

# 目 錄

## 第一章 物質和物質的變化、分子

第一節	物體和物質	1
第二節	物質的三態	2
第三節	物質的性質	3
第四節	物質由分子構成	6
第五節	純物質和混和物	10
第六節	物質的分離和提純	12
第七節	物質的變化	17

## 第二章 原子、元素、化學基本概念和定律

第一節	分解反應、化合反應和原子	19
第二節	原子——分子論	23
第三節	化合物和單質	25
第四節	元素	29
第五節	原子量和分子量	29
第六節	元素符號	30
第七節	物質不滅定律	32
第八節	定組成定律	36
第九節	分子式	37
第十節	化學方程式	41

## 第三章 氧、空氣

第一節	氧氣的發現	47
-----	-------	----

第二節	氧氣的物理性質	48
第三節	氧氣的化學性質	48
第四節	氧在自然界裏的存在	53
第五節	氧氣的製法	55
第六節	氫氣的用途	61
第七節	空氣的成分	63
第八節	空氣的用途	66

#### 第四章 氫

第一節	氫氣的發現	70
第二節	氫在自然界中的存在	70
第三節	氫氣的製法	71
第四節	氫氣的性質	74
第五節	氧化——還原反應	79
第六節	氫氣的用途	80
第七節	置換反應	81
第八節	化合價	83

#### 第五章 水、溶液

第一節	水的組成	88
第二節	水的性質	92
第三節	固體在水裏的溶解性	95
第四節	液體和氣體在水裏的溶解性	100
第五節	溶液的濃度	101
第六節	水在生產上的應用	103
第七節	自然界裏的水	106
第八節	水的淨化	107

## 第六章 氧化物、鹼、酸和鹽

第一節	氧化物	113
第二節	幾種重要的鹼	118
第三節	幾種重要的酸	122
第四節	中和反應	127
第五節	鹽的化學組成和命名法	129
第六節	鹼	130
第七節	酸	133
第八節	鹼性氧化物和酸性氧化物	136
第九節	鹽	139
第十節	物質的一般分類和各類物質間的關係	142

## 第七章 碳和碳的化合物

第一節	自然界裏的碳	145
第二節	碳的幾種單質	145
第三節	碳的化學性質	151
第四節	碳的重要化合物	155

## 第八章 有機化合物

第一節	有機化合物的特點	169
第二節	甲烷、乙炔、苯	170
第三節	六六六、滴滴涕、四氯化碳	176
第四節	乙醇、甲醇、甘油	177
第五節	乙酸、甲酸	180
第六節	酯	182
第七節	蔗糖、澱粉、纖維素	183
第八節	蛋白質	186

## **第九章 燃燒和燃料**

第一節	什麼是燃燒	189
第二節	燃燒的條件	192
第三節	緩慢的氧化和爆炸	197
第四節	火焰	200
第五節	燃料	203
第六節	木材乾餾	204
第七節	煤	206
第八節	石油	208
第九節	氣體燃料	211

## **第十章 金屬、合金**

第一節	人類使用金屬的歷史	214
第二節	金屬的分佈和冶煉	215
第三節	金屬的通性	217
第四節	合金	219
第五節	金屬的分類	222
第六節	銅	223
第七節	鋁	226
第八節	稀有金屬	228

## **第十一章 鐵和鋼**

第一節	鐵的性質	230
第二節	自然界中的鐵	233
第三節	鐵的冶煉	234
第四節	鐵的分類	240
第五節	鋼	241

# 第一章 物質和物質的變化、分子

## 第一節 物體和物質

在我們周圍有形形色色、各種各樣的東西，例如桌子，玻璃杯、銅壺、鋁鍋、鐵鏟等等，這些東西都各有形狀，在空間都佔有位置。凡是具有形狀、佔有空間的東西，都稱為**物體**。

物體是由什麼構成的呢？桌子是用木材構成的；玻璃杯是用玻璃構成的；銅壺、鋁鍋、鐵鏟是用銅、鋁、鐵等金屬構成的。構成物體的質料稱為**物質**。桌子、玻璃杯、銅壺、鋁鍋、鐵鏟等是物體；木材、玻璃、銅、鋁、鐵等是物質。自然界裏的物質種類很多，現在我們已經知道的就有幾百萬種。一切物體不是由這種，就是由那種，或是由幾種物質構成的。**化學所研究的不是物體而是物質。**

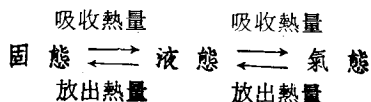
### 習 題

1. 什麼叫做物體？舉幾個例子來說明。
2. 什麼叫做物質？舉幾個例子來說明。

## 第二節 物質的三態

自然界裏的一切物質，在一定溫度和壓力下，都是以一定狀態存在於自然界中的。有的是具有固定體積和形狀的，如木材、玻璃、銅、鋁、鐵等，這類物質叫做**固體**。有的是具有固定體積，但沒有固定形狀，它們的形狀是隨着盛它們的容器的形狀而改變的，如水、酒精、汽油、水銀等，這類物質叫做**液體**。還有的是既沒有固定體積也沒有固定形狀，它們的體積和形狀是隨着盛它們的容器的體積和形狀而改變的，如空氣、氫氣、氧氣、二氧化碳等，這類物質叫作**氣體**。液體和氣體都是流動的，統稱**流體**。

但是，物質存在的狀態不是不變的，它會隨着溫度和壓力的變化而改變。例如水在通常溫度和壓力下是液體，但加熱到攝氏 100 度（或寫做  $100^{\circ}\text{C}$ ）時便沸騰起來，變成水蒸氣。水蒸氣是氣體。水蒸氣冷卻後又變成水。水冷到攝氏 0 度（ $0^{\circ}\text{C}$ ）時，便凝固成冰。冰是固體。冰加熱又變成水。冰、水、水蒸氣是一種物質在三種不同情況下的三種狀態——固態、液態和氣態。由於溫度和壓力等情況的改變，物質的狀態也隨着轉變，但是它的本質並沒有改變。



這種轉變叫做物質三態的變化。

## 習 題

1. 舉例說明物質的三態。
2. 物質的狀態可以改變麼？物質改變了狀態時，它的本質有沒有改變？

## 第三節 物質的性質

物質的種類很多，一種物質怎樣區別於另一種物質呢？各種物質各有它的特性，根據物質的特性可以辨別它們。例如食鹽和白糖，用舌頭嘗一嘗，就可以區別它們，因為它們的味道不同，食鹽是鹹的，白糖是甜的。銅和鋁可以從它們的顏色來分別，銅是紫紅色，鋁是銀白色。冰和玻璃拿在手裏就能辨別，因為冰很容易溶化，玻璃拿到手裏不會溶化。水和酒精除了氣味不同外，酒精點火就能燃燒，水不能燃燒，在常溫下酒精很容易揮發，水揮發得很慢。此外，根據硬度可以辨別金剛石和玻璃，根據比重可以辨別鋁和銀。

**各種物質所具有的特性叫做物質的性質。**上面所說的味道、顏色、熔點、可燃性、揮發性、硬度、比重等都是物質的性質。

各種物質都有它的性質。物質間在某些性質上可能會相同，但決不會所有的性質都相同，根據那些不同的性質就可以把它們分辨出來。例如純的冰糖與玻璃都是

無色透明的，這是相同的性質；把它們分別放在水裏，冰糖溶解了，溶解冰糖的水是甜的，而玻璃不溶解在水裏，這是不同的性質。如果把它們分別加熱，冰糖熔化了并慢慢地變成深褐色的液體，最後完全變成焦黑色的固體；而玻璃需要比較高的溫度才熔化，熔化成無色透明的黏稠液體，但并不變焦，這又是不同的性質。研究物質的性質是學習化學的任務之一。

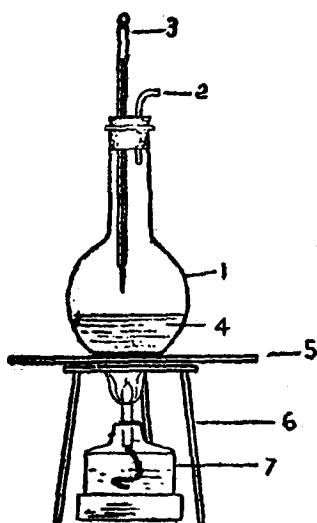
物質的性質有些只要靠感官就可直接察覺得到，如顏色、味道、氣味等等；有些必須使用一定的儀器才能測出，如沸點、熔點、比重等等。以上這些性質叫做**物理性質**。物質還有一些性質。必須經過化學實驗才能知道，不是憑感官或靠儀器能知道的，例如冰糖加熱後變焦，這種性質不經過加熱便不能知道。在加熱過程中，冰糖的本質已經起了變化，剩下的焦黑物質已經不是冰糖。以上這些性質叫做**化學性質**。

有些物質是有毒的，所以在做化學實驗的時候，不可隨便去嘗味道和去嗅氣味。在化學實驗上，嗅氣體有一定的方式。如果要嗅氣體，祇可用手煽招些微氣體來嗅，不可把鼻子就到氣體上直接去嗅。

準確地測量物質的某些物理性質時，需要用一些儀器，例如測量水和酒精的沸點，就要用溫度計；測量它們的比重就要用比重計等。

用溫度計測量液體沸點的裝置(圖1)。把要測定沸點的液體放在一個玻璃燒瓶中，瓶口上配一雙孔軟木塞，





- 1—燒瓶
- 2—玻璃彎管
- 3—溫度計
- 4—所要測定沸點的液體
- 5—鐵絲網
- 6—三腳架
- 7—酒精燈

圖 1. 測定液體的沸點

插入溫度計和玻璃彎管；玻璃彎管供出氣之用，加熱時，瓶內液體的蒸氣因受熱而膨脹，從玻璃彎管導出瓶外，如果不裝置玻璃彎管，瓶裏液體的蒸氣會把塞子冲開。燒瓶放在鐵三腳架上，隔以鐵絲網。用酒精燈在下面加熱。在加熱過程中，溫度計上的水銀柱逐漸上升，當液體有沸騰現象時，水銀柱升到一定高度就停着不動，雖繼續加熱，水銀柱仍不會上升，這時水銀柱液面所指出的溫度就是這種液體的沸點。這樣測出，在一個大氣壓時（氣壓計上

的水銀柱高 760 毫米）水的沸點是  $100^{\circ}\text{C}$ ，酒精的沸點是  $78^{\circ}\text{C}$ 。

比重計是用來測量液體比重的一種儀器。它用兩種不同的規格，一種是用來測量比水輕的液體的比重的；另一種是用來測量比水重的液體的比重的。比重計是用玻璃製成的一根管子，下端有一玻璃球，球裏面放的是鉛

粒。比重計放入液體內，可以垂直地浮在液體中(圖 2)。比重計的玻璃管裏襯有印好刻度的標紙。當液面與標紙刻度注明的數字相平時，這數字就表示液體的比重。這樣測出，水的比重是 1.00，酒精的比重是 0.79；也就是說，1 立方厘米(即 1 毫升)的水重 1 克，1 立方厘米的酒精重 0.79 克。也可以說，酒精比水輕，它的重量只有同體積的水重的 79%。

除溫度計、比重計以外，化學上常用的這類儀器還有許多，以後會逐步學到和用到的。



1—比重計  
2—要測比重的液體

圖 2. 用比重計測量液體的比重

## 習 題

1. 什麼叫做物理性質？什麼叫做化學性質？舉出例子來說明。
2. 根據哪些物理性質能把下列的物質辨別出來？
  - (1) 炭粉和鐵粉；
  - (2) 汽油和水；
  - (3) 銀和鋁；
  - (4) 白糖和麵粉；
  - (5) 精酒和汽油。

## 第四節 物質由分子構成

一切物體都是由物質構成的。那麼，物質又是由什麼構成的呢？一切物質都是由極小的微粒構成的。這些微粒雖然小到肉眼不能看見，但是它們確實存在，都在

不斷的運動着，而且彼此之間都保持着相當的距離，也就是說，在它們當中是有空隙的，從日常生活裏可以找到許多事例來證明。

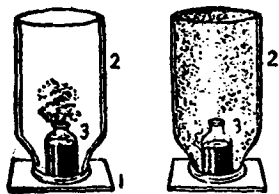
水潑在桌面上，會慢慢地乾掉；用扇子去搨，水乾得更快，這是因為水的微粒慢慢地散到空氣裏的緣故；用扇子去搨動，水的微粒就逸散得更快，所以乾得更快。

一塊樟腦放在瓶裏，如果不塞上瓶塞，在附近就嗅到樟腦的氣味，隔了一定時候後，樟腦會完全消失。

這些事實證明物質是由極小微粒構成的，這些微粒是在不斷運動着的，在一定的溫度和壓力下會以不同的程度向空間逸散。

除此而外，我們還可以用實驗來說明。

小玻璃瓶裏小心地放進一些液體溴（溴蒸氣有毒，不可多嗅。液體溴也不可沾到手上，以免灼傷皮膚），塞上瓶塞，把它放在一塊玻璃片上。打開瓶塞，立刻罩上一個大



1. 玻璃片
2. 大瓶
3. 小玻璃瓶，其中盛溴

圖3. 溴蒸氣向空氣中擴散

瓶（圖3）。爲了防止溴蒸氣逸散到空氣中，大瓶口上可以預先塗一薄層凡士林油，這樣瓶口與玻璃片貼合不漏氣。溴是比重大的暗紅色液體，當瓶塞打開時，溴的微粒逐漸逸散，使大瓶內充滿了紅棕色的氣體。這不但說明液體溴是溴的微粒構成的，而且說明溴的微粒可

以均勻地散佈在空氣的微粒之間的空隙中，使空氣染有顏色。這種現象叫做擴散。

用錫紙包着品紅（俗名洋紅）晶體幾粒，把錫紙包捏緊，擠出包裏的空氣，再用針在錫紙包上戳兩三個小眼。很快地把錫紙包投入一玻璃杯的水中，由於包裏沒有空氣，就即刻沉到杯底（圖4）。可以明顯地看到錫紙包的小眼裏，有紅的顏色鑽出來，使附近的水變成紅色。我們不震盪杯裏的水，可以看見紅色範圍自會逐漸擴大，這杯水的下層紅



圖4. 品紅分子在水中的擴散

色逐漸變深，而且紅的顏色慢慢向上散開，最後使杯裏的水全部變紅，深淺達到一致時為止。這是由於品紅的分子在水裏擴散的緣故。

把一塊磨得很光的銅板與一塊磨得很光的鉛板緊密地重疊在一起加熱，過一些時候再分開來仔細觀察，就可發現這兩塊金屬互相疊合的表面上都有既不像銅又不像鉛的金屬薄層。這層金屬是由銅和鉛構成的。這說明金屬也是由極小微粒所構成，這些微粒之間也是有空隙的，當兩種金屬緊密地重疊加熱時，一種金屬的微粒能運動到另一種金屬的微粒間的空隙中。

以上事實證明：一切物質都是由極小微粒構成的，這些微粒叫做分子。分子是物質能夠單獨存在的最小微粒，分子是永恆運動着的，而且相互之間有相當的距離。

這個理論叫做**分子論**。

氣態物質的分子運動很自由，它們之間的空隙很大，所以氣體沒有固定的體積和形狀；液態物質的分子運動也還自由，它們之間的空隙較小，所以液體有固定的體積，但沒有固定的形狀；固態物質的分子運動不自由，但在一定位置上振動，它們之間的空隙很小，所以固體有固定的體積和形狀。

一切物質都是分子構成的，但是不同物質的分子不相同，只有相同物質的分子才相同。例如酒精都是由酒精分子構成的，水都是由水分子構成的，但酒精的分子與水的分子不同，所以酒精與水的性質也就不同。

分子非常微小，分子的直徑雖然不能直接測出，但能間接地求出來。例如水分子的直徑約為 0.000,000,028 厘米，即十億分之一厘米。

分子有重量，雖然不能直接稱出，但是能根據實驗間接地求出來。例如一個水分子大約重：

0.000,000,000,000,000,000,03 克。

## 習 題

1. 什麼叫做分子？
2. 舉出一些事實證明物質是由分子構成的，分子是在不斷運動着的。
3. 分子論的內容是些什麼？
4. 請根據分子論來說明物質的三態。

## 第五節 純物質和混和物

純淨的水是沒有顏色、沒有氣味、沒有味道的透明液體，它的比重是 1，在一個大氣壓下冷卻到  $0^{\circ}\text{C}$  時結冰（水的凝固點是  $0^{\circ}\text{C}$ ），加熱到  $100^{\circ}\text{C}$  時沸騰（水的沸點是  $100^{\circ}\text{C}$ ）。如果在水裏放進一些食鹽，水的味道就變鹹，成了食鹽水。食鹽水的比重大於 1，凝固點低於  $0^{\circ}\text{C}$ ，沸點高於  $100^{\circ}\text{C}$ 。可見含有食鹽的水與純水性質不同。不含食鹽的水是純物質，含有食鹽的水是混和物。同樣的，不含其他物質的水是純物質，含有其他物質的水是混和物。混和物是不純的物質。在一定條件下純物質具有一定的性質，而混和物就沒有一定的性質。

純物質是由同種分子構成的，混和物是由不同種的分子構成的。純水是由水分子構成的，其中不含有其他分子，它表現出的性質只有水分子的性質；食鹽水是由水分子和食鹽分子構成的，它表現出的性質就不是一種分子的性質了。

在日常生活裏，我們所接觸到的物質，絕大部分是混和物，或者說是或多或少的含有雜質的物質。有些混和物用肉眼不能分辨，用高倍顯微鏡也看不出來。食鹽水就是這樣。如果用幾滴食鹽水滴在玻璃片上（圖 5）加熱，水分子就蒸發逸散到空氣中去了，食鹽不能逸去，就成白色固體（實際上是無色透明的細小晶體）剩留在玻璃片上。

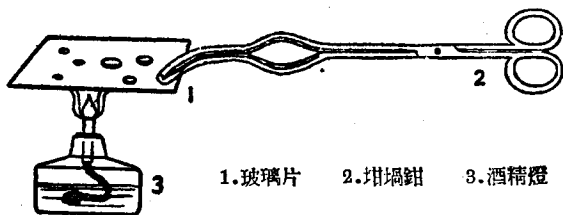


圖 5. 食鹽水滴在玻璃片上加熱蒸發

有些混和物雖用肉眼不能分辨，但在顯微鏡下，很容易看得出來。例如用一滴牛奶放在顯微鏡下，可以看到牛奶裏含有油等物質（圖 6）。

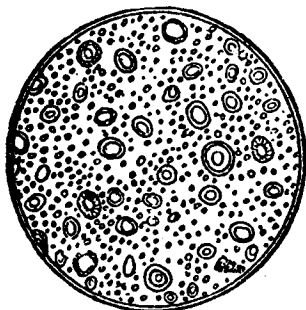


圖 6. 在顯微鏡下看到的牛奶

有些混和物用肉眼就可分辨出，花崗巖就是一個例子。它是由淺紅色的長石、無色半透明的石英和閃亮的雲母。這三種物質的小顆粒混在一起而組成的，

不用顯微鏡就能把它們分辨出來。

化學所要研究的物質性質，是指純物質的性質。

### 習 題

1. 什麼叫做純物質？什麼叫做混和物？請舉例說明。
2. 根據分子論，純物質和混和物有什麼區別？請舉例說明。

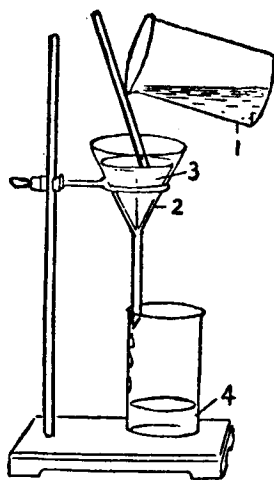
## 第六節 物質的分離和提純

自然界裏存在的物質，大多是不純的物質，純物質是很少見的。但是在化學研究上以及在一些實際應用上，需要純物質，因此不純的物質必須經過提純處理，才能把雜質去掉而得到純物質。也就是說，混和物裏的各成份經過一定的處理，也可以分離開來。物質的提純方法有各種各樣，都是利用各種物質的性質來進行的。現在我們談談幾種常用的提純方法。

從固體和液體的混和物中把固體和液體分離開來，有過濾法和澄清法。

**過濾法：**液體中如果懸浮着不溶的固體顆粒，便顯得渾濁，通常把這種混和物通過多孔性的材料，進行分離，液體分子小，可以透過多孔性材料；固體顆粒大（由很大數目的分子聚集而成的），不能通過而留在這多孔性的材料上面。這樣，固體和液體便分離開來。這種操作叫做**過濾**。

化學實驗上的過濾方法，是用漏斗和濾紙來進行的（圖7）。先將濾紙折成圓錐形體，



1. 渾濁的液體 2. 玻璃漏斗  
3. 濾紙 4. 燒杯

圖7. 實驗室裏的過濾法



放在玻璃漏斗上。如果要過濾的是含有懸浮固體顆粒的水溶液，就先用蒸餾水把濾紙潤濕，使濾紙緊貼在漏斗壁上，漏斗下管緊緊與一受器(燒杯)相靠，然後把這含有懸浮固體顆粒的液體沿着玻璃棒傾倒在濾紙上，讓液體通過濾紙流入受器中。這樣就可得到不含固體顆粒的澄清液體。濾過的液體叫做**濾液**。如果我們要的是純淨固體，只要用蒸餾水把留在濾紙上的固體沖洗幾次，乾燥後便得到我們需要的純淨固體。

進行過濾時，如果漏斗上面的壓力增大，或者受器裏壓力減少，都能增加過濾的速度。

如果用吸濾瓶代替受器(圖8)，并用抽氣機不斷抽



出吸濾瓶裏的空氣。這樣吸濾瓶裏的氣體壓力就不斷減小，過濾的速度就加快起來。在吸濾裝置上有時不用玻璃漏斗而是用磁質布氏漏斗。

圖8. 吸濾裝置

工業上大規模過濾，常用細密的布或用砂子來代替濾紙，在特殊的裝置中進行過濾。

**澄清法：**將含有固體懸浮物的渾濁液靜置於容器中，其中固體受了重力的作用，便慢慢地沉降下來，上層液體便得到澄清，再慢慢地將上層的澄清液倒出，或用虹吸方法(圖9)把上層的液體分離出來。工業上大規

模的澄清操作，是用特殊的澄清設備——澄清器來進行的(圖 10)。

從液體混和物中把混和的液體分離開來，有分液漏斗法和蒸餾法。

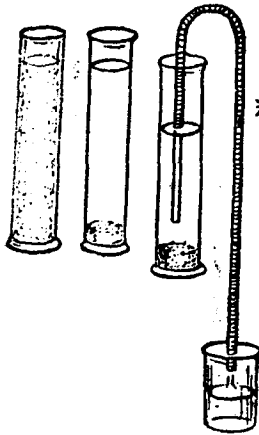
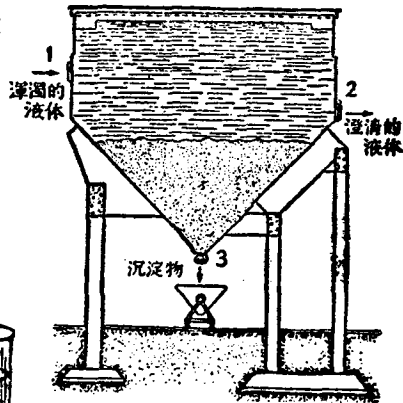


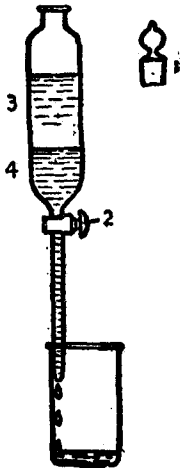
圖 9. 虹吸方法



1. 渾濁液體進口      2. 澄清液體的出口  
3. 沉澱物的出口, 沉澱放出後, 裝車運走。

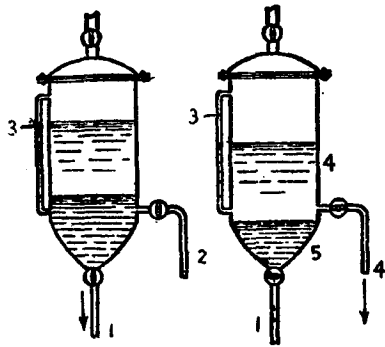
圖 10. 澄清器

**分液漏斗法:** 用分液漏斗可把兩種不相溶混的液體分離開來。實驗室裏所用的分液漏斗是玻璃製成的(圖 11)。混和液體裝在這種漏斗中，由於兩種液體(例如油和水)不相溶混，所以會很明顯地分作兩層。這時打開漏斗的塞子，并轉開下端的活塞，讓下層的液體流入受器。等到兩層液體的界面達到活塞孔時，立刻轉閉活塞。這樣兩種液體便分離開來。工業上也用這種原理來分離不相溶混的液體，不過所用的分液漏斗是大型的(圖 12)。



1. 漏斗的塞子  
2. 活塞  
3. 汽油  
4. 水

圖 11. 分液漏斗



1. 水的出口      2. 汽油的出口  
3. 觀察柱內水平面和汽油平面的玻璃管  
4. 汽油      5. 水

圖 12. 工業上用的大型分液  
裝置——汽油分離柱

**蒸餾法：**如果兩種（或幾種）液體能相互溶混，那麼，用分液漏斗法就不能把各種液體分離開來。蒸餾法是利用混和液體中各種液體沸點的不同把它們分離的方法。例如酒精和水的混和物放在蒸餾瓶中加熱，酒精的沸點（ $79^{\circ}\text{C}$ ）比水的沸點（ $100^{\circ}\text{C}$ ）低，當溫度達到  $79^{\circ}\text{C}$  時，酒精即先化成氣體而逸出，通過冷凝管冷卻後凝成液體流入受器。這樣，酒精便從混和液體中分離出來了。中國古代蒸酒，早已採用了這種方法。

從固體混和物中除去雜質或把各成份分離開來，有

沖洗法和再結晶法。

**沖洗法：**不溶於水而比重又不相同的固體混和物，可用沖洗法把各種固體分離開來。淘米就是一個很淺顯的例子。米比水重，沉於水底，糠稗比水輕，漂浮在水面，這樣米和糠稗便分離開來。淘金也是利用這種原理（圖 13），含有細小金粒的砂子放在稍有傾斜的木槽裏用水流沖洗，砂子的比重小於金粒的比重，因此砂子被水沖走而金粒則留在木槽中。工業上常利用同樣原理來精選某些金屬的礦石。

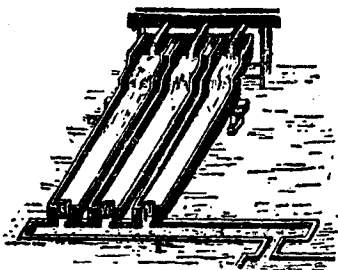


圖 13. 用水沖洗金砂的裝置

**再結晶法：**能溶於水或其他液體的固體，如果含有不溶的雜質，只要把這種固體重行溶解於水或其他溶液中，濾去雜質，再把濾液加熱蒸濃，冷卻後重行結晶，這時就得到純淨的晶體。化學實驗上常用這種方法來精製藥品。粗食鹽的提純也可用這個方法。如果含有的雜質也能溶解於水或其他液體，只要把這種固體重行溶解於水或其他液體中，利用它們的不同，也可以把它們分離開來。

### 習 題

1. 飲用的渾濁河水，你用什麼方法來使它澄清？
2. 你怎樣從水和汽油的混和物裏把汽油分離出來？

## 第七節 物質的變化

在不同的情況下，水有不同的狀態。水煮沸變成水蒸氣，水蒸氣冷卻又變成水。水冷卻到 $0^{\circ}\text{C}$ 變成冰，冰受熱又變成水。在這種狀態變化中，水的本質沒有改變，構成水、水蒸氣和冰的分子並沒有變化，仍然是原來的水分子。

玻璃敲碎變成粉末，加熱熔化後可製成各種器皿，但玻璃的組成性質卻沒有改變。

在這類的物質變化中，構成物質的分子保持不變，沒有從原物質變成其他新物質的變化，因此物質的性質根本就沒有改變。這類變化叫做**物理變化**。

在另一些變化中，原物質變成了其他新物質。例如，鐵器和銅器放在潮濕空氣中，鐵生鐵銹，銅生銅綠。鐵銹是由原來的鐵生成的新物質，銅綠是由原來的銅生成的新物質，它們的性質與原來的鐵或銅的性質都不相同。又如蔗糖加熱，最後變成焦黑色固體，是由蔗糖變化而產生的新物質，性質與原來蔗糖的性質不同。這些新物質的組成與原物質的組成不同，它們的分子是由原物質的分子變化而來的。在這類的物質變化中，構成原物質的分子變成其他新物質的分子，因此物質的性質就有了根本的改變。這類變化叫做**化學變化**。化學變化也叫做**化學反應**。

物質在化學反應時，常有一些現象同時發生，如顏

色的改變，氣體的放出或吸收，氣味的產生或消失，沉澱物的析出，以及發熱、發光等。根據這些現象就可以斷定有化學變化發生。

**化學所研究的是物質，和一些物質變成另一些物質的變化和規律。**

### 習 題

1. 什麼叫做物理變化?舉例說明。你是根據哪些特徵斷定它是物理變化的。
2. 什麼叫做化學變化?舉例說明。你是根據哪些特徵斷定它是化學變化的。
3. 從分子論來看,物理變化和化學變化在本質上有怎樣的區別?
4. 從下列一些事實中,指出哪個是物理變化,哪個是化學變化,并說明理由:
  - (一) 木炭研成炭粉;
  - (二) 木材燃燒成灰;
  - (三) 牛奶變酸;
  - (四) 米磨成粉;
  - (五) 高粱釀成酒;
  - (六) 酒精燃燒;
  - (七) 通電時電燈泡裏鎢絲變紅。

## 第二章 原子、元素、化學 基本概念和定律

### 第一節 分解反應、化合反應和原子

**分解反應：**放少量氧化汞(俗名三仙丹)紅色粉末於試管中，在試管口上配上一個單孔橡皮塞或軟木塞，插上玻璃導管，並將這導管的另一端浸入盛有冷水的水槽中(圖14)。然後把試管加熱。我們可以看到有氣體從導管逸出。起初出來的氣體是試管裏面的空氣，因受熱膨

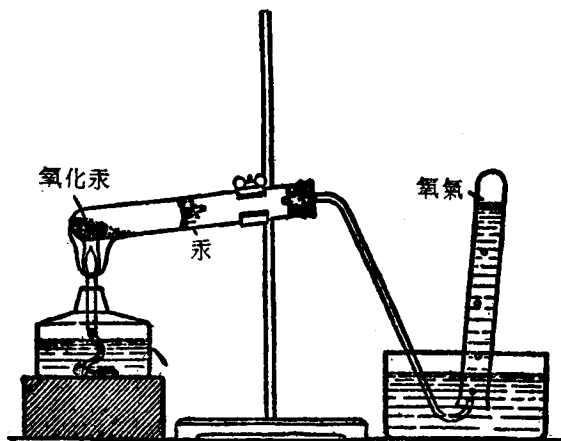
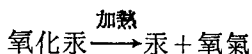


圖 14. 氧化汞加熱分解

脹而逸出。然後用一裝滿水的試管，倒罩在導管的出氣管口上，收集放出的氣體，因為這氣體在水中不大會溶解，可以通過水而進入這試管中。試管充滿氣體以後，用拇指塞住管口，把它拿出水面并把它正立過來，把有火星的木條伸入這試管中，木條隨即發火燃燒起來。管內的這種氣體叫做氧氣。氧氣有助燃的性質，所以有火星的木材能燃燒起來。盛有氧化汞的試管壁上，有很亮的銀白色小滴出現，這就是汞（俗稱水銀）。從這實驗，我們可以看出：氧化汞加熱發生了化學反應，生成了兩種新物質——汞和氧氣。



也就是說，在加熱時氧化汞分子起了化學變化，生成了兩種新分子即汞分子和氧分子。

再用另一個實驗來證明。放少量鹼式碳酸銅（俗名孔雀石）的綠色粉末於試管中，照上面方法配上橡皮塞或軟木塞和導管等（圖15），導管的另一端浸在濾過的澄清石灰水中（即熟石灰溶於水所成的溶液）。把試管加熱，鹼式碳酸銅受熱變成一種黑色的粉末，叫做氧化銅，同時試管壁上有水滴出現。當放出的氣體通入石灰水中，石灰水就變渾濁成乳白色。這說明放出的氣體是二氧化碳，因為二氧化碳遇到石灰水，能使石灰水變渾濁。這一事實說明鹼式碳酸銅加熱時，發生化學變化，生成了三種新物質——氧化銅、水、二氧化碳。



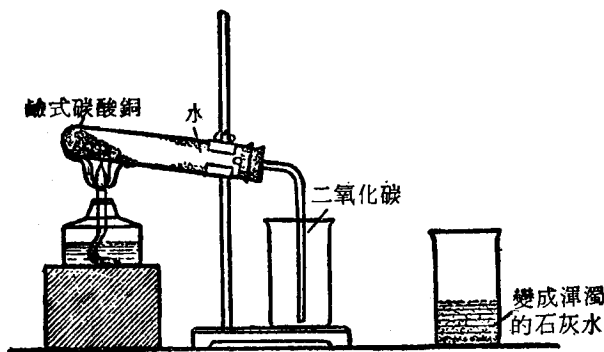
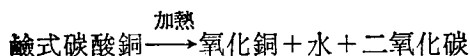


圖 15. 鹼式碳酸銅加熱分解



也就是說，在加熱時鹼式碳酸銅分子起了化學變化，生成了三種新分子，即氧化銅分子、水分子和二氧化碳分子。

上面兩個實驗，都是由一種物質生成兩種或兩種以上的新物質。這樣的反應叫做**分解反應**。從分子論觀點看來，**分解反應是一種物質的分子生成兩種或兩種以上新物質分子的反應。**

**化合反應：**鐵和硫(俗稱硫黃)是兩種不同的物質。鐵粉是灰黑色，硫粉是黃色；鐵能被磁鐵吸引，硫粉不能被磁鐵吸引。如果把一些鐵粉與硫粉放在研鉢裏研磨，便得到青灰色粉末。用一些這種粉末平鋪在一張紙上，再用一根磁鐵從粉末上拖過，鐵粉就被磁鐵吸引，硫粉

仍留在紙上。這說明鐵粉和硫粉研磨在一起時，并未發生化學反應，僅僅是一種混和物，鐵粉和硫粉仍舊保持了原來的性質。

如果把鐵粉和硫粉混和的粉末放在一段較粗的玻璃管中（圖16），用火酒燈加熱一部分粉末，這時就可發現這一部分粉末有紅熱現象。拿開火焰，紅熱現象會蔓延到粉末的全部。全部粉末發生紅熱後，經過冷卻，敲破這段玻璃管，玻璃管裏的物質，已不是青灰色粉末，變成了灰黑色塊狀物質。把這種物質研成粉末，用磁鐵去試，

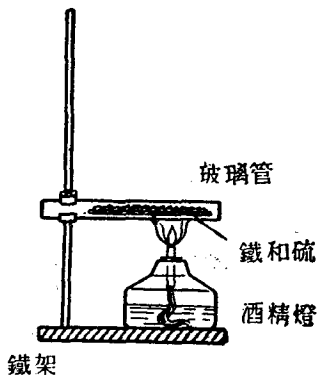
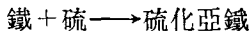


圖 16. 鐵粉和硫粉的混和物在玻璃管中加熱

已不能被磁鐵吸引，可見鐵粉和硫粉混和經加熱後，已不是原來鐵和硫的混和物，而是生成了一種新物質，因為它具有的性質與鐵或硫的性質都不相同。這種新物質是由鐵和硫經過加熱發生化學反應而成的。這種新物質叫做“硫化亞鐵”。



也就是說，鐵分子和硫分子在加熱過程中起了化學反應，生成了硫化亞鐵分子。

**由兩種或兩種以上的物質生成另一種新物質的反應**

**叫做化合反應。從分子論觀點看來，化合反應是幾種不同的分子生成一種新分子的反應。**

根據分解反應和化合反應的事實，我們知道一種分子可以分解成兩種或兩種以上的分子，兩種或兩種以上的分子也可以化合成一種新分子。由此可見分子還不是物質的最小顆粒，它必定是由更小的微粒所構成的。這種構成物質分子的更小微粒叫**原子**。原子是物質在化學反應中不能再分的最小微粒。原子也是不斷運動着的。物質的分子是由原子構成的理論叫做**原子論**。

化學反應是原子的重行組合。在分解反應中，一種分子裏的各原子重行組合成兩種或兩種以上的分子；在化合反應中，兩種或兩種以上分子裏的各原子重行組合成一種分子。

## 習 題

1. 怎樣的反應叫做分解反應？舉例說明。
2. 怎樣的反應叫做化合反應？舉例說明。
3. 根據哪些事實，可以推斷物質的分子是由更小的微粒——原子構成的？

## 第二節 原子——分子論

分子論的基本內容如下：

(1) 一切物質都是由分子構成。分子是物質能夠獨立存在的最小顆粒，它保持着這種物質的化學性質。

(2) 同種物質的分子在重量、大小和其他性質上完全相同；不同物質的分子在重量、大小和其他性質上都不相同。

(3) 一切分子都處於不斷的運動中。

(4) 分子相互間都有相當的距離。

例如水，它是由一個一個的水分子所構成，每個水分子所表現的化學性質與整個水的化學性質相同。只要是水分子，它們的重量、大小和化學性質都是一樣的。其他物質如蔗糖溶於水中，蔗糖的分子就均勻地散布到水的全部，可見水分子是不斷在運動，把蔗糖分子沖散而且使它們散布在分子間的空隙中。其他事實，如氣體的擴散、固體的熔化、液體的氣化和凝固、氣體的液化等，都可以說明分子的真實性。

原子論的基本內容如下：

(1) 物質的分子是由更小的微粒——原子構成的。原子是在化學反應裏不能再分的最小的微粒。

(2) 同種的原子在重量、大小和其他性質上都相同，不同的原子在重量、大小和其他性質上就不同。

(3) 一切原子都處於不斷的運動中。

分解反應和化合反應是分子由原子構成的有力證明。氧化汞分解成汞和氧氣，說明氧化汞分子是由汞原子和氧原子所構成。鐵和硫化合生成硫化亞鐵，說明硫化亞鐵分子是由鐵原子和硫原子所構成。由此可見，化學反應是構成物質的分子裏的各種原子的重行組合，也就

是由於原子運動的結果。

根據近代科學的研究，原子還不能算是最後不可再分的微粒，原子中還含有更微小的質點，如質子（帶陽電荷的質點）、電子（帶陰電荷的質點）、中子（不帶電荷的質點）等等，它們也是在不斷運動中的。

### 習 題

1. 什麼叫做分子？什麼叫做原子？舉例說明。
2. 原子——分子論的基本內容有哪些？
3. 請根據原子——分子論來說明分解反應和化合反應。

### 第三節 化合物和單質

氧化汞能分解成汞和氧氣，鐵和硫能化合成硫化亞鐵，而汞、氧氣、鐵、硫不能用化學方法把它們分解。因此，純物質可以分為兩大類：一類是能夠分解成兩種或兩種以上其他物質的，叫做**化合物**；另一類是不能分解的，叫做**單質**。氧化汞和硫化亞鐵都是化合物，汞、氧氣、鐵和硫都是單質。

再從原子——分子論的觀點來看，單質的分子是由同種原子構成的，化合物的分子是由不同原子構成的。汞、氧氣、鐵和硫的分子是分別由汞原子、氧原子、鐵原子和硫原子構成的？氧化汞的分子是由汞原子和氧原子構成的；硫化亞鐵的分子是由鐵原子和硫原子構成的。

## 習 題

1. 什麼叫做化合物？舉例說明。
2. 什麼叫做單質？舉例說明。
3. 從原子——分子論的觀點來看，化合物和單質有什麼不同？

## 第四節 元 素

單質汞分子中的汞原子與氧化汞和其他含汞化合物分子中的汞原子完全相同，這一種原子，叫做汞元素。單質氧氣分子中的氧原子與氧化汞和其他含氧化合物分子中的氧原子也完全相同，這是另一種原子，叫做氧元素。同樣地鐵和硫無論在單質或在化合物分子中是兩種不同的原子，所以它們是兩種元素。元素是同一種類原子的總稱。**具有一定化學性質的同一種類的原子叫做元素。**

單質和化合物都是由元素構成的。單質是由一種元素所構成，而化合物是由不同元素所構成。單質汞和單質氧氣是分別由汞元素和氧元素構成的，而氧化汞是由汞元素和氧元素構成的。硫化亞鐵是由鐵和硫化合而成，但這個化合物中不含鐵和硫的單質，而是含有鐵和硫兩種元素。

已知的元素有 103 種。

所有元素可以分作兩大類：**金屬元素和非金屬元素。**

同種金屬元素的原子構成的單質叫做**金屬**。金屬在

通常狀況下是以固態存在的，如金，銀、銅、鐵、錫、鋁等等，只有汞是以液態存在，因此俗稱水銀。

一般金屬的潔淨而光滑的表面有金屬光澤；具有延展性，可抽成細絲，可壓成薄片；為熱和電的良導體，這些是金屬的共同性質，但在某些性質上也有很大的差別，如顏色、比重、熔點、沸點等等。汞和鎢就是一個很好的例子，從下表中即可比較出來：

金屬 \ 性質	顏 色	比 重	熔 點	沸 點
汞	銀 白 色	13.5	-38.87°C	356.9°C
鎢	鋼 灰 色	19.3	3370°C	5930°C

同種非金屬元素的原子構成的單質叫做**非金屬**。非金屬在通常狀況下是以固態或氣態存在的。例如碳、硫、磷、硅等是固態；氧氣、氫氣、氮氣等是氣態；只有溴是液態。非金屬不像金屬，沒有顯明的共同性質。固態非金屬一般是沒有光澤，質脆，比重較小，不善導熱和導電；但也有例外，如金剛石（碳的一種存在形式）為已知物質中硬度最大的；石墨有金屬光澤，質軟且善於導電。

金屬和非金屬之間并沒有一個截然的界限，有些元素既具有金屬的性質，也具有非金屬的性質。銻就是一個例子，它雖然是金屬中的一種元素，但是質脆，易於磨碎，導熱和導電的性能都比較差。

在自然界裏各種元素分佈的情況不等(圖17)，地壳

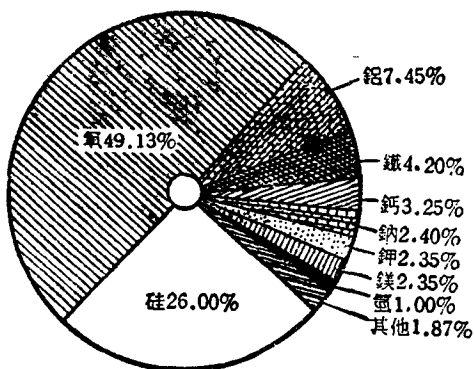


圖 17. 地殼內所含各種元素的重量百分數

(從地面起深達 16 公里, 包括地面上的水和大氣) 和地心的組成也不一致。地殼組成中含量最多的元素是氧, 約佔總重量的  $\frac{1}{2}$ , 其次是硅, 約佔總重量的  $\frac{1}{4}$ , 其餘如鋁、鐵、鈣等等一共只約佔總重量的  $\frac{1}{4}$ 。這些元素以單質形式存在的為數很少, 大都是成化合物而存在的。

### 習 題

1. 什麼叫做元素? 舉例說明。
2. 現在已知的元素有多少種?
3. 元素可以分成哪兩類?
4. 金屬和非金屬在性質上有什麼不同?
5. 在自然界裏哪些元素分佈最廣?



## 第五節 原子量和分子量

各種物質的分子輕重不同，是由於構成各種物質分子的原子輕重不同的緣故。那麼，各種元素的原子究竟有多麼重呢？原子雖然很微小，但是可以用各種方法求算出來。求算原子重量的方法，以後在較深一步的化學裏將會學到。

各種元素的原子重量是不同的。例如：氧原子的重量是 $0.000,000,000,000,000,000,026,608$ 克；氫原子的重量是 $0.000,000,000,000,000,000,001,663$ 克；硫原子的重量是 $0.000,000,000,000,000,000,000,053,216$ 克；鐵原子的重量是 $0.000,000,000,000,000,000,000,000,093,128$ 克。這些數字太小，在記憶和計算上都非常不便，因此在化學上不用“克”來做重量單位，而採取另外一種特殊的重量單位來表示原子的重量。這個特殊的重量單位叫做**氧單位**。一個氧單位等於氧原子重量的 $1/16$ 。用氧單位來表示原子的重量，求出來的數值大都是比較簡單的數字，即最輕的氫原子的重量也不至小於1個氧單位，其他各種原子的重量在小數點以後也不會有這麼多的圈圈了。

**原子量是原子的重量，用氧單位來做重量單位的。**氫原子的重量為氧原子重量的 $1/16$ 的1倍，因此氫的原子量是1氧單位。硫原子的重量為氧原子重量的 $1/16$ 的32倍，因此硫的原子量是32氧單位。鐵原子的重量為



第一音節或第一個大寫字母來做各元素的符號，叫做**元素符號**。例如，汞的元素符號是“Hg”，氧的元素符號是“O”，鐵的元素符號是“Fe”，硫的元素符號是“S”等等。元素符號是國際通用的，無論哪國文字怎樣，而在化學上採用的元素符號都是統一的。

元素符號代表着下列幾種意義：

- (1) 代表一種元素；
- (2) 代表這種元素的一個原子；
- (3) 代表這種元素的原子量。

例如，Hg 代表：①汞元素，②汞的一個原子，③汞的原子量 200.6。S 代表：①硫元素，②硫的一個原子，③硫的原子量 32。

現將比較常用的一些元素的名稱、符號和原子量等列表如下：

**表 1. 比較常用的元素的名稱、符號和原子量表**

元 素	符 號	原 子 量	元 素	符 號	原 子 量
氫	H	1.008	錳	Mn	54.9
氦	He	4.0	鐵	Fe	55.9
碳	C	12.0	鎳	Ni	58.7
氮	N	14.0	銅	Cu	63.5
氧	O	16.0	鋅	Zn	65.4
鈉	Na	23.0	溴	Br	79.9

鎂	Mg	24.3	銀	Ag	107.9
鋁	Al	27.0	錫	Sn	118.7
硅	Si	28.1	銻	Sb	121.8
磷	P	31.0	碘	I	126.9
硫	S	32.1	鎢	W	183.9
氯	Cl	35.5	鉑	Pt	195.2
鉀	K	39.1	金	Au	197.0
鈣	Ca	40.1	汞	Hg	200.6
鉻	Cr	52.0	鉛	Pb	207.2

## 第七節 物質不滅定律

氧化汞分解，生成汞和氧氣；鹼式碳酸銅分解，生成氧化銅、水和二氧化碳；鐵和硫化合，生成硫化亞鐵。在這些化學反應中，參加反應的物質和生成的新物質之間，在量的方面有怎樣的關係？爲了說明這個問題，讓我們來做下面的實驗。

放鹼式碳酸銅少許於試管中，連同試管在天平上稱出重量，在火酒燈焰上加熱，使鹼式碳酸銅完全分解，生成黑色氧化銅，冷卻後再稱出重量，結果輕了一些，這是因爲水和二氧化碳逸散到空氣中去了。如果把儀器裝置改變一下，把水和二氧化碳收集起來，它們的重量也能稱出，那麼，整個生成的新物質的重量就可以知

道。爲了達到這個目的，在試管上裝一個單孔橡皮塞和玻璃導管一根，並把這導管與盛有鹼石灰的乾燥管相接（圖18）。鹼石灰是氫氧化鈉和石灰的混和物，有吸收水和二氧化碳的功用。這樣由化學反應生成的水和二氧化碳通過這乾燥管就被吸收，不會逸散到空氣中。再放

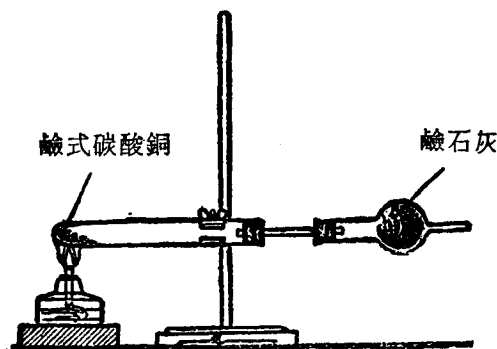


圖 18. 鹼式碳酸銅加熱分解

鹼式碳酸銅少許於試管中，連同整個儀器裝置在天平上稱出它的重量，加熱使鹼式碳酸銅分解，並讓全部冷卻後再稱出重量。結果前後兩次重量完全相等。這說明鹼式碳酸銅在反應前的重量等於反應後生成的氧化銅、水和二氧化碳三種新物質重量的總和。

再放鐵粉和硫粉的混和物於一試管中，裝上一個單孔橡皮塞或軟木塞，並插上玻璃管一段；這玻璃管具有冷凝的功用，如硫粉因加熱變成蒸氣，在此即行凝結，不會逸出玻璃管。把這混和物連同儀器裝置一同放在天

平上稱出它們的重量（圖19），用酒精燈在試管下面加熱，發現有紅熱現象時，立刻拿開火焰，讓它繼續反應，等到反應完畢並讓它們冷卻後，再稱出整個的重量，結果前後兩次重量完全一樣。這說明參加反應的鐵和硫的總重量等於生成的硫化亞鐵的重量。

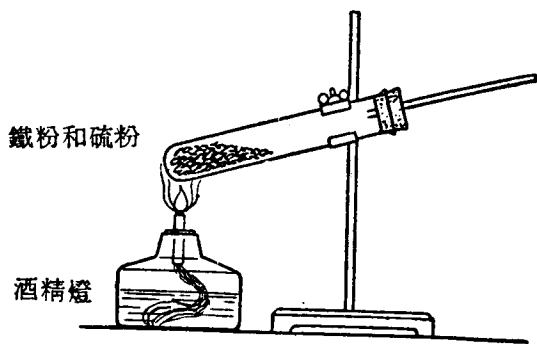


圖 19. 鐵和硫化合生成硫化亞鐵

除上述的事實而外，一切化學反應結果都是這樣，因此，可得出一個結論：**參加反應的各種物質的總重量等於反應後生成的各種物質的總重量。**這個規律在化學上叫做**物質不減定律**。這是俄國偉大科學家羅蒙諾索夫發現的，是化學上的一個基本定律。

爲什麼是這樣呢？從原子——分子論觀點來看，在化學反應中參加反應的各種物質分子裏的各原子重行組合生成新物質的分子。反應前各種原子有多少，反應後這些原子還是這麼多，沒有增加，也沒有減少，而且每

個原子沒有破壞，重量也沒有改變，因此反應前參加反應的各種物質的總重量一定是等於反應後生成的各種物質的總重量。

在一個化學反應裏，不管是參加反應的物質也好，生成的物質也好，如果其中只有一種物質的重量不知道，根據物質不滅定律，就很容易把它計算出來。例如經過實驗，氧化汞 10 克加熱完全分解，生成汞 9.26 克，同時生成的氧氣的重量是  $10 - 9.26 = 0.74$  克。

$$\text{氧化汞的重量} = \text{汞的重量} + \text{氧氣的重量}$$

$$\begin{aligned}\text{氧氣的重量} &= \text{氧化汞的重量} - \text{汞的重量} \\ &= 10 - 9.26 = 0.74 \text{ 克。}\end{aligned}$$

又例如經過實驗，鐵粉 5 克和充分的硫粉混和後加熱發生反應，生成硫化亞鐵 7.85 克，用去硫粉的重量是

$$7.85 - 5 = 2.85 \text{ 克。}$$

$$\text{鐵的重量} + \text{硫的重量} = \text{硫化亞鐵的重量。}$$

$$\begin{aligned}\text{硫的重量} &= \text{硫化亞鐵的重量} - \text{鐵的重量} \\ &= 7.85 - 5 = 2.85 \text{ 克。}\end{aligned}$$

物質不滅定律說明自然界裏一切物質，盡管都在不斷運動中和在不斷變化中，但是任何物質不會消滅，也不會無中生有地產生出來，物質是永恒存在的。

## 習 題

1. 什麼叫做物質不滅定律？舉例說明。
2. 根據原子——分子論來解釋物質不滅定律。

## 第八節 定組成定律

化學反應是服從物質不滅定律的。例如 7 份重量的鐵和 4 份重量的硫完全化合，生成 11 份重量的硫化亞鐵。如果鐵或硫超過了上面的份量，那麼過量的鐵或硫便剩留下來不參加反應。硫化亞鐵含鐵元素或硫元素之比是 7 : 4，是一個固定不變的比值。

鐵和硫在硫化亞鐵中的百分數是這樣：

$$\text{鐵的百分數} = \frac{7}{7+4} \times 100\% = 63.64\%$$

$$\text{硫的百分數} = \frac{4}{7+4} \times 100\% = 36.36\%$$

同樣，27 份的氧化汞加熱完全分解，生成 25 份的汞和 2 份的氧氣。在氧化汞裏汞元素和氧元素重量之比是 25 : 2，也是一個固定不變的比值。用百分數來表示，氧化汞的百分組成是：汞 92.59%，氧 7.41%。

根據許多實驗得到一個結論：任何一種純淨的化合物，不管它是從什麼地方獲得的或是用什麼方法製取的，都有固定的組成。這個結論叫做**定組成定律**。

從原子——分子論觀點來看，每種化合物的分子裏含有各組成元素的原子數目是一定的，各種原子也各具有一定的原子量，各種原子個數之比既然是固定的，那點，各組成元素重量之比也必然是固定的了。



## 習 題

1. 什麼叫做定組成定律？舉例說明。
2. 根據原子——分子論來解釋定組成定律。

## 第九節 分子式

用元素符號表示物質分子組成的式子叫做**分子式**。

分子式是根據實驗結果求出的。

單質的分子是由同種元素的原子組成的，因此寫單質的分子式時，先寫元素符號，然後在這符號的右下角寫一個小的數字表示這單質一分子裏含有原子的數目。例如許多氣體的分子是由兩個原子組成的，如氧氣、氫氣、氮氣等，它們的分子式是 $O_2$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ 。如果單質的分子是單原子的，那末元素符號也就是它的分子式，如氫氣 Ar、氖氣 Ne 等。

化合物的分子是由不同元素的原子組成的，只要知道這個化合物含有哪些元素以及它的一個分子裏含有每種元素的原子數目，就能寫出它的分子式。寫出化合物的分子式時，先寫出各種元素符號，然後在每個元素符號的右下角寫一小的數字表示這種元素的原子數目。這樣就得到這化合物的分子式。例如一個水分子是由兩個氫原子和一個氧原子組成的，它的分子式是 $H_2O$ ，又如一分子的二氧化碳是由一個碳原子和兩個氧原子組成的，它的分子式是 $CO_2$ ；如果在一個化合物的分子裏，

某一元素的原子只有一個原子，那末在它的元素符號的右下角，不須寫上小的數字，如氧化汞的分子式爲  $\text{HgO}$ ，硫化亞鐵的分子式爲  $\text{FeS}$  等。

化合物的分子式是根據實驗求出的，它是符合定組成定律的。一種化合物只有一個分子式。至於實驗上求化合物分子式的方法，將來在較深一步的化學中會學到的。

根據物質不滅定律，任何物質一分子的重量等於這分子裏所含各元素的原子的重量的總和，也就是說物質的分子量是這物質的分子式中各元素的原子量之和。因此從一種物質的分子式就很容易算出它的分子量。同原子量一樣，分子量的重量單位也是用氧單位來表示的。例如水的分子式是  $\text{H}_2\text{O}$ ，它的分子量是氫原子量的 2 倍加上氧的原子量，即：

$$\begin{aligned}\text{水的分子量} &= 2 \times \text{氫的原子量} + \text{氧的原子量} \\ &= 2\text{H} + \text{O} \\ &= 2 \times 1 + 16 \\ &= 18\end{aligned}$$

注：氫的原子量是 1.008，爲了簡便起見，這裏把小數畧去不計。

又例如，硫酸的分子式是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，它的分子量是：

$$\begin{aligned}\text{硫酸的分子量} &= 2 \times \text{氫的原子量} + \text{硫的原子量} + 4 \times \\ &\quad \text{氧的原子量} = 2\text{H} + \text{S} + 4\text{O} \\ &= 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 \\ &= 98\end{aligned}$$

從物質的分子式，可以計算出這物質裏所含各元素的重量之比。例如水裏所含各元素重量之比是這樣求出的：

水的分子式是  $H_2O$

水分子裏氫原子的重量比水分子裏氧原子重量

$$= 2 \times \text{氫原子量} : \text{氧原子量}$$

$$= 2 \times 1 : 16 = 2 : 16 = 1 : 8$$

一分子水裏所含氫元素和氧元素重量之比是 1 : 8，物質為分子組成，那麼，任何重量的水裏所含氫元素和氧元素重量之比必與此相同，也是 1 : 8。

有了物質中所含各元素重量之比，也可以計算出每一種元素在這化合物中的重量百分比(%)，把所含元素的重量百分比都求出來，就得到這化合物的重量百分組成。例如：

$$\text{水含氫的重量百分比} = \frac{\text{水一分子裏含氫的量}}{\text{水的分子量}} \times 100\%$$

$$= \frac{2 \times 1}{18} \times 100\% = 11\%$$

$$\text{水含氧的重量百分比} = \frac{\text{水一分子裏含氧的量}}{\text{水的分子量}} \times 100\%$$

$$= \frac{16}{18} \times 100\% = 89\%$$

水的重量百分組成是：氫 11%，氧 89%。

又例如，在硫酸裏，氫、硫、氧三種元素重量之比

$$= \text{硫酸一分子裏氫原子的重量} : \text{硫酸一分子裏硫原子}$$

的重量：硫酸一分子裏氧原子的重量  
 $= 2 \times \text{氫原子量} : \text{硫原子量} : 4 \times \text{氧原子量}$   
 $= 2 \times 1 : 32 : 4 \times 16 = 2 : 32 : 64 = 1 : 16 : 32$

同理，

$$\begin{aligned} \text{硫酸含氫的重量百分比} &= \frac{\text{硫酸一分子含氫量}}{\text{硫酸的分子量}} \times 100\% \\ &= \frac{2 \times 1}{98} \times 100\% = 2.05\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{硫酸含硫的重量百分比} &= \frac{\text{硫酸一分子含硫量}}{\text{硫酸的分子量}} \times 100\% \\ &= \frac{32}{98} \times 100\% = 32.65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{硫酸含氧的重量百分比} &= \frac{\text{硫酸一分子含氧量}}{\text{硫酸的分子量}} \times 100\% \\ &= \frac{4 \times 16}{98} \times 100\% = 65.30\% \end{aligned}$$

所以硫酸的重量百分組成是：氫 2.05%，硫 32.65%，  
 氧 65.30%。

歸納起來，分子式表示下面的幾種意義：

- (1) 物質的一個分子；
- (2) 組成物質的各種元素；
- (3) 在物質一個分子裏，各種元素的原子個數；
- (4) 物質的分子量；
- (5) 組成物質的各種元素重量之比（也可以說各元素的重量百分比和物質的重量百分組成）。

元素符號或分子式前面的數字，表示原子或分子的

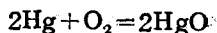
個數，如  $3\text{H}$ ， $2\text{H}_2\text{SO}_4$ ，分別表示三個氫原子，兩個硫酸分子，而元素符號右下角的數字，表示在一分子裏這種元素的原子個數，如  $\text{H}_2$ ，表示氫一分子裏的氫原子個數是 2； $\text{H}_2\text{O}$ ，表示水一分子裏氫原子數是 2。元素的右下角不寫數字，就是表示一個原子。水分子式就是表示含有二個氫原子和一個氧原子。

### 習 題

1. 分子式有哪些意義？
2. 根據分子式求出下列各個化合物的分子量：
  - (1) 硫酸鈉  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
  - (2) 碳酸鎂  $\text{MgCO}_3$
  - (3) 氫氧化鈣  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
  - (4) 磷酸  $\text{H}_3\text{PO}_4$
3. 硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )和氯酸鉀( $\text{KClO}_3$ )相比，哪個化合物含氧百分數大一些？

### 第十節 化學方程式

汞和氧氣作用生成氧化汞的事實，用文字來表達是：“二分子的汞和一分子的氧氣反應，生成二分子的氧化汞。”這樣表示的方法是多麼不便。化學上用一個簡單式子把它表示出來：



這樣用分子式來表示化學反應的式子叫做**化學方程**

式。

化學方程式是根據實驗結果而來的，必須有一個化學反應，才能寫出一個化學方程式。化學方程式代表着一個客觀事實，不是憑想像或推測而寫出來的。如果在一個化學反應裏，知道了參加反應的各種物質的分子式和反應後生成的物質的分子式，根據物質不滅定律，就可以寫出代表這個反應的化學方程式。

寫化學方程式的時候，先把參加反應的物質的分子式寫在左邊，把反應後生成的物質的分子式寫在右邊，如果參加反應的物質或生成的物質不止一種時，就分別在它們之間寫一加號(+)，并在左右兩邊之間畫一短線，把它們聯起來。

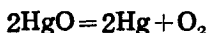
例如： $\text{HgO} \text{---} \text{Hg} + \text{O}_2$

接着就在每個分子式的前面配上一個適當的數字，使左邊每一種元素的原子總數，和右邊的這種元素的原子總數相等。這個適當的數字叫做**系數**。尋找系數的最簡單的方法，就是首先從兩邊原子數目不等的那個元素着手，找出一個系數使它相等，例如：在上列式子裏，兩邊氧元素的原子數目不等，要它相等，須在左邊氧化汞的分子式前面配上一個數字2，這就是說兩個氧化汞的分子經過分解後生成一個分子的氧氣。

$2\text{HgO} \text{---} \text{Hg} + \text{O}_2$

這樣一來，兩邊汞元素的原子數目不相等了，要它相等，須在右邊汞的分子式前面配上一個系數2（習慣

上係數 1 是略而不寫的)。就是說，兩個氧化汞的分子經過分解，生成兩個分子的汞。現在汞元素的原子數目和氧元素的原子數目在式子左右兩邊恰恰相等，隨即把那短線改寫成等號(=)，寫這化學方程式的手續即告完畢。

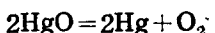


這個化學方程式讀作：“兩個分子的氧化汞經過化學反應生成兩個分子的汞和一個分子的氧氣。”

爲了使兩邊各元素的原子數目相等，切不可改變化合物的分子式，因爲物質的分子式是符合定組成定律，不能隨便更改的。

上面所述的手續叫做化學方程式的配平。只有配平的化學方程式才符合物質不滅定律。

從化學方程式上不但可以看出參加反應的物質和反應後生成的物質的分子個數之比，而且也可以看出它們相互間的重量的關係。例如：



$2 \times$  氧化汞的分子量 =  $2 \times$  汞的原子量 + 氧氣的分子量

$$2 \times (200 + 16) = 2 \times 200 + 2 \times 16$$

$$432 = 400 + 32$$

這就是說，432 氧單位的氧化汞完全分解生成 400 氧單位的汞和 32 氧單位的氧氣。不用氧單位而用其它重量單位，它們之間的重量的關係還是同樣的比例。即 432 任何重量單位(克、兩、斤、磅、噸等等)的氧化汞完全分

解，都生成 400 同樣重量單位的汞和 32 同樣重量單位的氧氣。

因此，根據物質不滅定律，可以利用化學方程式，從已知一種參加反應的物質的重量，求算生成物質的重量；從已知一種生成物質的重量求算參加反應物質的重量；亦可從一種參加反應的物質或生成的物質的重量，求算出另一種參加反應的物質或生成的物質的重量。

計算步驟是這樣的：

- ① 寫出配平的化學方程式；
- ② 在已知重量的物質的分子式下面畫一根粗線，在要計算重量的那種物質的分子式下面畫兩根粗線；
- ③ 分別在它們下面寫出各個物質的分子量，並分別拿各個分子式前面的系數來乘其對應的分子量；
- ④ 再在各個物質的分子式下面寫出已知的物質的重量和要計算出的物質的重量 X。
- ⑤ 用比例方法，計算出這物質的重量 X。

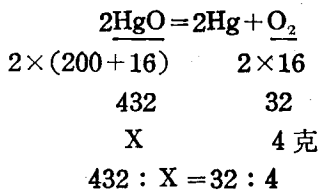
例 1：氧化汞 27 克加熱完全分解生成氧氣多少克？

$$\begin{array}{rcc} 2\text{HgO} = 2\text{Hg} + \underline{\text{O}_2} \\ 2 \times (200 + 16) & & 2 \times 16 \\ 432 & & 32 \\ 27 & & X \\ 432 : 27 = 32 : X \\ X = \frac{27 \times 32}{432} = 2 \end{array}$$

答：生成氧氣 2 克。



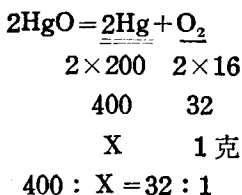
例 2: 氧化汞加熱分解生成氧氣 4 克, 問已經分解的氧化汞是多少克?



$$X = \frac{432 \times 4}{32} = 54 \text{ 克}$$

答: 分解的氧化汞是 54 克。

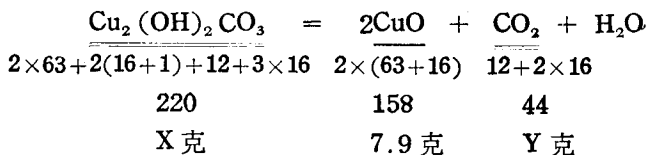
例 3: 氧化汞加熱分解生成氧氣 1 克, 問同時生成汞多少克?



$$X = \frac{400 \times 1}{32} = 12.5 \text{ 克}$$

答: 同時生成汞 12.5 克。

例 4: 鹼式碳酸銅加熱分解, 得到氧化銅 7.9 克, 問分解的鹼式碳酸銅是多少克? 同時放出二氧化碳多少克?



$$220 : X = 158 : 7.9$$

$$X = \frac{220 \times 7.9}{158} = 11 \text{ 克}$$

$$158 : 7.9 = 44 : Y$$

$$Y = \frac{7.9 \times 44}{158} = 2.2 \text{ 克}$$

答：分解的鹼式碳酸銅是 11 克，同時生成二氧化碳 2.2 克。

### 習 題

1. 什麼叫做化學方程式？它有哪些意義？
2. 化學方程式為什麼要配平？它是根據什麼定律配平的？
3. 將下列各化學反應寫出化學方程式：
  - (一) 硝酸鉀  $\text{KNO}_3$  加熱分解生成亞硝酸鉀  $\text{KNO}_2$  和氧氣  $\text{O}_2$ ；
  - (二) 銻  $\text{Sb}$  和氯氣  $\text{Cl}_2$  化合生成氯化銻  $\text{SbCl}_3$ ；
4. 鎂  $\text{Mg}$  在空氣中燃燒生成 4.03 克的氧化鎂  $\text{MgO}$ ，問燒去的鎂重多少克？
5. 碳酸鈣  $\text{CaCO}_3$  加熱分解生成氧化鈣  $\text{CaO}$  和二氧化碳  $\text{CO}_2$ 。今用石灰石（假定它完全是碳酸鈣）10 噸放在石灰窖中煅燒使它完全分解，出產的石灰（即氧化鈣）有多少噸？同時產生多少噸的二氧化碳氣體？

## 第三章 氧、空氣

元素符號 O      原子量 16

分子式  $O_2$       分子量 32

從本章開始，我們要討論一些常見的物質和它們的性質，先討論氧氣。

### 第一節 氧氣的發現

氧氣是與我們人類關係最密切的物質之一。1174年，英國化學家普利斯特利做了一個實驗，使日光通過透鏡聚集而加熱於紅色的氧化汞粉末。事先，他裝設了如圖 20 的一套儀器，試管中充滿了汞（水銀），倒立在

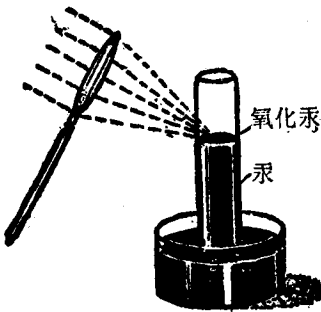


圖 20. 普利斯特利利用陽光加熱氧化汞的裝置

汞槽中，氧化汞粉末較輕，飄在汞的頂上，即在倒置的試管的底部。日光經過凸透鏡聚集後射在這些氧化汞上。結果，他發現氧化汞分解，放出一種氣體來，它充滿了倒置的試管的底部，因而使汞的表面往下壓低了些。他後來研

究了這種氣體的性質：把燒着的蠟燭放進這種氣體中，蠟燭燒得非常明亮；呼吸這種氣體時，有愉快的感覺。這就是氧氣。

## 第二節 氧氣的物理性質

氧氣在平常條件下，是一種沒有顏色、沒有臭味，也沒有味道的氣體，1升氧氣重1.429克，比空氣略重（大約比空氣重 $1/10$ ）。使氧氣溫度降低到 $-183^{\circ}\text{C}$ 時，它就變成淺藍色的液體，再降溫到 $-219^{\circ}\text{C}$ 時，它便變成淺藍色的固體。

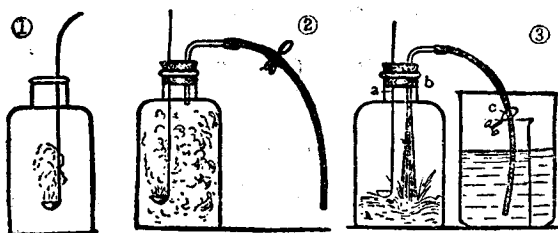
如果在降低溫度的同時再增加壓力，可以在溫度比 $-183^{\circ}\text{C}$ 高一些的情況下就使氧氣變成液體。

氧氣難溶於水。在 $20^{\circ}\text{C}$ 和1大氣壓下，1升水中能溶解30毫升（即0.03升）的氧氣，在 $0^{\circ}\text{C}$ 和1大氣壓下，則能溶解50毫升的氧氣。

## 第三節 氧氣的化學性質

現在我們通過一些實驗來討論氧氣的化學性質。

1. 氧氣和磷的反應 先做磷在氧氣中燃燒的實驗。準備一個集氣瓶，一個燃燒勺，在集氣瓶上配一個雙孔的塞子（爲了使塞子能塞緊，最好用橡皮塞），一個孔裝入燃燒勺，另一個孔裝入一枝彎玻璃管，管子在瓶外的一端套上一段軟橡皮管并用夾子夾住。另外，準備一燒杯水，水的量要足夠充滿一個集氣瓶，裝成如圖21的



1. 磷在氧氣裏燃燒。
2. 磷在密閉的氧氣瓶裏燃燒，這時用夾子夾緊橡皮管。
3. 磷燃燒完了，打開夾子，水就湧進瓶裏。

圖 21. 磷在氧氣裏燃燒

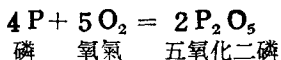
樣子。

實驗時，把集氣瓶充滿氧氣，用玻璃片蓋好。把燃燒勺連同橡皮塞拿在手裏，取少許紅磷粉放在燃燒勺內，然後拿開集氣瓶的玻璃片蓋，把燃燒勺放進去，仔細觀察，沒有什麼現象發生。如果拿燃燒勺在酒精燈上點火，使磷粉燒着，然後很快放入氧氣瓶中，塞緊橡皮塞，這時磷粉就在氧氣中猛烈燃燒，發生耀眼的光輝，比在空氣中燃燒時明亮得多。在反應時，可以看到生成多量的白烟，充滿了整個瓶子。燃燒完畢後不多久，白烟就沉下來成爲白色粉末黏附在瓶壁上。這時，打開橡皮管的夾子，水就從燒杯經管子進入瓶中，直到充滿時爲止。

從這實驗裏，應該得到什麼結論呢？首先是磷粉在氧氣中燃燒時發生了化學反應，生成一種白色粉末，反應過程中發生光和熱。

這種白色固體是由磷和氧化合而產生的，稱爲五氧

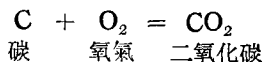
化二磷。這一反應可以用化學方程式表示：



其次，根據磷在沒有點火時不能在氧氣中燃燒的事實，可以知道它和氧化合的反應條件是需要一定的開始溫度。以後我們會碰到：許多化合反應開始時，常常是要求比較高的溫度的。等到反應開始之後，由於反應放出熱量，就可以使反應繼續進行。最後，有一點應該解釋：因為在集氣瓶裏的氧氣在反應時用完了，生成物五氧化二磷是固體，只佔很小的體積，所以集氣瓶在反應之後形成了真空，這時打開橡皮管夾，水自然就進去了。

一般爲了觀察磷在氧氣中燃燒的現象而做實驗時，只要用手拿着燃燒勺直接放入氧氣瓶(圖 22)就可以了。

2. 氧氣和碳的反應 仍舊用上面所說的裝置來做這個實驗，把木炭燒紅後放在燃燒勺裏，插到氧氣瓶中，原來在空氣中只是發紅的木炭可以燃到發出白色的光輝來。反應完畢後，生成二氧化碳氣體，用方程式來表示這個反應：



二氧化碳的存在可以這樣證明：把澄清的石灰水倒



圖 22. 木炭在氧氣中燃燒

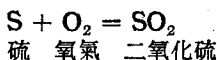
進瓶裏時，石灰水立即變成混濁的液體。



圖 23. 硫在氧氣中燃燒

在日常生活中，我們所習見的煤炭燃燒，主要就是這個反應。煤、木炭、焦炭裏面的主要成分是碳。

3. 氧氣和硫的反應 取少量硫粉放在燃燒勺內，在酒精燈上點着時，硫發淡藍色光而燃燒，火焰很少。插入氧氣瓶時(圖 23)，藍色火焰突然光亮起來。反應結果，生成一種氣體，稱為二氧化硫：



二氧化硫具有特別的臭味，很容易嗅出來。

4. 氧氣和鐵的反應 鐵在空氣中是很難燃燒的物質，如果把細鐵絲繞在燃燒勺上，在鐵絲的另一端縛上一段火柴梗，先把火柴梗點着，插入氧氣瓶裏，鐵絲就被燃着的火柴梗點着，在氧氣中燃燒起來(圖 24)，發生劈拍聲，同時有火花射出來。反應生成物是一種褐色的固體，稱為四氧化三鐵。反應方程式是：

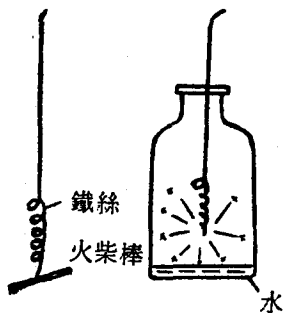
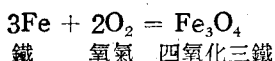


圖 24. 鐵絲在氧氣中燃燒



爲了防止生成的四氧化三鐵在很熱的時候碰到玻璃集氣瓶底使瓶破裂，常在瓶中留一些水或者放一層砂子。

從以上一些實驗可以看到，氧氣可以和一些非金屬或金屬元素化合，同時放出熱量來，有時因爲放熱很多，溫度很高，就會發生明亮的光輝。大多數的非金屬和金屬元素都可以這樣與氧氣化合。這是氧氣的最主要的化學性質。

非金屬或金屬元素與氧化合時生成氧化物。

凡是由氧和其他一種元素組成的化合物，都稱爲**氧化物**。例如五氧化二磷、二氧化碳、二氧化硫、四氧化三鐵都是氧化物。

許多元素可以和氧組成多種氧化物，例如硫的氧化物就有二氧化硫  $\text{SO}_2$  及三氧化硫  $\text{SO}_3$  兩種。

物質和氧的反應，稱爲**氧化反應**。本節舉的四個反應都是氧化反應。

氧化反應的生成物雖然常常是氧化物，但并非都是氧化物，反過來說氧化物也不一定由氧化反應得到。所以判別一種物質是不是氧化物，應該從上面的定義來看。

自然界裏人和動植物呼吸時吸進氧氣起氧化反應；金屬的生銹腐蝕，也與氧化反應有關。



## 習 題

1. 舉例說明氧氣的化學性質。
2. 什麼叫做氧化物？什麼叫做氧化反應？舉例說明。
3. 下面的物質中，哪幾種是氧化物，哪幾種不是氧化物？

氧化汞  $\text{HgO}$       氯酸鉀  $\text{KClO}_3$

高錳酸鉀  $\text{KMnO}_4$       氯化銅  $\text{CuCl}_2$

### 第四節 氧在自然界裏的存在

氧是地球上分佈最廣的元素。拿重量來說，它佔到地殼總重量的 49.13%，即近乎一半。

氧在自然界裏有兩種存在形式，一種是單質，也就是氧氣。氧氣存在最大的是在地面上的空氣層中，估計量有 1,000,000,000,000,000 噸。按重量算，它佔空氣的 23%；按體積算，它佔空氣的 21%。以後討論空氣成分的時候可以知道，空氣中還含有化合狀態的氧，但比起單質氧氣來少得多。

人是不能離開氧氣而生活的。呼吸的時候，我們吸入氧氣（實際是吸入空氣），使它和我們從食物中得到的養料起化學反應，放出熱量來，維持人生活的需要。這裏要注意：養料在人體內氧化比本章前面所舉的氧化反應要慢得多，我們看到磷、硫、鐵等物質在氧氣中燃燒的時候，都放很多的熱，產生高溫和光，可是養料氧化是緩慢的，不斷放出熱量，維持我們的體溫，而不是

激烈到產生高溫和發光的程度。燃料的燃燒也需要氧氣，人們每天要用燃料燃燒來煮食物或水，由此看來，氧氣在自然界存在對人的生活有很重要的意義。

氧氣還能少量地溶於水中。自然界裏水很多，也溶有不少氧氣，魚在水裏生活，也靠這部分氧氣維持。

氧是化學性質十分活潑的元素，所以除單質形式存在而外，還大量地呈化合物形式存在。

我們幾乎到處可以碰到氧的化合物。就小範圍來說，我們周圍的樹、動物、腳下的泥土和石頭、河裏的水以及我們的身體都含有氧。就幾個存在氧比較多或者重要的一些氧的化合物來說，可以舉出下面一些例子：首先是作為工業原料的多種金屬礦，例如最重要的鐵礦是鐵的氧化物磁鐵礦  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和赤鐵礦  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。作為水泥、陶瓷、磚瓦工業原料的石灰石和泥土中含有多種氧的化合物，例如泥土中主要含有二氧化矽  $\text{SiO}_2$ 、氧化鋁  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。其中二氧化矽是多種岩石所共有的一種成分。地球上覆蓋着面積很大的海洋、河流和湖泊，其中都有水，純粹的水按重量來說有 89% 是氧（要注意這裏指的氧是化合狀態的氧，不是溶解在水裏的氧氣，化合狀態的氧與溶解的氧氣在水裏都存在，但從化學上來看，不能認為是一回事），這也是氧在自然界存在的最大源泉之一。

人和動物體內含有多量的氧，其中一部分就成水的形式，另外有些是很複雜的氧和碳氫兩種元素（主要是

這兩種元素)的化合物。

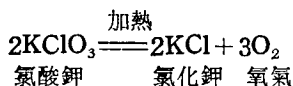
## 習 題

1. 自然界裏哪些地方存在氧最多?氧的存在,對於生物的生命有什麼意義?
2. 學完本節,你對氧化反應有什麼新的認識?

## 第五節 氧氣的製法

前節說過,氧含量最多的地方是在空氣中和水中,但從空氣中或水中直接取得氧氣是比較困難的。在實驗室裏爲了較方便地得到少量氧氣,可以用加熱分解含氧化合物如氯酸鉀  $\text{KClO}_3$ 、高錳酸鉀  $\text{KMnO}_4$  等的方法。

以氯酸鉀爲例,它加熱時分解反應如下:



純粹的氯酸鉀加熱時,需要較高的溫度才能分解。因此用酒精燈加熱需較長時間,反應進行得很慢。如果在其中加入一些二氧化錳  $\text{MnO}_2$  的黑色粉末,反應就快得多。

爲了了解這一點,做這樣的實驗:取兩個小試管,管底各放重量約相等的氯酸鉀粉末,同時放在酒精燈上加熱。到管中氯酸鉀將近熔化時,把帶有火星的木條伸入管口處,木條沒有着火的現象。然後取少量二氧化錳粉末,放入其中一個管中,再用留有火星的木條去試,可

以看到放了二氧化錳的管中木條很快燃燒起來而且很明亮，說明氯酸鉀中加了二氧化錳可以使反應大大加快。

實驗證明，二氧化錳在氯酸鉀分解反應前後並沒有消耗。我們稱二氧化錳是氯酸鉀加熱分解反應的**催化劑**。

催化劑是這樣的一種物質：它能改變其他物質的反應速度，可是它自己在反應前後的重量和化學性質仍保持不變。

催化劑有很嚴格的選擇性，一種物質能催化一個反應，它常常不能催化另外一些反應。

由於催化劑能改變(通常是加快)反應速度，所以化學工業中大量地使用催化劑，使用的結果是可以使很難進行的反應在一定條件下可以進行。同時合適的催化劑可以加快反應速度，使生產效率提高。

在實驗室裏利用二氧化錳催化氯酸鉀加熱分解的實

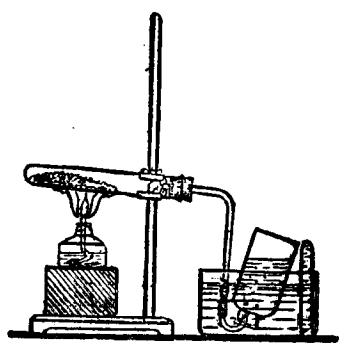


圖 25. 排水集氣法

驗採用如圖 25 的裝置。實驗時，先取用適量的氯酸鉀粉末與二氧化錳粉末在紙上均勻混和，裝入試管中，平持試管，輕輕搖動使藥品平鋪在試管中，然後用鐵台，鐵夾把它夾住，使試管的底端稍稍高於口端，配上木塞和玻璃導

管。另外，準備一個水槽，盛水幾滿，其中放入收集氧氣的玻璃瓶或試管（同時準備好蓋瓶的玻璃片或試管的木塞），也盛滿了水，倒立在水槽中。（圖 25）

實驗進行時，用酒精燈在試管下方加熱，開始加熱時，要手持酒精燈來往移動，以免試管局部受熱過猛而炸裂。等到試管已熱時，再使用酒精燈固定在一點加熱。開始排出的是試管裏原有的空氣，所以不收集。稍等片刻，就可以收集氧氣入瓶。氧氣入瓶時，把原來的充滿瓶子的水排出到水槽中，到充滿一瓶後，用玻璃片蓋住，然後取出水面。

氧氣收集完畢時，要先把浸在水中的導管取出水面，然後再移去試管下的酒精燈。如果先移去燈，試管就開始很快地冷卻，氣體收縮，造成試管裏壓力降低，水槽裏的冷水就會從導管倒流入試管中，使熱的試管受冷水的驟冷而破裂。

這種收集氣體的方法稱為排水集氣法，氧氣難溶於水，可以直接與水接觸，所以可用這種方法收集。另外，也可用排空氣集氣法（圖 26）。用這方法是因氧氣比空氣重，沉在底部，空氣較輕，可向上（穿過紙片和瓶口間的空隙）排出，只是看不出是否氧氣已充滿全瓶，因而要使用帶有火星的木條放到瓶口去試，如果木條又燃着，表示瓶口處為氧所充滿了。

有時，實驗室裏一次需用較多量的氧氣，可以把製得的氧氣裝在較大的儲氣瓶裏，現在介紹一種儲氣瓶的



已塞關閉，把下口丙的塞子拔去，把導管插入，通進氣體。氣體一面進去，一面從丙口把水排出。直到幾乎充滿時（水面不可到丙口的下面，不然氣體要漏出來）把導管取出，丙口的塞子蓋上。應用時，先打開塞子甲，然後打開塞子己，氣體即由丁口出來。當漏斗中水面落下時，要不斷添加一些水，使氣體受到水的壓力壓出來。

凡不和水起作用及不溶解在水裏，難溶解在水裏的氣體，都可以這樣來儲藏。

實驗室裏製氧氣除了用氯酸鉀以外，還可利用高錳酸鉀（一種紫色晶體，研細成粉）加熱分解製得。裝置、實驗方法和用氯酸鉀相同。前面敘述過的氧化汞加熱分解也可以得到汞和氧氣。

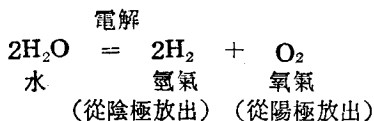
總的來說，上面各種製氧氣方法比較簡單易行，規模小，用的原料價格較貴。工業上需要用大量氧氣的時候，如果用那樣貴的原料，就太不經濟了，因此，首先應該設法從空氣中或者水中取得氧氣。

空氣中氧氣是和空氣的其他成分——氮氣等混雜在一起，要設法分開。工業上從空氣中分離出氧氣，第一步要使空氣冷卻到很低的溫度，同時要加適當的壓力，這時，空氣就變成液體。第二步使液體空氣蒸發。這時，因為空氣中兩種主要成分氧氣、氮氣中，氮氣的沸點比氧氣更低，只有 $-196^{\circ}\text{C}$ ，所以氮氣先從液態空氣裏蒸發出來，留下的是液態氧。液態氧可以取出來直接盛到容器裏或者使它蒸發變成氣體，然後加壓力到 150 大氣壓

壓入能耐高壓的鋼筒裏(圖 28)。這種鋼筒上附有開關和壓力表,使用的時候,因為氧氣貯量漸漸減少,壓力表上讀出氧氣的壓力也就減小。到一定時候,就要把氧氣加入。

用空氣製氧氣在工業上設備比較複雜,但是比起實驗室用較高貴的藥品製氧氣要便宜得多,所以這方法是目前工業上最廣泛使用的。

從水製取氧氣也已經在工業上實現了。水是氫氧兩元素組成的化合物,通過電流的時候它可以分解,這種分解反應稱為**電解**,反應式是:



電解時,氧氣從陽極放出來,同時有氫氣從陰極放出來。

電解法製取氧氣時,原料便宜,所得氧氣很純粹。但是耗電很多,成本較高,并不常用。



圖 28. 儲氧氣的鋼筒

## 習 題

1. 實驗室製氧氣採用哪些方法?
2. 工業上製氧氣採用哪些方法?為什麼工業上製氧氣不用實驗室製氧氣的辦法?



## 第六節 氧氣的用途

可燃性氣體如乙炔（即電石氣）或氫氣在氧氣存在下能發生猛烈的燃燒，產生  $3000^{\circ}\text{C}$  的高溫，足夠使鋼鐵熔化，因此，可以用來切斷鋼材或焊接鋼材。乙炔在氧氣存在下燃燒所用的裝置稱為氧炔吹管（圖 29）。這

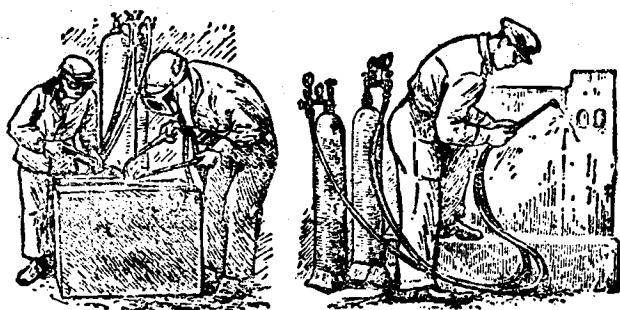


圖 29. 用氧炔管焊切鋼材

吹管主要構造是兩個套管，中間管子裏是氧氣，外面套管裏是乙炔，在管口相遇即發生燃燒。使用時要注意調節氧氣的量，當氧氣量不多時，火焰燃燒的高溫可以使焊條熔化，落到鋼材上使鋼鐵焊接起來，這叫做氣焊。如果使火焰中氧氣量放多些，剩餘的氧氣使鋼鐵燃燒起來，接觸火焰的地方可以把鋼鐵燒掉，使鋼鐵切斷，這叫做氧切。氣焊和氧切不僅用於鋼鐵，也用於其他金屬，在工業上應用得很多。

氧氣是重要的化學工業原料之一，由於它存在於空

氣中，而空氣是用不盡的，所以過去化學工業上用到氧氣的地方，常用空氣來代替。例如鋼鐵工業中高爐煉鐵需要鼓風，即鼓熱空氣。煉鋼爐也要鼓風。基本化學工業中硫酸工業、硝酸工業都要用空氣。近年來發展了利用富氧空氣的新技術，空氣含氧量是 21 %（按體積計算），超過這個數字，就是富氧空氣。富氧空氣含氧氣多，當然會使氧化反應進行得快。同樣大小的工業設備，反應快，生產效率就提高。例如高爐用含氧 25—27 % 的空氣鼓風時，產量可提高 60—80 %，在硫酸工業中，利用適當濃度的富氧空氣，可使生產能力提高 6 倍以上。

如果把木屑、煤等物在含氧高於 95 % 的液態氧中浸透，然後點燃它，就會發生猛烈的氧化反應，在很短的時間中產生大量高溫的氣體。如果事先把這些物質埋在石山中或礦層中，就會發生爆炸，所以可當炸藥使用，稱為液氧炸藥。這種炸藥用在採石、採露天礦等方面。

人呼吸需要氧氣，在一些特殊的情況下，需要供給攜帶氧氣的裝置以維持生命。例如中毒和患某些呼吸器官病的人要吸入氧氣。高空的空氣稀薄，氧氣不夠，所以高空飛行人員要攜帶氧氣。深入海底工作的時候也要攜帶氧氣。在煤礦的礦坑裏有時充滿煤氣，進去工作的人或救護者也必須攜帶氧氣。

## 習 題

1. 列舉氧氣的主要用途？
2. 什麼叫做液氧炸藥？有何用途？

## 第七節 空氣的成份

空氣和人們接觸雖然密切，但由於它是沒有顏色，沒有氣味的氣體，不容易覺察到它參加化學反應，所以在18世紀以前，人們對空氣的成份是沒有正確認識的。

18世紀末，法國化學家拉瓦西做了一個實驗。他用的裝置如圖30，把汞放在一個一端開口的曲頸甌甲裏，曲

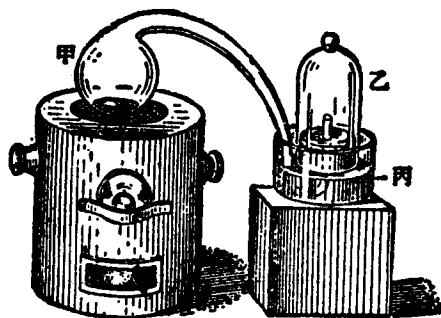


圖 30. 拉瓦西實驗的裝置

頸甌的玻璃管出口一端放到汞槽乙中，并用玻璃鐘罩丙罩住。這樣，曲頸甌裏的汞和空氣連同鐘罩裏的空氣就變為密閉的了。

然後，他用火爐丁來加熱曲頸甌中的汞。加熱連續了12天以後，他發現曲頸甌裏汞的表面一層變成了紅色粉末，同時在鐘罩內，水銀面上升了一段(如圖中的情形)，說明鐘罩和曲頸甌裏的空氣是減少了。他研究了剩下的那

部分空氣，發現它已經不是空氣。燃着的蠟燭不能在裏面繼續燃燒，老鼠在這氣體中會被悶死。拉瓦西稱它為“氮氣”，原文是“不能維持生命”的意思。

拉瓦西這一實驗明說了空氣中含有不能支持燃燒的氮氣，那麼，還有一部分氣體（與汞變成紅色粉末）是什麼呢？

拉瓦西把汞表面上的紅色粉末收集起來加熱，結果它分解得到一種氣體。研究這種氣體，發現燭火在裏面燒得很盛，呼吸它時，有愉快感覺，顯然這就是氧氣，分解所得另一種產物就是原來的汞。

因此，他了解了空氣中含有氧氣和氮氣。

氧氣和氮氣在空氣中所佔的比例可以通過下面實驗找出來：

這個實驗用圖 31 的裝置，在水槽甲中放一個鋁三腳架乙，上面支住一個小坩堝丙，裏面放一些黃磷，然後罩

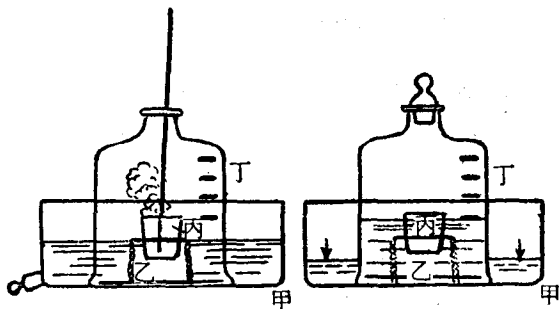


圖 31. 空氣中氧氣約佔總體積的  $\frac{1}{5}$  而氮氣約佔  $\frac{4}{5}$

上上端有口的玻璃鐘罩了，在水槽中放一些水，注意不要放得太多，以免溢到坩堝裏去。把水面以上的鐘罩體積分為大約相等的五份，用紙貼起標度。

實驗進行時，用一根鐵絲在酒精燈上燒熱，從鐘罩上口伸入坩堝，觸一下黃磷。黃磷着火溫度很低，與熱的鐵絲一接觸，它就可以燃燒。燃燒開始後，迅速抽出鐵絲，把鐘罩口用塞子塞住，使不漏氣，這樣，磷就只能和鐘罩內那部份空氣中的氧氣起反應。反應生成一種白色固體，即五氧化二磷。它可以溶解在水裏，所以空氣中的氧氣在反應後成五氧化二磷到了水裏，鐘罩裏的氣體壓力降低，外面的大氣壓力(見箭號所示)把水壓入鐘罩內。實驗中可以看到，水面約上开到佔據反應前空氣體積的  $\frac{1}{5}$  處，剩餘下來的氣體就是氮氣，約佔  $\frac{4}{5}$  體積。

空氣中是不是只有氧氣和氮氣呢？

後來，由一些科學家研究，發現從氮的化合物裏得到的氮氣比起同樣體積的由空氣製出來的氮氣要輕一些。進一步研究就發現空氣中還含有其他氣體，在空氣中含量不到百份之一，它們中有的比氮氣重，因而使得從空氣中製得的氮氣比純粹的氮氣重了。這些氣體的化學性質很不活潑，幾乎不能與其他元素生成化合物，所以稱它們為“惰性氣體”，其中包括五種：氦氣、氖氣、氬氣、氪氣和氙氣。

此外，在空氣中經常含有一些二氧化碳氣和水蒸

汽，它們來自燃料的燃燒及水份蒸發。二氧化碳在空氣裏只含 0.03%，水蒸汽的含量因溫度等條件而不同，大約在 0.1—3% 左右。

空氣就是上述各種氣體的混和物。

空氣的成份一般說來是不大變化的。但前面說過，生物生存需要氧氣，燃料燃燒也消耗大量的氧氣。空氣中的氧不是要越來越少嗎？實際上，氧在自然界裏是不斷循環的。生物呼吸和燃料燃燒消耗氧氣，而綠色植物在日光下經常進行一種光合作用，它們吸收空氣中的二氧化碳和土壤裏的水，經過光合作用後產生氧氣，放到空氣中，因此可以經常維持空氣中氧氣的含量不致減少。

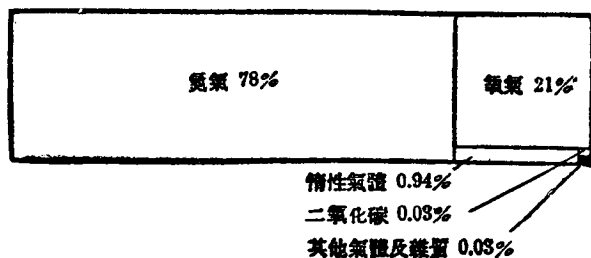


圖 32. 空氣的成份（按體積計算）

氮氣、二氧化碳也有類似這樣的循環。關於二氧化碳的循環，本書後面還要討論到它。

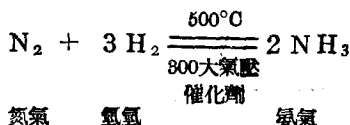
## 第八節 空氣的用途

空氣在地球表面上存在量是很大的，據估計，約有

5,000,000,000,000,000 噸。分佈地區由地面向上約有幾百公里的高度，越高空氣越稀薄，在地平面上，空氣的壓力是 1 大氣壓左右。

空氣中有多量的氧氣，因而在化學工業中成爲氧的重要來源之一，在製造煤氣、硫酸、硝酸的工廠裏和冶金工廠裏每天消耗大量的空氣。此外，一部分空氣通過冷凍分離得到氧氣，供給工業使用。

空氣中的氮氣數量很大。多年來化學家要設法把空氣中的氮製成氮化合物（這個過程在化學上稱爲氮的固定），直到本世紀初才開始找到辦法。現在用得最多的方法就是合成氨法，化學反應如下式：



這個反應要求在很高的壓力（300 大氣壓），較高的溫度（500°C）及催化劑存在下才能進行，所得的新物質氨氣，可以製造各種含氮化學肥料如硫酸銨、碳酸氫銨、硝酸銨、尿素等等。此外，氨氣又是製造硝酸的原料，而硝酸又可以製造肥料如硝酸銨等等。硝酸在其他化學工業上又是重要原料。由此可見，固定氮的工業對於國民經濟有重大的意義。

除以上所述外，我們也不放棄利用在空氣中含量不到百份之一的惰性氣體。

氮氣很輕，可用來充探空氣球。過去，氣球中放的

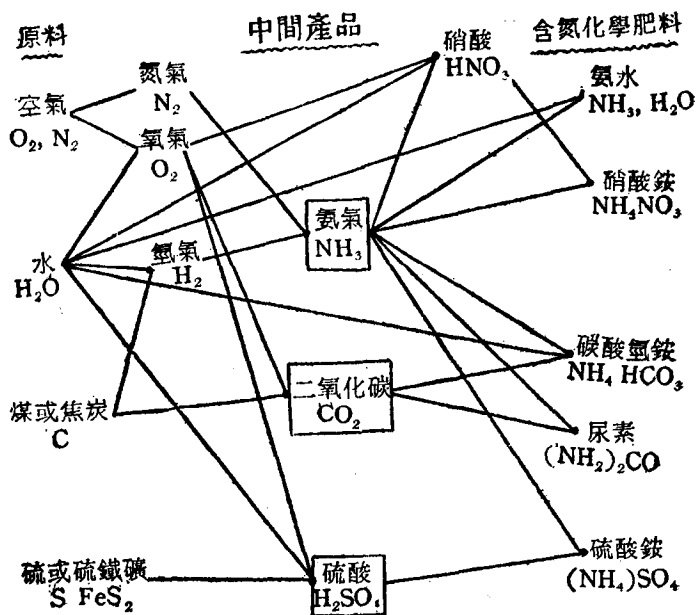


圖 33. 以固定氮工業為基礎的化學肥料工業

是氫氣，氫氣易燃燒，氮卻不會起氧化作用。氫氣、氮氣和氬氣用來充入電燈泡裏。電燈泡中不能留空氣，因為電燈泡裏的金屬絲在通電時發高熱，如果有空氣存在，即有氧氣，金屬絲就容易燒斷。如果放入惰性氣體，對金屬絲就起了保護作用，延長燈泡使用的壽命。充入了少量惰性氣體的玻璃管在通電時，會發出各種顏色的光，例如充入氖氣時，發生鮮紅色光輝，充入氫氣時，淡藍色；充入氮氣時，黃色；充入氬氣時，淡紫色等。利用這一特性，可以把各種惰性氣體充入玻璃管製成廣告燈。現



在，最常見的是紅色的氖燈，也稱“霓虹燈”。此外，氖燈的紅光可以穿過霧層，所以在大海中的燈塔及指示飛機航行的信號燈也可用它。

### 習 題

1. 空氣是由哪些物質組成的？各種物質的含量如何？
2. 空氣有哪些用途？它對化學工業有什麼重要意義？舉例說明。

## 第四章 氫

元素符號 H	原子量 1.008
分子式 H <sub>2</sub>	分子量 2.016

### 第一節 氫氣的發現

氫是在十六世紀時被巴拉采里斯發現的，他用鐵和硫酸反應得到了這種氣體；但是到 1776 年才完全確定氫的性質，1783 年拉瓦西首先從水製得了氫氣，並且證明水是由氫和氧兩種元素所組成的一種化合物。

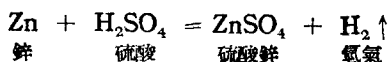
### 第二節 氫在自然界中的存在

由氫元素所組成的單質氫氣在自然界中是很少的，而且大部分是在大氣的上層。在地球上火山噴出的氣體和在油井中噴出來的石油氣中也有極少量的氫氣。雖然游離的氫氣在自然界中存在很少，但由氫元素和其他元素所組成的化合物在自然界却極多。由氫元素和氧元素所組成的化合物水，就佔有地球表面的四份之三，從氫在水份子中所佔的重量來說，氫佔九份之一。其他如石油提煉出來的汽油、柴油、潤滑油等都是由氫和碳的化合物組成的。動植物的細胞或從動物體中所取得的脂肪

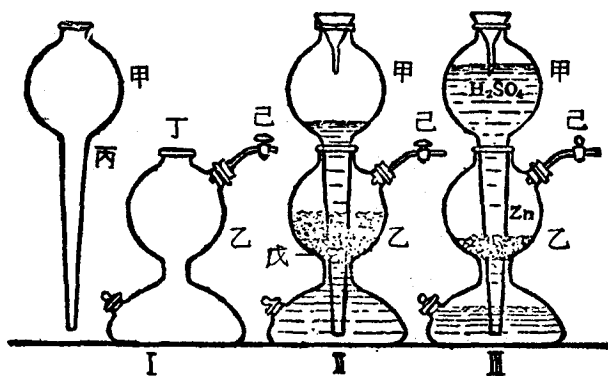
如牛油、豬油等，以及植物的纖維如棉花、麻等，或從植物種子中壓榨出來的油如豆油、花生油、麻油等，都是含有氫元素的化合物。

### 第三節 氫氣的製法

實驗室製法：在實驗室裏製取氫氣的最普遍的方法是利用金屬鋅和鹽酸或稀硫酸作用，這個反應可用下面的化學方程式來表示：



利用這個化學反應製取氫氣，可以在啓普發生器中進行。這種氣體發生器是由兩個主要部分構成的。如圖 34，甲是玻璃的球形漏斗，乙是玻璃容器，在漏斗甲球



I. 啓普發生器兩個主要部分    II. 活栓開啓時候的情形  
III. 活栓關閉時候的情形

圖 34. 啓普發生器

體的下面，有磨口的一段丙，它的大小剛好可以緊密地插在乙的上口丁中。

在裝置發生器的時候，首先把容器抹乾淨，然後在丙處塗一層薄薄的凡士林，將甲插入乙，并輕輕旋轉一下，使丙處合縫光滑，然後在戊處加入玻璃絲或碎磁片，使它們均勻分佈在乙的周圍以防止加入鋅粒時，鋅粒落入乙的下部。再加入鋅粒達球形部份的三分之一左右。把活栓已打開，從球形漏斗上方加入稀硫酸到浸沒鋅粒為止。當稀硫酸和鋅粒接觸後，立刻發生反應生成氫氣(圖 II)。在不需用氫氣時，把活栓關閉。這時生成的氫氣不能排出，因而容器內部的壓力增加，把硫酸壓至底部，并經過甲的管子進入上部的球形器內。硫酸和鋅粒不再接觸，反應也就立即停止(圖 III)。如果又需要氫氣，只要打開活栓，由於氫氣放出而器內壓力減小，硫酸重新進入中部和鋅起反應，又可得到氫氣。

啓普發生器的優點就是可以隨時使反應發生，或使進行着的反應停止。

根據啓普發生器的原理，也可以利用試管和漏斗來裝置簡單的氣體發生器如圖 35。在漏斗甲和試管底部都盛着酸，帶孔圓塞子丙上放鋅粒，鋅和酸起反應後生成氫氣，通過活栓丁放出。如果關閉活栓，由於酸液受

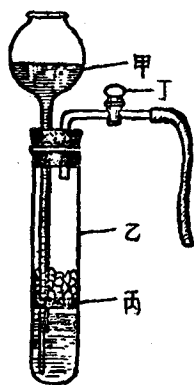
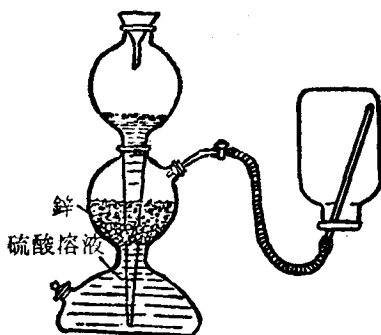


圖 35. 製取少量氫氣的裝置

壓進入漏斗，和鋅隔離而反應立刻停止。這是利用簡單儀器製取少量氫氣的最好的方法。

氫氣極難溶解在水裏，所以從導管出來的氫氣可以利用排水取氣的方法來收集在玻璃瓶或試管裏。

氫氣比空氣輕，因此又可以用排空氣取氣法來收集，



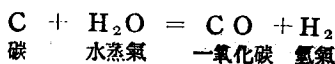
裝置如圖 36。裝置中集氣瓶是倒立的，不像收集氧氣那樣直立，這是因為氧氣比空氣重，氫氣比空氣輕的緣故。

工業上大量製取氫氣的方法很多，最

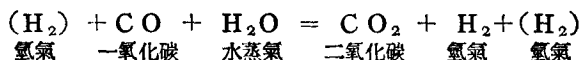
圖 36. 用排空氣集氣法收集氫氣 普通的是利用電流分解水或使水蒸氣和赤熱的碳(焦炭或無烟煤)發生作用。

純粹的水是極難導電的，也就是說，把連接電源(乾電池或直流電源)的電極插入純粹的水中，電流不能在水裏通過，因此也不能使水分解。但是在水中加入少量硫酸後，由於硫酸溶液能導電，這時再插入連接電源的電極，陽極上就有氫氣放出。這樣製得的氫氣非常純粹，可以用高壓把它壓縮在鋼筒中，以供使用。

將水蒸氣通過燒紅的煤層，水蒸氣就和碳發生作用：



在生成的一氧化碳和氫氣的混和物中再加入水蒸氣，然後通過灼熱的氧化鐵，就可以使一氧化碳和水蒸氣發生作用，生成氫氣和二氧化碳，氧化鐵在這裏起催化的作用。



把二氧化碳和氫氣的混和氣體在每平方公分 20 公斤的壓力下，用水洗滌，可以使二氧化碳溶解在水裏而使氫氣分離出來。

## 習 題

1. 實驗室裏怎樣製取氫氣？
2. 工業上怎樣製取氫氣？

## 第四節 氫氣的性質

氫氣是一種沒有顏色、沒有味道的氣體。它比空氣輕 14 倍多，比氧氣輕 16 倍，是最輕的一種氣體。這個性質可以從下面的實驗看出來。在天平的左盤上掛一個口向下的玻璃筒，右盤上放砝碼，使天平平衡，也就是使天平的指針向左向右擺動時離開中間零點的距離相等。然後取一裝滿氫氣的玻璃瓶，瓶口向下斜放，讓氫氣進入倒掛在天平上的瓶子裏，等到瓶裏的空氣逐漸被排擠出來並充滿了氫氣後，可以看到放砝碼的右盤下沉，這說明砝碼的重量超過了玻璃筒和筒瓶裏氫氣的重

量，也就是一筒氫氣要比一筒空氣輕(圖 37)

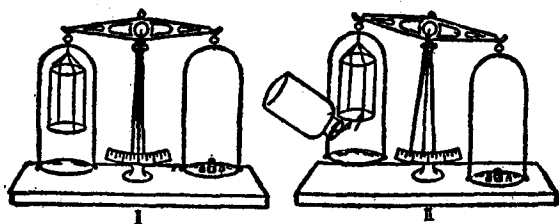


圖 37. 說明氫氣比空氣輕的實驗

節日放的氫氣球，立即上升到天空，這也可證明氫氣比空氣輕。

氫氣很難溶解在水裏。在高壓和極低的溫度下可以把它變成沒有顏色的液體，這種液體狀態的氫氣在 $-252.7^{\circ}\text{C}$ 就開始沸騰變為氣體。

氫氣的一個重要的化學性質是它可以在空氣或氧氣中燃燒。這種氫氣的可燃性可以從下面的實驗看出。

把純粹的氫氣從氫氣發生器的導管放出來，用點燃着的火柴去接近導管口，氫氣就會着火燃燒。燃燒時生成極淡的火焰。

這裏必須注意，一定要確切知道導管裏出來的氫氣是純粹的，沒有夾染空氣，才能點火，否則要引起爆炸，發生危險。怎樣才能知道氫氣是純粹的呢？可以把從導管裏出來的氫氣用排水取氣法收集在試管中，等到試管中裝滿氫氣後，用大拇指塞住管口取出水槽，然後使管口向下，移近酒精燈的火焰，使氫氣燃燒。如果開始燃燒的

時候只有輕微的“拍”的聲響，那麼就是純粹的氫氣了。如果燃燒的時候發出尖銳的吹口哨似的爆鳴聲，那就不是純粹的氫氣，說明裏面還有空氣。遇到這種情況時，必須繼續用試管收集，繼續實驗，直到放出的氫氣純粹為止。

如果把氫氣點燃後，再把帶有氫氣火焰的導管插入盛有氧氣的大口瓶中，氫氣可以繼續燃燒，同時可以看到大口瓶的四周出現許多水滴。這個事實說明了氫氣在氧氣裏燃燒的時候，這兩種物質化合生成水，並放出大量的熱。

如果再把帶有火焰的導管從氧氣瓶裏取出來，使它在空氣中燃燒，同時把十分乾燥而且冷的玻璃鐘罩罩在火焰上，也可以看到鐘罩的內壁上有水滴出現（圖38）。這個實驗說明氫氣在空氣裏燃燒也能生成水，並放出大量的熱。

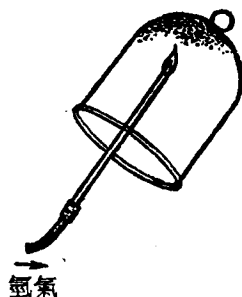
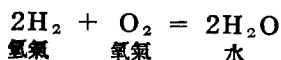


圖 38. 氫氣空氣化合  
生成水

氫氣在氧氣裏或空氣裏燃燒時的化學反應可以用下面的化學方程式表示：



在這個反應進行時，放出大量的熱。

上面提到點燃氫氣的時候，必須確知氫氣是純粹的，否則要引起爆炸，發生危險。這是什麼緣故呢？原來一



切可燃性的氣體和空氣或氧氣以一定的比例混合後，能形成爆鳴氣。這種爆鳴氣點燃時由於迅速的化學反應放出大量的熱，來不及發散，使反應後生成的水蒸氣在極短時間裏突然膨脹，引起空氣劇烈的震動而發生爆炸。

如果用一個大口瓶，分成三等分，再用排水集氣法收集二分氫氣一分氧氣，用玻璃片在水裏蓋住瓶口，取出水槽。用毛巾裹住大口瓶，將瓶口移近酒精燈的火焰，或用燃着的木條點燃，這種混合氣體就能發生爆炸。

同樣，如果拿一個沒有蓋的白鐵罐，底上鑽一個小孔，小孔用布或火柴梗塞住。應用排水集氣法裝滿氫氣後把它倒立在地上，拔去小孔塞子，用火點燃。開始時氫氣平靜地燃燒，當罐裏的氫氣逐漸減少時，空氣就從下面的罐口逐漸進入罐裏。當它們慢慢混合，達到爆鳴

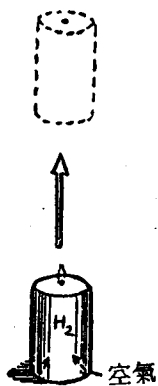


圖 39. 氫氣和空氣混合成的爆鳴氣的爆炸

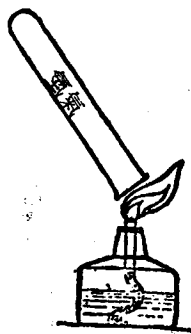


圖 40. 檢驗氫氣的純度

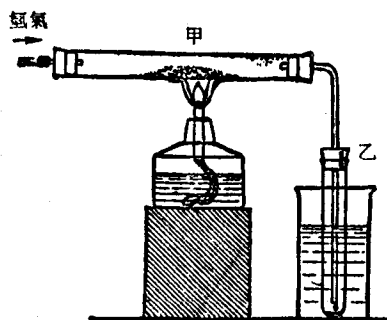
氣成份的時候，罐裏就發出嗡嗡的聲音，最後引起爆炸，可以使白鐵罐向上飛起來（圖39）。

試驗氫氣的純度（圖40），用小試管是沒有危險的。但是如果在氣體發生器

裏爆炸，就會發生危險了。

氫氣不僅能和單質的氧氣在高溫時化合成水，而且能和許多金屬氧化物，在高溫時發生化學反應，生成金屬和水。這種反應說明了氫氣能奪取許多金屬氧化物中的氧元素并與它化合生成水，同時使金屬氧化物中的金屬元素或單質游離出來。這是氫氣的又一個重要的化學性質，這個性質可以從下面的實驗得到證實。

這個實驗採用如圖 41 的裝置，用一根粗的玻璃管，兩頭配好軟木塞，在一個軟木塞上插入氫氣發生器的導

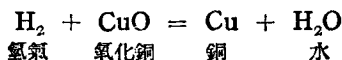


甲. 放氧化銅的玻璃管 乙. 氣體的出口

圖 41. 氫氣還原氧化銅的實驗

管，另一端通過彎成直角形的管子和一乾燥的空試管連接起來。然後在粗玻璃管中部放入黑色的氧化銅粉末，把塞子塞好，并用酒精燈把氧化銅微微加熱，同時通入氫氣。當氫氣通過熱的氧化銅時，它就與氧化銅裏的氧元素化合成水，在玻璃管壁上凝有水珠，還有一部分水聚集在乾燥的試管內。同時使銅游離出來，黑色的氧化銅逐

漸變爲紅色的金屬銅。在反應的過程中還放出熱。氫氣和氧化銅發生的化學反應可用下面的方程式表示出來。



## 習 題

1. 氫氣具有哪些重要的性質？
2. 你怎樣利用氫氣的化學性質檢查氫氣的純度？

## 第五節 氧化——還原反應

氫氣不僅能從氧化銅裏把氧元素奪取出來，而且還能從其他的許多金屬氧化物如氧化鐵、氧化鎢等中把氧元素奪取出來，這種氧氣元素從一種物質中被奪取出來的化學反應叫**還原反應**。這種反應和前面所講的氧化反應恰恰相反。在氫氣和氧化銅的反應中，氧化銅被還原成金屬銅，氫氣氧化合成水。也就是說氧化銅在這裏發生了還原反應，氫發生了氧化反應。氧化反應和還原反應總是同時進行的，在一個化學反應中有一種物質發生了氧化反應，一定有另一種物質發生了還原反應，因此這類反應叫做**氧化——還原反應**。

在氧化——還原反應裏，把氧元素供給別種物質的物質叫**氧化劑**，像上面的氧化銅就是氧化劑。從別種物質裏奪取氧的物質叫**還原劑**，像上面的氫氣，它能夠奪取氧化銅裏的氧，因此它就是還原劑。

氧化—還原反應在自然界裏和日常生活中非常普遍，而且有着重大的意義。動植物的呼吸本質上是動植物中有機質的氫和碳與空氣裏的氧氣化合，因此呼吸是氧化—還原反應。動植物的腐敗也是有機物質與氧氣發生氧化—還原反應的結果。因此物質的腐敗也是氧化—還原反應。

在生產上從燃燒煤來取得熱能，這種煤的燃燒也是氧化—還原反應。

### 習 題

1. 什麼叫做氧化——還原反應？舉例說明。
2. 什麼叫做氧化劑？什麼叫做還原劑？各舉例說明。

## 第六節 氫氣的用途

由於氫氣比空氣輕，因此可以用氫氣做氫氣球，研究高空氣象的探空氣球和防止飛機空襲的阻塞氣球都可以用氫氣來填充。

氫氣和氧氣化合的時候有大量的熱放出。利用氫氣的這個性質，可以把氫氣通入吹管的外管，把氧氣通入吹管的內管，在管口點燃後，氫氣和氧氣化合放出的熱能可以使火焰的溫度達到  $3000^{\circ}\text{C}$ 。利用這種高溫可以截斷鋼板，焊接鋼板或熔化石英，這就是工業上應用的氫氧吹管。

氫氣不但能和氧氣化合，還能和氮氣化合，生成氮

化氫，把氯化氫氣體溶解在水中，得到的水溶液就是鹽酸。工業上的合成鹽酸就是利用這個原理做成的。

在一定條件下，氫氣還能和氮氣化合成氨氣。利用氨氣可以做碳酸氫銨、硫酸銨等肥料以及製造硝酸。

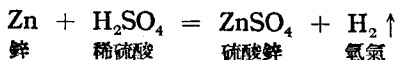
有催化劑存在的時候，氫還能和許多液態的植物油化合成爲固態的脂肪，也能和煤作用製造人造汽油。

## 習 題

1. 氫氣吹管的火焰達到多少溫度？這種吹管有什麼用途？
2. 氫氣和氯氣化合成什麼？

## 第七節 置換反應

前面曾講過，在實驗室裏可以用鋅和稀硫酸起反應來製取氫氣，鋅和稀硫酸的化學反應方程式是：



從這個方程式可以看出，鋅和稀硫酸反應後不但能生成氫氣，而且還有硫酸鋅產生，當我們用過量的鋅和稀硫酸反應後，把劑下來的廢液用濾紙在漏斗中過濾，把濾出來的澄清溶液倒到蒸發皿裏，然後把蒸發皿放在鐵架上，鐵架和蒸發皿之間放一塊鐵絲網，使加熱均勻，用酒精燈加熱蒸發皿，讓溶液中的水化爲水蒸氣跑掉，就可以在蒸發皿中看到白色的固態物質。這種物質就是硫

## 酸鋅。(圖 42)

從這個反應的本質來看，鋅和稀硫酸的反應，是鋅原子代替了硫酸分子中的氫原子的地位變為硫酸鋅，同時發生了氫氣。

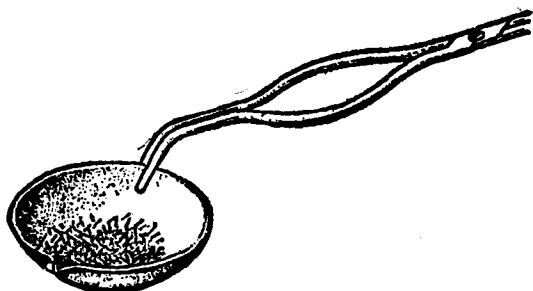
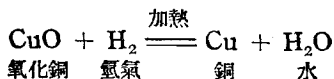


圖 42. 蒸發後析出來的硫酸鋅

單質分子裏的原子代替了化合物裏另一種元素的原子的反應叫做**置換反應**。

同樣的，在講氫氣的化學性質時曾提出氫氣能夠和許多氧化物反應奪取氧化物裏的氧。例如氧化銅和氫氣的反應：



這是一個氧化—還原反應，也是一個置換反應。在這個反應裏，氫分子中的氫原子置換了氧化銅分子裏的銅原子，結果生成了水和銅。

## 習 題

什麼叫置換反應？就你學過的化學反應中舉一個例子來說明。

## 第八節 化合價

在前面化學基本定律中曾講過定組成定律，這個定律指出：任何純淨的化合物都有固定的組成，不管它的來源怎樣。從原子—分子論知道，自然界裏的化合物所以存在這個規律，是因為每一種化合物的分子裏，組成它的每一種元素的原子都有一定的數目，也就是說，一種元素的一個原子，只能和一定數目的另一種元素的原子化合成化合物的分子。例如根據實驗的結果，氫和氯、氧、氮、碳化合成氯化氫分子、水分子、氨分子和甲烷分子的分子式如下：



從這些分子式中可以看出，一個氯原子和一個氫原子化合成氯化氫分子，一個氧原子和二個氫原子化合成水分子，一個氮原子和三個氫原子化合成氨分子，一個碳原子和四個氫原子化合成甲烷分子，也就是說：一個氯原子只能和一個氫原子化合，一個氧原子可以和二個氫原子化合，一個氮原子可以和三個氫原子化合，一個碳原子可以和四個氫原子化合。這種元素的原子跟一定數目的其它元素的原子化合的性質，叫做該元素的**化合價**。

元素的化合價既然是元素的一種性質，那麼究竟用什麼來表示元素的這種性質呢？實際上各種元素相化合時並不都是一個原子和一個原子相結合的，因此元素的化合價常是一個數目，表示這種元素的幾個原子和另一

種元素的一定數目的原子相化合的能力。顯然，我們必須選擇一種元素作為標準，這種元素的一個原子至多只能和其它元素的一個原子相化合。有了這個標準之後，就可以確定其它元素的化合價了。在許多元素中，氫最適合，因此通常把氫的化合價定為一，作為決定其它元素化合價的標準。於是元素的化合價可以通過實驗所得下面兩種數值來決定：

1. 能跟這種元素的一個原子相化合的氫原子的數目；

2. 能被這種元素的一個原子置換的氫原子的數目。

氯化氫分子(HCl)是一個氯原子和一個氫原子相結合，因此氯的化合價是一，換句話說，氯原子是一價。在水分子(H<sub>2</sub>O)裏，一個氧原子和二個氫原子結合，因此氧原子是二價。在氨分子(NH<sub>3</sub>)裏，氮原子是三價。在甲烷(CH<sub>4</sub>)分子裏，碳原子是四價。

鋅和硫酸反應時，一個鋅原子能置換硫酸分子裏的二個氫原子，因此鋅原子是二價。

除了用氫作標準外，也可以用氧做標準，因為氧在一切化合物裏都是二價。

在水分子(H<sub>2</sub>O)裏，有二個氫原子和一個氧原子，每個氫原子的化合價是一，因此氫的化合價的總數是 $2 \times 1$ ，同樣，在氨分子(NH<sub>3</sub>)裏，氫的化合價的總數是 $1 \times 3$ ，氮的化合總數是 $3 \times 1$ 。這裏可以看出由二種元素組成的化合物的分子裏，一種元素的原子的化合價總數一定等



於另一種元素原子的化合價總數。用公式來表示，就是：

$$\begin{aligned} & \text{一種元素的化合價} \times \text{原子數} \\ & = \text{另一種元素的化合價} \times \text{原子數。} \end{aligned}$$

由二種元素組成的化合物，在測定它的分子式之後，如果知道其中一種元素的化合價，就很容易根據這個化合物的分子式，應用上面的公式來確定另一種元素的化合價。例如氧化銅(CuO)，氧的化合價總數 $=2 \times 1 = 2$ 。

$$\begin{aligned} & \text{氧化銅分子裏有一個銅原子，所以銅的化合價} = \frac{2}{1} \\ & = 2。 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{又例如五氧化二磷(P}_2\text{O}_5\text{)，氧的化合價總數} = 2 \times 5 \\ & = 10。 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{五氧化二磷分子裏有二個磷原子，所以磷的化合價} \\ & = \frac{2 \times 5}{2} = 5。 \end{aligned}$$

元素的化合價最高是 8 價。

知道了各種元素的化合價，就可以寫出由二種元素組成的化合物最簡單的分子式，因為這二種元素化合價的總數應當相等。書寫的步驟如下：

1. 寫出組成化合物的兩種元素的符號；
2. 在元素符號上標出它們的化合價；
3. 求出這兩種元素的化合價的最小公倍數；
4. 把每種元素的化合價除最小公倍數，得出的商分別寫在該元素符號的右下方；
5. 檢查一種元素的化合價總數是否等於另一種元素

的化合價總數。

(一個化合物最簡單的分子式和它的分子式的關係是(最簡單的分子式) $x$ =(分子式),  $x$ 往往是1。從最簡單的分子式求分子式需要其它實驗數據。)

例如要寫出氧化鋁最簡單的分子式:

1. 寫出鋁和氧的元素符號 AlO
2. 標出它們的化合價  $\text{Al}^3\text{O}^2$  ;
3. 3 和 2 的最小公倍數等於 6 ;
4. 鋁的化合價是 3,  $\frac{6}{3}=2$ 。氧的化合價是 2,  $\frac{6}{2}=3$ 。
5. 把除出的商分別寫在該元素符號的右下方  $\text{Al}_2\text{O}_3$  。
6. 按公式檢查  $3 \times 2 = 2 \times 3$  。

這二個乘積相等, 所以氧化鋁最簡單的分子式是  $\text{Al}_2\text{O}_3$  。

在各種元素中, 有許多元素的化合價只有一種, 換句話說, 它們的化合價是固定的, 叫做**不變化合價**。例如鉀、鈉、銀總是一價, 氧、鎂、鈣總是二價, 鋁總是三價。有許多元素的化合價有幾種, 換句話說, 它們的化合價是不定的, 叫做**可變化合價**。例如銅, 在氧化亞銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )裏, 銅是一價, 在氧化銅( $\text{CuO}$ )裏, 銅是二價; 又如硫, 在二氧化硫( $\text{SO}_2$ )裏, 硫是四價, 在三氧化硫( $\text{SO}_3$ )裏, 硫是六價。

現在把幾種常用元素的化合價列表如下:

元素名稱	元素符號	化合價	元素名稱	元素符號	化合價
鉀	K	1	銅	Cu	1,2
鈉	Na	1	銀	Ag	1
鎂	Mg	2	氫	H	1
鋁	Al	3	氯	Cl	1,3,5,7
鈣	Ca	2	氧	O	2
鋅	Zn	2	硫	S	2,4,6
鐵	Fe	2,3	氮	N	1,2,3,4,5
鎳	Ni	2,3	磷	P	3,5
錫	Sn	2,4	硅	Si	4
鉛	Pb	2,4			

對於可變化合價的許多元素來說，究竟什麼時候顯示出這種化合價，什麼時候顯示那種化合價，這要看它們跟哪些元素化合，以及它們的化合物是在什麼條件下生成的。

### 習 題

1. 什麼是化合價？按化合價原理寫出兩種銅的氧化物的分子式。
2. 已知氧的化合價為 2。從下列分子式中定出氮元素的化合價。



## 第五章 水、溶液

### 第一節 水的組成

我們已經認識了兩種最重要的元素——氫和氧，現在我們來研究一下氫和氧的一種重要的化合物——水。

水是我們每個人都很熟悉的一種物質。大家可以回憶一下，在我們研究氫氣的化學性質時，從氫氣在氧氣裏燃燒能生成水這一個事實，使我們早就知道了水是氫和氧的化合物。定組成定律告訴我們，任何一種化合物都有固定不變的組成，水當然也不能例外。現在我們可以通過下面兩個實驗來確定水的組成。

#### 1. 水的合成

我們先來研究水的合成的實驗。(圖 43)用一個有刻度的厚壁玻璃管，口徑大約有拇指粗細，管的上口用橡皮塞塞好，并用細繩把它縛牢在玻璃管上。在橡皮塞上插入兩根釘子當做電極，用像頭髮那樣細的金屬絲把兩個電極連接起來。然後把玻璃管裝滿了水，倒立在盛有水的容器裏，并把它固定在鐵架子上。在玻璃管裏先收集氧氣到刻度 2 的地方，再收集氫氣到刻度 4 的地方(圖 43 甲)。這時，玻璃管裏盛着的是氫氣和氧氣的混和

氣體，總的體積一共是 4，其中氫氣和氧氣的體積都是 2。

當氫氣和氧氣通入玻璃管後，把露在塞子外面的釘子和電源連接起來成一電路(圖 43 乙)。實驗時，只能輕輕按下電鑰，電路中一有電流通過時，玻璃管裏連接兩個電極的細金屬絲很快的就被燒斷。同時細絲燃燒所發生的火花，立刻引起氫氣和氧氣的混和氣體發生爆炸，氫氣和氧氣化合生成了水。結果玻璃管裏水面上升到刻度 1 的地方(圖 43 丙)。這說明在原來 4 個體積的混和氣體裏，有 3 個體積的氣體已經起了作用，先成水蒸氣，隨即遇冷變成液體的水。

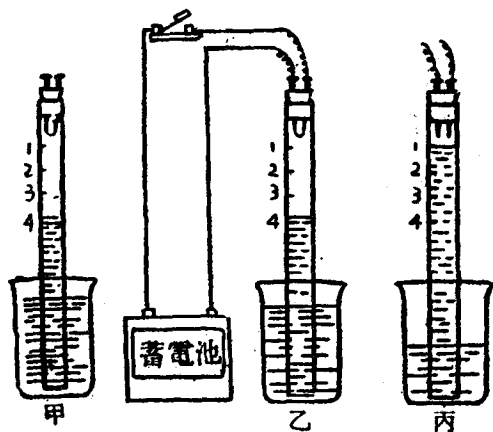


圖 43. 研究水的合成的實驗

用帶有火星的小木條放入玻璃管內的剩餘氣體裏，這種氣體能使木條復行燃燒起來，可以證明它是氧氣。由此可見，兩個體積的氫氣只和一個體積的氧氣發生了

反應。

我們如果在玻璃管裏通入 3 個體積的氫氣和 1 個體積的氧氣，用上述同樣方法進行實驗，這種混和氣體會爆炸而化合成水。爆炸以後，剩餘下 1 個體積的氫氣。

從這裏我們可以得到這樣一個結論：不管氫氣和氧氣按着怎樣的體積之比相混和，當它們一經化合的時候，這兩種氣體的體積之比，在任何情況下都是固定的，即兩個體積氫氣總是和一個體積氧氣相化合。

我們已經知道氫氣比同體積的氧氣輕 16 倍，那末就可以從氫氧化合成水時的體積之比計算出氫氧組成水的

重量之比。既然一個體積的氫氣比同體積的氧氣輕 16 倍，兩個這樣體積的氫氣就比一個體積的氧氣輕 8 倍，可見 1 份重量的氫要和 8 份重量的氧化合成水。也就是說水是由 1 份重量的氫和 8 份重量的氧組成的，氫和氧組成水的重量之比總是 1 : 8。

## 2. 水的分解：

利用電的作用，很容易使水分解。在實驗室裏電解水時常用的一種儀器叫做電解器（圖 44）。它是由底部相連的兩個有刻度的玻璃管和一帶有漏斗的玻璃管所

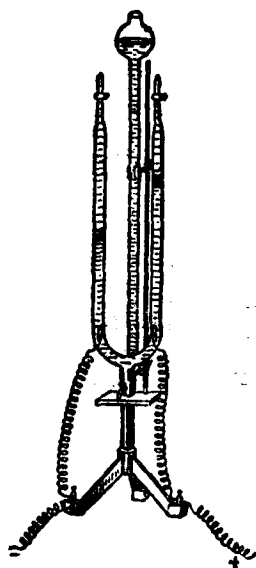
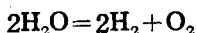


圖 44. 水的電解器

構成的。在有刻度的玻璃管口裝有活栓，管底嵌入金屬薄片作為電極，並分別用電線和直流電源相連接。實驗前，先打開兩旁玻璃管上的活栓，從漏斗裏把水加進去。為了使水容易傳導電流，要先在水裏加入一些硫酸。等到兩個玻璃管裏都盛滿了水後，再把活栓關上。一接通電流，就看到金屬片上出現有很多小氣泡，氣泡上升後，聚集在玻璃管的上部。和電源陽極連接的玻璃管裏氣體的體積，常是另一個玻璃管裏的兩倍。我們可用一帶有火星的小木條，先靠近氣體比較少的玻璃管口，打開活栓，木條就旺盛地燃燒起來，證明這是氧氣。再把燃着的木條靠近另一玻璃管口，管裏的氣體不能使木條燃燒得更旺盛，但它却自己能燃燒，證明這是氫氣。

由此可見，通電使水分解時，在陰極上產生氫氣，陽極上產生氧氣，氫氣和氧氣的體積之比也是 2 : 1。同樣，組成水的氫氧兩種元素的重量之比也是 1 : 8。

電解水的反應可用化學方程式表示如下：



這是一個吸收能的反應，要反應繼續進行，就需要不斷供給它的能量，這裏它所吸收的是電能。

## 習 題

1. 氫氧合成水的重量之比是怎樣？
2. 用電分解水時，水中需要加一些什麼東西？通電後陰極的是氧氣還是氫氣？

## 第二節 水的性質

### 1. 水的物理性質

純淨的水在通常情況下是沒有顏色、沒有氣味、沒有味道的透明液體，水深時就顯淺綠色。水的冰點是  $0^{\circ}\text{C}$ ，沸點是  $100^{\circ}\text{C}$ 。在  $4^{\circ}\text{C}$  時，1 立方厘米的水重 1 克。這時水的比重是 1，密度最大。當溫度高於  $4^{\circ}\text{C}$  或低於  $4^{\circ}\text{C}$  時，由於體積加大了，因而密度均較小。水的這種特性，使得冬天在深水處不會凍結到底，對保存魚類的生命有很大作用。水的另一種特性是在所有固體和液體物質中，它的比熱最大。1 克重量的水升高（或降低） $1^{\circ}\text{C}$  要吸收（或放出）1 卡的熱量，通常說的水比熱是 1。所以在冬天水不容易冷卻，夏天也不容易變熱，對於自然界溫度的調節起了很大作用。水的這些重要特性，常用來作量度物質的某些物理性質的標準。比如：1 立方厘米的水在  $4^{\circ}\text{C}$  時的重量取作量度重量的單位稱為克。1 克重量的水升高（或降低） $1^{\circ}\text{C}$  要吸收（或放出）的熱量取作量度熱量的單位稱為卡。

### 2. 水的化學性質

水分子是很穩定的。水分子裏的氫原子和氧原子結合得非常牢固，要使它們分開，必須耗費大量的能。我們已經知道，電解水時，要不斷供給水以大量電能，才能使它繼續分解。如果把水加熱，要溫度升高到  $1000^{\circ}\text{C}$  以上，水分子才開始有極微量的分解。到了  $2000^{\circ}\text{C}$  時，



在每 100 個水分子裏，最多只有 2 個水分子在分解。

雖然水在加熱時很穩定，但它却很容易和許多物質起化學反應。當水和鋅、鎂、鐵等比較活潑的金屬以及非金屬碳互相作用時，水常失去本身的氧而使這些物質發生氧化，同時放出氫氣。在這些反應裏，水是氧化劑。

鋅要在高溫才能和水起這樣反應。實驗前，先在彎曲試管甲（圖 45）的底部盛 3—4 毫升的水，並在靠近管口處鋪上少量鋅粉。用帶有導氣管的單孔橡皮塞塞緊管口，再通過安全試管乙和排水集氣的裝置連接起來，

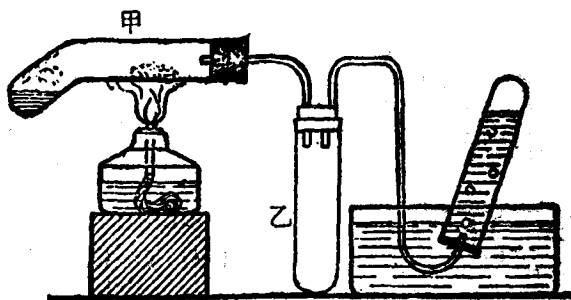
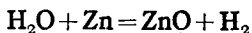


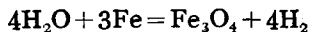
圖 45. 鋅和水反應的實驗

這樣就能避免水由集氣槽倒流入試管甲而使試管破裂。當試管裏的鋅粉和水受熱後，它們就發生作用，鋅和水裏的氧化合生成氧化鋅，而使水裏的氫游離出來。我們可用排水取氣法把氫氣收集在試管裏。鋅和水的反應可用下列化學方程式表示：



如果在試管甲裏用鎂屑代替鋅粉，反應就要猛烈得多。這是由於鎂比鋅來得活潑的緣故。

鐵在強熱時也能和水蒸氣起這樣反應，不過溫度要更高一些。在反應裏，鐵和水裏的氧化合生成四氧化三鐵，並放出氫氣。這個反應的化學方程式如下：



這種方法用來在工業上生產大量的氫氣。

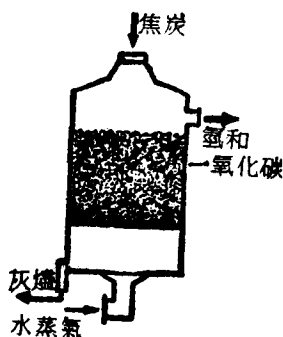
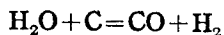


圖 46. 水蒸氣通過紅熱的焦炭  
生成一氧化碳和氫氣

紅熱的炭和水蒸氣也能發生反應。先把焦炭放入反應爐（圖 46）裏，燒到紅熱後，再把水蒸氣通進去。這時碳便奪取了水裏的氧，生成一氧化碳，而使水裏的氫游離出來：



從反應爐裏放出的一氧化碳和氫的混和氣體，可用作氣體燃料，叫做水煤氣。工業上也常用這種方法來生產大量的氫氣。

### 習 題

1. 水的物理性質怎樣？
2. 水的化學性質怎樣？

3. 工業上用哪些方法來生產大量的氫氣？寫出這些反應的化學方程式來。

### 第三節 固體在水裏的溶解性

#### 1. 溶質、溶劑、溶液

水能溶解許多物質，這是水的一種極重要的性質。在我們日常生活裏，可以看到很多固體物質如蔗糖、食鹽、洗衣服用的純鹼等，都能在水裏溶解。把這些物質投在水裏時，由於水分子運動的影響，使這些物質的分子脫離固體的表面，並很均勻地擴散到水裏面去而得到一種透明均勻的液體，這種現象叫做**溶解**。被溶解的物質如蔗糖、食鹽等，叫做**溶質**。能溶解溶質的物質如水、酒精等，叫做**溶劑**。溶質的分子和溶劑的分子所結成的均勻混和物，叫做**溶液**。打針用的食鹽水，就是食鹽的水溶液。消腫毒用的碘酒，就是碘和碘化鉀的酒精溶液。

如果把泥土放在水裏，不管怎樣攪動，總是不能得到澄清透明的液體。有時用肉眼也可以看出其中有固體微小顆粒懸浮着，用顯微鏡就會看得更清楚些。這些小顆粒受到重力作用，經過一段時間後，就會沉下來。這種液體，叫做**懸濁液**。它和溶液有很大區別。真正的溶液是透明的、均勻的，用倍率極高的顯微鏡也看不出其中有小顆粒存在。

#### 2. 溶解度

並不是所有物質都很容易溶解在水裏的。在同樣多

的水裏，有些物質如蔗糖可以溶解很多，有些物質如石膏就溶解得很少，還有一些物質如玻璃則幾乎不能溶解。物質僅有易溶、微溶、難溶和幾乎不溶的區別，但絕對不溶的物質是沒有的。

如果溫度一定，在定量的水裏，繼續放入蔗糖，并用玻璃棒不斷攪動。開始時，蔗糖是一次一次地溶解。但到了最後，就有蔗糖剩餘在水裏，無論怎樣攪動，都不再溶解了，這時蔗糖在這定量水裏所能溶解的量已達到最大限度。其他物質也有類似情況。由此可見，在一定溫度下，物質在一定量的水(或其他溶劑)裏溶解時，是有一定限度的。例如在  $20^{\circ}\text{C}$  時，在 100 克水裏最多能溶解 204 克的蔗糖，35.9 克的食鹽，31.5 克的硝石，0.2 克的石膏等等。

在同樣多的水裏，各種物質溶解的量所以有多有少，是和它們的溶解性有關的。物質溶解性的大小常用溶解度來表示。在一定溫度下，某種物質在 100 克溶劑裏所能溶解的最多克數，就叫做這種物質在這種溶劑裏的**溶解度**。因此，在  $20^{\circ}\text{C}$  時，蔗糖在水裏的溶解度是 204 克，食鹽在水裏的溶解度是 35.9 克，硝石在水裏的溶解度是 31.5 克，石膏在水裏的溶解度是 0.2 克。

各種物質的溶解度是隨着溫度的改變而改變的。下面是硝石(硝酸鉀)在各種不同溫度下的溶解度：

溫度( $^{\circ}\text{C}$ )	0	20	40	60	80	100
溶解度(克)	13.5	31.5	64	110	169	247

各種物質的溶解度和溫度的關係，可以用曲線的形式來表示，這種曲線叫做**溶解度曲線**。圖47就是表示硝酸鉀溶解度的曲線圖。畫的時候，在方格紙上，用橫坐標表示溫度，用縱坐標表示物質的溶解度。根據物質在各種不同溫度下的溶解度，先在圖上畫出各個坐標點，然後再把各個坐標點連接起來就成曲線。

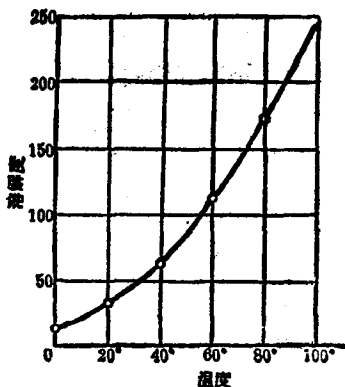


圖47. 硝酸鉀的溶解度曲線

從硝酸鉀溶解度的曲線圖裏，我們很清楚地看出，由於溫度的升高，硝酸鉀的溶解度也隨着增大。實驗證明，大多數固體物質的溶解度都是隨溫度的升高而增大的，不過增大的程度因物質而不同，有些物質例如硝酸鉀增加很快，有些物質例如食鹽增加却很少，此外，還有少數物質例如石膏、消石灰等，在溫度升高時，溶解度反而減小。

### 3. 飽和溶液和不飽和溶液

我們已經知道，在一定的溫度下，一定量的溶劑裏所能溶解的溶質是有一定限度的。達到這個限度後，溶質就不能再繼續溶解了，這時的溶液叫做飽和溶液。就

是說，在一定的溫度下，溶液裏再也不能使某種溶質繼續溶解時，就叫做那種溶質的**飽和溶液**。反之，在一定的溫度下，溶液裏還能繼續溶解某種溶質時，就叫做那種溶質的**不飽和溶液**。

我們通常所謂的濃溶液和稀溶液，是指溶液裏所含溶質量的多少而言，不可把濃溶液和飽和溶液或者稀溶液和不飽和溶液混為一談。濃溶液不一定就是飽和溶液。例如，在 $20^{\circ}\text{C}$ 時，100克水裏溶有20克硝酸鉀的溶液，已經是相當濃的溶液了，但它離開飽和的程度還很遠。要得到 $20^{\circ}\text{C}$ 時硝酸鉀的飽和溶液，在100克水裏要溶解31.5克的硝酸鉀。如果一種物質溶解度很小，則它的飽和溶液就會很稀薄。例如，在 $20^{\circ}\text{C}$ 時，100克水溶有0.2克石膏的溶液，雖然很稀薄，但它却已經是飽和溶液了。

#### 4. 物質的結晶

如果把一種固體物質的不飽和溶液加熱，由於水份（或其他溶劑）繼續蒸發，使溶液逐漸變濃，經過相當時間後，就會成為飽和溶液。如再繼續加熱下去，則過剩的溶質就成為晶體從溶液裏析出來。當不飽和溶液放在敞口容器裏，由於水（或其他溶劑）慢慢蒸發的結果，最後同樣能析出晶體來。晶體是自然形成的具有一定形狀的固體。例如食鹽的晶體是正立方形的，明礬的晶體是八面體的。像這樣物質從溶液裏成為晶體析出來的過程叫做**結晶**。由於大多數固體物質的溶解度隨着溫度的

降低而減小，所以讓這些物質的熱的飽和溶液冷卻時，也會有晶體析出。晶體析出後剩餘的溶液叫做**母液**。

很多物質從水溶液裏成爲晶體析出時，在晶體裏常含有一定量的水。例如藍色硫酸銅晶體裏，1個硫酸銅分子和5個水分子相結合在一起，它的分子式是 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。如果把硫酸銅晶體放在乾燥的試管裏加熱，就可看出在試管壁上出現無數水滴，同時硫酸銅失去水變成白色粉末的無水硫酸銅。物質成晶體時所含的定量的水叫做**結晶水**，含有結晶水的晶體物質叫做**結晶水化物**。例如純鹼 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，瀉鹽 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，都是結晶水化物。

工業上爲了製取純淨物質，常先使物質從溶液裏結晶出來，再把晶體溶解在純淨的水裏，然後再一次使它結晶出來，這樣連續幾次，就可得到純淨成品。此外，由於各種物質的溶解度隨溫度的改變而變化有快慢不同，利用物質這種性質，就可以把一種混和物裏的各個成分通過結晶而分離開來。例如，當溫度升高時，對食鹽的溶解度幾乎不發生什麼影響，而氯化鉀的溶解度却增加得很快。我們如果把這兩種物質的混和物製成熱的飽和的溶液，當它冷卻以後，則大部分的氯化鉀就會從溶液裏結晶出來，而食鹽却留在溶液裏。工業上就是用這種方法從天然產的氯化鈉和氯化鉀的混和物裏提取氯化鉀的。

## 習 題

1. 什麼叫做溶液？它和懸濁液有什麼區別？
2. 什麼叫做溶解度？固體物質的溶解度是怎樣隨着溫度而變化的？
3. 什麼叫做飽和溶液？是否可以說飽和溶液就是濃溶液？
4. 怎樣從氯化鈉和氯化鉀的混和物裏把氯化鉀提取出來？
5. 把 269 克飽和的硝酸鉀溶液，從  $80^{\circ}\text{C}$  冷到  $20^{\circ}\text{C}$ ，有多少重量的硝酸鉀從溶液裏結晶出來？

## 第四節 液體和氣體在水裏的溶解性

液體在水裏的溶解度也各不相同。有些液體如酒精和水，甘油和水等能以任意的比例互相溶解，有些液體如油和水、汽油和水等就幾乎不能互相溶解。如果我們把油和水放在一起振盪後，靜置一段時間，油和水仍舊分成兩層，油飄浮在水面上。

氣體在水裏的溶解度同樣有着很大差別。有些氣體如氧氣、氫氣等只能微溶於水，有些氣體如二氧化碳就比較容易溶解在水裏，它在水裏的溶解度要比氧氣、氫氣大幾十倍。還有一些氣體如氨就很容易溶解於水，溶解度是相當大的。生活在水裏的魚，它們用鰓呼吸着溶解在水裏的空氣。水裏溶有空氣這個事實，可以用冷水



放在試管裏加熱來證明（圖48）。在試管裏裝滿了新鮮的自來水或井水後，把它倒放在盛有水的燒杯裏。然後加熱試管，在試管內壁上就出現許多空氣泡，試管上端逐漸聚集了由水裏分離出來的氣體。

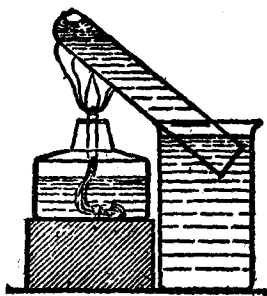


圖 48. 證明水裏溶有空氣的實驗

由於各種氣體的溶解度幾乎都是隨着溫度的升高而減小的。水被加熱後，空氣在水裏的溶解度反而減小了，因此溶解在水裏的空氣便大部分從水裏分離出來。如果把水煮沸，可趕出所有溶解在水裏的空氣。

壓力對氣體的溶解度有很大影響，加大壓力，可使氣體在水裏的溶解度加大。在製造汽水時，就是在大的壓力下使大量的二氧化碳溶解在水裏的。一打開瓶塞，瓶內壓力減小，於是溶解在水裏過量的二氧化碳就不斷地湧出來了。

## 習 題

1. 怎樣證明水裏溶有空氣？
2. 為什麼一打開汽水瓶塞就有很多氣體湧出來？

## 第五節 溶液的濃度

在實際應用上，我們常需要確切知道一種溶液裏究

竟含有多少溶質，也就是說，這種溶液的濃度究竟有多麼大。溶液的濃度是指一定量的溶液裏所含溶質的數量，通常是用重量的百分比來表示的，這叫做**百分比濃度**。例如說 2% 的食鹽水溶液，就是指在 100 克溶液裏含有食鹽 2 克和水 98 克。或是在 100 斤溶液裏含有食鹽 2 斤和水 98 斤。同樣 95% 的酒精是指在 100 份重量的這種酒精裏含有 95 份重量的純酒精和 5 份重量的水。

在農業生產上常要配製一定濃度的某種物質的水溶液來進行選種和殺蟲等工作。例如用 10—20% 的食鹽水溶液來選稻種或麥種以除去有病的種子和雜質，用 2% 的硫酸銅水溶液來防治馬鈴薯的晚疫病，用 4% 的氯化銅水溶液來撲滅甜菜上的象鼻蟲等。要配製這些溶液，必須懂得有關百分比濃度的計算方法。

例題1. 要配製 250 斤濃度等於 16% 的食鹽水溶液，需要食鹽和水各多少斤？

解：根據題目裏食鹽水溶液的百分比濃度，已知在 100 斤溶液裏含有食鹽 16 斤。現在要配製這種溶液 250 斤，需要食鹽的量可用比例來求得。

先列成比例式： $100 : 250 = 16 : X$

再求未知數： $X = \frac{250 \times 16}{100} = 40$ 斤(食鹽重)

在 250 斤溶液裏，已知食鹽的重量是 40 斤，就很容易求得水的重量： $250 \text{ 斤} - 40 \text{ 斤} = 210 \text{ 斤}$ (水重)

答：製取 16% 的食鹽溶液 250 斤，需用鹽 40 斤和水 210 斤。

例題2. 24斤硫酸銅在576斤水裏，求所得溶液的百分比濃度。

解：先把溶質的重量和水的重量相加，求得溶液的  
重量：

$$24 \text{ 斤} + 576 \text{ 斤} = 600 \text{ 斤}$$

已知在600斤溶液裏含有硫酸銅24斤，那末在100斤這種溶液裏含有硫酸銅的量可用比例來求得：

先列成比例式： $600 : 100 = 24 : X$

再求未知數： $X = \frac{100 \times 24}{600} = 4 \text{ 斤}$  (在100斤溶液裏)

答：24斤硫酸銅溶在576斤水裏所得溶液的濃度是：  
4%。

## 習 題

1. 什麼叫做溶液的濃度？什麼叫做百分比濃度？
2. 要配製500斤0.2%濃度的硫酸銅水溶液，需要多少斤硫酸銅？
3. 把20克硝酸鉀溶液蒸發乾，得到了1.2克的硝酸鉀。原來的溶液的百分比濃度是多少？
4. 在100克水裏溶有25克蔗糖，這溶液的百分比濃度是多少？

## 第六節 水在生產上的應用

在動力工業上，水力是取不盡用不完的動力資源。  
水電站就是利用水力來發電的，水力發電可以節省大量

燃料和供給巨量電力，比火力發電更為便宜。

此外，水被用作蒸氣機關的動力，使水在蒸氣鍋爐裏先變成蒸氣，再利用水蒸氣來推動蒸氣機和蒸氣輪機，就可以得到機械能。它能使馬達開動，火車奔馳。

在農業灌溉田地和製備各種防治農作物病蟲害的藥劑和溶液，更是一刻不能離開了水的，沒有水就沒有農作物。

在化學工業上，水的用途也是很大的。水是製取氫氣和氧氣的原料，大量生產氫氣和氧氣時，可利用電能來使水分解。在製備各種化學物質時，很多都是利用反應物在溶液裏進行反應。這樣可使反應物的分子碰撞的機會加多，反應進行起來也就比較快了。在提純物質時，常利用結晶作用連續使粗製成品重複結晶幾次，就能去掉雜質。例如在製糖工業上，就是利用結晶的方法來製取純淨的糖的。此外水還用來加熱物質或使物質冷卻。例如我們常利用水蒸氣來加熱溶液，使溶液蒸發以製取晶體。在工業上蒸發用的設備是多種多樣的，圖 49 所表示的蒸發器是其中的一種。它有一金屬外筒，筒裏有兩層水平的金屬板，在兩層金屬板中間裝着許多垂直的金屬管子來使筒的上下構通。把水蒸氣通到兩層金屬板中間去加熱管子，要蒸發的溶液從上部注入筒裏，流過這些管子而被加熱。最後全部溶液逐漸被加熱到沸騰，水蒸氣從器的上面出口放出，沉積在器底的固體可以定時從下面的出口取出。又如我們常利用冷水來使冷凝器裏

的氣體或蒸氣冷卻(圖50)。冷凝器的主要構造和上面所述的蒸發器大致相同，不過作用却完全相反。蒸發器是用水蒸氣來加熱流過管子裏的溶液，而冷凝器却用冷水來冷卻流過管子裏的氣體或蒸氣。

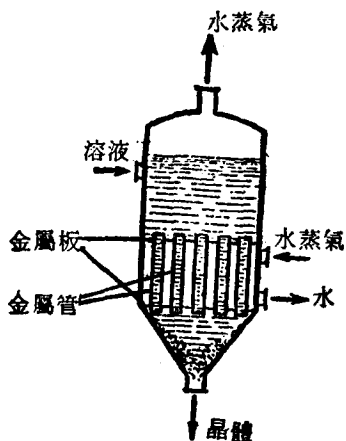


圖 49. 蒸發器

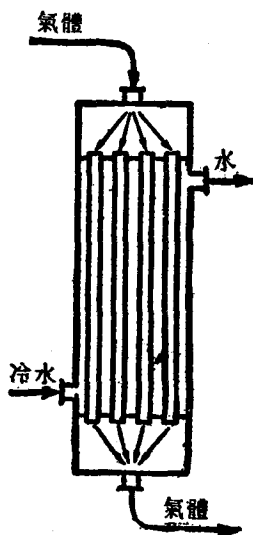


圖 50. 冷凝器

從上面列舉的一部分事實，可見在工業、農業上水是一種極重要的物質。但像水這樣巨大的自然力，如果控制不好，就會給人們帶來嚴重的災害。

### 習 題

1. 在工農業生產上，水有哪些重要用途？
2. 說明蒸發器的主要構造和使用方法。

## 第七節 自然界裏的水

水是自然界分佈最廣的物質，它以不同的狀態散佈在地球各個地方，有固態的，有液態的，也有氣態的。在地球的南北極，在高山頂上，在其他極寒冷的地帶，終年堆集着大量的冰雪。液態的水，掩蓋了地球表面上的凹地而形成江河湖泊和海洋，從面積來看，大約佔地球總面積的 $\frac{3}{4}$ 左右。構成地殼的固體物質如岩石和土壤裏也含有大量的水。氣態的水分佈在空氣裏，它對氣候的潮濕和乾燥有很大影響。由於空氣層溫度的變化，空氣裏的水蒸氣就凝成了小的水滴，成爲雲和雨。

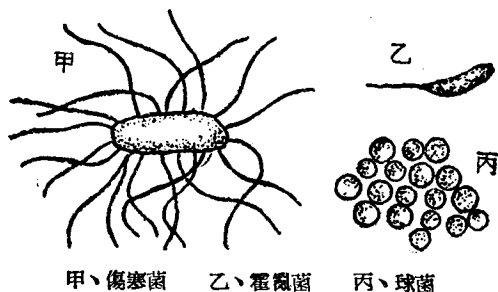
水能改變自然界的面貌。在自然界裏，水是經常地沖擊着岩層。在冬季，阻留在岩石裂縫裏的水凍結成冰時，會擴大這些裂縫而把岩石分開，往往是山崩的原因。由於水的這些巨大的機械作用，結果岩層被破壞了，岩石被沖碎了。在水和空氣等物質的繼續作用下，這些岩石碎塊越來越粉碎。並且由於水的溶解作用，逐漸溶掉岩石裏可溶的物質。同時懸浮在水裏面的砂和黏土等物質的小顆粒，隨着水流而有一部分逐漸沉澱下來。經過了長久年月後，沿着河床就形成一層層的砂層和泥層，因而河床的底面升高了，甚至改變河道。在已暴露出來的舊河床上，土壤開始形成，地面上的植物也開始生長起來了。

在動植物體裏也含有大量水分。在人體裏，水約佔

體重的70%，血液裏有90%是水，骨骼重量的大半和肌肉重量的 $\frac{3}{4}$ 都是水。植物體裏含水就更多，一般蔬菜和瓜類含水大約在90%左右，有的含水還要多。水對於動植物生命的關係很大，如養料的消化、血液的循環、體溫的調節等等，都不能離開水，沒有水就沒有生命。

## 第八節 水的淨化

自然界裏的水總不是十分純淨的，常時含有許多雜質。在這些雜質裏，有些是不能溶解而懸浮在水裏的物質，如砂粒、泥土、動植物的殘渣和細菌等等。特別是能引起種種疾病的病原菌如傷寒菌、霍亂菌(圖51)等危害



甲、傷寒菌 乙、霍亂菌 丙、球菌

圖 51. 天然水裏的病菌

性很大。另有一些雜質是溶解在水裏的氣體和礦物質。我們如果把天然水加熱蒸發，在它還沒有煮沸以前，往往有氣泡出來，這就是溶在水裏的空氣。泉水除溶有空氣外，還溶有多量的二氧化碳，因此泉水就不像普通水淡

而無味。當天然水蒸乾後，常剩下一些白色殘渣，這就是溶在水裏的礦物質。在開水壺底上常有一片片的白色沉澱物，通常叫做水鹼，就是一次一次沉積起來的礦物質。天然水裏含有的礦物質一般是鈣和鎂的化合物，這些雜質對營養方面是很有益的。

凡是含有礦物質的水如井水等叫做**硬水**，不含礦物質的水如雨水等叫做**軟水**。硬水在工業上不適用的。汽鍋裏如使用硬水，在鍋底上會生成鍋鹼，不但耗費燃料，還容易使汽鍋破裂。漂染、紡織、繅絲、造紙、製革等都不適宜使用硬水。所以在工業上用水，要先設法使硬水軟化成爲軟水。此外，用硬水洗衣服時，由於水裏的礦物質能和肥皂起反應變成渣滓，使它失去效用。所以當肥皂入水後，只看見浮在水面上的白色渣滓，看不見有什麼泡沫，耗費許多肥皂，很不經濟。通常用肥皂在雨水裏洗衣服，泡沫很多，而在井水裏洗衣服，泡沫很少，並且常有一些渣滓黏着在衣服上，就是這個緣故。

天然水必須經過淨化後才可適用。淨化水的方法，一般有下列幾種。

1. 煮沸法 這種方法最簡單並且很有效驗，是家庭裏通用的一種很好的消毒方法。只要把水煮沸幾分鐘，便可把水中所含的細菌完全殺死。

2. 沉澱法 要除去水裏懸浮着的雜質，通常加入少量明礬，攪動以後，明礬和水發生作用，生成棉絮一樣的物質，懸浮在水裏的雜質就附着在這棉絮狀物質上，



一齊沉入器底，水便比較澄清了。

3. 過濾法 都市裏淨化自來水大都用這種方法。圖 52 是自來水廠淨水的設備。先把天然水泵入澄清池，在這裏加入硫酸鋁，它的作用和明礬一樣，也能和水起反應生成棉絮狀物質。等到水裏懸浮着的雜質大部分沉下後，再通入過濾池，經過厚砂層過濾，濾去還殘留在水裏的懸浮物和一部份病原菌。爲了進一步殺滅這些細菌，再通入消毒用的氯氣。經過這樣處理後，才能進入水管網輸送到各個用戶。

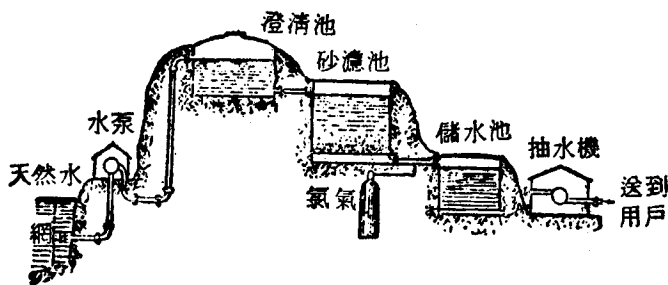


圖 52. 自來水廠淨水的設備

在家庭裏也可使用過濾器(圖53)來使水淨化。在過濾器裏鋪着小石子、細砂、木炭屑等物質，水從上面注入器裏，經過這樣一層一層地濾過後，水裏懸浮着的雜質便可完全除去。

用過濾法濾過的水裏還含有溶解的物質。不過飲用水裏含有這些物質並沒有妨礙，因爲這些物質是人體所需要的。

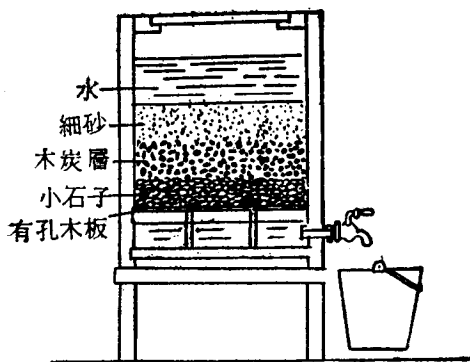


圖 53. 水的過濾器

4. 蒸餾法 在醫藥上和化學實驗室裏通常都要用純淨的水，在這樣的水裏不能含有任何溶解的物質。要得到這樣的水就要用蒸餾法。

蒸餾的原理是把液體加熱使它變成蒸氣，再把蒸氣冷卻重新變成液體。圖 54 是在實驗室裏蒸餾水的裝置。

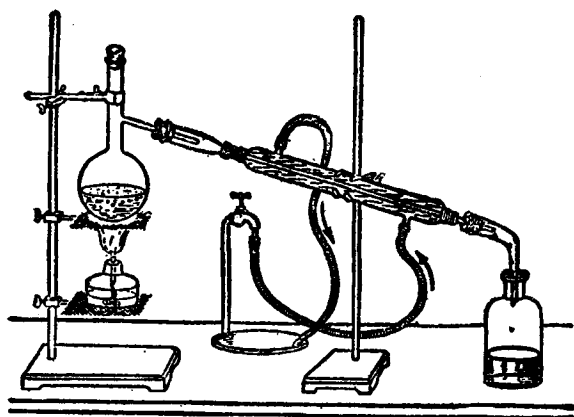


圖 54. 實驗室裏蒸餾液體的裝置

蒸餾瓶裏盛着要蒸餾的水，在瓶頸上有一支管，用它和冷凝器相連接，冷凝器的另一端插入液體的接受器內。冷凝器是由一個較細的內管和一個粗的套管構成的。冷水通過外管的方向和蒸氣通過內管的方向完全相反，這樣會使冷卻效能加大，通過內管的蒸氣就會很快地受冷而凝結成水。當水在蒸餾瓶裏沸騰變成蒸氣時，溶解在水裏的雜質却不能變成蒸氣而都留在燒瓶裏，因此在接受器裏收集到的是純淨的水。用這種蒸餾方法製得的水叫做**蒸餾水**。

這種裝置在實驗室裏也可用來蒸餾其他液體。

圖 55 是大量製取蒸餾水的蒸餾設備。把水放在鍋爐甲裏加熱沸騰後，水蒸氣就經過管子乙而進入冷凝器丙，冷凝器是一個金屬圓筒，其中裝有蛇形管。蒸氣由上而下從蛇形管裏通過，而蛇形管外冷水卻從下上升，和管裏蒸氣流動的方向相反，這叫做逆流。利用逆流作

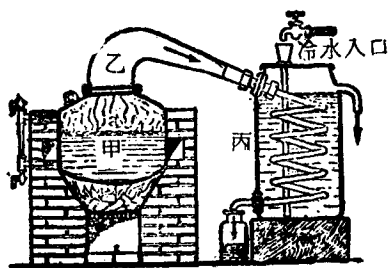


圖 55. 蒸餾設備

用，可以很快地使管裏蒸氣冷凝成水。

### 習 題

1. 什麼樣的水叫做硬水？爲什麼在工業上不適宜使用硬水？
2. 爲什麼用雨水洗衣服比用井水好？
3. 蒸餾水怎樣製取？

## 第六章 氧化物、鹼、酸和鹽

我們已經知道一切純淨物質，可以分做單質和化合物兩大類，單質又可分金屬和非金屬兩類，化合物又可分無機化合物和有機化合物兩類。現在我們要來研究無機化合物的主要類別——氧化物、鹼、酸和鹽。

### 第一節 氧化物

氧和另一種元素所組成的化合物叫做氧化物。在氧化物的分子裏只含有兩種原子，並且其中有一種是氧原子。例如氧化汞  $\text{HgO}$ 、氧化銅  $\text{CuO}$ 、二氧化碳  $\text{CO}_2$ ，都是氧化物，而氯酸鉀  $\text{KClO}_3$ 、高錳酸鉀  $\text{KMnO}_4$ ，却不是氧化物，因為在這些化合物的分子裏，除氧原子外，還含有其它兩種元素的原子。

在自然界裏，氧化物是廣泛地存在着。水是地球表面上分佈最廣的氧化物，江、河、湖、海裏都充滿着水。大氣裏除含有水蒸氣外，還含有二氧化碳。地殼裏也含有很多的氧化物。例如硅的氧化物  $\text{SiO}_2$ ，就分佈得很廣泛。砂礫、瑪瑙、石英都是以二氧化硅為主要成份的礦物，不過它們含有二氧化硅的純度和存在形式是各不相同的。石英和其它礦物在一起構成了岩石，花崗岩就是

由石英、長石、雲母三種礦物質混合而成的。地殼裏存在的金屬氧化物，很多都是用來提煉金屬的礦石。例如以鐵的氧化物為主要成份的礦石有赤鐵礦  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、磁鐵礦  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ；以銅的氧化物為主要成份的礦石有赤銅礦  $\text{Cu}_2\text{O}$ 、黑銅礦  $\text{CuO}$ ；以鋁的氧化物為主要成份的礦石有鋁礬土礦  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

已經知道的氧化物是很多的，現在我們先來認識一下某些氧化物的性質。

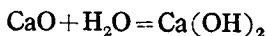
### 1. 氧化鈣 $\text{CaO}$

氧化鈣是一種白色固體，就是大家很熟悉的生石灰，它的熔點很高，大約在  $3000^\circ\text{C}$ 。



圖 56. 生石灰和水作用

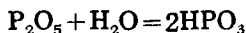
如果把生石灰放在蒸發皿裏（圖 56），逐漸淋入少量的水，不久就看到有大量的熱放出，並且發出嘶嘶的聲音，這時一部分水受熱成蒸氣，同時塊狀的生石灰鬆散開來成為粉末。當我們看到建築工人煮生石灰時，也是這樣情況。這就是由於氧化鈣和水發生了化合反應：



物質和水化合反應叫做**水化反應**。水化反應所生成的物質叫做**水化物**。例如氧化鈣發生水化反應後生成的物質氫氧化鈣  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，就是氧化鈣的水化物。

## 2. 五氧化二磷 $P_2O_5$

五氧化二磷也是一種白色固體。如果把水淋在五氧化二磷上，同樣能產生大量的熱和發出聲音，這也是由於五氧化二磷發生了水化反應：



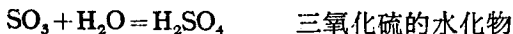
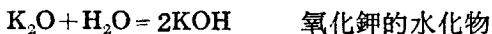
這個反應結果生成了五氧化二磷的一種水化物，它就是易溶於水的偏磷酸  $HPO_3$ 。

以上我們介紹了氧化鈣和五氧化二磷兩種氧化物的性質。特別是他們都能發生水反應而生成水化物。這一點性質非常重要，現在我們再來認識氧化物的一般性質。

## 3. 氧化物的性質

在通常溫度下，有些氧化物是固體的，例如氧化鈣  $CaO$ ，五氧化二磷  $P_2O_5$ ；有些是液體的，例如水  $H_2O$ ；有些是氣體的，例如二氧化碳  $CO_2$ 、二氧化硫  $SO_2$ 。

除氧化鈣和五氧化二磷外，還有不少氧化物，例如氧化鈉、氧化鉀、五氧化二氮、三氧化硫等，都能直接和水化合，生成水化物：



不是所有氧化物都能發生水化反應的。有些氧化物例如氧化銅、三氧化二鐵、二氧化硅等，就不能直接和

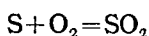
水化合。但是它們也有相對反應的水化物： $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ，不過不能利用水化反應來製取這些水化物，而是要用其它方法的。

4. 氧化物的製法 工業上製取氧化物的方法有兩種：

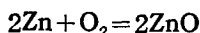
(1) 用氧氣和單質直接化合

差不多所有單質都能和氧直接化合，有的在常溫就能進行反應，有的要在高溫下才能作用。工業上常利用這反應來製取某些氧化物。例如：

燃燒硫磺來製取二氧化硫

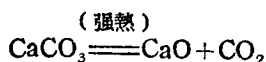


燃燒鋅的蒸氣來製取氧化鋅



(2) 使某些化合物加熱分解

有不少化合物在加熱時能分解生成氧化物。例如把碳酸鈣強烈加熱，就可分解成氧化鈣和二氧化碳兩種氧化物：

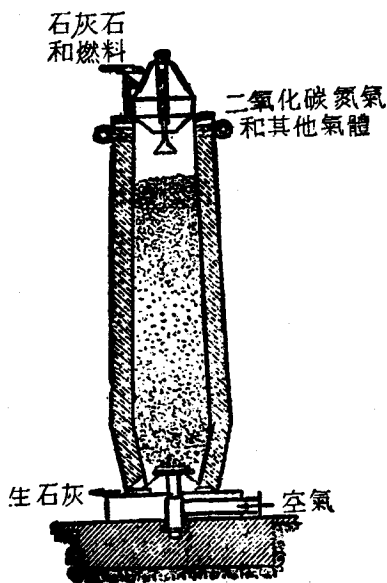


天然產的石灰石，它的主要成份是碳酸鈣。工業上煨燒石灰石來製取生石灰的方法，就是利用這個反應。

煨燒石灰石是在一個特殊的窯叫做石灰窯(圖57)裏進行的。石灰窯的外形像一個圓柱體，是用耐火磚砌成的，高約12公尺，窯頂有裝料的設備。把石灰石和加熱



用的燃料焦炭或無烟煤一同從窯頂裝入，并從窯的空氣入口通入空氣，使燃料劇烈燃燒，在窯的中部，溫度高達  $1200^{\circ}\text{C}$ ，石灰石在這裏分解得最快，在窯的下方有一能旋轉的爐柵，生成的生石灰可以從這裏取出。另一產物二氧化碳從窯頂的出口放出。



進入窯裏的空

圖 57. 石灰窯

氣，經過堆積在窯底的熱的生石灰層，一方面使生石灰冷卻，同時空氣本身受熱變成了熱空氣，加強了它的助燃力量。在窯的上部，石灰石被上升的灼熱的氣體烘乾和加熱，使得這些氣體從窯裏帶走的熱量能被適當的利用。由此可見，石灰窯應有適當的高度，才能使窯裏燃料產生的熱量被充分利用。

## 習 題

1. 什麼樣的物質叫做氧化物？在下列物質裏，指出哪些物

- 質是氧化物：純鹼 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，水 $\text{H}_2\text{O}$ ，石灰石 $\text{CaCO}_3$ ，生石灰 $\text{CaO}$ 。
- 請舉出兩個例子來說明什麼樣的反應叫做水化反應，並寫出這些反應的化學方程式。
  - 什麼樣的物質叫做水化物？寫出下列幾種物質的水化物的分子式：  
氧化鈉    氧化鈣    五氧化二磷
  - 請用化學方程式表示石灰窖裏所起的反應。

## 第二節 幾種重要的鹼

某些金屬氧化物和水作用時，能生成一類物質叫做鹼。比較重要的鹼有氫氧化鈉、氫氧化鉀、氫氧化鈣等。

### 1. 氫氧化鈉 $\text{NaOH}$

氫氧化鈉是氧化鈉  $\text{Na}_2\text{O}$  的水化物。氧化鈉能直接和水化合，生成氫氧化鈉：



工業上用電解食鹽水的方法來大量生產氫氧化鈉，它是重要的化學工業產品之一。

氫氧化鈉通常叫做燒鹼。它是一種白色固體，極易溶解於水裏，溶解時放出大量的熱，如果把氫氧化鈉固體放置在空氣裏，它很容易吸收空氣裏的水份而漸漸溶解。氫氧化鈉的水溶液有澀味，並有一種滑膩的感覺，好像摸到肥皂水似的。它有很強的腐蝕性，皮膚、纖維織物、紙、木材等都能被它破壞，因此氫氧化鈉又叫做

苛性鈉。我們使用氫氧化鈉或它的溶液時應該十分小心，不要沾在皮膚或衣服上。如果不慎沾到了，必須立刻用水沖洗乾淨。

如果在氫氧化鈉溶液裏滴入一種叫做石蕊的紫色溶液，石蕊立刻變成藍色；加入一種叫做酚酞的無色溶液，這種溶液立刻變成紅色。

氫氧化鈉大量用於石油工業，在精煉煤油、汽油或其它石油產品時，用它來洗掉這些產品裏的酸性雜質。此外，在製造肥皂和人造絲以及造紙等工業上用量也很多。

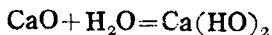
## 2. 氫氧化鉀 KOH

氫氧化鉀是氧化鉀  $K_2O$  的水化物。它也是一種白色固體，易溶於水，溶解時也放出大量的熱。氫氧化鉀的水溶液也有澀味和一種滑膩的感覺。它同樣有很強的腐蝕性，因此氫氧化鉀又叫做苛性鉀。氫氧化鉀溶液也能使紫色的石蕊溶液變成藍色，使無色的酚酞溶液變成紅色。總之，氫氧化鉀和氫氧化鈉在性質上是非常相似的。

由於氫氧化鉀價格比較貴些，除用它來製造液態肥皂外，大都用氫氧化鈉來代替。

## 3. 氫氧化鈣 $Ca(OH)_2$

大家已經知道氫氧化鈣是氧化鈣的水化物。它是由生石灰和水化合而成的。

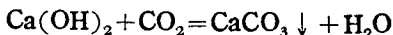


生石灰和水化合的過程叫做石灰的消化，因此氫氧

化鈣又叫做**消石灰**。

氫氧化鈣是一種白色粉末，溶解度不大，只能微溶於水，它的水溶液叫做石灰水。石灰水也能使紫色的石蕊變成藍色，無色的酚酞變成紅色。氫氧化鈣同樣有腐蝕性，也能破壞動植物纖維，不過沒有氫氧化鈉和氫氧化鉀那樣強烈。

二氧化碳通入石灰水裏，能發生下列反應：



生成的碳酸鈣，不溶於水，成爲沉澱析出，因而使澄清溶液變混濁。所以不要把石灰水盛在開口的容器裏。如果我們用口吹氣入石灰水裏，也能發生同樣現象。利用這個反應可以檢驗二氧化碳的存在。

氫氧化鈣廣泛應用在建築工程上，砌磚和刷牆也要用到它。石灰、砂和水的混和物叫做三合土，是建築業上又好又便宜的粘合劑。建築物磚塊間的石灰逐漸變得堅硬，就是由於氫氧化鈣和大氣裏的二氧化碳發生了化學反應，生成了堅硬的碳酸鈣的緣故。

#### 4. 鹼的化學組成

上面所講的氫氧化鈉、氫氧化鉀和氫氧化鈣都是屬於鹼類的物質，它們都能溶解於水。能溶解於水的鹼叫做碱。

碱的溶液能使石蕊變成藍色，酚酞變成紅色，因此石蕊或酚酞都是識別碱的指示劑，可以利用它們來檢驗溶液裏有沒有碱的存在。

能溶於水的鹼并不多，大多數鹼都是不溶於水的固體。例如氫氧化銅  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  和氫氧化鐵  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  等。

鹼都有相似的化學組成。在鹼的分子裏，都有一個金屬原子和一個或幾個氫氧根  $(\text{OH})$  相結合着。氫氧根是氫原子和氧原子緊密結合在一起的原子團。可以把它看做是從水分子裏除去一個氫原子後的剩餘部分，如果把水的分子式寫成  $\text{HOH}$ ，就很明顯地看出氫氧根的化合價是 1，那末在鹼的分子裏，1 價的金屬原子只能結合一個氫氧根。例如： $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ ，2 價的金屬原子就要結合兩個氫氧根，例如： $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ， $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 。3 價的金屬原子就要結合三個氫氧根，例如： $\text{Al}(\text{OH})_3$ ， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。總之，只要知道金屬原子的化合價，就同時知道它結合的氫氧根的數目。換句話說，金屬原子的化合價一定等於氫氧根的化合價的總數。此外，寫鹼的分子式時，總是把金屬原子的符號寫在前面。知道了這些，就很容易寫出鹼的分子式。

鹼的命名，通常是在金屬元素名稱前面加上“氫氧化”字樣，例如：

$\text{NaOH}$ ——氫氧化鈉       $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ——氫氧化銅  
 $\text{KOH}$ ——氫氧化鉀       $\text{Al}(\text{OH})_3$ ——氫氧化鋁

如果構成鹼的金屬元素有可變化合價，並且能生成兩種氫氧化物時，那就要在金屬元素的名稱前面加上“氫氧化”和“氫氧化亞”等字樣，來分別表示該元素高價的和低價的氫氧化物。例如：

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ ——氫氧化鐵（或稱氫氧化高鐵）

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ ——氫氧化亞鐵（或稱氫氧化低鐵）

## 習 題

1. 寫出下列幾種鹼的分子式，從這些鹼的化學組成來說明它們有什麼相似的地方。

氫氧化鋅    氫氧化鋇    氫氧化鋁

2. 什麼樣的物質叫做鹼？在鹼的溶液裏，石蕊和酚酞的顏色各有什麼變化？

## 第三節 幾種重要的酸

大多數非金屬的氧化物和水發生作用，生成一類物質叫做酸。硫酸、硝酸、鹽酸是三種最重要的酸，它們在國民經濟上都具有重大的意義。

### 1. 硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$

硫酸是三氧化硫的水化物。純淨的硫酸是沒有顏色、沒有氣味的像油一樣的液體，它的比重差不多是水的兩倍。把硫酸加熱大約到  $340^\circ\text{C}$  開始沸騰。

硫酸很容易吸收水份，所以實驗室裏常用它來乾燥氣體。例如在製備某些氣體時，爲了除去在氣體裏的水蒸氣、常讓氣體通過盛有濃硫酸的洗瓶（圖58），使其中的水份被濃硫酸吸收而氣體變乾燥。由於硫酸有很強的吸水性，它能使木材、皮膚、棉花、紙等有機物碳化而受到破壞。如果用一細木條插入濃硫酸裏，接觸到硫酸的

部分，就變成了黑色的碳質。把濃硫酸滴在紙或布上，也發生同樣現象。皮膚上如果沾染到濃硫酸，就會引起嚴重的灼傷。因此在使用硫酸時，必須十分小心。

硫酸很容易溶解於水。溶解時能產生大量的熱。如果把水倒入硫酸，由於溶解時所產生的熱，會使水立刻沸騰，變成水蒸氣，體積突然膨脹，因而使硫酸飛濺出來，甚至使玻璃容器炸裂，非常危險。應該記住：把濃硫酸沖稀時，必須慢慢地把硫酸倒進水裏，並且要用玻璃棒時時攪動溶液，無論如何不要把水倒進硫酸裏。

硫酸的稀溶液有酸味，能使紫色石蕊變成紅色，無色的酚酞溶液在硫酸裏顏色不變。

硫酸是化學工業的基礎，它的用途非常廣泛。製造礦物肥料、炸藥、染料、精煉石油，都需要大量的硫酸。

## 2. 硝酸 $\text{HNO}_3$

硝酸是五氧化二氮的水化物。純淨的硝酸是沒有顏色、帶有刺激性氣味的液體，露在空氣裏會微微冒烟。它的比重大約是水的一倍半。硝酸的沸點比硫酸低得多，在  $86^\circ\text{C}$  時就沸騰。它也能強烈地腐蝕皮膚和纖維織物，所以處理硝酸時，同樣要特別小心。

和硫酸一樣，硝酸的稀溶液也有酸味，能使紫色石蕊變成紅色，無色的酚酞溶液在硝酸裏也不變色。



圖 58. 盛有濃硫酸的洗瓶

硝酸是重要的化學工業產品之一，大量用來製造氮肥和炸藥，此外製造人造絲、染料等工業部門，也需要硝酸。

### 3. 鹽酸 HCl

鹽酸是一種叫做氯化氫的氣體的水溶液，純淨的鹽酸是沒有顏色、帶有窒息性氣味的液體，普通鹽酸含有雜質，常帶有黃色。

鹽酸的比重，隨着它含有氯化氫的多少而不同。含有氯化氫 37% 的濃鹽酸，比重大約是 1.2。把這種鹽酸露在空氣裏，就會發烟(圖 59)。這是由於從酸裏出來的氯化氫，遇到空氣裏的水蒸氣，凝結成鹽酸的細滴而形成白色烟霧的。

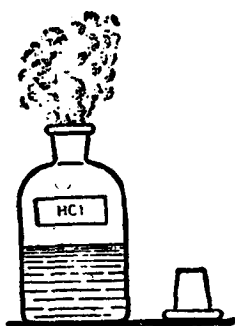


圖 59. 濃鹽酸在空氣裏冒“烟”

鹽酸也能腐蝕皮膚和某些纖維織物，在使用時，同樣應該十分小心。

鹽酸也有酸味，能使紫色石蕊變成紅色，無色的酚



酞溶液在鹽酸中也不變色。

鹽酸在工業上的用途也很大，常用它來製造很多氮的化合物。例如氯化鋇可用來作甜菜的殺蟲劑，氯化鋅可用作鐵道枕木的防腐劑。在製藥工業和食品工業中，也需要鹽酸。在人和其它動物的胃液裏含有少量的鹽酸，可以幫助消化。

#### 4. 酸的化學組成

除上面講的三種酸外，還有其它很多的酸。例如：

碳酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ——二氧化碳的水化物。

硅酸  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ——二氧化硅的水化物。

磷酸  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ——五氧化二磷的水化物。

如果把硫酸、硝酸、鹽酸的分子式比較一下，我們就能立刻看出，酸有一個共同的特點，就是在它們的分子裏都含有氫原子，也就是說氫是酸必須含有的成份（但含有氫的的化合物不一定就是酸）。也有很多酸的分子裏，除氫原子外還含有氧原子，但氧不是酸裏必須含有的成份。成份裏含有氧的酸叫做**含氧酸**。硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、硝酸  $\text{HNO}_3$  都是含氧酸。成份裏不含有氧的酸，叫做**無氧酸**。鹽酸  $\text{HCl}$  就是無氧酸。含氧酸大多是非金屬氧化物的水化物，但有些是金屬氧化物的水化物。

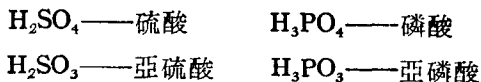
在酸的分子裏和氫原子相結合的原子或原子團叫做**酸根**。酸根就是酸分子裏除去可被金屬置換的氫原子後的剩餘部分。酸根的價數等於被置換的氫原子數。從下列表中可以看出：

酸	酸的分子式	氫原子數	酸 根
鹽 酸	HCl	1	—Cl
硝 酸	HNO <sub>3</sub>	1	—NO <sub>3</sub>
硫 酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2	=SO <sub>4</sub>
硅 酸	H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	2	=SiO <sub>4</sub>
磷 酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3	≡PO <sub>4</sub>

表中酸根前面的短線，表示酸根的化合價。如一條短線表示 1 價，兩條短線表示 2 價，……。

無氧酸的命名，是在“氫”字後面加上另一元素的名稱叫做氫某酸。例如鹽酸 HCl 的學名叫做氫氯酸。

含氧酸裏除氫氧兩元素外，還含有另一種元素，命名時，就在這種元素的名稱後面加上“酸”字，叫做“某酸”。例如：硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，磷酸 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>。如果這種元素有可變化合價，和氫氧能組成不止一種的含氧酸，就把那元素以高價出現的一種酸叫做“某酸”，而以低價出現的叫做“亞某酸”。例如：



## 習 題

1. 舉例說明酸在化學組成上有什麼相似的地方？
2. 什麼樣的酸叫做含氧酸？什麼樣的酸叫做無氧酸？舉例

說明。

3. 寫出下列三種酸的性質和用途。

硫酸      硝酸      鹽酸

## 第四節 中和反應

我們已經認識了鹼和酸的化學組成以及他們的主要代表物，現在再來研究一下鹼和酸的反應。我們可以用下面的實驗來說明。在盛有氫氧化鈉溶液的燒杯裏滴入一兩滴石蕊液，杯裏的溶液就變成藍色。然後取一滴定管（圖 60）裝入鹽酸，打開下面活栓，讓酸慢慢滴入鹼溶液裏，一面滴，一面用玻璃棒攪動溶液，一直滴到溶液由藍色變成紫色為止。石蕊變成紫色，說明溶液裏已經沒有鹼存在，同時也沒有酸存在，也就是表示滴下去的鹽酸和氫氧化鈉已經完全作用，在溶液裏既沒有鹼剩餘，也沒有酸剩餘。把這種溶液倒在蒸發皿裏加熱蒸發，就得到食鹽的晶體。

食鹽學名叫做氯化鈉，它的分子式是  $\text{NaCl}$ 。氫氧化鈉和鹽酸起作用生成氯化鈉的反應，可以用化學方程式表示如下：

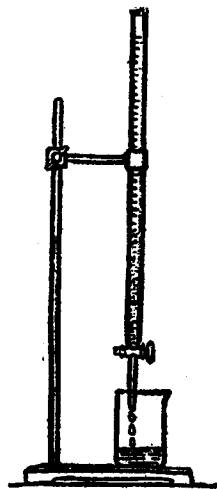
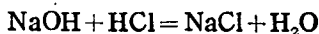
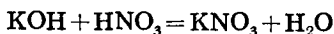


圖 60. 用滴定管做酸和鹼的反應的實驗

從方程式中可以看出，在這個反應過程裏，酸分子裏的氫原子和鹼分子裏的氫氧根結合成水分子，而鈉原子和鹽酸根(—Cl)結合成食鹽的分子。

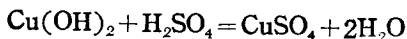
如果我們用硝酸代替鹽酸，氫氧化鉀代替氫氧化鈉來做同樣實驗，把溶液蒸發就可以得到另一種固體物質叫做硝酸鉀，這個反應可以用下面的化學方程式表示：



這個反應的本質，同樣是酸分子裏的氫原子和鹼分子裏的氫氧根結合成水分子。而鉀原子和硝酸根(—NO<sub>3</sub>)結合成硝酸鉀的分子。

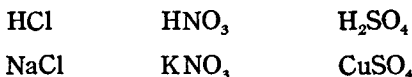
氫氧化鈉和氫氧化鉀都是可溶於水的鹼，它們都能和酸起反應，現在再來研究一下不溶於水的鹼，是否也能和酸起同樣的反應。

在盛有水的試管裏，放入新製備的氫氧化銅，並用力振盪試管，結果氫氧化銅沉到管底，上面仍舊是無色透明的水，這表示氫氧化銅是不能溶解在水裏的。但如果在水裏加入硫酸，再振動試管，氫氧化銅就能溶解，得到一種藍色透明的溶液。把溶液加熱蒸發，可以得到一種藍色的晶體，這就是硫酸銅。這個反應可以用化學方程式表示如下：



在這個反應裏，和前面兩個反應一樣，也是酸分子裏的氫原子和鹼分子裏的氫氧根結合成水分子，而銅原子和硫酸根(=SO<sub>4</sub>)結合成硫酸銅分子。

在上面幾個化學反應裏生成的氯化鈉、硝酸鉀、硫酸銅都是鹽，它們都可以看做是酸分子裏的氫原子被金屬原子置換而生成的物質：



酸和鹼相互作用生成鹽和水的反應叫做**中和反應**。

### 習 題

1. 舉例說明什麼樣的反應叫做中和反應。
2. 用足量的鹽酸把 10 克氫氧化鈉完全中和後，蒸發溶液，能得到氯化鈉多少克？

## 第五節 鹽的化學組成和命名法

**鹽**是金屬原子和酸根結合而成的化合物。在鹽的分子裏，是由一個或幾個金屬原子和一個或幾個酸根相結合着。

鹽的命名比較複雜，如果是無氧酸的鹽，在非金屬名稱和金屬名稱之間加一個“化”字，叫做某化某。例如：



如果是含氧酸的鹽，就在那種含氧酸名稱的後面加上金屬的名稱，叫做“某酸某”。例如：



如果金屬由於有可變化合價而生成好幾種鹽，命名的方法如下：

鹽的類別	金屬顯示低價的	金屬顯示高價的
無氧酸的鹽 例	“某化亞某” CuCl——氯化亞銅	“某化某” CuCl <sub>2</sub> ——氯化銅
含氧酸的鹽 例	“某酸亞某” FeSO <sub>4</sub> ——硫酸亞鐵	“某酸某” Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ——硫酸鐵

在鹽的分子裏，金屬原子的化合價的總數一定等於酸根的化合價的總數。例如硫酸鋁的分子式是Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>，其中鋁原子的化合價的總數(3×2)等於6，硫酸根的化合價的總數(2×3)也等於6。所以知道某種鹽裏金屬原子的化合價和酸根的化合價，就容易寫出它的分子式。

### 習 題

1. 說出下列各種鹽的名稱：



2. 寫出下列各種鹽的分子式：



### 第六節 鹼

我們已經知道，在鹼的分子裏，都含有金屬原子和氫氧根。同時也熟悉了鹼的一個重要性質就是它能和酸起中和反應。因此，我們現在可以給鹼下這樣的定義：凡是分子由金屬原子和氫氧根所組成的，並且能和酸起

反應而生成鹽和水的物質叫做鹼。

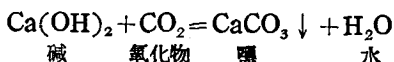
由於鹼的分子裏都含有氫氧根，因此，鹼具有很多共同的化學性質：

1. 鹼的水溶液能使石蕊變成藍色，使酚酞變成紅色（不溶於水的鹼沒有這個性質）。

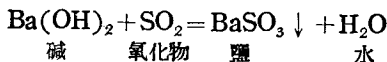
2. 能和酸起中和反應生成鹽和水，這是鹼的一個重要特徵。

3. 能和某些非金屬氧化物起反應生成鹽和水。

在前面講過的二氧化碳和石灰水的反應，就是屬於這一類反應：



很多非金屬氧化物都能和鹼發生這種反應，結果生成鹽和水。例如把二氧化硫通入氫氧化鋇的溶液裏，就會看到無色澄清的溶液立刻變成乳白色，並逐漸有白色固體物質沉澱出來。這是由於氫氧化鋇和二氧化硫起反應生成了亞硫酸鋇（白色沉澱）和水：

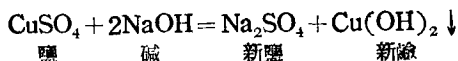


在這個反應裏生成的亞硫酸鋇是亞硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_3$ ）的鹽。

4. 能和鹽起反應生成新的鹽和新的鹼（不溶於水的鹼不能起這樣的反應）。

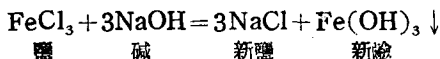
在硫酸銅的溶液裏倒入少量氫氧化鈉溶液，立刻產

生藍色的氫氧化銅沉澱：



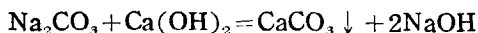
在這個反應過程裏，銅原子和鈉原子互相交換了位置，結果生成了一種新鹽和新鹼的分子。

如果在氯化鐵的溶液裏，倒入少量氫氧化鈉溶液，也發生類似的反應，產生了棕色的氫氧化鐵沉澱。



在這個反應裏，同樣是兩種金屬原子交換了位置，結果生成了一種新鹽和一種新鹼的分子。

碱和鹽的這種反應，在工業上利用來製造苛性鈉：



等到反應完成後，先把溶液過濾，再把濾液加熱蒸發，就可以得到苛性鈉固體。

從上面幾個反應裏，可以看出它們的一個共同特徵，就是這些反應，都發生在兩種化合物之間，結果生成了兩種新的化合物。

像這樣由兩種化合物互相交換它們的成分而生成兩種新的化合物的反應叫做**複分解反應**，中和反應也是一種複分解反應。

## 習 題

1. 什麼樣的物質叫做鹼？舉例說明。



2. 鹼有哪些化學性質?舉例說明。
3. 寫出下列各組物質間所起反應的化學方程式:  
 氫氧化銅和硫酸            氫氧化鉀和氯化鐵  
 氫氧化鉀和二氧化碳。
4. 舉例說明什麼樣的反應叫做複分解反應。

## 第七節 酸

在前面我們已經知道鹼的定義，現在同樣可以根據酸的化學組成和酸的一個重要性質，就是它能和鹼起中和反應，也來給酸下一個定義：凡是分子由氫原子和酸根所組成的，並且能和鹼起中和反應生成鹽和水的物質叫做**酸**。

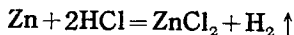
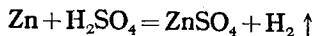
由於酸的分子裏都含有氫原子，因此酸具有很多共同的化學性質：

1. 水溶液具有酸味，能使石蕊變成紅色，無色的酚酞溶液在酸液裏顏色不變。

2. 能和鹼起中和反應生成鹽和水，這是酸的一個重要特徵。

3. 能和某些金屬發生反應生成鹽和氫氣。

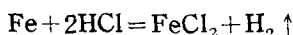
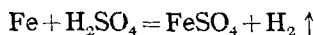
實驗室製取氫氣的方法，就是利用酸的這個性質，一般用鋅和稀硫酸或鹽酸起反應：



在這些反應裏，鋅置換了酸裏的氫，結果放出氫氣，

同時生成一種鹽——硫酸鋅或氯化鋅。如果把反應後的液體加熱蒸發，就可以得到這些鹽的晶體。

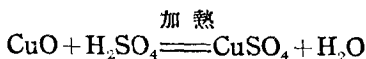
如果用鐵代替鋅，同樣能和稀硫酸或鹽酸起反應，生成氫氣和鹽——硫酸亞鐵或氯化亞鐵。



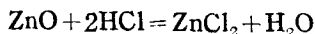
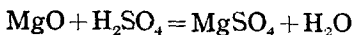
不是所有金屬都能置換出酸裏的氫。有的金屬例如金、鉑就完全不和酸起反應的，有的金屬雖然能起反應，但放出的不是氫氣。例如銅和稀硫酸或鹽酸不能起反應，但却能和硝酸起反應，不過放出來的不是氫氣而是氮的氧化物。

#### 4. 能和某些金屬氧化物起反應生成鹽和水。

如果把氧化銅粉末和稀硫酸一同在蒸發皿裏加熱，就會看到氧化銅逐漸消失而液體變成藍色，等到氧化銅完全溶解以後，繼續加熱蒸發，便見有藍色的晶體出現，這就是氧化銅和硫酸起反應後生成的鹽——硫酸銅。這個反應可以用化學方程式表示如下：

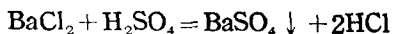


很多金屬氧化物都能和酸發生這種反應，結果生成鹽和水，例如：



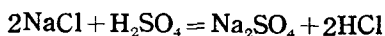
#### 5. 能和鹽起反應生成新的酸和新的鹽。

在氯化鋇的溶液裏，加入少量硫酸，溶液立刻變成乳白色，並逐漸析出白色沉澱，說明這兩種物質已經發生了化學反應：



這是複分解反應，在反應過程裏，鹽和酸互相交換它們的成分，生成了一種新的酸和新的鹽。

在實驗室裏和工業上常利用鹽和酸的這種反應來製取某些酸，例如把食鹽和濃硫酸加熱來製取鹽酸：



在這個反應裏放出氯化氫氣體，把它溶解在水裏就得到鹽酸。

自然界裏存在許多天然生成的酸，例如草莓、檸檬等果實裏含有檸檬酸，蘋果裏含有蘋果酸，葡萄裏含有酒石酸、酒敗壞時產生醋酸，牛乳發酸時產生了乳酸等。但在國民經濟上具有重大意義的許多酸如鹽酸、硝酸、硫酸等，在自然界裏都沒有天然存在的，必須用比較複雜的人工方法來大量生產。

## 習 題

1. 什麼樣的物質叫做酸？無氧酸和含氧酸在化學組成上有什麼不同？
2. 酸有哪些化學性質？舉例說明。
3. 寫出下列各組物質所起反應的化學方程式：

鎂和硫酸      氧化鈣和鹽酸      硝酸鋇和硫酸

4. 怎樣從磷變成五氧化二磷，再從五氧化二磷變成偏磷酸？  
寫出這些反應的化學方程式。

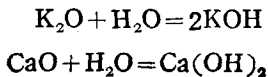
## 第八節 鹼性氧化物和酸性氧化物

在研究氧化物和鹼以及氧化物和酸的反應時，我們可以看出有些氧化物如二氧化碳  $\text{CO}_2$ 、二氧化硫  $\text{SO}_2$  等能和鹼起反應生成鹽和水，但它們和酸則不起反應。另一些氧化物如氧化銅  $\text{CuO}$ 、氧化鎂  $\text{MgO}$  等能和酸起反應生成鹽和水，但它們和鹼則不起反應。根據氧化物在這方面性質的不同，可以把它分成兩大類：

1. 鹼性氧化物 能和酸起反應生成鹽和水而和鹼不起反應的氧化物，叫做**鹼性氧化物**。大多數金屬氧化物都是鹼性氧化物。所有鹼性氧化物的相對應的水化物都是鹼。例如：

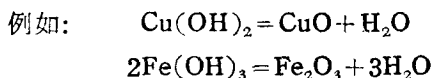
鹼性氧化物	相對應的水化物—鹼
氧化鈉 $\text{Na}_2\text{O}$	氫氧化鈉 $\text{NaOH}$
氧化鎂 $\text{MgO}$	氫氧化鎂 $\text{Mg}(\text{OH})_2$
氧化銅 $\text{CuO}$	氫氧化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$
氧化鋁 $\text{Al}_2\text{O}_3$	氫氧化鋁 $\text{Al}(\text{OH})_3$

有些鹼性氧化物如氧化鈉  $\text{Na}_2\text{O}$ 、氧化鉀  $\text{K}_2\text{O}$ 、氧化鈣  $\text{CaO}$  等可以溶解在水裏，並且能和水直接化合生成鹼：



不過大多數鹼性氧化物都是不能溶解在水裏的，它們也不能和水直接化合，因此它們的相對應的水化物是用其他方法來製取的。

這些不溶於水的鹼性氧化物，都可以由鹼加熱分解製得。

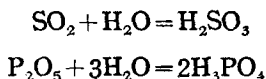


2. 酸性氧化物 能和鹼起反應生成鹽和水而和酸不起反應的氧化物叫做**酸性氧化物**。絕大多數非金屬氧化物都是酸性氧化物。所有酸性氧化物的相對應的水化物都是酸。例如：

酸性氧化物	相對應水化物—酸
二氧化碳 $\text{CO}_2$	碳酸 $\text{H}_2\text{CO}_3$
五氧化二磷 $\text{P}_2\text{O}_5$	磷酸 $\text{H}_3\text{PO}_4$
三氧化硫 $\text{SO}_3$	硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$

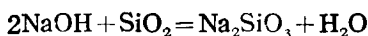
酸性氧化物又叫做**酸酐**。例如：二氧化碳叫做碳酐，五氧化二磷叫做磷酐等。所謂酸酐，就是表示酸失去水以後的生成物。

大多數酸性氧化物能溶於水並和水直接化合生成酸：



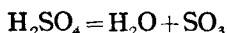
也有少數酸性氧化物是不溶於水的，也不能和水直接化合，例如二氧化矽  $\text{SiO}_2$  就是這樣的氧化物。可是把

它和鹼混和並加熱熔化，就能生成硅酸鹽和水：

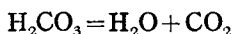


根據這點性質來看，二氧化硅是酸性氧化物。

酸性氧化物可以由酸加熱分解製得。例如把硫酸強烈加熱，它就會失去水成硫酐：

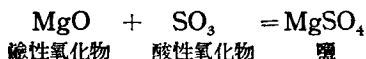


碳酸更容易受熱分解成爲碳酐和水。

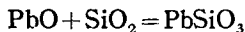


我們知道了鹼性氧化物和酸性氧化物的一般性質以後，再來研究一下這兩類氧化物之間的化學反應。

如果把氧化鎂和三氧化硫混和在一起，立刻發生很強烈的反應，放出強光和大量的熱，結果生成了硫酸鎂。



把氧化鉛和二氧化硅混和在一起，並放在鐵片上強烈加熱，也能直接化合成一種像玻璃一樣的透明物質，這是硅酸鉛：



從以上實驗，說明鹼性氧化物能和酸性氧化物直接化合成鹽。

## 習 題

1. 什麼樣的氧化物叫做鹼性氧化物？什麼樣的氧化物叫做酸性氧化物？它們各有哪些化學性質？

2. 在下列氧化物裏，哪些是鹼性氧化物？哪些是酸性氧化物？



3. 氧化鈣能和下列哪些物質起反應？寫出這些反應的化學方程式。



4. 在上述的幾種物質裏，三氧化硫能和哪些物質起反應？寫出這些反應的化學方程式。

## 第九節 鹽

前面已經講過，凡是分子由金屬原子和酸根組成的物質叫做鹽。鹽可以看做是酸裏的氫被金屬置換後的生成物。

所有的鹽都是固體，一般鹽的固體都是有規則的晶體很多是有顏色的，例如銅的鹽多為藍綠色，鐵的鹽多為棕黃色。

各種鹽的溶解度是有很大差別的，許多的鹽都很容易溶解在水裏，但也有不少的鹽很難溶解在水裏，或者幾乎不溶解在水裏。例如硫酸鋇  $\text{BaSO}_4$  和氯化銀  $\text{AgCl}$  都是溶解度非常小，可以看做是不能溶解於水的鹽。

鹽的種類非常多，下面我們來研究一下幾種重要的鹽。

### 1. 鹽酸鹽

在自然界裏分佈得最廣的是氯化鈉  $\text{NaCl}$ ，它就是

們普通食用的鹽。根據來源不同，食鹽可以分爲海鹽、井鹽、池鹽和岩鹽四種。

粗製鹽常含有少量的氯化鎂  $MgCl_2$ ，因而有苦味，容易吸收空氣裏的水分而潮解。把粗製鹽再經過處理後，去掉鹽裏的雜質，就得到精鹽。

食鹽不僅是調味品，也是人體營養上不可缺少的物質。飼養牛、馬等畜牲也需要食鹽。食鹽是重要的化學工業原料，在工業上大量生產苛性鈉、鹽酸、氯氣、純鹼等，都要用食鹽作原料。

## 2. 硫酸鹽

硫酸銨  $(NH_4)_2SO_4$  是農業上重要的氮肥，一般叫做肥田粉。

硫酸銅也是一種重要的硫酸鹽。含有 5 個分子結晶水的硫酸銅是藍色晶體，通常叫做胆礬，它的分子式是  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 。農業上常用硫酸銅溶液浸種和防治農作物的病蟲害，如馬鈴薯的晚疫病等。它和消石灰的混和液叫做波爾多液，是著名的防治植物病蟲害的噴射劑。此外在工業上冶煉純鋼和鍍銅時，都需用硫酸銅。

## 3. 硝酸鹽

在硝酸鹽裏最有實用價值的是硝酸鈉  $NaNO_3$ 、硝酸鉀  $KNO_3$ 、硝酸鈣  $Ca(NO_3)_2$ 。這三種鹽都很容易溶解在水裏，它們都可以用作肥料。其中硝酸鉀是某些混和肥料的成分，因爲它含有植物所必需的氮和鉀。硝酸銨含氮的百分比很大，和硫酸銨一樣，是一種重要的氮



肥。

硝酸鉀又叫做硝石，除用作肥料外，還用它來製造黑火藥。黑火藥是硝石、木炭和硫的混和物，是中國古代偉大的發明。它對人類文化的進步有很大貢獻。

硝酸銨也可用來製造炸藥。

#### 4. 化學肥料

上面所講的幾種重要的鹽裏，大多可以在農業上用作肥料的。爲了和通常用的糞、尿、厩肥、綠肥、堆肥等天然肥料有所區別，我們把這些肥料叫做化學肥料。因爲它們是在工廠裏用化學方法製造出來的。

根據化學肥料含有成分的不同，一般分爲氮肥、磷肥、鉀肥三種。

常用的氮肥有硫酸銨  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、硝酸銨  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 、硝酸鈉  $\text{NaNO}_3$ 、氯化銨  $\text{NH}_4\text{Cl}$  等。

常用的鉀肥有硫酸鉀  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、氯化鉀  $\text{KCl}$  等。

常用的磷肥有過磷酸鈣、磷礦粉等。

過磷酸鈣是用化學方法把天然產的磷礦石加工製成的。由於磷礦石的主要成分是磷酸鈣  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ，它幾乎不溶解在水裏，即使把它研成細粉，在土壤裏也是不能被植物充分吸收。因此一般常用硫酸和磷礦石起反應，製成過磷酸鈣。使原來不溶於水的磷酸鈣變成一種可溶性的磷酸鹽含在肥料裏，這樣在土壤裏就很容易被植物吸收了。如果是酸性土壤就可直接用磷礦石粉作爲肥料。

氮、磷、鉀三種肥料對植物的作用是各不相同的。

氮能促進農作物豐收，並提高產品質量(圖61)。磷能促進植物發育和成熟，還能使植物的種子和果實生長得更多，更飽滿，是提高農作物單位面積產量的重要因素。鉀肥能增加植物莖的支持力和對病蟲害的抵抗力。



圖 61. I. 植物缺乏氮肥時生長的情形  
II. 土壤裏施加氮肥後植物生長的情形

## 習 題

1. 什麼樣的物質叫做鹽?
2. 寫出下列各種鹽的分子式:  
硫化銀 硝酸鎂 碳酸鈉 氯化鋁 硫酸鐵
3. 把可能製出下列三種鹽的方法全部舉出來，並用化學方程式表示它們的反應:  
氯化銅 硫酸鋅 硝酸鈣
4. 計算硫酸銨和硝酸銨裏含氮的百分數。

## 第十節 物質的一般分類和各類物質間的關係

通過本章的研究，我們已經知道物質的一般分類。

由於同類物質具有相似的化學組成，因而它們具有相似的性質。所以我們可以從化合物的化學組成來了解它們的一般化學性質，也可以根據化合物的化學組成來把物質分類。

把物質分了類以後，在同一類的化合物裏，我們只要對其中少數有代表性的物質進行研究，就可以幫助我們來認識同類的其他物質，這樣就可以節省不少的精力和時間。

現在把物質的一般分類列表如下：

物 質 的 一 般 分 類	單	金 屬： 例如銅、鐵		
	質	非金屬： 例如氫、碳。		
	無	酸 類： 分子由氫原子和酸根所組成。 例如： 鹽酸 $\text{HCl}$ ，硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。		
		鹼 類： 分子由金屬原子和氫氧根所組成。 例如： 氫氧化鈉 $\text{NaOH}$ ，氫氧化銅 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 溶於水的鹼叫做鹼。		
	化	合	氧化物： 分子	酸性氧化物： 能和鹼作用生成鹽 和 水的氧化物。例如： 二氧化碳 $\text{CO}_2$ 。
			由氧原子和另 一種元素的原 子所組成	
物	鹽 類： 分子由金屬原子和酸根所組成。 例如： 氯化鈉 $\text{NaCl}$ ，硫酸鉀 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。			

根據前面所研究的各類物質的化學性質，可以知道

各類物質間相互的關係，現在把我們在本章學過的各類物質相互的反應和反應後的產物列表如下：

	非 金 屬	酸 性 氧 化 物	酸
金 屬	—	—	鹽 + 氫
鹼 性 氧 化 物	—	鹽	鹽 + 水
鹼	—	鹽 + 水	鹽 + 水

### 習 題

- 下列物質各屬於哪一類？寫出它的分子式來。  
三氧化硫 硫酸鈣 氫氧化亞鐵 硝酸銀 氫氧化鋁  
硫化鈉 氯化鋅 磷酸鈣 亞硫酸 氫氧化鎂
- 在研究各類物質的化學性質時，有哪些物質互相作用的結果是能生成鹽的？
- 在氧化鎂、三氧化硫、鹽酸、消石灰這四種物質裏，哪兩種物質放在一起就會發生反應？寫出這些反應的化學方程式。

## 第七章 碳和碳的化合物

元素符號 C      原子量 12

### 第一節 自然界裏的碳

碳是一種很重要的非金屬元素。它和它的化合物與人們的生活有着密切的關係，是生命的基礎，也是能量的主要來源。它在自然界裏總存量雖然不多，但却分佈得很廣泛。它有以游離態存在的，如金剛石、石墨都是單質晶形的碳。它也有以化合態存在的，如構成地殼岩石的大理石、石灰石等都是含碳的固體化合物；石油裏有大量的含碳液體化合物；空氣裏的二氧化碳氣、石油井或煤礦坑裏的沼氣，都是含碳的氣體化合物。又如煤也是含碳極豐富的物質。此外，構成動植物體主要成分的物质，像脂肪、蛋白質、碳水化合物等等也都是復雜的含碳化合物。可以說，碳的化合物是極其多種多樣的，它們廣泛地存在在地球的表面上和生物體裏面。

### 第二節 碳的幾種單質

#### 1. 金剛石

平日我們看到的一種叫做鑽石的裝飾品，和劃玻璃

器械的尖頭，或鑽探機的鑽頭，都是用金剛石琢磨成的。

純粹的金剛石是無色的透明的結晶體，看起來亮晶晶地很像玻璃。帶有雜質的金剛石常常顯出顏色。它的硬度很大，是已知物質裏硬度最大的，比重是 3.5。

它是極純粹的碳，在純氧氣裏強烈燃燒後，生成二氧化碳。

在自然界裏，金剛石的產量不多，目前還不能用人工方法很好地和大量地製造它。

光澤好的金剛石，常被琢磨成貴重的裝飾品，光澤較差的，常用來鑽孔或切割玻璃。

## 2. 石墨

我們平日用的鉛筆的筆心，實際並不是金屬鉛做成的，而是用石墨摻和些粘土製成的。

石墨是一種灰黑色，不透明的畧帶有金屬光澤，形狀像魚鱗片一樣的結晶體。它與金剛石相反，是非常軟的物質。它容易破裂成像魚鱗片樣的薄層。如果把石墨在紙上移動，它的極細小的結晶就會粘附到紙上，在紙上留下暗灰色的痕迹。用石墨來製造鉛筆心就是利用石墨這種性質。鉛筆心的硬或軟是看石墨裏摻進粘土的多少來決定，摻的粘土越多，就越硬。

石墨的質地不但柔軟而且光滑，因此工業上常常用油和石墨摻在一起，作為機器的潤滑劑，就是將它與油的混和體塗在機器的軸承上，來減少摩擦。

石墨與其他非金屬不同，能夠導電，通常又用它來

製造電極，如探照燈的電極和日常用的乾電池裏的碳精棒都是石墨製成的。石墨還有很大的耐火力，或者說，有耐高溫的性質。它在高溫時也難燃燒。所以它又常和粘土混在一起，做成耐高溫的鍋爐，如熔融金屬用的石墨坩堝。此外，石墨還可以塗在金屬表面上，以防金屬生銹。

由於石墨可以製造成電極，或用作潤滑劑、耐高溫材料、防銹劑、鉛筆心等等，它在工業上的用途是很廣泛的。

石墨在純氧氣裏極強烈地加熱，也可以燃燒變成二氧化碳。

金剛石和石墨都是結晶形單質的碳，它們的性質却有很大的差異，這是由於碳原子在這兩種物質裏的排列方式不同，也就是說它們是兩種不同的結晶體。

### 3. 木炭

我們平常所見到的木炭，也是碳的一種單質，不過它含有雜質，沒有金剛石、石墨那樣純淨。

木炭是黑色無定形（不是結晶形）的固體。它的質地疏鬆多孔，而且很脆。它比水重，但是把乾燥的木炭放到水裏，它却浮在水面上，要過一些時候才沉下去，這就是由於它的許多小孔裏的空氣要慢慢地被水排出來的緣故。

由於木炭的多孔性，所以它的表面很大，有着很強的**吸附作用**。所謂吸附作用，就是物質的表面有吸收蒸

氣或氣體，或溶解的物質，使它們聚集在自己表面上的性能，這種現象叫做吸附。能有吸附作用的物質叫做吸附劑，木炭就是一種吸附劑。

我們可以做一個實驗來證明木炭的吸附作用。在一個裝滿了一種紅棕色氣體——二氧化氮的玻璃瓶裏，放進去幾塊加熱過的木炭，并把瓶子塞緊，然後把瓶子搖動一下，就可以看見瓶裏的顏色慢慢地褪去，以致最後完全消失。這就是因為二氧化氮被木炭吸附了。平日如果我們用燒菜的鍋子來燒開水，水裏總有些膩的氣味，用這種水泡茶是不好吃的。假如我們在水沸騰的時候，放進去幾塊乾淨的木炭，水裏的氣味就沒有了，這也是由於木炭的吸附作用。

固體的表面面積越大，它的吸附性也越強。防毒面具濾毒罐裏用的活性炭就是經過特別加工過的木炭，有着高度的吸附性能。

木炭除了做吸附劑以外，還可以做燃料和製造黑火藥。

木炭是由人工製成的，把木材在空氣不足的地方加熱，除去了水分及一些揮發性物質，剩餘下的黑色物質就是木炭。

活性炭是用質料比較堅實的木料，如椰子壳、核桃壳、花生壳、棉子壳等所製得的木炭，再在隔絕空氣的情況下強熱，同時通以水蒸氣的氣流。這樣處理可以除去木炭裏的雜質，并增大木炭的多孔性，因而大大增強了它



的吸附性能。普通1克木炭的表面積約有100—150平方米，而1克活性炭的表面積要達到500—700平方米。

活性炭在各種工業上的用途很大，除了做防毒面具裏毒氣吸收劑以外，還可以用來吸收工業上所用的某些貴重的溶劑。當已經吸收了溶劑的活性炭加熱以後，溶劑又變為蒸氣脫離活性炭，再冷凝為液體。這樣的處理可以回收某些貴重的溶劑。已經脫去溶劑的活性炭冷卻後，就恢復它原來的吸附能力。

活性炭也可以用來使糖漿、油類等物質脫色，所以在精製白糖及油類、脂肪等工業操作裏，也常用活性炭做吸附劑來吸附有色的雜質。

近年來，又利用活性炭吸附氣體的性能，製造空氣電池燈。

#### 4. 骨炭

當我們消化情況不太好，有些水瀉的時候，醫生常給我們吃一種藥，是炭一樣的黑色粉末，那就是骨炭末。

骨炭又叫做獸炭，是把動物的骨頭除掉脂肪再放在隔絕空氣的密閉器裏，強熱後所剩餘的殘渣。它和木炭一樣是無定形的炭。

如果在洋紅的溶液裏加上一些骨炭粉末，攪動溶液并加熱幾分鐘後，將這帶有黑色骨炭末的洋紅溶液倒在放有濾紙的漏斗中過濾，濾出來的水是無色透明的。用靛藍等其他染料，或綠色的樹葉子、紅色的花等代替洋紅來做這個實驗，也得到同樣脫色的結果。這些實驗都

說明了骨炭有吸附色素的性質。

骨炭和木炭一樣是多孔性的物質，是很好的吸附劑，它具有很強的吸附能力。

工業上製糖、酒、調味粉時也常用骨炭作為脫色劑。它所以能作為消化不良的治療劑，也是由於它在腸裏有吸附細菌以及細菌毒素的作用。

### 5. 焦炭

在冶鐵廠高爐裏使用的碳，常常是焦炭。

它是用天然的煤隔絕空氣加熱後所剩餘下的殘渣，它是一種比較純的無定形的碳。

它有着碳的一般性質。它的質地比較堅實，有較高的機械強度，在高爐裏的原料厚層的巨大壓力下，不致於破碎。冶金工業上熔煉金屬時常用着它。它也是工業上製取氣體燃料的原料之一。

### 6. 炭黑

點火油燈時，如果空氣供給不充足，燈罩上時時沉積着一些黑烟，這黑烟就是炭黑。

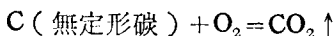
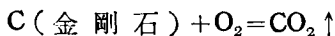
炭黑又叫做油烟或烟黑，是一種最純粹的無定形的碳，是純黑色的碳粉末。

炭黑廣泛地用做黑色顏料，它和油的混和物可以製造印刷用的油墨。它和動物膠混合，可以製墨汁和墨。炭黑也可以作橡膠的填充料。

工業上製取大量的炭黑是把含碳豐富的物質，如煤焦油、松香、松節油等等，放在空氣不足的情況下燃燒

來製成的。

以上所講的亮晶晶的、堅硬的金剛石，黑油油的、軟滑的石墨和木炭、焦炭、骨炭、炭黑等黑色固體，看來是很不一樣的東西，但是把它們放在純氧氣裏燃燒，都是產生二氧化碳。燃燒的變化，可以用下面的方程式來表示：



關於碳的化學性質，下面再作進一步的討論。

以上所介紹的木炭、骨炭、焦炭、炭黑都是無定形的碳，它們和金剛石、石墨兩種結晶形的碳，一起叫做碳的同素異性體。平日我們常常說碳有三種同素異性體，就是指着金剛石、石墨和無定形碳講的。或者說，碳有同素異性現象。所謂**同素異性現象**，就是同一種元素生成幾種不同單質的現象。由同一種元素生成的幾種單質，叫做這種元素的**同素異性體**。同素異性體，由於它們分子裏所含的原子個數或者排列方式不同，性質也就彼此不同了。

### 第三節 碳的化學性質

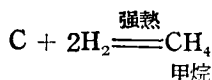
在日常生活裏，我們把木炭不管放置多麼長的時間，從沒有看見它有什麼變化。不但如此，當我們要把某些木製的東西（如電線杆、球架等）插進地下的時候，我

們有時還特意地把要插進地裏部分的表面燒焦，使它變成碳，這樣碳化了的面，就可以防止木材的內部被腐蝕。

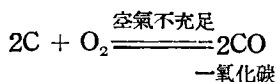
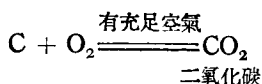
以上的事實說明了碳在平常情況下，不與酸、鹼以及水等物質起作用。

在高溫下，碳能與一些非金屬或金屬直接化合。下面的方程式表示它們的反應。

碳和氫化合成甲烷（一種可燃的氣體，下一章將介紹它）。

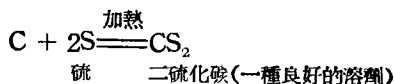


碳和氧化合，因為反應條件不同，可以生成兩種氧化物：

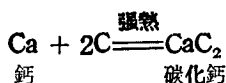


這些化合反應放出定量的熱。碳作為燃料燃燒時，主要是這些變化。

把硫磺蒸氣通過燒紅了的碳生成二硫化碳：



碳與某些金屬在高溫下反應生成金屬碳化物：



碳化鈣是一種金屬化合物，又稱電石，是工業上重要的原料。在工業上所用的碳化鈣是較經濟的原料生石灰（氧化鈣）與焦炭（C）或煤製得的。

在高溫時，碳不但能直接與單質氧相化合，而且還能夠奪取氧化物裏的氧。碳在這一點性質上與過去我們學的氫氣是一樣的，有很好的還原能力，也是一種還原劑，在冶金工業上應用焦炭，主要就是利用這一點性質。

下面的實驗可以證明碳的這種重要的性質。

拿黑色氧化銅粉末一份加上木炭粉四份，把它們混和均勻，放在一個硬質耐燒的試管裏。試管口塞上一個附有導氣管的木塞。將導氣管的另一頭插在澄清的石灰水裏（裝置如圖 62）。

在試管底裝着氧化銅的地方，先緩緩加熱，然後強

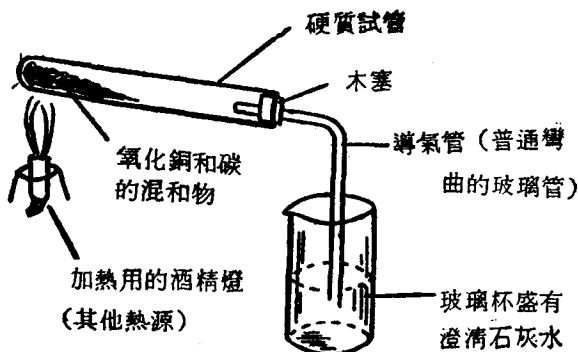


圖 62. 氧化銅被碳還原

熱，可以看見導氣管裏有氣泡跑出來，而且澄清的石灰水漸漸混濁，這表示有二氧化碳發生。當導氣管裏只有很少的幾個氣泡出來的時候，把導氣管從石灰水裏拿出來，然後停止加熱（注意：實驗的時候必須先把導氣管離開水面，然後再拿去燈火，否則因為管中氣體溫度低了，壓力就小了，外面的水就可能被大氣壓力壓進已經燒得很熱的試管裏，管子會炸破的）。把管裏的粉末倒在一張紙上，可以看見裏面有紅色單質的銅。

現在用反應方程式把這個實驗裏的變化與過去我們學過的氫氣還原氧化銅的變化作一個比較：



在這個反應裏，氫氣奪取了氧化銅裏的氧，使氧化銅還原成單質銅，氫氣本身與氧化合成水，氫氣在這裏作為還原劑。



在這個反應裏，碳使氧化銅還原成單質銅，而本身奪取氧化銅中的氧，生成二氧化碳。碳在這裏也作為還原劑。

## 習 題

1. 碳在自然界以哪幾種形式存在？
2. 木炭、石墨和金剛石有哪些相同的性質？有哪些不相同的性質？它們各有什麼重要的用途？

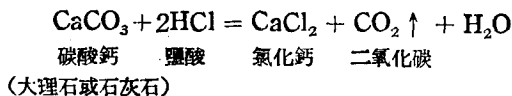
3. 防毒面具的濾毒罐裏爲什麼要用活性炭?
4. 什麼是炭黑?
5. 12 克的碳, 能使多少克氧化銅還原? 還原出來的銅重多少克?
6. 24 克的碳燃燒可能生成多少克二氧化碳? 多少克一氧化碳?

## 第四節 碳的重要化合物

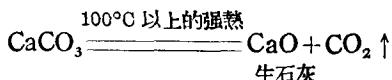
1. 二氧化碳(又稱碳酸氣), 分子式  $\text{CO}_2$ , 分子量 44。

前面已經講過二氧化碳是空氣成分之一。它是無色無臭的氣體。它和人類的生活有着很密切的關係。動植物的呼吸及其屍體的腐爛, 發酵的變化和各種含碳化合物如木柴、煤、炭、蠟燭、汽油的燃燒都產生二氧化碳。同時, 植物的光合作用又要吸取二氧化碳, 所以二氧化碳在自然界裏與人們的生活是有廣泛的接觸的。

實驗室裏製取二氧化碳是用酸與大理石或石灰石(它們都是含有碳酸鈣的岩石)作用, 一般以用稀鹽酸最適宜。用排空氣取氣法收集它。在反應過程中, 除產生二氧化碳外, 還生成氯化鈣和水, 這是一個複分解反應。反應方程式是:



在工業上，大量的二氧化碳，是許多化學工廠的副產品。例如合成氨廠就有大量的一氧化碳變為二氧化碳（本書第四章曾提到氨廠用一氧化碳與水蒸汽作用產生二氧化碳和氫氣）。又如煅燒石灰石製取生石灰時，也有大量的二氧化碳同時分解出來。分解反應是：



現在讓我們看一看實驗室裏製取二氧化碳的方法，並且認識一下有關它的性質。

實驗室裏製取二氧化碳不宜用硫酸，因為硫酸與碳酸鈣反應生成溶解度很小的硫酸鈣  $\text{CaSO}_4$ ，沉積在大理石（或石灰石）的表面，阻礙了大理石和硫酸繼續接觸，以致反應會慢慢的停止。

硝酸的價格太貴，不常用。

製取二氧化碳可以用製取氫的那些裝置，不過它是用排空氣取氣法收集的。

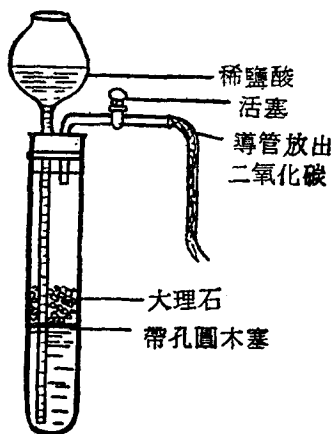


圖 63. 製取少量二氧化碳的裝置

在製取的時候，先把大理石放好，再慢慢地把稀鹽酸倒進去，立刻就有大量的二氧化碳氣泡放出來，可收



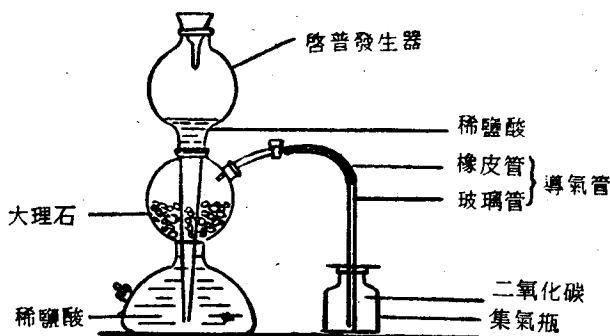


圖 64. 用啓普發生器製取二氧化碳并用排氣法收集

集幾瓶二氧化碳。在收集二氧化碳的時候，我們看不見二氧化碳氣，因為它是無色無臭的。要知道集氣瓶裏的二氧化碳是否已經裝滿了，可以用一根正在燃燒着的小木片放在集氣瓶的瓶口裏，如果瓶裏已經裝滿了二氧化碳的氣體，木片就立刻熄滅了，這是由於二氧化碳不能燃燒，也不能幫助別的東西燃燒。

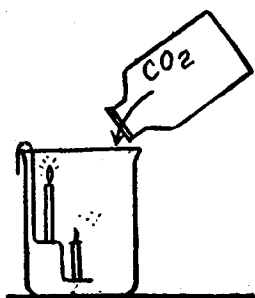


圖 65. 傾倒二氧化碳的實驗

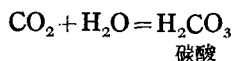
收集了幾瓶二氧化碳以後，再拿兩枝短蠟燭分別放在一個梯子形鐵架的兩層上。把蠟燭點着，然後把它們放在一隻空的燒杯或瓶子裏，再拿一瓶二氧化碳像倒水一樣地倒進去，如圖 65。

可以看見低處的燭先熄滅然後高處的燭才熄滅。這個現

象表示二氧化碳能被“倒下”來，而且在倒進杯子的時候，先很快的積聚在杯子底部，然後慢慢地達到上部。這個實驗不但證明二氧化碳有滅火的性質，也證明它是比空氣重的。

因為二氧化碳具有這個性質，所以在收集二氧化碳時，集氣瓶口是向上的，以便更好地排去空氣；裝着二氧化碳的瓶子也是順立地放在桌上，用一塊玻璃或紙片蓋着瓶口就可以了。

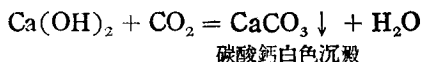
向有二氧化碳的瓶子裏加上一些水，搖蕩一下，再用藍色石蕊試紙試一試，可以看見藍色石蕊試紙變成紅色。這個現象證明二氧化碳是能溶解在水裏的，而且它的水溶液是酸性的。這個酸性物質叫做碳酸，所以平日我們又把二氧化碳叫做碳酸氣或者碳酐。這個反應方程式是：



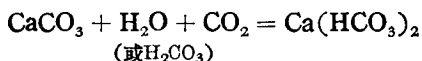
碳酸是一種很弱的酸，是很不安定的化合物，它很容易再分解為二氧化碳和水。

將二氧化碳通到澄清的石灰水裏，或者把溶解有二氧化碳的水溶液（碳酸）裏加上一些石灰水，都會立刻看見有乳一樣的渾濁的物質產生（前面講的用碳還原氧化銅實驗裏也看見這個現象）。這是由於石灰水是一種鹼性溶液，二氧化碳是酸性氧化物，它們反應後，生成了鹽和水。這裏產生的鹽是不容易溶於水的白色碳酸鈣沉澱，所以原來澄清的石灰水就變成乳一樣渾濁的物質

了。這個道理在酸、鹼、鹽的一章裏曾講過，可以復習一下。



在已變渾濁了的石灰水裏，繼續長時間地通入二氧化碳，溶液又會慢慢地變清了，就是說碳酸鈣又逐漸消失了。這是因為又發生了以下的變化：



這個生成物  $\text{Ca(HCO}_3)_2$  叫做碳酸氫鈣，是能在水裏溶解的，所以溶液又清了。

從以上實驗的結果可以對二氧化碳的性質作出下面簡單的總結：二氧化碳是無色無臭比空氣重的氣體，它是比較穩定不太活潑的化合物，能夠滅火。它易溶於水，部分與水作用，水合物是一種不安定的弱酸，叫做碳酸。它能與鹼作用生成鹽和水，有酸性氧化物的典型性質。它與澄清石灰水作用產生碳酸鈣白色沉澱，過量的二氧化碳又可以使碳酸鈣變成可以溶解的碳酸氫鈣。

在實驗室裏，常常利用澄清的石灰水來檢驗一種氣體是不是二氧化碳氣。如果我們按圖 66 的方式吹氣到石灰水裏，就可檢驗出我們呼出的氣體裏，有着大量的二氧化碳。

二氧化碳在高壓和低溫的情況下，容易變成液態，也能變成固態。固態的二氧化碳是白色，像雪樣的。它

在空氣裏能夠直接變成氣體，而不經過液體的階段，所以常常叫做“乾冰”。乾冰氣化時，吸收周圍的熱可以使溫度降到 $-78^{\circ}$ 左右，因此常用來作冷卻劑，冷藏一些不能受潮濕

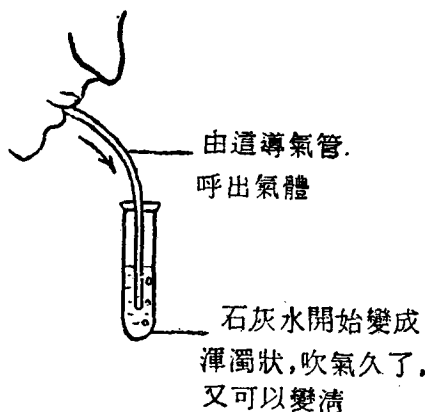


圖 66. 呼氣到石灰水裏

的東西。把乾冰從飛機上撒下來，可以迅速降低高空中的氣溫，因而使水蒸氣冷凝，製成人造雨。

二氧化碳主要的用途是作滅火劑、冷藏劑（乾冰）、製啤酒、汽水等清涼飲料，及作純鹼、碳酸氫銨等工業產品的原料。

## 2. 碳酸鹽

從前面學的關於鹽的定義，能夠推想到碳酸鹽可以看作是碳酸裏的氫被金屬或類似金屬性質的原子團置換後所生成的物質，也就是金屬原子和碳酸根所組成的化合物。由於碳酸裏有兩個氫原子，它生成的鹽也有兩種：正鹽和酸式鹽（或叫做碳酸氫鹽）。碳酸分子裏的氫原子全部被金屬原子所置換了，如碳酸鈉 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、碳酸鈣 $\text{CaCO}_3$ 等叫做正鹽；鹽裏尚保留部分氫原子，如碳酸氫

鈣  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、碳酸氫銨  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  等叫做酸式鹽，通常稱做碳酸氫某鹽。

下面介紹幾種常見的碳酸鹽。

碳酸鈣  $\text{CaCO}_3$ ：這是自然界裏分佈最廣的碳酸鹽，它成爲白堊、石灰石、大理石、方解石等等形態而存在，在實驗室裏它又常常成爲碳酸鈣沉澱的形態。

方解石是純粹的碳酸鈣。這種礦石很像水晶，是透明的，可以製造光學儀器。

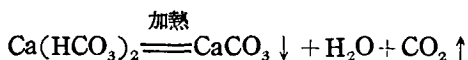
大理石是較粗或極細粒狀方解石的晶體結合起來的，由於含有雜質，有青灰色、白色或黑灰相間的花紋，這種礦石以產在雲南大理縣的最著名，所以叫做大理石。它適合於加工琢磨，成爲建築材料和裝飾品。像北京天安門的華表，故宮和天壇的石欄、台階等都是用大理石做成的。

石灰石在建築上常用來做石料，也可以用來製石灰。在陶瓷、玻璃、水泥等工業上它也是重要原料之一。

白堊是一種白色的土，是古時候的蚶壳等細屑碎片沉積生成的。這種土經過水漂的手續，可以得到質地較細的細白堊。實驗室裏所得着的碳酸鈣沉澱叫做沉澱白堊（或人造白堊）。白堊可以用來粉刷牆壁，製造金屬和玻璃瓷器的去污粉、牙粉、粉筆、白色顏料等等。

前面已經講過碳酸鈣不溶解在水裏，而能溶解在含有二氧化碳的水溶液裏生成碳酸氫鈣。但是，碳酸氫鈣  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  是不安定的化合物，受熱又會分解出碳酸鈣，

如果把含有碳酸氫鈣的水溶液(清的)加熱到沸騰，當二氧化碳跑出去以後，就又見到碳酸鈣的白色沉澱了。反應式如下：



這種現象在自然界裏也常常看見。我們在岩石洞裏或岩石上見到的石鐘乳或石筍就是這樣形成的。當含有碳酸的水溶液經過碳酸鈣構成的岩石的時候，岩石就溶解了。這種水溶液繼續地流着，遇到氣候較熱，水分蒸發，二氧化碳慢慢地跑出來了，碳酸鈣又沉積下來，日積月累，越積越多，從岩石向下掛着的叫石鐘乳，向上豎立的叫做石筍。

此外，自然界裏溶有大量碳酸氫鈣的水在加熱煮沸的時候，碳酸鈣也會沉積出來附在鍋爐壁上，這種水不適用於工業上使用，就是前面講的硬水中的一種。

碳酸鈉  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ：平常叫做純鹼，又叫做蘇打，天然出產的叫做天然鹼。我們平時洗衣服、做饅頭用的鹼就是結晶碳酸鈉，它的分子式是  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。

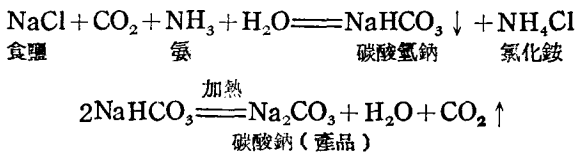
大量的純鹼是在工廠裏用化學方法製造出來的。製造純鹼有好幾種方法，比較好的一種是侯氏製鹼法。

侯氏製鹼法是由中國著名的化學工程專家侯德榜對一般採用的製鹼方法作了很有工業價值的改良和發展而設計的，它對世界製鹼工業有很大的貢獻。

侯氏製鹼法是把製鹼工業和合成氨工業聯合起來生

產的一種方法(氨是一種氣體，工業上用氮和氫製取它，叫做合成氨工業，它是製造肥料的一種重要原料)。侯氏製碱法可以同時生產純碱和氯化銨肥料，所以這個製法沒有廢物。

這個製法所用的原料非常便宜，是：水、空氣、食鹽和煤(焦炭)。主要的化學反應是：



純碱的用途很廣，是一種重要的化學工業產品，如玻璃、肥皂、紡織、造紙、食鹽、油漆、冶金、製革、石油等等工業生產過程中，都直接或間接地用到它。在日常生活裏，洗滌衣服用具、做麵食的時候，也常用到碱。

碳酸氫鈉  $\text{NaHCO}_3$ ：通常叫做小蘇打，又稱重碳酸鈉、酸式碳酸鈉等。

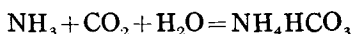
碳酸氫鈉是一種結晶性白色粉末，不含結晶水。它在自然界裏常與純碱一起存在，天然碱裏就含有它。

在工業生產中，它是製純碱方法裏第一階段反應的產物。

碳酸氫鈉的用途也很大。食品工業上常用它來做發酵粉(又稱做烘焙酵粉)和汽水等清涼飲料的原料。醫藥上用它做胃酸過多的制酸劑。它又是二氧化碳泡沫滅火

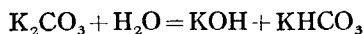
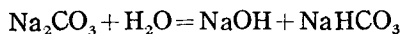
機裏的滅火劑原料之一。洗滌絲、毛等容易被強鹼腐蝕的紡織品時，也常用它作洗滌劑。

碳酸氫銨  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ：它是白色固體，有一般碳酸氫鹽的特性，可以從二氧化碳、氨和水來製取：



碳酸鹽及碳酸氫鹽包括着很多的化合物，以上是主要的、常見的幾種。現在談一談它們的性質。

碳酸鹽都是固體。常見的碳酸鹽裏只有碳酸鈉、碳酸鉀  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 、碳酸銨  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  能在水裏溶解。碳酸鈉和碳酸鉀的水溶液有強鹼性，因為它們可以和水起複分解作用生成強鹼：



上面的反應產物裏的  $\text{KOH}$ ， $\text{NaOH}$  都是強鹼。

大多數碳酸氫鹽都能在水裏溶解，它們與水的作用很小，沒有產生顯著的鹼性。

任何碳酸鹽或者它的水溶液和酸作用時，都起複分解作用放出二氧化碳。因為大量二氧化碳氣泡的放出，溶液像沸騰一樣，所以一般常利用這點性質和現象，用酸來檢驗某一種物質是不是碳酸鹽或是不是碳酸鹽溶液。

碳酸氫鹽也有這種性質。前面在二氧化碳的製法和碳酸鈉、碳酸氫鈉的用途裏都畧畧提了一些，如利用碳酸氫鈉作發酵粉的原料，就是利用它生出的二氧化碳使麵粉多孔發鬆。下面再舉出兩個反應方程式來說明這個

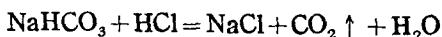


性質：

碳酸鈉與鹽酸反應：



碳酸氫鈉與鹽酸反應：



碳酸氫鹽受熱的時候，一般都是比較容易分解，尤其在潮濕的空氣裏更容易分解，所以像碳酸氫銨氮肥的包裝貯存，就是在普通室溫之下，也要注意把盛器密閉蓋緊，防止潮濕。

### 3. 一氧化碳 分子式 $\text{CO}$ ，分子量 28。

煤炭在爐子裏燃燒時，我們常常會看見爐口上有藍色火焰，那就是一氧化碳燃燒的火焰。

前面在碳的化學性質裏已經講過碳在空氣充足的地方燃燒生成二氧化碳，在空氣不充足的地方燃燒會生成另一種碳的氧化物——一氧化碳。

煤炭在爐子裏燃燒，實際上產生一系列的化學反應。各種反應的進行情況是隨着爐子裏空氣流通的程度來決定的。如果爐子的通風情況良好，爐底及爐口部分空氣比較充足，在爐底部分常常產生大量的二氧化碳和極少量的一氧化碳。當二氧化碳上升遇到爐子中部溫度很高紅熱的煤炭層，它就和碳起反應，被碳還原成爲一氧化碳。同時爐子中部空氣比較不充足，也會有些煤炭燃燒生成一氧化碳。一氧化碳到達爐口，因爲空氣充足，就與空氣裏的氧起反應，燃燒生成二氧化碳，並且發出藍色

火焰。下面的圖表示一般燃燒爐裏，煤炭燃燒的情況。

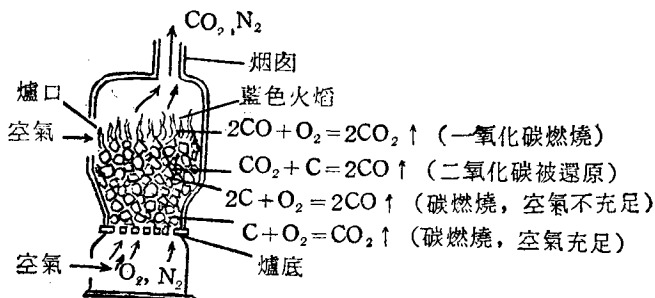


圖 67. 煤炭在火爐裏的燃燒過程

以上一系列反應裏，除了二氧化碳變成一氧化碳的反應以外，其餘的反應都放出大量的熱。

一氧化碳是不溶於水，稍微比空氣輕一些的無色無臭的氣體。所以當煤爐通風情況不好，一氧化碳不能完全燃燒生成二氧化碳的時候，雖然有很多的一氧化碳存在，我們也不會知道的。

一氧化碳對於動物身體有很厲害的毒性。平日我們所講的“中煤毒”實際就是中了一氧化碳的毒。它使人中毒的原因是：它能和動物血液裏起吸收與輸送氧氣作用的血紅素結合，生成一種安定的化合物。如果身體裏的血紅素與一氧化碳結合的量達到了一定的程度，血液就失去了吸收與輸送氧的能力，這樣動物就會因為缺乏氧而致死。

一氧化碳在工業上是有用的。由於它有被氧化的性質，它和氫氣、碳一樣，是一種很好的還原劑。它也能

奪取金屬氧化物中的氧使產生金屬單質。同時它也是一些人工製造成氣體燃料的一種成分，又是製取某些化合物的原料。

以上所介紹的都是常見的碳的無機化合物，還有一大部分碳的化合物稱為有機化合物，將在下一章介紹。

所謂無機化合物是指着有機化合物相對地來講的，從下一章有機化合物的討論裏可以明白它的含義。

### 習 題

1. 說出實驗室裏製取二氧化碳的方法。如何收集它？為什麼要這樣收集？
2. 有五個瓶子分別裝了氧、氫、氮、二氧化碳、一氧化碳各種氣體，你怎樣把它們鑒別出來？說出你的方法。
3. 什麼叫做碳酸鹽？舉出幾種碳酸鹽的名稱、分子式和它們的用途。
4. 把鹽酸滴到某些岩石上就發生氣泡，你想這種岩石是由哪種鹽構成的？為什麼？
5. 一氧化碳有什麼用處？

## 第八章 有機化合物

有機化合物也是碳的化合物。

有機化合物這個名詞，早在 19 世紀以前就遺留下來的。當時人們把整個自然界已知的物質分做兩大類：一類是從有生命的動植物來的，是所謂的“生命力”作用所生成的，叫做有機物質；另一類從無生命的礦物來的，叫做無機物質。

直到 19 世紀二十年代以後，一系列的實驗事實證明了從生命體來的物質，也可以在實驗室裏拿礦物質做原料，用人工方法製造出來，才打破了有機化合物與無機化合物這樣不正確區分的原始概念。

現代化學上，仍舊把自然界的化合物分為有機化合物與無機化合物兩部分。有機化合物是指二氧化碳、一氧化碳、碳酸鹽等一小部分碳的化合物以外的，許許多多，各種各樣的含碳化合物。相對地講，其餘部分的化合物叫做無機化合物。

研究有機化合物的化學就是研究含碳化合物的化學。現在它已成為一門獨立的科學，叫做有機化學。這樣的劃分，主要是由於含碳的化合物很多很多，而且比較複雜，並且有它們某些顯著的共同特點。實際上，有

機化合物與無機化合物之間並沒有絕對的界限的。

## 第一節 有機化合物的特點

有機化合物的特點，簡單地講，主要有下面幾點：

1. 天然有機化合物裏所含的元素，一般除了碳以外，主要只有氫、氧、氮。此外，含硫、磷等其他元素的就很少。含金和其他非金屬的有機化合物，現在都是人工製造出來的。

2. 它們的分子結構一般是很複雜的。有的分子量很大，甚至一個分子含有千數以上的原子；有的化學組成完全相同的分子，由於它們分子裏，原子與原子之間結合的方式不同，却是性質完全不同的化合物；又有些化合物，性質非常相似，是由於它們分子之間有共同的結構特點。總之，它們要比無機化合物複雜得多。

3. 有機化合物的熔點比無機的低，一般很少超過 $300^{\circ}\text{C}$ 以上，沸點也不高。除了少數的以外，一般有機化合物都不易溶於水而易溶於有機物質。例如，油在水裏不溶解，而溶解在汽油裏，就是常見的事實。

4. 有機化合物一般都對光和熱不穩定，容易變色變質，所以常常把它們儲藏在棕色瓶子裏。多數的有機化合物非常容易燃燒。

5. 有機化合物的反應速度常常比無機的慢。一般的反應都必須加熱或用催化劑。但是也有的反應很劇烈，以致發生爆炸。它們起化學反應時，往往除了一個主要

的反應以外，還會產生一些不是按主要反應方式進行的反應，就是說，常常會伴有副反應。這是由於有機化合物分子結構複雜的原因。

有機化學工業中所用有機物質的原料主要來源是煤、石油、天然氣、油頁岩以及木材，此外還有一些植物和動物。

有機化合物數目很多，目前難以說出一個精確的數字，一般認為已經有三百萬左右。根據它們分子的組成和結構，分為許多類，主要是僅含有碳、氫的烴類，以及含碳氫以外還含有鹵素的鹵代烴類（鹵素是氟、氯、溴、碘四種元素的總稱），含有氧的醇類、酚類、醚類、醛類、酮類、酸類和酯類，含有氮的胺類和含硫的化合物等等。各類裏又包括着許許多多的化合物，本章不可能對各類化合物作系統地介紹，下面僅從普通的幾類中舉出幾種化合物來簡單地談談，使我們對有機化合物有一個極初步的概念。

烴、醇……等字是化學的創字。以後見到的創字還很多，現在把它們都列在下面的表裏：

創字	烴	烷	炔	萘	醇	酚	醚	醛	酮	酯	胺	苯	烯
讀音	聽	完	缺	奈	純	分	迷	全	同	旨	按	本	希

## 第二節 甲烷、乙炔、萘

### 1. 甲烷 $\text{CH}_4$

甲烷又名沼氣，是屬於有機化合物中烴類的化合物。平時在河溝或者湖沼的污泥裏，我們常常看見一些小氣泡冒出來，用火柴去點燃，它們會着火或者發生輕輕的爆炸聲，這就是甲烷氣體。它是許多樹葉、湖草等廢棄物質裏的有機物，在不通空氣的情況下，經過一種叫做甲烷菌的微生物作用而產生的氣體。因為沼泥地帶常常有它，所以它又叫沼氣。

純粹的甲烷是一種無色、無臭，不易溶於水，比空氣輕的氣體。在平常情況下，它是一個很安定的氣體，和酸、鹼、氧化劑、空氣都不起作用。

在溫度高一些的情況下，甲烷能夠在空氣裏燃燒，生成二氧化碳和水蒸氣，並放出大量的熱。它燃燒的化學反應式是：



甲烷與空氣（或者氧氣）混雜在一起達到一定比例時，點火就會爆炸。如果空氣裏有6—20%的甲烷，點火時，就有發生危險的可能。

甲烷是無毒的氣體，但是如果空氣裏含甲烷的濃度超過25%以上，就會有一種麻醉性。

使用甲烷時，上面最後兩點性質要特別注意。

甲烷在一定的溫度、壓力的條件下，可以起一些比較更複雜的化學反應，生成其他化合物。這就使它在工業上用途更廣了。

甲烷的製法：氫氣和碳或者和一氧化碳，在催化劑

作用和一定溫度的情況下，能夠產生甲烷。但是這種製法的設備複雜，技術條件要求比較高。現在，最經濟，最方便，尤其適合在農村裏推廣的方法是發酵法。這個方法是利用池沼裏天然沼氣產生的道理，把糞便、垃圾、污泥、落葉、雜草、植物莖杆及廚房裏的菜葉、豆壳等等含有纖維素的廢料，放在發酵池（如圖 68）裏進行發酵來產生沼氣。

發酵法製出來的沼氣，是一種混和氣體，其中只有沼氣 60—70 %。其餘的 40—30 % 是二氧化碳以及 1 % 以下的硫化氫、氮、氨、氫氣等，所以它帶有輕微的蒜臭。

發酵法所得的沼氣，不必經過任何處理可以用來點燈、燒水、煮飯，發動內燃機進行抽水和發電。把沼氣壓縮在鋼瓶裏，還可以供汽車和拖拉機使用。此外，較純的甲烷氣體，還可以製造液體燃料、氫氣、碳黑、乙炔、甲醛等工業原料和四氯化碳等等化學產品。

利用發酵池的沼氣時要注意：糞便發酵放出的極少量的硫化氫氣體，有臭味，也是有毒的。這種氣體，在發酵開始時，產生的量較多，一定要注意，不要多嗅它，以免中毒。發酵池，或裝沼氣的氣櫃附近，都不宜點火。燃用沼氣時，沼氣裏不可混雜有空氣，也要注意室內空氣的流通，以避免爆炸與麻醉現象的發生。

起發酵作用的甲烷菌，在馬糞及污泥裏最多，在溫度 32—37°C，中性的條件下，發酵作用最快。所以，





在發酵過程裏，常常加進一些石灰，使糞便維持中性，並且，在必要時，在發酵池周圍燒坑道，或者用管子通熱水來保持一定的溫度，甲烷菌在隔絕空氣的情況下才能很快的繁殖而起發酵作用。

因此，發酵池必須不通空氣，不漏氣，不漏水，能夠保溫，進出料方便，也要經濟、耐久，便於建築與管理。

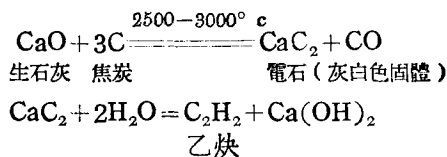
用沼氣來點燈，要用一個像汽油燈一樣的特製紗罩的燈頭。根據實驗結果：1立方公尺的沼氣，可以點一盞200支光紗罩燈12小時，用沼氣來燒水煮飯，1000立方公尺的沼氣，能抵得上800斤的煤。用在汽車裏，1.5立方公尺沼氣，能等於1公斤汽油。發酵後的糞便比未經發酵的肥效要高五倍。

2. 乙炔  $C_2H_2$  又名電石氣，也是一種烴。它是無色有刺激臭味的氣味。它也能燃燒，而且火焰明亮，能夠做照明的燈。燃燒時，產生的熱量也很多，它就是前面講的氣焊用的氧炔吹管裏燃燒的氣體。

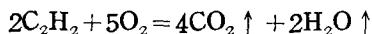
乙炔在工業上，尤其是有機合成工業上，非常重要。它在催化劑的存在下，能與水作用，生成一種名叫乙醛的有機化合物，再經過一系列的化學反應，就能製造塑料、染料、香料、溶劑、人造絲、橡膠等多種多樣的與國民經濟極有關係的物品。同時，乙炔本身也可以直接來合成橡膠、塑料和膠粘劑等。

電石與水作用產生乙炔，所以它又名電石氣。在前

面已經講過電石是從焦炭（或是無烟煤）和生石灰（氧化鈣）製成的。所以製乙炔的原料很便宜，製法的化學反應式如下：



拿電石一小塊，放在冰塊上，就見有乙炔氣體產生，乙炔不溶於水，點火，就在冰面上燃燒起來，是很有趣的現象。乙炔燃燒的變化與甲烷是類似的：



有機化合物中，甲、乙、……的命名法，常是按化合物裏所含碳原子數來叫的。含 1 個碳原子的稱為甲，2 個的稱為乙……等等。含 10 個以上碳原子的，就用它的數字來叫名字。有機化合物常常有俗名，那就是不按甲、乙、丙……來叫的名字。

3. 萘  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  也是一種烴。它是以煤焦油為原料而提煉出來的。

它是白色板狀的結晶體，有特殊臭味。它的熔點是  $80^\circ\text{C}$ ，沸點是  $218^\circ\text{C}$ 。在空氣裏容易直接化為氣體，所以放置久了，就會慢慢地消失了。它的殺蟲防腐力很强，平日家庭裏用的防止衣服裏生蛀蟲的“樟腦丸”（又叫做衛生丸），就是用萘壓成的小丸，實際上并不是由樟腦製成的。

工業上，萘是染料和藥物的一種重要的原料。

樟腦和萘是兩種不同的化合物，但氣味很相似。樟腦也可以防止蛀蟲，因為價格較貴，平時很少用它。一般所謂的“樟腦丸”都是萘製成的。“樟腦丸”有時顯黃色，是因為含有雜質的緣故。

### 第三節 六六六、滴滴涕、四氯化碳

1. 六六六 $C_6H_6Cl_6$ 。六六六的命名是由於分子組成裏有6個氫原子，6個碳原子，6個氯原子。

六六六是一種有酸霉味刺鼻臭的白色固體，不溶於水，而易溶於酒精等有機溶劑裏。

它有毒性，如果長期地接觸着人的皮膚和粘膜，會妨礙健康。將它和滑石粉、陶土以及其他化學藥品摻雜在一起，來製成殺蟲粉劑、烟劑、乳劑等，是重要的農藥。

它是用氯氣和煤裏提取出來的一種化學藥品為原料製成的。

2. 滴滴涕 滴滴涕又名D.D.T.或二二三，是比六六六更複雜一些的化合物。二二三或D.D.T.命名也是根據它的分子組成的。

純粹的滴滴涕是白色固體。它不易溶於水而能溶於煤油、棉子油、四氯化碳及某些烴類化合物裏。它的化學性質比較安定，在光、熱之下，不太容易分解變質，揮發性也很小，但是遇到鹼性物質或者氧化鐵、鋁等就

要分解。它有強的、較持久的殺蟲效能，也是一種重要的農藥，同六六六一樣，能夠製成粉劑和乳劑。

3. 四氯化碳  $\text{CCl}_4$  它是一種無色、有特殊氣味、比重很大的液體，沸點是  $77^\circ$ ，比重是 1.6。它是一種不能夠燃燒的有機化合物。這點性質是很少的幾種有機化合物所持有的，一般有機化合物都是容易燃燒的。利用它這些特性，平常用它來做滅火劑。當它灑在燃燒物上時，由於它本身不能燃燒，受熱後立即變為很重的蒸汽，把燃燒物包圍起來，使燃燒因為缺乏空氣而中止。

它也是工業上很好的有機溶劑和原料。

## 第四節 乙醇、甲醇、甘油

1. 乙醇  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  乙醇俗名叫酒精，是酒裏面的重要成分。它是一種無色、略帶甜香刺鼻氣味的液體，沸點為  $78^\circ\text{C}$ ，容易揮發。它能以任何比例與水混和溶解，所以普通的酒有各種不同的度數（體積百分數）。它很容易燃燒，平日所吃的酒如果含乙醇量達到 50% 以上，就能夠燒着。實驗室裏，常用它做燃料。

它是製造許多有機化合物的原料。因為它能溶解許多有機化合物，又能溶解一些無機化合物，所以又是一個普通常用的溶劑。在工業上，醫藥上都常用它。像碘酒就是碘的酒精溶液。它也有消毒殺菌作用。

含有大量澱粉或糖類的物質發酵就可產生酒精。用大麥、山芋、高粱、米等等來釀酒，就是這個道理。工業

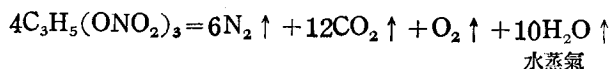
上大量製造酒精，不宜用糧食為原料，可以用木材經過分解、發酵一系列的變化來製造它，也可以利用某些造紙的廢液作原料。用一氧化碳和氫氣或者用乙炔為原料也可以製出乙醇。

2. 甲醇  $\text{CH}_3\text{OH}$  它與乙醇的性質相似，用途也相仿，不過甲醇有毒性。人喝了它，就會失明，甚而致死。街上賣的藥用酒精常常標明“變性酒精”或者“改性酒精”，意即摻有不適於飲用的東西，一般為少量的甲醇。

甲醇是木材在隔絕空氣的條件下加強熱分解後的產物之一。也可以用一氧化碳和氫來製取它。

3. 甘油  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$  它是無色、帶有香味的粘稠液體。在冬天我們把它擦在皮膚上，用以保護皮膚。因為它能吸收空氣裏的水分，在乾燥的冬季，可以滋潤皮膚。製造化妝品時常用着它。它也和甲醇、乙醇一樣，能與水以任何比例溶解，又由於它的甜味，醫藥上用來製糖漿。

甘油是製造許多有機化合物的原料。它有一個特殊的用途是製造一種無烟火藥，就是所謂的硝化甘油。硝化甘油是甘油和濃硝酸及濃硫酸作用的產物，分子裏含有很多的氧。它遇到輕微的震動，就會分解，並且起劇烈的氧化作用，突然產生大量的氣體，因而有強烈的爆炸性。硝化甘油爆炸時的化學反應式是：



甘油是製造肥皂時的副產品，也可以用葡萄糖等發酵方法來製取。

以上甲醇、乙醇及甘油的化學式，不寫成 $C_2H_6O$ 、 $CH_4O$ 、 $C_3H_8O_3$ ，而把一個氫原子和一個氧原子連起來寫成OH，是表示從實驗證明了它們分子結構裏都有這樣的特點——有氫氧原子緊密結合着的原子團。這樣寫法的化學式叫做示性式。在有機化學裏常用這種式子來代表某些化合物，因為這種式子能夠表明化合物分子結構裏某些特點，例如醇類化合物，都有上面講的那個特點。

以上講的甲醇、乙醇和甘油都屬於醇類化合物，一般的醇都能與酸作用，也能被氧化，生成一系列的其他有機化合物。在高溫下，強烈的氧化，醇就燃燒生成二氧化碳和水。以上介紹的三種醇，都有這特性。

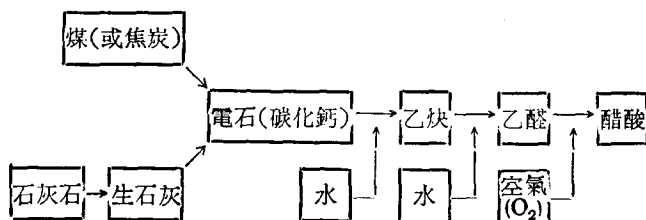
## 習 題

1. 什麼化合物叫做有機化合物？為什麼要把有機化學成爲一門獨立的科學？
2. 怎樣把糞便等廢棄物質變爲發電與抽水的動力？
3. 工業上怎樣製取乙炔？為什麼說乙炔在有機合成工業上非常重要？
4. 舉出幾種你所知道的有機殺蟲劑，并談談它們的性質。
5. 什麼叫做“變性酒精”？酒精與甘油各有什麼用途？

## 第五節 乙酸、甲酸

1. 乙酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  又名醋酸，是人類很早就知道的一種有機酸。醋就是含醋酸 4—5 % 的稀溶液。

醋酸可以用發酵法來製造，但是用這種製法的產品裏含醋酸的量不多。把木材隔絕空氣加熱分解產生甲醇的同時，也產生醋酸。這個方法自十九世紀以來就一直在採用。大量製造醋酸最經濟的方法是以煤為原料，通過乙炔和水的作用產生乙醛，乙醛氧化再變為醋酸。下面用簡單的圖解來總結一下這種製法的主要反應過程：



醋酸的這個製備過程，是有機化學工業上許多例子中的一個，說明當科學被人們掌握後，就可以叫自然為人類服務。這裏，人們將黑的煤塊，硬的岩石，最後變成一種有酸味的液體，並且利用這種酸，還可以製出更多的對人類有用的物品，這該是多麼有意義的事。

醋酸的酸性比一般無機酸（如硫酸、鹽酸等）要弱得多，但是，也能使紫色石蕊變為紅色，有顯著的酸味，能跟鹼起中和反應，也能跟某些較活潑的金屬發生反應，



生成鹽和氫氣。由此可知有機酸也有無機酸裏酸的一些典型特性。不過，一般講來，有機酸的酸性要弱得多。

醋酸在平時是液態，沸點為  $118^{\circ}\text{C}$ ，熔點為  $16.5^{\circ}\text{C}$ ，當溫度低於  $16.5^{\circ}\text{C}$  時，醋酸就凝結成冰一樣的固體。因此，市面上賣的純醋酸，又叫做“冰醋酸”。

醋酸在國民經濟中有很大的價值，在現代工業上，用途極其廣泛。例如除了食品工業裏做調味劑以外，它可以用來製造藥物(如常用的阿斯匹靈)、特種人造絲、電影廠用的不着火的膠片等。它又是很好的溶劑。它的鹽，特別是鋁鹽、鐵鹽等，是重要的工業原料，本來不易着色的紡織物，經乙酸鋁處理以後，纖維上就附着有既容易結合染料，又能夠牢固地附着在紡織物上的含鋁化合物的沉澱。這樣，就間接地使紡織物染色。乙酸鋁在這裏的作用，稱為**媒染劑**。乙酸鉛可以製造白色顏料。

2. 甲酸  $\text{HCOOH}$  又叫蟻酸。它是無色有刺激臭的液體，易溶於水，能夠強烈地腐蝕皮膚。皮膚碰着它，要腫痛，甚至發泡。紅螞蟻和某些植物如蕁麻纖維裏有蟻酸。它的酸性比乙酸要強得多。

在醫藥上，用蟻酸的稀溶液(約 1%) 來做風濕症的塗搽劑。在染料工業上，用它製造媒染劑。也可以用它製造其他的化學藥品。

軟脂酸  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ 、硬脂酸  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ 、油酸  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  等同甲酸、乙酸一樣，都是有機酸。因為

這些酸和甘油在動植物體內組成脂肪和油，所以都叫做脂肪酸。脂肪酸這個名詞包括着很多種的有機酸。

## 第六節 酯

酯是酸和醇作用所生成的一類化合物（注意“酯”與“脂”不同）。

實驗室裏，在脫水劑和催化劑的存在下，把酸和醇加熱起反應，脫去水，產物就是酯。酯在水裏不容易溶解。

有一些有機酸所生成的酯，是無色的容易揮發的液體，它們都有極其好聞的香氣，像香蕉、橘子、菠蘿、梨香等等氣味。最有趣的是，有些醇本身很臭，但製成功的酯却很香。一般花和水果的香味，除了裏面有精油以外，酯香也是原因之一。因此，許多酯用來製造香精、果子露、水果糖等。

液體酯是很好的溶劑。平日常用的噴漆的溶劑，叫做“香蕉水”，就是一種酯。

我們常見的油脂，如豬油、牛油、豆油、麻油、桐油等裏面也含有大量的酯。這類的酯是由甘油和較複雜的脂肪酸（如硬脂酸、軟脂酸、油酸等）所生成的，叫做硬脂、軟脂、油酸脂等等。

油脂這個名稱是油和脂肪的總稱。油是指在常溫下是液態的說的，如豆油、花生油、菜油、棉子油、桐油等等；在常溫下是固態的，叫做脂肪，如牛油、豬油、羊

油等，又稱為牛脂、豬脂、羊脂。油與脂肪的區別在於組成它們的酯不同，油裏多含有液體的酯，脂肪裏含有固體的酯（硬脂、軟脂是固體，油脂是液體；組成油與脂肪的還有多種多樣的酯）。各種油和脂肪都是許多種酯的混和物。

油脂一方面作為油料食物，另一方面也是工業的原料。如油漆工業上要用桐油，製肥皂的原料之一就是油脂。普通肥皂是油脂和氫氧化鈉作用後所生成的脂肪酸鈉鹽，如硬脂酸的鈉鹽  $C_{17}H_{35}COONa$  就是肥皂的一種主要成分。

“油”這個名詞有時包含的意義很廣——把黏度較大的液體都叫做油，例如下一章要講的石油、煤焦油等。

## 第七節 蔗糖、澱粉、纖維素

蔗糖、澱粉、纖維素都屬於碳水化合物。

碳水化合物是指含有碳、氫、氧三種元素，而且在分子裏氫原子數恰是氧的二倍的化合物。很久以前，就有了碳水化合物的名稱。後來，一些事實證明：這一類化合物裏也有含氫和氧的比例不是二比一的，所以碳水化合物這個名稱實際上是不適當的，不過已被傳統地應用下來了。

碳水化合物的存在很廣泛。它對動植物生命體有非常重要的關係，在工業上也是製取一些化合物的原料。

1. 蔗糖  $C_{12}H_{22}O_{11}$  就是平日吃的白糖。它是從甘蔗、

甜菜裏得到的。它是無色的晶體，不純的帶有黃色或暗黃褐色。經過精製，晶體特別大的，叫做冰糖。它容易溶在水裏，有甜味，有防腐性質。食品工業上用它製蜜餞的食品和糖果等。當它受熱時，會慢慢地熔化，同時一部分分解成爲一種棕褐色的物質，可以用來使酒或醬油着色。

用大麥做成的麥芽糖（平時叫做飴糖），分子式也是  $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。它與蔗糖的組成相同，但是分子結構不同，也是一種常見的糖。

2. 澱粉 它是分子非常大的碳水化合物。它的分子式是  $(C_6H_{10}O_5)_x$ 。x代表未知數字，現在只知道這個數字是很大的。

澱粉是植物性食物裏一種重要的成分，像米、麥、玉蜀黍、馬鈴薯、山芋等食物裏的主要成分就是澱粉。

澱粉是顆粒狀的固體。顆粒形狀和大小隨着植物的種類而不同。澱粉在冷水裏不溶解，在熱水裏吸收水分，顆粒就膨脹破裂成爲糊狀，這就是常用的漿糊。澱粉沒有甜味，它在某些情況下，能夠變成糖。例如，澱粉在動物體裏經過一系列的消化作用，就逐漸變爲較簡單的碳水化合物，最後變爲一種最簡單的化合物，叫做葡萄糖。再被動物體所吸收，以維持生命。如果拿一些白飯，在口裏嚼一些時間，會感到甜味，就是飯裏一部分澱粉變成了糖（這是麥芽糖）。儲藏較久的山芋比較甜一些，也是因爲有部分澱粉分解成糖的緣故。由此可見，澱粉

是比糖複雜的碳水化合物（在酸的處理下，澱粉也能分解成糖）。

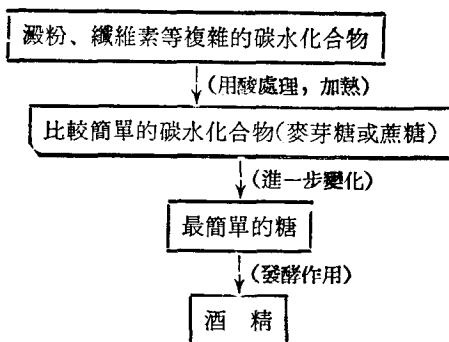
澱粉遇見單質碘，就會變為紫藍色。我們把飯上滴一滴碘酒，就能看到這個現象。這是用來檢驗有沒有澱粉存在的一個最簡易的方法。

3. 纖維素 纖維素是一種複雜的、分子很大的碳水化合物。它的分子式也是 $(C_6H_{10}O_5)_x$ ，但是與澱粉是不相同的， $x$ 的數字比澱粉的還要更大一些。

纖維素存在在各種植物體裏。它是植物細胞壁的主要組成部分。亞麻、大麻、木材含纖維素很多，棉花幾乎完全是由纖維素組成的。

纖維素是無色的物質，在水和一般的有機溶劑裏都不溶解，只能溶解在某些特製的溶劑裏。製人造絲有時就是利用纖維素的這種性質。它也能與硝酸、醋酸在一定條件之下起作用，生成各種硝化纖維素和醋酸纖維素，它們都可以做膠片、塑料。但是硝化纖維素容易着火，賽璐珞就是硝化纖維素製成的。硝化纖維素也可以做炸藥。

纖維素在酸或鹼的處理下，也像澱粉一樣，分解成較簡單的碳水化合物（所以，木屑和破布有變為糖的可能）。由木材製酒精就要經過這個過程。凡是從複雜的碳水化合物來製備酒精都經過這樣的過程：



大量的纖維素不當作食物，因為它不像澱粉，在人身體裏不能被消化。工業上，常常利用棉，木材，麻等等含纖維素比較豐富的物質，根據上面所談的性質來加工和改造，作為紡織、造紙、製人造絲、照相底片、塑料、炸藥等原料。

## 第八節 蛋白質

蛋白質是構成動植物細胞的主要成分。它與碳水化合物、油脂一起成為構成動植物體的基本物質，也是動物生長中食物的主要成分。根據現代的一些研究，認為蛋白質與生命的起源有密切的關係，沒有蛋白質，就沒有生命。

平常的食物如糙米、豆類、麵粉、豆腐、雞蛋、瘦肉、魚肉、乳類都有蛋白質。蛋白質的種類是很多的。

蛋白質是極其複雜的有機化合物，關於它的分子組成和結構，現在還未能徹底了解，已經明確的是蛋白質

的分子很大，結構非常複雜，它可能是由一些小的單位結構組合成的。關於這方面，科學家們還在不斷地進行研究。目前已經知道，絕大多數的蛋白質都含有碳、氫、氧、氮、硫五種元素。有的蛋白質還含有磷，或少量其他元素，其中除了碳、氧以外，以氮的成分含量最多，所以，它是動植物體裏主要的含氮的有機物質。

大多數蛋白質都不太穩定，受熱或遇到某些化學藥品就會凝固，或者生成沉澱，所以蛋類煮熟以後，蛋白就凝結起來了。

蛋白質除了食用以外，還可以製造塑料。

以上所談的不過是有機化合物裏極少的一小部分，除此以外，在染料、塑料、橡膠、香料、炸藥、醫藥、農藥、維生素等等方面，包括着更多的、更複雜的有機化合物。

現在科學正在迅速地發展，除天然物以外，人工製成的有機化合物的新品種一天天地增加，有機化學的內容也一天比一天更豐富。要進一步地研究這些，可以繼續學習有機化學。

## 習 題

1. 從無烟煤、空氣、水、石灰石製出醋酸的主要反應過程是怎樣的？
2. 談談下列各化合物的性質和用途：醋酸、乙醇、四氯化碳。

3. 談談生活裏熟悉的油脂。它們在組成上有什麼共同特點？
4. 表示澱粉的分子式是怎樣的？
5. 怎樣利用纖維素？



## 第九章 燃燒和燃料

### 第一節 什麼是燃燒

燃燒同我們的關係很密切。在我們生活裏，每天都用煤、柴……等物質的燃燒來煮飯、燒水。在工廠裏也經常要利用燃燒來加熱鍋爐，開動機器，以及進行化學反應等。但是燃燒究竟是什麼一回事呢？

遠在有史以前，人類就會利用火來改善生活條件。

在17世紀，有一個英國的科學家，名叫波義耳，根據他鍛燒金屬而重量增加的實驗結果，提出火裏有一種叫做“火質”的東西的說法。可以說，那時候他是錯誤地把火當成了一種物質。

波義耳之後，在十七世紀末到十八世紀初，又有一位德國化學家，名叫希達爾，總結了前人對燃燒的看法，提出了“燃素”說。當時人們認為：一切會燃燒的物質都含有一種特殊的成分叫做“燃素”；燃燒是燃着的物質放出“燃素”的反應。這種學說在化學史上流傳了一百年之久。它把一切可燃物質用一種共同的東西——燃素，統一起來，使一些知識系統化，對當時化學的發展曾有一定的作用。但是由於它和“火質”的說法一樣，對燃燒的

概念存在着本質上的錯誤，所以和很多客觀存在的事實不相符合。

1745年，羅蒙諾索夫在實驗的基礎上提出了：空氣是燃燒過程裏積極參加反應的物質。這位在各方面有卓越成就的化學家初步揭開了燃燒的謎。

40年後，拉瓦西完成了空氣中氧和氮成分的實驗（前面已講過），對燃燒作了更加完善的理論解釋。現在我們知道：燃燒是一種化學現象，是可燃性物質和空氣裏的氧起作用，火是物質和氧氣起作用時所發出光和熱的一種現象。

在我們研究氧的性質的實驗裏，見到的碳、硫、磷等單質在純氧中燃燒的情況，也證明以上關於燃燒概念的正確性。碳、硫、磷的燃燒，是與氧氣發生化學變化，產生了氧化物（二氧化碳、二氧化硫、五氧化二磷），并有發光發熱的現象。

下面再看一看比較複雜的物質的燃燒情況。

把一枝蠟燭燃着，拿一個乾燥而且冷的玻璃杯（或玻璃瓶），像圖 69 一樣，把它罩在燭焰上，一會兒就可以看見水蒸氣在杯壁上凝結成水，再罩上一一些時候，然後向杯子裏倒進一點沉清的石灰水，蓋着杯口振盪一下，就會看見石灰水變

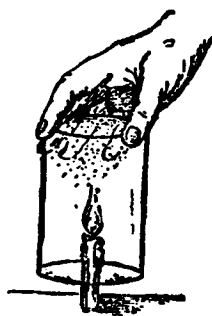
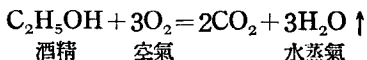


圖 69. 蠟燭燃燒生成水和二氧化碳

渾濁了。

蠟燭的主要成分是石蠟。石蠟是一些碳氫化合物的混和物。以上實驗的現象證明蠟燭燃燒，生成二氧化碳和水，這是由於蠟燭組成裏的碳和氫分別跟空氣裏的氧化合的結果。

再拿一根鐵絲裹上一些棉花，沾一些酒精，點火後放在一個乾燥的瓶內，同樣也有生成水及二氧化碳的現象。這也是由於酒精與空氣中的氧起了複雜的化學變化。它的反應方程式是：



從這些實驗的結果，更進一步證明了複雜物質的燃燒是一個比較複雜的化學變化過程：既有可燃性化合物的分解，又有元素跟氧的化合。

我們平常燒焦炭、煤、木柴、稻草、煤油、汽油、天然氣等等燃料，它們燃燒過程，歸根結底，總是這些燃料的分子裏含有碳，或者碳和氫，和空氣裏的氧化合，產生二氧化碳或者二氧化碳和水。

此外，也可以從一些實驗證明，在沒有氧氣存在的情況下，也有可能進行燃燒的變化，例如某些金屬能在硫蒸氣或其他氣體裏起劇烈化學變化，發光發熱。

因此，燃燒一般有廣義和狹義兩種概念。廣義地說，任何發熱發光的化學反應都叫做燃燒。前面所講的燃燒概念是狹義的。

這裏附帶說一下：燃燒是一種化學變化，不是所有的發光發熱的現象都叫做燃燒，例如電通過電燈的鎢絲，電燈發出了熱和光，但是鎢絲基本上是沒有起化學變化的，也就是說，電燈泡裏面並沒有發生燃燒。

## 習 題

1. 結合一些實例來說明，什麼樣的現象叫做燃燒？
2. 如何證明物質在空氣裏燃燒生成二氧化碳和水？

## 第二節 燃燒的條件

從燃燒的本質看來，就很容易理解物質燃燒的條件。

我們知道：石塊很難燃燒，木材却容易燃燒，而汽油更容易着火；厚木塊不如由這厚木塊刨細了的木刨花容易着火；鐵絲在空氣裏只能燒紅，而在純氧氣裏就猛烈燃燒，發出明亮的火花；正在燃燒着的大堆木柴，用扇子大力去搨，可以使燃燒更旺盛起來，而蠟燭火焰却會被搨熄；生煤爐的時候，絕不能擦一根火柴就點燃了煤，必須先點着了紙，在紙燃燒放出了熱的條件下，再燒着木片，在木片燒着發出大量熱的條件下，煤才能燃燒起來。

綜合以上各種現象，可以看出：某些物質，也就是容易與氧化合的物質，比較容易燃燒；某些物質就比較難燃燒。凡是易於氧化而放出光和大量熱的物質稱為可燃物。

燃燒的物質分散得越細，與空氣（實際是氧氣）接

觸的面積越大，就越容易燃燒；氧氣的濃度越高，接觸到燃燒物質表面上的機會也越多，燃燒的速度也更快，燃燒得更猛烈。木刨花與木塊雖然是同一種物質，但是木刨花接觸空氣的表面積遠遠大於木塊，所以木刨花比較容易燃燒。因為純氧氣裏氧的濃度增加到平常空氣裏氧氣的五倍，所以雖然同是一物質——鐵，在兩處燃燒的情況就大不相同。

此外，溫度對於燃燒也有很大的關係，要使某一物質着火，或者維持它繼續燃燒，必須達到一定的溫度，像煤就比紙需要較高的溫度才能燃起來。物質已經着火後，溫度越高，燃燒就進行得越快，否則，如果燃燒放出的熱量比同時散失的熱量少，溫度就會不斷地降低，最後燃燒就要停止。例如正在燃燒着的大堆木柴，不斷地向周圍放出大量的熱，大力的煽它，雖然周圍的空氣流通得很快，還是可以保持一定的溫度的，同時因為接觸新鮮空氣的結果，所以使燃燒更旺盛起來。但是一枝蠟燭發出的熱量少，猛力煽動，流散的熱量多，蠟燭就要熄滅。

所以一切燃燒現象的發生，和燃燒物質的本性有關，也和燃燒物質跟氧接觸的機會有關，還和當時的溫度有關。總而言之：可燃物的存在，及它和氧的密切接觸，以及適當溫度的保持是維持燃燒不可分割的基本條件。

在通常狀況下，使某物質開始着火燃燒所需的最低溫度叫做那個物質的着火點。不同的物質有不同的着火

點。同一種物質，在不同條件下，着火點也可能不同。着火點愈低的物質愈容易着火。在煤、木炭、紙三種物質中，以紙的着火點最低，煤的着火點最高。木刨花的着火點比木塊的着火點低。

知道了燃燒的條件以後，就知道怎樣撲滅火災和預防火災。滅火的原理就是破壞維持燃燒的條件。

常用的滅火方法是：火不大的時候，用防火布、浸濕了的被褥或砂子撲蓋在燃着的物體上；身上衣服着了火，就在地上打滾；實驗室裏少量藥品在器皿裏燒起來，就把器皿密蓋；這些做法都可以使燃着的物體和空氣隔絕。

着火的面體相當大的時候，常常要用水和滅火機。

用水撲滅火，是我們生活中最普通的經驗。這是因為水洒在燃燒物上，把燃燒物與空氣隔絕，同時蒸發出大量的水蒸氣，把燃燒物周圍空氣裏的氧氣沖淡了；另一方面也由於大量的水蒸發時會吸收周圍大量的熱，因而降低了燃燒物的溫度，可能使它降低到着火點以下。因為水蒸氣的比重比空氣小，所以用水滅火，必須多用一些水，才能更好地起隔絕空氣的效果。

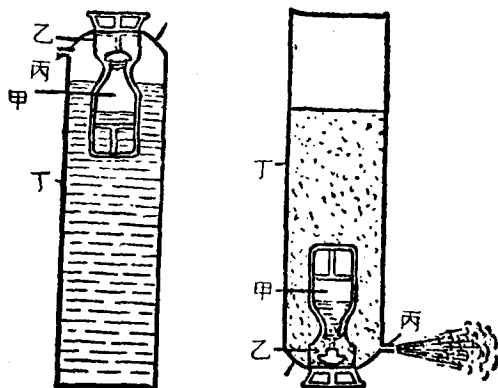
必須注意：油類物質及某些化學藥品着火，切忌用水去撲滅它。因為水比油重，灑到着火的油上，水就立刻沉到油的下面，它不但不能滅火而且把油沖開來，使着火的範圍更加擴大。由漏電發生的火災也不能用水去撲滅，因為用水噴灑，往往會增加漏電的程度。要撲滅

這一類的燃燒物，就必須用大量的細砂或滅火機。

滅火機有以下幾種。

四氯化碳滅火機（亦稱避電滅火機）：用玻璃瓶或金屬筒裝着四氯化碳，有火災時，就打破玻璃瓶，或開動活塞將四氯化碳噴射出來。這種滅火機適宜於撲滅不能用水的燃燒物。但使用後，常常產生一種有毒的氣體，所以要注意火災撲滅後現場空氣的流通。

泡沫滅火機：這種滅火機外壳是一個金屬製的圓筒。筒裏裝着碳酸氫鈉和產生泡沫的發沫劑的混和水溶液。筒裏有一個固定的金屬支架，上面放着盛有硫酸鋁溶液的小玻璃瓶，金屬筒的筒口用蓋蓋緊。筒的上部有一個噴出口，如圖(70)。



甲. 玻璃瓶盛硫酸鋁溶液  
丙. 噴出口

乙. 金屬支架  
丁. 機筒盛碳酸氫鈉溶液

圖 70. 滅 火 機

使用滅火機時，把滅火機顛倒過來，兩種溶液混合後，就產生一種具有滅火作用濃厚、穩固、堅韌、不易破散的二氧化碳氣泡，從噴出口噴出來。這些泡沫，慢慢地遮蓋在燃燒物上，起着有力的隔絕空氣的作用。

由這種滅火機所產生的二氧化碳泡沫比油更輕，所以適用於撲滅易燃的油類物質(如油脂、洋油、汽油、機油等)，對一般木材、紙張等普通火災也同樣有效。但是絕對不適用於走電所起的火災，如果要使用它，必須先斷絕電源，否則電流可以從滅火機噴射出來的藥沫傳導到使用滅火機的人身上，是很危險的。

酸鹼滅火機：又稱蘇打酸滅火機。它的裝置與泡沫滅火機完全相同，但機筒裏僅裝有碳酸氫鈉溶液而沒有發沫劑，同時玻璃瓶裏裝的是硫酸，當兩種藥液混合時就產生二氧化碳水溶液。它只適用於普通火災初起的時候。它的滅火效能不及前面講的兩種高。

認識了燃燒的本質和燃燒的條件，一方面會知道如何消滅我們不需要的燃燒，另一方面也會控制我們所需要的燃燒，做到既經濟地使用了燃料，又獲得了最高的燃燒效果。

有時我們看見烟囱裏冒着大量的黑烟，那是燃料裏的碳沒有得着完全的燃燒，就有部分散到空氣中。這部分碳沒有起燃燒放出熱量的作用，是一種浪費。這是燃燒時空氣不充足的結果。反過來，空氣過多，過於流通的時候，也會造成另一種浪費現象：那就是大量的空氣



要帶走一部分熱量，從烟囱裏放出去。

在燃燒的過程裏，跟在所有的化學反應裏一樣，物質是以一定重量的比而互相作用的。因此，爲了要使燃料完全燃燒，又要不損失所發出的熱量，必須經常注意保持燃料的量和進入爐子裏空氣的量之間的正確的比例。

### 習 題

1. 結合實例，指出燃燒的基本條件。
2. 解釋：爲什麼煤油燈火焰一吹就熄，炭火越吹越旺盛？  
爲什麼把煤油燈燈頭下的小孔堵塞住，就有大量的黑烟產生？爲什麼煤屑比煤塊容易着火？
3. 你知道哪幾種滅火機？如何使用？

### 第三節 緩慢的氧化和爆炸

#### 1. 緩慢的氧化和自燃現象

在氧化反應那一章裏已經講過，自然界裏有機物質的腐敗、動物的呼吸和金屬生銹等等作用都屬於氧化作用。這些氧化作用比燃燒的作用慢，不發光，只發生微量的熱，叫做緩慢的氧化；它和劇烈氧化——燃燒是有區別的。

有時，一種物質，開始進行緩慢氧化，由於氧化過程中產生的熱不能夠散掉，溫度逐漸升高，達到了物質的着火點，因而轉變爲劇烈的氧化作用，自動地燃燒起

來。這種現象叫做**自燃**。

在實驗室裏可以做一個自燃的現象：用少量的白磷溶在二硫化碳裏，再拿一塊紙在這溶液裏浸濕後，迅速放到一個不會燒壞的東西上（如放在鐵絲網上），當二硫化碳揮發乾以後，紙上的磷就在空氣裏進行氧化，最後由於磷的氧化，所生的熱引起紙的自燃，紙就自己着起火來。

白磷又叫做黃磷，與前面氧氣實驗裏用的紅磷是同素異性體，是無色或帶微黃色的固體，質軟可以用刀切割，化學性質很活潑，在常溫情況下，和氧化合，由於緩慢的氧化，常常引起燃燒，所以平時必須把它保存在水裏面。

做上面實驗的時候，切不可用手接觸白磷，否則會被燒傷，要用鑷子來取它。所用的白磷不宜過少，否則現象不顯著。一般用黃豆大一塊的白磷溶在3——4毫升的二硫化碳裏就可以了。剩餘下的白磷二硫化碳溶液，不可隨便傾倒，要倒在不靠近可燃物的空地上。所有接觸到磷的儀器（包括切磷的刀、取磷的鑷子、盛二硫化碳溶液的盛器等等）都要小心地放在火上燒過，將殘留的磷燒光，以免隨便丟放的時候引起火災。

實驗裏所用的二硫化碳是無色（或因有複質，呈黃色）、有特殊臭氣容易揮發的液體，是良好的溶劑。由於它很容易着火，用的時候附近不可以有火。

自燃現象在平時也可以碰到的。破舊的棉衣棉絮、

破碎的浸過植物油的一些纖維品的油布、油紙，以及內部不太乾的草堆、泥煤的碎煤堆等，都有可能引起自燃的危險。當空氣潮濕時，這些東西發霉、腐爛，由於分解所起緩慢氧化作用，產生一定量的熱；由於這些東西不容易傳熱，如果通風情況非常不好，發出的熱不容易散開，溫度就逐漸升高，最後有可能達到這些物質和它們變化中分解出來的物質的着火點，終於引起了自燃的現象。所以對儲藏大量舊衣、舊絮、油布、油紙等雜物的倉庫，不要雜亂的堆集，以避免造成通風不良的情況。碎煤堆、草堆不宜放在室內，可以用一隻隻竹籠子插在裏面使它們易於通風。

## 2. 爆炸

爆炸和燃燒的關係很密切。實際上爆炸也是燃燒，不過爆炸比普通燃燒變化的速度快得多，而且在變化中，同時產生大量的氣體。由於變化速度快，發出的熱量多，產生出的大量氣體要迅速地膨脹，而當燃燒物四面受到限制，氣體的體積來不及膨脹的時候，就產生了很大的壓力，這種壓力可以大到幾萬以至幾十萬大氣壓。在很短的時間產生這樣大的壓力，會對周圍的物體形成強烈的壓擊，就造成了爆炸現象。火藥就是燃燒後產生大量氣體的物質，爆竹越裹得緊就爆炸得越響，都是由於上述的道理。

實際上，不一定限於火藥的燃燒，凡是適合以上產生爆炸條件的情況都能引起爆炸，如煤屑或麵粉等可燃

性物質成爲很細小的顆粒散佈在空中形成塵霧，遇火也會引起爆炸。這是由於它們的顆粒細小，和空氣裏的氧接觸面積大，會發生急速氧化的緣故。可燃性的氣體和空氣以適當的比例混和在一起，遇火也會起爆炸。

各種炸藥，一般并不是靠空氣裏的氧來供給它燃燒和發生爆炸，而是自己內部就帶着氧，前面我們講過的硝化甘油就是一個例子。爆竹裏的黑色火藥是由硫磺粉、硝酸鉀和木炭末按一定的比例混合而成的，這裏的硝酸鉀就是供給氧的。槍彈爆炸的時候，引起變化的熱是以極快的衝擊的方式傳遞的，以致全部的炸藥能在極短的時間裏發生化學作用，因而爆炸性很強。

## 習 題

1. 自燃現象如何發生的？如何避免？
2. 爲什麼有些物質燃燒會引起爆炸現象？

## 第四節 火 焰

火焰到底是怎麼一回事？爲什麼有的東西燃燒有火焰，有的却沒有？有的火焰明亮，有的又不容易看見？

就拿蠟燭的燃燒來看吧。拿一枝蠟燭來，把火接近燭芯，首先看見固體的蠟慢慢溶解，然後燭芯漸漸着火，燭芯附近存在着燭的液體。把蠟燭吹熄，就會看見有白烟上升，以後液體的蠟凝成了固體，白烟也慢慢地沒有了。蠟燭熄滅不久，白烟還繞在燭芯附近的地方，用一

根燃着的火柴去點燃白烟，蠟燭也會隨着復燃起來。

由此可見，蠟燭燃燒是燭芯先吸上液體的蠟，再漸漸蒸發成氣體，才燃燒生成火焰；燭火才熄的時候所發生的白烟，就是燈芯附近未燃燒的氣體，因而點火又能復燃。



圖 71. 用玻璃管從火焰內部引出的氣態物質在管口燃燒

我們還可以用一根細玻璃管，如圖 71 一樣，把火焰內部未燃燒的氣體引出來點火，燒着的火焰沒有原來的燭焰明亮，這就進一步證明了火焰是可燃性氣體燃燒所發生的現象。固體和液體燃燒的過程中，如果是先變為氣體狀態，或者本身能分解，產生可燃性的氣體，再進行燃燒，就都會有火焰。烟煤、木材、煤油等燃燒有火焰，就是這個道理。純木炭、鐵等燃燒都是固體的燃料，所以不發生火焰。

再拿一個冷的瓷皿放到燭焰最明亮的地方，一會兒瓷皿壁上就積着一層碳粒。由此可見：火焰的明亮是由於裏面含有固體的小顆粒，一般燃料裏是碳的顆粒。當燃燒的時候，一部分碳跟氧化合而產生高溫，另一部分沒有接觸到氧的碳粒，由於受到強熱而發光，正像電燈泡裏灼熱的燈絲發光一樣。汽油燈發出強熱的光亮，是由於它的特製紗罩上含有金屬化合物的小顆粒被強熱了的緣故。

從上面講的也可以明白，火焰光亮並不表示溫度很

高，不亮的火焰也不能意味着溫度就很低，氫氧焰就是一個好例子。

如果仔細地觀察火焰，可以看出它的構造并不是很簡單的。詳細觀察蠟燭的火焰，可以看出分為三部分（圖72）：

1. 焰內部的黑暗圓錐體叫做焰心，是由能燃燒而還沒有燃燒的氣體所成的。這就是上一個實驗導出的可燃氣體，因為沒有燃燒，所以不發光，溫度也低。

2. 包圍着焰心的最明亮部分叫做內焰，在這裏，可燃氣體局部燃燒，局部分解了，因為這部分氧氣不充足，有碳的細小顆粒懸浮着，並受熱發出強光，因而這是焰中最明亮的部分。

3. 火焰的外部叫做外焰，這裏的氣體完全燃燒了，內焰的碳粒到了這裏也會完全燃去，因而這裏幾乎沒有光亮。這部分是焰裏空氣最充足、溫度最高的地方。

有些火焰的三部分構造不大明顯。氣態燃料只明顯地看出兩部分，但是溫度高低的區域基本上是相似的。

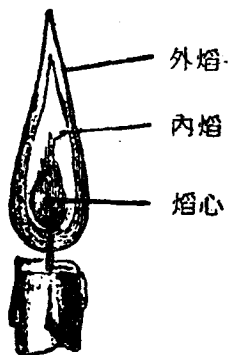


圖 72. 蠟燭火焰的構造

## 習 題

1. 就生活中常見的例子來說明：為什麼有的物質燃燒有火焰，有的沒有。

2. 火焰是由哪幾個部分構成的？哪一部分溫度最高？

## 第五節 燃 料

木材、煤、煤油、汽油、沼氣等等一些可燃物，常被人們利用來燃燒，以供給取暖、煮飯、發電以及轉動機器等所需的熱能，這些可燃物叫做燃料。

燃料，按它們存在的形態來講，可以分爲三類，就是固態、液體、氣態三種，其中一切未經過處理的天然產的都叫做天然燃料，凡是人工加工製造的，叫做人造燃料。

下面表中的燃料是一些主要的燃料。

物理狀態	天 然 燃 料	人 造 燃 料
固 體 燃 料	礦物燃料：泥炭、褐煤、烟煤、無烟煤、油頁岩。 植物燃料：木材、稻草、豆秸、種子皮壳	焦炭、半焦炭、木炭、煤球、煤末（由天然固體燃料加工製得的）
液 體 燃 料	石油	汽油、柴油、煤油、重油（由石油或油頁岩加工得着的）、酒精。
氣 態 燃 料	天然氣	各種煤氣，如發生爐煤氣、水煤氣（主要是由天然固體燃料——煤製得的）、電石氣等。

人工製造燃料不僅是使燃料的種類多種多樣化，以

利於使用，同時也是爲着能綜合地利用天然資源，像煤、木材、石油等，經過乾餾、蒸餾等加工處理，已經利用來作爲燃料及作爲化學工業原料了。例如從乾餾煤所得的煤焦油，可以製成化學肥料、殺蟲劑、人造纖維、橡膠、醫藥、炸藥、香料等許許多多物品。

## 第六節 木材乾餾

乾餾，是使含有碳和氫的複雜有機物，在隔絕空氣的條件下，強烈加熱分解的過程。

我們可以做一個木材乾餾的實驗（圖73）。

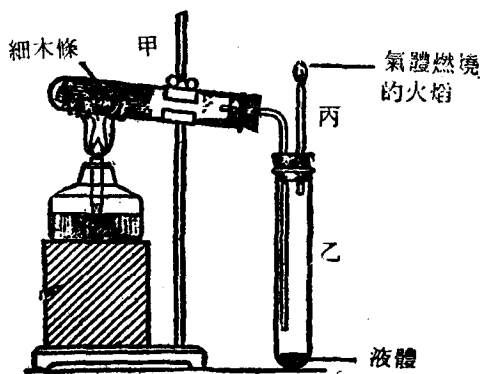


圖 73. 木材的乾餾

進行實驗時應注意的事項：

1. 甲管固定在鐵架上，管口要稍向下傾，避免乾餾出的液體產物倒流管底燒熱的部分，而可能引起試管炸破。



2. 加熱的時候，先對試管甲全部加熱，然後再對木條所在地方強熱。

按照上圖裝置及應注意事項進行實驗：把細木條或木屑放在甲試管裏，加熱後，試管裏的木條先變黃，然後碳化變黑。在試管口的地方聚積着一些液體，有一部分液體收集在試管乙裏面。

把燃着的火柴放近玻璃管丙的尖口上，可以看見有氣體燃燒着的火焰。

等到全部（或絕大部分）木條碳化以後，熄滅酒精燈，冷卻後，拿下試管甲，從裏面拿出一塊殘渣，就是生活裏所見的木炭，用火把它燃着，可以看見不發生火焰。它與木條燃燒發生火焰的現象是不相同的，因為經過乾餾的過程，木材裏可揮發性的物質都已經分離出來了。

再把乾餾所得的液體用石蕊試紙試一下，它使藍色石蕊試紙變為紅色，這是一種酸性液體，它含有醋酸、甲醇和其他化合物的混合液體。

工業上的裝置當然比較複雜些，但是原理是相同的，一般是在木材乾餾窯裏進行的。

木材乾餾產物的種類與量決定於所用的木材原料和操作情況，但不外乎是：木炭（乾餾的殘渣）、可燃性的氣體混合物（ $\text{CO}$ ， $\text{CO}_2$ ， $\text{CH}_4$ 等）和揮發性的有機液體混合物（木焦油與木醋酸等）。液體混合物是深黃色或黑褐色的，工業上把它進一步加工，可以分出甲醇、醋酸、

丙酮等重要的化工原料。

## 習 題

1. 燃料主要可分幾種?舉出一些常用的燃料。
2. 什麼叫做乾餾?木材乾餾以後,得到什麼產物?

## 第七節 煤

煤是主要燃料之一。它是古代枯死的樹木,倒在池沼淤泥裏,經過地殼的變動,深深地埋到地下,長期不接觸空氣和受到高溫及高壓的作用,逐漸起複雜的分解變化形成的。因此,各種煤的成分是不相同的,隨着它在地下埋藏的時期及所在地層受的溫度、壓力不同而有差別,一般埋藏年代越久,分解得越完全,含碳的百分率就越高。

煤大體上可以分為無烟煤、烟煤、褐煤等。無烟煤硬度大,黑色有金屬光澤,含碳成分高,可以達到95%,比較不容易着火,燃燒起來沒有很多的烟。烟煤:顏色有暗黑色的,也有黑而發亮的,含碳成分約70%—90%,容易着火,燃燒起來,多烟,加熱時容易粘結,是製取焦炭的主要原料。褐煤:含碳約50%—70%,它的主要特點是含水分多(25%—30%),燃燒時,不如烟煤和無烟煤發熱量高。

此外,還有一種泥煤,含碳的成分很低,是從湖底或沼澤地裏開採出來的一種濕的煤。它含水分多,發熱

量很低，比重小，運輸起來很不方便，作為燃料來講，不及無烟煤等用途大。但是它也能進行乾餾加工，同時又是價廉物美的肥料。

下面就它在農業應用方面作簡單的介紹。

泥煤又叫做泥炭、草炭和黑土，東北又叫它做草筏子，是植物遺體變成煤最初階段的產物，含有機物成分很高，一般達 30%—50%，最高達到 70% 以上，是很好的氮肥。每一百斤泥煤約相當於五斤硫酸銨的肥效。它大多偏於酸性，一般先做堆肥再施用，如果已經充分腐熟的，也可以直接墾田。廐肥、人糞尿、青草、綠肥等都可以摻和泥煤來製造堆肥。用乾泥煤來墊牲畜的廐，也能得到質量較高的泥煤廐肥。

泥煤外表的特徵主要是：質地疏鬆、多孔、分量輕，乾後可以浮在水面上，吸水性強，顏色多為褐色、褐黃色和棕黑色，分解腐熟程度越高，顏色就越深。

煤的乾餾是近代工業上綜合利用煤的一種主要形式，也是煤化學加工的重要方法。同木材乾餾一樣，煤的乾餾就是把煤隔絕空氣，加以強熱。乾餾的產物隨乾餾時的溫度高低和所用原料煤的種類而不同。高溫乾餾中主要的產物焦炭、煤焦油、焦爐煤氣和低溫乾餾的產物半焦、低溫焦油、低溫煤氣（又稱半焦化煤氣）等，在工業上都是很重要的原料。兩種煤氣都是很好的氣體燃料，又是製氫、碳黑等的原料。焦炭是冶金工業中的重要原料。半焦可以製氣體燃料。煤焦油可以用來提取

製造染料、藥物、炸藥、塑料等的原料。低溫焦油進一步加工後，可以製人造石油。

不管從工業原料或者從工業上必須的熱源來看，煤確實像人們常說的，是工業的糧食。

## 第八節 石 油

石油是天然燃料。石油煉製後的產品，由於燃燒的時候發熱量比煤、木料、稻草等都高，運輸也很方便，又容易燃燒，所以都是非常高級的燃燒。

近代石油工業可以煉製出 200 多種以上的應用於各種部門的石油產品。有的用來做飛機、汽車、拖拉機等內燃機和柴油機鍋爐等的燃料；有的用來做各種發動機、壓縮機、車床等的潤滑材料（潤滑油或較粘稠的潤滑脂）；也有的用來作為溶劑（如提取汽油、假漆汽油）、築路材料（如瀝青）、照明材料（如煤油）和製造醫藥、化粧品（如凡士林、石蠟）。它們又是橡膠、炸藥、染料、香料等等工業的原料。

人們常把石油叫做“工業的血液”。它在工業，農業、國防、交通運輸以及日常生活上，都起着極重要的作用。

石油是多種不同種類碳氫化合物的複雜混和物，夾雜着少量的含氧、硫、氮的有機物以及極少量的礦物質。一般石油組成裏含碳 84%—86%，含氫 12%—14%，所以碳氫化合物是它的主要成分。因為各種石油的組成

并不是完全一樣，所以它的物理性質也不能完全恒定。它是一種有特殊氣味、在水裏不溶解的、粘稠的液體。它的比重一般都小於一，比水輕，沸點、凝固點、顏色都不一致，一般是帶淺綠的淡黃色到紅褐色，也有黑色的。

石油的蒸餾是石油加工最簡單的一種方法。這個方法又常叫做分餾石油。這個加工處理操作過程的基本道理是：把油井裏取出來的原油（石油井裏取來的，沒有經過任何處理的石油叫做原油），經過去水與雜質的處理以後，把它輸送到加熱爐裏去加熱，再經過一種特殊的設備，把石油裏不同的成分，按它們沸點的不同，分離成爲幾個部分，每部分叫做餾分。每一種餾分裏仍舊是很多種烴的混合物，不過比原來的石油成分要簡單得多。各個餾分裏的各種烴的沸點都比較相近，有時爲着工業上特種需要，這些餾分還要進一步加工，重新分餾。例如，汽油又分做航空用汽油、車用汽油和溶劑汽油；潤滑油又分做錠子油（用來潤滑機械快轉機件）、機器油（比錠子油粘性大）和汽缸油（潤滑蒸氣機和內燃機的汽缸）等。

下面介紹一下石油初步加工蒸餾的產物，各種餾分和它們的沸點溫度範圍都是指一般情況講的，所以不要把它們的劃分看得太絕對化。

## 石油的蒸餾產物

名 稱	沸點 °C	一般狀態	主要用途
輕油(石油醚)	120°以下	無色易流動的液體	溶劑。
汽油	50°--220°	無色易流動的液體	燃料, 溶劑。
火油(煤油)	200°—300°	無色液體(也有帶黃色的)	燃料, 照明材料。
柴油	300°以上	綠褐色粘稠液體	燃料。
潤滑油	300°以上	白色或淡黃色粘質	潤滑劑。
凡士林	300°以上	白色或淡黃色半固體	醫藥, 化妝品原料。
石蠟類	300°以上	白色固體	蠟燭, 蠟紙原料。
瀝青		黑色易熔的半固體粘質或固體	鋪路材料, 防水塗料。

近代石油工業上，還應用了各種新的化學加工方法來改造石油，製出更多的大量需要的產品，例如把柴油製成汽油。

此外，為了適應工業上的需要，現在還有一些人造石油的方法，主要原料是煤和水。像前面講的煤和氫在一定條件下起作用生成一些烴類的混和物，就是人造石油。乾餾油頁岩也可以得到人造石油。煤的低溫乾餾也可以得到石油的代用品。

油頁岩是一種黑褐色或者黑色的岩石，它裏面含碳氫化合物的成分很高，加熱乾餾就能產生類似石油樣的物質。

## 第九節 氣體燃料

以上講的是最主要的固體和液體燃料。前面幾章也提過一些氣體燃料，如甲烷、乙炔、一氧化碳等，現在再介紹幾種：

### 1. 天然氣

天然氣是一種天然產生的可以燃燒的氣體。它在自然界裏有的單獨存在着，有的溶解在石油裏。它的主要成分是甲烷 $\text{CH}_4$ （約佔 98%）。個別地區產生的天然氣也含有少量的二氧化碳、氮氣和氫氣以及其他的氣體。它也像煤和石油一樣，也是埋藏在地下的有機物長期變化生成的。

在聚集有這種氣體的地方，只要打一口井，它就會自然地噴出來，所以叫它做天然氣。用管子把它通到各地方點火就着，就能當燃料來使用。它的用途很多，除了直接做燃料以外，還可以製人造石油、炭黑、肥料以及各種化工產品。中國產天然氣的地方很多，尤其四川是個很大的天然氣庫。

### 2. 發生爐煤氣、水煤氣和水蒸氣-氧氣煤氣

這是三種人工製造的氣體燃料，它們是固體燃料（一般用煤）在一種特製的爐子裏強熱而從爐下面鼓進氣體來製成的煤氣。

它們都是氣體混和物。由於向特製的爐子裏（叫做煤氣發生爐）鼓進去的氣體不同，製造出來的煤氣所含

的成分也不同。

如果鼓進去的是空氣，那麼，空氣裏的氧就會同燃料裏的碳發生反應，生成二氧化碳。當二氧化碳繼續上升，經過強熱的燃料層，就像前面講的煤爐裏燃燒的變化差不多，就產生大量一氧化碳。這樣製造出來的煤氣主要成分是一氧化碳，還有空氣裏餘下的氮氣和少量的二氧化碳、雜質等。這種混和氣體燃料叫做發生爐煤氣。

如果鼓進去的是水蒸氣，那末，反應的結果主要是一氧化碳和氫的混和氣體。這種氣體燃料叫做水煤氣。

現代，開始採用汽氧鼓風，就是把水蒸氣和氧氣同時鼓進爐子裏。因為這樣處理的化學反應發熱量高，所以能夠便於工業上連續生產。這樣生產出來的煤氣的成分除了一氧化碳和氫氣主要成分以外，還有小部分甲烷，也有一些二氧化碳和其他氣體。這種氣體燃料叫做水蒸氣氧氣煤氣。

這些煤氣除了做燃料以外，也可以供給化學工業製造上所需要的氫、一氧化碳等氣體做原料，可以合成許多有機化合物。例如中國東北的人造石油廠所製造的人造石油，就是用水煤氣合成的。

## 習 題

1. 舉例說明近代工業上如何綜合利用天然資源？
2. 煤乾餾後得到什麼生成物？它們有什麼用途？



3. 石油是一個什麼樣的物質?爲什麼我們常常說“石油是工業的血液”?
4. 石油初步加工蒸餾的產物是什麼?
5. 怎樣生產人造石油?
6. 什麼叫做天然氣?發生爐煤氣?水煤氣?水蒸氣-氧氣煤氣?

## 第十章 金屬、合金

在已知的一百多種元素中，有小部分爲非金屬元素，大部分爲金屬元素。我們已學過的有氫、氧、氮及碳等非金屬元素。本章和下章將談談金屬元素的一般情況，并着重講述與我們的生活、生產密切相聯的三種金屬：鐵、銅及鋁。

### 第一節 人類使用金屬的歷史

遠古時代，人類只會用木頭、粘土及石塊製造生產工具和武器，後來逐漸地學會了用天然存在的游離狀態的銅和金。金子產量少而且太軟，所以那時候用得多的金屬還是銅。大約在五千年前，人類發現在銅裏摻入錫所得到的青銅更加堅實耐用，很多工具如刀、斧、劍、漁鈎……等都改用青銅製造。這就是歷史上有名的“青銅器時代”。過了一個時期，人類學會了開採鐵礦，鐵比銅硬一些而且產量多，鐵代替了銅的地位，人類從此跨進了“鐵器時代”。近幾世紀又發現鐵和碳的合金——鋼，比青銅或鐵更好，直到今天爲止，鋼、鐵仍然是我們人類的重要生活資料和生產資料，尤其是本世紀以來，在鋼的種類和質量上有着日新月異的變化。鋼鐵生產的發

展已涉及到鐵以外的其他金屬的利用，人類幾乎能完全按照自己的意志改變金屬的性質，向自然索取自己所需要的金屬。人類使用金屬的歷史表明人類在戰勝自然方面已取得輝煌的成就。

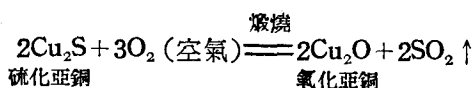
## 第二節 金屬的分佈和冶煉

在所有已知的元素中，約有 70 種是金屬。在地球的內部，在河、湖、海洋的水中，在動物和植物的有機體甚至在大氣中，到處都有金屬。分佈得最廣的金屬是鋁和鐵。

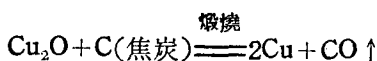
但是，自然界裏以游離狀態存在的金屬是不多的，通常找得到的只有金、銀及銅。多數的金屬元素以難熔解的硫化物、氧化物、碳酸鹽和硫酸鹽等形式存在着。例如天然產出的游離態汞（水銀）是很難找到的，但是它的硫化物辰砂却是很容易找到，紅色塗料經常要用到它。金屬鈣是一種銀白色的硬金屬，它遇到水就起作用放出氫氣。這金屬不僅一般人感到陌生，就是搞化學和冶金工作的人也不常看到，因為自然界裏沒有金屬鈣，可是它的氧化物生石灰  $\text{CaO}$ ，却是連小孩也知道的。把石灰和水調成糊狀粉刷在牆上，由於空氣中二氧化碳  $\text{CO}_2$  的作用，牆上的石灰即轉變為碳酸鈣  $\text{CaCO}_3$ 。此外大理石、方解石及石灰石等也都是以  $\text{CaCO}_3$  為主要成分的礦石。隨便我們走到那裏差不多都能找到碳酸鈣。鈣的硫酸鹽——石膏  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，也是普遍存在的。

這些金屬元素的礦石之所以能保存在自然界裏，就因為它們是難溶解的，千百年來，雨水、河水以及地下水并不能吞沒它們，征服它們的是我們人類。

我們怎樣從這些礦石提煉自己所需要的金屬呢？一般是採用還原法。例如輝銅礦是銅的硫化物礦石，將這礦石在空氣中煅燒，空氣中的氧奪走硫化亞銅中的硫，並且替代了硫與銅結合成氧化亞銅。



再使焦炭與氧化亞銅作用，由於碳與氧的結合力大一些，氧化亞銅中的氧同碳生成一氧化碳跑掉了，結果留下了金屬銅。



金屬鐵、鋅、錫和鉛等都可以用這方法來冶煉。

有些金屬如鋁、鎂等却需要用電解它們的化合物的方法才能得到。因為在化合物裏這些金屬元素同另一些元素結合得非常牢固，除了用電能將它們分離外，是不能用一般的還原法的。

## 習 題

1. 金屬元素大都以什麼狀態存在於自然界中？
2. 用哪些方法可以得到游離態的金屬？

### 第三節 金屬的通性

金屬元素與非金屬元素相比，在性質上有顯著的區別。這區別突出地反映在單質的性質方面。

絕大多數的金屬在常溫下是固體，它們是由同一種類的金屬原子以密集而又有規則的方式堆積起來的晶體。

有光滑表面的一切金屬都具有特殊的金屬光澤，金是黃的，銅是紫紅的，其他金屬大多為銀白色或鋼灰色的。金銀的反光力最強，它們常被用作建築物上或生活上的裝飾品。

金屬的晶體內有容易流動的電子，所以金屬善於導電、傳熱。導電性最強的是銀，其次是銅，再次是鋁和鐵等。凡是導電強的，其傳熱性能也好。

延展性是金屬的另一個特徵。非金屬單質硫和石墨等是經不住拉力和錘擊的，然而1克黃金能拉成長達3公里的細絲；可壓軋成厚度為0.0001毫米的金箔，500張這樣的金箔合在一起的厚度還不及一根頭髮。金屬這種可以拉成絲的性質稱為延性，錘成箔的性質稱為展性。不同的金屬的延展性不一樣。金、銀的延展性在金屬中是最大的。

同非金屬比較起來，金屬具有較大的比重和硬度。絕大多數的金屬比水重，有一定的硬度。最硬的金屬是鉻。軟如白蠟且能浮在水面上的金屬也是有的。

金屬有較高的熔點。熔點是固體在常壓下開始轉變為液體的溫度，這個溫度也就是該液體開始凝為固體的溫度(凝固點)。每種純物質都有固定的熔點，純鐵在 $1535^{\circ}\text{C}$  熔成液態的“鐵水”，這同冰在 $0^{\circ}\text{C}$  溶成水有同樣的意義，只不過是鐵的熔點要比冰高得多。盡管我們平時見到的金屬都是固體，不要以為固體就是金屬存在的唯一形態，當外界溫度改變時，金屬的狀態是可以起變化的。各種金屬的熔點有很大的差別，有高至 $3380^{\circ}\text{C}$  才熔化的鎢，也有放在手心裏就能熔化的鎔，更有在常溫下就是液體的汞。

以上我們簡略地介紹了金屬的物理通性。這些通性——金屬光澤、導電、導熱性、延展性、比重、硬度、熔點等之所以存在，是與金屬具有相似的晶體結構分不開的。

金屬有哪些化學性質呢？通常考慮的是它們能否在空氣中被氧化，能否與一般非金屬元素（硫、鹵素）等作用，能否與水、酸或鹼起作用等。凡是容易與上述物質起作用的就稱為活潑的金屬，否則就是不活潑的金屬。鐵容易生鏽而金子暴露在空氣中千百年也不起變化，這說明鐵比金子活潑。通常以金屬能否從酸中置換出氫氣來判斷金屬是否活潑。凡是能從酸中置換出氫氣的金屬為活潑金屬，置換反應進行得愈容易的愈活潑。

絕大多數的金屬不和水作用，有些不和酸或鹼作用，它們被氧化的情況各不相同。

金屬有許多化合物，動物和植物體內的各種金屬元

素如銅、錳、鐵、鉀、鈉、鈣……等都是以化合狀態存在的。

人們在生活和生產上需要用許多金屬化合物，更要用大量的游離態金屬。

## 習 題

金屬有哪些物理通性？舉例說明。

## 第四節 合 金

游離態的純金屬並不是理想的生活資料和生產資料。例如用純鐵製機器就嫌太軟；鐵在水裏容易生鏽，用它製船艦就不適宜；鐵的比重大，用它造飛機勢必笨重。生活和生產上應用的金屬往往要求有一定的強度、硬度，要有較大的可塑性，要容易鑄造、能耐腐蝕，要有合適的比重以及有美麗的光澤或其他特殊的性質等等。爲了改變純金屬的性質，達到上述種種要求，在一種金屬中熔入另一種或幾種金屬，這樣製得的另一種性質均勻而狀態似金屬的物質稱爲合金。青銅是90%的銅和10%的錫的合金。在金屬中熔入非金屬也可以製得合金，鋼就是鐵與碳的合金。

合金有以下的一些特點。它比組成的純金屬堅固。純鉛是軟金屬，在它裏面熔入少量的銅、錳及鎂製得的合金“堅鉛”，幾乎有鋼一樣的硬度。其次，合金的熔點比組成的任一純金屬的熔點都要低。例如鉛的熔點是

327°C，錫的熔點是 232°C，用63%的錫和37%的鉛製成合金焊錫，讓我們做一個實驗來比較一下它們的熔點：

在一塊圓鐵片的靠近邊的地方，用鐵釘打三個凹坑，在每一個凹坑裏分別放一塊豌豆粒大小的錫、鉛及易熔焊錫。然後如圖所示，把這塊圓鐵片安置在鐵台架的鐵圈上，用酒精燈在鐵片中心直接加熱。我們將看到首先熔化的是焊錫，其次是錫，最後是鉛。由此可知焊錫的熔點比錫、鉛都低，經實驗測得，它的熔點是 182°C。

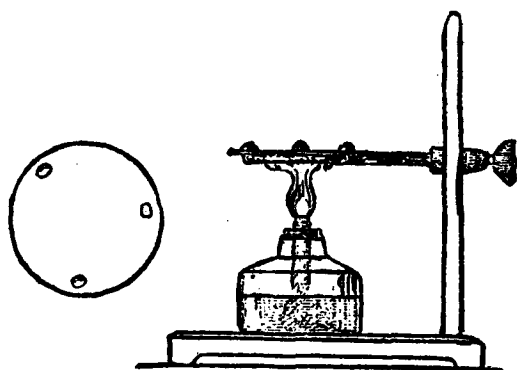


圖 74. 在圓鐵片上放有錫、鉛、錫鉛合金小塊，加熱使它們熔化來比較它們的熔點

鈹、鉛、錫及鎳四種金屬的熔點都在 200°C 以上，若將它們以 4 : 2 : 1 : 1 的重量之比製成合金，它的熔點降為 65°C，這種合金叫做易熔合金，用於製信號機和電路中的保險絲。倘若電路中的電流過強，所產生的熱足以使保險絲熔化，保險絲斷了，電流也就中斷，這樣就可



以防止過強的電流損毀電路中的其他設備。

活字金是在鉛裏熔入少量鎳和錫製得的合金，這種合金適用於鑄造印刷用的鉛字，一方面因為它的熔點低，便於鑄造，另外一方面由於它凝固時，體積畧為脹大，鑄出來的鉛字清晰。

合金的性質與它的組成有很大的關係。例如在鎳中摻入 40% 的鉻製得的鎳鉻絲，其電阻特別大，電流通過便發高熱，它是製電熱器、電爐、電熨斗等必需的材料。用 67% 的鎳和 33% 的銅製成的合金不易腐蝕，適用於製造化工器械。

在一種金屬中摻入他種金屬愈多，則上述種種性質的改變愈大，但是每種金屬溶解另外一些金屬的能力是有一定限度的，正如一定量的水只能溶解一定量的食鹽一樣。因此合金中各金屬的百分組成有一定的限度，如果因為某種需要作變動，也得在這限度以內。例如錫在銅中的溶解度約為 14%，所以青銅中錫的含量在 14% 以下。

由於合金有各種不同的特性，人們可以按照自己的需要試製各種各樣的合金。到今天為止，由二十幾種主要金屬製成的合金已有幾千種。一架飛機或汽車需要幾百種合金。各種車床、機件、國防武器、儀器，以及家常應用的鐵鍋、鋁壺、小刀、針及金屬貨幣等等，無一不是由合金製造而成的。為了掌握合金的性質，我們還應該先學習一些有關個別金屬的知識。

## 習 題

1. 什麼叫做合金？舉出幾個你所知道的例子。
2. 合金有哪些特點？舉例說明。
3. 舉例說明合金的用途。

## 第五節 金屬的分類

生活技術上利用的金屬和合金，在工業上可以分爲黑色金屬和有色金屬兩大類。

黑色金屬包括鐵及鋼，由於它們有黑色的表面（氧化鐵）而得名。

有色金屬即指鋼鐵以外的那些金屬以及它們的合金。這些金屬各有一定的顏色，銅是紫紅的，金是黃的，鋁、鎳、錫爲銀白色的，鋅爲淡灰色的，而鉛爲淺青白色的。這些金屬又分爲四組：比重大的（在5以上的）稱重金屬；比重小的（在5以下的）稱輕金屬；地殼內存量少，或是存量並不少但很分散的金屬如鈳、鎢、鉬等，稱爲稀有金屬，它們在每噸礦石中的含量往往不到千分之幾克；還有一類化學性質十分穩定的貴金屬如金、銀、鉑等，它們的熔點高，不易氧化也不與一般酸鹼作用。這些性質有利於製造儀器、貨幣以及飾物等用途。

在所有的金屬及合金中，鋼鐵最爲重要，下章將專門談到。此外，銅及鋁的用途也是很廣的。

## 習 題

1. 什麼是黑色金屬？
2. 什麼是有色金屬？它包括哪些金屬？

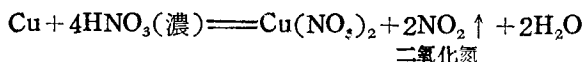
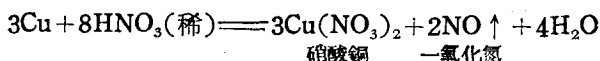
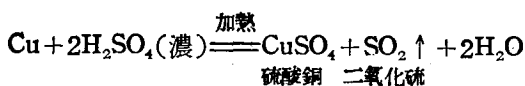
## 第六節 銅

元素符號 Cu 原子量 63.5

銅是紫紅色的金屬，有金屬光澤。比重為9，熔點為 $1083^{\circ}\text{C}$ ，可以軋成片，抽成絲，具有優良的導電性和導熱性，它的導電性僅次於銀，在金屬中居第二位。

銅在乾燥的空氣裏會慢慢變黑，這是由於它的表面生成了一層氧化物的緣故；在潮濕的空氣裏則逐漸產生一層綠色薄膜。這是由於銅和空氣中的水氣、二氧化碳和氧氣作用，生成鹼式碳酸銅  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  的緣故。這個化合物俗稱銅綠，有毒性，所以用銅製食具時，它的內部必須鍍一層錫。

銅是不活潑的金屬，它不能從水或酸中置換出氫，只能與硝酸、熱的濃硫酸作用生成銅鹽。取五枝試管，各放入一小段銅絲或銅片，分別加入稀鹽酸、稀硫酸、濃硫酸、稀硝酸及濃硝酸，在後面兩枝試管內，溶液立即變為藍色，同時有許多氣泡放出，在第三枝試管中，加熱也有氣泡生成，這些變化表明有新物質產生了。銅確實只能同熱的濃硫酸及硝酸起作用。這些作用可用下列化學方程式來表示：



硫酸銅及硝酸銅的水溶液都是藍色，它們從溶液中析出來的晶體也是藍色的。所有銅鹽都有毒，其中有些在醫藥及農藥上有實際應用的價值。例如硫酸銅被大量地用於製殺蟲劑，它與石灰水混合製成的波爾多液是噴射果樹、蔬菜和瓜類的殺蟲劑；用硫酸銅的稀溶液浸漬小麥種子，可防治病蟲害。硫酸銅還是製造其他殺蟲劑的原料。巴黎綠和王銅也是銅鹽，它們用於防治小麥及稻子的黑穗病。

波爾多液最早用於法國波爾多城，因此得名。它的成分因在配製上所用的石灰和硫酸銅的比例而不同。商業用的硫酸銅為五水硫酸銅  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，俗稱藍礬或胆礬。用這種硫酸銅製波爾多液，中國常用的配方（重量比）是：

五水硫酸銅：熟石灰：水  
為      1：1：160 或 0.5：1：100。

巴黎綠為亞砷酸銅  $\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$  與醋酸銅  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  所形成的一種綠色粉末，它的分子式是  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ ，這物質難溶於水，對植物的毒性大，噴射時應加水 400 倍，除用於防治果樹、蔬菜及小麥的病

害外，也用於殺滅蚊子的幼蟲。

王銅是氯化銅的一種鹽。它的分子式為  $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，是種子的良好拌種劑，也可用噴射或撒粉的方法來防治果樹、瓜類和小麥的病蟲害。

純銅用來製電線、儀器或機器上的零件。銅有許多合金：黃銅為 60% 的銅和 40% 的鋅的合金，青銅為 90% 的銅和 10% 的錫的合金，此外還有鋁青銅、白銅等。銅和它的合金是製造發動機、電動機、軸承、金屬管、鐘錶齒輪、機車、飛機、船艦、大砲、子彈殼、銅網以及水龍頭所必需的材料。目前，全世界約有一半以上的銅用於電氣工業，其餘的用於冶金工業。

電線杆上的電線、電燈上所用的花線以及無線電工業上用的漆包線等都是用銅絲製的。為了與外界絕緣（不走電），銅絲的外面包以紗線並上了膠，或者包以塑料，或是直接塗上漆，所以這些電線從外表看來是各色各樣的。

天然的銅礦有黃銅礦  $\text{CuFeS}_2$ 、輝銅礦  $\text{Cu}_2\text{S}$ ，它們都是銅的硫化物，其次是自然銅（游離態的銅）；再其次是氧化物如赤銅礦  $\text{Cu}_2\text{O}$ ，以及孔雀石  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$  等。

用一般還原法可以從這些礦石提煉粗銅，用電解方法可以將粗銅進一步提煉為純銅。

## 習 題

1. 銅有哪些物理性質和化學性質？

2. 銅有哪些用途？
3. 列舉你所知道的銅的合金。

## 第七節 鋁

元素符號 Al 原子量 27.0

鋁爲銀白色的輕金屬，比重 2.7，能軋成片，抽成絲。它的導電性比不上銅，但優於其他金屬，用它製造電線，電線杆的負重將減輕一半。鋁善於導熱，質地輕且堅韌，所以鋁和它的合金廣泛地應用於製蒸鍋、水壺等食器和醫療器械。

鋁是一種活潑的金屬，它在空氣裏非常容易同氧化合，在表面上生一層氧化鋁  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的薄膜，這層薄膜很緊密，能阻擋空氣裏的氧氣深入鋁器的內層，使鋁器內部免於氧化。如果去掉這層薄膜，鋁很容易與水、酸或鹼起作用，放出氫氣。所以爲了保護鋁器，我們不要任意擦掉鋁器表面上那種沒有光澤的薄膜。

鋁在表面上的這層氧化物薄膜容易溶在鹼溶液裏，也能溶於酸。所以不要用鋁器盛取酸鹼度大的溶液或湯汁，更不要用來加熱這些物質，否則鋁器容易被腐蝕。

鋁有一些重要的化合物。氧化鋁  $\text{Al}_2\text{O}_3$  是白色的固體，它不溶於水，硬度很大。天然產出的氧化鋁稱爲“剛玉”。透明而含有某些金屬雜質的“剛玉”，顯出美麗的紅色或藍色，俗稱紅寶石、藍寶石。剛玉的硬度僅次於金剛石，粗的用於製磨輪，細的用作機件上的鑽石，如鐘

錶內的鑽石。常見的明礬是鋁的硫酸鹽。混濁的水加入明礬後可以澄清，所以明礬是一個良好的淨水劑，它還用於造紙、染色和製革工業。

明礬為硫酸鋁和硫酸鉀結合在一起的一種鹽，它的分子式是： $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ 。明礬溶於水後產生一種膠狀的氫氧化鋁  $Al(OH)_3$ 。它有黏附其他物質的能力，可以黏附其他懸浮在水裏的土粒，一同沉到水底，使原來混濁的水得以澄清。

鋁粉可作銀白色的塗料，銀粉漆就是用它製成的，將這種漆塗在金屬表面上能起反射光和熱的作用。鋁粉的化學性質特別活潑，它不僅容易與空氣中的氧化合，也很容易從金屬氧化物中把氧奪走，而使金屬游離成為單質，所以鋁是一個良好的還原劑。當鋁粉與氧化鐵的混合物用燃着的鎂條引起反應時，鋁與氧結合成氧化鋁，鐵被還原了，同時放出大量的熱，使溫度高到  $3,000—3,500^{\circ}C$ ，生成的鐵處於液體狀態。假如在兩段金屬的接頭處進行這個反應，這液態的鐵流入接縫中，冷卻後就把兩段金屬連結起來了。這個反應被廣泛地應用於機件或鐵軌的焊接上，這混合物稱為鋁熱劑或鋁熔接劑。

鋁主要用於製輕質合金。“堅鋁”是用95%的鋁、4%的銅、0.5%的鎂及0.5%的錳製成的合金，它有鋼那樣的強度，重量却只及鋼的三分之一，它是製造飛機的重要材料。如果用鋁的合金代替鋼製造交通車輛，車身將減輕一半，這對於增加載運量和運輸速度是有極大的好處

的，因此鋁合金的應用，在減輕機件重量和增加交通運輸速度等方面具有重大的實際意義。

然而，自然界裏沒有游離的鋁。純鋁是用電解鋁化合物的方法得到的。因此鋁工業的發展與電力工業的發展是相聯繫的。

鋁是由電解熔化的氧化鋁  $\text{Al}_2\text{O}_3$  製得的。天然的鋁土礦  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ （或稱礬土礦）及明礬等是製取純氧化鋁的原料。因為氧化鋁的熔點高，電解它時必須加入助熔劑，冰晶石  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ 。就是這樣的物質。在氧化鋁中加入冰晶石後，電解作用就可以在  $1,000^\circ\text{C}$  左右的溫度下進行。

## 習 題

1. 鋁有哪些物理性質和化學性質？
2. 鋁有哪些用途？
3. 鋁製器皿有哪些優點？為什麼不能用它盛酸溶液和鹼溶液？

## 第八節 稀有金屬

什麼是稀有金屬呢？地殼中有些金屬元素的含量比起氧、硅及鋁等普通元素來是極微量的；又有些含量雖不少，但以雜質狀態分散在其他礦物中，提煉起來十分困難，屬於這兩類情況的金屬，都叫做稀有金屬。鋰(Li)、鈹(Be)、釩(V)、鈷(Zr)、鉬(Mo)、鎳(Ga)、鍮(Ge)及



鐳(Ra)等都是稀有金屬。

自然界裏到處都有稀有金屬，煤炭裏有鎳及鎂。稀有金屬的礦石約有 500—600 種。

稀有金屬是製造特種合金的重要原料。在銅中加入 0.5% 的鈹所得到的鈹青銅，它的硬度為銅的 6 倍，接近於優質鋼，用它製機件，耐勞性和彈性特別好，且在磨擦時不發生火花，特別適用於電機工業。又如鋼中加入鉬、鈳、鎢及鈦等可得到在近千度高溫時不變形的耐高溫合金，這一類合金不僅適用於製熱力機和高速切削機，也是製噴氣式飛機和火箭等所必需的材料。在這些特殊合金裏，稀有元素的含量雖然不多，但它們是必不可少的，因此有人把稀有金屬當做合金的維他命。

有些稀有金屬還有它們的特殊用途。例如鈾(U)是取得原子能的原料；鍺是半導體，它的製品可代替真空管或者把熱能、太陽輻射能轉變為電能；有些金屬一經光照射就導電，被用於電視和自動信號裝置中。

搞自動化控制，遠距離操縱以及電子計算機等新的工業技術，都離不了稀有金屬。因此我們應該注意這門新興的科學的發展。

## 第十一章 鐵和鋼

元素符號 Fe      原子量 55.9

約在公元前三、四千年，人類從隕石中發現了鐵，並開始使用這種鐵，但是人類真正掌握鐵和鋼是近代十九世紀的事。

地球上的鐵存量很多，據地球化學家的分析估計，地心的主要成分是鐵，由地面深入幾百公尺的地層裏約有 4.5% 的鐵。植物缺少鐵，葉子就會發黃和枯乾起來，因為鐵是葉綠素的重要組成部分，植物沒有葉綠素是不能進行正常的光合作用的。鐵也是人體血液中血紅素的組成部分。因此，地球上生命的長成是不能缺少鐵的。

鐵是文化、工業和技術的基礎，用它能製成戰時的武器，也能製成和平生產的工具，全世界每年消耗的鐵在一億噸以上。

我們再也找不出一個金屬像鐵這樣對人類的過去、現在和未來有着這麼重要的意義。

### 第一節 鐵的性質

純鐵是具有銀白色光澤的軟金屬，比重 7.9，熔點  $1535^{\circ}\text{C}$ ，有延展性。鐵有一個特點即具有磁性，它能為

磁體所吸引。鐵也能導電、導熱，但與銅、鋁等金屬相比是較差的。

磁體是一種能吸鐵的物質，當鐵靠近它時，就被吸住。被吸引的鐵變為暫時磁體，被磁體直接吸住的鐵釘能吸住另外的鐵釘；鐵受電流的影響也容易成為暫時磁體；當外在磁體或電流中斷後，鐵又失去磁性。由於鐵有這種性質，它被用作電磁鐵，用於電訊器材、自動控制操作起重機以及變壓器中。

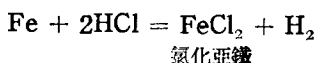
鐵是中等活潑的金屬，純鐵在常溫下不易氧化，灼燒時表面將生一層黑褐色的氧化膜，這氧化膜是四氧化三鐵 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。純鐵在空氣中不容易生鏽，倘若不純，空氣中又有二氧化碳和水分，它就很容易同氧氣和水作用，生成氧化鐵——鐵鏽。這反應在食鹽水和酸性溶液裏進行得更快，所以應避免讓鐵器與鹽水和酸性溶液接觸。

為什麼鐵的表面常常是黑色的？灼燒時又是紅色的呢？原來鐵與氧作用生成兩種氧化物，二價鐵的氧化物——氧化鐵 $\text{FeO}$ 是黑色的，三價鐵的氧化物——三氧化二鐵 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 是棕紅色的。上面提到的四氧化三鐵 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 是由 $\text{FeO}$ 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 組成的。所以鐵有二價和三價的氧化物，與這些氧化物相對應的氫氧化亞鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和氫氧化鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 都是鹼性的，由此可知，鐵的氧化物是鹼性的。

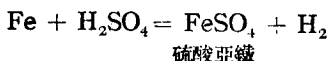
當你把鐵釘或鐵屑投到一枝裝有稀硫酸的試管中，鐵和酸立即作用產生許多氣泡，用燃着的木條在試管口

燃點這跑出的氣體，將聽到微弱的噼啪聲音，這是氫氣燃燒時所特有的聲音。這個實驗告訴我們，鐵能從酸中置換出氫，但是同它起作用的必須是稀酸。鐵不僅不能和濃硫酸和濃硝酸作用，反而會被它們“鈍化”（變得和稀硫酸或鹽酸也不起作用）。

鐵在常溫下和酸作用，產生二價鐵鹽，例如鐵和鹽酸作用，生成氯化亞鐵。



鐵和稀硫酸作用，生成硫酸亞鐵。



二價鐵鹽的溶液微帶綠色。硫酸亞鐵自溶液中析出淡綠色的晶體  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，俗稱綠礬，它被應用於農藥和染色方面，也是製藍黑墨水的原料。

二價鐵鹽不穩定，容易轉變為三價鐵鹽，如氯化鐵  $\text{FeCl}_3$  和硫酸鐵  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  等。氯化鐵用於有機染料的生產及醫藥上。

由上可知鐵的化合物——氧化物及鹽類等都有二價和三價的。

鐵不和鹼作用，所以鐵製器皿常被用來溶化鹼性物質。

把鐵燒紅，通入水蒸氣，將看見鐵轉變為紅色的新物質，同時有氫氣放出，可知鐵在高溫下也能置換水中

的氫。

由於鐵相當活潑，我們從來沒有在自然界裏找到過大量單質的鐵，單質的鐵是從鐵礦中提煉出來的。

## 習 題

1. 鐵有哪些物理性質？
2. 鐵有哪些化學性質？

## 第二節 自然界中的鐵

地殼裏找到的鐵礦是鐵的氧化物、硫化物和碳酸鹽，

其中具有工業意義的有：磁鐵礦  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、赤鐵礦  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、褐鐵礦  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、菱鐵礦  $\text{FeCO}_3$  和黃鐵礦  $\text{FeS}_2$  等。磁鐵礦有磁性，它同赤鐵礦是煉鐵的主要原料。黃鐵礦含硫過多，不宜於煉鐵，而是製硫酸的原料。

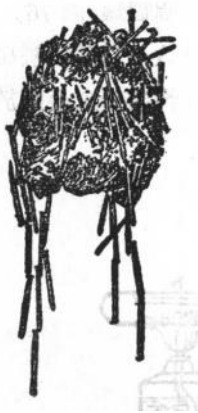


圖 75. 磁鐵礦

通常含鐵量達50%以上的鐵礦叫做“富礦”，50%以下的叫做“貧礦”，煉鐵一般都採用富礦，如果是貧礦的話，就需要經過選礦手續，才有冶煉的經濟價值。

## 習 題

1. 自然界裏有哪些具有工業價值的鐵礦？其中哪些是煉鐵的

主要原料？

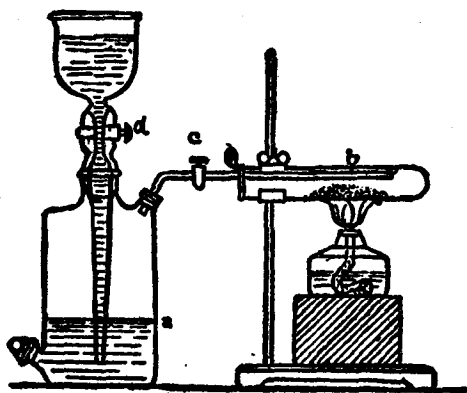
2. 假設下列四種鐵礦已經經過精選，不含其他雜質，那末各種礦的含鐵百分率是多少？

- (一) 磁鐵礦；                      (二) 赤鐵礦；  
(三) 褐鐵礦；                      (四) 菱鐵礦。

### 第三節 鐵的冶煉

鐵的冶煉過程，主要是將鐵的氧化物還原為單質鐵的化學過程，凡是易於從氧化物中奪走氧的物質，如氫氣、焦炭及一氧化碳等都是煉鐵的還原劑。

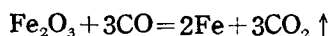
在實驗室裏，我們不難做這麼一個實驗(圖 76)。取一些三氧化二鐵 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 粉末，用磁鐵檢驗，它并不被磁鐵所吸引，可見它沒有單質鐵的性質。將這粉末平鋪於一



- a. 是儲氣瓶，瓶裏儲有一氧化碳  
b. 是試管，管裏放入少量氧化鐵      c及d都是活塞

圖 76. 一氧化碳還原三氧化二鐵的實驗

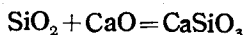
試管內，把一氧化碳儲氣瓶的導管伸入這試驗管中，用酒精燈在試管下加熱。然後扭開活塞c和d，當一氧化碳通過加熱的三氧化二鐵時，紅褐色的三氧化二鐵逐漸轉變為鋼灰色的物質。待作用完畢時，停止加熱，并關閉活塞停止通入一氧化碳。然後把試管裏塊狀物質倒出來，并用磁鐵檢驗這物質被磁鐵所吸引。這證明得到的物質是單質鐵。三氧化二鐵和一氧化碳的反應如下：



一氧化碳有毒，不可讓它逸散到空氣中，這個實驗應在通風櫥中或在通風好的地方進行。

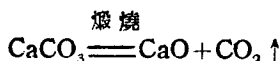
工業上煉鐵的原理和上述實驗的原理相同。只是大規模的生產，在處理原料、設備和操作過程方面要比做實驗複雜得多。

首先，原料就不是單純的氧化鐵。鐵礦中有雜質，特別多的是砂粒狀的硅石  $\text{SiO}_2$ ，即砂子。我們知道砂子是不和一般化學藥劑起作用的。怎樣將它除掉呢？它是酸性氧化物，惟一方便的辦法就是讓它在高溫下溶化在鹼性氧化物中，并且互相作用，生成容易熔化的硅酸鹽。比較經濟適用的鹼性氧化物就是生石灰——氧化鈣  $\text{CaO}$ 。二氧化硅和氧化鈣作用生成硅酸鈣  $\text{CaSiO}_3$ 。



在高溫(1,200°C)下，硅酸鈣是液體，很容易與鐵分離，這樣就把氧化硅與鐵分開了。

生石灰是由石灰石  $\text{CaCO}_3$  煨燒得到的：



煉鐵時，直接用石灰石，不僅可以得到生石灰，還有二氧化碳，後者對於煉鐵也是有用的。

在冶煉鐵的時候，爲了熔合礦石裏的雜質而加入的物質叫做熔劑，石灰石就是熔劑。熔劑與雜質所生成各種氧化物和鹽類的熔合物叫做爐渣，煉鐵時的硅酸鈣就是爐渣。

使鐵礦石還原的大量一氧化碳是由焦炭和空氣中的氧氣作用得到的，焦炭就是還原劑。

這樣看來，煉鐵的主要原料除鐵礦石外，尚有焦炭、石灰石和空氣。

煉鐵時爲什麼用焦炭而不直接用煤呢？這同我們家庭中燒煤爐不直接用煤層而把煤屑摻入粘土做成堅硬的煤球的道理有相同的地方，用煤屑的話，燃料本身及燃燒後的灰容易堵塞煤爐使燃燒中斷。在煉鐵爐裏煅燒上千噸的鐵礦，爐料壓力很大，只有用含碳量高，既疏鬆而又堅硬的焦炭作燃料，才能保證熱空氣及產生的煤爐氣體在礦石間流通。

用焦炭煉鐵，所得到的鐵裏多多少少會含一些碳。

用氫氣作還原劑就不會有這種情況，但是氫的來源比焦炭少，除非工業上需要極純的鐵，一般是不用氫氣的，何況手工業上需要得多的正是含有碳的鐵呢？

煉鐵的主要設備有煉鐵爐，又稱高爐，還有鼓風機、



預熱空氣的熱風爐等。

高爐為一個立式建築，外形像塔(圖 77)。日產生鐵一千噸的高爐，高約三十多公尺，有效容積約一千三百多立方公尺。大型高爐就是這種。高爐內部用耐火磚砌成，外部包以鐵壳。爐身中部大，上下兩頭小，上部的圓錐體叫爐頂，頂端有加料口，爐的上半部叫爐身，中部叫爐腰，下部叫爐腹，再下面是爐缸、爐底。爐缸部分有通風管，煉鐵時由這裏送入熱空氣，爐底有爐渣出口及生鐵出口。新式的自動化高爐還有裝料、風溫、風量、

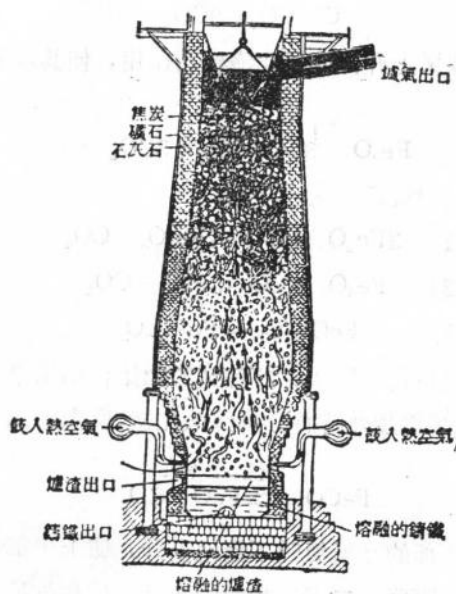
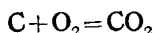


圖 77. 煉鐵高爐

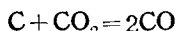
風壓（均指熱空氣）等自動化設備。

煉鐵的過程是這樣的：先用木柴或木炭將高爐加熱到 600—700°C，然後從加料口加入焦炭、鐵礦石及石灰石，同時由通風管送入預熱到 600—800°C 的熱空氣。

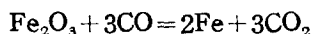
下層的焦炭首先燃燒，生成 CO<sub>2</sub>



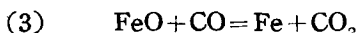
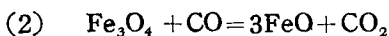
同時放出大量的熱，使爐底溫度高達 1,800°C 左右。具有這樣高溫的二氧化碳及氮氣（空氣中的）上升，上層焦炭被灼熱并與二氧化碳作用，生成一氧化碳。



這一氧化碳又上升，同氧化鐵礦石作用，使其中的鐵還原。



反應過程實際上是這樣的：



如果原料為磁鐵礦，反應由(2)開始；如果原料裏有菱鐵礦，碳酸鐵加熱時將分解為氧化鐵，反應由(3)開始。



這樣，爐下部的高溫氣體不斷地上升，爐上半部的低溫爐料不斷地下降，二者作相對的運動，這也就是工業上利用逆流原理進行生產的一個例子。爐身上端的溫度經

常保持在  $400^{\circ}\text{C}$  左右。

還原出來的鐵含有較多的碳，這碳在高溫下和鐵起作用，並且熔解在鐵裏，這樣，就得到了生鐵。生鐵在  $1,110-1,200^{\circ}\text{C}$  熔為液體，沉於爐底，這種熔化的鐵，工業上叫做“鐵水”。

在鐵還原的同時，礦石中的雜質  $\text{SiO}_2$  與生石灰作用，生成爐渣硅酸鈣  $\text{CaSiO}_3$ 。這爐渣在高溫下也是液體，它比生鐵輕，浮在生鐵的表面。這樣不僅讓爐渣與鐵分開，同時因為“鐵水”表面被爐渣蓋住，可以防止生鐵同鼓入爐內的熱空氣發生氧化作用。

每隔 3—4 小時，放出爐渣和鐵水各一次。鐵水被倒在內壁砌有耐火磚的大鐵槽內，供鑄鐵錠或煉鋼之用。爐渣用於製造水泥和人造建築石料。

此外，上升到爐頂的氣體是二氧化碳、一氧化碳及氮氣的混合物，它是一種有價值的氣體燃料，稱為高爐煤氣。這氣體由爐頂的高爐煤氣管導出，用以預熱空氣或作其他用途。

因此，煉鐵除了得到生鐵外還有兩種副產品——爐渣及高爐煤氣。

## 習 題

1. 煉鐵需要哪些原料？得到哪些產品？
2. 煉鐵的生產過程是怎樣的？它包括着哪些主要的化學反應？

## 第四節 鐵的分類

鐵中含的雜質不同，性質和用途也不同。根據碳的含量，鐵分為三類：

1. 生鐵（或叫鑄鐵） 含碳4%左右，此外還含有少量硅、硫和磷等。質脆而硬，沒有延展性，不能煅接。但是它的熔點低，便於鑄造鍋、斧、火爐、鐵管和某些機械。又由於它凝固時畧為膨脹，可用來塑製模型。

2. 鍛鐵（或叫熟鐵） 含碳量在0.3%以下。將生鐵進一步的煅燒，減少其中的碳，就可以得到煅鐵。這種鐵軟而強韌，有延展性，可以煅接，用於製造鐵絲、鐵板鐵鏈、鐵鎖。由於它的熔點較高，鑄造時不方便，用得較少。

3. 鋼 除去生鐵中的硅、硫、磷等雜質，並將其中的碳量減到0.3—1.7%以內，就得到了鋼。鋼的含碳量在生鐵和鍛鐵之間，所以它兼有兩種鐵的優點，既可鑄造又可煅接，廣泛用於製造機械、鐵軌、交通工具、武器以及生活用品。

只含有碳的鋼稱為碳素鋼，摻入其他金屬的鋼稱為合金鋼。鋼的分類法很多，一般根據化學成分和用途分為普通鋼和優質鋼，而優質鋼又包括結構鋼、工具鋼和特種鋼等。

### 習 題

鐵分為哪幾類？它們各有什麼性質和用途？

## 第五節 鋼

將生鐵煉成鋼的方法很多，主要的有轉爐法、平爐法、電爐法三種。

轉爐法是把熔融的生鐵放在一個能繞水平軸旋轉的梨形金屬爐內（爐裏襯以酸性或鹼性耐火材料）。從爐底壓入空氣，鐵中部分的碳經強烈燃燒後被去掉了。這過程在 10—15 分鐘內即可完成，用這種方法煉鋼，設備簡單，速度快，但難於控制冶煉過程，且不能去掉生鐵中的硫，只適用於冶煉含硫量低的生鐵。

平爐又稱為瑪丁爐，它的容積大，結構較為複雜。煉鋼的原料除熔化的生鐵外，還可以加入廢鐵及氧化鐵。冶煉時，用氣體燃料和空氣的混合物煨燒金屬，使保持液態，利用空氣中的氧氣以及氧化鐵中的氧去掉生鐵中過多的碳。煉一爐鋼需要幾個小時乃至於十幾小時，它的優點是易於控制冶煉過程得到大量品質較好的鋼，並且能充分地利用廢鐵，目前世界各國煉鋼大都採用這種方法。

電爐法煉鋼易於控制溫度和鋼的成分，適用於冶煉高級合金鋼。

在普通的鋼（碳素鋼）中加入各種元素的混合物，將大大地改變鋼的性質，得到特種鋼（或稱合金鋼）。例如在鋼中加入硅，將增加鋼的彈性；加入錳，增加韌性；加入鉬、鎢、鈳，可以得到耐高溫的合金，它是製

造武器和高速切削工具的材料；加入鉻，得到不銹鋼。  
鈦的合金鋼質輕，強度硬度大，且不容易被腐蝕，它是  
製噴氣式超音速飛機等的材料。

鋼鐵是製造工業機器、農業機器、交通運輸工具、  
國防武器和建設現代建築的主要材料。

### 習 題

有哪些主要的方法可以把生鐵煉成鋼？它們各有什麼優點？

[ G e n e r a l   I n f o r m a t i o n ]

书名 = 简明化学

作者 = 程新编著

页数 = 242

SS号 = 11025154

出版日期 = 1979年04月

## 目录

第一章	物质和物质的变化、分子
第一节	物体和物质
第二节	物质的三态
第三节	物质的性质
第四节	物质由分子构成
第五节	纯物质和混和物
第六节	物质的分离和提纯
第七节	物质的变化
第二章	原子、元素、化学基本概念和定律
第一节	分解反应、化合反应和原子
第二节	原子——分子论
第三节	化合物和单质
第四节	元素
第五节	原子量和分子量
第六节	元素符号
第七节	物质不灭定律
第八节	定组成定律
第九节	分子式
第十节	化学方程式
第三章	氧、空气
第一节	氧气的发现
第二节	氧气的物理性质
第三节	氧气的化学性质
第四节	氧在自然界里的存在
第五节	氧气的制法
第六节	氢气的用途
第七节	空气的成分
第八节	空气的用途
第四章	氢
第一节	氢气的发现
第二节	氢在自然界中的存在



	第三节	氢气的制法
	第四节	氢气的性质
	第五节	氧化——还原反应
	第六节	氢气的用途
	第七节	置换反应
	第八节	化合价
第五章	水、溶液	
	第一节	水的组成
	第二节	水的性质
	第三节	固体在水里的溶解性
	第四节	液体和气体在水里的溶解性
	第五节	溶液的浓度
	第六节	水在生产上的应用
	第七节	自然界里的水
	第八节	水的净化
第六章	氧化物、碱、酸和盐	
	第一节	氧化物
	第二节	几种重要的碱
	第三节	几种重要的酸
	第四节	中和反应
	第五节	盐的化学组成和命名法
	第六节	碱
	第七节	酸
	第八节	碱性氧化物和酸性氧化物
	第九节	盐
	第十节	物质的一般分类和各类物质间的关系
第七章	碳和碳的化合物	
	第一节	自然界里的碳
	第二节	碳的几种单质
	第三节	碳的化学性质
	第四节	碳的重要化合物

## 第八章 有机化合物

- 第一节 有机化合物的特点
- 第二节 甲烷、乙炔、苯
- 第三节 六六六、滴滴涕、四氯化碳
- 第四节 乙醇、甲醇、甘油
- 第五节 乙酸、甲酸
- 第六节 酯
- 第七节 蔗糖、淀粉、纤维素
- 第八节 蛋白质

## 第九章 燃烧和燃料

- 第一节 什么是燃烧
- 第二节 燃烧的条件
- 第三节 缓慢的氧化和爆炸
- 第四节 火焰
- 第五节 燃料
- 第六节 木材乾馏
- 第七节 煤
- 第八节 石油
- 第九节 气体燃料

## 第十章 金属、合金

- 第一节 人类使用金属的历史
- 第二节 金属的分布和冶炼
- 第三节 金属的通性
- 第四节 合金
- 第五节 金属的分类
- 第六节 铜
- 第七节 铝
- 第八节 稀有金属

## 第十一章 铁和钢

- 第一节 铁的性质
- 第二节 自然界中的铁
- 第三节 铁的冶炼

第四节 铁的分类

第五节 钢