

4

生活化學

4-1 生活中常見的有機物質 133

4-2 科學與人文 142

4-3 資源與永續發展 153



溫故知新

在 國中你已學到以下內容：

- 有機化合物
- 生物與環境：水循環、碳循環、氮循環
- 人類與環境：環境汙染、碳足跡
- 地球的大氣：空氣汙染
- 全球的變遷：溫室效應、臭氧層與臭氧破洞
- 能源與動力科技概說：能源的演進與種類

請 你試著以上述學過的知識，針對下列問題動動腦、想一想：

- Q1 何謂有機化合物呢？
- Q2 若自來水全面改用臭氧消毒，適合嗎？





臺灣北海岸老梅綠石槽

植物經由光合作用所產生的碳水化合物，在氧化時成為地球上生物的主要能量來源。臺灣北海岸老梅綠石槽上面生長的石蓴、海髮絲等綠色海藻，自冬季到4月中旬，會呈現生意盎然，等到夏季來臨，在強烈陽光曝曬下枯死，直到隔年再次生長。潮間帶上，生息輪替的綠色海藻，彷彿利用永不停歇的海浪，敘說地球的生命故事。

畫中有化

科學家的雙手一方面推動著科技的發展，帶來繁榮的生活；另一方面卻無可避免地造成環境的汙染，目前科學家正以綠色能源與資源回收等環境科學，使地球得以永續發展（圖 4-1）。

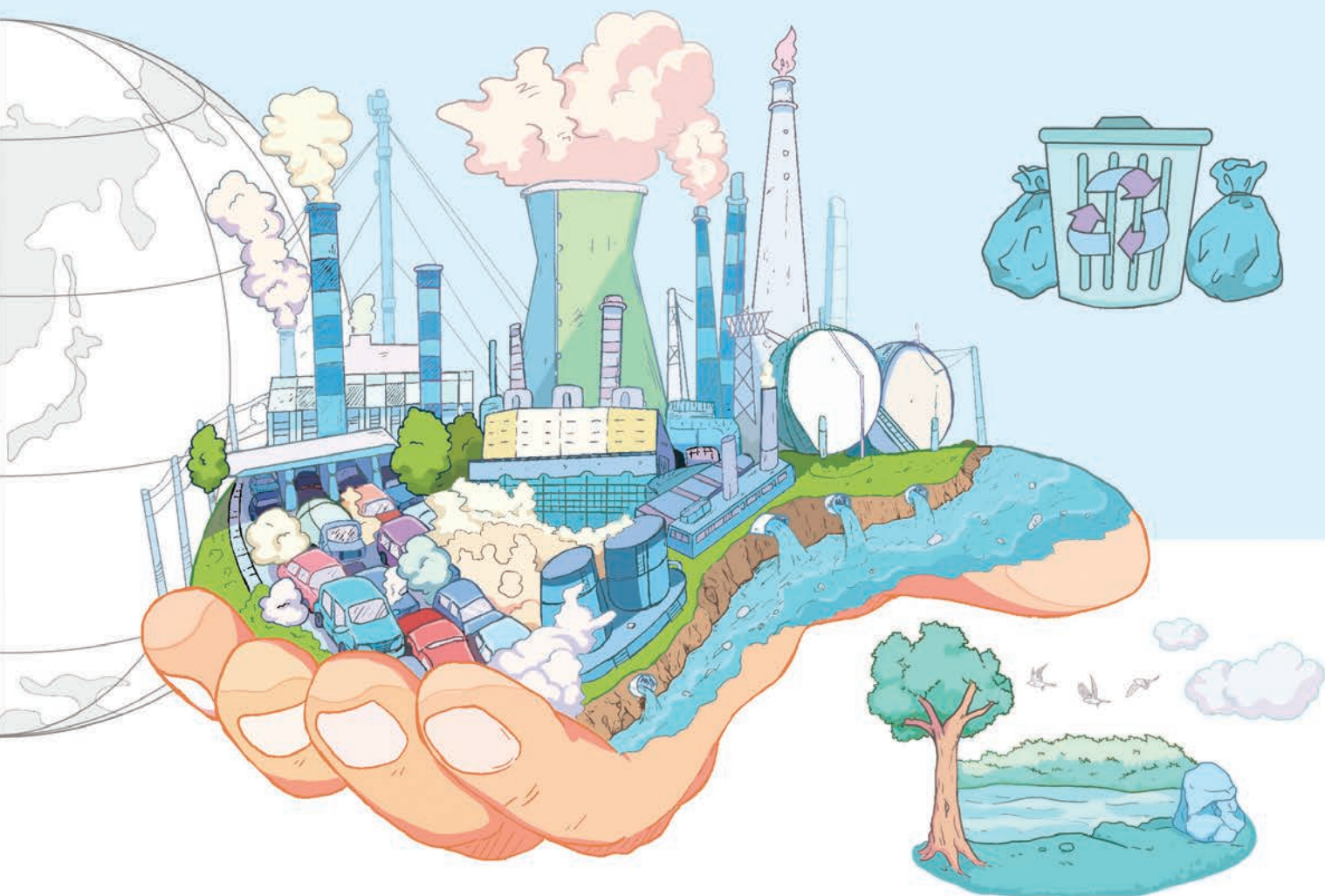
圖 4-1 科技產物與環境汙染物



4-1 生活中常見的有機物質

在幾世紀前，人們認為**有機物**來自有生命的物體，如動、植物；而**無機物**則來自沒有生命的物體，如礦物。然而，1828年，德國化學家烏勒（F. Wöhler，1800～1882）利用簡單加熱成功地將**氰酸銨**（ NH_4OCN ）中的原子重新排列製備出**尿素**（ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ），證明有機化合物也可以在實驗室中經由人工合成得到。

本章節將對醣類、蛋白質、油脂、核酸及界面活性劑等有機物質進行概述。



4-1.1 醣類

醣類廣布於自然界，一般是由碳、氫及氧三種元素所組成，其氫和氧的原子數比通常為 2：1，分子式恰可表示為 $C_m(H_2O)_n$ ^①。因此，也常稱醣類為「碳水化合物」。但有些醣類並不符合上述分子式，例如：去氧核糖 ($C_5H_{10}O_4$) 等。

醣類為生物的重要營養素，主要分成四大類：單醣 (monosaccharide)、雙醣 (disaccharide)、寡醣 (oligosaccharide) 及多醣 (polysaccharide)。單醣是碳水化合物的基本單元，例如：葡萄糖^②、果糖及半乳糖；而蔗糖、麥芽糖及乳糖是雙醣，由兩分子的單醣脫去一分子的水所形成。寡醣是由 3～9 個單醣分子聚合而成，例如：果寡醣^③ (圖 4-2)；多醣則是指具有高分子量的單醣聚合物，例如：澱粉 (starch)、肝醣 (glycogen)、纖維素 (cellulose) 及幾丁質^④ (chitin) 等。醣類則是上述物質的統稱。

註 ①

$C_m(H_2O)_n$ 的 m 可以不同於 n ，因為有的醣 $m = n$ ，如葡萄糖 $C_6(H_2O)_6$ ；有的醣 $m \neq n$ ，如蔗糖 $C_{12}(H_2O)_{11}$ ，但並非指醣類是由 C 與 H_2O 構成。

註 ④

幾丁質又名甲殼素，結構和纖維素類似，但支鏈中含氮元素，所以強度較高，存在於節肢動物的外骨骼和真菌的細胞壁中。

註 ②

由於葡萄糖在生物中占有重要地位，因此了解它的化學組成與結構 (表 4-1) 成為有機化學與生物化學的重要課題。1892 年，德國化學家費雪 (H. E. Fischer, 1842～1919) 確定了葡萄糖的鏈狀結構與其立體異構物，因其對醣類和嘌呤合成有重大貢獻，於 1902 年獲頒第二屆諾貝爾化學獎。

註 ③

果寡醣存在於天然蔬果中，如香蕉、洋蔥、菊苣根、大蒜、蘆筍、芝麻及韭菜等。有助人體腸內益菌的繁殖，幫助排便，保持腸道健康。

表 4-1 葡萄糖的結構式

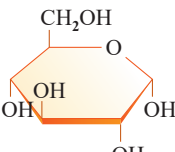
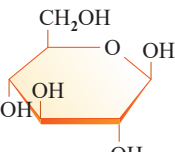
鏈狀結構式	環狀結構式	
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad 1 \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \parallel \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \\ 6 \end{array} $		
葡萄糖	α -葡萄糖	β -葡萄糖

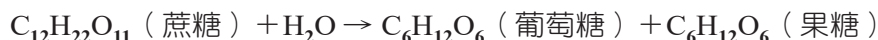


圖 4-2 果寡醣存在於天然蔬果中

醣類在生物中扮演著眾多的角色，如澱粉和肝醣可用來儲存養分，是葡萄糖的聚合物。**澱粉**為植物用來儲存能量的物質，可使用棕色碘液測試呈深藍色。**肝醣**又名**動物澱粉**（animal starch），其結構具有很多支鏈。**纖維素**也是由葡萄糖聚合而成，為植物細胞壁的主要成分。

範例 4-1

臺灣雜誌曾調查夏日最夯的飲品中，某市售 1 杯 700 c.c. 手搖飲料含糖總量為 74.5 克，相當於 15 顆的方糖。方糖係由白砂糖組成立方體形狀，以每顆方糖 5 克、每克熱量 4 大卡計算，1 杯飲品熱量高達 298 大卡，喝 2 杯等同於吃下 1 個便當。而白砂糖的主要成分是蔗糖，蔗糖可水解成葡萄糖與果糖，其反應式：



果糖為嚐起來最甜的天然糖，低溫時甜度更高。上述 74.5 克的蔗糖（ $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ）水解後，可得果糖（ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ）多少克？（分子量：果糖=180，蔗糖=342）

(A) 19.6 (B) 37.3 (C) 39.2 (D) 75.5 (E) 78.4

解答 $\frac{74.5}{342} \times 180 = 39.2$ （克）
故選(C)

練習題 4-1 素養題

一般鈔票紙的組成是 75% 棉和 25% 亞麻，含碘驗鈔筆畫在紙鈔上會呈黃褐色；畫在含澱粉的普通紙上則呈深藍色。

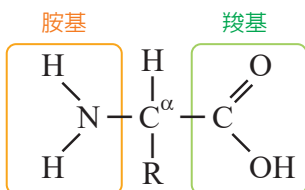
- (1) 鈔票放在口袋中，忘了掏出，丟到洗衣機中洗滌後，會不會被洗爛？為什麼？
- (2) 下列何種情形，驗鈔筆會畫出偽陽性，誤把真鈔當假鈔？

(A) 沾到醋 (B) 殘留稀飯汁 (C) 碰到油漬 (D) 沾到檸檬汁 (E) 用漂白水洗過的鈔票

4-1.2 蛋白質

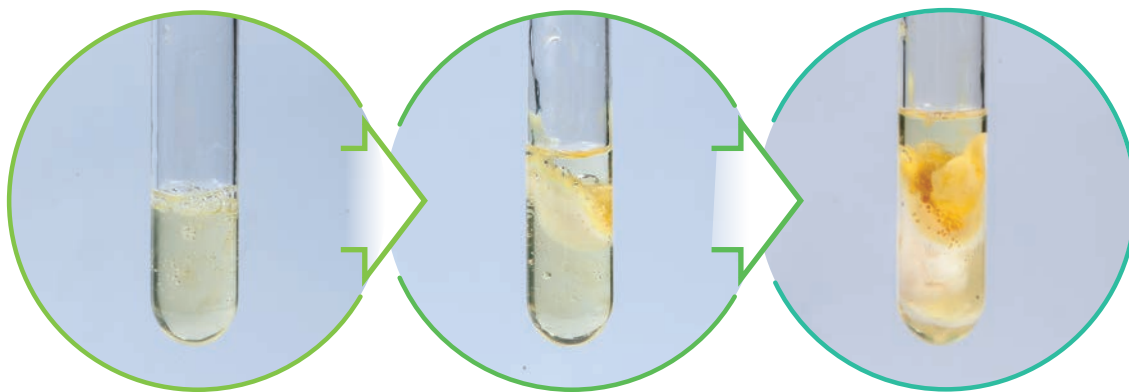
註 5

α -胺基酸的基本結構如下圖：



蛋白質是由**胺基酸**⁵所組成，構成蛋白質的胺基酸約有 20 種。兩個胺基酸分子脫去一分子水形成**二肽**，三個胺基酸分子脫去兩分子水形成**三肽**，三肽以上的長鏈結構稱為**多肽**。當多肽分子夠大，其分子量超過人類的**胰島素**（insulin，分子量為 5808）時，就稱為蛋白質。

蛋白質的功能與其結構狀態有關，在受到高溫、pH 值改變、有機溶劑、重金屬原子、離子或化合物、紫外光、X 射線及輻射線等物理或化學的破壞條件下，蛋白質會失去其天然結構和活性，此現象就稱為**蛋白質變性**（protein denaturation）。例如：新鮮雞蛋的蛋清是透明液體，烹飪受熱後變成白色不透明的固體；而狂牛症是普里昂蛋白變性所引發的疾病。絕大部分的蛋白質與濃硝酸混合加熱反應後會呈現黃色（圖 4-3），此種反應稱為**黃蛋白反應**，是檢驗蛋白質的簡易方法。



▲ 圖 4-3 蛋清與濃硝酸混合加熱反應後會呈現黃色

範例 4-2

膠原蛋白的結構裡富含甘胺酸和脯胺酸兩種胺基酸，顯示出特殊的三股螺旋纏繞結構，主要存在於人體的結締組織中，有很強的伸張能力，是韌帶的主成分，可使皮膚保持彈性。因此，含有膠原蛋白的食品或藥品，常被誇耀成具有凍齡的神效。下列有關膠原蛋白的敘述，哪些正確？

(A) 膠原蛋白全經由人工合成製得 (B) 膠原蛋白遇濃硝酸加熱呈黃色 (C) 小分子膠原蛋白較大分子膠原蛋白含肽數量少 (D) 膠原蛋白水解只會產生甘胺酸和脯胺酸 (E) 膠原蛋白可被人體直接吸收

解答 (A) 膠原蛋白大都經由動物原料萃取製得。
 (D) 膠原蛋白水解產生甘胺酸、脯胺酸及其他多種少量的胺基酸。
 (E) 膠原蛋白為高分子聚合物，不可被人體直接吸收。
 故選(B)(C)

練習題 4-2

第一次世界大戰期間，英國有些女孩因大多數男士赴戰場，為填補他們工作的空缺，所以進入軍火工廠從事填充 2,4,6-三硝甲苯 (TNT) 炸藥於彈殼中的工作。由於工廠安全設施不良，使得這些女孩們因長期暴露在一種會使皮膚和指甲變成黃色試劑的蒸氣中，而被暱稱為金絲雀女孩。此試劑應為下列哪種化合物？

(A) 硝酸 (B) 硫酸 (C) 氫氧化鈉 (D) 鹽酸 (E) 硝酸銀

快閃小實驗 生活化學王——蛋蛋的酒醉

原理 生雞蛋蛋清的部分之主要成分為蛋白質，加熱或加入酒精均會造成蛋白質變性而凝固。

器材與藥品 94% 酒精、雞蛋、碗

**步驟 1**

取一個小碗，打入一個生雞蛋，加入濃度 94% 的酒精覆蓋過雞蛋的表面。

步驟 2

浸置約 10 分鐘，觀察其變化。

步驟 3

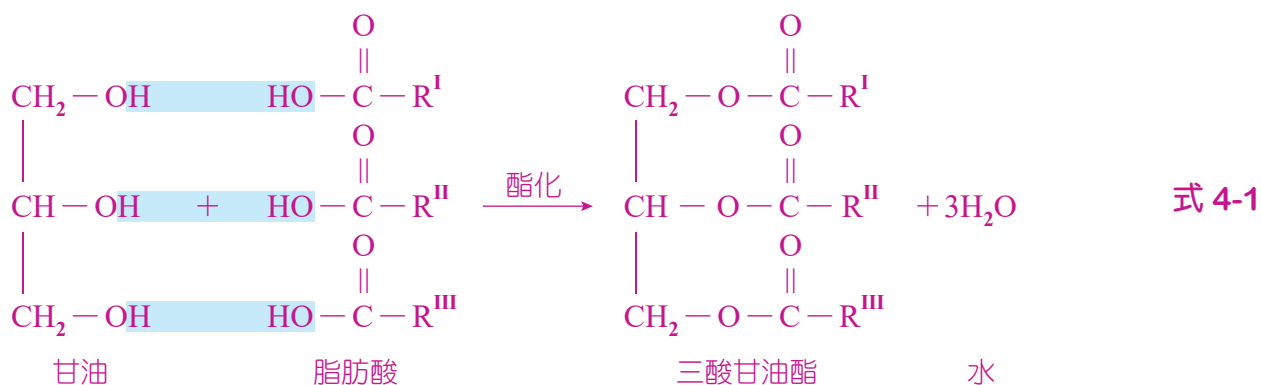
待半透明的蛋清逐漸凝固成白色，刮開蛋黃，觀察其變化。

步驟 4

可於家中改用烈酒，例如：威士忌、伏特加或高粱酒等，做此實驗，觀察結果是否與原實驗有所差異。

4-1.3 油 脂

三酸甘油酯 (triglyceride) 常被用來當作健康檢查的數值標準。三酸甘油酯偏高表示可能吃得太油膩，大家就會聯想到肥胖。但其實油脂是形成細胞膜的主要營養素，所以人們沒有油脂還真的不行，具有適當比例油脂的食物、食品，才會美味可口。油脂是由三個脂肪酸分子和一個甘油分子（丙三醇）經由**酯化反應**，脫去三個水分子而成（式 4-1）。



市售食用油依原料來源，可分成動物性脂肪和植物性脂肪。一般來說，動物性脂肪因含較少的**不飽和脂肪** (unsaturated fat)，在常溫下為固體，稱為**脂肪** (fat)，如豬油、牛油等。植物性脂肪因內含較多的不飽和油脂，在常溫下為液態，稱為**油** (oil)，如花生油、橄欖油、葵花子油等。但也有例外，例如：魚油是動物性脂肪，常溫卻呈液態；椰子油、棕櫚油是植物性脂肪，稍低於常溫即呈固態。

飽和脂肪 (saturated fat) 中的碳-碳鍵均為單鍵，不飽和脂肪中的碳-碳鍵則含有碳-碳單鍵和少許雙鍵。天然油脂裡，不飽和脂肪中的碳碳雙鍵上之氫原子絕大部分為**順式結構**，即鍵結於兩個碳原子上之氫原子在雙鍵的同一側。由於未加工食品所含的天然油脂，大部分是**順式脂肪** (cis fat)，容易因高溫、受熱或保存不當，而酸敗、變質。至於**反式脂肪** (trans fat)，除微量天然存在於牛和羊等反芻動物的脂肪和乳汁裡，一般是在氫化不飽和脂肪的加工過程中，將順式脂肪轉

變成反式脂肪結構（圖 4-4）。**氫化過後的飽和脂肪**可製成半固體或固體狀，容易運送，性質也較穩定，為不易變質的油脂。不過，研究卻發現，反式脂肪比飽和脂肪更容易增加罹患冠狀動脈疾病的風險。所以，**衛福部食藥署**除規範所有食品應明確標示反式脂肪含量外，並規範反式脂肪**得以零標示**之條件為：「每 100 克食品內所含總脂肪不超過 1.0 克；或每 100 克食品內所含反式脂肪量不超過 0.3 克。」已於 104 年 7 月 1 日起正式實施。



圖 4-4 脂肪分類

範例 4-3

瑪琪琳是利用氫化植物油製成的人造奶油，而臺灣市售的乳瑪琳是採棕櫚油、無水乳脂肪、黃豆油及多種成分混合，再經冷凍與捏合的結晶技術製成。兩種脂肪都可作為天然脂肪代替品的奶油抹醬，下列敘述哪些正確？

- (A)瑪琪琳絕不含反式脂肪 (B)乳瑪琳大多為順式脂肪 (C)瑪琪琳為純物質
(D)乳瑪琳為混合物 (E)瑪琪琳和乳瑪琳皆含有三酸甘油酯

解答 (A) 在氫化植物油的過程裡，可能產生反式脂肪。

(C) 瑪琪琳為混合物。

故選(B)(D)(E)

練習題 4-3

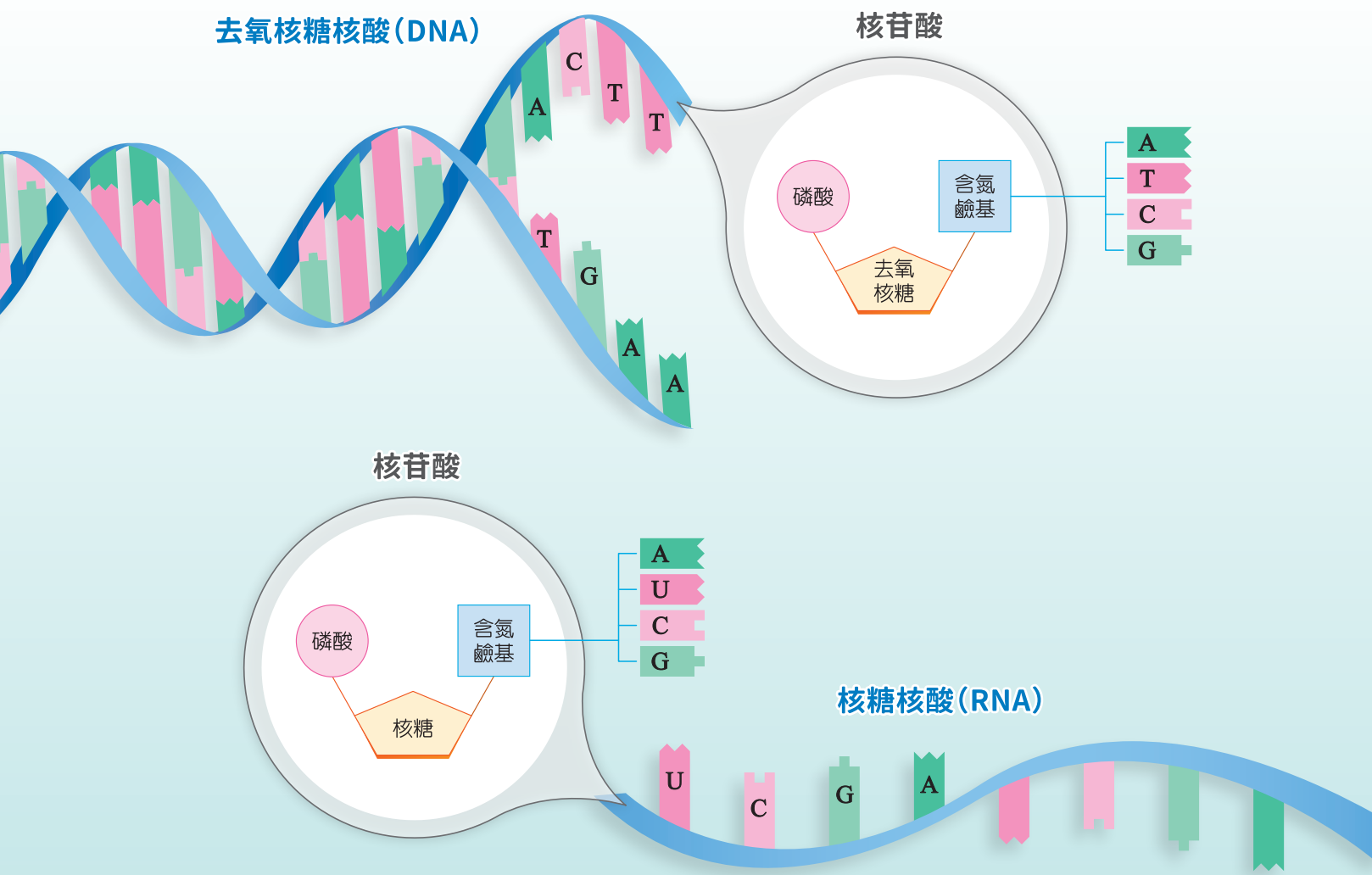
脂肪酸蔗糖酯 (olestra) 是一種由蔗糖和脂肪酸經酯化反應而製得的酯類，它是零食中的脂肪和油的替代品，具有與脂肪相同的口感，但不被腸胃道消化吸收，所以不會產生熱量且沒有營養價值；其副作用是可能會引起腹部絞痛，並抑制一些脂溶性維生素 A、D、E 及 K 的吸收。下列敘述，何者正確？

- (A)脂肪酸蔗糖酯的製作原料需採用飽和脂肪酸 (B)蔗糖分子可由植物脂肪水解得到
(C)脂肪酸蔗糖酯可溶於油，難溶於水 (D)只可採用不飽和脂肪酸分子作原料
(E)含脂肪酸蔗糖酯的洋芋片為零卡路里零食

4-1.4 核 酸

核酸 (nucleic acid, 圖 4-5) 是一種通常位於細胞核內大型的生物有機分子，具有編碼、傳遞及表達遺傳信息的功能，核酸有兩大類：去氧核糖核酸 (DNA) 與核糖核酸 (RNA)。

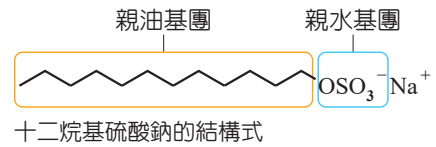
核酸是由核苷酸序列聚合形成的長鏈狀結構，恰似拉鍊的布邊，再加上含氮鹼基後，就如同拉鍊齒。DNA 可說是構成生命的藍圖，其主要功能是資訊儲存，可組成遺傳指令，引導生物發育與生命機能運作。RNA 在生命中扮演合成蛋白質的重要角色。



▲ 圖 4-5 核酸

4-1.5 界面活性劑

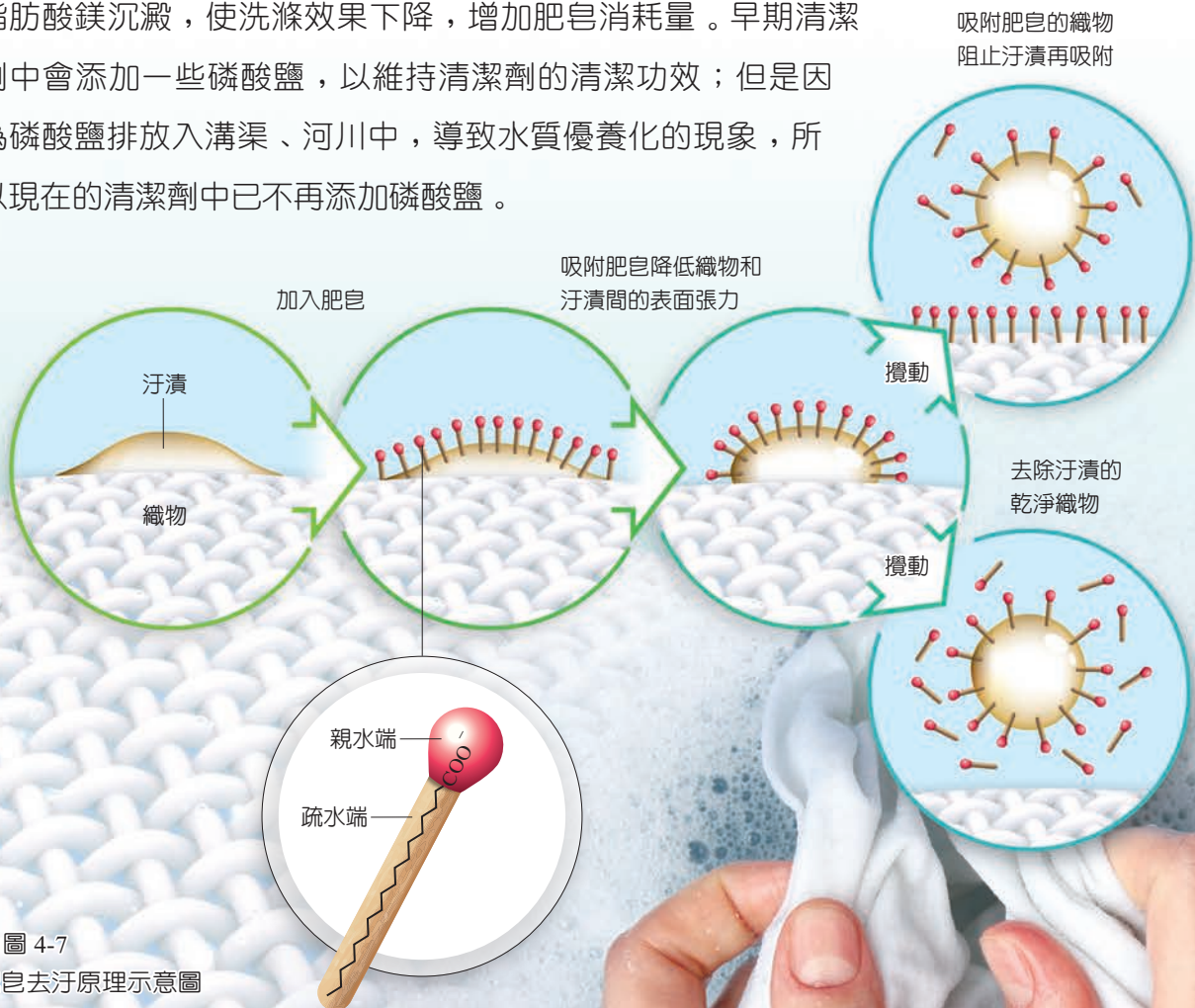
常見的界面活性劑包括肥皂與清潔劑，其組成包含親油基團和親水基團（圖 4-6），可降低兩液體間或液體和固體間表面張力。**肥皂**中常見的成分為**十八酸鈉**，又名**硬脂酸鈉**（ $C_{17}H_{35}COONa$ ），好比一根火柴棒，兩端可以分成是**親水端**與**疏水端（或親油端）**。界面活性劑的去汙原理如圖 4-7。



▲圖 4-6 一種界面活性劑

肥皂溶入水中，親水端使水的表面張力降低，使水分子均勻地分散在待清洗的織物或皮膚表面。肥皂的疏水端深入油汙；而親水端溶於水中。然後通過攪拌，表面插滿肥皂分子的油汙從織物上剝離，形成球狀結構；而肥皂的疏水端則又插入織物上，露出親水端，可防止織物再吸附油汙球，此過程即為**乳化**。

含鈣離子、鎂離子之水（硬水）會與肥皂反應生成脂肪酸鈣或脂肪酸鎂沉澱，使洗滌效果下降，增加肥皂消耗量。早期清潔劑中會添加一些磷酸鹽，以維持清潔劑的清潔功效；但是因為磷酸鹽排放入溝渠、河川中，導致水質優養化的現象，所以現在的清潔劑中已不再添加磷酸鹽。



範例 4-4

冷製手工皂法是將氫氧化鈉水溶液與油脂混合均勻並攪拌，隨著皂化反應的進行，混合物濃稠度會逐漸增加。加入其他添加物，將手工皂濃稠液倒入模具，使其慢慢硬化為固體。在乾燥、溫暖的環境儲放數天到數月，待手工皂逐漸呈弱鹼性後才可拿來使用。製程中的皂化反應式可表示：油脂 + 氫氧化鈉 → 肥皂 + 甘油。下列有關此反應與物質的敘述，何者正確？

(A) 手工皂裡不含甘油 (B) 手工皂因含甘油較市售皂更保溼 (C) 冷製手工皂法需加熱促進皂化 (D) 需要歷時數天到數月才會進行皂化反應 (E) 甘油不溶於水，會自手工皂揮發

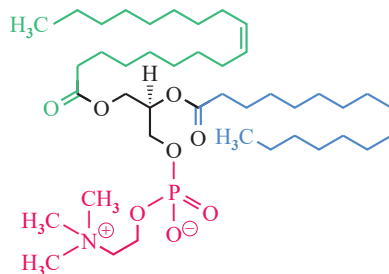
解答 (B) 由於甘油易吸水可保溼，而手工皂未再加工分離出甘油，因此比分離掉甘油的市售皂更保溼。

故選(B)

練習題 4-4

卵磷脂的結構式如右，它是存在於植物組織以及蛋之中的一組黃褐色油脂性物質，市場上銷售之卵磷脂有的屬於食品添加劑，有的則屬於醫療用途。下列敘述，何者正確？

(A) 卵磷脂是一種人造物質 (B) 卵磷脂可溶於油，不溶於水 (C) 卵磷脂可溶於水，不溶於油 (D) 卵磷脂可介於油水之間，使得油水分離 (E) 卵磷脂可作為界面活性劑

**4-2 科學與人文**

現代的知識傳遞快速，世界各國競相研發新的技術、儀器及材料，在這潮流驅使下，化學當然不可能缺席，而且已成為科學研究發展的中心。科技始於人性、人心及人類的需求，例如：新藥的發明可以使病人的病情得以改善，使病人的壽命得以延長。然而，科技的進步也造成了水、空氣及土壤的汙染。如何讓資源循環再利用，是目前大家要面對的重要課題。

4-2.1 常用的藥品

鎮痛解熱劑

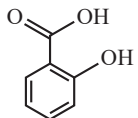
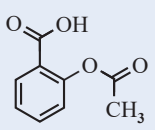
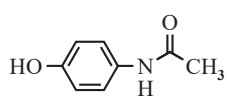
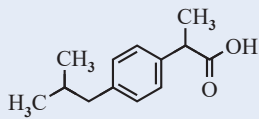
很早以前，人們就發現柳樹皮具有解熱、鎮痛等作用，其中含有**柳酸**（又稱**水楊酸**），常用於治療俗稱青春痘的痤瘡等。

1897年，科學家用柳酸合成出**乙醯柳酸**，其商標名為**阿司匹靈**（aspirin），用於治療風溼性關節炎，以及治療疼痛、發燒及炎症的藥物；近代臨床試驗，更發現其具有抗凝血的功效。

同樣用於鎮痛的**乙醯胺酚**（acetaminophen）商品名為**普拿疼**（Panadol），是種廣泛使用的非處方止痛及退燒藥，也是許多感冒藥的成分之一。乙醯胺酚因是由肝臟代謝，與酒共同服用時，副作用會增加，不適用於慢性酒精中毒或肝損傷的人。

而**伊布洛芬**（ibuprofen）是以商標名**布洛芬**（Brufen）而聞名，可緩解偏頭痛、類風溼性關節炎、月經疼痛及發燒等症狀。前述四種藥物名稱與結構式見表 4-2。

表 4-2 四種常見藥物的名稱與結構式

名稱	結構式
柳酸 (水楊酸、 鄰-羥基苯甲酸)	
乙醯柳酸 (乙醯水楊酸、 阿司匹靈)	
乙醯胺酚 (普拿疼)	
伊布洛芬 (布洛芬)	

抗生素

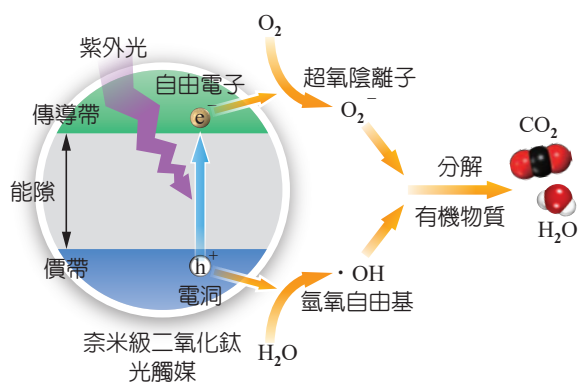
抗生素是能殺滅或抑制微生物生長的藥物，可減少敗血症的發生。人類發現的第一種抗生素是**青黴素**，即**盤尼西林**（penicillin），它是在 1928 年，由英國細菌學家**弗萊明**（A. Fleming, 1881 ~ 1955）在實驗室裡偶然發現的。到了 2016 年，人類自鼻腔中分離出可抑制金黃色葡萄球菌生長的抗生素，名為**路鄧素**（Lugdunin），其分子具環肽結構。

制酸劑

現代生活緊張而容易導致胃酸分泌過多，可藉由制酸劑含有**弱鹼性物質**，如氫氧化鎂（ $Mg(OH)_2$ ）、碳酸氫鈉（ $NaHCO_3$ ）等，以酸鹼中和來減少胃酸，舒緩不適。

註 6

奈米是一個度量單位 nm (nanometer) 的譯名，是指十億分之一公尺 ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)。



▲ 圖 4-8 奈米級二氧化鈦光觸媒原理

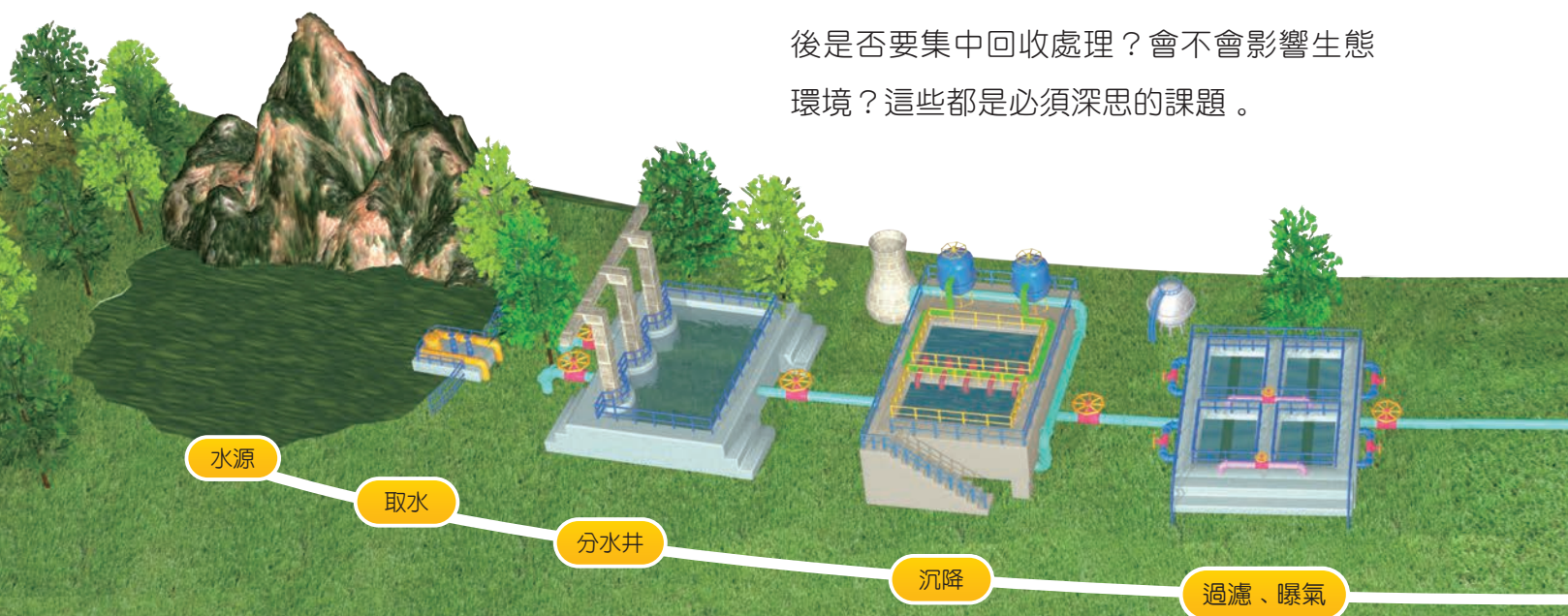
(動次)²想

標榜著高科技，可消除臭味、抗菌、防蟻的鞋墊、襪子、衣物及寢具等，內嵌奈米銀的商品，暢銷世界各國。被消費者使用，歷經洗滌，最終丟棄後，釋放出奈米銀或轉化成的奈米銀化合物，最終進入水域以及沉積到土壤裡。請分組討論奈米材料可能造成的危害。

4-2.2 奈米科技

奈米材料 (nanomaterials) 泛指三維空間中，至少有一維是奈米⁶尺度的材料。材料的尺寸被縮小後，其物理及化學性質與塊材有明顯差異。奈米材料的表面活性比較明顯，例如：二氧化鈦 (TiO_2) 用作顏料時稱為鈦白，其用途廣泛。奈米級二氧化鈦光觸媒 (photocatalyst) 能由吸收紫外光推動氧化還原反應 (圖 4-8)，而達到滅菌、消毒、去異味的效果。又例如：奈米銀會釋出銀離子，屬長效型抗菌劑，通常將奈米銀添加到襪子、口罩、燒燙傷敷料中，製成抗菌用品。再如奈米碳管 (CNT) 是一層或多層石墨烯的圓柱體，奈米碳管大多用於儲能、汽車零件和電磁屏蔽等領域。

科技帶來了生活的便捷，然而，奈米等級的材料一旦經由商業管道被大量製造，雖然方便了使用者，但是這些材料最後是否要集中回收處理？會不會影響生態環境？這些都是必須深思的課題。



4-2.3 水的淨化

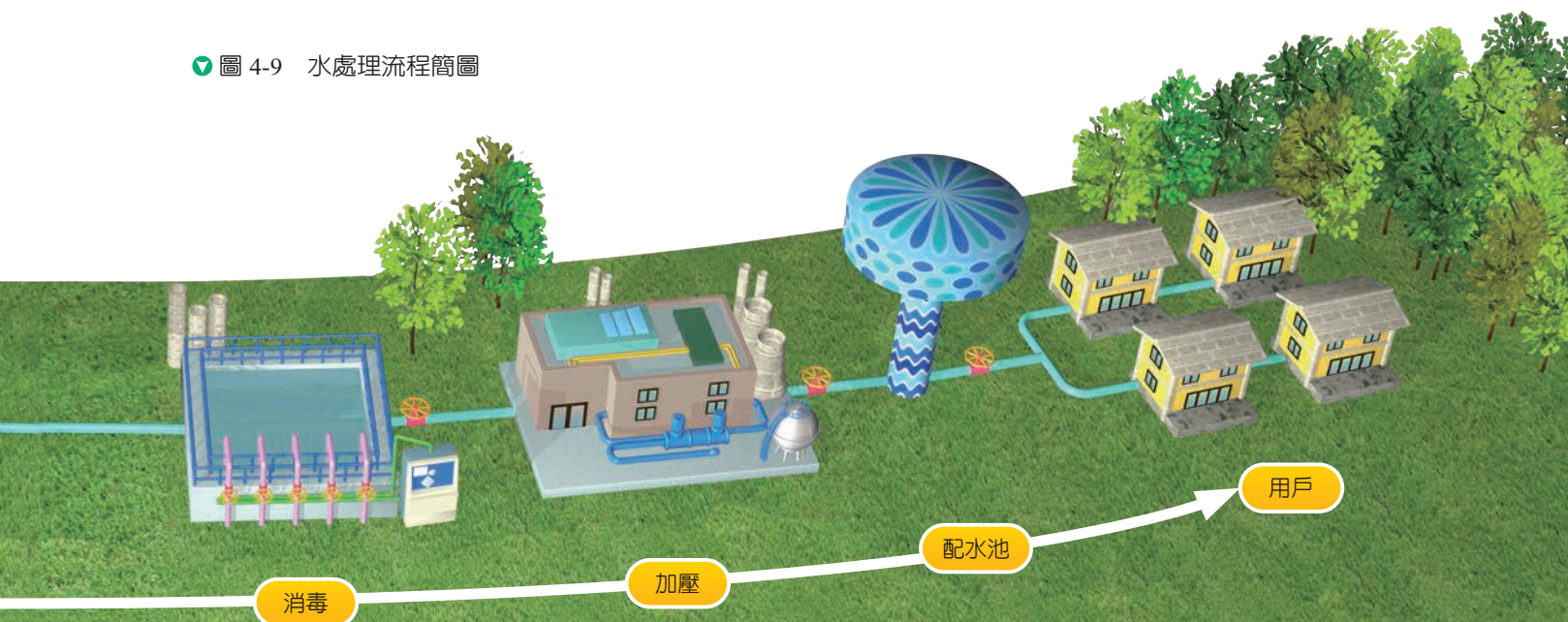
本小節分別概述自來水的處理、海水淡化、硬水軟化及污水處理。

自來水的處理

水經由水管送到淨水廠，在淨水廠內依序經過**沉降**、**過濾**、**曝氣**及**消毒**等淨化過程（圖 4-9）。首先會利用地心引力沉降原水中質量較大的雜質，至於質量較小的部分，則加入明礬（ $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ）等凝聚劑，以產生氫氧化鋁，將其吸附後沉降於池底。接下來，將水流經由細砂所鋪成的濾床加以過濾，若水質不佳則可增加曝氣的步驟，亦即將空氣打入水中增加溶氧，促使微生物分解有機物質，藉以改善水質。處理過後的水再流過活性碳濾床，以吸附水中產生臭味與顏色的物質。最後以氯或臭氧消毒，加壓送出自來水。

添加氯或次氯酸鹽於自來水或游泳池水中，可去除水中細菌和病毒；臭氧同樣具有消毒、殺菌的功用，但由於臭氧不會殘留在水中，因此效用也不如以氯消毒持久。

圖 4-9 水處理流程簡圖



範例 4-5

自來水廠在水處理過程中如果需要曝氣，其主要的目的為何？

- (A) 增加水中的溶氧量，使水中魚、蝦可以存活
- (B) 讓水中的鈣、鎂離子形成沉澱物析出，使其硬度下降
- (C) 增加水中的溶氧量，促使微生物將水中的有機物質分解掉，可使水質變好
- (D) 除去水中的懸浮物質
- (E) 可以達到殺菌、消毒的目的

解答 (B) 可採用煮沸法讓水中的鈣、鎂離子形成沉澱物析出，使硬度下降。
 (D) 添加明礬可吸附水中的懸浮物質。
 (E) 通入氯氣或臭氧可以達到殺菌、消毒的目的。
 故選(C)

練習題 4-5

水淨化是指從原水中除去汙染物，提供人類飲用或作其他不同的用途，如醫學、藥理學、化學及工業之用。下列敘述何者正確？

- (A) 被淨化的水不含任何陰、陽離子
- (B) 剛淨化的水完全沒有細菌，可以生飲
- (C) 淨化水的 pH 值一定等於 7
- (D) 淨化水時，可以用臭氧或氯氣消毒
- (E) 回收水蒸餾淨化後，只能用來洗滌，不能作為飲用水

海水淡化

海水淡化可利用**蒸餾法**來獲得蒸餾水，只是為節省能源通常會利用太陽熱源來蒸發海水，目前澎湖的海水淡化廠（圖 4-10）則採用**逆滲透法**來獲得淡水。

● 圖 4-10

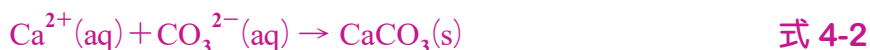
澎湖淡水資源不足又位處離島，故建有逆滲透海水淡化廠以淡化海水。



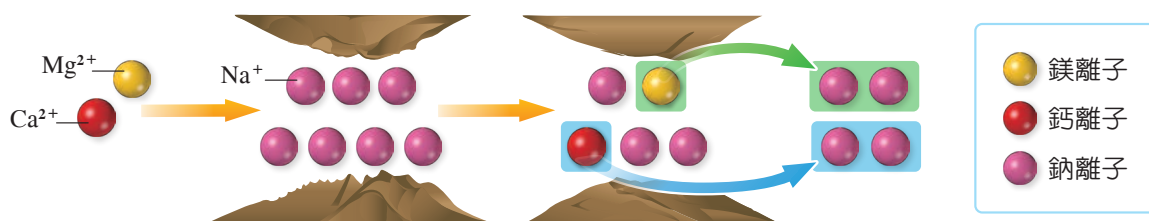
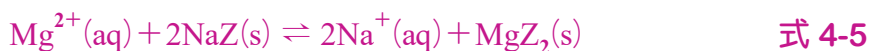
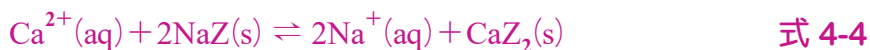
硬水軟化

自然水中若含有鈣離子或鎂離子者，稱為硬水。硬水在工業上的危害十分嚴重，因為暫時硬水中含有碳酸氫根，會在加熱後與鈣、鎂離子反應生成難溶性的碳酸鈣（ CaCO_3 ）和碳酸鎂（ MgCO_3 ）。而含有氯離子、硫酸根的永久硬水，受熱後會生成硫酸鈣（ CaSO_4 ）沉澱。上述鹽類沉澱在鍋爐底部形成鍋垢，使鍋爐的導熱性下降，可能導致鍋爐爆炸。此外，這些難溶的物質也可能堆積在水管中形成管垢，造成水管阻塞。

硬水的軟化即為去除其中鈣、鎂離子之程序。一般軟化硬水可採用沉澱法，因為鈣、鎂離子的碳酸鹽或磷酸鹽之溶解度很小，所以在硬水中加入適量碳酸鈉，可使碳酸鈣（式 4-2）或碳酸鎂（式 4-3）沉澱下來，硬水便可軟化。



一般大規模軟化硬水的方法會採用陽離子交換法，陽離子交換樹脂通常是以陰離子為骨幹的鈉鹽聚合物，化學式可簡單用 NaZ 來表示，當硬水流入含陽離子交換樹脂的管中時，鈣離子或鎂離子會與鈉離子進行交換，流出的水即為含鈉離子的軟水（式 4-4、4-5）。



▲圖 4-11 陽離子交換示意圖

(動次)²想

除了課文中所提到之硬水缺點外，硬水若作為日常飲用水，是否也具有優點？

當陽離子交換樹脂使用一段時間後，其中的鈉離子濃度會不足，導致軟化效力降低，此時只要在管中通入飽和食鹽水，反覆數次即可使樹脂再生，其反應式即為式 4-4、式 4-5 之逆反應。

污水處理

化學工業在發展上，必須滿足人類的需求，同時又不危及下一代的生存。所以，現在如果要設廠，須講求環保、通過環評。

隨著人類用水量的增加及氣候和環境的變遷，淡水資源逐漸匱乏，**回收水**再利用就成為重要的課題。

生活污水可以經過兩階段處理，處理之後成為回收水。首先收集城市中的生活污水進入污水處理廠，以過濾法移除其中較大的固體污染物，如垃圾、雜物、泥沙、塑膠物件等，隨後進入第一級沉澱池。污水在第一級沉澱池中停留一段時間，直到其中小顆粒的固體污染物受地心引力沉降後，再進入第二級生化處理反應池。一般採用好氧反應的處理方式，在曝氣池中通入大量空氣以促進好氧細菌生長，細菌將水中有機污染物分解，然後將污水引入第二級沉澱池，使含細菌、微生物的污泥沉降。處理完善的污水在外觀上能夠達到與清水相近，可作為農業灌溉用水。

由於工業廢水可能含有重金屬離子，因此與一般生活污水的處理方式不同，必須進行三級處理，依不同的重金屬，以適當的試劑處理，使其沉澱。例如：台積電的各廠區均有節水設施，將處理過的回收水，再用於製程或其他用途。

為節約用水，在戶外常使用堆肥式廁所或生化廁所，是一種以極少水量沖廁或甚至是無水的廁所。排泄物流入便池後，混合木糠、椰棕或泥炭蘚等物質耗氧分解成堆肥，多餘的水分會由便池底部的發熱線蒸發掉，便池亦會內置抽氣扇將臭味排走。堆肥式公廁在臺灣與歐美許多國家公園得到廣泛應用。

4-2.4 空氣汙染與防治

全球暖化是指地球的大氣和海洋因溫室效應而使溫度迅速上升的氣候變化現象。它促使極端氣候事件更強、更多、更頻繁的發生，例如：洪水、旱災、熱浪、颶風及龍捲風等，皆可歸因於人為的環境破壞。本小節分別概述溫室氣體、臭氧層破洞、酸雨、懸浮微粒、光化學煙霧、碳循環、碳足跡及碳手印。

溫室氣體

大氣中造成溫室效應的氣體稱為溫室氣體，它們都能吸收和發射紅外光，像是含量豐富的有水蒸氣（ H_2O ）、二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）、一氧化二氮（ N_2O ）、臭氧（ O_3 ）、氟氯碳化物（chlorofluorocarbons, CFCs）及氫氟碳化物（hydrofluorocarbons, HFCs）、全氟碳化物（perfluorocarbon, 如 CF_4 、 C_2F_6 ……）、六氟化硫（ SF_6 ）及三氟化氮（ NF_3 ）等。

臭氧層破洞

臭氧層可防止對大多數植物和動物有害的紫外光（ultraviolet, UV）穿過地球的大氣層。早期使用的冷媒——氟氯碳化物的使用會造成臭氧層的破洞；人工製造出來的氟氯碳化物進入大氣中，向上擴散至臭氧層。在臭氧層裡，氟氯碳化物被紫外光分解，產生的氯原子便會催化臭氧的分解。因此蒙特婁議定書⁷（Montreal Protocol）決定禁用氟氯碳化物，而改用氫氟碳化物。此外，飛機排放出來的一氧化氮（NO）也會催化臭氧的分解。

酸雨

常溫、常壓下，因為二氧化碳溶入水中的關係，雨水 pH 值大約 5.6，但空氣中若有硫氧化物與氮氧化物，便會使其 pH 值降低至 5.0 以下而形成酸雨。在太酸的水質中，魚、蝦無法生存，影響河流、湖泊的生態。酸雨也會影響農

註 7

蒙特婁議定書最初是為了保護臭氧層而制定，參與國同意逐步淘汰會破壞臭氧層的氟氯碳化物。由於氫氟碳化物不含氯，不會破壞臭氧層，因此在初期被用來取代氟氯碳化物。然而，氫氟碳化物卻是導致氣候變遷的強效溫室氣體。所以，蒙特婁議定書後續增訂吉隆坡修正案，將氫氟碳化物納入受管制物質，要求參與國逐步削減使用。

作物的收成，甚至使植物枯死，而減少污染物進入大氣是最直接可行的防治辦法。

懸浮微粒

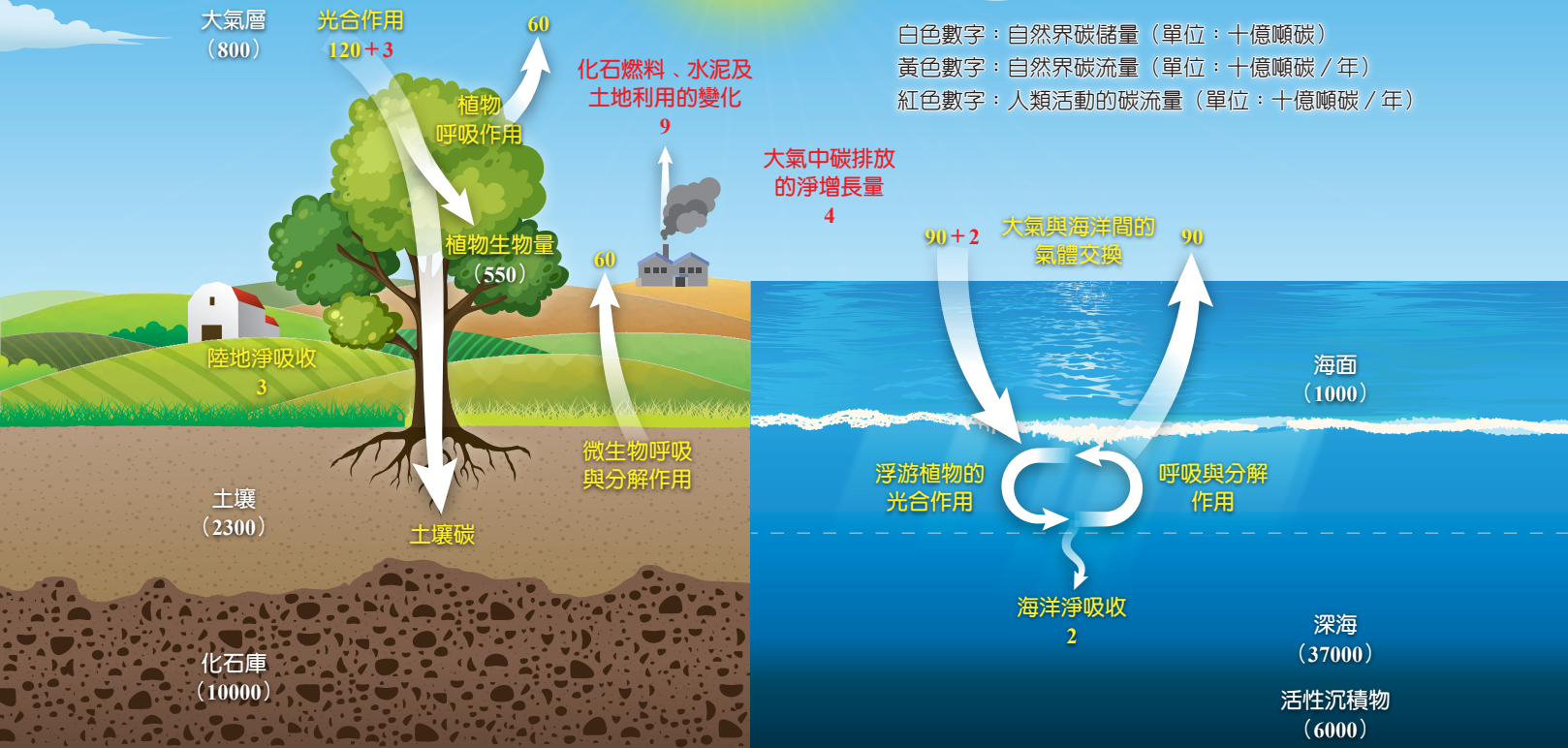
懸浮微粒的直徑小於或等於 2.5 微米稱為細懸浮微粒 (PM_{2.5})，約為人類頭髮直徑的 $\frac{1}{30}$ 倍，例如：二手菸、紙錢的焚燒及汽、機車排放的廢氣均含 PM_{2.5}，這些懸浮微粒會使能見度降低，也會破壞生態，甚至影響氣候。PM_{2.5} 極易吸附多環芳香烴、有機污染物和重金屬等，具有強穿透力，能進入支氣管壁，干擾肺部氣體交換；尤其比 PM_{2.5} 更小的懸浮粒子特別要命，因為它可以深入肺部，會傷害 DNA，更甚者會導致基因突變，進而誘發癌症發生，若進入人體中，對健康會造成更大的危害。

光化學煙霧

光化學煙霧 (photochemical smog) 是一種紅棕色的霧霾。汽車和工廠所排放的廢氣裡含有氮氧化物和碳氫化合物，這些氣體在陽光和紫外光作用下，會發生光化學反應，產生光化學煙霧。此種煙霧中粒子所含的有害物質，可能是一氧化氮、二氧化氮、過氧化物、揮發性有機化合物和對流層臭氧，會刺激呼吸道與眼睛。

碳循環

碳循環 (carbon cycle, 圖 4-12) 主要是追蹤碳元素走過的痕跡，經由光合作用、呼吸作用及燃燒等反應，完成整個循環。以宏觀角度來看，地球是一個封閉系統，二氧化碳的消耗與生成，應該是在穩定的狀態，但目前人類所面臨的問題，在於二氧化碳的生成速率遠大於消耗速率。



▲ 圖 4-12 碳循環 (來源：2011 年美國 能源部)

碳足跡

碳足跡 (carbon footprint, 圖 4-13) 是指因個體、事件、機構或產品製造, 所產生的二氧化碳排放量, 可用以衡量人類活動對環境的影響, 例如: 臺灣自來水費收據、電費收據、中油發票及飲料標籤等, 均會列出相對應所製造二氧化碳的公斤數。

碳手印

碳手印 (carbon handprint) 強調個人抵消或減少碳足跡的作為, 例如: 在森林砍伐地區種植樹木, 使用更多公共交通工具; 採用 LED 省電燈泡而不是白熾燈泡, 得到更有效的照明。

▶ 圖 4-13 碳足跡說明



4-2.5 土壤汙染

土壤汙染是由於人類活動而濫用土地資源、導致土地退化的現象，其中城市化和工業化是造成土地汙染的最主要原因之一。通常由於工業活動、農業化學品，如肥料、農藥、殺蟲劑和除草劑的濫用，或是垃圾的處置不當，如亂丟垃圾與垃圾掩埋場的超負荷等，所引起的土地、棲息地的破壞。都市及工業廢水中亦含有多種重金屬，例如：電鍍廠、電子廠及皮革廠等廢水排放不當，亦會造成土壤汙染。

範例 4-6

近年來臺灣某些地區雨水的 pH 值偏低，稱為「酸雨」。下列有關「酸雨」的敘述，何者錯誤？

- (A) 一般而言，雨水的 pH 值小於 5.0 稱為酸雨
- (B) 酸雨主要是由大氣中硫的氧化物溶解於雨水中所致
- (C) 酸雨主要是和工廠排放廢氣有關，如煉油廠、火力發電廠均是酸雨的成因之一
- (D) CO 是形成酸雨的氣體之一
- (E) 煉油廠將原油脫硫，除了得到副產物硫，同時也預防酸雨的產生

解答 (D) CO 難溶於水，和酸雨的成因無關。

故選(D)

練習題 4-6

在現今的大氣裡，有一種汙染氣體，它的性質是低毒性、不容易反應、密度比空氣大，可作滅火劑或冰箱和噴霧氣罐中的冷媒使用；雖然它不會破壞臭氧層，但卻助長了全球暖化。此為下列哪種氣體？

- (A) 二氧化氮 (B) 甲烷 (C) 二氟一氯甲烷 (D) 一氧化二氮 (E) 三氟甲烷

4-3 資源與永續發展

人類的生活不斷地消耗地球的資源，同時破壞了地球環境。如何讓人類的活動順應自然的方式維生，做到資源永續、環境友善，讓地球生態能夠持久的存在是大家共同努力的目標。

4-3.1 科技與社會的關係

在化學領域中，學者著眼於天然物與人工合成物的探究，與其他領域科學的交互影響，如生物學、地質學、天文學、物理學、醫學、工程學及材料科學等，因此化學已成為**中心科學**（the central science）。

瑞士化學家繆勒（P. H. Müller，1899 ~ 1965）因發現 DDT 的殺蟲作用，在 1948 年得到諾貝爾生理學或醫學獎；美國海洋生物學家卡森（R. L. Carson，1907 ~ 1964）卻在 1962 年出版寂靜的春天一書中，披露 DDT 對生態平衡的危害，促使公眾關注農藥與環境汙染。由此可知，科技和社會是不可分割的。

綠色化學強調環保並兼顧經濟，使地球能夠永續發展。其中，**原子經濟**是綠色化學中的一個重要概念，希望在化學反應製程中充分利用原料，實現零排放的理想，**原子經濟**即**原子效率**，其計算公式如下：

$$\frac{\text{目標產物的物質總質量}}{\text{所有原料反應物的物質總質量}} \times 100\%$$

範例 4-7 素養題

葡萄糖在酵母菌的存在下，可發酵製得乙醇；也可由乙烯水合製得乙醇。兩個反應式如下：



- (1) 計算每個反應的原子經濟，何者原子經濟為 100%？
- (2) COVID-19 疫情期間雖然乙醇缺貨，惟仍然不能採用方法②製乙醇？為什麼？

解答 (1) 各物質的分子量： $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6=180$ ， $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=46$ ， $\text{CO}_2=44$ 。

$$\textcircled{1} \text{ 葡萄糖發酵製得乙醇：原子經濟} = \frac{2 \times 46}{180} = 51\%$$

$$\text{另解：} \frac{2 \times 46}{2 \times 46 + 2 \times 44} = 51\%$$

$\textcircled{2}$ 乙烯水合製得乙醇：因為乙醇是唯一產物，即所有反應物都轉化為有用的產物，所以其反應的原子經濟為 100%。

- (2) 疫情期間許多原物料都缺貨，每噸乙烯價格亦隨之上升，並且工業製造上，除了價格成本外，還要考慮製程時間，以及便利性種種。因此方法②製乙醇，雖然原子經濟為 100%，但不符合實際的經濟效益，所以不採用。（以上僅為參考解答，也可從道德觀感或心理層面等方向思考作答）

練習題 4-7

滴滴涕（DDT）是用三氯乙醛（ Cl_3CCHO ）和氯苯（ $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ）作原料，加硫酸當催化劑，脫掉 X 分子，所合成的殺蟲劑。反應式如下：



回答下列問題：（分子量： $\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}=147.5$ ， $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}=112.5$ ， $\text{DDT}=354.5$ ）

- (1) X 分子是下列何者？
(A) CO (B) H_2O (C) Cl_2O (D) CH_4 (E) O_2
- (2) 此反應之原子經濟為多少？

4-3.2 能源的開發與利用

由於臺灣缺乏能源，因此需仰賴進口，所以在能源安全、環境保護、工業競爭力量間，謀求均衡發展。

太陽能（solar energy）是不分國界、沒有限制的能源；它是可再生能源的重要來源。太陽能轉換成電能的技術研發，能增加能源使用的安全性，並減緩全球暖化的趨勢。

澎湖的風力發電機（wind turbine，圖 4-14）配上離島的風景，沿著海岸線望去美不勝收。在秋、冬季節，澎湖強而有力的東北季風一旦吹起，風力發電機上的葉片也隨之旋轉。風力發電是乾淨且永續的綠能，但受限於必須要設置在常有強風經過的地區；除了澎湖之外，臺灣本島的海邊也很適合設置。而在無風的日子裡，風力發電機則顯得英雄無用武之地，淪為海岸線的風景。此外，風力發電需克服鳥擊、雷擊、鹽害、噪音、尾流效應損失等問題。

目前臺灣**生質能**（biomass energy）的應用，包括兩種：一種是**垃圾焚化廠**燃燒廢棄物發電，此需淨化排放氣體的技術，降低空氣汙染排放量。另一種是**沼氣發電**，分為掩埋場沼氣發電與畜牧場沼氣發電。

圖 4-14 位於海岸旁的風力發電機



閱讀 Focus

知識篇

能源新未來

源源不絕是王道

世界各國正致力於永續能源的研究與拓展，主要目的是提升整體能源效率和產量，如生質能、地熱、鈾燃料、太陽能、風力發電、氫燃料等。



生質能

生質能是通過生物固碳過程，所獲得的燃料。它是由近代生物體或活生物體所組成，不須經歷數百萬年長期的地質變化。

木材仍然是當今最大的生質能，包括森林殘留物，例如：枯木、殘枝、刨掉的木屑；活生物體，例如：芒草、柳枝稷、大麻、玉米、柳樹、竹子、桉樹和棕櫚樹等。

- (1) **乙醇燃料**：傳統用玉米製乙醇，現今用纖維素製乙醇，另外，如酵母，甚至某些類型的藻類，也都會產生乙醇。
- (2) **丁醇燃料**：丁醇作為內燃機的燃料，由於它比乙醇有較長的烴鏈，顯然丁醇比乙醇分子與汽油中的分子更相似。生化學家已研發出，用丙酮丁醇梭菌 (*Clostridium acetobutylicum*) 發酵澱粉或纖維素，量產丁醇。
- (3) **其他生質能**：利用天然藻類含油量大於 50% 的特性，可在汙水處理廠的池塘裡種植藻類。麻風樹是一種有毒灌木，其種子可榨取出生物燃料的原料油。



鈾燃料

核能有兩種來源，一是核分裂，用於現在所有的核電廠。另一是核融合，原存在於恆星中的反應，包括太陽在內。

鈾蘊藏量較多、燃料裝造較簡易、減少核廢料的產生、缺乏製成核武器的威脅及能減少鈾和鈾系元素的生產。



太陽能

目前，單層的光伏面板將陽光轉換成電能的轉換效率約 24%，而一些商用太陽能模塊或組合型的效率超過 24%。

太空太陽能：日本和中國正積極計劃，具有商業規模的太空太陽能發電，並且兩國都希望在 2030 年代，能夠實現。



風力發電

風力發電在美國的平準化成本，將在 2012 ~ 2030 年下降約 25%。歐洲在風電方面的使用率接近 660 億瓦 (66 GW)，約占全球總量的 66%。



地熱

在地核中鉀的同位素和其他元素的放射性衰變，能釋出能量和儲存成為地熱能，故地熱常被稱為永不枯竭的能源。



氫燃料

氫氣可作為傳統化石燃料的可再生、清潔燃料的替代品。目前的製氫法，主要是從化石燃料中製氫。



Scientist Memoirs

科學家小傳

繆勒 P. H. Müller
1899 ▶ 1965



繆勒是一位瑞士化學家，生於瑞士北部索洛圖恩州（Solothurn）的奧爾滕（Olten），父親曾在瑞士聯邦鐵路公司工作。他是家中四個小孩的老大，從中學離校後，即投入社會就業；自1916年起，在製藥業中心城市——巴塞爾（Basel）的化學工業研究所，擔任實驗技師的工作。1918年重回學校就讀高中，於1919年畢業後，旋即進入巴塞爾大學就讀。1925年，他以不對稱間二甲苯胺及其單和雙甲基衍生物的化學和電化學氧化（*The Chemical and Electrochemical Oxidation of Asymmetrical m-Xylidine and its Mono- and Dimethyl Derivatives*）的博士論文，獲優異成績畢業。從1925年開始，在嘉基公司（Geigy，即現在的諾華公司 Novartis）染料實驗室，研究用於鞣製皮革的化學藥劑。

1935年，繆勒為防止一般織品（如棉花），受到昆蟲（如飛蛾）的損害，探索研發合成接觸性毒藥的殺蟲劑，作為保護織品植物的農藥，於1939年發現 DDT 不僅能殺死蛾類，而且也能撲滅大量節肢動物（尤其是昆

蟲）。正逢第二次世界大戰開始後，蚊子傳播瘧疾，蟲子或蟲糞傳播斑疹傷寒，到處肆虐的疫情，經由 DDT 的噴灑而得以抑制。在南美洲北部的蓋亞那（Guyana），兩年內幾乎消滅了瘧疾病媒，出生率也因此大量增加。

1946年，繆勒擔任嘉基公司植物保護物質科學研究室的副主任。1948年，他獲得諾貝爾生理學或醫學獎，此殊榮首次由非生理學家獲得，授獎理由是他發現 DDT 為一種高效殺死多種節肢動物的接觸性毒藥。

1962年，希臘塞薩洛尼基亞里斯多德大學（Aristotle University of Thessaloniki）授予繆勒榮譽博士學位，原因是他解決了地中海沿岸的流行病學問題。1961年，繆勒從嘉基公司退休，仍繼續在家裡的實驗室進行研究，直至1965年因病在巴塞爾辭世。

參考資料：1. 維基百科

2. 1948年諾貝爾生理學或醫學獎



本章架構與摘要

生活化學

醣類 — 分子式可寫為 $C_m(H_2O)_n$ ，俗稱碳水化合物，為生物的重要營養素

蛋白質 — 約由 20 種胺基酸所組成

油脂 — 名為三酸甘油酯

核酸 — 通常位於細胞核內，具編碼、傳遞和表達遺傳信息的功能。

界面活性劑 — 一端是親油基團，另一端是親水基團。

常用的藥品

奈米科技

水的淨化

自來水的處理

海水淡化

硬水軟化

汙水處理

空氣汙染與防治

溫室氣體

臭氧層破洞

酸雨

懸浮微粒

光化學煙霧

碳循環

碳足跡

碳手印

土壤汙染

資源與永續發展

科技與社會的關係

能源的開發與利用

蛋白質的分子量約超過 5000，分子量約小於 5000 為多肽。

- 蛋白質變性是遭受物理或化學破壞，使其失去天然結構和活性的現象。
- 蛋白質的化學檢驗法 —— 黃蛋白反應

- 依原料來源 —— 動物脂、植物油。
- 依碳-碳鍵型 ——
 - 飽和脂肪
 - 不飽和脂肪 —— 順式脂肪、反式脂肪。

去氧核糖核酸（DNA）、核糖核酸（RNA）。

柳酸、阿司匹靈、普拿疼、布洛芬、盤尼西林、路鄧素、制酸劑。

奈米材料泛指三維空間中，至少有一維是奈米尺度的材料。

水送到淨水廠，依序經過沉降、過濾、曝氣及消毒等淨化過程。

可利用蒸餾法、逆滲透法來獲得淡水。

一般大規模軟化硬水的方法會採用陽離子交換法。

回收水再利用或作為農業灌溉用水。

它們都能吸收和發射紅外光。

避免造成臭氧層破洞，環保冷媒是不含氯原子的氫氟碳化物。

pH 值降至 5.0 以下所下的雨。

可能干擾肺部氣體交換，若吸入小於 PM_{2.5} 懸浮微粒可能導致基因突變。

氣體在陽光和紫外光作用下，會發生光化學反應，產生光化學煙霧。

碳元素走過的痕跡。

因個體、事件、機構或產品所製造，所產生的二氧化碳排放量。

強調個人抵消或減少碳足跡的作為。

由於人類活動而濫用土地資源，導致土地退化的現象。

綠色化學 —— 原子經濟（原子效率） = $\frac{\text{目標產物的物質總質量}}{\text{所有原料反應物的物質總質量}} \times 100\%$

- 太陽能
- 風力發電機
- 生質能

習題

一、基本題：（以 * 標示者為多重選擇題）

4-1 生活中常見的有機物質

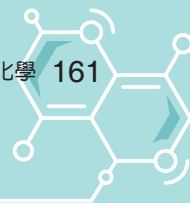
- 穀胱甘肽為一種三肽分子，它是由麩胺酸（分子式 $C_5H_9NO_4$ ）、半胱胺酸（ $C_3H_7NO_2S$ ）及甘胺酸（ $C_2H_5NO_2$ ）三種胺基酸所構成，是人體內非常重要的抗氧化物質，可干擾黑色素的生成與沉澱，因此作為化妝品皮膚美白劑的重要成分之一。下列何者為它的分子式？
(A) $C_{10}H_{15}N_3O_5S$ (B) $C_{10}H_{17}N_3O_6S$ (C) $C_{10}H_{19}N_3O_7S$ (D) $C_{10}H_{21}N_3O_8S$ (E) $C_{10}H_{19}N_3O_8$
- 生物的遺傳信息是由下列何種物質所攜帶？
(A)胺基酸 (B)蛋白質 (C)核酸 (D)核糖 (E)去氧核糖

4-2 科學與人文

- * 下列哪兩種水，裡面不含鈣離子，屬於軟水？
(A)暫時硬水 (B)海洋深層水 (C)蒸餾水 (D)礦泉水 (E)逆滲透水
- 以下哪項不是水污染自然發生的原因？
(A)火山爆發 (B)藻類大量繁殖 (C)動物糞便排放 (D)漏油 (E)風暴和洪水產生的淤泥

4-3 資源與永續發展

- 汽車行駛燃燒汽油，釋放到大氣的溫室氣體是什麼？
(A)二氧化碳 (B)水蒸氣 (C)氧 (D)臭氧 (E)氟氯碳化合物
- 全球變暖的結果可能會擾亂食物鏈，使一些動、植物面臨滅絕的危險，下列何項為其主因？
(A)冰川融化 (B)海平面上升 (C)動物遷徙的變化 (D)極端氣候 (E)生態系統的變化



7. 二氧化鈦是最廣泛使用的白色顏料，俗稱鈦白粉；奈米二氧化鈦用作光觸媒，能靠紫外光消毒及殺菌，並能作為染料敏化太陽能電池的陽極材料。下列相關敘述，何者正確？
- (A)等質量的鈦白粉與奈米二氧化鈦的總表面積相等 (B)等莫耳數的鈦白粉與奈米二氧化鈦的質量相等 (C)鈦白粉與奈米二氧化鈦有相同的化學活性 (D)鈦白粉與奈米二氧化鈦的化學式不相同 (E)鈦白粉與奈米二氧化鈦都是半導體
8. 下列哪一項是可再生能源？
- (A)汽油 (B)太陽能 (C)煤 (D)天然氣 (E)柴油
9. 臺灣目前火力發電機組之發電量，約占臺電系統之 79.9%；它是藉由燃燒煤、天然氣及石油等來發電，因此每單位電量所產生二氧化碳排放量比起其他發電法要高出許多倍。下列相關敘述，何者正確？
- (A)二氧化碳能吸收和發射紫外光 (B)煤燃燒只會產生二氧化碳 (C)二氧化碳飄到臭氧層會加大臭氧層的破洞 (D)火力發電比核能發電易造成溫室效應 (E)天然氣及石油燃燒完全，就不會造成空氣汙染

二、綜合題：（以 * 標示者為多重選擇題）

- * 10. 回鍋油又稱萬年油，是指重複使用的食用油；廢棄的回鍋油可經過轉酯化反應，製成生質柴油，其反應為： $\text{三酸甘油酯} + \text{甲醇} \rightarrow \text{甘油} + \text{脂肪酸甲酯}$ ，下列相關敘述，哪些正確？
- (A)回鍋油裡可能有反式脂肪 (B)回鍋油中全是三酸甘油酯 (C)生質柴油內的分子都是飽和脂肪酸甲酯 (D)轉酯化反應產生的甘油易溶於油、難溶於水 (E)生質柴油是酯類分子，但柴油是碳氫化合物分子

素養大挑戰

三、混合題或非選擇題：（以 * 標示者為多重選擇題）

11. ~ 13. 題為題組

三氯蔗糖俗稱蔗糖素，它是 1975 年於倫敦大學，由一位年輕的印度研究生 Shashikant Phadnis 與英國泰萊公司的科學家顧問 Leslie Hough 合作，將蔗糖分子的三個氫氧基以氯原子取代，製造出一種新殺蟲劑。十分戲劇化的，有天 Hough 跟 Phadnis 說要測試（test）此化合物，但是由於 Phadnis 誤解成嚐試（taste）此化合物，所以便沾了一點點三氯蔗糖，放到舌頭上舔看看，發現該化合物竟出奇的甜，是蔗糖甜度約 320 至 1000 倍。現已行銷世界各地，作為一種零卡路里的人造甜味劑。

- 對於此事件，你有何看法？
- 蔗糖的分子式為 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ，三氯蔗糖的分子式為何？
- * 下列有關三氯蔗糖的性質敘述，哪些正確？（原子量：Cl=35.5）
 - 等莫耳數的三氯蔗糖與蔗糖的碳原子數比是 1：1
 - 等莫耳數的三氯蔗糖與蔗糖的原子總數比是 15：14
 - 三氯蔗糖不被身體分解，所以是零卡路里
 - 三氯蔗糖分子量小於蔗糖
 - 三氯蔗糖難溶於水

