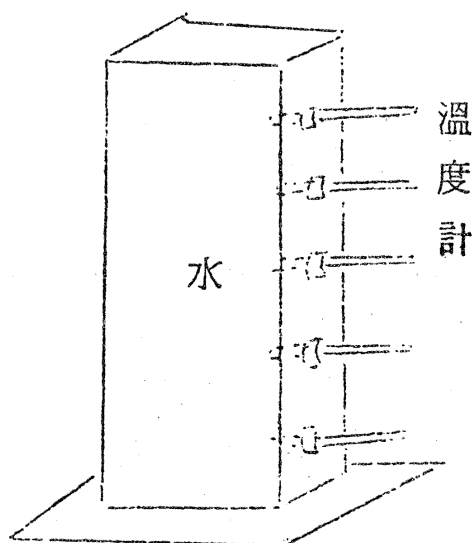


圖 4

的情形，由實驗結果可以知道最低層的水是 4°C 因其密度最大之故，此問題學生經常問起，此項實驗可以增加其學習效果，為設計此裝置的最大目的。

5. 多用途氣體對流實驗裝置。

利用透明壓克力製成長 35 cm，寬 15 cm，高 25 cm 之長方形透明壓克力盒，並在左、右上側各開直徑 2.5 cm 之洞口兩個，依次規定

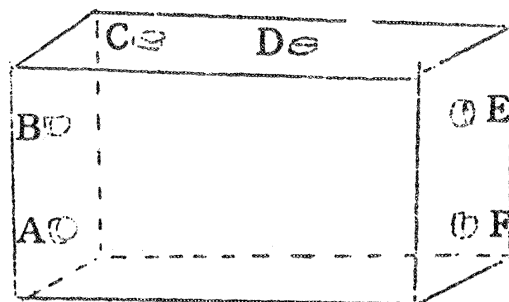


圖 5

為 A、B、C、D、E、F 等六個洞口，並在洞口用圓形壓克力粘成向外側高出 1 cm 之凸起出口，如圖 5。

(1) 冷氣機應裝於室內上方原理之說明

利用多用途氣體對流實驗裝置用橡皮塞封住所有出口，取一燒杯放冰塊、墊高、中間立一支香，使它產生煙，由煙流動的方向，冷空氣向下流，熱空氣向上升，整個室內充滿流動的煙如圖 6

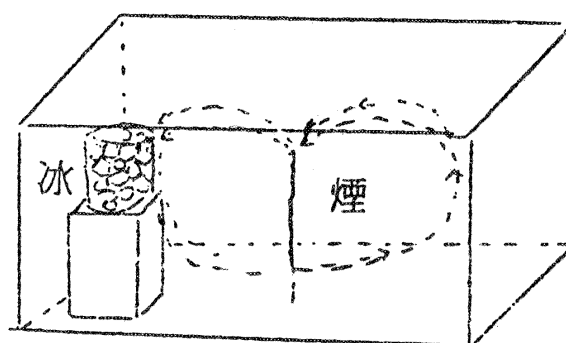


圖 6

，若冰塊置於下方則煙霧僅在下層流動。

(2) 暖氣機應裝於室內下方原理之說明方法同上 1，將燒杯內的冰塊改放熱水或電熱刀，則煙霧僅在上層流動，如圖 7，由實驗可知暖氣機置於室內上方是不當的，應置於下方。

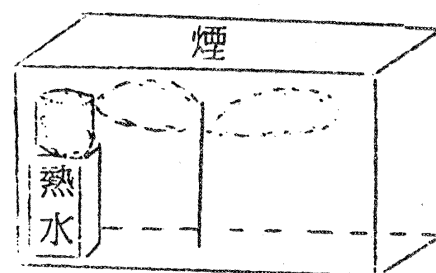


圖 7

(3) 煙囪幫助對流之說明：利用多用途氣體對流實驗裝置，僅打

開C與F出口，在C出口之正下方，立一支燭火，煙霧置於F出口處可觀察到煙霧由F出口處吸入，經裝置室內，由C出口流出，由實驗可知熱空氣向上升經煙囪

(C口)排出，冷空氣由下方(F口)流入，如圖8。

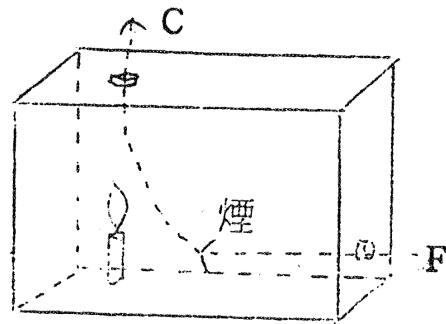


圖 8

(4)海陸風形成之說明：

利用多用途氣體對流實驗裝置底層利用深3cm壓克力槽等分成兩半，一半放砂，一半放水。中間放香煙，將所有洞口封閉置於太陽光下或利用100W燈光照射，可以觀察出空氣流動的方向，水上方的空氣向砂面流動，

砂面上的空氣向上升，因為砂的比熱小，經陽光照射後砂的溫度升高較快，水的比熱大溫度升得慢，溫度高低影響空氣的對流，由此實驗可以觀察出白天吹海風的原因，若將整個裝置移入陰涼處或關熄燈光，溫度變化則反之，故晚上在海邊吹的是陸風，海陸風形成原因的說明由此實驗可以很容易看出，如圖9。

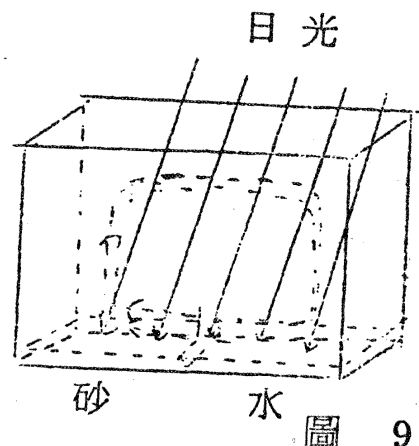


圖 9

(5)深淺顏色何者易吸收輻射熱的說明。

利用多用途氣體對流實驗裝置，底層一半放黑紙，一半放白紙，中間置放香煙，將所有洞口用橡皮塞封閉。將整個裝置放置在陽光下或日光下照射一段時間後，黑紙面上的煙(空氣)向上升，白紙面上的煙流向黑紙，若將整個裝置移入陰涼處或將燈光熄滅一段時間煙流動的方向則相反，由此實驗可知顏色深的(黑色)較顏色淺的(白色)易吸熱。(如圖

10)。

6. 冷熱空氣對流影響蠟燭燃燒的實驗

用直徑 3 cm、4.0 cm、3.5 cm 的三種玻璃管 26 cm 下接一直徑 9 cm 喇叭形玻璃管另外有直徑 3.5 cm、4 cm 等二種，並在玻璃管的側面，並排穿直徑 0.5 cm 之小洞 12

個，如圖 11。

在培養皿中，立一支燭火倒入約 0.5 cm 深的水，將圖 11 之裝置各洞口用膠帶封閉，蓋入燭火燭火則熄滅，若打開比燭火低之任何洞口，則燭火不會熄滅，由此實驗可以證明冷空氣由下方流入，熱空氣由上方流出。若將玻璃管各出入口封閉，將燭火點燃在上方出口處，剪下 3.5 cm，寬 12 cm 長之鋁片，將出口隔成兩半，一邊為熱空氣出口，另一邊為冷空氣入口，則燭火也不熄滅。

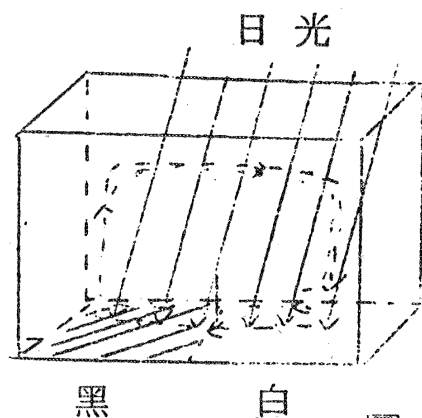


圖 10

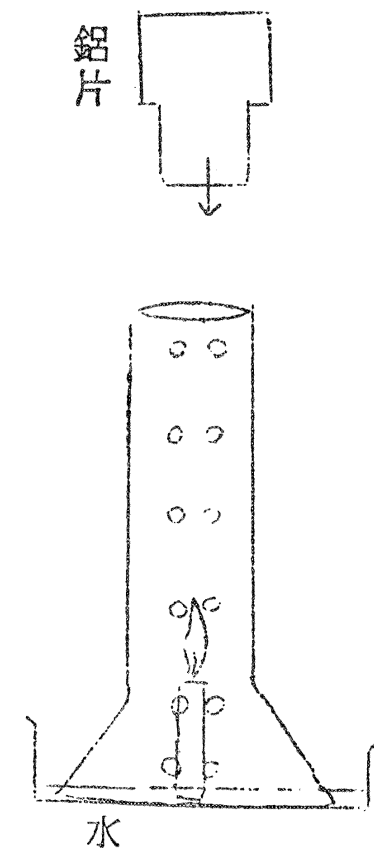


圖 11

7. 露點實驗裝置的改良

過去做露點實驗，係在鋁杯中置放酒精（或乙醚），將橡皮管通入酒精中，並在酒精中置放溫度計一支，由橡皮管之一端用口吹氣通入酒精中，使酒精蒸發吸收蒸發熱而使酒精及鋁杯溫度降低，觀察鋁杯結露的溫度。改良後的方法，將橡皮管一端用口吹氣，改為接用在日常吹髮用的吹風機上，打開吹風機吹送冷風的開關，將冷風經橡皮管吹送入酒精中，使酒精蒸發，

其效果較口吹為快，對實驗者較安全為其最大優點。

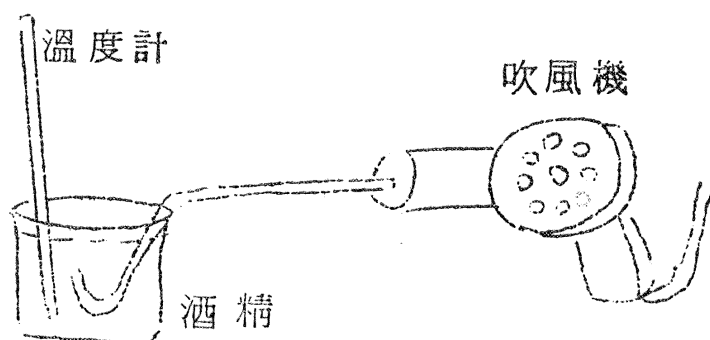


圖 12

五、總結其實際效果如下：

1. 固體熱膨脹實驗比較裝置，係一種新設計，固體的熱膨脹非常的小，觀察不易。本實驗裝置利用固體熱膨脹，推動槓桿。利用槓桿原理給與放大，再經槓桿末端之鏡面，將投射在它上面的光反射，再一次的放大，使平常不易觀察到的固體熱膨脹，經一再放大而易於觀察，效果非常良好。
2. 固體熱傳導實驗，利用溫度變色劑，只要溫度達到某一個程度顏色即變（ 36°C ）觀察非常容易，是一項更創新的設計。
3. 液體冷熱對流實驗裝置亦利用溫度變色劑塗在水槽邊來觀察，觀察容易，顏色的變化更增進學生學習的興趣。
4. 深處的水是 4°C ，學生經常迷惑不解，經本研究設計，在水槽邊由下而上插入溫度計，倒入冷熱水可以觀察出此結果來，解決了學生的疑難。
5. 作者曾經設計過多項氣體對流的實驗裝置，本研究將該多項實驗裝置，設計出僅利用一個裝置，可以達到多用途使用的目的。是一項更成功的改進。
6. 玻璃管內的燭火，如果在開啓下方的孔洞，則燭火不致於熄滅，蠟燭火焰愈高，僅要封閉火焰下方的所有孔洞燭火就熄滅，學生由此實驗更能了解冷空氣由下方流入的道理。是一項改進的實驗。

7.頭髮吹風機，是一項很普遍的電器，傳統露點實驗是利用口吹送風，使酒精蒸發，本研究改用吹風機吹氣替代口吹，效果更佳。是一項新改進。

評語：作者設計相當數量之熱學實驗及演示裝置效果均相當良好。