

物理實驗

依據教育部頒訂課程標準編著



物理實驗

編 著 / 宇全儀器股份有限公司

住 址 / 台北縣新店市寶興路四十一號四樓

出版者 / 自然科學文化事業公司

發行人 / 石 資 民

新聞局登記證版台業字第一五五七號

訂購電話：(02)918-1419·918-1507～8

定 價：150 元

版權所有 · 翻印必究

中華民國 72 年 8 月初版

中華民國 73 年 8 月再版

中華民國 74 年 8 月三版

目 錄

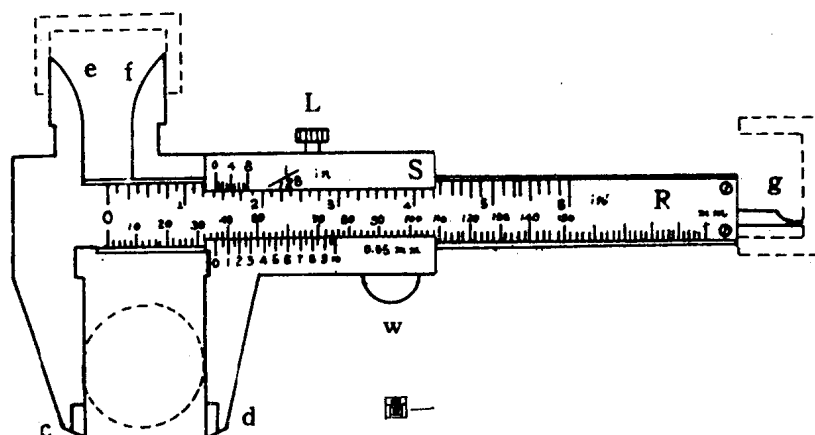
101	游標測徑器	1
102	螺旋測微器	5
103	球徑計	9
104	靈敏天平	13
105	氣壓計	19
108	光電控制計數計時器	25
200	楊氏係數測定實驗 I	27
201	楊氏係數測定實驗 II	31
202	自由落體運動實驗	35
203	摩擦係數測定實驗	41
204	複擺實驗	45
205	扭擺實驗	51
206	力之分解與合成實驗	57
207	剛體靜平衡實驗	61
209	單擺實驗	65
211	碰撞實驗	69
212	斜面加速度運動實驗	75
213	簡諧運動實驗	79
219	轉動慣量測定實驗	83
220	動量實驗	89
221	經驗方程式實驗	95
251	固體比重測定實驗	99
252	液體比重測定實驗	105
253	表面張力測定實驗	109
256	粘滯係數測定實驗	113
301	固體比熱測定實驗	119
302	液體比熱測定實驗	125
303	熱功當量實驗	131
304	牛頓冷卻定律實驗	135
305	線膨脹係數測定實驗	141
351	波義耳—查理定律實驗	145

352	氣體比熱比測定實驗	149
401	薄透鏡實驗	153
402	折射率測定實驗	159
403	光度測定實驗	165
405	單狹縫繞射實驗	169
410	光線軌跡的反射	175
411	光的折射及光的極化	179
501	共鳴管實驗	183
502	梅耳得實驗	189
503	孔持管實驗	193
601	電力線分佈實驗	199
602	克希荷夫定律實驗	203
603	交流串聯共振實驗	209
604	熱電電動勢實驗	215
605	電阻溫度係數測定實驗	219
606	電解定律實驗	225
607	電阻定律實驗	229
608	電子電荷與質量比實驗	233
611	電位測定實驗	239
615	電感測定實驗	243
651	地磁測定實驗	249
652	磁矩測定實驗	255
653	螺線管中磁場實驗	261
655	感應電動勢實驗	263

101 游標測徑器

目的 瞭解游標測徑器的構造原理，並對物體的長度，圓筒的內、外徑與深度作精密的測量。

儀器 游標測徑器，待測物（圓筒）。



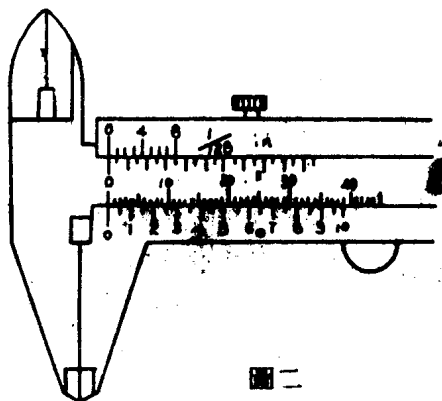
說明 一圖一所示為游標測徑器（The Vernier Caliper）的外觀。

- 1 R 為一鋼尺（主尺），其上有兩種刻度，一為英制單位以英吋（inch）表示之，一為公制單位以毫米（mm）表示之。
- 2 S 係一鋼製之器，套於主尺 R 上，且有一長方形孔，可窺見主尺上的刻度，其上有兩種輔助刻度：可使主尺的讀數精確至 $1/128$ in 及 $1/20$ mm，又其可左右移動，故稱之為游尺。
- 3 L 為固定游尺的旋鈕，W 為方便游尺移動的輪。
- 4 c、d 為測外徑的鉗口，e、f 為測內徑的鉗口，g 為測物體深度的鋼片。

二、刻度原理：

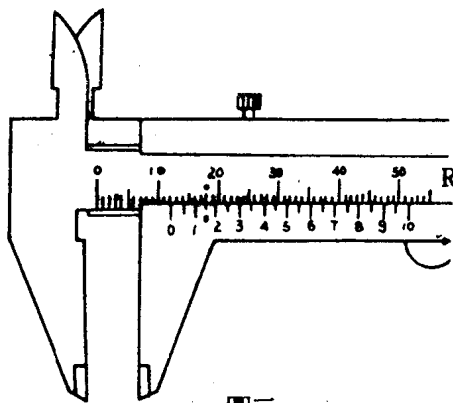
1. 使用公制單位時，首先將游尺與主尺零點對齊，觀察知游尺刻度 10 恰落在主尺 39 mm 處（如圖二所示），亦即游尺 1 刻度為 3.9 mm 而與主尺刻度 4 mm 相差 0.1 mm，故游尺 0.5 刻度與 2 mm 相差 0.05 mm，此即精確度 $1/20$ mm 的由來。

量度時，若游尺的零刻度介於主尺 12 與 13 mm 間（如圖三所示），即待測物長度介於 12 與 13 mm，則整數部分

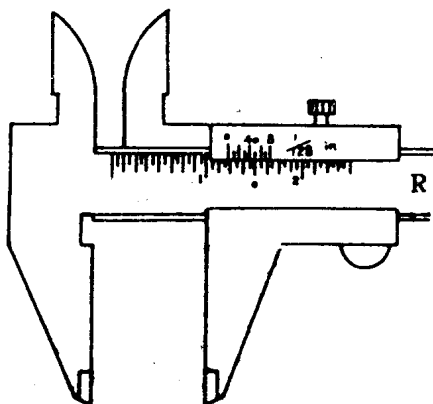


記為 12 mm ，小數部分可由游尺得知，觀察游尺上刻度 1.5 與主尺 18 mm 最為對齊（即為視差），即可推算游尺刻度 1 與主尺 16 mm 相差 $1/20\text{ mm}$ ，游尺刻度 0.5 與主尺 14 mm 相差 $2/20\text{ mm}$ ，游尺 0 刻度與主尺 12 mm 相差 $3/20\text{ mm} = 0.15\text{ mm}$ ，因此讀數即為 12.15 mm 。

如熟悉此推算原理，可獲知一簡捷讀法，即先觀察游尺 0 刻度介於主尺何處即得整數部分讀數，小數部分則由游尺得知，即游尺刻度與主尺刻度無視差的游尺讀數。



圖三



圖四

- 2 使用英制單位時，游尺與主尺零點對齊，游尺刻度 6 落在主尺 $7/16\text{ in}$ 上，由此可知游尺 1 刻度為 $7/128\text{ in}$ 而與主尺每 1 刻度 $1/16\text{ in}$ 相差 $1/128\text{ in}$ ，此為精確度 $1/128\text{ in}$ 的由來。量度時，先觀察游尺 0 刻度在主尺上的位置，而較小的讀數則由游尺得知，如圖四所示，游尺 0 刻度當在 $1\frac{3}{16}$ 與 $1\frac{4}{16}\text{ in}$ 之間，則記為 $1\frac{3}{16}$ ，另外觀察到游尺刻度 5 與主尺上某刻度無視差，則可推算游尺 0 刻度與主尺 $1\frac{3}{16}$ 相差 $\frac{1}{128} \times 5 = \frac{5}{128}$ ，故讀得讀數為 $1\frac{3}{16} + \frac{5}{128} = 1\frac{29}{128}\text{ in}$ 。

步驟 1. 使用前，先觀察游尺與主尺的零點誤差，並記錄之。

2 將圓筒置於 c 、 d 間，旋轉 L 使之固定，而從主尺與游尺測得圓筒的外徑三次，再求其平均值。

3 將游標測徑器的 e 、 f 張於圓筒的內測，量得其內徑，亦分公制與英制兩種讀數。共取不同的內徑三次平均之。

4 將游標測徑器的 g 鋼片伸張於圓筒內，可量得圓筒的深度。共取不同處的深度三次平均之。

班級

組別

座號

姓名

日期

101 游標測徑器

記錄

名稱 待測物		零點校正 $\pm a$		主尺 R		游尺 S		觀測值 $R+S-(\pm a)$		平均值	
		mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
外徑	1										
	2										
	3										
內徑	1										
	2										
	3										
深度	1										
	2										
	3										

問題 1 試求出圓筒體積若干？

2 游標測徑器上公制與英制的精確度分別為 $\frac{1}{20} \text{ mm}$ 及 $\frac{1}{128} \text{ in}$ ，試比較其精確度何者較高？

3 一般分光計上有一個 360° 的刻度盤，每小格刻度為 0.5° ，其邊緣附一游標尺裝置，上有 30 小格，今觀察得知游尺 30 小格恰等於刻度盤上 29 小格，問此分光計上最小讀數為若干？

4 氣壓計上有一游標測徑器的裝置，其游尺上的 10 刻度恰等於主尺 9 mm ，試問其精確度為何？

討 論

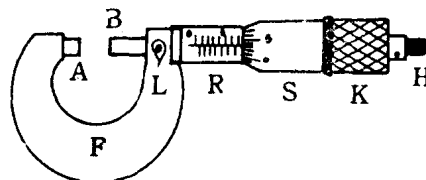
102 螺旋測微器

目的 瞭解螺旋測微器的構造原理，並測量微小物體的直徑或厚度。

儀器 螺旋測微器，待測物（銅線，鋼線，鐵鉻線）。

說明 1. 螺旋測微器的構造如圖一所示，在曲柄

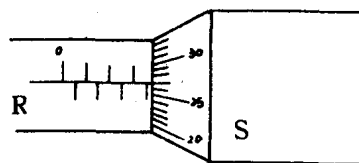
F 上固定連接一主尺 R，主尺上附一可旋轉之曲尺 S。K 為粗調轉鈕，H 為微調轉鈕，L 為固定鈕，A、B 為夾待測物處。



圖一

2. 主尺每刻度為 $1 / 2 \text{ mm}$ ，曲尺上分為 50 刻度，每轉動一周，則主尺進退 1 刻度（即 $1 / 2 \text{ mm}$ ），故曲尺上每刻度相當於 $1 / 100 \text{ mm}$ ，此為精確度 0.01 mm 的由來。

3. 讀法如圖二所示，若兩尺的相接點在主尺 3.5 與 4 之間，曲尺的刻度為 27，則物體的厚度（或直徑）為



圖二

$$3.5 + \frac{27}{100} = 3.77 (\text{mm})$$

注意 測量時，當待測物已與 A、B 微微相接

觸，切勿用力轉動粗調轉鈕 K，以免損壞

儀器，或造成軟質物體被壓縮引起量度的不準確。此時應微微轉動微調轉鈕，直至發出三個聲響為止。

步驟 1. 使用時先作零點校正，轉動 K 使 A、B 接近，再轉動 H，直到發出三次響聲為止，記錄此時的讀數為 0。

2. 將待測物夾於 A、B 間，如步驟 1 轉動 K、H 使之微微接觸，觀察兩尺，記其刻度為 R 及 S，兩者相加後再加上 0 之零點校正，即得正確之厚度或直徑。

3. 如步驟 2，共量取待測物不同處三次，並求其平均值。

4. 取另一待測物，重複上述步驟。

班級

組別

座號

姓名

日期

102 螺旋測微器

記 錄

名稱 待測物		零點校正 $\pm a$ mm	主尺 R mm	曲尺 S mm	觀測值 $R+S-(\pm a)$ mm	平均值 mm
銅線	1					
	2					
	3					
銅線	1					
	2					
	3					
鐵鉻線	1					
	2					
	3					

問 題 1. 螺旋測微器最小可測至幾米？

2. 試述螺旋測微器的用途。

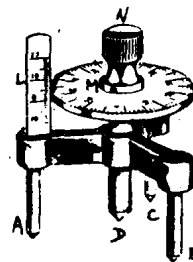
討 論

103 球徑計

目的 瞭解球徑計的構造原理，並測量凸面、凹面的曲率半徑或薄層物的厚度。

儀器 球徑計，平面玻璃板，米尺，待測物（球面玻璃，薄層物）。

說明 1 圖一為球徑計的外觀，A、B、C三足尖適構成一等邊三角形，ND為三角形中心轉軸，且連著刻度盤M上下移動。L尺零點在中心處，其上下各為20刻度，每刻度為1mm。M為100刻度，其旋轉一周恰在L尺上昇或下降1mm，故M盤上每一刻度為1/100mm，此亦為儀器的精確度。



圖一

2 球面的曲率半徑：

球徑計係利用四點決定一平面的原理設計而成的，如圖二所示，假設球面曲率半徑為R，球徑計的四足尖A、B、C、D均與球面接觸，另D點在ABC三點所構成的平面上的投影為E（圖二b為圖二a之投影，顯示ABC三點所成的平面），且設DE距離為h，則由圖知（ $\because \angle DAF = 90^\circ$ ； $AE \perp DF$ ）

$$\triangle ADE \sim \triangle AEF$$

$$DE : AE = AE : EF$$

$$\text{即 } h : r = r : (2R - h)$$

$$h(2R - h) = r^2$$

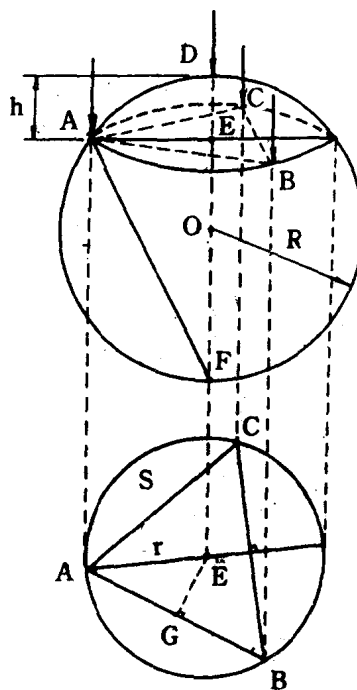
$$\text{所以 } R = \frac{h}{2} + \frac{r^2}{2h}$$

又由三角形ABC中得

$$AE^2 = EG^2 + AG^2$$

$$r^2 = \left(\frac{r}{2}\right)^2 + \left(\frac{S}{2}\right)^2$$

$$\text{所以 } r^2 = \frac{S^2}{3}$$



圖二

$$\text{因此 } R = \frac{h}{2} + \frac{S^2}{6h}$$

式中 S 、 h 均可量出，即可求得球面之曲率半徑。

注意 讀取 M 盤小數的正確讀法是測凸面鏡時取黑色讀數，凹面鏡時取紅色讀數。

- 步驟**
- 1 將球徑計置於平面玻璃板上，轉動 N ，使 D 足尖與 A 、 B 、 C 三足尖同樣的接觸玻璃板上（利用足尖與其像的接觸法），再觀察 L 尺與 M 盤的零點是否相合，如否則記其值為 $\pm a$ ，是為零點校正。
 - 2 旋轉 N ，使 D 足尖與 ABC 平面有一距離，再將 A 、 B 、 C 三足尖放在待測的凸面上，轉動 N 使 D 足尖與球面恰好接觸，配得此時的刻度 L 與 M ，再加以零點校正 $\pm a$ ，即得高度 h 值，移動球徑計，取不同處 h 值三次，並求其平均值。
 - 3 將球徑計三足尖印在紙上後以米尺量得任兩足尖 AB 、 BC 、 AC 的值並平均之，代入公式即得曲率半徑。
 - 4 取另一凹面，重複上述步驟。
 - 5 測薄層物時，將 A 、 B 、 C 三足尖放在平面玻璃上，只需將薄層物置於 D 足尖下，轉動 N 使之妥為接觸，觀察此時之刻度 L 與 M ，再加上零點校正 $\pm a$ ，即得薄層物的厚度 d ，取不同處 d 值三次，求其平均值。

班級

組別

座號

姓名

日期

103 球徑計

記 錄

待測物	名稱	零點校正	主 尺	轉 盤	觀測值	平均值	足尖距離	曲率半徑
		$\pm a$ mm	L mm	M mm	$h = L + M - (\pm a)$ mm	h mm	S mm	R mm
玻璃凸面	1							
	2							
	3							
玻璃凹面	1							
	2							
	3							
薄層物	1							
	2							
	3							

問 題 1 球徑計與螺旋測微器的構造原理有否不同？

2 曲率半徑 R 之倒數 $K = \frac{1}{R}$ ，稱為曲率。試求以上凸面與凹面的曲率各為若干？

討 論

2

104 靈敏天平

目的 瞭解靈敏天平（等臂分析天平）的構造原理，並熟悉其用法。

儀器 靈敏天平，精細砝碼，待測物。

說明 一靈敏天平的外觀（如圖一所示）：

1 M 為天平箱，G 為向上開啟之窗，O 與 O' 為側窗。

2 H 為水平氣泡，可由兩螺旋足 KK' 調整。

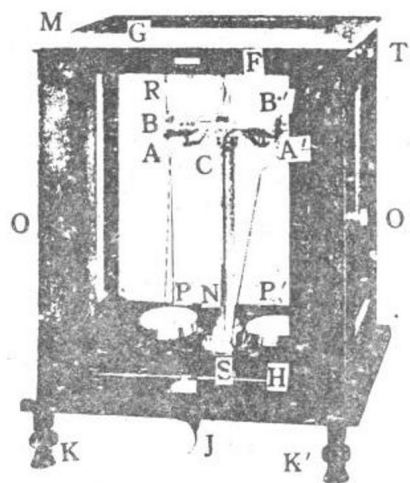
3 B B' 為一橫樑，C 為支柱，AA' 為止動架。

4 P P' 為兩托盤，N 為指針，S S' 為指針 N 所指的尺度，J 為取用天平的旋鈕，F 為調整零點的螺旋。

5 T 為一勾桿，可移置游碼 R 於樑上。

二零點：天平兩托盤均未載物時指針停止時所指的刻度。

停點：天平載重而靜止時，指針所指的刻度。



圖一

1 假如天平所有狀況均十分良好，零點應指在 S S' 尺中央零刻度之位置。但由於種種因素所影響，指針停擺時的刻度往往並非零刻度，因此只要天平載物後，指針停擺位置與未載物時的相合，我們仍可說天平兩側所載物體等質量。

2 當天平的擺動極為靈敏時，會使天平不停的擺動，如此指針也隨著在零點的兩側擺動不已，若兩盤質量相等，且不考慮摩擦力等因素，則指針在零點兩側擺動的大小應該相等而方向相反，如此兩刻度相加除以 2，即為零點位置所在了。

3 但有摩擦力時，則擺動所指的兩刻度距平衡點並非等刻度。舉例言之，如天平的平衡點為零刻度，則指針先擺動到一側，指在刻度 X_1 ，當指針擺向另一側時，因摩擦等阻力的關係便擺動的幅度減小 ΔX ，即指針在另一側所指的刻度為 $-(X_1 - \Delta X)$ ，而兩刻度相加除以 2 等於 $\Delta X / 2$ ，並不為零，因此所預測的平衡點即非真正的平衡點—零刻度了。如此我們也就不知兩盤是否等質量了！可是，我們再讓指針擺回原先的一側，並假設擺動幅度再減小的量仍是 ΔX ，則其所指的刻度應為 $(X_1 - \Delta X) - \Delta X$ ，即 $X_1 - 2\Delta X$ ，而將其與第一次的刻度 X_1 相加除以 2 得 $X_1 - \Delta X$ ，再與另一側的刻度 $-(X_1 - \Delta X)$ 相加除以 2 等於零，與原來真正的平衡點相符合。但擺動幅度的減小量 ΔX ，有摩擦等影響，並非每次都