

777715

呈
繳

增訂高級中學六版

化學教科書

—◆—
閻玉振 王鶴清
合 編

北平文化學社印行

1 9 3 4

編輯大意

- 一、本書經北平師大附中試用六年，修正六版，適合高級中學教學之用。每週四小時，一學年授畢。
- 二、本書取材，實驗與理論並重。凡關於重要元素或化合物之工業上製法，性質及用途，敘述特詳。
- 三、本書與王鶴清所著初中化學教科書適相銜接；並與王鶴清所著之高中化學實驗，相輔並進，俾學者易收融會貫通之效。
- 四、本書注意與物理學及礦物學相聯絡，關於本國礦產，記載尤詳。
- 五、現代化學上新發明之事項如膠體，生活素，放射性元素，及原子之構造等，皆擇要採入，俾學者得明瞭現代化學進步之歷程，以增進其研究科學之興趣。
- 六、本書插有化學家肖像並附小傳，使學者仰見其豐采，想見其為人，藉對於化學家所發見或發明之

事實，得有更深之印象。

七．本書每章之末，附以綱要及習題，以便記憶，而資練習。而習題取材，注重應用，使學者樂於從事。

八．本書所採用之名詞，力求適當，且有系統。並附註西名，以便參攷。

編者謹識，民國廿三年元旦。

	頁數
第一章 緒 論.....	1
第二章 空氣, 氧, 氮, 二氧化碳	11
第三章 水及過氧化氫.....	47
第四章 氫.....	63
第五章 氣體之通性.....	73
第六章 原子學說, 分子量, 原子量.....	89
第七章 符號, 分子式, 化學方程.....	103
第八章 化學計算法.....	117
第九章 原子價 構造式.....	125
第十章 食鹽 氣.....	137
第十一章 氯化氫, 鹽酸, 酸類.....	153
第十二章 鈉, 氫氧化鈉, 鹽基類 鹼類 中和 鹽類.....	165
第十三章 溶液與膠體.....	181
第十四章 電離.....	205
第十五章 碳 燃料.....	225

第十六章	食物.....	272
第十七章	氮之化合物.....	296
第十八章	原素之分類 週期律.....	297
第十九章	成鹽族原素.....	311
第 廿 章	硫族.....	327
第廿一章	氮族.....	363
第廿二章	硅與硼.....	388
第廿三章	金屬.....	399
第廿四章	鹼金屬.....	405
第廿五章	肥皂 甘油 炸藥.....	423
第廿六章	鈣鋇銀.....	433
第廿七章	鎂 鋅 錳.....	453
第廿八章	鋁及其化合物.....	469
第廿九章	鐵 鎳 鈷.....	483
第 卅 章	銅 銀 金 鉑.....	499
第卅一章	錫及鉛.....	519
第卅二章	錳 鉻 鎢.....	529
第卅三章	放射性原質及近代原子之構造論.....	541

高級中學
化學教科書
訂正六版

第一章
緒論

(一)物理變化與化學變化 自然界現象，至為繁頤。例如水受熱則化汽，遇寒則結冰；橡皮球受壓則陷落，去壓則復原。此等現象，其變化僅及於物質之形狀，而不及於其組成：是為物理變化。反之，如薪炭之燃燒，魚肉之腐敗，鐵釘之生銹，諸如此類，其變化不僅及於物質之形狀，而且及於其組成：是為化學變化。化學者，研究物質之形狀，組成及其化學變化之科學也。

(二)化學變化之效果 試驗1. 試管內盛白糖少許，加入濃硫酸少許，微熱之，立見有黑色泡沫上昇，另成一種新物是也。



試驗2. 取硫黃華與鋅粉等體積混合，入砂勺蓋上，加熱少時，則起閃光；並見有白色粉末之新物質，飛揚空中，即硫化鋅是也。

當各種化學變化時，一種或數種物質，因以消滅，同時即產生一種或數種新物質。有時發散或吸收熱量，或放光。

(三)物質不滅之定律 物質經化學變化後，其前後之性質既異，而其重量，有無變更，可試之如下：

試驗3. 取一小玻璃瓶，內盛稀硫酸約 50 c. c. 另以盛有氯化鋇溶液約 20 c. c. 之試管置入此瓶內。以木塞密閉瓶口，而權其重量(圖1)。次將兩液混合，則生成白色沈澱之硫酸鋇而再權之。其重量仍不變。

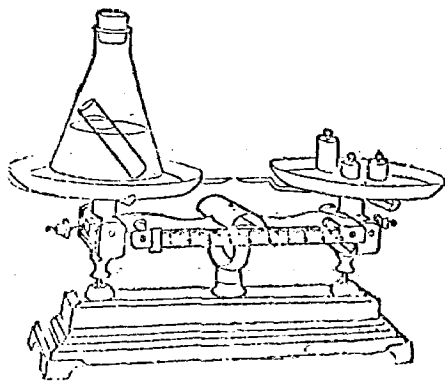


圖 1 物質不滅之試驗

由各種實驗結果，得知在各種化學變化時，其所用

物質之量，與所生物質之量恒相等：是爲物質不滅之定律(The law of conservation of matter)。

(四)物質與混合物 物質之鑑別，視其特性以爲衡，例如取土一撮，置放大鏡下觀察之，至少常見有兩種不同之顆粒：其一爲白色玻璃狀之砂，其他爲棕灰色之泥，並雜有朽敗之植物質。次將土摩於指間，則覺砂硬而銳，泥軟而鬆。故知土中含有二種以上之物質，其性質各殊：是爲一種混合物(Mixture)

若一種物體，其任何部分，均呈有同一之性質者，是曰物質(Substance)。例如硫黃，鋅，鐵，及水等是也。反之，某物如含有二種以上之物質，係以任意之比例攙和，而各不失其原有之性質者，是曰混合物。例如土及空氣等是也。

(五)化合物 水爲吾人常見之物質。當電流通過時，則分解爲兩種不同之物質。可試之如下：

試驗4. 取分水器(圖 2)盛水及半，滴入硫酸少許(何用?)，並於器內二白金片上，倒立滿貯以水之玻管二，通入電流，則見白金片面上，發生氣泡，漸升至玻管中，而陰極所生氣體之體積，常爲

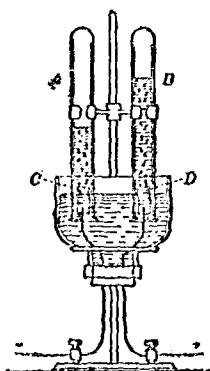


圖 2 水之電解

陽極之二倍。待集氣稍多，即斷絕電流。入燭火近二管口試之，陽極管口之燭火，較前明亮，知其氣為助燃性之養氣(氧 Oxygen)。陰極管口爆生藍色之火焰而燭火反熄。此種具自然性之氣體，其質甚輕，故名之曰輕氣(氫 Hydrogen)。

由是得知水受電解作用 (Electrolysis) 後，分為氫氧兩種物質，其性質與水迥異。

試驗5. 試管盛赤色氧化錒 4 公分，加熱約四五分鐘後，以火柴餘燼接近管口(圖 3)，則見火柴復燃；同時試管內壁附着銀白色之錒。放置冷卻，空中之氧又與錒化合而成赤色之氧化錒。

氧化錒遇熱分解而成氧與錒，後二者又能化合成氧化錒。某種物質，能分解而成二種以上之新

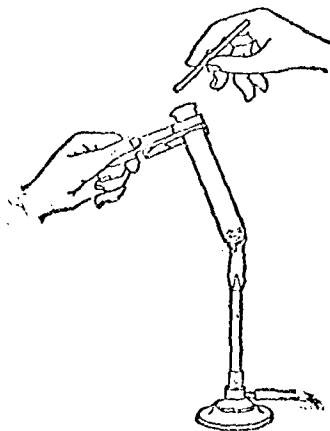


圖 3 氧化錒之分解

物質者，是曰化合物 (Chemical compound)。水與氧化銻即其例也。

(六)原質 水受電解作用而分爲氫與氧，但尙無法可使氫或氧再分爲較簡單之新物質。氧化銻受熱分解而爲氧及銻，現亦無法可使銻再分爲較簡單之物質。凡物質不能以已知之法，分解而成較簡之物質者，謂之原質 (Elements)。

原質之已發見者約計九十種。有十餘種爲氣體，兩種爲液體，銻與溴是也。其餘悉爲固體。地殼所含之成分，約爲下列十二種原質所組成，其百分數如下：

氧.....46.65%	鈣.....2.63%	鎂.....0.696%
硅.....27.60%	鈉.....2.72%	磷.....0.152%
鋁..... 8.05%	鉀.....2.56%	硫.....0.149%
鐵..... 5.03%	鈣.....2.07%	氫.....0.145%

又人類身體之平均組成如下：

氧.....65.00%	磷.....1.00%	鎂..... 0.05%
磷.....18.00%	鉀.....0.35%	鐵.....0.004%

氫.....10.00%	硫.....0.25%	磷.....微量
氮.....3.00%	鈉.....0.1%	鉀.....微量
鈣.....1.50%	氯.....0.15%	矽.....微量

(七)原質與化合物 氫與氧能化合而成水；
 硫黃與鋅能化合而成硫化鋅；汞與氧能化合而成氧化汞；
 其他化合物亦有由各原質直接化合而成者，
 可試之如下：

試驗6. 試管盛硫黃華少量，再投入銅片一枚，加熱少時，
 則見管內發光。次將銅片取出，已成爲黑而易脆之物。因銅與硫黃
 化合而成硫化銅也。

試驗7. 取礬少量入乳鉢中，隨注入鏗一、二滴，用研鉢加
 攪拌(圖4)則產生紅色之氧化鏗。



圖4 氧化鏗之生成

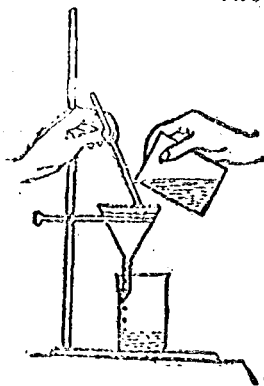


圖5 過濾

(八) 混合物與化合物 試驗8. 取鐵粉及硫黃華各少量在紙片上混合，不起何種變化。此種混合物，可按其特性用機械方法分離之。例如以磁石接近此種混合物，則鐵粉悉被吸引，

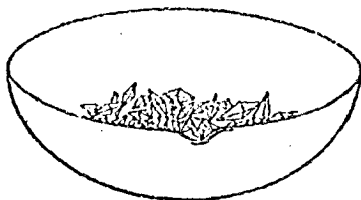


圖 6 硫黃之結晶

而硫黃不起作用，故彼此得以分離。又取此混合物一部分入試管中，注入二硫化碳適量而振盪之，則硫黃溶解於二硫化碳中，而鐵粉則否。

將液濾過（圖5），則濾紙上殘渣為鐵粉，而濾液則含有硫黃。次將濾液傾入蒸發皿內，令二硫化碳自由蒸發，皿內逐漸析出斜方結晶之硫黃（圖6）。

取此混合物之他一部分，在試管內加熱，少時，管內發光與熱。放置冷卻，管內見有黑色物質，即硫化鐵是也。次注入鹽酸數滴，以手向管口拂氣入鼻，即覺有劇臭，因硫化鐵與鹽酸作用而生硫化氫之氣體故也。

第一章之綱要

化學者，研究物質之形狀，組成及其化學變化之科學也。

當各種化學變化時，一種或數種物質，因以消滅；同時即產生一種或數種新物質。有時發散或吸收熱量，或放光。

在各種化學變化時其所用物質之量，與所生物質之量恒相等：是為物質不滅之定律。

一種物體，其任何部分，均呈有同一之性質者，是曰物質。某物如含有二種以上之物質，係以任意之比例攙和，而各不失其原有之性質者，是曰混合物。

某種物質能分解而成二種以上之新物質者，是曰化合物，

化合物與混合物之比較

化 合 物	混 合 物
1. 其組成有一定之比例	1. 無
2. 製成時有收發熱量或放光	2. 無
3. 僅能用化學方法分解之	3. 常用機械方法分離之

凡物質不能以已知之法分解而成較簡單之物質者

謂之原質。

習 題

1. 下列各種作用及現象，試辨別何者為物理變化？何者為化學變化？
植物同化作用，動物呼吸作用，礦物剝蝕作用，燈燭輝煌，雲霞燦爛，磁石吸鐵，石灰吸水。
2. 略述水及空氣之性質。
3. 試舉出物質之通性。
4. 設細砂與白糖混合，用何法分離之？
5. 蠟炬成灰與物質不滅之定律相背馳否？試設計證明之。
6. 水與氧化銻中之共同原質為何？
7. 試證明白糖中含有炭質。
8. 辨別下列各物孰為混合物？化合物或原質？
空氣，水，白糖，食鹽，石灰，土。
9. 有煤一公分，燃燒時能使 2500 公分之水，升高 1.5°C 。試求其所發生之熱量。今有水 3 公升，欲使由室溫 (18°C) 熱至沸點，問題需此煤重量若干？

第 二 章

空氣 氧 氮 二氧化碳

(一) 空 氣

1. 空氣之成分及其重要 空氣之成分，約可分為三種：(1)有一定之數量而存在於空氣中者，如氧，氮及氫是也。(2)無一定之數量者，如二氧化碳及水蒸汽等是也。(3)偶然存在於其中者，如二氧化硫，氯化氫及硫化氫等是也。凡曠野中空氣，除所含水蒸汽有多少之差異外，其餘成分，大致相同，如下表所示：

乾燥空氣 100 體積中含：

氧	.....21	體	積
氮	.....78	，	，
氫	.....0.94	，	，
二氧化碳	.....0.04	，	，
氧， 氮， 氫， 氫	.....	微	量

氧為生物呼吸作用所必需；氮為調節氧化作用，

並為荳科植物所同化。水蒸汽能阻止有機體中水分之過度蒸發，而二氧化碳則為植物之主要食料。

2. 空氣成分之測定

(a) 氧與氮之測定 將閉管中一定量之空氣，用磷插入之，歷數小時後，空氣所減少之體積，即等於被磷所吸去之氧之體積。其所餘氣體，令通過燒熱之鎂，則氮即被移去；所餘者係氫及其他之稀有元素。

(b) 水蒸汽及二氧化碳之測定 將定積之空氣，順次通過盛有氯化鈣(吸收水蒸汽)及苛性鈉(吸收二氧化碳)之兩玻管，其所增之重量，即為原體積空氣中所存水蒸汽及二氧化碳之重量也。

3. 空氣為化合物乎？抑混合物乎？ 空氣之成分殆一定不變，以致發生空氣是否為一化合物之疑問。化學家曾經實驗證明其為混合物，茲舉數則於下：

(a) 純氮與氧可以任何比例，製成“人工空氣”；當其混合時，並無化學反應之象徵。

(b) 當空氣溶於水中時，曾經分析結果，得知其

液態中氮，氧之比例，不復為21:78，而更近於35:65。若空氣為化合物，則兩者之比值應相等。

(c) 當空氣液化時，氧先化液(-118°C)，氮則較遲(-146°C)。又液態空氣沸騰時，氮先逸出(-195.7°C)，而氧隨之(-182.9°C)。

4. 空氣之液化

空氣當 -140°C 時受39氣壓，則凝成液體，以供工業上製氧及氮之用。茲將製造液態空氣之器械圖示於右(圖7)，學者試解釋之。

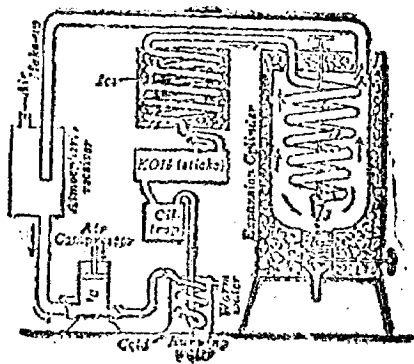


圖7 製造液態空氣

液體空氣，可保存於迪華氏(Dewar)瓶(圖8)中。瓶之裏層與外層之間為真空，以防熱之傳導。外層之裏面，又常塗以銀，則由他處射來之熱，即為其反射而不吸入。

液體空氣可作種種有趣之試驗：例如注於空中則水蒸汽及二氧化碳等即變為雪片(圖9)；盛於壺中置於

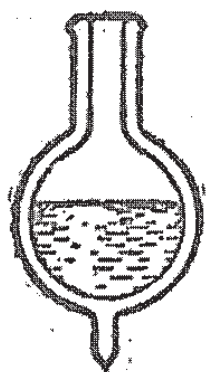


圖 8 迪華氏瓶

冰塊上立即沸騰(圖10)。入以鐵則凝固如鐵。入以橡皮球，則橡皮凝固，擊之粉碎。

5. 炭氧之循環。 動物

在空氣中吸入氧氣，以營其血液循環之作用而呼出 CO_2 。植物反是吸收空氣中 CO_2 ，

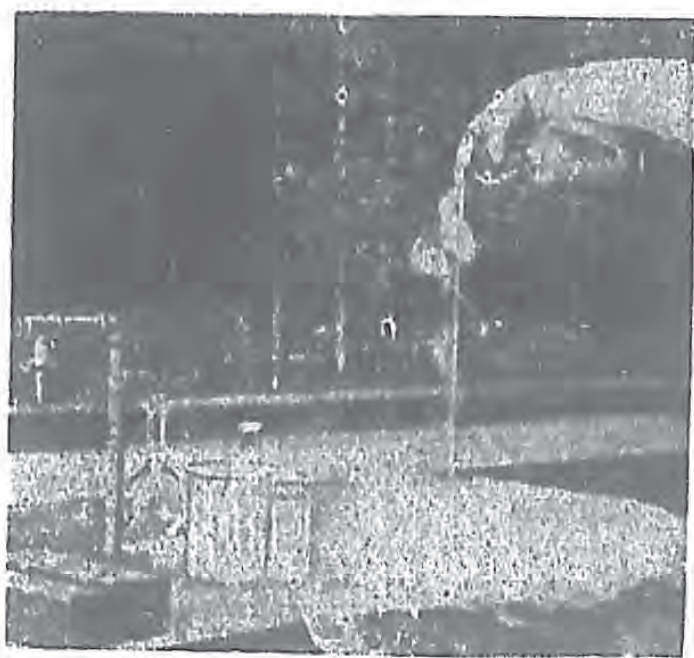


圖 9



圖 10

以構成澱粉，而為動物之食料，並放出氧氣。又植物燃燒時，仍發生 CO_2 而散逸於空氣中。如是循環不已，故空氣中之氧及 CO_2 常保持其一定之量。茲將炭氧行

環圖列下(圖11)。

6. 換氣。空氣中影響於吾人健康者，除氧氣外尚有四種要素：(1)濕度，(2)氣溫，(3)塵埃，(4)動物之呼出物。故吾人須力求調劑，以適應身體之健康。例如吾人居住室內之空氣，因生活作用漸次污濁，不適於呼吸，故有交換新鮮空氣之必要。

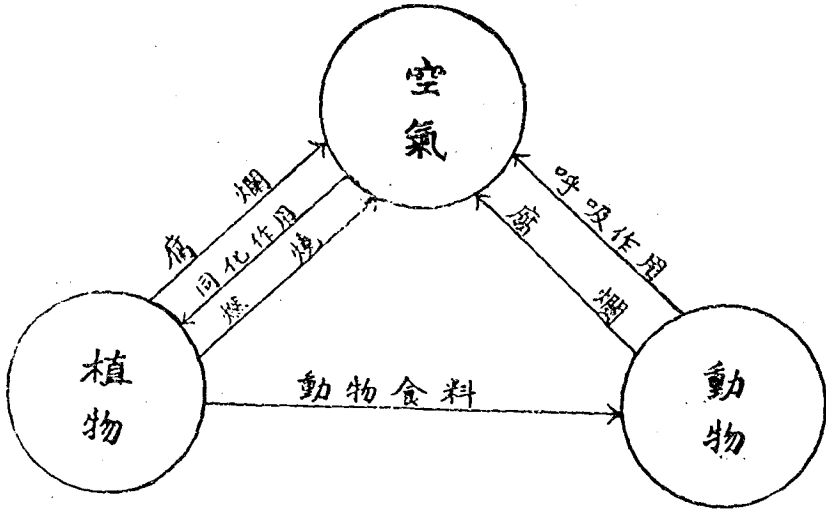


圖 11 碳氧之循環

換氣有天然換氣及人工換氣二種。天然換氣，如西式房屋由窗戶間隙及頂壁氣孔換氣(圖12)。吾國房

屋，由紙糊窗戶及門壁間隙之自然換氣是也。人工換氣如公共集合之場，有換氣裝置之設備。用器械方法鼓送新鮮空氣或含有臭氣(Ozone O_3)之空氣是也。

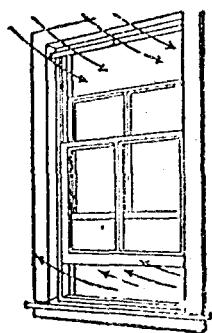


圖 12 天然換氣

7. 氫族原素。氫(Argon A)

氦(Helium He) 氖(Neon Ne)

氪(Krypton Kr), 氙(Xenon Xe) 五原素，稱為氫族原素；均存在於空氣中，而為量甚微。其分子各由一原子而成。與其他原素俱無親和力。氫者惰質之意；氦者日質之意；因其先由太陽發見故也。氖者新者之意；氪者隱質之意；氙者珍奇可怪之意也。

8. 氫。1893年黎列氏(Lord Rayleigh) 因由空氣中所得之氫，其比重為1.2572。又由化合物所得之氫，其比重為1.2506，前者較後者稍大，深致疑慮，乃有氫之發見。

製造氫最佳之法為灼熱炭化鈣(混合10%之 $CaCl_2$)至 800° 時與空氣相觸，則吸收氧及氮：

$2\text{CaC}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CaO} + 4\text{C}$; $\text{CaC}_2 + \text{N}_2 \longrightarrow \text{CaCN} + \text{C}$ 而令氮留於後。

氮爲無臭無味之氣體，不能生成化合物。其在空氣中就體積言爲0.9%，就重量言爲1.2%，其分子量爲39.88，較氧約重三分之一。

9. 氮。 1868年洛克爾(Lockyer)氏在印度觀察金環蝕時，發見一橙色光帶，爲地球上已知諸物質所無者，是必有一種新原素之存在，因名之曰氮(日質)。迨1895年雷姆生(Ramsay)氏於鈾礦石發見氮素，並知空氣中亦含有之，其量爲空氣體積百萬分之一，以至百萬分之二。

氮當常溫時爲無色氣體，爲一切氣體中最難凝結者。1890年翁納斯(Onnes)氏始設法，令其液化。其沸點爲 -269°C (合絕對溫度 4°)若令其從速蒸發，則可得絕對溫度 1.5° 此爲今日所能求之最低溫度也。

10 氮之新用途。氮之分子量爲4，除氫外，此爲已知氣體中之最輕者，其比重僅爲空氣之 $1/7$ 。無自燃性，故爲裝入飛機中之最良氣體。美國 Taxes Ontario

及 Alberta 等處由油礦中噴出之天然氣體含有 $\frac{9}{100}$ 至 $\frac{3}{10}$ 之氮。1918年曾用林德裝置令該氣液化。氮於 -269°C 即沸騰，故易與他種氣體分離。近年每日產額，就容積言可得 142m^3 。1921年十一月一日在華府首先利用氮裝入氣球(圖13)演試飛機，成績甚佳。亦航空界一新紀元也。

11. 氮，氦，氫。 1898年雷姆生氏蒸餾液體氮時發見氫，氮，氦及氫四種氣體。此五種氣體，有

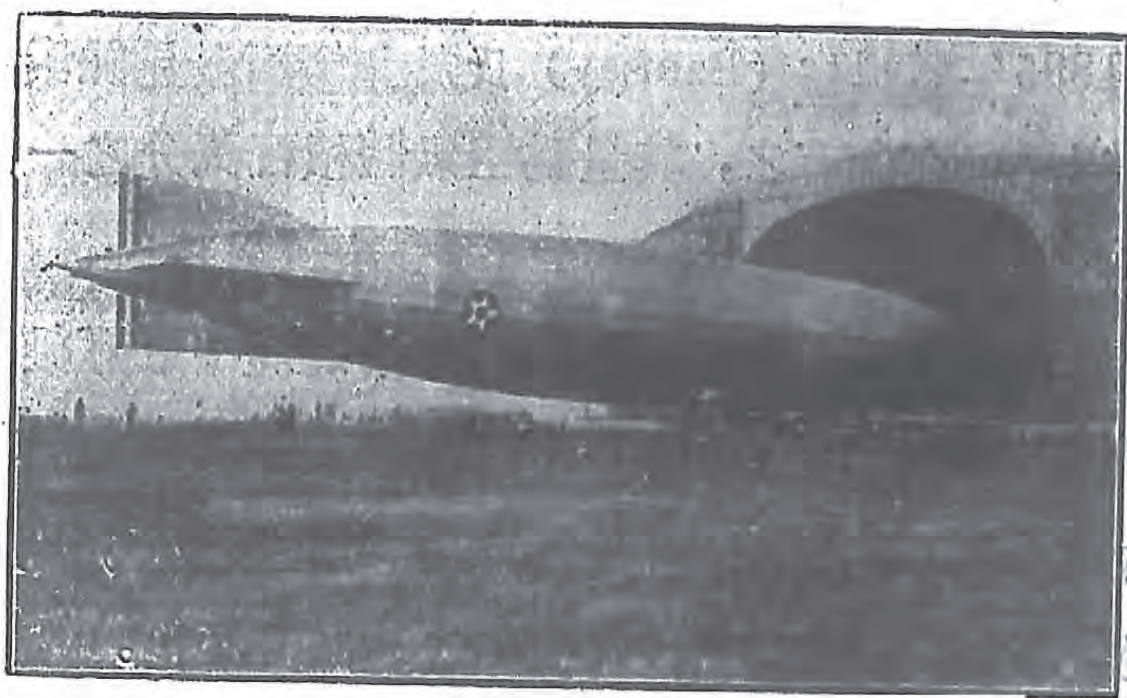


圖 13 裝 氮 飛 機

三種相似之性質(1)於柏拉克(Plucker)管中；各有特著分光線，故可測定其純淨與否。(2)此五種氣體從

未有與他種原素成化合物者，故可視為無原子價者。

(3) 其分子僅含有一個原子，故可視為一族。

(二) 氧 (Oxygen)

1. 氧之歷史 1774年英國化學家普力斯特雷(Priestley)

灼熱赤色氧化錫，發生一種氣體，有助燃性；小鼠生活其中，較在空氣中尤形活潑。普氏名此氣為“活動空氣”(dephlogisticated air)



圖 14 普力斯特雷像

(Joseph Priestley 1733 1804)

普氏英人以宗教家而兼化學家 世所稱為水槽化學之父也。 彼於1774年八月一日發見氧氣，並以小鼠與自己為試驗品而證實氧氣與生理之關係。

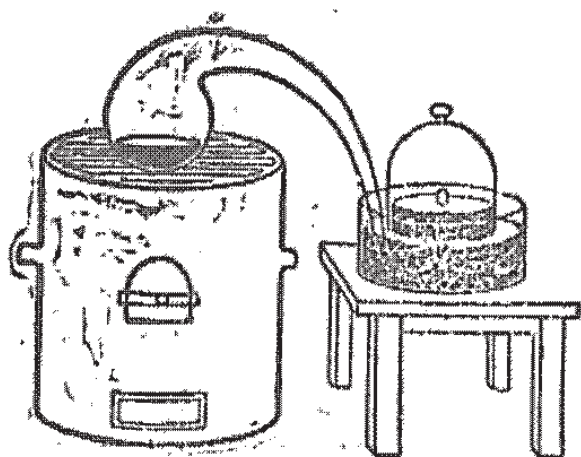


圖 15 熱錫之試驗

迨1777年法國著名學者，拉服西氏 (Lavoisier) 熱錫於曲頸甌中(圖15) 將頸伸入於倒立錫槽上之玻璃鐘中。歷十二日後，甌及鐘中之空氣體積，約減少五分之一同時甌內錫面上，生有赤色之氧化錫。其所餘之氣體，不能助燃矣。次灼熱所得之氧

化錫，則復發出一種氣體，其體積與以前空氣中所失者適相當。由此可以證明氧為空氣成分之一無疑矣，當時拉氏認氧為酸類化合物之主要成分，名之曰 Oxygen (G. K. Acid producer) 其實誤也。但後之學者，因追念先賢，仍沿用其名。

圖 16 拉服西像

(Antoine Laurent Lavoisier 1743—1793)

拉氏法人，理化學家而兼政治家。研究金屬之燃燒，

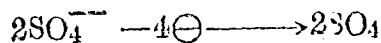
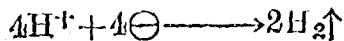
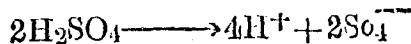
確定質量不滅之定律，並證明燃燒是氧化作用，以推翻當時燃素之學說。

2. 所在 氧為諸原質產額之最多者。地球上物質，幾半為氧所組成。水約含百分之八十九，人體中占百分之六十。其他常見物質如石灰石，砂，岩，磚，三合土等，約含百分之五十以上。空氣體積五分之一（約占重至四分之一）為游離之氧。

3. 製法

A. 工業上之製法：

(1) 水之電解 用分水器盛清水，加硫酸少許，通以電流，即得氫及氧，其內部之變化如下式：



(2) 液體空氣之蒸發 當液體空氣蒸發時，氮

先化氣體逸去，少時所餘者幾為純粹之氧(約96%)。以唧筒壓入圓鋼桶中(圖17)即可出售。

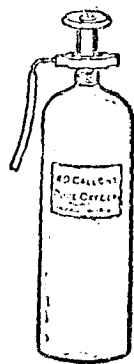
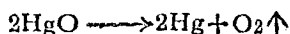
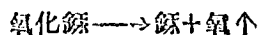


圖 17 貯氧之鋼桶

B. 實驗室內之製法

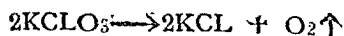
(1) 含氧化合物之分解

(a) 氧化銻加熱



(b) 氯酸鉀加熱

取白色結晶固體之氯酸鉀3g. 入試管內加熱融解(融點350°C)，以火柴餘燼試之，不起作用。更加強熱(約400°C)則沸騰而發出充分之氧。管底所餘白色物質，為氯化鉀。



另取同量之氯酸鉀當加熱融解時，即投入黑色粉末之二氧化錳少許，再以火柴餘燼試之，立見復燃。但二氧化錳亦絕無變化。

凡物質能促進化學作用，而本身終於不起變化者，謂之觸媒(Catalytic or Contact agents)。

此種作用，謂之接觸作用(Catalysis or Contact action)。

(2) 過氧化鈉與水作用

試驗11.

取過氧化鈉30公分入乾燥之燒瓶內(圖18)，瓶口嚴蓋以具有分液漏斗及導管之橡皮塞。另以玻璃瓶五個，倒置於水槽內，轉開活塞，令水逐漸流下，由排水取氣法集氣五瓶。

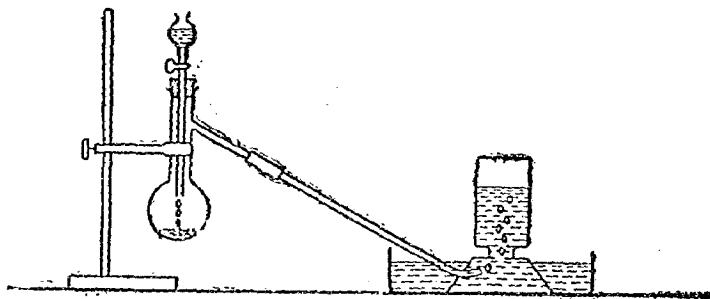
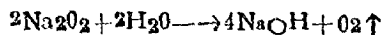
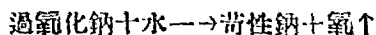


圖 18 過 氧 化 鈉 加 水 製 氧



試驗12.

(1) 鐵燭 將本國鐵燭，插於有蓋之鐵鈎上，燃點少時，而吹滅之，速入殘燭於氧瓶中，則見復燃。

(2) 木炭 取一小木炭，置燒勺內，熾熱後入錫瓶中，則發烈焰。

(3) 硫黃 取硫黃少許，入燒勺內，燃着後入氧瓶中，則發強烈光輝。

(4) 黃磷 切取黃磷一小片，入燒勺內。點火速入瓶中，則燃燒尤烈，發強光。

(5) 鐵絲 取細鐵絲，捲成螺旋形，下端綴火柴一枝，燃之納入錫瓶中，則鐵絲燃燒，火花四射。

注意：作此試驗時，瓶內須預留水少量，以防熾熱之 Fe_3O_4 墜落瓶底，致遭破損。

4. 氧之物理性質 在平常壓力及平常溫度時為一種無色，臭，味之氣體，當氣壓760mm. 溫度 0°C 時，一公升(liter) 氧之重為1.429公分（即氧之密度）。為空氣重之1.105倍（空氣之密度為1.293公分）。稍能溶解於水；當 0°C 時100c. c. 之水，能溶氧4.89c. c.，其溶解度雖小，然對於生物極有關係。如魚類賴以生存，即吾人吸入之氧，亦必先溶解於肺內氣囊中所含之水分內，而後可為血液所吸收，以司營養之作用。

羅博爾氏(Wryble)首製液氧，其液化時臨界溫度(Critical temperature)爲 -119°C ，臨界壓力爲50氣壓。液呈淡青色。在一氣壓下其沸點爲 -183°C ，其密度爲1.13(即液氧1c.c.之重)。又迪華氏(Dewar)噴射氧液再冷却氧液，則凝成雪狀淡青色之固氧，其融點爲 -218.4°C

5. 氧之化學性質 在常溫時其化合力不甚顯著，在高溫時，則化合力甚強。茲分述於下：

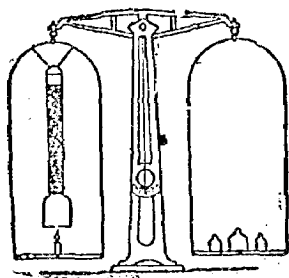
(1) 與金屬原質之作用。普通金屬除金，銀鉑外均能與氧直接化合而成氧化物(Oxides)。例如氧化鐵，氧化錫及氧化鉛等是也。

(2) 與非金屬原質之作用。灼熱木磷，入氧氣中，能發光輝，生成無色無臭之二氧化碳氣體。以燃着硫黃入氧氣中則放淡藍色之火焰，生成劇臭之二氧化硫氣體。燃磷於氧中，則放強烈之光輝，生成白色粉狀之五氧化磷。

6. 燃燒 物質與氧起劇烈之化合而發火焰或生高熱者，謂之燃燒(Combustion)。例如薪炭或蠟燭之

燃燒是也。薪炭或蠟燭燃燒時，驟視之，儼如消滅，實則生成水蒸氣及二氧化碳而散逸。可用下法收集證明之：

試驗13. 取兩端開口之玻璃圓筒一，



以金屬網盛苛性鈉使密接於圓筒內部，於天平之一端(圖19)，下置未燃之燭一，他端載以砝碼，使天平穩定，燃點蠟燭，少頃一端下垂。此時燭已消滅一部分，而其量反增重者，因蠟燭中所含碳及氫之原質與空氣中之氧化合而生之二

圖 19 燭燃質之存證

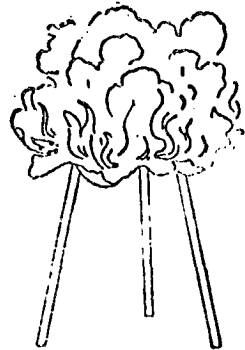
氧化碳及水蒸汽皆被苛性鈉所吸收故也。

7. 氧化 物質與氧較緩之化合，謂之氧化(Oxidation)。例如鐵之生鏽，木之朽腐等是也。氧化作用對於人生甚關重要。例如溝瀆之水，流入大河中，其中污穢之物與溶解於水中之氧起氧化作用，而變為二氧化碳之無毒物質。故距污水源數里外之流水，已可作為飲料矣。吾人身體亦全賴氧化之作用。當氧氣自空氣中吸入肺內，氧即與赤血球中之血素(Haemoglobin)相結合，由血液運至全身，使氧化消化之食

料，及體內廢物，而發生二氧化碳及水。再由血液運回至肺，以呼出於體外。氧化時其主要之生成物，即熱，所以保持吾人之體溫者也。

8. 自燃 物質由遲緩之氧化而起燃燒者，謂之自燃(Spontaneous Combustion)。凡一定量之物質，不論其氧化之遲速。而所發出熱之總量常相等。倘氧化作用遲緩，而被氧化之物質，又暴露於空氣中，則因氧化所生之熱，隨時散逸，故其溫度，不致十分增高。若此物質不易傳熱如薪炭布紙等，四圍之空氣，僅足以供其氧化，而不足以散其所發之熱，則溫度增高，即起自燃之現象。茲試之如下：

試驗14 取磷一小片，令溶解於二硫化碳內，次將液注於濾紙上，而放置之。少頃二硫化碳蒸發已盡，僅留細小磷粒，滿佈紙上，與空氣之氧相接觸，即起自燃之現象(圖20)。



又積薪之處，或沾油於布，堆 圖 20 磷粒自燃
露於外，常毀於火。汽船煤房之釀火災，職此故也。

10. 氧之功用 氧可供呼吸及殺菌之用。工業上所用力與熱之來源，大多取給於煤炭；如燒煤一噸至少須用氧三噸。氧可治肺炎，窒息等症，又可助燃而生強熱，如炔炬 (Acetylene torch) 及鈣光 (Calcium light) 是也。貯於鋼筒之氧可供潛水艇及飛行機調劑空氣之需。又氧之化合物可直接或間接由氧所製成，觀圖22自明。

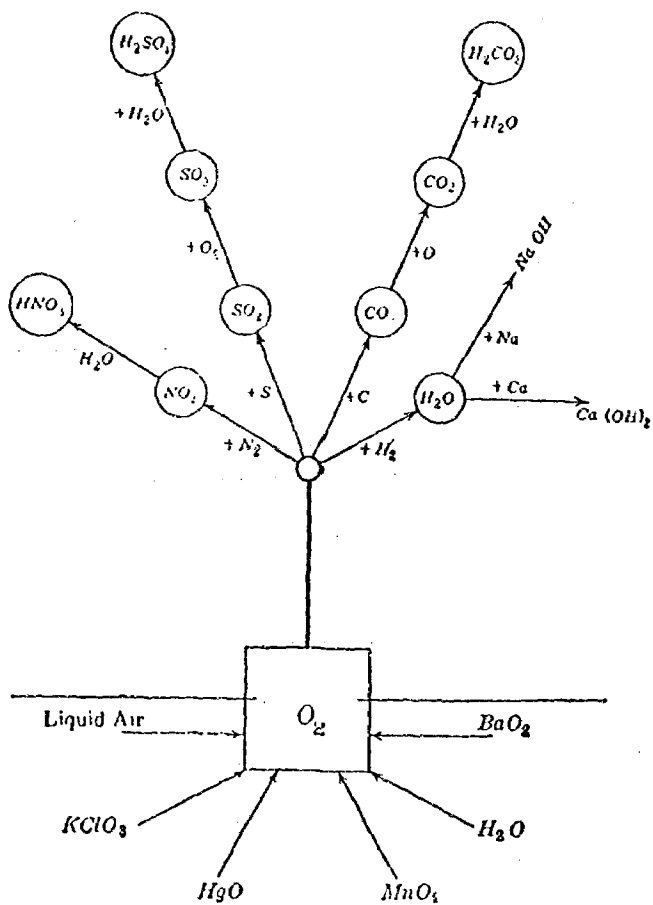


圖 22 氧之生成及功用

(三) 氮 (Nitrogen)

1. 歷史。 1772年英人羅善福氏 (Rutherford) 首先發見見氮氣。至許列氏 (Scheele) 始確知氮為空氣中成分之一。拉服西氏 (Lavoisier) 始決定其為原質，名為 Azote, (G.K. without life) 以其不能養生也。其後蔡浦特氏 (Chaptal) 名之曰氮 (Nitrogen)，以其為硝石 (Nitre) 之主要成分也。

2. 氮之所在。 單體之氮，廣佈於空氣中，其容積約占五分之四。氮之化合物其存在於礦物界者為硝石，其存在於動植物界者為蛋白質之重要成分。

3. 製法A. 實驗室內製法。

(1) 燃磷於空氣法。置黃磷數片於磁皿內 (圖22) 令浮於水面，以玻璃覆蓋之。次用熾熱鐵絲由鐘頂插入使燃燒磷片，隨緊塞鐘頂，則見鐘內盛發白煙而燃燒。少頃火熄，水漸上升，約占容積五分之一，其餘五分之四，仍為無色透明之氣體，試以燭火插入之，火即熄滅，以其無助燃性也。蓋當燃磷時所生之五氧化磷氣體

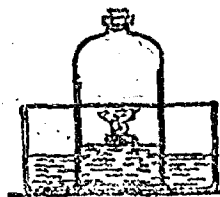


圖 22 燃磷取氮

(P_2O_5)，易溶於水而成酸($P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$)，故水即占其容積而上昇。其餘五分之四之氣體，除氮質外，尚含有微量之他物質。

(2) 由亞硝酸銻分解法 取亞硝酸鈉 (Sodium Nitrite $NaNO_2$) 7.5g, 氯化銻 (Ammonium Chloride, NH_4Cl) 5g. 與水 30 c.c. 置燒瓶內混合之。瓶口緊接具有導管之木塞。裝置如圖 23, 微熱瓶底，俟反應既起，即撤去燈火，用排水取氣法捕集之。

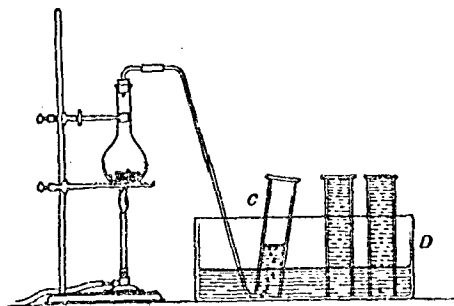
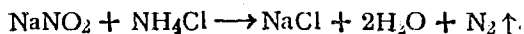
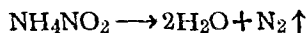
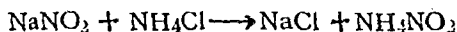
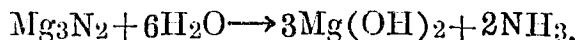


圖 23 分解亞硝酸銻製氮

4. 性質 氮在常溫常壓時，為無色無臭無味之氣體。對於空氣之比重為0.967, 其一公升之重為1.2506, 對於水之溶解度較氧為小；當 $0^{\circ}C$ 時100cc. 之水能溶

2.33cc. 氮當—146°C, 33 氣壓時, 成爲無色之液體, 其沸點爲—195.5°C, 凝點爲—209.8°C, 固體氮爲白色。

氮在常溫時, 極不活潑; 蓋因氮原子之親和力甚大, 故其分子不易與他原質直接化合。既不自燃, 亦不助燃。但在高溫度能與鋰鈣鎂等直接化合而成氮化物 (Nitrides, Ca_3N_2 , Mg_3N_2)。例如燃鎂於空氣中, 所生之白色物, 含有氮化鎂及大部分之氧化鎂。取其白灰置於密閉器中, 加水濕潤, 即生礪精。蓋此氮化物已起加水分解作用矣。



又氮藉電之助力能與氧均合而生二氧化氮(Nitrogen dioxide NO_2), 與氫化合而生礪精(Ammonia NH_3)。遊離之氮, 不能養生, 以動物置純氮中, 不久即窒息而斃。非氮有毒也, 無氧故耳。

5. 氮之環境 荳科植物之根瘤細菌 (Rhizopium legnminosarum) 能在土壤間之空氣中, 攝取遊離氮素而造銻鹽, 以供給荳科植物組成蛋白質。植物爲動物

食料，而構成肌肉。又動植物腐爛時，或遊離氮質於空氣中或成鹵精再經硝化作用而成硝酸鹽與亞硝酸鹽存在於土壤中，以供植物之養料。如是輪回作用，稱為氮之循環(The Cycle Of nitrogen in nature)。如圖 24：

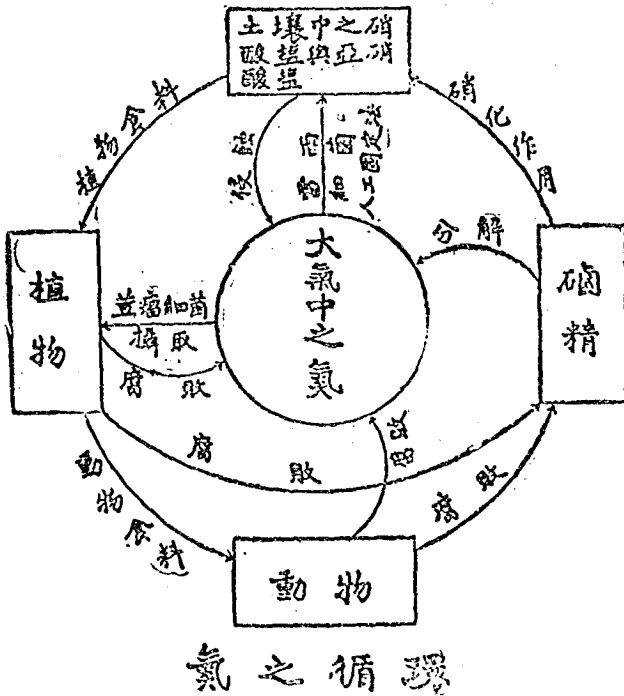


圖 24

6. 用途 氮為動植物生長之要素，能調和空氣

中之氧化作用。空中之氮現為製造磷精硝酸及人工肥料之原料。

(四) 碳酸氣(二氧化碳 Carbon dioxide)

1. 製法

A. 實驗室之製法

將碳酸鈣或碳酸鈉，磷酸鎂等，置一瓶中。圖 25，次將鹽酸由漏斗注入瓶內，立即有 CO_2 氣放出，可用排空氣法收集之。因 CO_2 比空氣重故收集時，瓶口向上；如此共取五瓶，以備試驗。

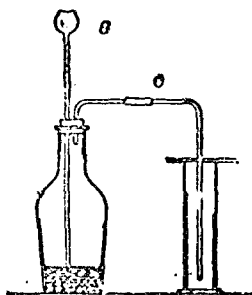
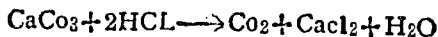
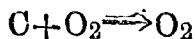


圖 25 碳酸鈣加鹽酸製碳酸氣



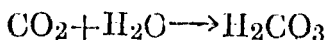
B. 工業上之製法。

(1) 使炭與空氣作用。用焦炭在充足之空氣中燃燒，即生成二氧化碳如下式：



然此法所得之生成物，常混有五分之四體積之氮氣，工業上由此中取 CO_2 ，即將其氣體壓入碳酸鉀之溶

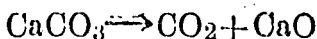
液中，以吸收CO₂，其反應如下列兩步：



將碳酸氫鉀加熱，即放出純粹之CO₂氣體：



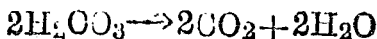
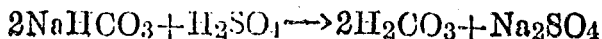
(2) 石灰石或大理石加熱。將石灰石置窖中加熱，則得CO₂（同時得用途甚廣之石灰），反應如下：



注意

此作用為可逆反應，故所生成之CO₂應令其繼續放出。如密閉之，則CO₂則不能繼續生成。

(3) 重碳酸鈉加硫酸。將重碳酸鈉加入硫酸，則有多量之二氧化碳發生，其反應有兩步：



2. 性質。

A. 性質試驗

(1) 比空氣重。將天秤一端，置一空玻璃杯，他端加以砝碼，俾

兩端等重。次將玻璃筒內 CO_2 氣傾入杯中，則天秤失其平衡，而置杯之一端下墜（圖26）。由此可推知 CO_2 比空氣為重。

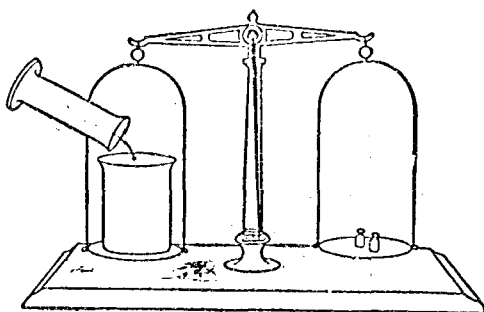


圖 26 CO_2 比空氣重之試驗

(2) 與水作用成酸。將二氧化碳通入一杯冰中，稍時後用藍試紙驗之，則變紅色，由此可知 CO_2 與水作用成酸。

(3) 與石灰水作用成乳狀。取透明石灰水一試管，通入二氧化碳，則見生成白濁色之碳酸鈣沈澱。若繼續通入多量之 CO_2 ，則沈澱復溶解。

(4) 不助燃。燃點火柴或蠟燭，置入二氧化碳氣瓶中，立即熄滅，可知 CO_2 不能助燃。

(5) 比空氣重及不助燃性同時試驗

取一空玻璃瓶，置入燃著小蠟燭一枝。（圖27）將一瓶 CO_2 氣傾入，火即熄滅，可知 CO_2 氣比空氣重，不助燃燒。

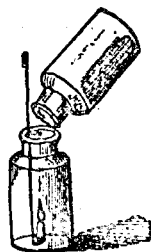


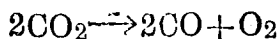
圖27 CO_2 不助燃

B. 性質概要

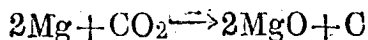
(1) 物理性。CO₂ 爲無色無臭無味之氣體，爲空氣重之一倍半。其一公升之重爲 1.9768 公分。臨界溫度爲 31.35° 臨界壓力爲 72.9 氣壓在 0°C 時，其液體之比重爲 0.95，其蒸氣張力爲 35.4 氣壓；在 20°C 時，則爲 59 氣壓，故必須貯於一極堅固之鋼製圓筒中。對於水之溶度隨壓力而變更，若壓力增加，則溶解較多。若壓力大時之飽和溶液，忽減少其壓力，則一部分之 CO₂，即行放出。每一體積水，在 15°C 時能溶解一體積 CO₂，在 0°C 時能溶解 1.79 體積 CO₂。

(2) 化學性。

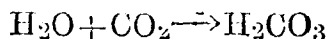
(a) 不易分解。CO₂ 爲一安定之化合物，在 2000°C 時，僅有 1.8% 解離：



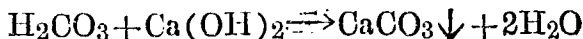
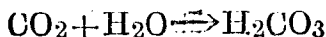
(b) 與鎂作用。活動性金屬如鎂，燃於 CO₂ 中，能發強光：



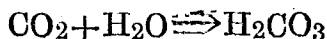
(c) 與水作用。CO₂ 溶解於水，即成碳酸：



(d) 與石灰水作用。 CO_2 與石灰水作用，即生成白色沉澱狀碳酸鈣，其反應如下：

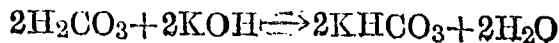
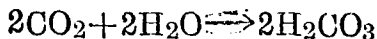


(e) 與碳酸鈣及水作用。石灰水初時通入 CO_2 氣所得之白色沉澱碳酸鈣，若再繼續通入 CO_2 ，則見沉澱復行溶解；其反應如下：



若將此溶液加熱，則仍放出 CO_2 ，析出沉澱。

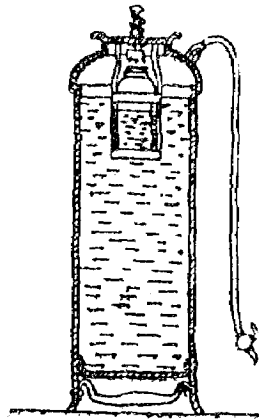
(f) 與氫氧化鉀作用。 CO_2 可溶解於氫氧化鉀溶液中，生成碳酸氫鉀，其反應如下：



3. 用途.

(a) 用作汽水(Soda water)。將多量之重碳酸鈉置入氣體發生器中，由漏斗注入硫酸，則有多量之

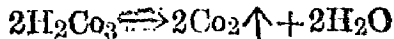
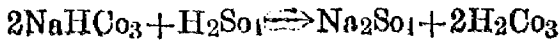
CO₂氣發生。設法使 CO₂ 溶於含糖及香汁之水中，即成汽水，可裝入玻璃瓶，以售於市，汽水可助消化，且可消熱。



(d) 用作救火物 (Fire extinguisher). 用小瓶盛硫酸，懸於中置重碳酸鈉溶液之圓鐵筒內。(圖28)

圖 28 救 火 筒

遇火災時，將筒倒置，則兩液混合起作用，即盛生二氧化碳射出；如火勢不大，即可撲滅。其生成CO₂之反應如下：



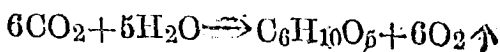
(e) 植物之食料。植物同化作用，吸取CO₂以營生長。

4. 自然界二氧化碳之生成。自然界中發生二氧化碳之變化，約有三種：(1)呼吸(2)燃燒(3)動植物

之腐爛。

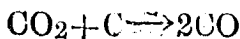
將一玻璃管插入一杯透明石灰水中，用口吹之稍久，即生白濁，可證明呼氣中含有CO₂氣。

5. 二氧化碳之消失。天然間空氣中之CO₂，被植物同化作用吸取，其反應如下：



5. 一氧化碳 (Carbon monoxide) CO

1. 煤火爐中之生成物。燃燒煤時，常見上面有藍色火焰，即CO燃燒之現象。煤燃燒時，在下層先成CO₂，經過上層熱煤，即復與碳化合而變為一氧化碳：



此CO至上方大部分燃燒成CO₂。

2. 實驗室之製法：

用蟻酸與硫酸作用。將蟻酸置入燒瓶中次由漏斗注入濃熱硫酸，即發生CO (圖29)：

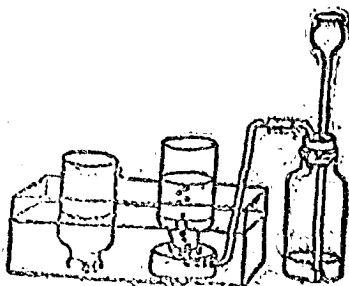
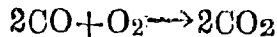


圖29用蟻酸及硫酸製CO

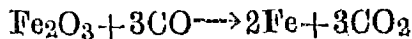
3. 性質

A. 物理性。一氧化碳爲無色無臭無味之氣體，比空氣輕，難溶於水。極難液化。其液體沸於(-90°C)

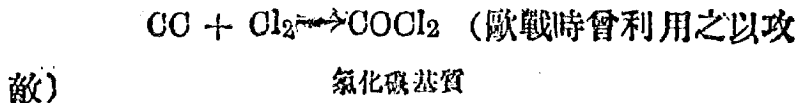
B. 化學性。CO燃於空氣中，發生藍色火焰；而成CO₂：



氧化鐵，氧化銅等，可用Co還原之。其反應式如下：



一氧化碳在日光中，能與氯直接化合，而成氯化碳基質(Phosgene)其反應式如下：



C. 毒性。Co氣有劇烈之毒性。吸入肺中時，即與血中之血素化合而成一種紅色之物(Carboxylhaemoglobin)。如有動物，其體重爲一公斤時，若吸Co約100.C.C.，即可毒死，因血素約有三分之一已與Co化合矣。800容

積之空氣中，有一容積Co約三十分鐘，即可致人死命。

第 二 章 之 綱 要

空氣爲混合物而非化合物，其主要成分爲氮，氧，氫，變量之水蒸汽，二氧化碳及塵埃等。

空氣能令液化。當液體空氣蒸發時則其中易于揮發之物質，先行逸出。工業上利用之以製氧與氮。

空氣中影響於吾人健康者除氧外尚有四種要素
(1)溫度，(2)氣溫，(3)塵埃，(4)動物之呼出物。

氧能以下法製成：

- (a) 氧化銻加熱(歷史的)，
- (b) 氯酸鉀混合二氧化錳加熱(實驗室內)，
- (c) 液體空氣之蒸發或水受電解(工業上)。

凡物質能促進化學作用，而本身終於不起變化者，謂之觸媒。此種作用，謂之接觸作用。

氧爲無色無臭無味之氣體，較空氣重，畧溶於水能與多種原質直接化合，而成氧化物。

物質與氧較緩之化合，謂之氧化。

物質與氧所起劇烈之化合，而發火焰，或生高熱者，謂之燃燒。

由遲緩之氧化而發燃燒，謂之自燃。

增加物質之溫度，能促進其化學變化之速度。

空氣中單體之氮，其容積約占五分之四。

氮之製法：(1)燃燐於密閉之空氣中；(2)亞硝酸銻加熱分解。

氮為無色，無臭，無味之氣體，在常溫時不易與他原素直接化合，但生高溫時則能與鎂，氧，氫等化合。

氮為動植物生長之要素。

炭質燃燒，生成二氧化碳及少量之一氧化碳。大理石或石灰石加鹽酸，則生成 CO_2 。若將石灰石入窯煨燒則生成 CO_2 及 CaO 。

CO_2 不易分解，與水作用則成炭酸，與石灰水作用，則生白濁色之炭酸鈣沉澱。

二氧化碳之用途：(1)作汽水(2)滅火(3)植物食料。

習 題

1. 工廠區域之空氣，其何種主要成分較鄉村為多？
2. 空氣每 100 體積有氧 21 及氮 78 體積。問兩者重量之百分比各若干？
3. 設有一管盛氯化鈣，共重 30.1293 公分。又取某體積之空氣重 15.213 公分通過管內後，則管重為 30.3405 公分。問空氣中之水蒸汽其百分率若干？
4. 空氣 10 公升，使通過石灰水，則有 0.0102 公分 CaCO_3 之沉澱。問每百體積空氣中有二氧化碳若干體積？
5. 水中溶有空氣，試設計證明之。
6. 木屑較木棒易燃何故？衣服着火，應用何法撲滅之？
7. 列舉不受氧化之原質。
8. 瓶中盛有空氣或純氧試設計鑑別之。
9. 試書出下列各作用之方程式：
 - (a) 鹽酸與碳酸鈣之作用。
 - (b) 炭與氧化銅之作用。
 - (c) CO_2 與氫氧化鈉溶液之作用。
10. CO 及 CO_2 如何識別？ CO 與 H_2 如何識別？

11. 用何方法可以檢驗碳酸化合物?
12. 試舉兩種重要還原劑。
13. 何以 CO_2 常稱為植物之食料?
14. 汽水瓶啓塞時，何以有多量之氣泡上衝?
15. 用碳將 CO_2 還原成 CO 時，所生成之 CO 之容積與所用之 CO_2 容積相比較，應成如何之比例?
16. 救火器(Fig 28)內盛重碳酸鈉 2 公斤，問應需純硫酸若干? 又生成 CO_2 之體積若干?

第三章

水(Water)及

過氧化氫(Hydrogen peroxide)

(一)水之歷史 古時皆以水為原質，至1781年葛芬第 許氏(Cavendish) 證明水為氫氧化合而成。但葛氏當時深信燃素說，故不詳細解說其所發明。二年後拉服西氏復根據試驗結果，始確定水為氫與氧之化合物。

(二)水之所在 水占地面七分之五。陸地土壤中亦含有水分，供給植物之生長。動植物體中含水量甚多。人體中約含水百分之七十，空氣亦含變量之水汽。

(三)天然水中之雜質 天然之水均含雜質，有溶解者，有懸浮者。雨水為自然界最純之水，然仍含有細塵及大氣中之可溶性氣體。海水約含溶解物千分之三十六。河水及非水當流經地面上下時，常溶解碳酸鈣，硫酸鈣，及鎂鹽等物。有時含有鐵化合物，然為量甚少。此外尚含有無生機之腐敗物及有生機之

微生物。如淺井或人烟稠密處之溪流常含有之。

(四)水中雜質與衛生之關係 水中雜質可分二大類：一爲礦物質，一爲有機物質。礦物質大概無害於人體，或且足供人體組成所需之礦物成分。至水中所含有機物質中，常帶有微生物，爲傳染病（如傷寒，霍亂，痢疾等）之媒介。此微生物即病原菌，乃病人之排泄物，經溝渠而流入河水中者。水中之污泥可立見，而水中之病原菌則否；故須經“衛生分析”手續，方可確定其是否適合飲用也。

(五)淨水法 淨水之法有五：1 蒸餾；2 煮沸；3 過濾；4 膠結；5 化學處理法是也。

1. 蒸餾(Distillation) 此法成效最著。將水煮沸，使水蒸汽通過冷凝器，即復凝爲水，是曰蒸餾水。圖 31 爲實驗室所用器具。傾注平常之水於燒瓶 A 內，煮沸，將蒸汽引入冷凝器 B 內。此器爲一細管封於粗管之中者。二管之間，通以冷水。此冷水由 C 口入，由 D 口出。而細管內之蒸汽，因之受冷，即凝縮爲水，流入接收器 E 內，可用於分析試驗及醫術上，並爲人造

水之原料。

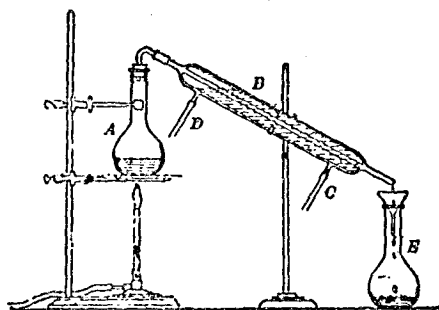


圖 31 實驗室製蒸餾水法

工業上所製多量之蒸餾水，則用圖32之製置，學者試解釋之（A汽鍋，C凝集器）。

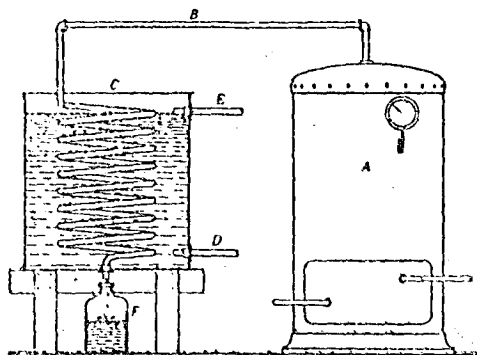


圖 32 工業上製蒸餾水法

2. 過濾(Filtration) 城市之水源，多甚污濁；井河水，亦多不潔。故文明都市，皆有自來水(Water Supply) 之設備。圖 33 表示潔淨並軟化自來水之步驟，學者試解釋之。

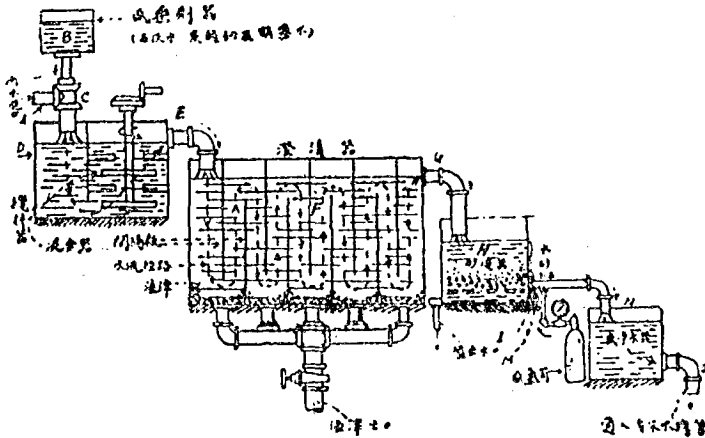


圖 33 自來水之潔淨及軟化

3. 煮沸 (Boiling)。水中含有微生物，故有害於人生。若將水煮沸約十五分鐘，則水內一切微生物皆被毀滅，一部分礦物質亦可澱出。此法為最安全之消毒法。故飲水以煮沸為佳。

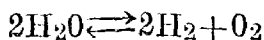
4. 膠結 (Coagulation treatment)。將明礬投入水中，則生一種膠狀物，將水中之懸浮物及微菌裹住，共同沉下，即得潔淨之水。

5. 化學處理法 (Chemical Treatment 飲水之消毒法，除煮沸外，可用漂白粉處理之。取漂白粉少量溶於水中，澄清後取清液貯於瓶內，即可為消毒劑。如加此種濃溶液約0.03%於水中，經十五分鐘至三十分鐘，菌可盡滅。或用臭氧，或用氯氣通入水內，亦可消毒。

(六)水之化學性 多種物質，當乾燥時，相混雖無變化。然若各溶於水後，再使相遇，立即起化學作用。故化學實驗中水為最常用之物。而水之本身化性亦為研究化學應先注意之要點。

(1) 熱力對於水之效果。水受熱不易分解，熱至 1000°C 以上始微見分解。雖熱至 2728°C 之高溫，亦僅有百分之十一分解為原質。於此可知水對於熱力甚為固定。茲將水對於高溫度分解之量列表如下：

溫度	分解之水所占全量之百分數。	溫度	分解之水所占全量之百分數。
1327°c	0.0446	1727°	0.504
1427°	0.0920	1927°	1.21
1527°	0.17	2227°	3.38
1627°	0.302	2728°	11.10



2. 原質對於水之作用。鈣，鉀，或鉀入水，即將水分解，生出氫氣而成鹼性溶液。當特別情形時，水遇鐵亦被分解，而生成氫氣及氧化鐵。他種原質如氟氣等將水分解時，而自身與氫化合分出氧氣。

3. 氧化物對於水之作用。氧化物分金屬及非金屬兩種。非金屬氧化物有與水作用成酸者。如二氧化硫溶於水，即成亞硫酸是也。金屬氧化物有與水作用成鹼性物者。如氧化鈣溶於水成氫氧化鈣是也。

4. 水與物質化合及分解之作用。許多含水物 (Hydrates) 加熱，則分出水分，而晶形消滅，顏色亦變。如取硫酸銅置磁皿內加熱，則見其由藍色結晶狀變為

通入純氧使與氫之體積畧等，亦記明其體積。將二鉑絲連於感應圈，使發生電花，則氫氧即化成水，有微小之爆聲。其所生之熱，致令氣體漲大，故管內之水銀始而降下。然所成之水汽立即凝縮。故水銀上昇，占水汽之位置，查管內所餘之氣體為純氧。設若原裝入之氫，比氧之二倍多時，則作用後所餘之氣，即為氫。然無論如何，從未有剩餘氫氧之混合氣者，由此種試驗所得之結果，即可推算水之組成。

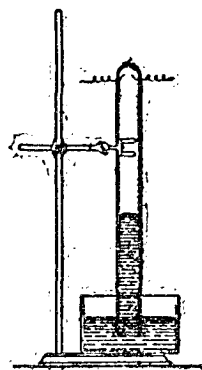


圖 34 水中氫氧
之體積組成

設氫之體積為 20.3c.c.

氧之體積為 18.4c.c.

化合後所餘之氧為 8.3c.c.

$18.4\text{c.c.}(\text{氧}) - 8.3\text{c.c.}(\text{氧}) = 10.1\text{c.c.}(\text{氧})$

化合時，所用之氧為10.1 立方公分，而所用之氫為20.3 立方公分，得知氫氧組合時，氫之體積約為氧

之二倍。又氧之重量約爲氫之16倍，故氫氧組合時，重量之比，約爲 $2 \times 1 : 1 \times 16$ ，即1:8。亦即水中氫之重量有 $\frac{1}{9}$ ，而氧之重量有 $\frac{8}{9}$ 也。

蓋魯薩克容量定律(Gay-Lussac's, law of volume) 二氣化合成一物，或一物分解生成二氣時，其二氣容量之比，可用單簡整數之比表示之。

2. 藉氫之還原作用算得。圖35 A爲導管，B爲玻管，內裝氧化銅，C,D兩管內盛氯化鈣。用秤衡準B,C,D,管之各有重量。連結如圖，在B管下加熱，至氫化銅達高溫後，由左方通入乾燥氫。當經過氧化銅時，吸取其氧與之化合成水汽，被氯化鈣吸收，俟所成之水有少許後，即拆開器具，再秤各管之重量。則B管所失之重量，即等於成水時氫由氧化銅中所吸取氧之重量。C,D,兩管所增加之重量，即等於所成水之重量。二重量之差，即所成水中氫之重量。

設所成水之重爲 945.449g

氧化銅所失氧之重爲 840.161g

∴ 氫重爲 105.278g

故水成分中即含氫氧重量之比爲

105.278:840.161 或 1:7.98

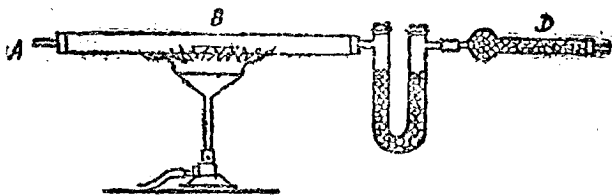


圖 35 測定水中氫氧之重量組成

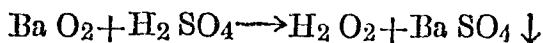
定數比例之定律。當氧化錒分解時，以重量計之，錒每游離百分，生氧 7.97 分，若使錒及氧化合成氧化錒其重量之比，仍與前同。又水分解時，水每百分恒生成氧 88 分，氫 12 分，若使氧與氫化合成水時，其重量之比亦稱是。其他化合物之組成，悉有一定之比例，因立定數比例之定律 (Law of definite Composition)：—

化合物之成分，其重量恆有一定之比例。

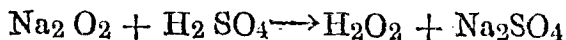
(八) 過氧化氫之製法

用過氧化鈉或過氧化鋇與硫酸作用，皆可製得過氧化氫。

1. 用過氧化鋇與硫酸 將過氧化鋇加水攪拌，待冷，徐徐注入低溫度之稀硫酸，而攪拌之，即生成過氧化氫。濾去不溶解性之硫酸鋇，則得過氧化氫溶液。



2. 用過氧化鈉與硫酸 使過氧化鈉與硫酸，於低溫度時相作用，次濾過之。將其濾液，減少壓力而蒸餾之，即得過氧化氫。(近時工業上多用此法。)



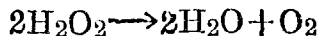
製純粹之過氧化氫，須經下列手續：一將過氧化氫溶液，於70°以下減壓蒸餾，則得45% H₂O₂ 加醇精而振盪之，則得過氧化氫之醇精溶液。次蒸發以去其醇精，將所殘留之過氧化氫，再於20°以下減壓蒸餾，即得純粹者。

(九) 過氧化氫之物理性 過氧化氫之純粹

者，爲無色畧具黏性之液體，在零度時比重爲 1.458。急劇冷之能成固體，（融點 -2° ）通常市售之品，爲含過氧化氫百分之30水溶液，其味及外觀，與水相似。

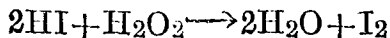
（十）過氧化氫之化學性 過氧化氫之化性，可分爲分解，氧化，還原，三項述之。

1. 分解作用。純粹過氧化氫，最不安定，極易分解。

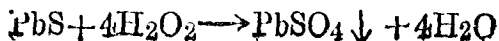


其水溶液雖較安定，然若加熱，或投二氧化錳細粉，或金屬粉於其中，則分解甚速，放出氧氣。不純物亦能促其分解，故製取時，須注意去其不純物。

2. 氧化作用 將碘化氫溶液加過氧化氫，則碘化氫被氧化，分出碘質。此作用若有澱粉在內，則立變爲藍色。（故此作用，可檢驗過氧化氫之存在與否）。

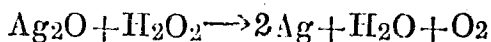


又過氧化氫能變硫化物爲硫酸鹽。例如硫化鉛加過氧化氫而振盪之，即生成白色硫酸鉛：

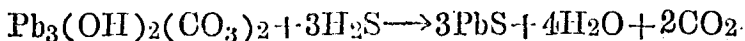


有機色質遇過氧化氫，白色多被氧化而變為無色物。

3. 還原作用 使過氧化氫與氧化銀起作用；則銀即被還原而出：



(十一)過氧化氫之用途 絲，毛，羽，象牙等，用強性漂白劑，常被損壞，故恒用過氧化氫漂白之。又過氧化氫分解後僅生成水及氧，均無妨害，故亦常用以消瘡毒，或用為洗喉藥。又圖畫所用之鉛白，被城市空氣中之硫化氫作用，變為黑色之硫化鉛：



所生成之 PbS 為黑色物，可用 H_2O_2 氧化之，使之變白。

倍數比例之定律：甲乙二原質相化合，生成二種以上之化合物時。若甲原質之量已為一定，乙原質之重量在此數種化合物中常成簡單之比例。

例如 H_2O 及 H_2O_2 中，氫之分量相同，而氧之分量為1：2是也。

第 三 章 之 綱 要

1. 水為最重要化合物之一種。
2. 水有三態之變化：固體(冰)，(液體)，及氣體(水蒸氣)。水於 0°C 時結冰，於 100°C 時沸騰 4°C 時一立方公分水重1公分。
3. 水為多種物質之最好溶媒；所成之溶液名為水溶液。
4. 天然水不純潔；常含溶解質及懸浮物，並有時含有黴菌。
5. 用蒸餾法可製純水。懸浮物可用過濾法除去之。煮沸或加適量之殺菌藥。可毀滅病源菌。
6. 水之組成可用分解法，或組合法測算之。2體積氫與1體積氧化合，能成2體積水汽。
7. 水之組成，可藉氫與氧化銅作用測定之。
8. 用過氧化鈉或過氧化鋇硫酸作用，皆可製得過

氧化氫。

9. 過氧化氫，有氧化及還原兩作用。
10. 過氧化氫常用為漂白劑。
11. 兩原質化合生成二種以上之化合物時，其中一原質常成簡單之比。

習 題

1. 設使50立方公分氫與37立方公分氧起化合作用時，應剩餘何種氣體？又所餘之氣體體積為若干公分？
2. 試由下列實驗結果，計算水中氫氧之重量組成：

刻度管內(圖34)氧之體積	.....20.08cc.
管內氫氧混合氣體之體積	.....36.12cc.
化合後剩氧	.....12.06cc.
3. 水中何以雨水為較潔？用何法能消滅水中微生物？
4. 水對吾人身體之功用若何？試詳述之。
5. 用何法能證明實驗室之空氣內含有水蒸氣？
6. 除水外述出普通溶媒兩種。
7. 自來水之來源在何處？此水係用何法淨製者？
8. 用何法能測定海水中含有多量溶解質，而河水及池水中所含

者較少?

9. 過氧化氫之化性，有何應用?
10. 用何法可以檢驗過氧化氫?
11. 氫 100 公升燃燒時，得水量幾何? 需氧若干體積? 所需之氧，應用若干氯酸鉀製成?
12. 市售過氧化氫 1 公斤含氧量幾何? 當其分解時，生成氧若干體積(標準境遇)?

第 四 章

氫 (Hydrogen)

(一)歷史 金屬與酸相作用，則生一種可燃性之氣體，已爲十六世紀時柏來塞爾薩斯氏 (Paracelsus) 所發見。至1667年英國物理學家葛芬第許氏 (Cavendish) 始認定其爲一種元素；並言此氣燃燒於空氣中，則發生水蒸汽。1783年拉服西氏 (Lavoisier) 重作前試，確定此氣爲成水之要素，稱之曰“水素” (Hydrogen, water former)。吾國名之爲氫者，以其爲已知諸元素中之最輕者也。

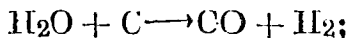
(二)所在 太陽及恆星之四周，含有多量遊離之氫，但在空氣中爲量甚微（約 $\frac{1}{10000}$ ）。其化合物分佈頗廣；水中氫占九分之一，人體氫占十分之一；氫亦爲各酸中之主要成分。餘如天然氣，石油，及生物體中，均含有之。

(三)製法

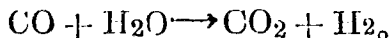
A.工業上之製法

(1) 水之電解 已詳第二章(21頁)。

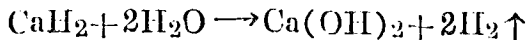
(2) 包希法 (Bosch process) 水蒸汽通過熾熱之碳上，生成水煤氣(Water gas):



再混入水蒸汽，用氧化鐵爲觸媒，則生成二氧化碳與氫。前者受高壓而溶於水，故可得純粹之氫：



(3) 氫化鈣加水法 氫化鈣與水相作用，則發生多量之氫氣，航空家以其便於攜帶，多使用之。



B. 實驗室內之製法

1. 由水製氫

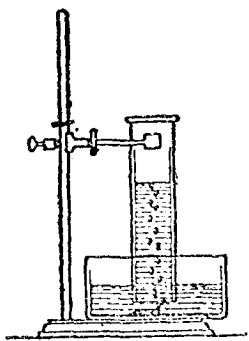
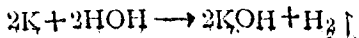
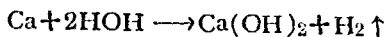
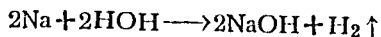


圖36 鈣分水製氫

(a) 用鉀或鈣分解水 試驗15

將玻璃筒或試管盛滿以水，倒立於水槽中(圖36)，置入鉀或鈉一小塊。兩者均輕於水，浮於水面，隨即令水分解而生氫，同時發生多量之熱，易致發火。若以鈣代之，則因鈣重下沉，其作用速而不烈，故所生之氫易於收集。





(b) 用熱鐵分解水蒸汽 試驗16 裝置如圖 37，鐵管 A 內，半盛以鐵絲，而灼熱之，由玻璃瓶 B 通入水蒸汽，則水蒸汽中之氧與熾熱之鐵相化合而放出氫，用排水取氣法捕集之。

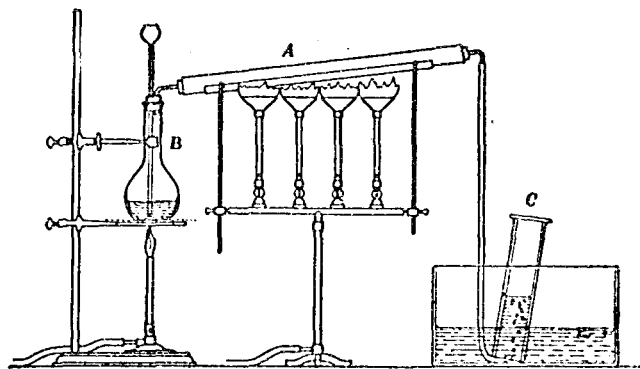
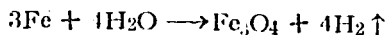


圖 37 鐵 分 水 製 氫

2. 由酸製氫 試驗17 取廣口瓶或燒瓶盛錳粒 (granulated zinc) 或鐵片約 20g. 以插有漏斗及導氣管之木塞，密閉瓶口。由漏斗注入清水，以浸沒錳粒及漏斗管底為度；並驗其漏氣與否。（可由導管一端吹氣入瓶，令水升入漏斗管少許，速以舌端或手指緊閉管口，

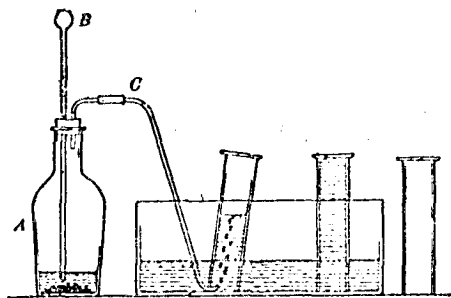


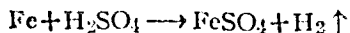
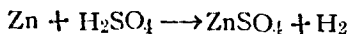
圖 38 鋅或鐵加酸製氫

越一二分鐘，如上升之水，仍不下降，則為此瓶氣密之證。）倘有隙隙，即用封蠟密封之。試準氣密後，即由漏斗漸漸注入濃硫酸，約為水之容積四分之一。起何現象？

() 隨以倒置試管數枚輪流集氣，移開而燃點之，何如？() 如是者數次。待發音甚微後，乃用排水取氣法捕集氣體四瓶，各以玻片密閉瓶口，倒置桌上。

注意：1. 氫氣發生時，切勿接近燈火！

2. 氫之發生器，可用拭布包裹，以防危險。



3. 如A瓶易以克普氏發生器 (Kipp's generator)，則可藉以調節氫之發生。置藥粒於器之中部，由漏斗注入稀硫酸直達於器底而昇入於中部以浸沒藥粒為度。由是中部盛發氫氣，經導管而出。當閉其活塞時，器內氫氣仍繼續發出，其壓力足以驅酸逆流入於上部，而與鋅

粒隔離，故作用中止。再需用時，啓其活塞，氣體既洩，壓力因以減小，硫酸得以復入，而作用又起。

(四)性質

A. 實驗

(1) 可燃而不助燃 倒持氫瓶插入燭火，即見氫在瓶口燃燒，而燭火熄滅。

(2) 比空氣輕 將氫瓶倒立於瓶口同大之空瓶上，令上下顛倒，以火近上瓶之口，燃燒發音。因氫較空氣為輕，故能上下易位也。

(3) 擴散作用 以一充滿氫氣之瓶倒立於口同大之空瓶上，歷二三分鐘後，各以玻片密閉兩瓶口而順置之。次去蓋急點以火，即微呈爆鳴。

(4) 爆鳴氣 (Detonating gas) 用廣口瓶灌以三分之二氫及三分之一氧，用玻片密閉而順置之。去蓋急點以火，即大發爆鳴。

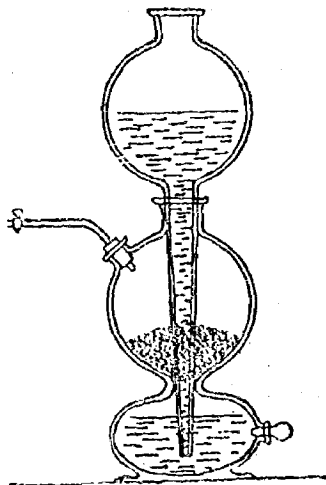


圖39克普氏發生器

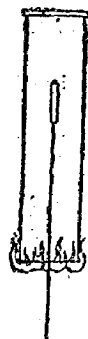


圖 40 氫可燃不助燃

(5) 與氧化合成水 裝置如圖 41；以純潔之氫，通過盛有 CaCl_2 之玻管而燃點之，用冷玻鐘覆於火焰上，即見有水珠由玻鐘流下。

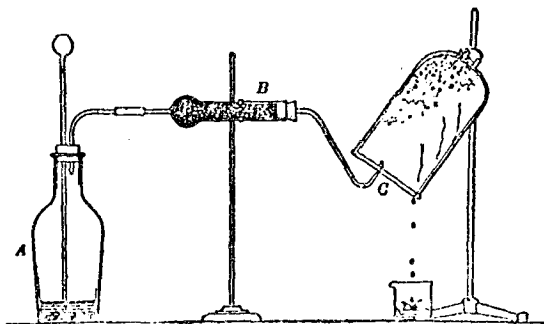


圖 41 燃氫生水

而先燃之。氧由 O 處送入，以助氫之燃燒，使成赤熱，次將此火焰射於生石灰上，則成石灰光 (Lime light)，以鐵絲插入管中，立見熔融，火花四射。

(6) 氫氧吹管

(Oxyhydrogen blowpipe) 其構造係由大小二銅管結合而成。先將多量之氫由 H 處輸入大管中，由管端放出

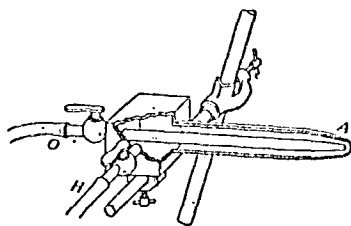


圖 42 氫氧吹管

B 概要

(1) 物理性質 氫為無色，無臭，無味之氣體，為已知諸氣體中之最輕者。在標準境遇 (0°C , 760 m. m.) 時，氫一公升之重為 0.08987 公分 (氫較空氣

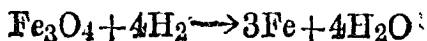
輕 14.5 倍)。不易溶於水。在 15°C 時，水 100 體積僅能溶氫 1.8 體積。氫極難液化。其液化時之臨界溫度爲 (—234°C)，臨界壓力爲 20 氣壓。氫液爲無色透明，沸點爲 (—252.7°C)，若減低壓力，使急激蒸發，則凝結爲無色之固體，其融點爲 (—259.1°C)。

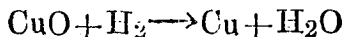
(2) 化學性質。 氫氣最著之特性爲可燃。在常溫時不與氧化合，若在空氣中點以火則燃燒而生水。其焰雖弱，而熱度極高，如氫氧焰，可達二千度之高溫，能熔融鉑及燃燒鐵絲；若使此焰燭於生石灰上，則發白熱，所謂石灰光或鈣光是也。

氫易與氟，氯，鋰，鈉鈣等直接化合而成氫化物 (Hydrides) 如 HF, HCl, NaH, LiH, CaH₂ 等是也。

1905 年哈拔氏 (Haber) 令氫與氮相化合而成鹵精 (NH₃)。

氫不僅能與單體氧原質相化合，且能奪取金屬氧化物中之氧而成水。 例如灼熱氧化鐵或氧化銅，令氫氣通過，則氫與氧化合而成水，金屬因以遊離。





此種作用可稱爲氫之氧化，或金屬氧化物之還原 (Reduction)。

(五) 還原。由氧化物中撤去氧之作用，謂之還原。某物質能將他物質中氧取出，而自身與此氫化合者，謂之還原劑 (Reducing agent)。例如氫及炭等也

還原與氧化兩種作用，有相伴而起者，例如 Fe_3O_4 或 CuO 與氫相作用，則氫受氧化，而 Fe_3O_4 或 CuO 則被還原矣。

(六) 用途。氫質最輕，1783 年十二月一日查爾斯及羅伯爾托二氏 (Charles and Robert) 用之於輕氣球。其後用以貫入飛機上之氣球，昇騰空際。氫用於氫氧吹管，以得高溫度，熔化難熔融之金屬。

近時用單體氫與氮化合，製成鹵精；並能使魚油等液體脂肪化爲固體以供食品及造胰之用。

第 四 章 之 綱 要

氫之製法：

- (1) 金屬與水作用；
- (2) 使水蒸氣經過紅熱之鐵；
- (3) 金屬與酸作用；
- (4) 水之電解；
- (5) 水煤氣與水蒸汽作用。

氫爲無色臭味之氣體，爲已知諸原質中之最輕者。氫能燃於氧或空氣中而成水，爲強而有力之還原劑。

氫之用途：

- (a) 充滿飛機上氣球。
- (b) 用於氫氧吹管。以熔化鉑，或石英等。
- (c) 製造鹵精。
- (d) 凝固液體脂肪。

習 題

1. 試述氧，氫性質上異同之點。
2. 何謂氧化物？氫化物？試舉例以對。
3. 燃氫成水之試驗，何以必須用乾燥之氫？
4. 氫由氫氧吹內管通入，較由外管通入者爲佳。何故？

5. 試述氧氣吹管與氧炔焰之比較 (圖 43)。

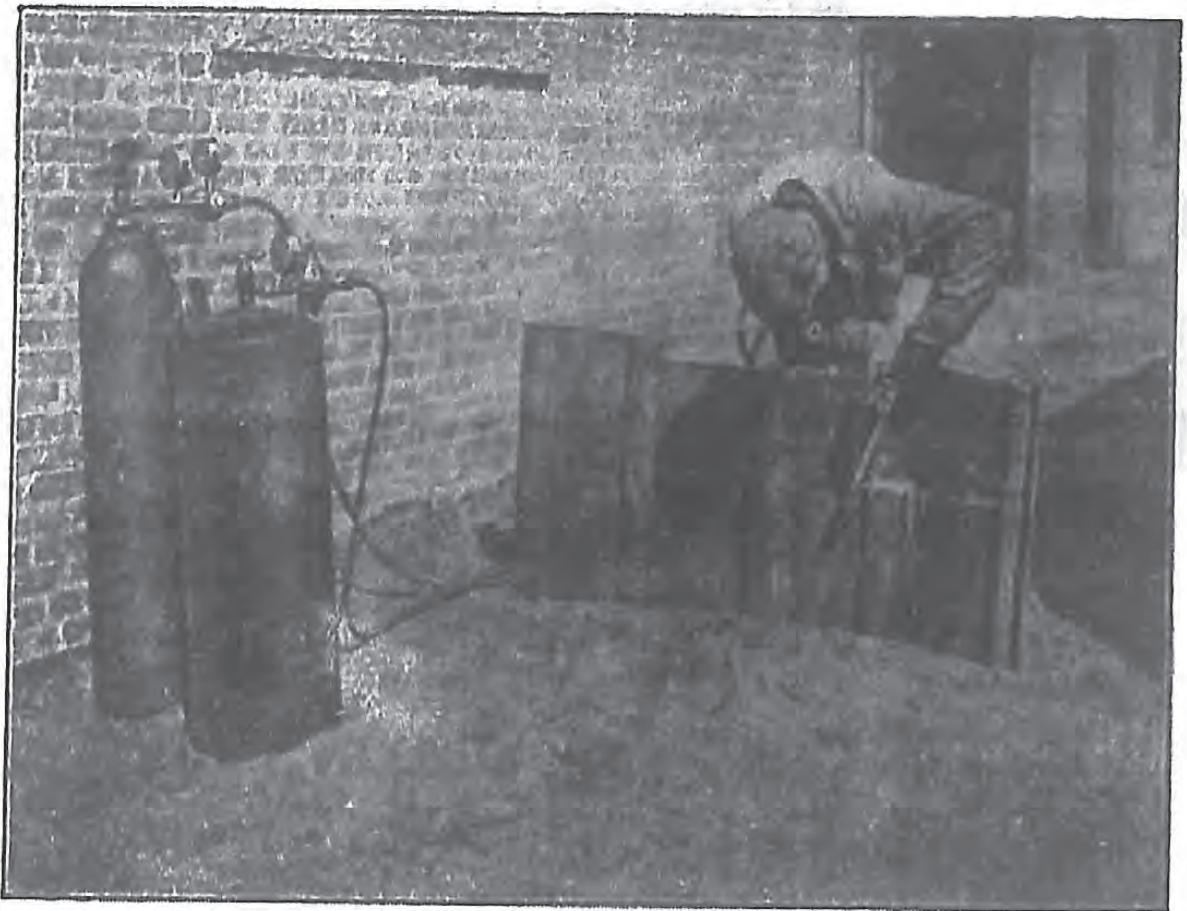


圖 43 氧炔焰

6. 有稀硫酸內含 $\frac{20}{100}$ 硫酸氫 (H_2SO_4)，今欲製成氫 100 公升，問需此酸重量若干？
7. 有鹽酸 100 公分，內含氯化氫 15%，加入充分之鐵片，問應發生氫若干體積？
8. 純氫通過熾熱之氧化銅，生成水 22.5g 問氧化銅失重若干？
9. 有一貯氣箱盛氫 250 公升，(a) 求氫之重量。(b) 應需電解水量若干？(c) 另生氧若干體積？

第 五 章

氣體之通性；分子動力學說

(一) 緒言 前章曾言氫氧二氣體一公升之重量各為 1.429 公分及 0.08987 公分，但此等重量，專就



圖 44 波以耳像

(Robert Boyle 1626—1692)

波氏英人，世所稱為化學之父也。其生平之最大事業，端在以試驗精神，輸入化學。

自有波氏，化學乃能在科學中獨樹一幟。

其在標準境遇時 (0°C , 760mm .) 而言。因一定量氣體之體積，恆隨壓力與溫度而變遷也。至於氣體與體積究與壓力及溫度有何種關係，是不可不明以下諸定律。

(二) 體積與壓力之關係：波以耳定律 (Boyle's law) 同量之氣體，壓力增則體積減，壓力減則體積增：此吾人所常見也。1662 年英國化學家 波以耳 發見氣體之體積與壓力之關係，用下法試驗之：

試驗18 如圖 45, A 爲一端密閉之彎曲玻璃管，由 B 口注入水銀，使兩管中水銀面，同在一平面上。此時短管 C 內空氣之壓力，與大氣相等(何故?)。由支持曲管之板上所刻之度數，得知短管內空氣之體積。次再由 B 口注入水銀，至短管內空氣之體積，爲前之二分之一時，由氣壓表量得大氣之壓力與兩管水銀柱之差所生之壓力之和，恰等於大氣壓力之二倍，即短管內空氣之體積等於

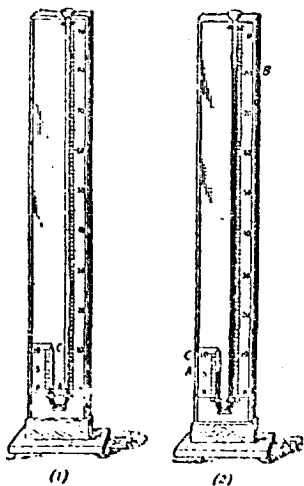


圖 45 增壓減積之試驗

前之二分之一時，則所受之壓力適為前之二倍也。若管極長，則更注入水銀，至短管內空氣之體積，為最初之三分之一時，其所受之壓力當為三倍。

以上試驗，乃就增壓減積者論之。茲就減壓增積者試之如下：

如圖 46，以一端密閉之管，注入水銀，留少量之空氣；以指緊閉管口，倒立於盛有水銀之器中，令管內外水銀同在一水平面時，測定管內空氣之體積，其壓力與大氣之壓力相等。今徐徐引上該管，則見管內之水銀面，漸較管外者為高；同時管內空氣之體積，亦逐漸增大。至空氣之體積等於前之二倍時，管內水銀所升之高，恰等於氣壓表之二分之一。即管內空氣之體積，增加一倍，則其所受之壓力僅為原有之半也。若再引上該管，至空氣之體積為最初之三倍時，則管中水銀所昇之高，適等氣壓表之三分之二，即空氣之壓力僅等於大氣壓力之三分之一也。

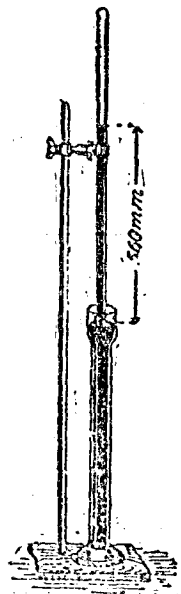


圖 46 積壓增減之試驗

由以上試驗結果，得波以耳定律如下；

當溫度一定時，某定量氣體之體積 (V)，與所受之壓力 (P) 成反比例。以式表之如下：

$$V \propto \frac{1}{P}$$

如某定量之氣體，其體積為 V 時，所受之壓力為 P；體積為 V' 時其壓力為 P'。依波氏定律。

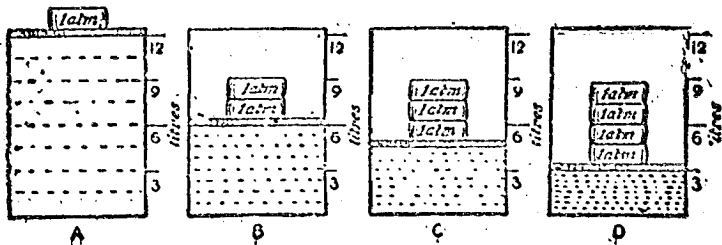
$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P};$$

或 $PV = P'V'$ 。

故波氏定律得另表之曰：

某定量氣體之體積與壓力相乘之積為定數 (Constant)。

茲用圖示法 (圖47) 表明波氏定律。學者試解釋之，並舉題數則，以資應用。



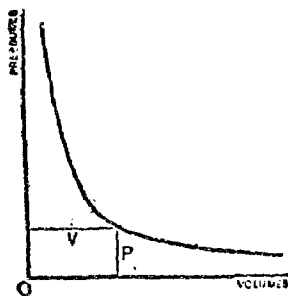


圖 47 $PV = \text{定數}$

問題1。有氣45CC.其壓力為770mm.若壓力變為750mm,其體積應為若干?

$$750V = 770 \times 45$$

$$\therefore V = \frac{770 \times 45}{750} =$$

問題2。有氣380c.c.其壓力為745mm.問當標準壓力時,其體積應為若干?

問題3。有一氣體,其壓力為740mm.體積為1200c.c.問體積變為1169c.c.時,其壓力應為若干?

問題4。某氣體之體積在一氣壓之下為75c.c.問壓力減為60mm時,其體積幾何?

(三) 體積與溫度之關係：查爾斯定律

(Charles'law)。凡物受熱則膨漲，遇冷則收縮。氣體之漲縮，比固液兩體尤為顯著。凡氣體之膨漲率恆為一定。茲試之如下：

試驗 取一底端密閉，口徑約一二公釐之玻管，內盛水銀少許，使 AB 內空氣與大氣隔離。次將玻管插入碎冰(0°C)內，則管內氣體收縮，水銀下降至 AB 之高度為止(假定 AB 為 273mm.)。

然後置移 100°C. 水蒸汽中，則氣體膨漲，水銀上升至 AB，其全長為 373mm. 故知 AB 內空氣每升高一度，則膨漲一公釐之高(玻管之膨漲，略去不計)，即膨漲其在 0°C 時體積之 $\frac{1}{273}$ 。由是得查爾斯定律：

當壓力一定時，某定量之氣體溫度每昇降 1°C，則其體積增減其在 0°C 時所佔體積之 $\frac{1}{273}$ 。



圖 48 試驗查氏定律

今有某氣體在一定壓力之下，當 0°C 時之體積為 V_0 ， t 度時之體積為 V ，依查氏定律得

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t \right) = V_0 \times \frac{273+t}{273}$$

設氣體溫度在 0°C 以下時，則 t 為負數。

若 $t = -273^{\circ}\text{C}$, 則 $V = V_0(1 - \frac{1}{273} \times 273) = 0$

即於 -273°C 時諸氣體之積爲零。此結果與事實不符。實際氣體未至此溫度以前，已爲液體或固體矣。

-273°C 較他溫度，有特異之點，因氣體若至此溫度，其體積應等於零，故謂之絕絕零度 (Absolute zero)。由絕對零度起以計算攝氏表度數，名曰絕對溫度。通常以 T 表示之，而攝氏溫度以 t 表示之。此二者之關係如下式：

$$T = 273 + t \quad \text{或} \quad t = T - 273$$

例如水之冰點 (0°C) 爲 273A 其沸點 (100°C) 爲 373A 是也。觀圖 49 自明。

今以絕對溫度 T_0 ($= 0^{\circ}\text{C} = 273\text{A}$) 時某氣體之體積爲 V_0 , T ($= 273 + t$) 時之體積爲 V , T' ($= 273 + t'$) 時爲 V' , 依查氏定律,

$$V = V_0 \times \frac{273+t}{273} = V_0 \times \frac{T}{T_0},$$

$$V' = V_0 \times \frac{273+t'}{273} = V_0 \times \frac{T'}{T_0};$$

$$\frac{V}{V'} \times \frac{V_0 \times \frac{T_0}{T'}}{V_0 \times \frac{T_0}{T}} = \frac{T}{T_0}$$

故查氏定律可另表之曰：

當壓力一定時，某定量氣體之體積與其時絕對溫度成正比例。

(四)體積與溫度及
壓力二者合併之關係：

查爾斯與波以耳定律

(Charles and Boyle's law)。

凡欲二種氣體比較其體積，須先將量得之各體積，再改

算為標準 (Standard Conditions) 時之體積，然後比較之。茲將氣體體積與溫度及壓力二者合併之關係，述之於下：

依波氏定律 $V \propto \frac{1}{P}$

依查氏定律 $V \propto T$

則據代數定理 $V \propto \frac{T}{P}$

改比例式為等式得 $V = K \frac{T}{P}$ (K為常數)

即 $PV = KT \dots\dots(1)$

命P。及V。為在0°C時之壓力及體積，則由(1)式得

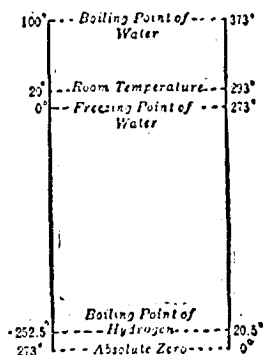


圖49平常溫度與絕對溫度之比較

$$P_0 V_0 = K \times 273$$

$$\therefore K = \frac{P_0 V_0}{273}$$

將K值代入(1)式得 $PV = \frac{P_0 V_0}{273} T$(2)

若 P_0 為 0°C 時之標準氣壓即等於 760mm., V_0 為 0°C 760mm 即標準境遇時之體積, 另以 V_s 顯明之則 (2) 式可變為:

$$V_s = V \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{760} \dots\dots\dots(3)$$

式(3)為推算氣體在標準境遇時所佔體積之公式, 學者宜熟記之。

又式(3)或可改易之如下:

$$P V = \frac{V_s \times 760}{273} \times (273+t) = R. T.$$

由是得查波兩氏定律:

氣體之壓力與體積相乘之積, 與絕對溫度成正比例。

(五)達爾頓分壓定律: (Dalton' law of partial pressures)。同溫度之二種混合氣體在同一容器中, 各能保持原有之壓力而不相犯; 其總壓力仍等於其分壓力 (Partial pressures) 之和: 是為達爾頓分壓

定律 (Dalton's law of partial pressures)。

設一體在水面上量之，其水蒸汽之分壓力即水蒸汽張力 (Vapor tension) 隨溫度而定。故計算該氣體之真正壓力時，須由總壓力減去當時水蒸汽之張力即得。例如某氣體在水面上當 19°C ， 752mm 。時量得體積為 175c.c 查 19°C 時水蒸汽之分壓力為 16mm (水蒸氣張力表見附錄) 故 $752 - 16 = 736\text{mm}$ 。為該氣體真正之壓力。若將該該氣體體積改算至標準境遇時之體積 V_s ，則依查波二氏之定律。

$$V_s = 175 \times \frac{736}{760} \times \frac{273}{273+t} = 158.4\text{c.c.}$$

茲舉數題，以示各定律之應用。

1. 有氧氣在 17°C 時，其體積為 160c.c 。問在 0°C 時，其體積當為若干？
2. 有一氣體在 -1°C 時，其體積為 250c.c 。問在標準溫度時，其體積當為若干？
3. 有一氣體在 10°C 時，其體積為 100c.c 問加熱至 30°C 時，其體積當為若干？
4. 已知氮在 10°C 時量得體積為 560c.c 。若加熱至 20°C 其體積當

爲若干？

5. 有一氣體當 22°C , 740mm 時，其體積爲 1050c.c. 求其在標準境遇時之體積。

6. 某定量之氫在水面上量得體積爲 45.30c.c. 其時溫度爲 22°C ，氣壓爲 738mm 。求其在標準境遇時之體積。

(六) 氣體定律之解釋：分子動力說 (Kinetic Molecular theory)

以上所述氣體諸定律，可用分子動力說解釋之。觀夫洋紅投水，全液通紅，溴液入瓶，滿瓶皆褐：是分子飛動之象徵也。茲將分子動力說要點，分述於下：

1. 凡氣體爲無數極微細粒所組成。此等微粒，謂之分子 (Molecules)。各分子間之距離，較其直徑爲甚大，故能漲縮自如。氣標在標準境遇時，其 1cc. 內之分子數爲 21×10^{18} ，而氫一分子之質量爲 0.04×10^{-18} 分子之小可知矣。

2. 氣體之分子具有完全彈性，恒以極大平均速度向各方取直線運動。分子經互相衝突或與器壁相撞擊後，仍能保持其原有之運動能力。

3. 氣體全部，皆當勻和，蓋吾人終不能自一種氣體中取出較重或較輕之部分也。由此可知凡同種氣體之各分子完全相同，異種氣體之分子則互異。凡氣體分子之質量小者其平均速度大，大者反是。故各種氣體之分子，其平均運動能力恒相同。果是，則同溫同壓下之同容積中，應各具有相同之分子數，此即所謂阿服加周之原理 (Avogadro principle) 也。

茲就數種物質在標準境遇時分子之大小，運動速度及平均自由行路等列表於下：所謂平均自由行路者，乃言一分子自發生運動之初以至與隣接分子相衝突其間之平均距離也。

名 稱	分子直徑(公釐)	平均自由行路(公釐)	分子運動速度(秒公尺)
氫	0.07203	0.0162	1837(攝氏零度)
氮	0.07181	0.04221	1311(,,)
水 蒸 汽	0.07339	0.0553	615(,,)
氧 化 碳	0.07286	0.0583	493(,,)

氫	0.07291	0.0583	492(, ,)
空 氣	0.07324	0.0585	485(, ,)
氧	0.07273	0.0588	461(, ,)
氫	0.07273	0.0589	413(, ,)
二氧化碳	0.07336	0.0557	397(, ,)

波氏定律之說明 氣體之壓力由於分子撞擊之結果。若氣體之體積減小時，則分子運動之徑路較短，其撞擊之次數即愈多，故壓力遂愈大。若氣體體積增大時則反是。

查氏定律定律之說明 氣體當溫度增高時，其分子運動之速度隨之而增大，即分子之運動能力亦隨之而增大，故其體積因以增大。若氣體溫度減低時則反是。

波查兩氏合併定律及達爾頓分壓力之定律，學者試用分子飛動說解釋之。

第 五 章 綱 要

標準境遇者，即氣體 0°C , 760mm . 之時也。

波以耳定律：當溫度一定時，某定量氣體之體積，與壓力成反比例。

$$\frac{V}{V} = \frac{P}{P}$$

查爾斯定律：當壓力一定時，某定量之氣體溫度每昇降 1°C ，則其體積增減其在 0°C 時所佔體積之 $\frac{1}{273}$ 。

$$V = V_0 \times \left(1 + \frac{1}{273}t\right)$$

查爾斯與波以耳定律：氣體之壓力與體積相乘之積，與絕對溫度成正比例。

$$\frac{PV}{P'V'} = \frac{T}{T'}$$

求標準境遇時之體積公式。

$$V_s = V \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{760}$$

氣體之事實與分子之相當關係。

氣體之事實	分子之相當關係
-------	---------

壓縮性	分子間之距離甚遠
擴散性	分子運動極速
無黏著性	分子有完全彈性
全部勻和	凡一物質之分子皆相同
壓力	由於分子撞擊之結果
<u>波以耳定律</u>	氣體之體積減小，則分子運動之徑路較短，其撞擊之次數即愈多，故壓力遂愈大。若氣體體積增大時，則反是。
<u>查爾斯定律</u>	溫度增高，即增加分子運動之速度，分子之運動能力亦隨增，故體積因以增大。

習 題

1. 氣體溫度與壓力對於體積之變化，較同體為顯著，何故？
2. 測量氣體體積之法若何？
3. 測定氣體密度最簡捷之法若何？
4. 試將在 15°C 及 741mm. 時之某氣體 189 c.c. 化為在標準環境

時之體積。

5. 試將在 -5°C 及 741mm .時之某氣體 110 c. c. 化爲在標準境遇之體積。

6. 試將在 25°C 及 760mm .時之某氣體 500c.c. 化爲在 18°C 及 745mm .時之體積。

7. 試將在 22°C 及 755 mm .時之某氣體 250 c. c. (在水面上)，化爲在 0°C 及 760mm .乾燥時之體積。

8. 有一 100 公升之鋼筒內，裝入 20°C 150 氣壓之氧，(a)求其在標準境遇時之體積。(b)此氧之重量幾何？(c)應需氣酸鉀若干？

第 六 章

原子學說 (The Atomic Theory) ; 分子量 (Molecular Weights); 原子量 (Atomic Weights)。

(二) 化合四定律

1. 物質不滅之定律 (The law of conservation of mass)。在各種化學變化時，其所用物質之量，與所生物質之量恒相等。即宇宙間物質不生不滅，不增不減。

2. 定數比例定律 (The law of definite composition)。化合物之成分，其重量恒有一定之比。

3. 倍數比例定律 (The law of multiple proportion)。甲乙二原質相化合，生成兩種以上之化合物時，若甲原質之量已為一定；則乙原質之重量在此數種化合物中，常成簡單整數之比。

4. 化合量定律 (The law of combining weights)。試觀察下表 (由實驗之結果)，可得化合量定律：

原 質 之 量		化 合 物 之 量	
氫 1g.	氧 7.94g.	水	8.94g.
氫 1g.	硫 15.90g.	硫化氫	69.90g.
氫 1g.	鈣 19.88g.	氫化鈣	20.88g.
硫 15.90g.	鈣 19.88g.	硫化鈣	35.78g.
硫 15.90g.	氧 7.94×2	二氧化硫	31.78g.

任何化合物中，各原質重量之比，可以一定數（各原質之定數不同）或以此定數之簡單整數倍表之。

(二) 原子學說 以上所述化合四定律，僅指明已然之事實，並未說明所以然。故立學說以明其原理，誠為不可少之事。1808年英國孟基思德 (Manchester) 大學教授達爾頓 (Dalton) 乃創立原子學說，其要點如下：

(1) 凡物質皆由極微質點所構成，此質點曰原子 (Atoms)。

(2) 同原質之各原子，其平均重量相等，性質相同；異原質之原子則互異。原子無論受何種變化時，其質量仍不變。

(3) 凡原質互相化合時，其原子各以一定數量之比相化合。

學者試根據原子學說，闡明上述化合四定律。

近代科學進步，對於原子學說，吾人應具以下三種重要概念：(1) 由研究鐳（放射原質之一）質結果，詔示吾人有數種較重之原子，漸次能分為他種較輕之原子；

(2) 在特殊狀態之下，許多較輕之原質，能分裂而生氮與氫；

(3) 一種原質有為性質相同重量各異之數種原子所組成。但此數種混合原子之平均重量，恒為一定。

(三) 分子量 據阿氏學說，氣體在同溫，同壓時，同體積中含有相同之分子數。故氣體或固體，液體之能變為氣體者，欲測定其分子量，須先測定其一定體積之重量，與同體積之某標準氣體之重量相比，即為某氣體之分子量。

例如氧 1 公升之量為 1.429g；氫一公升之量為 0.08987g；氮一公升之量為 1.2506g，故其分子量之

比爲： $1.429 : 0.08987 : 1.2506$ 。

如以氧爲分子量之標準單位，則上比改爲

$$1 : 0.0629 : 0.875$$

茲爲避免小數起見，可取氫爲標準單位，而成

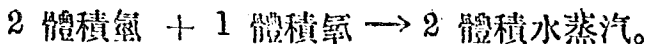
$$15.88 : 1.00 : 13.9$$

但氫在化學上居重要地位，爲計算便利計，應命其分子量爲完整之數，即 16，故終成爲

$$16 : 1.008 : 14.01$$

至 16 定爲氧之分子量，實際上是否適當，仍須繼續研究。

當氫與氧化合而成水蒸汽時，其體積之關係如下式：



假定一體積氧內含有 100 個分子，則 2 體積水蒸汽內應含 200 個分子（何故？）。而每一水分子，至少應具氧一原子；即 1 個氫之分子，至少係由 2 原子氧所組成（其後始確定氧一分子爲二原子所成）。氫之組成亦然。故實際上定 16 爲氧之原子量，而 32 爲氧

之分子量。餘類推。

(四)公分分子體積 (Gram-molecular volume)

吾人既定氧之分子量為 32，若求得氧在標準境遇時 32 公分所佔之體積，以此推測各種氣體之分子量，甚為便利。已知氧在標準境遇時一公升之重為 1.429 公分，則 $\frac{32}{1.429} = 22.4$ 公升，即為 32 公分氧所應佔之體積。所謂 22.4 公升者，

即 11.1 吋高之立方體之容積也 (圖 50)。凡

22.4 公升氣體中所含分子之數皆相等，其重量即係同數分子之量，亦即能示各物質分子之比較重量，所謂分子量

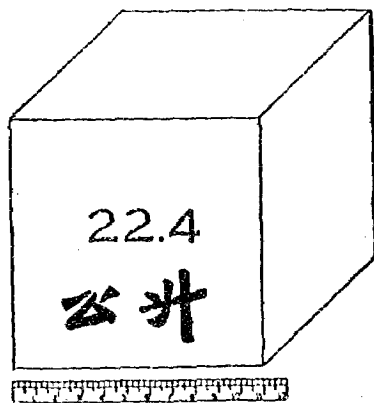


圖 50 G. M. V.

是也。故 22.4 公升名曰公分分子體積；此體積所含分子之重量，名曰公分分子量 (Gram-molecular weight)。

(五)公分分子量之量法 欲求一物質之公分分子量，先將該物質在某溫度某壓力下化為氣體，取

其一定體積計其重量，更化其體積至標準境遇，再由比例計算其 22.4 公升之重量即得。下表為氣體或蒸氣每一公升及 22.4 公升之重量。

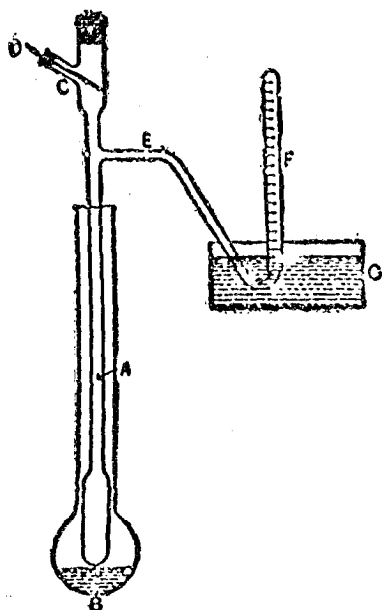
氣體或蒸氣	每一公升之重量 0° 及 760 mm.	每 22.4 公升之重量 (分子量)
氫	0.090	2.016
氧	1.429	32.00
氮	3.166	70.62
氯化氫	1.628	36.468
二氧化碳	1.965	44.00
水蒸氣	0.8045	18.016
空氣	1.293	28.955

(六)由蒸氣密度 (Vapor density) 測定分子

量法 例如某氣體當 $t^{\circ}\text{C}$, pmm . 時其 V_{cc} . 之重量為 W , 則該物質之分子量 M , 可由下式求得。

$$W : \frac{pv}{t+273} = M : \frac{76 \times 22,400}{273}$$

$$\therefore M = \frac{w \times 76 \times 22,400 \times (t+273)}{273 pv}$$



試驗：維克他麥雅法

(Method of Victor Meyer) 裝置如圖51，玻管A置入熱液器B中，B內盛有沸點一定，並須較欲測之物質為高

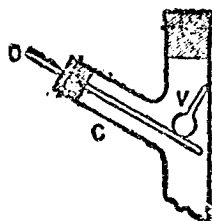


圖 51 維氏測分子量裝置

之液體。A端以橡皮塞密閉，其枝管E通入水槽G內。次煮沸B內液體令A內空氣受熱膨脹由E管逸出，至A內溫度一定時，則氣泡停止。另用刻度管F滿盛以水而倒置於E管口上。小玻管V內封入已知重量之欲測物質，抽動玻棒D，即墜落A底，V管立碎，而管內物質，即全部化為氣體，A管上部空氣，被壓而入F管至一定體積為止。即啓

A 端之塞，以防水之逆流。

問題 設有某物質 0.1146 公分由上法測定 F 內之氣體體積為 36.3cc. 當時溫度為 11°C . 壓力為 752mm. 求該物質之分子量 (11°C 水蒸汽之壓力為 6.84mm.)。

(七) 由分子量測定原子量 (Atomic weight)

原質之化合量，或其簡單倍數中，何者為該原質之精確原子量，舉例說明，最易了解。例如已求得氮之化合量為 7.005，而欲決定此值或其簡單倍數 14.01 或 21.015 之中，何者為其原子量，須先測定已知許多氮之氣體化合物 22.4 公升之重，將此等值列於下表第一行：

氣體化合物之名稱	分子量 (22.4 公升)	由實驗所得 氮之百分率	一分子量 中之氮量
氮	27.95	100.00	27.95
一氧化二氮	44.13	63.70	28.11
一氧化氮	30.00	46.74	14.02
硝酸	17.05	82.28	14.03
硝酸	63.75	22.27	14.30

次將此等化合物一一詳慎分析之，以確定其所含氮之百分率，並將所得之值寫於第二行。以氮百分率乘各

化物之分子量，其積即為一分子量中之氮量，然因分子為原子所構成，故分子量中之氮量，應表其所存氮原子量之和。表中末行之數極近 14 或 14 之 2 倍，然無近於 7 者，查驗多數氮化合物中有僅含一原子者，而因氮化合物分子量中氮量之值，無小於 14 ，故氮之原子量定為 14 ，而非 7 或 21 或 28 也。

氣體一定體積之重，極難精測，因此氣體之分子量由實驗測定者每有極顯著之誤差。故含氮之各種氣體 22.4 公升中之氮量亦不甚確，觀表中末行之值便知，此等數目不過指明氮之真確原子量極近 14 而已。惟其化合量精確之值係 7.005 ，故精密之原子量應為此數之二倍，即 14.01 也。

總之欲定原質之原子量，應經以下數層之手續：

1. 以分析法確定其化合量。
2. 取該原質之多數氣體化合物，定其 22.4 公升之重，並以分析法定其分子量中該原質之量，所得最小之數，為其原子量之近似數，
3. 以整數(1,2,或3)乘化合量，使所得之數與前

所得之近似原子量相近，即爲精確之原子量。

上述測定原子量法，限於其化合物之有揮發性者；倘爲不能揮發之化合物，而欲求其原質之原子量，則須用下法：

用比熱測定原子量。考各種固體之原質，若加熱而使其溫度增加一度，則所需之熱量各不相同。凡某固體物質由 0°C 熱至 1°C 所需之熱量，與同量之清水由 0°C 熱至 1°C 所需熱量之比，謂之比熱 (Specific heat)。此種比熱可由實驗測定之，於化學中頗爲有用。蓋有化學家名德龍及柏弟氏者 (Dulong and Petit)，考得一定律：凡原質之原子量與其比熱相乘，恒約爲 6.25 之數稱此數爲原子熱。故得公式如下：

$$\text{原子量} \times \text{比熱} = \text{原子熱} = 6.25$$

$$\text{At. Wt.} \times \text{Sp. Ht.} = \text{At. Ht.} = 6.25$$

原 子 熱 表

原 質	At. Wt.	Sp. Ht.	At Heat
錳	7	0.910	6.25

鈉	23	0.29	6.7
鉀	39	0.166	6.5
鈣	40	0.170	6.8
鐵	56	0.112	6.3
銅	63	0.112	5.6
鋅	65	0.093	6.1
銀	108	0.056	6.0
錫	119	0.054	6.5
金	197	0.032	6.3
銻	200	0.032	6.4

此公式甚為有用，蓋由此式可變得下式。

$$\text{原子量} = \frac{6.25}{\text{比熱}}$$

故若某原質不知其原子量，則可先以實驗測定其比熱，乃以此比熱除6.25。其所得之數即為該原質之原

子量矣。今設一例以明其用。例如欲求銻之原子量，先以實驗測得銻之比熱為 0.032，故用上式，銻之原子量當為 $\frac{6.25}{0.032}$ 即近 200 也。

第 六 章 之 綱 要

化合量者，某原質與氧 8g. 化合或替換時所需之重量也。

原子學說 (1) 凡物質皆係原子所構成。

(2) 同原質之各原子，其平均重量相等，性質相同。異原質之原子則互異。

(3) 凡原質互相化合時，其原子各以一定數量之比相化合。

公分分子量 在標準境遇時，22.4 公升所含氣體或蒸氣之重量，各曰公分分子量。22.4 公升謂之公分分子體積。

原子量 原子量者，在各種揮發性化合物之分子量內原質之最小量也。

分子量測法之一

$$M = \frac{W \times 76 \times 224000 \times (1 + 273)}{273pv}$$

原子量之測法

(a) 用化學分析法

$$\text{原子量} = \frac{6.25}{\text{比熱}}$$

習 題

1. 試述物質不滅之定律與原子學說之關係。
2. 試述下列各語之意義：
(a) 原質之原子。(b) 原質之分子。(c) 化合物之分子。
3. 何以選擇 22.4 公升為氣體體積單位。
4. 一公升之氧在 N.P.T. 時，權其重量為 1.429 g. 求氧之分子
量。
5. 某氣體在 N.P.T. 時，一公升重量為 2.1g 求該氣體之分子量。
6. 某氣體當 18°C, 750 mm 時，其 250c.c. 之重量為 2.5g 求其
分子量。
7. 二氧化硫之密度為 0.00286，求其分子量。
8. 鐵之比熱為 0.012，其化合量為 27.92 求其原子量之確數。
9. 沼氣之分子式為 CH₄，其公分分子量為若干？此重量能佔若干
體積？又此氣 1 公升之重為何？

10. 試由下列硫黃化合物之已知值， 求出硫黃原子量之近似數。

化 合 物	分 子 量	含 硫 之 百 分 數
硫 化 氫	34.08	94.06
三 氧 化 硫	80.06	40.04
一 氯 化 硫	135.04	47.24
二 硫 化 碳	76.12	84.24

11. 上題如已知硫黃之化合量為16.03%試求其精密之原子量。

12. 今用一氏法測定酒精之分子量， 已知之值如下， 試計算之。

酒精之重量..... 0.1g

刻度管 F 內空氣之容積.....55cc.

氣溫.....20°C

氣壓.....750mm.

20°C 時水蒸汽壓力.....17.51 mm.

第 七 章

符號 (Symbols) 分子式 (Formulas)

化學方程式 (Chemical equations)

(一) 符號 各原質之名稱，瑞士化學家白則里氏 (Berzelius 1779—1848) 創造一種簡易之符號表之。造符號之法約分爲三種：(一)取原質之西名第一字而成者。例如 O 爲氧(Oxygen), H 爲氫 (Hydrogen), C 爲碳 (Carbon), B 爲硼 (Boron) 等是也。(二)有二種以上原質之西名，其第一字母相同，則須另加一字母以別之。例如碳之西名爲 Carbon 氯之西名爲 Chlorine, 又如硼之西名爲 Boron, 溴之西名爲 Bromine; 既以 C 及 B 爲碳及硼之符號，故氯之符號另以 Cl 表之，溴之符號以 Br 表之，以示區別。(三)有以原質之拉丁名之首數字母爲符號者，例如鐵之拉丁名爲 Ferrum, 故以 Fe 表之，銅之拉丁名爲 Cuprum, 故以 Cu 表之。金爲 Au 以其拉丁名爲 Aurum 也，銀爲 Ag, 以其拉丁名爲 Argentum 也。此種符號不僅代表各原

質之名稱，而且表示各原質之原子量。例如符號 O 不僅代表氧氣，而且表示氧之原子量為 16 也。

萬國原子量表 (1931)

Aluminum	Al	鋁	26.97	Cobalt	Co	鈷	58.94
Antimony	Ab	銻	121.77	Columbium	Cb	鈷	93.1
Argon	Ar	氬	39.94	Copper	Cu	銅	63.57
Arsenic	As	砷	74.93	Dysprosium	Dy	鐳	162.52
Barium	Ba	鋇	137.37	Erbium	Er	鐳	167.7
Beryllium	Be	鈹	9.02	Europium	Eu	鐳	152.0
Bismuth	Bi	鉍	209.00	Fluorine	F	氟	19.0
Boron	B	硼	10.82	Gadolinium	Gd	釷	157.26
Bromine	Br	溴	79.92	Gallium	Ga	銻	69.72
Cadmium	Cd	鎘	113.41	Germanium	Ge	錳	72.60
Caesium	Cs	銫	132.81	Gold	Au	金	197.2
Calcium	Ca	鈣	40.07	Helium	He	氦	4.00
Carbon	C	碳	12.00	Holmium	Ho	釷	163.4
Cerium	Ce	鈰	140.13	Hydrogen	H	氫	1.008
Chlorine	Cl	氯	35.46	Indium	In	銻	114.8
Chromium	Cr	鉻	52.01	Iodine	I	碘	126.93

Iridium	Ir	銥	193.1	Potassium	K	鉀	39.096
Iron	Fe	鐵	55.84	Praseodymium	Pr	鐳	140.9
Krypton	Kr	氬	82.91	Radium	Ra	鐳	225.96
Lanthanum	La	銲	138.60	Rhodium	Rh	銲	102.91
Lead	Pb	鉛	207.20	Rubidium	Rb	銣	85.41
Lithium	Li	鋰	6.94	Ruthenium	Ru	銩	101.1
Lutecium	Lu	鑷	175.0	Samarium	Sm	釷	150.4
Magnesium	Mg	鎂	24.32	Scandium	Sc	釷	45.10
Manganese	Mn	錳	54.93	Selenium	Se	硒	79.2
Mercury	Hg	銻	200.61	Silicon	Si	矽	28.06
Molybdenum	Mo	鉬	96.0	Silver	Ag	銀	107.88
Neodymium	Nd	釷	144.27	Sodium	Na	鈉	22.997
Neon	Ne	氖	20.2	Strontium	Sr	銣	87.63
Nickel	Ni	鎳	58.69	Sulfur	S	硫	32.06
Niton (radium emanation)	Nt	釷	222.4	Tantalum	Ta	鎢	181.5
Nitrogen	N	氮	14.008	Tellurium	Te	碲	127.5
Osmium	Os	銻	190.8	Terbium	Tb	銩	159.2
Oxygen	O	氧	16.0	Thallium	Tl	鉛	204.39
Palladium	Pd	鈀	106.7	Thorium	Th	鈾	232.15
Phosphorus	P	磷	31.027	Thulium	Tu	銩	169.4
Platinum	Pt	鉑	195.23	Tin	Sn	錫	118.7

Titanium	Ti 鈦 47.5	Ytterbium (Neoytterbium)	Yb 鐳 173.5
Tungsten	W 鎢 184.0	Yttrium	Y 鈦 88.9
Uranium	U 鈾 238.17	Zinc	Zn 鋅 65.38
Vanadium	V 釩 50.96	Zirconium	Zr 鈷 91.22
Xenon	Xe 氙 130.2		

(二) 分子式 原質之分子，有爲二分子所組成者，如氫氧等是也。有爲三個以上原子所組成者，如臭氧，磷等是也。此等分子表示之法，即在原質符號之右腳，作數字以表之。例如 H_2, O_2, O_3, P_4 等是也。至於化合物之符號，爲各原質之符號合併而成。例如水爲二原子氫，與一原子氧化合而成，故其符號爲 H_2O 。又硫酸爲氫二原子，硫一原子，及氧四原子所組成，故其符號爲 H_2SO_4 。凡以符號表示原質或化合物一分子之式，謂之分子式 (Formula)。即如 H_2, H_2, O_3, P_4, H_2O 及 H_2SO_4 等是也。

分子式中之原子團，可以括弧顯之。例如 $Ca(OH)_2$ 爲氫氧化鈣(熟石灰)之分子式，表示此分子內含鈣一原子，及氧與氫各二原子也。又吾人欲表示二個以上

之分子，即於分子式之左以數字表之。例如 $2O_2$ 表示氧二分子， $5H_2O$ 表示水五分子是也。

(三) 分子式之涵義 分子式之構成，既如上述，今進而研究分子式之涵義，並舉硫酸之分子式 H_2SO_4 爲例，此式表示：

(1) 硫酸一分子；

(2) 硫酸爲二原子氫，一原子硫，及四原子氧所組成；

(3) 氫重2.016分，硫重32.07分，氧重 4×16 或64分。

(4) 硫酸之分子量爲 $2.016 + 32.07 + 64 = 98.086$

(四) 由分子量求分子式 例如吾人由第六章已知水蒸氣之分子量約爲 18，並由第三章已知其氫氧組成重量百分數各爲 11.19% 與 88.81% 則

$$18 \times \frac{11.19}{100} = 2 = \text{氫二原子} (2H) ;$$

$$18 \times \frac{88.81}{100} = 16 = \text{氧一原子} (O)。$$

故水之分子式當爲 H_2O 。

(五) 由分子式求組成率 吾人如已知化合物之分子式，則由萬國原子量表可算出該化合物中所含

各原子質重量之百分率。例如氯酸鉀之分子式爲 KClO_3 ，鉀之原子量爲 39，氯 35.5，及氧 16。該式表示：

鉀重……………39.0分
 氯重……………35.5分
 氧重…………… $3 \times 16 = 48.0$ 分
 氯酸鉀重……………122.5分

故氯酸鉀含

$$\frac{39}{122.5} = 0.318 \text{ 或 } 31.8\% \text{ 鉀,}$$

$$\frac{35.5}{122.5} = 0.290 \text{ 或 } 29.0\% \text{ 氯,}$$

$$\text{及 } \frac{48}{122.5} = 0.392 \text{ 或 } 39.2\% \text{ 氧.}$$

問題1. 書出下列各原質之符號：

鈉，硫，鉀，磷，錳，鎂，銻，銀，鉑，鉛，鐵，碘。

問題2. 書出下列各符號之名：

B, F, I, Ag, Au, Cu, Sn, Sb, Ra, Zn.

問題3. 試述下列各分子式所表之事實：

CuSO_4 , 3NaCl , $2\text{H}_2\text{O}$, P_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $5\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

問題4. 計算下列各化合物中所含原質之百分率：

水，食鹽，生石灰，石膏，硫酸，蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)。

問題5. 吾人分析酒精結果，含碳 52.17%；氧 34.79%；氫 13.13%。其分子量約為 46 求酒精之分子式。

(六)化學方程式 符號與分子式為表示物質之質與量之精巧方式，故可利用之以表示化學變化之前因與後果。按物質不滅之定律每原質之量，對於化學變化之前後恒相等，故化學變化之歷程可以方程式表示之。

吾人在寫方程式以前，須瞭解：

- (1) 應起之變化；
- (2) 所用之物質；
- (3) 所得之物質；
- (4) 所用及所得物質之分子式。

(七)方程式之作法 初學作方程式時，須分為五步。

(1) 將作用物質之分子式，列在左方，以(+)連結之；並以矢號(——→)表示化學作用之方向。

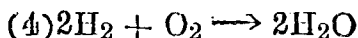
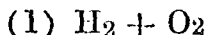
(2) 將所得物質之分子式，列在矢號之右方。

(3) 修正右方分子式之倍數。

(4) 修正左方分子式之倍數。

(5) 覆核雙方各物質之原子總數，務求相等。茲

舉氫與氧化合成水方程式之步驟：

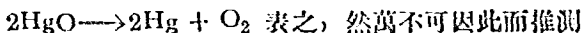


(5) 右方水 2 分子含有氫 4 原子，左方氫 2 分子所含氫原子之數亦加之。左方一分子氧所含原子之數，適與右方二分子水所含者相等。故成完足方程式。

注意：

(1) 化學方程式，不過用以表明某種已知之化學變化，而不可以方程式推測某種未知之化學變化。

例如氧化銻加熱，可分解為氧及銻，故可用



表之，然萬不可因此而推測

鐵之氧化物，加熱亦有同樣之分解，而以 $2\text{FeO} \rightarrow$

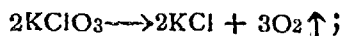
$2\text{Fe} + \text{O}_2$ 表之：因實際上 FeO 並無此作用也。

(2) 據阿氏之假說，凡氣體之分子數同，其體積必等。故 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 亦即所以表明氫二體積與氧一體積化合而生二體積之水蒸氣也。

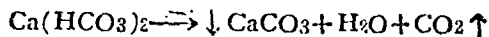
(3) 分子式前數字，係表示全分子之倍數， $2\text{H}_2\text{O}$ 式與 $2(\text{H}_2\text{O})$ 相同，即兩分子之中含有氫 4 原子，氧二原子之謂也。

(4) 當平衡方程式時，切不可改易分子式之內容，而強求適合。

(5) 化學變化時所生之物質如為氣體，可於其分子式之右標 ↑ 號。例如：



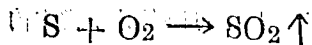
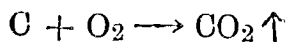
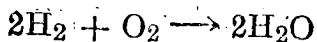
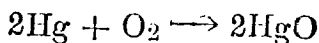
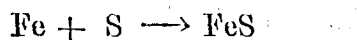
倘係沉澱，則於其分子式之左標 ↓ 號。例如：



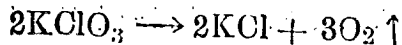
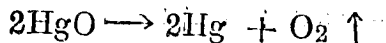
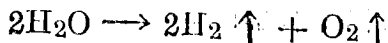
若為液體或成溶液則無庸標明，如上例之 KCl 與 H_2O 是也。

(八) 化學變化之種類 化學變化，大別為五種；

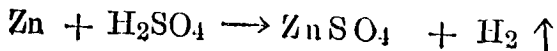
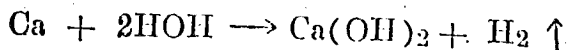
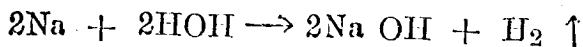
(1) 化合 (Direct Combination)。二種或多種物質互相結合而生一種新物質者，謂之化合。例如：

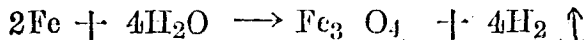
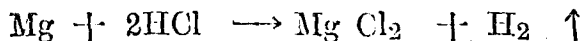


(2) 分解 (decomposition) 一種物質分離而生二種或多種之新物質者，謂之分解。例如：

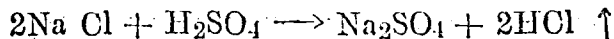
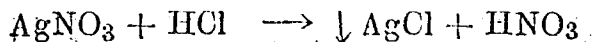


(3) 替換 (displacement) 一原質與一化合物起化學變化而生另一原質與另一化合物者，謂之替換。例如：

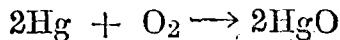




(4) 複分解 (double decomposition) 二種化合物互相作用而生二種新化合物者，謂之複分解。例如：



(5) 氧化與還元 (Oxidation and reduction)



第七章之綱要

化學符號係代表某原質之一原子，及其原子量。

分子式表示某物質之組成。

化學方程表示某種化學變化之前因與後果。且雙方各原質之原子總數，務必相等。

吾人在寫方程式以前，須瞭解：

(1) 應起之變化。

- (2) 所用之物質。
 (3) 所得之物質。
 (4) 所用及所得物質之分子式。

方程式之作法：

- (1) 將所用物質之分子式。列在左方，以(+)號連結之，並以矢號(→)表示化學作用之方向。
 (2) 將所得物質之分子式，列在矢號之右方。
 (3) 修正雙方分子式之倍數。
 (4) 覆核雙方各物質之原子總數，務求相等。

化學變化之種類：

- (1) 化合；(2) 分解；(3) 替換；(4) 複分解；
 (5) 氧化與還元。

習 題

1. 符號與分子式有何區別？
2. 試述下列各分子式之意義：

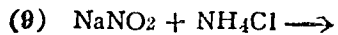
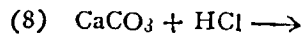
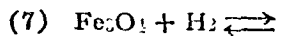
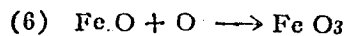
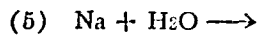


3. 計算下列各化合物之組成率：

氧化銅 (CuO)；二氧化碳 (CO₂)；大理石 (CaCO₃)；四氧化

三鐵 (Fe_3O_4) 硫酸鋅 (ZnSO_4)。

4. O_2 與 2O , H_2 與 2H 各有何區別?
5. 分解與複分解何別?
6. 書出 H_2O 與氫氧之可逆反應方程, 氧化鋇與鋇氧之可逆反應方程。
7. 鋅與硫加熱而成硫化鋅, 書出其反應方程。
8. 鋁與鹽酸作用而成氯化鋁 (AlCl_3) 書出其反應方程。
9. 錫在空氣中加熱而成 SnO_2 。書出其反應方程。
10. 二氧化碳通過石灰水而成 CaCO_3 之沉澱。書出其反應方程。
11. 有一化合物含鎂 5.93%, 及氧 94.07%; 並測定其分子量約為 34. 求其分子式。
12. 食鹽之分子量約為 58, 含有鈉 39.34% 及氯 60.65%。求其分子式。
13. 完成下列各方程, 並註明其反應之種類:
 - (1) $\text{KClO}_3 \longrightarrow$
 - (2) $\text{Al} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
 - (3) $\text{Fe} + \text{HCl} \longrightarrow$
 - (4) $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow$

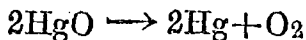


第 八 章

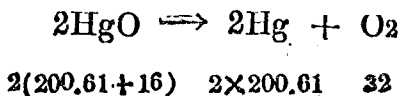
化學計算法 (Chemical Calculations)

(一)計算之重要 化學方程式，對於工業化學家甚關重要。蓋製造物質時，關於應需之原料及應得之產品，均得藉化學方程式而算出各種物質應有之重量。庶幾原料不致虛糜，而產品之額，亦可以預算矣。

(二)化學方程係定性兼定量 化學方程式不僅示吾人以所用及所得之物質(定性的)，並能表明在反應中各種物質比較之重量(定量的)。例如氧化錄加熱，分解為錄及氧，其方程式如下：



即氧化錄 2 分子分解而成錄 2 分子與氧一分子。今已知錄之原子量為 200.61, 氧之原子量為 16; 以上方程式中各物質之重量，可以註明之如下：



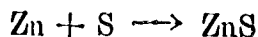
或 423.22 401.22 32

故此方程式可讀爲 423.22 分之氧化錒分解後，可得錒 401.22 分及錒 32 分也。

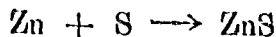
(三) 計算重量之步驟 初學計算重量時，須經過下列六種步驟。茲舉例以明之。

例：有硫黃 100 公分與適量之鋅加熱化合，能生硫化鋅若干？

第一 書出化學方程式：



第二 註明各分子量：



65.37 32.064 97.434

第三 讀曰：鋅 65.37 分與硫黃 32.064 分化合，可得硫化鋅 97.434 分。

第四 復誦原題，並書 100 於 32.07 之下，x 於 97.434 之下：



32.064 97.434

100 x.

第五 讀曰：硫黃 32.064 公分能得硫化鋅 97.434 公分，故硫黃 100 公分，應得硫化鋅 x 公分。

第六 列出比例式。

$$32.064:100 = 97.434:x$$

$$\therefore x = \frac{97.434 \times 100}{32064} = 303.8g$$

故用硫黃 100 公分與適量之鋅相化合，可得硫化鋅 303.8 公分也。

注意：1. 上題符號 Zn 及 S，係各表示鋅及硫之原子量，不可誤會為鋅及硫黃各一分。

2. 上列六步如計算純熟，即可省時。初學者慎勿忽視步驟，致涉錯誤。

3. 留意填註數字之地位。方程式中某分子，如無關題旨，無庸註明其分子量。

問題1. 有鐵粉 10 公分與適量之硫黃相化合，可得硫化鐵若干？

問題2. 設欲得銻 50 公分，當用氧化銻若干？

問題3. 設用氧化銻 216.6 公分加熱分解之，可得銻及氧各若

干?

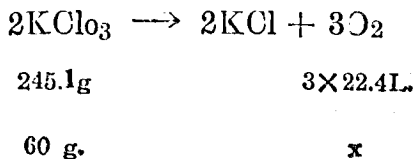
問題4. 設用 1 公斤之鐵，與適量之硫酸以製氫氣，可得氫若干體積?

問題5. 應用若干重量之錳，可使 45 公分之 Fe_3O_4 還原而成鐵?

(四) 關於重量與體積之計算 凡問題之關於重量與氣體之體積者，須先列出其方程式，並將關係物質之重量與體積填入，即可運算。茲舉例於下：

設有氯酸鉀 60 公分，加熱分解後，可得氧若干體積（在標準境遇時）?

先書出其方程式，並填註其重量與體積。

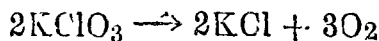


本題即為：氯酸鉀 245.1 公分在 0°C 及 760mm. 時生氧 67.2 公升，問氯酸鉀 60 公分，能生氧若干公升？
用比例式：

$$245.1:60 = 67.2:x$$

$$\therefore x = \frac{67.2 \times 60}{245.1} = 16.4L.$$

別法：依計算重量之步驟，求得60公分氯酸鉀應得氧之重量。



$$245.1 \qquad \qquad \qquad 96$$

$$60 \qquad \qquad \qquad x$$

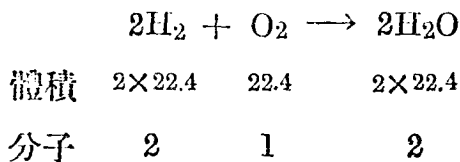
$$245.1:60 = 96:x$$

$$x = \frac{96 \times 60}{245.1} = 23.5g$$

已知氧之密度(1公升之重)爲 1.43 故氧之體積V可依下式求出之。

$$V = \frac{23.5}{1.43} = 16.4L.$$

(五)相對體積 (Relative Volume) 設問題中僅求各種氣體在化學反應中之相對體積，則計算較易。例如水蒸氣組成時，應需氫氧體積各若干？先書出其分子方程式：



因等數分子之氣體，佔有同大之體積。故氫與氧分子數之比為 2:1 亦即所以示其相對體積之比也。同理氫與水蒸氣體積之比為 1:1，氧與水蒸氣之比為 1:2。

第 八 章 之 綱 要

化學方程具有三要件。

- (1) 定性的 (qualitatively) ;
- (2) 定量的 (quantitatively) ;
- (3) 分子的 (Molecularly)。

化學計算之程序：

- (1) 書出完全方程式；
- (2) 註明每關係式所表之重量或體積；
- (3) 註明已知者及所求者之量（所求之量，以 x 表之）；
- (4) 細審題意，列出算式。

習 題

(1) 求下列各化合物中各原質組成之百分率：

1. 水, 2. 食鹽, 3. 氯酸鉀, 4. 硫酸。

(2) 問 200 公分之水中, 含有氫氧之量各幾何?

(3) 今欲得20公分之氧, 問應需氧化銻若干?

(4) 鋅與下列各適量稀酸相作用時, 欲得氫 100 公升, (在標準境遇時) 應需鋅各幾何?

1. HCl. 2. H₂SO₄

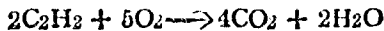
(5) 有鋅 10 公分與稀硫酸 100 C. C. (內純含硫酸 25 公分) 相作用, 試算出所生氫氣之量。

(6) 今欲還原 10 公分之黑色氧化銅, 應需氫若干公升?

(7) 今欲得氫 10 公升 (在 15°C, 745 m m. 時) 問需若干重量之鋅與適量硫酸相作用?

(8) 氯酸鉀 100g. 受熱盡量放出氧氣, (a) 能得氧若干體積?
(b) 剩餘何物? 並求其重量。

(9) 有電石氣 (Acetylene C. H.) 100公升燃燒時, (a) 應需氧體積幾何? (b) 生成二氧化碳若干體積?



(10) 二氧化碳一公升通過石灰水時，生成碳酸鈣之重量若干？

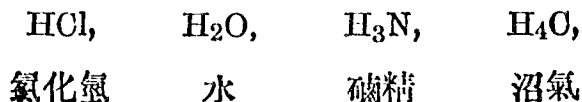
(11) 一氧化碳 100 公升燃燒時，生成二氧化碳若干體積與重量？

(12) 某化合物含有碳 26.5%；氫 2.2%，餘為氧。其分子量約為 90，求其分子式。

第 九 章

原子價與構造式(Valence and Structural Formula)

(一)原子價之定義 試觀察下列四種氫之化合物：



氯化氫爲氫一原子與氯一原子化合而成；水爲氫二原子與氧一原子化合而成；氨精爲氫三原子與氮一原子化合而成；沼氣爲氫四原子與碳一原子化合而成。其他化合物之原質亦有相類之性質。凡各種原質之原子互相化合時，其應需配合之數，謂之原子價(Valence)。

(二)原子價之量法 氫一原子，至多祇能與他原質之一原子化合，故化學家定氫之原子爲原子價之單位，藉以測定其他原質之原子價。例如氯與氫各得一原子互相化合而成 HCl，其互相化合之力已足。故氯亦稱爲一價原質 (monovalent)。氧一原子必須與

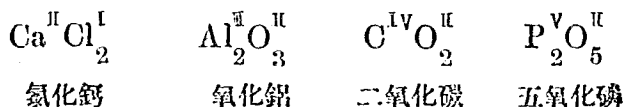
二原子始成一分子之水，是氧必與氫二原子結合，其化合之力始足。故氧之原子爲二價 (Bivalent)。同理礪精中氮之原子爲三價 (Trivalent)，沼氣中碳之原子爲四價 (Tetravalent)。餘可類推。原質之不能與氫直接化合者，亦可間接以求之。例如銻不與氫直接化合，然能與氯直接化合而成氯化銻 (SbCl_3)；故可推知銻爲三價原質，餘亦可類推。原子之價未有過於八者。

(三) 原子價之記法 原子價之標識，每於原質符號之傍，附以點，線，或於符號右肩標明羅馬數碼，以表示原子價之數。如下表所示：

一價	H.	H ⁻	H, ^I
二價	O:	O ⁼	O, ^{II}
三價	N:	N [≡]	N, ^{III}
四價	·C·	·C·	C, ^{IV}

(四) 原子價與化合比例 凡數種原質化合而成化合物時，其各原質之比例，恒視其原子價而定。原子價相同之二原質化合時，各原質原子之數常相等，例如 H^ICl^I ， Na^ICl^I ， $\text{Zn}^{II}\text{O}^{II}$ ， $\text{Fe}^{II}\text{S}^{II}$ 等是也。原子

價互異之二原質化合時，則一原質原子之原子價總數必與他原質原子之原子價總數相等。例如下列各分子式是也。



原子團亦可以價數表之。例如苛性鈉(NaOH)內之氫氧根(OH)與鈉一原子相結合。既知鈉爲一價，則OH當爲一價矣。又硫酸(H₂SO₄)內之硫酸根(SO₄)，碳酸(H₂CO₃)內之碳酸根(CO₃)，均與氫二原子相結合，故各爲二價。此外磷酸(H₃PO₄)內之磷酸根(PO₄)當爲三價，矽酸(H₄SiO₄)內之矽酸根(SiO₄)當爲四價。餘可類推。

(五) 原子價表 茲將重要原質及原子團之原子價列表於下，學者須熟記之。

一 價	二 價	三 價	五 價
H	Ca	Al	N(N ₂ O ₅)
Cl	Ba	Fe(高鐵)	P(P ₂ O ₅)
Br	Mg	Cr	AS(AS ₂ O ₅)
I	Zn	Sb	六 價
F	Pb	Bi	S(SO ₃) Cr(CrO ₃)
Na	Ni	AS(ASH ₃)	W
K	Co	B(B ₂ O ₃)	七 價
Ag	Mn	N(NH ₃ , N ₂ O ₃)	Cl(Cl ₂ O ₇) Mn(Mn ₂ O ₇)
Hg(低銻)	Cu(高銅)	P(PH ₃)	八 價
Cu(低銅)	Hg(高銻)	(PO ₄)	O ₃ O ₄
(NH ₄)	Fe(低鐵)	四 價	Ru(RuO ₄)
(OH)	Sn(低錫)	C	
(NO ₃)	O	Sn(高錫)	
(ClO ₃)	(SO ₄)	Mn	
(MnO ₄)	(CO ₃)	Pt	
	O ₂ (過氧化物)	Si	
	(MnO ₄)	(SiO ₄)	
	(CrO ₄)		

(六) 原子價之變遷

原質往往有因其結合其

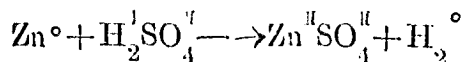
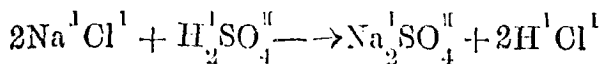
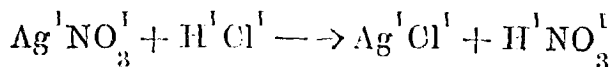
他原質之不同而變易其原子價者。如氮之於鹵精(NH₃)本爲三價，而在無水硝酸(N₂O₅)乃爲五價。又硫黃之於硫化氫(H₂S)原爲二價，而在四氯化硫(SCl₄)乃爲四價，在六弗化硫(SF₆)則爲六價矣。原子價之變遷與溫度亦有關係。例如三氧化硫在高溫度時可解離而成二氧化硫(SO₂)及氧，故硫於低溫時對於氧之原子價爲六($S \equiv \overset{\ominus}{O} \overset{\ominus}{O}$)，而於高溫時，則爲四($S \equiv \overset{\ominus}{O}$)矣。

原子價之變易，頗有定則；如本來之原子價爲奇數則因奇數而變，偶數則因偶數而變。如氮之由三而變爲五價，硫黃之由二價而變爲四價或六價等是也。但亦有例外者，如銅與錫之由一價而變爲二價，鐵由二價而變爲三價等是也。

(七)原子價與分子式 原子價可供記憶或造成分子式之助。設已知二原質之原子價，其所成之化合物在用實驗法測定其組成以前，可以預告該化合物之分子式。例如已知鈉與氯各爲一價原質，則知氯化鈉之分子式應爲NaCl。又已知鋁爲三價原質，硫酸根爲二價原子團，則知硫酸鋁之分子式爲Al₂(SO₄)₃。再

吾人如已知兩種原質組成一種化合物之分子式，則各該原質之他種化合物，亦可以預知其分子式。例如已知氧化鈦之分子式爲 ThO_2 吾人即可以預報硫酸鈦，氯化鈦，硝酸鈦等之分子式也。

(八) 原子價與方程式 原子價於書寫方程式時頗爲有助。因化學變化時，其所用及所得之化合物內各原質之原子價，須保持均衡之狀態。試觀下列方程式：



各化合物之分子中其原子或原子團相互之總價數必等。鋅在未化合時，其原子價爲零，既化合後則原子價爲二，氫在化合物內其原子價爲1，當遊離時其原子價爲零。故在第三方程式，鋅得有二原子價。同時氫失去二原子價，此可耐人尋味者也。

(九) 原子價與當量 各原質與氫一原子量互相化合，或互相替換之重量之比，曰當量或化合量。

(Equivalent weight or combining weight) 例如氮一原子與氫一原子互相化合而生一分子之氯化氫，即氮 35.46 量適與氫 1.008 量化合。故氮之當量為 35.46。氧 16 量必需 2.016 量之氫相化合始成水，即氧對於氫一原子化合適當之量為 $8 \left(\frac{16}{2} = 8 \right)$ 此即氧之當量也。同理磷精中氮之當量為 4.6。沼氣中碳之當量為 3，餘可類推。至於不能與氫化合之原質，可用間接法測之。如既知氮或氧之當量，以氯化物或氧化物代氫化物其與氮或氧之當量化合之量，即為該原質之當量。原子量，原子價，當量三者之關係，可以下式表之：

$$\frac{\text{原子量}}{\text{原子價}} = \text{當量}, \quad \frac{\text{原子量}}{\text{當量}} = \text{原子價}, \quad \text{當量} \times \text{原子價} = \text{原子量}.$$

圖 52 表示各原質當量之關係，學者試解釋之：

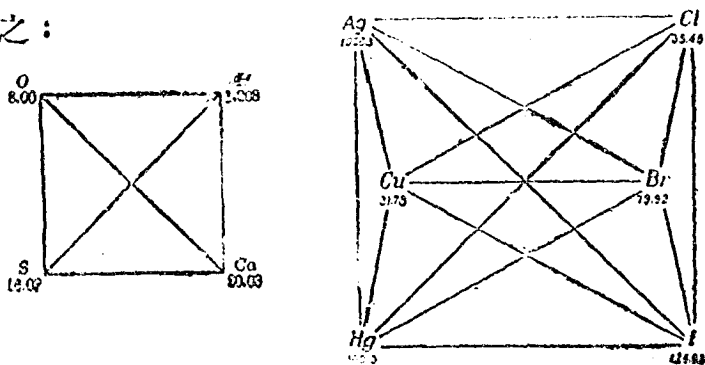


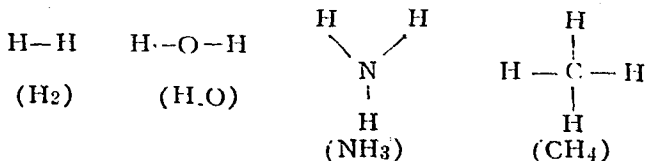
圖 52 原 質 之 當 量

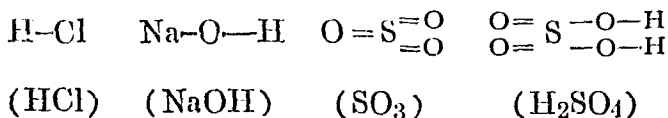
原質之當量每因原子價之變化而異。一價原質之當量與其原子量相同。二價原質之當量，爲其原子量之二分之一。若二價原質其原子價由二而變爲四，則其當量亦由其二分之一而變爲四分之一矣。

(十)原子價與構造式 表示物質中原子結構之圖式，曰構造式。原子在物質中真正之位置，固無從窺測，但化學家根據各物質之性質，得知原子構成物質時其組織皆有一定規則。故於分子式以外，另立構造式以表之。

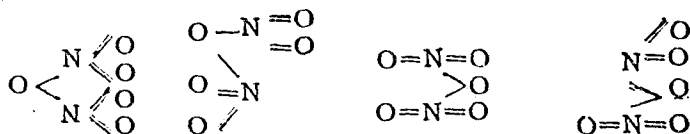
構造式與原子價關係至密。例如氫之原子價爲一(H一)，氫二原子構成一分子(H₂)其構造式爲H—H，同理氧一分子(O₂)之構造式爲O=O，水一分子(H₂O)之構造式爲H—O—H。

吾人所當注意者，(一)各原子互相結合，其所示之橫線，應與其原子價數相同，如下例各分子之構造式是也。



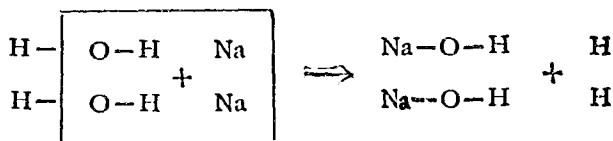


(二)構造式僅能表示原子結構之概況，並非表示其真正之位置。例如 N_2O_5 之構造式，以下四者，皆足以表之。

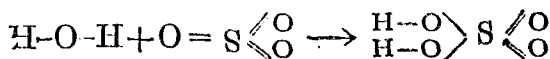


茲舉數種化學方程，以構造式表示之：

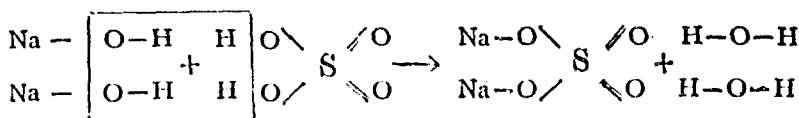
1. 投鈉於水，則生苛性鈉與氫。



2. 三氧化硫與水相作用則成硫酸：



3. 苛性鈉與硫酸相中和時，則成硫酸鈉與水：



第 九 章 之 綱 要

凡各種原質之原子互相化合時其應需原子配合之數，謂之原子價。原子價以氫一原子為單位。

原子價相同之二原質化合時，所需各原子之數常相等，原子價互異之二原質化合時，則一原子之原子價總數，必與他原質之原子價總數相等。

原子價之應用：

1. 原子價與分子式；
2. 原子價與方程式；
3. 原子價與當量 $\text{當量} = \frac{\text{原子量}}{\text{原子價}}$ ；
4. 原子價與構造式。

習 題

1. 註明下列各分子式中之原子價：

H₂S, SO₂, PCl₃, P₂O₅, PtCl₄, OsO₄.

2. 註明下列各分子式中原子團之價：

NaNO₃, CaCO₃, Ca₃(PO₄)₂, Al₂(SO₄)₃,

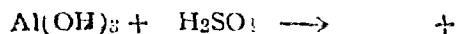
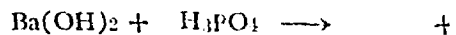
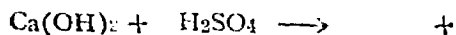
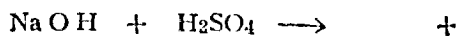
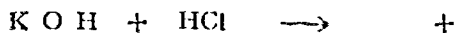
Ca₂(SiO₄), Zn(SeO₄), H₃(ASO₄), Fe(OH)₃,

(NH₄)₂CO₃, NH₂OH, K₂(CrO₄), K(MnO₄)

3. 有鉻26公分能與鹽酸中之氯一公分相替換，求鉻之原子價。

4. 有一四價金屬 2 公分，適與氧 0.54公分化合。求該金屬之原子量，並書出其氧化物分子式：

5. 完成下列各方程式：



6. 書出下列各化合物之分子式及其構造式：

氯酸鉀， 氯化鈣， 氯化鉛， 氯化磷

五氯化磷， 鹽酸， 硫酸， 硝酸， 碳酸， 磷酸，

硫酸鈉， 硫酸鈣， 硝酸銀， 碳酸鈣 硫化鈣，

硫化鈉， 硫化鉻， 硫化鉀， 硫酸鉀， 鉍酸鉀，

過錳酸鉀， 鉻酸鉀， 重鉻酸鉀。

第 十 章

食 鹽 及 氯

(一) 食鹽 (Common salt) NaCl

1. 種類及所在 食鹽爲吾人日常必需之調味品，且爲工業上重要之原料，大別爲巖鹽 (rock Salt) 海鹽 (Sea Salt) 二種。巖鹽乃天然產之食鹽，大率爲古代鹹湖乾涸，成鹽層而蘊積於陸地者也。鹽層經水溶解則成鹽池或成鹽井。如我國蒙古，甘肅，陝西，山西，有鹽池；四川雲南有鹽井是也。海鹽即由海水中製取之食鹽，平均海水每百分中，可得 2.5 分之食鹽。全世界所產之食鹽額，強半屬此。我國冀，魯，蘇，浙，閩，粵等省，悉爲海鹽之產地云。

2. 巖鹽之採取法 採取巖鹽之法，先穿豎坑，而由豎坑以認取鹽層所在，掘爲橫坑，用木板，木柱等支架之，以防崩陷。於橫坑敷小鐵路，豎坑設搬運機，以利運輸。

3. 井鹽 四川多鹽井，爲數約萬餘，深達七百尺

至三千尺以上。其鹽泉多由山間自然湧出，既省開鑿之勞，而汲泉亦易。是以西北各省以川鹽之產額爲最富。井鹽之製法，畧同海鹽。

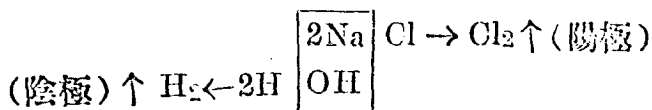
4. 海鹽之製法。海鹽之製法不一，就本國言，有曬製，淋煎二法，而曬製又可分灘晒與板晒二種，灘晒耗費少而成本輕，爲最適宜之製法，淋煎次之，板晒又次之。各省中如冀，遼，魯，閩，粵及江蘇之淮北，俱用灘晒，江蘇之淮南，松江，及浙江，則用板晒或淋煎，四川，雲南之巖鹽，多用煎，陝西，甘肅，山西又用曬。

5. 灘曬法。曬法宜於海灘當風向陽之處，設貯水池，蒸發池，結晶池三區；於結晶池中聚置潔淨之細砂，作成鹽田，乘滿潮時導海水於貯水池（或設法汲入）次送水於蒸發池，藉日光及風力，蒸發多量之水分，殘餘濃液，引於結晶池中，更因蒸發而結晶，附集於細砂上。然後聚砂成堆，加水以濾取其鹽分，更晒之，卽得純白結晶之食鹽矣。河北省塘沽之鹽田用風力機汲取白河下流一小河流之海水於貯水池，順

次至結晶池，歷五日至七日後從結晶池取鹽而運積於附近之堤防上，成爲食鹽丘卽所謂長蘆鹽者是也。

6. 淋煎法。淋煎用鐵釜盛濃厚之食鹽溶液，用火煎煮，令蒸發水分，卽得煎鹽。若更用此法反覆行之，可得精製鹽矣。

7. 性質及用途 食鹽乃無色透明立方晶體，其比重爲 2.16，融點爲 776°，能溶於水而不能溶於純酒精中，其對於水之溶解度，殆不因溫度而有變化。例如 0°C 之水 100 分，能溶食鹽 36 分，在 100°C 時亦不過爲 39 分。純淨之食鹽在空氣中不起潮解；惟普通之食鹽常含有氯化鎂 (MgCl₂)，此化合物性易潮解，故貯之竹籠中，氯化鎂卽吸收空氣中濕氣成鹽滲滴落於籠底，可供製豆腐之用。又食鹽溶液，通以電流，則陽極發生氯氣，陰極生成氫氧化鈉及氫氣，其變化可用下圖表示之：



食鹽爲調味品，可以增進吾人之食慾，促進消化

滋養素之吸收。又能防腐，用以漬物。故鹹魚，鹹肉，鹹菜等，久貯不壞。醬及醬油俱以食鹽和豈製之。此外化學工業上製造鹽酸，漂白粉，氫氧化鈉，碳酸鈉肥皂等，皆以食鹽為原料。而鞣皮及冶金工業上亦多用之。近頃農藝新法，有以食鹽為肥料。纖維科植物若大麻，亞麻等，施以食鹽少量時，能轉化纖維中之澱粉糖分為纖維素。而土壤中之不溶性肥料，能藉食鹽而分解云。

(二) 氯

1. 歷史 氯於 1774 年為許利 (Selclee) 氏所發見。許利氏得氯之方法，係將鹽酸與二氧化錳混合加熱，至今仍為製氯之一法。當時以為氯係鹽酸與氧之化合物。至 1810 年兌飛 (Davy) 氏證明其性質，始確定其為元素，因其為黃綠色，故命名曰氯 (Chlorine)。

2. 所在 氯之化性極強，故天然間無單獨存在者。其化合物甚多，中以食鹽之產額為最夥。



圖 63 發 飛 像

Humphry Davy

1778 — 1829

發飛英人，其生平工作之最著者，一為用電解法分離鹼金屬(1807)及鹼土金屬，二為確定氫為元素(1808)。三為創作安全燈(1820)，

3. 製法

A. 實驗室內之製法

(1) 二氧化錳與鹽酸之作用。如圖 54 裝置，A 瓶盛二氧化錳，C 瓶盛水，D 瓶盛硫酸，E 為集氣瓶。自漏斗注入適量之濃鹽酸而熱之，則發生氯氣；使經過 C 瓶，去其同時蒸出之氯化氫；再經過 D 瓶去其水汽；然後用 F 瓶捕集，可得乾燥之氯。俟取集數瓶後，可將氯通入水瓶，以得氯水。

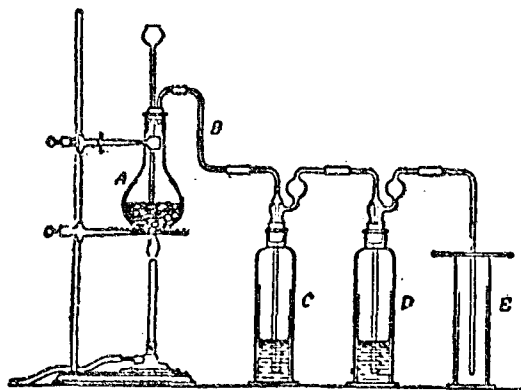
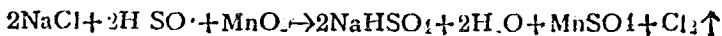


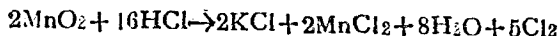
圖 54 由鹽酸或食鹽中取氯之裝置

(2) 食鹽、二氧化錳、與硫酸之作用。如前圖裝置，取食鹽及二氧化錳各約 20 克，混合後，入燒瓶 A 內，由漏斗注入濃硫酸約 60°C.，

徐徐加熱，令氣體通入洗滌瓶，除去氯化氫及水汽，可用排空氣法集氣數瓶，以供試驗。其反應式如下：



(3) 過錳酸鉀與鹽酸之作用。裝置如圖55發生器內盛過錳酸鉀約80克；分析漏斗內盛有濃鹽酸。開漏斗之活栓，令鹽酸逐漸滴下，則氯即發生，可用集氣瓶捕集之。其反應式如下：



注意：吸入氯氣，有害於呼吸器，宜用棉或布片，濕以酒精塞於鼻中。

B. 工業上之製法。

電解法。食鹽溶液電解之結果，已如前述。茲就最近應用最廣之納爾遜氏裝置 (Nelson cell)，略述於下：如圖 56 用石棉之多孔薄膜，隔離陰極之有孔鋼鐵與陽極之碳棒，兩極之間，充以食鹽溶液。當電流通入時，則陽極發生氯氣，自液而逸

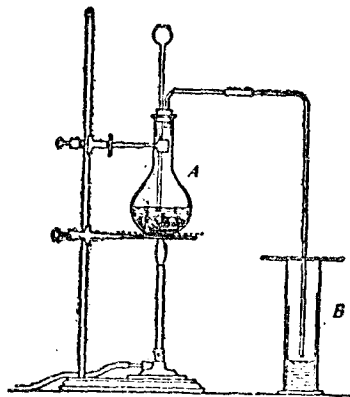


圖 55 由鹽酸中取氯

出，可收集之，而壓入於鐵筒內，或直接供製造漂白粉之用。至陰極所生之鈉，即與水作用生成氫氧化鈉，而流入受器內，蒸發使乾即可得固體之氫氧化鈉。同時陰極發生之氯又為重要之副產品。故此法可謂一舉三得也。

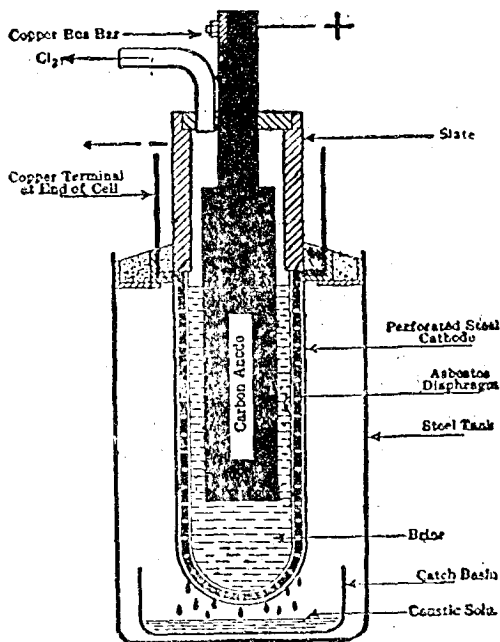


圖 56 電 解 食 鹽 及 氯

4. 性質

A. 性質試驗

色，臭，溶度，比重。 爲黃綠色有臭味，且有劇毒。一體水，約能溶解二體積氣。比空氣重。

2. 與金屬之作用。 (a)將鈉燒至熔融將燃時，入氯瓶中，則化合發強光。(b)將燒熱之鎂粉撒入氯瓶中，則化合發火星。(c)將極薄之銅箔入氯瓶中，亦化合而生自燃之現象。

3. 與非金屬之作用。 拭乾黃磷小片，置燒勺內，入氯瓶中，能化合而自燃。

4. 與氫之作用。 將燃點之氫氣火焰，置入氯瓶中，則見錫在瓶內，繼續燃燒，而生氯化氫。另以蘸有鹵精溶液之玻璃棒入之，則見瓶內盛發白煙。

5. 與錫之化合物相作用。 (a)將燃點之蠟燭入氯瓶中，則象與燭中之氫化合物分出碳質，發生黑煙。(b)試管盛松節油 (turpentine oil $C_{10}H_{16}$) 少許，煮沸，以吸墨紙吸取之，投入氯瓶中，立即發黑煙。

6. 與水之作用。 取氯之飽和水溶液盛滿試管，倒置同樣液中，置於日光下，則有氯氣泡上升。

7. 漂白作用。 取氣一瓶，以極乾燥之紅紙及藍布條各一，用線

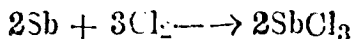
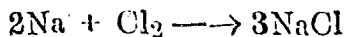
懸入，密閉少頃，顏色不變。次將紙布取出，沾以水再投入之，仍閉瓶口，則見顏色漸褪。

B. 性質概要。

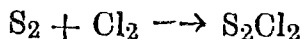
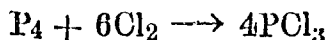
(1) 物理性。氯為黃綠色氣體，有刺激性之臭味；且有劇毒。對於空氣之比重為 2.49 (22.4 公升氯之重為 70.92 公分，22.4 公升空氣之重為 28.95)。溫度 20° 時一體積水，能溶解二體積氯。(氯之水溶液特稱為 氯水 chlorine water)。溫度在 146° (臨界溫度 Critical temperature) 以下，加強壓力能變為液體。於零度時，加六氣壓之壓力，即能液化。沸點為 -33°；融點為 -102°。

(2) 化性。氯之活潑程度，與氧相似，能與多種元素化合，成氯化物。

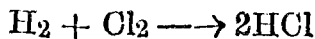
(a) 與金屬作用。燒融之鈉，與氯相遇，即化合發強光。燒熱之銻粉，與氯相遇，則發火花。銅箔與氯相遇，亦化合而自燃。



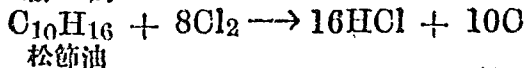
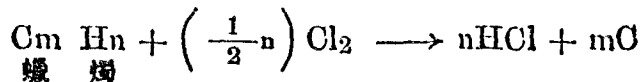
(b) 與非金屬作用。黃磷與氯相遇，能化合而發火，硫黃遇氯，則徐徐化合。



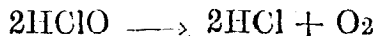
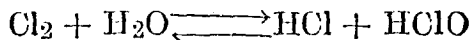
(c) 與氫作用。氫氣能在氯中燃燒，與氯化合成氯化氫。氯與氫之混合氣，受直射之日光，亦能化合。



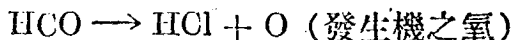
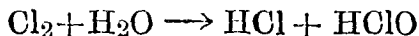
(d) 與氫之化合物作用。蠟燭為碳氫化合物，能在氯中燃燒。其中之氫與氯化合，分出碳質。又松節油亦為碳氫化合物，於高溫度時，與氯相遇，能起劇烈之作用而發火；氫與氯化合，分出碳質。



(e) 與水作用。氯與水相遇，即徐徐與水作用，而生成鹽酸及次亞氯酸 (HClO)。所生成之次亞氯酸，受日光即行分解，而生氧及鹽酸，其反應方程式如下：



(f) 漂白作用：乾燥顏色布，與乾燥之氯相遇，顏色不變。然若將顏色布先濕以水。再使與氯相遇，顏色即退；蓋因氯與水作用生成次亞氯酸，而次亞氯酸又分解生氧，將顏色物氧化也。其變化如下：



氧剛發生時之狀態，與普通分子狀態之氧不同。氧化力極強：故顏色物與之接觸，能被氧化而退色。

附(1) 發生機之狀態。元素剛生成時，為原子狀態，化力最強。此剛生成化力最強之元素，稱為發生機之元素；而原子狀態，稱為發生機之狀態 (Nascent state)。

附(2) 漂白粉之製法性質用途。工業上利用氯之漂白原理，製成一種漂白粉(Bleaching powder CaOCl_2)，以便於實用。其法係用氯氣通過熟石灰即得，如圖 57 為鉛製之室，下鋪二寸或三寸厚之熟

石灰。由 A 口通入氯氣，與石灰作用而成漂白粉。其未經吸收之氯，則由 B 口而入於磷室 C。其反應方程如下：

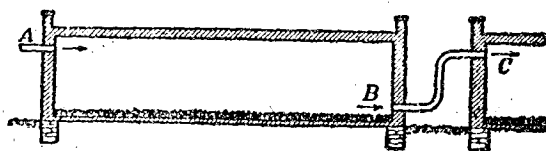
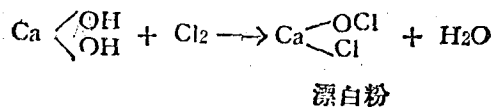
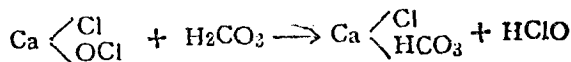
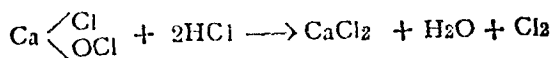
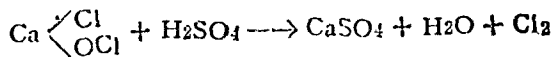


圖 57 製造漂白粉之裝置

漂白粉暴露於空氣中，則漸受濕氣及二氧化碳之作用，生成次氯酸(HClO)為優良之消毒劑(Disinfectant)。



漂白粉如遇強酸，則生氯氣：



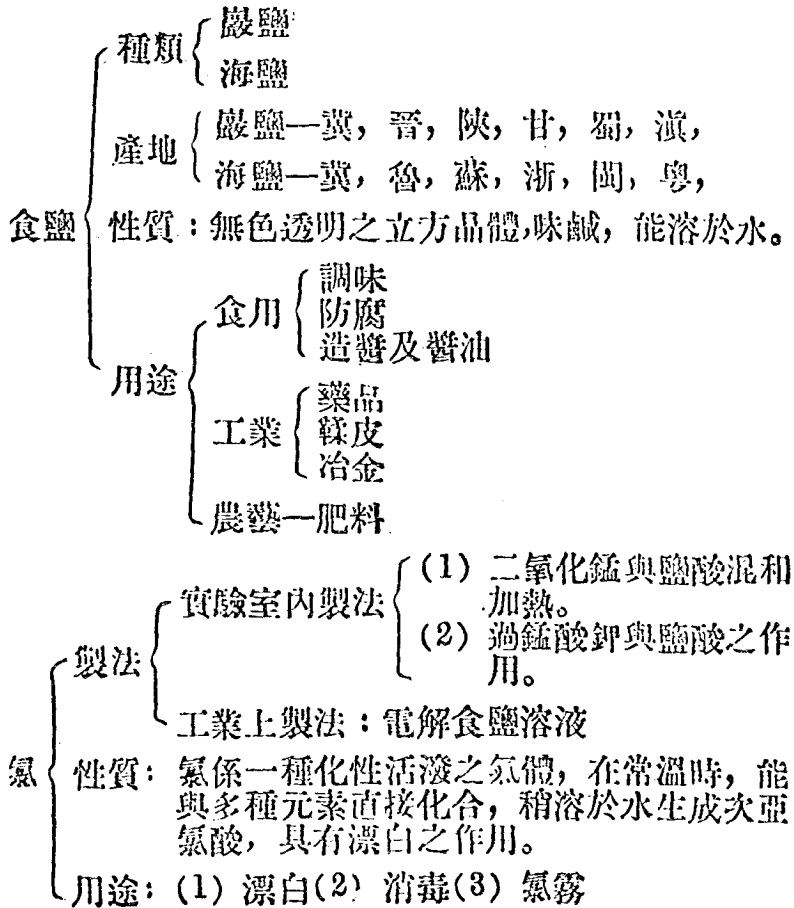
此氯能分解水而析出發生機之氧，可使顏色物氧化而漂白。漂白之法，係先將欲漂白之物質，用鹼水洗滌，以除去油脂；次浸於漂白粉溶液中，少時取出擗乾，復浸於稀鹽酸溶液中，少時取出用清水洗淨，即得。

5. 用途 氯之最大用途為漂白不潔物；漂白紙漿，棉花，棉布等，均用之。又可用為消毒劑，以殺滅細菌，自來水消毒時常用之。又可與石灰作用而成漂白粉，以供家庭中漂白衣服及消毒防疫之用。氯於戰爭上，為用亦甚大，西歷 1915 年歐戰時，德軍第一次所用之毒氣即為氯。當風向順利時使用，與雲霧相似隨風前進。協約國大受挫折，死傷無算。其後協約國設法防禦用頭布巾形保護器（圖 58），內盛苛性鈉及石灰混合物，以吸收氯氣。此種保護器甚為有效。



圖 58 歐戰時所用之防氯器

第 十 章 之 綱 要



習 題

1. 熱帶及寒帶製鹽之法應若何?

2. 書出電解食鹽溶液之完全反應方程式。
3. 由食鹽製造鹽酸及漂白粉之法若何?
4. 石灰及過氧化鈉之混合物，能防禦氯氣，何故? 試書出其反應式。
5. 試用化學方程表示由食鹽直接或間接製成之重要化合物。
6. 使鹽酸與 100 公分之二氧化錳，或與 100 公分之過錳酸鉀相作用，何者能得較多量之氯?
7. 欲製 10 公升之氯，問須鹽酸（比重 1.2）之重量若干?
8. 用二氧化錳與鹽酸作用製取氯 100L. (1) 應需二氧化錳之重量若干? (2) 生成氯化錳之重量若干?
9. 今欲製成漂白粉 1 公斤，(1) 問需氯及熟石灰各若干? (2) 此氯量須由若干食鹽製成之?

第 十 一 章

氯化氫 鹽酸 酸類

(一) 氯化氫 (Hydrogen chloride)

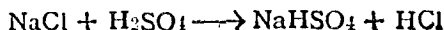
存在

動物之胃液及火山之噴出口，均含有氯化氫少許。

2. 製法及性質試驗

A. 實驗室內之製法

取食鹽約 30g，置入燒瓶內，再取水 15g 濃硫酸 45g 之混合液，自漏斗管注入之。徐徐加熱，則發生氯化氫，可用空瓶收集數瓶，以備試驗其性質。因氯化氫比空氣重，故用下方置換法。另用濕潤藍色試紙接觸瓶口以驗氣之滿瓶與否，滿則變紅。如是收集氣體三瓶，以供下列之試驗。剩餘之氣體，則可以通入水瓶中，製成鹽酸。



B. 性質試驗

(1) 將氯化氫瓶倒置水槽中，則見瓶內之水，漸次上升，可知其易溶於水。

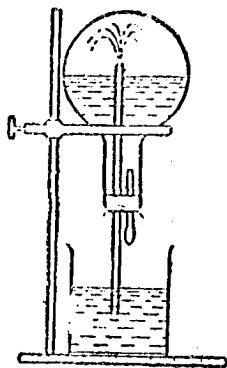


圖 59 用噴泉現象證
明氯化氫易溶於水

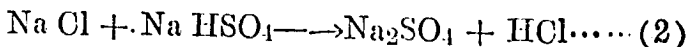
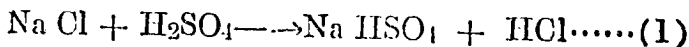
(2) 取盛有氯化氫之燒瓶，緊接具有玻管及含水之吸水管之橡皮塞，倒置於藍色石蕊 (Litmus) 溶液中圖(59)，由吸水管壓水入瓶內，立見藍色石蕊溶液由玻管上昇，成噴泉現象，同時液色變紅。

(3) 取濾紙片浸以磷精溶液，投於氯化氫瓶內，即盛發白煙。

C. 工業上之製法

1. 食鹽與濃硫酸作用。食鹽之

產額富而價廉，故工業上常利用之使與濃硫酸作用而製鹽酸，其反應式如下：



在常溫度起第一反應，在高溫度起第二反應。在實驗室恆以達於第一反應而止。而工業上則為節省硫酸起見，故兼使起第二反應。

如圖 60 為閉煨燒爐 (Closed roaster)，鐵鍋 A 內

盛適量之鹽與硫酸，自 f_1, f_2 來之火焰熱其底部，則生成之氯化氫由 p 管導出。A 內殘留之酸性硫酸鈉及食鹽之混合物，藉推送器之作用，移置於 B 處；由 C 及 f_3 之火焰強熱之，使變為硫酸鈉，同時所生之氯化氫由 d 管導出。

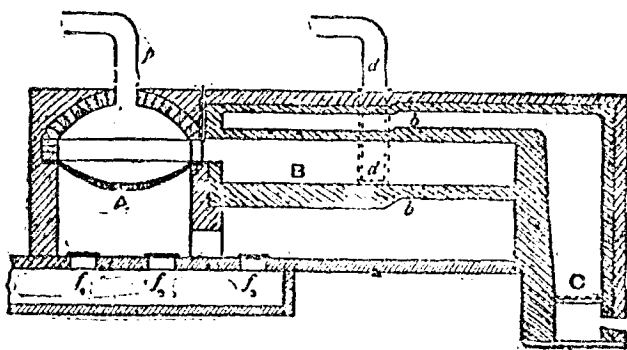


圖 60 閉 殼 燒 爐

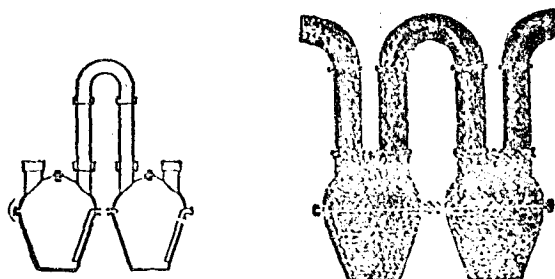


圖 61 水 罐

由 p, d 兩管導出之氯化氫氣體，經多數水罐（圖 61）而被溶解；其所殘餘之氣體，引入高塔。塔中貯有砂石及焦煤，並有水自上部不斷流下，使氯化氫盡量溶解而成鹽酸。

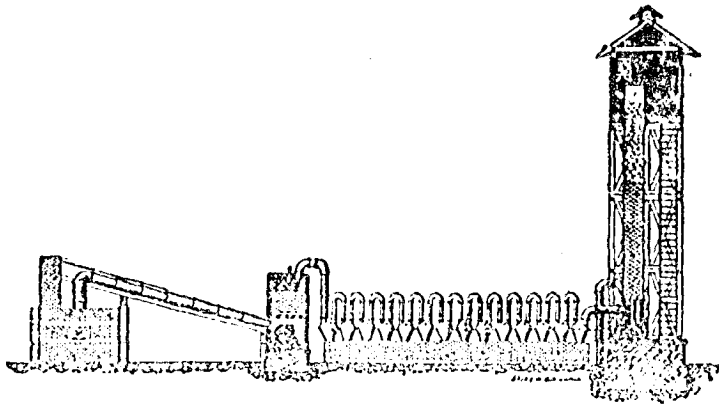
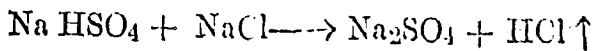
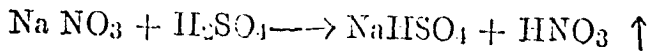


圖 62 工業上製成氯化氫使溶於水之裝置

2. 食鹽與硫酸氫鈉作用 用硝石與硫酸作用製硝酸時，生硫酸氫鈉。將食鹽與硫酸氫鈉混合加熱，即發生氯化氫。其反應如下：



(1)及(2)兩法同時皆生硫酸鈉，可供製造碳酸鈉。

故製造氯化氫工廠中之副產物，常為製造鹼之原料，而製鹼工廠中，亦常得極有價值之副產物氯化氫。

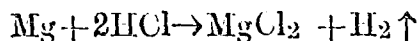
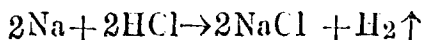
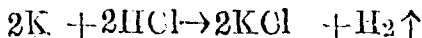
2. 性質概要

A. 物理性質

氯化氫為無色而有刺激性之氣體，比重為 1.26 (空氣 = 1)。極易溶解於水；遇空氣中水蒸汽則成白霧。在常溫時，一體積之水，可溶解氯化氫 450 倍。其水溶液有強酸味，故普通稱曰鹽酸。在一氣壓下，冷至 (-84°C) 即液化，若使冷至 (-111°) 則凝固。

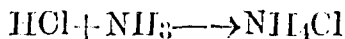
B. 化學性質

乾燥氯化氫之化學性質與鹽酸有別：前者與石蕊及多種金屬不起作用，惟活動性最強之金屬，如鉀，鈉，鎂等，始能分解之，而生成氯化物及氫，其反應如下：



又氯化氫與磷精相遇，即化合而成白烟狀之物質，

即氯化銨是也。



3. 氯化氮組成之測定

氯化氮之性質，已如上述。究竟能用何法測定此物係氯化氮之化合物？又氮與氯化合時，其容量之比如何？是不能不研究者。測定之法有二：

(1) 電解法 裝置如圖 63，瓶內盛滿濃鹽酸（此濃鹽酸先用氮飽和之，以防分解鹽酸所生之氮溶解），通以電流（圖63），則陰極發生氮，而陽極發生氯，分入兩管。兩管氣體之容積相等，取出試驗其性質，一為氮，一為氯。鹽酸乃氯化氮之水溶液；此鹽酸中之氯化氮，當通電流以前，已電離成帶電性之氮與氯，故通電時帶陽電性之氮集於陰極，而帶陰性之氯集於陽極，由此知鹽酸之電解，即氯化氮之電解。故可斷定氯化氮中所含之氮及氯如分開時，容量必相等。

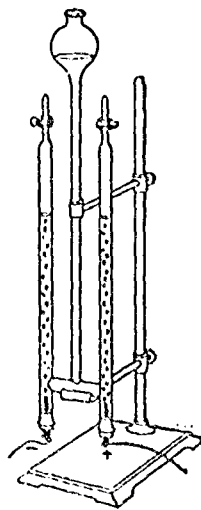


圖63測定氯化氮組成之電解裝置

(2) 組合法 用玻璃管裝等容量之氮及氯，如圖 64，在

管傍燃鎂，使光射其上，則管中氫與氯即化合發微光，而成氫

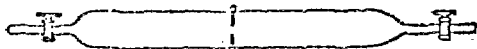


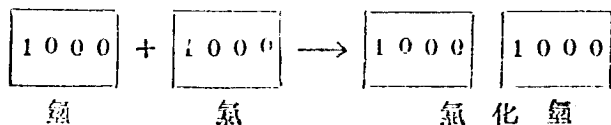
圖 64 測定氯化氫組成之組合裝置

化氫。鎂及氯化合後，將管之一端，入水銀槽中，轉開活栓，水銀毫不上升，可知氫與氯化合後所成氯化氫之容量，等於變化前所用氫與氯容量之和。

此混合容積之氫與氯，是否全數化合成氯化氫，可用下法試驗之：法將管之一端置入水槽中，開其活栓；因氯化氫溶於水，水必入管；查水入管之量，即可知管中氣體是否全變氯化氫。今此試驗，見水滿管，則管中氫氣全變為氯化氫無疑，故又可斷定一容量氫與一容量氯化合必生成二容量氯化氫，即氯化氫為等容量之氫與氯所組成。用簡式表之如下：



附 Cl₂ 與 H₂ 之確定 氯及氫每分子，均係兩個原子所組成，其式為 Cl₂ 及 H₂，可證明而確定之。據阿伏加周氏定律，凡氣體之容量相等時，其中之分子數亦相等。今氫與氯化合時，兩氣體各一容量，可生二容量之氯化氫。設用一小長方形表示 1000 分子之容量，則氫與氯化合前後之容量與分子數可表之如下：



此2000分子之氯化氫，係由1000分子氫與1000分子氯所組成。今2000分子之氯化氫中，各分子均含有氫；故1000分子氫，當與氯化合時，必分裂為2000原子。1000分子氫即係2000原子所組成，則每分子氫，為兩原子氫所組合而無疑。同樣可證明每分子氯為兩原子氯所組成。

(二) 鹽酸 (Hydrochloric acid)

1. 鹽酸之製法

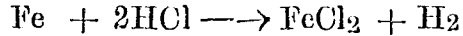
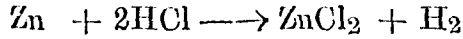
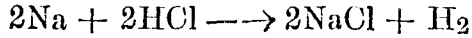
氯化氫溶解於水，即成鹽酸；其工業上之製法，即將製得之多量氯化氫溶於水而成。裝置如圖 62。

2. 鹽酸之性質

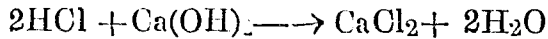
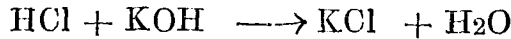
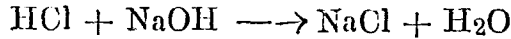
(1) 色味 鹽酸為無色而有酸味之溶液。

(2) 與色質之作用 鹽酸與有色之化合物作用時常改變其色，而尤以變紅色者為多；其最顯著者為藍石蕊紙，遇鹽酸立即變紅。

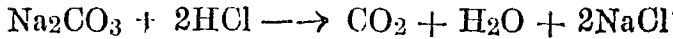
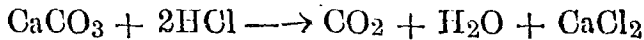
(3) 與金屬之作用 許多金屬，如鎂鐵鋅等，均能溶於鹽酸成氯化物而放出氫；



(4) 與氫氧化物之作用 氫氧化鈉等與鹽酸相遇，即起複分解作用，成氯化鈉等及水：



(5) 與碳酸鹽之作用 鹽酸與大理石或碳酸鈉相遇，皆盛發 CO_2 ，可表之如下：



附 鹽酸之密度與所含氯化氫百分數
註 之關係，如下表所示：

HCl之百分數	密 度	HCl之百分數	密 度
5.69	1.0284	30.00	1.1526
10.17	1.0507	35.02	1.1779
15.22	1.0791	40.09	1.2013
20.04	1.1006	43.40	1.2134
25.06	1.1265		

3. 鹽酸之用途 工業上及實驗室用之頗多。可供製氯之原料；可用洗淨金屬；為胃液中重要成分，故醫學上常用為藥品。

(三) 酸類 (Acids)

1. 酸之分類 酸分無氧酸 (hydracid)，含氧酸 (oxyacid)及有機酸 (organic acid)三種。例如鹽酸為無氧酸；硝酸及硫酸為含氧酸；醋酸為有機酸。

2. 酸之特性 酸類多含有酸味，能將藍色試紙 (Litmus paper) 變為紅色；並能與鹽基類作用，生成鹽類與水。

3. 酸含氫根 酸類之組成中，均含有氫(H)，謂之氫根 (Hydrogen radical)。觀下列各種酸之分子式，可知酸類之所以顯酸性者，以其有氫根故也。

鹽酸……HCl	磷酸……H ₃ PO ₄
硝酸……HNO ₃	蟻酸……HCOOH
硫酸……H ₂ SO ₄	醋酸……CH ₃ COOH

各種酸除氫根外，其餘部分謂之酸根，如NO₃為硝酸根，SO₄為硫酸根，PO₄為磷酸根等是也。

4. 酸之界說 凡各化合物之含有氫根，帶有酸味，能將藍試紙變為紅色，並能與鹽基類作用，生成水與鹽類者，謂之酸類。

5. 酸之價數 酸類中之含有一氫根者，謂之一價酸 (Monobasic acid)。如鹽酸及硝酸是也。含有二氫根者，謂之二價酸 (dibasic acid)，如硫酸是也。

第十一章之綱要

1. 使氯化鈉與濃硫酸作用，可製得氯化氫。
2. 氯化氫比空氣重，為有刺激性無色之氣體，遇濕氣即成霧狀。極易溶解於水。與 NH_3 相混，即生成白煙狀之氯化銨。
3. 氯化氫之水溶液為鹽酸，有酸味；能與鋅鐵等作用而生氫；藍色石蕊試紙遇之則變紅。
4. 酸類有酸味，能將藍色石蕊變紅，並能與鹽基類作用生成鹽類及水。

習題

1. 氯化氫與鹼精相遇，得何物？試用方程式表示之。
2. 製造氯化氫時，何物供給氫，何物供給氯？

3. 鹽酸之化性何如?
4. 氯化氫之組合，可說明何種化學定律?
5. 試計算氯化氫中，氯與氫之百分率。
6. 欲製30公分氯化氫，需用氯化鈉若干?
7. 今欲製市售濃鹽酸（密度約1.2）100 公斤，問需原料各幾何?
8. 有一工廠每日製出20噸氫，問其每日用氯化氫若干?
9. 酸有何種特性?
10. 下列金屬元素，何者能置換鹽酸中之氫？何者則否？
鐵，鎂，鋅，鈉，銅。
11. 問以氫20公升及氯30公升使之化合，可得氯化氫若干公升？
又化合後，剩氯若干？
12. 氯化氫與鹽酸性質上有何異點？
13. 試用簡便方法證明鹽酸含有氫氯兩原質，並用方程表示之。

第十二章

鈉 (Sodium) 氫氧化鈉 (Sodium hydroxide)

鹽基類 (Bases) 鹼類 (Alkalies)

中和 (Neutralization) 鹽類 (Salts)

(一) 鈉 (Sodium)

1. 鈉之歷史 當 1907 年，兌飛 (Davy) 研究電流對於各種物質之效果時，發見分解氫氧化鈉，能得單體鈉素。

2. 鈉之所在 鈉之化合物，廣佈於各處。氯化鈉存於岩鹽，海水，鹽泉，為量甚多。河流中亦多氯化鈉，如猶太之死海，合衆國之鹽海是也。硝酸鈉產於智利，秘魯等地。硅酸鈉為多數岩石之成分，當岩石消蝕後，即入土中而為植物所吸收，輾轉以入動物體內。

3. 鈉之製法 兌飛氏所發見之製鈉法，至今仍沿用之。卡斯脫奈 (Castner)法即為其一。

如圖65 A A 為鐵製器，下方狹小，內盛氫氧化鈉。

B 係鐵製長桿，用為陰極。C C 為鐵板數塊相連，圍繞陰極，用為陽極。陰極 B 之上方，另以圓筒 E 蓋之。E 筒之下端，懸有金屬絲織成圓筒 D，以保護陰極所生之鈉不受陽極氧之作用。F 為陽極所生氧之出口。G G 為氣體火爐。裝置完備後，通以電流，則由電所生之熱，能將上層之氫氧化鈉熔融；有時須用下方之火爐，以助其熱。當氫氧化鈉熔融以後，繼通電流，則陰極生鈉與氫；陽極生 氧。

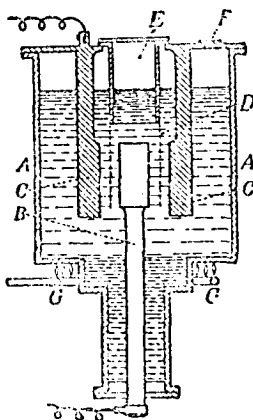
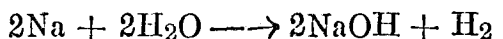


圖 65 製 鈉

4. 鈉之性質

鈉質軟而具銀白色之金屬，比重 0.97，其融點為 97.5°，其沸點為 880°。

鈉之化性甚活潑，易與氯或氧直接化合而成氯化鈉或過氧化鈉，能分解水而生成氫氧化鈉及氫。其反應式如下：



因鈉在空氣中，與氧及水氣接觸，極易變化，故須置石油內保存之。

5. 鈉之用途 鈉之途用極廣。可用以乾燥醇精等液態有機物。可用為還原劑。可用以製造過氧化鈉（漂白，氧化劑）。又可使之與有機物作用，而製染料及藥劑。

(二) 氫氧化鈉 (Sodium hydroxide)

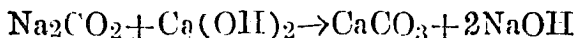
1. 製法

A. 實驗室之製法 (1) 用小磁皿盛冷水少許，投入鈉兩小片，至溶解後，即成氫氧化鈉溶液。（注意如需用稍多時，不可採用此法）(2) 將碳酸鈉溶液及適量石灰水入蒸發皿內混合加熱後，

慮過，再蒸發之去其多量之水分，即得氫氧化鈉之濃厚溶液。

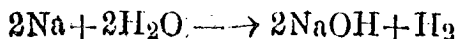
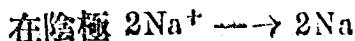
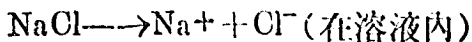
B. 工業上之製法

(1) 用碳酸鈉與氫氧化鈣，混合加熱，使起作用，即生成氫氧化鈉。



將生成物加水攪拌，苛性鈉即溶於水。將溶液濾過後，蒸發其濾液，注入模型內，即得凝固之條狀氫氧化鈉。此法常用於碳酸鈉之工廠，而最新之法為電解法。

(2) 電解食鹽 現今製造氫氧化鈉，多用電解食鹽法。食鹽在水溶液中，電離為 Na^+ 及 Cl^- 。當通電流時， Cl^- 移至陽極，失電性而放出； Na^+ 移至陰極，失電性而成單體鈉。但鈉立即與水作用，而生成氫氧化鈉，並放出氫。其反應可表示如下：



此法如僅用一器，則所生之氫氧化鈉移至陽極與氯作用，而生不需要之物質。故此法又分為隔膜法及汞和法兩種茲述之於下。

(a) 隔膜法 此法已見前章，不另贅。

(b) 汞和法 如圖66將電解器分成三部，居外邊之兩部，中藏鹽水及碳棒為陽極；而中間一部分盛有清水，為生成氫氧化鈉之所。三部連通之底，皆鋪以汞。鹽水中一部分汞為陰極，俾與所生之鈉糾合以成汞和物，移入中部，與水反應而生 NaOH 溶液，可取去之。如清水及鹽水繼續加入，可繼續取出苛性鈉溶液。將此液繼續蒸發，則得極淨之氫氧化鈉。

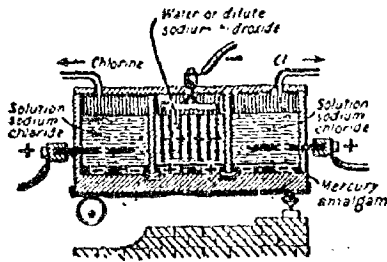


圖 66 電解食鹽製氫氧化鈉

無論隔膜法，或汞和法，電解食鹽時，均由陽極發生氯氣。此氯氣可壓入鐵筒內，或通入熟石灰，製成漂白粉。同時由陰極可收集氫氣。

2. 性質

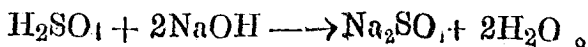
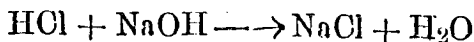
A. 物理性 氫氧化鈉爲白色結晶固體，質脆，赤熱之則熔融，置空氣中，則吸收水分而潮解；並與二氧化碳化合而成碳酸鈉。易溶於水，其溶液膩滑而成鹼性。

B. 化學性

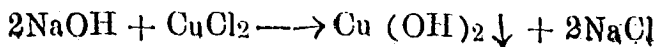
(1) 對於有色物之作用 氫氧化鈉液對於有色物之作用，恰與酸之作用相反。例如與紅色石蕊試紙作用，則立變爲藍色；是爲鹽基性反應。

(2) 對於獸皮之作用 羊毛加氫氧化鈉溶液，煮沸之，羊毛卽被腐蝕溶解。因之此物又名苛性鈉 (Caustic soda)。

(3) 對於酸之作用 苛性鈉溶液與酸類作用，生成鹽類及水。例如：



(4) 對於鹽類之作用 苛性鈉溶液與鹽類作用，起複分解作用而生成不溶性之氫氧化物：



(5) 對於玻璃之作用 苛性鈉溶液對於玻璃，微有侵蝕作用，故極清之苛性鈉溶液，在玻璃瓶內亦常生沉澱。

3. 用途 此物在化學工業上用途極廣。造胰用之甚多。精製石油及製紙，亦時常用之。家庭中常供洗淨器皿之用。

(三) 鹽基類 (Bases)

1. 鹽基之分類 鹽基有溶於水及不溶於水兩種。例如氫氧化銅及氫氧化鐵等不溶於水；而氫氧化鈉，氫氧化鉀，及氫氧化鈣，皆能溶於水。其能溶於水之鹽基，特稱為鹼類(Alkalies)。

2. 鹽基之特性 鹽基類能與酸類作用，生成鹽類，故名鹽基。其能溶於水者，有強鹽基性，能將紅試紙變為藍色。

3. 鹽基含氫氧根 鹽基類之組成中，均含有氫氧(OH)二原質結合之團體，謂之氫氧根(Hydroxyl)。視下列鹽基類之分子式，可知鹽基類之所以顯鹽基性者，以其含有氫氧根也。

氫氧化鈉…… NaOH 氫氧化鈣…… Ca(OH)_2
 氫氧化鉀…… KOH 氫氧化銅…… Cu(OH)_2
 氫氧化銨…… NH_4OH 氫氧化鋁…… Al(OH)_3

4. 鹽基類之界說 凡化合物之含有氫氧根，能與酸類作用，生成水與鹽類；設如能溶於水，其水溶液能將紅試紙變為藍色者，謂之鹽基類。

5. 鹽基類之價數 鹽基類之含有一氫氧根者，謂之一價鹽基 (Monoacid base)，如氫氧化鈉 (NaOH) 等是也，含有兩氫氧根者，謂之二價鹽基 (diacid base)，如氫氧化鈣 (Ca(OH)_2) 等是也。其含有三氫氧根者謂之三價鹽基 (triacid base)，如氫氧化鋁 (Al(OH)_3) 等是也。餘類推。

(四) 鹼類 (Alkalies)

1. 鹼類之特性 鹼類能溶於水，帶有濇味，能將紅色試紙變為藍色，並能與酸類作用，生成鹽類。

2. 鹼類之界說 凡溶於水含有氫氧根。能將紅色試紙變為藍色，並能與酸類作用，生成鹽類者，謂之鹼類。

(五) 中和 (Neutralization)

1. 中和作用之試驗 用刻有度數且一端有啓閉活塞之玻璃滴管 (burettes) 兩個(圖67)，一管盛滿酸類之溶液，令液面至零點。他一管盛滿氫氧化鈉溶液，亦令液面至零點。然後將酸類滴入杯中少許，加石蕊溶液數滴，則液呈紅色。次將氫氧化鈉溶液滴入杯內，俟紅色恰褪而止。如溶液已成鹽基性，須用他一滴管滴入微少的稀酸，至紅藍兩色試紙入之全不變色而止。將最後所得之溶液蒸乾，可得鹽類。如所用之酸為鹽酸，即得氯化鈉；如用硫酸，則得硫酸鈉。

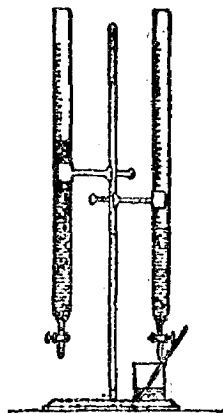


圖 67 中和試驗

2. 中和點 (Neutral point) 由上試驗，可知杯中之液為紅色時，則為酸性。及變為藍色，則為鹽基性。此酸性與鹽基性之間，適有一中立之點；未過此點，仍為酸性，既過此點，則變為鹽基性；若適在此點時，則既非酸性，亦非鹽基性，紅藍兩色試紙入之均不變色，此中立之點，謂之中和點。

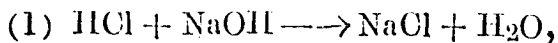
3. 中和之界說 使酸類失其酸性，鹽基類失其鹽

基性，而成非酸非鹽基之化學作用；即酸中之氫根與鹽基中氫氧根化合成水之作用，謂之中和。

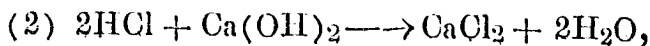
4. 中和時氫根與氫氧根數目相等 酸與鹽基中和時，酸中之氫根與鹽基中之氫氧根數目相等，因氫根與氫氧根皆一價是也。

5. 中和時之分子數 各種酸每分子中所含之氫根數目不等，而各種鹽基中所含之氫氧數目亦不等，故酸與鹽基中和時，其兩類分子數不盡相等。例如鹽酸一分子，只須一分子氫氧化鈉，即可中和；而硫酸一分子須用兩分子氫氧化鈉，始能中和。又氫氧化鈣一分子用硫酸一分子，即可中和；若用鹽酸必須兩分子，始能中和。

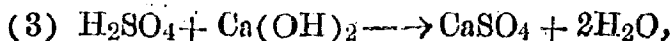
6. 中和時之方程式 作中和之方程式，須使酸中之氫根與鹽基中之氫氧根數目相等。例如鹽酸與氫氧化鈉中和，各用一分子：



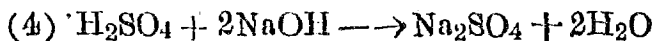
鹽酸與氫氧化鈣中和，鹽酸須用兩分子：



硫酸與氫氧化鈣中和，各用一分子：



硫酸與氫氧化鈉中和，氫氧化鈉須用兩分子：



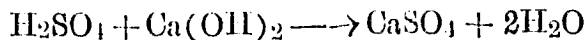
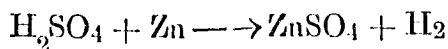
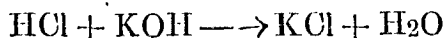
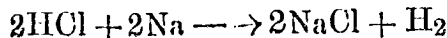
7. 中和係氫根與金類根易位 觀上式，知酸中之氫根與氫氧化鈉中之鈉（金類根 metallic radical）或氫氧化鈣中之鈣（金類根）互相易位，而氫根恒與氫根化合合成水。

8. 中和係定量作用 觀以上之方程式，知鹽基類之中和作用，係一種有定量之作用。例如方程式（4）硫酸98克（硫酸之分子量為98）需氫氧化鈉80克以中和之（因氫氧化鈉之分子量為40，與一分子硫酸作用，需兩分子氫氧化鈉）是也。他種鹽基與酸類中和，亦有一定之比例。

（六）鹽類 (Salt)

1. 鹽類之生成 當酸類與金類作用，或與金類之氫氧化物作用時，則酸中之氫根，常被金類替代。其酸根與金類化合，即成鹽類。下列各式可表明鹽類之

生成：



上列化合物中之 NaCl 及 KCl 爲鹽酸中之氫根被 Na 及 K 替代所成。又化合 ZnSO₄ 及 CaSO₄ 爲硫酸中之氫根被 Zn 及 Ca 替代所成。

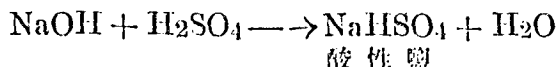
2. 鹽類之界說 凡酸中之氫根被金類替代，其金類與酸根化合所成之物質，謂之鹽類。

3. 鹽之分類 鹽有中性，酸性及鹽基性之別，茲分述之於下。

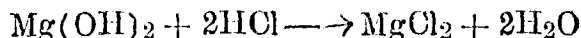
4. 中性鹽 既無酸性又無鹽基性之鹽謂之中性鹽 (Neutral salt)。例如 Na₂SO₄，NaNO₃，KCl，K₂SO₄ 等是也。此種鹽不含氫及氫氧根。

5. 酸性鹽 若二價酸或三價酸中之氫根，只有一部分被金類替代，所成之鹽，仍含有氫根而顯酸性者，謂之酸性鹽 (Acid salt)。例如氫氧化鈉與硫酸作用生

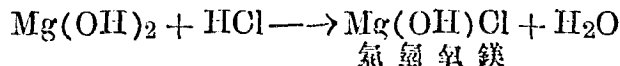
成硫酸氫鈉(NaHSO_4)是也。



6. 鹽基性鹽 鹽基類之氫氧根有為數個氫氧團所成者。如氫氧化鎂 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之氫氧根為二個氫氧(OH)團所成。若此氫氧根均為酸類之酸根替代，則所成之鹽類，不帶鹽基性，如下列反應所成之氯化鎂是也：



然若氫氧化鎂之氫氧根(OH)₂只有其一為酸根所替代，則所成之鹽類，仍含氫氧根而顯鹽基性者，謂之鹽基性鹽(Basic salt)。如下列之氯氫氧鎂是也。



7. 鹽類之溶度 鹽類有易溶於水者，例如硫酸銅，氯化鉀，硝酸鈉，硫酸鋅，硫酸鉀等是。有難溶於水者，如碳酸鎂，碳酸鈣等是。

第十二章 之 綱 要

1. 電解熔融之苛性鈉即得鈉素，易氧化，易與水作用而生氫。加熱則燃。

2. 碳酸鈉與氫氧化鈣混合加熱，或電解食鹽，皆

可製得苛性鈉。電解法有隔膜法及汞和法之別。

3. 苛性鈉能使紅試紙變藍；能溶化羊毛；能與酸類作用而生鹽類及水；能與鹽類作用而生成不溶性之氫氧化物。

4. 造胰常用苛性鈉；精製石油及製紙亦常用之；在工業上其用途甚廣。

5. 凡化合物之含有氫氧根能與酸類作用，生成水與鹽類；設如能溶於水，其水溶液能將紅試紙變藍者，謂之鹽基類。

6. 凡溶於水含有氫氧根，能將紅試紙變藍，並能與酸類作用，生成鹽類者，謂之鹼類。

7. 酸中之氫根與鹽基中氫氧根化合成水之作用，謂之中和。

8. 凡酸中之氫根被金類替代，其金類與酸根化合所成之物質，謂之鹽類。

9. 不含氫或氫氧根之鹽，謂之中性鹽；含氫之鹽，謂之酸性鹽，含氫氧根之鹽，謂之鹽基性鹽。

習題

1. 鈉在氯中或氧中燃燒，生成何物？試用方程式表示其變化。
2. 鈉何以置石油內保存之？
3. 苛性鈉之電解製法，同時又爲何物之製法？試將其變化，列反應式而說明之。
4. 各種鹽基有何相同之點？
5. 用何法可以檢別酸與鹼？
6. 試書出鹽酸硝酸硫酸與氫氧化鈉及氫氧化鈣中和時之方程式。
7. 酸性鹽及鹽基性有何區別？
8. NO_3 、 SO_4 及 PO_4 各名何物？並書出用中和法製硝酸鉛，硫酸鉛，磷酸鈣之化學方程。
6. 金類與何物結合能生成鹽類？試舉三例。
10. 金類與何物結合能生成鹽基類？試舉五例。
11. 何謂中和？何謂鹽類？各舉二例。
12. 某工廠每日需用電解食鹽25噸，(a) 製成苛性鈉若干？(b) 發生氯及氫之體積各幾何？
13. 今用中和法欲製成氯化鋅1公斤。(a) 應用何種原料？(b)

各需重量若干?

第十三章

溶液與膠體 (Solutions and Colloids)

(一)溶液界說 凡可用以溶解物質之液體，謂之溶劑 (Solvent)。如水，酒精等是也。其被溶解之物質，謂之溶質 (Solute)。如食鹽，白糖等是也。溶質溶解後所成之液體，謂之溶液 (Solution)。如鹽水，糖水等是。溶液者，係混合物之具均一性，且在一定範圍內可以任意變更其濃度 (Concentration)，是於固，液，氣三態之外，別樹一溶態者也。

凡固體，液體，或氣體之溶解於液體內，其所成之溶液，各謂之固體溶液，液體溶液及氣體溶液。

(二)溶液濃度之標準

1. 百分制 (Percentage system):

$$\text{濃度} = \frac{\text{溶質公分數}}{\text{溶媒 } 100 \text{ 公分}}$$

2. 公分分子量溶液制 (Molar solution system) 某溶液一公升中所含溶質重量之公分數，適與其分子量相同時，此溶液之濃度稱爲一公分分子量溶液 (Molar

or gram-molecular solution)。簡稱一莫爾(Mole)。例如氫氧化鈉一公分分子量溶液一公升中應含有氫氧化鈉40.005公分(22.997+16+1.008)，而硝酸一公分分子量溶液一公升中應含有硝酸氫(HNO₃)63.016公分(1.008+14.008+16×3)是也。今有氫氧化鈉15公分溶解於水而成一公升溶液時，則此溶液之濃度，稱爲

$$\frac{15}{40.005} = 0.375 \text{ mole.}$$

茲再列表以明其關係：

物 質	分子式	分子量	溶於 1 公升中之溶質	濃 度
氮 化 銦	NH ₄ Cl	53.502	53.502 g.	1 mol.
氫 氧 化 銦	NH ₄ OH	53.502	107.004 g.	2 mol.
硫 酸 鉀	K ₂ SO ₄	174.27	87.135 g.	0.5mol.
氫 氧 化 鈉	NaOH	40.005	15.000 g.	0.315mol.

3. 規範溶液制 (Normal solution sytem) 某種酸溶液每一公升中如含有1.008g之氫根(hydrogen radical)，此酸液之濃度，稱爲一規範溶液(簡稱1N.)。例如鹽酸

1N. 溶液中應含有氯化氫36.465g. (1.008+35.457) 是也。同理，鹽基之一規範溶液中，應含有 17.008g 之氫氧根(Hydroxyl radical)。例如氫氧化鈉 1N. 溶液中應含有氫氧化鈉40.005g (17.008+22.997) 是也。1N. 酸溶液與等容之 1N. 鹽基溶液適相中和。故此種規範溶液用以滴定他種鹽基或酸之濃度與含量，其計算甚為簡便。例如取市售鹽酸10 c. c. 用 1N. NaOH 滴定其濃度，迨達中和時，需用後者 20cc. 試求此種鹽酸之濃度，並計算其 1 公升中所含氯化氫之重量。

$$\frac{20}{10} = 2N. \text{ (濃度);}$$

$$36.465 \times 2 = 72.93 \text{ grams per liter.}$$

(三) 飽和溶液

溶質之於溶劑也，有以任意之比例，互相溶解。例如酒精與水，甘油與水等是也。有當某溫度時一定量之溶劑，所能溶解之物質，有一定之限制，達此限制，即不能再溶。此種溶解已足之溶液，謂之飽和溶液 (Saturated Solution)；其未達飽和之溶液稱為不飽和溶液 (unstaturated solution)。

試驗 取一小玻璃杯，內盛清水約 20 c. c. 逐漸投入食鹽，隨時用玻璃棒攪拌至食鹽不能再溶而沉入杯底爲度，此時食鹽溶液，稱爲飽和溶液。

(四) 過飽和溶液

某種溶液中有時所含之溶質，較多於其飽和時之所應含者。此謂之過飽和溶液 (Supersaturated solution)

試驗 用量杯取水 10 c. c. 入試管，加硫酸鈉 (Sodium sulfate) Na_2SO_4 10g 加熱全溶而靜置之，待冷後如無固體析出，即成過飽和溶液。若再投入硫酸鈉晶粒少許，立見大部分溶質析出。

(五) 溶解度

溶劑百公分之飽和溶液中，所能含溶質之量，謂之溶解度 (Solubility)。

A, 固體之溶解度。固體於溶劑內溶解量之多寡，因溶劑，溶質，及溫度而不同，茲分述之如下：

(1) 因溶劑而異。固體對於各種溶劑之溶解度各不相同。例如食鹽易溶於水而不易溶於酒精，碘易溶於酒精，而不易溶於水。此外脂肪之易溶於汽油，硫黃之易溶於二硫化碳皆此例也。最通用之溶劑爲水，

其次爲酒精。此外尚有二硫化炭，四氯化炭，醚，及汽油等溶劑。

(2) 因溶質而異。在一定溫度，同樣溶劑中，所能溶化固體之量，因溶質而不同。例如每百立方公分水中於 18° 時所能溶解固體之量如下：

物 質	分 子 式	所 溶 解 之 量
氯 化 鈣	CaCl_2	71 g.
氯 化 鈉	NaCl	35.9 g.
硝 酸 鉀	KNO_3	29.1 g.
硫 酸 銅	CuSO_4	20.4 g.
硫 酸 鈣	CaSO_4	0.207 g.

關於物質之易溶與否，下表所示，務須熟記，以便應用：

易 溶 者	不 易 溶 者
1. 鉀，鈉及銦等鹽 2. 硝酸，氫酸及醋酸等正鹽 3. 正氯化物($AgCl, Hg_2Cl_2$ 及 $PbCl_2$ 除外) 4. 正硫酸鹽($BaSO_4, SrSO_4,$ $CaSO_4$ 及 $PbSO_4$ 除外) 5. 酸性鹽類 (但須本酸為易	溶者) 6. 氫氧化物 (鹼金屬及鹼土金 屬除外) 7. 碳酸鹽，磷酸鹽硫化物(鹼 金屬除外) 8. 鹼性鹽類

(3) 溫度之影響。 固體溶解度之大小，有隨溫度而變遷。當溫度增高時，其溶解度有隨之而增大可試之如下：

試驗 試管盛水 5 c. c. 投入硝酸鉀 (Potassium Nitrate $NaNO_3$) 4g. 而振盪之，則見硝酸鉀一部分溶解，加熱則全溶；再如數投入而振盪之，復見一部分溶解，加熱又全溶。最後靜置冷卻，則析出結晶之硝酸鉀。

然亦有溫度增高，而溶解度幾無改變者，如食鹽是也。又有溫度增高而溶解度反形減小者，觀下表自明。

固體之溶解度表

物 質	分 子 式	每 100 c. c. 水所溶之量, 在		
		0°	20°	100
氯化鈣	CaCl ₂	59.5 g.	74.5 g.	15.9 g.
氯化鈉	NaCl	35.7 g.	36.0 g.	39.8 g.
硝酸鉀	KNO ₃	13.3 g.	31.6 g.	24.6 g.
硫酸銅	CuSO ₄	14.3 g.	20.7 g.	75.4 g.
硫酸鈣	CaSO ₄	0.759g.	0.203g.	0.162g
氫氧化鈣	Ca(OH) ₂	0.185g	0.165g.	0.077g.

觀上表知硝酸鉀之溶解度，因溫度之上昇而增大甚速；氯化鈉之溶解度，幾成一常數，氫氧化鈣反因溫度增加，而溶解度減小。今將溶解度因物質及溫度不同，而變化之狀態，用曲線表示之如下：

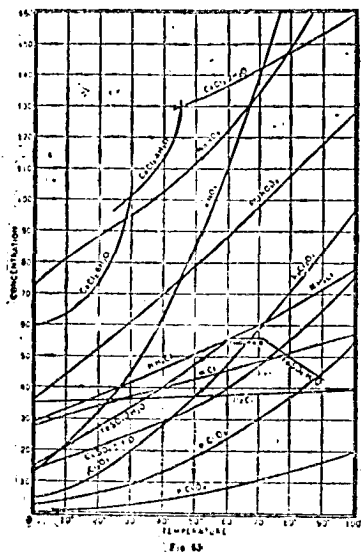


圖 68 溶解度曲線

註：測定固體溶解度最便利之法，即取其飽和溶液過濃，測定其溫度，並權其重量。次將溶液加熱蒸發乾涸，再權其重量。由是可得該固體當某溫度時之溶解度。

B. 液體之溶解度。液體之溶於液體者，可別為三種：

(1) 溶解度無限量者。例如酒精之溶解於水，無一定之限量。氯迷 (CHCl_3) 之溶於二硫化碳內亦然。若是者，視為水溶於酒精亦可。故水與酒精二者，

可互為溶質與溶劑。

(2) 僅能溶解其一部分者。 例如水與醇精 ($C_2H_5OC_2H_5$) 是也。

(3) 全不溶解者。 例如水與揮發油是也。然此時將兩液混合而振盪之，則水呈一種臭氣，故不能謂為絕不溶解。因而(2)及(3)兩項實無截然之區別。又屬於(2)種之物質，有因溫度之關係而變為(1)種者。例如水與石炭酸，本屬(2)種，然溫度在七十度以上時則為(1)種。

C. 氣體之溶解度。 各種氣體之溶解度，因溶質而不同，並受氣壓及溫度之影響。

(1) 氣體本性之關係。 各種氣體溶解性大不相同，故溶解度亦異，茲列表以明之如下：

氣體對於 1 公升水所能溶解之體積

氣體之名稱	氣壓 760 m.m. 溫度 $0^{\circ}C$ 時所能溶解氣體之體積
硝 精	1298.91 L
氯 化 氫	506.01 L

二 氧 化 硫	79.79 L
硫 化 氫	4.371 L
二 氧 化 炭	1.7131 L
氧	0.048 L
氮	0.0223 L
氫	0.0214 L

茲根據上表，關於氣體之溶解度，可分為三類，以便學者記憶：

1. 極易溶解者：鹵精，氯化氫，二氧化硫。
2. 頗能溶解者：硫化氫，二氧化碳。
3. 微能溶解者：氧，氮，氫。

(2) 氣壓之影響 (Influence of Pressure)。在一定之溶劑內，氣體能溶解之重量，與其所受之氣壓為正比例。當氣壓加倍，則氣體溶解之重量亦加倍。若減少其原受之氣壓一半，則溶解之氣體，亦有一半散逸。

故吾人掀開汽水瓶時。立見氣泡上騰，是即氣體之溶解度，因壓力減低而減小之明證也。

亨利定律 (Henry's law)

氣體之溶解度，與氣體所受之壓力為正比。

(3) 溫度之影響。 凡液體之溫度減低，則能溶解氣體之量增多。反是者則減少。故玻璃杯內冷水，逐漸加熱時則見杯壁盛發氣泡，直達液面。圖 69 是因水中所溶之空氣，因受熱減小其溶解度故也。

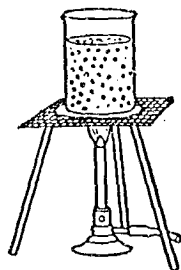


圖69氣體溶解度與溫度之關係

(六) 溶液之物理性

1. 溶液之沸點。 液體若有固體溶解於內，其蒸氣壓力即減小，故此液之沸點必增高。其增高之度數，與溶液之濃淡為比例。凡非電解質一公分分子量溶解於一公升水中，其沸點上昇之數恒為 0.52° 。例如砂糖一公分分子量 (442g) 溶於一公升水中，則水之沸點即由 100°c 昇為 100.52°c

2. 溶液之冰點。 水中若有固體在內，則冰點必降低，其降低之數，亦因濃度而異。凡非電解質一公分分子量溶於一公升水中時，其冰點常降為 -1.87°C 。例如蔗糖一公分分子量溶於一公升水中，則水溶液之冰點即下降為 -1.87°C 。吾人利用此種性質，可為測定分子量之又一法。例如蔗糖 0.46g 溶解於 20.35g 之水中，其冰點下降 0.126°C 。比例式

$$20.35 : 1000 = 0.46 : x$$

$$x = 22.604$$

此值為22.604公分之蔗糖，溶解於一公升(1000cc)之水中，其冰點亦同降下 0.126°C 。設 M 為蔗糖分子量之近似值，則

$$M : 22.604 = 1.87 : 0.126$$

$$\therefore M = \frac{22.604 \times 1.87}{0.126} = 335.4$$

3. 滲透壓。 用一薄膜，即能自由通過溶劑，而不能通過溶質之半透膜 (Semipermeable membrane) 置溶液與溶劑之間，則薄膜必受一定之壓力。此壓力稱為滲透壓 (Osmotic pressure)。

試驗 取雞卵一枚，剝去一端之外殼，但須保全其內壁之薄膜，令安置於滿盛清水之量瓶上，以薄膜浸入水中為度。次於卵之他尖端鑽一小孔，插入一細長玻璃管，用木夾支持之。少時，則見蛋白及蛋黃沿管壁上昇。

試驗 如圖 70，以膀胱為瓶底，內盛砂糖濃溶液並插入細長之玻璃管。次將膀胱浸入水中，則見玻璃管中溶液，逐漸升高，至一定之高度始止。

滲透之情況，分下列數項。

(1) 純溶劑經過半透膜，而入於溶液中。如溶液在器內則純水流入器內，而管內之液即上昇。若溶液在器外，則水即流出，而管內液體即下降。

(2) 若器之內外用一種濃度不同之溶液，則溶劑能從較稀之溶液內流入較濃之溶液內。

(3) 滲透壓力之增加，與絕對溫度成正比例。

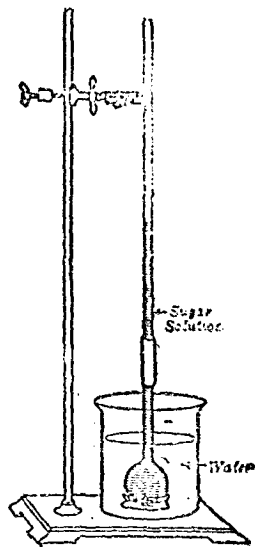


圖 70 滲透壓之試驗

(4) 滲透壓力之值，與溶液中溶質之濃度成正比例。

滲透作用之實例，如植物之吸收肥料，以其根接觸於地中之肥料溶液，由滲透之作用吸收之。倘施肥過濃，則植物體內之水分反由根滲透而出，必致枯槁。又吾人食料經消化作用，成爲液狀，繼由滲透作用而達於血液以供周身之營養云。

(七) 溶液與氣體之類似 溶質之分子勻散於其溶液之中，與氣體分子勻散於其體積之中相似，故溶液性質與氣體之性質相同。例加一公分分子量氣體物質，設其體積爲22.4公升，則其在 0°C 時之壓力爲760mm. 若一公分分子量溶質之溶液爲22.4公升，則其在 0° 時之滲透壓亦適爲760mm.。

(八) 膠體之界說

少量硫酸或鹽酸加於稍稀之水玻璃(硅酸鈉)溶液中，並無顯著之變化發生。然若放置試管內數小時後察之，則見管中之溶液形成清徹之凍膠，其主要成分爲水及硅酸。

置少許乾膠於高溫度之水中，則漲大而溶解。將

溶液放冷，則溶質變成凍膠。許多物質呈此種凍膠狀，以有機物質為尤多。此類物質總稱之曰膠體(Colloids)。

(九) 膠體之二態

膠體均能有二種形態：(1) 有似普通溶液；(2) 有呈凍膠態。膠體溶液，係極細之微粒懸泛於溶劑中所成。該物質之微粒能用顯微鏡測見，故與真溶液不同。此清如溶液之物質，謂之膠溶體(Sol) 或稱水溶體(Hydrosol)；而凍膠狀之物質，則謂之膠凝體(Gel) 或稱水凝體(Hydrogel)。膠溶體亦名膠體溶液(Colloidal solution)。

(十) 膠結

使膠溶體變為膠凝體，謂之膠結(Coagulation)。蛋白加水攪之，則成膠溶體，熱之則變為白色不透明之膠凝體，並不能再轉變為膠溶體。故蛋白之膠結，不能逆行。然若將動物膠(Gelatine)冷之，則生膠凝體，熱之仍能成膠溶體，其膠結可隨意逆行。

有時膠溶體加電解質(酸，鹽基，鹽)，即可膠結。軟粘土攪以水濾過後，則懸泛物質之粗粒留於漏斗內，

而一部分過微之細粒存於水內成膠溶體。加數滴硫酸，則立變為膠凝體，加鹽類亦然。鹼類易使膠溶體穩固，亦可使膠凝體變為膠溶體。加動物膠於他種膠溶體，可維持其長時間之不變。

(十一) 膠體溶液

1. 界說。有不能溶化之固體粉末，混懸於水中，所成之液體，謂之懸濁液 (Suspension)；如含有粘土之泥水是也。有不能溶化之液體，分散於水中各部，所成之濁液體，謂之乳濁液 (Emulsion)，如含有脂肪之乳是也。

上述兩種濁液中之微粒子，不能經過濾紙，可直接目視，故與溶液極易識別。若將純潔食鹽溶於水中，食鹽分成極細粒子，僅為分子狀態，雖用限外顯微鏡亦不能見，故此種溶液，謂之眞溶液。

將澱粉少許散入冷水中搖動之，即成懸濁液。次煮沸此液，澱粉粒即破裂為更小之微粒，勻散水中，而成清液。此液用肉眼雖不得見有微粒在內，但用顯微鏡能見之，故膠體溶液之範圍，可用數語賅括之如下：

界於濁液與真溶液之間之液體，其中之微粒子，直接目不得見而能用顯微鏡測知者，謂之膠體溶液。

2. 廷達爾現象。取肥皂水或澱粉液用濾紙濾過，所得之濾液，其外觀似無濁質。然盛此液於玻璃杯內，置於暗處，自一方將透鏡所收集之日光或燭光射入，則必見水中有許多之光輝細粒；此與日光射入暗室被塵埃反射所成之日光點同理。此種現象，係廷達爾 (Tyndall) 所發現，故稱爲廷達爾現象(圖71)。

3. 不滲透。用透析法可發見物質之溶液，可分二類。一類能透過膀胱膜壁，一類不能透過膀胱膜壁。真溶液如砂糖及食鹽之溶液，能透過膜壁；而膠體溶液如膠水及澱粉溶液等，則不能透過。

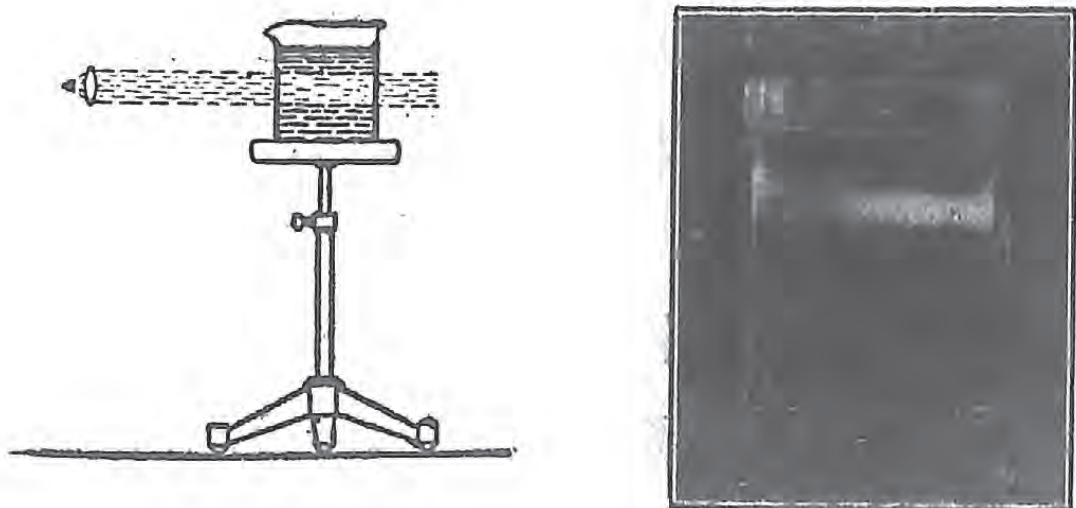
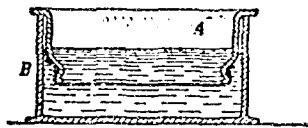


圖 71 廷 達 爾 現 象

透析法 (Dialysis)

先作成食鹽溶液及澱粉液，各盛於適當之器內，而後取玻璃製圓筒，張膀胱膜於其底，浸於各液中。經若干時後檢視，則見鹽溶液能滲透膀胱膜壁而入於筒內，澱粉溶液則受膜之遮蔽不能滲入。又如圖72 A

器之底，張有膀胱膜，內盛食鹽及澱粉混合溶液，浸於 B 器之純水內，經若干時後，則食



鹽透出膜外，澱粉則否。可知

圖 72 透析試驗

食鹽溶液中之微粒子極小，故能滲透膜壁，稱為真溶液，又因其中粒子極小，僅為分子狀態，故又稱為分子溶液。而澱粉溶液中微粒子較粗，故不能滲透膜壁，稱為膠體溶液。用膀胱膜，檢查滲透現象，識別膠體溶液與真溶液之方法，謂之透析法。

4. 布勞氏運動。用微分子顯微鏡觀察膠體溶液，裝置如圖73，見液中之輝點運動不息。此種現象，為1827年英國植物學者布勞溫 (Brown)，用顯微鏡研究花粉時所發見。氏見花粉在水中，能作激烈不規則之

運動，故稱爲布勞氏運動 (Brownian movement) (圖74) 此種運動，由於溶媒分子與膠體中之微粒子互相衝突所致。

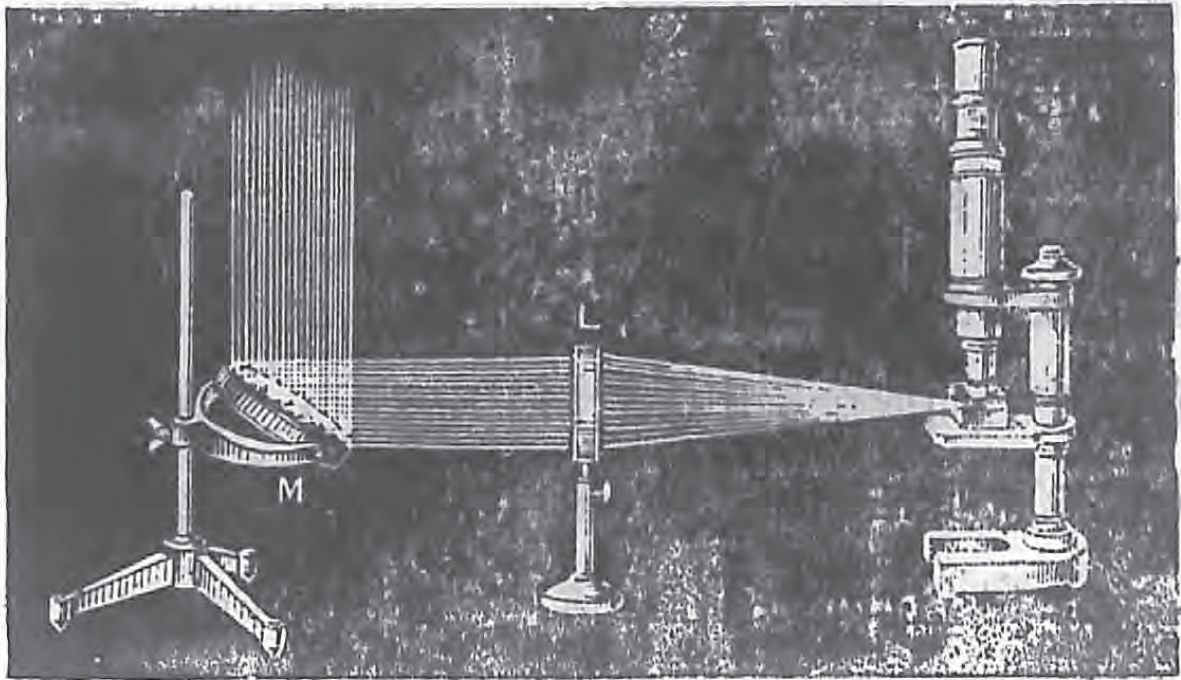


圖 73 觀察膠溶體中微粒之運動

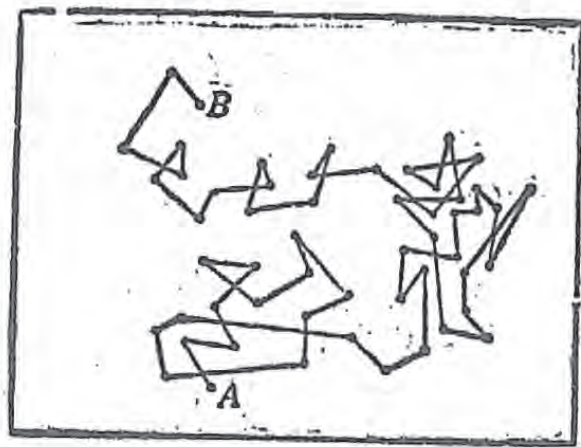


圖 74 金微粒爲布勞氏運動之要徑

5. 製法：製法有兩種；(1)使真溶液分散度減小，

凝聚而為較大之粒子者，稱為凝縮法 (Condensation method) 例如將砒霜之熱溶液過濾，通入硫化氫氣體，則生成硫化砒 (As_2S_3) 之膠體溶液。(2) 使懸濁液之分散度增加，更分散為較小之粒子者，謂之分散法 (Dispersion method)。若用金屬為電極，浸於水中，通以電流，使在水中放電，則金屬被電力裂成極細之微粒子散於水中，而成金屬之膠狀溶液(圖75)。此法應用甚廣，金，銀，錫，白金，水銀等金屬均可使用。

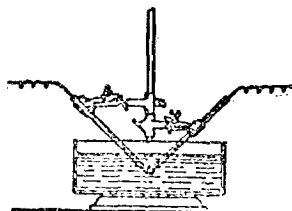


圖 75 水中放電以製金屬膠體溶液

6. 微粒子帶電。使電流作用於膠體溶液，則微粒子全體運動，此現象稱為電泳 (Cataphoresis)。用 U 字形玻璃管滿盛金的紫紅色膠溶液，插入電極，通以弱電流時，最初各部分顏色濃淡均勻，稍久則見陽極附近顏色漸濃，陰極附近顏色漸淡，終至無色。此現象由於微粒子移動所致。其所以移動至一極者，因其帶有同性之電也。

7. 電解質對於膠體溶液之影響。加電解質於膠體溶液時，微粒子之電性與之中和，聚成較大之粒，使布勞氏運動漸緩，終至呈凝固作用而沈澱。通常加明礬於水中，使濁質沈澱，即此理之應用也。

(十二) 膠體與工業

日常生活所需之物質，大半為膠性物；例如動植物之細胞，血液及蛋白質等，均為膠性物。消化作用及生長作用皆賴有膠溶體之性質也。在工業上應用頗廣：製人造絲，假象牙，橡皮等，皆為使膠溶體變為膠凝體之作用。學醫上研究，知膠狀藥劑效果較著，而治療法因之一新。又液體中之膠質，若使他種適當物質少許，與之作用；或加熱力，則可沉澱。例如牛乳中之膠質酪素 Casjen 若加入醋酸少許，而攪拌之，則酪素立即凝結而下沉。

許多膠溶體受冷或蒸發之，即漸凝固，而成膠凝體。例如水中溶有百分之五動物

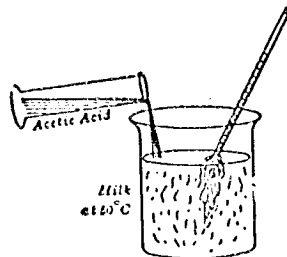


圖 79 牛乳中之膠質

膠所成之溶液冷至 18°C ，即凝爲膠凝體。

此膠凝體加熱或加水，皆可變成膠溶體。

照像片及活動影片之膠片，皆用膠質製成。其他應用尙多，茲特言其要者耳。

第十三章之綱要

溶液 = 溶質 + 溶劑

溶液種類：(1) 固體溶液，(2) 液體溶液，(3) 氣體溶液。

溶液濃度之標準：(1) 百分制；(2) 公分分子量溶液制；(3) 規範溶液制。

亨利定律：氣體之溶解度，與其所受之壓力成正比例。

凡非電解質一公分分子量水溶液其沸點恆升高 0.52°C ，其冰點恆下降 1.87°C 。

膠體溶液可用放電分散法，或加藥凝縮法製成。

膠溶體液中溶質微粒子體積之大小，界於分子及懸濁液中微粒子之間。

肉眼雖不得見膠體膠液中之微粒子，然能用顯微

鏡觀察之。

膠體溶液能通過濾紙，而不能滲透膀胱膜，此為與真溶液之異點。

由布勞氏運動，可推知溶媒中分子運動甚速，而溶質之微粒子，如船在海，起蕩漾之象。

微粒子帶有電性，故通電流時，有電泳現象。

動植物生活現象，醫學，工業，及活動電影之膠片等，多為膠質之應用。

習 題

1. 海洋之水，不易結冰，何故？
2. 烹飪食物時在鹽湯中煮沸，較在清湯中易熟，何故？
3. 冬季汽車上散熱器內之水，常加入酒精，何故？
4. 家庭中用明礬澄清飲料水，是何作用？
5. 雞蛋清係何種溶液？其凝結之法若何？膠體溶液如溶有電解質，應用何法去淨之？
6. 另舉工業上應用膠狀溶液一二實例。
7. 含有 100g 食鹽之水溶液，蒸發乾涸，求殘渣之重量。又鉍 100g 溶解於硫酸，蒸發乾涸，殘餘何物？其重量幾何？

8. 試計算下列各化合物 1N. 溶液 1 公升中所含各該化合物之重量。

1. 苛性鉀; 2. 苛性鈉; 3. 鹽酸; 4. 硫酸。

9. 有一種鹽酸其比重為 1.12 含有 23.81% (重量) 之氯化氫, 求此鹽酸中 1cc. 所含 HCl 之重量。

10. 有食鹽 100g 完全溶解於水而成 1500 cc. 之溶液。求此溶液之濃度 (用 Molar Concentration 表之)。

11. 今有葡萄糖 1g, 溶解於 14.62g 之水中, 其冰點下降 0.725°C , 求葡萄糖之分子量。

12. 變更 0.5162N. HCl 42.75cc 為 1N. 時之體積。

13. $\frac{1}{10}$ N. H_2SO_4 溶液一公升含有硫酸重量幾何?

14. 今有鹽酸 10cc. 適與 1N. KOH 溶液 20 cc. 相中和。試求此鹽酸之濃度, 並計算其 1 公升中所含氯化氫之重量。

15. 今有一種苛性鈉溶液 21.71cc. 用 0.5172N. H_2SO_4 滴定之。當中和時滴管內用去硫酸 39.65cc. 求此種鹼液之濃度 (用 N 表之); 並計算其一公升中所含苛性鈉之重量。

第十四章

電離學說

(Theory of ionization)

(一)電解質與非電解質之界說

某物質之水溶液能導電，於通電流時起分解之作用者，則謂之電解質(Electrolytes)，無此等性質之物質，謂之非電解質(Non-electrolytes)。無機酸，鹽基，鹽類等多為電解質。砂糖，酒精，甘油等有機化物，概為非電解質。

(二)電解質在溶液中不規則之現象

考查非電解質溶於水中，均能使水之冰點下降，沸點上昇；其下降及上昇之度數，與溶質之分子數有關(在定量溶劑中)，而與溶質之本性無關。若於定量之水中，所溶物質之分子數相等，則冰點下降之度數亦相等。

但此種規則，不能適用於各種電解質。凡電解質溶於水中，其冰點下降及沸點上昇之度數，恆比非電

解質為大，且各電解質水溶液冰沸點降昇之度數，亦彼此不同。觀下表，可知電解質溶液所顯不規則之現象。

一公分分子量之非電解質溶於 1000c.c. 水中，其冰點下降之度數均為 1.87；而電解質一公分分子量溶於 1000c.c. 水中，其冰點下降之度數，皆較 1.87 為多。是何緣故？按任何物質，每公分分子量中所含之分子數均相等，而各種物質均溶一公分分子量於 1000c.c. 水中，即定量之水中溶有溶質之分子數相等。

各溶液之冰點降下表

物 質	電解質與非電解質	分 子 式	1公分分子量物質溶於1000c.c.水中，冰點降下之數
酒精……	非電解質	C_2H_5OH	1.87
氯化氫……	酸	HCl	3.61
硝酸……	酸	HNO_3	3.59
氫氧化鉀……	鹽基	KOH	3.44
氫氧化鈉……	鹽基	$NaOH$	3.43
氯化鈉……	鹽	$NaCl$	3.36
硝酸鉀……	鹽	KNO_3	2.48

可推想而知定量水中溶有相等分子數時，在非電解質其冰點降下之度數均相等，而在電解質其冰點降下之度數常較多者，蓋因電解質在溶液中解離成更小之質點，增加單位數故也。

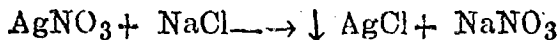
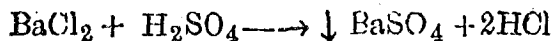
(三)電解質在溶液中解離之證據

1. 電解質溶液冰點及沸點之不規則

電解質與非電解質，均取一公分分子量溶於1000 c.c. 水中，而電解質如食鹽等冰點降下之度數，恆較非電解質如砂糠等為大，由此可推知電解質在溶液中必解離成更小之質點，而增加其單位。

2. 電解質溶液之化學反應

氯化鋇溶解與硫酸相混，立即生成白色沉澱之硫酸鋇；硝酸銀溶液與氯化鈉溶液混和，立即生成白色沉澱之氯化銀，其反應方程式如下：



此外凡電解質在溶液中，互相作用，均甚迅速。又此種反應，內部變化甚簡單，或金屬與金屬換位，

或金屬與氫換位，而 O_2 及 NO_3 當反應時，恒爲單位，並不分裂。由此可推知電解質在溶液中，每分子必解離成兩小單位，故其互相作用之速，爲非電解質所不及也。

3. 電解質電解之事實

電解質在溶解中，通以電流，即行分解成兩種新物質，一種在陰極生成，一種在陽極生成，毫不錯亂。例如氯化銅溶液通以電流時，則陰極恒生銅，而陽極恒生氯。此蓋因氯化銅在溶液中，即自行解離成銅質點及氯質點，且兩種質點帶有不同性之電。當通電流時一種被吸至陰極，而一種被吸至陽極故也。

此種通電流分解物質之作用，謂之電解(electrolysis)。插入溶液中之板，謂之電極(Electrode)。一板爲陽極(Anode)。一板爲陰極(Cathode)。

4. 電離學說之創作者

瑞典之化學家阿倫尼阿斯(Svante August Arrhenius 1859—圖77)首創電離學說，說明從來化學上不



圖 77 阿 氏 像

易解釋之事實。1887年，著論發表，然因此說為以前所未曾聞，故一時未得世人之深信。惟德國之奧斯特哇爾德 (Ostwald) 氏極注意其說，加以精細之研究，繼續發表，遂成一大學說。於化學電學熱力學三方面均有確實根據，始得學者之讚賞。1911年，五月十二日，美國化學會曾贈以名譽獎章。

(五)電離學說學要點

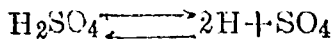
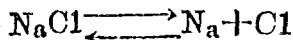
I. 電解質在溶液中生成離子

當電解質溶於水中時，各分子均分為兩部分，或

爲原子或爲原子團而存在。此解離所成之原子或原子團，謂之離子 (ions)。

2. 電離成平衡狀態

電解質在溶液中，並非所有分子全行解離。設若全行解離則物理恆數(加冰點等)之改變，當恰爲非電解質之兩倍；但事實不然。故推知電解質在溶液中，定成平衡狀態，所解離之數量，達一定之限度，即停止解離，似乎已解離所成之離子有一種趨向化合而成分子者然。茲舉氯化鈉及硫酸爲例，用平衡方程式表示如下：



3. 影響於平衡之各項原因

(a) 電解質之本性 各種電解質之水溶液，冰點降下之度數，各不相同；其導電度亦各不相同，因此可知電解質之本性如不相同，其解離之數量亦不相等，即電離度各不相同也。

(b) 溶劑之本性 許多溶劑如以脫 (ether) 及安

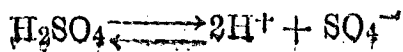
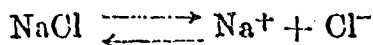
息輪(benzene)等，溶解任何物質，均不解離；而液體鹵精及二氧化硫所生之現象，雖與水所生者相似，然解離度仍各不同。

(c) 溶液之稀度 溶液愈稀，解離之數量愈多，而未解離者愈少。溶液漸濃，則解離之數量漸少，而未解離之數量漸多。故溶液之稀薄度若有改變，而平衡亦必改變。

4. 離子帶有電

食鹽在水中解離所成之 Na 及 Cl，是否與通常之 Na 及 Cl 性質相同，立可瞭解。因普通之鈉能將水分解，普通之氯為黃綠色，僅能溶少量於水中，並有異臭；而由 NaCl 在溶液中解離之鈉不能將水分解，其氯亦無色與異臭之表現。至若 Na 及 Cl 之離子所以與通常 Na 及 Cl 性質完全不同者，蓋因離子帶有電故也。

每一個分子當電離時，均生成兩種帶有等量陰陽電之離子，如下列各方程式之所示者：



帶陽電之離子，稱為陽離子 (Cation) 帶有陰電之離子，稱為陰離子 (Anion)。一個 SO_4 上之陰電量等於兩 H^+ 上之陽電量。故 SO_4 之右肩上用 $- -$ 表之。有時正電用 \cdot 表示，負電用 $\bar{\cdot}$ 表示，如 Na^{\cdot} 及 $\text{Cl}^{\bar{\cdot}}$ 是也。

5. 所有化合物非皆能電離者

只有電解質溶液能起電離作用。如鹽溶於水，即

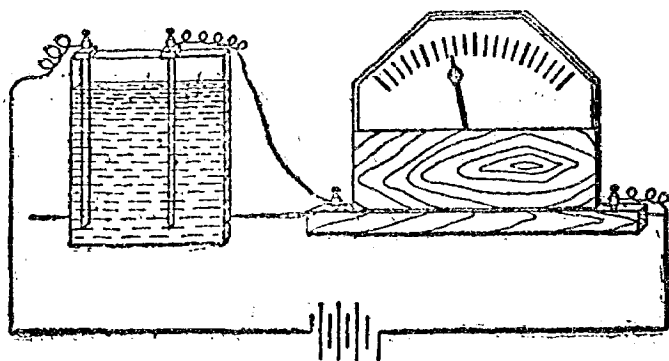


圖 78 檢 查 是 否 電 離

起電離作用；糖溶於水，則不起電離作用；酸類，鹼類及鹽類皆能電離；而酒精，甘油等皆不能電離。凡起電離之溶液皆能導電；其不能導電之溶液，皆為不起電離作用者。欲知某物質在溶液中是否電離，可由

檢查其溶液是否導電以知之。如圖78用極靈敏之電流表一，玻璃瓶一，瓶中盛以欲檢查之溶液，並插有銅片兩條。若溶液能導電，當通以弱電流時，電流表上指針即行轉動，因此可知其已起電離作用。當通以電流時，若指針毫不轉動，則可知該

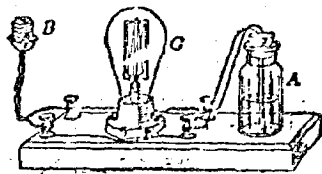


圖79檢查溶液是否易導電

物質不能電離。然各物質在溶液中，電離之數量有多寡之不同，故雖皆為起電離作用之溶液，而導電有難易之分。易導電者為良導體。欲考查某溶液是否為良導體，可用圖79裝置，以檢驗之。玻璃瓶盛以欲檢查之溶液，並插有兩電極，與電燈及電門相聯結。當開電門通電流時，見電燈光亮，則該溶液即為良導體。

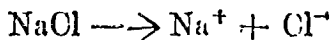
(六)電離及電離學說之定義

凡電解質如酸，鹽基，鹽類，溶解於水，皆解離為兩部，帶有異性之電，而成陰陽離子。此作用曰電離；此學說謂之電離學說。

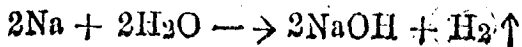
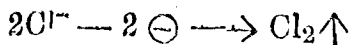
(七)電離學說之應用

1. 說明電解之事實

(a) 氯化鈉電解之說明 當通電流於氯化鈉之水溶液時，則陽極生氯，陰極生氫，毫不錯亂，是何緣故？可用電離說以解釋之。當氯化鈉液於水中時，即電離成鈉離子及氯離子，可用下式表示之：



氯離子帶陰電，故當通電流時，即移至陽極，將負電消失，而成普通之氯，由陽極放出，此所以氯化鈉溶液通電流時，由陽極生成氯氣也。鈉離子帶陽電，當通電流時，即移至陰極，將電消失，而成普通之鈉。但普通之鈉能將水分解，故此陰極所生成之鈉立即與水作用，分出氫氣，而所成氫氧化鈉存於液中，此所以氯化鈉溶液通電流時，陰極放出氫氣也。茲將氯離子及鈉離子移至兩極後之作用，以式表之如下：



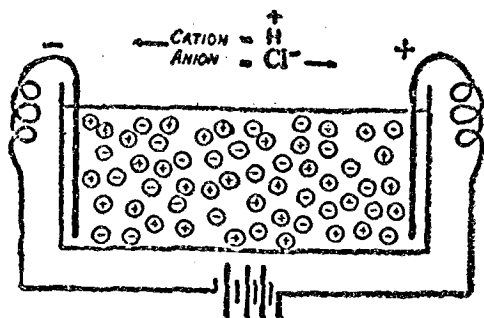
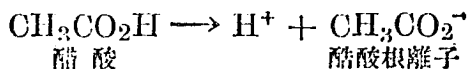
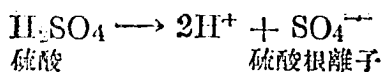
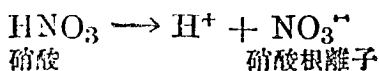
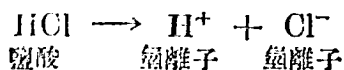


圖 80 食鹽之電解

(1) 氯化銅電解之說明 當通電流於氯化銅溶液時，則陽極生氯，陰極生銅。此作用亦極易說明。氯離子為陰性者，故移至陽極消失電量，成普通之氯放出。銅之離子為陽性者。故移至陰極，消失電量，成普通之銅，附於陰極板上。

2. 解釋酸之性質

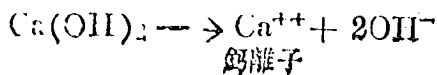
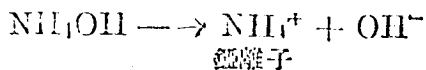
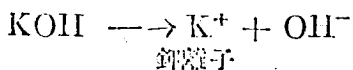
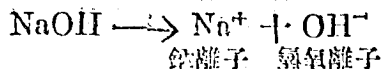
酸類之水溶液，皆有酸味，皆能使藍色石蕊試藥及黃色之完質試藥 (Methyl-orange) 變為紅色，又能使由鹼性而生紅色之輪質試藥 (Phenolphthalein)，變為無色。各種酸所以均有此相同性質者，即因其電離皆生氫離子也。最普通之酸電離之情形，如下列之方程式：



此電離所生之 H^+ 能使試藥或試紙變色，而各種無機酸皆能生成 H^+ ，故對於試藥有相同之現象也。

3. 解釋鹽基之性質

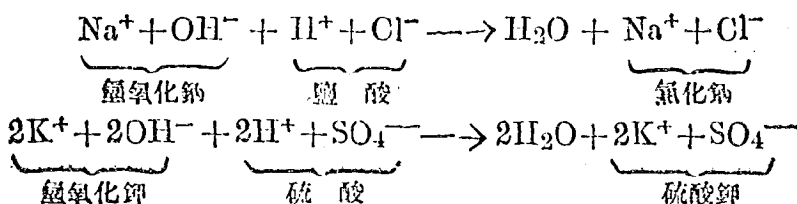
鹽基類之水溶液均能使紅色石蕊試紙變藍，完質試藥變黃，輪質試藥變為紫紅。查鹽基類為氫氧化物，其相同之根即為氫氧根，電離時皆生氫氧離子：



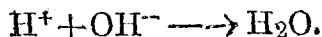
觀上列反應式，可知鹽基類所生成之離子，只有氫氧離子為各鹽基所同有者。試藥變色必係因與氫氧離子相作用之效果也。

4. 解釋中和之現象

將酸與鹽基之溶液適量化合，則生非酸亦非鹽基之中性溶液。此因酸中之氫離子 H^+ 呈酸性反應，鹽基中之氫氧離子 OH^- 呈鹼性反應，二者相化合而生水 H_2O ，故起中和之現象：



觀上式可知中和現象之起因，不外 H^+ 與 OH^- 之作用，故可簡單表示中和之作用如下：



5. 酸與鹽基強弱之原因

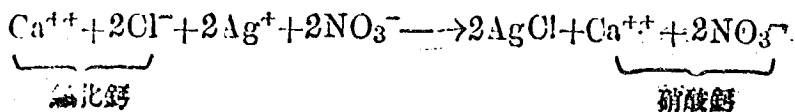
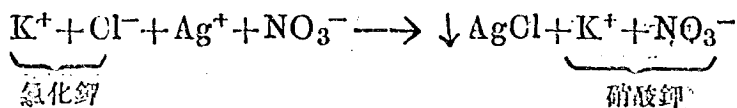
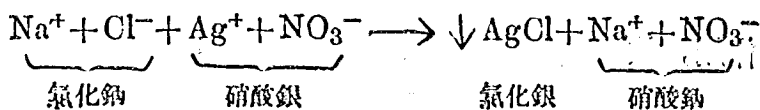
電解質電離度視各物而不同；電離度大者則生多量之離子；電離度小者則所生之離子較少。鹽酸，硝酸，硫酸等，電離度大，生多量之氫離子，故酸性甚強。

碳酸，醋酸等，電離度小，不化爲離子之分子數較多，故酸性甚弱。又氫氧化鈉，氫氧化鉀等之所以有強鹽基性者，因其電離度大，而所生氫氧離子之量甚多故也。反之如硼精其電離度甚小，而所生氫氧離子亦甚少，故爲弱鹽基。

6. 同根鹽有相同性質之解釋

(a) 氯化物有共同性質之解釋

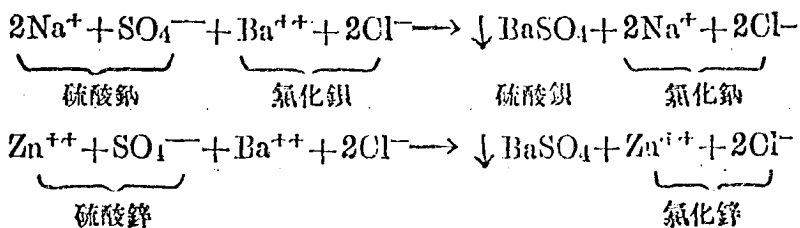
氯化物溶於水所得之溶液，與硝酸銀溶液相混均生白色沉澱。查其相同之根爲氯，則生此現象必因氯化物在溶液中，均電離生氯離子，而與硝酸銀所生之銀離子相化合，成不電離之氯化銀故也。茲示其電離反應式如下：



(b) 硫酸鹽有共同性質之解釋

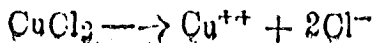
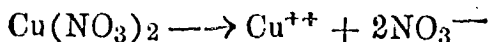
硫酸鹽之水溶液加氯化鋇之溶液所以生白色沉澱者，因硫酸鹽電離，均生硫酸根離子 SO_4^{--} ，與氯化鋇所生之鋇離子 Ba^{++} 相化合成不電離之硫酸鋇故也。

茲示其反應如下：

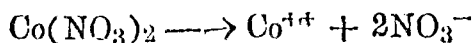
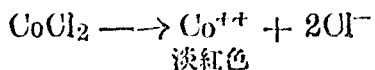
(c) 同根鹽溶液顏色相同之解釋

銅鹽，如硫酸銅，硝酸銅，氯化銅等之水溶液，皆為藍綠色，然若將水蒸乾則皆白色，故銅鹽之所以呈藍綠色者，因其皆含銅離子故也。茲示其電離如下：

下：



又鈷鹽溶液皆呈紅色，亦皆因其電離生鈷離子故也。茲示其電離反應之方程式如下：

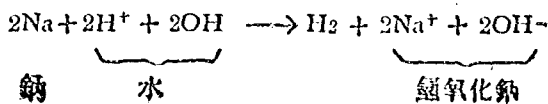


7. 置換作用之說明

欲解釋置換作用，須先知元素化為離子趨勢之大小。今按金屬元素（氫亦在內）化為離子趨勢（Tendency）之大小，順次由上向下記之如下。

此表上列各元素，能置換下列諸金屬，而在下者，能被其在上各金屬所置換，故此表亦可稱為元素本性之次序。既知各元素化為離子性有大小之分，則可解釋置換作用矣。茲舉數例說明之如下：

(a) 投鈉於水，則溶解而生氫，其溶液呈鹼性，是何緣故？此因微量之水，起電離現象，所生之兩離子中，有陽性氫離子；鈉之化為離子趨勢較氫為大，奪其電量而成氫離子，故氫離子竟成普通之氫而放出。茲示其反應如下：

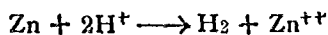
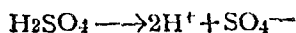


金屬元素化爲離子趨勢之次序

鉀 K
 鈉 Na
 銣 Ca
 鎂 Mg
 鋁 Al
 錳 Mn
 鋅 Zn
 鐵 Fe
 鎘 Cd
 鈷 Co
 鎳 Ni
 鉛 Pb
 錫 Sn
 銻 H
 銅 Cu
 銻 Hg
 銀 Ag
 鉑 Pt
 金 Au

(b) 投鋅於稀硫酸中，則生成氫氣是何緣故？

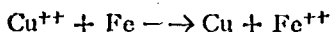
此因硫酸電離，生成氫離子，鋅遇之則奪其電量，而成鋅離子，故氫離子變成普通之氫氣。茲示之如下：



普通鋅 氫離子 普通氫 鋅離子

(c) 投潔淨之鐵片，於硫酸銅溶液，則見有銅

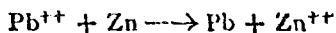
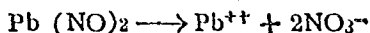
覆於鐵片表面，是何緣故？此因鐵之化爲離子趨勢，較銅爲大故也。其反應如下：



銅離子 普通鐵 普通銅 鐵離子

(d) 懸鋅棒於硝酸鉛溶液中，靜置數時，則見

有鉛附於鋅棒，而成樹枝形(圖81)，是何緣故？此因鋅奪鉛離子上之電量，成鋅離子存於液中，而鉛離子變爲普通金屬鉛，但此作用，係圍繞鋅棒，故分出之鉛附於鋅棒，而成樹枝形狀。其反應方程如下：



鉛離子 普通鋅 普通鉛 鋅離子

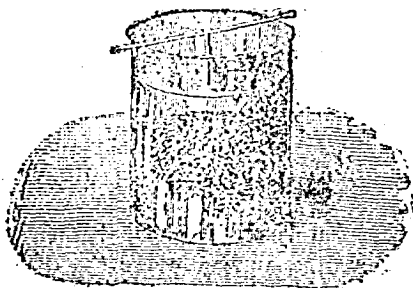


圖 81 鉛 樹

第十五章之綱要

(1) 電解質溶液冰點下降及沸點上昇之度數，均較非電解質為大。

(2) 凡電解質如酸，鹽基，鹽類，溶解於水，皆解離為兩部，帶有異性之電，而成陰陽離子；此作用曰電離，此學說謂之電離學說。

(3) 用電離說，可解釋下列各種化學現象：

(a) 電解之事實；

(b) 各種酸均能使同種試紙變為同樣顏色之原因；

(c) 各種鹽基均能使同種試紙，變為同樣顏色之

原因；

- (d) 酸鹼中和而呈中性之現象；
- (e) 酸與鹽基有強弱之原因；
- (f) 同根鹽溶液顏色相同之原因；
- (g) 鹽類中金屬根被他金屬置換之原因。

習 題

1. 電解硫酸鈉，生成何物？
2. 試根據離子作用，規定酸，鹽基，與鹽類之界說。
3. 鈉(Na)與鈉離子(Na^+)有何不同之點？
4. 氯(Cl)與氯離子(Cl^-)有何不同之點？
5. 鐵鹽 FeCl_2 與 FeCl_3 中之鐵離子有何異點？
6. 兩種電解質溶液相混和，有生沉澱者，亦有不生沉澱者，何故？
7. 氯化鉀之水溶液無色，而過錳酸鉀之水溶液則呈紫紅色，何故？
8. 電解鹽酸時，陰極恆生氫，陽極恆生氯，何故？
9. 酸與鹼中和，是何簡單作用？
10. CoCl_2 , AgCl , Na_2SO_4 , PbSO_4 四物中何者電離，何者不電

離? 試就可電離者列其離子方程式。

11. 試述下列各離子之名稱：



12. 硝酸鉛中之鉛能否被銅置換? 何故?

13. 有硫酸銅 100g, 應需鐵若干重量與銅置換?

14. 蔗糖 0.46g, 溶解於水 20.35g 中, 冰點下降為 0.126°C 求蔗糖之分子量。

15. 葡萄糖 1g, 溶解於水 14.62g 中, 冰點下降為 0.725°C , 求葡萄糖之分子量。

第十五章

碳及燃料

第一節

碳 (Carbon)

(一) 所在及種類

碳之散布於天然界者甚廣。煤中含碳極多，石灰石及動植物體中亦均含有碳素，空氣中含有二氧化碳。碳有三種，即無定形碳，石墨，金鋼石，是也。

(二) 無定形碳 (Amorphous carbon)

(1) 木炭 (Wood charcoal)

植物體中含炭甚多。木炭由木材乾餾而得。質輕，小孔甚多，能浮於水面，且能吸收多量之氣體。空氣中有不潔之氣，能用木炭吸收之，而使空氣較潔。水中若有不潔之物，使之經過木炭，亦能變為較潔之水，故木炭常供濾水之用。

(2) 骨炭 (Bone black)

將動物之骨，置鐵器中，乾餾則成骨炭。骨炭能

吸收不潔之物，工業上常用之。初製之糖並不潔白，若使之濾過骨炭，則變為潔白之糖。又靛青稀溶液中，置骨炭粉少許，煮之至沸，少時用濾紙濾過，則見所得之濾液，已成無色。

(3) 油煙 (Lamp black)

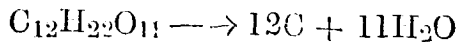
將富於炭質之油類，置於空氣不甚流通之處，而燃燒之，則得油煙，常用以製固形墨，普通墨汁，印刷用墨汁及塗料等。

(4) 氣炭 (Gas carbon)

乾蒸煤時，附着於鐵甌上部之固形物，稱為氣炭。其質硬，有導電性，故為製電極之重要原料。

(5) 純炭 (Pure carbon)

焦化蔗糖，可得純碳。例如蔗糖中注入濃硫酸加熱，即得純碳。



(三) 金鋼 (Diamond)

(1) 產地及性質

世人視金鋼石為寶石，頗屬貴重，南非洲為其主

要產地；以肯拔黎 (Kenberley) 地方爲最著名。其他如印度，巴西，濠大利亞，北美合衆國等，亦畧有金鋼石之產出。其晶形似八面體，純粹者爲無色透明之結晶。但每含有微量之不純物，故往往有色。硬度甚高，光線屈折率甚大，色澤甚美，爲其特長。將金鋼石斷絕空氣而熱之，則變爲石墨；於氧中熱之，則燃燒而變爲二氧化碳。

(2) 種類及用途

(a) 無色透明之金鋼石，稀少而價最高，用作裝飾品。(b) 含有少許雜質，帶有黃色，綠色，薔薇色，或藍色者，而成寶石，亦用作裝飾品。(c) 灰黑色之金鋼石可爲割玻璃及磨擦之用。鑲於管端，可爲鑽岩石之用。

(3) 金鋼石之製法

用電爐，令鐵熔融，次將適量純粹之炭，溶於液體之鐵中。當傾注於冷水時，鐵驟凝固，內部炭質忽受極強之壓力而結晶，一部變成金鋼石。用酸溶解其鐵；繼用強氧化劑，將未變之炭質氧化而消失；所殘

留之結晶其性質與天然金鋼石無異；惟概爲微粒之結晶耳。

(四) 石墨 (Graphite)

(1) 石墨之性質及用途

石墨色灰黑，質軟，有金屬光澤，爲六角之板狀結晶。頗柔滑，爲熱及電之良導體。耐火性大，故能與耐火性粘土相混合以作坩堝。在氧中強熱之，則變爲二氧化碳。石墨與粘土相和，可製鉛筆心。塗於鐵面，可防止生鏽；抹於機械軸上，可減少磨擦。又可用作電極。

(2) 石墨之產地

其天然產品，多出於德，美，西比利亞，錫蘭，日本，朝鮮等地。

(3) 石墨之製造法。

製造石墨工業上多用愛遣生法 (Acheson's process)。裝置如圖82電爐內裝滿無烟煤之粗粒 B，其中中心置炭粒 C，並連於兩電極 A，外部密蓋砂炭混合物，使隔絕空氣。碳由 G 通入交流電流 (40,000安培, 200

弗打)，使碳受高熱而變成石墨。

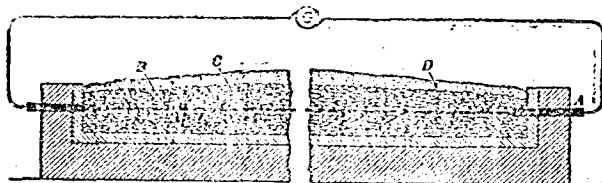
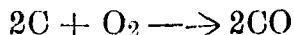
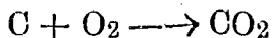


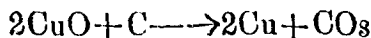
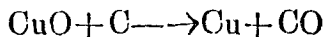
圖 82 製造石墨

(五)炭之化性。

炭燃燒時，與氧化合成 CO_2 ，有時氧氣不足可成 CO ：



此作用除直接用以生熱外，又用以還元銅，鐵，鋅，等各種礦石。將 CuO 與炭屑混合熱之則得銅。其所生之氣體，或為 CO_2 或為 CO_2 與 CO 之混合物，隨所用炭量之多寡而定：



又於鼓風爐中，炭質能將赤鐵礦 (Fe_2O_3) 還元。其反應如下：



第二節

燃料

(一) 燃料之定義

凡能因燃燒而使能力發現，可供吾人之利用者，謂之燃料。

(二) 燃料之種類

燃料可分為三大類如下表：

- | | |
|----------|---|
| (1) 固體燃料 | { (a) 柴, (b) 木炭, (c) 煤, (d) 焦煤, |
| (2) 液體燃料 | { (a) 石油, (b) 蒸餾油, (c) 奔燒油,
(d) 酒精, |
| (3) 氣體燃料 | { (a) 天然煤氣, (b) 煤氣, (c) 水煤氣,
(d) 發生氣, (e) 混合煤氣, (f) 電石氣, |

(三) 固體燃料 (Solid fuels)

1. 柴類

此項燃料，在工業發達之國家，已漸退於不重要之地位。然有時因特別情形，尚有利用之者。如糖廠用蔗幹為燃料，西伯利亞火車用松樹為燃料是也。

工業未發達之國家，則用柴供烹飪。我國一般多

用木材，農家則多用禾藁。

木質大部分，由於炭，氫，氧等元素而成，所含不可燃物性物質甚少，燒餘之灰分不過其全重量中百分之二三。但木材用作燃料有三種缺點；(1) 火焰雖長，油煙甚多；(2) 溫度不甚高，火不甚烈；(3) 木材中有許多貴重有用之物質，廢棄可惜。改良用木材為燃料之方法，即製成木炭而用之。

2. 木炭 (Wood charcoal)

木材含有許多揮發性物質，燃燒時生煙甚多。如將此種揮發性物除去，即不生煙。除去揮發性物質之法有二：(a) 窯燒法；(b) 乾餾法。窯燒法係先將木材排列成堆，中留一孔，外面用泥封固，上端亦留一孔，為油煙逃散之路。點以火後，因空氣供給不足，所以不能十分燃燒。許多揮發性物，皆由煙道逃往窯外，成為黑煙上升。燒足後，將煙道封塞，空氣完全不通，火即熄滅，冷後取出，即為木炭。

若火力不足，燃燒時仍生煙。但火力過度，則炭量必減少。故製木炭須有相當之經驗。但用此法製木炭

時，廢棄許多有用物質。其較好之方法即為乾餾法。

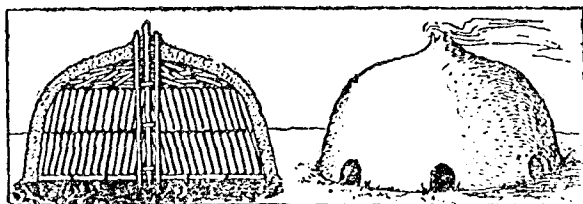


圖 83 裂 木 炭

乾餾法 (Dry-distillation) 係將木材裝入鐵車，密閉加熱。如圖84，F 為火爐。木材內揮發性物質，因熱力上昇至C內，凡在常溫度為液體之物質，皆凝成液體，所餘木炭存留於車內。C 管內物質稱為副產物 (Byproducts)，中含兩種重要物質：一為木精 (wood spirit, CH_3OH)，亦稱為木酒精 (wood alcohol)，最大用途為作溶劑或燃料；一為醋酸，為一種弱酸，在染色及其他工業上應用甚廣。

3. 煤 (Coal) 煤為古代植物炭化所成，其成分以炭，氫，氧三者為最要。因其炭化程度之不同，故有種類之分。茲將煤在炭化時成分之變遷，及所成各種之煤，表示如圖85；學者試解釋之。

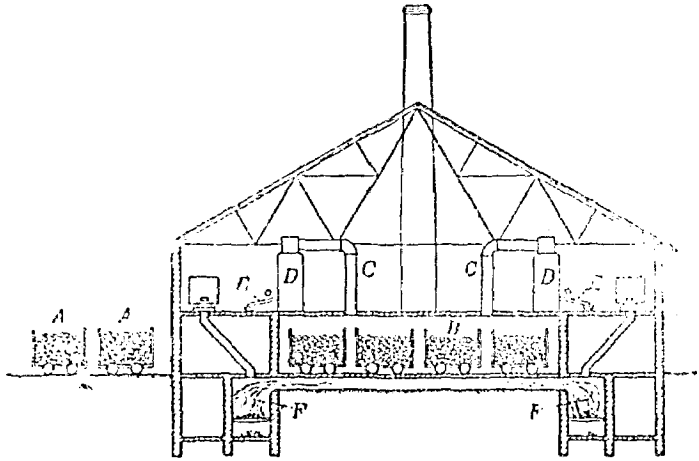


圖 84 乾備木材

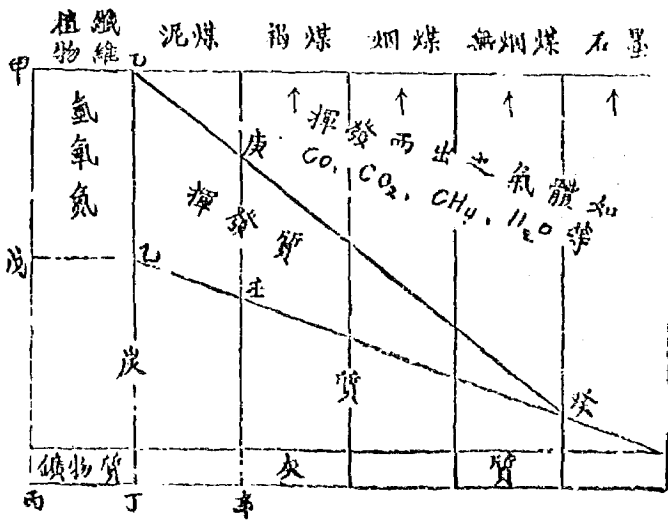


圖 85 煤在炭化時成分之變遷

世界各國煤之儲量，以美國及我國爲最豐富。我國煤之主要產地爲山西，河北，湖南，貴州，雲南，四川，山東，陝西，河南，江西，湖北，廣東，廣西，遼甯，諸省。清 同治九年德國地質學者利希陀芬 (Richtofen) 調查山西全省煤之儲量爲1,890,000,000, 000 噸。茲將煤之種類，分述於下：

(1) 無烟煤 古代植物埋沒地中，年代最久，炭化程度最高，含炭約90%，其質甚硬者，稱爲硬煤。燃燒時熱量極大，揮發物少，故火焰短，幾乎無煙，故又稱爲無烟煤 (Anthracite)。工廠中多用之。

(2) 烟煤及褐煤

軟煤年代較短，炭化程度較淺。含炭約80%，色黑質軟。故稱爲軟煤 (Soft coal)，燃燒時火焰較長，而烟較多，故亦稱爲烟煤。

褐煤年代又較短，炭化程度更淺，色褐，故稱爲褐煤 (brown coal)，含炭約70%，熱力極弱。此兩種煤價值較廉，家庭多用之。

(3) 泥煤 (Peat)

泥煤發現之處，以愛爾蘭及俄國爲最多。其地必爲卑濕，植物叢生漸沒於水，故死朽而如泥。泥煤含水甚多，自百分之四十至百分之九十不等。欲除此水，必費資本；然採取泥煤較易，故亦有除其水而用之者。除水之法有三：一用熱，二用壓力，三蒸餾。三者之中，以蒸餾爲最適用。蓋泥煤久浸水中，其外有水化纖維質包之，使其中含儲之水，不易外出。若蒸至 200 度以上，再加以壓力，則其中含儲之水，易於吐出，然後壓成堅結之塊，甚合各項燃燒之用。

(4) 焦煤 (Coke)

焦煤爲鐵廠及其他冶金場必需之物，故其製法日精。以其最精者言之，則煤置之坑中，外熱以火，使其揮發性物質上騰，至三十小時後，將坑中所賸者推出，殺之以水，卽焦煤也。至其揮發性物質中之黑油，則以凝結管凝爲液體，以池貯之，納夫達林 (Naphthalene) 則以水塔凝爲固體；礪精則以硫酸取之。煤氣則半用之於本坑之烘燒，半用之於機器室之燃炬。凡此皆焦煤坑之副產物也。

焦煤之用，以熔鐵鑪及他項冶金鑪為大宗，必中空而堅硬。中空則鑪中之氣體穿行無阻，堅硬則鑪中鐵鑪之壓力可當。此種焦煤多由場中自製。若煤氣廠中副產之焦煤，多供家常鑪竈之用。焦煤燃燒時，火焰甚烈。茲將各種重要燃料一公分燃燒時所生之熱值 (Calorific value)，表示於下：

燃料名稱	熱值
木 材	3800—4000 Cal.
褐 煤	5400 Cal.
烟 煤	8300 Cal.
無烟煤	7300 Cal.
焦 煤	7300 Cal.

(四)液體燃料 (Liquid fuels)

1. 石油 (Petroleum)

石油為一種濃厚而常帶褐色之油。產於不透水層之下。當穿孔入含油地層時，石油常藉更低層四周之水之靜壓力而湧出，或用唧筒汲出之。1917年全世界石油產量為59億桶(每桶計42加倫)，其中百分之六十

六，產自美國。

我國石油礦域，起自新疆之北部，沿祁連山而東行，至甘肅玉門縣及燉煌縣，經甘肅之東境，陝西之北境，轉而向南，復過秦嶺而入於四川之中部。

石油乃一複雜之混合物，由蒸餾法分離成各部分，此各部分仍為混合物，然已適於各種之用。當蒸餾時，沸點較低之混合成分，先化氣放出；溫度漸昇，沸點較高之混合成分亦相繼化氣。將各定溫度蒸餾之氣體，分別凝集之可得各種液體。此法名曰分餾。(Fractional distillation)

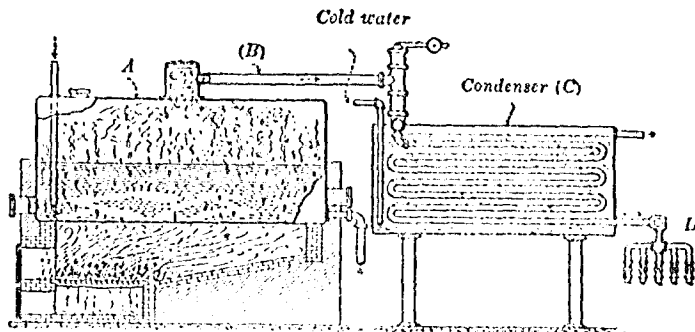


圖 86 石油分餾

在適當之程度時，將餘剩之油驟冷之，其中固體

物質 ($C_{22}H_{45}$ 至 $C_{28}H_{58}$) 即成薄片結晶 (即固體石蠟), 置壓榨器中濾過之, 即可分出。此最後之渣滓可用為減摩劑及燃料。分餾所得之各部分, 仍為混合物, 茲列表於下:

名 稱	主 要 成 分	沸 點	用 途
石 油 醚 Petroleum ether	C_5H_{12} — C_6H_{14}	50° — 60°	溶 媒
揮 發 油 Gasoline	C_6H_{14} — C_7H_{16}	70° — 90°	溶媒及燃料
石 腦 油 Naphtha	C_8H_{18} — C_8H_{18}	90° — 120°	溶媒及燃料
本 品 Benzine	$C_{18}H_{18}$ — C_9H_{20}	110° — 140	溶 媒
燈 用 石 油 Kerosene	C_9H_{20} — $C_{11}H_{24}$	150° — 390°	燈 油

石油脂 (Vaseline) $C_{22}H_{46}$ 至 $C_{23}H_{48}$, 由精煉器分離出之。石蠟 (Paraffin) 用以製防水紙。亦為製燭之原料, 及封儲葯物等。

2. 蒸餾油 (或名頁石油)

蒸餾油之出產, 蘇格蘭為最。蘇格蘭有一頁石,

富於浮躁性物質，名油頁石。以火蒸餾之，可得各種之油，又得旁產之蠟及礪精。德國褐煤亦有用蒸餾法取油與蠟者。油頁石內含百分之二三爲有機物。蒸餾油即爲此有機物變換而生者。

蒸餾油可依其沸點，分爲(1)石油精。可溶化橡皮，可供點燈，(2)燈油，可供油燈及內燃機之用；(3)滑油，可滑潤滑機器；(4)石蠟，用製洋燭；(5)阿摩尼亞，可用作肥料，最宜於培養甘蔗。

(8) 奔燒油 (Benzal)

奔燒油即煤黑油中提出之最輕部分也。若將其中所含之硫驅除淨盡，得供自動車之用，惟其廢氣較有刺鼻之惡臭，且寒冷時易凍，較速於石油耳。德國戰時，因石油缺乏，平民所使之自動車，祇准用奔燒油，其可爲石油之代替品也明矣。惟奔燒油又爲製顏料及火藥之原料，故其燃料價值反因而減小。

4. 酒精 (Alcohol) C_2H_5OH

酒精之製法，亦與飲酒同：惟其所取之原料無須揀選耳。或用番芋，或用穀粒，或用糖渣，先以麥芽

發酵，使小粉變成糖，繼以麴發酵，使糖變成酒。尋常穀粒約含百分之七十爲小粉，百分之二爲糠。百分小粉可生六十分酒精，百分糖可生五十分酒精，故百分穀粒可得四十三分酒精。現今世界各國以酒爲豪華之食品，用作燃料者尙少。將來機器之用處日多，此種燃料漸形缺乏之時，酒精必爲重要之燃料無疑也。

與酒精相類者有木酒精 (Methyl alcohol) CH_3OH 由木中用摧毀，蒸燃法得之。此種工業，凡林業發達國家，如瑞典，挪威，坎拿大，美國，皆已盛行，亦將來重要之燃料也。

酒精與奔燒油，均可用於內燃機，各有特點不同。酒精含氧，故熱值不及奔燒油之高。然酒精當燃燒時所需之空氣較少於奔燒油，故不至耗費其所生之熱於無用之氮氣，且能被壓，而無先時燃燒之缺點。即空氣較多或少於其所需之量，亦可發火。又用酒精之危險，較少於奔燒油，凡此皆可使其成爲重要燃料之要點也。

(五) 氣體燃料

1. 天然煤氣 (Natural gas)

天然煤氣中含有一炭烷 (Methane CH_4) 90%以上，存於不透水地層之下。大都產於油礦中，或其附近，可鑽孔取之。煤礦層隙中亦有時放出此氣，故礦中有時爆烈傷人；近年多用安全燈以保險（詳後節）。美國產天然煤氣區域內，多用之作燃料。

2. 煤氣 (Coal gas)

(1) 煤氣之製法

如圖87置煤於乾餾器 A 內加熱，使起複雜變化，生成多種具有揮發性之化合物由導管逸入水壓機 B 內，因溫度之降低，析出少量黑色液體之煤黑油 (Coal tar)。其餘氣體通過凝結器 C, D，則又析出多量煤黑油及鹵精液 (Ammonia-cal liquor)。繼經潔淨器（內貯石灰及氧化鐵）以除去硫化物，剩餘之可燃氣體，即為煤氣，集於氣槽內由鐵管輸送各處使用。乾餾器底剩餘之物謂之焦煤。

(2) 煤氣之成分

按容積計算煤氣百分中所含各氣體之成分，約如

下表：

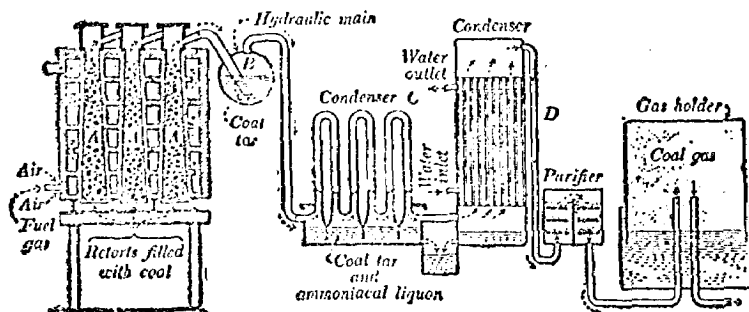


圖 87 製造煤氣

製造煤氣時所生之異臭黑色黏液，稱為煤黑油

(Coal tar)。煤黑油依沸點，可分四類：

1. 凡沸於 170° 以下者，為奔燒油類，可作燃料，可造顏料，可造火藥，可洗油膩。
2. 沸於 170° 及 230° 之間者，為中油類，含有納夫達林 ($C_{10}H_8$)，可造顏料，可用作殺蟲藥(即避瘟球)；並含有石炭酸，用作殺菌劑。
3. 沸於 230° 及 270° 之間者，為重油類，可殺蟲，可保護木材。電桿下端塗以重油，即可防腐。
4. 沸於 270° 以上者，可造顏料。其留於蒸餾器中者，為黑膠。精者可作瀟，以漆鐵面。粗者可供修路之用。

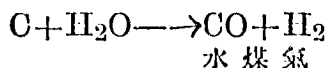
煤氣 100 容 積				
H ₂	CH ₄	CO	C ₂ H ₄ 和 其他 碳 化 氣	N 和 CO ₂
46	38	12	3	1

(3) 煤氣之用途

煤氣之用，不獨烹飪。近有煤氣輻射爐，易於興滅，宜於暖室。歐洲大城，多用煤氣燈以照路。

3. 水煤氣 (Water gas)

使水蒸汽經過紅熱之煤炭，則炭與水汽作用，即生成水煤氣：



有時欲用以燃燈，須再加入相當量之揮發性石油。以達發光較強之目的，水煤氣燃燒時，能得高溫度，甚合煉鋼之用。

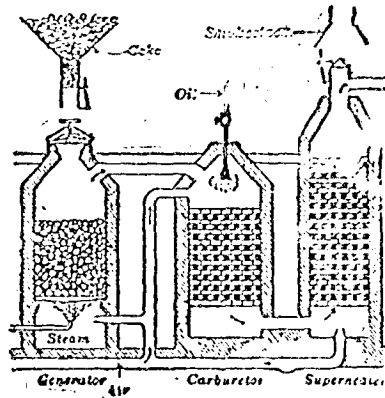


圖 88 製水煤氣

圖88，左方爐內盛煤炭，先燃點通入空氣，至煤炭燒成紅熱，即斷絕空氣，通入水蒸汽，與炭作用生成水煤氣，進入右方。若由中間加入石油，與左方生成之水煤氣相混，經過預熱器放出，可供燃燈之用。

4. 發生爐煤氣 (Producer gas)

用一直立竈，由下方通入水蒸汽及空氣，則與爐內燒紅石炭作用，生成發生氣。其主要成分為氮氣，一氧化炭，及氫氣。用作燃料。

5. 混合煤氣 (Mixture gas)

此為水煤氣與發生氣之混合物。發生氣含有過量之氮，故用含有多量氫之水煤氣混合之，可增其爆發

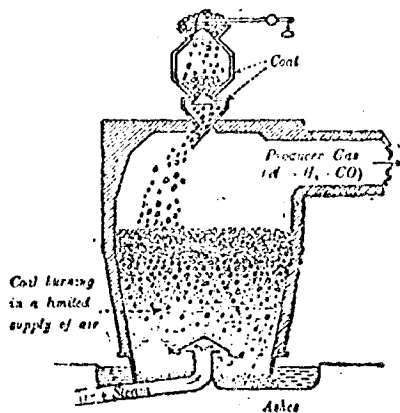
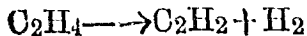


圖 89 製發生爐煤氣

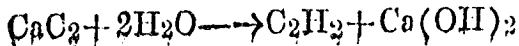
力。將空氣與過熱水蒸汽，同時送入於赤熱之炭，即可製得。因其有爆發力，故用於煤氣發動機。

6. 電石氣 (Acetylene)

此氣由氫與炭於電弧中直接化合，可製少量。若將二炭烷，通過被熱之管，亦可得之：



二炭化鈣俗稱電石投入水中，即起水解作用，放出電石氣。



電石氣燃燒時，發亮光，可供車上點燈之用。若於燃燒時，用純氧助燃，可得極高溫度之火焰。用此火焰，可融割鋼軸。鋼板。鋼鐵建築物每用此焰以拆毀，船艦之鐵板，亦多用此以移換。

(六) 普通燃料燃燒之生成物

普通燃料如木材，油，煤，及氣體燃料。大都由炭及氫或其化合物而成。此等燃料燃燒之主要生成物為二氧化碳及水。其他生成物，如一氧化碳及二氧化碳，亦有少量隨之生成。燃料中有含微量之硫化物者，則生成物即含有微量之二氧化硫。

(七) 火 焰 (Flame)

1. 火焰之生成及各部之光與熱

煤氣點火則生焰，蠟燭點火則蠟融，油燈點火則油昇，終皆化為氣體而生焰，所以焰係氣體燃燒所生成者。若當固體狀態即燃燒者，則僅發光而無焰。例如鐵絲在氧中燃燒，則火花四射，而無火焰。

將蠟燭之焰精細研究，則見有三種不同之部分；

(1) 蠟心周圍之暗黑部分

此為氣化的蠟未與空氣接觸，尙未燃燒部分。如將此部分之氣體取出，尙可燃燒。

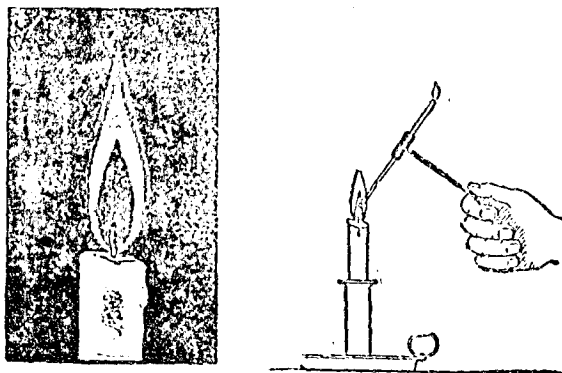


圖 90 火 焰

(2) 光輝最強之圓錐形部分

此為因空氣供給不足，有一部分碳變成微粒，受灼熱而放光輝。

(3) 外部 此部空氣之供給充足，全部燃燒而生二氧化碳，溫度雖高，光却極弱，幾不可見。

2. 火焰光亮強弱之原因

(1) 火焰熱度之關係

煤氣若使經過極冷之管，而後燃點之，則煤氣燈

所發光亮較弱。若先加熱，而後燃點之，則光亮增強。

(2) 火 密 度 之 關 係

煤氣受較大之壓力，則燃燒時所放之光亦較大。又試得蠟燭在平地上燃燒所放之光，較在高山頂上燃燒時所放之光為大。因平地上空氣較密，而高山空氣較稀故也。

(3) 火 焰 中 有 無 固 體 質 點 之 關 係

氫化合物時光亮較弱，若使射於石灰上，則頓發極強白光，(俗稱石灰光)，此 中有固體質點之關係也。

尋常之煤氣燈，不及有紗罩煤氣燈之光亮，亦因此故。

3. 本 生 燈 及 氧 化 焰 與 還 原

本生燈 (Bunsen Burner) 係距今約六十年前 由本生 (Bunsen) 氏所創作一種生熱之裝置。如圖91, 燈臺下部側面有管，與橡皮管連接，可通入煤氣。在側管稍上直管之旁，有導入空氣之孔。直管外套一旁有小孔之粗管。旋轉套管，可開閉通空氣之孔。套管旁孔與直管

旁孔在同一方向，使孔全開時，可有充足之空氣通入管內，與煤氣混合；此混有充足空氣之煤氣，至管口燃燒，可生強熱。（其焰中最熱部分約有 1500°C ）。以物質火焰之外層尖端，被其燒熱，甚易與氧生化合之作用，故此尖端謂之氧化焰(oxidizing flame)。若將氧化物置內層火焰，則氧被奪而物質還原，故內層火焰謂之還原焰(Reducing flame)。

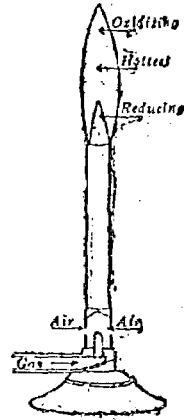
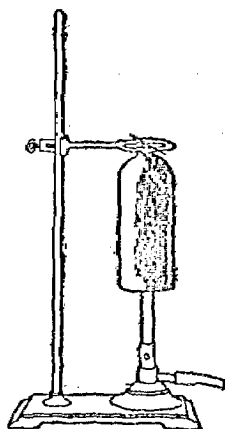


圖 91 本生燈

4. 煤氣罩

近年以來，發明一種特殊之燈罩，能增氣體燃料之輝。煤氣焰光輝，甚為微弱，惟若套以此罩，則所放之光，即強如電燈。此種燈罩名曰煤氣罩(gas mantle)。有煤氣罩時光之強度約為無罩時之四倍。

註 解 { 煤氣罩之製法
 用木棉絲，苧麻纖維，及人造絲三者織成網罩，次浸於硝酸鈦(99%)及硝酸鈾(1%)之混合液中，用火煉之，則硝酸鈦變為氧化鈦，硝酸鈾變為氧化鈾，當有煤氣火焰射入時，即發強光。



5. 煤油火焰有罩防烟之說明 圖92煤氣罩及本生燈

煤油受熱變氣燃燒時，多不能完全燃燒；如煤油燈之火焰無罩時，即有一部分之炭質分出，成極細之塵，而構成烟。欲使之完全燃燒，須設法供給充足之空氣，並使火焰之溫度增高。煤油燈用玻璃罩，可使空氣由罩下充足供給燃燒，並有射於罩上熱線反射集於火焰，使火焰之溫度增高，因之炭質完全燃燒而無烟。

6. 火焰與金屬網之關係

當本生燈有煤氣噴出時，在燈口上約三寸處蓋一銅絲網或鐵絲網，用 近網之上面，則見網上之煤氣燃燒

生焰，而網下不燃。此種現象係網上之煤氣達到發火點，故發焰；而網上所生熱被網絲傳達外方，其網下之煤氣不得達到發火點，故不能燃燒。煤礦中之安全燈即應用金屬網製成者。

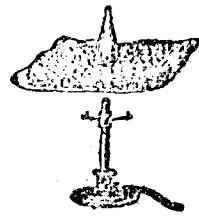


圖 93 網上火焰



圖 94 安全燈

7. 安全燈 (Safety lamp) 之原理

開煤礦時，礦中常發一種氣體名沼氣 (CH_4) 者，與空氣相混，一遇尋常之燈火，即行爆裂，因此而殞命者甚多。科學家達威 (Davy) 氏發明安全燈，用之可免危險。此燈之原理如下：

物質須達一定之燃度，始能燃燒。安全燈係以鐵絲網罩油燈外者。油燈在鐵絲網內燃燒發焰，而網外之溫度，較網內之溫度甚低。此燈入煤礦中，其網外所遇之沼氣，在燃度之下，故得免除爆裂之患。

第十五章之綱要

1. 炭有三種，金鋼石，石墨，無定形炭是也。

2. 焦炭常用爲還原劑。由礦石中提取銅，鐵等，時常用之。
3. 木炭可爲濾水之物，骨炭可爲潔淨砂糖之用。
4. 油煙可製墨；氣炭可作電極；用純炭可製金鋼石。
5. 金鋼石有可用爲裝飾品者，有可用爲鑽孔及磨擦者。
6. 金鋼石及石墨皆爲炭質。燃燒之皆生成 CO_2 。
7. 凡能因燃燒而使能力發現，依現今之社會情形，可供吾人之利用者，謂之燃料。
8. 木炭可用窯燒法及乾餾法由木材製成。煤係古代植物埋沒地中，變化而成，因年代之多少，而有炭量多寡及軟硬之別。
9. 燈用石油之成分爲十炭烷至十六炭烷之混合物。
10. 將蕃芋或穀粒用麥芽及麴使之兩次發酵，即成酒精，爲將來重要之燃料。
11. 蒸餾煤，則得煤氣，其成分以 CH_4 及 CO 爲主，

多用於烹飪爐及煤氣燈。

12. 使水蒸汽與紅熱炭起作用，則生成水煤氣。

13. 電石加水，即得電石氣，若用純氧助燃所生成之火焰，溫度甚高，可燒斷鋼板。

14. 煤氣之火焰套以煤氣罩，則發強光，其光之強度，為無罩時之四倍。

習 題

1. 骨炭及氣炭各有何用?
2. 金剛石及石墨燃燒成何物?
3. 木炭如何製法? 有何用途?
4. 石油如何採取? 燈油之成分為何?
5. 酒精如何製法? 有何用途?
6. 煤氣如何製造? 其成分為何? 有何用途?
7. 製造煤氣時之主要副產物為何物?
8. 水煤氣如何製法? 其成分為何?
9. 發生氣如何製造? 其成分為何? 有何用途?
10. 電石氣及混合煤氣各有何用?
11. 何謂焰化焰? 何謂還原焰?

-
12. 試述安全燈之原理。
13. 將火柴頭迅速插入酒精燭中心，則火柴頭可保不燃，何故？
14. 設天然氣為純粹之沼氣，且一爐每小時用天然氣20公升 (a) 問燃燒時須氧之體積若干？(b) 生成二氧化碳之體積若干？所成濕氣有若干重量？(天然氣，氧及二氧化碳均於 20°C , 740mm 量之。)

第十六章

食 物

食物對於身體，有二大作用：一供給實質；二供給能力是也。身體之長成及新陳代謝，均於食物吸取其材料：是為實質之供給。體溫以及筋肉工作，思考視聽等神經作用之生活力，皆導源於食物：是為能力之供給。食物之種類甚多，可大別為五：一水分，二蛋白質，三脂肪，四碳水化合物，五礦物質。此五者統稱食物之滋養素。茲就各滋養素之成分及性質，條分而縷述之。

(一)水分 水分在生物體內為最多量之成分。少年人約含百分之八十七，老年人約七十分。而此水分之大半為遊離狀態，存於體內。如血液百分中約含八十分，淋巴液百分中約含九十三分。此外腸胃內容物及其他組織中，莫不有水分之存在。

體內水分之作用為：(a)補足消費排泄之水分；(b)溶解食物中可溶性滋養素；(c)運送溶解物質於體內各

部；(d) 爲各物質化學變化之媒介；(e) 供身體組成之用；(f) 令分解消耗所生之無用物質排泄於體外。每人每日飲水之量，因氣候冷熱及工作輕重而異。平均計算須 3 公升至 5 公升。倘入不敷出，健康上即大受影響。

(二) 蛋白質 蛋白質爲供給細胞構成與代謝之質料及各種內外活動之能力。植物能攝取空中及土中之無機物質，構成其自身之蛋白質。然動物僅能吸收食物中之蛋白質，分解變化，以構成其各組織特異之蛋白質。又新陳代謝時，體內之蛋白質，分解變化而成尿素，尿酸及銨鹽等排泄於體外。

蛋白質之組成，甚不一致，其中含有碳，氧，氮，氫及硫，亦間有含磷者。茲將各成分之最大及最小值表示於下：

原 質	百分率
碳.....	50—55
氧.....	19—25
氮.....	15—19
氫.....	5—8
硫.....	0—5
磷.....	0—1
其他.....	0—1

(三)脂肪 脂肪之主成分爲軟脂 (Palmitin ($C_{16}H_{31}CO_2$)₃ C_3H_5), 硬脂 (Stearin ($C_{17}H_{35}CO_2$)₃ C_3H_5), 及油脂 (Olein ($C_{17}H_{33}CO_2$)₃ C_3H_5)。前二者係白色蠟狀之固體, 後者爲無色液體。例如牛脂, 含前二者多而後者少, 則質硬。豚脂反之, 則質軟。鯨油, 魚肝油, 橄欖油, 麻油等含油精特多, 則爲流動性液體。

人類由食物攝取脂肪, 在體內分解消耗之量甚多; 即由肺臟吸入之氧, 令脂肪氧化分解。是時所需之脂肪, 與空氣中燃燒作用所需之燃料無異。藉此氧化作用, 發生相當之熱, 可以維持體溫。且由脂肪質消耗之結果, 可以節省蛋白質之分解, 俾不致有缺乏之虞。

凡人類於飢餓中, 仍能維持其生命者, 全由自己體內脂肪之消費, 保持其氧化之作用也。故吾人體內常宜貯蓄脂肪, 以爲飢餓時維持氧化作用之豫備, 並可爲保護體溫之用。但脂肪食物過多, 則消化器過於勞動, 易惹起消化上之障礙, 且有肥滿之虞。故食用

脂肪以適量爲宜。通常體重百二十磅之人，大概每日約需三十餘公分之脂肪。

(四)炭水化合物 此物爲炭，氧及氫之化合物。屬於食物者，大概爲澱粉及糖類等。

1. 澱粉 多量存在於植物體內。植物之葉綠部吸取空氣中之二氧化碳與根攝取之水分，受日光之作用，變成澱粉。其所生之澱粉，變成可溶性之糖類移轉於體內；其一部分至生成點構成細胞膜；他部分至種子根莖等再成澱粉。其在產油植物則變脂肪。含糖植物則變成甘蔗糖貯蓄於根莖種子中。各植物所生之澱粉，其分子式均爲 $C_6H_{10}O_5$ ；惟其澱粉粒在顯微鏡下觀察其構造各有不同耳。



圖 95 馬鈴薯 (放大三百倍)

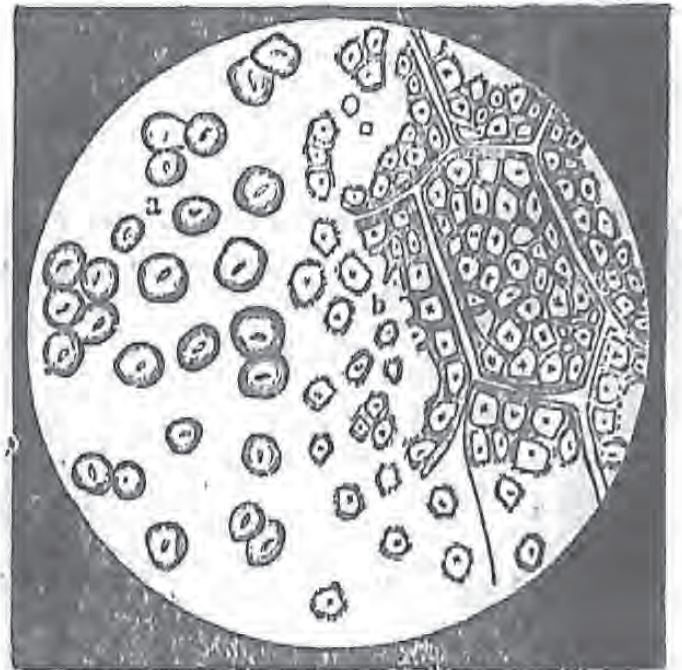


圖 96 玉蜀黍 (放大三百倍)

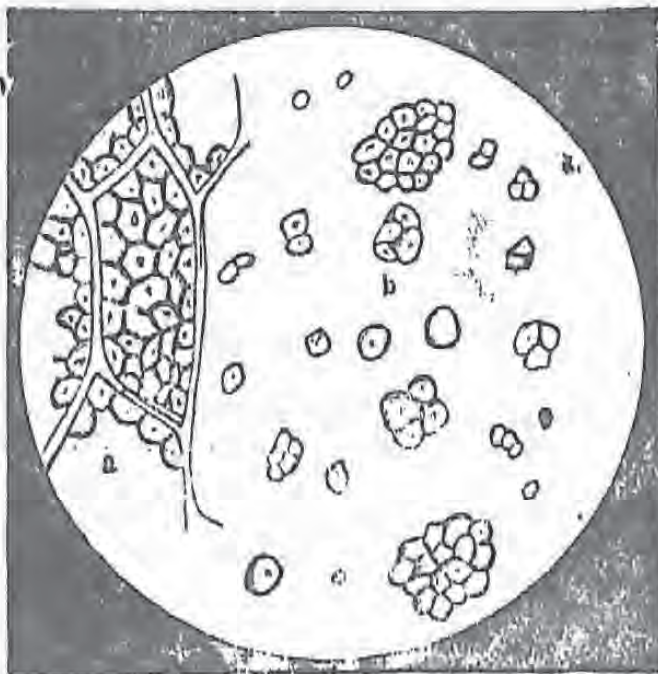


圖 97 米 (放大三百倍)



圖 98 蠶豆 (放大三百倍)

2. 糖類。 多量存在於植物界，凡有甘味之果實均

含有之。通常食用者為甘蔗糖。此外如葡萄糖，果糖，乳糖等均有營養價值。糖類易溶於水，在消化器內易於消化吸收。

3. 體內炭水化合物之作用。 碳水化合物可以節省蛋白質之分解，亦能保護脂肪之消費。炭水化合物食用過多，尚有種種弊害。即食糖過多，則起醱酵作用，而生乳酸酪酸及他種有機酸，易於發生下痢症。食用澱粉過多，則減少腸胃之機能，及膽汁之分泌，亦起醱酵作用，而生有機酸類，故人類食物以炭水化合物，脂肪，蛋白質三者適量混食為要。

(五) 礦物質 礦物質為滋養素之一，在人體中占全體重量百分之四十分，而骨骼居其全量之八十三分。

食物中最重要之礦物質首推食鹽。食鹽為食物調味上必不可缺之物質。食物中附加食鹽，可以增進吾人之食慾，促進消化滋養素之吸收，又或溶解某種蛋白質，令血液循環旺盛。

此外如構造骨骼最要之鈣質，組成動植物細胞核

之燐質及赤血球色素中之鐵質，俱為營養上之不可缺少之物質，宜於食物中攝取之。茲將下列各種食物每百公分中所含鈣，燐，鐵之量列表於下：

	鈣 量	燐 量	鐵 量
牛 肉	0.007g.	0.218g.	3.85mg.
雞 蛋	0.067	0.180	3.00
雞 蛋 黃	0.137	0.524	8.60
牛 乳	0.120	0.093	0.24
人 乳	0.034	0.015	.....
麥(全粒)	0.045	0.423	5.00
麥 粉	0.020	0.092	1.00
精 米	0.009	0.096	7.00
蠶豆(乾)	0.160	0.471	1.30
蘿 蔔	0.064	0.058	0.50
馬 鈴 薯	0.01	0.46	
杏 仁	0.239	0.465	3.90
胡 桃	0.089	0.357	2.10

又碘為喉頭旁盾狀腺中之重要成分，在全身同化作用中佔極重要之位置與骨骼韌韌腦經皮膚齒髮等之發育皆有密切關係。若食物中缺乏碘質，則喉腫心跳諸症，均隨之而起。碘質多含於海藻，海帶，紫菜，牡蠣，海魚及海水中。近年美國諸大城中，已實行每

年加磷少許，成效甚著。

茲更將普通食物之成分列表如下：

		水 分	蛋 白 質	脂 肪	碳 化 水 物	纖 維	礦 物 質
牛	肉	71.00	19.90	27.00	0.40		1.00
羊	肉	53.40	16.60	38.60	0.50		0.90
豕	肉	47.50	14.50	7.30			0.70
鴨	肉	70.80	22.70	3.10	2.30		1.10
雞	肉	70.10	18.50	9.30	1.20		0.90
鯉	魚	78.90	18.00	10.80			1.40
鮭	魚	64.60	21.20	2.80			1.40
鮑	魚	73.00	24.60	10.40			2.00
雞	蛋	73.70	12.60	2.10	0.60		1.00
雞	蛋 白	85.40	12.90	30.30	0.80		0.60
雞	蛋 黃	51.00	16.10	1.40	0.40		1.00
牛	乳	87.17	3.56	83.64	4.88		0.75
乳油	Butter	11.00	1.00	5.00			3.00
梗	米	20.14	6.58	0.34	72.26	0.40	0.30
米	飯	64.80	3.16	0.05	32.27	0.27	0.17
大	麥	14.00	10.00	2.00	64.00	7.00	3.00
小	麥	14.40	13.00	1.50	66.40	3.00	1.70
麵	包	37.55	7.61	0.10	53.23	0.84	0.67
蠶	豆	15.13	27.19	1.45	47.72	5.31	3.20
豌豆	豆	14.30	22.40	2.00	52.50	6.40	2.40
豆	腐	89.00	6.00	3.10	1.10	0.10	0.70
甘	藷	66.28	1.35	0.19	28.77	2.48	0.93

馬鈴薯	76.80	1.50	0.10	19.20	1.40	1.00
蘿 蔔	94.60	0.76	甚少	3.70	0.50	0.50
蕃茄 Tomato	94.30	0.90	0.40	3.90		0.50
西 瓜	94.76	0.16		4.77	0.10	0.21
萵 苣	95.60	1.20	0.30	2.00		0.90
水 芹	93.60	2.01	0.13	3.22		0.14
藕	95.40	1.70	0.10	10.90	0.80	0.10
蘋 果	84.60	0.40	0.50	14.20		0.30
甘 蔗	71.00	1.00		18.00	6.50	0.50
香 蕉	75.30	1.30	0.60	22.00		0.80
落 花 生	6.30	28.20	41.20	7.20	13.90	3.20
杏 仁	4.89	21.00	54.90	17.30		2.00

(六) 食物成分之簡單試驗法

(1) 蛋白質

蛋白質溶液中加入含有少量亞硝酸之硝酸水銀溶液熱之。則凝固成赤色。

蛋白質加硝酸熱之。則呈黃色。再加苛性鈉液。則變褐赤色。

蛋白質加苛性鉀液，次滴加 2% 之硫酸銅溶液。則現美麗紫赤色。煮沸之則其色益濃。

(2) 脂肪

取富於脂肪之植物如黃豆菜子芝蔴等用乳鉢研碎法加銹酸 (Osmic acid) 則脂肪存在之部分變呈黑色。

(3) 澱粉

含有澱粉之植物。用小刀切破。其斷面注碘少許。即呈藍色。

(4) 糖類

將試驗品切細。加水煮沸。濾過。取其濾液加費林溶液，(Fehling's Solution)，若有葡萄糖及果糖存在，則生低氧化銅之赤色沉澱 (Cu_2O)。

若為甘蔗糖。則不能直接令費林溶液還元生 Cu_2O 沉澱。須加稀鹽酸或硫酸熱之，令變成葡萄糖等。

(七) 生活素 (Vitamins) 食物間尙有其他之重要問題焉。生理學家郝博進士 (Hopkins) 以化學方法提取蛋白質脂肪等物而精製之；更按照牛乳之成分而配製三種人造乳。以之飼鼠，初無異徵，未幾而鼠死。歷試皆然。郝氏乃由新鮮動植物物品中，取出一種液汁，與人造乳調和之，以之飼鼠，而鼠即能生長。所加液汁之量至微，其影響於鼠之生活機能者極顯。就化學之性質而論，同一蛋白質，同一脂肪質，何以天然物品，能助動物之生長；而一經精製便失其效用，然則天然食物中，除上述滋養素以外，必尙有

種新物質在焉。郝氏謂：凡新鮮之食物，其中皆含有些微之此新物質。動物之能利用食品，以資生長者，惟此是賴。此物維何？即生活素 (Vitamins) 是也。最近經化學家詳細研究，發明五種生活素，即1. 脂肪溶質 A (Fat Soluble A) 2. 水溶質 B (Watr Soluble B) 3. 水溶質 C (Water Soluble C), 4. 脂肪溶質 D (Fat Soluble D), 5. 脂肪溶質 E (Fat Soluble E)。

1. 脂肪溶質 A。郝博進士 (Hopkins), 史丹坡 (Stopp) 麥柯倫 (Mc Collum) 及其他生理學家經各種研究，近且查得鼠類之食品，如缺少此種生活素，其結果則得乾性眼炎 (Xerophthalmia) 甚至不能生長。此種免除眼炎症之生活素難溶於水，而易溶於脂肪，故名曰脂肪溶質 A。食品中含蓄此種生活素者為蛋黃，鱈魚肝油，牛乳，牛酪，乾酪，及各種動物油（除豬油外）小米，菠菜，萵苣，紅蘿蔔，馬鈴薯，麥蘗等均含有之。植物油類中，均缺此要素。

2. 水溶質 B。近年來脚氣病 (Beriberi) 與病者平日所用食物之關係，亦逐漸發明。凡諸實驗化學家咸

謂人類及豕，鼠，鷄，鴿，苟常食磨春光潔之米，皆不免於腳氣病，苟以糙米爲食，病卽不發。據稱糠粃之中，有一種生活素有救治此病之功。1907—1903年間，Fraser 與 Stanton 令 300 爪哇工人以米爲主食品。食精米者得腳氣病，而食糙米者則否。1909年頃菲列濱某軍隊5000人患腳氣病者常爲 115 至 618 人。1910年美國軍醫官令改食精米爲糙米，患者僅50人，1911年患者 3 人，1912年患者 2 人，1913年竟無一患是病者。水溶質 B，有防腳氣病及神經炎之功效，並能增進發育（圖99）麥芽，糝糠，蕃茄，牛乳，青菜，豆類等，所含最富惟漂白麵粉，機器白米及西米內均無之。

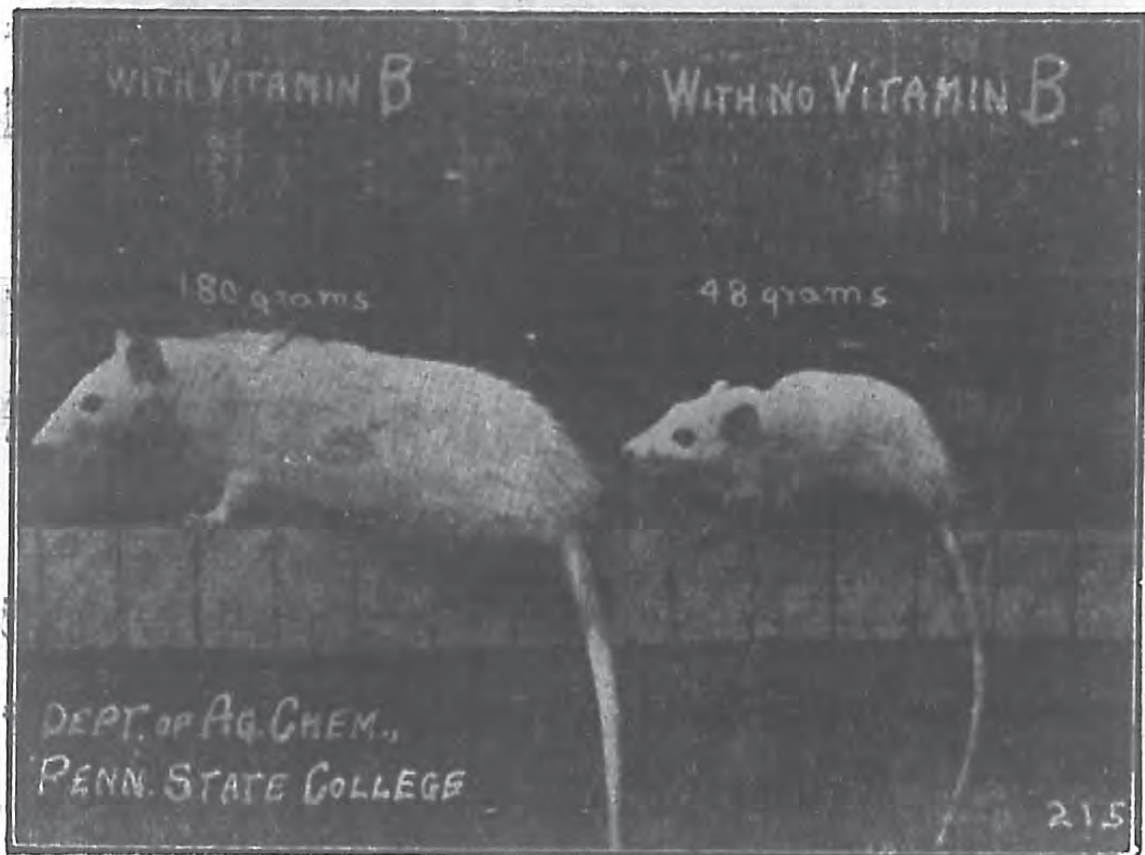


圖 99 水溶質 B 對於健康上之影響

3. 水溶質C、歐洲曾患一種壞血病 (Scurvy)，此病令身上發生紅點，牙根癢痛，皮膚發紅，北部尤甚。其時居民大概以麵包魚肉為食品，僅於甚短期間，得食水果蔬菜。迨發現新大陸，自歐西航者，僅食麵包醃肉而壞血病更烈。於是漸覺此病為少食新鮮食物所致。進以鮮果，鮮菜，則能立愈。郝爾治德 (Holst) 謂孩童若常以人造乳牛乳粉，或他種製品及煮沸過久之牛乳為食，則易生壞血病云。

果實，各種蔬菜，及發芽之種子內均含有水溶質 C。檸檬橘內所含甚富。此質經過尋常之烹飪，並不變化。若曝曬成乾，或貯藏日久，此質亦即消滅。

4. 脂肪溶質 D 此種脂肪溶質，其主要功用在於增進骨骼與齒牙之構成，故可防軟骨及衰齒諸病，常存於鱈魚肝油蛋黃及青菜中。

5. 脂肪溶質 E 此種溶質為生殖作用及小動物發育上所必需，常存於麥芽，蒿苳，蛋黃及植物油牛脂中。

以上五種生活素，多存在於牛乳及青菜中（如蒿苳及菠菜中所含尤富）。對於身體健康上，所關甚鉅。吾國民族，軀幹短小，其平時對於牛乳等食品之缺乏，亦為一重要之原因也。

(八)食物之生熱值(Calorific Value of foods.) 食物在體內起氧化作用時一方發生二氧化碳及水，同時因氧化發生之熱量，藉以保持體溫。食物生熱值，各有不同，下表係表示數種重要之食物發生 100,000 Cal 所需要之公分數；

牛奶	145g.
馬鈴薯	120g.
牛肉	86g.
雞蛋	67g.
麪包	38g.
蔗糖	25g.
牛油	14g.

青年男女每日所需食物之生熱值約為 2900000 Cal. 但筋肉勞動者，每日需超過 6000000 Cal.

(九) 食量之標準 吾人每人飲食中各種滋養素宜互相平衡，無過不及之弊。據現代生物化學家研究結果，蛋白質每人每日約需百餘公分，脂肪五六十公分，碳水化合物四五百公分，鈣約 9.69 公分，磷約 1.45 公分，鐵十五公分以上（鉀鈉諸質，在平常混合式之日食中，無缺乏之虞）。若用熱值計算，每日約需 2,000,000 Cal. 至 3,000,000 Cal. 茲就吾國生活程度，暫定一既衛生又經濟之日食標準以示各種食物應佔之比例：

食 品	日 食 費
鷄蛋及豆類食品	$\frac{35}{100}$
菜蔬果實等	$\frac{25}{100}$
肉 魚 等	$\frac{15}{100}$
米 麵 等	$\frac{15}{108}$
香 油, 豚 脂	$\frac{5}{100}$
糖鹽醬醋諸調味品	$\frac{5}{100}$

第十六章之綱要

食物對於吾人身體之功用：(1) 供給實質；(2) 供給能力。

食物之滋養素：(1) 水，(2) 蛋白質；(3) 脂肪；(4) 碳水化合物；(5) 礦物質。

(1) 脂肪溶質 A	}	功用：增進發育並防禦乾眼炎。
		存在：牛乳，蛋黃，鱈魚肝油等。

生活素	{	(2) 水溶質 B	功用：增進發育並防禦 脚氣病及神經炎。 存在：麥芽，糝糠，蕃 茄，牛乳，青菜等。
		(3) 水溶質 C	功用：防禦壞血病。 存在：橙，橘，檸檬諸汁
		(4) 脂肪溶質 D	功用：增進骨骼與齒牙 之構成；防禦軟骨衰齒 諸病。 存在：蛋黃，鱈魚肝油， 青菜等。
		(5) 脂肪溶質 E	功用：為生殖作用之要 素。 存在：麥芽，蒿苳，蛋 黃，植物油，牛脂等。

習 題

1. 碳水化合物，脂肪及蛋白質對於吾人身體之功用若何？
2. 何種食物最富(1) 蛋白質？(2) 脂肪？(3) 碳水化合物？

-
3. 試述牛乳之成分。
 4. 試述蛋白質之組成。
 5. 試述五種生活素之功用。
 6. 試述礦物質對於營養上之關係。
 7. 吾人食量對於季節之關係若何?

第十七章

氮之化合物

第一節

鹵精 (Ammonia, NH_3) 及銹鹽

(一)所在 動植物質，多含氮素。當其腐敗時，即生劇臭之鹵精，故空氣中常含有此氣少量。又煤炭乾餾時，亦生此氣，此為工業上製法之一。又銹鹽存在於土壤中，為植物之營養分。

(二)鹵精之製法

A.工業上之製法

1. 由煤氣液煉製法。製煤氣時所生成之煤氣液 (Gas liquor) 中，溶有多量之鹵精，其煉製裝置如圖 100 煤氣液由 F 槽流入節制器 E 內而分佈於各細管中。D 器內盛有硫酸，能與由 G 管流入鹵精化合而成硫酸銹，同時因化合所生之熱量，能令 D 器內所存留之二氧化碳，及硫化氫氣體受熱而流入 E 內並圍繞各細管。由是管內之煤氣液受熱蒸發，由 K 管直達於

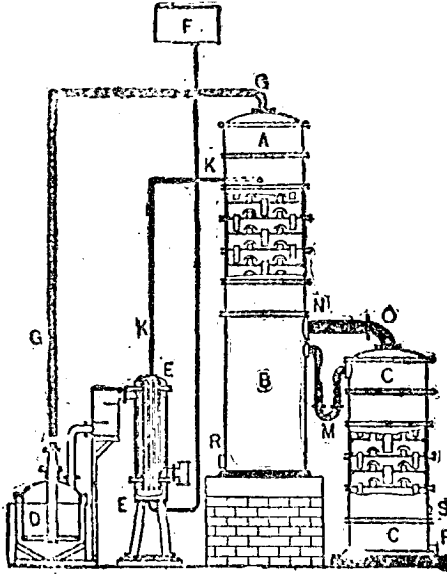
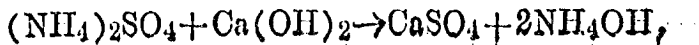
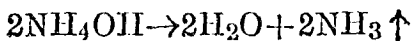


圖 100 由煤氣液煉製磷精

AB 塔之上部。在 AB 塔內之磷精及揮發性之鎂鹽被由 ON 管通入之水蒸汽所驅出，經 G 而入於 D。其固定性之鎂鹽，則流入 AB 下部與該處之石灰乳混和，經 M 管而入於 C 甌。由 S 通入 C 甌之水蒸汽，能使鎂鹽與石灰乳作用而生之磷精，流經 ON 管直達 AB 之巔，再經 G 管，而為 D 內硫酸所吸收。C 甌內殘餘之液由 P 流出；AB 塔底所成之鎂鹽，可按時由 R 撤去之。

D 器內所生成之硫酸鎂可供肥料之需，或與熟石灰混合加熱，即可復得磷精，其反應式如下：





2. 氮氫組合法 氮氫藉電火之熱，化合而生硝精。惟硝精熱至 700°C 以上時，幾全行分解；故其溫度須在 700°C 以下，惟其作用，不免遲緩耳。最近哈伯

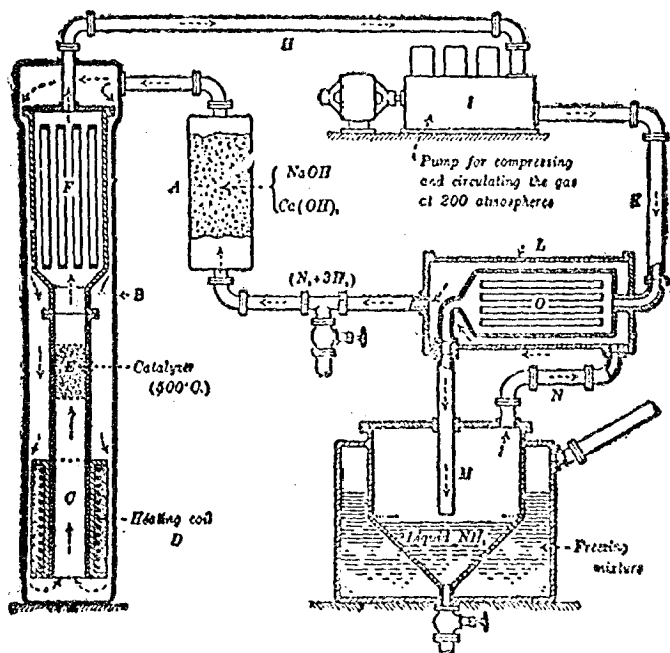
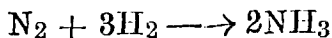


圖 101 製 NH_3 (哈氏法)

(Haber) 氏利用此理將氮氫之混合氣體在 500°C 及

200 氣壓之下，經過鐵粉(觸媒)，每次可得 $\frac{8}{100}$ 之磷精，為水所吸收。其未經變化之混合氣體，仍令再經過觸媒。如是反覆行之，可得多量之磷精。所謂哈伯法 (Haber's process) 是也(圖 101)。



此法所用之氮，取給於液體空氣；所用之氫仰給於製氯及氫氧化鈣時所得之副產品，或令水蒸汽與鐵相作用所得者。

B. 實驗室內之製法

1. 銨鹽與熟石灰之作用 取氯化銨 15g. 熟石灰 30g. 各以乳鉢

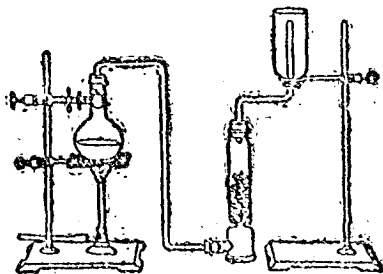
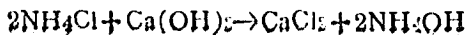
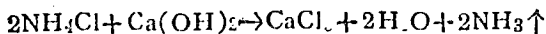
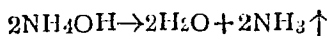


圖 102 由銨鹽與熟石灰製磷精

研成細粉，同傾於紙上拌勻之，然後置入燒瓶內裝置如圖 102 徐徐加熱，令發生之氣體，經過乾燥器(內盛生石灰)，用上方置換法集氣三瓶，以備試驗。次將導管通入盛水之玻璃杯內，

令成磷精水，即銨氧化銨溶液是也。





2. 硝精水加熱法 取濃硝精水加熱即得。裝置悉同上圖。

(三) 硝精之性質試驗

1. 取硝精一瓶，倒置於水槽中，少時，瓶水上升。

2. 裝置如圖 59 燒瓶內盛以硝精，玻璃杯中充以紅色石蕊溶液。

由吸水管壓水滴入瓶，立見石蕊溶液上升成噴泉狀，液色變藍。

3. 取硝精一瓶，用沾有濃鹽酸之玻璃棒入之，則盛發白煙。

4. 如圖 103 裝置，長玻璃管內盛有黑色氧化銅粉末，徐徐加熱。管之一端，通入乾燥之硝精，則見氧化銅還原而成赤色，管內生有水珠，同時水槽內導管起有氣泡，即氮是也。

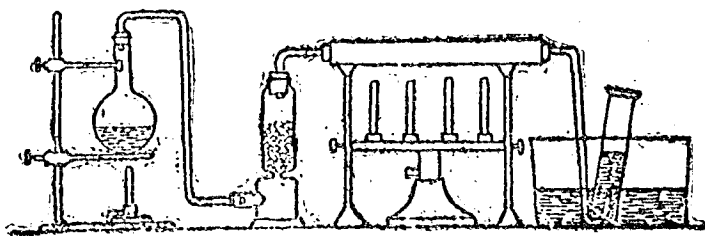


圖 103 測定硝精之組成

(四) 硝精之性質概要

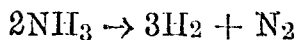
A. 物理性質 硝精為無色而有劇臭之氣體，對於

空氣之比重爲 0.590，極易溶解於水，一體積之水於 0°C 時可溶解 1300 倍之硝精，於 26°C 時則僅能溶解 710 倍。若將其溶液煮沸，則硝精全行放出。硝精甚易液化；在 0°C 時加 4.2 氣壓，或在 15.5°C 時加 6.9 氣壓，均能凝成無色之液體。若減去壓力，則氯化甚速而吸熱亦甚多，人造冰即利用此性質而製也。

如圖 104 裝置用壓氣筒壓縮硝精通入螺旋管中（圖之上方）硝精因壓縮及液化所生之熱，即爲外部流水所移去。次令此液體硝精由活栓逐漸流入下方之大形螺旋管，硝精因減壓結果，即行蒸發，由四周之鹽溶液中吸收熱量。硝精復回至壓氣筒而重入於上方之螺旋管中，如此循環不已，食鹽溶液之溫度，可達 -15°C 而不凝固，乃用盛純水之冰型 D 等浸入之，即可結冰。

B. 化學性質

1. 不甚安定 硝精受熱至 700°C，幾完全分解，而生氮，氫二原素：



2. 還原作用 許多氧化物熾熱時，將硝精通入，能使之還原。例如：

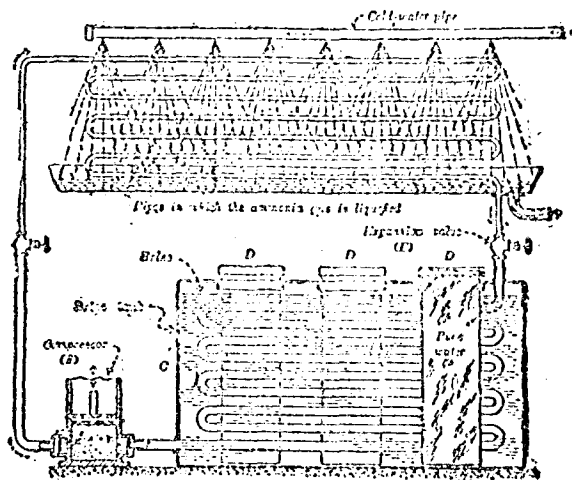
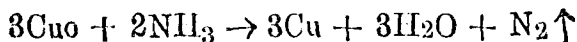


圖 104 製 冰



3. 與酸類作用 鹵精最著之性質係與酸類化合而生銹鹽：

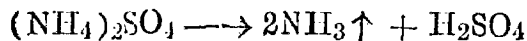


4. 與水作用 鹵精極易溶解於水而成氫氧化銹溶液，呈鹼性反應。其離子式如下：



NH_4 頗似金屬，其名曰銨 (Ammonium)。此根爲一價之陽離子 NH_4^+ ，能生顯然鹼性之鹽基，故歸入鹼金屬元素中(見後)。

(五) 銨鹽 銨氧化銨與酸類中和時，可得銨鹽。銨鹽受強熱時，多起分解作用生成酸及鹵精：



銨鹽與熟石灰混合加熱，發生無色而有劇臭之鹵精。此爲鑑別銨鹽之一法也。

(六) 鹵精及銨鹽之用途

鹵精可供造冰製鹼及洗淨劑之用。銨鹽可供肥料，電池，炸藥，及醫藥之用。

第二節

氮之氧化物

(一) 亞氧化氮 (Nitrous oxide N_2O)

(又名笑氣 Laughing gas)

1. 製法

裝置如圖 105 將硝酸銨 NH_4NO_3 加熱至 250°C ，

即有 N_2O 放出，可用排熱水法收集之。其反應式如下：

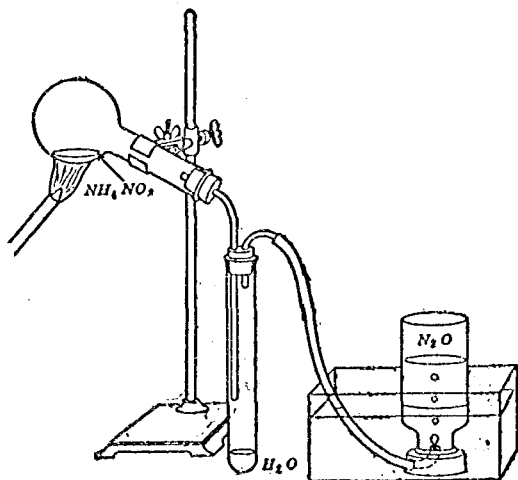
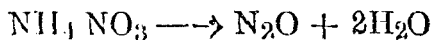


圖 105 製 N_2O

2. 性質

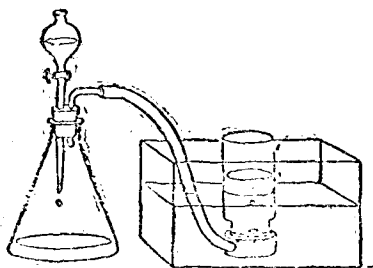
N_2O 爲無色無臭之氣體，易溶於冷水。難溶於熱水。將火柴餘燼，入 N_2O 中，仍可盛燃。將燒紅之木炭或已燃之磷或硫入此氣中，其燃燒猛烈之狀態，與在氧中相似。

3. 用途

氮迷，醇精，雖可用為麻醉藥，然其有效時間甚短，在外科上施行大手術時，頗覺不便，且易致過失。故近時美法等國，以亞氧化氮與氧之混合氣體為理想上之麻醉藥。

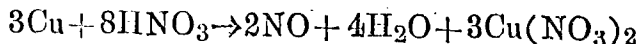
(二) 一氧化氮 (Nitric oxide NO)

1. 實驗室製法



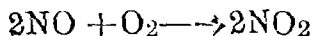
如圖 106 之裝置，取銅片 20 公分，置入瓶中。次由漏斗注入稀硝酸（水及濃硝酸各半），即發生 NO 氣，可用排水法取之。其反應之方程式如下：

圖 106 製一氧化氮



2. 性質

NO 為無色氣體，難溶於水。於此氣體中燃燒磷鎂等物，與燃於氧中無異。與空氣或氧接觸即生成棕色之二氧化氮：



3. 工業上製法及用途

使空氣與氧之混合氣，經過電氣火花，可製得多量之 NO。卽用之以製硝酸（詳於硝酸製法）。又可用以識別氧及笑氣。

註解 氧及笑氣對於可燃物之助燃性，極爲相似。然氧與 NO 相遇，立即變爲棕色，而笑氣與 NO 相遇毫無變化，故可用笑氣以識別之。

(三) 三氧化二氮 (Nitrogen trioxide N_2O_3)

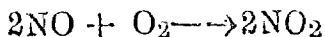
在低溫度送入氧化氮之氣體於液體二氧化氮，則得 N_2O_3 ，是爲藍色液。



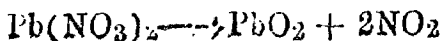
(四) 二氧化氮 (NO_2 Nitrogen dioxide)

1. 製法

使氧化氮與空氣或氧相混，則生成 NO_2 ：

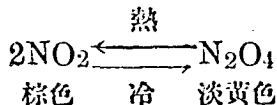


硝酸銅或硝酸鉛，加熱亦可製得二氧化氮：



2. 性質

在常溫度為棕色氣體，有毒性，漸冷則色漸退。在 0° 時為黃色液體， -9.3°C 時則為無色固體。 NO_2 因溫度下降而重合變為 N_2O_4 ；溫度上昇則又變為 NO_2 故為熱解離之一例。

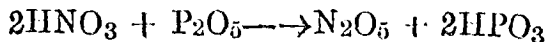


4. 用途

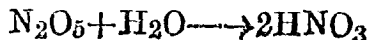
1. 二氧化氮溶於水，即成硝酸，故若能製多量二氧化氮，即可得多量之硝酸。
2. 製造硫酸之鉛室法，用 NO_2 為媒介物。

(五) 五氧化二氮 (N_2O_5 Nitrogen pentoxide)

加五氧化二磷於濃硝酸使之脫水，並蒸餾之，即得 N_2O_5 ：



N_2O_5 又名無水硝酸，為白色結晶，極易與水化合而成硝酸：



第三節

氮之含氧酸

(一) 硝酸 (Nitric acid HNO_3)

1. 實驗室製法

裝置如圖107，將硝酸鈉或硝酸鉀盛於曲頸瓶中，加濃硫酸，攪拌之，使成糊狀。徐徐加熱，令蒸出之硝酸氣，集於冷却之受器中。其反應如下：

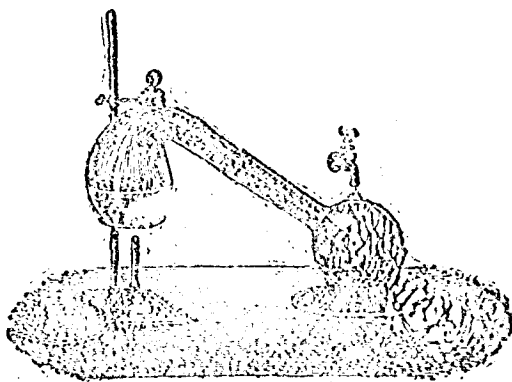
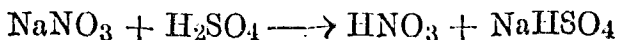


圖 107 實驗室製硝酸

2. 性質試驗

(1) 酸性 以藍試紙試之即變紅色，

(2) 腐蝕性 滴濃硝酸於布上，久則腐爛。

(3) 對於色素之氧化作用 用硝酸書於藍布上，近火烘之，漸成黃白色速用水洗之，字跡變白色。

(4) 對於灼熱鋸屑之氧化作用 用磁坩堝或蒸發皿，灼熱鋸屑少許。次注入濃硝酸少量，則硝酸立即分解出氧，見鋸屑燃燒而發火。

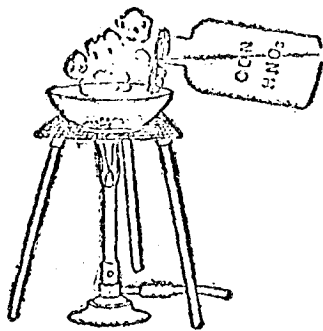


圖 108 硝酸之氧化作用

(5) 對於金屬之作用 試管中置銀一片加濃硝酸少許，所發紅棕烟為二氧化氮，所成藍色液體為硝酸銅。

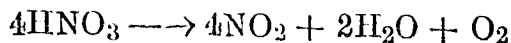
3. 性質概要

A. 物理性

硝酸為無色液體，比重 1.502，沸點 86°，其蒸氣散於濕空氣中，即成烟霧狀。市售之濃硝酸含硝酸氮 68% 其沸點為 120.5°。

B. 化學性

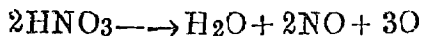
(1) 不穩定 純硝酸甚不穩定，蒸餾時即起分解：



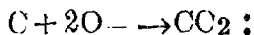
其蒸餾液中溶有 NO_2 ，故為棕褐色。

(2) 酸性 溶於水中之硝酸，電離度甚大，故爲強酸。能使藍色石蕊變爲紅色。與鹽基類作用，則生成硝酸鹽。

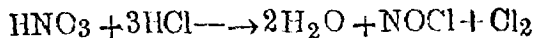
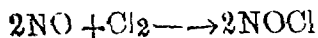
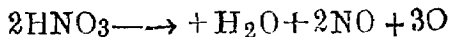
(3) 氧化作用 硝酸含氧甚多，極易分解放出氧，故爲強氧化劑。如以純硝酸滴於燒紅之木炭上，則硝酸立即分解：



此分出之氧能助炭燃燒，而成 CC_2 ：

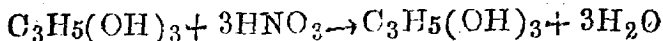


或與鹽酸作用而成王水(Aqua regia)：



(4) 對於有機物之作用

硝酸易與多種有機物作用，生成極有用之化合物。若以甘油徐徐傾入冷硝酸中，即成硝化甘油 (Nitroglycerine)。



此硝化甘油可用作炸藥。浸木棉於硝酸及硫酸之混合液中，則生成硝化纖維質 (Nitro-cellulose) 硝化較強，含有 $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_4 (\text{NO}_3)_6$ 組成者，為火藥棉 (Gun-Cotton) 有強烈之爆發力。硝化較弱，含有 $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{O}_6 (\text{NO}_3)_4$ 及 $\text{C}_{12}\text{H}_{15}\text{O}_5 (\text{NO}_3)_5$ 之組成者，能溶解於酒精及醇精之混合液中，成為膠棉 (Collodian)，此物為黏性液，易乾而成薄膜，照像術上用之。

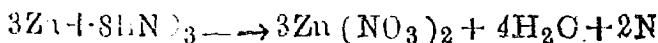
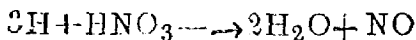
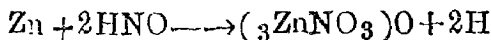
蛋白質與硝酸相遇，則變黃色。用硝酸在藍布上寫字後烘乾，以清水洗之，則字跡成白色。

(5) 對於金屬之作用

(a) 離子趨勢在氫以上之金屬

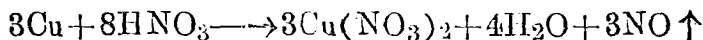
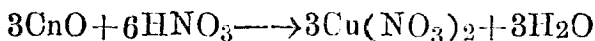
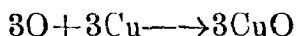
例如鋅與硝酸相作用，則生成硝酸鋅溶液並發生

氧化氮氣體氣：

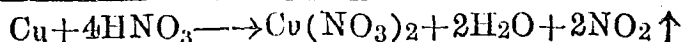
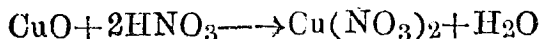
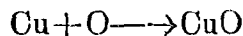


(b) 離子趨勢在氫以下之金屬

例如銅與稀硝酸(密度 1.2)相作用，則生成硝酸鋅與氧化氮：



又銅與濃硝酸相作用，則發生二氧化氮：



4. 工業上製硝酸法

1. 用硝石製硝酸

如圖 109 設備，將硝石及硫酸入鑄鐵器 A 內。加熱時，硝酸氣即經 C 塔入凝結管 D 內，凝成液體，迴流經 C, E, 及 F 而入於受器 G。其在 D 管殘餘之硝酸氣流經 M 管而為 H 塔所吸收。

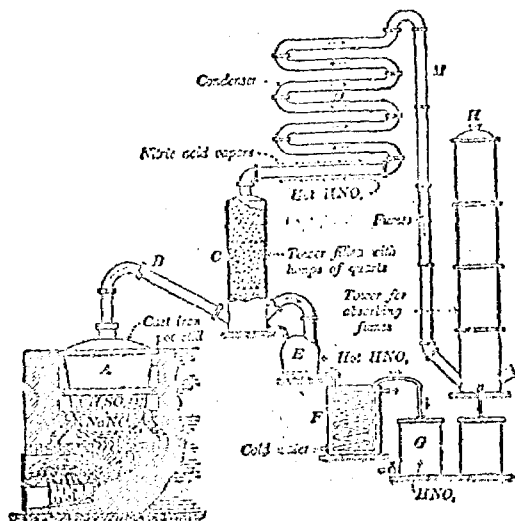
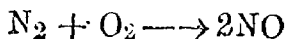


圖 109 工業上用硝石製硝酸之裝置

2. 用空氣製硝酸

如圖 110 於強磁場內，以五千弗打 (Volt) 左右之電壓，使生電弧 (溫度約 3000°)。用壓縮器將空氣送入，則約有百分之二化爲 NO。將此生成之 NO，用冷室速行冷卻，再使入氧化室中氧化之，則成 NO_2 。流經吸收塔，則 NO_2 即完全溶於水成硝酸，可用接收器收集之。其各部之反應如下：



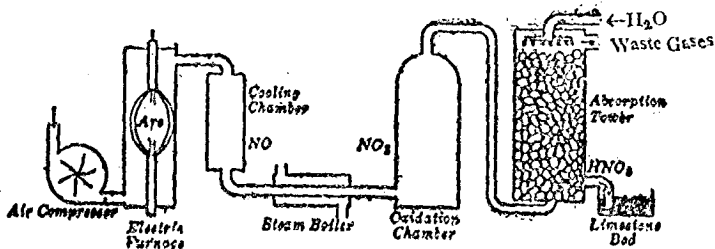
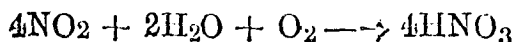
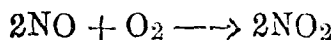


圖 110 工業上用空氣製硝酸之裝置

此法為葡克蘭及愛德法 (Birkland-Eyde Process), 那威多採用之, 因其地有天然之水力, 可利用之以發電也。又上圖兩電極, 置於電磁石兩極之間, 所生之電弧, 因受磁力作用, 成圓板狀, 其直徑約有六尺 (圖 111 之左)。若兩電極裝入大筒內, 當有空氣通過時, 使生電弧, 則氮氧即化合為 NO (圖 111 之右)。

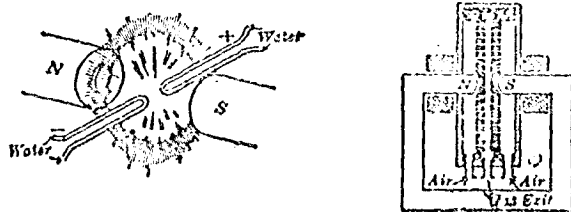
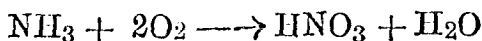


圖 111 固定空氣中氮之設備

3. 用硝精製硝酸

將 NH_3 與空氣混合加熱，用白金為觸媒，則 NH_3 被氧化而成硝酸：



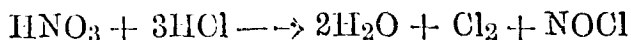
5. 用途

硝酸為化學試驗之重要藥劑，可用以製造色質，炸藥，棉花火藥，人造絲，假象牙等，又可用雕刻銅版及作王水。

註 { 壓膠棉，使通過毛細管，由水中壓出。則得人造
絲，將硝化較弱之硝化棉與樟腦混合之後壓榨之，
即得假象牙。

(二) 王水 (Aqua regia)

硝酸與鹽酸之混合物曰王水。鹽酸受氧化後即有氮放出，同時亦有氯化亞硝基質 (Nitrosyl chloride) 發生：

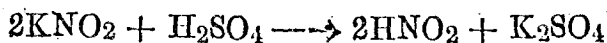


此作用初時甚緩；但遇金屬或他種易被侵蝕之物質時，化學反應甚速。強酸，如硝酸，鹽酸，硫酸皆

不能溶解金及鉑，惟王水能溶解之，故名。

(三) 亞硝酸 (Nitrous acid)

將亞硝酸鉀之稀薄水溶液，冷卻之，加硫酸則生亞硝酸：



此酸甚不安定，溶液微熱時，即分解：



亞硝酸為一種強氧化劑，可將藍靛氧化成松藍精。製造有機染料，用亞硝酸甚多。

第十七章之綱要

1. 碓精為無色而有劇臭之氣體，比空氣輕一倍半，極易溶解於水，並易液化。
2. 動植物質腐爛時，常生碓精。工業上製法，係用煤氣液煉製或用哈伯氏法。實驗室內製法係用鉀鹽與熟石灰加熱，或用碓精水加熱即得。
3. 碓精化性不甚安定，於 700°C 以上，幾完全分解；能令氧化銅還元，生成水及氮素；又能與酸直接化合而成碓鹽，並受氧化而成硝酸。

4. 氫氧化銨，呈鹽基性，含有 NH_4^+ 及 OH^- 離子。
5. 銨鹽係由氫氧化銨與酸中和而成。
6. 硝精可供造冰及製鹼之用，銨鹽可供肥料之用。
7. 硝酸銨加熱，即可製得笑氣，可用作麻醉劑。
8. 銅加稀硝酸即得氧化氮，鉛室法製硫酸時用之。
9. 硝酸鎳加硫酸可製得硝酸。使空氣經過電氣火花，即得 NO ，此 NO 立即與氧化合為 NO_2 ，將此 NO_2 溶於水，即得硝酸。
10. 硝酸甚易分解，氧化力頗強。與有機物作用，可製得炸藥，棉花火藥，人造絲，假象牙等。
11. 王水能溶解金及鉑。

習 題

1. 硝精與硝砂有何區別？
2. 製硝精之乾燥器內，可否換用硫酸？何故？
3. 硝精有時稱為無水鹽基 (Basic Anhydride) 試解釋之。
4. 銨鹽之鑑別法若何？
5. 寫出銨氧化銨與硫酸及鹽酸作用之各反應式。

6. 硝精流經熱氧化銅，生成 500c.c. 之氮，問需硝精若干立方公分？
7. 有硝精水，其密度為 0.882g 內含硝精之重為 35%。問此溶液 100c.c. 內含有硝精若干公分？
8. 欲得題 7 所求硝精之重量，問應需若干公分之氧化鈣與適量之熟石灰相作用？
9. 笑氣如何製法。有何用途？通常用法識別笑氣與氧？
10. NO 如何製法？有何性質？
11. 用 10 公分硝酸鈉，能製硝酸若干？
12. 欲將一公升 NO 變成 NO₂，須用空氣若干？
13. 硝酸與有機物作用，製成何種重要物質？
14. 人造絲及假象牙如何製法？
15. NO 與何種氣體相遇，能成棕色煙？此棕色煙有何用途？
16. 金及鉑能溶於何種液體內？此液體之成分為何？
17. 用硝酸雕刻銅版時之化學作用如何？
18. 羊毛，皮膚，蛋白等遇硝酸時，起如何現象？
19. 今欲製成市售濃硝酸 1 公升，問需硝酸鈉及硫酸鎂各若干？
20. HNO₃ 溶液 100c.c. 中加入 $\frac{1}{2}$ N.NH₄OH 溶液 500cc，將

液蒸發乾涸，(a) 所剩何物？(b) 其重量幾何？

21. 有蓄氣筒貯有笑氣10公升，當時壓力為10氣壓溫度為20°C間
需用硝酸銨若干重量以製成之？

第十八章

原素之分類；週期律

(一)原素分類之歷史 原素之已發現於今者計九十餘種，其性質有相似者，有互異者。學者分門別類，成一系統，以便於研究。是謂原素之分類法。原素分類之見解，今昔頗有精粗疎密之痕跡。茲將原素分類之歷史，條分而縷述之：

(I) 三原律 (The law of triads) 十九世紀之初，即有人注意原素原子量之測法，並研究原子量與性質之關係，以求原素分類之方法。迨 1829 年 Döbereiner 發現原素中每有三原素自成一組；其中間一原素之性質，適介乎他二者之間，且其原子量幾爲他二者之平均數。如在氯，溴及碘一組中：

$$80.97(\text{溴}) = \frac{35.57(\text{氯}) + 126.47(\text{碘})}{2}$$

在硫，碲及碲一組中：

$$80.74(\text{碲}) = \frac{32.24(\text{硫}) + 129.24(\text{碲})}{2}$$

(2) Dumas 之公差 (Dumas' Common Difference)

1855 年 Dumas 從原素各組中之級數關係，發現各組原子量，各有一種公差：

F	19	N	14	}	公差=5
Cl	35.5	P	31		
Br	80	As	75		
I	127	Sb	122		
Mg	12	O	8	}	公差=4
Ca	20	S	16		
Sr	43.75	Se	39.75		
Ba	68.5	Te	64.5		
Pb	103.5	Os	99.5		

自此以後，化學家對於原素之分類，各有貢獻。不過在1860年以前，原素只有零碎之分組，而無系統之研究。推厥原因，實由於當時原子量之測法，尙無詳密之方法，故不能作系統之分類。迨 1860 年 Cannizzaro 將測定原子量及分子量之方法公布於世，於是原子量乃有確數可稽。各國化學家，殫精研究，遂各發現其中之奧蘊焉。

(3) Newlands 之八原律 (The law of octaves)

1865 年 Newlands 發見八原律，彼謂：各原素若按其原子量大小排列，每歷七原素後，其第八原素酷似第一原素，恰與音樂中音階之第八音相似。餘類推。

(1)H (2)Li (3)Be (4)B (5)C (6)N (7)O
 (8)F (9)Na (10)Mg (11)Al (12)Si (13)P (14)S
 (15)Cl (16)K (17)Ca (18)Cr (19)Ti (20)Mn (21)Fe
 etc.

(4) F. I. Mendele'eff L. Meyer 之週期律 (The periodic law) 1869 年兩氏同時發明一種原素分類之法，名曰週期法，此法係根據其週期律。

(二)週期律 律曰：凡原素及其化合物之性質，為其原子量之週期函數；換言之，凡原素及其化合物之性質，均隨其原子量而遞異，然每歷一週而一復。

(三)週期表之排列 茲按原子量排列以下七原素(氫與惰性氣體除外)：

Li Be B C N O F,

其化學性質由金屬(正)而變為非金屬(負)。F 後之 Na, 其性質與 Li 相似, 得成另一週期之首, 其

性質之變化亦與前相類：

Na Mg Al Si P S Cl

其後 K 與其相似之 Rb 須經十七原素之長週期方能適應。排列如下：

K Ca Sc Ti V Cr Mn
Cu Zn Ga Ge As Se Br Fe Co Ni

此謂之第一長期，前一期謂之短期；Fe, Co, Ni 三者，稱為過渡原素，第二長期之排列如下：

Rb Sr Y Zr Nb Mo —
Ag Cd In Sn Sb Te I Ru Rh Rd

餘類推。依次排列，即得下列之週期表 (The Periodic Arrangement of the elements)

表中各原質之名稱詳於原子量表。按表之次序，
註 解 La (鎳) 之後有數原質，與銀極相似，不能排於他
類。此數原質之原子序數 Atomic number 詳三十
三章) 由 58 至 71，其原子量由 140.25 至 175。此數原
質與銀及鎳 (Hf) 為已知之稀有土族。此銀及鎳間
各原質之原子序數，符號，原子量詳於表之下方。

THE PERIODIC ARRANGEMENT OF THE ELEMENTS

Type of Periodic Type of Order	EB	EB ₂	EB ₃	EB ₄	EB ₅	EB ₆	EB	EB ₇
GROUP	GROUP I	GROUP II	GROUP III	GROUP IV	GROUP V	GROUP VI	GROUP VII	GROUP VIII
1	Li=694 Na=23.0	Rb=85.5	K=39.1	Ca=40.1	Sc=45.0	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0
2	Be=9.0	Mg=24.3	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9
3	B=10.8	Al=27.0	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3
4	C=12.0	Si=28.1	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6
5	N=14.0	P=30.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2
6	O=16.0	S=32.1	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9
7	F=19.0	Cl=35.5	Ag=107.9	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0
8	Ne=20.2	Ar=39.9	Ag=107.9	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0
9	Na=23.0	K=39.1	Ca=40.1	Sc=45.0	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9
10	Mg=24.3	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8
11	Al=27.0	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6
12	Si=28.1	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9
13	P=30.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9
14	S=32.1	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9
15	Cl=35.5	Ag=107.9	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0
16	Ar=39.9	Ag=107.9	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0
17	K=39.1	Ca=40.1	Sc=45.0	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8
18	Ca=40.1	Sc=45.0	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9
19	Sc=45.0	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7
20	Ti=47.9	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5
21	V=50.9	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4
22	Cr=52.0	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3
23	Mn=54.9	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6
24	Fe=55.8	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9
25	Co=58.9	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9
26	Ni=58.7	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9
27	Cu=63.5	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8
28	Zn=65.4	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5
29	Ga=70.3	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6
30	Ge=72.6	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9
31	As=74.9	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2
32	Se=78.9	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9
33	Br=79.9	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9
34	Kr=83.8	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9
35	Rb=85.5	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1
36	Sr=87.6	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1
37	Y=88.9	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4
38	Zr=91.2	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0
39	Nb=92.9	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6
40	Mo=95.9	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4
41	Tc=98.9	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2
42	Ru=101.1	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9
43	Rh=101.1	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0
44	Pd=106.4	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0
45	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0
46	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0
47	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0
48	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0
49	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0
50	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0
51	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0
52	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0
53	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0
54	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0
55	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0
56	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0
57	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0
58	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0
59	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0
60	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0
61	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0
62	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0
63	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5
64	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0
65	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0
66	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2
67	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0
68	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2
69	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1
70	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0
71	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6
72	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4
73	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2
74	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9
75	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0
76	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0
77	Au=197.0	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0
78	Hg=200.6	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0
79	Tl=204.4	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0
80	Pb=207.2	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0
81	Bi=208.9	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0
82	Po=209.0	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0
83	At=210.0	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0
84	Fr=223.0	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0
85	Ra=226.0	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0
86	Ac=227.0	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0
87	Th=232.0	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0
88	Pa=231.0	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0
89	U=238.0	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0
90	Np=237.0	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0
91	Pu=244.0	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0
92	Am=243.0	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0
93	Cm=247.0	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0
94	Bk=247.0	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0
95	Cf=251.0	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5
96	Es=252.0	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0
97	Fm=257.0	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0
98	Mn=258.0	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2
99	No=259.0	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0
100	Lr=260.0	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2
101	Lu=175.0	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1
102	Hf=178.5	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0
103	Ta=182.0	W=184.0	Re=186.2	Os=190.0	Ir=192.2	Pt=195.1	Au=197.0	Hg=200.6
104	W=184.0</							

此表橫成九列 (Series)，縱分八類 (Group)，每類復分爲 A, B, 兩族 (Sub group)。惰性諸氣體，列在零類，過渡元素，列在第八類。

(四) 週期表縱橫之關係 週期表每橫列中之元素其性質隨原子量而遞變。今就第一週期列各元素一一舉出而說明之。第一原質爲氫，毫無化合作用。第二爲鋰，爲成鹽基性甚強之金屬，原子價爲一。第三爲鈹，亦爲金屬，惟成鹽基性稍弱，原子價爲二。第四爲硼，爲類金屬 (Metalloid)，其酸性較成鹽基性爲強，原子價爲三。第五爲碳，乃成酸性原質，原子價爲四。以下氮，氧，氟諸原質，均爲非金屬，原子量逐漸增加，酸性亦逐漸增強，對於氫之原子價則漸降至一，對於氧之原子價則漸升至七。此八種原質物理性質之變遷，亦頗有規則，如傳熱及傳電之性質，以及密度，熔點種種，自列首至列尾，循序遞變，不亂其次也。

細考其餘諸橫列中原質，咸呈如是現象，要而言之，在同橫列中諸原質，其物理及化學性質，隨原子

量而漸次遞變，至次列而復始。

週期表每類中原素之性質，甚相類似，且隨其原子量而遞變。又每類元素(零類除外)天然分爲二族。表中各類皆以 A, B 表族。同族元素比同類中之異族者其相似之點更多，例如鎂，鋅，鎳，及錳等，在第二類中成一族，彼此極相似，而鋁，鈣，銻，鎂，及鎳等，則另成一族。

茲將同族元素之相似點略述之於下：

(1) 原子價。大概同族元素原子價均同，故其化合物之式亦均相似。氯化鈉之式若確知其爲 NaCl 即可斷定氯化鉀之式爲 KCl 而不爲 KCl_2 或 KCl_3 。公式 R_2O , RO , 等，列於各直行之下者，即表示該直行中之元素若與氧化合，所成氧化物之式。同樣 RH , RH_2 , 等，即表示各直行中之元素與氫或與氮所成化合物之組成。

(2) 化學性質。同族元素其化學性質頗相似。族中若有一元素爲金屬，則其餘大概亦爲金屬；若有一元素爲非金屬，則其餘大概亦爲非金屬。表中第一類

及第二類中各族元素之爲金屬，而第六類及第七類中元素均能成酸。且每族中元素之性質，均有一定遞變之次序。若一族中之第一元素爲成酸極強之元素，則此成酸之性質因原子量之增加而遞減。例如氮爲成酸較強之元素，磷次之，銻又次之，至銻則幾無成酸之性質。因有此種一定遞變之次序，故以化學作用言，凡原子量大而列於各族行底之元素概爲金屬。

(3) 物理性質。同樣，同族元素之物理性質，亦有一定遞變之次序。例如鎂族元素之密度：

鎂爲 1.75，鋅爲 7.00，鎳爲 8.67，銻爲 13.6

其融點：

鎂爲 651° ，鋅爲 419.4° ，鎳爲 320.9° ，銻爲 -38.9° 。

(五) 週期律之價值

化學之發達受週期律之賜者甚多：

(1) 使研究簡易 同族元素之各種性質均有一定遞變之次序，且又彼此相似，自然令化學變爲簡單之科學。故每族若取一元素，細加研究，則該族中其他元素自易研究。蓋有許多性質相同，又有許多反應相

似故也。例如已詳細研究硫之性質，則硒及碲自無庸如硫之詳究，因其多數性質可由其與硫之關係精確推得之故也。

(2) 預示新元素 週期律初成時，其中有數空位，為當時未知元素之位置。門德雷夫由其表中之空位置，曾預言將來必有一元素發見以補此缺，而預行確定其性質。表成後十五年中，共發見鎂，鋁，及銻三元素，而其性質與門德雷夫之所預言者若合符節。銻之性質與門德雷夫之所預言者，比較之如下表：

銻之性質	預言者	查悉者
原子量.....	約69	70.1
融點.....	低	80°
比重.....	5.9	5.95
氧化物之式.....	R_2O_3	Ga_2O_3
空氣之作用.....	無作用	雖經赤熱作用亦甚微

照週期表仍有許多未發見之元素，現尚極力求之。錳族中尚有一元素，其原子量近於100又應有一

元素，其原子量約爲 187. 末列中亦有二空位。

(3) 指示錯誤 許多元素其初所定物理性之恆數，與週期律所需要者不同，經細密考查始知其爲錯誤，例如依勃司立 Berzelius 氏測定，鉑族原族質之原子量如下：

$$\text{Os} = 199, \text{Pt} = 198, \text{Ir} = 197.$$

若依此原子量之順序，則與週期律不符，蓋以銻與釷相似，應居三原質之首，而原子量應最小。鉑與鈾相似，故原子量應最大，而居三原質之末。後經聖勃德 Senbert 氏之苦心研究，始知銻之原子量爲 190.8，鉍爲 193.1，鉑爲 195.2，依此順序，則與週期律毫不違背。故週期律指示容有之錯誤，其功不少。

(六) 週期表之缺點

週期表中仍有許多應視爲不完全之點。其最著者爲氫於表中無位置。有數類中之元素雖屬於該類中之一族內，然按其性質則不應在該族內，而應在他族。例如鈉應與鋰同族，而不應與銅同族；氟應與氯同族而不應與錳同族是也。有三元素須改其類，方能合宜。

照原子量，碲應在碘後，氫應在鉀後，而鎳應在鈷後。然按其性質則又不能不逆其次序。又有數種元素其性質極相似，而列表時須拆開者。如鐵，鉻，及錳雖有許多性質相似，然均在不同之類內。

(七)氫在週期表中位置之研究 週期表中氫之位置，議論不一；有主張置於第一類之首者，有主張置於第七類之首者，而以後說較為適當。茲闡明於下：

1. 氫之分子，具有二原子，與成鹽元素同，而與鹼金屬異。

2. 氫之沸點極低 (-252.5)，與成鹽族元素相似，而與鹼金屬之性質不符，因鹼金屬之沸點愈低，則其原子量愈大也。

3. 凡橫列前後二元素，其原子量之差約為三，當置氫於第七類時，與其隨後之元素 He 之原子量之差亦適為三。又每類上下二元素，其原子量之差約為十六， $F-H=18$ 今此值與十六相近，而 $Li-H=9$ 則相去甚遠矣。

4. 液體及固體之氫，不具金屬性。

5. 氫之所以置於第一類之首者，實因酸類中之氫，常為鹼金屬所置換，然在有機化合物中，則氫常為氟所置換。故置氫於第七類，亦無不合。

(八) 惰性氣體之位置 空氣中惰性氣體如 He, Ne, Ar, Kr, Xe 等原素，其性質相似，自成一類。此類原素，既不與他原素成化合物，其原子價可視為 0，故此種原素，可列於第七類之後，或第一類之前，以為此二類之介紹，俾從極強之陰電性原素，一變而至強陽電性原素且 Ar 之原子量(40)恰大於鉀(39)，故知其位置尚屬適當。

第十八章之綱要

週期律：凡原素及其化合物之性質，為其原子量之週期函數。

週 期 表 概 要

類	O	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
	氫 族	A 鹼 金 屬	B 銻 族	A 鹼 土 金 屬	B 鋅 族	A 錒 金 屬	B 錒 族	A 稀 有 金 屬	B 錒 族	A 稀 有 金 屬	B 錒 族	A B 氧 族		A B 成 鹽 原 質		過 渡 原 質		
週期		成鹽基性質逐漸增加 ↓													→			
1							成酸		性質逐		漸增加							
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		

習 題

1. 試略述氫族及過渡原質之性質。
2. 試述鹼金屬，鹼土金屬，錒族及成鹽原質等氧化物之性質。

3. 試述氫族之性質。
4. 試根據矽之環境，述出矽之性質。
5. 試比較原子序數表與週期表，有何異點？其優劣若何？
6. 煤氣燈網罩，及電燈泡內細絲，係何物製成？並述該金屬元素之要性。
7. 鹼金屬與銅族之異同。
8. 設有一元素發見，正補第六類第八週期 B 族之缺，問其性質當如何？
9. 自然界中何種作用為週期作用？試舉一二例。

第十九章

成鹽族元素(The Halogen Family)

(一)概論 氯及氯化物如食鹽，鹽酸等性質，已如前述。此外有氟，溴，及碘三元素與氯之性質，多相類似；且其化合物之形狀亦多相匹敵，故合為一族。此族元素能造成與食鹽相類似之化合物，特名為成鹽元素 (Halogens: Salts forming elements)，其化合物曰成鹽化合物 (Halides)。

成鹽族元素，自然界無單體存在。氯，溴，碘三者，常與鈉，鉀化合存在於鑛泉及海水中，氟常與鈣化合而成螢石 (Fluorite, CaF_2)，並與鈉鋁化合而為冰晶石 (Cryolite, $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$) 均存於鑛物界中。茲分別述之。

(二)溴 (Bromine, Br.)

1. 歷史 1826年法人巴拉 (Balard) 氏使海水濃厚，令食鹽結晶而出，乃自其母液中發見溴素。

2. 製法

A. 工業上製法 由不純之砂金石 (Carnallite, $\text{KCl}, \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 中提取氯化鉀後所餘之母液內, 含有多量之溴化鈉及溴化鎂, 此溫熱母液滴入塔內小圓石上 (圖113) 而氯由下側通入, 溶於其中, 溴即遊離而放出:

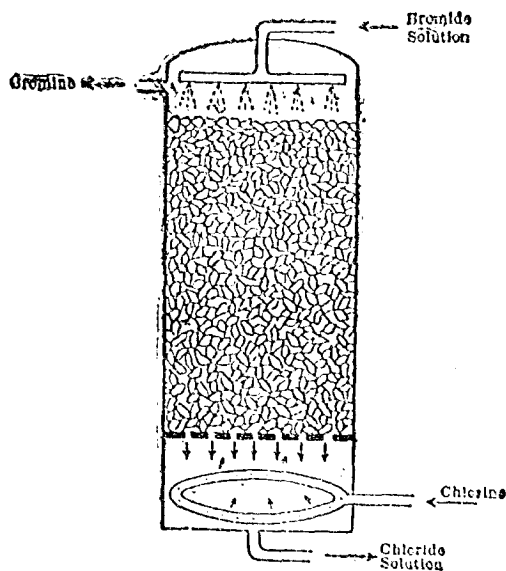
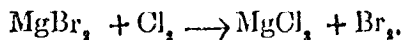
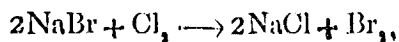
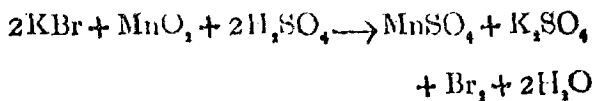


圖 113 工業上製溴

B. 實驗室內製法 法與製氯相似，以溴化物加二氧化錳與硫酸共熱之即得。其反應如下：



試驗 取溴化鉀粉末 2.5g. 與二氧化錳 7g. 混和入曲頸瓶內 (圖114)。次取濃硫酸 15c.c. 加入 90c.c. 水中，待冷後，注入曲頸瓶內，徐徐加熱，即發暗赤色之溴氣，集之於冷受器中。

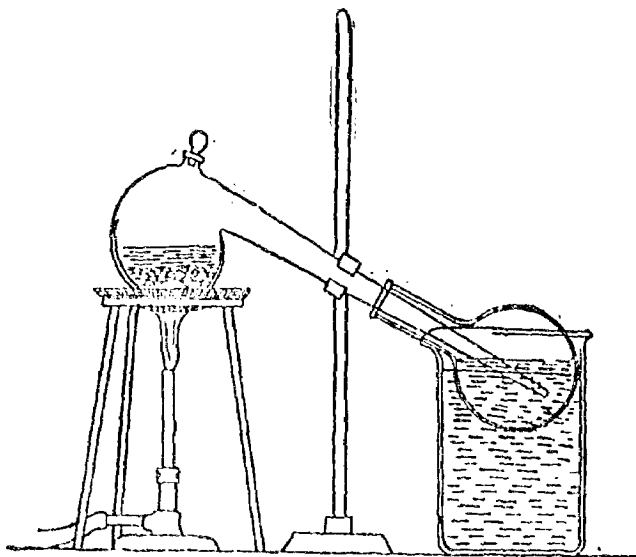


圖 114 實驗室內製溴

注意：1. 冷受器內，須預置水少量，則溴液下沉，其蒸氣不致外逸。

2. 溴能腐蝕皮膚，慎勿沾染手指；萬一接觸，速用煤油洗去之。

3. 性質試驗 1. 注溴一滴於試管內和水 10-15c.c. 而振盪之使成「溴水」分盛於三試管中，分別加入(1) 醚，(2) 二硫化碳，(3) 迷蒙精 (Chloroform, CHCl_3)，而察其溶度。

2. 取溴化鉀溶液少量，加入二硫化碳數滴，然後加入氣水少量振盪之，而察其效。從此結果，試推測氯與溴之相對活動性。

3. 取溴水少量加入鎂粉少許，則鎂與溴化合而成無色之溴化鎂，故溴水褪色。若再加入氣水，則溶液另成紅棕色。



4. 溴與金屬非金屬及氣之作用，與氯相似，但較和緩耳（參考本書451頁）。

4. 性質概要

A. 物理性質 溴為暗赤色之液體，有劇臭易揮發，比重為 3.119 至 58.7°C 則沸騰，至 -7.2°C 則凝固。溴

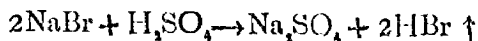
略能溶解於水（溴水中含溴3.2%），而易溶於醚，二硫化碳及迷蒙精等溶媒中。

B. 化學性質 凡與氟化合之元素，多數亦能直接與溴化合，惟愛力較小耳。溴之漂白作用，比氯稍遜，其水溶液常用作氧化劑。

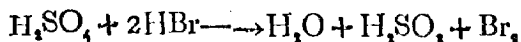
5. 用途 溴之主要用途為製造溴化物，此在照像術及藥劑上多用之。溴亦用於製造有機藥材及染料。

(三) 溴化氫 (Hydrogen Bromide, HBr)

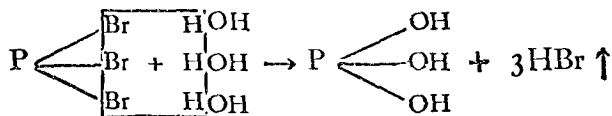
I. 製法 硫酸與溴化物相作用，即生溴化氫：



惟此氣體，甚不安定，故易為硫酸所氧化而析出溴素：



純粹溴化氫之製法，乃藉水與三溴化磷（Phosphorus tribromide, PBr_3 ）之作用，其反應如下式：



亞 磷 酸

試驗 如圖 115 裝置，A 瓶內置赤磷 20g. 加入水 40c.c.，分析漏斗 B 內盛溴 40c.c. 啟其活栓令溴逐漸滴入瓶內，則溴與磷化合而生溴化磷為無色液體，甚易受水分解發生溴化氫氣體，導經內盛赤磷及濕潤玻璃球(或碎玻片)之 U 管。凡 A 瓶中若有逸出之溴氣則與 U 管中之磷化合而純粹之溴化氫可用空氣置換法集之於 D 器中。至其水溶液，可將導管通水中即得。

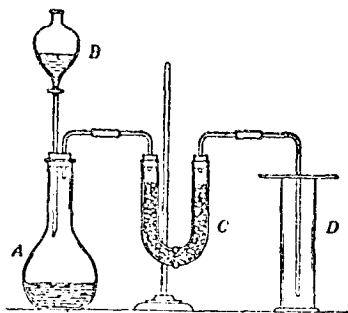


圖 115 製溴化氫

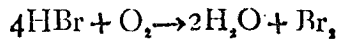
2. **性質試驗** 1. 濕空氣對於管口放出之氣體之作用(?)。
 次取玻璃蘸氫氧化銻溶液而伸入氣體中(?)。
2. 取溴化氫水溶液，分盛五試管內，而逐一試其對於下列各物之

作用：(a) 試紙(？)，(b) 銻(c) 硝酸銀(d) 二氧化錳(溫熱)(？)，(e) 氯水(？)

3. 性質概要 溴化氫為無色而有劇臭之氣體，極易溶解於水而成溴氫酸 (Hydrobromic acid)。與濕空氣相接觸，則呈雲霧狀，與氯作用極劇烈，其結果溴被化代而生氯化氫：



此氣體較氯化氫易受氧化，即空氣中之氧亦漸與之起作用而成水放溴：



溴氫酸之性質與鹽酸相似：能與金屬，金屬氧化物及氫氧化物作用而成溴化物。此酸較鹽酸易受氧化，例如硫酸不能氧化鹽酸而能氧化溴氫酸。又溴氫酸或可溶性溴化物中之溴，常為氯所置換（溴化物之鑑別）。

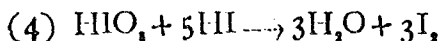
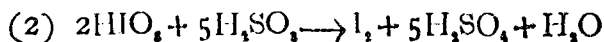
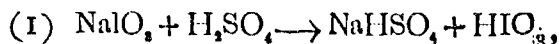
(四) 碘 (Iodine, I.)

1. 歷史及所在 碘產於海藻類體中，1812年法人寇爾特斯 (Courtois) 氏首從海藻燒成之灰中發見之。

智利硝石中含有碘酸鈉 (NaIO_3) 及碘化鈉 (NaI)，為近代取碘之最大來源。

2. 製法

A. 工業上製法 智利硝石母液 (Mother liquor of Caliche) 每公升中約含 NaIO_3 4.5g. 故令與稀硫酸及亞硫酸鈉作用，則可析出碘素，其反應如下式之變化：



B. 實驗室內製法 法與製溴同，惟以碘化鉀代溴化鉀耳。



試驗 取碘化鉀 8.5g. 與二氧化錳 7g. 同置於曲頸瓶內，次加入稀硫酸 (1:6) 100c.c. 徐徐熱之 (裝置如製溴)，即發出美麗之紫色氣體，經過曲頸瓶之頸部而集於受器，並因冷卻而凝為紫黑色結晶體。

注意：手指上如沾有碘素，可用飽硫酸鈉洗去之。

3. 性質試驗

1. 試管盛固體碘少量，加水約 12 c.c. 振盪之，而察其溶液之色(？)。次分溶液為四部分，保留一部分兼備 2 用。其餘分別再加入 (a) 迷蒙精，(b) 醚，(c) 二硫化炭各數滴而振盪之，並察碘於水中與他三種溶劑中之相對溶度(？)。

2. 取澱粉漿少量而以保留之碘水加入，立呈深藍色。

3. 取碘化鉀溶液約 5 c.c. 投入碘少許而振盪之(？)。另用酒精代碘化鉀依法試之(？)。

4. 取碘化鉀溶液約 5 c.c. 加入 CS_2 一二滴並注入水少量振盪之而察其效(？)。

5. 上試改用溴水代碘試之(？)。成鹽族元素在含氮化合物中活動之次序，應如何排列(？)

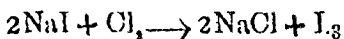
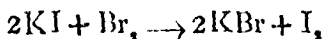
6. 取氫酸鉀溶液約 5 c.c. 滴加碘水少量微熱之而察其效(？)。依此推測成鹽族元素在含氧化合物中活動之次序，並與 5 比較之。

4. 性質概要

物理性質 碘為紫黑色板狀結晶體，比重為 4.93 有金屬光澤。熱至 $113.5^{\circ}C$ 則融解為褐色液體，至 $184.3^{\circ}C$ 則沸騰成紫色氣體。碘有劇臭，微溶於水，而

易溶於碘化鉀溶液及有機溶劑中，其酒精溶液俗稱碘酒，醫藥用為消腫劑。碘遇澱粉則呈深藍色，此因碘為澱粉所吸收而成一種膠狀懸浮，為檢查碘素或澱粉之最精密方法也。

化學性質 碘之化性頗似氯與溴，惟化合力較弱。例如加氯水或溴水於碘化鉀溶液，均能令碘遊離：



5. 用途 碘之主要用途為製造碘化物染料及有機藥材。碘酒為消腫劑，黃碘 (Iodoform, CHI_3) 為防腐劑。

附黃碘之製法：溶碘數小片於 KI 溶液中，加酒精少許，微熱之，滴加 NaOH 溶液以碘色消失為度。靜置冷卻，則析出黃碘結晶。

(五) 碘化氫與碘氫酸 (Hydrogen iodide and hydroiodic acid)

碘化氫為無色之氣體，其性質與氯化氫及溴化氫頗相似，惟化性甚弱，放置空氣中，即分解而放出碘。碘化氫極易溶於水而成碘氫酸，甚不安定，故工業上常用為強還元劑。



(六) 氟 (Fluorine, F.)

1. 歷史 氟之化合物，知之已久，然以種種方法，求為氟素，皆歸失敗。至1886年法人馬散 (Moissan) 氏始用電解法製得純氟。

2. 製法 用氟化氫鉀 (KHF_2) 少許，溶於氟化氫液中，使該溶液成電解質 (因純氟化氫為非電解質) 注入鉑(或銅)製之U形管中。

(圖116) 管中置有電極並附有側管，以導出氣體。氟由陽極放出，而氫由陰極放出。氟化氫之沸點為 19.4°C 故試驗須在低溫度中執行，以防液體氣化。

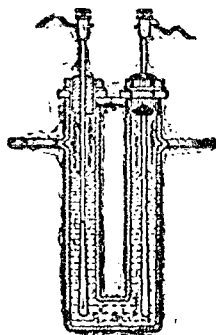
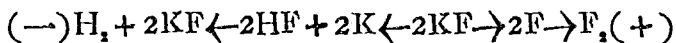


圖 116 製氟

其反應如下：



3. 性質 氟為淡黃色之氣體，有劇臭，其化性極強，殆能與一切元素(除氧)相化合，氫，溴，碘，硫，磷，砷，矽，硼等非金屬，及多種金屬，能在氟中燃

燒，而成氟化物，銅，金，鉑三者與氟接觸則在表面上生氟化物之薄層，能保其不致再為氟所侵蝕。故製氟時，亦可用銅器。

氟與氫化合之力極強且能由氫化合物中奪取氫氣，例如水遇氟即被分解而成氟化氫及氧：



(七) 氟化氫 (Hydrogen Fluoride)

1. 製法 置螢石 (CaF_2) 之粉末於鉛製曲頸瓶內，(圖 117) 並加入少量之濃硫酸使成糊狀。曲頸瓶口連結一端封閉之 U 形管，管外部以水與食鹽之寒劑冷卻之。微熱瓶底則螢石與硫酸作用而生氟化氫氣體，集於閉口之 U 形管內受冷而成無色透明之液體。其反應式如下：

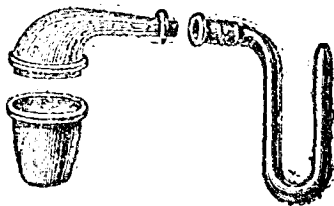
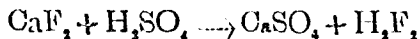


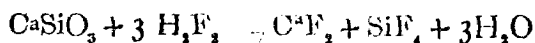
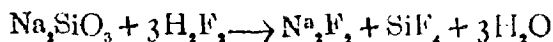
圖 117 製化氟化氫



2. 性質 氟化氫為無色而有衝刺性之氣體，易溶解於水而成氟氫酸。性劇毒，皮膚觸之，則起劇痛。

氟氫酸呈酸性反應。金屬除鉑，金及鉛外皆被溶解而成氟化物，同時發生氫氣又能與鹽基及金屬氧化物作用而成各種鹽類。

氟氫酸之特性在能侵蝕玻璃其反應如下：

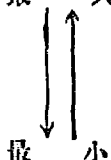


3. 用途 工業上利用之雕刻玻璃。

附雕刻玻璃法 取玻片以線二條水平懸入融解之白蠟中；取出以指接相對二邊將玻片傾斜擺動，使上面僅留均勻之薄蠟一層。俟蠟凝固稍久，以尖針劃書畫務令澈底直達玻面。再將玻板垂直對光察其凹紋中有無細蠟存留，有則去之。乃用水筆沾 HF_2 溶液塗凹紋中務使周到，塗就約十餘分鐘後，將蠟用熱水沖去，玻片即顯出所刻之書畫。

第十九章之綱要

成鹽族元素及其化合物，有許多相似之處。若細究之，則見各元素之原子量與其性質之變遷，甚有關係，試觀下表，便可瞭然。

元素	原子量	狀態	顏色	M.P.	B.P.	活動性
氟	19.00	氣	淡黃	-223°	-187°	最 大  最 小
氯	35.46	氣	黃綠	-101.6°	-34.6°	
溴	79.92	液	棕紅	-72°	58.7°	
碘	126.93	固	暗紫	113.5°	184.3°	

成鹽族元素與氫之愛力，則隨其原子量之增大而減小，例如氟雖於低溫及暗室已能與氫劇烈化合，而碘則僅可於高溫始能化合，其所成之碘化氫仍易為熱力所分解。反之其在含氧化合物中，則依原子量之增大而益堅定。故成鹽元素中之原子量小者，可自氫化中逐出其較大者，如



又成鹽元素中之原子量大者，可自含氧化合物中逐出其較小者如



習 題

1. 液體氯化氫不通電流，試釋其故。

2. 氟化氫分子式書為 H_2F_2 ，而氯化氫則書為 HCl 何故？
3. 溴化氫之溶液，久之則變棕色，何故？
4. 試書由碘化磷及水製氯化磷之反應式。
5. 黃磷及碘酒如何製法？各有何用？
6. 如何鑑別氟化物，溴化物及碘化物？
7. 以螢石製商用氟氫酸（含有 H_2F_2 50%）1公斤，問須螢石若干？
8. 溴之蒸氣與二氧化氮如何辨別？
9. 薑類中含有澱粉，應用何法檢出之？
10. 製氯化氫可否用玻璃瓶或磁製器皿？並言其故。
11. 氟氣溴碘本屬同族元素，其不同之點為何？
12. 溴化鈉 1 公斤與適量硫酸及二氧化錳相作用，能製成溴若干重量？應需硫酸及二氧化錳各幾何？

第 二 十 章

硫 族

(一)概論 硫，硒及碲為週期表第六類元素，其性質互相類似，而以硫黃為重要之元素。茲分述之。

(二)硫黃之存在 硫黃廣佈於天然界中，火山周圍常遊離成單體而出。含硫之礦物如黃鐵礦(FeS_2)，黃銅礦(FeCuS_2)，方鉛礦(PbS)，閃鋅礦(ZnS)，重晶石(BaSO_4)，石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，天青石(SrSO_4)等產額甚多。動植物中蛋白質亦含有硫黃。

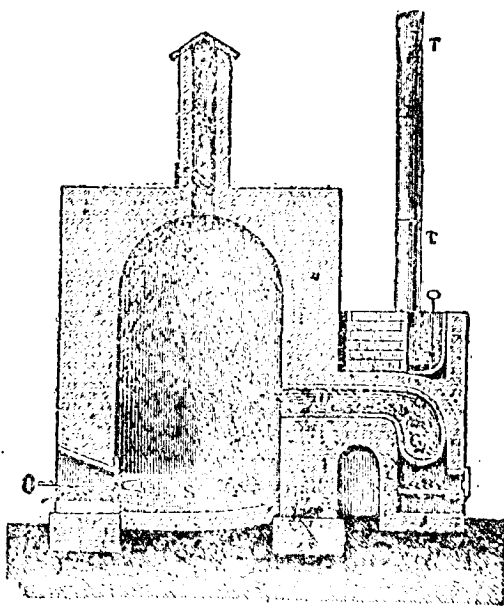


圖 118 煉製硫黃

(三) 硫黃之製法 天然產出之硫黃，每雜有沙土，故欲得純粹之硫黃，須用陶器蒸餾之（圖118），導其蒸氣於煉磚室內，使先凝結於四壁而成硫黃華（Flowers of Sulphur）；迨磚室漸熱，融成液體而流入於圓筒模型中，則成卷硫（Roll Sulphur）。

西西里（Sicily）為產硫要地，路易西那（Louisiana）次之。在路易西那硫之礦床直徑約半哩，在土岩石900呎以下，用佛蘭氏法（Frasch method）提取之。先鑽孔入礦，乃將四個連套之鐵管插入（圖119）然後將 170°C 沸水噴入二外管（直徑一為6吋，一為8吋）；迨礦中之硫為熱水所融（融點 114°C ），乃以空氣壓入最內（直徑1吋）之小管中。液態硫黃之比重，雖較水為大，

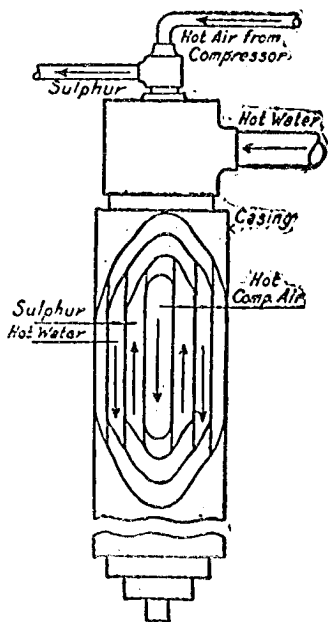


圖 119 佛蘭氏法製硫黃

然與空氣混合後，其比重與水相同，故硫得昇入第三管（直徑 3 吋），使流入木器中，凝固後即為純粹之硫黃。

（四）硫黃之物性 卷硫及天然硫為色黃而脆之結晶體。不溶於水，但易溶於二硫化碳(CS_2)。

熱硫至 $114^\circ C$ 時，則融為淡黃色而易於流動之液體。再熱至 $160^\circ C$ 則漸變為深棕色，而流動之性漸失。至 $235^\circ C$ 則色變黑而成不能流動之濃厚液體。至 444.6° 則沸騰而發深棕色之蒸氣。此蒸氣再冷時則復經過以前之種種變化。惟其次序適相反耳。

（五）硫之異形體 硫有三種同質異形體；二種為結晶體，一種為無定形體。其結晶者，分為斜方晶硫及單斜晶硫二種。無定形者或稱橡皮硫。茲分述於下：

（I）斜方晶硫 (Rhombic Sulfur)。

取卷硫溶於二硫化碳，放置於空氣中，令溶液徐徐蒸發即得斜方晶硫（圖 120），其比重為 2.06 融點為 $112.8^\circ C$ 。

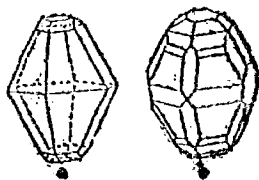


圖 120 斜方晶硫

試驗：取卷硫約 0.5g，加入二硫化二硫 5c.c. 而振盪之。溫過，注濾液於銀玻璃上，入煙囪內 (hood)，令自行蒸發乾涸。則玻璃底結有斜方晶硫。

(2) **單斜晶硫** (Monoclinic Sulfur)。熱硫使融，而後待其冷卻，則得單斜晶硫 (圖 113 甲)。其比重為 1.96，融點為 119.2°C 。

試驗：取磁坩堝一，盛硫黃華約滿四分之一，移置砂盤上而徐熱之，至硫熔融為度。放置冷卻，渣液而周圍凝成品粒將遠中心時，即傾去坩堝內餘液，則見坩堝底結有深黃色之單斜晶硫。(圖 121 乙)。

置單斜晶硫於空氣中歷數日後即變為極小斜方晶硫。其所以如是者，因單斜晶硫在 95.5° 及 119° 之間，極為安定，但在 95.5° 以下則不安定，漸變為斜方晶硫，因斜方晶硫在 96.5° 以下，甚為安定也。此 95.5°C 謂之晶硫變遷點 (Transition point)。

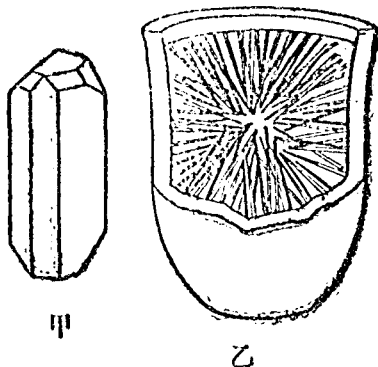


圖 121 單 斜 方 硫

斜方晶硫 $\xrightleftharpoons{95.5^\circ}$ 單斜晶硫

(3) 橡皮硫 (Plastic Sulfur)。熱硫至沸而後傾入冷水中，則凝為深褐色柔軟而富彈性之固體，是曰橡皮硫。

試驗：取重約 10 公分之硫黃置於瓶內熱之至沸，將液迴旋傾入盛水之玻璃杯內（圖122），則凝為柔軟而富彈性之橡皮硫。

橡皮硫不溶於二硫化炭，靜置空氣中數日後則質變脆而成斜方晶硫。

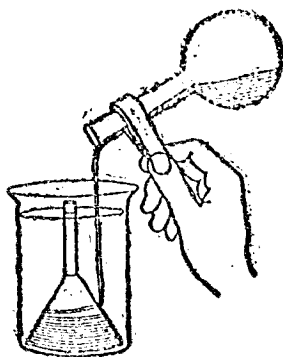


圖 122 橡皮硫

(六)結晶 (Crystal Systems) 結晶體大別為六系，其晶軸之相互關係如下：

I. 等軸晶系 (Cubic System) 三等軸互成正交 (圖123)。

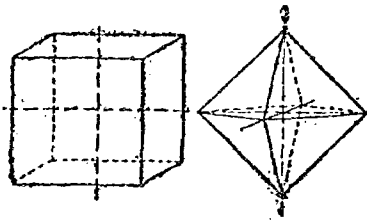


圖 123 等軸晶系

2. 四方晶系 (Tetragonal System) 二軸相等，而第三軸之長不等，然皆互成正交(圖124)。

3. 斜方晶系 (Rhombic System) 三軸皆不相等，然互成正交(圖124)

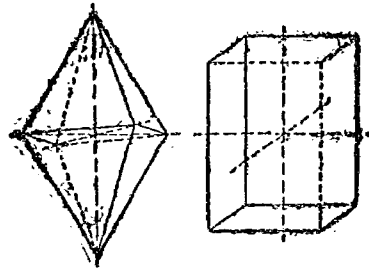


圖 124 四方晶系

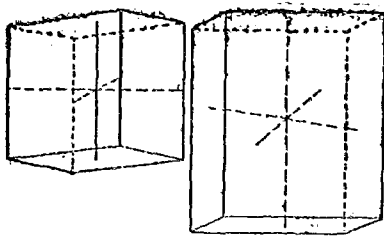


圖 125 斜方晶系

4. 單斜晶系 (Monoclinic System) 二軸成正交，而第三軸與二軸之一成直角而與他又一軸成斜角 ($0^\circ - 90^\circ$)，其各軸之長

亦不一致，但在一種晶體內，其軸長與斜角均有一

定(圖126)。

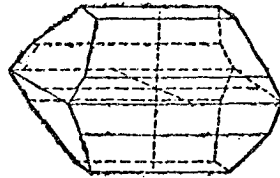


圖 126 單斜晶系

5. 三斜晶系 (Triclinic System) 三軸均互相傾斜, 軸之長短不定, 斜角亦無定(圖127)。

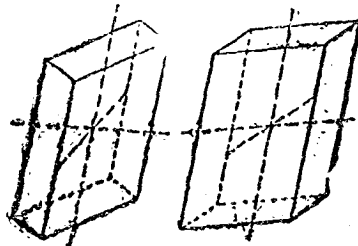


圖 127 三斜晶系

6. 六方晶系 (Hexagonal System) 三等軸在同一平面中, 互以 60° 之角相交, 而第四軸與他三軸均成正交(圖128)。

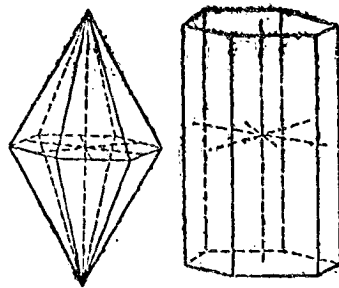
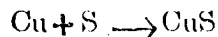
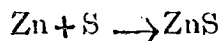
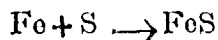
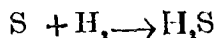
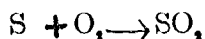


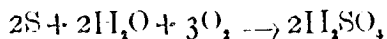
圖 128 六方晶系

(七)硫之化性。硫之化性頗似氧，能與許多非金屬及金屬直接化合。例如燃硫於空氣中，生淡藍色火焰而成二氧化硫(SO₂)。燃硫於氫中則生硫化氫(H₂S)。鐵粉或鋅粉與硫黃華混和加熱，則結合而生硫化鐵(FeS)或硫化鋅(ZnS)。若以銅置於硫黃蒸氣中則燃；將銻及硫共置乳鉢中而研和之，則生黑色之硫化銻。以上各種反應，表示如下式：



凡硫與金屬，氫及炭等化合而成之物，謂之硫化物(Sulfides)。

曝硫粉於濕空氣中則逐漸氧化為硫酸(H₂SO₄)：



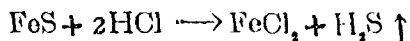
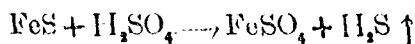
(八)硫之用途。粗製之硫多用以製二氧化硫。二氧化硫用以製造硫酸，漂白羽毛稻藥並羊毛等。

造紙所用之亞硫酸鹽及製造二硫化碳所需之硫，爲量亦鉅。純硫用以製造火藥，焰火，及火柴等；又與橡皮結合以製含硫橡皮。硫黃華用以殺葡萄田中之細菌，蓋因硫經空氣氧化後生成硫酸，故有此效也。

硫 化 物

(一)硫化氫之存在。硫化氫每發生於火山之噴出口，或硫黃礦泉中。當含有硫黃之有機物腐敗時，亦發生此氣。腐卵之臭，即此氣也。

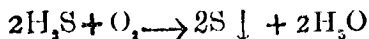
(二)硫化氫之製法。加硫酸或鹽酸於硫化鐵，即得此氣。用克普氏裝置，最爲便利，其反應如下：



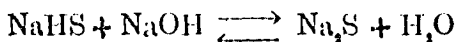
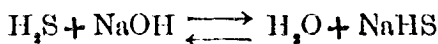
(三)硫化氫之物性。硫化氫爲無色之氣體，有惡臭，性極毒，二百分空氣含其一分，即足致命。較空氣重 1.18 倍，在常溫度加 7 氣壓則成無色液體，其沸點爲 -59.6°C 其固體之融點爲 -82.9°C 。又此氣能溶於水，當 15°C 時每 100 分水中能溶該氣體 305 分。其溶液爲硫化氫水。

(四) 硫化氫之化性。

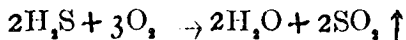
(1) 酸性。硫化氫水，呈弱酸性，頗不安定，故久置空氣中，則受氧化作用而析出硫黃，致液呈潤濁色。



硫化氫水遇鹽基則生鹽，故有硫化氫酸之名 (Hydro-sulfure acid)。



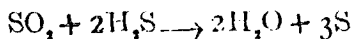
(2) 不安定。硫化氫有可燃性，點以火，則發淡藍色焰而燃，生成二氧化硫及水：



如空氣供給不充分則析出硫黃：



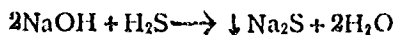
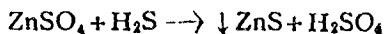
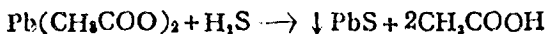
(3) 還原作用。硫化氫既不安定，而硫與氫又易與氧化合，故硫化氫為一種還原劑 (Reducing agent)。例如取 H_2S 及 SO_2 (各含有水汽以作觸媒) 各一瓶，次令瓶口密接，則見硫黃遊離。

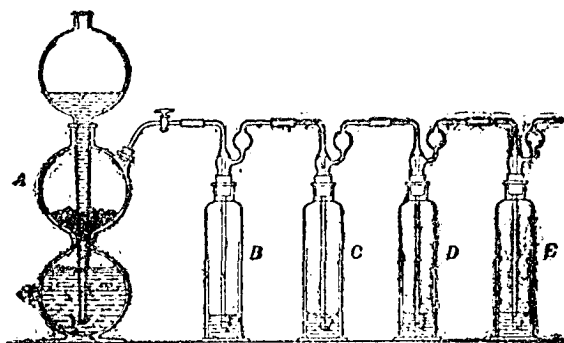


在此反應中二氧化硫失去氧氣，吾人可謂 H_2S 受 SO_2 之氧化作用，或云 SO_2 受 H_2S 之還原作用。每種還原作用，常伴有氧化作用，吾人知之熟矣。

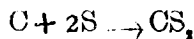
(4) 對於金屬鹽之作用。通入硫化氫於金屬鹽類溶液，則生硫化金屬之沈澱。其色及其反應，視金屬之種類而異。故可用以鑑別金屬原質。

試驗 如圖 129 裝置，B 盛醋酸鉛溶液，C 盛硫酸銅溶液，D 盛硫酸鋅溶液，E 盛苛性鈉溶液。由 A 送入硫化氫（其過量之氣體，用苛性鈉溶液吸收之），則於 B 生黑色之硫化鉛（ PbS ），於 C 生橙黃色之硫化銅（ CuS ）於 D 生白色之硫化鋅（ ZnS ）於 E 生硫化鈉而溶解其反應如下：

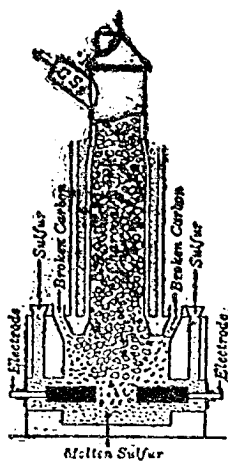
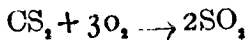


圖 129 H₂S 通入鹽類溶液

(五) 二硫化碳之製法。輸送硫黃蒸氣於赤熱電爐中之焦碳，則得二硫化碳蒸氣，凝結之即得(圖130)。



二硫化炭之性質。二硫化碳為無色之液體，屈折率頗大，比重為 1.29，沸點為 46°C。其純粹者，芳香如安息輪 (Benzene)。惟多含雜質，故有惡臭，燃燒於空氣中，成二氧化碳及二氧化硫。

圖 130 製 CS₂

(六)二硫化碳之用途。二硫化碳爲一種重要溶媒，能溶解硫黃，磷，溴，碘，橡皮及脂肪等物。又置 CS₂ 少許於穀倉之旁，可以驅除鼠類。

硫之氧化物及含氧之酸 (Oxides and Oxygen Acids of Sulfur)

硫之主要氧化物有二：一曰二氧化硫或稱亞硫酸酐(Sulfur dioxide or Sulfurous anhydride, SO₂)，一曰三氧化硫或稱硫酸酐 (Sulfur trioxide or Sulfuric anhydride SO₃)。因二者均能溶解於水而成亞硫酸 (Sulfurous acid H₂SO₃) 與硫酸 (Sulfuric acid H₂SO₄) 故也。

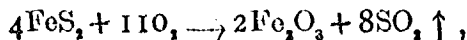
第 一 節

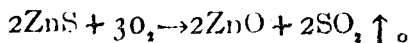
二 氧 化 硫

(一)存在。此氣常存於火山噴出之氣體中，空氣中亦有之，因燃硫或硫化物於空氣中，常生是氣故也。

(二)製法。

(1) 工業上之製法 煅燒黃鐵礦或閃鋅礦於空氣中即得。





此法工業上利用之以製硫酸。

(2) 實驗室內之製法。

(a) 亞硫酸氫鹽與稀酸之作用 試驗：取亞硫酸氫鈉 (Sodium hydrogen sulfite NaHSO_3) 10公分入燒瓶內，瓶口緊接具有漏斗及導管之木塞 (圖131)，次由漏斗徐徐滴下鹽酸，用下方置換法集氣三瓶後 (氣體滿實與否，可以濕潤藍試紙持進瓶口驗之，滿則變紅。) 將導管通入盛水40c.c.之玻璃杯中，令成亞硫酸之飽和溶液。

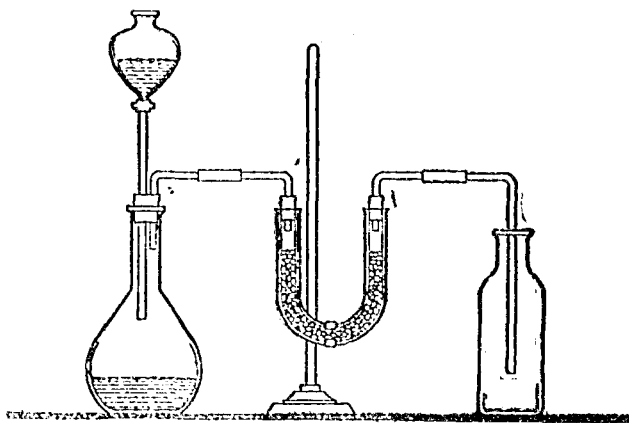
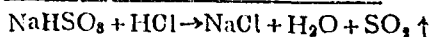
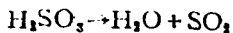
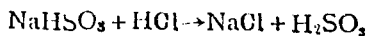


圖 131 製二氧化硫



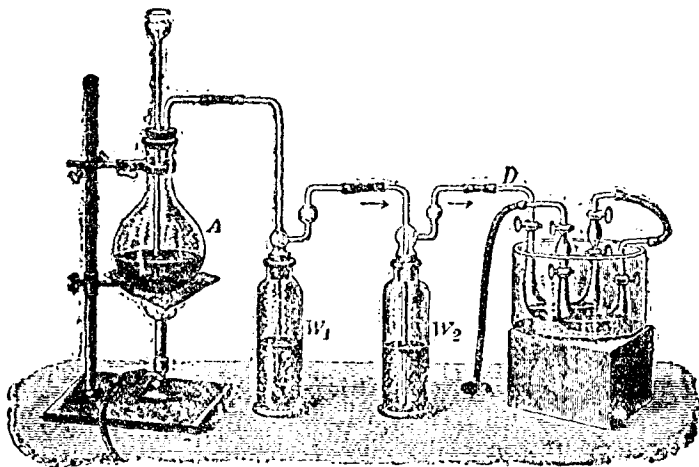
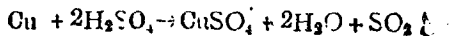
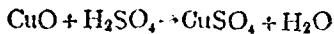
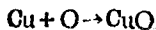


圖 132 製 SO_2 液體貯器

(b) 銅與濃硫酸之作用試驗：取細銅屑 10 公分，置大燒瓶內，加濃硫酸 25c.c. 裝置如圖 132，徐徐加熱，令所生氣體，先通過硫酸乾燥器 (W_1, W_2)，再浸於冰鹽寒劑之U形管內，則凝成一種無色透明之液體。

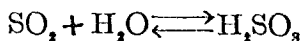


(三) 性質試驗。

1. 取SO₂氣一瓶，以燭火插入，則火立熄。
2. 取SO₂氣一瓶，倒立於水面上，少頃，則見水昇入瓶內。
3. 以濕潤之紅色鮮花一二朵，投入SO₂氣內，則花色變白。

(四) 性質概要。 二氧化硫乃無色而有惡臭之氣體，不能自燃，亦不助燃，比空氣重二倍餘。最易液化，冷至-10°C 則凝成一種無色透明之液體，市上有出售者 (圖133)，以其於工業上為漂白乾草，毛絹等物之用也。

二氧化硫性頗安定，易溶於水而成亞硫酸：



在常溫時一體積之水，能溶此氣 50 體積，惟煮沸後，則氣體完全逸去。

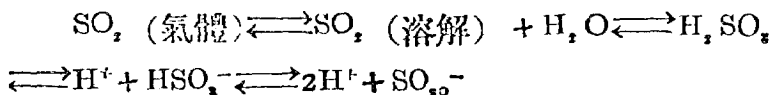


圖 133 貯SO₂器

第 二 節

亞 硫 酸 及 其 鹽 類

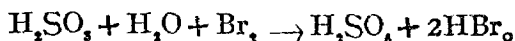
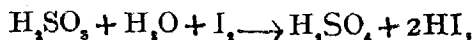
(一) 性質及用途。(I) 不安定 此酸甚不安定，僅可存在於水溶液中，呈弱酸性：



(2) 還原劑。亞硫酸與空氣中之氧逐漸化合而生硫酸。



碘水或溴水中各加入 H_2SO_3 少許，則生碘化氫或溴化氫：



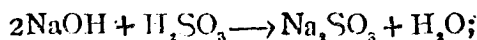
(3) 漂白作用。亞硫酸能與有機色質直接化合，其所成之化合物通常為無色，故此酸可用為漂白劑。例如置紅色鮮花於含水之二氧化硫中，即變為無色。又如羊毛，絹絲，稻草等物，不能耐氯之作用者，可用 SO_2 以代之。但漂物歷久能重行放出亞硫酸。故皮毛歷久而變黃，草帽逾時而變色，職此故也。

(二) 中性亞硫酸鹽及酸性亞硫酸鹽

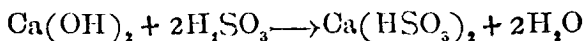
(Sulfites and bisulfites)

亞硫酸為一種二鹽基酸，能生成中性鹽如 Na_2SO_3 及酸性鹽如 NaHSO_3 ，當亞硫酸與鹽基中和蒸發，則

得中性鹽：



若以過量之二氧化硫通入鹽基溶液，則成酸性鹽：



酸性亞硫酸鈣之溶液，用以溶解木材中之木質 (Lignin)，而剩餘純粹之纖維素 Cellulose $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$ ，為製紙之原料。

附製紙工業 植物各細胞之胞膜，亦即其全部之組織，悉為纖維素所成。棉，蔴為純粹之纖維素。細胞之胞膜，常多少為一種木質加厚。上等紙用棉或蔴製之。下等紙則用碎木片，以酸性亞硫酸鈣溶液煮沸之，使溶去木質，而殘留純粹纖維素(紙漿)。次傾去溶液，其紙漿用水洗淨，乃和水擊之成粉屑，再用極稀之氯水漂之。將紙漿懸浮於水中，攤於簾幕上而壓乾之。操作時尚須加入他物，如膠及明礬等，以防壓水之滲散；硫酸鈣粉末粘土等以充實紙質，再用研光法 (Calendering) 使紙面光滑，又加染料，則可得各種

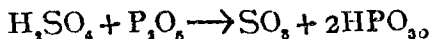
顏色。濾紙爲純粹纖維素。

第 三 節

三氧化硫(硫酸酐)

(一)製法

1. 由硫酸去水法 硫酸與五氧化磷混合加熱即得。



試驗：取濃硫酸一份，五氧化磷粉末二份，入曲頸瓶內混和加熱(圖 134)，則盛發白煙，令通入浸於冰鹽寒劑之玻璃瓶內，初成無色液體，漸凝爲固體。

2. 接觸法 硫黃燃
燒時，略生此氣，惟 SO_2
與氧之反應速度甚小，
若增加溫度，則反應速
度增大，然同時三氧化
之分解速度亦隨之增
大，遂成一種可逆反應：

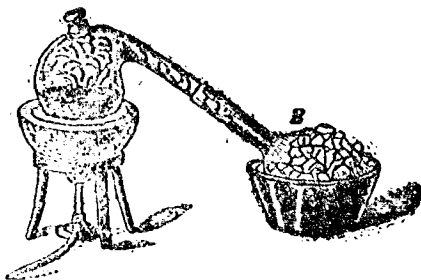
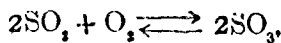


圖 134 用去水法製 SO_3



若用鉑石棉 (Platinised asbestos) 或三氧化二鐵 (Fe_2O_3) 爲觸媒，則可於低溫度 (400°C — 450°C) 增進其反應速度。

試驗：如圖135裝置，a 管通入 SO_2 ，b 管通入氧氣，各經硫酸乾燥器 C 混合而入內含鉑石棉之硬玻璃管 e (溫度在 400° — 450°C)，由接觸作用所成之 SO_3 氣體，流入乾燥之冷却受器 d 內，初成無色液體繼爲固體。

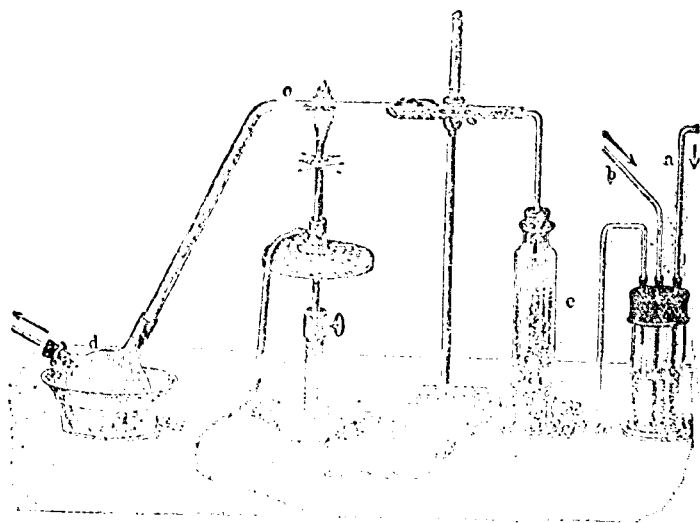
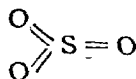


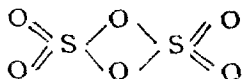
圖 135 用接觸法製 SO_3

(二)性質 三氧化硫有 α , β 兩種異形體。前者

與 SO_3 相當，後者與 S_2O_3 相當。



α 三氧化硫



β 三氧化硫

α 三氧化硫為無色透明之結晶。融點為 14.3 。而沸點為 46.2° 。 β 三氧化硫為不透明白色而如絹絲昇華。此二者均能與水劇烈化合而生硫酸。



(三) 用途 三氧化硫可用以製造硫酸。在有機色質及火藥等工業上均用之。

第 四 節

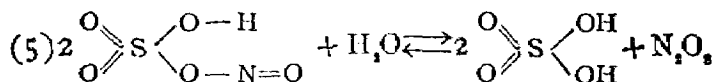
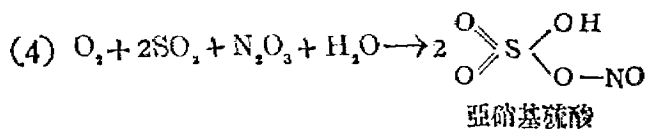
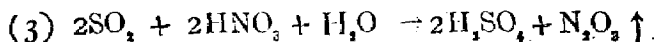
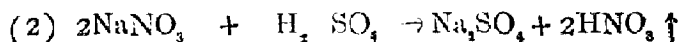
硫酸 (Sulfuric acid H_2SO_4)

(一) 工業上之製造 硫酸為工業上最重要之酸。國家工業之進步，每以硫酸之消品為衡。工業上製硫酸之法有二：一曰鉛室法 (Lead-chamber Process)，二曰接觸法 (Contact Process)。此二者各需適當之原料，其成品亦各適於特殊之用途。茲分述之。

A. 鉛室法

I. 鉛室法之反應 此法所需之原料為二氧化硫

(由黃鐵礦煨燒而得。), 硝酸 (由硝石混和硫酸加熱而得。), 水蒸氣及空氣, 此四者按相當之比例導入鉛室, 即化合而生硫酸, 其所有之反應式如下:



觀上式, 最初用少量之 N_2O_3 , 即可助製無限量之硫酸。惟實際上不能無消失, 故須繼續彌補之。

2. 鉛室法之程序 此法大別為三步;

(1) 二氧化硫之製備;

(2) 二氧化硫之氧化;

(3) 所得硫酸之加濃。

(1) 於燃燒爐內 (Burners), 如圖 136 煨燒黃鐵礦或閃鋅礦令發生二氧化硫氣體, 通入一長煙道內與適量之空氣混合, 並得析出鐵與

錳之氧化物以及其他雜質。又在此烟道中置一小露器 (Nitre post), 其中盛有硝石及硫酸, 因受熱而發生硝酸蒸氣。

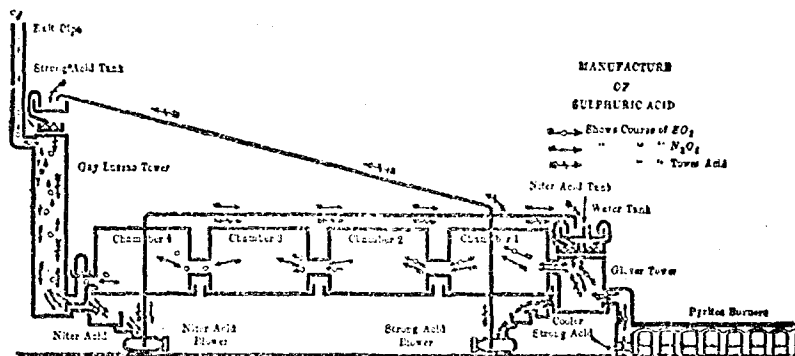


圖 631 鉛室法

(2) 亞硫酸，空氣及硝酸蒸氣在烟道中保有 800°C 左右之溫度而入於格羅浮氏塔 (Glover tower) 中。此塔高約 20—30 呎，截面徑約 10 呎。塔之內壁，係鉛皮構成，襯以耐火煉瓦，其中滿時耐酸煉瓦，火石等，以增大作用物質之接觸面。塔頂之上，置有硫酸分佈器及噴水器，俾各流入塔中。此塔之作用：(1) 令亞硝基硫酸遊離 N_2O_5 ；(2) 將混合氣體冷卻至 $50^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{C}$ 利於化合成硫酸，(3) 供給鉛室內所需水蒸汽之一部；(4) 塔內之溫度是使鉛室硫酸 (50Be) 於滴下時，因水汽蒸發逐漸增加濃度 (60—62Be，比重約 1.75)，可使吸收 N_2O_5 ；(5) 增加硫酸之產量，因在此塔內，已可製成多量之

硫酸也。

凡塔中未曾化合之氣體，即經過鉛室 (Lead chamber)；此室之內部亦係鉛皮構成其數為 3-5，其容積為 140,000—200,000 立方呎。氣體及水蒸汽在鉛室內互相完全化合，其所成之酸及過量之水凝集於室底，所謂鉛室酸是也。而殘餘之 N_2O_3 等則由出口而入於蓋路撒克氏塔 (Gay-Lussac tower) 中。

此塔高約 50 呎，其內壁貼以鉛皮，鉛皮之內側為煉瓦，所以防鉛皮之損壞，塔中堆積煤炭，所以增大其接觸面也。其頂有濃硫酸滴下用以吸收 N_2O_3 之殘餘氣體，令其亞硝酸基硫酸由壓縮空氣，使其壓入長管而通至格氏塔頂之器中。當此酸流入塔中與鄰器中同時流下之水相化合而成硫酸，則 N_2O_3 復遊離而出。如是互相利用，於硫酸工業上，庶不致有棄材也。

硫酸之集於室底者，僅含 60—70%，比重為 1.5—1.62。其過量之水。所以使鉛室底部之酸，不再吸收或保留亞硝酸，因此物質與含有過於 70% 之硫酸能起化合故也。

(3) 以上粗製硫酸，可直接適用於工業，如製造過磷酸鹽之肥料是也。欲增濃此酸，可於鉛製之鍋中蒸發之。此鍋常置於黃鐵礦燃燒爐之上以省燃料。在鉛鍋中可蒸至比重 1.7 與 77% 之濃度相

當，過此則將起作用而生成鉛之硫酸鹽，成一層皮殼，此殼可防內部鉛質之復與硫酸起作用。如需更濃之硫酸，可置諸玻璃或白金之器中（圖187），加熱以蒸去水分。市售粗硫酸比重 1.83—1.84 約含 98 % 之硫酸。

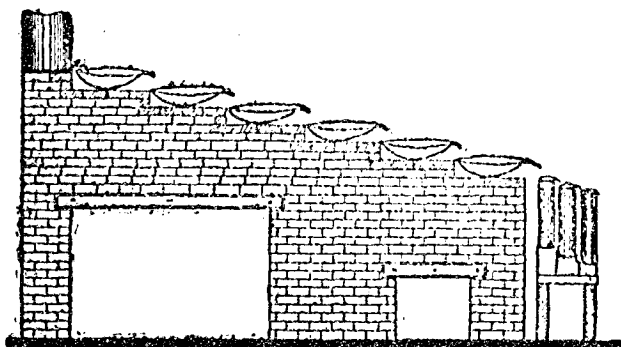
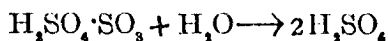
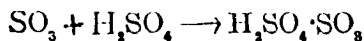


圖 187 製濃硫酸

B. 接觸法 上節曾言二氧化硫與氧藉白金海綿或三氧化二鐵之接觸作用，生成三氧化硫，此物遇水即成硫酸。是即接觸法之原理也。此法可分為四步：

1. 二氧化硫及空氣之混合；
2. 此混合氣體之潔淨法；
3. 三氧化硫之製成；
4. 三氧化硫與水之結合。

如圖 138 二氧化硫及空氣之混合氣體由硫黃燃燒爐 (Sulfur burner) 通過去塵室 (Dust Chamber) 及洗滌塔 (Washing tower) 以卸去雜質。否則不潔物質如 As_2O_3 等將包圍白金海綿，失去其接觸作用，次將混合氣通過乾燥塔 (Drying tower) 中使失去水分由轉動器 (Fan blower) 而入於接觸塔內 (Contact tower)，此時氣體溫度，須保持 $400^{\circ}C$ ；因在此溫度以下，則作用遲緩，過高則所成 SO_3 復呈分解作用矣。由塔頂上滴下濃硫酸令成發煙硫酸，加水即得尋常之酸。



如將 SO_2 直接通入水中，則大部分生成白霧而浮於水面不再溶解，殊多耗費也。

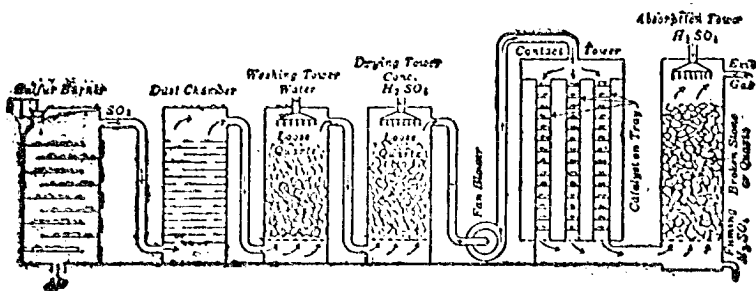


圖 188 接觸法

(二)鉛室法與接觸法產品之比較 由鉛室法所得之硫酸，含有雜質，於製造肥料工業上適用之。前者濃度約在 70 % 左右，如得濃酸，須費蒸發手續且不無消耗燃料，後者視加水之多寡，可得任何之濃度；但事前仍須多費潔淨混合氣體之手續，要之兩種產品，各適合其特殊用途，故兩法不可偏廢也。

(三)實驗室內之製法

a. 鉛室法試驗 如第 139 圖裝置。A 瓶內順次通入氧氣—氧化氮，二氧化硫，及水蒸汽(B瓶盛水，並通入氧氣)，

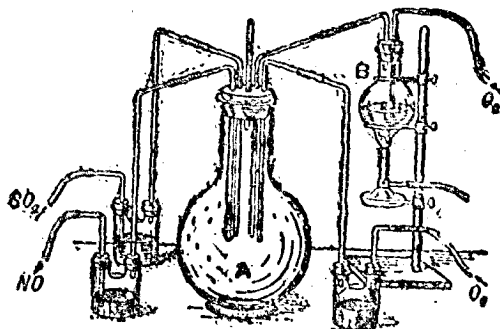
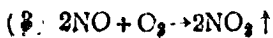
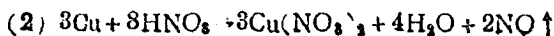
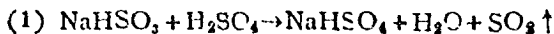
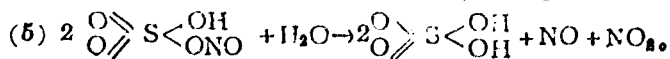
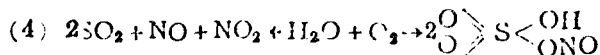


圖 139 鉛室法試驗

則諸氣體，即互相作用，而生硫酸，其反應式如下：



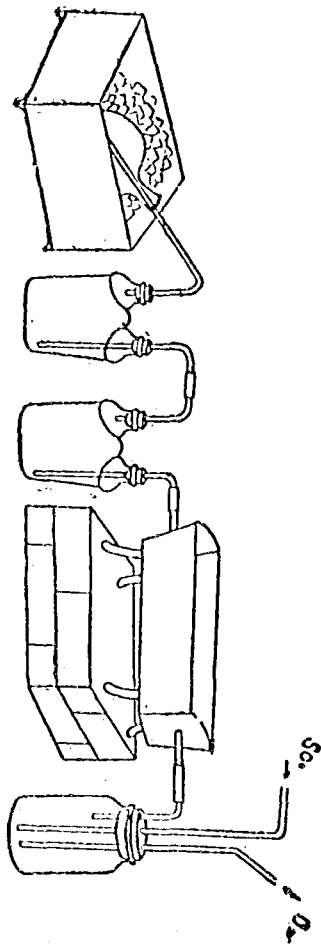


註： 三個雙口洗瓶內，各盛濃硫酸。

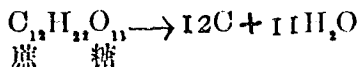
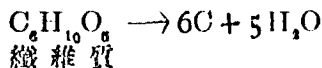
b. 接觸法試驗： 如圖 140

裝置，一管通入 SO_2 ，他管通入氧氣，同經硫酸乾燥器，由導管而入於置諸炭火上之灼熱鐵管，鐵管內預裝入 Fe_2O_3 少量，於是 SO_2 與空氣中之氧，因觸媒之作用生成 SO_3 ，由導管經冷却玻璃瓶，呈白霧狀而入於盛有濃硫酸之玻璃瓶內，則 SO_3 漸次被其吸收，加水即成硫酸：

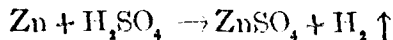
(四) 性質 純硫酸為無色油狀之液體，沸點為 338°C ，其蒸氣中含有 34 % 之三氧化硫及水蒸汽。 硫



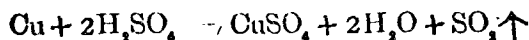
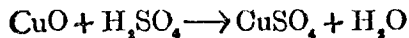
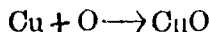
酸與水能以任意之比例混合，且發生大熱，故宜注意。混合之法，宜以硫酸注入水中，且以玻璃棒隨時攪拌之。若以水注入硫酸，則因驟生大熱，盛器每致破裂。濃硫酸吸水之力甚強，結合而成 $H_2SO_4 \cdot H_2O$ ，故實驗室中常用以爲乾燥劑。硫酸不特能直接吸水，且能自他化合物中抽出其氫氧二原質使成水而與之結合。故滴濃硫酸於木片，紅糖，棉花，布及他種有機物上，則立變焦黑。沾於皮膚，痛若火傷，用時不可不慎也！



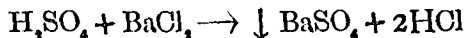
硫酸與金屬之作用，視金屬之特性及硫酸之濃度而異：例如鋅，鐵，鎂等能與稀硫酸相作用而生氫氣及硫酸鹽。



又如銅，鉛，銀等與熱濃硫酸作用而生二氧化硫，水及硫酸鹽：



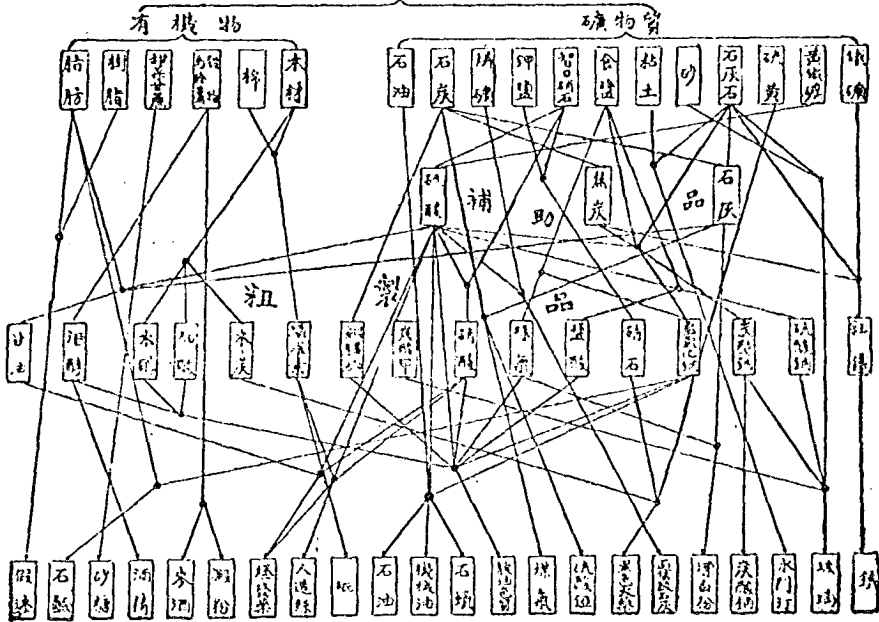
(五) 硫酸之鑑別 硫酸或硫酸鹽溶液中，加入氯化鋇溶液，則生白色之硫酸鋇沈澱。此沈澱不溶於鹽酸或硝酸，故依此反應，可以檢出硫酸或硫酸鹽。



(六) 硫酸之用途 濃硫酸為工業上及實驗室內之乾燥劑；並供製造染料及炸藥之用。硫酸之沸點較高，可藉以製造易揮發之酸類。稀硫酸可供電池及電鑄之用，其大宗則供肥料工業之用。要之硫酸為製造化學工業品不可缺之原料，由其消費之多少，即可知一國化學工業之盛衰。試觀下列之工業圖，便可瞭然矣。

化學工業品概覽

原料品



精製品

第二十章之綱要

硫黃廣佈於天然界中，有遊離者，有成硫化物及硫酸鹽者。硫黃可用練磚室或佛蘭氏法提取之。

硫黃有三種同質異形體 (1) 斜方晶硫 (2) 單斜晶硫 (3) 橡皮硫。

燃硫於空氣中，生成二氧化硫。又與許多原質直接化合而成氧化物。

純硫用以製起火藥，焰火，火柴，及含硫橡皮。

粗硫用以製造硫酸及二硫化炭。

硫化氫之製法，加硫酸或鹽酸於硫化鐵即得。

硫化氫之要性：(1) 酸性(2) 不安定(3) 還原作用(4) 與金屬鹽類作用而成硫化物。

二硫化炭為無色之液體，係一種重要溶媒。

二氧化硫山下法製成

(1) 煨燒硫化物；

(2) 亞硫酸氫鹽與稀鹽酸作用；

(3) 銅與熱硫酸作用。

二氧化硫係無色無有惡臭之氣體，比空氣重二倍餘，易溶於水，而成亞硫酸。

亞硫酸不安定，係一種還元劑。有漂白及防腐作用。

三氧化硫由二氧化硫與氧轟鉑石棉之接觸作用所製成。與水化合則成硫酸。

硫酸由以下二法製成

(1) 鉛室法，此法大別為三步：

1. 二氧化硫之製備；2. 二氧化硫之氧化；3. 所得硫酸之加濃。

(2) 接觸法，此法分為四步：

1. 二氧化硫及空氣之混合；2. 此混合氣體之潔淨法；3. 三氧化硫之製成；4. 三氧化硫與水之結合。

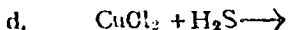
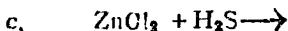
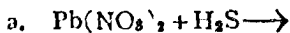
濃硫酸吸水之力甚強其熱液係一種氧化劑。稀硫酸與多種金屬作用而生氫與硫酸鹽。硫酸為製造化學工業品之重要原料，非金屬氧化物如 SO_2 ， SO_3 ， SO_2 ， P_2O_5 與水化合而成酸，故稱為無水酸或酸性氧化物。

金屬氧化物如 Na_2O ， CaO 與水作用而成鹽基，故稱為鹼性氧化物。

習 題

1. 有黃色粉末於此，用何法證明其為硫黃？
2. 書出四種金屬硫化物及其相當氧化物之分子式。
3. 有硫化氫二公升在充分空氣中燃燒，生成二氧化硫若干公升？此與何種定律相符？

4. 完成下列各反應方程：



5. 今欲得硫化氫 5 公升 (150°, 60cm.), 問應需若干公分之硫化鐵與稀硫酸相作用?

6. 二硫化碳燃燒於空氣中, 生成二氧化碳一公升, 問同時應生成二氧化硫若干公升?

7. 書出硫酸銅與硫化氫之反應遊子方程。

8. 燒黃鐵礦(FeS_2)50 公分, 能生成二氧化硫若干公分?

9. 純銅 100 公分, 問能得硫酸銅結晶($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)若干?

10. 何謂無水酸? 無水鹽基? 試舉例以明之。

11. 試述用鉛室法及接觸法製造硫酸所需之原料。

12. 如何鑑別鉀之硫化物, 亞硫酸鹽及硫酸鹽?

13. 稀硫酸與鐵之作用如何? 與銀之作用如何?

14. 硫酸與鹽酸孰強? 試解釋之。

15. 亞硫酸與硫酸何者較為安定? 試言其理。

16. 手指或衣服上沾有硫酸，應如何處置？
17. 瓶內盛有硫酸，用何法可以決定其為濃酸或稀酸？
18. 今欲製備含有50%水分之硫酸2000公斤，問須硫之重若干？
19. 試以二種不同之法製造亞硫酸氫鈉，並書出其反應方程。
20. 某種化合物分析結果，其組成為：氧66%；硫33%氫%。
(a) 求其最簡式。(b) 若此種化合物為二鹽基酸，求其分子式，並與硫酸比較之。

第二十一章

氮族 (The Nitrogen Family)

概 論

元 素	原 子 量	固態之密度	融 點	沸 點
氮(Nitrogen)	14.008	1.026	-209.8°	-195.8°
磷(Phosphorus)	31.027	1.82	44.1°	280°
砷(Arsenic)	74.96	5.70	昇 華	——
銻(Antimony)	121.77	6.63	630.5°	1380°
鉍(Bismuth)	209.00	9.80	271°	1450°(?)

此族元素有氮 (N), 磷 (P), 砷 (As), 銻 (Sb), 鉍 (Bi) 五種。其性質由非金屬之氮起, 逐一隨其原子量之遞增而漸顯金屬性, 至鉍則純為金屬矣。故其酸性隨原子量之增加而遞減, 鹼基性則隨之而遞增。

此族係三價或五價元素, 故其在化合物中有相似之組成如下表所示:



AsH_3	AsCl_3	AsCl_5	As_2O_3	As_2O_5
SbH_3	SbCl_3	SbCl_5	Sb_2O_3	Sb_2O_5
—	BiCl_3	BiCl_5	Bi_2O_3	Bi_2O_5

第一節

磷 及 其 化 合 物

(一) 磷 (Phosphorus)

1. 存在

天然間無單體磷，恒成磷酸鹽而產出。骨及齒中有20%為磷酸鈣 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ，肥沃之土中亦有之。

磷之複雜有機化合物如腦素 (Lecithin)，為筋肉，神經，及腦等之主要成分。食物中蛋黃及豇類，亦含少量之磷。

2. 歷史

漢堡(Hamburg)商人兼煉丹者漢蘭德氏 (Brand)，當搜求哲人石 (Philosopher's stone) 時由蒸餾尿之殘渣而發現磷 (1669)。從骨灰中製取之法，首為許雷 (Scheele) 所創 (1771)，今則恒用較賤之化石骨 (Fossil) 中之磷酸鈣以代之。

3 黃磷製法

將磷酸鈣與適量之焦煤及二氧化硅(砂)相混，由 A 口逐漸送入電爐中（圖 141）。兩電極因抵抗大而產生強熱，則電爐內之混合物即起如下變化：

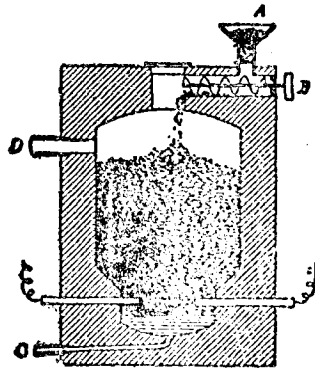
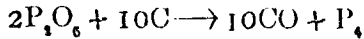
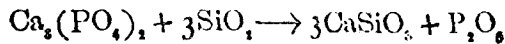


圖 141 製黃磷



上式生成之硅酸鈣，即溶化爲礦滓，可以隨時由 C 口取去，而黃磷蒸汽及一氧化碳由 D 管逸出，經水凝器而磷凝成液態，過濾後流入浸在冷水之模型內，凝爲棒狀。

4. 黃磷性質

從上法製成之磷，名曰白磷，亦名黃磷，初為無色而透明，及露於空氣後，其面即生一淺層之赤磷，白磷融點為 44.1° 沸點為 280° 。其分子式為 P_4 ，易溶於二硫化碳中，而不溶於水。此物極毒，0.15 公分即可致死，故為殺鼠及殺蟲劑之原料。倘多吸其蒸氣。常致患骨瘡，製火柴之工人，常罹此疾。而顎骨及齒尤易受其侵蝕。

黃磷與造鹽原素直接化合甚猛烈。溫低時與氧化合甚緩，與硫及多種金屬共熱時，亦能化合。黃磷與大氣中之氧起遲緩之化合時，常發微光。於 60° 即能發火。

注意：黃磷溶於二硫化炭，所成之溶液，瀉於紙上，則紙可自燃，不可不慎也。保存黃磷須貯於水中。

5. 赤磷製法

1842年 Schrother 始將黃磷與空氣隔絕而熱之，以得赤磷。其溫度為 250° 至 300° 。

6. 赤磷性質

赤磷爲含微小片狀晶體之紅色粉末，不溶於二硫化碳及其他溶媒中。無毒性，且無須如黃磷之貯於水中以防其自燃，因其於 240° 以下之溫度不能發火也。平常溫度不易氧化，故不發光。

(二)火柴 (Matches)

I. 尋常火柴

以白楊樹之木片，削成火柴之軸，將木軸之一端先浸以熔融之石蠟或硫黃；稍乾，粘附以黃磷，紅鉛，及膠水之混合物；有時用氯酸鉀代紅鉛，乾燥後，將附藥之一端在砂紙上或其他粗糙物上摩擦時，由摩擦所生之熱，可達其燃度，而發火。有時用三硫化四磷 P_4S_3 以代磷，因其受摩擦時亦甚易燃也。

瑞典，法，英，瑞士，皆禁用黃磷。美國則對於黃磷火柴，徵以重稅。

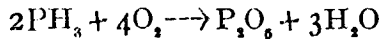
2. 安全火柴 (Safety matches)

將火柴軸先浸以熔融之石蠟，次附以氯酸鉀32分，重鉻酸鉀12分，紅鉛23分，硫化錳24分及適量膠水之混合物，將火柴匣側面附以紅磷，硫化錳，玻璃粉及

適量膠水之混合物，乾燥後，將火柴頭在此種匣之側面摩擦時，即著火。

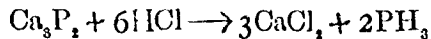
(三) 磷化氫 (Phosphine) PH_3

磷之氫化物有三種，即磷化三氫 (氣體)，二磷化四氫 (液體)，及四磷化二氫 (固體) 是也，磷化三氫，為有毒並有異臭之氣體，故又名磷毒氣。稍溶於水中，及酒精中，能燃燒生成五氧化磷及水：



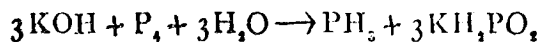
以含有液體磷化氫 P_2H_4 之蒸氣，則一遇空氣，即行自燃，尋常製得之磷毒氣，總有 P_2H_4 混雜其中。故一自水面散出，即行發火，而發環狀白烟，飄騰空際。

磷毒氣之製法有二。(1) 加鹽酸於磷化鈣，即生磷化氫，其反應如下：

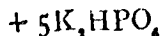
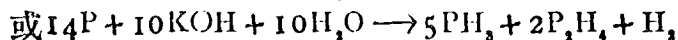


(2) 取黃磷數片，置苛性鉀之濃溶液中，裝入燒瓶，滴入以脫數滴；用具有玻管之木塞閉之再用燈燒熱之，以脫先行揮發，逐去瓶之空氣；至溶液煮沸後，

則有磷化三氫發生，同時生有少量 P_2H_4 ，其反應如下：



次磷酸二鉀



因有 P_2H_4 同時發生，故於將出水面時，即自行燃燒，而生環狀之烟。

又於加熱前不用以脫，而用氫氣或二氧化碳以排除空氣亦可。如圖 142，A 為燒瓶，C 為水槽，B 為通入氫或二氧化碳之細管。將空氣排盡後，即將 B 管閉住，再行加熱，亦有同樣之效果，

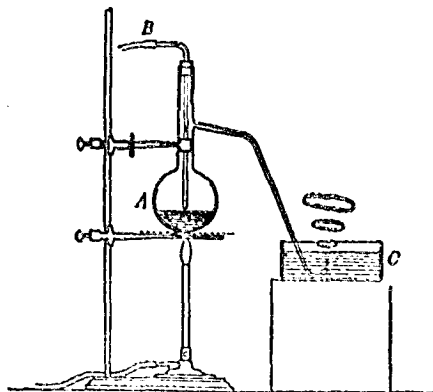


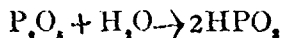
圖 142 製磷毒氣

製磷毒氣時，於加熱前或加熱時，須設法除去瓶內之空氣，否則 PH_3 及 P_2H_4 與器內空氣化合燃燒，有爆裂之虞。瓶與木塞間，須用燒石膏封閉，使不漏氣。實驗畢，導管不離水，但須撤火放冷，待水逆流入瓶，以防止其舉火而爆發，槽內以用溫水為宜。注意當撤火後，試驗者須遠離燒瓶數尺，查水逆流現象，以防塞進出時，傷及身體。但於水已逆流後，儘可拔去瓶塞，絕無危險。

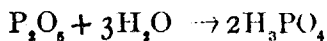
磷化氫亦有天然生成者，以荒野墓塚之地為多。因骨中有磷化物，歷年既久，在地中腐爛，起化學作用，生成磷化氫，由土隙中散出，一遇空氣，即自燃發光，俗稱鬼火。

(四) 五氧化磷 (Phosphorus pentoxide)

燃磷於乾燥之氧中或空氣中，則生五氧化磷，為白色粉。置於暗處，則放綠光，極易溶於水中。溶於冷水則生間性磷酸(HPO_3):



溶於沸水，則生磷酸:

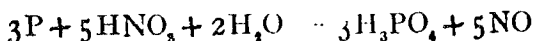


因 P_2O_5 吸水力甚強，故可用為強度乾燥劑。

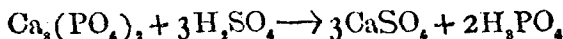
(五) 磷酸 (Phosphoric acid)

1. 製法

A. 加濃硝酸於赤磷而熱之，則得磷酸溶液：

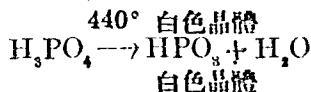
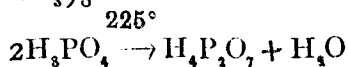


B. 將磷酸鈣，加硫酸使起分解，濾去其所生成之硫酸鈣，可自濾液製得磷酸：



2. 性質

將磷酸之水溶液蒸發使濃，則得磷酸之無色結晶。融點為 42.3° ，不易氧化，易溶於水。其酸性較硫酸硝酸等為弱。熱之則失去水分而變為焦性磷酸($H_4P_2O_7$)或間性磷酸(HPO_3)。



3. 磷酸鹽

磷酸含有三氫，故能生三種鹽。例如磷酸二氫鈉

NaH_2PO_4 , 磷酸氫二鈉 Na_2HPO_4 , 磷酸鈉 Na_3PO_4 等是。此等水溶液若受加水分解, 則 NaH_2PO_4 爲酸性, Na_2HPO_4 爲弱鹼性, Na_3PO_4 之鹼性較強。

第 二 節 砷 及 其 化 合 物

(一) 砷 (Arsenic)

(I) 產地

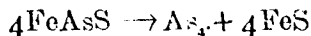
砷有多種化合物產於天然界, 亦有單體者。其主要者爲硫砷鐵礦 (毒砂) FeAsS , 鷄冠石 As_2S_3 , 雄黃 As_2S_5 , 及三氧化砷 As_2O_3 。

我國砷礦中最多者爲鷄冠石與雄黃兩種, 雲南之大理縣與蒙化縣均產之。

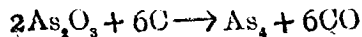
(2) 製法

A. 加熱於天然之砷, 使之昇華以精製之。

B. 加熱於硫砷鐵礦以製之:



C. 加熱於三氧化砷與炭之混合物以製之:



(3) 性質

砷質脆。鋼灰色，呈金屬狀，受熱時易於昇華。燃燒於空氣中，生雲霧狀之固體三氧化砷。

(4) 用途

製鉛彈時加砷少許，可增其硬度。

(二) 砷化氫 (Arsine) AsH_3

I. 製法

加稀硫酸於鋅，使生氫，於此加三氧化砷，則生砷化氫：

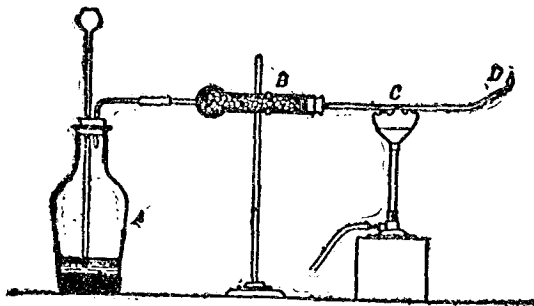
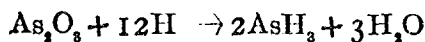


圖 143

試驗 如圖 143 A 為發生器，內盛鋅粒，由漏斗注入稀硫酸，則發生氫氣，使經過滿盛氯化鈣之玻璃管 B 而乾燥之。至空氣排除

淨盡後，而燃點之。次由漏斗導入氧化砷少量則 D 端舉著白色焰而燃燒。以磁皿置焰中，則有灰色砷質附着，能溶解於次亞硝酸鈉溶液中。若於 C 處加熱，則砷化氫分解遊離砷質，附於管壁，作灰褐色，名曰砷素鏡。

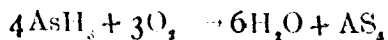
此試驗法稱為馬氏檢驗法 (Marsh's test)。凡可疑為由砷化物毒死之人，即可取其入腸胃中物，用是法以檢驗之，但所用之酸及砷中不宜含有砷質。

2. 性質

砷化氫為極毒之氣體，有蒜臭，不若 NH_3 之能與酸相化合，點火則燃燒發蒼白色火焰，生成三氧化砷及水：



如空氣供給不充分，則析出砷此即馬氏驗砷法之原理也。

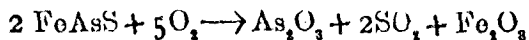
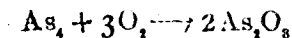


(三) 三氧化砷 (Arsenic trioxide)

1. 製法

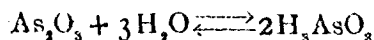
燃砷或含砷之礦石於空氣中以製之，則生白色粉

末，即三氧化砷，加熱使之昇華，可得其精製品：



2 性質

三氧化砷或稱無水亞砷酸，俗稱砒霜為白色粉末，毒性極大。將三氧化砷之溶液與濃鹽酸共煮沸之，則生三氯化砷 AsCl_3 而氯化。三氧化砷之為結晶性者，難溶於水，其為無定形者則易溶。溶於冰，則成亞砷酸，但極易分解：



註 { 中三氧化砷之毒者，可服牛乳及鷄蛋白以解救之。
若用氫氧化高鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶液尤佳。

3. 用途

外科醫術上用作烙灸藥以治癰疽等。用作內服藥，可以解毒，但須適量；若過量則有危險。亦可用作殺蟲藥。

(四) 五氧化砷及砷酸

將砷酸熱之，則生五氧化砷，為白色多孔性之塊

狀，能溶於水中，其溶液煮沸之，仍能變成砷酸。

將砷或三氧化砷與濃硝酸共熱之則生砷酸。

(五) 二硫化砷 (Arsenic disulphide)

天然產出者名鷄冠石 (realgar)，紅黃色，結柱狀晶，遇熱即熔化。

用硫黃及砷以適當分量混合，而灼熱之即成。不溶化於水中。微有毒性，可用作顏料。放煙火時，可用以發白色火焰。

(六) 三硫化二砷

天然者名雄黃。通硫化砷於三氧化砷之溶液中，即可製得。或用砷及硫以適當之量混合而溶之亦成。天然者透明黃色，結小板狀晶或柱狀晶。人工製成者，則為無晶之粉末，熱之能溶成赤色液。不溶於水中及酸中，而能溶於鹼質中。可用作顏料。

第 三 節

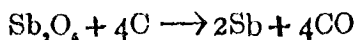
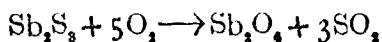
銻 及 其 化 合 物

(一) 銻 (Antimony)

1. 產地及製法

我國爲世界第一銻產國，產銻區域，散見於湘，鄂，贛，浙，滇，黔，粵，桂，八省，而湘實爲全球產銻最多之地，此已成爲鑛床學中重要事實，而可與南非之金，北美之銅，墨西哥之銀相提並論者也。例如新化之銻鑛山銻之儲量約二百萬噸，自開採迄今，約鑛石三十萬噸，世界各國所未有也。

將輝銻鑛 (Stibnite Sb_2S_3) 於空氣中煨燒之，以去硫，更以其所得之白色氧化物和炭強熱還原之。



2. 性質及用途

色灰白，有強光澤，質脆，熔度爲 630° 。於平常溫度時，在空氣中無變化。若熱至極高熱度，則與氧化合燃燒，成三氧化銻。易直接與氯化成氯化銻。熱硫酸及硝酸均能溶化之。用途頗廣，最著者即用作合金。因其有熱則收縮，冷則膨脹之特性，故用作活字合金。蓋活字合金中之鉛冷則收縮，熱則膨脹。今用鉛與銻溶化混合，傾入字模型之中，故可製成明顯

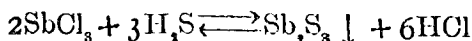
之鉛字。

(二) 三氧化銻 (Antimony trioxide)

天然者結白色晶，名曰白銻礦。遇熱變黃色，冷則復白。遇大熱則熔化。不能溶於冷水中，能溶於鹽酸中，而成氯化銻。將銻在空氣中燒之，或投於硝酸中，使之氧化，即得三氧化銻。可用作吐藥，發汗藥及化痰藥。

(三) 三硫化銻 (Antimony trisulfide)

天然者名輝銻礦，灰黑色，無臭無味。由銻鹽之溶液中沉澱而得者，為橘紅色之粉末：



然融化後再冷之；則與輝銻礦之外觀相似。製安全火柴用之甚多。

第 四 節

銻 及 其 化 合 物

(一) 銻 (Bismuth)

銻又名蒼鉛，取輝銻礦，或銻花 Bi_2O_3 等搗碎，置入鐵管熱之，則銻熔化流出。然其中常含有鐵砷等

雜質不甚純粹。欲得其純粹者，可將由鐵管流出之者與硝石同入坩堝中熱之，則鐵砷等皆氧化而游離，浮出上層，其沉於底者，即純粹之鉍。

鉍之熔度爲 271° ，銀灰色質脆而硬，遇冷膨脹，吹火易熔，能自飛散。強燒之能燃。遇硝酸及濃硫酸，則溶化而成硝酸鉍及硫酸鉍。遇鹽酸無變化。

含鉍之合金，可有極低之熔度。如武德合金 (Wood's metal)，含鉍(融點 271°)4分，鉛(融點 237°)2分，錫(融點 232°)1分，鎳(融點 321°)1分，其合金之融點則爲 60° 。此種合金，頗多實用，可用以製汽鍋上及自動噴水器上之安全栓，又用於製作自垂防火幔等。

(二) 鉍之化合物

鹽基性之三氧化鉍 Bi_2O_3 爲黃色粉末由此金屬直接氧化或將其硝酸鹽燃燒而得。不溶於水，能溶於酸中，可用作顏料。

將鉍投硝酸中，加熱蒸發，則得結晶形之硝酸鉍，無色易溶於硝酸中。

將硝酸鉍溶於水中，即得硝酸鉍氧 ($\text{BiO})\text{NO}_3$ ，

係白色粉狀結晶，可用作瀉藥，退熱藥，亦可治病，補胃。又可用作脂粉及磁釉。

第二十一章之綱要

將磷酸鈣與二氧化矽及炭混合，用電爐熱之即得黃磷，將黃磷隔絕空氣，熱至 250° 以上， 300° 以下，則變成赤磷。

黃磷有毒，能溶於二硫化炭，在空氣中能氧化而自燃，須在水中保存之。

紅磷無毒不溶於二硫化炭，在空氣中於常溫度時不易氧化不能自燃。

火柴頭上之藥品為氯酸鉀，重鉻酸鉀，紅鉛，硫化銻及膠水之混合物，火柴匣側面之藥品為紅磷，硫化銻，玻璃粉，及膠水之混合物。

苛性鉀濃溶液與黃磷混合加熱，則生磷化三氯及二磷化四氯，遇空氣即自燃。

磷燃燒於空氣中，即得五氧化磷，溶於沸水，即成磷酸。

砷加鉛中，可製得較堅硬之鉛彈。三氧化磷為一

種毒藥，亦可用以治病。

將砒霜及鋅粒同置一瓶中，加入稀硫酸，則有砷化氫發生，燃點之則現蒼白色火焰，以磁碟置此焰中，則有灰色砷附着。藉此試驗可以檢查砒化物之存否，名曰Mars'hs test。

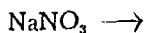
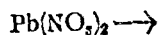
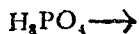
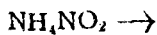
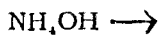
二硫化砷及三硫化砷皆可用作顏料。三氧化銻可用作發汗藥及化痰藥。三硫化銻製火柴用之。

武德合金爲鉍，鉛，錫，銻之合金。可用作安全槓及自垂防火幔。

習 題

1. 黃磷如何製法?
2. 黃磷與紅磷之性質，有何區別?
3. 安全火柴頭上藥品，及匣側面上之藥品，各爲何物?
4. 欲得乾燥之磷精，何以不能用五氧化磷?
5. 磷砷銻鉍，各有何用?
6. 砒霜如何製法? 中其毒者，用何法解救?
7. 書出馬氏試驗砷法之所有化學反應式。
8. 銻鉍如何製法?

9. 三硫化二銻及武德合金，各有何用？
10. 砷素何故易於昇華？
11. 用方程式表示下列各化合物受熱之結果：



12. 有砒霜10公分溶解於稀鹽酸中以硫化氫通入之，令悉成三硫化砷，試求其重量。

第二十二章

硅與硼(Silicon and Boron)

概 論

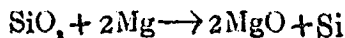
名 稱	符 號	原 子 量	密 度	類 別	氯化物	氧化物
硅 (Silicon)	Si	28.06	2.35	IV	SiCl ₄	SiO ₂
硼 (Boron)	B	10.82	2.50	III	BCl ₃	B ₂ O ₃

硅與硼均係成酸元素(Acide-forming element)。硅屬週期表第四類(四價)，硼屬第三類(三價)，其原子量，密度，及氯化物氧化物等如上表所示，茲分述之。

硅 (Silicon)

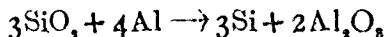
(一)存在 硅無天然產之單體，其氧化物與硅酸鹽為構成地殼之主要成分，其重量約佔地殼四分之一。

(二)製法 (I) 取石英細末，與鎂加熱，則因鎂之還元作用，能令硅素分離：



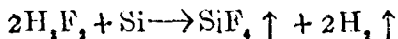
更以稀硫酸溶去所生成之氧化鎂，即得無定形之硅素。

(2) 取石英鋁粒及硫黃混合之用高溫熔劑 (Thermite) 燃燒後，加酸處理之，則得結晶體之硅素：



(三)性質 硅極似碳，分無定形及針狀結晶兩種異形體。前者為暗褐色之粉末，可比石墨，比重為 2.35。在空氣中灼熱之，則燃燒而成二氧化硅 (Silicon dioxide, SiO_2)；後者為有光澤之鋼灰色針狀結晶，可比金剛石，比重為 2.5，雖在氧中灼熱，亦不燃燒，惟表面略受氧化耳。

硅在常溫，性不活潑，但在高溫度時，易與多種元素化合而成硅化物 (Silicides) 如硅化鎂 (Mg_2Si) 及硅化炭 (CSi) 等是。又硅遇鹽酸，硫酸或硝酸等不起作用。惟氟氫酸可溶之而生四氟化硅與氫：



硅與鹼類共煮沸之，則溶解而成硅酸鹽，同時生氫：



二氧化硅

存在 二氧化硅廣佈於天然界中，其成晶形產出者為石英，水晶等（圖144），其為無定形而產出者為蛋白石、瑪瑙等。此外砂及陶土等，皆以二氧化硅為主要成分。



圖 144 水晶

製法 由人工製造二氧化硅之法，係以無定形之硅素在空氣中灼熱之，或以硅酸（ H_4SiO_4 ）強熱之使分解即得。



試驗 取水玻璃 (Na_2SiO_3) 2c.c. 入蒸發皿內，加水 10c.c. 用玻璃棒攪拌溶解後，加入鹽酸 2-3c.c. 則生成硅酸沉澱。將液加熱，隨時攪拌直至蒸發乾涸為止。俟皿冷卻，加水 15c.c. 令所生食鹽全行溶解，攪拌濾過，則濾紙上剩留二氧化硅之白色粉末其變化如下式：

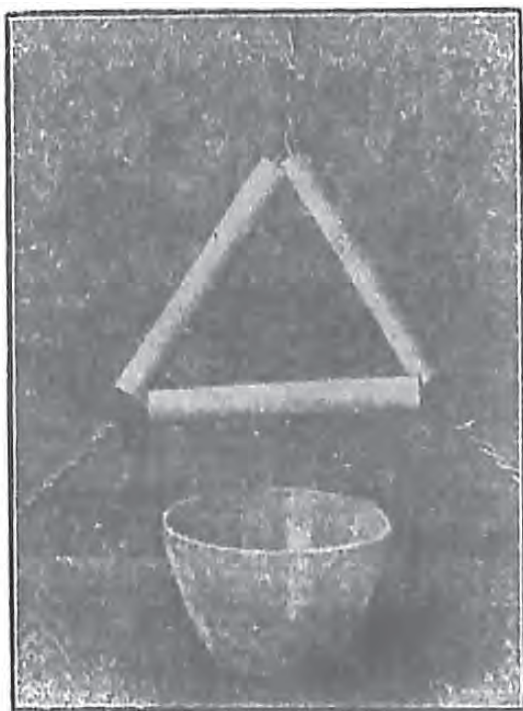


圖 145 石英製品

性質 二氧化硅質脆而硬，常用以磨玻璃及金屬等。其比重為 2.6，在極高溫度 (1900°C) 能融化而成稠狀液體，可引成絲。近年以來，各種坩堝，蒸發皿及其他化學器具多以融化之石英製之 (圖145)。以

其膨脹率甚小，故驟變其溫度，亦不致於破裂。

二氧化硅不溶於水及酸類，惟能溶於氟氫酸而生氟化硅之無色氣體：



人造霧 以氯通過二氧化硅與炭之強熱混合物，則可生成四氯化硅蒸氣：



此物遇濕空氣，則盛發白煙，因其與水化合而生白色之硅酸微粒沉澱故也。

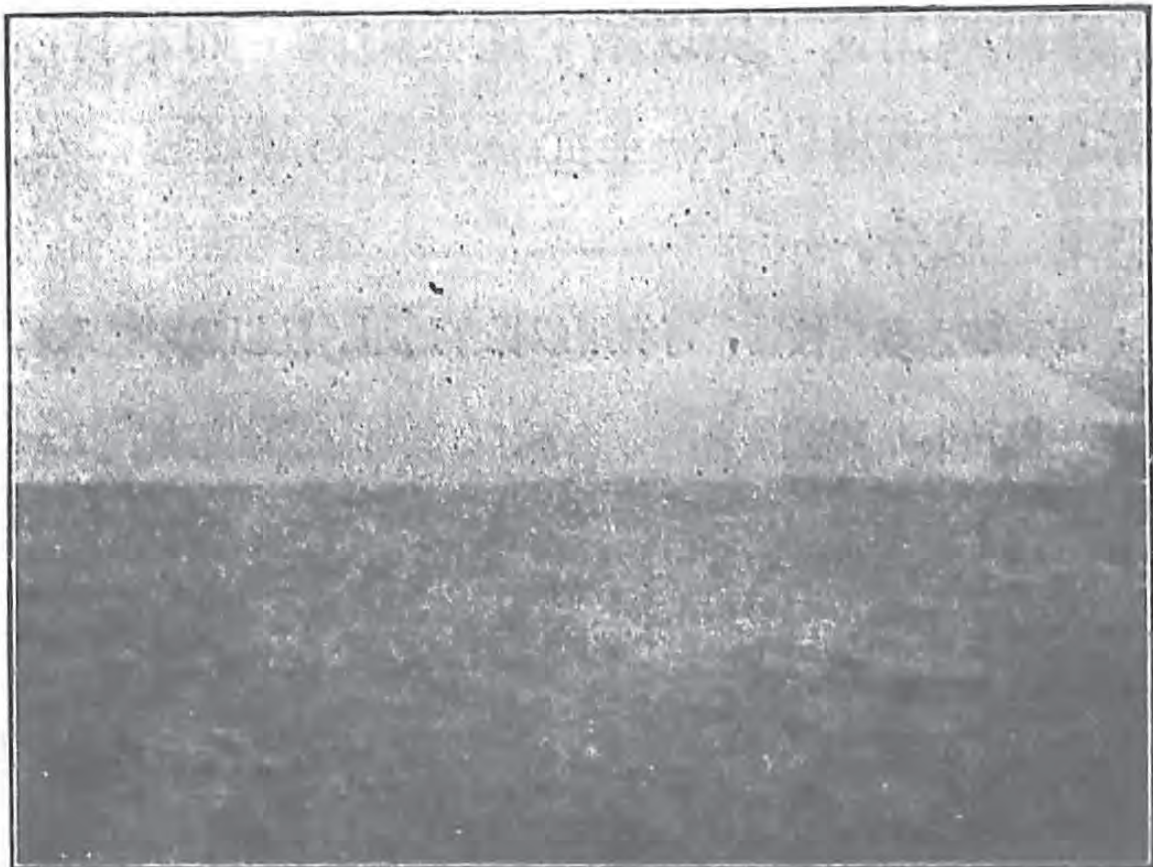
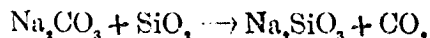


圖 146 人造霧

SiCl_4 , NH_3 與 H_2O 三者混合能產生極濃之白烟，故軍艦上利用之以製人造霧，而防潛水艇之襲擊。

(圖 I 46)

水玻璃 二氧化硅與碳酸鈉混合而溶化之，可得堅韌粘液之硅酸鹽，即所謂水玻璃 (Water glass) 是也。其反應式如下：

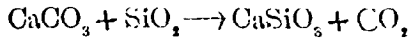
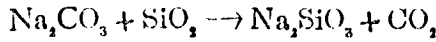


水玻璃有極強之鹼性反應，以其易受水化作用故也。水玻璃用途，係以釉平疎鬆物質，如木材，石，石膏之面，可以防火，並充玻璃及陶器之膠，及為劣等肥皂之成分。

註：水玻璃之填孔性質，可利用以保存鷄卵。法以鷄卵裝入瓶中，用水玻璃一體積與水 10 體積之混合液蓋之，再加融化之石蠟 (Paraffin) 少許於液面，石蠟凝固後即截斷外面之空氣，如是可保存鷄卵至十月之久而不壞。

玻璃 將潔白之細砂 (SiO_2)，石灰石 (CaCO_3) 及碳酸鈉 (Na_2CO_3) 或碳酸鉀等適量混合，在高熱之爐，融成飴狀之物質；冷則凝固，而成透明固體是曰

玻璃。



玻璃因用途之不同，故原料及性質亦各異。茲將重要玻璃表之於下：

種	類	成	分	性	質	用	途	原	料
鈉玻璃	(普通玻璃)	硅酸鈉，硅酸鈣及二氧化硅之混合物。		質脆，易融化，略帶青綠色。		造門窗及通常器具。		碳酸鈉，細砂及石灰石。	
鉀玻璃	(化學玻璃)	硅酸鉀，硅酸鈣及二氧化硅之混合物。		質硬，難融化，無色，不受鹼藥侵蝕。		裝藥品及化學器具。		碳酸鉀，細砂及石灰石。	
鉛玻璃	(光學玻璃)	硅酸鉛，硅酸鉀及二氧化硅之混合物。		質軟易融，富折光性。		光學器具及人造寶石。		碳酸鉀，細砂及氧化鉛。	

色玻璃 玻璃原料加入各種氧化物可得各種之色玻璃。例如加氧化鈷 (CoO) 則成青色，加氧化低鐵 (FeO) 則成綠色，加氧化低銅則生紅色，加二氧化錳則生紫色是也。

型玻璃及吹玻璃 玻璃工廠中處理熔融玻璃之法，全視欲製之器皿而定。如製玻璃瓶時，先行揭開鐵製模型，用中空棒之一端蘸熔質適量置於模中，將模

密閉，在棒之他端吹之，則玻璃變成如模之形狀，而後開模（圖147），將瓶取出。瓶頂須於相當之處截去，其尖緣以火焰融之使圓。



圖 147 型 玻 璃

現時造瓶，多用機器，先作成瓶頸，以壓縮空氣吹之成瓶。

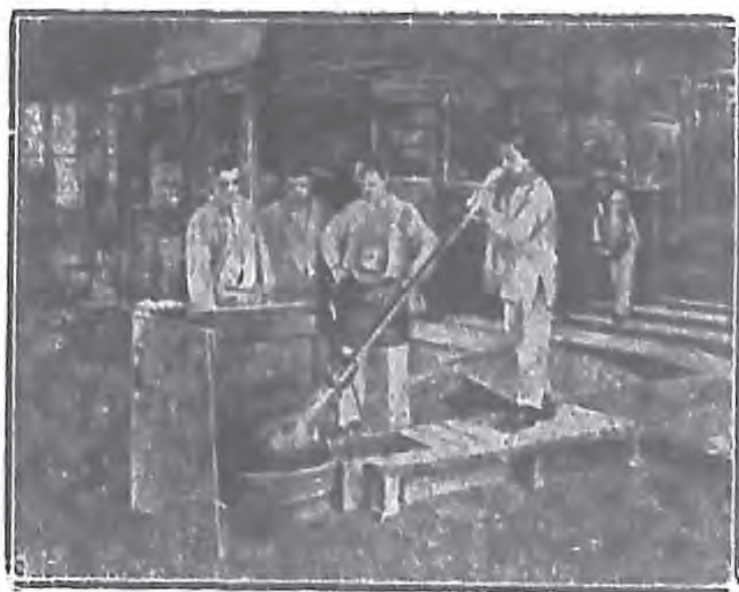


圖 148 製窗玻璃第一步

燈罩，玻杯，及廣口杯等之製法，乃置於模中且轉且吹以成之，故無模縫之痕跡。

窗玻璃之製法，係以中空棒之一端煎熔融玻璃吹成球形（圖148），繼成一大圓筒形（圖149），長約六



圖 149

呎，徑一呎六吋，沿垂直方向截之。置於爐中，熱之使軟，展為平板任意截成之。

現時製圓筒之法，係用中空管插入熔融玻璃中，徐徐抽出，一面用壓縮空氣，吹入管中，如此可製成極長之圓筒（圖150）。

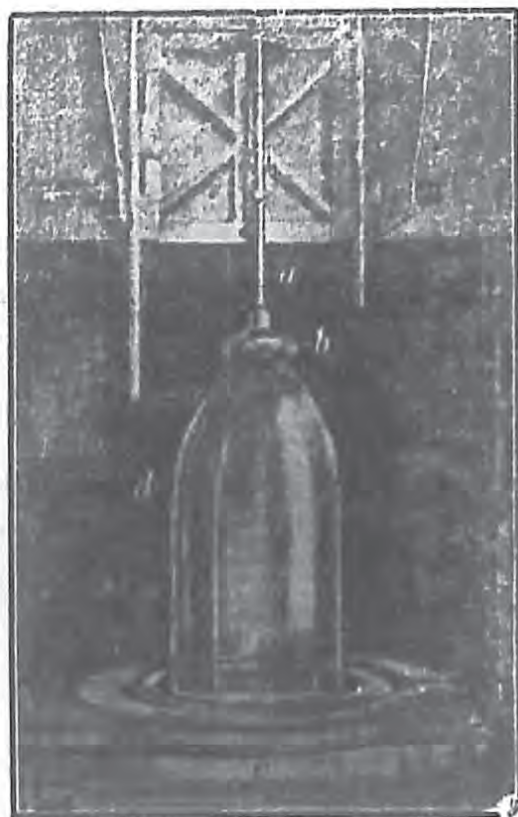


圖 150

玻璃板之製法，係先製成平板，磨之擦之，乃成完全之平板。

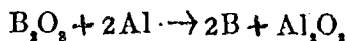
硼

存在 硼素無天然遊離者多成硼酸 (H_3BO_3) 及硼砂 ($Na_2B_4O_7$) 等，廣佈於天然界中。

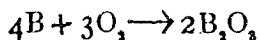
製法 (I) 用無水硼酸 (B_2O_3) 加鎂素強熱之，即得無定形之硼素：



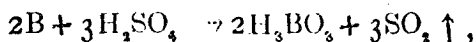
(2) 用無水硼酸加鋁粉熔融之，即生結晶體之硼素：



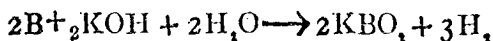
性質 硼分爲無定形及結晶體兩種；前者爲褐色粉末，在空氣中灼熱之，則放烈光燃燒而生氧化硼：



與硝酸或硫酸煮沸之，則生硼酸：



與苛性鉀共熱之，則生硼酸鹽。



後者爲透明四面體結晶，其光澤硬度，與屈折率等，俱與金剛石相近。灼熱之，不起氧化作用，亦不受酸侵蝕，惟與苛性鉀共熱之，則熔融而生硼酸鹽。

硼 酸

製法 世界產硼酸之最著名者，首推意大利之他斯寬尼府 (Tuscany)，其火山近傍，每由地中隨水蒸氣而噴出。該地製取硼酸之法，將混有硼酸蒸氣之水蒸汽，自地中噴於A之平池，注入冷水，以溶解其硼酸。

其溶液經 B, C, D 等地，此等池之下方亦有硼酸蒸汽借水蒸汽而噴出，故蒸發與溶解，同時並進，其液漸濃，最後入於 E 池則硼酸結晶而析出（圖 151）

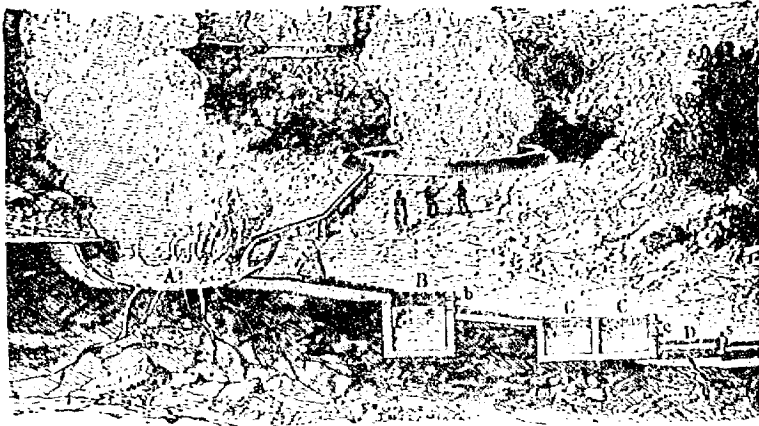
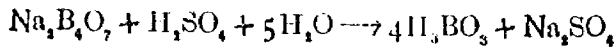


圖 151 硼酸湖

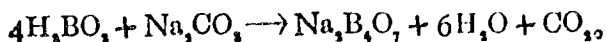
實驗室製硼酸之法，係加濃硫酸於硼砂溶液而熱之，冷卻後即得硼酸結晶。



性質 硼酸為鱗狀結晶體，頗有光澤。略溶於冷水而易溶於熱水及酒精。其酒精溶液燃燒時，生藍色火焰。其水溶液呈弱酸性反應有防腐性，可供醫藥之用，並可用以保存食物。

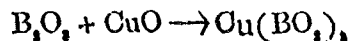
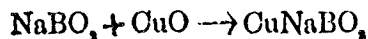
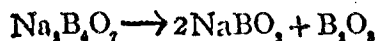
硼砂

製法 以硼酸與碳酸鈉共煑沸之，即得硼砂：



性質 硼砂為白色結晶體，易溶於水，其晶體中含有五或十分子結晶水 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 熱之，則失去結晶水，而成透明之玻璃狀固體，此玻璃狀物質；能溶化多種金屬氧化物而成各種特別顏色之玻璃狀固體。分析化學中常利用之以鑑別多種金屬。可試之如下：

試驗 取一鎢絲在燈焰中灼熱之，蘸取硼砂少許強熱之，初因失去結晶水而膨脹，繼而成玻璃狀小球，是曰硼砂珠。將硼砂珠蘸取氧化鎳 (NiO) 少許，強熱熔融後則珠呈藍色。如為氧化鉻 (Cr_2O_3) 則呈綠色，二氧化錳則呈紫色，氧化銅則呈棕色，茲將後者對於硼砂珠之化學反應式如下：



第二十二章之綱要

二氧化硅及硅酸鹽為構成地殼之主要成分。

硅性似炭，分無定形及結晶體兩種。

二氧化硅質脆而硬，性頗安定。各種坩堝，蒸發皿等多以融熔之石英製之。又二氧化硅為製造人造霧，水玻璃及玻璃之原料。

玻璃為硅酸鈣(或硅酸鉛)硅酸鉀(或硅酸鈉)及二氧化硅之混合物，因成分上分為鈉玻璃，鉀玻璃及鉛玻璃三種。

硼之天然產者多為硼酸及硼砂，其單體頗與硅相似，有結晶體及無定形兩種。

硼酸為鱗狀結晶體，略溶於冷水而易溶於熱水及酒精中。有防腐性，可供醫藥用。

硼砂為白色結晶體，蘸於鉑絲上灼熱之，則凝成透明之硼砂珠，為鑑別金屬之用。

習 題

1. 試比較硼與硅之性質
2. 水玻璃與普通玻璃之異點

-
3. 舉出三種玻璃之成分及其用途
 4. 試述硼與硅性質之異同
 5. 試述二氧化硅，硼酸及硼砂之主要用途。
 6. 硼砂之水溶液呈鹼性，何故？
 7. 硼砂一公斤內所含結晶水之重幾何？
 8. 書出硼酸及磷酸各受熱後之反應方程。
 9. 硅 1 公斤與適量苛性鈉作用，能生成氫若干體積？

第二十三章

金屬 (Metals)

(一)界說 非金屬者，其氫氧化物成酸之原質也；金屬者，其氫氧化物成鹽基之原質也。故一種金屬之氫氧化物，或其簡單鹽類，溶解於水時，金屬原質，恒成陽離子。

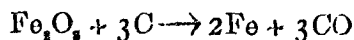
(二)金屬之性質 金屬除汞為液體外，餘悉為固體。大抵具有高密度並富延展性，為熱及電之良導體。除金及銅外，皆具有銀白色之光澤。

(三)所在 銅，金及鉑在天然界有單體之存在。其他金屬皆成氧化物或各種鹽類而存在。如硅酸鹽，碳酸鹽，硫化物及硫酸鹽等，為鹽類中之最夥者。凡能由一種礦物中煉取有用之物質者，謂之礦石 (Ores)。

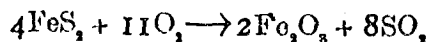
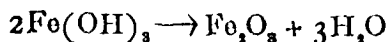
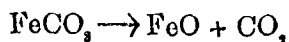
(四)冶金術 (Metallurgy) 冶金之術不一，然有數法可以通用，茲分述之。

1. 用碳還元法 金屬氧化物之礦石加碳熱至高溫

度，則氧與碳化合而金屬還元。例如由赤鐵礦 (Fe_2O_3) 之冶鐵屬之：



許多礦石，雖非氧化物但可先使煨燒(Roastnig)變成氧化物，然後加碳還元之。例如：



2. 用鋁還元法 氧化物有不能為碳所還元者，可

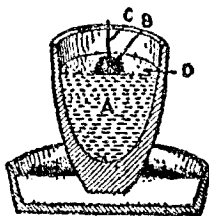
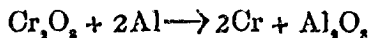


圖 152 冶鐵

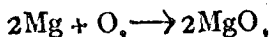
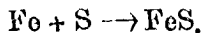
以鋁代之。冶鉻其一例也：



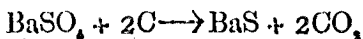
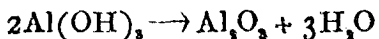
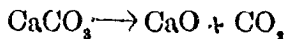
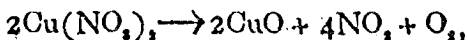
3. 電解法 電解金屬鹽類之溶液，則金屬常沉積於陰極。或電解溶融之金屬鹽化物，亦可析出金屬。

(五) 金屬化合物之普通製法

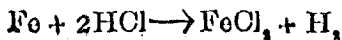
1. 化合 金屬與他種原質混合加熱即得。例如硫化物，氯化物及氧化物之製法屬之。

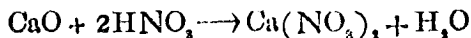


2. 分解 金屬化合物有僅受熱分解；有須另加還元劑促成之。例如：

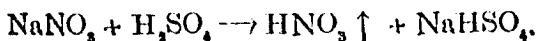
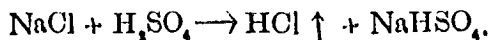


3. 金屬氧化物或氫氧化物與酸之作用 例如：

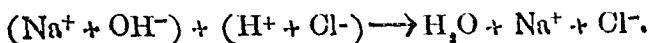
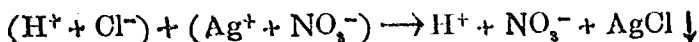
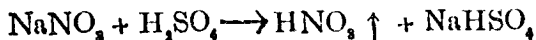




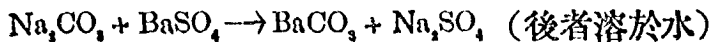
4. 揮發酸之替換 當不易揮發之酸類作用於揮發酸之鹽類時，則發生揮發性之酸，同時生成不易揮發酸之鹽類。例如



5. 根據溶液平衡法 兩種化合物之溶液相作用時，如欲令其反應完成，可有三法：(1) 發生一種氣體由溶液中逃逸；(2) 生成一種不溶解之固體下沉；(3) 二種不同之離子化合，生成一種不解離之分子是也。故利用此種方法，可以製成多種化合物，例如：



6. 溶化法 物質不溶解於水或酸者常用此法製之，例如



第二十三章之綱要

非金屬者其氫氧化物或酸之原質也；金屬者，其氫氧化物成鹽基之原質也。

冶金術：(1)還元法（用碳或用鋁）

(2)電解法

金屬化合物之製法：(1)化合 (2)分解(3)替換

(4)複分解

習題

1. 金，銅，及鉛在天然界有單體之存在，何故？
2. 試舉由電解法製成金屬化合物三種。
3. 試書出製造 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 之四種不同方法之方程式。
4. 試書出製造 ZnSO_4 之四種不同方法之方程式。
5. 試舉下列各化合物之製法各兩種：

CaCl_2 , PbCl_2 , BaSO_4 , CaCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}_8$,

Ag_2S , PbO , $\text{Cu}(\text{OH})_2$,

第二十四章

鹼金屬 (The Alkali Metals)

概論

金屬	符號	原子量	密度	融點	初製備者
鋰(Lithium)	Li	6.94	0.53	180°	Bunsen, 1855
鈉(Sodium)	Na	22.997	0.97	97.5°	Davy, 1807
鉀(Potassium)	K	39.096	0.86	62.3°	Davy, 1807
銣(Rubidium)	Rb	85.44	1.53	38.5°	Bunsen, 1861
銫(Cesium)	Cs	132.81	1.90	28°	Bunsen, 1860

此族金屬，概係極活潑之一價元素，質軟，融點低而密度小。有銀狀光澤，然曝於空氣中甚易氧化而變暗黑色。能直接與水作用所成氫氧化物(MOH)，係白色固體，極易溶解於水，其溶液呈強鹼性。故此等元素，總名之曰鹼金屬。

鈉之化合物

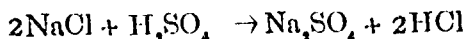
鈉，氯化鈉及氫氧化鈉，曾於第十章及第十二章述及之。茲將鈉之其他化合物，分述於下：

(一) 硝酸鈉 (Sodium nitrate)

天然產出者名智利硝石，性易潮解，故不能用製火藥。溶度 310° ，能結稜柱之晶體，易溶於水。用途甚廣，可作寒劑，可作肥料，又可用以製造硝酸硫酸及硝酸鹽等物。

(二) 硫酸鈉 (Sodium sulphate)

加硫酸於食鹽而熱之，即生成硫酸鈉，同時生成氯化氫：



使硫酸鎂與食鹽作用，亦得硫酸鈉，同時生成氯化鎂，可因其溶解度不同以分離之：

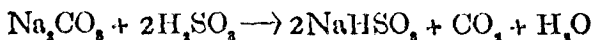


含水硫酸鈉為柱狀結晶 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (名之曰芒硝)。放置於空氣中則失其結晶水而成白色粉狀(此現象稱為風化)。熱至 33° 則結晶水分離，而硫酸鈉即溶解於其中。溫度再高，則結晶水散去，變為白粉。含水硫酸鈉，味苦而涼，易溶於水。

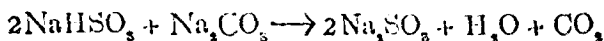
巨量之硫酸鈉用於製造碳酸鈉及玻璃，並用作藥劑。

(三) 亞硫酸鈉 (Sodium sulphite)

通二氧化硫於碳酸鈉溶液，則二氧化硫先與水結合成亞硫酸，此亞硫酸即與碳酸鈉作用，生成重亞硫酸鈉 (Sodium bisulphite)：



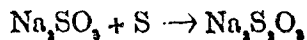
再加碳酸鈉於重亞硫酸鈉之飽和溶液中，即生成亞硫酸鈉：



以上兩種亞硫酸鈉，均易吸氧而成相當之硫酸鈉，故均為還原劑。又有用為漂白劑及防腐劑。

(四) 次亞硫酸鈉 (Sodium hyposulfite)

製法 用亞硫酸鈉溶液加硫煮沸，即有次亞硫酸鈉生成：



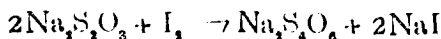
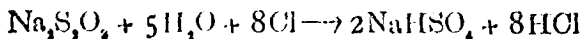
性質 無色結晶含五分子結晶水 ($\text{Na}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 簡稱 hypo) 極易溶解於水中。遇熱至 56° 即熔化。易於溶化氯化銀及溴化銀等：



用途 次亞硫酸鈉之用途甚廣，茲摘其要者，略

述於下。(1) 其溶液易於溶化氯化銀，溴化銀，及碘化銀等故照相術上用爲定影藥，以溶去未變之銀鹽。

(2) 其溶液能與氯，溴，碘等化合：

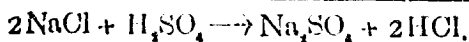
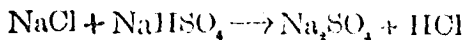
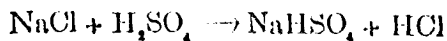


故用漂白粉漂白布帛時，如布帛爲氯所染黃，可用其溶液洗滌之。(3) 某種溶液中如含有遊離碘素，可用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定其重量。

(五) 碳酸鈉 (Sodium Carbonate)

製法 製造碳酸鈉有二法：

I. 路布蘭法 (Leblanc Process) 從前製造碳酸鈉係由海藻燒灰提取之。當法國革命時，海藻來源斷絕，路氏應法政府之徵，發明直接從食鹽製碳酸鈉之法。此法第一步係用食鹽與濃硫酸混合加熱（參閱第十一章154頁—156頁）製成硫酸鈉。



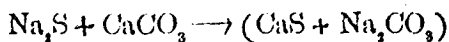
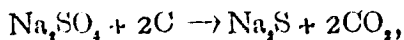
第二步係將硫酸鈉與礬及石灰石混合一同加熱則

先成硫化鈉，此硫化鈉復與石灰石起作用，而成碳酸鈉及硫化鈣之混合物，所謂“黑灰”是也。



圖 153 路布蘭(1742—1809)

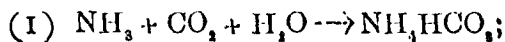
法國革命時，海藻供給之源斷絕，路布蘭應法政府之徵，研究從食鹽製取碳酸鈉之法。像立於巴黎。



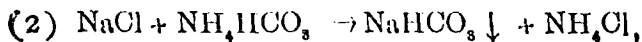
此黑灰中之碳酸鈉易溶於水，而^{black ash}硫化鈣則否。故可加水分離之，使得碳酸鈉之結晶。

由此法所成鹽酸之副產物，甚有價值，故英國仍沿用之。美國則已改用蘇爾飛法 (Solvay process)。吾國天津永利鹼廠，亦用後法。

2. 蘇爾飛法 (Solvay process) 此法係 1863 年比國化學家蘇爾飛所發明。其優點即在產品純良而成本較輕，所謂價廉物美是也。其法係將二氧化碳與鹼精壓入食鹽之濃溶液中，使成碳酸氫鈉 (Sodium bicarbonate NaHCO_3):

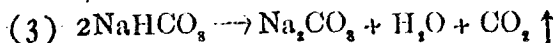


碳酸氫銨



碳酸氫鈉

所成之氯化銨，易溶於水，而碳酸氫鈉因溶解度甚小即沈澱，濾出熱之，即分解為碳酸鈉及二氧化碳：



由 (3) 所生之 CO_2 可以復用；並由 (2) 所生之 NH_4Cl 可加石灰熱之，使成鹵精，亦可復用；



茲將蘇爾飛法之全部反應，用圖表示如下

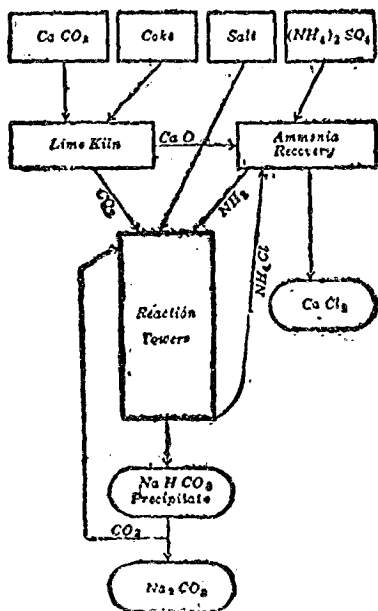


圖 154 蘇爾飛法之圖解

試驗 如圖 155 裝置 A 為鹵精發生器，B 為二氧化碳發生器，

C 內盛食鹽之飽和溶液，並用銅絲網間隔之。D 為硫酸乾燥器。食鹽溶液內經 NH_3 及 CO_2 通過後，生成 NaHCO_3 沈於器底，濾過入蒸發皿加熱即成 Na_2CO_3 。

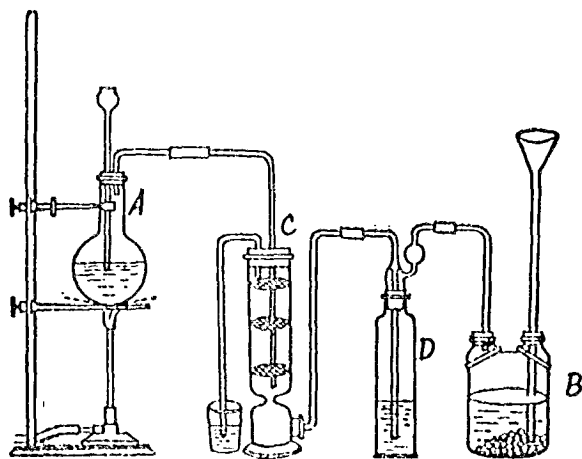
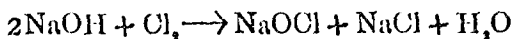


圖 155 實驗室內製造碳酸鈉

性質及用途 碳酸鈉之結晶體含十分子結晶水 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)，名曰洗濯蘇打 (Washing Soda)。碳酸鈉之水溶液，呈鹼性反應 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HOH} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$)，可供洗濯之用。製造玻璃，肥皂及多數化學試藥時均用之，故碳酸鈉在工業上為一重要之原料也。

(六)次亞氯酸鈉 (Sodium hypochlorite) NaOCl

用電流分解氯化鈉之溶液，使所成之氯及氫氧化鈉反應成次亞氯酸鈉。其反應之方程式如下：



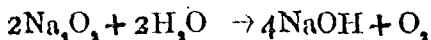
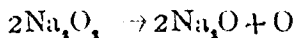
次亞氯酸鈉甚不堅定，只能得其水溶液，用作創傷處之防腐劑及砷之溶劑；又用作漂白劑。

(七)氯酸鈉 (Sodium Chlorate) NaClO_3

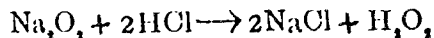
此鹽與氯酸鉀之製法相同（詳後）。熱之，則分解成氯化鈉及氧，為優良之氧化劑，用於製造花炮及軍火。

(八)過氧化鈉 (Sodium peroxide)

鈉在空氣中徐緩氧化，則成氧化鈉 Na_2O 。若將鈉燃燒於空氣中，則成過氧化鈉 Na_2O_2 ，為白色粉狀。其主要之用途為用作氧化劑。若能與氧化之物質一同加熱，則放其一部分之氧，方程式如下：



與酸作用，生成過氧化氫及鹽類：



(九) 鉀 (Potassium)

所在 鉀爲化合物而存在，岩石中多含有之，分解而入於土壤，爲植物之營養分，故古來以植物之灰，爲鉀鹽之一原料。動物則由植物攝取鉀鹽，故羊毛等含有多量之鉀鹽，又爲採取鉀鹽之一原料，其爲硫酸鹽氯化物者，廣存於海水礦泉等。其爲硝酸鹽者，產於秘魯，智利等地。世界中鉀之主要產地爲德國之斯塔斯佛特 (Stassfurt) 地方，多爲氯化物而產出。

製法 將熔融之氫氧化鉀，通以電流使起分解，則於其陰極生成鉀之單體。又於氯化鉀之水溶液，以鋅爲陰極，使起電解，則生鉀與鋅之合金；熱之至 357° ，則鋅化爲氣體，而得單體之鉀。

性質 鉀爲如蠟之金屬，可以小刀切斷之，其新切口有光澤，作銀白色。在低溫度時其質脆。比重爲 0.86，融點爲 62.3° ，沸點爲 667° ，其蒸氣帶綠色。

在空氣中加熱使融，則發火舉紫色焰而燃燒，生成過氧化鉀。取其細片投於水中，則放氫而生氫氧化

鉀，並生多量之熱；氯受其熱而發火，鉀之蒸氣同時亦舉紫色焰而燃燒。

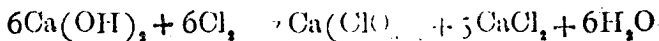
(十) 氯酸鉀 (Potassium Chlorate)

製法 (a) 送入氯於氯氧化鉀之濃熱溶液而蒸發之，則溶解度較小之氯酸鉀先分離而析出：

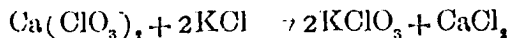


(b) 氯化鉀之水溶液，以電流使起分解，則陽極生氯氧化鉀，陰極生氯，使之互相作用，則起(a)之反應。

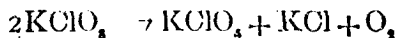
(c) 通氯於石灰乳以作氯酸鈣 $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ ：



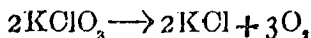
於此加氯化鉀蒸發之，則氯酸鉀分析而出：



性質 氯酸鉀為白色，板狀之結晶，能溶於十六倍量之冷水。334° 度而熔融，再加高溫則分解為過氯酸鉀，氯化鉀，及氧：



若繼續加熱，則悉分解為氯化鉀及氧：



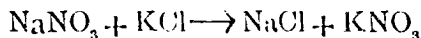
用途 用以製造火藥，火柴，花炮等。又常用爲氧化劑。

試驗 (1)將適量之氯酸鉀，硝酸錒， 量楓黃粉混之。用紙捲裹，以鐵鉗夾持，點以火，則燃燒甚烈，發紅紫色美麗火光。
(2)取等量之氯酸鉀及白糖， 均勻混合後， 用試管傾入少許濃熱硫酸，則因硫酸吸取糖中水分作用生熱，致使氯酸鉀分解，放出純氧，以氧化糖，而發劇烈之火焰。(注意此試驗最好在室外舉行之。)

(十一)硝酸鉀(硝石)(Potassium nitrate)

製法 (a)取天然產出之硝石使再結晶以製之。

(b)取智利硝石之濃厚溶液，加氯化鉀而煎沸之，則溶解度較小之食鹽先析出：

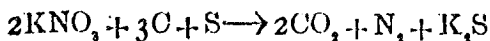


繼放冷其母液，則生硝酸鉀之結晶。

性質 硝石爲白色結晶，易溶解於水而不溶解於酒精。熱至 333 度則熔融；遇強熱則分解爲亞硝酸鉀及氧；最後分解爲氧氮及氧化二鉀，故氧化力甚強。

用途 硝酸鉀爲良好之氧化劑，其主要用途爲製

造火藥。又用爲肉類食物之保存劑。火藥燃燒之變化如下：



(十二) 碳酸鉀 (Potassium Carbonate)

製法 (1) 將植物燒成灰，浸入水中，則灰內所含之碳酸鉀溶於水中。將此溶液蒸發之，即得碳酸鉀。

(2) 用路布蘭法，以多量氯化鉀製取之，其法與碳酸鈉製法相同。

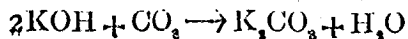
性質 碳酸鉀爲白色固體，易潮解，易溶於水而放熱。其溶液呈強鹼性。

用途 碳酸鉀溶液可洗衣服之油垢。製造玻璃及氫氧化鉀，亦多量用之。

(十三) 氫氧化鉀 (Potassium hydroxide)

使熟石灰與適量之碳酸鉀作用，則得氫氧化鉀，俗稱苛性鉀。近時多由電解氯化鉀溶液以製之。

氫氧化鉀爲白色固體，質脆，吸水性極強，易溶於水而發熱。其水溶液呈強鹼性，甚易吸收二氧化碳。



可用爲腐蝕劑，供醫藥之用。又爲製肥皂及其他化學工業上重要之原料。

(十四) 鉀之造鹽素化合物 (Potassium halides)

1. 氯化鉀 (Potassium chloride)

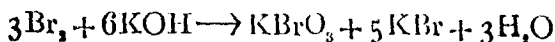
德國斯塔斯佛特 (Stassfurt) 礦中含氯化鉀甚多。該地之鉀石鹽 (KCl) 幾爲純粹之氯化鉀。白鹵石 (KCl, MgCl₂·6H₂O) 亦含多量氯化鉀。溶白鹵石於熱湯中，冷後，則析出氯化鉀之結晶，可再使結晶以精製之。

加鹽酸於碳酸鉀，使之分解而蒸發其溶液，即可製得氯化鉀。

氯化鉀爲白色結晶，能溶於三倍量之水中。其性質與食鹽相似者甚多。用於製造他種鉀鹽，又可用爲肥料。

2. 溴化鉀 (Potassium Bromide)

溶溴於氫氧化鉀之熱溶液中，則生溴化鉀，爲白色結晶，能溶於三倍量之水中。攝影術及醫術上用之。

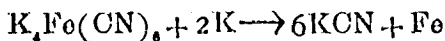


3. 碘化鉀 (Potassium iodide)

製法與溴化鉀同。白色結晶，能溶於0.75倍量之水中。用於攝影術及藥劑。

(十五) 氰化鉀 (Potassium Cyanide)

低鐵氰化鉀(即黃血鹽)與鉀一同加熱，即得氰化鉀：

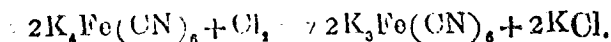


所成之 KCN 易溶於水，故可用水溶化而冷之，使其結晶分出。易溶於水，有毒性。用製鍍銀液。

(十六) 高鐵氰化鉀 (Potassium Ferricyanide)

(又名赤血鹽) $K_3Fe(CN)_6$

通氯於黃血鹽溶液內則析出赤血鹽結晶



用赤血鹽與檸檬酸鐵銻兩種等量之水溶液，在暗室中混合之，即成藍色晒像紙之藥品，若在暗室中將此混合藥水塗於厚紙片上，即成藍色晒像紙。

試驗 藍色晒像紙之製法。

檸檬酸鐵銻 5g.

清水 50g.

赤血鹽	5g.
清水	80c.c.

將兩種鹽類分別溶解於水，將此二溶液混合，液呈何色？（

）以刷塗於洋宣紙上，移置暗室，乾燥後即成藍印紙。其用法以透明紙寫黑字或畫圖覆蓋藍印紙上，置之日光數分鐘後取出；以水洗滌則藍而現白色之字畫。

第二十四章之綱要

南美智利國產硝酸鈉最多。用製硝酸並用作肥料。

食鹽與硫酸作用，即生成硫酸鈉，用於製造碳酸鈉。

亞硫酸鈉可用作還原劑，漂白劑，防腐劑等。

次亞硫酸鈉用於照相術上為定影藥，以溶去未變化之銀鹽。

路布蘭及蘇爾飛製碳酸鈉法，皆以食鹽為主要之原料。

次亞氯酸鈉可用防腐劑及漂白劑等。

氯酸鈉為優良之氧化劑，用於製造花炮軍火。

過氧化鈉加水，可得氧，加酸，可得過氧化氫，
電解熔融之氫氧化鉀，即得鉀，易溶於水。易受
氧化，故用石油保存之。

氯酸鉀可由氯與氫氧化鉀作用以製之。製造火
柴，火藥，花炮等，多用之。

使硝酸鈉與氯化鉀作用，可得硝酸鉀，用以製造
火藥。

鎳化鉀及碘化鉀，多用於照像術。鍍化鉀則用製
鍍銀液。

用赤血鹽與檸檬酸鐵銨可製藍色照像紙。

習 題

1. 碳酸鈉及碳酸鉀均呈鹼性，何故？
2. 由無水碳酸鉀1000克 能製洗滌蘇打若干公分？
3. 試書出氫氧化鉀兩種製法之方程式？
4. 若以路布蘭法製碳酸鈉五千磅，能得氯化氫若干磅？而一磅
氯化氫溶於水中，所成之濃鹽酸，價值一元四角；問製造碳酸鈉五千
磅所產出之氯化氫價值若干？
5. 氫氧化鈉暴露於空氣中，有何反應？

6. 製取硝酸鉀一噸，須用白鹵石若干重？
7. 硝酸鉀與硝酸鈉可如何識別之？
8. 硝酸鉀與氯酸鉀可如何識別之？
9. 有救火器內含重碳酸鎂 2.5 公斤(在溶液中)，問需若干重量之硫酸(98% H_2SO_4)，能將二氧化碳儘量放出？
10. 由黨爾飛法製出碳酸鉀 50 公斤，問生成氯化銻若干公斤？能放出二氧化碳若干公升(N.P.T.)？

第二十五章

肥皂(Soap); 甘油(Glycerine); 炸藥(Explosives)。

(一) 製皂之原料

肥皂爲油酸軟脂酸，及硬脂酸之鈉鹽或鉀鹽之混合物，造胰所用之主要原料如下：

1. 脂肪與油 (Fat and oil) 脂肪與油，均係油脂，軟脂，及硬脂之混合物，普通用以造胰者爲牛油，椰子油，棉子油，及大麻油等。

2. 鹼 (Alkali) 造胰所用之鹼，爲氫氧化鈉或氫氧化鉀，而以前爲最通用，因其所成之硬肥皂需要較多也。

(二) 製皂之反應 脂肪或油與鹼混和加熱，生成甘油及脂酸鈉，後者即構成肥皂。其化學反應如下：此種反應稱爲鹼化(Saponification)。

(三)製皂之方法

1. 原料之配合

a. 油脂 動植物油脂

二者合用，能調劑肥皂之硬度；大約動物油七十份，植物油三十份為合宜。

b. 鹼 鹼過少，則有

餘油，反增布帛之油污；鹼過多則損布帛傷皮膚。欲油鹼配合恰當，必先知各種油之鹼化量。（即每百份油，須用若干份鹼。）

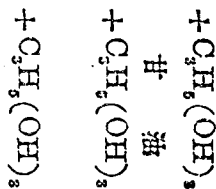
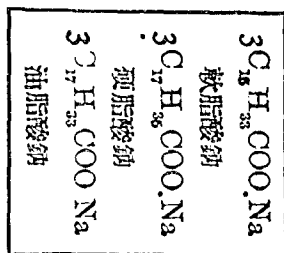
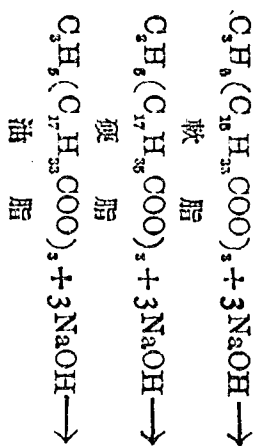
普通試驗各油之鹼化量平均數如下：

牛油 13.7—14.1

椰子油 17.5—17.7

大麻油 12.5—13.0

棉子油 13.0—14.0



0. 水 製皂用水，爲油，鹼原料之二倍或二倍半。

2. 製皂之手續 將鹼溶解於水，分爲濃，次濃，淡液三種備用。置油脂於鐵鍋內注水少量加熱溶化後，將淡鹼液徐徐加入，攪拌十五分鐘，此時油與鹼相作用，成乳狀體。再加入次濃鹼液，力攪一時餘，皂液盛起泡沫，變爲糊狀。如熱液將溢出鍋外，即加水少許，以遏其勢。歷一時許，皂液呈澄清棕色狀。最後加濃鹼液，攪拌如前，至液呈清白狀，再煮約三時，止火，加蓋，保持溫度約四，五小時，越宿尤佳。如皂液凝結，加水少量溶解之。再煮二，三小時，鹼化如已完全，止火傾液入凝皂槽，越一晝夜，皂液凝結，從槽內取出，歷一，二小時，切條截塊，俟十日乾燥，打印，即成基本皂。

注意：1 溶化油脂或正行鹼化時火力不宜過猛。

2. 鹼化溫度宜在 80° — 90° C，加鹼畢，再熱至 90° — 100° C。

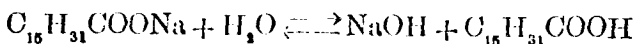
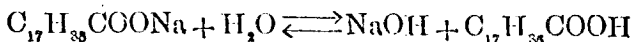
3. 鹼化完全之證 (1) 皂液滴於硬紙上，無油痕透過；(2) 滴於水中，溶解後，無油花上浮。(3)，蘸取皂液，延展成絲；皂面生成光滑之皮。

(四)肥皂之種類

透明肥皂 (Transparent Soap), 普通係用肥皂溶於酒精中以酸之。濾過所成溶液中之過剩酒精, 則用蒸餾法去之。上等肥皂 (Castile Soap) 係由橄欖油與低價油之混合物造成。雜斑肥皂 (Mottled Soap) 之色, 係因加入硫酸低鐵, 普魯士藍及同類之顏料而成。浮肥皂 (Floating Soaps) 因含空氣泡故輕。琢磨肥皂 (Scouring Soap) 含5-10%之肥皂及80-90%之摩擦料(如細砂), 有時亦含少量之碳酸鈉。肥皂粉(Soap powder)為碳酸鈉與肥皂粉末之混合物。

(五)肥皂能去油除穢之原因

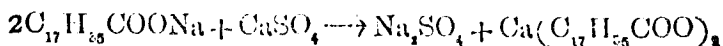
肥皂遇水, 即起分解作用, 化生苛性鈉及脂酸, 成乳狀體。其反應之方程式如下:



皮膚或衣服上之油垢, 因受鹼化及乳化作用而脫落, 故可洗淨。

(六)硬水不適於洗濯之理

肥皂遇硬水即化生軟脂酸鈣，硬脂酸鈣，或軟脂酸鎂，硬脂酸鎂等物。此等物質，不成鹼泡，而成混濁沉澱，無去油垢之功用，故不適於洗濯。茲列一反應方程式於下：

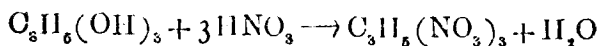


(七) 甘油 (Glycerin $C_3H_6(OH)_3$)

脂肪受加水分解作用，即生甘油（亦稱洋蜜）。

製肥皂時亦得此副產物。

甘油為無色黏性液體，味甚甜，沸點 290° ，冰點甚低，能化於水中。硝酸與之作用，則成硝酸甘油 (Glycerin nitrate)，其方程式如下：



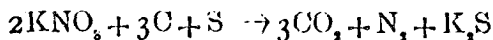
實行此反應時，常用硫酸及硝酸之混合物；於此反應之硫酸，乃用以吸收其所生之水者。

甘油用途甚廣。有愈傷之功效。冬季用之擦面，可免凍裂。可用以製造化妝品及醫藥等。其主要之用途為製造爆炸藥。

(八) 炸藥 (Explosives)

I. 黑火藥(Black gunpowder)

尋常之黑火藥，係硝酸鉀，炭粉及硫黃粉之混合物。此混合物着火時之主要反應如下：



火藥 原種 料類	中國 火藥	英國 軍用火藥	美國 軍用火藥	又 獵用火藥	又 礦山用火藥	俄國 軍用火藥	意國 獵用火藥	日本 礦山用火藥	奧國 軍用火藥
硝 石	六一·五	七六·二	七六·〇	七八·〇	六二·〇	七〇·六	七三·二	六二·〇	七五·六
硫 黃	一五·四	一〇·一	一〇·〇	一〇·〇	二〇·〇	一一·七	八·六	二〇·〇	一一·三
炭	二三·一	一三·七	一四·〇	一二·〇	一八·〇	一七·七	一八·二	一八·〇	一三·一

爆發之能力，即因高熱之氣體二氧化碳及氮氣突然發生所致。以重量論，爆發所生之氣體，為生成物

總量中之50%以下，故黑火藥非強烈之爆發藥也。此黑火藥三種原料調合之比例，因其火藥之種類及用途不同，其分量亦各異，並無一定之標準然現今各國所用者略如上表。

2. 甘油炸藥(Nitroglycerine)

硝酸及硫酸之混合物作用於甘油，所成者為硝化甘油 (Nitroglyeerin)，為一種最有力之爆炸藥。其分解時所起之主要變化如下式：

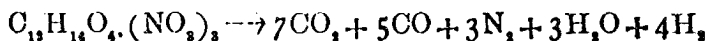
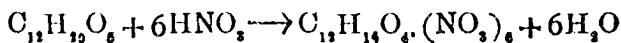


一體積之硝酸甘油爆炸後，約能生1300體積之氣體，而此氣體因受該反應所生之熱，脹至10000體積左右。純粹之硝酸甘油為液體，甚易因振動而爆炸，極為危險，故用雲母末或木漿等吸收，以製成甘油炸藥 (Dynamite)。如此製成者，減少危險且增爆發力。

3. 無烟火藥(Smokeless gunpowder)

將三分濃硝酸及一分濃硫酸混合，使溫度約為9°C。次取潔淨之棉花浸入，二十四小時後，取出用清水洗去酸質，乾之即成硝化纖維素 (Nitrocellulose) 此

物之爆發力遠勝於黑火藥。於尋常之狀況燃之，則燃而無聲。若與以突然之衝擊，則立即分解，非常猛烈。分解所成者，皆係無色氣體，故用於製造無烟火藥。



4. 膠狀炸藥(Gelatin Dynamite)

將硝化纖維素加於硝化甘油內攪和之。即成膠狀炸藥，係凍膠狀之塊，乃極有力之爆炸藥也。

5. 三硝基甲烴 $\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$ 及苦味酸 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3(\text{OH})$

大戰中發明一種強烈爆炸藥，名三硝基甲烴，係由硝酸作用於甲烴(C_7H_5)以製之。白色固體，運輸上無危險。苦味酸亦為強爆炸藥，係黃色固體，以硝酸與石碳酸作用以製之。

第二十五章之綱要

動物脂肪與植物油混和苛性鈉作用於大鐵鍋中，即製得肥皂。

用肥皂水洗滌時，污垢因受鹼化及乳化作用而脫

落，故可洗淨。

脂肪受鹼化作用，即生甘油。

最普通之炸藥爲黑火藥，甘油炸藥，無烟火藥，膠狀炸藥，三硝基甲烴等。

習 題

1. 家常所用灰汁，有何功用？
2. 若使城鎮之水變軟，對於肥皂之消費，有何效果？
3. 用肥皂何以易使油垢脫落？
4. 甘油之製法及用途。
5. 造膜反應式中，用何方法可使甘油分離？
6. 今有硬脂 100 公斤，欲使變爲肥皂，應需苛性鹼若干？所得甘油若干？
7. 試用方程表示下列各炸藥之製法：
 - (1) 三硝基甲烴(Trinitrotoluene 簡稱 T.N.T.)
 - (2) 苦味酸(Picric acid)
8. 試比較各種炸藥之優劣。

第二十六章

鈣 鋇 鋇

第一節

鈣 及 其 化 合 物

(一)鈣

所在

鈣之化合物廣布於地球各處，其中最重要者如下：

大理石..... CaCO_3	方解石..... CaCO_3
石灰石..... CaCO_3	白 堊..... CaCO_3
石 膏..... $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	螢 石..... CaF_2
磷灰土礦..... $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	硅灰土..... CaSiO_3

其他如動物體之骨質，牙齒，及貝殼等亦多量含有之。

製法

近年以來，可用低廉之製造費，製取單體之鈣。法將二氯化鈣熔融之，使起電解，則其陰極即生鈣少

許，又能使成棒狀而析出。溫度須在鈣之融點(810°)以下，二氯化鈣之融點(774°)以上。

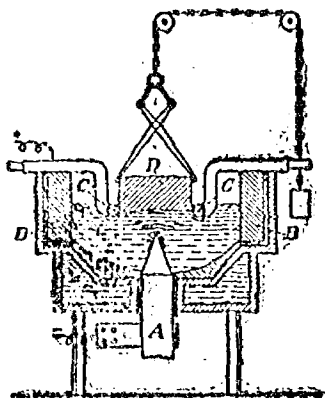


圖 156 電解法製鈣

圖 之 註 解

製鈣所用之器具，係一圓筒形之鐵器（圖 156），以一鐵製之陰極A穿插其底，以數個陽極(B,B)裝於器之周邊。鈣在陰極A分出成融化狀，而以球形升至固體鈣條(D)之下面，此鈣條係懸於陰極之上者。分出之鈣，在D下面受冷水管C,C所冷卻，黏附於鈣條下，俟此鈣條增長，即徐徐提上，則可得多量之鈣。

性質

鈣爲銀白色嫩金屬，比重爲 1.55，熔點爲 810°。與多種原質化合，在氧中可燃燒而發眩目之光輝。能分解水而生氫氧化鈣及氫。

用途

鈣能與氮及氧化合，故可用以自空氣中製取惰性元素。將鈣與鉛之合金，加於鑄物，則可除去氧氮，而使製品臻於良美。又能完全除去酒精之水分，故實驗室中常用之。

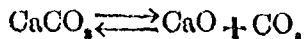
(二) 氧化鈣 (Calcium Oxide)

1. 純氧化鈣之製法

將碳酸鈣加熱，或燃鈣於氧中，可得純粹之氧化鈣。

2. 製生石灰之反應

氧化鈣之稍不淨者，名生石灰 (Quick lime)，用石灰石加熱以製之，石灰石之主要成分爲碳酸鈣 CaCO_3 ，加熱時之反應如下：



此係可逆反應；故製造時，須使所生成二氧化碳繼續放出，方能不絕生成多量之石灰。

3. 工業上生石灰之製造

圖 157 爲一新式石灰窯之圖形。窯高約 5 丈，下部周圍建有火爐，石灰石由上方滿裝窖中，燃燒所成之熱質，循窖上升，石灰石即漸爲熱所分解。爐底之構造，可使空氣由下流入，將爐底之石灰變冷，並將由此流入之空氣變熱，以利燃燒，且藉以除去窖中所

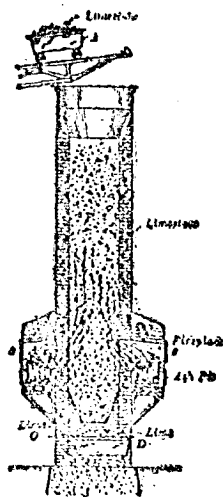
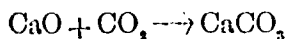
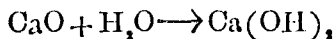


圖 157 新式石灰窖

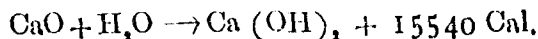
生成之二氧化碳。燒成之石灰至爐底，業被冷空氣冷却者可放入鐵車中，運至堆灰廠以銷售之。

4. 生石灰之性質

生石灰爲白色固體，須電爐強熱，始能熔融。露於空氣中，則吸收水分及二氧化碳，成氫氧化鈣及碳酸鈣。其方程式如下：



生石灰加水則化合而發多量之熱。一公分分子量生石灰與一公分分子水化合，能發生 15540 卡路里之熱量。其方程式如下：



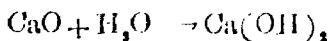
若以氫氧火焰射於生石灰上，則發強光，稱爲石灰光(limo light)。

(三) 氫氧化鈣 (Calcium hydroxide)

(俗稱消石灰 Slaked limo)

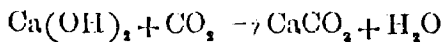
製法

生石灰加水，則化合成消石灰：



性質

消石灰爲白色粉末，稍溶化於水中；在熱水中較在冷水中更難溶化，在空氣中易吸 CO_2 ，與之化合。其式如下：



用途

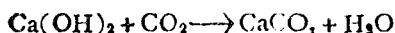
1. 用以製造礮精，漂白粉，氫氧化鉀，氫氧化鈉等。
2. 製革時用以除去獸皮之毛。
3. 與硫同沸所得之液體，可噴澆樹上以殺虫。
4. 用以製三合土及灰泥等。

〔註〕消石灰之水溶液，名曰石灰水(lime water)。

三合土(Mortar)及灰泥(plaster)

三合土爲消石灰及砂和水所成。

塗抹牆上，經久則變硬。其中作用係水分漸漸放出，徐徐由空中吸收二氧化碳而成碳酸鈣。其方程式如下：



砂為三合土中之實體，並使之有微孔，亦以防其過於縮小。三合土之用途甚廣；築牆，鋪路，及黏合甃瓦等，皆用之。灰泥為消石灰及碎蘇等之混合物，碎蘇之作用在於固結。

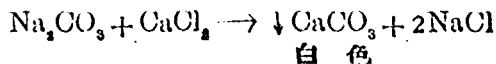
碳酸鈣 (Calcium Carbonate CaCO_3)

所在

天然間之方解石 (Calcite) 為純粹之碳酸鈣結晶形，屢有透明之大晶體發現。大理石 (Marble) 為極細之方解石晶體所組成。其形成石灰石 (lime stone) 者，天產最多，至有構成山脈者。石灰石為非純粹之碳酸鈣，常含碳酸鎂，黏土，矽石及鐵之化合物等。珍珠，珊瑚及各種蠟殼，其成分大部分為碳酸鈣。白堊為不純之碳酸鈣。

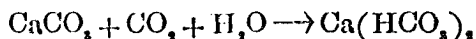
製法

將 Na_2CO_3 及 CaCl_2 溶液混合，則生 CaCO_3 沉澱：

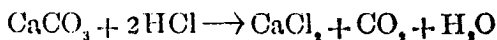


性質

碳酸鈣有結晶與不結晶的兩種。不溶於純潔之水中。然若水中含有 CO_2 ，則 CaCO_3 能變成碳酸氫鈣 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，溶於水中，其變化式如下：

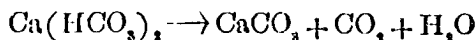


遇鹽酸則起作用而被侵蝕，故大理石棹面或其他用器最忌鹽酸，茲示其反應於下：



鐘乳石，石筍，及湯垢之生成。

天然水常含有二氧化碳，經石灰石地層，流出之水，多溶有碳酸氫鈣，當此種水在空氣中由高處滴下時，則失其二氧化碳而析出碳酸鈣，故生成鐘乳石及石筍等。水鍋中之湯垢，則因含有碳酸氫鈣之水受熱，放出一部分二氧化碳而生成者也。茲示其變化式於下：



【註】碳酸氫鈣 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 又名酸注碳酸鈣。

用途

建築房屋，牌樓，欄桿，墓碑等，多用大理石及石

灰石。用大理石可製成棹面等用具。製石灰及洋灰等，皆用石灰石。沉澱碳酸鈣為白色軟粉，多用作粉筆及牙粉等。

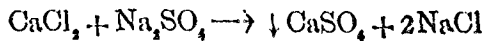
(五) 硫酸鈣 (Calcium Sulfate)

天然硫酸鈣(石膏) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

天然間成數類不同之形體，其最普通者為石膏 (Gypsum)。世界各地石膏之出產，以美國為最多，法國次之。中國出產，以湖北之應城縣為最多，湖南之湘潭縣次之。他如山西，河南，安徽，四川各省，均產石膏，可用作牆磚及肥料，並用於造紙。

沉澱硫酸鈣 CaSO_4

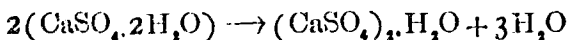
將氯化鈣濃溶液與硫酸鈉濃溶液混合，則生細白粉狀之硫酸鈣沉澱：



此白粉狀之硫酸鈣，難溶於水，可用作粉筆。

巴黎石膏 (燒石膏) $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

將石膏熱至 115° ，則失其水分而成巴黎石膏 (Plaster of Paris)：



如此燒成之石膏，係白色細粉，加水則成黏塊，凝固甚速，且甚堅硬。因其有此性，故用為造模型等。

注
意

製造燒石膏時，溫度不可在 125° 以上；否則生成無水鹽，與水結合極緩，致失燒石膏用途上之價值。

(六) 軟水與硬水

1. 硬水與軟水之界說

溶有鈣鹽及鎂鹽之天然水，稱為硬水 (Hard Water)

不含此種鹽類者，稱為軟水 (Soft Water)。

硬水中含有鈣或鎂之酸性碳酸鹽者，煮之則成碳酸鹽沉澱，可以除去，稱為暫時硬水 (Temporary hard water)。含有硫酸鹽或氯化物者，雖加熱亦不能除去，稱為永久硬水 (Permanent hard water)。

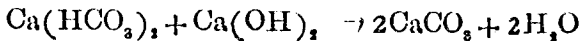
2. 暫硬水之生成

天然間之水常溶有 CO_2 氣少許，當其流過石灰石

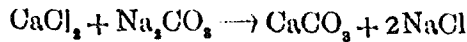
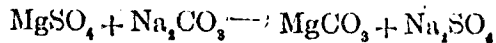
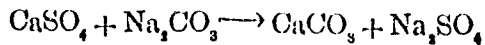
(CaCO_3) 等物時，卽有少許之 CaCO_3 變爲 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，溶於水內，而成暫硬水。

3. 硬水變軟法及化學作用

天然山泉水，河水，井水等，多含有鈣鎂等之碳酸鹽，硫酸鹽，及氯化物等。市上令此水變軟之法，係以定量之氫氧化鈣及碳酸鈉加入。氫氧化鈣能將酸性碳酸鹽變爲碳酸鹽而沉澱：



碳酸鈉則能將硫酸鹽及氯化物變爲碳酸鹽而沉澱。



軟化所須之氫氧化鈣及碳酸鈉之量，係由水之化學分析而算定者。

(七) 碳化鈣 CaC_2 (Calcium Carbide)

如圖 158 以焦煤與石灰，同置於電爐內灼熱，卽得碳化鈣(俗稱電石)：

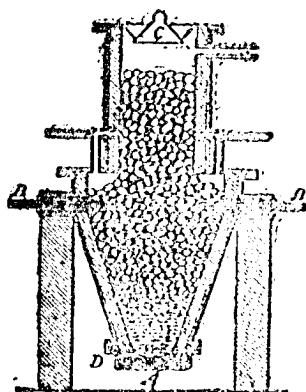
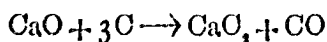
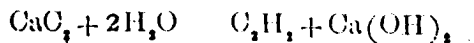


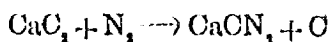
圖 158 製電石之爐

【製法註解】碳化鈣之製造，始於1836年，至1868年方成市上商品。圖158為筒式之爐。爐底(A)為大塊炭，作為電極之一。在此電極上橫列數電極(B, B)。此數極與A極之距離均相等。焦炭與石灰之混合物，C由口加入爐內。此爐下部之混合物，受極大之熱，成液體碳化鈣，由D口流出。

市上所售者，係暗灰色有微孔之物體，含有雜質。電石加水，則發生電石氣：



(八) 腈鎂化鈣 (Calcium Cyanamide) CaCN_2 ,
 通氮 (得自液體空氣) 於灼熱之炭化鈣, (約 1200°C), 則起反應而生成腈鎂化鈣:



市上產品, 約含腈鎂化鈣 60%, 其餘之 40% 大概為炭及石灰。磨碎, 混之以水, 即可售作肥料。因其中之氮可盡充植物之食料, 故有肥料之價值。

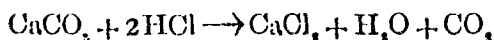
(九) 氫化鈣 (Calcium hydride) CaH_2 ,
 使氫通熱至 500° 之鈣, 則得化合成 CaH_2 :



CaH_2 加水, 則放出氫氣, 故多用此法製氫, 以裝入飛艇上之氣球中。

(十) 氟化鈣 CaF_2 (Calcium fluoride)
 天然產出者曰螢石, 淡綠色, 或水紅色。不溶於水, 易融為液體。其主要之用處為製氟化氫, 冶金術中亦用之。

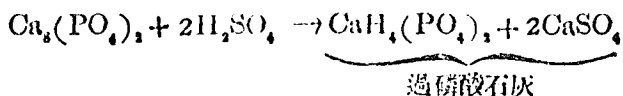
(十一) 氯化鈣 CaCl_2 (Calcium Chloride)
 大理石或石灰石加鹽酸, 即得 CaCl_2 :



將 CaCl_2 溶液蒸乾，再加熱則得無水 CaCl_2 。無水 CaCl_2 色白，有微孔，塊形，極易吸收水分，所以為極佳之乾燥劑。

(十二) 磷酸鈣 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Calcium phosphate

磷灰土礦 (Phosphorite) 及磷灰石 (Hapatite) 之成分以磷酸鈣為主，然難溶於水，植物不能直接吸取，故加適量的硫酸，使變成可溶性的混合物，以為肥料，稱為過磷酸石灰 (Superphosphate of lime)：



磷酸鈣為骨骼之主要礦質成分，骨灰約含磷酸鈣 80%。

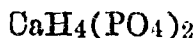
鈣之磷酸鹽有三種，其名稱及分子式如下：

磷酸鈣 (Calcium phosphate)..... $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

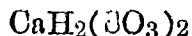
磷酸氫鈣 (Calcium hydrogen phosphate).....

CaHPO_4

磷酸二氫鈣 (Calcium dihydrogen phosphate)



(十三) 酸性亞硫酸鈣 (Calcium acid Sulfite)



此物常用作防腐劑，其巨量用於造紙。

(十四) 硫化鈣 (Calcium sulfide)

硫化鈣爲路布蘭法製造碳酸鈉之副產物。此物露於亮光後，能在暗處發光，故可用作發光塗料。

第 二 節

銣 及 銹 之 單 體

銣 之 化 合 物

銹 之 化 合 物

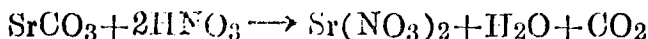
(一) 銣及銹之單體

天然間無銣及銹之單體。銣之天然化合物爲天青石 (SrSO_4) 及碳酸銣礦 (SrCO_3)。銹之天然化合物爲重晶石 (BaSO_4) 及毒重石 (BaCO_3)。

電解熔融之氯化銣或氯化銹，即可製得銣及銹。其性質皆與鈣相似。

(二) 硝酸銣 (Strontium nitrate)

碳酸鋇加硝酸，即得 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ：

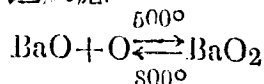


易溶於水。若與可燃或助燃之物體混合燃燒，則發亮紅火燄，或含他色。

用於製造花火。

(三) 過氧化鋇 (Barium peroxide) BaO_2

鋇與氧化合可成 BaO 及 BaO_2 。若使空氣經過燒紅之氧化鋇上，則成過氧化鋇。然若再加熱，則氧復分出，故係可逆反應：



BaO_2 之用途：

1. 可用以收取空氣中之氧。
2. 可用此製過氧化氫。

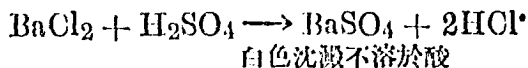
(四) 氯化鋇 (Barium chloride) BaCl_2

性質

白色固體，易溶於水，易與硫酸及硝酸起作用，不與鹽酸起作用。

用途

實驗室用爲試藥，以檢查某液體中有無硫酸或硫酸根之存在。



(五) 硫酸鋇 (Barium Sulfate BaSO_4)

天然間硫酸鋇成白色之重晶石。加氯化鋇溶液於硫酸，則生成白色細粉狀之硫酸鋇沉澱。



其多量用於製造油漆。

(六) 硝酸鋇 (Barium Nitrate $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)

若將此物質燃之，則放青綠色之亮光，故用於製造焰火。

第二十六章之綱要

電解氯化鈣即製得鈣之單體。鈣之化合物天然產出甚多，尤以石灰石爲最多。

將石灰石入窯燒之，即成生石灰。此生石灰加以適量之水，則化合爲消石灰，同時發出多量之熱。

消石灰與氯作用，則成漂白粉，遇酸則生出氯質，故有漂白之效用。

凡用碳酸鈣岩石所製成之器具，易受鹽酸之侵蝕。

天然水中多含有酸性碳酸鈣者，故有鐘乳石，石筍，及湯垢之生成。

天然石膏及燒石膏所含之水分多少不同，故其用途亦異。

水中含有鈣鎂之鹽類者為硬水，可用氫氧化鈣或碳酸鈉以軟化之。

入石灰與焦炭之混合物於電爐，可製成炭化鈣；加以水則放出電石氣；若加入氮氣，則可成肥料。

不可溶之磷酸鈣加以硫酸則變為可溶性之過磷酸石灰，用為肥料。

硝酸鋇及硝酸鋇燃燒時，則發紅色及青綠色亮光，故皆用於製造焰火。

習 題

1. 用石灰抹牆，何以日久即堅硬如石？
2. 從硬水中，用何法可除去氯化鈣？
3. 酸性亞硫酸鈣之製法，與酸性碳酸鈣之製法相似，其方程式

何如?

4. 城市因自來水之軟化，可得何種利益?
5. 以一噸石膏熱之可得燒石膏若干重量?
6. 欲製 100 噸石灰，須用石灰石若干噸?
7. 使 10 噸生石灰消化，成消石灰，應需水若干噸?
8. 某城每日用 10000000 盪水，每盪含 120 公分之酸性碳酸鈣及 20 公分之硫酸鈣。欲每日將水軟化，問需鎂氧化鈣及碳酸鈉之重量各若干?

9. 以 100 噸磷灰石製造肥料時，設僅起以下之反應：



問需含 50% (重量) 之硫酸鎂之硫酸若干重量?

10. 試述肥料中之三種基本物質，並舉其來源與功用。

第二十七章

鎂 鋅 鎳 銻

第一節

鎂及其化合物

(一) 鎂

1. 所在

鎂之化合物，天然間極繁富。白雲石 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ 及菱苦土 MgCO_3 之產量甚巨。石棉，滑石等，皆為鎂之硅酸鹽。

2. 製法

鎂之氧化物極難為碳所還原，故用電解法以製之。用無水之氯化鎂或白鹵鹽($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)為電解質。電解質熔化於鐵器中，此器兼充陰極，以一碳棒浸入熔融小電解質內作為陽極。其裝置與製鋅及鈣所用者相似。

3. 性質及用途

鎂質輕，呈銀白色，比重為1.74，融點為651°。市

上所售者常製成薄帶形或線形或粉狀。在空氣中能漸漸變化，於其表面成鹽基性碳酸鎂之薄膜，使其光輝灰淡。鎂與大多數非金屬直接化合，即與氮亦能化合。普通酸類均可溶之，成相似之鹽類。鎂極易燃燒，放極亮之白光。

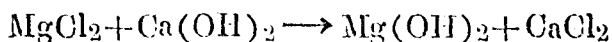
細粉狀之鎂，廣用於發生閃光 (flash light)，以供攝影，烟火，及戰場上火箭等發白光之用。鎂粉用於此目的時，常混以氯酸鉀為氧化劑。

(二) 氧化鎂 MgO (Magnesium Oxide)

氧化鎂與石灰多相同之點，可將碳酸鎂加熱以製之。氧化鎂係白色粉，質輕軟，其融點為 2800° 因有此耐火性，故用以製造坩堝及內襯爐壁等。

(三) 氫氧化鎂 $Mg(OH)_2$ (Magnesium hydroxide)

加一種可溶化之鹽基於鎂之鹽類，即可得其沉澱：



氫氧化鎂僅微溶於水內；若其溶入水內足量，則微呈鹼性。此物係白色無定形之物質，熱之則變為氧

化鎂。

(四) 碳酸鎂 $MgCO_3$ (Magnesium Carbonate)

1. 天然物之產地及用途

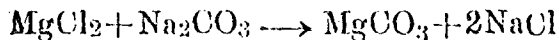
碳酸鎂之天然者成菱苦土石 (Magnesite)，爲白色無定形體，或純粹之結晶體。白雲石 (Dolomite)之成分爲 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ，較石灰石堅硬，爲造山岩石之一。大理石層中及石灰岩中，往往夾有白雲石及菱苦土石。

遼甯省之海城縣有白雲石層露出，厚自二百尺至五百尺，已用露天掘法開採。湖北大冶縣之李家坊有白雲石及菱苦土石出產，每年約六七千噸。

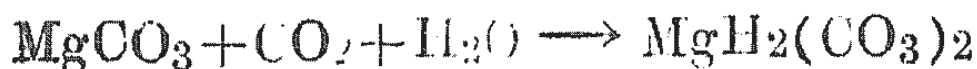
白雲石用於建築，並用作棹面及裝飾品等。菱苦土石用於製造氯化鎂。

2. 人造物之製法性質及用途

將氯化鎂與碳酸鈉混合加熱，即得沉澱碳酸鎂：



碳酸鎂沉澱乾燥後，成白色細粉，常用作牙粉及擦面粉等。不溶於水，但易溶於含二氧化碳之水，成酸式碳酸鎂。



3. 鍋爐積垢 (Boiler Scale)

若水中含有酸式碳酸鈣及酸式碳酸鎂，用於鍋爐蒸發之，則此因熱而分解，成不溶解之碳酸鈣及碳酸鎂，淤積於鍋內，稱之曰鍋垢 (Scale)。鍋垢緊黏於鍋爐管壁成堅硬之層積(圖 159)，為熱之難傳體，多耗燃料；且厚垢有時龜裂，致使水與過熱之鐵接



圖 159 爐管之斷面示其中之積垢

觸，令鍋爐破裂，故此等硬水於入鍋爐以前，有軟化之必要。

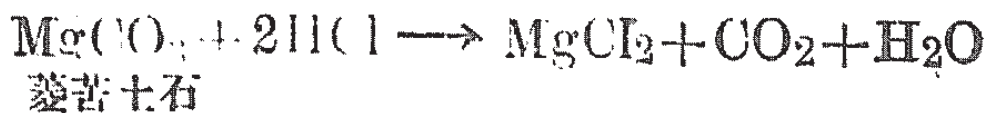
(五) 氯化鎂 MgCl_2 (Magnesium Chloride)

1. 天然物

粗製食鹽常含苦味，並有潮解性，俗稱苦汁。苦汁之主要成分為氯化鎂，為晒灘之副產物。

2. 製法及用途

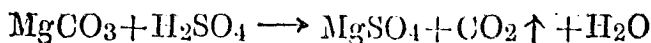
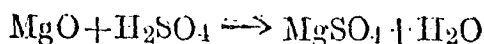
令天然產之菱苦土石與鹽酸作用，即得氯化鎂：



工業上用氯化鎂以提取鎂之單體。豆腐坊多用氯化鎂，以點煮熟之豆漿使凝固。

(六) 硫酸鎂 $MgSO_4$ (瀉利鹽) (Magnesium Sulfate)

天然產者有硫酸鎂礦，而海水及礦泉中多含有之。將含硫酸鎂之礦泉蒸發之，使之結晶；或將稀硫酸加於氧化鎂或碳酸鎂，即得硫酸鎂。茲示其反應於下：



硫酸鎂結斜方無色柱晶，含七分子結晶水，易溶於水。其溶液有苦味，故又名曰苦鹽。

用途甚廣。為致瀉藥之最有效者，且能利小便。工業上用以加重棉布。又用於製革及油漆等。

(七) 石綿 (Asbestos) 及滑石 (Talc)

石綿，滑石，蛇紋石及海泡石等天然礦石之成分，皆含多量之硅酸鎂。

石綿質軟，成纖維狀，為電及熱之不良導體。以

種種之形狀用爲防火物，如石綿布，石綿紙，石綿繩，救火衣，及石綿板等。又用以掩護汽管，及鍋爐等，以防熱之輻射。在電器上充作絕緣體。

滑石爲礦物中最滑軟之物，其色或白或灰或綠；其組織或成層狀，或成絲狀。用作爽身粉，化粧粉及石筆等。

石綿之出產以英國爲最多。中國之河北，遼寧，山西，湖北，湖南，陝西，熱河，綏遠，等處皆產石綿。

滑石之產地，在中國則爲河北之房山縣及遼寧之海城縣與蓋平縣等處。而以海城縣爲尤著。

第 二 節

鋅 及 其 化 合 物

(一)鋅

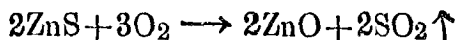
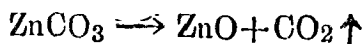
1. 所在

鋅之主要礦物爲方鋅礦 (Zinc blende) ZnS ，赤鋅礦 (Zincite) ZnO ，菱鋅礦 (Smithonite) $ZnCO_3$ 。全世界鋅之產額美國佔四分之一。中國鋅礦以浙江省之

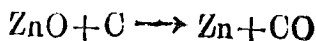
諸暨縣爲最著。湖南及雲南亦產之。

2. 製法

欲由礦石中取鋅，除本係氧化鋅者外，須先在空氣中加大熱，使各先成氧化鋅：



然後將氧化鋅加炭，同置曲頸器中加熱，則鋅即還原，可導入冷凝器中，使凝成固體之鋅而收取之。



3. 性質及用途

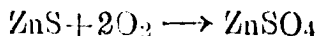
鋅爲青白色固體，比重爲7.14 溶點爲419.4°；常溫時甚脆；在100°至150°時，可展爲板。在乾燥的空氣中不生變化；但遇濕氣，則生鹽基性的碳酸鋅薄層，此層頗緻密，可防內部的變化，故用製種種器具。鐵板鍍鋅，可製水桶，並用鋪屋頂等。不純之鋅，易溶於稀酸中。用鋅可製多種合金，如黃銅，洋銀等，又可爲電極材料，實驗上製氫時亦用之。

(二) 氧化鋅 ZnO (鋅白)

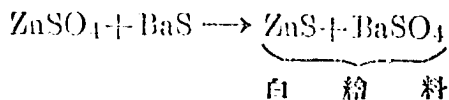
於空氣中燃鋅，則得白色的粉末，稱為氧化鋅，俗稱鋅白 (Zinc white)。遇硫化氫不變黑色，且無毒性，故為貴重的白色顏料。多用作製油漆之白色顏料。

(三) 硫酸鋅 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

注稀硫酸於鋅，以製氫氣之後，如蒸發其溶液，則得白色之結晶，稱為硫酸鋅 (Zinc sulphate)，俗稱皓礬 (white Vitriol)，可供醫藥之用 (如點眼等)。工業上由煨燒硫化鋅以製得之：

(四) 硫化鋅 ZnS

天然產之硫化鋅，色似樹脂，不溶於水。以沉澱法製成者為白色。油漆之白繪料為硫化鋅及硫酸鋇之混合物，乃使硫酸鋅溶液與硫化鋇合成者：

(五) 氯化鋅 $ZnCl_2$

此物易溶於水，有殺菌防腐性。枕木，籬樁，電線桿等須埋於地內之部分，先侵以此液，可防腐朽。

保護木頭不朽法

枕木，電桿等須一部埋於地下者，則以殺菌劑處理之。最常用者為二氯化銻，硫酸銅，及煤焦油等。

處理之法，即將木頭置於密閉汽鍋，而用殺菌液侵漬之，排淨空氣，藉使殺菌液易入木頭之孔內。

第三節 鎘及其化合物

(一) 鎘

此元素常有微量存在鋅礦中。冶鋅時，鎘之化合物亦有同樣之變化，而與鋅同時生成。鎘較鋅易於蒸餾，故由最初蒸出之部分製鎘。鎘與鋅極相似。製造合金用之。

(二) 鎘之化合物

溶鎘於酸，則成鎘鹽，可蒸發使之結晶。送入硫化氫於鎘鹽之水溶液中，則生硫化鎘之黃色沈澱：



硫化鎘爲亮黃色之物質，不溶於水，爲水彩畫及油畫等之繪料。

第 四 節 銻 及 其 化 合 物

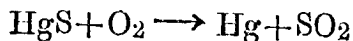
(一) 銻(水銀)

1. 所在

銻之天然產生者多爲硫化銻 HgS ，名曰辰砂 (Cinnabar)。世界銻礦以西班牙爲最富。中國銻礦以貴州省之省溪縣爲最富。廣西，四川，皆有銻礦。

2. 製法

將辰砂礦石，在空氣中加熱，則硫與氧化合成 SO_2 飛散，銻即蒸出，可導入冷凝器中，凝爲液體，其變化之方程式如下：



3. 性質

銻係銀白色之金類，常溫時爲液體；熱至 356.9° 則沸騰成氣體；常溫度卽能溶解多種金屬，而成銻膏 (Amalgam)，鈉銻膏其一例也。

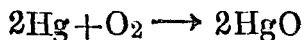
常溫時，水銀在空氣中雖毫不受氧化；然如熱至 300° 久之，變成赤色之氧化汞 (Mercuric oxide)，但溫度更高則又分解為水銀及氧。

4. 用途

採取金銀，製溫度計，晴雨計等，皆用之。
鏡之背面玻璃上常塗汞與錫之合金。

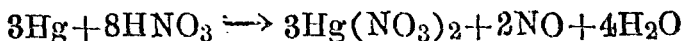
(二) 氧化汞 (Mercuric oxide) HgO

氧化汞係赤色粉末，加熱則漸變黑色，冷時復變紅色，若加強熱，則分解為汞及氧，故實驗室製氧氣有時用之。將水銀熱至 300°，使與空氣相遇。久之則氧化而成紅色氧化汞。



(三) 硝酸汞 (Mercuric nitrate) $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

將汞溶於熱硝酸中，則成硝酸汞。



用硝酸汞，可使銅版附着水銀一層，淘沙得金法常利用之。

試驗：

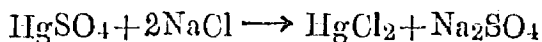
將水銀少許置於玻璃杯中，加適量硝酸溶解之。另用稀硝酸及清水洗淨銅元一枚，置於瓷碟內。將硝酸銻溶液傾於銅元上，用玻璃棒撥動銅元，少時取出加水洗之，則見銅元附有水銀一層。

注
意

銅元之雜質多者，結果不佳，最好是用純銅片。
溶解銻時，有棕色烟發生，臭且毒，故以在室外溶解為宜。

(四) 氯化高錳 (Mercuric chloride)

將食鹽加於硫酸高錳而熱之，則得氯化高錳成氣體蒸出，可導入冷器，使凝為固體以取之（工業上多用此法）：



氯化高錳俗稱昇錳 (Corrosive Sublimate)，為白色針狀結晶，能溶於水。性極毒，誤食則死。殺菌之力甚強，故可為消毒劑及防腐劑。

顏色變化試驗

用試管取氯化高錳溶液少許，次加碘化鉀溶液少許，注意其顏色先變何色？次變何色？

再多加碘化鉀溶液何如？

次再繼續加氯化銻溶液何如?

(五) 硫化銻(HgS)(Mercuric sulphide)

天然產之辰砂，即為硫化銻。將水銀及硫磺之混合物加熱，使之昇華，可得此物。我國所用之銀硃，即為此質。上等油漆以此為顏料。

第二十七章之綱要

電解氯化鎂以製鎂，用於照像，烟火，及戰場，以發白光。

天然產之碳酸鎂為菱苦土石，用製氯化鎂及點豈腐等。人造之碳酸鎂用作牙粉及撲面粉等。

鍋爐積垢，係酸式碳酸鹽受熱分解，淤積所成。

硫酸鎂為優良致瀉藥且利小便，故名瀉利鹽。

石棉為含有多量硅酸鎂之礦物，可製成布，紙，繩，板等，為防火之用。

氧化鋅用炭還原之，則得單體之鋅，用鍍鐵面，用作電極，並用製合金。

硫化鋅為白繪料。氯化鋅用為木頭之防腐劑。碲化鎘為黃色繪料。

貴州省產辰砂最多，在空氣中熱之可得銻，用作氣壓計，溫度計等。製上等油漆用銀硃為顏料。

習 題

1. 鎂，鋅，銻之製法，有何異同？
2. 鎂，鋅，銻之性質，有何異同？
3. 鎂，鋅，銻，各有何用？
4. 氯化鎂與硫酸鎂之區別如何？
5. 試作方程式，以示下列鋅之化合物如何可由金屬鋅製得之：
氧化鋅，氯化鋅，硫酸鋅，硝酸鋅，碳酸鋅，硫化鋅。
6. 製鎂 300 公分，須用白鹵鹽若干？
7. 製鋅 100 斤，應需菱錳礦若干斤？
8. 何種性質，使鋁適用於造溫度計及氣壓表？
9. 書出昇鋁與磷化鉀兩種溶液之化學反應方程。
10. 取含有磷酸鎂之岩石 1.2 公分，令溶解於硫酸中次與含有錳氧
化銻及磷酸二銨混合溶液作用，令沈澱完全析出：

$$\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \downarrow \text{MgNH}_4\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
 沈澱過濾後，灼熱之使成焦性磷酸鎂之安定化合物：

$$2\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \longrightarrow \text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

權其重量為0.52公分。求此岩石中所含碳酸鎂之百分數。

第二十八章

鋁及其化合物

(一) 鋁

1. 所在

鋁之化合物分布極廣。長石爲地殼所含礦物中之最多者，均係鋁與鈉，鉀或鈣之矽酸鹽。泥土多由此種岩石崩解而成，故當於鋁之矽酸鹽，黏土即其主要者也。剛玉石(Al_2O_3)剛玉砂(Al_2O_3 因含有氧化鐵成黑色)，冰晶石(Na_3AlF_6)，水礬土礦($Al_2O_3 \cdot H_2O$ 及 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ 之混合物，並含鐵之同類化合物)，皆爲天然間鋁之重要化合物。水礬土礦爲製鋁之礦石。

2. 製法及價銀

(1) 四十一年以前之製法及價銀

1827年(百年前)，德人佛萊爾(Wöhler)發明以無水氯化鋁加鉀灼熱製鋁法。其反應之方程式如下：



用此法製鋁，費用甚大，故視爲希奇之物；每磅

之價銀，始則數百元，後尚百餘元。（至1886年電解法發明，價始驟跌）。

(2) 現今之製法及價銀

1886年，美國化學家查爾斯馬丁荷爾 (Charles Martin Hall) 發明電解法製鋁，近年巨量之鋁皆用此法以製之。法將水礬土礦（內含多量三氧化二鋁），置於電解爐中，與冰晶石共熔，則礬土電解生鋁，集於池底，收集即得。用此法製鋁，費用少，而得量多，



圖 160 查爾斯馬丁荷爾(1863—1914)

故近年以來，鋁價極廉。現今幣銀一元可買鋁兩磅，較之五十年前相差甚大。

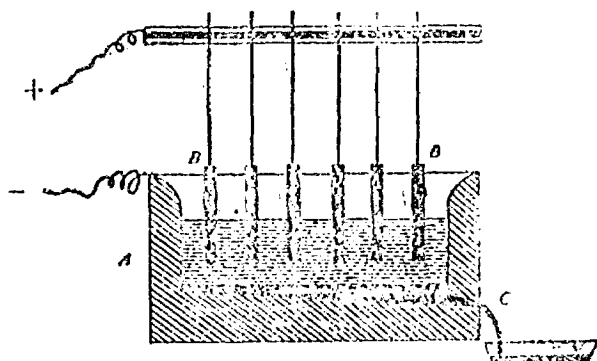


圖 161 電解法製鋁

說明 圖 161 之A為鐵箱，長約八呎，寬約六呎，內襯以炭連於發電機之陰極，以充陰極。以三四行碳桿 (B,B) 懸於箱中以充陽極。箱中半裝冰晶石，通以電流，使發生之熱，足以熔解冰晶石。再加三氧化二鋁使為電解質，即分解為鋁及氧，惟溫度須使在鋁之熔點以上。液體鋁較冰晶石重，故沉於器底，由C口流出。

3. 性質及用途

鋁為銀白色而微青之輕金屬，比重2.7融點660°

當有延性展性，鋼以外為較堅韌，並為電之良導體。易與鹼質及鹽酸作用，受侵蝕。在空氣中雖受氧化，但生薄膜，不及內部，故可為飛機自動車軍用器具及理化器械之材料，並多用以製成日常用具。鋁為極良之還元劑例如鋁粉與三氧化二鐵的混合物，稱為鋁融接劑(Ther-mite)，着火則發熱使氧化鐵還原，而鐵熔融。如將此融液注於電車鐵軌接口，即可融接。



圖 162 鋁融接劑鍛接鐵軌

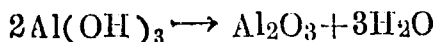
圖162, A為砂型，夾住軌端。以氣油火射入型口，灼熱軌端。B為錐形坩堝，內盛鋁融接劑，置砂型上，着火後，打開坩堝底，使流入型內，包圍軌端，冷後，鍛合極固。

銅與鋁之合金呈金黃色（鋁10%銅90%），稱為鋁青銅（Aluminium bronze），在空氣中不致變色，且極強韌，故甚有用。鎂鋁合金（Magnalium），質輕而又強韌，可以鑄物，近多用以代鋁，製天平之臂多用之。

（二）三氧化二鋁（ Al_2O_3 ）

此物在自然界有數種，較純之結晶名剛玉石，剛玉砂，因雜有鐵化物致呈暗灰色或黑色。透明結晶間，因含有細微雜物，而現各種顏色者，如藍寶石，紅寶石，黃玉，紫水晶等，皆寶石也。寶石均極硬。其劣種如剛玉石，剛玉砂等，供切磨之用。

將氫氧化鋁加熱，即得白粉狀之純粹氧化鋁：



人造之三氧化二鋁多供製鋁及人造寶石之用，並用琢磨金屬。

註：硫酸鋁加氫氧化鈣，即得氫氧化鋁。

人造寶石

現今許多寶石，係由熔化三氧化二鋁以製造之。用純氧化鋁製成者為白寶石。若將已熔之三氧化二鋁

中，摻以微量金屬氧化物，可得各種斑色，而成紅寶石，黃寶石，藍寶石，紫水晶等。

(三) 硫酸鋁 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

1. 製法及用途

以硫酸作用於水礬土礦或一種普通硅酸鋁，即得硫酸鋁。用於淨水，製明礬，染術等。

2. 淨水之功用

硫酸鋁溶於水中，則成膠狀氫氧化鋁水凝體：



此膠狀體之 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 滿布於水中，徐徐凝結，裹住水中之穢物、微菌及色質等，沉於水底，因之水可潔淨。惟應與硫酸鋁同時加入鹼質，如氫氧化鈣，以中和作用，消除所生之硫酸。

圖 163 示硫酸鋁淨水之功用。圓筒 A 中盛穢水，B 為同樣圓筒，其中已加硫酸鋁。加水分解所成之氫氧化鋁，漸沉水底，帶去穢物。至氫氧化

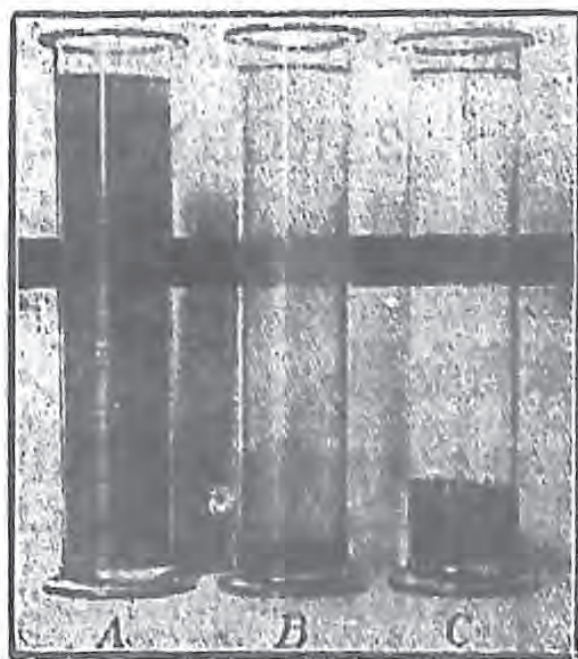


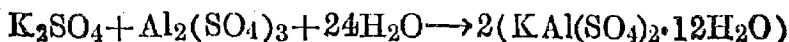
圖 163 以硫酸鋁淨水

鋁完全沉降後之水，如C圓筒所示。

(四)明礬 $KAl(SO_4)_2$

1. 製法

將硫酸鋁 $Al_2(SO_4)_3$ (Aluminum sulphate) 與硫酸鉀 K_2SO_4 (Potassium sulphate) 相混合使之結晶，則生明礬 (Alum)。其組成爲 $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ，其結晶爲正八面體，甚大而分明。其反應如下：



2. 性質

明礬易溶於溫水中，其溶液呈一種澀味；但對於試驗紙則成酸性反應，此因明礬成分中之硫酸鋁與水作用，而生硫酸及氫氧化鋁 $Al(OH)_3$ (Aluminium hydroxide)，前者爲強酸，後者爲弱鹽基故也。

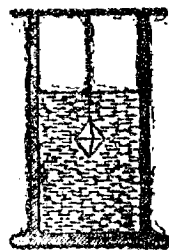
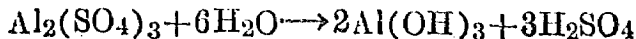


圖 164



如此加水而分解之作用，稱爲加水分解 (hydrolysis) 成鹽之酸或鹽基中，如有一方或兩方皆弱時，

易生加水分解。

3. 用途

染色術上多用明礬爲媒染劑 (Mordant)。凡使用直接難染之染料時，須先將欲染之物件，浸於媒染劑之溶液中，而後投入染料，則纖維中生不溶性之化合物，卽染成色。淨水，製紙，製藥等，亦多用之。

4. 礦產

明礬之天然出產者較少。中國出產以浙江福建兩省最多。浙江平陽縣之礬山一帶山脈盡爲石英斑岩。內含明礬質。現今此地設窯熬礬者，有二十餘處之多。福建之石英斑岩內產出之明礬，當民國五年時，約有一萬三千噸。

(五) 硅酸鋁及硅酸鋁鉀

1. 陶土及黏土之生成及用途

長石 (KAlSi_3O_8) (Feldspar) 爲岩石之普通成分。由雨水及二氧化碳之作用，與溫度之改變。長石破碎分解成可溶之鉀化物及硅酸鋁 ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。硅酸鋁之純淨者爲陶土，(Kaolin) 係柔軟有膠性之

礦物；其不純者與砂及他物質混合，成普通之黏土 (Clay)。

陶土可分二種：細者用製瓷器；粗者用製陶器。黏土為磚，瓦，洋灰（水泥）等之原料。

2. 陶土產地及陶瓷器之產量

中國最著名之陶土產地為江西之浮梁縣及饒陽縣一帶。陶瓷業最盛之區，在景德鎮及其近地，現有瓷窯五十餘座，每年所產價達四百萬元。河北磁縣之陶土，為全省冠。惟僅製陶器，及粗瓷器，每年所產約值銀一百萬元。他如山西，江蘇，安徽，福建，廣東各省，亦產陶土。

3. 雲母之用途及出產

雲母 KAlSiO_4 (Mica) 不傳電，故用作絕緣體。因其為薄片狀透明體且有彈力，故用作透明窗及留音機之發音薄膜。又因其不易傳熱，用以包裹汽管等。

世界出產，以印度白雲母為最多；坎拿大之金雲母次之。美國白雲母又次之。

中國之雲母產地，為山東，福建，廣東三省。山

東諸城縣之雲母，質品極佳，業經開採。

4. 白瓷器之製造



圖 165 製坯(製成器形)



圖 166 裝坯於窯中燒之

(1) 製坯及燒坯

坯之原料，係陶土，膠黏土及長石粉，由人工配合之黏土。此混合物質柔韌，用模製成所須之形狀，謂之坯。使坯乾燥之後，置窖中燒之，直至化成玻璃狀，冷卻取出，是為素燒瓷器。常有鬆孔，故應加釉，使不滲漏，且使表面光滑。

(2) 加釉

釉藥之成分，為硅石，長石，及各種金屬之氟化物，常雜少許氧化硼。釉研細此等質料，和水使成漿。有時使先溶成玻璃，而後碎之，加水使成漿。浸素燒瓷於漿中，乾後燒之，直至釉藥熔化勻布全面。

(3) 裝飾

瓷器如須裝飾，則於加釉之前，作畫於坯上，或畫於釉上再燒之，使顏料熔入釉藥中。前法所用之顏料，大抵為各種色之金屬氧化物，而後法所用者常為有色之玻璃。

5. 黏土成品

將天然黏土作成磚瓦及其他所須之器形，乾後裝入窖中燒之，(但不可使溫度太高，致令材料軟化)冷卻，即可取出使用。

6. 水泥(Cement)(又名洋灰)

(1) 製造及性質

將石灰石搗碎，與適量之黏土及砂混合，搗成細粉，所成之混合物，裝入爐中燒之，至其溫將近熔點，即熔化而成灰色塊，謂之灰塊。最後將此灰塊搗成粉末。

此灰色粉末與水混合，則起複雜之反應，其結果則成硬塊如石。

(2) 用途

砌成建築物時，常用水泥以代三合土。與磚石及砂混合，則成混凝土，用於建築物之基礎及鋪街道。混凝土又用於人造石道，人造石地板，柵柱等；從前用木或石造之物現多漸用此物以造之。建築物之全牆，有用水泥塊或混凝土築造者。河北唐山有一洋灰工廠，其產品銷路甚廣。

第二十八章之綱要

電解水礬土礦，則得鋁之單體，多用之以製成日常用具，如鍋，勺，刀，匙等。

天然產之三氧化二鋁，含有微量雜物，而成各種寶石。

硫酸鋁溶於水，則生成膠狀之氫氧化鋁，有淨水之功用。

明礬係硫酸鋁與硫酸鉀混合所成之結晶，遇水仍

有硫酸鋁之作用，故亦有淨水之功用。

天然生成之硅酸鋁爲陶土，江西產之極多，而景德鎮之瓷業亦極發達。

雲母爲有彈力之薄片狀透明物質，故用作發音膜及透明窗等。

洋灰用途極廣，係煨燒石灰石，黏土及砂之混合物而製成者。

習 題

1. 試書鋁與鹽酸及硫酸之反應方程式。
2. 試書方程式以表明造硫酸鋁及氫氧化鋁之法。
3. 氧化鋁與氧化鈣之性質有何不同？
4. 鋁造烹飪器皿不宜用鹼溶液洗之，其故安在？
5. 造瓷器時，何以須使釉藥易熔？
6. 中國何處產雲母？雲母之成分爲何；有何用途？
7. 硫酸鋁及明礬皆有淨水之功用，其理安在？
8. 試用方程表示燃燒鋁鐵接劑之反應。

第二十九章

鐵 (Iron, Fe) 鎳 (Nickel Ni) 鈷 (Cobalt, Co)

第一節 鐵

(一)存在 鐵之天然產出者甚鮮，有存於隕星中者。至其化合物則分佈極廣；其主要礦石為磁鐵礦 (Magnetite, Fe_3O_4)，赤鐵礦 (Hematite Fe_2O_3)，褐鐵礦 (Limonite $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，黃鐵礦 (Iron pyrites FeS_2) 及菱鐵礦 (Siderite FeCO_3) 等。他如動物之赤血球，植物之葉綠素中亦均含有微量之鐵素。

產鐵之國，首推美國，德，法次之。我國鐵之儲量無多，而產額亦少；各省中鐵之儲量較多者為遼，冀，鄂，蘇，皖等處。每年產額合計約九十餘萬噸，較之美國，約小一千二百倍。

(二)冶鐵術 由鐵礦提鐵之法，可為各種冶金術之模範，其要點有二：即(1)原礦如為氧化物則用本炭或焦煤還原使生二氧化碳，而鐵存留；(2)原礦如非氧化物則須先於空中燃燒使成氧化物而後以碳還

原。

其還原作用，常於高大之鼓風爐(Blast furnace圖167)中行之。將氧化鐵(如赤鐵礦等)石灰石(熔劑)焦煤三者自上部輪流傾入，使其層層相間，更自爐底之鐵管送入 400° 乃至 700° 之高壓空氣，使焦煤燃燒，由所生之一氧化碳將氧化鐵還原為鐵，與同時存在之碳，矽，等共熔而集於爐底；石灰石吸收礦石中多種雜質成玻璃狀礦滓(Slag)覆於其上，以防鐵更氧化。茲將其經過反應，以下式

表之：

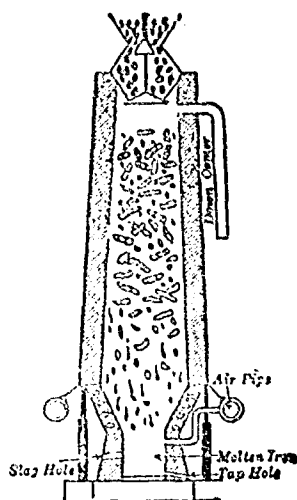
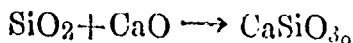
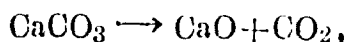
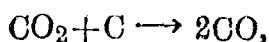


圖167鼓風爐截面

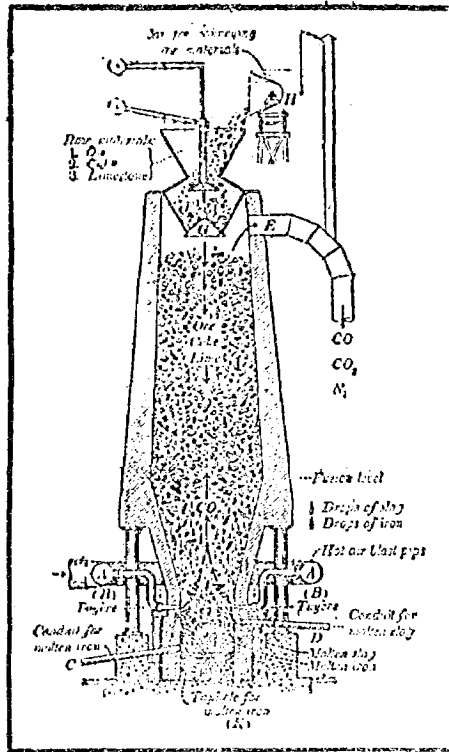


圖 167 鼓 風 爐 裝 置

(三) 鑄鐵 上法所得之鐵，謂之鑄鐵(cast iron) 含炭 3.0—5.5% 及磷，硫，矽等少許。質硬而脆，乏 延展性，不能鍛接，但適於鑄器，常用以鑄造機械， 鐵管，火爐等。

(四) 鍛鐵 將鑄鐵在反射爐 (Reverberatory-

furnace 圖 168) 內加熱使熔，通入空氣，使雜質受充分之氧化，而所含碳量減至 0.5% 以下，是為鍛鐵 (Wrought iron)，富延展性，可以鍛接，並用以製鐵板，鐵絲及各種器具。

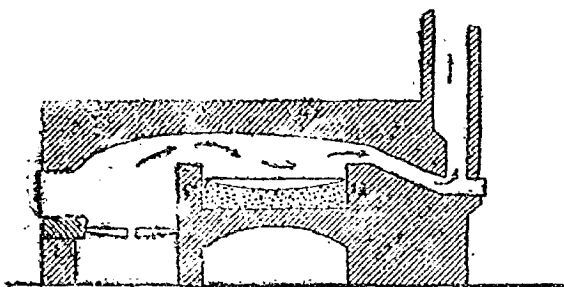


圖 168 反 射 爐

(五) 鋼鐵 將鑄鐵氧化之，以減少其炭分，或將鍛鐵加炭粉共熱之，以增多其炭分，均可製得鋼鐵 (Steel)。製鋼之法，通常分為迴轉爐法(即柏士謀氏法)及開爐法兩種，茲分述之。

(1) 迴轉爐法 迴轉爐 (Converter) 於 1856 年為柏士謀 (Bessemer) 氏所創製，外包鋼皮，內敷砂土，以水平軸支持於砲耳之上，可使轉動，以便加入原料或傾出成品。白熱之液態鑄鐵，由鼓風爐流

入迴轉爐中。轉動爐底之空氣鼓風機，則鐵內之矽及碳即氧化而燃燒，隨發輝煌之光燄。其反應所生之熱，可使鐵保持熔態。次用直射分光鏡，窺測火燄之成分，即可推察氧化之程度。至適當之時間，乃阻空氣之通道，另加適量之碳分，與爐內液體攪雜攪勻，即鍊成鋼。於是傾斜爐口，使鋼流入模型中，鑄成鋼塊或錘成鋼條。施行此法，宜極迅速，蓋矽與碳燒淨，則無術使鐵不冷，故須立即傾出也，此法需時約十五分至二十分鐘。

用此法時鐵中所含之磷，其大部分燃燒以後雖成五氧化二磷而散逸，但其一部分因與鐵化合而生磷化鐵，如是所成之鋼，其質較脆，為其缺點。其後湯滿士與格耳希黎斯脫 (Thomas and Cilchrist) 兩人將原來爐內所用酸性耐火材料改用石灰，苦土（氧化鎂）等之鹽基性耐火材料。因而 P_2O_5 悉為所吸收而成磷酸鈣，可得良質

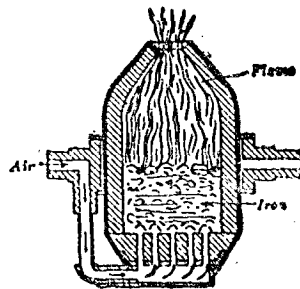


圖 169 迴轉爐截面

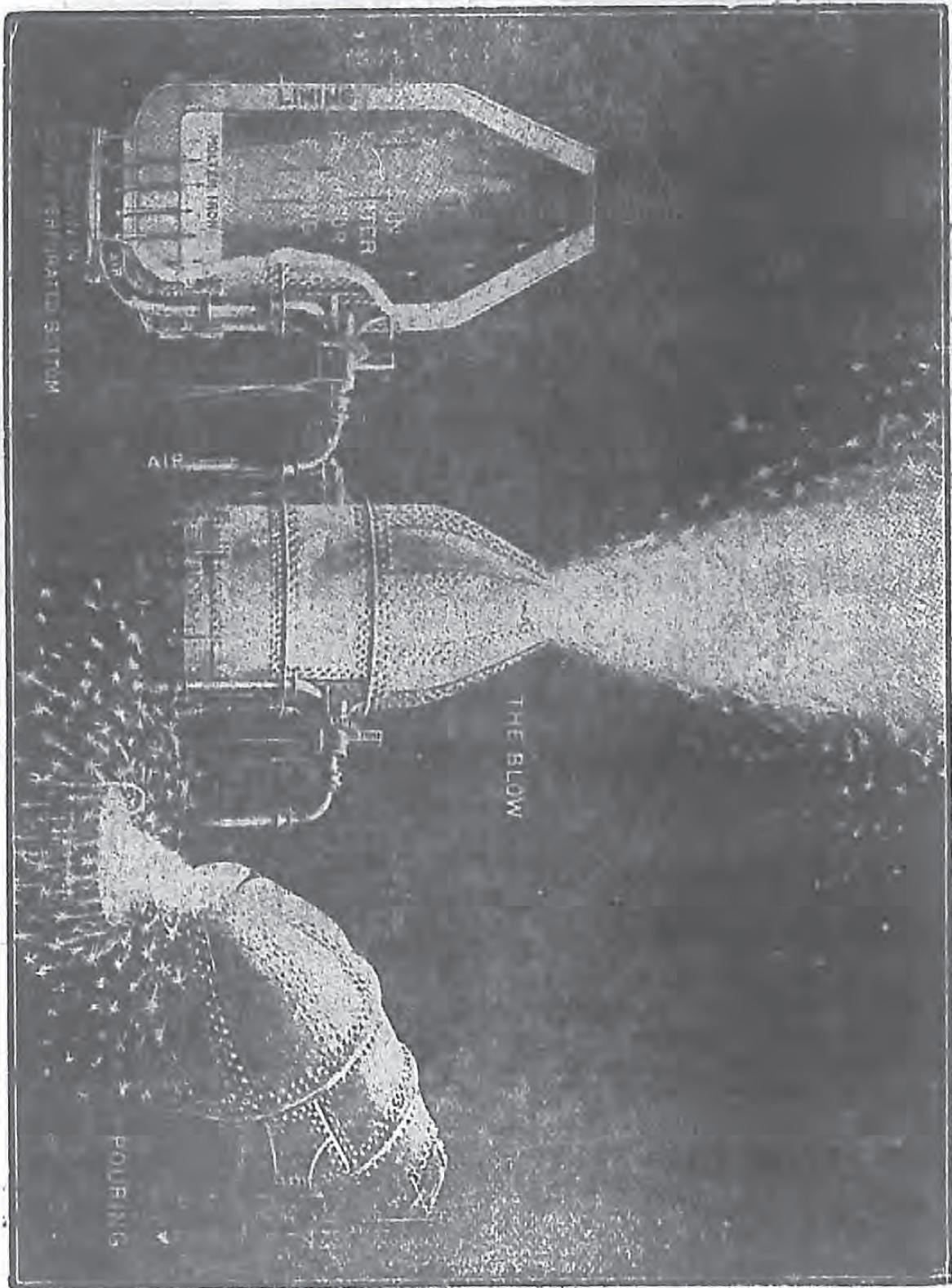


圖 169 用迴轉爐法製鋼

之鋼。爐內所含磷酸鈣之熔滓，可爲人造肥料之原料，洵一舉兩得也。

(2) 開爐法 開爐 (Open-hearth) 爲一碟形鍋，內襯以石灰及苦土，置熔態鑄鐵於其中，並加入適量之碎鐵片 (使疎鬆) 及赤鐵礦等每次計50—75噸，用煤氣燃料加熱8—10小時。西門馬丁 (Siemens-Martin) 氏創一極經濟之方法，由蓄熱裝置預先加熱，燃煤氣及空氣，以得常保持生成物熔態所需之溫度。其用過之煤氣及空氣經過棋布式之磚建築而通至下方。至其漸熱，活門即反閉，空氣及煤氣即入於燒熱之磚建築中，迨集於鐵上而起燃燒後，即通入對面之棋布式磚建築中，復行增高其溫度。當爐內至相當溫度時，鑄鐵中之碳成氧化物而逸去；此逸去之氣體，使熔鐵呈沸騰狀；矽，磷及硫等雜質，皆得與氧化合而成酞；此等酞與石灰化合成熔滓，浮於表面，極易除去。

倘由試驗知熔鋼中所含之碳，已達所需程度，則將該鋼注入大杓，再入模型。此爐之平均出貨，每次可得50噸，需八小時。

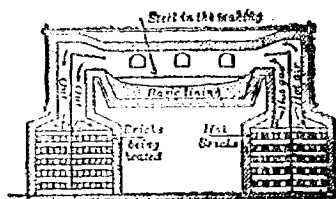


圖170開爐截面

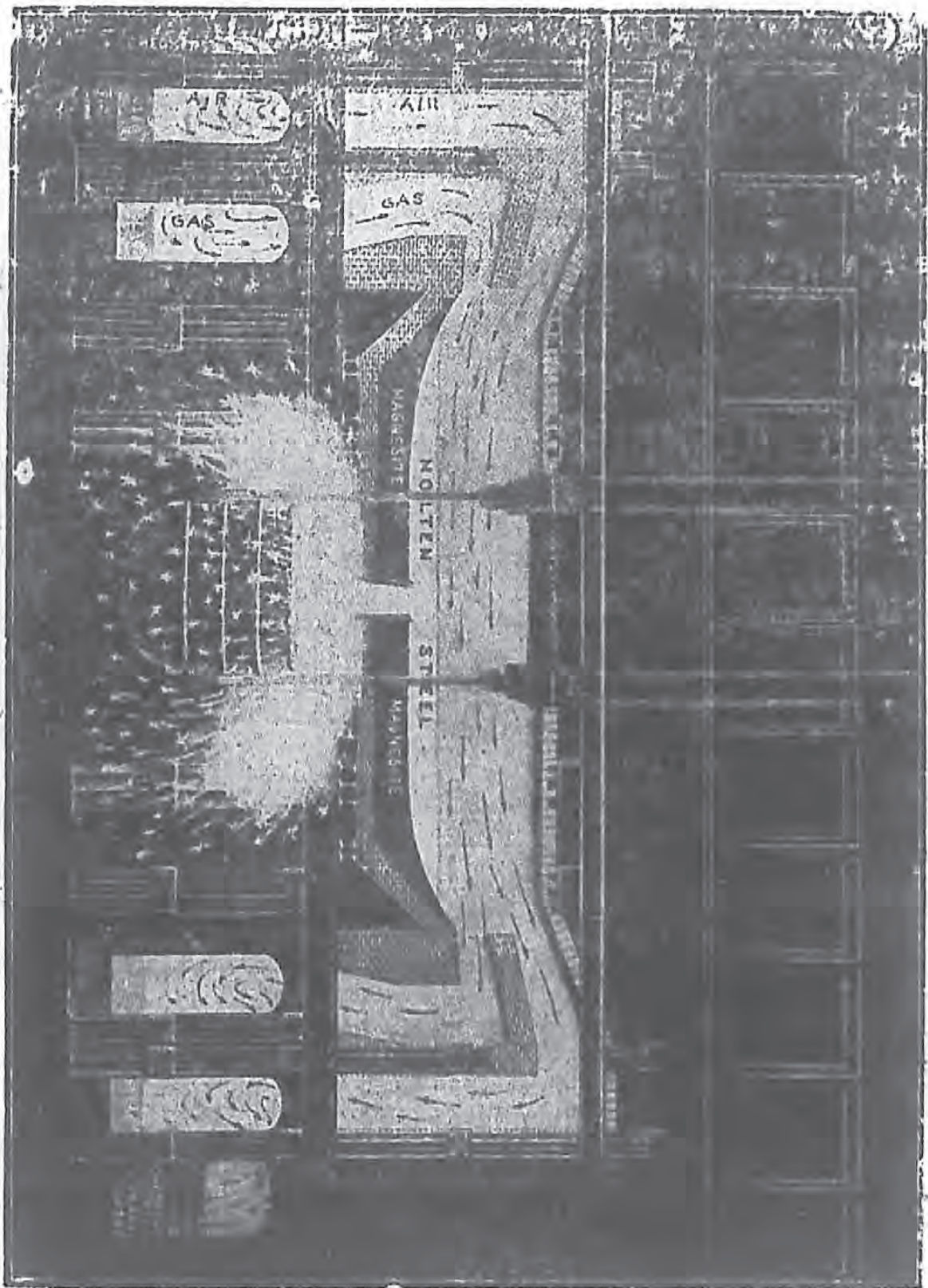


圖 170 用 開 爐 法 製 鋼

開爐法易於管理，無應接不暇之弊，故較前法為便。又其產物可按時取以試驗，故無論如何成分之鋼

均可製成。

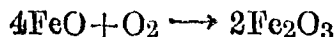
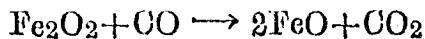
鋼含碳自極微量至 1.6%，矽小於 1.0%，磷與硫則甚微矣。鋼兼具鑄鐵及鍛鐵之性質，堅而有彈性，並富延展性。若碳量加多，則質漸變硬延性亦漸減。

鋼含碳自 0.8% 至 1.6% 者，若熱至高溫，擲入冷水，使之驟然冷卻，則質極硬而脆。如復漸熱之而使之徐徐冷卻，則此硬鋼即變為較軟而不甚脆之鋼。

由上兩法所製出之鋼可以鑄大小機器及輪軸。又可軋成鋼軌，鋼橋及其他建築物。

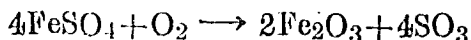
(六)鐵之化合物 鐵能成高低二系化合物，前者鐵之原子價為三，稱為高鐵化合物(Ferric Compounds)，後者鐵之原子價為二，稱為低鐵化合物(Ferrous Compounds)茲分述之。

(1) 氧化低鐵 FeO 以一氧化碳令高鐵還原即得。此係黑色粉末，熱之易於氧化。

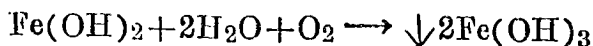


(1) 氧化高鐵 Fe₂O₃ 熱氧化低鐵於空氣中，即

得此物。工業上則煨燒硫酸低鐵以製之。是質係深紅色粉末，作赤色顏料，其色可以永久不變，故多用以塗暴露之物如橋梁火車等。



(2) 氫氧化低鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 加可溶性鹽基於低鐵鹽溶液即生淡綠色氫氧化低鐵之沉澱，在空氣中，易於氧化為氫氧化高鐵。



(2) 氫氧化高鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 加可溶性之鹽基於高鐵鹽之熱溶液，即生紅棕色氫氧化高鐵之沉澱。

鐵銹為鐵之含水氧化物 ($2\text{FeO}, 3\text{H}_2\text{O}$)，呈紅棕色，鬆脆而多孔，不能蔽護下層鐵，惟塗油類或石墨或鍍鋅則能防鐵之銹化。

(3) 硫酸低鐵 FeSO_4 此為低鐵鹽中之最習見者，常形成綠色單斜結晶之水化物 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 稱為綠礬。工業上得之於鋼板廠之副產物。當鋼鍍鋅或鍍錫時，先浸鋼板於稀硫酸中洗淨之，其時有少許之

鐵溶解於酸中，將此溶液蒸發，則綠礬析出。此鹽用於製造藍墨水，鐵明礬，又淨水時用以代替硫酸鋁，且可作滅除惡草之藥劑。

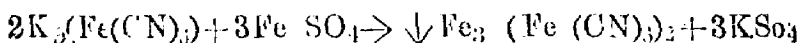
試驗 取五倍子3g. 研細加水 30c.c. 煮沸約五分鐘後，將液濾過。次將阿拉伯樹膠 1g. 加水5c.c. 調和，另以硫酸低鐵 1g. 溶解於水 10c.c. 又藍靛 0.2g 溶解於水 5c.c. 中。再將所製各液一併混合而攪拌之，並加入硫酸兩滴，即成藍墨水。

(3) 硫酸高鐵 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶氧化高鐵於硫酸即得。此鹽與硫酸鉀化合，則成鐵明礬， $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

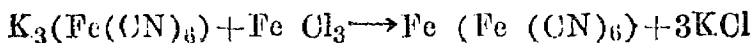
(4) 氯化低鐵 FeCl_2 溶鐵於鹽酸中而蒸發其液，則析出綠色單料結晶之氯化低鐵含四分子結晶水， $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 通氯氣於氯化低鐵溶液，即生氯化高鐵，極易於溶於水，稍溶於酒而成鐵酒，能止血。

(七) 高低鐵鹽之區別 (1) 於低鐵鹽溶液中，滴加赤血鹽 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) 溶液少許，則生深藍色之沈澱。高鐵鹽則液僅呈棕色，不生沈澱。

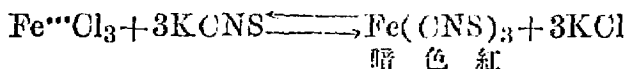


Turnbulls blue

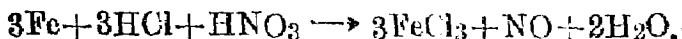
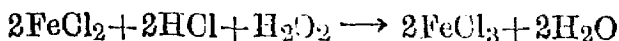


brown coloration

(2) 於高鐵鹽溶液中，滴加硫脲化鉀溶液微量，則生成硫脲化鐵之暗紅色溶液，低鐵鹽則不起反應。

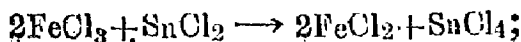
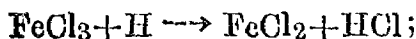
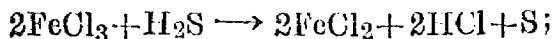


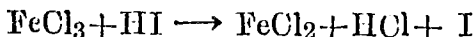
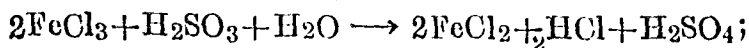
(八) 低鐵鹽之氧化 低鐵鹽溶液若受空氣或氧化劑之作用，可變為高鐵鹽。例如：



凡使金屬陽離子之原子價增加之反應，均可謂之氧化。

(九) 高鐵鹽之還原 高鐵鹽溶液，若受還原劑之作用，可變為低鐵鹽。例如：





凡使金屬陽離子之原子價減少之反應，均可謂之還原。

第二節 鎳 與 鈷

(一)存在 鎳與鈷常同產於含鐵，銀及銅之礦石中，又與砷及硫成化合物，如輝鎳礦 (NiAsS)，輝鈷礦 (CoAsS) 是也。

(二)性質及用途 鎳，鈷色似銀，有強光澤均比鐵重，而熔點較低。其主要用途，係製合金。鈷鎳之合金，用於製造利器，鎳幣含銅75%及鎳25%鎳鋼均含鎳36%又鎳廣用於電鍍鐵黃銅等金屬，鈷亦可充同樣之用途。鎳粉可充觸媒如變油為硬脂肪及使碳精氧化為硝酸時多用之。

(三)鎳及鈷之鹽 鎳及鈷之簡單鹽類與低鐵相似。其中最稔者如下：

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$綠色結晶

$\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$...用於鍍鎳

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ……有潮解性之綠色結晶

$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ……有潮解性之結晶赤紅色

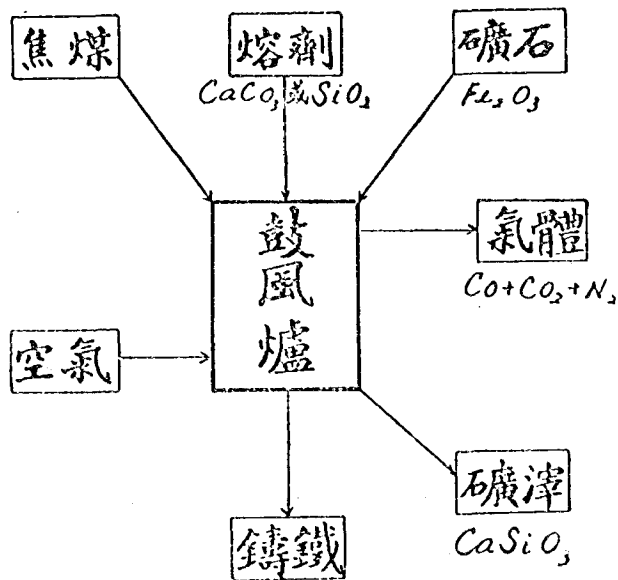
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ……形似硝酸鹽用於顯隱墨

試驗 鍍錳裝置如鍍銀，惟將鍍銀液易以硫酸錳鹽， NiSO_4
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，溶液 500c.c. 並將銀條易以錳片即妥。

(2) **顯隱墨** 將 CoCl_2 之稀溶液書字畫於粉紅色之紙上，乾之無跡若在火上微烘之，則現藍色之字畫。呵氣濕潤之，則其字復隱。

第二十九章之綱要

鼓風爐中之原料及產品，如下表所示：



鑄鐵，鍛鐵，及鋼之比較：

名稱	含炭分率	組織	硬度	磁化	用途
鑄鐵	3—5.5	結晶狀	硬	難化磁	鑄造
鍛鐵	0.05—0.2	纖維狀	軟	易化磁而易失磁性	鐵絲，水管，汽管，馬蹄鐵，鉸釘等
鋼 (含炭較少者)	0.05—0.8	細粒狀	頗軟	難化磁而有保磁性	建築鋼，機軸，釘等
鋼 (含炭較多者)	0.8—1.6	細粒狀	硬	同上	器具，彈簧，磁石等

習 題

1. 試述鐵之化學性質。
2. 鐵軌，橋梁，刀，劍，鎗砲等物應用何種之鐵製成之？
3. 鼓風爐及迴轉爐之磁滓，有何用途？
4. 迴轉爐內，何物能保持鐵之熔態？
5. 迴轉爐法及開爐法之比較。
6. 現時用電爐製鋼之法若何？優點何在？（參攷他書）
7. 試書方程式表示硫酸低鐵氧化成硫酸高鐵；及硫酸高鐵還原成硫酸低鐵。

8. 若加氫氧化鈉於赤血鹽之溶液，能生氫氧化鐵沉澱否？何故？
9. 試述顯隱墨之原理。
10. 試作表詳示鐵，錒，鈷三原素性質上相似之點。

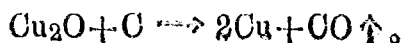
第三十章

銅 銀 金 鉑

第一節 銅 (Copper, Cu)

(一)存在 銅有天然產出之單體，然多成化合物而廣布於礦物界中。其主要礦石爲赤銅礦 (Cuprite, Cu_2O)，硫銅礦 (Chalcocite, Cu_2S) 黃銅礦 (Chalcopyrite $\text{CuS}\cdot\text{FeS}$) 孔雀石 (Malachite, $\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$) 及藍銅礦 (Azurite, $2\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$) 等。吾國銅礦，如雲南四川之交換礦床及脈形礦床，產量最富。其他如四川彭縣之浸染礦床，吉林磐石延吉之接觸礦床，亦以豐富著稱。

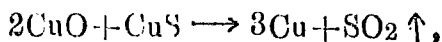
(二)煉銅法 煉銅之法，因礦石成分之不同，而異其術。其不含硫者，可用還原法，即以礦石與碳混合灼熱，則銅即析出。例如：



赤銅礦

由含硫礦石（如黃銅礦）煉銅之法，先須煨燒礦

石，使銅，鐵變為氧化物及硫化銅之混合物，次加骸
 碳與砂加熱熔融，則鐵之氧化物變成硅酸鐵為熔滓而
 除去之，剩留氧化銅與硫化銅之混合物，再加煨燒而
 熔融之，即得粗製之銅：



上法所得之銅，須用電解法精煉之（圖 171）法
 以純粹薄銅片為陰極，以粗製之銅為陽極，同置於硫酸
 銅溶液中，而通以電流，則陰極上逐漸積聚純粹之銅，
 陽極之粗銅，漸次溶解，其中之雜質，如金，銀等，
 均成泥狀之沉澱而積聚於器底。且由此沉澱，可得金
 銀。

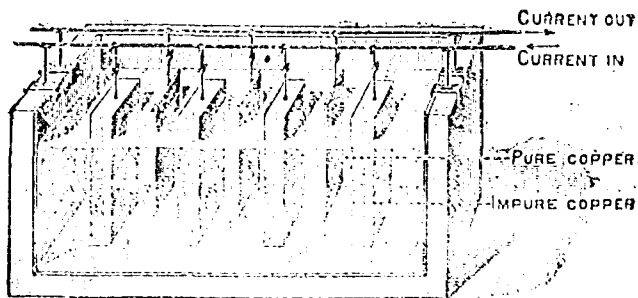
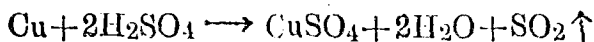


圖 171 銅之精煉

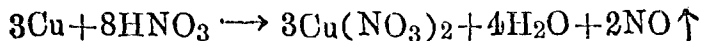
(三)性質 銅爲赤色而有光澤之金屬，質頗堅韌，富展性及延性，爲熱及電之良導體，其比重爲8.92，融點爲1083°C。

銅在乾燥空氣中，不生變化，但在潮濕空氣中，則徐徐生成綠色鹽基性碳酸銅（ $\text{Cu}(\text{OH})\text{CuCO}_3$ ）之薄層於表面，俗所謂銅綠是也。

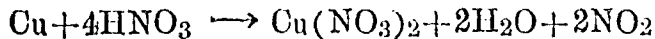
銅在空氣中熱之，初生成赤色氧化低銅（Cuprous Oxide, Cu_2O ）再強熱之，則變爲黑色氧化高銅（Cupric Oxide CuO ）。銅不受鹽酸及稀硫酸之作用，但能爲硝酸及熱而且濃之硫酸所溶解，而成銅鹽溶液；



濃 硫酸銅



稀 硝酸銅



濃

(四)用途 銅爲貨幣之主要成分，並可製日用器具及電氣機械，又可作種種合金，其用途甚廣。茲將國幣及數種重要合金之成分，列表於下：

國幣表

成分名	銀	錫	銅	錫	鉛	總重量
一圓銀幣	90		10			7.2錢
五角銀幣	70		30			3.6
二角銀幣	70		30			1.44
一角銀幣	70		30			0.72
五分銀幣		25	75			0.7
二分銅幣			95	4	1	2.8
一分銅幣			95	4	1	1.8

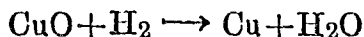
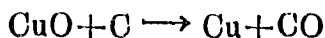
重要合金表

合金名	銅	錫	錫	鉛	錫	銀	金	鉛	錫	性質及用途
黃銅	67	23								製器具，機械
洋銀	50	25	25							製器具與電抵抗器
鋁銅	90			10						製裝飾器
鏡銅	67				23					有光澤，製鏡
敲鐘	90				10					舊時鑄敲
鐘	78				22					善發音，鐘鐘
赤銅	95					1	4			製裝飾品
活字					5			75	20	凝固時膨脹，製活字
鋅					50			50		接合劑用

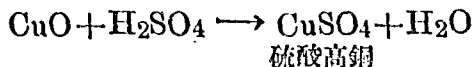
(五) 銅之化合物 銅有一價與二價兩種化合物，前者謂之低系化合物，後者謂之高系化合物。

1. 氧化低銅 (Cuprous Oxide Cu_2O) 此物之天然產出者為赤銅礦。加葡萄糖(還元劑)於硫酸銅之鹼性溶液而熱之，亦能生成氧化低銅，係粉狀之赤色晶體，不能溶解於水。融氧化低銅於玻璃，呈有美麗之紅色。

2. 氧化高銅 熱銅於氧中即生氧化高銅，係黑色粉末。因其易於放氧，故為良氧化劑。例如氧化高銅與碳或氫共熱之，則還原而生單體之銅：



氧化高銅不溶於水，遇酸則成高銅鹽。例如：

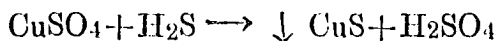


3. 硫酸高銅 (Cupric Sulfate 又名膽礬 Blue Vitriol CuSO_4) 將銅與濃硫酸共熱之，則生青色之硫酸高銅溶液，蒸發放冷則析出藍色透明之結晶體，含有五分子之結晶水($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)，熱至 240°C 則失去水分而

成無水硫酸高銅，爲白色粉末，極能吸收水分而仍呈藍色，故可用以試驗酒精中之水分。

硫酸銅在工業上供鍍銅，製電池及作媒染劑之用。農業上用作殺蟲劑，醫藥上用爲嘔吐劑。

4. 硫化高銅 (Cupric Sulfide CuS) 通硫化氫於銅鹽溶液，即得黑色硫化高銅之沉澱，不溶於水及稀酸內。



5. 其他銅鹽 其他銅鹽之中實驗室內所常用者如硝酸銅 ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，爲藍色有潮解性之結晶，氯化銅 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 爲淺藍色之針狀晶體，溴化銅 (CuBr_2) 爲褐紫色之結晶。凡銅鹽之稀溶液，均帶青色，是即銅離子 (Cu^{++}) 之色也。於此等溶液中通以硫化氫，則俱生黑色之硫化銅沉澱。

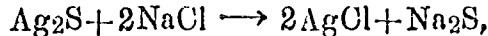
第 二 節 銀 (Silver, Ag.)

(一)存在 銀雖有天然之單體，然與他物化合而存於礦物界者居多。如輝銀礦 (Argentite, Ag_2S) 爲含銀最富之礦。其他如硫神銀礦 (Proustite Ag_3

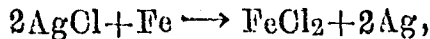
AsS₃), 角銀礦 (Cerargyrite AgCl) 等皆為銀之原礦。又方鉛礦 (Galena PbS) 中亦含有微量之銀。

世界最大銀礦，首推墨西哥。吾國銀礦甚少，現在除熱河，廣西畧有所產外，他無足數。

(二)煉銀法 (1) 混鍊法 (Amalgamation Process) 擊碎銀礦與食鹽混合而煨燒之，即成氯化銀；



次加入適量之水，鐵屑及銻等，用機械攪拌之，則所析出之銀，

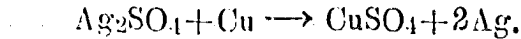


與銻化合而成銻膏，用水沖洗，分出而蒸餾之，則銻化氣蒸出，遺留不純之銀。

2. 吹灰法 (Cupellation Process) 將銀礦與鉛同置於反射爐中強熱之，則生銀與鉛之合金。取此合金加熱熔融後，徐徐冷卻，則鉛先結晶而出；殘留富含銀質之鉛，置於露底爐中，爐底敷有骨灰，下燃煤氣，吹風入爐則鉛氧化成灰隨氣流而逸去，或為爐身所吸收，遺留不純之銀（含有微量之金，銅，鐵等），鑄

成安力條 (Dore bars)。

(三)煉淨銀法 (1) 加硫酸法 加濃硫酸於安力條而煮之，一切金屬，除金外，皆化為硫酸鹽。加水，則銅銀鐵之硫酸鹽皆溶解，而金與硫酸鉛及其他未起變化之物質，皆下沈如泥，(由此可以提取黃金)，濾過，於硫酸鹽濾液，懸一純銅片，銀即為所代而析出，成品形附積於銅片上：



硫酸銅為此法所得之副產物，市上之膽礬，概仰給於是。

2. 電解法 此法與鍊精銅法相似，現時廣用之，其電解質為硝酸銀與硝酸所成之溶液。以純銀版為陰極，以不純銀版為陽極，通電流時，銀成結晶體附着於陰極上，隨時用機械刮收之，融為純銀條。

(四)性質及用途 銀為白色而有光澤之金屬，比重為 10.5，融點為 960.5°C ，富有延展性，可製銀絲與銀箔。銀為熱及電之良導體，不受水或空氣之作用，但遇硫化物，其表面即生黑色之硫化銀薄膜一層，故

銀器觸含有硫化氫之空氣，即變黑色。又臭氧能使銀氧化而成黑色之過氧化銀。銀不為鹽酸及鹼類所侵蝕，但遇硝酸及熱硫酸則易溶解而生銀鹽：



此等銀鹽溶液，加入還元劑，則仍可析出銀質。

鏡及反射玻璃，常以此法製之。

試驗：取乾淨試管一枝。內盛硝酸銀溶液，約5c.c.，滴加 NH_4OH 至所生沈澱全行溶解為度。另加入葡萄糖溶液（還元劑）數滴而振盪之。將試管插入盛有熱水之玻璃杯內靜置少時，取出視之，即成極亮之鏡。

因銀不受水及空氣作用，且外觀美麗，故電鍍上多用之。

試驗：取硝酸銀 (AgNO_3) 8g. 青化鉀 (Potassiu Cyanide KCN) 10g. 各溶於 250c.c. 水內，次將青化鉀溶液，逐漸注入硝酸銀溶液中，何如？加入多量，至沈澱全溶為止，即成銀銀液。

欲將鍍銀之器，順次用稀鹽酸，稀苛性鈉，清水洗滌乾淨後用導線接於電池之陰極，並用銀條接於陽極（電流強度，以較弱為宜），一

併懸入液內(圖 172)，起何變化？歷一小時後取出，以石符或粉筆末摩擦鍍面。

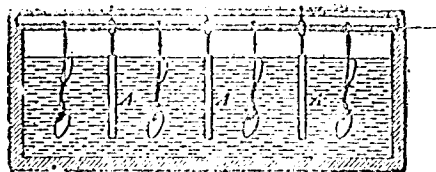
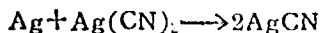
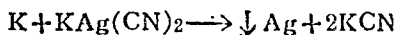
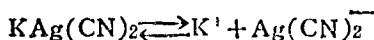
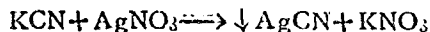


Fig. 224. The process of plating

圖 172 鍍銀

鍍銀時所起化學反應如下：



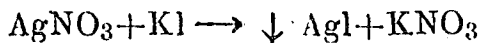
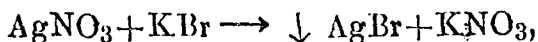
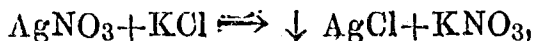
純銀太軟不適於實用，加銅少許以作合金可增其硬度而不變其色澤，故用以製造各種銀器及貨幣（參閱國幣表）。

(五) 銀之化合物 銀僅有一價之化合物，其重要者為硝酸銀及成鹽化銀等。茲分述之。

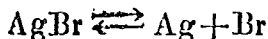
1. 硝酸銀 溶銀於硝酸，蒸發其溶液，可得無色

板狀結晶之硝酸銀，能溶於水及酒精中，觸動植物性物質，則銀即析出而呈黑色，故觸皮膚，每生黑色斑點，有強腐蝕性，外科上往往用以消去瘡肉。

2. 成鹽族之銀化合物 將硝酸銀溶液，分別加入氯化鉀，溴化鉀，碘化鉀等溶液中，則析出氯化銀，溴化銀，碘化銀等白色沉澱：



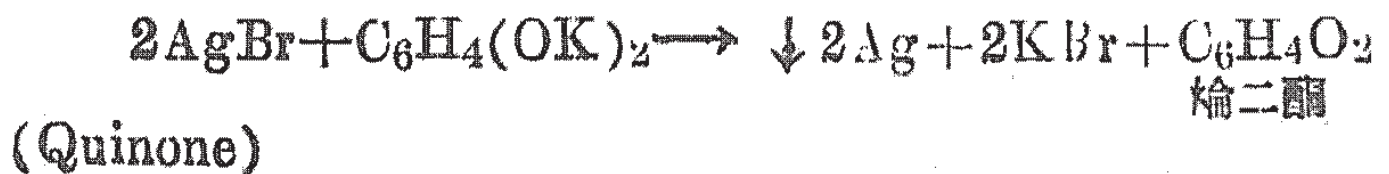
此等成鹽化銀特異之點在觸光線，漸起分解，而呈黑色如



若有能吸收溴素之物質如膠等存在，則其作用更顯著，攝影術 (Photography) 即利用此理也。

攝影術 攝影用之玻片或膠片，係以溴化銀與膠相混，塗於玻璃或假象牙 (Celluloid) 而成。溴化銀感光後，即應光之強弱而起變化，惟表面初不可見，須用還原劑處理之，使受光處銀質析出，而像始

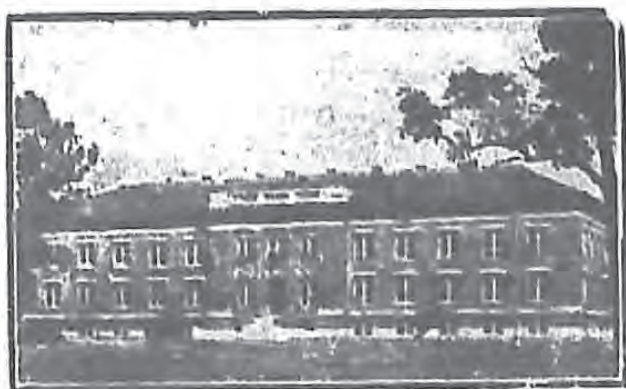
現：是為顯影 (Developing)。尋常之顯影劑為醌二醇 (Hydroquinone $C_6H_4(OH)_2$) 之鉀鹽，其與溴化銀之反應式如下：



再用抱硫硫酸鈉 (俗稱海波 "Hypo" $Na_2S_2O_3$) 將未受光之溴化銀洗去，是為定影 (Fixing)。其化學反應式如下：



如上所得玻片或膠片上之像，其明暗恰與實物相反，即實物之黑處，為片上之白處，實物之白處，為片上之黑處，故曰陰畫 (negative)，俗稱底片。再用



陽 畫 圖 173 陰 畫

一種溴化銀之感光紙置陰畫下，在日光或燈光中晒

之，則紙上亦起化學作用，如前法顯影定影，即得明暗與實物一致之畫稱為陽畫 (Positive)，即通常所謂像片 (Photograph) 是也。

第三節 金 (Gold Au)

(一)存在 金每為單體而產生於石英質巖石中，名曰山金。含金巖石崩壞後，而金粒常伴細砂沉沒於河流之底部，是曰砂金。黃銅礦，黃鐵礦及鉛礦中，有時亦混有之。

吾國產金，比較稱富。今之開採較多者，如黑龍江，西康，新疆，外蒙，等處大都皆出自砂金云。

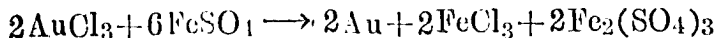
(二)煉金法 煉金之法大別為四種，茲分述之。

(1)淘砂法 取含金之砂，用流水傾瀉，則比重較輕之砂被淘去，而遺留金質。

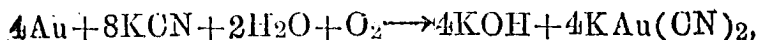
(2)混汞法 先將含金較多之礦石，碎成粉末，混和以水，使流過塗汞之銅版，則金粉與汞成汞膏，遺留於版上，砂，水及其他雜質均流去。次蒸餾所得汞膏，則汞化氣蒸出，而金留於蒸釜中。蒸餾後之汞，

仍可使用。

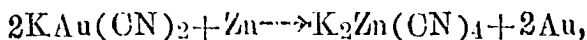
(3) 氯化法 凡含有金之黃鐵礦等用之。法取礦石，先經煨燒，次使潤濕，繼令與氯相作用，則化而生可溶於水之三氯化金，故可以水提出之，再加硫酸低鐵，則金析出，過濾而融熔之，即得純粹之金。



(4) 鑄化法 凡含金較少之礦物，或行混鍊法後所得之殘渣，均可用此法處理之。自此法盛行以後，世界產金之額頓增。法取粉碎之礦石，加入濃度 0.25%—1% 之鑄化鉀，KCN，溶液，而擱置之，藉空氣中氧氣之助，則細金溶解而成鑄化金鉀 (Potassium gold Cyanide $\text{KAu}(\text{CN})_2$)：



電解所得溶液，或加鋅入之，均可得純金。



(三) 性質及用途 金係輝黃色，質甚柔軟，極富延展性，比重為 19.3 融點為 1063°C 。金之成色，以開字 (Carats) 表之。純金為二十四開，平常裝

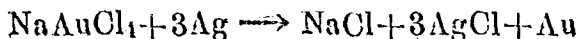
飾品所用之金，係十八開，意即金十八分而銅或銀六分也。美之金幣，由金九分與銅一分之合金製成；英之金幣由金十一分與銅一分之合金製成。

金化性安定，不受空氣，水蒸氣，氧，硫化氫及普通酸類之作用，惟能溶於王水而成金氯氫酸($\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 照相術上用之。又溶於蟾化鉀溶液而生蟾化金鉀，鍍金術上用之。又金之化合物，極易還元，浸他金屬於金鹽之水溶液則金析出，煉金及照相術均利用之。

(四)金之化合物 金有一價及三價兩系化合物，前者無甚效用，後者以金氯氫酸為最重要。

金氯氫酸 (Chlor-auric Acid $\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)。溶金於王水，蒸發其溶液即得，為黃色針狀之結晶。將此酸中和，即得黃色之金氯化鈉 ($\text{NaAuCl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。

照相術上氯化銀紙之調色法，恒用金氯化鈉溶液，一部分之銀即溶解而化代金，金即附着於片上之該部分：



此薄層之金，即使片上呈濃色。

金氯化氫酸緩熱之，即放出氯化氫而餘紅色結晶體之三氯化金(AuCl_3)。

第四節 鉑 (Platinum Pt.)

(一)存在 鉑往往與銻，鈮，銻等稀有金屬成合金，而混雜於河流之砂泥中。

(二)性質及用途 鉑為灰白色之金屬，比重為 21.45，富延展性，能凝結氧氣於其表面，又能溶解氫氣，研細之鉑，具此性質尤著。鉑之化性，與金相似，除王水外，不為普通化學藥品所侵蝕，且不易融（融解點 1755°C ），故常以之製坩堝，蒸發皿，及電極，細絲等。

(三)鉑之重要化合物 鉑與王水相作用，可製得鉑氯氫酸 ($\text{H}_2\text{PtCl}_6, 6\text{H}_2\text{O}$) 成紅褐色易潮解之結晶體。於其溶液中加鉀鹽或銻鹽之溶液，則生黃色之沈澱即氯化鉑鉀 (Potassium Chlorplatinate K_2PtCl_6) 或氯化鉑銻 (Ammonium Chlorplatinate) 分析化學上每用以鑑別鉀鹽或銻鹽。又將氯化鉑銻熱之，則分解

而成鉑海棉 (Platinum spongy) 化學上常用作觸媒。

第三十章之網要

名稱	符號	原子量	比重	融點	氧化物	
					一類	二類
銅	Cu	63.57	8.92	1083.0°	Cu ₂ O	CuO
銀	Ag	107.88	10.50	960.5°	Ag ₂ O	Ag ₂ O ₂
金	Au	197.20	19.3	1063°	Ag ₂ O	Au ₂ O ₃
鉑	Pt	195.23	21.45	1755.0°	PtO	PtO ₂

銅, 銀, 金, 鉑, 均係有強光澤之貴重金屬, 為熱及電之特殊良導體。其化性皆不甚活潑, 而以金, 鉑為尤甚。其在化代次序中皆位於氫下。故銅, 銀二者對於鹽酸或稀硫酸不起作用。惟熱濃硫酸可使二者各成硫酸鹽, 故出二氧化硫, 至於硝酸不論濃稀, 均能使變成硝酸鹽而放出氮之氧化物。金鉑二者, 除王水外不與平常之酸起反應。銅, 銀, 金, 鉑四者, 能製成各種合金為用甚廣。

鹼金屬與銅銀金等性質之比較：

鹼金屬

1. 極活動；易為空氣所氧化；能自化合物中置換其他金屬。
2. 均為一價，其成鹽化合物皆能溶於水中。
3. 氧化物及氫氧化物呈強鹼基性。
4. 從不見於陰離子中。

銅 銀 金

1. 甚不活動；僅銅可為空氣所氧化；其他金屬，多能置換之。
2. 銅有一，二價；銀一價，金具一，三價，其一價之氯化物皆不溶於水中。
3. 氧化物及氫氧化物呈弱鹼基性。
4. 常見於陰離子中。

習題

1. 許多銅鹽之稀溶液，俱呈藍色，何故？
2. 銀匙與蛋白質接觸，即逐漸變黑，何故？
3. 銅，銀，金等在自然界中，均有成單體者，何故？
4. 設計從銀幣中提煉純銀。

5. 以本會感光之膠片，侵於“海波”溶液中其結果如何？
6. 用我國銀幣一圓，可製硝酸銀若干重量？
7. 有十八開之金指環計重 5 公分，由此可製金氯氫酸若干重量？
8. 試舉出現時鉑之代用品數種。金能代鉑製實驗室中之器具？
9. 取銀礦 1 公分溶解於硝酸，次加適量鹽酸令完全析出氯化銀沉澱，權其重量為 0.788 公分。求此礦石含銀之百分數。
- 10 試用方程表示由銀製備下列各種化合物：
硫化銀 氯化銀 硝酸銀 磷酸銀

第三十一章

錫 及 鉛

第一節

錫 及 其 化 合 物

(一)錫

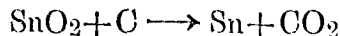
1. 所在

錫之天然產出者多係氧化物 SnO_2 ，名爲錫石。世界產錫區域以馬來半島，南非洲之玻利非亞西非洲之奈機利亞與美國之康瓦爾爲最盛。

中國產錫之處以雲南及湖南爲最多。廣東，廣西亦有出產。

2. 冶煉法

將礦石所含之泥土，極力除去，加碳混合，置爐中熱之，則起還原作用。其反應之方程式如下：



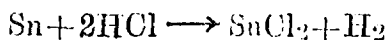
煉錫困難之點，在於除鐵，市上所售之錫常含鐵質。故錫常再加熱使其半熔以提煉之；此時純錫先熔，

可由濁質中傾出。

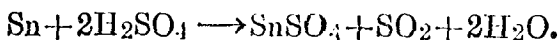
3. 性質

純錫爲銀白色軟性金屬。易熔，密度爲 7.31。當展成極薄之片，謂之錫箔；

於通常境遇時，錫不爲空氣或濕汽所變化，但在高溫則燃燒而成二氧化錫。稀酸幾不能使生作用，然濃酸極易使起變化。濃鹽酸使之變爲氯化物：



與硫酸作用，則成硫酸亞錫及二氧化硫；



濃硝酸使之氧化，成一種白色不溶解之化合物 H_2SnO_3 ，名曰縮原錫酸。(metastannic acid)。

4. 用途

大量錫用於製造馬口鐵。法以鐵之薄片浸於已熔之錫中即成。因錫對於空氣及弱酸有抵抗力，故用馬口鐵作屋頂及罐頭，烹飪器具，以及其他家用物件等，錫能成多種有用之合金，以青銅，礮銅，白鑲，軟鐵，及含鉛錫箔等，皆爲錫與鉛之合金。又錫與水銀之合

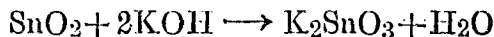
金塗於玻璃板之一面，可成照面鏡。

6. 馬口鐵生銹

若馬口鐵所包之錫，擦破見鐵，則鐵之生銹，比未包錫者更速。此因錫與鐵二金屬及水汽構成一電池，與丹尼爾電池相似，而池中之金屬在電化次序中之位置較高者被侵蝕故也。如鋅塗鐵，則鋅先生銹，而鐵非至鋅全行銹盡不致腐蝕。

(二) 二氧化錫 SnO₂ (Stannic Oxide)

天然產者為晶體，實驗室燃錫所製成者為白粉。若與氫氧化鉀熔合，則成錫酸鉀：



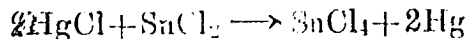
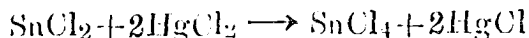
(三) 氯化錫 (SnCl₂及SnCl₄)

以錫溶於濃鹽酸中，所成溶液蒸發之使結晶，所成晶體即為含水之二氯化錫，其式為 SnCl₂·2H₂O。以王水加入二氯化錫之溶液，則成四氯化錫：



由此溶液所結成之晶體，其組成為 SnCl₄·5H₂O。若以單體之錫置於乾燥之氯中加熱，則成無水氯化物 (SnCl₄)，此物露於空氣中則盛發烟霧。二氯化錫為

極良之還原劑。茲示昇錫被還原之方程於下：



錫之氯化物亦可用作媒染劑。

第 二 節 鉛 及 其 化 合 物

(一) 鉛

1. 所在

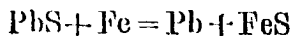
天然產出之礦石有方鉛礦 (PbS)，白鉛礦 (碳酸鉛)，硫酸鉛礦等。其中以方鉛礦為多而且重要。

世界產鉛區域，以澳洲之新南威爾斯，西班牙之東南部，美國之密蘇里省及愛達利省四處為著名。

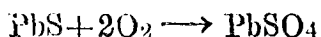
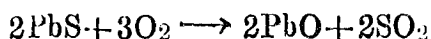
湖南省水口山為中國產鉛最著之區，每日煉製之鉛有二十噸之多。

2. 製法

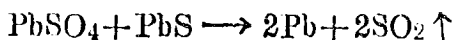
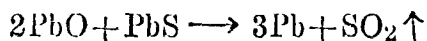
(1) 將硫化鉛加鐵熱之，則鉛即分出，沉於爐底，可使之流出而取之，其變化之方程式如下：



(2) 將硫化鉛先在空氣中加熱，則有一部分因氧化而變成氧化鉛及硫酸鉛：



次將此混合物密閉器中（祇留放出 SO_2 氣之小孔），使空氣不得入內，而後再熱之，則 PbO 及 PbSO_4 與未變之 PbS 起作用；而 Pb 即分出：



3. 性質

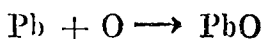
鉛係青白色之金屬，質頗柔軟，有展性，易熔為液體（ 327.5°C ），在空氣中易受氧化而成藍灰色。鉛與常溫稀鹽酸及硫酸均無作用，在熱硝酸中能溶化。

4. 用途

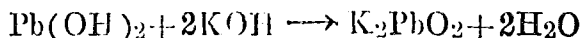
- (1) 用製硫酸之鉛室。
- (2) 用作鉛彈及水管。
- (3) 與銻成合金，製造鉛字（有時加錫）。
- (4) 錫與鉛之合金為鐳鐵。

(二) 氧化鉛 (Oxides of lead)1. 一氧化鉛 (PbO) (lead monoxide)(1) 製法

將鉛在空氣中加熱，使溫度不甚高，則成一氧化鉛：

(2) 性質

PbO 爲黃色固體，能溶於強鹼及硝酸中。

(3) 用途

造火石玻璃及磁釉時用之。

2. 紅鉛或鉛丹 (Pb₃O₄) (Red lead)(1) 製法

鉛在空氣中，熱至高溫度，即得 Pb₃O₄

(2) 性質

鉛丹係紅色粉末，不溶於水，熱之變黑色，冷則復變紅。

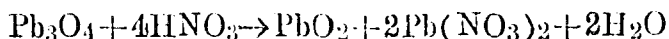
(3) 用途

用作顏料；又與胡蘆子油用混合，可用以接鋁氣管。

3. 二氧化鉛 (PbO_2) (lead dioxide)

(1) 製法

鉛丹加沸騰之硝酸，則得二氧化鉛之沉澱：



(2) 性質

二氧化鉛爲黑褐色粉末，不溶於水，然能溶化於鹽酸及硫酸中， $\text{PbO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ 。

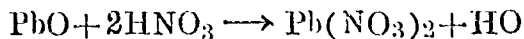
(3) 用途

PbO_2 用於油漆及蓄電池。

(三)能溶解之鉛鹽

1. 硝酸鉛(lead nitrate)

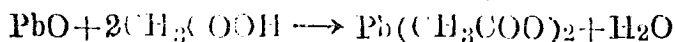
PbO 與硝酸作用即得：



$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 係白色結晶體，能溶於水。

2. 醋酸鉛(lead acetate)

PbO 與醋酸作用，即生成醋酸鉛：

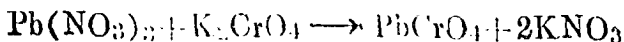


醋酸鉛係白色結晶體，能溶於水。

(四)不溶解之鉛鹽

1. 鉻酸鉛(Lead Chromate) PbCrO_4 (鉻黃)

將能溶化之鉛鹽，加以鉻酸鉀，則成黃色之沉澱：



鉻酸鉛不溶於水，但能溶於鹼中。用作黃色油漆顏料。

試驗：取布一方，洗濯乾淨，先浸入醋酸鉛溶液中，次取出投入鉻酸鉀溶液中，何如？最後投入鹼水中又何如？

2. 碳酸鉛 PbCO_3 (Lead carbonate)

加碳酸銣溶液於鉛鹽溶液，則生碳酸鉛沉澱，與天然之白鉛礦成分相同；更加碳酸鈉，則析出白色之鹽基性碳酸鉛，其成分大畧為 $(\text{PbCO}_3)_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH}_2)$ ，俗稱鉛白 (Lead white)，可為顏料。古時化妝用白粉，多係此物，不特有毒，且遇硫化氫則變色，故常以鋅白及硫酸鋇代之。

鉛白與桐油，亞麻仁油等乾性油相混，可煉成白色塗料。

第三十一章之綱要

名稱	符號	原子量	密度	融點	氧化物
錫	Sn	118.70	7.31	231.8	SnO SnO ₂
鉛	Pb	207.20	11.34	327.5	PbO Pb ₃ O ₄ PbO ₂

雲南及湖南產錫石最多。與碳共置爐中灼熱之，則錫石被還原而成錫。

錫在空氣中不受氧化，故用塗鐵面，而製成各種用具。

湖南之水口山產鉛極富，製鉛彈，鉛管，鉛字，鉛室等，皆用之。

鉻黃為重要之黃色顏料，用硝酸鉛加鉻酸鉀以製之。

習 題

1. 紙烟用錫箔包裹，有何利益？
2. 將錫石一噸還原，能得錫若干重量？
3. 製硫酸時，所用之鉛室被酸侵蝕否？
4. 硝酸鉛溶液加碳酸鈣，生成何物？試用方程式表明其變化。
5. 試就白色顏料，比較鉛白與鋅白之優劣。
6. 欲驗化粧用之白粉有無鉛質，當用何法？
7. 試就下列化學變化，計算鑄鐵中所含純鐵之百分數。 $\text{鑄鐵} \xrightarrow{\text{HCl}}$
 $\text{FeCl}_2 \xrightarrow{\text{Cl}} \text{FeCl}_3 \xrightarrow{\text{SnCl}_2} \text{FeCl}_2$
 鑄鐵之重……1g SnCl₂之重量……1.66g
8. 有鉛白1g溶解於醋酸，發生二氧化碳5 lcc(標準境遇)求此種鉛白所含純鉛之百分數。

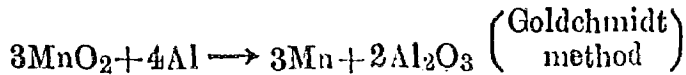
第三十二章

錳 銻 鎢

第一節 錳 (Manganese, Mn.)

(一)所在 此原質廣佈於天然界，其最重要礦石爲軟錳礦(Pyrolusite MnO_2)及菱錳礦(Rhodochrosite $MnCO_3$)。

(二)製法 以軟錳礦混合鋁粉，加熱使之還原即得。



(三)性質 錳爲灰白色之金屬，質硬而脆。化性似鐵；置濕空氣中，其表面即氧化，在粉狀時，能使沸水分解，溶於酸則成低錳鹽而放氫。

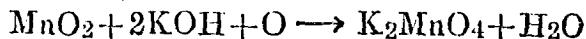
(四)錳之化合物 錳之原子價有二，三，四，六，七，五種，故其氧化物甚多，如 MnO ， Mn_2O_3 ， MnO_2 ， Mn_2O_5 ， MnO_3 Mn_2O_7 等是。具六七價者具有成酸之作用，其餘概具成鹽基之作用，故錳爲既可成鹽基 (Base-forming)，亦可成酸 (Acid-forming) 之

元素。

(五) 含成鹽基之錳之化合物 此類化合物中之重要者爲：二氯化錳 ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，一硫化錳 (MnS)，硫酸低錳 ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，碳酸低錳 (MnCO_3)，二氫氧化錳 ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) 等。低錳鹽多呈玫瑰紅色，其化性與低鐵鹽甚相似。

(六) 含成酸之錳之化合物 錳有二系不穩固之酸，即錳酸 (H_2MnO_4) 及過錳酸 (HMnO_4) 是也。兩者所成之鹽，較稍安定，且甚重要。

(七) 錳酸鉀 (Potassium Manganate) 以二氧化錳，苛性鉀，及氯酸鉀(氧化劑)混合溶化，則成綠色之錳酸鉀 (K_2MnO_4) 乃不穩固之錳酸鹽。



錳酸鉀爲深綠色之晶體，與氫氧化鉀之溶液不起變化，但遇水則起可逆反應而生過錳酸鉀：



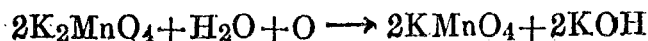
試驗 於製磁坩堝中，盛 KOH 5g， KClO_3 25g，及 MnO_2 5g，混合加熱而攪拌之，試察其效。放置冷卻後加水少許，液呈綠色是爲

K_2MnO_4 溶液。

將所得 K_2MnO_4 溶液，分盛兩試管，一管注水多量，他管滴加硝酸，則溶液均呈紫色，是即生成過錳酸鉀之證。

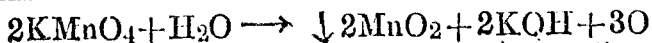
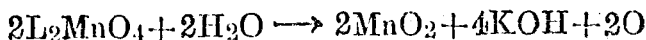
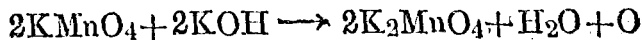
(八) 過錳酸鉀 (Potassium permanganate)

將錳酸鉀溶解於水，再使水電解，則於陽極放氧，此氧與錳酸鉀作用，而生過錳酸鉀：



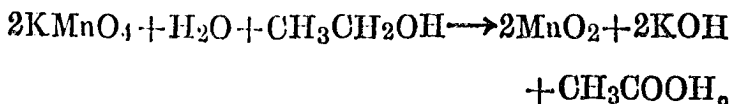
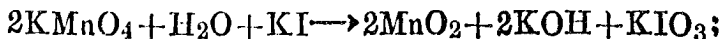
過錳酸鉀為紫黑色之針狀結晶，極易溶解於水而成紫色溶液，有特著之強氧化性，所用溶液有二種：即(1)在鹼性或中性溶液中，(2)在酸性溶液中。

(1) 在鹼性或中性溶液中之氧化作用 過錳酸鉀之鹼性或中性溶液，當伴有還原劑時，則初成綠色之錳酸鉀，繼析出棕色之二氧化錳，而液呈無色。其反應為：



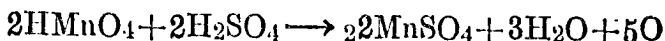
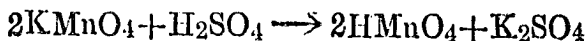
即在鹼性或中性溶液中，二分子過錳酸鉀，能放

出三原子氧，以呈氧化之作用，例如過錳酸鉀之鹼性溶液能令碘化鉀氧化而成碘酸鉀；能令酒精氧化而成醋酸是也。



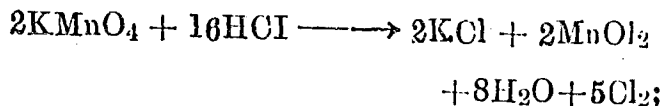
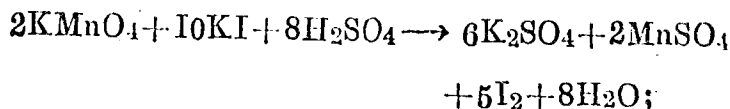
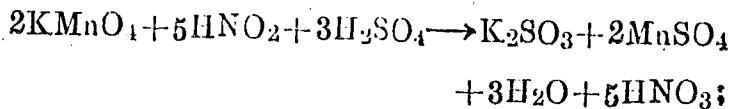
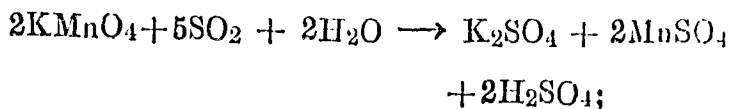
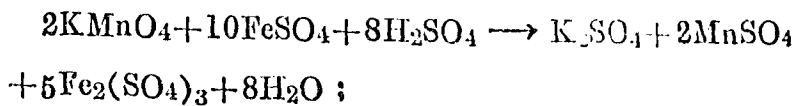
試驗：試管盛過錳酸鉀之鹼性溶液約 5c.c. 加入碘化鉀溶液少許而微熱之，則液初呈綠色，繼成無色，而析出棕色沉澱。另以酒精易碘化鉀，依法試之，而察其效。

(2) 在酸性溶液中之氧化作用 過錳酸鉀在酸性溶液中，當伴有還原劑時則還原而成低錳鹽，並於二分子過錳酸鉀中放出五原子氧：



此種發生機之氧，立呈氧化之作用；例如過錳酸鉀之酸性溶液，能令低鐵鹽氧化而成高鐵鹽；能令二氧化硫氧化而成硫酸；又令亞硝酸鹽變成硝酸鹽；由

碘化鉀中遊離碘素；由鹽酸中製出氯氣，皆賴乎此酸性溶液之作用也。其反應式如下：



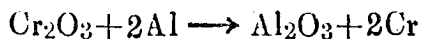
試驗： 試管盛過錳酸鉀溶液少量，入硫酸數滴，並加新製硫酸低鐵溶液少量微熱之則紫色立褪。另以碘化鉀溶液替代硫酸低鐵，依法試之。最後加入澱粉漿數滴，立呈深藍色。

第 二 節 鉻

(一)所在 鉻於自然界中，為鉻鐵礦(Chronite, $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)，鉻酸鉛礦 (Crocorite, PbCrO_4) 等而產。

出。

(二)製法 與製錳同，將鉻之氧化物與鋁粉共熱之即得。



(三)性質及用途 鉻為質堅而有銀白色之金屬。於常溫時在空氣中不起變化，然在高溫，則燃燒甚烈而生三氧化二鉻 (Cr_2O_3)。與硝酸不起作用，但能溶解於稀鹽酸及硫酸，放氫而成低鉻鹽。

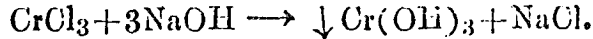
鉻與鐵之合金，稱為鉻鋼 (Chrom-Steel) 硬度極大，用以製造軍艦之鐵甲及其他機械器具。

(四)鉻之化合物 鉻之原子價有二，三，六三種。前二者化合物具有成鹽基性之作用，後者具有成酸之作用，此等性質與錳相似。

(五)含成鹽基之鉻之化合物 此類化合物中，鉻具有二價與三價者，前者不易製，亦不重要；後者之最緊要者為三氫氧化鉻，硫酸高鉻及鉀鉻明礬等。

(1) 三氫氧化鉻 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 高鉻鹽溶液內入苛性鈉或氫氧化銨少量，則生灰綠色膠狀沉澱，即三氫氧

化鉻是也。

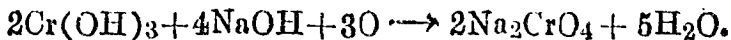


此物爲一種媒染劑，能溶解於過量之鹼及酸中，與氫氧化鋁同。

(2) 硫酸高鉻 ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) 及 鉀鉻明礬 ($\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 此鹽係紫色晶體溶於冷水中，成同色之溶液，熱之即變綠色，因其成鹽基性鹽故也。硫酸高鉻似硫酸鐵與硫酸鋁能與鹼金屬之硫酸結合成明礬。其中最著名者，係鉀鉻明礬及鉍鉻明礬。此二者係美麗之紫色結晶，鞣皮工業及攝影術上均用之。

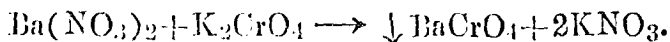
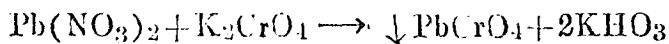
(六) 含成酸之鉻之化合物 鉻似錳，能成二種不穩固之酸，即鉻酸及重鉻酸。其所成之鹽，均爲重要之化合物。

(七) 鉻酸鹽 (Chromates) 鉻之化合物，與鹼及氧化劑相熔合，則成鉻酸鹽。此反應與製錳酸鹽時相似。例如：



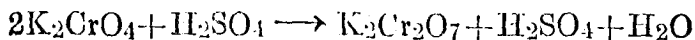
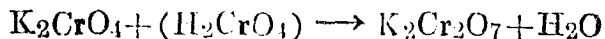
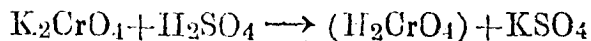
鉻酸鹽多呈黃色。鉻酸鉀 (KCrO_4) 及鉻酸鈉

(Na_2CrO_4) 均易溶於水，但其他鉻酸鹽多不溶解。例如鉻酸鉍之溶液，加以磷酸鉍，或硝酸鉍之溶液，均析出黃色之沈澱：

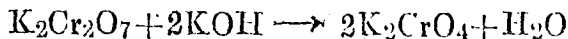


此種反應為分析上檢查鉛或鉍之一法。

鉻酸鉀溶液呈黃色，加以酸類，則忽變為橘紅色，因生成重鉻酸鉀 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 故也：



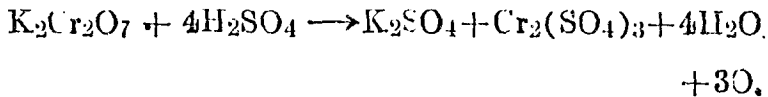
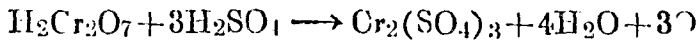
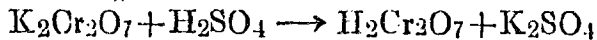
此橘紅之溶液中，再加以鹽基類復變為黃色之鉻酸鉀。



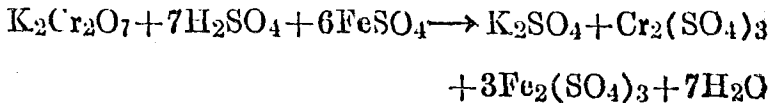
試驗：試管盛鉻酸鉀溶液約 5c.c.，加入硫酸數滴，則溶液變為紅色，次再加入苛性鉀溶液，則溶液復呈黃色。

(八) 重鉻酸鉀 (Potassium dichromate) 重鉻酸鉀，係橘紅色晶體，用以製革，染色，及漂白油

質，並用以製鉻化物及顏料，又用作氧化劑，因其與硫酸作用能於一分子中，放出三原子氧：



但須伴有還元劑，方起以上之反應。茲舉硫酸低鐵爲例以表示其變化如下：



第 三 節

鎢 (Tungsten)

(一) 鎢之製法

用天然產出之鎢酸鹽類爲原料，使之變成氧化鎢。再將氧化鎢灼熱於氫中，則氧化鎢還元而得鎢。

(二) 鎢之性質及用途

鎢爲鋼灰色，質重而硬，可抽成極細之絲(0.3公釐)，此種絲現今廣用於白熱燈之細絲以代炭絲，其熔點甚

高 (3000°)，發出一定燭光之光，耗電甚少。鎢絲用之効力幾三倍於舊式炭絲之燈。近年以鎢替代鎢，用於電機之接觸片，電話之振板(Jack)，自動車之振動器(Vibrator)，推廣甚速。鎢鐵合金用於製特種鋼，可熱至赤紅，仍不失其硬度，常用以製造車床工具等。鎢之化合物，用於製造防火布及油漆與陶器之顏料，並可用作媒染劑。

第三十二章之綱要

名稱	符號	原子量	密度	熔點	氧化物	酸
錳	Mn	54.93	7.2	1260°	MnO, Mn ₂ O ₃ (鹽基性) MnO ₂ , Mn ₂ O ₇ (酸性)	H ₂ MnO ₄ , HMnO ₄
鉻	Cr	52.01	7.1	1615°	Cr ₂ O ₃ (鹽基性) CrO ₃ (酸性)	H ₂ CrO ₄ , H ₂ Cr ₂ O ₇

錳與鉻均係既可成鹽基，亦可成酸之元素。其所成之酸均不安定，然其鹽類則頗穩固。

過錳酸鉀，鉻酸鉀及重鉻酸鉀均為強氧化劑。

鎢之用途：電燈之細絲；電機之接觸板；電話之

振板：自動車之振動器及特種鋼。

習 題

1. 試述錳之合金及其用途。
2. 試以方程表示錳之氯化物，硫酸鹽，硫化物，碳酸鹽及氫氧化物等之製法。
3. 書出錳酸鉀與硝酸之反應方程。
4. 書出草酸 ($C_2H_2O_2$) 因過錳鉀加硫酸而氧化之方程式。
5. 鐵10公分，溶解於硫酸內，因過錳酸鉀氧化而成硫酸高鐵。

問該端氧化劑若干重量？

6. 書出下列各反應方程：
 - a. 鹽酸 + 過錳酸鉀
 - b. 鹽酸 + 鉻酸鉀
 - c. 硫化鐵 + 硫酸錳
 - d. 硫化鐵 + 硫酸鉻
7. 錳酸鉀與過錳酸鉀何者較為穩固？
8. 鉻酸鉀與重鉻酸鉀之組成與性質有何區別？
9. 取某種鐵礦 0.2g 溶解於硫酸；所得硫酸低鐵，再用過錳酸鉀氧化而成硫酸高鐵。今需用過錳酸鉀溶液 20c.c. (其溶液濃度係用

過錳酸鉀 3.16g 溶解於水一公升內而成)，求此鐵礦中所含純鐵之百分數。

第三十三章

放射性原質及原子之構造

(一)放射性原質 (Radioactive Elements)

1878年英國物理學家克魯克斯 (Sir William Crookes) 氏試驗在真空管放電時，發現陰極放出一種輻射線，使對壁現出青綠色之螢光，如中途用一遮板隔斷，對壁即顯出一遮板之陰影與通常光線相似，但若在中途受一磁石之作用，其進路即生彎曲。(圖175)

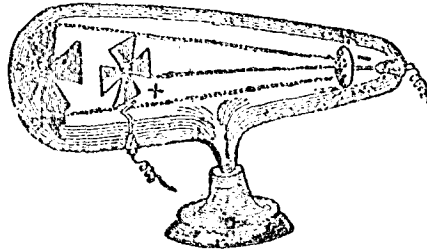


圖 174 陰極線之直進

由其彎曲之方向，可推知其為帶有陰電之細微物質，是即電子 (Electrons)，其質量約為一氫原子之 $\frac{1}{1865}$ 。此種輻射線，通常稱為陰極線 (Cathode ray)。

陰極線與玻璃管壁或鎢板衝突後，即由衝突面發出

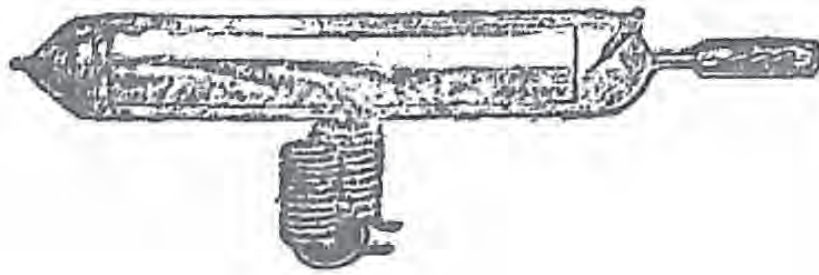


圖 175 陰極線受磁石作用而變方向

另外一種輻射線，（圖176）其波長小於紫外線，為目力所不能見；若用一螢光板（Fluorescence Screen）或照像用之乾板承受，皆能檢出。此種輻射線於1895年由

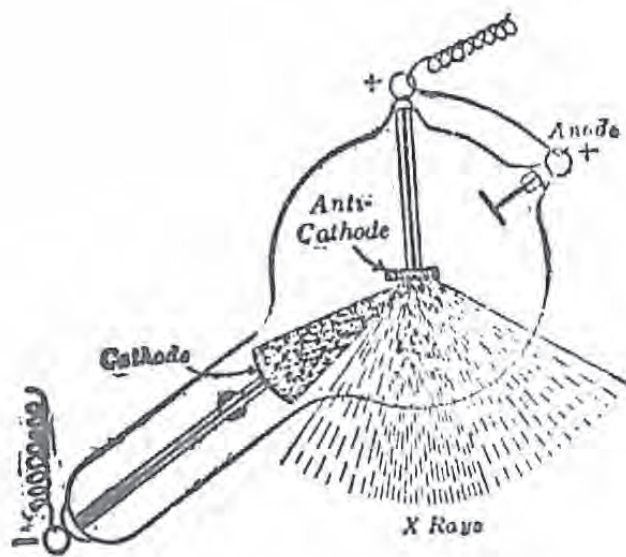


圖 176 樂琴線



圖 177 樂琴線透過物質之現象

德國物理學家樂琴氏（Wilhelm Konrad Roentgen）所

發見，初因不詳其性質，稱為×線，現今通稱為鑷琴線線。通常光線所不能通過的物質，鑷琴線皆能透過，（圖177）醫術上用以檢查人體內之患處。其後法國物理學家貝克萊爾（Becquerel）氏乃疑及一切能發螢光或磷光之物質，或亦能發有相類似之射線，於1896年發見鈾（Uranium, U）或鈾之化合物，裹黑紙內，亦能感變照像乾片，或將其移近已經充電之驗電器，（圖178）則金箔立即垂下，此乃表示該物質周圍之空氣，已成為導體故也。

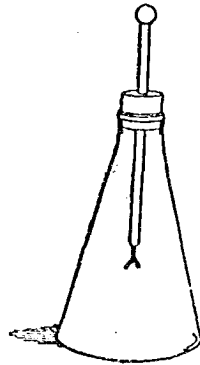


圖 178 檢查放射性物質

其後查悉釷（Thorium, Th.）亦有相同之性質。自是以來，各種原質之具有相同之性質而經發見者踵相

接也，其中以鐳 (Radium, Ra.) 爲最著。此種性質名曰放射性 (Radioactivity)，此種原質謂之放射原質。



圖 179 居禮夫人



圖 179 居禮夫人之工作



1921年美國婦女贈送居禮夫人之禮物(溴化鐳)

鐳之發見，有足記者。波蘭物理學家居禮夫人 (Madame Curie) 研究釷礦物之放射性，發見釷礦之放射性，較純釷強四倍，遂疑其中尚含有放射性較釷更強之物質。於是夫婦二人，攻究巨量釷礦之渣滓，卒得一種新原質之氯化物少許，此新原質名曰鐳，氯化鐳之放射性，為釷之3,000,000倍。

居禮夫人於1910年始得鐳之單體，極與鋇相似，其原子量為226，融點為700°。全世界今日製得之鐳不過百公分，氯化鐳現價，每公分約值美金九萬圓。

(二) 鐳之特性

鐳之放射作用，為其他尋常原質所無。此種作用，實係原子內部之一種作用，故為近世化學家所極注意者。茲將鐳之特性述之於下。

(1) 鐳能放光與熱 鐳能自行發光，故置於黑暗處亦能見之。此種光亮，並非因有何種化合作用而致發生者。又鐳能自行發熱，且能而耐久。此種熱力，亦非因有何種化合作用而發生。考得鐳重量一公分每時發生熱量120 Cal，且能保持二百五十年。

(2) 鐳能使空氣變爲傳電體 考尋常之空氣，係一種非傳電體，然若將鐳置空氣中，則隣近空氣，立即變爲傳電體。

(3) 鐳之蛻變 鐳雖爲具有特性之元素，然徐徐蛻變，此實異事。鐳變成二種別元素，其一爲氮，其二爲氣。此二元素，屬於空氣中不活潑之氣體。氮再分解爲氮，及一別種元素，名曰鐳 A。同樣繼續蛻變，許多次後，最後似成鉛。

此種蛻變之中，有二種不同之微粒，以絕大之速度放出(1)其一種謂之(α)線，成自荷正電之氮原子，此原子之運動速度，每秒二萬哩；(2)又一種謂之(β)線，成自細粒，此微粒重量，約爲氫原子之 $\frac{1}{1845}$ ，荷負電。此等微粒普通稱之曰電子，其速度每秒十萬哩。更有第三種放射線，名(γ)線，此非成自物質微粒，而成自能媒中之波如光者。 γ 線極與克魯克斯管中之X線相似，而強度則遠過之。

三種射線，對通過不透光之物質，其強度各不相同， α 線透過力最小，被阻於紙片， β 線較大，但爲

金屬薄片所隔斷； γ 線透過力最大，能透過較厚之金屬片。

三種不相同線之存在，可用下法確證之：鉛片（圖180）中鑿孔，以富於鐳之物質少許置於孔底，將隔絕光線之撮影片，安於鐳上稍遠之處，正負磁極排於孔之兩旁稍上。從鐳發出之線，如來福槍之彈由孔中射出。荷正電之 α 線，因負磁極之吹引，彎曲其徑路，而荷負電之 β 線，因正磁極之吸引，彎曲其徑路於反對之方向，且其彎曲度更甚。 γ 線則全不屈曲。將撮影片顯影，則 α 線及 β 線屈折之度可以測量，而由此測量，即可決定該二種微粒之相對的質量與電荷。

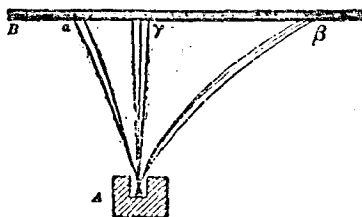


圖 180 放射性物質所放之三線圖

(三)放射線之效能

放射線雖可分為三種，然其效能則由於全體之作

用。種種物質如鹼金屬，鹼土金屬，紙，棉，金鋼石等，入放射線中，均顯螢光。放射線中以有 γ 射線之故，能使空氣起游子化作用，而變為傳導體。放射線對於化學原質及化合物亦起特殊之變化，如可使氧變為臭氧，黃磷變為赤磷，又可使硫化氫，二氧化硫及水等分解。

下等生物如黴菌等，遇放射線即死。平常人身皮膚與之相接觸，雖僅數分鐘，可致潰爛，惟為隱傷，久而始顯。以之治內癰，結核，麻瘋等病，大有效驗云。

(四) 原子分解學說

放射性之原質，其原子中，何以發生變化，且何以能逐步變化，成他種原質，而顯特異之現象耶？雷福氏及蘇代氏 (Rutherford and Soddy)，曾首先倡議一種學說，名為原子分解學說 (Disintegration theory)，以解釋此種現象。此種學說，頗為現時化學界所公認。茲特將其要畧，述之如下。

查放射性原質所成之化合物如溴化鐳 (RaBr_2) 確

酸鐳($\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$)之類，其放射作用之濃淡，全視其中所含鐳原質之多寡而異，決不因該鐳原質究與何種他原質化合，或若干之他原質化合，而稍致不同。可見放射作用，全係原子內部之作用，而非分子之作用。雷福及蘇代氏，以為原子尚非最小及最終之物質，每一原子，尚為無數之甲乙二種微小質點所組織而成。甲種負有陽電性，而乙種則負有陰電性，尋常原質之原子，其組織不甚穩固，以致無論何時，常有少許之原子，自行分解，而將微小之質點，向外射出。故放射性之原質，能發生放射線也。蓋所謂放射線者，即此種飛行極速射出之微小質點所致者也。若射出之微小質點，係負有陽電之甲種質點，則即成為 α 放射線；若射出之微小質點，係負有陰電之乙種質點，則即成為 β 放射線。至前言之 γ 放射線(γ ray)，則據多數化學家之意見，係 β 微小質點，向外放出時，接觸於其周圍之固體物上所起之波浪作用。故 γ 放射線，常隨 β 放射線而發生也。

有放射性原質之原子，將甲種微小質點或乙種微

小質點放出後，則其原子之組織，自與前不同，而成爲一種新原質。鐳原質之變爲氡原質，即係此故。蓋鐳原質變爲氡時，有甲種放射線放出，可知鐳原質放出一甲種微小質點後，即成爲氡也，考氡原子之組織仍不穩固，復可放出一甲種微小質點，而成爲鐳甲 (Radium A)，鐳甲仍不能永久保其穩固，復放出一甲種微小質點，而成爲鐳乙 (Radium B)。鐳乙更放出一乙種微小質點，(同時有丙種放射線發生。)而成爲鐳丙，(Radium C)。加此逐漸變化，以成多種之物質。而此外他種之放射原質，例如鈾，釷等類，亦均有此種不能永久保守平穩，致逐漸遞變成他種物質之現象。故此種遞變而成他種物質之現象，乃所有各種放射原質之公現象也。蓋放射原質之所以有放射性者，全在其原子分裂而放出微小點之故。放射原質之原子，既必將微小質點放出，則所有各放射原質，自均能顯遞變而成他原質之作用也明矣。

(五) 原子構造 (Atomic Structure)

現代化學家對於原子 構造之研究，於理論上，

實驗上，藉以解釋種種化學之作用，爲助不少。

依美國化學家路韋氏及拉謨氏 (Lewis and Langmuir) 學說，謂原子內含正電之核 (Positive nucleus)，外繞以負電之微粒；核內正電之單位，稱爲正電子 (Proton)，外緣負電之單位稱爲負電子 (Electron) 或簡稱電子。原子之質量，多屬於核，電子繞核旋轉，正如行星之繞日然。諸電子電量之總和，與原子核所含自由正電之總量恒相等。“原子數”(Atomic number) 者，即核內所含自由正電子數，亦即等於外緣所包電子之數也。各種原子之原子數，各不相同，1912年曾由英國物理學家墨恩來 (Mosely) 用實驗方法測定之。其後史底華 (Stewart) 氏將所有原素依原子數多寡排列，作成下表：

(六) 電子之排列

觀上表氫原子之核，含有一正電子，其外繞以一負電子，氦(He)繞有2電子，相對而列。因氦爲惰性氣體(表之末行)之一，不起化學作用，可推知其原子組織，甚爲穩固，既不由內失去電子，亦不自外獲得電子。

1	H	2	He
3	Li	5	B
4	Be	6	C
11	Na	7	N
12	Mg	8	O
13	Al	9	F
19	K	10	Ne
20	Ca	14	Si
21	Sc	15	P
22	Ti	16	S
23	V	17	Cl
24	Cr	18	Ar
25	Mn	36	Kr
26	Fe	37	Rb
27	Co	38	Sr
28	Ni	39	Y
29	Cu	40	Zr
30	Zn	41	Nb
31	Ga	42	Mo
32	Ge	43	Tc
33	As	44	Ru
34	Se	45	Rh
35	Br	46	Pd
36	Kr	47	Ag
37	Rb	48	Cd
38	Sr	49	In
39	Y	50	Sn
40	Zr	51	Sb
41	Nb	52	Te
42	Mo	53	I
43	Tc	54	Xe
44	Ru	55	Cs
45	Rh	56	Ba
46	Pd	57	La
47	Ag	58	Ce
48	Cd	59	Pr
49	In	60	Nd
50	Sn	61	Pm
51	Sb	62	Sm
52	Te	63	Eu
53	I	64	Gd
54	Xe	65	Tb
55	Cs	66	Dy
56	Ba	67	Ho
57	La	68	Er
58	Ce	69	Tm
59	Pr	70	Yb
60	Nd	71	Lu
61	Pm	72	Ce
62	Sm	73	Pr
63	Eu	74	Nd
64	Gd	75	Pm
65	Tb	76	Sm
66	Dy	77	Eu
67	Ho	78	Gd
68	Er	79	Tb
69	Tm	80	Dy
70	Yb	81	Ho
71	Lu	82	Tl
72	Ce	83	Pb
73	Pr	84	Bi
74	Nd	85	Po
75	Pm	86	At
76	Sm	87	Ra
77	Eu	88	Ac
78	Gd	89	Th
79	Tb	90	Pa
80	Dy	91	U
81	Ho	92	
82	Tl		
83	Pb		
84	Bi		
85	Po		
86	At		

氦繞有10電子，其組織亦穩固，可推知其原子之構造，係於保持氦之形式外，再繞成含有8電子之第二圈，如圖181所示。依同理A(18)原子之構造，於保持氦之形式外，另繞成含有8電子之第三圈。又 Kr(36)之第四圈Xe(54)之第五圈其所含電子之數均為18，Nt(86)之第六圈為32。

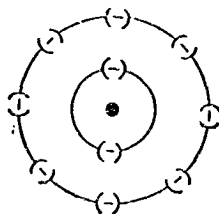
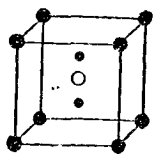


圖181 氬原子之構造

氦與氦之中間有七原素，其原子構造，皆不穩固，例如鋰之原子數為3，其原子構造於保持氦之形式外，其第二圈僅含有一電子，易於散逸。其他含有4, 5, 6, 7, 8, 及9個原子數者，其第二圈含有2, 3, 4, 5, 6, 及7個電子，皆不能完成第二圈之組織，故皆不穩定。茲就鋰，碳及氮三原子之構造，圖示於下：圖182

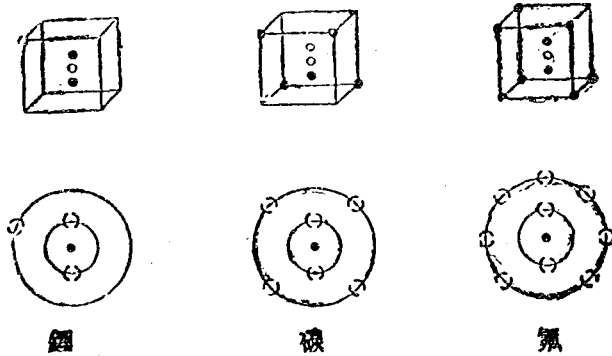
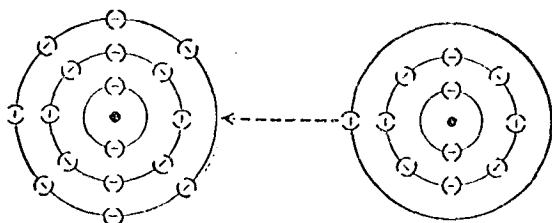


圖 182 鋰碳氟三原子之構造

含有11—17原子數之原子，其原子之構造，於保持氦之形式外，兼繞有不完成第三圈之電子，餘可類推。

(七) 原子構造與原子價

凡在不完成之外圈，可以失去或獲得電子，以達完成穩固之狀態。例如鈉（11）與氯（17）相作用，鈉原子外圈之一電子，移於氯之第三圈上，則兩者均呈完成穩固之狀態，化合而成爲氯化鈉。其變化如圖 183。



氯原子 圖 183 鈉原子

鈉原子之核，原含有11個自由正電子，但一經與氯化合，則其外緣僅共有10個運行之負電子，故其結果鈉呈一正價。反之氯原子之核原含有17個自由正電子，但在氯化鈉內，則其外緣共有18個運行之負電子，故其結果氯顯一負價。

凡在一種化合物內，某種原素之正價數，即表示該原素失去電子之數；某種原素之負價數，即表示該原素獲得之電子數。

(八) 原子構造與電離

當電解質電離時，其所生之遊子，與原子之構造，極於關係。例如氯化鈉電離時，各原子均呈有穩固自存之傾向，故其內部電子或得或失，遂成遊子，觀下圖184便可瞭然。

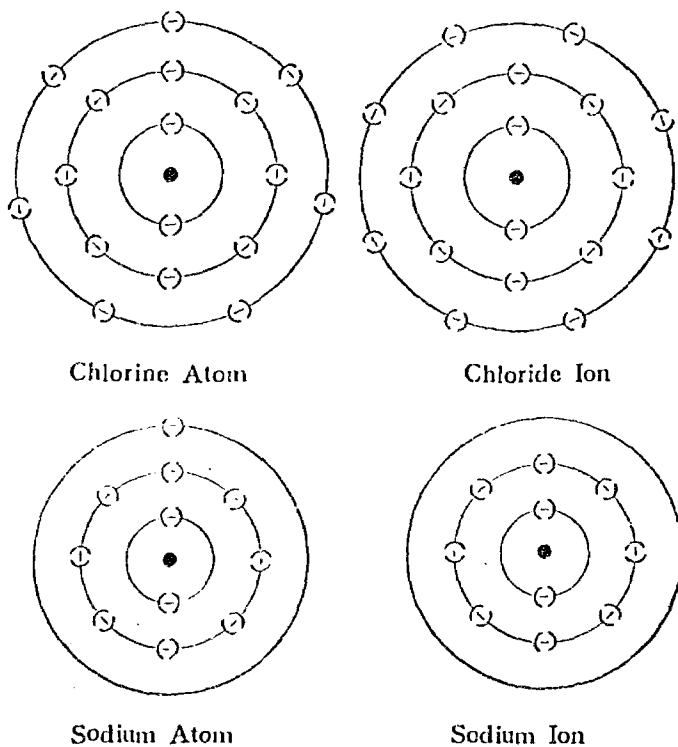


圖 102 鈉，氯原子與遊子之構造

此種原子構造之新概念，對於各種化學作用實予吾人以滿足之解釋，即對於本書所述週期律之意義亦可以思過半矣。

第三十三章之綱要

放射性原質之特性：

- (1) 能放光與熱；
- (2) 能使空氣變為傳電體；
- (3) 蛻變。

放射性原質之效能：

- (1) 能使多種物質，顯呈螢光；
- (2) 能使物質起化學變化；
- (2) 能治內癱，結核，麻瘋等病。

現代對於原子構造之概念：

原子內含正電之核，外繞以負電子，如行星之繞日運行。諸電子電量之總和，與原子核所含自由正電之總量恒相等。

習 題

1. 驗電器如何充電？移錫於其近傍，金箔何以立即垂下？
2. α , β , 及 γ 三種射線之性質若何？
3. 試述錫及鈾之蛻變次序。
4. 氮為具有負三價及正五價之原質，試依據其原子數解釋之。
5. 試依據原子數表，解釋下列各原子價。
鎂，鋁，硫，氧，炭，鈣，鉀，鐵，溴。
6. 詳述放射性原質，與原子構造之關係。
7. 試述圖 180 所示之意義：

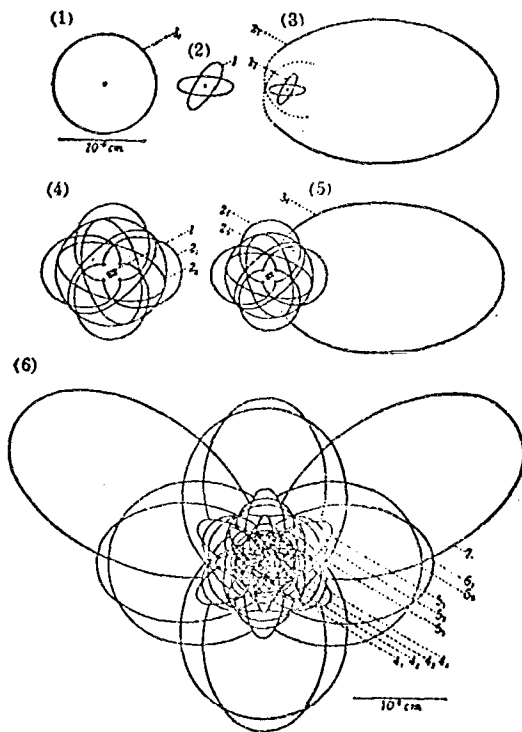


圖 185

提示: (1)氫 (2)氦 (3)鋰

(4)鈹 (5)鈉 (6)鈣



8. 試用原子構造之理論，解釋週期表各類性質相似之原因。
9. 討論稀土族元素在週期表上之位置。

附 錄

DENSITIES AND MELTING POINTS OF SOME OF THE ELEMENTS

	DENSITY	MELTING POINT		DENSITY	MELTING POINT
Aluminum	2.702	660.	Mercury	13.546	-38.87
Antimony	6.684	630.5	Molybdenum	10.2	2620.
Arsenic	5.7	814.(36 atm.)	Nickel	8.9	1452.
Barium	3.5	850.	Osmium	22.48	2700.(?)
Bismuth	9.80	271.	Palladium	12.0	1555.
Boron	2.5(?)	2300.(?)	Phosphorus, yellow	1.82	44.1
Bromine	3.119	-7.2	Platinum	21.45	1755.
Cadmium	8.6	320.9	Potassium	0.86	62.3
Calcium	1.55	810.	Radium	5.(?)	960.(?)
Carbon, diamond.	3.51		Selenium	4.80	220.
Carbon, graphite.	2.25	3500.(?)	Silicon	2.4	1420.(?)
Chromium	7.1	1615.	Silver	10.5	960.5
Cobalt	8.9	1480.	Sodium	0.97	97.5
Copper	8.92	1083.	Sulfur, monoclinic	1.96	119.
Gallium	5.91	29.7	Sulfur, rhombic . .	2.07	112.8
Gold	19.3	1063.	Tantalum	16.6	2850.(?)
Iodine	4.93	113.5	Tellurium	6.24	462.
Iridium	22.4	2350.(?)	Thorium	11.2	1845.
Iron	7.86	1535.	Tin, white	7.31	231.8
Lead	11.34	327.5	Titanium	4.5	1800.
Lithium	0.53	186.	Tungsten	19.3	3370.(?)
Magnesium	1.74	651.	Vanadium	5.96	1710.(?)
Manganese	7.2	1260.	Zinc	7.14	419.4

TENSION OF AQUEOUS VAPOR EXPRESSED IN MILLIMETERS OF MERCURY

(Physical and Chemical Constants, Kaye and Laby)

Temperature	Pressure	Temperature	Pressure	Temperature	Pressure
10°	9.20	21°	18.62	32°	35.53
11°	9.84	22°	19.79	33°	37.59
12°	10.51	23°	21.02	34°	39.75
13°	11.23	24°	22.32	35°	42.02
14°	11.98	25°	23.69	36°	44.40
15°	12.78	26°	25.13	37°	46.90
16°	13.62	27°	26.65	38°	49.51
17°	14.52	28°	28.25	39°	52.26
18°	15.46	29°	29.94	40°	55.13
19°	16.46	30°	31.71	50°	92.30
20°	17.51	31°	33.57	100°	760.00

附 錄

WEIGHT IN GRAMS OF 1 LITER OF VARIOUS GASES UNDER STANDARD CONDITIONS, AND BOILING POINTS UNDER PRESSURE OF 760 MILLIMETERS

NAME	WEIGHT OF 1 LITER	BOILING POINT	NAME	WEIGHT OF 1 LITER	BOILING POINT
Acetylene	1.1621	-83.6°	Hydrogen chloride	1.6398	-85.0°
Air	1.2930		Hydrogen fluoride		+ 19.4°
Ammonia	0.7708	-33.3°	Hydrogen sulfide .	1.5392	-59.6°
Argon	1.7824	-185.7°	Methane	0.7168	-161.4°
Carbon dioxide .	1.9768	-78.5°	Nitric oxide . . .	1.3402	-151.0°
Carbon monoxide	1.2504	-192.6°	Nitrogen	1.2506	-195.8°
Chlorine	3.214	-34.6°	Nitrous oxide . . .	1.9777	-89.5°
Helium	0.1785	-268.9°	Oxygen	1.4290	-183.0°
Hydrogen	0.08987	-252.7°	Sulfur dioxide . .	2.9266	-10.0°

ELECTROCHEMICAL SERIES

1. Cesium	8. Aluminum	15. Nickel	22. Arsenic
2. Rubidium	9. Manganese	16. Lead	23. Mercury
3. Lithium	10. Zinc	17. Tin	24. Silver
4. Potassium	11. Chromium	18. Hydrogen	25. Palladium
5. Sodium	12. Iron	19. Copper	26. Platinum
6. Calcium	13. Cadmium	20. Antimony	27. Gold
7. Magnesium	14. Cobalt	21. Bismuth	28. Osmium

RELATION BETWEEN ENGLISH AND METRIC CONSTANTS

1 lb. (troy) = 373.24g.	1 gal. = 3,78543 l.
1 oz. (troy) = 31.10348 g.	1 cc. = 0.0610 cu. in.
1 lb. (avoirdupois) = 453.59 g.	1 cu. in. = 16.3872 cc.
1 oz. (avoirdupois) = 28.3495 g.	1 cu. ft. = 28.320 cc.
1 kg. = 2.67923 lb. (troy)	1 cm. = 0.3937 in.
1 kg. = 2.20462 lb. (avoirdupois)	1 m. = 39.37 in.
1 l. = 1.05668 United States qt.	1 km. = 0.62137 mi.

告預版出社本

動物學掛圖

幅二十八

色特大四

中華民國廿四年拾月七日 收到

- (一) 繪者 夏元瑜君研究生物學，採製動物標本千餘件，擅長圖畫，故此圖為科學兼藝術的，非一般普通者所可及。
- (二) 選擇 此圖按分類學選擇，每綱有一五彩之解剖圖及骨骼圖，各目皆有二至六之代表生物，皆為教材上最通用者。
- (三) 格式 每幅長二十英寸闊二十一英寸，繪動物二三種，巨大明顯，旁附該物說明，與前人所作每幅密擠十餘物者有天淵之別。
- (四) 印刷 印刷極其清楚精良，兼以畫法傳神，故有栩栩欲活之勢，一一證之，無絲毫之誤。

化學通論

周名崇 趙沅譯

上册定價一元八角
下册出版在即

Mepherson & Henderson: A Course in General Chemistry, 3rd Edition

是書原著內容充實，深淺適中，風行我國已久；以前各大學預科及現在高中採作教本者極多。茲經周趙兩先生譯為中文。文字清晰，不失原意；名詞正確，印刷精良，為漢譯化學中之最新佳本。分為上下兩冊；上册已經出版，下册出版在即，購者請速。初讀原文化學文字隔膜者，尤不可不備。

文化學社
最近出版 **博物書類**

數學書類

○初中博物教本○

○初中數學教本參攷書○

新標準	初中植物學	李約	一冊	五角	初中師範算術	高佩玉	一冊	一元
新標準	初中動物學	李約	一冊	七角	初中新算術	王鶴清	一冊	一元
新標準	初中衛生學	朱隆勳	一冊	六角	平面幾何學	Schulze Sevenoak Schuyler 王俊奎譯	一冊	一元二角
初中	初中礦物學	黃人濱	一冊	五角	初等幾何學	馬純德譯述	一冊	一元二角
初中	初中生理衛生學	李約	一冊	五角	算術新解法	高佩玉	一冊	六角
初中	初中植物學	朱隆勳	一冊	六角	算術分類詳解	王錦璋	一冊	六角
初中	初中動物學	朱隆勳 張起煥	一冊	七角	算術及其詳解	王錦璋	一冊	七角
高中	高中博物學	周頌聲	上下冊各	三元	算術分類詳解	王錦璋	一冊	六角
組織學	組織學綱要	鮑鑑清	一冊	一元四角	算術及其詳解	王錦璋	一冊	七角
高等生物學	吳元濬	一冊	一元二角	算術及其詳解	王錦璋	一冊	七角	
生物學史	鮑鑑清	一冊	五角	算術及其詳解	王錦璋	一冊	七角	
	洪式閻	一冊	五角					

○高中博物教本○

增訂六版
高級中學

化學教科書



定價每冊大洋二元五角

編輯者 閻玉振
王鶴清

印刷兼發行者 北平和平門前
文化學社
電南四五八〇

分銷處 各埠大書局

中華民國十五年九月初版

中華民國二十一年十月五版

中華民國二十三年一月六版

