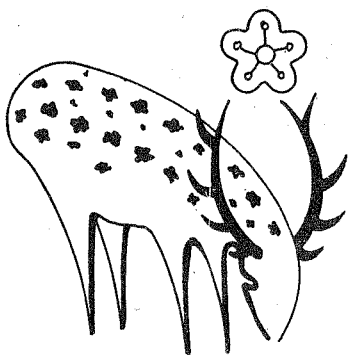




# 十一月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

這一個月我們還是繼續談「發現」與「探討」的學習。

在探討的教學中教師的任務，就是建立適當的學習情境，使學生能夠在活動中，自行發現科學概念或原理。這一種學習情境，當然就是「學生中心(student-centered)」的活動。但教師仍然要設法提出適當而足夠的輔導與啟發，以幫助學生找到其探討的正確方向。

## 探討的本質與發問

教師為幫助學生尋找正確的探討方向，最常用且最重要的技術就是「發問技術(questioning skill)」。

教師適當的發問，能引導學生進入探討的情境，幫助學生組織他們原有的思想，並啟發其新的思想。

凡是有經驗的科學老師，都很會「發問」，所問的問題都很「好」。究竟有沒有「秘訣」？秘訣在那裏？

好的發問者，事實上就是好的「交談者」。他與學生「談得來」。為什麼談得來？因為他會「傾聽」學生的話，所以他察覺學生心裏的話，也能了解他們腦裏所想的問題，自然就能「交談」，也能發出適當的問題來，以幫助學生組織思想，也能啟發其思想。

傳統的教學，都是「老師講，學生聽」。用這種方法教師實在無法了解學生在想什麼？自然就無法發出適當的問題，以啟發學生思想。因此，現代的科學教師自應先儘量減少「講」課的時

間，多聽學生的話，多發問，將其重點由教師「教書」，移到學生「學習」活動。如果說：教師發問有「秘訣」，那麼「設法了解學生的困難」就是秘訣。一旦教師知道學生的困難所在，教師就能組織適當的問題來發問，積極而且具體地啟發學生的思想。

任何科學學習活動無論是討論、實驗、示範、評量或野外實習，都需要「適當的發問」。為使學生能積極參與探討學習活動，教師需要預先設計一系列適當的問題，也需要預測一些學生們可能發問的問題。這時，所應考慮的有下列幾點：

1. 將試行發展的是何種「才能」？例如，創造能力，籌劃能力，溝通思想的能力，或決策的能力……等。
2. 希望培養何種過程技能？例如，設立假說，推理，解釋數據資料，或建立結論的能力……等。
3. 關於教材內容，應發展至何種認知的階層？例如，知識、理解、應用、分析、綜合或評鑑……等。
4. 你所能接受的答案型態或內容應如何……等。

總之，在探討科學的學習活動中，教師需要做的就是一連串一系列適當的發問，以啟發學生思想，發展或培養其探討科學的技能，並協助學生發現概念，發現自然界各種現象的原理與法則。

## 發問內容的分類

發問應能反映出其單元學習行為目標。美國

芝加哥大學的教育家布倫氏( Benjamin Bloom , 註1 ) 在1956年領導一組教育家建立著名的「教育目標系統分類( The Taxonomy of Educational Objectives )」, 將教育目標, 依其內容性質, 學習行為之相關複雜性, 做層次有系統分類, 廣泛地為全世界許多教育者所接受, 我國教育部之「高中題庫」, 師範大學科教中心的「國中數學及自然學科學習成就評量研究」等, 都採用布倫氏此項分類, 想我們高中各科教師應均不陌生。

布倫氏將教學目標先分為認知( the cognitive )、情意( the affective ) 及技能( the psychomotor ) 等三個領域( domains )。在認知的領域, 再做階層的分類, 由低層次依次為知識、理解、應用、分析、綜合及評鑑等六個階層, 分別簡述如下:

知識( knowledge ): 為最低的認知行為, 關於所學知識, 單純的記憶與認識。包含關於術語、單一事實的知識, 有關處理事物方法的知識, 甚至關於原理法則的知識, 學生僅做單純的接受, 很少重組知識的行為, 俗稱「只知其然, 不知其所以然」。

理解( comprehension ): 把握所學知識或資料的意義, 包含正確而忠實地轉換知識型態, 重組或闡釋所學知識, 以及根據所學知識資料, 推理其趨勢, 結果或影響等能力的教學目標。

應用( application ): 將所學的知識、方法、技術運用於新的、具體的情況等能力的教學目標。

分析( analysis ): 將「整體」分析為各個要素, 或闡釋其相互關係, 或其組織原理等能力的教學目標。

綜合( synthesis ): 將所學的知識, 方法或技術, 組織成為新的整體, 表現其獨特的創見或創造能力, 包含綜合表達, 規劃與設計以及抽象關係之綜合能力等教學目標。

評鑑( evaluation ): 能運用所學知識, 為特定目的, 選用適當的基準或標準, 以做價值判

斷的能力, 例如, 根據邏輯結構, 正確度、濃度、成份等以評鑑價值或品質; 根據其影響力, 判斷其存在價值或貢獻等能力等, 是為認知的領域中最高的行為表現。

教學目標可以按布倫氏系統分類來分類, 那麼測驗與「發問」也應可照樣分類。在探討的學習活動中, 為啟發學生思想, 培養其創造性, 發問所要求的學生反應, 應儘可能是屬於較高階層的行為。

下面是發問各階層範例:

知識:

「一般細菌有那三種形狀?」

理解:

「細菌的細胞核與一般高等生物的細胞核有什麼不同?」

應用:

「某牧場發生牛的傳染病, 病牛的血液中發現異物, 如何鑑定此異物是否病原體?」

分析:

「黏菌的生活史中, 那一部分顯示其對於陸上生活的適應? 那些部分還屬於水中生活的適應?」

綜合:

「根據這些觀察(或資料), 應該能建立什麼假說?」

評鑑:

「如果你要重新做過這項實驗, 你要怎樣改進?」

教師可以將自己的「發問」根據布倫氏分類, 試行分類。儘量減少低階層的問題。但並不是說每一個發問都要在「高階層」。請勿忘了, 發問的目的是在指出學生探討的方向, 啟發其思想, 所以應由簡而繁, 由近而遠, 由低而高, 設計邏輯的一系列的問題。

科學教育的目的, 在培養其以科學方法解決問題的能力, 所以科學教師的發問, 也可以針對此項目的來設計, 下面是另一種分類的範例:

觀察：

「在戶外睡眠者患瘧疾較多；掛蚊帳睡眠者患瘧疾者少；患瘧疾者都會發高燒；在低窪地區患瘧疾者多，上面這些事實中，那些是解決瘧疾傳播問題所需之觀察事項？」

建立假說：

「根據上面的觀察，應能建立什麼假說？」

推論：

「根據上面的假說，應如何推論？」

「你怎麼知道，葡萄糖由透析膜裏面擴散出來？怎麼知道澱粉並沒有擴散出來？」

解釋數據資料：

「由上面的實驗結果，你如何說明葡萄糖與澱粉不同的擴散現象？」

設計或規劃實驗：

「應如何設計簡單的實驗，以說明擴散現象？」

「運用擴散原理，應如何設計簡單的實驗，以說明青蛙血球適當的濃度環境？」

無論物理、化學或生物實驗，其主要目的在於培養或發展學生科學過程技能（process skills）。如果實驗之後，僅核對一下「結果」就了事，學生由此項實驗所得絕對不夠。教師應「發問」，或促使學生互相討論（也是互相發問），以啟發思想，培養其觀察，推理，解釋資料或設計實驗等科學過程技能才對。

### 收斂型與開放型發問

發問依其所期望的反應，亦可分為收斂型（convergent questions）與開放型（divergent questions）等兩種類型。收斂型的問題，只要求單純的反應，或謂「標準答案」就能接近或到達結論。然而開放型的問題，則可能有很多不同的答案，也會有更多學生本身的創意或分歧不同意見的答案。在探討的學習活動，通常先以開放

型發問做為探討的開始。當學生在探討活動中遭遇到困難時，就隨時以收斂型發問，引導學生思考，或啟發其正確的思想方向。

所謂收斂型的問題舉例如下：

- ①濾過性毒比細菌大？還是小？
- ②TMV不能用一般培養基來培養，因為它們體內缺乏什麼？
- ③青黴素是什麼人所發現的？
- ④巴氏消毒法是高溫消毒？還是低溫消毒？
- ⑤死的S型肺炎雙球菌並不能使白鼠生肺炎，活的R菌，也沒有致病力，那麼死的S型菌與活的R菌放在一起，應該有沒有致病力？

請注意收斂型發問，所期望的反應，都是有限的答案，都可以用一句話，甚至一個詞或一個字就能得到「圓滿」的答案。

至於開放型的問題，下面是幾個範例：

- ①濾過性毒算不算生物？
- ②由TMV的特性討論應如何防止煙草嵌紋病的蔓延？
- ③夫里明（A. Fleming）在偶然的機會發現青黴素，由此說明「意外事故」在科學的演進方面有何重要性？
- ④從這一項有關擴散作用的實驗結果，你如何說明擴散作用的本质？
- ⑤根據這些觀察事實，應如何設法改進此類生物的培養技術？

請注意上面這些問題都是「開放的（open-ended）」，並沒有具體或絕對正確的「標準答案」，不同的學生都可能有不同的反應與答案。

一般說來，我們應避免收斂型的發問，尤其那些只需用「是」或「不是」就能答覆的問題。因為收斂型發問，限制學生的反應，學生沒有機會思想，也沒有機會辯論。像現在頗受歡迎的教育性電視節目「分秒世界」，主持人發出十二個問題，要求參加人在有限時間內（幾乎是「立即」）提出標準答案。這些都屬收斂型發問；答者必須迅速反應毫無思想的機會，答者知識廣汎，

反應靈敏，就能得較高獎金。在教育性遊戲的觀點來看，那是無可厚非，但如果學校裏的科學教室內都是這樣發問的話，那麼等於要求學生「只需知其然，而不必知其所以然」。就其「標準答案」來說，在科學的世界，有很多問題永無「標準」答案，就其效果來說，科學教育需要學生動腦筋，而不要學生直覺的，或謂機械的反應，甚至「猜測」答案。

探討的學習活動中，發問應能刺激學生思考，指示其思想的方向，使學生發現概念原理，導致學生發揮其創造能力。除非收斂型發問，能配

合學生認知結構，按邏輯的思想發展，做一系列的問題，按部就班地一步步引導至預期的終點行為(terminal behavior)，就像「循序教材」一樣，否則支離破碎收斂型的發問，對於學生並無任何益處，反而使學生進入歧途。筆者等曾訪問52校，記錄54班54位國中生物教師發問情形(註2)，結果發現有些老師很少發問，簡直只顧「講」課，忽略學生的存在，當然也有些老師經常發問，但可惜大都是收斂型發問，很少有啟發性的發問。

(表1) 生物教師發問技術分類

| 地 區           | 知識性發問數 |      | 啟發性發問數 |      | 合 計  |      |
|---------------|--------|------|--------|------|------|------|
|               | 總 數    | 每節平均 | 總 數    | 每節平均 | 總 數  | 每節平均 |
| 南部 13 校 13 班  | 26     | 2.0  | 9      | 0.7  | 35   | 2.7  |
| 臺中市 13 校 13 班 | 362    | 27.8 | 12     | 0.9  | 374  | 28.8 |
| 新竹縣 26 校 28 班 | 687    | 24.5 | 50     | 1.8  | 737  | 26.3 |
| 合 計 (54 班)    | 1075   | 19.9 | 71     | 1.3  | 1146 | 21.2 |

說明：(1)表內數字表示「獲得學生明確的反應」之教師發問次數。

(2)「知識性發問」：要求學生答覆課本或所講教材之內容。不需要考慮，也無啟發性。

(3)「啟發性發問」：要求學生敘述其思想之過程，或解釋其判斷之理由。

(4)「能不能...?」「可不可以...?」「有沒有...?」「應該如何...?」均屬知識性發問。「懂不懂?」不算發問。

(表2) 國中學生發問情形及其性質分類

| 地 區 (班 數)   | 質疑性發問數 |      | 研討或創造性發問數 |      | 合 計 |      |
|-------------|--------|------|-----------|------|-----|------|
|             | 總 數    | 每節平均 | 總 數       | 每節平均 | 總 數 | 每節平均 |
| 臺灣南部國中 (13) | 10     | 0.8  | 9         | 0.7  | 19  | 1.5  |
| 臺中市國中 (13)  | 50     | 3.8  | 10        | 0.8  | 60  | 4.6  |
| 新竹縣國中 (28)  | 69     | 2.5  | 4         | 0.1  | 73  | 2.6  |
| 合 計 (54 班)  | 129    | 2.4  | 23        | 0.4  | 152 | 2.8  |

說明：(1)質疑性發問：有關課本或教師所講解內容之質疑。

(2)研討性發問：有關課本或教師所講解教材之研討。

(3)創造性發問：超越課本或教師講義，具有創造性或富於想像力之發問。

一般言之，學生很少發問，平均每節只有2.8次，而發問幾全是質疑性問題(共129次，平均

每節2.4次)。具有創造性或想像力的問題平均每節只有0.4次。

(表3)

學歷別教師對學生發問之處理方式

| 對於學生發問處理方式              | 教 師 處 理 [次數( % )] |            |            |             |
|-------------------------|-------------------|------------|------------|-------------|
|                         | 師 大 生 物<br>系 出 身  | 一般大學出身     | 專科學校出身     | 合 計         |
| 提供思考方向方法或有關資料使學生自行尋求答案者 | 2 (2.1)           | 0 (0)      | 1 (4.2)    | 3 (2.0)     |
| 引導其他學生參與共同討論            | 3 (3.2)           | 0 (0)      | 3 (12.5)   | 6 (3.9)     |
| 直接答覆或解釋                 | 87 (92.6)         | 30 (90.9)  | 20 (83.3)  | 137 (90.7)  |
| 避而不答或答非所問               | 2 (2.1)           | 3 (9.1)    | 0 (0)      | 5 (3.3)     |
| 合 計                     | 94 (100 %)        | 33 (100 %) | 24 (100 %) | 151 (100 %) |

由表41.338顯示，在151次處理中，「直接答覆」最多，有137次，佔90.7%。受過專業訓練的教師，給學生發問的機會較多，其處理情形也稍為合理。一般大學相關科系出身者所任教之學生發問不多，其處理方式一般是直接答覆（90.9%），也有9.1%「避而不答」。專校出身者，其學生發問不多（24次），尚無避而不答，且有4次合理處理。

上面三個調查表顯示，我們的教師發問大多數屬於知識性，也就是收斂型發問，發問技術亟待改進。另一方面學生發問也很少（第三表），顯示學生甚少參與學習的機會，課堂上的交互作用（interaction）幾乎沒有。第三表又顯示，多數教師都沒有能夠切實把握學生發問的機會予以啟發思想，多數以直接答覆，可說又失去啟發思想大好機會，科學教育的效果可說甚低矣！

如果學生沒有機會積極參與學習活動，如果學生沒有機會充分發展其思想，就沒有真正的科學教育可談。科學教育的目的，就在培養能思想的人，能以科學態度去接觸問題，以科學方法解決問題的人。在探討的學習活動中，教師要以適當的發問，啟發學生思想，指導其思考的方向，但並不強要學生接受「權威性知識」或「標準答案」。

教師是否能進行適當的探討教學？下面就是您的自我評量問題：

1. 您在教室裏，經常向學生發問，要求學生回答問題，參與討論活動嗎？
2. 開放型發問，是否比收斂型發問多？

3. 進行討論活動之前，是否都先問學生有關討論問題的既有知識或基礎知識嗎？
4. 學生們真正參與討論活動的時間有多少？是否佔上課時間的百分之八十以上？
5. 當您向學生發出問題後，是否都會耐心等待至少一秒鐘，以便學生從容回答問題？
6. 當學生遭遇到困難時，您是否能及時提示適當的、具啟發性的收斂型問題，幫助學生找到解決問題的線索嗎？
7. 對於學生反應或回答，您是否經常重述其反應或答案，以表示贊同，或強調重點，或澄清其疑難與困惑部分？
8. 當學生向您發問時，是否經常提出適當的問題，以提示或啟發其思想，使學生能自行解決問題？
9. 除了有關認知或知識性問題之外，您是否發問屬於情意領域的問題？例如，有關學生的感受、興趣、價值或意願等。
10. 您是否經常讓學生有機會提出關於學習活動他們自己的意見或建議？例如，關於討論的方式，實驗的方法，探討的主題等。

## 十一月份教材研究

### 第七、九、十章

#### 濾過性毒、細菌、黏菌與真菌

##### 一、教學目標：

第七、九、十等三章都有類似的題材。所以，我們先談這三章。我國的課本，都將細菌、黏菌與真菌歸入第二篇植物界，而濾過性毒則歸屬第一篇生物的通性；但BSCS的原書裡這三章都屬於第二篇，做為生物的歧異性（Diversity of Life）的開頭。這些教材編製上的問題，暫且不談（因非本教室宗旨），我們還應找得到幾個很有趣的問題，讓學生在教室內討論。

第七章所提的是「濾過性毒算不算生物？」關於「生物」的定義問題；同樣地第九章可以提「細菌的細胞算不算真正的細胞？」關於「細胞」的定義問題；然而在第十章也有「黏菌與真菌算動物？或植物？」關於「動物、植物」的定義問題。

如果生物老師對於「定義」有興趣，您可以和學生大談定義。如果生物老師對於生物的起源與演化有興趣，更可以拿這三類生物來大談生物演化的「實況」。其實從第七章到第十三章（第八章除外），BSCS的黃版本就以後者為概念發展的基礎。

##### 第七章 濾過性毒

最小的生命體



##### 第九章 細菌

細胞體制的先驅



##### 第十章 黏菌真菌

具有真正細胞的小生物



##### 第十一章 藻類

由簡而繁（單細胞到多細胞）



##### 第十二章 蘚苔

陸地轉綠（最早的陸地適應）



##### 第十三章 維管束植物

陸地的適應（根莖葉、有性生殖的演化）

綜觀這六章基本概念的發展，生物老師應不難看得出BSCS黃版確以「生物隨著時間而演化」的概念貫通教材。也應能指導學生在討論等學習活動中「發現」有關演化的事實或趨勢的各項概念。

除此而外，各章教材均含有過去科學家所做的各項研究過程或貢獻。生物老師宜將此教材，做為探討科學過程的「樣品」或「素材」，讓學生效法或評論，以培養其正確的科學態度，並增進其探討科學的技能。是為這幾章教材主要教學目標之二。

另外，各章都含有這些「生物」對於人生的直接影響，例如：使人生病，損害農作物，或有益人類生活的事實。對於有害有益的判定，當以人類本位來討論，但仍以整個生命世界的生存為前提才對。欣賞過去的科學家造福人群的業績；培育其探討科學，以科學方法解決問題，造福人群的意願，為本章主要教學目標之三。

##### 二、學習指導要項：

關於濾過性毒是否為生物問題：濾過性病毒所表現的各種特性中，有些是生命物體的重要特點，例如，能複製（生殖），基因可能重組也會突變等，所以儘管濾過性毒缺乏酵素體系，不能「獨立」生活，仍可視做生物，其體制組織上的地位，應位於複雜的生物分子之上，細菌等單細胞生物之下。教師宜不斷地運用適當的發問，啟發學生思想，務使學生自行探討問題。

關於噬菌體的生理與繁殖，首先教師要幫助學生能由「構造與功能的相互關係」來瞭解。但要注意學生是否瞭解什麼是DNA。按我們的課本，到現在為止，學生只學過DNA的中名叫做去氧核糖核酸，DNA為細胞核中染色體上的遺傳物質。所以在本章還要再加述，DNA能控制酵素作用，各種酵素分別控制各項生理作用。

噬菌體與其所寄生細菌內的相互關係，亦應指導學生由DNA、酵素與生理活動之間的相互作用來探討為宜。另外再加上基因重組的現象，本章應能使學生了解DNA的功能。

細菌細胞的構造上特點，包含「核不成形」、「無粒線體」、「細胞壁不含纖維素」等。關於前二者，教師可以讓學生討論如果細菌真的沒有核也沒有粒線體，能否生存。學生應該都了解核的主成份為染色體，無染色體即無 DNA，無遺傳物質，亦無支配生理作用之主體；學生也應能了解粒線體為細胞的能量供應者，無粒線體，就無能量供應。其實細菌的核與粒線體的實質並不「成」較高等生物細胞中那樣的「形」而已。細菌為最原始的細胞體制，可稱原核細胞。

使李德柏與特吞兩位科學家獲得諾貝爾獎的三營養素突變種的實驗，對於組織能力較差的學生來說，是為相當難以瞭解的問題，但只要能了解下面幾項基本概念，此項困難應可迎刃而解。

1. DNA 為支配遺傳的物質。
2. DNA 支配酵素活動，具有專一性。
3. 酵素支配生理活動，也具有專一性。
4. 生物都需要其基本營養素，具有特殊的酵素以合成之。
5. X 光線等高能量的射線能破壞或改變 DNA 的構造與功能。
6. 細菌可能接合而交換部分的 DNA。

關於上面這些基本概念，還要注意學生可能的誤會。例如，X 光線改變細菌的何種性狀，完全是「逢機」的，現在的科學家還不能「任意」創出各種變種。書上的「ABC 三營養素突變種」與「DEF 營養素突變種」係在 X 光線照射之後所產生衆多突變種中，所「選擇」出來的突變種。

細菌性狀轉導（或稱性狀引入，transduction）的現象，已有電子顯微鏡攝影的直接證據，各書局各版本課本中均有此照片，至於遺傳物質如何「通過」此小管而如何進行「交換」？則尚無具體證據以說明，但，一般認為不外藉某些中間物質耗費能量以引導完成。然而這些遺傳物質一旦「交換」，當然就留下來「執行」其生理與遺傳作用，不再往回跑。

格里夫茲氏關於 S 型與 R 型肺炎球菌與老鼠

的實驗，也很有趣，值得讓學生好好討論，但因高一教材過多，教學時數太少，老師都不能不「趕」進度，甚為可惜。

柯霍氏準則，是要學生理解其要義，更希望學生能運用於新的情況，而並不是要求學生記憶的教材。

抗生素對於人類健康貢獻甚大，但應使學生具備正確的知識，以免濫用其一知半解的知識，導致意外。

關於真菌的演化途徑，也是很好的討論問題，教師可幫助學生由其生活史，形態構造的特點等——分析討論，這也是培養或發展學生分析能力最好的教材，問題是生物教師究竟能撥出多少時間來討論。

由黏菌、真菌的生活史，可討論生物對於陸上乾燥環境的適應變化。

### 三、參考資料：

#### 1. 參考書刊：

○ Horne, R.W., 1963 "The Structure of Viruses" Scientific American. 208 [1] 48

○ Hotchkiss, R.D., and Esther Weiss. 1956. "Transformed Bacteria" Sci. Am. 195 [5] 48

○ Wollman, E., and F. Jacob. 1956. "Sexuality in Bacteria" Sci. Am. 195 [1] 109

○ Zinder, N. 1958 "Transduction in Bacteria" Sci. Am. 199 [5] 38

○ Burnet, M. 1954 "How Antibodies are Made" Sci. Am. 191 [5] 74

○ 楊良平譯，民國 60 年 4 月，「基因之傳遞，遞變及媒遞作用」中學科學教育第六卷第四期，P.16~18.

#### 2. BSCS 的探討演習。

題目：細菌族群之生長。

探討目標：指數函數：指數  $> 1$

提要：(a)大家知道細菌的繁殖率極為快速，究竟有多快呢？有位細菌學家想做個調查。他將

幾個燒瓶，各裝入半瓶的細菌培養液，以棉花團塞栓住，澈底消毒，等溫度降低到室溫後，各瓶均接種約為同數之細菌。為使細菌能均勻分散入培養液中，每個瓶都以振盪器充分振盪過。

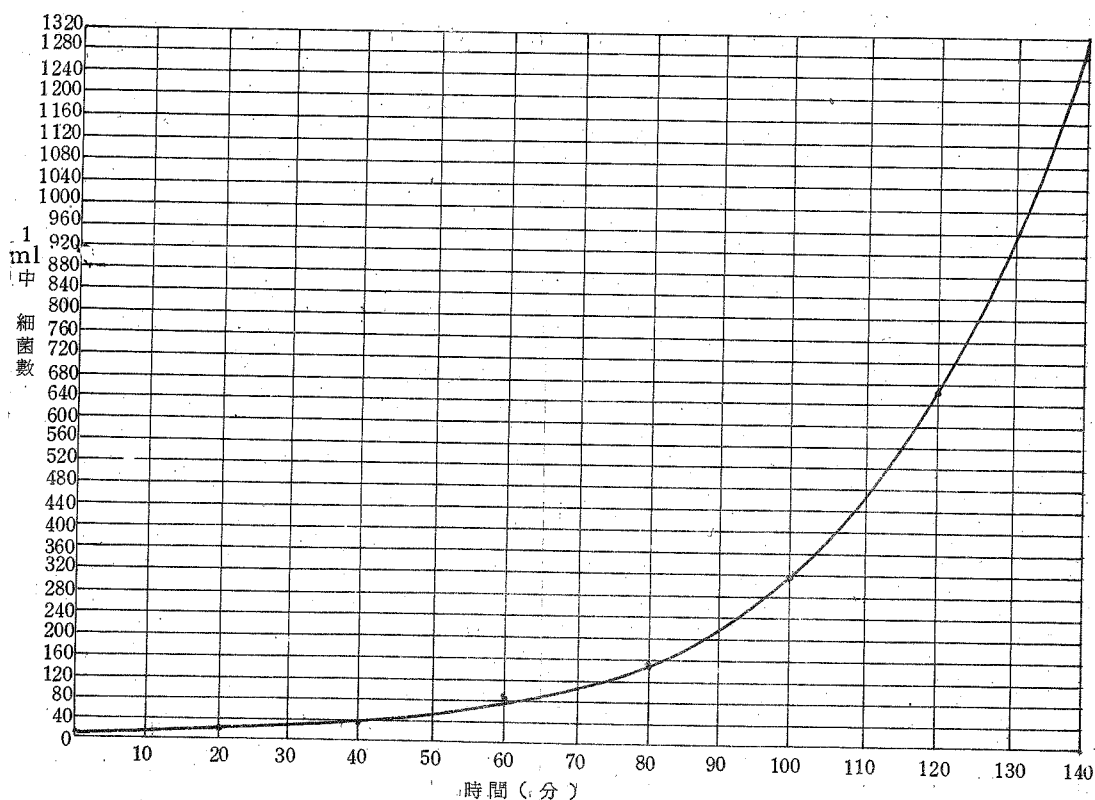
以消毒過的滴定管，由各瓶抽取定量的培養液做為計數之樣品後，重新放入定溫箱內。爾後，每隔 20 分鐘，再各抽出定量之培養液，計算其細菌數，所得 Data 如下表：

| 接種後之時間 (分) | 1 ml 培養液內之細菌數 |      |      |      |      |
|------------|---------------|------|------|------|------|
|            | 燒瓶 1          | 燒瓶 2 | 燒瓶 3 | 燒瓶 4 | 平均   |
| 20         | 18            | 24   | 17   | 21   | 20   |
| 40         | 35            | 42   | 43   | 37   | 39   |
| 60         | 80            | 80   | 84   | 88   | 84   |
| 80         | 168           | 162  | 142  | 153  | 156  |
| 100        | 306           | 308  | 322  | 324  | 315  |
| 120        | 660           | 664  | 632  | 645  | 650  |
| 140        | 1200          | 1220 | 1260 | 1240 | 1230 |

以 X 軸為時間軸，將上表之各瓶平均值，做為座標看看。試將座標上的各點聯起來，可得何種曲線？這種形狀的曲線，表示時間與細菌數間具有什麼關係？

隨著 X 值之增加，曲線的上昇率也增大。這就是「理想的生長曲線」之一例。其實，細菌是每隔 20 分鐘就會分裂一次。這種曲線在短時間的實驗中易於得到，但時間太長時，由於營養物質之消耗或阻礙物質之形成，其分裂速度將會減低。

[這是對數的關係 (Logarithmic relation) 也可以說指數關係 (exponential relation)]



提要：(b)請注意 Data，細菌數似乎每隔 20 分鐘就加倍。因此，這個時間（20 分鐘）可當做本培養條件下之「世代時間」。所以，以 20 除上表最左邊一列的數值，所得之商，就是它的「世代數」通常以  $g$  代表。又因第一世代的最後時的細菌數，剛好為 20，那麼，可推測，實驗開始時的細菌數為 10（因為每個細菌，每隔 20 分鐘，也就是每一世代時間，分裂一次而成為 2 個）。

設：實驗開始時的值「10」為時間  $t = 0$  時的濃度。為使計算更為方便，不用 1ml 中的細菌數，改用 0.1ml 中的細菌數。為避免和上表中的數值弄亂起見就以  $C$  代表此數。

由于前面的 Data，現在假設，細菌在每一世代正確地增倍，即可得下表：

| 世代數 ( $g$ ) | 0.1ml 中的細菌數 ( $c$ ) |
|-------------|---------------------|
| 1           | 2                   |
| 2           | 4                   |
| 3           | 8                   |
| 4           | 16                  |
| 5           | 32                  |
| 6           | 64                  |
| 7           | 128                 |

試做一方程式，以表示  $g$  與  $c$  的關係。

[答案為  $c = 2^g$ 。但，學生們大概需要老師的幫忙。老師可以參考下面的方法，啟發學生的理解。

首先讓學生將每一個  $g$  與其相對的  $c$  值作比較，使學生注意到每一組  $g - c$  的相對關係。由這種引導，通常可使學生了解。假如還是不能達到目的時，請即進行提要 (c)。]

提要：(c)請大家注意，第一世代最後的細菌數為 2，第二世代終了時為 4。第三世代為 8，第四世代為 16。第一世代的數目為 2，2 的平

方為 4，這是第二世代的數值，那麼第三世代的 8 是怎麼來的。

所求的方程式，是不是  $c = g^2$ ？不會吧？請想一想  $c$  與  $g$  和另外的數值，這三者之一為指數，然後做一式子來表示。這座標圖上的曲線這時  $c$  大於  $g$ ， $g$  必須可為指數，即可得： $c = m^g$ （但  $m > 1$ ）這時， $m$  的值為多少？

[ $m$  值 = 2，故  $c = 2^g$ ，這種「含有指數的變數方程式」，稱為指數方程式。]

提要：(d)為了合乎我們最先所得的 Data，上面這個式子需要修改一下。我們只需更換二個數值就可以。(一)世代數 ( $g$ ) 要改為所經過之時間數。(二) 0.1ml 中的細菌數，要更換為 1ml 中的細菌數。這時尚需導入常數  $k$ 。

試用下列的記號，作出一新的方程式：

$y$ ：每分鐘最後時的細菌數

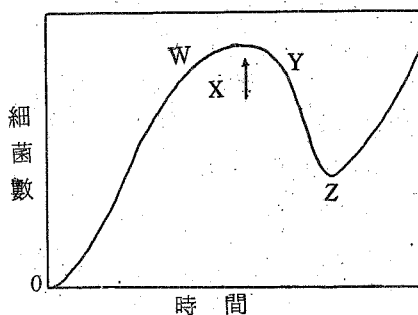
$x$ ：經過時間（分）

$t$ ：每一世代所需時間（這時為 20 分鐘）

$k$ ：0.1ml 改換為 1ml 時的常數（這時： $k = 10$ ）

[答案： $y = 2^{\frac{x}{t}} \cdot k$  即  $y = 2^{\frac{x}{20}} \cdot 10$ ]

四、評量範例：



1. 附表表示培養基裡細菌族群生長情形。在 X 箭頭所示時間，從別的培养皿引進了一批同種的細菌。

1-1 請注意細菌族群在 Y 的地方開始衰退

(減少)，為什麼？下面那一項假說為較合理的解釋？

- ①新引進的細菌均已感染了濾過性毒。
- ②新引進的細菌所帶之化學物質殺死原有細菌。
- ③新引進的細菌生活力旺盛，淘汰原有細菌。
- ④原有細菌發生突變，不能在這種培養基生存。

1—2 爲了檢驗上面所建立的假說，最適當的第一個步驟應爲：

- ①用新的同樣培養基，再做一次同樣的實驗。
- ②用光學顯微鏡檢驗引進新細菌後的培養基。
- ③分析Y時培養基的化學成份。
- ④在Z時，在培養基內再添加一些食物。

1—3 爲了更進一步的探討，能提供最多資料的儀器應爲：

- ①高精敏度的天平。
- ②PH測定器。
- ③立體顯微鏡。
- ④電子顯微鏡。

1—4 從這一項實驗，我們實在沒有辦法做明確的推論，因爲：

- ①本實驗沒有設立對照組。
- ②本實驗所做時間太短。
- ③本實驗只做過一次。
- ④本實驗結果顯示細菌族群有增也有減。

1—5 就算我們能爲此實驗做個明確的推論，但根據此項實驗結果，仍然不能下結論，因爲：

- ①本實驗沒有設立對照組。
- ②本實驗所做時間太短。
- ③本實驗只做過一次。
- ④本實驗結果顯示細菌族群有增也有減。

2. 黏菌是很奇妙的生物，究竟它是動物？植物？有些生物學家認爲它應屬於動物，另一些生

物學家則認爲它是植物。黏菌的生活史中那些屬於植物特徵？

解答代號：

- ①黏菌所表現的特徵，顯示它是植物。
- ②黏菌所表現的特徵，顯示它是動物。
- ③所表現的特徵，並不是動物特徵，也不是植物特徵。
- ④所表現的特徵，屬於無生物特徵。

2—1 ( ) 黏菌在生活史某一時期，細胞質內有許多核，細胞質能快速流動，核與核之間沒有分隔，只有一個細胞膜。

2—2 ( ) 在生活史中，可形成鞭毛細胞。

2—3 ( ) 鞭毛細胞失去鞭毛之後，成爲變形蟲狀。

2—4 ( ) 變形體上會產生子實體，以生產多數孢子。

2—5 ( ) 孢子具有一個核，也有細胞壁。

2—6 ( ) 用刀切隔變形體後，又可融合爲一。

## 第十一～十三章 藻類、蘚苔及維管束植物

### 一、教學目標

這三章正式的名稱分別爲「海洋裡的綠色植物」，「最早的陸生植物—蘚苔植物」及「維管束植物的演化」。從這些名稱看得出，這些教材仍然以演化的概念爲其教材發展的基礎。

教師應設法使學生經由探討的學習活動，自行發現或切實理解下面的重要概念：

1. 生物首先在海洋中滋生，陸地上的生物是後來的。
2. 綠色植物行光合作用，供應有機養料，是爲生物世界的生存者。
3. 在陸地上生活的植物，必須在形態上生理上，以及生殖結構與機制上，均有特別的

適應，不同於水生植物者。

4. 植物都有世代交替的現象，通常在無性世代產生大量孢子，以「量」求生存；在有性世代產生不同的合子，以應環境之改變，可說以「質」求生存。

當然教師與學生都要一章一節地進行其教學活動，但，必須切實把握貫通全部教材的精神，以及整個教材的概念發展結構。

## 二、學習指導要項：

氧氣是很活潑的氣體，很容易與別的元素化合而成爲氧化物，所以在自然界應該很少有游離的氧氣。現在的地球，在大氣圈裡或水裡，都有相當大量的氧，足夠生物呼吸之用，這完全要歸功於綠色植物的光合作用。綠色植物除了合成有機養料之外，還提供大量游離的氧氣，所以我們說綠色植物爲生命世界的生產者，除了生產養料之外，還應包含生產游離的氧氣在內。往往有些學生會辯論說：先有植物，後才有動物。當然動物都要直接或間接地依賴植物而生活，這種看法沒有錯。但，如果說，在地球上最初的生物就是綠色植物，那就錯了。關於生命的起源在第六章已有所討論，生命起源初期的生物，與現在所有的生物都不相同，它們無需氧氣，它們都能靠同化周圍的物質而生存。就在 23 億年前，或更早以前，地球海洋中出現最初的綠色植物（藍綠藻）之後，地球大氣圈中才慢慢貯積氧氣，使整個自然界爲之改觀。

關於藻類的演化，教材中有幾個主題：

1. 由單細胞植物（如單胞藻）→群體（如，大團藻初步的細胞特化分工現象）→多細胞植物（如石莖藻）。
2. 由同型配子（如單胞藻）→異型配子（如間生藻）→生殖細胞的保護（胚胎之形成）。
3. 世代交替的演化，包括孢子的生存意義（以量求生存），有性生殖的生存意義（以質求生存）。

關於最早的陸生植物一章，當以陸地適應爲探討的主題，教師發問應以演化、適應的概念爲基礎：例如，「對於生物來說陸地的生活條件，比水中生活嚴厲，爲什麼？」，「如果將水中生活的植物，移到陸上來必死無疑，它們怎麼死的？」，「爲適應陸地上的生活，植物體內必備的生理結構應如何？」等等。

蘚苔植物具有陸地生活的初步適應，宜要求學生一一指出，例如，個體生存上的適應有那些，（包括吸收水分，保存水分，吸收二氧化碳的機制等），種族生存上的適應是什麼（例如生殖細胞的保護機制等）。

蘚苔植物還不能算是真正的陸生植物，它們只能在陰濕地生存，也長不大長不高，究竟蘚苔植物在個體結構上缺乏什麼？（迅速輸送水分，並支持身體的結構—維管束）在生殖的機制上有何問題？（精子必須有水的媒介始能到達藏卵器使卵受精），宜提出適當的問題，促使學生實地探討，土馬踪與地錢，均不難找，各校學生應可就地取材，就算台北市的學校，也可利用週末到陽明山、木柵指南宮等近郊，交通方便，材料豐富頗值得走一趟。

種子植物對於陸地生活最重要的適應，可以說就是維管束與花粉管，前者爲高效率的輸水系統，也是陸上生活不可缺的機械支持結構，後者使精子不必經由水的媒介而到連卵子。蕨類植物雖具有維管束，却還沒有花粉管的構造，所以蕨類的有性世代仍必須在潮濕的環境中進行，在生殖上它們還不能算是真正的陸地生物。

第十三章另一個重要主題爲高等植物體的分化，包含根、莖、葉及花的分化，使植物更能適應而繁榮陸地上。教師宜隨時向學生適當發問，啓發學生思想，使他們能由演化與適應的觀點，來探討這些植物的形態、構造以及其生活。

這一章還有一個重要的主題，就是植物世代交替的演化。所謂「趨異演化」也應由植物個體

及種族生存上的意義來探討。教師要幫助學生自土馬騾、蕨類、裸子植物至被子植物，論其孢子體的分化、生殖器官的特化情形，務使學生能自行發現；愈高等的植物，其身體特化愈深，且對於後代的照顧愈週到。

### 三、參考資料：

○ Bonner, J.T. 1950, "Volvox, a Colony of Cells" Sci. Am. 182 [5] 52

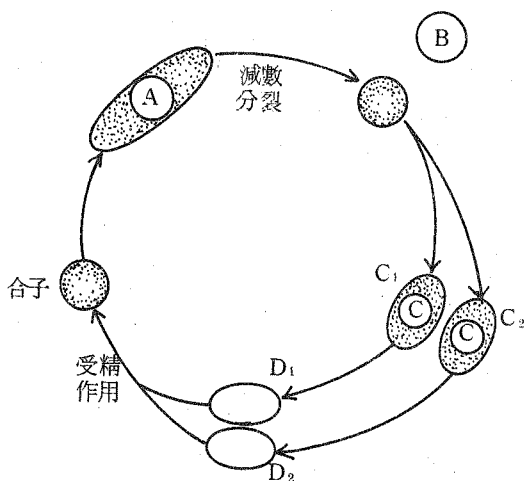
○ Milner, H.W. 1953, "Algae as Food" Sci. Am. 189 [4] 31

○ Weiss, F.J. 1952, "The Useful Algae" Sci. Am. 187 [6] 15

○ Williams, S. 1953, "Wood Structure" Sci. Am. 188 [1] 64

○ Salisbury, F.B. 1958, "The Flowering Process" Sci. Am. 198 [4] 108

### 四、評量範例：



1. 上圖為植物世代交替的模式圖。試回答下列各問題：

1—1 蕨類植物的孢子體就是圖中的：

- ① A 階段      ② B 階段  
③ C 階段      ④ D 階段

1—2 顯花植物的花粉管就在圖中

- ① A 部分      ② B 部分  
③ C 部分      ④ D 部分

1—3 如果圖中  $C_1$  與  $C_2$ ， $D_1$  與  $D_2$  的外表均相同，這一個模式圖應該就是：

- ① 土馬騾的世代交替模式圖。  
② 蕨類的世代交替模式圖。  
③ 間生藻的世代交替模式圖。  
④ 石蓴藻的世代交替模式圖。

1—4 由演化的觀點來看，愈高等的植物一

- ① A 階段的構造趨向複雜，C 階段的構造趨向簡單。  
② A 階段的構造趨向簡單，C 階段的構造則趨向複雜。  
③ A、C 兩階段的構造均趨向複雜。  
④ C 與 D 兩階段的構造都趨向複雜。

2. 有一位探險家報導說：「在亞馬遜河流域原始叢林深部，發現一個奇妙的蘚苔植物族群。每一株蘚苔都有 15~20 公尺高，這些植物都是古型的蘚苔。」試由下面的反應中選出最合理者：

- ① 他一定弄錯了。因為蘚苔植物都不具維管束，沒有維管束的陸地植物，都不可能長那麼高。  
② 他一定弄錯了。因為蘚苔植物都有世代交替，這麼大的植物不會有世代交替的現象。  
③ 他並沒有錯。因為蘚苔為原始型的植物，在原始林中應可能有其親緣植物。  
④ 他並沒有錯。因為原始林裡一定還有許多植物，沒有被植物學家發現。

(註1) Bloom, B.S., et al. "Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain, New York: David McKay Company, Inc., 1956, 並參閱本刊第三期第 7~11 頁。

(註2) 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」，民國六十三年六月，第 29~32 頁。