

136848

復興初級中學教科書

# 化學

# 學

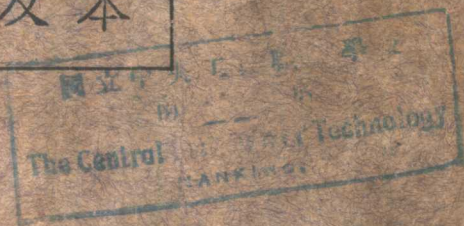
上册

章鏡權 柳大綱編著



國民政府教育部審定

普及本



商務印書館發行

復興初級中學教科書

# 化學

下冊

韋鏡權 柳大綱編著  
鄭貞文校訂



國民政府教育部審定

\*\*\*\*\*  
\* 按照新課程 \*  
\* 標準編輯 \*  
\*\*\*\*\*



商務印書館發行

復興初級中學教科書

# 化 學

上 冊

商務印書館發行

復興初級中學教科書

# 化 學

下 冊

韋鏡權 ~~柳夫綱編~~ 著

商務印書館發行



本會於二十四年四月

中華民國二十二年七月  
中華民國二十四年五月

\*\*\*\*\*  
版 翻  
權 印  
所 必  
有 究  
\*\*\*\*\*

復  
教

中學用

(22244普)

定價大洋陸角伍分  
外埠加運費

二二

章柳  
上海河南路  
五

王  
上海河南路  
五

商務印書館

商務印書館

發行所

(本書校對者楊靜宜)

一六二上(七六)

★

2118

中華民國政府教育審定  
於二十四年四月  
本審定執照  
到教字第五十四號

中華民國二十二年十一月初版  
中華民國二十四年五月四日一版

\*\*\*\*\*  
\* 版 翻 \*  
\* 所 必 印 \*  
\* 有 究 \*  
\*\*\*\*\*

初級中學用  
復與化學二冊  
教科書化

下冊定價大洋陸角伍分  
外埠酌加運費匯費

編著者 柳章 大鏡 網權

主編人 王雲 五

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海各埠 商務印書館

(本書校對者 王養吾 王重慶)

四六四九上

## 編輯大意

(一)本書編制，完全依照教育部二十二年所頒佈的新課程標準。

(二)本書的教材，都經慎重選擇，對於國內情形，學校設備，教學時間，學生智力，均經充分注意，以期切合時代的需要。

(三)本書對於重要術語，基本原理，都在可能的範圍內，儘量收羅。並用簡明清新的詞句，深入淺出，使學生易於領悟。此為進修高深化學的津梁，學者幸勿以其簡易而忽之。

(四)本書對於日常生活之有關於化學的事物，皆觸類旁通，加以討論。

(五)本書對於國產和國防，特別注意，一方使學生明瞭國產材料，和國內的化學工業狀況，一方使學生知發展國產之有待於科學，及國防和

## 化學和工業之連帶關係。

(六)本書所用度量衡，全依國府頒定的標準制。名詞都依教育部新頒的化學命名原則，間附習用舊名，以資參考。書末附有漢英對照表，以便檢閱。

(七)本書所列問題，俱能引人入勝，每一問題之解答，更能使學生對於實際事物，切實了解，並增進其運用學理以解決實用問題的經驗。

(八)本書所採的教學方法，以實驗和發現爲主。但鑒於國內各地學校設備情形，故未編實驗節目，并避免用繁複器械的教材，務希教者因地制宜，多使學生實驗參觀，得有充分受科學訓練的機會。

(九)本書對於有機化學教材，擇其有關日常生活者編入，其餘概行省略。對於衣料和食物，都採用最新的學說和研究成績，使學生有正確的了解。國產的優良材料，尤再三致意。



(十)本書所附插圖，不僅清晰美觀，并多附國貨工廠照片，藉可明悉我國化學工業實況。

(十一)本書屬稿匆促，編者雖力求完善，誠恐心餘力拙，如蒙批評指正，極所歡迎。

編者識 中華民國二十二年五月

# 化學目錄

上冊 2017

第一章	緒論	1
第二章	空氣	7
第三章	水	16
第四章	水的組成 氫	28
第五章	物態變化和溫度壓力的關係	36
第六章	碳 碳的化合物	55
第一節	碳的氧化物	55
第二節	簡單的烴	63
第三節	火焰	68
第七章	化學上基本的定律	75
第八章	分子量 原子量	83
第九章	化學記號	95
第十章	鐵	112

---

第十一章	硫	125
第十二章	鹼土金屬	138
第十三章	氮的化合物 化學平衡	153
第十四章	鹵素	169

# 化學目錄

## 下 冊

2118

第十五章	鈉 鉀 .....	181
第十六章	氧化 還元 .....	194
第十七章	電解質 .....	204
第十八章	銅 貴金屬 .....	218
第十九章	鎂 鋅 鎳 汞 .....	231
第二十章	矽 硼 .....	240
第二十一章	鋁 .....	249
第二十二章	錫 鉛 .....	259
第二十三章	磷 砷 銻 鉍 .....	267
第二十四章	鉻 鉬 鎢 錳 鎳 鈷 .....	277
第二十五章	放射性元素 .....	285
第二十六章	週期律 .....	288
第二十七章	燃料 .....	293



---

第二十八章 醇 酯 醚 .....	301
第二十九章 醣 .....	312
第三十章 油脂 .....	325
第三十一章 蛋白質 動物纖維 .....	333
第三十二章 食物 .....	340
附錄 漢英對照表	

## 初級中學教科書

# 化 學

## 上 冊

### 第一章 緒論

1. 物體和物質 各種物件，都有形體，因此通稱物體 (body)。造成物體的叫做物質 (substance)。例如水和冰，是兩種物體卻是一種物質；釘和刀，也是兩種物體，也是屬於一種物質，因為都是鐵造成的。化學是研究各種物質的性質和變化的科學，化學的偉大效用，都是以物質為基礎而推演出來的。

2. 物質的性質 我們對於物質，都憑日常的智識經驗去識別；譬如鐵條和木桿，從他們外表的光澤顏色，我們便能認定了十之八九。木入水能浮，鐵入水便沉；木遇火能燃，鐵便不能着

火，只能燒紅；磁石能吸鐵，對於木便無此作用；我們再根據這些智識，就可以完全認定他們了。這些足以表徵一種物質的特殊事實，就是**物質的性質**(property)。有許多性質，要精密測量，方能分別異同高下，物質的密度〔每一單位體積(一立方公分)的質量(公分)〕便是其中之一例，如鑄鐵每一立方公分的質量是 7.9 公分，黃銅每一立方公分的質量有 8.5 公分，不經精密測量，怎能知他們究竟相差多少。我們若能認識某一種物質的幾種特性，便能認識他了。

↓ 3. **物質的三態** 物體雖多，但就他們的狀態，可歸納成三大類，便是**固體**(solid)**液體**(liquid)**氣體**(gas)三類。例如冰和鹽，鐵和銅，以及金石等，都是屬於固體一類。水和油，以及水銀，都是屬於液體一類；因為他們的形狀不一定，隨着他的容器而成方形圓形，但體積保持一定的大小。屬於氣體一類的，最普通的例子，便

是空氣和水蒸汽，他們的形狀和體積的變化，是不一定的。

氣體和液體，都是流動的，和能保持一定形狀的固體不相同，因此總名流體(fluid)。此外還有少數的物質，凝而不堅，流而不暢，性質在流體固體之間，如膠和餡一類的東西，名叫黏體(viscous body)。

4. 三態的變化 上面所說的固體流體等等，都指物質在通常溫度的狀態，如若溫度有變化，物質的狀態，亦要隨之而變。水受熱就要變化成水蒸汽；若是受冷，就變成冰。可是在能使水變成冰的溫度，只要用力壓冰，冰便會變成水，可知物質的性質和形態，除了受溫度的影響而變化之外，還要受壓力的支配。

化學上對於各種形態變化的現象，都有一定的名稱以便敘述。凡是從固體變成液體，稱為融解(fusion)。從液體變成氣體，稱為氣化(vapori-



zation)，又叫**蒸發**(evaporation)。倘是從氣體變成液體，便叫**液化**(liquefaction)。從液體變成固體，便叫**凝固**(solidification)。這些現象，是化學上常遇見的，并要利用他們來研究各種物質的性質和變化。

√ 5. **物質變化的種類** 物質發生變化時，只是形態變化而質地不變的，這種變化是**物理變化**(physical change)。例如水變成水蒸汽，除了形態變化之外，還有許多特性都不曾變。但是把柴炭燒成了灰，便是**化學變化**(chemical change)了，因為不但是形態變，而且柴炭和灰的許多特性，都全不相同，灰是經過化學變化而成的新物質，和柴炭是兩樣的了。釀米成酒，燒木成炭，火藥發火，都是屬於化學變化的。

化學變化和物理變化聯帶發生的關係密切，不易區別。例如蠟燭點火時，固體的蠟，受熱融解，成爲液體，先經過物理變化。燃燒時，經過

化學變化，成爲和蠟的性質全不相同的物質，大概物理變化發生時，不一定有化學變化發生，但是化學變化發生時，一定有物理變化相隨而生。

6. **物理學與化學** 自然科學之中，研究物質的物理變化的，叫做**物理學**(Physics)。研究物質的化學變化的，叫做**化學**(Chemistry)。可是近代科學發達，各科相互的關係，複雜起來，在研究化學變化的法則時，就會牽涉關係較切的物理變化，因此化學中分出一科，叫做**物理化學**(Physical chemistry)，把化學上的許多理論和原則，都包含在裏面，所以又叫**理論化學**(Theoretical chemistry)。

化學因研究的範圍不同，分成許多科。關於學理研究的有**電化學**(Electro-chemistry)，**有機化學**(Organic chemistry)，**無機化學**(Inorganic chemistry)等等。在應用方面研究的，有**工業化學**(Industrial chemistry)，**農業化學**(Agricultural chemistry)

等等。各個分科和其他部份，都有聯絡，不過因發達得快，已到能自成一科的程度罷了。

## 問 題

1. 說明物體和物質的意義，并舉例證明。
2. 說明物理變化和化學變化的意義。
3. 下列各種現象，何者是化學變化，何者是物理變化？  
鹽溶水中， 消化作用， 小麥磨粉， 牛乳變酸，  
燒石成石灰， 燃放爆竹， 磨墨成汁， 明礬淨水，  
鐵釘生鏽， 水壺裏面積垢。
4. 就日常生活中，另外再舉出幾種化學變化和物理變化的現象。
5. 試舉下列物質的幾種性質：  
冰， 鹽， 橡皮， 玻璃。
6. 下列各組物質，你們如何辨別？  
水與燒酒， 鹽與白糖， 銅與錫， 瓦鍋與鐵鍋。

## 第二章 空氣

7. **空氣** 空氣無色，無臭，人在空氣裏生活慣了，反而不覺得有這樣東西，若是逆風而行，便感覺有東西阻擋我們前進，這就足以表明空氣是一種物體。既有體質，自然有質量(mass)。我們可用一個有緊密活栓的容器，秤好質量，把空氣抽去，再秤得容器的質量，兩次質量的差，便是器內空氣的質量了。我們再測出容器的容積，將容積除

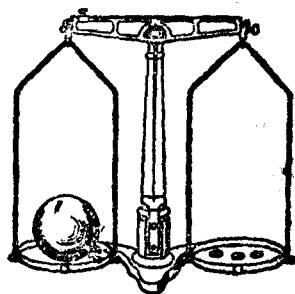


圖1 秤量空氣

空氣的質量，即得空氣的密度。據科學家的精確測定，在標準狀況<sup>①</sup>之下，空氣的密度，<sup>②</sup>是1.293。

8. **呼吸和燃燒** 人和生物，都要呼吸，用

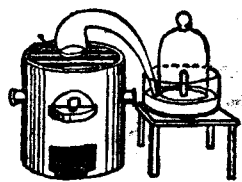
①標準狀況——溫度是百度表零度(0°C.)，氣壓是76公分(76 Cm.)。

②氣體的密度——就是在標準狀況之下，一公升(1000c.c.)的氣體的質量。

空氣在體內起化學變化來營養身體。閉斷了空氣，便會悶死。燃火也和呼吸相似，拿板蓋洋燈罩的口，火便會熄。但是用扇扇炭爐，火便燃得更大，我們立在空氣流通的地方，便覺得呼吸暢利，是一樣的原因。所以呼吸和燃燒 (combustion)，都必須有空氣，何以少不得空氣，請看下面的證明。

把水銀放在不通氣的器內，用大火燒得很久，水銀就變成橘紅色的細末。此時拿火送進器內，便會熄掉，放一個小動物進器內，便會死去。再把這紅粉末取出，放在另一器

中，加熱，便有水銀放出，并有一種氣體發出，拿火進器內



探試，火燃得更明，放小動物進去，亦不會死。足見空氣中沒有這種氣體，就不能支持燃燒和呼吸；這便是養氣，化學上他的學名叫氧 (oxygen)。

①此實驗為法國化學家拉瓦錫 (Antoine Laurent Lavoisier) 所創。

9. 氧之實驗 實驗室裏製備氧，通常用氯酸鉀 (potassium chlorate)，和二氧化錳 (manganese dioxide) 磨細和勻，放在瓶內，緩緩加熱，在水槽 (pneumatic trough) 中，用排水集氣法，收集放出的氧。

氧是氣體，無色，無臭，空氣中將近五分之一是氧。在水裏可是溶得很少。密度 1.429，比空氣重。他的最可注意的性質，便是幫助燃燒。着火的木炭，蠟燭，

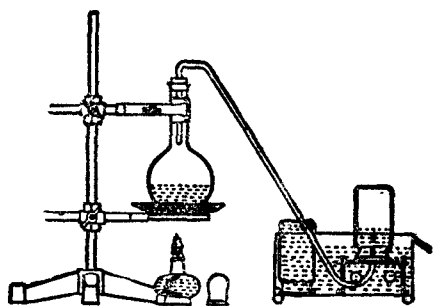


圖 3 氧的製備

硫 (sulphur)，磷 (phosphorus)，鎂 (magnesium)，在氧中都燃得更猛烈。燒紅的鐵絲在氧中，亦能發出明亮火星來。金屬在養氣中，就是在通常溫度，有多少亦會慢慢的生化學變化，成了新物質。

10. 燃燒所生的物質 (1) 把澄清的石灰水，

傾進燒過木片或木炭的器內，便成乳白色的濁液，因為氧已變成二氧化碳 (carbon dioxide) 了。(2) 燒硫和燒磷的器中，生成的氣體，有刺鼻的氣味，是二氧化硫 (sulphur dioxide)，和五氧化二磷 (phosphorus pentoxide)，加入藍色的石蕊 (litmus) 試液，變成紅色，這種變化，叫酸性反應 (acid reaction)，有酸便有這樣的變化。(3) 燃鎂所成的，是白色的氧化鎂 (magnesium oxide) 粉末。(4) 燃鐵所成的，是黑色的氧化鐵。各種由燃燒而成的物質，比所燒的物質都重，因為是和氧結合成的新物質。

將玻管或竹管，插入澄清的石灰水中，用口在管子裏吹氣，石灰水亦會變成乳白色的濁液，和燃燒木炭木片的器中注入石灰水時的現象相同。可知人肺內吸入養氣，而呼出二氧化碳。呼吸和燃燒，對於空氣的關係，又可多一種證明了。

凡是容易與氧起化學變化的金屬造成的物

品，要使他經久不壞，須得用種種不同的方法，把養氣隔絕，纔能保護金屬。

11. **化合和分解** 化學變化有許多種，有一種叫**化合** (combination)，例如氧和鎂結合成氧化鎂。他是由兩種或更多的物質，結合成一種新物質的變化，這樣生出物質，統叫**化合物** (compound)。凡是他種物質，和氧化合而成的物質，都叫**氧化物** (oxide)。這種的化合，特名**氧化**。汞(水銀的學名) (mercury)經過氧化，和氧化合，所生成的氧化物就是一氧化汞 (mercuric oxide)。

另有一種化學變化，恰和化合相反，由一種物質，分崩而成兩種或更多的物質，這叫**分解** (decomposition)。例如一氧化汞，分解成氧和汞。這些新物質是原物質的**成分** (component)。氧和汞是一氧化汞的成分，氧又是氯酸鉀的成分之一。

無論化合或分解，只要有化學變化發生的現



象，都可叫作**化學反應**(chemical reaction)，或叫**化學作用**。這是一個意義廣泛的名詞。

12. **元素** 物質的種類很多，可是大部份是化合物，可用各種的方法使他分解成比較簡單的物質。分解到不能再簡單的物質，叫作**單質**(simple substance)。汞和氧便是從一氧化汞分解出來的單質。但是單質這一個名詞，使用得比較廣泛，因此化學上對於這般不能用化學方法分解成更簡單的物質，特給一個名字，叫做**元素**(element)，所以把意義說得更確切一點，單質有時和元素有相同的意義。

13. **氮的性質** 取一點磷，放在小燒皿中，把燒皿浮在水面。再把玻璃罩頂的塞拔去，罩住燒皿，用燒熱的鐵絲，從罩頂的塞口伸入，把磷引燃，再把塞子快快塞緊。候磷火所生的白烟，完全溶在水中。此時可看見玻璃罩裏的水面，比磷燃火之前升高了。升高的高度，是玻璃罩高出

燃火前的水面高度的五分之一。此時在罩外加水，使得內外的水面一樣高。從罩口放燭火進罩內，會立刻熄滅。因此我們知道罩內剩餘的氣體，是一種不能支持燃燒的氣體，他的量是空氣的五分之四，這就是淡氣，學名是氮 (nitrogen)。

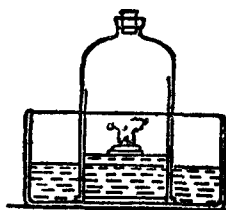


圖4 空氣的組成

氮是無色無臭的氣體，密度 1.2506，比空氣養氣都輕。無助燃性，不能支持燃燒；動物在氮中會窒息而死，因此日本名詞稱為窒素。氮是不活動的元素，可是含氮的化合物，活動的很多，有很重要的用途。要製造含氮的化合物，空氣中的氮，便是用之不竭的基本原料。

空氣中還有幾種不活動的氣體，總計不及空氣體積的千分之一，就是氦(helium)，氪(krypton)，氬(argon)，氖(neon)，氙(xenon)。他們極不易起化學變化，但亦有特別的用處。氦用在商業上，

發紅光的玻管電燈，裏面裝的是氖。氖比空氣輕，惟無燃燒性，軍用氣球和飛船的氣囊，有用氦裝的，國防上很有用處。

√ 14. 空氣的組成 空氣在上面說的幾種氣體之外，還含有水蒸汽，碳酸氣(二氧化碳)，塵埃。他們的量，各地不同，隨時變化；水蒸汽平均有千分之一，碳酸氣有萬分之三，塵埃是固體，佔地位很少。人體舒適爽快否，要看這三者的多少而定。

空氣含這許多物質，性質都不相同，都保持各有的特性。氧能助燃，空氣亦能助燃，因有不助燃的氮在空氣中，所以火在空氣中，便不如在氧裏燃得那樣旺盛。空氣是一種混合氣體，我們用純粹的氧和氮，照五分之一和五分之四的比例配合，可得和空氣相同的東西；所以空氣是一種混合物(mixture)，不是化合物。

## 問 題

1. 把火放在瓶內，用玻片壓着瓶口，火便會熄，這是什麼緣故？
2. 濕物放在不見陽光的地方，亦能乾燥，水到那裏去了？  
黃梅天柱礎常有水滴附着，水從何來？
3. 鐵製的器物，上漆塗油，或者鍍鋅鍍錫鍍鎳，這樣便不生鏽了，是什麼原因？
4. 爐裏燃火，柴炭之外，還有什麼物質，是絕對不可少的？
5. 木片在氧中燃火，比在空氣燃得光明，木片亦銷耗得快些，這對於溫度的高低和變化的快慢，有關係嗎！
6. 動物非有氧不能生活，魚在水中生活，氧從那裏得來？

### 第三章 水

15. **天然水** 水是隨處都有，我們常見的，有河水，泉水，雨水等等。因為水能溶解別種物質，所以一切天然水都不純淨，常有一些礦物質，如食鹽，石灰石一類，溶解在內。并有各種有機質，如動植物的排泄和腐朽物，溶解在裏面。更有一些微小的生物，也在其中生長，有時是很可怕的傳染病細菌。

江河的水，流過很多的地方，挾帶地殼上許多物質，流到海裏去，海水容納的雜質，逐漸加多；能沉澱的沉澱下去，不沉澱而溶在水裏的，其量約有百分之四；以食鹽為最多，所以我們把海水煮乾或曬乾，便可得到食鹽。人工鑿成的井，深到幾百尺的，汲出的水，雜質較少，很適於飲用。雨水亦比較潔淨，但落下時總不免帶有空中

塵埃和微生物。動植物體的組成，也大半是水。

河水或泉水裏，常含有鈣和鎂的硫酸鹽或碳酸鹽，這樣的水，名叫**硬水** (hard water)。含得少的作飲料還無妨，含得多的，水味很劣。若是洗衣或汽鍋用的水，以不含這些雜質為佳。

16. **淨水的方法** 取混有泥沙的水，放在玻璃器中不要攪動。少過一刻，粗粒沈到水底，細沙仍浮懸水中。把上面混濁不清的水，傾到另一器中，和沈下粗粒分開，這便叫**傾瀉法** (decantation)。放一點明礬到渾水裏，和勻之後靜置不動，就會漸漸澄清，這些從液中沉下的東西，稱為**沉澱** (precipitate)。分離沉澱物，須用**過濾法** (filtration)。就少量的液體實驗，可用濾紙摺成與漏斗相合的形式，放在漏斗中，慢慢傾液入內，清液下流，沉澱留在紙上(圖5)。木炭砂礫等物，能吸着有機物質，家庭濾水器，即常用炭屑細沙將水過濾。

• 都市的自來水，係在水源地取水，再經過大規模

的沉澱和過濾，濾池亦用厚層砂礫，並用消毒劑消滅微生物，然後用壓力分送各用戶。更有一簡便常用的做清飲料水的方法，便是把水煮到沸騰，因為煮沸後，可以沉澱一部份的礦質，微生物也都煮死了，飲了也無害，是我國的好習慣。

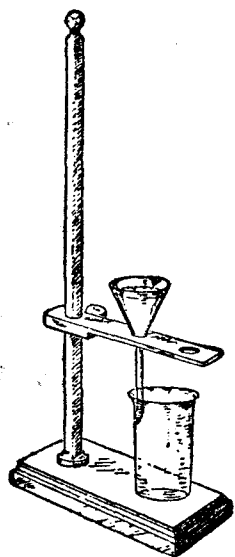


圖 5 實驗室過濾法

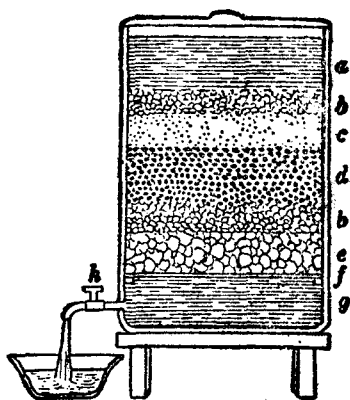


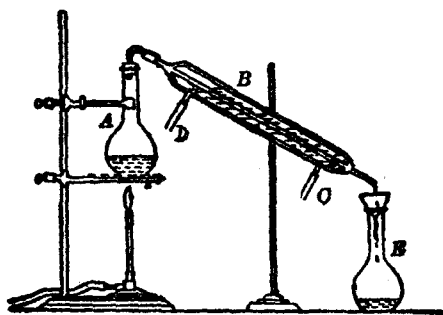
圖 6 濾水器

良好的飲料水，須要完全透明，無色，無臭，

並含有少許礦物質和空氣。

17. 蒸餾 煮水的壺，用得久了，壺內便附有積垢，因為天然水所含礦質，逐漸沉積，此可證明有固體物溶解於水中。將天然水在玻璃器加熱未沸騰前，四壁常有氣泡發生，這是有氣體溶解於水中的原故。水沸騰時，化爲水蒸汽，使水汽受冷，凝結成水，其中便不含固體和氣體。凡加熱於某物質使其化爲氣體，然後冷凝而集取的方法，稱爲蒸餾 (distillation)，常用來提淨液體。

圖 7 是尋常實驗用的蒸餾裝置，把要蒸餾的



A 蒸餾燒瓶， B 冷凝器，在管的外面，  
有冷水運流不絕 C 冷水入口  
D 冷水出口 E 受器

圖 7 實驗室的蒸餾裝置



液體，放在蒸餾瓶 (distilling flask) 中，煮沸，液體化爲氣體，在冷凝器 (condenser) 裏受了器的外層冷水的作用，凝爲液體，流到受器 (receiver) 中。若用著色的水作蒸餾實驗，便見色素常留在瓶中，而無色的清水，流入受器。

如蒸餾多量的水，應當用圖 8 所示蒸餾器，這

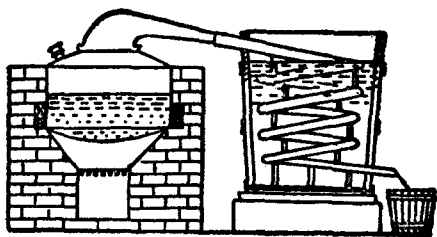


圖 8 水的蒸餾

器的主要部份，是常用金屬製造。

18. 水之性質 蒸餾所得的水通常稱爲蒸餾水 (distilled water)，比較其他來源的水，都純粹。所以考查水的性質，可以用他作代表；在調製藥劑及化學實驗上，爲不可少之物。依據普通的觀察，水是透明無色的液體，積層稍厚，就有淺藍

色。無臭味，和普通的飲料水，略有不同的味道；因為普通的飲料水，含有無害的雜質，（如空氣等）飲了有涼爽的感覺。

水是比較容易做得很純粹，所以常用他做量度的標準。例如水結冰的溫度，百度表取為零度。在通常氣壓<sup>①</sup>之下，水沸騰的溫度，就取作百度表的一百度。

水的密度在百度表四度時定為一。就是在普通的溫度，他的密度亦不過減少千分之二。冰的密度，大約是 $0.917$ ，所以冰能浮在水上。我們從這一點，還可以曉得水變冰時，體積是會增加的。

19. 溶液 用泥和水，得到的是濁液；把鹽和水，所得的是清液。若把他們蒸乾，泥和鹽又現出來了。由這事實，我們知道泥和鹽都是混和在水裏的，水鹽泥的性質都不會變，所造成的，

<sup>①</sup>通常氣壓就是一氣壓指能支持水銀柱 76 公分的壓力。

都是混合物。

以上所說的兩種混合物之中，前一種是各部份的性質不同，稱爲**不均態** (heterogenous state)。後一種是各部份的性質一致，稱爲**均態** (homogenous state)。在均態的混和液體，稱爲**溶液** (solution)。所溶解的物質，例如鹽等，稱爲**溶質** (solute)。能溶解他物的物質，例如水等，稱爲**溶媒** (solvent)，或者叫他**溶劑**。

拿水做溶媒的稱爲**水溶液** (aqueous solution)。因爲我們常用到他，所以簡單點叫他**溶液**。

溶質不限於固體，如用酒精與水相和，亦成**溶液**。凡兩種液體所成的**溶液**，通常認多的爲**溶媒**，少的爲**溶質**。

20. **量液體的儀器** 實驗上處理液體和度量他的多少，常用簡單的玻璃器。移液管 (pipette) 是用來取一定體積之液體的。滴定管 (burette) 適於取出任意體積之液體，於量度須精確時用之。

測容筒或量筒 (measuring cylinder) 上有刻度，所以任意移出多少，適於粗略的測定。測容瓶 (measuring flask) 是用來盛一定體積的溶液或液體的，要作精密實驗纔用他。燒杯 (beaker) 通常都

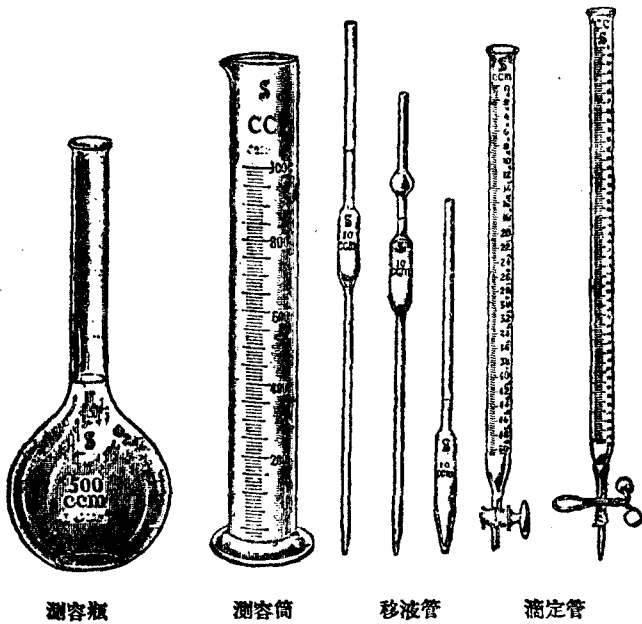


圖 9 刻度的測容器

不刻度數。以上各種儀器，每種常有大小不同的，看需要的情形選用。

21. **溶解度** 在一定溫度之下，一定量的溶媒，所溶解的溶質之量，有一定的限制。達到這限界的溶液，稱為**飽和溶液**(saturated solution)。溶媒百分，達於飽和時，所含溶質的量，稱為此溶液在此溫度的**溶解度** (solubility)。圖 10 表示數

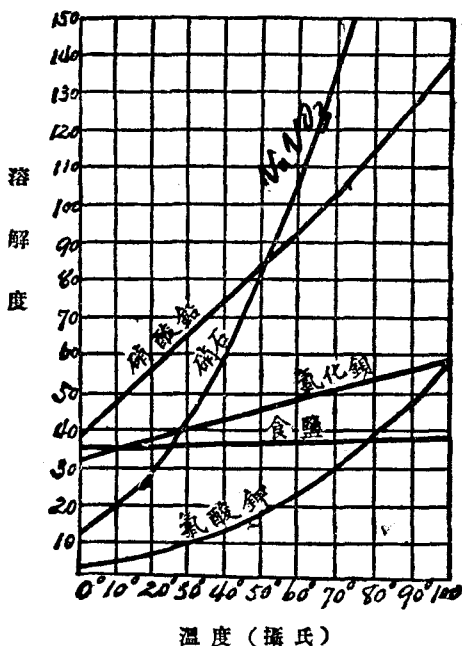


圖 10 溶解度曲線

種物質的溶解度和溫度之關係，稱為**溶解度曲線**

(solubility curve)。

普通固體的溶解度，隨着溫度上昇而漸增加，如明礬硝石硝酸鉛等，都是顯著的例子。食鹽的溶解度，便是例外，溫度雖上昇，所增甚微，約常為 36。

22. 結晶和結冰 加明礬末於水中，加熱，便見其溶解量增多，裏面放一條線，緩緩放冷，八面體的明礬結晶，便分離出來，這因為溫度降低，溶解度變小，不能不把一部份溶解不了的固體分出來，要得純粹的固體，常用結晶法(crystallization)，同要得純粹的液體常用蒸餾法一樣。

明礬現八面形，還有許多物質，能現一定的幾何學之形態，如食鹽的正方形，雪的六稜形，都叫他為晶體 (crystal)，或稱結晶。

取食鹽的結晶，加熱，發生微小的聲音而飛散，取明礬的結晶熱之，有水蒸汽排出，由此可以推知明礬晶中必含有水，許多晶體有此性質，

結晶中所含的水，便叫**結晶水**（water of crystallization）。

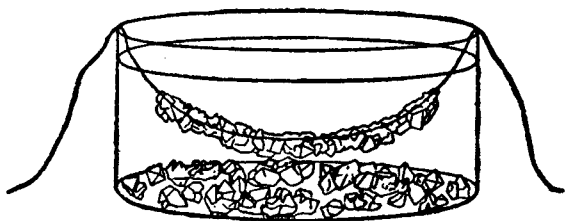


圖 11 明礬結晶

稀薄的水溶液，冷時可以結冰（freezing），例如食鹽的稀薄溶液，冷時可有純粹的冰分出，所餘的鹽液變得更濃，所以在寒冷的地方，就可以用這方法，把海水變作食鹽的濃厚溶液。

### 問 題

1. 地面上天然的水，何以沒有純淨的？
2. 說明硬水的意義；雨水，泉水，河水是硬水嗎？
3. 試舉兩種簡便的淨水方法。
4. 設有沾染了墨水的一瓶蒸餾水，你用什麼方法使他純

淨？

5. 硝石和硝酸鉛的溶解度，在百度時比在零度時大若干倍？
6. 就你們生活的經驗，能舉出幾個溶解作用的例子來麼？
7. 市上所售粗鹽往往雜有泥土草屑，以及種種不潔的物體，試述一個提煉的步驟。
8. 我們要使一種固體物質的水溶液，快快成飽和溶液，有什麼方法可利用？



## 第四章 水的組成 氫

23. 水的分解 把盛滿了水的玻璃筒，倒立在水盆裏面，照圖上安排。用鉗取鈉 (Sodium) 一小片，浸入筒口的底下，當鈉觸水面的時候，便有作用發生，發出嘶嘶的聲音，同時有氣體出來。把氣體收集在筒內，取出水槽時，還要使他

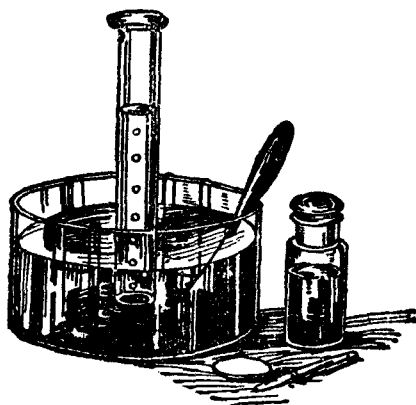


圖12 鈉和水的作⽤

筒口向下。此時把燭火很快的送入筒裏，火就立

刻熄滅，同時筒口有氣體燃燒的焰。這種氣體的性質，和以前實驗的氧和氮不一樣了。我們知道氧是能助燃的，但是現在試驗的這種氣體使火熄滅，和氮一樣是不助燃的。然而他自己能燃燒，我們就說他有自燃性，此種性質氧和氮都沒有。我們得到的氣體，是一種元素，學名爲氫(hydrogen)，普通叫輕氣。氫是鈉和水作用而生的，鈉是一種元素，所以我們可以推測，水中應當含有能發生氫的物質。

要證明氫是確由水裏發生，我們再做一個實驗。

加硫酸數滴在水中，用水的電解器，如圖13的裝置。通電後便見兩極白金片的表面上，發生氣泡，到後來，陰極上發生的氣體，體積比陽極所發生的約有二倍。用燭試驗，便知體積多的是氫，少的是氧。我們若加嚴密的考驗，知道其初加入的硫酸，多少仍舊沒有變化，用氫氧化鈉代

硫酸，亦能得同樣的結果。所以敢說這兩種氣體，

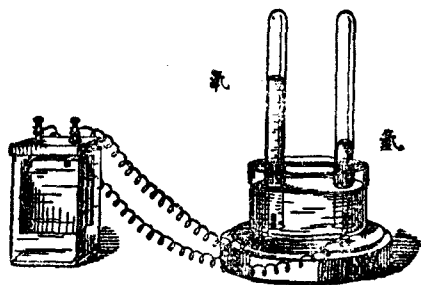


圖 13 水的電解

是由水分解而生。凡用電分解物質的作用，稱為電解 (electrolysis)。水的電解，是工業上製輕氣養氣最簡單的方法。

用實驗室的方法，使化合物分解為成分，這件事我們叫作分析 (analysis)。研究物質成分的化學，就叫分析化學 (analytical chemistry)。

24. 氫的實驗室製法 通常製氫的方法，是放鋅粒在玻璃瓶裏面(圖 14)，由漏斗加入稀硫酸，便有氣體發生。但先放出的氣體，混有器內的空氣，待氣體發生片刻後，用試管行排水集氣法，

採來檢查，等到祇會燃燒而不爆鳴時，纔算純粹

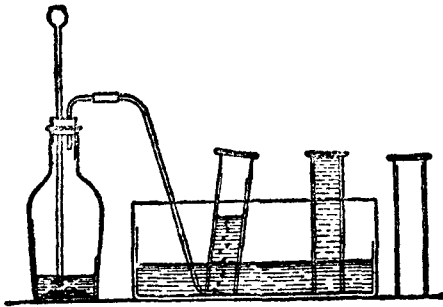


圖 14 氫的製法

的氫。再排水收集在廣口玻璃瓶中，以備試驗。

25. 水的合成 通常製出的氫，都含有濕氣，必使通過放乾燥劑(常用氯化鈣)的管中，吸去水分，而後點火燃燒(圖15)。如用玻璃鐘將焰罩住，

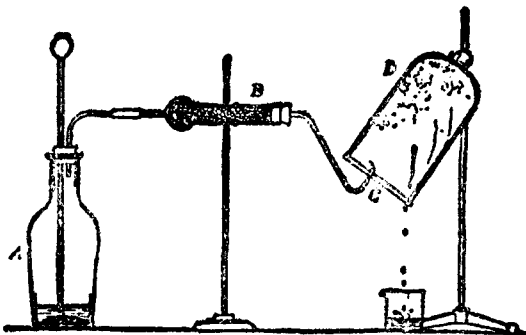


圖 15 水的合成

便見鐘內有水氣凝結，頓現濛濛，稍待即有水點流下。由此試驗，我們知道氫和空氣中的氧化合，能夠生水，這種由數種物質化合生出新物質的作用，稱為**合成** (synthesis)。由水的分解和合成的試驗，我們確定水是氫和氧化合而成；氫與氧體積的比例，是二和一。

26. **氫的性質和用途** 氫也是無色無味無臭的氣體。自能從水裏收集的一點看來，可知其不易溶解於水。各種氣體之中，氫是最輕的一種，因此叫他輕氣。一公升氫的質量，為0.0898公分，僅為空氣之十四分之一。我們可用一個簡單的試驗來證明這件事實，方法是用兩個玻璃瓶，A裝着氫，B內有空氣，將裝氫的A瓶傾斜，對着那倒立盛空氣的B瓶口，如圖16所示，氫即上昇，入B瓶內，將空氣排出，然後用燭火來試驗，證明氫的置

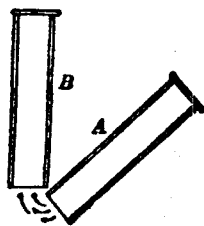


圖 16 由下瓶傾入上瓶

換。盛有氫的肥皂泡和薄膜球，上昇很快，都是一個道理。利用這原理的，有輕氣球，隨自然的氣流而飛騰，可用於科學研究和軍事偵察。飛船除細長形氣囊外，其下尚備有推進機和舵機，控制方向，為軍事交通和漁業的利器。

氫能燃燒，前面已見過了。氫和氧或空氣相混，遇火便劇烈爆發。可用氫和氧共通入肥皂液

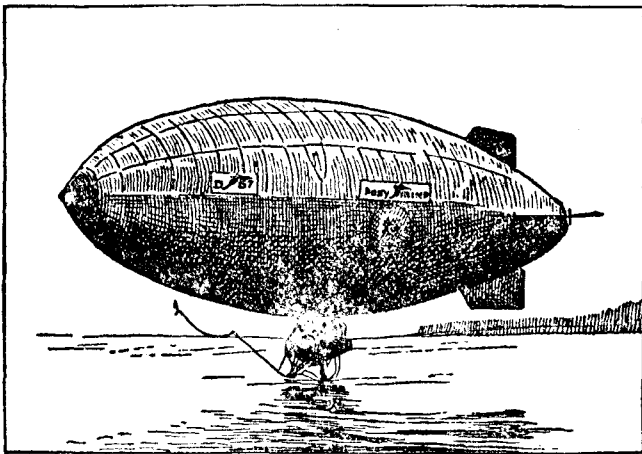


圖 17 遠洋漁用飛艇

中，吹成許多氣泡，着火即炸，發生很大的聲響。尋常處理氫時，切忌空氣混入，以免爆裂危險。

但燃氫於氧的大氣內，不先混合，則不爆發。燃燒的光焰雖弱，溫度甚高，利用這火焰的溫度，可使白金水晶一類難熔的物體熔融。此種器具，

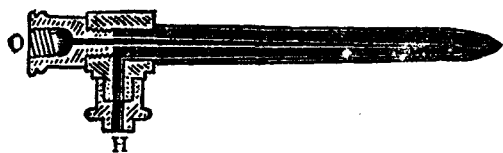


圖 18 氫 氧 吹 管

叫做氫氧吹管(oxyhydrogen blow pipe)。

## 問 題

1. 根據你實際觀察的印象，說出氫的各種性質。
2. 說明電解，合成，分析的意義。
3. 自然界中什麼是氫的主要化合物？
4. 從你的觀察，舉出兩件事實來，證明輕氣是比空氣輕。
5. 兩體積的氫和一體積的氧混合起來，和水蒸汽有什麼不同？
6. 氫同氦都可以用來裝氣球或飛船上的氣囊，氦比氫好在

那一點，何以現在還有用氫的？

7. 本章水的合成的實驗中，何以先要將氫所含的水分除去？不除去不可以嗎？
8. 氫氧吹管裏，何以不將氫通入中心管，而通入外層管？



## 第五章 物態變化和溫度壓力的關係

27. 大氣的壓力 空氣的密度雖小，可是包圍地球的空氣層很厚，壓在地球上的力也很大。在高山上，空氣層的厚度，比較薄些，所以壓力也小些。在海面上，空氣層比較厚些，所以氣壓也大些。就是在一個地方，每日每時的氣壓，也有大小不同，隨時變化。科學上用來作標準的氣壓單位，是全球各地氣壓的平均數，作為一氣壓 (one atmosphere 或 one bar)。

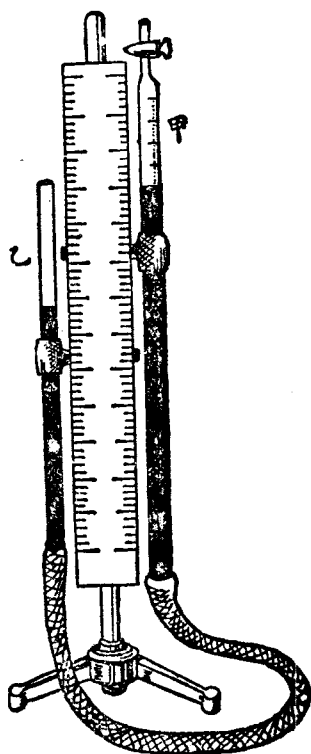


圖 19 氣體的壓力

空氣壓力的大小，可用一個實驗方法來表示。拿一條刻度的并有緊密的活栓的玻璃管(甲)，用一長段堅厚的橡皮管，和另一條玻璃管(乙)，照圖上聯接起來；先把甲管的活栓開放，將水銀裝滿甲管，同時乙管裏亦有少量的水銀，然後將甲管的活栓關閉，慢慢將乙管向下移，可看見乙管的水銀加多。甲管的水銀下降，頂上空虛起來，那裏已經沒有空氣，成了真空(vacuum)。此時可以看出兩管裏水銀面的高度相差在 76 公分 (cm) 上下，這表示壓在乙管水銀面上大氣壓力，能抵住 76 公分高的水銀的壓力，所以這水銀柱的高低，可以代表氣壓的大小。各地的氣壓，總是在 76 公分上下，所以 76 公分的水銀柱的壓力，便被選作氣壓標準了。科學上所說的一個氣壓，就是這樣大的壓力。

28. 氣體體積和壓力的關係 仍用上節的儀器，在甲管內留一部份的空氣，閉好活栓，把乙

管的水銀面升到和甲管的在一個水平面上。此時管內空氣的壓力，和外面的一樣大。把管內空氣的體積記下，但不要使他的溫度有變化。

把乙管升高，使管中水銀面比原地位高幾公分，甲管內空氣的溫度，亦不使有變化。此時甲管裏的空氣，因所受的壓力加大，體積便縮小，水銀面隨着上升，但不如乙管的那樣多。甲管裏的空氣，在體積減縮之後，有壓力抵抗他所受的壓力，強度也相等，使甲管的水銀面，不能再上升。甲管空氣在體積縮小後的壓力，等於甲乙兩管水銀柱相差的一段的壓力，與大氣壓力之和。甲管裏空氣在變前的壓力，原和大氣壓力相等，現在大氣壓力又未變化，可見在溫度不變時，甲管裏的空氣的體積變小，他的壓力變大。

反之，把乙管降低，使管內的水銀比最初的地位低幾公分，管內的空氣溫度，也要保持不變。此時甲管內空氣的體積擴大，但水銀面之降

低，不及乙管水銀面之多。甲管的水銀面，是比乙管高些。現在甲管裏空氣的壓力，要加上甲乙兩管水銀柱相差的一段的壓力，纔能抵抗大氣壓力；但甲管裏空氣在最初的壓力，原和大氣壓力相等，現在大氣壓力亦未變化，可見在溫度不變時，甲管裏空氣的體積變大，他的壓力變小。

我們用  $h$  表示乙管水銀柱高於甲管水銀柱的長度，甲管裏空氣的壓力，便是  $76 + h$  (公分)，可用  $P$  來代表。假設甲管裏空氣的體積，用  $V$  代表，用空氣 50 立方公分<sup>①</sup> 作精確的實驗，可得下列的結果來：

$h$ (公分)	0	24	-26	-38	-57
$P$ (公分)	76	100	50	38	19
$V$ (立方公分)	50	38	76	100	200
$P \times V$	3800	3800	3800	3800	3800

從實驗的結果，可知壓力減至二分之一，體積便大

① 美國現在改用 ml (mili-litre)，別國仍用 cc (cubic centimetre)。

至二倍；壓力減至四分之一，體積便大至四倍；  
可以作成這樣的一個結論：

空氣的溫度，保持不變，空氣的體積和壓力  
成反比例。

這便是很有名的**波以耳定律** (Boyle's Law)，空氣體積和壓力的關係，可用簡單的公式表示出來的：

$$P \times V = C$$

C 是一個定數(constant)，上面表裏許多的 3800，便是很好的例。他的值隨管內空氣的量而變，又因所用的體積和壓力的單位而不同，但是總有一定的值。

空氣是氮氧二氣的混合物，空氣和壓力，有這樣的關係，那末，純粹的氮或氧，自然都有相同的結果；氫和其他的氣體，也是這樣的。

29. 氣體體積和溫度的關係 仍用前節的儀器，在甲管外面，套一個大玻璃管，大小兩管之

間，放冰和水，或通水蒸汽，或各種溫度的水，把溫度變到所要的溫度，便保持一定的度數。把兩管裏的水銀面，升降到一樣高，使甲管裏的空氣壓力和外面的大氣壓力一樣大，把甲管的空氣的體積記下，精確仔細的做，可得下列的結果來：

溫度	0°	10°	20°	30°	50°	80°	100°(百度表)
體積	273	283	293	303	323	353	373(公分)

如在  $0^{\circ}\text{C}$  時，體積用  $V_0$  代表，在  $t^{\circ}\text{C}$  時，體積用  $V_t$  代表，上面的結果，便合於下面的一個公式所表示的關係：

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) \quad \text{即} \quad V_t = V_0 \left(\frac{273+t}{273}\right)$$

即是一定量的空氣，在一定的壓力之下，體積的變化，和  $(273+t)$  成正比例。這個結論，便是查爾士定律(Charles Law)。一切氣體，都可適用。

30. 絕對溫度 根據查爾士定律法作推論，若是溫度降到零下 273 度 ( $-273^{\circ}\text{C}$ )，豈不是氣

體的體積，都可變成零嗎？所以把零下 273 度，認作無可再降的溫度，叫作絕對零度 (absolute zero)。實際上許多氣體，等不得降到絕對零度，已經變成液體，不受這定律的支配了。所以這定律和波以耳定律一樣，要在一定的條件之下使用的。

從絕對零度起算的溫度，叫絕對溫度 (absolute temperature)，用  $T$  來代表他，所以  $T = 273 + t$ ，因此查爾士定律，可改寫成這樣：

$$V_t = V_0 \times \frac{T}{273} \quad \text{即} \quad V_t = \frac{V_0}{273} T = \alpha T$$

$\alpha = \frac{V_0}{273}$  是一個定數，惟因氣體的量而不同，但是氣體之量有定時，他也有一定的值；因此上面的結論的詞句換成：

一定量的氣體在一定的壓力之下體積和絕對溫度成正比例。

31. 氣體定律 今有氣體若干，溫度是百度

表  $t$ ，壓力是  $P_0$  時，體積是  $V$ ；又在同一溫度，壓力變為  $P'$  時，體積變為  $V'$ 。若是  $P_0$  不變動，而溫度降到百度表零度，體積便變成  $V_0$ 。現在就可根據前兩節所說的定律，用兩個方程式，把他們的關係表示出來：

$$P_0 V = P' V' \quad (\text{波以耳定律})$$

$$V = V_0 \left( \frac{273+t}{273} \right) \quad (\text{查爾士定律})$$

從這兩個方程式，消去了  $V$ ，便得：

$$\frac{P' V'}{P_0 V_0} = \frac{273+t}{273}$$

$$\text{故 } \frac{P' V'}{P_0 V_0} = \frac{T_t}{T_0} \quad \text{即 } P' V' = \frac{P_0 V_0}{T_0} T_t$$

即表示氣體的壓力與體積的乘積和絕對溫度成正比，這便是氣體定律 (gas law)。

氣體的體積和溫度壓力的關係，既是這樣變化，不得不選定一個可以作標準的溫度和壓力，以便作比較的標準。科學上都用百度表的零度和一氣壓以作標準，便是所謂標準狀況 (standard



condition), 在溫度  $t$ , 壓力  $P'$  時, 體積有  $V'$  的氣體, 我們求他在標準狀況時的體積, 便照下式計算。

$$V = V' \cdot \frac{P'}{P} \cdot \frac{T_0}{T_t} \quad \text{即} \quad V = \frac{P'V'}{76} \times \frac{273}{273+t}$$

32. 潛熱 冰受了熱, 溫度升到零度, 便不再升, 冰漸融化成水。這時冰和水都保持零度的溫度, 必須完全融化之後, 溫度再從零度升上去。水受熱升到百度, 就不上升, 只變成百度的水蒸汽, 等到水完之後, 再加熱時, 水蒸汽的溫度纔上升。從這兩件事, 我們知道一部份的熱, 是用來使物體的狀態發生變化的, 水凝成冰, 汽凝成水時, 這熱仍要放出來。這部份的熱, 叫潛熱 (latent heat)。前一例是融解熱 (heat of fusion), 後一例是氣化熱 (heat of vaporization)。有少數的固體, 直接氣化的, 如樟腦和碘之類, 亦要吸取潛熱的。

人工造冰, 便是利用潛熱的例子。先使二硫

化碳 (carbon disulfide)，或液狀的氨 (ammonia) 蒸發，周圍的水的熱，便被吸去，做了他的潛熱，水的溫度下降，繼續如此，水便冷到結冰了。二硫化碳或氨的氣體，另用壓機壓成液體，可以循環不絕的使用。

33. 發熱和吸熱的變化 物質的變化，也脫不了熱的關係，燃燒和發酵，都能生許多的熱，是很普通的例。這樣的叫發熱的作用 (exothermic reaction)。氮和氧化合，成了氧化氮，便要吸收許多的熱，這樣的叫吸熱的作用 (endothermic reaction)。可是非在高溫度不能得多量的熱，所以氮在通常溫度，是不易起作用的。凡是化學變化，都是吸熱或發熱的，只是熱量有多少不同罷了。

34. 融點和凝固點 由固體變成液體的溫度，叫融點 (melting point)。由液體變成固體的溫度，叫凝固點 (solidifying point)。只要是一種純

粹物質，這兩個溫度是相同的，而且是有一定的。這是物質的特性，我們可舉幾種常見的物質來作個證明。

水銀	水	錫	鉛	金	銅	鉑(白金)
-38.8°	0°	232°	327°	1064°	1084°	1755°

上面所舉的幾個例，都是在標準狀況之下的，若是有了壓力的影響，便有增減了。例如用力壓冰，雖在零度，亦不能保持原狀；因為有了壓力，水的凝固點，已移在零度以下了，壓力一退，立刻會再結成冰，這現象叫復冰 (regelation)。冷天在雪裏行走，鞋底上的雪會變厚，便是這個原因。

35. 溶劑的凝固 溶液是溶質和溶劑的混合體，溶質和溶劑，自己的凝固點，是有一定的。溫度下降時，溶劑的一部份，先變成固體；淡鹽水結冰時，水結成純粹的冰，鹽被留在未結冰的水中。凡是溶劑從溶液中變成純粹的固體的溫度，這是溶劑在這溶液中的凝固點，通常又叫冰點

(freezing point)。這溫度總比溶劑在單純狀態時的凝固點低些，所以水溶液的冰點，都在零度以下。

36. **液體的蒸氣壓** 用兩條一端開口的長玻璃管，都裝滿水銀，倒立在水銀盆中。兩管水銀的上面，都成了真空。在b管的下口，放進一點醚，醚會升到水銀頂上，立刻變成氣體，便看不出了，水銀便降下來。a管和b管水銀面相差的高度，便表示醚的蒸氣壓。

液體時常會蒸發成氣體，成了蒸氣(vapor)，蒸氣所發生的壓力，叫**蒸氣壓**(vapor pressure)。在一定的溫度，蒸氣壓有一定的限度，到了這限度，液體便不再蒸發了。此時氣體和液體，都能存在，保持住平衡，不增不減，這時的蒸氣，已經飽和了，叫**飽和蒸氣**(saturated vapor)，這時的蒸氣壓，叫飽

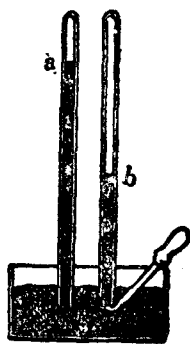


圖 20 蒸氣壓

**和蒸氣壓** (saturated vapor pressure)。水在許多溫度的蒸氣壓，舉幾個來作證明：

溫度            0° 10° 20° 30° 90° 100° (百度表)

飽和蒸氣壓 4.6 9.2 17.9 31.6 525 760 (公釐)

液體的蒸氣壓，若是未到飽和蒸氣壓，液體便要繼續蒸發，到能達到飽和氣壓纔停止。假使蒸氣散去了，便永久不能達到飽和蒸氣壓，液體便會繼續蒸發以至於盡。盆裏的水，日久漸乾，即爲此因。假使蒸氣壓，比那同一溫度的飽和蒸氣壓還大，蒸氣又多，這時蒸氣便要凝成液體，一直到蒸氣壓只能有飽和蒸氣壓之大纔停止。所以各種物質在同溫度，只有一個飽和蒸氣壓，在高溫的飽和蒸氣壓，當比在低溫度的大，可說是隨着溫度增加，但不是成簡單比例的。

37. **液體的沸點** 液體受熱，溫度逐漸升高，液體的蒸氣壓，也隨着增大，到液體的飽和蒸氣壓，和外面的壓力相等時，液體的內部，便發生

氣泡，氣泡裏的蒸氣的壓力，到了能和外面的壓力和液體的壓力的和相等時，氣泡便直衝出液體來，液體上面，全是他的飽和蒸氣，這種現象，就叫沸騰 (boiling)。此時液體上面的空氣，被蒸氣排斥完，蒸氣的壓力，也和外面的壓力相等了。

我們要測定一種液體的沸點，只要使他的飽和蒸氣的壓力，恰等於標準氣壓，那時他的蒸氣所有的溫度，便是他的沸點 (boiling point)。因為外面的壓力，和液體的飽和蒸氣壓有關係，如能將外壓設法減小，液體便不必到他的沸點的溫度，也會沸騰的。幾種常見液體的沸點，寫在下面，大家不妨去比較一番。

水	水銀	酒精	硫磺	氧	氮
100°	357°	78°	445°	-182.5°	-195.7°

38. 昇華 固體亦會蒸發，我們能嗅得樟腦或碘的氣味，便是很平常的例。固體在一定的溫度，也有一定的蒸氣壓，可是都比在液體狀態時

小。所以在他的融點時，他的固體的蒸氣壓，是和他的液體的蒸氣壓是相等的。

有許多物質，在通常溫度，有很大的飽和蒸氣壓，所以很易揮發。酒精，樟腦，汽油，都是這樣。這種性質，叫**揮發性** (volatility)。有許多物質，卻不是這樣，食鹽和糖，都屬於這一類，這種性質，叫**不揮發性** (non-volatility)。

有少數的固體，他的蒸氣壓很大，和一般受熱融解為液體的固體不同。到了他的蒸氣壓能和外面的壓力相等時，他便直接變成氣體，不經過變成液體的級段。他的蒸氣受了冷，便直接變成固體，並不變成液體。碘便是這樣的，硫磺和雪，有時也是這樣。這種變化，叫作**昇華** (sublimation)。

39. **溶液的沸點** 溶液的沸點，比他的溶劑的沸點，總有些或高或低的差異。酒精的水溶液，不到百度便沸騰。食鹽的水溶液，到了百度還不會沸騰。所以這沸點的升高和降低，要看所溶的

溶質的性質。工廠和實驗室裏，將兩種液體的混合體，隨沸點的不同，分成若干部份，經多次的分別蒸餾，可得出純粹的液體來。這種方法，叫作**分餾** (fractional distillation)。

40. **臨界點** 蒸氣受了比他的飽和蒸氣壓還大的壓力，便要變為液體；但是和溫度有密切關係，不在某一溫度以下，任你用多大的壓力，無法變他成液體。例如水蒸汽須在  $374^{\circ}$  以下，氧須在  $-119^{\circ}$  以下。到了這個溫度，用相當的壓力，便會變成液體了。這個溫度，就是這種物質能被液化的最高溫度，叫**臨界點** (critical point)，在這個溫度要使他變為液體，非用不可的壓力，叫**臨界壓** (critical pressure)。所以氣體的液化，溫度和壓都是不可忽視的條件。

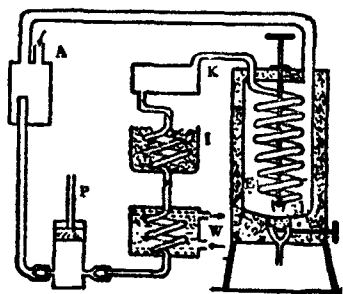
古代因為設備不夠，空氣，氫，氧，氮，氣都不能液化，因此有一個名詞，叫永久氣體 (permanent gas)。現在的設備改良，方法進步，氣體都可以



壓成液體了。

41. 空氣的液化 空氣是氧和氮的混合體，氧和氮既都可液化，則空氣自然也可設法使他變成液體。圖 21 和說明，已將製造液狀空氣的方法說了一個大概，實際情形，還要複雜些。

這種液狀空氣，現在用來開鑛，代替炸藥，潛艇也用他來供給空氣。裝在鐵製的圓筒中，用螺旋塞密閉，可以運送各地供用。把液狀空氣施行分餾，可先把氮分出，因為氮的沸點



P. 壓縮吸筒 W. 冷凝器(水)  
I. 冷凝器(水) K. 氫氧化鈉  
D. 蛇管 J. 噴筒 R. 受器  
A. 空氣吸入室

圖 21 空氣的液化

( $-195.7^{\circ}\text{C}$ )，比氧的沸點 ( $-182.5^{\circ}$ ) 低，溫度較低時，便會分出來。現在用這樣的氮，作造炸藥火藥的基本原料，氮出來之後，餘下的是氧。這液狀的氧，裝在鋼管裏出賣，在工業上，作接

鐵或斷鐵之用。高空飛行，也要用他。所以液狀空氣和他的分餾產物，都是工業和國防上的重要資料。

### 問 題

1. 你能用查爾士定律作根據，說明空氣的對流現象嗎？
2. 河水結冰時，海水何以不結冰？高山上的開水，溫度何以不到百度表一百度？
3. 用唧筒打空氣進皮球的氣囊，愈打愈硬，愈打愈費力，氣放出了，氣囊縮小，是何道理，能說明嗎？你是根據那一個定律說的？
4. 測氣體的體積時，對於溫度氣壓，何以要特別注意？
5. 氧，氮，和水的沸點，是絕對溫度多少度？
6. 在標準狀況之下，有五公升 (litre) 的氣體要裝入有一公升容量的器具內，壓力要變到多少？若是要把體積增加到十公升，溫度應當升高多少度？
7. 汽機鍋爐裏的水，他的沸點，應該有什麼樣的變化？這

變化是由於什麼原因？

8. 酒坊裏蒸酒，最早出來的一部份最好，味最烈，最後出來的，幾乎沒有酒氣味了，這是什麼理由？
9. 在 71 公分的氣壓之下，有氣體 24 立方公分。若氣壓變成 76 公分，溫度不變，這氣體的體積，有多少立方公分？
10. 一公升的空氣在標準狀況時，重 1.293 公分，假使溫度變成  $15^{\circ}\text{C}$ ，一公升的空氣，重量有多少？

## 第六章 碳 碳的化合物

### 第一節 碳的氧化物

42. **二氧化碳** 二氧化碳，通常叫作碳酸氣。凡是含碳的物質，經過燃燒，便生碳酸氣，空氣中常有少量的碳酸氣，就爲此因。再則動物的肺臟和皮膚也要呼出碳酸氣，所以人羣雜湊的地方，空氣便不適於呼吸，因此要特別注意通氣。

把稀鹽酸加到大理石或方解石上，便會發生二氧化碳，通常都用此法製備碳酸氣。澄清的石灰水，遇了碳酸氣，會變成乳白色，發生沈澱。我們將一杯清澈的新製的石灰水，放在人多的地方，片刻就變成渾濁的白水，可見空氣中碳酸氣很多；但是放在曠野中，便沒有這樣快了。

工業上製造二氧化碳，是用燒窯的方法。把石灰石和煤，放進窯內，升起火來，石灰石受熱，便起化學變化，分解成碳酸氣和生石灰。這兩種物質，在工業上都很重要，化學工業發達的國家，有很大的廠製造他。石灰石是一種分佈很廣的礦物，各地都有，純白的大理石，是石灰石的最純淨的一種。只要含有多量碳酸鈣 (calcium carbonate) 的岩石，都可用來作原料。

二氧化碳和石灰水所生的沈澱，便是碳酸鈣。可是他的物理性質，和大理石裏的碳酸鈣不同。因為他比較輕鬆，在工業上有特殊的用途，用來造牙粉牙膏，以及和在橡皮裏做充料等等。所以工業上特給他一個輕碳酸鈣的名，表示和礦物裏的，屬於重性之碳酸鈣，是不相同。

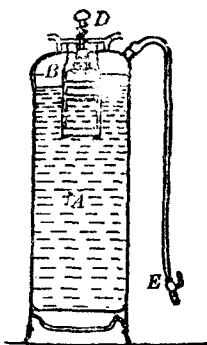
43. 二氧化碳的性質 二氧化碳，是無色無味無臭的氣體，溶在水裏，便成碳酸 (carbonic acid)，有酸性反應。所以二氧化碳，可由碳酸失

水而成，因此又叫**碳酸酐**<sup>①</sup> (carbonic anhydride)，以前都叫作無水碳酸。

二氧化碳比空氣重，不能助燃，放個燭火在一隻杯中，取一瓶二氧化碳，往杯裏傾，燭火便熄掉，這是很好的證明。在標準狀況時，一公升的碳酸氣，有1.965公分，比空氣重三分之一。

這種氣體，易溶於水，溶有碳酸氣的水，有清涼爽適的味道，汽水荷蘭水受人歡迎，即爲此因。

二氧化碳在水裏溶解的量很大，如將氣體用壓力往水裏壓，還可以大大的增加，汽水和啤酒，開瓶之後，會有泡沫衝出，即因碳酸氣向外湧之故。氣體的溶度，隨壓力而增加，各種氣體，都



- A. 碳酸氫鈉溶液  
B. 瓶中盛碳酸用時可倒置此器，擊D使破B瓶則二氧化碳由E口射出

圖 22 二氧化碳滅火器

① 酸縮水即成酸酐 (acid anhydride)，酐音干。

是如此。亨利定律 (Henry's Law) 便是說明這種關係的。

二氧化碳很容易被壓成液狀，液狀的二氧化碳，裝在鐵筒裏出賣，在工業醫術和學術研究上，很有用處。

二氧化碳能被氫氧化鈉吸收，起化學變化，成碳酸鈉，吸收得非常快，可用此法測定二氧化碳的多少。

44. 碳 含碳的物質，燃燒後，能生二氧化碳，我們已知道了。我們把燃火的鎂條，送進裝碳酸氣的瓶裏，瓶裏會發生黑色的物質，因為鎂從二氧化碳奪去了氧，碳被分離出來了。這樣可以證明碳酸氣裏確含有碳。從這兩件事，我們亦相信碳(carbon) 是一種元素了。動物和植物的呼吸，都放出碳酸氣，可見動物和植物，都是含有碳質的。

45. 碳的同素異形體 金剛石 (diamond) 和

**石墨**(graphite)在氧中燃燒，都只生二氧化碳，可見他們所含的，都祇有碳。金剛石是結晶形的寶石，石墨是黑色的非結晶物，卻都是碳的同質異形的物質，一種物質的幾種性質不同的形體，叫做**同素異形體**(allotropic form)。

金剛石是礦物，硬度很大，上等的用作裝飾品，顏色不好的，用來鑽孔和割割玻璃。近年發明了人造金剛石，可惜顆粒不大。石墨也是礦物，浙江，江西，江蘇，陝西，都有出產，鉛筆便是用石墨製成的。機械的轉軸，亦用石墨粉和油作滑潤劑，以減少摩擦。因為石墨難熔，又用他製造坩堝，以供冶金之用。石墨能傳電，又用來製造電極，乾電池的陽極，便是用石墨造的。因為用途很大，近年也發明了用電爐製造石墨的方法，以補不足。

歐洲大戰中，各國製造防禦毒氣 (toxic gas 或 war gas) 的藥品，製成一種能吸毒氣的物質，



名叫**活性碳** (active carbon)。裝在防毒面罩的吸  
收罐中，空氣從那裏通過  
時，能除去空氣中的毒氣，  
使純淨的空氣，供人呼吸。  
椰子，胡桃，棕櫚果實的  
殼；桃，杏，櫻桃的核；  
和松，柏，鐵樹，紅杉等  
堅硬木材；都可做原料。

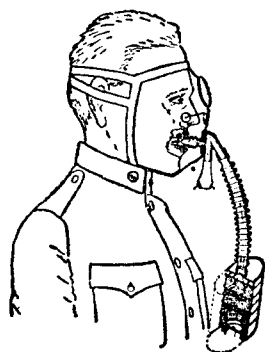


圖 23 防毒面罩和吸收罐

製法有數種：如通熱空氣或過熱蒸汽流於低溫度  
燒成的鬆炭和將木材先於化學藥品(如氯化鋅)中  
浸過，燒成鬆炭，再用鹽酸洗淨等，性質和普通的  
木炭，完全不同，所以又叫**活炭**(active charcoal)，  
是一種不可少的新軍需品。

石墨和活性碳，都是肉眼看不出晶形的物質，  
以前都叫作無定形碳 (amorphous carbon)，近年  
經精密的研究，證明都含有結晶。因為化學變化  
分解出來的碳質，在高溫度產生的，都含有結晶

體，低溫度產生的便沒有了。普通木炭和紙煤，都是在低溫度產生的，所以容易引火，但比重和硬度比石墨差得多了。

46. 一氧化碳 一氧化碳(carbon monoxide)，也是一種碳氧化合物。火爐裏有時有鮮明的藍色火焰，便是一氧化碳。在空氣裏燃出的火焰，他能和赤血球裏的赤血球質(hemoglobin)起作用，成一種紅色的物質，赤血球質便不能從空氣裏吸取氧，人便因此死去，全身都現紅色，是中一氧化碳毒的顯明證據。冬季在室中生火，門窗緊閉，睡後因之中毒而死的，每年都有，所以房內生火，不可忘了通氣。

燃燒時空氣不夠，便生一氧化碳。實驗室裏製一氧化碳，有兩個方法，(1)加濃硫酸到甲酸(formic acid)。(2)加

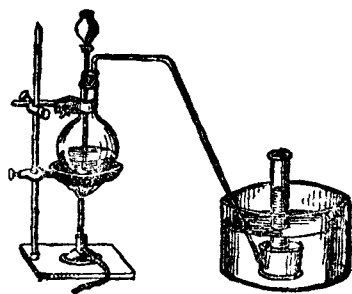


圖 24 一氧化碳的製備

濃硫酸到乙二酸 (oxalic acid) 裏，把發生的氣體，通過氫氧化鈉的溶液，那同時發生的二氧化碳便被吸去。一氧化碳比空氣輕，不溶於水，可用排水集氣法收集起來。

一氧化碳遇石灰水，不會生沉澱，與氧化合，變成二氧化碳之後，就有沉澱了。

### 問 題

1. 山洞裏常有很多的碳酸氣停積，不知道的人，誤走進去，會悶死在裏面，有什麼簡便的方法，可用來探試？
2. 人常說碳酸氣是不助燃的氣體，但是鎂能在碳酸氣裏燃燒，確是事實。現在我們對於助燃性和燃燒的意義，應該有什麼樣的新了解？
3. 在你所知道的氣體中，有那些是比空氣輕的，和比空氣重的，能自燃的，能助燃的，能滅火的；你都能指出嗎？

4. 木炭石墨燻食是黑色，糖和澱粉，被火燒之後，也變成了黑色的焦塊，我們可以說這被燒的物體含有碳嗎？  
黑色的一定是碳嗎？

## 第二節 簡單的烴<sup>①</sup>

47. 沼氣 水底有植物的枝葉堆積，受細菌的作用，分解之後，發生氣體，池中常有氣泡浮上，氣泡裏的氣體大部份是一種碳氫化合物的氣體，俗名沼氣(marsh gas)，學名甲烷<sup>②</sup>(methane)。這種氣體，煤礦煤層裂縫放出的氣裏，也有不少；火油井裏的天然煤氣，他也佔一大部份。人的腸裏放出的氣體，由細菌分解食物纖維而生的，亦含有不少的甲烷。

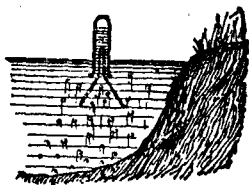


圖 25 池中收集沼氣

① 烴，讀如經， $\text{C}_n\text{H}_m$ ，碳和氫的化合物的簡稱。

△

② 烷，讀如完， $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ，各種飽和鏈烴的總名。

製備甲烷的簡便方法，是用乙酸鈉（sodium acetate）和蘇打石灰（soda-lime），放在燒瓶裏，加熱，甲烷便發生出來，用排水集氣法，收集供用。近年國內有人，利用有機性廢物，使他受細菌的作用，變化甲烷，以供炊煮之用，又可用來點燈，以代煤氣。

沼氣是無色無臭的氣體，不溶在水裏。有自燃性，在空氣中，發淡藍色的火焰，沒有光輝。燃燒後，和氧化合，生水和二氧化碳。若是有適量的空

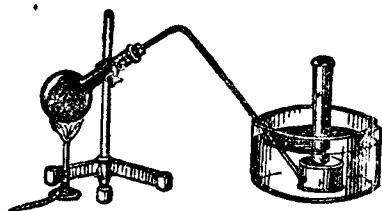


圖 26 沼氣的製備

氣和甲烷混合，遇火便發生爆炸，因為燃燒太快之故。煤礦的爆炸慘禍，大半是這個原因，能改良通風的方法，和用安全燈，便可避免爆炸了。但是用甲烷和空氣作發動機的燃料，便是利用他爆炸的力量，因為控制得法，不但無害，還能生利。

48. **成油氣** 把酒精和濃硫酸混和加熱，便有無色的氣體放出，引到水槽裏，用排水集氣法收集。這種氣體，俗名**成油氣** (olefiant gas)，學名是**乙炔**① (ethylene)。這種氣體，無色，但有微臭，不溶於水，在空氣裏，亦能燃燒，光輝比甲烷強，火焰帶微黃色，混和適量的空氣亦能爆炸。乙炔能促進植物的新陳代謝，農業上利用他加快植物生長，和助果實成熟。

49. **電石氣** 碳化鈣 (calcium carbide)，俗名**電石**，遇水即發生**電石氣**，此氣的學名是**乙炔**② (acetylene)，無色，氣味很臭，用電石製取的**乙炔**，因為有雜質，氣味更難聞。燃火時，會生黑烟，若有充足的空氣供給，會發強光。電石燈便是用乙炔來點火的，只是要用特製的燈口。

電石氣受了壓力，便要爆炸，但是加入丙酮

① 烯，讀如希， $\text{C}_2\text{H}_4$ 。

② 炔，讀如缺， $\text{C}_2\text{H}_2$ 。

(acetone)，乙炔便溶解了，再加壓力，便能溶得很多，這樣可將乙炔裝在鐵筒內出賣。將氧和乙炔，通入吹管，著火後，即成**氧炔焰**(oxy-acetylene



圖 27 氧炔焰的使用

flame)。溫度很高，用來切斷鋼板，或者銲接鋼板，工業上用得很多，工人都誤認作電銲，軍隊裏亦用來破毀敵人的大炮甲車橋梁之類。

50. 碳的化合物 上面所講的三種氣體，都是碳和氫的化合物，只因碳和氫的比例有不同，

性質也就不同。這三種氣體，是三大類碳氫 (hydrocarbon) 裏的最簡單的，其餘各種各樣，有幾百種，汽油煤油石蠟，都是烴的混合物。

碳和氫氧的化合物，有二十餘萬種，有機化學，是化學的一個分科，便是研究這些物質，和其他的含碳的化合物的科學；研究不含碳質的化合物的，屬於無機化學，但是極少數的簡單含碳化合物，如一氧化碳，二氧化碳和氰等，在歷史和習慣上，大都在無機部分內敘述。有機化學所研究的，不僅是從有機體得來的物質，許多著名的藥品和染料炸藥等等，都是根據有機化學原理研究發明的。

## 問 題

1. 能舉兩個例證明植物含碳嗎？
2. 甲烷和一氧化碳的性質，相同和不相同的有那幾點？
3. 甲烷乙炔乙炔的性質，有那些相同，有那些不相同？



4. 乙烯和乙炔，在空氣裏燃燒之後，生成的是什麼物質？

### 第三節 火焰

51. **火焰和燈心** 鐵絲在氧裏燃燒，只有光而無**火焰** (flame)。上等的木炭燃燒，也是這樣，可是離木炭不遠，有藍色的火焰。這是一氧化碳的火焰，因為火焰是氣體燃燒纔能有的，固體便不會有火焰了。

有不少的固體，受熱後，會融解成液體，液體再蒸發成氣體，這時燃燒，便有火焰了，蠟燭和硫磺，都是這樣的。我們要使液體燃燒，要用燈心，利用燈心把液體吸引上去，慢慢蒸發成氣體，便容易燃火了。油燈和蠟燭的燈心，都為達到這個目的而用的，所以燈心要用鬆軟的材料做成，利用他的毛細管吸力，把液體吸上去。

52. **火焰的構造** 油燈和蠟燭的火焰，是三部份合成的，有光的一部份，叫**內焰**(inner flame)。

在他的外面，是一層將近無色的火焰，光雖不如內焰那樣大，熱度卻是比他高，叫作**外焰**(outer flame)。在火焰的中心無光的部份，便是未燃部 (unburned part)，這裏只有已經氣化的燃料，溫度已相當的高，但是未和空氣中的氧接觸，所以不曾著火。我們用一條細管，插到火焰的中心，把這未燃的氣體引導到火焰外面，可以點起火來，又是一個火焰。

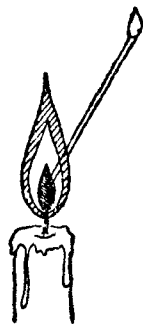


圖 28 火焰的構造

內焰的空氣不充足，所以不能完全燃燒，有一部份的碳質遊離出來，在這樣高的溫度，便發出光來，我們把白瓷片插進火焰的中部，快快取出，可以看見瓷片上有一個黑圓圈，這樣表明內焰裏有碳存在。另外拿一根火柴，送到火焰的外圍。在那看不見光的地方，火柴上的藥，便著火了，可見那裏是無光，卻是溫度很高的，假使我們拿一根火柴桿，在火焰的中部，橫穿過去，可

以看見在火焰最外層的部份，最先着火，這又是一種證明了。

### 53. 火焰的光輝 光輝很弱的火酒燈，移到

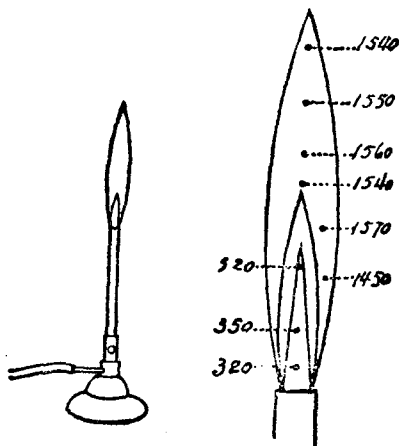


圖 29 本生燈和火焰的溫度

灰塵飛揚的地方，火焰便會有色有光；或者撒上一點炭末，火焰亦會發光起來。這樣可以證明火焰有光，完全因為裏面有固體的碳的原因，所以火油蠟燭電石氣等等有光，氫和火酒無光。

氧化碳或煤氣，若是和有適量的空氣，他的火焰的光，便會變得比沒有空氣的弱。因為碳完

全氧化，變成氣體，沒有固體的碳遊離。又因發熱很多之故，火焰的溫度，也大大的升高。本生燈 (Bunsen burner) 利用煤氣和空氣混合之量不同，火焰有長有短，使溫度的高低不同。科學研究上有各種的燈，工業上有各種的爐，都是利用這原理造成的。

普通常見的白熱煤氣燈 (incandescent gas lamp) 由一小孔通入空氣，煤氣的火焰，本是無光的，那發白光的燈罩上，有鈾 (thorium) 和鈾 (cerium) 的氧化物，在很高的溫度，便會放出白光來。

54. 燃燒的性質 物體非熱到一定的溫度，不能着火，這溫度，叫發火點 (ignition point)。發火點有高有低，低的易燃，高的難燃，磷只有  $60^{\circ}\text{C}$ ，木炭的着火點，隨品質而變，硬而重的很高，高到  $700^{\circ}\text{C}$ ；鬆而軟的，便低到三四百度了。此外還要供給相當的空氣，纔能燃燒。有許

多物質，在通常氣壓之下，非在高溫度不能燃燒，若是加大空氣壓力，便在較低的溫度，也能燃燒起來。還有物體的狀態，也有關係，大塊的木料，用火柴引不起火來，但是鑿花一引火便著。柴油 (fuel oil) 雖在高壓的空氣裏，也不易着火，但柴油發動機裏的柴油，射進機內時，成爲霧狀，遇火便能燃，亦爲此因。所以要發生燃燒，必須有合於溫度，空氣，壓力，燃燒物情態，四種條件的環境。要制止燃燒，也要運用這四種條件，纔能達到目的。

燃燒現象，是一種劇烈的氧化作用，所以發熱發光。若是氧化的進行，不到發火點的溫度，只是緩慢進行，如金屬生鏽，生物腐敗，動植物的呼吸等，都屬於緩氧化 (slow oxidation)，發熱很慢很少，決不會發光了。若是發生的熱，在特殊環境裏，不能散去，溫度便升高，氧化愈加快。溫度又升，最後會發火燃燒，煤艙裏的煤，有時

發火，即爲此故。

燃燒所需的空氣，如能供給適宜，使供給的和燃去的能相等相抵，火焰便很穩定。假使不能相抵，火焰便會搖閃起來。煤油燈的燈罩，能使火焰很穩，但風太大時，煤油燈便搖閃不定，忽然熄去，都是空氣供給適宜與否的關係。

能燃燒的氣體，若和有恰足氧化的空氣，遇火之後，燃燒進行很快，發熱很多，氣體受熱，立即膨脹，這便是爆炸的現象，所以氫氧的混合物，遇火便炸。又在有煤氣，汽油蒸氣，油霧，油沫，以及空氣中有很多的麵粉或煤粉飛揚的地方，都易著火生炸，所以禁止燃火和吸煙，以免危險。

## 問 題

1. 我國的農家有不用火柴取火的，只用粗紙捲燒成的紙煤，放在燧石上，再用鋼錘在燧石上撞出火星來，火

星飛到紙煤上，便能將紙煤引燃。何以這樣容易燃，有什麼學理的根據？

2. 火爐升火，何以先用油紙鑲花引火，再加上木片或木炭，纔加上煙煤，必須火旺之後，再加無煙煤，是什麼道理？
3. 燭火和煤爐的黑煙，是什麼物質？
4. 火焰頂尖的温度，何以比下部高？
5. 火爐初升火時，用扇向爐門，緩緩扇風，火便燃得更盛，扇得太猛了，火便有熄去的可能，你能說出理由嗎？
6. 氫，沼氣，一氧化碳，可用以點燈照物嗎？

## 第七章 化學上基本的定律

55. 物質的不滅 蠟燭燃燒漸成灰燼，表面看來，好像物質消滅，其實一經仔細觀察，便知蠟燭燃燒的時候，有二氧化碳發生，同時如以乾燥的冷瓷皿，覆在燭焰頂部，則見有水珠附著其上，這是證明燃燒產物中，除二氧化碳外，還有水發生。所以蠟燭雖經燃燒，其中的碳和氫，還是存在，不過變作二氧化碳和水罷了；可知化學變化，不能使物質消滅。

置蠟燭於天平左端之皿中，並懸着滿盛氫氧化鉀的筒於其上，如圖 30 所示，於右端增減砝碼，使其達到平衡。然後將燭點火，固體的燭，漸漸消耗不見，左端重量反增加而下墜，這便因為燃燒的產物，水蒸汽和二氧化碳，都被氫氧化鉀吸收去了。若把燃燒時所需的氧量測定出來，



那應當和他增加的重量相等。

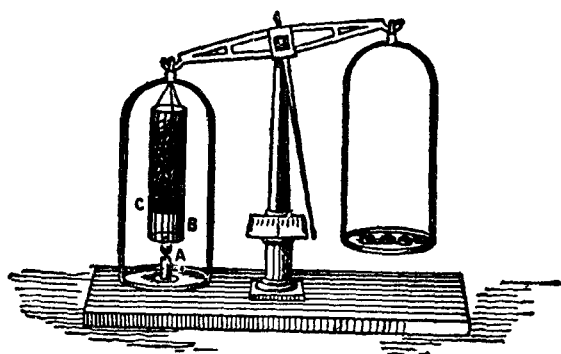


圖 30 物質不滅的實驗

56. **質量不變的定律** 十八世紀的末期，法國化學大家拉瓦錫(Antoine Laurent Lavoisier)氏，用定量的方法，研究燃燒的變化，發見一定律：

化學變化中的各種物質，未變化前的質量之總和與變化後的相同，一定不變。

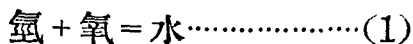
這稱為質量不變的定律(the law of conservation of mass)。

晚近科學的研究，對於質量的觀念略變，但是普通實驗所能做到的範圍內，此定律仍能成立，

稍爲修正如下：

任何物理學的或化學的變化中，原物質的總質量，和變後的總質量，不能用天平來測定其差。

就以前學習過的幾種化學作用來作例子：



$$1 + 8 = 9$$



$$6 + 16 = 22$$



$$12 + 4 = 16$$

57. **定比定律** 我們知道 9 公分的水，是 1 公分的氫，和 8 公分的氧化合而成，換句話說，氫與氧之量的比，爲 1 比 8，化合時便得 9 份的水，與其初氫氧兩氣量的比大小無關。又氯化氫亦有同理，其氫與氯之量的比，爲 1 比 35.5，則所得氯化氫爲 36.5 份，與最初氫氯兩氣量的比亦無關。

由種種實驗，得一結論：——

凡參預化學變化的各種物質，他們的質量之間，有一定的比，稱他爲定比定律 (the law of constant proportion)。

58. **倍比定律** 由前定比定律看來，吾人知一定量之甲元素與乙元素化合的時候，不因乙元素量的任意變化，而有無數的化合物產生，就兩種元素所能產生的化合物，加以考察，可見乙元素各量之間，有一定的關係存在。現在我們把以前學習過的碳和氧和氫的化合物寫出兩個例子來看看：

碳 氧

6 : 8 .....一氧化碳 } (1)  
6 : 16 .....二氧化碳 }

碳 氫

12 : 4 .....沼 氣 } (2)  
12 : 2 .....成 油 氣 }  
12 : 1 .....電 石 氣 }

看(1)知含碳6份的氧化碳，有含8份氧(一氧化碳)，與含16份氧(二氧化碳)的兩種，則後者為前者的兩倍。同法看(2)，知含碳12份的碳化氫，有三個例，為含4份的氫(沼氣)，2份的氫(成油氣)，和1份的氫(電石氣)，其中氫的比，前後為4:2:1，他們都是簡單的整數比。這種關係在含兩種同元素的化合物間，都能成立，所以成了**倍比定律**(the law of multiple proportion)，如下：——

含有甲乙二元素的化合物，不只一種時，則有各種量的乙元素，和一定量的甲元素化合，乙元素之各量的比，互為簡單的整數。

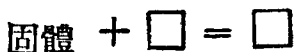
59. **氣體反應的定律** 以前所述的定律，都是就質量方面而言。在氣體情狀時，他們的容量間，亦有一定的關係。就學習過的氣體反應，表出在同溫同壓時，原物質和生成物質間之體積的關係如下：——

## (1) 水的生成



氫 氧 水蒸汽

## (2) 二氧化碳的生成



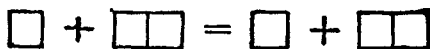
碳 氧 二氧化碳

## (3) 一氧化碳的燃燒



一氧化碳 氧 二氧化碳

## (4) 沼氣的燃燒



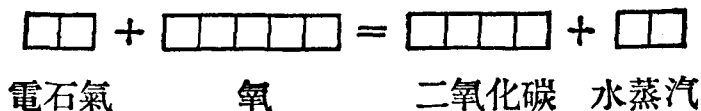
沼氣 氧 二氧化碳 水蒸汽

## (5) 成油氣的燃燒



成油氣 氧 二氧化碳 水蒸汽

## (6) 電石氣的燃燒



這種關係，一般氣體反應都有的，我們稱他爲**氣體反應定律** (the law of gas reactions)，是德國化學家給呂薩克 (Gay-Lussac) 所發明的，現在把他概括寫在下面：

在化學變化中，原物質和生成物質，若都是能成氣體的，則在同溫同壓之下，各種氣體的體積互相比較，必爲小的整數比。

從前列的例子，我們知道，在氣體反應內，雖含有固體或液體的物質，如成二氧化碳和成水的反應中，這定律仍然適用。進一步講，若能使此固體或液體氣化，所生的體積，加以溫度和氣壓的校正後，結果和本來是氣體一樣。

## 問 題

1. 說明倍比定律和互比定律。能另舉新例嗎？
2. 點燈時油消滅，海水曬乾得鹽，動物屍體腐化，這三個事實，和物質不滅的原因，有衝突否？
3. 從本章所得到的知識，說明什麼是化合物，並且說出他和混合的不同之處。
4. 本章末節(59節)所述的幾種化學變化，你能求得變化前和變化後的氣體體積相互的比嗎？
5. 碳和氧發生化學變化，產生一氧化碳，或產生二氧化碳，這變化前後的氣體體積的相互比是多少？照本章末節的方法表示出來。
6. 水經電解成氫和氧，被電分解了的水的量，和氫與氧的總量，是不是相等的？何故？
7. 鐵生鏽後，質量加多，這增加的部份，從何得來？和物質不滅的原理相符否？

## 第八章 分子量 原子量

60. **假說和學說** 前章所說的定律，都是根據實驗得來，未嘗談到他們成立的原理，我們要作種種假定，就是所謂假說 (hypothesis) 來解釋他。假說雖不是由直接的經驗得來，但都是根據事實而推想出的理由，若是能說明種種現象而沒有矛盾，那便可稱為學說 (theory)。學說的根柢在假說，若有新事實發見，這已成立的學說，不能說明，便被打破，須另立新學說以代之。

61. **分子和原子** 把一種物體分開，取其一半，再分，再取其一半，繼續分至百千萬億次，其物質固如初，未嘗變化。螢光染質 (fluorescein) 的五千萬分之一的水溶液，仍有顏色。麝香一公分的十萬萬萬分之一，他的香味亦嗅得出。這都是物體能分到至小至微的證據。



照現在一般學者所信仰的，凡物體都是由極小的**分子** (molecule) 結合而成。一定的單體和化合物，他們的分子，各具一定的性質，所以物質的不同，便是由於他們分子的性質相異。

化學變化的時候，所生新物質，和原物質的性質不同，這因為新物質的分子，和原物質分子的組織不同。組成分子的最小部份，我們稱他為**原子** (atom)，每種元素的原子，都有他一定的性質<sup>①</sup>。各元素的不同，就是由於原子性質的不同。

單質的分子，由一個或數個性質相同的原子造成，化合物的分子，由數種性質不同的原子造成。

原子和分子，其初都是假說，不過藉他說明化學變化的法則，到了今日，已能用實驗方法，

---

① 從前以為每種元素僅有一種原子，而一個元素的原子都有一定的質量和性質，據近來的研究，每種元素的原子，不限於一種，質量不必相同，不過化學性質是一樣而已。

推斷他們的存在。

62. 化學定律的說明 若就物質最小的限度而論，分子的質量便可視為物質的質量。但分子乃由數個整個的原子而成，所以分子的質量，是其中的原子質量的和。當起化學變化的時候，原物質和生成物質間，分子雖有變更，而原子不過移動，所以前後原子的總和相等，這便是質量不變的定律所由來。分子常由數個整個的原子合成，所以分子內甲原子和乙原子的比，常有一定，這是定比定律所由來。原子為一種最小單位，所以和另一原子化合時，必為此最小單位的整個數；乙原子若以不同的量，和一定量的甲原子化合，則乙原子之各量間的比，必為簡單的整數比，這就是倍比定律所由來。原子的化合，都用最小單位的整個數做標準，故乙原子和丙原子，與一定量的甲原子化合時，乙丙量的比，與乙丙相互化合時他們的比，或相等，或為整數的比，此是互

比定律所由來。

63. **亞佛加德羅的假說** 要作氣體反應定律的解說，非增立假說不可，一百二十幾年前，意國物理學家亞佛加德羅 (Amadeo Avogadro) 氏，創氣體分子的假說如下：

同溫同壓之下，同體積的氣體，所含的分子個數相同。

甲乙兩種氣體，發生化學變化的時候，必以數個整個的甲分子，和數個整個的乙分子相化合，彼此的比，是一定不變的整數比。據亞佛加德羅的假說，同體積的氣體，都含同數的分子，所以兩種氣體相結合的體積，亦必為整數比，這便是氣體反應的定律。

64. **氣體的分子量** 氣體在標準狀態時候，一立方公釐中分子的數，約有三萬兆<sup>①</sup> ( $3 \times 10^{13}$ ) 個，如以分子的數，除該氣體一立方公釐的質量，便得每個分子的質量。但是分子的數目難得確數，

<sup>①</sup> 普通算學上以萬萬為億，萬億為兆。

所以算出的每個分子的質量，亦不能正確了。即使確知其數，爲量亦至微，不便應用。所以論到分子的量，並不以一個分子真正的質量爲標準。

化學上所採的定分子量的方法，是用比較的。用一種氣體的分子質量作標準，求出他種氣體分子的比較質量。方法就是根據亞佛加德羅的假說，求他種氣體對於標準氣體的比重，而加以計算。物質之中，氧化物爲最多，可採氧作標準的氣體。氫爲所有的元素中最輕的一個，氧約重於氫三十二倍，所以化學上定氧的分子比較質量爲32，則其他分子的比較質量，不致在一以下。因此分子量 (molecular weight)的定義，當如下述：

在同一溫度同一壓力之下，以氧的密度，除他種氣體的密度，再以 32 乘之，所得的數，便是這種氣體的分子量。

例如二氧化碳一公升的重量是 1.965 公分，氧一公升的重量是 1.429 公分，故二氧化碳的分子

量，當爲

$$\frac{1.965}{1.429} \times 32 = 44.00$$

就既習的數種氣體物質，將其分子量和其中組成之元素的量，列表如下：

物 質	分子量	一分子量的組成		
		氧	氫	碳
氧	32.00	32.00	—	—
氫	2.02	—	2.02	—
水 蒸 汽	18.02	16.00	2.02	—
一氧化碳	28.00	16.00	—	12.00
二氧化碳	44.00	32.00	—	12.00
沼 氣	16.04	—	4.04	12.00
成 油 氣	28.04	—	4.04	24.00
電 石 氣	26.02	—	2.02	24.00

65. 公分分子 分子量是比較量，所以是不名數，實際上應用，往往以用名數爲便，因此常用公分表之，稱爲公分分子 (gram-molecule)，略稱摩

爾(mole)。例如氧之公分分子，是 32.00 公分，二氧化碳的是 44.00 公分，水的是 18.02 公分。

氧的一公分分子，在標準狀況之下，所占的體積，應有

$$1 \times \frac{32.00}{1.429} = 22.4 \text{ 公升}$$

由亞佛加德羅的假說，知道在標準狀態時，任何氣體之公分分子的體積，皆與氧的一公分分子所占的體積相等，即 22.4 公升，此值在計算上常用得着。

66. 分子量的應用 氣體一公分分子的體積，在標準狀態之下，常為 22.4 公升。譬如沼氣的分子量是 16，所以他在標準狀態下，一公升的重量應有

$$16 \div 22.4 = 0.71 \text{ 公分}$$

若應用氣體定律，改正溫度和壓力的關係，我們可以得到該氣體任意狀態下的密度，這是分子量應用的一例。

氣體反應的時候，其體積為簡單的整數比。既知體積的比，便從氣體的分子量，可以計算其重量的比。把水的合成，作個例子，

	氫	氧	水蒸汽
分子量	2.02	32	18.02
體積比	□□	□	□□
故重量比	$2 \times 2.02$	$1 \times 32$	$2 \times 18.02$
	1.01	8	9.01

這是分子量應用的又一例。

67. **原子量** 物質的分子，由其組成的原子化合而成，故分子之中，各元素的原子，必以整的個數而存在。我們看前表所列各物質的一分子量中含有元素的量，氧為 16 的整數倍，氫為 1.01 的整數倍，碳為 12.00 的整數倍，就探定氧的分子量 32 作標準，若用 16.00，1.01，12.00 為氧氫碳諸原子的比較質量時，則一分子中，各原子都以整的個數存在，是極明顯的事實。

同一元素，在各種氣體的分子量中，所含量的最大公約數，便是這元素的原子量 (atomic weight)。

試將氫和氧的原子量與上表諸物質的分子量比較，便知一分子的氧，是由兩個氧原子而成，一分子的氫，是由兩個氫原子而成，原子和分子的區別，觀此可以更明瞭了。①

不生氣體化合物的元素，他的原子量，可用其他的關係定出，例如利用固體單質的比熱是也。比熱就是使一公分物質增高百度表一度所需的熱量和使一公分水增高百度表一度的熱量之比。固體單質的比熱，與原子量，略成反比例。就是比熱和原子量的乘積有一常數，約為 6.4。所以用由實驗求得單質的比熱除 6.4，便得元素的原子量，這也是測定原子量的一個方法。

① 分子量和原子量非分子原子的真實質量，不可誤會，一氫分子的量，約為  $33 \times 10^{-25}$  公分，一氫原子的質量約為  $16.5 \times 10^{-25}$  公分，這些數太小，不便運算，所以實用上，採比較質量為原子量和分子量。



68. **原子價** 碳氫化合物不只一種，與定量的碳化合，含氫量最多的，要算沼氣。就是一原子量的碳，不能與四原子量以上的氫化合。氧和氫化合的時候，一原子量的氧，亦不能和二原子量以上的氫化合。

凡元素以一原子量和氫化合時，所得化合物中，含有氫原子量的個數，稱爲此元素的**原子價** (valency)。所以碳的原子價是四，氧的原子價是二，氫爲原子價的標準，定爲一。

不和氫化合的元素，他的原子價，可用間接方法求得。例如一原子量的鋅，能與一原子量的二價元素的氧化合；又一原子量的鋅，溶解在硫酸內，就發生二原子量的氫，由這兩件事實，可知一原子量的鋅，是與一原子量的氧，和二原子量的氫相當，故定鋅的原子價爲二。

各元素的原子價，往往不只一種，以後習例多時，便自能明瞭。

69. **當量** 以原子價除原子量所得之數，稱爲**元素的化學當量** (chemical equivalent)。如氧的原子量是 16，原子價是 2，所以氧的化學當量是 8。碳的原子量是 12，原子價是 4，化學當量便是 3。當量的意義，是指一元素，能與一原子量的氫化合，或能代一原子量的氫和他元素化合的量。

當量本屬不名數，如以公分作單位，便是**公分當量** (gram equivalent)。例若 8 公分的氧，3 公分的碳，可稱爲一公分當量的氧，和一公分當量的碳。

### 問 題

1. 分子和原子的區別在那裏，何以有區別的必要？
2. 何以氧的分子量，等於 32，又要用來做分子量的標準？
3. 氮在標準狀態下，5 公升的重，有 6.27 公分，求分子

量。(氧一公升重 1.429 公分。 ) 一分子的氮，含有兩個原子，求氮的原子量。氮的原子價是三或五，求他的原子價的當量。

4. 在標準狀況之下，200 立方公分的氣體，重 2.1 公分，這氣體的分子量是多少？
5. 氫的分子量是 2.016，250 立方公分的氫，有多少重量？
6. 有某種固體元素，比熱是 0.075，原子量是多少？
7. 有某種氣體重 1.5 公分，在  $18^{\circ}\text{C}$  的溫度，752 公釐的壓力時，體積有 150 立方公分，他的分子量是多少？
8. 假設一公分分子量之氧，在標準狀況下之體積為 100 公升，這公分分子量是多少？

## 第九章 化學記號

70. 元素的符號 表示元素的方法，每用符號以代文字。國際間的同意，用拉丁語原名的第一個字母，做元素的符號 (symbol)，若是第一字母相同，就附加一字母，以資分別。如用 O 表氧 (拉丁語是 Oxygenium)，用 H 表氫 (拉丁語是 Hydrogenium)，用 N 表氮 (拉丁語是 Nitrogenium)，用 C 表碳 (拉丁語是 Carbonium)，汞 (拉丁語是 Hydrargyrum) 的拉丁語的第一個字母，和氫相同，就用 Hg 作汞的符號。

這些符號，不獨表元素的名稱，並表元素的一原子量。通常表一公分原子量，如 O，即表 16 公分的氧。從原子學說的觀點，亦可視作一原子的代表。

原子量確定的元素，共八十五個，現在把比

較重要的元素，和他們的符號，抄在下面，有更詳細的元素表，載在卷首。

元素名	符號	元素名	符號	元素名	符號	元素名	符號
銀	Ag	鋁	Al	砷	As	金	Au
硼	B	鋇	Ba	溴	Br	碳	C
鈣	Ca	氯	Cl	鉻	Cr	銅	Cu
鐵	Fe	氫	H	氦	He	汞	Hg
碘	I	鉀	K	鎂	Mg	錳	Mn
氮	N	鈉	Na	氧	O	磷	P
鉛	Pb	鉑	Pt	鐳	Ra	硫	S
矽	Si	錫	Sn	鋅	Zn		

71. 元素的命名法 元素可從他們單質的形態和性質，分爲兩大類。金，銀，銅，鐵等，有金屬的光澤，有延性，展性，並善於傳熱導電，這總稱爲**金屬元素** (metallic elements)，用有金偏旁的字表之。但有一種具金屬光澤的液體，就是水銀，學名稱他是汞，這汞字的下半從水，足以表示他在

普通狀態爲液體，故不加金旁。此外總稱爲**非金屬元素** (non-metallic elements)。非金屬元素在標準狀態之下，凡單質是固體的，如碳硫等，從石旁；是液體的，如溴從水旁；爲氣體的，如氫，氧，氮等，就用氣旁。

72. **分子式** 化合物和單質，各由異種或同種元素構成，故用元素的符號，可以表明種種物質的組成，稱爲物質的**化學式** (chemical formula)。

化學式的表法，不只一種，已經知道分子量的物質，可用分子量中所含各元素的原子量表示。如一分子量的氧，由二原子量的氧合成，即用  $O_2$  表之。一分子量的水，由二原子量的氫，和一原子量的氧化合，就用  $H_2O$  表之。凡能表物質的組成和他的分子量的化學式，稱爲**分子式** (molecular formula)。

以前講述過的重要物質的分子式，抄錄在下面：

養氣 $O_2$  輕氣 $H_2$  淡氣 $N_2$  水 $H_2O$   
 一氧化碳 $CO$  二氧化碳 $CO_2$  沼氣 $CH_4$   
 成油氣 $C_2H_6$  電石氣 $C_2H_2$

此等化學式，亦可表示各物質的一分子，是由若干元素的原子構成。若物質為氣體，分子式並能表示式中所表之量，在相同狀態下，是占有同一體積的。在標準情況之下，一公分分子，在氣體狀態，所占體積，是 22.4 公升。

73. 分子式的作法 要作一物質的分子式，應當先把他的分子量，照他組成元素量的比分開，那分開的各數，應該是各元素之原子量或他的倍數，而後用元素的符號表之。

例 二氧化碳的分子量，是 44，他的成分中，碳和氧的比，是 3 : 8，分子式可用下法求得：

$$\text{一分子量中含碳的量} \cdots 44 \times \frac{3}{3+8} = 12 = \text{碳的原子量}$$

$$\text{一分子量中含氧的量} \cdots 44 \times \frac{8}{3+8} = 32 = 2 \text{倍氧的原子量}$$

所以二氧化碳的分子式是 $CO_2$ 。

## 74. 分子式的應用

(一)由分子式可計算物質的分子量，如知硫酸的分子式是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，分子量便可由各元素的原子量求得。

H 的原子量約是 1，S 的原子量約是 32，O 的原子量是 16，故

$$\begin{aligned}\text{H}_2 &= 2 \times 1 = 2 \\ \text{S} &= 1 \times 32 = 32 \\ \text{O}_4 &= 4 \times 16 = 64 \\ \hline \text{H}_2\text{SO}_4 &= 98\end{aligned}$$

(二)由分子式可求氣體的密度，如知氨的分子式是  $\text{NH}_3$ ，一摩爾的氨  $1 \times 14 + 3 \times 1 = 17$  公分，在標準狀態之下，適占 22.4 公升，故一公升的重量如下：

$$17 \div 22.4 = 0.76 \text{ 公分}$$

(三)由分子式求物質的百分組成，如知硝酸的分子式是  $\text{HNO}_3$ ，就用配分比例法，可求得 100 分物質中，各元素所佔百分比：



$$\text{HNO}_3 = 1 \times 1 + 1 \times 14 + 3 \times 16 = 1 + 14 + 48 = 63$$

$$\text{氮} \cdots \cdots 100 \times \frac{14}{63} = 22.22\%$$

$$\text{氫} \cdots \cdots 100 \times \frac{1}{63} = 1.59\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots 100 \times \frac{48}{63} = \frac{76.19\%}{100.00\%}$$

75. **實驗式** 未能決定分子量的單質和化合物，還是很多。例如碳，因為不能使他化為氣體，不能測定他的氣體密度，因此我們無法知道碳的分子，是幾個碳原子所組成，只好用C來表他。乙烯  $\text{C}_2\text{H}_4$  和乙炔  $\text{C}_2\text{H}_2$ ，若不知道他的分子量，僅從他所含碳氫量的比記出來， $\text{CH}_2$  和  $\text{CH}$  兩式，已足表明他們成分的關係了。凡從分析實驗求得，用來表示物質組成的最簡單的化學式，稱為**實驗式**(empirical formula)。以上所說C，就是碳的實驗式； $\text{CH}_2$  和  $\text{CH}$ ，是乙烯與乙炔的實驗式。實驗式能表示組成，不能表示物質的分子量，所以分子量未知的物質，只得用實驗式來表他。

76. 分子式和實驗式的關係 分子式和實驗式的區別，在看式中各元素原子量的總和，是否等於分子量。如適相等，那雖是實驗式，亦就是分子式，如水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 和甲烷 ( $\text{CH}_4$ )，就是例子。若不相等，則分子式的總和，當為實驗式的總和之整的倍數，如乙烯 ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) 和乙炔 ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )，都是實驗式總和的兩倍。由物質組成的百分比算出的式子，稱為實驗式，若已知他的分子量，便將實驗式中各元素原子量的總和除之，所得的必為整數，拿他來乘實驗式中各元素的個數，由此便得分子式。如實驗式為  $\text{CH}$  ( $12 + 1 = 13$ ) 的化合物，其分子量為 26，則分子式為  $\text{C}_2\text{H}_2$ ，其分子量為 78，分子式便為  $\text{C}_6\text{H}_6$  苯 (benzene) 了。

例 有一個有機化合物，經過分析，知道他含碳 40.0%，含氫 6.6%，含氧 53.4%，分子量是 60，求此化合物的實驗式和分子式。

$$\text{解 碳} (\text{C} = 12) \quad \frac{40.0}{12} = 3.3$$

$$\text{氫}(\text{H}=1) \quad \frac{6.6}{1} = 6.6$$

$$\text{氧}(\text{O}=16) \quad \frac{53.4}{16} = 3.3$$

所以  $\text{C}:\text{H}:\text{O} = 3.3:6.6:3.3 = 1:2:1$

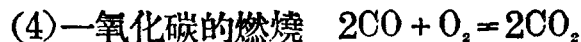
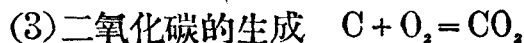
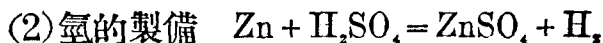
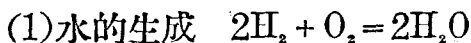
這化合物的實驗式，當為  $\text{CH}_2\text{O}$ 。

又分子式為實驗式的整數倍，用  $n$  表其倍數，

由  $(\text{CH}_2\text{O})_n = n(12+2+16) = 60 \quad \therefore n=2$  所

以分子式應當是  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ 。

77. **化學方程式** 和一化學反應有關係的物質，各用化學式表出，把反應物質寫在左側，生成物質寫在右側，用加號聯絡各側物質，又用等號表反應前後的關係，所得之式，稱為**化學方程式** (chemical equation)。下面是幾個例子：——





各種元素的符號，各表一原子量，所以由化學方程式，可以知道化學反應中，各物質彼此質量間的比。方程式兩邊原子的個數相等，故知反應前後的總質量是不變的。其他如定比，倍比，互比，諸定律，都可由化學方程式推出。

氣體的分子式，能表示在同一狀態下佔有相同的體積，所以寫含有氣體的化學反應方程式時，如以分子式表氣體，則其前所附的數字，可以表示氣體的體積，氣體反應的定律，即可由此推得。如果有人寫水的生成作用的方程式為  $\text{H}_2 + \text{O} = \text{H}_2\text{O}$ ，那就根本不對，因為這便不是分子式的方程式，不能表示體積的關係了。

78. 化學方程式的寫法 化學方程式，是表示化學反應的便宜方法。寫化學方程式時，須先明瞭反應前後各種物質的分子式，把反應物質的式子寫在左側，用加號聯絡起來，生成的物質，寫

在右側，也用加號聯接，然後計算左右分子式中各元素的個數若相等，用等號或箭頭表左右的關係，如是便得化學方程式。若不相等，便在分子式之前，乘以未知的係數，假定兩側相等，用代數方法，求出各未知數，代入式中，即得完全的方程式。但事實上數字往往簡單，不需如此麻煩，只用心算，便能解決。下面是求分子式未知係數的例：

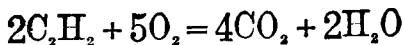
例 乙炔的燃燒  $x\text{C}_2\text{H}_2 + y\text{O}_2 = z\text{CO}_2 + w\text{H}_2\text{O}$

$$\text{C的個數} \quad 2x = z \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{H的個數} \quad 2x = 2w \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{O的個數} \quad 2y = 2z + w \dots\dots\dots (3)$$

以上三個方程式中，有四個未知數，是無定式。能滿足這些式子的數值很多，然而此等未知數相互的比則一。現在採用最簡單的一套數， $w=2$ ， $x=2$ ， $z=4$ ， $y=5$  代入前式，結果如下：——



79. 化學方程式的應用 化學方程式，能表示化學反應上各物的質量的關係，所以他的主要應用有兩種：

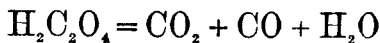
(一)由一定量的反應物質，求生成物質的量。

(二)由預定欲得若干量的生成物質，求須用反應物質的量。

若是氣體的反應，除質量之外，並能表明體積的關係。

例 設用乙二酸十公分，來製造一氧化碳，試求他的質量，和在標準狀況下所佔的體積。

解 加濃硫酸於乙二酸，可以得到一氧化碳，同時生二氧化碳和水 (§46)。反應前後，硫酸的量不變。化學方程式如下：



乙二酸    二氧化碳    一氧化碳    水

90

28

由式知道用 90 份的乙二酸，可以得到 28 份的一氧化碳，所以 10 公分乙二酸，能製得一氧化碳的量，可用比例法求得如下：

$$90 : 10 = 28 : x$$

$$\therefore x = 3.1 \text{ 公分}$$

一公分分子的氣體，在標準狀況之下，所佔的體積，是 22.4 公升，由下面的比例式，便得一氧化碳佔有的體積，

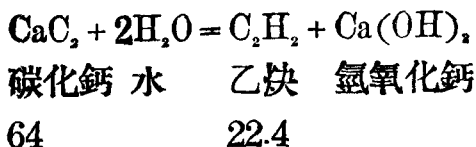
$$28 : 3.1 = 22.4 : x$$

$$\therefore x = 2.48 \text{ 公升}$$

故求得一氧化碳的質量，是 3.1 公分，在標準狀況下，所佔的體積，是 2.48 公升。

例 要在標準狀況下製成五公升的乙炔，應當用若干公分的碳化鈣？

解 加水於碳化鈣，得乙炔和氫氧化鈣 (§49)。這作用的方程式如下：



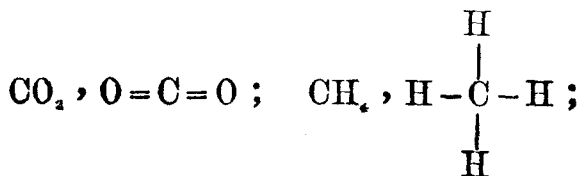
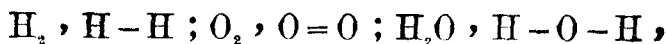
用 64 公分的碳化鈣，在標準狀況下，可得 22.4 公升的乙炔，要造成 5 公升的乙炔，可由下面的比例式算所要用的碳化鈣的質量：

$$64 : x = 22.4 : 5$$

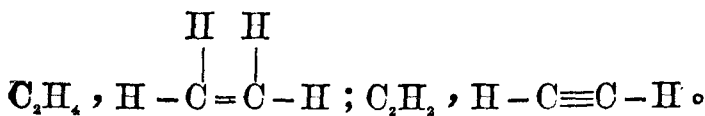
$$\therefore x = 14.29 \text{ 公分}$$

即應當用碳化鈣 14.29 公分。

80. **結構式** 元素的原子價有大小，所能化合的原子也有多少，我們用短線表元素的價，用來寫物質的化學式，便更為醒目。此種短線，稱為**鍵**或**價標** (bond)。舉例如下：







以上都是用鍵寫出的化學式，他們能表示分子內各原子結合的關係，這類的化學式，叫做**結構式** (structural formula)。

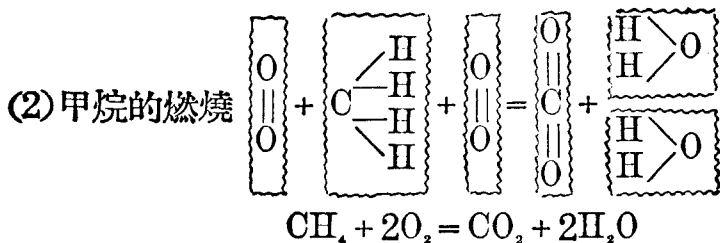
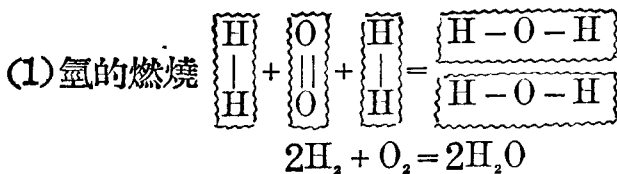
結構式的決定，應當用化學上的方法，實證各原子價結合的狀態，不能任意亂寫。如不能得確實的證據，便不能得結構式；如一氧化碳，應當怎樣寫，現在還不知道！

分子中常有一部份原子的結合，較為穩固，在許多化合物中，常時遇到他們的集團，作結構式時，可作為一團，不必用鍵把他各原子寫開，這稱為**基** (radical)。如  $-\text{OH}$ ，稱曰**羥基**<sup>①</sup>，亦稱**氫氧根** (hydroxyl radical)； $-\text{CH}_3$ ，稱曰**甲基**，略稱**甲基** (methyl radical)。

若用結構式表化學方程式，化學反應就更為

① 羥讀若徑。

明瞭。



結構式是解說化學變化的一種假定，雖能把物質的化學性質表示得更為顯明，但不過是一種便宜的寫化學式的方法，並不是說構成物質的分子，他的原子的排列，就是如此。學者不可拘於形式，而忘卻了他的根本意義。

## 問 題

1. 說明分子式和實驗式的意義，并其間的關係。
2. 木炭燃燒的時候，有一氧化碳和二氧化碳發生，試寫方

程式，表明各個的化學變化。

3. 沼氣的分子量是 16，其中含氫 25%，磷 75%，求分子式。  $CH_4$

4. 已知幾種化合物的分子式是  $H_2O_2$ ， $H_2C_2O_4$ ， $CaC_2$ ， $HNO_3$ ， $NH_4OH$ ，求他們的分子量。

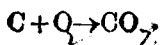
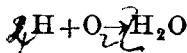
5. 有10公分的水，被電分解，能得幾何重的氫和氧？他們在標準狀況下，各占有多少體積？

6. 已知水的分子式是  $H_2O$ ，求氫和氧在其中的百分比。

7. 實驗室中，取養氣的方法，是利用氯酸鉀( $KClO_3$ )的分解，普通加入的二氧化錳( $MnO_2$ )，在反應的前後，重量不變，試寫方程式表明他的化學變化，在標準狀況下，製成50公升的養氣要多少氯酸鉀？(K和Cl的原子量可從本書首頁查得。)

8. 從碳化鈣製造乙炔的化學方程式用結構式寫出來。

9. 配成下列各化學方程式：





10. 已知氫和氧的分子式是  $H_2$  和  $O_2$ ，水的分子式是  $H_2O$ ，求他們在標準狀況時每一公升的重量。
11. 有一化合物，含氫 7.7%，碳 92.3%，分子量是 78。求他的實驗式和分子式。

$$\frac{7.7}{1} = 7.7 \quad \frac{92.3}{12} = 7.7 \quad \therefore C:H = 1:1$$

$$\frac{92.3}{12} = 7.7 \quad \therefore CH_n = 78$$

$$\frac{78}{13} = 6 \quad \therefore C_6H_6$$

## 第十章 鐵

81. 鐵和鐵鑛 鐵是金屬中最可貴的，他的價值，雖不比黃金貴，但是日用器物 and 國防交通工農的器具，都非用鐵造不可。民族的文明程度，可由用鐵的多少，表示出來，國家的強弱也可依據製鐵的量來估定。

鐵在世界上分布得很廣，地殼平均含鐵百分之五以上。人和動物的血液，都含有鐵。含鐵最多的鑛，有赤鐵鑛 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , hematite)，磁鐵鑛 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , magnetite)，菱鐵鑛 ( $\text{FeCO}_3$ , siderite)，褐鐵鑛 ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , limonite)，黃鐵鑛 ( $\text{FeS}_2$ , iron pyrite) 五種。赤鐵鑛和磁鐵鑛，都可以直接煉鐵。菱鐵鑛和褐鐵鑛，都要先經過煨燒的手續，把所含的水和二氧化碳除去，再用來煉鐵。黃鐵鑛含硫很多，非經過特別的方法，把硫除盡，不能用來煉

鐵。無論那種鐵礦，至少亦要含鐵百分之三四十，纔好用來煉鐵。

我國用的鐵，大部份是外國貨，土法製成的，又少又不好。我國的鐵礦，以東三省為最豐富，長江流域各省為最佳，黃河流域和珠江流域，都有不少的好鐵礦，可是都未曾好好的經營和開採，不但使得工業和國防都受很大的恐嚇，并引起野心國家的垂涎。

82. 銑鐵 初從鐵礦煉出的鐵，便是銑鐵

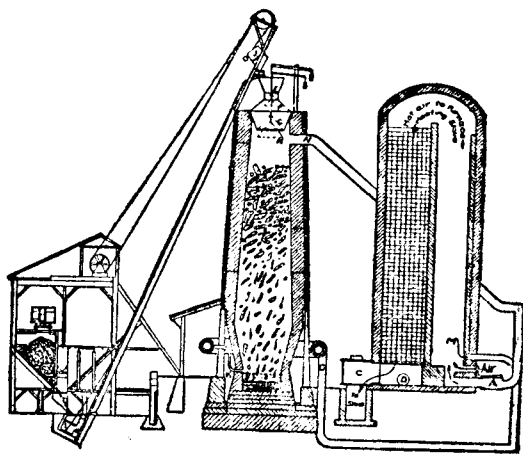
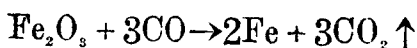


圖 31 製銑鐵的鼓風爐

(pig iron)，用作煉各種鐵和鋼的原料。把製好的氧化鐵和焦煤 (coke)，運上百尺高的鼓風爐，從爐頂傾進，爐底有扇風機，把從高熱爐裏出來很熱的空氣，壓進爐裏，以供燃燒。焦煤裏的碳和一氧化碳，在很高的溫度，從氧化鐵裏分出鐵來。



鐵融成流體，集在爐底，放到沙製成的模型裏，冷後凝成塊狀，便是銑鐵了。

鐵鑛裏的雜質，能使銑鐵的質地，變得很壞，只要加上相當的石灰，便使他變成熔渣 (slag)，浮在鐵汁上面，從另一個出口放出去。

煉鐵爐裏所用的焦煤，是特製的，專供煉鐵之用，要灰分很少，含的硫和磷，愈少愈妙。我國可以煉焦的煤，江西，河南，山東都有，可是都未曾好好的製造。因為未曾詳細研究，所以製不出好貨來，反用外國的焦煤煉鐵。

製上等的鋼和鐵，要用木炭作燃料，因為木炭的雜質很少，對於鐵的品質，亦沒有多大影響，我國古代的名劍，都是用木炭煉成的。木炭可以煉鋼煉鐵，又可用來發生煤氣，供開駛汽車之用，亦是一種國防物料。

銑鐵裏的雜質，碳在百分之二至五之間，又有少量的矽和錳。有兩種元素，是鐵裏最不宜有的，卻也不易除盡，便是硫和磷。用土法製銑鐵，對於雜質，是無法減少的，所以鐵的品質，不能改良，便不能和外貨競爭。

銑鐵的一種，名灰銑 (gray pig)，因為所含的碳質，在鐵凝結時，集成細粒的石墨，散布在鐵裏，鐵的斷面，便是灰色，因此叫作灰銑。用來鑄造各種鐵器，因此又叫鑄鐵 (cast iron)。還有一種銑鐵名白銑 (white pig)，斷面是白色，因為碳和鐵化合，鐵凝結時，亦不分出之故；用作煉鋼和鍛鐵的原料。



83. 鋼 鋼(steel)含的碳質，比銑鐵少(0.5—1.6%)，融點比銑鐵高，受熱時，先變軟，再變成液體。正在變軟時，把兩段鋼接在一處，用鎚打緊，就能接牢，這叫做**鍛接**(welding)。把紅熱的鋼，驟然放在冷水裏，使他驟冷，這樣可使鋼變得更硬，叫作**增硬**(hardening)。增硬的鋼，再燒得紅熱，讓他慢慢冷下，硬性會減，彈性增加，這叫作**減硬**(tempering)。鋼可以增硬和減硬的性質，名**可淬性**(hardening capacity)。

鋼的種類很多，概括的分，可分成普通鋼和特種鋼兩類。普通鋼用量最多，特種鋼的製造最精。特種鋼的範圍裏，有高速鋼，工具鋼，彈性鋼，發動機鋼等等，是工業中常用的；又有鎗鋼，刀鋼，子彈鋼，砲管鋼，船甲鋼，護甲鋼等等，是屬於國防用的。普通鋼大概都含碳質，特種鋼含矽錳鎢鎳鉻鈾鈿等質，含量不同，製造方法亦不同，性質便大大的不同了。

煉鋼的方法，最普通的有幾種，應該用那一種，要看鐵的性質如何，纔能決定。

(甲)柏塞麥法 (Bessemer process) 有酸法 (acid process) 和鹽基法 (basic process) 兩種，都用迴轉爐 (converter)。  
酸法用的迴轉爐裏，敷的材

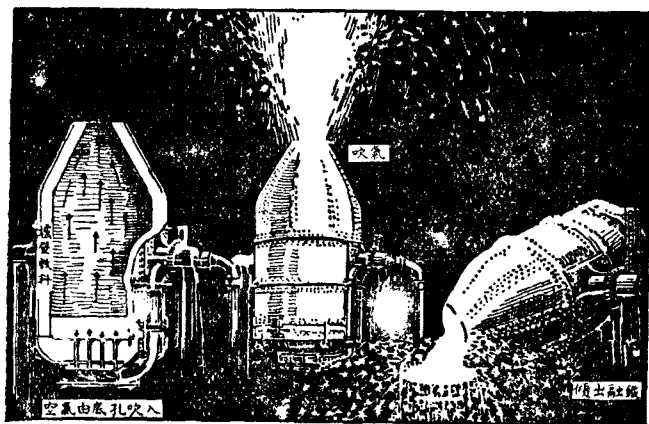


圖 32 迴轉爐

料，是氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ , silica) 和陶土，鹽基法的迴轉爐，裏面敷的是石灰石或白雲石 (dolomite)。把融化的鐵，移到爐裏，從爐底吹入熱空氣，把硫，磷，碳都氧化成氣體吹去，發出火焰。矽氧化成

二氧化矽，變成熔渣。只要十多分鐘就夠了。再經一番手續，鋼便可以傾出來了，這是酸法，若是硫磷都含得很多的鐵，便要用鹽基法，磷和硫氧化成的氧化物，都變成熔渣，各種的雜質，都可以除去了。

### (乙)西門子馬丁法(Siemens Martin process)

此法又名平爐法(open-hearth process)，也有酸法和鹽基法兩種。爐內敷的材料，和柏塞麥法一樣。

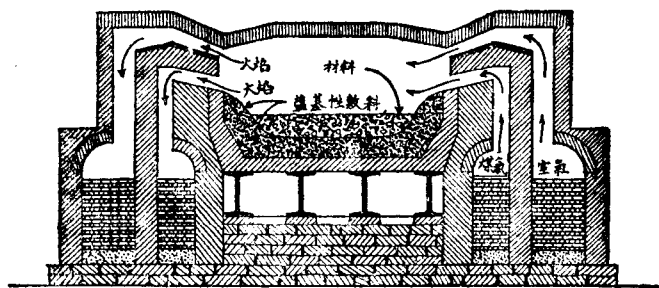


圖 33 平爐

把銑鐵，氧化鐵，鋼屑，照算好的比例，放進爐內，火焰從爐頂反射到鐵汁面上，把各種雜質，氧化而除去，要八小時纔能完畢。這個方法的優

點，便是鋼質勻一，和容易節制，可以照一定的成色，用化學分析來幫助，造出所需要的鋼料，不像柏塞麥法那樣，只靠技師的經驗。

(丙)坩堝法(crucible process)和電爐法(electric furnace process) 煉最上等的鋼，都用坩堝法，用石墨或陶土的坩堝，照所須要的成分，把料配好，放進去，再把坩堝蓋加上，送進爐裏，

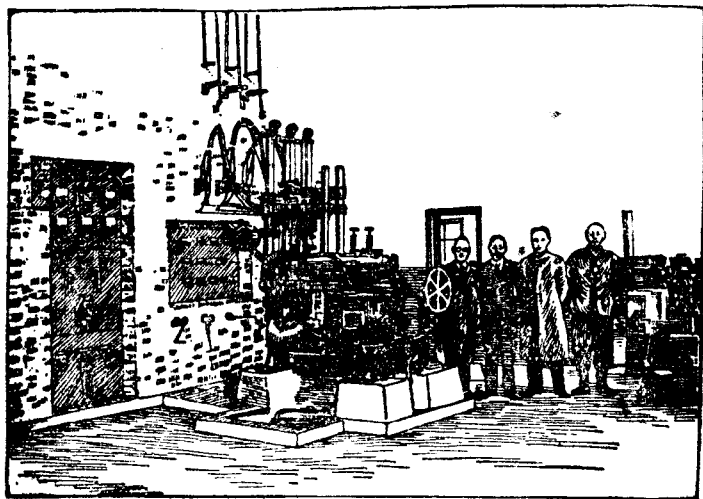


圖 34 國立中央研究院工程研究所煉鋼電爐

燒融後，便成鋼了。電爐的高溫，能把雜物全氧化完，又容易節制，所以近來用電煉鋼的成績，比其他的方法能令人滿意。

煉鋼是要很高的技術和經驗的，非有相當的人材和設備，不易成功。獨立的國家，必須能自造充足的鋼料，否則無國防可說。

84. 鑄鐵和鍛鐵 鐵含的碳，在0.5%以下，便無可淬性，融點比鋼高，將近 $1600^{\circ}\text{C}$ ，容易拉長和鍛接，不宜於鑄造物品，鑄鐵鍛鐵，都是如此的。

鑄鐵(ingot iron)是將普通的鋼料，除去相當的碳質製成的，還含有一部份的碳，但是延性比鋼強，因此有軟鋼(mild steel)之稱，鐵軌橋樑汽鍋，鋼骨，都用這種鋼料造成。

在平底的攪煉爐(puddling furnace)裏面，敷上氧化鐵，再把銑鐵放在裏面，用反射焰燒融，常常攪動鐵汁，使他與空氣和氧化鐵多接觸，把

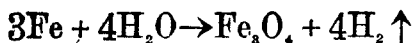
雜質變成氣體和熔渣。鐵質變得更純，融點就升高了，這時便不能融化，只成粘塊，攪勻之後，取出，用汽鎚(steam hammer)打成所需要的形狀，便是鍛鐵(wrought iron)。鑄鐵和鍛鐵，都是鐵匠常用的材料。鍛鐵裏的碳質，若是保存得多，便是鋼料，名叫鍛鋼(wrought steel)。

我國的煉鐵廠只有漢陽和揚子等幾家，每天最多只能出鐵三百多噸，種類亦不多。漢冶萍公司的鐵沙和銑鐵，早已斷送給日本人，我國的新式煉鐵業，既不能供給國家的需要，舊法煉鐵業，又被洋商打倒，這是國防上一個很嚴重的大問題。

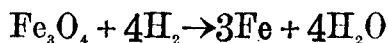
85. 鐵的氧化物 在空氣裏，把鐵燒到紅熱，便成磁性氧化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , magnetite)，和磁鐵礦相同。把三氧化二鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ferric oxide) 加熱亦有同樣的結果。成分很低的鐵礦，經過烘烤之後，鐵礦可用磁石吸出來，本不能用來煉鐵的礦，經

一番處理之後，亦可以煉鐵了。

把水蒸汽通過燒紅的鐵屑，鐵亦變成磁性氧化鐵。



工業上利用這樣的作用製造氫。若是把氫通過純粹的磁性氧化鐵，可以得很純的鐵。



下面這個方程式，恰是上面一個倒轉成的。所以一個化學變化，常受環境的支配，而進行有順有逆，這種的化學反應，叫可逆反應 (reversible reaction)。

鐵在有濕氣的空氣裏，慢慢被氧化，便成鐵鏽，即是三氧化二鐵，和天然的赤鐵鏽一樣。可是常有氫氧化鐵或三氫氧化鐵 ( $\text{Fe}[\text{OH}]_3$ , ferric hydroxide)，混在一處，因此顏色不十分紅。在國防上，三氧化二鐵粉和鋁粉的混合體，便是放火彈的主要成分，發火延燒的力量，比磷做的要大幾

倍，溫度很高，又能及遠和持久，銲接兵艦的鋼甲，也用這種混合體作發熱料。

鐵的原子價有二價和三價兩種，在三氧化二鐵之外，還有一氧化鐵 ( $\text{FeO}$ , ferrous oxide)，是二價的鐵的化合物。三氧化二鐵亦可叫作氧化鐵，一氧化鐵叫作氧化亞鐵。氧化亞鐵，易被空氣氧化成氧化鐵，很不易製成純粹的。磁性的氧化鐵，是氧化鐵和氧化亞鐵的混合體。三氫氧化鐵受熱放出水分，便成氧化鐵。

### 問 題

1. 銑鐵鍛鐵和鋼，有什麼不同的性質和成分？
2. 鐵匠打鐵時，飛出的火星，是什麼物質？
3. 酸法和鹽基法，只用於那一種的鐵鑄？
4. 鋁和氧化鐵，發火燃燒時，有什麼化學變化發生，屬於那一種，有什麼特性？
5. 幾種煉鋼的方法，那一種最好，那一種最容易設備？



- 
6. 煉鐵煉鋼，都要用石灰，是什麼用意？
  7. 作一個表解，將從鐵鑛以至煉成鋼的步驟，逐步寫出來。
  8. 煉鐵煉鋼，除用鐵鑛和焦煤外，還用那些物料，能分類寫出來嗎？
  9. 鐵和鋼的種類，共有多少，能一一說出嗎？

## 第十一章 硫

86. 硫 硫 (S, sulfur) 通常叫作硫磺，天然的硫磺，產在火山附近，有泥沙混和，融解之後，可以分開。要製成純淨的硫磺，須經過精煉。把硫放在鐵甌裏，

加熱，把硫的蒸氣，引進冷室，便凝成流體，灌進模型，冷後就成硫磺錠。室壁上附著的硫磺粉

便是硫磺華 (sul-

fur flower)。我

國產硫的地方很多，山西河南，出產最多。

硫和各種金屬化合成的硫化物，國內出產很

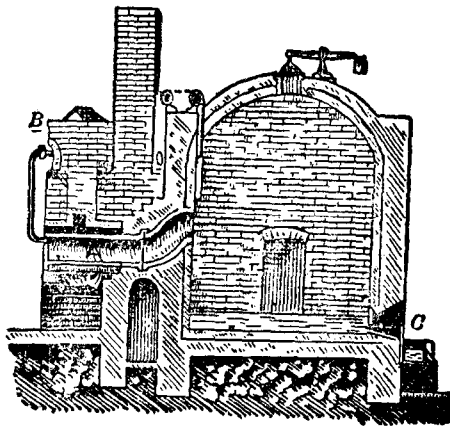


圖 35 硫的精煉

粗製硫磺從B熔融而入A，即化氣，在大室中蒸餾，溫度高時，熔而集於室底，自C流出。

多，湖南江西最有名，大都是硫化錒，硫化鋅，河南山東出產硫化鐵，這些礦都是製造硫酸和他種硫化物的好原料。

硫是黃色固體，性脆，水裏不溶解，但是二硫化碳 ( $CS_2$ ) 裏，溶解得很多。從二硫化碳裏再結晶成的硫，是斜方錐形，和天然硫磺的結晶相同。硫磺加熱後再冷，自行結晶，就成針形硫磺。熱到很高的溫度，變成很黏的液體，顏色變成棕黑色。熱到  $446^\circ C$ ，就發出棕色的蒸氣。蒸氣驟然遇冷，便成硫磺華。如是把融化的硫，傾在冷水中，便是有彈性的軟塊，很像橡皮，經久之後，仍然變硬。

硫的每一個分子，所含原子的個數，隨溫度而變，確實的數目還不得知。融化的硫，在溫度比較低時，分子式用  $S_\lambda$  代表；溫度高時，分子式用  $S_\mu$  代表，以表示不同。 $S_\lambda$  式的硫，冷後成針形或斜方錐形的結晶。 $S_\mu$  式的硫，冷後便成軟而

有彈性的無定形硫。所以硫有三種狀態，都是硫的同素體。

硫易著火和氧化，合成二氧化硫(SO<sub>2</sub>)，有刺鼻的氣味。硫又很易和金屬直接化合，把細鐵粉混和硫粉，加熱，便起作用，發熱，成黑色的**硫化亞鐵**(FeS, ferrous sulfide)。

硫磺是造黑色火藥的重要原料，橡皮工業裏，亦用得很多。硫磺華在醫藥裏常用，又和石灰乳，配合成殺蟲劑，用來驅除植物的害蟲。

87. **二氧化硫** 硫在空氣或氧裏燃燒，都能發生**二氧化硫**。把銅屑放在濃**硫酸** (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sulfuric acid)裏，加熱，亦會發生這種氣體。因他比空氣重，可用下方置換法收集：

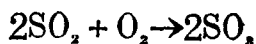


工業上用的**二氧化硫**，大概是燒黃鐵礦製成。煉各種金屬的**硫化物**礦，**二氧化硫**是大宗的副產物。

二氧化硫在水裏溶得很多，成亞硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_3$ , ~~sulfurous acid~~)，所以他又可叫作亞硫酐(sulfurous anhydride)。二氧化硫的水溶液，有酸性反應，即爲此因。二氧化硫的沸點是  $-8^\circ\text{C}$ ，用冰和食鹽配成的生冷劑，可以把氣體的二氧化硫，冷成無色的液體。這種液狀的二氧化硫，工業中常用得着，商場上常有裝在厚鐵筒裏出賣的。

二氧化硫能從他種物質奪取氧，有顏色的花，遇了他會被漂白。草編成的物品，常用他作漂白劑。又用他作殺菌劑。亞硫酸亦能漂白，亞硫酸奪得他物的氧，變成硫酸。

88. 三氧化硫 二氧化硫和空氣或氧，通過在適度高溫的白金海綿，便化合成三氧化硫( $\text{SO}_3$ , sulfur trioxide)。



三氧化硫在通常溫度，是白絲一樣的結晶體，遇水就發生大熱，成爲硫酸。遇了空氣裏的水氣，

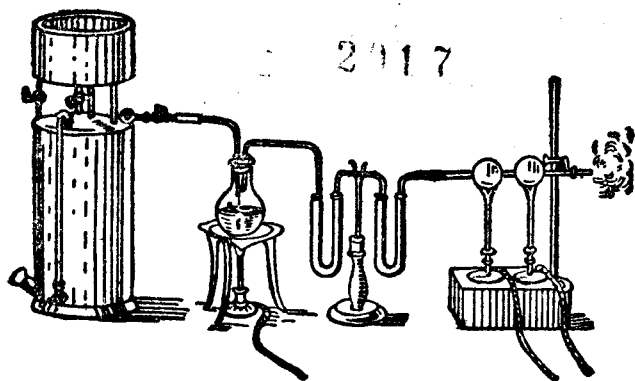


圖 36 三氧化硫的製備

便生白霧，所以又有硫酐 (sulfuric anhydride) 的名稱。

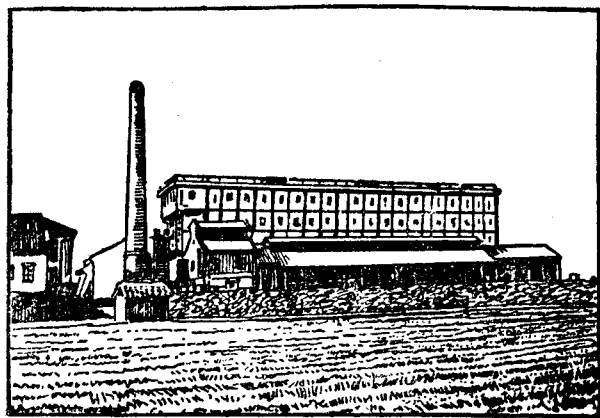


圖 37 上海開成造酸公司的硫酐廠

89. 硫酸的製法 硫酸是化學藥品之王，化學工業，大多數要用他，我國以前只有兵工廠裏製造，現在已有華商開成造酸公司製造了，但是仍不能供給全國的需要。製造硫酸的方法有兩種，只能說一個大概。

(甲)鉛室法 (lead chamber process) 這個方法，發明最早，化學變化很複雜。二氧化硫從燃燒爐裏的黃鐵礦發生出來，和未燒完的空氣，進入烟道。硝酸鈉放出的硝酸蒸氣，加入之後，同進格拉味塔(Glover's tower)。塔頂有淡硫酸滴下，將氣體的溫度降低，并吸收已成的硫酸，水分亦

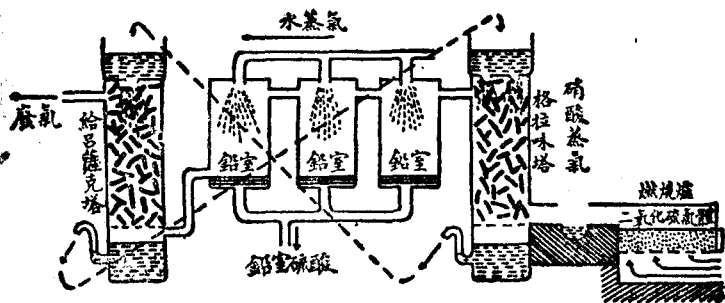


圖 38 鉛室法

蒸發去，成了比較濃的濃酸，從塔下流出。名叫塔酸 (tower acid)。氣體進鉛室後，遇了從另一處放進的水蒸汽，起了很複雜的變化，大部份變成硫酸，和水蒸氣凝集成的水，混和成淡硫酸，含硫酸64%，放出室外，叫作鉛室硫酸 (chamber acid)，可供工業之用。如在鉛鍋石英鍋或化學玻璃器鍋裏，將水份蒸發，便成濃硫酸，含硫酸94%，顏色不純，只能在工業裏用。鉛室裏剩餘的氣體，再進給呂薩克塔 (Gay Lussac tower)，由塔頂滴下的淡硫酸，把氧化氮和未溶的三氧化硫吸收下來，剩餘的廢氣，放出外面去。

(乙)接觸法 (contact process) 二氧化硫自燃燒室發生之後，經過了除塵室，洗滌塔，乾燥塔，除砷室之後，分別把灰塵，混雜的氣體，以及水分，和砷化合物都除盡，成了純淨的二氧化硫。再和入空氣，熱到相當的溫度，進了接觸室，遇了白金，便氧化成三氧化硫，發生許多的熱。在



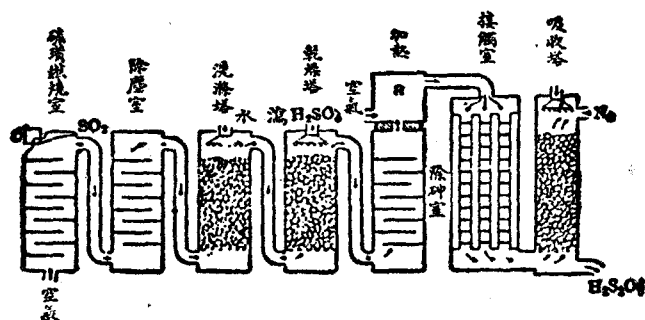


圖 39 接觸法

吸收室裏，用硫酸吸收三氧化硫，將廢氣放出。硫酸成濃硫酸之後，再吸收三氧化硫，便成發烟硫酸(fuming sulfuric acid)，製造染料的工廠，是需要這種酸的。

鉛室法的氧化氮，接觸法的白金，都是用來促進化學變化，使速度加快，他們本身，最後還是保全無損，他們都是接觸劑(catalyst)，又稱觸媒，這種作用，名接觸作用(catalytic action)。

90. 硫酸的性質 純粹的硫酸，是無色的，含硫酸 98%，沸點  $317^{\circ}$ (750 mm.)。把硫酸傾進水中，會發生大熱，把水傾進硫酸中，就會向四方

衝噴，發生危險，所以用濃硫酸要特別留意。硫酸吸收水分的力很大，乾燥器 (dessicator) 裏，裝入硫酸，含有水分的物品，放在裏面的板上，會變成乾燥的。但是紙和棉布，木材，沾了硫酸，若是濃的，一刻便會發黑潰穿；若是淡的，日後亦會破爛。濃硫酸沾在皮膚上，時間久了，能吸收皮膚的水分，發熱，使人受傷。要先用乾紙揩去，一點不留，再用冷水洗淨。快快進行，毫無危險和痛苦。

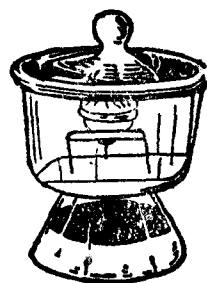


圖 40 硫酸乾燥器

硫酸的水溶液，有很強的酸性反應，鋅鐵等金屬，浸在裏面，會發生氫。濃硫酸又能和食鹽硝石起作用，發生氯化氫和硝酸，因為他的沸點比他們都高，不易揮發，以前都用硫酸來製造他們。

硫酸的酸性很強，不易蒸發失散，工業中用

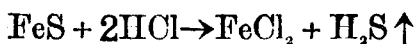
途非常大，製造炸藥和染料，非用硫酸不可。所以硫酸是國防上的重要物質，一國的化學工業發達的程度，可以從用硫酸的多少來判定，一國的工業和國防的基礎，是否鞏固，便要看能否自己供給充足的硫酸。

91. **硫酸亞鐵** 鐵和淡硫酸起作用，就發生氫和硫酸亞鐵 ( $\text{FeSO}_4$ , ferrous sulfate)。這種硫酸鹽，可用黃鐵礦製造。潤濕的黃鐵礦，被空氣氧化，便會成硫酸亞鐵。結晶的硫酸亞鐵 ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )，是綠色，俗名綠礬 (green vitriol)，染色和製造墨水，都要用他。

硫酸亞鐵容易受氧化，他的溶液或結晶體，在空氣裏放久了，就變黃色。若是加硝酸在他的溶液裏，氧化可以更快些，氧化後成硫酸鐵 ( $\text{Fe}_2[\text{SO}_4]_3$ , ferric sulfate)。

92. **硫化氫** 氫和硫直接化合，能成硫化氫 ( $\text{H}_2\text{S}$ , hydrogen sulfide)。普通製硫化氫時，常用

吉布裝置 (Kipp's apparatus), 裝好硫化鐵的碎塊, 再加淡鹽酸 (HCl, hydrochloric acid), 起作用之後, 便有硫化氫出來。



硫化氫是無色的氣體, 氣味很像腐敗的卵一樣, 有毒, 吸得稍多, 於身體是有害的。在水裏的溶度不大, 溶液有酸性反應,

所以又有氫硫酸 (hydro-sulfuric acid) 的名稱。

把硫化氫通過各種金屬化合物的溶液, 便生各種金屬的硫化物, 是各種顏色的沉澱, 分析化學裏, 利用他來鑑別金

屬。銀的硫化物, 是黑色, 所以用銀器裝魚蛋肉

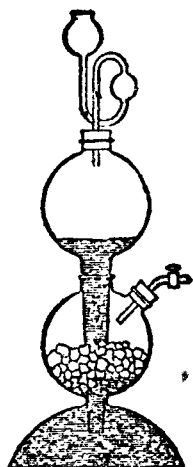


圖 41 吉布裝置

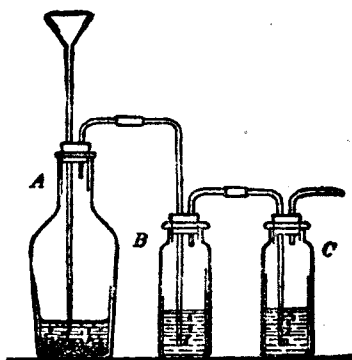


圖 42 硫化氫的製備

類，日久便有黑暈出現，銀首飾銀幣，常遇空氣中的硫化氫，也要變黑。硫化氫在空氣中，只要有二百分之一，便能傷命，毒氣炮彈裏，曾將液狀的硫化氫，和他種毒氣混在一處用過。

93. **二硫化碳** 把硫的蒸氣，通進燒得很紅的木炭或焦煤，硫和碳便直接化合，成**二硫化碳** (CS<sub>2</sub>)。凝集之後，是無色的流體。沸點只有 46° C，容易揮發，遇火即燃，用二硫化碳時，不可近火，以防意外的危險。二硫化碳在水裏不溶，但是他能溶解硫和脂肪等等，可用來洗擦油污，化學工業裏，常用他作溶劑。普通的二硫化碳，氣味很難聞，純淨的比較好得多。二硫化碳有毒，因此用他作殺蟲劑。

## 問 題

1. 你所知道的元素，幾種是有同素異形體的，這些同素異形體，名叫什麼？

2. 用二氧化硫來作漂白劑，用得太多了，有什麼壞處？
3. 在兩種製造硫酸的方法裏，若是要製造濃硫酸，應該如何進行？
4. 你所知道的觸媒（即接觸劑）有幾種，他們參加的是那些化學變化？
5. 我們若是用硝酸或氫氯酸和硫酸亞鐵製造硫酸，是不是可以達到目的？
6. 下面的各種元素的硫化物，是什麼顏色？  
銀，鉛，銻，砷，鋅，銅。
7. 草帽變黃後，常用  $\text{SO}_2$  去漂白他，試述一個簡單的設備及方法，以便自漂草帽。
8. 說明硫的性質，并舉出一個方法，可以判定某物是否硫磺。
9. 寫出  $\text{SO}_3$  加  $\text{H}_2\text{O}$  的反應方程式，并計算製造一公斤有 98% 的淨度的硫酸所用的  $\text{SO}_3$  的重量，和這許多  $\text{SO}_3$  在標準狀況時的體積。
10. 試紙遇濃硫酸便焦爛，要試硫酸的酸性，應作如何的辦法？

## 第十二章 鹼土金屬

94. **碳酸鈣** 鈣(Ca, calcium) 是一種屬於金屬的元素，他的化合物，在自然界裏，分布得很廣。植物含有鈣，稻穀果核所含的鈣，比較更多。動物的骨骼卵殼裏，也含很多的鈣，蠣殼螺殼珊瑚，也含得不少。礦物界裏含鈣的更多，石灰石(limestone)，大理石(marble)，方解石(calcite)，白堊(chalk)，石膏(gypsum)，都是鈣的化合物，幾乎無處不有鈣的化合物在。工業和經濟上，都佔很重要的地位。

碳酸鈣是鈣的化合物，分佈最廣，色白，在水裏溶解得很少；若是水裏溶有很多的二氧化碳，那便可以多溶，因為經過化學變化之後，變為易溶的碳酸氫鈣( $\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$ , calcium bicarbonate)了。



二氧化碳在有壓力時，在水裏可以多溶，因此碳酸鈣亦能多溶。一到了壓力減小，二氧化碳不能再溶了，便放出來，因此碳酸鈣亦要沉澱出來。山洞裏的石筍和石鐘乳，都是沉澱出的碳酸鈣，在長久的時間裏積成的。溶在水裏的二氧化碳，受了熱，也要變成氣體放出來，因此碳酸鈣也沉澱出來，煮水的壺錢，以及汽鍋之類，日久了，裏面便有一層積垢。用山泉泡的茶，碗裏常有白色沉澱，都是這個原因。這樣的水，名暫時硬水 (temporary hard-water)。

碳酸鈣受了熱，燒到很高的溫度，便分解成二氧化碳和氧化鈣(CaO, calcium oxide)。



氧化鈣便是生石灰 (quick lime)。碳酸鈣所成的岩石，如大理石，方解石，石灰石，以及含鈣很多的蚌殼蠟殼，都是造石灰的重要原料。純白和



純黑或有花紋的大理石，都是建築材料。透明的方解石，可以做光學儀器。輕碳酸鈣的粉末，在橡皮工業和化粧品工業裏，也用得很多。

### 95. 氧化鈣和氫氧化鈣

**鈣** 工業中製造石灰，舊法是用窯燒成石灰，可是用燃料太多，而且不能連續出貨，不經濟得很。新式的是用直立的大爐，原料和燃料，陸續的放進去，石灰便從爐底不斷的出來，比較是經濟得多。

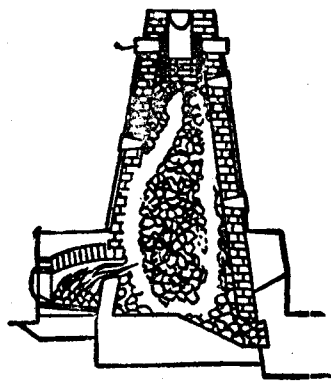
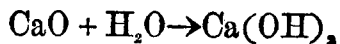


圖 43 石灰爐

氧化鈣是白色的固體，遇了水便發生很猛烈的化學變化，



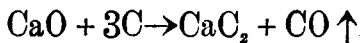
放出很多的熱，變成氫氧化鈣 ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , calcium hydroxide)，即是消石灰 (slaked lime)。氧化鈣在

空氣裏，能吸收二氧化碳，變成碳酸鈣。

氫氧化鈣也是白色，和水攪勻，便成石灰乳 (milk of lime)。放着不動，石灰沉下，上部的清水，就是石灰水 (lime water)，溶有氫氧化鈣，有鹼性反應，因為石灰是一種強鹼。

鹼類之中，生石灰和消石灰，都容易製造，各地都有，價值又廉，許多化學工業，都用作原料。玻璃染料製革等等工業，都要用他，是化學工業的基本原料。所以硫酸是酸中之父，石灰是鹼中之母。此外建築和消毒，也要用不少的石灰。

96. 碳化鈣 把石灰和炭在電爐裏加熱，便成碳化鈣，和一氧化碳，



碳化鈣在熱到白熱的溫度，能和氮化合，成一種化合物，遇水能發生氨，此法可用來製人造肥料。這種使空氣中的遊離氮變成氮的化合物的方法，

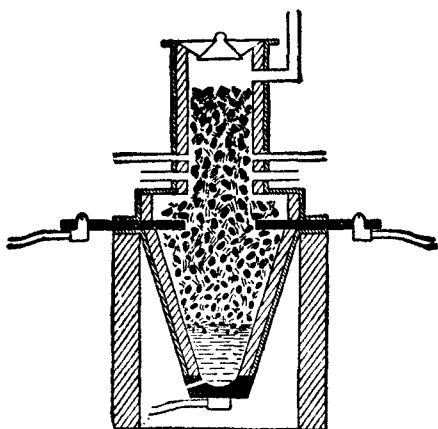
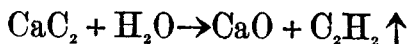


圖 44 製碳化鈣的電爐

叫作氮之固定 (fixation of nitrogen)。用碳化鈣固定氮，也是其中之一。

碳化鈣遇水，便生作用，發生乙炔和氧化鈣，



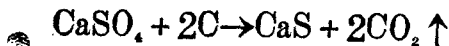
乙炔在化學工業裏，也有相當的用途，碳化鈣，便是製造乙炔的主要原料。

97. 氯化鈣 氯化鈣( $\text{CaCl}_2$ , calcium chloride) 是白色的固體。吸收水分的力量，雖不如硫酸那樣強，但氯化鈣不容易沾上他物，又無腐蝕性，

所以乾燥器裏，大都只放氯化鈣；使放在裏面的東西，不致吸收潮濕，搬移使用時，亦可以放心一點。

98. 硫酸鈣 天然的硫酸鈣 ( $\text{CaSO}_4$ , calcium sulfate), 是含水的結晶, 俗名石握 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 在水裏溶得很少, 是白色, 有絲光。把石膏粉放在鍋裏炒, 或在特別修建的爐裏燬, 使他只失去一分子的水, 便成燒石膏 (plaster of Paris)。和水後, 便再結晶硬化, 因此做模型和塑像以及粉刷牆壁, 都要用他, 外科醫生行接骨手術時, 使骨頭保持一定的位置, 也要用他。

硫酸鈣和木炭混合, 燒到很高的溫度, 便成了硫化鈣 ( $\text{CaS}$ , calcium sulfide)。



硫化鈣經日光照射後, 放在暗處, 就能發光, 這稱為磷光性 (phosphorescence); 可用作夜光料, 但是純硫化鈣無此性質, 其發磷光之原因在夾雜

物。凡鹼土金屬的硫化物都有這種性質。

硫酸鈣溶解在水中，雖經燒煮，也不沉澱出來，不像碳酸鈣那樣，這種水，名永久硬水 (permanent hard water)。無論暫時硬水，或永久硬水，都不適於洗水和工業用，要設法除去硬性。

99. 鋇的化合物 鋇 (Ba, barium) 也是一種屬於金屬的元素。他的化合物，在礦物裏也有好幾種，

一氧化鋇 ( $\text{BaO}$ , barium oxide)，俗名重土 (Baryta)，和生石灰相似，加水便發熱，變成氫氧化鋇 ( $\text{Ba}[\text{OH}]_2$ , barium hydroxide)，在水裏比消石灰更能多溶，溶液是鹼性，遇二氧化碳，就生白色沉澱，即是碳酸鋇 ( $\text{BaCO}_3$ , barium carbonate)。

硫酸鋇 ( $\text{BaSO}_4$ , barium sulfate) 天然的硫酸鋇，名重晶石 (baryte)，在水裏溶得極少，可說是完全不溶，是硫酸鹽的最不易溶的一種。凡是

硫酸的化合物和鋇的化合物的溶液，相和之後，便能生硫酸鋇的白色沉澱，很細很重，是做白色油漆的上等原料。

100. **鹼土金屬 鋇**(Sr, strontium)亦是一種金屬元素，和鈣，鋇都相似。鋇的氫氧化物，在水裏稍能溶解，亦有鹼性反應。鈣，鋇，鋇三種元素，都是鹼土金屬(alkali earth metals)。

用白金絲蘸氫氯酸，又黏一點金屬的化合物，伸進無色的內焰裏，火焰便有顏色。這顏色是各種金屬不同的，鈣是紅黃色，鋇是綠色，鋇是深紅色。這種反應，名**焰色反應**(flame reaction)，可用來鑑別元素，雖是非常之少，亦能現出顏色來。各種金屬的焰色不同，又很美麗，所以烟火裏常用他們的硝酸鹽，配出各種美麗奪目的光彩。

101. **酸和鹽** 硫酸的水溶液，有酸味，現酸性反應。鋅，鐵，鎂等等的金屬，放在裏面，都

能起作用，金屬和酸裏的氫，互相替換，放出氫來，金屬便溶在酸裏了。凡是含氫的化合物，溶在水裏，能現酸性反應，金屬元素，又能和



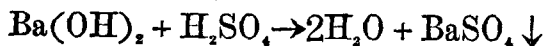
圖 45 顏色反應

他作用，把他一部份或全部的氫替換的，都算是酸 (acid)。酸有兩種，一種是**氫酸** (hydro-acid)，一種是**氧酸** (oxy-acid)，**氫酸**一類，例如**氫硫酸**，**氫氯酸**，含氫之外，只有不含氧的酸根。氧酸一類，例如**硫酸**，**硝酸**，含氫之外，有含氧的酸根，這便是二者的區別。

**硫酸**的氫和**鐵**替換，產生**硫酸亞鐵**，和**鈣**替換，便產生**硫酸鈣**，都能成很好的結晶體，性質和**硫酸**全不同。這種由金屬替代了酸的氫而成的物質，統屬**鹽類** (salts)。食鹽是**鈉**代替了**氫氯酸**的氫而成的**氯化鈉**，**鐵**代替了**氫硫酸**的氫，便生**硫化鐵**。

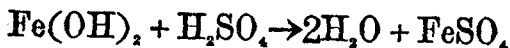
102. **鹼和鹽基** 氫氧化鈣或氫氧化鋇，溶

於水裏，就現鹼性反應(alkaline reaction)，能將石蕊試液，變成藍色，有這樣性質的物質，都屬鹼類(alkalis)。硫酸和氫氧化鋇生成的硫酸鋇，不現酸性和鹼性反應，

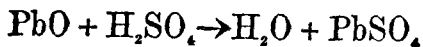
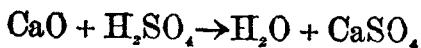


這樣的變化，便是酸和鹼的中和(neutralization)。中和後產生的物質，常是水和鹽，因為鹼的氫氧根或羥根(OH, hydroxyl radical)，和酸的氫化合成水之故。

氫氧化亞鐵( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , ferrous hydroxide)，雖不現鹼性反應，卻能和酸產生鹽。



氧化鈣和一氧化鉛，都不含氫氧根，但都能和酸產生鹽。



凡是能和酸生鹽的物質，都叫作鹽基(base)。能



在水裏溶解的鹽基都是鹼。

103. 滴定法 要測定酸和鹼的溶液的濃度 (concentration)，便不能不

用滴定法 (titration)。例如檢定某一種酸的溶液的濃度，便先用移液管，取那種溶液的一定量，放在杯中，再加幾滴指示劑 (indicator)，如苯酚試劑 (phenolphthalein)，或甲基橙 (methyl orange) 試劑，或石蕊試劑等，再從滴定管滴下鹼的標準溶液

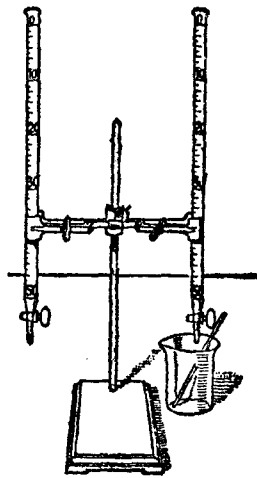


圖 46 滴定法的器具

(standard solution)，一面滴，一面攪和，到了中和時，指示液有顏色的變化出現，便知中和點已到。那種酸溶液的濃度，便可從所用的鹼的標準液算出。若是所檢定的是鹼溶液，便用酸的標準溶液滴進去，濃度從酸的標準溶液算出。

濃度的單位有兩種，用在**分子溶液** (molar solution) 的，用**摩爾** (mol) 作單位；用在**規定溶液** (normal solution) 的，用**化學當量**作單位，這兩種單位的意義如下：——

(1) **摩爾** 一公升的溶液裏，如溶有一公分分子量的溶質，這樣的濃度，是一**摩爾** (one mol)，多少類推。

(2) **規定** 一公升的溶液裏，如溶有一公分當量的溶質，這樣的濃度，是一**規定** (one normal)，多少類推。

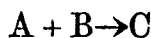
凡酸裏能被金屬代替的**氫**的量，有一**公分原子量** (gram atomic weight)，這許多的酸，便是一個**公分當量**。硫酸要 49.04 公分，纔含有一公分原子量的**氫**，這 49.04 公分的硫酸，便是一**公分當量**的硫酸。硫酸的公分分子量，是 98.08 公分，所以每一公分分子量的硫酸，等於兩公分當量的硫酸。對於公分當量公分分子量規定和**摩爾**的關係

係，這樣便可明白了。

鹼類的公分當量，是能和一公分當量的酸中和的鹼的量。其餘的濃度單位的意義，和酸類的相同。

104. **化學反應的種類** 化學反應，大概可分成四類：

(甲)化合 兩種或更多的單質，生化學變化，成了一種新物質，這種變化是**化合** (combination)，他的公式是：——



例如  $C + O_2 \rightarrow CO_2$

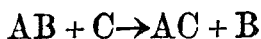
(乙)分解 由一種化合物生變化，產生二種或更多的新物質，這種變化，是**分解** (decomposition)，他的公式是：——



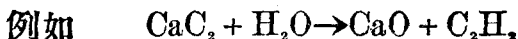
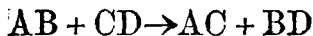
例如  $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

(丙)置換 化合物和單質生變化，化合物分

子結構的一部份，被單質代替，成了新物質，被排出去的一部份，亦成新物質。這樣的變化是置換(substitution)，他的公式是：——



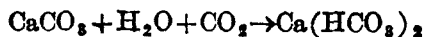
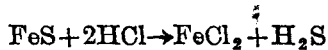
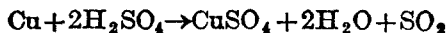
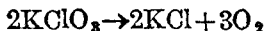
(丁)複分解 化合物和化合物發生變化，成了兩種或更多的新物質，這變化是複分解(double decomposition)，他的公式是：——



## 問 題

1. 衣食住行四項裏，有多少用石灰的事，指得出嗎？
2. 在本書所舉的例之外，另外舉例，說明四種化學變化。
3. 要造成一百公斤的生石灰，要多少碳酸鈣，作原料？放出的二氧化碳有多少？若使這生石灰變成消石灰，可有幾多公斤？

4. 氫氧化鉍的公分當量是多少？能中和30公分硫酸的氫氧化鉍，有幾公分分子量？
5. 新建的屋子，要通氣很久之後，纔沒有石灰氣味，牆壁也能乾燥變硬，是何原因？
6. 中和是屬於那一類的化學變化？
7. 我們用一管，由口中吹氣進氫氧化鉍的溶液中，不久便有白色沈澱發生，這證明什麼事？寫出反應方程式來。
8. 用氫氧化鈣 ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ) 作例，說明其分子溶液和規定溶液的製法。
9. 要證明一塊石頭是石灰石，應該用什麼方法？
10. 說明暫時硬水受熱後的化學反應。
11. 說明下列各反應的種類：



## 第十三章 氮的化合物 化學平衡

105. 氮 用煤炭蒸餾煤氣的時候，有氮 ( $\text{NH}_3$ , ammonia) 產生。通常把發出來的煤氣，先通過水中，氮即溶解在水裏，然後用蒸餾法把他提出，這方法是工業上常用的。近代化學工業有一大成功，便是利用空氣中的氮做原料，來製造氮的化合物，現在舉一個簡單的例子，就是在高壓

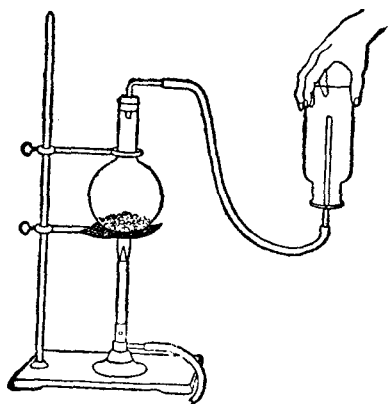
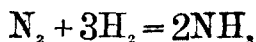


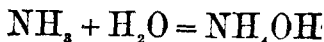
圖 47 氮的製備

力下，加熱於氮和氫的混合物，用鐵做觸媒，即直接化合而生氨。



這方法在工業上亦有採用的。實驗室中製備的方法，是將消石灰 ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ ) 和鹵砂 (即氯化銨  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 混合加熱，用上置換法，排去空氣收在瓶裏，或用排水銀法收取之。

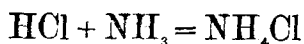
氨的俗名是阿莫尼亞，是一個無色的氣體，有刺激眼鼻的惡臭。人在夏天中暑了，或其他的緣故，忽然失去知覺，一嗅此氣，便可甦醒過來。氨對於空氣的比重為 0.59，比空氣輕，所以要用上置換法收集他。這氣體比較容易液化，因此工業上利用液體的氨來製冰。氨很容易溶解於水，他的水溶液，名氨水，學名**氫氧化銨** ( $\text{NH}_3\text{OH}$ , ammonium hydroxide)。



這溶液有鹼性，對於石蕊試紙，有藍色反應，供

醫藥和化學實驗之用。

氨水有氨的臭氣，濃的溶液，加熱後，能放出多量的氨。將玻璃棒蘸濃鹽酸，靠近氨水瓶口，便發生濃厚的白煙，這就是鹽酸和氨的化合物，俗稱鹵砂，化學上叫做**氯化銨**( $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ammonium chloride)。



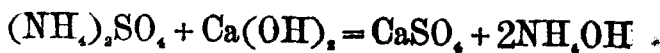
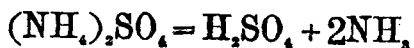
動植物體中不少含氮的化合物，腐敗後多分解而成氨，所以便所附近，往往有氨的惡臭。動植物生長時，氮是不可缺少的物質。動物從食物攝取，植物中豆科植物，特具微生物組成的根瘤，能吸收空氣中的氮，此外全賴肥料，和土壤中遺留的生物腐敗質。事實上人們的食物，直接間接，都從植物得來，所以氮的肥料供給，是重要的國民經濟問題。

106. 銨鹽 前面已談到氯化銨，那便是氨的**氫氯酸鹽**。硫酸吸收氨，生**硫酸銨** ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,



ammonium sulfate)，用氨水與硫酸中和亦有相同的結果，兩個  $\text{NH}_4$  基，置換硫酸中的氫而成。這  $\text{NH}_4$  基和金屬中鈉鉀等，有相同作用，故名銨基(ammonium radical)。

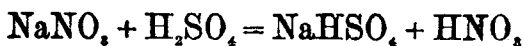
硫酸銨為白色結晶，是重要含氮的肥料，市上出售的肥田粉，大多就是他。工業上製量很不少，大概是蒸餾煤氣的副產品，把煤氣中的氨，吸收在硫酸裏便得了。硫酸銨受熱，分解生氨；和消石灰同熱，得氫氧化銨，氫氧化銨再分解便放出氨。這兩種反應，是銨鹽的通性。



將二氧化碳通入氨水溶液中，生碳酸銨 ( $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , ammonium carbonate) 和碳酸氫銨 ( $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ , ammonium bicarbonate)，後者又叫做酸性碳酸銨。通硫化氫入氨水，即生硫化銨

( $[\text{NH}_4]_2\text{S}$ , ammonium sulfide) 和 氫硫化銨 ( $[\text{NH}_4]\text{HS}$ , ammonium hydrosulfide), 分析化學上, 利用銨基的似金屬而非金屬和易於分解的特性, 常用各種銨鹽作為試藥。

107. 硝酸 硝酸鹽類在自然界中, 有火硝 ( $\text{KNO}_3$ ) 和智利硝石 ( $\text{NaNO}_3$ ) 兩種, 取這等鹽類, 放在曲頸甌中, 加濃硫酸蒸餾, 即得硝酸 ( $\text{HNO}_3$ , nitric acid)。



通強電花過空氣, 因電花的作用, 溫度很高,

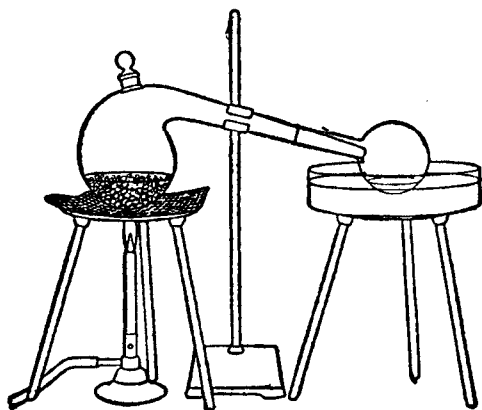


圖 48 硝酸的製法

氮和氧便直接化合，冷後將此氣吸收在水中，即得硝酸。近時工業上製造硝酸，有用這方法的，不過他費電很巨，非有便宜的水力發電不能做。雷雨的時候，因為空中有強大電花，能生少量的硝酸，常溶於雨水之中。

純粹的硝酸，為無色的液體，是強酸之一。通常因分解而生有色的氮和氧的化合物，所以帶些褐色。硝酸觸到皮膚，便留黃色斑痕，數日即脫皮退去。因為硝酸能放出氧素，使他物氧化，所以滴到布片木質之上，即被侵蝕。濃硝酸加熱或曬在日光中，則分解如下：



硝酸中含有過氧化氮甚多，作暗紅色，並且發烟很盛，他的氧化作用亦較強，這種稱為發烟硝酸 (fuming nitric acid)。各種金屬，都容易溶解在硝酸裏，惟有黃金和白金不能。金屬溶解在酸裏的時候，本當有氫放出，但在硝酸中，這

氮被氧化成水，不放出來了。

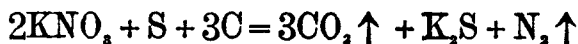
硝酸在國防和工業上極為重要，是製炸藥染料等品所必需。硝酸是有機化學工業的基本原料，有機化學工業不發達，國防是沒有基礎的。硫酸的製造和冶金術亦要用硝酸。硝酸的鹽，是重要的肥料。國內尚無大規模的硝酸製造廠，現在只有兵工廠中，用硝酸鹽和硫酸的作用，作小規模的製造，供他自己應用。

108. 硝酸鹽 硝酸和金屬或鹽基起作用，則生硝酸鹽 (nitrate)。動植物質，含有多量氮化合物，分解時受硝化菌(一種微生物)的作用，氧化而生硝酸，和土中的鉀與鈉質產生硝酸鉀 ( $\text{KNO}_3$ , potassium nitrate) 或硝酸鈉 ( $\text{NaNO}_3$ , sodium nitrate)。我國北方，河北，河南，山東等省，所產火硝，都是由此變化得來，硝酸鹽是肥料和炸藥的重要原料，以南美洲天產的智利硝石 ( $\text{NaNO}_3$ , Chili saltpeter) 最為通用。近時有用石灰乳來吸收

用電固定空中氮所成的硝酸，製為硝酸鈣（Ca [NO<sub>3</sub>]<sub>2</sub>, calcium nitrate），作肥料用，稱為諾威硝石。又用氨與硝酸化合，得結晶的硝酸銨（NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ammonium nitrate）。

硝酸鹽都是結晶體，易溶於水，受強熱即分解而生氧和氮的氧化物，所以硝酸鹽在高溫時，氧化力較強。

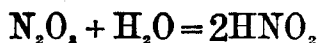
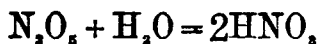
109. **黑火藥** 炸藥的種類甚多，無烟火藥，由有機化合物，受硝酸作用而成，等到講有機化合物時再說。通常的黑火藥（black powder），為火硝木炭和硫磺的混合粉末，黑火藥爆炸時，大略變化如下：



作用時發生多量的熱，生成物中，有三體積的二氧化碳，和一體積的氮，較反應物質中固體的容積，大了許多倍，加以溫度很高，此時如封閉筒內，當有強大的壓力，所以爆炸了。生成物質的

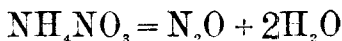
容積，較反應物質的大或小，即能有爆發現象發生。那因為反應時發熱很多，容積漲大，也是一樣。氫氧化合成水，容積先大後小，亦能爆發。黑火藥爆發後，同時生固體，所以有烟。

110. 氮的氧化物 氮的氧化物有五種，其中五氧化二氮( $N_2O_5$ )，和三氧化二氮( $N_2O_3$ )二種，都難得到純粹的物質，和水化合，便得硝酸與亞硝酸( $HNO_2$ ，nitrous acid)，所以五氧化二氮，亦稱硝酸酐(nitric anhydride)，三氧化二氮，亦稱亞硝酸酐(nitrous anhydride)。他們成酸的作用如下：



亞硝酸難得純粹的物質，如亞硝酸鉀( $KNO_2$ ，potassium nitrite)，亞硝酸鈉( $NaNO_2$ ，sodium nitrite)等，常用各種硝酸鹽，和鉛共熱而得，供製造染料之用。

**一氧化二氮**，亦稱**氧化亞氮** ( $N_2O$ , nitrous oxide)，加熱於硝酸銨即得，

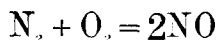


此物爲無色氣體，燃燒的木片插入此氣中，增加光亮，與在氧裏相似。吸之使人失去知覺，有麻醉性，使人自發狂笑，所以亦稱笑氣 (laughing gas)。

**氧化氮** ( $NO$ , nitric oxide)，由銅與淡硝酸作用而生。

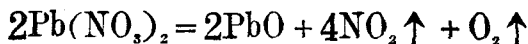


在空氣中通電花時，先發生此氣。



氧化氮爲無色的氣體，在常溫下和空氣接觸，便與氧直接化合，而生紅褐色的過氧化氮。

**過氧化氮** ( $NO_2$ , nitrogen peroxide)，通常製造的方法，是加熱於硝酸鉛，使其分解，作用如下：



過氧化氮爲褐色的氣體，受冷，顏色便減褪，由其密度的測定，知道此時他的分子式，近於 $N_2O_4$ 了。

四氧化二氮 ( $N_2O_4$ , nitrogen tetroxide)，在低溫度爲無色的液體，溫度昇高，漸帶褐色，一部分解作過氧化氮。

111. 氰<sup>○</sup>化物 碳和氮在電花的高溫度下，直接化合，生一種無色的氣體，名氰 ( $C_2N_2$ , cyanogen)。此氣有劇毒，着火則發紅紫色的光焰。

氰和氫的化合物，稱爲氰化氫 (HCN, hydrogen cyanide)，水溶液名氫氰酸 (HCN, hydrocyanic acid)。是一種氣體，用稀硫酸和黃血鹽，共熱即得。有劇毒，溶解於水，有弱酸性。國防上可作造毒氣彈的配料，加壓力壓成液體，裝進彈裏，用量很大。

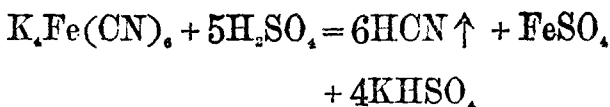
○<sup>○</sup>，讀若齊， $\zeta$ 。



氰化物的鹽類中最普通的是氰化鉀 (KCN, potassium cyanide), 是白色固體, 易溶於水, 冶金煉鑛和電鍍都用, 有劇毒, 可用來殺害蟲。

動物的血液皮角等物, 燒焦後, 加碳酸鉀與鐵屑, 共熱, 融合後, 用水浸成溶液, 蒸發之, 即得黃血鹽 (yellow prussiate of potash), 學名亞鐵氰化鉀 ( $K_4Fe(CN)_6$ , potassium ferrocyanide)。結晶體含三分子的結晶水 ( $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ ), 為製造煤氣的副產物之一。亞鐵氰化鉀, 可看作氰化鉀和氰化亞鐵的化合物。加黃血鹽溶液於鐵鹽<sup>①</sup>的溶液中, 即生深藍色的沉澱, 此種作用, 可用來檢查鐵鹽的存在。這藍色沉澱, 即為亞鐵氰化鐵 ( $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ , ferric ferrocyanide), 普通稱為普魯士藍 (Prussian blue) 可用做顏料。黃血鹽和稀硫酸熱之則發生氰化氫, 前面已講過, 現在把他們的化學反應, 寫在下面:

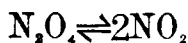
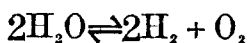
①注意鐵鹽乃指三價鐵的鹽。



**赤血鹽** (red prussiate of potash) 由黃血鹽被氧化而成。他的學名爲**鐵氰化鉀** ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , potassium ferricyanide), 是暗紅色結晶體, 用於照相術中。赤血鹽可看作**氰化鉀**和**氰化鐵**的複合物, 把他的溶液, 加入亞鐵鹽溶液中, 亦生藍色沈澱, 即**鐵氰化亞鐵** ( $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$ , ferrous ferricyanide), 普通稱滕布爾藍 (Turnbull's blue)。

112. **解離** 氫燃燒成水, 碳素燃燒成二氧化碳, 這種反應, 似乎僅向化合方向進行; 但是水蒸汽如熱至百度表  $1200^\circ$  以上, 即有一部分解成氫和氧。二氧化碳在高溫度, 也分解成氧和一氧化碳。前面所講氮的氧化物中, 過氧化氮 ( $\text{NO}_2$ ), 在低溫度時, 即成四氧化二氮 ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ), 他們彼此間的變化, 可從氣體顏色的濃淡來辨識, 這種反應, 可進可退, 能向任何一方面進行, 我們稱他爲

**可逆反應** (reversible reaction)。如稱向一方面進行的變化爲正反應 (normal reaction)，則向反對方面進行的變化便爲逆反應 (reverse reaction)。表正逆反應的方程式，可用下面的形式：



可逆的分解，稱曰**解離** (dissociation)。前列兩式，就是表水蒸汽及四氧化二氮的解離，他們兩面都是氣體。如碳酸鈣受熱，分解成二氧化碳和氧化鈣，這便是固體和氣體並存的可逆反應。還有氫氧化銨受熱，分解爲氨和水，是溶液和氣體並存的可逆反應。

113. **化學平衡** 在一定溫度和壓力底下，四氧化二氮解離成過氧化氮，有一定標準點；就是其中四氧化二氮與過氧化氮的比，有一定數。這意思便是分解和化合的進行，都不完全，原物質和生成物質，依一定的比而存在。因爲可逆反應

正逆兩方向，均不再前進，而達到均衡的狀態，稱為化學平衡(chemical equilibrium)。

化學平衡點隨溫度壓力而遷移，前面講過的例子，都是如此。

化學平衡，亦隨物質的濃度而生變化，加硫酸於硝酸鈉，加熱，使其保持一定的溫度，所成硝酸化成蒸氣出去，液中硝酸的濃度，因此減少，同時硫酸揮發較難，所以他在溶液中的濃度無大變化，故硫酸能逐漸把硝酸驅去。石灰能從鉍鹽類中驅氨，碳酸鹽容易被其他酸類分解，驅出二氧化碳，都是一個道理。凡原物質的濃度增加，或生成物質的濃度減少時，則正反應的進行增加，而逆反應的進行減少，或和此相類似的情形，因濃度變化而發生影響，總稱為質量作用 (mass action)。

## 問 題

1. 氮的分子式是 $\text{NH}_3$ ，試計算在標準情形下，一公升氮的重量，並計算他比空氣輕重的倍數。
2. 從那幾點看，銨基很像金屬？銨鹽用何種方法製備？
3. 欲製備1000公分的硝酸，問要用幾多重的硝酸鈉，或幾多重的硝酸鉀？

4. 碳酸銨分解成氮氣，水，及二氧化碳如下式所示，



問這作用爲什麼道理能向右進行，如欲使其向左進行，有方法麼？

5. 說明氮在地球上循環的情形。
6. 空氣中含有氮多少？有幾種方法固定空氣中的氮？
7. 如何能證明某種肥田粉是有硫酸銨的？
8. 述硝酸的性質，并與硫酸作一比較。
9. 從動物的血液皮角，如何製出藍色的顏料普魯士藍來？  
詳密的步驟，能寫得出嗎？
10. 氮的氧化物有幾種，試列一表載明他們的名稱，別名，顏色，分子式。

## 第十四章 鹵素

114. 食鹽 食鹽的化學成分爲氯化鈉 (NaCl, sodium chloride)。天然來源最富的是海水，其中平均含量約百分之二·五，此外有岩鹽鑛鹽池等等。我國沿海各省，均有海鹽出產。製海鹽的方法，有取海水直接曬製，或煎煮二法。岩鹽鑛爲固體鹽層，或溶解在地下水中。我國四川雲南湖北湖南新疆等省都有，以四川爲最多，雲南次之。普通固體鹽層少見，大多溶解於地下水而成鹽水。採取方法，係掘井汲水，熬煎而得，所以常稱爲井鹽。間亦有自然湧出的鹽泉，亦可汲取煎煮。四川自流井一帶，鹽鑛常與石油及煤氣相伴而生，所以開井煮鹽，不須另求燃料，便利異常。鹽池乃由土中鹽分溶於水中，聚匯而成，我國山西陝西甘肅新疆蒙古一帶有之，以山西爲

最有名，製鹽多用曬法，煎煮的較少，製成的鹽，名叫池鹽。

大規模製海鹽的方法，是在海邊的地方，順次鋪小石子和細砂層於黏土的上邊，以爲鹽田，導引海水入內，由日光和風，使水分蒸發，食鹽漸漸聚集在砂上，再注入少量的海水，便得濃厚的食鹽溶液。把這溶液注入鐵釜中煎煮，即得粗製食鹽。亦有導海水入淺池，使自蒸發而結晶的。

粗製的食鹽，因含有氯化鎂等雜質，從空氣中吸收水分，而成苦汁。苦汁幾全爲氯化鎂，將此類雜質除去，便得精鹽。我國製造精鹽規模最大的，是河北久大公司。

純粹的食鹽，是無色的立方形結晶，味鹹而不苦，水 100 分中，能溶解食鹽 36 分。

食鹽爲人體生理上必要之物。日常藉調味輸入身體中。可供食物防腐及貯藏之用，工業上則用作原料。

115. 氯 取食鹽與二氧化錳混和，加硫酸，熱之，即有黃綠色的氣體發生，有強烈的刺激臭，普通稱為綠氣，學名為氯(Cl, chlorine)，是鹵素(Halogens)之一，用下方置換法集之，

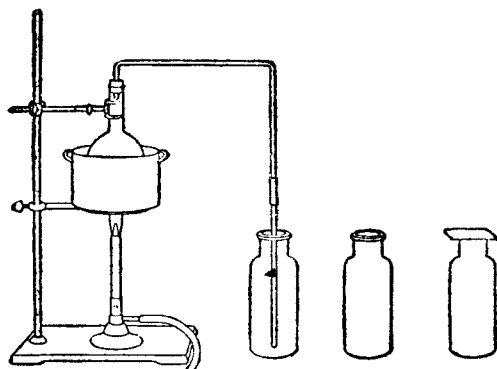
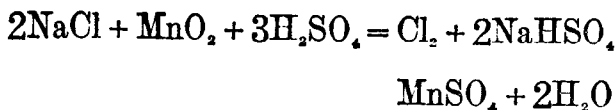


圖 49 氯的製備

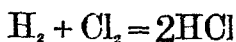


氯的密度約為空氣的二倍半，其分子式當作  $\text{Cl}_2$ 。稍溶於水，稱為氯水(chlorine water)。

把燭火放進氯中，則生煤烟，仍繼續燃燒。以燃著的氫置氯氣中，燃燒亦能繼續。生成物觸



水氣，即變白霧，溶解水中，溶液有強酸性反應。在燃燒中氯和氫化合，所成的化合物，稱為氯化氫(HCl, hydrogen chloride)。



等量的氯和氫混合後，若放在暗處，不見作用發生，遇日光直射，便劇烈爆發而化合。

氯亦很容易同金屬化合，銻銅等金屬的粉末，能在氯中燃燒，成金屬的氯化物。鈉的薄片放進氯



圖 50 氯中燃燒

中，生白色的固體，即為食鹽，學名為氯化鈉，氯有漂白作用，把染色的濕布或鮮花，放入氯中，即見他們的顏色褪去，這因為氯和水作用，放出氧來，那活潑的氧，便將顏色變化了。

氯是很活動的元素，在化學和工業上，都有很重要的地位。氯的化合物很多，戰場使用的毒氣和烟幕，十之八九，是氯的化合物，性質都很猛烈。

氯的單質，亦用做毒氣。防禦毒氣，也要用氯的化合物，所以氯亦是國防上的必不可少的物質。

116. 氯化氫 氫和氯直接化合，得氯化氫，前面已說過了，硫酸和食鹽同熱，是實驗室中最簡便的製備方法，工業上多用直接化合法，硫酸和食鹽的方法，亦在應用。

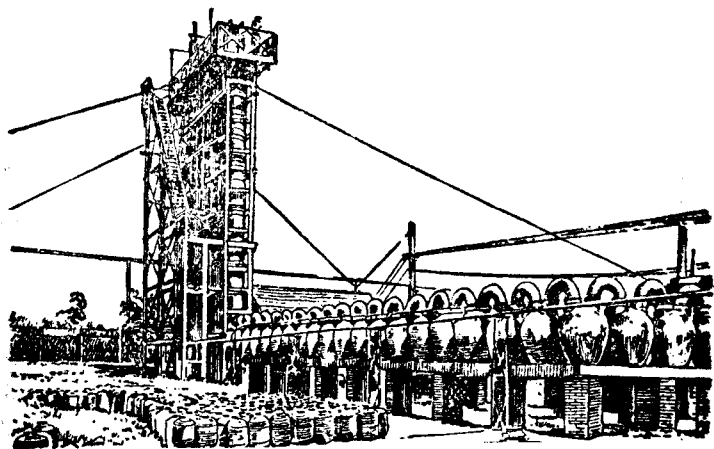
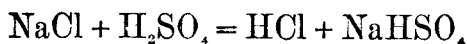


圖 51 上海天原電化廠的氯化氫吸收器



氯化氫為無色的氣體，有刺激性的氣味，遇空氣中的濕氣，便成白霧。此氣易溶於水，現強

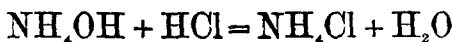
酸性，這水溶液即鹽酸，學名氫氯酸(hydrochloric acid)。純粹品無色，粗製品因製造時帶入少量的鐵，所以常帶黃色。濃鹽酸發烟，稀鹽酸則無。鹽酸與硫酸硝酸，同是重要的強酸，化學工業上，用途甚廣。在上海有國人自辦的天原電化廠，製造鹽酸，利用食鹽作原料，電解後，使氫氣直接化合而成。

使鹽酸和二氧化錳同熱，則得氯氣。鹽酸和硝酸，以三與一的容積比相混的溶液，有極強的氧化力，名曰王水(aqua regia)。人的胃液中，亦有少量的鹽酸存在，以營消化的作用。

117. 氫氯酸的鹽 氯化氫中的氫，如以金屬或其他相當的基置換，即得氫氯酸的鹽，稱為氯化物。食鹽便是鹽酸的鈉鹽稱為氯化鈉。濃鹽酸與氨相遇，所起的白霧，就是他的銨鹽，稱為氯化銨(NH<sub>4</sub>Cl, ammonium chloride)。



使氫氧化銨溶液與鹽酸中和，亦得此物。



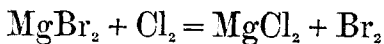
氯化銨是無色結晶的固體，易溶於水，受熱復分解為氯化氫和氨，所以知道這反應是可逆的。氯化銨是銨鹽中最普通的一個，工業和醫藥上，都要用他。

以石灰乳和鹽酸中和，或用鹽酸溶解大理石都有氯化鈣 ( $\text{CaCl}_2$ ) 產生。通常含有六分子的結晶水，加熱熔融，水即失去。如此去水製成的氯化鈣，吸收濕氣的能力很大，可作乾燥劑用。放在空氣中的氯化鈣，潮解很快。

氯化鎂 ( $\text{MgCl}_2$ , magnesium chloride) 是用海水製食鹽的副產物，在空氣中潮解很快，所以粗製的海鹽，滴流不乾，分出苦汁來，全係含有此物之故。

三氯化鐵是棕紅色的結晶，亦易潮解，溶液為紅褐色，有酸性，可用作止血的藥。

118. 溴 溴 (Br, bromine) 爲鹵素之一，在自然界中，他的化合物，常和氯化物相伴存在，但爲量很少，海水和岩鹽內，都能尋得少許。通氯入溴化物溶液內，便起置換作用，放出溴來，如通氯入溴化鎂溶液，卽有以下反應發生。



溴爲紅褐色的液體，很重，密度約爲3.0，易蒸發，裝溴的瓶內，常充滿紅色蒸氣，此氣入鼻刺激很強。分子式爲  $\text{Br}_2$ 。溴能略溶於水，所得的溶液，稱爲溴水 (bromine water)。

溴和氫合成溴化氫 (HBr, hydrogen bromide)，爲無色而重的氣體，易溶於水，溶液稱氫溴酸 (hydrobromic acid)，一切的性質，和氯化氫相彷彿。

119. 碘 碘 (I, iodine) 亦爲鹵素之一，在自然界中，存量很少。有幾種海草，從海水中攝取碘，海草燒成的灰中，含有碘化物少許，卽由

此浸出製碘。現在世界上所用的碘，一部份用此法製成，一部份從礦物製成。

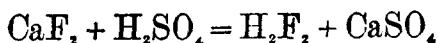
碘是紫黑色的結晶，有光澤，略似金屬，又有特臭，受熱即能昇華，直接化爲蒸氣，冷後復結晶。碘蒸氣的分子式爲  $I_2$ 。碘難溶於水，但易溶於碘化物的溶液中。他的酒精溶液，稱爲碘酊，俗稱碘酒，醫藥上有消毒等等用途。單質的碘，遇澱粉，使澱粉立變深藍色，反應非常靈敏，化學上常用澱粉來試碘的存在。碘在人身上，存量雖很少，但與身體的發達，有重大的影響。

碘和氫化合，生碘化氫(HI, hydrogen iodide)，爲無色而重的氣體。他的水溶液，有強酸性，與氯化氫及溴化氫相似。如使氯或溴和此酸或他的鹽類作用，碘便分離出來。

120. 氟 氟(F, fluorine) 亦爲鹵素之一，自然中，有其礦物存在。如螢石 (fluospar) 等等，螢石的組成爲  $CaF_2$ ，我國浙江出產很多，此外動

物的齒和骨內，亦含有之。

放螢石和硫酸於鉛器內慢慢的加熱，則有**氟化氫**( $H_2F_2$ , hydrogen fluoride)的氣體放出。



氟化氫爲無色的氣體，易溶於水，溶液爲酸性。此酸能腐蝕玻璃。利用這性質，可以做玻璃的彫刻。尋常用硬橡皮，人造樹脂，或蠟製的器皿盛之。

用電分解氟化氫或他的鹽的溶液，能得氟的氣體，但實驗很難。氟的化學性質，和氯相類似。非金屬的物質，以氟爲最活動。所以與他元素化合，最爲劇烈，因此難得到他的純粹物質了。氟素是非常的毒，且有極強的腐蝕性。

121. 鹵素 氟氯溴碘的化學性質相似，和金屬化合，都成和食鹽類似的鹽類，以前都總稱他們爲造鹽素。但按古義：「天生曰鹵，人造曰鹽」；故稱鹵素 (halogens) 較爲簡切，鹵素的氫化物，

總稱為鹵化氫 (hydrogen halides)，他們的性質，也相差不多。由這些酸所生的鹽，亦相類似，總稱為鹵化物 (halides)。

2017

## 問 題

1. 試說明諸鹵素的普通化學性質，並講他們不能有單質在自然中存在的理由。
2. 燃燒非有氧不可嗎？試舉例作答。
3. 試想個試驗方法，來證明一瓶溶液是含有碘化物的。
4. 說明氫氯酸與硫酸和硝酸的異同。
5. 已經學過的乾燥劑有幾種，試舉出來。
6. 試列表比較各種鹵素的物理性質。
7. 硫酸和螢石同熱，以製造氫化氫，何故須用鉛皿？





# 化學 下冊

## 第十五章 鈉 鉀

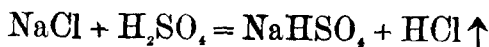
122. 鈉 鈉 (Na, sodium) 的化合物，在自然界中，分布很廣，最常見的要算食鹽了。一切鈉的化合物，用白金絲引入無色火焰中燒之，焰變黃色，我們常藉此現象，檢驗有無鈉的存在。

電解融化的氫氧化鈉，能得鈉的單質。鈉為銀白色的金屬，但在空氣中，因為受氧和水汽的作用，不能保持他的金屬光澤，新切開的面，可以看得很清楚。質地很軟，易於分割。和水作用，即放出氫，發熱很大，激烈時有火花發生。通常將鈉放在煤油中保存，以避濕氣和氧的作用。

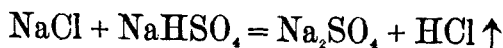
鈉的化合物，都是用食鹽做原料製造的，大

多爲重要的工業原料。製金屬的鈉，工業上也用他作原料。

123. **硫酸鈉** 硫酸和食鹽作用，溫度不高時，有以下的反應：



加熱，使他的溫度增高，便再發生氯化氫而成**硫酸鈉**( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , sodium sulfate)。反應如下式：



由上兩式，知道這反應中同時有氯化氫發生，工業上常利用此法製造鹽酸，硫酸鈉是副產品。

硫酸鈉溶解於水，溶液爲中性，他的結晶，含有十分子的結晶水，俗稱芒硝(Glauber's salt)。除做藥用外，工業上用爲製造碳酸鈉和玻璃的原料，池鹽和海鹽中，往往有少量存在。

**硫酸氫鈉**( $\text{NaHSO}_4$ , sodium acid sulfate) 是硫酸中的一個氫原子被鈉原子置換而成的物質，他的水溶液有酸性。所以又叫他爲酸性硫酸鈉。

124. 碳酸鈉 碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , sodium carbonate) 俗稱碱。又叫蘇打。(soda) 爲極重要的工業品之一，製造的方法有兩種，分別寫在下面：

(甲)路布蘭法 (Leblanc process) 用食鹽和

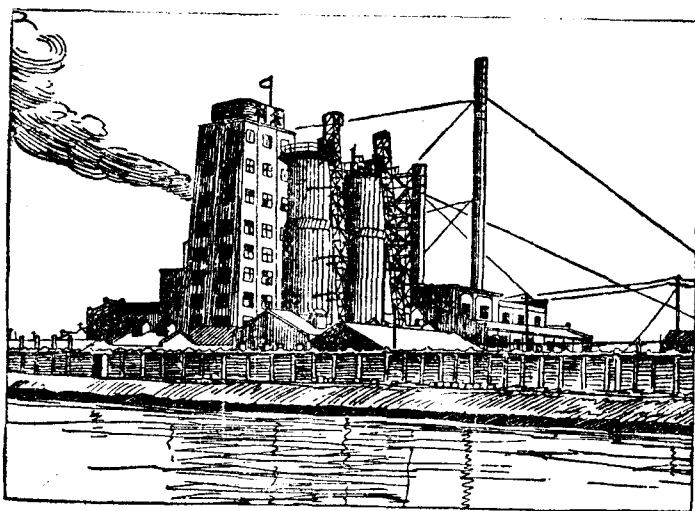
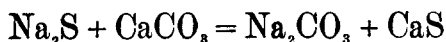
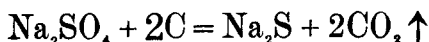


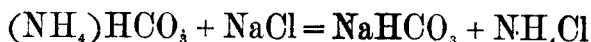
圖 52 天津永利碱廠

硫酸，先製硫酸鈉，後以硫酸鈉，煤，及碳酸鈣三物混和，在反射爐或迴轉爐內強熱之，則有以下的反應：

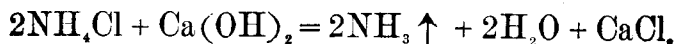


生成物爲灰黑色的塊，是碳酸鈉硫化鈣和殘餘的煤混合而成。普通叫他爲黑灰 (black ash)。用水浸出數次，碳酸鈉即溶解，把這溶液蒸發，等到結晶，取出，再加熱，除去水分，便得碳酸鈉的粉末。市品稱爲蘇打灰 (soda ash)。

(乙)索爾未法<sup>①</sup>(Solvay process) 通幾個氣壓的二氧化碳，入食鹽和氨的濃厚溶液中，便起以下的反應，而有碳酸氫鈉的沉澱分出，



工業上因氨是不賤的物質，所以由前反應得到的氯化銨，仍須加石灰水，收回氨以便復用。



①索爾未(Ernest Solvay 1835-1922)是比國的製造化學學者，在1861年發明製造碳酸鈉法。

前得的沈澱，爲酸性的碳酸鈉，聚集熱之，乃得碳酸鈉，反應如下，



索爾未法，不必用爐，作用起於多層的高鐵塔中，製品比從前法得來的純粹，因用氨做原料，所以又叫作氨蘇打法 (ammonia soda process)。我國河北的永利碱廠，就是用這方法。

無水的碳酸鈉，是白色粉末，溶解於水，有鹼性，從水溶液中所得結晶，含有十分子的結晶水，俗稱洗濯蘇打 (washing soda)。碳酸鈉可供玻璃及氫氧化鈉等製造之用，別的工業需用他的亦不少，每年世界上產額很大，我國所產的人造品僅有永利碱廠，規模可觀，天然品在陝甘新內蒙等乾燥地方的鹽池中，每年所產亦復不少，只是不純粹。

125. **碳酸氫鈉** 碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ , sodium bicarbonate )，亦稱酸性碳酸鈉 (sodium acid

carbonate)。通二氧化碳入碳酸鈉的濃溶液中，碳酸氫鈉便能沈澱出來，其式如下：

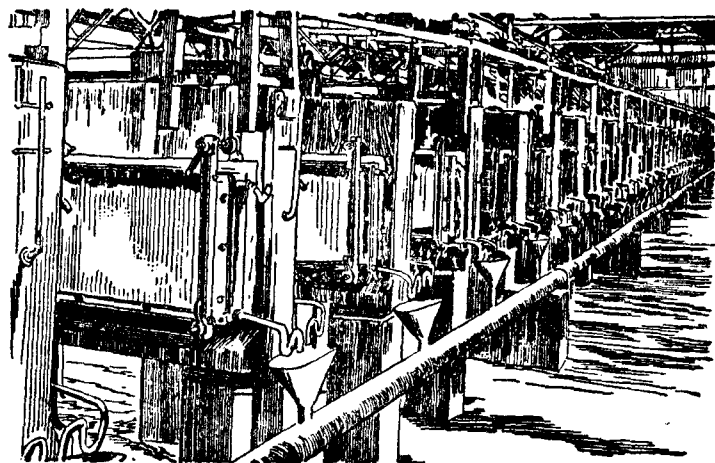
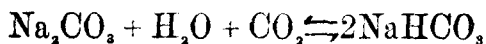
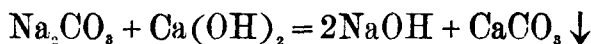


圖 53 上海天原電化廠電解食鹽的電池

此種反應是可逆的，減少二氧化碳的氣壓，或增高溫度，則反應向左，成碳酸鈉。從索爾未的方法中，所以能得到碳酸氫鈉，便因為二氧化碳的壓力大，同時這鹽在那溶液中，溶度亦很小。如此得到的碳酸氫鈉，混有氨的化合物，所以不純

粹。這鹽的純品，供醫藥及製汽水(蘇打水)麵包焙粉等用。

126. **氫氧化鈉 氫氧化鈉** (NaOH, sodium hydroxide)，俗稱燒碱，或苛性蘇打 (caustic soda)，加消石灰入煮沸的碳酸鈉溶液中，便有以下的反應，



碳酸鈣沈澱之後，取上部的清液，蒸發去水分，再加熱融化後，注入模型中，鑄成適當的形狀，即是固體的氫氧化鈉。

電解食鹽<sup>①</sup>的溶液，能得氫氧化鈉，和氫氣氯氣，近代工業製造，多用此法。

氫氧化鈉為白色固體，易溶於水，溶解時，發熱很大，在空氣中，能吸收二氧化碳和濕氣。此物鹼性很強，對於皮膚，有強烈的腐蝕性。

氫氧化鈉是強鹽基類中應用最廣的一個，多

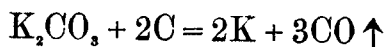
①食鹽的電解詳電解。



種化學工業要用他尤其是造肥皂用得最多。

127. 鉀 鉀(K, potassium)和鈉的性質，是很相似的，自然界中鉀的化合物，分布亦廣，岩石土壤中都有。鈉多在海水中，鉀多在陸地上，這是他們分佈的異點。鉀是植物生長時所不可少的物質，植物體中所含的鉀，經過腐爛，或化灰後，仍然回到土中，農民常用植物灰做肥料的，就是利用這鉀質。

強熱碳酸鉀和木炭的混合物，發出來的蒸氣，冷凝後，便是金屬鉀，這是製鉀的一種方法。



金屬的鉀，質軟，和鈉相似，投入水中，作用劇烈，發生氫氣。往往因發熱而著火。在空氣中，亦易氧化，並受水蒸氣的作用，而喪失他的金屬光澤。所以亦貯藏在石油之中，鉀的化合物，能使無色的火焰作紫色，可用這現象來檢驗他的存在。

128. 鉀的鹵素鹽 氯化鉀 (KCl, potassium chloride) 常和岩鹽相伴而生，爲量不多，我國四川井鹽內，即含有少許，又爲用海草製碘的副產品。他的結晶像食鹽，可用爲製造肥料和其他鉀鹽的原料。

溴化鉀 (KBr, potassium bromide) 爲無色結晶體，易溶於水，醫藥上有用處。

碘化鉀 (KI, potassium iodide) 亦爲無色結晶體，易溶於水，醫藥上用之。溴化鉀和碘化鉀，都是溴和碘的最普通的化合物。

129. 碳酸鉀 陸地植物的灰中，都含有碳酸鉀 ( $K_2CO_3$ , potassium carbonate)，可以用作肥料。我國內地居民，往往用水浸柴灰，取灰液來澆洗衣物，這便是利用其中碳酸鉀的鹼性，以去油污。蒸發植物灰的浸出液，可以製造碳酸鉀。大規模製造的方法，是用氯化鉀做原料，仿照路布蘭製碳酸鈉的方法製之。

碳酸鉀很易溶於水，亦很容易吸收濕氣，所以用作乾燥劑。他的水溶液，有鹼性，用途在做氫氧化鉀和造玻璃等原料。

130. 氫氧化鉀 氫氧化鉀 (KOH, potassium hydroxide), 俗名苛性鉀 (caustic potash) 或木灰 (potash), 照氫氧化鈉製造的方法，以消石灰作用於碳酸鉀或電解氯化鉀的水溶液來製造他。此物爲白色之固體，易溶於水，又容易吸收濕氣，他的溶液有強鹼性，且能腐蝕皮膚。氫氧化鉀爲強鹽基之一，因價比氫氧化鈉貴，故工業上之用途不及氫氧化鈉大。

131. 鹼金屬 鋰 (Li, lithium), 鉀 (Rb, rubidium) 和銫 (Cs, caesium) 等三種稀金屬元素，性質都和前述的鈉鉀相像，他們的氫氧化物，都易溶於水，有強鹼性的反應，所以鋰鈉鉀鉀銫五元素，總稱爲鹼金屬 (alkali metals)。用白金絲蘸鹼金屬化合物少許，入無色的火焰內燒之，則

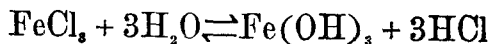
銦作紅色；鈉作黃色；鉀銣銻都作紫色的焰色反應。

132. 鹽的種類 硫酸中的氫分子被鈉原子置換，生有硫酸鈉( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 和硫酸氫鈉 ( $\text{NaHSO}_4$ ) 兩種鹽類。前一個表示酸性的氫，全被置換，所生的鹽，稱做**正鹽**(normal salt)，或**中性鹽**(neutral salt)；後一個表示酸性的氫，僅一部份被置換，所得的鹽，叫做**酸性鹽** (acid salt)。凡酸有一個以上可以置換的氫原子，如硫酸有兩個的，稱為**多鹽基性酸** (polybasic acid) 氫氰酸為一鹽基性酸，氫亞鐵氰酸 (hydroferrocyanic acid) 則為四鹽基性酸。

鹽基中如氫氧化鈉，他的一分子，可與一分子的一鹽基性酸中和，可稱為一酸性鹽基；如氫氧化鈣的一分子，可同二分子的一鹽基性酸中和，便叫作二酸性鹽基。一分子的二酸性鹽基，與一分子的一鹽基性酸作用，所生之鹽，稱做**鹽基性**

鹽(basic salt)，如  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$  便是例子。

鹽類中有的組成正鹽，溶解於水中，溶液有鹼性反應，碳酸鈉是例子。有酸性反應的，三氯化鐵是例子。因為這些鹽遇水，便有以下的可逆作用：



如此變化，稱做**加水分解** (hydrolysis)，亦稱**加水解離** (hydrolytic dissociation)，簡單點叫他**水解**，

## 問 題

1. 你想氯化鈉和氯化鉀，那個容易得到。同一種酸的鈉鹽和鉀鹽，那個價錢賤些。何故？
2. 試寫方程式，表明用路布蘭法製造碳酸鉀的方法。
- √3. 碳酸中有幾個可以置換的氫原子？舉出他的正鹽和酸性鹽的例子。
- √4. 把普通玻璃放在無色火焰中燒之，火焰即有顯著之黃色，

這能證明什麼事？

5. 鄉村裏只有草木灰，石灰，和土碱，現在想製成氫氧化鉀和氫氧化鈉的溶液以供農民自造肥皂，要用什麼樣的化學變化和製造手續，你能詳細的說明嗎？

6. 用同重量的氫氧化鈉或氫氧化鉀中和某一種酸，氫氧化鈉所能中和之酸之量，何以較氫氧化鉀所能中和者為多？

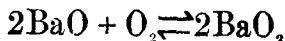
7. 有三瓶化學品，一是氯化銨，一是氯化鈉，一是氯化鉀，用什麼方法，鑑別他們？

8. 計算洗濯蘇打中水的成分百分比。

## 第十六章 氧化還元

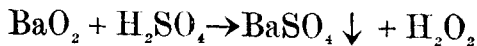
133. **過氧化物** 過氧化物之中，過氧化鋇，二氧化氫，過氧化鈉，都是很重要的。

(甲)過氧化鋇 氧化鋇受熱，到了四五百度，便吸收空氣裏的氧，成過氧化鋇 ( $\text{BaO}_2$ ，barium peroxide)。



若是溫度再升高，或空氣的壓力降低，便會放出氧來。利用這個可逆反應，可以從空氣裏製取氧。

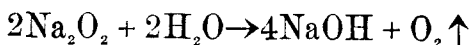
(乙)過氧化氫 把淡硫酸加到過氧化鋇裏，就可製成過氧化氫，也可稱爲**二氧化氫** ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ，hydrogen peroxide)的溶液。



純粹的二氧化氫，容易分解 市上賣的，都是3%的水溶液，俗名雙氧水，因他很容易把氧給旁的

物質，所以氧化力還不算弱，亦不像氯那樣強，用來漂白毛和絲，恰好相宜，醫藥上用他作殺菌劑，洗血瘀和膿痂很有效。

(丙)過氧化鈉 把金屬的鈉，放在乾燥純粹的氧裏，加熱，直接化合之後，就成過氧化鈉 ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ , sodium peroxide)，是黃白色的粉末，遇水便發熱分解，放出氧來。



134. 臭氧 電花通過空氣，便有一種特別的

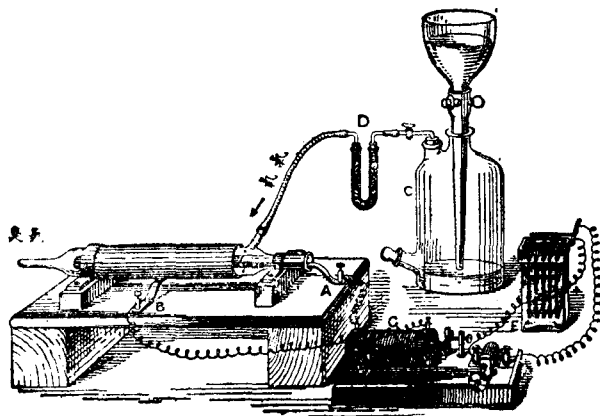
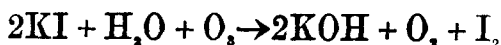


圖 54 臭氧之製備



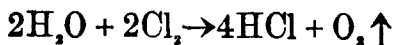
氣味發生。夏季雷電交作的時候，每有這種氣味因爲氧受電的作用，發生**臭氧**( $O_3$ , ozone)之故。用人工製造臭氧時，要用發強電而不生火花的器具，把氧從那裏面通過，便有不少的臭氧製成。

臭氧是氧的同素異形體，有特別的氣味，很淡時，使人的肺部覺得爽快興奮。氧化力很強，碘化鉀和澱粉的溶液，遇了臭氧，就發生藍色，



因新生的碘，使澱粉變色之故，藉此可以檢試空氣裏有無臭氧存在。

135. **漂白粉** 氯的水溶液，在日光中，能發生氧。



這放出的氧，在將放未放的時候，若有易被氧化的物質同在一處，便要受氧化。所以氯有很強的氧化性，用他來漂白，很有效力。只因氣體的氯不便運輸和使用，不得不用鹼，把他吸收起來。

- A. 加入石灰之漏斗。  
 B. 石灰在管中向左端移送降入 C 管。  
 C. 石灰在管中向右端移送，再降入下層之管中，如此繼續移送，可吸收多量之氯，成爲漂白粉。  
 D. 放出漂白粉之漏斗。  
 E. 氯氣節制器。  
 F. 送入氯之管。

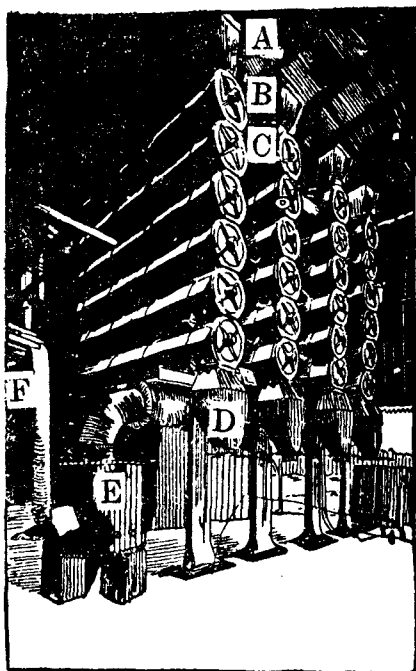
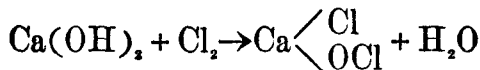
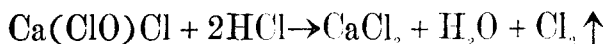


圖 55 上海大原電化廠的漂白粉廠

價值最廉的鹼，便是石灰，吸足了氯，就製成漂白粉(Ca[ClO]Cl bleaching powder)。



漂白粉是白色的粉末，有氯的氣味，和酸生作用發生氯，所以是很強的氧化劑。



漂白粉和空氣接觸久了，便放出一部份的氯，氧化力不免減小些。

工業上用漂白粉很多，製紙和漂染工業，都要用多量的。但對於絲和毛，却嫌氧化力太大，不用為宜。漂白粉殺菌力很大，用來防疫消毒，行軍時也用漂白粉，掃滅戰地遺留的各種毒氣，并肅清飲水裏的各種有害的細菌。因此漂白粉不僅是不可少的工業原料，也是國防上必備之物。我國有上海天原電化廠，現在也能造，可惜產量不多。

136. **氯酸鉀** 把氯通進煮沸的氫氧化鉀，飽和之後，再使他冷，便有**氯酸鉀**( $\text{KClO}_3$ , potassium chlorate)結晶出來。



若是用氫氧化鈣代替氫氧化鉀，製成**氯酸鈣**之後，把溶液蒸發得很濃，加上氯化鉀的溶液，

氯酸鉀便結晶出來，這樣更經濟些。工業上的製法，是把熱的氯化鉀溶液通電，使他變成氯酸鉀，然後減低溫度，便有氯酸鉀的結晶出來。①



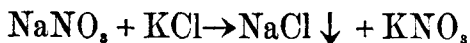
氯酸鉀是白色結晶，受熱便融解，放出氧來。如有二氧化錳同在一處，放出氧的溫度，可以比較低些。因為他能放出許多的氧，所以有強氧化性，醫藥上用他的溶液作含漱劑，製造爆炸藥和烟火，都要用氯酸鉀。我國的火柴廠，每年要用不少的氯酸鉀作原料，可惜全是外國貨，近來國內纔有人製造，產量不多。

137. 硝酸鉀和硝酸鈉 硝酸鉀( $\text{KNO}_3$ )通常叫作火硝，亦稱硝石 (saltpeter)，將硝酸鈉 ( $\text{NaNO}_3$ )混和氯化鉀，加適量的水，再加熱，便有食

---

①氯化鉀溶液通電，與 126 節電解食鹽同，這時所生的氯與所生的氫氧化鉀起作用，就變成氯酸鉀。

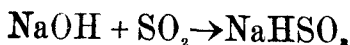
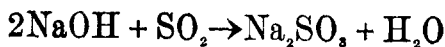
鹽沈澱出來，濾去之後，溶液冷了，硝石會結晶出來。



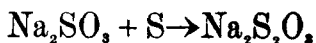
硝石是白色的結晶，熱到高溫度，能放出氧，所以是有氧化性的。製造火藥和炸藥，都用得着他。

硝酸鈉即智利硝石，性質和硝酸鉀相似，價值比較廉，只因容易吸收濕氣，不能用來製造火藥，但却是製造炸藥的好原料。

138. **亞硝酸鈉和硫化硫酸鈉** 化學品可作還元劑的很多，亞硫酸和亞硫酸鹽，都是常用的。把二氧化硫通進氫氧化鈉的溶液裏，看通進的二氧化硫的多少，所成的鹽，便有**亞硫酸鈉**( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , sodium sulfite)，和**亞硫酸氫鈉**( $\text{NaHSO}_3$ , sodium acid sulfite)之不同。



亞硫酸鈉，能從他種物質奪取氧而成硫酸鈉，有還元作用，和硫化合，便成**硫代硫酸鈉** ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , sodium thio-sulfate)。



硫代硫酸鈉，通常叫作次亞硫酸鈉 (sodium hypo-sulfite)，是結晶形，含五分子的結晶水，在水裏很易溶解。照他的分子成分說，可算是把硫酸鈉的一個氧原子，用硫原子代替而成的，所以有一**硫代硫酸鈉**的名稱，但一字可略。

硫代硫酸鈉有比較溫和的還元性；最普通的用途，如在照相術上用爲定影劑等，這時硫代硫酸鈉與未變的氯化銀起作用，使其變成可溶性的複雜化合物如次式所示：



**139. 氧化和還元** 凡是有氧化性的物質，能使他物受氧化，他自己便被他物還元。凡是有還元性的物質，能使他物受還元，他自己便被他物

氧化。所以氧化和還元的意義，變得更廣泛些，以前只認元素和氧變成氧化物是氧化，氧化物失却氧變成元素是還元。現在凡是氧原子增多，或元素的原子價加大，都算氧化，凡是氧原子減少，或元素的原子價減低，都算還元。例如在氮的化合物中，



從右向左進，氮的原子價，從-3變到+5，氮是被氧化。從左向右，氮是被還元。氧化和還元，是表明元素在變化中的情形。氧化作用和還元作用，常是相伴而行的。

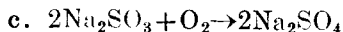
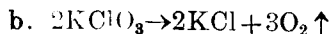
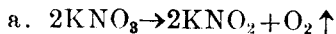
有氧化性的物質，能發生**氧化作用** (oxidation)，如過氧化鈉，氯酸鉀，漂白粉，臭氧等等都是**氧化劑**(oxidizing agent)。有還元性的物質，能發生**還元作用** (reduction)，如亞硫酸鈉，一氧化碳等，都是**還元劑**(reducing agent)。

## 問 題

1. 水蒸汽和紅熱的鐵起作用，產生磁性氧化鐵和氫，那一個是被氧化，那一個是被還元，誰是氧化劑，誰是還元劑？

2. 氧化物變成過氧化物，是不是被氧化？

3. 下面的幾種變化裏，那一個是被氧化，那一個是被還元？



4. 臭氧和氧氣的區別如何？試作一比較表。

5. 漂白粉何故有漂白作用？這種漂白作用是氯化或是還元？



## 第十七章 電解質

140. 電離 有許多物質的水溶液，譬如食鹽水，可以傳電，可以電解，遇硝酸銀的水溶液，立刻發生白色沈澱的氯化銀，這是何故？又有許多物質的水溶液，譬如糖水，不傳電，不能電解，不能與任何物質起非常迅速的化學變化，這又是何故？並且在一定量(譬如一公升)的水中溶解一公分分子量的糖，使這糖水結冰，可測知其冰點比零度(即水的冰點)低，又使其沸騰，可測知其沸點比百度(即水的沸點)高，同樣另在同量的水中溶解一公分分子量的食鹽，使這食鹽水結冰和沸騰，亦可測知其冰點比水的冰點降低，其沸點比水的沸點升高，但其降低和昇高的度數，幾乎為糖水的二倍，這又是何故？

不僅食鹽和糖水有這些不同的性質，凡是無

機酸類，鹼類，鹽類的水溶液和大多數有機化合物的溶液比較，都有這些迥然不同的事實。我們推想的結果只有假定食鹽的分子  $\text{NaCl}$ ，和硝酸銀的分子  $\text{AgNO}_3$  在水溶液中各分離成原子 ( $\text{Cl}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Ag}$ ) 或原子團 ( $\text{NO}_3$ )；而蔗糖的分子  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ，在水溶液中則以一分子爲一團而存在，不再分離，因爲食鹽和硝酸銀的分子在水溶液中預先分離，所以一相遇就立刻起化學變化，生出不溶性的氯化銀 ( $\text{AgCl}$ )；糖分子在水溶液中不分離，所以不易與其他物質迅速作用。又因糖在水溶液中以一分子爲一最小單體，而食鹽在水溶液中，則一分子更分成二小單體，所以他們的水溶液的冰點降低和沸點升高，後者爲前者的二倍。①

但假定食鹽的分子在水溶液中分離成鈉( $\text{Na}$ )

---

①據實驗知一切溶液的冰點比溶媒的冰點低其沸點則反高，且其冰點降低及沸點昇高的度數，與溶液中存在的溶質的公分分子濃度成正比例，與溶質的種類無關。

和氯(Cl)，這鈉和氯實與普通的鈉原子和氯原子不同，因普通鈉原子，遇水即速變成氫氧化鈉，而食鹽水中實無氫氧化鈉存在；所以這假定分離的原子或原子團必帶有電，兩方的電性相反（譬如 Na 帶陽電 Cl 帶陰電）而電量相等，故雖在溶液中分離，然同時亦互相吸引，而成電中性狀態，所以既與普通原子不同，又可電解，且易與他原子團結合成新物質。

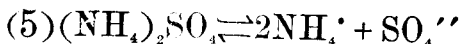
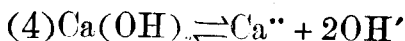
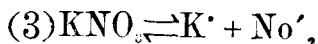
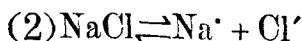
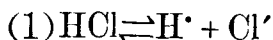
凡在溶液中可以電解的物質，稱為電解質 (electrolyte)，許多有機化合物，如蔗糖酒精等，在溶液中，不能電解，稱為非電解質 (non-electrolyte)。電解質在溶液中，必解離為帶電的原子或原子團。這種解離的作用叫做電離 (ionization or electrolytic dissociation)。

141. 離子 電解質溶液中的帶電原子或原子團，稱為離子 (ions)。酸類的氫，鹽類和鹼類的金屬原子，或與他相當的原子團，如銨 ( $\text{NH}_4$ )，

都帶陽電，電解的時候，向陰極(cathode)去，稱爲陽離子(cation)。氯，硝酸根，硫酸根，氫氧根，和其他與金屬化合的根，都帶陰電，電解的時候，向陽極(anode)去，稱爲陰離子(anion)。

離子達到電極，所帶的電中和了，便成普通單質，遊離而出，如陰極能放出氫，陽極能放出氯，就是例子。

離子所帶的電量，與原子或根的原子價爲比例，今以「·」表陽離子，「·」表陰離子，並各以其個數表所帶的電量，則電離的關係，可以下列的化學式表之，



電解質在溶液內，陰陽兩離子，常以當量的比例

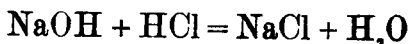
存在，所以常為中性。

142. **電離度** 電離的意義，是電解質的分子，在溶劑中，起解離作用，溶液濃，則分子多而離子少。加溶劑於濃溶液中，使其稀釋，則分子漸減，而離子漸增，在一定濃度的溶液中，分子和離子之間，保持平衡的關係。總分子數中，有一定的成數，分為離子，這電離的部份，對於溶質全量的比，稱為**電離度**(degree of ionization)。同一濃度的溶液，電離度各隨溶質而不同，一般鹽類的電離度都很大，酸和鹼的電離度，則隨種類而有強弱的分別。如鹽酸硝酸硫酸等強酸，和氫氧化鈉氫氧化鉀等強鹼，電離度很大。如碳酸等弱酸，氫氧化鈹等弱鹼，電離度很小。

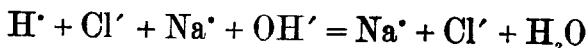
143. **中和的反應** 酸的水溶液，都有酸性反應，一切的酸，在溶液中，都要電離，生氫離子， $H^+$ ，所謂酸性反應，其實就是  $H^+$  的反應，鹼的水溶液，都有鹼性反應，一切的鹼，在溶液中，都

能電離，生氫氧離子， $\text{OH}'$ ，所謂鹼性反應，實在就是 $\text{OH}'$ 的反應

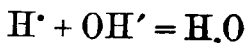
水雖亦電離成氫離子和氫氧離子，但是電離度極小，幾無離子存在。氫離子和氫氧離子，在水中相遇，差不多完全化合為水的分子，而失去氫和氫氧離子各自的特殊反應。譬如鹽酸和氫氧化鈉相遇，便起以下的反應，



但是在稀薄的水溶液中， $\text{NaOH}$ ， $\text{HCl}$ ， $\text{NaCl}$ 都能完全電離，所以反應的前後， $\text{Na}'$ 和 $\text{Cl}'$ 都是一樣，不過化合成的水，幾無電離，中和的反應，亦可以下式表出：

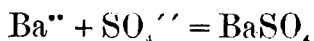


把左右不變的 $\text{Na}'$ 和 $\text{Cl}'$ 略去，便得



所以中和的意義，便是酸的氫離子，和鹼的氫氧離子化合而成水的反應。

144. **離子的反應** 電解質在水溶液中。都能電離，所以他們的反應，事實上都是他們離子的反應。上面所講的酸性，鹼性便是顯著的例子。又如硫酸，硫酸鈉，硫酸鋁等，均能生硫酸根的離子  $\text{SO}_4^{''}$ ，氯化鋇，硝酸鋇等，均能生鋇離子  $\text{Ba}^{''}$ ，所以前面的任一種，和後面的任一種相混合，常有同樣的白色沈澱發生。



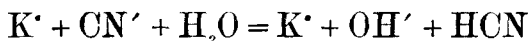
凡有共同離子的溶液，其反應皆同。

溶液的顏色，亦多由離子而生。如銅鹽的溶液，都是藍色，這就是因為各個裏面有共同的二價銅離子， $\text{Cu}^{''}$ 存在。亞鐵鹽的溶液，都是淡青色，則由各個裏面，有二價鐵離子  $\text{Fe}^{''}$ 存在的緣故。

145. **離子的可逆反應** 離子的反應，多為可逆的，待各離子的濃度，達於一定的平衡而止。如其中一部份的生成物，不溶解而沉澱，或為氣

體而逃出液外，或成不電離的分子，則液裏的變化，得以進行完全。如硫酸鋇的沈澱，二氧化碳的逃出(參考§41)，中和反應裏水的生成，都是例子。硝酸鈉和氯化鉀的溶液，混和後，無上述的三種情形，溶液內有  $\text{Na}^+$ ， $\text{NO}_3^-$ ， $\text{K}^+$ ， $\text{Cl}^-$  四種離子，達於平衡。如加熱而蒸發之，則在高溫度中，溶解度不增大的食鹽，首先分離，如是除去若干的  $\text{Na}^+$  及  $\text{Cl}^-$ 。冷之，則低溫中溶解度較小的火硝，亦分離出來。我們用硝酸鈉和氯化鉀來製造火硝，便用這方法。

中和有時亦為可逆反應，氰化鉀雖是正鹽，而他的水溶液，則有鹼性，其變化如下，



此種作用即所謂加水解離。其實就是中和的逆反應，氰化氫為弱酸，其解離度甚小，能同若干氫氧離子，共存在於溶液中。

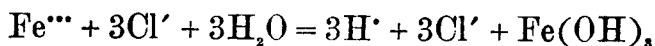
一般強鹽基和弱酸所成的鹽，由加水分解而



現鹼性，碳酸鈉也是一個例子。



反之，強酸和弱鹽基所成的三氯化鐵，則由加水分解而現酸性。



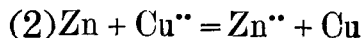
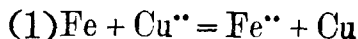
146. **重鹽和錯鹽** 蒸發適量的硫酸亞鐵和硫酸銨相混合的溶液，則得硫酸亞鐵銨 ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 的淡青色結晶。他的溶液，作淡青色，和其他亞鐵鹽一樣，亦有  $\text{Fe}^{\text{II}}$ 、 $\text{NH}_4^{\cdot}$ 、 $\text{SO}_4^{\prime\prime}$  各離子的反應，這是表示兩種鹽類的各個成分，同存在於水溶液中。凡是兩種以上的鹽，結合成的複鹽<sup>①</sup>(compound salts)，在水溶液中，仍有各成分鹽電解的離子，稱為重鹽(double salts)。組成他的各成分鹽，稱做單鹽(simple salts)。

黃血鹽( $\text{K}_4\text{Fe}[\text{CN}]_6$ ) 雖是氰化亞鐵和四分子的氰化鉀所組成，但溶液無淡青色，沒有亞鐵離

①兩種以上的鹽，結合而成的複合物，統稱曰複鹽。

子和氰離子的反應，而生了一種新的亞鐵氰離子 ( $\text{Fe}[\text{CN}]_6^{4-}$ )。凡是兩種以上的單鹽，合成的複鹽，在水溶液中，電離成和各原成分鹽不同的新離子，稱爲錯鹽 (complex salts)。所生的離子，稱爲錯離子 (complex ions)。

147. 離子化傾向 把磨光的鐵片，浸在硫酸銅液中，則銅附著於鐵面而鐵溶解。同法，把鋅浸入，銅亦析出而鋅溶解。此種變化，就是鐵和鋅由金屬化爲離子，而銅則由離子化爲金屬，其變化用式表之。



金屬中如鐵鋅等，化爲離子的傾向較強，而銅則弱，鐵或鋅溶解在酸中則生氫，這因爲氫的離子化傾向，弱於鐵和鋅的緣故。

銅鹽鋅鹽和酸相混的水溶液，通電分解，使電壓漸漸增加，即見陰極上，銅先分離，電壓再

增，則生氫氣，更增，鋅始分出。由電解分出的先後，可以測金屬離子化傾向的強弱，在前例中，離子化傾向，以鋅為最大，氫其次，銅為最小。

一般密度在5以下的金屬，稱為**輕金屬** (light metals)，如鈉，鈣，鎂，鋁等均易氧化，離子化傾向最大。密度在5以上的金屬，稱為**重金屬** (heavy metals)，如銅，鋅，錫，鐵等，除鋅鐵稍易氧化，而離子化傾向較次於輕金屬外，離子化傾向都很小。尤以密度最大的金屬，金和白金等，最難氧化，而離子化傾向亦最小。

陰離子亦如此，通氯入溴化物溶液中，溴便分出。把溴加入碘化物溶液內，碘亦分出。所以離子化傾向，是隨氯，溴，碘的次序而遞降。

浸金屬於其鹽類的溶液中，利用離子化傾向的大小，作適當的裝置和配合，能發生電流，可製簡單的電池。

148. **電解和他的應用** 用電流來分解或分

析物質，我們叫做電解。這事實已經講過多次了。

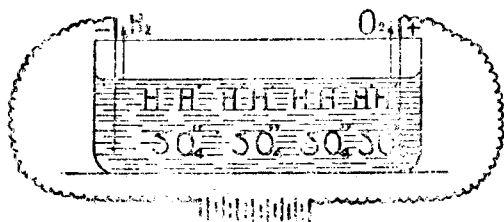


圖 56 解說電解水的理論

現在就把分解水的理論，解說一番。電流經過傳導的銅絲和鉑片，他們是無絲毫變化的。那和電池上陽電極相接的鉑片，稱為陽極，和陰電極相接的鉑片，稱為陰極，統叫做電極(electrodes)。電流流過的方向，照習慣的說法，是從陽極進去，從陰極出來。純粹的水，是不傳電的。所以非加少許硫酸或氫氧化鈉不可。硫酸在水中，電離作  $2\text{H}^+$  和  $\text{SO}_4^{''}$ 。電流通後，這些離子，便遵照異電性相吸的性質，氫離子是陽性的，游向陰極去，與陰極相觸，離子上的電便中和，於是原子的氫放出來。那  $\text{SO}_4^{''}$ ，是陰離子，被陽極吸引，與

陽極相觸，離子上的電亦中和，但這  $\text{SO}_4$  根，便立時和水起反應，成  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，而放出氧。所以結果陽極上放出氧，陰極上放出氫來。水是逐漸分解，至水盡而止。硫酸仍繼續存在水中。用氫氧化鈉的作用，和上述的彷彿，中和後的鈉及氫氧根，都立刻與水起反應，放出氫和氧來。從這些事實看來，電解水所得的氫氧二氣，可以說是個間接作用。

氯化鈉的電解，和其他電解的作用，都可以用類似的方法來解釋。

通電過銅鹽及鋅鹽的混合溶液，利用電壓的高下，可使二金屬分離，這種利用離子化傾向的差，用電解而分金屬的方法，叫做電析法 (electro analysis)，工業上應用這方法來精鍊金屬。

用電解法使金，銀，鎳，鉻等金屬，蓋在他物的面上，稱為電鍍法 (electro plating)。用蠟鑄模型，上塗石墨，由電解使金屬蓋在面上，把蠟

融化脫去，即得純金屬體，和原物同形，這方法稱為電鑄法(electroforming or electrotyping)。製造反光鏡等物，及印刷上鑄模用之。

## 問 題

1. 電解質在溶液中，分出帶電的離子，何以這溶液，仍然是中性？
2. 濃厚的糖液和鹽液，分別加水稀釋，各個內部，發生什麼影響？
3. 說明陽極陰極和陽離子陰離子的關係。
4. 說明單鹽和重鹽錯鹽的分別。
5. 把電流通過硫酸銅( $\text{CuSO}_4$ )的水溶液中，問有什麼變化發生，試作與圖 56 相同的圖來解釋他。
6. 電解水時，必須加少量的酸或鹼是何原故？這加入的酸或鹼有變化嗎？
7. 舉例說明離子化傾向。
8. 舉例說明離子的反應。

## 第十八章 銅 貴金屬

149. 銅 銅(Cu, copper)的鑛物,通常是硫或氧化物,例如黃銅鑛( $\text{CuFeS}_2$ ),硫銅鑛( $\text{Cu}_2\text{S}$ ),赤銅鑛( $\text{Cu}_2\text{O}$ )。銅的單質所成的鑛,却不常見。我國湖北,四川,吉林,雲南都產銅,產量都不多。我國開始用銅造器具,比世界各國都早,所以現在發現的古物,用銅造的,占最多數。

從銅鑛煉銅的方法,因鑛的品質而不同。第一步煉成的是不純的銅,須將這種銅作陽極,用純銅的薄片作陰極,浸在硫酸溶液裏,通電,銅便聚集在陰極,成爲純銅,雜質留在陽極,裏面有金銀砷等等的單質。現在銅的用途最大的是造電線電機,所以非最純的銅不能用。

銅是赤色的金屬,導電性最高,在乾燥空氣中,不易生變化。久在潤濕空氣裏,會生出綠色

的鹽基性碳酸銅，有毒，俗名銅綠 (verdigris  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )。銅在空氣裏燒得很熱時，變成一氧化銅 ( $\text{CuO}$ , cupric oxide)。融化的銅，灌進模型時，表面上有很薄一層一氧化二銅 ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , cuprous oxide)。因為銅有兩種原子價，所以有一價和二價的氧化物。

銅亦是很有用的金屬元素，僅比鐵差一些。用銅，或用銅和他種金屬配製成的齊，製造成的機械器具，種類非常多。因為銅對於人是有毒的，所以裝食物的器具，裏面要塗錫。

150. 齊 齊 (alloy) 俗名合金，凡兩種以上的金屬，融和得很均勻，就成爲齊。硬度比所含的金屬高，融點比所含的金屬低，顏色亦不相同，可得各種的顏色。如銅之有黃銅，青銅，赤銅，可作一個例證。各國的國幣，不外金銀兩種。爲增加硬度，以免使用時，容易消磨，都加入相當的銅。我國的國幣成色。銀有88%，銅有12%。



常用的齊，名稱雖然是相同，成色并不是一定的。各種常用的齊，所含的各種金屬的百分比，大概如下表：

齊成分表

齊名	成分	銅	鋅	鎳	鋁	錫	銀	金	鉛	銻	性質和用途
黃	銅	67	23	—	—	—	—	—	—	—	造器具機械
洋	銀	50	25	25	—	—	—	—	—	—	造器具電阻
鉛	銅	90	—	—	10	—	—	—	—	—	造裝飾品
鏡	銅	67	—	—	—	23	—	—	—	—	有光澤造銅鏡
礮	銅	90	—	—	—	10	—	—	—	—	古代造礮用
鐘	銅	78	—	—	—	22	—	—	—	—	鑄鐘聲清響
赤	銅	95	—	—	—	—	1	4	—	—	造裝飾品
活字	金	—	—	—	—	5	—	—	75	20	造鉛字凝固時脹大
鐸	金	—	—	—	—	50	—	—	50	—	鐸接金屬用

用銅和錫作主要成分的齊，是青銅，礮銅，鏡銅，鐘銅等等。造銅像和製造器具機械的齊，除銅錫之外，還要加入鋅和鉛。銅和銻造成的齊，

有黃金的光澤。齊的細粉，有可用來製造金色和銀色油漆的，非常奪目美觀。齊在工業上的用途固然大，軍事上亦很重要。

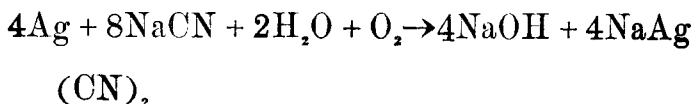
151. 硫酸銅 銅不能同硫酸作用而放出氫來，但銅被硫酸氧化成氧化銅，再和硫酸作用，便可成硫酸銅 ( $\text{CuSO}_4$ , copper sulfate) 了。硫酸銅的結晶是藍色，含有五分子的結晶水，名叫膽礬 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  copper vitriol)。無水的純粹硫酸銅，是白色的固體。硫酸銅是最普通的銅化合物，電鍍和木料防腐，都要用他。用硫酸銅和石灰乳配合製成的博多士混合劑 (Bordeaux mixture)，是殺果樹害蟲的好藥。

銅的化合物如硝酸銅 ( $\text{Cu}[\text{NO}_3]_2$ , cupric nitrate)，氯化銅 ( $\text{CuCl}_2$ , cupric chloride)，銅的原子價，普通是二價，溶液都是藍色，因為有二價的銅的離子的原因。原子價一價的銅離子便無色，性質是大不相同的。

在裝有硫酸銅溶液的器裏，將清水沿着器邊慢慢傾下，便可看見水積在上面，藍色溶液在下面，界限很分明。用蓋蓋好，放在那裏，不要動他，幾天之後，藍色溶液的範圍擴大，器裏全部都成藍色溶液，并很均勻。因為硫酸銅溶液能移動，致銅離子擴散充滿全部液體之故。這種現象，名叫擴散 (diffusion)。又例如置少量的溴素於室隅，不久室中即可聞其臭氣這是溴的蒸氣，擴散於空氣中的現象。

152. 銀 天然的純銀鑛，很少發現，銀鑛大都是硫化銀 ( $\text{Ag}_2\text{S}$ )，名硫銀鑛。銅和鉛的硫化物鑛裏，常有硫化銀混在裏面。煉成的不純的銅，用電解法煉成純銅之後，銀便可以分出來。煉成的不純的鉛，再加十分之一的鋅，加熱融解之後，鋅將銀溶解，浮在上面，取出，把鋅蒸餾去，剩下的只有銀和少量的鉛，再放在骨灰皿中，放進爐裏，加熱，并通空氣，鉛被氧化，被骨灰吸收去，

銀便留下。這個方法，叫灰鍊法 (cupellation)。含銀的鑛，又可用氰化鈉的淡溶液 (0.2-0.4%) 和氧，將銀溶出，再用鋅將銀沈澱出來。



銀是白色美麗的金屬，延性展性都強，傳熱傳電，比銅還快。在空氣中不受氧化，亦不受硫酸，氫氟酸，和鹼的侵蝕。是一種貴金屬 (noble metal)，凡是在空氣中受熱而不氧化，酸類亦難溶的金屬，都是貴金屬。氧化銀 ( $\text{Ag}_2\text{O}$ , silver oxide) 受熱便放出氧，亦是一種氧化劑。銀和硫化合，成黑色的硫化銀，銀器變黑，即為此故，銀能溶解在硝酸裏，成爲硝酸銀 ( $\text{AgNO}_3$ , silver nitrate)。

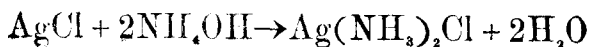
153. 銀鹽和銀的用途 硝酸銀是最普通的銀鹽，是一種無色的結晶，在水裏溶解得很多，能殺菌，亦有腐蝕性，在醫藥上，凡是黏膜發炎

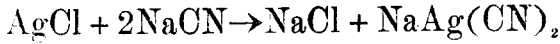
的病，都用銀鹽的淡溶液醫治。

硝酸銀遇了鹵素的化合物，便生沉澱。氯化銀(AgCl, silver chloride)是白色，溴化銀(AgBr, silver bromide)是淡黃色，碘化銀(AgI, silver iodide)黃色比較深，在水裏都很不溶解，分析化學利用這種性質來檢定銀的化合物。銀和鹵素的化合物，遇了日光，都要變色。氯化銀變得最快，變成紫黑色，照像用的乾片，便是用氯和溴的銀化合物造成，利用他的敏銳的感光性照像。凡是銀鹽，都容易受日光的影響，要放在暗處保存。

銀鹽都容易被還元成銀的元素，上等的玻璃鏡，是用銀造成的。用有機化合物，把銀鹽還元，使銀慢慢出來，附在玻璃上，便成玻璃鏡了。

無論那一種銀鹽，都能和氫氧化銨，或氰化鉀，或氰化鈉成錯鹽溶解在水裏。





銀和氰化鈉的溶液，鍍銀的電池裏要用的。

銀的最大的用途，是鑄造貨幣。用來造器具和裝飾品的亦多。在高溫融解鹼類，用銀器是最適宜。化學工業裏，用銀最多的，是製造乾片，和製造藥品。

154. 金 金(Au gold)也是一種不易被氧化

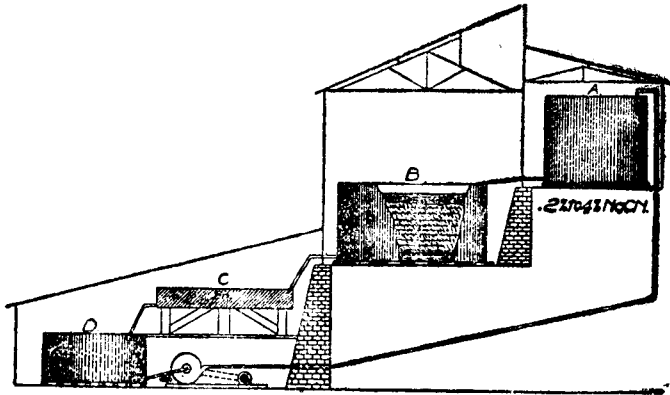


圖 57 浸溶法取金

- A. NaCN溶液
- B. 浸溶槽
- C. 溶液流過之篩箱
- D. 溶液壓回A槽以便再用

的金屬，因此鑛裏所含的，都是金的元素。水晶和石英岩裏，都含有金的細粒，岩石崩碎之後，被水沖到河裏，金沙沈到河沙裏，成了砂金。用水將河沙沖洗，河沙的密度小，被水沖去，金沙留下，這叫**淘沙法** (concentration process)。把金鑛打碎，磨細，鑛沙從塗有水銀的銅板上緩緩流下，金被水銀溶下，這叫**混汞法** (amalgamation process)，要含金比較豐富的鑛，纔好應用。含金很少的鑛，只能用**浸溶法** (leaching process)，又名**氰鹽法** (cyanide process)，把金鑛的細粉，用氰化鈉或氰化鉀的淡溶液，將金沙浸濕，再通入空氣，金和氰鹽，成了在水裏很能溶解的氰化鈉金 ( $\text{NaAu}[\text{CN}]_2$ )。再用鋅將金排出沉下，和從銀鑛取銀的方法相同。我國產金的地方，東北三省最豐富，黑龍江的漠河金鑛最有名。其次便是蒙古，新疆，四川，都不算豐富。

金是黃色的金屬，展性延性都很強，極薄的

金箔，是綠色，能透光。金在空氣中，不生變化，硝酸，硫酸，氫氯酸，都不能溶解他，只有王水能溶他。金是最著名的貴金屬，鑄貨幣，鍍金，製裝飾品，都要用大宗的黃金。純金的硬度不高，或加一部份的銅。通常有 14 開(carat)金，或 18 開金，是表明在二十四分的金齊裏，金占十四分或十八分，這樣的金齊，硬度很高，便能耐用。金還可以製成一種膠態的溶液，名叫水金 (liquid gold)，在瓷器或瑤瑯上繪金花，便要用他。深紅色的玻璃，也是用金加色的。

155. 金的化合物 金的化合物，有一價和三價兩種。金溶在王水中，蒸發得很濃，冷後，有黃色的結晶。學名是**氫金氯酸** ( $\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , hydrochlorauric acid)，通常叫作**三氯化金** ( $\text{AuCl}_3$ , auric chloride)，是金鹽的最普通的一種。

**一氯化金** ( $\text{AuCl}$ , aurous chloride)，和一氯化銀相似，在水裏難溶解，能和氰化鉀成錯鹽。



鍍金的電池裏，使用這種錯鹽溶液。

**156—鉑和銱** 鉑 (Pt, platinum) 俗名白金，在天然界的分布不廣，和貴金屬裏的銱 (Ir, iridium)，銱 (Os, osmium)，鈀 (Pd, palladium) 的單質，共同存在，要經過很複雜的化學手續，纔得分開。

鉑是白色有光的重金屬，性質和金相似，除王水之外，普通的化學品，在通常溫度，不能和他起作用。融點 (約 $1753^{\circ}\text{C}$ ) 比金高。在化學工業裏，用作接觸劑。製造化學儀器和電極，製造硫酸硝酸，以及內燃機的發火器等，都要用鉑。是一種最有用的貴金屬，工業和國防上，都少不了他。

銱和鉑相類，融點 (約為 $1950^{\circ}\text{C}$ ) 比鉑高，又比鉑堅硬，鉑製的器具裏，加上一點銱，硬度可以加高。自來水筆的筆頭尖，通常都用銱製造，地雷信管裏，發生電火花之處，也要用銱做尖頭。

157. 鉑鹽 鉑溶在王水裏，蒸發成濃溶液，便有紅褐色之結晶，學名氫鉑氯酸 ( $H_2PtCl_6$ ，hydrochloro-platinic acid)。他的鈉鹽 ( $Na_2PtCl_6$ ，sodium chloro-platinate)，是一種照像用藥。他的鉀鹽，( $K_2PtCl_6$ ，potassium chloro-platinate) 在水裏不易溶解，分析化學裏，利用他測定鉀的量。他的銨鹽 ( $[NH_4]_2PtCl_6$ ，ammonium chloro-platinate)，受熱便分解，放出氣體，餘下的鉑，疏鬆得好像海綿，要各種氣體起化學反應，多用他做觸媒。

### 問 題

1. 金銀鉑銻之成爲貴金屬，是不是全因爲價高的關係，有其他的理由嗎？
2. 紫銅，黃銅，白銅，在化學上有什麼分別？
3. 金，空氣，氰化鈉互相作用，成了  $NaAu(CN)_2$ ，用方程式說明中間的變化。
4. 把金，銀，銅，鉑的化學性質，作一個相互的比較。

5. 把金，銀，鉑，鈦的物理性質，作一個比較的說明。
6. 試擬一個從銅鑛裏提煉金銀的方法。
7. 做成十公分的白金海綿，要用多少鉑氯酸鉍。
8. 就我們日常生活的範圍中，分別指出金銀銅的用途。

## 第十九章 鎂 鋅 鎳 汞

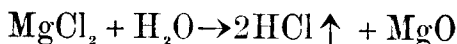
158. 鎂 鎂 ( $Mg$ , magnesium) 在天然界，成碳酸鎂 ( $MgCO_3$ , magnesium carbonate)，矽酸鎂 ( $MgSiO_3$ , magnesium silicate)，分布很廣。只含碳酸鎂的，叫菱鎂礦 (magnesite)，碳酸鎂和碳酸鈣混合的，叫白雲石 ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ )。海水裏的二氯化鎂 ( $MgCl_2$ )，硫酸鎂 ( $MgSO_4$ , magnesium sulfate) 亦不少，泥土中亦有鎂的化合物。

把氯化鎂和氯化鉀混和，加熱融解，用電流分解氯化鎂，可以得鎂的單質。鎂是白色的金屬，很輕，容易受氧化，在沸水裏會變成氧化鎂 ( $MgO$ )。鎂着火時，發出很强的白光，在光線不足的地方照像，便要用鎂粉和過氧化鋇所發的鎂光。戰線上夜裏用的照明彈，也是用鎂粉製成的。用鎂和鋁煉成的齊，用作製造飛機飛船的材

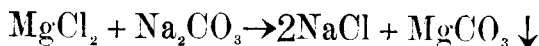
料。

159. **鎂的化合物** 鎂是很活動的元素之一，他的化合物，在水溶液中，生二價的陽離子，有苦味，因此鎂的俗名是苦土。

**氯化鎂** ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )，是無色的結晶，很容易從空氣中吸收水分，漸漸潮濕，吸水稍多便溶解在內。這現象通常叫做**潮解** (deliquescence)。食鹽在潮濕空氣裏，流出的苦汁，大部份是氯化鎂。將食鹽用火燒烘之後，氯化鎂和水作用，變成氧化鎂，以後便不再潮解了。



**碳酸鎂**是輕鬆的白粉，是製造牙粉牙膏的基本材料，用氯化鎂和碳酸鈉的溶液製成，

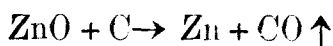
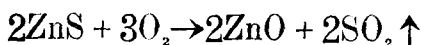


濾出洗淨，烘乾便可用。碳酸鎂受熱，便發出二氧化碳，變成氧化鎂。

**硫酸鎂** ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 是無色的結晶，醫

藥上用來治便秘，名叫瀉鹽，在水裏的溶度很大。

160. 鋅 鋅俗名白鉛，又叫亞鉛，倭鉛，在天然界多成閃鋅礦 (ZnS, zinc blende)，或菱鋅礦 (ZnCO<sub>3</sub>, zinc spar)。我國湖南的鋅礦很有名，出產很多，雲南浙江，亦有出產。將硫化鋅 (ZnS, zinc sulphide) 在空氣中烤焙，就得氧化鋅 (ZnO, zinc oxide)，再加焦煤，在爐裏燒煉，便得鋅的單質。



最新的方法，是用電爐煉鋅。最純的鋅，是用電解法煉成的。

鋅是灰白色的金屬，沸點916°C，可以蒸餾。受大熱後，和空氣接觸，便會燃燒，成氧化鋅。酸和鹼都能和鋅起作用，生能溶的化合物。鋅在工業上。最大的用途，是製造白鐵皮 (galvanized

iron plate)。將鋅燒融之後，把光潔的鐵皮往鋅裏浸，鐵面上附一層鋅，便成白鐵皮了。用白鐵皮製造器具或作蓋屋之用，鋅的外層，受了外面的變化，成不易溶解的化合物，保護裏面的鋅，鋅又保護裏面的鐵，因此可以支持很久的時間。此外便是和銅配成黃銅，以及煉鑛等等用途。軍

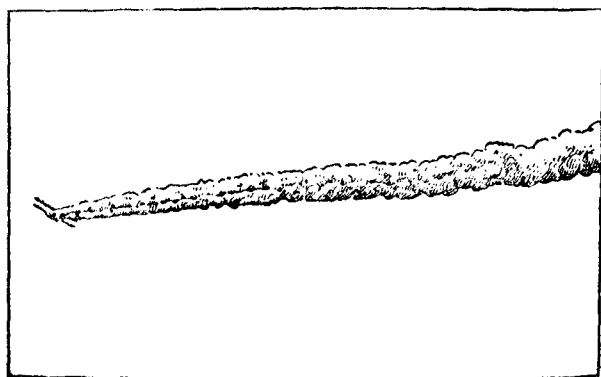


圖 58 飛機發佈煙幕

事上用鋅粉製造煙幕，以及製造彈殼和榴彈，所以鋅在國防上，亦有重要地位。

161. 鋅的化合物 鋅在化合物裏，都是二價，

他在溶液裏，生無色的離子。氧化鋅是白色固體，

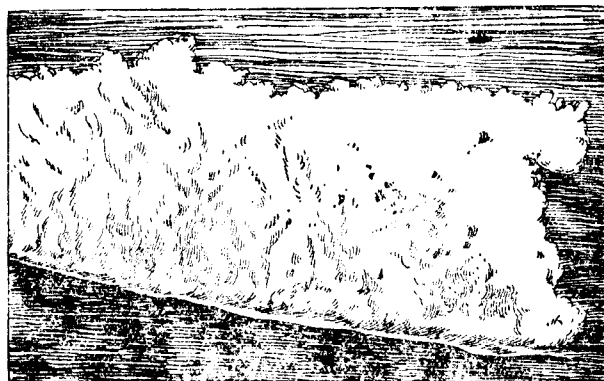


圖 59 烟霧下降至水面時景象

用來製造白色油漆，醫藥上用氧化鋅(10%)，和  
鑛脂(45% vaseline)，猪油(45%)，配成油膏，用  
來防腐護傷。

**硫酸鋅** ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )，是無色的結晶，  
俗名**皓礬**(white vitriol)，用作洗眼藥和防腐劑。

**氯化鋅** ( $\text{ZnCl}_2$ , zinc chloride)是白色固體，  
吸收水分的力很大，富於潮解性，化學和工業上，  
都用作**脫水劑**(dehydrating agent)，鐵路枕木，用



氯化鋅的溶液浸過，能防腐持久。

162. 鎘 鎘(Cd, cadmium)常在鋅礦裏發現，鎘的密度比鋅大，可是融點比鋅低，顏色都很相似。鎘的氧化物和鹽類，大概和鋅的相似。鎘的用途，不比鋅那樣大。有一種防火用的齊，名**武德金**(Wood's metal)，是鈹，鉛，錫，鎘幾種融點很低的金屬合成，融點只  $60.5^{\circ}\text{C}$ ，用來塞防火水管

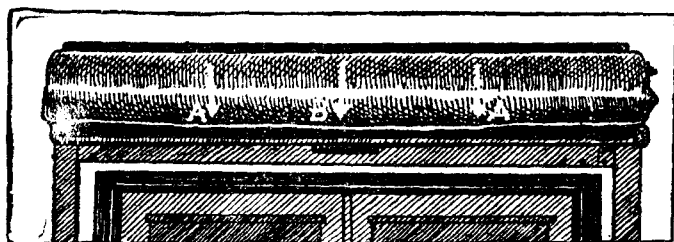
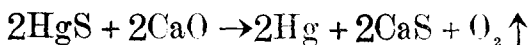
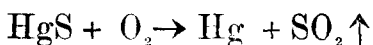


圖 60 防火門簾

的管口，作繫防火門簾的線，電流的保險絲；溫度稍高，便會融斷。

163. 汞 汞(Hg, mercury) 俗名水銀，重要的汞礦是辰砂 ( $\text{HgS}$  cinnabar)。在通空氣的地方，把辰砂加熱，或在罐裏將辰砂和石灰加熱，

都能產生汞。



將發生的蒸氣，通到冷的地方，汞便可以凝集下來。我國湖南貴州，都有汞礦。

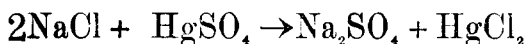
汞在通常溫度是液體，沸點  $358^\circ\text{C}$ ，融點  $38.5^\circ\text{C}$  有金屬光澤。因為汞的脹率均勻，所以溫度表用汞裝成。汞能溶各種的金屬，成為汞齊 (amalgam)。提煉金銀，和用電解法製造鹼類，都要用他。鑄鐵和汞，不能溶解，所以裝運大宗的汞，就用鑄鐵罐，

汞的化學性，並不活動，和貴金屬元素相似。在氫氯酸和淡硫酸裏，都不溶解，只溶在硝酸裏，但不能放出氫。普通的汞不純粹，要在比重 1.1 的硝酸裏洗，再用水洗，經過真空蒸餾，就可以很純了。汞的蒸氣，以及能在水裏溶解的汞鹽，都有毒。科學和工業上，用汞很多，醫藥上，亦

用汞製藥，汞又可以製造起爆藥，是槍彈和炮彈的發火料，是國防上必不可少的物質。

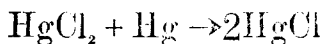
164. 汞的化合物 汞在空氣中，熱到三四百度，便有一氧化汞(HgO, mercuric oxide)發生，是紅色的固體，熱到更高的溫度，顏色由紅變黑，最後便分解成汞和氧。

汞和多量的濃硫酸加熱，溶解之後，即成硫酸汞(HgSO<sub>4</sub>, mercuric sulfate)，和銅溶在硫酸裏的經過，是一樣的。把食鹽和硫酸汞，混合加熱，就發生二氯化汞(HgCl<sub>2</sub>, mercuric chloride)，



昇華之後，是白色固體，俗名昇汞 (corrosive sublimate)，在水裏很能溶解，有毒，淡溶劑是殺菌劑。

昇汞和汞加熱，就成一氯化汞(HgCl, mercurous chloride) 俗名甘汞(calomel)，可作藥用。



天然的硫化汞( $\text{HgS}$ , mercuric sulfide), 俗名硃砂, 是深紅色。銀硃(vermilion)亦是硫化汞, 是將硫和汞磨細混合使其直接化合, 經過很繁複的手續, 用水漂洗多少次, 即可製成鮮紅的粉, 廣州出產的最有名, 是最上等的顏料, 福漆的紅漆裏, 也要用他。

### 問 題

1. 用氧化鋅製造的油漆, 何以在有硫化氫的地方, 亦可以用?
2. 把鋅銅汞的性質, 作相互的比較。
3. 把鎂和鈣的性質, 作相互的比較。
4. 把汞溶解在硫酸和硝酸時的化學變化, 用化學方程式說明。
5. 用方程式, 說明下列之化學反應:  
鎂在空氣中燃燒; 碳酸鎂被灼熱。
6. 用汞 500 公分, 能製成銀硃多少?

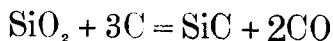
## 第二十章 矽 硼

165. 矽 (Si, silicon) 是鑛物的主要成分，和碳是生物的主要成分一樣。自然界中，除氧外，以矽為最多，約占地殼重量的四分之一。

矽為四價的元素，他的氧化物，存於自然界中的，有石英，矽砂，水晶，瑪瑙等，取此等礦物和炭，及若干氧化鐵相混合，放入電爐中，強熱之，則得含鐵的矽，稱為矽鐵齊(ferrosilicon)，可用以冶金鑄物，由相同的方法，亦可得到近於純粹的矽。

矽亦有種種同素體，通常為非晶體的黑褐色粉末，或成灰黑色的結晶。

取石英和炭置電爐中，加適度的熱，即得碳化矽(SiC, silicon carbide)，俗稱矽砥(carborundum)，



其質極堅硬，似金剛石，可供研磨之用。

166. 二氧化矽 二氧  
化矽( $\text{SiO}_2$ , silicon dioxide or  
silica), 亦稱矽酐，自然界  
中，存量極多。最純粹的  
要算水晶，他若瑪瑙，石  
英，燧石，矽砂，成分亦  
近於純粹的二氧化矽。

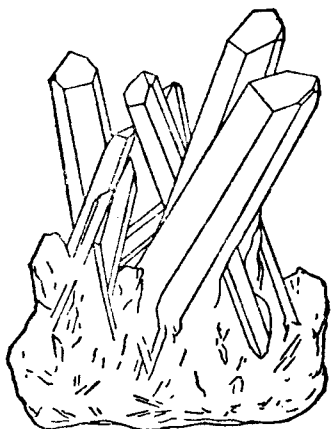
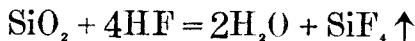


圖 91 水晶羣

二氧化矽的融點很高，  
用氫氧焰熱之，能成玻璃狀物，稱為石英玻璃  
(quartz glass, or fused silica)，製成的器皿，化學  
和工業上用之。二氧化矽，不溶於水，普通酸  
類，亦不能侵蝕，但遇氟化氫，即起作用，發生  
易於氣化的氟化矽( $\text{SiF}_4$ , silicon fluoride)。



二氧化矽如和鹼同熱，便化合而生矽酸鹼鹽，  
溶解於水。

167. **膠體及膠狀液** 於矽酸鹼鹽的稀薄溶液中，加入少許硫酸或鹽酸，當時不見變化發生，待數小時後，即見管內溶液，成透明黏性的凍膠。此中所含物質，為水和矽酸，當加酸入矽酸溶液時，此矽酸已生成，不過為微粒，浮懸在溶液中，目不能見，等到膠結後，成為凍膠。這類物質，無論在溶液狀，或凍膠狀，統稱膠體(colloids)。在溶液狀時，其中微粒，肉眼雖不能看到，若於暗室中使光通過，光徑很明顯，真溶液是沒有這現象的，這種溶液，稱為膠狀液(colloidal solution)。膠體和膠狀液，化學和日常生活中，常常遇見，矽酸不過是一個例子罷了。

168. **矽酸和矽酸鹽** 二氧化矽，平常不能和水化合，若加適量的酸入矽酸鹼鹽溶液中，即得凍膠狀的矽酸，如前所述，其中所含水分，多少無定，所以矽酸無論成分為  $H_2SiO_3$ ，或  $H_4SiO_4$ ，均不能得到純粹的物質。加熱，水漸喪失，最後

高溫燒灼，便得非晶體的二氧化矽。

矽酸的酸性甚弱，其鈉鹽的溶液，因加水分解的作用，而有鹼性。矽酸因在膠狀液中，所以未見沉澱，若加入少許電解質如酸鹽等，便見膠凝。這可以說是膠狀液常有的性質。

工業上用矽砂和碳酸鈉熔融，以製矽酸鈉，普通稱做**水玻璃**(water glass)，可供人造石和防火塗料等製造之用。

天然產出的礦物，多為矽酸的複雜鹽類，長石輝石，是最普通的。正長石的組成為  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ，此等礦物，歲歲年年，受濕氣和碳酸氣的侵蝕，徐徐分解，矽酸鹼鹽溶去，岩石崩壞，化成黏土。

169. **玻璃** 通常的玻璃，用石英砂，碳酸鈉，及石灰石，作適當成分配合。混和後，在特殊耐火磚砌成的槽，或耐火泥製的罐中，強熱之，待其熔融，製成器物。窗玻璃和日用器皿，都用**鈉鈣玻璃** (soda-lime glass) 內容大概是矽酸鈉矽



酸鈣和矽酸的混合物，因常含微量的鐵，所以略帶綠色。

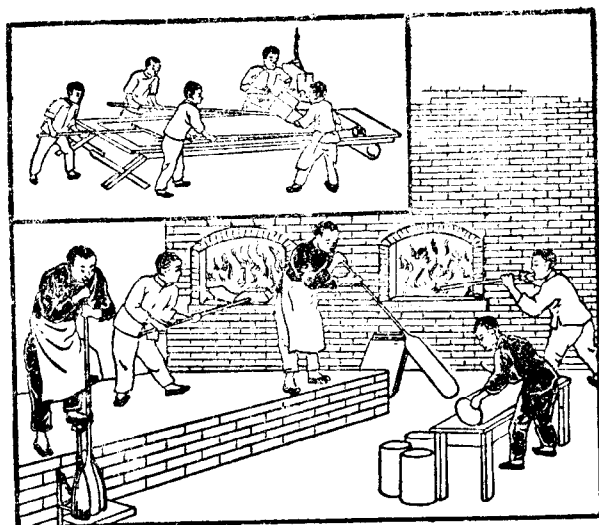


圖 62 製玻璃

用玻璃製造小的器皿，其方法以手持鐵管，蘸熔融的玻璃，掣取適量的熔融軟塊，附著於管的一端，緩緩吹之，和製飴糖細工相彷彿，或在模型內吹製。用模時亦可用壓氣機替代人力吹氣。製造窗玻璃，以前盛行的方法，無論用人工或機

械，都是先作圓筒形，然後剖開，熱之，展爲平面。用機械製造的方法，有直接從熔玻璃之槽中提起，展成一玻璃幕，後再分割成小塊的，我國

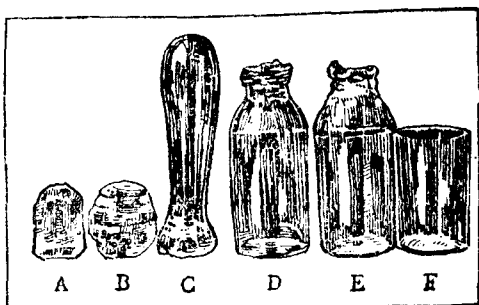


圖 63 製玻璃杯的程序

圖中A,從爐中取出熔融的玻璃,着於吹管頂端,加以旋轉。B,吹製之第一部。C,吹製之第二部。C及D是放入模型內,且吹且轉。E,於杯之適宜高度裁斷。F,於裁斷杯口加熱,使其略擠得平滑之杯口,杯即完成。

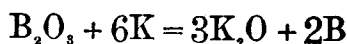
河北耀華玻璃廠，就用這新方法，是東亞所僅

有的。厚玻璃板，多先將熔融的玻璃，傾入模內，趁熱時輾平，再經過研磨，便很光亮了。

含鈉少而含鉀多的玻璃，稱爲鉀玻璃 (potash glass)，比較鈉玻璃更難熔融，亦難爲藥品所侵蝕，可製化學實驗用的器皿。但是現在化學用的玻璃，多用鋅硼等質加入，有更好的耐蝕性。以矽酸鉀和矽酸鉛爲主要成分的玻璃，稱爲鉛玻璃 (lead

glass) 容易融熔，質軟易傷，作裝飾品及光學鏡，美觀而適用。此外尚有特殊成分的種種玻璃。着色的玻璃，多由加入重金屬而得來，如加氧化鈷，即可成藍色玻璃。

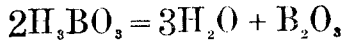
170. 硼 硼(B, boron) 是三價的元素，把鉀或鎂和氧化硼同熱於蓋閉的坩鍋中，然後用稀鹽酸和這熔過的物質同煮，便得一種深褐色的非晶體物，這就是硼的單質，要得到結晶狀的硼，須再經過處理。



171. 硼酸 硼酸( $H_3BO_3$ , boric acid) 存在於自然界中，意大利特斯康里 (Tuscany) 地方之噴氣孔，噴出的水蒸氣裏含有少許，從其周圍的池水內，即可提製硼酸。硼酸是有光澤的鱗狀結晶，微溶於水，有弱酸性，能殺菌，有防腐的功效，醫藥上常用之。

使硼酸強熱，水分即失去，得三氧化二硼

( $B_2O_3$ , boron oxide), 反應如下。



172. 硼酸鹽 硼酸鈉(sodium borate), 存在於自然界中, 我國西藏產之, 取硼酸和碳酸鈉同熱, 可得此鹽, 在水溶液裏成的結晶, 他的組成, 是  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ , 稱做**硼砂**(borax)。用白金絲蘸硼砂熱之, 即失去結晶水, 得到玻璃狀的透明質。許多重金屬的氧化物, 能溶解在熔融的硼砂裏。接鍍金屬時, 常用硼砂做鍍藥, 就是利用他能溶解金屬表面的氧化物。溶於硼砂的氧化物, 隨各種金屬的性質, 發生特殊的顏色, 吹管分析術 (blowpipe analysis), 常用硼砂球來檢驗金屬, 就是利用這反應。硼砂的水溶液, 因為加水解離, 有弱鹼性的反應, 和洗濯蘇打, 有同樣的效用。多量的硼砂, 是消費在製造瓷釉玻璃琺瑯等物, 其餘的如醫藥上殺菌等等零星用途尚多。

## 問 題

1. 矽的最普通的化合物是什麼。這種化合物的分子式如何，他是什麼酸的酸酐？
2. 什麼是膠狀液，就你生活的經驗，舉出幾種膠體來？
3. 列舉玻璃的好性質？
4. 從硼酸製出單質的硼，需要什麼藥品，步驟何如？
5. 製造矽酸鉀，( $K_2SiO_3$ )和矽酸鉛 ( $PbSiO_3$ ) 要用什麼方法？
6. 用硼砂( $Na_2B_4O_7$ )的組成說明硼的原子價是多少。

## 第二十一章 鋁

173. 鋁 鋁 (Al, aluminum 或 aluminium) 在自然界，分佈極廣，大部分成矽酸化合物，岩石和黏土裏都有，是造成地殼的主要成分，因此稱為**土金屬**(earth metal)。他在地殼裏的成分，雖比鐵多，但是不能用這些化合物作煉鋁的原料。

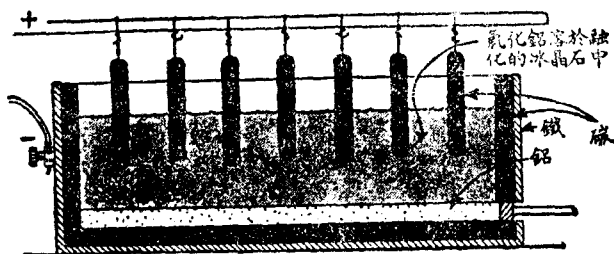


圖 64 製鋁

製鋁要用融化的冰晶石( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , cryolite)和氟化鉀(KF potassium fluorid)作溶劑，將**氧化鋁**( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , aluminum oxide)，溶解在內。氧化鋁，是從鐵礬土礦( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , bauxite)精煉成的，這

種礦在山東的煙臺和博山，都有發現。電解之後，積在陰極的金屬便是鋁。

鋁是銀白色的金屬，延性展性都很強，密度2.6，比一般金屬都輕。用作飛機飛船以及軍用器具的材料，又用來製造工業和理化器械，家常用具，近來亦很多用鋁製造，俗名鋼精。鋁在通常溫度，在空氣裏，很不易受氧化。遇了氫氯酸和各種強鹼，能起作用，發生氫。鋁從其他氧化物，奪取氧的力量很大。將氧化物和鋁，放在耐火泥做的坩堝裏，面上加一層鎂粉和過氧化鉬或氯酸鉀的混合物，再插上一節鎂帶，把坩堝放在沙皿(sand bath)裏，把鎂帶點起火來。發生很猛烈的變化，把氧化物裏的金屬，分離出來。通常用來接鐵的熔接劑

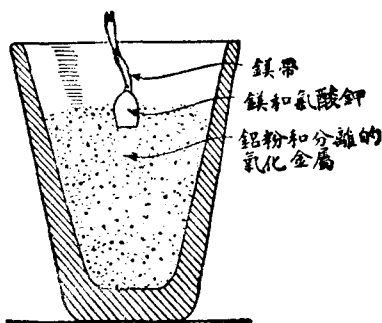


圖 65 用鋁粉從氧化物分離出金屬

(thermite)，是用鋁粉和氧化鐵配成的，反應如下：

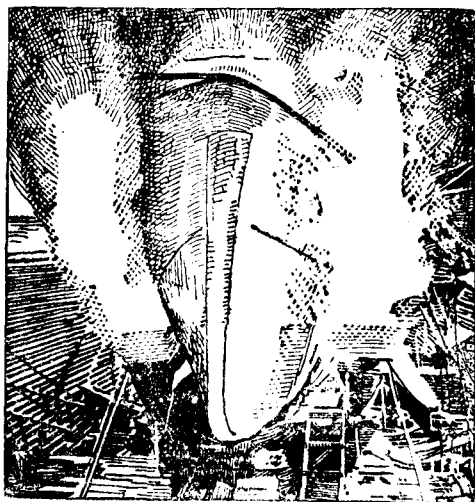
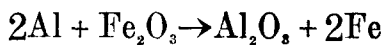


圖 66 用熔接劑焊補船壳漏洞

發熱很多，能到將鐵融化的溫度，將鐵汁灌到鐵板或鐵軌接頭的地方，鏟平之後，和原來的鐵板或鐵軌，能一樣的耐久。

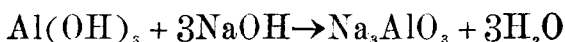
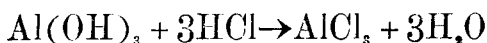
鋁又用來配製鋁齊，和銅配成黃金色的鋁銅齊(aluminum bronze)，磨粉做金色油漆。和鎂配



成鎂鋁齊(magnalium)，是很好的航空材料，鋁和鐵都是重要的國防物質。

174. **氧化鋁和氫氧化鋁** 氧化鋁又名 礬土(alu-mina)，鋼玉(corundum)便是純粹的氧化鋁的結晶，好的用作寶石，劣的用作金剛沙(emery)，琢磨工業裏常用他。含有雜質的鋼玉，紅色的叫紅寶石(ruby)，綠的叫藍玉(sapphire)，都是上等的裝飾品。近來有用氫氧火焰，將氧化鋁融化，加上鉻的化合物，造成紅寶石藍玉等等的。氧化鋁的融點很高，又用作耐火材料，由電熱法造成的有堅鋁或稱人造剛玉(alun dum)，用來造理化儀器及供工業上之琢磨料等。

在鋁鹽的溶液裏，加氫氧化鈹，即發生氫氧化鋁或氫氧化鋁( $Al(OH)_3$ , aluminum hydroxide)的白色膠狀沈澱。氫氧化鋁受熱，便失水而成礬土。氫氧化鋁在酸裏鹼裏，都能溶解，成鋁鹽和鋁酸鹽(aluminate)，



鋁鹽有酸性反應，鋁酸鹽有鹼性反應。

175. **明礬** 硫酸鋁和硫酸鉀的溶液，混和之後，能產生**明礬**或**鋁鉀礬** ( $\text{KAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , potash alum) 的結晶，明礬在熱水裏溶得多，在冷水裏溶得少。明礬和硫酸鋁在製紙工業裏，都很重要，在染色工業裏，用作媒染劑(mordant)。用火燒明礬，便能除去他的結晶水，成白色的固體，名**枯礬**，醫藥上用作吸水防腐劑。明礬又可用來沈澱水裏的泥沙，使成清澄的水，以供飲料。

明礬之外，還有硫酸鉀和硫酸鐵所成的**鐵鉀礬** ( $\text{KFe}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , iron alum)，硫酸鉍和硫酸鋁所成的**鋁鉍礬** ( $\text{NH}_4\text{Al}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , ammonium alum)，都是正八面體的結晶，統屬礬類。各種礬都可用來沈澱水裏的泥沙，礬和水起作用，

發生氫氧化鋁或三氫氧化鐵，都是膠狀的物質，將水裏的泥沙以及微生物，連帶沈下，使水清澄，只須很少的礬，便將水質改良合用。

我國新疆安徽浙江三省，產礬最多，也最有名，都是用土法製造。上等出品輸出外國，劣等的用作肥料。

176. 鋁的矽酸鹽 長石 (feldspar) 有正長石 ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) 和斜長石 ( $(\text{NaAlSi}_3\text{O}_8)_m(\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8)_n$ ) 兩種，雲母 (mica) 有黑雲母 ( $(\text{KH})_2 \cdot (\text{MgFe})_2 \cdot (\text{AlFe})_2 \cdot \text{Si}_3\text{O}_{12}$ ) 白雲母 ( $\text{H}_2\text{KAl}_3[\text{SiO}_4]_3$ ) 兩種，都是矽酸鋁和其他金屬的複鹽。各種含矽酸鋁的礦物，經水和二氧化碳的作用，風化分解，最後成黏土 (clay)。普通的黏土，含有鐵鈣鎂等等元素，都有深淺不同的顏色，陶土是比較最純的黏土，所含的差不多全是矽酸鋁，成分大概是  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，因為含雜質很少，一經火燒之後，將有機物燒去，便是白色。

黏土含有適量的水，便成黏塊，可製成各種形狀的物品，一成不變，這種性質，叫**可塑性** (plasticity)，磚瓦陶器瓷器，都是用黏土作原料做成的。這些製造工業，叫**陶瓷工業**，是**窯業** (ceramic industry)的一部份。

177. **陶瓷業** 造蓋屋的青瓦，用不純的黏土和水在轉盤上做成瓦形；造青磚是用砂和黏土，加水，在模內壓成磚形，都放在通風而不受日曬的地方，乾透之後，堆在窯裏，用柴火燒幾天，冷後取出，因為土裏吸收烟煤，所以現青色。新式的磚瓦窯，因要節省燃料之故，構造比舊式窯複雜。紅色的磚瓦，含有多量的氧化鐵，是用氧化焰燒成的。

耐火磚是用純粹的黏土作原料，再加特種材料，經過特別的製法，燒到很高的溫度，因此磚很輕鬆，又能耐高溫。含氧化矽很多的耐火磚，在高溫是酸性；含氧化鎂的耐火磚，在高溫是鹼

性。在煉鋼和玻璃工業裏，都是很重要的材料，蒸汽機的鍋爐，也要用耐火磚，耐火材料在工業裏，確占很重要的地位。

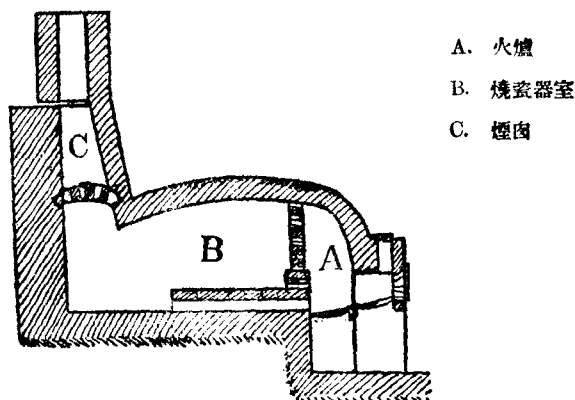


圖 67 景德鎮現用之瓷窯

陶器所用的黏土，含雜質比較多些，瓷器所用的黏土，所含的大部份是長石石英，所以燒陶器的溫度，不必和燒瓷器的那樣高。黏土放在轉盤上，捏成所要的形狀，風乾之後，在窯裏燒成素坯。素坯是多孔質，水分可以通過，塗上釉料，再燒一次，即成陶器或瓷器。釉料是用正長石和

鉀鈣鎂的氧化物配成，繪花用的顏料，大概是金屬的氧化物，日用器具中，許多是陶器瓷器，工業裏和實驗室裏用的耐火耐酸的器具，也是陶器瓷器，所以陶瓷業也很重要。

178. **水泥** 通常用的**水泥**(Portland cement)，是將黏土和石灰石的混合濃漿，放在爐裏融化，冷後磨成的。用適量的水，和在水泥裏，放住不動，會漸漸變硬。因水泥有這種特性，建築工業用得非常多。都混入相當的細砂，增加他的硬度。用水泥細砂和石子混合凝成的，叫**混凝土**(concret)。能支持更大的壓力，混凝土裏，用鋼條作架的，支持壓力的力更大，堅固得很，叫**鋼骨混凝土**(reinforced concret)。水泥可以加入各種顏色的氧化物，配出各種色的混凝土來。

### 問 題

1. 用電解法製成之金屬元素，共有多少種？
2. 在明礬裏，鋁的百分比是多少？

3. 鋁和氫氧化鈉的溶液，在高溫度能放出氫，你能將化學變化，用方程式表明嗎？
4. 把鐵和鋁的性質和用途，作一個詳細的比較。
5. 用化學方程式，表明含鐵含鋁的礬，在澄清飲水時，所生的化學變化。
6. 用鋁和氧化鐵作用，25 公分的鋁粉能分出多少鐵來。

## 第二十二章 錫 鉛

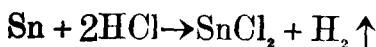
179. 錫 錫(Sn, tin)在鑛物界成錫石 ( $\text{SnO}_2$ , cassiterite), 是二氧化錫。我國兩廣湖南雲南都產錫，雲南最有名。錫石和木炭加熱，即還元成錫。

錫是白色的金屬，富有展性，可打成錫箔。在通常溫度，在空氣中，不生變化。熱到 $232^\circ\text{C}$ ，就會融解，在高溫度和空氣接觸，便生黃白色的**二氧化錫**( $\text{SnO}_2$ , stannic oxide)。錫在濃氫氯酸裏，溶得很慢，其他的酸，都不能侵蝕他。將鐵皮浸在融化的錫裏，鐵面上附一層錫，就成**馬口鐵**(tin plate)，能保護鐵，使他不受氧化，所以製罐頭的鐵皮，都是馬口鐵，因錫對於人體是無害的。毒氣炮彈的內腔，有些也要鍍錫，以免毒氣和鋼鐵發生作用。各種器具，若是用純錫造，不

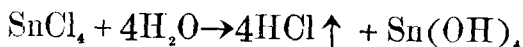


免稍軟，要加入其他金屬成爲錫齊，纔堅硬耐用。但亦有要利用他的柔軟性質的，例如裝牙膏畫料的錫管，便是純錫。錫的最大用途，是造馬口鐵和礮銅，煙幕炮彈裏，也要用錫和錫的化合物。錫的汞齊，用來造玻璃鏡。

180. 錫的化合物 錫溶在濃氫氯酸，卽成二氯化錫( $\text{SnCl}_2$ , stannous chloride)，



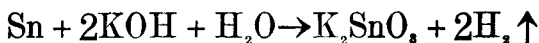
是無色的結晶，易受氧化。使二氯化錫和氯接觸，就變成四氯化錫 ( $\text{SnCl}_4$ , stannic chloride)，錫和氯直接作用，亦能產生四氯化錫。純粹的四氯化錫，是液體，遇了空氣中的水氣，便生白烟，因此煙幕炮彈裏用他，利用他發白烟和氯化氫。



錫的化合物有兩種原子價，二價和四價。錫和硫酸硝酸，加熱後，也能溶解成二價的錫鹽。

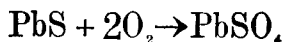
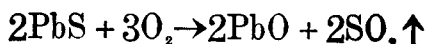


錫和氫氧化鉀加熱，亦能發生氫。

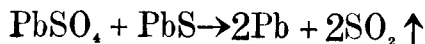
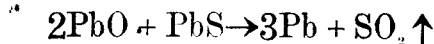


四價的氫氧化錫。可說是錫酸 ( $\text{H}_4\text{SnO}_4$  或  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ , stannic acid)。凡是四價的錫鹽，起加水分解後，即成錫酸，染色工業，利用他作媒染劑。

181. 鉛 鉛(Pb, lead)從方鉛礦(PbS, galena)煉成，把鉛礦在爐內加熱，一部份的礦被空氣氧化，



閉斷空氣，和勻，加熱，溫度升高，便有第二步的化學變化發生，



即得不純的鉛。若是鉛中含有銀，須將銀分出。

鉛是蒼白色的金屬，在空氣中，表面略受氧化。密度很大(11.254)，質軟，硬度不高，在粗紙上，能畫出黑痕，俗名青鉛，用來造鉛皮和鉛管。和他種金屬配合，也可以製各種的齊。炮彈中的小子，和槍彈的鉛心，彈裏發火的**六氮化一鉛**( $Pb_3N_2$ , lead azide)，都要用鉛製造。

鉛在硝酸裏能溶，在濃硫酸濃氫氯酸裏，都不溶解，所以製造硫酸要用鉛室，化學工業用的器具，凡是用酸的，都要貼一層鉛皮，以資保護。

182. **鉛的化合物** 鉛在空氣中受熱，先氧化成黃色的一氧化鉛( $PbO$ , lead oxide)，俗名密陀僧(litharge)，溫度再升高，便成紅色的四氧化三鉛( $Pb_3O_4$ , minium)，俗名鉛丹(red lead)。鉛丹的用途很大，如用作玻璃原料，和止鏽的塗料，鐵器在上油漆之先，便塗一層鉛丹做成的油漆。將鉛丹用硝酸氧化，就成暗紅色的**二氧化鉛**( $PbO_2$ ，

lead peroxide) ,

鉛在化合物裏，有二價和四價的不同，普通的鉛鹽，都是二價的，在溶液中，生  $Pb^{++}$  離子，有毒。鉛溶在硝酸裏，所成的是**硝酸鉛** ( $Pb(NO_3)_2$ , lead nitrate)。密陀僧溶在醋酸(乙酸的俗名)裏，所成的是**乙酸鉛** ( $Pb(CH_3COO)_2$ , lead acetate)，有甜味，又名**鉛糖** (lead sugar)，是無色的結晶。

把氯化物加到鉛鹽的溶液，便生**二氯化鉛** ( $PbCl_2$ , lead chloride) 的白色沈澱，在熱水裏的溶度很大。若是在鉛鹽溶液裏，加硫酸鹽的溶液，便生白色的**硫酸鉛** ( $PbSO_4$ , lead sulfate) 沈澱，若是用碳酸鹽的溶液，便有**鹽基性碳酸鉛** ( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ , lead basic carbonate) 的沈澱發生，是鉛粉的主要成分。製造鉛粉的方法，在工業上，用醋酸的蒸氣，通到層層相積的鉛皮上，再供給充分的二氧化碳，即能成鉛粉。用鉛粉作油漆，因為他的掩蔽力 (covering power) 大，用

很少的鉛粉，可將很大的面積變白。只因鉛粉有毒，和容易發黑，現在用鋅華將他代替了。

183. 蓄電池 用鉛製成方格板若干塊，把一氧化鉛填在鉛板的方格裏，橫貫聯結數塊浸在淡硫酸中，作為陽極。再同樣作一列，用為陰極。與陽極交叉浸入淡硫酸中，另用不傳電的物隔之。通電之後，陽極

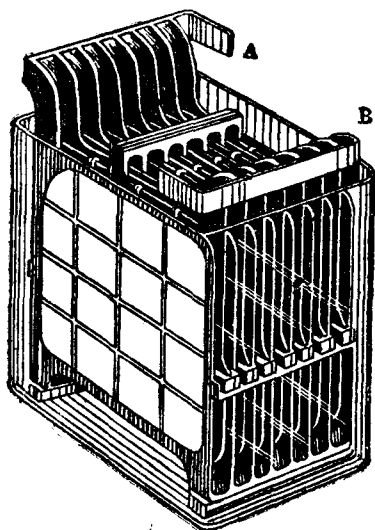
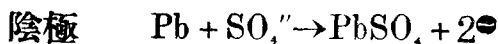
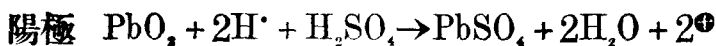
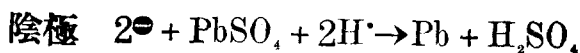
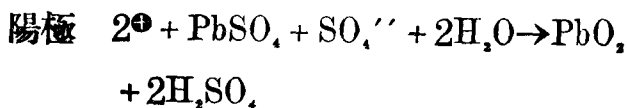


圖 68 蓄電池

的一氧化鉛，受氧化，變成暗紅色，陰極的一氧化鉛，還元成灰色的鉛，這樣便成蓄電池了。若將蓄電池的兩極連接，便有電放出，這叫放電 (discharging)。蓄電池中所起的變化，在陽極的和在陰極的不同：



蓄電池中的硫酸漸漸減少，電力也漸漸變小，以至於無。到了下次再充電 (charging) 時，兩極上又起不同的變化，



直到陽極的一氧化鉛，全成二氧化鉛，便算電量已足。飛機汽車魚雷，都要用蓄電池，所以和軍事上很有關係。

## 問 題

1. 錫和鉛的性質，有那些相同，有那些相異？
2.  $\text{PbO}_2$  對於  $\text{PbO}$ ，何以不能算是過氧化物， $\text{BaO}_2$  對於  $\text{BaO}$ ，何以能算是過氧化物？
3. 把鐵和鉛在國防上的用途，作一比較。
4. 錫在國防上有何用途？

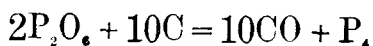
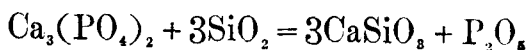
---

5. 二氯化錫和氯的化學變化如何？試作方程式並說明何物被氧化，何物被還元？

## 第二十三章 磷 砷 銻 鉍

184. 磷 磷(P, phosphorus) 是極容易受氧化的元素，不能遊離存在於自然界中，天產的磷礦，主要成分爲**磷酸鈣**( $\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$ , calcium phosphate)，動物的齒牙和骨的組成，亦大部份是他。磷是學名，通俗名稱用磷字，

取磷酸鈣和矽砂及炭相混，置電爐中，熱之，便得磷的蒸氣，



導所生的蒸氣入水中，冷卻，即得淡黃色半透明的固體，稱爲**黃磷**(yellow phosphorus)，常溫下質軟如蠟，可用小刀切之。磷熱至百度表  $50^\circ$  時即發火，普通溫度中，於黑暗處，能見綠黃色的微光，因有氧化作用，徐徐進行，所以有此現



象。黃磷不溶於水，易溶於二硫化碳中。有毒，易於發火，通常貯藏水中，使用時務須謹慎。

盛黃磷在封閉的器內，小心加熱，至百度表二三百度，即變為紅磷(red phosphorus)，此物

是黃磷的同素異形體，為暗紅色的粉末，不溶於二硫化碳，在空氣內，常溫下不能着火。

185. 火柴 火柴又叫做燐寸，通常有兩種，一種稱為安全火柴(safety matches)，製法用紅磷，三硫化二銻，玻璃粉等物，和膠相混，塗於匣的擦面上，小木棒的一端，則先浸熔融石蠟中，後以膠黏氯酸鉀，二氧化錳，硫磺，或三硫化二銻等物，著於木棒尖端，木棒和匣面摩擦，便能發火。另一種叫做摩擦火柴(friction matches)，無

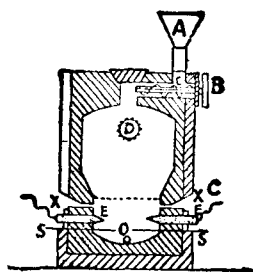


圖 69 製磷

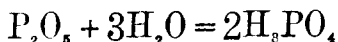
磷灰石或動物骨骼與焦炭砂等混合，從A傾入，經螺旋輸送器B入於爐中。兩電極間，電流通過，因抵抗而生強熱，熔淨從C流出，磷的蒸氣和一氧化碳從D口導出，使磷在水中凝結收集之。

論在何處摩擦，都能着火。製法將棒浸蠟後，蘸有三硫化四磷 ( $P_4S_3$ , tetraphosphorus trisulfide)，和一種氧化劑，（如二氧化錳或氯酸鉀二氧化鉛等）的混合糊，待乾再浸以膠液即成，此種火柴，先前本用黃磷製造，因為黃磷蒸氣很毒，有害工人，各國都禁用之，最近纔用三硫化四磷來代替他。

186. **五氧化二磷** 磷在空氣中燃燒，即得五氧化二磷 ( $P_2O_5$ )，為白色粉末，吸濕性很強，投入水中，發熱發音而溶解。溶液有酸性，所以此物亦稱**磷酸酐**(phosphoric anhydride)。

五氧化二磷與水，以種種的比例化合；將其水溶液久熱，即得通常的**磷酸** ( $H_3PO_4$ , phosphoric acid)，學名**一縮原磷酸**或**正原酸** (orthophosphoric acid)。<sup>①</sup>

① 從P五價，原磷酸當為  $H_5PO_5$ ， $H_3PO_4$  是原磷酸中去一分子水而成，稱為一縮，同樣  $HPO_3$  是去二分子的水，故稱二縮。



磷酸爲三鹽基的酸，通常加熱便失去一分子的水，成二縮原磷酸 ( $HPO_3$ , metaphosphoric acid) 或稱偏磷酸。

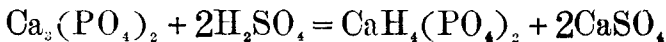
187. 磷酸鈉 通常稱爲磷酸的，是一個三鹽基性的酸，若同一價金屬如鈉置換，便有得三種鹽的可能，就是  $Na_3PO_4$ ,  $Na_2HPO_4$ , 和  $NaH_2PO_4$ 。因爲磷酸是個弱酸，故第一種的正鹽，加水分解的反應很強，不能安定，通常所謂的磷酸鈉 (sodium phosphate)，實係第二種鹽，應當叫做磷酸氫二鈉，此物爲無色結晶，含有十二分子的結晶水，以碳酸鈉中和磷酸便得。

188. 磷酸鈣 天然存在的磷酸鈣，是磷酸和鈣的正鹽，不溶於水，動物齒骨中多含有此物。

磷爲生物體內營養上不可缺少的元素之一，土壤中所存的磷酸鈣，因水和二氧化碳的作用，徐徐變成可溶鹽，爲植物吸收。故土中的磷漸漸

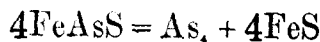
減少，所以須用磷酸肥料來補充。

製造磷酸肥料的方法，即在使天然不溶之磷酸鈣，變成可溶的酸性鹽，普通將碾碎的磷酸鈣，和以適量的鉛室硫酸，便起以下的變化，



所得的酸性磷酸鈣，取若干的結晶水而成塊狀，碾碎便可用作肥料，普通所謂過磷酸石灰 (superphosphate of lime) 即是此物。過磷酸石灰的製造，為一種大工業，需用硫酸量很大。我國江蘇海州，山東青島一帶，有磷灰石礦 (apatite) 甚富，其中主要成分就是磷酸鈣，現在還沒有去利用。

189. 砷 砷 (As, arsenic) 多和硫黃及金屬化合而產出，以雞冠石 ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ) 雄黃 ( $\text{As}_2\text{S}_3$ )，硫砷鐵礦 ( $\text{FeAsS}$ ) 等，較為普通。取硫砷鐵礦，封閉器內，加熱，則砷昇華。其分子式為  $\text{As}_4$ 。



砷是灰白色的固體，有光澤而性質很脆，在空氣中燃燒，成氧化物。砷及其化合物都很毒，但有時藥中含有微量的砷質，有殺菌和補血的功效。砷和鉛的合金，為製榴散彈的原料，普通約含砷百分之一，可增硬度，且易製成球形。

190. **砷的氧化物** 砷和他的氧化物，在空氣中燃燒，即生**三氧化二砷**(arsenic trioxide,  $As_2O_3$ )，俗稱有砒霜，白砒，砒石等名，為白色的粉末，有毒，可用以殺蟲。普通人若一次食到 0.06 公分，便可致命。解毒藥用新製備的氫氧化鐵，因為他能和三氧化二砷，合成一種不溶解的物體。

三氧化二砷微溶於水，他和水化合，得**亞砷酸** ( $H_3AsO_3$ , arsenious acid)，但有時這名稱即用來指上述的氧化物，用時須留意。

三氧化二砷的用途，除前說殺蟲外，還可以保藏獸皮。製玻璃及瑤瑯也用他。

191. **銻** 銻(Sb, antimony) 和硫化合，成輝

**銻礦**(stibnite)而存在，他的成分，是**三硫化二銻**( $Sb_2S_3$ )，我國湖南產銻，占世界產額一半以上，所以湖南一省，實為全球產銻最多的地方。

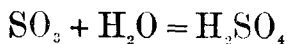
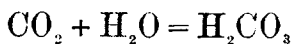
取輝銻礦燒之，成氧化物，再和木炭共熱，即還元得到單質的銻。在一氧化碳的大氣下，銻在百度表 629.2 度熔融，冷後成固體。金屬如鉛等，變固體後，有收縮的性質，而銻則微微膨脹，所以銻和其他金屬合金融熔後，傾入模中鑄物，能使模上花紋，纖微處無不很清楚的顯露出來，最要緊的銻合金，是**活字金**(type metal)用來鑄活字用的。其中含銻最多的有 30%，少的亦 18%，其餘的成分，是鉛和錫(參看§150 齊成分表)。

把銻放在空氣中加熱，即生類似三氧化二砷的氧化物，稱為**三氧化二銻**( $Sb_2O_3$ , antimony trioxide)。許多的氧化物和酸類，都和砷的相類，不過酸性較弱。

192. **鉍 鉍** (Bi, bismuth) 在自然界中存在的，多為單質，為帶紅的灰白金屬，質硬且脆，很易融熔，重要的用途，在製造易熔的合金。

鉍和砷銻等相像，生三價的化合物，溶解於硝酸，得硝酸鉍( $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ , bismuth nitrate) 的溶液。他的氫氧化合物，鹼性極弱。各種鹽類，易起加水分解，如硝酸鉍的溶液，加多量的水，便有白色的鹼性鹽沈澱出來，俗稱**次硝酸鉍**(bismuth subnitrate)，學名應為**二氫氧化硝酸鉍** ( $\text{Bi}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ )，醫藥上用之。

193. **金屬和非金屬化學性的差異** 非金屬的元素，除空氣中有少數的氣體，不和一切的物質化合外，其他非金屬元素，均和氧化合。他們的氧化物，都和水化合後成酸，舉例如下，

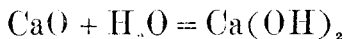


所以非金屬的氧化物，稱為**酸性氧化物** (acidic

oxide)。

2. 1. 3

金屬的元素，通常不和氫成安定的化合物，他們的氧化物，多和水化合生鹼，舉例如下：



所以金屬的氧化物，稱做**鹼性氧化物**(basic oxide)。

金屬和非金屬，無判然的區別，如銻質雖有金屬的光澤，但性質很脆；他的氫化物已有不安定的趨勢，而氧化物又酸性和鹼性都有，所以他的性質，介於金屬和非金屬之間，但通常稱為金屬。這類能化合成酸又能化合成鹼的元素，常叫他作**兩性元素**(amphoteric elements)

## 問 題

1. 舉幾種同素體的例子，比較磷碳和硫的各種同素體？
2. 就你已經知道的知識，那些元素是植物所必需，但是不能從普通土壤和空氣中得到的？
3. 試寫方程式，來表明從輝銻礦取銻的經過。



- 
4. 試比較砷和銻的化學性質之同異。
  5. 試述磷的存在，和磷在天然界的循環。
  6. 黃磷何故須保存於水中？

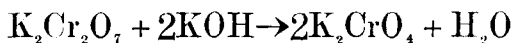
## 第二十四章 鉻 鉬 錳 鎳 鈷

194. **鉻 鉻** (Cr, chromium) 在天然界，和鐵成鉻鐵鑛 ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ , ferrous chromite)，和鉛成鉻鉛鑛 ( $\text{PbCrO}_4$ , lead chromate)。用鋁和氧化鉻配成的混合體，起作用之後，可以從鉻的氧化物裏，將鉻還元成元素。鉻是銀白色的堅硬金屬，不易氧化，不和硝酸起作用，能溶在硫酸，氫氯酸裏。最大的用途，是煉特種鋼，能增加硬度，又使鋼不生鏽，四分之三的特種鋼，都要用鉻。電鍍亦用不少的鉻，鍍鉻之後，物品不受氧化，不被酸侵蝕，能耐熱，表面光亮，有鉑的光澤。在工業和國防上，都占重要地位，可惜我國蘊藏很少。

195. **鉻的化合物** 將鉻鐵鑛，碳酸鉀，硝酸鉀混和，燒融之後，用水溶出產生的新物質，加

酸，能得橘紅色的結晶，名**五縮二原鉻酸鉀**又稱**一縮二鉻酸鉀**俗名**重鉻酸鉀** ( $K_2Cr_2O_7$ , potassium bichromate)；是鉻的最普通的化學品，氧化性很強，電池裏要用，有機工業上，用作氧化劑。

把氫氧化鉀加在五縮二原鉻酸鉀的溶液，橘紅色會變成黃色，便是**鉻酸鉀**( $K_2CrO_4$ , potassium chromate)。



鉻酸鉀是黃色結晶，在溶液裏遇了酸，就變成五縮二原鉻酸鉀。

加濃硫酸到五縮二原鉻酸鉀裏，便有紅色針形的結晶分出，是**三氧化鉻** ( $CrO_3$ , chromium trioxide)，又名**鉻酐**(chromic anhydride)，和硫酸酐相同。鉻也是六價，所以鉻酸和硫酸的組織相同，鉻酐是強氧化劑。

用二氧化硫或別的有還元性的物質，加到五縮二原鉻酸鉀和硫酸的溶液裏，便有綠色的三價

鉻鹽發生，名**硫酸鉻** ( $\text{Cr}_2[\text{SO}_4]_3$ , chromic sulfate)。再加**硫酸鉀**，就有紫色的結晶發生，組織和明礬相同，名叫**鉻鉀礬** ( $\text{KCr}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , chrome alum)。染色和製革，都要用他，製成的革，有淺綠色。製造所需的時間，比紅皮短，俗名**綠皮**。

鉻也有二價的化合物，只因易受氧化，不易製成。

196. **鉬和錳** 鉬 (Mo, molybdenum) 和錳 (W, tungsten)，都是稀有的金屬。鉬是銀白色，非常堅韌，從**硫鉬礦** ( $\text{MoS}_2$ , molybdenite) 或**鉬鉛礦** ( $\text{PbMoO}_4$ , wulfenite) 煉出。鉬最大的用途，是煉**高速鋼**，**鎗管鋼**，**破甲彈鋼**等。鉬酸鉍 ( $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ , ammonium molybdate) 在淡硝酸溶液裏，遇了磷酸根，便生黃色沈澱，名**磷鉬酸鉍** ( $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \cdot 2\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , ammonium phosphomolybdate)，用來鑑定磷酸，是最精確不過的。福建，廣東，浙江都有鉬礦。

鎢在天然界成重石( $\text{CaWO}_4$ , schelite)和鎢錳鐵鑛( $(\text{FeMn})\text{WO}_4$ , wolframite),我國產鎢之多,是世界第一,湖南,江西,福建,廣東,河北,都有出產。由鑛煉成**三氧化鎢**( $\text{WO}_3$ , tungsten tri-oxide),用氫或鋁粉和三氧化鎢的混合物起作用之後,可以將鎢還元成金屬元素。鎢是鐵灰色,比水晶硬,比鐵重,熔點  $3250^\circ\text{C}$ ,可以抽成最細的絲,電燈和無線電真空管,都要用他。用鎢煉成的鋼,在高溫度也不變性,高速鋼和內燃發動機,都是用鎢鋼造成。鎢和鉬煉成的鋼在高溫度亦不受化學作用,可以代替鉑,作內燃機裏的發火塞。

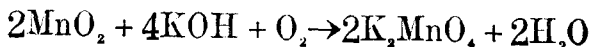
用碳酸鈉和鎢煉製成的**鎢酸鈉**( $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , sodium tungstate),用作媒染劑,鉬酸鉍亦用來染絲羊毛皮革,三氧化鎢可作黃色顏料。

197. **錳** 錳 (Mn, manganese) 在天然界,大概成氧化物,名軟錳鑛( $\text{MnO}_2$ , pyrolusite),褐錳

礦 ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ , braunite)。湖南出產最多，江西，浙江，河北，廣東，亦有出產。煉錳的方法，和鎢銻都相同。錳是灰色的金屬元素，略有紅色，最大的用途，在煉鋼煉鐵，要先做成錳鐵 (ferromanganese)。錳鋼是特別硬，軋碎機，轉灣的火車鐵軌，保險箱，都是用錳鋼做成。含錳的鐵礦，煉鐵打刀，特別鋒利。

198. 錳的化合物 天然的軟錳礦，含二氧化錳 ( $\text{MnO}_2$ ) 的成分不一定，二氧化錳是黑色，有氧化性，實驗室裏製氯，用他作氧化劑。玻璃砂裏含鐵多時，會使玻璃有綠色或黃色，加入二氧化錳，可以除去顏色。油漆工業，亦用作乾燥劑 (drier)。製造乾電池，和瓷器上寫字，都要用他。

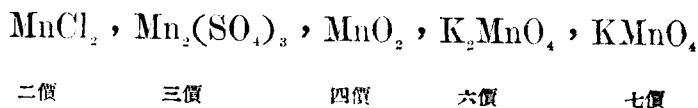
二氧化錳和氫氧化鉀，在空氣裏，加熱融化，便生綠色的錳酸鉀 ( $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , potassium manganate)。



溶在水中，可作消毒劑用。加少量的硫酸，就變成濃厚的紅紫色，成了高錳酸鉀( $\text{KMnO}_4$ , potassium permanganate)。

高錳酸鉀，是深紫色的結晶，有很大的氧化力。他的溶液，很少的幾滴，亦能使很多的水有顏色。倘水中有易被氧化的物質，便不會有顏色，因為錳被還元到二價，離子是淡紅色，不易看出之故。用此法可以測定城市飲水裏的有機物質。高錳酸鉀在醫藥上，用作消毒藥，有斂性，只能用淡溶液。

錳有各種原子價的化合物，二三四六七各價都有，



錳酸和鉻酸，高錳酸和過氯酸分子式都相似。

199. 鎳 鎳 (Ni, nickel) 由鎳的硫化物或矽酸鹽鑛煉出，是灰白色的金屬元素，有磁性，在

空氣中，不生變化，因此將鎳鍍在各種金屬的外面，以資保護。銅和鎳配成的齊，可以鑄貨幣，造洋銀(German silver)。用鎳煉成的鋼，是不生銹的，用來造軍艦的鐵甲。炮身鋼，護甲鋼，也要用鎳。四川，浙江，都有鎳礦發現。

鎳的原子價，通常是二價，如**硫酸鎳**( $\text{NiSO}_4$ , nickel sulfate) **一氧化鎳**( $\text{NiO}$ , nickel oxide) 都是二價。亦有三價的化合物。鎳鹽的溶液，都是綠色，或帶綠色。

200. **鈷** 鈷(Co, cobalt) 常和鎳，混合成礦，通常都從礦裏製出鈷的氧化物來，再用製錳鉻等金屬的方法，製成元素。

鈷的化合物，有二價和三價的。鈷鹽的溶液，是暗紅色。鈷的氧化物，有**一氧化鈷**( $\text{CoO}$ , cobaltous oxide)，和**三氧化二鈷**( $\text{Co}_2\text{O}_3$ , cobaltic oxide)。還有鈷的矽酸鹽，和鋁酸鹽，都用在陶瓷工業裏，作藍色顏料，俗名碗青。我國雲南，



福建，浙江，都有鉻礦，還未能精煉。

### 問 題

1. 把鉻和錳的性質，作一比較。
2. 把本章所講的六種元素的特性，分別指出來。
3. 把你所知的能作油漆顏料的化合物的名子，全寫出來。
4. 有那些元素，是煉鋼用的，煉成的是什麼鋼，列成一表。
5. 以方程式表示用鋁還原下列氧化物成爲金屬的反應。  
(1) 氧化鉻                      (2) 氧化錳
6. 下列各種離子，在水中是什麼顏色？  
 $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{MnO}_4^{2-}$ ,  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ .

## 第二十五章 放射性元素

201. **放射性元素** 鈾(U, uranium)和鐳(Ra, radium) 都是稀有的金屬元素，常相伴而生，鈾早已發見了。1910年，居利夫人(Marie Slodowska Curie) 從瀝青鈾礦 (pitchblende) 裏，發見極微量的鐳，用電解法得到銀白色的金屬。鐳所特有的放射性，并不因化合後而喪失，普通講到用鐳，都是用他的溴化物。

鐳的普通化學性質，和銀相似，亦屬於土族。

用黑紙包鈾或鐳鹽，放在照相乾片上，乾片便感光而有照相的作用。鐳又能使他附近的空氣傳電。研究的結果，知道由於此類物質，能自然的射出和光線相類的線來，這種性質，稱為**放射性** (radioactivity)，如鈾鐳等，有這性質的元素，稱為**放射性元素** (radioactive elements)。鐳的放

射能力很強，約為鈾的二百萬倍，所以通常講放射性，用他做代表。

202. 三種放射線 由鐳所發的放射線，從他對於磁石的反應，可以分作三種，如圖所示。(1)

稍偏於左的，稱為 $\alpha$ 線，帶陽電性，有質量，與氦相同，使空氣傳電的力量最大。

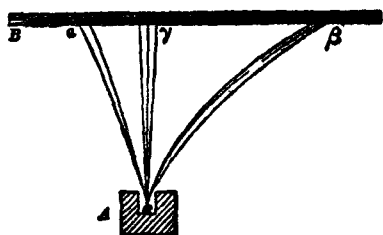


圖 70 鐳的放射線

(2) 向右彎曲的，稱

為 $\beta$ 線，帶陰電性，有質量，和電子(electron)相同，為氫的 $\frac{1}{1840}$ ，速度和光相近，照相的作用最大。(3)不偏的，稱為 $\gamma$ 線，常伴 $\beta$ 線而生，不含質量，僅一種波動而已。

203. 鐳的價值和用途 鐳在礦石中，存量極微，在美國西部開採的鐳礦，約一百五十噸礦石，始能獲到0.2公分的溴化鐳，提取時，手續繁多，消費甚大。因為醫藥上需要甚殷，所以價值奇貴，

約較黃金貴十二萬五千倍，每公分價四五十萬元，普通買賣以每公絲計算，要算世界上最貴的物品了。

鐳用在醫藥上治療功效極大，尤以治癌腫 (cancer) 爲有名，此外亦有利用他來做夜光漆等物的。

### 問 題

1. 鐳和鈣鎂等金屬相似，你想他應該有些什麼化學性質？
2. 鐳的放射線中，什麼線是氦氣，什麼線是電子流，還有什麼線是真正和光線一樣？

## 第二十六章 週期律

204. **元素的分類** 從以前所述各元素的性質看來，往往有幾個元素，性質相似，有鹼金屬，鹼土金屬，和鹵素等類。這都是特別顯著的例子。他如矽和碳相類，硫和氧相類，鐵鎳鈷都有磁性，氮磷砷銻鉍是三價和五價的元素，他們的氫化物和氧化物的組成也是相類，各自成爲一族。空氣中所含稀有的氣體，如氦，氬，氖，氙等，都是單質存在，不和他物化合，總稱爲稀氣元素 (rare gas elements)，亦成一族。

205. **元素的週期表** 從各元素原子量的順序，把他們列成一表，我們便看到各元素的性質，逐漸變遷，經若干間隔，週而復始，可以表示各元素間相互的關係，得到**元素的週期系** (periodic system of elements)。列成的表，稱爲**週期表**

(periodic table)，說明他們的關係稱爲**週期律** (periodic law)。

週期律，由俄國化學家門得雷業夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleëff) 提出，當時已知原子量的元素，不過六十餘種，上面所列的表，係據最近的學說，略加修改，並把陸續發見的元素補入其中。

206. **屬和週期** 表中列在同一縱行的元素，性質極相近，原子價相同，其強弱的順序，從原子量而逐漸變遷，此等元素，稱爲**同屬** (same group) 的元素。鹼族元素，均在第 I 屬，銅和金銀，亦在第 I 屬，在右邊的爲 a 羣，在左邊的爲 b 羣，同羣的元素，其性質尤相類似。鹼土族金屬。都在第 II 屬，鎂鋅鎳銀，亦在第 II 屬。土族元素，在第 III 屬。碳族錫族在第 IV 屬。氮族在第 V 屬，氧族在第 VI 屬。鹵素族在第 VII 屬。稀氣元素在第 VIII 屬，鐵族和鉑屬，在第 VIII

屬。其他未講到的元素，亦各從他的性質，排入相當的屬中。

表中在同一橫列的元素，他們的性質，是遞變的，此等元素，稱爲**同列**(same series)，從一元素起，橫行到其次同族類似的元素，稱爲**一週期**(one period)。第1週期，僅有氫氦兩元素。第2週期，從鋰到氖，共八個元素。第3週期，從鈉到氬，亦八個元素。第4週期，從鉀到氬，共十八個元素。第5週期，從銣到釷，亦十八個元素。第6週期，從銻到釷，共有三十二個元素，其中含土族稀有金屬鈾(Ce, cerium)等十餘元素，這類金屬，非常相像，難於分離，統稱**稀土金屬**(rare earth metals)。第7週期，已確定原子量的元素，只有從鐳到鈾的五個元素，他們有特殊的性質，稱爲放射性元素。

**207 週期表的功用** 從週期的關係看來，凡是同屬的元素，互相類似，同列的元素，其性質

則依次遞變，所以從隣近元素的性質，便可以推知一元素的性質。在門得雷業夫初創週期律的時候，鈦(Sc, scandium), 鎩(Ga, gallium), 鍺(Ge, germanium) 三元素均未發見，門氏從前後上下各元素的性質，預言應有如何如何性質的元素存在，未久，此等元素相繼發見，門氏的話，完全證實，週期表律乃益爲人重視。五十年來，發見的新元素，不下二十餘種，在週期表中，各有相當的位置，毫無疑難發生。至於今日，表中空位，可以說完全填滿，<sup>①</sup>不過近年發見的元素還沒有充分證實。

208. **原子序數** 依週期表中所排列各元素的先後，順位以數字表之，叫做**原子序數** (atomic number)。未有元素的空位，亦定了序數，以待發見。從氫<sup>①</sup>起到鈾 (92) 止，共有九十二個元

---

① 原子序數 85 和 87 兩個元素，近二三年來已經有美國化學家數人聲明發現，叫 85 的爲 alabamine, 87 的爲 virginium。



素。原子序數，實驗上的確定，是從 X 光景的研究得來，這工作是一位英國青年物理學家摩斯來 (H. G. J. Morseley) 氏偉大的供獻，從理論和實驗研究的結果，知道這一二三四等等的序數是各元素固有的根本性質，在化學上居重要的位置。元素的性質，與其說從原子量的順序，還不如說從原子序數而有週期的關係，較為切當。

### 問 題

1. 試說明元素週期表的價值。
2. 試寫以下各化合物的分子式；氫氧化鉀，氧化鈦，溴化鉛，及硒化氫。
3. 試依據週期表，說明原子數為 85 及 87 兩元素應有之性質。

## 第二十七章 燃 料

209. **燃料** 凡經過燃燒和氧化，而能供給熱的物質，都是**燃料** (fuel)。燃料的種類很多，煤，柴，木炭，是固體燃料，石油，火酒，是液體燃料，煤氣是氣體燃料，都是含碳的物質。燃料是一切機械的發動力的來源，工業和國防，都靠燃料作命脈。

210. **木材和木炭** 植物的枝葉和幹，以及其他部份，都含有碳和氫氧三元素，在空氣裏，到了相當溫度，即能發火燃燒。

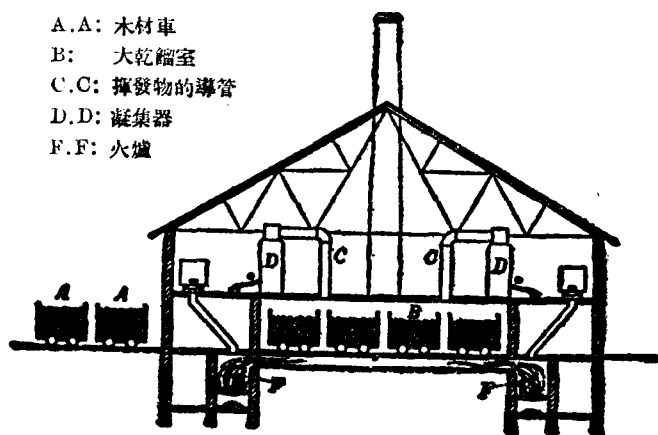
在空氣不足的場所，受熱亦不能燃燒，到 $350^{\circ}\text{C}$ ，便自行分解，發生氣體和熱，變成



圖 71 燒木炭的窯

了**木炭**(charcoal)。舊法用木材在窯裏燒成木炭，升火之後，不要通氣，幾天之後，滿窯都成了木

炭。新法用乾餾法(dry distillation)，將木材用鐵



- A.A: 木材車  
 B: 大乾餾室  
 C.C: 揮發物的導管  
 D.D: 凝集器  
 F.F: 火爐

圖 72 木 材 乾 餾 廠

車運進鐵窯，封閉之後，不通空氣，加熱，把木材熱到  $350^{\circ}\text{C}$ ，以後停火，讓他自己發熱，候溫度下降，即取出木炭來。木材的揮發部份，使其凝集，有木精 (wood spirit) 和醋酸 (acetic acid) 木氣 (wood gas) 木膏 (wood tar) 等等，有價值的副產物。

211. 煤和焦煤 太古的陸地植物，因地殼發

生變化，埋在地下，受了上面的壓力。再受下面的地熱，在地下實行乾餾。經了多年之後，受變化深的，成了**無烟煤**(anthracite)，稍淺的是**烟煤**(bituminous coal)，再其次是**褐煤**(brown coal) **泥煤**(peat)。無烟煤含碳最多，泥煤和植物相近，我國地下所藏的煤量，在遠東是第一，大多數是烟煤。

**焦煤**(coke)是將煤乾餾成的，要將無烟煤和烟煤，照合宜的比例混和，就能得很好的焦煤。煉焦煤的副產物是**煤膏**(coal tar)又稱煤焦油是有機化學工業和製造炸藥的基本原料。從煤膏裏，可以製造無數的藥品及染料等出來，焦煤又是冶金工業不可少的原料，一國的國防和工業能否自立，可以從煉焦煤事業斷定。我國現在用的焦煤，江西河南河北只能供給一小部份，煤膏全無人提煉。

212. **石油** 古代的海產生物，埋在地下，便

成**石油**(petroleum)，是各種複雜的烴的混合體。我國發現石油的範圍很大，從東三省起，蒙古，陝，甘，四川，新疆一帶，都有油苗出現。陝西延長縣，已有小規模的油廠，四川的石油鑛，正在探查。

有石油鑛的地方叫**油田** (oil field)，從油井裏取出的叫**原油** (crude oil)，是暗綠色或暗黃色。蒸餾之後，在 $150^{\circ}\text{C}$  以下蒸出的，叫**粗揮發油** (crude naphtha)，再經分餾，可以得**揮發油** (naphtha)和**汽油**(gasoline)，作溶解油脂的溶劑，和汽車飛機的燃料。 $150^{\circ}\text{C}$  以上至  $300^{\circ}\text{C}$  蒸出的，叫**粗煤油**(crude kerosene)，可以分餾成**煤油** (kerosene)又名火油，**蘇辣油** (solar oil)，作油燈和發動機的燃料。 $300^{\circ}\text{C}$  以上蒸餾出的，叫**重油** (heavy oil)，可以提煉成**機器油** (engine oil)，或**滑潤油**(lubricating oil)。剩餘的是**柴油** (fuel oil)或**瀝青**(pitch)。揮發油，汽油，燈油，機器油，

滑潤油，都要用淡硫酸和氫氧化鈉溶液洗淨，將雜質除去，纔能合用。重油，柴油，原油，再經裂餾(cracking)之後，可得汽油。

近年有從煤以蒸餾石油的代用品的方法。將煤在  $800^{\circ}\text{C}$  以下的溫度蒸餾，所得的凝集物，可以提煉煤油汽油，這種方法叫低溫碳化法 (low-temperature carbonization)。

213. 煤氣 用含揮發物多的煤，在鐵製的蒸餾甌(retort)裏加熱，便有煤氣(coal gas)和煤膏放

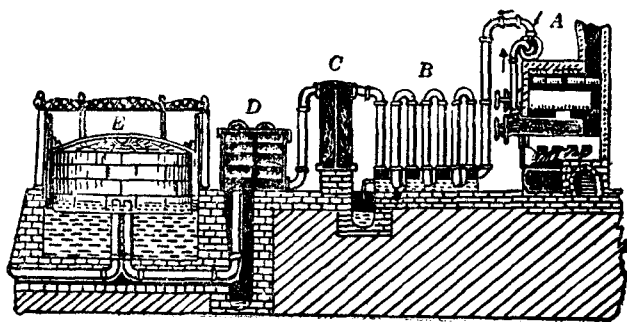


圖 75 製煤氣

置煤於右方中部二個粘土製圓壙中，密閉加熱，所生氣體使經盛水管 A 和冷凝管 B，而入於貯焦煤的燒器 C，次入 D 箱內，遇氧化鐵，除去硫化合物，終集於氣槽 E，由鐵管送於各處，以供使用。

出。煤膏受冷凝集，煤氣經洗滌器後，將氨和硫化氫除去，即可供用。甌內剩下的是焦煤，製煤氣和煉焦煤的設備，大概相同，只是營業的目的不同。煤膏却是重要的產物。煤氣裏含有甲烷，氫，一氧化碳，量的多少不定，隨煤的品質而變。

**天然煤氣** (natural gas) 的成分，變化不同，可用活性炭，分出分子量較大的烴，即是**煤氣汽油** (natural gas gasoline)，是最好的汽油。

工廠裏要用煤氣時，不用乾餾煤的方法，亦能製成煤氣。在特別建造的爐內，把煤燒到白熱，就將水蒸汽放進爐內。水蒸汽和白熱的碳作用，發生氫和一氧化碳，這種煤氣，名**水煤氣** (water gas)。到爐內的溫度降低時，便要停止水蒸汽；再放進空氣，候爐內的溫度升高，再放進水蒸汽，工作時作時停。

若是將水蒸氣和空氣同時放進爐內，空氣的量不充足，爐裏祇能發生一氧化碳，氮是不和碳

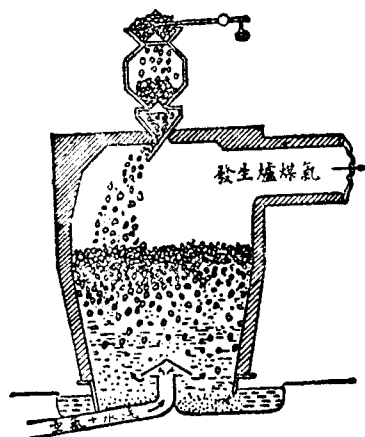


圖 74 製發生爐煤氣

起作用的，通過碳層，仍無變化，水蒸汽和碳，發生氫和一氧化碳。這通過碳層後的混合氣體，名叫**發生爐煤氣**(producer gas)。現在用木炭代汽油的汽車，是利用發生爐煤氣作發動機的燃料的。無論何種煤氣，都可用作發動燃料。

### 問 題

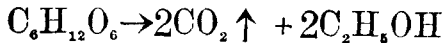
1. 用方程式說明水煤氣發生時的化學變化。
2. 水煤氣和發生爐煤氣的成分，有什麼不同？



- 
3. 木材和煤乾餾的副產物相同嗎？他們的用處在那裏？
  4. 汽油和焦煤對於國防有怎樣的關係？木炭和國防有無關係？
  5. 用新法製木炭，優點在那裏？
  6. 將煉製石油的溫度和產品，作成簡明的統系表。

## 第二十八章 醇 酯 醚

214. **酒精發酵** 將葡萄的榨汁，裝在瓶裏，過了幾天，便發酵成葡萄酒。因為附在葡萄上的**酵母** (yeast)，把葡萄裏的各種糖，都變化成醇 (alcohol) 和二氧化碳的緣故。



酵母裏含有能使糖變成醇的物質，名**醇酵質** (zymase)，是許多**酵質** (enzyme) 的一種。因有醇酵質的接觸作用，發酵便得進行，所以**發酵** (fermentation) 是一種由生物體裏的接觸劑，引起的化學變化。釀酒的名**酒精發酵** (alcoholic fermentation)，釀醋的名**醋發酵** (acetic fermentation)，此外還有不少的種類。

我國的糯米酒紹酒等等，都要用酒藥和酒麴發酵，因為我國釀酒的原料，都含很多的澱粉，

酒藥裏利酒麴的酵質，有許多種，一部份先把澱粉變成糖，再由另一部份的酵質，把糖變成醇。糯米酒紹酒在發酵的前半期，流出的汁有甜味，以後纔有酒味，便是這個緣故，另外有一部份的酵質，再將醇變成有特別香味的物質，可是各地的酒藥不全相同，釀造時的情況亦不一樣，發酵的過程，也不相同，所以各地的酒，便有不同的香和味了。

糯米酒，紹酒，葡萄酒，香檳酒，啤酒，都是發酵便成的酒。高粱燒，汾酒，大麴，白蘭地，威士忌，都是發酵後再蒸餾成的酒。未經蒸餾的酒，含醇的量少，曾經蒸餾的便含得多。

215. 乙烷醇 酒精發酵的主要產品，便是乙烷醇( $C_2H_5OH$ , ethyl alcohol)，簡稱乙醇，俗名酒精(spirit of wine)，又名火酒。工業上製造乙醇，用糖蜜，番薯，馬鈴薯作原料，發酵的酵母，亦是特別培養的，發酵之後，用很複雜的蒸餾器，

蒸成酒精。

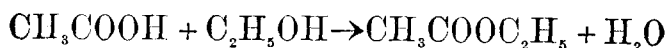
乙醇是無色的液體，有香味，沸點  $78^{\circ}\text{C}$ ，密度 0.82，在水裏的溶度無限量，無論乙醇多少，總能溶解。濃厚的乙醇，容易吸收水分，工業上製成的酒精，含乙醇只有 95%，要造成純粹的乙醇，很不容易。純粹的乙醇，名**絕對酒精** (absolute alcohol)。

乙醇容易着火，燃燒後成水和二氧化碳，發熱很多，無烟，所以實驗室裏，用來點燈。用鉻酸氧化乙醇，便得**乙醛** ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ , acetaldehyde)，是容易揮發的液體。乙醇被醋化菌 (mother of vinegar) 氧化，便成**乙酸** ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ , acetic acid)。

酒精能溶解許多物質，是一種**有機溶劑** (organic solvent)，香水，油漆，都用他作原料。醫藥上用的酒精溶液，名叫**醇液** (tincture)。工業上用酒精，製造各種的有機化合物，又可代替汽油，作汽車燃料，所以酒精不僅是工業國的工業原料，

亦是農業國的交通材料。歐戰後法國竭力提倡用酒精代替汽油，作汽車和內燃機的燃料，是完全從國防和經濟上着眼的辦法。

216. 酯 把濃硫酸加進乙酸（即醋酸）和乙醇的混合液，熱到 $140^{\circ}\text{C}$ ，有無色的液體餾出，比水輕，有香味，稍能在水裏溶解，名叫**乙酸乙酯**（ $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ , ethyl acetate）。



乙酸

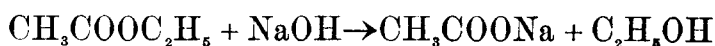
乙醇

乙酸乙酯

若是用甲醇或木精（ $\text{CH}_3\text{OH}$ , methyl alcohol or wood alcohol）代乙醇，可得**乙酸甲酯**（ $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ , methyl acetate）。凡酸的能成離子的氫，和醇中的羥基，化合成水，剩餘的部分，化合成的物質，統名叫**酯**（ester）。

產生酯的化學反應，是可逆反應。只用乙酸和醇混合，雖都成酯，但是很少很慢，加酸之後，便加快了，這叫**成酯**（esterification）。**酯**和

水的溶液裏，有加水分解，能生酸和醇，如有鹼存在，作用便可更快些，有時用淡酸，亦能促進分解作用。用鹼使分解出的酸都變成鹽，這種分解作用，叫作**鹼化**(saponification)。

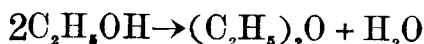


乙酸乙酯

乙酸鈉

乙醇

217. **醚** 把濃硫酸和乙醇加熱，大概在 $140^\circ\text{C}$ 有無色的液體出，比水輕，有香味，名叫**乙醚** ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ , ethyl ether)簡名**醚**(ether)。



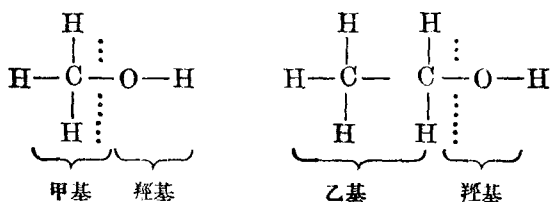
沸點  $35^\circ\text{C}$ ，很易揮發，蒸氣很易著火，使用時，不可近火，以免發生危險。醚在水裏的溶度不大，在醇裏的溶度很大，能溶解油脂等等，也是一種有機溶劑。醫藥上用作麻醉劑。

甲醇和濃硫酸，也能產生**甲醚** ( $(\text{CH}_3)_2\text{O}$ , methyl ether)，在普通溫度是氣體，性質和乙醚相似。凡由醇二分子縮合，失去一分子的水，二個羥基直

接和一原子的氧結合成的物質，統叫作醚(ethers)。有兩個烴基全相同和不相同的二類。例如甲乙醚( $\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_5$ , methyl ethyl ether) 便是兩烴基不相同的醚。

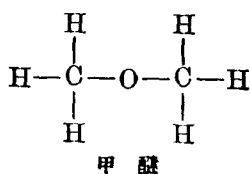
218. 醇酯醚的構造 甲醇，乙醇，都能和醋酸產生酯，可見都含有氫氧基簡稱烴基(hydroxyl group)。甲醇乙醇除去烴基以後，剩下的只有 $\text{CH}_3$ 和 $\text{C}_2\text{H}_5$ 了，這名甲基(methyl radical)，和乙基(ethyl radical)。醇便是各種的烷基和烴基合成的。

若是用三氯化磷( $\text{PCl}_3$ , phosphorous trichloride)和甲醇乙醇作用，便有 $\text{CH}_3\text{Cl}$ 和 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 產生，名一氯甲烷(methyl chloride)，和一氯乙烷(ethyl chloride)，即是甲醇乙醇和氫氯酸所成的酯，足見甲基和乙基確是存在的。若是將鈉和醇起作用，便有氫放出，足見烴基亦是存在的。有這許多的證明，就可決定醇的構造，是由一個烷基和烴基合成的。



這是甲醚和乙醇的結構式，可縮寫成  $\text{CH}_3\text{OH}$ ，和  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，也可以表示他們的性質，這叫示性式(rational formula)。

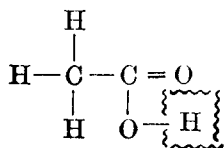
甲醚的成分和乙醇一樣，但乙醇和甲醚的性質，全不相同，結構式應該是



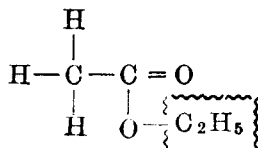
所以甲醚和乙醇，是同質而異性的物體。名同分異構物(isomer)。這種例子，有機化合物裏很多。

將上面的理由，應用到酯，酯的結構式，是將酸裏酸元( $-\text{COOH}$ )的氫，用烷基代替成的





乙酸



乙酸乙酯

219. 有機物的同系物 甲醇和乙醇，都有羥基，性質也相似，乙基比甲基多  $\text{CH}_2$ 。丙醇( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ , propyl alcohol)和甲醇乙醇的性質也相似，丙基比乙基也多  $\text{CH}_2$ 。他們都只含一羥基，是一元醇類 (monovalent alcohol)，他們的分子式，可用一個示性式  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$  來代表。 $n$  是一二三，醇便是甲乙丙，依此類推。凡分子式相差  $\text{CH}_2$ ，性質又相似的化合物，都可歸納於同一系內，稱曰同系物 (homologous)。甲醚和乙醚，所含的甲基，和乙基相差  $\text{CH}_2$ ，所以甲醚和乙醚，是應屬於名叫醚的一類的。其代表的示性式可以寫為  $(\text{C}_n\text{H}_{n+1})_2\text{O}$ 。

有機酸類中的甲酸又名蟻酸( $\text{HCOOH}$ , formic

acid)，和乙酸相差  $\text{CH}_2$ ，合於  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CO}_2\text{H}$  的示性式，他們都含有羧<sup>①</sup>基 ( $-\text{COOH}$ , carboxyl radical)，所以亦歸納在一類裏，名叫脂酸類(fatty acids)。他們的命名法，看  $n$  是什麼數，照甲乙丙的次序推上去。酯類是酸分子中能電離的氫原子爲氫基所取代的化合物。

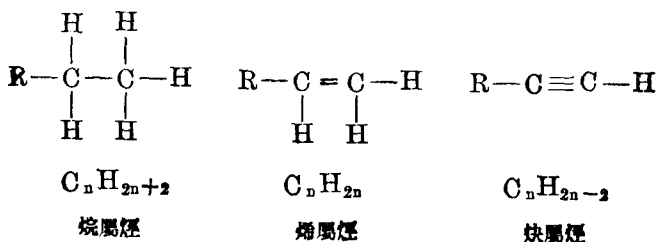
此外甲醛(即蟻醛， $\text{HCHO}$ , formaldehyde)和乙醛(或叫醋醛， $\text{CH}_3\text{CHO}$ )，也在一個同系裏名叫醛類(aldehyde)，都含有  $-\text{CHO}$  原子團稱爲醛元。丙酮( $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ , acetone)丁酮( $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$ , butanone)，也在一個同系裏，名叫酮<sup>②</sup>類，(ketone)都含有羰<sup>③</sup>基 ( $-\text{CO}-$ , carbonyl radical)。酮類和醛類，是同分異構物。

烴類裏的甲烷，是烷屬烴(paraffin series)的最簡單的一個，乙烯是烯屬烴(ethylene series)最

① 羧，讀如梭，ㄌㄨㄨㄛˊ。羧基亦稱羧元。② 酮，讀如同ㄌㄨㄨㄛˊ。

③ 羰，讀如湯ㄌㄨㄨㄛˊ。

簡單的一個，乙炔是炔屬烴 (acetylene series) 的最簡單的一個，命名的次序，是照碳原子的個數，一二三四的個數，照甲乙丙丁的次序推上去。烷屬烴的碳原子，都用一個價標相連。烯屬烴裏，至少有二個碳原子，要用二個價標相連，其餘的碳原子，和在烷屬烴的情形一樣。炔屬烴裏至少有二個碳原子，用三個價標相連，其餘的和烷屬烴的一樣。他們的構造式和代表式，是



烷屬烴是完全飽和的烴 (saturated hydrocarbons)，烯炔兩屬烴，是未飽和的烴 (unsaturated hydrocarbons)。

## 問 題

1. 用化學方程式，表明乙醇燃燒時的化學變化。

2. 用方程式，表明製醚時的化學變化。
3. 製酯時用濃硫酸，是什麼用意？
4. 在  $C_nH_{2n+2}O$  式裏， $n=3$ ，醇和醚可有幾種，把構造式寫出來。
5. 在  $C_nH_{2n}O_2$  式裏， $n=7$ ，酸和酯有多少種，把構造式寫出來。
6. 在  $C_nH_{2n}O$  式裏， $n=5$ ，醛和酮可有幾種，把構造式寫出來。
7. 用什麼方法證明發酵時有二氧化碳產生？
8. 試將乙醇的用途，列為數類並舉例說明之。

## 第二十九章 醣

220. 醣 澱粉，纖維素和糖類的組成，都可以用  $C_mH_{2n}O_n$  的通式表示，這些物質，都可看作碳和水的化合物，統叫作醣<sup>①</sup>(carbohydrates)，舊名炭水化物。他們的分子構造，非常複雜，實際上氫和氧，並不成爲水分子再和碳化合，只是氫氧有和水相同的比例罷了。

植物的身體，差不多全是由醣類造成。動物靠植物生活，人的衣食住行，都要用植物材料。這一類的化合物，是最有經濟價值的。

221. 蔗糖 蔗糖( $C_{12}H_{22}O_{11}$ , cane sugar, sucrose, saccharose)，是從甘蔗做出的糖，我國福建，四川，廣東，以及爪哇，產的糖都是用甘蔗作原料，德法兩國，用甜菜(beet)作原料。

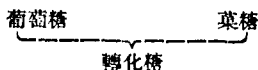
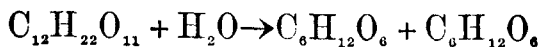
① 醣，讀如唐，去尤。

先將甘蔗壓出糖汁，再噴熱水在蔗渣上，再壓出汁來，如此兩次，糖就可以溶完。若是用甜菜作原料，便切成細片，用水將糖溶出，糖汁裏的雜物，濾盡之後，把石灰乳加進去，糖汁裏的各種酸，都變化成鈣鹽，煮沸榨濾之後，各種含氮的化合物，也能除去。隨即通入二氧化碳，將溶解的鈣沈澱去。再通入二氧化硫，把糖汁漂白，此時糖汁要稍帶鹼性，以免糖起變化。這潔淨的糖汁，在真空蒸發鍋裏，把水蒸去，到了一定的濃度，便使他慢慢冷，糖就會結晶出來。用離心濾機將糖蜜 (malasses) 濾去，少用一點水，將糖洗淨，便是純淨的蔗糖，稍有黃色。這糖蜜裏，還含不少的糖質，可用來做果醬，或再提煉糖。最後的糖蜜，便用來製造酒精。甜菜的糖蜜，只能用來造酒精。我國的舊法煉糖，不將糖汁裏的酸和氮化物去掉，糖起了變化，又有雜味，在鍋裏煮時，溫度太高，一部份的糖變焦，所以製成的

糖，總是黃色或焦黃色，又不能結晶，成黏塊的也有。製造的方法不好，因此我國的製糖工業，被洋糖壓倒。

雪白的糖，是從黃色的蔗糖再精煉成的。將黃糖溶在水裏，用骨炭(bone black)將黃色除去，近來多改用活性炭，再經蒸發結晶成的。冰糖是將濃厚的糖汁，放在溫暖地方，讓他冷得非常慢，在很長的時間裏結晶成的。

蔗糖是無色的結晶，易在水裏溶解，味很甜，熱到 $160^{\circ}\text{C}$ 以上，會變成不結晶的糖。燒到 $210^{\circ}\text{C}$ 以上，便分解成焦黃色的糖色(caramel)，用在食品裏加色。酸能使蔗糖起加水分解，生葡萄糖和菓糖的混合體，名轉化糖(invert sugar)。



蔗糖的濃溶液，不適於細菌繁殖，貯藏食物，用

作防腐劑。但是甘蔗裏的糖，因甘蔗久置之故，常被細菌分解，是糖業的大損失。

**222. 葡萄糖和菓糖** 葡萄糖( $C_6H_{12}O_6$ , glucose, grape sugar)菓糖 ( $C_6H_{12}O_6$ , fructose, fruit sugar) 是同分異性體，葡萄和各種有甜味的果實，都含有之，蜂蜜裏含得不少，糖尿病人的尿中也有葡萄糖。葡萄糖在水裏易溶，是無色的結晶體，甜味不及蔗糖，純粹的葡萄糖，可用來作靜脈注射，救治身體虛耗的病。

菓糖在植物裏，常和葡萄糖相伴而生，蜂蜜裏也有。他不易成結晶體，酵母能將葡萄糖和菓糖，變成二氧化碳和乙醇。

**223. 乳糖和麥芽糖** 乳糖 ( $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ , lactose) 是白色的結晶體，含一分子的結晶水，是蔗糖的異構物，甜味很淡。各種動物的乳裏都有，人乳裏將近百分之八，牛乳裏將近百分之五，在冷水裏溶解得不多，沸水裏更少，乳酸菌將他變



成乳酸；又能被加水分解作用，變成更簡單的糖。

**麥芽糖**( $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ , maltose) 麥芽裏的**糖化酵素**(diastase)和唾涎裏的**唾液糖化酵素**(ptyalin)都能將澱粉變成麥芽糖，有甜味，飴的甜味，便從他得來。是白色的結晶，有一分子的結晶水。也是蔗糖的同分異性物。經加水分解之後，變成葡萄糖。

224. **澱粉** 植物的地下莖，球根，以及種子裏，都有**澱粉** ( $[C_6H_{10}O_5]_n$ , starch)。米，麥，番薯，馬鈴薯，玉蜀黍，菱，藕，都含不少的澱粉，各種植物的澱粉的形狀不相同，用顯微鏡可看出

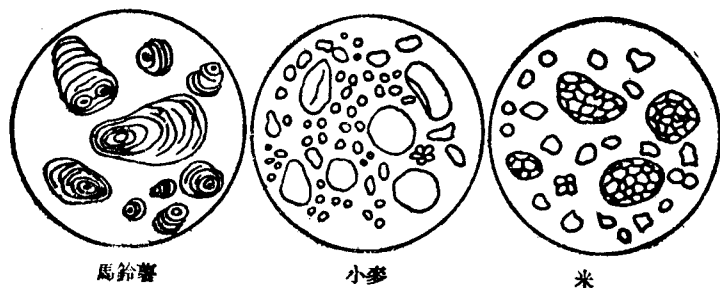


圖 75 澱粉放大圖

來，性質也有些不同，各有特殊的用途。麥粉宜作漿糊，米粉宜作面粉 (face powder)，棕粉宜作西米 (sago)，慈菇粉宜作漿粉。

澱粉在冷水裏不溶解，澱粉粒的外層，有一層薄膜，在  $80^{\circ}\text{C}$  時，薄膜便破，澱粉和水成了漿糊。此後澱粉就易起各種的化學變化，各種含澱粉的食物，要煮熟纔容易消化，即爲此因。澱粉被糖化酵素和唾液變成麥芽糖，再經加水分解，變成葡萄糖，就可吸收在血液裏。澱粉加水分解成葡萄糖之後，若遇酵母起酒精發酵又可變成酒精，同時放出二氧化碳氣。製造麵包，要用酵母或焙粉 (baking powder) 的目的，是利用二氧化碳，受熱膨脹，使麵包疏鬆適口，還可以加點甜味和香味。

澱粉的組成，只好用  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$  來表示，因爲澱粉的分子量還不知道。澱粉遇了碘，便現藍色，這是澱粉的特性，用來檢查澱粉，精確非常。

225. 糊精 把澱粉熱到  $200^{\circ} - 250^{\circ}\text{C}$ ，就變成糊精 ( $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$  dextrin)，有微黃色，水裏溶得很多，溶成濃厚的黏汁，印花布和黏信封郵票，都很合用。糯米和餡裏，都有很多的糊精，所以很黏滯。糊精經加水分解，便成麥芽糖葡萄糖。糊精遇碘，現紫色或紅色。

226. 纖維素 纖維素 ( $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$ , cellulose) 是製成植物細胞膜的物質，各種植物都有，是細長的乾細胞。形狀隨植物的種類而不同，用顯微鏡可以看出。普通植物的纖維，都不止含纖維素，還有脂肪鑛質木質膠 (lignin) 等等。要用氯或氫氧化鈉煮，將雜物去盡，纔能得純粹的纖維素。棉花是纖維中比較純粹的，只要用淡酸，淡鹼，酒精，醚浸洗過，便是很純淨的纖維素。實驗室裏用的上等濾紙，便是純纖維素造成的。各種動物纖維，如毛絲之類，不是纖維素造成的。人造絲是用纖維素造成的。

纖維素能溶在濃硫酸裏，溶解後，加水煮沸，就變成各種能溶的醣，糊精，麥芽糖，葡萄糖都有，可作製造酒精的原料。淡鹼對於纖維素，無甚作用。濃氫氧化鈉和纖維素，產生一種化合物，在水裏分解，又成纖維素，有絲光，顏色也白嫩些，染色亦容易些，性質和原來的纖維素，大不相同。絲光紗就是用這法做成的。

纖維素在鉍和氫氧化銅的溶液裏能溶解，把紙放在這種溶液裏，候紙面已溶，在輓筒上，壓緊烘乾，便是不透水的玻璃紙。若是做成纖維素的濃溶液，由細孔壓出，再用淡酸浸過，便成人造絲。

**227. 製紙工業** 我國製紙用竹，用桑楮的比較少。將竹破成竹片，放在石灰池裏浸。把各種雜質分解之後，取出削去表面的青層，洗淨，煮爛，搗成紙漿(pulp)，再用水洗得潔白，和膠之後，用竹簾提成薄層，乾後便是竹紙。用楮皮用桑皮

造紙，要用碳酸鉀或碳酸鈉溶液煮，製成的都是有特別用途的上等紙，方法相差不多。

近代社會進化，紙的需要增大得非常快，所以有用木材造紙的方法。先將木材切碎，放在酸性亞硫酸鈣( $\text{Ca}[\text{HSO}_3]_2$ , calcium bisulfite)或氫氧化鈉的溶液裏煮，把木質膠，以及鑛質，分解溶

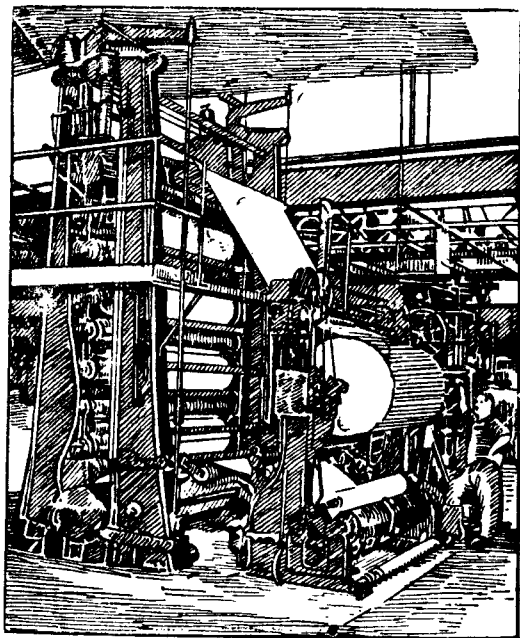


圖 76 機械製紙

去，洗淨之後，再用漂白粉漂白，便成白色的紙漿，加水，再和膠，成薄粥狀，流到銅絲網上，由複雜的機器，壓緊烘乾，即成白紙。如要紙面平滑，須得另加白瓷土澱粉等等充填料。

新聞紙的製造程序裏，不用化學方法，只把木材磨成紙漿，用機器做成紙，這種紙裏，因為木材的雜質未除去，一經日曬，便生變化，發出黃色。造新聞紙用的紙漿，名**機械紙漿** (mechanical pulp)，品質很劣，絕不及製白紙的**化學紙漿** (chemical pulp)那樣好。

228. **纖維素的化合物** 纖維素或棉花，浸在濃硝酸和濃硫酸的混合體裏，便成**六硝酸纖維素** ( $\{C_{12}H_{14}O_4 \{NO_2\}_6\}_n$ , cellulose hexanitrate) 又名**火藥棉花** (gun cotton)。洗淨之後，形色依舊。溶在乙醚或丙酮中，成濃厚的膠糊。壓成薄片，乾後，切成細片，再用純鉛粉混和摩擦之。以後片面附有極薄之鉛層，以防吸收水份；即成無烟火藥。

我國兵工廠都能製造，可惜品質不十分好。無烟火藥爆發後，所生的全是氣體。

若是纖維素在硝酸硫酸混合體裏，浸的時間不足，或酸的濃度不足，便成硝化程度較低的纖維素，在  $C_{12}H_{20}O_{10}$  裏，只有五個以下的硝基加入。這幾種硝基纖維素，統名拍羅西林(pyroxylin)，能在乙醇和乙醚的混合液裏溶解，即成膠綿(coloidion)，可用來塗抹封口以防漏氣，或保護傷口。製造磁漆汽車漆，亦可用他。

用二分的硝基纖維素，和一分的樟腦 (camphor) 或酚酯(phenol ester)，在高壓之下加熱，便成賽璐珞 (celluloid) 又名假象牙。可製成各種美麗輕便的用器和玩具，我國已有好幾家工廠在製造了。

將膠綿的濃厚溶液，由細孔壓出，成很細的絲，經過水中，將乙醇乙醚溶去，候他凝成固體，取出，置在熱空氣裏，使醚和醇蒸發而去，使用

硫化銨( $[\text{NH}_4]_2\text{S}$ )，亞硫酸銨，亞硫酸鈣，或一氯化銅和氫氯酸的混合液，把硝基除去，以免易引火燃燒。再經紡機，紡之成線，便是人造絲(rayon, artificial silk)。又電影的軟片，也是膠棉做成的。

醋酸纖維素，是由二乙酸酐( $[\text{CH}_3\text{CO}]_2\text{O}$ , acetic anhydride)，硫酸和纖維素化合而成，每 $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$ 有五個乙酸根代入的最適於用，能溶解在丙酮裏，可製人造絲，電影軟片，飛機漆，汽車漆，以及各種透明的物品，遇火亦不燃燒。

纖維素在氫氧化鈉溶液裏脹大後，再和二硫化碳攪拌，便成一種黏性很强的液體，從機器的細孔壓入於淡酸中，就得絲光很强的纖維，也是一種人造絲稱為膠絲(viscose silk)。

## 問 題

1. 用漂白的紙漿，可不可以造無烟火藥？
2. 做藕粉吃時，所用的水，若是不沸，便是白色，熟後便半透明，是什麼原因？



- 
3. 無烟火藥爆發後，何以沒有黑烟？有白烟嗎？
  4. 試擬一個把紅糖精製成白糖的詳細方法。
  5. 把番薯做成葡萄糖，要如何進行？化學變化的程序是怎樣？
  6. 紙經燃燒後，產生何等物質？紙灰何以是灰色或黑色？紙灰的主要成分是何等物質？

## 第三十章 油脂

229. 油脂的來源和組成 我們常接觸的豆油花生油桐油豬油等等，都統稱為油脂，來源是從植物的種子和動物體內各部製得的。普通溫度下，無論為固體液體，化學的組成，都很相近。我們把任何一種油脂，用化學方法，加水分解，便得丙三醇 (1,2,3)，和數種含碳較多的脂酸。丙三醇 (1,2,3) 俗稱甘油，所以油脂乃是數種甘油酯的混合物，這類酯中，所含的酸類，分子量都很大，常稱他高級脂肪酸。舉四個最要緊的在下面：

硬脂酸  $C_{17}H_{35}COOH$  (stearic acid) (脂蠟酸)

軟脂酸  $C_{15}H_{31}COOH$  (palmitic acid) (棕櫚酸)

油酸  $C_{17}H_{33}COOH$  (oleic acid) (烯屬不飽和酸)

乾性油酸  $C_{17}H_{31}COOH$  (linoleic acid)

(二烯屬不飽和酸)

硬脂酸軟脂酸和他們的甘油酯，都是白色蠟狀的固體，油酸乾性油酸和他們的甘油酯，都是液體。

230. 豆油 豆油是從黃豆或黑豆中榨出來的，通常為液體，我國舊法製油是先把豆洗淨，等到半乾，用石磨磨碎，蒸之，然後用木製的榨牀，榨出油來。普通能得到13%的油。此油在大氣中，能漸乾成薄膜，用途大半供食用或為燃料。東亞各國都出產豆類，以我國東三省為最多。榨過油的豆餅可作飼料或肥料。

231. 花生油 花生油是從壓榨落花生得來，通常為液體。落花生含油量約43-45%，普通須經三次壓榨，乃能榨盡。最初榨得的油，色淨味美，食用極好，二三次所得的，品質較次，可用

漂白土<sup>①</sup>或骨炭過濾，這兩種物質，有吸收色質和排除惡味的能力，所以能增進品質。品質較差的油，可做燃料，或製肥皂。油餅是極好的牲畜飼料。落花生我國出產很多，用來榨油的亦不少。

**232. 茶油** 茶油從茶樹的種子得來，這等茶樹，不是普通用來採茶葉的，那採茶葉用的茶樹，固然有種子，也有油，但是品質不頂好，中國茶子，能得油30—45%，油為液狀，採油用壓榨法。油色黃綠，上等的充食用，下等的做燃料或製肥皂，我國舊式髮油，多為此物。

**233. 桐油** 桐油是從一種桐樹，名叫油桐的果實中壓榨出來的，通常是液體。製法是先將果實炒裂，或任其醱酵開裂，然後檢取果仁磨碎，放在榨油機上榨之，如此得來的為冷壓油，顏色淺黃。若先把細粒加熱再榨，則出油較快，為熱壓

---

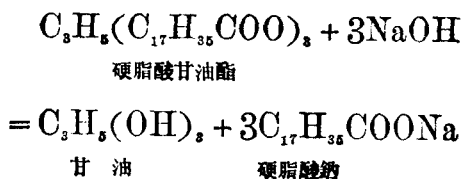
① 漂白土是一種土類礦物，西名為 Fuller's earth，有吸收性，化學工業上，用他脫色去臭的很多。

油，但油色極黑，氣味不好，對於用途方面，亦多妨礙。

桐油塗於物上，一日間即完全乾燥，在各種乾性油(drying oil)中，首屈一指，我國向用為船舶房屋器具的塗料，以避潮濕腐爛，並製油紙油布雨衣雨傘雨鞋等物，和石灰攪合製成油灰，為極佳黏合劑。現經科學的研究，應用更廣，為製造新式塗料，假漆，防水材料等物的絕好原料。

桐油為我國特產，四川，貴州，湖南，湖北，出產最多，歷年除供本國之用外，出口很多，近來美國亦自種桐樹，有相當成績。

234. 肥皂 把油脂和氫氧化鈉同煮，則硬脂酸，軟脂酸，和油酸的甘油酯，變為各種的鈉鹽，這種反應，舉例如下，



這些脂肪酸鈉鹽的混合品，就是肥皂 (soap)，這種鹼化作用 (saponification) 能使油脂分解為酸及醇或鹽，工業裏常用他。

製造肥皂，通常用直接法，大規模製造用間接法，在油脂加熱鹼化後，即加濃厚的食鹽溶液，使肥皂分出，然後取出，加香料色素或他物混拌，再經種種成形壓花的手續，便得上等肥皂。鹼化後便做成肥皂的是普通肥皂。

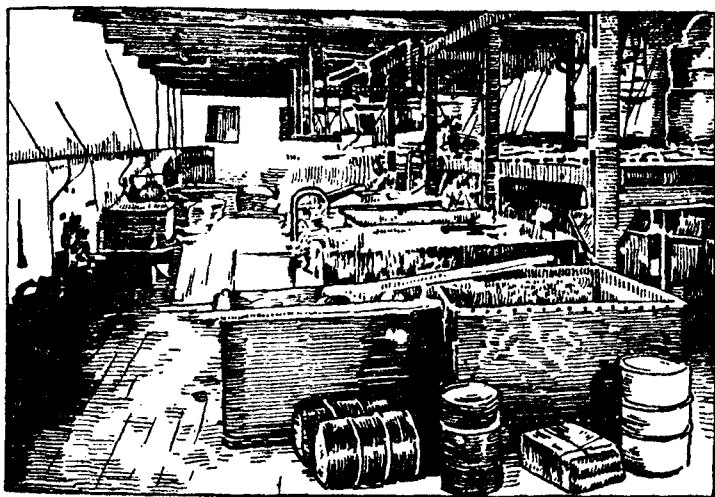


圖 77 上海五洲固本皂藥廠製造肥皂的鹼化鍋

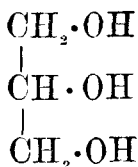
肥皂的洗淨作用，據研究所知，大概是肥皂加水分解時，一面與油類起乳化作用，一面與油以外的污物結成膠狀物，浮遊於水中，於是漸被洗去。

天然水中往往含有鈣和鎂鹽，若加肥皂入內，便高級脂肪酸的鈣鹽和鎂鹽生成，此物難溶於水，發生沈澱，得乳濁液，泡沫很少；有這種硬水，肥皂在其中，效用大減，故不宜洗衣。設法將鈣鹽鎂鹽除去，便無此性質，稱為軟水 (soft water)，最宜於洗衣和汽鍋之用。

235. 甘油 甘油(glycerine)是油脂鹼化後的產物，前面已經說過了，甘油是無色有黏性的液體，有甜味，能從空氣中吸收濕氣，所以用他調敷皮膚，有滋潤免裂的功效。市上售的洋蜜就是他，又可用於製造化妝品，爆炸藥。醫藥上亦用之。

甘油是醇一類的化合物，含有三個羥基，學

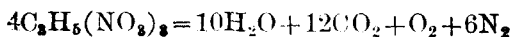
名丙三醇，結構式如下：



236. 硝酸甘油 濃硝酸和濃硫酸的混合液，若與甘油作用，則得一種較重的油狀液體，稱做硝酸甘油( $\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3$ , nitro-glycerin)，此物受打擊或遇熱，便猛烈爆發。因其為液體，不便攜帶，故用矽藻土澱粉鋸屑等物吸收，以製爆炸藥(dynamite)。

## 問 題

1. 前面學習過的石油，和現在所講的油脂，成分方面，分別在那裏？
2. 試寫肥皂加水分解的方程式(任取一種高級脂肪酸作例)。
3. 硝化甘油爆發後，分解反應如下：





今有 25 公分的硝化甘油，爆發後所生氣體的總體積，若在標準狀況下，應有多少公升？

4. 肥皂的製法如何？試言其大要。

5. 我國的農產品，用來榨油的，除本書所述各種外，你們知道的還有多少種？你們所看見過的榨油的方法，是怎樣的？作個簡單的敘述。

## 第三十一章 蛋白質 動物纖維

237. 蛋白質 蛋白質(protein or proteids)存於生物的活細胞中，爲生活上不可少的物質。種類很多，結構異常複雜，從化學分析的研究，知道他的組成，以碳，氫，氧，氮，硫五元素爲主，亦有含少量的磷的。各種蛋白質重要成分的百分比，通常在以下的範圍內，

碳51.2—54.7% 氫6.7—7.6% 氮15.2—18.0%

氧20.2—23.5% 硫0.3—2.0%

蛋白質的化學構造和分子量，都尙未明瞭，大概都是分子量極大的膠質。就現在所知，能結晶的極少。那些能溶於水的，便成膠狀溶液。加熱或加化學品，往往能使其凝結或沈澱。

238. 蛋白素 蛋白素(egg-albumin)爲雞蛋白中所含，易溶於水的一種蛋白質，加熱凝結很快。

這是我們煮雞蛋時看到的，加酒精，硝酸等化學品，便沈澱出來。

239. 酪素 酪素 (casein) 爲動物乳汁中所含的一種含磷蛋白質，加熱無變化，遇酸即凝結，牛乳腐敗後發生乳酸，酪素便凝固而沈澱，在工業上，有相當的用途。

240. 荳素 荳素 (legumin) 和酪素相似，爲豆類所含的主要蛋白質，大豆中約含40%。一般植物性的蛋白質，營養值不及動物性的蛋白質，而荳素則無差別。大豆磨碎，煮漿去渣，加少許苦汁<sup>①</sup> (鎂鹽) 入漿中，荳素便凝固而得豆腐，不用苦汁而用石膏，亦有相同的結果。這都是我國傳沿已久的製豆腐方法，其中的所以然，到現在纔有點明白。豆腐是最廉而最滋養的食料，很有化學上的價值。

241. 麩質 麩質 (gluten) 亦是蛋白質的一種，

① 苦汁或稱鹽滷

小麥粉中，所含甚多，裝小麥粉入布袋內，放在水中揉擠，洗去澱粉，得一種黏塊，俗稱麵筋，即是麩質。

242. 動物膠 取動物的皮角軟骨等物，和水同煮，把水溶液分出，蒸乾後，得褐色角狀的物質，可做黏合劑。脫色精製之品，叫做白明膠(gelatin)，為無色透明的角狀物，是一種不含硫的蛋白質，可為食品，製照相乾片亦用之。

中國做膠，由來已久，牛皮膠用於製墨，鹿角膠和驢皮膠，藥中用之。

243. 蛋白質的分解 蛋白質是不穩固的化合物，受酵素和化學藥品的作用，往往分解成簡單的化合物，許多氨基酸(amino acids)，便是從蛋白質分解得來。譬如市上所售種種調味粉，主要成分，即為麩氨酸(glutamic acid)<sup>①</sup>的鈉鹽。製

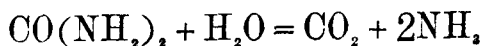
① 含有氨基 $-NH_2$ 的有機酸類稱做氨基酸，最簡單的如氨基乙酸  $CH_2 \cdot NH_2 \cdot COOH$ ，麩氨酸便較複雜  $COOH \cdot CH(NH_2) \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$ 。

造方法，是用鹽酸和麵筋同煮，促成麩質的加水分解，然後加碳酸鈉，將所成的酸變成鈉鹽，便成此物，有鮮味，做菜時常用以調味。



圖 78 上海天廚味精廠的麩質廠

身體中一部份的蛋白質，經過生理作用，便分解而排出體外。主要分解物，為尿質( $\text{CO}[\text{NH}_2]_2$ , urea)，吾人尿中約含百分之二三。此物為無色針狀的結晶，能溶於水和酒精中。受鹼或一種尿質酵素(urase)的作用分解而生氨。



尿的臭氣，多由於此。

244. **動物纖維** 絲和羊毛兩種**動物纖維**，(animal fibre) 是我們做衣服的好原料，他們都是蛋白質組成的物質。羊毛除含氮碳氫氧外，還有硫質，絲中則沒有，這便是絲和羊毛根本不同的地方。其他的化學性質，都很相似。物理性質則不同，因為他們結構不同的緣故。

動物纖維在 10% 氫氧化鉀熱溶液中，溶解很快，植物纖維則起直徑脹大，長度收縮的現象。對強酸羊毛抗力最大，絲不及之，植物纖維則溶解很快。

絲和羊毛，燃燒時，不及植物纖維迅速，發生燒羽毛等物的惡臭。而有縐曲的炭渣留下來。

245. **絲** 絲 (silk) 是蠶體中分泌出來的纖維，表面平滑，是兩細絲併合而成。其中除絲素 (fibroin) 外，還有一種凝固素 (sericin)，或稱絲膠，

能溶於沸水中。製絲時，須用水，或一種特製的肥皂水，將絲膠煮去。去膠的絲，更爲光潤柔軟，看膠份除去的多少，有所謂熟絲生絲的區別，價值當亦不同。絲可用二氧化硫等物漂白。絲必先去膠而後可染色，但於染液中，仍須加適量的絲膠液，以增加成品的光彩和彈性。

絲是具有許多優良的性質，他的強力，在一切纖維之上。比重很低，故能用以製成輕而韌的織品，有彈性，纖維不易損折，故能耐久，平滑光澤，極其美觀。絲的吸收性，比羊毛小些，在乾燥天氣，能吸水分百分之十。但他的傳熱力很小，貼身穿着，雖潮濕仍覺其溫暖。

家蠶絲外，有所謂野蠶絲，一切性質，都不如家蠶絲好。

中國產絲，向著盛名，除自用外，出口亦不少，近以品質不事講求，國外市場已大衰落。

246. 絲和羊毛織品的洗滌 絲織物和毛織

物，對鹼的抗力都很弱，洗滌時不能用鹼性太強的肥皂，弱鹼如氫氧化銨和硼砂可用。漂白時不可用含氯的漂白粉，因其能使絲毛纖維的表面變質，粗澀不復美觀，故絲毛漂白，當用二氧化硫低亞硫酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ , sodium hyposulfite) 二氧化氫等物。

## 問 題

1. 我們要蛋白質凝結，通常用什麼法子？
2. 用鎂鹽或石膏使豆漿凝結成豆腐，是膠體的重要性質，前面學習過的還有幾個相似的例子，請舉出來。
3. 要決定一種織品的纖維是絲還是人造絲，你用什麼方法？
4. 蠶絲和羊毛，有什麼相同相異之點？



## 第三十二章 食物

247. **食物的功用** 人體的營養資料，除空氣和水外，都靠食物來供給。譬如體溫的維持，四肢的動作，所需的能力，是從食物氧化得來；肌膚的生長和補償，所需的物質，是從食物消化後取得。還有使生理作用，保持常態進行，也需要一種有調和性或刺激性的化合物，這些也是從食物引入的。尋常食物中，大部份是供給能力和物質的需要，那些節制生理作用的化合物，雖需量不多，其重要確不在能力和物質之下。

248. **營養素** 物質能供給前述種種生理需要的一種，便可叫做營養素。各種食物中，所含的營養素，有蛋白質，脂肪，醣，無機鹽，維生素五種。

蛋白質為細胞的主要成分，所以身體上各種

組織，無蛋白質不能長成。他的營養價值，第一是供給物質，以爲肌膚血液等物，生長和補償之用，第二便是由他的燃燒來供給能力。動物的體內含蛋白質很多，植物則不然，但種子如黃豆等，其中蛋白質成分比肉類還高。

脂肪消化後，因其中含碳甚多，氧素較少，故發熱量很大，能供給能力，動植物的油脂，都屬脂肪一類的物質。

醣和脂肪相似，功用在供給能力，食後經過消化作用，於是變成葡萄糖，此物易溶，並易於擴散，立可爲血液吸取，而爲燃燒的資料。醣類中有營養價值的，爲糖和澱粉，植物的體中，含糖和澱粉很多。動物體中除肝臟內，含有一種醣類的臟粉(glycogen)外，都沒有這類營養素。

無機鹽類，在身體中，功用亦不小，譬如食鹽，除添味增加食慾外，又爲胃液中鹽酸的必要成分。磷和鈣爲構造骨的原料，鐵是血球中要素，

磷是造神經系所必需。植物葉中，所含葉綠素，亦用鐵做要素，吾人食綠葉菜蔬，便得鐵不少。磷鈣的供給，要算豆類的食物為最多。

**維生素**(vitamins)又稱活力素或生活素，現在已發明的有五六種，因其在食物中成分很微，他們的化學性質，還沒有研究明白。但其為有機化合物，而非蛋白質脂肪或醣類，是一件無疑的事實。每種在身體中，有他特殊的功用。這五種維生素，我們用甲乙丙丁等順次名之。又因其功用不同，而叫他**抗乾眼病**(anti-xerophthalmic) **抗腳氣病**(anti-neuritic) **抗血疸病**(anti-scorbutic) **抗佝僂病**(anti-rachitic)等維生素。

249. **甲種維生素**(vitamin A) 或稱**抗乾眼病**維生素，身體中有儲藏甲種維生素的能力，食物中暫時缺乏，雖沒有什麼害處，經久必有病發生，最顯著的病，是眼膜發炎，眼皮黏合，若不早治，有失明的危險。這病雖是細菌作用，實在由於缺乏

此種維生素，身體抵抗力弱的緣故。有人說傷風咳嗽癆瘵一類傳染病，亦靠甲種維生素來抵抗。含這種維生素最多的食物，要算奶油，魚肝油。他如動物的肝，雞蛋，蔬菜的葉中，亦有不少。

250. **乙種維生素**(Vitamin B) 或稱抗腳氣病維生素，身體中缺乏這種維生素，其初感胃口不好，消化力弱，終則神經發炎，腿部浮腫，腳氣病便發生了。米的外皮，含有此種維生素，能抵抗腳氣病。精磨的白米，失去此寶貴的維生素，真非常的可惜。食物含乙種維生素最多的，要算酵母(yeast)，穀皮黃豆中，亦含很多。動物性食品，要算豬肉的含量頂多了。

251. **丙種維生素**(vitamin C) 或稱抗血疽病維生素，缺乏這種維生素，則腸胃生瘡，皮裏出血，牙根不固，起所謂血疽病的現象。食物中綠葉蔬菜，豌豆和檸檬，柑，橘，一類的水果，含此種維生素不少。

252. **丁種維生素**(vitamin D) 或稱抗佝僂病維生素，這種維生素，幫助鈣和磷組成骨骼，若鈣和磷不很多，同時又缺乏丁種維生素，便發生骨軟不正的病象，厲害時聳背彎脚，不能立地，所謂佝僂病就是如此。丁種維生素魚肝油小白菜中含有之。治佝僂病，除吃含有丁種維生素食品外，還須注意食物中鈣和磷的供給。

253. **食物的成分** 食物成分，是把那不吃的部份，皮，殼，核等，當作廢物，除去之後，估計裏面主要營養素的多少，此外還有水份，和沒有營養價值的纖維素，也列在其中，下面的表便是些例子。

此外第79圖是一種表明食物成分的通俗方法。

### 幾種普通食物的成分<sup>①</sup>

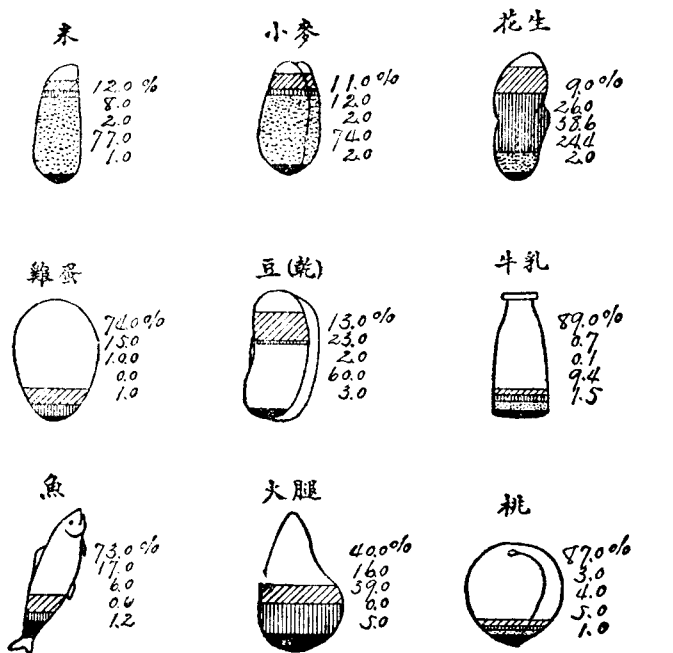
- ① 食物分析結果，因現在所用的分析方法，只能到相當的準確程度，和實驗手續中不能免的差誤，各種成分的總和，往往較100或大或小。有時食物中，還有其他少量成分，未經檢定，成分表中，未能列入，亦足以使總和小於100。

食物種類	廢物	水	蛋白質	脂肪	醣	灰分	粗纖維
米(中等)		11.0	8.5	0.3	79.1	0.6	0.5
大麥		11.9	10.5	2.2	66.3	2.6	6.5
小麥(整)		10.5	12.4	1.4	70.8	2.5	2.4
麵條		33.2	8.1	0.6	56.3	1.4	0.4
高粱(紅)		9.0	9.5	4.7	72.5	2.5	1.8
玉蜀黍(黃)		9.0	8.6	4.4	74.9	1.8	1.3
黃豆		8.8	39.2	17.4	25.4	5.0	4.2
豆腐		86.2	8.4	3.0	1.3	0.9	0.2
蠶豆(乾)		13.0	18.2	0.8	58.6	2.7	6.7
大白菜		95.4	1.1	0.1	2.5	0.5	0.4
菠菜	12.8	81.8	1.6	0.2	1.6	1.6	0.4
紅薯		81.6	1.3	0.1	16.2	0.5	0.3
牛乳(鮮)		68.2	9.6	9.3	11.2	1.7	
雞蛋(整)	11.2	65.5	11.9	9.3		0.9	
鯽魚	57.0	35.1	6.8	0.6	0.1	0.4	
雞(整)	41.6	43.7	12.8	1.4		0.7	
牛肉(後腿)	8.5	62.5	19.2	9.2		1.0	
豬肉(後腿)	10.3	45.1	14.3	29.7		0.8	

# 人們對於各種營養素的需要，視其年齡及工

圖 79 幾種普通食物成分的圖解①

(能食的部份)



各種食物的成分如下所列次序表明之



- ① 圖中所表示的成分，和前表所列的，略有出入，這因為分析的材料不同，是研究食物成分常遇的事。

作情形而有差別，壯年勞力的人需要最大。據現在已經研究過的結果，知道一般中國人的膳食中，醣類和脂肪，供給尚有餘，蛋白質似嫌太少，此外維生素亦時有缺乏現象，鐵從綠葉菜得來，通常有餘，鈣和磷便患不足。

254. 食物的經濟 食物的市價，并不照他們的營養價值來定，同類的食物，營養價值常常相近，而市價則相差很遠。譬如花生油的營養價值和豬油彷彿，而豬油的價，則數倍於花生油。各種菜蔬的市價，初上市時很貴，過久則賤，而他們營養價值，並沒有什麼區別。黃糖不比白糖差，白米白麵，不若粗米粗麵的養人，而白的則常貴。我們購買食物時，假使能於這點稍稍留意，食物的費用當可節省不少。

## 問 題

1. 什麼叫做食物，什麼是我們食物的來源？
2. 爲什麼我們的食料中需要蛋白質？



- 
3. 何以孩童的食品須富於礦物質，你能想出一個理由來嗎？爲什麼他們蛋白質的供給也應該豐富點？
  4. 將各種維生素，對於健康之影響列表說明之。

# 本書漢英對照表說明

- (1) 本單名表各本各四
- (2) 表字詞外詞書字角五
- (3) 按注除第每係號小
- (4) 王四第二三面本碼辭
- (5) 雲角一第字上檢單字
- (6) 五號字取仍端單字
- (7) 氏碼四上依首字法
- (8) 之及角二號尾
- (9) 四附號角碼所
- (10) 角角碼之類注
- (11) 號之已號序號
- (12) 碼號見碼排碼
- (13) 檢碼該於列係
- (14) 字於名本但本
- (15) 法本詞條不面
- (16) 排字上之注號碼
- (17) 列之單上號碼
- (18) 上面上之號碼
- (19) 字用~記號代
- (20) 記號代
- (21) 起訖中間所注
- (22) 雲五大辭典或王
- (23) 王雲五發明

## 第二次改訂 四角號碼檢字法 王雲五發明

第一條 筆畫分為十種，各以號碼代表之如下：

號碼	筆名	筆形	舉例	說明	注意
0	頭	一	言 主 产 产	獨立之點或獨立之橫相結合	0456789各
1	橫	一 八 八	天 土 地 江 无 風	包括橫勾與右鈎	後均由數筆合為一
2	垂	丨 丨 丨	山 月 干 則	包括直撇與左鈎	後筆、檢查時連筆
3	點	丶 丶	心 羊 么 之 衣	包括點與捺	筆與複筆並列，應
4	叉	十 义	草 杏 皮 刈 大 詩	兩筆相交	儘量取複筆；如 山
5	插	扌	才 戈 申 史	一筆通過兩筆以上	作0不作3，扌作
6	方	口	國 鳴 圓 四 甲 圭	四邊齊整之形	4不作2，厂作7
7	角	丿 丨 丨 丨	門 門 陰 雪 衣 學 字	橫與垂相接之處	不作2，㇇作8不
8	八	八 人 人 人	分 頁 羊 余 災 祭 反 午	八字形與其變形	作3 2，小作9不
9	小	小 小 小 小 小	突 糸 岸 果 推	小字形與其變形	作3 3。

第二條 每字祇取四角之筆，其順序：  
 (一)左上角 (二)右上角 (三)左下角 (四)右下角

(例) (一)左上角..... (二)右上角  
 (三)左下角..... (四)右下角  
 檢查時按四角之筆形及順序，每字得四碼：

(例) 頭 = 0... 截 = 1... 蹶 = 3...

第三條 字之上部或下部，祇有一筆或一複筆時，無論在何地位，均作左角，其右角作0。

(例) 宣 直 首 冬 黨 宗 毋  
 每筆用過後，如再充他角，亦作0。

(例) 干 之 持 掛 大 半 黨 詩

第四條 由整個口門所成之字，其下角取內部之筆，但上下左右有他筆時，不在此例。

(例) 國 = 0... 閉 = 1... 關 = 1...  
 蘭 = 0... 瀾 = 0...

**0017<sub>2</sub> 癌**

72~腫 Cancer

**0020<sub>7</sub> 亨**

22~利定律 Henry's Law

**0021<sub>3</sub> 充**

10~電 Charging

**0022<sub>3</sub> 齊**

Alloy (合金)

**0022<sub>7</sub> 方**

27~解石 Calcite

87~鉛礦 Galena

**高**

36~溫蒸汽 Super-heated steam

87~錳酸鉀 Potassium permanganate

**0025<sub>5</sub> 摩**

10~爾 Mole

42~斯來 Morseley H. G. J.

53~擦火柴 Friction matches

**0041<sub>4</sub> 離**

17~子 Ions

**0080<sub>1</sub> 六**

19~硝基纖維素 Cellulose hexanitrate

**00220<sub>0</sub> 刻**

00~度管 Burette

**0824<sub>0</sub> 放**

10~電 Discharging

24~射性 Radioactivity

~射性元素 Radioactive elements

**1000<sub>0</sub> 一**

10~元醇類 Monovalent alcohol

23~縮原磷酸 (正磷酸) Phosphoric acid

37~週期 One period

80~氯化汞 Mercurous chloride

~氯化乙烷 Ethyl chloride

~氯化甲烷 Methyl chloride

~氯化金 Aurous chloride

~氧化一氮 (氧化氮) Nitric oxide

~氧化二氮 (氧化亞氮) Nitrous oxide

~氧化二銅 Cuprous oxide

~氧化汞 Mercuric oxide

~氧化碳 Carbon monoxide

~氧化鋅 Zinc oxide

~氧化鐵 Ferrous oxide

~氧化鈷 Cobaltous oxide

~氧化鋇 Barium oxide

~氧化銅 Cupric oxide

~氧化鉛 Lead oxide

~氣壓 One bar

~氣壓 One atmosphere

**1010<sub>0</sub> 二**

10~硫化碳 Carbon disulfide

12~碳化鈣 Calcium carbide

23~縮原磷酸 (偏磷酸) Metaphosphoric acid

80~氯化汞 Mercuric chloride

~氯化鋅 Zinc chloride

~氯化錫 Stannous chloride

~氯化鉛 Lead chloride

~氧化硫 Sulfur dioxide

~氧化碳 Carbon dioxide

~氧化矽 Silica

~氧化矽 Silicon dioxide

~氧化氫 Hydrogen peroxide

~氧化錫 Stannic oxide

~氧化錳 Manganese dioxide

~氮化三鉛 Lead azide

**工**

32~業化學 Industrial chemistry

**1010<sub>1</sub> 三**

10~硫化四磷 Tetraphosphorus trisulfide

23~縮二原鉻酸鉀 Potassium bichromate (重鉻酸鉀)

80~氯化磷 Phosphorus trichloride

~氯化金 Auric chloride

~氧化二砷 Arsenic trioxide

~氧化二硼 Boron oxide

~氧化二鐵 Ferric oxide

~氧化二鈷 Cobaltic oxide

~氧化二錫 Antimony trioxide

~氧化硫 Sulfur trioxide

~氧化錳 Tungsten trioxide

~氧化鉻 Chromium trioxide

**正**

71~反應 Normal reaction

78~鹽 Normal salt

**1010<sub>4</sub> 王**

12~水 Aqua regia

1010<sub>7</sub> 五

80~氧化二磷 Phosphorus pentoxide

(1010<sub>7</sub>) 互

21~比定律 Law of reciprocal proportion

## 亞

10~硫酐 Sulphurous anhydride

~硫酸 Sulfurous acid

~硫酸氫鈉 Sodium acid sulfite

~硫酸鈉 Sodium sulfite

15~砷酸 Arsenious acid

19~硝酐 Nitrous anhydride

~硝酸 Nitrous acid

~硝酸鈉 Sodium nitrite

~硝酸鉀 Potassium nitrite

25~佛加德羅 Avogadro, Amadeo

83~鐵氰化鐵 Ferric ferro cyanide

~鐵氰化鉀 Potassium ferro cyanide

1020<sub>0</sub> 丁

17~酮 Butanone

22~種維生素 Vitamin D

1021<sub>1</sub> 元

50~素 Element

~素的週期系 Periodic system of elements

1022<sub>7</sub> 丙

10~醇 Propyl alcohol

17~酮 Acetone

22~種維生素 Vitamin C.

1023<sub>1</sub> 汞

00~齊 Amalgam

1040<sub>9</sub> 平

91~爐法 Open-hearth process

1043<sub>0</sub> 天

23~然煤氣 Natural gas

1060<sub>0</sub> 石

00~膏 Gypsum

35~油 Petroleum

44~蕊 Litmus

~英玻璃 Fused silica or Quartz glass

60~墨 Graphite

71~灰石 Limestone

~灰水 Lime water

~灰乳 milk of lime

## 西

77~門子馬丁法 Seimens Martin process

90~米 Sago

1061<sub>3</sub> 硫

Sulfur

11~酐 Sulfuric anhydride

13~酸 Sulfuric acid

~酸亞鐵 Ferrous sulfate

~酸汞 Mercuric sulfate

~酸氫鈉 Sodium acid sulfate

~酸鈣 Calcium sulfate

~酸銨 Ammonium sulfate

~酸鈉 Sodium sulfate

~酸鐵 Ferric sulfate

~酸鋇 Barium sulfate

~酸鎳 Nickel sulfate

~酸銅 Copper sulfate

~酸鉛 Lead sulfate

~酸鉻 Chromic sulfate

~酸鎂 Magnesium sulfate

23~代硫酸鈉 Sodium thiosulfate

~化汞 Mercuric sulfide

24~化氫 Hydrogen sulfide

~化鋅 Zinc sulfide

~化鈣 Calcium sulfide

~化銨 Ammonium sulfide

~化鐵 Ferrons sulfide

44~黃華 Sulfur flower

81~羥磺酸 Xanthic acid

~羥磺纖維素醣 Cellulose xanthate

86~鉛礦 Molybdenite

1062<sub>0</sub> 可

30~淬性 Hardening capacity

38~逆反應 Reversible reaction

87~塑性 Plasticity

1064<sub>7</sub> 醇

Alcohol

14~酵質 Zymase

30~液 Tincture

1066<sub>7</sub> 醣

Carbohydrate

1068<sub>6</sub> 礦

71~脂 Vaseline

1071<sub>6</sub> 電

00~離 Ionization

~離 Electrolytic dissociation

~離度 Degree of ionization

17~子 Electron

24~化學 Electro-chemistry

27~解 Electrolysis

~解質 Electrolyte

41~極 Electrodes

42~析法 Electro analysis

80~鍍法 Electroplating

84~鑄法 Electrotyping

~鑄法 Electro-forming  
 91~爐法 Electric furnace process  
**1073<sub>1</sub>** 雲  
 77~母 Mica  
**1090<sub>0</sub>** 不  
 12~列顛金 Britannia metal  
 47~均態 Heterogenous state  
 57~揮發性 Non-volatility  
 87~飽醜 Unsaturated hydrocarbons  
**1090<sub>1</sub>** 示  
 95~性式 Rational formula  
**1111<sub>1</sub>** 非  
 10~電解質 Non-electrolyte  
 80~金屬元素 Non-metallic elements  
**1164<sub>6</sub>** 硬  
 71~脂酸 Stearic acid  
**1166<sub>1</sub>** 酯  
 Ester  
**1223<sub>0</sub>** 水  
 14~玻璃 Water glass  
 33~溶液 Aqueous solution  
 37~泥 Portland cement  
 45~槽 Pneumatic trough  
 60~晶玻璃 crystal glass  
 80~金 Liquid gold  
 94~煤氣 Water gas  
**1224<sub>7</sub>** 發  
 14~酵 Fermentation  
 25~生爐煤氣 Producer gas  
 44~熱的作用 Exothermic reaction

90~火點 Ignition point  
 96~烟硫酸 Fuming sulfuric acid  
 96~烟硝酸 Fuming nitric acid  
**1268<sub>8</sub>** 碳  
 Carbon  
 11~酞 Carbonic anhydride  
 13~酸 Carbonic acid  
 ~酸鈣 Calcium bicarbonate  
 ~酸銨 Ammonium bicarbonate  
 ~酸鈉 Sodium bicarbonate  
 13~酸鈣 Calcium carbonate  
 ~酸銨 Ammonium carbonate  
 ~酸鈉 Sodium carbonate  
 ~酸鉀 Potassium carbonate  
 ~酸銻 Barium carbonate  
 ~酸鎂 Magnesium carbonate  
 24~化矽 Silicon carbide  
 ~化氫 Hydrocarbon  
**1273<sub>2</sub>** 裂  
 87~釀 Cracking  
**1314<sub>0</sub>** 武  
 24~德金 Wood's metal  
**1364<sub>7</sub>** 酸  
 Acid  
 34~法 Acid process  
 95~性亞硫酸鈣 Calcium bisulfate  
 ~性碳酸鈉 Sodium acid carbonate  
 ~性反應 Acid reaction  
 ~性鹽 Acid salt  
 ~性氯化物 Acidic oxide

**1414<sub>7</sub>** 玻  
 41~杯 Beaker  
**1461<sub>4</sub>** 醛  
 91~類 Aldehyde  
**1464<sub>7</sub>** 酵  
 72~質 Enzyme  
 77~母 Yeast  
**1466<sub>1</sub>** 醋  
 12~發酵 Acetic fermentation  
 13~酸 Acetic acid  
 ~酸鉛 Lead acetate  
 24~化菌 Mother of vinegar  
**1523<sub>6</sub>** 融  
 27~解 Fusion  
 ~解熱 Heat of fusion  
 61~點 Melting point  
**1560<sub>6</sub>** 砷  
 Arsenic  
 24~化三氫 Arsine  
**1568<sub>1</sub>** 碘  
 Iodine  
 24~化氫 Hydrogen iodide  
 ~化鉀 Potassium iodide  
 ~化銀 Silver iodide  
**1611<sub>1</sub>** 理  
 08~論化學 Theoretical chemistry  
**1713<sub>6</sub>** 蛋  
 26~白素 Egg-albumin  
 ~白質 Proteids  
**1762<sub>0</sub>** 砂  
 Silicon  
 12~砒 Carborundum  
 13~酸鎂 Magnesium-silicate  
 83~鐵膏 Ferro-silicon

**硼**

- Boron  
13~酸 Boric acid  
~酸鈉 Sodium Borate  
19~砂 Borax

**酮**

- 91~類 Ketone

**1766, 醑**

- 50~素 Casein

**1771, 乙**

- 11~酞 Acetic anhydride  
13~酸乙醑 Ethyl acetate  
~酸甲醑 Methylacetate

- 14~醑 Acetaldehyde  
19~醑 Ethyl ether  
22~類維生素 Vitamin B  
44~基 Ethyl radical  
93~醇 Ethyl alcohol  
94~烯 Ethylene  
95~炔 Acetylene

**1862, 醑**

- 11~醑 Phenol ester

**1863, 磁**

- 95~性氧化鐵 Magnetite

**1962, 硝**

- 10~石 Saltpeter  
11~酞 Nitric anhydride  
13~酸 Nitric acid  
酸鹽 Nitrate  
~酸鈣 Calcium nitrate  
~酸鉍 Bismuth nitrate  
18~酸銨 Ammonium nitrate  
~酸鈉 Sodium nitrate  
~酸鉀 Potassium nitrate  
~酸銅 Cupric nitrate  
~酸銀 Silver nitrate  
~酸鉛 Lead nitrate  
24~化甘油 Nitro-glycerim

**1963, 醑**

Ether

**1965, 磷**

- Phosphorus  
11~酞 Phosphoric anhydride  
13~酸鈣 Calcium phosphate  
~酸鈉 Sodium phosphate  
86~鉬酸銨 Ammonium phosphomolybdate

**1978, 燄**

- 27~色反應 Flame reaction

**2010, 重**

- 10~石 Scheelite  
35~油 Heavy oil  
40~土 Baryta  
60~晶石 Baryte  
78~鹽 Double salts  
80~金屬 Heavy metals

**2026, 倍**

- 21~比定律 Law of multiple proportion

**2033, 焦**

- 94~煤 Coke

**2040, 受**

- 66~器 Receiver

**2091, 維**

- 25~生素 Vitamins

**2116, 黏**

- 40~土 Clay  
75~體 Viscous body

**2128, 價**

- 41~標 Bond

**傾**

- 33~瀉法 Decantation

**2160, 鹵**

- 50~素 Halogens  
~素化氫 Hydrogen halides  
~素鹽 Halides

**2190, 柴**

- 35~油 Fuel oil

**2191, 紅**

- 19~磷 Red phosphorus  
30~寶石 Ruby

**2224, 低**

- 10~硫磺鈉 Sodium hyposulfite  
36~溫碳化法 Low temperature carbonization

**2241, 乳**

- 90~糖 Lactose

**2294, 紙**

- 27~漿 Pulp

**2294, 綫**

- 80~氧化 Slow oxidation

**2299, 絲**

- Silk  
50~素 Fibroin

**2395, 織**

- 20~維素 Cellulose

**2412, 動**

- 27~物纖維 Animal fibre  
~物膠 Gelatin

**2421, 化**

- 77~學 Chemistry  
~學方程式 Chemical equation  
~學平衡 Chemical equilibrium  
~學變化 Chemical change  
~學紙漿 Chemical pulp  
~學式 Chemical formula  
~學反應 Chemical reaction  
~學當量 Chemical equivalent

80~合 Combination  
~合物 Compound

**2454<sub>1</sub>** 特  
42~斯康里 Tuscany  
44~英巴爾藍 Turnbull's blue

**2466<sub>1</sub>** 皓  
44~礬 White vitriol

**2492<sub>7</sub>** 稀  
40~土金屬 Rare earth metals  
80~氣元素 Rare gas elements

**2496<sub>1</sub>** 結  
32~冰 Freezing  
60~晶水 Water of crystallization  
~晶法 Crystallization

**2510<sub>0</sub>** 生  
10~石灰 Quick lime

**2600<sub>0</sub>** 白  
10~聖 Chalk  
~雲石 Dolomite  
44~熱煤氣燈 Incandescent gas lamp  
83~鐵皮 Galvanized iron plate  
84~銑 White pig

**2643<sub>0</sub>** 臭  
80~氣 Ozone

**2710<sub>0</sub>** 血  
40~赤素 Hemoglobin

**2720<sub>7</sub>** 多  
78~羧基性酸 Polybasic acid

**2724<sub>7</sub>** 假  
08~說 Hypothesis

**2725<sub>2</sub>** 解  
00~離 Dissociation

**2752<sub>0</sub>** 物  
16~理變化 Physical change  
~理化學 Physical chemistry  
~理學 Physics

72~質 Substance  
75~體 Body

**2791<sub>7</sub>** 絕  
34~對零度 Absolute zero  
~對酒精 Absolute alcohol  
~對溫度 Absolute temperature

**2792<sub>7</sub>** 移  
30~液管 Pipette

**2793<sub>2</sub>** 綠  
44~礬 Green vitriol

**2824<sub>7</sub>** 復  
32~冰 Regelation

**2868<sub>0</sub>** 鹼  
24~化 Saponification  
40~土金屬 Alkali-earth metals  
80~金屬 Alkali metals  
91~類 Alkali  
95~性反應 Alkaline reaction  
~性氧化物 Basic oxide

**3011<sub>3</sub>** 流  
75~體 Fluid

**3012<sub>7</sub>** 滴  
30~定法 Titration

**3014<sub>7</sub>** 液  
24~化 Liquefaction  
75~體 Liquid

**3023<sub>2</sub>** 永  
27~久硬水 Permanent hard water  
~久氣體 Permanent gas

**3033<sub>1</sub>** 窯  
32~業 Ceramic industry

**3040<sub>1</sub>** 安  
80~全火柴 Safety matches

**3077<sub>2</sub>** 密  
73~陀僧 Litharge

**3080<sub>1</sub>** 定  
21~比定律 Law of constant proportion  
58~數 Constant

**3080<sub>6</sub>** 質  
78~驗式 Empirical formula

賽  
17~璐路 Celluloid

**3111<sub>1</sub>** 瀝  
50~青 Pitch  
~青鉛礦 Pitchblende

**3116<sub>0</sub>** 酒  
95~精 Spirit of wine  
~精發酵 Alcoholic fermentation

**3116<sub>1</sub>** 潛  
44~熱 Latent heat

**3119<sub>1</sub>** 漂  
26~白粉 Bleaching powder

**3210<sub>0</sub>** 測  
30~容瓶 Measuring flask  
~容筒 Measuring cylinder

**3213<sub>0</sub>** 冰  
60~晶石 Cryolite  
61~點 Freezing point

**3216<sub>4</sub>** 活  
12~碳 Active carbon

22~炭 Active charcoal  
30~字炭 Type metal  
95~性炭 Active charcoal

**3315<sub>0</sub> 減**

00~摩擦金 Antifriction metal  
11~硬 Tempering

**3316<sub>0</sub> 溶**

27~解度 Solubility  
~解度曲線 Solubility curve  
30~液 Solution  
44~媒 Solvent  
72~質 Solute

**3411<sub>1</sub> 洗**

37~灑蘇打 Washing soda

**3411<sub>1</sub> 沈**

37~澱 Precipitate

**3414<sub>7</sub> 波**

28~以耳定律 Boyle's Law

**3512<sub>7</sub> 沸**

61~點 Boiling point  
79~騰 Boiling

**3513<sub>2</sub> 濃**

00~度 Concentration

**3516<sub>0</sub> 油**

13~酸 Oleic acid  
60~田 Oil field

**3611<sub>1</sub> 混**

10~汞法 Amalgamation process  
37~凝土 Concret  
80~合物 Mixture

**3613<sub>4</sub> 溴**

Bromine  
12~水 Bromine water  
24~化氫 Hydrogen bromide

~化鉀 Potassium bromide  
~化銀 Silver bromide

**3622<sub>7</sub> 褐**

83~鐵礦 Limonite  
87~錳礦 Braunitz  
94~煤 Brown coal

**3630<sub>0</sub> 迴**

55~轉爐 Converter

**3630<sub>3</sub> 還**

10~元劑 Reducing agent  
~元作用 Reduction

**3711<sub>1</sub> 泥**

94~煤 Peat

**3712<sub>0</sub> 淘**

39~沙法 Concentration process

**潮**

27~解 Deliquescence

**3712<sub>7</sub> 滑**

37~潤油 Lubricating oil

**3714<sub>7</sub> 浸**

33~溶法 Leaching process

**澱**

98~粉 Starch

**3716<sub>2</sub> 沼**

80~氣 Marsh gas

**3718<sub>1</sub> 凝**

21~點 Solidifying point  
60~固 Solidification  
~固素 Sericin

**3718<sub>2</sub> 次**

10~亞硫酸鈉 Sodium hyposulfite  
19~硝酸鉍 Bismuth subnitrate  
80~氯酸鈉 Sodium hypochlorite

**3730<sub>2</sub> 過**

19~磷酸石灰 Superphosphate of lime  
31~濾法 Filtration  
80~氧化氮 Nitrogen peroxide  
~氧化鈉 Sodium peroxide  
~氧化鋇 Barium peroxide  
~氧化鉛 Lead peroxide

**週**

47~期律 Periodic Law  
~期表 Periodic table

**3811<sub>7</sub> 汽**

35~油 Gasoline  
80~鏟 Steam shovel  
87~錘 Steam hammer

**3813<sub>7</sub> 冷**

37~凝器 Condenser

**3815<sub>1</sub> 洋**

87~銀 German silver

**3824<sub>7</sub> 複**

78~鹽 Compound salts  
80~分解 Double decomposition

**3830<sub>4</sub> 逆**

71~反應 Reverse reaction

**3912<sub>0</sub> 沙**

77~皿 Sand bath

**3912<sub>7</sub> 消**

10~石灰 Slaked lime

**4003<sub>0</sub> 大**

16~理石 Marble

**4010<sub>0</sub> 土**

91~類金屬 Earth metal

**4010<sub>6</sub> 查**

10~爾士定律 Charles's Law



**4020<sub>7</sub>** 麥  
 44~芽糖 Maltose  
**4022<sub>7</sub>** 內  
 92~焰 Inner flame  
 有  
 42~機化學 Organic chemistry  
 ~機溶劑 Organic solvent  
**4033<sub>1</sub>** 赤  
 27~血鹽 Red prussiate of potash  
 83~鐵礦 Hematite  
**4060<sub>1</sub>** 吉  
 40~布裝置 Kipp's apparatus  
**4080<sub>1</sub>** 眞  
 30~空 Vacuum  
**4090<sub>0</sub>** 木  
 00~膏 Wood tar  
 22~炭 Charcoal  
 23~纖維 Lignin  
 80~氣 Wood gas  
 95~精 Wood spirit  
 ~精 Wood alcohol  
**4090<sub>3</sub>** 索  
 10~爾末法 Solvay process  
**4094<sub>6</sub>** 樟  
 72~腦 Camphor  
**4199<sub>1</sub>** 標  
 30~準狀況 Standard condition  
 ~準溶液 Standard solution  
**4295<sub>5</sub>** 機  
 43~械紙漿 Mechanical pulp  
 66~器油 Engine oil  
**4304<sub>2</sub>** 博  
 27~多士混合劑 Bordeaux mixture

**4410<sub>4</sub>** 基  
 Radical  
**4410<sub>7</sub>** 藍  
 10~玉 Sapphire  
**4410<sub>8</sub>** 荳  
 50~素 Legumin  
**4416<sub>1</sub>** 塔  
 13~酸 Tower acid  
**4417<sub>5</sub>** 坩  
 87~鍋法 Crucible process  
**4422<sub>7</sub>** 堝  
 18~酚試劑 Phenolphthalein  
 葡  
 44~葡糖 Grape sugar  
**4423<sub>1</sub>** 蔗  
 90~Cane sugar  
 ~糖 Beet  
 ~糖 Sucrose  
 ~糖 Saccharose  
**4424<sub>7</sub>** 菱  
 80~鋅礦 Zinc spar  
 83~鐵礦 Siderite  
 88~鎂礦 Magnesite  
**4433<sub>1</sub>** 蒸  
 12~發 Evaporation  
 80~氣 Vapor  
 ~氣壓 Vapor pressure  
 87~餾 Distillation  
 ~餾水 Distilled water  
 ~餾瓶 Distilling flask  
 ~餾甌 Retort  
**4439<sub>4</sub>** 蘇  
 05~辣油 Solar oil  
 51~打 Soda  
 ~打石灰 Soda-lime  
 ~打灰 Soda ash  
**4440<sub>5</sub>** 草  
 13~酸 Oxalic acid

**4449<sub>4</sub>** 媒  
 34~染劑 Mordant  
**4460<sub>1</sub>** 堝  
 40~土 Alumina  
**4462<sub>1</sub>** 苛  
 95~性蘇打 Caustic soda  
 ~性鉀 Caustic potash  
**4471<sub>0</sub>** 芒  
 19~硝 Glauber's salt  
**4477<sub>0</sub>** 甘  
 10~汞 Calomel  
 35~油,丙三醇 Glycerine  
**4480<sub>6</sub>** 黃  
 19~磷 Yellow phosphorus  
 27~血鹽 Yellow prussiate of potash  
 83~鐵礦 Iron pyrite  
**4490<sub>0</sub>** 樹  
 77~膠 Gum  
**4524<sub>3</sub>** 麩  
 72~質 Gluten  
**4594<sub>5</sub>** 構  
 34~造式 Structural formula  
**4600<sub>0</sub>** 加  
 12~水解離(水解)Hydrolytic dissociation  
 ~水分解 Hydrolysis  
**4690<sub>0</sub>** 柏  
 30~塞麥法 Bessemer process  
**4712<sub>0</sub>** 均  
 21~態 Homogenous state  
**4794<sub>7</sub>** 穀  
 80~氨酸 Glutamic acid

**4796<sub>4</sub> 格**  
30~流沙克 Gay-Lussac  
~流沙克塔 Gay Lussac tower  
50~拉味塔 Glover's tower

**4816<sub>6</sub> 增**  
11~硬 Hardening

**4841<sub>7</sub> 乾**  
87~餾法 Dry distillation  
95~性油 Drying oil  
~性油酸 Linoleic acid  
96~燥劑 Drier  
~燥器 Dessicator

**5000<sub>6</sub> 中**  
26~和 Neutralization  
95~性的元素 Ampho-  
teric elements  
~性鹽 Neutral salt

**5001<sub>7</sub> 抗**  
27~血疸病的維生素 Anti-scorbutic vitamin  
~佝僂病的維生素 Anti-rachitic vitamin  
48~乾眼病的維生素 Anti-xenophthalmic vitamin  
77~腳氣病的維生素 Anti-neuritic vitamin

**5001<sub>6</sub> 拉**  
10~瓦錫 Lavoisier, Antoine Laurent

**5004<sub>4</sub> 接**  
26~觸劑 Catalyst  
~觸作用 Catalytic action  
~觸法 Contact process

**5008<sub>6</sub> 擴**  
48~散 Liffusion

**5023<sub>0</sub> 本**  
25~生燈 Bunsen burner

**5055<sub>6</sub> 毒**  
80~氣 War gas  
~氣 Toxic gas

**5080<sub>6</sub> 貴**  
80~金屬 Noble metal

**5090<sub>6</sub> 未**  
93~燃部 Unburned part

**5101<sub>1</sub> 輕**  
80~金屬 Light metals

**5103<sub>4</sub> 軟**  
71~脂酸 Palmitic acid

**5106<sub>1</sub> 指**  
10~示劑 Indicator

**5260<sub>2</sub> 暫**  
64~時硬水 Temporary hard water

**5320<sub>0</sub> 成**  
11~酯 Esterification  
35~油氣 Olefient gas  
80~分 Component

**5401<sub>6</sub> 掩**  
44~蔽力 Covering power

**5504<sub>3</sub> 轉**  
24~化糖 Invert sugar

**5523<sub>2</sub> 農**  
32~業化學 Agricultural chemistry

**5600<sub>0</sub> 拍**  
60~羅西林 Pyroxylin

**5601<sub>0</sub> 規**  
30~定溶液 Normal solution

**5701<sub>6</sub> 攪**  
95~煉爐 Puddling furnace

**5705<sub>6</sub> 揮**  
12~發油 Naphtha  
~發性 Volatility

**5708<sub>2</sub> 軟**  
12~水 Soft water  
20~焦 Soft coke  
87~矽礦 Pyrolusite  
~鋼 Mild steel

**6010<sub>7</sub> 置**  
57~換 Substitution

**6021<sub>0</sub> 四**  
80~氯化錫 Stannic chloride  
~氯化三鉛 Minium  
~氯化三氮 Nitrogen tetraoxide  
~氟化矽 Silicon fluoride

**6033<sub>1</sub> 黑**  
71~灰 Black ash  
90~火藥 Black powder

**6044<sub>0</sub> 昇**  
10~汞 Corrosive sublimate  
44~華 Sublimation

**6050<sub>0</sub> 甲**  
10~醇 Methyl alcohol  
13~酸 蟻酸 Formic acid  
14~醛 蟻醛 Formaldehyde  
17~乙醚 Methyl ethyl ether  
19~醚 Methyl ether  
22~種維生素 Vitamin A  
~基 Methyl radical  
44~基橙 Methyloange  
93~燒 Methane

**6060<sub>4</sub> 固**  
75~體 Solid

**6066<sub>0</sub> 晶**  
75~體 Crystal

**6080<sub>1</sub> 異**  
95~性體 Isomer

**6090**<sub>4</sub> 果  
 90~糖 Fructose  
 ~糖 Fruit sugar

**6201**<sub>4</sub> 唾  
 30~液素 Ptyalin

**6650**<sub>6</sub> 單  
 72~質 Simple substance  
 78~鹽 Simple salts

**6702**<sub>0</sub> 明  
 44~礬 Potash alum

**6704**<sub>7</sub> 吸  
 44~熱的作用 Endothermic Reaction

**6708**<sub>2</sub> 吹  
 88~管分析術 Blowpipe analysis

**6716**<sub>4</sub> 路  
 40~布蘭法 Leblanc process

**7122**<sub>0</sub> 阿  
 37~耶當 Alumdum

**7123**<sub>2</sub> 辰  
 19~砂 Cinnabar

**7126**<sub>1</sub> 脂  
 13~酸類 Fatty acids

**7128**<sub>0</sub> 灰  
 67~吹法 Cupellation  
 84~銕 Gray pig

**7129**<sub>6</sub> 原  
 17~子 Atom  
 ~子序數 Atomic number  
 ~子價 Valency  
 ~子量 Atomic weight  
 35~油 Crude oil

**7132**<sub>7</sub> 馬  
 08~許氏試法 Maroh's test  
 60~口銕 Tin plate

**7173**<sub>2</sub> 長  
 10~石 Feldspar

**7280**<sub>6</sub> 質  
 60~量 Mass  
 ~量不變的定律 Law of conservation of mass  
 ~量作用 Mass action

**7425**<sub>2</sub> 臙  
 98~粉 Glycogen

**7622**<sub>7</sub> 陽  
 00~離子 Cathion  
 41~極 Anode

**7721**<sub>7</sub> 肥  
 26~皂 Soap

**7722**<sub>0</sub> 同  
 08~族系 Homologous series  
 12~列 Same series  
 50~素體 Allotropic form  
 77~屬 Same group

**7722**<sub>2</sub> 膠  
 23~狀液 Colloidal solution  
 26~縮 Colloidion  
 75~體 Colloids

**7722**<sub>7</sub> 骨  
 22~炭 Bone black

**7723**<sub>2</sub> 尿  
 50~素 Urea  
 72~質酵素 Urease

**7726**<sub>1</sub> 膽  
 44~礬 Copper Vitriol

**7726**<sub>4</sub> 居  
 60~里夫人 Curie, Marie Slodowska

**7740**<sub>7</sub> 學  
 08~說 Theory

**7777**<sub>7</sub> 門  
 26~得雷業夫 Mendelejeff, Dmitri Ivanovitch

**7780**<sub>7</sub> 閃  
 80~銻礦 Zinc blende

**7810**<sub>7</sub> 鹽  
 44~基 Base  
 ~基法 Basic process  
 ~基性碳酸鉛 Lead basic carbonate  
 ~基性鹽 Basic salt

**7821**<sub>6</sub> 脫  
 12~水劑 Dehydrating agent

**7823**<sub>1</sub> 陰  
 00~離子 Anion  
 41~極 Cathode

**7876**<sub>6</sub> 臨  
 60~界點 Critical point  
 ~界壓 Critical pressure

**8000**<sub>0</sub> 人  
 34~造絲 Rayon or Artificial silk

**8010**<sub>9</sub> 金  
 Gold

72~剛石 Diamond  
 ~剛沙 Emery

77~屬元素 Metallic elements

**8011**<sub>7</sub> 銦  
 Scandium

氫  
 Argon

氫  
 Hydrogen

10~亞銨氫酸 Hydroferrocyanic

~硫酸 Hydrosulfuric acid  
 ~硫化銨 Ammonium hydrosulfide  
 13~酸 Hydro acid  
 36~溴酸 Hydrobromic acid  
 80~金氯酸 Hydrochlorauric acid  
 ~氯酸, 鹽酸 Hydrochloric acid  
 ~氰酸 Hydrocyanic acid  
 ~氧化亞鐵, 羶化亞鐵 Ferrous hydroxide  
 ~氧化鈣(羶化鈣) Calcium hydroxide  
 ~氧化銨(羶化銨) Ammonium hydroxide  
 ~氧化鐵(三羶化鐵) Ferric hydroxide  
 ~氧化鈉(羶化鈉) Sodium hydroxide  
 ~氧化鉀(羶化鉀) Potassium hydroxide  
 ~氧化鋁(羶化鋁) Aluminium hydroxide  
 ~氧化鋇(氧化鋇) Barium hydroxide  
 ~氧根(羶根) Hydroxyl radical  
 ~氧吹管 Oxyhydrogen blowpipe  
 86~鉑氯酸 Hydrochloro-platinic acid  
 ~鉑氯酸銨 Ammonium chloroplatinate  
 ~鉑氯酸鈉 Sodium chloro-platinate  
 ~鉑氯酸鉀 Potassium chloroplatinate  
 氯  
 Chlorine  
 12~水 Chlorine water  
 13~酸鉀 Potassium chlorate  
 24~化氫 Hydrogen chloride  
 ~化鈣 Calcium chloride

~化氮 Ammonium chloride  
 ~化銨 Ammonium chloride  
 24~化鈉 Sodium chloride  
 ~化鉀 Potassium chloride  
 ~化銅 Cupric chloride  
 ~化銀 Silver chloride  
 ~化鎂 Magnesium chloride

8012<sub>7</sub> 鈰  
Cerium

8013<sub>2</sub> 銱  
Iridium

8021<sub>7</sub> 氛  
Neon

氦  
Helium

氰

Cyanogen

24~化氫 Hydrogen cyanide  
 ~化鉀 Potassium cyanide

78~鹽法 Cyanide process

氪

Krypton

8022<sub>7</sub> 分

17~子 Molecule  
 ~子溶液 Molar solution  
 ~子式 Molecular formula  
 ~子量 Molecular weight

27~解 Decomposition  
 42~析 Analysis

~析化學 Analytic chemistry

87~縮 Fractional distillation

8033<sub>1</sub> 無

30~定形碳 Amorphous carbon  
 42~機化學 Inorganic chemistry  
 96~烟煤 Anthracite

8041<sub>7</sub> 氮

Ammonia  
 44~基酸 Amino acids  
 ~蘇打法 Ammonia soda process

8051<sub>7</sub> 氧

Oxygen  
 13~酸 Oxy-acid  
 24~化劑 Oxidizing agent  
 ~化物 Oxide  
 ~化作用 Oxidation  
 ~化鈣 Calcium oxide  
 ~化鋁 Aluminium oxide  
 ~化鎳 Nickel oxide  
 ~化銀 Silver oxide  
 ~化鎂 Magnesium oxide  
 95~炔焰 Oxy-acetylene flame

氟

Fluorine

24~化氫 Hydrogen fluoride  
 ~化鉀 Potassium fluoride

8060<sub>1</sub> 合

53~成 Synthesis

普

27~普士藍 Prussian blue

8071<sub>7</sub> 氙

Xenon

8073<sub>0</sub> 公

80~分原子量 Gramatomic weight  
 ~分分子 Gram-molecule



**8713<sub>2</sub>** 銀  
 15~硃 Vermilion

**8713<sub>4</sub>** 鎳  
 Osmium

**8714<sub>7</sub>** 鍛  
 50~接 Welding  
 83~鐵 Wrought iron  
 87~鋼 Wrought steel

**8716<sub>1</sub>** 鉛  
 Lead  
 14~玻璃 Lead glass  
 30~室磺酸 Chamber acid  
 ~室法 Lead chamber process  
 77~丹 Red lead  
 90~糖 Lead sugar

**8716<sub>4</sub>** 鉻  
 Chromium  
 11~酞 Chromic anhydride  
 13~酸鉀 Potassium chromate  
 83~鐵礦 Ferrous chromite  
 86~鉀礬 Chrome alum  
 87~鉛礦 Lead chromite

**8771<sub>2</sub>** 飽  
 26~和溶液 Saturated solution  
 ~和蒸氣 Saturated vapor  
 ~和蒸氣壓 Saturated vapor pressure  
 ~和煙 Saturated hydrocarbons

**8812<sub>7</sub>** 銻  
 Antimony  
 24~化三氫 Stibine

**8813<sub>1</sub>** 鎂  
 Magnesium  
 86~鉛齊 Magnalium

**8824<sub>3</sub>** 符  
 61~號 Symbol

**8843<sub>0</sub>** 笑  
 80~氣 Laughing gas

**9021<sub>1</sub>** 光  
 77~學玻璃 Optical glass

**9080<sub>0</sub>** 火  
 44~藥棉花 Gun cotton  
 92~焰 Flame

**9086<sub>1</sub>** 焙  
 98~粉 Baking powder

**9096<sub>7</sub>** 糖  
 24~化酵素 Diastase  
 27~色 Caramel  
 30~蜜 Molasses

**9381<sub>1</sub>** 烷  
 08~族系 Paraffin series

**9383<sub>3</sub>** 燃  
 94~燒 Combustion  
 ~料 Fuel

**9386<sub>3</sub>** 熔  
 34~渣 Slag  
 50~接劑 Thermit

**9481<sub>1</sub>** 燒  
 10~石膏 Plaster of Paris

**9482<sub>7</sub>** 烯  
 08~族系 Ethylene series

**9489<sub>1</sub>** 煤  
 00~膏 Coal tar  
 35~油(火油) Kerosene  
 80~氣 Coal gas  
 ~氣汽油 Natural gas gasoline

**9583<sub>0</sub>** 炔  
 08~族系 Acetylene series

**9680<sub>0</sub>** 烟  
 94~煤 Bituminous coal

**9683<sub>2</sub>** 爆  
 98~炸藥 Dynamite

**9725<sub>6</sub>** 輝  
 88~錫礦 Stibnite

**9791<sub>0</sub>** 粗  
 57~揮發油 Crude naphtha  
 94~煤油 Crude kerosene

**9792<sub>0</sub>** 糊  
 95~精 Dextrin

**9913<sub>6</sub>** 螢  
 10~石 Fluospar  
 90~光染質 Fluorescein

**9985<sub>9</sub>** 磷  
 71~灰石 Apatite  
 90~光性 Phosphorescence