

以一種簡易的紙製游標尺模型輔助教學

翁穎哲

臺北市私立衛理女子高級中學

壹、前言

在高二物理第一個實驗中，學生要學習游標尺的原理以及使用游標尺來測量物體的長度。如果僅以講解及書本的圖形來說明原理，學生容易覺得太過抽象；如果讓學生實際操作游標尺，因實際游標尺刻度很小，學生不容易看出主尺副尺之間的位置與所讀取數值之間的關係。而且實際游標尺的數量有限，無法人手一支。在此提供一種簡易的紙製游標尺模型的製作方法，可以配合原理說明來輔助教學。

貳、游標尺原理

一般直尺的最小刻度為 1mm，所以在測量時只能準確到 1mm，而游標尺的設計，是藉由在結構上安排一支固定的長主尺和一支可移動的短副尺，以增加測量的準確度。未測物時，主尺 0 刻度與副尺 0 刻度對齊。測量時，移動副尺，將待測物置於主尺夾邊與副尺夾邊後，旋轉固定螺絲，此時，待測物的長度即為主尺 0 刻度到副尺 0 刻度的距離。游標尺主尺最小刻度為 1mm，其精密度為副尺一等分的長度和近似相等長度的主尺的差的絕對值。在實驗室常見的游標尺(圖 1)，其副尺 20 個刻度的長度等於主尺 39 個刻度的長度，所以副尺 1 個刻度等於 1.95mm，最接近之

主尺刻度為 2.00mm，其精密度為 $|1.95 - 2.00| \text{mm} = 0.05 \text{mm}$ 。

教學時，通常先以主尺 9mm 等於副尺 10 刻度的模型來說明原理，以下將分別介紹主尺 9mm 副尺 10 刻度，以及主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺原理(林明瑞, 2006; 連坤德、陳忠志、吳永河, 2006; 褚德三, 2006; 管傑雄、孫允武、林中一、羅芳晁, 2006)。

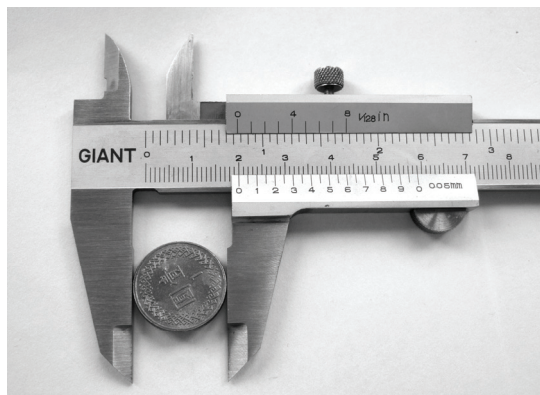


圖 1、游標尺

一、主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺原理

主尺最小刻度為 1.0mm，副尺 1 個刻度佔 0.9mm，此游標尺的精密度為 $(1.0 - 0.9) \text{mm} = 0.1 \text{mm}$ 。當主尺 0 刻度與副尺 0 刻度對齊時，主尺的第 9 個刻度會與副尺第 10 個刻度對齊(圖 2a)。有兩種讀取

刻度的方法：

- 1、副尺 p 刻度與主尺 k 刻度對齊(圖 2b)：此時，由於副尺每個刻度佔 0.9mm ，主尺每個刻度佔 1.0mm ，故主尺 0 刻度到副尺 0 刻度的距離為 $(k-0.9p)\text{mm}$ ，待測物長度即為 $(k-0.9p)\text{mm} = [(k-p)+0.1p]\text{mm} = [(k-p)+\text{精密度}\times p]\text{mm}$
- 2、副尺 0 刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，副尺 p 刻度與主尺某刻度對齊(圖 2c)：此時，待測物長度介於 s 公釐與 $s+1$ 公釐之間，其值為 s 公釐加上副尺 0 刻度到主尺 s 刻度的距離，其中，副尺 0 刻度到主尺 s 刻度的距離，可由副尺 p 刻度與主尺某刻

度的對齊而讀出，其值為 $0.1p$ ，故待測物長度為 $(s+0.1p)\text{mm} = (s+\text{精密度}\times p)\text{mm}$ 。

綜合 1、2 的說明，可知當游標尺副尺 0 刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，且副尺 p 刻度與主尺 k 刻度對齊時，待測物長度為 $(k-0.9p)\text{mm} = (s+0.1p)\text{mm}$ ，同時， $k-p=s$ 。

在實際操作游標尺時，由於游標尺的精密度會標示在尺上，故只要以方法 2，先讀出副尺 0 刻度位於主尺的哪兩個刻度之間，然後再找出副尺的第幾個刻度與主尺對齊，將這個刻度乘以精密度，兩者相加後就能得出待測物的長度。

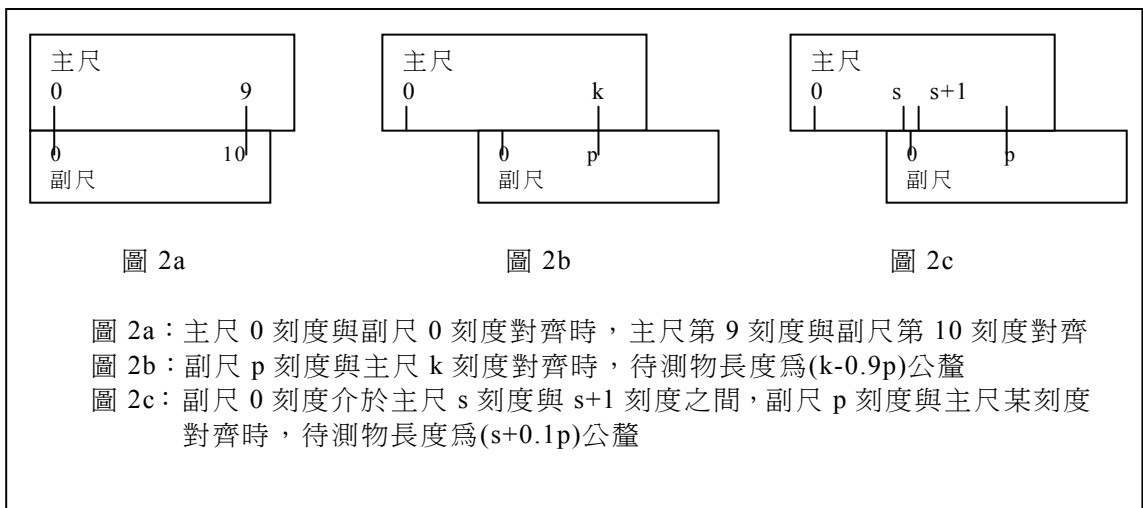


圖 2、游標尺原理說明

二、主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺原理

主尺最小刻度為 1.0mm，副尺 1 個刻度佔 1.95mm，其精密度為 $(2.00-1.95)\text{mm}=0.05\text{mm}$ 。當副尺 p 刻度與主尺 k 刻度對齊時，待測物長度為 $(k-1.95p)\text{mm}=[(k-2p)+0.05p]\text{mm}=[(k-2p)+\text{精密度}\times p]\text{mm}$ 。當副尺 0 刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，且副尺 p 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物長度為 $(s+0.05p)\text{mm}=(s+\text{精密度}\times p)\text{mm}$ 。

參、游標尺模型製作方法

利用 word 的表格製作，分別製作主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺模型以及主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺模型。

一、主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺模型

1、主尺：由 2 列 10 欄的表格所構成。欄寬設定為 1cm，列高為最小高度。在第 1 列依序填入 1~10，使數字向右靠齊。這些數字分別代表右方格線的主尺刻度數（如圖 3 上方之表格）。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

←----- 裁切線

圖 3、主尺 9mm、副尺 10 個刻度

2、副尺：由 2 列 10 欄的表格所構成。欄寬設定為 0.9cm，列高為最小高度。在第 1 列依序填入 1~10，使數字向右靠齊。這些數字分別代表右方格線的副尺刻度數（如圖 3 下方之表格）。

製作時，主尺與副尺中間隔一行，同時，讓主尺最左方表格與副尺最左方表格對齊，如圖 3 所示，可以清楚看出主尺第 9 個刻度恰好對齊副尺第 10 個刻度。

二、主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺模型

表格的製作方法同上。主尺由 2 列 40 欄的表格所構成，副尺由 2 列 20 欄的表格所構成，但此處主尺欄寬設定為 0.5cm，副尺欄寬設定為 0.975cm。

在以 word 製作第一種游標尺模型時，紙張的版面設定為直式。在一張 A4 紙可以同時製作 4 份。而在製作第二種游標尺模型時，紙張的版面必須設定為橫式，一張 A4 紙可以同時製作 2 份。教師可以依照班級人數影印所需的份數。

肆、教學方法

教學時，每位學生拿到兩種紙製的游標尺模型，再請學生將每一種游標尺上的主尺及副尺分別剪下來，使得主尺副尺的位置可以互相移動。

配合這種簡易的紙製游標尺模型來說明游標尺的原理，學生可以由具體操作，理解為什麼可以由主尺與副尺之間刻度的對齊關係，來得出待測物的長度。教師在說明時要特別對學生強調，這是放大版的游標尺模型，其中主尺一個刻度代表的長度為 1mm。

以模型說明游標尺原理後，隨後讓同學以實際的游標尺進行實驗，會有不錯的學習效果。

伍、參考資料

- 林明瑞主編(2006)：高級中學物質科學物理篇實驗活動手冊上冊。台南市：南一。
- 連坤德、陳忠志、吳永河(2006)：高級中學物質科學物理篇(上)實驗活動手冊。台南市：翰林。
- 褚德三主編(2006)：高級中學物質科學物理篇(上)實驗活動手冊。台北縣：龍騰文化。
- 管傑雄、孫允武、林中一、羅芳晷(2006)：高級中學物質科學物理篇(上)實驗活動手冊。台北市：三民書局。