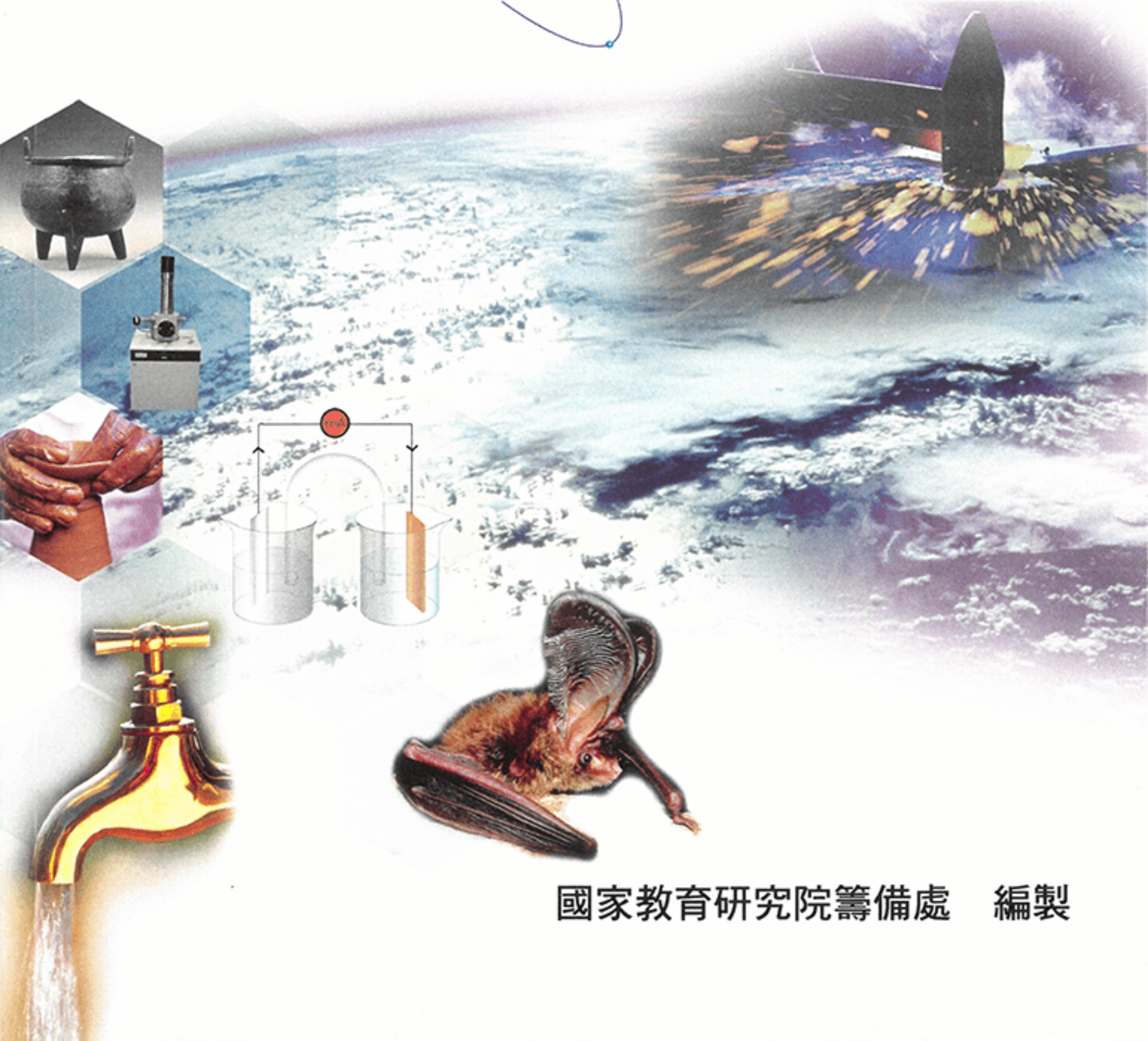


國民中學 二年級下學期

自然與生活科技

教育部·審定版

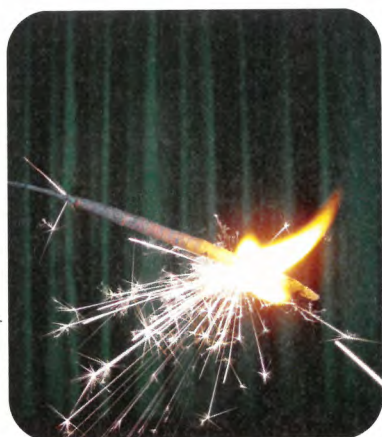


國家教育研究院籌備處 編製



第八章 物質的變化

8-1	物理變化與化學變化	10
實驗 8-1	氧氣的製造及物質的燃燒	11
8-2	化學反應	16
實驗 8-2	觀察不同的化學反應	17
實驗 8-3	質量守恆定律	21
8-3	金屬的化學活性	24
演示實驗 8-1	鹼金屬的化學活性	24
實驗 8-4	鎂、鐵、銅的化學活性	27
8-4	氧化還原	30
8-5	化學反應式的介紹	34
8-6	化學反應的速率	38
實驗 8-5	反應速率與接觸面積及濃度的關係	39
實驗 8-6	反應速率與溫度的關係	41
實驗 8-7	反應速率與催化劑的關係	44
8-7	可逆反應	47
	本章摘要	50
	參考資源	51



第九章 有機物質

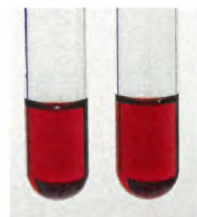


9-1	認識有機化合物	54
活動9-1	探索有機化合物的性質	56
9-2	常見的有機化合物	60
實驗9-1	酯化反應	70
9-3	聚合物	73
	本章摘要	82
	參考資源	83



第十章 生活與化學

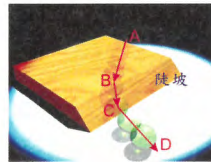
10-1	金屬材料	86
活動10-1	探索生活中常見的金屬製品	88
10-2	電池	95
實驗10-1	水果電池	99
10-3	電解與電鍍	101
演示實驗10-1	電解飽和食鹽水	102
實驗10-2	電鍍銅	105
10-4	清潔用品	108
演示實驗10-2	果汁變色：漂白作用	112
10-5	玻璃與陶瓷	115
	本章摘要	119
	參考資源	120





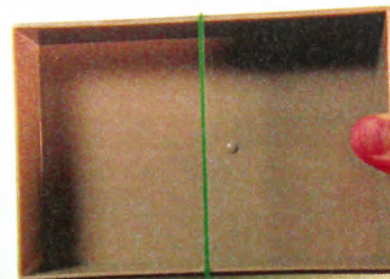
第十一章 波動現象

11-1	波的觀察	124
活動 11-1	觀察繩波與彈簧波	126
11-2	波的反射與折射	132
活動 11-2	波的反射與折射	133
	本章摘要	139
	參考資源	140



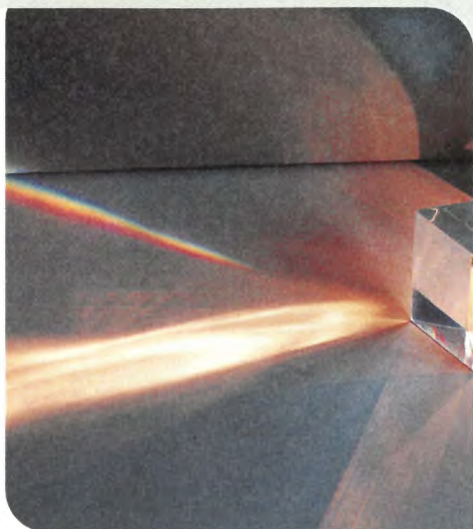
第十二章 聲音

12-1	聲音是一種波	144
活動 12-1	聲音的體驗	145
12-2	聲音的傳播	153
活動 12-2	聲音的共振	158
12-3	聲音利用的多元性	161
活動 12-3	小小科學音樂會	162
	本章摘要	167
	參考資源	168



第十三章 光

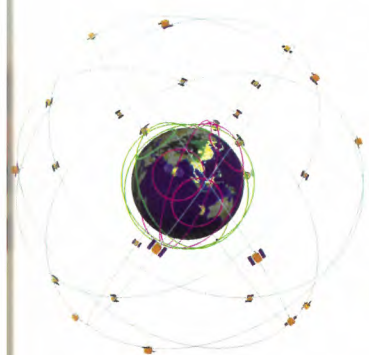
13-1	光的直進與反射	172
活動 13-1	光的反射	173
13-2	光的折射	176
活動 13-2	光的折射	176
活動 13-3	陽光的折射與色光	180
活動 13-4	魔術畫卡	185
13-3	多彩多姿的像	187
活動 13-5	針孔相機	187
活動 13-6	凹凸面鏡	193
活動 13-7	透鏡的成像	197
	本章摘要	205
	參考資源	207



第十四章 資訊與傳播科技

14-1	何謂資訊？	210
14-2	傳播工具的演變	213
活動 14-1	把訊息傳遞出去	224
14-3	資訊與傳播科技的趨勢與問題	226
	本章摘要	232
	參考資源	234

中文名詞索引	236
圖片資料	239



第八章 物質的變化



8-1 物理變化與化學變化

8-2 化學反應

8-3 金屬的化學活性

8-4 氧化還原

8-5 化學反應式的介紹

8-6 化學反應的速率

8-7 可逆反應





炎熱的夏天，
吃根冰涼的冰棒最愜意不過了，
但在太陽的照射下，冰棒很快就開始熔化了。
我們的生活中，還可以觀察到很多現象的變化，例如：
仙女棒燃燒時，可看見閃亮的火花。
公園裡，年久失修的鐵欄杆變得鏽蝕斑斑；
這些都是物質產生了變化。

然而，這些變化只是物質的形態發生改變呢？還是產生了新的物質？

在第四章曾經介紹過物質的變化，
是否與上面的現象有關聯？這一章裡，
我們就來詳細探討這些奧秘。



8-1 物理變化與化學變化



更·上·一·層·樓

蠟燭燃燒的過程包含了物理及化學變化，蠟燭受熱先熔化成液態蠟，液態蠟藉毛细現象沿燭芯上升，再汽化成蠟蒸氣。熔化及汽化的過程，屬於物理變化；蠟蒸氣燃燒產生二氧化碳及水蒸氣的過程屬於化學變化。

自然界的物質常以固態、液態或氣態存在，這三態間的變化稱為物理變化。物理變化是指物質形態改變，但組成不變的過程或現象，像糖溶於水或熱脹冷縮等也都是物理變化（參考第三冊4-1及4-2節之介紹）。自然界另一種物質間的變化，像仙女棒、蠟燭燃燒⁴¹、鐵釘生鏽（圖8-1）、酒變酸及光合作用等，這些變化都產生了新物質，稱為化學變化（參考第三冊4-2節之介紹內容）。

在前面的章節裡我們已經接觸了許多化學變化的實例，像是：氫氣燃燒得到水、酸鹼中和得到鹽、電解水產生氫氣與氧氣、鈉及鉀金屬與水反應產生氫氣、銅生銅綠、碳酸鈣加熱分解出二氧化碳等，這些變化都會產生新的物質，而且這些物質無法藉由物理方法（如蒸發、凝固、熔化、溶解、結晶、昇華），轉換成原來的物質。

燃燒就是一種化學變化，需具備有**可燃物**、**助燃物**及**可燃物的溫度達到燃點**以上，才可以發生。自然界中最常見的助燃物是氧氣，物質在氧氣的助燃下，進行反應產生氧化物；例如碳的燃燒，就是碳元素與氧氣結合產生二氧化碳。接下來的實驗，將介紹氧氣的製造以及物質的燃燒。

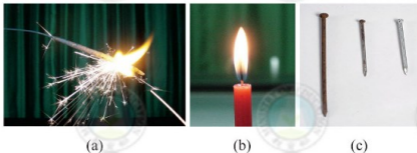


圖8-1 (a) 仙女棒燃燒 (b) 蠟燭燃燒 (c) 鐵生鏽都是化學變化。





實驗 8-1 氧氣的製造及物質的燃燒

實驗目的：

1. 了解如何製造氧氣。
2. 燃燒木炭粉及鎂帶，觀察氧的助燃性及燃燒產物的性質。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
水槽	1個
廣口瓶	2個
玻璃片	2片
有側管的錐形瓶（125 mL）	1個
薊頭漏斗（附橡皮塞）	1個
滴管	1支
橡皮管	1條
酒精燈	1個
燃燒匙	1支
刮勺	1支
鐵架	1個
石蕊試紙（藍色及紅色）	各2張
二氧化錳	約半刮勺
雙氧水（30%）	20 mL
鎂帶	1片（約2 cm）
木炭粉	約半刮勺

注意事項：

1. 製造氧氣時，雙氧水要慢慢加入，以免氧氣產生太快，使雙氧水從錐形瓶中沿著薊頭漏斗噴出。如果氧氣產生太快，雙氧水快要由薊頭

漏斗噴出時，應立刻將橡皮管拉出水面。

2. 濃度30%的雙氧水接觸到皮膚會造成傷害，應避免沾到，如果沾到時需立即用大量清水沖洗（一般消毒用雙氧水濃度為3%~5%）。
3. 二氧化錳為催化劑，可重複使用，待最後一個班級做完實驗後再回收利用。
4. 鎂燃燒時會產生強烈白光，眼睛不可直視，以免受到傷害。

實驗步驟：

(一) 氧氣的製造與收集

1. 將水槽加水至半滿。
2. 取2個廣口瓶裝滿水，用玻璃片蓋好，倒立在水槽中。
3. 在錐形瓶中放入約半刮勺的二氧化錳，加入少許的水。
4. 以附有薊頭漏斗的橡皮塞塞緊瓶口，薊頭漏斗長管末端要在錐形瓶內的水面下。錐形瓶的側管接上橡皮管，橡皮管的另一端置於水槽中。
5. 將薊頭漏斗以鐵架上的鐵夾固定。
6. 製造氧氣實驗裝置（圖1）架設完畢後，使用滴管慢慢由薊頭漏斗上方加入雙氧水。反應剛開始時，橡皮管中冒出的氣體為錐形瓶中原來的空氣，不要收集，等大量氣泡產生約30秒後，再把橡皮管插入事先裝滿水的廣口瓶中收集氧氣。
7. 待氧氣充滿廣口瓶後，以玻璃片將廣口瓶蓋好，取出水面，瓶口向上，放在桌面。把橡皮管插入另一個廣口瓶中，繼續收集氧氣備用。
8. 在二個廣口瓶中加入少許水。
9. 在二張標籤紙上標示A、B，分別貼在二個裝滿氧氣的廣口瓶上。





圖1 製造氧氣實驗裝置

(二) 氧的助燃性及氧化物的酸鹼性

1. 用燃燒匙取少量木炭粉，以酒精燈點燃後，放入A廣口瓶〔圖2(a)〕，並迅速蓋好玻璃片，觀察燃燒的情形。等火焰熄滅後，移開玻璃片，稍微搖動廣口瓶，用紅色與藍色石蕊試紙測試，觀察石蕊試紙的顏色變化。
2. 把鎂帶繞在燃燒匙上，點燃後趕快插入B廣口瓶中〔圖2(b)〕，並迅速蓋好玻璃片，觀察燃燒情形及燃燒後殘留的物質。火焰熄滅後，移開玻璃片，輕輕搖動，用紅色與藍色石蕊試紙檢驗，觀察石蕊試紙變色情形。

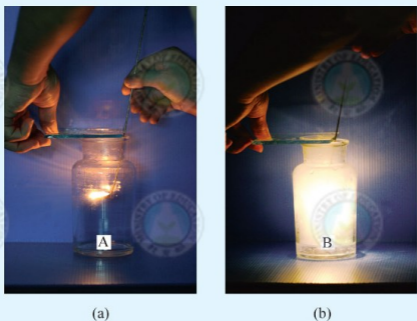



圖2 (a)碳的燃燒 (b)鎂的燃燒

實驗討論：

1. 收集氧氣時使用排水集氣法，這是因為氧氣易溶於水或難溶於水？
2. 裝有氧氣的廣口瓶瓶口朝上，正立置於桌上，這是因為氧氣的密度大於或小於空氣密度？
3. 燃燒木炭粉及鎂帶時，是屬於放熱反應，還是吸熱反應？
4. 碳在空氣中及氧氣中燃燒時有什麼差別？燃燒後的產物溶於水後，可以使石蕊試紙呈現什麼顏色？
5. 鎂在空氣中及氧氣中燃燒時有什麼差別？燃燒後的產物溶於水中可以使石蕊試紙呈現什麼顏色？



雙氧水接觸到二氧化錳時會迅速產生氧氣，再將產生的氧氣以排水集氣法收集。排水集氣法是實驗室中收集氣體的一種方法，利用氣體難溶於水的性質，將氣體通入裝滿水的容器中收集。例如氫氣、氧氣、氮氣等難溶於水的氣體，都可以利用此法收集。而由於氧氣的密度大於空氣的密度，故裝有氧氣的廣口瓶瓶口需朝上，正立置於桌上。

碳燃燒時呈現黃色火焰，並產生二氧化碳，二氧化碳溶於水中會形成酸性的碳酸水溶液，可使藍色石蕊試紙變成紅色。鎂燃燒時有強烈白光，燃燒產物為氧化鎂 (MgO)，氧化鎂遇水產生鹼性的氫氧化鎂 ，可使紅色石蕊試紙變成藍色。石蕊試紙遇到酸或鹼時，會產生新的化合物而使顏色改變，這是一種化學變化。

元素與氧氣作用產生的氧化物可分成二大類：金屬氧化物及非金屬氧化物。一般金屬氧化物溶於水後呈鹼性，如氧化鎂；而非金屬氧化物溶於水後呈酸性，如二氧化碳。



更·上·一·層·樓

氧化鎂 (MgO) 遇水會產生氫氧化鎂。氫氧化鎂雖然難溶於水，但只要少量溶解於水中，就會使溶液呈鹼性。有些氧化物不溶於水，則無法使水溶液呈酸鹼性，因此不會讓指示劑變色，例如氧化銅 (CuO)。

1



請接變化球

1. 將糖果敲碎的過程，屬於物理變化還是化學變化？
2. 二氧化碳 (CO_2) 與石灰水 [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] 反應，產生碳酸鈣 (CaCO_3) 沉澱，這是物理變化還是化學變化？

8-2 化學反應



圖 8-2 石灰水和二氧化碳反應產生沉澱

將二氧化碳通入澄清的石灰水（氫氧化鈣水溶液）中，會產生白色碳酸鈣沉澱（圖 8-2）；另外，鐵在潮溼的空氣中，會和氧氣反應產生褐色的鐵鏽，這些化學變化就稱作化學反應。為了方便描述這些反應，化學家常利用方程式來加以表達，稱為**化學反應式**，我們在 8-5 節會有更詳細的介紹。

石灰水和二氧化碳反應產生碳酸鈣沉澱的化學反應式，可表示為：



化學反應式中箭號左邊的物質稱為**反應物**，如上式中的氫氧化鈣及二氧化碳；箭號右邊的物質稱為**生成物或產物**，

如上式中的碳酸鈣與水，箭號表示反應進行的方向。

化學反應的過程中，反應物的原子重新排列組合成新的分子，其性質與原有分子不同。例如氫氣及氧氣化合成水蒸氣（圖8-3），氫分子（ H_2 ）和氧分子（ O_2 ）中的原子重新組合成水分子（ H_2O ），水分子與原來的氫分子和氧分子性質顯然不同。



圖 8-3 氫氣及氧氣化合成水蒸氣

化學反應常會伴隨產生一些現象，例如燃燒時會放熱、發光等。以下的實驗將讓我們觀察到一些化學反應發生時所伴隨的現象。



實驗 8-2 觀察不同的化學反應

實驗目的：

觀察化學反應發生時所伴隨的現象如沉澱的產生、顏色的變化、溫度的改變等。

🔍 **實驗器材：**（每組）

器材與藥品	數量
量筒（10 mL）	1支
滴管	1支
溫度計	1支
試管	2支
標籤紙	2張
天平	1座
玻璃棒	1支
氯化鋇水溶液（20%）	3 mL
硫酸鈉水溶液（10%）	3 mL
碘酒	數滴
澱粉液（1公克澱粉/ 50 mL水）	約 50 mL
維他命C水溶液	1片維他命C/500 mL水
硝酸鉍	2.5公克
氫氧化鋇（ $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ）	5公克
熱包（內含過飽和的醋酸鈉水溶液）	1個
碼錶	1個

🔍 **注意事項：**

1. 氫氧化鈉水溶液具腐蝕性，勿直接碰觸。
2. 硝酸鉍與氫氧化鋇混合後會產生刺鼻的氨氣，實驗時需注意室內空氣的流通。

🔍 **實驗步驟：**

（一）沉澱的產生

1. 用量筒量取濃度為20%之氯化鋇水溶液3 mL，倒入試管中。
2. 取濃度為10%硫酸鈉水溶液3 mL，加入步驟1的試管中，觀察試管內發生的現象，並記錄反應前後溶液的變化情形。



(二) 顏色的變化

1. 在標示A和B的二支試管中，分別倒入3 mL自來水。
2. 在二支試管中各滴入1滴碘酒，搖動試管使碘酒與水充分混合均勻，觀察水溶液的顏色變化。
3. 以量筒量取1 mL澱粉液，倒入B試管，比較A、B二支試管溶液的顏色。
4. 量取8 mL維他命C水溶液，加入B試管，靜置3分鐘，觀察試管中的顏色變化。

(三) 溫度的改變

甲、吸熱反應

1. 以天平秤取硝酸銨2.5公克倒入試管中，用溫度計測量硝酸銨的溫度後，取出溫度計。
2. 以天平秤取氫氧化銻5公克，倒入步驟1的試管中，用玻璃棒均勻混合二種藥品後，取出玻璃棒，再以溫度計測量藥品混合後的溫度，每隔20秒記錄一次溫度，並記錄出現的最低溫度。

乙、放熱反應

1. 取熱包1個，放進熱水中加熱（或以電鍋加熱亦可），觀察熱包的變化，加熱到熱包內部的物質全部呈液態為止。
2. 用冷水沖洗熱包，使其溫度冷卻至室溫左右。
3. 按一下袋內的小圓盤，觀察其變化（圖1），以溫度計接觸熱包，60秒後記錄溫度計的讀數。



圖1 (a)過飽和醋酸鈉水溶液，可清楚看見金屬片。
(b)形成固態醋酸鈉，將金屬片遮住。

實驗討論：

1. 氯化銨水溶液和硫酸鈉水溶液混合時，會有什麼現象發生？
2. 碘酒滴入水中呈現何種顏色？加入澱粉會產生何種變化？再加入維他命C水溶液時會變成何種顏色？
3. 硝酸銨與氫氧化銨混合後會產生什麼變化？以手碰觸試管時，感覺如何？這是放熱反應還是吸熱反應？
4. 按下熱包內的小圓盤後，熱包中產生何種變化？以手觸摸熱包時，感覺如何？這是放熱反應還是吸熱反應？

無色透明的氯化銨水溶液和硫酸鈉水溶液混合時，會產生白色硫酸銨沉澱及氯化鈉水溶液。碘酒滴入自來水中時呈褐色，加入澱粉水溶液後，碘遇澱粉變為藍黑色，再加入維他命C水溶液時，碘與維他命C反應使溶液顏色變淡，逐漸變成無色。硝酸銨與氫氧化銨混合後溫度會下降，屬於吸熱反應。熱包內含有過飽和的醋酸鈉水溶液，當按下圓盤時，醋酸鈉的結晶開始形成，並放出熱量，使溫度上升。

化學反應會產生新的物質，而且會有吸熱、放熱、沉澱或顏色改變等各種現象伴隨發生。然而，物質的總質量在反應前和反應後會不會發生改變呢？我們可以透過下面的實驗，來探討化學變化前後質量是否改變？



更·上·一·層·樓

絲質衣服若不慎沾到碘酒，可以利用維他命C水溶液洗去而不會破壞絲的質料，這是因為維他命C可與碘反應，產生無色可溶於水的碘離子，再用清水沖洗即可洗淨。



實驗 8-3 質量守恆定律

實驗目的：

觀察碳酸鈣與鹽酸反應前後的總質量變化，也就是探討物質在進行反應時，遵守質量守恆定律。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
寶特瓶（600 mL）	1 個
試管	1 支
上皿天平	1 座
量筒（25 mL）	1 支
碳酸鈣	4.5 公克
鹽酸（18 %）	12 mL

注意事項：

鹽酸具有腐蝕性，在操作時應戴上安全眼鏡及橡膠手套，切勿沾到皮膚，若沾到時應立即以大量清水沖洗。

實驗步驟：

1. 以天平秤取碳酸鈣 4.5 公克，倒入寶特瓶中。
2. 用量筒量取 18 % 的鹽酸 12 mL，倒入試管中，並將試管管口朝上，以傾斜的方式慢慢滑入寶特瓶中（圖 1）。
3. 用雙手將寶特瓶壓扁（**注意不可將試管壓碎**），然後將瓶蓋鎖緊，小心勿使試管中的鹽酸溢出。



圖 1 寶特瓶中有碳酸鈣及裝鹽酸的試管

4. 用天平秤量寶特瓶的總質量，將結果記錄下來。
5. 傾倒寶特瓶，使試管內的鹽酸與碳酸鈣反應，觀察瓶內發生的現象約一分鐘。
6. 用天平秤量反應後的寶特瓶總質量，將結果記錄下來。
7. 打開寶特瓶的瓶蓋，再用手壓扁寶特瓶，鎖上瓶蓋，秤量寶特瓶總質量，將結果記錄下來。

實驗討論：

1. 傾倒寶特瓶，使鹽酸與碳酸鈣反應後，寶特瓶有什麼變化呢？
2. 根據實驗結果，鹽酸與碳酸鈣在密閉的寶特瓶中反應時，反應前反應物總質量和反應後生成物總質量是否相同？
3. 步驟7中，打開瓶蓋再鎖緊後，秤量到的質量有何改變？為什麼？

從實驗結果可以得知，鹽酸與碳酸鈣在密閉容器中反應前後總質量相等。在一般的化學反應中，反應前所有物質的總質量恆等於反應後所有物質的總質量，也就是說，反應物的總質量恆等於生成物的總質量，這個定律稱為**質量守恆定律**，可用下式表示：

$$\text{反應前的總質量} = \text{反應後的總質量}$$

化學反應若是在開放容器中進行，則需考慮是否有物質的進出。例如上述的鹽酸與碳酸鈣反應，若將產生的二氧化碳氣體擠壓出寶特瓶，則稱得的質量會較小；但若將擠壓出的氣體質量計算在內，則可遵守質量守恆定律。同理，鋼絲絨在空氣中燃燒生成氧化鐵後，質量會增加，若欲遵守質量守恆定律，則需考慮空氣中參與反應的氧氣質量。





請接變化球

1. 碳酸鈉水溶液與氯化鈣水溶液反應，會產生碳酸鈣沉澱及氯化鈉水溶液，若不考慮水分的蒸發，將此反應置於開放容器中，試問反應結果是否符合質量守恆定律？為什麼？
2. 鎂在空氣中加熱生成氧化鎂，氧化鎂的質量比鎂的質量大，所增加的質量來自於空氣中參與化合的氧氣。若加熱24公克的鎂，產生40公克的氧化鎂，則參與反應的氧氣有多少公克？

8-3 金屬的化學活性

江湖術士想要使信徒誤以為他具有法術，便使了一個詐術，他將祭拜用的金紙摺疊起來，放入水中，結果金紙竟然在水中燃燒起來，你知道他是如何施行詐術的嗎？其實只要知道金屬的化學活性大小，就不難識破其詐術，從下面的演示實驗，你就可以了解這個道理。（參考第三冊第143頁介紹的請接變化球內容）



演示實驗 8-1 驗金屬的化學活性

實驗目的：

觀察鋰、鈉在水中的反應。

實驗器材：

器材與藥品	數量
燒杯（250 mL）	2個
酚酞指示劑	數滴
濾紙	2張
鑷子	1把
鋰、鈉	各1瓶 （浸泡在礦物油中）
滴管	1支
美工刀	1把

注意事項：

1. 操作本實驗時，應戴上安全眼鏡及橡皮手套。
2. 鋰和鈉都是活性很大的金屬，與水的反應非常劇烈，務必嚴格控制金屬顆粒大小。



實驗步驟：

1. 取燒杯2個，各裝水約100 mL。
2. 以鑷子從礦物油中取出鋰，置於濾紙上，用小刀切開讓同學觀察新切面（圖1），記錄於活動紀錄簿中。



圖1 用小刀切去鋰表面的氧化物

3. 以小刀切下鋰粒，如綠豆般大小，臉部應與燒杯保持距離，切勿靠近。把鋰輕輕投入其中一個裝水的燒杯中，觀察反應情形，等反應完畢，滴數滴酚酞指示劑，觀察水溶液顏色變化（圖2）。



圖2 鋰在水中反應後，加入酚酞指示劑。

4. 以鈉取代鋰，重複進行步驟2~3。

實驗討論：

1. 鋰和鈉為什麼要泡在礦物油中貯存？
2. 本節一開始提到的江湖術士是如何施行詐術，使金紙在水中起火燃燒？

元素與其他物質發生化學反應的難易，可用化學活性來表示。愈容易反應的元素，活性愈大；反之，愈不易反應的元素，活性愈小。鋰和鈉的化學活性很大（參考第三冊4-2節內容），很容易與空氣中的氧氣發生化學反應，平常必須貯存在礦物油中。也因為它們的密度比礦物油大，會沉入礦物油中，與空氣隔絕。鋰和鈉質地很軟，用小刀就可以輕易切開，新切面具有銀白色光澤，這是鈉和鋰本來的顏色，但只要暴露在空氣中，很快就會與氧氣反應而失去光澤。

鋰或鈉投入水中，會與水反應而產生氫氣，同時放出熱。如果這兩樣金屬的量太多，可能引發氫氣燃燒甚至爆炸（圖8-4）。酚酞指示劑在酸性水溶液中會呈無色，在鹼性水溶液中會呈桃紅色。當鋰或鈉反應完成



圖8-4 大塊的鈉與水反應會引發燃燒

後，我們在水溶液中添加酚酞指示劑，水溶液顏色由無色變桃紅色，顯示鈣、鈉與水的反應，都會產生鹼性物質。如果仔細觀察比較，你可能還會發現鈉與鈣的反應快慢不一樣，那麼，那一個元素反應較劇烈呢？下面的實驗將探討金屬的化學活性。



實驗 8-4 鎂、鐵、銅的化學活性

實驗目的：

觀察鎂、鐵、銅在稀鹽酸中反應的快慢。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
鎂、鐵、銅	各約0.1公克，片狀較佳，大小以能放入試管中為宜
試管（1.2 × 15 cm）	3支
試管架	1個
試管夾	1個
酚酞指示劑	數滴
滴管	2支
玻璃棒	1支
濃鹽酸	1瓶
酒精燈	1座
砂紙	1張

注意事項：

1. 加熱試管過程中，試管口要傾斜，對準沒有人的地方，絕不可向著自己或他人。剛開始加熱時，要用試管夾夾住試管，上下來回移動，使整支試管均勻受熱，然後才能固定加熱試管底部。



2. 鎂、鐵與稀鹽酸產生的氫氣，點火時會爆炸，實驗進行中不可放入大量金屬。

實驗步驟：

1. 用砂紙磨亮鎂、鐵、銅的表面。
2. 取3支試管，各倒入冷水5 mL，傾斜試管，用鑷子分別夾取鎂、鐵、銅，沿試管口放入，使其輕輕滑入試管，觀察金屬在水中是否發生反應，記錄於活動紀錄簿。
3. 用酒精燈加熱放置鎂的試管，依【注意事項 1】的方法加熱試管裡的水（圖1），直到試管中的水沸騰，將試管由火焰上移開，觀察鎂的表面是否有氣泡發生？並滴入1滴酚酞指示劑，觀察溶液顏色的變化，記錄在活動紀錄簿中。
4. 用鐵和銅取代鎂，重複步驟3。
5. 把3支試管中的熱水倒出，分別加入冷水5 mL及濃鹽酸10滴，觀察金屬表面是否有氣泡發生？如果有氣泡發生，點燃一根火柴，將火焰靠近試管口，看看有何現象發生？



圖1 加熱試管的正確方法

實驗討論：

綜合演示實驗8-1與實驗8-4的實驗結果，試問鋰、鈉、鎂、鐵、銅分別具有下列那一項性質？(a)可與冷水反應 (b)不與冷水反應，但可與熱水反應 (c)不與冷、熱水反應，但可與稀鹽酸反應 (d)不與冷、熱水反應，也不與稀鹽酸反應。



鎂不會與冷水反應，但將它放在熱水中，我們可以看到鎂的表面有少量氣泡產生。鐵雖然不會與冷水或熱水反應，但可與稀鹽酸反應。銅與水或與稀鹽酸皆不反應。

鋰、鈉可與冷水反應，鎂不與冷水反應，會與熱水反應，可見鎂的活性比鋰、鈉小。鐵不與冷、熱水反應，但會與稀鹽酸反應，可見鐵的活性比鎂小。銅不與冷、熱水、稀鹽酸反應，可見銅的活性比鐵小。這5種金屬依活性大小排列，如下所示：

鈉 > 鋰 > 鎂 > 鐵 > 銅

下列金屬在一般化學反應中，活性由大到小的次序為：鈉 > 鋰 > 鎂 > 鋁 > 鐵 > 銅 > 銀 > 金



請接變化球

在博物館中我們常見到殷商（西元前1600～1100年）時期遺留下來的銅器（圖8-5），但很少見到唐宋（西元618～1279年）留下來的鐵器，為什麼銅器歷經較長久的時間，反而比鐵器容易保留下來？



圖 8-5 殷商時期的銅器



更·上·一·層·樓

常見的金屬元素對氧的活性大小依序為：鉀 > 鈉 > 鎂 > 鋁 > 鋅 > 鐵 > 錫 > 鉛 > 銅 > 汞 > 銀 > 鉑 > 金。由這個排列可知，鎂對氧的活性很大，很容易與氧反應，金對氧的活性很小，不容易與氧反應。因此鎂在氧氣中會劇烈燃燒，而金則很難在氧氣中發生反應。

8-4 氧化還原

鐵製品長期暴露在空氣中容易產生黑色的鏽斑，黃金飾品即使久置於空氣中，仍能保持閃亮的光澤（圖 8-6），可見不同的金屬與氧氣反應會有難易的差別。容易與氧氣發生反應的物質，對氧的活性大；不易與氧氣反應者，對氧的活性小，所以鐵對氧的活性比金大。

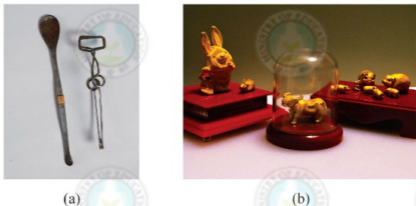


圖 8-6 (a)生鏽的鐵製品 (b)發亮的金飾

根據氧化還原的狹義定義：物質與氧結合稱為氧化反應；物質失去氧稱為還原反應。例如使用碳提煉鐵礦（氧化鐵）時，發生下列反應：



在這個化學反應中，碳與氧結合變成二氧化碳，屬於氧化反應；氧化鐵失去氧變成鐵，屬於還原反應。氧化與還原反應必定同時發生。在氧化還原反應中，具有氧化其他物質能力的物質，稱為氧化劑，而具有還原其他物質能力者，稱為還原劑。例如上述反應中，氧化鐵使碳發生了氧化反應，所以氧化鐵是氧化劑；碳使氧化鐵發生還原反應，所以碳是還原劑。

氧氣是極佳的氧化劑，蠟燭燃燒、鐵生鏽、呼吸作用等都是氧化還原反應。在這些反應中，蠟燭、鐵、葡萄糖是還原劑，氧氣是氧化劑。蠟燭燃燒是蠟燭與氧氣劇烈的反應，產生水及二氧化碳並放出光和熱；鐵的鏽蝕是鐵在空氣中與氧氣緩慢的發生反應產生氧化鐵；呼吸作用是葡萄糖經一系列的反應，氧化生成二氧化碳和水，並放出能量。

電池產生電力的過程也是一種氧化還原反應。電池的起源是在十八世紀時，義大利醫生賈法尼（Luigi Galvani, 1737-1798），偶然的以銅製的解剖刀碰觸到放在鐵盤內的青蛙，發現青蛙立刻發生抽搐，這現象引起義大利科學家伏打的興趣，而在西元1800年，製造出最早的**化學電池**，稱為**伏打電池**（圖8-7）。伏打把含食鹽水的溼抹布夾在銀圓板和鋅圓板中間，構成簡單的電池組，將好多組電池堆疊成圓柱，用導線連接最頂端的銀圓板和最底層的鋅圓板，成功做出具有實用價值的電池，俗稱**伏打堆**。

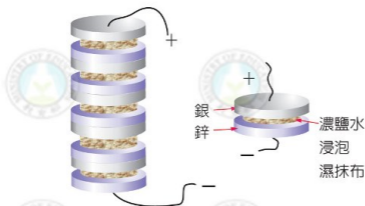


圖 8-7 伏打電池


伏打電池的原理是把兩種不同的金屬以導線連接，中間夾一可導電的物質就可產生電流，伏打電池的種類有許多種，例如以鋅、銅兩種金屬製造出來的伏打電池稱為鋅銅電池，以鋅、銀二種金屬製造出來的伏打電池則稱為鋅銀電池。

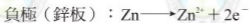
鋅銅電池的構造（圖8-8）是在甲、乙二個燒杯中，分別裝入鋅板、硫酸鋅水溶液與銅板、硫酸銅水溶液。鋅板與銅板以導線連接，並接上毫安培計，兩個燒杯中間以一U形管連接，U形管內裝有硝酸鉀水溶液。

裝有硝酸鉀水溶液的U形管裝置稱為鹽橋，可把二燒杯中的水溶液聯繫起來以溝通電路，既可避免兩溶液混合，又可維持二燒杯中電解質溶液的電中性。鹽橋內的水溶液可以使用硝酸鉀水溶液或硝酸鈉水溶液等，若沒有鹽橋則電池無法反應，不能產生電流；此點可由鹽橋未插入時，毫安培計的讀數為零得知；若把鹽橋插入兩燒杯內，毫安培計的指針立即發生偏轉，顯示有電流產生。



圖8-8 鋅銅電池的構造

鋅銅電池的原理為：金屬鋅比金屬銅容易失去電子，因此電子從鋅板經導線到達銅板。鋅當作負極，銅當作正極。甲燒杯中的鋅板內的鋅原子失去電子，鋅板逐漸溶解形成鋅離子，使燒杯中鋅離子濃度逐漸增加。電子由導線經過毫安培計時，會使指針偏轉，毫安培計指針偏轉表示有電流產生。電子最後到達銅板，燒杯中的銅離子會游向電極，銅離子在電極表面得到電子形成銅原子析出，燒杯中銅離子濃度逐漸減少，溶液顏色由藍轉淡。正負極及電池的反應如下：



電池內部由於氧化還原反應驅使電子的移動，所以較廣義的氧化還原反應定義，也可以是指得到或失去電子的反應；氧化反應是指物質失去電子的反應，還原反應則是指物質得到電子的反應，氧化還原反應必定同時發生，不能單獨存在。例如鋅銅電池的反應，鋅原子失去電子，是氧化反應，銅離子得到電子，是還原反應，鋅原子失去電子和銅離子得到電子的反應同時發生。

伏打電池以不同的金屬當作電極時，可能會產生不同的電流。影響電流大小的因素非常多，例如：正負極的材質、電極表面積、電解質的種類及濃度、溫度、導線的材質等，都可能影響到電流大小。



更·上·一·層·樓

對電池而言，正極是指電子流入的電極，負極則是指電子流出的電極，例如鋅銅電池的銅板有電子流入，因此銅板為正極，鋅板中的鋅原子流出電子，因此為負極。



請接變化球

在鋅銅電池中，若將鹽橋中的電解質水溶液改為糖水溶液，是否仍具有鹽橋的功能？

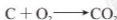


8-5 化學反應式的介紹

自然界的化學反應種類繁多，如果都用文字敘述，將會非常繁雜，因此化學家便發展出一套描述化學反應的方法，稱為化學反應式。由實驗得知，碳（C）和氧氣（O₂）完全反應會生成二氧化碳（CO₂），以中文描敘可寫成：



若以物質之化學式描敘寫成下列方式，則稱為化學反應式。



化學反應式就是以符號及數字連接化學式，來表示化學反應。反應式中的各種物質必須由實驗結果決定。

化學反應式表示法必須遵守下列的原則：由於化學反應須遵守質量守恆定律，即反應前後原子種類與總數不會改變，所以反應式中各反應物與生成物需乘以適當的係數，使箭號二邊的原子種類及數目相同，以得到均衡而完整的反應式。係數為1時可以省略不寫。

以氫氣（H₂）和氯氣（Cl₂）反應產生氯化氫（HCl）為例：氫氣和氯氣是反應物，寫在箭號左邊；氯化氫是生成物，寫在箭號右邊。其化學反應式表示如下：



上式箭號左右二邊氫原子數目和氯原子數目不同，箭號左邊有二個氫原子和二個氯原子，箭號右邊卻只有一個氫原子和一個氯原子，欲使箭號左右兩邊的原子數目相等，右邊化學式的HCl必須乘以2，因此化學反應式變成：

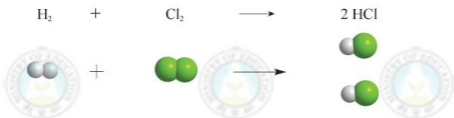
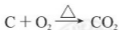


圖 8-9 氫氣和氯氣反應產生氯化氫之化學反應式及分子模型圖

如此就成為**均衡**的化學反應式了(圖 8-9)。化學反應式中均衡係數的意義有下列二點：均衡係數比=分子數比(莫耳數比)。若反應進行中需要加熱、調整壓力或使用催化劑，可將前述條件加註在箭號的上方或下方。例如碳的燃燒反應式中，用「 Δ 」代表加熱，則其化學反應式可表示如下：



綜合以上所述，均衡化學反應式的方法可以下列流程圖表示：

步驟 1：用適當的化學式表示「反應物」及「生成物」。



步驟 2：利用箭號(→)表示化學反應進行的方向，箭號左邊是反應物，右邊是生成物。如果反應物或生成物不只一種，則在各化學式間以加號(+)連接。



步驟 3：為使化學反應式能符合質量守恆定律，必需乘上係數，使反應式左右二邊原子的種類及數目相等。



步驟 4：可在箭號的上方或下方註明反應時的條件。



一些常見的化學反應式如下所示：

化學反應

(該反應出現之章節)

水的電解(5-2)

氫氣燃燒(5-2)

鎂的燃燒(8-1)

鈉與水反應(8-3)

鉀與水反應(8-3)

鎂與熱水反應(8-3)

鎂與稀鹽酸反應(8-3)

氧化銅與硫酸反應(7-1)

氫氧化鈉與鹽酸反應(7-2)

鋅與稀鹽酸反應(7-3)

雙氧水的分解(8-1)

二氧化碳與水反應(8-1)

氧化鎂溶於水(8-1)

氫氧化鈣與二氧化碳反應(8-2)

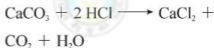
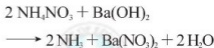
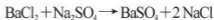
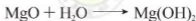
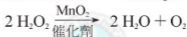
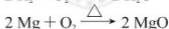
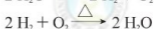
氯化鋇與硫酸鈉反應(8-2)

硝酸鉍與氫氧化鋇反應(8-2)

碳酸鈣與鹽酸反應(8-2)

鋅銅電池的反應(8-4)

化學反應式



例題 1 在氫氣與氯氣反應產生氯化氫的反應中，試問若欲得到 200 個氯化氫分子，則需要幾個氫氣分子和幾個氯氣分子參與反應？

參考解答：氫氣與氯氣反應產生氯化氫的化學反應式如下



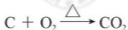
係數比：1 : 1 : 2

分子數比：1 : 1 : 2

由此可知，若欲得到200個氯化氫分子，則需要100個氫氣分子和100個氯氣分子參與反應。

例題 2 在碳燃燒產生二氧化碳的反應中，試問若欲得到2莫耳二氧化碳分子，則需要幾莫耳碳及幾莫耳氧氣參與反應？

參考解答：碳燃燒產生二氧化碳的化學反應式如下



係數比：1 : 1 : 1

莫耳數比：1 : 1 : 1

由此可知，若欲得到2莫耳二氧化碳分子，則需要2莫耳碳及2莫耳氧氣參與反應。



請接變化球

1. 甲醇 (CH_3O) 可在空氣中燃燒產生二氧化碳和水，試寫出甲醇與氧氣反應的化學反應式。

2. 雙氧水分解的化學反應式如下：



試問若欲得到300個氧氣分子，則需幾個雙氧水分子完全分解才能得到？

3. 碳酸鈣與鹽酸反應會產生二氧化碳氣體，其化學反應式如下所示：



現在若欲使2莫耳碳酸鈣完全反應，則需要幾莫耳鹽酸參與反應？反應後會生成幾莫耳的二氧化碳？



8-6 化學反應的速率

不同的化學反應，其反應進行快慢可能會有很大的差別。例如煙火的爆炸瞬間即可完成，而鐵釘生鏽則需要很長的時間。我們要如何來描述反應的快慢呢？在日常生活中，我們通常用「時速」來描述車輛移動的快慢，時速90公里表示每小時可以移動90公里的距離。一個物理量的變化快慢常用「速率」表示，代表該物理量在一段時間內的變化值；化學反應的速率則是指在一段時間內，反應物減少的量或產物生成的量。例如在8-3節曾提到，不同金屬與酸反應時會生成氫氣，根據一定時間內產生氫氣的體積，可以判斷反應速率的快慢；氫氣體積產生越多，就表示反應速率越快。

同一個反應在不同的條件下，其反應速率也可能會有所不同。例如實驗8-4曾提到，鎂不會與冷水反應，但可以和熱水反應產生氣泡。其他還有許多因素，如接觸面積、濃度、溫度、催化劑等，都可能影響反應速率，以下的實驗將觀察一些影響反應速率的因素。



實驗 8-5 反應速率與接觸面積及濃度的關係

實驗目的：

了解反應速率與濃度及接觸面積有關。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
試管	4支
標籤紙	6張
研鉢及杵	各1個
量筒（10 mL）	2支
天平	1座
塊狀大理岩	20公克
鹽酸（9%）	31 mL

注意事項：

1. 鹽酸具有腐蝕性，沾到皮膚時，必須立即以大量清水沖洗乾淨。
2. 實驗全程應戴上手套操作。
3. 量筒每次裝入不同溶液之前，應先以水洗淨再裝另一溶液。

實驗步驟：

1. 在4張標籤紙分別寫上A、B、C、D，並分別貼在4支試管上。
2. 在另外2張標籤紙分別寫上甲、乙，並分別貼在2支量筒上。
3. 秤取塊狀的大理岩各1公克，分別緩慢地放入試管A、B中。
4. 以甲量筒量取10 mL的9%鹽酸備用。
5. 以乙量筒量取1 mL的9%鹽酸，加水至10 mL，配成較稀薄的鹽酸。
6. 同時將甲、乙量筒內的鹽酸分別倒入試管A及B中（圖1），觀察二



試管內氣體生成速率的快慢，將結果記錄下來。

7. 秤取塊狀的大理岩1公克，放入研鉢中，以杵將大理岩磨成細粉狀，倒入試管C中。
8. 在試管D中加入塊狀的大理岩1公克。
9. 在甲、乙量筒中分別加入10 mL的9%鹽酸。
10. 同時將甲、乙量筒內的鹽酸分別倒入試管C及D中（圖2），觀察二試管內氣泡產生的快慢，將結果記錄下來。



圖1 不同鹽酸濃度與大理岩的反應快慢，A試管的氣泡產生較快。

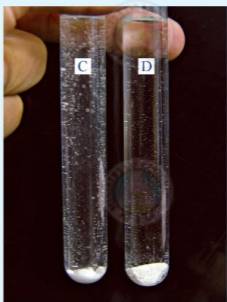


圖2 不同顆粒大小的大理岩與鹽酸的反應快慢，C試管的氣泡產生較快。

實驗討論：

1. 由實驗結果可知，大理岩的顆粒越小，反應速率越快或越慢？為什麼？
2. 鹽酸的濃度越大，反應速率越快或越慢？



從上述的實驗中可以得知，化學反應速率和接觸面積及濃度有關。接觸面積越大，反應速率越快，例如大理岩磨成粉末狀時，接觸面積增加，因此與鹽酸反應產生二氧化碳的速率較快。同理，將木塊削成木屑，燃燒時的速率也會變快。濃度越大則反應速率越快，例如鹽酸濃度越大，與大理岩反應產生二氧化碳的速率就越快，可看見大量氣泡迅速生成。炭在純氧氣中燃燒比在空氣中燃燒要劇烈，這是因為氧氣濃度越高，燃燒越劇烈。



實驗 8-6 反應速率與溫度的關係

實驗目的：

了解反應速率與溫度有關。

實驗器材：（每組）

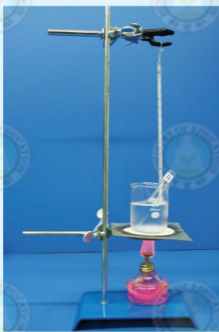
器材與藥品	數量
標籤紙	2張
試管	2支
燒杯（250 mL）	1支
量筒（25 mL）	1支
酒精燈	1個
溫度計	1支
鐵架附鐵環	1個
陶瓷纖維網	1張
鹽酸水溶液（1%）	20 mL
鎂帶	2片

注意事項：

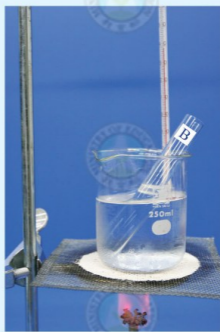
鹽酸具有腐蝕性，沾到皮膚時，必須立即以大量清水沖洗乾淨。

實驗步驟：

1. 在2支試管上分別以標籤紙標上A、B記號。
2. 量取1% 鹽酸水溶液 10 mL，分別倒入試管A、B中。
3. 將陶瓷纖維網放在鐵架上，試管B置於裝水的燒杯中，以酒精燈進行隔水加熱（圖1），溫度上升至 50°C 後，立即熄滅酒精燈火焰。



(a)



(b)

圖1 (a)加熱鹽酸水溶液 (b)放大圖



4. 在2支試管中放入體積相同的鎂帶，觀察瓶內產生氣泡的情形（圖2），比較二試管中產生氣泡速率快慢。



圖2 不同溫度的鹽酸水溶液與鎂帶的反應

實驗討論：

1. 鹽酸與鎂帶反應產生何種氣體？
2. 觀察A、B二試管內的氣體產生速率，何者較快？

鹽酸水溶液與鎂帶反應時會生成氫氣。從上述的實驗中可以得知，反應速率和溫度有關[🔥]，高溫的鹽酸水溶液與鎂帶反應產生氫氣的速率較快。實驗室中常利用加熱的方式來加速反應的進行。相反的，降低溫度可以使反應減緩。例如食物在低溫時較不容易腐壞，可以保存得較久，冰箱就是以冷凍或冷藏的方式儲存食物。



學·上·一·觸·樓

根據碰撞理論，分子必須先互相碰撞，且碰撞的分子必須具有足夠的能量，才會發生反應。溫度升高，具有足夠能量的碰撞分子數目增加，因此反應速率會變快；而接觸面積增加則可以提高分子互相碰撞的機會，加快反應速率。



實驗 8-7 反應速率與催化劑的關係

實驗目的：

了解反應速率與催化劑有關。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
標籤紙	2張
天平	1座
試管	2支
量筒（10 mL）	1支
雙氧水（1%）	10 mL
二氧化錳	0.2公克

注意事項：

1. 雙氧水具有腐蝕性，需注意不可沾到皮膚，沾到時必須立刻以大量清水沖洗。
2. 本實驗應戴手套進行，以避免直接接觸到雙氧水。
3. 二氧化錳為催化劑，可重複使用，待最後一個班級做完實驗後，再回收利用。

實驗步驟：

1. 將2支試管以標籤紙標上A、B記號。
2. 分別量取5 mL 雙氧水倒入試管A、B中。
3. 稱取二氧化錳0.2公克，加入試管A中。
4. 將二支試管並列（圖1），比較二支試管中產生氣泡的速率，將結果記錄下來。
5. 等反應完成後，觀察試管A中是否有殘餘物留存？



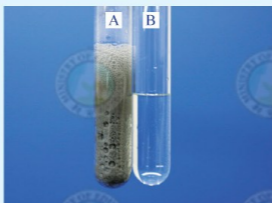
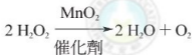


圖1 雙氧水有無二氧化錳時的分解速率

實驗討論：

1. 試管中加入二氧化錳後，雙氧水產生氣泡的速率是否變大？為什麼？產生的氣泡是什麼物質？請寫出雙氧水分解的反應式。
2. 試管A中殘餘的固體是什麼物質？

從上述的實驗中可以得知，反應速率和催化劑有關。在分解雙氧水的實驗過程中，當加入二氧化錳後，大量氧氣迅速產生，二氧化錳在此反應中當作催化劑，反應後仍可看見二氧化錳存留在試管底部。**催化劑**又稱為觸媒，會參與反應的進行，可以改變反應速率，但無法改變生成物量的多寡。催化劑不是反應物也不是產物，因此將催化劑寫在化學反應式的上方（或下方）。雙氧水分解的反應式如下：



工業上為了提高生產效益，在製造過程中會使用大量的催化劑。生物體內許多反應的過程也需要催化劑，才能順利進行。生物體內的催化劑稱為酵素，又稱為酶，例如人體唾液中的澱粉酶可幫助澱粉的分解，胃液中的胃蛋白酶能幫助蛋白質的分解。



請接變化球

1. 將雙氧水塗抹於皮膚上的傷口時，為何會出現大量氣泡？這些氣泡是何種氣體？
2. 為什麼放在桌上的飯菜，在盛夏時比寒冬時容易腐壞變酸？

8-7 可逆反應

池塘的水在炎熱的夏天蒸發得特別快；水蒸氣在高空遇冷又會凝結成雨水，水的蒸發和水蒸氣的凝結是一種可逆的現象。同樣地，許多化學反應也是可逆的，稱作可逆反應。例如，藍色的氯化亞鈷粉末加水時會變為粉紅色，而加熱含水的氯化亞鈷使水分蒸發，又可生成藍色的氯化亞鈷固體，其反應式如下：

無水氯化亞鈷（藍色）+ 水 \rightleftharpoons 含水氯化亞鈷（粉紅色）
 （圖 8-10）



圖 8-10 (a)無水氯化亞鈷（藍色） (b)含水氯化亞鈷（粉紅色）

無水氯化亞鈷藉由添加水可使反應向右進行，顏色由藍色變成粉紅色；反之，利用加熱使水分脫去，反應便向左進行，顏色又由粉紅色變回藍色。若將向右進行的反應視為正反應，則向左進行的反應則為逆反應。

可逆反應的另一個例子是二氧化氮變成四氧化二氮的化學反應。二氧化氮為紅棕色氣體，四氧化二氮則是無色氣體，而二個二氧化氮分子（ NO_2 ）可結合成為一個四氧化二氮（ N_2O_4 ）分子，其反應式如下：



裝在一定體積容器中的二氧化氮，室溫時呈紅棕色，當溫度降低到 0°C 時，反應會向右進行，使二氧化氮結合成四氧化二氮，此時容器中的顏色會變淡；當溫度逐漸回升室溫時，反應又會向左進行，使四氧化二氮分解產生二氧化氮，顏色會漸漸變深，所以正逆反應可以反覆的進行（圖8-11）。當溫度固定時，容器中的顏色也會逐漸趨於固定而不再改變，此時正逆反應都還是不斷地進行反應，而向右的正反應速率會等於向左的逆反應速率，此時稱為達成化學平衡。



圖8-11 二氧化氮在高溫 (a)及低溫 (b)時所呈現的顏色



請接變化球

1. 藍色硫酸銅晶體加熱會變成白色硫酸銅粉末，白色硫酸銅加水後會變成藍色硫酸銅，其反應式如下：



試問升高溫度時，反應會往左或往右反應？

本章結語

將小蘇打加入麵團，
烘烤時產生了氣體，使麵包鬆軟，
這是化學變化發揮了作用。
電池發生氧化還原反應，產生電力，
化學反應提供了生活上的便利。
金飾可長久保存，鐵製品卻容易生鏽，
不同的金屬有著不同的活性。
食物置於冰箱可保存較久，
肉切成小塊較快煮熟，
反應速率影響了我們的生活。
化學反應，俯拾皆是，
正等著我們去探索。

本章摘要

1. 物質的變化可分為物理變化及化學變化。物理變化是物質形態改變而本質不變的變化，例如三態變化、溶解、熱脹冷縮等。化學變化是產生新物質的變化，例如燃燒、生鏽、光合作用、電解等。
2. 物質在純氧氣中燃燒比在空氣中燃燒劇烈，反應速率因氧氣濃度增大而加快。
3. 金屬氧化物溶於水呈鹼性，會使石蕊試紙呈藍色；非金屬氧化物溶於水呈酸性，會使石蕊試紙呈紅色。
4. 化學反應發生時可能伴隨的現象有：產生沉澱、顏色變化、溫度改變、產生氣體等。
5. 化學反應前後反應物總質量等於生成物總質量，此稱為質量守恆定律。
6. 鋰、鈉可與冷水反應；鎂不與冷水反應，會與熱水反應；鐵不與冷、熱水反應，但會與稀鹽酸反應；銅不與冷、熱水、稀鹽酸反應。
7. 下列金屬在一般化學反應中，活性由大到小的次序為：鈉 > 鋰 > 鎂 > 鋁 > 鐵 > 銅 > 銀 > 金。
8. 氧化還原狹義的說法為物質獲得或失去氧原子的反應，獲得氧原子是氧化反應，失去氧原子是還原反應；廣義的說法則為獲得或失去電子的反應，失去電子是氧化反應，獲得電子是還原反應。
9. 伏打電池的原理是利用二種不同的金屬當作電極，中間隔一可導電的物質（電解質），以導線連接二電極就可產生電流。
10. 化學反應式是以符號及數字連接化學式，來表示化學反應。
11. 化學反應速率與接觸面積、濃度、溫度、催化劑有關。接觸面積越大，反應速率越快。多數反應物濃度越大時，反應速率越快。升高溫度可以使反應速率加快。有些催化劑會使反應加速，例如二氧化錳可使雙氧水分解的速率變快。



參考資源

書籍

1. 國民中學理化第2冊（2000）。臺北市：國立編譯館。
2. 國民中學理化第4冊（1999）。臺北市：國立編譯館。
3. 高級中學化學第4冊（1996）。臺北市：國立編譯館。
4. 陳偉民、梁明羽（2004）。自製熱敷包。科學研習月刊。第四十三卷第七期。臺北市：國立臺灣科學教育館。

媒體

NHK自然科學百科全集（龍吟唱片有限公司）

網站

1. 金頂電池 <http://www.duracell.com/>（2007年1月）
2. 臺北市多媒體教學資源中心（2007年1月）
<http://tmrc.tiec.tp.edu.tw/>
3. 國立教育資料館多媒體隨選視訊系統（2007年1月）
<http://192.192.169.200/cygnus14/SimpleQuery.asp>

第九章 有機物質



9-1 認識有機化合物

9-2 常見的有機化合物

9-3 聚合物





甘蔗為什麼是甜的？檸檬為什麼是酸的？

花朵為什麼是香的？

那一類化合物使它們甜蜜蜜？酸溜溜？香噴噴？

都是有機化合物！

沙拉油、肉片、鞋子、衣服、水管以及輪胎，

也都是有機化合物組成的！

有機化合物不但普遍存在於各種日常物品中，

也是生物不可或缺的物質，沒有有機化合物就沒有生命！

有機化合物既然如此重要，

我們趕快來瞭解一下它們的性質及化學成分吧！

9-1 認識有機化合物



甲·上·一·層·樓

碳酸鹽類是含有碳酸根離子的鹽類，如碳酸鈣(CaCO_3)、碳酸鈉(Na_2CO_3)及碳酸氫鈉(NaHCO_3)等。氰化物是含有氰離子(CN^-)的化合物，如氰化鉀(KCN)等。

有機化合物可以說無所不在！食物、藥物、衣服、清潔劑、化妝品、洗髮精、塑膠瓶、汽油、天然氣等都含有有機化合物。在所有已知的化合物中，95%以上都是有機化合物，而且其數目還不斷地逐年增加。那麼到底什麼是有機化合物呢？有機化合物的共同特徵就是含有碳原子，而且除了少數的化合物，如一氧化碳、二氧化碳、碳酸鹽類、氰化物⁽¹⁾等外，大多數的含碳化合物都是有機化合物。有機化合物經高溫燒烤常會分解產生黑色的炭粒，例如烤肉或烤吐司時，若不小心就會將肉或吐司烤成焦黑(圖9-1)⁽²⁾。



甲·上·一·層·樓

肉類經過高溫燒烤後，實際上不僅產生黑色的炭，還會產生許多其它的物質，包含致癌性的有機物質。



圖9-1 烤焦的肉

「有機化合物」這個名詞的由來可以追溯到十八世紀，當時的人們察覺，來自生物與來自礦物的化合物在性質上有很大的差異，為了區別這兩類化合物，於是就將前者稱為有機化合物，後者則稱為無機化合物。大家回想第一冊的自然課本中曾經介紹過：動、植物(圖9-2)都是由細胞組成，細胞中的許多重要物質包括醣類、脂質、蛋白質、核酸與它們的代謝產物等，都是典型的有機化合物。





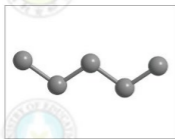
(a)

(b)

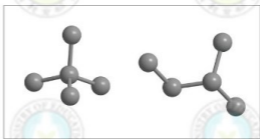
圖9-2 (a)動物(雞與雞蛋)及(b)植物(向日葵)中皆含有有機化合物

十九世紀以前的科學家普遍認為有機化合物只能來自於動、植物等生命體，無法由無機化合物製得。直到西元1828年，德國化學家伍勒 (Friedrich Wöhler) 成功的製造出尿素，才證實有機化合物也可以從無機化合物製得。從此以後，成千上萬個有機化合物就陸續被合成出來。

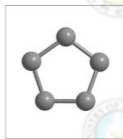
也許大家都會很好奇，有機化合物為什麼如此多呢？這是因為碳原子可以有多種連結方式：直鏈、分枝、環狀(圖9-3)。此外，碳原子還可以和其他種原子結合，如氫、氧、氮、硫、磷及氯等原子；再加上分子內原子數目的多寡及排列組合的多樣性，使得有機化合物的數量變得非常龐大。



(a)



(b)



(c)

圖9-3 以5個碳原子為例，碳原子間連接方式：(a)直鏈 (b)分枝 (c)環狀

在第一冊自然課本中曾經提到過醣類，如葡萄糖、果糖、蔗糖、澱粉及纖維素等。醣類就是碳水化合物，其組成原子只有碳、氫、氧三種，但是原子的個數與原子間的排列組合方式不同時，就會形成不同的化合物。例如葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）與蔗糖（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）的組成原子種類相同但數目不同，所以是二種不同的化合物；而葡萄糖和果糖之分子式相同，表示其組成的原子種類和數量完全相同，但由於排列方式不同，就變成了兩種性質不同的化合物！

了解有機化合物具有許多種類之後，接下來藉由下面的活動，幫助我們了解有機化合物的性質。



活動9-1 探索有機化合物的性質



活動目的：

探索有機化合物的性質。



活動器材：（每組）

器材與藥品	數 量
塑膠板（ 5×5 cm）	2片
白板筆	1支
打火機	1個
滴管	1支
棉花棒	3根
試管	3支
量筒	1個
標籤紙	2張
去漬油	10 mL
食鹽	2 g



👉 注意事項：

1. 進行活動時，需注意去漬油附近不可有火源，以免造成意外。
2. 步驟5中，點燃去漬油的活動需由教師操作，不可由學生自行操作。

👉 活動步驟：

1. 分別以滴管吸取1滴去漬油及1滴水，滴在兩片塑膠板上，並在塑膠板上註明去漬油及水，觀察何者蒸發較快（去漬油及水的液滴大小需相同）。
2. 用白板筆在兩塊塑膠板上分別寫上A及B，待其字跡乾後，以棉花棒沾取去漬油，嘗試擦拭字母A；再以另一根棉花棒沾水，嘗試擦拭字母B。觀察那個字母可以被擦掉。
3. 在試管中裝入1 mL水，再倒入1 mL去漬油，觀察兩液體是否互溶。
4. 取兩支試管，分別以標籤紙標示甲及乙。甲試管中裝入5 mL水，乙試管中裝入5 mL去漬油。再於兩試管中分別加入1 g食鹽，搖盪試管，觀察食鹽在兩試管中的溶解情形。
5. 以棉花棒沾取去漬油，再由教師以打火機點燃，讓學生觀察燃燒情形。

👉 活動討論：

1. 滴在塑膠板上的去漬油或水，何者較快完全蒸發？
2. 去漬油可否擦去白板筆留下的字跡？水可否擦去白板筆留下的字跡？
3. 去漬油與水是否互溶？
4. 食鹽是否溶於水中？食鹽是否溶於去漬油中？
5. 去漬油是否可燃？

經由上述活動的探索，我們可以得知有機化合物的一些特性如下：

- ◆ 分子量較小的有機化合物，通常具有揮發性，如酒精、汽油及去漬油等，很容易引燃造成災害，必須遠離火源。
- ◆ 大多數的有機化合物易溶於酒精及去漬油等有機溶劑，所以去漬油可擦去白板筆留下的字跡及去除衣物上的油污；去光水可以擦掉指甲油。
- ◆ 有機化合物在空氣中燃燒時會產生二氧化碳、水及其他物質，同時放出熱能，因此可當作燃料，例如酒精、天然氣、液態瓦斯、汽油等。
- ◆ 除了少數有機化合物如葡萄糖、酒精、醋酸等可溶於水之外，大部分的有機化合物與水不互溶，例如去漬油與水混合時會分層（圖9-4）。
- ◆ 大多數有機化合物不屬於電解質，其水溶液不會導電，例如糖水、酒精溶液等。但是某些有機化合物屬於電解質，例如醋酸等。



回·想·與·連·結

第三冊自然課本中曾經介紹過電解質的概念，凡是溶於水能導電的化合物，稱為電解質，例如鹽酸、醋酸。但是蔗糖、酒精溶於水不能導電，不屬於電解質。

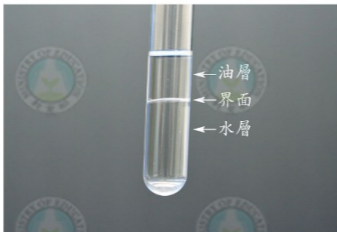


圖9-4 去漬油與水混合時會分層





請接變化球

1. 試問下列物質中，何者屬於有機化合物？

碳酸鈣 (CaCO_3)、葡萄糖 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)、二氧化碳 (CO_2)、氯化鈉 (NaCl)。

2. 大多數有機化合物不屬於電解質，例如酒精水溶液不導電，但某些有機化合物屬於電解質。試舉出一種屬於電解質的有機化合物。

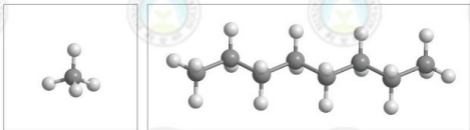
9-2 常見的有機化合物

前一節曾介紹過，有機化合物的數量非常多，因此我們不可能一個個的去認識它們，那該怎麼學習呢？回想自然課本第三冊中曾經介紹過物質的分類：純物質可以分為元素與化合物（5-3節）；性質相近的元素可以適當的歸類而得到週期表（6-6節）。顯然我們也可以將有機化合物進行分類以方便學習。

有機化合物的總數超過一千九百萬個，而其所含原子的種類卻只有碳、氫、氧、氮、硫、磷、氯等少數幾種，到底要如何將這麼多的有機化合物作系統的分類呢？化學家是從最簡單有機化合物類型開始進行分類。我們都學過化合物至少要含有兩種原子，那麼有機化合物最常含有那兩種原子呢？有機化合物當然一定要有碳原子，而大部分也都含有氫原子，因此最簡單有機化合物類型就是只含碳和氫兩種原子的化合物，這類化合物稱為**烴類**，又叫**碳氫化合物**。例如天然瓦斯中所含的甲烷（ CH_4 ）〔圖9-5(a)〕及汽油中所含的辛烷（ C_8H_{18} ）〔圖9-5(b)〕都屬於烴類。

更·上·一·層·樓
 煙(火+一+火)是取
 碳的火及氫的亞合併而
 得到的字。

【註】：
 圖9-5中，各圓
 球所代表的原
 子種類如下：
 ●代表碳原子
 ●代表氫原子



(a)

(b)

圖9-5 烴類分子示意圖(a)甲烷， CH_4 (b)辛烷， C_8H_{18}



其他種類的有機化合物大多可視為以烴類為主體衍生出來的化合物，烴類分子中的氫原子被不同的官能基取代就可形成各式各樣的有機化合物（圖9-6）。官能基是由一個或數個原子所組成，可以顯示該類化合物的特性。於是我們就可以根據官能基來進行有機化合物的分類。例如米酒中所含的酒精〔圖9-7(a)〕屬於醇類，醇類分子都含有 $-OH$ 官能基；食醋中所含的醋酸〔圖9-7(b)〕屬於有機酸類，有機酸分子都含有 $-COOH$ 官能基。本節將介紹四類有機化合物：烴類、醇類、有機酸類及可以由有機酸和醇製得的酯類，如香蕉油。

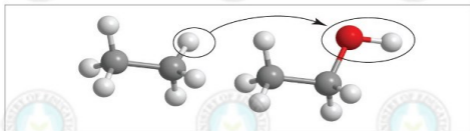
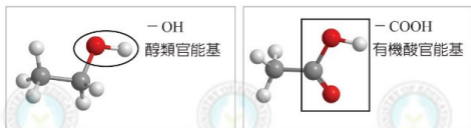


圖9-6 乙烷中的一個H被OH取代變成乙醇




(a)

(b)

圖9-7 各類分子示意圖(a)酒精， C_2H_5OH (b)醋酸， CH_3COOH

烴類

烴類是石油和天然氣（圖9-8）的主要成分，也是重要的燃料和工業原料。烴類還可以再分為許多種類，本

【註】：
圖9-6～圖9-7
中，各圓球所
代表的原子種
類如下：
●代表碳原子
○代表氫原子
●代表氧原子

 更·上·一·層·樓

石油及天然氣的來源，是古代生物死亡後沉積地底，經過細菌分解及溫度和壓力的作用，促成有機物進行複雜而緩慢的化學反應，逐漸形成黏稠的液態的石油及氣態的天然氣。

節將只介紹其中的**烷類**與**烯類**。直鏈烷類分子所含的氫原子數目為碳原子數目的二倍再加二，其分子式的通式可寫為 C_nH_{2n+2} （ n 為正整數），例如甲烷（ $n=1$ ）的化學式是 CH_4 ，乙烷（ $n=2$ ）是 C_2H_6 ，辛烷（ $n=8$ ）是 C_8H_{18} 。



(a)

(b)

圖 9-8 (a)石油鑽井台 (b)天然氣的燃燒

烷類的命名：由於有機化合物中必含有碳原子，因此每個分子中所含碳原子的數目就成為命名有機化合物的一個重要依據。若烷類分子所含的碳原子數目在10個以下，則依序以甲、乙、丙……表示，例如 CH_4 稱為**甲烷**、 C_3H_8 稱為**丙烷**，若烷類分子所含的碳原子數目超過10個，則以數字表示，例如 $C_{16}H_{34}$ 稱為**十六烷**。

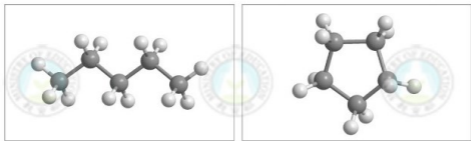
烷類除了形成如辛烷〔圖 9-5(b)〕之直鏈型外，也可以形成環狀的化合物，稱為**環烷類**。環烷類的通式是 C_nH_{2n} （ n 為正整數）。例如戊烷（ C_5H_{12} ）和環戊烷（ C_5H_{10} ）都含有五個碳原子，戊烷〔圖 9-9(a)〕是直鏈型的，環戊烷〔圖 9-9(b)〕則是環狀的烷類。



更·上·一·層·樓

相同碳數的環烷類（ C_nH_{2n} ）分子比直鏈烷類（ C_nH_{2n+2} ）分子少2個氫原子，且環烷類的碳原子數目須大於3（ $n \geq 3$ ）。





(a)

(b)

圖 9-9 直鏈與環狀烷類(a)戊烷(b)環戊烷

烷類的熔點和沸點與其分子所含碳原子數目有關，甲烷和丙烷所含碳原子數目較少，熔點與沸點較低，在常溫常壓☺下為氣體；但是碳原子數目增加時，也有呈液體（ $C_5 \sim C_{17}$ ）及固體（ C_{18} 以上）狀態的烷類（表 9-1），例如辛烷就是液態烷類，為汽油的主要組成物質。

更·上·一·層·樓

常溫是指溫度 25°C ；
常壓則是指氣壓為 1 大氣壓。

表 9-1 烷類的沸點與熔點

碳的數目	分子式	名稱	沸點 ($^{\circ}\text{C}$)	熔點 ($^{\circ}\text{C}$)
1	CH_4	甲烷	-162	-184
2	C_2H_6	乙烷	-89	-183
8	C_8H_{18}	辛烷	126	-57
12	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	十二烷	213	-10
24	$\text{C}_{24}\text{H}_{50}$	二十四烷	324	52

烯類分子的通式與環烷類相同，為 C_nH_{2n} （ n 為正整數）。烯類比對應的直鏈烷類分子少了二個氫原子，例如乙烯（ $n=2$ ）☺比乙烷少了二個氫原子，化學式是 C_2H_4 。

更·上·一·層·樓

乙烯（ C_2H_4 ）：是最簡單的烯類，碳與碳原子之間是以雙鍵的方式連結形成，在適當的條件下，可與氫分子反應得到乙烷。

更·上·一·層·樓

部分蒸餾簡稱為分餾，分餾是利用各物質的沸點不同來進行分離。

史·上·一·層·樓

由於原油或天然氣中含有少量硫化物，很難將它們完全除去，含硫的燃料燃燒時可能會產生硫的氧化物(如二氧化硫)，溶於雨水中便造成酸雨。

石油是由多種烴類及少量含硫、氮和氧的化合物所組成，成分非常複雜。從油井開採出來的石油稱為原油，是深色黏稠的液體。煉油廠利用分餾塔(圖9-10)將原油分餾^①精煉。原油經分餾後，沸點較低的成分，由較高的出口餾出；沸點較高的，則由較低的出口餾出。不同的餾出物具有不同的用途，例如可做為家庭燃料的液化石油氣、汽機車燃料的汽油、飛機的燃料用油、潤滑機械的潤滑油……等。它們不但提供人類所需的能源，也是工業原料的重要來源。燃料用油及汽油的大量燃燒會造成嚴重的空氣污染及酸雨^②現象。另外，油類物質的密度比水小，且與水不互溶，所以船舶的漏油會浮在水面上，造成污染(圖9-11)。



圖9-10 原油的分餾

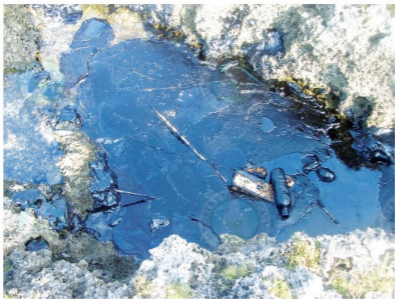


圖 9-11 漏油污染圖

石油的分餾物大致上可分為下列數類：

- 一、石油氣：含 1 到 4 個碳的烴類混合物，用途為燃料、液化瓦斯。
- 二、汽油：為 4 到 12 個碳的烴類混合物，可作為溶劑、汽機車燃料。
- 三、煤油：含 12 到 16 個碳的烴類混合物，可作為噴射機燃料。
- 四、柴油：含 16 到 20 個碳的烴類混合物，用途為柴油引擎燃料。
- 五、潤滑油：含 28 到 30 個碳的烴類混合物，用途為機械潤滑劑。
- 六、瀝青：含 40 個碳以上的烴類混合物，是不具揮發性的殘渣，可做為鋪馬路的材料。



車·上·一·層·樓

汽油在引擎中燃燒時，由於燃燒不均勻，會產生震爆現象。燃料的抗震爆效果可以用辛烷值來表示，市售 92、95、98 汽油中的數字即為辛烷值，辛烷值越高（98 汽油），抗震爆效果越好。

家庭常用的燃料有天然氣及液化石油氣（圖9-12）。天然氣的主要成分為甲烷（ CH_4 ）及乙烷（ C_2H_6 ）。液化石油氣，又稱液化瓦斯，主要成分為丙烷（ C_3H_8 ）及丁烷（ C_4H_{10} ），常溫時是氣體，但為了輸送方便，通常加壓成為液體狀態，裝在鋼桶中運送。燃燒瓦斯或天然氣等燃料時，須注意空氣是否流通、氧氣是否充足，以防一氧化碳中毒。



(a)

(b)

圖9-12 家庭用燃料(a)天然氣瓦斯槽 (b)桶裝液化石油氣

更上一層樓

官能基 $-\text{OH}$ 與氫氧根離子 (OH^-) 的意義不同，醇類水溶液在水中不會解離出氫氧根，因此醇類不是電解質，其水溶液為中性。

更上一層樓

酒精可以當作汽車引擎中的燃料，在石油日漸減少的趨勢下，酒精可以當作是未來使用的重要能源之一，因為酒精可以利用甘蔗經發酵過程製造出來，故屬於一種可以不斷製造出來的能源。

醇類

木材在隔絕空氣下加熱可產生**甲醇**（俗稱木精）；酒廠將米、麥或水果等發酵可得到**乙醇**（俗稱酒精）。甲醇和乙醇都是醇類化合物；醇類的官能基是 $-\text{OH}$ 。甲醇（ CH_3OH ）是最簡單的醇類，是無色易燃的液體，具有毒性。乙醇分子含有二個碳原子，化學式為 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，是無色且易燃的液體，和水可互溶。乙醇可作為燃料及溶劑，也是重要的工業原料，且具有殺菌及消毒的功用，添加染料的酒精可用作溫度計內的材料（圖9-13）。酒精做為工業用途時，有時會添加有毒的甲醇，含甲醇的酒精叫做**變性酒精**，若不慎飲用變性酒精會導致失明，甚至喪命。



有機酸類

被螞蟻咬到後會有麻癢的感覺，是由甲酸（俗稱蟻酸）所引起；食用醋都有一股特殊的酸味，是乙酸（俗稱醋酸）造成。甲酸和乙酸都屬於有機酸類化合物；有機酸的官能基是 $-\text{COOH}$ 。有機酸溶於水會解離出氫離子，水溶液為酸性，可使石蕊試紙呈紅色。許多水果都含有機酸，例如檸檬、鳳梨、蕃茄……等等，所以嚐起來都有酸味。

甲酸（ HCOOH ）是最簡單的有機酸，具刺激性，可腐蝕金屬，沾到皮膚時會造成嚴重灼傷及疼痛，若不慎誤食會造成食道及胃部的灼傷。甲酸是重要的工業原料，可用於皮革製造、合成藥劑及溶劑等用途。

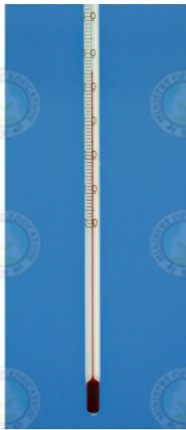


圖9-13 溫度計（內含有添加紅色染料的酒精）（註：溫度計內的材料除了用染色的酒精外，亦可使用染色之煤油。）

乙酸分子含有二個碳原子，化學式為 CH_3COOH ，純乙酸又稱為冰醋酸（圖9-14），這是因為其熔點為 17°C ，在溫度低於 17°C 時會呈類似冰狀結晶的固體。高濃度的醋酸水溶液具有腐蝕性。醋酸是重要的工業原料，用於製藥、衣料處理與合成藥劑等。調味用的食醋（圖9-15）含有3%~5%的醋酸。

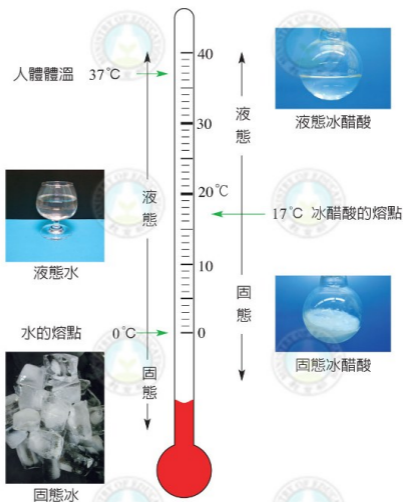


圖9-14 水及冰醋酸的熔點

酯類

許多水果和花卉都具有特殊的香味，這些香味來自某一類有機化合物，稱為酯類。圖9-15中的水果，如鳳梨和蘋果中所含之香味[🍷]，就是來自不同酯類分子。



圖9-15 各種食用醋及水果

一般酯類為不溶於水的無色化合物，分子量低者為液體，具揮發性，由於具有水果或花卉的香味，可加入餅乾、糖果或飲料中，以增添風味。

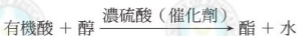


更·上·一·層·樓

水果香味的來源，是由不同的酯類所產生，如左表所示。

香味種類	主要酯類
香 蕉	乙酸戊酯
柑 橘	乙酸辛酯
蘋 果	丁酸甲酯
鳳 梨	丁酸乙酯

酯可以由有機酸及醇製得。將有機酸及醇混合加熱而生成酯與水的反應稱為**酯化反應**（如下式所示），添加鹽酸或硫酸當做催化劑，可以加速反應的進行。



接下來，我們就藉由酯化反應的實驗來進一步了解酯類的性質。



實驗9-1 酯化反應

實驗目的：

了解酯化反應的原理，並能操作實驗器材合成酯類。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
標籤紙	2張
鐵架（含鐵夾）	2組
試管	2支
10 mL量筒	1個
滴管	1支
150 mL燒杯	1個
陶瓷纖維網	1個
酒精燈	1個
試管夾	1個
鑷子	1個
火柴	1盒
鋁箔	1捲
濃硫酸	數滴
乙酸（冰醋酸）	2 mL
乙醇	2 mL

注意事項：

1. 在實驗進行的過程中，應全程配戴安全眼鏡及橡皮手套。
2. 實驗時所用藥品皆為高濃度藥品，如濃硫酸及冰醋酸具有強烈腐蝕性，且冰醋酸有強烈刺鼻味，故取用時需特別注意。



實驗步驟：

1. 先以 150 mL 的燒杯，裝水至約 1/2 滿，加熱至沸騰，作為熱水浴之用途。
2. 將二張標籤紙分別寫上 A、B 記號，貼在二支試管上。
3. 用量筒分別量取 1 mL 乙酸及 1 mL 乙醇，加入試管 A 中，用滴管加入數滴濃硫酸，並在試管口包上鋁箔紙，搖晃試管，使溶液均勻混合。搖晃試管時需注意液體不要碰觸到鋁箔。
4. 用量筒分別量取 1 mL 乙酸及 1 mL 乙醇，加入試管 B 中，並在試管口包上鋁箔紙，搖晃試管，使溶液均勻混合。
5. 將二支試管放入熱水浴中加熱（圖 1）。
6. 每加熱 2 分鐘，以試管夾夾取試管，再以鑷子打開二支試管口的鋁箔，並用手輕搨試管口處，輕聞它飄散出來的味道（圖 2），記錄二支試管產生酯類味道所需的時間。注意嗅聞味道時需輕聞，不可直接用力吸聞味道。
7. 加入 2 mL 的水到 A 試管中，觀察試管中的溶液是否有分層。



圖 1 酯類製造實驗裝置圖

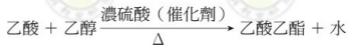


圖 2 以手輕搨試管口處以聞其味道

實驗討論：

1. 如何得知酯類產物已經生成？
2. 在進行酯化實驗時，那支試管會較快產生酯類的味道？為什麼？
3. 為什麼實驗步驟3及步驟4裡面，試管口需要包上鋁箔？
4. 酯類是否與水互溶？

由酯化反應的反應式可以推知，乙酸乙酯形成的反應式如下：



所製得的乙酸乙酯不溶於水，密度比水小，因此將乙酸乙酯倒入水中時，液體會分成二層，乙酸乙酯在上層，水在下層。乙酸乙酯是常用的工業溶劑。



回·想·與·連·結

在本章活動9-1中曾經觀察到「去漬油不溶於水，與水混合時會分層」的現象。試問去漬油與水的密度，何者較小？



請接變化球

1. 有一容器中裝有潤滑油、柴油和酒精。試問：若以分餾的方法加熱這容器中混合的液體（假設各液體間皆不會發生反應），則那一個物質會最先餾出？那一個物質最後餾出？那一種分餾物是純物質？（假設各物質的沸點：潤滑油為430～480℃、柴油為200～370℃、酒精為78℃）
2. 利用圖書館或網路資源，搜尋具有水果香味的酯類化合物有那些？試舉出一個例子。
3. 利用廚餘在發酵槽中堆肥可以產生沼氣，沼氣是一種可以利用的能源。請利用網路資源，查詢沼氣的成分為何？它是不是屬於有機化合物？



9-3 聚合物

我們每天都必須跟一些巨大的分子生活在一起！我們吃的米飯、蔬菜和水果，穿的衣服和鞋襪，還有我們的身體，每一樣都含有巨大分子！我們不禁會好奇，這些分子到底是怎麼形成的？想想看，如果把許多迴紋針一個一個的串在一起，是不是就可以變成一長串的東西〔圖9-16(a)〕，巨大分子就是根據類似的概念，由許多小分子結合而成。例如，將許多葡萄糖分子連接在一起便可以組成澱粉分子〔圖9-16(b)〕。接下來就讓我們來進一步認識這些巨大分子。

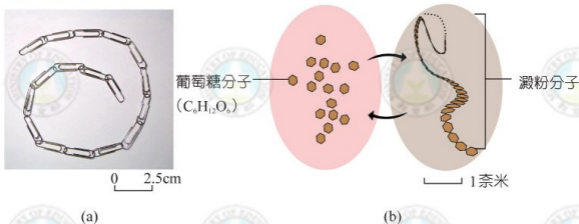


圖9-16 聚合示意圖(a)許多迴紋針串成一長鏈
(b)許多葡萄糖分子組合成澱粉分子

許多小分子不斷串起來的過程，稱為**聚合**，小分子聚合後形成的巨大分子稱為**聚合物分子**。例如：澱粉分子是由許多葡萄糖分子聚合而成；蛋白質分子是由許多的胺基酸分子聚合而成。

一般有機化合物分子中所含原子的總數大約在數十個以下，例如葡萄糖 (C₆H₁₂O₆) 及辛烷 (C₈H₁₈) 分子分別

含有 24 及 26 個原子。但聚合物分子則可能含有數千到數百萬個原子，例如澱粉、蛋白質及橡膠等分子。聚合物依其來源可分為兩大類：**天然聚合物**和**合成聚合物**。天然聚合物是自然界中自行產生的物質，包括澱粉、纖維素、蛋白質及天然橡膠等；合成聚合物是利用合成方法製造出來的物質，如尼龍、合成橡膠及聚乙烯。

天然聚合物

五穀或豆類中含有豐富的澱粉；樹皮、青草及蔬果中含有豐富的纖維素。澱粉和纖維素（圖 9-17）都是由葡萄糖分子聚合而成，但由於葡萄糖分子的連接方式不同，故形成不同的聚合物分子。澱粉經由人體的消化作用，可以逐步分解為葡萄糖，提供人體所需的能量。但是人體的消化器官沒有辦法分解纖維素。



更·上·一·層·樓

人類無法消化纖維素，但是許多草食動物（如牛、羊等）可以消化纖維素，因為在其消化系統中，寄生著可以分解纖維素的微生物，可將纖維素分解作為養分。



(a)



(b)

圖 9-17 澱粉與纖維素(a)米飯中含有豐富的澱粉

(b)蔬果中含有豐富的纖維素

蛋白質分子是由胺基酸分子聚合而成，其組成原子有碳、氫、氧、氮或硫原子。蛋白質是人體細胞和組織（如肌肉、皮膚、毛髮等）的主要構成物質，生物體內的酵素也是由蛋白質所組成。蛋白質依來源可分為二大類：



動物性蛋白質與植物性蛋白質（圖9-18）；毛髮、肌肉、乳汁等含有動物性蛋白質；豆類含有植物性蛋白質。

蛋白質在受熱或遇到酸、鹼、有機溶劑時，會造成其分子構造的改變，稱為蛋白質的變性；例如煎蛋時，蛋白質會因受熱而凝固；牛奶遇酸會凝結成塊；酒精可使細菌的蛋白質變質，所以具有殺菌的功能。



(a)

(b)

圖9-18 蛋白質(a)動物性蛋白質（蛋、肉、奶）(b)植物性蛋白質（豆類）

合成聚合物

自從貝克蘭（Leo H. Baekeland, 1863-1944）在1907年合成第一個新的聚合物[👉]後，已經有非常多的聚合物陸續被合成出來，如今合成聚合物及相關產品的製造已經變成非常重要的工業。合成聚合物是以石油化學產品為原料製成，小分子聚合時可經由鏈狀或網狀的方式互相連接，形成不同種類的聚合物，使聚合物具有廣泛的用途。

聚合物依其加熱後是否熔化，可分為**熱塑性**和**熱固性**兩種。鏈狀聚合物加熱後會熔化，冷卻後會變硬成形，屬於熱塑性，可回收重複使用，如寶特瓶、塑膠袋及尼龍等。網狀聚合物在高溫時仍不熔化、不變形，屬於熱固性，不能回收再利用，如輪胎[👉]（圖9-19）等聚合物。



更·上·一·層·樓

貝克蘭在1907年所合成出來的聚合物為電木 (bakelite)，可製成珠寶飾品、收音機、電話等。



更·上·一·層·樓

輪胎是由橡膠中加入添加物製成，屬熱固性，因為這些聚合物在高溫時不能再加熱軟化變形，所以無法回收再利用，燃燒廢輪胎時所產生的黑煙及有毒氣體，會危害人體健康，造成環保問題。



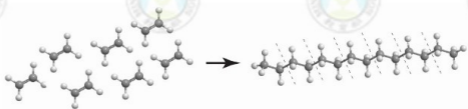
合成聚合物的種類很多，無法逐一介紹，在此僅概要敘述聚乙烯、聚氯乙烯及聚苯乙烯等三種。

聚乙烯（簡稱PE）是將乙烯（ C_2H_4 ）氣體經由鏈狀連接方式所形成的聚合物（圖9-20）。由於聚乙烯具有熱塑性、低化學反應性、不透水、容易黏接、質地柔軟等多種特性，因此用途極為廣泛。控制製造過程中的反應條件，可製成質地柔軟或堅硬的聚乙烯，前者可製成塑膠袋或雨衣等，後者可製成水桶、玩具、牛奶瓶或塑膠容器（圖9-21）等。



圖 9-19 輪胎

【註】：
圖9-20中，各圖球所代表的原子種類如下：
●代表碳原子
●代表氫原子



n 個乙烯分子

聚乙烯

圖 9-20 聚乙烯形成示意圖




圖 9-21 各種聚乙烯的製品

聚氯乙烯（簡稱PVC）是由氯乙烯（ C_2H_3Cl ）分子經由鏈狀的連接方式聚合而成的聚合物。因為聚氯乙烯具有不導電、防水、防污、耐酸及油之侵蝕等特性，故可製成電線與電纜的包覆物質、書冊封套、窗簾、水管（圖9-22）等。但是聚氯乙烯遇到高溫時易分解產生含氯的有毒物質，會危害人體的健康。



圖9-22 各種聚氯乙烯的製品：電線與電纜的包覆材料、水管

聚苯乙烯（簡稱PS）是由苯乙烯（ C_8H_8 ）分子聚合而成。聚苯乙烯可用於製造梳子、玩具、裝飾品、刷柄、廚房用具、工業用零件等。若在聚苯乙烯的加工過程中，使其內部含有微小的氣泡，就會形成俗稱的保利綸（圖9-23）；保利綸不易導熱與導電，可作為隔熱及包裝材料。



更·上·一·箇·樓

聚苯乙烯因為不易導熱，所以可當作保溫材料。但是聚苯乙烯很難自然分解，對環境可能造成污染，所以環保署已限用聚苯乙烯製造的餐具及容器。



圖9-23 保利綸製品

聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等塑膠製品提供了生活上的便利，但廢棄的塑膠製品不易自然分解，易造成環境問題。政府正在推行的限塑政策，就是希望大家盡量少用塑膠製品，並做好回收工作，以降低對環境的影響。

衣料與纖維

我們穿衣服時通常比較注重衣服是否美觀、舒適、耐穿、保暖或涼爽，很少去注意衣服是怎麼製造出來的？不同的衣料到底有什麼差別？我們現在就來討論這些問題。

衣服的布料是由各種纖維編織而成的。這些纖維都是聚合物，而且必須能夠形成細長的纖維狀才能夠編織成布料。根據來源的不同，纖維可分為天然纖維及人造纖維兩大類。天然纖維又可分為植物纖維及動物纖維。棉及麻屬於植物纖維，其主要成分是纖維素。纖維素燃燒時會產生類似紙張燃燒的味道。蠶絲與羊毛（圖9-24）則是由動物纖維組成，動物纖維的主要成分是蛋白質，含有碳、氫、氧、氮、硫等元素，燃燒時會產生硫及氮的氧化物，具刺激臭味。

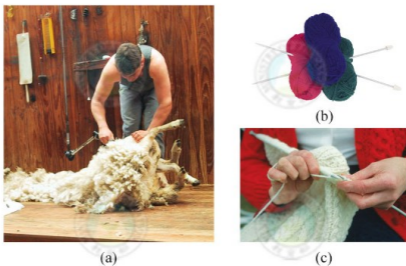


圖9-24 羊毛 (a)剪羊毛 (b)毛線球 (c)織毛衣

人造纖維是利用化學方法製成，可分為再生纖維及合成纖維二大類。再生纖維是以植物纖維為原料，經過溶解處理，再重新抽絲製成，例如嫞縲^①及醋酸纖維等。再生纖維具有類似蠶絲的光澤及良好的吸水性，易洗、易染色、抗酸鹼，但不易傳熱，韌性低，因此常與棉或合成纖維混紡來改善其性質。

合成纖維是以石油化學產品為原料，經聚合後得到的產物，例如耐綸等。一般合成纖維屬於熱塑性，彈性佳，不易產生皺褶，較能抗酸鹼，不易受蟲蛀及微生物侵蝕。人造纖維有許多種類，以下僅介紹耐綸。

耐綸又稱為尼龍，是最早被應用的一種合成纖維，屬於熱塑性，具有加熱融化與冷卻再硬化的性質。由於其生產成本低，可以大量製造，除了做成衣料之外，因為其強韌有彈性，也可製成降落傘、魚網、釣魚線、牙刷毛、絲襪、雨傘（圖9-25）等物品，用途十分多。



圖 9-25 用耐綸製成五顏六色的雨傘

一般天然纖維遇到酸或鹼時會損壞，所以可以用酸或鹼來辨別天然纖維與人造纖維。合成纖維在燃燒時，末端



更·上·一·層·樓

嫞縲 (Rayon) 是將纖維素原料，如木屑、棉屑等溶解後，重新拉絲成為一種再生纖維，是最早商業化生產的人造纖維。

會捲成球狀小珠，天然纖維燃燒時則不會（圖9-26），因此也可用燃燒的方法來分辨天然纖維及合成纖維。合成纖維有不起皺、快乾易洗、不怕蟲蛀等優點，但是吸水性及透氣性較差，所以常用合成纖維及天然纖維混紡，綜合兩者優點做成衣料。

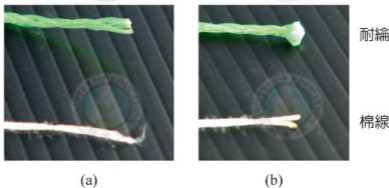


圖9-26 耐綸與棉線(a)燃燒前(b)燃燒後的情形



請接變化球

1. 小華拿一根鐵釘試圖插入寶特瓶中，結果發現鐵釘不容易插入寶特瓶中，然後他將鐵釘加熱，結果很容易就將燒熱的鐵釘插入寶特瓶中（圖9-27）。試問寶特瓶是屬於熱塑性或熱固性？
2. 請問那些塑膠可以回收再利用？（可參考網路或書籍資料）

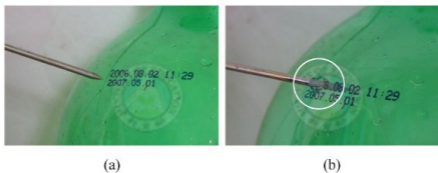


圖9-27 (a)未加熱的鐵釘難以插入寶特瓶(b)加熱後的鐵釘較易插入寶特瓶

本章結語

酒含有乙醇，醋含有乙酸，沼氣含有甲烷，這些成分都是有機化合物。

簡單的分子可以串成巨大分子的聚合物。

澱粉、蛋白質、纖維素等天然聚合物，蘊藏在食物中，是我們每天要攝取的。

尼龍、聚乙烯、聚苯乙烯等合成聚合物，製成用品、器具或纖維，用途十分廣。

有機化合物千變萬化，令人嘆為觀止。

本章摘要

1. 有機化合物的共同特徵就是含有碳原子。
2. 碳原子可以有多种連結方式：直鏈、分枝、環狀。
3. 碳原子可以和其它種原子結合，如氫、氧、氮、硫、磷及氯等原子。
4. 大多數的有機化合物易溶於酒精及去漬油等有機溶劑。
5. 最簡單的有機化合物類型就是只含碳和氫兩種原子的化合物，這類化合物稱為烴類，又叫碳氫化合物。
6. 烴類分子中的氫原子被不同的原子團取代就可形成各式各樣的有機化合物。
7. 烴類是石油和天然氣的主要成分，也是重要的燃料和工業原料。
8. 家庭常用的燃料有天然氣及液化石油氣。
9. 甲醇和乙醇都是醇類化合物，醇類的官能基是—OH。
10. 甲酸和乙酸都屬於有機酸類化合物，有機酸的官能基是—COOH。
11. 有機酸及醇混合加熱而生成酯與水的反應稱為酯化反應。
12. 許多小分子不斷重複串連起來的過程，稱為聚合，小分子聚合後形成的巨大分子稱為聚合物分子。
13. 天然聚合物是自然界中自行產生的物質，有澱粉、纖維素、蛋白質及天然橡膠等。
14. 合成聚合物是利用合成方法製造出來的物質，如尼龍、合成橡膠及塑膠等。

參考資源

書籍

1. 國民中學理化第2冊（2000）。臺北市：國立編譯館。
2. 國民中學理化第4冊（1999）。臺北市：國立編譯館。
3. 高級中學化學第2冊（1996）。臺北市：國立編譯館。

教學媒體

NHK 自然科學百科全集（龍吟唱片有限公司）

網站

1. 臺北市多媒體教學資源中心 <http://tmrc.tiec.tp.edu.tw/>（2007年1月）
2. 國立教育資料館多媒體隨選視訊系統
<http://192.192.169.200/cygnus14/SimpleQuery.asp>（2007年1月）
3. 臺灣大學化學系高中化學諮詢網
<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/questions/qnanswer93.htm>（2007年1月）
4. 行政院衛生署藥物食品檢驗局 <http://www.nlfd.gov.tw/>（2007年1月）
5. 普化實驗網路課程
<http://general.chemistry.pu.edu.tw/aspurin/principle.htm>（2005年7月）
6. 臺北市化學科輔導團 <http://venus.hpsh.tp.edu.tw/~chem/>（2007年1月）
7. 化學教師遠距輔導系統
<http://pck.bio.ncue.edu.tw/pckweb/database/pckchem/>（2007年1月）
8. 學習加油站
<http://content1.edu.tw/signon.do?username=anonymous&password=anonymous>（2007年1月）

第十章 生活與化學



10-1 金屬材料


10-4 清潔用品

10-2 電池

10-5 玻璃與陶瓷

10-3 電解與電鍍





生活中與化學相關的事物極多！

美術館前的銅像栩栩如生，手指上的戒指閃閃發亮。

家裡的鋁門窗可以擋風遮雨，鐵鍋或陶瓷碗盤是廚房必備用品。

整理儀容時可以照一下鏡子，衣服髒了要用清潔劑洗，還可用漂白劑使衣物更潔白。

汽機車需要電池的電力發動引擎；手電筒可是需要電池才能照明呢！

這些金屬物品、電池、清潔劑、陶瓷、玻璃等物質，全都和化學有密切的關係。

10-1 金屬材料

人類的歷史曾有過「石器時代」、「銅器時代」、「鐵器時代」，這些名詞恰好反映了當時人類生活中主要的應用材料，分別為石頭、青銅、鋼鐵。可見材料在人類生活中占有重要的地位，同時也顯示人類使用的材料一直在改變。自二十世紀以來，由於化學科技的發展，合成出各式的聚合物，讓人類進入「塑膠時代」。

材料經加工製造就會有更大的用途。例如木材是材料，鋸成木板後，就可以製成各種傢俱；鐵是材料，經冶煉及加工變成鋼板、鋼捲等，就能用於製造汽車及建造大樓（圖 10-1）。材料種類繁多，一般可分為金屬材料與非金屬材料，本節將先介紹金屬材料。非金屬材料如塑膠（參見 9-3 節）、陶瓷、玻璃（參見 10-5 節）等，另有其他章節介紹。



(c)



(a)




(b)



(d)

圖 10-1 鐵經冶煉及加工變成鋼板、鋼捲等，就能用於製造汽車及建造大樓 (a)堆疊的鋼板 (b)鋼捲 (c)汽車 (d)鋼骨大樓



在本書第三冊曾以金、汞、鎊為例介紹過金屬元素的通性，本節將介紹金屬材料的重要用途。一般金屬元素具有良好的導電性、導熱性及延展性，所以用途很廣（表10-1）。但是它們易受酸腐蝕，且純的金屬往往熔點太高、硬度太低，不適合加工，人們常利用電鍍（參見10-3節）或合金等方法來改進其性質。合金是金屬與其他金屬或非金屬均勻混合而成的固態溶液。



回·想·與·連·結

記不得本書第三冊實驗3-3熟的傳播的實驗？銅、鋁、鐵三支金屬棒上的火柴棒倒下的順序為何？

表10-1 常見金屬的性質與用途

金屬名稱	密度(g/cm ³)	顏 色	在自然界存在的形態	主要用途
鐵	7.9	銀白色	化合物	機械及建築材料 各式合金 (鑄鐵、鍛鐵)
銅	9.0	紅 色	元素或化合物	電線 開關、水電及建築材料
鋁	2.7	銀白色	化合物	航空、建築材料 包裝及廚房用品
銀	10.5	銀白色	元素或化合物	製造硝酸銀、溴化銀等感光材料鏡子
鋅	7.1	銀白色	化合物	銅鋅合金(黃銅) 電鍍
錫	7.3	銀白色	化合物	馬口鐵 銅錫合金(青銅)
鉛	11.4	銀白色	化合物	電池 放射線的屏障

我們先利用以下活動，觀察生活中常見金屬的外觀，及其遇到酸鹼時所產生的反應。





活動10-1 探索生活中常見的金屬製品

活動目的：

觀察生活中常見的金屬材料與其性質。

活動器材：（每組）

器材與藥品	數量
鋁箔（1×1 cm）	1片
鐵釘	1支
電線（3 cm）	1條
釣魚用小鉛錘（或鉛管）	1個
銀製品（如刀、叉、戒指等）	1支或1只
刀片	1支
砂紙	1張
鑷子	1支
鹽酸（18%）	5 mL
氫氧化鈉水溶液（10%）	5 mL
試管	5支

注意事項：

1. 使用刀片時需注意，勿造成傷害。
2. 活動過程需戴手套，避免接觸到酸鹼等溶液。
3. 勿使用昂貴的銀製飾品來進行實驗，以免遺失或損壞。必要時可以使用實驗用銀顆粒替代。

活動步驟：

1. 將鋁箔、鐵釘、鉛錘、銀製品分別編號A、B、C、D。
2. 以刀片刮開電線的外層塑膠，觀察露出的金屬物質，並編號為E。
3. 用砂紙在上述五種金屬表面摩擦數次，觀察表面的顏色及光澤。



4. 在各金屬上用刀片切割，觀察是否可以留下刀痕。
5. 將五種金屬分別放入盛有 1 mL 的 18% 鹽酸中，觀察產生的變化，觀察完畢後，以鑷子夾出金屬並以水沖洗。
6. 將五種金屬分別放入盛有 1 mL 的 10% 氫氧化鈉水溶液中，觀察產生的變化，觀察完畢後，以鑷子夾出金屬並以水沖洗。

活動討論：

1. 電線割開後，露出的金屬是什麼顏色？依據表 10-1 的資料，試推測是何種金屬？
2. 能與鹽酸作用的金屬有那些？能與氫氧化鈉作用的金屬有那些？
3. 那一種金屬與鹽酸的反應最劇烈？

生活中及工業上所使用的金屬材料種類非常多，以下僅介紹鐵、銅、鋁、銀、鋅、錫、鉛等。

鐵

鐵是機械和建築的重要材料。鐵是地殼中含量第四多的元素⁽⁴⁾，僅次於氧、矽和鋁，在金屬元素中則占第二位。鐵在自然界中通常以化合物型態存在，如氧化鐵、硫化鐵，所以鐵礦⁽⁵⁾的冶煉是很重要的工業程序。含有氧化鐵（ Fe_2O_3 ）的赤鐵礦（圖 10-2），經由煉鐵的過程可以得到生鐵，將生鐵再精煉並經過許多處理步驟，可變成為鋼鐵製品。



圖 10-2 赤鐵礦

更·上·一·層·樓

地殼中含量最多的元素依次為氧、矽、鋁、鐵。其中氧約占 49.4%，以各種氧化物的形式存在；矽約占 25.7%，廣泛存在於矽酸鹽及矽石中；鋁約占 7.6%，主要存在於矽土中；鐵約占 4.7%，以化合物形式存在。

更·上·一·層·樓

常見的鐵礦有褐鐵礦、赤鐵礦、磁鐵礦等；褐鐵礦外觀呈褐色，赤鐵礦與磁鐵礦的鐵含量比褐鐵礦高，磁鐵礦是具有磁性的鐵礦。

鐵礦與焦炭（圖 10-3）在煉鐵的高爐（圖 10-4）中會進行氧化與還原的反應，其中焦炭（C）是還原劑，氧化鐵是氧化劑。焦炭被氧化變成二氧化碳（CO₂），而氧化鐵則被還原變成鐵（Fe）。反應式如下：

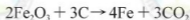


圖 10-3 焦炭



圖 10-4 高爐

更·上·一·層·樓

把高溫液態物質倒入模具中，等候其冷卻凝固而呈現一定形狀，此一程序稱為鑄造。錢幣、金屬製品、塑膠製品在製造過程中，常用到鑄造的程序。

高爐煉出來的鐵叫做生鐵，含有碳、矽、磷、硫等雜質。生鐵質地脆而堅硬，適合鑄造（圖 10-5），常用來鑄造鐵管、輸水管、水溝蓋和一般鐵器等；生鐵除去其中的雜質後，就成為熟鐵，適於鍛接（圖 10-6），可打造成精確的形狀，例如燈罩、鐵釘等。

更·上·一·層·樓

鍛接是利用重複不斷地打擊，使高溫的金屬成形，並因而增加其強度。



圖 10-5 鑄造



圖 10-6 鍛接

生鐵主要是做為煉鋼的原料。鋼的含碳量介於生鐵與熟鐵之間，性質兼具生鐵和熟鐵硬而不脆的優點，既可鑄造又可鍛接。如果將鐵添加其它金屬製成合金，用途會更廣。

不銹鋼是鐵、鉻與鎳的合金，具有不易生鏽的特性，因此經常被大量用來製造門、刀、叉、鍋子及其他器具。

鐵製品在潮濕的空氣中容易氧化生成褐色的鐵鏽，由於鐵鏽組織鬆散易剝落，因此結構變得較脆弱，會造成安全及使用的問題。保持乾燥或隔絕空氣能有效的防止鐵生鏽，例如在鐵製品上電鍍上鋅金屬或塗抹防鏽油、油漆等，都是防止鐵生鏽的方法。

銅

由於銅對氧的活性小，所以人類很容易將銅從銅礦中提煉出來。早在古埃及時代及殷商時期，人類就大量使用銅器。銅具有良好的導電傳熱性，其導電性僅次於銀，廣泛使用於電線及電器零件等。

銅也可以與其他金屬製成合金，常見的銅合金為黃銅與青銅等。黃銅是銅與鋅的合金，色澤呈金黃色，可用於裝飾用品上，如門把、欄杆、床、鈕扣、螺絲和機械的裝飾部分，而且黃銅的延展性佳，常用於製成銅線、銅管、水龍頭等（圖10-7）；青銅是銅與錫的合金，質硬耐腐蝕且色澤典雅，常作為建築或家具的材料，例如雕像、器皿（圖10-8）。長期暴露於空氣中的銅會在表面生成銅綠（圖10-8），對人體有毒。



圖 10-7 黃銅製的水龍頭



圖 10-8 長期暴露於空氣中的銅會在表面生成銅綠

鋁

鋁是地殼中含量最豐富的金屬元素，但由於鋁對氧的活性比鐵對氧的活性大，很難用碳將鋁自鋁礦中還原而提煉出來。一直到西元1886年，發明了電解製鋁的方法，才能夠大量且便宜地提煉出鋁，使鋁成為廉價且用途很廣的金屬之一。

鋁的質地柔軟，是電與熱的良導體，可用來製造鍋子、鋁箔。尤其鋁箔是廚房中常見的物品，常用來包住食物加熱烹調。鋁製品容易在表面生成緻密的氧化物，可保護鋁的內部不會繼續氧化。鋁和鎂形成的合金可提高抗腐蝕性及堅硬性，鋁合金的密度比鋼小很多，質輕堅硬，所以成為飛機（圖10-9）、船舶、高樓建築的材料。



圖 10-9 製造飛機的主要材料為鋁合金

銀

銀是柔軟的銀白色金屬，導熱及導電性最佳。銀不易氧化生鏽，常用於製造高級餐具（圖 10-10）、飾物、家具、銀幣等，但是銀製品遇到硫化物時會產生黑色的硫化銀，若配戴銀製飾物到火山地區遊覽，則飾物會變黑。此外，玻璃板的背面塗銀可做為鏡子。



圖 10-10 銀製品

鋅

鋅為電及熱的良導體，可作為金屬電鍍、乾電池、黃銅的材料。鐵的表面鍍鋅後，鋅可與空氣中的氧氣反應，形成一層薄薄的保護膜，防止內部的鐵被鏽蝕，可作為鐵架、水管的材料（圖 10-11）。



圖 10-11 鍍鋅鐵管

錫

錫是熔點較低（熔點 231.9°C ）、質軟的金屬。鍍錫的鐵片可耐腐蝕，易加工處理，稱為馬口鐵，錫可以在金屬表面形成保護性的氧化錫薄膜，馬口鐵常被應用來



圖 10-12 鍍錫



更·上·一·層·樓

鉅錫的主要成分為錫鉛合金，其他少量成分尚有銀、錳、銻等。傳統鉅錫中錫占63%，鉛占37%，約在183℃時熔化。若改變鉅錫中各種金屬的比例，可改變合金的性質，適合各種電子工業的需要，近年來由於環保意識抬頭，無鉛鉅錫漸受重視。

製作成罐頭的容器。錫合金可用於銲接材料，又稱銲錫（圖10-12），供銅、鐵、鉛、鋅等金屬成品接合用，廣用於機械、電機等。

鉛

鉛的密度高、熔點低（327℃）、耐蝕性良好、放射線透過率低，因而有許多用途，包括做為蓄電池電極、銲錫等。

上述介紹的金屬中，銀的化學活性較小，因此能以元素狀態存在於自然界。銅的活性比銀略大，但仍低於其他金屬元素，所以元素狀態或化合物狀態都可以存在於自然界。其他大部分金屬，都因活性較大，只能以化合物的狀態存在於地殼中。含鐵的礦物，可利用還原劑（例如焦炭）把鐵還原出來，而鉛的提煉則通常需要使用電解的方法。適當的使用各種金屬材料可以增進生活上的便利。



請接變化球

1. 銀是導電性最佳的金屬，但為何電線中使用的材料是銅，而不是銀？
2. 小美買了一個漂亮的銀製手環飾品，試問小美是否適合配戴這個飾品，到陽明山上冒著硫磺氣的小油坑遊玩？如果配戴此飾品在該處遊玩，容易發生什麼現象？
3. 表10-1列舉了鐵、鉛、銅、銀、鋁、鋅、錫、鉛等八種金屬的性質，小強想要從其中挑選一種密度最大的金屬，綁在釣魚線上做為重錘，他應選擇何種金屬？



10-2 電池



圖 10-13 手電筒、電子錶、手機

生活中許多常用的物品，如手電筒、電子錶、手機（圖 10-13）、照相機等都需要依賴電池的電力才能正常運作。不同的電子產品往往需要使用不同規格的電池，因此電池的種類很多，但其基本原理都相同，本節將介紹一些常用電池的構造及原理。

其實在第八章就已經介紹過電池的基本原理，電池是由氧化劑、還原劑和導電物質所組成，經由氧化還原反應驅使電子移動而產生電力[👤]；不同的電池使用不同的氧化劑、還原劑及導電物質。電池依其是否能再充電可區分為二大類：一次式電池、二次電池。

一次式電池

一次式電池不可再充電使用。電池放電時，負極發生氧化反應而有電子流出，正極有電子流入而發生還原反應。常見的一次式電池有：乾電池、鹼性電池等。



回·想·與·連·結

第八章中曾經介紹過：電池內部由於氧化還原反應驅使電子的移動，所以氧化還原反應可以是指得到或失去電子的反應。氧化反應是指物質失去電子的反應，還原反應是指物質得到電子的反應，氧化還原反應必定同時發生。在氧化還原反應中，具有氧化其他物質能力的物質稱為氧化劑，而具有還原其他物質能力者稱為還原劑。例如鋅銅電池中，鋅失去電子產生氧化反應，屬於還原劑；銅離子得到電子產生還原反應，屬於氧化劑。



一、乾電池

碳鋅電池即乾電池，早在1860年代就已經被發明出來，廣泛使用於手電筒、玩具、收錄音機、閃光燈等。乾電池是以中心的石墨棒當作正極，鋅外殼當作負極（圖10-14），電池內部的填充物質是由石墨粉、氯化銨、氯化鋅、二氧化錳與澱粉等物質調製而成的糊狀物。乾電池放電時，鋅殼發生氧化反應而放出電子，電子經外導線移動到石墨棒，使石墨棒附近的氧化劑（二氧化錳）發生還原反應。乾電池的最大電壓約為1.5伏特，使用一段時間後，電壓會逐漸降低。

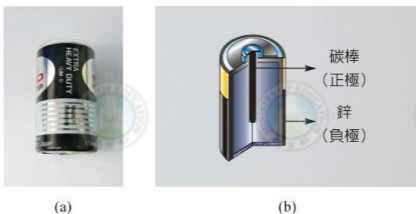


圖10-14 乾電池 (a)電池外型 (b)電池結構示意圖

二、鹼性電池

鹼性電池（圖10-15）是改良式的乾電池，是目前使用量最多的一次式電池，每年生產量超過100億個，逐漸



圖10-15 鹼性電池

取代傳統的乾電池。鹼性電池的外殼以鋼製成，正極為二

氧化錳，負極為鋅粒，電解質為氫氧化鉀。電池放電時，負極的鋅粒會進行氧化反應而放出電子，正極上則發生還原反應。鹼性電池輸出電壓與乾電池同樣約為 1.5 伏特，但電壓較穩定，使用壽命比一般乾電池長。

二次電池（充電式電池）

二次電池可再充電使用。電池放電時，負極發生氧化反應而有電子流出，正極有電子流入而發生還原反應；充電時則進行逆反應。常見的二次電池有：**鋰離子電池**、**鉛蓄電池**等。

一、鋰離子電池

鋰離子電池大量使用於手機、筆記型電腦及攝影機等電子器材中。鋰離子電池使用含鋰物質當作正、負極的材料。放電時負極會產生氧化反應而放出電子，同時釋出鋰離子至正極；正極則接收鋰離子及電子而產生還原反應。

二、鉛蓄電池

鉛蓄電池即汽機車所用的電瓶，其構造如圖 10-16。鉛蓄電池的電極為平板狀，鉛作為負極，二氧化鉛(PbO_2)作為正極，硫酸水溶液作為電解質。每組電池槽所輸出的電壓值約為 2 伏特，由 6 組電池串聯而成的鉛蓄電池，可提供 12 伏特電壓。

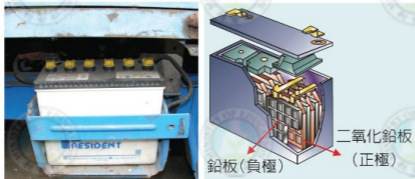


圖 10-16 (a) 鉛蓄電池及 (b) 透視圖

當鉛蓄電池放電時，正極的二氧化鉛與負極的鉛，都會反應變成硫酸鉛（ PbSO_4 ）。供電一段時間後，電池的供電能力會逐漸衰減，需要藉由充電使電池再生，才能夠再次使用。電池充電時必須注意，其正極要連接外電源的正極，負極要接外電源的負極。充電時，正、負極的硫酸鉛會反應變回二氧化鉛及鉛。

使用電池時須注意電池上的標示說明，選用適當的電池型號（圖 10-17），注意是否可以充電，不可將一次式電池充電，否則極易發生意外。由於電池普遍含有重金屬，如鋅、錳、鉛與汞等，如果使用後沒有回收而直接丟棄，不僅會造成環境污染，且重金屬更可能經由土壤、地下水、食物鏈等途徑進入人體，傷害到人們的健康，因此使用完的電池一定要作分類回收，交由廠商處理，以免污染生態環境。

重·上·一·層·樓

重金屬是指密度大於 5 g/cm^3 的金屬。常引起污染的重金屬有汞、鉛、鎘、鉍及銅等，這些金屬進入人體後會導致疾病的產生。例如臺灣在 2001 年發生鎘米污染所造成的「痛痛病」，會使肌肉萎縮、骨骼變形、腎功能衰竭，甚至死亡。



圖 10-17 各種電池型號（D、C、AA、AAA）

接下來我們就以水果內的汁液當作導電的物質，鋅、銅等金屬當作電極，並運用第八章曾提過的伏打電池原理，來製作水果電池。



實驗10-1 水果電池

實驗目的：

自製水果電池，了解伏打電池的原理。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
伏特計	1個
附鱷魚夾的電線	2條
檸檬	1顆
銅片（4 cm × 1 cm）	2片
鋅片（4 cm × 1 cm）	1片
鎂帶（4 cm）	1條

注意事項：

1. 金屬片使用前，用砂紙將表面的氧化物磨去，可以使電池的放電效果更好。
2. 金屬片插入檸檬時，須注意二種金屬片不可直接接觸。
3. 檸檬可以用其他水果替代，例如葡萄柚、蕃茄等。

實驗步驟：

1. 以小刀在檸檬的表皮劃開二道切口，將鋅片與銅片由切口插入。
2. 以鱷魚夾夾住鋅片及伏特計的負極，再以另一條鱷魚夾夾住銅片及伏特計的正極，觀察伏特計的指針是否有轉動（圖1），並將結果記錄下來。



圖1 水果電池裝置

3. 依照步驟2，將電極更換成鎂帶及銅片，觀察伏特計指針的偏轉角度，記錄讀數，並與鋅銅電池的讀數作比較。

實驗討論：

1. 檸檬在此實驗中的功用為何？其他水果是否也具有相同的作用？
2. 為什麼金屬片插入檸檬時，二種金屬片不可直接接觸？
3. 鋅銅電池與鎂銅電池的讀數大小是否相同？
4. 若伏特計的指針偏向零刻度的左邊，則應如何改變測量方式？

伏打電池是指二種不同金屬之間，由於活性大小不同而產生電子轉移的現象，而水果電池就是依據伏打電池原理設計的電池。當鋅銅二片金屬插入含有電解質的溶液中，電子會從活性大的鋅片流到活性較小的銅片，鋅失去電子而發生氧化反應，銅得到電子而發生還原反應。同理，當鎂銅二片金屬插入含有電解質的溶液中，鎂帶因活性較大，會發生氧化反應，放出電子；銅則因活性較小，會接收電子發生還原反應。



請接變化球

試問以鎂帶和鐵製迴紋針當作水果電池的二個電極時，何種金屬是正極？何種金屬是負極？在那個電極上發生氧化反應？那個電極上發生還原反應？



10-3 電解與電鍍

哇！好亮！好耀眼的金牌（圖 10-18）！金牌真的都是純金製成的嗎？其實只要在一般金屬表面鍍上一層薄薄的金，便可製成亮晶晶的金牌了。電鍍就是利用電解的方法，將金、銅等金屬的薄膜鍍在另一種金屬的表面以增加美觀及抗腐蝕能力。例如鐵的表面鍍鋅可形成保護膜，防止內部的鐵被鏽蝕。電鍍被廣泛的應用在日常生活中，例如鍍金的眼鏡框和鍍銅的裝飾品等。本節就來介紹電解及電鍍的原理與方法。



圖 10-18 金牌

我們先來回憶第三冊第五章時曾提到的電解水實驗，在氫氧化鈉水溶液中通入直流電[🔌]，可以在正極產生氧氣，負極產生氫氣。電解就是利用電能引起氧化還原反應，電池則是利用氧化還原反應產生電能[🔌]。電解的方法可用於製造許多重要的物質，包括鈉、鎂、氯、鋁等。下面先讓我們藉由電解飽和食鹽水的實驗，來了解電解所發生的一些現象。



更·上·一·層·樓

直流電是指電流流向固定不變。大部分的電池，如乾電池、鉛蓄電池等，便是利用電池中的化學物質發生氧化還原反應，產生直流電。



更·上·一·層·樓

電解水的過程中，電源供應電能使水發生反應，在負極及正極分別產生氫氣與氧氣。如果反過來，以氫氣和氧氣作為反應物，分別在負極及正極進行氧化及還原反應，可放出電能，並產生水，這種電池稱為氫氧燃料電池。



演示實驗 10-1 電解飽和食鹽水

實驗目的：

觀察電解飽和食鹽水溶液時產生的現象。

實驗器材：

器材與藥品	數量
6 V 的直流電源供應器（或電池組）	1 個
U 型管	1 支
燒杯（1000 mL）	1 個
碳棒	2 支
附鱷魚夾的導線	2 條
飽和食鹽水	50 mL
碘化鉀—澱粉試紙	1 張

注意事項：

1. 本實驗由教師示範，且實驗應在抽氣櫃中或通風良好場所進行。
2. 電解飽和食鹽水時會產生有毒的氯氣，因此當碘化鉀—澱粉試紙變色時，需立刻關閉電源，以免產生的氯氣危害人體。
3. 建議可以使用保鮮膜覆蓋 U 型管口，以減少氯氣外洩的危害。

實驗步驟：

1. 把 50 mL 飽和食鹽水溶液倒入 U 型管中，並將 U 型管置於 1000 mL 的大燒杯中。
2. 將二支碳棒插入 U 型管中做為電極，使碳棒浸入溶液中。（碳棒可插在適當大小的有孔橡皮塞中，固定的效果較佳）
3. 以電線連接碳棒與電源的正極，再用另一條電線連接碳棒與電源的負極。



4. 將碘化鉀—澱粉試紙以水沾溼，放在連接電源正極之碳棒的U型管管口（圖1）。
5. 打開直流電源供應器開關，調整電流大小約為0.1安培，觀察二支碳棒電極上的變化。
6. 當碘化鉀—澱粉試紙變色時，立刻關閉電源。

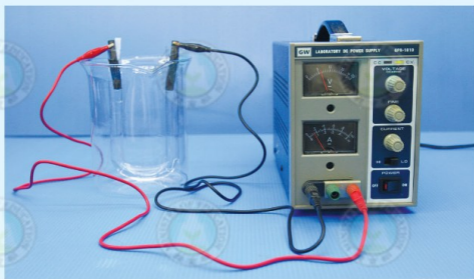


圖1 電解飽和食鹽水

實驗討論：

1. 以碳棒為電極，電解飽和食鹽水溶液時，正極和負極有何變化？
2. 電解飽和食鹽水溶液時，那一極發生氧化反應？那一極發生還原反應？
3. 碘化鉀—澱粉試紙碰到正極產生的氣體會變成什麼顏色？為什麼會變色？
4. 電解飽和食鹽水與電解水所產生的物質，有何不同？有何相同？

電解飽和食鹽水溶液時，在負極碳棒，水得到電子而產生氫氣，屬於還原反應；正極碳棒附近的氯離子會失去電子而產生氯氣，屬於氧化反應。

氯氣是黃綠色的氣體，具有臭味和毒性，溶在水中形成淡黃色的氯水。氯氣逸散出液面，與碘化鉀反應產生碘：



回·想·與·連·結

自然課本第三冊第五章的內容曾提過：碘分子(I₂)遇到澱粉水溶液呈藍色，故可以使用澱粉來檢驗碘分子的存在。

產生的碘可使澱粉變成藍色。因此當碘化鉀—澱粉試紙變色時，表示U型管口的空氣中已具有一定量的氯氣，故須立刻斷電停止反應，以免造成傷害。

電鍍其實也是一種電解，欲鍍金屬當正極，被鍍物品當負極，電鍍液為欲鍍金屬離子的溶液。接通電流後，溶液中的金屬離子在負極得到電子，析出在被鍍物體的表面，形成一層金屬薄膜。許多日常用品，如剪刀、手錶、飾品、鏡框、水龍頭等器物表面，常被鍍上一層明亮的金屬，既美觀又可防鏽。接下來我們就來利用電鍍的原理，進行電鍍實驗。



實驗 10-2 電鍍銅

實驗目的：

了解電鍍的原理及方法。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
6 V 的直流電源供應器（或電池組）	1 個
砂紙	1 張
導線（附鱷魚夾）	2 條
鑷子	1 把
燒杯（250 mL）	1 個
滴管	1 支
洗滌瓶（內裝蒸餾水）	1 個
銅片（1 cm × 4 cm）	1 片
鎳片（1 cm × 4 cm）	1 片
硫酸銅水溶液（0.5 M）	150 mL
氫氧化鈉水溶液（0.5 M）	50 mL
酒精	50 mL

注意事項：

1. 氫氧化鈉水溶液具腐蝕性，應避免直接碰觸，實驗全程必須戴上橡皮手套操作實驗。
2. 硫酸銅水溶液可重複使用，等到最後一個班級使用完再處理，需注意其含有重金屬銅離子，不可隨意傾倒至水槽中。
3. 被電鍍金屬可使用其他金屬代替，例如鑰匙、硬幣、銅片等。

實驗步驟：

1. 用砂紙磨除鎳片上的鏽斑等雜質。
2. 用鑷子夾取鎳片放入 50 mL 的氫氧化鈉水溶液中，約 1 分鐘。
3. 用鑷子夾出鎳片，以蒸餾水沖洗鎳片。
4. 將銅片放入硫酸銅水溶液中，用導線連接電源的正極及銅片，再用另一條導線連接電源的負極及鎳片（圖 1）。
5. 調節直流電源供應器，電流約為 0.1 安培，通電 10 分鐘至 15 分鐘。
6. 以鑷子夾出鎳片，用蒸餾水沖洗鎳片後，再用酒精沖洗，靜置使之乾燥。
7. 觀察正極銅片的表面顏色變化，並記錄下來。

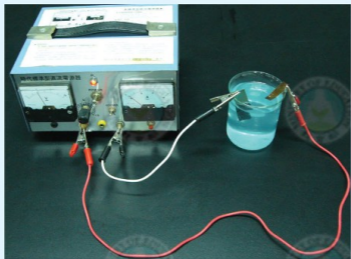


圖 1 鍍銅裝置

實驗討論：

1. 為什麼電鍍前，要以砂紙磨除鎳片上的鏽斑？
2. 為什麼電鍍前，鎳片要放入氫氧化鈉水溶液？
3. 為什麼電鍍液要用硫酸銅水溶液？
4. 為何電鍍完的鎳片用蒸餾水沖洗後，還要再用酒精沖洗？
5. 鎳片的表面出現何種顏色？這是什麼物質？



電鍍銅的實驗中，負極反應是硫酸銅水溶液中的銅離子獲得2個電子，還原為金屬銅（Cu），析出附著於鎳片的表面。正極反應為銅片中的銅原子失去2個電子，氧化成銅離子（ Cu^{2+} ）。由於正極的銅會變成銅離子，而溶液中銅離子會在負極變成銅原子析出；因此，若不考慮水的蒸發，水溶液中的銅離子（ Cu^{2+} ）濃度不變。電鍍銅的反應式如下。



請接變化球

1. 電解含有電解質的水溶液時，電極上發生的化學反應，與電解質種類是否有關？試舉例說明。
2. 電解飽和食鹽水溶液時，水溶液中的氯離子濃度是否發生改變？
3. 如果要利用課文中提到的電鍍裝置，在鐵片的表面鍍上鋅，試從下列物品中選取適當的藥品及金屬，並畫出電鍍時所需的裝置圖，再加以說明。
藥品：硫酸銅水溶液、硫酸鋅水溶液、硫酸鐵水溶液
金屬：銅片、鐵片、鋅片。

10-4 清潔用品

我們吃油炸食物時，不小心把油脂沾黏到衣服上，該怎麼辦呢？若是只想用清水洗掉衣服上的油脂，不論沖洗多少次，仍無法洗淨。可是只要用肥皂或清潔劑塗搓，就能很容易的將衣物上的油污洗掉。這是什麼道理呢？這一節裡我們來看看各種清潔用品（圖 10-19）含有什麼化學成分？又如何讓衣物潔白乾淨呢？



圖 10-19 各種清潔用品

肥皂

我們在沐浴或洗手的時候，經常會用肥皂去除油垢。那麼，要如何製造肥皂呢？其實製造肥皂的方法很簡單，只要將油脂（如牛脂或椰子油）與強鹼（如氫氧化鈉）溶液共煮，即可生成肥皂（脂肪酸鈉）及甘油，這種反應稱為皂化反應，其反應式如下：



更·上·一·層·樓

甘油即丙三醇，屬於醇類，具有-OH官能基。



由於肥皂不溶於飽和食鹽水，且密度比飽和食鹽水小，因此在皂化反應後，加入濃食鹽水可使肥皂漂浮在液面上，此種分離肥皂的方法，稱為鹽析。取出浮在水面上的肥皂，經過加工、添加香料與包裝，就成為市售肥皂。

我們可以用一個簡單的實驗，來了解肥皂的清潔原理。在A試管中加入5 mL蒸餾水後，再滴入沙拉油2 mL。由於沙拉油和水不互溶，且沙拉油的密度比水小，所以可以看見油浮在水面上，且油和水之間會形成一個明顯的界面，縱使搖動試管，靜置一段時間後，油水仍分離成兩層（圖10-20）。

在裝有水與沙拉油的B試管中加入數滴肥皂水，塞上橡皮塞，搖動試管約半分鐘之後，會發現油、水之間的界面不見了，這是由於許許多多的肥皂分子把細小的油滴包住，並散布在水中，形成油、水混合的混濁液體（圖10-20）。



圖10-20 油水分層（A試管）及加入肥皂後的情形（B試管）

更·上·一·層·樓

肥皂分子（脂肪酸鈉）結構的示意圖如圖 10-21，親油端是指碳、氫原子組成的長鏈，親水端則是指肥皂分子溶於水中後會形成離子的部分，親水端與水互溶。

更·上·一·層·樓

軟水是指水中不含或含少量的鎂離子(Mg^{2+})或鈣離子(Ca^{2+})；硬水是指水中含有較高濃度的鎂離子或鈣離子。

肥皂的去污原理與肥皂分子的結構有關，肥皂分子具有親油端與親水端^①。親油端主要是碳、氫原子組成的長鏈，可溶於油中，但不溶於水；親水端則是水溶性的原子團（圖 10-21）。當肥皂分子溶於水中時，親油端吸附在衣物的油污上，而親水端則露出油污外，形成油污被許多肥皂分子包圍，以清水沖洗時，藉由親水端和水分子的吸引力使油污脫離衣物，並形成一些微小的粒子分散在水中，如此便可將衣物上的油污去除，如圖 10-22 所示。肥皂分子呈鹼性，比較容易損害動物纖維，如絲織品和毛織品；肥皂在海水或硬水中^②，會生成難溶的固體而無法去污。

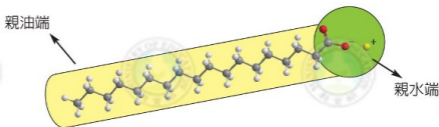


圖 10-21 肥皂分子示意圖

【白、黑、紅、黃球分別代表氫、碳、氧、鈉】

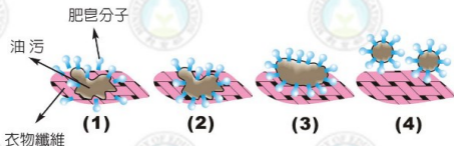


圖 10-22 肥皂分子的去污原理 (1) 油污沾在衣物上 (2) 肥皂分子包圍油污 (3) 肥皂分子使油污脫離衣物表面 (4) 肥皂分子與油污形成微小粒子，懸浮於水中



清潔劑

清潔劑大多是由石油化學原料所合成的產品，例如洗衣粉、洗碗精、冷洗精、洗髮精等。清潔劑分子也具有親油性及親水性的結構，其去污原理與肥皂相似。一般清潔劑分子呈中性，較不易損害纖維，去污作用也不受海水或硬水的影響。選擇清潔劑時應注意是否適用於人體、衣物或食物上；使用清潔劑應適量並徹底沖洗乾淨，以免清潔劑殘留而損害健康。

漂白劑

漂白劑可以使有顏色的物質褪色，而讓衣物變得更潔白。常見的漂白劑有含氯系列及含氧系列兩大類。次氯酸鈉（ NaOCl ）及次氯酸鈣（ Ca(OCl)_2 ）屬於含氯系列，雙氧水（ H_2O_2 ）則屬於含氧系列。

家庭用的漂白水含有3%~6%的次氯酸鈉，工業用的漂白水含有10%~12%的次氯酸鈉。漂白水是利用氧化色素分子來達到漂白的效果，漂白水呈弱鹼性（pH值在9~12），具刺激性和腐蝕性，會影響人體健康或使傢俱受損。使用漂白水時應遵照標籤說明，不可和其他酸性清潔用品（如洗廁劑、除鏽劑等）混合使用，以免發生危險。

次氯酸鈣為白色粉末，又稱為漂白粉，具有類似氯氣的臭味，其水溶液呈鹼性，可氧化色素分子來達到漂白的效果。漂白粉經照光、受熱或遇酸都會產生化學變化，減弱漂白能力，所以應將漂白粉貯存於密閉桶中。漂白粉也具有消毒、殺菌功能。

雙氧水是過氧化氫（ H_2O_2 ）的水溶液，可用於漂白衣物，也可用於殺菌。雙氧水作為氧化劑漂白其它物質時，



更·上·一·層·樓

漂白水可當作消毒水使用，使用時需加水稀釋至200~500ppm（或mg/L），廣泛使用在家庭、學校、醫院、游泳池水、飲用水、自來水、廢污水的消毒處理，可以有效的消除細菌、黴菌及病毒。漂白水不可與鹽酸混合使用，否則會發生化學反應，產生有毒的氯氣。



**更·上·一·層·樓**

亞硫酸鹽類亦可使物質產生還原反應來達到漂白效果，是食品加工上廣泛使用的漂白劑，其功用除了有漂白效果外，尚有抑制微生物生長的作用，常使用在脫水蔬菜、金針及蜜餞中。但是食入過量的亞硫酸鹽，可能會造成身體不適。

反應後的產物為水，因此比含氯系列的漂白劑環保。

除了上述的三種漂白劑外，工業上常用的另一種漂白劑是二氧化硫（ SO_2 ），二氧化硫可以還原有顏色的物質而達到漂白的效果⁽⁴⁾。例如免洗筷（竹筷）的製造過程中，常使用二氧化硫當漂白劑，但是二氧化硫會誘發氣喘，所以應盡量減少使用免洗筷。

接下來我們就來進行漂白劑的演示實驗。

**演示實驗 10-2 果汁變色：漂白作用****實驗目的：**

觀察漂白水使果汁變色的現象。

實驗器材：

器材與藥品	數量
試管	2支
標籤紙	2張
量筒（10 mL）	1支
果汁（深色）	6 mL
市售漂白水 （稀釋比例為水：漂白水 = 100：1）	1 mL

注意事項：

- 市售的漂白水濃度太高，具腐蝕性，需加水稀釋後才能使用，進行稀釋時需戴手套，以免造成傷害。



2. 若漂白效果不明顯，可能是漂白水放置過久，此時可提高漂白水濃度，以使效果明顯。

實驗步驟：

1. 取市售漂白水 1 mL 加水稀釋至 10 mL 備用。（或由老師事先配製好）
2. 將標籤紙寫上 A、B，貼在 2 支試管上。
3. 在 2 支試管中，各倒入 3 mL 的深色果汁（圖 1）。



圖 1 深色果汁

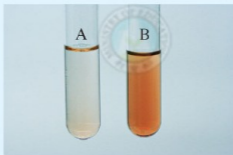


圖 2 加入漂白水(A)及水(B)之後的顏色

4. 在 A 試管中加入 2 mL 稀釋後的漂白水。
5. 在 B 試管中加入 2 mL 水。
6. 比較 2 支試管中的溶液顏色深淺（圖 2）。

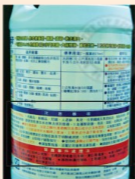
實驗討論：

1. 試問步驟 6 中，那一支試管中溶液的顏色較淺？
2. 上題中，顏色變淺的原因為何？

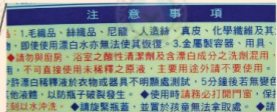
將漂白水加入深色的果汁時，漂白水會氧化果汁中的色素，而使其顏色變淺，而達到漂白的效果。使用各種清潔劑或漂白劑之前，需先仔細閱讀包裝上的使用說明，不可混合使用各種清潔用品，以免發生意外。

更上一層樓

仔細閱讀漂白劑包裝上的注意事項，可以發現其中有一項：「請勿與廚房、浴室之鹼性清潔劑混用，以免產生氯氣」。如附圖所示。



(標籤說明)



(標籤說明放大)



請接變化球

1. 小美準備以肥皂清洗髒衣服時，發現肥皂與水產生難溶的固體，而無法將衣服洗淨。試問：這是因為她所使用的水屬於硬水或軟水？
2. 試問下列那個物質不可和漂白水混合使用？
鹽酸水溶液或氫氧化鈉水溶液。

10-5 玻璃與陶瓷

精美的盤子盛裝著豐盛的佳餚、光亮的玻璃杯斟滿了清涼的飲料、古樸的茶壺裡飄散出濃郁的茶香。盤子、杯子、茶壺等玻璃（圖 10-23）或陶瓷製品，都是居家生活的必備用品。本節將分別介紹玻璃及陶瓷。



圖 10-23 玻璃器皿

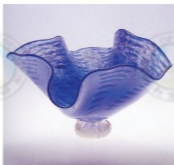


圖 10-24 玻璃藝術品

玻璃

忙裏偷閒遊走一趟新竹市玻璃工藝博物館吧！館內陳設的玻璃藝術品美不勝收（圖 10-24），足以讓你大飽眼福！

玻璃主要是由矽、氧、鈉和鈣等原子組成的混合物，沒有固定的熔點。玻璃加熱後會慢慢軟化而具可塑性（圖 10-25），可製成燈泡、玻璃窗、杯子、眼鏡等物品。因為玻璃不容易與化學藥品產生反應，實驗室中常使用玻璃器皿盛裝藥品溶液。此外，玻璃中添加不同的元素，可改變玻璃的性質與顏色，例如加入鉀的玻璃可以使其硬度提高，加入鉻的成分可形成綠色的玻璃。



圖 10-25 玻璃加熱後會慢慢軟化而具可塑性

陶瓷

位於臺北縣鶯歌的陶瓷博物館中陳列許許多多的陶瓷藝品，內容非常豐富。除了巧奪天工的陶瓷品外，還介紹了陶瓷的成分與製造[👷]，參觀這樣的博物館後，會讓你讚嘆不已，而且獲益良多！

從陳列的藝術品與器皿中，不難發現廚房中的碗盤鍋具、房屋內外的瓷磚、裝飾用的花瓶、種植花木的花盆、浴室中的洗臉盆及馬桶等（圖 10-26），都是可以由陶瓷製成，它們已經成為生活中的必需品！

更·上·一·層·樓
一般陶瓷器的製作過程，可分成六個過程：原料採集、製坯、乾燥、素燒、施釉、燒製。



圖 10-26 各種陶瓷製品

陶瓷大多是以黏土為主要材料所製成，黏土的主要成分含有矽、氧、鋁等原子。黏土經由塑造成形（圖 10-27）後，再經過一連串的過程才能製成陶瓷品。陶是由黏土在數百度的高溫下燒製而成，瓷則是以更高的溫度燒製而成。傳統陶瓷使用天然黏土，燒製後可以製成器皿、藝術品、磁磚等。近代的精密陶瓷則是用比傳統陶瓷更純的材料，與更精密的燒製過程，所得到的成品，性質更堅硬、耐磨、耐高溫與耐腐蝕，例如太空梭外層的材料、特殊刀具等。



更·上·一·層·樓

花崗岩(附圖)是地殼中的一種岩石，主要成分是長石、石英及雲母等礦物。長石及雲母會經由受熱變化成高嶺土，高嶺土是製造陶瓷的主要原料。石英砂是製造玻璃的主要原料。



圖 10-27 塑造成形（拉坯）



請接變化球

試著各舉出五樣由玻璃及陶瓷製成的物品。

本章結語

金銀飾物、鋼骨大樓、鋁合金機身，
金屬材料用途廣！

電池產生電力、電鍍製品美觀耐用，
氧化還原反應真神奇！

肥皂、清潔劑與漂白劑，
化學作用去污又潔白！

玻璃與陶瓷，玲瓏滿目，
觀賞實用兩相宜！



本章摘要

1. 一般金屬元素具有良好的導電性、導熱性及延展性，所以用途很廣。
2. 合金是金屬與其他金屬或非金屬均勻混合而成的固態溶液。
3. 鐵礦與焦炭在煉鐵的高爐中會進行氧化與還原的反應。
4. 鋁是地殼中含量最豐富的金屬元素。
5. 電池依其是否能再充電可區分為二大類：一次式電池、二次電池。
6. 電池放電時，負極發生氧化反應而有電子流出，正極有電子流入而發生還原反應。
7. 電解就是利用電能引起氧化還原反應，與電池利用氧化還原反應產生電能的原理相反。
8. 電解飽和食鹽水溶液時，負極的碳棒得到電子而產生氫氣，屬於還原反應；正極碳棒附近的氯離子會失去電子而產生氯氣，屬於氧化反應。
9. 電鍍銅的實驗中，負極反應是硫酸銅水溶液中的銅離子獲得2個電子，還原為金屬銅（Cu），析出附著於鋅片的表面。正極反應為銅片中的銅原子失去2個電子，氧化成銅離子（ Cu^{2+} ）。
10. 油脂（如椰子油）與強鹼（如氫氧化鈉）溶液共煮，即可生成肥皂及甘油，這種反應稱為皂化反應。
11. 肥皂的去污原理與肥皂分子的結構有關，肥皂分子具有親油端與親水端。
12. 漂白水是利用氧化色素分子來達到漂白的效果。
13. 玻璃主要是由矽、氧、鈉和鈣等原子組成的混合物，沒有固定的熔點。
14. 陶瓷材料大多是以黏土為主所組成，黏土的主要成分含有矽、氧、鋁等原子。

參考資源

書籍

1. 國民中學理化第2冊（2000）。臺北市：國立編譯館。
2. 國民中學理化第4冊（1999）。臺北市：國立編譯館。
3. 高級中學化學第2冊（1996）。臺北市：國立編譯館。
4. 劉宗寅著（2002）。認識生活中的化學。臺北市：專業文化出版社—羽曼蘆。

教學媒體

NHK自然科學百科全集。龍吟唱片有限公司

網站

1. 臺北市多媒體教學資源中心 <http://tmrc.tiec.tp.edu.tw/>（2007年1月）
2. 國立教育資料館多媒體隨選視訊系統
<http://192.192.169.200/cygnus14/SimpleQuery.asp>（2007年1月）
3. 新竹市玻璃工藝博物館
http://www.hcccb.gov.tw/chinese/13museum/mus_b02.asp?station=102&museum_id=5（2007年1月）
4. 臺北縣立鶯歌陶瓷博物館
<http://www.ceramics.tpc.gov.tw/content/about/about.asp>（2007年1月）
5. 國立臺灣大學地質科學數位博物館
<http://nadm.gl.ntu.edu.tw/gis.html>（2007年1月）




第十一章 波動現象

11-1 波的觀察

11-2 波的反射與折射

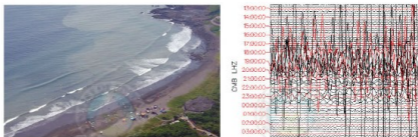




夕陽映照，波光粼粼，
總能喚起詩人無限的感懷；
驚濤駭浪，海嘯突襲，
卻令人們瞬間家園夢碎！
喁喁細語，簡訊傳情，
電磁波道盡了天涯友人的思緒。
波動也讓滾滾長江水後浪推前浪。

11-1 波的觀察

每當颱風來襲，媽媽又為了一家老少趕著到市場去搶購價格上漲的蔬果時，爸爸總會體貼地安慰她：「物價的波動是很平常的事，過幾天價格就會跌下來了，你還是安心的在家休息吧！」其實仔細觀察我們生活周遭的一切，除了令人傷神的菜價外，上下起伏的波動現象還真是不少呢！例如：海邊襲來的波浪、地震儀上顯示的地震紀錄等（圖 11-1）。這些波動，有的顯得比較有規則性，但有的看起來卻很複雜。



(a) 空中鳥瞰襲向海邊的波浪 (b) 地震儀上顯示的地震紀錄

圖 11-1 生活中常見的波動現象

除了上述可以直接觀察到的例子之外，你知不知道聲音和光也都是一種波動呢？更有趣的是，儘管它們的型態與成因可能很不相同，但展現出來的許多波動特性卻都可以用相同的方式來描述。因為這個緣故，我們在這章裡先認識波動現象的特性，然後在第十二章與第十三章中再探討聲音與光的基本性質，並介紹它們在生活上的相關應用。

一般來說，日常生活中所真正觀察到的波動現象都頗複雜。例如在風中飄揚的旗幟（圖 11-2），船隻劃過水面後在船尾所形成的波紋（圖 11-3）等等。即便是在湖邊對

著靜止的湖面丟進一顆石子，仔細去觀察水面產生一圈圈向外散開的漣漪（圖 11-4），你可能也會注意到各圈之間的距離還會隨時間而改變。這麼複雜的現象，我們要如何研究它呢？



圖 11-2 風中飄揚的旗幟會展現出波紋



圖 11-3 船隻劃過水面後在船尾所形成的波紋



圖 11-4 靜止湖面丟進一顆石子產生陣陣漣漪，也是波動的現象。

就像研究其他的問題一樣，只要先找到一個比較簡單的系統，在控制的條件下進行觀察，摸清頭緒，接著便可舉一反三，將看似不相關甚至很複雜的波動現象，用相同的觀念去描述清楚。因為這個緣故，我們先選擇繩子與彈簧上面的簡單波動來做為瞭解波動現象的第一步。



活動11-1 觀察繩波與彈簧波

活動目的：

觀察繩波與彈簧波的行進，了解波的前進與物質振動的關係。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
童軍繩	1條
大彈簧	1條
紅緞帶	1條

活動步驟：

（一）繩波的觀察

- 兩位同學分別拉住繫上紅緞帶的童軍繩的兩端，並選取一個明顯的參考點。
- 其中一位同學將童軍繩上下連續快速抖動，觀察繩波前進的現象（圖1）。
- 其他同學仔細觀察紅緞帶相對參考點的位置變化情形。



圖1 觀察繩子運動及紅緞帶位置變化情形



(二) 彈簧波的觀察

1. 將彈簧一端固定後略微拉長平放在長形實驗桌上，旁邊放置任何可做為參考點的固定物體（比如長直尺以膠帶黏貼於桌面）。〔圖2(a)〕。
2. 一手將彈簧前後伸縮幾下，觀察彈簧波的波形變化前進的現象。
3. 並繫上緞帶以方便觀察〔圖2(c)〕。
4. 同上，觀察緞帶相對參考點的運動情形〔圖2(d)〕。



(a) 彈簧繫好拉直



(b) 前後抖動彈簧



(c) 彈簧繫上紅緞帶



(d) 觀察紅緞帶的運動狀態

圖2 觀察彈簧波

活動討論：

1. 在繩波前進時，繩子上的紅緞帶是如何運動的？繩波前進方向和抖動方向相同嗎？
2. 在彈簧波前進時，彈簧上的紅緞帶是如何運動的？彈簧波前進方向和伸縮方向相同嗎？
3. 你能比較出繩波與彈簧波行進時的相同點與相異點嗎？請說明參與振動物質（繩子或彈簧）的振動方向和波前進方向的關連性。

這些繩子或彈簧為什麼能產生波動使它前進呢？當我們的手用力抖動或前後伸縮時，就會牽動手附近的繩子或彈簧，而該處的繩子或彈簧被拉扯後就會繼續影響和它相鄰的部分，使波動產生的形狀（波形）逐漸向前行進。同時，隨著波動的前進，其所含的能量也會隨著向前傳遞。

上面活動中所觀察到的波動都必須透過繩子或彈簧之類的東西才能傳遞，我們通常把這些東西統稱為**介質**。例如湖面上的漣漪就是透過水這種介質來傳播的。

如果我們將繩波前進的過程以連續動作呈現（圖 11-5），就能很清楚地了解繩波前進的過程中，繩子（介質）本身振動的情形。一個值得注意的現象是：當波形通過的時候，紅緞帶僅會在原來的位置附近作運動；而當波形繼續向前傳遞之後，紅緞帶並不會被波形帶走。一般來說，任何經由介質傳播的波動也都有這個特性，例如湖面上漂浮的樹葉，並不會被漣漪帶走。

如果我們連續穩定的抖動繩子，就可以不斷地產生重複有規律性的行進波形，並且可以進一步觀測此行進波的相關性質。

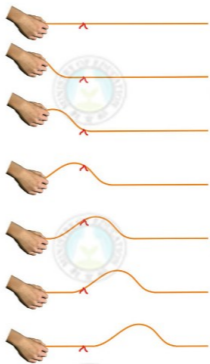
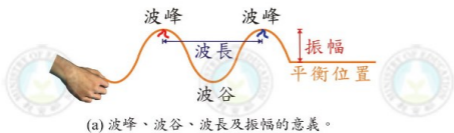


圖 11-5 繩波前進連續動作圖



(a) 波峰、波谷、波長及振幅的意義。

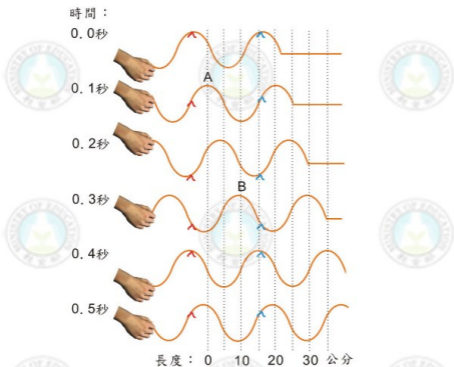


圖 11-6 (b) 重複有規律性的行進波形。

如圖 11-6，**波峰**是指繩子向上運動到最高點的位置，**波谷**是指繩子向下運動到最低點的位置，**振幅**是指波峰（或波谷）到平衡位置的距離。**波長**（以希臘字母 λ 代表，唸做 lambda）通常是定義成相鄰兩個波峰的距離，或相鄰兩個波谷的距離。此外，**頻率**（以 f 代表）是指單位時間產生波動的次數，在此處相當於手在單位時間內來回

抖動的次數。根據頻率的定義，我們知道產生一個完整波動所需要的時間是 $\frac{1}{f}$ ，我們通常也把這個時間稱為週期（以下用 T 代表）。由於在一個週期 T 的時間內，波動剛好前進了一個波長 λ ，所以波前進的速度（叫做**波速**）就可以用下面的公式求出來：

$$\text{波速 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{f}\right)} = f \times \lambda$$

也就是說，波速等於波產生的頻率乘上波長。當然，這裡頭所用的單位必須是一致的，例如波長的單位如果是公尺，而頻率的單位是 1/秒（通常以 Hz 表示，稱為**赫茲**，或簡稱**赫**），則直接套用以上公式所算出來的波速單位就是公尺/秒。

例題：

圖 11-6 顯示出來，時間為 0.1 秒時於 A 處有一個波峰。當時間為 0.3 秒時該波峰已經跑到 B 處。由於 A 與 B 的距離是 10 公分，所以繩波的速度是

$$\text{速度} = \frac{10 \text{ cm}}{(0.3-0.1)\text{s}} = 50 \text{ cm/s} = 0.5 \text{ m/s}$$



請接變化球

請你將波速、頻率、波長三個物理量的單位代入波速的公式中，檢查看看，單位符不符合。如果我們將長度的單位改成公分，頻率還是用赫茲，那麼波速的單位將會變成如何呢？

最後我們回頭來討論一下活動11-1的問題，繩波和彈簧波振動的方式有什麼不同呢？比較圖11-7與圖11-8示意圖可以發現，繩波前進時，介質（繩子本身）會在橫向運動，此時介質振動方向與繩波前進方向互相垂直，我們把它稱為**橫波**；而彈簧波前進時，介質（彈簧本身）振動方向與彈簧波前進方向互相平行，我們把它稱為**縱波**。

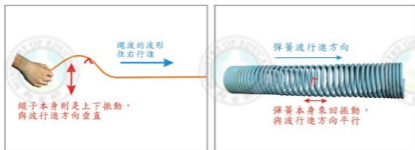


圖11-7 繩子（介質）振動方向與繩波前進方向互相垂直，我們稱為橫波。
圖11-8 彈簧（介質）振動方向與彈簧波前進方向互相平行，我們稱為縱波。

繩子的抖動、職棒比賽波浪舞的表演，這些波動現象屬於橫波的形式；彈簧前後振動、聲音傳播、擁擠的人群擠來擠去，這些波動現象則屬於縱波的形式。水表面的波動現象則比較複雜，因為它兼具橫波與縱波的一些特性，所以我們不把它單純地歸類為縱波或橫波。

讀到這裡，你會不會很期盼能立刻套用所學，去說明圖11-2至圖11-4中所看到的現象？科學家發現：這些圖中所呈現出來的複雜波紋，其實可以看成是許多個具有特定波長與波速的簡單波動互相疊加而形成。所以只要瞭解個別的波如何依照圖11-6所敘述的方式運動，將來我們還可以透過較複雜之數學或計算去推算出這些波紋！



更·上·一·層·樓
地震也是以波動的方式從震央傳播開。地震波同時含有縱波與橫波的成分，而且它們的波速也不相同。



更·上·一·層·樓
科學的發展常常是出人意表。

「複雜的波紋可以看成是許多個具有特定波長的簡單波動互相疊加而形成」這個結論，並不是科學家在研究波動現象時發現的。事實上，這是在研究熱傳導現象時得到的靈感！所以，保持開放的心胸，讓自己博學多聞，對於科學研究也會有助益。

11-2 波的反射與折射

你或許曾經注意過，一顆撞球碰到桌檯邊後，會以規則的方式往另外一個方向反彈（圖 11-9）；而讓一顆玻璃珠自高的地方從斜角滾下斜坡到達低處時，它的運動方向通常會產生偏折（圖 11-10）。其實類似這樣的現象，在波的傳遞中也會發生。例如，當我們爬上山頂，興奮地朝著對面山頭呼喊，所聽見的回聲就是我們發出的聲波被反射回來。而把吸管插入裝水的玻璃杯中時，吸管看起來似乎是被折斷了，這是因為從吸管反射出來的光波，在行經水以及空氣的交界處產生了偏折（圖 11-11）。

既然聲波與光波在遇到障礙物或進入不同介質時會反射與折射，那麼日常生活中隨處可見的水波一定也有類似的現象吧？答對了！事實上，我們可



圖 11-9 撞球碰到桌檯邊後會以規則的方式往另外一個方向反彈。

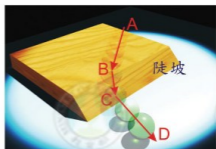


圖 11-10 玻璃珠從比較高的地方 (A→B) 滾下斜坡 (B→C→D)，它的運動方向會產生偏折。



圖 11-11 吸管插入裝水的玻璃杯中，看起來似乎是被折斷了。

以從下面這個簡單的水波活動中學到波動在反射與折射時表現出來的許多特性！



活動11-2 波的反射與折射

活動目的：

定性觀察水波的反射與折射現象。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
長方形烤盤（或不易變形的長方形餅乾盒）	1個
壓克力板（或不易變形的長方形餅乾盒蓋）	1個

活動步驟：

本活動只做定性觀察，所以不提供制式記錄表格。請各組先參考活動步驟後，自行記錄觀測結果。活動完畢後，根據各組所記錄的資料進行歸納與推論，並發表各組的推論依據與觀察結果。

（一）直線波的觀察

1. 將長方形烤盤（或餅乾盒）平放，倒入約1公分高的水。
2. 將烤盤（或餅乾盒）的一端以雙手提高少許，然後迅速放平，以產生含有數條波紋的直線波。觀察水波的前進〔圖1(a)及圖1(b)〕。若要得到較好的觀察效果，最好是眼睛與光源分別位於烤盤（或餅乾盒）的兩側，並使眼睛的視線貼近水面〔圖1(c)〕。

（二）不同水深時波速的變化

1. 將烤盤（或餅乾盒）平放，倒入約2~4公分高的水（視烤盤或餅乾盒深淺而定，不必墨守成規）。
2. 重複(一)之步驟2，觀察波速是否改變。



(三) 波的反射

1. 按照圖 1(d) 所示將壓克力板 (或餅乾盒蓋) 置入烤盤 (或餅乾盒), 並以手按住。
2. 按照圖 1(e) 將烤盤 (或餅乾盒) 其中一端 [即圖 1(d) 中左手側] 提高少許, 重複(一)之步驟 2. 以造出水波。這一次水波會以一個角度射向烤盤 (或餅乾盒) 的另一端 [圖 1(f)]。觀察水波在烤盤 (或餅乾盒) 另一端的反射 [圖 1(g)]。你有辦法看出波反射的規律性嗎?



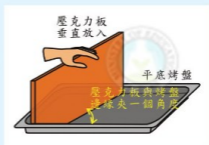
- (a) 將烤盤 (或餅乾盒) 的一端提高少許, 使之微傾, 然後迅速放平, 便可以產生含有數條波紋的直線波。



- (b) 實際觀察到的直線波



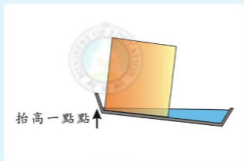
- (c) 眼睛與光源分別位於烤盤 (或餅乾盒) 的兩側, 並使眼睛的視線貼近水面, 這樣會得到較好的觀察效果。



- (d) 將壓克力板 (或餅乾盒蓋) 依本圖所示置入烤盤 (或餅乾盒), 並以手按住。

依本圖所示置入烤盤 (或餅乾盒), 並以手按住。





- (c) 將烤盤（或餅乾盒）一端〔即圖
(d)中左手側〕提高少許



(f) 實際觀察到的入射波



(g) 實際觀察到的反射波

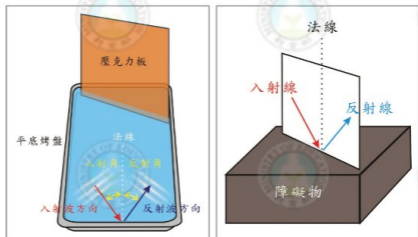
圖 1 水波實驗

活動討論：

1. 水波的波速和水深有什麼定性的關係？
2. 從這個活動中可有發現水波反射時的一些共同規律？

經過實際觀察後我們會發現：水越深的時候波速就快。同時，水波前進時若遇到障礙會產生反射現象，而且反射後的波行進方向與原入射波產生類似對稱的效果。

我們把垂直於障礙物表面的方向叫做法線。精確的實驗顯示出來：入射線（入射波方向）與法線之間的夾角（入射角），剛好等於反射線（反射波方向）與法線之間的夾角（反射角）！簡單的說，即「入射角等於反射角」〔圖11-12(a)〕。



- (a) 波的反射滿足「入射角等於反射角」的關係
- (b) 三度空間中波的反射：入射線、反射線、以及平面障礙物的法線會落在同一平面上，而且入射線和反射線分別在法線的兩側

圖 11-12 波的反射定律

在以上的水波活動中，入射波近乎直線波，當它遇到直線形障礙物時，所形成的反射波也近乎直線波。可是如果入射波或障礙物不是直線形時，狀況就會比較複雜。

自然界中有許多波是在三度空間中傳播。當波碰到一個平面障礙物時，還是會遵守「入射角等於反射角」的關

係。不只如此，此時入射線、反射線、以及平面障礙物的法線還會落在同一平面上，而且入射線和反射線分別在法線的兩側〔圖 11-12(b)〕。

而當水波進入一個深度不同的水域時（介質條件改變），則會產生偏折的現象。既然反射波會有反射角的概念，我們也可以把折射波方向（折射线）和法線的夾角叫做折射角（請參見圖 11-13）。折射角可能比入射角大或小，而這完全取決於介質的特性。但是波為什麼會折射呢？折射現象的發生，通常是由於波在前後兩個介質中的傳播速度不同所致。但到底是介質的什麼特性造成波速的不同？為什麼波速不同就會引起波的偏折？這些問題雖然超出國中的學習範圍，但是你仍可以自己嘗試著去尋找更多的相關資料。



更·上·一·層·樓

假如我們擺放一個或數個不同形狀的壓克力板於水波槽中，觀察水波的折射與反射，你會發現什麼有趣的現象嗎？

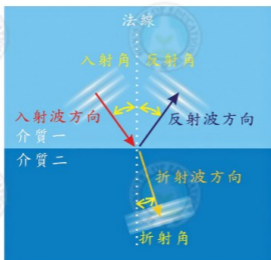


圖 11-13 波的折射現象

關於波的折射，我們還必須注意到的一件事就是：入射波除了會在另一個介質中被折射外，通常還有一部分的能量會反射回原介質。我們在下一章裡，會看到這個特性如何被應用於生活科技中。



來到清澈的溪邊，看到複雜的波紋和色澤繽紛的岩石互相映照，煞是好看（圖 11-14）。仔細想一下，這些複雜波紋的形成，不過是以上所說的反射與折射定律的展現而已。能夠將自然現象由繁化簡，用簡單的物理定律去詮釋，不也是令人心曠神怡嗎？



圖 11-14 複雜波紋和色澤繽紛的岩石互相映照，令人心曠神怡。



請接變化球

在活動 11-2 中，如果水波是垂直入射到深水區，那麼折射波的行進方向會偏折嗎？

本章結語

波動現象在大自然中隨處可見，學過這個單元之後，下次你可以試著停下腳步，蹲下來觀察腳邊流水的紋路變化，或抬頭仰望隨風飄揚的國旗，細心回想這千變萬化的波動現象背後有意思的科學原理，相信你一定會發現，生活中的科學還挺有趣的！

本章摘要

1. 水波、繩波、彈簧波等等之波動都必須透過水、繩子或彈簧之類的東西才能傳遞，我們通常把這些東西統稱為介質。
2. 波形通過介質的時候，介質僅會在原來的位置附近作運動；而當波形繼續向前傳遞之後，介質並不會隨著波動而前進。
3. 振幅是指波峰（或波谷）到平衡位置的距離。
4. 波長通常是定義成相鄰兩個波峰的距離，或相鄰兩個波谷的距離。此外，頻率是指單位時間內波來回抖動的次數。頻率的單位是 1/秒。波往前行進的波速可以用下面的公式求出來：

$$\text{波速 } v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{f}\right)} = f \times \lambda$$

5. 介質振動方向與波前進方向互相垂直時，我們把它稱為橫波；而當介質振動的方向與波前進的方向互相平行時，我們把它稱為縱波。
6. 水波、聲波與光波在遇到障礙物時會產生反射現象。這些波動在進入不同介質時則會產生折射現象。
7. 如果我們把垂直於障礙物表面的方向叫做法線，實驗顯示出來：入射線與法線之間的夾角剛好等於反射線與法線之間的夾角。簡單的說，即「入射角等於反射角」。
8. 在三度空間中傳播的波於碰到平面障礙物時，還是會遵守「入射角等於反射角」的關係。不只如此，此時入射線、反射線、以及平面障礙物的法線還會落在同一平面上，而且入射線和反射線分別在法線的兩側。

參考資源

書籍

1. 劉明、范保群、李均利譯 (2002)。科學探索者：聲與光。浙江：浙江教育出版社。
2. 楊清木譯 (1996)。物理寫真集。臺北市：牛頓出版公司。
3. 張柱編輯 (1994)。物理與能。香港：時代—生活叢書出版社。

教學媒體

1. 教育部科學教育學習網 <http://science.edu.tw/> (2007年1月)
2. 科學小芽子 <http://www.bud.org.tw/> (2007年1月)
3. Demolab 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/> (2007年1月)
4. 安安免費教學網 <http://www.anan1.webnow.biz/main.htm> (2007年1月)
5. 科學與藝術的對話 <http://pei.cjhh.tc.edu.tw/> (2007年1月)
6. 科教資源網 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/nstsc/index001.htm> (2007年1月)



第十二章 聲音



12-1 聲音是一種波

12-2 聲音的傳播

12-3 聲音利用的多元性





你可曾用心傾聽，
那鄉間的溪流鳥語，
或是因交響樂團華麗的樂音而動容？
但是，你可知道，
我們聽不到的另外一種聲音，
還可以讓母親目睹體內小生命健康茁壯，
也可幫助漁民偵測魚蹤。

12-1 聲音是一種波



圖 12-1 遠離城巽來到鄉間，仍可聆聽溪流淙淙。這些人為或自然的聲音，都以波動的形式出現在我們周圍。

聲音圍繞在我們周遭：垃圾車的樂音提醒我們要傾倒垃圾了，而從電視傳來的歡呼聲可能代表旅美職棒球星王建民再度勝投！在這麼吵雜的世界中，我們究竟是如何辨認出這些不同的聲音呢？為什麼我們知道彈奏鋼琴所發出來的 Do、Re、Mi、Fa、Sol 是五個不一樣的音階呢？那聲音又是怎麼產生、如何傳播的呢？

由上一章，我們認識過波動現象的基本特性，這一節我們將深入探討聲音這個特殊的波動。

聲音是物體振動時，透過空氣或其他介質以波動的形式（聲波）傳遞出去。我們可以聽到他人說話的聲音，就是因為聲波被我們的耳膜接收到，並將聲音的訊號傳達到我們的腦中。因為肉眼看不到空氣，所以我們不易感知聲

音的波動現象。關於這一點，我們會在下一節更詳細的說明。現在，我們不妨先做一個熱身運動，利用【活動12-1】來親身體驗一下聲波的振動。



活動12-1 聲音的體驗

活動目的：

感受聲音的產生是靠物體振動造成的，並體會其波動現象。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
小鼓	1個
豆子（紅豆或綠豆均可，易於觀察為佳）	數粒
空的寶特瓶（600 mL）	1支
吉他（或其他校內方便取得的樂器）	1把
墊板	1張
音叉（含音箱）	1組
木槌	1支

活動步驟：

(一) 將手輕按喉嚨，感受嘴巴分別說出「您好！」時發出聲音跟不發出聲音時的喉嚨振動情形。

(二) 吹寶特瓶口的聲音

1. 請同學（或老師）吹寶特瓶口，並請聆聽寶特瓶發出的聲音。吹寶特瓶的技巧：下唇貼住瓶口螺線處，上唇略往前伸，輕啟小口往瓶頸內壁呵氣（不要用力吹氣，更不是直接對著瓶內吹氣），如圖1所示。



2. 請同學將手輕輕握於寶特瓶上，再次吹氣時，請同學感覺寶特瓶的振動。



圖1 吹寶特瓶的技巧：下唇貼住瓶口螺線處，上唇略往前伸，輕啟小口往瓶頸內壁呵氣（不要用力吹氣，也不是對著瓶內吹氣）。

(三) 小鼓的聲音

1. 將小鼓靜置於教室前方，輕輕敲打，請同學聆聽小鼓的聲音。
2. 在鼓面灑上數粒豆子，再次輕輕敲打，請同學觀察鼓面上跳動的豆子〔圖2(a)〕。
3. 改變敲打力道大小，請同學觀察鼓面上跳動的豆子有何不同。

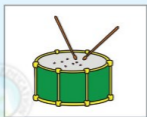
(四) 吉他的聲音

1. 老師輕撥吉他弦，請同學聆聽吉他的聲音〔圖2(b)〕。
2. 改變撥弦力道的大小，請同學觀察吉他弦振動的情況。
3. 以墊板擋住音箱開口，撥動吉他弦，請同學比較吉他聲音的差異。

(五) 音叉的聲音

1. 老師輕敲音叉（尚未接上音箱），請同學聆聽音叉的聲音，並觀察音叉的振動。

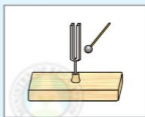
- 音叉接上音箱後，再次輕敲音叉，請同學比較音叉發出聲音的差異，體會音箱共鳴的效果〔圖2(c)〕。
- 再次輕敲音叉，請同學觸摸音叉，使聲音停止，體會振動與發聲的關係。



(a) 小鼓的聲音



(b) 吉他的聲音



(c) 音叉的聲音

圖2 聲音的體驗

活動討論：

- 喉嚨振動與是否發出聲音有何關連？
- 從寶特瓶口吹出的聲音，是否也有振動的感覺？
- 小鼓敲打時，鼓面的豆子是否隨著聲音跳動？改變力道大小時，鼓面上豆子跳動高度和聲音大小聲有何關係？
- 吉他撥弦時，振動的大小和聲音有何關係？如果擋住音箱開口，吉他的聲音為什麼變小呢？
- 音叉振動的程度是否與聲音的大小有關？音箱有什麼效果？

從上面的活動可以發現，物體（或空氣）的振動可以發出聲音，而音箱則可以使聲音達到放大的效果。物體振動的快慢不同，便發出高低不同的聲音。表12-1是一些聲音的頻率範圍。一般人類能聽到的聲音頻率範圍是20～20000 Hz，有些聲波的頻率超過人類耳朵接收的範圍，平常我們是聽不到也發不出來的，這類聲波稱為「超聲波」。

例如蝙蝠在夜間飛行，就是靠發出超聲波來感測四周環境，不至於撞到東西。

表 12-1 一些聲音的頻率範圍

	發聲頻率範圍 (Hz)
女性說話	272 ~ 558
男性說話	95 ~ 142
蝙蝠	20000 ~ 120000



請接變化球

根據 11-1 節波速公式，假設聲音在空氣中的波速是 340 m/s，請推算下表聲波傳播時的波長範圍。

	發聲頻率範圍(Hz)	推算聲波波長範圍(m)
人類聲帶	80 ~ 1000	
蝙蝠	20000 ~ 120000	

生活週遭充滿各式各樣的聲音，早上鬧鐘的鈴聲、馬路上的車聲與喇叭聲、學校的廣播、同學上課的笑聲、廟會的鞭炮聲，我們的耳朵都能清楚的分辨這些聲音的不同。在家裡接到電話時，即使看不到對方面貌，我們也能從對方的聲音聽出是那一位親友打來的電話。上音樂課時，我們能吹奏簡單的樂器，並依照樂譜吹出旋律來，如果有同學不小心吹錯音，我們也聽得出來。

科學上我們要如何描述聲音呢？科學家根據聲波的基本性質，歸納出聲音的三項基本要素：音量、音調、音色。



「音量」是指聲音強弱的程度，也就是聲音的大小聲。發聲體的振動程度越大，所發出來的聲音也越大，我們就說音量較大。活動 12-1 打鼓時，棒槌越用力，鼓面振動越大，音量自然也越大；當棒槌輕輕打，鼓面振動較小，發出的音量也就較小。科學上通常以分貝（dB）做為聲音強度的比較。圖 12-2 列舉了一些生活中常見音量狀況的分貝值。

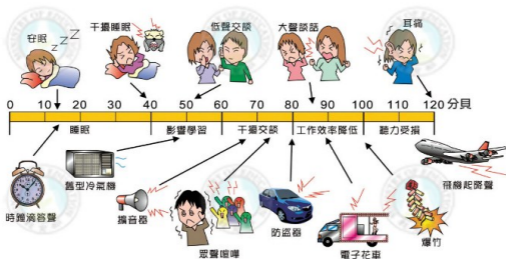


圖 12-2 生活中常見音量狀況的分貝值

由於音量太大或令人感覺不舒適的噪音對於居家生活的品質以及人體健康會有不良的影響，所以如何降低人為的噪音也是一個重要的環保議題。通常高速公路或高架橋的某些路段上加高隔音牆（圖 12-3），用以減少吵雜的車聲對路旁住戶的影響，是一項貼心的設計。

更·上·一·層·樓

請討論一下，可由那些想法著手來設計隔音材料或建築？



圖 12-3 隔音牆

「音調」是指發聲體振動的頻率高低，也就是音樂課本所說的音高。發聲體振動頻率越大，發出的聲音音調也越高（例如女高音高亢的演唱）；發聲體振動頻率越小，則發出的聲音音調也就越低（例如男低音低沉的演唱）。不同的樂器發出的音高可以一致，就是因為可將每一個音階調整到一定的音調（如表 12-2）。

表 12-2 八度音階各音的頻率

音階	中央 Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	高音 Do
頻率 (Hz)	262	294	330	349	392	440	494	524

發聲體的自然振動頻率是由許多因素所決定。一般來說，符合「輕、薄、短、小、緊」的物體頻率就會比較高。所以，吉他上的同一根弦在張緊的時候音調會比較高；而在鬆緊程度相同（亦即具有相同張力）的情況下，較長、較粗的弦發出的音調就相對的低了。

如果有一位歌星在一秒內連唱兩聲的La，那麼你覺得她發出來的聲音頻率是2 Hz還是440 Hz呢？答案顯然不會是2 Hz，因為人耳無法聽到這麼低頻的聲音。同理，在一秒內以雙手連拍兩下，這時我們所聽見的拍手聲頻率也不是2 Hz。

「音色」是指發聲體獨特的發音特性，主要決定於聲音的波形。音叉發出的聲音波形最單純，而不同的樂器即使是相同音階的音，波形也會不同，所以才能呈現各具特色的音樂。舉個例說，圖12-4顯示出來的是讓音叉以及各種樂器以Do的音階持續發聲0.01秒所記錄下來的振動波形。圖(a)到圖(d)的共同特色是：它們在0.01秒內的振動次數都是一樣的（約2.6次），但是它們振動時的波形卻不相同。我們說話的聲音也是這樣，有的人聲帶較薄，講話聲音比較高，尖叫起來更刺耳；另外有些人聲帶較厚，講話聲音比較低沉；大家發音的方式各異，聲音也就各具特色了。

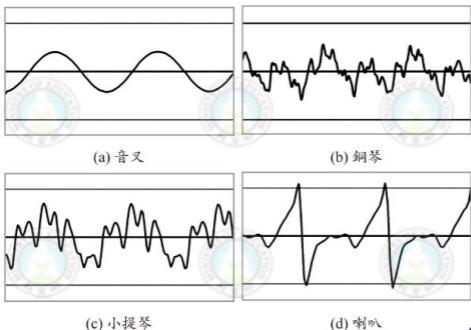


圖 12-4 音叉以及各種樂器在0.01秒內振動的波形



請接變化球

1. 「咚咚咚」敲門聲。

「是誰呀？」

「是我啦！」

為什麼對方沒有報出姓名，房間內的人就知道是誰在門外呢？

2. 通常男生無法發出像女生一樣的高音，而女生也無法發出像男生一樣低沉的聲音，即使是刻意拉高或壓低聲音也不容易做到，為什麼？

3. 電視機的音量保持固定，為什麼白天聽起來剛剛好，深夜聽起來卻比較大聲呢？（所以晚上看電視或聽音樂記得要關小聲一點，以免干擾鄰居或家人）



更·上·一·層·樓

男生在青春期的時候通常會有變聲的現象，是因為這時候成長迅速，聲帶變長、增厚，結構變化較快，所發出的聲音就比較低沉而不一樣。



12-2 聲音的傳播



圖 12-5 在啦啦隊聲嘶力竭的加油聲中，不只場中的小朋友在接力賽跑，就連空氣分子也正隨聲進行著它們自己的接力賽跑哩！

學校中的接力賽跑一棒接一棒，令人既興奮又緊張！一旁的啦啦隊聲嘶力竭地為小朋友們打氣，巴不得自己也下場跟著跑！但是你知道嗎，當我們扯開喉嚨放聲加油的時候，空氣分子也正進行著它們自己的接力賽跑，把我們的加油聲傳到接力隊員的耳中呢（圖 12-5）！

原來啊，聲音可以藉由空氣的振動傳到耳朵。每當我們開口說話、唱歌、或者吶喊的時候，喉嚨內的聲帶都會快速的振動。這個振動會擠壓周圍的空氣，使它也振動起來。然後周圍的空氣會更進一步推擠更遠的空氣，依次傳遞下去。所以我們在浴室裡展現美妙的歌喉時，小接力賽便開始展開，等到這個擾動經過空氣分子不斷的接力傳到

媽媽耳朵的時候，她就會聽到我們在浴室的「美妙」歌聲了（圖 12-6）。當然，這也表示聲音的傳播是需要介質的，沒有了空氣或者是其他物體來擔任接力的工作，聲音就無法傳播出去。然而，這也暗示著聲音的傳播速度是會受限於介質的性質的，而且這個速度可能和介質內分子推擠的快、慢有關。



圖 12-6 聲波傳播示意圖

雖然我們前面不斷地強調聲音是透過介質而傳播，可是這要如何去證實呢？圖 12-7 是這類實驗的示意圖。首先，將一個電鈴安置於大玻璃瓶中，接通電源，結果我們會聽見電鈴聲。接著，將真空幫浦裝置好，並啟動開關，讓幫浦開始運轉一段時間，以便將玻璃瓶內的空氣抽走，這個過程，我們會發現電鈴的響聲逐漸變得微弱。於是人們便可推知聲音的傳播通常是靠空氣做媒介。

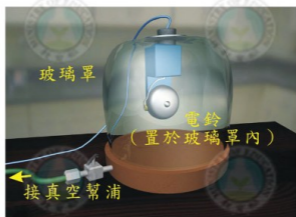


圖 12-7 聲音傳播實驗示意圖

其實，這個想法遠在十七世紀時，由義大利科學家托里切利（Evangelista Torricelli, 1608-1647）首先提出。可惜當時沒有很好的抽真空技術，所以無法成功地證明他的想法；後來英國科學家波以耳（Robert Boyle, 1627-1691）以類似上述實驗的方式，證明了聲音的傳播和介質的存在與否以及它的特性有很密切的關係。

聲音傳播需要介質，但是不只空氣可以傳遞聲音，固體或液體一樣可以傳播聲音，只是不同介質傳播聲音的速度不同，而且差異很大。一般來說，固體傳播聲音的速度最快，液體次之，而氣體最慢。空氣在常溫下傳播聲音的速度大約是340 m/s，不過隨著溫度、溼度、風向等因素不同，聲音在空氣中傳播的速度也會略有不同。表12-3列出部分介質傳播聲音的速度。

表12-3 常見介質在常溫下傳播聲音的速度

介質種類	聲音傳播速度 (m/s)
空氣	340
水	1500
橡膠	1600
木材	3350
鐵	5000
花崗岩	大約5000

回聲

聲音傳播的過程是以波動的方式前進，當聲音傳播至物體表面時，有部分聲音會被物體吸收，另一部分的聲音則會被反射回去。我們在山谷間或空曠的地方常常聽到的回聲，便是反射回來的聲音。但在我們日常生活中，並不

容易聽到回聲，因為產生回聲需要兩個條件：

1. 反射聲音的物體要有比較堅硬的表面。柔軟的物體較會吸收聲音，不容易使聲音反射。我們生活周遭有太多可以吸收聲音的物質，如窗簾、衣服。
2. 發出聲音的物體與反射聲音的物體表面，必須有足夠的距離（一般來說大約在 17 公尺以上）。因為我們要分辨出原來的聲音與回聲，兩個聲音至少要間隔 0.1 秒以上。所以在操場、山谷、洞穴或學校禮堂等較寬闊的地方比較容易聽到回聲。

如果有機會走入一間較大的空屋，那你一定會發現屋內回聲相當顯著。但是隨著家具的搬入，回聲效果就明顯變差。利用上述歸納出來的條件，你一定想得出此中的道理，對嗎？

例題：

17 公尺這個數據是怎麼來的呢？假設反射聲音的物體和我們的距離是 d ，聲音的速度是 340 m/s。則聲音從發出、經過物體反射、然後再度被我們聽到，所需的時間是 $t = 2d \div 340 \text{ m/s}$ 。只有當 t 大於人耳所能辨別的時間差（即 0.1 s）時，我們才比較容易聽出回聲。所以從

$$\frac{2d}{340 \text{ m/s}} > 0.1 \text{ s}$$

可以求出 $d > 17 \text{ m}$ 。（註：如果對於數學課中學過的不等式有點淡忘了，那麼現在正是溫故知新的最佳時機喔！）





請接變化球

有些場所我們不希望有回聲的產生，例如音樂廳、歌劇院、禮堂等，容易造成嘈雜的聲音，有那些方法可以減少這些回聲呢？請說明理由。

由於聲音在空氣中的傳播是靠著對空氣的擠壓來完成「接力」的動作，而這和彈簧中的縱波很像，所以我們很容易猜測到：聲音是一種波動，而且以前學過的許多波動現象應該對聲音也成立才對。一點也沒錯！回想一下在游泳池潛水的經驗—為什麼池畔嬉鬧的喧譁聲在我們把頭潛入水中時就幾乎聽不到了？原因是，水的傳音特性和空氣差很多，因此透過空氣中傳來的喧譁聲多半在水面上被反射，不太容易傳到水裏。你或許會聯想到：那為何水上芭蕾舞者能夠在水中隨大會音樂起舞呢？其實他們所聽見的聲音多半是透過水中的特殊喇叭同步發射出來的。

聲音不只是可以在空氣中傳播，其實地震時也會從震源產生聲波並在地球內部傳播。由於聲音的傳播和介質的特性有關，科學家分析地震時所產生的聲波（以及別種類型的地震波）後，便可以獲得有關震源以及地震規模等資訊。

了解了聲波的傳播原理，我們當然也希望進一步了解發聲體的振動特性。要讓一個發聲體振動，最簡單的辦法就是對它做一點小小的變形，然後放手，讓它經由本身的彈性做來回振盪。例如，我們可以把一條橡皮圈拉開套在拇指與食指間，然後用另外一隻手來撥彈橡皮圈，讓繃緊的橡皮圈來回振動、發出聲音。由於這個發聲體的來回振



更·上·一·層·樓

其實科學家還可以利用地震波推測出地球內部的結構呢！這是因為地震波在地球內部的傳播特性會和它所經過介質的彈性以及緻密程度有關，所以在綜合了地表不同觀測站所蒐集到的地震波數據後，科學家就可以推算出來地震波所經過區域的可能組成。



動是靠著本身的彈性，所以它通常都有自己固定的振動頻率，而因此發出的聲波頻率也是相同的。彈奏鋼琴時，只要按相同的鍵，每次都會產生同樣的音調，就是這個道理。

當聲波傳送到物體時，物體雖然也會跟著入射的聲波「起舞」振動，不過只有當聲波的頻率和這個物體本身的某個固有振動頻率相同時，物體才会有最強的響應。這個時候，入射聲波的能量最容易被該物體吸收。這樣的現象叫做**共鳴**或**共振**。我們可以利用下面的活動來觀察音叉的共振現象。



活動12-2 聲音的共振

活動目的：

了解聲音共振的原理。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
音叉（含音箱，亦稱共鳴箱） （其中兩組頻率相同，另一組頻率不同）	3組
木槌	1支

活動步驟：

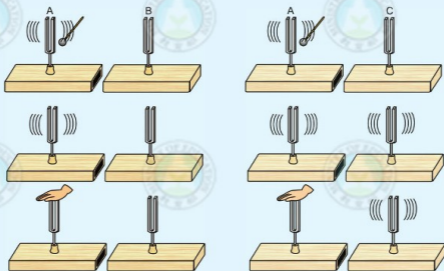
1. 取標示為不同頻率的兩支音叉（A與B），分別敲打，感受音調是否有差異。〔圖1(a)〕（即使音叉未標示頻率也不用擔心，因為人類聽覺對於頻率的差異相當靈敏，只要分別敲打就可聽出它們是否不同。）



- 將頻率不同的兩支音叉共鳴箱開口處相對，敲打其中一支音叉後，用手握住該敲打音叉，聽聽看另一支音叉是否有聲音（也觀察一下是否有振動）〔圖1(b)〕。
- 換取頻率相同的兩支音叉（A與C），分別敲打，感受音調是否有差異。
- 將頻率相同的兩支音叉共鳴箱開口處相對，敲打其中一支音叉後，用手握住該敲打音叉，聽聽看另一支音叉是否有聲音（也觀察一下是否有振動）〔圖1(c)〕。



(a) 兩支不同頻率的音叉



(b) 頻率不同的音叉無法產生共振

(c) 頻率相同的音叉會產生共振

圖1 聲音的共振實驗（A及B為頻率不同之音叉，A及C為頻率相同之音叉）

活動討論：

1. 步驟2中，頻率不同的音叉是否有產生共振現象？為什麼？
2. 步驟4中，頻率相同的音叉是否有產生共振現象？沒有敲打的音叉是否也會振動？為什麼？



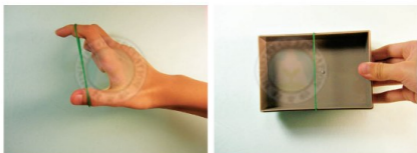
請接變化球

撥彈套在拇指與食指之間的橡皮圈所發出的聲音音量通常很小。可是若把它套在塑膠的保鮮盒上再去撥彈時，音量會很明顯的變大許多（圖12-8）。這是為什麼呢？



更·上·一·層·樓

把橡皮圈套在塑膠的保鮮盒上再去撥彈時，音量會明顯變大。聲音變大代表每單位時間到達我們耳朵的能量增多了。這看似憑空增多的能量是從那裡來的呢？



(a)

(b)

圖12-8 (a) 直接撥彈橡皮圈所發出的聲音音量很小
(b) 把它套在塑膠的保鮮盒上再去撥彈，音量會明顯變大

我們可以把以上的活動推廣，將繃緊橡皮圈的保鮮盒盒底緊貼在桌子、門板、黑板等等地方，看看撥彈時的音量是否還會更大聲。有時結果可能是你始料未及的喔！

音箱的設計，就是使得它能夠和樂器發生共振，從而使聲音放大。一般我們常見的吉他、鋼琴……等等樂器，都會有特定的音箱，就是這個道理。



12-3 聲音利用的多元性

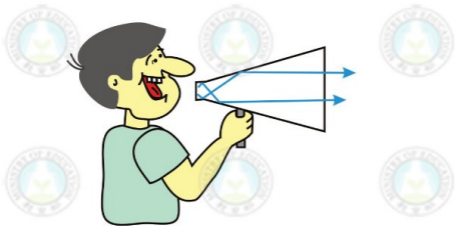


圖 12-9 傳聲筒可以讓聲音在傳播出去時比較集中

我們說話時，聲音向四面八方傳播出去。傳播的越遠，能量分散的越廣，所以聲音就越小了。當使用傳聲筒時，聲音經由傳聲筒內反射後，方向較一致，能量較集中，所以便能傳播得比較遠（圖 12-9）。瞭解聲音的基本特性，便能幫助我們設計出如傳聲筒這種方便實用的工具；像這類的例子，在科學研究上屢見不鮮。

從前面兩小節學到那麼多有關聲音的性質，你是不是發現藝術與人文領域中所學到的樂器，其實和我們的自然與生活科技領域是相關的呢？讓我們來做一個簡單的活動，辦一場小小科學音樂會。



活動12-3 小小科學音樂會

活動目的：

體驗振動體長短不同，發出的聲音音調也不同。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
細長形玻璃杯	6個
吸管	數支
小木槌（或金屬湯匙）	1支

活動步驟：

1. 取相同玻璃杯六個排成一列，分別在杯子內倒入不同高度水量（第一個杯子可以不加水）。
2. 輕敲杯緣，以最低音杯子的音高為基準，調整各杯子水量，使各杯發出音調由低而高（Do、Re、Mi、Fa、Sol、La）〔圖1(a)〕。
3. 試著用自製樂器演奏「小蜜蜂」曲子。
4. 取相同吸管數支，分別剪裁成不同長度，將其中一端壓扁剪成三角形當作吹嘴〔圖1(b)〕，試著吹氣，聽聽各吸管音高的差異。（吹吸管的要領，請參考圖2：雙唇輕輕銜住吹嘴端，使三角葉片剛好在嘴



(a)



(b)

圖1 (a) 輕敲杯緣發出不同音高的聲音 (b) 將吸管一端剪成三角形，做成吹奏樂器。



唇內側即可。一邊吹氣，一邊讓雙唇慢慢施加力道夾緊吸管。當力道適中時，葉片會劇烈振動而發出聲音。）

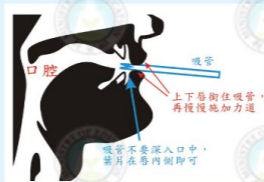


圖2 吹吸管的要領

👉 **注意事項：**禁止學生取剪過的吸管互插對方。

👉 **活動討論：**

1. 輕敲杯緣時，水量越多的杯子，音調越高還是越低？
2. 吸管長度越長，吹出的聲音越高還是越低？

由這個活動你是否發現，調整發聲體的長度，可以改變發音的音調。像排笛以及伸縮喇叭等樂器之所以能發出各種不同的音調，其實就是運用這個原理（圖 12-10）。



(a)



(b)

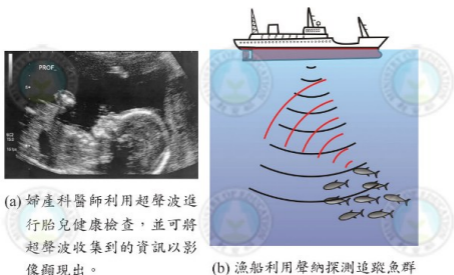
圖 12-10 (a) 排笛 (b) 伸縮喇叭

除了表情、肢體及圖文之外，聲音可說是人類用來溝通最直接的方法。科學家發現鯨魚、海豚等動物也有類似的本事。蝙蝠會主動發出超聲波，利用它那對可愛的大耳朵（圖 12-11）去偵測從物體表面所反射回來的波，以便繞過障礙物或者去偵測飛行中的小蟲子，甚至在追捕的過程中，改變聲音的頻率，以便精確決定小蟲子的方位，也算是生物天生善用物理現象的自然界奇觀！不過，平常我們聽到蚊子或蒼蠅飛過的嗡嗡聲並不是牠們的叫聲，而是翅膀快速振動所發出的聲音。



圖 12-11 臺灣長耳蝠

隨著人類科學技術的發展，人們已能運用聲波的反射或折射原理，設計製作各種儀器設備，並廣泛運用在醫學、工業與日常生活中。例如船隻與潛水艇所使用的聲納裝置，其實是蝙蝠發出聲音追捕獵物的翻版。此外，醫師利用超聲波進行胎兒健康檢查，或者是利用能量集中的超聲波來震碎病人體內的結石等，也都是相當常見的應用。圖 12-12 是超聲波的兩個應用實例。你還能找出超聲波在生活中的其他應用嗎？



(a) 婦產科醫師利用超聲波進行胎兒健康檢查，並可將超聲波收集到的資訊以影像顯現出。

(b) 漁船利用聲納探測追蹤魚群

圖 12-12 超聲波的應用



請接變化球

某些新款式的車輛裝有超聲波倒車雷達（圖 12-13），以便輔助駕駛不致在倒車時撞到物體。請利用本小節所介紹的內容，討論一下它可能使用的原理。



圖 12-13 車輛後方裝有超聲波倒車雷達（圓形按鈕處）

本章結語

雖然聲音看不到也摸不著，卻是隨時隨地充滿在我們生活的週遭，陪伴我們。了解聲音的特性之後，你可以更有創意地運用它，讓生活多一點悅耳的背景，讓我們的有聲世界更精彩一些，當然，也要更懂得尊重別人（勿干擾他人），適度的寧靜，更有助於調適我們的身心健康。



本章摘要

1. 聲音是物體快速振動時，透過空氣或其他介質以波動的形式（聲波）傳遞出去。
2. 一般人類耳朵能聽到的聲音頻率範圍是20 ~ 20000 Hz。有些聲波的頻率超過人類耳朵接收的範圍，平常我們是聽不到，也發不出來的，這類聲波稱為「超聲波」。
3. 超聲波的生活應用很多，如醫師利用超聲波進行胎兒健康檢查，或者是利用能量集中的超聲波來震碎病人體內的結石等。
4. 聲音的三項基本要素是音量、音調與音色。「音量」是指聲音強弱的程度，也就是聲音的大小聲。科學上通常以分貝（dB）表示出聲音強度。「音調」是指發聲體振動的頻率高低，也就是音樂課所說的音高。「音色」是指發聲體獨特的發音特性，主要決定於聲音的波形。
5. 發聲體的自然振動頻率是由許多因素所決定。一般來說，符合「輕、薄、短、小、緊」的物體頻率就會比較高。像排笛以及伸縮喇叭等樂器之所以能發出各種不同的音調，其實就是運用調整發聲體的長度，來改變發音的音調。
6. 聲音傳播需要介質，但是不只空氣可以傳遞聲音，固體或液體一樣可以傳播聲音，只是不同介質傳播聲音的速度不同，而且差異很大。一般來說，固體傳播聲音的速度最快，液體次之，而氣體最慢。
7. 產生回聲需要兩個條件：反射聲音的物體要有比較堅硬的表面，且發出聲音的物體與反射聲音的物體表面，必須有足夠的距離。
8. 當聲波傳送到物體時，物體雖然也會跟著入射的聲波「起舞」振動，不過只有當聲波的頻率和這個物體本身的某個固有振動頻率相同時，物體才会有最強的響應。這個時候，入射聲波的能量最容易被該物體吸收。這樣的現象叫做共鳴或共振。

參考資源

書籍

1. 劉明、范保群、李均利譯 (2002)。科學探索者：聲與光。浙江：浙江教育出版社。
2. 楊清木譯 (1996)。物理寫真集。臺北市：牛頓出版公司。
3. 張柱編輯 (1994)。物理與能。香港：時代—生活叢書出版社。

網站

1. 教育部科學教育學習網 <http://science.edu.tw/> (2007年1月)
2. 科學小芽子 <http://www.bud.org.tw/> (2007年1月)
3. Demolab 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/> (2007年1月)
4. 安安免費教學網 <http://www.anan1.webnow.biz/main.htm> (2007年1月)
5. 科學與藝術的對話 <http://pei.cjhh.tc.edu.tw/> (2007年1月)
6. 科教資源網 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/nstsc/index001.htm> (2007年1月)



第十三章 光



13-1 光的直進與反射

13-2 光的折射

13-3 多彩多姿的像



陰霾數日，太陽不經意地露臉了！
趕快，趕快，拖著爺爺到戶外烤肉去。
濃濃的肉香，伴著裊裊炊煙的升起，
害得口水直往外流。
正想大快朵頤的時候，猛抬頭…
咦！搖曳生姿的白煙怎麼全變成柱狀了？！

13-1 光的直進與反射

雨過天青，遠處天際跨出了一弧彩虹（圖 13-1）。如果這是口渴的天仙在吸水，那她顯然已選定了世界上最美麗的吸管。可是，想欣賞就要快喔！因為彩虹通常都不會持續很久。紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫，這麼瑰麗絢爛的顏色要是能夠全部打包帶回家去珍藏，那該是一件多愜意的事呀？別急！只要把光的原理學通了，這件事不難辦到！不但如此，你還可以參透萬花筒內的秘密，體會出這麼美的圖案（圖 13-2）究竟是如何形成的呢！



圖 13-1 雨後彩虹



圖 13-2 萬花筒內呈現的圖案

其實，「光」相當奇妙，它除了速度很快之外（在真空中達到每秒將近三十萬公里），而且還具有第十一章所敘述的波動現象之各種性質。例如，光也具有波長，只是人眼所能看見的光波長範圍相當短，約在 400 奈米到 700 奈米間。所以不用特殊的儀器，我們還真難以直接看到光的波動特性。雖然光波和水波有很多相似性，但是光也有它的獨特性質：光的傳播不需要介質！正因為這個緣故，陽光才得以穿越太空，傳到遠遠的地球上滋養生命，讓大地一片盎然！

你已經對「光」產生好奇了嗎？那麼就讓我們開始探

討它的基本性質與應用吧！

你有沒有玩過鏡子反光遊戲，在陽光下用鏡子將光線反射到其他地方？你站在鏡子前面為什麼可以看到自己清楚的影像？本小節將以雷射筆的光束活動為例，介紹光的直進現象與反射原理。



活動13-1 光的反射

活動目的：

觀察光波的反射現象。（為避免雷射光危害學生的眼睛，活動可改由教師演示教學）

活動器材：（每組）

器 材	數 量
雷射筆	1支
平面鏡	1面
暗色的紙	1張
量角器	2個
水霧產生器	1個

活動步驟：

1. 將暗色的紙平鋪在桌面上，取雷射筆平置於桌面，沿桌面投射雷射光束。你看到雷射光束嗎？
2. 重複步驟1，但這次在雷射光束的可能經過路徑上噴霧。你看到雷射光束了嗎（圖1）？
3. 將平面鏡以一個角度立於雷射光束上，觀察自平面鏡反射後的雷射光束（觀察其入射與反射角度）（圖2）。
4. 稍微轉動平面鏡角度，再次仔細觀察雷射光束入射與反射的角度變化。



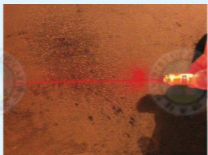


圖1 光波的直進



圖2 光波的反射

注意事項：

雷射光是能量非常集中的光源。絕對不可以正視雷射筆發出的雷射光源，也不得朝任何人身上照射，以免發生危險。

活動討論：

1. 你觀察到的入射角和反射角之間的關係，是否相等？
2. 改變入射角度，你觀察到的入射角和反射角之間的關係，是否還一樣？

以上的活動顯示，光波會筆直前進。而當它在行進的途中遇到障礙時，會和水波一樣產生反射現象，並遵守波動的反射定律，也就是入射角等於反射角（圖13-3）。

一束平行光照在平滑物體表面產生反射後，反射光仍然是平行光。一般物體表面比較粗糙，光線反射後方向不規則（稱為漫射）。我們之所以

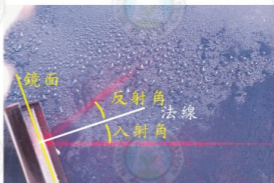


圖13-3 光的反射定律

能夠看到周遭的東西，最主要就是因為大部分物體都有漫射的現象。不過要提醒大家的是，即使是粗糙面的漫射，每一條光線在物體表面的入射與反射仍然遵守反射定律哦（圖 13-4）！

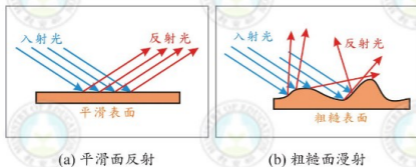


圖 13-4 光線的反射（為了顯示清楚起見，反射光用不同顏色表示。）



請接變化球

每當月圓的時候，我們可以清楚看到月球表面有一些比較暗的地方。請你想想看：如果月球上暗的地方並不是處在陰影下，則它是地表比較平坦還是比較崎嶇不平的地方？為什麼？

一旦明白了光線直進的特性，我們便可以回到本章的第一張照片，試著去解釋原先的疑惑：「升起的炊煙為什麼看起來變成直柱狀？」答案很簡單：煙本身當然沒有變成柱狀！當煙霧不存在時，陽光穿過樹葉縫隙後會以直線行進射向地面。但是因為空氣不會將陽光往四面八方散布，而傳到人眼內，所以我們看不到光柱。可是當煙霧升起來的時候，煙霧中的小顆粒和雷射光束實驗中的噴霧有同等的效果，會將光柱中的一部分光線射到我們眼中，於是我們就看到直直的光柱了。

13-2 光的折射

光從一種介質進入另一種介質時，也會有折射的現象。本小節將以雷射筆的光束活動為例，介紹光的折射原理。



活動13-2 光的折射

活動目的：

觀察光波的折射現象。（為避免雷射光危害學生的眼睛，活動可改由教師演示教學）

活動器材：（每組）

器 材	數 量
雷射筆	1 支
牛奶或豆奶	1 小滴
高腳酒杯或大燒杯（酒杯適合拍照 做精確測量，燒杯適合多人觀察）	1 個
量角器	2 個
水霧產生器	1 個
深色硬紙板	1 個
淺色硬紙板（避免使用白色）	1 個

注意事項：

本活動中為了取得較好的觀察角度，偶而會將雷射往斜上方照射。此時一定要注意，絕對不可以讓雷射光束照到人身上，也不要凝視照射在淺色硬紙板上的雷射亮點，以免發生危險。此外，請避免使用白色硬紙板，以免雷射光點太亮，對眼睛造成傷害。



活動步驟：

1. 使深色硬紙板與淺色硬紙板成九十度夾角，並將高腳酒杯置於兩者圍出來的角落。
2. 高腳酒杯裝八分滿清水，滴入一小滴牛奶攪拌均勻。（若酒杯內的水看起來混濁，則需再稀釋，使它看起來仍算清澈。）再用雷射筆自上方斜斜射入水中，利用深色硬紙板觀察其雷射光束入射與折射的角度，並可利用淺色硬紙板上投射出來的亮點確定有光線自液面反射出來（圖1）。（仿照前節活動的技巧，必須噴霧才可以看到空氣中的雷射光束。）
3. 反過來自高腳酒杯側面底部向上投射，觀察雷射光束自水面反射回水中（圖2）以及折射出空氣中的狀況（圖3），觀察雷射光束入射與折射的角度。（注意：圖3的入射角比圖2的入射角小，這樣便可增加折射光束的強度，使得照射在淺色硬紙板上的光點變亮。）

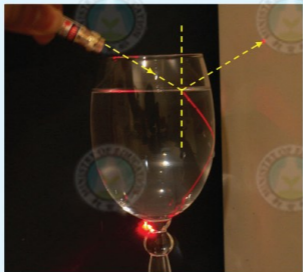


圖1 空氣中的光波在空氣與水的界面上產生折射，進入水中。淺色硬紙板上的亮點是自液面反射出來的光線所造成。（本圖未顯示空氣中的入射與反射光線。）

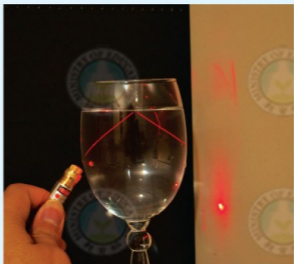


圖2 水中的光波在空氣與水的界面處反射回水中。（本圖中並沒有折射進空氣中的光波。）



圖3 水中的光波在空氣與水的界面處折射到空氣中。淺色硬紙板上的亮點是自液面折射出來的光線所造成。

活動討論：

1. 光由空氣進入水中時，行進方向是否改變？
2. 入射角變大時折射角是否跟著變大？





請接變化球

在以上活動中，每次想觀測光束在空氣中的路徑就得按一次噴霧器，實在很不方便。你有沒有改進活動的好點子？

以上的活動顯示，光波遇到不同介質時，會和水波一樣，一部分反射回原介質，一部分則產生折射現象（圖 13-5）。而且光由空氣進入水中時會偏向法線，也就是入射角大於折射角；相反的，光由水中射出空氣時會偏離法線，也就是入射角小於折射角。

這個觀察雖然簡單，但卻有實際生活用途！例如，用肉眼看到的水中物體所在的深度永遠會比實際來得淺。此中道理，只需參看圖 13-6 就很明瞭了。

其實大自然中有一些很有趣的光學現象也和光線的折射有關。

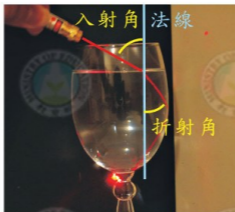


圖 13-5 光波的折射

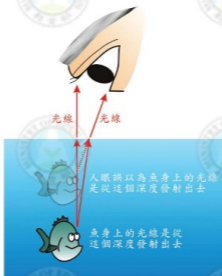


圖 13-6 用肉眼看到的水中物體所在的深度永遠會比實際來得淺

例如在炎熱的日子裡，某些靠海或沙漠的地方很容易出現「海市蜃樓」的奇景；以及雨過天青後懸掛天邊那彎瑰麗的彩虹，都是光線折射與反射的傑作。不過這些現象比較複雜，所以通常是在高中課程才討論。

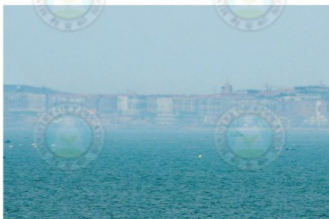


圖 13-7 中國山東半島蓬萊閣以北的海面出現「海市蜃樓」奇景



活動 13-3 陽光的折射與色光

活動目的：

經由三稜鏡觀察陽光及白熾燈泡手電筒的光經折射後色散的效果，並了解這些光是由不同顏色的光組成。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
三稜鏡	1 面
平面鏡	1 面
臉盆（可容納平面鏡）	1 個
手電筒（白熾燈泡）	1 支
雷射筆	1 支
白色紙板	1 張



注意事項：

1. 絕對不可以正視雷射筆發出的雷射光源，也不得朝任何人身上照射，以免發生危險。
2. 使用三稜鏡時應特別小心，避免割傷。

活動步驟：

1. 取雷射筆向著三稜鏡射出雷射光束，讓光束投射在白色紙板上，觀察光束折射後的效果。
2. 換取手電筒（白熾燈泡）向著三稜鏡照出光束，讓光束投射在白色紙板上，觀察光束折射後的效果（圖1）。
3. 參照圖2，讓陽光照在已經裝八分滿水的淺盤或臉盆內，然後以一個傾斜的角度將平面鏡插入水中。適當調整鏡子的角度，使照在其上的陽光可以被投影在牆上或天花板上。此時牆壁或天花板上也會出現陽光內的色光。

活動討論：

1. 為什麼白熾燈光通過三稜鏡會產生色散現象，而雷射光束不會呢？
2. 陽光經歷過鏡子、水及空氣後色散成不同色光，那一種顏色折射程度最大？那一種顏色折射程度最小？



圖1 白熾燈泡手電筒的色散

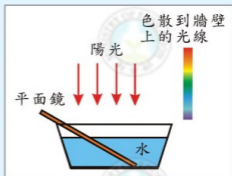


圖2 簡易的陽光色散實驗示意圖

以上的活動說明了陽光內其實含有許多不同的色光。這些色光在界面折射時，會因為偏折程度的不同而分開來，我們把這種現象稱為「色散」。能讓陽光色散的方法不只一種，不過讓陽光通過介質來產生色散確實是一種常見的方法。雖然色散現象只是一項科學觀察，但是藝術家頭腦動得很快，馬上聯想到可以將陽光的色散引入室內作為裝飾照明呢！（圖 13-8）



圖 13-8 加拿大溫哥華的「謝保特藝術中心」將陽光的色散引入室

大部分物體在陽光下所呈現的色彩，其實就是該物體將某些色光反射到我們眼睛的結果。舉例來說，黑色物體是因為色光都被物體吸收了，沒有任何光線反射到我們的眼睛，所以才會感知為黑色物體。而原來在陽光下呈現藍色的物體，則會反射大量的藍光，並吸收掉大部分的其他色光。因此，若改以紅光去照射，則因為藍色物體只會反射少量紅光，看起來就接近黑色（圖 13-9）。所以，物體呈現的顏色並不是固定的，對吧？

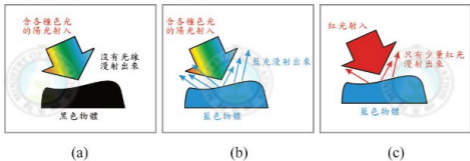


圖 13-9 物體色光反射原理：(a)黑色物體會吸收陽光中的各色光
 (b)藍色物體會反射出藍光，並吸收掉大部分的其他色光
 (c)藍色物體被紅光照射時，只有少量紅光漫射出來，結果看起來像黑色物體。

既然如此，我們就會想到：「把陽光內的這些色光做不同的組合後，應該就可以還原、造出各式各樣的顏色了！」沒錯，可是從應用的觀點來說，這卻不太實際，因為我們就得製備無限多種陽光的色光才夠用。有趣的是，人類的眼睛和大腦就某個意義來講其實是很安分知足的，因為科學家發現：只要把紅、綠、藍這三色光在亮度上做適當的組合，我們仍然會覺得可看到各種顏色！例如：紅光混上等量的綠光，結果人腦會

將它詮釋成黃光；把藍光混上等量的綠光，會令人覺得是看到靛色的光；而將紅、綠、藍等比例全部混在一起，我們竟覺得已看到了白光（圖 13-10）！因為這個緣故，我們就把紅、綠、藍叫做光的三原色。



圖 13-10 光的三原色，以及數種簡單的組合。

學到這裡，你或許會很興奮地想要把紅、綠、藍三種有色的玻璃紙分別套到三個手電筒上，趕快在家做色光的混色實驗。其實沒這麼容易，因為坊間所販賣的各色玻璃紙能透過的，不只是表面上所展現出來的單色光而已。所以這樣做出來的實驗效果很差，不容易成功。不過我們也不用洩氣，只要打開家中那個有映像管的彩色電視，然後拿一把放大鏡來仔細端詳電視畫面，結果你就會發現：三色光的混色效果原來就在身邊（圖 13-11）！

在圖 13-11(c)中，我們發現彩色電視的映像管上有交錯的紅、綠、藍三色條紋，但是它們在電視畫面上各處的亮度並不同。例如領結處的紅色條紋都很暗，於是人眼便會把比較亮的綠、藍條紋混色看成圖 13-11(a)中的靛色領結。同理，臉頰上的膚色，則是由紅、綠、藍三色條紋以適度的光亮度比例混色而成〔圖 13-11(b)〕。

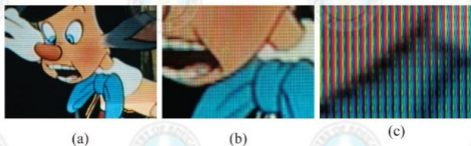


圖 13-11 三色光的混色效果可以在電視畫面中得到驗證：(a)原始電視畫面(b)將左臉頰與領結放大(c)再放大。（本圖是採用所謂的「特麗霓虹映像管」電視拍攝而得。不同廠牌的電視看到的條紋可能不同，但道理是相通的。）

瞭解物體顏色形成的道理後，接下來就可以做一個小遊戲，發揮一下你的創意了！



活動13-4 魔術畫卡

活動目的：

透過實作讓學生體驗物體顏色形成的道理，並激發學生創意設計。

活動器材：

器 材	數 量
白色卡紙	數張
彩色筆（紅、藍、綠）	各1支
彩色玻璃紙或壓克力板（紅、藍、綠）	各數片

活動步驟：

1. 先請同學分別用不同顏色的壓克力板蓋在圖1，請同學運用先前學過的原理，解釋看到的現象。（如果一片效果不好，可以把同色的數片壓克力板疊在一起。）
2. 同學使用光的三原色自行設計畫卡。
3. 各組分享組員設計的創意效果。
4. 請各組推選代表展示給全班觀賞，並說明創作緣由。

我是藍色嗎？

我是紅色嗎？

我是綠色嗎？

鮮肉




(a) 顏色字卡


(b) 變體字

(c) 變臉圖

圖1 示範用圖卡

 活動討論：

1. 圖1的圖卡，蓋上紅色壓克力板後呈現什麼圖文？換成藍色與綠色壓克力板，效果有什麼不同呢？
2. 你是如何設計自己的畫卡內容？希望呈現何種效果？
3. 你設計的畫卡是否有達成你的效果？如果沒有，問題可能出在那裡？
4. 你覺得全班最有創意的是誰的作品？為什麼？

陽光（或白光）、白熾燈泡手電筒、燭光雖然也都遵守波的反射與折射定律，但是因為它有色散現象，所以利用來研究折射定律效果不如前面活動中所用的雷射光。雷射光是能量集中的單色光，它的光束細而直，且不易發散，所以在醫學與工業上都有很大的應用。為了簡單起見，後面一節介紹面鏡與透鏡等光的原理與應用時，雖然不再使用雷射光，但仍暫時以單色光討論，不再考慮光的色散效果。

 更·上·一·層·樓
常見雷射的應用有：超級市場的條碼機、CD、DVD、眼科及美容手術、工業切割及軍事用途。



請接變化球

在活動13-1及13-2中我們為何選擇採用雷射筆而不用手電筒？



13-3 多彩多姿的像

小時候是否曾經和弟弟玩過手影戲？它所利用的道理，是光線在均勻介質中永遠以直線傳播，所以在遇到不透光的障礙物時便無法通過，從而在障礙物後方產生陰影。大自然有些現象便是光線直進造成的，例如陽光下物體的影子、日食與月食現象等，人類也很早就懂得利用光線直進的原理，進而發明日晷等工具。

如果我們在一個不透光屏幕中央刺一小針孔，光線便可透過此針孔進入屏幕後方。本節要利用此一現象製作一具簡單的針孔相機，以進一步了解針孔成像的原理。



活動13-5 針孔相機

活動目的：

利用洋芋片圓筒，製作簡易針孔相機，讓學生觀察針孔成像的原理。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
有半透明塑膠蓋的洋芋片圓筒	1個
鋁箔紙	1盒
膠帶	1卷
鑽子或圖釘	1支
美工刀	1把

活動步驟：

(一) 製作針孔相機

1. 用美工刀將洋芋片圓筒切成長、短二筒；短筒長約5公分，且金屬蓋在短筒這一側（圖1）。（使用美工刀切割時要小心，避免受傷。）
2. 用鑽子或圖釘在短筒金屬蓋的中心鑽出一個針孔（圖1）。
針孔直徑宜保持在1 mm內，以達到較佳效果。（請小心鑽孔，避免受傷。）
3. 將洋芋片圓筒的半透明塑膠蓋套在短筒的開口，做為照相機的屏幕，再將長筒接回來（圖2）。整個以膠帶固定住（圖3）。
4. 整個圓筒以鋁箔紙包紮兩圈，再用膠帶固定住，以免外界光線從接縫處漏進針孔相機內（圖4）。
5. 從圓筒後端觀看針孔前方亮物投影在塑膠蓋上的影像。

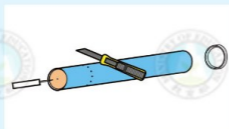


圖1 將洋芋片筒切成長、短二筒，用鑽子在短筒金屬蓋中心鑽出一個針孔。

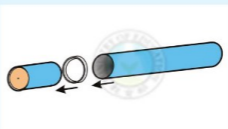


圖2 將洋芋片圓筒半透明塑膠蓋，套在短筒的開口做為照相機的屏幕。



圖3 將短筒、半透明塑膠蓋、及長筒依序接在一起，並以膠帶固定住。

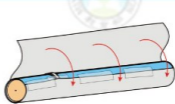


圖4 整個圓筒以鋁箔紙包紮兩圈，再用膠帶固定住，以免漏光到針孔相機內。



(二) 針孔成像原理

請參看圖5。

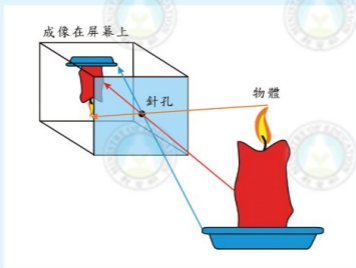


圖5 針孔成像原理

活動討論：

1. 針孔相機看到的影像為什麼都是顛倒的？

針孔相機因為只能透過前方的針孔讓少許的光線進入，所以影像比較暗。如果裝上底片來拍照，所需的曝光時間也比較長。這是它的一個缺點。但是針孔相機有一個很大的優點是：因為它是利用光的直進，成像於螢幕上，並且不受限於螢幕的遠近，都會得到一個上下相反的實像，所以照出來物體的影像與顏色都不會失真。



請接變化球

1. 加長針孔與屏幕之間的距離對針孔相機成像有何影響？
2. 針孔的形狀或大小對成像有何影響？

我們每天都會照鏡子，或者從窗戶玻璃中看到周圍景物的影像。國小自然課也都使用過放大鏡，透過放大鏡觀察物體，為什麼物體會變大呢？如果你的同學有人近視了，你從近視眼鏡向外看時是否發現，景物怎麼變小了

呢？

光線的反射與折射原理並不複雜，科學家或發明家卻能將簡單的原理加以運用，設計出許多生活上非常實用的工具或儀器，帶給我們方便的生活。本小節將介紹基本的面鏡與透鏡原理，帶領大家認識日常生活中的科學。

根據面鏡、透鏡結構，以及運用光學原理不同，我們約略區分為五小類：平面鏡、凸面鏡、凹面鏡、凸透鏡、凹透鏡。分別簡單介紹如下：

平面鏡

我們眼睛看得物體影像是因為物體所發出（如太陽、電燈）或反射出來（如月亮、大樹）的光線進入眼睛而產生的視覺感

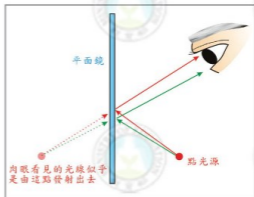


圖 13-12 平面鏡的反射



受。那麼，我們照鏡子時為什麼看得到自己的臉呢？

圖 13-12 表示一個點光源經由平面鏡的反射後，會被觀察者視為從鏡後位置直射過來的現象。

我們再用圖 13-13 作說明，為什麼我們不必低下頭來，就可以從鏡子中看到自己腳上穿的皮鞋呢？其實周圍光源照射在皮鞋時，反射光會向四面八方散去。站在旁邊的人可能可以直接看到皮鞋的反射光，但是自己的眼睛因為是朝向前方，無法直接接收到皮鞋反射出來的光線，所以看不到自己的鞋子。

不過皮鞋的反射光有一部分射向平面鏡後，再次從平面鏡反射出來。平面鏡上入射與反射出來的光線均遵守反射定律，所以有一部分平面鏡的反射光會被眼睛接收到。因此，眼睛反而可以藉由直視平面鏡而看到皮鞋（圖 13-13）。此時，因為光線角度的關係，會使眼睛將光線判斷為自鏡後直射過來。

同理，身體各部位都會有一部分反射光經由平面鏡再次反射進入眼睛，所以可以從平面鏡中看到自己的影像。



圖 13-13 平面鏡成像原理

從平面鏡中看到的影像稱為**虛像**，因為光線並不是真的由影像該處發出。虛像只是由鏡面反射的光線進入眼睛所造成的視覺效果，因此，把手伸到平面鏡後方是絕對摸不到實際的物體。

一旦瞭解平面鏡造成虛像的道理，我們便可以參照圖13-14的構造，利用三個相同的平面鏡組成正三角柱，然後自製簡易萬花筒。想一想，你說得出來萬花筒為什麼能夠「變出」那麼多重複的花色嗎？

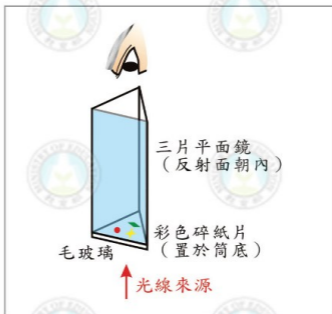


圖13-14 簡易萬花筒的基本構造

凸面鏡與凹面鏡

當面鏡表面不是平面的，而是均勻光滑的凹面或凸面時，反射後的影像會有什麼不同呢？我們用下面的小活動來體驗一下吧！



活動13-6 凹、凸面鏡

活動目的：

藉由操作凹、凸面鏡的觀察，體驗凹、凸面鏡成像的效果。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
凹面鏡	1面
凸面鏡	1面
平面鏡	1面
（可以事先自家裡帶一些金屬湯匙、小化妝鏡等）	

活動步驟：

1. 發給各組凹面鏡、凸面鏡與平面鏡，請同學輪流使用，並調整物體與鏡面不同距離，觀察鏡面影像效果的差異。
2. 圖1是一些生活中凹、凸面鏡的應用實例。請同學發表觀察心得，並分享生活上的經驗，舉例說明。

活動討論：

1. 從凹面鏡中看到的影像是放大還是縮小？正立還是倒立？
2. 從凸面鏡中看到的影像是放大還是縮小？正立還是倒立？
3. 從平面鏡中看到的影像是正立還是倒立？
4. 生活中有那些裝置設計是利用凹面鏡的原理？
5. 生活中有那些裝置設計是利用凸面鏡的原理？
6. 哈哈鏡中看到自己的影像為什麼會變胖或變瘦呢？你能試著用凹、凸面鏡的原理解釋嗎？



(a) 巷口的反光鏡（凸面鏡）：增加視野。



(b) 某些汽車的照後鏡（凸面鏡）：增加視野，但因為成像變小，所以會有錯覺，似乎後方車子在較遠的地方。



(c) 手電筒（凹面鏡）：使光束集中，朝前方射出。



(d) 電熱器（凹面鏡）：使熱輻射集中，朝前方射出。



(e) 牙醫鏡（凹面鏡）：放大物體。

圖1 生活中凹、凸面鏡的應用

從以上數個生活實例中，我們可以歸納出凸、凹面鏡最常被用到的特性：凸面鏡雖然會使物體的像變小，但它也同時擴大了我們的視野。而凹面鏡則常被用來將光源的光線集中後沿著特定的方向射出，或者是將一個物體的影像放大。

凸透鏡

凸透鏡是指鏡片中央厚度比周圍更厚的鏡片，隨著不同的應用，凸透鏡可分成三種類型：雙凸透鏡、平凸透鏡、及凹凸透鏡（圖 13-15）；所以它的外觀不一定呈凸出的形狀〔圖 13-15(c)〕。平常我們使用的放大鏡就是一種凸透鏡。

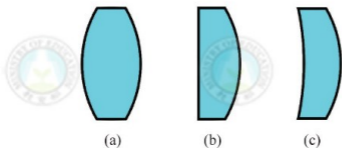


圖 13-15 凸透鏡種類：(a) 雙凸透鏡 (b) 平凸透鏡 (c) 凹凸透鏡

凸透鏡具有會聚光線的效果；一束垂直射向凸透鏡的平行光在穿過凸透鏡後，光線會聚集在一點，該點稱為焦點。焦點到鏡片中心點（簡稱鏡心）的距離稱為焦距。不論光線從那一邊入射，焦距都是一樣的。〔圖 13-16(a)〕

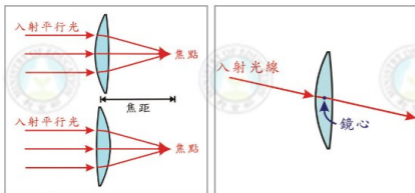


圖 13-16 (a) 凸透鏡會聚光線。不論光線從那一邊入射，焦距都是一樣的。
(b) 光線在通過鏡片中心點後，行進方向不會改變。

此外，由於我們只討論薄的透鏡，而透鏡的兩面在中心處幾乎是平行的，所以光線在通過鏡片中心點後幾乎不會改變方向〔圖 13-16(b)〕。這個特性對於以下即將敘述的物體成像原理之分析很有用處。

凹透鏡

凹透鏡是指鏡片中央厚度比周圍厚度薄的鏡片（圖 13-17），不一定是形狀凹的鏡片。平常近視的人所配戴的近視眼鏡就是利用凹透鏡的原理，近視眼鏡的鏡片是屬於凸凹透鏡〔圖 13-17(c)〕。

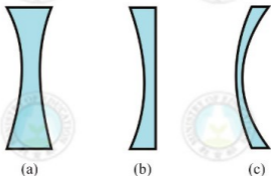


圖 13-17 凹透鏡種類：(a) 雙凹透鏡 (b) 平凹透鏡 (c) 凸凹透鏡



更·上·一·層·樓

我們可以利用作圖的方式決定出物體成像的位置：一、從物體發出一條水平光線，在穿過凸透鏡後，必然會通過焦點。二、往透鏡中心射去的一條光線，在穿過凸透鏡後，不會改變行進方向。前述兩規則中的光線相交的位置，便是成像的位置。至於凹透鏡，則只須把第一點改成：「從物體發出一條水平光線，在穿過凹透鏡後，必然會偏離中心，好似它是由和物體同側的焦點所發出來。」

凹透鏡具有發散光線的效果，一束平行光通過凹透鏡時，光線向外發散，從透鏡後方看起來好像是從透鏡前方某一點直射出來的，該點亦稱為焦點，不過凹透鏡的焦點並非光線實際會聚的點，有時特別區分凹透鏡的焦點為**虛焦點**〔圖 13-18(a)〕，而凸透鏡的焦點就稱為**實焦點**。

和凸透鏡相似的是：光線在通過凹透鏡的中心點後也是幾乎不會改變方向〔圖 13-18(b)〕。我們很快就會看到如何將這個特性應用於物體的成像👉。



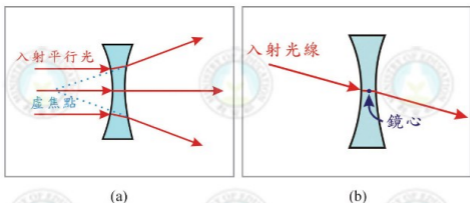


圖 13-18 (a)凹透鏡發散光線 (b)光線在通過鏡片中心點後行進方向不會改變。

透過凸透鏡或凹透鏡看到的物體影像到底有何不同呢？我們來做進一步的探討吧！



活動13-7 透鏡的成像

活動目的：

實際操作凹透鏡與凸透鏡的成像變化，以了解透鏡成像原理。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
立式凸透鏡（已知焦距）	1組
立式凹透鏡（已知焦距）	1組
有刻度軌道組（含物架與屏幕架）	1組
蠟燭	1支

活動步驟：**(一) 凸透鏡的成像**

1. 將凸透鏡、蠟燭（物架）、屏幕架正確置於軌道上，如圖1所示，其中凸透鏡應固定於軌道中央附近。
2. 先將蠟燭置於遠端（二倍焦距外），適度調整屏幕位置，使蠟燭在屏幕上呈現清晰影像，觀察並記錄蠟燭到凸透鏡的距離（物距）與屏幕到凸透鏡的距離（像距）於表13-1（見200頁），影像是放大還是縮小？
3. 將蠟燭移近凸透鏡（焦距與二倍焦距之間），重新調整屏幕位置，直到屏幕上蠟燭的影像清晰為止，觀察並記錄此時的物距與像距於表13-1（見200頁）。
4. 繼續再將蠟燭移近凸透鏡（焦距內），重新調整屏幕位置，直到屏幕上蠟燭的影像清晰為止，觀察並記錄此時的物距與像距於表13-1（見200頁）。



圖1 凸透鏡的成像

(二) 凹透鏡的成像

1. 將透鏡改為凹透鏡，重複步驟（一），觀察是否也能得到清晰的影像。
2. 若改為直接以肉眼自屏幕那方觀察凹透鏡中的光源（圖2），看到的效果如何？



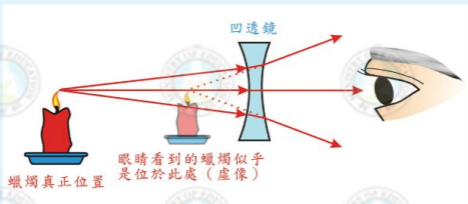


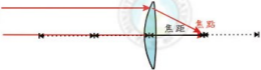
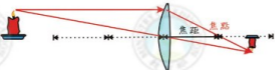
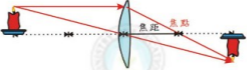
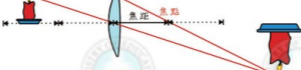
圖2 凹透鏡的成像示意圖

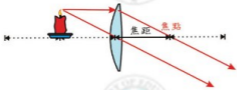

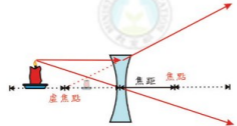
活動討論：

1. 透過凸透鏡你可以看到怎樣的影像？有何區別？
2. 如果物體由遠而近緩慢靠近凸透鏡，成像效果和位置會如何變化？
3. 透過凹透鏡你可以看到怎樣的影像？為什麼和凸透鏡不同？
4. 如果物體由遠而近緩慢靠近凹透鏡，成像效果又會如何變化呢？

請依據實驗結果，按照下表中的示意圖，於空白處填入適當之答案。

表 13-1 有關透鏡成像的現象

透鏡別	示意圖	物距	像距	像的大小	正立或倒立 實像或虛像
		無限遠處			實像 不適用
凸		二倍焦距外		縮小	
透		二倍焦距上			
鏡		一倍與二倍焦距間	二倍焦距外	倒立	

透鏡別	示 意 圖				物距	像距	像的大小	正立或倒立	實像或虛像
凸透鏡					焦點上		不適用	不適用	無法成像
凸透鏡					焦點內	同側物距外			
凹透鏡					任何距離	同側焦點內			



如果拿到的透鏡沒有標示焦距大小，你可以用那些方法找出凸透鏡的焦距呢？

透鏡的應用

透鏡在生活中應用很廣，例如放大鏡、近視與遠視眼鏡、老花眼鏡、望遠鏡等，有些甚至設計成精密的光學儀器，例如顯微鏡、照相機、影印機等，都能為我們帶來生活的便利。可是你知道嗎？我們隨身就一直攜帶著一套很棒的光學儀器——眼睛！

圖 13-19 是人眼球構造示意圖。簡單的說，它就像是一顆玻璃珠做成的凸透鏡，可以把外界物體發出的光線聚焦在視網膜，讓我們看到東西。雖然圖中的水晶體看起來很像本節中所討論過的凸透鏡，但是你千萬不要誤以為進入眼睛的光線最主要是靠它來偏折聚焦！其實它是用來做微調的。嚴格說，光線自空氣中進入眼角膜的那一刻，才是它被折射最厲害的時候。而如此設計，毋寧是大自然的另一傑作：因為這樣人眼就不用大費周章，只需牽動肌肉對水晶體做微調便可調整視力，看遠看近，無往不利！明白這層道理，你一定很樂意去照顧這套無價的精密儀器吧？



更·上·一·層·樓

做做小動作，更愛你自己：1 食指放在眼前，眼睛聚焦在食指上時，遠方的景物是模糊的。

2 當你把焦點移到遠處物品時，你會發現，眼前的食指變模糊了。原來正常眼睛調整焦距是如此微妙！好好的愛護你明亮的雙眼吧！看近物一段時間後，要記得眺望遠處或讓眼睛休息。

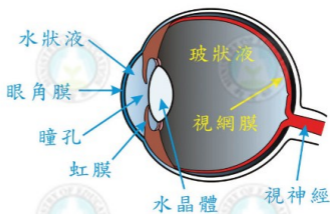


圖 13-19 眼球構造示意圖



設計再精良的儀器也有出小紕漏的時候，人眼也不例外，例如近視與遠視便是常見的視力困擾。

簡單說，近視代表無論眼睛如何努力微調，都只能將遠處物體的像聚焦在視網膜前方，因此看不清東西。遠視則代表近處的物體老是被聚焦在視網膜後方。

一旦知道近視的成因，我們當然可以善用已知的光學知識去克服它。例如，既然近視代表光線被眼球偏折太厲害（尚未到達視網膜前便已聚焦），我們只需在眼睛前方增加一個可以讓光線稍微散開來的鏡片就能矯正這個問題。這就是為什麼近視的人要戴上凹透鏡片的原因。圖 13-20 是近視眼的成因與矯治示意圖。同理，戴上凸透鏡片可以矯正遠視（圖 13-21）。

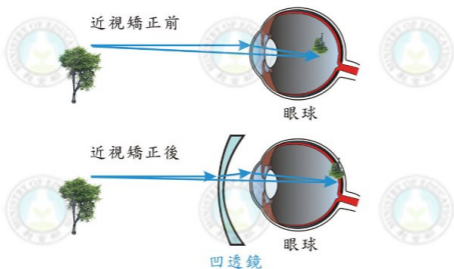


圖 13-20 近視眼的成因與矯治示意圖

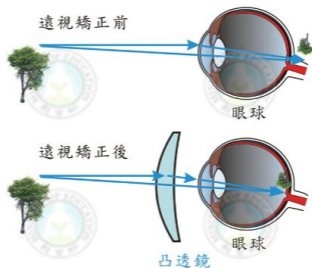


圖 13-21 遠視眼的成因與矯治示意圖



請接變化球

看過圓形水族箱裡的魚嗎？有沒有發現魚會變得好大？或者注意一下透明圓筒形飲料罐中的物體，看起來是不是也有放大的效果呢？你能不能用本章學過的原理解釋說明看看。

本章結語

五光十色的繽紛世界，特別是現代科技的運用，各種視聽媒體真是太吸引了！

美麗的彩色世界等著我們去欣賞、體驗與探索，電子媒體的色彩運用更是精采，當然，科學運用的方便性與娛樂性背後也提醒了我們，要更懂得愛惜並保護我們的「靈魂之窗」……眼睛。更多的驚奇世界還等著我們去探索呢！



本章摘要

1. 光是一種波動，它的傳播速度雖然很快（在真空中達到每秒將近三十萬公里），但光的直進性質與反射特性、以及它所表現出來的折射現象和別的波動完全相同。
2. 雷射光是能量非常集中的光源。使用雷射筆時，絕對不可以正視筆發出的雷射光，也不可朝任何人身上照射，以免發生危險。
3. 陽光內其實含有許多不同的色光。這些色光在界面折射時，會因為偏折程度的不同而分開來。我們把這種現象稱為「色散」。
4. 大部分物體在陽光下所呈現的色彩，其實就是該物體將某些色光反射到我們眼睛的結果。
5. 陽光中的色光雖然很多，但是科學家發現：只要把紅、綠、藍這三色在亮度上做適當程度的組合，仍然會讓我們覺得好像可看到各種顏色。因為這個緣故，我們就把紅、綠、藍叫做光的三原色。
6. 針孔相機是利用光的直進特性而設計出來。面鏡以及透鏡則充分分別運用了光的反射以及折射特性。
7. 我們可將面鏡以及透鏡約略區分為五小類：平面鏡、凸面鏡、凹面鏡、凸透鏡、凹透鏡。
8. 從平面鏡中看到的影像稱為虛像，因為光線並不是真的由影像該處發出。
9. 凸面鏡雖然會使物體的像變小，但它也同時擴大了我們的視野。而凹面鏡則常被用來將光源的光線集中後沿著特定的方向射出，或者是將一個物體放大。
10. 凸透鏡具有會聚光線的效果；一束垂直射向凸透鏡的平行光在穿過凸透鏡後，光線會聚集在一點，該點稱為焦點。焦點到鏡片中心點的距離稱為焦距。不論光線從那一邊入射，焦距都是一樣的。
11. 一束往薄透鏡的中心點射去的光線在通過鏡片中心後幾乎不會改變方向。

12. 凹透鏡是指鏡片中央厚度比周圍厚度還要薄的鏡片，不一定是形狀凹的鏡片。
13. 平常近視的人所配戴的近視眼鏡都是凹透鏡；遠視及老花眼的人所配戴的遠視眼鏡都是凸透鏡。
14. 近視眼代表無論眼睛如何努力微調，都只能將遠處物體的像聚焦在視網膜前方，因此看不清東西。遠視則代表近處的物體老是被聚焦在視網膜後方。
15. 凹透鏡具有發散光線的效果，一束平行光通過凹透鏡時，光線向外發散，從透鏡後方看起來好像是從透鏡前方某一點直射出來的，該點亦稱為焦點，不過凹透鏡的焦點並非光線實際會聚的點，有時特別區分凹透鏡的焦點為虛焦點，而凸透鏡的焦點就稱為實焦點。
16. 我們可以利用作圖的方式，決定出物體被透鏡成像的位置：一、從物體發出一條水平光線，在通過凸透鏡後，必然會射向焦點。二、射往透鏡中心去的光線，在穿過凸透鏡後，不會改變行進方向。前述兩規則中的光線相交的位置，便是成像的位置。至於凹透鏡，則只須把第一點改成：「從物體發出一條水平光線，在穿過凹透鏡後，必然會偏離中心，好似它是由和物體同側的焦點所發出來。」

參考資源

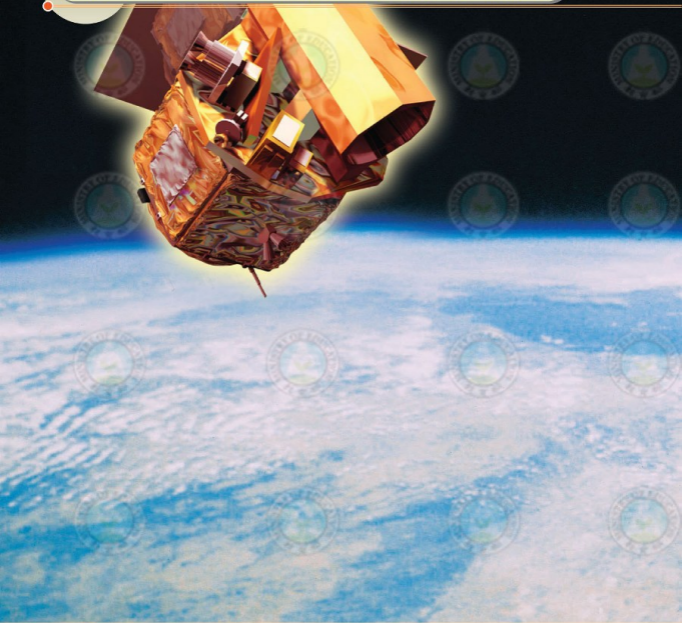
書籍

1. 劉明、范保群、李均利譯 (2002)。科學探索者：聲與光。浙江：浙江教育出版社。
2. 楊清木譯 (1996)。物理寫真集。臺北市：牛頓出版公司。
3. 張柱編輯 (1994)。物理與能。香港：時代—生活叢書出版社。

網站

1. 教育部科學教育學習網 <http://science.edu.tw/> (2007年1月)
2. 科學小芽子 <http://www.bud.org.tw/> (2007年1月)
3. Demolab 物理教學示範實驗教室 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/> (2007年1月)
4. 安安免費教學網 <http://www.anan1.webnow.biz/main.htm> (2007年1月)
5. 科學與藝術的對話 <http://pei.cjhh.tc.edu.tw/> (2007年1月)
6. 科教資源網 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/nstsc/index001.htm> (2007年1月)

第十四章 資訊與傳播科技



14-1 何謂資訊？

14-2 傳播工具的演變

14-3 資訊與傳播科技的趨勢與問題



在一天當中，我們會接收到多少資訊呢？

早上收到的報紙，刊載著世界各地發生的重要事情；
到學校讀著圖文並茂、內容豐富的課本；放學回家途中拿
到一堆廣告單；

回到家中打開電視有不同的頻道可以選擇；

或者，

我們也可以玩電腦遊戲或上網瀏覽資訊、聊天。

由此可見，

我們每天都被傳播工具所包圍，它充斥在我們的生活中，
使我們無時無刻都可接收到各式各樣的資訊。

14-1 何謂資訊？

「資訊」是由「資料」轉變而來。「資料」的定義是指一些未經處理的文字、數字或符號，用來表達人類日常生活中的某種現象或事件等。在我們日常生活當中，時常可以接觸到的資料可能是以文字、數字、圖片、聲音、動畫、影像等方式呈現，而這些資料都須要經過整理，才能變的有用。

為了使「資料」變得更有用處，我們常將資料經由分類、編輯、儲存、分析、運算、統計、排序等的處理方式，所得到的結果便是「資訊」。

資訊是資料處理後的結果，在生活中它常能提供我們更豐富、更多元、更深層的參考。以第三冊第四章「濃度與飽和溶液」實驗為例，實驗過程中所獲得的溶質質量和溶劑質量兩項數據是資料，而所計算出的實驗結果「重量百分濃度」便是資訊，可見資訊比資料含有比較具體的訊息，可以提供我們更進一步的參考。

接下來有二個舉例，說明資料轉換處理成為資訊的過程，讓大家更瞭解資料與資訊之間的關係：

實例一：國內選拔棒球選手是先蒐集其打擊資料、守備資料、投球資料，再經過整理分析後，算出選手的平均打擊率、守備率或投手的防禦率等。這些經整理分析後的資料對總教練來說就十分具有意義，它可以作為安排球員出賽的依據，而這便是資訊。而對一般棒球迷而言，這些資訊也提供球迷對於球員所擔任棒次的角色及其表現的紀錄，是很好的觀賽參考資料。

我們以棒球好手陳金峰，代表我國參與2004雅典奧運會棒球賽的打擊成績為例，來解說資料與資訊之間的關係，詳細請參考表14-1所示。

更上一層樓

打擊率計算公式 = 安打數 / 打數。
 〈打數 = 打席 - 四死球 - 犧牲打 - 妨礙打擊〉

所謂「四死球」可以分成「四壞球保送」和「觸身球保送」。



表14-1 資料與資訊的關係圖—以棒球國手陳金峰在2004雅典奧運打擊表現為例

資 料 →										處 理 →					資 訊
陳金鋒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	打席	得分	安打	打點	保送	打擊率： 0.407
加拿大	游滾			二滾			中飛		左二	4	0	1	0	0	打席：28
澳洲		三振	游滾			左安		三振		4	0	1	0	0	打數：27
希臘	三滾			游滾		游滾		左安		4	0	1	1	0	安打：11
古巴	中飛		投飛			左安		右二		4	0	2	1	0	打點：8
義大利	四壞		左二		內安		三振			4	0	2	2	1	得分：2
日本	游滾		中全			三振		中飛		4	1	1	3	0	保送：1
荷蘭	三振			中安		中安		左安		4	1	3	1	0	全壘打：1
															被三振：5

再舉一例說明，例如：音符在未經過整理以前，只是一堆資料而已，並無法代表任何意義。如果我們將這些音符加以編輯成樂譜，並透過樂器演奏，則這些原本無意義的「資料」，馬上變成一首優美的音樂。這時，「資料」就變成有用的「資訊」了。



請接變化球

2006年La new熊隊上半季球員打擊一覽表

姓名	出賽數	打席	打數	打點	得分	安打	打擊率
陳金鋒	42	181	160	38	36	50	0.313
潘忠韋	50	209	194	27	26	51	0.263
林智勝	50	215	184	34	38	51	0.277
石志偉	50	214	192	24	24	66	0.344
黃龍義	49	194	177	15	23	41	0.232
陳峰民	49	186	170	10	22	45	0.265
蔡健偉	50	185	157	17	22	43	0.274
曾豪駒	14	33	30	6	5	8	0.267
呂俊雄	44	153	141	18	17	41	0.291
張育保	14	3	3	0	5	1	0.333
蔣智聰	29	43	40	2	3	10	0.25
林聖凱	17	30	29	4	2	4	0.138
王建強	13	43	37	6	4	5	0.135

1. 看看上面這張打擊成績紀錄表包含那些「資料」與「資訊」呢？



14-2 傳播工具的演變

上一節的內容，你是不是已經對資料轉換處理成為資訊的過程，有了初步認識呢？接下來，就讓我們一起來認識訊息是如何透過傳播工具傳遞出去的。

傳播是指將訊息由「發送者」透過「媒介」（又稱為傳播工具）傳送至「接收者」的過程，而訊息的型態主要為文字、語音、光、圖像、視訊等。在訊息傳遞的過程中，當訊息的傳送者與接收者距離很近的時候，訊息的傳遞比較簡單，例如在課堂上老師要教導我們知識時，只要透過語音、文字及肢體等訊息型態便可以將知識傳遞給我們。但是，假如傳送者與接收者的距離較遠時，訊息的傳遞就會發生困難，這個時候就需要傳播媒介的幫忙了，例如當我們想要和國外的朋友聯繫時，便可以透過電話來傳遞訊息，這電話便是媒介的一種。傳播所追求的目標就是希望能夠更快速、更簡便地傳遞訊息，所以一般而言傳播的過程中主要可以分為六個過程：「傳送」、「編碼」、「儲存」、「讀取」、「解碼」、「接收」（圖 14-1）。以下以電話傳播的過程來說明上述這六個過程的內涵：

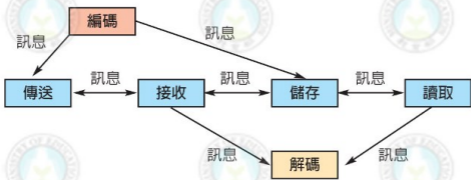


圖 14-1 傳播過程示意圖

1. 傳送：將訊息傳遞出去。例如用電話可以傳送編碼後的訊息。
2. 編碼：指將訊息變成可以傳送的信號。例如電話在將我們的聲音傳送出去之際，聲音以聲波的形式轉換成電磁波，方便後續的傳送，這個將聲波轉變成電磁波的動作，便是編碼。
3. 儲存：指將訊息保存起來。例如利用電話答錄機，將對方說話的內容儲存在錄音帶中。
4. 讀取：指將訊息從保存的地方取出。例如使用電話答錄機讀取錄音帶的內容。
5. 解碼：指將信號還原成人類所了解的訊息型式。例如電話在接收我們的聲音之際，話筒先將電流轉變成聲音(聲波)，以方便後續的接收，這個將電流轉變成聲波的動作，便是解碼。
6. 接收：指將訊息接收下來。例如用電話可以接收解碼後的訊息。

因此，當我們想要改善傳播的品質時，主要就是想辦法將這六個過程更加進步，以使傳播的效益更為廣闊。

接下來，讓我們介紹一些媒體（傳播工具），來讓同學們能更瞭解傳播的過程。

電報機

1845年美國人摩斯（Samuel Morse, 1791-1872）發明電報機，開啟人類利用「電」來傳達訊息的先端。

電報機的傳播原理為：電報發送員，用手按鍵發出信號（編碼），經由電線傳遞訊息，再經由接收機畫出長線和點，由收報員寫出收到的訊息（解碼），讓大家瞭解內容。

而電報機的優點是提升傳輸速度、縮短距離及簡單雙



回·想·與·連·結

還記得本冊第十一、十三章中有介紹聲音與光的基本性質嗎？這裡則介紹現代科技如何運用聲音與光來傳播或存取資訊。



向傳播等等。但是缺點是只能傳遞信號、且訊息無法貯存、而信號也容易受到干擾等。所以，人們便致力於研究，因而發明了電話，使我們的訊息傳播更便於互動、更便捷。

室內電話

「電話」對你我來說已經是一項生活中不可或缺的溝通工具，但是在電話發明之前，傳遞訊息只能透過電線傳遞摩斯碼來溝通。直到發明家貝爾（Bell, Alexander Graham, 1847-1922），成功的改良電報，才開啟了聲音傳遞的大門。

電話的傳播原理為：當使用者講話時，他們的聲音會震動話筒內的簧片，而簧片附近的電磁鐵會立刻將聲波轉換成電磁波（編碼）；電磁波經由電線傳遞出去（傳送），再由電信業者的設備，傳送到對方的電話機（接收），最後經由電話的聽筒的電磁鐵與簧片將電磁波還原成聲波（解碼），讓對方聽到使用者的聲音（圖 14-2）。



圖 14-2 電話傳播原理

電話雖然很方便，且可以雙向溝通，也有著幾個缺點，其一是一定要透過電線傳遞，其二是無法同時多人接收訊息。

收音機

電話可以用來傳遞訊息之後，使得訊息的傳遞變的非常方便。但是電話傳輸一定需要透過「導線」（電話線），為了克服這個缺點，義大利人馬可尼（Guglielmo Marconi, 1874-1937）在1894年，製作了第一臺電波發射器。從此突破了「傳遞聲音一定要用電線」的障礙，使人類進入到「無線」的世界。

收音機的傳播原理為：電臺主持人的說話聲音透過麥克風，將聲音轉變成電流訊號（編碼），利用高能量的電波將電流訊號透過空氣發送出去（傳送），最後經由收音機的天線接收電波（接收），再把電流訊號還原成聲音（解碼），並經由喇叭撥放出來讓聽眾收聽（圖14-3）。

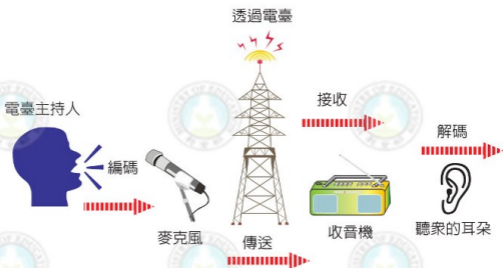


圖 14-3 收音機傳播原理



無線電波發明之後，人類因此可以將訊息傳遞到更遠的地方，空間上的距離感大幅縮短。但由於收音機無法傳遞影像及圖片等多媒體訊息，於是人們又致力於編碼、解碼過程的研究，進而發明了電視機。

電視

在無線電波發明之後，人類仍然不能滿足只有聲音的訊息，所以經過不斷的努力，逐漸改良成可以傳遞影像的電視機。由於電視機可以傳遞更多的資訊，且製造成本逐漸降低，所以電視機便開始普及。現在電視機已經變成我們最常見的傳播工具之一，許許多多資訊都透過它來傳遞。

使用電視機收看節目的傳播原理為：電視臺將節目的影像以及聲音透過天線發射，並將信號傳遞到遠方（傳送），而經由電視機的天線接收訊號之後（接收），透過映像管以及喇叭還原成原來的聲音以及影像（解碼），供我們欣賞（圖 14-4）。

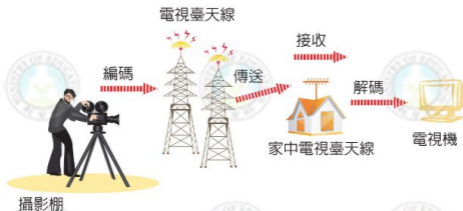


圖 14-4 電視機收看節目傳播原理

但是，我們現在可透過有線電視系統業者將各個電視頻道的節目訊號接收起來，再透過大街小巷的同軸電纜及光纖網路，將節目訊號傳送到家家戶戶。

以前的電視機是黑白的，尺寸跟現在的電視機相比也小的多（圖 14-5）。而現在的電視機螢幕越做越大，且因應數位時代的來臨、網際網路的普及，以及訊號的傳遞漸漸改為數位信號，進而生產出新型電視機，如液晶電視機、電漿電視機等（圖 14-6），不論在外型或功能上都比之前進步許多，也讓人們看電視變成了一種享受，甚至可以媲美電影院。



圖 14-5 傳統電視機



圖 14-6 新型電視機

人造通訊衛星

為了追求更遠的傳輸距離，人類又進一步發明了通訊衛星。人造通訊衛星是從地面發射至地球上空並繞著地球運行的人造物體。

人造通訊衛星的訊號傳送原理為：地面的基地臺透過天線將訊號傳送到天上去（傳送），在天上的人造通訊衛星接收來自地面上的訊號（接收），接著將訊號傳送到另一個地面基地臺去，地面上的基地臺接收到訊號後，再將訊號傳遞到各地去（圖 14-7）。



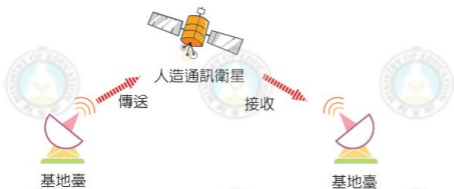


圖 14-7 人造通訊衛星訊號傳送原理

人造通訊衛星是通訊過程中的一個中繼站，主要的目的就是作為地球上兩個遠方地點溝通的通訊橋樑。除了電話、網際網路之外，電視現場轉播也是透過它來傳遞。雖然人造通訊衛星的造價高但它具有傳遞大量的資料、傳播面積大、傳輸距離長等優點，所以也是最普遍及最便捷的通訊方法。

民國88年發射的福爾摩沙一號，為我國第一枚低軌道的科學實驗衛星（非通訊衛星），並已在民國93年6月除役。緊接著，福爾摩沙二號於民國93年5月發射升空（圖14-8）。其最主要任務是拍攝臺灣陸地及附近海域的衛星影像資料，圖14-9即為福爾摩沙二號2004年日月潭空拍影像圖。

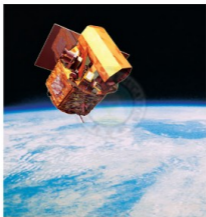


圖14-8 福爾摩沙二號飛行英姿示意圖



圖14-9 福爾摩沙二號衛星空拍日月潭彩色影像圖

之後，民國95年4月發射升空的福爾摩沙三號衛星群，則包含六顆微衛星，並分佈於地球表面700~800公里高之不同軌道中，分別圍繞著地球運轉，組成涵蓋全球的低軌道微衛星☺星系，其主要任務是氣象資料蒐集與監控。圖14-10及14-11為其飛行軌道圖及飛行英姿。

更·上·一·層·樓

何謂衛星軌道

1. 低軌道衛星一般指高度1000公里以下的衛星，如福爾摩沙一號、福爾摩沙二號。
2. 中軌道衛星指高度1000公里至10000公里的衛星。
3. 高軌道衛星指高度10000公里以上的衛星。

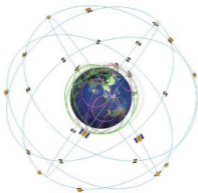


圖14-10 福爾摩沙三號微衛星飛行軌道示意圖

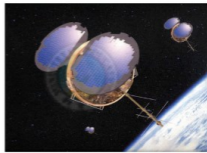


圖14-11 福爾摩沙三號微衛星飛行英姿示意圖

行動電話

行動電話是繼電視之後另一項重大的發明，行動電話的發明擺脫了通訊一定要透過電線傳遞的用法，人類的溝通方法又往前了一大步。

行動電話的運作原理與室內電話十分類似，主要的差別在於信號傳送的通路不是透過有線的電話線傳送，而是透過無線的基地臺傳送。發話者說話的聲音，經由行動電話轉成電流信號之後（編碼），電流再透過手機的天線傳送出去（傳送），讓附近的基地臺接收之後（接收），再利用收話者附近的基地臺傳送信號（傳送），透過收話者的行動電話接收信號（接收），再將聲音信號還原出來（解碼），收話者就能夠和發話者對話了（圖 14-12）。



圖 14-12 行動電話運作原理

行動電話經過人類不斷的改良後，除了輕薄短小、待機時間更久之外，多功能整合也是發展的趨勢。現在的行動電話不只能溝通、照相，還可以有隨身聽、視訊會議等功能。相信在不久的未來，行動電話會是我們日常生活中不可或缺的東西。



請接變化球

1. 若行動電話通訊不良時，你覺得在六個傳播步驟之中，是那一個或幾個步驟出現問題？為什麼？
2. 請問不同的收音機可以收聽相同的電臺，不同的無線電對講機也可以收聽到同一個發話者的聲音，為什麼不同的行動電話卻不能同時聽到同一個人的發話聲音呢？

攝影機

為了要記錄動態影像，人類發明了攝影機來拍攝人物、影像等。攝影機的運作原理為：首先透過攝影機的鏡頭將畫面拍攝進來，接著攝影機裡面的感光元件將畫面變成信號（編碼），再利用攝影機裡面的儲存裝置，如硬碟、錄影帶等，將信號儲存起來（儲存）；而當我們要觀看拍攝下來的畫面時，再從儲存裝置中將信號給取出（讀取），並透過信號轉換將畫面還原出來（解碼），再由螢幕觀看（圖 14-13）。

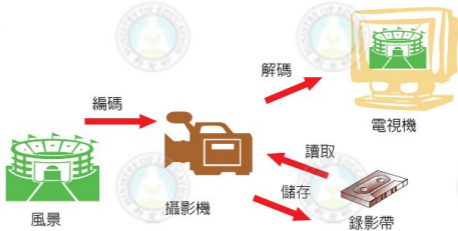


圖 14-13 攝影機運作原理



第一部攝影機是由愛迪生不斷努力而發明出來的，當時的畫面是黑白的而且用來記錄的影帶又大又重。現在攝影機不但能記錄下彩色的畫面，體積也越來越小，且儲存的設備從早期的膠捲到現在的光碟片，容量不但越來越大也較容易保存。

錄放影機

人類發明了錄放影機來儲存電視節目的內容。錄放影機的運作原理為：將電視節目信號轉換成可以保存的格式（編碼），再把資料儲存到儲存設備上（儲存），如錄影帶、光碟（Video Compact Disk，簡稱VCD）、數位視頻光碟或數位影碟（Digital Video Disk，簡稱DVD）等（圖14-14）。等到要觀看時，從儲存設備上讀取資料（讀取），把儲存資料轉換成節目的信號（解碼），透過電視機、投影機等來觀看。



圖 14-14 錄放影機運作原理

由於科技不斷地創新、發明，我們在日常生活中所接觸的傳播工具日新月異，不但滿足了我們吸收資訊的需求，同時也擴展了我們的視野，使人與人之間的互動更為方便。因此，了解生活中的傳播工具、善用傳播工具所帶來的便利，便成為現代人的重要課題了。



活動14-1 把訊息傳遞出去

活動目的：

學習運用傳播工具來呈現你的資訊。

活動器材：

以3~4人為一組，依各組的設計及需求，自行準備器材。

活動步驟：

1. 各組選擇一個主題，並以適當的傳播工具來介紹主題內容。
 - 主題一：學校領袖人物：介紹學校內名人或風雲人物。
 - 主題二：學校社團族群：介紹學校內有趣的社團或特殊的族群。
 - 主題三：學校特產特色：介紹學校內的一些特殊的動物或花草植物。
 - 主題四：學校歷史古蹟：介紹學校內的歷史古蹟（如紀念碑、建築物）。
 - 主題五：學校觀光資源：介紹學校內自然或人工的風景名勝。
 - 主題六：學校環境議題：介紹學校內的環境問題、環境覺醒意識及行動的推廣。
 - 主題七：學校體育活動：介紹學校內推廣的體育活動項目。
 - 主題八：學校音樂藝術：介紹學校重要的藝文形式與活動（例如舞蹈、節慶、慶典、雕刻、繪畫、服飾、手工藝等）。
2. 利用「解決問題步驟」，思考「如何運用資訊傳播工具，來完成主題設計活動」。
3. 依「解決問題步驟」，討論並嘗試解決此一問題，將討論的過程和結果，摘要記錄於活動紀錄簿中。
 - (1) 澄清問題：
 - ① 老師給的問題是什麼呢？



- ② 這個問題會面臨什麼條件的限制呢？
- ③ 想想看要怎麼解決問題呢？
- (2) 蒐集資料：先針對「傳播工具」及「各組主題」蒐集相關資料。
- (3) 分析資訊：針對蒐集到的資料進行分析，將相關資料浮貼或畫在活動紀錄簿上。
- (4) 提出方案：請腦力激盪想出可能可以解決上述問題的解決方案（愈多愈好）。
- (5) 評估方案：依條件分析前一步驟所提出的解決方案，再選擇一個可以在現場測試的方案。
- (6) 執行方案：依照所設計的步驟實際執行，並記錄完成任務時的步驟與所需時間及器材。
- (7) 進行評鑑：觀摩一下其他同學所用的解決方案，請選出最佳效果、最佳創意等獎項。
- (8) 改進構想：針對本組方案提出改進構想，希望下次會更好。

活動討論：

1. 製作過程中，你使用了那些資訊傳播工具？請列舉並說明特性。
2. 簡單描述同學對你們設計的作品有那些意見呢？請分析看看。

14-3 資訊與傳播科技的趨勢與問題

以下章節將分別針對資訊與傳播科技未來發展趨勢、資訊化所衍生的法律問題，及資訊化社會對生活影響的反思等三方面做深入探討。

一、資訊與傳播科技未來發展趨勢



更·上·一·層·樓

認識類比與數位訊號

1. **類比信號**：任何的聲音皆可以轉變為各種大小不同的電壓訊號，如聲頻、射頻之類的正弦訊號。

2. **數位信號**：它是0和1或低態和高態的訊號。使用電腦中的訊號則僅為「高電壓」與「低電壓」兩種，例如：2伏特與0伏特兩種不同的變化而已。

數位化處理

今日傳播科技的特色是，將訊息的處理由過去的文字、圖片、影像、聲音等「類比信號」，轉換成「數位信號」，也就是只有0與1兩個數字組成的「二進位」型式信號，類似電腦系統中資料處理之信號。

數位化的好處，主要的是因為類比信號在經過傳輸處理過程中，會累積許多無法去除的「雜訊」，而「數位信號」可以把這些「雜訊」去除，維持原有信號「品質」與「乾淨」。

例如：錄音帶的內容便是類比信號，它若經過多次的拷貝，信號內便開始會有雜訊，使我們聽起來會覺得雜音很多。但是MP3就不同了，它是一種數位信號，即使經過我們一再的拷貝，其音質的內容也不會改變。

雙向傳播互動

傳統的電視、廣播、電影都以單向傳播為主，藉由數位化技術及通訊技術的提升，現在已經可以將傳統單向傳播改為雙向傳播互動；在傳播內容上，也由文字、圖片進步到具有多媒體的效果。若再加入網際網路技術，便可以有即時交談、傳送聲音及影像的功能。這些的改變讓傳播活動展現了生動、有趣、便利等多樣化的風貌。



儲存容量增大

光碟片的發明，不但改變了資料儲存的原理和方式，也加大了資料儲存的容量，對於傳播科技而言，具有劃時代的意義。以一片12公分的光碟片而言，CD的儲存容量為650MB，DVD單面單層的儲存容量為4.7GB（1GB=1024MB），所以光碟片大量發行後，已漸漸取代錄音帶及錄影帶。

然而，隨著科技發達高容量「硬碟」愈來愈受到重視，而且隨著資料容量愈大，硬碟的未來應用也將更為廣泛。以1GB的硬碟為例，大約可儲存一百四十個小時的壓縮錄音資料或二十張CD唱片，以現今硬碟最大容量2TB（1TB=1024GB）為例，則可儲存二十八萬多小時的錄音資料，或儲存四萬零九百六十張CD唱片。

高效率傳輸

早期訊息傳遞都是藉由電線來傳達，如電報機、室內電話。而隨著科技的進步，導線的材質也從電線、同軸電纜線（圖14-15），發展至現今的光纖（圖14-16）。因此，不但傳送訊息的數量逐漸加大、增多，且傳輸品質也隨之提升。另外，無線電波的發現則被廣泛應用於廣播電臺、行動電話、通訊衛星等傳播工具上。

無線傳播與有線傳播能夠互相彌補不足，提供高品質、高效率、大容量的傳輸網路，並且不易受干擾、不產生雜訊、信號穩定，使資訊傳遞更為精準、正確。



圖 14-15 同軸電纜線構造示意圖

更·上·一·層·樓

光碟片的尺寸規格：不論是CD、VCD還是DVD，通常都是直徑12公分圓盤。

資料儲存的方法和原理：使用雷射光將數位資料轉換燒錄在光亮的上面。

光碟片的材質：材質以塑膠為主，不可以強力彎曲，表面有一層光滑透明的保護膜，光亮面不能磨損。

儲存的環境：過於潮濕會發霉，過熱的地方則會導致塑膠本身的變形。

光碟片的保存：為了避免損壞，光碟片需要保護的外包裝，目前音樂光碟片仍然以塑膠盒裝最為常見。



更·上·一·層·樓

何謂 ISDN ？

整體服務數位網路，簡稱 ISDN (Integrated Service Digital Network)。為利用數位方式傳輸資料、語音、文字、影像、多媒體等資訊。ISDN 是一個通訊平臺技術，將多種不同的電信服務納入一個統一的數位網路處理，有了 ISDN 您才能使用插話、轉接、三方通話、非對稱數位用戶迴路 (Asymmetric Digital Subscriber Line, 簡稱 ADSL) 等加值功能；臺灣在 84 年已完成 ISDN 的建置。



圖 14-16 高品質、高容量，傳輸穩定的光纖維線。

資訊的整合

長久以來，電話、傳真、影像傳輸、數據資訊傳輸等各式各樣的網路彼此獨立並存的現象一直困擾著人們，不僅僅資源設備未達到充分利用，管理起來也相當繁瑣。因此，若能整合這些不同的網路，將會是一大進步。

隨著語音數位化技術的成熟，被廣泛運用到通訊網路上，整體服務數位網路可說已成為主流。它是利用數位信號處理語音、傳真、數據、文字、影像、視訊的整合通信服務，上述信號均可在同一線上傳送，因此電信、電腦、電視傳播已經緊密結合，不分你我了，詳細請參考圖 14-17 所示。

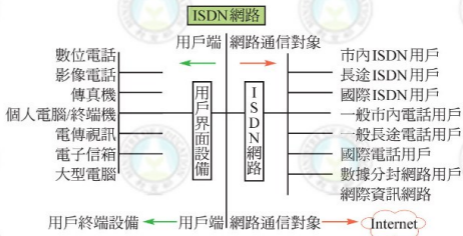


圖 14-17 整體服務數位網路架構圖



二、資訊化所衍生的法律問題

資訊化社會的來臨，原本應該是生活上的一種進步，但也衍生出許多的困擾，需要我們去瞭解與調適。例如：資訊與科技的發展使得資訊傳播與複製變得非常容易，因此產生許多侵權的犯法行為。

侵害個人隱私權

隱私權為憲法賦予個人保障私密的一項基本權利，但在這資訊與電腦科技發達的資訊社會中，我們的私人資料很容易遭人利用，例如：畢業同學錄的通訊地址、信用卡資料、電子郵件、醫院病歷資料、填答問卷資料，都可能遭到有心人的蒐集利用。隨著科技的進步，此類的事件將愈來愈多，變成更複雜而難以處理的問題。

智慧財產權

資訊是無形的，而其所產生的成品雖是有形，其價值不在於產品本身，而在於研發的智慧與心力，因此，我們必須重視智慧財產權。近年來，電腦科技進步，要複製資訊和仿冒產品都十分方便、快速且成本便宜，因此衍生許多侵犯智慧財產權的問題，例如盜版軟體、盜版影片等。

電腦犯罪

利用電腦科技來作為犯罪的工具，是資訊社會中新興的犯罪手法。如竊取資訊、竄改資料、騙取金錢、偽造鈔票、侵佔、破壞……等等。例如：有一類犯罪的人熱衷於電腦科技，常突破網路安全系統進入他人電腦系統，進而竊取資料或軟體，從事其他非法的行為，此類以電腦犯罪的人稱為「駭客」。

電腦系統安全

當社會大眾對於電腦過分依賴時，系統的安全就愈顯得重要。面對天然災害、電腦犯罪、人為疏失、系統本身都有潛在的危機存在，故要積極來防止弊端的發生。例如：**電腦病毒**就是造成系統不正常運作的原因之一，這是在個人電腦的系統中是常遇到的問題。再者，許多企業管理機制不當，常被忠誠度不高或心懷不滿的員工，於離職時惡意篡改電腦設定、盜走客戶往來商務資料檔案，或轉賣機密給競爭公司，造成企業相當大的損失。

今日以電腦為中心的資訊系統，其安全措施還是很難做到毫無漏洞的程度，唯有透過良好的管理，才能減少資訊應用所衍生的負面影響，因而可知資訊與管理是一體兩面、密不可分的。

三、資訊化社會對生活影響的反思

你是否曾經想過，資訊與傳播科技也會為我們的生活帶來負面的影響呢？像是：人們的資訊負荷量不斷增加、資訊型態的複雜、環境污染日益嚴重、社會犯罪問題增加、失業率的攀升、人際關係的疏離冷漠、學生語文能力日漸薄弱、字跡潦草……等等。

資訊與傳播科技不但對個人的生活方式，也對於社會制度、經濟、政治、國際關係造成很大的影響，同時也改變了文化、風俗，以及人們的思想觀念；這些問題都是高科技發展過程中所衍生出來的，你曾經細細思考過，如何減少科技帶來的負面影響嗎？

身處在現代化的社會裡，我們無法避免資訊科技對生活的影響。而如何將資訊科技融入於生活中，進而提升人類在食、衣、住、行、育、樂等方面的生活便利性；相對



的要將其負面的影響降至最低，而不導致對人類生活、家庭、社會等層面產生不良的影響，這些都是資訊化社會人民必須共同面對的重要課題喔！

本章結語

訊息是傳播活動的原動力，若沒有傳遞或接收訊息的需求，就不會發生傳播的行為，為了提升傳輸訊息的品質與數量，人們不斷致力於研究，發展出許多傳播工具，而這就是人類進步的動力。每一種傳播工具所代表的是每一個年代發展的過程，人們依其需求而發展出不同的傳播工具，來傳遞訊息及聯絡情感。而這個傳播模式會周而復始的循環不止，以追求更完善的生活境界。最後，本章重點介紹資訊與傳播科技的未來趨勢，透過實例分享，期望能喚起大家對高科技化社會的關心。

本章摘要

1. 資料以文字、數字、圖片、聲音、動畫、影像等方式呈現，而這些資料由於未經整理，所以通常用途有限。
2. 若將資料加以分類、編輯、儲存、分析、運算、統計、排序……等處理的過程，所得到的結果便是「資訊」。
3. 傳播的過程中主要可以分為六個過程：「傳送」、「編碼」、「儲存」、「讀取」、「解碼」、「接收」。
4. 電報機的傳播原理為：電報發送員，用手按鍵發出信號（編碼），經由電線傳遞訊息，再經由接收機畫出長線和點，由收報員寫出收到的訊息（解碼），讓大家瞭解內容。
5. 電話的傳播原理為：當使用者講話時，他們的聲音會震動話筒內的簧片，而簧片附近的電磁鐵會立刻將聲波轉換成電磁波（編碼）；電磁波經由電線傳遞出去（傳送），再由電信業者的設備，傳送到對方的電話機（接收），最後經由電話的聽筒的電磁鐵與簧片將電磁波還原成聲波（解碼），讓對方聽到使用者的聲音。
6. 收音機的傳播原理為：電臺主持人的說話聲音透過麥克風，將聲音轉變成電流訊號（編碼），利用高能量的電波將電流訊號透過空氣發送出去（傳送），最後經由收音機的天線接收電波（接收），再把電流訊號還原成聲音（解碼），並經由喇叭撥放出來讓聽眾收聽。
7. 電視機收看節目的傳播原理為：電視臺將節目的影像以及聲音透過天線發射，並將信號傳遞到遠方（傳送），而經由電視機的天線接收訊號之後（接收），透過映像管以及喇叭還原成原來的聲音以及影像（解碼），供我們欣賞。
8. 人造通訊衛星的訊號傳送原理為：地面的基地臺透過天線將訊號傳送到天上去（傳送），在天上的人造通訊衛星接收來自地面上的訊號（接收），接著將訊號傳送到另一個地面基地臺去，地面上的基地臺接收到訊號後，再將訊號傳遞到各地去。



9. 行動電話的運作原理與室內電話十分類似，主要的差別在於信號傳送的通路不是透過有線的電話線傳送，而是透過無線的基地臺傳送。發話者說話的聲音，經由行動電話轉成電流信號之後（編碼），電流再透過手機的天線傳送出去（傳送），讓附近的基地臺接收之後（接收），再利用收話者附近的基地臺傳送信號（傳送），透過收話者的行動電話接收信號（接收），再將聲音信號還原出來（解碼），收話者就能夠和發話者對話了。
10. 攝影機的運作原理為：首先透過攝影機的鏡頭將畫面拍攝進來，接著攝影機裡面的感光元件將畫面變成信號（編碼），再利用攝影機裡面的儲存裝置，如硬碟、錄影帶等，將信號儲存起來（儲存）；而當我們要觀看拍攝下來的畫面時，主要先從儲存裝置中將信號給取出（讀取），並透過信號轉換將畫面還原出來（解碼），再由螢幕觀看。
11. 錄放影機的運作原理為：將電視節目信號轉換成可以保存的格式（編碼），再把資料儲存在儲存設備上（儲存），如錄影帶、VCD、DVD等。等到要觀看時，從儲存設備上讀取資料（讀取），把儲存資料轉換成節目的信號（解碼），透過電視機、投影機等來觀看。
12. 使用數位信號傳播資信的優點在於傳遞過程中，不會失真，可以直接儲存、處理及傳輸。
13. 無線電波的發現則被廣泛應用於廣播電臺、行動電話、通訊衛星等傳播工具上；而無線傳播與有線傳播能夠互相彌補不足，提供高品質、高效率、大容量的傳輸網路，並且不易受干擾、不產生雜訊、信號穩定，使資訊傳遞更為精準、正確。
14. 未來資訊傳播工具必朝體積小、功能強、方便等方向發展。
15. 訊息是傳播活動的原動力，若沒有傳遞或接收訊息的需求，就不會發生傳播的行為。

參考資源

書籍

1. 陳雅茜著 (2002)。生活科技。臺北市：小天下出版社。
2. 蕭次融、羅芳晃、房漢彬、施建輝著 (2002)。動手玩科學。臺北市：上誼文化出版社。
3. 蕭次融、羅芳晃、房漢彬、施建輝著 (2002)。動手玩科學2。臺北市：上誼文化出版社。
4. 蕭次融等著 (2000)。玩科學秘笈。臺北市：遠哲科學基金會。

網站

1. 國立科學工藝博物館 <http://www.nstm.gov.tw/tech/> (2007年1月)
2. 財團法人樹火紀念紙文化基金會網站
<http://www.suhopaper.org.tw/> (2007年1月)
3. 遠哲科學教育基金會 <http://www.ytlee.org.tw/> (2007年1月)
4. 天下文化科學文化頻道 <http://scc.bookzone.com.tw/> (2007年1月)
5. 牛頓科學網 <http://science.newton.com.tw/> (2007年1月)





第八章

名詞	頁碼
可燃物	10
助燃物	10
燃點	10
化學反應式	16
反應物	16
生成物	16
產物	16
吸熱	20
放熱	20
沉澱	20
顏色改變	20
質量守恆定律	22
化學電池	31
伏打電池	31
伏打堆	31
負極	33
正極	33
係數	34
均衡	35
速率	38
催化劑	45
可逆反應	47

正反應	47
逆反應	47
化學平衡	48

第九章

名詞	頁碼
烴類	60
碳氫化合物	60
官能基	61
醇類	61
有機酸類	61
酯類	61
烷類	62
烯類	62
甲烷	62
丙烷	62
十六烷	62
環烷類	62
乙烯	63
分餾	64
甲醇	66
乙醇	66
變性酒精	66
蟻酸	67
醋酸	67





有機酸類	67
冰醋酸	68
酯化反應	69
聚合	73
聚合物	73
天然聚合物	74
合成聚合物	74
變性	75
熱塑性	75
熱固性	75
聚乙烯	76
聚氯乙烯	76
聚苯乙烯	76
天然纖維	78
人造纖維	78
植物纖維	78
動物纖維	78
再生纖維	79
合成纖維	79
耐綸	79

第十章

名詞	頁碼
生鐵	89
一次式電池	95

二次電池	95
乾電池	95
鹼性電池	95
鋰離子電池	97
鉛蓄電池	97
皂化反應	108
鹽析	109
親油端	110
親水端	110

第十一章

名詞	頁碼
介質	128
波峰	129
波谷	129
振幅	129
波長	129
頻率	129
週期	130
波速	130
赫茲	130
赫	130
橫波	131
縱波	131
反射	132





中文名詞索引

折射	132
法線	136
入射線	136
入射角	136
反射線	136
反射角	136

第十二章

名詞	頁碼
音量	148
音調	148
音色	148
分貝	149
共鳴	158
共振	158

第十三章

名詞	頁碼
光的三原色	183
平面鏡	190
凸面鏡	190
凹面鏡	190
凸透鏡	190
凹透鏡	190
虛像	192

焦點	195
焦距	195
虛焦點	196
實焦點	196

第十四章

名詞	頁碼
資訊	210
福爾摩沙一號	219
福爾摩沙二號	219
福爾摩沙三號	220
低軌道微衛星	220
類比信號	226
數位信號	226
二進位	226
雜訊	226
單向傳播	226
雙向傳播	226
無線傳播	227
有線傳播	227
語音數位化	228
通訊網路	228
電腦病毒	230



致謝!! 感謝提供下述照片及圖片資料的單位及人員

圖號	圖片名稱	提供者
第八章章前圖	仙女棒燃燒	劉家成
圖 8-1	(a) 仙女棒燃燒 (b) 蠟燭燃燒	劉家成
圖 8-1	(c) 織生鏽	柯曉東
實驗 8-1 圖 1	製造氧氣實驗裝置	劉家成
實驗 8-1 圖 2	(a) 碳的燃燒 (b) 鎂的燃燒	黃俊輝
圖 8-2	石灰水和二氧化碳反應產生沉澱	劉家成
圖 8-3	氮氣及氧氣化合成水蒸氣	陳偉民
實驗 8-2 圖 1	(a) 液態醋酸鈉溶液 (b) 固態醋酸鈉溶液	黃俊輝
實驗 8-3 圖 1	寶特瓶中有碳酸鈣及裝鹽酸的試管	劉家成
演示實驗 8-1 圖 1	用小刀切去鋁表面的氧化物	梁明羽
演示實驗 8-1 圖 2	鋁在水中反應後，加入酚酞指示劑	陳偉民
圖 8-4	大塊的鈉與水反應會引發燃燒	陳偉民
實驗 8-4 圖 1	加熱試管的正確方法	田孟淳
圖 8-5	常見殷商時期留下來的銅器	故宮博物院
圖 8-6(a)	生鏽的鐵製品	柯曉東
圖 8-6(b)	發亮的金飾	陳義裕
圖 8-7	伏打電池	葉品好
圖 8-8	鋅銅電池	葉品好
圖 8-9	2HCl 原子模型圖	陳偉民
實驗 8-5 圖 1	不同鹽酸濃度與大理石的反應快慢	柯曉東
實驗 8-5 圖 2	不同顆粒大小大理石與鹽酸的反應快慢	劉家成
實驗 8-6 圖 1(a)(b)	加熱鹽酸水溶液與放大圖	黃俊輝
實驗 8-6 圖 2	不同溫度的鹽酸水溶液與鎂帶的反應	柯曉東
實驗 8-7 圖 1	雙氧水有無二氧化錳時的分解速率	黃俊輝
圖 8-10	無水氯化亞鈷 (藍色) 與含水氯化亞鈷 (粉紅色)	柯曉東
圖 8-11	二氧化氮在 (a) 高溫 (b) 低溫 時呈現的顏色	柯曉東
第九章章前圖	生活中常見物品	劉家成 / 達志影像公司
圖 9-1	烤焦的肉	劉家成
圖 9-2 (a) (b)	(a) 動物 (雞與雞蛋) (b) 植物 (向日葵)	達志影像公司
圖 9-3	碳原子間的連接方式	陳偉民
圖 9-4	去漬油與水混合時會分層	黃俊輝
圖 9-5	烷類分子示意圖	陳偉民
圖 9-6	乙烷中的一個 H 被 OH 取代變成乙醇	陳偉民
圖 9-7	各類分子示意圖	陳偉民
圖 9-8 (a)	石油鑽井台	達志影像公司
圖 9-8 (b)	天然氣的燃燒	劉家成
圖 9-9	直鏈與環狀烷類	陳偉民
圖 9-10	原油的分餾	劉祐甫
圖 9-11	漏油污染圖	臺東環保局
圖 9-12 (a)	天然氣瓦斯槽	達志影像公司
圖 9-12 (b)	桶裝液化石油氣	楊凱惟
圖 9-13	溫度計 (內含有添加紅色染料的酒精)	劉家成

圖 9-14	液態冰醋酸、固態冰醋酸	黃俊輝
圖 9-14	液態水	陳淑敏
圖 9-14	固態冰	楊凱惟
圖 9-15	各種食用醋及水果	黃俊輝
實驗 9-1 圖 1	酯類製造實驗裝置圖	劉家成
實驗 9-1 圖 2	以手輕搗試管口處以聞其味道	劉柏甫
圖 9-16 (a)	迴紋針串成一長鏈	陳振興
圖 9-16 (b)	許多葡萄糖分子組成澱粉分子	陳麗美
圖 9-17 (a) (b)	(a) 米飯中含有豐富的澱粉 (b) 蔬果中含有豐富的纖維素	友景公司
圖 9-18 (a) (b)	(a) 動物性蛋白質 (蛋、肉、奶) (b) 植物性蛋白質 (豆類)	達志影像公司 劉家成
圖 9-19	輪胎	達志影像公司
圖 9-20	聚乙烯形成示意圖	陳偉民
圖 9-21	各種聚乙烯的製品	劉家成 / 達志影像公司
圖 9-22	各種聚氯乙烯的製品：電線與電纜的包覆材料、水管	達志影像公司 / 劉家成
圖 9-23	保利輪製品	黃俊輝
圖 9-24 (a)	(a) 剪羊毛	陳偉民
圖 9-24 (b) (c)	(b) 毛線球 (c) 織毛衣	達志影像公司
圖 9-25	用耐綸製成五顏六色的雨傘	達志影像公司
圖 9-26	耐綸與棉	黃俊輝
圖 9-27 (a) (b)	(a) 未加熱的鐵釘難以插入寶特瓶 (b) 加熱後的鐵釘較易插入寶特瓶	劉家成
第十章章前圖	日常生活中和化學有關的各種物品	劉家成
圖 10-1 (a)	堆疊的鋼板	中國鋼鐵股份有限公司
圖 10-1 (b)	鋼捲	中國鋼鐵股份有限公司
圖 10-1 (c)	汽車	達志影像公司
圖 10-1 (d)	鋼骨大樓	達志影像公司
圖 10-2	赤鐵礦	國立臺灣大學地質科學 典藏數位化計畫
圖 10-3	焦炭	達志影像公司
圖 10-4	高爐	中國鋼鐵股份有限公司
圖 10-5	鑄造	達志影像公司
圖 10-6	鍛接	達志影像公司
圖 10-7	黃銅製的水龍頭	達志影像公司
圖 10-8	長期暴露於空氣中的鋼會在表面生成鋼鏽	劉家成
圖 10-9	製造飛機的主要材料為鋁合金	長榮航空公司
圖 10-10	銀製品	達志影像公司
圖 10-11	鍍鋅鐵管	劉家成
圖 10-12	錫	黃俊輝
圖 10-13	手機、手電筒、電子錶	劉家成
圖 10-14 (a)	(a) 電池外型	黃俊輝
圖 10-14 (b)	(b) 電池結構示意圖	劉柏甫
圖 10-15	鹼性電池	黃俊輝
圖 10-16(a) (b)	(a) 鉛蓄電池 (b) 透視圖	劉家成 / 劉柏甫



圖 10-17	各種電池型號	黃俊輝
實驗 10-1 圖 1	水果電池裝置	黃俊輝
圖 10-18	金牌	達志影像公司
演示實驗 10-1 圖 1	電解飽和食鹽水	黃俊輝
實驗 10-2 圖 1	鍍銅裝置	劉家成
圖 10-19	各種清潔用品	楊凱惟
圖 10-20	油水分層 (A 試管) 及加入肥皂後的情形 (B 試管)	柯曉東
圖 10-21	肥皂分子示意圖	陳偉民
圖 10-22	肥皂分子的去污原理	劉祐甫
演示實驗 10-2 圖 1 及圖 2	圖 1 深色果汁 圖 2 加入漂白水 (A) 及水 (B) 之後的顏色	黃俊輝
更上一層樓 漂白水圖	標籤說明圖	劉家成
圖 10-23	玻璃器皿	張晚琪
圖 10-24	玻璃藝術品 (名稱:「海洋」)	蔡松平製作 新竹市玻璃工藝博物館提供
圖 10-25	玻璃加熱後會慢慢軟化而具可塑性	達志影像公司
圖 10-26	各種陶瓷製品:碗/磁磚/花瓶名稱: 「青花新意雕金飛天浪口瓶」/彩繪馬桶	黃俊輝/陳振興/鶯歌陶瓷 博物館/和成欣業公司
圖 10-27	塑造成形 (拉坯)	達志影像公司
更上一層樓 花岡岩	花岡岩圖	國立臺灣大學地質科學 典藏數位化計畫
第十一章章前圖	湖面波動現象	陳義裕
圖 11-1(a) (b)	(a) 空中鳥瞰望向海邊的波浪 (b) 地震儀上顯示的地震紀錄	陳義裕
圖 11-2	風中飄揚的旗幟會展現出波紋	陳義裕
圖 11-3	船隻劃過水面後在船尾所形成的波紋	陳義裕
圖 11-4	湖面產生漣漪也是波動現象	陳義裕
活動 11-1 圖 1	觀察繩子運動及紅帶位置變化情形	陳義裕
活動 11-1 圖 2 (a) (b) (c) (d)	觀察彈簧波 (a) (b) (c) (d)	陳義裕
圖 11-5	繩波前進連續動作圖	陳義裕
圖 11-6 (a) (b)	(a) 波峰、波谷、波長及振幅的意義 (b) 重複有規律性的行進波形	陳義裕
圖 11-7	繩子 (介質) 振動方向與繩波前進方向互相垂直稱為橫波	陳義裕
圖 11-8	彈簧 (介質) 振動方向與彈簧波前進方向互相平行稱為縱波	陳義裕
圖 11-9	撞球碰到桌邊後會以規則的方式往另外一個方向反彈	陳義裕
圖 11-10	玻璃珠從比較高的地方滾下斜坡, 運動方向會產生偏折	陳義裕
圖 11-11	吸管插入裝水的玻璃杯中, 看起來似乎是被折斷了	陳義裕
活動 11-2 圖 1 (a)~(g)	水波實驗	陳義裕
圖 11-12 (a) (b)	波的反射定律	陳義裕
圖 11-13	波的折射現象	陳義裕
圖 11-14	複雜波紋和色澤繽紛的岩石互相映照令人心曠神怡	陳義裕
第十二章章前圖	接力賽跑	陳義裕

圖 12-1	聆聽溪流淙淙	陳義裕
活動 12-1 圖 1	吹寶特瓶的技巧	陳義裕
活動 12-1 圖 2	聲音的體積	陳義裕
圖 12-2	生活中常見音量狀況的分貝值	劉柏甫
圖 12-3	隔音牆	陳淑敏
圖 12-4	音叉以及各種樂器在 0.01 秒內振動的波形	陳義裕
圖 12-5	接力賽跑	陳義裕
圖 12-6	聲波傳播示意圖	陳義裕
圖 12-7	聲音傳播實驗示意圖	陳義裕
活動 12-2 圖 1	聲音的共振實驗	
(a)(b)(c)		陳義裕
圖 12-8 (a) (b)	(a) 直接撥彈橡皮圈所發出的聲音音量很小 (b) 把它套在塑膠的保鮮盒上再去撥彈音量會明顯變大	陳淑敏
圖 12-9	傳聲筒可以讓聲音在傳播出去時比較集中	陳義裕
活動 12-3 圖 1	(a) 輕敲杯緣發出不同音高的聲音	
(a) (b)	(b) 將吸管一端剪成三角形，做成吹奏樂器	陳淑敏
活動 12-3 圖 2	吹吸管的要領	陳義裕
圖 12-10 (a) (b)	(a) 排笛 (b) 伸縮喇叭	陳義裕
圖 12-11	臺灣長耳蝠	林良恭 東海大學教授
圖 12-12 (a) (b)	(a) 婦產科醫師利用超聲波進行胎兒健檢 (b) 漁船利用聲納探測追蹤魚群	陳義裕
圖 12-13	車輛後方裝有超聲波倒車雷達	陳淑敏
第十三章章前圖	烤肉升起的白煙全變成柱狀	陳義裕
圖 13-1	雨後彩虹	陳義裕
圖 13-2	萬花筒內呈現的圖案	陳義裕
活動 13-1 圖 1	光波的直進	陳義裕
活動 13-1 圖 2	光波的反射	陳義裕
圖 13-3	光的反射定律	陳義裕
圖 13-4 (a) (b)	(a) 平滑面反射 (b) 粗糙面漫射	陳義裕
活動 13-2 圖 1	空氣中的光波在空氣與水的界面上產生折射，進入水中	陳義裕
活動 13-2 圖 2	水中的光波在空氣與水的界面處反射回水中	陳義裕
活動 13-2 圖 3	水中的光波在空氣與水的界面處折射到空氣中	陳義裕
圖 13-5	光波的折射	陳義裕
圖 13-6	用肉眼看到的水中物體所在的深度永遠會比實際來得淺	陳義裕
圖 13-7	中國山東半島蓬萊閣以北的海面出現「海市蜃樓」奇景	達志影像公司
活動 13-3 圖 1	白熾燈泡手電筒的色散	陳義裕
活動 13-3 圖 2	簡易的陽光色散實驗示意圖	陳義裕
圖 13-8	加拿大溫哥華的謝保特藝術中心	陳義裕
圖 13-9 (a) (b) (c)	物體色光反射原理	陳義裕
圖 13-10	光的三原色，以及數種簡單的組合	陳義裕
圖 13-11(a)(b)(c)	三色光的混色效果可以在電視畫面中得到驗證	陳義裕
活動 13-4 圖 1	示範用圖卡	
(a) (b) (c)		陳義裕



活動 13-5 圖 1	將洋芋片筒切成長、短二筒，用鑽子在短筒金屬蓋中心鑽出一個針孔	陳義裕
活動 13-5 圖 2	將洋芋片圓筒半透明塑膠蓋，套在短筒的開口做為照相機的屏幕	陳義裕
活動 13-5 圖 3	將短筒、半透明塑膠蓋，及長筒依序接在一起，並以膠帶固定住	陳義裕
活動 13-5 圖 4	整個圓筒以鋁箔紙包紮兩圈，再用膠帶固定住，以免漏光到針孔相機內	陳義裕
活動 13-5 圖 5	針孔成像原理	陳義裕
圖 13-12	平面鏡的反射	陳義裕
圖 13-13	平面鏡成像原理	陳義裕
圖 13-14	簡易萬花筒的基本構造	陳義裕
活動 13-6 圖 1 (a) (b) (c) (d) (e)	生活中凹、凸面鏡的應用	陳義裕
圖 13-15 (a) (b) (c)	凸透鏡種類	陳義裕
圖 13-16 (a) (b)	(a) 凸透鏡會聚光線 (b) 光線在通過鏡片中心點後行進方向不會改變	陳義裕
圖 13-17 (a) (b) (c)	凹透鏡種類	陳義裕
圖 13-18 (a) (b)	(a) 凹透鏡發散光線 (b) 光線在通過鏡片中心點後行進方向不會改變	陳義裕
活動 13-7 圖 1	凸透鏡的成像	陳淑敏
活動 13-7 圖 2	凹透鏡的成像示意圖	陳義裕
表 13-1 圖	有關透鏡成像的現象	陳義裕
圖 13-19	眼球構造示意圖	陳義裕
圖 13-20	近視眼的成因與矯治示意圖	陳義裕
圖 13-21	遠視眼的成因與矯治示意圖	陳義裕
第十四章 章前圖		國家太空中心、陳慧珍
圖 14-1	傳播過程示意圖	洪國峰
圖 14-3	收音機傳播原理 (麥克風、電塔、收音機)	許惠雯
圖 14-5	傳統電視機	陳義裕
圖 14-6	新型電視機	洪國峰
圖 14-8	福爾摩沙二號飛行英姿示意圖	國家太空中心
圖 14-9	福爾摩沙二號衛星空拍日月潭彩色影像圖	國家太空中心
圖 14-10	福爾摩沙三號微衛星飛行軌道示意圖	國家太空中心
圖 14-11	福爾摩沙三號微衛星飛行英姿示意圖	國家太空中心
圖 14-15	同軸電纜線構造示意圖	大同股份有限公司
圖 14-16	高品質、大容量，傳輸穩定的光纖維線	遠志影像公司
史上一層樓小圖示		陳義裕
請換變化球小圖示		陳義裕
回想與連結小圖示		劉柏甫
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)：沈弘俊 李柏翰 林建義 林萬寅
洪國峰 孫允武 徐式寬 陳偉民
陳義裕 游光昭 潘彥宏 劉家成
劉緒宗 (依姓氏筆畫順序排列)

(再版)：王詩婷 李柏翰 沈弘俊 林建義
林萬寅 洪國峰 孫允武 徐式寬
陳偉民 陳淑敏 陳義裕 游光昭
潘彥宏 劉家成 劉緒宗
(依姓氏筆畫順序排列)

委員：王玉麒 王詩婷 何福田 吳月鈴
李怡嫻 李柏翰 沈弘俊 林建義
林萬寅 周仲島 俞均凡 洪若烈
洪國峰 徐式寬 張亞君 陳清溪
陳淑敏 陳偉民 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：加斌有限公司

出版者：國家教育研究院籌備處

地址：台北縣三峽鎮三樹路2號

電話：(02)8671-1111

網址：<http://www.nacr.edu.tw/science/>



發行者：國家教育研究院籌備處

法律顧問：福田法律事務所

※本書經國立編譯館96年8月28日
國教國字第0960003877號函准予修訂

出版日期：民國九十六年二月初版

民國九十九年八月再版一刷

■ 著作財產權歸教育部所有 ■