EJ51-1994-159

應用電腦有效教學化學實驗技能
- 薄層層析 -

王 澄 霞　蔡 曉 信
國立臺灣師範大學 化學研究所

（投稿日期:83年3月26日，接受日期:83年6月13日）

摘要:本研究目的爲開發薄層層析(thin layer chromatography, TLC) 化學實驗技能之教學及評量模式，此模式依據下列三項構成:1. 以內容分析來確認問題，2.以化學實驗單元技能結構圖（以下簡稱單元技能結構圖）爲後設認知工具幫助學生建構、組織、及修正其過程概念的認知架構，3.利用教室資訊系統使學習者得到立即的回饋提高學習動機，增強學生專心學習，使學生能自我肯定、自我增強、且透過小組討論自我修正 。

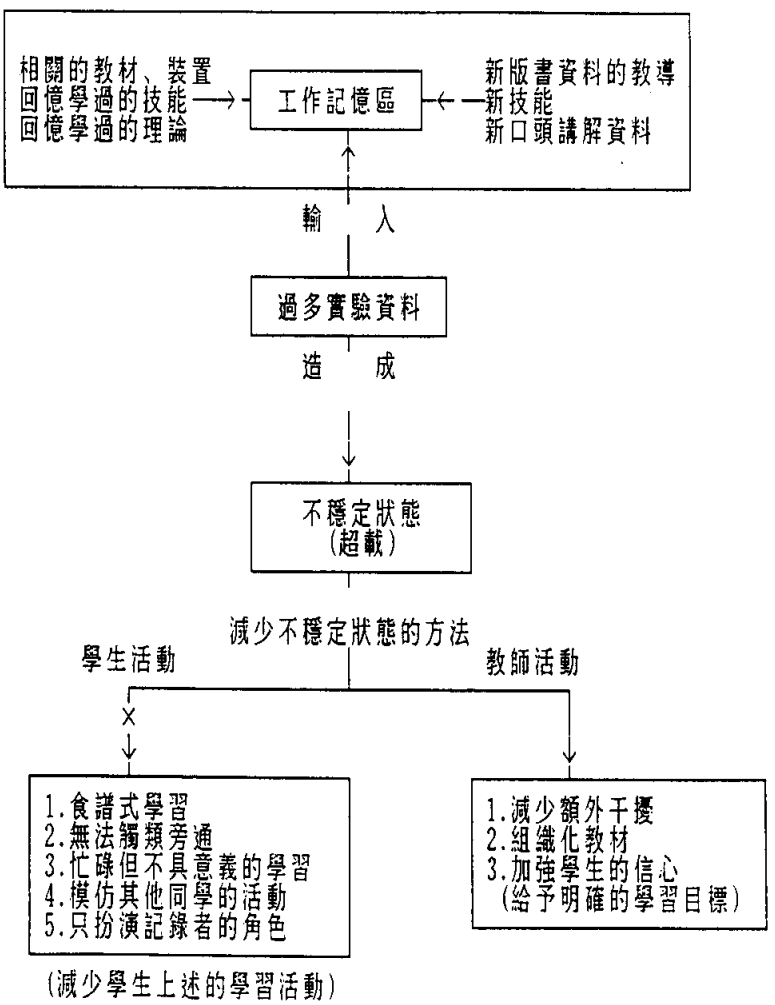
研究結果顯示，使用本模式教學化學實驗，學生的試題－反應(item－response)後測正答率、單元技能結構圖分數及實做成果彼此有正相關，亦即單元技能結構圖建構得好的學生，其試題－反應(item－response) 測驗成績也高，且單元技能結構圖建構得好，其實做結果亦佳。由此可驗證本教學／評量模式確實有助於改進化學實驗的教學，能達成化學實驗單元技能的有效學習。

關鍵詞：化學實驗單元技能結構圖，後設認知，建構論。

一、引言

化學是一門實驗的科學，化學知識起源於化學實驗，所以化學實驗是解決化學問題和獲得化學知識的基本工具。化學實驗要做的好，精熟單元技能是必要的條件。在傳統教育上，技能之精熟是採用重覆實做的訓練方式來達成的，但此法需花費較長的時間。目前學校在進行化學實驗教學時，通常只教一次就希望學生能夠學會而應用在化學實驗活動上。實際上學生要從事化學實驗活動時，都需要再訓練其化學實驗技能，最大的原因在於學生只會照作， 並不知道爲什麼那樣

做(Johnstone & Letton，1990)。教師對於授課內容相當熟悉， 因此常忘記學生同時能接受的訊息是有限的。事實上通常化學實驗對人類大腦中的工作記憶區而言是〞超載〞(over-loading)的， 因有太多的資訊來源，如實驗手册、教師的口頭講解、所用到的化學概念、實驗技能、新的技術及實驗進行中所得的資訊(顏色變化、氣味...) 等等。這些資訊都要在工作記憶區做邏輯上有意義的交叉處理。因需要同時運作的訊息遠超過工作記憶區的負荷， 無法邏輯思考，學習效率偏低(圖一)。 因此學生只照著實驗課本及教師的指示作”食譜式”的學



圖一 化學實驗時所用資訊超過工作記憶區所能處理之負荷量

習，導致無法達到眞正的學習(Johnstone & Letton, 1990)。大腦中的工作記憶區(working memory)主宰思考運作， 即資訊處理(information processing)的地方。 據認知心理學，有效學習取決於有效的資訊處理。工作記憶區的容量有限，最多只能同時運作7±2種訊息。普通人大概只能同時運作4種資訊(Gagne, 1987)。 因此，在進行研究教學策略時，應考慮上述的學習理論。

『知識學習建構論』認爲，知識的學習來自對事物或概念的了解與建構；建構知識的過程，首先是學習概念，再連結概念以致形成命題 (proposition)，遂統整爲概念架構(conceptual framework)。此概念架構代表一個人的理解(understanding)，亦即有系統的概念上之知識，也是一種思考方式。 有意義的學習是要能認識出事物的規則性，歸納成概念，把新的概念和已學過的概念關連起來，而修正其概念架構。學習如果只是認識一些單獨的概念，那只是一種表面的學習，是無法持久，很快就會忘記。Pope 和 Gilbert(1983)強調學生個人經驗對於建構知識的重要性。他們認爲，學生只對值得學習的事物，才會主動、認眞地去學，並納入認知結構中。Osborne 和Wittrock等人提出生成學習模型(generative learning model)並指出，在學習過程中，大腦會對於外來知識，自行並積極地加以解釋、判斷和推論，進而完成建構與儲存(Osborne & Wittrock, 1982)。

近年來相當多的教育專家投身於應用建構理論及設計建構學習環境的行列中。建構論者指出學習的環境應提供學習者,多層面的眞實情景,經由實際活動,詮釋,建構知識(Bendnar, Cunningham, Duffy, and Perry, 1991; Duffy and Jonassen, 1991).

化學實驗技能的培養，不是用塡鴨式的教學方法所能達成的，學生除了學會正確的操作方法之外，也要有效地建構，能活用實驗技能於不同的實驗情境中，解決所遭遇到的問題。

今日我們所擁有的時間、空間跟以往相同，但是對事物的處理要求更迅速、確實、且有效。對教學和學習也同樣要求有效且高效率。欲達此目的，就需運用科技設備開發符合需求的高效率教學策略是最佳途徑。

二、研究目的

本研究目的爲開發薄層層析(thin layer chromatography, TLC) 化學實驗技能教學及評量模式，此模式依據下列三項構成:1. 以內容分析來確認問題，2. 以化學實驗單元技能結構圖（以下簡稱單元技能結構圖）爲後設認知工具幫助學生建構、組織、及修正其過程概念的認知架構，3.利用教室資訊系統使學習者得到立即的回饋提高學習動機，增強學生專心學習，使學生能自我肯定、自我增強、且透過小組討論自我修正 。

三、研究的重要性

本研究開發TLC的教學及評量策略,是希望提供一種實驗技能的有效教學模式，同時期望開發一種師資培育模式。教師所使用的教學法，通常都使用教師本身在學時代所接受的教學法(Rubba, 1991)。

目前的科學師資培育制度中，學科和教法的訓練是分開的，缺乏統整學科內容與教法是此制度的一項缺失。本研究讓職前教師從化學實驗的實做中學習學科內容和教學法，提供一個統整學科內容和教學方法的有效途徑，並使職前教師體認教師本身對於所教的科學內容之了解及如何使學生有效學習之重要性。

四、研究策略

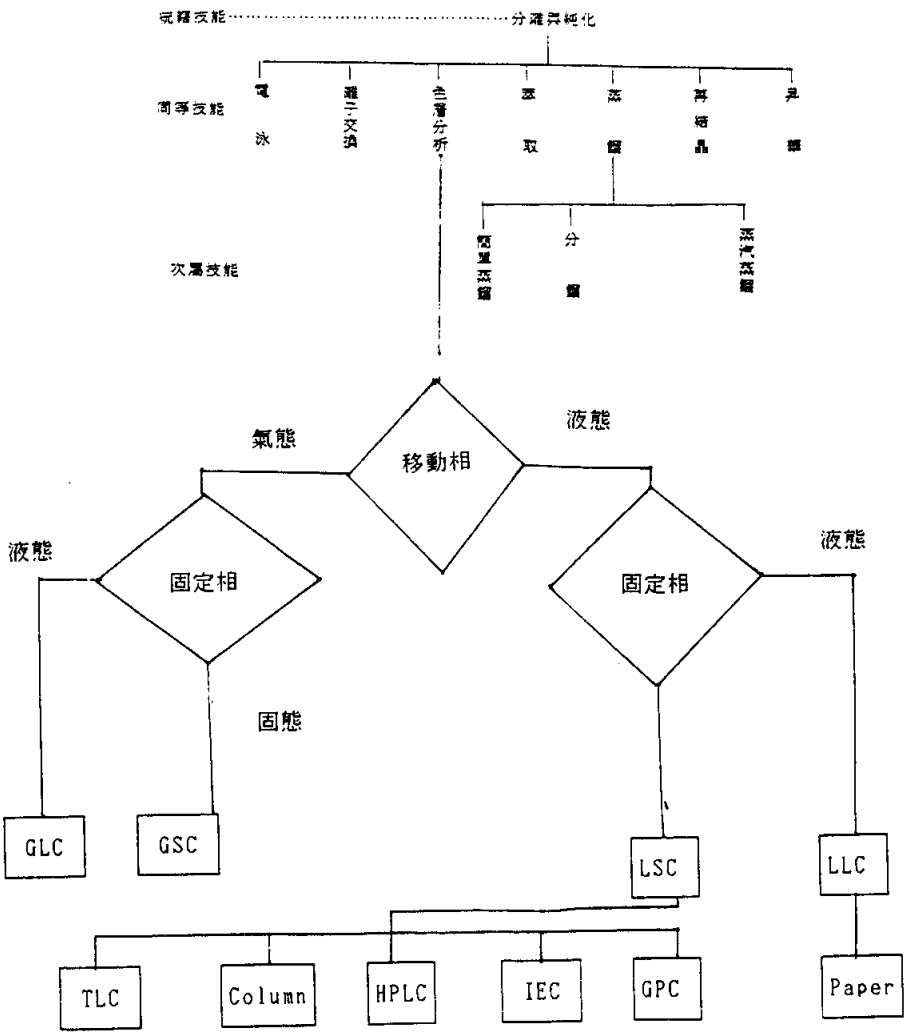
㈠ 研究對象

本研究以國立臺灣師範大學化學系二年甲班學生，計23人爲研究對象。

㈡ 教學媒體

教學媒體之薄層層析實驗的內容取自一些主要的實驗教科書(Roberts et al, 1985 ; Fieser and Willianson;1987, etc.)，以單元技能結構圖爲骨幹發展的CAI媒體,可投射在螢幕以做教學，也可給學生自學（蔡曉信，81年)。並根據化學實驗內容分析 (Gagne, 1987)建立本研究所運用的化學實驗技能的教導和評量基準(criteria)。內容分析包含過程分析(procedure analysis)、結構化工作分析(Gagne,1987)、階層概念圖(Novak and Gowin, 1984) 和過程概念分析。

過程分析可以定出薄層層析技能的主要步驟。結構化工作分析可以得到此實驗技能的工作流程，定出其操作步驟和決定步驟(decision making step)，以及它們的順序和部份-全部(part-whole)關係，其中的決定步驟是學習的重點。階層概念圖可定出此實驗技能的先備技能和待修技能。過程概念分析可得到此實驗技能的統轄技能、同等技能、次屬技能以及它的鑑別性屬性、可變性屬性和定義。『層析』技能是『分離與純化』物質的技能之一，它與再結晶、昇華、萃取、蒸



圖二 層析技能階層圖

餾等是同等技能，層析包含常用的薄層層析、濾紙層析、管柱層析、氣相層析等（圖二）。薄層層析的固定相(stationary phase)，即吸附劑(adsorbent)爲固體。另一爲移動相(mobile phase)即沖洗液。混合物的分離效力乃基於各成分對固體吸附劑的吸收力的大小以及各成分溶解於液體的溶解度而定。最常用的吸附劑是矽膠(silica gel)，其次爲氧化鋁(alumina)。沖洗液可用極性溶劑如水，也可用非極性有機溶劑如己烷。內容分析的結果指出學生在學習此化學實驗技能時，要做些什麼，如何做及爲什麼要如此做(what,how and why)。根據內容分析製作CAI教學媒體。

本CAI(computer assisted instruction)媒體包含薄層層析單元技能結構圖，詳細的實驗過程，評量工具和理論背景。本研究單元技能結構圖之製作過程、製作準則及使用敘述如下：

(1)單元技能結構圖之製作過程

a.分析實驗技能之教學目的和工作項目。

b.決定出每個單元技能和其次單元(subordinates)之間結構關係。

c.圖示實驗技能中之相關單元技能的結構關係。

d.畫製單元技能結構圖。

e.再考量整個單元技能結構圖，決定是否需做修改。

f.定出整個教學過程所需施行之工作項目及備忘錄。

(2)單元技能結構圖的製作準則（Sato，1988）

a.先將TLC實驗內容分割成小的的單元技能。

b.每個單元技能附予適當的標記(labeled) 如混合有搖動、攪拌等。

c.標記(labels)，格式 (formats)，順序(sequences)和組織架構(organizations)需有一致性(consistency)。如攪拌之圖示格式，實驗順序由上而下，決定步驟是依左、右、及中而下之順序等求其一致性，以利加強印象，提高學習效果。

d.技能依其所屬的階層(hierarchy) 結構化，使學生認識TLC屬於『層析』技能，層析又是『分離與純化』 技能之一。TLC有同等技能和次屬技能如圖二。該技能在其技能階層之所屬位置，會幫助學生在新情況時，決定使用那一種技能。

e.使用特殊的符號(specific representations)，如箭號(arrows)，括弧(brackets)，交叉線(crosses)(連接各程序單元)，和星號(asterisks)等表示特別的意義。

f.使用二與三度空間的幾何形狀表示不同的單元技能。

g.用顏色來區分不同的實驗步驟以加強記憶。

使用圖表而非用文字來分析、架構及說明整個工作，能讓從事工作的人，更易於明瞭工作的內容及掌握工作重點及順序。而本研究發展此媒體的目的在使學生能快速地增進理解和修正實驗技能。

(3)單元技能結構圖之使用

a.設計與發展化學實驗活動媒體。

1)製作化學實驗教材。

2)決定化學實驗進行順序。

3)設計學習成就評量工具。

b.進行單元技能結構圖之評量

c.使用單元技能結構圖設計教學活動

1)全盤瞭解整個實驗過程中各個步驟間的相互關係。

2)在其化學實驗課中，決定和選擇教學目的和實驗步驟。

3)將單元技能結構圖中的各項技能與學生的先修技能關連。

d.進行良好的教學活動。

e.設計或選擇合適的評量工具，以監看或評量學習成就。

f.比較教師和學生的單元技能結構圖，用以分析學生的認知網路(cognitive network)，使教師了解學生經教學前後在認知上的差異。

g.學生依上述步驟建構單元技能結構圖用以

1)瞭解整個實驗過程的全盤關係。

2)瞭解先修技能和目前實驗的關係，找出那些是新的技能。

3)增進獨立學習。

4)用單元技能結構圖建立並修正自己的認知網路，以進行化學實驗，解決問題。

5)用班級式討論來改正單元技能結構圖，並修正自己錯誤的觀念。

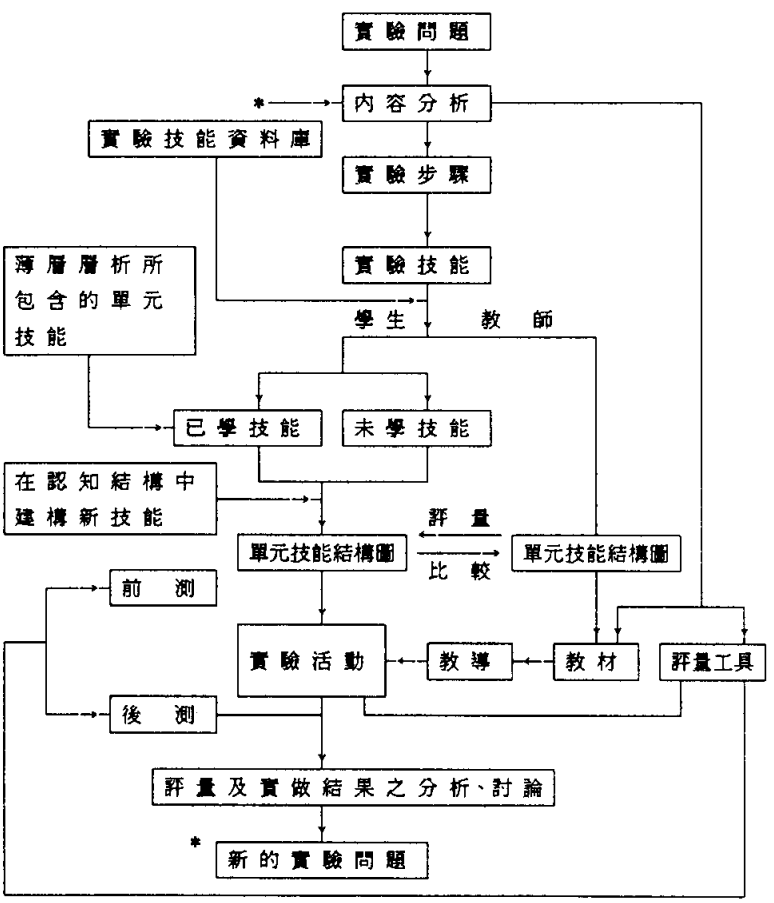
6)提昇能計畫和執行獨立解決化學問題的能力。

(四)評量工具

本研究使用本研究小組所開發的方法(Wang & Horng, 1990; Wang, 1993)訂定評量基準，設計並效化所需的評量工具，評量工具爲薄層層析單元技能結構圖、試題及實做成果。試題的評量是運用本小組設計開發的教室資訊系統進行試題－反應測驗。試題－反應測驗爲是非題型，分爲前測與後測兩次測試。前測測出學生活動前已具有的，後測測出經本教學模組教導後之學習成就。

(五)教學/評量策略及過程

教學/評量策略及過程如圖三所示。



圖三 教學／評量過程

1.電腦管理教學策略

電腦管理教學是雙向溝通的教學策略，可協助教師探討發展教學策略，及時提供教學媒體內容及學生反應之資訊，做爲教學決策之依據。應用電腦管理教學策略包含教室資訊系統。教室資訊系統包含電腦與螢幕(教師用)、學生反應輸入單元按鈕、S－P表分析軟體、大型螢幕顯示器、投影機及傳送反應數據至電腦的一些介面裝置等，在具有教室資訊系統的教學環境之教學／評量過程中，學生以是非式反應器按鈕回答問題，作答結果自動輸入電腦處理。處理後，螢幕上出現試題－反應(item－response)表。教師可容易地收集學生反應的資料而不必由教師自己輸入，教師可立即決定繼續教學或問問題或者複習已經教過的教材；而學生得到立即的回饋所以能提高學習意願，因而增強學生專心學習，使學生能自我肯定、自我加強、且透過小組討論，自我修正，讓學生主動參與學習而不是被動地接受。而且配合S－P表分析法的使用，迅速的把學生的反應資料分析出來，提供教師班上學習成果的資訊。使用教室資訊系統，教師能注意到每一個學生的反應，給予學生足夠的資訊，讓學生自行發現問題、把握問題，根據已有的資料進行班級討論，歸納出解決問題的策略，來解決問題，具有班級式個別化教學的性質。

2.建構學習

當學生能了解新的過程概念和其它先前已學得的過程概念之間的規律與關聯性，並可修正其概念架構來適應新的情境時才算是有意義的學習(meaningful learning)(Osborne and Wittrock,1983)。學生們必須被教學能主動地去接受資訊而非是被動地接受。學生需作一套具有代表性可變性屬性之薄層層析實驗活動，一個未知物和一種的混合物。使學生有機會在不同情況中經由實作而建構達到能活用此技能之能力。

3.教學過程

A.練習活動

a.教師二年級第一次有機實驗時先給學生一種實驗的完整的實驗單元技能結構圖，解釋所需學習的單元技能和整個實驗的結構關聯性。

b.學生必須知曉那些是他們所必須學習的單元技能。

c.學生可在單元技能結構圖上做註解(job aids)。

d.學生必須確認所包含的單元技能，並分辨出那些是已學過的，那些是尚未學到的，並決定其結構性關係。

e.學生必須了解單元技能和化學概念之關係。

B.薄層層析的實驗活動

a.要做實驗的前一個星期給予學生實驗的教材。

b.每個學生依所給予的教材製作單元技能結構圖。

c.學生藉由薄層層析單元技能結構圖來了解該實驗技能之整體結構和單元技能和化學概念之關係。

d.學生在實驗課前交出他的單元技能結構圖。

e.學生將自己的單元技能結構圖與老師的做比較。

f.學生在班級討論時可用紅筆修正自己的單元技能圖。

g.學生依照有註解的單元技能結構圖來完成實驗活動。

h.學生在此活動結束後須重新審視其單元技能圖。

i.教師最後診斷並評量學生的學習成就。

4.評量策略及過程(圖三)

(1)在上課講解實驗活動之前實施前測；接著由被指名的學生報告實驗活動與進行班級討論；而後教師使用 CAI講解與討論單元技能結構圖後；實施後測。

(2)評量學生所製作的單元技能結構圖。

(3) 學生進入實驗室進行實驗活動，評量學生的實做成果。

五、結果與討論

(一)資料分析方法

收集的資料有: 學生的單元技能結構圖，前、後試題－反應測驗成績，以及實做成果o

1.化學實驗單元技能結構圖資料， 可以

(1)由此得知學生有那些已學過的化學實驗技能　應用在新的實驗情境中，即學習轉移的情況，及科學過程技能能力，並可由學生的試題－反應測驗結果，加以驗證。

(2)對學生的錯誤予以探討。學生寫錯的步驟可分爲那些類型，這些類型的特徵，導致學生無法運用正確的實驗技能完成實驗。

(3)在評量化學實驗單元技能結構圖時，依各個實驗步驟對實驗結果的影響程度製定配分表（見表一）。配分分爲三級，得分各爲1分、2分及3分，影響程度越大者，所得配分越多。化學實驗單元技能結構圖的得分比率計算方式：

得分比率＝(所得分數)/(配分總數)

，以80%爲通過標準。

表一、實驗單元技能結構圖評量配分表

技能項目	配分	附註
試樣的處理		
1.試樣的狀態	1	固態或液態
2.試樣的數目	2	
3.試樣的濃度	1	
4.選擇合適的溶劑	3	考慮極性問題及揮發性
選擇展開液	3	可用嘗試法或參考文獻來
選擇展開槽	1	
選擇吸附劑	3	可用矽土或矽膠等
毛細管的選擇	2	需選用較細的毛細管
用濾紙貼於展開槽內半圈	1	使展開槽充滿飽和蒸氣
TLC 片需直放入展開槽內	1	
晾　　乾	1	
靜　　置	2	
選擇合適的顯色方法	3	考慮試樣的顏色
結果分析方法的選擇	3	定性或定量

2.試題－反應測驗評量學生的單元技能化學學科概念、科學過程技能。試題－反應表中，" 1 " 表示答對，" 0 " 表示答錯。每位學生對每一題的答題情形，如果是從 0 至 1 或維持原答案，則顯示學生在學習後有進步。

試題－反應測驗(後測)正答率的計算方式：

正答率＝(答對題數)/(總題數)

，以８０％爲通過標準。

3.Ｓ－Ｐ表的資料，

(1)由Ｐ曲線和 ＣＰj值可以發現異常的試題，故可診斷試題的品質，這些試題如有題意不清或錯誤等不當之處，應加以修改。在班級討論時，用口頭補充說明。

(2)由Ｓ曲線和 ＣＳi值可以觀察出每位學生會回答的問題和不會回答的問題，故可診斷個別學生的學習困難所在，對學習困難的學生使用班級討論方式,或個別給予輔導。

(3)由全班學生對整份試題的作答情形，觀察出教導方法和全班學生學習之間的關係，做爲選擇教學方法的參考。

(4)Ｓ－Ｐ表分析結果：Ｄ*、ＣＰj、ＣＳi在0.6以上時，表示需對學生的學習加以輔導、修正教學的方法或試題；每一試題在Ｐ曲線所佔的位置，後測比前測向下移，表示有試題效度；每位學生在Ｓ曲線所佔的位置，後測比前測向右移，表示有試題效度。

4.實做成果之通過標準的認定，以教材中所記載的資料爲標準，並需能分離一種未知混合物。

5.計算一致性程度，從一致性程度觀察試題的效度及學習成就間的關係，公式如下：

$$\text{一致程度} = \frac{\text{不同測驗結果一致之人數}}{\text{全部受測人數}} \times 100\%$$

六、結果與討論

(一)學習成就

1.學生之各項學習成就如表二、及表三、所示.

表二、TLC 實驗前、後試題－反應測驗， 單元技能結構圖及實做成果成績表

學生號碼 Student No.)	試題－反應 測驗		單元技能結構圖		實做成果
	前測 pre-test	後測 post-test	前測圖 pre-map	後測圖 post-map	
1	83	91	78	82	通過
2	83	100	81	85	通過
3	75	100	75	80	通過
4	66	100	68	80	通過
5	58	91	72	82	通過
6	75	100	50	78	未通過
7	58	91	72	83	通過
8	83	100	85	93	通過
9	83	100	82	92	通過
10	83	100	82	86	通過
11	75	83	86	90	通過
12	66	91	56	80	通過
13	58	91	77	81	未通過
14	58	100	67	80	通過
15	58	91	65	80	未通過
16	91	100	75	80	通過
17	75	83	53	63	未通過
18	83	100	80	87	通過
19	83	100	65	80	通過
20	75	100	70	80	通過
21	75	100	56	80	通過
22	66	100	52	75	通過

表三、學習成就通過率

項　　目	比率(%)
試題－反應（前　測）	36.0
試題－反應（後　測）	100.0
單元技能結構圖（前　測）	27.3
單元技能結構圖（後　測）	86.4
實做成果	81.8

表四、學習成就的一致性

項　　目	一致程度(%)
單元技能結構圖 VS.試題－反應（後測）　（後　測）	86.4
試題－反應 VS.實做結果（後　測）	81.8
單元技能結構圖 VS. 實做結果（後　測）	86.4
技能圖 VS.試題－反應 VS.實做結果（後測）　（後　測）	77.2
技 能 圖(前、後測) VS.實 作 結 果	86.4

2.試題－反應 測驗(前測)共正答率在80%以上者，計 8人，比率爲 36%.試題－反應 測驗(後測)正答率在 80%以上者，共計22人，比率爲100%。依此結果可知經本模式教學後，正答率在 80%以上的學生，增加了百分之六十四。

3.1 試題－反應表(見附錄一〔1A〕、一〔2A〕)分析結果：除No.1之學生在題目6，No.7之學生在題目6，No.11之學生在題目6、11，No.12之學生在題目

6，No.13之學生在題目6，No.15之學生在題目6，No.17之學生在題目4，6之學習情形不理想以外，其他學生對每一題題目均有學習進步。

3.2 S-P 表(見附錄一〔1B〕、一〔2B〕)之分析結果:

A.每一試題在 P曲線所佔的位置，在後測時均向下移，試題具有效度;每一學生在S曲線所佔位置，在後測時均向右移，試題具有信度.

B.後測時，除一位學生外， 其餘學生之CSi值均≦0.50，顯示學生學習無異常現象；後測時，除一題試題之CPj值爲0.64外，其餘皆爲零，顯示均爲良好試題.

C.D*值由0.4808下降至0.3331，顯示學生學習在進步.

4.單元技能結構圖分數前測在80分以上者，計6人，比率爲27.3%.後測在80分以上者，計19人，比率爲86.4%.

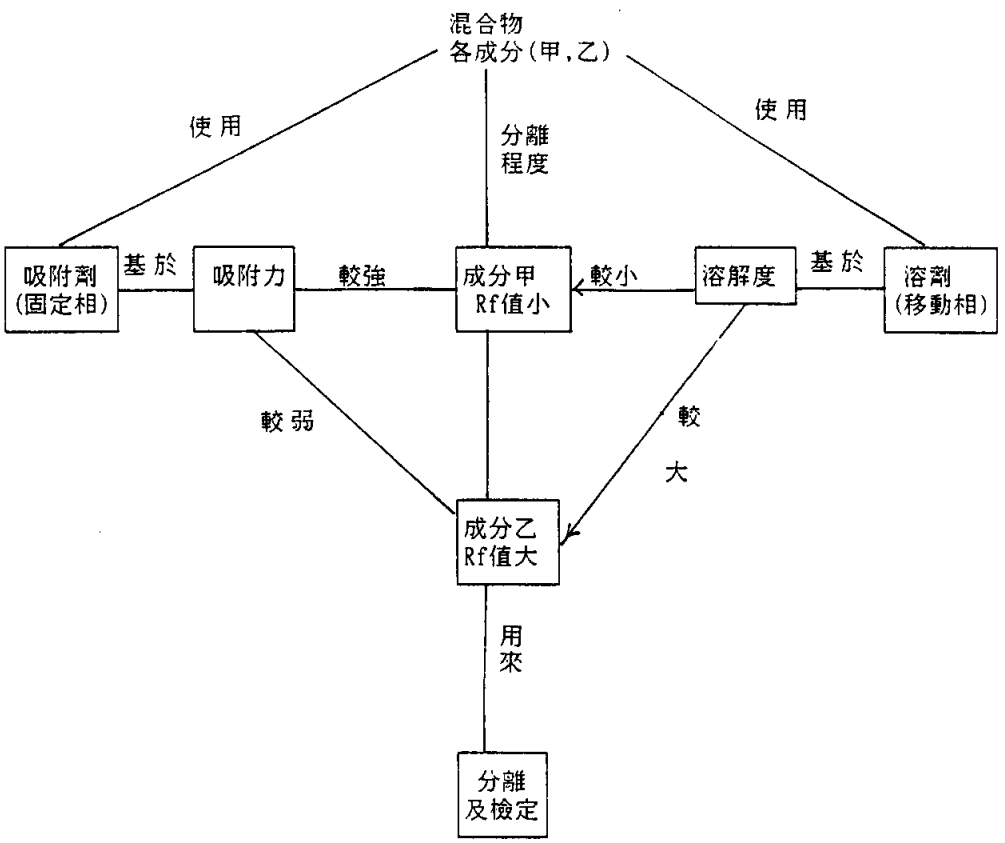
5.實做成果通過人數18人，比率爲81.8%.

(二)學習成就之一致性

計算通過三種測驗標準之人數，彼此間的一致性，計有1.單元技能結構圖(後測)與 試題－反應(後測)、2.試題－反應 與實做成果、3.單元技能結構圖(後測)與實做成果、4.試題－反應(後測)與實做成果及單元技能結構圖(後測)、5.單元技能結構圖(前，後測) 與實做成果等五項。1. 單元技能結構圖(後測)與試題－反應(後測)的一致性，爲86.4%。2.試題－反應(後測)與實做結果的一致性，爲81.8%。3. 單元技能結構圖(後測)與實做結果的一致性，爲86.4%，4.單元技能結構圖(後測)、試題反應,與實做結果三者的一致性，爲 77.2%。5.最後化學單元技能結構圖前、後測與實做結果的一致性，爲86.4%。結果如表 四所示，各種一致性程度均爲本研究認同。

今以 8及17號學生爲例來說明學習成就的一致性 (附錄二)。8號學生其試題－反應前後測成績分別爲83及100分,單元技能結構圖成績爲94分，實做達通過的水準。即 8號同學之單元技能結構圖之分數好,試題測驗分數也高，實作結果亦佳,具有正相關。而該生在試題－反應的測驗中答對題目9(前測)。其題目內容如下:一般而言,用薄層層析分離酚(phenol)與 三苯基甲醇 (triphenylmethanol)時,使用醋酸當展開劑其Rf值會比用戊烷爲大? 該學生又答對題目5(後測)。其題目是: 以薄層層析來分析含有正辛烷(n-octane), 1-苯乙醇(1-phenyl-ethanol)

及新戊基乙基醚(neopentyl ethyl ether)的試樣時，若用二氯甲烷(dichloromethane)爲展開液,則展開完畢後,則正辛烷(n-octane)此化合物將較靠近鋒前(solvent front)。該生不但兩題皆答對,且由測驗後的討論中,得知該生在答題目9時,瞭解酚(phenol)與三苯基甲醇(triphenylmethanol)爲極性物質,而所用的展開液中，醋酸爲極性物質，而戊烷爲非極性物質，依極性大的物質用極性大的溶劑展開時其Rf值愈大的化學概念，而醋酸之極性大於戊烷,故使用醋酸當展開液其 Rf值會比用戊烷爲大。而該生在答題目5時,亦瞭解二氯甲烷(dichloromethane)爲非極性而欲分析物：正辛烷，1-苯乙醇及新戊基乙基醚三者，其中以正辛烷極性最小,故正辛烷將較靠近鋒前,且該生在畫單元技能結構圖時也考慮到溶劑、吸附劑及展開液與試樣間之極性關係(圖四)，因此可斷定該生對極性影響分離效果的概念有相當程度的瞭解，且能應用於實際情境中，故實做成果也如預期達通過的水準。



圖四 TLC中混合物之分離與吸附力及溶解度之關係

另一位17號學生，其試題－反應前後測成績分別爲75及83分，單元技能結構圖成績爲63分，實做未達通過的水準。即單元技能結構圖之分數不好,試題測驗也不好，實作亦沒有通過。由測驗後的討論中，得知該生在試題－反應測驗中對戊烷、醋酸、二氯甲烷(dichloromethane),及正辛烷等化合物之極性大小之關係無法作正確的判斷，故兩題皆答錯且該生在所畫的單元技能結構圖中亦未考慮到需選取展開液因此也未考慮展開液之極性問題，故實做未達通過標準。由以上結果可推論得到試題－反應後測正答率、化學實驗單元技能結構圖分數及實做成果彼此均有正相關存在，亦即實驗單元技能結構圖建構得好的學生，其試題－反應測驗成績也高，且單元技能圖建構得好，其實做結果亦佳。故可知單元技能結構圖中強調技能和化學概念對實驗結果有正面的影響，能達成化學實驗技能的有效學習。

七、結論

如何有效教學化學實驗技能一直是從事化學教育工作者所欲追求的目標，但至今仍鮮有相關的研究能提出一確實可行的教學模式。本研究中使用單元技能圖爲後設認知工具的建構學習法及電腦管理教學策略(包含教室資訊系統) 所開發的化學薄層層析實驗技能的教學模式，經實證研究證明可使學生(1) 由自己劃單元技能結構了解實驗活動中，各單元技能彼此間的關係；(2) 也了解已經學過的技能和正在學習的技能間的關係；(3) 能將已學過的技能應用在新的情境中(未知試樣)，去解決問題，即使用TLC選出能分離未知混合物(3種染料)之沖提液(eluting solvent)而分離之。；(4)對於未學過的單元技能，使用本研究室製作的 CAI教學媒體能自行或經由教師協助，尋找出正確的操作方法而學會它們，重新建立自己的認知結構，去解決新遇到的問題;(5) 了解單元技能和化學概念之相關(圖四,如8號學生)(6)能在 CIS系統的班級式個別化教學指導下自己更正所畫製的單元技能結構圖，修正自己的錯誤(圖三)；(7) 由實驗前需畫單元技能結構圖促進他們獨立學習。

因此這種強調單元技能與化學概念學習方法確實有助於提高化學實驗技能的有效學習。單元技能結構圖正如概念圖可促進有意義學習(Pendley & Bretz, 1994)。

本研究以師大化學系的學生爲研究對象，這些職前化學教師經由這種學習過程，除了能強化他們的化學實驗技能、科學過程技能及學科概念之外，並期望同學們會具有有效實驗教學能力。就師資培育的觀點而言，讓職前教師在養成的階段實地經驗這種有效的學習方法，而非空泛的紙上談兵式的教學方法，此教學方法較有意義。這是一種處於情景中之學習方法（situated learning）。透過實作期望同學們了解自己學習歷程、改善學習方法之外，希望職前教師在未來教學中幫助學生有效學習、發展有效的教學方法。這種學習對未來教學會產生多少效果，需要我們大家進一步研究。

參考資料:

1.蔡曉信，〈應用電腦有效教學化學實驗技能-薄層層析法〉,國立台灣師範大學化學研究所碩士畢業論文,民81年5月。

2.Bednar, A. K., Cunningham, D., Duffy, T. M.,& Perry, J. D. (1991). Theory into Practice: How Do We Link? In G. Anglin(Ed.) Instructional Technology: Past, Present, and Future. Denver, CO: Libraries Unlimited.

3.Fieser Williamson (1988). Organic Experiments, 6th Edition. pp126-134.

4.Gagne, R. M. (1987). Instructional technology: Foundations. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. pp56-57.

5.Johnstone, A. H., & Letton, K. M. (1990). Why Do Practical Work? -A Researcher's Point of View. International Newsletter on Chemical Education, No 34, December, 14-18.

6.Osborne, R. J., & Wittrock, M. C. (1983). Learning Science : A Generative Process. Science Education, 67(4), 489-508.

7.Pendley, B. D., & Bretz, R. L. (1994). Concept Maps as a tool to Assess Learning in Chemistry. J. of Chemical Education, Vol. 71, No. 1, January, 9-15.

8.Pope, M., & Gilbert, J. (1983). Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. Science Education, 67(2), 193-203.

9.Robert, R.M.,& Gilbert, J. C. (1985). Modern Experimental Organic Chemistry, CBS College Publishing, pp144-149.

10.Rubba, P. A. (1991). Integration STS Into School Science and Teacher Education: Beyond Awareness,Theory into Practice, Vol xxx, No. 4, Autumn 1991, 304-305.

11.Sato, T. (1988). An introduction to Educational Information Technology. NEC Technical College. Kanagawa, Japan.

12.Wang, C. H.,& Horng, J. M. (1990). Reliability and validity of instrument to assess chemistry manipulative techniques-Capillary melting point determination. Proceedings of the NSC - Part D. Vol. 1, No. 1, 24-31.

13.Wang, C. H. (1993). Improving chemistry experimental learning through process-mapping hydrolysis of p-nitroacetanilide, Bull. Taiwan Normal University. No. 38, 1-20.

14.Wittrock, M. C.(1974). Learning as a generative process. Educ. Psychol., II, 87-95.

The Effectiveness of Computer Based Instruction In Teaching Chemistry Experimental Technique - thin layer chromatography -

Cheng-Hsia Wang and Hsiao-Hsin Tsai
Department of Chemistry, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Abstract

A model of computer-based instruction and assessment in teaching a chemistry experimental technique, e.g., Thin layer chromatography was constructed with (A) questions identified by content analysis (B) process-mapping to serve as a metacognitive tool, Which helps learners organize, construct, modify, and elaborate their prototype process-concept frameworks, and (C) a classroom information system for consistent feedback and group discussion to promote student's self-generated motivation, self-confirmation, self-reinforcement and self-correction.

The effectiveness of using the model in instructing organic chemistry experiments was determined. The majority of the students did well in constructing charts, also obtained good experimental results; they were also good in the experimental skill tests and a few students did poorly in constructing their maps, also obtained poor experimental results; they did also poorly in the tests. The model of learning/assessment was thus found effective.

Key words: Chemistry experimental unit skill map; Metacognition, Constructivism.

附錄一、試題－反應 S-P表

附錄一[1A]:TLC實驗前測之試題－反應表

P. NO. / STUDENT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	NO.
1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2
3	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	3
4	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	4
5	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	5
6	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	6
7	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	7
8	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
9	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
10	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
11	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	11
12	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	12
13	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	13
14	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	14
15	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	15
16	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
17	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	17
18	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	18
19	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	19
20	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	20
21	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	21
22	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	22

附錄一[1B]:TLC實驗前測之S－P表

PROBLEM NUMBER　　D*=0.4803 CA=0.75

STUDENT NO.	01	02	05	08	10	12	06	11	09	04	07	03	C.A.	%	CSi
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	83	0.00
8	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	10	83	0.55
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	9	75	0.00
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	9	75	0.00
17	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	9	75	0.00
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	9	75	0.00
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	9	75	0.00
6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	9	75	0.38
15	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	9	75	0.73
12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8	66	0.00
22	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8	66	0.00
4	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	8	66	0.22
5	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	8	66	0.64
7	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	58	0.00
13	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	58	0.00
14	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	58	0.00
C.A.	22	22	22	22	22	20	20	17	13	12	05	01			
Pj(%)	100	100	100	100	100	90	90	77	54	54	22	04			
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0			
CPj	.00	.00	.00	.00	.00	.51	.02	.25	.00	.20	.64	.97			

實線：S曲線，虛線：P曲線

附錄一[2A]:TLC實驗後測之試題－反應表

P. NO. STUDENT	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	NO.
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	5
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6
7	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	7
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
11	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	11
12	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
13	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	13
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
15	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	15
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
17	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	17
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22

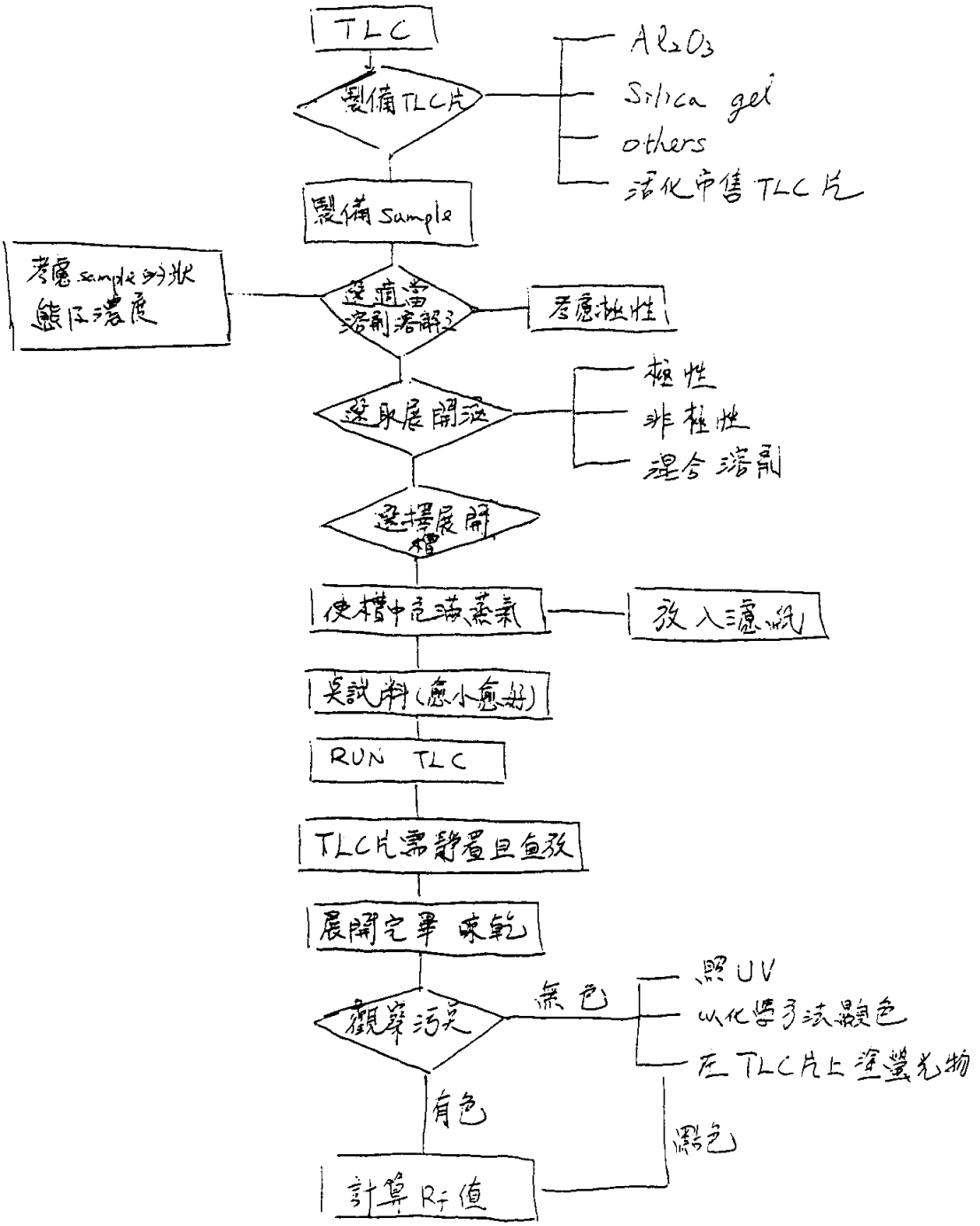
附錄一[2B]:TLC實驗後測之S－P表

PROBLEM NUMBER　　D*=0.3331 CA=0.96

STUDENT NO.	01	02	03	05	07	08	10	12	04	11	09	06	C.A.	%	CSi
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100	0.00
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	11	91	0.00
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11	91	0.97
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	10	83	0.00
17	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	10	83	0.00
C.A.	22	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21	15			
Pj(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	68			
CPj	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.64	.00			

實線：S曲線，虛線：P曲線

附錄二、8號學生所畫之單元技能圖



附錄二、17號學生所畫之單元技能圖

