

實驗一 基本測量 I

實驗目的：

1. 使用游標尺(Vernier Caliper)測量待測物長度以及容器外徑、內徑與深度。
2. 使用螺旋測微器(Screw Micrometer)，測量待測物直徑及薄片厚度。
3. 使用走讀顯微鏡(Traveling micrometer)，測量狹縫寬度。

實驗儀器：

游標尺，螺旋測微器，走讀顯微鏡，馬克杯，金屬線，單狹縫，雙狹縫，狹縫架，LED

實驗原理：

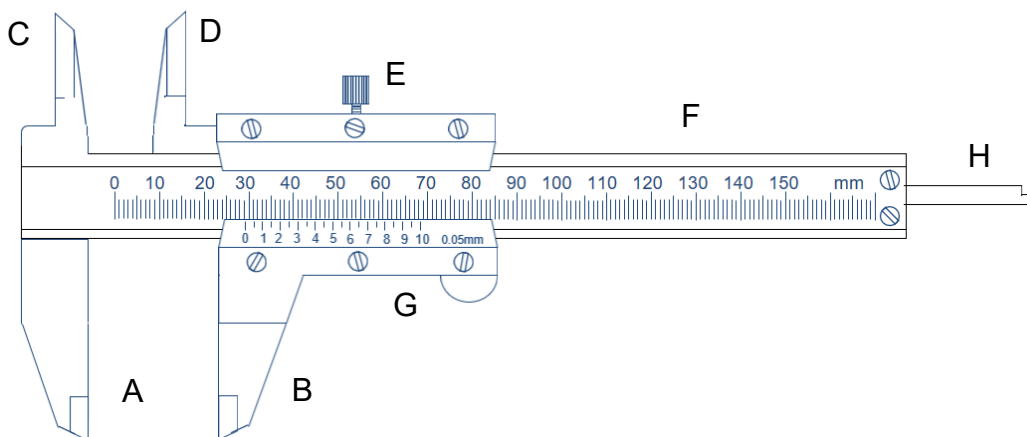
本章節所介紹的測量儀器皆包含主尺與副尺，其精密度皆較市售測量儀器高且精準。現行所有的測量儀器於長久使用下極易產生偏差(即不夾待測物時無法歸零)。故測量任何待測物前，應先對測量儀器進行校正並記錄各儀器誤差值。因此將儀器歸零時所產生的偏差值稱為零點誤差或校正長度。

承上，以游標尺、螺旋測微器與走讀顯微鏡測量待測物時，其實際讀值應包含主尺讀值、副尺讀值以及零點誤差。記錄方式如下所示：

$$\text{待測物實際值} = \text{主尺讀值} + \text{副尺讀值} - \text{零點誤差}$$

A. 游標尺

1. 構造說明：圖一為精密度 0.05 mm 游標尺構造示意圖。其中，F 為主尺、G 為副尺並套於主尺上，可左右滑動。副尺上附有螺旋帽 E，用途是將副尺固定於主尺上。A、B 兩鉗用來測量待測物外徑；C、D 兩鉗用來測量待測物內徑；H 桿用來測量待測物深度。



圖一 游標尺構造示意圖。

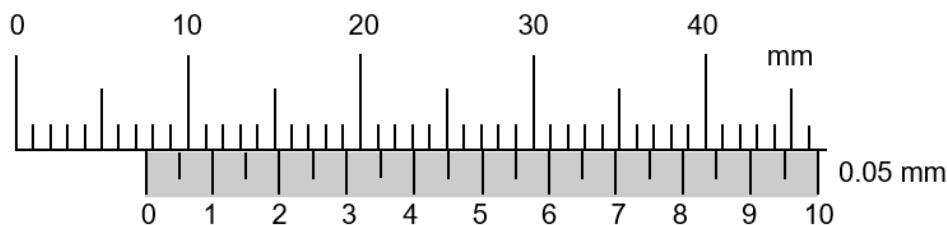
2. **精密度**：承上，以精密度 0.05 mm 游標尺為例(圖一所示)。
 - (a) 主尺最小刻度為 1 mm。
 - (b) 副尺共刻劃 20 個刻度，未夾待測物(歸零)時，副尺第 20 個刻度會與主尺 39 mm 切齊，則可得知副尺每格為 1.95 mm。此數值與主尺兩格(2 mm)相差了 0.05 mm，故可藉由長度差異判定副尺精密度為 0.05 mm。

3. **測量方法**：待測物長度 = 主尺讀值 + 副尺讀值 - 零點誤差。
 - (a) 零點誤差：未夾待測物(歸零)時，主尺零點應與副尺零點相切齊。若無，應記錄未夾待測物時，此游標尺零點誤差 a_0 。
[註] 副尺零點在主尺零點右側取正值；副尺零點在主尺左側取負值。
 - (b) 主尺讀取方式：以副尺零點位置來判斷。置入待測物後，副尺零點介於主尺 N 與 N+1 mm 間，記錄主尺讀值為 N mm。
 - (c) 副尺讀取方式：以副尺與主尺刻度切齊處來判斷。置入待測物後，將副尺與主尺切齊格數乘上精密度，即為副尺讀值。

在圖二中，若此游標尺未夾待測物(歸零)時，主尺零點與副尺零點相切齊，即表示此游標尺零點誤差為 0.00 mm。當待測物置入後，副尺零點介於主尺 7 與 8 mm 間，故將主尺讀值記錄為 7 mm；同時，副尺第 11 小格與主尺 29 mm 刻度切齊，故副尺讀值記錄為 $11 \times 0.05 \text{ mm} = 0.55 \text{ mm}$ 。

綜合上述，此待測物長度應記為 $7 \text{ mm} + 0.55 \text{ mm} - 0.00 \text{ mm} = 7.55 \text{ mm}$ 。

[註] 以 mm 為單位時，記錄至小數點後第二位。



圖二 游標尺範例。

B. 螺旋測微器

1. **構造說明**：圖三為螺旋測微器構造示意圖。其中，C 為主尺、D 為副尺其刻度刻劃於旋轉套筒 E 上、F 為固定閥門，用途是將旋轉套筒固定於主尺上。A、B 兩趾是用來固定待測物，將待測物置於 A、B 兩趾間，再旋轉套筒 E 使 A、B 兩趾確實夾住待測物後，再輕轉壓觸螺旋 H，直到聽到『答、答、答』三響就停止。

2. **精密度**：主尺以橫線分為上、下兩部分，上部或下部相鄰兩刻度間距皆為 1 mm，而上下部相鄰刻度間距為 0.5 mm。旋轉套筒上共刻劃 50 個刻度作為副尺，當旋轉套筒旋轉一周時，主尺會向前或向後移動 0.5 mm，即副尺精密度為 0.01 mm。

3. 測量方法：待測物厚度 = 主尺讀值 + 副尺讀值 - 零點誤差。

(a) 零點誤差：未夾待測物(歸零)時，主尺橫線應與副尺零點相切齊。若無，應記錄未夾待測物時，此螺旋測微器零點誤差 a_0 。

[註] 主尺橫線在副尺零點上方取正值；主尺橫線在副尺零點下方取負值。

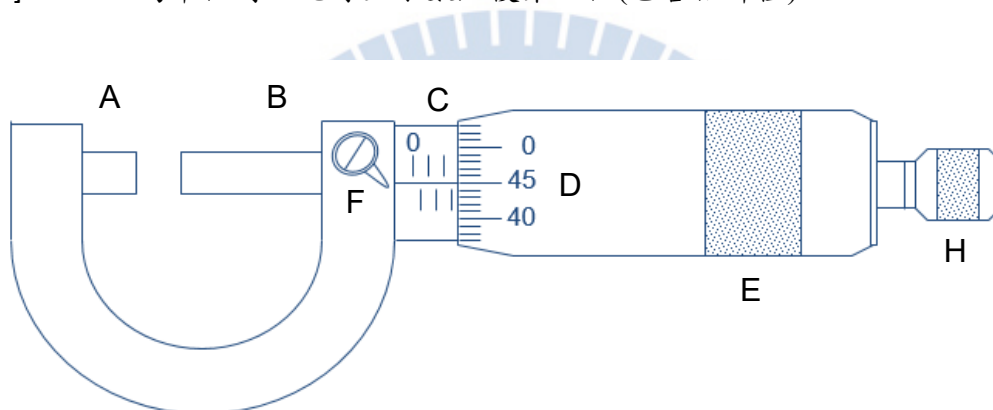
(b) 主尺讀取方式：置入待測物後，主尺出現最大刻度值即為主尺刻度。

(c) 副尺讀取方式：以主尺橫線對應副尺刻度位置來判斷(必須包含估計值)。

在圖三中，若此螺旋測微器未夾待測物(歸零)時，主尺橫線與副尺零點相切齊，即表示此螺旋測微器零點誤差為 0.000 mm。置入待測物後，主尺出現最大刻度為 2.5 mm，及為主尺讀值；主尺橫線對應致副尺 45.0 格(小數第一位為估計值)，故副尺讀值記錄為 $45.0 \times 0.01 \text{ mm} = 0.450 \text{ mm}$ 。

綜合上述，此待測物長度為 $2.5 \text{ mm} + 0.450 \text{ mm} - 0.000 \text{ mm} = 2.950 \text{ mm}$ 。

[註] 以 mm 為單位時，記錄至小數點後第三位(已含估計值)。



圖三 螺旋測微器構造示意圖。

C. 走讀顯微鏡

1. 構造說明：圖四為走讀顯微鏡構造圖。其中，A 為固定平台，平台上附有垂直游標尺組 B 與水平游標尺組 C，用以測量垂直與水平距離，D 為低倍率顯微鏡。

2. 精密度：判斷方式與游標尺相同。

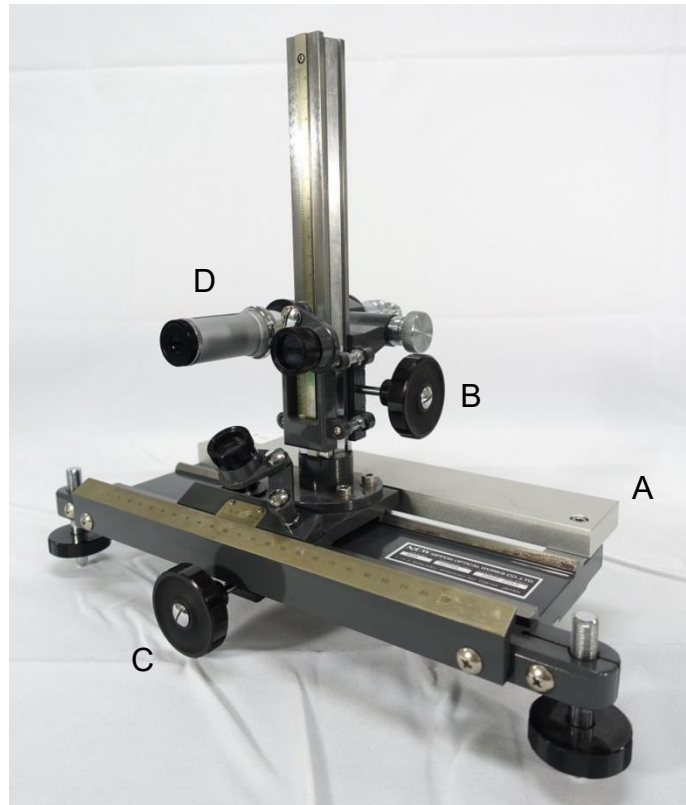
(a) 主尺最小刻度為 0.5 mm。

(b) 副尺共刻劃 50 個刻度，未夾待測物(歸零)時，副尺第 50 個刻度會與主尺 24.5 mm 切齊，則可得知副尺每格為 0.49 mm。此數值與主尺每格(0.5 mm)相差了 0.01 mm，故可藉由長度差異判定副尺精密度為 0.01 mm。

3. 測量方法：待測物長度 = 主尺讀值 + 副尺讀值 - 零點誤差。

(a) 零點誤差：未夾待測物(歸零)時，主尺零點應與副尺零點相切齊。若無，應記錄未夾待測物時，此游標尺零點誤差 a_0 。

(b) 主尺與副尺讀取方式皆與游標尺相同，在此不多加描述。



圖四 走讀顯微鏡構造圖。

注意事項：

1. 螺旋測微器使用完畢後，兩趾間應留有些許空隙，以免損傷。
2. 測量儀器夾待測物時，不可過度緊壓。尤其在使用螺旋測微器時，待兩趾與待測物接觸後，當聽到『答、答、答』三響後停止轉動。

實驗步驟：

待測物實際讀值 = 主尺讀值 + 副尺讀值 - 零點誤差

A. 以游標尺測量馬克杯內徑、外徑與深度，藉以計算馬克杯容積

1. 記錄游標尺零點誤差 a_0 。
2. 以 A、B 兩鉗測量馬克杯外徑 $2R$ 。
3. 以 C、D 兩鉗測量馬克杯內徑 $2r$ 。
4. 將 H 桿深入馬克杯內並緊靠邊緣，測量馬克杯不同位置深度 h 。
5. 計算平均值與平均標準差。
6. 計算馬克杯容積 V (應考慮誤差傳遞)。

[註] 馬克杯容積 $V = \pi r^2 h = \bar{V} \pm \sigma_V$

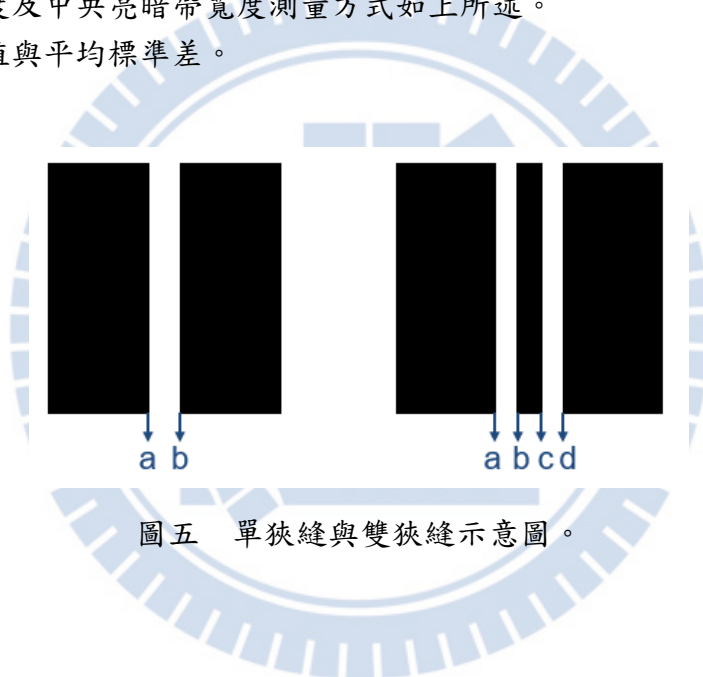
$$\bar{V} = \pi \bar{r}^2 \bar{h} \quad \sigma_V = \sqrt{\sigma_r^2 (2\pi r \bar{h})^2 + \sigma_h^2 (\pi \bar{r}^2)^2}$$

B. 以螺旋測微器測量金屬線直徑與自選物厚度

1. 記錄螺旋測微器零點誤差 a_0 。
2. 以 A、B 兩趾夾緊金屬線測量金屬線不同位置直徑。
3. 同上，測量自選物於不同位置厚度。
4. 計算平均值與平均標準差。

C. 以走讀顯微鏡測量單狹縫寬度、雙狹縫寬度及中央亮暗帶寬度

1. 調整走讀顯微鏡腳座高度，使水平儀內氣泡落於正中央。
2. 將待測狹縫置於狹縫架上，依序調整垂直與水平兩游標尺上旋鈕及顯微鏡目鏡位置(伸縮)，使待測狹縫可於顯微鏡內清楚成像。
3. 以單狹縫為例(如圖五所示)，調整旋鈕使顯微鏡筒內十字線落於單狹縫 a 緣，並記錄此時位置為 x_1 ；再調整旋鈕使顯微鏡筒內十字線落於單狹縫 b 緣，此並記錄此時位置為 x_2 。則此單狹縫寬度 Δx 即為 $|x_2 - x_1|$ 。
4. 雙狹縫寬度及中央亮暗帶寬度測量方式如上所述。
5. 計算平均值與平均標準差。



圖五 單狹縫與雙狹縫示意圖。

實驗問題：

1. 測量馬克杯不同位置內徑、外徑與深度時會發現其讀值不盡相同。試問，在相同位置測量與在不同位置測量有何不同？試說明之。
2. 使用螺旋測微器測量待測物厚度時，待測物是否有所限制？試說明之。
3. 當走讀顯微鏡放大倍率改變時，是否會影響最小刻度判別？試說明之。
4. 實驗過程中如何判定狹縫與顯微鏡垂直？若兩者未垂直是否會對實驗造成影響？試說明之。