8. 宇宙及進化

(1) 宇宙的構成，太陽的構造。

(2) 地球的構造，岩石及礦物。

(3) 地球的進化，岩石中的紀錄，恒星及宇宙的進化。

五、結語

整個人類研究化學的歷史由古代的理論方法，進步到經驗方法後成爲理論及經驗的融合。現代化學教育中課程的內容亦由化學成果的介紹，進步到自行探究物質的世界。化學是動態的科學，化學教育裏課程的內容及教學的方法也隨時代的變遷而改變。請站在化學教育第一線的教師們時時留意化學教育的潮流，不斷的進修，充實自己，爲新時代的科學教師。

美國高中化學新教材的比較研究

王澄霞
國立臺灣師範大學

壹、緒論

1963年，美國出了一套高中化學教材CHEM STUDY，其後數年，又陸續出了三本教材，以CHEM STUDY 爲藍本，加以改編，這四本教材是：

作者	書名	出版年	本文代稱
Pimental	Chemistry : An Experimental Science	1963	CHEM
Cotton , Lynch	Chemistry : An Investigative Approach	1968	COTTON
O'Conor , Davis , Haenisch , Mac Nab MeCle Ilan	Chemistry : Experiments Principles	1968	O'CONNOR
Parry , Fellefser Steiner , Dietz	Chemistry : Experimental Foundations	1970	PARRY

因爲COTTON , O'CONNOR , PARRY 三教材均以CHEM 爲藍本，加以改編，故內容材料均與CHEM 大同小異。所不同的是講授的次序和章節的編排。爲了瞭解這些教材與CHEM 編排的關係，特別裝備了五個圖表（表1～5）。這五個圖表的共同點是都先依照CHEM 教材，將每一章的內容寫在一起，遇有CHEM 所缺而見於其他教材者，則補上。表1是將整個內容分爲五大部分，作爲分類討論的依據。表2是將CHEM 教材各章內容以方框隔出，並附上章數，以顯示講述的次序。由這個表可以看出有那些內容是CHEM 所無，而爲其他教材增補的。表3，4，5是依同樣方法將COTTON , O'CONNOR , PARRY 各章的內容割出，可以由此看出各編者對教材的處理方式；或做增添，或做裁剪，或做重新組合。我們將先研究各教材對各大部分之間彼此的關係，作一概括性的比較。

表 1　依內容性質分爲五大部份

表 2　CHEM 章節歸類表

1. 科學活動
不準度 { ±
有效數字

4. 氣體 P-V
氣體 V-T
絕對溫度
氣體動力論
PV=nRT
(非理想氣體)

2. 氣體的 P-V 關係
粒子模型
分子，原子，莫耳
元素與化合物

3. 化學反應方程式

7. 反應熱
能量守恒
分子內能
核　能

8. 影響速率之因素
碰撞原理
反應機構
速率定律式
分子動能分佈
活化能

5. 位能
純質相的變化
蒸氣壓
溶液、性質、種類、濃度。
溶液之導電
物質的電性
電子-質子模型
離子固體

週期表
- 鈍氣
- 鹼金屬
- 鹵素
- 氫
- 第三列元素
- 第二列元素

6. 概述原子構造
原子序，質量數，同位素

9. 平衡的性質
勒沙特列原理
平衡常數式
與速率定律式之關係
能量與亂度

14. 化學的證據

物理的證據	陰極射線
	油滴實驗
	正離子-質譜儀
	拉塞福模型
光波	光譜

19. 鹵素

電子組態及大小	
來源製備	
含氧酸	
氧化還原	
氟	
照相化學	

21. 鹼土族

電子組態及大小	
來源製備	
酸鹼	
氧化還原	
化合物之溶解度	

10. 以平衡解釋溶解度
離子化合物之溶解度　Ksp

15. 氫原子光譜
能　階
波爾模型
多電子能階
週期表與游離能

20. 第三列元素

物理性質	金屬固體
	網狀固體
	分子固體
氧化還原	
酸鹼性質	
來源及製備	

22. 過渡元素

電子組態	
一般性質	
錯離子	
Sc，Ti，V，Co，Cu，Zn，Cr	
Fe（煉鐵）	
Mn（乾電池）	
Ni（蓄電池）（鉛電池）	

11. KW
酸鹼定義
酸鹼滴定
Ka 酸的強度
質子轉移學說

16. 共價鍵
鍵結 F，O，N，C，B Be，Li
分子形狀及極性
雙鍵及 isomer
參鍵

18. 碳化合物

分子構造	實驗式
	分子式
	結構式
反應	取　代
	氧化及官能基
飽和烴　isomer	
不飽和烴（加成）	
芳香烴（取代）	
聚合物	

23.
鑭系，錒系
核穩定性
放射性種類
核反應與核能
C^{14}
同位數追踪

12. 電化電池
E° 與反應預測
平衡方程式
電解

13. Stoichiometric Calculations
硫酸製造法
化合物的名稱（離子）

17.
元　素
化合物
- 凡得瓦力
- 共價鍵
- 金屬鍵
- 離子鍵（水合）
- 氫鍵

24. 生物化學

25.
地球的年齡
（半生期、地球、行星、恒星之構造）

表 3　COTTON 內容歸類表

1. 科學活動

2. 不準度 { ± / 有效數字

氣體之P-V
氣體之V-T
絕對溫度

3. 粒子模型
分子，原子，莫耳

氣體之P-V關係

氣體動力論
PV=nRT
(非)理想氣體

元素與化合物　4. 化學反應方程式

12. 反應熱
能量守恒
分子內能

核　能

位能
純質相的變化
蒸氣壓

10. 溶液之導電
溶液、性質、種類、溶度

物質之電性
電子-質子模型
離子的固體
概述原子構造
原子序，質量數，同位數

接Chap. 22

6. 週期表
- 鈍氣
- 鹼金屬
- 鹵素
- 氫
- 第三列元素
- 第二列元素

(m.p. b.p. 原子容)

13. 影響速率之因素
碰撞原理
反應機構
速率定律式
分子動能分佈
活化能

7. 化學證據
物理證據
- 陰極射線
- 油滴實驗
- 正離子－質譜儀
- 拉塞福模型

18. 鹵素
- 電子組態及大小
- 來源製備
- 含氧酸
- 氧化還原
- 氟

照相化學

19. 鹼土族
- 電子組態及大小
- 來源製備
- 酸　鹼
- 氧化還原
- 化合物之溶解度

14. 平衡的性質
勒沙特列原理
平衡常數式與
速率定律式的關係
能量與亂度

15. 以平衡解釋溶解度
離子化合物之溶解度
Ksp

光波　光譜

8.
氫原子光譜
能　階
波爾模型
量子力學
多電子能階
週期表與游離能

20. 第三列元素
- 物理性質
  - 金屬固體
  - 網狀固體
  - 分子固體
- 氧化還原
- 酸鹼性質
- 來源及製備

21. 過渡元素
- 電子組態
- 一般性質
- 錯離子
- 特殊性質
  - Sc，Ti，V，Co，
  - Cu，Zn，Cr
  - Fe(煉鐵)
  - Mn(乾電池)
  - Ni(蓄電池，鉛電池)

KW　16.
酸鹼定義
酸鹼滴定
Ka，酸的強度
質子轉移學說

9.
共價鍵
鍵結：F，O，N，C，
B，Be，Li
分子形狀及極性
雙鍵及 isomer
參鍵

23. 碳化合物
- 分子構造
  - 實驗式
  - 分子式
  - 結構式
- 反應
  - 取代
  - 氧化及官能基
- 飽和烴
- 不飽和烴：加成
- 芳香烴：取代
- 聚合物

} isomer

22. 鑭系
鋼系
核穩定性
放射性種類
核反應與核能

C^{14}
同位素追踪

17. 電化電池
E°與反應預測
平衡方程式
電解

11. Stoichiometric Calculations
硫酸製造法
化合物的名稱(離子)

10.
元素
- 凡得瓦爾力
- 共價鍵
- 金屬鍵

化合物
- 離子鍵
- (水合)
- 氫　鍵

硼的鍵結

25. 地球的年齡(半生期)
地球、行星、恒星之構造

24. 生物化學

表 4　O'CONNOR 章節歸類表

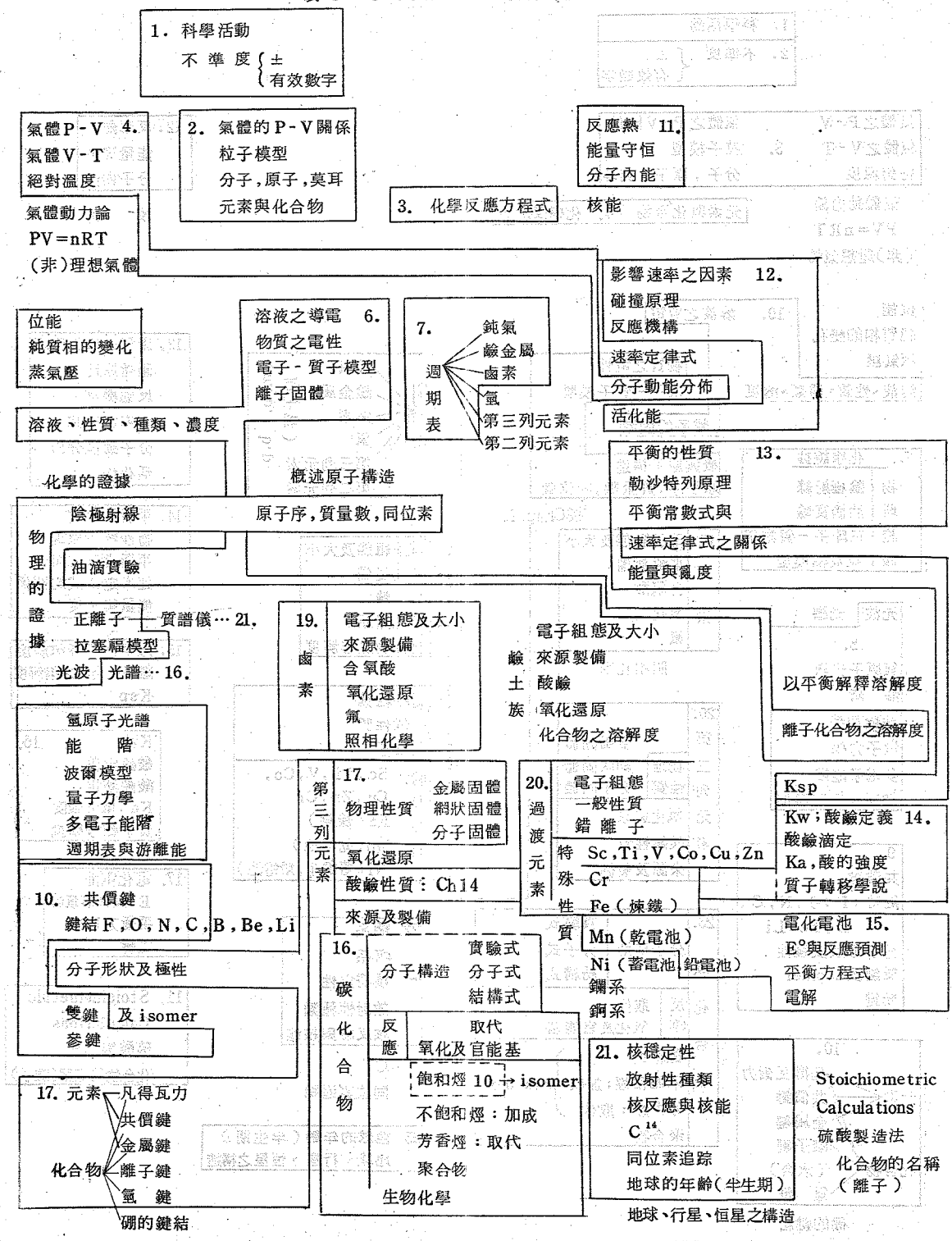
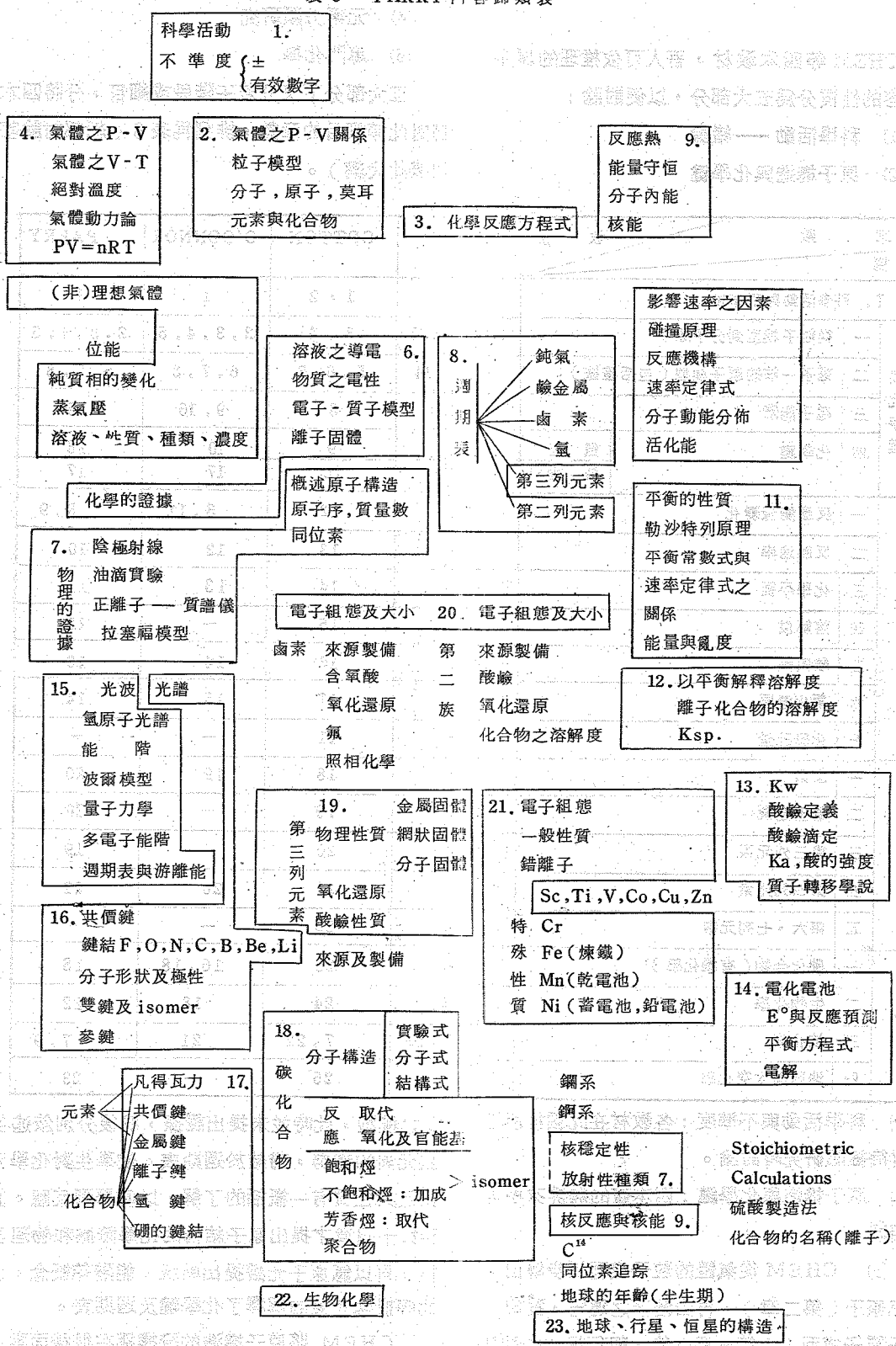


表 5　PARRY 內容歸類表



貳、概括的比較研究

CHEM 等四本教材，吾人可依推理的順序和內容的性質分爲五大部分，以便討論：

(1) 科學活動——緒論

(2) 原子構造與化學鍵

(3) 化學反應

(4) 元素分類研究

(5) 專門化學

五大部分下又分若干階段或細目，分將四本書對此等細目的章數，排列爲表6（細部討論即依據此大綱）。

大綱 \ 章數 \ 教本				CHEM	COTTON	O'CONNOR	PARRY
I. 科學活動與不準度				1	1，2	1	1
II 原子與化學結構鍵	一	從粒子模型到分子原子		2，3，4，5	3，4	2，3，4，5	2，3，4，5
	二	電子—核的原子模型（包括證據）		5，6，14	5，6，7	6，7，8	6，7，8
	三	電子能階		15	8	9，16	15
	四	化學鍵	氣相	16	9	10	16
			液，固相	17	10	17	17
III 化學反應	一	反應能量變化		3，7	12	3，11	3，9
	二	反應速率		8	13	12	10
	三	化學平衡		9	14	13	11
	四	溶解度		10	15	—	12
	五	酸與鹼		11	16	14	13
	六	氧化還原		12	17	15	14
	七	化學計量		13	11	—	—
IV 元素分類研究	一	鹵素		19	18	19	20
	二	鹼土金屬		21	19	—	20
	三	第三列元素		20	20	—	19
	四	第四列元素		22	21	20	21
	五	第六、七列元素		23	22	—	—
V 專門化學	一	碳化合物（有機化學）		18	23	16，18	18
	二	生物化學		24	24	18	22
	三	核化學		7，23	7，22	21	7，9
	四	地球與太空化學		25	25	—	23

㈠ 科學活動與不準度：各教材在此編排相近，留待細部研究時討論。

㈡ 原子構造與化學鍵：四本書的編排次序均不相同。

(1) CHEM 從氣體的粒子模型逐步導出分子與原子（第二章），再由溶液之導電，推出「電子質子模型」（第五章）後，即行提出有核原子之模型，此時並未提出證據，然後分別敘述各族元素的趨勢，歸結於週期表。使學生對化學元素及其性質有一概括的了解，以便學習反應。直至第十四章才提出原子結構的化學證據和物理證據。再以氫原子光譜提出軌域、能階等概念。以此等概念完美的解釋了化學鍵及週期表。

CHEM 將原子構造的證據挪在很後面講，

可使學生不覺得過於艱澀，但畢竟缺乏連貫性。

(2) COTTON 則將此部分合併在一起，一併講完，其優點與劣點與CHEM 完全相反。

又COTTON 將 CHEM原列於凝相一章刪除，而其「溶液」部分改在凝相中「離子」鍵後順便提起，對分離溶液的方法顯然未予重視。

(3) O'CONNOR一書與COTTON 相似，將原子構造與化學鍵集中一併講，但凝相中的化學鍵則在「化學反應」之後講述，相隔六章之多。

(4) PARRY則介於二極端之間，在提出「質子一電子模型」（第六章後），即提出化學及物理的證據（第六、七章），第八章介紹週期表；但光譜、能階、軌域則至第十五章才講，如此似乎較適當。

㈢ 化學反應：四本教材均是按照反應與能量的關係，反應速率，化學平衡，溶解度，酸，鹼，氧化還原的順序講授，其內容亦大致相同，僅有下述二點不同之處：

(1) O'CONNOR 將「溶解度一章拆開，將離子化合物之溶解度合併在第六章溶液中講述，其溶度積（Ksp）則在第十三章平衡常數計算中加以說明，對一般溶解現象之解說則予省略。（參見表4）。

缺點：①第六章溶液之前並未學過週期表，而離子，化合物在水中溶解度的規律性有賴於對週期表知識的瞭解。

② 將 Ksp 與其溶解度分開講授，缺乏對溶解度具體的觀念。

③ 無法應用平衡動向的性質及能量，亂度之理論。

(2) CHEM 此部份最後一章 — 第十三章「化學計量」其計算部份僅是普通之 Stoichiometric Calculations 甚爲簡易，可併入其他章節講授。其所以專闢一章者，欲藉此說明硫酸製造過程。因 CHEM 注重推理，故工業製造過程甚少講述（僅硫酸與氨而已），此處乘便提出硫酸，賴有「棄之可惜」的味道，實則與教材其他部份不相連屬。O'CONNOR與 PARRY將此章省去。COTTON 則將此部分排至本部分之最前面（第十一章），並加入離子化合物的價鍵數命名等。以與第四章做一銜接。

㈣ 分類元素研究：本部份是利用(2)(3)所學的理論對同行的元素（鹵素、鹼金屬），同列元素（三、四、六、七列元素）的研究，討論其電子組態，化學鍵，酸鹼性質，氧化還原反應等等。學過此部份以後，對週期表上具有代表性之元素均有一番瞭解。

(1) COTTON與CHEM 內容幾乎完全相同。（參見表3）。O'CONNOR與 PARRY 則作了相當大的裁減。

(2) O'CONNOR 將鹼土金屬與第三列元素二章省略。鹼土金屬是完全刪去。第三列元素則拆散按其性質，分別排入化學鍵及酸鹼部份講述。至於六、七列元素則改爲核化學並增加其內容（參見表4）。

(3) PARRY 雖保留鹵素與鹼土金屬，將二者合併爲一章，其時內容已大大減少，僅講述電子組態與原子大小而已。第六、七列元素亦已省略（參見表6）。

㈤ 專門化學：可分爲碳化合物（有機化學）、生物化學、核化學、地球與太空化學。

	CHEM	COTTON	O'CONNOR	PARRY
碳化合物	√	√	√	√
生物化學	√	√	√	√
核化學	√	√	√	√
地球與太空化學	√	√	√	√

註：

1. O'CONNOR將生物化學併於碳化合物中。
2. CHEM與COTTON 二教材，第六、七列元素一章，僅有很少篇幅講到，鑭系與錒系，其他內容均屬核化學。PARRY 未講鑭系和錒系，將核化學分到其他章中。(表5)
3. 本章名稱各書不一，茲按PARRY 者作爲代表。

綜上所述，並參見表2，可知COTTON，O'CONNOR與PARRY三本教材內容均大致在CHEM之範圍之內，增添不多。反而由表3，4，5可以看出，O'CONNOR與PARRY有不少的刪除，尤其在(四)(五)部份。爲了配合高中化學的需要，將較瑣碎的部份省略了。

以風格而論，CHEM教材最注重的目標是建立一種正確的科學精神，故對規律性之釋求，模型之建立，均詳述其推導的過程。PARRY與CHEM之精神最爲接近，甚有過之。COTTON教材最特殊的，便是他們把實驗編入一教材中；其次，COTTON將教材內容做完整的合併不問標題的內容不穿插講述，但就其內容而言，COTTON的改動極少，幾與CHEM完全相同，O'CONNOR無論就風格，就編排均是變動較大的。該書偏重定義式的敍述（當然不完全是），缺點是較少推理，但優點是清晰明確，內容簡潔扼要，對光譜與核化學部份作了較大的增添。這些可供我們修訂高中化學課程標準之研究與參考。

（上接36頁 中小學自然科學教學分析(下)）

方面，只有若干國中（註六）從事科學教學法之實驗研究。因爲缺乏具體客觀而有系統的分析技術，以記錄其過程，並評量其成果，始終不爲多數人所接受。「教學交互作用分析」可以評量教師給學生多少積極參與學習活動的機會（Freedom of action）正是新的科學教育所重視的一大重點。

〔附註〕

註一、行政院國家科學委員會高中教學及自然科課程及教材研究小組「研究報告」第25頁，民國61年四月。

註二、Ned A. Flanders: "Classroom Interaction Analysis," A Reading paper for sec. Ed. 346, University of Nebraska, 1971.

註三、行政院國家科學委員會委託台灣省立高雄師範學院研究：「國民中學數理科教育調查研究報告」第29頁，民國63年6月。

註四、台灣省立高雄師範學院——高雄市立五福國中，合科課程之實驗研究。
板橋台灣省立國民學校教師研習會，美國SCIS，AAAS，ESS等教材研究。

註五、國立台灣師範大學科學教育中心：教育部委辦「國民中學數物生化四科學習成就評量方法改進研究計劃」。

註六、現代啓發式教學研究實驗國中：台南市立中山國中、金城國中、嘉義縣立嘉義國中、台中縣立大甲國中、台中市立育英國中、台北市立西松國中。

（上接66頁 二月份國中生物教室）

4. 再生與癒合有何區別？

〔答〕傷口癒合就是皮膚細胞「再生」的結果。

5. 找不到鴨跖草時，以什麼花粉來代替花粉管的觀察實驗？

〔答〕請試試鳳仙花，用5％或3％的糖水。其實鴨跖草是很好的材料，只要有一小枝，很容易插枝繁殖。

6. 課文裏說：雄蠅經x光照射，以破壞精子的生殖能力，使精子不能與卵結合，但教師手冊却寫「卵可與不育性雄蠅之精子結合」。究竟那邊對？

〔答〕雄蠅經x光處理後，其精子內的染色體發生變化，不過精子仍可以形成受精卵，但因精子的染色體已變化，這些受精卵不能發育。

7. 耳垂遺傳爲顯性，但有一位學生却有左耳垂分離，右耳緊貼著，怎麼解釋？

〔答〕耳垂遺傳爲單純一對因子的遺傳。貴班學生的情形，可以說是一種特殊的情況，生命世界事實上頗多變異，關於耳垂的位置可能也如此，也許有些分離或緊貼「程度」上的不同？請記下這一位學生頭部的正面或背面照片，大家來研究看看！