

復興初級中學教科書

# 化學

上 冊

韋鏡權 柳大綱編著

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

# 萬國原子量表 (1934)\*

元素名	符號	原子序數	原子量	元素名	符號	原子序數	原子量		
氫	Hydrogen	H	1	1.0078	鈳	Ruthenium	Ru	44	101.7
氦	Helium	He	2	4.002	銻	Rhodium	Rh	45	102.91
鋰	Lithium	Li	3	6.940	鈳	Palladium	Pd	46	106.7
鈹	Beryllium	Be	4	9.02	銀	Silver	Ag	47	107.880
硼	Boron	B	5	10.82	鎘	Cadmium	Cd	48	112.41
碳	Carbon	C	6	12.00	銻	Indium	In	49	114.76
氮	Nitrogen	N	7	14.008	錫	Tin	Sn	50	118.70
氧	Oxygen	O	8	16.0000	銻	Antimony	Sb	51	121.76
氟	Fluorine	F	9	19.00	碲	Tellurium	Te	52	127.61
氖	Neon	Ne	10	20.183	碘	Iodine	I	53	126.92
鈉	Sodium	Na	11	22.997	氙	Xenon	Xe	54	131.3
鎂	Magnesium	Mg	12	24.32	銻	Cæsium	Cs	55	132.91
鋁	Aluminium	Al	13	26.97	銻	Barium	Ba	56	137.36
矽	Silicon	Si	14	28.06	銻	Lanthanum	La	57	138.92
磷	Phosphorus	P	15	31.02	銻	Cerium	Ce	58	140.13
硫	Sulphur	S	16	32.06	銻	Praseodymium	Pr	59	140.92
氯	Chlorine	Cl	17	35.457	銻	Neodymium	Nd	60	144.27
氬	Argon	A	18	39.944	銻	Samarium	Sm	62	150.43
鉀	Potassium	K	19	39.096	銻	Eurpium	Eu	63	152.0
鈣	Calcium	Ca	20	40.08	銻	Gadolinium	Gd	64	157.3
鈾	Scandium	Sc	21	45.10	銻	Terbium	Tb	65	159.2
鈦	Titanium	Ti	22	47.90	銻	Dysprosium	Dy	66	162.46
鈦	Vanadium	V	23	50.95	銻	Holmium	Ho	67	163.5
鉻	Chromium	Cr	24	52.01	銻	Erbium	Er	68	167.64
錳	Manganese	Mn	25	54.93	銻	Thulium	Tm	69	169.4
鐵	Iron	Fe	26	55.84	銻	Ytterbium	Yb	70	173.04
鈷	Cobalt	Co	27	58.94	銻	Lutecium	Lu	71	175.0
鎳	Nickel	Ni	28	58.69	銻	Hafnium	Hf	72	178.6
銅	Copper	Cu	29	63.57	銻	Tantalum	Ta	73	181.4
鋅	Zinc	Zn	30	65.38	銻	Tungsten	W	74	184.0
鋁	Gallium	Ga	31	69.72	銻	Rhenium	Re	75	186.31
銻	Germanium	Ge	32	72.60	銻	Osmium	Os	76	191.5
砷	Arsenic	As	33	74.91	銻	Iridium	Ir	77	193.1
硒	Selenium	Se	34	78.96	銻	Platinum	Pt	78	195.23
溴	Bromine	Br	35	79.916	銻	Gold	Au	79	197.2
氪	Krypton	Kr	36	83.7	銻	Mercury	Hg	80	200.61
銣	Rubidium	Rb	37	85.44	銻	Thallium	Tl	81	204.39
銣	Strontium	Sr	38	87.63	銻	Lead	Pb	82	207.22
鈾	Yttrium	Y	39	88.92	銻	Bismuth	Bi	83	209.00
鈳	Zirconium	Zr	40	91.22	銻	Radon	Rn	86	222
鈳	Niobium	Nb			銻	Radium	Ra	88	225.97
(Columbium)	Cb	41	93.3	銻	Thorium	Th	90	232.12	
鉬	Molybdenum	Mo	42	96.0	銻	Uranium	U	92	238.14

\*本表以原子序數先後為次，根據英國化學會雜誌 (Journal of the Chemical Society) 一九三四年四月所發表之原子量表編製。

復興初級中學教科書

MG  
G634.8  
121

# 化學

上 冊

韋鏡權 柳大綱編著



3 1774 6331 6

商務印書館發行

## 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，以實驗和發現為主。但鑒於國內各地學校設備情形，故未編實驗節目，並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

## 上册

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



# 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，如膠和飴一類的東西，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**(vapouri-

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。

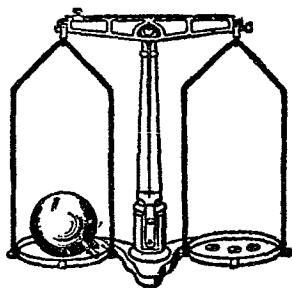


圖1 秤量空氣

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 Gm.)。

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

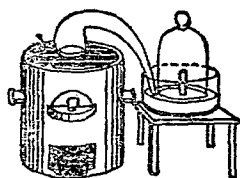


圖 2 空氣含氧之實驗①

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，

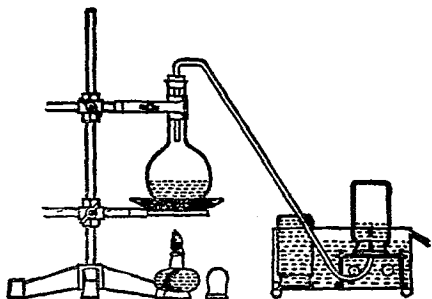


圖3 氧的製備

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。金屬在氧中，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。

將玻璃管或竹管，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)。

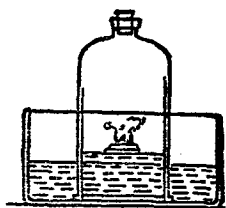


圖4 空氣的組成

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，因此日本名詞稱爲窒素。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)，氙(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，都保持各自的特性。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，以不含這些雜質爲佳。

**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，稱爲**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。

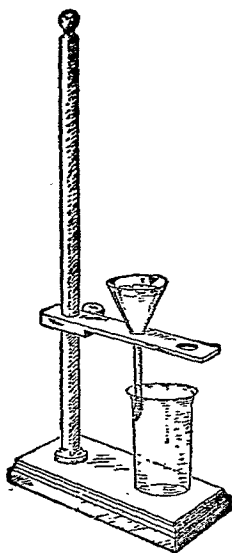


圖 5 實驗室過濾法

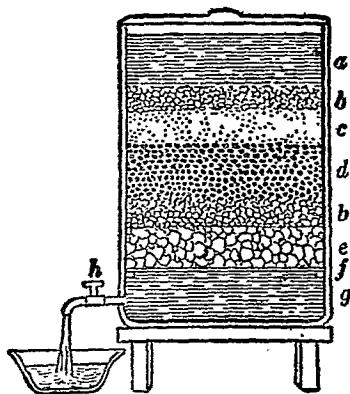


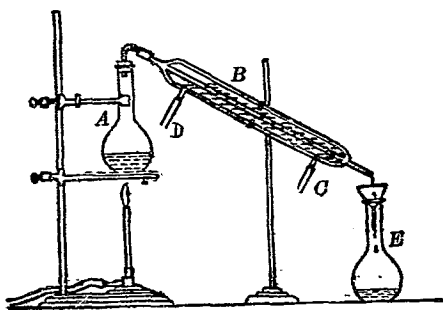
圖 6 濾水器

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，  
有冷水迴流不絕 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

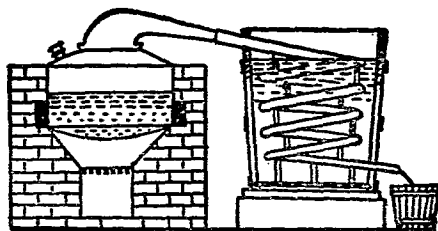


圖 8 水的蒸餾

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，百度表取爲零度。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爲一。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。

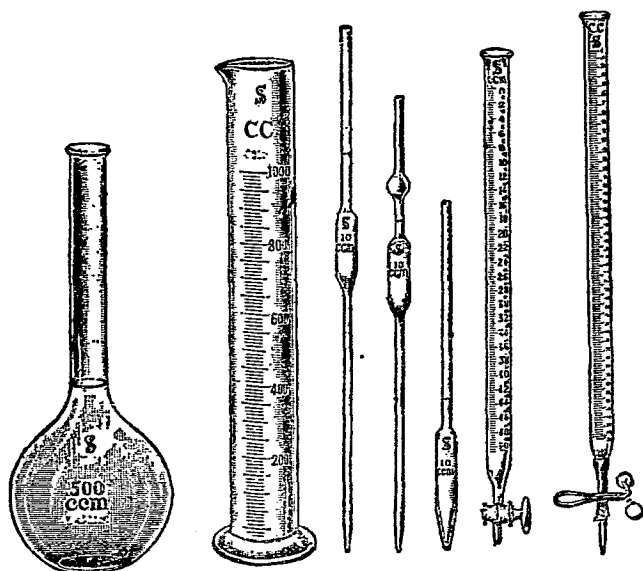
以上所說的兩種混合物之中，前一種是各部份的性質不同，稱爲**不均態** (heterogenous state)。後一種是各部份的性質一致，稱爲**均態** (homogenous state)。在均態的混和液體，稱爲**溶液** (solution)。所溶解的物質，例如鹽等，稱爲**溶質** (solute)。能溶解他物的物質，例如水等，稱爲**溶媒** (solvent)，或者叫他**溶劑**。

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



測容瓶

測容筒

移液管

滴定管

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

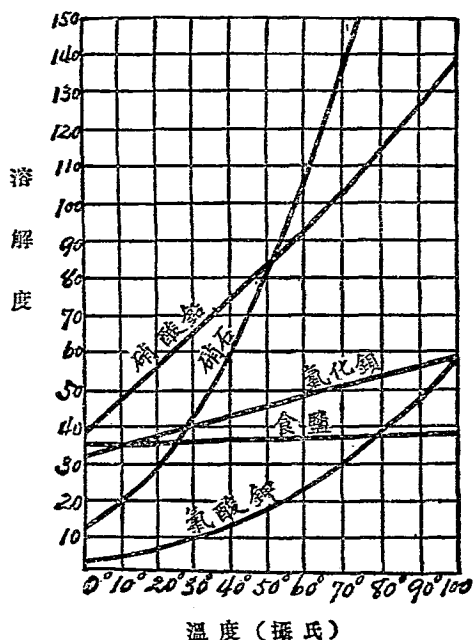


圖 10 溶解度曲線

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）。

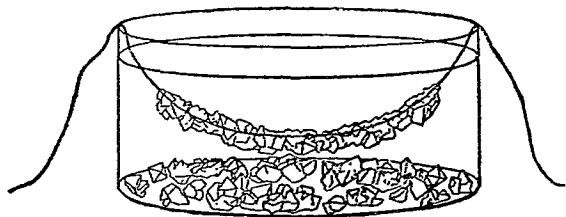


圖 11 明礬結晶

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

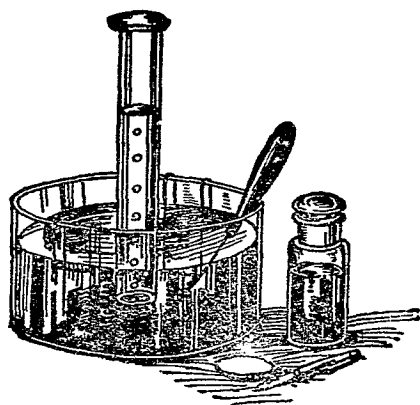


圖12 鈉和水的作⽤

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，

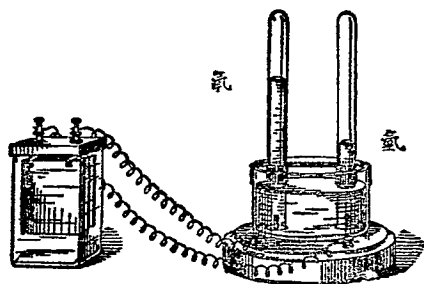


圖13 水的電解

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

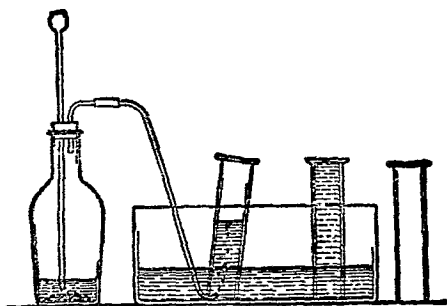


圖 14 氫的製法

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，

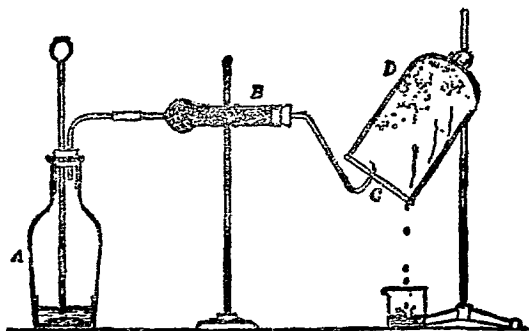


圖 15 水的合成

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

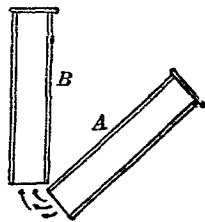


圖 16 由下瓶傾入上瓶



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

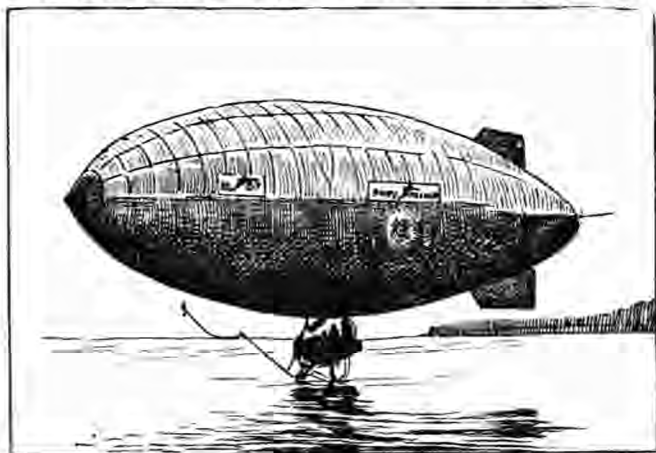


圖 17 這洋漁用飛艇

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，

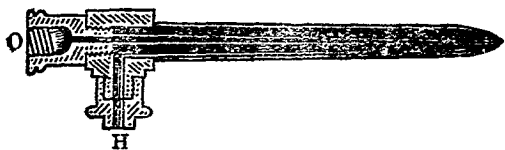


圖 18 氫 氧 吹 管

叫做氫氧吹管(oxyhydrogen blow pipe)。

## 問 題

1. 根據你實際觀察的印像，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，氫比氦好在

---

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)。

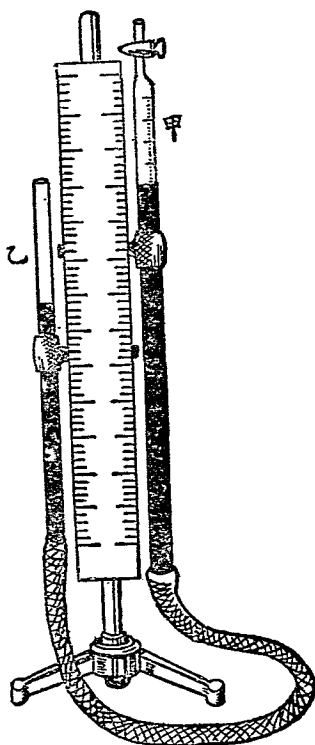


圖 19 氣體的壓力

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  $0^{\circ}$   $10^{\circ}$   $20^{\circ}$   $30^{\circ}$   $50^{\circ}$   $80^{\circ}$   $100^{\circ}$  (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例，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

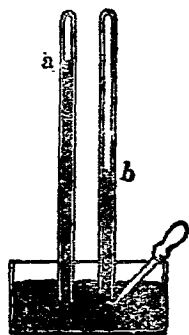


圖 20 蒸氣壓

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

**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。

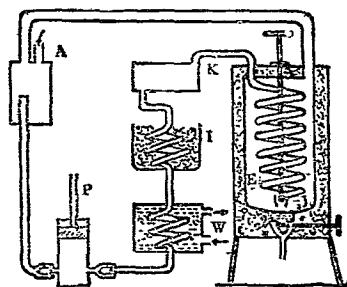
古代因為設備不夠，空氣，氫，氧，氮，氯都不能液化，因此有一個名詞，叫永久氣體 (permanent gas)。現在的設備改良，方法進步，氣體都可以

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

( $-195.7^{\circ}\text{C}$ )，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



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

圖 21 空氣的液化

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

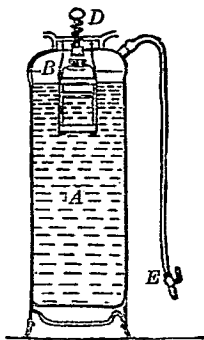


水而成，因此又叫**碳酸酐**<sup>①</sup> (carbonic anhydride)，以前都叫作無水炭酸。

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。

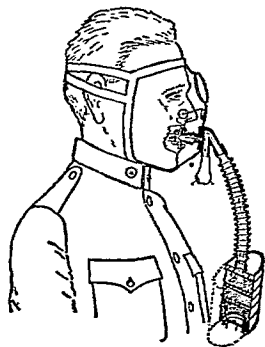


圖 23 防毒面罩和吸收罐

製法有數種：如通熱空氣或過熱蒸氣流於低溫度  
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

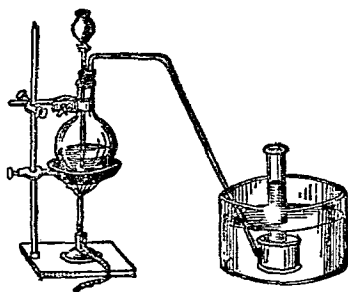


圖 24 一氧化碳的製備

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. 木炭石墨煙食是黑色，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，煤鑛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。

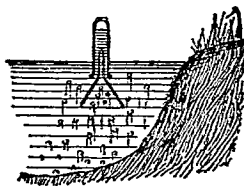


圖 25 池中收集沼氣

① 烴，讀如經， $\text{H}_n$ ，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

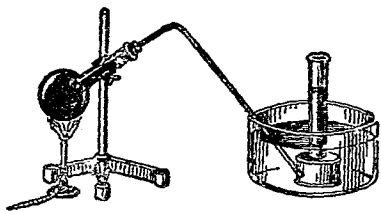


圖 23 沼氣的製備

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**<sup>①</sup> (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**<sup>②</sup> (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，若是有充足的空氣供給，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 炔，讀如希，工。

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. 乙炔和乙炔，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，所以不會著火。我們用

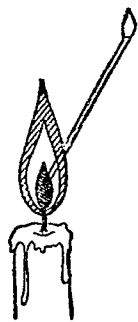


圖 28 火焰的構造

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。

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

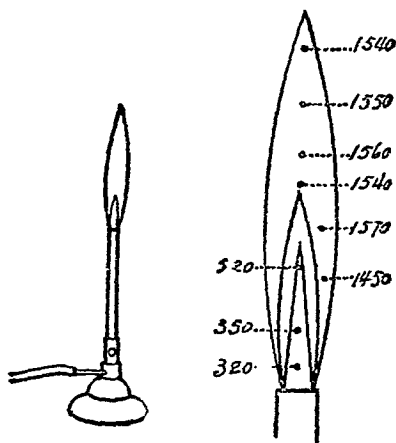


圖 29 本生燈和火焰的溫度

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) 和鈰 (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，但是鑲花一引火便著。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，再用鋼鏈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。

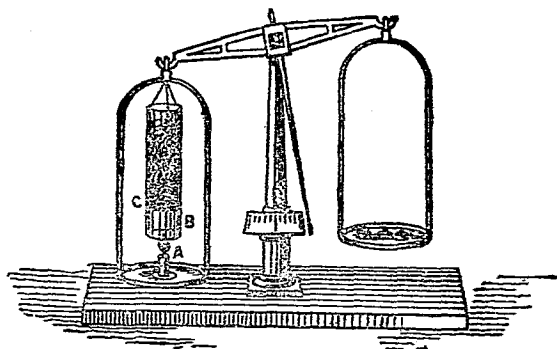


圖 30 物質不滅的實驗

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。

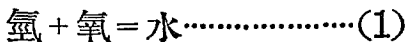
這稱為質量不變的定律(the law of conservation of mass)。

輓近科學的研究，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。

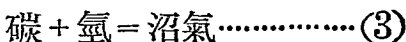
就以前學習過的幾種化學作用來作例子：



$$1 + 8 = 9$$



$$6 + 16 = 22$$



$$12 + 4 = 16$$

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。

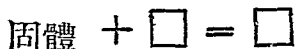
59. **氣體反應的定律** 以前所述的定律，都是就質量方面而言。在氣體情狀時，他們的容量間，亦有一定的關係。就學習過的氣體反應，表出在同溫同壓時，原物質和生成物質間之體積的關係如下：——

## (1) 水的生成



氫 氧 水蒸汽

## (2) 二氧化碳的生成



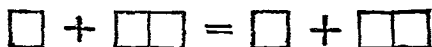
碳 氧 二氧化碳

## (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

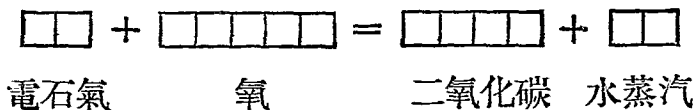
## (5) 成油氣的燃燒



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，這增加的部分，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> ( $3 \times 10^{16}$ ) 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，

① 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，就採定氧的分子量 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，不似運算，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 $C_2H_4$  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：

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

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

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：

$$\text{HNO}_2 = 1 \times 1 + 1 \times 14 + 2 \times 16 = 1 + 14 + 32 = 47$$

$$\text{氮} \cdots \cdots 100 \times \frac{14}{47} = 29.79\%$$

$$\text{氮} \cdots \cdots 100 \times \frac{1}{47} = 2.13\%$$

$$\text{氧} \cdots \cdots 100 \times \frac{32}{47} = \frac{76.19\%}{100.00\%}$$

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，因為不能使他化爲氣體，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，稱爲**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。

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

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

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

所以  $C : H : O = 3.3 : 6.6 : 3.3 = 1 : 2 : 1$

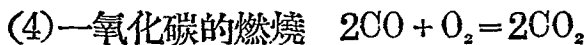
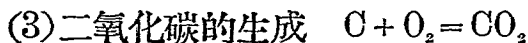
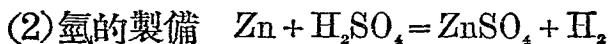
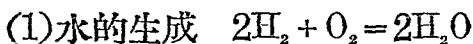
這化合物的實驗式，當為  $CH_2O$ 。

又分子式為實驗式的整數倍，用  $n$  表其倍數，

由  $(CH_2O)_n = n(12 + 2 + 16) = 60 \quad \therefore n = 2$  所

以分子式應當是  $C_2H_4O_2$ 。

**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：——



(5) 甲烷的燃燒  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

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  $x\text{C}_2\text{H}_2 + y\text{O}_2 = z\text{CO}_2 + w\text{H}_2\text{O}$

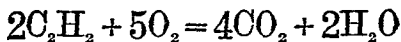
$$\text{C的個數} \quad 2x = z \dots\dots\dots (1)$$

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

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

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：

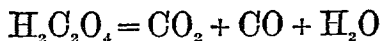
(一)由一定量的反應物質，求生成物質的量。

(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，

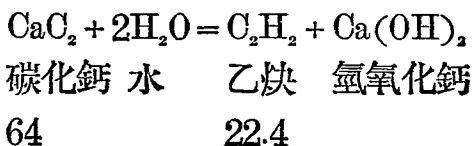
$$28 : 3.1 = 22.4 : x$$

$$\therefore x = 2.48 \text{ 公升}$$

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：



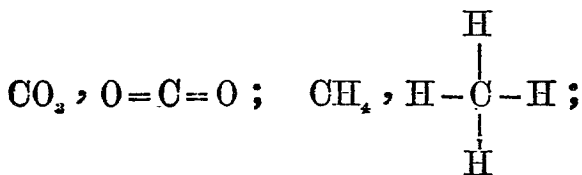
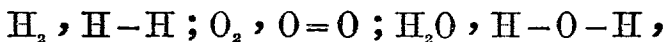
用 64 公分的碳化鈣，在標準狀況下，可得 22.4 公升的乙炔，要造成 5 公升的乙炔，可由下面的比例式算所要用的碳化鈣的質量：

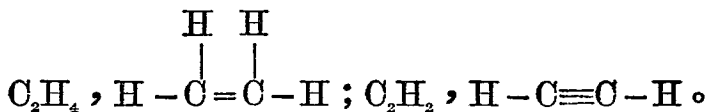
$$64 : x = 22.4 : 5$$

$$\therefore x = 14.29 \text{ 公分}$$

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)。

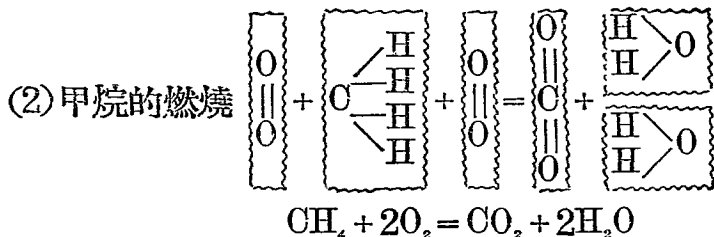
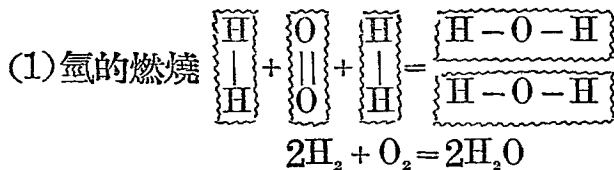
結構式的決定，應當用化學上的方法，實證各原子價結合的狀態，不能任意亂寫。如不能得確實的證據，便不能得結構式；如一氧化碳，應當怎樣寫，現在還不知道！

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**<sup>①</sup>基，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， $\frac{\text{H}}{\text{Z}}$ 。

明瞭。



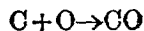
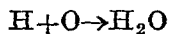
結構式是解說化學變化的一種假定，雖能把物質的化學性質表示得更為顯明，但不過是一種便宜的寫化學式的方法，並不是說構成物質的分子，他的原子的排列，就是如此。學者不可拘於形式，而忘卻了他的根本意義。

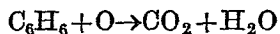
## 問 題

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%，碳 75%，求分子式。
4. 已知幾種化合物的分子式是  $\text{H}_2\text{O}_2$ ， $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ， $\text{CaC}_2$ ， $\text{HNO}_3$ ， $\text{NH}_4\text{OH}$ ，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  $\text{H}_2\text{O}$ ，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( $\text{KClO}_3$ )的分解，普通加入的二氧化錳( $\text{MnO}_2$ )，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  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$ ，水的分子式是  $\text{H}_2\text{O}$ ，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。

## 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，但是日用器物和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，都要先經過煅燒的手續，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

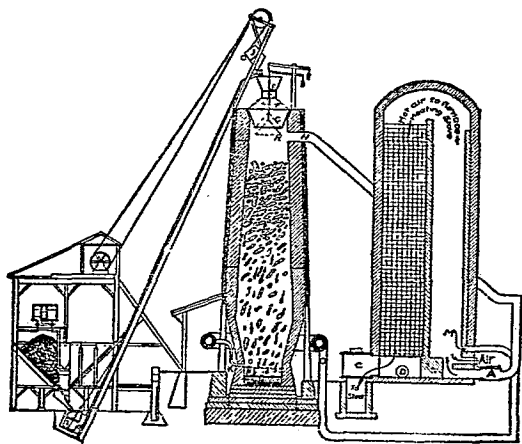
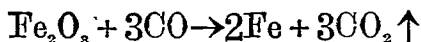


圖 31 製銑鐵的鼓風爐

(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鈦鈾等質，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)。



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。砂氧化成

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。

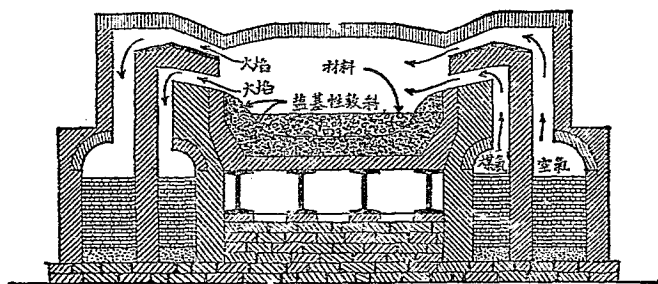


圖 33 平爐

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，

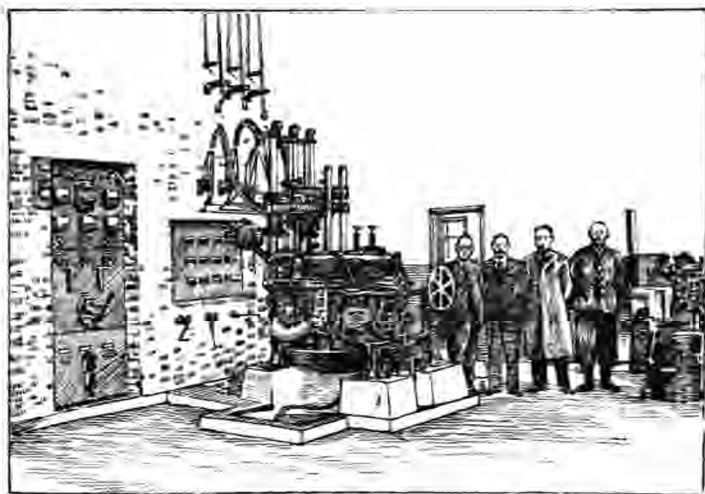


圖 84 國立中央研究院工程研究所煉鋼電爐

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



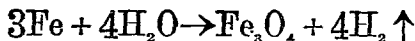
雜質變成氣體和熔渣。鐵質變得更純，融點就升高了，這時便不能融化，只成粘塊，攪勻之後，取出，用汽鎚(steam hammer)打成所需要的形狀，便是鍛鐵(wrought iron)。鑄鐵和鍛鐵，都是鐵匠常用的材料。鍛鐵裏的碳質，若是保存得多，便是鋼料，名叫鍛鋼(wrought steel)。

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。

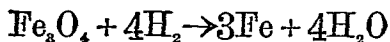
85. 鐵的氧化物 在空氣裏，把鐵燒到紅熱，便成磁性氧化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , magnetite)，和磁鐵礦相同。把三氧化二鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ferric oxide) 加熱亦有同樣的結果。成分很低的鐵礦，經過烘烤之後，鐵礦可用磁石吸出來，本不能用來煉鐵的礦，經

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，和天然的赤鐵礦一樣。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



圖 25 硫的精煉

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

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

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：

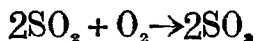


工業上用的二氧化硫，大概是燒黃鐵礦製成。煉各種金屬的硫化物礦，二氧化硫是大宗的副產物。

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**亞硫酸酐**(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，



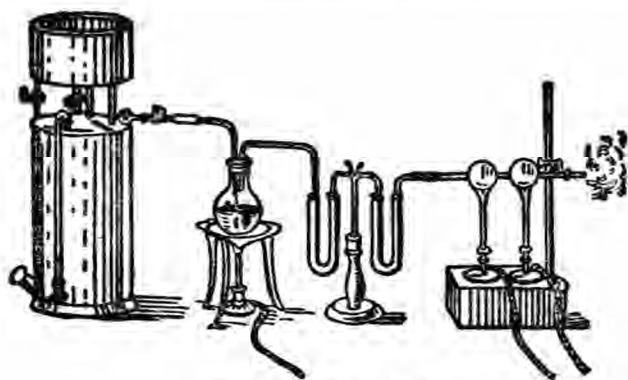


圖 36 三氧化硫的製備

便生白霧，所以又有硫酐 (sulfuric anhydride) 的名稱。

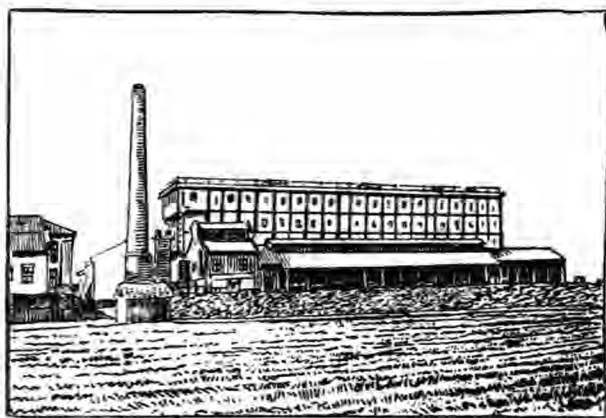


圖 37 上海開成造酸公司的硫酸廠

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

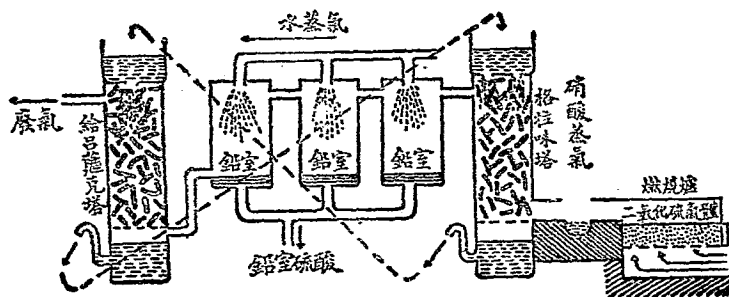


圖 38 鉛室法

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

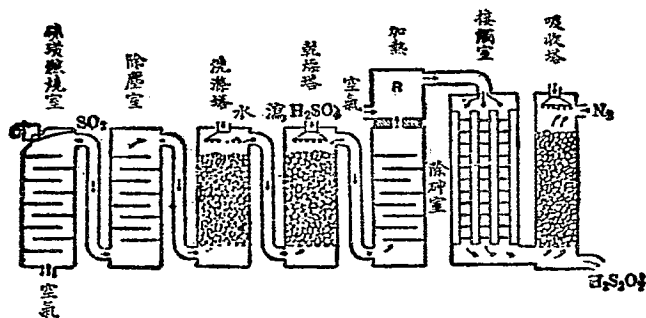


圖 39 接觸法

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。

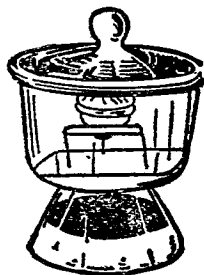


圖 40 硫酸乾燥器

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

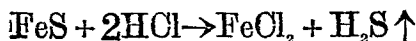
途非常大，製造炸藥和染料，非用硫酸不可。所以硫酸是國防上的重要物質，一國的化學工業發達的程度，可以從用硫酸的多少來判定，一國的工業和國防的基礎，是否鞏固，便要看能否自己供給充足的硫酸。

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

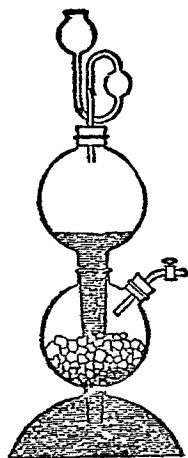


圖 41 吉布裝置

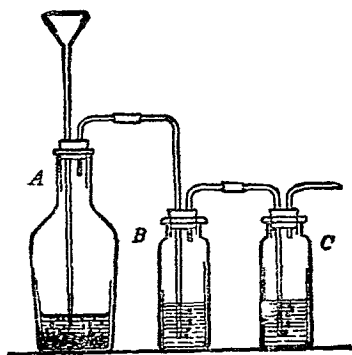


圖 42 硫化氫的製備

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** ( $CS_2$ )。凝集之後，是無色的流體。沸點只有  $46^\circ C$ ，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？

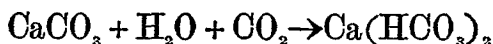


2. 用二氧化硫來作漂白劑，用得太多了，有什麼壞處？
3. 在兩種製造硫酸的方法裏，若是要製造濃硫酸，應該如何進行？
4. 你所知道的觸媒（即接觸劑）有幾種，他們參加的是那些化學變化？
5. 我們若是用硝酸或氫氯酸和硫酸亞鐵製造硫酸，是不是可以達到目的？
6. 下面的各種元素的硫化物，是什麼顏色？  
銀，鉛，銻，砷，鋅，銅。
7. 草帽變黃後，常用  $\text{SO}_2$  去漂白他，試述一個簡單的設備及方法，以便自漂草帽。
8. 說明硫的性質，并舉出一個方法，可以判定某物是否硫磺。
9. 寫出  $\text{SO}_3$  加  $\text{H}_2\text{O}$  的反應方程式，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

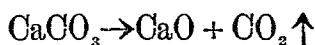
94. 碳酸鈣 鈣(Ca, calcium) 是一種屬於金屬的元素，他的化合物，在自然界裏，分布得很廣。植物含有鈣，稻殼果核所含的鈣，比較更多。動物的骨骼卵殼裏，也含很多的鈣，蠣殼螺殼珊瑚，也含得不少。礦物界裏含鈣的更多，石灰石(limestone)，大理石(marble)，方解石(calcite)，白堊(chalk)，石膏(gypsum)，都是鈣的化合物，幾乎無處不有鈣的化合物在。工業和經濟上，都佔很重要的地位。

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，煮水的壺鏟，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蠣殼，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** 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。

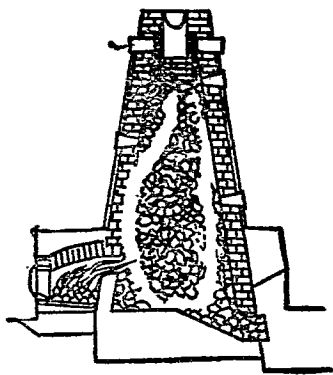
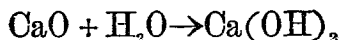


圖 43 石灰爐

氧化鈣是白色的固體，遇了水便發生很猛烈的化學變化，



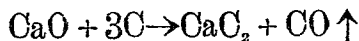
放出很多的熱，變成氫氧化鈣 ( $\text{Ca}[\text{OH}]_2$ , calcium hydroxide)，即是消石灰 (slaked lime)。氧化鈣在

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，

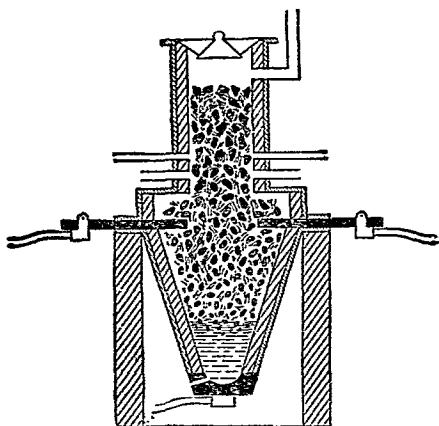
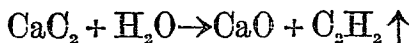


圖 44 製碳化鈣的電爐

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，



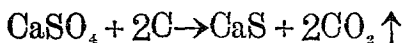
乙炔在化學工業裏，也有相當的用途，碳化鈣，便是製造乙炔的主要原料。

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，在鑛物裏也有好幾種，

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 鐳**(Sr, strontium) 亦是一種金屬元素，和鈣，鋇都相似。鐳的氫氧化物，在水裏稍能溶解，亦有鹼性反應。鈣，鋇，鐳三種元素，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，鐳是深紅色。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，又能和他作用，把他一部份或全部的氫替

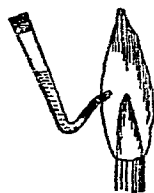


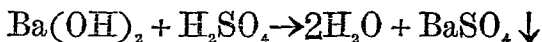
圖 45 褐色反應

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。

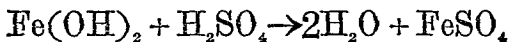
102. 鹼和鹽基 氫氧化鈣或氫氧化鋇，溶

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，

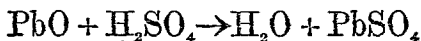
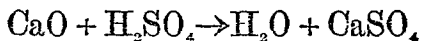


這樣的變化，便是酸和鹼的中和(neutralization)。中和後產生的物質，常是水和鹽，因為鹼的氫氧根或羥根(OH, hydroxyl radical)，和酸的氫化合成水之故。

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** (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。

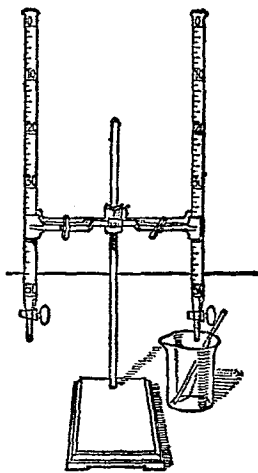


圖 46 滴定法的器具

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。

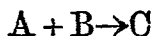
凡酸裏能被金屬代替的氫的量，有一公分**原子量** (gram atomic weight)，這許多的酸，便是一個公分當量。硫酸要 49.04 公分，纔含有一公分原子量的氫，這 49.04 公分的硫酸，便是一公分當量的硫酸。硫酸的公分分子量，是 98.08 公分，所以每一公分分子量的硫酸，等於兩公分當量的硫酸。對於公分當量公分分子量規定和摩爾的關係

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：——



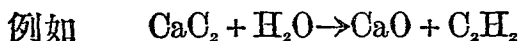
例如  $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

(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：——



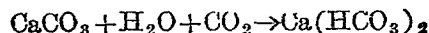
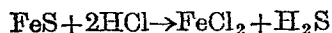
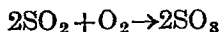
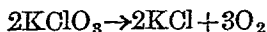
(丁)複分解 化合物和化合物發生變化，成了兩種或更多的新物質，這變化是複分解(double decomposition)，他的公式是：——



## 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. 氫氧化鋇的公分當量是多少？能中和30公分硫酸的氫氧化鋇，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鋇的溶液中，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，有氨 ( $\text{NH}_3$ , ammonia) 產生。通常把發出來的煤氣，先通過水中，氨即溶解在水裏，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

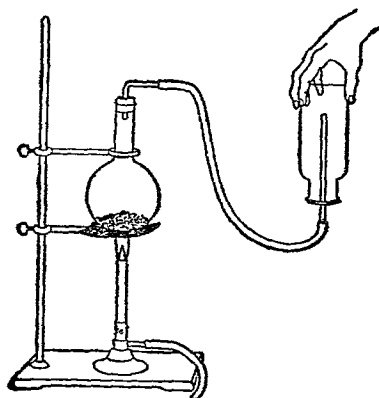
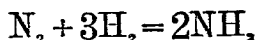


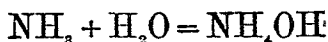
圖 47 氮的製備

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，用上方置換法，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，所以要用上方置換法收集他。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 ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , 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)。

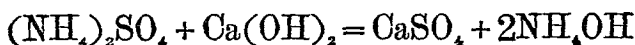
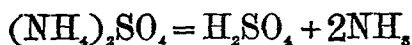


動植物體中不少含氮的化合物，腐敗後多分解而成氨，所以便所附近，往往有氨的惡臭。動植物生長時，氮是不可缺少的物質。動物從食物攝取，植物中豆科植物，特具微生物組成的根瘤，能吸收空氣中的氮，此外全賴肥料，和土壤中遺留的生物腐敗質。事實上人們的食物，直接間接，都從植物得來，所以氮的肥料供給，是重要的國民經濟問題。

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)。

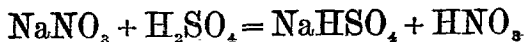
硫酸銨為白色結晶，是重要含氮的肥料，市上出售的肥田粉，大多就是他。工業上製量很不少，大概是蒸餾煤氣的副產品，把煤氣中的氮，吸收在硫酸裏便得了。硫酸銨受熱，分解生氮；和消石灰同熱，得氫氧化銨，氫氧化銨再分解便放出氮。這兩種反應，是銨鹽的通性。



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,

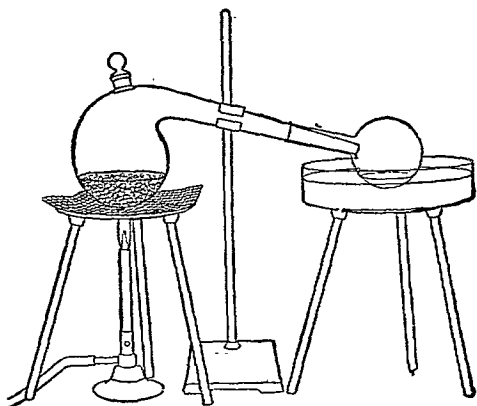
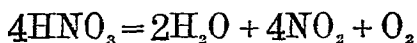


圖 48 硝酸的製法

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，并且發烟很盛，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。

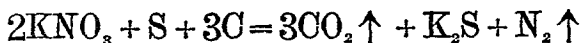
硝酸在國防和工業上極爲重要，是製炸藥染料等品所必需。硝酸是有機化學工業的基本原料，有機化學工業不發達，國防是沒有基礎的。硫酸的製造和冶金術亦要用硝酸。硝酸的鹽，是重要的肥料。國內尚無大規模的硝酸製造廠，現在只有兵工廠中，用硝酸鹽和硫酸的作用，作小規模的製造，供他自己應用。

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) 最爲通用。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（ $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$ , 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（ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 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：

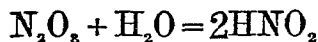
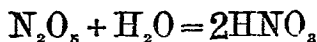


作用時發生多量的熱，生成物中，有三體積的二氧化碳，和一體積的氮，較反應物質中固體的容積，大了許多倍，加以溫度很高，此時如封閉筒內，當有強大的壓力，所以爆炸了。生成物質的



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，

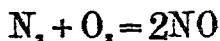


此物爲無色氣體，燃燒的木片插入此氣中，增加光亮，與在氧裏相似。吸之使人失去知覺，有麻醉性，使人自發狂笑，所以亦稱**笑氣** (laughing gas)。

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

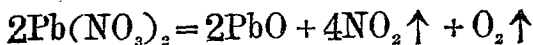


在空氣中通電花時，先發生此氣。



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，溫度升高，漸帶褐色，一部分解作過氧化氮。

111. 氰<sup>①</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

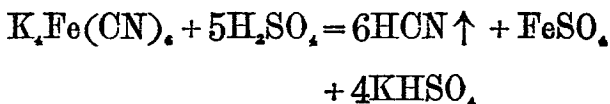
---

① 氣，讀若青， $\frac{5}{2}$ 。

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, 冶金煉礦和電鍍都用, 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 ( $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ , 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:

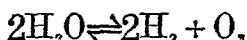
①注意鐵鹽乃指三價鐵的鹽。



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 ( $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , 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，稱爲**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，總稱爲**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，以為鹽田，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。苦汁幾全為氯化鎂，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。

食鹽為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，

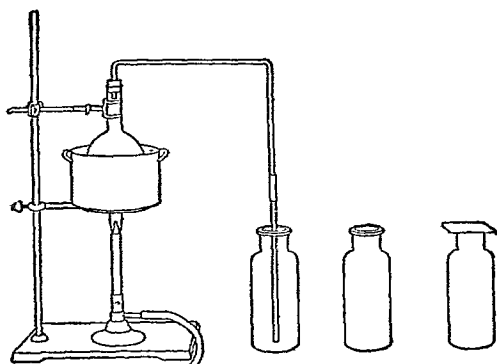
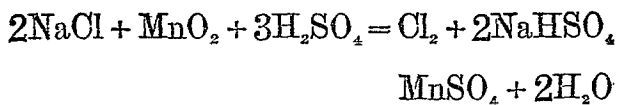


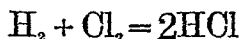
圖 49 氯的製備



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

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。

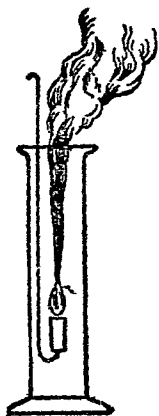


圖 50 氯中燃燒

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。

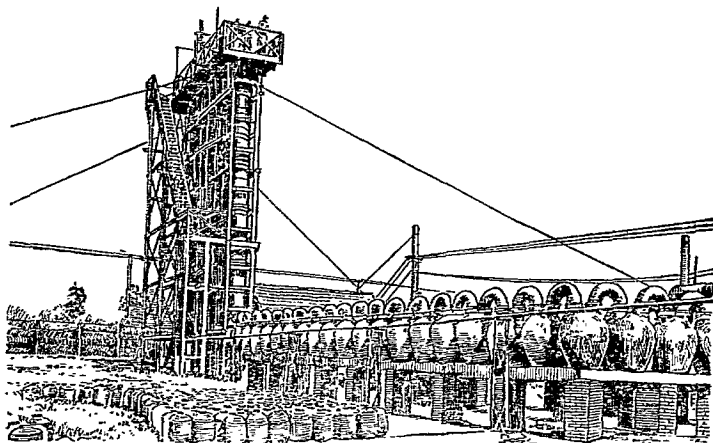
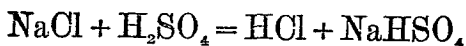


圖 51 上海天原電化廠的氯化氫吸收器

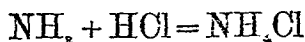


氯化氫為無色的氣體，有刺激性的氣味，遇空氣中的濕氣，便成白霧。此氣易溶於水，現強

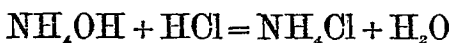
酸性，這水溶液即鹽酸，學名氫氯酸 (hydrochloric acid)。純粹品無色，粗製品因製造時帶入少量的鐵，所以常帶黃色。濃鹽酸發烟，稀鹽酸則無。鹽酸與硫酸硝酸，同是重要的強酸，化學工業上，用途甚廣。在上海有國人自辦的天原電化廠，製造鹽酸，利用食鹽作原料，電解後，使氫氯直接化合而成。

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 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ , ammonium chloride)。



使氫氧化銨溶液與鹽酸中和，亦得此物。



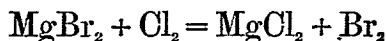
氯化銨是無色結晶的固體，易溶於水，受熱復分解為氯化氫和氨，所以知道這反應是可逆的。氯化銨是銨鹽中最普通的一個，工業和醫藥上，都要用他。

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)。

溴和氫化合成溴化氫 (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。

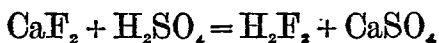
碘是紫黑色的結晶，有光澤，略似金屬，又有特臭，受熱即能昇華，直接化爲蒸氣，冷後復結晶。碘蒸氣的分子式爲  $I_2$ 。碘難溶於水，但易溶於碘化物的溶液中。他的酒精溶液，稱爲碘酊，俗稱碘酒，醫藥上有消毒等等用途。單質的碘，遇澱粉，使澱粉立變深藍色，反應非常靈敏，化學上常用澱粉來試碘的存在。碘在人身上，存量雖很少，但與身體的發達，有重大的影響。

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( $\text{H}_2\text{F}_2$ , 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)。

### 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？

中華民國廿四年三月九日 收到

五

續

中華民國政府教育審定  
於二十四年四月  
領到教字第五十四號執照

中華民國二十二年七月初版  
中華民國二十四年六月重版

版權所有  
翻印必究

初級中學用

(57324A)

復科書與  
化學 一一 冊

上册定價大洋陸角伍分

外埠酌加運費匯費

編者 韋柳 大鏡 網

主編 王雲 五

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

(本書校對者楊靜齋)

\*C二三五八

