

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 曾迺頌 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有
不許翻印

中華民國五十九年八月七月初版

物理實驗大全（上）

力學（靜力學）、力學（動力學）、熱學

定價 新台幣八十元 港幣十三元

譯者 方聲恒 國立台灣大學物理學系教授
劉燕溪 國立台灣大學物理學系教授
張鏡清 國立台灣大學物理學系副教授

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱第3261號 電話519784號

發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號

印刷者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段151號 電話979739號 新版 長發打字印刷有限公司

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. 觀察液體冷卻時體積變化的方法-----	3-14
	II. 觀察冷卻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

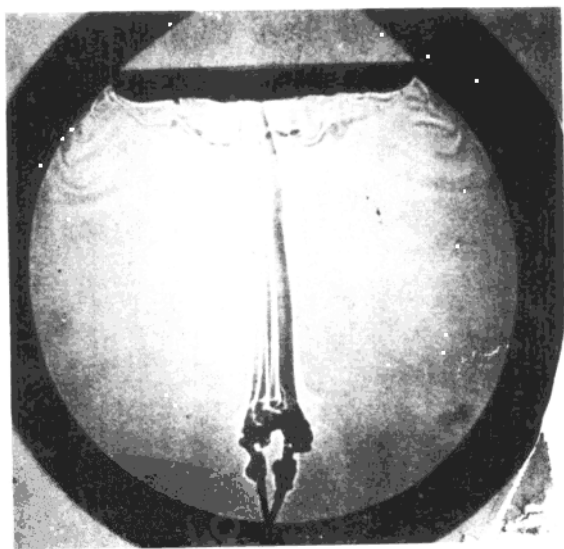
①	質量不同種液體的热容量	3-33
②	等質量不同種液體的热容量	3-34
第二節	比熱	3-36
①	量熱計的水當量與金屬的比熱	3-36
②	用燒杯測定金屬球的比熱	3-41
第三章	狀態變化	3-45
第一節	溶解與凝固	3-45
①	熔態苯的凝固	3-45
②	冰與石蠟體積的變化	3-47
③	硫磺的結晶	3-47
④	復冰	3-48
⑤	食鹽水的凝固	3-52
第二節	氣化與液化	3-54
①	蒸發與沸騰	3-54
②	沸點的測定	3-55
	I. 四氯化碳的沸點	3-55
	II. 酒精的沸點	3-57
③	沸點上昇	3-58
④	減壓沸騰	3-60
第三節	昇華	3-61
①	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	冰的融解熱	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	冷卻	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

第一章 熱膨脹

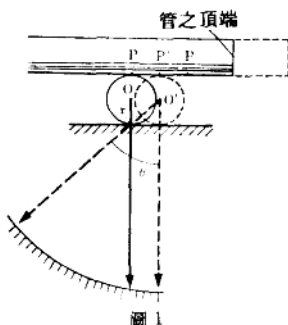
第一節 固體的膨脹

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)

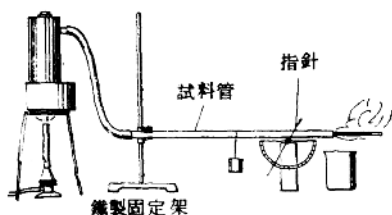
【原理】 1. 將欲測線膨脹係數物質的管一端固定，另一端放在帶有指針且可滾動的軸上。自汽鍋產生的水蒸汽由固定端通入管內，管即膨脹。他端管下之滾軸因管伸長而向前滾，軸上之指針乃向後轉。設指針所轉之角為 θ ，滾軸之半徑為 r 厘米，滾軸中心由 O 移動至 O' ，管與滾軸的切點 P 移至 P' 。因此管之伸長 Δl 為：

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



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

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



■ 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

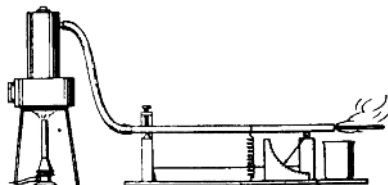
滾軸半徑(γ)..... 0.080 厘米 $R_1 - \gamma =$ 9.64 厘米 $R = R_1 + \gamma =$ 9.80 厘米

	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)..... $1.7 \times 10^{-6} \text{ (}^\circ\text{C)}^{-1}$

- 【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肇毀。
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。



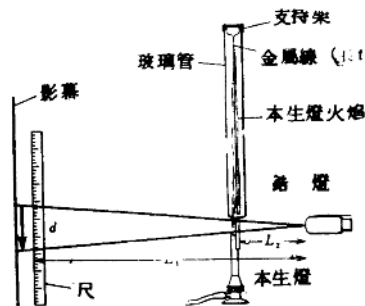
■ 3

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升時金屬線的膨脹。(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)，一點光源如鈷燈(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。



■ 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 $\alpha = 1.2 \times 10^{-6}$ (1/度) (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 1.8×10^{-6} /度。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。

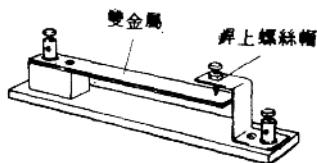
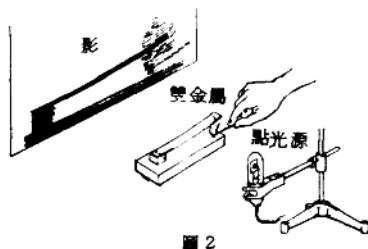


圖 1

【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）。



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。

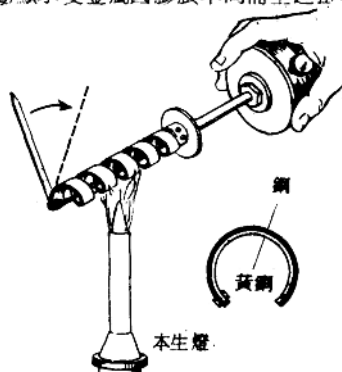


圖3 用雙金屬調節恆溫器內溫度。接觸點在用手動的部分裡面。藉雙金屬頂點的粗針轉動以調節電路的斷續。

- 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。

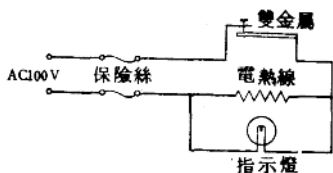


圖 4 恆溫器的電路

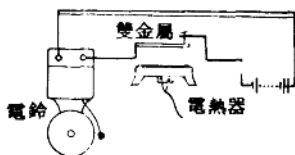


圖 5

【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錫。

將此兩片的兩面貼合，鍍鋅鐵片向上。用熱的錫烙鐵壓下接合兩片。接合方法於一處錫烙鐵溶化後用木片壓下該處。再將錫烙鐵移到另一部份。等錫烙鐵溶化再用木片壓合。如此依次移動錫烙鐵與木片使兩片貼合，注意不可有未銲接的部分。兩片全貼合後，則夾於虎頭鉗上，用銼刀將側面輕輕銼平（當心錫烙鐵接合力不強，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銲接於 Z 形零件上。

①金屬球膨脹實驗器

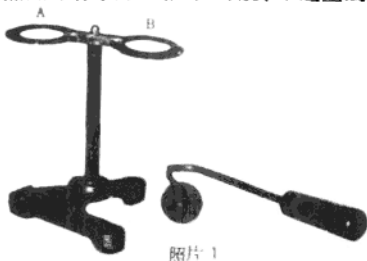
【目的】 利用金屬球膨脹實驗器表演金屬球的體膨脹。(初)

【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，金屬環冷卻收縮，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。

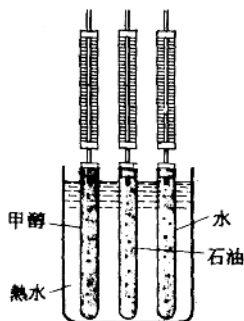


圖1

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。

2 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 °C，加熱後達到的均一溫度為 t_2 °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

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

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

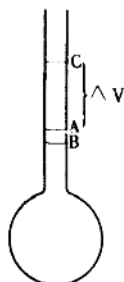


圖 1



圖 2