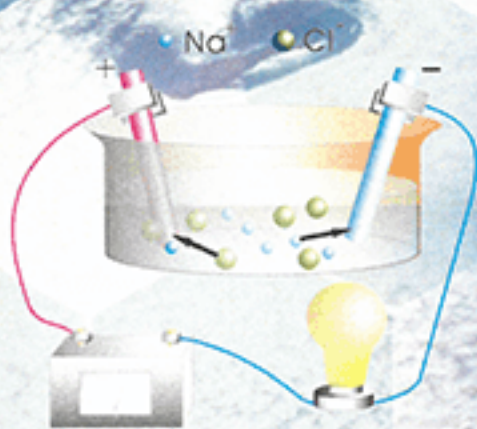
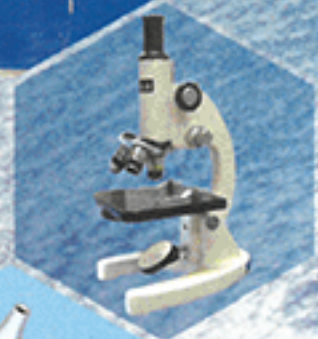


國民中學 二年級上學期

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

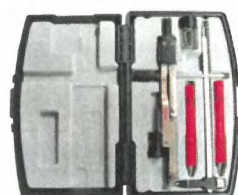
第一章 認識生活科技

1-1	科技的起源與發展	10
1-2	科技與我們的生活	15
活動 1-1	停電的夜晚	15
1-3	善用資源創造科技	20
	本章摘要	25
	參考資源	26



第二章 創意與設計

2-1	創意思考	30
活動 2-1	「解決問題程序」的練習	35
2-2	設計方法	37
活動 2-2	光碟收納櫃的設計	43
2-3	製圖與識圖	44
	本章摘要	54
	參考資源	55



第三章 溫度與熱量

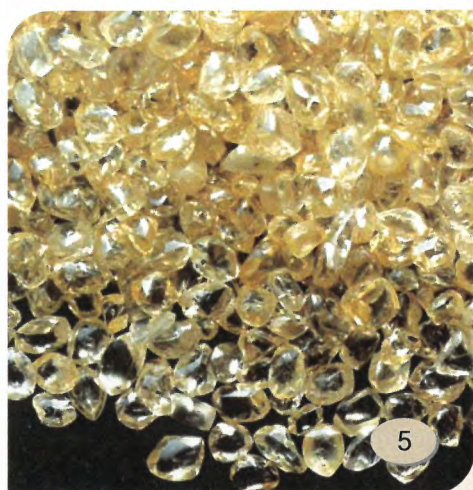


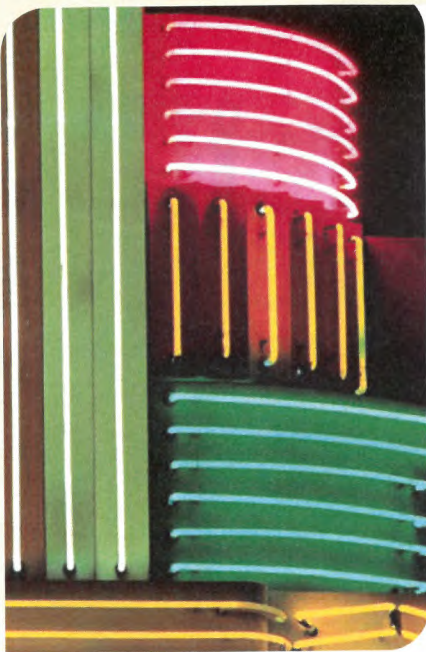
3-1	冷熱與溫度	58
實驗 3-1	簡易溫度計的製作	61
3-2	熱量與比熱	65
實驗 3-2	比熱的測定	68
3-3	熱的傳播方式	73
實驗 3-3	熱的傳播	77
	本章摘要	83
	參考資源	84



第四章 物質的形態與性質

4-1	物質的三態	88
實驗 4-1	利用冷劑製作果汁冰棒	91
4-2	五花八門的物質世界	94
實驗 4-2	砂與食鹽的分離	99
演示實驗 4-1	碘昇華	101
4-3	溫度與體積的改變	104
實驗 4-3	氣體的特性	106
4-4	溶解與水溶液	108
實驗 4-4	濃度與飽和溶液	111
	本章摘要	115
	參考資源	116





第五章 物質的組成

5-1	物質的分類	120
實驗5-1	蒸餾	123
5-2	水的電解	127
實驗5-2	水的電解	128
5-3	元素與化合物	132
5-4	金屬元素與非金屬元素	136
活動5-1	元素性質觀察	144
	本章摘要	146
	參考資源	147

第六章 原子與分子

6-1	原子	150
6-2	原子結構	153
6-3	分子	156
活動6-1	分子模型	157
6-4	化學式	160
6-5	原子量、分子量與莫耳	163
實驗6-1	容積莫耳濃度	168
6-6	元素家族	170
	本章摘要	173
	參考資源	174



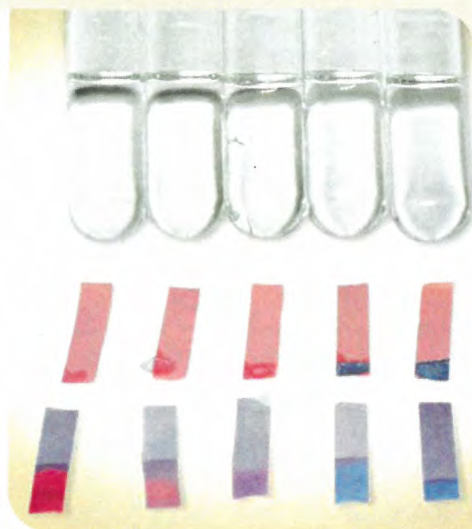
第七章 酸鹼鹽

7-1	電解質與pH值	178
實驗 7-1	水溶液的導電性	178
演示實驗 7-1	原子、離子變變變	182
7-2	水溶液的酸鹼性	186
實驗 7-2	酸鹼指示劑	186
7-3	鹽的形成	193
實驗 7-3	酸鹼中和	194
	本章摘要	200
	參考資源	201

中文名詞索引 202

圖片資料 205

元素週期表 210



第一章 認識生活科技



1-1 科技的起源與發展

1-2 科技與我們的生活

1-3 善用資源創造科技





你曾到野外露營過嗎？

露營時，是不是要自己拉繩索、搭帳棚？

為了要煮飯，是不是要花很多時間生火？

在高山上，為了要與同學聯絡，你是打旗語還是造狼煙？

在清涼的夜風中，

望著美麗的星空並讚嘆大自然的奧妙時，

你有沒有想過，這跟平常住在家裡的生活有什麼不同？

平常這個時間，你在做什麼呢？

是靠在家中沙發上吹著風扇或冷氣，

與家人一起看電視、還是在燈光下看書，

或是開著電腦與朋友在網路上聊天？

你有沒有感覺到，

生活在大自然中與住在充滿科技用品的家中，

是多麼的不同呀！



1-1 科技的起源與發展

大約在一百五十萬年前，地球上出現了直立的現代人類，他們會製作簡單的石器，作為生活上的工作。中國周口店發現的北京直立人（或稱北京猿人），生活在距今約二十至七十萬年前，就已經被發現會用木棍和石器來獵取野獸，在北京猿人的洞中並發現灰燼、木炭、燒骨等，表示當時的人類已經懂得使用火及保存火種。但是最近一次的冰河時期，從一萬八千年前一直到一萬年前才結束，在冰河時期，地球上三分之一的陸地被覆蓋在約200米厚的冰層下。這個時代結束之後，大約在七千到八千年前，人類的文明才開始蓬勃發展，往後文字、器皿、工具等才漸漸發明出來。

在人類發展的漫長過程中，原始的自然環境嚴峻而充滿危險。為了要在自然中求生存，人類需要對大自然不斷地去探索，從太陽、氣候、水源、岩石、到動物與植物等，都要能夠由熟悉而了解；但是人類要能夠生存下來，只有了解周遭環境還不夠，還要能夠運用自己的大腦與雙手，來想出方法、製造工具，為自己營造有利的生存條件與環境。於是自己能夠生存下來，而且還能有子子孫孫代代繁衍。

在文明發展的初期，能夠利用火是一個重要的技術方法。火是自然現象，閃電打雷，可能引起森林大火〔圖1-1(a)〕，不但難以預測，還可能危及生命。若要利用火來取暖、照明、煮食、驅趕動物等，則人類需要運用智慧與經驗去發明控制火的方法與技術〔圖1-1(b)〕。人類首先發現鑽木可以取火，然後又慢慢地製造了許多的工具或器具來利用火，而這些利用火的方法及工具與器具也隨著時代不斷改進。




(a) 森林大火

(b) 升火

圖 1-1 自然發生的森林大火難以被利用，但是透過人為的力量，我們可以發明升火及維持火勢的方法。

火需要燃料，於是人們找來了木頭、炭、天然氣等。而且進一步地發展出各種設備來貯藏及運輸燃料。此外，為了能在火上烹煮食物，需要支撐物與容器，於是利用陶土、青銅等材料製成了鼎、鍋、與爐等器具來煮熟食物，以及湯碗、菜盤及湯匙、筷子等餐具以盛取煮好的食物。總而言之，因為生活上的種種需要，不但利用火的方法不斷精進，在工具的種類與演變上也變得更為複雜。

經過了時間的推演，人類已經從最早以前的鑽木取火的日子，演化出快速而方便的烹調方式。如今，我們在家一扳開關，就可以使用瓦斯爐來煮食物，不需要花費很長時間來升火及維持火勢。甚至不一定要使用火，同樣也可以煮熟食物。例如：今天的我們利用電鍋，就可以掌握米飯煮熟的程度，不需要耗神守在旁邊怕飯燒焦。

此外，在工具的發展上，不管是古代的鼎，還是現代的電鍋，它們都除了需要能夠加熱食物外，還需兼顧搬運、保溫、美觀等功能。因此它們都有精心的設計，來滿足人們所需要的功能和美感。圖 1-2(a)古代鼎的設計，

更·上·一·層·樓
商代雲雷紋鼎

這是商代早期的鼎，銅製。外部有紋路，但內部平滑，可作禮器，也可用來煮食及盛放食物，但因銅製器具較重，使用不便，故常使用陶製器具煮食及盛食。閩南話至今仍稱鍋子為「鼎」。



有雙耳方便以桿穿過來搬動，也有三足，能使柴火自下方加熱。圖 1-2(b)右邊的電鍋，則有複雜的時間溫度等電子調控功能。但另一方面，你不覺得它們都很美嗎？



(a) 鼎



(b) 電鍋

圖 1-2 古代的鼎和現代的電鍋，都是烹煮的工具，但是他們的設計與功能卻有很大的不同。



動·動·動

古代的鼎大多是三隻腳，圖 1-2 (b) 的電鍋則是在底座有四個支點。想想看，為什麼會設計成不一樣？回去再觀察看看，我們家裡的圓形電鍋有幾隻腳？

人類得天獨厚，具備了聰明的腦子和靈活的雙手，通過各種的努力，創造出工具，來利用自然給我們的無限寶藏。而科技的改善，也拓展了人類對於自然界的探索與瞭解。圖 1-3 比較了中國古代火箭與現代太空船的火箭發射，它們運用一樣的基本物理原理如：推力，不同的化學反應如：燃燒或分子斷鍵等，但技術改善則是不止以千里計。火箭是中國人發明的，在宋朝時就知道用火箭來攻城、打戰。明朝初年人萬虎〔圖 1-3(a)〕，還曾嘗試將火箭綁在椅子上點火發射，希望能夠將人送上天空。火藥及發射技術後來經阿拉伯人傳到西方，到了二十世紀，就發展



出人類升到太空的動力載具。這是經過長久的「改善」過程。如今，我們不但瞭解了各式各樣的物理化學作用，更利用這些原理，發明了火箭[🚀]及太空船〔圖 1-3(b)〕，將人類送到太空，對於寬廣宇宙有更深入的認識。



(a) 萬虎嘗試升空

(b) 火箭發射升空

圖 1-3 明朝人萬虎嘗試將人送上天空的方式很危險，但是經過技術方法上不斷地改良精進，現在我們已經能夠利用火箭將載人的太空梭發射升空。

最後讓我們談一下科技發展的「需求」。人類改善生活的慾望是發展科技的原動力。這些需求可能是物質方面的，例如堅固的房屋，快速安全的交通工具與烹煮食物的爐具。但它也可以是精神方面的需求，例如人們為了自娛可以很有創造力。很多人想一邊走路一邊聽音樂，因此就有人發明了手提音響〔圖 1-4(a)〕，而後出現了更輕便的隨身聽。最初的隨身聽是用卡帶，只能聽 10 首左右的曲子。經過 20 多年，現在的 MP3 可以播放上百首曲目呢〔圖 1-4(b)〕！

更·上·一·層·樓

火箭的推動原理，是根據牛頓第三運動定律：「有一作用力，必有一大小相等、方向相反的反作用力。」吹過氣球的人，都有這種經驗，假如氣球吹滿了氣，沒有綁緊，氣球一脫手，就會亂飛，直到球內空氣放完，才會掉下來。



(a) 手提音響

(b) MP3

圖1-4 科技的發展使聽音樂方便了許多

所以，我們今日享受的科技成果，是經過長期累積的成果。環顧四周，你會發現我們的房子、馬路、桌子、電視、衣服、食品等，每一樣都是為了符合人們的需求，經過設計製造及許多次改良的結果。今天我們能夠享受這麼多的科技產品，應該感謝前人持續不斷的努力。

1 - 2 科技與我們的生活

我們的生活中，到處都受科技的影響。到底科技幫了我們什麼忙呢？科技對我們生活的好處在那裡？沒有了科技又會對我們有什麼影響？我們可以從下面的活動來看看。



活動 1-1 停電的夜晚

活動目的：

引起討論，思考各種科技在我們生活中扮演的角色及重要性。

活動器材：

由學生自行準備紙、筆等文具。

案例：

想像一下，在一個颱風夜，風雨交加的晚上，你們全家正窩在客廳的沙發上看電視。突然間燈光一閃，周遭變得一片漆黑。你們全家都站了起來，但是發現家中伸手不見五指，隨便走動就會絆倒。這時，你該怎麼辦？爸爸摸黑到房間裡，找到手電筒，但是發現備用電池快沒電了，燈光昏暗。這時，你發現開始燥熱起來，因為客廳的冷氣停了。你的媽媽拿起無線電話，想打給住在附近的外婆，但是發現無法接通。你想打開桌上的電腦，想上網查新聞及打E-mail給同學，但也發現無法開啟電腦及連線上網。你覺得好像很多平常沒有遇到的問題都出現了，感到一團混亂。

活動步驟：

1. 老師帶同學唸過以上的案例後，並解釋三個討論問題。
2. 老師將同學分成約四人一組。每個小組選出一位主席、一位記錄、一位報告者、以及一位計時者。主席要適時做結論，並將討論拉回主題。
3. 每組針對兩個問題，加上自身的經驗，加以討論。討論時間約十分鐘。
4. 討論時教師巡視教室，回答同學問題。
5. 討論完畢後由老師挑選幾組同學向全班做報告。最後由老師做結論。
6. 活動後每組要交紀錄單。

活動討論：

想一想，並分小組，請參考上例，加上你自己的經驗，討論以下幾個問題。

1. 設想停電時是日間，你正在家裡，會有那些狀況？你如何應付？
2. 設想停電時是夜間，你正在一家餐廳吃飯，會有那些狀況？你如何應付？
3. 平時大家都很忙，吃晚餐時，只管看電視，沒交談。停電時，戶外大風雨，如果明天放假，你最喜歡和家人做甚麼？

颱風夜停電，對個人是造成許多不便，但對社會，最大的問題是交通和通訊的中斷。在現代社會，科技帶來的不僅是產品的改變，也使得通訊（人與人之間）及交通（地與地之間）起了很大變化。例如：我們在家裡，可以透過電視或網路，很快得知全世界發生了什麼事情。我們可以看到我國奧運的棒球代表隊員，在四年一度的比賽上擊出安打的那一時刻。臺灣在民國88年發生921大地震時，



世界各國的救援組織，運用快速的運輸工具，幾天之內派遣的救難團隊和醫療、民生物資就送達臺灣，協助我們。

科技讓我們走得更快速更遠

透過交通與通訊的發展，都市與都市之間的距離愈來愈近，我們也很容易到各地去旅行。例如：高鐵的興建，已使得我們擁有時速300公里，同時兼具快速、安全、舒適、準點等特色的交通工具（圖1-5）。現在臺北到高雄只要約九十分鐘。三百多年前的臺灣交通就完全不同。清康熙三十五年（西元1696年），郁永河奉福建巡撫之命來臺灣採購硫磺，當時他從臺南到臺北走了兩個月。到了日據時代明治41年（西元1908年），臺灣有了縱貫鐵路，運輸交通所需時間，就大為縮短（圖1-5）。

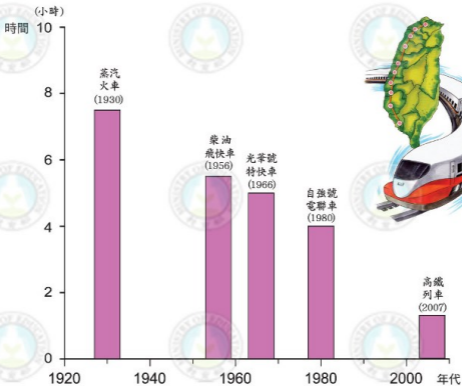


圖1-5 從臺北到高雄交通的時間，因為交通工具的發展而大大縮短。



動·動·腦

找一條從你原先就讀的國小到你現在國中的路。估計以步行、騎腳踏車及搭乘汽車三種交通方式所需的時間。最後與你的同學比較大家的異同。

交通的便利，使我們可以把人和物迅速地送達到很遠的地方。通訊的發達，則使我們可以容易地把聲音、影像、文字等訊息傳送到另一個地方的人。看看我們身邊的同學，是不是有人的爸爸媽媽或親戚朋友在其他國家工作呢？如果要跟在國外的人溝通，我們可以用信件、電話、E-mail、網路通訊等〔圖 1-6(a)〕。另外，透過人造衛星及海底電纜等〔圖 1-6(b)〕，我們還可以從電視或網路上，聽到來自遠方的消息及看到即時的影像。科技使得我們人與人之間的溝通變得更快速便利，也使得個人或國家之間的合作沒有了邊界。



更·上·一·層·樓

目前網路通訊較常使用的軟體包含：ICQ、即時通、MSN、Google Talk、Skype……等。



(a) 行動電話



(b) 家用電話

圖 1-6 各式的通訊工具，使得世界各地的溝通都很方便。

科技讓我們看得更多更廣

科技的改進，不但提供了多樣的溝通管道，也拓展了我們的視野。例如：顯微鏡和望遠鏡的發明，就讓人類看



到了肉眼所未見的世界。這些科技的發明使得我們對身邊周遭世界的觀察與探索，得以突破我們人體先天的限制，使我們看得更仔細、看得更遙遠。

以顯微鏡為例，十七世紀時，虎克利用顯微鏡，第一次看到軟木塞整齊排列的方格時，他看到了細胞。後來，顯微鏡的放大倍數增加後，更可以看到活細胞內部的構造與活動，包括染色體及有絲分裂。藉由顯微鏡，我們可以真正看到細胞如何一分為二，因此才有機會探索瞭解生物體如何長大、如何分裂，以及如何將基因傳給子代（圖 1-7），我們進而能夠觀察及分離細胞內的染色體與 DNA，探究生命與基因之間的關係。因此，顯微鏡的發明與改進，對我們瞭解自身與自然，以及生物科技的發展，有著重要的貢獻。

回·想·與·連·結

記不記得，自然與生活科技第一冊第一章裡面，講到細胞的基本構造與功能時，我們曾經看過顯微鏡，以及顯微鏡下的細胞。還記得光學顯微鏡的倍數和電子顯微鏡的倍數差別嗎？

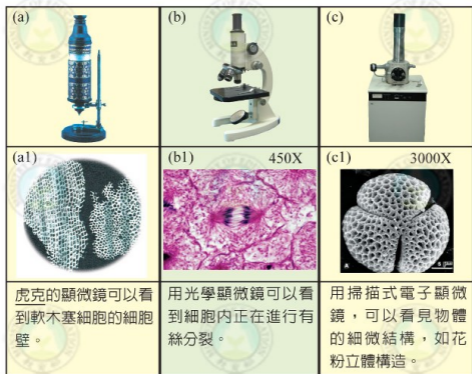


圖 1-7 用不同倍數的顯微鏡，可以看到細胞內不同的內容。

1-3 善用資源創造科技

科技產品的發明與製造，需要許多資源的配合，如：材料、工具、能源、資金、時間及人力資源。這一套發明與生產的系統就稱為科技系統。我們以愛迪生（Thomas Alva. Edison，1847-1931）發明電燈泡的例子來說明什麼是科技系統。

資源與創造

每天你放學回家時，開門之後的第一件事情，是不是先打開電燈？你只要一按開關，原本昏暗的家剎那間就充滿了溫暖的燈光。如果你將燈泡拿起來仔細看，你會看到燈泡的外殼是玻璃，裡面有幾根細細的的燈絲，但大部分看來是空空的（圖1-8）。你有沒有想過，這小小燈泡的發明，可是經過了多少前人的努力，才得到這個劃時代的成果？你知道電燈的發明，需要什麼樣的資源嗎？要讓電燈持續發亮，又需要那些能源與設備呢？



更·上·一·層·樓

電燈泡內填充氣體，涉及一些物理、化學原理。一般而言，氣體不可以含氧，因它會氧化金屬燈絲，所以需要不活潑的氣體，如：氬氣及氮氣填充，但是也有一些燈泡內抽得近乎真空。

金屬或纖維燈絲

玻璃燈泡外殼

燈泡內抽真空或
填充氬氣或氮氣

金屬接頭



圖1-8 燈泡的構造示意圖



一項科技產品的發明，通常是透過許多人的努力，而且經過許多次嘗試、耗費許多材料、利用許多種工具、設備所完成的結果。雖然我們常說愛迪生發明電燈，但是電燈的發明，並非愛迪生一人之力可以達成。從下圖我們可以看出，電燈的發明過程包含了很多的人力、材料、能源、工具等資源的投入，才得以完成（圖1-9）。



圖1-9 燈泡發明的過程，投入了許多人力物力。

在電燈發明的過程中，愛迪生及其實驗室的研究人員，結集眾人的知識、智慧、創見，以及勤奮不懈的嘗試，才終於發明了可以穩定持久發亮的白熱燈泡。

在發明的過程中，除了眾人的努力之外，還需要投入許多金錢及物力。例如：愛迪生在發現以炭絲或鎢絲為燈絲之前，已經嘗試過上千種纖維及金屬材料。他說，每試一種材料，即使沒有成功，至少可以知道這一種材料不能

更·上·一·層·樓
愛迪生，美國人，西元1847年生於俄亥俄州。自幼刻苦自學。受法拉第的影響，一生從事電學實驗研究和發明，共獲1093項發明專利。1876年，愛迪生實驗室創立，打破以往科學家個人獨自研究的傳統，組織一批專門人才，由他出題並分派任務，共同致力於一項發明，從而開創了現代科學研究的正確途徑。

用來作為燈絲。此外，燈泡需要有持續的電力供應，才能持續發亮，因此，愛迪生後來又發明了可以長時間供電的發電機。

總之，在發明過程中，多種資源的投入是必要的。各種資源間的配合也是很重要的，這需要有仔細的規劃並確實執行。

資源的運用與節約

隨著科技的發展，人類對於各種資源與能源的需求與消耗也越來越增加。例如：在農業社會，電燈或電器用品不多，所以耗電量並不大。但到了工業發展時期，不論是生產及運用，都需要大量能源的供應。像是今天在臺灣，如果新竹科學園區斷電或斷水一天，園區內的公司或工廠就可能損失上億元，由此可見我們對於能源的依賴程度。

工業所需要的物質資源很多，例如水、電、石油等。這些資源都不是無限供應，如果一旦用盡，人類生活就受到嚴重威脅。而且資源的過度開發就會影響到環境和生態保育。長期生活在沙漠中的中國新疆吐魯番的人一千多年前就發明出很先進的坎兒井的技術來引山上的雪水飲用及灌溉。

因此，為了擁有更長久的未來，我們每個人都應該養成節約資源的習慣，不能因為現在還很方便充裕，便無所節制。例如：自來水很容易打開，就隨處開，沒有去想無水之苦。其實自來水從水源地要送到家中，需要經過取水、淨水、配水等很多過程，才能提供給你我乾淨安全的用水。所以每一滴水都來之不易，應該好好珍惜（圖1-10）。

更上一層樓 坎兒井

沙漠當中如何取到乾淨的水呢？新疆吐魯番維吾爾族有一套絕門功夫。吐魯番是在沙漠中的綠洲，北方有終年積雪的天山。他們發展高超的鑿井技術，挖出很長的地下水道引雪水過來，稱為坎兒井。坎兒井有近千條，總長約5000公里。為了防止水的蒸發，而使用地下水道。同學們如果有興趣可以上網或到圖書館查看一下相關的歷史、地理、地球科學和科技等的知識。

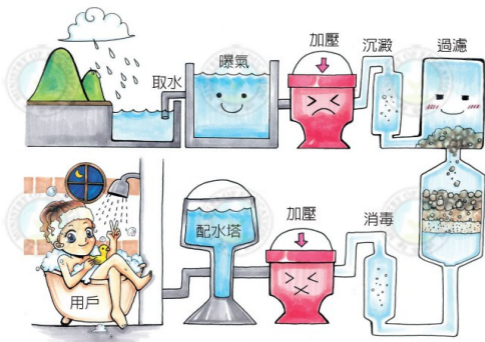


圖 1-10 自來水要成為乾淨安全的用水，需要經過許多處理過程。

為了要節約能源，許多新建築已經漸漸地加上許多節省能源與更加環保的措施。例如：綠建築等的概念，逐漸普遍。綠建築的設計，以節能、永續、環保為考量，在重視人類居住的安全、舒適與健康的同時，也能保護我們的大環境（圖 1-11）。此外，現在人類已開始運用不同種類的再生能源，例如：太陽能、風能及潮汐能等，可以提供居家用電。但是在實際運用的技術上，或是大量推廣的程度上，還有許多改進的空間。



在炎熱的沙漠環境，綠建築最好選用什麼顏色，為什麼？

科技的進步與發展，帶給我們許多的便利與舒適。同時，大量的污染性能源，例如：石油、煤、油等消耗，也給我們帶來了許多負面影響。例如：水及空氣的污染、臭氧層的破壞等，都是經濟發展，大量消耗污染性能源後，對我們生活環境及人體造成的傷害。在我們未來持續的發展中，不可不加以重視。



圖 1-11 座落於臺灣大學的綠房子，除具備了隔熱、省電、生態、永續、減廢環保功能外，也將居住的隔音、耐震、健康及智慧等概念整合在一起。

本章結語

科技的發展，需要許多人力、物力、時間、金錢等的投入與堅持，代代相傳才能有所成就。同時，如果在科技與文明進步中，能夠珍惜資源與能源，注重環保和人類福祉，那麼後人才有機會享受到和我們一樣美好的科技生活。



本章摘要

1. 「科技」是人類為了在大自然中求生存，以及更進一步滿足自身需求，利用各式各樣的能源與材料，經過設計之後，所發明的方法、技術或產品，經過不斷的改善而運用在食衣住行育樂等生活各個面向上。
2. 科技對生活的影響是多方面的。科技改變了人們對時間空間距離的遠近感、擴展了科學研究能夠達到的範圍，但也使得人們生活對科技的依賴日深。
3. 科技是一整套的發明及生產系統，系統內包含材料、工具、能源、資金、時間及人力資源。科技的創造與改進需要許多資源的投入，人們應該瞭解資源的重要性，珍惜資源、並保護環境與人類。

參考資源

書籍

1. 傅湘文譯（1994）。發明簡史。臺北市：東方。
2. 室谷常藏著，向秋譯（2004）。科學偉人傳。臺北市：漢湘文化。
3. 世一書局編輯（2001）。愛迪生。臺南市：世一。
4. 洪致文著（1992）。臺灣鐵道傳奇。臺北市：時報。
5. 師明睿譯（2003）。看漫畫，學遺傳。臺北市：天下文化。
6. 米克·曼尼·布莉塔·格林斯壯著，賈源愷譯（1998）。浙瀝！嘩啦！啪啦！臺北市：臺灣英文雜誌社。

網站

1. 國立科學工藝博物館，老祖宗的智慧—中華科技發明
<http://203.71.9.5/chinascience/>（2007年1月）
2. 中國古代發明對後世的影響，DVD影片（兩輯）。百禾文化傳播有限公司授權，智匠影音有限公司出版發行。Discovery 頻道播映
<http://www.e-harvest.com.tw>（2007年1月）
3. Science & Society picture library
<http://www.scienceandsociety.co.uk/>（2007年1月）
4. Inventers <http://inventors.about.com/>（2007年1月）
5. 工業技術研究院，再生能源網 <http://www.re.org.tw/>（2007年1月）
6. 綠房子網站 <http://www.drinfosys.com.tw/>（2007年1月）



第二章 創意與設計



2-1 創意思考

2-2 設計方法

2-3 製圖與識圖





科技的演變與發展是人類不斷創意與思考的結晶。
這個創意思考其實就是，
人類運用現有的資源，透過解決問題的過程，
來滿足生活或是心靈上的需求。

2 = 1 創意思考

當我們面對一事物時，隨著思考角度的不同，大腦會產生許多種不同的應對方式。例如：走進森林中，我們透過觀察、詢問、紀錄、實驗、歸納、研判等方法，可以瞭解植物的種類、生態的情況、生物的活動等情形，而得到一些科學知識。或者，我們會把眼前森林的「千山鳥飛絕，萬徑人蹤滅」、「橫看成嶺側成峰，遠近高低各不同」之情景繪製在畫紙上，成為屬於個人的情感表現。或是，我們想的是，如何將這片森林開闢成渡假山莊，而這種思考就表現出人對生活的需求（圖2-1）！



圖2-1 人每天都一直在做思考的活動

從上面的描述，我們可以概略的瞭解到，科學主要目的在求「真」，藝術則在呈現一種「美」的感受，而科技的追求重點則在「善」，也就是解決生活中遭遇的問題，



以符合人們生活的需求。而這種解決問題的過程，就經常需要有創意思考。

創意思考的特性

面對生活問題時，我們經常要運用創意思考，並透過實踐來解決問題。以下舉一個實際的例子來說明，以幫助同學瞭解創意思考的特性：

去年暑假，小凱與幾個朋友經過申請核可，一起從東埔攀登玉山主峰。第一天下午，過了乙女瀑布後，忽然下了一場大雷雨，這場雨來得又急又猛，一行人都淋得全身濕透。當天傍晚抵達八通關小屋後，大家都想盡各種辦法將自己的濕衣物弄乾。但是，第二天一早，卻仍有好些人都穿著濕衣服，只有小凱的衣服是乾的。大家都好奇地詢問小凱，是怎麼辦到的？

我們也來想一想吧！首先，長時間穿著濕衣服會感冒，如果得了重感冒，又延誤治療時間，很可能導致生命危險。因此，小凱有「將濕衣服弄乾」的「生存需求」，這是小凱必須進行創意思考的「原動力」。

但是，高山上沒有電，不可能用高科技的家電產品烘乾衣服，居家時的處理方式，這時完全無法派上用場。因為外在條件的改變，迫使小凱必須發揮他的創造力，嘗試一些不同的「烘衣方式」。

攀登高山，必然需要一些登山裝備，例如：帳篷、睡袋、鍋具、爐具、燈具、雨衣、打火機；山上也有一些自然資源，例如：日光、枯枝、山風，乃至於鳥獸樹石等。但是，小凱也不能漫無目標地且不實際的空想，而是要有計畫地去思考讓濕衣物變乾的基本原理，並且分析身邊所有的資源，才能找到一些可以烘乾衣服的方法，如用自然

風吹乾衣服、用扇子吹乾衣服、用火烘乾衣服等（圖2-2）。接著，小凱便將身邊的毛巾剪下幾小塊，打濕之後，運用剛才想出的幾種辦法，實際去嘗試看看，觀察那一種方法比較有效率。最後才用最有效率的辦法，去處理濕的衣服。從這個例子我們了解到，創意思考的過程包含了：好奇心、需求、創造力、有限資源的運用、行動實踐、反覆嘗試與修正等特性。這些特性都十分重要，我們就在下面做個整理及說明。

雖然上述這樣的過程可視為一種生活經驗的表現，但如果仔細觀察這個過程，其實就是一種解決問題的過程。但是，什麼是問題解決的過程呢？以下將會作較深入的解釋。



圖2-2 思考周遭可用的資源是解決問題的關鍵因素

解決問題的步驟

生活科技的課程核心目標之一，就是學習如何依照條件與程序，解決生活中所面對的問題。解決問題包含許多步驟，我們可以用下圖2-3來說明：



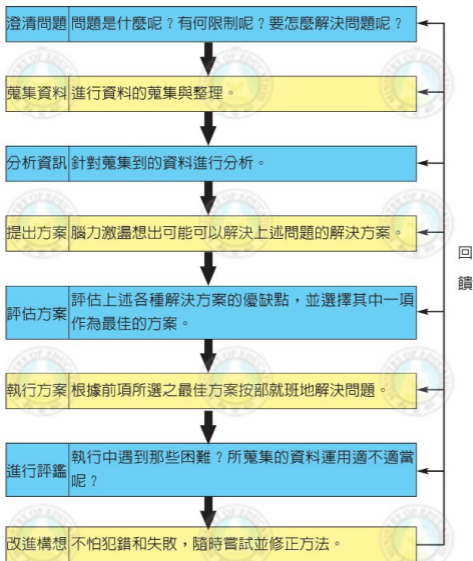


圖2-3 解決問題的步驟

從圖2-3解決問題的程序，可以看出當我們發現問題時，或因為新奇而引起我們的興趣時，就會有探索或是改變現況的動力，而這個動力便是創意思考的起點。因此，創意思考其實也是一種運用問題解決的過程。但是，創意思考並非漫無目標地又不實際的空想，如果事先能蒐集越

多的相關資料，或者是準備工作做得越詳盡，那麼在問題解決時就能運用更多的資源，得到較好的解決方案。此外，創意思考的精神，就是沒有標準答案。換句話說，隨著外在環境條件的改變，解決問題的方法也會跟著改變，所以上一刻的最佳方案，很可能在下一刻就變成很糟糕的計畫。事實上，隨著新工具的發明、新能源的運用，或是新科技的進步，將濕衣服水分脫乾的方法，也不斷在改變（圖2-4）。



圖2-4 科技的發展使人類解決問題的方法一直在改變

古時候，要將濕衣服弄乾，大約只有依賴雙手，或者借助陽光及火。後來因為電的運用和馬達的發明，而有脫水機的誕生。脫水機運用馬達高速旋轉下的離心力，將水分甩離衣服，但是脫水機仍無法讓衣服完全乾燥，以後才有了烘衣機的發明，運用較高的溫度將濕衣服烘乾。

此外，在創意思考的領域中，「評鑑並提出改進構想」也是很重要的步驟。換句話說，以「換個角度，再試試看」的態度，可以使我們不斷的修正及改進，以獲得更好的結

果。舉例來說，早期的行動電話，不但體積比一般鉛筆盒還大，重量也很重，而且常常用不了多久，電池就沒電了。但從近幾年的發展來看，行動電話愈來愈輕巧，而且充電後的使用時間也愈來愈長。這就是不斷的從問題中去尋求解決問題的方案，並經過一次又一次的改進才有的成果。但是目前的行動電話是否就沒有改進的空間了嗎？不！事實上，電信業者正嘗試將行動電話設計成具有耳機、手錶、眼鏡、電腦、傳真機、遙控器、辨識系統、衛星定位系統等功能的產品，這就是人類不斷的運用創意去解決問題。因此，我們可以說創意設計是無所不在，也是永無止境的。

現在，我們都認識創意思考，也知道解決問題的程序了。然而，小凱的濕衣服到底是怎麼弄乾的呢？其實，能夠把濕衣服弄乾的方法非常多，並沒有固定的標準答案，所以我們也不用急著知道小凱所使用的方法，因為大家透過創意思考所想出來的方法，或許比小凱的方法更高明呢！我們就在下面的活動中試試看吧！



活動 2-1 「解決問題程序」的練習

活動目的：

以「誰把毛巾脫乾了？」為題，學習解決問題的步驟與過程。

活動器材：

教師提供毛巾、水桶、秤、水等用品，學生亦可自行準備其他可能所需器材。



活動步驟：

1. 先將乾毛巾泡水15分鐘後秤重，然後利用10分鐘的時間，發揮創意將濕毛巾的水脫乾，最後計算毛巾的重量，看看那條毛巾減少的重量最多。
2. 約3～4位學生一組，運用「解決問題步驟」，思考「如何在不破壞及不毀損的情形下，將濕毛巾脫乾」。
3. 請同學集思廣益，運用想像力及生活經驗，解決可能會遇到的問題。
4. 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「脫水方法」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，請選出你認為最好的方案。
 - (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. 想想看，當你在運用「解決問題的步驟」時，那幾個步驟會花你較多的時間？那幾個步驟對你而言比較困難，為什麼？



2-2 設計方法

上一節的學習活動，你是不是已經執行創意思考與解決問題的程序了？你是不是發現按照這個程序來思考的重要性？如果你也這樣想，那就已經進入生活科技的領域了。接下來我們就要以CD光碟片（以下簡稱光碟片）的收納問題，來幫助你如何進行設計及瞭解設計的方法。

我們家裡都有許多光碟片，如果現在需要一個能夠儲存大約50至100片光碟片的收納櫃，除了價格和預算之外，你會考慮那些問題？是不是會看看它的功能、材質，再研究一下它的結構穩不穩固，然後選擇自己喜好的造型、色彩呢？事實上，這也就是設計過程中需要注意的幾件事情了！我們來看看下面三個收納櫃的介紹（圖2-5、圖2-6、圖2-7），並分別從收納櫃的功能、材料、結構、製作方法、造型、色彩等來探討一個物品的設計方法。



(a) 外觀

尺度規格	寬36×深21×高80公分
容量	大約收納50片光碟片
建議售價	約700-900元
材料	塑膠

(b) 相關資料

圖2-5 光碟收納櫃一



(a) 外觀

尺度規格	寬25×深22×高112公分
容量	大約收納90片光碟片
建議售價	約1200-1400元
材料	木材、塑膠（鏡面）

(b) 相關資料

圖2-6 光碟收納櫃二



(a) 外觀

尺度規格	寬70×深15×高35公分
容量	大約收納90片光碟片
建議售價	約400-600元
材料	木材

(b) 相關資料

圖2-7 光碟收納櫃三

功能

面對琳瑯滿目的各種產品時，為什麼你會選這件產品，而不選擇另外一件呢？或許因為你喜歡它的造型色彩，或是特殊的品牌，但是你更應該考慮它有沒有符合你的需求，是不是幫你解決了某些問題；換句話說，你應該考慮這件產品的「功能」問題。

光碟收納櫃的功能就是幫助我們整理收存光碟。不過，每一種光碟收納櫃，在功能上都有一些差別，所以還必須搭配其他條件一併考慮。例如：如果家裡環境灰塵比較多，就會考慮有門的光碟收納櫃；如果房間空間比較



小，可能就會選擇體積小，又有大容量的光碟收納櫃了。你可以看看表 2-1 所列的三種光碟收納櫃的功能比較，可以瞭解每種產品都會有自己獨特的功能。

表 2-1 三種光碟收納櫃的功能比較

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分層收存，各光碟片位置一目了然，每片光碟片有獨立的空間。 2. 後側空間開放，不易平整收納。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 門板可防塵，清理方便。 2. 五層分隔，可收納 DVD、CD 等大部分規格的光碟片。 3. 如果放在木質地板上，建議底層再加貼止滑墊等，以防滑動與刮傷木質地板表面。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可以放在桌上，或者掛在牆上。 2. 體積小，比較不佔空間。 3. 各光碟片位置一目了然，但拿取與收放會互相干擾，特別是每格疊放在下層的光碟片，不容易抽取。

材料

材料是指一件產品所使用的物質。只要能符合一件產品使用時的需求條件，原則上都可以被當成材料來使用，例如：盛熱湯的容器應該要能耐熱超過攝氏 120 度而不變形，且不會釋放有害身體健康的物質；安全帽要能耐衝擊，還要兼顧通風與防雨的機能；製造原子核反應爐一定選擇耐高溫，而且能防止輻射外洩的材料等。

材料種類繁多，必須看用在什麼時機與位置，我們在後面的章節還會詳談，而這裡所選的三個光碟收納櫃實例，恰好都是用了「塑膠」與「木材」兩種材料。

結構

我們都希望買到的產品能夠堅固耐用，這就必須考慮產品的結構。一個物品的結構與其材料的種類、形狀、強度、接合方式，以及負載的重量等都有關係，也直接影響了產品的造形。結構不佳或強度不夠的產品，很容易損壞，應避免購買。這三件光碟收納櫃的結構各不相同，我們可以從圖2-5(a)、2-6(a)及2-7(a)圖中看出。

製作方法


簡單來說，依據設計需求進行裁切、組裝等加工程序，就是製造。例如，將木材鋸切就是製作的過程中的一部分。一般而言，製作過程中會運用多種的加工方法，來改變材料的外形。在製造的過程中，我們需要考量各種不同材料的性質，進而選擇適當的製作方法。事實上，隨著工具和材料的不同，以及科技的進步和材料的開發，製作方法也會不斷地推陳出新，生產製作一件產品時，可能會運用上許多種的製作方法。

造型

造型是產品根據成本、材料、結構、製作方式、功能、裝飾等多種考量而設計出來的形狀。因為要考慮許多因素，形狀也會受到一定的限制。一般來說，為了便於製作、大量生產和降低成本，一般產品的造型多較為簡單。以下我們就用表2-2來比較三種光碟收納櫃造型的不同之處。



表2-2 三種光碟收納櫃的造型比較




	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直立三角柱式鏤空造型。 2. 每格收納格有底盤。 3. 底座的大面積可以增加穩固。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直立方形柱式造型。 2. 含門，右開，上有透明圓形視窗。 3. 仿音響喇叭造型，與家庭視聽設備並置時，有整體感。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 類似竹籬笆交叉方式的造型。 2. 直接呈現結構，將裝飾性減到最低。

色彩

產品的色彩選擇，會因個人需求而有不同的考慮。此外，不同的顏色搭配（配色），也能造成不同的視覺和心理感受，而且呈現出不同的設計風格。

從功能上來看，夏天穿淺顏色的衣服比較不會吸熱，但是淺色的衣服比較容易弄髒，也比較難清洗。至於不同的色彩，也有自己的「色彩語言」，這也是配色時必須考慮的。例如：紅色、黃色給人溫暖的感覺；藍色、灰色則給人冷峻的感受；木質原色讓人容易親近；金屬、玻璃的色澤則呈現現代的氣氛。以下用表2-3來大略比較三種光碟收納櫃的配色，是不是給人很不一樣的感覺呢？

表2-3 三種光碟收納櫃的色彩比較

	除了寶石藍之外，尚有海水藍、玫瑰粉彩、寶石翠綠等共三種色彩，可供選擇，具現代感。
	胡桃木原木色系。頂蓋、底座門板內面黑色油漆、面板銀色或黑色漆，格調高雅。
	染成原木色系，給人樸實的感覺。

結語

原來，產品是可以依個人需求從實用、功能、安全等層面來考量選擇，是沒有絕對好壞的。透過對設計方法的了解，不但能提升我們對於各種產品的了解，也讓我們了解到購買產品前，應該考慮的一些條件，並且幫助我們選到最合適的產品。但是，如果要自己動手設計並且製作一個光碟片收納櫃，就不太容易了。因為除了功能、材料、結構、製作方法、造型、色彩等各方面的問題外，還有一些知識技能必須學習，我們以後會陸續介紹。



活動 2-2 光碟收納櫃的設計

活動目的：

以「光碟收納櫃」設計為題，讓學生發揮創造力，設計並推銷自己設計出來的產品。

活動器材：

由學生自行準備紙、筆等文具。

活動步驟：

1. 本活動可以個別作業或小組合作進行，小組合作以3~4人為一組。
2. 初步構想：每個人（組）構思心目中最理想的光碟收納櫃功能，將所想要具備的功能、材料、結構、製作方法、造型及色彩等一一列舉出來。
3. 資料蒐集：上網或到圖書館蒐集各項與光碟收納櫃有關的資料。
4. 繪製草圖：融合初步構想及所蒐集到的資料，概略設計你的光碟收納櫃，並繪製草圖。
5. 功能說明：將想設計的光碟收納櫃標注各種功能、造型、色彩，並說明製作方法及所用的材料。
6. 成果發表：每位（組）同學展示個別作品，票選一下，誰設計最棒。
7. 作品評估：大家討論看誰設計的作品功能最強。

活動討論：

1. 為什麼設計這款功能的光碟收納櫃，說一說你的理由。
2. 同學對你們設計的作品有那些意見呢？請分析看看。

2 = 3 製圖與識圖

圖是日常生活中共通的語言，不同國籍的人可能因為語言不同而無法溝通，卻能夠藉著簡單文字符號或圖像，傳達彼此的想法，並精準快速地解讀。所以圖形能以簡單的形式、明確的尺度描述物體的形狀，進而表達文字和語言較難解釋的訊息。

製圖工具簡介

俗云：「工欲善其事，必先利其器」，以下簡單介紹一般常用的繪圖工具種類（圖 2-8）：

1. 紙：常用的製圖紙為方格紙及三角格紙等，主要用於實物測繪、草圖及設計圖繪製。
2. 尺：常用的尺為直尺、丁字尺、三角板等，主要功能是畫出水平線或垂直線。若運用三角板及丁字尺，則可繪出15度的倍數角度線、水平線或垂直線。
3. 筆：常用的製圖筆有製圖鉛筆、填心鉛筆又稱自動鉛筆等，而鉛筆依筆芯的軟硬度可分為硬性類、中性類及軟性類等三類，其主要用途是繪出製圖中所需表達不同粗細的線條；另外，圖樣若需長期保存，為保持清晰或複製較佳的藍圖，常需以針筆上墨，畫出圖面與書寫文字註解等。
4. 圓規：圓規主要用途是用於畫半徑25~120mm圓或圓弧。
5. 模板：模板的種類極多，常用的有圓、橢圓、圓弧等不同形狀的幾何圖形模板。主要目的是節省繪圖時間，可直接選用模板以鉛筆繪其圖形。
6. 擦線板：主要用途是擦拭畫錯的線條或註解，而不損及其他正確的線條或註解。



更·上·一·管·標

鉛筆的種類

鉛筆依筆芯的軟硬度可分為三大類：硬性類（9H~4H）常用以打底線；中性類（3H、2H、H、F、HB、B）用以寫字及畫畫；軟性類（2B~7B）用以作畫及素描。製圖用的鉛筆多為中性，以HB~H最常用。



隨著電腦科技的進步，許多製圖的工作，紛紛轉而採用電腦輔助繪圖。因為透過電腦輔助，便能快速繪製及修改圖形，並外接繪圖機或印表機，即可將圖形輸出於製圖紙上。



(a) 圓形模板



(b) 橢圓形模板



(c) 曲線板



(d) 針筆組



(e) 製圖鉛筆



(f) 圓規組



(g) 丁字尺



(h) 三角板



(i) 擦線板

圖2-8 常用的製圖工具



請接變化球

1. 當我們要畫直線，卻找不到直尺可以使用的時候，有什麼方法可以讓我們畫出一條筆直的線條呢？
2. 當我們要畫圓，卻找不到圓規可以使用的時候，有什麼方法可以讓我們畫出一個完美的圓呢？

圖的呈現方法

請準備好鉛筆、圓規、直尺、橡皮擦、製圖紙張等製圖工具，接下來要為大家示範較常用的等角圖、斜視圖及正投影多視圖的繪製過程。

等角圖的繪製

所謂「等角」，是指物體的長、寬、高三軸所夾角度皆為120度的立體圖（圖2-9），就稱為等角圖。繪製等角圖時可使用三角板或量角器協助定角度，也可選用三角格紙方便繪製。以下為等角圖繪製的步驟（圖2-10）：

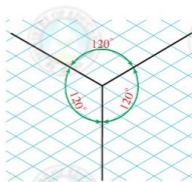


圖2-9 等角圖的三軸

步驟一

用直尺及三角板畫出夾角互為120度的長、寬、高三軸，並在三軸上定出欲繪製物體的最大長、寬、高。

步驟二

由各點順軸線方向畫平行線，完成長方體，逐步在長方體的稜上定出其他關鍵部位的長度。



步驟三

由各點同樣順軸線方向畫平行線。

步驟四

將多餘的線條擦去，等角圖就完成了。

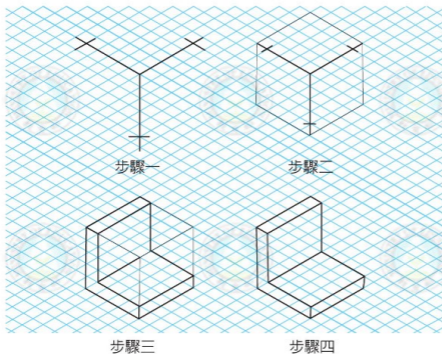


圖2-10 繪製等角圖的步驟

斜視圖的繪製

斜視圖也是立體圖的一種，且常使用方格紙、三角板及直尺協助繪圖。繪製時，常把較複雜的一面放在正面，讓人清楚明瞭且繪製比較容易。而畫斜視圖時，須讓物體深度方向的線條傾斜同一角度，通常使用者多選擇45度（圖2-11）。斜視圖的優點可以使物體的正面表達在視覺上較不易產生偏差。以下為斜視圖的繪製步驟（圖2-12）：

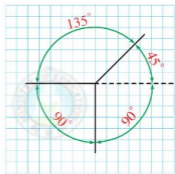


圖2-11 斜視圖的三軸

步驟一

選擇最能表達物體主要形狀的方向作為正面。

步驟二

在正面的每一處轉折點，畫出斜軸，並標示出厚度位置。

步驟三

連接斜軸上各厚度標記，此時必須判斷是否被擋住。

步驟四

清除擋住部份及其他多餘線條即完成。

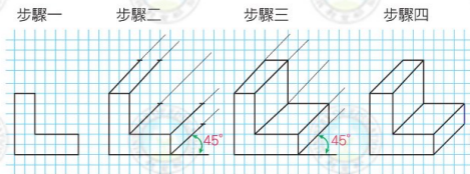


圖2-12 繪製斜視圖的步驟



正投影視圖繪製

我們可以從不同的角度及方向去看一個物體，當視線的角度不同時，所看到的物體形像就會不同。雖然以立體圖來表達物體形狀的方式最容易為我們接受，但若需要較詳細的圖面資料，則要借重正投影視圖來表示。

然而，在製圖過程中描述一物體，為了表示物體的正确圖形，通常除了會從物體的上、下、前、後、左、右六個方向來觀察物體外，並於其垂直投影面來加以描繪，這就是正投影法。一般透過正投影視圖來表達物件，以繪製三個視圖最常見：前視圖、俯視圖、左側或右側視圖，合稱為三視圖（圖2-13），大部分物體均可以三視圖表達。但有些物體不需繪出三個視圖，就可以表達出該物體外形，最明顯的例子為圓柱體（圖2-14）。

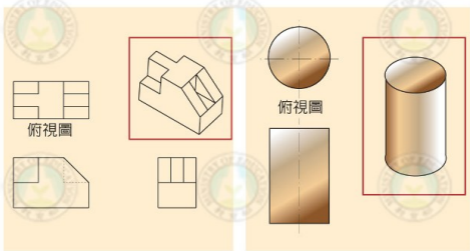


圖2-13 物件的前視圖、俯視圖、右側視圖 圖2-14 圓柱體的正投影視圖

依據我國國家標準（Chinese National Standards，CNS）規定，國內繪製正投影視圖時大都採用第三角法。所謂第三角法是指右側視圖在前視圖的右邊，左側視圖在

前視圖的左邊，俯視圖在前視圖的上面，仰視圖在前視圖的下面，後視圖在左側視圖的左邊，如圖2-15，是一個L型物件的正投影視圖。

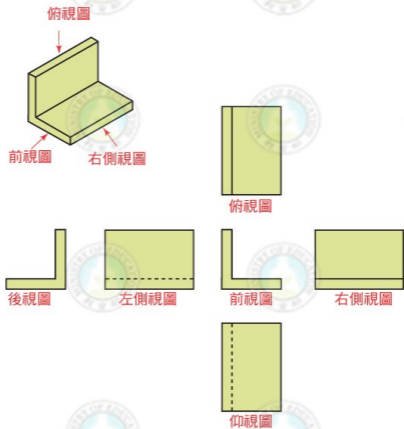


圖2-15 L型的正投影視圖

繪製正投影多視圖的步驟如下（圖2-16）：

步驟一

選擇最能表達物體主要形狀的方向作為正面（前視）。

步驟二

畫出前視圖。



步驟三

在前視圖正上方畫出俯視圖。

步驟四

依前視圖與俯視圖相關位置畫出右側視圖。

步驟五

消除多餘線條即完成。

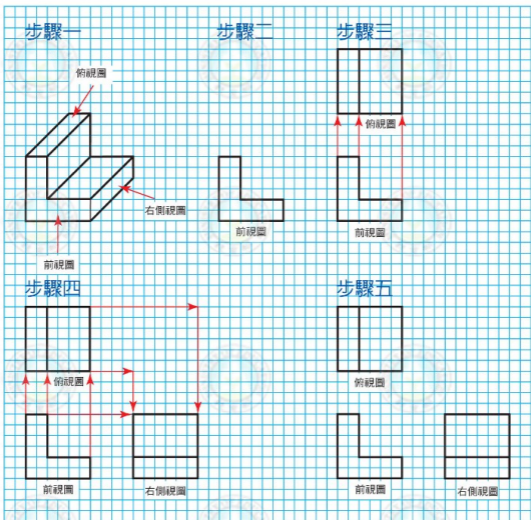


圖 2-16 繪製正投影三視圖的步驟

線條的種類與用途

工程圖上畫的線條，可分為粗、中、細三種，中的約粗的三分之二，細的約為中的二分之一。在樣式上可分成為實線、虛線及鏈線三種（表2-4）。

表2-4 線條的種類與用途

種類	式樣	粗細	畫法	用途
實線		粗	連續線	輪廓線
		細	連續線	尺度標注線
虛線		中	每段長約3mm，間隔1mm	隱藏線
鏈線		細	線長約20mm，中間一點，間隔約1mm	中心線、假想線

尺度標注

不論是立體圖或平面圖都僅在表達物體的形狀，無法得知物體真正大小，若要完整的表達一件物體，就需要有尺度標注。我國國家標準（CNS）對尺度標注有詳細規定與準則，對於初學者來說，尺度標注應把握及注意以下的基本原則（圖2-17）：

1. 單位為釐米（mm）時不必註明，否則數字旁必須註明單位。
2. 數字標注於尺度線上方，若尺度線垂直時，則標注於左方，要避免朝下或朝右。
3. 相同部位的尺度，避免重複標注。
4. 正投影多視圖的尺度應盡可能標注於視圖與視圖間。
5. 圓弧的尺度，在標注直徑時，應於數字前加「 \varnothing 」的符號；標注半徑時，應於數字前加「R」的符號。



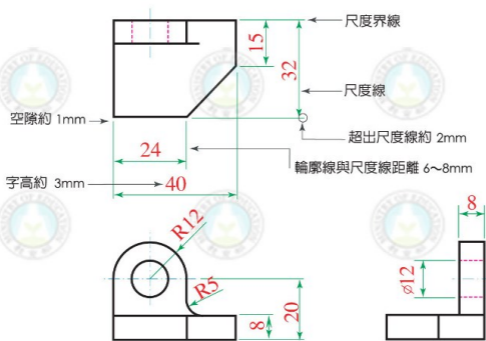


圖 2-17 正投影多視圖的尺度標註說明

本章結語

我們每天都要作很多的思考以解決周邊的問題，而這也是人類進步的主要動力，本章重點就是在提醒同學，科技的形成其實就是人類不斷的運用創意思考以產生科技產品來解決問題。但是，在這創意思考的過程中，我們必須要會運用一些設計的方法，才能使所製造出的科技產品更符合人的需求。最後，本章也簡略描述如何繪製等角圖及正投影視圖，因為它們是最簡單，也是最能有效表達一個物品的形狀及大小的圖示。

本章摘要

1. 科技問題解決的步驟為：

- (1) 澄清問題
- (2) 蒐集資料
- (3) 分析資訊
- (4) 提出方案
- (5) 評估方案
- (6) 執行方案
- (7) 進行評鑑
- (8) 改進構想

2. 當我設計一個產品時，經常會考慮這個產品的功能、材料、結構、製作方法、造型及色彩。

3. 等角圖，是指物體的長、寬、高三軸所夾角度皆為120度的立體圖。

4. 斜視圖在繪製時，常把較複雜的一面放在正面，讓人清楚明瞭且繪製比較容易。而繪製時須讓物體深度方向的線條傾斜同一角度，通常使用者多選擇45度。

5. 所謂的視圖是指正面對著物體的某一角度所觀察的形狀。一般正投影視圖都繪製前視圖、俯視圖、左側或右側視圖，故又稱為三視圖。

參考資源

書籍

1. 陳雅茜 (2002)。生活科技。臺北市：小天下。
2. 成寒 (譯) (2001)。Jones, C. F. 著。小錯誤大發明。臺北市：健行文化。
3. 楊立娟、楊英辰、王濱 (2003)。創新技術的大發明家I。臺北市：世潮。
4. 楊立娟、楊英辰、王濱 (2003)。創新技術的大發明家II。臺北市：世潮。
5. 王輔春、楊永然、朱鳳傳、康鳳梅 (2003)。工程圖學。臺北市：全華。
6. 鄭光臣 (2006)。製圖實習。臺北市：龍騰。

網站

1. 教育部創造力教育中程發展計畫入口網
<http://www.creativity.edu.tw/info/index.php> (2007年1月)
2. 生活科教育月刊 (電子版)
<http://www.ite.ntnu.edu.tw/06/index.htm> (2007年1月)

第三章 溫度與熱量



3-1 冷熱與溫度

3-2 熱量與比熱

3-3 熱的傳播方式





當天空白雪紛飛時，
一片銀色的大地告訴著我們，
寒冬來了，驟降的溫度，讓萬物沉靜許多。
溫度在一年四季的變化下，有了各自的詮釋。
當冬雪在陽光輻射下融化，萬物有了甦醒的生機，
熱量在傳遞啊！高溫到低溫遊走，
物質不同，對於保有熱能的能力也就不同。
不同的比熱，不同的密度，
多少點綴了繽紛多變的世界，
人類對熱的使用，一直是人類文明的註解，
不時的，
新的發明已悄悄地萌芽。

3-1 冷熱與溫度

寒流來了，氣溫一下子降低許多，好冷呀！但是溫度到底降低了多少？沒有一個精確的溫度計，只憑感覺似乎也說不準。生病發燒了，用手觸摸額頭覺得很燙，但是究竟燒到幾度了，是否要遵照醫囑服用退燒藥？這也得憑藉體溫計的測量才有個準頭。溫度計的種類很多，從一般酒精溫度計（圖3-1）、水銀溫度計（圖3-2）、耳溫槍（圖3-3）到食物溫度計（圖3-4）等一應俱全。雖然用手觸摸額頭也可以粗略判斷是否發燒，但是使用溫度計，卻可使我們更精確地量測體溫。畢竟冷熱的感覺和許多因素有關，例如風的存在，以及空氣中水分的多寡，都會影響我們對冷熱的判斷。溫度計的使用，可以彌補我們對物體以及周遭環境冷熱感覺不夠明確的缺憾，也可以讓科學家對物體的冷熱做精確的定義。究竟它是如何辦到的呢？

更·上·一·層·樓

2003年4月，SARS(嚴重急性呼吸道症候群)冠狀病毒帶來的恐懼席捲全臺灣。由於感染SARS後的首要症狀是發燒，在當時量測體溫成為一項全民運動。為了正確測量體溫，溫度計銷售一空，大家也才重新體會到溫度計對於日常生活的重要性。



圖3-1 酒精溫度計



圖3-2 水銀溫度計



圖 3-3 耳溫槍



圖 3-4 食物溫度計

水銀溫度計是利用水銀的熱脹冷縮特性來測量物體的冷熱程度：當溫度升高時，水銀體積會膨脹，但是溫度計內部的空間大小是固定的，所以我們會看到水銀柱沿著狹長的玻璃管柱伸長，因此知道溫度升高了。此外，因為溫度計內的水銀量並不多，對溫度變化反應較為迅速，所以它能夠在短時間內和待測物體達到相同溫度，而且不容易影響被測物的溫度。酒精溫度計的原理和水銀溫度計也是一樣的，但是耳溫槍¹以及其他各式各樣科學用溫度計的原理就複雜得多，在此不做詳細的介紹。

日常生活中，我們都是用攝氏溫標（ $^{\circ}\text{C}$ ）作為溫度的單位，而在美國則是華氏溫標（ $^{\circ}\text{F}$ ）。所以，偶而聽到新聞報導說『美國熱浪來襲時氣溫高達 100°F 』，我們還得先轉換成攝氏溫標，才比較有感覺呢！到底攝氏溫標和華氏溫標要如何轉換呢？

在正常氣壓下，水只有在在某一個特定溫度以下才會結成冰，而冰在受熱時也會在這個特定溫度開始融化成水。我們把這個特定溫度叫做水的冰點或者是冰的熔點。有趣的是：水也只有在加熱到某個特定溫度時才會滾燙、



更·上·一·層·樓

耳溫槍是測量耳朵深處鼓膜的溫度，因此在使用時，需將耳廓往後上方拉，如此耳道較能呈直線形，耳溫槍也較容易對準鼓膜測量。此外，耳溫槍還需定期校正。有趣的是，耳溫槍不需要和鼓膜接觸就可以測得溫度，這是怎麼回事呢？



科學的發展有時並不是那麼直接，甚至會令人難以想像。例如：攝氏當初是把水的冰點定義成100度，而把沸點定義成0度！

沸騰，此時這個特定的溫度叫做水的**沸點**。

在攝氏溫標中，水的冰點（也就是冰的熔點）被定為 0°C ，而它的沸點則定為 100°C ；但是在華氏溫標中，水的冰點和沸點卻分別被定義為 32°F 以及 212°F （如圖3-5）。這就表示，攝氏溫差 100°C 相當於華氏溫差 180°F （ $=212^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F}$ ），所以華氏溫標和攝氏溫標之間的轉換公式就是

$$\begin{aligned}\text{華氏溫度 } ^{\circ}\text{F} &= \text{攝氏溫度 } (^{\circ}\text{C}) \times \frac{(212 - 32)^{\circ}\text{F}}{(100 - 0)^{\circ}\text{C}} + 32^{\circ}\text{F} \\ &= \text{攝氏溫度 } (^{\circ}\text{C}) \times \frac{9^{\circ}\text{F}}{5^{\circ}\text{C}} + 32^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$



圖3-5 攝氏溫標與華氏溫標對照圖

從以上的對照圖及公式中我們可以看出來，攝氏溫差5度相當於華氏溫差9度，而攝氏40度相當於華氏104度。





實驗 3-1 簡易溫度計的製作

實驗目的：

利用水因為溫度變化所引起的膨脹和收縮現象，製作一個簡易的溫度計。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
燒杯（1000 mL）	1個
錐形瓶（250 mL）	1個
細玻璃管（3 mm × 15 cm）	1支
單孔橡皮塞（7號）	1個
三腳架	1個
酒精燈	1個
陶瓷纖維網	1張
長方形硬紙片（4 cm × 20 cm）	1張
紅筆、黑筆	各1支
紅墨水	數滴
冰塊	適量
膠帶	1卷

注意事項：

使用酒精燈時需注意安全（參閱圖1酒精燈的正確使用方法）。

實驗步驟：

- 錐形瓶內裝水，滴入數滴紅墨水並搖晃使其均勻〔如圖2(a)、2(b)〕。
- 把已裝有細玻璃管的單孔橡皮塞，緊緊地塞住錐形瓶（確定裝滿水避免空氣留在錐形瓶內），使瓶內的紅墨水上升到細玻璃管中。



- 將硬紙片用膠帶貼在細玻璃管上（如圖3），用黑筆在紙片上記下水位的高度。
- 將錐形瓶完全浸入含有冰塊的水中，觀察細玻璃管中水位的變化，等到水位不再變化時，用黑筆在紙片上記下水位高度（如圖3）。（請詳細觀察剛開始水位的變化，是否有先升後降的情形）



- | | |
|--------------|---------------------|
| ○ | × |
| ◎酒精容量大約八分滿 | ◎酒精容量不宜過多或過少 |
| ◎燈火熄滅後才可添加酒精 | ◎不可在酒精燈燃燒時添加酒精 |
| ◎須利用燈罩將酒精燈蓋熄 | ◎不可嘗試用嘴將酒精燈吹熄 |
| ◎以點火槍或火柴直接點火 | ◎不可用燃燒中之酒精燈引燃另一個酒精燈 |

圖1 酒精燈的正確使用方法





圖2(a) 錐形瓶內裝水，滴入數滴紅墨水。



圖2(b) 搖晃使其均勻。



圖3 將錐形瓶浸入冰水中冷卻



圖4 將錐形瓶浸入燒杯中加熱

5. 以燒杯裝水，直到大約可以把錐形瓶完全浸入即可。將錐形瓶浸入燒杯中，再以酒精燈加熱（如圖4）。
6. 觀察細玻璃管中水位的變化情形，每隔一分鐘用紅筆在紙板上記下細玻璃管中水面的位置。（注意：不要加熱過久，以免紅墨水流出細玻璃管或引起沸騰）

 實驗討論：

1. 為什麼要在錐形瓶中滴入數滴紅墨水？
2. 為什麼不直接觀察錐形瓶中水位的變化，而要觀察細玻璃管中水位的變化？
3. 在步驟4中，一開始將錐形瓶完全浸入含冰塊的水中時，細玻璃管中的水位有什麼變化？
4. 在步驟5中，開始加熱時，細玻璃管中水位有什麼變化？
5. 水面高度的變化和錐形瓶內水溫的高低有什麼關係？
6. 細玻璃管的孔徑太大或太小，分別對實驗有何影響？
7. 如果不小心讓空氣留在錐形瓶內，會對實驗造成什麼影響？

觀察細玻璃管內水面高度的上升與下降現象，我們可以發現室溫的水受熱會膨脹，冷卻的時候則會收縮。換句話說，冷熱的程度會表現在水面高度的升降上，於是我們便可藉由這個關係，得到數量化的溫標。當然，不同溫度計使用的時機以及適用的溫度範圍不盡相同。使用時，要特別注意溫度計的刻度範圍，例如絕不可將普通的溫度計放在火焰上燒烤。



請接變化球

1. 為何酒精溫度計和水銀溫度計，所量測的溫度範圍不同？
2. 水銀體溫計使用前為何要用力甩幾下？



3 - 2 熱量與比熱



圖 3-6 寒流來襲，身上的熱量特別容易散失到外界環境中。

當我們的體溫遠比外界溫度高時，身上的熱能特別容易散失到外界環境中。所以寒流來襲時，趕緊穿上厚外套杜絕這個效應，身體才不會冷得直發顫（圖 3-6）。又如燒開水時，我們便是將熱能自爐火傳進水壺內，使水的溫度升高。這種從高溫處傳到低溫處的熱能，我們把它稱作熱量。

兩個溫度不同的物體放在一起，熱能會從溫度較高的地方，逐漸傳播到溫度較低的地方，直到兩者的溫度相同。這時候，我們說這兩個物體已經達到「熱平衡」。當物體受熱時，溫度升高，熱能會由熱源處傳入物體內；反之冷卻時，溫度降低，熱能會由物體釋出。熱量的常用單位是卡（calorie），記為 cal，而 1 卡為 1 公克水上升 1°C 所

需吸收的熱量。

如果我們將 10 公克水由 20℃ 加熱至 25℃，水會吸收多少卡的熱量呢？由於 1 公克水上升 1℃ 需要 1 卡，由此可知 1 公克水上升 5℃ 就需要 5 卡，所以 10 公克的水上升 5℃ 便需要 50 卡的熱量。

如果把 1 公克水換成 1 公克鐵，那麼它上升 1℃ 所需吸收的熱量仍然會是 1 卡嗎？當然不是！答案是 0.113 卡。事實上，讓同樣是 1 公克的不同物質，上升 1℃ 所需要吸收的熱量都不相同，我們把這個數值稱為物質的**比熱**，單位是 $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ （卡/公克·℃），並以 S 來代表。每一種純物質都有其特有的比熱值，表 3-1 列出的是一些常見物質的比熱。

表 3-1 常見物質的比熱

（常見物質在室溫的比熱，但冰是於 0℃、水蒸氣是於 100℃ 時測量）

物質名稱	比熱 S (卡/公克·℃)
水	1.00
冰	0.487
水蒸氣	0.48
木材	0.41
鋁	0.215
岩石	約 0.2
石英	0.188
矽	0.168
鐵	0.113
石墨	0.112
水銀	0.033



我們從以上的討論可以推得一個計算熱量的方法：

$$\text{熱量} = \text{質量} \times \text{比熱} \times \text{溫度差}$$

$$H = M \times S \times \Delta T$$

其中H代表熱量（單位為卡）、M代表質量（單位為公克）、S代表比熱（單位為卡/公克· $^{\circ}\text{C}$ ）、 ΔT 代表溫度的增加或減少量（單位為 $^{\circ}\text{C}$ ）。例如10公克水加熱後由 20°C 升至 25°C ，不計算其熱量的散失，共吸熱50卡。

比熱較大的物質，溫度難升也難降，這是因為升降溫度時，所需吸收或放出的熱量較多的緣故；反過來說，比熱較小的物質，溫度則容易升降，因為升降溫度時，所需吸收或放出的熱量相對較少。

物質的比熱不同，常會影響我們的日常生活，例如白天日照強烈，使得比熱不大的陸地溫度升高許多；但是到了晚上，陸地散熱快，造成溫度大幅下降，因此日夜溫差十分顯著。

但是海水就不一樣了，因為水的比熱特別大，日照對於海水所造成的日夜溫差相對小很多。海水這種日夜溫度變化不大的特性，也會使得鄰近的陸地日夜溫差受到影響跟著變小，從而達到調節陸地溫度的功能。寶島臺灣日夜溫差小、氣候溫和，其實也是拜環繞四周的海洋所賜。相反的，美國加州的死谷因為是在一片沙漠之中，其日夜溫差甚至可達攝氏 20°C 。



實驗 3-2 比熱的測定

實驗目的：

比較水與乾砂的比熱。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
鋁杯	2個
酒精燈	1個
陶瓷纖維網	1張
酒精溫度計	2支
玻璃棒	1支
鐵架	1組
乾砂	100公克
水	100公克
天平	1座
碼錶	1個

實驗步驟：

先準備兩個鋁杯，裡面分別裝入100公克的水和100公克的乾砂。

（一）裝水的鋁杯

1. 未加熱前，先測量水的溫度，並記錄在表格中。
2. 酒精燈開始加熱後，每隔30秒記錄一次水的溫度於活動紀錄簿表格中（如圖1）。（註：準備開始加熱後才將已點燃的酒精燈放在桌上）
3. 將步驟2中原來裝100公克水的鋁杯改裝50公克的水，重複步驟2。
4. 將上述的結果畫出溫度與加熱時間的關係圖。

（二）裝乾砂的鋁杯

1. 改裝100公克室溫的乾砂。



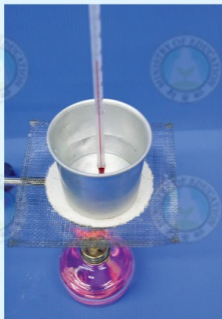


圖1 鋁杯內裝入100公克的水，加熱並測量溫度變化。

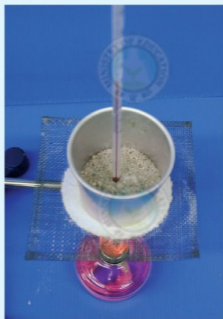


圖2 鋁杯內裝入100公克的乾砂，加熱並測量溫度變化。

2. 未加熱前，先測量乾砂的溫度，並記錄在活動紀錄簿表格中。
3. 酒精燈開始加熱後，每隔30秒記錄一次乾砂的溫度於活動紀錄簿表格中（如圖2）。當溫度達到 50°C 以上時，請移開溫度計，以免溫度計過熱破損。移開酒精燈，蓋上蓋子，熄滅酒精燈。（註：準備開始加熱後才將已點燃的酒精燈放在桌上）
4. 將上述結果畫出溫度與加熱時間的關係圖。

實驗討論：

1. 以同一熱源、同一加熱時間，分別加熱100公克水和50公克水。假設兩者所得的熱量相同，你所觀察到的溫度變化合理嗎？
2. 利用水的比熱，請分別求出100公克水加熱30秒、60秒、90秒、120秒、150秒、180秒之後，水所吸收的熱量？
3. 在水和乾砂加熱的實驗中，何者溫度上升較快？何者比熱較大？

由熱量實驗中，我們得知使1公克的乾砂升高1°C所需的熱量和相同質量的水升高1°C所需的熱量並不相同。以同樣的方式對不同的物質加熱，即便物質的質量與加熱的時間是相同的，但它們上升的溫度卻不一樣，這表示不同物質吸收或放出熱量的能力有所不同。

吸收熱量除了會使物質的溫度上升外，熱對物質還可能有其他方面的影響。這裡舉一些簡單的例子，例如(1)水在0°C以下結成冰、冰塊受熱熔化、巧克力受熱變軟等，稱為**物理變化**；(2)鞭炮爆炸、生米煮成熟飯、紙張燃燒、物質受熱產生顏色等變化，稱為**化學變化**。熱對我們日常生活的影響是不是很大呢？

你可能聽過「蛋糕中含有很高的熱量」這種說法。莫非吃了蛋糕還會讓我們的體溫升高？喔，不！其實這句話的意思是：蛋糕含有很多可以被人體利用的能量（圖3-7），一旦吃下它，可以將蛋糕中所含的醣類、蛋白質及脂肪等轉化成熱量，以供人體使用。在這個意義下，我們說食物中含有熱量當然是可以的。此外，我們還必須注意：食物標籤中的一大卡指的是我們前面定義的「卡」的一千倍。例如一片餅乾若標示為含有25大卡的熱量，意思是如果



圖3-7 「蛋糕中含有很高的熱量」這句話並不代表吃了蛋糕會讓體溫升高。



我們有辦法將餅乾的能量完全轉化成熱能的話，此熱能可以讓1公斤的水上升 25°C 。



請接變化球

月球的日夜溫差比地球的日夜溫差大很多，為什麼？

雖然我們對熱能有一些巨觀上的直覺，知道它有讓物體溫度升高的趨勢，但是從微觀的角度來看它，其實也是挺有趣的唷！在第一冊的緒論中，我們曾經說過，所有物質都是由微小的原子所組成。如果在室溫下我們能看到構成鐵塊的原子的話，我們會發現它們無時無刻都在固定的位置附近振動，而且溫度越高就振動得越厲害。如果我們也能看到構成空氣的分子的話，我們也會發現這些分子是以每秒鐘數百公尺的高速在互相衝撞，而且溫度越高就衝撞得越厲害！換句話說，物體的溫度其實是原子、分子振動幅度或運動快慢的指標。從這種觀點來看，我們便很容易理解高、低溫物體接觸時，為什麼高溫物體會將熱能傳遞給低溫物體了：高溫物體的組成粒子振動、撞擊得比較劇烈，所以它會驅使低溫物體的組成粒子也跟著「活絡」起來；而在此同時，高溫物體的粒子自己會損失一些能量，溫度也會因此降低（圖3-8）。

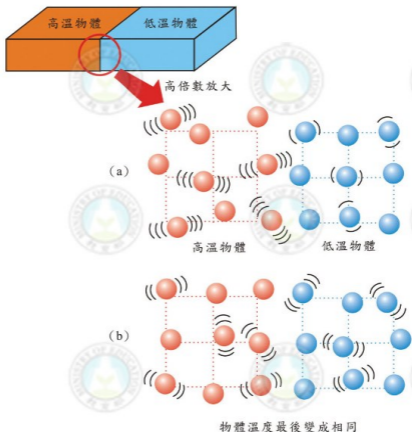


圖3-8 (a)左端高溫物體內的粒子比右端低溫物體內的粒子振動得更劇烈 (b)左端的粒子已將自己的一部分振動能量傳給右端的粒子，並使它們「活絡」起來（振動得比兩個物體接觸之前劇烈），最後兩個物體的溫度變成相同。



3 - 3 熱的傳播方式



圖3-9 家中的湯匙或鍋鏟用木頭或塑膠做握柄，可防止手被燙傷。

同學們應該都有類似的經驗：冬天在操場上握鐵單槓，感覺比握木柄雙槓要冷得多。難道在同樣的氣溫下，鐵和木頭的溫度會不一樣嗎？事實上，這個謎題的答案不在溫度（它們的溫度當然是一樣的），而是在熱量流失的快慢。原來鐵傳導熱量的速率比木頭快，所以當我們以溫熱的手碰觸到冰冷的鐵單槓時，會因為熱流失得較快而覺得它比較冷。反之，當手握同樣溫度的木柄雙槓時，因為木頭較不易傳走熱量，所以我們也就不覺得木頭有那麼冷。同理，家中的湯匙或鍋鏟之所以會用木頭或塑膠做握柄，也是要使熱量不容易傳到手上，以免燙傷（圖3-9）。有趣的是，熱的傳播並不只限於上述的傳遞方式而已；像是透過空氣或液體對流的方式，或是由熱源直接輻射的方式，也都是很重要的傳熱方法。



實驗 3-3 熱的傳播

實驗目的：

觀察熱的三種傳播方式。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
燒杯（1000 mL）	1個
試管	2支
試管夾	2支
三腳架	1個
酒精燈	1個
陶瓷纖維網	1張
溫度計	2支
玻璃棒	1支
銅棒	1支
鋁棒	1支
鐵棒	1支
用以整合固定銅、鋁、鐵金屬棒之握柄	1支
綠豆	適量
蠟燭	3支
火柴	1盒
橡皮筋	2條
方形黑布、白布（邊長約5 cm）	各1塊

注意事項：

請注意實驗安全，不要碰觸加熱後的金屬以免被燙傷。



實驗步驟：

(一) 熱的傳導

1. 將熔化的蠟液滴在銅、鋁、鐵三支金屬棒尾端的凹槽內，再將三支火柴分別固定在三支金屬棒的尾端凹槽上。每支火柴與加熱點的距離都要一樣，如圖1(a)。
2. 點燃酒精燈，將酒精燈置於中間加熱點，加熱三支金屬棒。
3. 記錄火柴倒下的順序，以及相對應的金屬棒，如圖1(b)。



(a) 銅、鋁、鐵三支金屬棒



(b) 將火柴分別固定在金屬棒尾端的凹槽內

圖1 加熱金屬棒觀察火柴倒下的順序

(二) 熱的對流

1. 將綠豆置入燒杯中，注入半杯水，加熱並觀測綠豆流動的情形（圖2），繪圖表示之。
2. 將試管注水七分滿，先在上端加熱（注意：可用溫度計預先檢測確定安全），再用手謹慎而快速地觸摸一下試管底端。當上端部分的水沸騰時，你的手感如何（圖3）？
3. 取另一支試管，仍注入水七分滿，改由底端加熱。謹慎而快速地用手



圖2 熱的對流實驗

觸摸一下試管上端，這時你的感覺又如何（圖4）？（注意：不要碰觸過久以免被燙傷。）



圖3 在試管的上部加熱



圖4 在試管的底部加熱

（加熱試管時，應注意不可使管口朝向任何人。）

（三）測量顏色對輻射吸收之快慢

將兩支溫度計底部分別用黑布、白布包起來，在酒精燈旁利用輻射現象來加熱，比較那支溫度計的溫度上升得快（圖5～6）？



圖5 包黑布於溫度計底部的熱輻射實驗



圖6 包白布於溫度計底部的熱輻射實驗

實驗討論：

1. 從熱的傳導實驗，那支金屬棒導熱性最好？
2. 從熱的對流實驗，你能否看出受熱部分的水，會向什麼方向流動？
3. 從測量顏色對輻射吸收之快慢實驗，你發現黑布或是白布比較容易吸收輻射熱？

根據以上實驗，我們可以推論知道：將金屬製的火鉗插入火堆中，不久把手部分也熱了起來，像這樣熱能從一端傳到另一端而物體沒有移動，叫做**熱傳導**。這是為什麼呢？我們可以想見熱源會使物體內部的組成粒子運動變得更劇烈。而這些粒子還會撞擊影響周圍其他的粒子，使它們的運動也加劇，並依次傳播開來；能夠用這種方式很快地將熱量傳遞出去的材料稱為**熱的良好導體**，反之則叫做**熱的絕緣體**。譬如在冰冷海水中生活的海豹身上有一層厚厚的脂肪，可以使牠保持體溫，避免熱量流失（如圖3-10）；這一層脂肪就是大自然善用熱絕緣體的一個例子。



逆·上·一·簡·樓

四種常見金屬的導熱性由好到差依次為：銅、鋁、黃銅、鋼。



圖3-10 海豹的脂肪可以抵禦嚴寒的天氣，避免熱量流失。

除了傳導外，熱也可以對流的方式來傳播。一般而言，液體或氣體的某個部分在受熱後會因體積膨脹而上升，而它周圍溫度較低的液體或氣體，則會下沉、流過來填補騰出來的空間，像這樣熱量隨物體運動而傳遞的現象叫做「對流」。這些上升的液體或氣體在爬升的過程中有機會和其他較冷的部分混合，於是就把熱量傳播開來（如圖3-11）。



圖3-11 因為熱空氣會上升、而冷空氣會下降，所以家用冷氣機要裝在上方，比較容易使整個房間都涼快起來。

「對流」是自然界中經常發生而且很有效的傳熱方式。舉例來說，空氣本身其實是導熱性很差的物質，可是它卻很容易因為溫度的差異而導致對流並因此形成風（如圖3-12）。一旦對流現象發生，多餘的熱量就會很快地被傳播開來，所以生物在冰冷的環境中若想禦寒，那麼阻絕皮膚附近空氣的自然對流會是一個有效的方法，可是要如何做到呢？



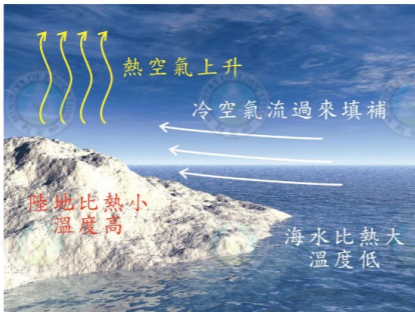


圖3-12 陸地的比熱小，白天受到日照之後溫度會升高許多，所以接近地面的空氣會因熱膨脹而上升。但是對比熱較大的海水來說，這個效應較不顯著。而陸地上方的空氣往上升後，留下來的空間會由周圍海面上的空氣流過來填補，因此造成白天吹海風的現象。



請接變化球

在海邊白天吹的是海風還是陸風呢？那晚上呢？為什麼？

現在讓我們再來看看棉被保溫的方式，只要研究一下冬天蓋棉被的功用，答案就出來了！一床蓬鬆的棉被裡面含有很多不容易導熱的空氣，所以它應該可以保持溫暖了吧？想一下！因為空氣雖然不是熱的良導體，但是它卻仍可透過對流的方式，很快地將熱量散掉。為了預防自然對流的發生，於是人們在棉被中塞入交錯的棉花或鵝毛來阻

絕棉被中空氣的對流；這樣便可使棉被的保溫效果更好。不過，這個招數對自然界的生物來說，早就不是新鮮事，例如北極熊全身披著厚厚的白毛，而且毛髮的結構蓬鬆複雜，裡面中空，因此能擁有極佳的保溫隔熱作用（圖3-13）。



圖3-13 北極熊全身披著厚厚的白毛，而且毛髮的結構極其複雜，裡面中空，保溫隔熱的效果極好。

熱能也可以有第三種傳遞方式，例如太陽的光與熱就是以**輻射**形式放出，不需要物質媒介即可傳遞到地球上。有一些電熱器也是利用輻射的原理放出熱能（圖3-14）。知道熱的三種傳遞方式以後，我們就可以進一步來體驗保溫瓶的絕妙設計（圖3-15）。一隻熱水瓶內膽，塞子可以阻斷熱對流及熱傳導的通路；器壁內側抽真空不但隔絕了熱傳導，也使熱對流現象無法發生；把熱水瓶內膽鍍上銀，不是就像鏡子一樣了嗎？這層銀會把熱輻射擋了回去。上述這些設計完善地把傳熱的三條道路都杜絕了，因



此瓶內液體就很難和外界交換熱量，於是它的溫度便可保持相當久的時間。

我們知道，融雪的快慢，是由雪受熱的多寡來決定。髒雪比乾淨的雪吸收更多太陽的光和熱。那麼，髒雪自然要比乾淨的雪容易融化了。我們夏天穿淺色衣服，而在冬天穿深色衣服，也正是這個道理。夏天，我們穿白色衣服，讓它把陽光盡量反射回去；冬天，我們喜歡暖和的陽光，所以就穿起深顏色的衣服，讓它盡量吸收太陽的光與熱，使我們的身體得到更多的溫暖。



圖 3-14 中間有熱燈管的電熱器：燈管產生的熱會經由後方的反射面而集中輻射出來。



圖 3-15 保溫瓶的設計可有效阻絕熱傳播的三種機制示意圖（塞子與真空腔可防止傳導與對流；鍍銀可防止輻射）。



請接變化球

1. 為什麼可以用紙鍋子裝水煮蛋而不會把紙鍋子燒掉？
2. 在炎熱的夏天裡，若我們把冰塊放在空的熱水瓶中，會不會使它更快熔化呢？

本章結語

凝視細玻璃管內液面高度的變化，
隨著溫度的脈動而有了詮釋，
溫度計訴說著故事。
當溫度不同的兩物體接觸時，
高溫物體將熱能傳遞給低溫物體。
太陽的光與熱就是以輻射形式，傳遞到地球上。
自然界的熱量變化，風生水起，
呈現了地球外貌的多樣性，
地表大氣對流的豐富性
活潑而調皮的給了地球，
一種生命的盎然。



本章摘要

1. 用來測量物體冷熱的水銀和酒精溫度計是利用物質熱脹冷縮現象製成：當溫度改變時，物質的體積會變化，因此我們可以藉由物質在狹長玻璃管柱內的長度變化來判讀溫度。
2. 在正常氣壓下，攝氏溫標中，水的冰點定為 0°C ，而沸點定為 100°C ；但是在華氏溫標中，水的冰點則是定為 32°F ，沸點則是 212°F 。
3. 華氏溫標和攝氏溫標間的轉換公式：

$$\text{華氏溫度 } ^{\circ}\text{F} = \text{攝氏溫度 } (^{\circ}\text{C}) \times \frac{9^{\circ}\text{F}}{5^{\circ}\text{C}} + 32^{\circ}\text{F}$$

4. 兩個溫度不同的物體放在一起，熱能會從溫度較高的物體，逐漸傳播到溫度較低的物體，直到兩者溫度相同，達到熱平衡為止。當物體受熱時，溫度升高，熱能由熱源處傳入物體內；反之冷卻時，溫度降低，熱能由物體內釋出。
5. 「熱量」用以表示熱能進出的多寡。一般常用的熱量單位是卡 (calorie)，記為 cal；1 卡即為 1 公克水上升 1°C 所需吸收的熱量。
6. 比熱即為 1 公克物質上升 1°C 所需要吸收的熱量，我們以 S 來表示，單位是 $\text{cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ (卡/公克 $\cdot^{\circ}\text{C}$)；而每一種純物質都有其特定的比熱值。
7. 物質的比熱大，表示其升降一定溫度時，所需吸收或放出的熱量較多，故溫度不易被改變；反之，比熱小的物質，因為升降一定溫度時，所需吸收或放出的熱量較少，因此溫度容易被改變。
8. 計算熱量的方式：

熱量 = 質量 \times 比熱 \times 溫度差

$$H = M \times S \times \Delta T$$

其中 H 代表熱量 (單位為卡)、M 代表質量 (單位為公克)、S 代表比熱 (單位為卡/公克 $\cdot^{\circ}\text{C}$)、 ΔT 代表溫度差 (單位為 $^{\circ}\text{C}$)。

9. 熱的三種傳播方式：傳導、對流、輻射。
10. 保溫瓶的設計為阻絕熱傳播最典型的例子：塞子可以防止熱的傳導與對流；抽真空隔絕熱的傳導與對流；把熱水瓶內膽鍍銀主要可防止熱輻射。

參考資源

網站

1. http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/main.htm (2007年1月)
國中理化科教材資源中心之二(第一、二冊理化,包括課程簡介、有趣的實驗、科學小百科、科學遊戲、科學家小傳等—屏東東新國中提供)
2. http://content.edu.tw/junior/phy_chem/tp_ct/main.htm (2007年1月)
國中理化科教材資源中心之三(浮力、壓力、實驗儀器的介紹、水的三態變化曲線、托里切利實驗等—臺北縣江翠國中提供)
3. <http://www.tyjh.kh.edu.tw/elelim/index.htm> (2007年1月)
理化森林(和國中理化教學相結合的網站,有超過200個科學實驗的連結,"理化觀念溝通站"、"水的三態變幻"、"無字天書"、"學生實驗"、"自行車的科學"、"國中理化相關網站"、"啟發式問題"、"基本測驗"、"科學研習報告"等)



第四章 物質的形態與性質

4-1 物質的三態

4-2 五花八門的物質世界

4-3 溫度與體積的改變

4-4 溶解與水溶液





是什麼樣的魔力，
讓飛瀑中一顆顆跳躍的水珠，
可以在北國的寒冬中凝聚成冰柱？
是什麼樣的特性，
讓鑽石不僅擁有閃亮動人的外貌，
更被工業界視為瑰寶？
我們謳歌，
讚嘆大千世界的種種物質，
各自以其獨特的性質呈現。
我們深究，
期望解開它們神秘的面紗！



4-1 物質的三態

你曾經幻想過自己是個能呼風喚雨的大魔法師嗎？其實大自然早已經在我們的家—地球上，開了個神奇的魔法學校呢！無論是嚇人的閃電、打雷、刮風下雨，或是動植物的生長與消逝，自然界可以說是一個展現神奇魔法的大舞臺。

狀態的改變事實上也是大自然神奇的魔法之一哦！以北極的冰山為例，在溫度零下 20°C (-20°C) 的地方常常可以見到巨大的冰山。要是這樣一座冰山能在夏日的午後出現在熱烘烘的地方，那該有多棒啊！可是為什麼冰山不會自然地出現在炎熱的地區呢？原來，冰塊在不同的溫度下，會有不一樣的狀態。即使冰山出現在攝氏三十幾度的臺灣，也會慢慢地融化不見了。

一般說來，我們於日常生活中所碰見的物質，會以三種不同的狀態呈現，分別為**固態**、**液態**及**氣態**，統稱為**物質三態**，或**物質三相**。物質會以什麼面貌呈現，和溫度有很大的關係，像液態的水是隨處可見的，南北極的冰山當然就是固態了。此外，放在杯子裡的水會慢慢不見，其實是因為部分的水已經蒸發變成氣態的緣故。地球上的水常常以各種狀態出現在周遭環境之中，例如空中飄過的雲、山中出現的濃霧、天空落下的雨、樹葉上凝結的露珠、高山上的皚雪，以及清晨地面結起的薄霜等。上述種種水的狀態變化，不僅為我們彩繪出多彩多姿的世界，當水透過三態變化在自然界不停地循環的同時（如圖4-1所描述），也正對全球的氣候產生影響。





圖 4-1 自然界中水的蒸發與凝結（水蒸發成水氣，水氣到高空冷凝成水滴，形成雲，之後再以雨滴的形式落到陸地、海面或湖面等，形成所謂水的循環）。

看了這麼多水狀態變化的例子，讓我們來深入探討其中所代表的意義。大部分的固體加熱到某一個溫度時，就開始轉變成液體，這種現象稱為**熔化**。而當固體和液體同時存在的期間，繼續加熱只會讓更多的固體熔化成液體，但是固體與液體共存的這個系統，其溫度卻保持不變，此時的溫度稱為該固體的**熔點**。在正常大氣壓下，冰的熔點為 0°C ，所以冰會在這個溫度熔化成液態的水。當液體繼續加熱到某一個特定溫度時，它會開始急遽地轉變成氣體。就像熔化的過程一樣，這時候即使繼續加熱，溫度仍然不變，唯一的變化是更多的液體會轉變成氣體。液體內部會出現許多氣泡，它們會大量翻湧上浮，脫離液面，使液體全部呈現激烈的擾動狀態，我們把這種現象稱為**沸騰**。液體沸騰時的溫度叫做**沸點**，其所變成的氣體稱為蒸

氣。常壓下水的沸點大約為 100°C 。有些時候，固體可直接轉變成氣體，像是放在衣櫃中的樟腦丸會慢慢地變小，我們把這種現象稱為昇華。我們通常會把上述的狀態變化稱為「物理變化」，未來我們還會再學到另一種變化——「化學變化」。

一般說來，固體中的組成粒子排列通常比較緊密且有規則；而液體中的粒子排列，雖然也會很緊密，但卻比較缺乏規則性；至於氣體中的粒子則是較自由地在空間中運動。在圖4-2中，我們可以看見在溫度改變下物質所呈現的三態變化。假若我們可以親眼觀看這些粒子的動態表現的話，那就更精彩了：這些粒子在固體中，不僅會振動，且振動隨著溫度的升高而越趨劇烈；同理，它們在液體或氣體中的碰撞或飛奔的速度，也會隨著溫度的升高而變快。

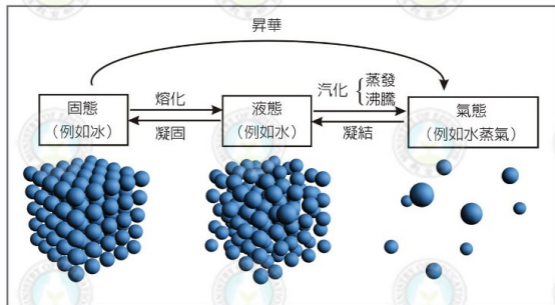


圖4-2 在溫度的改變下物質所呈現三態變化的示意圖
(在這個立體圖中看起來比較大的粒子代表它離讀者比較近)





實驗 4-1 利用冷劑製作果汁冰棒

實驗目的：

利用冷劑製作果汁冰棒。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
食鹽	1包
冰棒袋	2個
冰塊	4包（或4盤）
小木棒	1支
食物溫度計	1組
保利綸盒	1個
果汁	1瓶



圖1 食物溫度計



圖2 食鹽、冰塊、果汁、
保利綸盒



圖3 冰棒袋、小木棒

實驗步驟：

1. 先將果汁裝入冰棒袋中，利用食物溫度計測量其溫度（圖4）。
2. 將冰塊與食鹽以3:1的質量比混合後作為冷劑放入保利綸盒中。
3. 將木棒置於冰棒袋內，再將冰棒袋放入保利綸盒中降溫，並用食物溫度計量測溫度，確認溫度降至 0°C 以下（圖5）。

4. 確認溫度降至 0°C 以下後，蓋上保利綸蓋降溫（圖6），30-40分鐘後果汁冰棒即可完成（圖7）。



圖4 將果汁裝入冰棒袋中，利用食物溫度計測量其溫度。

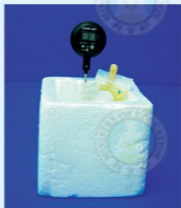


圖5 將冰棒袋放入保利綸盒中降溫，並用食物溫度計量測溫度。



圖6 蓋上保利綸蓋降溫
20-40分鐘



圖7 果汁冰棒完成

實驗討論：

1. 冰塊加食鹽為何有冷卻物體的功能？
2. 還可利用那些材料來做冷劑？





請接變化球

1. 回想在嚴寒的冬天裡，我們對著玻璃呼一口氣，空氣中會看到白白的煙霧，玻璃上也會出現白霧一片，這個呼出的白煙是水的何種狀態呢？
2. 由實驗 4-1 可知冰和鹽混合也可以造出低於 0°C 的冷劑！同學可以試著用不同的比例來混合冰和鹽，以便獲得最低的溫度。
3. 在任何溫度下，水的表面都會逐漸蒸發而離開液面。影響蒸發快、慢的因素有那些呢？
4. 你能想出圖 4-3 中的現象和水的那種狀態形成原理類似？



更·上·一·層·樓

在低溫實驗研究中，經常用到的冷劑是比乾冰更冷的液態氮，它的沸點為 -195.8°C ，比氧 (-183°C) 還低。由於液態氮溫度極低且很不活潑，因而可用來冷凍乾燥食品，以及在易腐爛商品的運輸過程中作為冷劑。

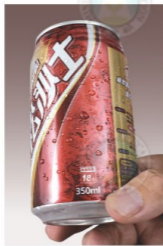


圖 4-3 剛從冰箱中拿出來的易開罐上有水滴形成

4-2 五花八門的物質世界



圖4-4 愚人金具有類似黃金的光澤，你能分辨黃金和愚人金的不同嗎？

雖然組成地球上所有物質的粒子只有上百種，但大自然卻像個萬能的魔法師，使用這些粒子，就能組合出各種顏色、外觀、形態各異其趣的物質，令人眼花撩亂（圖4-4）。從珍貴無比、硬度相當高的鑽石（圖4-5），黑色脆弱、具有導電性的石墨（圖4-6），黃澄澄閃亮亮的黃金，到銀白色可導電的液體水銀，這些神奇物質全部都是大自然的傑作。



圖 4-5 硬度相當高的鑽石



圖 4-6 石墨的延展性不好卻有導電性



圖 4-7 銅是導電性好的金屬



圖 4-8 鋁的延展性好可以製成鋁箔

說來有趣，不同的物質不只是外貌各異，而且它們也都具有獨特的性質。舉例來說，金屬就具有良好**導電性**與**導熱性**，而氣體的導電、導熱性卻很差；鑽石有高的硬度，而粉筆硬度相較下就低了很多；海綿具有不錯的**彈性**，但黏土的彈性卻不理想；銅線有很好的導電性（圖4-7），石墨也是如此。一般而言，**延展性**好的物體可以被拉長或壓扁，比較不易斷裂，而一般常見的金屬其延展性往往要比非金屬的延展性好得多，像是鋁這種金屬就不易被敲碎，而且在經過滾壓後，還可以製成輕薄如紙的鋁箔（圖4-8）。而石墨的延展性卻不佳。這種種的性質皆反映出組成我們世界之物質的多樣性。

在物質的各種性質中，有些經由我們的感官直接觀察，就可以比較、辨認出來，例如：顏色、氣味等；有些

則需要進一步藉由儀器測量、計算來確認，例如：硬度、延展性、熔點、沸點、比熱等。此外，另有一個和我們日常生活經驗息息相關的概念，就是所謂的密度。你或許曾經發現玩遊戲時所使用的代幣雖然和普通的錢幣有相同的大小，但是它卻輕得多了。在科學上，我們會說代幣的密度比錢幣的密度小。那麼，密度的精確定義是什麼呢？我們把單位體積內所具有的質量稱做密度。例如，4℃時每立方公分的水裡面恰好含有一公克質量的水，所以水的密度就是 1 g/cm^3 ，也等於 1000 kg/m^3 ；而水銀的密度於 23℃ 時則是 13.5 g/cm^3 ，遠比水還大！

密度不但是物質的一種特性，而且也和物體放在水中會不會上浮或下沉有關。例如，鋼釘的密度比水還大，所以把它放在水中時它會沉到水底。而油的密度比水還小，所以滴在水中時反而會浮在水面上。關於這些有趣的物理現象以及成因，我們將會在第五冊 2-5 節作更詳細的說明與探討。

以上列舉出來的這些特性我們統稱為**物理性質**。當然，你也一定注意到汽油比木頭更容易起火燃燒這個特性；也可能聽說過銅的表面很容易產生一層銅綠，而黃金卻永保光亮。這種物質與物質間進行化學反應而產生新物質的現象有關的特性，都叫做**化學性質**。我們以後會在第四冊 8-1 節中更仔細地討論化學性質以及化學變化。

彈性也是固體物質的一種獨特性



圖 4-9 自動原子筆充分運用彈簧的彈性

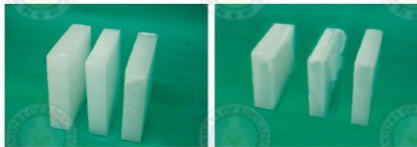


質，具有良好彈性的物質會因外力而變形。一旦外力撤除，該物質又會恢復原狀，如圖4-9中的彈簧或是日常生活中使用的橡皮筋就具有很好的彈性。可是，並非所有的物質都會在外力撤除後恢復原狀，如圖4-10中的黏土就是在變形後不會恢復原狀的物質，我們稱這些物質為不具有彈性的物體。



圖4-10 黏土就是變形後不會恢復原狀的物質

要認識物質的特性，也可從物質的變化著手。物質的變化可分為物理變化和化學變化：所謂**物理變化**就是狀態改變但原來的性質不變的變化，也就是說物理變化是一種暫時的變化，它不會產生新的物質，而且可以利用物理的方法使之恢復原狀。像物質的三態變化（**熔化、汽化、凝固、凝結、昇華**）、糖溶於水、**熱脹冷縮**現象等，都是屬於狀態或形態間的物理變化。圖4-11所看到的乾冰（固態二氧化碳）昇華即屬於物理變化。



(a) 乾冰

(b) 昇華後的乾冰

圖4-11 乾冰昇華是一種物理變化

至於**化學變化**，則是指物質的內部組成發生了改變，並因此產生另外一種物質。物質發生化學變化而產生新物質後，便不能以單純的物理方法使之恢復原狀，例如燃燒、氧化、鐵的生鏽、酒的變酸、食物的腐敗、光合作用等。圖4-12中所顯示紙的燃燒就是一種化學變化。



圖4-12 廟宇燃燒紙錢是一種化學變化

物質的性質對人類生活影響甚大，舉例來說，人類科學文明在二十世紀大幅進步，其中一項重要的發展要算是電腦工業的建立，而製作電腦的關鍵材料則是擁有特殊導電性質的「**半導體**」。人們可以控制及調整半導體的導電性，進而利用它來製造邏輯線路，處理大量的資訊和數據（關於半導體，我們以後在第五冊4-2節有更進一步說明）。這意味著：只要能夠善加利用並整合物質的性質，往往會有令人意想不到的成果。

既然物質的特性可以差異很大，我們當然就可以充分利用這些性質來達到特殊的目的。舉例來說：食鹽與砂粒被混合在一起了，我們可以利用什麼辦法來將砂粒與食鹽分離呢？



實驗 4-2 砂與食鹽的分離

實驗目的：

巧妙運用物質的特性，將食鹽與砂粒的混合物分離，並學習過濾的技巧。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
火柴	1盒
漏斗	1個
濾紙	1張
白紙	1張
刮勺	1支
玻璃棒	1支
鐵架附鐵環	1套
蒸發皿	1個
燒杯（100 mL）	2個
量筒（50 mL）	1支
陶瓷纖維網	1張
酒精燈	1個
食鹽	約 1 刮勺
砂粒	約 1 刮勺

實驗步驟：

1. 取食鹽與砂粒各一刮勺置於潔淨的紙上，以玻璃棒略微攪拌，觀察它的外觀。

2. 依圖1所示的方法摺疊濾紙後，將濾紙撕去一小角，使濾紙在過濾時能貼緊漏斗內壁。

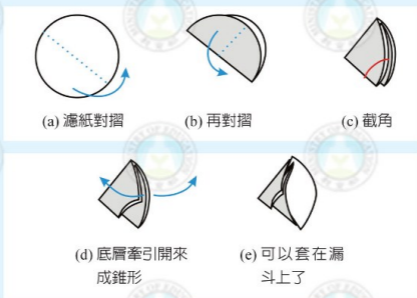


圖1 濾紙摺疊，步驟由(a)→(b)→(c)→(d)→(e)。

- 將紙上的物質直接倒在疊好的濾紙中，看看食鹽與砂粒能不能通過濾紙。
- 將濾紙上的物質倒入 20 mL 水中（圖2），並以玻璃棒攪拌數分鐘後，靜置觀察。
- 用玻璃棒攪拌杯中混合物後，加以過濾（圖3）。過濾時漏斗頸下端要與燒杯內壁接觸，避免濾液濺起。
- 將濾液倒入蒸發皿中。
- 緩緩加熱濾液至乾。
- 仔細觀察濾紙上及蒸發皿上各有什麼物質？





圖 2 食鹽與砂粒的混合



圖 3 食鹽與砂粒的混合物分離裝置圖

實驗討論：

1. 為什麼我們能用濾紙來分離食鹽與砂粒？
2. 為什麼能用加熱來分離食鹽與水？
3. 蒸發皿上有什麼物質，它是什麼顏色？

接下來這個簡單的實驗，則是要讓我們實際觀察物質受熱所產生的狀態變化。



演示實驗 4-1 碘昇華

實驗目的：

觀察加熱固體碘後，固體碘的變化，以了解昇華的現象。



實驗器材：

器材與藥品	數量
固體碘	0.5 公克
錐形瓶 (125 mL)	1 個
三腳架	1 個
酒精燈	1 個
陶瓷纖維網	1 張
橡皮塞	1 個

實驗步驟：

1. 將少量的固體碘放入錐形瓶底部，再以酒精燈加熱錐形瓶底（圖 1）。（注意：碘具有毒性，請教師留意避免讓學生碰觸。）
2. 加熱時間不宜過長，觀察到碘昇華後，立刻移開火源。
3. 觀察固體碘是否熔化成為液體？瓶內的蒸氣為何種顏色？試管壁上有無異狀？
4. 內含碘之密封錐形瓶可重複使用。若因故必須拆封、將錐形瓶歸定位以做別的使用時，碘之廢棄物務必交由學校統一回收。



圖 1 碘昇華



 **實驗討論：**

1. 加熱碘後，為何錐形瓶內同時有紫色煙霧與液體產生？
2. 錐形瓶壁上所沾附的小黑粒是什麼？

像碘這樣被加熱後，直接由固體變成氣體的現象，稱為昇華。除了碘以外，其他常見的昇華例子還有樟腦丸、乾冰（即固態二氧化碳）等。

**請接變化球**

砂粒與食鹽的混合物（粗鹽）分離實驗是利用什麼原理？

4 - 3 溫度與體積的改變



圖4-13 左側的爆玉米花和右側未爆開的玉米顆粒體積相差懸殊



圖4-14 自行車爆胎

想想看有沒有這樣的經驗：自己下廚做出鬆脆的爆玉米花，竟發現爆玉米花的體積比原來的玉米大了好幾倍（圖4-13）？或者在熱烘烘的柏油路面上騎著自行車，輪胎突然爆胎了（圖4-14）！真讓人又氣又急，不知如何是好！其實如果我們了解一些相關的物質特性，就會知道避免這類事故發生的訣竅在於輪胎打氣的要領：在大熱天騎車，不可以把輪胎灌氣灌得太飽。

再讓我們來看一個熟悉的例子：打乒乓球的時候，一不小心把球壓扁了〔圖4-15(a)〕，這時只要乒乓球沒有破，把它丟進沸水裡燙一燙，凹下的部分會立刻凸出來〔圖4-15(b)〕，這是為什麼呢？原來，球內氣體的體積會隨著溫度的升高而增大，凹下的部分就被擠出來，乒乓球就會恢復圓滾滾的形狀了。

物體的溫度升高，它的體積就會變大，而溫度降低，

體積就變小；它所表現出來的這種熱脹冷縮的變化，簡稱為**熱膨脹現象**。日常生活中用到的酒精或水銀溫度計，也是利用這種熱脹冷縮的特性所製成。

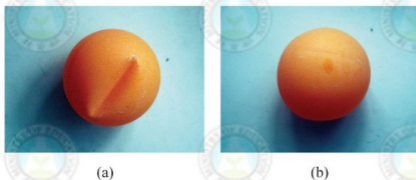
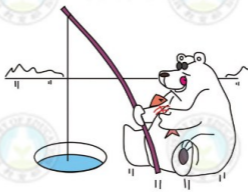


圖4-15 (a)乒乓球撞凹了(b)撞凹的乒乓球放到熱水中煮一會兒，形狀就復原了(圖中仍隱約可見凹痕)

看過這些例子，或許有人會認定物體受熱一定會膨脹吧？錯了！某些物質在特定溫度範圍之間，它的體積並非熱脹冷縮，例如冰、溫度介於 0°C 至 4°C 間的水等，在溫度升高時體積反而會縮小！當湖面的水因為和冷空氣接觸，使得溫度低於 4°C 時，溫度較冷的水會因為**熱縮冷脹**的特性，密度比較小而浮在表面，導致湖面先結冰，又因為湖面上的冰不容易導熱，故可以延緩底下的水繼續結冰，進而「保護」了水中生物(圖4-16)。如此看來，你是不是覺得自然界的魔法真的很神奇呢？



“要不是湖面結冰後底下的水不會凍結的話，我真不知道去那兒找生鮮的活魚吃哩！”

圖4-16 湖水結冰後密度變小，所以會浮在密度比較大的液態水上面；這層冰進一步阻隔了水與低溫空氣的接觸，延緩了水繼續結冰的速率。



實驗 4-3 氣體的特性

實驗目的：

觀察氣體受熱後體積的變化。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
錐形瓶（250 mL）	1個
細玻璃管（3 mm × 15 cm）	2支
單孔橡皮塞	1個
燒杯	1個
三腳架	1個
酒精燈	1個
陶瓷纖維網	1張
藍墨水	2~3滴

實驗步驟：

1. 將塞入玻璃管的單孔橡皮塞塞入錐形瓶內。（注意：橡皮塞需塞緊錐形瓶，錐形瓶需固定）
2. 將藍墨水1到2滴滴入玻璃管內，使其附著在玻璃管壁形成一小段藍色液柱。（注意：不要讓藍墨水流入錐形瓶）
3. 將錐形瓶放在陶瓷纖維網上加熱，觀察細玻璃管中藍墨水的高度變化，並且每隔5秒用紅筆在紙板上記下細玻璃管中藍墨水的位置（圖1）。（注意：不要加熱過久，以免藍墨水流出細玻璃管）



圖1 氣體體積隨著溫度上升而膨脹



 實驗討論：

1. 在氣體受熱與體積關係的實驗中，我們將藍墨水滴入細玻璃管中，為何墨水不會順著玻璃管流入錐形瓶中？
2. 氣體受熱與體積關係的實驗中，試討論氣體的體積與溫度變化的關聯為何？
3. 根據氣體受熱與藍墨水標記高低的關聯，我們是否可以預測氣體冷卻後體積與溫度變化的關聯？



請接變化球

有人說水在 4°C 時呈現出來的是熱脹冷脹的現象。這是為什麼呢？另外，請你查出一些具有熱縮冷脹特性的物質。

4 - 4 溶解與水溶液

許多人都有泡茶的經驗，先倒一杯熱開水，然後放入一個茶包，咦？原本透明無色的開水，顏色怎麼漸漸變成褐色了呢（圖4-17）？

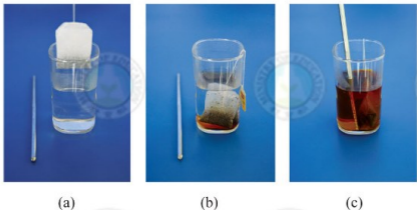


圖4-17 泡茶：(a)在一杯熱開水中放進茶包 (b)水中出現不均勻的褐色 (c)用筷子攪拌後，茶水顏色變均勻了。



更·上·一·層·樓

水是最常見的溶劑，但其他物質也可以作為溶劑。例如當你的手沾到油漆，用水不容易洗掉，就需要用汽油或去漬油等非水溶劑來洗掉。凡是容易溶於水的溶質，我們就要選用適當的非水溶劑。例如指甲油可使用丙酮作為溶劑，油漆可使用松香水作溶劑。

當茶葉泡在熱水裡時，茶葉裡的一些成分漸漸溶進水裡，這杯溶有茶葉成分的水形成了水溶液。只要物質能夠均勻的與水混合在一起就形成水溶液；其中水是溶劑，被水溶解的物質是溶質。溶液是均勻混合物，含溶劑及溶質。


水是非常好的溶劑，能溶解許多物質，提供日常生活上的需求。我們經常接觸到的水溶液包括：酒（圖4-18）、醋、糖水、食鹽水、汗水、汽水……等。在食鹽水中，水是溶劑，食鹽是溶質，而醋就是以醋酸為溶質的水溶液。生物體中更是利用水來溶解許多養分與廢物，藉由輸送的過程使生理機能正常運作，以維持生命。





圖 4-18 酒是水溶液

一定量的溶劑中所含溶質的量，稱為**濃度**。如果兩杯食鹽水中含有相同質量的水，溶有較多食鹽的那一杯，濃度較大，嚐起來味道比較鹹；食鹽較少的那一杯，濃度較小，嚐起來味道比較淡。

濃度的表示法有很多種，最常見的一種是**重量百分濃度**，其意義為100公克的溶液中所含溶質的公克數，以百分比（%）表示。

例如由10公克食鹽與90公克水混合形成的水溶液，溶質（食鹽）的質量是10公克，溶劑（水）的質量是90公克，溶液（食鹽水）的質量即是溶質與溶劑的總質量100公克，這杯溶液的重量百分濃度的算式如下：

$$\text{重量百分濃度} = \frac{\text{溶質質量}}{\text{溶液質量}} \times 100\% = \frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100\% = 10\%$$

在一定溫度下，如果我們在一杯水中加入少量食鹽，並用筷子不停攪拌，食鹽固體很快就見不到了，而且仍可繼續溶解食鹽。當溶入水中的食鹽愈來愈多，食鹽水的濃度會愈來愈大，一直到食鹽增加至某個限量以上，無論怎麼攪拌，也無法把杯裡的食鹽完全溶解，有些食鹽固體會沉澱在杯底，食鹽水溶液濃度已達最大值，此時看起來好像食鹽固體不再溶解，其實食鹽固體仍不斷溶入水中，而溶於水中的食鹽也不停地沉澱出來，當溶解和沉澱的速率一樣時，溶液即達到**溶解度平衡**（圖4-19），溶液濃度達最大值。

在一定溫度時，濃度達最大值的溶液，稱為**飽和溶液**；濃度未達最大值的溶液，稱為**未飽和溶液**。

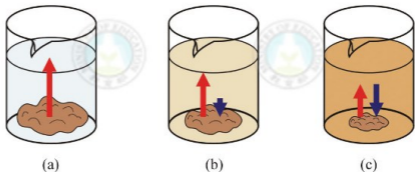


圖4-19 溶解度平衡(a) 當溶質剛置入時，只有溶解過程(↑) (b) 一段時間後，開始有溶質沉澱出來(↓) (c) 當溶解和沉澱一樣快時，溶液即達到溶解度平衡。

註：箭頭的長度表示溶解(↑)與沉澱(↓)的速率。

很多固體溶質都像食鹽一樣，在一定溫度時，一定量的水所能溶解的量是有限的，例如在 25°C 時，100公克的水最多只能溶解36公克的食鹽，我們就說，在 25°C 時，食鹽的溶解度為36公克食鹽/100公克的水。溶解度即為飽和溶液的濃度。





實驗 4-4 濃度與飽和溶液

實驗目的：

了解濃度的意義，並能區別飽和溶液和未飽和溶液。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
試管（分別標示甲、乙、丙）	3支
試管架	1個
天平	1座
硫酸銅（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）	3公克
刮勺	1支
溫度計	1支
燒杯（250 mL）	1個
橡皮塞（恰可塞住試管口）	3個
量筒（10 mL）	1支
稱量紙	數張
酒精燈	1個
鐵架附鐵環、廣用夾	1組
陶瓷纖維網	1張
滴管	1支

實驗步驟：

- 1 以量筒量取5 mL的水三次，分別倒入三支試管中。
- 2 以天平稱取0.2公克、0.5公克、2.0公克硫酸銅固體三份，依序倒入甲、乙、丙三支試管中。



圖1 以橡皮塞蓋住試管口，搖動試管。

3. 以橡皮塞蓋住試管口，每支試管搖動約1分鐘（圖1）。三支試管都充分搖動後，將三支試管並排（圖2），比較三溶液顏色深淺，由深至淺依次標示為深、中、淺。



圖2 三支試管裡的溶液，顏色深淺都不一樣。



圖3 水浴法加熱試管

4. 接著觀察試管底部是否有殘餘固體？記錄觀察的結果。
5. 如果丙試管底部仍有殘餘固體，在燒杯內裝水半滿，將燒杯放在鐵架上，在廣用夾上懸吊一溫度計，其末端浸入水中，但不接觸燒杯的底，讀取燒杯內水的溫度。
6. 將丙試管放在燒杯中，由陶瓷纖維網下方隔水加熱（又稱水浴法）。加熱到試管內的固體完全溶解時，記錄溫度計讀數（圖3）。
7. 實驗完後，**不可將硫酸銅水溶液直接倒入水槽，以免汙染環境。必須把硫酸銅水溶液蒸乾回收。**

實驗討論：

1. 在步驟3，經充分搖動後，甲試管及乙試管中的硫酸銅水溶液的濃度，何者較大？你根據那一點判斷？試計算出兩溶液的重量百分濃度。



2. 在步驟4，丙試管中的硫酸銅水溶液是否為飽和溶液？你根據那一點判斷？
3. 在什麼溫度時，丙試管中殘餘的固體恰好完全溶解？硫酸銅固體在高溫的水及低溫的水中，何者溶解度較大？想想看，如果不加熱，有沒有別的方法可以使丙試管中殘餘的固體溶解？

溫度會影響物質在水中的溶解度。一般而言，固體在高溫時，溶解度較大；在低溫時，溶解度較小。例如硫酸銅固體對水的溶解度，在 20°C 時，每100公克的水可溶解20.7公克的硫酸銅固體，可表示為 $20.7\text{公克} / 100\text{公克水}$ （或寫成 $20.7\text{ g} / 100\text{ g水}$ ），到了 40°C 時其溶解度為 $28.5\text{公克} / 100\text{公克水}$ 。

氣體在水中的溶解度也會受溫度影響，氣體在高溫的水中溶解度小；而在低溫的水中溶解度較大。所以我們把汽水存放在冰箱裡，有助於二氧化碳溶於水中（圖4-20）。此外，在燒開水的過程中，如果你仔細觀察，會發現水加熱不久，就會有氣泡出現，這是原來溶於水的少量空氣，因水溫上升，使得這些氣體不易溶解於水，而以氣泡的形式出現。

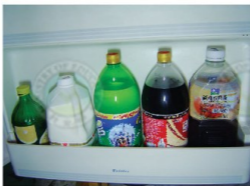


圖4-20 把汽水存放在冰箱裡，有助於二氧化碳溶於水中。



請接變化球

在進行實驗4-4步驟5後，本來沉澱在丙試管底部的固體因受熱而消失，兩位同學分別提出了自己的解釋。

俊廷說：固體是因受熱而熔化了。

貞妮說：固體是因受熱而溶解在水中了。

你認為那一位的說法才是正確的？

本章結語

冰山雖然堅硬，
當溫度升高達到冰的熔點時，
固態的冰會熔化，
同時巍峨的冰山也會緩緩崩落。
固態的冰和液態的水是同一種物質的不同狀態，
但是密度、比熱等性質並不相同。
世界上各種不同物質之間，
性質差異更大。
這些形形色色的物質，
各有獨特的性質，
值得我們去探索！



本章摘要

1. 一般說來，大部分物質在常壓下，會以三種不同狀態展現，分別為固態、液態及氣態，統稱為物質三態，或物質三相。
2. 在常壓下，固態冰的熔點是 0°C 時，水的沸點大約為 100°C 。有些時候甚至固體也有可能直接轉變成氣體，我們把這種現象稱為昇華。
3. 每種物質都有它們的獨特性質。例如：金屬具有良好的導電性與導熱性，而氣體的導電導熱性卻很差；鑽石有高的硬度，而粉筆硬度相較下較為不好；海綿彈性不錯，而黏土彈性卻很差；銅有很好的導電性，石墨也是；鋁的延展性很好，而石墨延展性就差很多。
4. 不同物質的熔點、沸點、密度、比熱等都各有獨特的數值。以上列舉出來的這些特性，我們通稱為物理性質。
5. 化學性質是指物質在進行化學變化時，所呈現出來的快慢情形、難易程度，或能否進行……等等的特殊表現。
6. 物理變化是狀態改變而原來的性質不變的變化，例如物質的三態變化（熔化、汽化、凝固、凝結、昇華）、糖溶於水、熱脹冷縮現象等，都是屬於狀態間的變化。
7. 化學變化是指物質的內部組成發生了改變，並因此產生另外一種物質，例如燃燒、氧化、鐵的生鏽、酒的變酸、食物的腐敗、光合作用等。
8. 利用熱脹冷縮的特性，我們很容易可以了解溫度計設計的原理。冰和 0°C 至 4°C 間的水等，溫度升高反而體積縮小。
9. 水中含有其他物質，而且水與這些物質混合得非常均勻，就稱為水溶液；其中水是溶劑，被水溶解的物質是溶質。
10. 重量百分濃度的意義為100公克的溶液中所含溶質的公克數，以百分比（%）表示。
11. 在一定溫度時，100公克的水中能溶解多少公克的溶質，稱為該溶質對水的溶解度。
12. 在一定溫度時，濃度達最大值的溶液，稱為飽和溶液；未達最大值的溶液，稱為未飽和溶液。

參考資源

書籍

1. 陳偉民、林金昇等著 (2004)。3D理化遊樂場I。臺北市：天下文化。

網站

1. http://content.edu.tw/junior/phy_chem/pd_kc/main.htm (2007年1月)
國中理化科教材資源中心之二 (第一、二冊理化, 包括課程簡介、有趣的實驗、科學小百科、科學遊戲、科學家小傳等—屏東東新國中提供)
2. http://content.edu.tw/junior/phy_chem/tp_ct/main.htm (2007年1月)
國中理化科教材資源中心之三 (浮力、壓力、實驗儀器的介紹、水的三態變化曲線、托里切利實驗等—臺北縣江翠國中提供)
3. <http://www.tyjh.kh.edu.tw/elelim/index.htm> (2007年1月)
理化森林 (和國中理化教學相結合的網站, 有超過200個科學實驗的連結, "理化觀念溝通站"、"水的三態變幻"、"無字天書"、"學生實驗"、"自行車的科學"、"國中理化相關網站"、"啟發式問題"、"基本測驗"、"科學研習報告"等)



第五章 物質的組成



5-1 物質的分類

5-4 金屬元素與非金屬元素

5-2 水的電解

5-3 元素與化合物



爐火燃燒，鍋子裡的水沸騰了，
香噴噴的晚餐就快上桌。
如果沒有空氣裡的氧氣助燃，爐火能燃燒嗎？
如果通電到水裡也能冒出氧氣，你會很驚訝嗎？
空氣裡含有氧氣，而氧也是組成水的成分，
但空氣與水的性質卻大大的不同，為什麼呢？
鍋子用金屬製成，
但把手大多用木頭或塑膠製成，
為什麼呢？

5-1 物質的分類

純物質與混合物

物質可分為純物質和混合物。氧氣、氮氣、水和食鹽都是純物質，純物質具有固定的組成和性質，例如在一定的條件時，水的沸點、熔點、密度都固定不變。混合物則是由兩種或數種純物質混合而成，並沒有固定的比例，而且各種純物質仍保有原來的化學性質。混合物的性質會隨著組成比例的不同而改變。例如糖水的含糖量不同時，其甜度、密度、沸點就會不同。日常生活中，我們常會接觸許多混合物，例如4-4節所學各種水溶液，包括酒、醋、糖水、食鹽水等，都是屬於混合物。若將某種金屬與其他金屬或非金屬均勻混合，往往會改變原來金屬的性質，這類金屬混合物稱為合金，例如鋼就是鐵和少量碳的合金。

空氣是混合物

當你深深吸進一口新鮮的空氣，你知道你已經吸進多少種氣體了嗎？空氣不只含有一種氣體，而是由氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳、水蒸氣及其他微量氣體所組成。

氧氣是無色、無臭、無味的氣體，容易與其他物質發生化學反應，例如氧氣可以幫助物質燃燒，會使鐵生鏽，與氧氣接觸的食物容易




圖 5-1 食品採真空包裝可延長保存期限



變質等都是常見的例子。市面上許多食品使用真空包裝（圖 5-1）或在包裝袋中放入可吸收氧氣的小藥包，就是利用隔絕或去除氧氣使食品保存較久的方法。物質和氧氣作用所產生的新物質都含有氧的成分，例如木炭燃燒產生的二氧化碳就含有氧原子，鐵鏽的主要成分氧化鐵也含有氧原子。大氣中的氧氣提供了動植物呼吸與物質燃燒之所需，而這些消耗掉的氧氣又靠光合作用補充回來，所以氧氣在地表上始終維持一定的量。

氮氣很安定，不易與其他物質反應，有些市售的小點心及零嘴，鼓成一大包，就是把包裝中的空氣抽出，灌入氮氣，可使小點心及零嘴保存較久而不變質。氮氣雖然很穩定，但是自然界還是有一些方法可以讓氮氣發生化學變化，像是閃電時，可使氮氣與氧氣發生反應，產生含有氮氧成分的物質，再經由雨水帶到地面；豆科植物根部的根瘤菌也可吸收空氣中的氮氣，形成含有氮的物質。這些含氮物質進入生物體後，再經複雜的反應，生成細胞的主要成分如蛋白質等。人類也利用氮氣經由化學反應製造肥料或炸藥、染料、藥物等。

二氧化碳在乾燥空氣中的含量雖少，但若沒有二氧化碳，地球上大多數的生物都無法存活。植物利用光合作用將二氧化碳與水合成葡萄糖，動物則直接或間接食用植物，攝取植物中的含碳物質。動植物又利用呼吸作用，讓葡萄糖與氧氣經系列反應，產生二氧化碳和水，使二氧化碳又回到大氣中。一般的燃料如木材、汽油、煤炭等，燃燒時也會產生二氧化碳，大量燃燒這些燃料，會增加大氣中二氧化碳的含量，增強溫室效應，引發全球暖化的不良後果。二氧化碳若溶於水中，有一部分會與水反應，



更·上·一·層·樓
太陽光照射到地面，部分能量會再以紅外線的形式發射（輻射）出去，但因大氣中的某些氣體（如二氧化碳、甲烷）會吸收熱，使得熱輻射不容易散逸到太空，造成地表平均溫度升高。這種現象就如同溫室的作用，稱之為「溫室效應」。

生成碳酸，嚐起來略有酸味。像汽水、可樂等清涼飲料，都溶有二氧化碳（圖 5-2），一方面可增加口感，另一方面，這些飲料進入人體後，受體溫影響，使原本溶解的二氧化碳釋出，經打嗝呼出體外，並將體內熱量攜出，因此具有清涼的感覺。



圖 5-2 冒泡的汽水—汽水裡溶有二氧化碳

空氣是由許多種氣體混合而成，所以空氣是一種混合物。空氣中的每一種氣體仍然保留原來的化學性質，例如氧氣可以助燃，所以空氣也可以助燃。

混合物的分離

自然界存在的物質很多是混合物，但是在實際的需求上，如製藥、化工、電子業及實驗室等都需要使用純物質，因為少量雜質的存在，即可能對物質的性質造成嚴重的影響，因此如何從混合物中分離出純物質，便成為一項非常重要的技術。常用的分離技術包括：蒸乾、過濾、蒸餾等，是利用各成分物質的性質差異來進行分離



圖 5-3 用濾紙就可以把茶葉和水分開



的工作。

蒸乾是利用加熱使沸點較低的溶劑汽化，而得到固態溶質的方法。例如將食鹽水加熱使水逐漸蒸乾就可得到食鹽，日曬法製鹽也是利用蒸乾的技術。

過濾可用於分離固體和液體，例如沖泡好的茶，用紗布、濾紙或濾網就可以將茶葉和茶水分開（圖 5-3）。自來水廠淨化水時，也常使用過濾床以去除固體雜質。

蒸餾是利用混合物中各種成分的沸點不同，先加熱使沸點低的成分蒸發成氣體，再將氣體冷卻使其形成液體，因而與其他成分物質分離的方法。例如，要如何把墨水中的色素與水分離，得到透明無色的水呢？如果水的沸點比色素低，可以考慮用蒸餾法把墨水中的水分蒸餾出來，我們就動手來試試看吧！



實驗 5-1 蒸餾（若設備不足，此實驗可由教師作演示實驗）

實驗目的：

從實驗中了解墨水是一種混合物，並熟悉蒸餾操作的技術。

實驗器材：（每組）


器材與物品	數量
酒精燈	1個
玻璃棒	1支
滴管	1支

器材與物品	數量
蒸餾瓶 (250 mL)	1個
鋼筆墨水	1瓶
溫度計	1支
火柴	1盒
錐形瓶 (250 mL)	1個
單孔橡皮塞	3個
橡皮導管	2段
量筒 (50 mL)	1支
鐵架附廣用夾	2組
鐵環	1個
沸石	1顆
陶瓷纖維網	1張
冷凝器	1個

 注意事項：

蒸餾過程中，如果墨水沸騰了，為避免飛濺出來，應將酒精燈移開片刻，以免墨水衝進冷凝器。

 實驗步驟：

1. 在蒸餾瓶中投入一顆沸石 ，再以量筒量取鋼筆墨水 20 mL，倒入蒸餾瓶中。將儀器裝置如圖 1，並打開水龍頭，讓冷水由冷凝器下方流入，由上方流出。
2. 用酒精燈在陶瓷纖維網下方緩緩加熱，使墨水沸騰。觀察此時溫度計的讀數，觀察由冷凝器流出液體的顏色與殘餘在蒸餾瓶的墨水顏色是否相同？



實驗討論：

1. 由冷凝器流出來的液體是什麼顏色？猜一猜這是什麼物質？如何驗證你的猜測是對的？
2. 依實驗結果判斷，鋼筆墨水是純物質還是混合物？
3. 為什麼冷水要由冷凝器的下方流入，由上方流出？



圖1 蒸餾墨水的裝置

當墨水受熱時，水的沸點比色素低，所以會先蒸餾出來，蒸出的水蒸氣在冷凝器中遇冷凝結成水，所以由冷凝器流出的無色液體應該是水。如果你要證實這無色液體是水，可將液體滴在藍色氯化亞鈷試紙上，如果試紙呈現紅



更·上·一·層·樓

當液體受熱至沸點時，液體內部的氣泡有時會突然漲大，好像爆炸一般，十分危險，稱為突沸。若能在加熱過程中，攪拌液體或提供許多小氣泡，就可避免突沸。沸石的表面有孔隙，可提供小氣泡產生的位置，避免突沸。



色就可以證實是水（圖5-4）。有色的墨水中能分離出無色的水，證實它至少含有色素及水，是混合物。

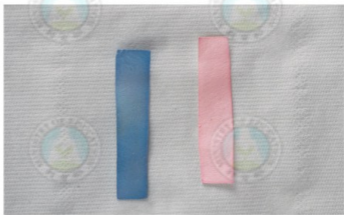


圖5-4 藍色氯化亞鈷試紙（左）遇水變紅色（右）



請接變化球

向老師領取一包混合物，此一混合物中包含食鹽和鐵屑，要用什麼方法可以將這兩種物質分離呢？與同組同學討論後，綜合大家的意見，在活動紀錄簿上列出一種以上的方法，每一種方法都要列出所需器材，最後採用一種方法實際做做看，未被採用的方法應列出未採用的理由。實際分離後的鐵屑與食鹽應分別以封口袋裝好，交給老師檢查，封口袋上應寫上班級、組別及姓名。



5 - 2 水的電解

世間萬物到底是由什麼物質組成的？這是長久以來人類一直在追問的問題。亞里斯多得（Aristotle, 約B.C.380-322年）認為空氣、火、水、土是組成所有物質的四種「元素」，而且這四種「元素」無法再分解出其他物質。

水是日常生活中最常見的物質之一，海洋、湖泊蘊涵大量的水（圖5-5），動、植物體內也都含有水，難怪古希臘哲學家會把水當成是元素之一。但這樣的直覺是否正確呢？水能不能再分出其他物質呢？我們就來做個電解水的實驗吧！



圖5-5 海洋蘊涵大量的水

西元1800年，英國科學家尼可爾生（William Nicholson, 1735-1815），聽到義大利科學家伏打（Alessandro Volta, 1745-1827）發明電池的消息（參考第四冊8-4節），就自己動手製作了一個電池，並將連接電池

兩極的兩條金屬導線放入水中，發現水中的兩條金屬線上分別冒出了氣泡。

以下的實驗會讓我們重見尼可爾生當年看到的現象，但是我們用來做實驗的器材可是與他當年所用的器材大大不同囉！



實驗 5-2 水的電解

實驗目的：

利用電解反應，將水分解成氫氣和氧氣，以了解水的組成。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
電池組（或電源供應器）	1組（6 V）
火柴	1盒
燒杯（400 mL及100 mL）	各1個
玻璃棒	1支
試管（口徑相同）	2支
注射針頭	2根
刻度尺	1把
導線（附鱷魚夾）	數條
開關	1個
絕緣膠帶	1卷
橡皮手套	1雙
滴管	1支
氫氧化鈉水溶液（約0.1 M）	約300 mL



注意事項：

1. 氫氧化鈉水溶液有腐蝕性，操作時應戴上橡皮手套。
2. 負責點火的同學，不應戴手套。

實驗步驟：

1. 把注射針頭分別和導線連接，在纏接處以絕緣膠帶包住（不要使任何銅線露出），當作電極。
2. 在 400 mL 大燒杯中倒入氫氧化鈉水溶液約半滿。
3. 用 100 mL 小燒杯盛裝氫氧化鈉水溶液，然後用滴管小心將氫氧化鈉水溶液裝滿兩支試管，用戴著橡皮手套的手指按住試管口，將兩支試管倒立於大燒杯水溶液中。
4. 把兩個針頭插入試管內，連接電池組、開關與導線（圖 1）。

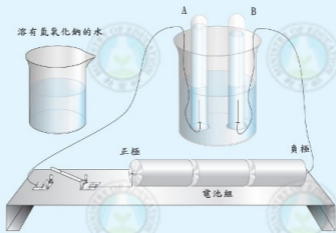


圖 1 水的電解示意圖

5. 按下開關接通電流，看看針頭上有沒有氣泡發生？
6. 等到 B 試管（負極）內液面下降約 5 公分以後，切斷電流。分別用尺測量兩支試管內液面下降的高度，求出兩氣體的體積比例。
7. 用指頭（戴手套）按住 A 試管口，將 A 試管抽出水面，在水龍頭下沖洗掉試管外表（手仍按緊試管口）的氫氧化鈉水溶液。請另一位沒戴

手套同學，將留有餘燼的火柴迅速插入倒置的試管A管口內（圖2），觀察氣體能不能幫助燃燒？

8. 用指頭（戴手套）按住B試管口，將B試管抽出水面，在水龍頭下沖洗掉試管外表（手仍按緊試管口）的氫氧化鈉水溶液。請另一位沒戴手套同學，將燃燒中的火柴迅速移至正立的B試管管口（圖3），觀察有何現象發生？



圖2 以火柴餘燼檢查倒置的A 圖3 以燃燒中的火柴檢查正立的B
試管內的氣體 試管內的氣體

註：1. 由於氫氧化鈉只是幫助水導電，在實驗過程並未損耗，如在數天內尚有其他班級要進行本實驗，燒杯內的水可留下給其他班級使用，直到同年級各班均實驗完畢。

2. 使用火柴時，注意戴橡皮手套的手要遠離火焰。

實驗討論：

1. 依你的實驗結果，電解後負極與正極產生的氣體體積比例為何？
2. 在本實驗電解過程中，通電時間愈久，兩極產生的氣體是否愈多？
3. 電解後，正極的注射針頭有無顏色變化？與同學討論可能的原因。
4. 電解水時，在連接兩極的試管中各出現不同的氣體，試述這兩種氣體遇到燃燒的火柴時，火焰各發生在何處？為什麼？

將電通到溶有氫氧化鈉的水中是否產生了新的物質呢？上述的實驗結果已經清楚地告訴我們答案了。水經電解後，負極產生的氣體是氫氣，正極產生的氣體是氧氣，兩者的體積比約為2:1。

當我們以火柴餘燼檢查倒置的A試管內的氣體時，因氧氣密度比空氣的密度大，氧氣向下沉，火柴會恢復燃燒，但管口沒有火焰，顯示氧氣有助燃性而不可燃。當我們以燃燒的火柴檢查正立的B試管內的氣體時，因氫氣密度比空氣的密度小，氫氣向上升，試管口會產生藍色火焰，也可能出現爆鳴聲，顯示氫氣可以燃燒，具有可燃性。

我們從這樣的實驗可以清楚的知道：水在電解的過程裡，會產生氫氣與氧氣，這說明了水是由氫與氧兩種成分所組成的。



請接變化球

如果想讓電解後負極與正極產生的氣體體積比更接近2:1，應該選擇那一種材料作為電極？

5 - 3 元素與化合物

自然界的純物質，不是元素就是化合物，本節將介紹元素和化合物的區別。在上一節的實驗中，我們目睹了水可以分解為氫氣和氧氣之後，你還認為水是元素嗎？

西元 1766 年，英國化學家卡文迪西（Henry Cavendish, 1731-1810）發現了氫氣。到了 1783 年，他進一步發現氫氣燃燒會產生水。西元 1800 年，尼可爾生又把水電解，發現產生氫氣和氧氣。這些實驗結果都顯示水不是元素。

元素與化合物都屬於純物質，都有固定的熔點與沸點等物理性質。化合物可利用電解、加熱等普通化學方法分解為其他物質，元素則無法以普通化學方法分解為其他更簡單的物質。水在通入電流之後，可分解為氫氣和氧氣，可見水是化合物，而不是元素。碳酸鈣具有一定的組成及性質，屬於純物質，但碳酸鈣固體在受熱之後會分解為氧化鈣固體及二氧化碳氣體，所以碳酸鈣也是化合物。

至於氫氣和氧氣都屬於元素，在 5-1 節中曾介紹過的數種空氣成分，如氮氣和氬氣也都是元素。目前已知的元素有一百多種，分為金屬元素與非金屬元素兩大類，在本書封底附有週期表，你可以在週期表上找到已知元素的名稱。

元素的中文命名以單一個中文字表示，在常溫常壓時呈固態的金屬元素，部首採用「金」字，如鋁、銅、鐵、銀（圖 5-6）等；固態非金屬元素，其部首採用「石」字，如碳、硫、矽、碘（圖 5-7）等；氣態非金屬元素，部首採用「氣」字，如氧、氮、氖（圖 5-8）等；液態元素，部首採用「水」或「氵」，包括液態金屬元素汞（圖 5-9）和液態非金屬元素溴（圖 5-10）。

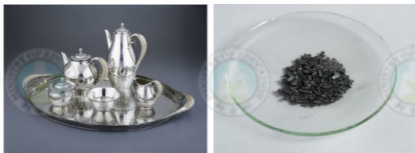


圖 5-6 銀是金屬，常溫時是固體。

圖 5-7 碘是非金屬，常溫時是固體。



圖 5-8 霓虹燈管裡填充了氖氣，氖是非金屬元素。



圖 5-9 汞是金屬，常溫時是液態。



圖 5-10 溴是非金屬，常溫時是液態。

為了方便，每一個元素都有特定的符號，目前所使用的元素符號係根據瑞典化學家貝采利烏斯（Jons Jakob Berzelius, 1779-1848）所提出的方法，採用各元素英文名稱的第一個字母，以印刷體大寫來表示，例如氧的符號為O，氮的符號為N。少數元素則仍沿用拉丁、希臘或德文名稱的第一個字母，如鎢W（德文wolfram）。如果有兩種以上的元素，其名稱的第一個字母相同時，則有的元素必須在大寫的第一個字母後面另加一小寫字母來識別，例如碳的元素符號為C，銅的元素符號為Cu，鈣的元素符號為Ca，氫的元素符號為H，汞的元素符號為Hg。表5-1所列是一些常見元素的中文名稱與元素符號。

表5-1 常見元素

中文名稱	元素符號	中文名稱	元素符號
氫	H	碳	C
氧	O	磷	P
氮	N	金	Au
氬	Ar	銀	Ag
矽	Si	汞	Hg
氯	Cl	鋁	Al
溴	Br	鐵	Fe
碘	I	錫	Sn
硫	S	銅	Cu

化合物是由兩種或多種元素以固定比例結合在一起所組成的純物質，例如：空氣中的二氧化碳，是由碳元素與氧元素組成的化合物；大理石中的主要成分碳酸鈣，是由鈣、碳、氧三種元素組成的化合物。



請接變化球

有一氣體混合物，經過研究，其中含一種氣體A，沸點固定，在空氣中燃燒後，產生二氧化碳和水。另一種氣體B，沸點固定，在空氣中燃燒後，只產生水。試問A、B這兩種氣體何者是元素？何者是化合物？如果是化合物，試指出它至少含有那些元素？

5 - 4 金屬元素與非金屬元素

喝完飲料後，剪開鋁箔包（圖5-11）瞧瞧，嗯！好薄的鋁箔啊！這和製造鋁門窗（圖5-12）所用的鋁一樣嗎？公園裡各種造型的銅製雕像（圖5-13）以及電線裡細如髮絲的銅線都是由銅製成的嗎？鋁、銅等元素都可以打造成各種形狀；但另有一些元素，像木炭中的碳，稍加敲擊就碎掉，這兩類元素的性質明顯不同。在本節中，我們將元素分為金屬與非金屬，並分別介紹幾種常見的金屬與非金屬元素的性質。



圖5-11 鋁箔包

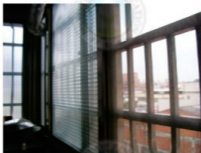


圖5-12 鋁門窗



圖5-13 暴露於空氣中會使銅的表面生成銅綠

金屬元素種類非常多，除鋁、銅外，尚有金、銀、鉛、汞……等等，金屬元素通常為銀白色（金、銅除外），有光澤及良好的延展性，易導電及導熱（參見4-2節）。金屬燃燒後的產物若溶於水中，通常會使水溶液呈鹼性。

非金屬元素除碳外，尚有矽、硫、氮、氧、氫、磷…



…等等，非金屬元素顏色種類很多，例如常溫時氮、氧、氫等為無色氣體，硫為黃色固體，磷可能為白色或暗紅色固體。非金屬元素通常沒有光澤及延展性，受到外力敲擊時容易碎裂，不易導熱，也不易導電（石墨是例外），且燃燒後的產物若溶於水中，會使水溶液呈酸性。

常見的金屬元素

許多金屬是重要的工業材料，在我們生活也很重要。例如玻璃板的背面塗布銀膜可以製成鏡子（圖5-14）；鋁除了製門窗及鋁箔外，也是製造飛機的理想材料之一；鐵與少量碳形成的合金稱為鋼，是現代建築的主要材料之一（圖5-15）；銅除了製作雕像及電線外，我們在實驗4-3 使用的硫酸銅（圖5-16）是重要的含銅化合物，可做電鍍液。我們將在第四冊第十章另外介紹銀、鋁、鐵、銅等四種重要金屬的性質與用途。



圖5-14 背面塗了銀膜的平面鏡



圖5-15 鋼是現代建築的主要材料

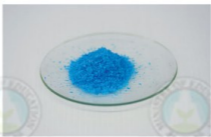


圖5-16 硫酸銅晶體



甲·上·一·層·樓

合金是金屬與金屬或金屬與非金屬的均勻混合物。其中金與銅混合成的合金，稱為開金，又稱K金，以金在合金中所佔質量的24分之幾，稱為幾K金。純金為24K；若金與銅各一半，則為12K；18K金中，金占75%，其餘為銅。

金

金 (Au) 是柔軟、黃色、有光澤的金屬 (圖5-17)，密度很大 (19.3 g/cm^3)，在自然界以元素狀態存在。

因純金太過柔軟，純金打造的飾物，不適合鑲嵌寶石，通常必須添加

銅、銀或鎳等金屬形成合金^甲，增加其硬度。合金是均勻的混合物，可視為固態的溶液。由於金的延展性是所有金屬中最好的，而且導電性很好，可作為電子產品中的導電材料。

此外，金不易發生化學反應，所以俗話說：「真金不怕火煉」，顯示金即使在高溫也不易與氧發生反應。

汞

汞 (Hg) 是常溫常壓時唯一為液態的金屬，密度為 13.6 g/cm^3 ，俗稱水銀，可作為溫度計及氣壓計的材料。低壓的汞蒸氣可導電，日光燈管、省電燈泡都含有微量汞蒸氣。汞的蒸氣以及許多汞的化合物都有毒，會造成嚴重的神經病變及環境汙染，所以世界各國都嚴格管制含汞廢棄物的處理，絕不允許任意棄置於空地、河川或湖泊。用過的光燈管、省電燈泡、水銀電池等均應分類回收 (圖5-18)，以免禍胎子孫。



圖5-17 純金是黃色、有光澤的金屬。



圖 5-18 (a)日光燈管 (b)省電燈泡 (c)水銀電池等均應分類回收

鎢

鎢 (W) 的密度為 19.3 g/cm^3 ，堅硬且不容易熔化，熔點高達 3415°C ，是金屬元素中熔點最高的，可做燈泡的燈絲 (圖 5-19)。



圖 5-19 燈泡中的鎢絲



更·上·一·層·樓

矽晶圓是由矽經特殊過程製成，每片晶圓可再切割成數百到數千顆相同的矽晶片。每片矽晶片上都有很複雜的電路元件結構，可作為微處理器、記憶體等。

常見的非金屬元素

矽

矽 (Si) 是地殼中含量第二多的非金屬元素 (僅次於氧)，大多是以與氧結合的形式存在，例如石英、玻璃、陶瓷等物質中都含有這樣的成分。對現代人類而言，矽最主要的用途是

製造半導體材料，所謂半導體是導電性質介於導體與絕緣體之間的物質。高科技電子產品，如電腦、手機等之元件，都是以矽為半導體的設計 (圖 5-20)。

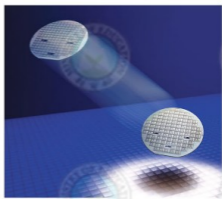


圖 5-20 矽晶圓

氯

氯氣 (Cl_2) 是黃綠色、有毒的氣體，工業上可以用電解濃食鹽水的方式製氯。此外，自來水廠也採用氯氣消毒，但消毒後必須曝氣，以減少水中餘氯。氯的重要化合物還有氯化鈉 (食鹽) 及氯化氫等，氯化氫溶於水會形成鹽酸。

溴

溴 (Br_2) 是暗紅色、有刺激性臭味的液體，不但有毒，而且會腐蝕皮膚。溴溶解在四氯化碳中為暗紅色溶液；溴溶解在水中成為橙色的溴水 (圖 5-21)。



圖 5-21 溴水 (左) 與溴的四氯化碳溶液 (右)



碘

碘 (I_2) 是紫黑色的有毒固體，受熱會昇華成紫色蒸氣（參見演示實驗 4-1）。碘溶解在四氯化碳中形成紫色溶液；碘酒是含有碘（佔 2%）和碘化鈉（佔 2.4%）的酒精（佔 50%）水溶液，碘酒可殺菌消腫，通常作為外傷消毒用。碘遇到澱粉，會呈現藍黑色（圖 5-22）。碘也是維持人體健康不可或缺的元素，像是甲狀腺素就含有碘的成分，在飲食中適量攝取含碘的食物，如海藻等或添加少量含碘的化合物的食鹽，可以預防甲狀腺腫大。

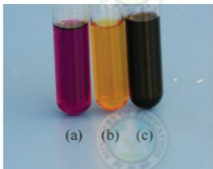


圖 5-22 (a) 碘的四氯化碳溶液 (b) 碘酒 (c) 碘遇澱粉水溶液呈藍黑色



請接變化球

既然碘有毒，為什麼還要攝食含碘的海藻或食鹽？難道不怕中毒嗎？

硫

硫 (S) 是黃色固體，在自然界中常以元素狀態存在，我們在火山噴氣口常可見到黃色固體，那就是硫（圖 5-23）。我們也會在火山及溫泉地區，聞到一種淡淡的臭

味，那是因為空氣中含有少量硫化物等氣體。銀器在含有硫化物的空氣中發生反應，會生成黑色的硫化銀斑點。硫最重要的用途是製造硫酸。

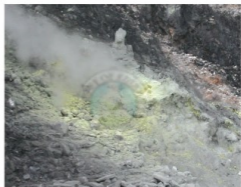
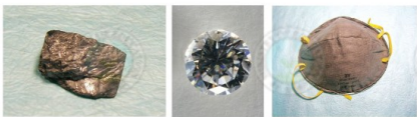


圖 5-23 臺北市陽明山馬槽噴氣口的硫

碳

碳(C)在自然界中可能以元素狀態或化合物狀態存在於煤炭、石油、灰石等物體中。碳的化合物也是生物體內最重要的成分，有關碳化合物的性質，我們將在第四冊第九章介紹。

碳元素有數種形態，如石墨、金剛石(圖5-24)。石墨黑色、柔軟，可作為鉛筆筆芯，石墨也是唯一會導電的非金屬元素，可作為電池的電極。金剛石透明不導電，是硬度最大的元素。



(a)

(b)

圖 5-24 (a)石墨礦 (b)金剛石 圖 5-25 活性炭口罩

活性炭是沒有一定形態的碳，因表面有許多小孔洞，可以吸附水中及空氣中的部分雜質，所以常被運用在濾水

更·上·一·層·樓

碳元素的形態除了金剛石及石墨外，還有美。美是科學家在1985年起陸續發現的一類新形態的碳，有許多科學家正積極研究這一類物質的特性及用途。碳60是美的一種。



碳60分子像足球

器、鞋墊、空氣濾網、口罩（圖 5-25）和防毒面具等器具中，有除臭、脫色等功能。

磷

磷（P）有白磷及紅磷等多種形態。白磷是白色固體，但常因含雜質而呈淡黃色，具有很強的毒性，白磷非常容易燃燒，在室溫時一接觸到空氣就會自動引燃，所以平常要貯存在水中，以便與空氣隔絕。紅磷是暗紅色固體（圖 5-26），要加熱到 260°C 才會燃燒，所以比白磷安全多了，而且紅磷的毒性也比白磷小，可塗在火柴盒側面。

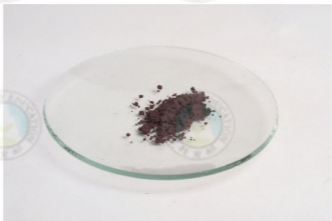


圖 5-26 紅磷



請接變化球

有一個江湖術士利用詐術使信徒誤以為他有法術，他拜拜用的金紙摺疊起來，在空中揮舞，同時噫噫有詞，不久，金紙就自動引燃了。依你對本節介紹的各元素性質之了解，他可能以何種手段施行詐術，使金紙自動引燃的？



活動 5-1 元素性質觀察

活動目的：

觀察數種元素，並加以分類。

活動器材：（每組）不方便準備的元素就不必準備。

器材與藥品	數量
小玻璃瓶	8個
汞	少許
鋁	少許
鐵	少許
銅	少許
碘	少許
硫	少許
碳	少許
紅磷	少許

注意事項：

1. 汞、碘、紅磷等元素有毒，務必將瓶口密封。
2. 若不慎打破含汞的小玻璃瓶，應儘速以鋅粉或硫粉與汞混合，再把混合物密封交環保專業人員處理。

活動步驟：

1. 每個小玻璃瓶，分別裝少許汞、鋁、鐵、銅、碘、硫、碳、紅磷。教師事先將每一瓶編號，但不寫元素名稱。



圖1 發揮你的觀察力，把每個元素都辨認出來。



2. 每組同學分到一組元素，觀察元素外表，與本節課文對照，共同討論後，將元素名稱與判斷理由填在活動紀錄簿中，最後由教師公布正確答案。

本章結語

空氣是混合物，裡面含氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳、水蒸氣……等。

其中氮氣、氧氣、氫氣是元素，二氧化碳和水是化合物。

水電解後分解為氫氣和氧氣。

氫氣燃燒時，需要氧氣助燃，二者又生成水，水可以滅火。

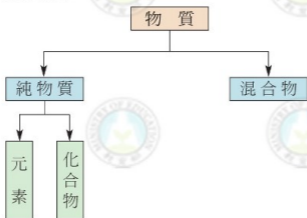
但氫氣和氧氣卻分別具可燃和助燃的性質。

黑色的石墨和無色堅硬的金剛石，竟然都是由碳元素組成的。

這些物質的性質和變化真是神奇！

本章摘要

1. 純物質有固定的組成和性質。混合物是由兩種或數種純物質混合而成，並沒有固定的比例，各種純物質仍然保持原來的化學性質。混合物的性質會隨著組成比例不同而改變。
2. 要分離混合物中各成分物質可利用其性質的差異。
3. 空氣是混合物，含有氮氣、氧氣、氫氣、二氧化碳、水蒸氣等數種氣體。
4. 氮氣是一種元素，性質安定不易與其他物質反應。
5. 氧氣是一種元素，為無色、無臭、無味的氣體，可助燃且易與其他物質反應。
6. 電解水時，正極產生氧氣，負極產生氫氣，說明水是一種化合物，而不是元素。正負兩極氣體體積比約1:2，氫氣具有可燃性，氧氣具有助燃性。
7. 純物質可分為元素與化合物兩類。化合物可利用普通化學方法分解為其他物質，元素則無法以普通化學方法分解為其他更簡單的物質。
8. 元素的中文命名以單一個中文字表示，如果在常溫常壓時固態金屬元素，部首採用「金」字，固態非金屬元素，其部首採用「石」字，氣態非金屬元素，部首採用「氣」字，如氧、氮等；液態元素，部首採用「水」或「氵」。
9. 每一種元素都有特定的英文字母符號來代表。
10. 物質的分類可整理如下：



11. 金屬元素通常為銀白色（金、銅除外），有光澤，有良好的延展性，易導電及導熱等物理性質。金屬燃燒後的產物若溶於水中，會使水溶液呈鹼性。非金屬元素通常沒有光澤及延展性，受到外力時容易碎裂，非金屬不易導熱，也不易導電（石墨是例外）。非金屬燃燒後的產物若溶於水中，會使水溶液呈酸性。

參考資源

書籍

1. 許麗雯著（1995）。元素—混合物與反應〈趣味科學實驗室〉。臺北市：錦繡。
2. 艾金斯著（1996）。化學元素王國之旅。臺北市：天下。
3. 謝乃賢著（2003）。電世界的奇葩：話說電化學。臺北市：曉園。
4. 沈培坤著（2004）。趣味的自然科普Q&A。臺北市：豐閣。

網站

1. 花蓮縣花崗國中 <http://www.hgjh.hlc.edu.tw/~drop/>（2007年1月）
2. 師大物理系 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab>（2007年1月）
3. 高雄縣左營國中 <http://www.tyjh.kh.edu.tw/elelim/index.htm>（2007年1月）

第六章 原子與分子



6-1 原子

6-2 原子結構

6-3 分子

6-4 化學式

6-5 原子量、分子量與莫耳

6-6 元素家族





浩瀚的海洋是由許多小水滴組成的，
那麼小水滴又是由什麼組成的？

物質一直分割下去，最後會得到什麼呢？

記得嗎？在第一冊緒論曾提到所有物質都是由很小的粒子構成，這種粒子稱為原子。但是原子又是什麼呢？原子具有什麼樣的結構和性質？

到底有多少種原子，才能組成自然界這麼多種物質？在本書第五章，我們曾將純物質分為元素與化合物，但是組成元素與化合物的基本單位是什麼？

不同種類的元素組成化合物時，
要如何表示其所含的原子種類與數目呢？

那麼多種元素要如何分類呢？

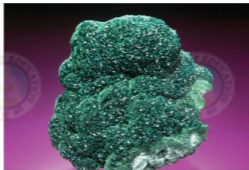
本章將陸續探索這些問題。



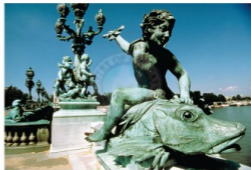
6-1 原子

物質是由什麼組成的呢？人類尋找這個問題的答案已經好幾千年了。希臘哲學家德謨克利圖斯（Democritus, 約B.C.460-370）就曾提出原子的概念，他認為物質若一直切割下去，會愈切愈小，到最後會有一種堅硬的微小粒子，無法再分割，這種微小的粒子就是原子。這種原子的概念，只是一種哲學觀點，並沒有經過實驗的驗證，也不能用來解釋物質間種種變化的現象。

西元1799年，法國科學家普魯斯特（Joseph Louis Proust, 1754-1826）發現：無論用什麼方法製造出來的碳酸銅，其中所含銅、碳、氧三種元素間的質量比都是一樣的（約16:3:12）（如圖6-1）。在接下來的十年間，他研究了許多種其他化合物，經由多次實驗，結果發現對同一種化合物而言，不論來源為何，其中所含各成分元素間的質量比都是固定的，稱為**定比定律**（又稱為**定組成定律**）。



(a) 孔雀石



(b) 銅像上有銅鏽

圖 6-1 孔雀石和銅鏽雖然來源不同，但其主要成分碳酸銅中銅、碳、氧三種元素間的質量比都是一樣的。



在5-1節的電解水實驗，我們發現氫氣和氧氣的體積比是2:1，如果換算成質量，則電解產生的氫氣和氧氣的質量比為1:8。不論是雨水、泉水或氫氣燃燒得到的水，只要經過電解，產生的氫氣與氧氣的質量比都是1:8，這是定比定律的另一例證。



圖 6-2 道耳吞

英國的科學家道耳吞（John Dalton, 1766-1844）（圖6-2）為了解釋定比定律與陸續發現的各項實驗結果，提出物質是由原子組成的理論，稱為原子說。

原子說的主要內容如下：

1. 一切物質都是由微小粒子組成的，這種粒子不能再被分割成更小的粒子，稱為原子。
2. 同一種元素的原子，其質量都相同；不同元素的原子，其質量不相同。
3. 當物質發生化學反應時，原子會重新排列，組成另一種物質。但是原子的質量不會改變，而且原子既不會消失，也不會產生新原子。
4. 化合物是由不同種類的原子以一定的比例組成的。

道耳吞是根據許多科學家的實驗結果才提出原子說，並不是憑空臆測。而且，他首先提出，不同元素的原子質量不相同。原子說對同一時代的化學家有很大的啟發，近代化學因而迅速蓬勃發展。

依原子說，化合物是由不同元素的原子依一定原子數比化合而成，而同一種元素的原子質量均相同，所以化合物中各成分元素的質量比是固定的，道耳吞的原子說可圓滿解釋定比定律。



請接變化球

已知1公克氫氣完全燃燒時，需要8公克的氧氣助燃，得到9公克的水。根據定比定律，若2公克氫完全燃燒，需要多少公克氧氣助燃？會得到多少公克的水？



6-2 原子結構

物質既然都是由原子所構成的，那麼宇宙萬物絕對不可能只由一種原子組成，顯然自然界應該存在許多不同的原子。這些原子的構造到底有什麼不同？原子是否可以再分割呢？原子內應該還存有許多值得探討的奧祕喔！

西元1897年，英國物理學家湯木生（Joseph John Thomson, 1856-1940）發現了電子，電子帶負電，存在於所有原子中，是原子結構的一部分。出生於紐西蘭的物理學家拉塞福（Ernest Rutherford, 1871-1937）是湯木生的學生，他在1911年進一步由實驗結果推斷出原子的模型。根據他的模型⁽¹⁾，原子是由帶正電的原子核與帶負電的電子構成的。原子的結構就像太陽系，大多數的空間是空的，帶正電的原子核位居原子中心，帶負電的電子受原子核吸引，環繞著原子核運動，像行星環繞著太陽一樣。原子核體積極小，其半徑大約只有整個原子半徑的十萬分之一，但是整個原子的質量幾乎全部集中在原子核。

1914年，拉塞福又發現質子；到了1932年，英國物理學家查兌克（James Chadwick, 1891-1974）發現中子。這些發現使人類更了解原子核的構造（圖6-3）。原子核是由帶正電的質子和不帶電的中

更上一層樓

在科學上，模型不一定是真實物體的放大或縮小，而是為了說明一件事物而提出的描述方式。以原子模型為例，雖然圖6-3中把質子、中子與電子都畫成圓球，但事實上，它們未必是圓球形的；電子也不會像行星在固定的軌道運轉。

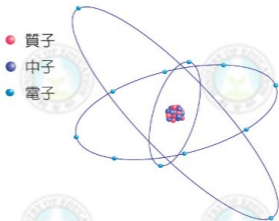


圖6-3 行星式原子模型示意圖（未按比例繪製），質子與中子組成原子核，電子環繞原子核運動。

子所構成，質子與電子所帶的電量相等，但電性相反。在原子中，電子與質子的數目相等，所以原子保持著電中性。

質子的質量約為電子的1840倍，中子的質量與質子質量非常接近，所以整個原子的質量幾乎全部集中在原子核中。一個原子的質子數和中子數總和，稱為質量數。同一種元素的原子，質子數相同；不同元素的原子，質子數不同。質子數是判斷原子種類的主要依據，又稱為原子序。質子數相同，中子數不同的原子，互為同位素（圖6-4）。例如氫元素有氫、氘（ D ）和氚（ T ）三種同位素。氫、氘和氚的質子數都是1，所以都是氫元素的原子，但氫的中子數為0，氘的中子數為1，氚的中子數為2，所以三種原子的質量數不相等。

道耳吞的原子說認為相同元素的原子有相同的質量，但當我們了解許多元素具有數種同位素時，這個說法就需要修正了。相同元素的原子必定有相同的質子數，但未必有相同的質量。



更·上·一·層·樓

為了表示各種同位素，我們可以在元素符號的左下角標示原子序，而在元素符號的左上角標示質量數。如：
氫₁H、氘₁H、氚₁H

氫的三種同位素



圖6-4 氫、氘和氚有相同的質子數，但中子數不同（示意圖，未按比例繪製）





請接變化球

原子核的半徑大約只有原子半徑的十萬分之一，已知有一個巨蛋棒球場（圖6-5）的直徑約為200公尺長，假設原子放大到像巨蛋棒球場那樣大，試問原子核的直徑大約有多大？日常生活中有那一種物品的大小很接近這個長度？



圖 6-5 巨蛋棒球場

6 = 3 分子

原子說提出後，科學家又經過多年的研究，才逐漸了解物質是如何組成的。例如：大氣中的氫氣是以一個原子為單位組成的物質，不過大部分物質的基本單位是以兩個或多個原子組成的，稱為分子。空氣中的氮氣、氧氣、二氧化碳等，都是以分子狀態存在。一個氮氣分子是由兩個氮原子組成；氧氣分子由兩個氧原子組成；二氧化碳分子則是由一個碳原子與兩個氧原子組成（圖6-6）。

氮氣分子是由兩個相同的原子組成的，氧氣分子也是一樣，所以氮氣與氧氣是元素，也就是說由相同原子組成的純物質就是元素，像石墨是由無數多個碳原子組成的巨大分子，但因分子中只含有一種原子（C），所以石墨是元素。每個二氧化碳分子都是由一個碳原子與兩個氧原子組成的，像這樣的分子是由兩種以上原子以固定質量比所組成的純物質，這就是化合物。水（ H_2O ）及葡萄糖（ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ）也都是化合物。因此我們也可以用所含原子的種類來區別元素與化合物：元素是只含一種原子的純物質，化合物則是含有兩種或多種原子的純物質。本節中我們所稱的同一種原子，指的是原子序相同的原子。



更·上·一·層·樓

元素不能分解為其他物質，而且同一種元素中的原子，都有相同的質子數。例如，金塊再怎麼切割還是金，使用加熱、電解等方法也沒有辦法由金中分離出別的物質，而且每個金原子的質子數都是79，所以金是元素。



圖 6-6（左： N_2 、中： O_2 、右： CO_2 ）氮分子與氧分子是由兩個原子組成的分子，二氧化碳是由三個原子組成的分子。



由原子組成的分子，原子之間具有一種力量將原子連接在一起，這種力量稱為**化學鍵**。在以下的活動中，我們將用牙籤把保利綸球串在一起，在模型中，保利綸球代表原子，牙籤就代表化學鍵。



活動 6-1 分子模型

活動目的：

1. 了解分子是由原子組成的。
2. 了解「原子說」的意義。

活動器材：（每組）

器 材	數 量
保利綸大球	1顆
保利綸中球	2顆
保利綸小球	4顆
（大球、中球、小球的半徑比約為 2.1:1.8:1）	
牙籤	1把

活動步驟：

1. 取保利綸中球2顆當作氧原子，保利綸小球4顆當作氫原子。
2. 用牙籤將2個氫原子與1個氧原子串在一起，做成水分子模型（圖1）。共可做成幾個水分子模型？在這些分子模型裡，共有幾個原子？其中氫原子有幾個？氧原子有幾個？



圖1 水分子模型

3. 假設每一顆保利綸中球的質量是保利綸小球的16倍，你認為水分子中氫與氧的質量比為何？
4. 接下來模仿電解水後的結果，將2個水分子拆開，重組成2個氫分子及1個氧分子（圖2）。
 - (1) 現在共有幾個分子？其中氫分子有幾個？氧分子有幾個？
 - (2) 共有幾個原子？其中氫原子有幾個？氧原子有幾個？
 - (3) 分子的總數目在反應前後是否改變？分子的種類在反應前後是否改變？原子的總數目在反應前後是否改變？原子的種類在反應前後是否改變？

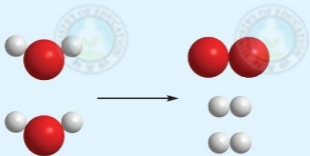


圖2 電解水前後的分子模型

5. 假設保利綸大球是碳原子模型，試利用現有保利綸球組成二氧化碳分子（圖3），並與同學討論為什麼二氧化碳分子是化合物。



圖3 二氧化碳分子模型



請接變化球

已知每一個碳原子與氧原子質量比是12:16，下圖左邊是燃燒木炭時產生的二氧化碳分子，試計算其中碳與氧的質量比為何？

下圖右邊是呼吸時呼出的二氧化碳分子，這兩個二氧化碳分子是用不同方法製造出來的，其中碳與氧的質量比是否相同？這個結果是否符合定比定律？



圖6-7 燃燒木炭時產生的 呼吸時呼出的二氧化碳分子
二氧化碳分子

6-4 化學式



更·上·一·層·樓

當我們提到氫、氫氣或元素狀態的氫時，通常都是指H；除非特別指明氫的元素符號或氫原子時，才用H表示。

水的化學式是 H_2O ，你知道這個化學式代表什麼意思嗎？在5-3節中介紹過元素符號，元素符號只能表示元素的種類，例如碳元素用C代表，同時C也可以代表碳原子。分子是由原子組成的，要如何才能明確表達一個分子中所含原子的種類與數目？

化學式是以元素符號及數字表示純物質組成的式子，化學式的種類有許多種，能表達分子中所含原子的種類及數目的化學式，稱為**分子式**。各種原子的數目用下標表示。像氫分子是由兩個氫原子組成的，分子式寫為 H_2 ；氧分子是由兩個氧原子組成的，分子式寫為 O_2 ；水分子是由兩個氫原子和一個氧原子組成的，分子式寫為 H_2O （圖6-8）。葡萄糖的分子式是 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ，表示葡萄糖分子是由6個碳原子、12個氫原子和6個氧原子組成的。

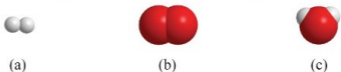


圖6-8 分子模型 (a)氫分子 H_2 (b)氧分子 O_2 (c)水分子 H_2O

某些元素能夠和氧化合，形成氧化物，在書寫其化學式時，通常將氧寫在此一元素的符號後面，中文名稱的各元素次序則剛好相反，如一氧化碳（CO）、二氧化碳（ CO_2 ）、二氧化硫（ SO_2 ）、氧化銅（CuO）等。其中一氧化碳與二氧化碳的性質並不相同，前者有毒，後者沒有毒。

有些物質，像水，因自古以來就有固定的名稱，所以化學家就不另外以其元素及組成比例來命名。



由金屬元素與非金屬元素結合而成的化合物，在書寫其化學式時，通常將金屬元素的符號寫在前面，非金屬元素的符號寫在後面，例如食鹽的中文學名是氯化鈉，化學式是NaCl；二氧化錳的化學式是MnO₂。

此外，含碳、氫的化合物，如表6-1中的甲烷，屬有機化合物，其命名另有一套方式，將在第四冊第九章中介紹。

表6-1 常見的化合物

中文名稱	化學式	中文名稱	化學式
水	H ₂ O	硫酸鈣	CaSO ₄
氫氧化鈉	NaOH	二氧化錳	MnO ₂
氯化氫	HCl	二氧化硫	SO ₂
氨	NH ₃	二氧化碳	CO ₂
氯化鈉	NaCl	一氧化碳	CO
碳酸鈉	Na ₂ CO ₃	葡萄糖	C ₆ H ₁₂ O ₆
氯化鈣	CaCl ₂	甲烷	CH ₄
氧化銅	CuO	乙醇	C ₂ H ₆ O
碳酸氫鈉	NaHCO ₃	乙酸	C ₂ H ₄ O ₂

註：本表中之化學式在現階段不用記憶

存在於這個世界上的化合物的數目實在太多了，而且還在不斷地增加。我們不必也不可能記住所有化合物的中文名稱及化學式，只要認識常見的元素符號和化學式就可以了。但在平日閱讀時，若看到不熟悉的化學物質及其化學式，不妨利用圖書館或網路資源，多多了解此一物質的組成及性質，久而久之，對各種元素及化合物的性質就會日漸熟悉。表6-1是一些常見化合物的化學式，圖6-9為數種常見化合物的照片。





圖 6-9 (a)氫氧化鈉 NaOH 是實驗室常用的鹼 (b)銅受熱會產生黑色的氧化銅 CuO (c)二氧化錳 MnO_2



請接變化球

有一化合物中文學名為四氯化碳，你能寫出它的分子式嗎？



6-5 原子量、分子量與莫耳

原子量

一粒綠豆可以藉由精密的天平秤出它的質量，如果想要知道一種顆粒比綠豆還要小上數萬億倍的小粒子質量，該怎麼辦？

原子和分子就是這麼小的粒子，我們很難直接測量一個原子或一個分子的實際質量。因此通常以各原子的質量相互比較所得的數值，來表示原子的質量，稱為原子量。既然原子量是比較的數值，就必須選擇一種原子做為比較的標準。現在國際上以碳-12（質量數12的碳原子）原子作為原子量的標準，定為12；其他原子的原子量則依據這個標準而訂定。例如每個氧-16原子的質量為碳-12的1.33291倍，那麼氧-16的原子量就是 $12 \times 1.33291 = 15.9949$ 。利用類似的方法推算出碳的同位素碳-13原子的原子量為13.00335。

各元素的原子量可在本書的封底週期表中查到（圖6-10），但是既然原子量的標準是12，為什麼我們在週期表中查到碳的原子量是12.01？由於有些元素在自然界存在數種同位素，由碳的數種同位素求出碳的平均原子量就是12.01。在一般的計算中，並不需要使用這麼精確的數字，像本書的週期表上原子量有時會取到小數以下二位。在一般的計算中，原子量通常取整數或取至小數以下一位就可以了，如 $C = 12$ ， $O = 16$ ， $Cl = 35.5$ 。



圖 6-10 元素的原子量可由封底的週期表查到

分子量

知道各元素的原子量之後，就可以計算分子的質量或分子量。分子中所有原子的原子量總和就是該分子的分子量。例如，二氧化碳分子是由兩個氧原子和一個碳原子組成的，由週期表查出碳的原子量為 12.01，氧的原子量為 16.00，為方便計算起見，碳和氧的原子量可取整數，所以二氧化碳的分子量是 $12 + 16 \times 2 = 44$ 。



請接變化球

1. 由週期表查出氮的原子量，並計算氮氣 (N_2) 的分子量。
2. 已知硫酸的分子式是 H_2SO_4 ，試由週期表中查出各元素的原子量，並計算硫酸的分子量。

顆粒計數 (莫耳)

當我們向店員說要購買三瓶飲料或半打雞蛋時，店員會毫不遲疑地將我們所要的數量拿來。但是當我們碰到像原子那麼小的顆粒時，要如何進行計數呢？

我們在上一節中學到，原子量是以碳-12原子作為標準，定其原子量為12。由於原子和分子的顆粒非常小，無法直接測量其個數，所以也必需制定一種計數的標準。國際上以12公克的碳-12所含的原子數目作為計數的標準，稱為1莫耳（可記為mol）。經由實驗估計12公克的碳-12中，大約含 6×10^{23} 個原子， 6×10^{23} 這個數字就稱為亞佛加厥數，是為了紀念最早提出分子概念的科學家亞佛加厥（Amedeo Avogadro, 1776-1856）（圖6-11）。1莫耳的任何物質都含有 6×10^{23} 個粒子。



圖 6-11 亞佛加厥

有了以上的認識後，我們由週期表查到的原子量，可視為1莫耳原子的質量，例如我們在週期表上查到氮的原子量為14.01，就表示1莫耳的氮原子質量為14.01公克。

同樣的，分子量也可以視為1莫耳分子（ 6×10^{23} 個分子）的質量，氧的分子量32，也就是說1莫耳氧分子質量為32公克；二氧化碳的分子量44，也就是說1莫耳二氧化碳分子質量為44公克。在32公克的氧氣中含有 6×10^{23} 個氧分子，44公克的二氧化碳中，也含有 6×10^{23} 個二氧

化碳分子。

圖6-12是半打粉筆和半打原子筆，粉筆和原子筆的數目相等，但質量卻不相等。同樣的，雖然1莫耳的任何物質都含有相同的原子數（或分子數），但其質量卻不一定相等，圖6-13的兩個蒸發皿上分別盛裝了1莫耳的碳原子和硫原子，雖然兩者的原子數大約相等，但質量卻不相等。



圖6-12 粉筆和原子筆的數目相等，但質量卻不相等。



圖6-13 1莫耳的碳原子（12公克）和1莫耳的硫原子（32公克），原子數目大約相等，但質量卻不相等。





請接變化球

已知硫的原子量為32.07公克，你能估算出每一個硫原子的質量約為多少公克？1個硫原子的質量可以用學校實驗室的天平測量出來嗎？

莫耳濃度

第四章曾討論過重量百分濃度，是表示100公克溶液中所含溶質的公克數（溶質的質量除以溶液的質量所得百分比）表示濃度。在這一節裡我們學到了顆粒的計算，用1莫耳代表 6×10^{23} 個粒子，想一想是不是可以用顆粒計數的方式來表示濃度呢？

溶液的濃度表示法除了重量百分濃度之外，還有一個常用的濃度表示法，稱為容積莫耳濃度，這種濃度是1升溶液中所含溶質的莫耳數，以M為單位。例如1莫耳溶質溶於水配成1升水溶液時，其容積莫耳濃度為1 M。舉例來說，1 M 1升的蔗糖水溶液中約含有 6×10^{23} 個蔗糖分子。



實驗 6-1 容積莫耳濃度

實驗目的：

經由配製溶液的過程學習容積莫耳濃度的意義。

實驗器材：（每組）

器材與物品	數量
蔗糖	約20公克（每組）
量瓶或量筒（50 mL）	1支
燒杯（100 mL）	1個
玻璃棒	1支
天平	1座

實驗步驟：

預習報告

1. 在實驗之前數天，先與同組同學討論要如何配製1 M 蔗糖（分子式 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）水溶液50 mL，並依討論結果，寫在活動紀錄簿上，依老師指示的日期繳交給老師批閱。

實驗當天

2. 老師發還已批閱的活動紀錄簿，並指定其中數組推派代表，報告該組討論後的配製方法。
3. 注意聽取各組的報告及老師對各組的評論，修正本組原來的報告。最後聽老師的指示配製1 M 蔗糖水溶液50 mL。

實驗討論：

1. 本組配製的蔗糖水溶液中含蔗糖幾莫耳？
2. 本組配製的蔗糖水溶液中含蔗糖幾公克？



3. 如果某一組同學稱好蔗糖質量後，直接加 50 mL 的水配製成溶液。試問該組配出來的水溶液體積是不是 50 mL？該組配製的溶液濃度是大於 1 M，小於 1 M 或等於 1 M？若把多餘的溶液倒掉，使體積恰為 50 mL，此時濃度是否為 1 M？



請接變化球

小明喝了 0.05 升濃度為 0.01 M 的蔗糖水溶液，他大約吃了多少個蔗糖分子呢？比利則喝了 50 公克重量百分濃度 10% 的蔗糖水溶液，比利大約吃了多少個蔗糖分子呢？

6 = 6 元素家族



圖 6-14 大賣場裡的商品琳瑯滿目

大賣場裡的商品琳瑯滿目（圖 6-14），看得人眼花撩亂，要怎麼找才能找到自己要的商品呢？別擔心，老闆會分門別類，把性質相似的商品分放在各個部門，如化妝品類、電器類、清潔用品類等，好讓顧客可以很快找到所要的商品。

西元 1869 年，世人知道的元素已經有六十幾種，當時的化學家也覺得元素必須要分類了，但是究竟要如何分類呢？

俄國化學家門得列夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1834-1907) (圖 6-15) 將各元素依原子量排列時，發現每隔數個元素，就會出現性質非常相似的元素，因此他就把性質相似的元素歸為同一族，依此建立了週期表。在他的週期表空白處表示有一些元素尚未被發現，他並依這些元



更·上·一·層·樓

門得列夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1834-1907) 是俄國化學家，他建立了元素週期表，不但可以歸納出某些已知元素的共同特性，同時還能預測未知元素的性質。



素所在的族，預測這些元素的性質。數年之後，這些元素（如鎂、銻、鋳）陸續被發現，而且各元素的性質與門得列夫的預測非常吻合，大家才接受週期表的正確性。門得列夫的週期表是依元素的原子量大小排列，但現在通用的週期表則是依原子序大小排列（見封底）。

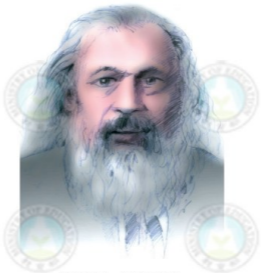


圖 6-15 門得列夫

週期表同一橫列的元素，稱為同一週期；同一直行的元素，稱為同一族或屬，現行的週期表共分 18 族 7 週期。同一族的元素性質非常相似，例如第 1 族元素，包含鋰、鈉、鉀等金屬元素，這些元素活性都很大，容易與空氣中的氧氣發生反應，在冷水中都會產生氫氣及鹼性物質，因此被稱為鹼金屬或鹼金族。第 2 族的元素，包含鈹、鎂、鈣、銦、鋇等金屬元素，通常這些元素的氧化物遇水呈鹼性，且常以化合物形態存在於地殼中，所以這一族被稱為鹼土金屬或鹼土族。週期表第 17 族的元素稱為鹵素，包含氟、氯、溴、碘等非金屬元素，它們是以兩個原子組成的分子，具有毒性，而且有顏色，例如常溫時，氟（ F_2 ）是淡黃色氣體，氯（ Cl_2 ）是黃綠色氣體，溴（ Br_2 ）是暗紅色液體，碘（ I_2 ）是紫黑色固體。週期表第 18 族的元素，包含氦、氖、氬、氙、氡等非金屬元素，常溫時這些元素均為無色氣體，不容易與其他物質發生化學反應，稱為高貴氣體，通常以單原子存在於自然界中。

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。同一族金屬元素的活性隨原子序增大而逐漸變大，例如鈉的活性大於鋰。

除高貴氣體外，同一族非金屬元素的活性隨原子序增大而逐漸變小，所以氯元素的活性大於溴元素，溴元素的活性又大於碘元素。



請接變化球

霓虹燈中填充的氣體元素，屬於週期表中的那一族？

本章結語

原子的結構類似太陽系的結構，
 中心有原子核，
 帶負電的電子環繞著原子核，
 原子核由中子及質子構成，
 數個原子可連結成分子，
 各種不同分子展現出形形色色的特性，
 正如我們這個多樣化的世界，
 神奇且令人驚嘆！



本章摘要

1. 對同一種化合物而言，不論來源為何，其中所含各成分元素間的質量比都是固定的，稱為定比定律（又稱為定組成定律）。
2. 原子說的主要內容：(1)一切物質都是由微小且不能分割的粒子所組成，這種粒子稱為原子。(2)同一種元素的原子，其質量都相同；不同元素的原子質量不相同。(3)當物質發生化學反應時，原子會重新組合成另一種物質，但是原子的質量不會改變，而且原子既不會消失，也不會產生新原子。(4)化合物是由不同元素的原子依一定原子數比化合而成。
3. 原子是由帶正電的原子核與帶負電的電子構成的，電子在原子核外運動。而原子核則是由帶正電的質子和不帶電的中子所構成。一個質子與一個電子所帶的電量相等，但電性相反。在原子中，電子與質子的數目相等，所以原子保持電中性。
4. 質子數是判斷原子種類的主要依據，又稱為原子序。
5. 質子數相同，中子數不同的原子，互為同位素。
6. 兩個或多個原子經由化學鍵的結合形成分子。
7. 能表達分子中所含原子的種類及數目的化學式，稱為分子式。
8. 原子量是以碳-12的原子作為標準，定其原子量為12，其他元素的原子量可以與碳-12原子質量做比較而得到。
9. 分子量就是分子中各原子的原子量總和。
10. 1 莫耳的任何物質都含有 6×10^{23} 個粒子， 6×10^{23} 這個數字稱為亞佛加厥數。
11. 門得列夫的週期表是依元素的原子量大小排列，但現在通用的週期表則是依原子序大小排列。
12. 週期表同一橫列的元素，稱為同一週期；同一直行的元素，稱為同一族或屬，現行的週期表共分 18 族 7 週期。

參考資源

書籍

1. 陳偉民著 (2000)。天才小玩子。臺北市：幼獅。
2. 林雲海著 (1991)。原子博士的科學探險。臺北市：銀禾。
3. 保羅·史查森著 (2003)。門得列夫之夢—從鍊金術到週期表的誕生。臺北市：究竟。

網站

1. 臺師大物理系 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/everydayPhysics/> (2007年1月)
2. 學習加油站 <http://content1.edu.tw/> (2007年1月)
3. 臺北市高中化學科輔導團 <http://venus.hpsh.tp.edu.tw/~chem/> (2007年1月)



第七章 酸鹼鹽



7-1 電解質與pH值

7-2 水溶液的酸鹼性

7-3 鹽的形成





來杯新鮮的果汁吧！
是不是酸酸的呢？
因為水果中含有很多酸性的物質呀！
果汁是酸的，胃藥是鹼性的，
它們的水溶液都可以導電喔！
食鹽水雖然既不是酸性，也不是鹼性，但也可以導電。
本章中將介紹酸、鹼、鹽類以及電解質的性質。

7-1 電解質與 pH 值

電解質

在第四章及 5-4 節我們學到金屬會導電。非金屬元素除了石墨外，其餘並不會導電，那麼化合物的水溶液會不會導電呢？



實驗 7-1 水溶液的導電性

👉 實驗目的：

從化合物的水溶液導電與否，判別何種化合物為電解質？

👉 實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
附鱷魚夾的電線	4 條
直流電源供應器或電池組（6 V）	1 組
小燈泡（2.4 V, 0.7 A, 含燈座）	1 組
碳棒	2 支
燒杯（250 mL）	7 個
電極架（有兩個電極孔的木片）	1 個
洗瓶	1 個
待測水溶液：鹽酸、醋酸、氫氧化鈉、氨水、氯化鈉、蔗糖水（各水溶液濃度大約 0.1 M）各 100 mL 學生自行準備果汁、飲料等	

👉 注意事項：

氫氧化鈉、鹽酸均有腐蝕性，實驗全程應配戴安全眼鏡及橡皮手套，避免眼睛及皮膚觸及這些危險藥品。



實驗步驟：

1. 把電源供應器（或電池組）、燈泡、導線與碳棒電極連接起來（圖1）。



圖1 測試水溶液是否導電的裝置

2. 將待測的水溶液注入燒杯中，再把兩碳棒穿過電極架後，把電極架橫放在燒杯上，使碳棒浸入水溶液中，打開電源，觀察燈泡是否發亮？若會發亮，記錄燈泡明亮程度，觀察兩電極有何現象發生？
3. 用洗瓶裝蒸餾水沖洗電極後，放入另一個待測的水溶液中，重複步驟2。

實驗討論：

1. 為什麼有些水溶液在通入電流後會使燈泡發亮，有些不會？這與水溶液的導電性是否有關？
2. 通電後，燈泡會發亮的水溶液中，那些會使燈泡較明亮？那些會使燈泡較昏黃？
3. 當燈泡發光時，電極附近有何種現象發生？

在實驗 7-1 中，燈泡發亮顯示水溶液可以導電。凡是溶於水能導電的化合物，稱為**電解質**。電解質通常可分為三類：酸、鹼、鹽。鹽酸、醋酸都屬於酸；氫氧化鈉、氨水屬於鹼；氯化鈉屬於鹽。

瑞典化學家阿瑞尼斯（Svante August Arrhenius, 1859-1927，圖 7-1）在 1884 年提出「**電解質解離說**」（Electrolytic theory of dissociation，簡稱為『**電離說**』），對電解質在水溶液中導電的情形提出了解釋。經許多化學家反覆討論與研究，我們對電解質的性質也愈來愈了解。



圖 7-1 阿瑞尼斯

電解質溶於水生成帶電粒子的過程稱為**游離**。帶電的粒子稱為**離子**，**正離子**帶正電，**負離子**帶負電。例如，氯化鈉固體溶於水時，游離生成兩種帶電的離子—鈉離子 Na^+ 及氯離子 Cl^- ，這兩種離子分別帶 1 單位正電荷及 1 單位負電荷。有些離子帶的電荷不只 1 單位，例如鈣離子 Ca^{2+} 帶 2 單位正電荷。有些離子是由含有數個原子組成的原子團帶電形成的，通常稱為「**根**」，如氫氧化鈉游離產生的負離子 OH^- ，稱為**氫氧根**。常見的帶電原子團還有**銨根** NH_4^+ 、**硫酸根** SO_4^{2-} 、**碳酸根** CO_3^{2-} 等。

水溶液中正離子的總電量與負離子的總電量必定相



等，所有的水溶液都保持電中性。例如在氯化鈉水溶液中，帶正電的鈉離子 Na^+ 與帶負電的氯離子 Cl^- 的電荷相等，則其離子數目必相等，換句話說， Na^+ 與 Cl^- 是以1:1的離子數比結合成氯化鈉（ NaCl ）。在氯化鈣水溶液中，每一個帶正電的鈣離子 Ca^{2+} 的電荷是帶負電的氯離子 Cl^- 電荷的2倍，則 Ca^{2+} 數目恰為 Cl^- 數目的一半，換句話說， Ca^{2+} 與 Cl^- 是以1：2的離子數比結合成氯化鈣（ CaCl_2 ）。

當水溶液中插入兩個電極進行電解時，正離子會移向負極，而負離子移向正極（圖7-2），電極表面則有反應發生。所以在實驗7-1中，我們會在電極表面看到氣泡。這些移動的離子使水溶液可以導電。

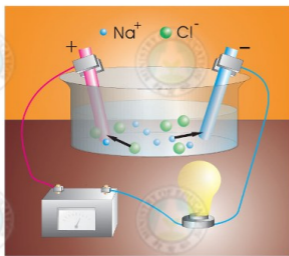


圖 7-2 電解質導電（以氯化鈉水溶液為例）

由於道耳吞的原子說認為原子不可分割，既然不可分割，怎麼會有帶正電與帶負電的離子出現呢？直到1897年湯木生發現原子中有帶負電的電子，大家才明瞭，正離子是由原子或原子團失去電子而形成，負離子則是由原子或原子團得到電子而形成。



演示實驗 7-1 原子、離子變變變

實驗目的：

目睹原子變離子，又變回原子。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
銅片（約1 cm × 3 cm）	1片
稀硫酸（約2 M）	20 mL
酒精燈	1個
鑷子	1把
漏斗及漏斗架	1組
濾紙	1張
大型迴紋針（50 mm，鐵製）	1枚
小燒杯（50 mL）	2個

注意事項：

1. 硫酸有腐蝕性，實驗全程應穿著實驗衣並配戴安全眼鏡，避免眼睛及皮膚觸及硫酸。
2. 本實驗加熱過程，不宜戴上橡皮手套，以免著火時會黏在皮膚上。

實驗步驟：

1. 點燃酒精燈。
2. 教師向學生展示銅片，提醒學生觀察銅片的顏色〔圖1(a)〕。





圖 1 (a) 銅片



圖 1 (b) 加熱後的銅片

3. 用鑷子夾住銅片，放在火焰尖端上加熱約1分鐘，把銅片自火焰移開，向學生展示銅片，提醒學生們觀察加熱後銅表面物質的顏色〔圖1(b)〕。

4. 趁銅片溫度仍高，直接投入裝有20 mL稀硫酸的小燒杯中，注意，臉部不可靠近燒杯。

5. 用鑷子把銅片從燒杯中取出，用水沖乾淨後，重複步驟2~4，共5次。

6. 將小燒杯水溶液過濾，用另一個小燒杯承接濾液，提醒學生注意濾液顏色（圖2）。

7. 取大型迴紋針1枚，提醒學生先注意整枚迴紋針的顏色。把迴紋針末端浸入濾液中（圖3）。靜置約1分鐘後，觀察水溶液顏色深淺有何變化？以鑷子夾出迴紋針，用清水沖洗後，將迴紋針交給學生傳看，再提醒學生觀察迴紋針末端析出物質的顏色（圖4）。



圖 2 加熱過的銅片與稀硫酸反應後的濾液



圖3 迴紋針末端浸入濾液中



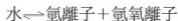
圖4 迴紋針末端有銅析出

同一種元素的原子與離子，可能只相差一個或數個電子，但性質全然不同。例如金屬鈉Na在水中反應會產生氫氣（參看第四冊8-3節）；但我們作為調味料的食鹽，含有鈉離子 Na^+ ，在水中卻非常安定，不會與水發生化學反應。

在演示實驗中，銅片在空氣中受熱變成銅的氧化物，銅的氧化物與稀硫酸反應，生成硫酸銅水溶液，含有帶正電的 Cu^{2+} 及帶負電的 SO_4^{2-} ，因為 Cu^{2+} 在水中呈藍色，所以硫酸銅水溶液呈藍色。 Cu^{2+} 是由原來銅片中的銅原子Cu失去兩個電子而形成的，但兩者的顏色與性質都不同，後來 Cu^{2+} 又由鐵製的迴紋針得到兩個電子，變回銅原子而附著在鐵製的迴紋針上。水溶液中的 Cu^{2+} 濃度減少，藍色變淡。

pH值

其實水分子 H_2O 本身也會發生游離，放出極少數的氫離子 H^+ 和氫氧離子 OH^- ：



在純水中， H^+ 和 OH^- 的濃度一樣大，因此水是中性。如果在水中添加中性物質如食鹽，水中 H^+ 的濃度和 OH^- 的濃度都不改變；如果水中添加酸性物質如鹽酸，則水中 H^+ 的濃度會增大， OH^- 的濃度會減小；如果水中添加鹼性物質如氫氧化鈉，則水中 H^+ 的濃度會減小， OH^- 的濃度會增大。

水溶液的酸鹼性常以pH值來表示， H^+ 的濃度要如何換算成pH值呢？當水溶液中 H^+ 的濃度（可用 $[H^+]$ 表示）等於 $1 \times 10^{-a} M$ 時，該水溶液的pH值就是a。pH = 7的水溶液， $[H^+] = 1 \times 10^{-7} M$ ；pH = 6的水溶液， $[H^+] = 1 \times 10^{-6} M$ 。所以後者的 H^+ 濃度是前者的10倍。

25°C時，中性水溶液的pH值為7。 H^+ 濃度每增加為10倍，pH值減1； H^+ 濃度每減小為1/10倍，pH值增1。如果有一水溶液中 H^+ 的濃度是25°C中性水溶液的0.01 (10^{-2})倍，則pH定為9，依此類推。



請接變化球

1個鈉離子 (Na^+) 是由鈉原子得到或失去幾個電子形成的？
1個鈣離子 (Ca^{2+}) 是由鈣原子得到或失去幾個電子形成的？

7-2 水溶液的酸鹼性

紅鳳菜是一種常見的蔬菜〔圖 7-3(a)〕，用熱水浸泡紅鳳菜後可以得到紫紅色的菜汁。把菜汁分成三瓶後，左邊那一瓶滴加了數滴白醋，右邊那一瓶加入一小撮洗衣粉，中間那一瓶是原來的菜汁。結果三瓶的顏色都不一樣，為什麼？

紅鳳菜含有天然色素，會在酸性及鹼性中呈現不同的顏色，這種色素可以作為酸鹼指示劑。因為我們滴入的白醋是酸性，洗衣粉溶於水呈鹼性，所以圖 7-3(b)中三瓶水溶液分別呈現紅鳳菜汁在酸性、中性、鹼性溶液中的顏色。




圖 7-3 (a) 紅鳳菜 (b) 三杯菜汁由左而右分別呈現紅鳳菜汁在酸性、中性、鹼性溶液中的顏色。



實驗 7-2 酸鹼指示劑

實驗目的：

了解酸鹼指示劑遇到不同酸鹼性的水溶液時的顏色變化。

 **實驗器材：**（每組）

器材與藥品	數量
量筒（10 mL）	1支
試管架	1個
玻璃棒	5支
石蕊試紙（紅、藍色）	各5張
氫氧化鈉（1 M）	5 mL
試管	5支
滴管	5支
廣用試紙	5張
稀鹽酸（1 M）	5 mL
酚酞指示劑	數滴

 **注意事項：**

1. 鹽酸與氫氧化鈉有腐蝕性，實驗全程應配戴安全眼鏡及橡皮手套，避免眼睛及皮膚觸及鹽酸。
2. 實驗過程中，如果眼睛或皮膚不慎遭強酸或強鹼濺到，應立即以大量清水沖洗，並報告老師。

 **實驗步驟：**

1. 取五支試管，分別標上A、B、C、D、E，各試管中均加入5 mL蒸餾水。A試管中滴1滴稀鹽酸，用玻璃棒攪拌均勻後，由A試管中取出1滴水溶液，滴入B試管中。E試管中滴1滴氫氧化鈉水溶液，用玻璃棒攪拌均勻後，由E試管中取出1滴水溶液，滴入D試管中。
2. 將上列試管內水溶液用玻璃棒攪拌均勻，各試管之玻璃棒不可混用。
3. 用5支玻璃棒的末端沾取各溶液，分別接觸5張廣用試紙，觀察並記錄試紙顏色（圖1）。

4. 用紅、藍色石蕊試紙各5張代替廣用試紙，重複步驟3，記錄試紙顏色（圖2）。

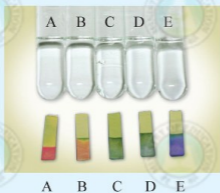


圖1 五張廣用試紙的顏色比較
（由左至右依次為A~E）

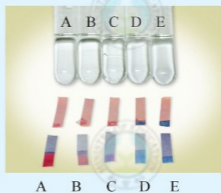


圖2 紅色及藍色石蕊試紙的顏色比較

5. 在5支試管中各滴入1滴酚酞指示劑，記錄試管裡水溶液的顏色（圖3）。



圖3 五種水溶液滴加酚酞指示劑後的顏色比較

實驗討論：

1. 試管A、B同樣含有稀鹽酸，以廣用試紙檢驗的結果，顏色是否相同？為什麼？

在實驗 7-2 中，我們使用了廣用試紙、石蕊試紙和酚酞指示劑。酚酞指示劑在酸性及中性水溶液中呈無色，在鹼性水溶液中呈桃紅色；石蕊試紙在酸性水溶液中呈紅色，在鹼性水溶液中呈藍色。在中性水溶液中，紅色及藍色石蕊試紙都不變色。另一種實驗室中常用的指示劑酚紅，它在酸性水溶液中呈現黃色，在鹼性水溶液中呈現紅色。

實驗 7-2 的試管 A、B 都裝了稀鹽酸，但試管 A 裡的稀鹽酸濃度較 B 大。同理，試管 D、E 都裝了鹼性的氫氧化鈉水溶液，但試管 E 裡的氫氧化鈉濃度較 D 大。廣用試紙在不同 pH 值會呈現不同顏色，只要對照包裝盒上的色碼表（圖 7-4），就可以知道溶液的 pH 值。



圖 7-4 廣用試紙包裝盒上的色碼表

在 25°C 時， $\text{pH} = 7$ 的水溶液為中性； $\text{pH} < 7$ 的水溶液為酸性，且 pH 值愈小，表示 H^+ 的濃度愈大； $\text{pH} > 7$ 的水溶液為鹼性，且 pH 值愈大，表示 H^+ 的濃度愈小。無論水溶液酸鹼性如何變化， H^+ 與 OH^- 必同時存在。

酸性的水溶液中， H^+ 的濃度比 OH^- 的濃度大；鹼性的水溶液中， OH^- 的濃度比 H^+ 的濃度大。酸鹼中和時，



溫度一定時，水溶液中 OH^- 的濃度（可用 $[\text{OH}^-]$ 表示）會隨 $[\text{H}^+]$ 而改變。例如在 25°C 左右時，水溶液中 $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ ，此一數值只受溫度影響，不因水溶液之酸鹼性而改變，當 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 時， $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ ，兩者濃度相等，恰為中性。當溫度不變，而水溶液中加入酸性物質使 $[\text{H}^+]$ 增大為 $1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 時， $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-8} \text{ M}$ ，兩者的乘積仍為 1×10^{-14} 。

酸中的 H^+ 與鹼中的 OH^- 反應產生水，同時使水溫上升。

由於大氣中含有大量的二氧化碳(CO_2)，故正常雨水本身略帶酸性，pH值約為5.6，但近代工業社會因工廠及汽機車、火力發電廠等大量燃燒汽油、柴油及煤炭等燃料，造成空氣中增加了許多酸性物質，使得雨水的pH值下降。一般而言，當雨水pH值小於5時，稱為酸雨。酸雨對人體健康、農作物產量、生態環境均有不良的影響。

日常生活常見的物質中，屬酸性的包括食醋、檸檬汁、汽水等；屬中性的包括蒸餾水、食鹽($NaCl$)水溶液等；遇水呈鹼性的包括牙膏、洗衣粉、胃藥等。圖7-5列舉了一些常見物質的pH值。事實上，生活中的許多物質的pH值未必是一固定值，例如健康的人排出的尿液，其pH值在5~8之間，圖7-5中，僅以其約略值表示。

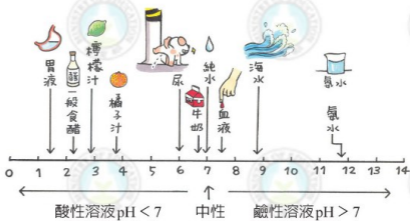


圖7-5 常見物質的pH值

實驗室中常見的酸性水溶液包括鹽酸(HCl)、硝酸(HNO_3)、硫酸(H_2SO_4)、醋酸($C_2H_4O_2$)水溶液等。

鹽酸具有刺激性臭味，對皮膚、眼睛有強烈腐蝕性，可用於清洗金屬的鏽斑；但在人體裡，稀鹽酸卻也是胃酸的重要成分。硝酸在工業上常用於製造火藥，可腐蝕銅、

銀等金屬。醋酸是食醋的主要成分，在第四冊第九章將介紹它的性質與反應。濃硫酸是工業上用途很廣的酸，有很強的脫水性，當餅乾上滴加數滴濃硫酸時，餅乾脫水變成炭（圖 7-6）。稀釋濃硫酸時，一定要把濃硫酸緩緩加入水中，若不慎把少量水加入濃硫酸中，會造成硫酸飛濺，發生危險。



(a) 滴加濃硫酸前

(b) 滴加濃硫酸後

圖 7-6 濃硫酸有很強的脫水性，可使餅乾脫水變成炭。

一般而言，酸性水溶液具有下列通性：

- (1) 酸性水溶液可以使廣用試紙呈紅、橙或黃色，使石蕊試紙呈紅色，使酚酞指示劑呈無色。
- (2) 稀薄的酸性水溶液會與鐵、鋅或鎂等活性大的金屬反應，產生氫氣。
- (3) 酸性水溶液與大理石或貝殼等碳酸鹽類反應，可產生二氧化碳氣體（見第四冊 8-2 節實驗）。
- (4) 酸性水溶液會導電。

實驗室中常見的氫氧化鈉（ NaOH ）、氨（ NH_3 ）的水溶液等物質溶於水會呈現鹼性。氫氧化鈉是白色固體，很容易溶於水，對皮膚有腐蝕性，又稱為苛性鈉或燒鹼。氨是無色有刺激性臭味的氣體，極易溶於水中，水溶液可作為家庭清潔劑。

一般而言，鹼性水溶液具有下列通性：

- (1) 鹼性水溶液可以使廣用試紙呈藍色、靛或紫色，使石蕊試紙呈藍色，使酚酞指示劑呈桃紅色。
- (2) 鹼性水溶液摸起來有滑膩感。
- (3) 鹼性水溶液會導電。



請接變化球

某班級擔任廁所的打掃工作，打掃的同學不小心把清潔用的鹽酸滴落在大理石地板上時，發現地板冒出氣泡，試問冒出的是什麼氣體？



7-3 鹽的形成



圖 7-7 臺南七股鹽山

哇！這麼多雪白的食鹽。這是臺南七股的鹽山（圖 7-7），這些食鹽全部是由海水經日曬而得到的。

鹽的種類非常多，食鹽只是其中一種。酸與鹼相遇時會產生鹽與水，同時放出熱，這種反應稱為**中和**。接下來，我們將在下列實驗中，學習以**酸鹼中和**製造食鹽的方法。



更·上·一·層·樓

被蚊蟲叮咬，皮膚會紅腫而且覺得癢，因為蚊蟲在叮咬你的時候，同時在你的皮膚注入了蟻酸（又稱甲酸，將在第四冊第九章介紹）。這時候只要在紅腫的部位塗上一點氨水，酸與鹼發生反應，紅腫癢癢的症狀就會減輕喔！



實驗 7-3 酸鹼中和

實驗目的：

觀察酸鹼中和時伴隨的放熱現象，並了解鹽是中和後的產物。

實驗器材：（每組）

器材與藥品	數量
氫氧化鈉水溶液（約2 M）	10 mL
稀鹽酸（約2 M）	10 mL
蒸發皿	1個
滴定管	2支
廣用試紙	數張
酒精燈	1個
玻璃棒	1支
陶瓷纖維網	1張
鐵架（附滴定管夾及滴定管）	1組
量筒（10 mL）	1支
燒杯（250 mL）	2個
漏斗	1個
錐形瓶	1個
溫度計	1支
三腳架	1個

注意事項：

1. 氫氧化鈉、鹽酸均有腐蝕性，實驗全程應配戴安全眼鏡及橡皮手套，避免眼睛及皮膚觸及這些危險藥品。



2. 滴定管宜使用鐵氟龍開關，若無鐵氟龍開關之滴定管，可選用適合酸性溶液的滴定管（玻璃開關）。

實驗步驟：

1. 在錐形瓶內倒入氫氧化鈉水溶液 5 mL，用玻璃棒沾取水溶液，輕觸廣用試紙，觀察並記錄試紙的顏色。
2. 用溫度計測量錐形瓶內水溶液的溫度。
3. 稀鹽酸約 10 mL 經由漏斗倒入滴定管中（圖 1），再將架有滴定管的鐵架放回桌面，滴入稀鹽酸約 5 mL 在錐形瓶中（圖 2），迅速搖動錐形瓶數下，然後放入溫度計，每隔 30 秒記錄溫度一次，連續記錄 3 分鐘。



圖 1 稀鹽酸經由漏斗倒入滴定管



圖 2 把鹽酸滴入錐形瓶內

4. 用玻璃棒蘸取錐形瓶內水溶液，輕觸廣用試紙，記錄試紙的顏色。如果試紙仍呈藍色，則再逐滴加入稀鹽酸，直到廣用試紙呈中性或酸性的顏色為止。
5. 把錐形瓶內水溶液倒入蒸發皿內，放在三腳架與陶瓷纖維網上方，用酒精燈加熱（圖3），直到蒸發皿內的水溶液被蒸乾，觀察蒸發皿內是否有殘餘的固體，若蒸發過程有液體濺出，可取一漏斗倒置在蒸發皿上。



圖3 加熱蒸發皿內的水溶液

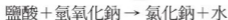
實驗討論：

1. 中和反應時，溶液的溫度會上升還是下降？中和反應是放熱反應還是吸熱反應？
2. 滴入稀鹽酸之後，錐形瓶內水溶液的pH值會變大或變小？
3. 加熱後，殘餘在蒸發皿內的固體是什麼物質？



酸鹼中和會產生鹽類和水，在本實驗中，氫氧化鈉與鹽酸反應後，產生氯化鈉和水。酸鹼中和並不是製造鹽類唯一的方法，事實上製造鹽類的方法非常多，無法一一列舉，以下僅列出數種實驗室中製造鹽類的常用方法。

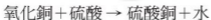
1. 酸鹼中和，如：



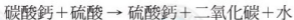
2. 鎂、鋅、鐵等活性大的金屬與酸反應，如鋅與稀鹽酸的反應



3. 金屬氧化物與酸反應，我們曾在7-1節介紹下列反應：



4. 碳酸鹽類與酸反應，如碳酸鈣（大理石與貝殼的主要成分）與硫酸的反應。



在日常生活及工業上，有許多重要鹽類，我們將選擇數種常見鹽類作一簡單介紹。

氯化鈉（NaCl）俗稱食鹽，可當作調味品，食物若以濃食鹽水泡製或抹上大量食鹽，往往可以保存較久，例如鹹蛋（圖7-8）或蘿蔔乾等醃製食品。嘉南地區因臨近海洋且日照充足，曾是海鹽重要產地，但近年因由別的国家進口的食鹽成本更低，鹽田大多不再從事生產，而轉型成為觀光景點。



圖 7-8 鹹蛋

碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 俗稱為小蘇打，作為胃藥成分，可中和胃酸。因為碳酸鹽類遇酸會放出二氧化碳，所以小蘇打可作為發粉，產生的二氧化碳會使麵團膨脹，使烘焙出來的麵包、饅頭變得鬆軟好吃。利用相同的原理，可以製成酸鹼滅火器（圖 7-9），滅火器內裝滿碳酸氫鈉水溶液，上面有一個盛有濃硫酸的小瓶。使用時，把滅火器倒置，硫酸流出與碳酸氫鈉溶液反應，生成二氧化碳氣體，挾帶水溶液噴出即可滅火。

碳酸鈣 (CaCO_3) 俗稱灰石，是大理石、貝殼的主要成分，不易溶於水，遇酸會放出二氧化碳。碳酸鈣受熱會分解產生二氧化碳及石灰 (CaO)，石灰是重要的建築材料。在本套書第二冊第十一章曾提到方解石遇酸會產生氣泡，方解石的成分是碳酸鈣，所以遇酸會產生二氧化碳氣泡。

硫酸鈣 (CaSO_4) 是石膏的主要成分，石膏可作為塑像（圖 7-10）及骨科包紮固定用。傳統上製造豆腐時，會在豆漿中加入石膏，使豆漿凝固為豆腐。



圖 7-9 酸鹼滅火器



圖 7-10 石膏像





請接變化球

宏章拿出一瓶胃散，從瓶上的標示知道主要成分是碳酸氫鈉。他把一匙胃散放在碗裡，然後一手捧住碗底，一面滴加數毫升食醋在胃散上，發現有氣體產生。試寫出此一氣體的分子式。宏章放在碗底的手，會感受到溫度上升還是下降？

本章結語

原子或原子團如果得到額外的電子或失去電子，就會變成帶電的離子。

電解質在水溶液中游離成離子，因此可以導電。

電解質可分為酸、鹼、鹽三類。

我們生活周遭有許多酸、鹼、鹽，

今後可要好好觀察它們的性質喔！

本章摘要

1. 凡是溶於水能導電的化合物，稱為電解質。電解質溶於水生成帶電粒子的過程稱為游離。帶電的粒子稱為離子，正離子帶正電，負離子帶負電。
2. 同一種元素的原子與離子，可能只相差一或數個電子，但性質全然不同。
3. 水也會游離產生氫離子和氫氧離子： $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 。
4. 當水溶液中 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-a} \text{M}$ 時，該水溶液的pH值就是a。
5. 在 25°C 時， $\text{pH} = 7$ 的水溶液為中性； $\text{pH} < 7$ 的水溶液為酸性，且pH值愈小，表示 H^+ 的濃度愈大； $\text{pH} > 7$ 的水溶液為鹼性，且pH值愈大，表示 H^+ 的濃度愈小。
6. 某些天然色素，會在酸性及鹼性中呈現不同的顏色，這種色素可以作為酸鹼指示劑。
7. 一般而言，酸性水溶液有下列通性：
 - (1) 酸性水溶液可以使廣用試紙呈紅、橙或黃色，使石蕊試紙呈紅色，使酚酞指示劑呈無色。
 - (2) 多數稀薄的酸性水溶液會與鐵、鋅或鎂等活性大的金屬反應，產生氫氣。
 - (3) 酸性水溶液與大理石或貝殼等碳酸鹽類反應，可產生二氧化碳氣體。
 - (4) 酸性水溶液會導電。
8. 一般而言，鹼性水溶液有下列通性：
 - (1) 鹼性水溶液可以使廣用試紙呈藍、靛或紫色，使石蕊試紙呈藍色，使酚酞指示劑呈桃紅色。
 - (2) 鹼性水溶液摸起來有滑膩感。
 - (3) 鹼性水溶液會導電。
9. 酸與鹼相遇時會產生鹽與水，同時放出熱，這種反應稱為中和。



參考資源

書籍

1. 東方編輯部著 (1994)。漫畫科學小百科。臺灣：東方。
2. E. R. Churchill 著；林佳蓉譯 (1999)。365 個簡單有趣的科學實驗。臺灣：方智。
3. 蘇瓦滋著；葉偉文譯 (2004)。蘇老師化學黑白講。臺北市：天下文化。

網站

1. 學習加油站 <http://content1.edu.tw/> (2007年1月)
2. 臺北市華江高中 <http://www.hcsh.tp.edu.tw/~nat16/> (2007年1月)



中文名詞索引

第一章

名詞	頁碼
發明	10
設計	11
改善	12
需求	13

第二章

名詞	頁碼
功能	37
材料	37
結構	37
製作方法	37
造型	37
色彩	37
等角	46
正投影視圖	49

第三章

名詞	頁碼
熱脹冷縮	59
攝氏溫標 (°C)	59
華氏溫標 (°F)	59
冰點	59
熔點	59

沸點	60
熱量	65
熱平衡	65
卡 (calorie)	65
比熱 cal/g · °C	66
物理變化	70
化學變化	70
大卡	70
熱傳導	77
熱的良導體	77
對流	78
輻射	80

第四章

名詞	頁碼
固態	88
液態	88
氣態	88
物質三態	88
物質三相	88
熔化	89
熔點	89
沸騰	89
沸點	89
昇華	90





物理變化	90
導電性	95
導熱性	95
彈性	95
延展性	95
物理性質	96
化學性質	96
物理變化	97
熔化	97
汽化	97
凝固	97
凝結	97
昇華	97
熱脹冷縮	97
化學變化	98
半導體	98
熱膨脹現象	105
熱縮冷脹	105
水溶液	108
溶劑	108
溶質	108
濃度	109
重量百分濃度	109
溶解度平衡	110

飽和溶液	110
未飽和溶液	110

第五章

名詞	頁碼
氧氣	120
氮氣	121
二氧化碳	121
蒸乾	123
過濾	123
蒸餾	123
元素	127
半導體	140

第六章

名詞	頁碼
定比定律	150
原子說	151
電子	153
原子核	153
質子	153
中子	153
質量數	154
原子序	154
同位素	154



中文名詞索引

化學鍵	157
化學式	160
分子式	160
質量	163
原子量	163
週期表	163
分子量	164
莫耳	165
亞佛加厥數	165
顆粒計數	167
容積莫耳濃度	167
週期	171
族	171
屬	171
鹵素	171
高貴氣體	171

第七章

名詞	頁碼
電解質	180
電離說	180
游離	180
離子	180
正離子	180
負離子	180

中和	193
酸鹼中和	193



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1章章前圖		田孟淳
圖 1-1 (a)	森林大火	達志影像公司
圖 1-1 (b)	升火	田孟淳
圖 1-2 (a)	鼎	故宮博物院
圖 1-2 (b)	電鍋	大同股份有限公司
圖 1-3 (a)	萬虎嘗試升空	許孟霖
圖 1-3 (b)	火箭發射升空	達志影像公司
圖 1-4 (a)	手提音響	徐式寬
圖 1-4 (b)	MP3	沈弘俊
圖 1-5 (a)	從臺北到高雄交通的時間，因為交通工具的發展而大大縮短(柱狀圖)	洪御誌
圖 1-5 (b)	從臺北到高雄交通的時間，因為交通工具的發展而大大縮短(高鐵手繪圖)	田孟淳
圖 1-6 (a)	行動電話	田孟淳
圖 1-6 (b)	家用電話	田孟淳
圖 1-7 (a)	虎克顯微鏡	國立編譯館
圖 1-7 (b)	光學顯微鏡	陳麗美
圖 1-7 (c)	掃描式電子顯微鏡	吳杰穎
圖 1-7 (a1)	軟木塞細胞	國立編譯館
圖 1-7 (b2)	細胞進行有絲分裂	達志影像公司
圖 1-7 (c1)	花粉立體構造	陳淑華
圖 1-8	燈泡的構造示意圖	田孟淳
圖 1-9	燈泡發明的過程，投入了許多人力物力	田孟淳
圖 1-10	自來水要成為乾淨安全的用水，需要經過許多處理過程	田孟淳
圖 1-11	座落於臺灣大學的綠房子	韓選棠
第2章章前圖		許孟霖
圖 2-1	人每天都一直在做思考的活動	田孟淳
圖 2-2	思考周遭可用的資源是解決問題的關鍵因素	田孟淳
圖 2-3	解決問題的步驟	洪國峰
圖 2-4	科技的發展使人類解決問題的方法一直在改變	田孟淳
圖 2-5	光碟收納櫃一	許家睿
圖 2-6	光碟收納櫃二	許家睿
圖 2-7	光碟收納櫃三	許家睿
表 2-1	三種光碟收納櫃的功能比較	耿建興
表 2-2	三種光碟收納櫃的造型比較	耿建興
表 2-3	三種光碟收納櫃的色彩比較	耿建興
圖 2-8 (a)	常用的製圖工具(圓形模板)	洪國峰
圖 2-8 (b)	常用的製圖工具(橢圓形模板)	洪國峰
圖 2-8 (c)	常用的製圖工具(曲線板)	洪國峰
圖 2-8 (d)	常用的製圖工具(針筆組)	洪國峰
圖 2-8 (e)	常用的製圖工具(製圖鉛筆)	洪國峰
圖 2-8 (f)	常用的製圖工具(圓規組)	洪國峰

圖 2-8 (g)	常用的製圖工具 (丁字尺)	洪國峰
圖 2-8 (h)	常用的製圖工具 (三角板)	洪國峰
圖 2-8 (i)	常用的製圖工具 (擦線板)	洪國峰
圖 2-9	等角圖的三軸	洪國峰
圖 2-10 (a)	L 型圖	章瑞珍
圖 2-10 (b)	繪製等角圖的步驟	洪國峰
圖 2-11	斜視圖的三軸	洪國峰
圖 2-12	繪製斜視圖的步驟	洪國峰
圖 2-13	物件的前視圖、俯視圖、右側視圖	洪國峰
圖 2-14	圓柱體的正投影視圖	洪國峰
圖 2-15	L 型的正投影視圖	洪國峰
圖 2-16	繪製正投影三視圖的步驟	洪國峰
表 2-4	線條的種類與用途	洪國峰
圖 2-17	正投影多視圖的尺度標注說明	洪國峰
第 3 章章前圖	海豹	達志影像公司
圖 3-1	酒精溫度計	李柏翰
圖 3-2	水銀溫度計	李柏翰
圖 3-3	耳溫槍	陳義裕
圖 3-4	食物溫度計	陳義裕
圖 3-5	攝氏溫標與華氏溫標對照圖	陳義裕
實驗 3-1 圖 1	酒精燈的正確使用方法	田孟淳
實驗 3-1 圖 2	錐形瓶滴入紅墨水搖晃均勻	黃俊輝
實驗 3-1 圖 3	將錐形瓶浸入冰水中冷卻	黃俊輝
實驗 3-1 圖 4	將錐形瓶浸入燒杯中加熱	黃俊輝
圖 3-6	寒流來襲身上的熱量特別容易散失到外界環境中	李柏翰
實驗 3-2 圖 1	鋁杯裝水 100 公克加熱測量溫度變化	黃俊輝
實驗 3-2 圖 2	鋁杯裝砂 100 公克加熱測量溫度變化	黃俊輝
圖 3-7	一塊蛋糕、一杯咖啡	田孟淳
圖 3-8(a)(b)	粒子振動，物體溫度最後變成相同	陳義裕
圖 3-9	家中的湯匙或鍋鏟	楊凱惟
實驗 3-3 圖 1	加熱金屬棒 (a) (b)	黃俊輝
實驗 3-3 圖 2	熱的對流實驗	黃俊輝
實驗 3-3 圖 3	在試管的上部加熱	黃俊輝
實驗 3-3 圖 4	在試管的底部加熱	黃俊輝
實驗 3-3 圖 5	包黑布於溫度計底部的熱輻射	黃俊輝
實驗 3-3 圖 6	包白布於溫度計底部的熱輻射	黃俊輝
圖 3-10	海豹	達志影像公司
圖 3-11	室內冷氣機要裝在上方	陳義裕
圖 3-12	陸地比熱小，海水比熱大	陳義裕
圖 3-13	北極熊	達志影像公司
圖 3-14	中間有熱燈管的電熱器	陳義裕
圖 3-15	保溫瓶的設計可阻絕熱傳播之三種機制示意圖	陳義裕
第 4 章章前圖	鑽石	達志影像公司
圖 4-1	水循環示意圖	田孟淳



圖4-2	溫度改變物質之三態變化示意圖	陳義裕
實驗4-1圖1	食物溫度計	李柏欽
實驗4-1圖2	食鹽、冰塊、果汁、保利輪盒。	李柏欽
實驗4-1圖3	冰棒袋、小木棒	李柏欽
實驗4-1圖4	將果汁裝入冰棒袋中，利用食物溫度計測量其溫度。	李柏欽
實驗4-1圖5	將冰棒袋放入保利輪盒中降溫，並用食物溫度計量測溫度。	李柏欽
實驗4-1圖6	蓋上保利輪蓋降溫20-40分鐘	李柏欽
實驗4-1圖7	果汁冰棒完成	李柏欽
圖4-3	易開罐上有水滴形成	柯曉東
圖4-4	愚人金(黃鐵礦)	陳慧莉
圖4-5	硬度奇高的鑽石	達志影像公司
圖4-6	石墨	陳慧莉
圖4-7	鋼線	柯曉東
圖4-8	鋁的延展性好	李柏翰
圖4-9	彈簧具有良好的彈性	陳義裕
圖4-10	黏土變形後不會恢復原狀	柯曉東
圖4-11 (a)(b)	乾冰昇華是一種物理變化	(a)李柏翰 (b)陳義裕
圖4-12	廟宇燃燒紙錢是一種化學變化	李柏翰
實驗4-2圖1	濾紙摺疊步驟	陳義裕
實驗4-2圖2	食鹽與砂粒混合	黃俊輝
實驗4-2圖3	食鹽與砂粒混合物分離裝置圖	黃俊輝
演示實驗4-2圖1	碘昇華	黃俊輝
圖4-13	好吃的爆玉米花	田孟淳
圖4-14	自行車爆胎	田孟淳
圖4-15	(a)(b) 乒乓球	陳義裕
圖4-16	結冰後的湖水浮在水上面，延緩了繼續結冰的速率	陳義裕
實驗4-3圖1	氣體體積隨著溫度上升而膨脹	黃俊輝
圖4-17	泡茶(a)(b)(c)	黃俊輝
圖4-18	酒是水溶液	楊凱惟
圖4-19	溶液達到溶解度平衡(a)(b)(c)	劉柏甫
實驗4-4圖1	以橡皮塞蓋住試管口，搖動試管	田孟淳
實驗4-4圖2	三支試管裡的溶液顏色深淺不一樣	黃俊輝
實驗4-4圖3	水浴法加熱試管	葉品好
圖4-20	把汽水存放在冰箱裡有助二氧化碳溶於水中	楊凱惟
第5章章前圖	爐火燃燒	楊凱惟
圖5-1	食品真空包裝	楊凱惟
圖5-2	冒泡的汽水	賴敏哲
圖5-3	用濾紙就可把茶葉和水分開	楊凱惟
實驗5-1圖1	蒸餾墨水的裝置	葉品好
圖5-4	藍色氯化亞鉻試紙(左)遇水變紅色(右)	柯曉東
圖5-5	海洋蘊涵大量的水	陳義裕
實驗5-2圖1	水的電解示意圖	葉品好

實驗 5-2 圖 2	以火柴餘燼檢查 A 試管內的氣體	黃俊輝
實驗 5-2 圖 3	以燃燒的火柴檢查 B 試管內的氣體	黃俊輝
圖 5-6	銀是金屬，常溫時是固體	達志影像公司
圖 5-7	碘是非金屬，常溫時是固體	柯曉東
圖 5-8	霓虹燈裡的氬是非金屬元素	達志影像公司
圖 5-9	汞是金屬，常溫時是液態	柯曉東
圖 5-10	溴是非金屬，常溫時是液態	劉緒宗
圖 5-11	鋁箔包	黃俊輝
圖 5-12	鋁門窗	賴敬哲
圖 5-13	暴露於空氣中會使銅的表面生成銅綠	劉琪彬
圖 5-14	背面塗了銀膜的平面鏡	陳義裕
圖 5-15	鋼是現代建築的主要材料	達志影像公司
圖 5-16	硫酸銅晶體	黃俊輝
圖 5-17	純金是黃色、有光澤的金屬	李柏翰
圖 5-18(a)	日光燈管	賴敬哲
圖 5-18(b) (c)	(b)省電燈炮 (c)水銀電池	楊凱惟
圖 5-19	燈泡中的鎢絲	黃俊輝
圖 5-20	砂晶圖	達志影像公司
圖 5-21	溴水與溴的四氯化碳溶液	黃俊輝
圖 5-22	碘的四氯化碳溶液、碘酒、碘遇澱粉水溶液呈藍色	黃俊輝
圖 5-23	馬槽噴氣口的硫	陽明山國家公園
圖 5-24(a)	石墨礦	楊凱惟
圖 5-24(b)	金鋼石	達志影像公司
史上一層樓	碳 60 分子像足球	葉品好
圖 5-25	活性炭口罩	楊凱惟
圖 5-26	紅磷	柯曉東
活動 5-1 圖 1	發揮你的觀察力	田孟淳
第 6 章章前圖	海洋	紐西蘭觀光局
圖 6-1(a)	孔雀石	達志影像公司
圖 6-1(b)	銅像上的銅鏽	達志影像公司
圖 6-2	道耳吞	奇易多媒體
圖 6-3	行星式原子模型示意圖	葉品好
圖 6-4	氫、氖、氬示意圖	葉品好
圖 6-5	巨蛋棒球場	達志影像公司
圖 6-6	N_2 、 O_2 、 CO_2 分子	陳偉民
活動 6-1 圖 1	水分子模型	陳偉民
活動 6-1 圖 2	電解水前後的分子模型	陳偉民
活動 6-1 圖 3	二氧化碳分子模型	陳偉民
圖 6-7	燃燒木炭與呼吸時產生之二氧化碳	陳偉民
圖 6-8	氫、氧、水分子模型圖	陳偉民
圖 6-9(a)	氫氧化鈉是實驗室常用的鹼	黃俊輝
圖 6-9(b)	銅受熱產生黑色氧化銅	黃俊輝
圖 6-9(c)	二氧化錳加入雙氧水裡可加速反應	黃俊輝



圖6-10	元素的原子量可由封底的週期表查到	賴敏哲
圖6-11	亞佛加厥	奇易多媒體
圖6-12	粉筆和原子筆的數目相等，質量或體積卻不相等	黃俊輝
圖6-13(a)(b)	1莫耳的碳原子和1莫耳的硫原子	黃俊輝
圖6-14	大賣場	達志影像公司
圖6-15	門得列夫	奇易多媒體
第7章章前圖	新鮮的果汁	楊凱惟
實驗7-1圖1	測試水溶液是否導電的裝置	柯曉東
圖7-1	阿瑞尼斯	奇易多媒體
圖7-2	電解質導電	葉品好
演示實驗7-1圖1	(a)銅片 (b)加熱後的銅片	柯曉東
演示實驗7-1圖2	加熱過的銅片與稀硫酸反應後的濾液	柯曉東
演示實驗7-1圖3	迴紋針末端浸入濾液中	柯曉東
演示實驗7-1圖4	迴紋針末端有銅析出	柯曉東
圖7-3	(a)紅鳳菜 (b)三杯菜汁	陳偉民
實驗7-2圖1	五張廣用試紙的顏色比較	黃俊輝
實驗7-2圖2	紅藍色石蕊試紙的顏色比較	黃俊輝
實驗7-2圖3	五種水溶液滴加酚酞指示劑後的顏色比較	黃俊輝
圖7-4	廣用試紙包裝盒上的色碼表	柯曉東
圖7-5	常見物質的pH值	田孟淳
圖7-6(a)(b)	濃硫酸可使餅乾脫水變成炭	柯曉東
圖7-7	臺南七股鹽山	賴敏哲
實驗7-3圖1	稀鹽酸經由漏斗倒入滴定管	黃俊輝
實驗7-3圖2	把鹽酸滴入錐形瓶內	黃俊輝
實驗7-3圖3	加熱蒸發皿內的水溶液	黃俊輝
圖7-8	鹹蛋	陳偉民
圖7-9	酸鹼滅火器	田孟淳
圖7-10	石膏像	張曉琪
更上一層樓小圖示		陳義裕
請接變化球小圖示		陳義裕
回想與連結小圖示		劉柏甫
元素週期表		中國化學會提供， 賴敏哲重製

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/>

元素週期表



1	IA	1	1	H 氫 1.008	2	IIA	2	2	He 氦 4.003	18	VIIIA	18	18	Ar 氬 39.95	36	Kr 氪 83.80	54	Xe 氙 131.3	86	Rn 氡 (222)																																																																			
2		3	Li 鋰 6.941	4	B 硼 10.81	5	B	5	B 硼 10.81	13	IIIA	13	13	B 硼 10.81	14	C 碳 12.01	15	N 氮 14.01	16	O 氧 16.00	17	F 氟 19.00	18	Ne 氖 20.18																																																															
3		11	Na 鈉 22.99	12	Mg 鎂 24.31	13	Al 鋁 26.98	14	Si 矽 28.09	15	P 磷 30.97	16	S 硫 32.07	17	Cl 氯 35.45	18	Ar 氬 39.95	36	Kr 氪 83.80	54	Xe 氙 131.3	86	Rn 氡 (222)																																																																
4		19	K 鉀 39.10	20	Ca 鈣 40.08	21	Sc 釷 44.96	22	Ti 鈦 47.88	23	V 釩 50.94	24	Cr 鉻 52.00	25	Mn 錳 54.94	26	Fe 鐵 55.85	27	Co 鈷 58.93	28	Ni 鎳 58.69	29	Cu 銅 63.55	30	Zn 鋅 65.39																																																														
5		37	Rb 銣 85.47	38	Sr 銻 87.62	39	Y 釷 88.91	40	Zr 鈷 91.22	41	Nb 鈮 92.91	42	Mo 鉬 95.94	43	Tc 錳 98.91	44	Ru 鈷 101.1	45	Rh 銩 102.9	46	Pd 鈀 106.4	47	Ag 銀 107.9	48	Cd 鎘 112.4																																																														
6		55	Cs 銫 132.9	56	Ba 鋇 137.3	57	La 釷 138.91	58	Ce 釷 140.12	59	Pr 釷 140.91	60	Nd 釷 144.24	61	Pm 釷 144.91	62	Sm 釷 150.36	63	Eu 釷 151.96	64	Gd 釷 157.25	65	Tb 釷 158.93	66	Dy 釷 162.50	67	Ho 釷 164.93																																																												
7		87	Fr 釷 (223)	88	Ra 釷 226.0	89	Ac 釷 227	90	Th 釷 232.0	91	Pa 釷 231	92	U 釷 238.0	93	Np 釷 237	94	Pu 釷 244	95	Am 釷 243	96	Cm 釷 247	97	Bk 釷 247	98	Cf 釷 251	99	Es 釷 252																																																												
		81	Tl 鉍 204.38	82	Pb 鉛 207.2	83	Bi 鉍 208.98	84	Po 鉍 (209)	85	At 鉍 (210)	86	Rn 鉍 (222)	87	Fr 鉍 (223)	88	Ra 鉍 226.0	89	Ac 鉍 227	90	Th 鉍 232.0	91	Pa 鉍 231	92	U 鉍 238.0	93	Np 鉍 237	94	Pu 鉍 244	95	Am 鉍 243	96	Cm 鉍 247	97	Bk 鉍 247	98	Cf 鉍 251	99	Es 鉍 252																																																
		71	Lu 鑷 175.0	72	Hf 鈷 178.49	73	Ta 鈷 180.9	74	W 鈷 183.84	75	Re 鈷 186.21	76	Os 鈷 190.23	77	Ir 鈷 192.22	78	Pt 鈷 195.08	79	Au 鈷 196.97	80	Hg 鈷 200.59	81	Tl 鉍 204.38	82	Pb 鉛 207.2	83	Bi 鉍 208.98	84	Po 鉍 (209)	85	At 鉍 (210)	86	Rn 鉍 (222)	87	Fr 鉍 (223)	88	Ra 鉍 226.0	89	Ac 鉍 227	90	Th 鉍 232.0	91	Pa 鉍 231	92	U 鉍 238.0	93	Np 鉍 237	94	Pu 鉍 244	95	Am 鉍 243	96	Cm 鉍 247	97	Bk 鉍 247	98	Cf 鉍 251	99	Es 鉍 252																												
		101	La 釷 138.91	102	Ce 釷 140.12	103	Pr 釷 140.91	104	Nd 釷 144.24	105	Pm 釷 144.91	106	Sm 釷 150.36	107	Eu 釷 151.96	108	Gd 釷 157.25	109	Tb 釷 158.93	110	Dy 釷 162.50	111	Ho 釷 164.93	112	Er 釷 167.26	113	Tm 釷 168.93	114	Yb 釷 173.05	115	Lu 釷 175.0	116	Hf 鈷 178.49	117	Ta 鈷 180.9	118	W 鈷 183.84	119	Re 鈷 186.21	120	Os 鈷 190.23	121	Ir 鈷 192.22	122	Pt 鈷 195.08	123	Au 鈷 196.97	124	Hg 鈷 200.59	125	Tl 鉍 204.38	126	Pb 鉛 207.2	127	Bi 鉍 208.98	128	Po 鉍 (209)	129	At 鉍 (210)	130	Rn 鉍 (222)	131	Fr 鉍 (223)	132	Ra 鉍 226.0	133	Ac 鉍 227	134	Th 鉍 232.0	135	Pa 鉍 231	136	U 鉍 238.0	137	Np 鉍 237	138	Pu 鉍 244	139	Am 鉍 243	140	Cm 鉍 247	141	Bk 鉍 247	142	Cf 鉍 251	143	Es 鉍 252

110~115號元素符號命名，尚未定論

鐳系元素

錒系元素

說明：

原子序 → H

中文名稱 → 氫

元素符號 → H

原子量 → 1.008

氣體 → 氫

固體 → 氫

液體 → 氫

人造元素 → 氫

金屬元素 → 氫

非金屬元素 → 氫

類金屬元素 → 氫

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

元素週期表

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)：李柏翰 林建義 林萬寅 孫允武
陳偉民 陳義裕 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 王國華 何福田
吳月鈴 李怡嫻 李柏翰 沈弘俊
林建義 林煥祥 林萬寅 周仲島
俞均凡 洪若烈 洪國峰 孫允武
徐式寬 張亞君 張淑菱 陳宏宇
陳忠志 陳清溪 陳偉民 陳淑敏
陳義裕 陳慧莉 陳麗美 傅學海
曾麗英 游光昭 黃茂在 黃達三
潘彥宏 劉家成 劉緒宗
(依姓氏筆畫順序排列)

總訂正：牟中原

助理：汪京蒂 陳怡琳 蔡明家 劉淑華
鄭一亭 鄭昱淇

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：207 臺北縣三峽鎮三樹路2號
電話：(02)8671-1111
網址：<http://www.naer.edu.tw/science/>



發行者：國家教育研究院籌備處

政府出版品展售門市：

· 國家書店

地址：100 臺北市松江路209號1樓

電話：(02)2518-0207

· 五南文化廣場

地址：400 臺中市中國綠川東街32號3樓
(物流中心)

電話：(04)2221-0237

法律顧問：福田法律事務所

※本書經國立編譯館96年5月4日
國教國字第0960002135號函准予修訂

出版日期：民國九十五年八月初版

民國九十八年六月再版一刷

■ 著作財產權歸教育部所有 ■