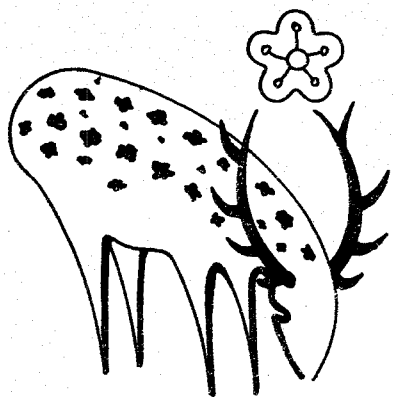




九月份 高中生物教室

楊榮祥 國立臺灣師範大學

國民中學之科學教育，以培養具有科學素養的未來公民為主要目的。高級中學的科學教育，根據教育部課程標準總綱，則以「奠定其研究高深學術及學習專門知能之基礎，並養成文武俱備德智兼修、效忠國家、服務社會之優秀人才。」為目標。以科學教育的立場來看，仍然是培養具備科學素養的未來公民為主要目的。又根據課程標準，高中的教育也是大專學校的預備教育，高中必須為學生奠定其進修大專的學理基礎，也必須培養學生「研究高深學術及專門知能」所需要的科學技能，以及必須具備的科學態度，特別是自動學習的能力與獨立探討解決問題的能力與精神。

高中的學生畢業之後，無論在大專學校主修何科，他們將均為未來社會上的中堅份子或領導人物。在這科技發展神速的時代，現代公民所需要的知識愈來愈多，所應具備的科學能力也愈來愈高。如果仍然以知識的灌輸為唯一教育內容的話，在這有限的就學時間內，實在無法「滿足」這種現代社會的教育要求，1960年代全世界性的科學教育改革運動就這樣掀起。我國高中亦順應世界潮流，自從民國五十三年起參考美國BSCS黃版本（Biological Science Curriculum Study, Yellow Version）經詳加研討之後，斟酌國情，擷長去短，編訂高中生物科教材大綱，做為高中生物課本的編輯依據，教學時數每週四小時，排在高一講授。至民國六十年為使高中課程與國民中學課程充分銜接，又修訂課程

標準。在這一次修訂中生物科部分，改以BSCS黃版1968年的第二版為主要參考資料，採其精神方法及部分教材，作獨立編排，並劃分為第一與第二部。第一部為必修教材在高一講授，每週三小時；第二部則為選修教材排在高三，每週授課時數亦三小時。

新教材的精神，著重學生的探討（Inquiry）活動，研究（Investigation）的步驟，與發現（Discovery）的過程，教學上自然要避免「師講生聽」的方式，教師要隨時啟發學生思考，幫助學生「發現」新的科學概念。高中生物教室，將為高中生物老師盡量提供這一方面的資料與意見，也希望各位老師多多貢獻有關體驗與建議，俾使本欄成為真正的高中生物教師的園地。

課程目標

高中生物學教材既已取材BSCS，我們先研討BSCS的課程目標。因為課程目標為課程設計、教材之選擇與編輯、教學活動設計以及成就評量的依據，所以需要有個具體的敘述。這也是現代教育的新要求。BSCS在成立早期就注意到其重要性，製定如下八項目標，也就是當學生學過本課程之後，應能理解的八項最主要科學概念。

1. 能理解生命的歧異性以及生物間的相互關係。
2. 能理解科學探討的本質，即科學是無休止的認知活動，任何科學知識無一是永恒不變，科學知識隨時都會修改或改變。

3. 能理解科學及科學方法的「限度」：我們仍然有許多問題，包括一些很重要的問題，都不能用科學的方法來解決。

4. 能理解有關醫學、公共保健、農業以及維護等問題的生物學基礎。

5. 能鑑賞生命世界中美好的、戲劇化的、或悲劇化的各面。

6. 能理解生物學概念的歷史發展，以及其社會背景與技藝的影響。

7. 能理解現代生物學家對於演化、發生及遺傳學基本問題的了解情形。

8. 能理解人類本身在自然界中的地位，即，理解人類也是生物，與其他生物一樣，生活在地球上生命的交互作用系統之中。

以上八項目標，看來並沒有什麼特別的地方。但仍然值得我們注意，尤其第2項，「科學知識隨時會改變」的概念。因為有許多學生，習慣於記憶課本。他們認為課本裡所寫的是絕對正確永恆不變的真理。社會人士，也都以為課本上的知識應該是百分之一百不容懷疑的知識。當然，課本中所記載的，絕都不是「胡說」，那些都應該是「有根據」的事實或知識。但隨著人類知識的進步，這些知識以及其體系都會被修改，甚至被毀棄。十六世紀以前的人們，都相信地球為宇宙的中心，誰也不容置疑，但伽利略、哥白尼等科學家之後，誰又能不修改那種「人類自我中心」的思想？

在科學教育中所教的是知識的來源，不是知識本身。我們希望學生們能學到求知的方法，去修改舊知識，求得新知識。

關於第8項「人類在自然界中的地位」的概念，在現代的教育中尤為重要。正因為二十世紀人類科技進步神速，在各方面均有突破性的發展之後，人類感覺到其地位似乎是「昇高」了。人類甚至能改變環境，使環境適應人類。似乎人類已脫離「適應環境者生存，否則滅亡」天擇律的支配。可是我們要學生認清，現代的人類社會却創造出許多空前的大問題威脅到人類本身的安危

，例如人口、資源及環境的品質等。這些都屬於生物科學的問題，必須在這一門功課的教育中妥善處理。正因為高中學生是社會上未來的中堅份子，無論他們將進修何科，高中生物學的課程應負責讓學生們認清這些問題。

這八項目標都將發展為各章節的具體目標，我們在各月份的教材討論中，再來詳加探討。

教材內容結構

生物科學是一門很大的科學。但仍然可歸納出幾個最主要、最基本的科學概念。BSCS根據這些概念，組成九個主題。

1. 生物隨時間而改變—演化 (Change of Living Things through Time : Evolution)

任何生物的形態、生理及行為特性，都是演化過程的產品 (products)，換句話說：任何生物特性，都能由演化來說明其來源。

BSCS的黃版就以這一項概念來貫通整個教材。我們高中以黃版本為主要教材，我們更不能忽略這個概念。除了第四篇遺傳與演化以外，第二篇植物界與第三篇動物界的教材，都以演化的概念來發展。以第二篇為例：

由原核至真核 (細菌→藻類)

由單細胞至多細胞 (單胞藻→大團藻)

由同形配子至異形配子 (單胞藻→間生藻)

由水生至陸生 (根莖葉之分化、維管束、世代交替) 無論植物或動物界的歧異，都要隨時提醒學生注意這個演化的概念。

2. 生物類型的歧異性與生活式樣的相同性 (

Diversity of Type and Unity of Pattern in Living Things)

生物隨時間而演化，在各種不同的環境中，發展出各類各型不同的生物物種，構成現在這些形形色色五彩繽紛的生物世界這是生物的歧異性，這正是演化的產品。可是，這世界上幾百萬大大小小，形形色色的生物，却都具有許多相同的特點。例如所有的哺乳類動物，無論住在陸上、海中、熱帶或寒帶，或跑的、跳

的、飛的、游泳的，都具有基本構造相同的四肢；所有的動植物都由細胞組成，細胞內都有細胞核，核裡面都有DNA，RNA，以控制所有生理及遺傳作用；所有動植物的活動都要靠ATP以傳遞能量；生物所有的生理作用，都要由各種酵素來促成……等等。

3. 生命遺傳的延續性 (The Genetic Continuity of Life)

這也是演化主題中的一部分。生物都能經細胞分裂，DNA的複製，將其族群特性一代一代地傳下來。這項複製的過程通常是精確的，所以生物能將種族的生命很正確地延續下來。但複製的過程，也會偶而「出錯」，這就是突變。生物的突變經天擇作用的考驗之後，分別發展，這是生物的歧異性。

4. 生物與環境的交互關係 (The Complementarity of Organism and Environment)

這項主題還是演化主題中的一部分。生物都要有適當的環境，才能生存。染色體或葉綠體都要在適當的細胞環境中，才能發揮其作用，各種組織系統也要其合適的體內環境條件下，才能經營正常的功能，各生物個體更不能單獨生活，牠需要適當的生物環境（族群）也要有合適的非生物環境，以構成群落、生態系，否則不能生存。

事實上生命世界是生物與其環境交互作用所構成，能量及物質的傳遞系統。要了解生命，不能不探討整個的生態環境。

5. 行為的生物學基礎 (The Biological Roots of Behavior)

任何生物的行為，和其攝食、消化、運動或生殖一樣，都是其生理的一部分。雖然各種生物行為頗多變異。但都有其生物學上的基礎。有些行為是後天性「學習」的結果，有些行為是先天的「本能」，有些行為只能說是一種「屈性」或「趨性」。無論何種行為，那都是其個體，以及其族群經長時間的演化所累積下來。所以行為這項主題仍然屬於「演化的」主

題。具有適當（能適應其居住環境）的行為者得生存，否則滅亡。關於行為的教材，高一部分少，高三教材中則有一整章。

6. 構造與功能的相互關係 (The Complementarity of Structure and Function)

這是生物科學中最「古老」的概念。二千年以前亞里斯多德 (Aristotle, 384-322 B.C.) 就以生物的構造來判斷其功能，在課本中也提到哈維 (William Harvey, 1578~1657) 「幾乎」證實血液循環的故事。就是現代的科學家，也由構造來推論其功能；也從功能來推論其應有的構造。

這一項主題，仔細想一想，還是包括在演化的主題之內。由於長時間的演化過程中，現存的各種生物體裡裡外外各項形態構造，都已經幾乎很完善地適應其環境，因此我們不難推論其形態構造與其功能之間的相互關係。

在生物課程中，均安排有實驗課，其中也有許多實驗屬於形態構造的觀察；就是課本之中，也常述及各種生物的形態構造，教師宜隨時注意提醒學生探討並欣賞生物的構造與功能的美妙關係。切勿讓學生死記生物的構造，甚至背誦其各部名稱就算了事。

7. 個體生命的生長與發展 (Growth and Development in the Individuals' Life)

生物，除了單細胞生物以外，都會生長發育。這個過程中包含有兩個重要的現象，一為細胞的增殖，另一則為細胞的特化與組織。這都是很複雜的過程，也是生物特有的現象。

8. 調節與恒定性 (Regulation and Homeostasis)

生物體內經常不斷地進行著複雜的物理與化學變化，生物的環境，也不斷地發生著各種變化，但生物都能保持其體內的恒定性，換言之：生物具有各種恒定或調節的機制，以適當反應體內外的各種變化，以維持生物所需的體內恒定，例如，血液中恒定的PH值，各種鹽類的成份，血醣濃度等等……。當動物做劇烈

運動時（也許爲了求食或爲了逃生），肌肉消耗多量氧氣與能源，同時產生各種大量的廢物，如二氧化碳、乳酸等，這時體內恒定機制（或體內調節的機制），能調節呼吸與血液循環的速率。迅速補充消耗，也迅速排除廢物，以維持體內環境的恒定，使基本的生理作用能平穩地進行。這些調節的機制，事實上也是生物隨著長時間演化的產物。

9. 科學就是探討 (Science as Enquiry)

傳統的課本內容，都是肯定的敘述。例如：「全世界共有 n 種動物」，「A 器官由 N 種組織所組成」，「光合作用的過程可分如下 x 個步驟」，「基因就是遺傳的單位」，「B 器官的功能就是 x 」……。

這種肯定的結論式敘述，就是傳統課本的「標準筆調」。這種寫法固然有許多優點，例如，簡單扼要，節省時間與篇幅等等，但也有很嚴重的問題，促使學生對於科學的本質產生誤解。

第一、這種肯定的結論或敘述，常使學生誤認科學就是由一些不可取代的權威事實所組成，完全是不可變，也不可置疑的「真理」。但事實上科學知識是可修改的知識。科學家常根據舊的知識，找到新的證據，以修改舊知識。第二、肯定的結論式敘述，也常使學生誤以爲科學就是「完善的」。其實，科學研究就是永無休止的追究的過程，而且現在人類所得的知識，還沒有一樣可以說是「完善無瑕」的知識。第三、結論式的敘述，無從表達科學知識就是科學家根據觀察，根據有計畫的實驗所求得之數據，所做的解釋，也是一種臨時性的解釋。這種解釋，將因新證據或新數據的發現，而隨時要接受修改。第四、結論式的敘述，常使學生誤認科學家都是從不犯錯的「完人」，其實真正的科學家與一般人一樣，時常犯錯，而且有很多探討活動，事實上可以說就是修改錯誤的活動。

BSCS 的課本之敘述，顯示科學家的非恒定性 (uncertainty) 與不完整性 (incompleteness

)，一再使用如下各類句型：「我們並不知道」、「我們還不知道這件事怎麼發生的」、「關於這件事所找到的證據，却是矛盾的」、「目前還不知道這事怎樣進行的」、或「目前我們認爲最適應的解釋是……」。

BSCS 認爲科學就是探討的過程。學生學科學應當了解這項科學的本質。所以 BSCS 強調學生先要了解科學家如何去探討科學問題，如何去解決問題，然後也要像科學家一樣，能觀察、能收集數據，能建立假說並做推論，能根據推論設計實驗以求證，適當處理並解釋實驗所得數據……等等能力。

事實上 1960 年代以後，全世界各國所掀起的科學教育改革運動，莫不重視科學的探討方法之訓練。新的科學課本，也都避免結論式的敘述，儘量用探討性的敘述，按科學家探討問題的過程來敘述，以讓學生也參與這項探討的活動。新的科學課本也都重視學生的實驗活動。實驗活動內容也儘量減少單純的形態構造之觀察，更重視科學探討的技能訓練。BSCS 教材中，還附帶設計發展「探討的邀請 (Invitations into Enquiry)」，呈出探討科學的各種模式，按部就班地訓練學生探討的技能，也有「探討影片或幻燈片 (Enquiry Films and Slides)」，都是訓練學生探討技能的有效教材。這些教材都將在各月份本教室中，一一介紹，敬請參考。

九月份教材研討

第一章 研究生物學的目的與方法

一、教學目標：

這一章就是高中生物學的導論，包含如下三個一般目標：

1. 瞭解現代生物科學的範圍與主要分科概況
2. 瞭解生物科學的主要基本概念。
3. 以生物科學史上，解決科學問題的過程為例，瞭解生物科學知識的來源，以及解決科學問

題的過程。

民國六十年所頒佈課程標準中書明：「就瘧疾問題的發生、研究經過、以至完全解決的歷史，作極簡要的敘述，以說明生物學上解決問題的方法，以及其對於人生的影響。」所以我們可了解第一章的主要目標就是第三個一般目標。

這是高中生物學的導論，所以不應完全忽視第一與第二個一般目標。有些書局的版本以瘧疾研究過程及內容為例，介紹生物學的基本問題與主要分科；有些版本則單獨分述生物學的範圍與基本概念；但也有些書局的版本則完全以第三個目標為唯一本章目標。

無論如何這是導論，對於生物科學的範圍、分科以及研究方法，學生都應該做初步的，但必須是正確的瞭解。有些老師認為第一章可以讓學生在家自修，如果你的學生確實能撥出相當時間去研讀，這是很好的建議。

二、學習指導要項：

根據上面的一般目標，老師們都認清，這一章所論之瘧疾本身，並非就是學生應學習之「教材」，瘧疾只不過是教材的例子。如果老師收集許多有關瘧疾的資料，同學生研討瘧疾的症狀、瘧蟲的生活史或瘧疾與人生的關係，事實上並沒有什麼不對，但不要忽略更重要的目標；那是科學方法解決問題的技能。學生要能了解什麼是「假說」、「推論」、「實驗」、「數據」以及「解釋數據」或「可驗證的結論—知識」。也要了解科學家解決問題的這些步驟。

本項教材幾個要點如下：

1 古人（二千多年前）知道瘧疾多流行在低溫的沼澤地帶—這是經驗，也是觀察。

2 羅馬人試圖放乾積水以控制瘧疾—表示羅馬人所做的假說與推論沒有錯。（「瘧疾與積水有關」是假說，根據上項觀察所建立之假說。「如將水放乾，可減少瘧疾」是推論，可惜羅馬人沒有繼續做下去，否則他們可能早就發現瘧疾與蚊子有關）。

3 人們偶然地發現了特效藥（奎寧）。但這

件事並不能從已經解決了瘧疾的問題。

4 瘧原蟲的發現，尚需證明那確實是病原。

5 金氏（A.F.A. king）的研究過程要點：

○觀察(1)：睡戶內者患瘧疾比睡戶外者少。

觀察(2)：睡蚊帳內者患瘧疾比不睡蚊帳內者少。

觀察(3)：睡在多煙火旁者患瘧疾比較少。

○根據這些觀察，所建立之假說為「蚊與瘧疾傳播有直接關聯」。

○根據這項假說，所做之推論為：

推論(1)若蚊子確能傳播瘧疾，則蚊體內應能找到瘧蟲。

推論(2)若蚊子能傳播瘧疾，則蚊螫吸瘧患者血液時，瘧蟲應進入蚊體。

推論(3)若蚊子能傳播瘧疾，則帶有瘧蟲的蚊子螫健康人時，蚊體內的瘧蟲應能進入人體引發此病。

請提醒學生注意這種推論的語法：「若……，則應該……。」這就是所謂的「若則邏輯，If ……，Then logic」。

6 洛士的實驗，證實了上面的推論（推論就是設計實驗的依據）。同時也發現蚊子與瘧疾原蟲的種類。

三、參考資料：

1 關於生物科九大主題（概念）前已論及，請再翻閱前頁。

2 關於瘧疾的參考資料：下面都是Scientific American裡面的文稿，這一種科學刊物專登科學新知與專論，是全世界通行頗有地位的權威刊物，我國大專學校各有關學系及很多高中都訂閱，對於高中科學教師來說，確實是很好的參考書刊。

○Malaria — June 1952, P.22 ; May 1962, P.86

○Mosquitoes as Disease Vectors — September 1949, P.18; June 1952,

P.22 ; October 1952, P.21 ; February 1954 , P.30

第二章 生物的基本構造

3. 影片

- 生物學簡介，黑白，13公分，師大視聽教育館 LI14
- 科學方法，黑白，12公分，師大視聽教育館 LS17
- 可怕的蚊蟲，黑白，10公分，師大視聽教育館 SW15

四、評量範例：

1 「從前的科學家在研究瘧疾時，認為瘧疾可能與污水有關，排除污水，當可防止瘧疾，若干地區的人們便設法清除濕地，這些地區的瘧疾患者便大形減少。」上列的敘述中，“排除污水，當可防止瘧疾”為：

- A. 推論
- B. 實驗
- C. 結果
- D. 結論

2 某地發生一種特別的傳染病，使稻葉枯萎。後來大家都注意到這地區有一群介殼蟲。

2—1 如果要證明這群介殼蟲是否是這項稻葉枯萎病的傳播者，首先要

- A. 研究這群介殼蟲的生活史。
- B. 讓介殼蟲在健康稻葉上繁殖，觀察其後果。
- C. 解剖介殼蟲，找病原蟲。
- D. 消除介殼蟲，觀察其後果。

2—2 人們在這稻田噴洒一種殺蟲劑，結果殺死大部分介殼蟲。如果這些蟲子確實是此項枯萎病的傳播者，我們應能看得到：

- A. 所有生病的水稻都治癒，恢復健康。
- B. 新的病例將大量減少。
- C. 本區的水稻已得免疫性，不再發病。
- D. 本區水稻發育情形比別區都好。

一、教學目標：

本章包含「細胞的發現與細胞學說」、「細胞的構造」及「細胞的主要化合物」。可以說，以細胞的基本認識為目標。本章要求學生達成的行為目標應可分列如下：

1 理解細胞就是一切動植物體的基本構造單位。

1—1 能說明自虎克的觀察以來至建立細胞學說，關於細胞的概念發展歷史。

1—2 能說明細胞學說的內容。

1—3 能說明非可 (Rudolf Virchow) 對於細胞的來源所做之說明。

2 理解細胞的基本構造與功能。

2—1 能畫動植物細胞模式圖註明其基本構造 (或能指出動植物細胞模式圖中各基本構造)，包括：細胞壁、細胞膜、細胞質、細胞核、核仁、核膜、染色體、核液、粒線體、高基氏體、核醣體、紡錘體、中心粒、中心體、星狀體、液泡、葉綠體等，說明其位置、形狀及相對大小。

2—2 能說明細胞各基本構造 (如上題) 的基本功能。

2—3 能列表以比較動植物細胞基本構造的異同點。

3 理解細胞的基本化學組成。

3—1 能說明水對於細胞生理的重要性。

3—2 能列舉組成細胞主要有機化合物的名稱與基本功能。

3—3 能就蛋白質與胺基酸分子的組成關係，說明蛋白質的種類。

3—4 能說明醣類的種類，與其基本功能。

3—5 能說明脂肪的基本功能。

3—6 能說明核酸與核苷酸分子的組成關係，說明各種生物核酸的不同。

二、學習指導要項：

由上面所列行為目標可看得出，本章的目標對於細胞僅做最基本、最簡單的認識，但仍然有幾個重點必須提一提。

1 關於細胞的發現，細胞的概念發展，以及細胞學說之樹立，這個歷史發展的過程，必須讓學生以科學家的態度去參與學習活動。例如，

(1) 學生要能說明虎克所做的只是「觀察記錄」，不算是科學論述。他只說明「我看到那些東西」，但並沒有說明「我看到的是什麼，它們的功能是什麼？有什麼意義？……」。老師要讓學生了解科學就是探討，要推理，要追究因果關係。

(2) 對於杜托息 (Dutrochet)、許宛、許來登、布朗等科學家所做的「觀察」，要以「當事人」的地位去試做解釋。這是了解科學探討過程很重要的活動。為的是讓學生體會科學知識(概念)是怎麼來的。

2 關於細胞的構造，只是初步的認識，在後章隨時要發展。但仍需以實驗配合。學生應能實際觀察顯微標本，指出實驗本所指定一切基本構造。細胞的電子顯微鏡構造，將要在高三選修課中論及。

3 學生僅具有國中物理及化學的基礎，對於細胞主要化合物的教材，似乎不好說明，有些課本敘述又太簡單，反而促使學生「囫圇吞棗」死記一些名詞了事。其實國中學生學過「構造式」，也學過「水解」，如能圖示各有機化合物的構造式(像 BSCS 原版)，應該很好說明各有機分子的種類與組成。

4 關於擴散 (Diffusion)，這是細胞內最重要也最基本的物理生理現象之一，宜注意學生是否真正了解。國中學生在一年級的生物課，做過「擴散」的實驗，三年級物理課學過「熱運動 (thermal motion)」，氣體的「零亂運動」

等，應不難了解。關於「滲透」，可以在第四章處理，也可以在此章先提，但要不要用滲透作用 (osmosis) 的名詞，請考慮。無論如何勿讓學生死記「擴散是密度高向低」，「滲透是密度低向高」這些似是而非的「公式」。其實「水分子透過一層膜的擴散作用」是可代表滲透作用，不必多用一個專有名詞。

5 DNA、RNA、ATP 可以先提一提，在後章逐漸發展即可。但還是運用具體的教具來說明才好。例如，結構模型或圖表。

三、參考資料：

1 參考書刊

Dac. Andrade, E.N. 1954 "Robert Hooke" Scientific American 191 [6] 94.

2 探討演習

BSCS 為便於教師在教室內進行探討的教學活動，設計共 44 個探討活動，定名為 *Invitations to Enquiry* (探討的邀請)。每一個探討演習都有一個特定「專題」與「過程目標」。後者為本探討活動所着重探討科學的過程技能 (process skill) 的種類。

實施方法：

- (1) 教師先以口頭(必要時預先板書)提出所需之各項知識資料或背景。
- (2) 提出演習所提示的問題，邀請學生回答。
- (3) 教師要適當處理學生的反應。如果有不滿意的答案時，應提示其理論根據，幫助學生自行發現自己的錯處或思考不足之處。如果有了適當的答覆，還要自然地引導到下一個問題上，設法領導學生保持其正確的思考方向。

這項演習的目的，並不在於尋求正確的答案，我們所希望的，乃是利用其追求較正確答案的過程中，指導學生活用其才能與知識。因而，對於學生的反應，不可限於其正誤的判決，應多指導其思考的過程及方向。譬如：「假如你這樣想

的話，就可能……」等等，始終注意啓發其思考。當然老師對於學生的反應，要表示尊重，以免打擊其發表以及參加討論活動的興趣。

演習 1

題 目：細胞核

探討目標：單純數據的解釋

〔這是“探討的邀請”中，最單純的範例，做完這個演習後，即可進行演習 2，并可在一節課內同時完成之。〕

提要：(a)大家都已知道，所有動植物體都由一個或更多個叫做“細胞”的小單位所組成。且都已了解，幾乎所有的細胞都含有一個更小的結構，叫做“細胞核”。有一位生物學家想知道；究竟細胞核對於細胞本身的生命，有什麼意義？他後來發現有一種技術，可以將生活的細胞分割為二部份，令其一部分含有核，另一部分則不含核。他用許多不同種類的細胞做過好幾次實驗。

假定，這個實驗結果，所有沒有核的細胞片都死掉，而有核的另一細胞片，則都很快地恢復其原形，然後又都逐漸生長成為其正常的大小。

從這個實驗結果，我們可以下什麼結論？

〔差不多所有的學生都可能說：「為維持細胞正常的生命活動，細胞核是必需的。」但事實上在這種假想的演習中，讓學生解釋這種“理想化”的（完整無缺的）數據時，仍然也會有種種問題。譬如說：「細胞核僅僅是修補傷口所必需者，沒有核的細胞片因為無法修補其傷口，所以死亡。」或「這些細胞的實驗結果，是否可適用於所有細胞？」或「上面的結論只適合於其有核的正常的細胞。」等等……〕。

〔事實上，在課本中有關科學“真理”的一般記載，多少都會潛伏著這種疑問的。任何事物的記述，除非像「在這一所房屋前面，

正停著的那一輛小轎車，由於進入我的眼睛的光，看成黑色。」這種具體而個別的記載方式之外，多少都會有這種疑問。其實在科學的研究當中，為求正確，這種過份的謹慎實在是多餘的。因為過份的謹慎，正同如草率的果斷一樣地，對於科學的可靠性反而增添許多無謂的困擾。

那麼，為了增進科學的知識，且增進其可靠性，應該怎樣才對？首先是從實驗中先推出結論，解釋數據，然後找出新的問題；為解決這些新問題，必須設計適當的實驗，然後以所得的新數據再試行新的解釋。科學的真諦，並非教大家過份的謹慎，不輕易地下結論。而是應該，由於不斷的研究，慢慢除去過去結論中的缺點，加強其可靠性，並嚴密其組織。也就是說，科學的研究應該是永不停止的探討。〕

〔這演習 1 與 2，都根據上面的觀念所發展的。後面，我們將陸續提出，數據解釋時易犯毛病的實例，或改善並發展科學知識的種種方法。因此，在現在這第一階段“由理想化的數據推出不完全的結論”……也就是說，「為維持細胞的生命，細胞核是必需的。」教師最好能讓學生確信之。如果你發現學生當中，有如上過份謹慎的情形時，請說明上述各項觀念。〕

演習 2

題 目：細胞核

探討目標：可變異數據的解釋

提要：(a)現在大家再回想上一次的演習。我們曾談過，那些不具有細胞核的細胞片全部死亡，而具有細胞核的，則全都恢復正常而生存了。事實上，據生物科學家的經驗，不會有如此“乾淨”的結果。如果有的話，其機會也必定是很少的。普通，關於這樣的實驗，實際上可得到的結果，常常是這樣的：（提出下表）

細胞片		無核細胞片	有核細胞片
細胞片總數		100	100
生存細胞片數	第一天	81	79
	第二天	62	78
	第三天	20	77
	第四天	0	74
	第十天	0	67
	第三十天	0	65

假如，有人要求從上表的數據，就細胞核對於細胞的重要性，推出一個結論，你要怎樣回答？請回憶上次（演習1）的結論，現在是不是有些數據會令你感覺到困擾？

〔為使學生仔細檢查數據，乃提出這個問題。學生的答覆可能提到下面將要發展的問題〕

提要：(b)現在假定從事這項研究的科學家宣佈說：「我們認為實驗結果相當滿意，實驗已於第三十天告結束。由本實驗所得數據顯示；為維持細胞生命，細胞需要具有細胞核。」

現在我們都看到了，這位科學家所下的結論，已超出數據本身所含之事實。

〔數據就是經人記錄的具體事實，為我們解決問題的依據〕

因為，從上表的數據中，我們已發現，不單有活過三天之久的無核的細胞片，也有相當數目的有核的細胞片，在第一天，第二天……第十天陸續死去。假設本實驗繼續延長到六十天以上，死亡的有核的細胞片，將不止此數。

那麼我們怎樣為這位科學家辯護？初步的答案似乎是：僅靠一次實驗，想完善無疵地證明一項科學的見解，事實上幾乎是不可能的，多少會留下一些疑問，這確是常事。我們所要努力的，正就是繼續做實驗將這些疑問一個個清除，加強其可靠性。

總之：我們說：「科學家從自己的實驗所得之數據，引出」結「論」這句話並不十分恰當，因為科學家在實驗後所宣佈的事情，並不一定就是表示這項研究已結束——結「論」。相反的，這常常就是其他研究的開端。這些「結「論」本身，事實上已經含有繼續的意義。因此，我們最好改說：「科學家解釋他所得的數據」。每一位科學家，都希望別的科学學家能檢討並批評他的解釋，這樣大家才能共同除去研究上的缺點，以發展研究工作。科學事實上就是一種社會性的，協同性的工作。

好了！我們再回到我們的數據上面來。假使，現在還有一位特別謹慎的科學家提出異議，說：「為什麼會有那麼多有核的細胞片會死亡？除非能給我一個合理的說明，否則歉難承認這些科學家的見解！」。請考慮，我們怎樣才能使他滿意？

提示1 回想一下這些細胞片是怎麼來的？

提示2 假定我們要飼養100隻小雞或小豬，可能會有什麼問題。

〔「有核的細胞片，在實驗操作過程中，可能受到較重的損傷」；或「任何生物集團在較長的時間內都免不了各種原因的死亡」等等。事實要不要給學生說明，請自行考慮〕。但，無論如何我們要強調：在科學實驗時，實際上會有許多無法控制的因素，因而影響到數據的完整性。實際上，實驗所得的「數據」，必定比其「解釋」具有更多的變異性。我們將在後面的演習中，要特別提出「數據的變異性」及其原因——即「實驗的誤差問題」。

〔當然，我們可以另外設計更好的實驗，如果學生覺得這些演習太過簡單時，教師宜讓學生共同研究改良實驗的方法。這時，大家可能會遭遇到「取材」及「對照實驗」的問題。對於這些問題。我們將在後面再提出探討〕。

提要：(c)有些細胞在正常狀態時，並不具有核。上面所說的生物學家的見解，即「核內含有核細胞生存所必需之物質」是對的話，我們應如何解釋？為什麼這些不具有核的細胞能很健康地生存着？

〔較極端的說明，可能是無核的細胞和有核細胞的生活方式根本就不同。無核細胞的生存，根本就不需要那些核內的物質。較穩當的想法是：有核細胞的核內的那些對於有核細胞生存所必需的物質，在無核細胞也有，只是並未構成明顯的核而已。〕

提要：(d)無核的細胞中，最有趣的例子，應該就是人類的成熟的紅血球，其細胞核在發育過程中消失，核內的那些物質，必也跟着消失。由這件事實，我們可以想一想，紅血球的壽命必定怎樣？

〔紅血球的壽命有限，平均3~4個月〕

摘要——一般性知識與數據

以上兩個演習，均為極單純的探討活動之範例。到現在為止，我們已經向學生介紹過二個科學的基本觀念。現在，我們再加以回憶，並研究這二者之間的關係。

1 一般性知識的觀念

在科學的定義觀念中，最重要的觀念是「一般性知識」的觀念。所謂一般性知識，並不是指特定的時間和地點所發生的特定事實的知識。乃是包含所有一整組特定事實的一般性共同知識。這就是科學和其他幾乎所有的學科（學問）所相異之處。例如：歷史或傳記，專記載那些特定的人物、時間及地點內特定的個別事實，有專門研究各項特定事實之一般法則的歷史學者。如果有話，這位歷史學者可稱做科學的歷史學家。

數學雖然也是處理一般性知識的學問，但數學與科學並不太相同。因為科學的一般性知識（

這是科學的特點）是具體的、實在的、可觀察的、可測定的事實。但一般數學的命題，却是基於數學家的思想所構成的觀念，並不是根據實際的觀察或測定而來的。數學家研究這些觀念，然後成為數學定理的內容。現在，雖然大家對於數學的本質與起源，仍然有不同的意見。但至少有一件事是很明顯的；那就是：「不管數學的起源是什麼，那必不是根據那些具體而實在的可觀察、可測定的事實而來的」。畢氏（Pythagoras）定理，並不是根據實際測定多數直角三角形的三邊，以其所得數據而推論出來的。

科學的本質，可以說是關於「現實的世界內，實有的、可觀察的、可測定的特定事項」的一般性知識。

2 數據（DATA）的觀念

雖然，科學由特定的事物發端。但並不止於特定的事物。特定的事物，當然是科學所不可缺少者。但那只是「有限度的素材」。正如金礦之對冶金業者，是必需不可缺少者。但冶金者並不需要這礦石的全部。他所需要者，只是礦石內的黃金部分，其他成份將被廢棄。追究一般知識的科學家，在所搜集的多數特定事實中，真正需要的，也就只是其中一部分。這種經選擇（提煉）出來的（我們稱做數據），就成為科學中一般原理的素材。對於探討科學，也就是說，對於所研究的問題之解決上成為有用的，有價值的依據。數據就是一種「經選擇出來的事實」並且「對於問題之解決具有價值者」。

上面的二個演習，就是關於這個問題的探討。有一位科學家希望知道細胞核的重要性。為解決這個問題。他搜集一些有關事實，然後仔細檢討並選擇幾個有關事實（數據）試行解釋其細胞核對於生命的真象。請留意，我們在這一段所陳述的一切，已經全都包含在這二個演習內。第一：數據是真實的，也就是「現實的真象」。第二：數據是經選出來的事實，只對於這位科學家所希望解決的問題有關。第三：數據只不過是一種素材，是個出發點而不是「結」果。

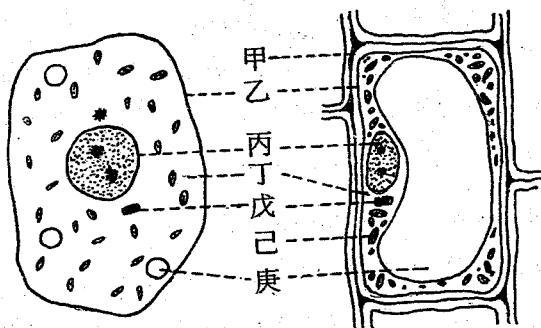
怎樣利用這些數據去解釋事實？或如何去發展研究？這就是科學家探討活動中的精華！

四、評量範例：（注意，有些試題要學過全部教材之後，做為成就測驗之用，不能為「段考」試題。）

1 非可認為「一切細胞皆由細胞產生」，使細胞學說與下面那一項產生關聯？

- A、自然發生說
- B、演化學說
- C、生機論
- D、機械論

2 附圖為生物細胞模式圖，試根據這二圖回答下面各題：



2-1 如將「丙」除去，這個細胞就不能

- A、行細胞分裂
- B、利用ATP中的能量
- C、貯存養料
- D、分泌激素

2-2 凡細胞中具有「甲」的生物，通常都

- A、體型較大
- B、生活在水中
- C、是生產者
- D、分泌激素

2-3 如果「乙」為綠色，這種構造能夠

- A、貯存養料
- B、自製營養

C、分泌物質

D、釋放能量

2-4 在細胞分裂中，「丙」消失，其內容物則成為：

- A、高氏體
- B、粒線體
- C、染色體
- D、紡錘體

2-5 這兩種細胞都能與環境交換物質，控制此物質進出的構造為：

- A、乙
- B、丙
- C、丁
- D、戊

3 試由下面答案中選擇適當者，將其代號填入各題前面的括弧內：

解答代號：	A、胺基酸
	B、蛋白質
	C、醣類
	D、核苷酸
	E、以上皆非

3-1 () 蛋白質的基本組成份子

3-2 () 可組成DNA

3-3 () 組成細胞的基本有機化合物

3-4 () 細胞最主要的基本能源

3-5 () 細胞所貯存的基本能源

3-6 () 植物細胞壁的主要成份

第三章 生物的基本機能—代謝

一、教學目標：

這一章的探討問題為「什麼是生命？」。首先先生機論者與機械論者的爭論，將學生引導入生命的物理及化學現象。范赫蒙的實驗，燃素說，拉瓦謝與卜利士力的實驗，維勒、柯布的生化實驗，都以探討生命的化學現象為主題，不單要學生能由理化現象的觀點來理解生命的本質，還要藉以訓練學生瞭解用科學方法解決問題的過程，也

要了解科學知識的來源，更重要的是學生在學過這一章以後，應能繼續運用「假說」、「推論」及「解釋數據」等有關科學方法的術語，同時也能實地運用這些過程技能以解決一些實驗課本中的問題。

二、學習指導要項：

根據目標，本章的學習活動，宜用討論式來進行。對於每一科學家的實驗，教師應要求學生都了解其過程中的每一個步驟，「他根據什麼觀察，建立這個假說？」，「他根據這一項假說，怎樣推論？」或「他根據什麼假說，做如此推論？」，「他根據那個假說或推論，設計什麼實驗？」或「他為什麼要做這樣的實驗？他如何設置對照實驗？」，「你怎樣解釋他的實驗結果？」或「他根據什麼事實，做這樣的結論？」等等，都是教室內應由師生雙方發問研討的中心問題。

如果僅以每一項實驗的方法與結果，為唯一學習效果，本章教材就毫無意義的了。

關於能量轉移，也是生物科學最主要概念之一，宜使學生俱備「物質不滅」與「能量不滅」的正確概念。

三、參考資料：

1 參考書刊：

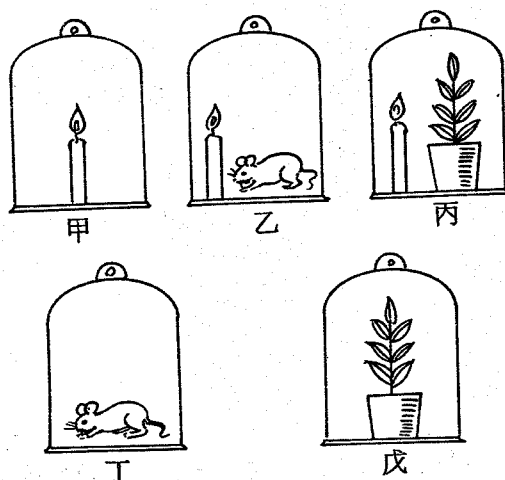
- Atomic Theory Models, 1956
Scientific American 195 [5] 93
- Duveen, D. I. 1956 Lavoisier Sci.
Am. 194 [5] 84
- Pfeiffer, J. E. 1948 "Enzymes" Sci.
Am. 179 [6] 28
- Wilson, M 1954 "Priestley" Sci.
Am. 191 [4] 68

2 影片：

- 能量與物質不滅定律，彩色，10分鐘，師大視聽教育館 SL 6

四、評量範例：

1 附圖為關於呼吸與燃燒的實驗裝置，試根據這些圖回答下列各題：



1—1 為比較呼吸與燃燒現象而設計之實驗，至少应包括：

- A、甲、乙、丙
- B、乙、丙、丁
- C、甲、乙、丁
- D、乙、丁、戊

1—2 為比較動物與植物有關生理功能，所設計實驗，至少应包括：

- A、甲與戊
- B、乙與丙
- C、丙與丁
- D、乙與戊

1—3 為證明蠟燭在燃燒時所用的氣體，與老鼠生活所需之氣體相同，所設計之實驗至少应包括：

- A、甲與乙
- B、乙與丁
- C、甲與丁
- D、乙與丙

2 植物體每一個細胞生活所需能量的根本來源為：

- A、土壤中的肥料
- B、水中所溶解的養分
- C、空氣中的二氧化碳
- D、太陽的輻射能