
游標尺學習活動

翁穎哲

臺北市私立衛理女子高級中學

本文介紹一個以簡易的紙製游標尺模型為輔助的學習活動，這個活動讓學生能夠從具體操作來瞭解游標尺的原理，並由一系列的測量結果歸納出，如何以游標尺主尺與副尺的對齊情形來直接讀出測量值。

這個學習活動是在教師引導下進行的，學習方式採小組合作學習和全班討論。進行時，每位學生都有兩種紙製游標尺模型、一份學習單，以及實驗手冊。學習過程共分為三個階段，第一，準備階段，目標在讓學生瞭解紙製游標尺模型和實際游標尺在結構上的對應關係。第二，探索基本原理階段，目標在讓學生瞭解游標尺的設計原理和測量方法，並獲得精密度的概念，此處分別介紹主尺 9mm 副尺 10 刻度，以及主尺 39mm 副尺 20 刻度兩種游標尺。第三，操作游標尺階段，此時讓學生實際操作游標尺。

這個活動讓學生在動手操作和討論來分享彼此的發現，是一個能夠引發學生主動學習，進而提高學習成效的學習活動。

壹、前言

一、工具使用與學習

根據認知心理學的研究，人類認知發展的歷程是由具體到抽象 (Gruber &

Voneche, 1977; Wadsworth, 1971)。具體經驗的學習，一方面來自於直接的感官經驗，這是最基本的學習，例如，看見、聽到、觸摸；另一方面，可以藉由操弄工具來進一步深化學習的內涵 (Vygotsky, 1978)，而工具的設計與運用也擴展了人的感官能力，使人能夠看見肉眼所不及之物、聽到耳朵未聞之音，例如，顯微鏡、聽診器。

在長度的測量中，最常見的工具是直尺，其最小刻度為 1mm；比較精密的測量是使用游標尺或螺旋測微器。在高二物理的課程，學生將學習以游標尺來測量長度 (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、羅芳晷，2006)。由於實際的游標尺刻度很小，又不容易人手一支，為此，本文作者曾介紹一種簡易紙製游標尺模型的製作方法 (翁穎哲，2007)，其目的在將游標尺主尺與副尺的刻度關係放大，並讓每位學生能夠人手一支，能夠在具體操作中學習游標尺的原理。

二、小組合作與學習

學生在學習科學時，有許多活動是以小組方式進行的，例如，實驗課程、科學探索，而學生對於小組的合作學習總是興

味盎然，這是因為這樣的學習環境塑造一種合作的氣氛，小組成員為共同目標而努力。許多教育研究顯示，藉由小組合作來學習可以激發學生的學習動機、加強學生的參與感，並且強化學習的效果，這讓小組成員可以彼此觀摩分享、學習以不同的方式來理解學習材料、利用不同的資源解決問題，更進一步學習創造力和批判能力 (Glenn, 1991; Johnson and Johnson, 1987; Roth and Roychoudhurg, 1993)。

三、游標尺原理

一般的直尺最小刻度為 1mm，而游標尺的主要結構包括一支長主尺和一支短副尺，藉由主尺和副尺在刻度上的差異來增加測量的準確度。其中，主尺的最小刻度為 1mm，這和一般的直尺一樣。而高中物理常提到的副尺刻度畫分方法有兩種，第一種是副尺每一個刻度長度為 0.9mm，這是在 9mm 的長度畫分 10 個刻度，精密度為 0.1mm；第二種是副尺每一個刻度長度為 1.95mm，這是在 39mm 的長度畫分 20 個刻度，精密度為 0.05mm。測量時，待測物的長度即為主尺 0 刻度到副尺 0 刻度的距離，如果副尺 0 刻度界於主尺 s 刻度和 $s+1$ 刻度之間，則測量結果為 $[s+(\text{游標尺精度}) \times (\text{副尺對齊主尺的刻度數})] \text{mm}$ 。

例如，測量時發現副尺 0 刻度界於主尺 15 刻度與 16 刻度之間，如果只看這個

部分，則這就和使用一般直尺測量是一樣的，就是待測物的長度界於 15mm 和 16mm 之間，再加上一個估計值；如果能夠找出副尺刻度與主尺刻度的對齊情形，將能增加測量的準確度。例如，如果能夠在上述的測量中進一步找出，在以主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺測量時，副尺第 7 刻度與主尺對齊，則測量值為 15.7mm；而在以主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺測量時，副尺第 14 刻度與主尺對齊，則測量值為 15.70mm。

然而，要瞭解為什麼可以用這種方法得到待測物的長度，需要一系列的理解歷程，這可以藉由數學分析來理解這個關係式(翁穎哲，2007)，也可以藉由操作紙製游標尺模型來獲得這個理解，而本文即在介紹如何讓學生在活動中瞭解游標尺原理，而非只是將使用游標尺當作一種機械式的工具操作。

四、紙製的游標尺模型

紙製游標尺模型的製作，就是製作兩種不同欄寬的表格，用來分別代表主尺刻度和副尺刻度，其方法簡介如下：

(一) 主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺模型

主尺是 2 列 10 欄的表格，欄寬 1cm；副尺是 2 列 10 欄的表格，欄寬為 0.9cm。在這兩個表格的第 1 列依序填入 1~10，用來代表右方格線的刻度數(圖 1)。

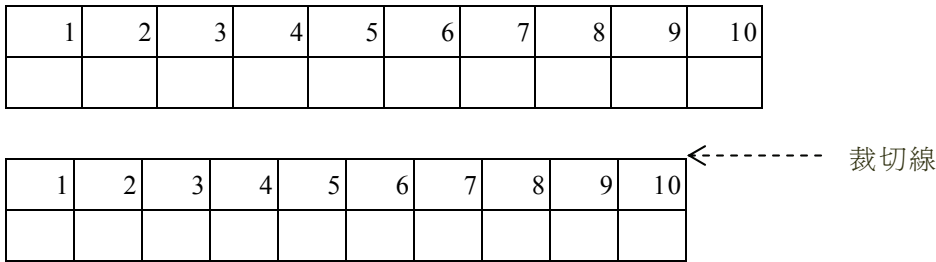


圖 1：主尺 9mm、副尺 10 個刻度

(二) 主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺模型

主尺是 2 列 40 欄的表格，欄寬 0.5cm；副尺是 2 列 20 欄的表格，欄寬為 0.975cm。在這兩個表格的第 1 列依序填入 1~40 及 1~20，用來代表右方格線的刻度數。

爲了幫助學生學習游標尺的原理與使用方法，作者從具體的工具操作能夠幫助學生學習，以及小組互動能夠促進學生學習這兩個思考方向出發，設計出簡易的紙製游標尺模型，讓學生能夠人手一支，並發展出一系列的小組討論活動。本文第貳部分所要介紹的學習活動，是作者在教學時根據學生的學習成效，經過數次的改良與修正後所發展而成的。

貳、學習活動

本學習活動共分三階段，第一階段是準備階段，第二階段是基本原理探索階段，第三階段是讓學生實際操作游標尺階段。

一、準備階段

在準備階段，其目標在讓學生瞭解紙

製游標尺模型與實際游標尺在結構上的對應關係，這個階段主要以教師講解爲主。

進行時，學生手持游標尺模型，同時參閱實驗手冊的游標尺實物照片以及教師手上的游標尺，而教師則說明游標尺的結構，以使學生瞭解二個重點：第一，紙製游標尺模型的主尺和副尺與實際游標尺的主尺和副尺的對應關係；第二，爲什麼待測物的距離會等於主尺零刻度到副尺零刻度的距離。

二、基本原理探索階段

在基本原理探索階段，其目標在讓學生藉由操作游標尺模型和回答系列問題，從測量結果歸納出如何直接讀出待測物長度，而不必再經過紙筆計算。

在這個階段，學生藉由操作兩種游標尺模型來學習原理。這個階段分成三個程序，分別是（一）探討主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺原理；（二）探討主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺原理；（三）改變主尺 39mm 副尺 20 刻度游標尺的副尺刻度編號，使得紙製模型和實際游標尺兩者的副

尺刻度編號方式相同後，讓學生探討如何直接由游標尺之主尺和副尺的對齊方式讀出待測物的長度。

(一) 主尺 9mm 副尺 10 刻度的游標尺

1. 教師告知學生，在紙製模型中主尺 1 刻度代表 1mm，然後請學生回答，如果在主尺上畫 9 個刻度時副尺可以畫 10 個刻度，那麼副尺 1 個刻度的長度為多少 mm？
2. 學生操作紙製游標尺模型，回答「當主尺 p 刻度與副尺 k 刻度對齊時，待測物的長度為多少？」的系列問題，例如，要學生回答「主尺第 12 個刻度與副尺第 8 個刻度對齊時，待測物的長度為多少？」。之後，各組在黑板寫下答案，並且報告如何獲得這些答案，答案在黑板的呈現方式見表 1。

表 1：分組討論作答結果一覽表

題目 組別	第 1 題	第 2 題	第 3 題	第 4 題	...
1					
2					
...					

3. 學生操作紙製游標尺模型，回答「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，同時，副尺 k 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物的長度為多少？」的系列問題。例如，要學生回答「當

副尺零刻度介於主尺 6 刻度與 7 刻度之間，同時，副尺 3 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」。當各組都已在黑板寫下答案後，進行全班討論。由於學生手持游標尺模型，這使得雖然問題中並沒有明確說出副尺 k 刻度究竟是與主尺的哪一個刻度對齊，學生可能會從移動游標尺模型的副尺位置，讓主尺與副尺的刻度關係和問題相一致，以此找出與副尺對齊的主尺刻度數，然後再用與步驟 2 相同的方法來獲得答案。如果學生是以這種方法獲得答案，教師可以問學生：「如果手中沒有游標尺模型，無法直接由對齊的方式找出副尺 k 刻度究竟是與主尺的哪一個刻度對齊，也就不能再使用步驟 2 的方法時，那要如何知道待測物的長度呢？」，然後從這個問題引入步驟 4 的活動。

4. 學生回答表格 2 有關「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，同時，副尺 k 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」的系列問題。回答時，學生可以使用任何他們想得到的方法來回答問題，並將答案寫在表格上。學生不必完整回答每個問題，只要發現測量值的規律後就可以停止測量，並寫下所發現的規律。
5. 教師和全班討論在步驟 4 所發現的規律，由此說明精密度的意義，並歸納出如何直接由游標尺的對齊情形來測量待測物長度。

表 2：副尺第 k 刻度與主尺對齊時的待測物長度

待測物 長度		副尺零刻度介於主尺兩個刻度之間					
		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	……
副尺第 k 個 刻度與主尺 對齊	0						
	1						
	2						
	3						
	…						

(二) 主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺

此部分的進行步驟與第一部分類似，現將過程簡介如下。

1. 教師告知學生，在紙製模型中主尺 1 刻度代表 1mm，然後要學生回答，如果在主尺上畫 39 刻度時副尺可以畫 20 刻度，那麼副尺 1 個刻度代表多少 mm？
2. 學生操作紙製游標尺模型，回答「當主尺 p 刻度與副尺 k 刻度對齊時，待測物的長度為多少？」的系列問題。
3. 學生操作紙製游標尺模型，回答「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 s+1 刻度之間，同時，副尺 k 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物的長度為多少？」的系列問題。
4. 學生回答表格 2 有關「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 s+1 刻度之間，同時，副尺 k 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」的問題。
5. 教師與學生討論在步驟 4 所發現的規律。

在這些活動後，學生將知道如果副尺零刻度介於主尺 s 刻度和 s+1 刻度之間，

同時副尺 k 刻度與主尺某刻度對齊時，待測物的長度為 $(s+k \times 0.05)$ mm，其中，0.05mm 為游標尺的精密度。

(三) 改變主尺 39mm 副尺 20 刻度游標尺的副尺刻度編號

前述紙製模型的副尺刻度編號是依序由 1、2，到 20，每個刻度的長度為 1.95mm，而實際游標尺的副尺是以每兩個刻度間隔標記為 1 單位，使得副尺第 2 個刻度的編號為 1、第 4 個刻度的編號為 2，以下依此類推，所以，每一個單位編號佔兩個刻度，長度為 $1.95 \times 2 = 3.90\text{mm}$ （參考圖 2），這樣的編號設計讓使用者易於直接讀出測量值，所以這部分的活動在讓學生瞭解這種刻度編號方式的優點，現將過程簡介如下。

1. 學生更改主尺 39mm 副尺 20 刻度的游標尺模型副尺的刻度編號，使得每兩個副尺刻度指派一個編號，即副尺第 2 個刻度的編號為 1，副尺第 4 個刻度的編號為 2，以下依此類推。
2. 學生回答表格 3 有關「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 s+1 刻度之間，同時，

副尺刻度編號 n 與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」的系列問題。例如，回答「當副尺零刻度介於主尺 8 刻度與 9 刻度之間，同時，副尺刻度編號 6 與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」

3. 學生討論「當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，同時，副尺刻度編號 n 與 $n+1$ 之間的刻度與主尺某刻度對齊時，待測物長度為多少？」的系列問題。例如，回答「當副尺零刻度介於主尺 6 刻度與 7 刻度之間，同時，副尺刻度編號 3 與 4 之間的那個刻度與主尺對齊時，待測物長度為多少？」

經過這些活動後學生將發現，如果將每兩個副尺刻度間隔標記為 1 單位，當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，且副尺編號 n 的刻度與主尺對齊時，待測物的長度即為 $(s+0.10 \times n)$ mm，例如，副尺零刻度介於主尺 6 刻度與 7 刻度之間，且副尺的編

號 8 刻度與主尺對齊時，待測物長度為 6.80mm。學生也會發現，當副尺零刻度介於主尺 s 刻度與 $s+1$ 刻度之間，且副尺編號 n 和 $n+1$ 之間的刻度與主尺對齊時，待測物的長度即為 $(s+0.10 \times n+0.05)$ mm，例如，副尺零刻度介於主尺 12 刻度與 13 刻度之間，且副尺上的編號 5 和 6 之間的刻度對齊主尺，則待測物的長度為 12.55 mm。這樣，學生將可以直接由主尺和副尺的對齊方式來讀出待測物的長度。



圖 2：游標尺一副尺是以每兩個刻度間隔標記為 1 單位

表 3：副尺刻度編號 n 與主尺對齊時的待測物長度

待測物 長度		副尺零刻度介於主尺兩個刻度之間					
		0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	……
副尺刻度編號 n 與主尺對齊	0						
	1						
	2						
	3						
	…						

三、實際游標尺操作階段

在這個階段，學生操作實際的游標尺來測量物體長度，並學習如何進行歸零校正。

參、結論

本文介紹一個在教師引導下進行的，以簡易的紙製游標尺模型為輔助的學習活動，讓學生從具體操作中瞭解游標尺的原理，並歸納出如何以游標尺主尺與副尺的對齊情形直接讀出測量值。實際教學時，教師可以根據學生的學習情況，將某些活動內容加以增刪或修改。根據作者的教學情況顯示，這個學習活動能夠幫助學生瞭解游標尺的原理和測量方法，故為文介紹。

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。
- 翁穎哲(2007)：以一種簡易的紙製游標尺模型輔助教學。科學教育月刊，302，38-41。
- 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、羅芳晔(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。
- Glenn, M. F. (1991). The project plan: encouraging individual growth with group projects. *The Science Teacher*, 58(2), 40-42.
- Gruber, H. E., & Voneche, J. J. (Eds.). (1977). *The essential Piaget*. New York: Basic Books.
- Johnson, R. T. and Johnson, D. W. (1987). How can we put cooperative learning into practice? *The Science Teacher*. 54(6), 46-48, 50.
- Okebukola, P. A. (1992). Concept mapping with a cooperative learning flavor. *The American Biology Teacher*, 54(4), 218-221.
- Roth, W. M., and Roychoudhury, A. (1993). Using Vee and concept maps in collaborative settings: elementary education majous construct meaning in physical science courses. *School Science and Mathematics*, 93(5), 237-244.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Edited by M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, E. Souberman. Cambridge: Harvard University Press.
- Wadsworth, B. J. (1971). Piaget's theory of cognitive development: An introduction for students of psychology and education. New York: David McKay Company, Inc.