

BSCS黃版教本 實驗探討活動的分析報告

Pinchas Tamir & Vincent N. Lunetta 原著 黃台珠譯

新的科學課程以教導學生利用實驗室的探討方法，發展其解決問題及思考的能力為目的，但事實上絕大多數的學校實驗課程，仍然只為學生提供問題的定義、步驟，甚至僅供學生核對答案的「標準答案」。

最近許多研究報告已經開始注意到去分析怎樣的教學方式才是最有效的，其中某些研究報告很專門，如：實驗活動的說明文字對學生觀察的影響、以影片實驗教學代替實際實驗室教學活動在認知上和情意上對學生的影響。

本篇研究報告的目的有三：(1)提供精細分析表來分析實驗室內的探討活動，(2)根據此分析表來分析BSCS黃版第三版的教材，(3)討論此項分析結果在教學上及課程發展上的意義。

方法

分析探討活動中我們設計了兩種分析表，其一含有十六項分析要點，用以分析個別的探討活動（表三）；其二含有四項分析要點，用以檢定實驗活動與這學科其他教材統合程度。十六項分析表包括探討的技能以及實際操作實驗的能力。BSCS黃版第三版教材中的七十個實驗探討活動都被拿來分析，並不包括其他附加的或選擇性的實驗探討活動，分析時並沒有參考教師指引或者其他的課外指導讀物。在分析每一探討活動時，我們以這二十項分析要點為基準，由實驗的說明文字來考察是否對學生有這些訓練。所以，每一實驗探討活動最多得到二十分（因為這兩個分析表要點加起來共二十項），而每一項分析要點的最高分數是七十分（因為教材中共有七十個探討活動）。出現次數的分析是將全書中不同主題的教材分別整理後比較所得。

表一 在不同主題篇下比較探討活動的數目

主 題	章的數目	實驗次數	實驗指數*
生物的通性	8	17	2.13
生物的歧異性			
動 物	8	15	1.88
植物和微生物	7	24	3.43
交互作用	3	5	1.67
遺傳延續性	10	9	0.90
總 計	36	70	1.94

$$* \text{實驗指數} = \frac{\text{實驗次數}}{\text{章的數目}}$$

結果與討論

BSCS第三版黃版教材是將講習教材與實驗教材統合編纂的，表一是在各不同主題篇下實驗探討活動出現的次數，總觀起來，大致是每章有兩個探討活動，但是每個主題中所含探討活動的次數並不相同，如在遺傳延續篇每章不到一個探討活動，在生物的歧異篇中，植物和微生物部分的探討活動幾乎是動物部分的兩倍，這是因為在實驗室內操作動物較為困難。

表二為在此教材中各實驗活動的組織性與統合性的分析數表，其中「活動在教材之先」的探討活動是表示探討活動安排在教材的前面，不單可以使學生能由實驗探討活動中有自行「發現」的機會，更因這些探討活動都與教材密切配合，還可增進其統合學習的體驗。一般說來，四分之一的實驗設計是屬於不同操作和結果的集體活動。但是很不幸的是對於實驗後必須的探討活動卻沒有特別的指導。使得有的老師將活動的結果當作討論，有的老師認為學生只要將實驗活動中的問題答出來就夠了。老師們也常覺得實驗後的討論時間不夠。除非實驗指導對這些討論活動提供

表二 BSCS黃版第三版教材中探討活動的編排組織與統合程度
(用出現次數和百分比表示)

探討活動與教材之組織方式	主 題 與 探 討 活 動 數 目						
	生 物 的 通 性	生 物 的 歧 異 性		交互作用	遺傳延續	總 計	
		動 物	植 物 和 微 生 物				
實驗探討活動數目	17	15	24	5	9	70	
	N %	N %	N %	N %	N %	N %	
活動排在教材之先	13 76	13 87	24 100	4 80	9 100	63 90	
活動和教材統合在一起	16 94	13 87	19 79	5 100	9 100	62 89	
不同操作和結果的集體活動	3 18	4 27	3 13	2 40	4 44	16 23	
必須實驗後討論的活動	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	

表三 舉BSCS黃版教材中的例子說明實驗活動分析表

探 討 的 技 能	舉 例 ^a
1 認識並發掘問題	你要探討青蛙的各種組織構造……，假定你就是第一個要解剖青蛙的人……，現在開始做吧！〔15-2〕
2 建立假說	由觀察結果，你能推想出樹的木栓層的功用嗎？〔3-1〕
3 預 測	(a)澱粉能單獨的與雙尿劑作用嗎？〔4-1〕 (b)如果將一條甘油處理過的肌纖維同樣地置於鹽水中，再一滴一滴的加入ATP，會發生什麼變化？〔6-4〕
4 設計觀察和操作的步驟	(a)利用你學過的，進行支持你假說的觀察。〔9-2〕 (b)在這探討活動中，對照組應該如何設計？〔13-1〕
5 設計實驗	設計一個實驗以測定鰻 (Vinegar eels) 對 pH 值的忍耐度。 〔16-1〕
6 進行觀察、操作與實驗	(a)將它置於一滴 5 % 的溶液中，並在顯微鏡下觀察。〔6-2〕 (b)腹部的形狀如何？〔27-1〕 (c) F_1 代將有多少？〔27-2〕 (d)如果你做了下面的實驗，你就會知道植物對光的反應。 〔19-3〕
7 記錄與敘述實驗結果	(a)溫度對心跳速率的影響如何？〔11-2〕 (b)你在紙上看到什麼？〔21-2〕

探 討 的 技 能	舉 例 ^a
8. 將結果標準化	(a)利用方格紙將數據做成圖表。〔11-2〕 (b)將你從顯微鏡下看到的草履蟲畫出來，並加上所觀察到的各種內部構造。〔9-1〕
9. 解 釋	試解釋為什麼材料中的木栓細胞具有不同的形狀？〔3-1〕
10. 做推論並做出結論	(a)觀察的結果代表什麼意義？〔17-3〕 (b)你的結論是什麼？〔17-3〕 (c)每一試管中將有什麼變化？〔17-4〕
11. 建立定理或模型	(a)根據你對細胞性質所做的探討，將你所做的研究做成結論。〔3-3〕 (b)青蛙的什麼特性使得它是研究水平衡的好材料？〔13-1〕
12. 認定「限度」或「假定」	(a)本氏液是否可以檢定所有的醣？〔4-1〕 (b)你能說明此探討活動中在什麼「假定」之下要用過氧化氫嗎？〔4-2〕 (c)由這個證明，是否表示染色質上具有一個定點相當於所知的胺基酸？〔5-1〕
13. 操作技術	(a)如下法所示將碘液滴於玻片下。〔3-2〕 (b)按 5-9 的說明製作計卡器。〔5-3〕 (c)染色細菌的技術。〔22-3〕 (d)你能用這一個小設計(Potometer)來測定植物的蒸散速率嗎？〔18-3〕
14. 操作定量工作	(a)在反應室內所有溫度的變化是多少？〔4-2〕 (b)做一圖表以表示移動速率與時間的關係。〔18-3〕 (c)在試管 1 中的物質被稀釋多少倍？〔23-1〕 (d)反交後，有多少比率的子代是突變種？〔27-2〕
15. 操作“乾”實驗	這裏有五個實驗的描述，你由它們中找出下列問題的答案。〔19-4〕
16. 自己設計實驗	這裏只有提示—你必須用你所學過的去設計實驗，並解釋你的發現，……，現在開始做吧！〔15-2〕

^a “〔〕”指BSCS 1973年黃版教材的探討活動編號

更清楚地說明，否則許多探討活動所預期的效果將會喪失掉。

BSCS黃版教材中相關實驗的例子，這些例子可以幫助說明每一項分析方法的意義，並且也可以

表三為分析實驗的十六項方法，並附有取自

應用於其他實驗教材的分析工作上。

表四 分析BSCS黃版教材中實驗探討活動所得的結果

探討的技能	各篇主題以及探討活動的數目											
	生 物 的 通 性		生 物 的 歧 異 性				交 互 作 用		遺 傳 與 延 續		總 計	
			動 物		植 物 和 微 生 物							
探討活動的數目	17		15		24		5		9		70	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1 認識並發掘問題	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2	3
2 建立假說	5	29	7	47	7	29	0	0	2	22	21	30
3 預測	4	24	5	33	4	17	4	80	1	11	18	26
4. 設計觀察和操作的步驟	8	48	5	33	6	25	2	40	0	0	21	30
5. 設計實驗	2	12	3	20	3	13	2	40	0	0	10	14
6. 進行觀察、操作與實驗	17	100	15	100	23	96	5	100	9	100	69	99
7. 記錄與記敘實驗	17	100	15	100	24	100	5	100	9	100	70	100
8. 將結果標準化	5	29	8	53	3	13	1	20	2	22	19	27
9. 解釋	5	29	8	53	5	21	2	40	3	33	23	33
10. 做推論並作出結論	17	100	14	93	24	100	5	100	8	89	68	97
11. 建立定理或模型	3	18	9	60	2	8	2	40	2	22	18	26
12. 認定「限度」或「假定」	6	35	2	13	2	8	1	20	0	0	11	16
13. 操作技術	12	71	12	80	9	38	4	80	3	33	40	57
14. 操作定量工作	6	35	7	47	4	17	4	80	7	78	28	40
15. 操作“乾”實驗	0	0	1	7	1	4	0	0	1	11	3	4
16. 自己設計實驗	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	1	1

表四是用這種實驗分析表分析所得的結果，由表四可以歸納出下列幾點結論：

1 在大多數實驗探討活動中，學生都有觀察、操作、實驗的工作，並且將所發現的做成結論和各種相關資料。只有4%的實驗是「乾」的一即根據教材所提供資料以進行探討活動的實驗；另外96%是要學生親手操作各種生物或物質。大約有60%實驗探討活動是要求學生學習和練習實際實驗技術，大約40%是訓練學生計算和定量處理數據。如上面所說實驗要與教材統合，所以大家必同意這種實驗探討活動的設計在整個教材上佔有極重要的角色。

2 談到實驗探討的技巧，如下列情況：約有

三分之一的探討活動要求學生說明假設、預測、觀察、操作、解釋、將結果標準化（用表、方格紙或圖形）、說明通性，這種訓練分佈於所有實驗探討活動中，我們認為以這樣的方式表現於高中教材中是很合適的。

3 我們認為在實驗探討的技巧上仍有欠缺：只有七分之一的探討活動是要學生設計他們自己的研究，事實上，並沒有給予學生充分的機會去認識和發掘問題，也沒有給予學生自己設計實驗自己去做的機會。在唯一讓學生自己做的活動〔探討活動15-2〕中，又給學生太多說明和指導了，使學生不能發揮其獨立研究的精神。實際上，教材對這些探討活動已經指定出問題，並且說（下接13頁）

）來學習，在教學上來說這是很難運用的技術。

摘要

戴爾認為：學習途徑或學習活動方式之選擇，應儘可能往經驗塔的基部，愈低愈好，但，

- 我們無法使學生每一個單元都做直接經驗的學習，這時，可考慮帶學生去參觀一個研究室。

- 我們無法帶學生去參觀教材有關每一個研究室，這時，也許可以找一部影片來代替。

- 我們不敢讓學生親手找一個有危險性的實驗，這時，我們就做個示範實驗。

- 我們有時候因經費短缺，無法購買儀器，這時可以帶學生到科學館去，讓學生參觀相同或

類似的實驗。

- 我們沒有足夠的時間來實施「模擬遊戲」的學習活動，也許可以用視覺符號配合講演。

總之，最好的學習活動就是直接經驗的學習活動，讓學生由親身經驗中自行發現科學概念。但這種具體的學習活動，往往較費時，同時學生也應該隨其年齡的提高，慢慢學習「抽象學習」，使他們能由抽象的媒體資料（語文、視覺符號）做更有效的學習。無論運用何種媒體資源，做任何一種型態的學習活動，教師應設法啟發學生思想，同時培養學生抽象學習的能力。

〔作者現職：國立臺灣師範大學生物系副教授〕

（上接 36 頁，BSCS 黃版教本實驗探討活動的分析報告）

明各步驟的意義，只有少數是要學生自己去觀察和去安排實驗步驟的，實驗活動上最多只是寫著“如果時間許可，做一些關於植物對其他刺激反應的實驗”。

根據我們分析的結果，使我們發現BSCS黃版的所有探討活動都給予學生固定的問題和詳細的操作說明，無法達到Herron (1971)「探討活動的開放教學」中所定出四種教學等級中的第三級到第四級，這些結果和Herron 自己分析BSCS第二版藍版教材中的結果一樣，但是Herron 發現BSCS第二版藍版教材中有73%是屬於第零級，一即將問題、方法、意義、答案均提供給學生一，而我們發現在BSCS第三版黃版教材中沒有一個活動是屬於第零級，所有活動均屬於第一級（未供給學生答案），甚至有的活動使學生自動自發，是超過第一級的。

結論

1 本篇所運用的「實驗探討活動分析表」和「統合組織分析表」對實驗課本的分析工作是很有效的，應可應用於其他科學課程的實驗活動分析上。

2 BSCS教材中實驗探討活動，在整個教材中擔任著極重要的角色。也許可在遺傳延續篇內

再加入一些探討活動。

3 有足夠的實驗操作的探討活動，使學生可以由實際的物質操作，定量或定性的工作中，找出結論、相關資料及通性，並且應用於結果的解釋上。

4 實驗活動的安排依照探討活動的需要而分為個人的、小組的及全班性的活動。

5 經實驗教材的研究分析後，發現有下列三項缺點：

- (a)沒有讓學生自己發掘或組織問題。

- (b)學生很少有機會自行設計實驗的方法及思考其意義，縱使有，也不全是由他們自己設計的。

- (c)對於實驗後的討論沒有明確的指導，使學生對他們的發現與其中所代表的意義無法連貫在一起。

雖然BSCS第三版黃版教材在實驗設計上已有顯著的改進，但是仍然有三項美中不足的缺點有待改進。當這些缺點獲得補救之後，BSCS教材中的實驗活動應能充分發揮其效能。

〔譯自 The American Biology Teacher, Sep. 1978. 譯者現職：國立臺灣師範大學科學教育中心研究員〕