

電腦在師專物理教學應用的研究

王龍錫 李文德

壹、前言

隨著科學文明的進展，教學方法也不斷的更新，教育工學的研究也漸為人所重視。在此情形下，各種視聽教學媒體也不斷的開發出來。而電子科技的尖端產品——電腦，在各科的教學上也扮演了一重要的角色。

物理是一門理論與實驗並重的科學，在教學的過程中，有許多抽象的理論，必須藉著實驗的操作，或經由圖表、圖形、模形的解釋，或將數據加以模擬演算後的結果，來闡明物理的理論，使學生獲得正確的概念。簡單的說，也就是將物理的理論，經由各種媒體轉換成半具體，甚至於具體的概念。以往物理教學的過程中，利用實驗來驗證物理理論是最常用的方式。其次是利用其他的視聽媒體，如電影、幻燈、錄影帶的教學。如今在各中上學校，都有電腦設備時，利用電腦來輔助物理科的教學，將提供給物理教師在教學上另一條新的途徑。本文謹就電腦在物理教學應用的方式，及如何利用電腦的功能來協助師專的物理教學做一般性的探討。

貳、電腦在物理科教學應用之方式

目前，利用電腦在物理科教學的應用，有三種不同的型式，每種型式都藉著電腦各不相同的功能，來發揮物理教學的特性。現謹就這三種型式敘述如下：

- 一、利用電腦高速運算的能力來模擬各種物理現象，或對物理實驗數據的處理、解釋。台北市立師專陳義勳教授（註1），曾從師專物理教材中，分成光學、力學、電學、天文物理及實驗處理等五部份，設計一系列程式，供物理教學之用，即屬本類型。另有省立花蓮高中翁新建老師（註2）指導學生作品「以高中數學探討星球運行與其運行的實驗與電腦模擬」亦屬於此類型。
- 二、利用電腦的邏輯處理能力及運算能力，發展有關物理課程的個別化教學的學習資料。這種類型，是以電腦輔助教學（C. A. I.）為目的，集合課程、教育、心理及電腦程式……等專業人員，發展出來的有系統之教材，提供學生自我學習或補救教學之用。目前教育部，國科會所推動的電腦輔助教學發

展的方向即在此。另外一部份國中，其教師自行設計探討小單元的 C . A .

I，亦屬此類型。如澎湖縣立中正國中，謝迺岳老師（註3）之作品「物理 L A I 探討：波動」；花蓮縣立玉里國中，林玉山老師（註4）之作品「課程體的設計與探討」（數學科）等都是。

三、利用電腦繪圖的能力，畫出精密及動態的圖形，用以解釋或說明物理現象，使學生更具體獲得概念，提高學習效果。這種類型是把電腦當作視聽器材的一種，教師在授課時，認為有必要利用電腦顯示，就把預先設計好的程式交給電腦執行，很快的學生可由螢光幕上看出與課程有關的圖形或重要的公式。這方面的研究，可以說是電腦輔助教學之另一方向，值得去開發探討。日本琦玉大學教授：下沢 隆，黑石 佳伸（註5）曾在化學教育方面，提出有關「微電腦在化學教學的應用」的論文，就屬於這種類型的應用。在該大學化學系教室，裝了微電腦並接上兩部大型電視機做顯示器，這都說明利用電腦當做一種視聽器材，以全班學生為對象的教學方式，有別於以個別化教學的 C A I 系統。

以上三種型式的教學方式，都是隨著教學者個別需要及配合電腦功能而個自發展出來的系統。以下將以第三類型為重點，討論如何在物理課程中應用電腦來幫助教學。

參、如何把電腦當做視聽器材應用

把電腦當做視聽器材時，應如何應用以與物理科教學過程相配合呢？這可從設備方面、設計方面、及與其他視聽器材區別方面加以探討說明。

首先設備方面，學校應有專用的電腦教室，並在同一間教室放置同一型式的電腦，若能有連線系統就更為理想。若無法連線，教師可將設計好的程式，事先多拷貝幾份，以備需要時使用，使每一部電腦都可以自行執行。如果沒有電腦專用教室，可以將主機、磁碟機及螢光幕搬到教室或視聽教室，並在教室適當位置裝設大型電視機（20吋～26吋）與之連線。

其次在內容設計方面，教師可在教學前，先對教材的個別單元中，學生較不易理解的內容，而能以電腦清晰表達其原理或過程者，先行計畫，並進行程式的設計及執行測試。當課程進度到該單元時，到電腦教室操作，或到視聽教室利用大型電視螢光幕顯示結果，使學生從圖形的顯示得到更具體的概念。

設計單元的選擇和設計內容的計劃，可說是整個設計過程中最重要的階段。因為這是把物理教材內容轉換成電腦軟體時設計的依據。因此教師希望電腦能顯示出那些內容，在設計之初就應確定。為了使計劃能明確的表達出設計時的目標及構想，可利用教學設計之計劃表（如圖一），以便設計時參考。

在計劃表中，設計目標是填寫設計者的程式執行後，預期學生能從其中獲

得與單元內容有關的行為目標。而設計構想是指設計者在設計程式之前，對電腦顯示之內容預先的給予規劃，以配合達成設計目標。

把電腦當做視聽媒體的一種，電腦與其他視聽媒體是否有區別？在物理科教學的應用電腦是否可取代一切的視聽媒體？在電腦與其他媒體區別方面，就要視各不同媒體在教學上所顯示之功能，以及各學科教學的特性而定。現在謹就電腦、幻燈機、投影機、電影機（錄影機）……等在物理教學所要求之功能上做一比較，由其中可以明顯的看出其區別。（見表一）

電腦在物理科教學應用之計劃表

主 題		編 號	
教材章節		檔案名稱	
教材內容			
設 計 者		設計日期	
設計目標：		備註：	
設計構想：			

(圖一)

性 能 媒 體	內容製作	畫 面	內容修改 之 彈 性	動態畫面 出現之速度	圖形之精 密 度
電 腦	以程式設計 方式產生	可以靜止也 可以動態	很大（視需 要修改程式）	可快可慢	高
幻燈機	以實體拍攝 或繪製拍攝	靜止畫面	幾乎不可能	固 定	視製作而定
投影機	手繪或印刷	靜止畫面可 以重疊	可以變化	隨操作重疊 出 現	視製作而定
電影機 (錄影機)	拍 攝	動態畫面	不 能	可 調 整	視製作而定

(表 一)

以物理教學立場而言，使用視聽媒體的目的在於促進教學，提高學習興趣。各種媒體各有其不同特性，也有其不同的教學效果。因此，如何使各媒體發揮其最大的功能，來幫助教學才是最重要的。至於電腦是否取代其他的視聽媒體應用在物理教學方面，也就不值得爭論了。因為電腦也有其功能的限制，在某些方面還是要靠其他媒體的應用來補其功能上的不足。

肆、電腦在師專物理教學應用之實例

現謹就師專物理教材中（含實驗），能以電腦顯示表達其原理或過程者，舉出部份實例加以說明。

一、水平拋射運動（註6）

(一)教材內容：

- 1 水平拋射運動之軌跡。
- 2 不同水平初速下，水平拋射運動之軌跡。

(二)本單元設計目標：

- 1 能看出在不同的水平初速，拋體的運動軌跡。
- 2 能顯示自由落體及不同水平初速之平拋運動，在同一時間其垂直位移相等。

(三)物理理論探討：水平拋射運動之理論，有下列三點。

- 1 在平面上的運動，可分解成水平方向及垂直方向的運動，二者互不干擾，此乃為運動的獨立性。
- 2 兩球在同一高度，同一時刻，使其中一球自由落下，另一球水平方向彈出，可發現兩球在同一時間其水平高度相等。
- 3 由水平拋射之位置向量：

$$\vec{r} = V_0 t \vec{i} + \left(H - \frac{1}{2} g t^2 \right) \vec{j}$$

可知 $V_0 = 0$ 時，自由落下。

$V_0 \neq 0$ 時，以不同初速水平拋出。

其水平高度（即 j 向量部份）為 $H - \frac{1}{2} g t^2$ 都是一樣，其差別只不過是 $V_0 t$ （水平射程）不同而已。

(四)設計構想：程式執行時，具有下列功能。

- 1 當輸入一水平初速時，螢光幕會顯示在該初速時之運動軌跡。
- 2 輸入不同初速，有不同之運動軌跡。初速愈大，水平射程愈遠，初速愈小，則相反。
- 3 在不同的初速情形下，質點的水平方向速度會有不同，垂直方向速度不變。
- 4 將程式略作修改，可以同時執行不同之水平初速情形下，質點的運動軌

跡，同時亦可看出各運動軌跡，在同一時刻，其水平高度都是相同。

(五)程式設計部份：本文程式是以GBASIC 語言設計。

(程式一) 本程式輸入一初速，電腦即可顯示其軌跡。(見表二)。

```

10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14          :ORG=17          :DIR=20
40 DOT=23         :SLINE=26          :MLINE=29        :CLINE=32
50 TLINE=35       :CIR=38           :RECT=41         :PATTERN=44
60 CURSOR=51      :DUMP=54          :GCURSOR=57
70 WIDTH 240      :PRINT CHR$(26)
80 X=360           :Y=228            :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====
95 INPUT V
100 X=5:Y=50:CALL ORG(X,Y)
105 X2=400:Y2=0:Y=0
106 CALL SLINE(X,Y,X2,Y2)
120 FOR T=0 TO 4 STEP .2
130 X1=V*T
140 Y1=-19.6*(T^2)
150 X=X1:Y=Y1
180 CALL DOT(X,Y)
200 NEXT T

```

(表 二)

(程式二) 本程式是將程式一稍做修改，執行時，電腦之水平初速每秒增加 10 單位長，顯示其軌跡。(見表三)。

```

10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14          :ORG=17          :DIR=20
40 DOT=23         :SLINE=26          :MLINE=29        :CLINE=32
50 TLINE=35       :CIR=38           :RECT=41         :PATTERN=44
60 CURSOR=51      :DUMP=54          :GCURSOR=57
70 WIDTH 240      :PRINT CHR$(26)
80 X=360           :Y=228            :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====
91 FOR V=0 TO 150 STEP 10
100 X=5:Y=50:CALL ORG(X,Y)
105 X2=400:Y2=0:Y=0
106 CALL SLINE(X,Y,X2,Y2)
120 FOR T=0 TO 4 STEP .2
130 X1=V*T
140 Y1=-19.6*(T^2)
150 X=X1:Y=Y1
180 CALL DOT(X,Y)
200 NEXT T
220 NEXT V

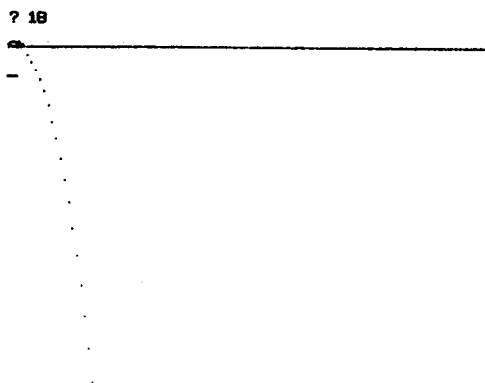
```

(表 三)

(六)結果顯示：

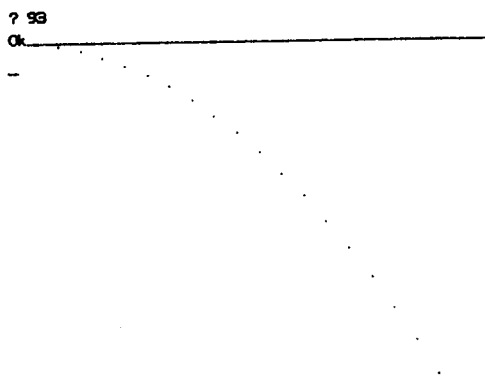
1 (程式一)執行之情形：

(1)輸入水平初速為 18 (單位長/單位時間) (見圖二)。



(圖 二)

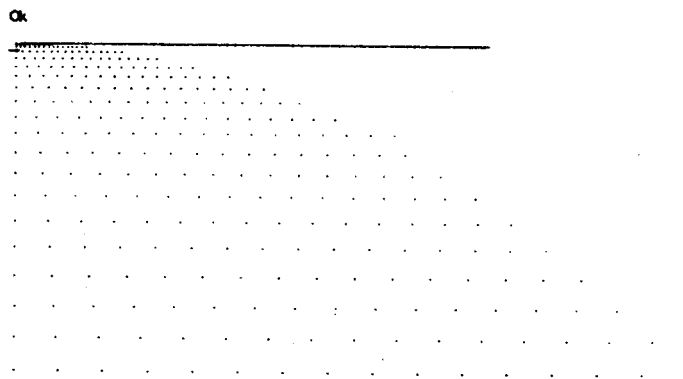
(2)輸入水平初速為 93 (單位長/單位時間) (見圖三)。



(圖 三)

2 (程式二) 執行之情形：

- (1)本程式首先顯示，水平初速為 0 (自由落體) 之運動軌跡。
- (2)其次以水平初速每次增加 10 (單位長/單位時間)，顯示其運動軌跡，直至 150 (單位長/單位時間) (見圖四)。



(圖 四)

(七)說明：

- 1 本單元在程式一執行時，可以說明不同初速時，其水平射程不同。
- 2 程式二之執行，不僅可看出初速不同時之水平射程，並可以看出在同一單位時間內，其水平高度保持一定。

二、視差測遠儀（註7）

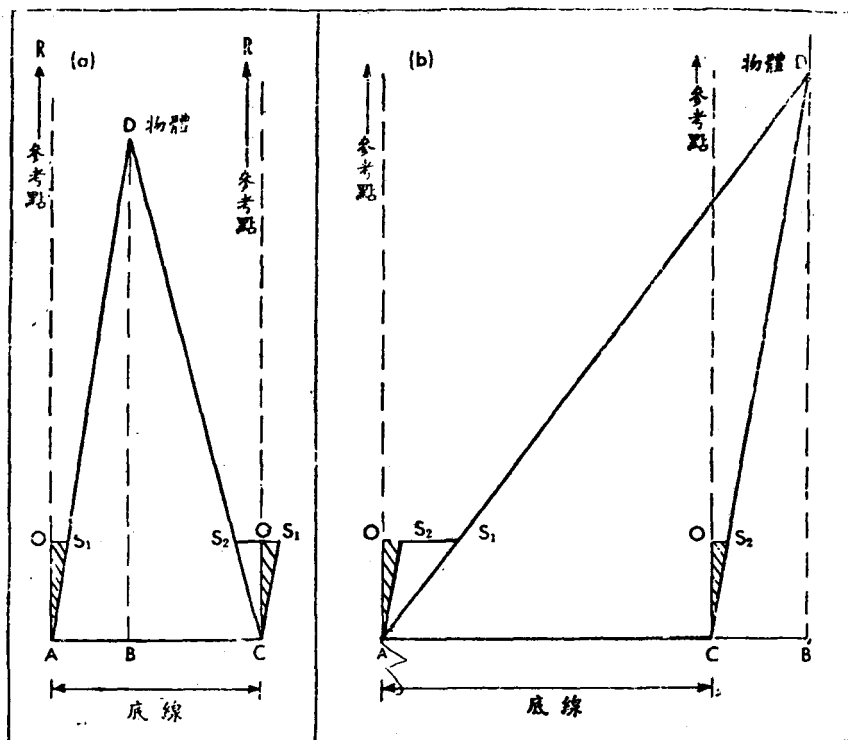
(一)教材內容：視差測遠儀實驗之操作方法。

(二)本單位之設計目標：

- 1 能很清楚看出視差測遠儀操作的步驟。
- 2 能從操作完成的圖形導出關係式。

(三)物理理論探討：本實驗是利用視差測遠儀來測定觀察者至目標之距離。其原理簡述如下：

- 1 如圖五所示，觀察者在A，選擇一顯著目標做為參考點R，使測遠儀之零點O，及參考點R，照門P連成一直線。
- 2 將指針移動至S₁，使DS₁P成一直線，並在S₁處做記號。



(圖五)

- 3 觀察者走至C點。(AC與參考方向垂直)AC即為底線。
- 4 在C點先校準方向，即將ROP對成一直線，此時ROP即為ROC。
- 5 將指針移到S₂，使DS₂P成一直線。
- 6 由△ADC與△S₁S₂C知

$$\therefore AD \parallel S_1C$$

$$\therefore \angle S_1CS_2 = \angle ADC \text{ --- ①}$$

$$\because S_1 S_2 \neq AC \quad \therefore \angle S_1 S_2 C = \angle DCA \text{ --- } \textcircled{2}$$

由 $\textcircled{1}\textcircled{2}$ 知 $\triangle ADC \sim \triangle S_1 S_2 C$

$$\therefore \frac{AD}{AC} = \frac{S_1 C}{S_1 S_2} \quad AD (\text{待測距離}) = AC \times \frac{S_1 C}{S_1 S_2}$$

(四)設計構想：程式執行時，能具有下列功能：

1. 首先能顯示視差測遠儀及待測目標。
2. 選定參考點，並與測遠儀連線。
3. 目標與測遠儀連線。
4. 移動視差測遠儀。(1~3步驟所形成之連線保留)
5. 再與參考點連線。
6. 再自測遠儀與目標連線。
7. 操作步驟完成。螢光幕顯示完整之圖形。

(五)程式設計部份：見表四

```

10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14      :ORG=17      :DIR=20
40 DOT=23        :SLINE=26      :MLINE=29    :CLINE=32
50 TLINE=35     :CIR=38        :RECT=41     :PATTERN=44
60 CURSOR=51    :DUMP=54       :GCURSOR=57
70 WIDTH 240    :PRINT CHR$(26)
80 X=360        :Y=228          :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====
100 DIM X(50),Y(50)
105 X=5:Y=400:CALL ORG(X,Y)
110 FOR I=1 TO 16
120 READ X(I),Y(I)
130 NEXT I
135 R=4
140 CALL CLINE(X(1),Y(1),R)
150 CALL CLINE(X(5),Y(5),R)
160 X1=115:Y1=0:Y2=400
165 INPUT W
169 X=190:Y=345
170 CALL SLINE(X1,Y1,X1,Y2)
171 CALL CURSOR(X,Y)
172 PRINT "目 標"
174 FOR I=1 TO 3
175 X3=205:Y3=325
176 R=I
177 CALL CIR(X3,Y3,R)
178 NEXT I
179 INPUT W
180 CALL SLINE(X1,Y1,X3,Y3)
185 INPUT W
186 R=4
190 CALL CLINE(X(9),Y(9),R)
200 CALL CLINE(X(13),Y(13),R)
201 GOSUB 271
202 X4=275:Y4=0

```



```

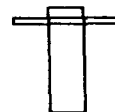
203 XB=298:YB=80
204 CALL SLINE(X4,Y4,XB,YB)
205 X4=275:Y4=0
206 X5=275:Y5=400
207 INPUT W
210 CALL SLINE(X4,Y4,X5,Y5)
215 INPUT W
220 CALL SLINE(X4,Y4,X3,Y3)
230 DATA 100,0,130,0,130,90,100,90
240 DATA 70,75,160,75,160,80,70,80
250 DATA 260,0,290,0,290,90,260,90
260 DATA 230,75,320,75,320,80,230,80
270 END
271 X6=X(2):Y6=Y(2)
280 X7=X(9):Y7=Y(9)
290 CALL SLINE(X6,Y6,X7,Y7)
300 RETURN
1000 FOR I=1 TO 5
1010 READ C(I),D(I)
1020 NEXT I
1030 FOR I=1 TO 5
1040 X=C(I):Y=D(I)
1050 CALL CURSOR(X,Y)
1060 PRINT CHR$(64+I)
1070 NEXT I
1080 DATA 90,25, 300,35,210,330,250,65
1090 DATA 300,65
1100 RETURN
    
```

(表 四)

(六)結果顯示：當電腦執行時，在螢光幕上依序顯示下列圖形。

1 首先顯示一視差測遠儀。如圖六

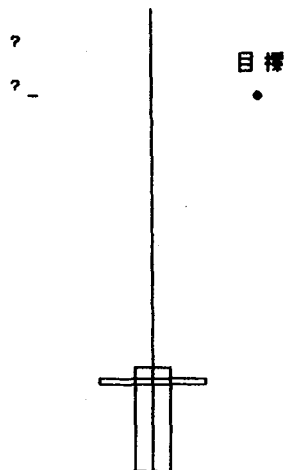
。



(圖 六)

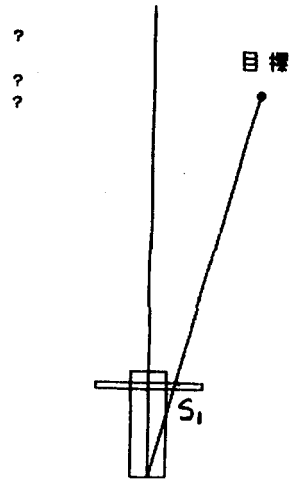
2 顯示目標，並在適當位置選一參考點，使測遠儀垂直對準參考點

。如圖七。



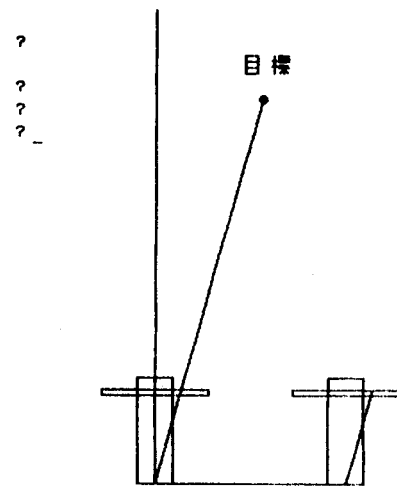
(圖 七)

3. 將測遠儀與目標連成一線，並將指針移到 S_1 。如圖八。



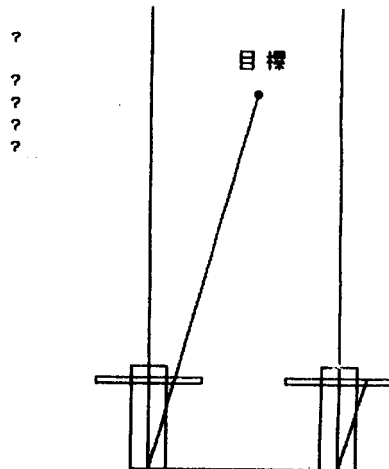
(圖 八)

4. 將視差測遠儀沿著與參考點垂直方向移動一段距離。如圖九。



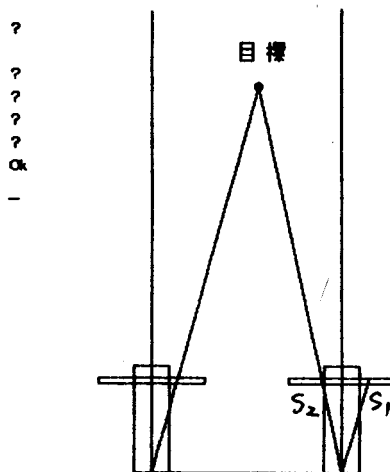
(圖 九)

5. 當測遠儀到達新的位置後，再與參考點對準，以確保測遠儀的水平移動。如圖十。



(圖 十)

6. 再將測遠儀與目標連成一直線，
並將另一指針移動到 S_2 處。如
圖十一。



(圖十一)

(t)說明：

1. 利用電腦顯示之圖形，學生能很清楚看出實驗操作的步驟。
2. 本單元在電腦教室觀看完操作步驟後，應讓學生拿測遠儀，實地去測量。

三、全反射（註8）

(一)教材內容：

1. 全反射之形成。
2. 臨界角之表示。

(二)本單元設計目標：

1. 使學生清晰看出光線由光密介質至光疏介質時，其折射角大於入射角。
2. 當入射角等於臨界角時，能看出其折射角剛好在兩介質介面上。
3. 入射角大於臨界角時，能看出全反射現象。

(三)物理理論探討：

1. 當光線由某介質進入到折射率較小的另一介質時，會發生全反射。
2. 如光由水進入空氣，或由玻璃進入空氣時，其折射角比入射角大。
3. 若入射角到一角度 ic 時，其折射角為 90° ，則此入射角 ic 稱為臨界角。
4. 若再增大入射角，則光會重返自己介質中，並且遵行反射定律，即反射角 = 入射角。
5. 今以光線由水進入空氣說明：

由 Snell's 定律： $n_1 \sin ic = n_2 \sin 90^\circ$ ($n_2 > n_1$)

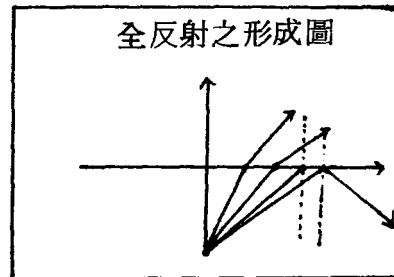
$$\sin ic = \frac{n_1}{n_2} \quad \left(\begin{array}{l} n_1 \text{ 爲空氣之絕對折射率 } 1.00 \\ n_2 \text{ 爲水之絕對折射率 } 1.33 \end{array} \right)$$

$$= \frac{1.00}{1.33} = 0.752$$

$$i_c = 48^\circ$$

(四)設計構想：程式執行時具有下列功能。

- 1 光源在光密介質，光線由光密介質進入光疏介質。
- 2 藉不同的入射角（此時入射角 $<$ 臨界角）顯現不同的折射角。（此時可明顯看出折射角 $>$ 入射角）。
- 3 當入射角 $=$ 臨界角時，可以看出折射角為 90° 。
- 4 將臨界角標明出來。
- 5 當入射角 $>$ 臨界角時，則顯示全反射現象。（即遵守反射定律，入射角 $=$ 反射角）
- 6 螢光幕略圖如圖十二。



(圖十二)

(五)程式設計部份：如表五

```

10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14          :ORG=17          :DIR=20
40 DOT=23        :SLINE=26         :MLINE=29       :CLINE=32
50 TLINE=35     :CIR=38           :RECT=41       :PATTERN=44
60 CURSOR=51    :DUMP=54         :GCURSOR=57
70 WIDTH 240    :PRINT CHR$(26)
80 X=360        :Y=228           :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====
91 GOSUB 1150
92 GOSUB 1300
93 GOSUB 1100
100 DIM X(50),Y(50)
110 DIM I(30),J(30)
120 FOR K=1 TO 12
130 READ X(K),Y(K)
140 NEXT K
141 DATA -230,0,279,0,0,-80,0,100,20,0,48,76,48,0
142 DATA 112,68,88,0,170,0,120,0,240,-80
150 FOR M=13 TO 29
160 READ X(M),Y(M)
170 NEXT M
171 DATA 0,102,-2,100,0,100,2,100,48,76,45,75,50,73
172 DATA 112,68,110,68,112,66,172,0,170,0,170,2,170,-2,240,-80
173 DATA 238,-80,240,-78
174 R=2
180 CALL SLINE(X(1),Y(1),X(2),Y(2))
185 CALL CIR(X(3),Y(3),R)
190 CALL SLINE(X(3),Y(3),X(4),Y(4))
191 R=3:CALL TLINE(X(13),Y(13),R)
195 X(4)=X(3):Y(4)=Y(3):R=2
200 CALL MLINE(X(4),Y(4),R)

```

電腦在師專物理教學應用的研究

```

201 M=20:GOSUB 1000
202 CALL TLINE(X(17),Y(17),R):INPUT W
203 GOSUB 995
207 X(6)=X(3):Y(6)=Y(3)
210 CALL MLINE(X(6),Y(6),R)
211 M=48:GOSUB 1000
212 CALL TLINE(X(20),Y(20),R):INPUT W
213 GOSUB 995
215 X(8)=X(3):Y(8)=Y(3)
220 CALL MLINE(X(8),Y(8),R)
221 M=88:GOSUB 1000
222 R=3:CALL TLINE(X(23),Y(23),R):INPUT W
223 GOSUB 1200:INPUT W
225 X(10)=X(3):Y(10)=Y(3):R=2
230 CALL MLINE(X(10),Y(10),R)
231 M=120:GOSUB 1000
232 R=2:CALL TLINE(X(27),Y(27),R)
240 END
995 X=0:CALL GMODE(X)
996 GOSUB 1000
997 X=3:CALL GMODE(X)
998 RETURN
1000 FOR I=60 TO -60 STEP -5
1010 X=M:Y=I
1020 CALL DOT(X,Y)
1030 NEXT I
1040 RETURN
1100 X1=-100:Y1=200
1110 CALL CURSOR(X1,Y1)
1120 PRINT "全反射之形成圖"
1130 RETURN
1150 X2=-200:Y2=20:X4=-200:Y4=-20
1160 CALL CURSOR(X2,Y2)
1170 PRINT "光疏介質"
1175 CALL CURSOR(X4,Y4)
1180 PRINT "光密介質"
1190 RETURN
1200 FOR K=41 TO 46
1210 READ X(K),Y(K)
1211 X=X(K):Y=Y(K)
1212 CALL DOT(X,Y)
1220 NEXT K
1221 DATA 68,-21,72,-22,76,-22,80,-21
1222 DATA 84,-21,88,-20
1230 X5=60:Y5=-90
1240 CALL CURSOR(X5,Y5)
1250 PRINT "臨界角"
1260 RETURN
1300 X7=-10:Y7=-100:CALL CURSOR(X7,Y7)
1310 PRINT "光源"
1320 X8=-290:Y8=200:CALL CURSOR(X8,Y8)
1330 RETURN

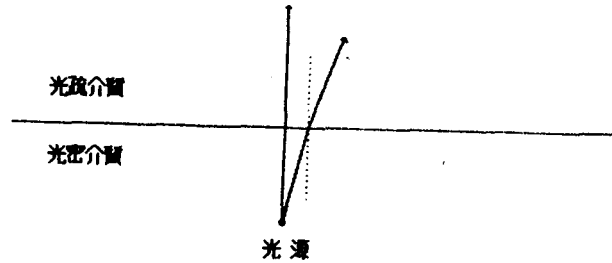
```

(表 五)

(六)結果顯示：本程式執行後螢光幕依序顯示如下：

- 1 如圖十三，光線由光密介質進入光疏介質，在本圖中可看出入射角 $<$ 折射角。

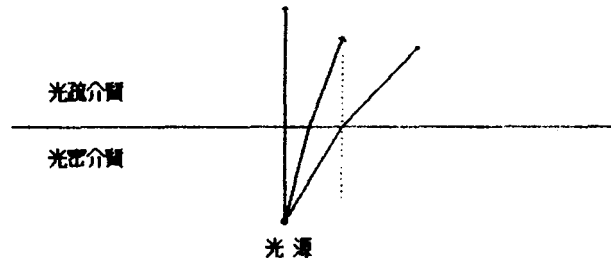
全反射之形成圖



(圖十三)

- 2 如圖十四，其顯示之圖形可以看出，當入射角漸增時，其折射角增加更大。(愈接近 90°)

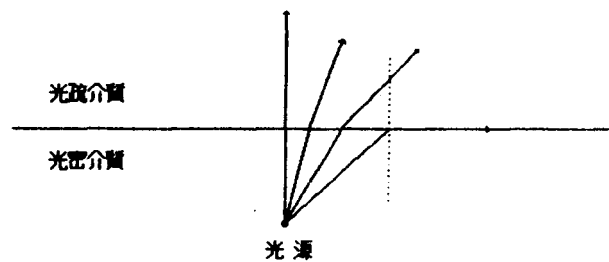
全反射之形成圖



(圖十四)

- 3 如圖十五，其顯示之圖形可以看出，當入射角大到某一程度，其折射角剛好等於 90° 。(折射線在兩介質面上)。

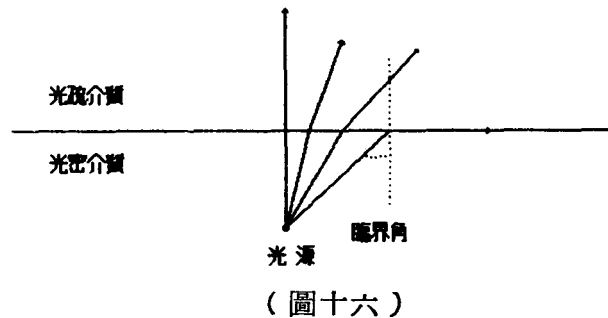
全反射之形成圖



(圖十五)

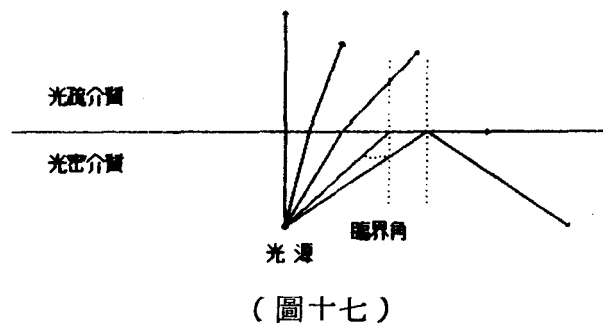
- 4 如圖十六，本圖形多了「臨界角」三個字及一個角度的符號，讓學生知道所指角度為何。

全反射之形成圖



- 5 如圖十七，本圖形顯示當入射角大於臨界角時，就發生全反射現象，光線遵守反射定律。(入射角=反射角)。

全反射之形成圖



(七)說明：

- 1 本單元最主要能讓學生從入射角角度的變化，觀察出折射角變化幅度更大。
- 2 其次可由臨界角的形成，使學生真確瞭解其意義及圖形。
- 3 並由圖形得知，一旦產生全反射即遵守反射定律。
- 4 再由全反射的形成，使學生融會貫通本單元的整個概念。

四、游標尺(註9)

(一)教材內容：

- 1 游標尺之原理。
- 2 顯示各不相同讀數，讓學生練習讀其刻度。

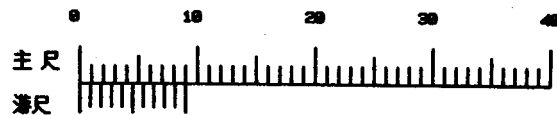
(二)本單元設計目標：

- 1 能從螢光幕顯示之游標尺圖形，明瞭其設計及度量的原理。
- 2 能從主尺與游尺之刻度差異的關係，而讀出一物度量的更精確值。
- 3 能從螢光幕顯示的圖形，準確的讀出其度量。

(三)物理理論探討：

1 游標尺之主尺、游尺構

造如圖十八，當主尺與游尺之零刻度重合時，



可發現游尺十個刻度，

(圖十八)

相當於主尺上九個刻度，亦即二尺一刻度差了 $1/10$ 毫米。

2 當以游標尺度量時，游

尺移動某一段距離如圖十九顯示，可以看出其



大小為 12. ……毫米，

(圖十九)

小數點後面的度量可由主尺與游尺的關係讀出。

3 由圖十九可看出游尺刻度 5 與主尺 17 相重合。

由此可知 游尺刻度 4 與主尺 16 相距 0.1 mm

游尺刻度 3 與主尺 15 相距 0.2 mm

游尺刻度 2 與主尺 14 相距 0.3 mm

游尺刻度 1 與主尺 13 相距 0.4 mm

游尺刻度 0 與主尺 12 相距 0.5 mm

主尺 12 之位置與游尺 0 之位置相距 0.5 mm，此即為小數點以下之讀數，即 12.5 mm。

(四)設計構想：

- 1 先顯示游尺歸零時（主尺與游尺刻度 0 相重合）之狀態，此時藉以說明主尺每一刻度與游尺每一刻度之差。
- 2 任意輸入一數值，使游尺移動某一段距離，然後由螢光幕顯示圖形。教師說明如何讀出其度量。（重點放在小數點以下之讀數）。
- 3 當學生對游標尺讀法瞭解之後，可以再輸入任意值，使游尺再度移動，並由學生練習讀出該尺之度量。
- 4 可重複練習，直到輸入為 0 時，程式終止，結束本練習。

(五)程式設計部份：如表六。

```

10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14      :ORG=17      :DIR=20
40 DOT=23        :SLINE=26      :MLINE=29     :CLINE=32
50 TLINE=35     :CIR=38        :RECT=41      :PATTERN=44
60 CURSOR=51    :DUMP=54      :GCURSOR=57
70 WIDTH 240    :PRINT CHR$(26)
80 X=360        :Y=228        :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====

```



```
105 DIM A(50),B(50)
110 X=5:Y=228:CALL ORG(X,Y)
114 GOSUB 1110
115 GOSUB 1050
120 X1=100:Y1=30:X2=500:Y2=30
130 CALL SLINE(X1,Y1,X2,Y2)
140 FOR I=0 TO 45
150 A(I)=10*I+100
160 B(I)=9*I+100
170 NEXT I
180 Y1=30
190 FOR I=0 TO 40
195 X1=A(I):Y2=45
196 C=INT(X1/50)
197 C=C*50
198 IF C<>X1 THEN GOTO 205
199 Y2=53
200 C=INT(X1/100)
201 C=C*100
202 IF C<>X1 THEN GOTO 205
203 Y2=61
205 CALL SLINE(X1,Y1,X1,Y2)
210 NEXT I
215 L=0
220 GOSUB 1000
230 INPUT M
235 IF M=0 THEN 270
240 GOSUB 995
250 L=M:GOSUB 1000
260 GOTO 230
270 END
995 X=0:CALL GMODE(X)
996 GOSUB 1000
997 X=3:CALL GMODE(X)
998 RETURN
1000 Y2=5:Y1=29
1010 FOR I=0 TO 10
1020 X1=B(I)+L
1030 CALL SLINE(X1,Y1,X1,Y2)
1034 K=I+1
1035 IF K=5 OR K=10 THEN Y2=5 :GOTO 1040
1036 Y2=10
1040 NEXT I
1045 RETURN
1050 X1=50:Y1=40:X2=50:Y2=10
1060 CALL CURSOR(X1,Y1)
1070 PRINT "主尺"
1080 CALL CURSOR(X2,Y2)
1090 PRINT "游尺"
1091 X3=250:Y3=200
1092 CALL CURSOR(X3,Y3)
1093 PRINT "游標尺"
1100 RETURN
```

```

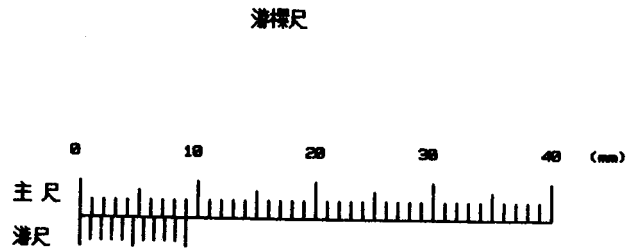
1110 FOR I=0 TO 4
1120 X11=100*I+85:Y11=81
1130 CALL CURSOR(X11,Y11)
1135 K=I*10
1140 PRINT K
1150 NEXT I
1155 X11=535:CALL CURSOR(X11,Y11)
1156 PRINT "(mm)"
1160 RETURN

```

(表 六)

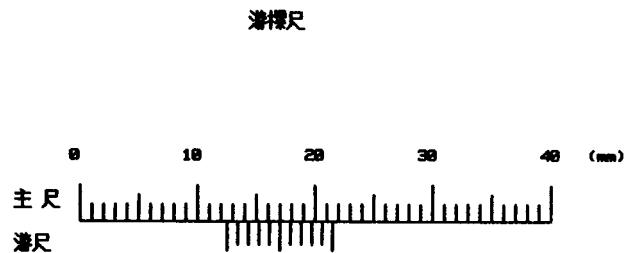
(六)結果顯示：

- 1 程式執行時，首先顯示
如圖二十，此時教師
可以把主尺與游尺刻度的
的關係向學生說明。



(圖二十)

- 2 當輸入一任意值時，游
尺自動移動某一段距離
如圖二十一，此時教師
可說明如何將刻度大小
讀出。



(圖二十一)

- 3 當學生已瞭解如何讀刻度值時，可以任意再輸入其他值，供作練習直到
熟練為止。

(七)說明：

- 1 本單元以往在教學過程中，最感到困擾的是原理說明有許多不便。因為若拿實物來解說，往往因刻度太小，無法使每一個學生看清楚；若把圖畫在黑板，又無法畫得很精細，尤其那主尺一刻度與游尺 1 刻度差 $1/10$ mm，是原理重點所在，却不容易表現。
- 2 電腦之精密繪圖能力是大家所共知的。因此游標尺的刻度，很容易在螢光幕上表現。而程式當中再加些設計可得動態的效果。
- 3 本單元是讓學生能熟悉讀出游標尺刻度的方法，本單元完成後，仍應讓學生真正操作游標尺，培養其操作之能力。
- 4 程式稍微改變，可讀出 20 刻度相當於 19 刻度之游標尺。

五、都卜勒效應(註 10.)

(一)教材內容：

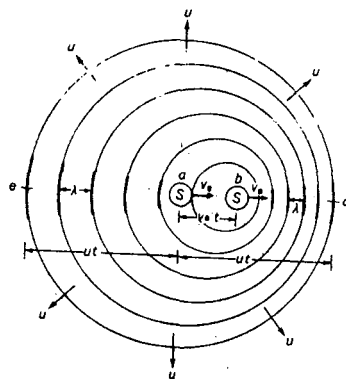
1. 移動波源波長變化的情形。
2. 移動波源之速率大於波速時，其波的變化情形。

(二)本單元設計目標：

1. 能很清楚看出當波源移動時，其波形不會是一個同心圓，而是在某一側波長較長，另一側波長較短。
2. 以波源之移動速率為單位，顯示波長移動某一單位長時，其波形之變化。(利用慢速顯示)
3. 顯示當聲源的移動速率大於波速時，會產生音爆的現象。

(三)物理理論探討：

1. 如圖二十二，對一移動聲源 S 而言，在 t 時間內，由 a 點向右運動到 b 點，並且聲源發出聲速為 u 之週期性球形波。

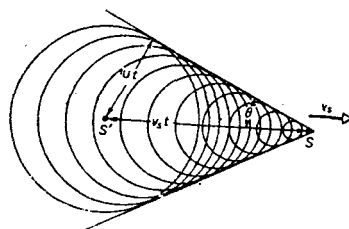


(圖二十二)

2. 圖中聲波最外圍者為聲源在 a 點所發出之脈波，所以此時球形波的半徑為 $ea = ut$ ，而 a 點至 b 點的距離為 $v_s t$ 。(v_s 為聲源運動速率)
3. 由此可得 $eb = (u + v_s) t$ ， $bd = (u - v_s) t$ 。
4. 在 t 時間內，聲源所發之脈波數為 $f_s t$ (f_s 為聲源頻率) 因此聲源右方週期性波長為 $\lambda = \frac{(u - v_s) t}{f_s t} = \frac{u - v_s}{f_s}$ 。而在聲源左方週期性波長為 $\lambda = \frac{(u + v_s) t}{f_s t} = \frac{u + v_s}{f_s}$ 。

5. 若聲源移動之速率比聲音傳播速率還快時，稱此運動為超音速。

6. 如圖二十三，聲源在 t 時間內，在不同時刻不同位置所發出的球面聲波，這些球面的包跡形成一錐面，它的頂點即為聲源所在之處。



(圖二十三)

7. 這一錐面落在運動物體後面，隨著運動物體前進，我們稱此錐面為震波。
8. 震波截面所展開角的二分之一(即為 θ 角)與聲速 u 與聲源進行速率 v_s ，有下列關係： $\sin\theta = \frac{u}{v_s}$ 。
9. 因為 $\sin\theta$ 的最大值為 1，則由圖中可看出聲速 u 恒比 v_s 小，也就是說當物體以超音速前進時，這種震波才會形成。

(四)設計構想：

- 1 設計波源的移動，將其運動軌跡保留下來。
- 2 以波源之移動速率為一單位，每移動一單位長，電腦立刻將該時刻之波形顯示出來。（顯示之前，先把上一次顯示之圖形擦掉）
- 3 利用電腦迴圈（LOOP）之設計，延緩圖形顯示之時間，達到慢速顯示之效果。
- 4 設定程式，使得波源移動之速率大於波速，使之顯示超音速之波形。（顯示效果如(1)~(3)所示）。

(五)程式設計部份：如表七

```

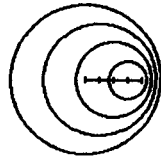
10 REM ===== GBASIC GRAPHIC COMMAND LIBRARY =====
20 DEFINT X,Y,R
30 GCLEAR=11      :GMODE=14          :ORG=17          :DIR=20
40 DOT=23         :SLINE=26          :MLINE=29        :CLINE=32
50 TLINE=35      :CIR=38            :RECT=41         :PATTERN=44
60 CURSOR=51     :DUMP=54           :GCURSOR=57
70 WIDTH 240     :PRINT CHR$(26)
80 X=360         :Y=228              :CALL ORG(X,Y)
90 REM =====
92 X=200:Y=228:CALL ORG(X,Y)
95 DIM L(20)
100 TOP=1:L(1)=12
110 X1=12:Y=0
120 FOR J=2 TO 12
130 X2=12*J
140 CALL SLINE(X1,Y,X2,Y)
142 GOSUB 1000
144 GOSUB 2000
150 FOR I=1 TO 300
160 NEXT I
163 IF J=12 THEN 170
165 GOSUB 1950
170 NEXT J
180 END
1000 TOP=TOP+1
1010 L(TOP)=X2
1020 RETURN
1950 X=0:CALL GMODE(X)
1960 GOSUB 2000
1970 X=3:CALL GMODE(X)
1980 RETURN
2000 FOR K=TOP-1 TO 1 STEP -1
2005 M=M+1
2010 X3=L(K):Y=0:R=16*M
2020 CALL CIR(X3,Y,R)
2030 NEXT K
2035 M=0
2040 RETURN

```

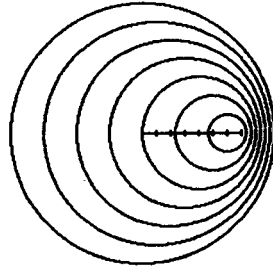
(表 七)

(六)結果顯示：

- 1 首先顯示如圖二十四，波速為 16（單位長／單位時間），波源移動速率為 12（單位長／單位時間）。已經經過四個單位時間。
- 2 如圖二十五，經過七個單位時間後顯示之波形。

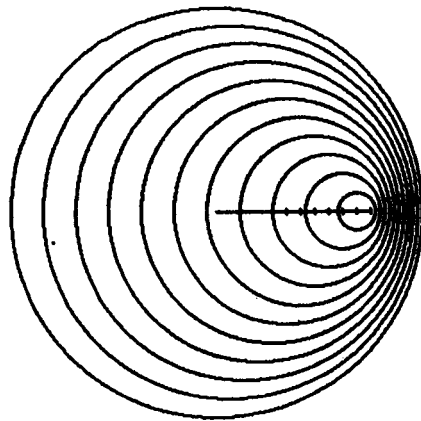


(圖二十四)



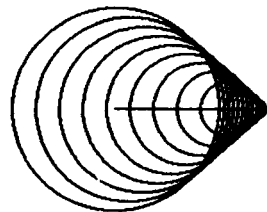
(圖二十五)

3. 如圖二十六，經過十一個單位時間後顯示之波形。



(圖二十六)

4. 將程式稍作修改，顯示超音速波形。此時波速為 8 (單位長 / 單位時間)，波源移動速率不變，也是經過十一個單位時間。如圖二十七。



(圖二十七)

(七)說明：

- 1 都卜勒效應，以電腦動態的表現效果良好，不但可看出波源移動時，波形之變化，也可以看出在波源左右邊之波長不相同。
- 2 超音速之波長要經過較多個單位時間後，才能較明顯看出其效果，同樣的動態畫面，效果也頗佳。

伍、結 論

由以上實例可知，利用電腦精密繪圖能力，應用到師專物理教學是可行的，而且效果也非常良好。同時也具備下述之優點：

- 一可較適合規模較小的電腦輔助教學之開發。以往 CAI 的研究，不但要大量的經費，又要各方面專門人材的投入，而且花了上百小時才完成一個單元的設計。這對多數具有電腦初步概念的教師們而言，是一種不敢輕易嚐試之工作。若能依本文使用的方式，可以在人力、物力並不充份之情形下，仍有獨立設計之可能。同時，若具備了此種較基礎設計之能力，對爾後推行較有系統 CAI 之設計，就不會感到太大的困難。
- 二可提供大多數學生利用電腦學習的機會。目前各校雖都有電腦設備，但並不充分。而電腦輔助教材的設計往往偏向於個別化學習，如此容易造成學生使用教學資源不均的現象。因此，設計適合大多數學生共同學習的電腦輔助教學的軟體，或可彌補電腦設備不充足所造成的缺憾。
- 三提供教師多一項視聽媒體的選擇。尤其在教材中，某些內容，可能其他的媒體無法表達，或表達之效果不佳時，教師可自行利用電腦設計程式，使其按照教學之需要做適當的顯示。

上述列舉之優點，正是開闢了電腦在物理教學的一條新路徑。本文的研究，不過是在這路徑上的一個起步，相信還有更多的教材內容可以用電腦來表達，而達到更高的教學效果。

陸、附 註

- (註 1) 陳義勳著。微電腦在師專物理上應用之研究。台北市立師範專科學校。PP.165 ~ 340。民國71年。
- (註 2) 國立台灣科學教育館彙編。中華民國第二十四屆中小學科學展覽(高中組)優勝作品專輯。PP.42 ~ 68。民國73年。
- (註 3) 同註 2。(國中組)。PP.240 ~ 247。民國73年。
- (註 4) 同註 2。(國中組)。PP.312 ~ 319。民國73年。
- (註 5) 下沢 隆等著。微電腦在化學教育之應用。化學(日本)39卷7號。PP.464 ~ 468。
- (註 6) 國立編譯館主編。師專教科書物理(上冊)。PP.64 ~ 66。民國72年。

電腦在師專物理教學應用的研究

(註7.) 王唯農主編。新復興高中物理實驗。復興書局。PP.15 ~ 17。民國70年。

(註8.) 同註6。(下冊)。PP.75 ~ 76。民國72年。

(註9.) 同註6。(上冊)。PP.8 ~ 10。民國72年。

(註10.) 同註6。(下冊)。PP.36 ~ 38。民國72年。