

國中物理CAI教材試作

——位置與運動——

林武松

嘉義市立北興國民中學

一、前言

筆者在國中物理第十章“相對位置與相對運動”的教學活動中，依照課本的觀察實驗進行時，許多地方無法達到令人滿意的效果，例如第103頁，圖示一向北行進的人在不同的時間，相對於原點的位置。完全缺乏動感，無法給學生具體的感受，若把實際情形實地演示一次，除了用攝影方法可把物體位置暫停外，別無良策。苦思之下，試作“CAI教材”，以電腦繪圖方法加以生動模擬。

二、硬體設備與縮寫程式語言

1. 主機：APPLE - II (64K)
2. 中文部分：大漢中文系統 C 卡
3. 磁碟機：一部
4. 編寫使用語言：BASIC

三、使用者程度及教材範圍

- A. 使用者程度：國中三年級以上，使用電腦時間4小時以上。

B. 教材範圍：僅限於國中物理第十章教材內涵，包括下列內容：

1. 參考座標系：

- | | |
|-------------|--------------|
| (1) 物體位置表示法 | (2) 直角座標系 |
| (3) 極座標系 | (4) X—軸上物體位置 |

2. 等速運動：

- | | |
|-----------|-----------|
| (1) 位移 | (2) 運動的意義 |
| (3) 平均速度 | (4) 瞬時速度 |
| (5) 速度與速率 | |

3. 等加速運動：

- | | |
|------------------|-----------|
| (1) 加速度運動 | (2) 等加速運動 |
| (3) 等加速運動的數學 | |
| ① 在等加速度運動下的平均速度 | |
| ② 在等加速度運動下的平均加速度 | |
| ③ 在等加速度運動下的位移 | |

4. 自由落體：

- | |
|-------------|
| (1) 自由落體的意義 |
| (2) 測量 |

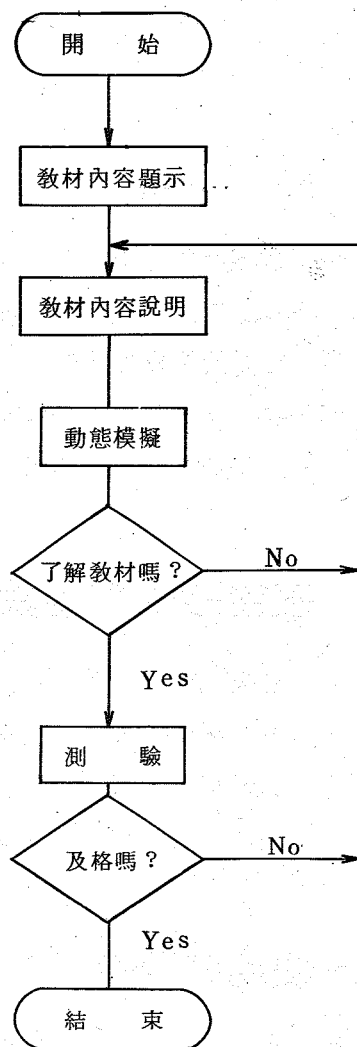
四、程式規畫

1. 流程規畫：

- (1) 全部教材分成四大類，如上節內容分配。
- (2) 每項的課程內容安排
如右圖流程：

2. 程式規畫：

- (1) 1000-1090
用於程式起始，主要說明、記憶區保護、造形表資料叫入。
聲音資料叫入。



- | | |
|---------------|---------------|
| (2) 1100-1990 | (3) 2000-6990 |
| 主程式 | 教材內容副程式 |
| (4) 7000-7990 | (5) 8000-8990 |
| 副程式中所用的常規副程式 | 測驗時處理答案副程式 |
| (6) 9000-9990 | |
| 繪圖副程式 | |

五、內容說明

由於整個程式太長，僅擇幾處說明處理方法及效果。

1. 全部程式分成五部分，相對於磁碟上檔名介紹如下：

- | | |
|-------------------|--------------------|
| A. P & M - 0 起始程式 | B. P & M - 1 參考座標系 |
| C. P & M - 2 等速運動 | D. P & M - 3 等加速運動 |
| E. P & M - 4 自由落體 | |

2. 工作起始：

把本磁片插入磁碟內，開機以後畫面顯示如下：

- A 參考座標系
- B 等速運動
- C 等加速運動
- D 自由落體

* 請用 < A, B, C, D OR OK > 選擇.A

此時在“選擇”後按“A”鍵、再按“RETURN”鍵後，就自動LOAD P&M-1 然後RUN。

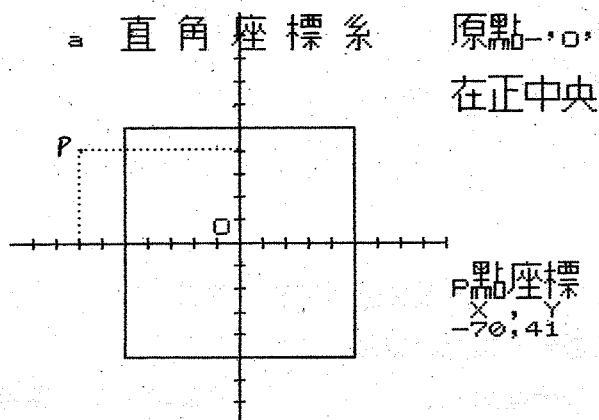
3. 直角座標系部分：

(1) 教材內容畫面依次顯示如下：

- a. 以0點為中心的直角座標系。
- b. 以閃爍方式顯示“P”點。

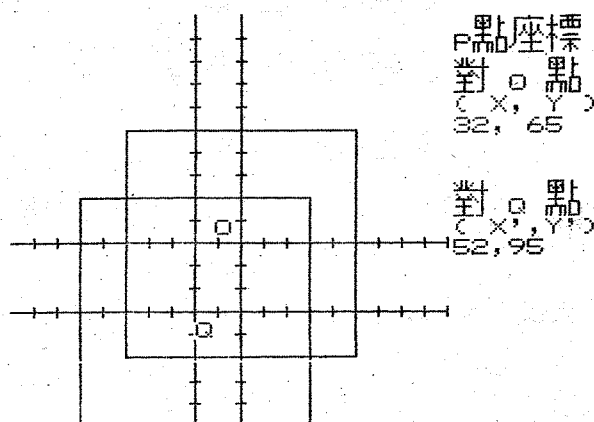
c. 以點線指出座標值。

d. 最後結果如下圖。



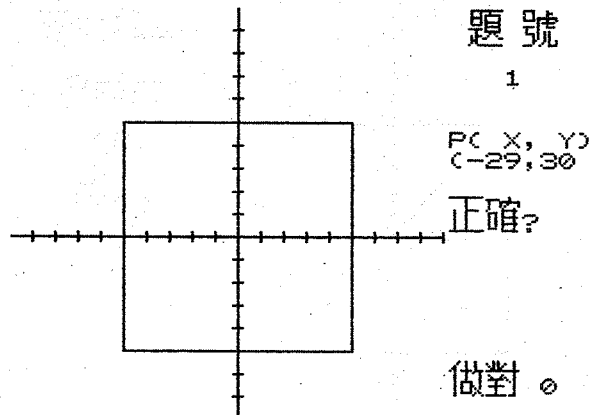
e. 此時按鍵《RETURN》則再更換另一種P點位置，若按鍵“Φ”則顯示如下：

— 物體位置與原點是相對的
若原點改變，則描敘方法改變。



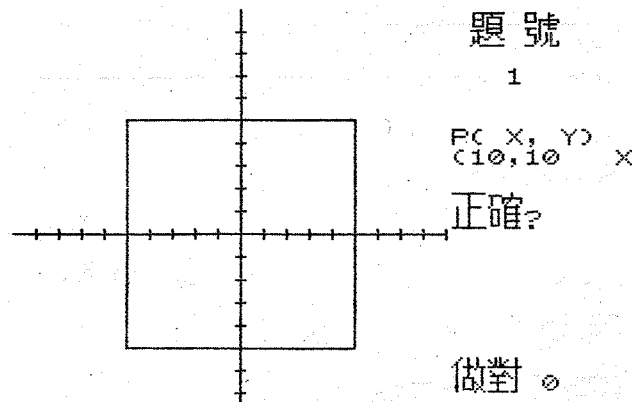
f. 此時若按鍵“Φ”則要求測驗。

(2) 要求測驗畫面顯示如下：



A. 在 $P(x, y)$ 的下一行按鍵輸入正確座標值，如上圖為正確值，則在“正確？”的下一行顯示“GOOD!”並叫“嗶！”聲，三次後再“嗶！——”一長聲表示高興的意思。

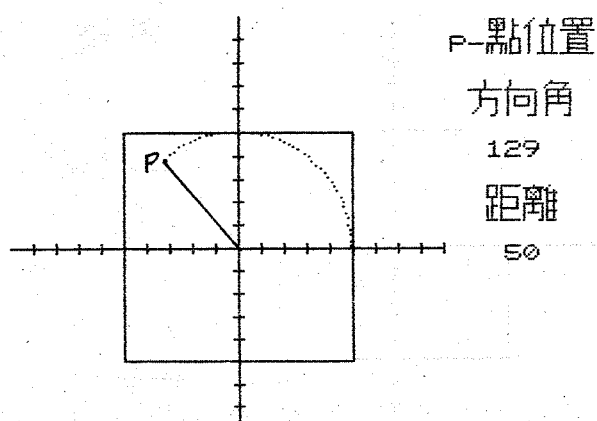
B. 回答錯誤時，則發出一洩氣聲，並在輸入值的後面打一“X”，游標回到 (x, y) 底下，要求重新輸入，此時在錯誤的記錄上加 1，若錯誤 3 次以上第 4 次無法作對時，會自動顯示確答案值，然後再更換下一題：



C. 全部題目只要做對 6 題即可通過，若做到第 10 題，仍無法做對 6 題，則要重新學習本教材。

4. 極座標部分：

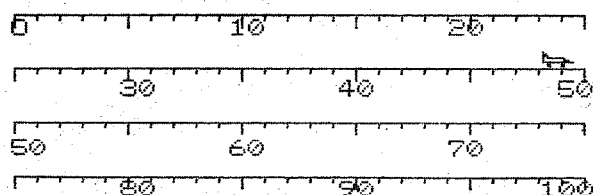
僅介紹方向角與距離，其畫面如下，本部分不作測驗。



5. X-軸上物體的位置。

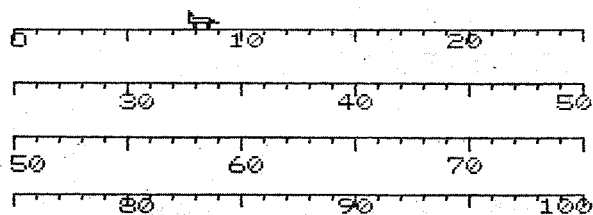
(1) 畫面顯示如下，其教材內容在於認識物體的位置。

4 X- 軸 上 物 體 位 置
相對於參考體 0 的物體位置 49.1



(2) 測驗部分的畫面如下：

4 X- 軸 上 物 體 位 置 測 驗
題 號 1 做 對 0
請輸入物體前輪位置 = 7.8 X



在要求輸入前輪位置（正確值為 8.6）=多少之下，若按鍵 7.8 顯然是錯誤，於是在 7.8 的後面印出 “X” 表示錯誤，游標回到原輸入的地方，要求重新輸入並在錯誤記錄 1 次。允許有三次錯誤，三次皆無法做對時，則顯出正確答案，再換另一題，測驗題目 10 題，對 6 題即可通過，並登記成績，再進一階，否則重新學習。

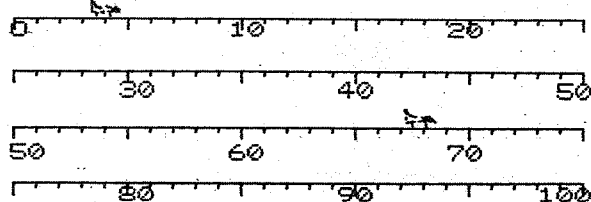
6. 位移：

位移部分，首先顯示一跑車在 X_1 的位置，再動態前進或後退到 X_2 的位置，再指導位移 $S = X_2 - X_1$ 並說明 $S > 0$ 或 $S < 0$ 的意義，其畫面如下，先顯上圖，再顯下圖。

1 位移：代號 $S = X_2 - X_1$

意義：與參考體相對位置改變量的大小，是具有方向性的物理量。

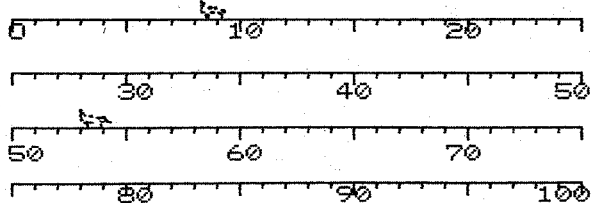
$$X_1 = 4.3 \quad X_2 = 68.1 \quad S = 68.1 - 4.3 = 63.8$$



1 位移：代號 $S = X_2 - X_1$

若 $S > 0$ 則位移是前進的，若 $S < 0$ 則位移是後退的。

$$X_1 = 53.9 \quad X_2 = 9.2 \quad S = 9.2 - 53.9 = -44.7$$

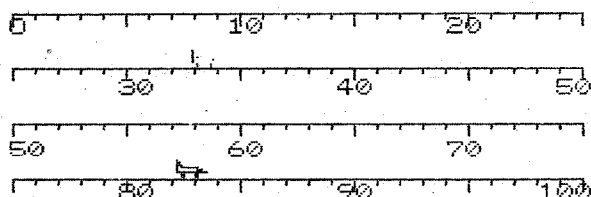


當按鍵 “Φ” 時就進行下列測驗，若按《RETURN》鍵則重新學習。

測驗 B-1 位移 題號 1 做對 0

X1=33.8 X2=83.2

計算 位移 S = 49.4 GOOD!



7. 平均速度：

(1) 首先介紹速度的測量，畫面動態模擬一跑車在 X—軸上運動時的速度、位移、及時間的關係。再介紹平均速度的意義，畫面更改如下：

平均速度的意義

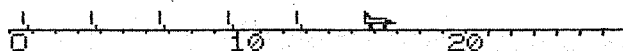
* 平均速度 $v = s/t$

即以速度 v 經過時間 t 後其位移 s

* 平均速度的測量與計算

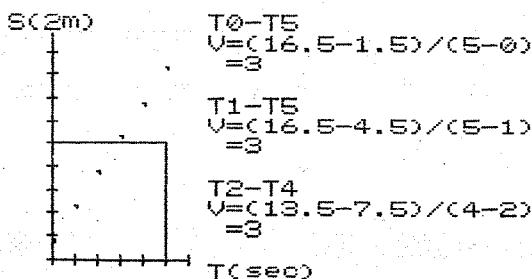
時間 $T(\text{sec})$ 與參考體相對位置 $S(\text{m})$

T	0	1	2	3	4	5
S	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5



平均速度 $v = (s_2 - s_1) / (t_2 - t_1)$

T	0	1	2	3	4	5
S	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5



(2) 進而學習“任意時段的平均速度相等，物體做等速度運動”，“ $V < 0$ 物體後退 $V > 0$ 物體前進”再由畫面上輸入“ V (-9 至 9)”的各種速度，由學習者自行控制，以了解速度的意義。

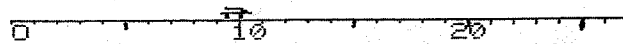
(3) 平均速度部分的測驗，顯示一車動態前進或後退，並顯示時間與位移的關係數值，要求學習者按鍵輸入“速度”值，只要做對 6 題，即可進一階到瞬時速度學習，否則重新學習平均速度。

8. 瞬時速度：

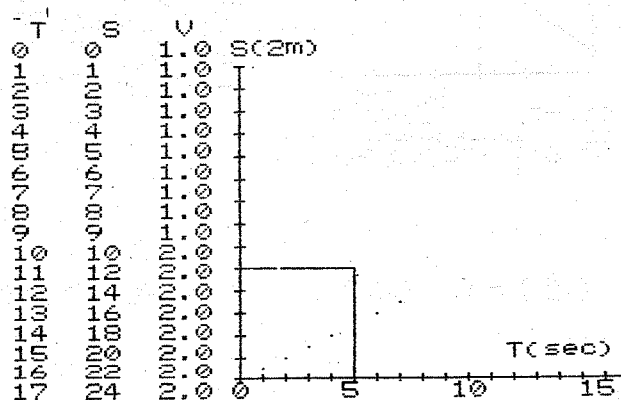
本部分顯示畫面如下，動態顯示跑車在 0 ~ 10 之間進行一種等速運動，在 10 的地方速度瞬時更改，以另一種速度做等速運動，並把其時間 (T)、位移 (S)，速度

(3) 瞬時速度

- A $T_2 - T_1$ 很小很小的平均速度，稱為 T_1 的速度。
 B 等速運動中的任意時間的瞬時速度皆相等。
 C 等速運動的瞬時速度等於平均速度。
 D 請觀察跑車在途中速度改變。

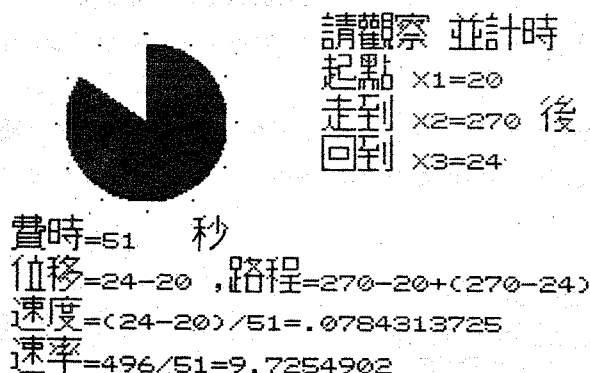


(V) 的關係表現在如下的另一畫面上：



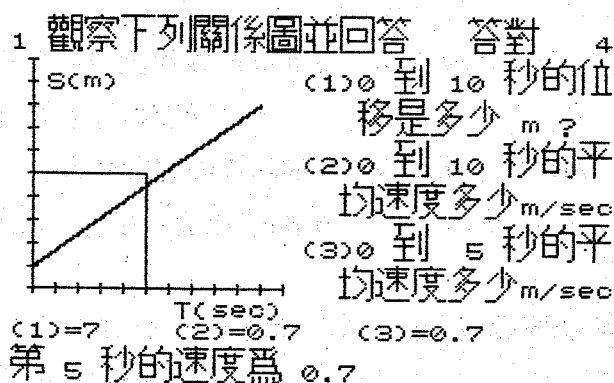
9. 速度與速率不同：

本部分動態模擬一跑車，由位置 X_1 行到 X_2 位置後再退回位置 X_3 的過程，並在畫面左上角顯示一時鐘以做計時，最後要求學習者輸入運動時間後，指導速度是位移／時間，速率是路徑／時間。其畫面如下：



10. 等速運動的測驗：

(1) 問題顯示如下

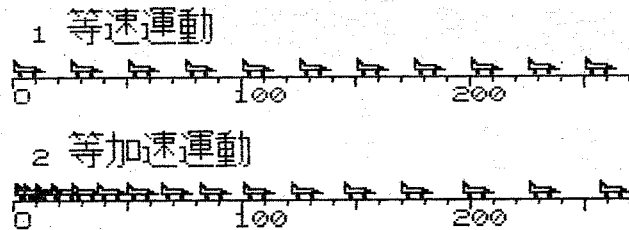


在 (1) = ? (2) = ? (3) = ? 的要求輸入之下按鍵輸入正確值，做對 6 題即可。

11. 加速度運動：

在本部分畫面動態顯示如下：

- (1) 等速運動
- (2) 加速運動
- (3) 每隔 0.5 秒運動體的攝影，如下圖所示：



12. 加速度運動的測量：

本部分採用連續畫面如下：每個畫面更換按《 RETURN 》鍵，若有要求輸入則須按鍵輸入正確值，輸入錯誤時會響“嗶！”聲加以警告，再要求重新輸入直到輸入正確為止。

- (1) 首先示範如下

時間 (sec)	位置 (m)	該秒位移 (m)	平均速度 (m/sec)
0	0		
1	2	2	2
2	8	6	6
3	18	10	10
4	32	14	14
5	50	18	18

由圖表看出，每隔 1 秒速度增加
4 m/sec，即(.)具有加速度 4 m/sec²

- (2) 再要求學習者由第 4 秒起輸入正確值。

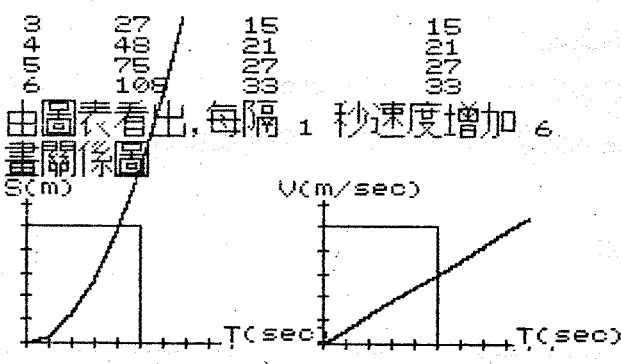
等加速度的測量

請觀測每隔 1 秒攝影下 c. 的位置。

請依次輸入測量值

時間 (sec)	位置 (m)	該秒位移 (m)	平均速度 (m/sec)
0	0		
1	3	3	3
2	12	9	9
3	27	15	15
4	-		

(3) 如下表輸入完畢後連續教學



1 由右圖 $V-T$ 關係看出,每隔 1 sec
速度增加 6 m/sec²

$$\text{即 } A = \frac{(V_2 - V_1)}{(T_2 - T_1)} = \frac{(30 - 0)}{(5 - 0)} = 6$$

2 由左圖 $S-T$ 關係看出, S 是 T 的二次函數
 $S = V_1 * T + 0.5 * A * T^2$

13. 等加速運動的數學：

本部分連續顯示如下：（其測量值由 12 得來）。

等加速度運動的數學

1 在等加速運動下

平均加速度 $A = (V_2 - V_1) / (T_2 - T_1)$ 若 $T = T_2 - T_1$ 則 $V_2 = V_1 + A * T$

由測量得

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0	6	12	18	24	30	36	42	48

試計算

0 至 8 秒間 $A = (48 - 0) / (8 - 0) = 6$ 2 至 6 秒間 $A = (36 - 12) / (6 - 2) = 6$ 1 至 5 秒間 $A = (30 - 6) / (5 - 1) = 6$

任意時間段的 A 皆相等, 物體做等加速運動.

2 在等加速運動下

平均速度 $V = (V_1 + V_2) / 2$

由測量得

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0	6	12	18	24	30	36	42	48

時間段 平均速度

0 - 8 $V = (0 + 48) / 2 = 24$ 1 - 7 $V = (6 + 42) / 2 = 24$ 2 - 6 $V = (12 + 36) / 2 = 24$ 3 - 5 $V = (18 + 30) / 2 = 24$

3 在等加速運動下的位移

由測量得

T	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0	6	12	18	24	30	36	42	48
S	0	3	12	27	48	75	108	147	192

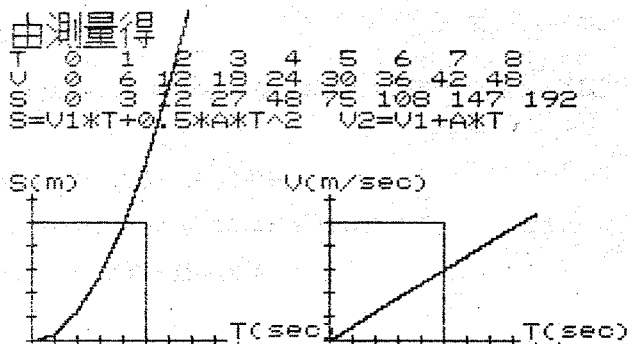
位移 $S = \text{平均速度} * \text{經過時間}$

$$S = ((V_1 + V_2) / 2) * T$$

計算如下

T=1 $S = (0 + 6) / 2 * 1 = 3$ T=2 $S = (0 + 12) / 2 * 2 = 12$ T=3 $S = (0 + 18) / 2 * 3 = 27$ T=4 $S = (0 + 24) / 2 * 4 = 48$ T=5 $S = (0 + 30) / 2 * 5 = 75$ 又 $V_2 = V_1 + A * T$ 代入 $S = (V_1 + V_2) / 2 * T$ 得 $S = V_1 * T + 0.5 * A * T^2$

即 S 是 T 的二次函數



14. 等加速度運動的測驗：

本測驗分成二部分：

(1) 選擇題：在 X—軸上顯示一運動體，由動態觀察中選出正確的運動狀態，題目共 8 題，若作錯 3 題則要回頭學習，其畫面如下：

題號 1 觀察後選出

1 等速運動 2 等加速運動

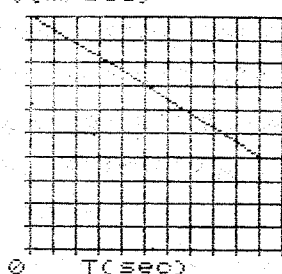
3 變加速運動 4 靜止

選 4



(2) 填充題：要求輸入顯示時間的速度，及 0～5 秒的位移，其畫面如下：全部題目 6 題，只能答錯 3 次，否則重新學習。

題號 10 觀察關係圖後回答 答錯



請回答

時間	速度
0	10
2	8.8
5	7.0

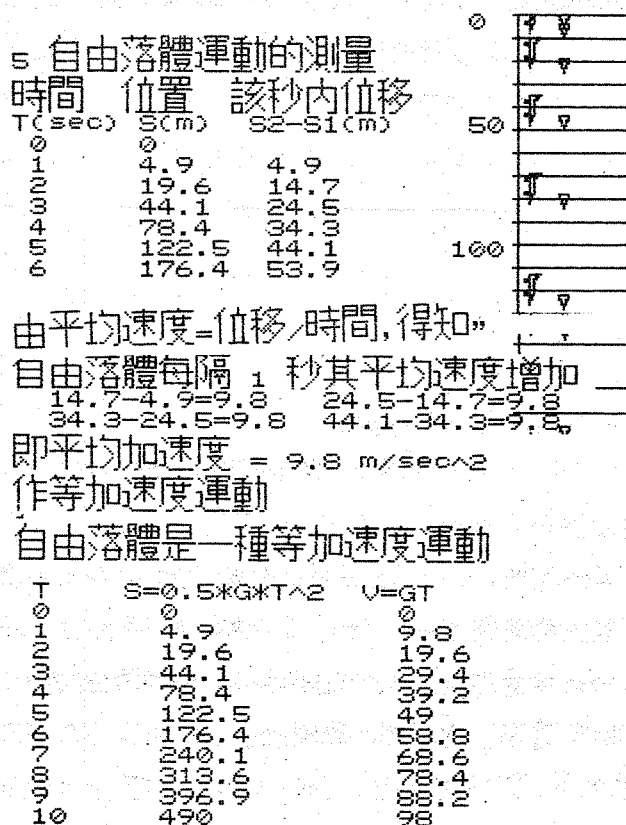
$A = -0.6$

0-5sec 內的 $S = 42.5$

15. 自由落體：

- (1) 首先動態顯示自由落體是一種等加速運動。
- (2) 不同的物體，在相同高度下落，同時著地。
- (3) 自由落體運動的測量。

畫面動態顯示如下



16. 自由落體運動的測驗：

本測驗部分採用選擇題 6 題，須要每一題都對，若有錯誤回有關教材部分學習後再接下繼續做測驗，直到完全通過為止，畫面列舉 1 題如下：

題號 1 作對 ☒ 錯誤 ☐

自由落體是

1 靜止 2 等速度運動

3 等加速運動

4 變加速運動

選

六、檢 討

(1) 本部分教材在學校教室中上課時間是6至7節，大約350分鐘即可教完，筆者試作本“CAI教材”前後費時150小時以上，（不包括試測時間），故著作“CAI教材”非常費時費力，若有幾位同好，互相切磋一定可以省下不少時間才對。

(2) 目前市面上已有不少“英語”“數學”的CAI教材，但尚未見到有關物理方面的，無法作一比較，若CAI教材做得像測驗紙一樣，我想不是很好的，不如買一本以編序教學法寫的教科書算了！利用電腦作工具，應在動態模擬方面下手才是，使教材有趣，生動得像TV-GAME。則學生一定很樂意使用。

詞語淺釋

資 訊

Information日本譯稱「情報」，國人譯作「資訊」。

資訊是所有資料、訊息的總稱，包括所有你能想到的東西：圖書館的書、銀行的帳款、公事的檔案、報紙上的新聞等等。由於資訊浩瀚，乃產生了「資訊工程」，以現代工程的技術和方法，分析並處理資訊，「電腦」即是應運而生的最有效的機器。這也是提到「資訊」便離不開「電腦」的原因。但電腦技術並不就等於資訊工程，前者只是後者的主體。

最近國內工業技術研究院，完成電腦視覺系統，或許有朝一日電腦真能如人腦一樣，眼睛除看「形狀」外，還能「察言觀色」，又有嗅覺、觸覺、聽覺。因此，把一切知識、表情、氣味……都納入廣義的「資訊」之中，也未嘗不可。

編 輯 室