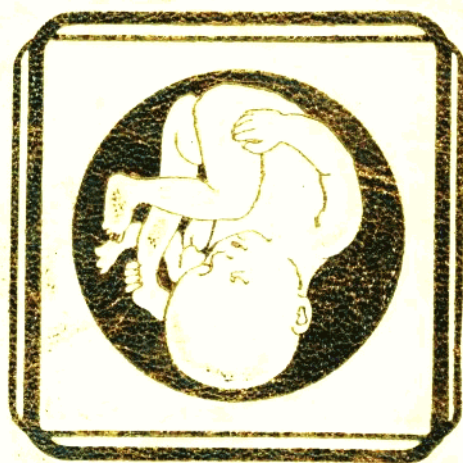


牛頓科學研習百科

生命



牛頓出版社

牛頓科學研習百科

生命

發行人 / 高源清

總編輯 / 丁錫鏞

特約編審委員 / 呂勝春・武光東・林仁混・林耀松
周德程・羅時成・梁潤生・張之傑
(依姓氏筆劃排列)

日文編輯 / 陳秀蓮・劉淑昭・徐世榮・賴瓊媚
宋碧華

科學編輯 / 張鳳惠・李子玲・陳育仁

執行編輯 / 邱寶貞・陳妙侶・鄧美貴・方紫雲

企劃製作 / 牛頓雜誌社

出版 / 牛頓出版社

地址 / 臺北市和平東路二段107巷20號1樓

電話 / 7059942・7061976・7061977・7062470

郵撥 / 0731188-1 牛頓出版社

原作者 / 長野敬

原出版者 / 株式會社 談談社

插畫 / 石原恒和・山崎典子

攝影 / 奧村和泰

製版印刷 / 中華彩色印刷股份有限公司

定價 / 新臺幣1100元

初版 / 1985年8月15日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

■本書版權所有，翻印必究■

牛頓科學研習百科



• 特約編審委員(按姓氏筆劃排列) •

呂勝春 (中央研究院生物化學研究所研究員)

武光東 (陽明醫學院共同學科主任)

林仁混 (臺灣大學醫學院教授)

林曜松 (臺灣大學動物系教授)

周德程 (陽明醫學院神經科學研究所所長)

羅時成 (陽明醫學院微生物免疫研究所副教授)

梁潤生 (臺灣大學動物系教授)

張之傑 (科普作家)

總審訂 • 丁錫鏞

牛頓出版社

序言

科技文明的腳步不斷地向前邁進，而且已由漫步逐漸加速為快跑。以近日備受矚目的太空科技來說，自古以來，人類始終夢想著翱翔天際，但雖歷經了千百年的努力，在十九世紀之前，人類仍在地面行走，航空科技的進展幾乎為零。直到一九〇三年萊特兄弟完成第一次離地飛行的實驗之後，至今不過八十餘年，人類不僅已能藉著各種航空載具像鳥類一樣海闊天空、自由在地飛翔，而且衝出了大氣層，踏上月球的寧靜海，以土星、木星為跳板，奔向太陽系外浩瀚無窮的宇宙深處。

然而，沒有一項劃時代的發明是偶然的，如果沒有紮實的科學知識為根基，所有的理論都是空想。沒有物理基礎力學，那來的流體力學，更不可能研製出飛機，航向太空的美夢又從何圓起？因此，儘管太空梭、電腦、雷射、機器人等應用科技喧器一時，但如果不在基礎科學方面多下功夫，到頭來終究是黃梁一夢而已。

我國教育的隱憂之一，在於中學階段「考試領導教學」，國中生為高中聯考而疲於奔命，高中生為大學聯考而心力交瘁；大學時代則基礎科學不受重視，考入「冷門科系」者極多非其本意，對畢業後出路更是惶惶不安。所幸近年來教育當局已對這些缺失痛下針砭，陸續展開一連串革新行動，諸如：由師大科學教育中心改編中學教材、實施彈性化及多元化的新高中課程標準、開闢大學社會與科技學門之間的通識課程、修訂留學辦法等。國科會在訂定八大重點科技時，也不忘再三強調：絕不忽略基礎科學。

這些措施確是極為睿智的決策，因為基礎科學可以說是培養科學態度、鍛鍊科學精神、訓練推理思考最重要的工具。尤其身處科技發展日新月異的現代，若想迎頭趕上時代潮流，注重基礎科學教育已是必然的趨勢。

牛頓雜誌社有感於基礎科學教育的重要，自民國七十二年五月十五日「牛頓雜誌」創刊之後，不斷地以「推動大眾科技傳播、加強科學紮根教育、提升全民科技水準」自我鞭策，在全體編審委員、編譯委員及編輯工作同仁的合作之下，緊接著又推出「小牛頓雜誌」，並企劃製作「透視地球」、「探索能源」、「動物獵奇」、「人體的奧秘」、「航向太空」、「銀

牛頓雜誌社長兼總編輯

丁錫鏞

河之旅」、「科技天地」、「大自然之美」、「科學的最前線」、「生物奇觀」、「星星·月亮·太陽」、「科學家列傳」等十二本「牛頓特集」與「基礎科學」專書。爲了達到相輔相成的效果，對應用性的尖端科技也不遺餘力地推廣，先後出版了「雷射光電」、「資訊電腦」、「機器人」等專輯。「臺灣科學之旅」——墾丁國家公園則是「牛頓」關心大自然生態環境的另一個起步。

這一系列期刊及叢書的推出，已在國內蔚爲一股科學研習與科技傳播的風氣，如今面對我國科學教育此一重大的轉型期，牛頓雜誌社深受國人的殷切叮囑與期盼，遂再次動員了十九位編輯，花費了一年半的時間及鉅額經費，在八十餘位專家學者的協助之下，製作這套「牛頓科學研習百科」，因應社會大眾及莘莘學子的需求。

「牛頓科學研習百科」共有「物理」、「宇宙」、「人體」、「化學」、「地球」、「動物」、「生命」、「植物」八冊，各冊章節脈絡分明，內容儘量避免抽象化的符號，而代以輕鬆活潑的筆調、精美透晰的圖解。從生活周遭的實例著手，在科際整合的新穎觀念指引之下，介紹科學概念、原理及方法，探討各種科學與人類的關係，幫助讀者在心中建立起完整的科學知識體系，並受本書啓發式的誘導，進一步萌發研究的動機。例如「物理」一書中介紹慣性作用時，即以搭乘公車時乘客摔得人仰馬翻的慘狀來說明。相信凡是搭過公車的讀者，都會深深地體會出其中奧妙，進而研究出調整自己身體重心的對策，從此不再怕公車。

這不僅是一套圖文並茂的中學基礎科學研習教材，離開校門已久的社會人士也可以藉此溫故知新，對非理工背景的讀者更是一套十分理想的科學入門指導。此外，各冊書後都附有詳細的中、英、日對照索引，所以也是從事科學教育工作及科技行業的專業人員手邊不可或缺的工具書。

推行科學普及運動一直是「牛頓」的中心目標，願「牛頓」的每本佳作及每場科學活動都能成爲您立志做個「科技人」的助力，共同迎接二十一世紀新科技浪潮的來臨。

目錄

1 生命與生物..... 7

不可思議的生命 / 7

生物的歷史 / 10

生物的多樣性 / 13

2 生物學的歷史.....14

生物學與我們 / 14

亞里斯多德與自然發生說 / 16

自然發生說的探討 / 18

顯微鏡與微生物的發現 / 21

微生物與自然發生說 / 24

3 生命的誕生與細胞.....28

生命的宇宙飛來說 / 28

地球上生命的起源 / 30

細胞 / 32

濾過性病毒 / 30

4 演化.....44

演化的認知 / 44

拉馬克和達爾文 / 46

小獵犬號之旅 / 48

「物種原始」與天擇說 / 50

天擇說的意義 / 52

化石與演化論 / 54

演化的證據 / 58

獲得性性狀會遺傳嗎？ / 62

演化的實例 / 64

活化石和「失去的環」 / 68

系統樹與分類 / 70

演化的「噴泉」 / 72

演化的法則 / 74

植物的演化 / 76

蘚苔、蕨類和顯花植物 / 78

靈長目的演化 / 80

人類演化之路 / 82

5 生命的機制.....84

細胞的構造與生活 / 84

酶的研究歷史 / 88

酶的精製與構造 / 90

其他物質的構造與機能 / 92

生物對能量的利用 / 94

呼吸、發酵與醱分解 / 96	免疫的構造 / 146
能量的利用 / 98	體內情報的聯絡 / 148
運動的機制 / 106	植物的荷爾蒙 / 152
肌肉收縮的機制 / 108	對環境的反應 / 154
光合作用 / 110	神經 / 156
不行光合作用的植物 / 112	反射作用 / 160
6 生物的發生與成長..... 114	8 遺傳..... 162
生物的一生 / 114	生物的遺傳 / 162
生物的起源 / 116	遺傳機制的發現者 / 164
卵的分裂 / 118	孟德爾定律 / 165
由卵至完全成長 / 120	基因與染色體 / 168
胚的形成與實驗 / 122	形成基因的核酸 / 171
變態與世代交替 / 128	基因的密碼 / 172
相對成長 / 132	遺傳密碼與突變 / 174
再生 / 134	突變與演化 / 176
7 生物體的均衡一致..... 136	9 生物的世界與地球..... 178
物質的進出 / 136	元素的循環 / 180
體內物質的輸送系統 / 140	人類與能量的流動 / 182
氧氣的利用 / 142	能量的流動 / 184
體內的環境 / 144	

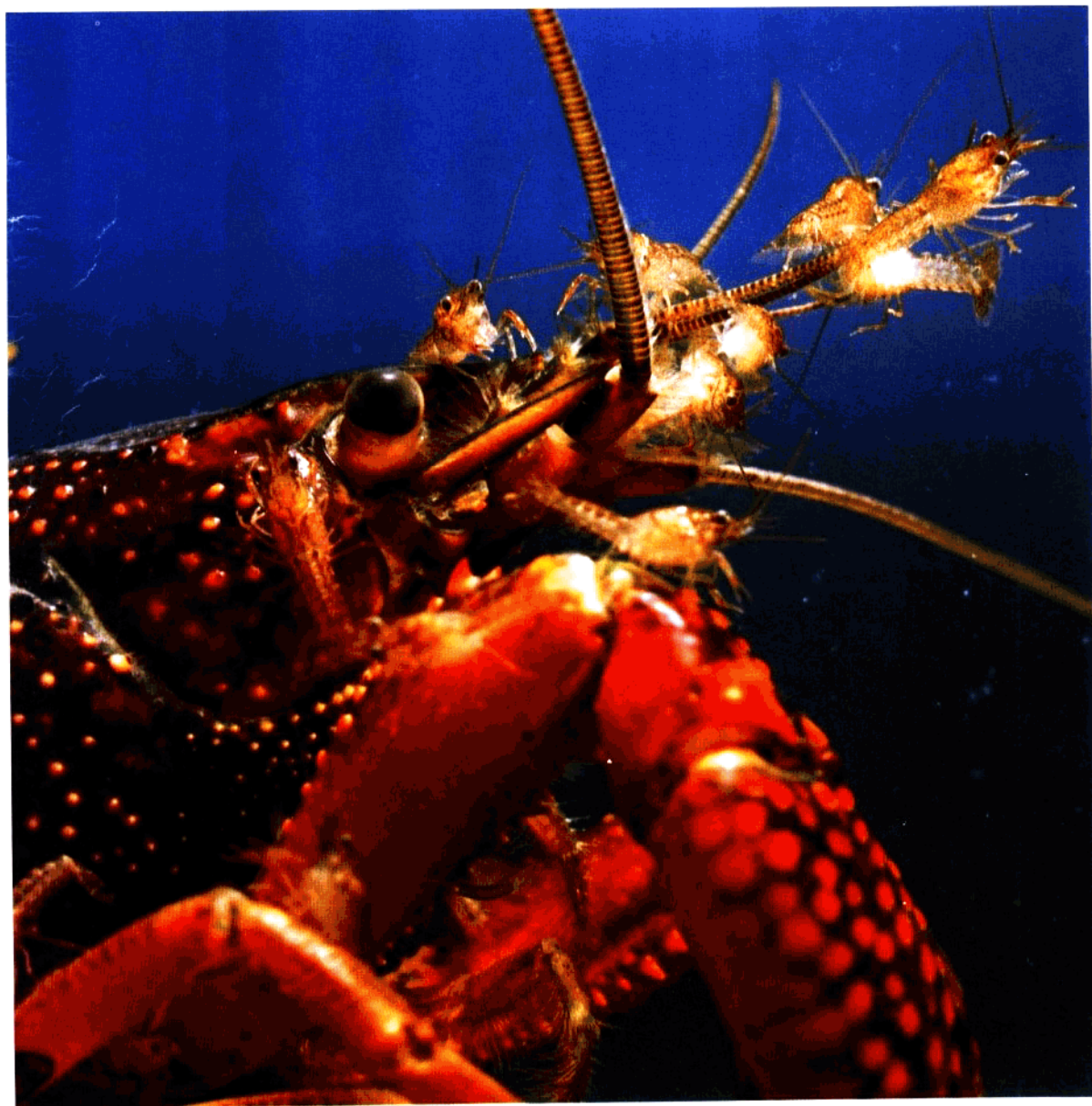
不可思議的生命

生命是什麼？生物所顯現的各種作用，真令人覺得不可思議。譬如，種籽只要有適當的水分和溫度，自然就會萌芽，並成長為某一種特定的植物；也就是說，牽牛花會長成牽牛花，向日葵長成向日葵。看到這裡，一定有人會

反問：這不是理所當然的嗎？但是，一顆形狀和種籽完全相同的小石頭，不論給它多麼好的生長環境，它也不會從土中萌芽成長，這應該是無庸贅述的。

種籽和小石頭為什麼會有這麼大的差別呢？這是因為種籽是活的。那麼它又為什麼會自己萌芽呢？

生物和無生物的差異 動物會移動，也同樣令人覺得不



可思議。活的昆蟲，只要碰牠一下，便會移動，因此，若想知道昆蟲是活的還是死的，我們可以用手碰碰看；如果昆蟲動了，我們就說牠是活的。這種說法雖然沒有錯，但並不能說明為什麼昆蟲只在活的時候會動。

類似的問題不勝枚舉，有關生命的問題總是讓人不容易得到圓滿的答案。生物學家不比哲學家，他們不會在生命本體問題上上下功夫，只是以種種生命所具有的特徵，來界定生物和無生物；具有某些特徵的，就認為是生物，不具備某些特徵的，就認為是無生物。

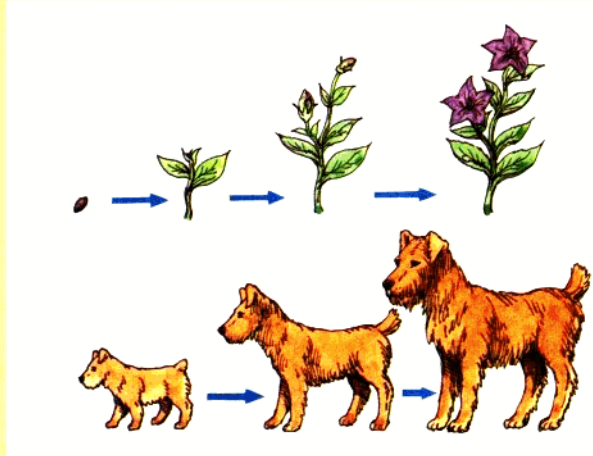
到底生命的特徵是什麼呢？就是生長、運動、形態、遺傳、感應和代謝，大凡生命，無不同時具有上述數項特徵。但是，這些特徵也不是生命所專有的。以電動玩具狗來說，按下開關它就可以一步步向前走動，這不就是運動了

嗎？以水晶來說，天然產出的水晶呈六角形，這塊水晶如此，那塊如此，大凡水晶皆如此，這不是有固定形態嗎？再以燭火為例，蠟液不停地流到燭芯而燃燒發光，蠟燭會因燃燒而耗損，燭焰的形狀一直都沒有改變，這不正是代謝嗎？

但是，上面所舉的一些例子——電動玩具狗、天然水晶和燭火燃燒，我們絕不認為它們是「活」的。我們對「死」、「活」的認知是直覺的，而僅憑直覺，往往無法將事物釐清。在我們的直覺中，木頭是死的，可是在這塊木頭還是一棵大樹的時候，又如何呢？木頭和樹又有什麼差異呢？仔細分析，就覺得問題不那麼單純了。

透過生物學的知識，我們可以更清楚地區分生物和無生物，也可以更明確地闡釋生命。一個細菌、一棵樹、一個

生命的特徵



生長

遺傳 (子女酷似父母親)



運動 (靠自己的體能活動)

感應 (對刺激會有反應)



人……，都是生物，都是生命。所有的生命都遵循着某些共同法則生活，所以所謂研究生命，其實就是研究這些共同法則。明白了這些共同法則以後，自然就明白生物與無生物之間的差異在那裏了。從某些角度來看，生物與無生物間的差異極稀；換從另外一些角度來看，生物與無生物間的差異又極為明顯。生命科學一日千里，一些原本只有生物才有的性質，人類已可加以模擬——如人造基因，使得生物與無生物間的界限愈來愈模糊。

生物和無生物都是由無生命的物質——原子組成的，兩者之間勢必有其共同性。另一方面，組成生物的分子和組成無生物的分子，一般而言差異相當大，從分子的層面來看，生物又有其殊異性。接下來，就讓我們從各個角度來探討生命之所以為生命的道理吧！

可產生類似生命現象的無機物

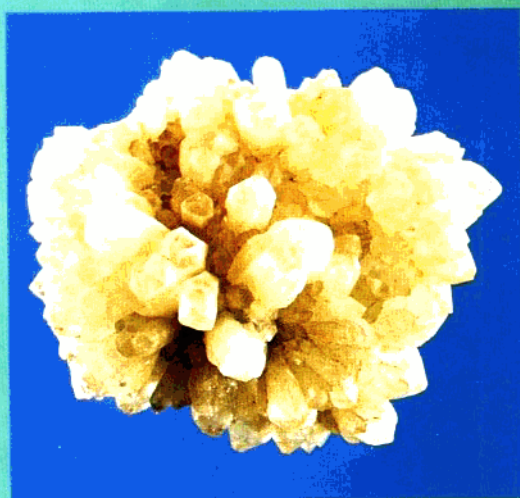


運動 (利用電池能源移動的玩具)



形態 (具有固定的形狀)

代謝 (食物在體內轉換成能量)



形態 (水晶)

代謝 (蠟燭的火焰)



生物的歷史

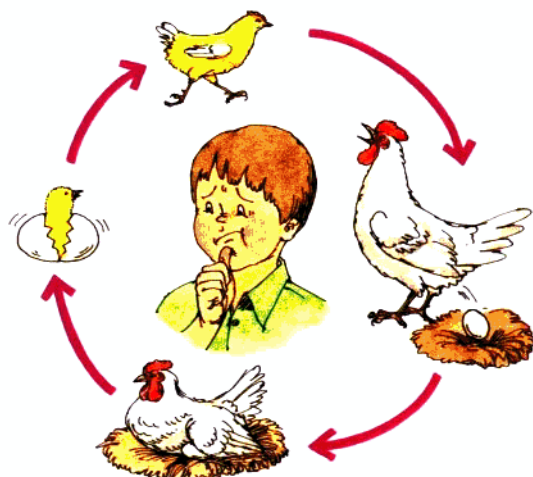
我們所居住的地球上，有許多不同的生物，而這些生物過去都是由上一代產生下一代，代代相傳下來的。根據這個道理，我們便可往上回溯生物的起源。

如果一直回溯上去，那麼最早的生物是如何出現的呢？你是不是很想知道最早的生物是由什麼物質所構成的？有沒有所謂的萬物之始呢？古時候的人覺得這些問題都很不可思議。「雞生蛋還是蛋生雞？」想來這個命題當可算是上述各種謎題的縮影吧！

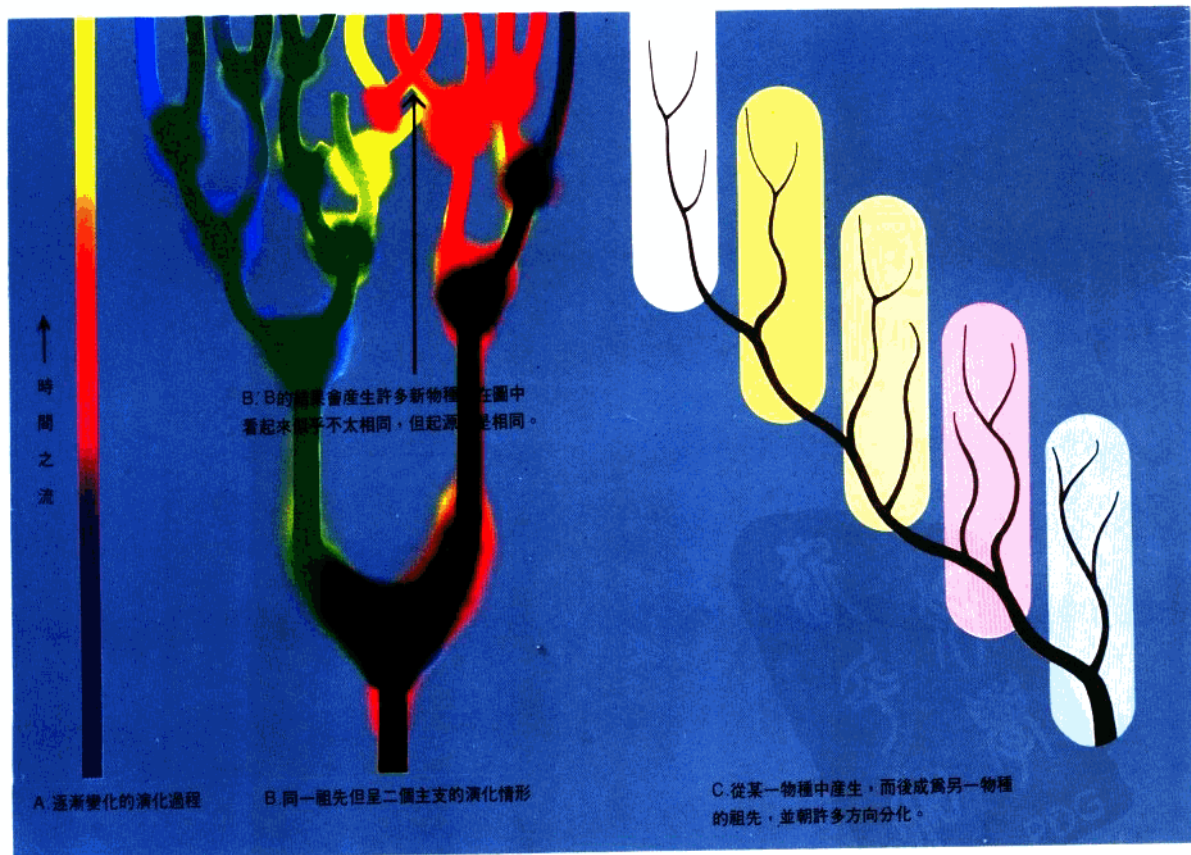
對這個雞和蛋的謎題，如果光托著腮空想是無法獲得答案的，並且只會變成為了同樣的問題在那兒兜圈子而已。現在我們的身旁為什麼會有各種各樣的生物，而人類這種生物，又為什麼會生活在地球上？為了解這一連串的疑問，就須了解生物的歷史，也就是生物從太古時代以來，是遵循什麼樣的「家譜」，遞嬗至今。

生物的演化 「人類和猴子的來源很接近」，這是句大家經常掛在嘴邊的話，意思是說我們回溯歷史，會發現猴子和人類有共同的祖先。

雞生蛋還是蛋生雞？



有人誤解生物學家的意思，以為人類是由猴子變來的。「由猴子變來」和「與猴子有共同祖先」，二者的意義完全不同。一旦發生誤解，便可能有進一步的疑問：「既然人類是由猴子變成的，現在怎麼沒看過猴子變成人呢？」理由很簡單，(1)人類本來就不是猴子變成的，(2)即使人類是由猴



子變成的，其過程也不是我們有生之年所能觀察得到的。其實不只是人類和猴子如此，昆蟲類的蝴蝶也有類似的情況，譬如黃蝶和淡黃蝶很難區別，紋白蝶卻與二者相差很多；儘管如此，牠們同樣都是蝴蝶。至於蛾類和蝴蝶的差異就更大了，但彼此之間仍有很多相似之處。獨角仙有六隻腳，這一點和蝴蝶、蛾一樣，因此，我們以「昆蟲」這個名稱來稱呼牠們。

將動物這樣一類類歸類，會發現牠們之間有縱行和橫行的親緣關係。即使是對生物學一無所知的非專家，也知道將蝴蝶歸入昆蟲、將鱈歸入魚類、將雞歸入鳥類……。

照上述情形來加以引申，昆蟲、魚、鳥和人類都可稱為動物，並有許多相似之處。那麼，古時候是否有一種生物可稱為所有生物的祖先呢？現代的科學家認為的確有這種生物，事實上如果不這麼假設的話，其他的推論就無法成立了。

由於昆蟲有六隻腳，魚沒有腳，鳥有二隻腳，而狗有四隻腳，如果這些動物真有共同的祖先，這種祖先不是很奇怪嗎？事實卻不盡然，因為最初一定有一種非常簡單的生物，這種生物愈變愈複雜，繼而產生出許多新生物，這樣

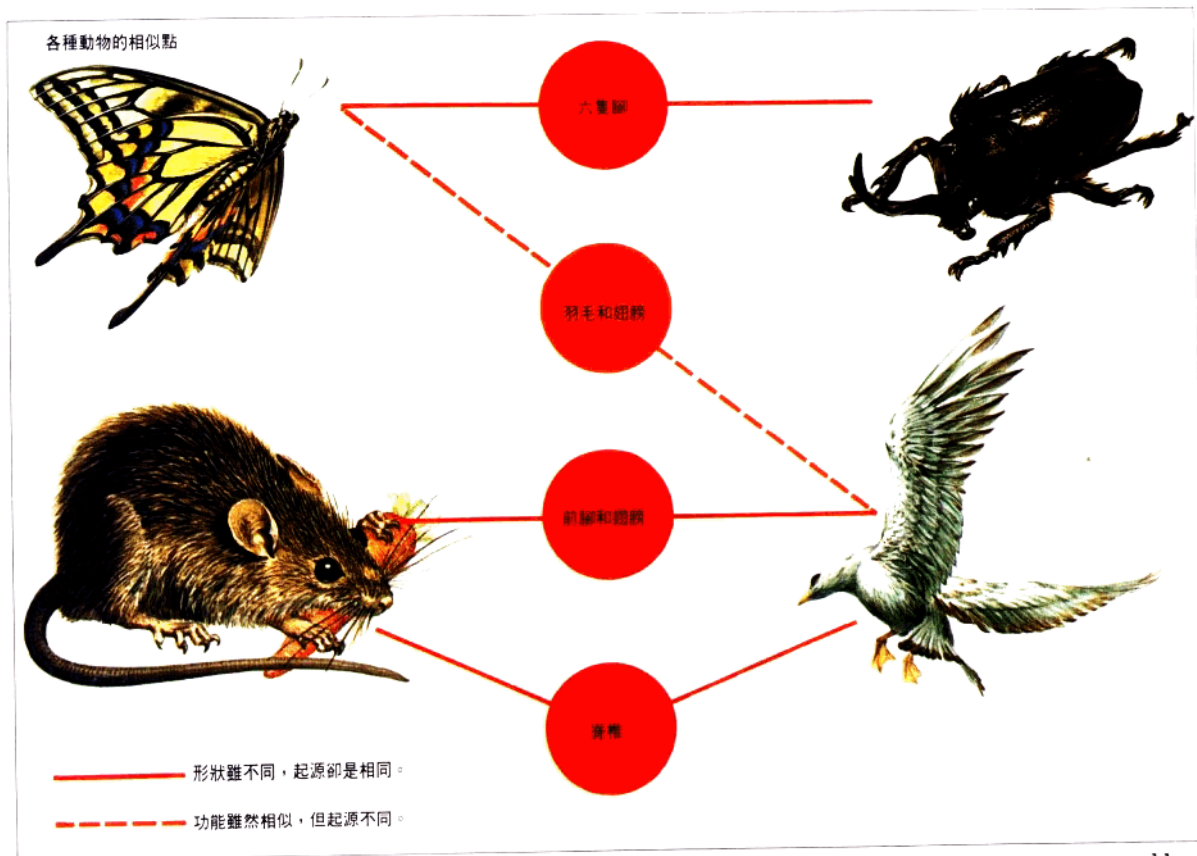
推測就離事實不遠了。換句話說，所有生物的祖先，並非一次就生下現在所有的動物，而是經過非常長的時間逐漸演化和分化而來（請參照左頁的圖）。

左頁的演化圖可以予人較明晰的印象。經過時間之流，一種生物可能逐漸演化成其他的生物，也可能分化成二個主支，再分化成許多分支；也可能沿一主支逐次分化，產生不同的物種。總之，演化是時間作用的結果，如果不把時間因素加進去，就無法了解演化。

類似左圖的圖解稱為系統樹，它告訴我們演化的同源現象；亦即沿着樹枝往下追溯，一定可以找到一個共同的來源。以脊椎動物為例，雖然魚類有魚類的共同祖先，兩生類有兩生類的共同祖先，哺乳類有哺乳類的共同祖先，但是所有的脊椎動物也有一共同的祖先。

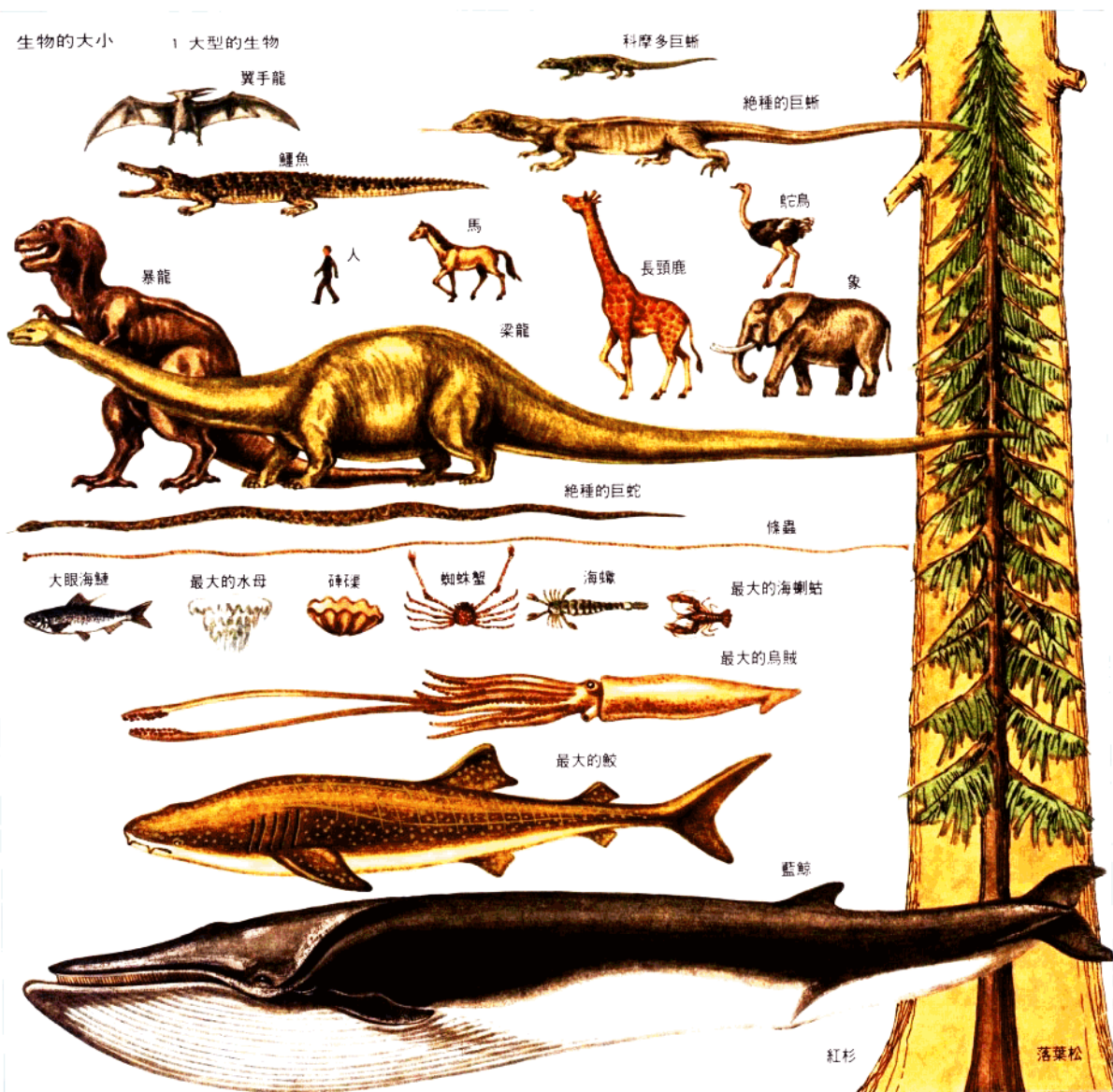
像這種生物在長時間內逐漸變化的過程，就稱為生物的演化。要了解生物，就須先了解其演化的過程。

要探討演化，須從二方面下手，第一，演化經由什麼路線而來？第二，生物為什麼會演化？為什麼不能夠保持最初的形狀？本書便是從這二個角度來探討生命的起源與現象。

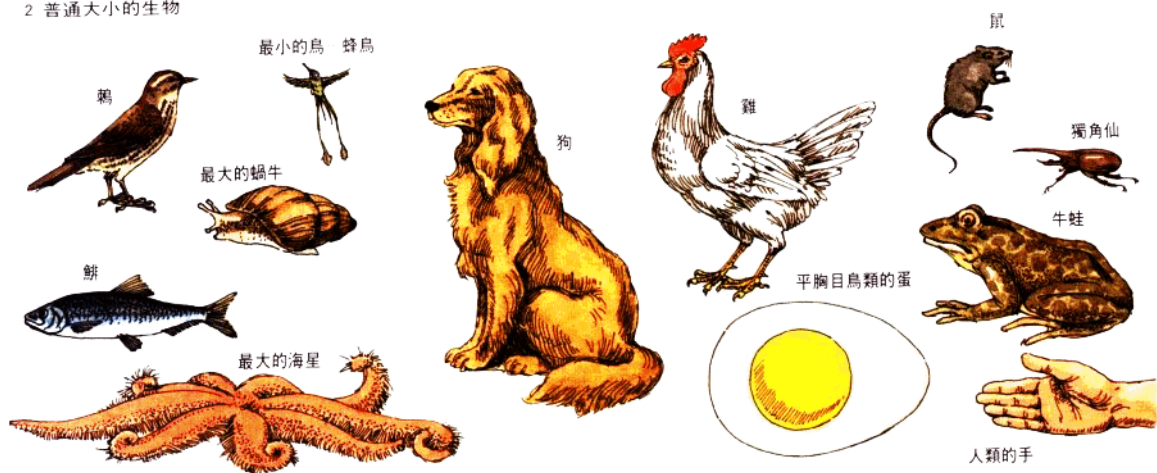


生物的大小

1 大型的生物



2 普通大小的生物



生物的多樣性

生物之所以具多樣性，是因為經由億萬年的演化，才形成了當今的芸芸衆生，這一點前面已經簡單說明過了。動物和植物的差異一眼就可以看出，即使同樣是動物，人和魚具有脊椎骨，螃蟹和昆蟲具有甲殼，而水母和海葵同樣都柔軟無骨，由此可知各種動物間的差異委實很大！

以我們人類的眼睛看來，有些生物可愛如松鼠，而有些生物可怕如蛇蠍，也有些生物讓人看了覺得厭惡。但是在大自然中，看來很可怕的蟒蛇、溫和的鴿子，或對人類有害的昆蟲類等，牠們都各自以適合自己的生活方式而生活著。

大自然不為堯存、不為桀亡，而且也沒有可愛、可怕或可厭這些字眼。在生命的舞臺上，每一種生物都扮演著它特定的角色，各有其生存的意義，於是形成了生命世界的多姿多采一面。下面，讓我們以生物的大小來說明生物的殊異性。

生物的大小 從大小的觀點來看，生物世界的差異誠不可以道里計。我們只要看看日常生活中所常見的動物，譬如從蚊子、螞蟥等身長僅數公釐的昆蟲，到牛、馬等數公尺長的哺乳動物，當可或多或少了解生物的多樣性。

如果把平常看不到的巨大動物，以及用顯微鏡才能看到的變形蟲或細菌包括進去，這個大小的差距就更懸殊了。

通常一談到大型動物，我們立刻會聯想到象，實際上，住在海中的鯨，體型多半比象還大，尤其是藍鯨更可長達三十公尺。

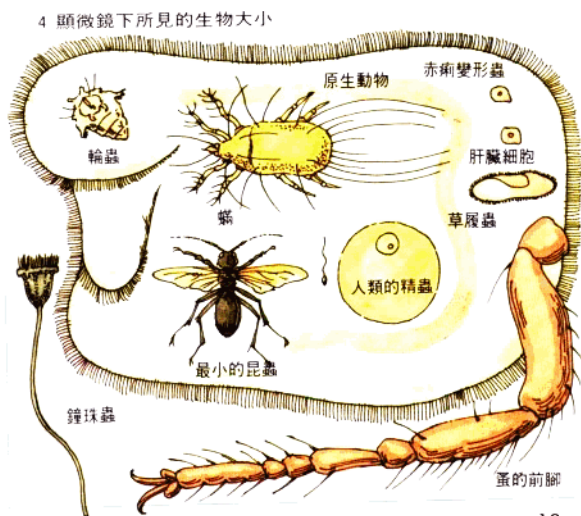
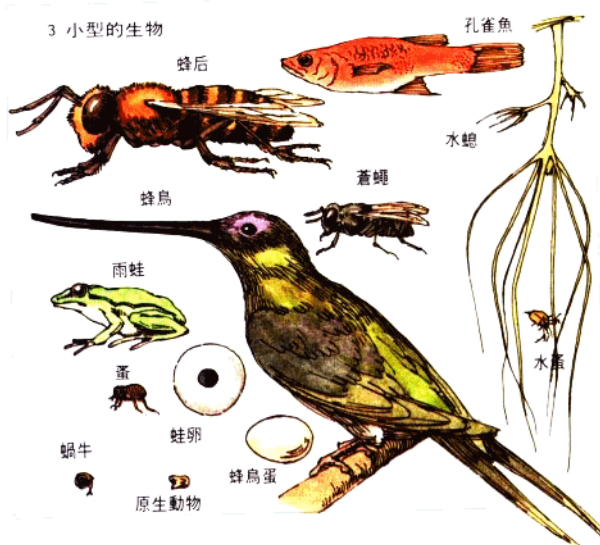
陸地上的動物無法長得如此龐大，這是因為空氣的浮力

比水小，如果陸地上的動物長得像藍鯨那麼大，勢將無法支撐龐大的身軀。恐龍之中不乏數倍於象者，牠們爲了支持身體的重量，必須有又粗又結實的骨架，結果往往無法迅速移動。有關恐龍絕滅的可能原因，雖然衆說紛紛，莫衷一是，不過，身軀太過龐大可能就是造成被移動迅速的動物取代的原因之一。

至於極微小的生物，我們可以細菌為例。同樣是細菌也有大小之分，普通大約在千分之一公釐左右。如果拿細菌和鯨做大小的比較，會有什麼結果呢？人類眼睛所能看見的極限，大約是十分之一公釐；現在我們就把細菌放大到這個尺度，並且將鯨也以同樣比例放大。這時，鯨魚的身長可達三公里，由此可知細菌和鯨二者的大小根本無法加以比較。

以上所談的是細菌和動物，現在讓我們來談談植物。植物世界的大小差距也同樣顯著。浮萍只有一點點兒大小，但是麻雀雖小五臟俱全，卻是道地的顯花植物；同樣是顯花植物，有些卻能長到幾十公尺高。有些樹木的樹幹粗大而堅硬，不論枝葉多麼茂密，都不會把自己壓垮。例如長在臺灣中央山脈高九百至二千九百公尺的紅檜，棵棵挺拔聳立有如擎天巨人，其中以阿里山神木和溪頭神木最爲大家所熟知。臺灣開發得晚，加以山岳高聳、谷深崖險，這些巨木才得以保存下來。

世界上類似的巨木並不多見，而最有名的就是美國加州的紅杉世界爺了。世界爺是樹中的長人，從地面到樹梢有超過一百公尺者。最有趣的是一棵紅杉樹幹基部被挖成汽車通行的隧道，成為加州特殊的一景，經常出現在風景畫片上。



生物學與我們

生物學的起源 通常我們將研究生物的學問稱為生物學。具體地說，它包括遺傳學(探討親代如何將性狀傳至子代)、生理學(探討臟器的功能)、解剖學(探討器官的構造)、生態學(探討生物學環境間的關係)、生物化學(探討細胞的代謝)等等。

話說回來，生物學初發軔時並沒有這麼多分科，而是經過千百年的累積，才有了今天的成就。至於生物學究竟起源於何時，恐怕沒有人能夠回答。我們可以這樣說，自從有了人類，就有了生物學。原始人過採集、狩獵的生活，無時無刻不和生物接觸。從經驗中，他們學會分辨那一種果實可吃、那一種不可吃，這就是原始的分類學。一旦獵

捕到動物，開腸破肚之下，無意間認識了五臟六腑，這已經是原始的解剖學和生理學了。在人類和生物的接觸中，生物學自然地形成。當人類把累積下來的知識加以系統化後，一門學問就正式誕生了。

與生物接觸 自有人類以來，就不可避免地要和其他生物接觸。在水裏捕捉魚蝦，在地上觀賞美麗的花卉，驅除擾人的蚊蠅……，這些都是人類和其他生物接觸的例子。當草萊未闢的時候，人類是生物界的一員，人類和其他生物一起維持生態的平衡。當文明進步以後，人類的破壞力隨之增大，其他生物或多或少都受到人類的干擾；有些生物被人類馴化為家畜或作物，有些則甚至被趕盡殺絕。

人類若缺少其他生物是無法生存的，因為我們的食物多半要從生物身上取得。食物之中，像魚類或蔬菜，我們一

拉斯可洞窟壁畫，顯示上古時代人們已詳細觀察動物。



眼便可認出它原屬於何物；但是像巧克力，就很難憑其外形想像出主要成分爲何了。其實，巧克力是用可可樹的果實製成。其他諸如調味的奶油是用牛奶製成的，糖是由甘蔗、甜菜製成的等等，不勝枚舉。

除了食物需仰賴生物，人類穿著的衣物也不例外，因爲除非住在熱帶，否則就不能不穿衣保暖。人類穿衣服並非專爲遮羞，人類不像其他野獸一般，與生俱來就有禦寒的毛皮，遇到寒冷的冬天，若是沒有衣物蔽身，就無法維持體溫。在化學纖維還未普遍流行以前，可說人類所穿全是從其他生物身上所擷取的，例如棉布取材於棉子，涼爽的麻紗由麻的莖皮纖維織成，絲綢用蠶繭所抽出的絲織成。

最高等生物——人類 由以上所述可知，人類和其他生物接觸的目的並不是某種生物稀奇、美麗或討人喜愛，而是基於實際需要，因爲人類若不依賴它們就無法生存。

所以，當我們放眼觀看這個世界，想要了解生物各種問題時，千萬不要忽略了對自身的探討。我們常說：人類

是「回顧方趾」，這當然只是一種比喻，卻也清楚地表明出人也是一種動物。另一方面，人類卻自認爲萬物之靈，是一種特別聰明、優秀的動物。對於這二種不同的看法，我們很難加以判斷和說明，唯一能做的就是正確地探討人類自身，對自身賦與新的認知。

生物學的重要性 從動植物以至我們人類自身，都是生物學的研究範圍。生物學有理論的一面，也有實用的一面。像基因怎麼表現作用，這是理論的一面；小麥怎麼育種，則是實用的一面。大致說來，醫學和農學是生物學的應用；生物學有高度的發展，醫學和農學也跟著進步。

在生物學家眼中，小至細菌、大至人類，都有它的共同性。因爲生物有其共同性，所以我們才能將之當成一種有系統的學問來研究，否則就無法研究了。生物學就是了解生命——也可以說是了解自身的一把鎖鑰。有了生物學的基本知識，才能鉅簡馭繁，較明確地了解生命，才不致陷入玄學的迷魂陣中，把生命看成不可解、不可知。

