

第三編

熱 學

目 錄

第三編	熱 學	3-1
第一章	熱膨脹	3-3
第一節	固體的膨脹	3-3
①	管的膨脹	3-3
②	金屬線的膨脹	3-6
③	雙金屬	3-7
④	金屬球膨脹實驗	3-10
第二節	液體的膨脹	3-11
①	膨脹係數的比較	3-11
②	視膨脹	3-12
③	水體積隨溫度變化	3-14
	I. 觀察液體冷却時體積變化的方法	3-14
	II. 觀察冷却水面時水的對流現象	3-16
④	液體膨脹係數的測定	3-17
第三節	氣體的膨脹	3-21
①	燒瓶內空氣的膨脹	3-21
②	查理定律的實証	3-23
	I. 用試管的方法	3-23
	II. 用空比重瓶的方法	3-26
	III. 用燒瓶的方法	3-29
第二章	熱 量	3-33
第一節	熱容量	3-33

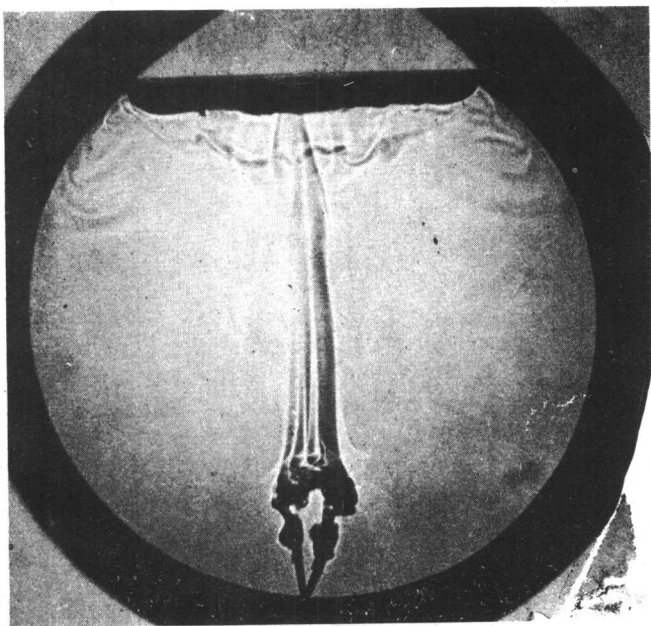
①	質量不等同種液體的熱容量	3-33
②	等質量不同種液體的熱容量	3-34
第二節	比熱	3-36
①	量熱計的水當量與金屬的比熱	3-36
②	用燒杯測定金屬球的比熱	3-41
第三章	狀態變化	3-45
第一節	熔解與凝固	3-45
①	熔態苯的凝固	3-45
②	冰與石蠟體積的變化	3-47
③	硫磺的結晶	3-47
④	復冰	3-48
⑤	食鹽水的凝固	3-52
第二節	氣化與液化	3-54
①	蒸發與沸騰	3-54
②	沸點的測定	3-55
	I. 四氯化碳的沸點	3-55
	II. 酒精的沸點	3-57
③	沸點上昇	3-58
④	減壓沸騰	3-60
第三節	昇華	3-61
①	碘的昇華	3-61
第四節	汽壓	3-62
①	托里拆利裝置的應用	3-62
②	利用汽壓噴水	3-63
③	用流體壓力計測定水蒸汽壓	3-65
第五節	濕度	3-67
①	乾濕球濕度計法	3-67
②	露點濕度計法	3-69
③	毛髮濕度計法	3-72

第六節	潛 熱	3-73
①	水的融解熱	3-73
②	乙醚的汽化熱	3-75
③	水的汽化熱	3-77
第七節	低溫與高溫	3-79
①	冷卻劑	3-79
②	電 爐	3-80
	I 電爐的製作法	3-80
	II 金屬熔點的測定	3-82
第四章	熱的傳播	3-83
第一節	傳 導	3-83
①	各種金屬的熱擴散率	3-83
②	金屬棒與水	3-86
③	絕熱材料保溫的性能	3-88
④	空氣的熱傳導	3-90
第二節	對 流	3-91
①	水或空氣對流的投影	3-91
②	試管內水的對流	3-93
③	水中高錳酸鉀的對流	3-95
④	空氣的對流	3-96
第三節	輻 射	3-97
①	表面顏色(黑白)不同的熱輻射	3-97
②	紙的顏色與溫度	3-99
③	溫度計的顏色與溫度	3-100
④	利用凹面鏡反射熱線	3-101
⑤	水可吸收熱線或紅外線	3-102
第四節	冷 却	3-103
①	冷卻曲線	3-103
第五章	熱 能	3-107

第一節	功與能 — — — — —	3-107
①	摩擦生熱 — — — — —	3-107
②	熱功當量的測定 — — — — —	3-108
第二節	絕熱壓縮 — — — — —	3-112
①	絕熱壓縮氣體時溫度上昇 — — — — —	3-112
②	衝激壓縮的起火 — — — — —	3-113
③	絕熱變化 — — — — —	3-114
④	氣溫的轉換 — — — — —	3-116
第三節	熱 機 — — — — —	3-117
①	混合氣體的爆炸 — — — — —	3-117
②	反作用蒸汽輪機 — — — — —	3-118
③	衝力蒸汽輪機 — — — — —	3-119
④	蒸汽機 — — — — —	3-121
第四節	分子運動 — — — — —	3-122
①	氣體分子的運動 — — — — —	3-122
②	液體分子的運動 — — — — —	3-124
③	氣體分子運動的模型 — — — — —	3-127
利用氣體層析儀的鎳觸媒的研究 — — — — —		3-131
1. 前言 — — — — —		3-131
2. 實驗方法 — — — — —		3-132
2-1 觸媒的製法 — — — — —		3-132
2-2 利用氣體層析儀的活性試驗 — — — — —		3-132
3. 實驗結果與討論 — — — — —		3-133
3-1 不使用觸媒時 — — — — —		3-133
3-2 Raney-Ni 的活性 (活性的順時間變化) — — — — —		3-134
3-3 依濕式法所製鎳觸媒的活性 (活性的順時間變化) — — — — —		3-135

第三編

熱學



水對流經一點光源的投影

3-1

AWI 607 / 0503

第一章 熱膨脹

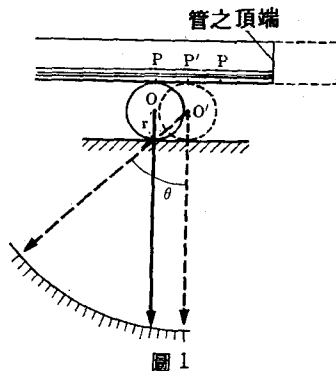
第一節 固體的膨脹

① 管的膨脹

【目的】 測定固體的線膨脹係數，藉以了解各種物質的膨脹係數互不相等。(初外)(高生)

【原理】 1. 將欲測線膨脹係數物質的管一端固定，另一端放在帶有指針且可滾動的軸上。自汽鍋產生的水蒸汽由固定端通入管內，管即膨脹。他端管下之滾軸因管伸長而向前滾，軸上之指針乃向後轉。設指針所轉之角為 θ ，滾軸之半徑為 r 厘米，滾軸中心由 O 移動至 O' ，管與滾軸的切點 P 移至 P' 。因此管之伸長 Δl 為：

$$\begin{aligned}\Delta l &= \overline{OO'} + \overline{PP'} \\ &= 2r\theta\end{aligned}$$



3-4 物理實驗大全 (三) — 熱學

2. 設管之固定點與 P 點間長度為 l 厘米，因溫度變化 $\Delta t = (t_2 - t_1)$ 所引起的伸長為 Δl ，線膨脹係數 α 則可由下式表之

$$\alpha = \frac{2r\theta}{l(t_2 - t_1)}$$

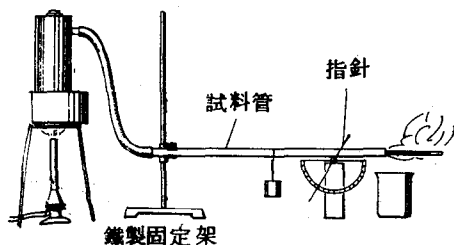


圖 2

【準備】 滾軸帶有指針（針之直徑約1毫米按直角方向插入滾軸），汽鍋（水蒸汽發生器），溫度計（ $0^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ），測微計，尺，試料（金屬管兩種以上或玻璃管），燒杯。熱源—（煤氣燈等）。

【方法】 1. 用測微計測滾軸之直徑。

2. 固定管之一端；把另一端放在帶有指針的滾軸上，管口內插一溫度計，其下放一燒杯。以便收集因水蒸汽凝結而流出的水滴。
3. 量固定點至與滾軸相切點間的管長 l ，記錄通水蒸汽以前的溫度 t_1 。
4. 用橡皮管連結汽鍋之出汽口與試料管，同時使指針位置指零點。
5. 將汽鍋放在熱源上，當水沸騰時，水蒸汽即流入管內，管之溫度即逐漸上昇達 100°C 附近乃停止。記錄此時溫度 t_2 ，與指針所指角度 θ 。
6. 由所記錄的數據，計算線膨脹係數 α 。
7. 用同法測定他種物質之線膨脹係數。

指針長度 (R_1) 9.72 厘米

滾軸直徑

1 次	2 次	3 次	4 次	5 次	平均
0.159	0.161	0.160	0.160	0.161	0.161

滾軸半徑(γ)..... 0.080 厘米 $R_1 - \gamma =$ 9.64 厘米 $R = R_1 + \gamma =$ 9.80 厘米

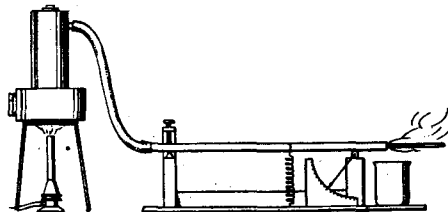
	溫 度	溫度差	指針位置	指針位置差 (x)
開始	9.5° C	90.5 度	0	4.7 厘米
終了	100° C		4.7	

$$\theta = x / (R - \gamma) = 4.7 / 9.64$$

線膨脹係數(α)..... $1.7 \times 10^{-5} \text{ (} ^\circ\text{C)}^{-1}$

- 【要點】 1. 在汽鍋內，裝入才沸騰過的水，可以節省實驗時間。
將試料管連結橡皮管時，滾軸容易轉動，因此橡皮管連結完成後應調節指針的零點。於實驗中要注意不可使試驗台振動。
2. 溫度計的直徑須比試料管的直徑細一些，以免因水蒸氣噴射使溫度計跳出而墜毀。
3. 為防止軸空轉，用小彈簧掛於台下，輕拉試料管或吊輕的砝碼。
4. 為使管的溫度均一，最好用熱傳係數小的材料作成粗的保護管套於試管外，則可以得溫度均一的效果。

【參考】 儀器行線膨脹係數測定器，原理與本試驗相同，可選購試用。



■ 3

②金屬線的膨脹

【目的】 用煤氣燈將金屬線加熱，吊在線下端的砝碼則降下，由砝碼的投影以觀察溫度上昇時金屬線的膨脹。(初)(初外)(高)

【準備】 金屬線(直的鐵線，銅線等直徑0.5~0.8毫米，長約70厘米)，砝碼(直徑約6毫米，長10厘米，重約50克)，玻璃管(直徑3厘米，長約60厘米，金屬管也可)，一點光源如鈹燈(Zirconium lamp等)，固定架(3)，煤氣燈，1米尺，影幕。

- 【方法】
1. 用固定架支持玻璃管，用煤氣燈弱的火燄予先微熱該管。
 2. 在玻璃管中央吊金屬線，下端掛砝碼。
 3. 用點光源使砝碼與線接觸點投影於幕上，調整尺的位置，俾使線之膨脹易於測定。
 4. 開煤氣燈的空氣孔，使火燄進入玻璃管內，上昇幾達金屬線之上端，至金屬線全部赤熱。

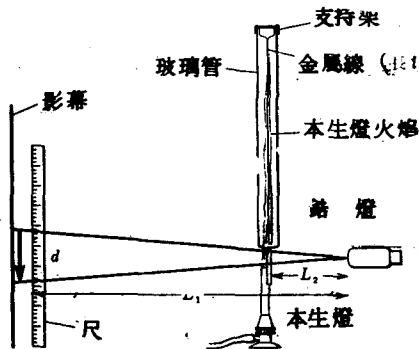


圖 1

5. 觀察幕上線影之移動，即可知金屬線之膨脹。

【要點】

1. 實驗時，在金屬線外套以玻璃管，可使火燄變長且能使金屬線全長得均一的加熱。
2. 如急劇加熱，玻璃管可能破裂或生裂痕，或因水蒸氣結露於管上，則管冷熱不均而致破裂。實驗前予先用微火熱管(約5分

鐘)，可防破裂。

3. 金屬線普通皆彎曲而不易伸直。用較長的金屬線，一端夾於虎頭鉗上，以鐵鉗夾另一端，強拉之約2厘米就可以得直金屬線。

【參考】 1. 利用此實驗可以測定線膨脹係數。設光源與尺間距離為 L_1 ，光源與砝碼間距離為 L_2 ，於尺上線下端影下降長度為 d ，金屬線長為 l ，金屬線熱至溫度 T ，室溫為 t ，則線膨脹係數 α 為

$$\alpha = \frac{d \cdot L_2 / L_1}{l (T - t)}$$

2. 上述實驗，金屬線之溫度仍須設法測定。例如用溫差電偶測定結果，在玻璃管下部為 750°C ，上部為 400°C ，中部為 500°C 。因此用溫差電偶測定上部與下部的溫度求其平均值，則可獲得大約溫度。

3. 例如 $L_1 = 220$ 厘米， $L_2 = 20$ 厘米， $d = 45$ 厘米
 $l = 63$ 厘米， $T = 550^\circ\text{C}$ ， $t = 20^\circ\text{C}$

計算結果 $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} (1/^\circ\text{C})$ (試料為鐵線)

③雙金屬

【目的】 研究雙金屬原理與其簡單的應用。(初)(高)

【原理】 將膨脹係數不同的兩種金屬板熔接或釘在一起，當溫度變化則產生彎曲現象。其彎曲度將隨溫度變化而定。自動溫度調節即利用此種雙金屬原理。

如殷鋼 (invar) 與青銅配合成雙金屬，其線膨脹係數相差約為 $1.8 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 。為平穩其彎曲作用，常在雙金屬中間加以線膨脹係數適在兩者之間的第三種金屬。

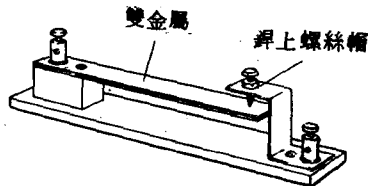


圖 1

【準備】 雙金屬（板形或螺線形的），放大投影裝置（點光源或幻燈機），電熱器（或大型燈泡），電鈴（附帶電源）。

【方法】 1. 使火燄靠近板形雙金屬。用投影放大其彎曲度，可見雙金屬因熱膨脹係數不同而生的彎曲現象（圖 2）。

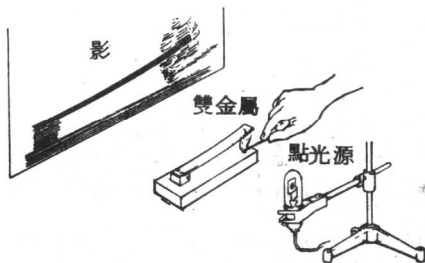


圖 2

如為螺線形雙金屬，在其頂端裝簡單的指針（圖 3），則可以由指針的轉動顯示雙金屬因膨脹不同而生之扭轉作用。

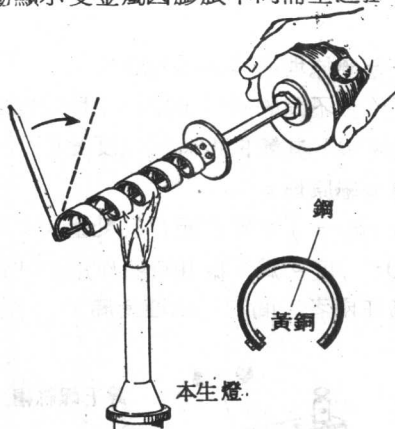


圖 3 用雙金屬調節恆溫器內溫度。接觸點在用手動的部分裡面。藉雙金屬頂點的粗針轉動以調節電路的斷續。

2. 將雙金屬與電熱器或電鈴串聯，利用電熱器時可以把雙金屬（有接點的），放在電熱器上方（圖 4）。利用電鈴時，則電熱器加熱雙金屬（圖 5）。

到適當溫度後，電熱器的電路即截斷或響電鈴，可以示範利用雙金屬的恆溫裝置或警報裝置的原理。

【要點】 雙金屬接觸點的構造可使電流的大小受到限制。必須注意選定適合於使用目的裝置，或將雙金屬作裝在替續器一次側。

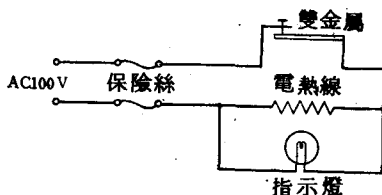


圖4 恆溫器的電路

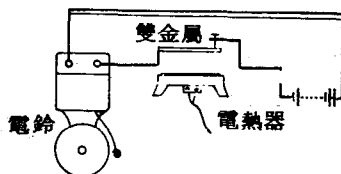


圖5

【參考】 雙金屬的製法：要作實際用途時，則買成品較為方便；但目的為了解原理，則以自己製作為適宜。

1. 材料 黃銅片或銅片 13×1.5 厘米…………… 1 張
 鍍鋅鐵片 …… 13×1.5 厘米…………… 1 張
 銅片 作成 Z 型零件 (小片) …………… 1 張
 木台與木片 …………… 各 1 個
 螺絲釘 3 個，釘 2 個，調節螺絲 …………… 1 組
 電線長約 25 厘米 …………… 2 條
 焊藥，氯化鋅，砂紙 …………… 各若干
2. 製作法 黃銅片與鍍鋅鐵片磨光後，兩片的各一面焊以薄層的鋅錫。

將此兩片的兩面貼合，鍍鋅鐵片向上。用熱的鋅烙鐵壓下接合兩片。接合方法於一處鋅錫溶化後用木片壓下該處。再將鋅烙鐵移到另一部份。等鋅錫溶化再用木片壓合。如此依次移動鋅烙鐵與木片使兩片貼合，注意不可有未鋅接的部分。兩片全貼合後，則夾於虎頭鉗上，用銼刀將側面輕輕銼平（當心鋅錫接合力不強，容易揭開）。磨光表面，鑽孔後，作成如圖 1 形狀。

3. 注意 (1)斷續用接觸點容易損壞。如作長時間使用，則需把接觸點鍍銀。
- (2)為防止火花，在接觸點處可並接一電容器。
- (3)調節器不可用鐵螺絲，鐵有磁性於斷續操作不易圓滑。
- (4)上述調節螺絲頂端應鋅接於乙形零件上。

④金屬球膨脹實驗器

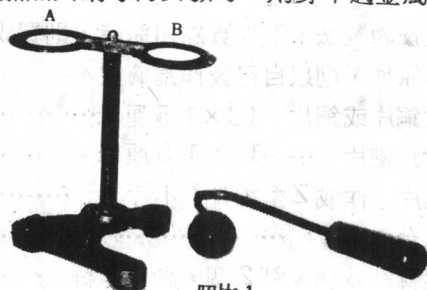
【目的】 利用金屬球膨脹實驗器表演金屬球的體膨脹。(初)

【原理】 使金屬球溫度升高，則因體積膨脹而穿不過在冷時可穿過的金屬環。

【準備】 金屬球膨脹實驗器，煤氣燈，火柴。

【方法】 1. 如照片 1 的黃銅球於冷時適可穿過金屬環 A。

2. 如用煤氣燈加熱黃銅球再實驗時，則穿不過金屬環 A。



照片 1

3. 如同時加熱金屬環，則熱黃銅球可穿過熱金屬環。

4. 黃銅球於冷卻時，對金屬環 B 作實驗，則穿不過 B 環。

5. 加熱金屬環 B，則黃銅球可以穿過 B。

【注意】 加熱金屬環後須立即試驗則金屬球可穿過。

若不立即試驗可能穿到一半時，金屬環冷却收縮，球被夾在環中球不易取下。

第二節 液體的膨脹

①膨脹係數的比較

【目的】 利用水，石油，酒精等不同種類的液體，觀察其膨脹係數亦不相等。(初)(初外)

【準備】 試管3，燒杯(500立方厘米)橡皮塞(3)，玻璃管(內徑4毫米以下，長約20厘米)，石油，甲醇。

【方法】 1. 在三個橡皮塞上各鑽一孔，插入玻璃管約5厘米。

2. 在三個試管內分別裝滿用紅墨水著色的水，石油，及甲醇。用有玻璃管的橡皮塞塞住瓶口。將1毫米方格紙條貼於較厚的紙上，切成長方形。在上下兩處各作一裂縫，套於玻璃管上。使液面適在方格紙前，以觀察液體表面的升降。

3. 在燒杯內裝約 50°C 的熱水，將上面準備好的試管同時浸在燒杯熱水內。等候少頃玻璃管內液面即停止上升，比較三種液面之上昇高度。

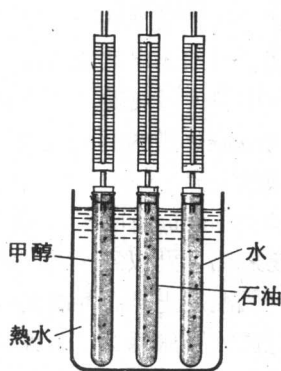


圖1

液 體	水	石 油	甲 醇
液面上昇高度	2.2 厘米	7.2 厘米	9.0 厘米

【要點】 1. 裝滿液體的試管加橡皮塞時要注意不可使空氣留於橡皮塞下。先將橡皮塞斜著加於試管口，輕輕把塞裝至水平位置。

2. 要比較液面上昇高度，先利用橡皮圈在最初液面處作記號後，

觀察移動的液面高度，就可讀出因膨脹上昇之高度。

●視膨脹

【目的】 將液體裝在容器內，使其溫度昇高^C，容器內液面一開始時則有瞬時下降，然後緩緩上昇，顯示有視膨脹現象。注意觀測此時液面高度的變化。(初)(初外)(高)

【原理】 因必須從容器外加熱，容器本身的溫度先上昇，其容積乃先膨脹。因傳導由容器外部達至內部的液體需要相當時間。在加熱時的瞬間容器體積增加，自然產生液體面一時地下降。但熱傳至液體，溫度昇高後；因液體的膨脹係數的為固體的10倍，液面則很快上昇。

初步的液面下降，普通因瞬間的現象而易忽略，乃以為液面是由原來的液面A，因溫度上昇而昇高到液面C，而以為液體的膨脹為 Δv 。此現象稱為視膨脹。

設容器與液體的原來體積為 V_0 ，溫度為 $t_1^{\circ}\text{C}$ ，加熱後達到的均一溫度為 $t_2^{\circ}\text{C}$ ，液體與容器固體的體膨脹係數為 β_1 與 β_2 ，則

$$\Delta v = V_0 \beta_1 (t_2 - t_1) - V_0 \beta_2 (t_2 - t_1) \\ = V_0 (\beta_1 - \beta_2) (t_2 - t_1)$$

設視膨脹係數為 β' ，則

$$\beta' = \frac{\Delta v}{V_0 (t_2 - t_1)} \therefore \beta' = \beta_1 - \beta_2$$

即視膨脹係數等於液體與容器的體膨脹係數差。

【準備】 燒瓶(約100立方厘米)，玻璃管如圖2中央部份拉細約長10厘米(內徑約2毫米)，將玻璃管插入橡皮

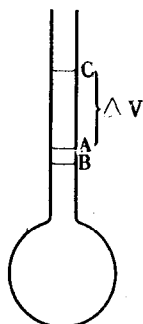


圖 1

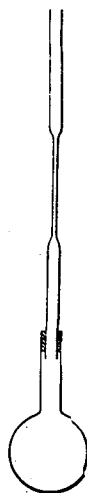


圖 2