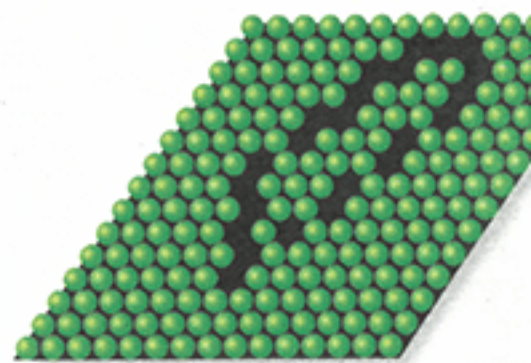
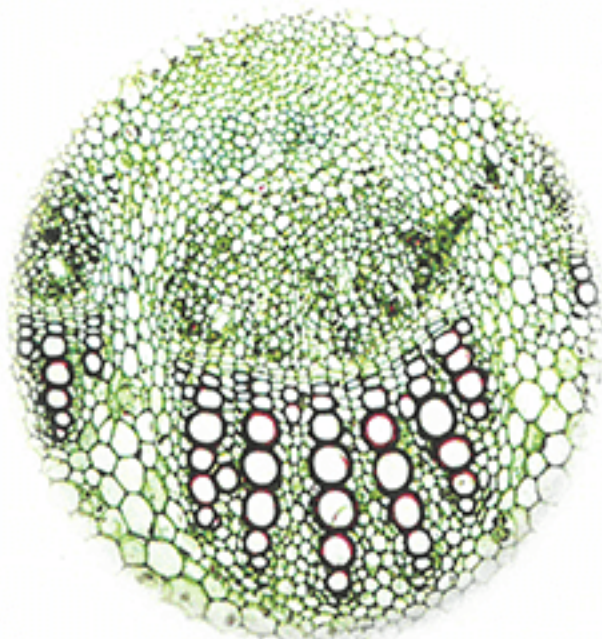
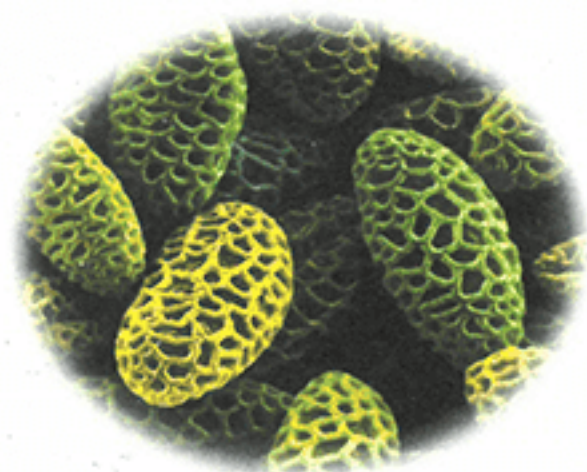


國民中學
一年級上學期



教育部·審定版

自然與 生活科技





目錄

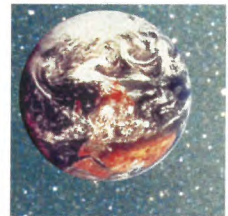
緒論 認識自然與生活科技

0-1	關於科學與科技	10
0-2	科學的描述與測量	13
0-3	萬物由原子組成	19
0-4	學習科學與科技	25
	本章摘要	30
	參考資源	31

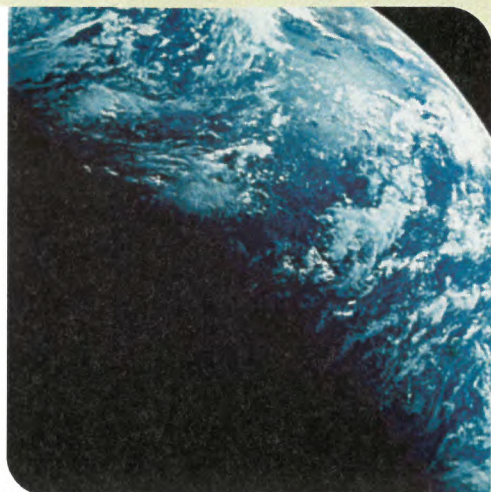


第一章 地球在太空中

1-1	太陽系家族	34
1-2	行星與衛星	40
1-3	星河浩瀚	46
1-4	獨特的地球	50
活動 1-1	你也可以創造星座神話	53
	本章摘要	56
	參考資源	57



第二章 地球面面觀

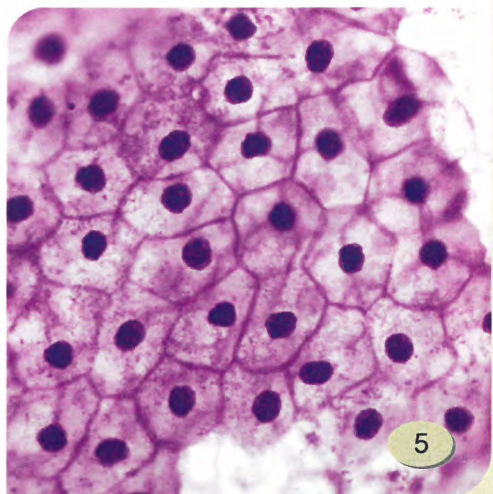
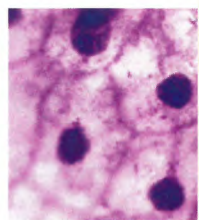
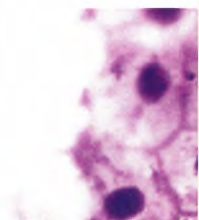


2-1	大氣圈	60
2-2	水圈	63
2-3	海洋	67
活動2-1	觀察地球的海陸分布	68
2-4	固態的地球	76
2-5	地球上的生命	78
	本章摘要	80
	參考資源	81



第三章 生命的基本單位

3-1	細胞的基本構造與功能	84
活動3-1	顯微鏡的使用	88
活動3-2	水中的小生物	94
3-2	細胞組成生物體	96
活動3-3	動、植物細胞的觀察	99
3-3	細胞的代謝	102
	本章摘要	106
	參考資源	107



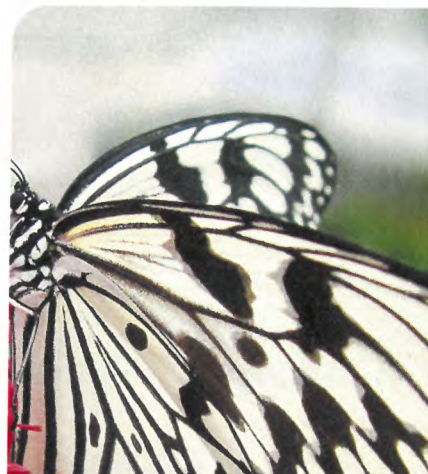


第四章 植物的營養、運輸與感應

4-1	植物獲得養分的過程	110
活動4-1	光合作用需要日光	113
4-2	植物體內的物質運輸	115
活動4-2	維管束的觀察	122
活動4-3	葉片的蒸散作用	124
4-3	植物的感應	125
	本章摘要	128
	參考資源	129

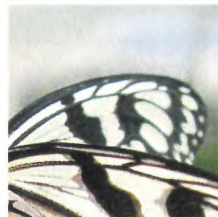
第五章 動物的營養與運輸

5-1	動物的攝食與消化	132
活動5-1	唾液內酵素的分解作用	137
5-2	動物的運輸構造	139
活動5-2	探測心音與脈搏	143
活動5-3	血液流動的觀察	145
5-3	血液循環與物質交換	146
	本章摘要	152
	參考資源	154



第六章 動物的協調與恆定

6-1	動物的神經系統.....	158
活動 6-1	反應時間的測定.....	165
6-2	動物的內分泌系統.....	167
6-3	動物體內的恆定.....	170
	本章摘要.....	176
	參考資源.....	177
	中文名詞索引.....	178
	圖片資料.....	182



緒論 認識自然與生活科技




0-1 關於科學與科技

0-4 學習科學與科技

0-2 科學的描述與測量

0-3 萬物由原子組成





生物在自然環境中生存，
但人類與其他生物不同的是，
發展出文化與科學，
並以各種技術製作工具，改善生活。
人類文明現代化以後，
科學全面影響現代生活，
學習基本的科學及技術上的應用，
已成為現代國民的基本素養之一。



0-1 關於科學與科技

自古以來，人類為了求生存，就會試著利用身邊可得的東西，去解決生活上遇到的問題，像是利用木棒、石塊抵抗野獸攻擊、利用樹枝挖掘食物充飢、利用石片刮取獸皮禦寒。從這些利用樹枝、木棒、石片的過程，人們逐漸體會到使用工具的好處，並且由累積經驗發現，工具形狀、長短、大小，會影響到便利性與費力多寡，進而懂得選擇適用的工具解決困難。甚至當取得的東西不夠理想時，會嘗試著改變原有工具長度、粗細、厚薄以符合實際應用需要。累積無數次的觀察、試驗與改良後，不但讓工具的使用更有效，也因而研究出其中省時、省力的原理。人類對於這些原理的發現與應用，又產生出更多不同功能與高效率的工具（圖 0-1），如此週而復始的經驗累積發展與改良，人類不斷的探討與研究大自然各種現象，歸整出各種現象變化的道理而產生了科學，也發展出許多應用技術來改善生活品質。

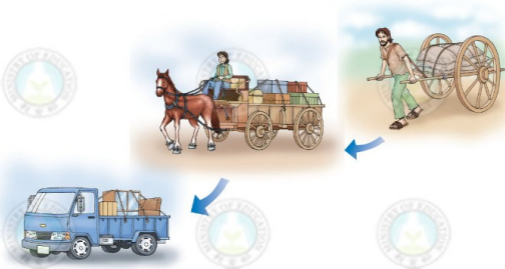


圖 0-1 不同時代的車輛

隨著科學與科技的進步，我們的生活也更為便捷而多采多姿。人類行走速度遠不及羚、馬、獅、豹，但汽車、火車能載著我們日行千里；人類不能像鳥類一樣飛行，但飛機能帶著我們展翅高飛、翱翔天際；人類視覺、聽覺不如鷹、鳩、兔，但望遠鏡足以讓我們觀察日月星辰；而藥物和各種清潔用品，幫我們一起抵抗病菌侵襲；電話與網路更讓我們打造了天涯若比鄰的世界。這些經由智慧、能力累積的科學與科技成就，突破了人類先天的不足與侷限，也為人類開拓了更為廣闊的活動範疇。科學與科技的躍進，改變了人們的生活和想法，也加速了人類文明的發展（圖 0-2）。



圖 0-2 科技產物的例子——大眾捷運系統

從人類生存發展的過程來看，我們從使用工具中體認科學原理，並運用科學原理發展新的科學技術，這種新的技術又常導引新的科學發展。例如：光學原理的發現，有助於更精密顯微鏡的製造；而精密顯微鏡的發明，則又擴展了生物、醫學、物理、電子學……等的研究深度。由此可知，人類科學與科技的發展過程常是互為表裏、合為一體，而難以分出主、從關係。

隨著科學與科技不斷演進與累積，人類改變環境的能力也越來越強大。這固然可以造福人類生活，但也可能侵害到其他生物的生存空間，進而影響了大自然整體的平衡。一旦大自然承受不起這樣的破壞時，反撲的結果是人類大量生命、財產的損失。因此，如何在人類生存發展的過程中，謹慎運用科學與科技，去維繫一個能讓人類永續生存的環境，是我們面對未來時不能規避的嚴肅課題。畢竟，我們只有一個地球，應該好好珍惜。



0-2 科學的描述與測量

「背著很大的背包，拖著沉重的行李，經過很長的時間、走了很遠的路」，這是生活中描述事物時，經常見到的方式，描述的內容雖然非常籠統，但我們還是能夠瞭解它的意思、體會它的情境。可是，當科學家們進行科學觀察或研究時，如果也用「很大」、「很重」、「很長」這些籠統的方式，來記錄他們的觀測結果，顯然是無法精確傳達科學的概念。因此，他們必須紀錄「大」、「重」、「長」的具體單位與數據，這樣才能明確而精準的表達觀測結果、提供完整的信息。

要確定東西有多大、多重或距離有多遠，常需要先訂定計量單位，再進行測量，以具體量度出物體大小或輕重。例如：我們說某東西有 5 個手掌大、這條魚是 1.5 公斤重時，是先把「一個手掌的長度」、「一公斤重」當作比較的「標準」，再將要測量的物體拿來，和這個「標準」相互比較，看它是這個標準的幾倍，就能說明物體的大小或重量，而該「標準」就是測量時的計量單位。

科學研究時最常測量的是長度、容積、質量（重量與質量的區別在第三冊說明）、溫度和時間等項目。雖然世界各地有各自訂定的計量單位，但是為利於資訊的交流與溝通，國際通用的標準計量單位，則是最常被採用的計量單位。表 0-1 列出的是其中較常用的計量單位。進行測量時，選取合宜的計量單位，較為簡潔適當。例如：量測身高時用公分，而不宜用公里；秤雞鴨時用公斤，而較不宜用公克等。

表 0-1 常用的計量單位

長度單位		容積單位		質量單位		時間單位	
單位名稱	縮寫代號	單位名稱	縮寫代號	單位名稱	縮寫代號	單位名稱	縮寫代號
公里(千米)	km	公升(升)	L	公斤(千克)	kg	小時	h
公尺(米)	m	公撮(毫升)	mL	公克(克)	g	分	min
公分(厘米)	cm			公絲(毫克)	mg	秒	s










表 0-2 時間長短與空間大小對照表

時間的長短

- 一百四十億年前
(宇宙在霹靂中誕生)
- 四十五億年前 (太陽系形成)
- 兩億年前
(恐龍出現；板塊運動發生)
- 六千五百萬年前
(恐龍滅絕；
哺乳類開始繁盛)
- 兩百五十萬年前
(最近的冰河期開始)
- 二十萬年前 (現代人類出現)
- 一萬年前
(冰河時期結束；
人類開始種植稻米)
- 兩千兩百年前 (建萬里長城)
- 一萬年前
(萊特兄弟試飛成功)



空間的大小

10^{18} 秒	10^{26} 公尺	(宇宙大小) 一百四十億光年	
10^{17} 秒	10^{24} 公尺	(超星系集團)	
10^{16} 秒	10^{22} 公尺	一億光年	
10^{15} 秒	10^{20} 公尺	(星系大小) 十萬光年	
10^{14} 秒	10^{18} 公尺	(到織女星距離) 二十六光年	
10^{13} 秒	10^{16} 公尺	一光年	
10^{12} 秒	10^{14} 公尺	(太陽系大小) 光線走半天； 一百三十億公里	
10^{11} 秒	10^{12} 公尺		
10^{10} 秒	10^{10} 公尺	(太陽大小) 一百萬公里	





(地球大小)
一萬兩千公里
(台灣南北長度)
四百公里
(對流層頂高度) 十公里
(大樓高度)
(兒童身高)
(電腦晶片大小)
(一根頭髮厚度)
(細菌及紅血球) 微米
(病毒) 一百奈米
(葡萄糖分子) 一奈米
(原子) 十分之一奈米

10^9 公尺
 10^6 公尺
 10^4 公尺
 10^2 公尺
1公尺
 10^{-2} 公尺
 10^{-4} 公尺
 10^{-6} 公尺
 10^{-8} 公尺
 10^{-10} 公尺

10^9 秒
 10^8 秒
 10^7 秒
 10^6 秒
 10^5 秒
 10^4 秒
 10^3 秒
 10^2 秒
10秒
1秒



一到十七年
(蟬的生活史)
一年(季節變化)
一個月(月亮圓缺)
數小時到數天
(蜚蟻成蟲的壽命)
一小時(午休時間)
十分鐘(蠟燭燃燒)
一分鐘(刷牙)
(百米短跑時間)
(心跳間隔)



計量單位通常是為了滿足科學研究及產品設計的需要而產生，因此，也常會隨著科學與科技演進的需要而增修。人類發明望遠鏡，觀察浩瀚的宇宙天文、日月星辰；發明顯微鏡，一探過去「視而不見」的細菌、病毒和微小物質。傳統的計量單位無法滿足所需，於是巨大和微小尺度的計量單位應運而生。例如：增設「光年」這個長度單位，以方便描述宇宙天體間的距離，「一光年」是「光線在真空中走一年所經過的距離」，大約等於 10,000,000,000,000 公里，已知織女星距離地球大約有 26 光年遠。而在電腦資訊或生化科技的相關資料上，常會用到「微米 (μm)」與「奈米 (nm)」兩個量度微小物體的長度單位。「一微米」是 1 / 1000,000 公尺，而「一奈米」是 1 / 1000,000,000 公尺。一顆米粒大約有五百萬 (5,000,000) 奈米長。表 0-2 列出科學上常用計量單位間的大小關係簡表，可供參考。



根據上述各單位的比例關係，你能計算出 0.3 公分是等於幾微米嗎？而冬季的晚上，天狼星明亮耀眼，它距離地球約 8.7 光年，這表示它所發出的光要經過多久才能被我們看到呢？

透過大、小尺度的測量，也能讓我們體會人類和自然界中其他事物之間大小、距離的比例關係。試想，在浩瀚的宇宙中，顯得如此渺小的人類，竟然有能力透過無窮的創造力與不斷的努力，在遼闊的宇宙時空及肉眼無法窺視的微小世界中盡情探索，這是多麼神奇的事啊！

選定了合宜的計量單位之後，我們可以藉助適當的工具進行測量，通常用刻度尺來測量長度、用鐘錶來測量時間、用溫度計來測溫度……等。但是我們也要瞭解，量取



長度時，金屬製造的量尺，會隨著溫度高低有些微的脹縮；而量取時間時，鐘錶機電裝置會受到溫度、擺動或碰撞而影響它的精準。因此，測量工具和使用環境的差異會影響測量的準確度，而這些微小的差異，在精密的科學實驗或機械零件製造時，都是不能被忽略的。藉著科技的進步，我們能製造更精良的測量工具，也使測量的結果更為準確。

除了使用工具直接測量之外，運用科學及數學原理來間接測量，也是科學研究時常用的方式。例如：希臘學者泰利斯（Thales, 624BC - 546BC；BC表示西元前）就想出了簡單的方法，測量古埃及金字塔的高度。他選擇一個晴朗的日子，在金字塔旁豎立一支竿子，觀察竿影長度隨太陽升高而產生的變化，等到竿影長度恰好等於竿子長度時（圖 0-3），立刻測量金字塔的陰影長度，從而算出了金字塔的高度（圖 0-4）。



圖 0-3 竿影長度恰好等於竿子長度



圖 0-4 測量金字塔的陰影長度



動·動·腦

你可不可以用一般的尺量出課本每張紙的厚度呢？和同學討論看看有那些不同的方法，並比較那一種方法最理想。

進行測量有助於精確紀錄事物的特徵，但要能清楚的描述各種自然界現象，常需進一步將不同測量數據統合運用。例如：草原的獵豹（圖 0-5）能奔跑多快呢？科學家使用了時間和長度兩項測量數據，以「每小時（時間）可跑的距離（長度）」，來描述獵豹奔跑的快慢（獵豹奔跑最快時，每小時可跑 110 公里），真是十分清晰而明確呢！



圖 0-5 獵豹



動·動·腦

速率也可以用來估算長度或距離，想想看，你如何用汽車的行駛速率，來估算兩地的距離呢？

但是，科學性的描述除了需要清晰明確之外，還應具完整性。例如：如果你認為獵豹每小時可以跑 110 公里，就以為獵豹可以和你的汽車在高速公路上並駕齊驅，同時奔馳到達終點，那你顯然忽略了獵豹不能跑上高速公路、國道一號最高速限 100 公里，以及獵豹奔跑開始的 300 公尺內，最快時可達每小時可跑 110 公里的速度，而之後會因為身體來不及散熱就會逐漸停下來……等資料。但是，如果獵豹是坐在你車上，那麼除了你的安全因素之外，同時到達終點當然是有可能的。由這例子可知，數據、資料固然可以幫我們了解事物、現象，但如果相關的訊息或資料不夠充分時，就很可能無法辨別事物、現象的真實狀況，而這也是使用各種訊息或資料時應有的科學認知與態度。

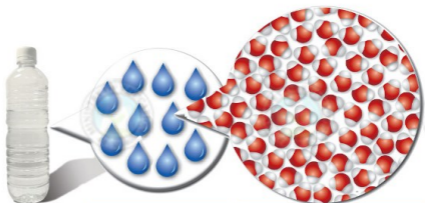


0-3 萬物由原子組成

假如有人跟你說：你現在身體內的某些材料，有可能是兩千多年前至聖先師孔子用過的，你相信嗎？理由為何呢？科學的知性之旅中處處充滿問題，但也隨處出現驚奇。就讓我們開始踏上「原子」之旅，沿著科學家的腳印，去發現這個問題的奧秘吧！

科學家發現，充滿在我們生活週遭的花朵、貓、狗、桌椅、石塊、空氣……等各種有生命與無生命的東西，雖然外貌性狀如此不同，但它們都是由許多物質組成。例如：狗身上含有水、蛋白質、脂質、核酸……等物質；而空氣是由氧氣、氮氣、二氧化碳、水蒸氣……等物質組成。各種物質各有自己獨特的性質，所以我們可以利用這些特性來辨識不同物質。

物質組成我們周遭的東西，然而，物質又是由甚麼組成的呢？我們可以觀察到一杯水是由許多小水滴所組成的，然而小水滴又可再分割為許多小小水滴，如此不斷分割的結果將會得到甚麼呢？答案是：每一小滴水，都可被分割為許多稱為『**分子**』的極小粒子，也就是說：水是由許多分子所組成，而一瓶 500 mL 的純水就約含 16,700,000,000,000,000,000,000 個水分子（圖 0-6），由此可知，分子是非常小的粒子。地球上大多數的物質都由分子組成。例如：二氧化碳氣體是由許多二氧化碳分子組成、砂糖是由許多蔗糖分子組成等。我們無法看見一個個分子，但極多的分子聚集，就可組成人類肉眼可見的各種物質了。



水由許多小水滴組成

小水滴是由非常多的水分子組成

圖 0-6 水是由許多分子所組成

分子雖小，但仍可再被分割為更小的粒子。現在，科學家已經能夠確認，把所有的東西不斷分割下去之後，都會得到一種更小的粒子，稱為「原子」。也就是說：原子組成分子，而分子集成物質。為了便於區分與描述，科學家用不同的英文縮寫代表不同原子，例如：鐵原子的符號是 Fe，碳原子的符號是 C（表 0-3）。

表 0-3 常見原子的符號

中文名稱	符號	中文名稱	符號
碳	C	氫	H
氧	O	氮	N
鐵	Fe	銅	Cu

分子是由原子組成的，所以結合原子符號與數字就可以表示組成分子的原子數。例如：氧的符號是 O，而每個氧分子是由 2 個氧原子組成，因此，氧分子記為 O_2 。每個二氧化碳分子是由 2 個氧原子和 1 個碳原子組成，所以二氧化碳分子記為 CO_2 。而每個水分子由 2 個氫原子和 1 個氧原子組成，所以水分子代號為 H_2O （表 0-4）。而更大、更複雜的葡萄糖分子則是由 6 個碳原子、12 個氫原



子和 6 個氧原子組成，所以葡萄糖分子代號為 $C_6H_{12}O_6$ 。通常組成分子的原子數越多時，形成的分子越大，構造也越複雜。

表 0-4 分子與分子的化學代號

分子名稱	氫分子	氧分子	二氧化碳分子	水分子
分子的化學代號	H_2	O_2	CO_2	H_2O
分子示意圖				
組成分子的原子				



動·動·腦

氧氣分子是由兩個氧原子組成，記為 O_2 。如果已知一個臭氧分子是由三個氧原子組成，則臭氧的分子該如何表示？

組成分子的原子在適當的環境下是可以拆解重組的。因此，不同物質內的原子、分子有可能相互作用，而產生新的分子，形成新的物質。例如：木炭燃燒時，空氣中的氧氣分子會與木炭中的碳原子互相碰撞，結果氧分子會拆解成氧原子，同時再與木炭中的碳原子重新組合成二氧化碳分子（圖 0-7）。

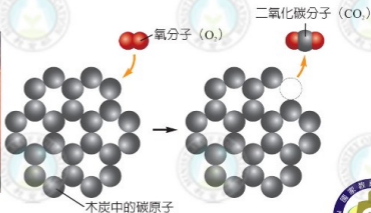


圖 0-7 木炭燃燒時，碳原子與氧分子中的氧原子重新組合成二氧化碳分子

此外，自然界中較簡單的分子也可以進一步組合成更複雜的分子，而複雜的分子也可再分解為較簡單分子。例如：許多葡萄糖分子可以組合成澱粉分子，而澱粉分子也可以分解為許多個葡萄糖分子（圖 0-8）。組成生物體的蛋白質、核酸（DNA）等也都是由許多較小分子組合成的複雜大分子。所以說，地球上的原子，是散布在各種物體之間轉換、回收再用，而整個地球上的物體，就好像共用一個原子倉庫。

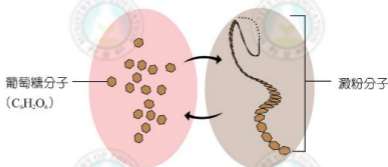


圖 0-8 葡萄糖與澱粉分子示意圖

組成地球上各種物質的分子種類多到數不清，但神奇的是，它們卻僅由 100 多種原子組成。這和 26 個英文字母就可以拼組出無限多個英文單字，並進而形成各種文章的道理類似，大自然僅以 100 多種原子為基本材料，借助不同原子的不同組合，就可形成各種不同物質，並進而造就出我們這個花花世界中簡單的、複雜的、有生命的或是無生命的物體。

組成物質的分子隨時都在運動，如靜置桌上的一杯水，表面上看起來似乎沒有甚麼變化，但其實杯內的水分子卻是彈來撞去的不停運動，只是肉眼不易察覺。也因為它們不停的運動，就會互相碰撞，互相混合，並由密集處向四周散布開來。這種現象，有點類似遊樂場中的碰碰車（圖 0-9）。





圖 0-9 在兒童樂園中的碰碰車就像空氣中的分子一樣，會因為不斷地碰撞而改變方向。

如果一開始時，把某種顏色車聚集在一個角落（圖 0-10a），接著讓小朋友盡興地去開所有的碰碰車，各臺碰碰車不斷的和其他車相撞而改變前進方向，經過一段時間後，這種顏色的車子就會散布全場（圖 0-10b）。同樣的，不斷運動著的分子也會因互相碰撞而朝任意方向運動，則原本密集在一角落的分子，就會逐漸分散到原本沒有此分子的地方，這種現象稱為「擴散」。而且，同一環境中的各種分子，即使經由擴散而互相均勻混合了，各分子仍是不停的在運動，而不會靜止下來。



(a) 紅色車原先聚集在角落



(b) 經過一段時間後，紅色車會遍布全場

圖 0-10 碰碰車場俯瞰圖

擴散是日常生活中十分常見的現象，如烤肉時產生的氣體分子會隨空氣流動而到達鼻腔，再擴散入鼻腔的嗅覺器內，就會引發我們產生聞到香味的感覺；而吸入肺內的氧氣也是透過擴散作用進入人體血液，供身體利用。

隨著科學與科技的進步，科學家正不斷嘗試著透過改變、重組原子、分子的技術，以生產不同的物質或材料，來製造具有更多功能的新產品。而現在你能回答孔老夫子身上的原子、分子為何有可能變成你身體的一部分了嗎？



動·動·腦

古人說：落紅並非無情物，化作春泥更護花。若從原子、分子的角度來看，你會如何解釋詩中——落紅（飄落的花瓣）變成春泥之後，反而能護花（養護這一棵植物）的現象呢？



0-4 學習科學與科技

觀看球賽前要先瞭解球賽規則，臨場時才能看到熱鬧也看了門道，真正感受球賽的趣味。同樣的，瞭解大自然變化的規律與原因，除了有助於欣賞「春有百花秋有月，夏有涼風冬有雪」的季節變化景致外，也讓人們領悟「春耕、夏耘、秋收、冬藏」的道理。而日常生活中伸手所及的筆、燈、眼鏡、衣服、手機、冰箱、車輛、盥洗用具……等，無一不是應用科學與科技的成果，瞭解其中原理，不但能安全、有效的使用這些生活工具，也讓我們能更深刻體認科技的神奇與巧思。此外，科學上追根究底，講究事實與準確的精神，又有助於發現與解決問題能力的提升。因此，具備科學與科技相關的知識與能力，就成為現代人不可缺少的基本素養。而「自然與生活科技」的課程，正是一塊重要的墊腳石，引領我們進入科學與科技生活的天地。

學習「自然與生活科技」這門課的方法與其他科目大致上並無太大差異，但有一些要點需特別注意，也應在往後的課程裡多加體會、練習，將會有助於增進學習的成效與樂趣。

1. 敏銳的觀察：

對週遭事物、現象做仔細觀察是學習科學的第一步。科學家就像小說或漫畫中的名探福爾摩斯、柯南一樣，會十分仔細的觀察自然界中各種現象(圖 0-11)，並研究其中的關聯，進而提出合理的觀點來解釋大自然的奧妙。所謂觀察不是指單純的看看東西，走馬看花，而是自己心中要存有疑問，要能和以前看到、想到的事物聯繫起來，抓到前因後果。讓我們在這裡講一個故事，可以帮助大家了解。



圖 0-11 觀察、探索

美國有一個物理學家名叫費曼 (R. P. Feynman, 1918-1988)，他第一任妻子是他的「青梅竹馬」，但因得肺結核不幸早逝。下面是費曼談到妻子臨終前的故事：

「當她得這個病時，我送了她一個鐘，鐘面上顯示時間的是一些會翻動的、大大的數字，而不是用指針的那種。她十分喜歡。她開始生病那天，我就送她這個鐘，而她一直把鐘放在床頭，放了四、五、六年，身體愈來愈差，最後過世了。那天晚上九點二十二分，她過世了，而那個鐘正好在九點二十二分時停下來，從此再也走不動了。

但恰巧，這整個事件中，我注意到一些事情，必須跟大家報告。經過了五年，其實那個鐘已經有點兩腿發軟了，隔不了多久，我就得將它拆開修理一下，因此裡頭的機件有點鬆動。其次，負責在死亡證明單上登記死亡時間的護士，由於當時病房內光線昏暗，曾經拿起鐘來，把鐘面朝上，好看清楚上面的數字，看完再把它放下來。要是我沒注意到這些，我就會陷進麻煩中了」。(此段文字摘錄自：Richard P. Feynman著；吳程遠譯(1999)。這個不科學的年代。臺北市：天下文化。)

碰到這樣的狀況時，一般人很可能會輕易的認為，是否有甚麼神秘力量在作用，才會使費曼妻子過世的時間，恰巧和鐘停擺的時間吻合。但費曼在極為悲傷時，還能注意到事情發生的前因後果。其實敏銳的觀察力在各行各業都很需要。在學習這門課程時，更是需要它，才不會輕易地將自然現象歸因於神祕的超能力。

2. 做實驗找答案：

很多問題的解答，不能只靠觀察大自然。進行實驗是主動尋找答案的重要過程。控制某些變化的因素，而進一

步觀察這些因素對現象的影響，叫做「實驗」。這裡利用一個日常生活的問題來說明「實驗」的意義。我們希望同學能將實驗的精神應用於日常生活中。

早餐吃水煮蛋很營養，很多人喜歡吃那種蛋白已經煮硬，但蛋黃卻還可以流動的蛋，就讓我們把這種蛋稱為黃金蛋吧！一般來說，煮蛋時如果蛋黃都煮硬了，味道就老了；如果蛋白不夠熟，蛋殼又很難剝。所以要如何才能煮出軟硬適中的黃金蛋呢？各位同學，不妨和你的父母討論一下，下一次讓你負責為全家煮黃金蛋。

那你就設計個實驗來找答案吧！那些變化因素是可以控制的呢？舉些例子，如火的大小，鍋的大小，水的深淺，煮的時間長短等等。因素太多了，那你怎麼辦呢？你可以把火大小、鍋和水的深度……等因素都控制到一樣，然後多煮幾個蛋，每個蛋煮的時間讓它不一樣，並將結果記錄下來，這樣你就可以找到較適當的煮蛋時間。當然，你還可以選擇控制其它的變因👉，例如：讓煮的時間一樣長，但水深不一樣等。這樣多試幾次，就可以試出來要控制好那些因素才可煮出黃金蛋了。回家試試看吧！

在這門課裡安排許多實驗活動，讓同學們從探索中尋找答案。很多實驗活動是在具有完備設施與條件的「實驗室」進行。然而，有許多具有安全性又不需特別設備的實驗，是可以在實驗室以外的任何場所進行的，重點是要有研究精神。如果你有研究精神，你將會發現，生活中到處有許多可以做實驗的事情。

3. 邏輯的思考：

做了仔細觀察或實驗以後，常需要去推敲各種現象的前因後果。譬如前面煮蛋的問題，你是否就可以推論「蛋白遇熱會變質而凝固」。當然各位現在還不能去仔細判斷



更·上·一·層·樓

通常在一個實驗中，要控制的變因主要有兩種，一是保持不變的變因，另一是操縱使其改變的變因。以課文中煮蛋實驗為例：火大小、鍋和水的深度……是屬於保持不變的變因，而煮蛋時間則是操縱使其改變的變因。目的是探討煮蛋時間的長短，對蛋的軟硬度有何影響。



這問題，因為你還沒有學會什麼是熱？什麼是凝固？這些問題是這門課後面要學的東西。但是各位至少要學會判斷那些事情和蛋白、蛋黃變硬有關、那些事情無關，這是邏輯思考的要素。「判斷事情是否合乎邏輯」是科學思考的第一步！在接受或放棄某一個想法或觀念時，要經常檢視這些觀點是否符合邏輯性。

譬如說，有位老師在開學第一天就問同學以下問題：

「已知一條船長 100 公尺，裝了 3000 公噸的鋼，請問船長年紀有多大？」

於是就有同學立刻舉手說：「30 歲！」

你覺得這樣回答合乎邏輯嗎？

4. 創意與設計：

科學與科技發展，使我們生活便利性不斷增加。日常生活中，應多去嘗試運用所學的科學原理，來設計或改善相關事物。設計的過程中，除了可以增進對原理的理解之外，還能發揮個人的創意呢！讓我們用迴紋針做例子來說明這事吧！如果你有好幾張紙，要夾在一起，免得散失。你有那些東西可以用？讓我們腦力激盪一下，有：髮夾、大頭針、釘書機……，這些東西都各有優、缺點，那一個好用？缺點可以改進嗎？大家可以討論一下。

在二十世紀初發明的迴紋針，因解決上述固定紙張的問題，而受到了廣大的歡迎。圖 0-12 是 1900 年迴紋針的專利圖，請注意，當時的迴紋針和目前使用的迴紋針並不完全相同。圖 0-13 是現在常見的各種迴紋針，有長的、有三角形的、有鐵做的、也有塑膠做的。這些都是為了適應不同用途而不斷修正改良的產品。



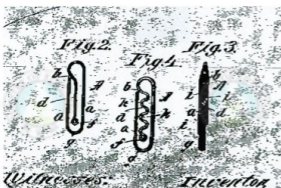


圖 0-12 1900 年迴紋針的專利圖



圖 0-13 常見各種迴紋針

同學看一看這些迴紋針，可以想一想圖 0-13 的迴紋針比圖 0-12 迴紋針的設計改善了那些？

人們運用創造力設計許多物品，以滿足生活的需要。而我們可以發揮創意改變這些物品的設計或用途。動動腦和手試試看，常會有意想不到的效果哦！就拿迴紋針為例，它除了夾紙，還有什麼其他用處呢？以下可作參考：當書籤、領帶夾、玩牌時的籌碼……。各位想想，一定還有很多其他奇特的應用方式。這些都是創意，創意活動是人類の本能之一，而設計活動是啟發創意的有效途徑。

結語

科學與科技的成果是人類寶貴的資產，其內容的豐富、精彩與多樣，真是令人嘆為觀止。當然這個領域中，仍有許多問題等待探索和解決。無論你是打算探訪這個大自然寶藏的奧秘，或是加入解決這些未決問題的行列，我們都可以從這個課程開始囉！

本章摘要

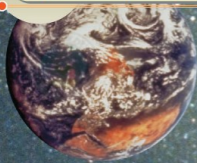
1. 科學與科技的躍進，加速了人類文明的發展。
2. 科學與科技的發展過程是互為表裏、交互為用，難以明確分割。
3. 人類應謹慎運用科學與科技，維繫一個讓人類能永續生存的環境。
4. 科學研究時應精確記錄觀測結果。
5. 為利於資訊的交流與溝通，國際間有通用的標準計量單位。
6. 測量工具和使用環境的差異，會影響測量的準確度。
7. 除了使用工具直接測量之外，科學研究時也常用運用科學及數學原理來間接測量。
8. 科學性的描述除了需要清晰明確之外，還應具完整性。
9. 大多數物質由分子組成，分子又由原子組成。組成分子的原子又可以拆解重組成新的分子。整個地球上的物體，就好像共用一個原子倉庫。
10. 組成物質的分子隨時都在運動，因而會使密集在一角落的分子，逐漸「擴散」到原本沒有此分子的地方。
11. 具備科學與科技相關的知識與能力，有助於瞭解、適應生活環境，也使我們能享受科技便利。
12. 學習「自然與生活科技」這門課需特別注意的要點：
 - (1) 敏銳的觀察。
 - (2) 勇於做實驗找答案。
 - (3) 運用邏輯思考判斷事情。
 - (4) 多嘗試運用所學的科學原理，來設計或改善日常事物。



參考資源：

1. 杜澤奎審訂；金毅泉、張賢淑譯（1999）。分子、原子、粒子。臺北市：國際少年村。
2. 特威德著；蔡承志譯（2005）。元素：奇幻的原子世界。臺北市：天下文化。
3. 勞倫斯·克勞斯著；陸劍豪譯（2002）。一顆原子的時空之旅—從大霹靂到生命誕生的故事。臺北市：究竟。
4. Paul G. Hewitt 著；師明睿譯（2001）。觀念物理 3。臺北市：天下文化。
5. Richard P. Feynman 著；吳程遠譯（1999）。這個不科學的年代。臺北市：天下文化。

第一章 地球在太空中



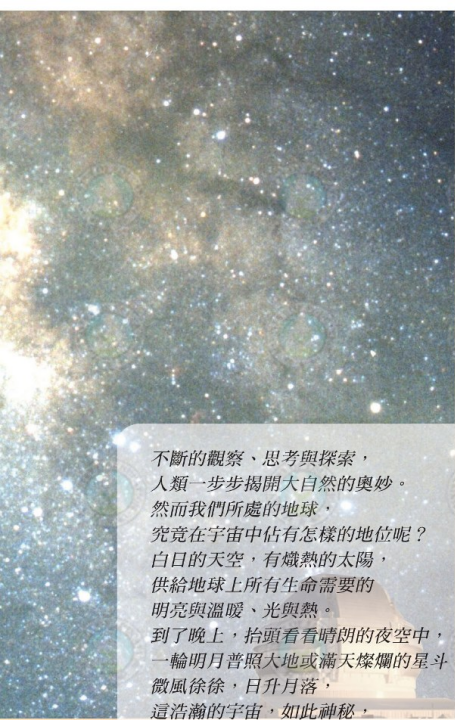
1-1 太陽系家族

1-2 行星與衛星

1-3 星河浩瀚

1-4 獨特的地球





不斷的觀察、思考與探索，
人類一步步揭開大自然的奧妙。
然而我們所處的地球，
究竟在宇宙中佔有怎樣的地位呢？
白日的天空，有熾熱的太陽，
供給地球上所有生命需要的
明亮與溫暖、光與熱。
到了晚上，抬頭看看晴朗的夜空中，
一輪明月普照大地或滿天燦爛的星斗，
微風徐徐，日升月落，
這浩瀚的宇宙，如此神秘，
讓人不禁泛起無限遐想。
日月星辰交替，
天體的升落有著怎樣的規律？
漫天星星之間又有著怎樣的關係？
這些關於宇宙的疑問，
始終潛藏在人們的內心中。

1-1 太陽系家族

地球就像一艘應有盡有的太空船，載著我們航行在它的航道上。在地球的附近，還有一些和地球相似的其他行星，有如它的兄弟姐妹一樣，都以大家長太陽為中心運行，形成太陽系。太陽系的成員包括太陽、行星、行星的衛星、小行星和彗星等。

太陽所產生的光和熱提供了地球上生命所需要的能量來源。太陽的質量大約是地球質量的三十萬倍，如此巨大的質量所產生的萬有引力，使得太陽系內的天體繞著太陽運行。

太陽系家族的行星成員，各具獨特的面貌，科學家依據一些相似的性質分為兩類。有些行星因為跟地球相似，稱為類地行星（圖 1-1），包括離太陽比較近的水星、金星、地球跟火星。還有四顆行星性質與木星相近，稱

更·上·一·層·樓

天體是各種星體的通稱，包含星星、月亮、太陽、星雲和星團等。



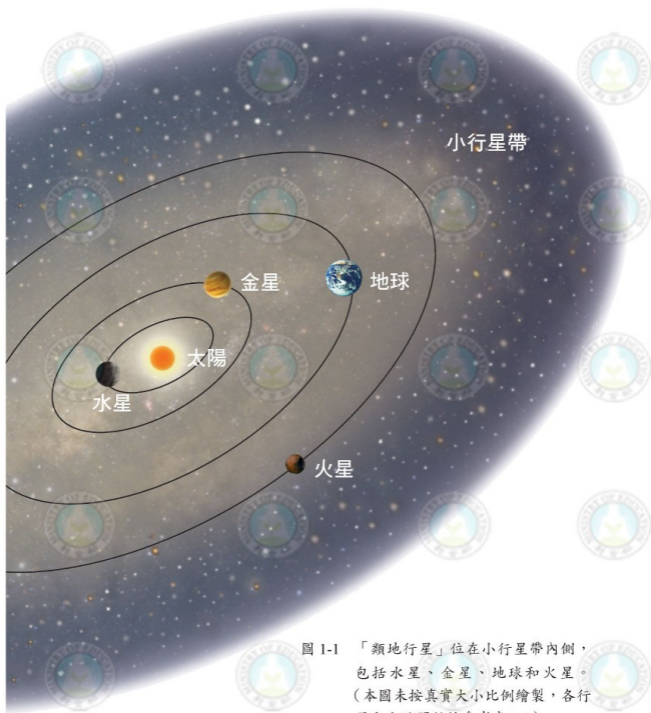


圖 1-1 「類地行星」位在小行星帶內側，包括水星、金星、地球和火星。（本圖未按真實大小比例繪製，各行星大小的關係請參考表 1-1）

為類木行星（圖 1-2），包括距離太陽比較遠的

木星、土星、天王星跟海王星。類

地行星和地球一樣具有岩

石表層，體積明顯比

類木行星小；類木

行星則是巨大的

氣體行星，衛

星的數量比較

多，像是小

型的太陽系。

而冥王星比較

特殊，它的體

積小，不像是類

木行星，但其性質

像冰凍星體，也不像

類地行星。

是什麼原因造成類地行

星和類木行星明顯的不同呢？科

學家認為在太陽系形成的過程中，太陽

將周圍的灰塵與氣體向外吹¹，其中比較重

的物質容易被留在內部的區域，形成岩石質的類地

行星；比較輕的物質則被吹送至較外圍的區域，形成以氣

體為主的類木行星。在太陽系這個大家族中，還有一些天

體與許多小岩石碎塊，分布在火星軌道和木星軌道之間的

區域，稱為小行星。其中體積比較大的小行星，直徑不過

數百公里，不到地球直徑的十分之一。目前這些已經發現

的小行星，質量總和還不到地球的千分之一。



更·上·一·層·樓

太陽表面的環境充滿了帶電粒子，經由某些過程，這些粒子的時速超過一百多萬公里，逃脫了太陽的萬有引力，流入太空中形成太陽風。簡單的說，太陽風就是由太陽發出的高速帶電粒子流。有時候，太陽表面的爆發活動會產生短暫而強烈的太陽風。



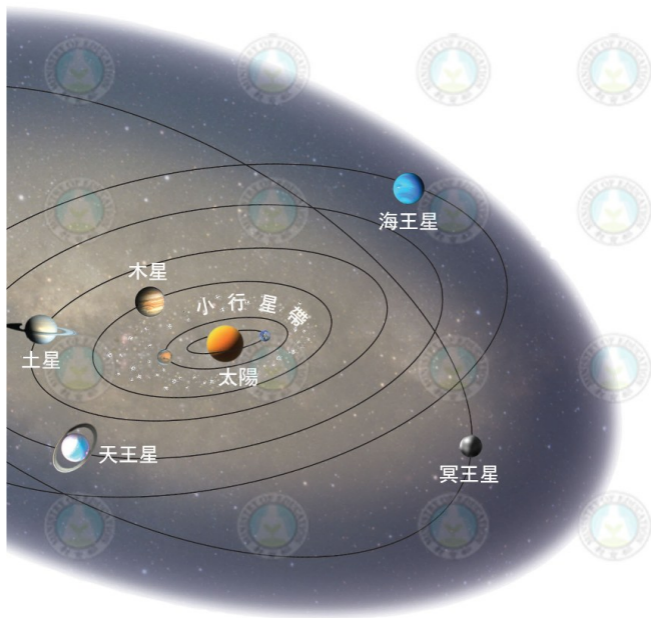


圖 1-2 「類木行星」位在小行星帶外側，包括木星、土星、天王星和海王星。
(本圖未按真實大小比例繪製，各行星大小的關係請參考表 1-1)

更·上·一·層·樓

彗星本身是個冰凍的固態天體，含有許多灰塵，因此天文學家常稱彗星為「髒雪球」。當它靠近太陽時，彗星物質被陽光加熱、蒸發，形成一團氣體，籠罩著彗核稱為「彗髮」，隨後形成彗尾。當彗星繞過太陽以後，漸行漸遠，彗尾逐漸縮小，最後又成為一個冰凍的髒雪球。



更·上·一·層·樓

彗星的週期

因為有些彗星環繞太陽的軌道為橢圓形，所以每經過一段時間就會去而復返為週期性彗星。軌道形狀不是橢圓形的，則可能在離開我們後，一去不回，成為非週期性彗星。

更·上·一·層·樓

地球小檔案

質量： 6×10^{24} 公斤
 年紀：46 億歲
 半徑：6400 公里
 和太陽的距離：15000 萬公里



有時候，天空中會出現拖著長長尾巴的彗星^①，就像偶爾拜訪的過客。彗星的外觀明顯和其他天體不同，它從何而來又將前往何處，一直是人類從古至今想要解開的疑惑。在行星分布區域的更外圍，散布著許多太陽系形成時所殘留的低溫氣體、灰塵和冰等物質。這些外圍的冰凍物體，如果受到其他天體的影響而改變原有的軌道，進入太陽系內部區域，被太陽加熱，產生氣體噴出形成了長長的尾巴。這些具有長尾的彗星一旦經過地球附近，常成為眾人爭睹的對象。

有些彗星會在一段時間後再度出現^②，例如：著名的哈雷彗星，就是第一個被確認為週期性出現的彗星。在十八世紀初，天文學家哈雷（Edmund Halley, 1656-1742）根據歷史的觀測紀錄，計算大彗星的軌道，發現其中有三個大彗星的軌道幾乎相同，因此他大膽推論它們是同一顆彗星，週期約為 76 年。哈雷也估計出這顆大彗星下次再現時的時間，而彗星也果真如期出現，破除了以往人們對彗星的恐懼和疑惑，為了紀念他的貢獻，這顆彗星被命名為哈雷彗星。哈雷彗星上一次回歸是在 1986 年，下一次哈雷彗星再度來訪，應該會是在 2061 年。

太陽系部分家族成員的基本資料，以我們所熟悉的地球^③作為比較對象，列於表 1-1 中。為了要對太陽系成員們，彼此的大小與距離關係有更具體的概念，可以用日常生活中一些常見的物體作為比喻。如果想像把太陽當作一顆放在教室中央座位的籃球，那麼地球看起來就像是在相隔兩間教室外的一粒芝麻。而太陽系最大的行星—木星，則像是位在操場另一端的一顆乒乓球。依此類推，海王星就像是和學校距離約 1 公里的一顆小彈珠，而哈雷彗星則可以當作是游走於隔壁教室與小彈珠（海王星）之間，固定來回的一隻細菌。

表 1-1 太陽系部分成員的基本資料

成員	質量約是地球的幾倍	半徑約是地球的幾倍	與太陽的距離約是地球的幾倍
太陽	33萬	109	---
類地行星	水星	$\frac{1}{20}$	$\frac{2}{5}$
	金星	$\frac{4}{5}$	$\frac{7}{10}$
	地球	1	1
	火星	$\frac{1}{10}$	$1\frac{1}{2}$
最大的小行星 穀神星	$\frac{1}{1萬}$	$\frac{1}{10}$	5
類木行星	木星	318	5
	土星	95	10
	天王星	15	19
	海王星	17	30
冥王星	$\frac{1}{470}$	$\frac{5}{28}$	40
哈雷彗星	$\frac{1}{10億}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{2} \sim 35$

(本表為參考資料，不需背誦)



動·動·腦

在沒有光害、晴朗的夜空中，常可見流星劃過天邊。每年不同的時節，各個著名的流星雨依序為星空增添光彩。當地球運行通過太空中的碎屑時，碎屑與大氣摩擦產生光而形成流星。流星雨的出現，主要來自彗星所留下的灰塵與碎屑，例如：四、五月的寶瓶座流星雨，就與哈雷彗星有關。試想彗星如何造成每年固定時節的流星雨呢？



1-2 行星與衛星

在太陽系這個大家庭中，雖然每個行星各有特質，天文學家卻依據體積、有無固態表面等性質，將行星分為類地行星與類木行星兩大類。如同兄弟姐妹們雖然都以大家長為中心，但各自還有著數量不一的寵物或玩具一樣，大多數的行星也擁有繞著自己運行的衛星。

想像一下，有一天，我們乘著太空船，由太陽出發，向外逐一去拜訪這些行星，我們會發現它們有著怎樣截然不同的面貌呢？

首先抵達的水星（圖 1-3），與月球表面有著相似的外觀，所以第一眼見到時會讓人錯認為月球。水星距離太陽最近，受到太陽高溫的影響，加上本身質量很小，所以，表面幾乎無法保留住大氣，地表為岩石的質地，布滿了大大小小的隕石坑，只能看到一片荒蕪。

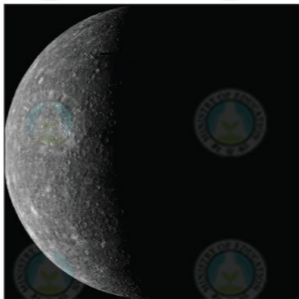


圖 1-3 水星

離開水星後，映入眼中的是明亮的金星（圖 1-4）。金星擁有濃厚的大氣，成分幾乎都是二氧化碳，造成嚴重的溫室效應¹，使得金星成為太陽系最熱的行星。如果你的太空船想在金星登陸，記得先確認它能否承受高達 500°C 的溫度。

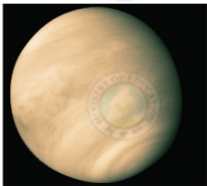


圖 1-4 金星

接著，太空船來到了我們熟悉的故鄉——地球（圖 1-5）。從太空中看地球，陸地分散在藍色的海洋間，大氣中不時有片片白色的雲帶飄過，猶如一顆多變的湛藍寶石。地球是太陽系中唯一擁有大量液態水的行星，也是目前已知唯一發現有生命持續發展的地方。看著它，我們不僅感受到它豐富多變的美，更深深體認到孕育生命的地球，是如此獨特而珍貴。



圖 1-5 地球

更·上·一·層·樓

溫室效應

常去花房（又稱溫室）的人，都覺得室內很溫暖，即使在冬天，也覺得溫暖如春。但是花房內並沒有安裝暖氣機之類的設備，花房會溫暖是因為以玻璃為主建材。陽光射入花房後，溫暖了室內，但熱被玻璃阻擋無法直接散失，因而具有保溫功能。

地球大氣中的水氣、二氧化碳及甲烷等成分，能吸收熱，對地表具有保溫功能，可以達到與溫室類似的保溫效果。因此科學家將這些氣體稱為溫室氣體，它們對地表的保溫效應則稱為溫室效應。

雖然這些溫室氣體的總量非常稀少，但對氣溫的影響很大。如果溫室氣體含量過多，則可能使得全球氣溫上升，引發全球暖化的現象，南、北兩極的冰層將大量融化，使海平面上升，淹沒近海地區。

近百年來，二氧化碳的含量有逐年上升的趨勢，科學家正在密切觀察中。

懷著依依不捨的心情離開家鄉，繼續這趟航行，下一個目標是令人期待的火星（圖 1-6）。紅色的火星，大部分地表被砂土岩層所覆蓋，有許多和地球相似的地形，像峽谷、高山等。但如果你期望在這裡見到外星生物，可能會大失所望。火星雖然跟地球一樣有著季節的變化，但稀薄的大氣，保溫功能不佳，使得火星表面的溫度最低可達零下 140°C ，而最高溫則在 20°C 左右，各地溫差相當大。科學家研究火星表面的地形，認為有些地形應該是由流水所形成的，但現在的火星地表，已經難以見到流水的蹤跡了。

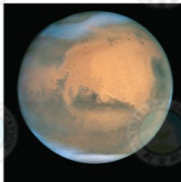


圖 1-6 火星

避過了散布大量碎塊的小行星帶之後，到達了行星群的外圍，依序出現的是木星、土星、天王星與海王星這四個體積巨大的行星。它們沒有固態表面，平均每一立方公分物質的重量與水差不多，土星甚至比水還輕。

太陽系最巨大的行星是木星（圖 1-7）。在地球上，我們使用小型的望遠鏡，就可以看到木星和它的四個衛星。木星有著濃厚大氣，最明顯的特徵是一個巨大漩渦的大紅斑。大紅斑跟地球上的風暴相似，但持續的時間非常久，伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）在 400 年前就已經看到大紅斑了，科學家對大紅斑的成因與持久性仍然非常迷惑。



圖 1-7 木星



在太陽系中，木星的質量與體積僅次於太陽，巨大的質量常會影響太陽系其他行星、小行星或彗星的運行。

土星擁有最明顯的環，腰帶被一個扁平的盤面所環繞（圖 1-8），非常漂亮，是一般人最喜愛的觀星對象之一。如果你試圖駕駛太空船穿過土星環，你會發現，土星環並不是一個紮實的盤面，而是散布著大大小小碎塊的盤狀區域。



圖 1-8 土星

土星之後，太空船來到了天王星（圖 1-9）、海王星（圖 1-10）附近，因為距離地球很遠，所以都不容易在地球上用肉眼直接看到它們。

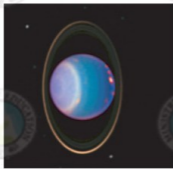


圖 1-9 天王星

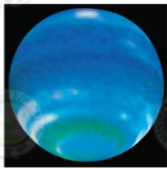


圖 1-10 海王星



專·上·一·管·標

跟其他行星比較，冥王星的公轉軌道是比較扁長的橢圓，而不是接近正圓的橢圓。冥王星軌道面和地球的軌道面夾角約為 17 度，它繞行太陽一週大約 248 年的期間，約有 20 年左右會行至海王星軌道以內。例如，在西元 1979 至 1999 年間，海王星是九大行星中距離太陽最遠的行星。


太空船飛掠過巨大的類木行星之後，繼續前進，你會發現比月球還小的冥王星（圖 1-11）。距離太陽如此遙遠的冥王星，它的表面溫度低於零下 200℃，是個非常寒冷的地方。



圖 1-11 冥王星

如果太空船繼續向外航行，有一天總會到達太陽系最外圍的彗星故鄉。

這一路遙遠的航程，不僅看遍了各個行星的面貌，你還會發現，無論是那一類行星，周圍經常環繞著小天體—衛星。就像月球繞著地球運行，許多太陽系家族的行星成員，也都各有自己的衛星（圖 1-12）。

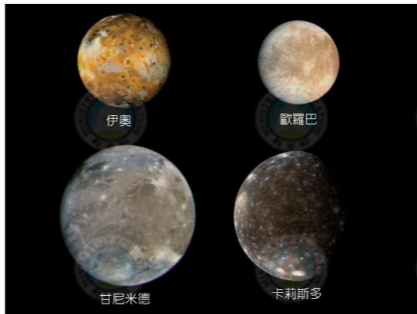


圖 1-12 木星最大的四顆衛星，一般稱為伽利略衛星。



月球（圖 1-13）是跟我們最近、最熟悉、也最親切的天體。即使在薄雲的夜晚，月亮也總是輕易地就將它柔和的光灑滿一地。你是否想過，是什麼力量維繫著地球和月球之間的關係呢？



圖 1-13 地球的衛星—月球

行星受到太陽的引力牽引，繞著太陽運行。各行星分別擁有數量不同的衛星，也同樣受到行星引力的影響，繞著自己的行星運行，地球只有月球一個天然的衛星，但是土星和木星的衛星卻多達數十個以上。木星最大的四顆衛星，因為由伽利略首先發現，稱為伽利略衛星，其中的伊奧（圖 1-14），是目前太陽系中除了地球之外，另一個仍有火山爆發在持續進行的天體。

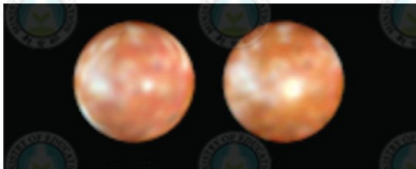


圖 1-14 伽利略衛星的成員之一——伊奧，1994年（左）和1995年（右）的影像，因為火山活動而造成表面的明暗分布變化。

1-3 星河浩瀚

瀏覽過我們的太陽系之後，讓我們將視野放得更遼闊，望向廣大無垠的宇宙。然而宇宙是什麼呢？宇宙之中又有些什麼呢？

中國漢朝的古書《淮南子》的注中提到「上下四方謂之宇，古往今來謂之宙」，所謂的宇宙，包含了空間跟時間。那麼，宇宙中跟太陽一樣能夠自行發光發熱的恆星有多少呢？如果你趁著晴朗的夜晚，走在路上，抬頭看看，你會發現夜空中的星星，恣意閃耀。這些或明、或暗、或疏、或密的星點，幾乎都是恆星，而太陽是眾多恆星中離我們最近的一顆。



更·上·一·層·樓

太陽是和我們最接近的恆星，從太陽出發的光約需要經過8分20秒才能到達地球，所以我們現在看到的是太陽8分20秒以前的樣子。除了太陽以外，與我們最接近的恆星是半人馬座的比鄰星，所發出的光需要經過4.3年才會到達地球。

說到美麗的銀河，就讓人想起牛郎、織女的浪漫故事。銀河看起來瀟灑著有如絹絲般的光輝，濛濛的橫過天際。一直到了二十世紀，科學家才確認了銀河系是一個由許多恆星所組成的盤狀系統，銀河系的外觀（圖 1-15）就像是扁平而中央突起的荷包蛋，如果由銀河系的一端，以光速穿越到另一端，大約需要十萬年左右；也就是說，銀河系的直徑約為十萬光年。

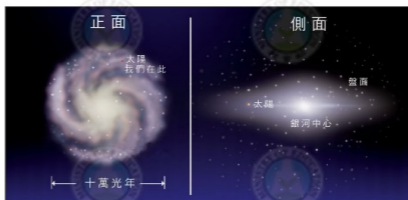


圖 1-15 銀河系的結構示意圖。扁平的盤狀結構，中央區域突起，盤面上恆星分布密集的区域形成旋臂。



太陽系就位在銀河系盤面上的外圍區域，往銀河盤面看過去，我們會在天空中看到帶狀的銀河（圖 1-16）。夏天的夜晚，面向銀河中心的方向，是恆星分布密集的区域；而冬天則是朝向銀河的外圍，所以，夏夜的銀河總是比冬季更加美麗而壯觀。

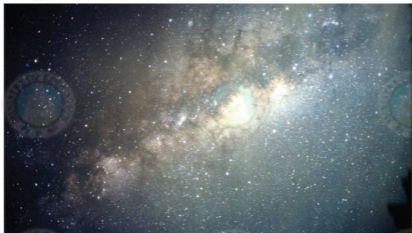


圖 1-16 夏季夜空中的銀河。天空中的星點，大部分都是銀河系的成員星。

宇宙中還有許多像銀河系一樣的系統，稱為星系。星系的外觀雖然不完全相同（圖 1-17），但都是由大量的恆星、灰塵及氣體所組成。目前，依據天文學家的估計，宇宙中至少有五百億個以上的星系。



圖 1-17 各種外形的星系示意圖



更·上·一·層·樓

組成銀河系的成員中，除了有單獨存在的恆星外，有的恆星會在彼此的萬有引力束縛下聚集成團。這樣的恆星集團稱為星團，包括了疏散星團與球狀星團兩類。

恆星數量少，僅約數十個到數百個，分布鬆散，稱為疏散星團，例如俗稱為七姊妹的昴宿星團。



星團中的恆星數量多達數十萬到上百萬，分布緊密，像「珍珠丸子」一樣，則稱為球狀星團。



星系中，除了恆星之外，還包含許多的灰塵、氣體等。星系中塵埃與氣體分布密集的区域，稱為星雲。例如獵戶座中有許多星雲，其中有一個相當壯觀而美麗的烏狀大星雲。



更·上·一·層·樓

星系團

星系通常並不是單獨存在，許多星系聚集在一起的系統，稱為星系團。一個星系團通常可以包含數百至上千個星系。例如室女座星系團是距離我們最近的星系團之一，包含二千多個星系，距離我們約五千多萬光年。

星系常聚集成團，成員數量從數百到數千，稱為星系團^①。我們的銀河系所屬的集團成員數量較少，約為數十個。太陽則是銀河系兩千億顆恆星中的一顆，我們所在的地球也只是太陽周圍數個行星成員之一（圖 1-18、表 1-2）。在感受到地球渺小的同時，你是否也體會到了宇宙的浩瀚呢？

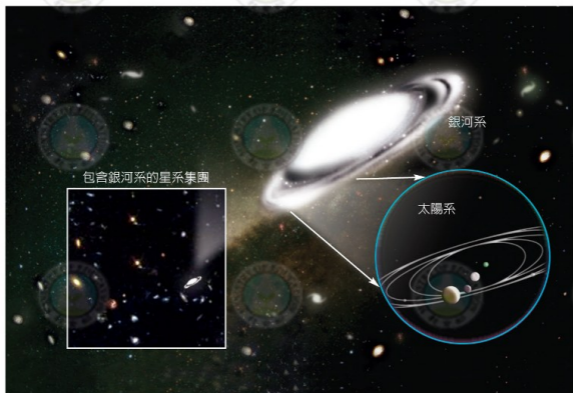
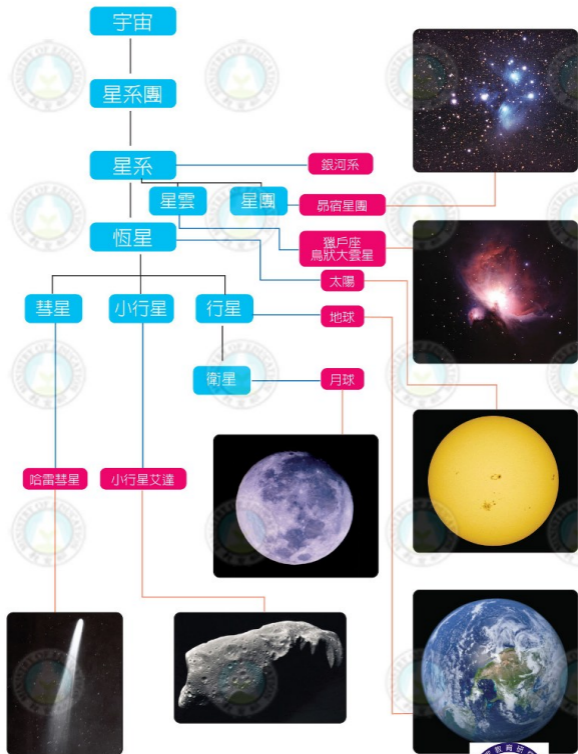


圖 1-18 宇宙的組織

表 1-2 宇宙的成員



1-4 獨特的地球

看過宇宙的遼闊後，當你將眼光重新投向地球，你一定更能深切感受到不論是天空中多變的雲朵（圖 1-19）、潮來潮往的大海（圖 1-20），還是隨處可見蓬勃的生命力（圖 1-21），都顯現出地球的獨特。另一方面，你也一定會更加好奇，是什麼原因使得地球跟其他行星或衛星有如此大的差異，尤其是生命的出現和演變。



圖 1-21 隨處可見蓬勃的生命力



圖 1-19 天空中的雲朵



圖 1-20 海岸邊的浪潮

適合的溫度，是孕育地球生命的一個重要條件。地球和太陽之間的距離適中，使得地球上大量的水能以液體的形式存在。在地球形成之初，地球上的環境和現在是相當不同的；在地表降溫的過程中，水氣逐步凝結匯聚而形成海洋。從太空中看地球，我們會發現地球表面廣闊的區域，被水形成的海洋所覆蓋。根據科學家對生命起源的研究，普遍認同地球上的生命是從水中發生的。而目前生存



圖 1-22 由登陸火星表面的機會號探測車所傳回的影像，放眼所見皆是一片荒蕪。

在地球上的生物，體內多數是水分。藉由液態水可以溶解許多種類物質的特性，使得維持生命的重要反應得以在其中進行。因此，液態水對地球上生命的形成與發展，有著密不可分的关系。而原始地球的大氣組成，也與現在大氣的成分相當不同；經過長時間的演變，才逐漸成為今天能夠供給我們呼吸的大氣組成。

目前科學家對於生命發生的條件，仍有許多爭議，但大多同意生命的發生與液態水、穩定而適中的溫度關係密切。地球上大量液態水形成的海洋、濃度適中的大氣，且與太陽距離不太近、不太遠，提供了生命發展所需的環境，造就了豐富而多樣的生命。那麼與地球鄰近的金星和火星，是否也有生命存在呢？目前的探測結果是否定的。

在地球的海平面附近，即使是熾熱的夏季，酷熱的氣溫也不至於使水沸騰。雖然金星與地球大小相近，跟地球一樣具有岩石質表面，但是金星地表的溫度高達 500°C 左右，不適合發展生命。

在火星的表面（圖 1-22），只能見到一片荒蕪的岩石與砂土。相對於金星濃厚的大氣，火星的大氣相當稀薄。因為火星的質量只有地球的十分之一左右，所以無法有效保留住大氣，因此不能提供生命發展所需要的環境。

地球的生命起源於 30 多億年前，假如我們的太陽壽命低於生命發展所需要的時間，那麼你、我是否有機會出



左下的物體就是機會號探測車。

現在這個世界上呢？太陽形成至今已有 50 億年，穩定的產生光與熱，使得地球上的生命，能夠在穩定的環境中發展。

如果想要在太陽系以外的地方，尋找高等智慧生命，什麼樣的天體應該列為優先的搜尋對象呢？以地球為例，在地球形成後，經歷了 40 億年以上，人類才出現。什麼樣的恆星能夠長久而穩定的產生光和熱呢？恆星的壽命與恆星的質量有著直接的關係，質量愈大的恆星通常壽命愈短。例如有些大質量恆星的壽命只有數億年，即使它周圍的行星有適合生命發生的環境，也沒有足夠的時間發展高等智慧生命。

結語

雖然我們期待將來能在地球以外的天體上，找到生命存在的證據。但到目前為止，地球仍然是我們唯一知道有生命的地方。現在，當你再一次重新環顧四周，看著熟悉的花草和流水，深深呼吸著維持我們生命的空氣，應當更能體認到地球的獨特和珍貴。

生存在這遼闊的天地之間，人類抱持著旺盛的好奇心持續向未知領域探索。在這個過程中，不斷調整對整個宇宙的認識，也一再為自己身處其中所扮演的角色重新定位，了解的愈多也同時體會到未知的無窮。現在的我們有如站在前人所堆疊的知識高塔上，向更遠的宇宙深處張望，也更有機會看清楚自己所立足的位置。無垠的宇宙不斷吸引我們再攀上知識的高峰，以望見更加遼闊的視野。除了知道得更多，我們也進一步去了解這些現象的背後，主宰宇宙運行的科學原理，以期能理解許多目前尚未能了解的課題。





活動 1-1 你也可以創造星座神話

活動說明：

現在我們所知道的星座，最早緣起於大約 5000 年前，居住在幼發拉底河及底格里斯河流域（相當於現在的伊拉克）一帶的人，晚上眺望星空，並且將天空中星點的排列聯想成人或動物的形狀。古希臘人將天空中的星點排列，想像成神話中的角色，有許多流傳至今，成為我們熟悉的星座，也常常引發人們的想像。一直到 1930 年，國際間才統一將全天空分為 88 個星座，一直沿用至今，通行全球。

趁著晴朗的夜，到戶外抬頭看看天空中有那些明亮的星點？並試著發揮你的想像力創造出一個屬於你自己的星座神話故事。

活動步驟：

1. 趁著晴朗的夜，到戶外抬頭看看天空中有那些明亮的星點？試著畫下這些星點的分布。
2. 根據你所畫下的星點，想像它們構成了什麼形狀的物體，並將物體的外形畫下來。
3. 根據你所畫的圖，寫下或說出一個屬於你自己的星座故事。

（注意：夜間若至戶外觀測，請與家長同行，並且注意安全。）

活動紀錄：

甲、觀測基本資料

時間：__年__月__日（農曆__月__日）晚上__點__分__

地點：_____

附近的燈光：

- 幾乎沒有燈光 有一些燈光，但是並不太明亮
 有許多明亮的燈光



試根據上圖創造一則屬於你自己的星座神話故事。

問題與討論：

1. 跟班上同學做比較，你們在不同時刻看到的星點分布一樣嗎？為什麼會這樣呢？
2. 跟班上觀測時刻和你比較接近的同學做比較，如果有同學看到星星的數目比你多或者比你少，為什麼？
3. 將紀錄乙的右圖遮住，請兩位同學分別告訴你，左圖的星點分布讓他聯想到了什麼。他們的想像是否跟你一樣？

本章摘要

1. 太陽巨大質量產生的萬有引力，使得太陽系內的天體繞著太陽運行。
2. 太陽產生的光和熱，提供了地球上生命所需的能源。
3. 太陽系中跟地球相似的行星，具有固體的表層稱為類地行星。而性質與木星相近，體積巨大的氣態行星，稱為類木行星。
4. 類地行星與類木行星之間為小行星帶。
5. 彗星在離太陽很遠時，呈冰凍狀態，沿軌道運行至太陽附近時，受到陽光加熱產生氣體，而形成長長的尾巴。
6. 木星的衛星之一——伊奧，是地球之外另一個仍有活火山爆發的天體。
7. 太陽所在的星系稱為銀河系。銀河系的結構呈扁平盤狀，中央區域突起，盤面上恆星分布密集的区域形成旋臂。
8. 銀河系是宇宙數百億個星系中的一個，而太陽是銀河系兩千億恆星中的一顆，我們所在的地球則只是太陽周圍數個行星成員之一。
9. 地球具有獨特的環境，是目前我們唯一確認有生命的地方。



參考資源：

1. 中央氣象局天文站
<http://e-service.cwb.gov.tw/docs/V3.0/astronomy> (2005年7月)
2. 臺北市立天文科學教育館
<http://www.tam.gov.tw> (2005年7月)
3. 國立中央大學天文研究所
<http://www.astro.ncu.edu.tw> (2005年7月)
4. 國立臺灣師範大學地球科學系地科教室
<http://www.geos.ntnu.edu.tw/indexa.htm> (2005年7月)
5. 國立成功大學物理系天文學實驗室
<http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab> (2005年7月)
6. 教育部學習加油站
<http://content1.edu.tw> (2005年7月)

第二章 地球面面觀



2-1 大氣圈

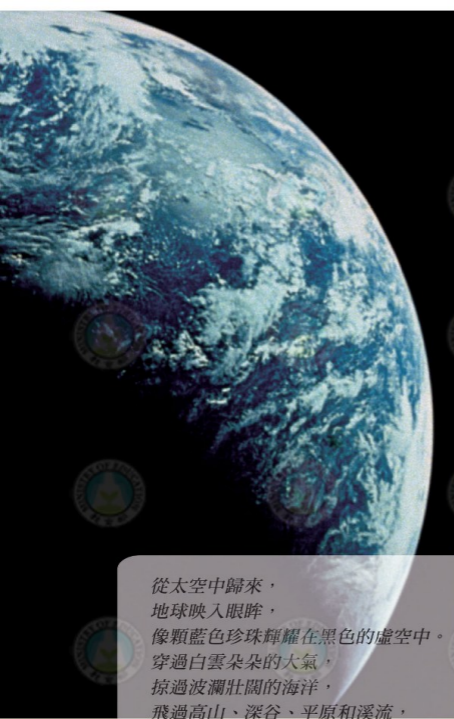
2-2 水圈

2-3 海洋

2-4 固態的地球

2-5 地球上的生命





從太空中歸來，
地球映入眼眸，
像顆藍色珍珠輝耀在黑色的虛空中。
穿過白雲朵朵的大氣，
掠過波瀾壯闊的海洋，
飛過高山、深谷、平原和溪流，
太空人飽覽地球的全貌。
在這個珍貴與獨特的地球上，
陸地、海洋、大氣，
進行著各種或驟或緩的變化，
交織出多變的形貌，
進而孕育出各式各樣的生命。

2-1 大氣圈

地球的最外層，包裹著一層薄薄的氣體，稱為大氣。它就像一個透明的保護罩，保護著地球上的生命。

我們登上高山能感受到溫度的變化，越往高處，氣溫也越低，這一層大氣稱為對流層。在對流層內，空氣會上上下下的運動，形成對流的現象¹，也造成我們熟悉的雲、雨、颱風等天氣現象。對流層的厚度只有十幾公里而已，剛好就是人類日常活動的範圍，它內部的空氣運動，對我們的日常生活影響很大。

大氣雖然薄，但是它的溫度變化卻不單純。在對流層以上，溫度變化就像（圖 2-1）所顯示的，有升有降，科學家就把大氣分成了數層，各自有不同的性質。

更·上·一·層·樓
對流層內空氣會上上下下的運動，不太穩定。因此，長程客機為了飛行時的安全和舒適，大多在平流層的底部飛行。

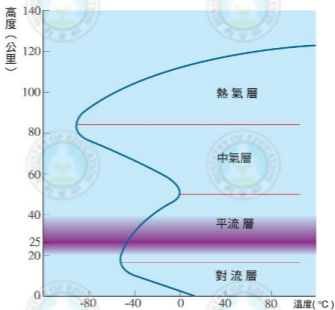


圖 2-1 大氣分層圖（圖中紫色部分為臭氧層，以顏色深淺表示臭氧的濃度）



大氣的組成

生命的生存需要空氣，那麼空氣又是由什麼組成的呢？實際上，空氣是由好幾種氣體組成的混合物，像我們呼吸時所需的氧氣和排出的二氧化碳，都是大氣的成分之一。除了氧氣和二氧化碳以外，大氣中的成分還有氮、水氣……等。

在大氣的成分中，水氣雖少，但是它的含量變化最大。在溫暖海面上的大氣中，水氣含量可達 4 %，但在沙漠地區可低至 1 % 以下，甚至近似零了，所以在計算大氣的各種氣體含量時，大多不把水氣包含在內。

大氣的主要成分是氮、氧，其中氮約佔整個乾燥大氣體積的 78 %，氧約佔 21 %。其他成分如二氧化碳和臭氧等（圖 2-2），含量很少，而且隨著地區、季節的不同，含量會有變化，但它們卻有重要的作用。

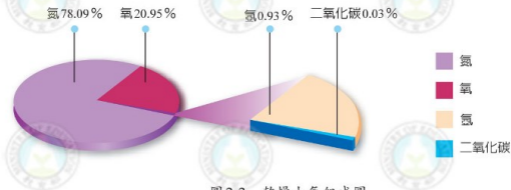


圖 2-2 乾燥大氣組成圖

二氧化碳的含量也會隨著地區、季節變化。由於都市裡車輛較多，燃燒汽油放出了大量的二氧化碳，綠地又比較少，所以二氧化碳的含量往往比森林地區高。另外，夏天時，陽光強烈，植物茂盛，較強的光合作用消耗了較多的二氧化碳，因此夏天時森林地區的二氧化碳含量比冬季來得少。

**更·上·一·層·樓**

在平流層中，氧氣大量吸收陽光中的紫外線形成臭氧層，阻止危害生命的紫外線抵達地面。

近年來，科學家發現南極上空的臭氧層變得極稀薄，稱為臭氧洞。過量的紫外線照射到地表，對生命形成威脅，例如使人體容易罹患皮膚癌。

科學家對於臭氧洞形成原因尚有爭議，正積極監測研究中。

至於臭氧的分布就不一樣了。大多數的臭氧分布在離地面二十到三十公里高處，稱為**臭氧層**。臭氧層可以大量吸收太陽發出來的紫外線，保護地球上的生命🌱。對陸地上的生物來說，十分重要。

臭氧和我們所呼吸的氧氣不同，有刺激性氣味，如果吸入過多，會損害到氣管和肺部。在一般情況下，地面附近的大氣中臭氧含量並不多，但是都市地區可能因為空氣污染而產生臭氧，影響居民的健康。



2-2 水圈

水往低處流，在低窪處匯聚成深廣的大海，但奇怪的是，海洋並不因此而變得更大、更深。河裡的水不停的流走，但是河流的源頭卻總是涓涓不斷的流出水來，彷彿有著源源不絕的供水來源。海水那裡去了？河水又從那裡來呢？這些都可以用「水循環」(圖 2-3) 來說明。

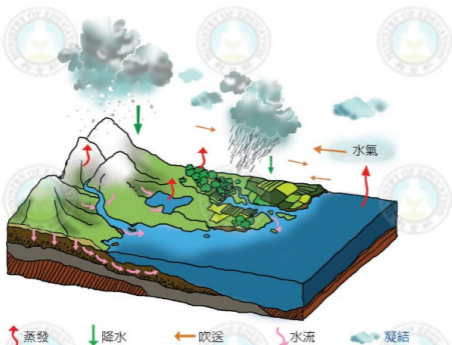


圖 2-3 水循環示意圖

水逐漸蒸發形成水氣，水氣進入大氣之中，在合適的條件下會凝結成雲。

大氣中也常飄浮著朵朵雲彩，是由水滴、水氣以及冰晶組成的。當雲中的水滴或冰晶太大、太重了，就會落下來，變成了雨或雪。雨或雪落到地面上形成流水，或是滲透到地下形成地下水；水往低處流，流水和地下水最後會流到海洋，成為海水。雨、雪也可能直接落在海上，成為



更·上·一·層·樓

海水給人的感覺是既鹹又苦的，這是因為它含有許多的鹽分，總量約佔海水重量的百分之3.5，其中主要包括下列成分：

名稱	百分比
氯化鈉	2.72
氯化鎂	0.38
硫酸鎂	0.17
硫酸鈣	0.13
硫酸鉀	0.09
碳酸鈣	0.01

由於溶解了大量的氯化鈉，所以海水嚐起來鹹鹹的；而海水也會苦苦的，則是氯化鎂造成的。




更·上·一·層·樓

我們常說：「井水不犯河水。」事實上，這是錯的。河流、湖泊都是位在地面較低窪的地方，由於降水、地下水滲出地面等而形成的。長久不下雨時，河流、湖泊也不會乾枯，就是因為地下水補充河水、湖水。

海水。在廣大的海面、湖面和河面上，水逐漸蒸發成為水氣，進入大氣之中，四處散布。水氣上升到較寒冷的高空後，又會凝結成雲，隨風吹送。然後又下雨或下雪。這種週而復始、循環不絕的過程，就是水循環。水在陸上、海洋和空中不停的旅行，這才使我們有源源不絕的淡水可以使用。

就這樣，水分子游走於大氣、海洋、冰川、河川、湖泊和地下水之間，而地面上被水覆蓋的區域就稱為水圈。想想地球的形貌，你一定能體會到，地球上絕大多數的水都儲存在海洋中。在廣大的海洋中，海水不斷地運動著，形成波浪、潮汐或海流。海水覆蓋下的地表也是起起伏伏的，和陸地類似。（有關海水運動和海底地形，將於下一節敘述）

到海邊玩水的時候，如果不小心喝到海水，你一定會覺得很難受吧！的確，海水和我們日常飲用的淡水不同，海水又鹹又苦，含有許多鹽類。因此，我們不能直接飲用海水。


在那裡可以找到淡水呢？你一定知道的：陸地上的河川、湖泊裡，大多是淡水，是我們生活用水的主要來源（圖 2-4）。如果居住的地區附近沒有河川、湖泊，那麼人們常會掘井，抽取地下水來使用。地下水蘊藏在岩層的空隙中，不容易看到，但根據專家的估計，地下水的總量約為河水、湖水總量的十倍多。土壤或岩層可以過濾雜質，所以地下水比較不容易被污染，是較為安全的飲用水來源之一。相對的，地下水一旦被污染了，也很難淨化。





圖 2-4 臺灣河流與水庫分布圖

地下水流動非常緩慢，抽取後補充也很慢，有些地區人們過度抽取地下水，結果導致地層下陷。地層下陷後，建築物易陷入地層中（圖 2-5），影響堤防的防洪功能與下水道的排水功能。地層一旦下陷就很難恢復，臺北、嘉義、雲林、屏東和宜蘭等地，都因超抽地下水，而飽受地層下陷的苦果。



圖 2-5 因地層下陷而使房屋半陷入地下（屏東縣 佳冬鄉）

更·上·一·層·樓

水分布

地球上的水分布情形如下：

水體	佔水量 百分比	全部 百分比
海洋(鹽水)	97.2	
冰冠及冰川	2.15	
地下水	0.623	
淡水湖泊	0.009	
鹽水湖	0.008	
生物水分	0.004	
大氣中的水	0.001	
淡水河川	0.0001	

由上表可知，淡水絕大部分凍結在極地的冰冠及高山的冰川中，其次是地下水。扣除鹽水、冰和深層的地下水，估計人們可使用的水約比全球總水量的 0.4% 多一點。

除了河川、湖泊和地下水以外，極區的冰原和高山的冰川，也封凍了大量的淡水，遠比河川、湖泊和地下水的總量還多好幾倍，可惜我們很難直接利用這些冰原、冰川的水。

想想看，地球上這麼多的水，絕大部分卻存在於海洋、冰川中。我們可以使用的淡水，占不到全球總水量的 0.5%[👉]，就像一整碗飯當中只能吃個三、四顆飯粒，淡水是多麼珍貴啊！



2-3 海洋

地球上的水絕大多數都儲存在海洋中，形成了廣大的洋面。雖然我們居住在陸地上，但所有的陸地都被海洋包圍著，海洋的面積遠比陸地大，因此從外貌看來，地球可說是個「水行星」（圖 2-6）。我們就來仔細看看地球的外貌吧！

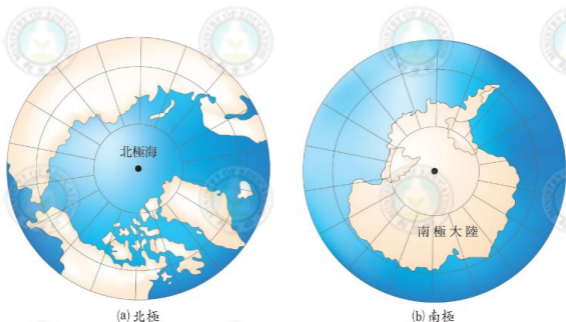


圖 2-6 由南極、北極上空看到的極區之海陸分布情形

經由觀察，我們很容易發現，地球表面上，海洋佔了大部分。此外，南、北半球的海陸分布情形並不相同，南半球海洋的面積要比北半球多。



活動 2-1 觀察地球的海陸分布

活動目的：

利用地球儀分析目前的地球表面上，海洋與陸地分布情形。

活動器材：(每組)

地球儀 1個

活動步驟：

1. 在地球儀上找到赤道的位置，沿著赤道繞一圈，看看地球儀畫出的經線，將赤道圈分割成幾等分？
2. 以經線和緯線所劃分的格子為計算單位，估計全球海洋和陸地各佔了幾格（不完整的格子以估計值表示；例如：0.5 格、0.3 格）？記錄在表 2-1。

表 2-1 紀錄表

	陸地所占的格子數	海洋所占的格子數
全球		

(注意：以臺灣島面積為標準，小於臺灣島的島嶼面積不估計。例如：澎湖群島)

問題與討論：

1. 多數陸地集中在北半球還是南半球？包含那幾大洲？
2. 海洋佔全球表面積的百分比大約是多少？
3. 在什麼情況下，陸地的面積會明顯增加？或明顯減少？



海底地形

在這片廣大的藍色海洋之下，海底究竟是什麼樣子呢？先發揮想像力，想像一下吧！

很久以前，人們以為海底只是一片平坦，後來經過科學家運用現代儀器的探測，才發現海底跟陸地一樣，有高有低，起伏不一，甚至還有山脈。不過，要穿透海水去探測海洋底部，並不容易，所以，直到一百多年前，科學界對海洋的研究才有了明顯的進展，也才讓我們知道了海底的面貌。

現在，科學家將海底的地形分成三大類：**大陸邊緣**、**洋底盆地**和**中洋脊**（圖 2-7）。大陸邊緣緊連著陸地，可以說是陸地的延伸，近海岸處水深較淺、坡度和緩；離岸較遠的海域則水深較深、地形較陡。洋底盆地是介於大陸邊緣和中洋脊之間的區域，其間有平坦的平原，也有凸起的丘陵。中洋脊是崎嶇不平的海底山脈，比洋底盆地高出 1,000 到 3,000 公尺，是海底地形中最顯著的部分。

更·上·一·層·囉

當我們在山谷中大喊，聲音撞到谷壁會產生回聲，山谷越寬，回聲傳回的時間就越長，聲音在海水中也一樣，所以科學家便可利用聲音傳回的時間，來計算海底深度，而利用聲波這個原理做成的儀器叫做「聲納」。

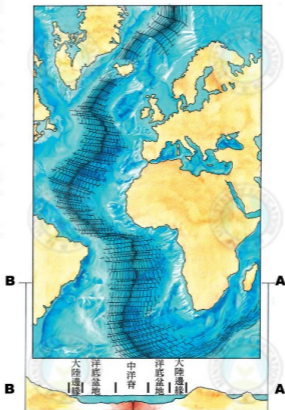


圖 2-7 海底地形分類圖（大西洋）



更·上·一·層·樓

海洋中最深的部分並不在海洋中心，而是在一些大陸邊緣和洋底盆地之間，叫做海溝（sea-floor trench），普通深度在二千至三千公尺之間（又稱為海槽），最深的可達一萬公尺以上，一般寬度為40至120公里。海溝都是深長而狹窄的弧形深溝，兩旁的地勢都很陡峭而崎嶇。

此外，在部分地區的大陸邊緣外側，還分布著海溝（圖 2-8）。海溝呈狹長的帶狀，是海底最深的地區，地勢陡峭深度常達 7,000 公尺以上，全球最深的馬里亞納海溝甚至超過 10,000 公尺。綜合各種海底地形，可以計算出海水的平均深度約 4,000 公尺。

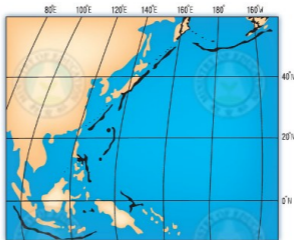


圖 2-8 太平洋海溝分布圖（黑線地帶為海溝地區）

海水運動

坐在海邊，看著海面，你一定會發現海面永遠不曾靜止下來，浪高浪低，潮來潮往，海水不斷地動盪著。海水的運動大致上可以分為波浪、海流和潮汐三種。

不論什麼時候，我們走到海邊就可以看到白色的浪花，前仆後繼。所謂「無風不起浪」，造成波浪最主要的原因就是風，風越大，浪就越高，尤其在颱風接近時，海邊的浪溝就特別壯觀。不過再壯觀的波浪，也不能讓船隻前進，這是因為波浪只是海水起伏而已，其實海水並沒有前進。

海水的流動，稱為海流。大規模的海流，流向比較穩定，不會隨季節改變，像流經臺灣的黑潮，就是北太平洋



更·上·一·層·樓

海水常見的運動有以下三種，波浪是海水上下起伏運動的現象；海流是海水大規模向某方向流動的現象；潮汐則是河水面週期性的升降運動。



重要的海流之一。黑潮總是從赤道沿著太平洋西岸附近北上，帶來了赤道溫暖的海水，使得臺灣東岸的海水水溫比較高，不論冬、夏，通常都在 24°C 以上。

至於臺灣海峽的海流流向，則會受到風向的影響，因而隨著季節改變。夏天時，臺灣盛行西南風，溫暖的南海海水隨著風的吹拂，流入臺灣海峽；到了冬季，東北季風籠罩，臺灣海峽北部的海水來自東海（圖 2-9），水溫就比較低了。

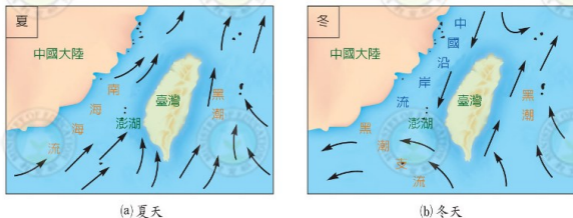


圖 2-9 臺灣附近海域夏、冬之海流圖

海流會對流經地區的氣候造成明顯影響，以臺灣來說，夏季時，臺灣東岸和西岸都受到來自南方的溫暖海水影響，氣候比較溫暖潮濕，全省氣溫相差不大。到了冬天，東岸和高雄、屏東沿海，仍受到黑潮的影響，氣溫較高；而來自東海的寒冷海水只流過臺灣海峽北部，造成臺灣西部南、北的氣溫差別很大，常達到 5°C 以上。像臺灣南端的恆春，就是因為一年到頭氣溫幾乎都在 20°C 以上，四季如春而得名的（圖 2-10）。

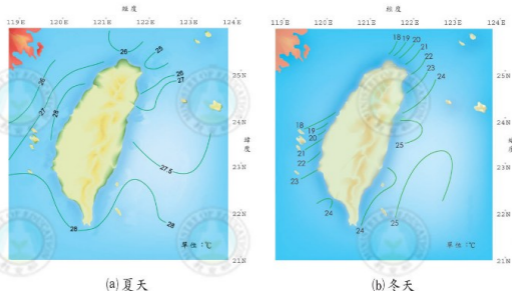


圖 2-10 夏、冬季臺灣附近海水表溫分布圖
(綠色線條為等溫線，表示沿線上各點的水溫都是數字所示的溫度)

在平衡全球能量方面，海流也扮演著重要的角色。大洋裡的海流總是自成一個循環系統，有將溫暖的海水送到較高緯度地區的暖流；相對地，也有從高緯度地區流向低緯度地區的冷流。一來一往，海流使得高、低緯度地區的溫度不會相差太大。

更·上·一·層·樓
魚群洄游

所謂的洄游，是指魚類為了相同的目的，在一定時期聚集在一起，有一定之移動方向，此現象即稱之洄游。像烏魚即為循特定水溫而洄游。

魚群通常都棲息在一定的水溫中，隨著海流洄游，所以海流常會影響漁獲的種類和數量，如果海流改變了，漁獲的種類和數量也會跟著改變。例如，冬至前後出現在臺灣海峽西南部的烏魚，生活在水溫 20~22°C 的海水中，夏天時聚集在日本、韓國的海域，到了冬季就向南移動，進入臺灣海峽。過去曾經因為臺灣海峽冬季海流減弱，而使得烏魚漁獲量大減，影響了漁民的生計。



如果我們在海邊待得久一點，還會發現海水的水位有漲落的現象，稱為潮汐(圖 2-11)。海面逐漸上升的期間，稱為漲潮，當達到最高時，稱為滿潮；之後，海面逐漸下降，這段期間稱為退潮，降到最低時，則稱為乾潮(圖 2-12)。滿潮與乾潮的水位差，稱為潮差^①。海面通常一天漲落兩次，但漲落的時間每天不同，這是受到了月球繞地球公轉運動、當地地形及海流變化的綜合影響。有關月球對潮汐的影響將在第五冊中討論。



甲·上·一·層·樓

潮間帶

在海岸地區，凡是滿潮時會被海水淹沒，而在乾潮時露出海面的部分，就稱為潮間帶。此處海水忽鹹忽淡，海岸地形變化大，生物種類繁多，自成一生態系。



圖 2-11 潮汐示意圖



(a) 漲潮



(b) 退潮

圖 2-12 潮汐的漲落

水面如果太低，船隻進出港口就會有困難，不小心就容易擱淺，必須特別注意潮汐的漲落。一般民眾進行海釣、游泳或觀察海濱生態，也都會受到潮汐影響。潮汐現象十分規律，我們可以從中央氣象局網頁或報章雜誌上得到相關資訊，方便安排活動。

海洋帶來的影響

這麼廣大的海洋，對地球環境當然會產生重大的影響。海洋影響了地球的氣候變化和能量平衡。海面上不斷進行蒸發作用，將水變成水氣，所以沿海地區的空气比較潮濕，冷熱的變化也比較小。相反的，內陸地區的空气比較乾燥，冷熱的變化就比較大。

除了對全球氣候的影響，海洋也影響我們的生活，譬如航運、糧食、休閒和資源等。陸地被海洋阻隔，洲際間主要的貨物運輸必須靠海運，所以人們必須研究海洋，瞭解海水的流向，才能規劃航線，發展航運。「靠山吃山，靠海吃海」，陸地上的耕地有限，因此人們必須向海洋發展，以補充糧食和營養的需求（圖 2-13）。

● 更 · 上 · 一 · 層 · 樓

海水的保溫效果：夏天時，待在海邊或水旁常可以發現水的溫度比水邊的石頭涼；而冬天時卻剛好相反，水溫比石頭高。這是因為水對冷熱變化的反應較小，所以不容易增溫或降溫。因為水有這項特性，所以近海地區的氣溫也因此變化較小，而內陸地區的氣溫變化就大得多了。



圖 2-13 海洋漁獲

現代人注重休閒，踩著浪花，吹著海風，海岸是最佳的渡假去處。但是海面瞬息萬變，隱藏著許多危險，因此規劃海岸休閒活動，必須了解海岸地形和潮汐、波浪的變化，才能快樂的遊玩，平安的回家。

還有，海水溶解了大量的物質，像我們每天要吃的鹽就大多取自於海水。海底也蘊藏著大量的金屬、石油、天然氣等資源，有待人們開採。



2-4 固態的地球

雖然地球表面絕大部分都是海洋，但是，大部分的人都生活在陸地上，我們可以看到地面起起伏伏，有平原，也有高山深谷。不論是高是低，地面都是由岩石或是土壤組成的，我們可以收集這些岩石或土壤，研究它們是由那些物質構成的。但是地底深處是什麼狀態呢？地球內部也和地表的成分相同嗎？

要解答這個問題，最直覺的想法就是採取地球內部的標本來分析，但這方法卻無法做到，因為地球太大了。我們挖礦坑或鑽探的深度都很有有限，只佔地球半徑的幾百分之一而已，所以沒辦法直接看出地球內部的構造。不過科學家已經計算出來：如果整個地球裡裡外外都是由我們常看到的岩石或是土壤組成的話，重量就比地球實際的重量輕多了，所以科學家確定地球內部成分和地表不太一樣，要比岩石重得多了。

因為無法直接研究地球的內部，科學家們就利用一些間接的方法來推測。例如：常利用地震波來探測地球的內部，就像我們輕敲西瓜時傳出的聲音，可以讓我們知道西瓜的好壞。地震產生的波動向四面八方傳遞，有些會穿過地球內部。科學家在全球各地的測站，記錄這些波動抵達的時刻，加以分析，推測地球內部的構造。經由研究發現，地球就像蘋果或是雞蛋一樣，一層裹著一層，表面與內部的組成並不相同。

根據科學家的研究，地球的內部主要分為三層(圖 2-14)，由內向外依序是：**地核**、**地函**和**地殼**。各層的組成不同，性質也有很大的差異。地核位在地球最中心的部分，是一些很重的物質，主要由金屬組成；它的外面是一



更·上·一·層·樓

地球平均半徑為 6371 公里，目前礦坑或鑽探的深度都很有有限。截至二十世紀結束，全球最深的礦坑位於南非，深約 3.6 公里；科學鑽探最深的洞則位於俄羅斯西北方的科拉半島 (kola) — 約深達 12 公里 (西元 1990 年)，計畫中還繼續向下深入！



層很厚、比地核輕一些的岩石，就是地函；地函之外再覆蓋著一層很薄又很輕的岩石，叫做地殼。

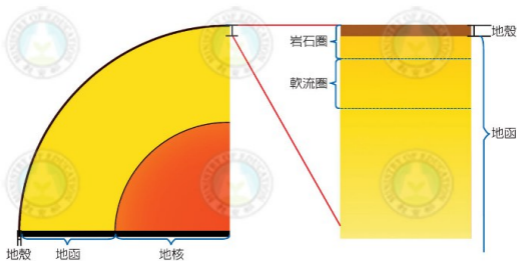


圖 2-14 地球分層剖面示意圖

再進一步研究地球內部的細節時，科學家發現在地函內有一層岩石，溫度比較高，夾雜著部分熔融的岩石，容易流動變形，稱為**軟流圈**。而在軟流圈上方的部分包含整個地殼和一部份的地函，岩石冷而堅硬，則被稱為**岩石圈**，我們平常就是生活在岩石圈的表面上。我們的生活中幾乎感受不到岩石會流動變形，但是，地震、火山、溫泉等提醒我們地球內部有高溫 and 巨大的能量。

我們生活所需要的物資，幾乎都來自我們腳踩著的大地。我們利用了地球所提供的各種資源，創造了舒適的生活環境。相對的，也對資源依賴極深。但是，資源的取得不易，而且地球蘊含的資源實在有限；有些資源用完後，無法補充。因此，我們使用資源必須更加珍惜，使資源能發揮最大的功用。

2-5 地球上的生命

人類已經進入太空時代了，探測過太陽系內的其他行星、衛星、小行星與彗星，但到目前為止，地球仍是唯一發現生物的星球。地球就像是艘太空船，除了陽光以外，我們的生活所需，全部來自地球，沒有其他來源。地球對於宇宙中的生命來說，就像沙漠中的綠洲一樣。

地球到底有什麼特別的條件，使生命得以發生，進而延續呢？科學家為了解答生命如何發生，曾經在實驗室裡模擬地球剛形成的環境，產生了有機物質，而有機物質是組成生物體不可或缺的物質。但是科學家仍然無法將有機物質轉化成生命，所以生命到底是如何發生的，依舊是個未解之謎。

無論如何，生命的確在地球上發生、繁衍了。根據地層中挖掘出的化石得知，最古老的生物約在三十多億年前出現。由此可知，這三十多億年來，地球的溫度沒有太劇烈的變化。由於地球的溫度適中，保存了大量的液態水，供應生物的需要。除此之外，包裹地球的大氣層就像個保護罩，阻擋了來自外太空的宇宙射線、紫外線和 X 光等對生命有害的輻射，防止隕石直接撞擊地面，保護了生物；也使生命得以延續發展。

地球上到處都可以發現生命，在平原、高山、深海都有豐富而多樣的生物，科學家甚至在水溫超過 90°C 的溫泉裡，也找到了生物。地球各處的環境差異很大，而生物在長時間適應環境的過程中，也演變出多樣的形態與構造，使不同地區的生物具有不同的樣貌。但外表看來十分不同的各生物間，仍存在著許多的共通性。你能說出潮濕木頭上的蘑菇、螞蟻和蕨類它們之間有甚麼共同點嗎？而



它們之間又存在著甚麼關係呢？下一個章節開始，我們將進入生命世界，去發現地球生命的另一種面貌！



動·動·腦

地球上有許多極端的環境：非常冷、非常熱、非常缺氧、非常鹹……等，請上網搜尋看看，在這些環境中會有何種生物呢？

結語

地球是獨特的，也是我們所僅有的。破壞地球環境的後遺症，不是人類可以承受的。如果我們讓地球的環境不再適合人類生存的話，我們又能到那裡去呢？畢竟，我們只有一個地球！

本章摘要

1. 天氣現象大多發生在對流層內，且越往高處，空氣越稀薄，氣溫也越低。
2. 大氣由氮、氧、水氣、二氧化碳和臭氧等多種成分構成，作用各自不同。
3. 水會蒸發、隨風飄送與凝結成雲、降水，進行水循環。
4. 我們地球上的水，絕大部分存在於海洋、冰川中，我們可以用的水僅占不到全球總水量的 0.5%，多為地下水。
5. 地球表面多海洋，南、北半球的海陸分布情形並不相同，南半球海洋的面積要比北半球多。
6. 海底的地形可分為三大部分：大陸邊緣、洋底盆地和中洋脊。此外，還有海溝。
7. 海水的運動分為波浪、潮汐和海流三種。
8. 波浪只是海水起伏而已，其實海水並沒有前進。
9. 海洋可以調節氣候、平衡能量，對我們生活影響深遠。
10. 流經臺灣的黑潮是北太平洋的重要海流之一，流向穩定，不隨季節改變，會影響氣候、航運、漁獲……。
11. 海水受到月球和太陽的引力作用造成海水水位漲落的現象，稱為潮汐。潮汐現象主要受月球支配，通常一天漲落兩次。
12. 我們無法直接探測地球內部的組成、性質，只能用間接的方法推測。
13. 固態地球由地表向內分為地殼、地函、地核，密度越來越大。
14. 到目前為止，地球是唯一發現生物蹤跡的地方，數量豐富，種類繁多。



參考資源：

網站

1. 國立中央大學地科遠距教學系統：地科教室
<http://gis.geo.ncu.edu.tw/earth/earth.htm>（2005年7月）
2. 海洋科學概論
<http://keep.oc.ntu.edu.tw/GeneralOcean/Physics/physic03.html>（2005年7月）
3. 臺灣大學地球環境概論
<http://aerosol.as.ntu.edu.tw/earth/course.html>（2005年7月）
4. 臺灣大學全球變遷研究中心全球環境變遷導論
<http://140.115.123.30/gis/globalc/index.htm>（2006年5月）
5. 國立中央大學大氣科學系大氣科學教學與學習輔助資訊
<http://www.lib.ncu.edu.tw/~hong/atmhmpg/atmhome.htm>（2006年5月）

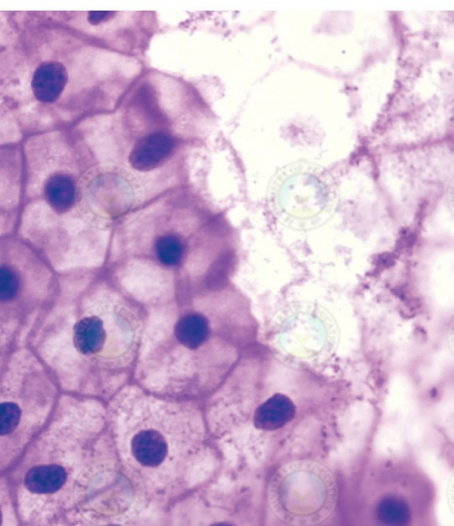
第三章 生命的基本單位

3-1 細胞的基本構造與功能

3-2 細胞組成生物體

3-3 細胞的代謝





地球上有許多繽紛的小世界，
它可能不到一粒細沙的十分之一，
但這小世界卻十分繁忙而熱鬧。
在它小小的空間內塞滿各種不同功能的小構造，
並且能同時進行上百種不同的化學反應，
而互不干擾。
繽紛的小世界可利用養分產生能量，
並靠這些能量維持生存。
此外，它還可以長大，甚至複製自己。
你知道這是什麼地方嗎？
其實它就在你我身上，
當然也在小貓、小狗和花、草身上，
它就是組成生物體的一細胞。

3-1 細胞的基本構造與功能

每天上學、放學途中，常常看到來往的車輛、路旁的行道樹、街角的紅綠燈或是和主人一起悠閒散步的小狗。我們很容易分辨出人、行道樹和小狗是有生命的物體，而車輛和紅綠燈則是沒有生命的物體。可是，有沒有仔細的想過，我們究竟是依據那些特徵來區分有生命的物體或是沒有生命的物體呢？也許我們會說：生物是會跑、會跳、會生長的；生物通常都有出生、衰老、生病和死亡的過程。但是，這些特徵真的就是區別生物與無生物的依據嗎？這樣的區別適當嗎？會不會太簡化而影響到正確性？其實這樣的懷疑是非常正確的，因為生物的種類繁多，彼此間的差異也很大，因此，在有限的時間、空間裡要來判定一個物體是否有生命，並不是件容易的事。依據科學家的研究，生物體大致上具有以下特徵：

1. 生物都需要養分，並且使用能量來維持生命。
2. 生物在生活中的某些階段會生長、繁殖。
3. 生物對環境的刺激會產生反應。
4. 生物體都是由**細胞**組成。



動·動·腦

椅子是用樹木的木材做的，樹木是生物，但椅子卻不是生物，為什麼是這樣呢？

地球上的生物，雖然在形態、構造或生活方式上有極大的差異，但大體上具有上述共同特徵。例如：體積龐大的大象與肉眼看不見的細菌，都是由細胞組成，而我們的皮膚、肌肉和大腦也都是由細胞集合組成的，血液中的紅

血球、白血球也是細胞。然而大部分的細胞都很小，不易用肉眼觀察到🔍，因此需要透過顯微鏡🔍，才能看清它的面貌。

組成生物體的基本單位

1665年英國科學家虎克 (Robert Hooke, 1635-1703) 用自製的顯微鏡(圖 3-1)觀察軟木栓薄片，發現軟木栓是由許多空的小格子構成，他用「細胞」這個名稱稱呼這些小格子。

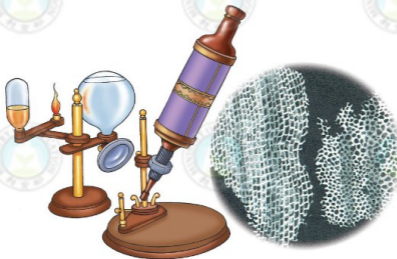


圖 3-1 虎克自製的顯微鏡與虎克顯微鏡下所見的軟木栓細胞

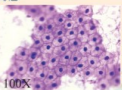
之後又經過許多科學家的研究與觀察，發現不只是植物、動物和其他生物也都是由細胞組成的，而且細胞不是空的，它們具有複雜的構造。到19世紀時，經過許萊登 (Matthias Jacob Schleiden, 1804-1881) 和許旺 (Theodor Schwann, 1810-1882) 等人的觀察研究，科學家已經確認一生物體是由細胞組成的。例如：將植物葉片切開放大觀察，可發現葉片由上表皮、葉肉、葉脈和下表皮等部位組

更·上·一·層·樓

大多數細胞都很小，但也有些細胞只要用肉眼就可看見，例如鳥類的卵細胞（就是蛋黃部分）；而神經細胞是動物體內最細長的細胞，人體內的神經細胞有的長達1公尺以上，但因為它十分細小，所以也無法以肉眼直接觀察。

更·上·一·層·樓

現代科學研究常使用光學顯微鏡和電子顯微鏡來觀察微小的物體。前者可將物體放大約10~1000倍，後者則可將物體放大100~100萬倍。



經過染色的蛙表皮細胞

成，而各部位又是由不同細胞組成（圖 3-2）；又如我們的膝部中有骨骼、肌肉、脂肪、神經、血管及血液，而這些也是由不同形態的細胞組成（圖 3-3）。

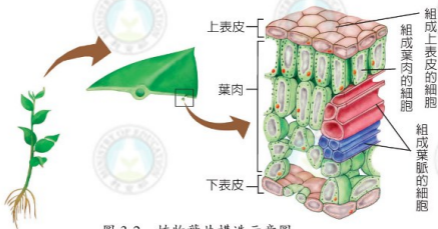


圖 3-2 植物葉片構造示意圖



圖 3-3 人體膝部構造示意圖

細胞的形態和所擔任的功能有關，例如：細長的肌肉細胞能收縮產生運動，有許多突起的神經細胞能傳導訊息，而形狀扁平的表皮細胞則具有保護功能等（圖 3-4）。由此可知，動、植物的身體是由許多形態、功能不同的細胞所組成，細胞是生物體構造和功能的基本單位。



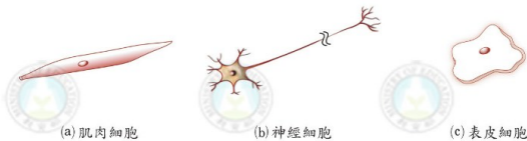


圖 3-4 三種動物細胞的示意圖

細胞的構造

雖然各種細胞的形態和功能差異很大，但大多具有三種基本構造（圖 3-5）——細胞膜、細胞質及細胞核。細胞膜位於細胞表面，能控制細胞內、外物質的進出；細胞核由膜包圍形成，內含有遺傳物質 DNA（去氧核糖核酸）；細胞質介於細胞膜和細胞核之間，內含多種微小構造，各有特定功用，例如：**粒線體**是細胞產生能量的主要場所。植物細胞除了有上述的基本構造之外，在細胞膜外還有**細胞壁**，具有保護與支撐的作用；而能進行光合作用的細胞，在細胞質中則還含有**葉綠體**。

更·上·一·層·樓

細胞膜、細胞質和細胞核是大多數細胞共有的基本構造，但也有一些細胞是沒有細胞核的，例如：除了駱駝之外，大多數哺乳動物的紅血球細胞是沒有細胞核的。而植物葉肉細胞內除了基本構造外，還有許多葉綠體，但根細胞和表皮細胞等則沒有葉綠體。

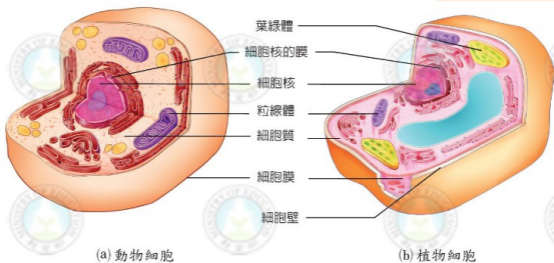


圖 3-5 細胞構造示意圖



活動 3-1 顯微鏡的使用

活動目的：

顯微鏡是觀察細小物體的工具，不同類型的顯微鏡用途也不相同，本活動的目的，是要了解複式顯微鏡和解剖顯微鏡的構造與功能，並學習正確的使用方法。

活動器材：（每組）

複式顯微鏡	1 臺	解剖顯微鏡	1 臺	滴管	1 支
載玻片	2 片	蓋玻片	2 片	解剖針	1 支
吸水紙	若干	培養皿	1 個	拭鏡紙	適量
薄的白紙	1 片	紅色、藍色的細油性筆各			1 支

活動注意事項：

1. 拿取顯微鏡時，一隻手握住鏡臂，另一隻手托住鏡座，使顯微鏡保持直立（圖 1）。
2. 顯微鏡的鏡頭應保持清潔、乾燥，不可用手直接觸摸，需要清潔時，應使用拭鏡紙。
3. 顯微鏡放置桌上時，應離桌子邊緣數公分，以免不慎碰觸翻落。
4. 避免讓日光直射反光鏡，以保護眼睛。



圖 1 拿取顯微鏡的正確方法

活動步驟：

一、認識複式顯微鏡的構造與功能：

1. 複式顯微鏡通常包含下列主要構造（圖 2）。試將各構造名稱正確標示在活動紀錄簿中。





圖 2 常見的複式顯微鏡

2. 仔細觀察顯微鏡的各部構造，並記錄其目鏡與物鏡的放大倍率。

二、使用複式顯微鏡觀察玻片標本：

(一) 製作玻片標本

1. 在較薄的白紙上，用細油性筆(避免使用遇水會暈開的筆)畫下如圖 3 所示的圖形，並將所畫的圖形小心「撕下」。

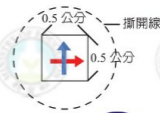


圖 3



2. 在載玻片中央滴一滴水，把步驟 1 撕下的小紙片放在水滴上，再將蓋玻片和載玻片成 45 度夾角後，慢慢蓋上（圖 4），這樣製成的玻片標本，在蓋玻片下較不會產生氣泡而妨礙觀察。如果有氣泡，可用解剖針輕壓蓋玻片，將氣泡壓出。

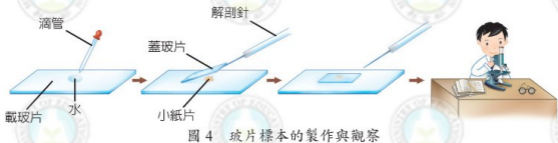


圖 4 玻片標本的製作與觀察

3. 蓋玻片旁邊若有溢出的多餘水分，應以吸水紙吸拭乾淨。

(二) 觀察玻片標本

1. 把顯微鏡放在桌上，向著光源，鏡臂朝向自己，轉動旋轉盤，讓低倍物鏡對準載物臺中央的圓孔。
2. 左眼貼近目鏡觀察，並同時張開右眼（慣用左手者，則反之以右眼貼近目鏡，同時張開左眼），調整反光鏡角度和光圈大小，直到視野的光線適中。
3. 將製作好的玻片標本放在載物臺上，用玻片夾固定位置，讓小紙片上有圖案的部位對準載物臺圓孔的中央。
4. 轉動粗調節輪以降低鏡筒（或升高載物臺），直到物鏡幾乎要碰到玻片標本為止。（注意：不要碰到玻片標本）
5. 眼睛貼近目鏡觀察，轉動粗調節輪，把鏡筒慢慢升高（或使載物臺慢慢下降），直到看清楚圖案，再轉動細調節輪，直到影像清晰為止，比較視野下呈現的箭頭方向是否和玻片上的箭頭方向相同。
6. 將玻片輕輕向前、後、左、右移動，注意觀察視野內箭頭移動的方向是否和玻片實際移動的方向相同。
7. 將紙片的「邊緣」移到視野正中央，記錄下你看見的影像。



8. 轉換高倍物鏡，若視野中亮度不夠，再調整反光鏡及光圈，接著調整細調節輪，直到影像清晰為止。比較你現在看到的影像和在低倍物鏡時看到的影像有何不同。（注意：使用高倍物鏡時，調節細調節輪即能清晰看到影像，若不慎使用粗調節輪，可能會壓壞玻片、損傷鏡頭）。
9. 若視野中無法看到影像，應即調回低倍物鏡，重新操作。

三、解剖顯微鏡的使用：

1. 對照圖 5，認識解剖顯微鏡的構造。



圖 5 常見的解剖顯微鏡

2. 將標本放在玻片或培養皿中，再放置於載物板上，打開燈源開關。
3. 一手托住鏡柱上方的鏡本體，以防止鏡本體滑落，另一手鬆開粗調固定器，上下移動鏡本體，使雙眼能由目鏡中看見標本，再將粗調固定器鎖緊（圖 6）。
4. 先閉上右眼，以左眼觀察（若眼焦調整器在左眼，則應先用右眼觀察），並轉動調節輪直到看清標本為止（圖 7），接著閉上左眼，改用右眼觀察，向左或右轉動眼焦調整器，直到看清標本為止（圖 8）。



圖 6



圖 7

5. 手扶鏡筒，雙眼睜開，調節兩個目鏡的間隔，使雙眼視野重疊，可同時由目鏡看到標本（圖 9）。
6. 依據需要轉換物鏡倍率（有些解剖顯微鏡有 2 種或 2 種以上不同



圖 8



圖 9



倍率的物鏡)，再轉動調節輪，直到看清標本為止。

7. 將前面製作的玻片標本放置載物板上，比較解剖顯微鏡下看到的箭頭，其大小、方向和玻片上的實物有何差異。

問題與討論：

1. 要用複式顯微鏡觀察的物體都須先製作成玻片標本，你認為理由何在？
2. 用複式顯微鏡的高倍物鏡和低倍物鏡觀察製作的玻片標本時，那一種物鏡下較可能看到整個箭頭的頭部影像？為什麼？
3. 同一標本在複式顯微鏡和解剖顯微鏡下，所觀察到的影像有何差異？



活動 3-2 水中的小生物

活動目的：

池水或溝水中常有許多肉眼看不到的小生物（圖 1）生活其間，這些生物相當微小，構造也很簡單。本活動的目的，是借助複式顯微鏡，來觀察這些平時肉眼不易看到的小生物。

活動器材：（每組）

複式顯微鏡	1 臺	滴管	1 支
載玻片	2 片	池水或溝水	少許
蓋玻片	2 片		

活動步驟：

1. 用滴管吸取瓶中的池水或溝水，加一滴在載玻片中央，蓋上蓋玻片，做成玻片標本。
2. 將玻片標本放在顯微鏡的載物臺上，先用低倍物鏡觀察，必要時再換成高倍物鏡。
3. 將看到的小生物畫在活動紀錄簿中，並簡要的記錄你觀察到的特徵。
4. 試著採集不同地區的池水或溝水來觀察，比較不同水中可觀察到的生物種類是否相同。

問題與討論：

1. 你如何分辨視野下的東西是生物還是無生物？為什麼？
2. 假如小生物跑出了顯微鏡下的視野範圍，該如何移動玻片，才能再觀察到它？
3. 不同池水或溝水中的小生物種類是否相同？如果不同，可能原因為何？



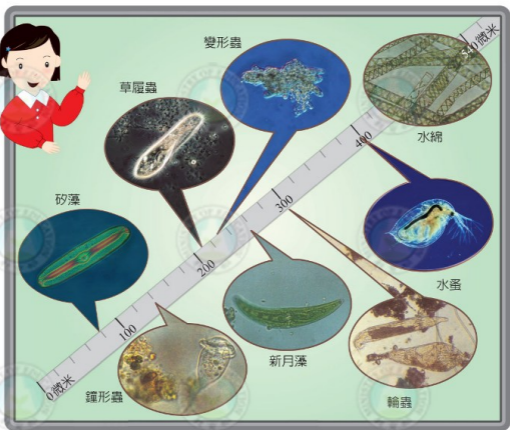


圖1 池水中常見的小生物

圖中直尺的刻度單位為微米 [1 微米 (μm) = 1/1000 毫米 (mm)], 指標位置為該生物的大約長度。

3-2 細胞組成生物體

生物體由細胞組成。有些生物，例如：我們觀察池水時看到的草履蟲和矽藻等，個體只由單一個細胞構成，稱為**單細胞生物**，這個細胞能獨立生存，並進行各種活動來維持生命。而常見的生物，例如：狗、貓、魚、樹、稻子和香菇等，個體是由許多細胞構成，稱為**多細胞生物**。



更·上·一·層·樓

多細胞動物的體型大小和細胞大小沒有絕對關係，主要是和細胞數目多寡有關。大象比老鼠碩大，主要是因為牠身體的細胞總數比老鼠多，並不是牠的細胞比老鼠大。

多細胞生物體的組成層次

多細胞生物體內的細胞有不同的形態和功能，通常同類型的細胞會集合起來，形成具有特殊功能的**組織**，例如：動物體內許多肌肉細胞結合在一起，形成有收縮功能的肌肉組織；植物體內許多管狀細胞相接，形成有運送水分、養分功能的**輸導組織**。

幾種不同功能的組織還會進一步集合，形成另一個功能單位—**器官**，例如：表皮組織、輸導組織和葉肉組織共同組成葉片，葉片是植物製造養分的器官。根、莖、葉是植物的**營養器官**；而花、果實、種子則稱為**生殖器官**。器官與器官互相合作，組合成植物個體（圖 3-6）。

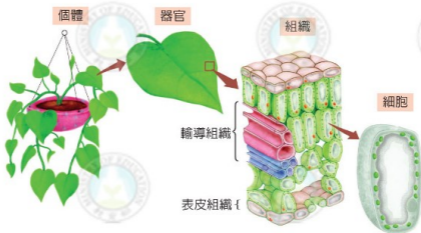


圖 3-6 植物體的組成層次



而貓、狗、魚、蛙……等動物的構造比較複雜，功能相關的器官往往集合形成**系統**，例如：胃、腸、肝臟……等器官集合形成消化系統。而許多不同的系統再集成個體（圖 3-7），例如：人體由消化系統、神經系統、循環系統……等共同組成（圖 3-8）。



圖 3-7 動物體的組成層次



圖 3-8 組成人體的部分系統示意圖

細胞分工

多細胞生物體內的各種細胞共同生活在一起，彼此會分工合作並且相互依存。例如：動物消化器官的細胞負責消化、吸收食物中的養分，供其他細胞利用，而生殖器官的細胞則負責產生生殖細胞。另外，植物葉肉細胞製造養分，供給其他各部位細胞使用，但葉肉細胞所需要的水，則由根部細胞吸收、供應。



● ● ●

心臟肌肉細胞損壞後，只能移植捐贈者的心臟來代替，而不能用他自己手臂的肌肉細胞代替，為什麼？





活動 3-3 動、植物細胞的觀察

活動目的：

動、植物的身體由許多種不同的細胞所組成。本活動的目的是利用複式顯微鏡觀察數種動、植物細胞，以了解細胞的基本構造。

活動器材：（每組）

複式顯微鏡	1 臺	刀片	1 支
載玻片	3 片	碘液（或亞甲藍液）	適量
蓋玻片	3 片	牙籤	2 支
解剖針	1 支	燒杯	1 個
香蕉	適量	滴管	1 支
植物葉片（如：蜘蛛蘭、鴨跖草、紅鳳菜、孤挺花等）	適量		

活動說明：

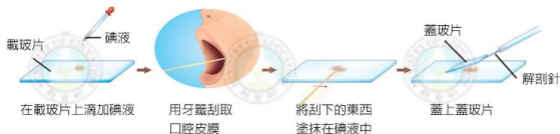
1. 觀察細胞構造通常需要染色。碘液或亞甲藍液為常用的染色劑，可和細胞核內的物質結合，因此將這些染色劑滴加在細胞之後，細胞核會和染色劑作用，而呈現顏色，可使細胞核變得明顯而易於觀察。
2. 黃褐色的碘液遇到澱粉分子會變成藍黑色，因此可用碘液的變色反應來檢測是否有澱粉存在。
3. 碘液蒸發後有毒，應隨時加蓋，並在空氣流通處操作。
4. 植物葉片下表皮由表皮細胞及保衛細胞組成。

活動步驟：

一、玻片標本的製作：

請依照以下步驟，分別製作三種玻片標本。

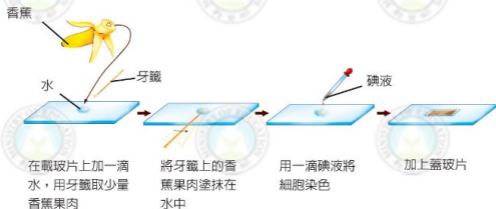
製作口腔黏膜細胞的玻片標本：



製作葉片下表皮的玻片標本：



製作香蕉果肉細胞的玻片標本：



二、觀察細胞：

將製作好的玻片標本，放在顯微鏡下觀察，並將觀察到的細胞形狀和構造畫在活動紀錄簿中。

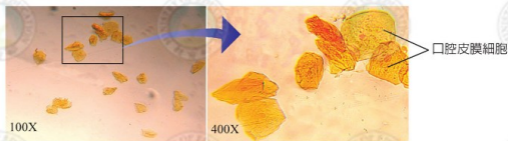


圖 1 染色後的口腔皮膜細胞

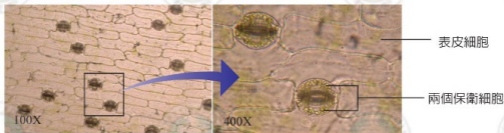


圖 2 蜘蛛蘭的葉下表皮

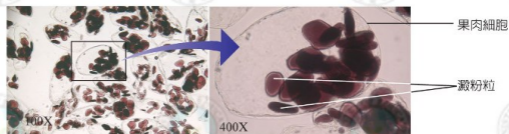


圖 3 染色後的香蕉果肉細胞

問題與討論：

1. 本活動中觀察的動物細胞和植物細胞間，有那些相似之處？又有那些相異之處？
2. 保衛細胞中綠色的小顆粒是什麼構造？有什麼功能？表皮細胞中有這種構造嗎？
3. 香蕉果肉細胞中有無澱粉存在？如果有，此細胞可能有何功能？

3-3 細胞的代謝

細胞是生物體構造和功能的基本單位，一個有生命的活細胞，在它活著這段時間當中，是十分忙碌而多變化的，它可能會生長、繁殖，而且不斷的進行多種化學反應。

組成細胞的物質

細胞是由很多種化學分子組合而成。水、醣類、脂質、蛋白質、核酸、礦物質和維生素等是組成細胞的主要成分（圖 3-9），例如：細胞膜是由脂質、蛋白質和醣類組成。這些養分除了是構成細胞的材料之外，其中醣類、脂質、蛋白質等也可提供細胞產生能量。活細胞會進行許多反應，以合成或分解各種物質，來修建、擴增新的部位或產生細胞生存需要的能量。這些細胞活動過程中所進行的各種化學反應統稱為代謝作用。



更·上·一·層·樓

醣類（碳水化合物）、脂質、蛋白質和核酸是生物體內含量很多的物質。蔗糖、葡萄糖、澱粉和纖維素都是醣類；脂肪、油、臘都屬於脂質；各種胺基酸分子組成蛋白質；而DNA則屬於核酸類。這些分子被分解時，會釋放出能量，這些能量常是維持細胞活動的重要能量來源。

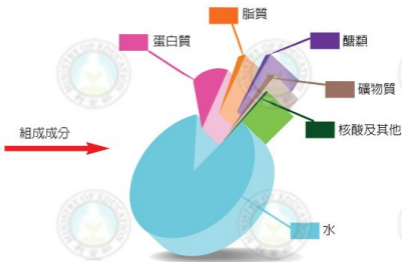


圖 3-9 細胞組成成分示意圖



酵素與代謝作用

代謝作用的進行需要**酵素（酶）**的參與，酵素能調控化學反應的快慢。細胞會製造進行代謝作用所需的酵素，大多數酵素的成分是蛋白質¹，酵素的**功能**會受到溫度和酸、鹼的影響。每一種酵素都有它最適作用的溫度和酸鹼環境。例如：有些酵素在中性環境中才能作用，有些酵素則在酸性或鹼性環境下作用較快。不同的化學反應由不同的酵素控制（圖 3-10），例如：將澱粉分解為葡萄糖的酵素，和將葡萄糖合成澱粉的酵素是不一樣的。

更·上·一·層·樓

過去科學家以為酵素都是蛋白質。但這種想法，在科學家切赫（Thomas R. Cech）和阿爾特曼（Sidney Altman），各自發現了由RNA組成的酵素之後（RNA和DNA同為核酸類物質）有了改變。他們也因此獲得1989年諾貝爾化學獎。

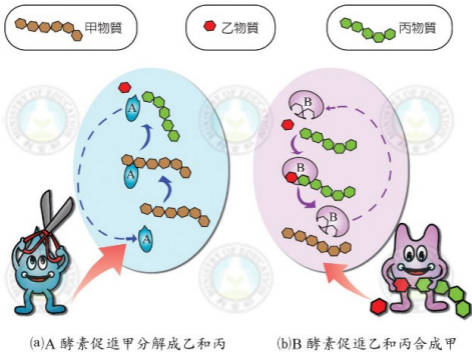


圖 3-10 酵素參與細胞內化學反應的示意圖



為什麼食物在室溫下較容易腐敗，而冷藏或冷凍則可延長食物的保鮮時間呢？



呼吸作用

細胞生存需要能量，而能量主要由醣類、蛋白質或脂質等養分提供。細胞利用酵素進行呼吸作用，分解養分並釋放出能量，這種作用主要在粒線體中進行（圖 3-11）。呼吸作用需要氧的參與^①，同時也會產生水和代謝廢物，例如：二氧化碳和氨等。其過程可用下列式子表示：

更·上·一·層·樓

大多數生物細胞在分解養分產生能量的代謝過程中，需要「氧」的參與；也有部分細胞在無氧的情況下，仍能分解養分產生能量，例如：肌肉細胞、酵母菌、乳酸菌；而肉毒桿菌只能生活在無氧的環境中。但相同養分在沒有氧參與的分解過程中，可釋放出的能量比較少。

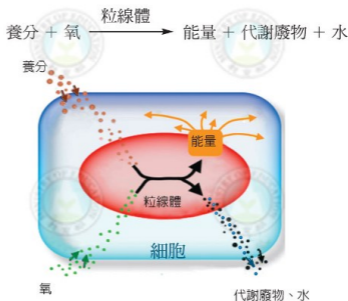


圖 3-11 細胞進行呼吸作用產生能量的示意圖

物質進出細胞

細胞的代謝作用是隨著生命的存在而持續進行的，因此生物體必須隨時獲得各種生存所需的物質供全身細胞使用，並排除各個細胞代謝過程所產生的廢物（圖 3-12），以維持身體各部位機能的正常運作。在供給細胞生存物質、排除代謝廢物以及細胞內部運作的過程中，會有多種物質分子通過細胞膜進出細胞。通常細胞膜只容許較小的分子通過，例如：氧、二氧化碳、礦物質、胺基酸、

葡萄糖等^①。較大的分子必須分解為較小的分子才能通過，例如：蛋白質分解為胺基酸、澱粉分解為葡萄糖後，才能通過細胞膜。

更·上·一·層·樓

細胞膜上有許多種由蛋白質所構成的特殊通道，這些通道都是細胞膜的「門」。透過這些門，細胞可以和外界交換物質。美國科學家艾格瑞 (Peter Agre) 因為找到細胞膜上水分進出的「水通道」，而榮獲2003年的諾貝爾化學獎。

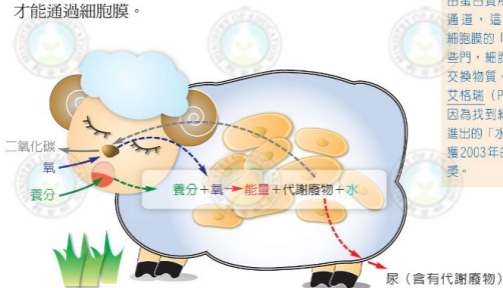


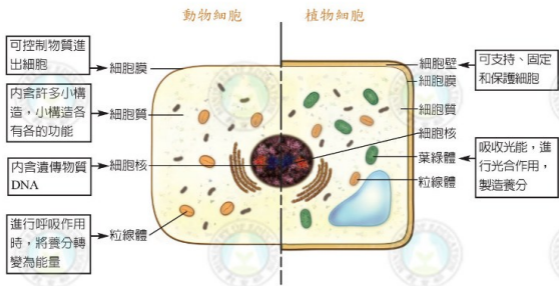
圖 3-12 生存物質的獲得與廢物的排除

結語

我們的身體是由很多不同的細胞共同組成的。這些細胞分工合作，有的負責吸收養分供其他細胞利用，有的細胞負責運送物質，有的細胞則負責清除廢物，在這個大家庭中各有所司、相互依存，共同經營出一個會跑、能跳、能記憶、會思考的個體。達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882) 曾說：「我們應該將每一種生物視作一個小宇宙，也就是由一大群能自我繁衍、而且小得不能再小，又多如滿天繁星的細胞所組成的世界」。讀完這章之後，我們應該更能瞭解這句話的意思了。

本章摘要

1. 生物體需要養分並且使用能量維持生命、對環境的刺激會產生反應、都是由細胞組成，而且在某些階段會有生長、繁殖等現象。
2. 虎克利用自製顯微鏡觀察軟木栓薄片，發現軟木栓薄片由許多小格子組成，他將這些小格子稱為細胞。
3. 細胞是生物體構造和功能的基本單位，內含有多種不同構造。細胞內的各種構造各具有不同機能。功能不同的細胞，其細胞的形態也常不相同。



動、植物細胞基本構造示意圖

4. 有些生物構造非常簡單，只由一個細胞構成，稱為單細胞生物。而常見的動、植物都是由許多細胞組成，稱為多細胞生物。組成多細胞生物體的不同細胞間有分工合作的現象。



- 多細胞生物體的組成有一定的層次，動物體的組成層次為：細胞→組織→器官→系統→個體。植物體的組成層次為：細胞→組織→器官→個體。
- 醣類、蛋白質、脂質、核酸、礦物質、維生素和水等是組成細胞的基本物質，而醣類、脂質、蛋白質等分解後產生的能量，是細胞的重要能量來源。
- 為維持正常的生命機能，細胞必須進行代謝作用以產生所需物質或能量。
- 細胞內含有多種酵素，可幫助細胞進行代謝作用；酵素作用速率會受環境溫度、酸鹼度的影響。
- 細胞進行「呼吸作用」將養分中所含的能量釋放出來，供細胞利用。呼吸作用也同時會產生代謝廢物，必須排除。呼吸作用主要在粒線體中進行，可以下列式子表示：



- 為維持細胞生命的延續存在，經常會有許多物質分子（例如：養分、氧、廢物或其他物質）通過細胞膜進出細胞，通常細胞膜只容許較小的分子通過。

參考資源：

- 霍格蘭、竇德生著；李千毅譯（2002）。觀念生物學（I）。臺北市：天下遠見。
- 張蕙芬譯（1989）。牛頓現代科技大百科5—人體的奧秘。臺北市：牛頓。
- 長野敬著；鍾獻文譯（2003）。圖解奇妙有趣的細胞世界。臺北縣新店市：世茂。
- 細胞的故事 <http://life.nthu.edu.tw/~b830327/cell.html>（2005年5月）
- 細胞與分子 <http://juang.bst.ntu.edu.tw/BCbasics/Cell1.htm>（2005年5月）

第四章 植物的營養、運輸與感應



4-1 植物獲得養分的過程

4-2 植物體內的物質運輸

4-3 植物的感應





讓我們到校園去走走吧！
你會發現，
校園中有老師、學生、鳥兒、蝴蝶，
還有綠意盎然的花草樹木，
他們的外形雖有不同，
但都需藉著空氣、水和養分來維持生命。
你是否曾疑惑著：
不曾見到植物進食，它們是如何獲得養分的呢？
植物沒有鼻孔、肺臟，它們能吸進或排出氣體嗎？
又高又大的樹木，如何把水分送達每一個細胞呢？
而環境的變化是否也會刺激植物產生反應呢？
讓我們一起探討這些問題，
揭開植物生活的奧秘！



4-1 植物獲得養分的過程

動物和植物都需要養分，但它們獲得養分的方法卻有很大的差異。動物主要從食物中獲得所需的養分，植物除了從土壤吸收水分和礦物質外，還能進行光合作用製造醣類等養分。光合作用主要是在含葉綠體的植物細胞內進行。葉片是植物進行光合作用的主要器官，每一葉片都是由許多種細胞和組織所構成的。現在讓我們進一步來看看葉片的構造，了解它和光合作用的關係！

葉片的構造

葉片的外型雖有不同¹，但若將葉片切下，放大來看，則大都具有以下幾個部分(圖 4-1)：葉片的上、下表皮是薄層的組織，外覆有**角質層**，具有保護及防止水分散失的功能；表皮上有許多由**保衛細胞**形成的**氣孔**，氣孔是氣體進出的孔道；夾在上下表皮間的是由許多葉肉細胞所構成的**葉肉組織**，葉肉細胞富含葉綠體，使葉片呈現綠色；**葉脈**由細長的管狀細胞組成，負責運輸水分和養分。

單·上·一·管·標

植物的葉大部分是綠色、片狀，但有些植物為了適應環境，也會改變葉的形狀和功能，這些葉片稱為變態葉，如瓜類的卷鬚葉具有攀爬，固定的功能；豬籠草的捕蟲葉則可誘捕昆蟲。



瓜類的卷鬚葉



豬籠草的捕蟲葉

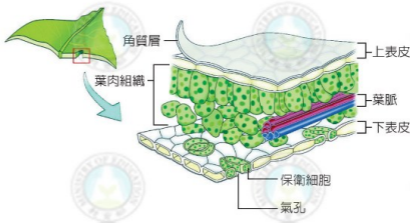


圖 4-1 葉片構造示意圖

光合作用

光合作用是植物體利用日光將二氧化碳和水合成醣類的過程，主要在葉肉細胞內的葉綠體中進行。大多數的植物在日照和水分充足時，氣孔張開，空氣可以進入葉片內部，葉肉細胞藉此獲得二氧化碳；而水分經由根、莖，再由葉脈輸送到葉肉細胞。葉綠體內有葉綠素和酵素。葉綠素能吸收太陽能，造成水的分解產生氧氣，並將太陽能轉化為合成葡萄糖所需的能量，在能量及酵素作用下，經一連串的化學反應，將二氧化碳轉變成葡萄糖和水（圖 4-2）。

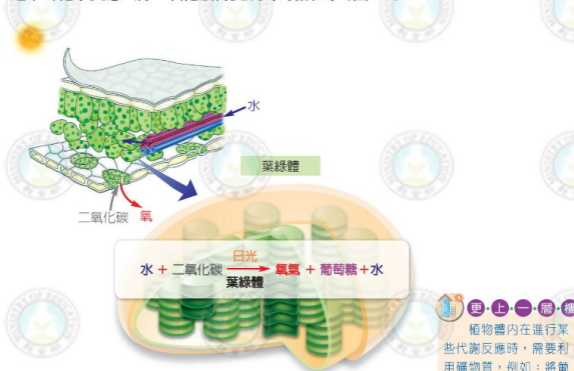


圖 4-2 光合作用示意圖

光合作用產生的葡萄糖，可被分解產生能量，也可以被轉換為澱粉、脂質或蛋白質等養分¹，以供利用或儲存。氧氣是光合作用的另一產物，除了供植物細胞進行呼吸作用外，多餘的氧氣則從氣孔排出。

更·上·一·層·樓

植物體內在進行某些代謝反應時，需要利用礦物質，例如：將葡萄糖轉換成蛋白質時，需要氮、磷和硫等成分。植物利用根自土壤中吸收所需的礦物質，而農民為農作物「施肥」時，主要即在補充土壤中的各種礦物質，以供植物吸收。



標·管·一·上·更

除了綠色植物，海洋中的藻類、海帶及浮游藻類等，也能進行光合作用，而且它們製造的光合作用產物總量比陸地植物還多，是地球上重要的養分製造者。

植物利用太陽能，將二氧化碳和水製成葡萄糖，進而轉化成各種養分，這些養分是植物生長的主要物質來源，也是植物所需的能量來源。而動物則是直接或間接地依賴光合作用的產物而生存。同時光合作用會釋放氧氣，吸收二氧化碳，對大氣組成也有影響。



腦·動·動

熱帶雨林區因陽光、雨量充足，非常有利於光合作用的進行，因此植物長得又快又茂盛。近來因人類的濫墾，熱帶雨林正在迅速的減少中。你認為熱帶雨林的消失，將為生物及地球帶來什麼樣的影響？





活動 4-1 光合作用需要日光

活動目的：

學習檢測葉內澱粉的方法，並了解光合作用需要日光。

活動器材：（每組）

植物葉子	1 片	鋁箔紙	1 張	剪刀	1 把
鑷子	1 把	燒杯(250 mL)	1 個	燒杯(100 mL)	1 個
酒精燈	1 盞	三腳架	1 個	陶瓷纖維網	1 片
培養皿	1 個	95 % 酒精	適量	碘液	少許

活動說明：

1. 光合作用的產物主要以澱粉的形式儲存在葉片內。
2. 碘液是黃褐色的，和澱粉作用後呈現藍黑色。

活動步驟：

1. 選一株照光充足，生長良好的綠色植物。
2. 將其中一片葉片的一部分以鋁箔紙包住並固定（甲組），此葉片未包鋁箔紙的部分，視為乙組（如圖 1）。



圖 1 將葉片分成甲、乙兩組

3. 三天後將葉片摘下（連同鋁箔紙）帶到實驗室。
4. 撕去鋁箔紙，進行葉片內澱粉的檢測（以下步驟參看圖 2）。
 - (1) 將葉片浸入大燒杯（250 mL）的開水中，加熱至葉片變軟。
 - (2) 用鑷子將葉片取出，浸於裝有酒精的小燒杯（100 mL）內，再把此小燒杯小心放入有水的大燒杯中，以隔水加熱方式把小燒杯中的酒精煮沸。觀察並記錄酒精及葉片顏色的變化。
 - (3) 等葉片的顏色褪去後，**先熄滅酒精燈**，再小心將裝酒精的小燒杯取出，用鑷子把葉片從酒精中取出來，再將葉片放入熱水中漂洗。
 - (4) 取出熱水中的葉片，平放在培養皿中，加入碘液，使葉片浸在碘液中。記錄葉片（甲組和乙組）的顏色變化。

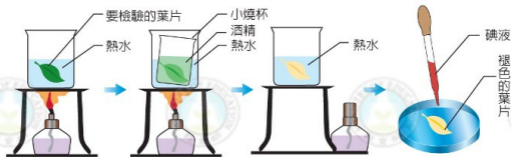


圖 2 檢測葉內澱粉的步驟

問題與討論：

1. 這個活動中，為什麼要將葉片的一部分用鋁箔紙包住？
2. 為什麼要將已煮過的葉片放入酒精中隔水加熱？
3. 根據活動結果（葉片和碘液作用後的顏色變化），寫出你的推論。
4. 這個活動為什麼要有乙組（未包鋁箔）的設計？



4-2 植物體內的物質運輸

當我們替校園植物澆水時，通常將水澆在土壤裡，那麼植物是如何將土壤中的水分，吸收並運送到枝條和葉片內呢？當我們在享受甘藷塊根甜美的滋味時，是否想到光合作用製造的養分，是如何從葉片運送到根部儲存呢？水分和養分在植物體的各部位間穿梭流動，大多有固定的路線及運送方式，現在讓我們來認識植物體內的運輸管道及繁忙的運輸工作吧！

維管束的構造

多數植物體內具有特別的構造，用來進行運輸工作，這些構造稱為**維管束**。維管束貫穿根、莖和葉等器官，可將水和養分運輸到植物體各處，葉脈即是葉片內的維管束。維管束大多由管狀細胞上下相接，成束聚集而成，包含**木質部**和**韌皮部**(圖 4-3)。木質部排列在靠近莖的內側，主要功能是運輸水分和溶解在水中的礦物質，而韌皮部則排列在靠近莖的外側，主要功能則是運輸光合作用製造的養分。



更·上·一·層·樓

不具有維管束的植物如蘚苔類，因缺乏輸導的組織，細胞間主要靠擴散作用運輸所需的水分和養分；由於擴散速度很慢，無法將養分和水分有效運輸至高大植株的頂端，因此蘚苔植物的個體都很小。

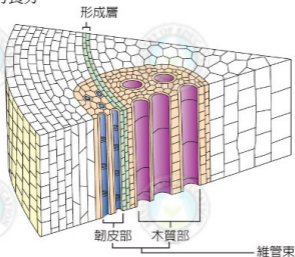


圖 4-3 維管束由管狀細胞組成

玉米、水稻等植物莖內的維管束呈散生排列（圖 4-4），而向日葵、杜鵑花等植物，莖內的維管束則呈環狀排列（圖 4-5）。

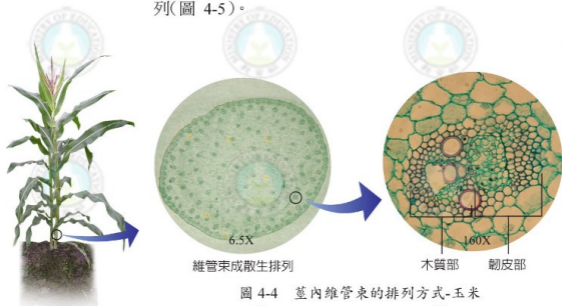


圖 4-4 莖內維管束的排列方式-玉米

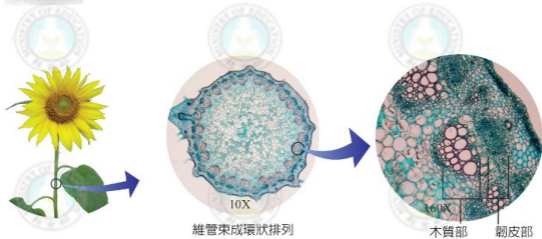


圖 4-5 莖內維管束的排列方式-向日葵

有些植物如榕樹、松樹等，莖內維管束的木質部和韌皮部之間有**形成層**，形成層的細胞會不斷分裂，向外形成新的韌皮部，向內形成新的木質部。形成層之外，包含韌皮部，稱為**樹皮**；而形成層逐年向內增生的木質部，會堆積形成**木材**，使莖逐年加粗（圖 4-6）。





動·動·腦

松鼠啃食樹皮，常造成樹木死亡，但有些樹木的樹幹中空，卻仍能茂密的生長，你能說出「樹怕剝皮，不怕空心」的原因嗎？

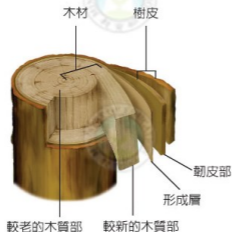
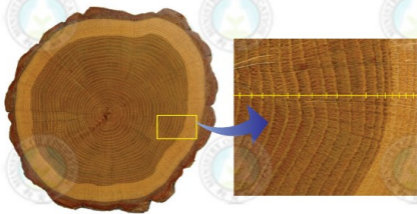


圖 4-6 木材和樹皮示意圖

形成層的分裂會受氣候的影響，春、夏季時，較溫暖而多雨，形成的木質部細胞，較多且大；秋、冬季時，較寒冷而乾燥，形成的木質部細胞，較少且小。因為細胞的大小、數目不同，因此逐年累積後在樹幹的橫切面上，會呈現一圈圈深淺、寬度不同的環紋，稱為年輪 (圖 4-7)。



重·上·一·層·樓

林業學常利用年輪估算樹木的年齡，樹木生長時的氣候、空氣等。要取得年輪並不需要砍下樹幹，而是使用工具插入樹幹，取出一條圓形木條即可。已知長壽的樹如紅杉約為 4500 歲，臺灣檜木的樹木群則約為數百至 3000 歲。

圖 4-7 木材上的年輪 (圖上黃色線段每一格表示同一年形成的木材)



韌皮部內養分的運輸

在葉片這個綠色工廠中製造出來的養分，主要由葉脈內的韌皮部運送到莖及根等器官，供細胞利用或儲藏。在植物需要時，儲藏的養分可再由韌皮部運輸到所需要的部位。例如：甘藷葉片製造的養分，大部分運輸到根部儲藏，使根部膨大形成塊根；發芽時，塊根內的養分又可被分解，供幼苗生長使用(圖 4-8)。



圖 4-8 植物體內養分的運輸 (→表示養分運輸方向)



動·動·腦

植物體除了根外，還有那些地方可以儲存養分呢？



植物體內水分的上升

根是植物吸收水分及礦物質的主要器官。水分及礦物質進入根部的維管束後，由木質部向上運送到莖及葉等部位，水分上升到葉片後，從葉脈進入葉肉組織中，除有少部分被植物細胞利用，大部分會經由葉表的氣孔散失到空氣中，這種現象稱為蒸散作用。

木質部是充滿水分的微細通道，當水分從氣孔蒸散出去時，產生的拉力，將木質部的水柱往上牽引，於是莖內的水分便可上升到葉脈，根部的水分也隨之上升到莖中。所以蒸散作用是植物體內水分上升的主要動力(圖 4-9)。

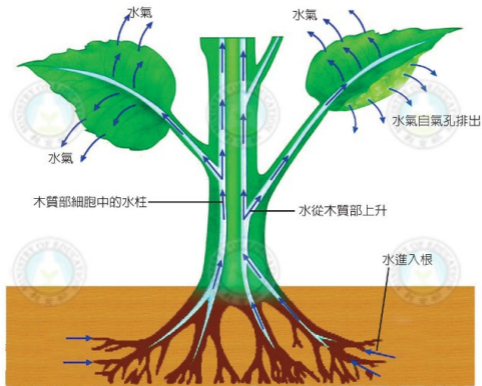


圖 4-9 植物體內水分上升的示意圖



更·上·一·層·樓

保衛細胞的內、外側細胞壁厚薄不同，內側（緊鄰孔的一側）細胞壁較厚，而外側則較薄，當水分擴散進入保衛細胞時，水分對細胞壁產生壓力使細胞膨脹，此時外側的膨脹程度大於內側，使內側細胞壁往外彎曲，造成氣孔張開。

植物體的氣體交換

葉片在進行光合作用和呼吸作用時，需和外界交換二氧化碳和氧氣，而蒸散作用時，則向外釋出大量水氣。這些氣體的交換主要是透過葉片上的氣孔來進行。

氣孔大多分布在葉片的表皮，是由兩個保衛細胞形成的孔道。保衛細胞可以調節氣孔的開閉：當水分進入保衛細胞時，會使保衛細胞膨脹，向外彎曲造成氣孔張開¹⁰，氣體便經由氣孔進出葉片，同時，葉內的水分也經由氣孔向外蒸散；反之，當保衛細胞失去水分，保衛細胞回復原狀，氣孔關閉，可減少水分的散失¹¹（圖 4-10）。



更·上·一·層·樓

水分充足的地區，植物通常葉片大，且氣孔較密集，以利光合作用的進行，如香蕉；乾旱地區的植物，則葉片小，且氣孔較稀疏，以減少水分的蒸散，如石蓮。多數植物的氣孔，白天開張，夜晚閉合，但也有些植物是白天閉合，夜晚開張，如落地生根的氣孔即為白天閉合。

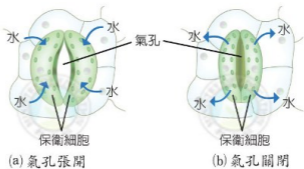


圖 4-10 氣孔的開、閉

當夜間氣孔閉合時，水分無法經由蒸散作用排出，此時若植物吸收過多的水分，則木質部內的水分会沿著葉脈，由葉的邊緣或尖端溢出（圖 4-11）。



圖 4-11 水由葉緣溢出



植物藉著貫穿全株的維管束，將根部吸收的水分，在木質部內向上運輸至葉片，部分供葉片進行光合作用，而大部分的水，則經由氣孔蒸散至空氣中。葉片光合作用製造的養分，則經由韌皮部運輸到根、莖或花、果實、種子中，供利用或儲存。葉片上的氣孔則是植物和外界交換氧氣與二氧化碳的門戶。植物體內就是如此忙碌的運輸各種物質(圖 4-12)。

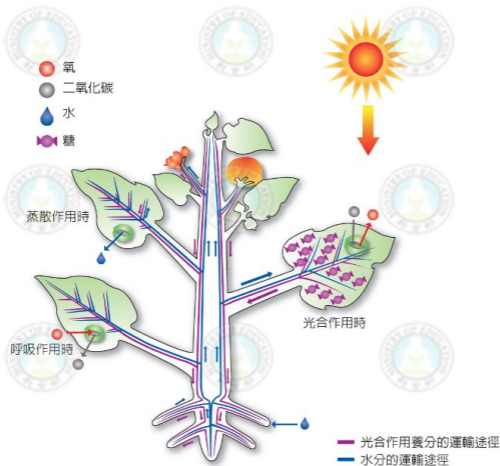


圖 4-12 植物體內物質運輸的示意圖



活動 4-2 維管束的觀察

活動目的：

觀察紅墨水在葉柄及葉片內的分布情形，了解維管束的分布及運輸水分的功能，並且在顯微鏡下觀察芹菜葉柄的橫切面和縱切面，認識維管束細胞的形態。

活動器材：（每組）

芹菜（或其他草本植物）	1 棵	單面刀片（或削皮刀）	1 支
錐形瓶	1 個	紅色溶液或紅墨水	適量
載玻片	1 片	蓋玻片	1 片
複式（或解剖）顯微鏡	1 架	培養皿	1 個

活動步驟：

1. 取一個錐形瓶，倒入紅色溶液約 250 mL（或在 250 mL 水中滴入數滴紅墨水）。
2. 切取芹菜葉柄（含葉片），柄長約 25 公分，插入錐形瓶中（圖 1）。
3. 將錐形瓶置於通風處，約 30 分鐘。



圖 1

4. 觀察並記錄紅色溶液在葉片上的分布情形（圖 2）。



圖 2



5. 將芹菜葉柄用刀片橫切(圖3)及縱切。



圖 3

※縱切(圖4)時,可用單面刀片或削皮刀削出長薄片。



圖 4

6. 將切下的薄片放入有水的培養皿中(圖5)。

7. 挑出較薄的切片,用顯微鏡進行觀察。

8. 比較維管束和周圍細胞的大小、形狀,並畫下你看到的形態。



圖 5

問題與討論：

1. 為什麼要把芹菜插在紅色溶液中？
2. 葉片和葉柄只有部分被染成紅色,而不是整片變紅,這代表什麼意思？
3. 綜合橫切、縱切面的觀察結果,你認為維管束的細胞比周圍的細胞細長或短胖? 這個特徵和它的功能有什麼關聯？



活動 4-3 葉片的蒸散作用

活動目的：

了解植物體內的水分可經由葉片蒸散出去，並比較上、下表皮水分蒸散的快慢。

活動器材：（每組）

植物枝條（含葉片） 1 支 氯化亞鈷試紙 適量 透明膠帶 1 卷
吹風機 1 臺

活動說明：

1. 無水氯化亞鈷試紙呈藍色，遇水則呈粉紅色。

活動步驟：

1. 取一枝有葉片的植物枝條，擦乾葉片，將枝條插入有水的量筒中，放在通風處。
2. 取兩張大小相等的氯化亞鈷試紙（約 0.5 公分 x 1 公分），將氯化亞鈷試紙貼在透明膠帶上（圖 1），將試紙烘乾至試紙呈藍色（可用吹風機的熱風烘乾），再分別貼在葉片的上表皮及下表皮（圖 2）。
3. 觀察並記錄試紙完全變色所需的時間。



圖 1



圖 2

問題與討論：

1. 那一張氯化亞鈷試紙較快變色？代表什麼意義？
2. 為何上、下表皮水分蒸散的快慢會有差異？
3. 如果請你設計一個實驗，探討「氣溫是否會影響葉片水分蒸散的快慢？」你會如何進行？



4-3 植物的感應

大部分植物雖然不能像動物一樣移動個體，但植物體的器官如根、莖、葉或花等，卻可以改變生長方向或產生動作，以適應環境的變化。

植物的向性

植物的莖會朝向光線來源的方向彎曲生長，稱為**向光性**。向光性產生的原理是：當光從單方向照射時，受光照的影響，莖部向光面細胞的生長速度，會較背光面細胞的生長速度為慢。由於莖部兩側細胞的生長速度不同，使得莖朝著生長較慢的一側彎曲（圖 4-13）。向光性使植物的莖和葉能朝向陽光，有利光合作用的進行。

除了向光性之外，植物的根和莖也會受地球引力的影響而產生反應。如果我們將一盆植物傾倒，再持續觀察該植物的生長情形，我們將會發現該植物的莖會向上彎曲生長，而根則會向下彎曲生長。這種情形我們稱植物的莖具有**背地性**，根具有**向地性**（圖 4-14）。



圖 4-13 向光性的產生

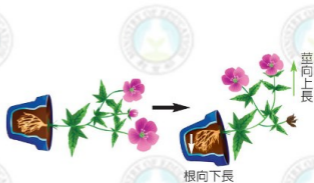


圖 4-14 根的向地性與莖的背地性

觸發運動與睡眠運動

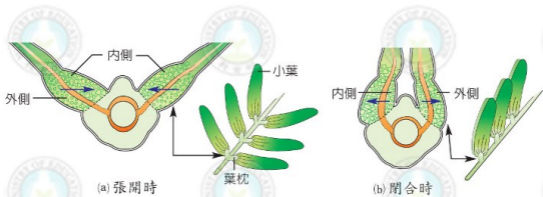
含羞草的葉片在受碰觸後會閉合起來，經過一段時間後，才又恢復原來的開張狀態，這種現象稱為**觸發運動**（圖 4-15）。含羞草產生觸發運動的原理，主要是水分進出葉枕的內、外側細胞所造成的。當葉片被碰觸後，水分會從葉枕的內側細胞移向外側細胞，內側細胞因失水而萎縮，外側細胞則因獲得水分而膨脹，進而造成葉片的閉合。經過一段時間後，水分再從葉枕的外側細胞移向內側細胞，導致外側細胞萎縮，內側細胞膨脹，使得葉片重新張開（圖 4-16）。



(a) 觸發前

(b) 觸發後

圖 4-15 含羞草的觸發運動



(a) 張開時

(b) 閉合時

圖 4-16 含羞草觸發運動的示意圖（→ 水分移動的方向）



而有些植物如酢漿草和含羞草等，它們的葉片在白天時會展開，而到了夜晚時則會閉合，這種現象稱為**睡眠運動**（圖 4-17）。睡眠運動和觸發運動一樣，都是某些細胞發生水分含量變化所造成的。



(a) 白天時的狀態

(b) 夜晚時的狀態

圖 4-17 酢漿草的睡眠運動



動·動·動

有些植物的葉片或花瓣能進行睡眠運動，你認為睡眠運動可能為植物帶來那些益處？

結語

再到校園去走走吧！現在你對校園中的植物，應該有更深入的了解了吧！矗立校園一角的老榕樹，在它安靜的外表下，體內其實一直進行多項複雜的工作：葉片忙著進行光合作用，而貫穿根、莖和葉的維管束，則不斷的運送光合作用需要的水分，及製造出的養分；空氣從氣孔進進出出，水分則從根部進入，又從葉片散失。自然界為老榕樹提供充足的空氣、水分及陽光；老榕樹則運用它的根、莖和葉去感受大自然的微妙變化，調整生長方式，朝向水分、迎向陽光，為自己贏得生存的機會，也為許多蟲兒、鳥兒提供生存所需的食物，及遮風避雨的棲所。環境、植物和動物是如此微妙的互動著！



更·上·一·層·樓

捕蠅草的葉片，在受到輕微的碰觸後，葉片迅速閉合，因而可以捕捉到闖入的昆蟲，這些植物靠捕捉昆蟲來補充部分養分。



捕蠅草的葉片閉合可捕捉昆蟲

本章摘要

1. 葉片大多具有以下幾個部分：上、下表皮、角質層、保衛細胞、氣孔、葉肉組織、葉脈等。
2. 保衛細胞組成氣孔，氣孔是氣體進出的孔道；葉脈負責運輸水分和養分；光合作用主要在葉肉細胞內進行。
3. 植物進行光合作用時，利用葉綠素吸收太陽能，將二氧化碳和水轉變成葡萄糖和水，並釋放氧氣。葡萄糖可再轉變成各種養分，供動、植物使用，氧氣則從氣孔排出。
4. 維管束大多由管狀細胞上下相接，成束聚集而成，包含木質部和韌皮部。木質部運輸水分和礦物質，韌皮部則是運輸光合作用製造的養分。
5. 有些植物莖內維管束具有形成層，形成層可向內分裂形成新的木質部，向外分裂形成新的韌皮部。形成層分裂時，受氣候的影響而使木質部細胞的大小及顏色深淺產生差異，形成年輪。
6. 植物根部吸收的水分大多經由葉表面的氣孔蒸散到空氣中，蒸散作用是植物體內水分上升的主要動力。
7. 向性主要是因環境因子的刺激，影響植物細胞的生長速度造成的，如：莖有向光性、背地性，根有向地性。向光性是因莖的向光面，細胞生長速度較慢，而背光面生長速度較快，使得莖朝著生長速度較慢的一側彎曲。
8. 觸發運動和睡眠運動，都是因水分進出植物的某些細胞，使細胞膨脹或萎縮造成的。

參考資源：

1. 光合作用研究史

<http://seed.agron.ntu.edu.tw/civilisation/PlantHistory/sciphotos.htm>

(2005年5月)

2. <http://sunflower.bio.indiana.edu/~rhangart/plantmotion/art/art.html>

(2005年5月)

3. <http://vschool.scu.edu.tw/happy1/project1/course /chapter4/section3.htm>

(2005年5月)

4. 喬安娜柯爾著；張詩薇譯（2003）。魔法校車-魔豆成長記（光合作用的秘密）。臺北市：遠流。

第五章 動物的營養與運輸



5-1 動物的攝食與消化

5-2 動物的運輸構造

5-3 血液循環與物質交換

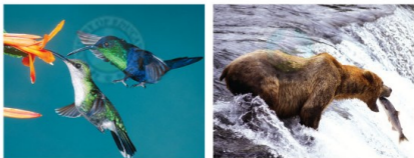


蝴蝶吸食花蜜、羊兒吃草、
蚊子吸血、螳螂捕蟲……，
雖然動物對食物有著不同的喜好，
但就「吃」的目的而言，
所有的動物都相同，
皆是為了獲取食物中的養分，
有了養分才能維持生命，
然而，養分代謝後卻也產生了有害的廢物。
到底食物中的養分是如何進入動物體？
養分如何運送到全身？
廢物如何排除？
就讓我們來一探究竟吧！



5-1 動物的攝食與消化

蜂鳥以尖而長的喙吸食花蜜，棕熊以尖銳的牙齒捕食鮭魚（圖 5-1），動物以不同的攝食構造，攝取不同類型的食物，但是為什麼所有的動物都一定要攝食呢？這是因為動物無法像植物一樣進行光合作用製造養分，所以必須透過攝取食物來獲得維持生命的各種養分。



(a) 蜂鳥以尖而長的喙吸食花蜜

(b) 棕熊捕食鮭魚

圖 5-1 動物的攝食


消化構造的多样性

食物中所含的養分，有些是較小的分子，有些則是較大的分子。由於較大的分子通常無法直接通過細胞膜，因此必須先將較大的分子分解成較小的分子，才能被細胞吸收利用，例如：澱粉分解為葡萄糖、蛋白質分解成胺基酸、脂質分解成脂肪酸等。動物攝取食物，利用酵素將食物中的大分子養分分解為小分子的過程，稱為消化作用。



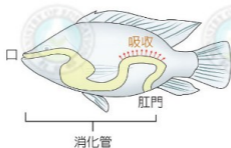
毛氈苔的葉能行光合作用自製養分，也能沾黏住昆蟲，並分泌酵素將昆蟲身體的蛋白質分解後吸收，你認為它是植物還是動物呢？為什麼？



動物通常具有消化構造，來進行消化作用。水螅、水母和海葵等具有囊狀的消化腔，獵物被觸手捕捉後經口進入消化腔，在腔內分解、吸收，而不能消化的食物殘渣再由口排出。而魚、鳥和人等則具有管狀的消化管，消化管是由肌肉組成的長管，具有口和肛門兩個開口。食物由口進入消化管後，經過磨碎、分解與吸收，最後剩餘的殘渣則由肛門排出（圖 5-2）。



(a) 海葵的囊狀消化構造

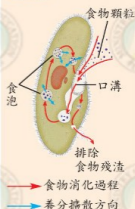


(b) 魚的管狀消化構造

圖 5-2 動物的消化構造示意圖

更·上·一·層·樓

草履蟲是一種單細胞生物，體長約 100 微米。草履蟲進行攝食時，主要藉由細胞膜的凹陷，將食物包裹形成食泡，在食泡中利用酵素將食物分解，供細胞利用，剩餘的殘渣則排出細胞外。



人體的消化系統

人們常說：「要有均衡的飲食，才有健康的身體。」當我們攝取各類型的食物，這些食物在體內經過消化及吸收的過程，會轉變成細胞可吸收的養分。細胞利用了各種養分，才會有活力，我們也才能擁有健康的身體。而消化食物與吸收養分的工作，主要是由消化系統所負責。

消化系統（圖 5-3）包含消化管與消化腺。消化管包括口腔、食道、胃、小腸、大腸和肛門。透過消化管壁肌肉的收縮，食物會在消化管中移動，並讓食物與消化腺所分泌的消化液混合均勻。消化腺包括唾腺、胃腺、腸腺、胰臟和肝臟，所分泌的消化液分別為：唾液、胃液、腸液、胰液和膽汁。大部分的消化液中含有消化酵素，可分解不同類型的養分，透過各種消化液的作用，食物便可在

消化管中被分解。那麼，食物在消化管中移動的途徑，以及分解及吸收的過程又是如何呢？

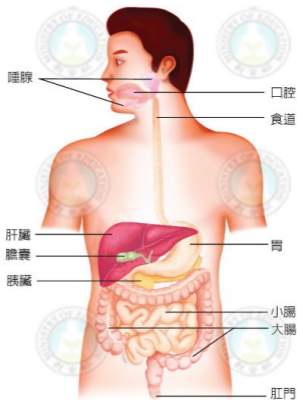


圖 5-3 人體消化系統示意圖

食物在人體內的消化過程如下：

口腔：

食物經牙齒的咀嚼^①和舌頭的攪拌，與唾液腺分泌的唾液混和，不但使食物容易下嚥，並且唾液中的酵素可初步分解澱粉。

食道：

食道呈管狀，不具消化及吸收的功能，為食物向下輸送到胃的通道。

鳥·上·一·管·標

看過小鳥在撿食砂粒吧？那是因為鳥類的嘴巴沒有牙齒，無法嚼碎食物，因此牠們的消化管具有腺囊可軟化食物、前胃可分泌消化液、砂囊可以存放食物及砂粒，藉著砂囊肌肉的收縮，帶動砂粒來磨碎食物。



胃：

胃呈囊狀，胃壁內的胃腺會分泌胃液，胃液中的酵素可初步分解蛋白質，另外胃液呈酸性，可提供適合酵素作用的環境，並減少細菌滋生。

小腸：

是分解食物與吸收水和養分的主要場所。小腸內具有多種消化液，包括：腸液、膽汁與胰液。小腸壁的腸腺分泌腸液，直接流入小腸；肝臟分泌膽汁貯存於膽囊，胰臟則可分泌胰液，膽汁與胰液經由導管注入小腸。藉由這些消化液的作用，食物中較大分子的養分，可進一步被分解成葡萄糖、胺基酸和脂肪酸等小分子。這些小分子可被小腸吸收，小腸內有許多小突起，稱為絨毛，絨毛可增加吸收水和養分的面積（圖 5-4）。

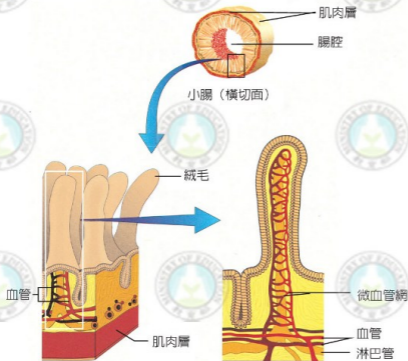
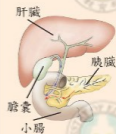


圖 5-4 小腸絨毛的構造示意圖

更·上·一·層·樓

人體中的消化腺，汗腺和淚腺等腺體具有導管，可將分泌物向外送到身體的特定部位，如肝臟跟胰臟所分泌的消化液是利用導管輸送至小腸中。這種有導管的腺體稱為有管腺或外分泌腺。



更·上·一·層·樓

食物中所含的水、維生素和礦物質是小分子養分，不需再消化分解即可被吸收利用，它們雖不能提供能量，卻是維持正常代謝所必須的養分。



動·動·腦

面積 1 平方公厘 (mm^2) 的小腸內壁，大約有 20 根絨毛 (如右圖)，而每根絨毛的平均面積則約為 0.5 平方公厘。試估算有了絨毛之後，小腸內壁的表面積，增加多少倍？



大腸及肛門：

大腸可以吸收食物殘渣中的水分。在大腸中，未被消化吸收的食物殘渣 (如纖維素等) 和水，及腸道中的細菌混合成糞便，由肛門排出離開身體。





活動 5-1 唾液內酵素的分解作用

活動目的：

了解唾液中含有可分解澱粉的酵素，以及溫度會影響酵素的作用。

活動器材：（每組）

試管（20 mL）	3 支	量筒（10 mL）	1 支
溫度計	1 支	燒杯（250 mL）	1 個
三腳架	1 個	陶瓷纖維網	1 片
本氏液	少許	酒精燈	1 盞
1% 澱粉液	適量	試管架	1 個

活動說明：

1. 唾液中含有酵素，可將澱粉分解成較小分子的糖。這些糖可與本氏液作用，使本氏液的顏色由淡藍色轉變為綠色、黃色、橙色或紅色；但本氏液不會與澱粉液作用。
2. 唾液中酵素分解澱粉的作用會受到溫度的影響。

活動步驟：（圖 1）

1. 取 3 支試管分別標上甲、乙、丙。
2. 甲、乙試管中加入 3 mL 新鮮的唾液，而丙試管中則加入 3 mL 水。
3. 將乙試管放入沸水中煮 5～10 分鐘，而甲、丙試管則靜置於室溫中。
4. 在 3 支試管中各倒入 3 mL 的澱粉液，輕輕搖動試管使澱粉液與唾液或水混合均勻。
5. 將 3 支試管放入盛有溫水（約 35℃～45℃）的燒杯中。
6. 等待約 20 分鐘後，3 支試管分別加入 3 mL 的本氏液。
7. 將 3 支試管放入盛水的燒杯中，然後將燒杯放在三腳架的陶瓷纖維網上加熱，觀察並記錄各試管中溶液的顏色變化。

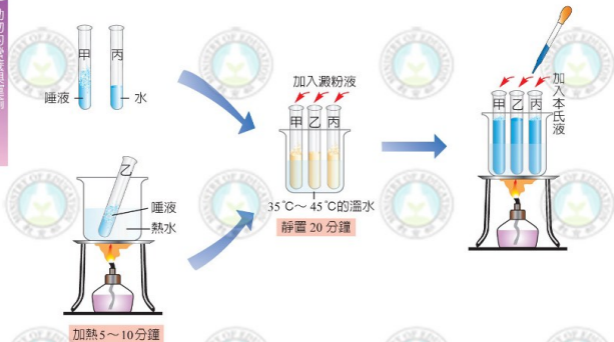


圖 1

問題與討論：

1. 比較甲、丙兩試管的溶液顏色變化，並說明可能的原因為何？
2. 比較甲、乙兩試管的溶液顏色變化，並說明可能的原因為何？
3. 在本活動中，設置丙試管的目的是為何？
4. 步驟 5 中，為何將試管置於溫水（約 35°C~45°C）中？

5-2 動物的運輸構造

動物藉消化作用獲得養分，但如何將這些養分運送到全身的細胞呢？細胞代謝後產生的廢物，又該如何運走呢？單細胞生物主要藉著擴散作用，解決物質運送的問題，例如：變形蟲、草履蟲。多細胞動物若僅靠擴散作用，物質在體內運輸的速度會太慢，因此發展出**循環系統**，來協助體內物質的運輸。下面以人體為例，來探討人體的血液循環系統。人體的血液循環系統（圖 5-5）包括**血液**、**血管**和**心臟**：

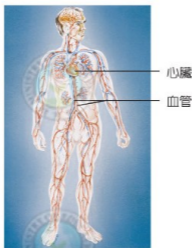


圖 5-5 人體的血液循環系統示意圖

血液

公益廣告常以「捐血一袋，救人一命」的口號，鼓勵大家踴躍捐血，救人性命。然而，血液對於維持生命究竟具有怎樣的重要性呢？

血液由**血漿**和**血球**組成。血漿的含水量約為 90%，可協助調節體溫。血漿中含有多種物質，包括：來自消化管所吸收的養分、代謝後的廢物、**抗體**和**激素**（見第六章）等。

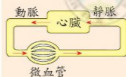
甲·上·一·層·樓

昆蟲的循環系統，沒有微血管，血液是從心臟流出後，直接流入體腔，稱為**開放式循環**。



開放式循環

人類的血液循環系統，有微血管連接動脈和靜脈，血液只在血管內循環流動，稱為**閉鎖式循環**。

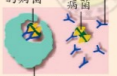


閉鎖式循環

更·上·一·層·樓

抗體是血液中的一種特殊蛋白質，當病菌入侵體內時，抗體可與病菌結合，以減緩病菌攻擊力，並且可標示出病菌的位置，以吸引白血球過來吞噬和清除病菌。

真抗體結合 抗體的病菌

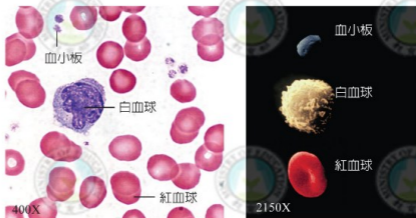


吞噬病菌的白血球

更·上·一·管·樓

一氧化碳與血紅素結合的能力，是氧的200倍以上，當空氣中一氧化碳過多時，會搶先與血紅素結合，使紅血球無法攜帶氧，造成體內組織細胞缺氧，稱作一氧化碳中毒。

血球包括紅血球、白血球及血小板（圖 5-6）。人體成熟的紅血球缺乏細胞核，呈雙凹圓盤狀，紅血球含血紅素，使血液呈現紅色，血紅素可以和氧結合，運送氧到全身細胞；白血球較紅血球大，具細胞核，可以吞嚥病菌，發揮防禦的功能；血小板最小，而且形狀不固定，具有凝血的功能，以免血管破裂時失血過多。



(a) 複式顯微鏡下染色後的血球照片 (b) 掃描式電子顯微鏡照片

圖 5-6 人類血液中的三種類型血球



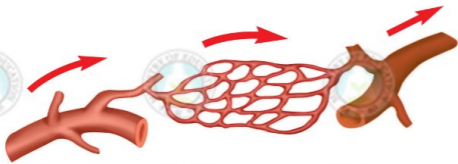
進行抽血比對DNA以鑑定親子血緣關係時，DNA主要來自何種血球細胞？原因為何呢？

血管

血管是血液流動的管道，依血液流動的方向可分成動脈和靜脈，而連通動脈和靜脈間的小血管稱作微血管（圖 5-7）。引導血液離開心臟的血管稱為動脈，動脈的管壁較厚且富有彈性，當心臟收縮時，大量血液流入動脈，動脈發生彈性擴張；而心臟舒張時，動脈又恢復原狀。這種動脈管壁隨心搏所產生的搏動，稱做脈搏。



動脈分支愈來愈細，末端連接微血管，微血管的管腔很窄（圖 5-8），而且管壁很薄，只有一層細胞的厚度，血液在此與細胞進行各種物質的交換。微血管的血液匯集流入靜脈，靜脈再將身體各部位的血液，引導流回心臟。



動脈 將血液帶離心臟 微血管 物質交換的場所 靜脈 將血液帶進心臟

圖 5-7 依血液流動方向（→），將血管分為動脈、靜脈與微血管

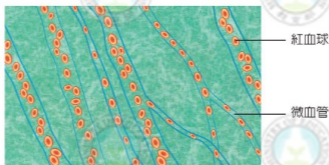


圖 5-8 微血管管腔細小僅能讓紅血球一個個通過



動·動·腦

醫生對病人採血檢驗時，通常是抽取那一種血管內的血？為什麼？

心臟

將你的手放在左胸上，是否感受到胸腔內，傳來陣陣規律的跳動呢？那其實是心臟正在收縮與舒張，所造成的搏動。

心臟位於胸腔內，由肌肉構成，分成四個腔室，上面為左心房、右心房，下面為左心室、右心室（圖 5-9）。心房和心室之間，以及心室與動脈之間均具有瓣膜，可以防止血液逆流。我們活著的每一刻，心臟從不休息，不斷的收縮和舒張，推動血液在血管中遵循一定的方向流動，心室收縮時，壓迫心臟內的血液流入動脈中；心房舒張時，靜脈內的血液便流回心臟。

更·上·一·層·樓

紅血球與氧充分結合時，血液呈現鮮紅色，稱為充氧血，除了肺動脈之外，動脈血為鮮紅色的充氧血；若紅血球攜帶的氧較少，則血液呈暗紅色，稱為減氧血，除了肺靜脈之外，靜脈血為暗紅色的減氧血。

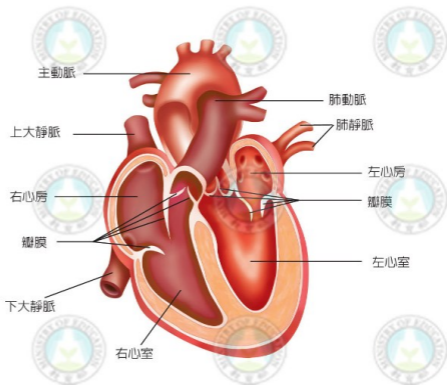


圖 5-9 人類心臟的剖面示意圖



活動 5-2 探測心音與脈搏

活動目的：

我們無法直接目視心臟跳動來計數心搏次數，但可藉由探測人體的心音和脈搏，來了解心臟搏動的情形。

活動器材：（每組）

手錶 1 個

聽診器 1 個

活動說明：

1. 當心臟收縮與舒張時，心臟內的瓣膜關閉，會發出「撲—通」的聲音，稱為心音。每聽到「撲—通」的聲音，可算一次心搏。
2. 將聽診器置於胸前偏左，可聽心臟搏動所發出的「心音」；將手指輕按手腕內側，以探測「脈搏」。

活動步驟：

1. 學生每四人為一組，甲為受試者，乙、丙為主試者，丁為計時及填表者。
2. 待甲靜坐 3 分鐘後，乙用食指及中指，輕輕按住甲的手腕內側試探脈搏。同時，丙以聽診器置於甲的胸前(或胸後)，以探測心音(圖 1)。
3. 當乙、丙分別探測到甲的脈搏與心搏後，丁宣佈計時開始。乙、丙同時計數甲的脈搏與心搏次數。將結果填入活動紀錄簿「運動前」的欄中。
4. 甲原地跑步 2 分鐘後，重複步驟 3 的測定方法，計數甲的脈搏與心搏的次數。將結果填入活動紀錄簿「運動後」的欄中。
5. 按照上述測定方法，甲、乙、丙、丁相互輪調，依次測定乙、丙、丁每分鐘脈搏與心搏的次數，記錄結果。



(a) 測量情形



(b) 按住手腕內側探測脈搏

圖 1 心音與脈搏的測量

問題與討論：

1. 同時測量一個人的脈搏與心搏，兩者的次數是否相同？為什麼？
2. 「運動前」與「運動後」，每分鐘的脈搏和心搏次數是否有改變？為什麼？



活動 5-3 血液流動的觀察

活動目的：

藉由觀察魚尾鰭，了解血球在血管中的流動情形，並依血液流動的方向，區分出血管的種類。

活動器材：（每組）

小魚	1 隻	培養皿(底或蓋)	1 個
棉花	少許	複式顯微鏡	1 臺
滴管	1 支	小撈網	1 支

活動步驟：

1. 將小魚放在培養皿內，以溼棉花蓋住小魚的身體，露出魚尾鰭（圖 1）。
2. 將培養皿直接放在複式顯微鏡載物臺上，以低倍物鏡觀察魚的尾鰭。
3. 觀察並記錄魚鰭內血液流動的情形。
（注意：隨時以滴管在棉花上加水，以保持魚鰓的濕潤，並且請勿讓魚在培養皿中停留過久。活動結束後，立刻將魚放回魚缸中。）



圖 1 露出魚尾鰭以便觀察

問題與討論：

1. 本活動為什麼以魚尾鰭作為觀察材料？
2. 血管中流動的小顆粒可能是什麼？
3. 如何區別魚鰭中的微血管、小動脈和小靜脈？

5 - 3 血液循環與物質交換

心臟收縮與舒張，使血液在動脈、微血管、靜脈和心臟間循環流動，這種循環路徑稱作**血液循環**。血液循環好比是不斷迴轉的輸送帶，流經全身的細胞，將細胞生存所需的氧與養分送達細胞，也將身體各處細胞產生的廢物，收集運送到特定器官，排出體外。

血液在血管中流動，並不與細胞直接接觸，而是透過管壁極薄的微血管（圖 5-10），與周圍的細胞進行養分、氧與廢物的交換。現在就讓我們來看看，當血液流經小腸、腦、肺臟和腎臟等器官的細胞時，究竟交換了那些物質吧！

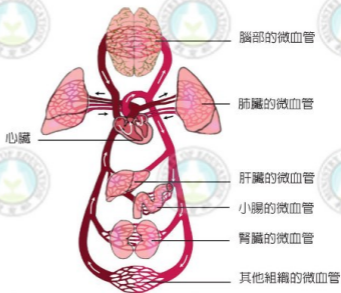


圖 5-10 人體內的微血管分布示意圖（箭頭為血液流動方向）

養分的運送

小腸是吸收養分的主要器官，養分在小腸絨毛吸收後，部分供本身細胞利用外，大部分的養分則進入微血管中，隨著血液循環運送至全身細胞（圖 5-11）。



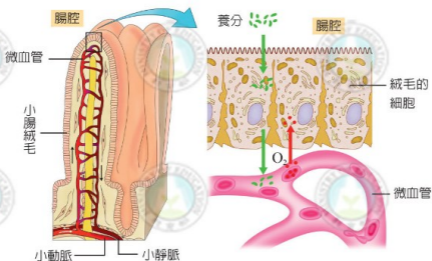


圖 5-11 微血管與小腸絨毛細胞的物質交換

當血液流經腦、肝臟或肌肉等各部位細胞時（圖 5-12），血液中的養分與氧進入細胞以供利用，多餘的養分可轉變為脂質或肝糖儲存。而細胞所產生的代謝廢物則進入微血管，經由血液運送到肺臟及腎臟排除。

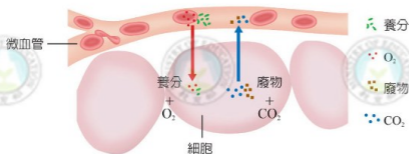


圖 5-12 微血管與細胞的物質交換

氧與二氧化碳的運送

血液運送細胞進行呼吸作用所需的氧，也將呼吸作用所產生的二氧化碳運走，那麼，血液中的氧是由何處補充而來的呢？血液中的二氧化碳又將如何排出體外呢？



更·上·一·管·樓

動物的呼吸器官，不但要密布著微血管，還要有薄且潮濕的表面，以利氣體的吸收。例如：魚和蝌蚪的鰓，以及蚯蚓的皮膚，都必須保持潮濕，才能溶解氣體，以利於與微血管擴散交換氣體。

血液中的氧來自於呼吸系統所吸入的空氣，血液中的二氧化碳則是透過呼吸系統排出體外。人體的呼吸系統包括鼻、喉、氣管、支氣管和肺臟，其中肺臟是與外界進行氣體交換的主要器官。肺臟位於密閉的胸腔中，由許多肺泡所組成，肺泡上密布微血管，當血液流經肺臟時，血液中的二氧化碳擴散到肺泡中，以排出體外；而空氣中的氧，先溶解在潮濕的肺泡表面，再擴散進入微血管，經由血液運送到全身（圖 5-13）。

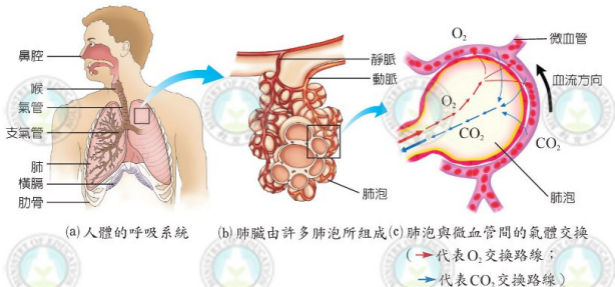


圖 5-13 微血管與肺泡間的物質交換

呼吸運動

由於肺臟缺乏肌肉，無法主動收縮及舒張以控制氣體的進出，而必須藉由胸腔的擴大與縮小，造成吸氣與呼氣的動作，讓肺臟與外界交換氣體，稱為**呼吸運動**。當肋骨上舉、橫膈下降時，胸腔便會擴大，使得胸腔內的壓力比大氣壓力小，肺臟因而膨脹並吸入外界的空氣，完成吸氣動作；當肋骨下降、橫膈上升，造成胸腔縮小，胸腔內的



壓力比大氣壓力大，壓迫肺臟縮小，肺臟內的氣體就被排出體外，完成呼氣動作⁽³⁾（圖 5-14）。透過呼吸運動，不但能獲得細胞所需的氧氣，也排除了全身細胞產生的二氧化碳。



甲·上·一·層·樓

密閉容器的體積變大時，容器內的氣體壓力就變小；容器體積變小時，氣體壓力反而變大。胸腔是個密閉的空腔，當胸腔擴大，胸腔的壓力比大氣壓力小；當胸腔變小，胸腔的壓力比大氣壓力大。

吸氣動作

呼氣動作

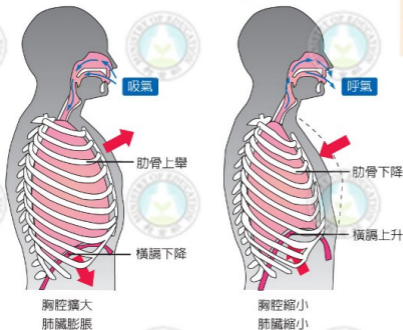


圖 5-14 人體呼吸運動示意圖



動·動·腦

針筒內部置入一顆小氣球，用手指堵住針筒的開口後（如右圖），再將針筒活塞向前推，或者往後拉，氣球體積有何變化？與呼吸運動的原理有何相似呢？



針筒活塞



動·動·腦

呼吸作用和呼吸運動有何不同呢？



更·上·一·管·機

腎臟的功能若損壞，可能造成血液中累積過多的尿素，而毒害細胞，此種病症稱為尿毒症。尿毒症病患需定期洗腎，也就是將病患的血液導入機器，排除廢物後，再將乾淨的血液導回患者的體內。

含氮廢物的運送

細胞將蛋白質等養分代謝後，會產生含氮廢物，例如：氨。氨在人體的肝臟中會進一步代謝成毒性較低的尿素，尿素不利於細胞的生存¹，必須藉由血液循環運送到泌尿系統排除。人體的泌尿系統包括：腎臟、輸尿管、膀胱及尿道，其中的腎臟是排出尿素的主要器官。肝臟形成的尿素經由血液運輸到腎臟，腎臟可將血液中的尿素和多餘的鹽類以及水分等過濾形成尿液，尿液再經輸尿管輸送至膀胱儲存，最後經尿道排出體外（圖5-15）。

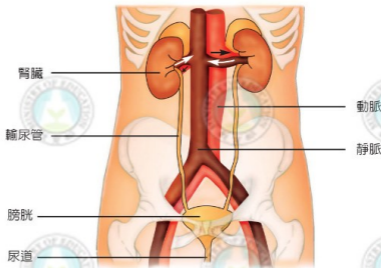


圖 5-15 人體泌尿系統示意圖（→為血液流動的方向）



動·動·腦

尿液中含有多種成分，你知道經由尿液檢驗，可透露身體的那些狀況呢？

由血液流經人體各器官所交換的物質，可以了解到，血液中的養分主要來自小腸的吸收，氧則來自肺臟的氣體交換，而代謝的廢物，則經由肺臟及腎臟排出體外。所



以，循環系統的運輸作用，擔負起運送氧、二氧化碳、養分及廢物等物質的重要功能（圖 5-16）。

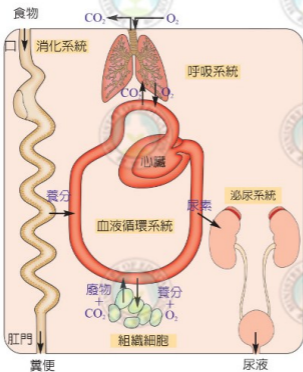


圖 5-16 人體的血液循環與物質交換示意圖

結語

不論是蜂鳥或棕熊，甚至是我們人類，所有的動物都需要攝食來獲得養分。食物中的養分藉著消化系統，進入體內被細胞所利用；而細胞利用養分之後所產生的廢物，則需藉著呼吸系統和泌尿系統的合作排出體外。而循環系統利用遍佈全身的血管，與川流不息的血液，忙碌地穿梭在各個系統之間載貨與卸貨，因此透過各個系統的分工合作，動物體才能展現出生命的活力。

本章摘要

1. 細胞膜大多僅能讓構造較小的分子通過，所以動物藉消化作用，將大分子養分分解成小分子，以利細胞吸收與利用。
2. 海葵利用囊狀消化腔來消化食物，魚、鳥和人則藉著消化管來進行消化作用。
3. 人體的消化系統包含消化管與消化腺。消化管包括口腔、食道、胃、小腸、大腸和肛門；消化腺包括唾腺、胃腺、腸腺、胰臟和肝臟。
4. 消化管內所含有的消化液及其功能：

消化管	口腔	胃	小腸
消化液	唾液	胃液	腸液、胰液、膽汁
功能	分解澱粉	分解蛋白質	分解醣類、蛋白質和脂質

5. 澱粉、蛋白質、脂質等養分可在小腸中被分解成葡萄糖、胺基酸和脂肪酸等。
6. 小腸是吸收養分和水的主要場所。小腸內的絨毛，可增加吸收的面積，養分和水進入絨毛後，經血液運送到全身。
7. 人體的血液循環系統包含血液、血管和心臟。
8. 血液由血漿和血球組成。血漿的主要成分為水、養分、廢物和激素等。血球包括紅血球、白血球及血小板。紅血球含血紅素，可攜帶氧；白血球可吞噬病菌；血小板具有凝血的功能。
9. 血管可分成動脈、靜脈和微血管。動脈將血液帶離心臟，會隨著心臟搏動產生脈搏；靜脈將血液帶回心臟；微血管的管壁很薄，是血液和細胞間物質交換的場所。
10. 心臟位於胸腔，由肌肉構成，分成左心房、右心房，左心室和右心室。心房和心室之間，以及心室與動脈之間有瓣膜，可以防止血液逆流。



11. 心室收縮時，壓迫血液流入動脈；心房舒張時，靜脈內的血液流回心臟。血液在動脈、微血管、靜脈和心臟間循環流動的路徑稱作血液循環。
12. 透過血液循環的運輸作用，養分與氧運送到全身細胞以供利用，並將細胞所產生的代謝廢物送到肺和腎臟排出體外。
13. 在人體中，細胞代謝產生的二氧化碳，必須藉由血液循環系統運送到呼吸系統排出體外。
14. 人體的呼吸系統包含鼻、喉、氣管、支氣管和肺等構造。
15. 肺臟缺乏肌肉，無法主動收縮與舒張，以控制氣體的進出。
16. 藉由胸腔的擴大或縮小，以完成吸氣或呼氣的動作稱為呼吸運動。
17. 呼吸運動：

	肋骨	橫膈	胸腔大小	肺臟
吸氣	上舉	下降	較大	膨脹
呼氣	下降	上升	較小	縮小

18. 在人體中，細胞代謝蛋白質等養分所產生的氨，可藉由肝臟轉變為尿素，再藉由血液循環系統運送到泌尿系統排出體外。
19. 人體的泌尿系統包含腎臟、輸尿管、膀胱和尿道等構造。
20. 腎臟將血液中的尿素和多餘的鹽類以及水分等過濾形成尿液，尿液再經輸尿管輸送至膀胱儲存，最後經尿道排出體外。

參考資源：

1. 汪子春等著 (2003)。血液循環論：洞見生命的十大生物學家。臺北市：世潮。
2. 許爾文·努蘭著 (1999)。醫學史：蛇杖的傳人。臺北市：時報。
3. 許爾文·努蘭著 (2002)。具備王者風範的胃：器官神話。臺北市：時報。
4. 血液循環教學媒體 <http://www.nioerar.edu.tw> (2005年5月)
5. 人類的循環系統 <http://www.bio.ncue.edu.tw/~88110738/ch04sup.htm> (2005年5月)



第六章 動物的協調與恆定



6-1 動物的神經系統

6-2 動物的內分泌系統

6-3 動物體內的恆定





每當寒冷的東北季風吹起時，
成千上萬的紫斑蝶舞動著翅膀，
成群飛往臺灣南部越冬。
蠶寶寶歷經數次的蛻皮過後，
終能吐絲結繭，並在繭內形成蛹，
之後羽化成蛾，破繭而出。
看似瘦弱的媽媽，
卻在小孩即將被壓傷之際，
顯現神力，扶起傾倒中的機車。
其實不止是紫斑蝶、蠶寶寶和瘦弱的媽媽，
所有的動物都需要察覺體內、外環境的變化，
並且採取適當的因應措施，
才能增加生存和繁衍的機會，
那麼動物是如何完成這些行為的呢？

6-1 動物的神經系統

雄蜥蜴為了爭奪地盤，激烈的纏鬥著（圖 6-1），而蜥蜴的身體和四肢，如何能協調配合的恰到好處，作出精準的攻擊呢？母鳥在生殖季節裏，又為何能展現母愛哺育幼鳥呢（圖 6-2）？動物為了求生存，必須具備應付外界刺激產生反應的能力，而這些反應的表現，主要受到神經系統和內分泌系統的「指揮」和「調節」。



圖 6-1 雄蜥蜴互相纏鬥



圖 6-2 母鳥哺育幼鳥

刺激與反應

生物體內、外的環境是經常在變動的，這些變動稱為刺激，如光線、聲音和冷熱等變化都是刺激。動物的感覺器官內具有能接受刺激的構造，稱為受器，例如：昆蟲的複眼（圖 6-3）具有接受光線的受器，而觸角（圖 6-4）具有接受化學物質的受器；人的耳內有接受聲音的受器，皮膚內則含有多種受器，分別接受觸、壓、痛等刺激（圖 6-5）。而能產生反應的部位稱為動器，例如：跑、跳和打鬥是肌肉在收縮運動，而流汗、流淚和流口水則是腺體在產生反應，因此肌肉和腺體即是主要的動器。從受器接受刺激到動器產生反應，則需要神經系統來協助整合和傳遞訊息。

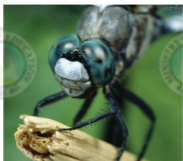


圖 6-3 蜻蜓的複眼



圖 6-4 蛾的觸角

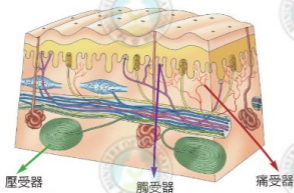


圖 6-5 人體皮膚內的多種受器

神經系統的多樣性

各種動物的神經系統複雜程度有所差異，但基本上都是由神經細胞所組成的，神經細胞又稱為神經元，是神經系統構造與功能的基本單位。神經元具有許多延長的突起，能快速地傳遞訊息，稱為神經纖維（圖 6-6）。

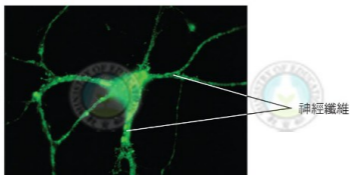


圖 6-6 腦中的一個神經元（經染色處理）

有些動物體內的神經元分布在全身，而這些神經元的神經纖維連接成網狀，例如：海葵（圖 6-7）。而魚、蛙、鳥、貓和人等動物，神經元集中形成膨大的腦和管狀的脊髓（圖 6-8a），而許多神經元的神經纖維會聚集成束，形成較粗的神經（圖 6-8b），延伸分布在全身。腦和脊髓能整合訊息和發出命令，而神經中的神經纖維則能傳導訊息。



圖 6-7 海葵的神經系統示意圖

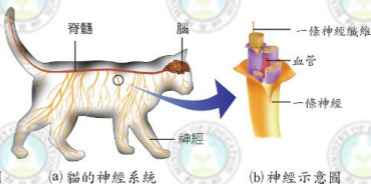


圖 6-8 貓的神經系統示意圖

神經元傳導訊息

神經系統中具有數量龐大的神經元，透過神經元的分工合作，使神經系統在協調身體的反應上，能更加的迅速：有些神經元負責將受器所接收的訊息傳入腦或脊髓，稱為**感覺神經元**；而有些神經元負責將訊息由腦或脊髓傳到動器，稱為**運動神經元**。

受器接受刺激後，訊息便經由感覺神經元傳至腦或脊髓進行整合，接著產生命令，再經運動神經元傳至動器，以引起反應。例如：貓能抓到老鼠，是貓眼睛中的受器接收老鼠影像的刺激後，利用感覺神經元傳導至大腦，經過大腦整合後，形成命令，再經由脊髓、運動神經元傳到腳部肌肉，而產生抓老鼠的動作（圖 6-9）。

更·上·一·層·樓

運動神經元疾病是因運動神經元萎縮造成的，患者從四肢無力開始，惡化後全身無法動彈，有如被凍住一樣，因此俗稱漸凍人。由於感覺神經元並未受到侵犯，所以患者的意識、感覺仍如常人。



圖 6-9 貓捉老鼠的訊息傳遞過程示意圖



動·動·腦

人體中最長的細胞是脊髓到腳趾頭的神經元，長度可達 1 公尺。想想看，現在的動物中，那種動物的神經元是最長的呢？

人體的神經系統

人類能表現出複雜的反應和動作，這是由於人體具有非常精密的神經系統。人體的神經系統通常依功能分為：負責分析、整合及處理訊息的中樞神經系統（簡稱中樞），與負責傳遞訊息的周圍神經系統（圖 6-10）。

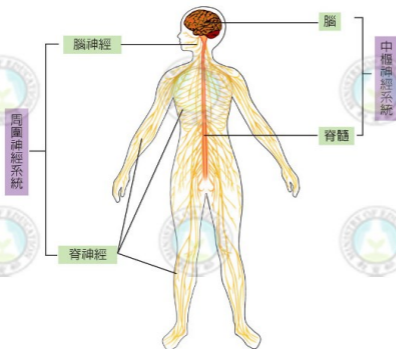


圖 6-10 人體神經系統的示意圖



更·上·一·層·樓

大腦分為兩個半球，左半球控制右半身的活動，右半球控制左半身的活動。例如：中風導致大腦右半球受損時，常會使病人的左半身癱瘓。



中樞神經系統

中樞神經系統包含腦和脊髓（圖 6-11），質地柔軟，表面有包膜，外面又分別有腦殼和脊椎骨保護。

腦包含**大腦**、**小腦**和**腦幹**等區域：大腦主管有意識的活動，例如：運動、感覺、語言、記憶和思考等，故稱為**意識中樞**。小腦的主要功能為協調全身肌肉活動，以維持身體平衡（圖 6-12）。腦幹的主要功能為調節呼吸、心跳、體溫、食慾、瞳孔縮放和唾液分泌等。腦的體積雖不大，但需氧量卻很高，若供氧不足，腦無法正常運作，會使人暈倒，甚至癱瘓或死亡。

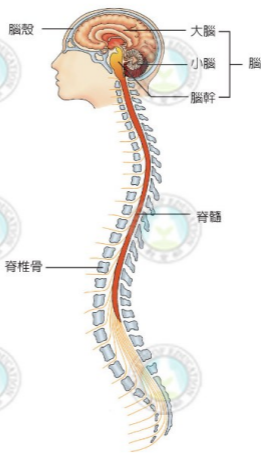


圖 6-11 中樞神經系統示意圖





圖 6-12 良好的協調性動作與小腦的功能有關

脊髓為長管狀，功能是將軀幹和四肢的訊息傳至腦，並將腦發出的命令傳到軀幹和四肢。此外，脊髓也能處理某些訊息，產生簡單的命令。

中樞神經系統內的不同部位，各自擔任著不同的指揮、協調工作，但彼此又有密切的連繫，以形成完整的指揮中心。

周圍神經系統

由腦和脊髓發出而遍布全身，負責傳遞訊息的神經合稱為周圍神經系統。由腦發出的神經共有12對，稱為腦神經，腦神經主要分布於眼、耳、鼻、舌、頭部、肩部及內臟等部位。由脊髓發出的神經共有31對，稱為脊神經，脊神經主要分布於軀幹、四肢及內臟等部位。

腦神經和脊神經都含有許多感覺神經元或運動神經元的神經纖維，可將身體各處受器接受的訊息傳入中樞神經系統，或將中樞神經系統發出的命令傳到不同的動器。藉著這樣的構造，腦和脊髓就可以聯絡、協調身體各部位，對環境的變化產生反應。

意識反應與反射反應

從受器接受刺激到動器做出反應所需的時間稱做反應時間。有些反應需要經大腦意識思考判斷，所需的反應時間通常較長，這類的反應稱為意識反應，例如：考試時，看題並動手作答；氣溫降低時，感覺天氣冷，多加一件外套；聽到好聽的歌曲時，跟著唱，甚至手舞足蹈等。

而當身體遇到環境的突然變化時，常有無意識的自動反應，稱為反射反應。例如：腦幹可控制瞳孔縮放、唾液分泌和不自主咳嗽等反射反應；而手摸到燙的東西後立刻縮回的反應（圖 6-13），則為脊髓控制的反射反應。反射反應的反應時間通常較短，有助於爭取時效以減輕傷害。

手摸到燙的東西後立刻縮回的反應，是屬於反射反應，這類反射反應的訊息傳遞的過程，如綠色的路徑所表示。

反射反應之後，感覺到燙，並做出撫摸的動作，則是屬於大腦意識控制的行為，這種意識反應的訊息傳遞過程，如紫色的路徑所表示。

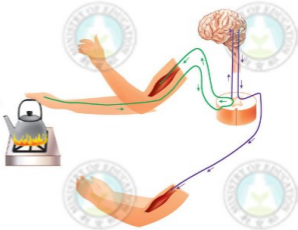


圖 6-13 反射反應與意識反應的例子



兩個同學一組，一人坐在椅子上使腳離地並放輕鬆，另一人用拳側緣敲擊對方的腳脛關節下方的肌腱處（如右圖）。被敲擊的腳會有怎樣的反應？此反應是屬於意識或者反射反應呢？





活動 6-1 反應時間的測定

活動目的：

反應時間是指由受器接受刺激，到動器產生反應所需的時間。本活動是利用簡單的方法來測定反應時間。

活動器材：（每組）

30 公分的直尺 1 把

活動步驟：

1. 如圖 1，甲、乙兩個人一組，甲為主試者，以拇指與食指夾住一懸垂直尺的 30 公分刻度處，並決定何時釋放直尺。



圖 1 接尺反應

2. 乙為受試者，將拇指與食指張開相距約 2 公分，置於直尺的 0 公分刻度位置，眼睛注視甲的手指。
3. 當甲將直尺釋放時，乙立刻用手指夾尺。
4. 將乙手指夾住直尺的刻度，記錄在活動紀錄簿中，重複測五次，並算出平均值。
5. 根據平均值，參考下面的換算表，換算出反應時間。

表 1 受試者接尺的刻度與反應時間的換算表

受試者接尺的平均刻度（公分）	2	4	6	8	10	12	14	16
反應時間（秒）	0.06	0.09	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18
受試者接尺的平均刻度（公分）	18	20	22	24	26	28	30	
反應時間（秒）	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	

6. 換乙為主試者，甲為受試者，重複步驟 1~5。

問題與討論：

1. 這個活動中，受試者接受刺激的受器是什麼？產生反應的動器又是什麼？
2. 接尺反應是屬於反射反應，還是意識反應？為什麼你會這樣判斷？
3. 在這活動中，為什麼每個受試者都要做五次的測試呢？
4. 接尺反應中，為什麼每次的反應時間都不一樣呢？



6-2 動物的內分泌系統

每年冬天有許多鳥類從遙遠的北方飛到臺灣來過冬(圖 6-15)，也常有成群的烏魚游到臺灣海域產卵；春天時母鳥築巢哺育幼鳥，樹上有蟲蛹羽化成美麗的蝴蝶；而你進入國中後可能長高了，身體上更有許多的變化。這些複雜的現象是如何發生的呢？



圖 6-15 候鳥遷徙

遷徙、蛻變¹和築巢育幼等行為反應，比起單純由神經系統所控制的反應，這些變化通常是全身性的，而且較為緩慢、持久，它們主要是由內分泌系統來調節控制。

內分泌腺與激素

動物體內有一些腺體會分泌化學物質，可用以調節細胞的代謝機能，這些化學物質稱為**激素**或**荷爾蒙**，這些腺體所分泌的激素，是藉由血液運輸到體內的特定部位產生作用，故將這些腺體稱為**內分泌腺**，全身的內分泌腺合稱為**內分泌系統**。

人體的內分泌系統是由功能各異的內分泌腺共同組成，主要有**腦垂腺**、**甲狀腺**、**副甲狀腺**、**胰島**、**腎上腺**和**性腺**等(圖 6-16)。

更·上·一·層·樓

有些昆蟲的蛻變過程需要經過多次蛻皮，以及化蛹的過程。科學家發現在幼蟲最後一次蛻皮但未化蛹前，破壞幼蟲頭胸部的某腺體，則幼蟲將無法化蛹，利用這種方法，科學家確定了昆蟲的蛻變是受到**激素**所控制。

腦垂腺

分泌生長素，影響骨骼及細胞的生長。另可分泌多種激素以影響其他內分泌腺的分泌，有內分泌系統的總指揮之稱。

甲狀腺

位在喉部氣管兩側，可分泌甲狀腺素，促進細胞的代謝作用，並調節生長發育。

腎上腺

可分泌腎上腺素，促使血糖濃度升高，心跳加快和肌肉內血管擴張等反應。

副甲狀腺

包埋於甲狀腺中，可分泌副甲狀腺素，調節血液中鈣的濃度，影響肌肉的收縮與骨骼的生長。

**胰島**

散佈於胰臟中，可分泌胰島素與升糖素，來調節血液中葡萄糖（簡稱為血糖）的含量。當分泌胰島素時，可降低血糖；而分泌升糖素時，可升高血糖。

性腺

包含女性的卵巢和男性的睪丸，可分泌性激素，促進性器官的成熟與第二性徵的發育。例如：促使女性的乳房發育，聲音變高；促使男性長出鬍鬚，聲音變低沉。

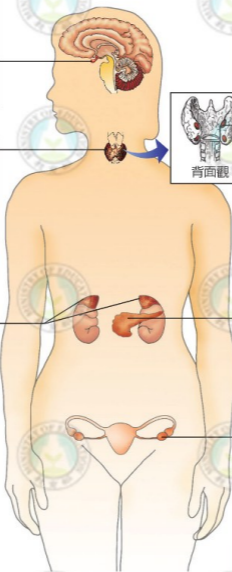
睪丸

圖 6-16 人體的內分泌系統示意圖

內分泌系統與疾病

內分泌腺所分泌的激素，通常極微量即可對生理機能有顯著的影響，分泌過多或不足，都會對人體有不利的影響。

腦垂腺分泌的**生長激素**，可刺激骨骼的生長，在成長階段分泌過多時，會造成巨人症；分泌不足時，則會造成侏儒症（圖 6-17）。

甲狀腺素與代謝作用有關，分泌過多時，細胞的代謝作用太過旺盛，消耗養分的速度加快，常出現體重減輕的現象，並且造成體溫升高，與心跳加快的不適症狀；若在幼兒時期，甲狀腺素分泌不足，則可能造成生長和智能發育遲緩的問題。

副甲狀腺素若分泌太少，會使血液中的含鈣量 \downarrow 不足，而引起肌肉的抽搐。

人體血液中激素的量，都需要維持在適當範圍內，才能正常的調節細胞活動，並維持體內環境的穩定。



圖 6-17 侏儒與巨人

更·上·一·層·樓

人體內 99% 的鈣存於骨骼中（骨鈣），其餘則大多存在血液中（血鈣），血鈣在神經傳導及肌肉收縮時扮演重要的角色。副甲狀腺素可促使骨鈣釋出，增加小腸對鈣的吸收，以及減少尿鈣的排出。副甲狀腺素分泌過多時，可能造成骨質疏鬆。



動·動·腦

市面上有些非法的減肥藥，宣稱含有甲狀腺素，你能說出甲狀腺素的減肥原理嗎？請查一查甲狀腺素過多對身體的影響，想一想利用甲狀腺素減肥將有那些後遺症？

6-3 動物體內的恆定

當寒流來襲時，你是否曾經「冷得直發抖」呢？在操場上和同學打了一場激烈的球賽後，是否會「汗流浹背，氣喘吁吁」呢？這些反應，對於動物的生存有著重要的意義。當生物體內、外環境產生變化時，生物體必須做出適當的反應，以調節生理作用，使體內環境保持穩定狀態，細胞內的代謝才能正常進行，這種現象稱為**恆定性**。恆定性的維持是體內各種系統交互作用的結果，其中神經系統和內分泌系統可發揮協調的功能，以達成體內的恆定。

血糖濃度的恆定

血液中含有許多養分，這些養分是食物經消化與吸收後的結果，例如：醣類養分消化為葡萄糖後，經吸收作用進入血液中成為血糖。血糖可供細胞代謝，產生能量，是動物細胞能量的主要來源。

當血糖濃度過低時，會令人感到頭暈、四肢無力，嚴重時甚至會休克；而血糖濃度過高，則會導致心臟、血管和腎臟等方面的疾病，所以血糖濃度必須維持在一定的範圍內。

血糖的主要來源是食物，進食後，血糖濃度會上升，此時胰島會分泌胰島素，促進血糖進入細胞供細胞利用，也使血糖進入肝臟細胞，轉變為肝糖而貯存，以降低血糖濃度。若經空腹一段時間，血糖濃度漸低，此時胰島會分泌升糖素，能使肝臟細胞將儲存的肝糖分解為葡萄糖，釋放到血液中，所以血糖濃度又得以回升；另一方面，低血糖的血液會刺激神經系統，產生飢餓感，促使動物進行攝食，食物經消化吸收後，可增加血糖的濃度。

思·上·一·管·推

血糖如果無法被適當利用，則會致使體內血糖含量異常升高，稱為糖尿病。治療糖尿病的藥物都具有降低血糖的功能，但有時可能會造成體內血糖過低，產生危險，所以醫生會建議患者隨身攜帶含糖食物，以備緊急時補充之用。



人體是藉由神經系統與內分泌系統來調節攝食、代謝以及血糖與肝糖之間的轉換，使血糖的濃度維持恆定（圖 6-18）。

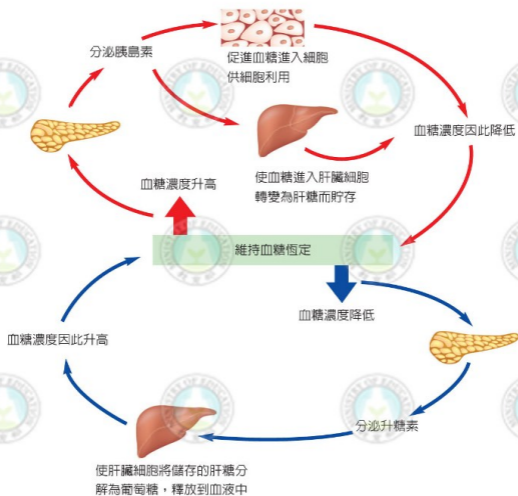


圖 6-18 胰島調整血糖恆定的示意圖

水分的恆定

水分約佔動物體重的 70%，水能協助各項代謝作用的進行，而代謝產生的廢物也需溶在水中，隨水分排出，所以水分對於協助維持正常生理機能十分重要。

生活於陸地的動物，體表常有防止水分散失的構造，例如：動物的皮膚、鱗片等（圖 6-19）。此外，也可藉著改變生理作用來調節體內水分的恆定，如人體血液中水分含量過低時，會減少排尿、排汗的量，也會減少唾液的分泌，使神經系統產生口渴的感覺，而有喝水的行為，以補充水分；但血液中水分太多時，也會妨害正常生理作用的進行，所以人體的排尿、排汗量會增加，以排除過多的水分。



(a) 犀牛有厚厚的皮膚



(b) 蛇有鱗片

圖 6-19 動物防止水分散失的構造



動·動·腦

植物體內的水分也須維持恆定，想一想，植物如何減少水分的過度蒸散，避免乾枯的危機？



體溫的恆定

細胞進行呼吸作用以產生能量，這些能量除了供給動物進行各種代謝外，大部分的能量則轉換為熱能，成為體溫的來源。由於細胞內的酵素必須在適當的溫度下，才能發揮正常作用，體溫過高將會使酵素失去作用能力，體溫過低則將使酵素反應的速率降低，因而影響正常的代謝作用，所以動物體須維持適當的體溫。

有些動物的體溫能維持在某一小範圍中，不易受外界環境溫度變化的影響，這類動物稱為**恆溫動物**(或**內溫動物**)，例如：鳥類與哺乳類等。有些動物的體溫調節能力則較差，體溫也較容易隨著環境溫度變化而改變，這類動物稱為**變溫動物**(或**外溫動物**)，如魚類、蛙、蛇和龜等。

變溫動物因體內無法有效調節體溫，通常需選擇適當的環境，或利用一些行為以協助調節體溫。如天氣太熱時，有些動物會躲到陰涼處，避免太陽曝曬造成體溫過高(圖 6-20)；有些動物為避開冬天的低溫，會有冬眠或遷移到適當地點的行為(圖 6-21)。



圖 6-20 烏龜躲到陰涼處



圖 6-21 紫斑蝶飛到臺灣南部過冬



動·動·腦

人體體溫超過 42℃ 時，有些酵素的作用能力會受影響，而許多感染人體的病菌只能在溫度 37℃ 時存活。根據以上的資料，請想一想：因病菌感染而輕微發燒(如 38℃)時，對人體或病菌的威脅何者較大？

恆溫動物會因應外界溫度的變化而改變自身的生理作用，以調節產熱和散熱的量，使體溫維持在適當範圍內。

以我們人體為例，在天氣冷時，皮膚的血管會收縮，減少流到皮膚的血液，這樣可以減少體熱的散失；而神經系統則產生食慾變好的感覺，以攝取更多的食物作為能量的來源；甚至以肌肉收縮、顫抖的方式，緊急產生熱量，維持體溫。

反之，天氣熱時，皮膚的血管會擴張，使流到皮膚的血液量增加，發揮散熱的功能；而汗腺也會增加排汗，排汗可增加散熱，避免體溫過高（圖 6-22）；而神經系統也產生食慾變差的感覺；甚至會減少活動量以減少體內熱量的產生。



(a) 皮膚內血管擴張，臉色紅潤



(b) 排汗可增加散熱

圖 6-22 人體散熱的方式

恆溫動物雖可調節體溫，但調節的範圍有一定的限制，我們應盡量避免直接暴露在極熱或極冷的環境，以免發生中暑或凍傷等危險。



動·動·腦


人的體溫其實會有輕微的變動，例如：一天之中，清晨時體溫較低，傍晚則會稍高；運動完或天氣熱時，體溫也會短暫的升高；細菌或病毒感染也會造成體溫升高，而有發燒的現象。想一想，為什麼醫生總是建議發燒的病人要多喝水呢？



更·上·一·層·樓

運動之後，血液中的二氧化碳量增多，過多的二氧化碳刺激腦幹，促使呼吸運動加快，以排除過多的二氧化碳，回復恆定的狀態。

廢物的排出與恆定

動物體內除了養分、水分及能量等需要維持恆定外，體內代謝作用所產生的廢物，也需要適時的排除。動物藉呼吸系統排出二氧化碳，藉泌尿系統排出尿素等廢物，而皮膚則可排出含有水分、鹽分及尿素的汗液，這些排出代謝廢物的作用，合稱為**排泄作用**，排泄作用可以避免體內廢物累積過多，對身體造成傷害，所以也是維持體內恆定重要的一環。

結語

透過神經系統和內分泌系統的協調，組成身體的細胞或組織便可以不斷的彼此溝通與合作，以便維持整體的運作。無論是打鬥、求偶、育幼、逃避敵害或成長發育等過程中，神經系統和內分泌系統都扮演著協調的重要角色，使動物個體得以在多變的環境中展現完整的生命力。

本章摘要

1. 動物具有神經系統及內分泌系統，經由這些系統的協調作用，動物體才能應付環境的變化。
2. 昆蟲的複眼、觸角，以及人的眼、耳、鼻、舌和皮膚等，都是感覺器官，其中含有多種受器。而動器則以肌肉或腺體為主。
3. 神經細胞又稱作神經元，是構成神經系統的基本單位。神經元具有神經纖維，可傳遞訊息。
4. 蛙、鳥類、貓和人等動物的神經元會集中形成腦和脊髓，而許多神經元的神經纖維會聚集成束形成神經，延伸分布於全身。
5. 依神經元傳遞訊息的方向不同，可將神經元分成兩類：將受器的訊息傳入腦或脊髓的稱感覺神經元。將腦或脊髓的的訊息傳到動器的稱為運動神經元。
6. 人體的中樞神經系統包含腦和脊髓，其中腦又分為大腦、小腦和腦幹。周圍神經系統包含腦神經與脊神經，分別為 12 對及 31 對，功能為傳導訊息。
7. 不受大腦意識控制的反應，稱為反射反應，可以在瞬息間應付環境的突然變化，有利於爭取時效以減輕傷害。
8. 從接受刺激到反應所需的時間，稱為反應時間。
9. 激素藉血液運送到全身各處，能使動物產生較廣泛且持續的反應，而這些激素的分泌量需要維持在一定的範圍內。
10. 人體的內分泌系統，主要包含腦垂腺、甲狀腺、副甲狀腺、胰島、腎上腺和性腺等，這些內分泌腺能分泌不同的激素。
 - (1) 腦垂腺能分泌生長激素及多種可影響其他內分泌腺的激素。
 - (2) 甲狀腺素的功能為促進代謝和生長發育。
 - (3) 副甲狀腺素主要的功能是調節血液中鈣的含量。
 - (4) 胰島可分泌胰島素與升糖素，用來調節血糖含量。



- (5) 腎上腺素有調節血糖及協助身體做緊急應變的功能。
- (6) 性腺可促進性器官的成熟與第二性徵的發育。
11. 恆定性是指藉由神經系統與內分泌系統的協調作用，使體內環境與生理機能能維持在某一特定範圍中。
12. 人體可藉由調節攝食以及血糖與肝糖之間的轉換，使血糖的濃度達到恆定。
13. 人體水分的恆定主要可藉由喝水與排汗、排尿來維持。
14. 變溫動物與恆溫動物都會利用環境來調節身體的體溫；而恆溫動物還可以利用神經系統與內分泌系統的協調作用，讓體溫保持在更小的範圍中。
15. 人體除了可藉由外界環境與攝食來調節體溫外，也可藉由控制皮膚血管、部分肌肉以及汗腺等，讓體溫保持恆定。
16. 人體利用肺臟排除二氧化碳，以及利用腎臟和汗腺排除尿素等廢物，可讓體內的細胞環境保持恆定。

參考資源：

1. 呂素梅等（1995）。家庭醫學圖書館—腦和神經系統。臺北市：光復。
2. 麗塔·卡特著；洪蘭譯（2002）。大腦的秘密檔案。臺北市：遠流。
3. 出林博著；李毓昭譯（2000）。荷爾蒙的奇蹟。臺中市：晨星。
4. 香港聖約翰救傷隊沙田B救護支隊
<http://www.geocities.com/stbadhk/>（2005年5月）
5. 都市小病痛的認識及基本護理
<http://www.geocities.com/Tokyo/Bay/9229/index.htm>（2005年5月）
6. 國中生物科教材資源—學習加油站
http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/（2005年5月）



中文名詞索引

緒論

名詞

名詞	頁碼
計量單位	13
光年	16
微米 (μm)	16
奈米 (nm)	16
原子	19
分子	19
擴散	23

第一章

名詞

名詞	頁碼
太陽	34
行星	34
衛星	34
小行星	34
彗星	34
類地行星	34
類木行星	36
小行星帶	42
銀河	47
星系	47

第二章

名詞

名詞	頁碼
臭氧層	62
大陸邊緣	69
洋底盆地	69
中洋脊	69
滿潮	73
乾潮	73
潮差	73
地核	76
地函	76
地殼	76
軟流圈	77
岩石圈	77

第三章

名詞

名詞	頁碼
細胞	84
顯微鏡	85
細胞膜	87
細胞質	87
細胞核	87
DNA	87
粒線體	87
細胞壁	87





葉綠體	87
單細胞生物	96
多細胞生物	96
組織	96
器官	96
營養器官	96
生殖器官	96
系統	97
代謝作用	102
酵素(酶)	103
呼吸作用	104

第四章

名詞	頁碼
角質層	110
保衛細胞	110
氣孔	110
光合作用	111
維管束	115
木質部	115
韌皮部	115
形成層	116
木材	116
年輪	117
蒸散作用	119

向光性	125
背地性	125
向地性	125
觸發運動	126
睡眠運動	127

第五章

名詞	頁碼
葡萄糖	132
胺基酸	132
脂肪酸	132
消化作用	132
消化系統	133
消化管	133
消化腺	133
口腔	133
食道	133
胃	133
小腸	133
大腸	133
肛門	133
唾腺	133
胃腺	133
腸腺	133
胰臟	133



肝臟	133
唾液	133
胃液	133
腸液	133
胰液	133
膽汁	133
膽囊	135
絨毛	135
循環系統	139
血液	139
血管	139
心臟	139
血漿	139
血球	139
紅血球	140
白血球	140
血小板	140
血紅素	140
動脈	140
靜脈	140
微血管	140
脈搏	140
瓣膜	142
血液循環	146
呼吸系統	150




















肺泡	150
呼吸運動	150
含氮廢物	150
泌尿系統	150
腎臟	150
輸尿管	150
膀胱	150
尿道	150

第六章

名詞	頁碼
受器	158
動器	158
神經細胞	159
神經元	159
神經纖維	159
腦	160
脊髓	160
感覺神經元	160
運動神經元	160
中樞神經系統	161
中樞	161
周圍神經系統	161
大腦	162
小腦	162





 腦幹		162		
腦神經		163		
脊神經		163		
反應時間		164		
反射反應		164		
激素		167		
荷爾蒙		167		
內分泌腺		167		
腦垂腺		167		
甲狀腺		167		
副甲狀腺		167		
胰島		167		
腎上腺		167		
性腺		167		
生長激素		169		
甲狀腺素		169		
副甲狀腺素		169		
恆定性		170		
恆溫動物		173		
內溫動物		173		
變溫動物		173		
外溫動物		173		
排泄作用		175		

致謝!! 感謝提供下述照片及圖片資料的單位及人員

圖號	圖說	照片提供者
章前圖	美麗的地球	NASA
圖0-1	不同時代的車輛	周雄
圖0-2	科技產物的例子——大眾捷運系統	臺北市捷運公司
圖0-3	竿影長度恰好等於竿子長度	田孟淳
圖0-4	測量金字塔的陰影長度	田孟淳
圖0-5	獵豹	達志影像公司
圖0-6	水是由許多分子所組成	王秀如
圖0-7	木炭燃燒時，碳原子與氧分子中的氧原子重新組成二氧化碳分子	李柏翰、王秀如
圖0-8	葡萄糖與澱粉分子示意圖	陳麗美
圖0-9	在兒童樂園中的碰碰車就像空氣中的分子一樣，會因為不斷地碰撞而改變方向。	陳義裕
圖0-10(a)	紅色車原先聚集在角落	陳義裕
圖0-10(b)	經過一段時間後，紅色車會遍布全場	陳義裕
圖0-11	觀察、探索	田孟淳
圖0-12	1900年迴紋針的專利圖	
圖0-13	常見的各種迴紋針	張曉琪
第1章章前圖	底圖	陳睿甫
第1章章前圖	星球	NASA
第1章章前圖	天文臺圓頂	黃發雲
圖1-1	類地行星	張晏莉
圖1-2	類木行星	張晏莉
更上一層樓	彗星	富爾特數位影像
動動腦	流星雨	達志影像公司
圖1-3	水星	NASA
圖1-4	金星	NASA
圖1-5	地球	NASA
圖1-6	火星	NASA
圖1-7	木星	NASA
圖1-8	土星	NASA
圖1-9	天王星	NASA
圖1-10	海王星	NASA
圖1-11	冥王星	NASA
圖1-12	木星最大的四顆衛星	NASA
圖1-13	地球的衛星——月球	張亞君
圖1-14	伽利略衛星的成員之一伊奧	NASA
圖1-15	銀河系的結構	張晏莉
圖1-16	夏季夜空中的銀河	陳睿甫
圖1-17	各種外形的星系	張晏莉
更上一層樓	昴宿星團	達志影像公司
更上一層樓	球狀星團	達志影像公司
更上一層樓	烏狀大星雲	達志影像公司
圖1-18	宇宙的組織	張晏莉

圖 1-19	天空中的雲朵	張亞君
圖 1-20	海岸邊的浪潮	張亞君
圖 1-21	蓬勃的生命力	張亞君
圖 1-22	火星地表一片荒蕪	NASA
第 2 章章前圖	太空中看到的地球	NASA
第 2 章章前圖	天空的雲	張亞君
第 2 章章前圖	海邊的浪	張亞君
圖 2-1	大氣分層圖（圖中紫色部分為臭氧層，以顏色深淺表示臭氧的濃度）	張晏菊
圖 2-2	乾燥大氣組成圖	王秀如
圖 2-3	水循環示意圖	馬綺霞
圖 2-4	臺灣河流與水庫分布圖	水利局 張晏菊重製
圖 2-5	因地層下陷而使房屋半陷入地下（屏東縣佳冬鄉）	黃新芳
圖 2-6	由南、北極上空看到的極區之海陸分布情形	張晏菊
圖 2-7	海底地形分類圖（大西洋）	林鴻儒
圖 2-8	太平洋海溝分布圖	張晏菊
圖 2-9	臺灣附近夏、冬之海流圖	張晏菊
圖 2-10	夏、冬季臺灣附近海水表溫分布圖	張晏菊
圖 2-11	潮汐示意圖	黃新芳
圖 2-12	潮汐的漲落	盧招如
圖 2-13	海洋漁獲	黃新芳
圖 2-14	地球分層剖面示意圖	許惠雯
第 3 章章前圖	蛙的表皮細胞	達志影像公司
圖 3-1	虎克自製的顯微鏡與虎克顯微鏡下所見的軟木栓細胞	周雄
更上一層樓	蛙的表皮細胞	達志影像公司
圖 3-2	植物葉片構造示意圖	張晏菊
圖 3-3	人體膝部構造示意圖	張晏菊
圖 3-4	三種動物細胞的示意圖	許惠雯
圖 3-5	細胞構造示意圖	張晏菊
活動 3-1 圖 1	拿取顯微鏡的正確方法	陳麗美
活動 3-1 圖 2	常見的複式顯微鏡	陳麗美
活動 3-1 圖 3		陳麗美
活動 3-1 圖 4	玻片標本的製作與觀察	張晏菊
活動 3-1 圖 5	常見的解剖顯微鏡	陳麗美
活動 3-1 圖 6		陳麗美
活動 3-1 圖 7		陳麗美
活動 3-1 圖 8		陳麗美
活動 3-1 圖 9		陳麗美
活動 3-2 圖 1	池水中常見的小生物	張晏菊繪製、合成
圖 3-6	植物體的組成層次	張晏菊
圖 3-7	動物體的組成層次	張晏菊
圖 3-8	組成人體的部分系統示意圖	張晏菊
活動 3-3 圖 1	染色後的口腔黏膜細胞	陳麗美
活動 3-3 圖 2	蜘蛛蘭的葉下表皮	陳麗美

活動3-3 圖3	染色後的香蕉果肉細胞	王玉麒
圖3-9	細胞組成成分示意圖	陳麗美
圖3-10	酵素參與細胞內化學反應的示意圖	陳麗美
圖3-11	細胞進行呼吸作用產生能量的示意圖	張晏菊
圖3-12	生存物質的獲得與廢物的排除	王秀如
摘要	動、植物細胞基本構造示意圖	張晏菊
第4章章前圖	榕樹	吳月鈴
圖4-1	葉片構造示意圖	許惠雯修
圖4-2	光合作用示意圖	王秀如
活動4-1 圖1	將葉片分成甲、乙兩組	吳月鈴
活動4-1 圖2	檢測葉片澱粉的步驟	周芮竹
圖4-3	維管束由管狀細胞組成	王秀如
圖4-4	莖內維管束的排列方式——玉米（3張）	吳月鈴、王玉麒
圖4-5	莖內維管束的排列方式——向日葵（3張）	吳月鈴、陳慧珍
圖4-6	木材和樹皮示意圖	張晏菊
圖4-7	木材上的年輪（圖上黑色線段表示同一年形成的木材）	陳麗美
圖4-8	植物體內養分的運輸（→表示養分運輸方向）	張晏菊
圖4-9	植物體內水分上升的示意圖	張晏菊
圖4-10	氣孔的開、閉	張晏菊
圖4-11	水由葉緣溢出	吳月鈴
圖4-12	植物體內物質的運輸示意圖	王秀如
活動4-2	圖1	吳月鈴
活動4-2	圖2	吳月鈴
活動4-2	圖3	吳月鈴
活動4-2	圖4	吳月鈴
活動4-2	圖5	吳月鈴
活動4-3	圖1	吳月鈴
活動4-3	圖2	吳月鈴
圖4-13	向光性的產生	張晏菊
圖4-14	根的向地性與莖的背地性	張晏菊
圖4-15	含羞草的觸發運動	吳月鈴
圖4-16	含羞草觸發運動的示意圖	王秀如
圖4-17	酢漿草的睡眠運動	吳月鈴
第5章章前圖	蝴蝶吸食花蜜	楊益昇
圖5-1(a)	蜂鳥以尖而長的喙吸食花蜜	達志影像公司
圖5-1(b)	棕熊捕食鮭魚	達志影像公司
圖5-2(a)	海葵的囊狀消化構造	章瑞華
圖5-2(b)	魚的管狀消化構造	周芮竹
更上一層樓	草履蟲	周芮竹
圖5-3	人體消化系統示意圖	周芮竹
更上一層樓	鳥類的砂囊	周芮竹
圖5-4	小腸絨毛的構造示意圖	國立編譯館
更上一層樓	消化線	周芮竹
動動腦	小腸絨毛	達志影像公司



活動 5-1	圖 1	章瑞華
圖 5-5	人體的血液循環系統示意圖	達志影像公司
圖 5-6	人類血液中的三種類型血球	達志影像公司
圖 5-7	依血液流動方式(→)，將血管分為動脈、靜脈與微血管	周芮竹
圖 5-8	微血管管腔細小僅能讓紅血球一個個通過	國立編譯館
圖 5-9	人類心臟的剖面示意圖	周芮竹
活動 5-2 圖 1(a)	測量情形	俞均凡
活動 5-2 圖 1(b)	按住手腕內側探測脈搏	俞均凡
活動 5-3 圖 1	露出魚尾鰭以便觀察	李怡嫻
圖 5-10	人體內的微血管分布示意圖(箭頭為血液流動方向)	周芮竹
圖 5-11	微血管與小腸絨毛細胞的物質交換	周芮竹
圖 5-12	微血管與細胞的物質交換	周芮竹
圖 5-13(a)	人體的呼吸系統	周芮竹
圖 5-13(b)	肺臟由許多肺泡所組成	周雄
圖 5-13(c)	肺泡與微血管間以擴散交換氣體	周芮竹
圖 5-14	人體呼吸運動示意圖	王秀如
動動腦		李怡嫻
圖 5-15	人體泌尿系統示意圖(→為血液流動的方向)	張晏莉、王秀如
圖 5-16	人體的血液循環與物質交換示意圖	周芮竹
章前圖		唐家龍
圖 6-1(a)	雄蜥場互動總門	李怡嫻
圖 6-2	母鳥哺育幼鳥	吳月鈴
圖 6-3	蜻蜓的複眼	達志影像公司
圖 6-4	蛾的觸角	達志影像公司
圖 6-5	人體皮膚內的多種受器	周雄
圖 6-6	腦中的一個神經元(經染色處理)	李怡嫻
圖 6-7	海葵的網狀神經系統示意圖	周芮竹
圖 6-8(a)	貓的神經系統	章瑞華
圖 6-8(b)	神經示意圖	張晏莉
圖 6-9	貓捉老鼠的訊息傳遞過程示意圖	周雄
圖 6-10	人體神經系統的示意圖	周芮竹
圖 6-11	中樞神經系統示意圖	周雄
更上一層樓	大腦	達志影像公司
圖 6-12	良好的協調性動作與小腦的功能有關	達志影像公司
圖 6-13	反射反應與意識反應的例子	張晏莉
活動 6-1 圖 1	接尺反應	俞均凡
圖 6-15	候鳥遠徙	達志影像公司
圖 6-16	人體的內分泌系統示意圖	王秀如、陳伊婷
圖 6-17	侏儒與巨人	達志影像公司
圖 6-18	胰島調整血糖恆定示意圖	張晏莉
圖 6-19(a)	犀牛有厚厚的皮膚	陳慧珍
圖 6-19(b)	蛇有鱗片	達志影像公司
圖 6-20	烏龜躲到陰涼處	達志影像公司

圖 6-21	紫斑蝶飛到臺灣南部過冬	詹家龍
圖 6-22(a)	皮膚內血管擴張，臉色紅潤	俞均凡
圖 6-22(b)	排汗可增加散熱	俞均凡

本書編撰時間承蒙上述單位、團體、教育先進及熱心人士提供照片及多方協助，謹致最高謝忱！

本書圖片已竭力追溯版權，倘有疏漏，煩請著作權人與本處連絡。

連絡電話：(02) 8671-1111

網址 <http://www.naer.edu.tw/science/>



主編者：國家教育研究院籌備處

編審者：自然與生活科技領域部編本教科書
研發編輯委員會

主任委員：牟中原

顧問：邱美虹

編輯小組：

(初版)：王玉麒 吳月鈴 李怡嫻 林建義
俞均凡 陳偉民 陳義裕 陳麗美
傅學海 黃達三

(依姓氏筆畫順序排列)

(再版)：王玉麒 牟中原 吳月鈴 李怡嫻
俞均凡 張亞君 陳義裕 陳慧莉
陳麗美 傅學海 曾麗英 黃達三

(依姓氏筆畫順序排列)

委員：王玉麒 王詩婷 王國華 何福田
吳月鈴 李怡嫻 李柏翰 沈弘俊
林建義 林煥祥 林萬寅 周仲島
俞均凡 洪若烈 洪國峰 孫允武
徐式寬 張亞君 張淑姿 陳宏宇
陳忠志 陳清溪 陳偉民 陳淑敏
陳義裕 陳慧莉 陳麗美 傅學海
曾麗英 游光昭 黃茂在 黃達三
潘彥宏 劉家成 劉緒宗

(依姓氏筆畫順序排列)

總訂正：牟中原

助理：汪京蒂 陳怡琳 陳英煌 蔡明家
鄭昱淇 劉淑華

美術編輯：翰林出版事業股份有限公司

出版者：國家教育研究院籌備處

地址：(函)臺北縣三峽鎮三樹路2號

電話：(02)8671-1111

網址：<http://www.naer.edu.tw/science/>



發行者：國家教育研究院籌備處

政府出版品展售門市：

· 國家書店

地址：(函) 臺北市松江路209號1樓

電話：(02)2518-0207

· 五南文化廣場

地址：(函) 臺中市中區綠川東街32號3樓
(物流中心)

電話：(04)2221-0237

法律顧問：福田法律事務所

※本書經國立編譯館95年6月28日
國教國字第0950002725號函准予修訂

出版日期：民國九十四年八月初版

民國九十八年六月再版二刷

■ 著作財產權歸教育部所有 ■