

3

1010-88

-17

教育部審定

中學師範學校用

英國愛丁堡大學
格致科學及文藝科碩士
王兼善編

國民新化學

(增訂本) 上海商務印書館出版

傳習專門。高張講幄。來學其翮。嗚呼噫嘻。斯言淺矣。方今精理。寓神於質。何必身教。乃爲實地。解析有方。化分有法。人置一編。講授何異。嗟哉西浸。日盛未已。教育之品。歲溢億計。苟如君志。青藍冰水。奚獨化書。可奪其席。而聲而光。而電而汽。各研新理。歸餉學子。實科發達。其庶幾矣。

愚兄唐文治謹敘

修 改 大 意

是書自民國二年三月出版以來。至今已歷十餘版。荷蒙各校不棄。加以採用。至深欣幸。惟念採用此書者。既日益多。則其關係亦日大。自應力求改良。以副學者之企望。且科學之進步。一日千里。在此數年中。化學上之進步。亦頗不少。用特將此書加以修改。俾合時用。惟自念學識短淺。且復時間稍促。深恐尙多未周之處。如蒙高明之士。加以指正。則幸甚矣。茲將此次修改特加注意之點。條列如下。

- 一. 原質之原子量。概改用一千九百十七年國際委員會所新加釐定者。以其較爲精確故也。
- 二. 鎔解度,沸度及結冰度等。實測之數。其有新定而較爲精確者。亦一概採用之。
- 三. 凡有推論及解釋等之較爲精善者。亦一概改用之。
- 四. 凡化學中。近來新進步上所應特加注意之各要點。如空氣中之稀少原質。放射性之原質。及稀少之土金族等類。其說明均較前爲詳。以其

與化學近今及將來之進步發達上。均極有關係故也。

五. 後附之有機化合物大意一篇。酌加擴充。俾可較爲適用。蓋現今吾國中文有機化學書。尙極缺乏適當課本。故不得不酌加擴充。俾習化學者。得以略窺有機化學之門徑。至有機化合物之中文名稱。則均斟酌再三。博考旁採而擇定者。務以簡明易記。且於有機化學全體統系上能合用者爲歸。凡舊有名稱中之能合於此旨者。卽採用之。其實無可採取者。則另擬之。蓋實有不得已焉。

六. 凡書中其他文句上或說明上。有能見及將其修改。俾較妥善者。則亦一併修改之。

中華民國七年八月

王兼善謹誌

【附註】

民國十年六月印刷第十九版時。將書中原質名稱。依民國四年教育部教科書編纂綱要審查會所發行之中學師範物理化學教授要目草案改正。又將書中權度名稱。照民國四年政府公報所公布者改正。

編 輯 大 意

- 一. 是書係依照教育部令編輯。專爲中學校女子中學校及師範學校女子師範學校之用。其要旨在授以重要現象及定律。原質與化合物之性質。並兼課實驗。使學者習得自然現象之知識。領悟其中法則及對於人生之關係。
- 二. 本書約供一學年之用。約計每一學年爲四十週。每週授四小時。如各校時間有所伸縮。則教授事項亦不能不隨之增減。故本書排印用四號及五號字。其爲普通知識所不可少者。則用四號字。其試驗習題及非中等知識所必不可缺者。則用五號字。故時間充裕。則可全行講授。若時間稍促。則除四號字各段照常講授外。其五號字各段可酌量擇用。不必全授。
- 三. 是書次序務求明晰。文字務求簡單。講解務求詳明。自首至尾。一線相貫。由淺入深。循序漸進。以啓學者之心思。而引起其進取之興

味。均以蘄合乎教授法之原理也。又書中每節三角。均附有本節之要略。以便提絜綱領。使教者及學者易於會悟。

四。書中試驗與理論。常相輔而行。理論常由試驗推出。試以試驗證之。俾學者知試驗之要用。而養成其崇尙實驗之心。又此種試驗。均爲鄙人所屢經試驗而知其爲確實可恃者。然猶恐學者易於差誤。故所有試驗。仍一一爲之詳細解釋。

五。書中所用術語。均取其最通用者。每一術語之旁。必附註西文。以便參考。

中華民國二年正月 編輯者王兼善謹誌

總目錄

(中西名詞索引見書末)

第一章

<u>緒論</u> ——化學範圍及化學變化與物理變化之區別——物質不滅——化學變化之種類、化合、化分、複分解、——愛力——化合物與混合物之別——化合物與原質之別——原質之種類……………	頁數 1—16
--	------------

第二章

<u>氧</u> ——氧之製法及試驗——氧之性質——燃燒、燃度、不燃體、可燃體、助燃體、及氧化之別——臭養氣…	17—24
---	-------

第三章

<u>空氣之研究</u> ——空中有氣之證明—— <u>淡氣</u> 之發見——空氣中淡養二氣體積比例之測定——空氣中 <u>氫、氮、氦、氖、氬</u> 五種稀少原質之發見——空氣中尚有水氣及二氧化碳等物——空氣中養淡二氣係混合物而非化合物——液體空氣……………	25—35
---	-------

第四章

<u>氫</u> ——氫之製法及試驗——氫之性質——氫與	頁數
氧化合成水(輕養氣吹管).....	36—44

第 五 章

<u>水之研究</u> ——水係輕養二氣化合所成——水 中輕養二氣有一定之體積比例——水中輕養二氣有 一定之重量比例——定數比例及倍數比例定律之發 明——水之要性(水之溶化力…飽和溶液及過飽和 溶液之別…結晶水…風化及潮解之別)——蒸餾法.....	45—58
--	-------

第 六 章

<u>化學變化之簡明表示法</u> ——符號、程式、 及方程式之用——原子學說——符號、程式及方程 式兼能表明物質之分量——以方程式表示化學變化 時應注意之要點——以方程式表示前五章中緊要之 化學變化.....	59—72
---	-------

第 七 章

<u>阿摩尼亞</u> (係氫與氮二原質之化合物) ——阿 摩尼亞之製法——阿摩尼亞之性質——證明阿摩尼 亞係一體積氮及三體積氫化合而成.....	73—79
---	-------

第 八 章

<u>硝酸</u> (係氮與氧及氫三原質之化合物)——硝酸	頁數
之製法——硝酸之性質 (氧化劑與還原劑之別……	
(亞硝酸).....	80—84

<u>附五種之氮氧化合物</u> ——亞氧化氮——氧化氮——無水亞硝酸——過氧化氮——無水硝酸.....	84—89
--	-------

第 九 章

<u>鹽基類與酸類之別及其互相之作用</u> ——	
—鹽基類與酸類不同之處(電離學說)——鹽基類與	
酸類化合則成中和之鹽類——酸性鹽類及鹽基性鹽	
類.....	90—98

第 十 章

<u>氯</u> ——氯之製法及試驗 (發生機……漂白粉)——	
—氯之性質 (殺蟲劑).....	99—104
<u>附鹽酸</u> ——鹽酸之製法及試驗——鹽酸之性質	
(王水)——鹽酸體積及其組成之測定法.....	105—110

第 十 一 章

<u>與氯相似之溴碘氟三原質</u>	
<u>溴</u> ——溴之製法及性質——溴酸.....	111—115
<u>碘</u> ——碘之製法及性質——碘酸.....	115—118

	頁數
<u>氟</u> —— <u>氟之製法及性質</u> —— <u>氟酸</u>	118—121
<u>氟、氯、溴、碘、四原質之比較</u>	121—122

第 十 二 章

原質之分族法：週期律——金類及非金類

之勉強分族法——週期律之天然分族法——週期表 之緊要用處(原子價)	123—141
--	---------

第 十 三 章

週期表第一類甲族原質之研究(鹼金族)

——此族原質之比較	142—143
-----------------	---------

鉀——鉀之來源及製法——鉀之緊要化合物

(<u>氫氧化鉀</u> …… <u>硝酸鉀</u> …… <u>氯酸鉀</u>)	143—150
---	---------

鈉——鈉之來源及製法——鈉之緊要化合物

(<u>氫氧化鈉</u> …… <u>氯化鈉</u> …… <u>硝酸鈉</u> …… <u>碳酸鈉</u> 、 <u>路布蘭氏法</u> 、 <u>蘇爾飛氏法</u>)	151—156
--	---------

鉀鈉二原質之火燄識別法 (光帶……

<u>分光鏡</u>)	156—159
--------------------	---------

附銦之化合物 (氯化銦(昇華)……硫化

<u>銦</u>)	159—162
------------------	---------

第 十 四 章

頁數

週期表第一類乙族原質之研究(銅族)

—此族原質之比較…………… 163—164

銅——銅礦種類及提銅法大要——銅之要性
——合金——銅之緊要化合物(氧化銅……氯化銅
……硫化銅……硫酸銅……氫氧化銅)——化合
物中之銅可以鋅鐵等驅出之…………… 164—173

銀——銀礦種類及提銀法大要——鍊淨銀法
之大要——銀之要性及化合物(硝酸銀……氯化銀
……溴化銀……碘化銀)——化學室中取銀法…………… 173—179

金——金礦種類及提金法大要——金之要性
及化合物…………… 180—182

第 十 五 章

週期表第二類甲族原質之研究(鹼土金

族) ——此族原質之比較…………… 183—184

鎂——鎂之來源製法及要性——鎂之緊要化
合物(氧化鎂……氯化鎂……硫酸鎂)…………… 184—186

鈣——鈣之來源製法及要性——鈣之緊要化
合物(氧化鈣、可逆反應……氫氧化鈣、熱化學……

	頁數
碳酸鈣、暫硬水及永硬水之別……硫酸鈣即石膏……磷酸鈣……氯化鈣) ……………	186—193
<u>鋇</u> 及 <u>鋇</u> —— <u>鋇</u> 及 <u>鋇</u> 之大要 ……………	193—194
<u>鐳</u> ……………	194—208
<u>附稀少之土金族</u> ……………	208—212

第 十 六 章

週期表第二類乙族原質之研究——此族

原質之比較……………	213—214
<u>鋅</u> —— <u>鋅</u> 之來源製法及要性—— <u>鋅</u> 之緊要化合物(氧化鋅……氯化鋅……硫化鋅)……………	214—218
<u>鎘</u> —— <u>鎘</u> 之大要……………	218—219
<u>銻</u> —— <u>銻</u> 之來源製法及要性(銻劑)—— <u>銻</u> 之緊要化合物(氧化銻、第一及第二……硝酸銻、第一及第二……氯化銻、第一及第二)……………	219—224

第 十 七 章

週期表第三類原質之研究——此類原質

之比較……………	225
<u>硼</u> —— <u>硼</u> 之製法及要性—— <u>硼</u> 砂之特性—— <u>硼</u> 酸之特性……………	226—228

<u>鋁</u> ——鋁之製法——鋁之要性——鋁之緊要	頁數
化合物 (氧化鋁……氫氧化鋁……明礬……硅酸	
鋁)	228—234

第 十 八 章

週期表第四類原質之研究——此類原質

之比較.....	235—236
----------	---------

<u>碳</u> ——證明金剛石及石墨亦為碳所成——碳	
之多形體——無定形碳 (煤……木炭……骨炭……	
燈煙……純炭) ——金剛石——石墨——碳之緊要	
化合物——一氧化碳——二氧化碳——碳在動植物	
二界中之循環作用.....	256—252

附火燄之研究——二物體均係氣體始發

火燄——火燄之組成——火燄所發光亮所以有強弱	
之故——製造安全燈之原理.....	253—258

<u>硅</u> ——硅之來源及製法——硅之多形體——	
硅之緊要化合物 (二氧化硅、玻璃……氯化硅……硅	
酸、正硅酸、間硅酸、硅氟酸)	258—263

<u>錫</u> ——錫之來源製法及性質——錫之緊要化	
合物(氧化錫……氯化錫……錫酸).....	263—266

	頁數
<u>鉛</u> ——鉛之來源製法及性質——鉛之緊要化合物(氧化鉛、一氧化鉛、二氧化鉛、鉛丹……硝酸鉛……氯化鉛……碳酸鉛……鉻酸鉛……硫酸鉛)——鉛可被鋅驅出……………	267—272

第 十 九 章

週期表第五類原質之研究——此類原質

之比較……………	273—274
----------	---------

<u>磷</u> ——磷之來源及製法——磷之要性及其多形體(紅磷)——用磷製火柴之法——磷之緊要化合物(無水磷酸……磷酸、正磷酸、過磷酸、間磷酸……磷化氫)……………	274—282
---	---------

<u>砷</u> ——砷之來源及製法——砷之緊要化合物(氧化砷……砷酸……砷化氫)……………	283—287
--	---------

<u>銻</u> ——銻之來源製法及要性——銻之緊要化合物……………	287—289
------------------------------------	---------

<u>鉍</u> ——鉍之製法及要性——鉍之緊要化合物——加水分解……………	289—291
--	---------

第 二 十 章

<u>週期表第六類原質之研究</u> ——此類原質	頁數
之比較·····	292

<u>鉻</u> ——鉻之來源製法及要性——鉻之緊要化合物 (鉻酸鉀及重鉻酸鉀·····鉻之氧化物、無水鉻酸、氧化鉻)·····	293—296
--	---------

<u>硫</u> ——硫之來源及製法——硫之要性——硫之多形體(斜方硫·····長針硫·····像皮形粘硫)——硫之緊要化合物 (硫化氫·····二氧化硫·····三氧化硫、接觸作用·····亞硫酸·····硫酸、接觸法、鉛室法、觸媒·····二硫化碳)·····	296—310
--	---------

第 二 十 一 章

週期表第七類原質之研究

<u>錳</u> ——錳之來源製法及要性——錳之緊要化合物 (錳酸鉀及重錳酸鉀·····錳之氧化物)·····	311—316
---	---------

第 二 十 二 章

<u>週期表第八類過渡原質之研究</u> ——此類原質之比較·····	317—318
-------------------------------------	---------

<u>鐵</u> ——提鐵法大要——鐵之種類——鐵之要

	頁數
性——鐵之緊要化合物(鐵之氧化物、氧化第一鐵、 氧化第二鐵、磁鐵……鐵之緊要鹽類、硫酸第一鐵及 第二鐵、氯化第一鐵及第二鐵……氫氧化鐵、第一及 第二)	318—327
<u>鈷</u> 及 <u>鎳</u>	327—329
<u>鉑</u> ——(鬆鉑)	329—330

第 二 十 三 章

原子量及分子量之測定法大要——總

論	331—334
---------	---------

原子量之測定法大要——藉化學作用

法——藉原質之比熱法(德龍及柏弟氏之定律)—— 藉週期表法——藉同式之結晶物體法——藉分子量 及分析法	334—341
---	---------

分子量之測定法大要——藉氣體比較

法(阿伏加特路氏之學說)——藉熱爾第氏之定律法 ——藉分析法	341—347
---	---------

第 二 十 四 章

關於化學上之計算法大要

甲. 關於方程式之計算法——由簡單方程

式推算重量法——由較繁方程式推算重量法——由	頁數
物質之中和推算重量法——由氣體物質之變化推算	
體積法——由化學分析推算重量法……………	348—356

乙. 氣體積與熱度及壓力之關係計

<u>算法</u> ——查爾氏氣體積與熱度關係之定律——波	
以耳氏氣體積與壓力關係之定律——氣體積與熱度	
及壓力二者合併之關係(標準熱度及壓力)……………	356—364

<u>丙. 雜題</u> ……………	364—365
--------------------	---------

第 二 十 五 章

附有機化合物大意——無機化學及有機化

學今昔意義之不同——種種碳化物有密切之關係——	
—碳化物之特別處……………	366—381

<u>非芳香碳化物</u> ——飽氫質——亞氫質——	
次亞氫質——醇質——同醇質——間質——同間質	
—脂酸——多價酸——氮氫基質——碳水物——蛋	
白類質——含硫醇質——含硫同醇質——尿酸——	
尿精……………	381—426

<u>芳香碳化物</u> ——輪質碳氫物——氫氧代輪質	
——芳香醇質——芳香間質——芳香同間質——芳	

香酸——芳香氮氫基質——植物鹼類——氮氧基代 輪質.....	頁數
	427—440

附 錄

原質名稱符號及原子量一覽表.....	441—442
科學中通用之緊要度量衡表.....	443—444
本書中試驗應用之器具單.....	445—447
本書中試驗應用之藥品單.....	448—452
中西名詞索引.....	453—465

民國新教科書

化學

第一章

緒論

化學範圍及化學變化
與物理變化之區別

化學者。係一種研究物質變化之學也。然天地間

物質之變化。種類甚多。欲知何種變化應歸化學所研究。當先作以下之試驗。

試驗 1. 取縫衣針二枚。試其能互相吸引否。當即知其不能吸引。乃取一針在磁石上摩擦之。然後試二針能互相吸引否。當知現在二針即能吸引。

由此觀之。一針在磁石上摩擦後。與其未摩擦之前不同。其中必有一種變化。然此針仍係一光亮之鐵針。與未摩擦之前同為一光亮之鐵針也。

試驗 2. 取紅頭火柴一枝。當見其頭係紅色。且甚光滑者。然後在盒上擦之。使之燃燒。即吹滅之。再細察其頭。則見紅色已去而不復有光滑狀。在盒上擦之。不復燃燒矣。

由此觀之。其中必有一種變化。經此變化之後。使該物質變成

一種截然不同之物。形狀既異。性質亦不同矣。

由上試驗。可知針之變化。與火柴之變化。係二種截然不同之變化。前種變化。並不變其固有之物質。後種變化。則將其固有之物質。變而為一種新物質矣。可知凡物體之變化。顯分二種。有關於其物質組成之變化者。謂之化學變化 (Chemical change)。有不關於其物質組成之變化者。謂之物理學變化 (Physical change)。研究種種物質化學變化之學問。謂之化學。至研究種種之物理學變化。則係物理學 (Physics) 之事。

註。 學者既明物理學變化與化學變化之區別。當更區別以下數種變化。以資練習。

1. 食鹽之溶於水中。係物理學變化乎。抑化學變化乎。
2. 水之結冰。係物理學變化乎。抑化學變化乎。
3. 鐵之生鏽。係物理學變化乎。抑化學變化乎。
4. 火藥之猛炸。係物理學變化乎。抑化學變化乎。

解。 食鹽之溶於水。係物理學變化。因溶後仍有鹽之鹹味也。且將水蒸乾後。則食鹽仍復發見。察之。與未溶前之食鹽無異。可知其物質組成並未變也。

水之結冰。亦係物理學變化。因冰仍有水性。不過因冷而變爲固體耳。如熱之。仍變爲水。與未結冰前之水無異也。可知其物質組成並未變也。

鐵之生銹。則係化學變化。因銹與鐵不同。鐵係一種光亮之物。銹係一種紅褐色之物。且如用鐵少許。秤準其爲若干重。置之濕處。使之全變爲銹後。再秤之。則知其重量加增。可知其物質組成必變矣。

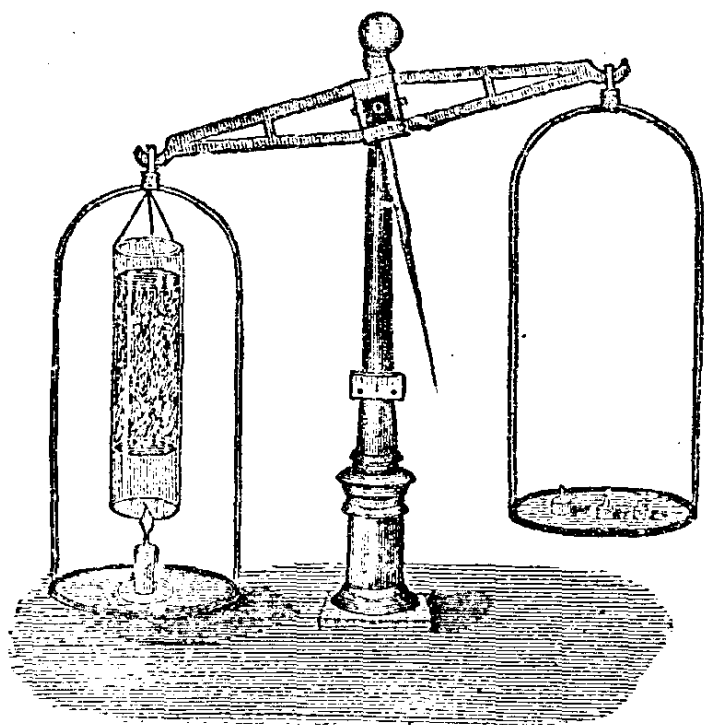
火藥之猛炸。係化學變化。因火藥經炸後。則變爲煙。而所剩者。不過些少殘餘之物而已。不復爲火藥矣。可知此種變化。必將其組成改變。

物 質 不 滅

由上試驗。可知化學之變化甚奇。鐵置濕空氣中。能變爲較重之銹。火藥炸後。能變爲四散之煙。而祇剩殘餘之物。豈非似物質能生滅乎。然經化學家多方研究之後。始知天地間之物質。祇有此數。不能增多。亦不能減少。不過可由此物體變爲他物體耳。鐵變爲銹。因鐵與空氣中之一物（即養氣詳第二章）相合。故初時祇有鐵之重。而銹則係鐵與養氣合併之重。故銹較鐵爲重。然銹所增之重量。即係空氣中所失之重量。

故並非有生滅於其間也。火藥炸後。成四散之煙。及殘餘之質。並非消滅也。若能將所成之煙。及所餘之物。合而權之。則知較火藥之原量爲反增。因火藥炸時。亦與空中之氧相合故也。今試作一簡單之試驗。以明物質之不滅 (Indestructibility of matter)。

試驗 3. 如第一圖。用小天平一架。左邊懸一首尾有孔之大號玻璃管或竹管。其中實以固體之氯化鈣 (Calcium chloride)。及苛性蘇達 (Caustic soda)。左邊盤中。置一小燭。須適在所懸玻璃管口之下。右邊盤中。置以法碼。或其他重物。使二邊等重。然後將小燭燃點。立待少時。即見天平失其平均。而燃燭之一邊。反向下墜。顯明燃燭之一邊。反較他邊爲重。



第 一 圖

以尋常之意識測度。必以爲燭經火燃燒。則燭之物質。漸歸消滅。使此測度果確。則天平燃燭之一邊。必當漸漸減輕。故理當上升而不當下墜。今上列試驗明顯其實係下墜。並非上升。可知該燭燃點後。非但物質不滅。且必與其他物質相合而變成一種新物體。故反較未燃之前爲重也。由此觀之。物質烏能消滅乎。

註。 化學家曾經考究。燭燃燒時。其中物質。與空氣中之養氣相合。而成新物體。爲水及二氧化碳 (Carbon dioxide) 是也。此種新物體發生時。爲人目所不能見。然氯化鈣能吸水。苛性蘇達能吸二氧化碳。故在以上試驗中。此種新物體。不克散去也。

註。 物理學家亦經考明能力 (Energy) 亦不能生滅。如熱力電等能力。祇能互相變體。而其量則不能稍有增減。

化學變化之種類
化合化分複分解

以上略述鐵與養氣相合則成銹。燭與養氣相合則亦成新物體。此種二物質或數物質相合而成新物體之變化。化學家謂之化合 (Chemical combination)。反之。如用法將銹中之鐵。與氧再行分開。則化學家謂

之化分 (Chemical decomposition)。又如有二種物體。第一種物體爲甲乙二物質所成。第二種物體。爲丙丁二物質所成。若此二種物體互起化學變化。第一種之甲。與第二種之丙。互相易位。而成甲丁及丙乙二種新物體。此種變化。化學家謂之複分解 (Double decomposition)。凡物質之化學變化。不外此三種而已。

愛力 須知二種不同之物質。有相遇而能起化學變化者。有相遇而不能起化學變化者。並非無論某某二種物質。相遇而均能起化學變化也。然則何以某某二種物質相遇則起化學變化。而某某二種物質相遇則不起化學變化乎。化學家曾詳考其故。然至今尙無確切之解決。不過衆意以爲各物質中。必有一種特別吸引之力存焉。此種特別吸引之力。謂之愛力 (Chemical affinity)。某某二種物質。互相吸引之力大。則變化起。互相吸引之力微。則變化不起。或須藉外加之力。而後始起

耳。例如火柴不能自燃。須待摩擦。或置燈上加高熱度。而後始起燃燒之變化。又如地雷不能自炸。須待電力通過後始炸。夫摩擦，熱度，及電力。皆外加之力也。

依愛力之理論。亦可解釋複分解之所以起。上言甲乙及丙丁二物體。經複分解變化後。甲丙易位而成甲丁及丙乙二新物體。是何以故。蓋甲乙及丙丁二物體相遇後。若甲與乙之愛力。不及甲與丁之愛力之大。丙與丁之愛力。亦不若丙與乙之大。則勢必互相易位。而與其愛力較大者化合矣。此所以成二種新物體也。今若將甲丁與丙乙二種新物體。置在一處。則不復再起化學變化。曷以故。蓋各物體中之物質。其自己互相吸引之愛力。較與他物體中物質吸引之愛力為大故也。

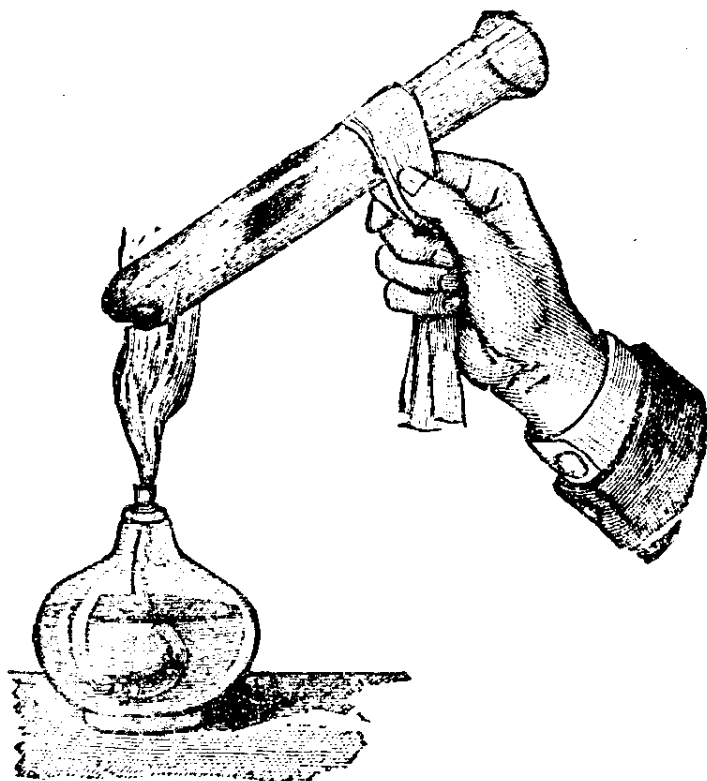
化合物與混
合物之別

學者既知物質之化合因愛力而成。則可知凡化合而成之物體。必有一種特別固結之性質。與尋常二物攙和者不

同。今試設一試驗以明之。

試驗 4. 取鐵屑少許。及硫黃粉少許。置一磁杯中攪和之。則見此二物質互相混合。變成一種黑櫻色之物。然則此係一種化合而成之物乎。非也。蓋如用磁石置其中。則鐵屑即吸引於石上。而硫黃粉則否。故鐵屑與硫黃粉。即可由此極簡單之機械作用。而使之分開。或即以尋常之人力。將二物細細剔別。亦無不可使之分開。由此觀之。鐵屑與硫黃粉。不過攪和在一處。並非有愛力於其間也。

今乃取此攪和之物少許。置一玻璃管中。於火燄中熱之。如第二圖。待管中物質燒紅。乃取下而待其自冷。然後將管底擊破。取燒過之物質視之。則見與未燒之前。截然不同矣。以磁石試



第 二 圖

之。其中之鐵屑。不復為其所吸引。若欲以人力將其中鐵屑與硫黃粉剔別。尤屬不可能事。由此觀之。鐵屑與硫黃粉攪和之

物。在火中燒熱後。變為一種化合之物。愛力發生而互相固結。成一種新物體。以機械之作用。或尋常之人力。均不可使其中鐵硫二物再行分開矣。

註。 鐵屑與硫黃粉。未燒熱以前。何以無化學變化。燒熱後。何以起化學變化。此即以上愛力中所論二物質吸引之力微。則變化不起。或須藉外加之力而後始起之故也。燒熱云者。即加外力之謂也。

由上試驗。可知攙和之物。與化合之物。截然不同。攙和之物。化學家謂之混合物 (Mechanical mixture)。化合之物。謂之化合物 (Chemical compound)。

吾人更可由以上鐵屑與硫黃粉之試驗。明悉化學變化之一種共同之緊要特性。即凡二物體經化學變化之後。其各物體本來之性質盡失。而成一種新物體。其性質與各物體本來之性質。截然不同。

化合物與 原質之別

二物體可化合而成一種新物體明矣。如鐵與硫。化合而成一種新物體。(此種新物體。化學家名為硫化鐵 Iron sulphide。) 又如鐵

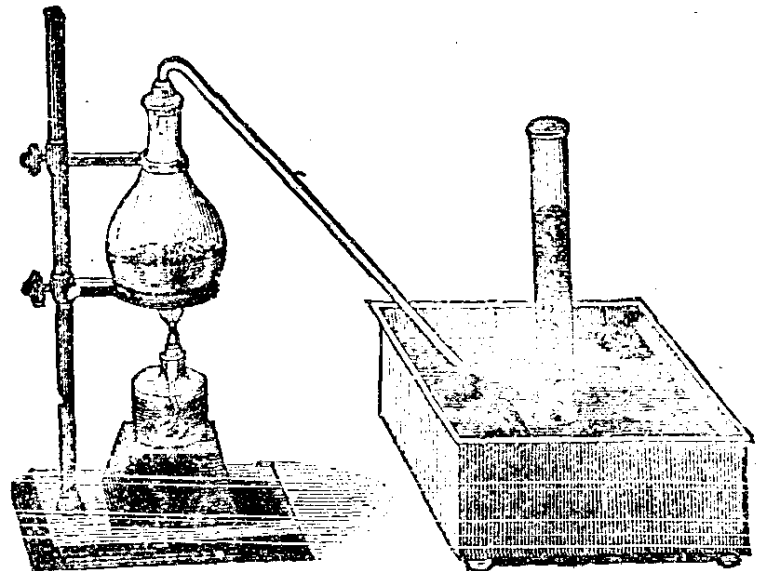
與養氣化合。亦成一種新物體。卽俗所謂銹也。

(化學家名爲氧化鐵 Iron oxide。) 夫二物體。既能合而爲一物體。則一物體亦能分而爲二物體乎。曰可。硫化鐵以化學法可使其中硫與鐵分開。氧化鐵亦可以化學法使其中氧與鐵分開。惟使此種物質分開之法頗繁。初學者不易知之。故不舉於此。今特於以下試驗中。舉一易於分開之物。以示學者。俾知一物質之未始不可以分爲二物質也。

試驗 5. 取氧化銻(係一種養氣與水銀化合而成之物。

西名 Mercuric oxide, HgO 。) 約二小調羹。細察之。係一種紅色之

物。並不能見其中有水銀等物。亦並不能以機械之法或人力別別之。使其中之水銀與養氣互相分開也。可知此係一種化合物。而非混合物。乃如第



第 三 圖

三圖。將此氧化銻置在一小號之硬玻璃瓶內。瓶口以軟木塞塞之。中間鑽一小孔。以彎曲之玻璃管插其中。管之他端浸入水槽之水中。乃另以一試管。滿盛以水。用手蓋其口而倒置於槽中。則去手而試管中之水仍不落下。(因管中無空氣。故無壓力。而槽中水面仍有壓力之故。然此係物理學之事。不必詳究之。)然後將盛氧化銻之玻璃瓶。用火酒燈等熱之。則見此紅色氧化銻漸漸變為黑色。乃將水槽中倒置之試管。輕輕移置於水槽中彎曲玻璃管之上。則有氣上升該試管中。而將水壓下。視管中收集之氣。透明無色。與平常之空氣無異。然若用大指緊蓋管口。而將管取出。以有殘燼之小木片。速即插入管中。則此殘燼頃刻復燃而發光。(如一次試驗無效。可照法再取此氣重試之。)此種所得之氣。化學家名之謂養氣(Oxygen)。又察看玻璃瓶上段。見有水銀凝結該處。

由上試驗。可知氧化銻物體。經加熱後。分解而為二物體。即養氣及水銀是也。可知一物體之未始不可分為二物體矣。

夫氧化銻固可分為養氣及水銀二物體。然養氣一物可再分為二物乎。水銀一物亦可再分為二物乎。以化學家現今之能力。實屬無法可使養氣一

物。再分爲二物。亦不能使水銀一物。再分爲二物。凡此種無法可以使之再分之物體。化學家名之爲原質 (Element)。凡有法可以使之再分之物體。如氧化銻之類。則名之爲化合物 (Chemical compound 或祇稱 Compound)。

然有一要點。學者不可不注意之。夫某物體之爲原質。某物體之爲化合物。全視吾人現在有法可使之再分。及無法可使之再分而已。昔時化學尙未十分進步。有幾種物體。因無法可以使之再分。竟昧然視之爲原質。迨後有人發明新法。可使該幾種物體再行分開。始知其非原質。而實係化合物矣。今也亦然。今日吾人所視某物體爲原質者。安知日後無人發明新法。可使之再分乎。然則當新法發明之日。該某物體。卽失其爲原質矣。是故原質之名。係指吾人現今無法可使之再分之物質。

原質之 種類

考天地間現今吾人無法可以使之再分之物質。約共有八十餘種。其中最緊要

而爲吾人所常見者。不過十餘種。其餘則散佈於地球上者。其量不甚多。初學者。祇須將其關係緊要者之原質。考究之足矣。

夫此八十餘種之原質。各有專門西名。吾國命名之法。或取原有者。如金銀銅鐵錫之類是也。或係譯音者。如鋇鋰鎳等是也。或係譯意者。如氟溴氧是也。此書中所用原質之名。悉本民國四年教育部教科書編纂綱要審查會所發行之中學師範物理化學教授要目草案一書。不敢參用舊名詞。或另選新名詞。因該書中名詞。業已通行吾國。悉本之所以新名詞之劃一也。

按原質之名。化學中常須用之。若每用時必書其名之一完全字。如鐵之書鐵字。銅之書銅字。則不便殊甚。故西洋化學家於每原質另造一簡便記號。以備易於書寫。此種簡易記號。謂之符號 (Symbols)。例如西名碳爲 Carbon。即取其第一字母 C 爲碳之符號。西名氧爲 Oxygen。即取其第一字母 O 爲氧之符號是也。然有時兩種原質。其第一

字母相同。則一種原質之符號。取其第一字母。而
其他一種原質。則於第一字母之後。再另加一字
母以別之。例如碳之西名爲 Carbon。而鎘之西名爲
Cadmium。則以 C 爲碳之符號。而以 Cd 爲鎘之符
號是也。西文原質名中。亦有係拉丁字者。如鐵
之拉丁字爲 Ferrum。故卽以 Fe 爲鐵之符號。銅之
拉丁字爲 Cuprum。故卽以 Cu 爲銅之符號是也。

吾國原質名。向無中國之符號。故均取西洋之符
號以爲符號。於未曾學習西文者。不免難於記憶。
然慣用之。亦自能記憶。

今將各原質之中西名稱。及西文符號。列成一
表。其中最要緊者。以 * 記之。學者祇須將此表
略誦數次。擇其最要緊原質之中國名稱。及西文
符號記之足矣。

西文名稱	中文名稱	西文符號	西文名稱	中文名稱	西文符號
Aluminium	鋁*	Al	Molybdenum	鉬	Mo
Antimony	銻*	Sb	Neodymium	釷	Nd
Argon	氬*	A	Neon	氖	Ne
Arsenic	砷*	As	Nickel	鎳*	Ni
Barium	鋇*	Ba	Niton	氮*	Nt
Beryllium	鈹*	Be	Nitrogen	氮*	N
Bismuth	鉍*	Bi	Osmium	銻*	Os
Boron	硼*	B	Oxygen	氧*	O
Bromine	溴*	Br	Palladium	鈷*	Pd
Cadmium	鎘*	Cd	Phosphorus	磷*	P
Caesium	鐳*	Cs	Platinum	鉑*	Pt
Calcium	鈣*	Ca	Potassium	鉀*	K
Carbon	碳*	C	Praseodymium	鐳*	Pr
Cerium	鈰*	Ce	Radium	鐳	Ra
Chlorine	氯*	Cl	Rhodium	銻	Rh
Chromium	鉻*	Cr	Rubidium	銻	Rb
Cobalt	鈷*	Co	Ruthenium	銻	Ru
Columbium (又名 Niobium)	鈮	Ch 或 Nb	Samarium	釷	Sa
Copper	銅*	Cu	Scandium	釷	Sc
Dysprosium	鈰*	Dy	Selenium	硒	Se
Erbium	鈰*	Er	Silicon	矽*	Si
Fluorine	氟*	F	Silver	銀*	Ag
Gadolinium	鈰*	Gd	Sodium	鈉*	Na
Gallium	銻*	Ga	Strontium	銻*	Sr
Germanium	銻*	Ge	Sulphur	硫*	S
Gold	金*	Au	Tantalum	銻	Ta
Helium	氦*	He	Tellurium	碲	Te
Holmium	釹*	Ho	Terbium	釹	Tb
Hydrogen	氫*	H	Thallium	鉛	Tl
Indium	銻*	In	Thorium	鈾	Th
Iodine	碘*	I	Thulium	鈾	Tu
Iridium	銻*	Ir	Tin	錫*	Sn
Iron	鐵*	Fe	Titanium	鈷*	Ti
Krypton	氬*	Kr	Tungsten	鎢	W
Lanthanum	銻*	La	Uranium	鈾	U
Lead	鉛*	Pb	Vanadium	鈾	V
Lithium	鋰	Li	Xenon	氙	X
Lutecium	銻*	Lu	Ytterbium	釷	Yb
Magnesium	鎂*	Mg	Yttrium	釷	Yt
Manganese	錳*	Mn	Zinc	鋅	Zn
Mercury	銻*	Hg	Zirkonium	鈷	Zr

觀以上之原質表。可知原質之種類甚多。今可擇其緊要之數原質。於下數章中研究其梗概。而尤注意於其要點。啟發學者之心思及興味。則根基既立。進而求之。自不難矣。且以上種種原質。並非其性質截然各別也。每有數種原質。其性質相差不遠。而可歸成一族者。故若每族中取其一二緊要之原質而研究之。則該族中之他種原質。自可類推而知其大略矣。由此觀之。原質之種類雖多。然非專門化學家。自不必一一研究之也。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 章

氧 (Oxygen)

氧係一種緊要原質。且為化學中所常見者。故先研究之。

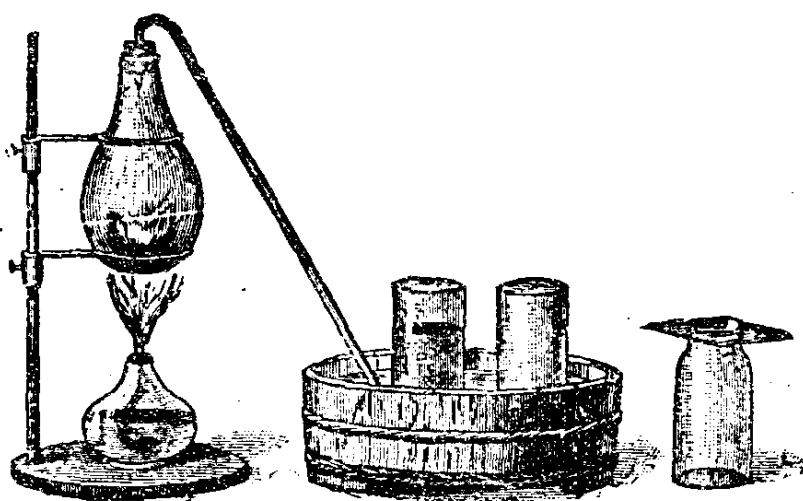
氧之製法
及試驗

上緒論中試驗 5. 顯明氧化錒加熱。則放出一種可使殘燼復燃之氣體。此種氣體即係養氣。且可用試驗 5. 所示之法收聚之。故試驗 5. 亦可作為製氧之一法。

然氧化錒價值較貴。且製出養氣之量不多。另有一較賤之法。且能製出多量之養氣。為試驗時所常用者。特示於下。

試驗 6. 取氯酸鉀 (Potassium chlorate) 粉末。及二氧化錒 (Manganese dioxide) 粉末。各約二調羹。一同攪和後。置入一玻璃瓶中。如第四圖。瓶口嵌入插有玻璃曲管之木塞。而以曲管之他端導入水槽。(與試驗 5. 中裝配之法相似) 然後用火酒燈將玻璃瓶加熱。久之則瓶中發生多量之氣體。由水槽中之曲

管口放出。可用有底之玻璃筒 (Cylinder) 六七個。一一滿盛以水。倒置槽中。移於曲管口上收取之。(與試驗 5. 中取氣法同) 此



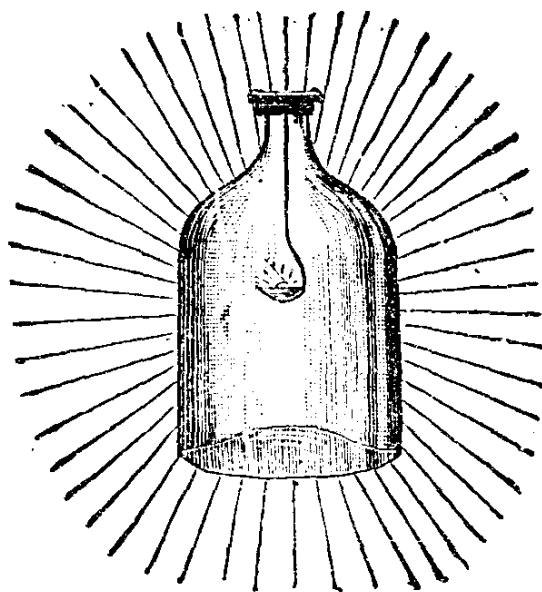
第四圖

種收取氣體法。名爲排水取氣法 (By displacement of water)。

以上收得之養氣數筒。可照下法。依次一一試驗之。每筒將試驗時。可用玻璃片 (Ground glass) 一方。在水中緊閉筒口。然後取出置桌上。待試驗時。始可將玻璃片移去。不試驗時。仍當蓋好。以免筒中養氣逸出。

試驗 7. 取硫黃少許。置燃燒匙 (Deflagrating spoon) (即一有細長鐵柄之小鐵調羹) 內。若不先將硫燃點。而即置入一存有養氣之筒內。即見毫無變化。然若先在空氣中用火柴燃點之。(當見該硫在空氣中頗不易燃燒) 而後速入筒內。(筒內養氣須尚未逸出者) 則燃燒甚速。且發美麗之燄。如第五圖。

試驗 8. 於水中切磷一小片。置燃燒匙內。插入另一存有養氣之筒中。則亦無甚變化。不過稍發白霧。然若在空氣中用火柴燃點之。則見其亦能燃燒。然火燄不甚光亮。今若速將其置入另一存有養氣之筒內。則燃燒甚烈。光亮極大。



第五圖

試驗 9. 將火柴一枝。用鐵鉗 (Forceps) 夾住。在空氣中燃點後。而復滅之。速將該殘燼置入另一存有養氣之筒內。則該殘燼能自行復燃。

試驗 10. 取一存有養氣之筒細察之。則見筒中養氣係一透明無色之物。以鼻嗅之則無臭。吸入口中則無味。

氧之性質 由上試驗。可知氧係一種透明無色無臭無味之物。在以上試驗時所製出者。乃一種人目所不見之物體。顯明氧在平常之空氣壓力及熱度時。係一種氣體。化學家曾試驗在平常之熱度時。雖用極大之壓力。亦不能使變成液體。

然若用平常之壓力。而使其熱度減低。至攝氏表負一百八十度時。(簡書之則爲負 180°C 。以後倣此。)則卽凝爲一種稍帶青色之液體。若熱度再行減低至約負 250°C 時。則結爲一種透明青色之固體。

由上試驗。亦可知氧在平常熱度時。與他物化合之性。不甚發達。然在較高熱度時。則多種物質與之起劇烈之化合。故以上未先燃點之硫黃。入養氣中。則毫無變化。未先燃點之磷。入養氣中。不過稍生白霧。然若先行燃點。以加高其熱度。然後入養氣中。則劇烈之化合起矣。

燃燒.燃度.不燃體.可燃 體.助燃體.及氧化之別

然則物質之燃燒。實因該物質與氧化合之故耳。

凡二物質。因猛烈之化合致發熱及光者。化學家均謂之燃燒 (Combustion)。不僅氧與他物質化合而發熱發光者。始得謂之燃燒也。若欲專指氧與他物質化合之作用。則化學家另立專名。卽謂之氧化 (Oxidation) 是也。

然各物質燃燒。必有一定之熱度。不達其一定之熱度。不起燃燒也。例如硫之與氧。及磷之與氧。在平常之熱度時。不起燃燒。必須以火柴點之。始起燃燒。然即此二者之燃燒。亦自不同。磷以火柴點之。立即燃燒。而硫以火柴點之。則須良久而始起燃燒。可知各物各有其一定之燃燒熱度也。此種一定之燃燒熱度。謂之燃度 (Kindling temperature)。化學家曾考知磷在空氣中。達 60°C 即可燃燒。而硫黃則非達 350°C 不起燃燒。其他物質。亦均各有其一定之燃度。

凡物之不可以燃燒者。謂之不燃體 (Incombustible substance)。其可以燃燒者。謂之可燃體 (Combustible substance)。其包圍於可燃體之周。而助其燃燒者。謂之助燃體 (Supporter of combustion)。例如磷在養氣中燃燒。磷謂之可燃體。而包圍於此磷之周。以助其燃燒者。則係養氣。故養氣可謂之助燃體。

前言氧化名稱。係專指氧與他物質化合之作用

而言。茲特申論之。氧化不但指氧與他物質化合作用之發光發熱者而言。其不發光者。亦得謂之氧化。如鐵置空氣中。則與空氣中之養氣化合而成銹。並不發光也。蓋此種氧化。甚爲遲緩。化學家謂之遲緩氧化 (Slow oxidation)。凡已死動植物之在空氣中。漸漸腐敗。亦係此故。此種遲緩氧化亦起於生物之體內。如吾人呼吸時。吸入之養氣。經化學家考知。一至肺臟。即與體中含碳物質等化合。生熱而成二氧化碳 (Carbon dioxide) 等物。亦猶燭之燃於空氣中而生二氧化碳等是也。惟其氧化遲緩。故熱度不高而不發光耳。以下試驗。可以證明之。

試驗 11. 用一有底之玻璃筒。放置桌上。乃以蠟燭一小段。燃點後置入筒中。燃燒良久。將燭取出。而以透明之石灰水。(可將石灰少許納入一清水杯中。攪之。待不溶化之物質下沉後。面上之清液即可用之。) 傾入筒中。以手掌緊蓋筒口。上下振盪。乃取而視之。則見石灰水生白濁之色矣。

經化學家考知。二氧化碳遇石灰水。則成一種白濁色之碳酸

鈣。(Calcium carbonate 理詳第十五章碳酸鈣中。)故此處石灰水變成白濁色。即係筒中有燃燭所成之二氧化碳之證。

另以玻璃杯盛透明之石灰水。取玻璃管插入水中。吹之。漸見該水變成白濁色。顯明人體中亦有氧化。故發生二氧化碳(參觀試驗 95)也。

臭養
氣

以上既述氧之大要。然養氣尚有一種特異之變體。學者不可不注意之。化學家曾試得若用三體積之純淨養氣。並不雜以他物。以放電法 (Electric discharges) 通過其中。久之。則三體積變為二體積。而成一種新物質。與平常之養氣大異。且有一種特別之臭味。此種新物質。顯係養氣之變體。蓋初時養氣中並不雜以他物。則養氣自不能與他物變化。故此種新物體。必係養氣自行變成者也。此種變體之養氣。化學家謂之臭養氣 (Ozone)。當天雨雷電猛作時。空氣中常發一種特別之臭味。即因有少許之臭養氣成於空中故也。

臭養氣較氧之化合性。大為發達。動植物質遇

之。即起化合作用。多數金類遇之。亦起化合。又二體積之臭養氣。若熱至 300°C 。則復變為三體積之養氣。尤可證明氧與臭養氣。必為同一之物質所成。不過係二種變體之物而已。

臭養氣不但可由氧中以放電法製取。此外尚有多種方法。可以製備之。茲述一簡單之法。以便學者之試驗。

試驗 12. 用一高玻璃杯。半盛以水。乃以新切之磷二段。墜入杯底。杯口用一方玻璃片蓋之。約待五分鐘時。即可試驗臭養氣之已否發生。其法如下。用小粉（一名澱粉）少許。及碘化鉀（Potassium iodide）少許。稍加水熱之。使成溶液。若用紙一片。一端浸入液中。即取出而置入於有磷之杯中。（該紙弗浸入杯中水內。）則該紙不久變成藍色。即係臭養氣之證。

註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第三章

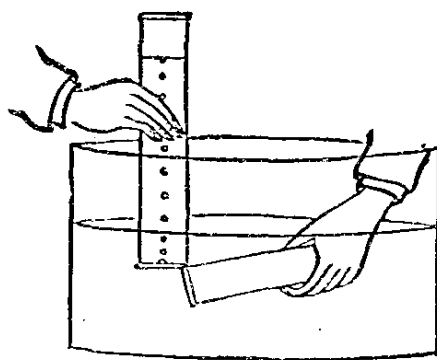
空氣之研究

空中有氣
之證明

空氣 (Atmosphere) 爲吾人日常接觸之物。且吾人所作一切化學試驗。常在空氣中爲之。故關係緊要。不可不亟先研究者也。

然空氣者。視之不見。聞之無臭。嘗之無味。然則何以知空中有氣質乎。不可不先證明之。其最簡便之法。可用吾人之手。在空中急速搖動。則覺有物與手觸碰。顯係空中有氣質。今可再用下法證明之。

試驗 13. 取一高深之玻璃皿。滿盛以水。乃用甲乙二空玻璃筒。甲筒滿盛以水。倒置其中。如第六圖。然後將乙筒倒執之。用力壓入皿中水內。幾浸沒時。使乙筒之口。斜置於甲筒口之下。則見乙筒內有氣上升甲筒中。而將甲筒中之水壓下。



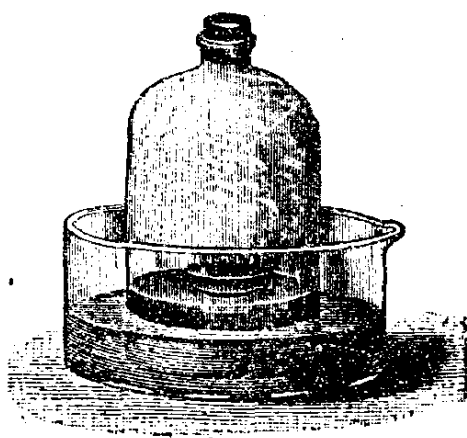
第六圖

由上試驗。可見空中有氣體物體（即空氣）。被浸入水中之乙筒捉住。故升入甲筒中。即將其中之水擠下。因空氣既係物質。故亦佔地位也。

以上既已證明空中之有空氣。然此空氣究爲何物。其中祇有一種原質乎。抑有數種原質乎。前論養氣章中。曾證明凡物之燃燒於養氣中者。亦能燃燒於空氣中。然則空氣中之有養氣明矣。然物之燃燒於養氣中者。較燃燒於空氣中者爲烈。可知空氣中。不僅有一養氣。必尙有他種之氣體在其中也。欲證明空氣中除養氣之外。尙有何種氣體在其中。可用一能與養氣化合之物。如磷之類。使與養氣化合。則空氣中之養氣被除去。迨後考究所剩之氣究爲何物。

試驗 14. 取一小皿。浮水槽中。皿中置小磷片。以火點之。乃速以頂上嵌有木塞之玻璃鐘覆之。鐘口須浸入水中。如第七圖。不久磷片燃盡。鐘中發生白霧。即磷與氧之化合物。名無水磷酸 (Phosphoric anhydride)。此白霧能溶化於水內。故少頃白霧不見。鐘中惟剩無色之氣體而已。且見鐘內之水。上升約

五分之一。顯明鐘內空氣之養氣。被磷除去。故鐘中之氣體。現在較前為稍少矣。今鐘內所剩之無色氣體。究為何物乎。亟須試驗之如下。另以清水加水槽中。使鐘內外之水面等高。然後去鐘上之木塞。而將燃燒之火柴下入鐘內。條即熄滅。



第七圖

可見此氣與養氣不同。

淡氣之
發見

由上試驗。可知空氣中之養氣。被磷除去後。所剩之氣。雖亦係無色無臭無味之氣。然與養氣不同。蓋養氣係一種助燃體。而此氣則不能助燃也。此種氣體。謂之淡氣 (Nitrogen)。 (按動物無養氣則死。故養氣取名曰氧。然在純養氣中。亦不相宜。有淡氣攙和其間。則適得其宜。故淡氣取名曰氮)。且若以動物置多量之純養氣中。則不能生活。亦與養氣大異。蓋動物無養氣。則不能生活。(即水中之魚。亦賴水中溶化之養氣而得以生活。蓋養氣稍能溶化於水也。)而在純養氣中。則亦不能生活也。又若以同體積之養氣及淡氣。比較權之。則知氮較氧輕。以養氣及淡

氣之化合性比較之。則知養氣易與他物質化合。而淡氣則極不易與他物質化合也。淡氣經化學家多方考驗。均無法可以使之再分爲二種物質。故知淡氣亦係原質之一。淡氣於平常壓力時。冷至負 194°C 則變爲液體。若再冷至負 213°C 而更將壓力減輕。以使之蒸發。則此液體即變爲固體。

空氣中氮氧二氣 體積比例之測定

由上觀之。可知空氣中實有二種氣體。即養氣及淡氣是也。

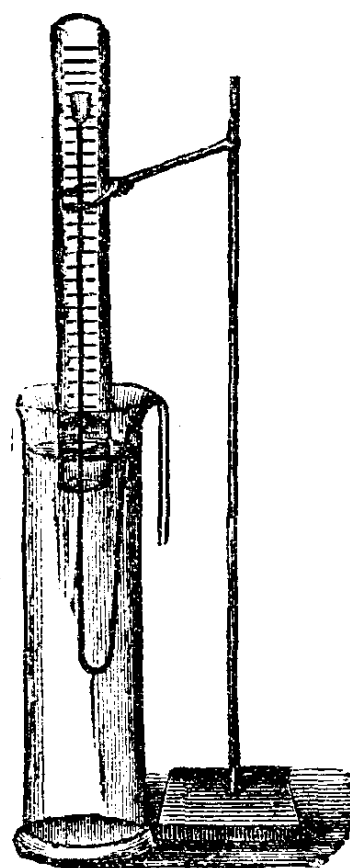
然其體積之比例若何。亦不可不測定之。今先求測定體積比例之法。上試驗 14。顯明鐘內空氣中之養氣。被磷除去後。水即上升約五分之一。可知氧佔空氣體積約五分之一。氮佔空氣體積約五分之四。茲更述一較準之試驗法如下。

試驗 15. 取一刻有度數之有底長玻璃管。將其口浸入一玻璃筒之水中。使管內外之水面等高。乃以鐵架挾持。如第八圖。記明露出水面上玻璃管之長短度數。乃用一端繫有小磷片之彎曲鐵絲。由水中導入管內。置至明日上課時。始將鐵絲取出。將玻璃管浸入水中較深。使管內外之水面等高。再記明此露

出水面上玻璃管之長短度數。若與昨日記明之度數相比。則知今日度數少五分之一。顯明被磷除去之養氣。約為原體積之五分之一。所餘之氣。約為原體積之五分之四。如此試驗。精密為之。則可測知今日所餘氣體之體積度數。與昨日原用空氣之體積度數。其比例為79分與100之比例。換言之。每100體積之空氣中。79為氮之體積。所除去之21。即為氧之體積。

空氣中氫氮氖氣氫五種稀少原質之發見

由上試驗。



第八圖

可知每100體積之空氣。用磷將其中養氣除去後。尚餘79體積之淡氣。然安知此所餘79體積之氣體中。祇有淡氣原質。而無他種氣體之原質在其中乎。是不可以不研究之也。化學家曾經將此所餘79體積之氣體。通過於燒熱之鎂 (Magnesium) (此原質有與淡氣直接化合之性) 原質上。則79體積被鎂收去約78

體積。而尚餘約 1 體積。可知以上所餘 79 體積中。祇有約 78 體積係淡氣。其餘 1 體積。必係別種氣體無疑矣。英國近世化學大家藍母 (Ramsay) 氏。曾經費數載之功。研究此 1 體積中尚有何種氣體之原質。得發明此 1 體積中尚有五種原質。其大部分爲氩 (Argon)。其餘四種。爲數甚微。即氦 (Helium) 氖 (Neon) 氪 (Krypton) 氙 (Xenon) 是也。此五種原質。化合性甚薄弱。故至今化學家尚未考得此五種原質之化合物也。

按此五種原質。既無化合物。故欲將其從空氣中提出。且欲將其彼此分開。不克用化學作用之方法。祇得藉其沸度及冰點之不同。而將其分開而已。此種方法。頗有興味。可察知研究方法之精微。茲特略述如下。

法將空氣若干。雜以養氣。而以電火通過之。則空氣中之淡氣與養氣化合。而成氮氧化合物。此種氮氧化合物。可用氫氧化鉀收取之。待空氣中之淡氣盡被用去後。其多餘之養氣。可用鹼性之焦性沒食子酸鉀 (Potassium pyrogallate 此物有吸收養氣之作用) 吸收之。如此辦法。則空氣中之氮氧二氣。盡被吸去。

其餘剩之氣中。即係氫，氮，氧，氫，氫五種稀少之氣體原質。茲若欲將此三種原質。再行彼此分開。則祇有利用其沸度及結冰度等之不同。而將其逐步分開而已。法藉液體輕氣極低之冷度。使此五種稀少之氣體原質。均變成固體。然後聚多量之此種固體。而逐漸加高其熱度。則氮最先化氣而飛出。因氮至零度下二百六十八度半 (-268.5°) 時。即可變成氣體也。故吾人即可利用此作用。而先將氮與他原質分開。待至熱度加至零度下二百四十三度 (-243°) 時。氧原質亦即化氣而分出。可以另行存貯之。故現在固體中。祇剩氫，氮，氫三原質矣。按氫之沸度係 -152° 。氫之沸度係 -109° 。而氫之沸度則係 -185° 。故吾人若將此剩餘之固體。加熱至百度零下一百八十五度時。氫即變成氣體。可用抽氣筒抽出之。而氮及氫則仍係固體。查得此最後剩餘之固體。若在液體輕氣之熱度時。氮能飛散。而氫則不飛散。故可再用抽氣筒將其分開之。由此觀之。可知此五種稀少原質。均可有法將其彼此分開也。

按此五種原質。每一千體積空氣中。約共有十體積之數。至每千體積空氣中。每種共有幾何。亦經詳細測得。茲特表示如下。

氫……每 1000 體積空氣中。約有 9.37 體積。

氧……每 1000 體積空氣中。約有 0.01 體積。

氮……每 1000 體積空氣中。約有 0.001 體積。

氮……每 1000 體積空氣中。約有 0.001 體積。

氫……每 1000 體積空氣中。約有 0.00005 體積。

由上觀之。可知空氣中氫最多。而氫則最少。此五種稀少原質。各能發顯特別之光帶。故可由此一一識別之。

註。此外空氣中尚有臭養氣。蓋前論臭養氣時。曾指明在養氣中放電。則養氣變為臭養氣。空氣中既常有雷電之作用。可知空氣中之必有臭養氣矣。惟臭養氣不過係一種養氣之變體。故不必另以為一種原質也。又化學家哥曲氏 (Gautier)。曾試知每 10,000 體積空氣中。尚有 2 體積之輕氣原質 (Hydrogen)。

空氣中尚有水氣
及二氧化碳等物

由上觀之。可知空氣中共有八種原質。即氧, 氮, 氫, 氫, 氫, 氫, 氫, 及氫是也。然空氣中尚有化合物否。今試研究之。

試驗 16. 取乾燥之氯化鈣 (Calcium chloride)。置一淺小玻璃皿中。暴露於空氣內。至明日上課時。取而視之。則見乾燥之氯化鈣變為潮溼之物矣。

由上試驗。可知空氣中必有水氣無疑矣。科學家考知空氣中常含有水氣。其多少之數。視空氣之熱度而定。熱度高則含水氣多。熱度低則含水

氣少。故熱空氣再冷時。則多餘之水氣。即凝結爲雨而下降。

試驗 17. 取透明石灰水。置一玻璃杯中。暴露於空氣內。至明日上課時。取而視之。則見透明之石灰水。變爲白濁之石灰水矣。

由上試驗。可知空氣中。必有二氧化碳。(Carbon dioxide 俗名炭氣) 無疑矣。蓋二氧化碳。遇石灰時。則化合而成一種白濁色之碳酸鈣。(參觀試驗11。) 科學家考知空氣中。所含二氧化碳氣之多寡。亦無一定。然相差不甚大。在海面上每 1000 體積空氣中。約僅含二氧化碳氣 0.3 體積。

由上觀之。可知空氣中除原質之外。尚含有水氣及二氧化碳二種緊要之化合物也。(水亦係一化合物。見後第四章之末)。此外空氣中尚含有少數阿摩尼亞 (Ammonia) 以及硝酸 (Nitric acid) 等物。然無甚關係。茲從略。

空氣中氧氮二氣係 混合物而非化合物

總觀以上所論。則知空氣爲多種氣體原質。及多種氣

體化合物所成。然其中最緊要者。則爲氧氮二氣。今試問此氧氮二氣。係互相化合之物乎。抑祇係混合之物乎。欲確實解決此問題。頗非易易。然化學家均以其爲混合物。茲摘其理由如下。

(1) 若將養氣及淡氣。互相攙和。其所成之氣。與空氣無異。且攙和時。並無化合作用之現象發生。蓋二物質化合時。其熱度必增高。例如吾人前見硫與氧化合。及磷與氧化合時。熱度均增高。致發劇烈之光燄。今氧與氮攙和後。熱度並不增高。可知其並不化合也。

(2) 化學家曾考知。凡甲乙二物質所成之化合物。其中之甲物質及乙物質。必各有一定之比例重量。而不可更變也。例如磷與氧化合。所成之無水磷酸 (Phosphoric anhydride) 中。必有磷六十二及氧八十之重量比例。又如硫與氧化合。所成之無水硫酸 (Sulphuric anhydride) 中。必有硫三十二及氧三十二之重量比例。而永無改變者也。今試考空氣中之氧與氮。則不然。雖其比例重量。無甚大差之時。然常稍有改變。致時微有不同。可知其並不化合也。

(3) 前試驗 15。曾考知空氣中之養氣爲 1 體積。淡氣爲 4 體積。今若將空氣溶於水內。(空氣能微溶於水內。) 乃將溶於水內之空氣。用抽氣筒抽出而考之。則得養氣爲 1 體積。而淡氣僅 1.87 體積矣。何以故。蓋養氣較淡氣易於溶化水內。故水

內之空氣含氧較多。而含氮較少。苟空氣中之養氣及淡氣。係一種化合物。則氧氮二者當一并溶化於水中。而水中之淡氣不當減少體積。可知空氣中之養淡二氣。並不化合也。

液體
空氣

以上既論空氣之大要。茲附論空氣之能變為液體否。按空氣中之緊要氣體。既係養氣及淡氣。然二者均能變為液體。(參觀前第二章氧之性質。及本章淡氣之發見。)且二者在空氣中並非化合物。故其性不變。則空氣自能變為液體 (Liquid air)。化學家曾發明特別之器具。可將壓力增大。熱度減低。以使空氣變成液體。惟初學者不妨從略。故不多贅。

此種液體空氣。若置於平常之壓力時。則其中之淡氣及一部分之氧。同行飛散。不久則所剩者幾係純養氣矣。故此亦可作為由空氣中取養氣之一法也。

註。本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 四 章

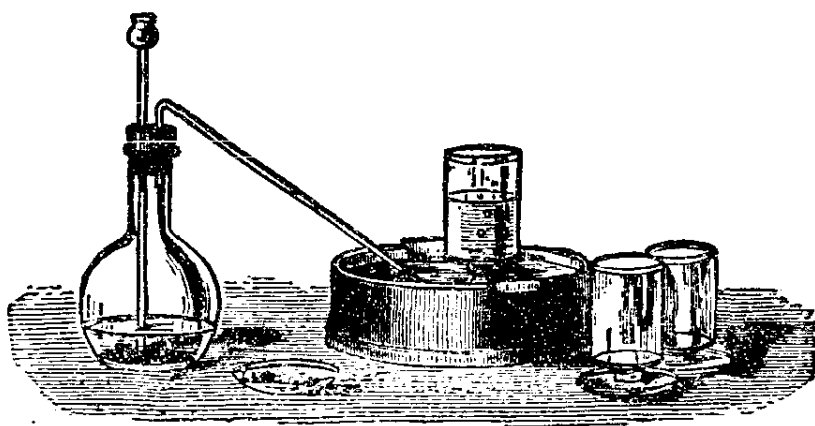
氫 (Hydrogen)

以上既論氧氮等之氣體原質。然此外尚有緊要原質。在平常熱度時亦為氣體者乎。亟須研究之。

氫之製法
及試驗

試驗 18. 以玻璃瓶。盛錫屑 (Granulated zinc) 及水少許。如第九圖。以插有漏斗及曲管之木栓。

緊塞其口。瓶中
漏斗之下端。須
浸入水內。而曲
管則否。其曲管
之他端。則導入
水槽中之水內。

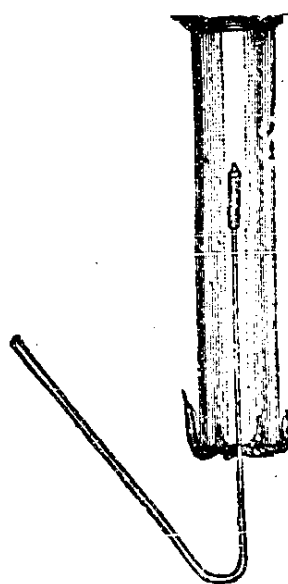


第 九 圖

乃將硫酸 (Sulphuric acid) 或鹽酸 (Hydrochloric acid)。由漏斗注入瓶內。則瓶中不久發生一種氣體。由水槽中之曲管端放出。約待一二分鐘。瓶中空氣驅盡後。可用排水取氣法 (見試驗 6)。收取二三瓶。以便試驗。

瓶中顯係一種氣體。然此係養氣乎。抑係淡氣乎。抑另係一種新氣體乎。不可不試驗之。

試驗 19. 取收得之氣體一瓶。用玻璃一方。入水中緊蓋瓶口。然後取出。倒置於桌上。如第九圖右邊所示者。(輕氣較空氣為輕。恐其上升逃散。故仍倒置之。雖倒置。而方玻璃蓋仍不可移去。須待試驗之時。始可移去。因仍恐其逸出也。) 然後將瓶漸漸移起。而以曲銅絲一端插燃燒之燭。導入瓶中。如第十圖。則見瓶口發燃燒火燄。而燭火反在瓶中立即熄滅。

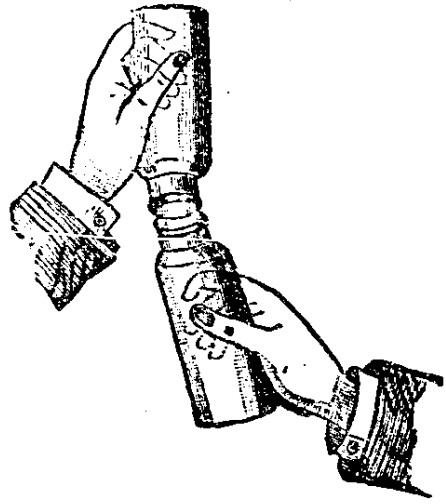


第十圖

由上試驗。可知瓶中之氣。必非養氣。蓋燭火入養氣瓶中。非但不立即熄滅。且燃燒愈烈。瓶口亦不發燃燒火燄。(見前試驗 9) 又瓶中之氣亦必非淡氣。蓋燭火入淡氣瓶中雖滅熄。然瓶口並不發生燃燒之火燄。(見前試驗 14) 可知瓶中之氣。係一種新氣體。化學家名之為氫 (Hydrogen)。所以名氫者。因此氣係氣體中之最輕

者也。今試證明此氣較空氣為輕如下。

試驗 20. 另取一空瓶。(並非收有輕氣之瓶) 以火燃瓶口。則知並無微音發生。旋取一收有輕氣之瓶。直置桌上。(瓶口方玻璃蓋不可移去。又此瓶不可倒置。) 乃將空瓶倒置其上。而後移去方玻璃蓋。如第十一圖。約數秒鐘後。以火燃上瓶口。則即聞有微音發生。而以火燃下瓶口。則瓶口不復發燃燒火燄。蓋因輕氣輕於空氣。故自原瓶上升入空氣瓶中而交換之也。



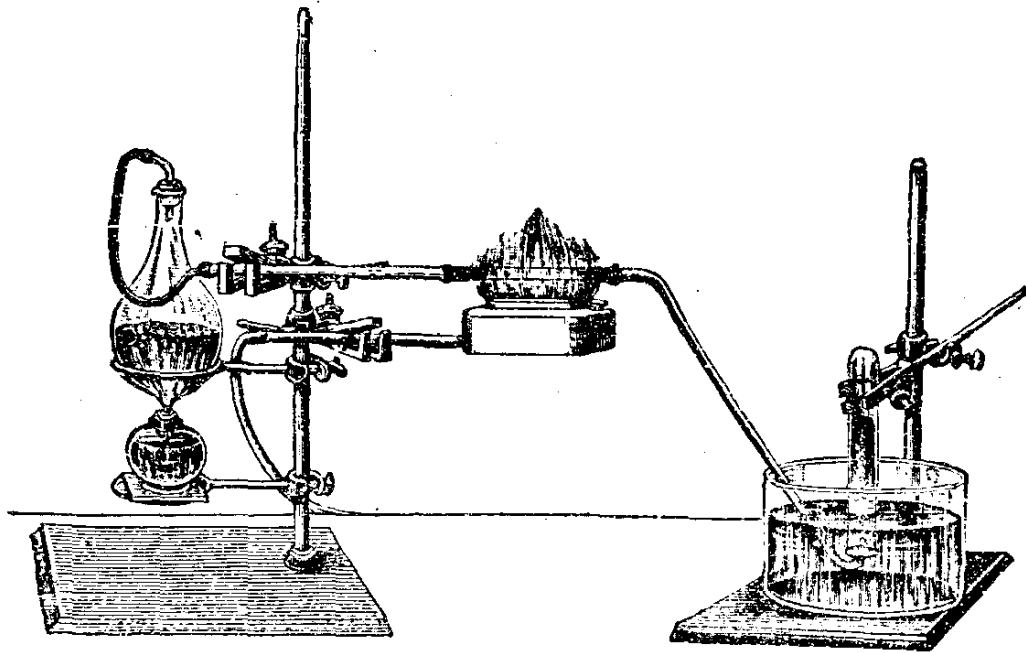
第 十 一 圖

註。發生微音之故。因輕氣雖上昇入空氣瓶中。與其中之空氣交換。然仍有些少空氣中之養氣雜在其內。遇火則此氧與氫化合甚速。而成一種體積較小之物。故外面空氣乘隙擠入。而發微音也。又輕氣既能交換空氣。故輕氣亦可用排擠空氣法取之。謂之排空氣法。(By displacement of air 與試驗 6 排水取氣法比較之。)

由上試驗。可知輕氣係一種極輕之物質。若以之入球袋中。則球即上升。若以之吹洋皂泡放空

氣中。條即上升。皆足證其輕於空氣也。氣球中亦常用之以使氣球上昇空際。故輕氣之製出甚多。若欲製造多量之輕氣。則下法爲宜。因其價值較試驗 18 所示用鋅屑及酸類製備之法爲廉也。

試驗 21. 取水約半瓶。以火酒燃熱之。使發蒸汽水。此瓶與一硬玻璃管或磁管互相接連。如第十二圖。管中滿盛以



第 十 二 圖

潔淨之鐵屑。管之他端。接一導入水槽之曲管。以便收取放出之輕氣。乃用烈火在硬玻璃管外熱之。使管中鐵屑燒紅。不久

即見有氣由槽中管口放出。若待數分鐘後。收取而試驗之。則知與前所試驗之輕氣無異。故知放出之氣亦爲輕氣也。

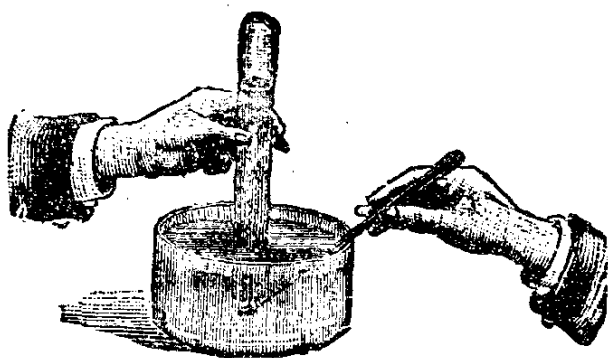
由上試驗。可知蒸汽水經過熱鐵時。被熱鐵分解而放出輕氣。可知水中必有氫無疑矣。水中之氫。亦可以下法使之分出而取之。

試驗 22. 取玻璃器盛水。以鈉一小片。(Sodium 係一種原質。遇水即起化合。故不用時。宜浸在油中。以防變化。)投入水中。則見鈉游走於水面。且發微音。瞬息化盡。再以鈉一片投入水中。於其游走時。以火點之。則見有氣燃燒。而發黃色之燄。是因水被鈉分解。放出輕氣。燃燒於空氣中耳。又此輕氣中。雜有鈉之一部分所化之蒸氣。此蒸氣燃燒時發黃色。故火燄變爲黃色也。

取鉀 (Potassium 亦係一種遇水即化合之原質。)一小片。投入水中。則見亦游走於水面。且不久即自行燃燒。發紫色之火燄。(因鉀蒸氣燃燒時發紫色。)是因鉀與水化合較鈉更易。故發極高之熱度。足使所發之氫熱至燃度。故不必由外以火點之。而即能自行燃燒也。

以上水與鈉或鉀化合。放出之輕氣。亦可用法收取之。以備試驗。法如第十三圖。用一玻璃筒。滿貯水。倒置水槽中。乃

以鈉一片。(鉀性太烈。用鈉爲宜。)用紙包之。以手指或鐵鉗速即送至槽中筒口。放入筒中。即見筒中發生氣體。將水壓下。若將此氣試驗之。則與前試



第十三圖

驗 18 及試驗 21 所得之氫無異。故知鈉(鉀亦然)使水中分出之氣。亦係輕氣也。

註。此試驗亦可作爲製備輕氣之一法。

氫之
性質

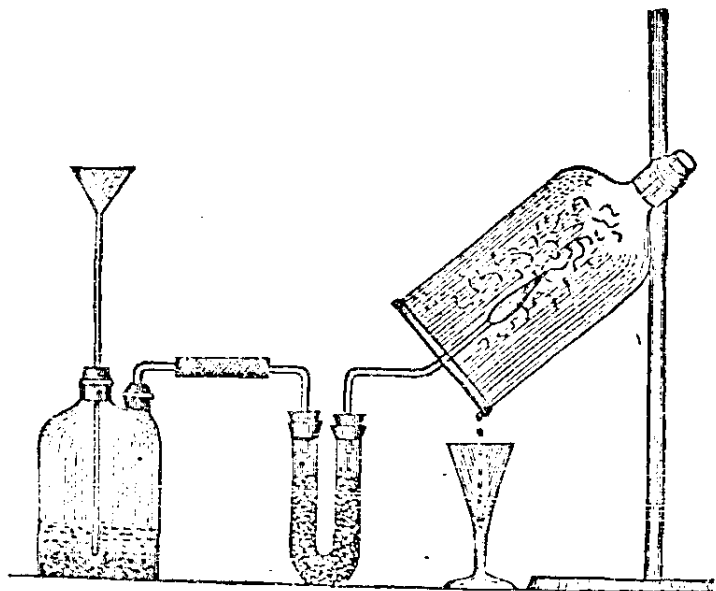
以上既述輕氣製法及試驗之大要。今將氫之性質彙而考之。氫爲一種無色無臭無味之氣。爲物質中之最輕者。化學家曾考知輕氣。較空氣約輕十四倍有半。在平常之熱度及壓力時。則爲氣體。然若將熱度減低。至負 242°C 時。再加增壓力。則變爲無色液體。然若熱度不減至負 242°C 之下。則雖加極大之壓力。亦不能使之成爲液體也。若將此液體之氫。置平常空氣壓力中。則達負 252°C 熱度時。即復漸漸變爲氣體之氫。

在平常之熱度時。輕氣與他物質之化合性。不甚發達。然若加增熱度。則化合性發達。例如養氣與輕氣攙和。則並無作用。然若以火燃之。則化合而發猛烈之炸聲。顯明氫與氧化合。輕氣亦能燃燒於空氣中。發一種淡色之火燄。(見試驗19)

氫與氧化
合成水

今試研究氫與氧化合。或輕氣燃燒於空氣中。(空氣中亦有氧) 成何種物質。

試驗 23. 如第十四圖。在一插有漏斗及玻璃管之瓶中。置鋅屑少許。管之外端與一U式之玻璃筒相接。筒中實以固體之氯化鈣 (Calcium chloride)。以備吸收水氣。筒之他端。接以一尖口曲管。乃取硫酸或鹽酸少許。由漏斗傾入瓶中。使發生輕氣。(參觀試驗 18) 不久則輕氣由尖口放出。待數分鐘後。以火燃之。然後以乾潔之玻璃罩斜覆之。良



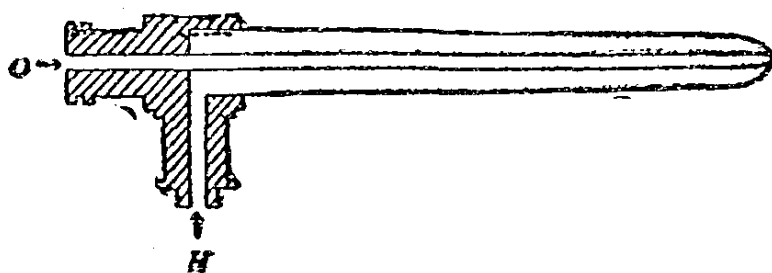
第 十 四 圖

久。則見有水自玻璃罩滴下。以玻杯接受而考之。可知與平常之水無異。

此水何自來乎。必係輕氣燃燒於空氣中所成者。然燃燒者。即為與養氣化合之現象。故此水係由輕氣與養氣化合而成可知矣。

註。 氫與空氣中之養氣化合燃燒。其火燄雖不甚光亮。然熱力則甚大。若氫與純養氣化合。其熱力尤大。此種大熱力之火燄。化學中常有用以融鍊物質者。即最堅之鉑 (Platinum)。入此燄中。亦能融解。然若氫與氧於未加熱之前。先得混合。則加熱後。即將炸裂。故科學家製出一種特別器具。使輕養二氣當未化合之前。不相混合。法以一大銅管套在一小銅管之外。如第十五圖。先將多量之氫。由圖中之 H 處送入大管中。即由管端放出。

乃先燃點之。然後將少量之氧。由圖中 O 處放入小管中。此氣亦即由管



第 十 五 圖

端放出。而入已燃之輕氣火燄中。使之變為極熱。此種器具。

名爲輕養氣吹管 (Oxyhydrogen blowpipe)。今若將此火燄射於生石灰上。則發白熱之大光。化學家謂之石灰光。(Lime-light 又名 Drummond light) 可見此燄之熱矣。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 五 章

水 之 研 究 (係氫與氧二原質之化合物)

水為吾人日常接觸之物。且化學試驗。常有用
水者。故水之組成及性質等。不可不亟亟研究之
者也。

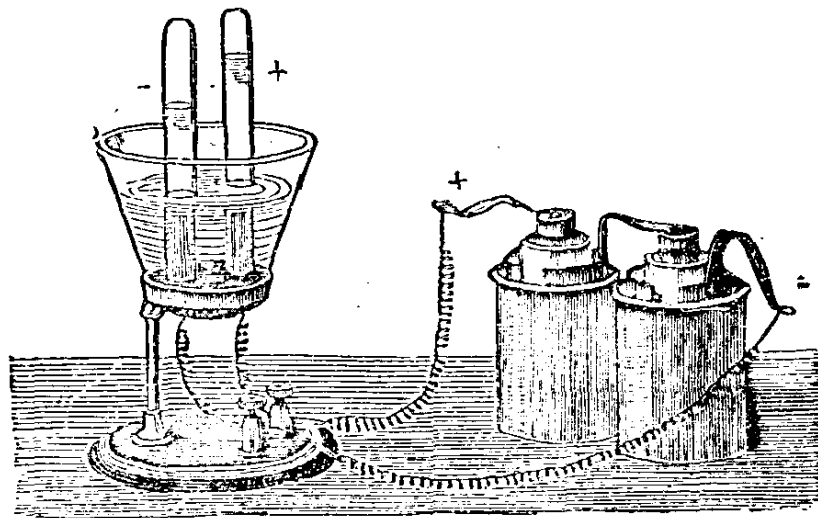
水係輕養二
氣化合所成

由前試驗 23.。可知氫與氧化合
則成水。然則水為氫氧之化合物明
矣。水既為氫氧之化合物。則如有法使水分解。
當再得輕養二氣。下列試驗。即使水分解之法
也。謂之電

解(Electrolysis)。

試驗 24.

如第十六圖。用
一玻璃器。器底
塞以插有二銅線
之木栓。在器內



第 十 六 圖

之二線端。各繫一小鉑片。然後器中盛水過半。而以滿貯水之二大玻璃管。倒置其中。各將鉑片覆入管口。今若以硫酸少許。加入器中水內。(水中無硫酸。則電流不易通過。)而將玻璃器外之二銅線端。連於電瓶之二線上。則電流通過水中。令水分解。數分鐘後。見有氣泡發生。聚於二玻璃管內。細察之。則見二管中所得之氣。體積不等。其自陰極發生者之體積。較自陽極發生者。必多一倍。

由上試驗。易知水可被電流分解而為二氣。今若待其發生稍多時。取而試之。以燭火入陽極發出之氣中。則燭仍燃燒少時。且火燄更加猛烈。若於陰極發出之氣。倒置其管。以燭火入之。(如試驗19。)則見管口有燃燒之火燄。而燭火反在瓶中。立即熄滅。可知陽極管中係養氣。而陰極管中則係輕氣。

水中輕養二氣有一定之體積比例

總觀以上所論。可知輕養二氣化合則成水。(試驗23) 水被分解。則復成輕養二氣。然則水為輕養二氣之化合物益明而無疑。且試驗 24 顯明水中分出之輕

氣。其體積恆較養氣多一倍。可知輕氣與養氣化合。其體積必有一定之比例。即二體積輕氣與一體積養氣化合則成水。無論取天地間何處之水。用上法分解之。則必得二體積氫及一體積氧而永不能稍有改變。可知氫氧二原質。化合成水之比例。必有一定不可易之數。

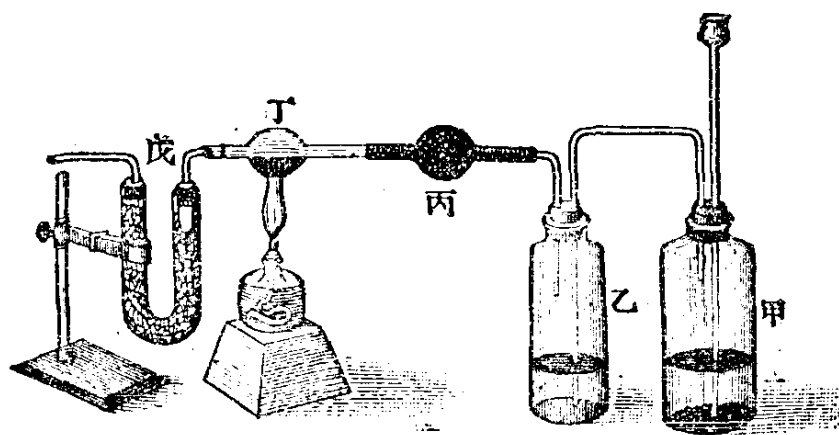
水中輕養二氣有一定之重量比例

以上證明輕養二氣化合成水。各需一定之體積。以下

試驗。證明輕養二氣化合成水。各需一定之重量。

試驗 25. 如第十七圖。取甲瓶一。內置鋅屑。以備製輕氣之用。(參觀試驗 18。) 甲瓶之曲管端。與乙瓶之曲管端相連。乙瓶中

置濃硫酸。以便收取輕氣中所雜之水氣。乙瓶之他曲管端。與球管丙



第 十 七 圖

端相接。球中滿盛氯化鈣。(Calcium chloride) 亦爲幫同收取輕氣中水氣之用。丙之他端。接以乾潔之硬玻璃球管如丁。中置氧化銅。(Copper oxide 係氧與銅化合之黑色物。) 丁管及其中氧化銅。須一同秤準其共重若干。丁之他端與一滿盛氯化鈣之U管戊相接。此戊管及其中之氯化鈣。亦須一同秤準其共重若干。以上器具之裝置既妥。當更察其接連處須緊密。乃以淡硫酸或鹽酸。由漏斗中傾入甲瓶。不久卽有輕氣發生。此輕氣經過乙。則其中所雜之水氣。被乙瓶中之濃硫酸收去。多餘之水氣。經過丙時。被氯化鈣收去。故經過丁管時之輕氣。爲乾潔之輕氣矣。少候片刻。待器具中之空氣。全被輕氣逐出後。乃將火酒燈在丁管外加熱。使管中之氧化銅燒紅。至原來黑色之氧化銅變爲平常之銅色而止。可知其中之氧被氫取去。而化合成水矣。此化合所成之水。均被戊管中之氯化鈣所吸收。

今若將丁管及其中所剩之物。一同再秤其重量。則知較其原重量爲輕。所輕之數。卽係氧化銅所失之氧之重也。又若將戊管及其中之物亦一同再秤其重量。則知較其原重量爲重。所重之數。卽氯化鈣所收得水氣之重也。按輕氣中所雜之水氣。既被乙丙收去。則此處氯化鈣所收得之水氣。

必係輕氣與氧化銅中之氧化合而成。若由此化合所成水氣之重中。減去以上氧化銅中所失之氧之重。則所餘之數。必爲水中輕氣之重。蓋水既爲輕養二氣所成。故減去養氣之重。則所餘者必爲輕氣之重矣。若將以上算得氫之重。與氧之重相比。則知係氫 1 氧 8 之比。可知每九分重之水中。有氫原質重一分。氧原質重八分。

定數比例及倍數
比例定律之發明

由是觀之。輕養二氣之化合成水。其重量比例。亦自有一定不可易之數。不僅其體積比例爲然也。化學家曾考他種化合物中原質比例。亦知各有一定不可易之數。是之謂定數比例之定律 (Law of definite proportion)。總言之。即凡各物質互相化合。各需一定之分量而不稍更變也。

然常有二種原質。互相化合而成二種不同之化合物者。如氫氧二原質。互相化合。共可成二種化合物。一種爲水。而其他一種。則爲過氧化氫

(Hydrogen peroxide)。不過其製法互異耳。(水可用氫氧直接化合。如試驗 23。或用氫通過燒熱之氧化物等製成之。然若以過氧化鋇與硫酸化合。則得過氧化氫。詳後鋇原質中。)此二者均係氫與氧二原質所化合而成。惟其中之成分不同。水之成分。爲輕氣重一分。養氣重八分。而過氧化氫之成分。考得爲輕氣仍重一分。而養氣則重十六分。可知其中之養氣。較水中之養氣。適多一倍之重。夫 8:16 之比。猶 1:2 之比。此種 1:2 之比例。謂之簡單比例 (Simple ratio)。

註。凡 1:2:3:4:5:6:7:8:9:10 之比例。謂之簡單比例。

化學家考得。此外尚有多種原質。可成數種不同之化合物。例如硫與鐵。可成三種化合物。錫與氧可成二種化合物。氮與氧可成五種化合物是也。然二原質雖可成數種化合物。而此數種化合物中之同樣原質。若將其重量互相比較之。則知均適成爲簡單比例。例如硫與鐵所成之三種化合物。其中之鐵。均爲 7 分。而其硫之比例。則

爲 2:3:4。此亦係一簡單比例也。又如氮與氧所成之五種化合物。其中之氮。均爲7分。而其氧之比例。爲 1:2:3:4:5。此亦係一簡單比例也。

由是觀之。凡甲原質與一定重量之乙原質化合。如能成數種化合物。則此數種化合物中。甲原質互相比較之重量。必適成一簡單比例。是之謂倍數比例之定律 (Law of multiple proportion)。

註 尚有一要點。學者不可不注意。二原質雖能以二種不同重量之比例。成二種化合物。如氫氧二原質。能以氫一分氧八分成水。或氫一分氧十六分成過氧化氫。然每種化合物中。二原質重量之比例。自有一定。如水中之氫氧比例。必爲 1:8 之比。而未有或變者也。過氧化氫中之氫氧比例。必爲 1:16 之比。亦未有不同者也。

水之要性 以上既述水之組成。茲將水之要性考之。純潔之水。係一種無臭無味之液體。淺時無色。而深水則呈青色。水有三體之變化。在平常之空氣壓力及熱度時。則爲液體。熱至 100°C。則變爲氣體。冷至 0°C。則變爲固體之冰。當

水漸冷時。其體積亦漸小。至 4°C 時。其體積爲最小。若再冷至 4°C 以下。則其體積反復膨脹。至 0°C 結冰時。其體積較液體之水。反約大十分之一。此冰之所以浮於水面而不下沈也。水在平常壓力時。至 100°C 而沸。然若將壓力減輕。則不必至 100°C 亦即能沸。故在高山之頂。熱水易沸。因高處空氣較稀。故壓力較少也。若將壓力增多。則須在 100°C 以上始能沸也。可知水之沸度。視壓力而定。水在平常空氣中。亦漸蒸發。故空氣中尙有水氣。

水之溶
化力 水最有溶化他種物質之性。其能溶化之物質之種類。較別種液體爲多。故水爲液體中最佳之溶劑 (Solvent)。凡溶化某物質之液體。謂之溶劑。被溶之某物質。謂之溶質 (Solute)。所成之液。謂之溶液 (Solution)。且水不僅能溶化固體之物質。即別種液體及氣體之物質。亦常有能溶於其中者。例如醇精 (Ether) 液體注水攪和。

則與水混合。而成溶液。又如養氣淡氣等。亦均稍能溶化於水是也。然考各物質溶化多寡之量。大概視溶劑之熱度而定。並非無論多寡。均能溶化也。例如熱度高。則固體物質溶化之量亦常多。熱度低。則固體物質溶化之量亦常少。今以試驗明之。

試驗 26. 取甲乙二同樣之小玻璃瓶。各盛清水100立方公分。(Cubic centimeters 簡書之。則為 C.C.。故 100 立方公分可書為 100c.c.。以後做此。參觀書後所附之度量衡表。)甲瓶中加重 5 公分(Grams 見度量衡表)之氯酸鉀 (Potassium chlorate) 粉末。乙瓶中加重 90 公分之硫酸鎂 (Magnesium sulphate)。然後各以木栓塞瓶口而搖之。數分鐘後。二瓶中之物質。均盡溶化。若各瓶中再加各物質少許。則雖搖之。亦不能再行溶化。可知該溶劑能溶化物質之量已足。而不能再溶矣。然若將各瓶加熱。則其中不溶化之物質。即能再溶。雖再加各物質少許。亦能再溶之。如此漸漸加多。至不能再溶化而止。此溶液若再冷之。(法可將瓶浸入冷水中。)則一部分之溶質。再行分出。尤足證在高熱度能溶之量。較在低熱度為多。

〔飽和溶液及過飽和溶液之別〕 由上試驗。可知物質溶化多寡之量。視溶劑之熱度而定。在一定之熱度時。若干之某溶劑。只能溶若干之某物質。而不能再多。此種溶化已足之溶液。謂之飽和溶液 (Saturated solution)。然有時亦可用法使一溶液含有溶質較多於其飽和溶液所應含者。此種含有溶質過多之溶液。謂之過飽和溶液 (Supersaturated solution)。可試驗之如下。

試驗 27. 取一玻璃瓶。中置 500 公分重之硫酸鈉 (Sodium sulphate)。加清水 200 立方公分而熱之。至硫酸鈉盡行溶化而止。此時已成爲一種飽和溶液。乃以紙蓋瓶口。靜待其冷。(不可將瓶口搖動) 則見並無物質分出。該溶液熱時。既已爲飽和溶液。則冷時當有溶質分出。因熱度低。則固體物質溶化之量當較少故也。今此飽和溶液冷時。亦不將多餘之溶質分出。而仍勉強含之。故成一種含溶質太多之過飽和溶液。欲證其所含溶質爲過多。可用固體之硫酸鈉一小粒。落入瓶中。則見瓶中大部分溶質分出。致使全體溶液。變爲固體。可知其所含溶質爲過多矣。

〔結晶水〕 學者須知物質之溶於水中。並非與水化合也。蓋凡化合之物。必遵定數比例之定律。而溶液則其中溶劑與溶質。比例之量不必一定。蓋一微點之物質。溶於杯水中。則成爲溶液。而多量之物質。溶於杯水中。亦成爲溶液也。然化學中。間有數種物質。能與水成一種愛力極弱之化合體。與平常之化合物異。蓋平常之化合物。愛力較大也。此種化合體亦與溶液異。蓋溶液中。溶劑及溶質比例之量。不必一定。而此則其中之水。與化合之物質。有一定比例之量也。此種化合體中之水。謂之結晶水 (Water of crystallization)。下列試驗。證此種化合體。愛力極弱。故結晶水極易分出。

試驗 28. 取乾燥結晶體之碳酸鈉 (Sodium carbonate)。置一磁盆中熱之。則見有水分出。此卽碳酸鈉中之結晶水也。

又取乾燥藍色結晶體之硫酸銅 (Copper sulphate)。置磁盆中熱之。亦見有水分出。而藍色之物質變爲白色之物矣。是蓋因

硫酸銅中之結晶水分出。故失其藍色。若將燒後白色之物。再加少許之水。則復變為藍色。顯明復與水合成一種愛力極弱之物矣。

〔風化及潮解之別〕 以上試驗。顯明物體中之結晶水加熱則分出。然亦有數種含結晶水之物質。一置空氣中。即將其中之結晶水放出。不待加熱而後然也。此種作用。謂之風化 (Efflorescence)。試驗如下。

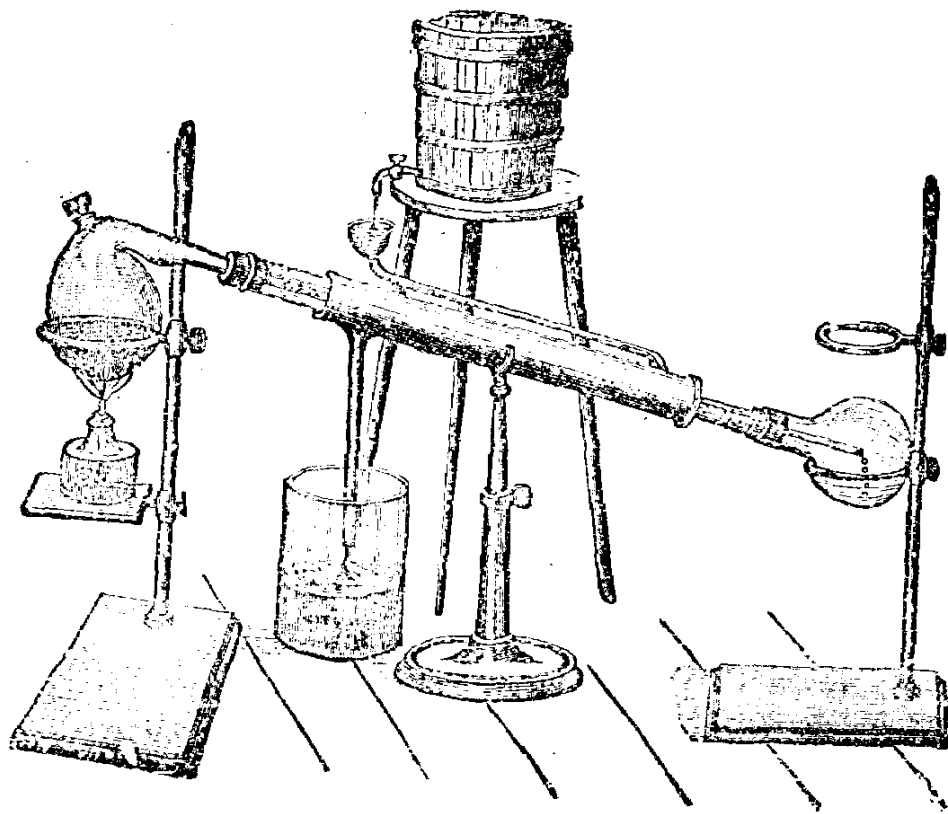
試驗 29. 取光亮結晶體之硫酸鈉 (Sodium sulphate) 少許。置空氣中。待一小時後。復取而視之。則不復為光亮之結晶矣。是蓋因其中之結晶水。已放出故也。

反之。物質如氯化鈣 (Calcium chloride)。置空氣中。則能收取空氣中之水氣而有之。(見試驗 16) 使變為其中之結晶水。此種作用。謂之潮解 (Deliquescence)。

蒸餾法 水既有溶化他種物質之能力。故天地間自然之水。鮮有純潔者。雨水下降。經過空氣。即溶有空氣中之氣體。及至地面時。則與土石接觸。而多種之物質即溶化其中。然則欲得純潔之水。當用何法乎。考水在平常空氣壓力

中。熱至 100°C 。則變爲上昇之蒸汽。(此種作用。謂之蒸發 Evaporation。)而將其中溶化之物質。存留於下。故上昇之蒸汽。係一種純潔之水汽。此汽遇冷。則復變爲水。故若有法取之。則可得純潔之水矣。以下試驗。名蒸餾法 (Distillation)。即本上理取純潔水之法也。

試驗 30. 取一種不純潔之水。(可將硫酸銅少許溶水



第 十 八 圖

內。取所得之溶液用之。) 置一曲頸瓶 (Retort) 內。如第十八圖之左邊所示者。瓶頸插入一長玻璃筒。筒之外護有一較大之套。以便冷水流通其間。使筒常冷。流通冷水之法。係將一桶冷水置高處。使落入套之一口中。如圖中所示者。此水即由套之他端流出。如此流動不息。則套中之玻璃筒自然常冷。筒之他端。插入一玻璃瓶中。以便收取純潔之水。乃將曲頸瓶。用火酒燈熱之。使其沸滾。並使套中之冷水流通不息。則蒸出之水汽。經過玻璃筒時。因冷而復凝為水。流入右邊所示之玻璃瓶中。由此可收得最潔之水矣。(此水中並無藍色。可知藍色之硫酸銅。並不蒸出。故蒸畢後。取視曲頸瓶。則見一切不潔之物。均留在其中。)

註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 六 章

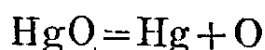
化學變化之簡明表示法

符號、程式及
方程式之用

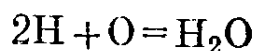
化學中之化學變化甚繁。故不可不特造一種簡明之法以表示之。以後各章中所載化學變化亦甚多。故不可不於此時。先研究表示之法。以便演用。即就以上各章而論。其中所見之化學變化。已有多種。試舉一二言之。例如觀試驗 5。則知氧化銻 (Mercuric oxide) 加熱。即分解而為銻 (即水銀) 及氧之二原質。又如觀試驗 23。則知輕氣與養氣化合可成水。此種化學變化。有何簡明之法可以表示之。以便化學家之書寫及研究乎。曰有。法為先以各原質之符號 (見前第十三頁) 代各原質之名。例如以 Hg 代銻。O 代氧。H 代氫。如一化合物。係某某二原質所成。則並列此二原質之符號。即可代該化合物之名。例如氧化銻。係銻及氧二原質所成。則可書

HgO 以代之。此種以符號代化合物之式。謂之程式 (Formula)。然有時一化合物中之某原質較多於其他之一原質。例如試驗 24。顯明水中之輕氣。較養氣多一倍。則水不當寫爲 HO。(水爲氫氧二原質所成) 而當寫爲 H₂O。此下右角所列之 2 字。即表明輕氣須二倍於養氣也。

各原質既以其符號簡書之。各化合物又以其程式簡書之。然後可以此二種簡書法。表示化學之變化。例如氧化錒加熱。則分解爲錒及氧二原質。此一變化。可簡明表示之如下。



此種簡明表示化學變化之式。謂之方程式 (Equations)。又如二分輕氣與一分養氣化合則成水。可用以下之方程式表示之。



此外各種化學變化。亦可照此法。各以方程式表示之。

學者既知以上簡明表示法之大略。乃可與之進一步而研究之。須知化學家之視以上所舉之各符號程式及方程式。不僅能明其代表何物。且可兼知他事。其最要者。爲能兼知所代表各物質之分量。例如 Hg 爲汞之符號。然此符號。不僅代表汞原質之名。且代表汞原質之一定分量。 HgO 爲氧化汞之程式。然此程式。不僅代表氧化汞之名。且代表氧化汞內部一定之組織。及其一定之分量。又 $\text{HgO} = \text{Hg} + \text{O}$ 爲氧化汞加熱則分解之方程式。然此方程式。不僅代表氧化汞加熱時之變化。且表明未變化前氧化汞之分量。及既變化後所得各物質之分量。學者欲知符號程式及方程式何以兼能表明分量。須先研究下述之原子之學說 (Atomic theory)。則自能明矣。

原子
學說

物質之可分。夫人而知之。如取鐵原質一塊。可分之爲二塊。每塊復可再分爲二。如此一再分之。則將終達不可再分之限乎。

抑永無底止乎。化學家以旁證之法。均信物質之不可永分。必終達一定之限而不可再分。故如鐵原質一再分之。終至一最小而不可再分之顆粒。此種原質之最小顆粒。謂之原子 (Atom)。考化學家旁證物質不可永分之法。其最要者。爲原子學說。恰與定數比例及倍數比例之定律相符也。茲述之如下。

前第四十九頁。曾言定數比例之定律。凡各物質互相化合。各需一定之分量。而不可稍有更變。例如化學家考得氧化錒爲重十六分之氧與重二百分之錒。相化合而成。此重量永無改變。其他各化合物中之各原質。亦莫不有一定之重量。而不可改變。此何故乎。初時無人能明其故。迨化學家德頓氏 (Dalton) 之原子學說出。則其故可得而解。蓋如各原質各以原子組織而成。則當二原質化合時。必係此原質之原子。與彼原質之原子。互相化合。然此原質與彼原質既係二種不同之原

質。則此原質之原子。與彼原質之原子。亦必不同。非但其性質不同。而其重量。亦必不同也。設如氧原質中每顆粒之原子。與銻原質中每顆粒之原子。其比較重量爲 16:200 之比例。(此種原子之比較重量。謂之原子量 Atomic weight。)而當化合時。係每一氧原子與每一銻原子化合。則所成之氧化銻中氧與銻之比例。自然永爲 16:200 之比。而不能稍有改變。由此觀之。原子學說適可以解明定數比例之定律所以然之故。則原子學說自必不謬。而物質不可永分之學理。自必持之有故。言之成理矣。

又前第五十一頁。曾言倍數比例之定律。凡甲原質與一定重量之乙原質化合。而成數種化合物。則此數種化合物中。甲原質互相比較之重量。必適成一簡單比例。如化學家考得氧與銻化合。不僅能成氧重十六分及銻重二百分之氧化銻。且能成氧重十六分及銻重四百分之氧化第一銻。(Mercurous

oxide 另係一種氧與錒之化合物。) 此二化合物中錒之比較重量爲 200:400 之比。卽 1:2 之簡單比例也。此何故乎。初時亦無人能明其故。迨原子學說出。則其故可得而解。蓋二原質之化合。若係此原質之一原子。與彼原質之一原子互相化合。則成一種化合物。然若此原質之一原子。與彼原質之二原子互相化合。則自然另成一種化合物矣。故氧之一原子。與錒之一原子化合。則成氧重十六分及錒重二百分之氧化錒。若氧之一原子與錒之二原子相化合。則自然成氧重十六分及錒重四百分之另一種化合物矣。(卽氧化第一錒) 夫氧化第一錒較氧化錒既祇多一錒原子。則氧化第一錒中之錒。較氧化錒中之錒。自然適多一倍。而成 1:2 之簡單比例。由此觀之。原子學說。適可以解明倍數比例之定律所以然之故。則尤足證原子學說之不謬。而物質不可永分之理想。更覺持之有故矣。

由上觀之。可知各原質各以其原子組織而成無疑矣。且同一原質中之各原子。自各相同。然與他原質中之原子比較。則自不同。非但其性質不同。其重量亦必不同也。按原子甚小。雖不能權知其每原子實在之重量。然此原質之原子與彼原質之原子。其比較重量。未始不可用法以測定之。(測定原子之比較重量法。共有多種。詳後第二十三章中。) 此種原子之比較重量。謂之原子量 (Atomic weight)。例如氧十六分與錒二百分。化合而成氧化錒。既知此係氧一原子與錒一原子化合。則可知氧原子與錒原子之比較重量為 16:200 之比。故氧之原子量為 16。錒之原子量為 200 矣。

註。各原質之原子量。均經化學家測定。載書後所附之原質名稱符號及原子量一覽表中。

符號、程式及方程式兼
能表明物質之分量

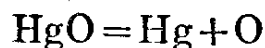
學者既知各原質為原子所成。且知各原質之原子量可用法測定。乃可與言符號程式及方程式何以

能兼表分量矣。各原質既各有其原子量。故化學家以各原質之符號兼表其原子量。例如 O 不特代表氧原質之名。且兼表其原子量 16。Hg 不特代表銻原質之名。且兼表其原子量 200。(如觀各符號而不能記憶其原子量。則可查書後所附之一覽表。即可知之。故以符號兼表原子量。並無不便處也。) 符號既兼表原質之原子量。故程式即可兼表化合物最小顆粒之量。例如 HgO。不特代表氧化銻。且能兼表氧化銻最小顆粒之量。法以銻之原子量 200 與氧之原子量 16 相加。即得氧化銻最小顆粒之量 216。(謂之分子量)

註。凡物質用化學的方法所分之最小顆粒。既名原子。不用化學的方法所分之最小顆粒。化學家另名之為分子 (Molecule)。以示區別。分子者。係一原子或數原子化合而成最小之顆粒也。例如 Hg 及 O 均為原子。而其化合所成之 HgO 則為分子。(同樣之二原子。亦能相合而成一分子。例如二氧原子能相合為 O₂ 分子。二氫原子相合為 H₂ 分子。又有以一原子而成分子者。金屬之中。多有此例。) 分子之比較重量。謂之分子量 (Molecular weight)。

測定各種化合物分子之比較重量。法共有多種。詳第二十三章中。

符號及程式既可兼表原子量及分子量。則方程式自能兼表未變化前所用物質之分量。及既變化後所成物質之分量。例如氧化汞分解為汞及氧之方程式。為



然 HgO 之分子量為 216。汞及氧之原子量為 200 及 16。則可知每用 216 分之氧化汞。分解後可得汞 200 分及氧 16 分矣。

註。如變化之物質均係氣體。則方程式更可兼表變化以前及變化以後各物質之體積。其故見第二十三章阿伏加特路之定律 (Avogadro's Law) 第二小註中。

以方程式表示化學變化時應注意之要點

由上可知方程式能表示化學變化明矣。惟有數要

點。學者當注意也。即方程式中未變化以前及既變化以後各物質之分量。可由原子量推算而得。

故寫方程式時。不必寫明其分量也。

更有一要點。學者不可不知也。凡方程式既爲表明化學變化之用。故須先實驗考知該化學變化之內容情形。始可以方程式表示之。故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也。例如氧化汞加熱。以實驗試得可分解爲汞及氧。故可以 $\text{HgO} = \text{Hg} + \text{O}$ 之方程式表示之。然萬不可因此而推測鐵與氧之化合物。加熱亦有同樣之分解。而以 $\text{FeO} = \text{Fe} + \text{O}$ 之方程式推測之。蓋以實驗試之。並無此分解也。故凡欲書寫無論何種方程式之前。當先確知四事也。(1) 當確知化學變化未起之前。所用各物質之組織。例如知氧化汞之爲 HgO 。而必非其他之類。(2) 當確知應在何種情形時。始起變化。例如知氧化汞必須加熱乃可起變化之類。(3) 當確知化學變化已起之後所成何種物質。此外並無他物質。例如知氧化汞分解後。只成汞及氧二物質

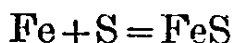
而並無他物。(4) 變化前與變化後。物質之重量必等。故方程式等號二邊之重量必當相等。例如 216 分之氧化錒。分解後。得 200 分之錒及 16 分之氧。其總數仍等於 216 也。此亦物質不滅之一端。

以方程式表示前五章
中緊要之化學變化。

今將前五章中所見之化學變化。擇其緊要者。用方

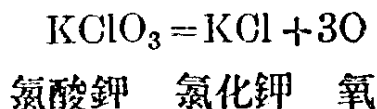
程式表示之。(須知此種化學變化。已經化學家考究明晰。故始以方程式表之。)

(1) 試驗 4. 鐵與硫加熱。則成硫化鐵 (Ferrous sulphide FeS) 。表示之如下。



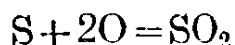
(2) 試驗 6. 氯酸鉀 (Potassium chlorate KClO_3) 及 二氧化錒 (Manganese dioxide MnO_2) 加熱。則放出養氣。經化學家考知此變化中之二氧化錒。自己終久並不變動。不過可助氯酸鉀以放出養氣耳。此種用一物質助他物質變化而自己並不變化之作用。謂之觸媒作用 (Catalysis)。故試驗 6 之變化。

可只以氯酸鉀之變化表示之。

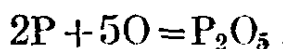


註. 3O即氧之原子三也。凡欲指明幾多原子。或幾多分子者。以數置原子或分子之前即可。

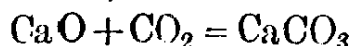
(3) 試驗 7. 硫與氧化合。經化學家考知。成無水硫酸(Sulphuric anhydride SO_2):



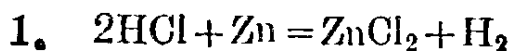
(4) 試驗 8. 磷與氧化合。經化學家考知。成無水磷酸 (Phosphoric anhydride P_2O_5):



(5) 試驗 11. 石灰水 (Lime CaO) 與二氧化碳 (Carbon dioxide CO_2) 化合。則成白濁色之碳酸鈣 (Calcium carbonate CaCO_3)。

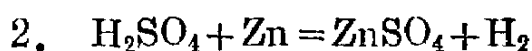


(6) 試驗 18. 鹽酸 (Hydrochloric acid HCl) 或硫酸 (Sulphuric acid H_2SO_4) 與鋅 (Zinc Zn) 化合。則放出輕氣。經化學家考知。可用以下方程式表示之。



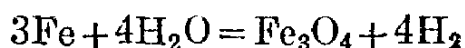
氯化鋅

註。 2HCl 即鹽酸之二分子。蓋須二分之鹽酸與鋅化合。始可成 ZnCl_2 而放出輕氣。否則成 ZnCl 。然化學家考得鋅與氯之化合物。均係 ZnCl_2 而無 ZnCl 者。故以上方程式中。非用二分之鹽酸不可。以後常有方程式中需數分子者。其理亦與此同。



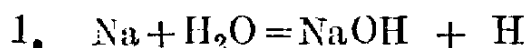
硫酸鋅

(7) 試驗 21. 熱鐵與水氣化合。則亦有輕氣放出。經化學家考知。可用以下方程式表之。

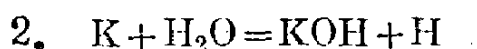


即鐵銹

(8) 試驗 22. 鈉或鉀與水化合。則亦有輕氣放出。可表之如下。



鈉 水 氫氧化鈉 氫

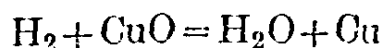


(9) 試驗 24. 以電流通過水中。則水分解為輕養二氣。可表示如下。

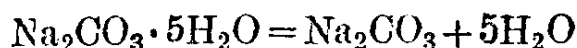


(10) 試驗 25. 輕氣經過燒熱之氧化銅(Copper

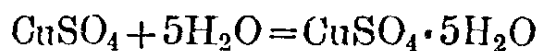
oxide CuO) 則化合成水。而將銅(Cu)分出：



(11) 結晶體之碳酸鈉加熱。則將其中之結晶水分出：



白色之硫酸銅 (CuSO₄) 得結晶水後。則成藍色之硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O)。



註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 七 章

阿摩尼亞 (Ammonia NH_3)

(係氫與氮二原質之化合物)

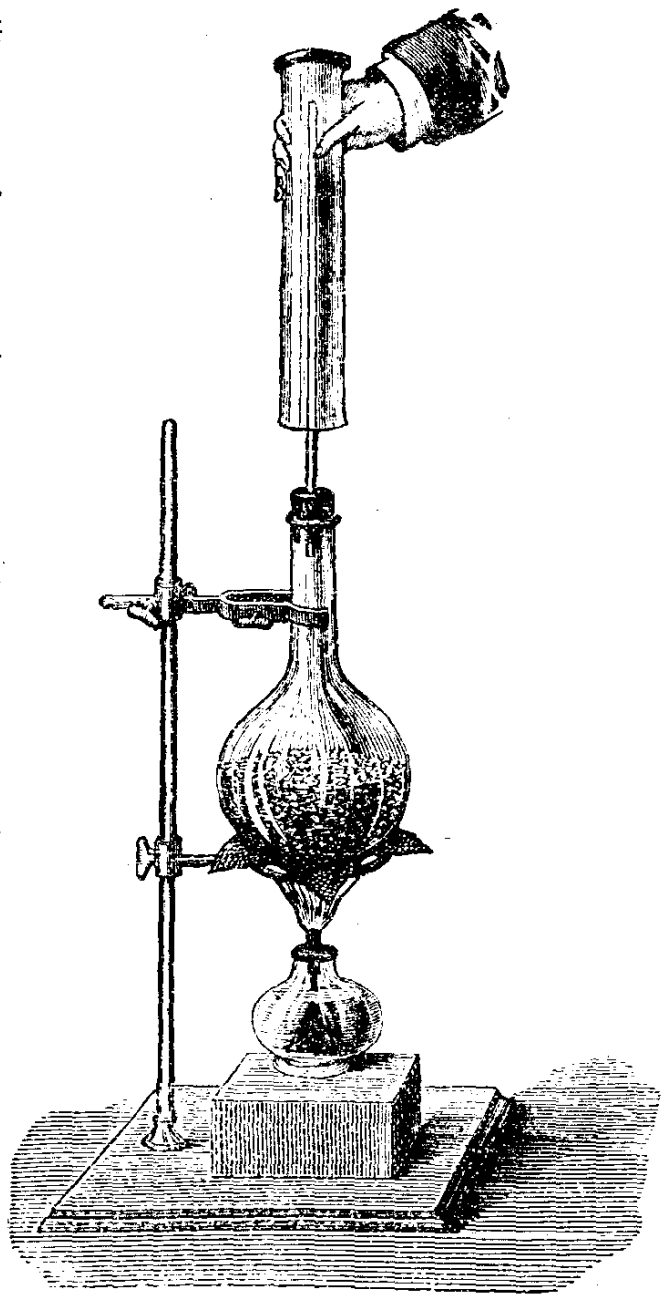
氫與氧二原質之化合物爲水。已於前第五章中研究之矣。然氫與氮化合。則成何物。今試研究之。

阿摩尼亞
之製法

化學家曾試得以電氣火花 (Electric spark) 通過輕, 淡二氣之混合物內。久之。則發生一種特別之臭。蓋一部分之輕, 淡二氣。化合而成一種新物質也。此種新物質。謂之阿摩尼亞 (Ammonia)。煤塊燒熱時。亦有阿摩尼亞發生。故煤氣廠製造煤氣時。常能兼製多量之阿摩尼亞。又有多種動物。在空氣中腐敗時。亦成少量之阿摩尼亞。然爲化學室中試驗之用者。另有一種簡易之法。可以製備之。如下。

試驗 31. 取石灰 (Calcium oxide) 約 100 公分。氯化銻 (Ammonium chloride) 約 50 公分。攪和後。置於一插有玻璃管

之瓶中。如第十九圖。然後加水少許。而用火酒燈熱之。不久即有刺鼻劇臭之阿摩尼亞發生。可以倒持空玻璃筒。置於玻璃管上取之。(按阿摩尼亞氣較空氣為輕。故須將筒倒持。則阿摩尼亞上昇。而將筒中空氣擠出。參觀試驗 20 小註中所言之排空氣取法。又阿摩尼亞氣極易溶化於水內。故不可用排水取氣法取之。)取得後。以玻璃片或紙片。緊蓋筒口。倒持入水中。去其蓋。則水即漸昇筒內。至滿盈而止。足證阿摩



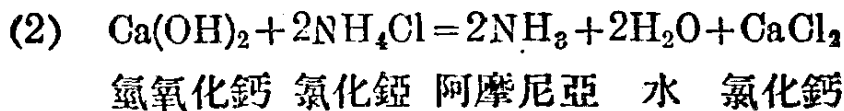
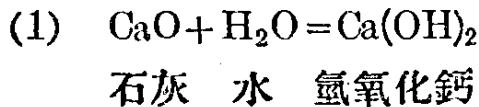
第十九圖

尼亞極易溶化矣。此氣既易溶化。故瓶中其餘放出之氣。可用一皮帶管。一端與瓶上之玻璃管相接。其他一端導水中以收取之。

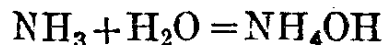
則阿摩尼亞氣溶於水中。而將水之熱度增高。

今若以紅色試紙 (Litmus paper)。置阿摩尼亞氣中。或其溶液中。則見紙變為藍色。故此可為試驗阿摩尼亞之要法。(此外另有一種薑黃紙 Turmeric paper。置阿摩尼亞中。則變為褐色。亦可作為試驗之用。)

由上試驗。可知石灰與氯化銻。加水熱之。則放阿摩尼亞。此種變化。可以下列二方程式表示之。考石灰先與水化合。成氫氧化鈣 (Calcium hydroxide)。此種氫氧化鈣。乃與氯化鈣化合。而放阿摩尼亞。



又化學家考得阿摩尼亞溶化於水內。則發大熱。因其與一部分之水化合。而成氫氧化銻 (Ammonium hydroxide NH_4OH) 如下。

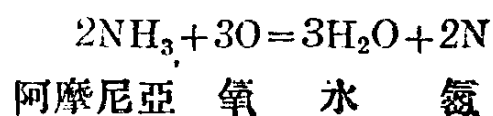


阿 摩 尼 亞
之 性 質

由上試驗。可知阿摩尼亞在平常之空氣壓力及熱度時。係一種透明無

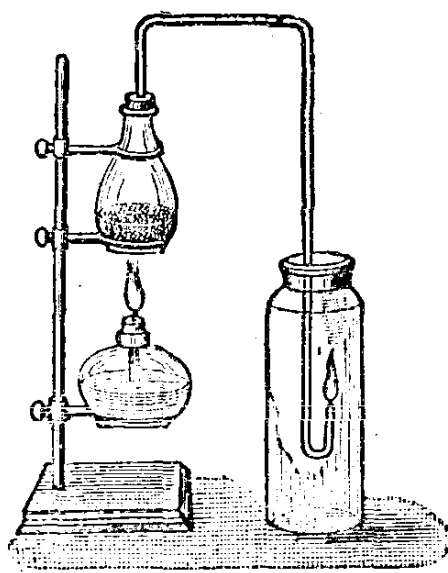
色之氣。有一種刺鼻之劇臭。此氣較空氣約輕一半。化學家考得空氣與阿摩尼亞氣比較之重量爲 1:0.59 之比例。此氣極易溶化於水內。至一定體積之水中能溶此氣若干之量。則當視壓力及熱度而定。壓力增。則溶化亦多。熱度高。則溶化反少。在 0°C 時。每一體積之水。可溶約一千體積之阿摩尼亞。在平常之熱度時。則祇溶約六百體積。故若將阿摩尼亞之溶液加熱。則阿摩尼亞復行放出。若熱之良久。則全行放出。阿摩尼亞氣若冷至 0°C 時。而更加以 4.2 氣壓之壓力。(在 0°C 時。凡可以支持高 760 公釐水銀柱之壓力。謂之 1 氣壓 Atmospheric pressure。) 則凝結而爲無色之液體。若將壓力減去。則此液體蒸發。而復變爲氣體。當蒸發時。吸收多量之熱力。若以杯水置其中。水即凝結爲冰。故此法可爲造冰之用。阿摩尼亞液體。若再冷至負 75°C 時。則變爲結晶體之白色固體。

考得燭火不能在阿摩尼亞氣內燃燒。以生物入該氣中則死。極乾燥之阿摩尼亞。不甚能與他物化合。然若雜有水氣。則能與多種物質化合。而尤易與酸類（如鹽酸硫酸等）化合。阿摩尼亞氣及養氣之混合物。平時雖不化合。然若加熱。則氧與阿摩尼亞（ NH_3 ）中之氫化合成水。而將其中之氮放出。可以方程式表示之如下。



今更行如下之試驗。

試驗 32. 如第二十圖。以發阿摩尼亞氣之曲玻璃管尖端。插入一滿盛養氣之瓶中。以火燃之。則阿摩尼亞氣。即暫時燃燒於養氣內。燃後察之。則見瓶之內面。生有水滴。而瓶中多餘之氣。以燃燭入之。即滅。是蓋因阿摩尼亞中之氫與氧化合成水。而氮則放出故也。



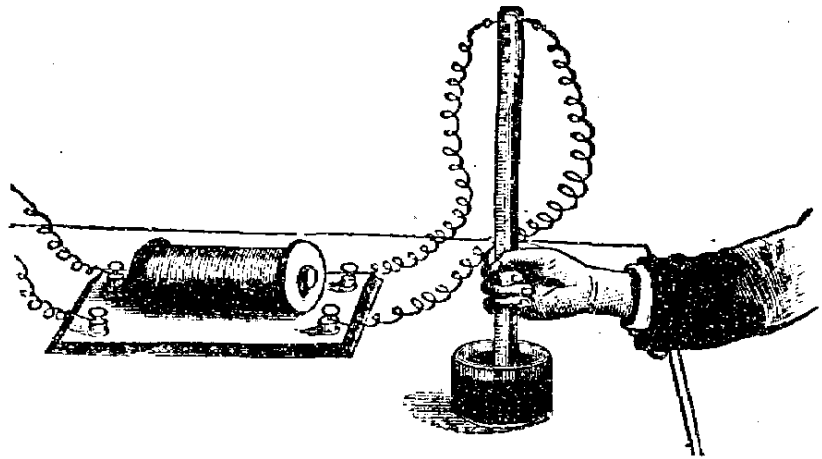
第 二 十 圖

證明阿摩尼亞係一體積
氮及三體積氫化合而成

化學家藉以上之作用。
得以測定阿摩尼亞係 1

體積之氮。與 3 體積之氫化合而成者也。試驗之法如下。惟其中加熱之法。則係用電力。而非若試驗 32 之以尋常火力耳。

試驗 33. 如第二十一圖。取由凸米突管。(Eudiometer 一名測氣管。係一刻度數之玻璃管。有鉑線兩段。插入管底之二邊者。此種做成之管。有出售者。) 滿盛水銀。倒立水銀槽中。乃以試驗 31 法。製阿摩尼亞氣。(須待瓶中空氣盡被逐出後。



第 二 十 一 圖

始可用之。) 導入由凸米突管中。至滿 20c.c. 即止。乃預於水銀槽中。置橡皮板。將以上由凸米突管。立板上稍稍壓下。然後取此管上端鉑線之外部。與感應電流 (可用 Ruhmkorff coil 或 Leyden jar 發電具) 之導線相連。而以電氣火花通過管中。久之則阿摩尼亞分解為淡輕二氣。待全行分解後。管中之體積變

爲 40c.c.。即淡輕二氣之體積也。

於是更以純潔之氧 20c.c. 添入管中。使與管中之淡輕二氣相和。則此時管中三氣之總體積。共計 60c.c.。復以電氣火花通過之。則氫與氧化合而成水氣。此水氣即凝結爲液體。故後見管中之總體積縮小。僅留 15c.c.。可知所成之水氣共爲 45c.c. 矣。(即 60c.c. - 15c.c.) 然試驗 24. 顯明每三體積之水氣中。有二體積輕氣一體積養氣。故此 45c.c. 之水氣中。必有 30c.c. 之輕氣。(即 45c.c. 之 $\frac{2}{3}$) 然由凸米突管中原有之淡輕二氣體積共爲 40c.c.。此 40c.c. 中。除去氫之體積 30c.c.。則所餘之 10c.c. 即爲氮之體積矣。然此 30c.c. 輕氣及 10c.c. 淡氣。均原由 20c.c. 阿摩尼亞氣所分解而出者。則可知每 20c.c. 阿摩尼亞氣中。能生淡氣 10c.c. 及輕氣 30c.c.。換言之。即每 2 體積之阿摩尼亞氣。能生 1 體積之氮。及 3 體積之氫。可知氫之體積。較氮之體積多三倍。故可以 NH_3 程式。表阿摩尼亞之組成。再以重量言之。則每重 17 分之阿摩尼亞。所生之淡氣重 14 分。輕氣重 3 分。然氮之原子量爲 14。氫之原子量爲 1。(見書後一覽表。至此種原子量若何考得之法。見第二十三章原子量及分子量之測定法。)則可知阿摩尼亞爲一原子之氮及三原子之氫所化合而成矣。故阿摩尼亞之組成。當以 NH_3 程式表之。更明而無疑矣。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 八 章

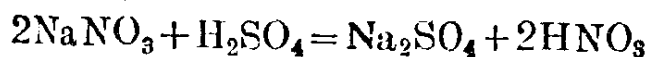
硝 酸 (Nitric acid HNO_3)

(係氫與氮及氧三原質之化合物)

氫與氧之化合物。及氫與氮之化合物。已於前第五章第七章論之。茲將氫與氮及氧三原質所成之緊要化合物研究之。即名硝酸者是也。

硝酸之 製法

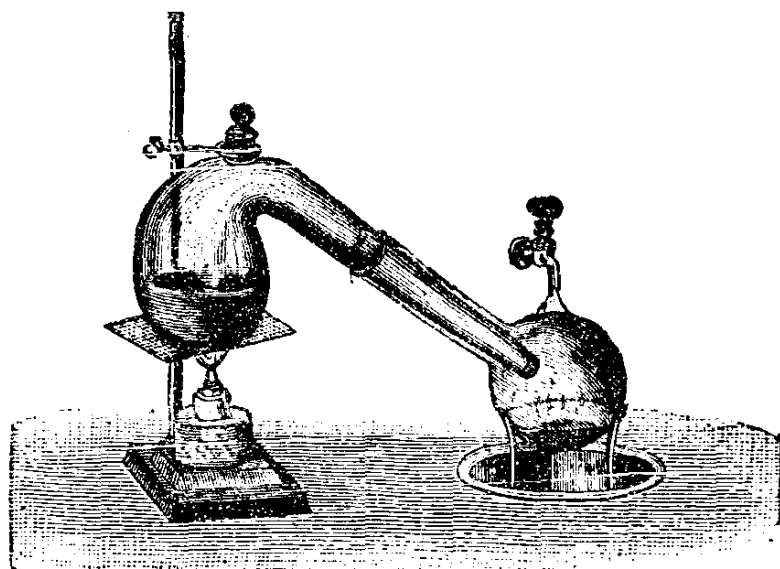
欲將氫氮氧三原質。以人力使之化合而成硝酸。頗非易事。然科學家考得土中之微生物。則自能由腐敗之動物質製成此硝酸之化合物。如硝酸鉀 (Potassium nitrate) 及硝酸鈉 (Sodium nitrate) 等是也。此種硝酸化合物。散布於地上者甚多。吾人即可用此種硝酸化合物。設法以製出硝酸。法以硫酸 (此酸之製法等詳第二十章) 加入硝酸之化合物中而熱之。則起下示之變化而放出硝酸。



硝酸鈉 硫酸 硫酸鈉 · 硝酸

試驗 34. 如第二十二圖。取一曲頸瓶。將其端插入一玻璃瓶內。乃以約重 40 公分之硝酸鈉。置曲頸瓶中。加入約重 20 公分之濃硫酸。

(Concentrated Sulphuric acid



第 二 十 二 圖

此酸性猛。務須謹慎。勿使

與衣服及手相觸。) 以火酒燈加熱。則放出硝酸而入玻璃瓶內。若此瓶外以冷水潑之。(如用自來水或以布浸冷水潑之均可。) 硝酸即凝結於瓶內。而為液體。

由上試驗時。見瓶中發紅梭色之煙霧。因一部分之硝酸。被熱分解而生紅梭色之氣體故也。此紅梭色氣體。有一部分溶化於硝酸內。致使以上製出之硝酸。帶有淡黃色。凡濃硝酸溶此氣體極多者。

常發紅梭色之煙。謂之發煙硝酸(Fuming nitric acid)。故以上製出之硝酸。不甚純潔。欲得純潔之硝酸。

當將以上所得之硝酸。加濃硫酸。而仍用第二十二圖器具。漸漸加熱蒸之。則純硝酸蒸出。遇冷而凝結爲一種無色之液體。故純潔之硝酸。係一種無色之液體也。（按硝酸及硫酸均係猛烈之物。故此二者之混合物頗危險。須謹慎爲要。）

註。尋常市上出售之硝酸。每百分中祇有硝酸約六十八分。其餘幾均爲水及些少之不潔物而已。此種硝酸。亦可用上法使之純潔。惟尋常化學試驗時。卽用市上購得之硝酸已足。不必定須純潔也。

硝酸之
性質

學者既知製硝酸之法。今可以硝酸試驗之如下。

試驗 35. 用藍色之試驗紙。一端浸入硝酸內。則藍色紙立即變爲紅色紙。

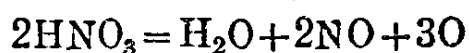
由上可知硝酸與阿摩尼亞性適相反。蓋阿摩尼亞能使紅試紙變爲藍試紙。（見前第 75 頁）而硝酸則能將藍試紙變爲紅試紙也。

試驗 36. 以試管盛濃硝酸少許。以鐵鉗挾持試管而漸漸傾側之。使硝酸滴落於燒紅之木炭上。則見木炭卽與硝酸中之

氧化合而自行燃燒。

由上試驗。可知硝酸中之氧。極易分出而與他物體氧化。此種能分出養氣以使他物氧化之物質。

謂之氧化劑 (Oxidizing agent)。硝酸之爲氧化劑。其分解如下。



硝酸 水 氧化氮 氧

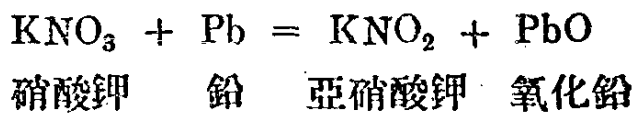
註。 反之。凡一物質能將他物體中之氧取出。而自與此氧化合者。謂之還原劑 (Reducing agent)。如前第 47 頁試驗 25 之輕氣能將氧化銅中之氧取出。而自與之化合成水。則此輕氣可謂之還原劑。

試驗 37. 將濃硝酸一滴。使落於一銅圓上。則見著硝酸之處。變爲藍色。而銅圓被毀。又將濃硝酸數滴。落在一布上。則布亦受損。木遇硝酸。亦被焚黑。動物遇硝酸。則皮膚變黃色。甚且灼傷。

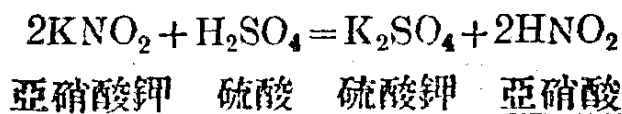
由此觀之。硝酸係一種極易與他物化合之物。性質猛烈。故使用硝酸之時。不可不慎。

註。 硝酸 HNO_3 係氮氣氧三原質之最要緊之化合物。此外尚有亞硝酸 (Nitrous acid HNO_2) 一種。稍有關係。此酸較硝酸

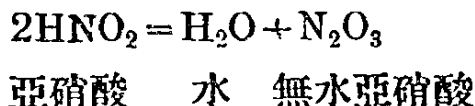
少一氧原子。製法爲將固體之硝酸鉀與鉛一同燒熱。至成溶液時。硝酸鉀即變爲亞硝酸鉀如下。



所得之亞硝酸鉀。若再加以硫酸。則亞硝酸放出。



然此亞硝酸。因其中愛力不大。故甚不堅固。放出後。即分解爲水及一種氮氧之化合物。名無水亞硝酸 (Nitrous anhydride 又名 Nitrogen trioxide)。所以有此名者。因此物係由亞硝酸減去水分而成者也。凡某物體係由他物質失水分而成者。均謂之該他物質之無水物 (Anhydride)。



附五種之氮氧化合物

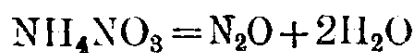
氮氧二原質化合。經化學家考得共成五種化合物。無水亞硝酸其一也。茲先將此五種化合物之名稱符號及所含氧之量。列表如下。以便比較。

名稱	符號	含氧之量
(1)亞氧化氮 (Nitrous oxide)	N_2O	16×1
(2)氧化氮 (Nitric oxide)	NO 或 N_2O_2	16×2
(3)無水亞硝酸(Nitrogen trioxide)	N_2O_3	16×3
(4)過氧化氮 (Nitrogen peroxide)	NO_2 或 N_2O_4	16×4
(5)無水硝酸 (Nitric anhydride)	N_2O_5	16×5

觀此表。可知此五種化合物之氧。均與一定分量之氮 (N_2) 化合。而此五種之氧。成 1 : 2 : 3 : 4 : 5 之簡單比例。故此亦可為倍數比例定律之一證。

今將此五種化合物約略考之。

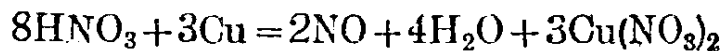
亞
氧
化
氮 **亞氧化氮** (Nitrous oxide N_2O) 可以硝酸化銨 (Ammonium nitrate) 漸漸加熱製之。



此氣雖能溶化水內。然為量不多。故仍可用排水法取之。考此取得之氣。見係一種透明無色之氣體。多種物體能在其中燃燒。幾與養氣無異。故極易誤認為氧。然此氣加入氧化氮 (NO 或 N_2O_2) 中。則無紅梭色之氣發生。而養氣若加入氧化氮中。則發生紅梭色之氣。

此氣頗有一種特性。人若呼吸此氣太久。則發醉狂狀態。若吸之過多。則易發狂笑。故此氣又名笑氣 (Laughing gas)。外科需刀割時。常使病人吸之。以免痛苦。

氧化氮 氧化氮 (Nitric oxide NO 或 N_2O_2) 可以銅與硝酸之作用而製之。(可用第 36 頁第九圖器具。)



硝酸。 銅 氧化氮 水 硝酸銅

放出之氣。可用排水法取之。(須待瓶中初時所發之紅色氣放出後。始可取之。蓋紅色之氣。非氧化氮也。) 將取得之氣考之。見係一種透明無色之氣體。此氣最要之性。且可藉以與他氣識別者。即此氣一遇養氣。立與之化合。而成一種紅棧色之氣 (即過氧化氮 NO_2 或 N_2O_4) 也。表示之如下。



氧化氮 氧 過氧化氮

註。 以上製氧化氮時。見瓶中初時發紅棧之氣。是因瓶中空氣內之養氣。與初時所生之氧化氮化合。而成紅色之過氧化氮。待瓶中養氣盡被用去後。乃可得無色之氧化氮矣。

多種之燃燒物。入氧化氮氣中。立即熄滅。可知其與亞氧化氮大異。其熄滅之故。因氧化氮不易將其中之氧分出。而與燃燒物化合故也。然氧化氮 N_2O_2 所含之氧。較亞氧化氮 N_2O 多一倍。而其中之氧反不能分出。可知二原子氧及二原子氮所組成之物質。較一原子氧及二原子氮所組成者。較為堅固而不易分開也。

無水亞
硝酸

無水亞硝酸 (Nitrogen trioxide N_2O_3)。係由亞硝酸 (HNO_2) 失其水分而成。(參觀第82頁亞硝酸) 故名無水亞硝酸。又硝酸與無水亞砷酸 (Arsenious anhydride As_4O_6) 之作用。亦能發生無水亞硝酸：



無水亞砷酸 硝酸 無水砷酸 水 無水亞硝酸

此氣極易分解而為氧化氮及過氧化氮。



無水亞硝酸 氧化氮 過氧化氮

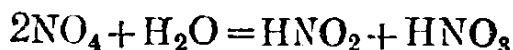
因此之故。化學家常有疑 N_2O_3 為 NO 及 NO_2 之混合物。而並無 N_2O_3 之化合物者。總之即有 N_2O_3

之化合物。亦爲一種極不堅固之物體耳。此氣無甚緊要。不必細究。

過氧化氮 (Nitrogen peroxide NO_2 或 N_2O_4)。可由氧化氮與養氣直接化合而成。已見前第 86. 頁氧化氮 ($\text{NO} + \text{O} = \text{NO}_2$) 中。若將硝酸鉛熱之。亦發此氣：



此係一種紅梭色之氣。故但觀其色。即可與他氣識別。此氣遇水即起化合。而成硝酸及亞硝酸。故不可以排水法取之。



此氣最要之性質。在易將其中一部分養氣放出。以便他物化合之用。而已則變成爲氧化氮 ($\text{NO}_2 = \text{NO} + \text{O}$)。然一遇空氣。則此氧化氮 NO 復收養氣而成 NO_2 。故此氣可作爲收取空氣中養氣。以送與他物化合之媒介。硫酸製造廠中。每利用之。(詳後硫酸中。)

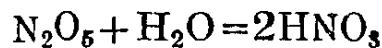
無水
硝酸

無水硝酸 (Nitric anhydride N_2O_5)。係由硝酸失其水分而成。故名無水硝酸。按無水磷酸 (Phosphoric anhydride P_2O_5)。能將硝酸中之水分取去。故製無水硝酸之法。係以硝酸及無水磷酸加熱即得。(可用前第 81 頁之第二十二圖器具)



硝酸 無水磷酸 間磷酸 無水硝酸

無水硝酸初放出時為氣體。然一遇冷。即成白色之固體。故可以冷玻璃瓶取之。無水硝酸與水相遇。則立即化合而成為硝酸。



註. 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 九 章

鹽基類 (Base) 與酸類 (Acid) 之別及其互相之作用

鹽基類與酸
類不同之處

前第七章及第八章論阿摩尼亞及硝酸二種物質。知此二種物質顯有相反之性。蓋阿摩尼亞能將紅色試紙 (Litmus paper) 變為藍色。而硝酸則能將藍色試紙變為紅色。(參觀第 81 頁) 今試再試驗之如下。

試驗 38. 取甲乙二杯。甲杯盛阿摩尼亞溶液。乙杯盛硝酸溶液。乃以一紅色試紙先浸入甲杯中。則見該紙立即變為藍色。再取出而浸入乙杯中。則見該紙復變為紅色。

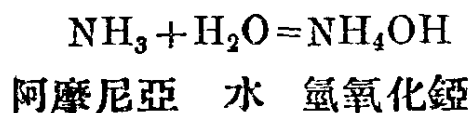
考得有此種相反性之物質。不僅為阿摩尼亞及硝酸二種。此外尚有多種物質。如氫氧化鈉 (Sodium hydroxide NaOH) 氫氧化鉀 (Potassium hydroxide KOH) 氫氧化鈣 (Calcium hydroxide $\text{Ca}(\text{OH})_2$) 之類。亦均能將紅試紙變為藍色。故此種物質與阿摩尼亞係同類之物。化學家概名之為鹽基類 (Base)。此種物質

均有鹹味。又有多種物質。如鹽酸 (Hydrochloric acid HCl) 硫酸 (Sulphuric acid H_2SO_4) 之類。均能將藍色試紙變為紅色。故此種物質與硝酸係同類之物。可概名之為酸類 (Acid)。所以名酸類者。因此種物質溶化於多量之水中。以手指蘸而嘗之。均有酸味故也。

化學家細考鹽基類與酸類之組成。而知其性質之所以相反者。亦自有故。試分別言之如下。

考鹽基類之物質。其組成中。均含氫氧 (OH) 二原質結合之團體。謂之氫氧根 (Hydroxyl)。如氫氧化鈉 NaOH。氫氧化鉀 KOH。氫氧化鈣 $Ca(OH)_2$ 。均有 OH 之氫氧根是也。按阿摩尼亞之程式為 NH_3 。其中並無氫氧根。何以以上之試驗中。亦能將紅試紙變為藍色。而發鹽基類之性。然化學家考得極乾燥之阿摩尼亞氣。(即其中不雜有水氣者) 並不能將紅試紙變藍。若此乾燥之阿摩尼亞氣。稍雜空氣中之水氣。或溶化於水中。始能將紅試紙變色。蓋阿摩尼

亞遇水。即起以下之變化而成氫氧化銻矣。



此所成之氫氧化銻。中有氫氧根。故始能將紅試紙變藍。由此觀之。鹽基類之所以為鹽基類者。以其有氫氧根故也。

至考酸類之物質。則知其組成中均含有氫 (H) 原質。謂之氫根 (Hydrogen radical)。如硝酸 (HNO₃) 鹽酸 (HCl) 硫酸 (H₂SO₄)。均有 H 之氫根是也。可知酸類之所以為酸類者。以其有氫根故也。

然化學家進而考之。知鹽基類之能否發生鹽基性。及酸類之能否發生酸類性。須視其溶化在何種液體內而定。例如任取一種酸類。溶化於水內。則能將藍試紙變紅。而發酸類之性。若取此種酸類。而其中並不雜有水氣者。使之溶化於徧蘇恩 (Benzene亦係一種液體) 內。則不能將藍試紙變紅。故

並不發生酸類之性。至鹽基類則亦然。須視溶於何種液內而定其能否發鹽基性也。此曷故乎。化學家以電離學說 (Theory of electrolytic dissociation 又名伊洪學說 Ionic theory) 釋之。

註。電離學說大要如下。設取一酸類。如鹽酸 HCl。溶於水中。則有若干之 HCl 分子。分爲H及Cl二部分。此種作用。謂之電離 (Electrolytic dissociation)。所分出之部分。謂之伊洪 (ion)。此種伊洪含有陰陽電氣。含陰電者。謂之陰伊洪 (Anion)。含陽電者。謂之陽伊洪 (Cathion)。其含陽電者。必爲氫(H)伊洪。其含陰電者。必爲其他之一伊洪。至酸類之所以發酸性。以其有此種離解所成含有陽電之氫伊洪也。故若將一酸類溶化於不能起離解之液內。如偏蘇恩之屬。則既無離解。即無氫伊洪。故酸類物不能發其酸類性。又設取一鹽基類。如氫氧化鈉 NaOH 溶化於水內。則電離而爲氫氧(OH)伊洪及鈉(Na)伊洪。其含陰電者。必爲氫氧伊洪。其含陽電者。必爲其他之一伊洪。鹽基類之所以發鹽基性者。以其有此種離解所成含有陰電之氫氧伊洪也。故鹽基類若溶化於不能起離解之液內。則不發鹽基之性。

既明以上之要理。可定鹽基類及酸類之界說如

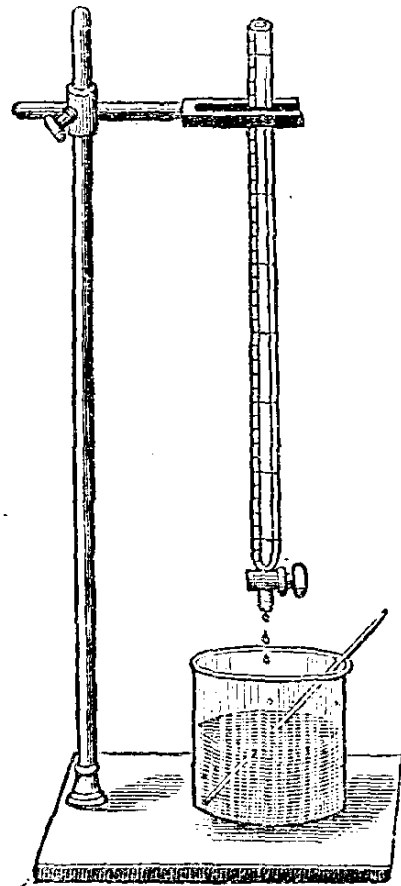
次。凡物質溶於水中。或他種能起離解之液體內。如能發生氫氧伊洪者。謂之鹽基類。如能發生氫伊洪者。謂之酸類。

鹽基類與酸類化合
則成中和之鹽類

鹽基類既能將紅試紙變藍。
而酸類則能將藍試紙變紅。

今若以一鹽基類加入一酸類中。則當有何種之結果。試之如下。

試驗 39. 如第二十三圖。用一玻璃量管。(Burette 係一刻有度數。且一端有啓閉活塞之玻璃管。)內盛氫氧化鈉之溶液。另以一盛有硝酸溶液之玻璃杯。置於量管之下。杯中更溶以少許之紅色立低莫司。(Litmus 按紅色試紙。即係浸於此物中而成者。)乃啓量管之玻璃活塞。使氫氧化鈉。漸漸滴落於杯中。每落一滴。須以玻璃棒攪之。如此漸漸滴落。則終使杯中紅色之液。全變為藍色。

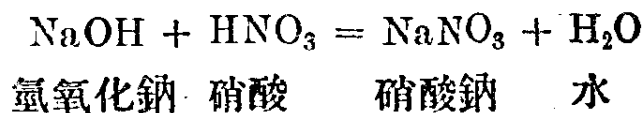


第二十三圖

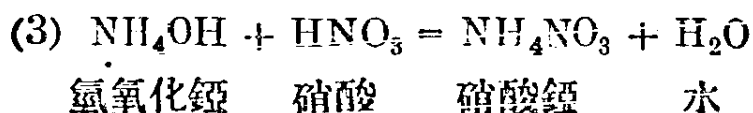
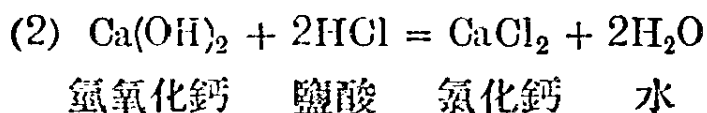
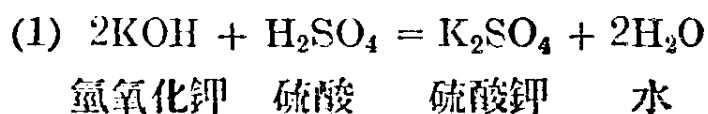
由上試驗。可知杯中之液當紅色時。則爲酸性。及變爲藍色時。則爲鹽基性。可知在酸性及鹽基性之間。必適有中立之一點。未過此點。則仍爲酸性。既過此點。則變爲鹽基性。適在此點時。則既非酸性。亦非鹽基性。此中立之點。謂之中和點 (Neutral point)。以上試驗。若謹慎爲之。可適達此中和點。在此中和點時。以藍試紙入之。並不變紅色。以紅試紙入之。並不變藍色。可知其既非酸性。亦非鹽基性也。此種作用。使酸類失其酸性。鹽基類失其鹽基性。而成非酸非鹽基之物質者。謂之中和 (Neutralization)。此種非酸非鹽基之物質。謂之鹽類 (Salt)。若取此種鹽類而嘗之。則既無酸類之酸味。又無鹽基類之鹹味矣。

若將以上氫氧化鈉與硝酸中和後之溶液。加熱蒸乾之。則得一種白色之鹽類。與前試驗 34 所用之硝酸鈉無異。以硫酸加之。亦能製出硝酸。(參觀第81頁試驗34) 可知氫氧化鈉與硝酸中和後。成硝

酸鈉也。



由此方程式觀之。可知氫氧化鈉中之鈉。(謂之金
類根。凡鹽基類係二種根所成。即金類根 (Metallic radical) 及氫
氧根 (Hydroxyl radical) 是也。) 與硝酸中之氫根。(凡酸類亦
係二種根所成。即氫根 (Hydrogen radical) 及酸根 (Acid
radical) 是也。如硝酸 HNO_3 。其 H 爲氫根。NO₃ 爲酸根也。) 互
相易位。而成中和之硝酸鈉。此外所成之物質。
則爲水。吾人若將他種鹽基類與他種酸類中和。則
其作用亦同。即酸中之氫根。恆與鹽基中之金類
根易位。而成一中和之鹽類。此外所成之物質。
恆必爲水。 例如



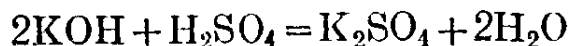
註，此(3)方程式中 NH_4 亦與他種鹽基類中金類有同一之作用。故 NH_4 亦作為金類根。總之。凡能代替酸類中之氫根而成鹽類者。化學家均謂之金類 (Metal)。故如(1)中之鉀。(2)中之鈣等。均為金類也。

又觀上(1)(2)(3)等方程式。可知鹽基類與酸類中和之作用。係一種有定量之作用。例如方程式(1)氫氧化鉀重112分。(因 $2\text{KOH} = 2(39 + 16 + 1) = 112$) 需硫酸重98分以中和之 (因 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2 + 32 + 4(16) = 98$)是也。他種之鹽基類與酸類中和。亦有一定之重量。此所以試驗39中。若加氫氧化鈉太多。則杯中溶液變為藍色。而發鹽基性。若太少。則杯中仍係紅色。而發酸性也。總之。須加一定之比例。二溶液始達中和。

既明以上之作用。可定鹽類之界說如次。鹽類者。乃酸類之氫根。被鹽基類之金類根。替代後所成之物質也。

酸性鹽類及 鹽基性鹽類

有時酸類之氫根為數原子所成者。如硫酸 H_2SO_4 中。氫根 H_2 為氫之二原子所成。如此二原子之氫。均為鹽基類之金類根所替代。則所成之鹽類。自無酸性矣。如以下方程式所成之硫酸鉀是也。



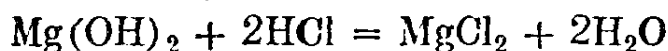
氫氧化鉀 硫酸 硫酸鉀 水

然若硫酸之氫根 H_2 中。只有一原子之氫為金類根替代。則所成之鹽類。仍帶酸性。謂之酸性鹽類 (Acid salt)。如以下之硫酸鉀是也。



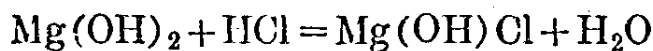
氫氧化鉀 硫酸 硫酸鉀 水

又有時鹽基類之氫氧根。為數氫氧 (OH) 團所成者。如氫氧化鎂 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 之氫氧根 $(\text{OH})_2$ 。為二氫氧 (OH) 團所成。如此二氫氧團均為酸類之酸根替代。則所成之鹽類。自無鹽基性矣。如以下方程式所成之氯化鎂 (MgCl_2 Magnesium chloride) 是也。



氫氧化鎂 鹽酸 氯化鎂 水

然若氫氧化鎂之氫氧根 $(\text{OH})_2$ 中。只有一氫氧 (OH) 團為酸根所替代。則所成之鹽類。仍帶鹽基性。謂之鹽基性鹽類 (Basic salt)。如以下之氯氫氧鎂。



氫氧化鎂 鹽酸 氯氫氧鎂 水

註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

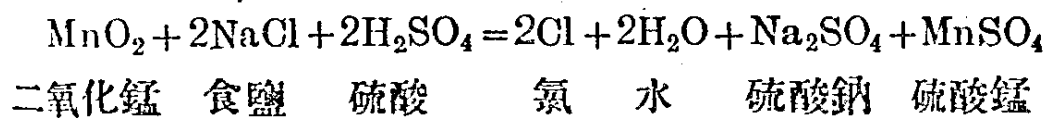
第 十 章

氯 (Chlorine Cl)

前數章中。已研究最緊要之原質。爲氧氮氫等數種。然此外尙有多種緊要原質。學者亦不可不知。茲先將原質之名爲氯者研究之。

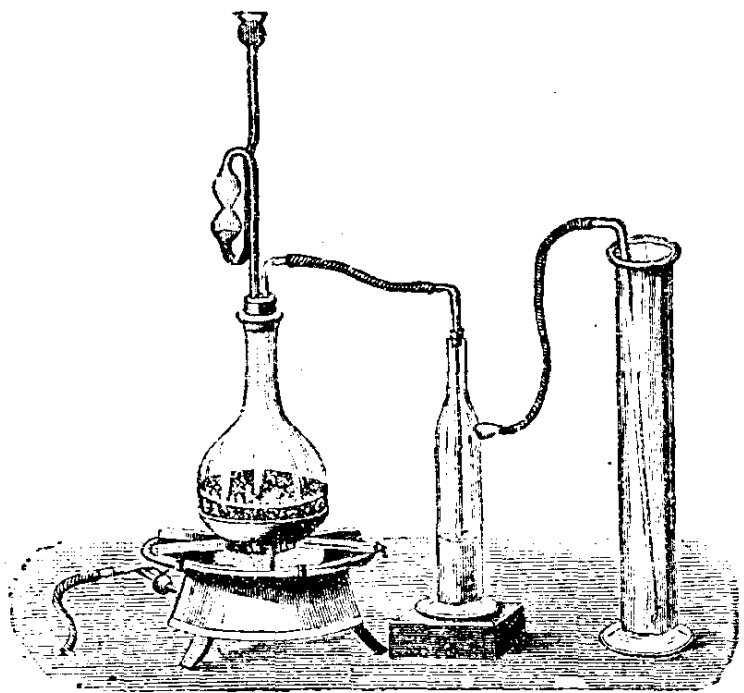
氯之製法
及試驗

天然間大部分之氯。多存於吾人日常所食之鹽 (Sodium chloride) 中。蓋考得食鹽爲氯與鈉二原質之化合物也。(見以下試驗42) 故氯常由食鹽中取製之。化學室中製氯之法。係將食鹽與二氧化錳 (Manganese dioxide) 及硫酸 (Sulphuric acid) 一同加熱。則有綠色之氣發出。此氣即氯也。
(此氣切不可多吸)



試驗 40. 裝配器具。如第二十四圖。取等重之食鹽及二氧化錳。一同攪和之。置於左邊之玻璃瓶中。圖中之中間瓶。盛水少許。爲洗滌所放綠氣之用。(不用中間之瓶亦可) 乃將稀硫酸(約

二分水中加一分硫酸)由漏斗加入瓶中。以火熱之。數分鐘後。即有綠色之氣放出。可以玻璃小管插入玻璃筒底。用排空氣法取之。(筒口可向上。因綠氣較空氣為重也。)筒中綠氣滿盛後。可以片紙蓋之。以免外散。如此共可取五六筒。以備試驗。(此氣不可多吸。行此試驗。最好在流通空氣處為之。)



第 二 十 四 圖

以上取得之綠氣數筒。可試驗之如下。

試驗 41. 取銻粉末(銻 Antimony 亦係一種原質)少許。投入一綠氣筒中。則見自行燃燒。蓋因氣與銻化合故也。

由上試驗。可知即在平常之熱度時。氣原質之化合性。亦甚發達。

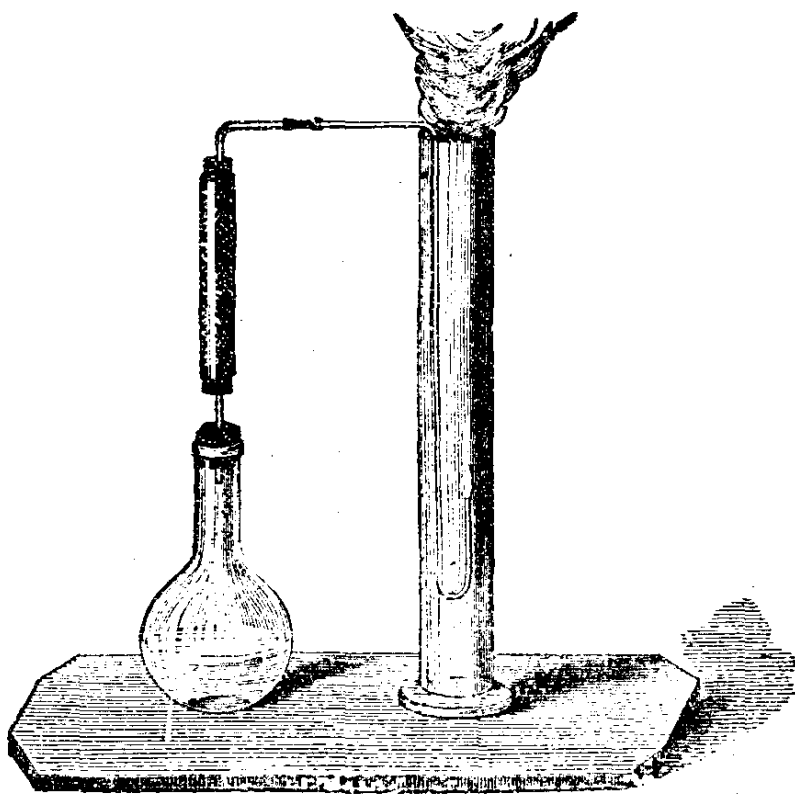
試驗 42. 取鈉(Sodium)一片。置燃燒匙內。先在空氣中用

火點之。待其盛燃時。置入一綠氣筒中。則見鈉在內燃燒甚烈。光亮頗大。待燃畢後。則見筒內成有白色之物質。取而嘗之。則與食鹽無異。

由上試驗。可知氯與鈉化合。則成食鹽。由是觀之。食鹽爲氯與鈉之化合物明矣。

試驗 43. 如第二十五圖。左邊瓶中。用鋅及硫酸製造輕氣。

(參觀前第 36 頁試驗 18) 使通過瓶上之氯化鈣 (Calcium chloride) 管。則變爲乾燥之輕氣。而由玻璃管尖端放出。以火燃點之。而後使入一綠氣筒內。則見燃燒甚烈。而發青燄。



第 二 十 五 圖

由此試驗。可知氯與氫能直接化合。而成氫氯之化合物也。 (即鹽酸詳後第 105 頁)

試驗 44. 取甲乙二綠氣筒。甲筒中投入一乾燥之顏色布。(如紅綠布之類) 乙筒中投入一以水浸溼之顏色布。少時則見乾布之顏色與前無異。而溼布之顏色則漸退淡。久之終變為白色。

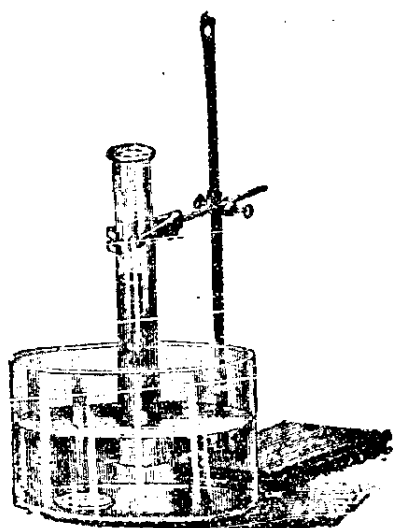
由上試驗。可知綠氣能將顏色物質變白。此種變白作用。謂之漂白 (Bleaching)。然有水時則能漂白。乾燥時即不能漂白。可知水為其漂白變化時之緊要物也。此故何在。蓋綠氣遇水。則與水中之氫化合。而將氧放出。



氯 水 鹽酸 氧

此氧當其初放出時。即與顏色物質氧化。變為無色之物。此有色物之所以被其漂白也。今可以下述試驗。證明氯與水起變化。則將氧放出。

試驗 45. 如第二十六圖。取一小號之玻璃管。滿盛綠氣溶化於水中之濃溶液。倒置於亦盛綠氣濃溶液之槽中。然後置於日光之中。良久。則見玻璃管中。

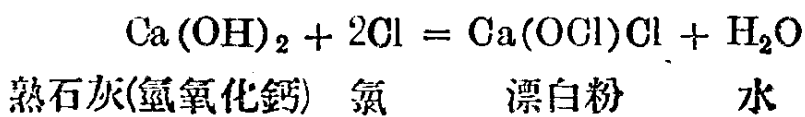


第二十六圖

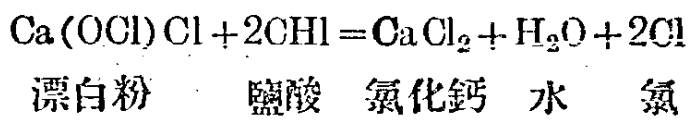
有氣發生。而將水漸漸壓下。待取得稍多後。以有殘燼之木片入之。則知係養氣也。

註。 有色物質之漂白。既因綠氣與水化合時放出之養氣所致。然有色之物。置於空氣中之養氣內。何以不漂白。其故如下。化學家考得氧初放時。與已放出經一時後者不同。初放出時。其與他物化合之性。較已放出一時後者為強。此種情形。不獨氧為然。即他種氣質如氫及氯等。莫不皆然。凡初放出時。謂之發生機 (Nascent state)。以上試驗 44 中之漂白作用。實因有色物質。與發生機之氧。能立即相遇故也。

又綠氣既有漂白之性。故工業中。常用之以漂白物質。如製造廠之漂白紙料。洗衣作之漂白衣服是也。然用綠氣及氯水。(即綠氣溶於水中之溶液。) 尚覺不便。故製漂白粉 (Bleaching powder) 以代之。法以綠氣使遇熟石灰 (Slaked lime) 即得。



此種漂白粉遇酸之稀溶液。即能將氯放出。例如：



故漂白法為先將欲漂白之物。浸入漂白粉之稀溶液內。然後再浸入一種稀淡之酸溶液內。則該物即可漂白矣。

氯之
性質

既作以上之種種試驗。今可將氯之性質。彙而考之。氯係一種綠黃色之氣體。有特別之臭味。多吸之。喉肺受害頗烈。即生命亦頗危險。故不可不謹慎。然些少吸之。亦屬無妨。綠氣較空氣約重二倍有半。故取此氣之時。器具不必倒置也。綠氣能溶化於水中。在平常之空氣壓力及熱度時。一體積之水。約可溶三體積之氯。凡氯溶於水中。所成之溶液。謂之氯水 (Chlorine water)。在平常之壓力時。綠氣若冷至 0°C 時。即凝結為黃金色之液體。若再冷至 -102°C 時。則凝結為一種黃金色之結晶固體。

綠氣之化合性。甚為發達。能與多種物質化合。且有漂白顏色物質之性。又微生物在綠氣中。不利於生活。故氯亦可用為殺蟲劑 (disinfectant)。

氯之化合物。除食鹽漂白粉之外。鹽酸亦甚緊要。按鹽酸即氯與氫之化合物也。茲附考於下。

附鹽酸 (Hydrochloric acid HCl)

(係氯與氫之化合物其學名為氫氯酸)

鹽酸之製
法及試驗

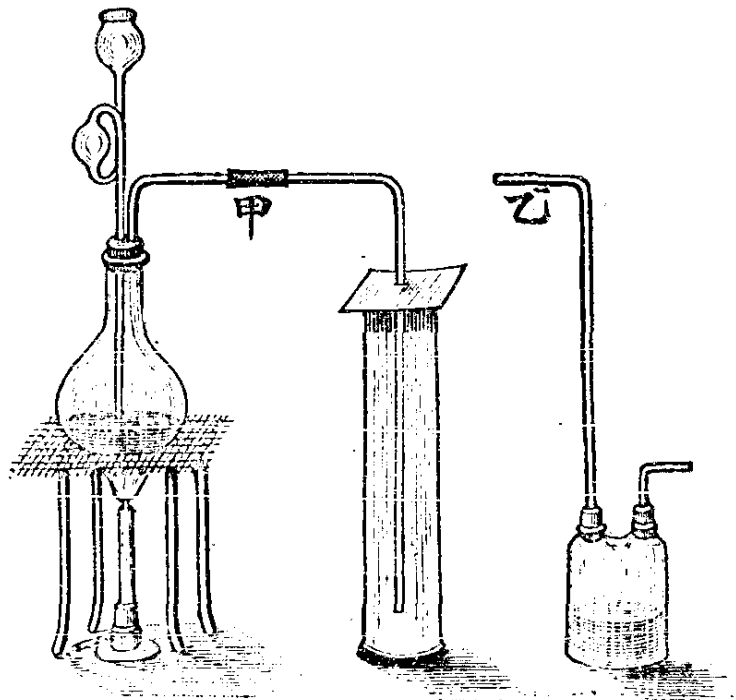
前試驗 43 顯明氯與氫能直接化合。所成之物。化學家謂之鹽酸。然此外另有一種較簡之法。為化學室中所常用者。即藉食鹽與硫酸之作用是也。



食鹽 硫酸 硫酸鈉 鹽酸

試驗 46. 取約等重量之食鹽及濃硫酸。(五分酸中當加一

分水) 同置於一瓶中。如第二十七圖左邊所示者。然後漸漸加熱。則有鹽酸氣放出。可照取綠氣法。用空玻璃筒取之。(鹽酸亦較空氣為重。)如此收取二三筒。以便試驗。其餘放出之氣。



第 二 十 七 圖

可使之溶於水內。法將接頭處甲拆開。而以半盛清水之乙接連之。則放出之氣。自被清水吸收。而成鹽酸溶液矣。(乙之玻璃管下端不必浸入水內。)

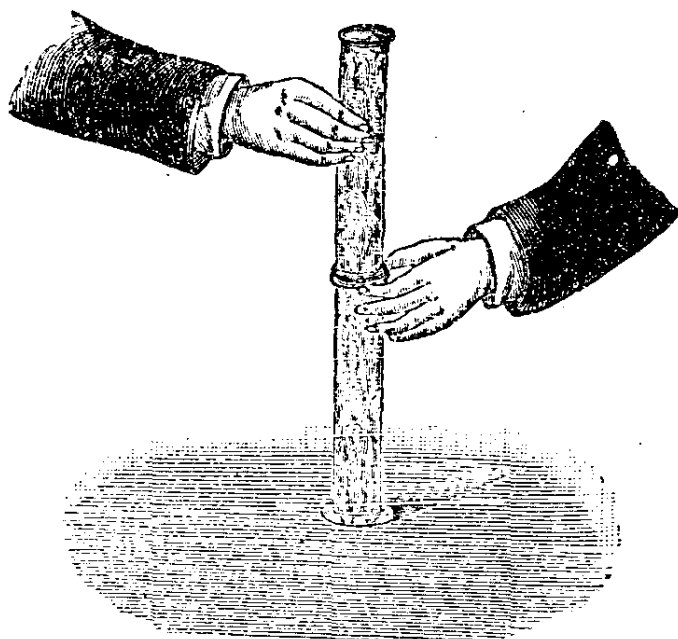
以上取得之鹽酸。可試驗之如下。

試驗 47. 將滿盛鹽酸氣之筒。以方玻璃密蓋其口。倒置藍色立低莫司 (Litmus) 之淡溶液中。去其蓋。則見藍色溶液昇入筒中。且變為紅色。

由此試驗。可知鹽酸氣極易溶於水中。且鹽酸係一種酸類。故能將藍色立低莫司變為紅色。(若以藍試紙入鹽酸中。亦變紅色。)

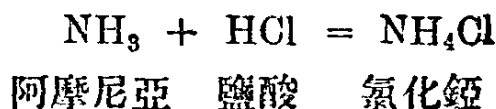
試驗 48. 如第二十八圖。以乾燥之阿摩尼亞氣一筒。倒覆於鹽酸氣筒上。抽去方玻璃蓋。則見二氣化合而發濃白之煙霧。不久即凝為白色之固體物。

由上試驗。可知鹽酸與阿摩尼亞。

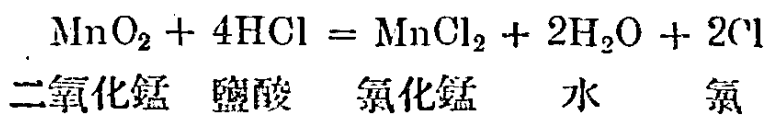


第 二 十 八 圖

甚易化合。蓋即酸類與鹽基類化合。而成中和之鹽類也。



試驗 49. 取鹽酸溶液少許。加二氧化錳 (Manganese dioxide) 而熱之。則見有綠氣放出。



由上試驗。可知藉此作用。能將鹽酸中之氯。復行放出一部分。故亦可為製氯之一法。惟鹽酸頗貴。故鮮有用此法以取氯者耳。

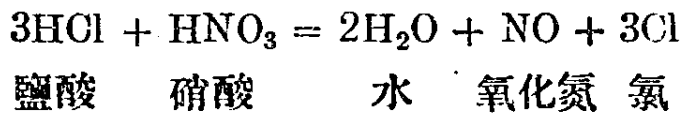
鹽酸之性質

由上可知鹽酸係一種酸類。且為一種無色之氣體。較空氣約重百分之二十六。極易溶化於水內。在平常之空氣壓力及熱度時。一體積之水。能溶五百體積之鹽酸氣。然鹽酸溶液加熱時。則復將鹽酸氣漸漸放出。待達每百分重水中。只有二十分重鹽酸之比例時。則鹽酸與水。照此比例。一同放出。在 0°C 時。用 6 氣

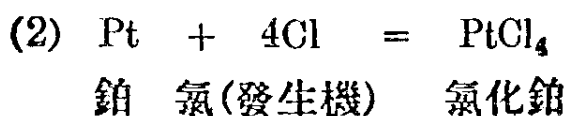
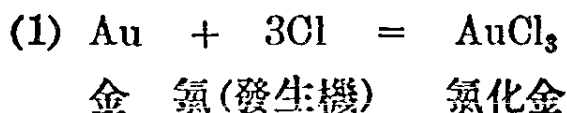
壓之壓力。即可使鹽酸氣變為無色之液體。此液體化合性甚弱。與氣體之鹽酸不同。若再冷至 -113°C 時。則凝結為固體。

鹽酸與他物化合之性頗發達。蓋係一種猛烈之酸類也。(按酸類之最猛烈者有三。即硫酸，硝酸及鹽酸是也。)

鹽酸若與硝酸相和。則成一種尤猛之物。名為王水 (Aqua regia)。雖黃金或白金 (Platinum) (一名鉑) 入之。亦被溶解。通常製王水之法。係以三體積之濃鹽酸。加一體積之濃硝酸。即成王水。其作用如下。



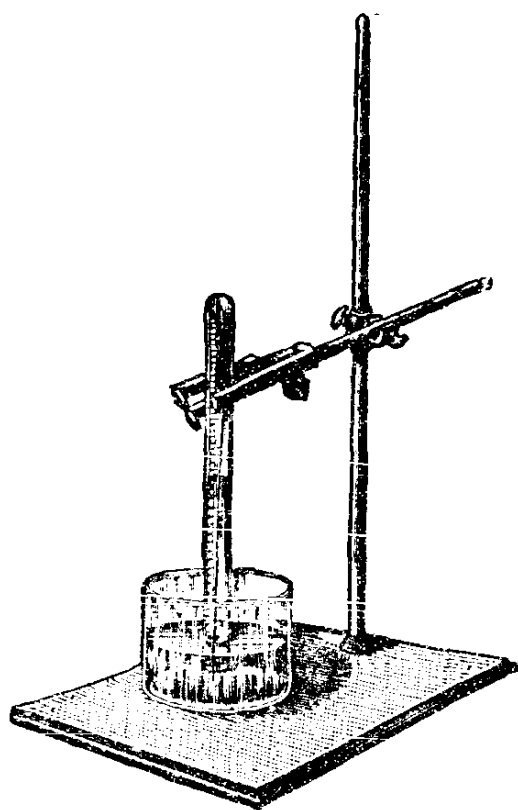
此放出之氯。當其在發生機時。(Nascent state 見前第 103 頁) 化合性甚大。雖黃金及白金遇之。亦能化合。故王水之所以猛烈者。以其放發生機之氯故也。



鹽酸體積及其 織成之測定法

以上既述鹽酸之大要。茲將測定鹽酸體積及組成之法附考之。前試驗 43 顯明氫能燃燒於氯中而成鹽酸。然考輕氣與綠氣互相化合之性頗強。故不必燃燒。而但使之見光亮。亦即能起化合。今藉此作用。試測定其體積比例如下。

試驗 50. 如第二十九圖。以一刻有度數之玻璃管。滿盛水銀。倒一於水銀槽中。然後以乾燥之輕氣導入管內。視其體積若干。乃以綠氣漸漸導入管中。待其體積與氫體積相等而止。然後置於明亮處。(不可竟置於日之光線中。以免爆裂。) 則氫與氯漸漸化合而成鹽酸。然久之見水銀毫不上昇。亦不降下。可知所成之鹽酸氣體積。
與所用之氫氯體積相等也。今若緊閉管口。移入藍色立低莫司(Litmus) 之稀溶液內而開之。則鹽酸溶化於水。即見水上昇



第 二 十 九 圖

管中。而變爲紅色。可證輕綠二氣之已化合而成鹽酸矣。

由此試驗。可知2 體積之鹽酸。爲 1 體積之氫與 1 體積之氯化合而成者也。按一體積之氫與一體積之氯。其重量比例。化學家考得爲 1 與 35.5 之比例。然氫之原子量與氯之原子量。其比例亦爲 1 與 35.5 之比例。(參觀書後所附之一覽表。至此原子量之測定法。見第二十三章中。)可知鹽酸爲一原子氫與一原子氯化合所成者矣。故可以 HCl 程式表之。

註。按氯原質除能與氫化合而成鹽酸外。尚能與氫原質及氧原質化合而成多種之酸類。茲將其分子式及名稱。表列於下。以便參考。

HClO_4	過氯酸	Perchloric acid
HClO_3	氯酸	Chloric acid
HClO_2	亞氯酸	Chlorous acid
HClO	次亞氯酸	hypochlorous acid
HCl	鹽酸	Hydrochloric acid

註。本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 十 一 章

與氯相似之溴 (Bromine) 碘 (Iodine) 氟 (Fluorine) 三原質

上章既明氯之大要。然此外尙有三原質。其性質頗與氯相似。卽溴, 碘, 氟三原質是也。茲研究之。以便學者之比較。

溴 (Bromine Br)

溴之製法
及性質

天然間之溴。多與鈉, 鉀, 鎂等原質化合。而成溴化鈉 (Sodium bromide NaBr) 溴化鉀 (Potassium bromide KBr) 溴化鎂 (Magnesium bromide $MgBr_2$)。海水中常有少量之溴化物。而泉水中含之較多。

前章中言氯之取法。係用氯之化合物如食鹽之類。與硫酸及二氧化錳。一同加熱。則氯卽放出。溴之取法。亦與氯同。設欲由溴化鈉 (NaBr) 以取溴。

則其變化如下。



二氧化錳 溴化鈉 硫酸 溴 水 硫酸鈉 硫酸錳

試驗 51. 取約重三公分之溴化鈉與二倍有餘之二氧化錳相攪和。同置於一曲頸瓶內。如第三十圖。然後加稀硫酸。(可

用15立方公分之

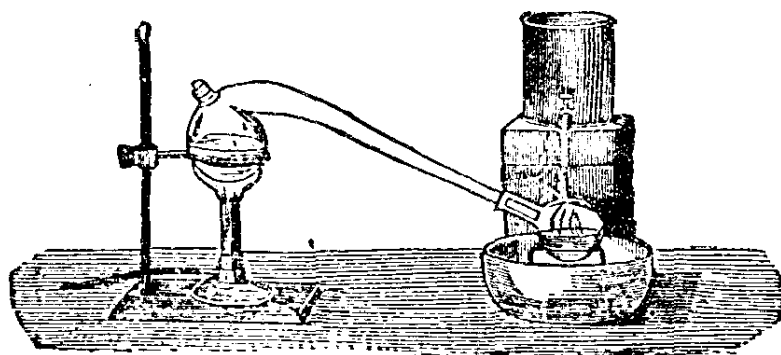
濃硫酸。加 90

立方公分之水。)

以火酒燈漸漸加

熱。不久見有紅

稜色之溴氣發生。



第 三 十 圖

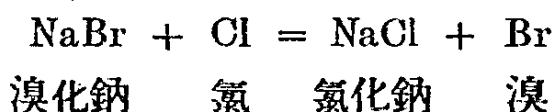
以此氣入外潑冷水之玻璃瓶。(如圖中右邊所示者) 則凝結為暗赤色之溴液體。

由上試驗。可知在平常之熱度時。溴係一種暗赤色之液體。加熱則變為紅稜色之氣體。有一種特別之臭味。故取名曰溴。此氣頗毒。無異綠氣。當謹慎為宜。考溴亦能溶化於水內。然為量不多。100 體積之水。約祇能溶 1 體積之溴液體。所成之溶液。

謂之溴水 (Bromine water)。又溴液體若冷至負 70°C

時。則凝爲固體。

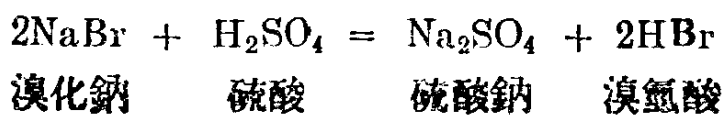
溴之化合性。雖亦甚發達。與氯無大差異。然較綠氣稍弱。學者務宜注意。故溴化物遇氯。則溴卽被氯驅出。而溴之位置。卽被氯所佔據。例如：



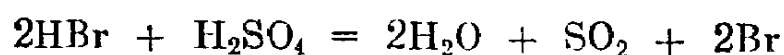
試驗 52. 以少量之溴化鈉。溶於約半試驗管之水中。然後加氯水少許。則見管中之液。變成褐色。加熱之。則見有紅棕色之溴氣放出。此溴卽由溴化鈉內被氯驅出者也。

由此試驗。可知溴較氯爲弱。故被氯驅出。(此法亦可作爲製溴之一法。) 總之。溴爲較弱之物。卽其漂白之性。亦較氯爲弱也。

溴 氯
酸 前見氯與氫化合則成鹽酸。考溴與氫亦能化合而成溴氫酸(Hydrobromic acid HBr)。鹽酸可以氯之化合物與酸類之作用而製之。(參觀第 105 頁試驗 46。) 溴氫酸亦可以溴之化合物及酸類之作用製之也。例如：

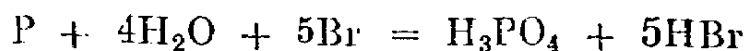


製溴氫酸之器具。即可用製鹽酸之第二十七圖製出之。溴氫酸亦係一種無色之氣體。甚易溶化於水內。在平常之空氣壓力及熱度時。一體積之水。可溶六百十體積之溴化氫氣。至溴氫酸之化合性。亦與鹽酸無甚大異。惟溴氫酸不若鹽酸之堅固。（亦因溴較氯弱之故。）故以上所製之溴氫酸。一部分被硫酸分解。而將溴放出：



溴氫酸 硫酸 水 二氧化硫 溴

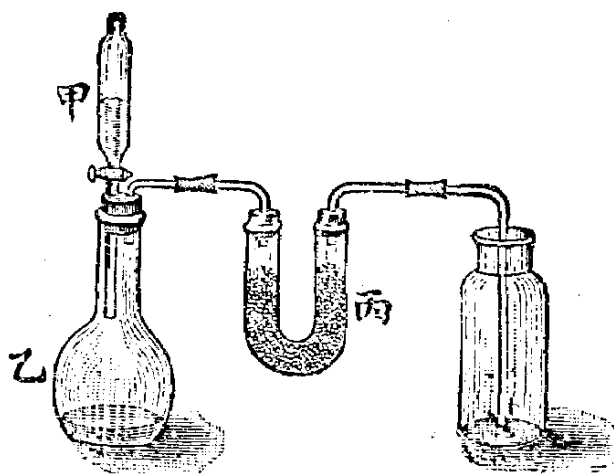
溴氫酸既有以上之分解。而所成之二氧化硫(SO₂)。亦係氣體。故用上法。不克製出潔淨之溴氫酸。若欲製純潔之溴氫酸。當用下述之法。此法係藉紅磷(Red phosphorus)與水及溴之作用。可表示如下。



紅磷 水 溴 磷酸 溴氫酸

試驗 53. 装配器具一套。如第三十一圖。漏斗甲盛液體之溴。玻璃瓶乙中置紅磷及水。U管丙中置雜有濕紅磷之碎玻璃或玻璃珠。今若漸漸開漏斗之活塞。則溴液卽下滴於瓶中。

不久則見溴氫酸發生。
 (不必加熱。) 經過U管
 丙。則溴氫酸中所雜之
 溴氣。即被紅磷吸收。
 所放純潔之溴氫酸。即
 可用空瓶照取鹽酸法取
 之。(見第105頁試驗46)

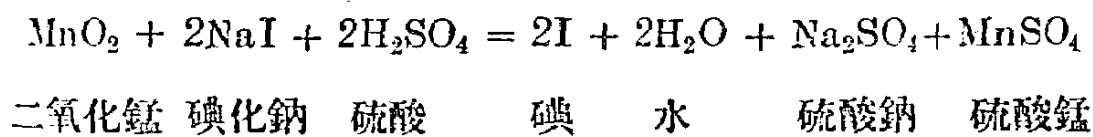


第三十一圖

碘 (Iodine I)

碘之製法
 及性質

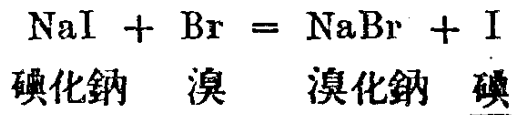
天然間之碘。常與鈉化合。成碘化鈉
 (Sodium iodide NaI) 而存於海草中。由
 碘化鈉取碘之法。亦與由氯化鈉取氯及由溴化鈉
 取溴之法相同。



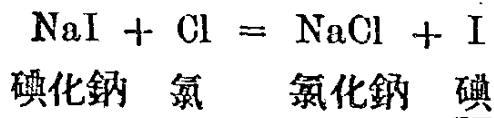
試驗 54. 取約重二公分之碘化鈉及約重四公分之二氧
 化錳攪和之。同置於一玻璃瓶內。加硫酸少許。漸漸加熱。則
 見瓶中發美麗紫色之氣體。即碘氣是也。此碘氣至瓶之上部。
 則即因冷而凝結為紫黑色固體之碘。

在平常之熱度時。碘係一種紫黑色之固體。加熱至 107°C 時。則變為液體。至 175°C 時。則變為紫色之氣體。此氣亦有一種特別之臭味。頗似稀淡之綠氣味。考碘稍能溶化於水。然極易溶化於火酒 (Alcohol) 內。成一種稜色之溶液。此種溶液。能治浮腫之症。醫學中常用之。俗稱碘酒。

碘之化合性。與氯、溴無甚相差。然溴既較氯為稍弱。而碘則較溴為尤弱。學者務宜注意。例如碘化鈉遇溴。則碘即被溴驅出。(與第113頁試驗52比較)：



夫氯既較溴為尤強。故氯更易將碘化鈉中之碘驅出。：



試驗 55. 取甲乙二試管。各盛碘化鈉之溶液約半管。甲管中加溴水少許。乙管中加氯水少許。各加熱後。則見均有紫色之碘氣放出。

註. 此試驗亦可為製碘之一法。又碘亦有漂白之性。惟

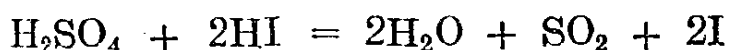
較遲緩。亦因碘較氯，溴為弱故也。

碘與小粉漿 (Starch) 有一種特異之作用。使之變為深藍之色。(惟究成何物。現今化學家尚未確切考知。) 雖極微量之碘。亦能變之。故小粉漿可為試驗碘之要物。

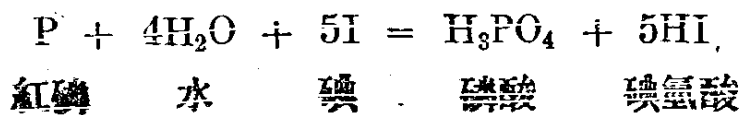
試驗 56. 製小粉漿少許。待冷後。加入溶有碘之火酒少許。則見該漿立變為深藍色。

碘	氫
酸	

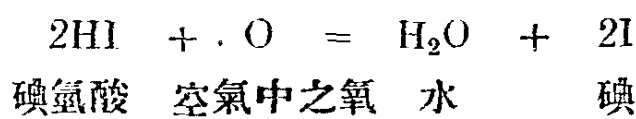
前見氯與氫化合則成鹽酸。溴與氫化合。則成溴氫酸。考碘亦能與氫化合而成碘氫酸 (Hydriodic acid HI)。惟碘氫酸甚不堅固。較溴氫酸為尤甚。(因碘較溴為弱) 故不能用硫酸與碘化鈉之作用而製之。因硫酸極易分解之也。



是以欲製純潔之碘氫酸。亦當倣製純潔溴氫酸之法。(參觀第 114 頁試驗 53) 即以碘與紅磷及水同加一處。使之作用是也。



碘氫酸亦係一種無色之氣體。甚易溶化於水內。在平常之空氣壓力及熱度時。一體積之水。可溶四百六十體積之碘化氫氣。惟溴氫酸既較鹽酸爲不堅固。而碘氫酸則較溴氫酸尤甚。即置平常之空氣中。碘氫酸亦漸分解如下。



碘氫酸中之氫既極易分出而與氧化合。故碘氫酸係一種極佳之還原劑。(Reducing agent 見前第83頁)

氟 (fluorine F)

天然間之氟。多與鈣化合而成氟化鈣。(Calcium fluoride CaF_2 又名鈣氟石 fluorspar) 又與鈉鋁化合而成冰晶石 (Cryolite $\text{Al}_2\text{F}_6 \cdot 6\text{NaF}$)。此外尚有一種磷灰石 (Apatite $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$) 中。亦含有氟。

氟之製法
及性質

取氟之法與取氯溴碘之法異。蓋氟不能藉氟化鈣與硫酸及二氧化錳之作用而發生也。故昔時化學家竟無法可以製之。近今

有一法國化學家名毛孫 (Moissan) 者。發明一法。可以製之。法以液體之氟氫酸 (Hydrofluoric acid HF) 中溶氟化鉀 (Potassium fluoride KF)。置鉑與銱所製之器 (Platinum iridium vessel 取其與放出之氟無作用也) 內。以電流通過之。則氟即由陽極放出。

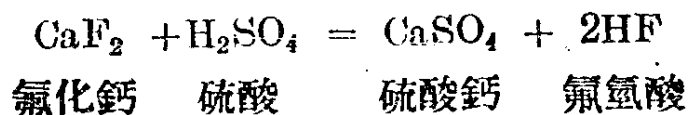
氟係一種淡黃色之氣體。最易與他物化合。為原質中化合性之最發達者。水遇之即被分解。銻遇之即與化合。故不可用排水或排銻法取之。惟可用鉑器中排空氣法取之。以氟與鉑可無變化也。氟氣亦有一種特別之臭味。若冷至負 187°C 時。則變為黃色之液體。若再用液體輕氣冷之。(因液體之氫能發大冷之故。) 即凝為固體。

氟之化合性。較氯溴碘三者均強。不但能將碘化物中之碘驅出。且能將氯化物中之氯驅出也。故氟氯溴碘四者之中。化合性氟為最強。其次為氯。其次為溴。其次為碘。

氟	氫
酸	

前見氯溴碘三者均能與氫化合。而成為鹽酸溴氫酸碘氫酸。考此氟亦能與氫化合而

成氟氫酸 (Hydrofluoric acid HF)。氟氫酸之製法。亦與鹽酸同。即藉氟之化合物與硫酸之作用是也。(參觀第 105 頁鹽酸之製法。) 例如



氟氫酸係一種無色之氣體。能溶化於水內。氟氫酸之化合性甚大。與玻璃亦起作用。故常以鉑器或膠皮器貯之。氟氫酸頗毒。慎勿吸入。若一滴之氟氫酸溶液。觸於手上。立起非常之痛苦。學者不可不慎也。

氟氫酸既能與玻璃起作用。故可用為雕刻玻璃之物。市上寒暑表等之雕刻度數。及玻璃器之雕刻圖畫等均用之。茲可略試之如下。

試驗 57. 取約重五公分之氟化鈣粉末 (Fluorspar)。置一鉛器或鉑器中。加濃硫酸少許。(使粉末成泥形即足。) 乃以洋蠟燭油塗玻璃上。在此蠟油中任意刻字。(刻字之處。須見玻璃。不可太淺。) 而將此玻璃覆於鉛器或鉑器之上。(蠟油面向下) 將器加熱。氟氫酸氣即上昇而將刻字處玻璃蝕去。經十餘分鐘後。拭去蠟油。則見字跡刻於玻璃上矣。

總之。氟之大致。雖與氯溴碘相似。然頗顯特異之處。究不若氯溴碘三者相同之甚也。

氟,氯,溴,碘四原質之比較

學者既知以上所述氟氯溴碘四原質之大要。則可明其相似之處頗多矣。茲將此四原質同異之點比較之。

在平常之熱度時。氟氯均係氣體。溴為液體。而碘則為固體。可知其物理學性質(Physical properties)均有一定漸異之次序也。氟為最強而最易與他物化合之原質。其次為氯。其次為溴。其次為碘。故氟能驅氯。(即將氯化物中之氯驅出。)氯能驅溴。而溴能驅碘。又氟與氫最易化合。其次為氯。其次為溴。其次為碘。可知其化學性質。(Chemical properties)亦有一定漸異之次序也。

又考此四原質之原子量。(見書後所附一覽表)氟為

最輕 (19)。其次爲氯 (35.5)。其次爲溴 (80)。其次爲碘 (127)。可知其原子量亦有一定漸重之次序也。

且不僅此四者原質之性質相似而漸異也。即其化合物之性質。亦相似而漸異。例如氟氫酸鹽酸溴氫酸碘氫酸。均係無色之氣體。均能溶化於水內。均有酸類之性質。且此酸類亦均由強漸弱。故氟氫酸最強。鹽酸次之。溴氫酸又次之。而碘氫酸則最弱。由是觀之。氟氯溴碘雖爲四者不同之原質。然其性質相差不遠。故可以此四者歸爲一族。化學家謂之氟族 (Halogens)。考此外原質。亦每有相似而可歸成族類者。同族中之原質。其性質亦相差不遠。故若有法能將所有原質。分爲類族。則考其一。即略可推知其餘。使化學變爲一種簡易而有規則之學問。是分族法之不可不亟亟研究也。至化學家考得何種最佳之分族法。則俟下章述之。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 十 二 章

原質之分族法：週期律(Periodic laws)

前於第一章之末。曾言原質共有八十餘種之多。而已於前數章中研究之者。不過最緊要之氧,氮,氫,氯,溴,碘,氟等數原質。及其緊要之化合物而已。其他各種原質。若欲一一研究之。則不勝其煩。非初學者所克從事。然幸原質中。每有相同而可分成爲族者。如氟氯溴碘之成爲鹵族是矣。若是。則考一族中之一二原質。即可推知其他原質之大略。使化學成爲一種較簡之科學。故當學者此時尙未將其他原質研究之前。亟須先將原質之分族法。爲學者詳細述之。則其他之原質。自易於下數章中。按族考之矣。

金類及非金類
之勉強分族法

然原質之分族。非易事也。若將各原質先行詳細研究之。而後取其大略相似者。歸成爲族。則仍係勉強之法。而

非天然之法。蓋欲決定二原質之究竟是否相似。頗非易易。故不免差誤也。昔時化學尙未十分進步。故化學家祇能用勉強之分族法。將原質分爲金類 (Metal) 及非金類 (Non-metal) 二種。蓋彼見多種之原質。如金銀銅鐵之類。其量重、其色光、能展薄、能彎曲、能傳熱、能傳電。於是以原質之有此種性質者。概謂之金類。若無以上之性質者。概謂之非金類。然此種分族法。既甚勉強。又鮮實用。故不必細究之。况近今化學家所稱金類及非金類之名。用意與前有異。蓋凡能代替酸類中之氫而成爲鹽類者。近今始謂之金類。 (參觀第 97 頁小註) 其不能代替者。謂之非金類。金類常能成鹽基類。而非金類則常能成酸類。

週期律之天 然分族法

昔時金類及非金類分族法。既屬勉強而無用。然則此外有何適用之天然分族法乎。曰有。即俄國大化學家門德非氏 (Mendeléeff) 所發明之週期律是也。今試詳論之如

下。

前論氟氯溴碘四原質比較時。見此四原質之原子量。有一定漸重之次序。即氟爲最輕(19)。其次爲氯(35.5)。其次爲溴(80)。其次爲碘(127)。其原子量。既由輕而漸重。此四原質之性質。亦顯一定漸異之次序。故其物理學性質則由氣體而漸入於固體。(氟氯爲氣體。溴爲液體。碘爲固體。)其化學性質則由強而漸弱。(氟最強。氯次之。溴又次之。碘更次之。)然則原子量之輕重。與原質性質之遞變。必有一定之關係明矣。原質之性質若果隨其原子量之輕重而遞變。則若將所知之原質。依其原子量之輕重。由輕至重。順次排列之。則各原質之性質。理當亦顯一定次序之遞變。今試從原子量最小之氫原質起。先將十七種原質。由輕至重。順次排列之。而考其性質是否亦有一定次序之遞變也。(各原質之原子量。見書後所附一覽表。)

氫 氦 鋰 鈹 硼 碳 氮 氧 氟 氖 鈉 鎂 鋁 硅 磷 硫 氯
 (1)(4)(7,03)(9,1)(11)(12)(14)(16)(19)(20)(23)(24,4)(27,1)(28,4)(31)(32)(35,5)

觀此十七原質。其原子量既由輕漸重。其性質亦當逐漸不同。故氯在氟後。既相隔七種原質之多。其性質理當與氟大異。然何以氯與氟之性質。又甚相似。豈原質性質與原子量無關係耶。抑原質性質雖與原子量有關係。而此外另有要故乎。欲解決此難題。門德非氏試將自氯至氦之八原質。移置於自氟至氫之行下。

氫	氦	鋰	鈹	硼	碳	氮	氧	氟
氖	鈉	鎂	鋁	矽	磷	硫	氯	氬

如此排法。則氯即在其性質相似之氟下矣。然則氧下之硫。其性質亦與氧相似乎。以實驗考證之。知硫與氧亦果相似。(如氧與氫成 H_2O 硫與氫亦能成 H_2S 之類。) 如此考得磷與氮、矽與碳、鋁與硼、鎂與鈹、鈉與鋰、氖與氦、亦均各相似。由此觀之。原質之性質。並非與其原子量無關係也。不過每隔若干原質之後。又來與其性質各各相似之若干原質耳。此原質每若干。謂之一期(Period)。如以

上之氫，氦，鋰，鈹，硼，碳，氮，氧，氟，○成爲一期。（可謂之第一期。）而氖，鈉，鎂，鋁，硅，磷，硫，氯，則又爲一期（可謂之第二期。）是也。且尤有進者。考得鈉，鎂，鋁，硅，磷，硫，氯。均能與氧化合。而其中能含氧原子之數。則隨其原子量之漸重而亦逐漸遞加。故得鈉₂氧₁，鎂₂氧₂，鋁₂氧₃，硅₂氧₄，磷₂氧₅，硫₂氧₆，氯₂氧₇。各種氧化物。至考以上第一期中。其與氧化合之量。亦隨原子量之漸重而漸增。由此觀之。原質之性質。不僅一期而一復。且在一期之中。更顯有一定次序之遞變也。門德非氏於是定一律。謂之週期律（Periodic law）。以一期之原質遞變既終。而復來一期與其性質各各相似之原質。故謂之週期也。其律如下。

凡原質之性質及其化合物之性質。均視其原子量而遞異。然每期而一復。

以上第一及第二兩期中原質。共計十七種。末後之原質。爲氟與氯。然原質共有八十餘種之多。

今試再將其他原質。亦按其原子量。由輕至重。於
氫原質後接續排之。

氫 鉀 鈣 鎳 錳 鈳 鉻 錳 鐵 鈷 鎳 銅 鋅 銻 銻 砷 碲 溴

以上共計十八原質。然排至第十八原質溴。不
可不暫緩再排。以便討論之也。蓋溴與氫氟。既
已知其性質甚形相似。則理當移置在以前第二期
氫之下。然第二期中。祇八種原質。而此則有十八
種之多。勢不能一一均置在第二期之下。門德非
氏詳細研究之下。知此十八種原質。共可分為二
股。且二股中之鐵鈷鎳三原質。其性質與他原質
無有相似者。故當另置一處。今將其第二期下。
照此辦法排列如下。

第二期	氫	鈉	鎂	鋁	硅	磷	硫	氯
第一股	氫	鉀	鈣	鎳	錳	鈳	鉻	錳
第二股		銅	鋅	銻	銻	砷	碲	溴

(鐵鈷鎳)

如此排法。共成二股 (Series)。其中一股。有八種
原質。(即氫鉀鈣鎳錳鈳鉻錳。) 其他一股。有七種原質。
(即銅鋅銻銻砷碲溴。) 其有八種原質之股。謂之雙股

今由溴原質後。將其他各原質。按其原子量。由輕至重。接續排之。排至碘時。(因碘與溴相似)則又成一長期。亦可分爲二股。二股中亦有過渡原質。此可謂之第二長期。所以別於第一長期也。惟第一長期中。共十八原質。而此第二長期中。僅有十七原質。蓋其中一原質。尚未發明故也。此未發明之原質。

可以一小畫記之。如下表。(此表可接於第129頁之表下。)

週期	第〇類		第一類		第二類		第三類		第四類		第五類		第六類		第七類		第八類 過渡原質
	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	
第二 長期	雙股 氮		鉀		鎳		鈦		鋳		鉍		鉬		—		釘銻鋇
	單股		銀		鎳		鋼		錫		銻		碲		碘		

至碘後所餘之原質。則共可排成三長期。每期亦可分爲二股。且亦有過渡原質。(惟其中兩長期中過渡原質。尚未發明。)惟此三長期中。未發明之原質頗多。可各以一小畫記之。

由此觀之。所有原質。均可照週期律法。排列成期。今將所有原質之各期。排成一總表。名曰原質之週期表 (periodic table of elements)。此表甚爲有用。學者當細細研究之。

原質之週期表 (Periodic table of elements)

週期	第〇類		第一類		第二類		第三類		第四類		第五類		第六類		第七類		第八類 過渡原質
	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	甲族	乙族	
第一短期	氦 He		氫 ¹ Li		鈹 Be		硼 B		碳 C		氮 N		氧 O		(氫?) ² 氟 F		
第二短期		氖 Ne	鈉 Na		鎂 Mg		鋁 Al		矽 Si		磷 P		硫 S		氯 Cl		
第一長期	雙股	氩 Ar	鉀 K		鈣 Ca		鎳 Sc		鈦 Ti		鈦 V		鉻 Cr		錳 Mn		鐵 鈷 鎳 Fe Co Ni
	單股			銅 Cu		鋅 Zn		銦 Ga		錳 Ge		砷 As		硒 Se		溴 Br	
第二長期	雙股	氪 Kr	銣 Rb		銣 Sr		鈦 Y		鋯 Zr		銲 Nb		鉬 Mo				鈷 銩 鈳 Ru Rh Pd
	單股			銀 Ag		鎘 Cd		銦 In		錫 Sn		銻 Sb		碲 Te		碘 I	
第三長期	雙股	氙 Xe	鐳 Cs		鋇 Ba		銻 La		鈾 Ce								
	單股																
第四長期	雙股						鐳 Yb		鎳 Lu		銲 Ta		鎢 W				銻 銱 鉑 Os Ir Pt
	單股			金 Au		銻 Hg		鈳 Tl		鉛 Pb		鉍 Bi					
第五長期	雙股	氡 Rn		鐳 Ra					鈾 Th				鈾 U				
	單股																
附物公式	氧化			某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	某 ₂ 氧	(某 ₂ 氧)
附物公式	氫化								某 ₄ 氫	某 ₃ 氫	某 ₂ 氫	某 ₂ 氫	某 ₂ 氫	某 ₂ 氫	某 ₂ 氫	某 ₂ 氫	

註. (1) 此表中氫原質頗難位置。化學家有以之置於第一類之首者。亦有以之置於第七類之首者。因氫亦有陰電性。與第一類中之鈉鉀等相同。故可歸諸第一類中。惟氫若歸於第一類。則氫及氦之中。應有六種原質。然此種原質。尚未發明。且第

一類中原質之分子。多係一原子所成。而氫之分子。則係二原子所成。故有改置氫於第七類者。因氫無金類之性質。與氟氯溴碘等同。且在含碳化物(有機物)中。常能與氯溴碘等代易故也。總之氫之位置。尚無一定。或第一類。或第七類。均可置之也。

(2) 表後所附氧化物公式。及氫化物公式。係指該類各原質與氧化合及與氫化合所成之化合物之組成。例如第一類中原質之氧化物。各能以其二原子而與一原子之氧化合。如 H_2O, Li_2O 之類。故可以某₂氧表之。某字即代替某原質之名也。

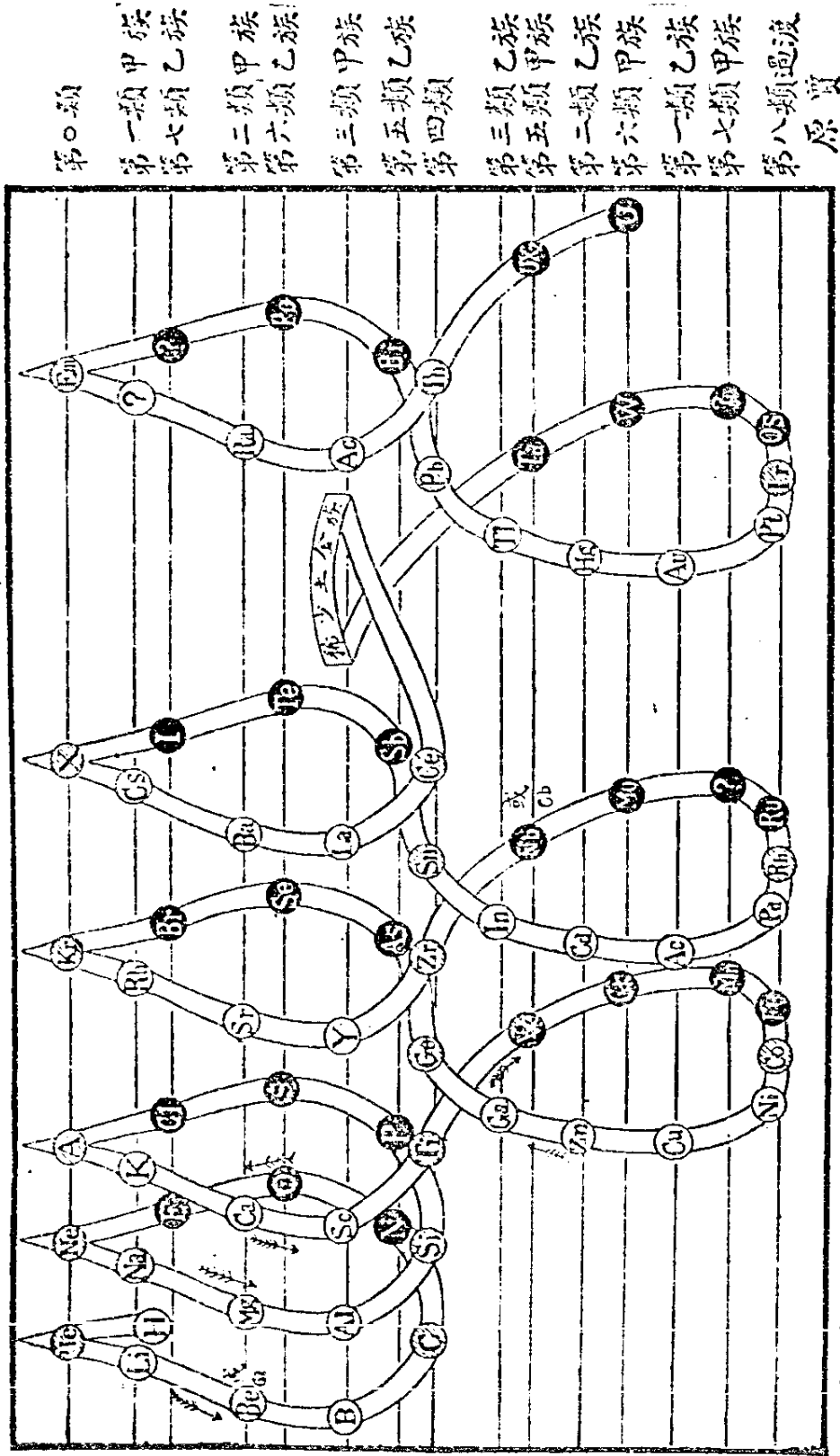
(3) 表中原質首先之一類。謂之第○類。而不謂之第一類者。蓋有二故。一因第○類中之原質。均不能與他原質化合。因其無化合物。故可謂之○類。二因門德非氏發明週期律表之時。氮氦氫氫氫六原質尚未發明。故門德非氏將當時之首先一類謂之第一類。而不知其前更當有一類也。及氮氦氫氫氫發明後。始知當置在最先之一類。然習慣已久。不便將本來分族之次序更改。故謂之○類。而列在第一類之前。

(4) 釷原質(Nitron)係由鐳原質變化而成。(詳後鐳原質中。)其作用頗似空氣中之氮氫等稀少原質。且依其原子量 222.4。亦當列在鐳原質之前。故將其置於第○類中也。

(5) 鎔原質及鐳原質之間。有多種之稀少土金族 (Rare Earths)。

爲銀 (Lanthanum), 鈾 (Cerium), 鎢 (Scandium), 鈦 (Yttrium), 鐳 (Praseodymium), 釷 (Neodymium), 鐳 (Europium), 釷 (Gadolinium), 鈾 (Terbium), 鈾 (Dysprosium), 鈦 (Holmium), 鈾 (Erbium), 鈾 (Thulium), 鐳 (Ytterbium), 鐳 (Lutecium), 之類。頗難將其一一排列適當。(故本表中祇列銀, 鈾, 鐳, 鐳數種原質。此外未列入。) 是亦週期表中之一種缺點。或者此項原質。須用一種之特別排列法。而現在週期表之排列法。尙未完善也。近代化學家中。亦有設法將此種稀少之土金族。排列於週期表中者。然究未能完善。且有許多性質不符之事。總之。現在式樣之週期表。不特有此種排列妨礙之缺點。且表之每股之右端與他股之左端原質之連續法。頗未能表明。例如按現在之排列法。則觀表中氫原質與碘原質之間。或銀原質與鈣原質之間。均有空白地位。一若尙有未發明之原質在也者。與實際上大相違反。故近有改用旋形表示法者。此種旋形表示法。亦足以表明原質之週期作用。而無二端原質不相連續之缺點。且稀少之土金族。可用特別法表示之。故一併附圖於下。以便參考也。

週期律旋形表示法



註 表 中 白 地 黑 字 之 原 質 係 鹼 性 之 原 質 其 黑 地 白 字 之 原 質 係 酸 性 之 原 質
 注 斜 紋 地 黑 字 之 原 質 則 係 中 性 之 原 質

週期表之
緊要用處

今將週期表之緊要用處。略舉於下。學者務須悉心考之。因以下各節。係各類原質之緊要公性。此時詳明之。則讀以後各章中之原質時。能助益不淺也。

(1) 凡每同類中之原質。其性質均相差不遠。然同族者尤為相似。故每族中考其一二原質。即可推測其餘同族原質之性質。而略知其梗概。至第八類中之過渡原質。則在每長期中。各成一族。同族者亦顯相似之性質。如鐵鈷鎳為一族。鈳銻鈹為一族。銻銻鉑為一族是也。然鐵鈷鎳一族。其本族原質性質。自各相似。而並不與鈳銻鈹一族中之原質性質相似。且鈳銻鈹一族。亦不與銻銻鉑一族相似也。

(2) 凡同類中原質。(同族為尤甚。) 其每一原子能與若干他原子化合之數。常各相等。(但亦有不相等者。) 例如第七類之原質。常能以其一原子與氫之一原

子化合。如 HF(氟氫酸), HCl(鹽酸); HBr(溴氫酸), HI(碘氫酸)之類。而第六類中之原質。則常能以其一原子與氫之二原子化合。如 H_2O (水) H_2S (硫化氫) 之類是也。此種每一某原子能與若干他原子化合之數。謂之該原質之原子價 (Valence)。考一原子之氫。至多祇能與他原質之一原子化合。而未有或多者。故氫之原子價永爲一。是以化學家定氫爲測原子量之標準。凡能與氫之一原子化合者。其原子價爲一。凡能與氫之二原子化合者。其原子價爲二。由此類推。故以上氟氯溴碘。其原子價均各爲一價(Univalent)。因各與氫之一原子化合也。而氧硫之原子價。即均各爲二價(Bivalent)。因各與氫之二原子化合也。其不能與氫化合者。亦可用間接法推定之。例如銀不與氫化合。而能與氯化合成 $AgCl$ 。然氯之原子價。既知其爲一。故銀之原子價。亦必爲一矣。以一原子銀與一原子氯化合故也。

註。 有時一原質亦能顯數種原子價者。如以上硫之原子

價。有時可變爲四。如 SO_2 (二氧化硫) 中之硫係原子價四。因每一 O 原子其價爲二。故 O_2 其價爲四。硫既與 O_2 化合。故此時硫之原子價亦爲四也。

同族之原質。常有相同之原子價。此要點於化學中頗爲有用。例如既知第一類中鈉與氯之化合物爲 NaCl 。則可推知鉀與氯之化合物必爲 KCl 。而必不爲 KCl_2 或 KCl_3 。因鉀與鈉同類故也。

(3) 凡同類中原質。 (同族爲尤甚。) 其物理學性質 (Physical properties 見前第 121 頁) 均頗相似。 且有一定次序之遞變。例如第一類甲族中鋰鈉鉀三原質。均係極軟之金類。而鋰則須熱至 180°C 始融。鈉熱至 97.6°C 卽融。而鉀則祇熱至 62.5°C 卽融。且不僅同族中原質之物理學性質相似也。其化合物之物理學性質亦頗相似。且亦有一定次序之遞變。例如鈹鎂鈣三原質。與氯之化合物爲氯化鈹 (BeCl_2) 氯化鎂 (MgCl_2) 氯化鈣 (CaCl_2)。而氯化鈹祇熱至 600°C 卽融爲液體。氯化鎂須熱至 708°C 始融。而

氯化鈣則須熱至 769°C 始融。

(4) 凡同類中之原質。 (同族爲尤甚。) 其化學性質 (Chemical properties) 亦頗相似。 且有一定次序之遞變。例如第一類甲族中之鋰鈉鉀三原質。均能與水起作用。(參觀前第 40 頁試驗 22。) 然考得鋰爲最弱。鈉稍強。鉀爲最強是也。

(5) 原質之分金類及非金類。 週期表亦能顯示之。凡有最強金類性質之原質。均在第一類。以第一類中之原質。常能成最強性質之鹽基類。且能代替酸中之氫也。凡有最強性質之非金類。均在第七類中。以第七類中之原質。常能成最強性質之酸類故也。在此第一類及第七類二極點中之各類。顯有逐漸之遞變。例如考得第二類中原質所成之鹽基類。性稍較弱。第三類爲尤弱。至第四類則漸顯酸類之性。第五類則其酸類性質更強。第六類爲尤強。

(6) 週期表可以預知尙未發明原質之性質。蓋凡表中一某原質之性質。必爲其上下左右四原質之酌中性質。例如表中第六類之硒原質。其位置在硫碲砷溴四原質之間。則其性質。亦在此四者之間。故其原子量 79。約爲硫 32 碲 127 砷 75 溴 80之四分之一。即 $\frac{32+127+75+80}{4} = 78.5$ 。此數與 79 相差甚微也。又左邊之砷。能與三原子氫化合成 H_3As 。而右邊之溴。則能與一原子氫化合成 HBr 。故硒可酌乎其中。而與二原子氫化合成 H_2Se 。以事實證之良信。

表中任取一原質。既必爲其上下左右四原質之酌中性質。則如上下左右四原質業已發明。而其中間之一原質尙未發明。此未發明原質之性質。即可由上下左右四者推知之。例如當時表中第四類之鍺原質(Germanium)。尙未發明。門德非氏由其四周之硅錫砷鋅(當時鎳原質亦未發明)四原質。預推其性質曰。其原子量約重 72。其與氧化合。能

成某₂氧₄。(見週期律表)與氫化合。能成某輕₄。此外亦能與硫化合成某硫₂。能溶化於硫化銻(Ammonium sulphide) 內等語。蓋均由其四周之原質推知也。

及後有一化學家名溫納 (C. Winkler) 者發明鍍原質。考其原子量及性質等。均與門德非氏所預言者相符。

註。表中一原質。既為其上下左右四原質之酌中性質。故如四周原質之性質。業已確知。而中間一原質之性質。尚有可疑之處。則可用上法推定更正之。至原子量之有可疑者。亦可藉此更正之。抑尤有進者。考得週期表每類中首先二原質之原子量。其相差恆約 16。其餘相差之數恆約十六之三倍即 48。例如第七類乙族。氟(19)氯(35.5) 相差之數為16.5。(因 $35.5 - 19 = 16.5$) 氯(35.5)溴(80)相差之數為44.5。(約與48相差不遠) 溴(80) 碘(127) 相差之數為 47。(與48頗近) 又如第六類乙族中。氧(16) 硫(32) 相差之數為16。硫(32) 碲(79)相差之數為 47。碲(79) 碲(127) 相差之數為48是也。故若某族中某原質之原子量。與他原質相差之數。較以上各準數為太遠者。其原子量必有可疑。須研究更正之。

(7) 每族中之第一原質。常與其他同族原質。顯

有特異之處。例如前見氟氯溴碘一族中。氯溴碘尤爲相似。而氟則有特別不同之處。(參觀前第120頁。)以後按族研究時。學者能常見第一原質有特別之點。蓋此係通例也。

學者既明週期表之大用。乃可將於上數章中尙未研究之緊要原質。按族於下數章分別研究之。(以下研究時。須時常參看週期表。)惟第○類之五種稀少原質。無甚關係。且已略見於前空氣章中。故以下不再研究之。又第七類之乙族氟氯溴碘四原質。業已詳論於前。故亦不再多贅。又如無關緊要之原質。亦概從略。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 十 三 章

週期表第一類甲族原質之研究

(又名鹼金族 Alkali metals)

此族中之原質有五。即鋰 (Lithium) 鈉 (Sodium) 鉀 (Potassium) 銣 (Rubidium) 銿 (Cæsium)。然此五種原質中。鉀與鈉爲最要。鋰次之。至銣銿則甚稀少。故無甚關係。

此族原質 之比較

今將此族各原質之性質相比較。此五種原質。均係白軟之金類。可以刀割之。置空氣中。不久均即變黑。見水均能起作用而令水分解。此五種原質。顯有一定次序之遞變。例如原子量漸重。則其爲熱鎔解之度數 (名鎔解度 Melting point) 反漸低。而其化學性質則漸發達。故鋰在空氣中。良久始變黑。而鈉則稍速。鉀更速以至自行鎔解。銣銿則一遇空氣。即自行燃燒。

此族中之原質。其原子價均爲一價 (Univalent)。故

若與其他之一價原子化合。則必一原子與一原子化合。如 NaCl 之類。若與其他之二價原子化合。則必二原子與一原子化合。如 Na_2O 之類。其餘以此類推。又此族中之原質。均能成強性質之鹽基類。故此族又名鹼金族。以鈉及鉀之鹽基類。其西名向爲鹼(Alkali)故也。

總之。此族各原質。均頗相似。故祇須取其緊要者(如鉀鈉之類)研究之足矣。

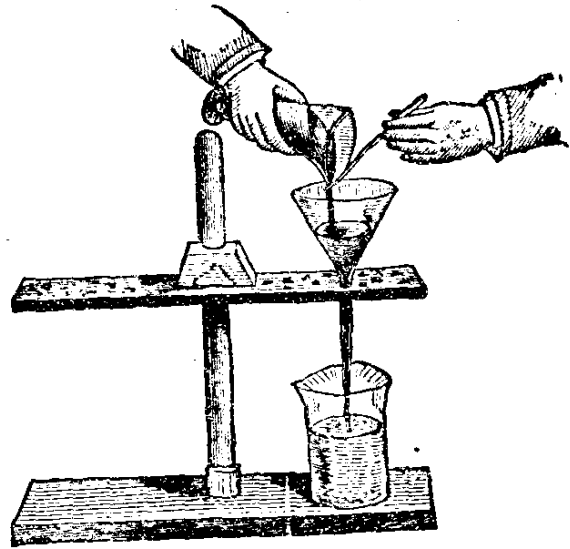
鉀(Potassium K)

鉀之來源
及製法

天然間之鉀。恆與他物化合。而無獨存者。鉀之化合物。陸地上之植物中含之頗多。故若將植物乾而焚之。則鉀之化合物。即存於灰中。而尤以碳酸鉀 (Potassium carbonate) 爲多。此碳酸鉀能溶化於水內。故可用水由灰中取之。

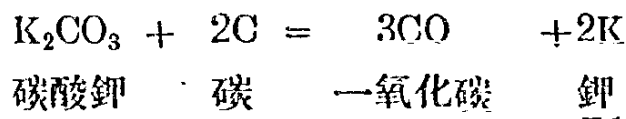
試驗 58. 取木灰約半玻璃杯。加水攪和。而於漏斗

中濾過之。(漏斗中須填過濾紙 Filter paper。)如第三十二圖。則多餘之灰存留漏斗中。而溶液則漏入下面之杯中矣。乃以紅試紙一片。浸入此漏出之溶液中。則見該紙立變藍色。顯明液內容有鹽基類。(即碳酸鉀也。)若將杯中溶液蒸乾。則白色之碳酸鉀即存留於杯底。取化學室中固體之碳酸鉀比較之。則知其無異也。



第 三 十 二 圖

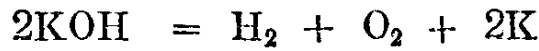
若欲由此碳酸鉀以製鉀。法以碳 (Carbon) 與之混合。置鐵器中。用大火爐熱之。則起以下之作用。而將鉀分出。



所成之一氧化碳 (Carbon monoxide) 係一種氣體。故即放出。所得之鉀。須浸於油類中(如火油之類)貯之。因鉀見水即起變化也。(已見前第40頁試驗22.)

註。 近時電學進步。故現今市上之鉀。多係用電流通過以

熱鎔化之氫氧化鉀 (Potassium hydroxide KOH) 製之。則分解如下。



氫氧化鉀 氫 氧 鉀

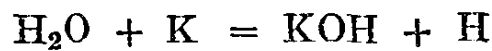
所成之氫氧二氣即放散。而鉀則留存。

鉀之緊要 化合物

鉀之緊要性質。已見於上述之公性中。茲不多贅。今將鉀所成之緊要化合物數種。除碳酸鉀已見於前外。分別考之如下。

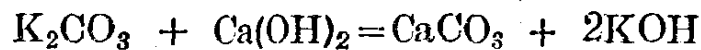
(以下各物之製法。頗可指示化學之要理。甚為有益。學者察之。)

(1) 氫氧化鉀 (KOH potassium hydroxide 又名 Caustic potash 苛性鉀)。水被鉀分解後。即成氫氧化鉀。(參觀前第40頁試驗22。)



水 鉀 氫氧化鉀 氫

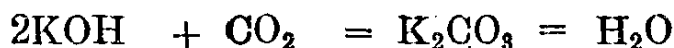
若將碳酸鉀 (Potassium carbonate) 與熟石灰 (Slaked lime) 置鐵器或銀器 (取其不致有變化) 中加熱之。則亦成氫氧化鉀。



碳酸鉀 熟石灰 碳酸鈣 氫氧化鉀

試驗 59. 取約50公分重之碳酸鉀。置鐵器或銀器中。加水約 500 立方公分以溶化之。乃取約重 25 公分之生石灰 (Quicklime)。加水使成熟石灰 ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$)。然後以此熟石灰。加入碳酸鉀中而加熱。則所成之碳酸鈣。因其不能溶化於水內之故。即行下沈。待其下沈後。可將面上之溶液倒出。若將此溶液置銀器或鐵器中。漸漸蒸之。蒸至體積不多時冷之。則即凝為固體之氫氧化鉀。

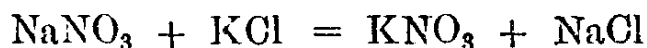
氫氧化鉀極易溶化於水內。且極易與二氧化碳氣 (Carbon dioxide CO_2) 化合。



氫氧化鉀 二氧化碳 碳酸鉀 水

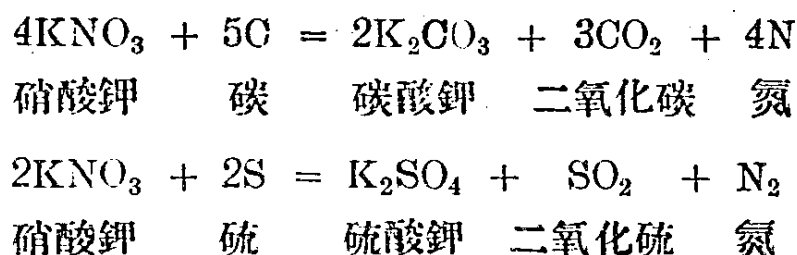
故化學中。常有用之以除去二氧化碳者。

(2) 硝酸鉀 (KNO_3 Potassium nitrate)。此化合物在天然間。不若硝酸鈉散布之廣多。若將氯化鉀 (Potassium chloride) 加於硝酸鈉中而熱之。則鉀與鈉易位。而成硝酸鉀。故硝酸鉀現今多用此法製之。

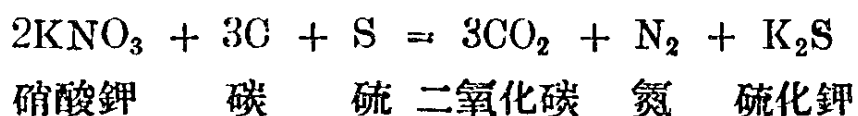


硝酸鈉 氯化鉀 硝酸鉀 氯化鈉

硝酸鉀。係一種極佳之氧化劑。故若加熱鎔化。而將碳或硫少許入之。立即燃燒。甚猛烈。其變化如下。



今若於硝酸鉀中。既加以碳。復加以硫。而後燃燒之。則尤為猛烈。



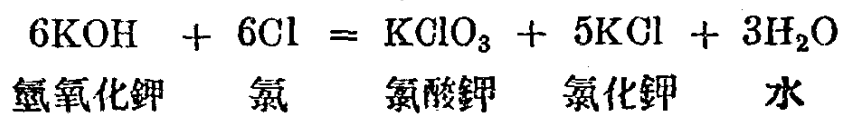
由此方程式。可知當未燃燒之前。硝酸鉀、碳及硫三者均係固體。故其體積不大。一經變化之後。所成之二氧化碳及氮均係氣體。故體積忽增。(化學家考得約增二百八十倍之多。) 則必因膨漲而致猛炸。故尋常之火藥(Gun powder)。即藉此理製成者也。可試之如下。

試驗 60. 約照以下之比例。將硝酸鉀之粉末、碳及硫三者混合之。

硝酸鉀	百分之 74.83
碳	百分之 13.31
硫	百分之 11.86

乃取此混合物少許置地上。以長鐵鉗執火柴點之。則見該火藥立燃極速。而發大焰。燃後只留黑物少許。即硫化鉀 (K_2S) 是也。

(3) 氯酸鉀 (Potassium Chlorate $KClO_3$)。此物前曾用以製造養氣。(參觀第17頁試驗6。) 今將此物之製法言之。若將綠氣通過濃而且熱之氫氧化鉀溶液中。則氯酸鉀即存於液內。



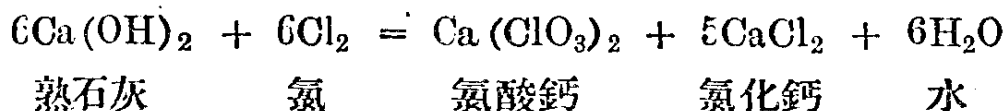
所成之氯酸鉀及氯化鉀二者。均能溶化於水內。然冷時則氯酸鉀較難溶化。故一部分之氯酸鉀即可分出。化學家即藉此理以使氯酸鉀與氯化鉀分開。

註， 若將綠氣通過淡而且冷之氫氧化鉀溶液。則其變化與以上之方程式異。不成氯酸鉀而成次亞氯酸鉀 (Potassium hypochlorite)。

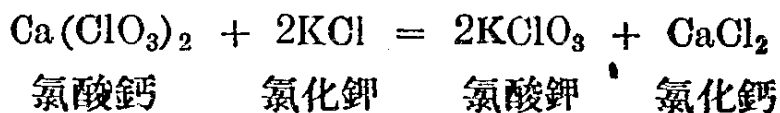


由是觀之。液之濃淡冷熱與變化亦大有關係也。

然用上法以製氯酸鉀。為值頗貴。故不如用氫氧化鈣（即熟石灰）以代替氫氧化鉀。而將綠氣通過之。則先得氯酸鈣（Calcium chlorate）。表示如下。



所成之氯酸鈣。溶於水內。若將氯化鉀(KCl)加入。則鉀鈣易位而成氯酸鉀。蒸發而冷之。則氯酸鉀即結晶而分出矣。



氯酸鉀極易將其中之氧分出。故製造炸藥、燄火及火柴等常用之。

試驗 61. 取紅磷少許（為數須甚少）與氯酸鉀少許。輕輕混和後。置桌上。以鎚微擊之。則炸裂頗猛。又如以硫黃少許與氯酸鉀粉末少許。（火柴中有此二物。）照上法混合。微擊之。亦能炸裂。

(4) 精化鉀 (KCN Potassium cyanide) 。此物頗毒。惟化學中用之頗多。其製法係將第一鐵精化鉀 ($K_4Fe(CN)_6$ Potassium ferrocyanide 又名 Yellow prussiate of potash) 與鉀一同加熱即成。



所成之精化鉀。甚易溶化於水內。故可以水溶化。再蒸發而冷之。即結晶分出。

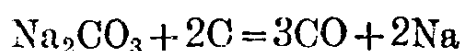
註。 第一鐵精化鉀之製法。係將含氮之動物質與鐵屑及碳酸鉀一同加熱即成。此物亦能溶於水內。故可以水取之。而後使之結晶分出。

以上各種。為鉀之最緊要化合物。此外尚有多種。略舉其名如下：第二鐵精化鉀 ($K_3Fe(CN)_6$ Potassium ferricyanide 又名 Red prussiate of potash), 氯化鉀 (KCl Potassium chloride), 溴化鉀 (Potassium bromide), 碘化鉀 (Potassium iodide) 等類。

鈉 (Sodium Na)

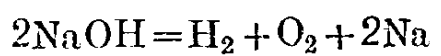
鈉之來源
及製法

天然間之鈉。亦如鉀之恆與他物化合。而無獨存者。其最要之化合物爲氯化鈉 (NaCl)。即食鹽是也。又前見陸地上之植物中。多含碳酸鉀。考得海中及海邊之植物。則多含碳酸鈉。若欲由此碳酸鈉以取鈉。亦可照取鉀法加碳而熱之。



碳酸鈉 碳 氧化碳 鈉

所得之鈉。亦須以油類貯之。蓋鈉與水亦有變化故也。近時則多有如製鉀法。以電流通過鎔解之氫氧化鈉 (NaOH Sodium hydroxide) 以製之者。



鈉之緊要
化合物

至鈉之性質。與鉀相似。惟稍弱。其化合物。亦有多種頗關緊要者。略述如下。

(1) 氫氧化鈉 (NaOH Sodium hydroxide 又名 Caustic

soda 苛性蘇達)。其製法亦與氫氧化鉀同。即 (1) 以鈉與水起變化。 $H_2O + Na = \underline{NaOH} + H$ (2) 以碳酸鈉與熟石灰起變化是也。 $Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + \underline{2NaOH}$

(2) **氯化鈉** (NaCl Sodium chloride)。此即食鹽也。海水中含之頗多。若以多量之海水。加熱蒸乾之。則白色之食鹽。即行分出。而留存於後。製鹽場中。常以海水納入池內。藉日光之力而蒸乾之。則食鹽亦可分出。初時製出之食鹽。常含不潔之雜質。然能使之潔白。可試之如下。

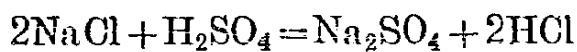
試驗 62. 取市上所購得尋常不潔之食鹽。(常稍帶黑色。至洋鹽則頗潔白。蓋彼業已照此試驗之理。將不潔者使之潔白故也。) 使漸漸溶化於一大玻璃杯中之沸水內。(在溶化時。須仍以火酒燈熱之。不可將燈移去。) 至將成飽和溶液時始止。乃即乘其沸熱之時。使之過濾。(法見第143頁試驗58。) 將濾出之液。加熱蒸發之。至水將蒸乾時。則潔白之食鹽。即可分出矣。

(3) **硝酸鈉** (NaNO₃ Sodium nitrate) 。此物在天然間。散布頗廣。南美洲之智利 (Chili) 地方產出甚富。

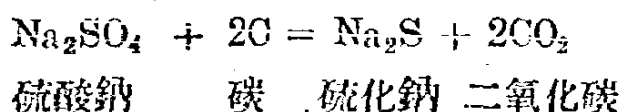
故人常稱此物爲智利硝石 (Chili saltpetre)。此物與硝酸鉀頗相似。然不能代用之以製火藥等物。因此物在空氣中極易變溼。且不若硝酸鉀之易於分解也。然製造硝酸時。則此物爲用甚大。

(4) 碳酸鈉 (Na_2CO_3 Sodium carbonate)。此物關係緊要。用處極廣。卽如造玻璃造肥皂等之大工業。亦須用之。此物多含於海草中。故昔時常焚海草。由其灰中取出。然近來此物之用處既廣。不可不有較良之法以製造之。幸已有二法發明。可藉以製出多量之碳酸鈉以供世用。茲述之如下。

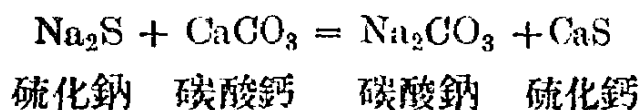
a. 路布蘭氏法 (Le Blanc process)。此法之要理。在設法用食鹽 (NaCl) 以製碳酸鈉 (Na_2CO_3)。蓋食鹽頗多而賤也。法先以硫酸加食鹽。使變爲硫酸鈉。



乃將所得之硫酸鈉。與碳及碳酸鈣 (卽石灰石) 一同加熱。則先成硫化鈉。



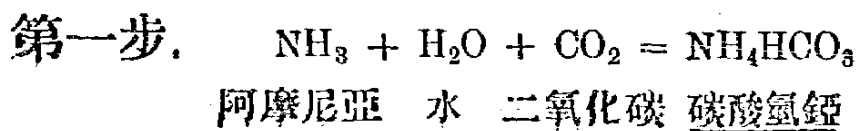
此硫化鈉即與碳酸鈣起作用。而成碳酸鈉。

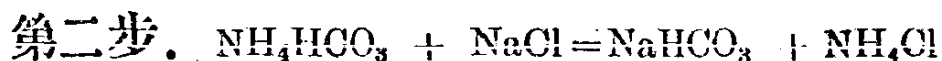


所得之碳酸鈉。可加水溶化。而後使之結晶以分出之。

此法尚不如以下第二法之佳。故現今多有用第二法者。

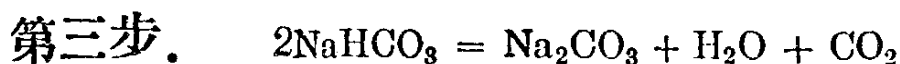
b. 蘇爾飛氏法 (Solvay process)。此法較前法為佳。蓋碳酸鈉之成本可較輕也。此法要理。亦係設法由食鹽以製碳酸鈉。惟法不同耳。法於食鹽之濃溶液內。溶化多量之阿摩尼亞氣。乃以二氧化碳氣 (CO₂ Carbon dioxide) 通過之。則有第二步變化。而成碳酸氫鈉 (NaHCO₃ Sodium hydrogen carbonate) 如下。





碳酸氫銻 食鹽 碳酸氫鈉 氯化銻

此所成之碳酸氫鈉。不易溶化於水內。而同時所成之氯化銻。則甚易溶化。故碳酸氫鈉因此與氯化銻分開。而可取出。若將此取出之碳酸氫鈉熱之。即分解而成碳酸鈉矣。



碳酸氫鈉 碳酸鈉 水 二氧化碳

註. 第三步中放出之二氧化碳。若設法通過阿摩尼亞氣中。則可利用之以再製成碳酸氫銻(NH_4HCO_3 參觀第一步)。又第二步所得之氯化銻(NH_4Cl)。亦可利用之以製出阿摩尼亞也。法甚簡單。加石灰即得。



如此。則可利用各物。而不致有廢棄者。此工業中之要點也。

以上各種。為鈉之最緊要化合物。此外尚有多種。茲略舉其名如下：硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Borax), 磷鹽 ($\text{NaH}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Microcosmic salt), 硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ Sodium sulphate), 亞硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Sodium sulphite), 抱硫硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Sodium

thiosulphite), 磷酸鈉 (Na_3PO_4 Normal sodium phosphate),
溴化鈉 (NaBr Sodium bromide), 碘化鈉 (NaI Sodium
iodide) 等類。

鉀鈉二原質之火燄識別法 (Flame test)

鉀鈉二原質之化合物。形頗相似。以尋常之化學作用法。則究係鉀之化合物。抑係鈉之化合物。頗不易於識別。然幸此二者之化合物。若在火中燒之。則各發不同之顏色。鉀之化合物。發紫色火燄。而鈉之化合物。則發極黃之火燄。因此可以識別。試之如下。

試驗 63. 取一潔淨之白金絲 (Platinum wire)。一端置火酒燈燄中熱之。則見毫無顏色。若將此白金絲之一端。浸入鉀之化合物 (用氯化鉀 KCl 等即可。) 內。再置燈燄中熱之。則見發美麗之紫色 (Violet)。今若將白金絲洗淨。(先在酸中洗滌。再入火中燒之。如此數次。即可洗淨。) 然後浸入鈉之化合物 (用氯化鈉 NaCl 等即可。) 內。再入燈燄中。則見發極深之黃色。

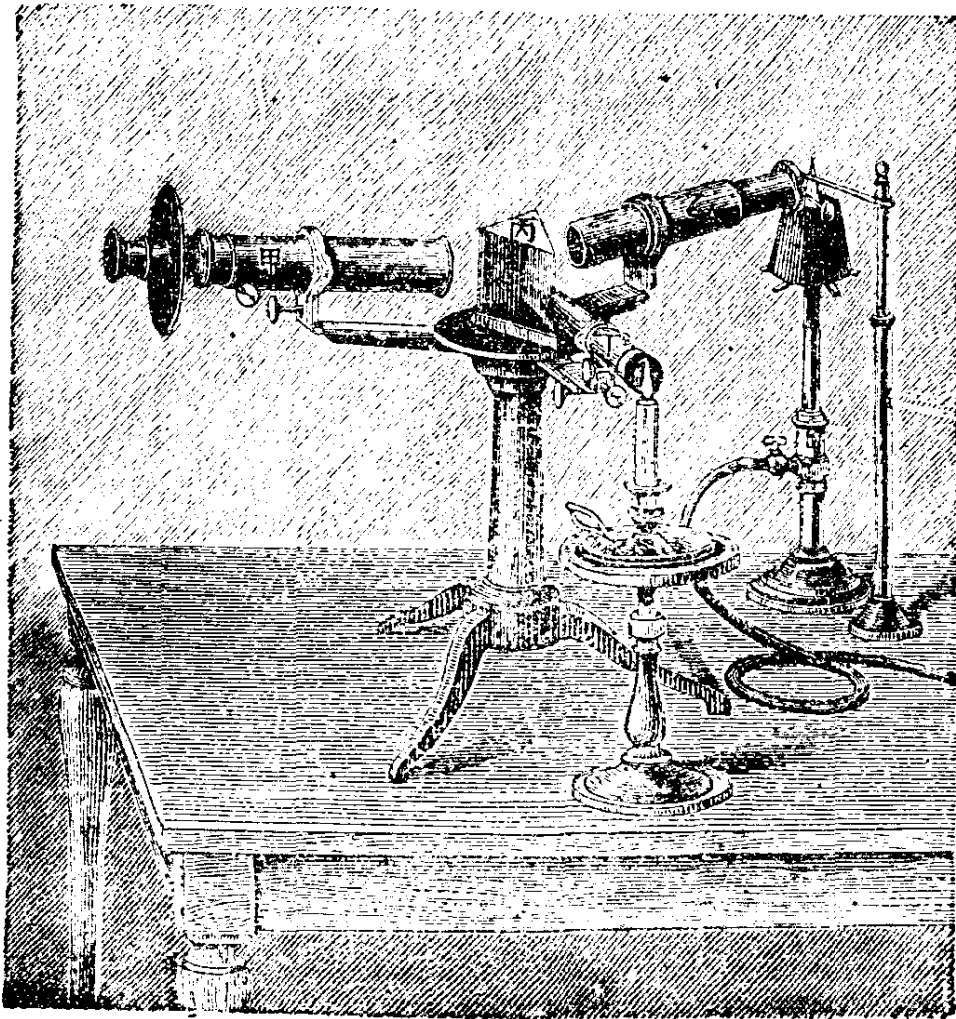
如鉀之化合物與鈉之化合物相混和。一同在燄

中熱之。則鉀之紫色火燄。被鈉之黃色火燄所障蔽。而尋常之目力。不克辨別。然若隔一藍色玻璃而觀之。則仍能見紫色火燄也。學者可將白金絲浸入此氯化鉀及氯化鈉之混合物。入燈燄中照法試之。

註。 鋰 (Lithium) 之化合物在燈燄中加熱。則發深紅色 (Crimson-red)。與鉀鈉不同。故鋰之化合物。亦可用火燄法以識別。化學室中如有鋰之化合物。則亦可乘便試之。

由上觀之。可知火燄作用。頗為有效。考此外尚有多種原質。熱時亦發特別之燄。雖尋常目力不克辨別。然若使之經過三稜玻璃。則各發一種特別之光帶 (Spectrum)。學者必已見日光有時經過不平正之玻璃。則發一種美麗之顏色。此即日之光帶也。物理學家。即藉此理。用三稜玻璃及圓筒鏡。製成一種器具。名分光鏡 (Spectroscope)。用以識別原質之火燄。可無差誤。且有藉之得發明新原質者。例如氦 (Helium) 原質。最初時係由日之光帶中發現。因 1868 年日蝕時。勤生氏 (Janssen) 見日之光

帶中。有特別之黃色條。故知有一種特別原質在日中。其後 1895 年藍母氏 (Ramsay) 始發明地球上亦有此原質。即氦原質也。第三十三圖。即分光鏡



第 三 十 三 圖

之式樣。乙筒端置所欲考究之火燄。此火燄經過三稜玻璃。則成爲光帶。此帶可由圓筒鏡甲窺見之。丁筒中置有度數線。可用火光使之照入甲筒。以便測量光帶之長短。

數度線 A a B C D E b F G H HI

日光帶 Sun



鉀光帶 K



鈉光帶 Na



鋰光帶 Li



鎂光帶 Sr



鈣光帶 Ca



鋇光帶 Ba



緊要光帶之比較

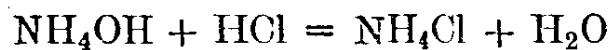
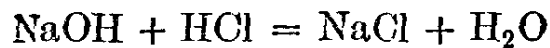
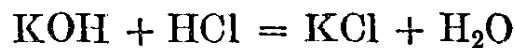
用分光鏡。不但鉀鈉鋰三者。可以識別無誤。卽本族中銣鎧二原質。亦可識別也。此外尙有多種原質（如鈣鋇鋇等）。亦均可一一識別之。今將最緊要之幾種光帶。如日光帶、鉀、鈉、鋰、鈣、鋇、鋇、數種光帶。列成一圖。（卽緊要光帶之比較）以便學者得知光帶之不同。而知此種原質之可以分光鏡識別也。

註。 用分光鏡。可測得銣之光帶中。有紫色條二。紅色條二。此外更有橘色黃色青色數小條。又鎧之光帶。有藍色條二。紅色條二。更有黃色青色數小條。顯與他種光帶不同。故亦可藉此識別銣鎧二原質也。

附銨 (NH₄) 之化合物

銨之化合物。頗與鉀鈉等之化合物相似。例如氫氧化銨(NH₄OH)。與氫氧化鉀(KOH)及氫氧化鈉(NaOH)頗相似。且均係強性之鹽基類。故當附於此章之末。然學者須知鉀(K)鈉(Na)係原質。而

銹 (NH_4) 則非原質。鉀鈉雖不與他物化合。亦能獨存。而銹則非與他物化合。即不能獨存。惟銹之化學作用。亦與鉀鈉相似。例如氫氧化銹遇酸類。則銹與酸中之氫易位而成鹽類。與鉀鈉同。(參觀前第 97 頁小註。) 試比較之如下。



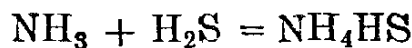
故銹之作用。頗與鉀鈉等金類相似。是以銹亦係一種金類根。且鉀鈉之原子價爲一。而銹則亦係一價也。銹之化合物。頗有數種緊要者。今略舉如下。

(1) 氯化銹 (NH_4Cl Ammonium chloride 又名 Sal-Ammoniac) 。此物亦可由阿摩尼亞氣與鹽酸氣直接化合而成。(見前第 106 頁試驗 48。) 係一種白色之固體。有鹹味。極易溶於水內。(頗與氯化鉀及氯化鈉相似。) 此物有一種特異之性。即固體加熱時。並不先鎔爲液體。而能直接變爲氣體。又氣體遇冷時。亦能直

接凝爲固體。而並不先成液體。此種作用。謂之昇華 (Sublimation)。可試之如下。

試驗 64. 取一試管。置固體之氯化銹少許。加熱。則見直接變爲濃白之氣體。冷時則試管之上端。有一部分之氣體。直接凝爲固體。

(2) 硫化銹 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ Ammonium sulphide)。此物在化學中。常用之以分析物質。(另外有一部分化學。名分析化學 Chemical analysis。專研究分析各種物質之法。學者須先將普通化學研究之後。始可從事分析化學。) 其製法。將硫化氫 (H_2S Hydrogen sulphide) 通入阿摩尼亞之飽和溶液內。則先得硫化氫銹 (NH_4HS Ammonium hydrogen sulphide)。

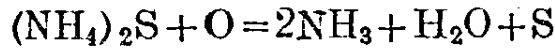


若再加與前等體積之阿摩尼亞溶液。則得硫化銹。



所成之硫化銹。初時係一種無色之液體。有特別之臭味。置之稍久。則變爲黃色之液體。而將

硫黃分出。因與空氣中之養氣起作用故也。



此分出之硫。即與未變之硫化銨化合。而成 $(NH_4)_2S_2$ 及 $(NH_4)_2S_3$ 等黃色化合物。(謂之多硫化銨 Polysulphide。)故變為一種黃色之液體。

註。此外尚有銨之化合物多種。如硫酸銨 $(NH_4)_2SO_4$ Ammonium sulphate) 碳酸銨 $((NH_4)_2CO_3$ Ammonium carbonate) 硝酸銨 $((NH_4)NO_3$ Ammonium nitrate) 等類。

註。本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第十四章

週期表第一類乙族原質之研究

(又名銅族 Copper family)

此族中之原質有三。即銅 (Copper) 銀 (Silver) 金 (Gold)。

此族原質
之比較

今先將此族中各原質之性質比較之。此族之原質。與前第十三章鹼金屬族之原質。同歸在週期律表之第一類。(參觀第134頁週期表。)其大致雖相似。然亦有多種特異之處。銅族各原質之化合性。不若鹼金屬族之強。鹼金屬族各原質在天然間。恆與他物化合。而無獨存者。銅族則天然間有獨存者。鹼金屬族在空氣中。不久即因氧化而變黑。銅族則否。鹼金屬族遇水。則立起變化。銅族則否。

此族各原質。均係沈重之金類。有光彩且能經久。故多有用以鑄貨幣者。其物理學性質互相類

似。且有一定次序之遞變。例如銅能展薄。而銀可比銅薄。金亦可比銀薄。至此族原質之化合性。雖頗覺相似。(例如均能與氯族原質化合。)然銀則祇能成一種化合物。如 AgCl 之類。故銀之原子價恆爲一。銅則能成二種化合物。如 Cu_2Cl_2 (或可寫爲 CuCl 以便比較) 及 CuCl_2 之類。故銅可有二種原子價。即原子價一及原子價二也。金則亦能成二種化合物。如 AuCl 及 AuCl_3 之類。故金亦可有二種原子價。即原子價一及原子價三是也。

此族中之三原質。均關係緊要。故一一研究之如下。

銅 (Copper Cu)

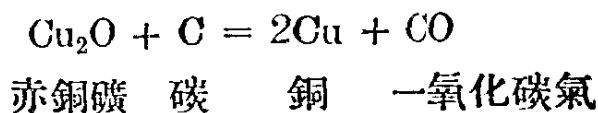
銅礦種類及
提銅法大要

吾人所用之銅。多由天然間銅礦中取得。銅礦有多種。即純銅礦 (不與他物化合之銅) 赤銅礦 (Cu_2O 又名 Cuprite) 硫銅礦 (Cu_2S Chalcocite) 黃銅礦 (CuFeS_2 Chalcopyrite) 斑銅礦 (Cu_5FeS_4

Bornite) 孔雀石 ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ Malachite) 藍銅礦
($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ Azurite) 等類。

註。此種礦石之名。學者不必強記。總之。初學化學者。當在要理處著意。而不以強記名稱爲貴也。

觀察以上各種銅礦石之組成。可知顯分二類。卽有含硫 (S) 者。有不含硫者。若欲由此種銅礦石中。提取銅之原質。則所用之法。亦因其含硫與不含硫之故而異也。其不含硫者。可用還原法 (Reducing process)。卽以碳加礦石中。而用大火爐熱之。則銅卽分出。例如



至由含硫礦石之提銅法。則較不易。須先將礦石在空氣中加熱。以驅出其中一部分之硫。然後置爐中鎔之。再入提鍊爐 (Converter) 鍊之。如此鍊得之銅。更須以硫酸溶化之。而後以電流分解之。則可得潔淨之銅矣。

銅之
要性

考銅係一種紅棧色之金類。展性頗富。善於傳熱及電。置乾燥之空氣中。變化甚

遲。然若置溼空氣中。則漸生一層青色之物。因與空中之水氣及二氧化碳氣 (CO₂) 化合而生碳酸銅 (Carbonate of copper)。故古銅器常有變為青色者。即此故也。銅須熱至 1086°C 時。始變為液體。若在空氣中熱之。則與氧化合。而成黑色之氧化銅 (Cupric oxide)。



銅在硝酸中。甚易溶解。然在硫酸及鹽酸中。則頗難溶解。冷時尤甚。若不與空氣接觸。則竟無變化。蓋空氣中之氧。頗與其溶解有關係也。學者於此種處。當深味之。

註。設如 HCl 與 Cu 相遇。不能溶解。其故因酸中 H 與 Cl 之愛力。較 Cu 與 Cl 之愛力為大。故銅不能使之分開。以成氯化銅而起溶解也。然若一面銅欲與 Cl 化合。而一面更有一種物質如 O 之類。欲與 H 化合 (O←HCl→Cu)。則因 HCl 被兩面牽拉。自易使 H 與 Cl 分開。而成氯化銅及水 (O + 2HCl + 2Cu = 2CuCl + H₂O)。此所以不與空氣接觸。則銅不克在稀冷之鹽酸中漸漸溶解。因無空氣則無養氣故也。此種理解。頗有趣味。故

及之。

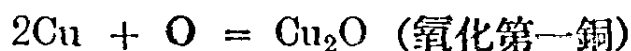
合金 銅若與他數種金類攙合而熱之。則成一種**合金** (Alloy)。合金者。與化合物不同。蓋其組成不必一定。然與尋常之混合物亦異。蓋合金中之各種金類。常和合甚密。而使該合金體中各部分均有同樣之組成。(Homogeneous 頗似溶液。不過溶液係液體。合金係固體。) 銅之合金最緊要者。(1) 黃銅 (Brass) 約爲銅二分與鋅一分所合成者。(2) 青銅 (Bronze) 爲銅鋅錫三金類所合成。其組成頗不等。約言之。銅佔百分之 65 至 84。鋅佔百分之 11 至 31.5。錫佔百分之 2.5 至 4。(3) 礮銅 (Gun-metal) 約爲銅 100 分及錫 11 分所合成。(4) 鐘銅 (Bell-metal) 約爲銅 100 分及錫 20 分至 25 分所合成。故鐘銅及礮銅。均爲銅錫二金類所成。不過鐘銅中攙錫較多耳。又銅幣常爲銅錫鋅之合金。銅佔百分之 95。錫佔百分之 4。鋅佔百分之 1。如此。則銅幣更堅固而不易磨損。若吾國通用銅幣。約爲銅百分之 94

及鋅百分之6。並不加錫。此外尚有多種合金。茲不概述。

銅之緊要
化合物

銅之化合物。亦有多種爲緊要者。然銅化合時。常能顯二種不同之原子價。(即原子價一及原子價二。)其原子價一者。謂之第一化合物 (Cuprous salt)。其原子價二者。謂之第二化合物 (Cupric)。例如 CuCl 謂之氯化第一銅。 CuCl_2 謂之氯化第二銅。今將銅之緊要化合物。考其要點如下。

(1) 氧化銅 (Copper oxide)。銅與氧化合。可成二種化合物。即氧化第一銅 (Cu_2O Cuprous oxide) 及氧化第二銅 (CuO Cupric oxide)。若將銅粉在空氣中漸漸加熱。則成氧化第一銅。若加大熱。則多收一分養氣。而成氧化第二銅。



若將氧化第一銅在空氣中加熱。則亦能變爲氧

化第二銅。

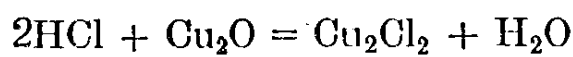


氧化第一銅。係紅色之物。而氧化第二銅。則係黑色之物。故以上由 Cu_2O 變為 CuO 時。顏色即由紅而漸黑。

試驗65. 取一硬玻璃管。中置紅色之氧化第一銅少許。加大熱。則見管中物質。漸由紅而變黑。

反之。若 CuO 在輕氣中加熱。(參觀第47頁試驗25。)則先變為 Cu_2O ($2\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$)。若再加熱。則變為銅 ($\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$)。

(2) 氯化銅 (Copper chloride) 銅與氯化合。亦可成二種化合物。即氯化第一銅 (Cu_2Cl_2 Cuprous chloride) 及氯化第二銅 (CuCl_2 Cupric chloride)。若將鹽酸加於氧化第一銅 (Cu_2O)。則得氯化第一銅。若加於氧化第二銅 (CuO)。則得氯化第二銅。



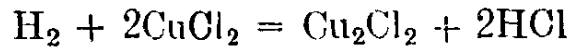
氯化第一銅 (Cu_2Cl_2)。若久置鹽酸中。則變為氯

化第二銅 (CuCl₂)。



氯化第一銅 鹽酸 空氣中之氧 氯化第二銅 水

反之。若將氯化第二銅與鹽酸及銅。一同加熱。則可復變為氯化第一銅。因銅與鹽酸所分出之發生機氫。與氯化第二銅中一部分之氯化合故也。

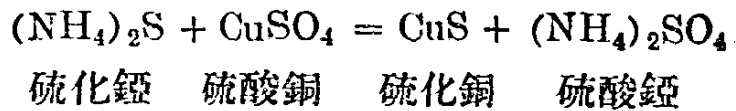


氯化第一銅。不能溶化於水內。而氯化第二銅。

則甚易溶化。

(3) 硫化銅 (Copper sulphide)。銅與硫化合。亦可成二種化合物。即硫化第一銅 (Cu₂S Cuprous sulphide) 及硫化第二銅 (CuS Cupric sulphide) 也。硫化第一銅 (2Cu + S = Cu₂S)。係由銅燃燒於氣體之硫中所成。惟如將固體之硫與銅加熱。不過 114°C 時。則成硫化第二銅 (Cu + S = CuS)。如此所得之 CuS。係藍色之物。然銅之化合物。遇硫之化合物。(如硫化銻 (NH₄)₂S 之類。) 則亦能成 CuS。惟係黑色之沈澱。

(Precipitate 卽所成之物。因不溶於水中。分出而下沈。是以謂之沈澱。) 例如

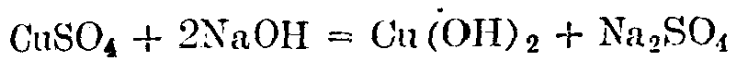


試驗 66. 取硫酸銅 (Copper sulphate) 少許。溶於水中。乃加硫化銨 (Ammonium sulphide) 溶液少許。則見有黑色之物沈下。卽硫化第二銅 CuS 也。此種作用。分析化學中常用之。

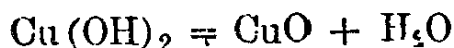
(4) **硫酸銅** ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Cupric sulphate 又名 Blue-vitriol)。此係銅化合物中之最緊要者。用處頗廣。然考銅 (Cu) 與硫酸根 (SO_4) 化合。祇能成此原子價二之一種化合物。此物中含有五分子之結晶水 ($5\text{H}_2\text{O}$)。則成藍色之結晶固體。若熱之使失其結晶水。則變爲白色之物。(參觀前第55頁試驗28。)

考濃硫酸冷時。雖不易與銅化合。然若熱之。則能成硫酸銅。

(5) **氫氧化銅** ($\text{Cu}(\text{OH})_2$ Cupric hydroxide)。若將多量之氫氧化鉀或氫氧化鈉。加入銅之化合物。則成藍色之沈澱。卽氫氧化銅也。例如



此藍色之 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 加熱時。則失其水分。而成黑色之氧化第二銅 CuO 。



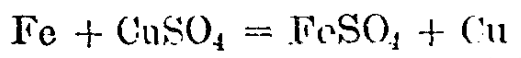
試驗 67. 取硫酸銅溶液少許。置試管中。加多量之氫氧化鈉。則見有藍色之沈澱。即 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 也。乃將試管加熱。則見漸漸變黑。即 CuO 也。

註. 銅亦能成鹽基類之氫氧化銅。頗當注意。可知與鉀鈉等甚相似。而顯明週期表中同類原質之相似也。

化合物中之銅可以鋅鐵等驅出之

除以上幾種緊要化合物外。銅尚能成他種化合物。如硝酸銅 ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ Cupric nitrate)。碳酸銅 (Copper carbonate) 之類。考銅之化合物。顯有一種要性。即其中之銅。常可以他種金類如鋅鐵之類驅出之也。

試驗 68. 用甲乙二玻璃杯。各盛硫酸銅之濃溶液。甲杯中懸鋅 (Zinc) 片一條。乙杯中懸鐵片一條。久之。則見鋅鐵各漸漸溶去。而銅則分出。附於多餘之鋅鐵片上。其變化如下。



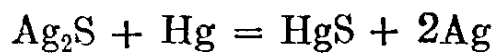
註. 此試驗可與氯之驅溴。溴之驅碘比較之。(見第 113 頁試驗 52 及第 116 頁試驗 55。)

銀 (Silver Ag)

銀礦種類及
提銀法大要

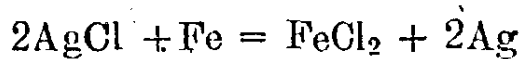
銀係由礦石中鍊出。銀礦亦有多種。有時銀在天然間。或不與他物相化合者。然多數之銀。均與硫化合。如銀硫礦 (Ag₂S Argentite) 之類。此外有與氯化合者。如銀氯礦 (AgCl Horn silver)。又鉛礦中亦常含有少許之銀。至工業中分別提銀之法。試略述其要理如下。

若欲由銀硫礦將銀鍊出。近世之法。其要點為將礦石擊成粉末。加水銀 (即汞) 而攪和之。則銀被水銀驅出。



驅出之銀。即溶於水銀中。若加熱。則水銀蒸出。而銀可得矣。此法謂之混汞法 (Amalgamation process)。

若欲由銀氯礦取銀。所用之法。其要點在將礦石與鐵加熱。則銀被鐵驅出。



驅出之銀。可以錫提之。則銀即溶於錫中。將錫蒸出。則銀可得矣。此亦係混錫法之一種。

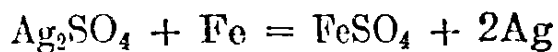
至欲將鉛中所含之銀提出。可先加熱鎔解之。然後加鋅。則鋅與銀成合金。可以取出。若將此合金在空氣中加熱。則鋅被氧化而銀可得矣。此法謂之派克氏法 (Parke's method)。因此法係派克氏所發明者也。

鍊淨銀法
之大要

以上提得之銀。常含雜質少許。若欲得純潔之銀。當將以上提得之銀。復行鍊之。其法有二。

(1) 硫酸法 (Sulphuric acid method)。法將欲鍊之銀入硫酸中。則銀即溶解而成硫酸銀 (Ag_2SO_4 Silver sulphate)。其他緊要之雜質如黃金等類。則不溶解。故與銀分開。然後將硫酸銀溶液取出而加以鐵。則銀被鐵驅出。下沈液中。取出加熱。則鎔為純

潔之銀塊。

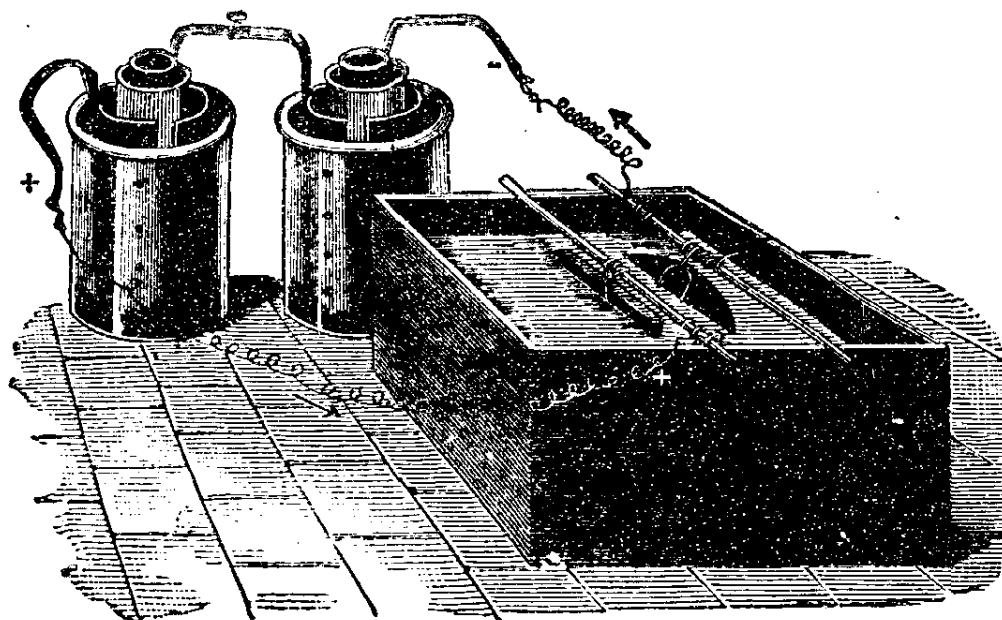


註。用此法不但可得純銀。且可得其中所雜之黃金等要物。鄙人曾見倫敦提鍊廠 (Royal refinery) 即用此法。吾國尙未設立此種提鍊廠。故鑄幣時。常有購所謂外洋大條銀者。實即鍊過之銀耳。

(2) 電解法 (Electrolytic method)。此法較上法新而且佳。法以易起電解之銀化物溶液。如腈化銀 (AgCN Silver cyanide) 之類。中置欲鍊之銀。而接於電之陽極 (Anode)。以電通過。則純銀即附於陰極 (Cathode)。可略試如下。俾知其大意也。

試驗 69. 取腈化銀濃溶液。(法以腈化鉀溶液 KCN Potassium cyanide 漸漸加入硝酸銀 AgNO₃ Silver nitrate 濃溶液中。則得腈化銀沈澱 AgCN。惟此沈澱。能溶於多量之腈化鉀溶液內。故若得沈澱後。再加腈化鉀溶液。至沈澱適盡溶化而止。則可得腈化銀之濃溶液矣。) 置一器中。如第三十五圖。液中一邊懸欲提之銀。(可用小銀圓一枚。吾國小銀圓中。約銀九成。銅一成。非純銀也。) 他邊懸銅圓一枚。小銀圓一邊。接於電瓶之陽極。銅圓一邊。接於陰極。良久。則見純銀鍍於銅圓上。若置數小時之

久。則銅圓上鍍有純銀頗厚。



第三十五圖

註，此試驗固為鍊純銀之法。然亦可作為物件上鍍銀之法。又設用銅之化合物溶液。如硫酸銅 (CuSO_4 Copper sulphate) 之類。而陽極則懸所提之銅。以電通之。純銅亦能附於陰極上。故銅亦有用此法以鍊純銅者。

銀之要性
及化合物

銀係一種光白色之金類。富展性。能傳熱及電。空氣中之氧。在尋常熱度時。不與之起變化。惟若空氣中有硫化物 (如 H_2S Hydrogen sulphide)。則即變黑。因成硫化銀故也。鹽酸不能將銀溶解。惟濃硫酸及稀硝酸均能溶之。銀之鎔解度為 960°C 。

純銀性頗軟。故鑄銀器及銀幣時。常須加銅少

許。使成較堅之合金。如吾國通用之銀幣。爲銀九成銅一成之合金也。

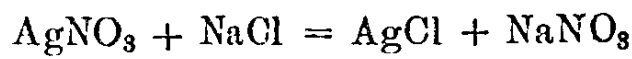
銀亦成多種化合物。最要者。爲硝酸銀(AgNO₃)。能溶化於水內。其與氯化合之物。均不能溶於水。如氯化銀(AgCl) 溴化銀(AgBr) 碘化銀(AgI) 是也。凡銀與他物化合。其原子價恆爲一。

(1) 硝酸銀 (AgNO₃ Silver nitrate)。將銀溶解於硝酸中。即得此物。



此物若觸於吾人之手上。則見光後漸漸變黑。

(2) 氯化銀 (AgCl Silver chloride)。此物不能以銀溶解於鹽酸內得之。惟若將硝酸銀之溶液。加鹽酸或氯化鈉(食鹽)少許。則得白色之沈澱。即氯化銀也。



至溴化銀(AgBr Silver bromide) 及碘化銀(AgI Silver iodide)。亦均可以溴化鈉(NaBr) 及碘化鈉(NaI) 加硝酸化銀中得之。

試驗 70. 取甲乙丙三試管。各盛硝酸銀溶液。約半管。甲管加食鹽溶液少許。則生白色之沈澱 (AgCl)。乙管加溴化鈉溶液少許。則生淡黃色之沈澱 (AgBr)。丙管加碘化鈉溶液少許。則生黃色之沈澱 (AgI)。

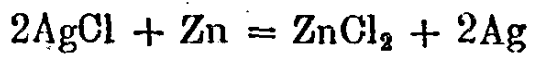
考銀與鹵族之化合物 (AgCl , AgBr , AgI)。均有一種特別之性。即見光均能漸漸變色也。(可將以上所得之氯化銀 AgCl 沈澱。置日光中試之。則見漸變黑色。) 此種見光變色之故。實因其中組成之變化。照相即藉此理而成。以物像照在塗有氯化銀之玻璃片上。則見光處變黑而不見光處則不變。已變處所成之物質。與未變處之物質異。故若用還原劑先使已變物質中之銀還原。而後用藥水 (如 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 抱硫硫酸化鈉 Sodium thiosulphate) 使未變處之物質溶去。則所照之像。可立顯矣。

除以上銀之緊要化合物外。尚有數種銀化物。如硫酸銀 (Ag_2SO_4 Silver sulphate) 一氧化銀 (Ag_2O Silver monoxide) 之類。無甚關係。故從略。

化學室中
取銀法

考化合物中之銀。常可以鋅銅銻等
金類驅出之。(與第 172 頁試驗 68 比較之。)

今舉一例如下。



試驗 71. 取固體之氯化銀及鋅。置坩堝 (Crucible 係一種能經火之小瓷杯) 中加大熱。則銀可分出。

又如將銀之化合物。加碳酸鈉 (Na_2CO_3 Sodium carbonate) 而熱之。則銀亦分出。或將銀之化合物。加氫氧化鈉及糖熱之。則銀亦還原。

試驗 72. 取固體之氯化銀及碳酸鈉。同置坩堝中加大熱。則銀亦分出。成珠狀而沈於坩底。

取氯化銀少許。置試管中。加氫氧化鈉及糖之溶液而熱之。則銀亦分出。成炭色之粉末。

用上法取得之銀。極為純淨。故化學室中若欲製純銀。可先將不潔之銀。溶於硝酸中。再加食鹽。使成爲氯化銀。然後將此氯化銀用上法以純潔之。

金 (Gold Au)

金礦種類及 提金法大要

天然間之金(即黃金)。鮮有與他物化合者。常混合於石英 (Quartz 一種石名) 中及沙中。間亦有少量之金。雜在銅硫, 鐵硫, 鉛硫等礦石中者。且有與碲 (Tellurium) 原質化合成碲化金 (AuTe_2 Gold telluride) 者。

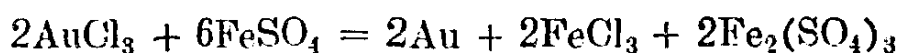
至由以上各礦石中提金之法。則須視其為何種礦石而定。茲分別略述要理如下。

(1) 由石英中提金法。先將石英擊成粉末。乃用流水使之流過塗有錄之銅板上。則金黏於錄上而與錄成合金。若將此合金取出蒸熱之。則錄即放出。而金可得矣。此亦混錄法之一種也。(參觀第 173 頁。)

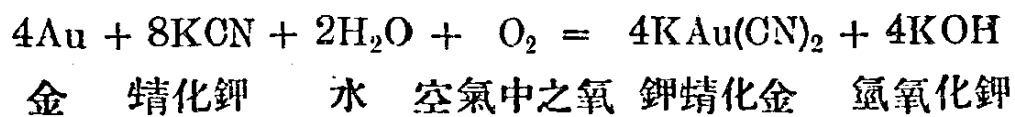
(2) 若欲由沙中提金。法甚簡單。祇須以水淘之。則沙被淘去。而金留於後。因金較沙為重也。

(3) 若欲由他種礦石 (如銅硫, 鐵硫, 鉛硫等類) 中提

金。其法可先將礦石擊成粉末。在空氣中熱之。使銅鐵等變爲氧化物。乃以水溼之。通以綠氣。則成氯化金 (AuCl₃ Gold chloride)。此物能溶於水內。而他物則否。故可將溶液取出。加硫酸鐵 (FeSO₄ Ferrous sulphate)。則金即分出而下沈。



近時電學進步。故常有改用電解法以提金者。法先將礦石擊成粉末。然後加以腈化鉀之稀溶液。則金即溶解於液中。



所成之鉀腈化金溶液。若以電流通過之。(與第 175 頁試驗 69 比較。)則金即分出。

註。此法亦可爲鍍金之用。又鉀腈化金 KAu(CN)₂ 溶液中。若加以鋅。則金亦可驅出。(與第 172 頁試驗 68 銅之被驅。及第 179 頁試驗 71 銀之被驅。互相比較之。)



有時少許之金與銀相雜。可用硫酸將銀溶去。

則金即分出。(見前第 174 頁及第 175 頁小註中。)

金之要性
及化合物

考金係一種燦黃色之金類。極富展性。能傳電及熱。無論在何熱度時。空氣及養氣均不能與之起作用。且尋常之酸類。均不能溶解之。(惟特製之王水。始能溶之。參觀第 108 頁王水。) 此金之所以能歷久不變也。金性頗軟。故製金器及金幣時。常須加銅少許。純金常作為 24 開拉脫。(Carats 係泰西一種秤金珠玉寶之法碼。)故如謂 18 開拉脫。即係 18 分純金加 6 分之銅。(仍共合 24 分。)此外依此類推。如英之金幣係 22 開拉脫。即 22 分純金。加 2 分銅是也。又金之鎔解度為 1062°C 。

金之化合性。甚不發達。其化合時。可顯二種原子價。即原子價一及原子價三。例如氯化第一金 (AuCl Aurous chloride) 及氯化第二金 (AuCl₃ Auric chloride)。金之化合物。雖亦有多種。然最要者。僅係氯化第二金之一種。為金溶解於王水中所成者。(參觀第 108 頁)

註。本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 十 五 章

週期表第二類甲族原質之研究

(又名鹼土金族 Alkaline-earth metals)

此族中之原質。共計有六。即鈹 (Beryllium) 鎂 (Magnesium) 鈣 (Calcium) 鋇 (Strontium) 鋇 (Barium) 鐳 (Radium)。就中最關緊要者。爲鎂鈣二原質。

此族原質
之比較

此族中之原質。在天然間。均與他物化合。而無獨存者。族中原質。其性質大致相似。例如各能與氧化合。而成某。氧。之氧化物。且亦顯有一定次序之遞變。如鈹之氧化物。不溶於水內。鎂之氧化物則能稍溶。其溶液漸顯鹽基類性。至鈣鋇鋇之氧化物。則溶化加多。而其溶液之鹽基類性亦漸增。然考此族原質之性質。雖大致相似。然第一原質鈹。常顯特異之性。例如此族之他原質之氧化物。均能與水化合而成氫氧化合物。然鈹之氧化物則否。此亦週期表之通

例。蓋每族中第一原質。常有與其他同族原質特異者。如前見氯族中第一原質氟。亦頗有特異處是也。鈹在天然間。爲數甚微。故無甚關係。初學者可略之。

此族中鈣鋇鋇三原質。最爲相似。且亦可以火燄法識別之。(參觀第 156 頁鉀鈉二原質火燄識別法。) 鈣之化合物發紅黃色。鋇之化合物發深紅色。鋇之化合物發青黃色。至此三原質之分光帶。則已見前插圖緊要光帶之比較圖中。

鎂 (Magnesium Mg)

鎂之來源製
法及要性

鎂在天然間極多。恆與他物化合而成礦石。如沙金石 ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Carnallite 之類。泉水中亦常含之。

鎂之製法。近時多有用電解法者。以沙金石置鐵坩中。石中插以碳桿。以電之陰極接坩上。以陽極接碳桿上。乃加大熱。至 700°C 時。以電流

通過之。則鎂即分出。

考鎂係一種有銀白色之金類。置空氣中。亦能漸起氧化作用。若以火點之。則亦能燃燒。光燄頗強。故常有以之爲晚間攝影等之用者。在尋常之熱度時。鎂不能將水分解。(與鹼金族鉀鈉等大異。)然若熱至 100°C 時。則亦能漸漸分解之。惟遇酸類。則即溶解。

茲將鎂之緊要化合物。略述如下。

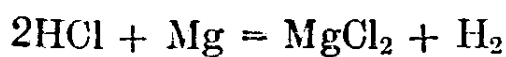
鎂之緊要
化合物

(1) 氧化鎂 (MgO Magnesium oxide 與某₂養₂公式相符。因 MgO 或 Mg_2O_2 程式中鎂之原子價均爲二。)天然間亦有此礦石。若將鎂燃燒於空氣中。則亦成是物。

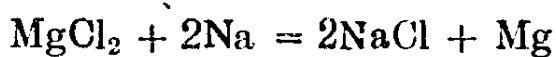


試驗 73. 將製成之鎂原質條 (Magnesium ribbon)。置燈籠中點之。不久則見鎂條自行燃燒。光頗大而成白色之粉末。即氧化鎂也。

(2) 氯化鎂 (MgCl_2 Magnesium chloride)。天然間之水中常含之。若將鎂溶解於鹽酸中。即成此物。



此物之要點。在昔時化學家常有由此物取鎂者。法將氯化鎂與鈉加熱。則鎂即分出。



然近時電解法發明。故鮮有用此法者。

(3) 硫酸鎂 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Magnesium sulphate 又名 Epsom salt)。此物用處頗廣。如醫家用為瀉藥。農夫用為肥田料是也。此物在天然間出產亦多。若將氧化鎂溶解於稀硫酸中。亦成是物。



註。此外尚有多種鎂之化合物。如碳酸鎂 (MgCO_3 Magnesium carbonate) 氫氧化鎂 ($\text{Mg}(\text{OH})_2$ Magnesium hydroxide) 等類。茲不概述。

鈣 (Calcium Ca)

鈣之來源製 法及要性

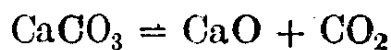
鈣在天然間甚多。如石灰石 (Limestone) 大理石 (Marble) 等。均係鈣之化合物也。

近時取鈣之法。係以氯化鈣(CaCl₂ Calcium chloride)加熱。使鎔為液體。而後以電流通過之。用一鐵桿作陰極。離液體面少許。待一有少量之鈣附於桿端時。即將桿提高少許。如此漸漸提高。則可得多量之鈣原質矣。

鈣亦係一種有銀白色之金類。置溼空氣中。則面成氫氧化鈣 (Ca(OH)₂ Calcium hydroxide) 一層。在尋常之熱度時。亦能將水分解。(頗與鉀鈉相似。) 總之。鈣亦係一種化性猛烈之原質也。茲將其緊要化合物述之。

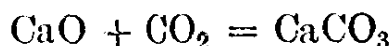
鈣之緊要 化合物

(1) 氧化鈣即生石灰 (CaO Calcium oxide or quicklime)。考石灰之用處甚廣。故工業中製出頗多。法以碳酸鈣即石灰石 (CaCO₃ Limestone) 置大窖中加熱。則二氧化碳氣放出而。成石灰。



註。考得若欲使窖中 CaCO₃ 多變為 CaO。則所成之 CO₂。須設法使隨時放出。蓋若留窖中。則一部分之 CO₂ 復能與 CaO

化合。而再成 CaCO_3 。

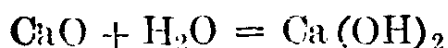


可見此種變化。係一種可二面相反者。 CaCO_3 能成 CaO 及 CO_2 。而 CO_2 及 CaO 亦能成 CaCO_3 。故化學家名此種變化為可逆反應 (Reversible reaction)。而以下法表明之。



凡此種可逆反應。二面物質達一定之多寡時。則得其平衡。而二面均不相往來。如此者謂之化學平衡 (Chemical equilibrium)。若能將所成物質之一除去之。(如放出或沈澱之類。) 則失其平衡。而可使此反應祇向一面進行。故以上若將 CO_2 放出。則窖中之 CaCO_3 均可分解為 CaO 及 CO_2 。考化學中可逆反應常有之。不獨此一者為然也。

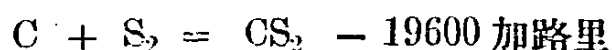
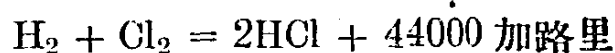
(2) 氫氧化鈣即熟石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ Slaked lime) 生石灰 (CaO) 遇水。則立即與水化合而成熟石灰 (Slaked lime)。且發大熱。



試驗 74. 取一試管。半盛冷水。加生石灰。則發生大熱。致管中之水變熱。

註。 由此試驗。可知 CaO 與 H_2O 化合時。發生大熱。其

故因 CaO 及 H_2O 物質中。本含有一種能力 (Energy)。而 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不能含能力如許之多。故須將一部分之能力放出。此化合時所以發生大熱也。凡物質變化時。常有發生熱力者。如氫氣化合。及火藥炸裂。均發熱力是也。亦有因變化而吸收熱力者。如碳與硫化合 (成 CS_2 二硫化碳 Carbon disulphide) 時。吸收多量之熱力。可知物質之變化。熱力亦常隨之而變化。有一部分化學名熱化學 (Thermo-chemistry) 者。專研究此種熱力之變化。其量熱之標準。謂之加路里 (Calorie)。即使一公分重之水。由 0°C 加熱至 1°C 所需之熱力也。例如化學家測得氫氣化合。能發生 44000 加路里之熱力。碳硫化合。須吸收 19600 加路里之熱力。其發生者。用加號表示之。其吸收者。用減號表示之如下。

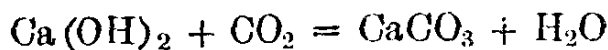


熟石灰稍能溶化於水內。其在平常熱度時。每 1000 分之水。祇約溶 14 分之熟石灰。所成之溶液。謂之石灰水 (Lime water)。

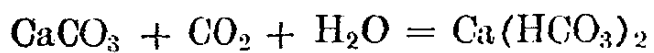
註。 熟石灰與綠氣相作用。能製成漂白粉。用處頗廣。已於前第 103 頁小註中詳之。

(3) 碳酸鈣 (CaCO_3 Calcium carbonate) 天然間產

出頗多。如石灰石 (Limestone) 大理石 (Marble) 等。均係此物也。若將石灰水通以二氧化碳氣。即成此物。



所成之 CaCO_3 。初時係一種不溶化之沈澱。然若將二氧化碳氣接續通過液中。則 CaCO_3 亦能漸漸溶化。而成碳酸氫鈣 ($\text{Ca(HCO}_3)_2$) 之溶液。



然若將此溶液加熱。則 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 能復變為 CaCO_3 而沈澱。

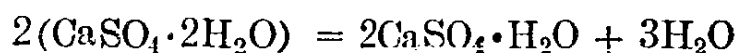


考天然間之水。常溶有空氣中之二氧化碳氣少許。故當其流過石灰石 (CaCO_3) 等時。少許之 CaCO_3 即溶於水內而成 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 。凡水含有此物者。謂之暫硬水 (Temporary hardness)。因若將此水加熱。則 $\text{Ca(HCO}_3)_2$ 復變為 CaCO_3 而下沈。故可除去之也。然有時水含有硫酸鈣 (CaSO_4) 等物。則雖加熱。而

CaSO_4 等物仍不下沉。故水之含有此種 CaSO_4 等物者。謂之永硬水 (Permanent hardness)。

註。 碳酸鈣可以製粉筆 (Chalk) 及牙粉等物。

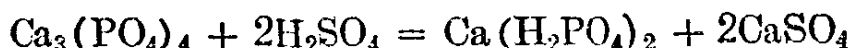
(4) 硫酸鈣即石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Calcium sulphate 又名 Gypsum)。此物天然間產出亦多。水中亦常含之。用處頗廣。可製成牆磚。可用為肥料。且可製為燒石膏 (Plaster of Paris)。為供作各種模型等之用。製燒石膏之法。以石膏熱至 115°C 。則失其水分而成燒石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。



燒石膏之所以有用者以其無水時係一種粉末。加水則先成軟性之糊。久之則結為堅硬之固體。此所以可供作模型等之用也。

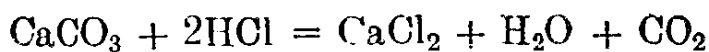
(5) 磷酸鈣 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Calcium phosphate)。此物為極佳之肥料。田土中含之頗多。動物骨中亦多有此物。且有一種礦石名磷灰石者。($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ Apatite) 含之頗多。然此物不易溶化於水內。是以

植物不易吸之。故工業中所製之糞田肥料。即在磷酸鈣中加以硫酸。使成能溶之第一磷酸鈣 (Ca(H₂PO₄)₂ Primary phosphate of calcium)。



且如此製成之肥料。兼有 CaSO₄ 在其中。故更為佳妙。因 CaSO₄ 亦係一種肥料也。此種 CaH₂(PO₄)₂ 及 CaSO₄ 之混合物。謂之 過磷酸石灰 (Super-phosphate of lime)。售出頗多。亦係一種大工業也。

(6) 氯化鈣 (CaCl₂ Calcium chloride)。此物在化學中常用之。以其有吸收溼氣之性也。(參觀第 32 頁試驗 16 及 第 56 頁試驗 29。) 海水中含之頗多。若以石灰石等加鹽酸。則亦成此物。



試驗 75. 取一磁杯。中置碳酸鈣約一調羹。然後漸漸加以鹽酸。(不必過多。至溶盡即足。則見有氣體發生。即 CO₂。) 然後加熱蒸乾之。則得白色之固體。即氯化鈣也。將此乾燥之氯化鈣置空氣中。則漸收水氣而變溼。

此外尚有多種鈣之化合物。例如 碳化鈣 (CaC₂)

Calcium carbide) 氟化鈣 (CaF_2 Calcium fluoride) 之類。茲不備述。考鈣之化合物。置火燄中燒之。多能發一種特別紅黃色之燄。因此可以識別之。

試驗 76. (參觀第 156 頁試驗 63) 取潔淨之白金絲。其一端蘸鈣之化合物。(如氯化鈣, 氫氧化鈣等均可。) 入火酒燈燄中燒之。則見燄中發紅黃色。

鋇 (Strontium Sr) 及 鋇 (Barium Ba)

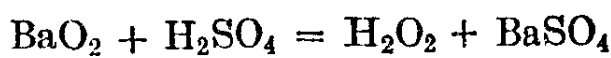
鋇及鋇
之大要

此二原質。與鈣頗相似。礦石中亦常見之。然無甚要用。故可從略。鋇之化合物。能發深紅色之燄。鋇之化合物。能發青黃色之燄。故製造煙火時多用之。

試驗 77. 以潔淨之白金絲。蘸鋇之化合物。(如硝酸鋇 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ Strontium nitrate 之類。) 入火燄中。則發深紅色。若蘸鋇之化合物試之。則發青黃色。

此二原質之化合物。關係緊要者甚少。惟過氧化鋇 (BaO_2 Barium dioxide) 一物。頗有興味。蓋鋇與

氧化合。可成二種化合物。即氧化鋇 (BaO Barium oxide) 及過氧化鋇也。若將空氣或養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。而成氧化鋇。故係一種可逆反應 ($\text{BaO}_2 \rightleftharpoons \text{BaO} + \text{O}$ 參觀前第 188 頁)。故此物可為收取空氣中養氣之用。且過氧化鋇若加以硫酸。則成過氧化氫 (H_2O_2 Hydrogen peroxide)。較水 H_2O 為多一原子之氧。(參觀前第 49 頁及 50 頁。)



所成之硫酸鋇 (BaSO_4 Barium sulphate) 係不能溶化之物。故可與 H_2O_2 分開之。

鐳 (Radium Ra)

鐳原質係克來夫婦及皮孟氏 (P. & S. Curie & G. Bemont) 在一千八百九十八年所發明。頗有多種奇特之作用。為近今化學進步上極有關係之原質。此種原質。分佈亦廣。多種礦石、海水、及數種泉

水中。常有含之者。惟爲量甚少耳。鐳原質之最緊要礦石爲青礦石 (Pitchblende)。現在所有之鐳。大部分均由此礦石取得者也。鐳原質係一種白色之金類。其鎔解度約爲 700°C 。然在空氣中極易變化。故吾人試驗鐳之性質及作用時。常取其氯化物 (RaCl_2) 或溴化物 (RaBr_2) 或硝酸化合物 ($\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$) 試驗之。

考鐳之化學作用。頗與其同族之鋇原質相似。然此外更顯有多種之奇特作用。是謂之放射作用 (Radioactivity)。爲其他尋常原質所無。此種作用。實係原子內部之一種作用。故爲近世化學家所極注意者。茲將此種奇特作用。擇要述之。以便學者知所留意也。

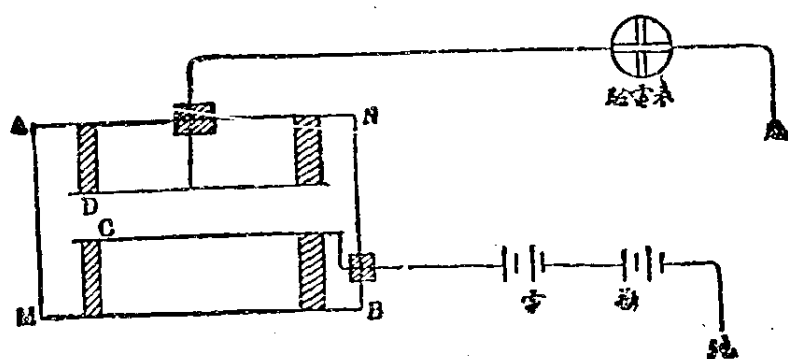
(1) 鐳原質能自行放光也。按鐳原質能自行發光。故置在黑暗處。亦能見之。考此種光亮。並非因有何種之化合作用而致發生者。(因發光時。並無何種化學作用發生。雖將其置在真空中。亦能自行發光。)

且亦非電光作用。故頗奇特。

(2) 鐳原質能自放熱也。又鐳原質能自行發生熱力。此種熱力。亦非因有何種之化合作用而發生者。且頗能耐久。克來氏曾考得重十一格林之鐳原質。其熱度較四周其他物質之熱度。約高弗氏表六度。且歷久不減。

(3) 鐳原質能使空氣變為傳電體也。考尋常之空氣。係一種不能傳電之物質。然若將鐳原質置空氣中。則鄰近之空氣。立即變為傳電體。因鐳原質能將空氣質點分解。成為伊洪。而使之傳電故也。此種性質。可用下圖器具證明之。

如第三
十六圖 A
N B M 係
一金類片
所製之方



第 三 十 六 圖

箱。(可用厚一公釐之鋅片製之。)其長寬高各約二十五

公分。C 係一金類板。約十六公分見方。立於不傳電之柱桿上。此板用金類絲與電瓶之一極連接。D 亦係一相同之金類板。懸於四面不傳電之柱桿上。此板亦用金類絲與一驗電表 (Electrometer) 相連接。C 及 D 二板之間。係尋常之空氣。故電至此。不能通過。而驗電表之指針。亦不轉動。今若將鐳原質少許。鋪於 C 板之上。則 C 板與 D 板間之空氣。即變為傳電體。能使電流通過。驗電表中之指針。亦即轉動。其所轉度數之多寡。與通過電流之大小成正比例。且考得所鋪之鐳原質愈多。則通過之電流亦愈大。故觀通過電流之多寡。即可知放射作用之強弱也。

上述器具。不特可用以證明鐳原質有能使空氣變為傳電體之能力。且可用以驗明某種物質。是否有放射之作用。因有放射作用之原質。鋪 C 板上。始能使空氣變為傳電體也。克來氏曾用此種器具。考得除鐳原質之外。尚有鈾 (Uranium) 鈾

(Thorium) 等數種原質。亦有放射之作用。故此器具。頗關緊要。且此器具。並可用以比較各種放射原質放射作用之強弱。因觀通過電流之多寡。即可知放射作用之強弱也。

(4) 鐳原質能發出數種放射線 (Radial rays) 也。此種放射線。能通過不透光之物質。例如黑紙，木板以及金類薄片之類。而使照相片起變化。頗與 X 光線相似。且考得此種放射線。共有數種。其透過金類薄片之能力。各不相同。故吾人若將少許之鐳。置於前圖之 C 板上。而將多數極薄之鋁片。(鋁 Aluminium 係一種金類。可製成極薄之片。) 每片約厚 0.0005 公分者。逐漸加增片數。而蓋在鐳原質之上。則可察見器中通過之電流。顯分三次。被其減少。足見放射光線中。共有甲乙丙三種 (α, β, γ rays)。甲種最不易透過。故最先被其隔斷。乙種透過力較大。故需較多之鋁片。始可隔斷。丙種透過力最大。故需更多之鋁片。始可隔斷也。又考得甲種放射

線。有發生熱力及使空氣變爲傳電體之作用。且磁石可將其吸引而使之彎折。並顯明有陽電性。至乙種放射線。則遇磁石後。易被彎折。而其彎折之方向。則與甲種放射線相反。故負有陰電性者。此放射線。有使照相片發生變化之能力。至丙種放射線。則最富於透過之能力。雖十二寸厚之鐵片。或一寸厚之鉛片。亦能透過。此線有使照相片發生變化及使空氣變爲傳電體等之能力。然磁石不能使之彎折。頗與 X 光線相似。據多數化學家之意見。此丙種放射線。係一種波浪之作用。而非實在之物質所成。故不負有陰陽電。不受磁石之吸引。而極富於透過之性者也。

(5) 鐳原質能逐漸變化而成多種之他原質也。

此點最爲奇特。因其他尋常之原質。斷無一原質變成他原質之理。而鐳原質則不然。例如吾人將空氣少許。使在鐳原質上經過。則該空氣中。即含有一種亦有放射性之氣體。爲鐳原質中所放出

者。此種氣體。名爲氡 (Niton or Radium Emanation)。係鐳原質所放出者。有特別之性。與鐳不同。其原子量爲 222.4。而鐳之原子量。則爲 226.0。且遇冷則能凝結而成固體。與他種氣體無異。故吾人若將本無放射性之冷物體。置氡氣體中。則其面上凝有一層之氣。而該物體現在亦能顯放射之作用。此種放射作用。非該物體所固有。不過因其面上凝結一層有放射性之氣。故亦顯放射性耳。如此由外借而來之放射性。名外借之放射作用 (Excited activity)。然此種外借放射作用之物體。不能永久保存其放射性。因其面上所凝之氣。亦非能永久不變之物。與鐳之非能永久不變者。正相同也。按氡逐步變化後。所成之各種物質。頗有多種。爲鐳甲 (Radium A), 鐳乙 (Radium B), 鐳丙 (Radium C), 鐳丁 (Radium D), 等類。此種物質。其存在之時期。雖不永久。然當其存在時。亦各有特異之性。故實亦係多種原質也。又來母氏及蘇代氏 (Ramsay &

Soddy) 。曾將鐳所放出之氣少許。封固於一玻璃管中。管之二端。裝有二電極。以便通電後。考察其所發之光帶。見初時所發之光帶。係氣之光帶。然待數日後再考之。則見發生氦原質之光帶。屢次試驗。均係如此。可知鐳原質。並能變成氦原質也。此種一原質變成他原質之現象。謂之原質之變換 (Transmutation of elements)。

由上所舉之各條觀之。可知有放射性之鐳原質。能發現多種極可注意之現象。不特能時時放出熱力及能力。且能放出氦原質等類之物質。可見鐳原質之原子中。必常在發生一種奇特之變化。而吾人所察見放射作用之現象。即係此種原子內部變化之結果。故此種放射性原質之研究。可以略窺原子內容之大概。為從前化學家所不克夢想者。然則放射原質之研究。豈非與近世及將來之化學進步上。有極重要之關係哉。(按有放射性之原質。除鐳外。尚有鈾 Uranium, 釷 Thorium 等數種。其作用均與鐳略同。故不另述。)

然則此種放射性之原質。其原子中。何以發生變化。且何以能逐步變化。成他種原質。而發出上述

各種之現象耶。雷福氏及蘇代氏(Rutherford & Soddy)曾首先倡議一種學說。名爲原子分解學說 (Disintegration theory) 者。以解釋此種現象。此種學說。頗爲現時化學界所公認。茲特將其要略。述之如下。

查放射性原質所成之化合物。如溴化鐳 (RaBr_2) 硝酸鐳 ($\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$) 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。全係原子內之作用。而非分子之作用。雷福及蘇代氏。以爲原子尙非最小及最終之物質。每一原子。尙爲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。(已見前) 蓋所謂放射線者。卽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。則即成爲甲種放射線 (α ray 已見前)。若射出之微小質點。係負有陰電之乙種質點。則即成爲乙種放射線 (β ray 已見前)。至前所言之丙種放射線 (γ ray)。則據多數化學家之意見。係乙種微小質點(即成乙種放射線之質點)向外放出時。接觸於其周圍之固體物上所起之波浪作用。故丙種放射線。常隨乙種放射線而發生也。

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。鐳原質之變爲氣原質。即係此故。蓋鐳原質變爲氣時。有甲種放射線放出。可知鐳原質放出一甲種微小質點後。即成爲氣也。考氣原子之組織。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)。如此逐漸變化。以成多種之物質。(見後附之放射性原質遞變表。) 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。致逐漸遞變成爲他種物質之現象。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質點之故。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質之作用明矣。

考各種放射原質之放射作用。有能保持甚久者。亦有轉瞬即失者。其速者之時期。可以實驗測定之。其遲者之時期。亦可以計算約得之。例如氣始成時。其放射作用頗大。然其後逐漸減少。待過三日又十分之八 (3.8日) 時。其放射作用。損失一半。蓋因氣之一半。業已變去。而成他原質故也。又化學家將所知之各種放射原質研究之後。察見

所有放射原質。共可歸成三類。其第一類。均係由鈾原質所變出。其第二類。均係由釷原質所變出。而第三類。則均係由錒 (Actinium) 原質所變出。至鈾，釷及錒三種原質。係由何物變化而來。且其彼此之間。有何種之關係。則尙未能十分明悉耳。

再者。此種放射原質。其原子內之微小質點。何以不能保持其平穩。致令起分解之作用。則吾人亦未能十分明曉。或者因此種原子內之質點太多之故。亦未可知。蓋所有放射性之原質。其原子量均屬極大。係一種極應注意之點。例如鐳之原子量爲 226。釷之原子量爲 232.4。鈾之原子量爲 238.5。均係原質中之最重者。故其在週期表中所佔之位置。亦均在其他原質之後也。然化學家中。亦有以爲所有各種尋常之原質。亦未始無原子分解放射之作用者。與放射原質相同。不過放射原質之放射作用較大。爲吾人所可察見。而尋常原質之放射作用。則屬太微。爲吾人所無法察見者。

故實因吾人實驗法之未能完善十分精細耳。非尋常原質。與放射原質有若何大異之處也。且放射原質遞變所成之各原質中。亦有從前以爲並無放射線。而其後用較精細之法察之。始知其有放射線者。可爲此說之證。即現在所知放射原質遞變所成之原質中。尙有無放射線者。（見下附之放射性原質遞變表。）或者亦因其放射作用太微之故。爲吾人所未克察知耳。（然或者此種原質。實無放射線。其變成他原質之法。在其內部微小質點之改組。亦未可知。）是說也。亦有其相當之價值。故並述之。以便學者之參考。總之。放射原質之研究。尙在幼稚時代。其前途正尙無限也。茲將各放射原質之中西名稱。及其放射作用損失一半所需之時期。與其發出何種之放射線。列成一表。名爲放射性原質之遞變表。以便統覽也。

放射性原質之遞變表

英文名稱	中文名稱	放射作用損失一半所需之時期	所放之放射線
Thorium ↓	釷	—————	甲種放射線
Thorium—1 ↓	釷—1	5.5年	無
Thorium—2 ↓	釷—2	6.2點鐘	乙種放射線
Thorium—3 ↓	釷—3	2年	甲 , , , , ,
Thorium X ↓	釷天	4日	, , , , , , ,
Emanation ↓	釷之放射氣	55秒鐘	, , , , , , ,
Thorium A ↓	釷甲	11點鐘	無
Thorium B ↓	釷乙	55分鐘	甲乙丙三種放射線
?		—————	—————
Actinium ↓	錒	—————	無
Actinium X ↓	錒天	10.2日	甲種放射線
Emanation ↓	錒之放射氣	3.9秒鐘	, , , , , , ,
Actinium A ↓	錒甲	36分鐘	無
Actinium B ↓	錒乙	2.155鐘	甲乙丙三種放射線
?		—————	—————

Uanium ↓	鈾	————	甲種放射線
Uranium ↓	鈾天	22日	丙丁二種放射線
Ionium ↓	鎊	————	————
Radium ↓	鐳	1300年	甲種放射線
Emanation ↓	鐳之放射氣 (即氣)	3·8日	„„„„„
Radium A ↓	鐳甲	3分鐘	„„„„„
Radium B ↓	鐳乙	21分鐘	無
Radium C ↓	鐳丙	28分鐘	甲乙丙三種放射線
Radium D ↓	鐳丁	約40年	無
Radium E ₁ ↓	鐳戊 ₁	6至6·5日	„„
Radium E ₂ ↓	鐳戊 ₂	4·8日	乙及丙二種放射線
Radium F ↓	鐳己	143日	甲種放射線
?		————	————

附稀少之土金族 (Rare Earths)

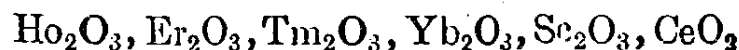
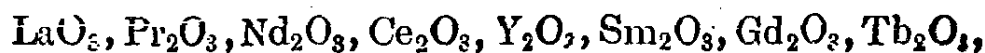
前週期表第五註中。曾言及鋇原質及鏷原質之間。有多種之稀少原質。統名為稀少土金族者。頗有特殊之興味。為近代化學家所注意。以其不

特發生週期表困難之排列問題。且有實業上之緊要關係故也。例如煤氣燈上所用之紗罩 (Mantles) 係將潔淨之綿紗線。浸於硝酸鈾 (Thorium nitrate) 內。加百分之一之硝酸鈾 (Cerium nitrate) 之溶液內。取出燃燒而成。(燃燒後。此二種硝酸化合物。變爲二氧化鈾 ThO_2 及二氧化鈾 CeO_2 。) 此種紗罩。置燃燒之煤氣中。則可以發極明亮之光。又如考得稀少土金族之氯化物。若經電氣分解後。可成一種稀少土金族之混合劑 (Misch-metal 內含 45% 鈾。35% 銀, 鏷, 銻。及 20% 銩, 錒, 釷, 鈾)。極富於使化合物還原之性質。故可用以使多種之氧化物 (如 MoO_3 , U_2C_5 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 之類) 還原。而將原質分出。

稀少土金族之各原質。通常可將其分爲三類。以便研究。茲將各類中原質之名及其原子量。列表如下。

鈹 原 質 類	鈷 原 質 類	鏡 原 質 類
Scandium 鈹 44.1	Europium 鈳 152.0	Dysprosium 鈹 162.5
Yttrium 鈳 88.7	Gadolinium 鈳 157.3	Holmium 鈳 163.5
Lanthanum 鈳 138.9	Terbium 鈳 159.2	Erbium 鈳 167.7
Cerium 鈳 140.25		Thulium 鈳 168.5
Praseodymium 鈳 104.9		Ytterbium 鈳 173.5
Neodymium 鈳 144.3		Lutecium 鈳 175.0
Samarium 鈳 150.4		

按稀少土金族之原質。其性質均相差不遠。其氧化物均有鹼。故可名爲稀少之鹼土金族 (Rare alkaline earth metals)。茲將其氧化物。依照其鹼性逐漸減少之次序。排列如下。



首列之氧化鋁。其鹼性最強。遇水則與之化合而發聲。與生石灰之遇水相似。且亦能吸收空氣中之二氧化碳氣。故亦與石灰同。

稀少之土金族原質。除與氧化合外。並能與氫原質或氮原質化合。其與氫原質化合物之公式爲 Me H_2 或 Me H_3 。可以輕氣通過加熱至 200°C 至 300°C 之金類製成之。或藉鎂原質與稀少土金族原質之氧化物。在輕氣中之作用製成之。至稀少土金族原質與氮原質化合物之公式。則爲 Me N 。可以氮原質及鎂原

質與稀少土金族原質之氧化物。加熱起作用而製成之。或以阿摩尼亞與稀少土金族原質之碳化物起作用而製成之。

稀少土金族原質。並可與碳原質化合而成碳化物。其公式爲 $Me C_2$ 。此項碳化物。可以電流通過稀少土金族原質之氧化物及碳原質之混合物而製成之。

又稀少土金族原質。與各種之有機及無機酸。幾於均可化合而成鹽類。此種鹽類。其性質頗與尋常強鹼性原質所成鹽類之性質相同。故不多贅。

按此種稀少土金族原質。其學理上最可注意之點。係在其與週期表之關係。蓋按照此種原質之原子量。當列在週期表中鋇原質及鐮原質之間。(參觀前週期表) 此二原質之間。本有多數未發明原質之空缺。然吾人若將此種稀少土金族原質。排列於鋇鐮二原質之間。以填補此種空缺。則頗有不能一一排列適當之患。且與其同直行中上下原質之性質。多有不能相符之處。或者此種原質。另需一種特別之排列法。或者現在週期表之排列法。尙未完善。均未可知。化學界中。雖有多人曾設種種之新排列法。以期解決此難題者。然終未能得十分妥善之法也。惟有一種學說。爲吾人

所當注意者。即化學家克樂克氏 (Crookes) 曾創謂同一原質中。其原子質點。不能一一十分相似之說是也。譬如黃種人與白種人果不相同。(可比二種原質。) 然黃種人中。仍不能人人十分相似。猶之同一原質中之質點。均不能十分相似也。惟尋常一原質中之質點。雖有多種。而其化學作用。均極相同。故吾人無法將其分開。致誤認為同一原質。至稀少之土金族。則其中各種質點之化學作用。不同之處。較為明顯。故可將其分為數原質也。此種學說。亦不能謂為全無根據。蓋稀少土金族之各原質。其性質雖顯不同。然相差極微。可為此說之一證。又近年中化學家蘇代 (Soddy) 氏等。曾發明所謂不能分開之原質 (Isotopis) 者。此種原質。無論用何種化學方法。均不能將其彼此分開。例如鈾及鈾天。實係二種不能分開之原質。銻及鐳戊。亦係不能分開之原質。此種原質。其化學作用。均彼此相同。惟其放射性不同。故吾人得識別之。若無放射性之發明。則吾人亦將永認鈾及鈾天為一原質。或銻及鐳戊為一原質矣。是亦可為前說之緊要證據也。

第十六章

週期表第二類乙族原質之研究

此族中原質共計有三。即鋅 (Zinc) 鎘 (Cadmium) 汞 (即水銀 Mercury) 是也。

此族原質
之比較

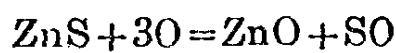
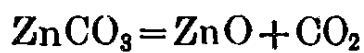
鋅鎘二原質。頗為相似。然汞則多
顯特別之處。例如鋅鎘二原質。於天然間。恆在一處。在尋常之熱度時。均係固體。而汞則為液體。加大熱則鋅鎘均能燃燒成氧化物。汞則雖亦能成氧化物。然頗遲緩。故不燃燒。鋅鎘二原質均能成氫氧化合物。而汞則否。鋅鎘遇鹽酸或硫酸之稀溶液。即起變化。放出輕氣。而汞則毫無變化。鋅鎘祇成一種原子價二之化合物。例如與氯化合。祇成氯化鋅 ($ZnCl_2$ Zinc chloride) 及氯化鎘 ($CdCl_2$ Cadmium chloride)。然汞則能成二種化合物。例如氯化第一汞 (Hg_2Cl_2 Mercurous chloride) 及氯化第二汞 ($HgCl_2$ Mercuric chloride) 是也。

然此三原質。亦有相同之處者。例如均能使成氣體。鋅鎘約熱至 1000°C 時成氣體。錒約熱至 357°C 成氣體。又如均能成某₂氧₂ (或簡書某氧亦可) 之化合物是也。

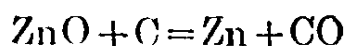
鋅 (Zinc Zn)

鋅之來源製
法及要性

鋅在天然間。恆與他物化合而成礦石。如碳酸鋅 (ZnCO_3 Zinc-spar) 硫化鋅 (ZnS Zinc blende) 及氧化鋅 (ZnO Red zinc ore) 之類。若欲由此種礦石中取鋅。除本係氧化鋅外。須先在空氣中加大熱。使各先成氧化鋅而后可。



然後將氧化鋅加碳。同置曲頸甌中加熱。則鋅即還原。成氣體蒸出。可導入冷凝器中。使凝為固體之鋅而收取之。



氧化鋅 碳 鋅 一氧化碳氣

鋅爲一種青白色之金類。在尋常之熱度。不易與空中養氣起變化。且可展爲薄片。製成鋅線。故亦係一種有用之物也。極純之鋅。遇鹽酸或硫酸。不易起作用。然鋅中稍雜他物。(用上法製出之鋅。常雜有他物。如少許之碳鐵鋁等類。) 則即起變化。而將氫放出。故常有用以製輕氣者。(參觀第35頁試驗18。)

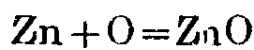
註。 極純之鋅。所以不易與鹽酸及硫酸起變化之故。頗不易解。然近時有化學家名波林(Pullinger)者。考得因純鋅遇酸。不久即鋅面塗有一層氫原質。致阻止其變化之進行。若鋅中雜他物。則此一層氫原質與所雜之物。起氧化作用。因而得以除去之。故變化得再進行矣。

且鋅更有他種要用也。如鐵爲吾人常用之物。然頗易生銹。甚爲缺點。然鐵上若塗以鋅。(法可將鐵浸入燒鎔之鋅內。取出即得。) 則可保護該鐵。不使生銹。此種之鐵。謂之鋅塗鐵 (Galvanized iron)。工業中製之頗多。又鋅能成多種緊要合金。如黃銅青銅等類。(見第167頁銅之合金。)

鋅之緊要 化合物

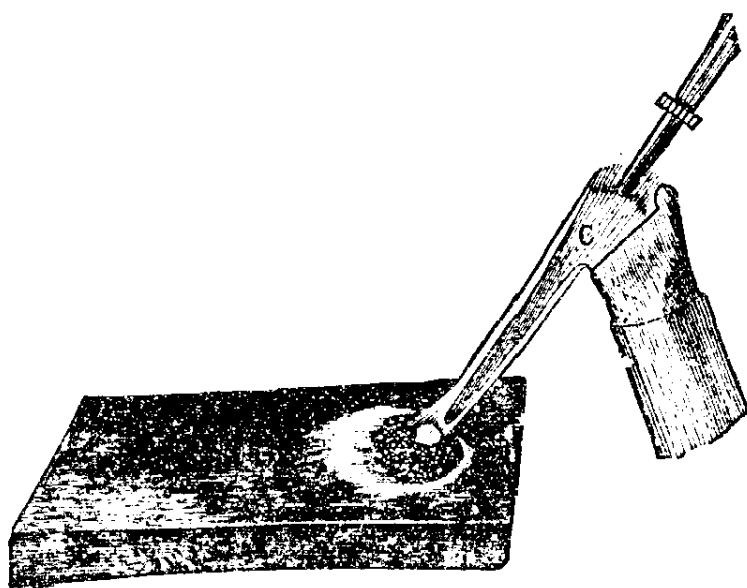
今將鋅之緊要化合物述之。

(1) 氧化鋅 (ZnO Zin oxide)。此物在天然間有生成者。若將鋅在空氣中加熱至 430°C 以上。則鋅即燃燒而成氧化鋅。



又碳酸鋅 (ZnCO₃) 等熱之。亦成是物。(已見第213頁方程式。) 氧化鋅熱時為黃色。冷時則變為白色。

試驗 78. 如第三十七圖。取炭精 (Charcoal) 一塊。一端



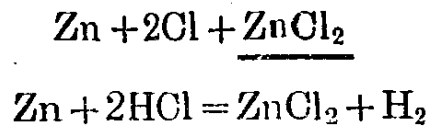
第 三 十 七 圖

置鋅少許。以吹管 (Blowpipe 吹管式樣見以後第四十六圖) 入燈燄中吹之。使火燄射於鋅上。則見一部分之鋅。發白霧飛散。(即氧化鋅。) 其他一

部分附於炭上。成一層黃色之物。(即燒熱之氧化鋅。) 冷之。則見黃色變為白色。

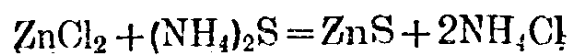
氧化鋅冷時。既顯極白之色。故常用以爲白顏
色原料者。名爲鋅白 (Zinc white)。

(2) 氯化鋅 (ZnCl₂ Zinc chloride)。 鋅與氯能直接化
合而成此物。又鋅若溶解於鹽酸中。亦成是物。



氯化鋅若與氧化鋅 (ZnO) 混合。加水少許。則
不久即成極堅硬之質。故牙醫常以之爲補牙之用。
且氯化鋅亦可爲防腐 (Germicide) 之用。例如鐵路
軌道所用之枕木。若先浸於氯化鋅之溶液中。而
後用之。則不易腐爛。故用處亦甚大也。氯化鋅
極易溶化於水內。

(3) 硫化鋅 (ZnS Zinc sulphide)。 此物在天然間有
生成者。若將鋅之化合物溶液。加以鹽基類之硫
化物。(如硫化銨 (NH₄)₂S 之類) 則亦成是物。爲白色
之沈澱。例如



試驗 79. 試管中置氯化鋅溶液少許。加硫化銻溶液。則得白色之沈澱。即硫化鋅也。若加強性酸類之稀溶液。(如鹽酸硫酸之類。)使變為酸性。則此沈澱即溶化。可知欲得硫化鋅之沈澱。切不可用酸性之溶液。

分析化學中。常藉以上之作用。以識別鋅。

此外尚有他種鋅之化合物。如硫酸鋅($ZnSO_4$ Zinc sulphate) 氫氧化鋅 ($Zn(OH)_2$ Zinc hydroxide) 等類。茲不概述。

鎘 (Cadmium Cd)

**鎘之
大要** 鎘與鋅頗相似。且天然間恆在一處。故鋅由礦石中加碳蒸出時。(參觀第213頁。)初蒸出者。常雜有鎘。因鎘較鋅易化氣體也。鎘之性質。亦頗似鋅。惟稍弱。故置鋅於鎘之化合物溶液中。則鎘被鋅驅出。又如鎘亦能成氯化鎘 ($CdCl_2$ Cadmium chloride)。然氯化鋅 ($ZnCl$) 易以鋅與氯直接化合成之。而氯化鎘則否。此亦足顯明鎘之較鋅

爲弱也。鎘亦能成氧化鎘 (CdO Cadmium oxide)。惟係橙色之物。故與白色之氧化鋅 (ZnO) 不同。又硫化鎘 (CdS Cadmium sulphide) 係黃色之物。故亦與硫化鋅 (ZnS) 不同。

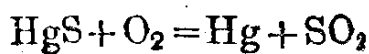
試驗 80. 試管中置氯化鎘溶液少許。加硫化銦少許。則得黃色之沈澱。即硫化鎘也。若加酸類之稀溶液。不能使之溶化。故亦與硫化鋅不同。

分析化學。常藉以上之作用。以識別鎘。

汞 (Mercury Hg)

汞之來源,製
法及要性

天然間之汞。多與硫化合而成辰砂礦石 (HgS Cinnabar)。此石中。間亦含有少量未化合之汞者。若欲由此礦石以取汞。可將此石加熱。則硫與空中之氧化合。成二氧化硫 (SO₂ Sulphur dioxide) 氣飛散。而汞即蒸出。導入冷凝器中。則凝爲液體。



銻係一種銀白色之金類。在尋常之熱度時。係一種液體。頗重。(銻之原子量為200。故重) 較水約重十三倍半。若冷至負 38.8°C 。則凝為固體。有結晶狀。且可展為薄片。若熱至 257°C 。則變為氣體。在平常之熱度時。銻置空氣中。不與氧氣化合。若熱之良久。則亦能漸漸氧化。而成氧化銻 (HgO)。銻與多種之氣體無變化。故氣體之能溶水中而不可以排水法取之者。常可以排銻法取之。銻在鹽酸中。不能溶解。在冷硫酸中。亦不溶解。惟在硝酸中。則極易溶解。銻常能與他種金類成合金。凡銻所成之合金。謂之銻膏 (Amalgam)。又銻常為造熱度表等之用。

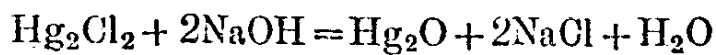
銻與他物化合。常能成第一及第二兩種化合物 (Mercurous compounds and mercuric compounds)。與同族之鋅鎘特異。

銻之緊要 化合物

今將其緊要之化合物略述之。

(1) 氧化銻 (Oxides of mercury)。氧與銻

化合。能成二種化合物。(可與銅之二種氧化物比較。) 卽 氧化第一銻 (Hg_2O Mercurous oxide) 及 氧化第二銻 (HgO Mercuric oxide)。其成法亦各不同。若將氯化第一銻(Hg_2Cl_2 Mercurous chloride) 加氫氧化鈉(NaOH)。則得氧化第一銻。



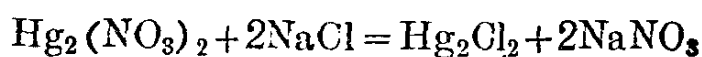
所成之 Hg_2O 爲一種黑色之粉末。甚不堅固。見光或加熱。卽行分解而爲氧化第二銻 (HgO) 及銻。



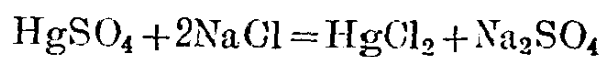
若將銻在空氣中加熱。則恆成氧化第二銻 ($\text{Hg} + \text{O} = \text{HgO}$)。係一種紅色之物。若再加熱。則漸變黑色。冷時復變紅色。若加大熱。則 HgO 復分解爲銻及氧。(參觀前第10頁試驗5。)

(2) 硝酸銻 (Nitrates of mercury)。銻能溶化於硝酸內。而成二種化合物。冷時成 硝酸第一銻 ($\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ Mercurous nitrate)。熱之則成 硝酸第二銻 ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ Mercuric nitrate)。

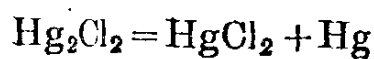
(3) 氯化銻 (Chlorides of mercury) 。銻與氯化合。亦成第一及第二兩種化合物。二者醫藥中常用之。故頗關緊要。若將食鹽或鹽酸加於硝酸第一銻之溶液中。則得氯化第一銻 (Hg_2Cl_2 Mercurous chloride 又名 Calomel)。此物不能溶於水內。故成沈澱分出。



若將食鹽加於固體之硫酸第二銻 (HgSO_4 Mercuric sulphate) 而熱之。則得氯化第二銻 (HgCl_2 Mercuric chloride 又名 Corrosive sublimate) 。成氣體蒸出。可導入冷器。使凝為固體以取之。(工業中多用此法以製 HgCl_2 。) 此物能溶於水內。與 Hg_2Cl_2 異。且甚毒。



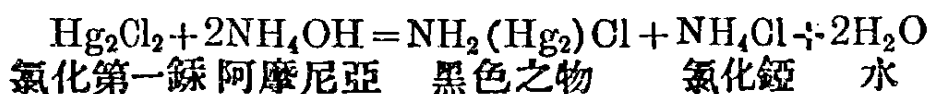
氯化第一銻 (Hg_2Cl_2) 及氯化第二銻 (HgCl_2) 。可使之互相變換。例如將氯化第一銻加濃鹽酸而熱之使沸。則分解而成氯化第二銻及銻。



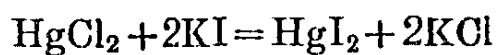
若將固體之氯化第二銻加銻而熱之。則可復變爲氯化第一銻。(工業中多用此法以製氯化第一銻。)



Hg_2Cl_2 及 HgCl_2 二者。可以下法識別之。 Hg_2Cl_2 不能溶化於水內。而 HgCl_2 則能之。且不溶化之 Hg_2Cl_2 中。若加以阿摩尼亞。則變成黑色之物。名氯銻第一銻 (Mercurous ammonia chloride)。頗爲特別。故可因此識別之。(分析化學中常用此法。)



能溶化之 HgCl_2 遇阿摩尼亞。並不能變黑。然遇碘化鉀 (KI Potassium iodide)。則先變黃色。終變鮮紅色。亦頗爲特別。因成碘化銻故也。



試驗 81. 取氯化第一銻 (Hg_2Cl_2) 少許。(化學室中如無 Hg_2Cl_2 。可用硝酸第一銻溶液。加鹽酸少許。則得 Hg_2Cl_2 之沈澱。即可用以試驗。)加阿摩尼亞。則立即變爲黑色。

取氯化第二銻 (HgCl_2) 溶液。加碘化鉀溶液。則先得黃色之沈澱。終變爲鮮紅色。頗美麗。

此外尚有他種錄之化合物。如硫酸第一錄(Hg_2SO_4 Mercurous sulphate) 及硫酸第二錄 (HgSO_4 Mercuric sulphate) 等類。茲不概述。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第十七章

週期表第三類原質之研究

此類原質 之比較

此類亦分甲乙二族。(參觀第131頁週期表。) 然甲族原質中鎢, 鈦, 銀, 鎳, 四原質。天然間均極稀少。且均非緊要。故初學者不必究之。至乙族中。則祇有硼(Boron) 鋁 (Aluminium) 二原質。關係緊要。其他鈷, 鈷, 鉛, 三原質亦極稀少。無關要用。故本章中祇須將硼鋁二原質研究爲已足。其他原質。亦可由此推知大略。蓋同在一族。其性質多有相同者故也。

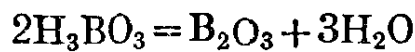
此類原質。均存於天然間礦石中。除硼外。均係金類。又與氧化合時。均照某₂氧₃之公式。(故此類原質常係原子價三。) 硼₂氧₃有酸類之性。而此類中他原質之氧化物。則均無之。故硼頗顯特別之性。(硼爲乙族之第一原質。考第一原質。常有特別之性。此亦一例也。)

硼 (Boron B.)

硼之製法 及要性

硼在天然間。恆與他物化合。成硼酸
(H_3BO_3 Boric acid) 及硼酸之化合物。如
硼砂 ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ Borax) 之類。

取硼之法。可將硼酸加大熱。則失其水分而成
無水硼酸 (B_2O_3 Boric anhydride)。

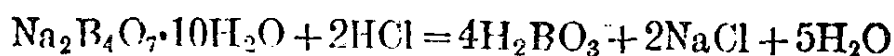


此無水硼酸若與鈉(或鉀, 鎂, 鋁亦可)一同加熱。則
硼原質分出。



分出之硼與他物相雜。若加鹽酸熱之。則他物
溶化。而硼則不溶。成棧黑色之粉末。可以過濾而
取之。

若欲由硼砂以取硼。可先將硼砂在濃鹽酸或硫
酸中熱之。使變為硼酸。然後可由此硼酸照上法
以取硼。



試驗 82. 取約重30公分之硼砂。使溶於約120立方公分之水內。加熱後。漸加約重10公分之濃硫酸。(鹽酸亦可) 然後冷之。則硼酸結晶而分出。

硼係一種極黑色之非金類。(參觀第138頁(5)。) 在尋常之熱度時。不與氧化合。然在空氣中熱之。則成無水硼酸(B_2O_3)及氮化硼(BN Boron nitride 係一種白色粉末)。硼與氟族之原質。能直接化合。成氟化硼 (BF_3 Boron fluoride)等類。硼當化合時。其原子價常為三。

硼砂之 特性

硼砂 ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 有一種特性。即加熱時。能失其結晶水分。忽然膨脹。成多孔之物體。再熱之。則復縮小。而透明如玻璃珠。若預加他種化質。(如銅之化合物等類)則如有色之玻璃珠。(分析化學常藉此作用。得識別多種物質。謂之硼砂球試法 Borax bead test.)

試驗 83. 取一白金絲。一端彎成一小圈。圈中蘸取硼砂少許。入燈燄中燒之。則見忽然膨脹。再熱之。即縮小而透明如白玻璃珠。若將此玻璃珠蘸銅之化合物少許。(如氧化銅等之類。) 再入燄中熱之。良久則如藍色之玻璃珠。冷時則變為紅

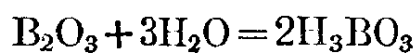
櫻色。(若用鉻之化合物。則顯青色。其他亦有多種化合物。各顯不同之特色。故用硼砂球法。可識別多種物質也。)

硼酸之
特性

硼酸 (H_3BO_3 Boric acid) 亦有一種特性。
即加入酒精中燒之。能使酒精發青色之
燄。

試驗 84. 以硼酸少許。溶於半磁盆之酒精中。以火燃酒精。則發青色之燄。頗為特別。故常可與他物識別。

此法亦可為識別此外多種硼化物之用。例如硼砂。雖不能發此青燄。然可先在濃鹽酸 (或硫酸亦可) 中熱之。則硼砂變為硼酸。(理已見前第226頁底之公式。) 然後可加入酒精中。以青燄法試之。又如無水硼酸 (B_2O_3) 使之先遇水。則亦能變為硼酸。而後試之。



鋁 (Aluminium Al)

鋁之
製法

鋁為金類中在天然間散布極廣者。然恆與他化物化合。如氧化鋁石 (Al_2O_3 Aluminium oxide) 及冰晶石 ($Al_2F_6 \cdot 6NaF$ Cryolite) 等類。

鋁爲極關緊要之物質。不但其多種化合物。甚爲有用。(如磁器料等。均爲鋁之化合物。)即鋁原質。亦極有用。在空氣中。既不生銹。且質量甚輕。殊勝於鐵。惜頗難提取耳。幸近時發明電解之法。得鋁較易。惟成本尙不甚輕。此法之要點。在以冰晶石(Cryolite)爲溶劑。氧化鋁(Al_2O_3)爲溶質。先以冰晶石通過電流。使之鎔爲液體。然後加氧化鋁使溶於液中。則氧化鋁分解。而鋁即集於陰極上。聚集既多。則可使之流出而取之。

鋁之 要性

鋁係一種白色之金類。其色頗似錫。能展薄。若熱至約 625°C 。則鎔爲液體。在尋常之熱度時。雖置溼空氣中。亦不生變化。因遇養氣及水氣。均不易起變化也。(與鐵不同。)惟若加大熱。則始與氧化合而成氧化鋁(Al_2O_3)。且鋁原質甚輕。尤爲有用。故近來多有用以製造各種器具者。鋁遇淡鹽酸。即起變化。而成氯化鋁。 (AlCl_3) Aluminium chloride 鋁之原子價常爲三。)惟遇冷硝酸或硫

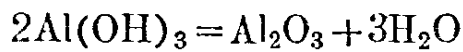
酸。則不起變化。若加熱。則成硝酸鋁 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ Aluminium nitrate) 及硫酸鋁 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Aluminium sulphate)。鋁為一種極佳之還原劑。能由多種金類之氧化物。收取其氧。例如鋁與氧化鐵加熱。則成氧化鋁而將鐵分出。且發大熱。(約 3000°C 之高) 鋁與他種金類。亦能成有用合金。例如將鋁一成與銅九成相合。則成一種黃色之鋁銅合金 (Aluminium bronze)。頗似黃金。故用處頗廣。可製為各種裝飾品。

鋁之緊要 化合物

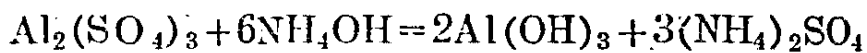
鋁之緊要化合物頗多。今擇其最緊要者。分別考之如下。

(1) 氧化鋁 (Al_2O_3 Aluminium oxide 又名 Alumina)。此物天然間產之。其中常含他種氧化物少許。故色不同。而成各種有用之寶石。如紅寶石藍寶石紫玉等類。且氧化鋁性質極堅硬。除金剛石之外。氧化鋁為最堅。故可供磨玉石劃玻璃等之用。由此觀之。氧化鋁係一種極有用之化合物也。氧化

鋁吾人亦可設法製之。法以氫氧化鋁加熱即得。



(2) 氫氧化鋁 ($\text{Al}(\text{OH})_3$ Aluminium hydroxide)。此物在天然間產之。吾人亦可設法製取。法以能溶化之鋁化物。(如硫酸化鋁 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 或明礬 Alum 之類。)加氫氧化銨 (NH_4OH Ammonium hydroxide)。即得氫氧化鋁。係一種半透明之沈澱。如膠狀。頗特別。且能溶化於多量之氫氧化銨中。(分析化學中。常藉此得以識別鋁。)

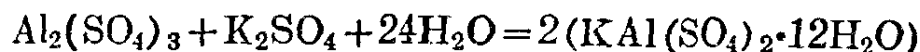


試驗 85. 取明礬溶液少許。置試管中。漸加氫氧化銨。(如用氫氧化鉀等亦可。) 則見生膠狀半透明之白色沈澱。即氫氧化鋁也。(如一時不生沈澱。可加熱。) 如更加多量之氫氧化銨。則此沈澱復行溶化。

氫氧化鋁。更有一種特別之作用。即既能發鹽基類之性。更能發酸類之性也。蓋遇酸類能成鹽類。(例如遇硝酸。能成硝酸鋁 $3\text{HNO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。) 故氫氧化鋁。此處發鹽基性也。(參觀第97頁鹽

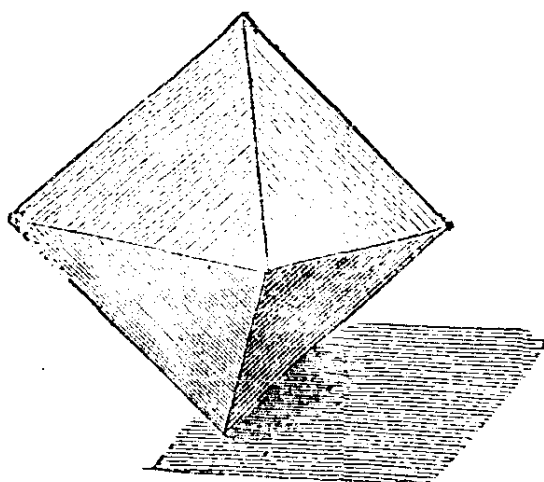
類之界說。)然遇鹽基類。則亦能成鹽類。(例如氫氧化鉀。能成鋁酸鉀 Potassium aluminate $3\text{KOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}(\text{OK})_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。)故氫氧化鋁。此處發酸類性也。由是觀之。氫氧化鋁。係一種介乎鹽基類及酸類之物質也。(按鋁在週期表第三類。本係介乎鹽基類及酸類之間。參觀第138頁週期表之緊要用處(5)。)

(3) 明礬 (Alum)。凡鋁之硫酸化合物與鹼金族之硫酸化合物所成之物質。均謂之明礬。例如硫酸鋁 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Aluminium sulphate) 與硫酸鉀化合。即成一種明礬。(可謂之鉀明礬 Potassium alum。如用硫酸銦。則成銦明礬。此外以此類推。)



明礬係一種結晶之物質。恆含十二分子之結晶水。所結之晶甚完美。形如第三十八圖。

試驗 86. 取一玻璃杯。盛水過半。用火酒燈熱之。加



第 三 十 八 圖

明礬使溶於水中。而成濃溶液。然後以線一縷。懸於液中。移置一邊。待其自冷。翌日於上課時視之。則線上結有明礬晶頗多。中有式甚完美者。

(4) 硅酸鋁 (Aluminium Silicate)。此物在天然間。常與他物相雜。其較純者。謂之陶土 (Kaolin)。此物之組成無定。有時爲 $(Al_4(SiO_4)_3 \cdot 4H_2O)$ 。常用爲製磁器之料。蓋陶土加長石 ($KAlSi_3O_8$ feldspar 亦係天然間一種石名)。溼時甚軟如泥狀。故可製成各種器具式。若待其乾後。置窖中加熱。卽成磁器 (Porcelain) 也。硅酸鋁之不純者。常與沙質等物混合。則謂之黏土 (Clay)。黏土可供製粗磁器之用。又若將黏土。加於石灰石及沙之混合物內而燒之。則成水泥 (Cement)。其用處頗廣。尙有一種硅酸鋁。中含有鈉。且混有硫之化合物。謂之羣青 (Ultramarine)。常用爲顏色料。

此外尙有他種鋁之化合物。如硫化鋁 (Al_2S_3 Aluminium sulphide) 氟化鋁 (Al_2F_6 Aluminium fluoride) 等

一類。比較的爲非緊要。故不述。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第十八章

週期表第四類原質之研究

此類原質 之比較

此類亦分爲甲乙二族。(參觀第131頁週期表。)然甲族中原質鍮, 銻, 銻, 鈷。均極稀少。在幾種不常見之礦石中遇之。故可不必研究。至乙族中。則緊要者多。故祇須將乙族研究之足矣。(甲族原質。亦可因此而推知大略。因與乙族同類故也。)

考乙族原質。共計有五。即碳 (Carbon) 硅 (Silicon) 鍮 (Germanium) 錫 (Tin) 鉛 (Lead)。除鍮亦極稀少。不必研究外。餘均關係緊要。此族原質之性質。亦顯有一定次序之遞變。如碳係顯著之非金類 (Non-metal) 原質。其氧化物。甚有酸性。硅次之。故其氧化物。雖仍帶酸性。然有他種硅之化合物發鹽基性者。鍮則介乎金類及非金類之間。故其氧化物既能與酸類化合。又能與鹽基類化合。錫則金類性漸增。故與酸類化合。能成顯著之鹽類。然

仍稍帶非金類之酸性。故與鹽基類亦能化合。鉛則金類性更著。

碳與硅尤為相似。例如二者均能成多形體 (Allotropic forms 卽一原質能顯多種異形之體。詳後第 238 頁。) 等類。又錫與鉛。亦更極相似。例如二者各能成二種不同原子價之化合物 (原子價二及原子價四) 等類是也。

又碳頗顯特別之性。例如碳之氧化物係氣體。(與同族他原質之氧化物異。) 且碳能與氫氧氮三原質化合。成爲各種化合物。爲數極多。(有一部分化學。專考此種碳之化合物。謂之有機化學 Organic chemistry。) 考碳爲乙族之第一原質。而前曾見族中第一原質。常有特別之性。此亦一例也。

碳 (Carbon C)

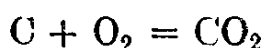
碳係一種極關緊要之原質。散布於天然間者甚廣。如礦中之煤爲碳所成。石灰石 (CaCO_3 Limestone) 等亦含有碳。植物動物之體中。亦均含碳甚多。卽

空氣之中。亦含有二氧化碳之氣。(見前第33頁試驗17。)

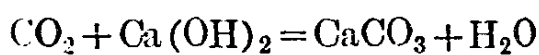
證明金剛石及石
墨亦為碳所成

不特此也。即金剛石 (Diamond)
及石墨 (Graphite 鉛筆即為此物所製。)

亦係碳所成。不過係一種碳之結晶體耳。故平常之炭，金剛石，及石墨三者。均為碳原質。可以下法證之。將尋常之炭 (如煤或木炭之類)。在氧氣中燒之。則與氧化合而成二氧化碳氣。



所成之二氧化碳氣。若使通過透明石灰水。則石灰水變為白濁色。(參觀前第33頁試驗17。)因二氧化碳氣與石灰化合。成碳酸鈣故也。



故以上可為試驗碳原質之法。化學家曾將金剛石亦置氧中加大熱。(可以金剛石置於鉑片中。而後以電流通過之。)則見其亦能與氧化合。而成一種氣體。此種氣體。使通過石灰水。亦能成白濁之碳酸鈣。故知金剛石亦係一種碳質也。若以石墨照法試之。亦得相同之結果。故知石墨亦係一種碳質

也。

碳之多
形體

由上觀之。尋常之炭，金剛石，及石墨。雖形體各異。然同為一種之碳原質也。

凡物質相同。而形體不同者。謂之多形體 (Allotropic forms)。故碳有三種多形體。即尋常之炭 (可謂之無定形碳 Amorphous carbon。以其不結晶也。) 金剛石 (係一種結晶體) 及石墨 (亦係一種結晶體)。此三者碳之形體雖不同。然有共同之性質。即在尋常之溶劑內。均不能溶化。嘗之均無味。聞之均無臭。加熱均不銹。在尋常之熱度時。化學性質甚不發達。惟加高熱度。則與多種物質化合。而尤易與氧化合。故碳係一種極佳之還原劑。茲將此三體之碳。分別考之於下。

〔無定
形碳〕

(1) 無定形碳 (Amorphous carbon)。無定形碳共有多種。茲擇其緊要者述之。

a. 煤 (Coal) 煤係一種礦物質。為古時代之植物所成。蓋植物埋覆土中。則既受壓力。又乏空氣。

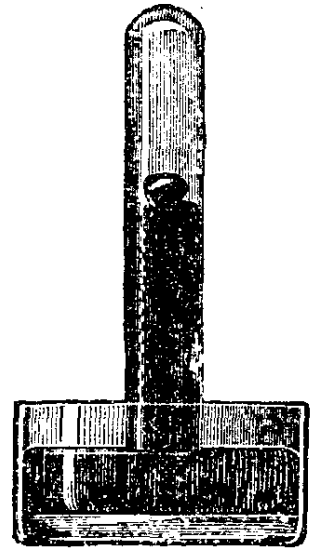
日久漸漸腐敗。變而成煤。故煤有多種。其歷變最久者。含碳最多。而質亦最堅。是之謂白煤 (Hard coal 又名 Anthracite)。其歷變之時日較淺者。含碳較少。常雜他種未變盡之物。而質亦不堅。是之謂煙煤 (Soft coal 又名 Bituminous coal)。此外尚有歷變之時日甚淺者。則含未變盡之物甚多。質亦極鬆。是之謂木煤 (Lignite)。

若將煤閉器中。使不見空氣而加熱之。(因見空氣。則煤將燃燒。) 則放出可燃點之氣體。(煤氣燈公司。即藉此理以製煤氣 Coal gas。) 所剩之物質。謂之焦炭 (Coke)。此種焦炭。在空氣中燒之。可免生煙。故煤竈爐中常用之。煤能在空氣中燃燒。白煤發熱最大。煙煤次之。木煤又次之。

b. 木炭 (Charcoal)。考植物體內含碳甚富。故若將樹木密閉器中。使不通空氣而熱之。則其中之氣體放出。而所剩之物質。即為木炭矣。木炭在空氣中能燃燒。且不生煙。故火盆中常用之。又

木炭中小孔甚多。孔中含有空氣。故質甚輕。能浮於水面。且能吸收多量之氣體。因小孔既多。則面積甚大。故多量之氣體能凝結於其上也。此種作用。謂之表面作用 (Surface action)。可試驗之如下。

試驗 87. 如第三十九圖。取一玻璃管。滿盛水銀。倒置於水銀槽中。乃以阿摩尼亞氣(可照前第 73 頁試驗 31 製備之)少許。導入管中。則管中水銀被壓下。乃以木炭一小塊。用鐵鉗執持。置火中熱之。(乃使小孔中一部分之空氣。因膨脹而驅出。)即浸入水銀槽。使之上昇管中。則見水銀漸漸復上昇管中。蓋因阿摩尼亞氣被木炭所吸收故也。



第三十九圖

木炭既有此種表面作用。故若空氣中有不潔之氣。能用木炭吸收之。而使空氣較潔。又如水中有不潔之物。使之經過木炭。亦能變為較潔之水。故木炭常用為濾水之物。

c. 骨炭 (Bone black 又名 Animal charcoal)。考動物亦含碳甚富。故若將動物之骨。閉鐵器中。使不見空氣而熱之。則成骨炭。此物亦能吸收不潔之物。工業中常用之。如初製出之糖。並不潔白。然若使之濾過骨炭。則變成潔白之糖。以下試驗。可顯明骨炭有吸收他物質之性。

試驗 88. 以一填有過濾紙之漏斗。中置骨炭。乃以洋藍墨水之稀溶液。傾入漏斗中。則濾出之水。即無藍色。若一次不能盡去藍色。可再傾入漏斗中濾之。

d. 燈煙 (Lamp black)。此係一種極微細之碳質。將冷器置油燈燄上。即成是物。此物常用為一種黑顏色料。能歷久不退。蓋碳不易與他物直接化合也。

e. 純碳 (Pure carbon)。以上各種無定形碳。常雜有他物。故不十分純潔。若欲製純潔之碳。可將糖閉器中加熱之。則糖中之氫氧。化合成水。而純潔之碳可分出矣。(糖為碳氫氧三原質所成。而其中氫氧之比例。適可成水。) 如此製得之純碳。為一種黑色之

鬆粉末。頗有光彩。

〔金剛石〕 (2) 金剛石 (Diamond)。金剛石係一種結晶形之碳。常產於天然間水成之亂石中。然為數甚少。金剛石質極堅硬。為物質中之最堅者。故可為鑽礦石磨物件等用。若將金剛石加熱之。則先膨脹成一種黑色物質。頗似石墨。若再加熱。則與氧化合成二氧化碳氣。故金剛石亦為碳之一種也。

註。 至天然間金剛石之結成法。尚不能確知。惟法國化學家名毛孫 (Moissan) 者。發明假製金剛石之法。法以鐵加大熱。使鎔為液體。乃加以碳 (即無定形碳)。使溶於鐵中。然後將液體之鐵。傾入冷水中。則液體之鐵。忽成固體之鐵。當其由液體變為固體時。體積忽然縮小。故鐵中之碳受有極大之壓力。而變為金剛石。若將此鐵溶於鹽酸中。則金剛石即分出。因金剛石不能溶化於鹽酸中故也。

〔石墨〕 (3) 石墨 (Graphite)。石墨亦係一種結晶體之碳。天然間產之。質不堅硬。為一種有光彩灰色之物。以手執之。頗覺滑膩。石墨能傳熱及電。

(金剛石則否。)在氧氣中熱之。則燃燒而成二氧化碳氣。故石墨亦為碳之一種也。石墨可為製鉛筆等用。故用處亦大。吾人亦可以設法製之。法以碳百分之 97。(如木炭焦炭之類。) 與鐵百分之 3 相混。而以電流通過之。即成石墨。(可與製金剛石法比較之。)

碳之緊要
化合物

以上既述碳原質之種類。今將碳之緊要化合物考之。惟碳之化合物。種類繁多。(約有七萬種之多) 故化學家另立專部。名有機化學者考之。此處祇將極緊要之二種化合物。即一氧化碳 (CO Carbon monoxide) 及二氧化碳 (CO₂ Carbon dioxide) 研究之。

[一
化
氧
碳]

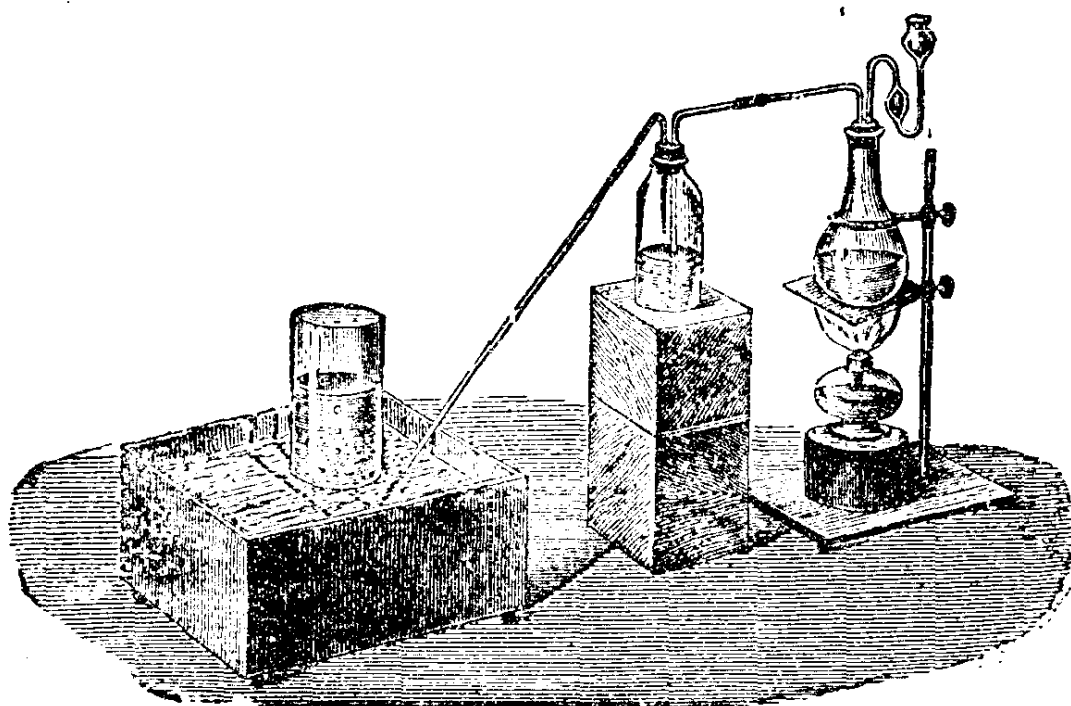
(1) 一氧化碳 (CO Carbon monoxide)。此物係一種氣體。其製法有多種。惟最簡者。為將草酸 (C₂H₂O₄ Oxide acid) 及硫酸一同熱之。則草酸失其水分。(因硫酸與水之愛力甚大。故草酸中之水分。被硫酸吸出。) 其變化如下。



草酸 失去水分 一氧化碳 二氧化碳

考此變化。成 CO 及 CO_2 二種氣體之混合物。然若將此混合物通過氫氧化鉀 (KOH Potassium hydroxide) 溶液。則 CO_2 被其收去。(參觀第 146 頁 $2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 公式。) 而 CO 則否。故可藉此使與 CO_2 分開而取之。

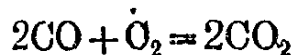
試驗 89. 裝配器具一套。如第四十圖。於右邊瓶中置約 10 公分固體草酸及約 50 公分濃硫酸之混合物。中間之瓶盛氫氧化鉀之溶液。乃將右邊之瓶加熱。則有 CO 及 CO_2 放出。通過氫氧



第 四 十 圖

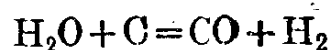
化鉀溶液。則 CO_2 即被其收去。所剩之 CO 。即由左邊玻璃管端放出。可用排水取氣法取之。（因此氣較空氣為輕。且不溶化於水內。）

若將取得之 CO 氣一筒。用玻璃片緊蓋其口。取出置桌上。去玻璃蓋而以火柴點之。則見 CO 燃燒。發藍色之火燄。蓋 CO 與氧化合而成 CO_2 故也。



一氧化碳。係一種無色無味無臭之氣體也。考此氣頗毒。故不可多吸。（科學家考得此氣吸入體中。則能與血成一種紅色之物（Carboxyl-haemoglobin）。尋常之血。能將養氣分佈體中。而此物則否。故毒。）此氣稍能溶化於水內。在空氣中能燃燒。發藍色火燄。而成二氧化碳。此氣與氧之愛力頗大。故係一種還原劑。

以上製備 CO 之法。為化學室中所常用者。然此外尚有多種作用。亦能發生 CO 氣。例如若將水氣通過燒熱之碳上。則成 CO 及輕氣之混合物。



按此混合物中之 CO 。既能在空氣中燃燒（成 CO_2 ）。

而 H 則亦能在空氣中燃燒 (成水H₂O)。故此混合物。可為燃點之用。工業中常有製之以供燃料者。謂之水加斯 (Water gas)。惟 CO 既毒。故用之頗為危險。

又如將二氧化碳氣。經過燒熱之碳上。則亦成 CO。常見火爐發藍色之燄者。即因養氣不足。初成之 CO₂。遇上層燒熱之碳而成 CO 故也。



註。 此法可將 CO₂ 變成 CO。然以上曾見 CO 若燃燒則變為 CO₂。故此二者。可設法使之互相變換也。

又如將一分之第一鐵精化鉀。(K₄FeC₆N₆Potassium ferrocyanide 參觀前第 150 頁上小註。) 與十分之硫酸加熱。則亦成 CO。此法頗佳。以之製 CO。亦甚為適用。故化學室中。亦常用此法以代草酸法者。



〔二 氧
化 碳〕

(2) 二氧化碳 (CO₂ Carbon dioxide) 此物亦係一種氣體。前論空氣時。曾見空氣中含有此氣。

(參觀前第 33 頁試驗 17。) 考此氣之化合物。礦物界中存之頗多。如石灰石 (CaCO₃ Limestone) 等是也。此種礦石遇酸類。則二氧化碳氣即行放出。故化學室中。常用此法以製此氣。例如



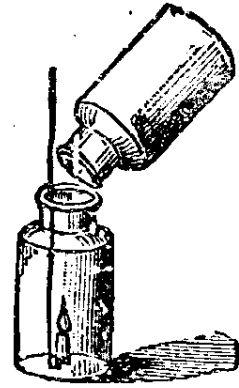
試驗 90. 以石灰石置一瓶中。(如第二十七圖之甲。見第 105 頁試驗 46。) 乃將鹽酸由漏斗加入瓶內。則立即有 CO₂ 氣放出。(不必加熱) 可用排空氣法取之。(CO₂ 較空氣為重。故收取之玻璃瓶。不必倒置。) 如此共取數筒或數瓶。以備試驗。

以上取得之二氧化碳氣數筒或數瓶。可試驗之如下。

試驗 91. 以透明之石灰水傾入一筒中。緊閉筒口而搖之。則石灰水變白濁色。因成爲碳酸鈣故也。(Ca(OH)₂+CO₂=CaCO₃+H₂O 參觀第 33 頁試驗 17。) 考尋常他種氣體。不能使石灰水成白濁色。故此可爲試驗 CO₂ 之用。

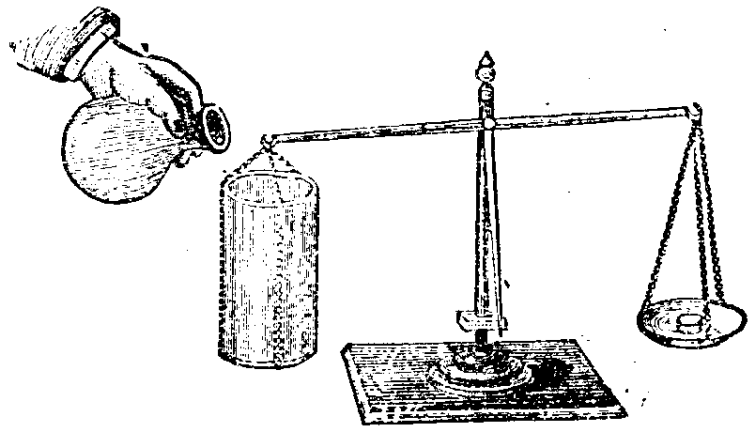
試驗 92. 以燃燒之火柴。用鐵鉗執之。入一 CO₂ 筒中。則火即熄滅。可知 CO₂ 係一種不助燃燒之體也。

另取一空玻璃瓶。底置燃燒之小燭一枝。乃以一筒之 CO_2 氣傾入。如第四十一圖。則燭亦即熄滅。可知 CO_2 氣。猶如水之可由此器傾入彼器也。



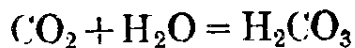
第四十一圖

試驗 93. 以天平之一端。懸一空玻璃筒。他端加以法碼。使天平二邊等重。乃以一筒 CO_2 氣傾入空玻璃筒中。如第四十二圖。則見天平失其平均。而懸筒一邊下墜。可知 CO_2 較空氣為重也。



第 四 十 二 圖

試驗 94. 以藍試紙一片。用水溼之。然後以鉗執之。入 CO_2 筒中。久之。即見藍紙變淡紅。蓋因 CO_2 與水化合而成碳酸 (Carbonic acid)。而此酸之性甚弱故也。



考二氧化碳係一種無色之氣體。較空氣為重。
(約重一倍半) 能溶化於水內。在尋常之熱度時。一

體積之水。約能溶等體積之 CO_2 。若熱力加增。或熱度減低。則溶化較多。考 CO_2 溶於水內。久之。能與水化合而成碳酸 (H_2CO_3)。惟此碳酸極易分解而復為 CO_2 及 H_2O 。故若將熱度加高。則一部分之 CO_2 復行放出。或將壓力減少。則一部分之 CO_2 亦能放出。吾人所飲之汽水。(俗名荷蘭水 Lemonade) 即係用壓力所製之 CO_2 溶液。故一去瓶之木塞。則氣體即行放出。

考二氧化碳氣極易變為液體。若將熱度減至負 5°C 。壓力加至 30.8 氣壓。則即變為液體。若將壓力減去。則液體自行蒸發。當其蒸發時。吸收極大之熱力。故一部分之液體。即變為固體。

又 CO_2 氣不能助燃燒。故燃燒之物遇之。即被熄滅。科學家以之製一種救火物 (Extincteur)。法以一金類所製之器。中置碳酸鈉及硫酸。以發 CO_2 氣 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$)。嚴密閉之。則 CO_2 氣不得外放。一有火警。開放此器。則 CO_2 氣

射出。如火勢不甚大。可因此而撲滅也。又考動物在 CO_2 中。不能生活。非因 CO_2 有毒性也。(與 CO 異。)實因動物不可無養氣。若空氣中 CO_2 多。則養氣即少。此 CO_2 之所以有害耳。猶如人在水中則死。非水之有毒。亦因乏養氣故耳。故室中若有此氣過多。人即發頭痛疲倦等症。久之則死。(故為衛生計。室中窗戶常當開放。)吾國之人。常有因將火盆置嚴密之臥室中。以致殞命者。即因此氣過多故也。(且火盆中更發 CO 氣。性甚毒。與 CO_2 相雜。人吸之。尤易致死。)

碳在動植物二界
中之循環作用

考動物體中呼出之氣。亦含有二氧化碳氣。可試驗之如下。

試驗 95. 如第四十三圖。以細玻璃管插入透明之石灰水中吹之。不久。則見石灰水變濁色。可知人體中呼出之氣。有 CO_2 氣也。

按動物吸入體中者為養氣。

(由空氣中得之。無養氣則死。)而呼

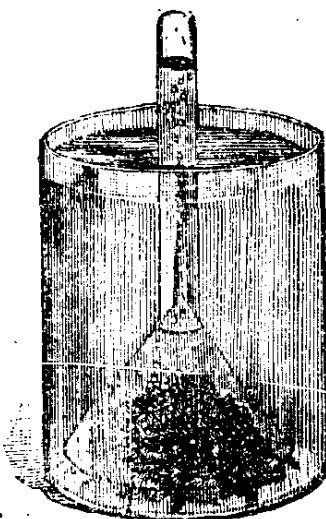
出者。則為二氧化碳氣。至植物則不然。適與動物



第 四 十 三 圖

相反。能吸入二氧化碳氣而放出養氣。可試驗之如下。

試驗 96. 如第四十四圖。取一高玻璃器。內盛含有多量 CO_2 氣之水。(可將 CO_2 氣通過水中少時即得。) 乃以植物一束之鮮綠葉。用漏斗覆之。下入於水中。另將一試管滿盛以水。倒置於漏斗之玻璃柄上。置日光中曝數小時。則見水中葉面漸發氣



泡。上昇於試管中。待集有多量之氣泡後。第四十四圖
緊閉管口。取出而以殘燼木片入之。則見殘燼復明。可知此氣係養氣。而為綠葉吸收 CO_2 氣後所放出者也。然若在暗處作此試驗。不使見日光。則綠葉不放養氣。可知綠葉吸收 CO_2 氣後。須藉日光之力。始能將 CO_2 氣分解而放出養氣也。

由上觀之。植物吸收二氧化碳氣而放出養氣。所放之養氣。為動物所吸收。而復成為二氧化碳氣。再放出以備植物之用。故動植二物相依為用。而使空氣之中。不致二氧化碳氣過多。或養氣過少也。且植物吸收二氧化碳氣。藉日光之力。

於綠葉中分解之。用其炭氣而放其養氣。故植物中含有碳質甚多。動物取植物而食之。則此碳質在動物體中。一部分與吸入之氧化合。成二氧化碳氣。再放出爲植物之用。一部分留在體中者。待動物死後。起腐敗之作用。亦成爲二氧化碳氣。故終究動物所食之碳質。仍歸諸植物也。此植物更爲動物所食。故碳在動植物二界中。如此循環不已。於是動植二物因此得以生活。然則碳之爲用。豈不要哉。且熱力爲人所不可少之物。人體所以不冷而得以生者。卽因所食之植物。能與氧化合而發熱力之故。此植物食料所發之熱力。卽來自日光者也。（考得欲將二氧化碳變成可食之料。如葉綠中所爲者然。須吸收若干之熱量。故以上試驗96若在黑暗中爲之。則不起變化。而無養氣放出。）故植物能吸收日光之熱力。造成含有化學能力 (Chemical energy) 之物質。而爲動物生活之用。生命之機。造成之妙。在於此矣。

附火燄之研究 (Flame)

以上既述碳之緊要作用。茲將物質燃燒時所發之火燄考之。蓋尋常燃燒物質。所發之火燄。多半爲碳與氧之化合作用。例如煤氣燭火酒精等。均含有碳質。燃燒時均發火燄。故此處附以火燄之研究。殊頗適宜。且火燄大意。爲習化學者所不可不知。故論及之。

二物質均係氣 體始發火燄

考凡二物質化合時。如均能成氣體。則能發火燄。如有一物不成氣體。則祇發光亮而無火燄。例如煤氣燃燒能生火燄。因煤氣與養氣均係氣體故也。至鐵與氧化合。則祇發極大之光亮。而無火燄。因鐵不成爲氣體故也。燃燭時。固體之蠟。先被熱鎔爲液體。然後變爲氣體而上昇。故亦發火燄。油及火酒等亦均能成氣體。故燃燒時均發火燄。

火 燄 之
組 成

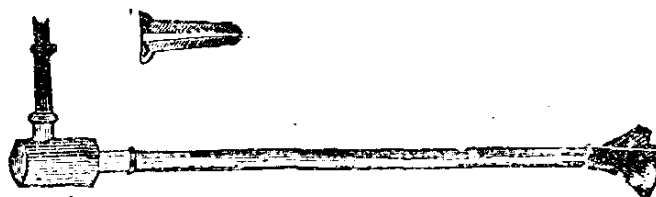
由此觀之。火燄者。由二種氣體燃燒而成者也。考火燄之組成。視所燃之氣體。

而異。其最簡單者。共分內外二層。如第四十五圖。內層之氣體。尚未與養氣化合。故較冷。外層之氣體。直與養氣化合。故甚熱。以物置此外層火燄中。則被其燒熱。極易起與氧化合之作用。故外層火燄。謂之氧化燄 (Oxidizing



flame)。至內層火燄。則亦極欲與氧化、第四十五圖化合。惟因空氣中之氧。被外層火燄所阻。故不克與氧化合。若將含有養氣之氧化物。入內層火燄。則養氣被奪而物質還原。故內層火燄。謂之還原燄 (Reducing flame)。氧化燄中最熱之處。即為外層之尖端。故物質置此尖端中。最易氧化。還原燄中最熱之處。即為內層之尖端。故置物於尖端中。最易還原。此種氧化燄及還原燄。化學中常用之。若欲增加其氧化及還原之能力。可用吹管

(Blowpipe) 入燄中吹之。則火燄曲折。而所發之氧化及還原二燄。(參觀前第216頁試驗78。) 能力較大。有一部分化學。名吹管分析 (Blowpipe analysis) 者。即用吹管以識別多種物質之法也。吹管之式樣。常用者如第四十六圖。



第四十六圖

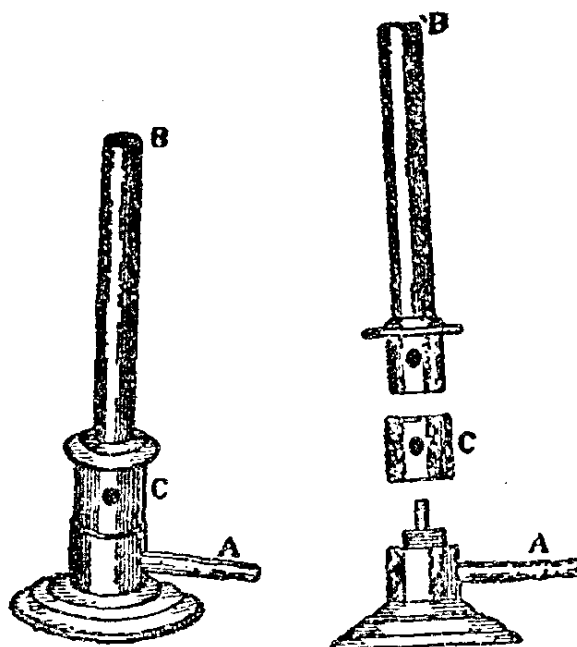
火燄所發光亮所以有強弱之故

學者既明火燄之組織。當進而研究火燄之明暗 (Luminosity

of flames)。何以有幾種火燄。發光頗大。而有幾種火燄。則發光甚微。例如何故吾國舊式油燈所放之光。不若洋燈之大乎。化學家考知火燄光亮之不同。其故有三。即火燄熱度之關係。火燄密度 (Density) 之關係。及燄中有無固體質點之關係是也。例如煤氣。若使經過極冷之管。而後燃點之。則煤氣燈所發光亮較微。若先加熱。而後燃點之。則光亮亦增。此熱度之關係也。又考得若使煤氣

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。而高處則空氣較稀之故。此密度之關係也。前見氫氧化合時無甚光亮。(第 42 頁試驗 23。)若使射於石灰上。則頓發極大之光。(參觀第 43 及 44 頁氫氧氣吹管。)此燄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。蓋此罩係以氧化鈦 (Thoria) 等製成。為固體物質也。)

註。化學室中常用之本生燈。(Bunsen burner 係一種燒煤氣之燈。較火酒燈為佳。)如第四十七圖。頗能顯明使光亮強弱之作用。B 為一管。管之下端有二小孔。可以旋轉之短套 C 啓閉之。A 為通入煤氣之處。若將煤氣通過。在 B 管上端燃點之。啓小孔。則火燄光亮極弱。蓋如此則冷空氣通入甚多。故熱度減



第 四 十 七 圖

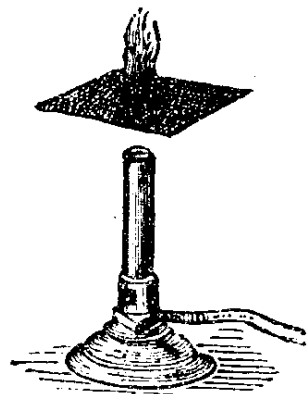
低。煤氣之密度。亦被空氣使之稀淡。且養氣既足。則煤氣中之固體碳質點。幾盡被氧化。有此三者之關係。故光亮即弱。今若將小孔閉塞。則見光亮即大增。蓋如此則空氣不得入內。適與前理相反故也。

製造安全
燈之原理

學者既明火燄之要點。今當再考安全燈 (Safety lamp) 之製法。考開礦時。礦中常發一種氣體名沼氣 (CH_4 , Methane) 者。與空氣相混。一見尋常之燈火。即行爆裂。因此而殞命者甚多。幸科學家台威氏 (Davy) 發明安全燈。用之可免危險。其製造此燈所藉之原理如下。

前第 21 頁。曾言物質之燃燒。須達一定之燃度。
考二氣體相遇。亦須達一定之燃度。始能燃燒而發大燄。可先試之如下。

試驗 97. 以本生燈燃點之。以方鐵絲網壓入火燄中。則見氣體祇在網之下面燃燒。而網之上面則無火燄。蓋因逃至網上之氣體。冷至燃度之下故也。今若將火吹滅之。而在網上以火點之。則見祇在網之上面燃燒。

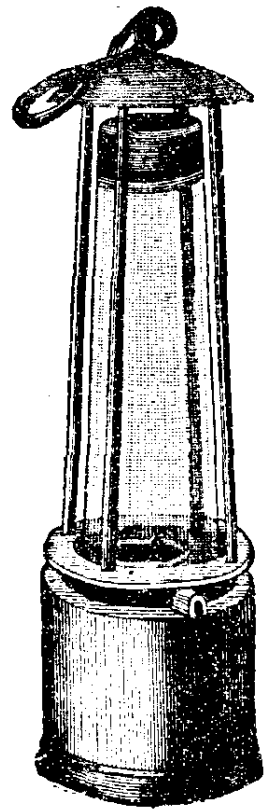


第四十八圖

而下面則否。如第四十八圖。蓋因下面之氣尚在燃度之下也。

安全燈即藉此理製成。如第四十九圖。以鐵絲網罩油燈外。使火燄在網中燃燒。以之入礦中。則網外所遇之沼氣及養氣。均在燃度之下。故不致燃燒而起爆裂矣。

第
四
十
九
圖



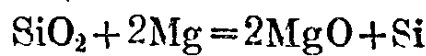
硅 (Silicon Si)

硅之來源
及製法

硅在天然間。散布甚廣。除氧原質外。硅為散布最廣之原質。惟恆與他物化合。如石英 (Quartz SiO_2) 為硅與氧之化合物。為量極多。有數處之山。幾盡為此物所成。又如海灘之沙。亦幾盡為此物。

若將石英擊成粉末。加鎂粉末而熱之。則硅即

分出。

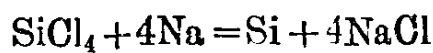


硅之多
形體

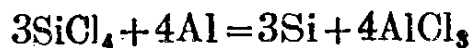
硅亦有結晶及無定形之二種多形體。

(參觀第 238 頁碳之多形體。) 例如若將氯化硅

(SiCl_4 Silicon tetrachloride) 與鈉加熱。則得無定形硅
(Amorphous silicon) 爲一種黑稜色之粉末。



然若將四氯化硅與液體之鋁(可將鋁加熱。在輕氣中
鎔之。以免氧化。)一同加熱。則得針式結晶硅(Crystalli-
sed silicon) 爲一種明亮灰色之結晶固體。



無定形硅在空氣中可以燃燒。而成二氧化硅。

(SiO_2 Silicon dioxide 組織與石英同。惟二氧化硅爲化學名稱。
石英爲礦石名稱。) 而結晶硅則否。又結晶硅較無定
形硅爲重。且極堅硬。

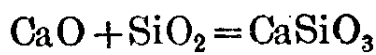
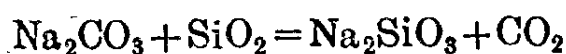
此二體之硅。在水中均不能溶化。又在尋常之
酸類中。亦均不能溶化。無定形硅能在氟酸(HF)
中溶化。結晶硅能在氟酸及硝酸之混合物中溶

化。

硅之緊要 化合物

今將硅之緊要化合物考之。

(1) 二氧化硅 (SiO_2 Silicon dioxide 又名 Silica) 此物極有用處。玻璃 卽以此物製成。法以沙 (Sand 因係二氧化硅) 加生石灰 (CaO) 及碳酸鈉 (Na_2CO_3) 一同加大熱。使之鎔爲液體。然後冷之。則結成透明之固體。卽玻璃也。考其變化。係沙先與碳酸鈉及石灰。成硅酸鈉 (Na_2SiO_3 Sodium silicate) 及硅酸鈣 (CaSiO_3 Calcium silicate)。

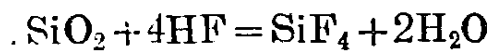


所成之 Na_2SiO_3 及 CaSiO_3 乃與沙 SiO_2 鎔成玻璃。

(2) 氯化硅 (SiCl_4 Silicon tetrachloride) 及 氟化硅 (SiF_4 Silicon fluoride) 無定形硅及結晶硅在綠氣中加熱。均能直接化合而成氯化硅。係一種無色之液體。若將結晶硅入弗氣中。則能自行燃燒而成氟化硅。係一種無色之氣體。

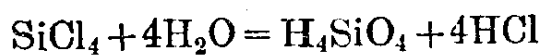
前第十一章論氟酸時。見玻璃能與氟酸起作用。

(參觀第 120 頁試驗 57。)因玻璃中之二氧化硅。亦能與氟酸成氣體之氟化硅故也。

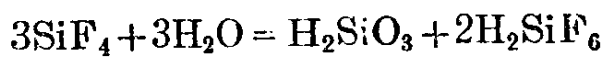


註。硅與溴碘。亦有化合物。如硅化溴(SiBr₄ Silicon bromide)及硅化碘(SiI₄ Silicon iodide) 之類。茲不概述。

(3) 硅酸(Acids of silicon)○硅酸共有多種。其最要者爲正硅酸 (H₄SiO₄ Orthosilicic acid) 間硅酸 (H₂SiO₃ Metasilicic acid) 及硅氟酸 (H₂SiF₆ Hydrofluosilicic acid)○例如氯化硅遇水則生正硅酸。



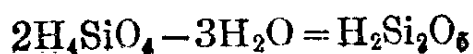
氟化硅遇水。則成間硅酸及硅氟酸。



註。考間硅酸 H₂SiO₃ 較正硅酸 H₄SiO₄ 少一分子之水。以實驗試得。若將正硅酸熱之。即失其水分。而成間硅酸。



又此外尚有多種硅酸。名多硅酸 (Polysilic acid)。此種多硅酸。均可作爲由正硅酸失水分而成。例如二分子之正硅酸。失三分子之水。則成一種多硅酸。



又如三分子之正硅酸。失四分子之水。亦成一種多硅酸。



此種酸類。既極易失水分而變化。故頗難取得純潔者。考化學中一種原質。常有能成多種酸類者。不獨硅爲然也。例如磷硫等。亦能成多種酸類。(後詳)

硅氟酸 (H_2SiF_6) 係一種白色膠狀之固體物質。頗爲特別。分析化學中。常藉此得以識別氟酸。可試之如下。

試驗 98. 取一試管。中置氟化鈣 (CaF Calcium fluoride) 及沙之混合物少許。加以濃硫酸。(不必太多。以能浸沒混合物爲度。) 漸漸加熱。則有氟化硅氣放出。(因 $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HF} + \text{CaSO}_4$ 此 HF 乃與沙化合而成氟化硅 $\text{SiO}_2 + 4\text{HF} = \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。) 然後以一端蘸有冷水之溼玻璃梗。入試管中。(不可與硫酸相遇。亦不可與管周玻璃相觸。) 須臾取出視之。則見玻璃梗上。結有白色之固體物。即硅氟酸 ($3\text{SiF}_4 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{H}_2\text{SiO}_3$) 也。故此可爲管中本有氟酸之證。因管中若無氟酸。則無氟化硅。無氟化硅。則不能與水生此白色之硅氟酸也。

此外尚有他種硅之化合物。如硅酸化合物 (Silicates) 碳化硅 (Carbon silicide) 氫化硅 (SiH_4 Silicon

hydride) 等類。茲不概述。

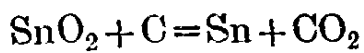
註。學者既明以上硅之要點。當已察知硅與碳頗極相似。例如碳有多形體。硅亦有多形體。碳有二氧化碳 (CO₂)。而硅亦有二氧化硅 (SiO₂)。碳有碳酸 (H₂CO₃)。而硅亦有間硅酸 (H₂SiO₃) 等是也。可知週期表第四類乙族原質中。碳與硅之極為相似矣。(按此族中錫與鋁亦極相似。待後自知。)

錫 (Tin Sn)

錫之來源, 製 法及性質

錫在天然間。常與氧化合而成錫礦石 (SnO₂ Cassiterite)。此石中常雜有硫砷等物。

若將錫礦石擊成粉末。用水將泥土洗去。然後在空氣中加熱。則所雜之硫砷等物飛散。再以水洗之。使之較潔。然後加以碳而熱之。則錫即分出矣。



但所得之錫。仍不甚純潔。若再加熱鎔之。則先鎔之一部分。較為純潔。可流出而取之。

錫係一種光白色之金類。質頗柔軟。可以刀割之。富有展性。故可造成錫箔。抽成線絲。在尋常之熱度時。置空氣中。不起變化。故常有用以塗銅鐵等之面。以防蝕銹者。俗所謂洋鐵。即塗有一層錫之鐵皮也。若將錫在空氣中加熱。則能燃燒而成二氧化錫 (SnO_2 Stannic oxide)。錫遇酸類之稀冷溶液。亦不起變化。惟遇濃溶液。則起變化。錫與他種金類。亦能成有用之合金。例如與銅鋅之合金。為各國常用之銅幣 (參觀第167頁銅之合金) 是也。

錫之緊要 化合物

錫與他物化合。常能成二種原子價之化合物。即原子價二 (如 SnO 之類) 及原子價四 (如 SnO_2 之類)。今將錫之緊要化合物考之。

(1) 氧化錫 (Oxides of tin)。錫與氧化合。能成二種化合物。即一氧化錫 (SnO Stannous oxide) 及二氧化錫 (SnO_2 Stannic oxide) 是也。若將錫在空氣中加熱。則恆成爲 SnO_2 而不成 SnO 。然若將草酸錫

(SnC_2O_4 Stannous oxalate) 使不見空氣而加熱之。則能成一氧化錫。



一氧化錫極易變為二氧化錫。祇須將一氧化錫在空氣中熱之即得。一氧化錫能溶於酸中。而二氧化錫則否。

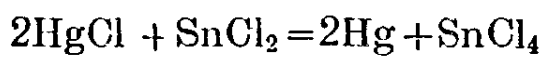
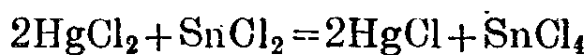
(2) 氯化錫 (Chloride of tin) 錫與氯化合。亦能成二種化合物。即氯化第一錫 (SnCl_2 Stannous chloride) 及氯化第二錫 (SnCl_4 Stannic chloride) 是也。若將錫溶化於鹽酸之濃溶液內。則恆成 SnCl_2 。(將溶液蒸發而冷之。則 SnCl_2 結晶分出。) 若將錫置器中。加熱使鎔。而後以綠氣通入之。則恆成 SnCl_4 。(係一種無色之液體。)

氯化第一錫能使變為氯化第二錫。法以氯化第一錫。置王水中即得。



氯化第一錫。能使他物質還原。例如一遇氯化第二銻溶液 (HgCl_2 Mercuric chloride)。則先使成為氯化第一銻 (HgCl Mercurous chloride) 之白色沈澱。若再

加熱。則繼使還原而成銻。(此作用頗特別。可為試驗 HgCl₂ 或 SnCl₂ 之法。)



試驗 99. 試管中置錫少許。加濃鹽酸少許。則得 SnCl₂ 之溶液。乃加水稀淡之。然後加 HgCl₂ 溶液少許。則得白色之沈澱。即 HgCl 也。今若漸漸加熱。則變為黑色之沈澱。即銻也。(因此處銻係極細之粉末。故黑。)

至氯化第二錫。則與水有極大之愛力。故常用為除水之物。

(3) 錫酸 (5H₂SnO₃ Meta-stannic acid) 錫遇濃硝酸。能成一種白色不溶化之物質。此作用頗為特別。與尋常之多種金類不同。此物質即錫酸也。



試驗 100. 取錫少許。置試管中。加濃硝酸熱之。即生白色之沈澱。

此外尚有他種化合物。如硫化第一錫(SnS Stannous sulphide) 及硫化第二錫 (SnS₂ Stannic sulphide) 硫酸錫 (SnSO₄ Stannous sulphate) 等類。茲不概述。

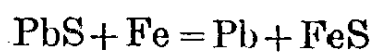
鉛 (Lead Pb)

鉛之來源, 製 法及性質

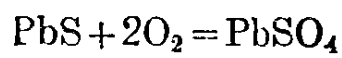
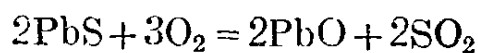
鉛在天然間。常與硫化合。而成硫化鉛礦石 (PbS Galena)。有時亦有成鉛之碳酸化合物硫酸化合物等者。然為數甚少。

吾人所用之鉛。多半由硫化鉛礦石提得。其法有二。

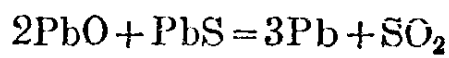
(1) 將硫化鉛加鐵而熱之。則鉛分出。而沈於爐底。可使之流出而取之。

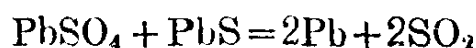


(2) 將硫化鉛先在空氣中加熱。則有一部分因氧化而變成氧化鉛 (PbO) 及硫酸鉛 (PbSO₄)。



今若密閉器中。使空氣不得入內。而後再熱之。則所成之 PbO 及 PbSO₄。與未變之硫化鉛起作用。而鉛即還原。





同時所成之 SO_2 (二氧化硫 Sulphur dioxide) 即飛散而與鉛分離。鉛中常雜有少許之銀。可設法提取之。(見前第 173 頁提銀法。)

鉛係一種青白色之金類。質頗柔軟。較錫為尤甚。故雖以指甲亦可割之。鉛有展性。極易鎔為液體 (327°C)。在空氣中。甚易變黑。(因面上氧化之故。) 鉛置清水中而不使見空氣。則不起變化。惟見空氣。則在水中漸成氫氧化鉛 (Lead hydroxide)。鹽酸及硫酸之稀溶液。與鉛均無作用。惟硝酸則能溶化之。

鉛之用處頗廣。如製鎗彈自來水管等。常以鉛製之。又鉛亦能成有用之合金。如鉛字常以鉛與銻 (Antimony) 之合金製之。(有時加錫。)

鉛之緊要
化合物

鉛與他物化合。其原子價多為二。

(如 PbO 之類。) 然間亦有原子價四之化

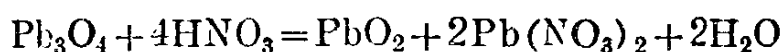
合物。 (如 PbO_2 之類。) 故頗與錫相似。凡鉛之化合

物。均有毒性。

今將鉛之緊要化合物考之。

(1) 氧化鉛 (Oxides of lead) 鉛與氧之化合物。共有多種。其最要者。爲一氧化鉛 (PbO Litharge) 係一種淡黃色之固體。二氧化鉛 (PbO₂ Lead peroxide) 係一種櫻色之固體。及鉛丹 (Pb₃O₄ Red lead or minium 或可寫爲 2PbO·PbO₂) 係一種紅色之固體。

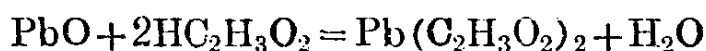
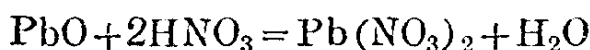
若將鉛在空氣中加熱。在 400°C 以下。則成一氧化鉛 (PbO)。若熱至 400°C 以上。則多收養氣而成鉛丹 (Pb₃O₄ 若更加熱。則復將多收之養氣放出。而復成爲 PbO。) 所成之鉛丹。若加以硝酸。則成二氧化鉛 (PbO₂) 之沈澱。



試驗 101. 試管中置鉛丹少許。加硝酸少許。則紅色之鉛丹。變爲櫻色之二氧化鉛。

(2) 硝酸鉛 (Pb(NO₃)₂ Lead nitrate) 及醋酸鉛 (Pb(C₂H₃O₂)₂ Lead acetate) 此二種鉛之鹽類。均能溶

化於水。爲一氧化鉛與硝酸及醋酸化合所成。



註。 醋酸 ($\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ Acetic acid) 爲一種有機化合物之酸。吾人所食之醋中。即含此酸。

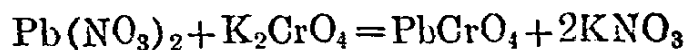
(3) 氯化鉛 (PbCl_2 Lead chloride) 碳酸鉛 (PbCO_3 Lead carbonate) 鉻酸鉛 (PbCrO_4 Lead chromate) 硫酸鉛 (PbSO_4 Lead sulphate)。此四種鹽類。均不能溶化於水內。茲分別論其大略如下。

氯化鉛爲鹽酸與能溶化於水之鉛鹽類所成。例如 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{PbCl}_2 + 2\text{HNO}_3$ 所成之 PbCl_2 。在熱水中能溶化。然在冷水中。則幾不能溶。分析化學中。常藉此理。得與氯化銀 (AgCl_2) 及氯化第一銻 (HgCl) 分開。蓋 AgCl_2 及 HgCl 。雖熱時亦不溶化也。

試驗 102. 試管中置硝酸鉛之稀溶液少許。乃加鹽酸少許。則得白色之沈澱。即氯化鉛也。今若將試管加熱。則沈澱溶化。若再冷之。(若欲速冷。可將試管下端浸入冷水中。) 則復得沈澱。

碳酸鉛 (PbCO_3) 天然間產之。然若將能溶化之鉛鹽類。加以碳酸銨 ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Ammonium carbonate) 則亦可製成是物。例如 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = \text{PbCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$ 。此外尚有一種 鹽基性之碳酸鉛 (Basic lead carbonate) 頗關緊要。常用爲白顏色料 (White lead $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$)。由醋酸，碳酸及水蒸氣作用於鉛而製成者。

鉻酸鉛 (PbCrO_4)。若將能溶化之鉛鹽類。加以鉻酸鉀 (K_2CrO_4 Potassium chromate) 則成黃色之沈澱。即係此物也。此作用頗爲特別。可用爲識別鉛鹽類之一助。 例如



試驗 103. 試管中置硝酸鉛之稀溶液少許。乃加鉻酸鉀溶液少許。則得黃色之鉻酸鉛沈澱。

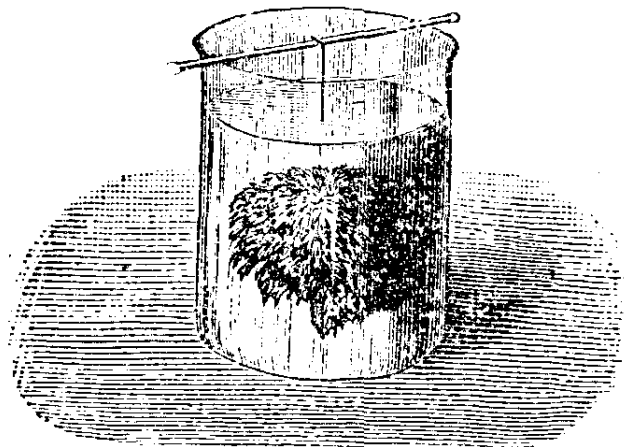
硫酸鉛 (PbSO_4)。此物爲鉛鹽類之溶液與硫酸起作用而成。

鉛可被 鋅驅出

此外尚有他種鉛之化合物。茲不概述。考鉛鹽類之溶液中。若置以鋅。則鉛被

驅出。(可與前第 172 頁銅之被驅比較之。)

試驗 104. 如第五十圖。以一玻璃器。中置鉛鹽類之濃溶液。(如硝酸鉛或醋酸鉛之類。)乃以線繫鋅一片。懸於液中。靜置一盞。至明日上課時視之。則見線端集有鉛頗多。



第 五 十 圖

形如一樹。或又名鉛樹 (Lead tree)。

註. 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 十 九 章

週期表第五類原質之研究

此類原質
之比較

此類亦分甲乙二族。(參觀第 131 頁週期表。) 然甲族中之原質釩, 鈮, 鎳均極稀少。不過在幾種極少之礦石中見之。故可不必研究。至乙族原質。則均為學化學者所不可不知。故須研究之。(甲族原質。亦可因此而略測大意。因與乙族同類。頗有相似之處也。)

考乙族原質。共計有五。即氮 (Nitrogen) 磷 (Phosphorus) 砷 (Arsenic) 銻 (Antimony) 鉍 (Bismuth)。除氮已於前第三章中研究外。磷砷銻鉍四原質。均須於本章中分別考之。

乙族原質之性質。亦顯有一定次序之遞變。例如由非金類 (Non-metal) 而漸入於金類 (Metal)。故氮磷係顯著之非金類。而砷則漸發金類之性。銻則金類性更增。至鉍則為顯著之金類。而無非金

類之性質矣。此五種原質。均能與氧化合。成多種之氧化物。其性質亦由氮至鉍。逐漸遞變。由酸類性漸入鹽基類性。亦足爲此族原質由非金類漸入金類之一證也。

此五種原質。均能與氯化合而成 NCl_3 , PCl_3 , AsCl_3 , SbCl_3 , BiCl_3 。其性質亦有一定之遞變。例如 NCl_3 極不堅固。故一觸即爆。待至 BiCl_3 。則爲堅固之物體。又前見氮能與氫化合。成阿摩尼亞 NH_3 。考磷砷銻亦能成 PH_3 , AsH_3 , SbH_3 。然漸不堅固。故至鉍原質。則竟不能與氫化合。

考此族中第一原質氮。亦顯有特別之處。例如氮爲氣體。而同族中其他原質則否。此週期表之常例也。

磷 (Phosphorus P)

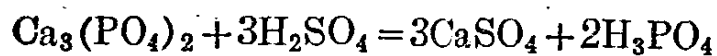
磷之來源 及製法

磷在天然間。恆與他物化合。而成磷酸化合物 (Phosphates)。例如磷酸鈣

($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ Calcium phosphate) 之類。常存於土中。爲植物之肥料。(參觀前第 191 頁鈣之緊要化合物(5)。) 人身中亦有之。以骨內爲最多。每百斤之骨。約有磷酸鈣六十斤之多。

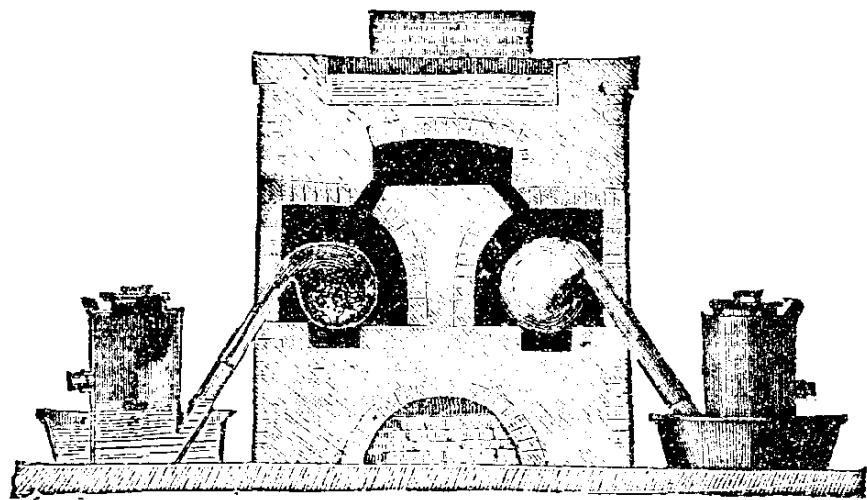
磷常由骨中磷酸鈣提出。其法有二。一爲舊法。一爲新法。而新法較舊法爲佳。茲述其要理如下。

(1) 舊法先將骨燒成骨炭。(參觀前第241頁。) 然後再加硫酸。則得磷酸 (Phosphoric acid) 之溶液。



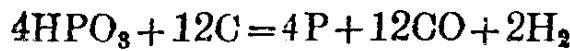
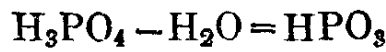
乃將磷酸溶液加熱蒸發。使成漿汁狀。以縮小

其體積。
再加碳
燒乾之。
則體積
更小。然
後置曲



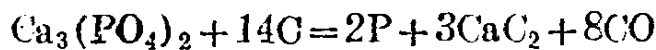
第 五 十 一 圖

頸瓶內入火爐中熱之。如第五十一圖。磷即蒸出。考其變化。爲磷酸先失其水分。而成間磷酸 (Meta-Phosphoric acid)。此間磷酸乃與碳起作用。將磷分出。



此分出之磷。因熱而成氣體。可導入冷水中凝取之。如此取得之磷。不甚純潔。可先在熱水中溶之。則大部分雜質上昇液面。可取去之。待水再冷後。即凝爲較純之磷。

(2)新法取磷。係用電氣。法以骨炭加碳。置電爐中通以電流。則磷即蒸出。可導入冷水凝取之。故甚簡易也。



磷之要性及其
多形體(即紅磷)

考尋常之磷。係一種微帶黃色
半透明之固體。謂之黃磷 (Yellow

Phosphorus)。質軟如蠟。磷與空氣中之氧極易化合。

(參觀第 19 頁試驗 8。)故須置於水內保存之。磷在水中。不能溶化。然在二硫化碳(CS_2 Carbon disulphide)液體中。則極易溶化。若將此溶液傾於紙上。待其自乾。則該紙能自行燃燒。磷在黑暗處遇溼空氣。則常發微光及白霧。磷所發之白霧。性頗毒。不可吸之。磷在明處極易變化。終成梭黑色。

磷在密器中熱至 30°C 。即變為液體。至 240°C 及 250°C 之間。即變成一種紅色之磷。謂之紅磷 (Red phosphorus)。此種紅磷與尋常之黃磷不同。蓋係磷之多形體也。若再熱至 260°C 以上。則復變為尋常之黃磷。若再熱至 269°C 。則變為氣體之磷。

考紅磷與尋常之黃磷。性質大異。例如黃磷頗毒。而紅磷則不毒。黃磷在暗處發微光。而紅磷則否。黃磷能溶化於二硫化碳液體內。而紅磷則否。黃磷雖在乾空氣中。亦與氧化合而起變化。紅磷則否。黃磷在空氣中加熱。易起燃燒。而紅磷則非熱至 240°C 。不起燃燒。

用磷製火柴之法

磷之要用。在製造火柴。黃磷可製尋常之火柴。(即吾國市上所售之紅頭火柴。)紅磷可製安全火柴。(Safety matches 即市上所售之黑頭火柴。)按黃磷頗毒。故尋常火柴。頗為危險。且此種火柴。一觸硬物。立起燃燒。尤為危險。至安全火柴。則與此異。故較佳。考尋常火柴之製法。以一木片。先將一端浸入蠟油 (Paraffin wax) 內。以便易於燃燒。然後浸入膠水, 黃磷, 及氯酸鉀 (KClO_3 Potassium chlorate) 之混合物內。待其乾後。即可用之。至安全火柴。則以一端浸有蠟油之木片。浸入膠水, 重鉻酸鉀, ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ Potassium dichromate) 鉛丹, (Pb_3O_4 Minium) 硫化銻, (Sb_2S_3 Antimony sulphide) 及氯酸鉀之混合物即成。此火柴須在紅磷及硫化銻之混合物上擦之始燃。故可將此混合物塗於盛火柴之匣上。以備應用。

磷之緊要化合物

今將磷之緊要化合物考之。

(1) 無水磷酸 (P_2O_5 Phosphorus anhydride)。

磷置空氣中或在空氣中燃燒。則與氧化合。而成無水磷酸。前第 19 頁試驗 8 及第 26 頁試驗 14 所成之白霧。即此物也。性頗毒。不可吸之。冷則凝爲一種白色之固體。

註。 此外尚有磷之氧化物。如四氧化磷 (P_2O_4 Phosphorus tetroxide) 及三氧化磷 (P_2O_3 Phosphorus trioxide) 等。爲磷在少量之空氣內加熱所成。此三種磷之氧化物 (P_2O_5, P_2O_4, P_2O_3) 若與前第 85 頁 N_2O_5, N_2O_4, N_2O_3 等氮之氧化物比較之。尤足證同族原質之相似矣。(氮磷係同族原質。)

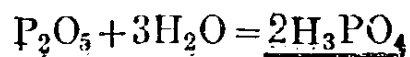
(2) **磷酸** (Acids of phosphorus) 磷酸共有多種。其最要者如下。

正磷酸 H_3PO_4 Orthophosphoric acid

過磷酸 $H_4P_2O_7$ Pyrophosphoric acid

間磷酸 HPO_3 metaphosphoric acid

若將以上燃燒所成之無水磷酸 (P_2O_5) 溶化於熱水內。則成正磷酸。可使結晶而分出之。爲無色之結晶體。極易溶化於水內。



若將此正磷酸熱至 213°C 。則二分子之正磷酸失一分子之水。即成過磷酸。係一種白色之固體。亦極易溶化於水內。



若更加大熱。將過磷酸燒紅。則復失一分子之水而成間磷酸。係一種透明有光彩之固體。亦極易溶化於水內。

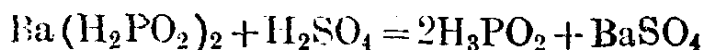


由是觀之。以上三種磷酸。組成之不同。惟在所含水分之多寡而已。

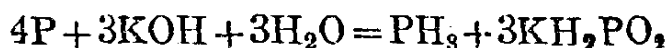
註。 此三種磷酸。可加硝酸銀 (AgNO_3) 以識別之。則正磷酸生淡黃色之沈澱 (Ag_3PO_4)。過磷酸生白色結晶之沈澱 ($\text{Ag}_4\text{P}_2\text{O}_7$)。間磷酸生白色如膠狀之沈澱 (AgPO_3)。此外尚有亞磷酸 (H_3PO_3 , Phosphorus acid) 及次磷酸 (H_3PO_2 , Hypophosphorous acid) 二種。均係白色之結晶體。亞磷酸為三氧化磷溶化於冷水內所成。



次磷酸則為一種磷酸鉍 (Barium phosphate) 與硫酸化合而成。



(3) 磷化氫 (PH_3 Phosphine)。前見氮與氫能化合成阿摩尼亞 (NH_3)。考同族之磷。亦能與氫化合而成磷化氫 (PH_3)。然 NH_3 有極強之鹽基性。而 PH_3 則祇稍有鹽基性。可證同族原質之化合物。其性質顯有一定次序之遞變也。其製法為將磷與氫氧化鉀或氫氧化鈉溶液。一同加熱而成。

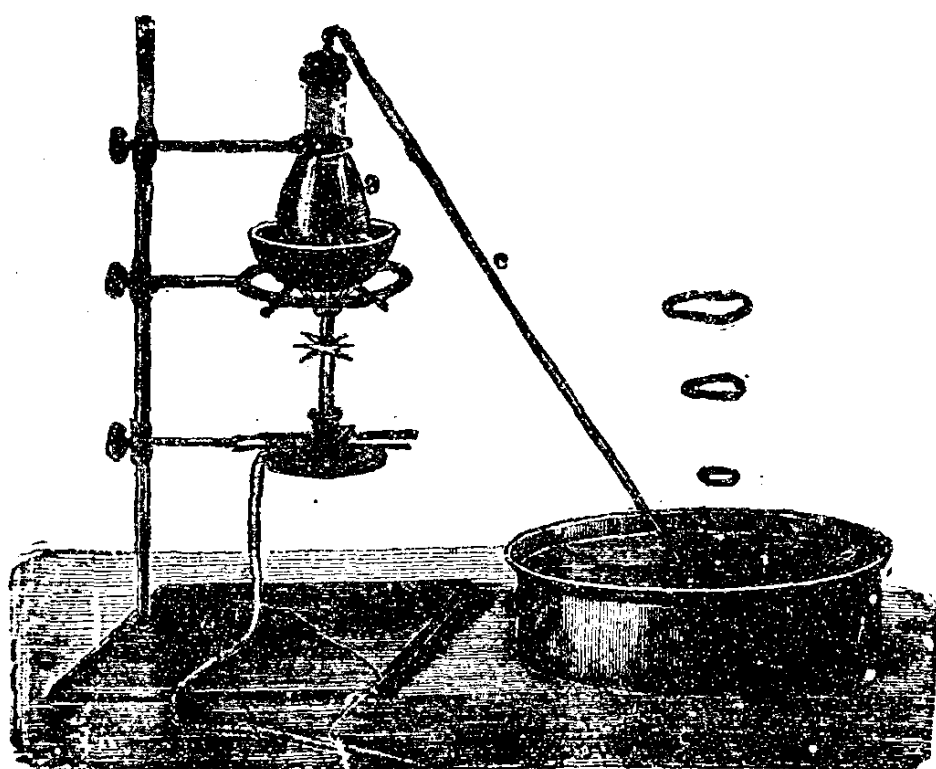


磷化氫係一種無色之氣體。有臭味。頗似魚在腐敗時所發之臭。性甚毒。不可吸之。此氣在空氣內。本不能自行燃燒。然製備時。常雜有一種燃燒之物質 (P_2H_4)。故放出磷化氫時。常能自行燃燒。可試之如下。

試驗 105. 裝置器具一套。如第五十二圖。小玻璃瓶 a 中。置約五公分重之氫氧化鉀。用 10 至 15 立方公分之水溶之。

待溶液已冷後。始可加磷一小塊。再加醇精 (Ether 卽以脫) 少許。以便加熱時醇精先行飛散。而將瓶中空氣驅出。(因瓶中若有空氣。則放出之磷化氫。將在瓶中自行燃燒故也。) 然後將瓶

漸漸加
熱。則
有磷化
氫氣經
過細玻
璃管 c。
而由水
槽中放
出。一
觸空氣。
即燃燒



第 五 十 二 圖

而生美麗之白煙圈。漸高則圈亦漸大。整齊悅目。此種白煙甚毒。切不可吸入之。

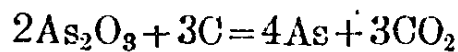
此外尚有磷之他種化合物。如五氯化磷 (PCl_5 , Phosphorus pentachloride 爲一種黃色之固體)。三氯化磷 (PCl_3 , Phosphorus trichloride 爲一種無色之液體)。二者均爲磷與氯直接化合而成。其餘化合物。茲不概述。

砷 (Arsenic As)

砷之來源
及製法

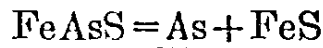
砷在天然間。有不與他物化合者。然多數之砷。常與他物化合。如三氧化砷 (As₂O₃ Arsenic trioxide) 硫砷鐵礦 (FeAsS Arsenopyrite) 是也。

由此種天然物取砷之法。頗為簡易。如三氧化砷加碳熱之。則砷即蒸出。可導入器中凝之。



試驗 106. 取一硬玻璃試管。中置三氧化砷（此物頗毒須小心）及碳屑之混合物少許。加熱後。則見管之上部。凝有灰色光澤之固體。即分出之砷原質也。

又若將硫砷鐵礦。密閉器中而熱之。則砷亦蒸出。



砷係一種灰色而有金類光澤之固體。若熱之。則直接變為氣體。而並不先鎔為液體。（即昇華。參

觀前第161頁。) 性甚脆。故擊之即碎。砷之本身並無毒。然若在空氣中熱之。則燃燒而成氧化物之氣體。有蒜臭。性頗毒。吾國所謂砒霜。即此物也。

砷亦有數種多形體。(可與磷比較。) 例如若將砷置於長玻璃管底。管中盛以輕氣。以免砷之氧化。然後將管底加熱。則砷即昇華而凝於管中。其最近管底處。為一種結晶形之砷。其稍遠者。為一種無定形之砷。(黑色粉末。) 其最遠者。為另外一種灰色結晶形之砷。此三者。乃砷之多形體也。

砷亦能成合金。例如少許之砷與鉛相合。則鉛性尤為堅硬。故以鉛製鎗彈時。常加少許之砷。

砷之緊要 化合物

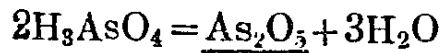
今將砷之緊要化合物考之。

(1) 氫化砷 (Oxides of arsenic)。有二種氧化物。即三氧化砷 (As_2O_3 Arsenic trioxide) 及五氧化砷 (As_2O_5 Arsenic pentoxide)。若將砷在空氣或氧氣中燃燒。則成三氧化砷。為一種白色之固體。性極毒。食之傷命。若將三氧化砷加硝酸而熱之。

則先成正砷酸 (H_3AsO_4 Orthoarsenic acid)。

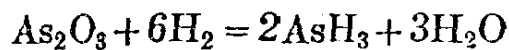


所成之正砷酸溶液。若蒸發使之乾涸。而後再加大熱。則得五氧化砷。亦為一種白色之固體。



(2) 砷酸 (Acids of arsenic)。砷酸亦共有多種。(可與磷酸比較之。惟其酸性較磷酸為弱。可見此族原質由非金類而漸增其金類性也。) 例如正砷酸。其製法已見於上。若將此正砷酸熱之。而漸增其熱度。則亦如正磷酸之失其水分而成過砷酸 (H_4AsO_7 Pyroarsenic acid) 等。故砷與磷頗相似也。

(3) 砷化氫 (AsH_3 Arsenicated hydrogen)。此物頗與阿摩尼亞(NH_3) 及磷化氫(PH_3) 相似。足見同族原質之相同。以三氧化砷 (As_2O_3) 之溶液。加於發生機之氫。(發生機即初放出之謂也。參觀前第 103 頁試驗 45 之小註。) 則即放出砷化氫。係一種氣體。

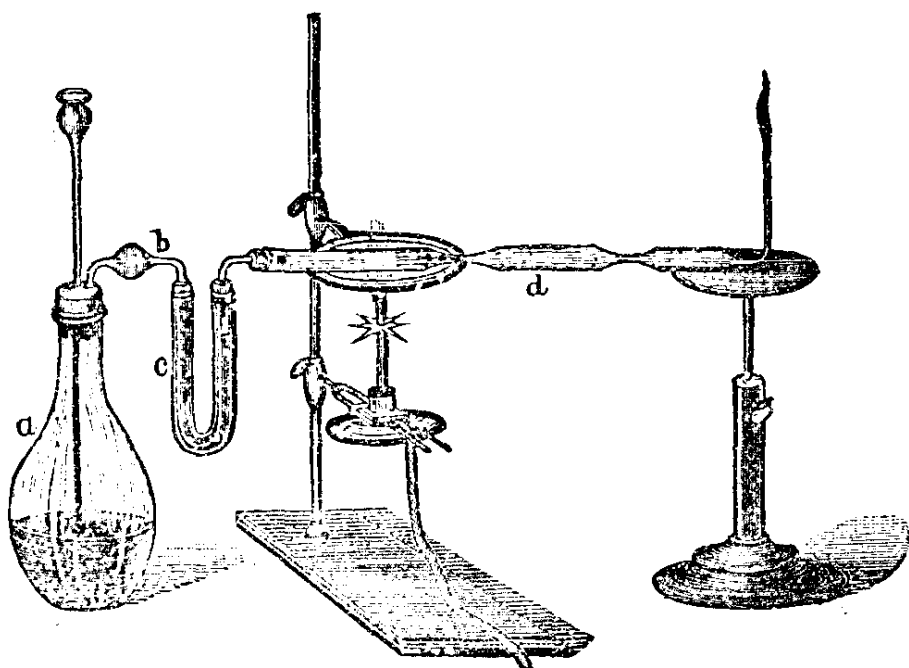


此氣頗毒。不可吸入。若以火點之。則能燃燒。

發淡青色之火燄。而成白霧。若將盛冷水之磁盆入此火燄中。則盆底凝有黑點之砷。能以次氯酸鈉(NaClO Sodium hypochlorite) 溶液化之。(考銻亦能成此種黑點。惟不能以次氯酸鈉溶液化之。故可藉此識別之。) 此作用頗為特別。故常以之為試砷之用。名為馬氏試砷法(Marsh test)。可試之如下。

試驗 107. 裝置器具一套。如第五十三圖。a 瓶中置鋅。以備發輕氣之用。c 管中置氯化鈣(Calcium chloride)。為收空氣中溼氣之用。乃將硫酸由 a 瓶之漏斗傾入瓶內。以發生輕氣。此輕氣經過 c

管。則甚乾燥。而後由右邊之硬玻璃管尖端放出。待器具中養氣盡被逐出後。以火



第 五 十 三 圖

燃點放出之氫。則見發極淡之火燄。乃以三氧化砷在鹽酸中之溶液少許。由漏斗傾入 a 瓶中。則見火燄即變淡青色。且發白霧。極為顯著。今若以盛冷水之磁盆。置入此火燄中。則可得黑點之砷。凝於盆底。傾以次氯酸鈉溶液數滴。即被溶去。

若將中間之玻璃管用火熱之。則砷化氫分解。砷即凝於玻璃管冷處。甚明亮如照鏡。

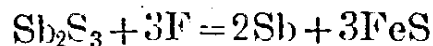
此外尚有砷之他種化合物。如三氯化砷 (AsCl₃ Arsenic chloride 爲砷置綠氣中自行燃燒而成。) 及硫化砷等類。茲不概述。

錒 (Antimony Sb)

錒之來源,製 法及要性

錒在天然間。常與硫化合而成硫錒礦 (Sb₂S₃ Stibnite)。吾國湖南省產出頗多。可爲一種大工業也。

提錒之法。可將硫錒礦石。擊成粉末。加鐵熱之。則錒即分出。沈澱於底。



錒係一種銀白色之金類。性亦頗脆。與砷相似。

在尋常之熱度時。置空氣中。不起變化。若加熱之。則能燃燒而成三氧化銻(Sb_2O_3 Antimony trioxide)。爲一種白色之固體。銻熱至 450°C 卽成液體。惟自液體變爲固體時。體積增加。頗爲特別。故鉛中加以銻少許。能鑄成更完美之鉛字。

銻之緊要
化合物

觀銻之體性。顯係一種金類。然銻能成弱性之酸。故亦稍帶非金類性。惟其金類性。則較砷爲強耳。此可證本族原質由非金類而漸入於金類也。例如銻亦有多種酸類。頗與磷砷相似。惟性稍弱。卽正銻酸 (H_3SbO_4 Ortho-antimonic acid) 過銻酸 ($\text{H}_4\text{Sb}_2\text{O}_7$ Pyroantimonic acid) 及間銻酸 (Metantimonic acid)。銻亦能與氫化合而成銻化氫 (SbH_3 Stibine)。其製法與製砷化氫相同。學者若欲試驗。可卽用第五十三圖器具。以三氧化銻在鹽酸內之溶液。傾入發輕氣瓶中卽得。此氣燃燒時。發稍帶紫色之火燄。以盛冷水之磁盆入火燄中。亦凝有黑點之銻。惟此黑點不溶化於次

氯酸鈉。

此外尚有他種銻之化合物。如氯化銻（參觀前第100頁試驗41）硫化銻等。茲不概述。

鉍 (Bismuth Bi)

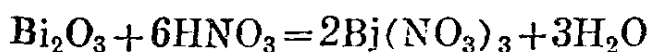
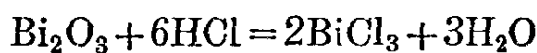
鉍之製法
及要性

鉍在天然間。常有不與他物化合者。故製法極簡。祇須將礦石加熱。則所雜之泥土浮於上面。而鉍則為液體。沈於下面。使流出之。即凝為固體。

鉍係一種銀白色之金類。頗似銻。惟稍帶紅色。故易識別之。惟頗脆。（按同族原質之砷銻。亦均頗脆。）在乾燥之空氣中。不起變化。惟在溼空氣中。則漸變黑。若在空氣中加熱。則亦能燃燒而成三氧化鉍 (Bi_2O_3 , Bismuth trioxide)。係一種黃色之固體。鉍之溶解度極低。為 268.3°C 。極易溶為液體。故他種金類中加以鉍。則成一種極易溶解之合金。

鉍之緊要
化合物

鉍爲本族中之末原質。純係一種金類。而不帶非金類之性。故鉍無酸類。尤足證此族原質由非金類而入於金類也。又其氧化物 (Bi_2O_3) 有鹽基類之性。故遇酸類能成鹽類。例如遇鹽酸或硝酸。則成氯化鉍及硝酸鉍。



〔加水〕
〔分解〕

此種鉍之鹽類。遇水則起一種特別之作用。名爲加水分解 (Hydrolysis)。加水分解者。卽鹽類遇水而成一種鹽基類及一種酸類之作用也。例如以上之 BiCl_3 及 $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ 遇水。則分解而爲鉍氧氯 (Bismuth oxychloride) 及鉍氧硝酸 (Bismuth oxynitrate) 之二種鹽基類。此外所成之物。恆爲一種酸類。



一種鹽基類 一種酸類



一種鹽基類 一種酸類

以上所成之鹽基類。不溶化於水內。故爲沈澱物。可試之如下。

試驗 108. 取硝酸鉍 ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ Bismuth nitrate)。溶化於少許之硝酸中。(如無硝酸鉍。可取鉍溶於少許之硝酸中。亦得此物。)乃將此溶液少許。傾入一玻璃杯之清水中。(熱水爲尤佳。)則得白色之沈澱。即因加水分解而成鉍氧硝酸故也。

此外尚有鉍之他種化合物。如硫化鉍等類。茲不概述。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 十 章

週期表第六類原質之研究

此類原質 之比較

此類亦分甲乙二族。(參觀第 131 頁週期表。)然甲族中。祇有鉻 (Chromium) 一原質。乙族中。祇有氧及硫 (Sulphur) 二原質。關係緊要。其他各原質鉬，鎢，鈾，硒，碲，均極稀少。故初學者不必研究之。至乙族中之氧。業於前第二章論之。故本章中所當研究者。不過鉻及硫二原質而已。

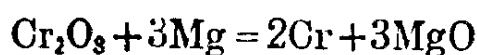
此族中原質。亦有相似之性質。且亦顯有一定次序之遞變。族中之第一原質。亦顯有特別之處。例如氧與氫化合成 H_2O 。而硫亦能與氫化合成 H_2S 。其他同族之硒碲。亦有 H_2Se 及 H_2Te 之化合物。然 H_2O (即水) 爲無色無臭之液體。而 H_2S , H_2Se , H_2Te 均係有臭味有毒性之氣體。此其不同耳。

鉻 (Chromium Cr)

鉻之來源,製
法及要性

鉻在天然間。恆與他物化合。而無獨存者。如鉻鐵礦 (FeCr_2O_4 Chromite) 氧化鉻礦 (Cr_2O_3 Chrome-ochre) 等是也。

欲由礦石提鉻。昔時迄無善法。至今始得之。法以氧化鉻礦石擊成粉末。加以鎂粉末。燃點之。使發大熱。則鉻即還原。



註。 此燃點之法。係以二氧化鋇 (BaO_2) 及鎂少許。置在以上礦石及鎂之混合物面上。中插鎂條一根。以火點之。則燃燒而發大熱。致使全體燃燒。而鉻即分出。

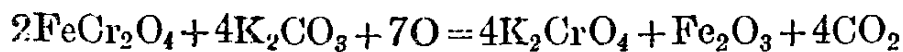
考鉻係一種灰黑色似鋼之金類。質極堅硬。須加熱至 2000°C 時。始能熔為液體。(較白金為高。) 鉻在空氣中久置不變。遇硝酸亦不起作用。惟遇鹽酸或硫酸。則被溶化。

鉻之緊要
化合物

鉻有多種化合物。今將其最關緊要者。考之如下。

(1) 鉻酸鉀 (K_2CrO_4 Potassium chromate) 及 重鉻酸鉀 ($K_2Cr_2O_7$ Potassium dichromate) 此二化合物極關緊要。因均係極佳之氧化劑。而為化學中所常用者也。

鉻酸鉀之製法如下。將鉻鐵礦(Chromite)加碳酸鉀(Potassium carbonate)而熱之。則收空氣中之養氣而成鉻酸鉀。

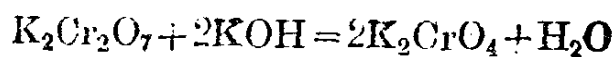


所成之 K_2CrO_4 能溶化於水內。故可用水取出。然後將溶液加熱。蒸發而冷之。則 K_2CrO_4 即結晶分出。係一種黃色之物。

鉻酸鉀若加以硝酸。則變為重鉻酸鉀。為一種紅色之物。故此法可為製重鉻酸鉀之法。



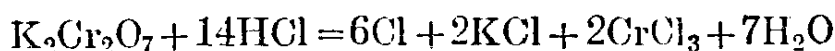
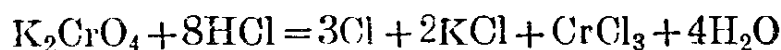
此所成之重鉻酸鉀。若加以氫氧化鉀 (KOH Potassium hydroxide) 則復變為鉻酸鉀。由是觀之。此二者能互相變換者也。



試驗 109. 試管中置鉻酸鉀溶液少許。(常見係一種黃

色之液體。) 加硝酸少許。則見變為紅色之液。蓋因 K_2CrO_4 變為 $K_2Cr_2O_7$ 故也。今若再加多量之氫氧化鉀濃溶液。則見管中溶液復變為黃色。蓋因 $K_2Cr_2O_7$ 復變為 K_2CrO_4 故也。

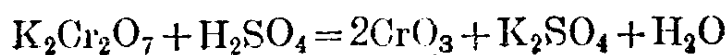
鉻酸鉀及重鉻酸鉀。均係極佳之氧化劑。可試之如下。例如加以鹽酸 (HCl)。則鹽酸中之氫被其氧化。故氯即放出。



試驗 100. 取甲乙二試管。甲管中置鉻酸鉀溶液少許。乙管中置重鉻酸鉀溶液少許。今若各加鹽酸而熱之。則見二管中均有綠氣放出。

(2) 鉻之氧化物 (Oxides of chromium)。鉻有二種氧化物。即無水鉻酸 (CrO_3 Chromic anhydride) 及氧化鉻 (Cr_2O_3 Chromic oxide)。

若將濃硫酸。加入重鉻酸鉀之飽和冷溶液內。則有紅色之結晶分出。形如長針。即無水鉻酸也。



所成之無水鉻酸。極易將氧分出。而成氧化鉻。

(加熱至 250°C 時。即起此變化。)



故無水鉻酸。係一種極佳之氧化劑。多種有機物
質遇之。即被氧化。

註。 CrO_3 名無水鉻酸。因其遇水則能成鉻酸 (Chromic acid H_2CrO_4) 故也。

此外尚有他種鉻之化合物。如鉻酸鉛 (PbCrO_4 Lead chromate 參觀前第 271 頁試驗 103。此作用頗為特別。亦可為識鉻之一法。) 硫酸第一鉻 ($\text{CrSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Chromous sulphate) 硫酸第二鉻 ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ Chromic sulphate) 鉻礬 ($\text{KCr}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ Chrome alum 可與前第 232 頁鋁之明礬 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 比較之。) 等類。茲不概述。

硫 (Sulphur S)

硫之來源
及製法

硫在天然間。常有不與他物化合而獨存於火山區域者。謂之天然硫

(Natural sulphur)。然亦常有與他物化合。而成硫化物或硫酸化合物者。如硫化鐵(FeS_2 Iron sulphide) 硫酸鈣即石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Gypsum)等類是也。至動植物之體中。亦常有硫之化合物。故硫之散布。亦頗廣也。

硫常由天然硫中提取。法以天然硫加熱。則硫即熔為液體。所雜之泥土等物。浮於上面。故可將下面之硫流出之。如此所得之硫。尚不甚潔。須置曲頸鐵瓶中熱之。則純潔之硫。即行蒸出。可導入以磚造成之室中凝取之。初時凝成者。為一種黃色之結晶粉末。名為硫黃花(Flowers of sulphur)。待後室中漸熱。則硫凝為液體。工業廠中常使之流入圓型內。則結為圓式之固體。名為卷硫(Roll sulphur)。亦係黃色之物。

硫之 要性

考以上取得之硫。係一種色黃而脆之固體。不溶化於水內。然在二硫化碳 (CS_2 Carbon disulphide) 中。則極易溶化。硫加熱時。顯

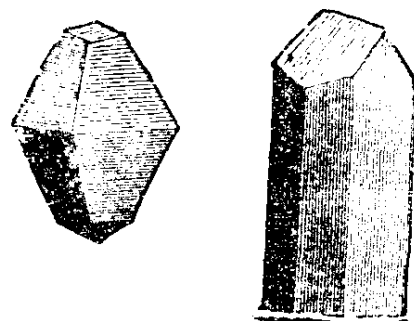
有多種之變化。至 115°C 時。則熔為淡黃色稍能流動之液體。熱度再高。則色漸黑。而流動之性質。亦漸失去。至 230°C 。則色極黑。而不能由此器傾入彼器矣。然熱度再高。則復變為能流動之黑液體。至 448°C 則變為黃褐色之氣體。此氣體再冷時。則復經過以前之種種變化。惟其次序適相反耳。

硫之多
形體

硫有四種多形體。茲分別述之如下。
(1)及(2)二體。為結晶之硫。(3)及(4)二體。為不結晶之硫。

(1) 斜方硫 (Rhombic sulphur)。若將市上購得之卷硫。使之溶化於二硫化碳溶液中。而後置空氣內。待其自行漸漸蒸發。則硫即結晶而出。如此結出之硫。係斜方形。

試驗 111. 取約重二三公分之卷硫。使溶化於約五至十立方公分之二硫化碳溶液內。置空氣中。待其自行蒸發。至明日上課時取而



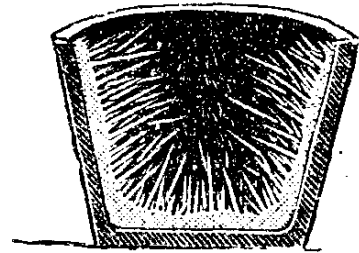
第五十四圖

視之。則液底結有斜方形之硫。如第五十四圖。

(2) 長針硫 (Prismatic sulphur)。若將硫熱之使成液體。而後待其自冷。則結成半透明長針式之硫。

試驗 112. 以數公分重之硫黃。

置有蓋之磁盆中。乃加熱而使之溶為液體。然後待其自冷。至面上結皮後。乃穿小孔。使其中尙未凝結之液體流出。則見磁盆內結有長針式之硫頗多。如第五十五圖



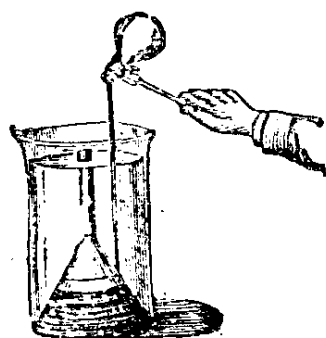
第五十五圖

考長針硫不及斜方硫之堅固。故若將長針硫暴空氣中一二日。則失半透明之性。而變成無數極小之斜方硫。

註。 以上長針硫及斜方硫二者。均係結晶體。其不同處。祇在其結晶形之殊異耳。考物質之結晶式。共可分為六大類。每類復可分為若干種。內容頗繁。故另立一門科學名結晶學 (Crystallography) 者研究之。

(3) 像皮形硫 (Plastic sulphur)。此為一種不結晶之硫。若將硫熱之使成液體。而後傾入冷水中。如第五十六圖。則凝為一種柔軟之固體。有寬緊之

性。恰如像皮然者。故謂之像皮形硫。此物不能溶化於二硫化碳內。頗爲特異。置之多時。則漸失其柔軟性。而變爲斜方硫。



第五十六圖

試驗 113. 取約重 10 公分之硫黃。(卷硫或硫黃花均可。)置曲頸玻璃瓶中加熱。使熔爲液體。乃漸漸傾入玻璃杯內之冷水中。則凝爲柔軟之像皮形硫。如小心傾之。可使連續而成線。

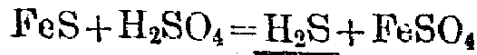
(4) **白硫** (White amorphous sulphur) 。此亦係一種不結晶之硫。爲白色之物質。製硫黃花時。白硫亦同時製出。而雜在硫黃花內。考白硫不溶化於二硫化碳。故若將二硫化碳加入硫黃花中。則白硫即分離。可以濾出之。

硫之緊要 化合物

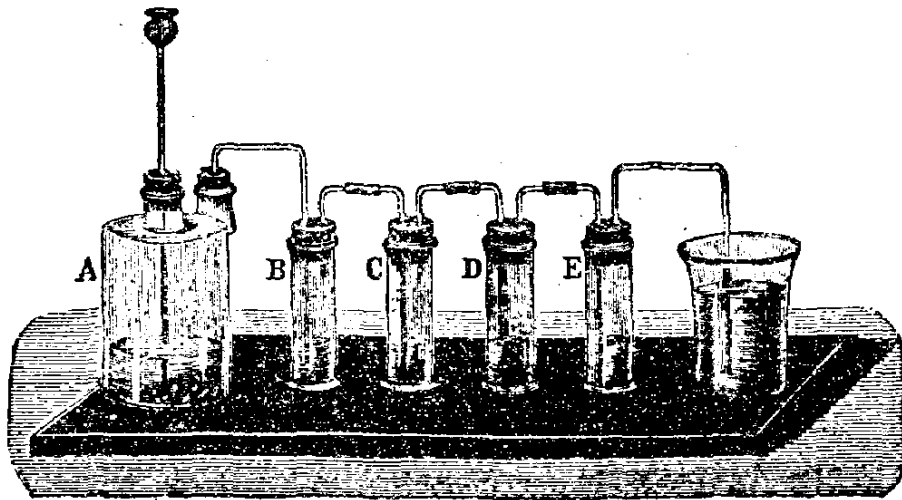
今將硫之緊要化合物考之。

(1) **硫化氫** (H_2S Hydrogen sulphide) 。此係一種氣體。能溶化於水內。爲分析化學所常用者。故關係緊要。化學室中之製法。係以硫化鐵 (FeS Iron sulphide 係一種礦石) 。加以硫酸。即發

是氣。例如



試驗 114. 如第五十七圖。A 瓶中置硫化鐵塊。乃以稀硫酸(或鹽酸亦可)由漏斗傾入瓶中。則卽有硫化氫氣發生。可

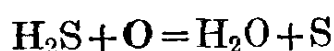


第 五 十 七 圖

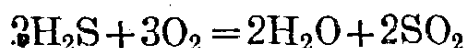
導入數水瓶中吸收之。(如圖中BC等瓶。)因硫化氫氣能溶化於水故也。

考硫化氫係一種無色之氣體。有特別之臭味。性頗毒。不可吸之。惟少吸之。亦屬無妨。此氣體能溶化於水內。在尋常之熱度時。一體積之水。約能溶三體積之氣。在沸水中。則幾不能溶化。此物有酸類之性。故能將藍試紙變紅。惟性頗弱

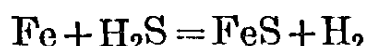
耳。考 H_2S 之組成。不甚堅固。其中之氫及硫。均易分離。例如置空氣中。則氫與氧化合成水。而硫則分出。



又如將 H_2S 在空氣中燃之。則氫硫二原質分離。各與氧化合。成水及二氧化硫(SO_2 Sulphur dioxide)。



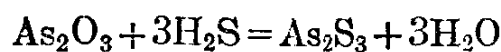
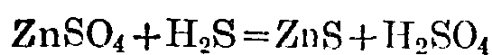
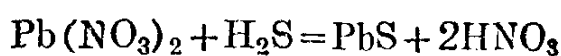
因此之故。 H_2S 係一種極佳之還原劑。常能將多種物質中之氧取出。又多種之金類。在 H_2S 氣中熱之。則硫被奪而將氫放出。此亦足以證明 H_2S 組成之不堅固也。例如



H_2S 。分析化學常用之。以其能成多種之金類硫化物也。且此種硫化物。常不溶於水。故可藉此得與他物質分離而識別之。例如將 H_2S 入鉛鹽類或鋅鹽類或砷鹽類之溶液中。則各得一定之沈澱物。可試之如下。

試驗 115. 取甲乙丙三試管。甲管置硝酸鉛(Lead nitrate)

溶液。乙管置硫酸鋅 (Zinc sulphate) 溶液。丙管置三氧化砷 (Arsenic trioxide) 在鹽酸內之溶液各少許。管中各加以硫化氫溶液。則見甲管生黑色沈澱。(即硫化鉛 Lead sulphide) 乙管生白色沈澱。(即硫化鋅 Zinc sulphide) 丙管生淡黃色沈澱。(即硫化砷 Arsenic sulphide) 可表示之如下。



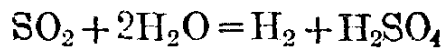
(2) 硫之氧化物 (Oxides of sulphur) 硫之緊要氧化物有二。即二氧化硫 (SO_2 Sulphur dioxide) 及三氧化硫 (SO_3 Sulphur trioxide) 是也。此二物頗為緊要。因與製硫酸有關係也。

二氧化硫 SO_2 之製法。共有數種。其緊要者為
 (a) 將硫在空氣中燃燒。則恆成 SO_2 (因 $\text{S} + \text{O}_2 = \underline{\text{SO}_2}$)。
 (b) 將銅置硫酸中熱之。則亦成是物。(因 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \underline{\text{SO}_2} + \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。)

試驗 116. 取硫少許。置火燄中燒之。則發一種悶臭無色之氣。即 SO_2 氣也。又取銅片數塊。置一試管中加濃硫酸少許

而熱之。則亦發 SO_2 氣。

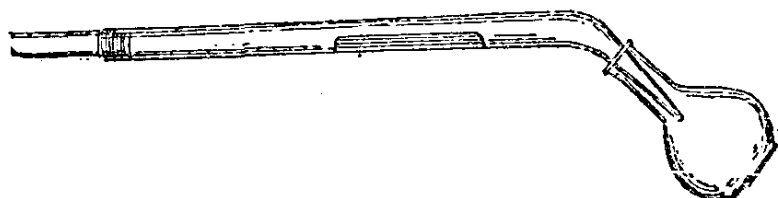
考 SO_2 氣有殺蟲消毒之能力。又能使顏色物漂白。 (可與綠氣之殺蟲及漂白能力比較之。) 惟其漂白之原理。則與綠氣相反。蓋綠氣之漂白。在使顏色物氧化。而 SO_2 氣之漂白。則因其遇水而發出之氫。使顏色物還原故也。



三氧化硫 SO_3 較 SO_2 為多一原子之氧。故若能設法使 SO_2 多收一原子之氧。即成是物。 (因 $\text{SO}_2 + \text{O} = \text{SO}_3$) 經化學家考得。若將 SO_2 氣及養氣一同經過極鬆細之白金 (Spongy platinum 或 Platinised asbestos) 則化合而成 SO_3 。此種作用。謂之接觸作用 (Contact action) 以其接觸於白金而始起此作用故也。可試之如下。

試驗 117. 欲作此試驗。須先製備鬆細白金。其法如下。以石棉 (Asbestos) 浸於氯化鉑 (Platinic chloride) 之溶液。然後取出。置磁盆中。加大熱。使燒紅。即得鬆細白金。乃裝配器具。如第五十八圖。玻璃管中置鬆細白金一層。乃將 SO_2 及 O 氣。(或空

氣亦可。) 先使經過氯化鈣 (Calcium chloride) 以乾燥之。然後將此種乾燥之氣通入玻璃管。而將玻璃管加熱。則 SO_2 及 O 化合

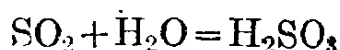


第五十八圖

而成 SO_3 。導入右邊之玻璃瓶內。瓶外可潑以冷水。則瓶內 SO_3 凝為絲白狀之固體。此 SO_3 固體可留存之。供以後試驗 118 之用。

(3) 硫之酸類 (Acids of sulphur) 。硫之緊要酸類有二。即亞硫酸 (H_2SO_3 Sulphurous acid) 及硫酸 (H_2SO_4 Sulphuric acid) 是也。

亞硫酸係由二氧化硫溶於水中而成。



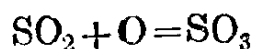
亞硫酸不甚堅固。故祇能存於溶液內。而不能設法取出之。此種亞硫酸溶液。極易吸收氧氣而成硫酸 ($\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$) 。故可為極佳之還原劑或漂白劑。(與氯之因氧化而漂白。其理正同。) 故工業

中。常用以漂白羊毛絲料及紙料等類。且此溶液亦能為消毒劑之用。以其常漸分解而放出 SO_2 氣故也。



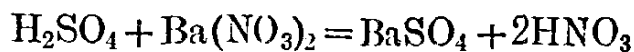
硫酸 (H_2SO_4 Sulphuric acid) 則用處更廣。多種工業。決不可少。故有專門製硫酸廠以製之。學者尤當注意也。考工業中硫酸之製法有二。即接觸法 (Contact process) 及鉛室法 (Chamber process)。而接觸法為較新而較佳。今將此二法之要理。略述如下。

a 接觸法 (Contact process) 此法即係以 SO_2 及 O (或空氣) 使經過鬆細白金。因接觸作用而成 SO_3 。然後將此 SO_3 使溶於水內。以成硫酸。



試驗 118. 可將前試驗 117 所得之 SO_3 。加以水少許。則成為硫酸溶液。欲證明其是否為硫酸。可將甲乙二試管。甲管中置此溶液少許。乙管中置化學室中已有之硫酸少許。二管

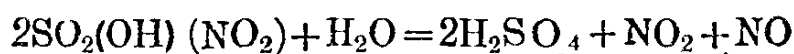
中各加硝酸鉍 (Barium nitrate) 溶液少許。則各得同樣白色之沈澱 (BaSO₄)。是即硫酸之證也。



b 鉛室法 (Chamber process) 工業中用此法製硫酸之要理。係以二氧化硫, 水汽, 養氣, (可用空氣) 及過氧化氮, (NO₂ 參觀前第 88 頁過氧化氮) 四者之混合物。同行導入以鉛造成之室中。使在室中變化而成硫酸。故謂之鉛室法。(所以用鉛室者。因硫酸與鉛幾無作用也。) 其變化之內容。可分二步。第一步。先成一種繁雜之化合物。



第二步變化。爲此繁雜之化合物。在室中遇其他一部分之水汽。即自行分解而成硫酸。

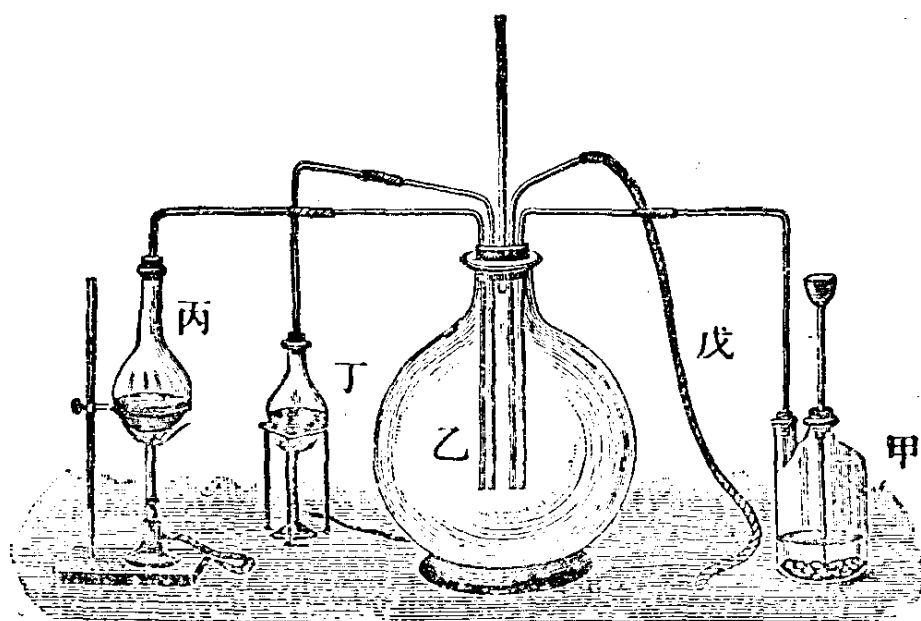


註. 觀上可知第二步變化中同時成有 NO₂ 及 NO。此 NO 一遇養氣。亦可變爲 NO₂。(參觀前第 86 頁氧化氮。) 故共得 2NO₂。此 2NO₂ 復可與其他之 2SO₂, H₂O 及 O 氣化合。而成第一步繁雜之化合物。故能循環不已。周而復始。凡如此種過氧化氮物

質。能助物質變化。而自己則終久並不改變組成者。謂之觸媒 (Catalyzer)。考化學變化中。常有觸媒發見者。此不過其一耳。

以上成硫酸之要理。在化學室中。可用下列試驗證明之。

試驗 119. 裝配器具一套。如第五十九圖。乙爲一大玻璃空瓶。甲爲發 NO 氣之瓶。(用此氣亦便。因 NO 一遇養氣即能變爲 NO₂也。甲瓶中置銅片。則加硝酸後。卽有此氣放出。可參觀前第 86 頁氧化氮。)丙爲發 SO₂氣之瓶。(可以銅片及硫酸加熱發



第 五 十 九 圖

之。理見前第303頁試驗116。)丁爲發水汽之瓶。(可將水置瓶中蒸發之。)戊爲通入養氣或空氣之管。(若用養氣。可照前第17頁試驗6 製之。)今若將各氣同時通入乙瓶中。則卽化成硫酸矣。待乙

瓶中集有硫酸稍多後。可取出少許。置試管中。加硝酸鉍溶液。則見發白色之沈澱。是即硫酸之證也。(參觀前第306頁試驗118。)

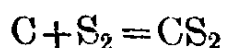
考硫酸係一種無色油狀之液體。與水極有愛力。

故化學中。常用以除溼氣。即遇動植等物質。亦常將其中水分吸去。故木遇之。則變焦黑。手觸之。亦即受傷。使用時不可不慎之也。若將硫酸與水混合。則發熱力頗多。致盛此混合物之器具發熱。亦足證其與水愛力之大。考濃硫酸亦常含水少許。若將含水百分之二之濃硫酸冷至 0°C 。則有純潔之硫酸結晶分出。又硫酸極易與他物化合。成多種硫酸化合物 (Sulphates)。

註。除以上亞硫酸及硫酸外。尚有他種硫之酸類。惟較不緊要。故可略之。如抱硫硫酸 ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Thiosulphuric acid) 等類是也。

(4) 二硫化碳 (CS_2 Carbon disulphide) 。前考硫之要性時。見硫能在二硫化碳中溶化。又前考磷之要性時。見磷亦能在此物內溶化。故此處可將二硫

化碳略及之。考此物可由碳及硫直接化合而成。
法以氣體之硫。通過於燒熱之碳上即得。



所成之 CS_2 。係一種無色之液體。常發特別之臭味。此液體亦能溶化脂肪，油，橡膠等物。故工業中多使用之。

註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第二十一章

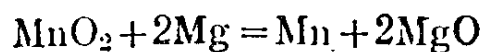
週期表第七類原質之研究

此類亦分甲乙二族。(參觀前第131頁週期表。)然乙族中之原質氟氯溴碘。業於前第十章及第十一章詳論之。故本章中不必再贅。至甲族中。則祇有一原質。即錳 (Manganese) 是也。其他原質。均尚未發明。故本章中所當研究者。不過錳之一原質而已。

錳 (Manganese Mn)

錳之來源,製 法及要性

錳在天然間。恆與他物化合而無獨存者。其最要之礦石。為軟錳礦 (MnO₂ Pyrolusite)。欲由此礦石中提錳。昔時迄無善法。至近今始得之。法將此礦石擊成粉末。加以鎂粉末而燃點之。(與前第293頁提鉻法相同。可參觀之。) 則錳即還原而分出。



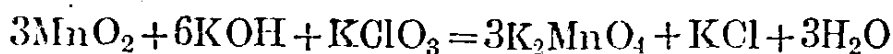
考錳係一種灰黑色之金類。頗似鉻。惟稍帶紅色耳。質亦極堅。須加熱至 1900°C (較鉻稍低)。始鎔為液體。置溼空氣中。則漸起氧化。遇鹽酸或硫酸或醋酸之稀溶液。均能溶化。

錳之緊要
化合物

錳有多種化合物。今將其最關緊要者考之。(可與前第293頁至第296頁鉻之化合物比較之。)

(1) 錳酸鉀 (K_2MnO_4 Potassium manganate) 及 重錳酸鉀 (KMnO_4 Potassium permanganate)。

若將固體之二氧化錳, (MnO_2 Manganese dioxide) 氫氧化鉀, (KOH Potassium hydroxide 用 NaOH 亦可) 及氯酸鉀, (KClO_3 Potassium chlorate) 一同加熱。使鎔為液體。則得錳酸鉀。係一種青色之物。

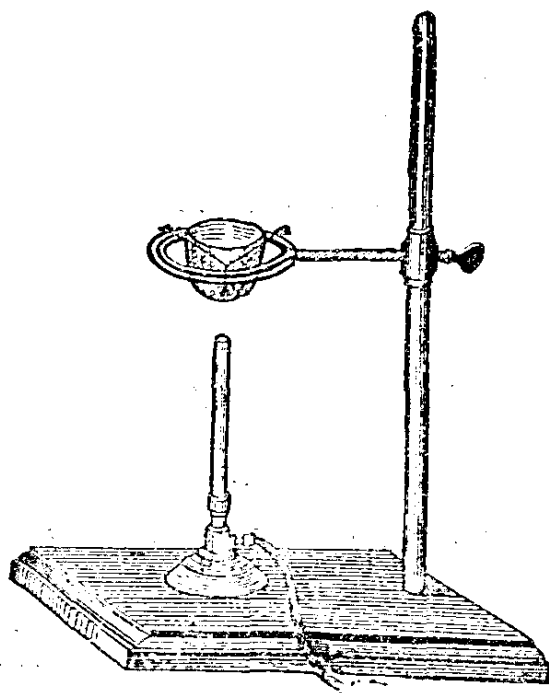


此所成之 K_2MnO_4 。若以多量之水溶化之。然後加熱。或通以二氧化碳氣 (CO_2)。則均能變成重錳酸鉀 (KMnO_4)。係一種紫色之物。故由 K_2MnO_4 變為

KMnO_4 色即由青而變紫。頗為顯著也。表示之如下。



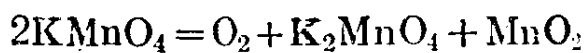
試驗 120. 取固體之二氧化錳，氫氧化鉀，及氯酸鉀各少許。混合之。同置一磁製之坩堝 (Porcelain crucible 取其能經火耳) 中而熱之。如第六十圖。則見變有青色之物質。即錳酸鉀也。(此作用頗為特別。分析化學中常藉之得以識別錳。) 然後去火。待其冷後。乃以此青色物少許。加大半試管之水以溶化之。所得之溶液。分存甲乙二試管中。若將甲管中通以二氧化碳氣。(製法見前第 247 頁試驗 90。) 則見液變紫色。(如不即變。可稍加熱。) 蓋因錳酸鉀變為重錳酸鉀故也。乙管置火上加熱。則見亦變為紫色。顯明亦變為重錳酸鉀也。(如不即變。可更多加以水而熱



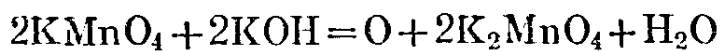
第 六 十 圖

之。)

考重錳酸鉀。係一種極佳之氧化劑。故化學中常用之。例如將固體之重錳酸鉀。加熱至 240°C 。則放出氧氣。



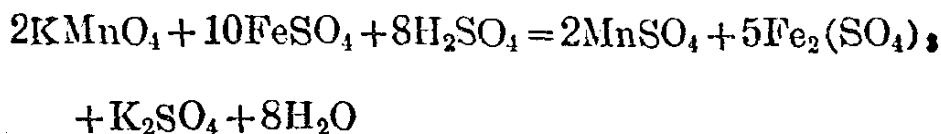
又若將重錳酸鉀。加氫氧化鉀之濃溶液而熱之。則亦有氧氣放出。



註。 觀以上方程式。可知同時成有 K_2MnO_4 。故此亦可為使重錳酸鉀變為錳酸鉀之法。

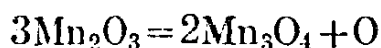
試驗 121. 試管中置紫色之重錳酸鉀溶液少許。乃加氫氧化鉀之濃溶液而熱之。則見管中物質。變為青色。是因重錳酸鉀照以上方程式而變為錳酸鉀故也。

又若將重錳酸鉀。加於硫酸第一鐵(FeSO_4 Ferrous sulphate 係一種可氧化之物) 及硫酸之混合物內。則亦起氧化作用。所成之物質。均係無色者。故試驗時。可見重錳酸鉀之紫色溶液。一入此混合物中。即失其紫色而變為無色。

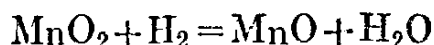


試驗 122. 試管中置硫酸第一鐵及硫酸之稀溶液約半試管。乃加重錳酸鉀溶液數滴。則見立即失其紫色而變為無色。

(2) 錳之氧化物 (Oxides of manganese) 錳有多種氧化物。如 MnO , Mn_3O , Mn_2O_3 , MnO_2 等是也。惟最要者。祇為 MnO_2 (二氧化錳 Manganese dioxide) 一種。此物在天然間產之。係一種黑色之粉末。(前試驗 6 製養氣及試驗 40, 51, 54 製溴氣碘均曾用之。) 若將 MnO_2 熱之。則成 Mn_2O_3 。繼成 Mn_3O_4 。



若將 MnO_2 在輕氣中熱之。則成 MnO 。為一種淡青色之粉末。



此外尚有他種錳之化合物。較不緊要。如硫酸第一錳 (MnSO_4 Manganese sulphate) 及硫酸第二錳

($\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$ Manganic sulphate) 等類。茲不概述。

註。 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 十 二 章

週期表第八類過渡原質之研究

此類原質
之比較

此類原質。均係過渡原質。以其界於
每長期雙股及單股之間也。(參觀前第131

頁週期表。)此種過渡原質。已發明者。共計三族。即鐵鈷鎳一族。鈳銻鈹一族。及銻銻鉑一族是也。惟鈳銻鈹一族。均係極稀少之原質。又銻銻二原質。亦極稀少。無關緊要。故均可不必研究之。本章中之所當研究者。不過爲鐵 (Iron) 鈷 (Cobalt) 鎳 (Nickel) 一族。及第三族之鉑 (Platinum) 原質而已。

每族中之原質。亦有相似之性質。且亦顯有一定次序之遞變。例如鐵鈷鎳三原質。天然間常在一處。均可被磁石所吸引。均係白色極堅不易鎔解之金類。鐵有二種強鹽基性之氧化物。鈷則雖亦有二種鹽基性之氧化物。然第一種鹽基性尙強。

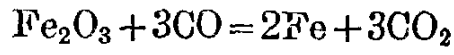
至第二種之鹽基性。則爲極弱。鎳則僅成一種有鹽基性之氧化物。

鐵 (Iron Fe)

鐵係一種極多且極有用之原質。在天然間。有時亦有不與他物化合者。然多數常與氧或硫化合。成氧化鐵礦 (如 Fe_2O_3 及 Fe_3O_4 等類) 及硫化鐵礦 (如 FeS_2) 等類。

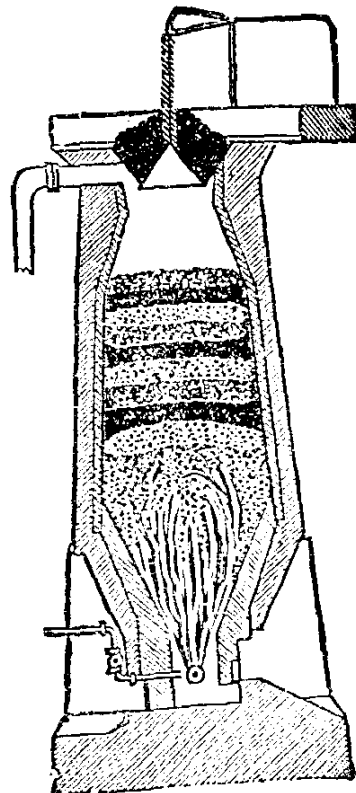
提 鐵 法 大 要

提鐵法之大要如下。將礦石擊碎。先在空氣中熱之。則鐵成爲 Fe_2O_3 。(即硫化鐵礦。在空氣中熱之。亦成 Fe_2O_3 。) 所以須使先成爲 Fe_2O_3 者。以用此 Fe_2O_3 。最易使鐵還原也。乃將 Fe_2O_3 加碳及石灰。同置鼓風爐 (Blast furnace係一種可以吹入空氣之爐) 中熱之。則鐵即還原分出。其變化頗繁。惟大概言之。則爲燒紅之碳與空氣中之氧。先成一氧化碳。此一氧化碳。乃與 Fe_2O_3 化合而使鐵還原。



所成之鐵。因熱度甚高。故成液體。而沈於爐底。而初時所加之石灰。則浮於鐵上。保護其下之鐵。不使氧化。且礦石中所雜之物質。多數為所吸收。故加石灰。係提鐵之妙用也。鐵聚集爐底既多。則可流出而凝之。

註。 提鐵廠中所用之鼓風爐。其式不一。如六十一圖之式。可以顯明其要理。爐高約 45 英尺。內部係以火磚造成。爐中置礦石（內加石灰）及炭。乃將熱空氣由爐下部左邊之管（名爲吹空氣管Tuyeres）。吹入爐中。則炭燃燒甚烈。發極大之熱力。而鐵即分出。下沉爐底。可使之由爐側所開之孔道流出。爐中所發之氣體。可使之由爐上部左邊之管放出。此種氣體甚熱。且雜有逃出之一部分 CO 氣。尚可用為燃燒料。故廠中尚利用之。待爐中物質漸少後。可再將礦石、石灰、及炭由爐



第六十一圖

上加入之。故此種鼓風爐一旦生火開用後。常不使熄滅。直至該爐不復能用而後止。

鐵之種類 考鐵之種類甚多。蓋因其中所含之雜質有多寡之別也。由上鼓風爐所製出之鐵。常含碳磷硫硅等物。故頗不純潔。名爲鑄鐵 (Cast iron)。若將鑄鐵中所含之雜質。設法使其大部分除去。而所含之碳少於千分之六。則漸變爲鍛鐵 (Wrought iron)。

註。 以鑄鐵煉成鍛鐵。工業中謂之鑄煉 (Puddling)。法以氧化第二鐵置鑄煉爐底。而以鑄鐵置其上。以火燄射入爐中。則一部分之碳。因氧化而放出。至大部分之磷硫等物。則被氧化第二鐵所除去。

若將鍛鐵置碳中加熱數日。則鍛鐵多收碳質而變爲鋼。(Steel 故鋼較鍛鐵含碳較多也。) 又若將鑄鐵置柏士米爐 (Bessemer furnace 係一種特別易使空氣入內之爐) 加熱。使氧化以除去其中雜質之一部分。則亦變爲鋼。

今將鑄鐵鍛鐵及鋼三者所含之雜質酌中數。列表於下。以便學者比較。俾知此三者之所以不同者。其要故在其所含雜質之多寡耳。

所含雜質之名	鑄鐵每百分所含雜質之數	鋼每百分所含雜質之數	鍛鐵每百分所含雜質之數
碳	3.81	0.65	0.10
硅	1.68	0.07	0.05
磷	0.70	0.03	0.15
硫	0.60	0.02	0.05
錳	0.41	0.40	0.07

鐵之
要性

考鑄鐵鍛鐵及鋼三者。性質各有不同。鑄鐵性硬而脆。不能展薄。亦不能抽絲。故僅能熱之使鎔解。(約1100°C) 然後傾入模型中以製器。鍛鐵性韌。然有展性。且能彎折。故可鑄為器具。而不必傾入模型。始可製器也。其鎔解度。較鑄鐵為高。(約1600°C) 鋼性亦硬。然亦有展性。能彎折。故亦可鑄為器具。其鎔解度。則較鍛鐵為稍

低°

以上鑄鐵鍛鐵及鋼三者。既均含有雜質。故不甚純潔。然爲尋常日用計。亦無需乎純潔也。吾人若欲得純鐵以便試驗之用。則可將鍛鐵置入石灰所製之坩中。以氫氧吹管火燄（參觀前第 43 頁）鎔解之。則雜質被石灰坩吸去。而純鐵可得矣。考純鐵係一種白色之金類。與尋常所見之鐵異。蓋尋常之鐵。均非純潔也。

考各種之鐵。磁石均能吸引之。又在乾燥之空氣中。不起氧化。故不生銹。即在溼空氣中。亦不生銹。惟如溼空氣中有二氧化碳氣。則極易生銹。故若欲鐵不銹。最要者當將二氧化碳氣除去。（可用 KOH 之類除去之。理見前第 146 頁。）

註。 考空氣中若無二氧化碳氣(CO_2)即不生銹之理。蓋因 CO_2 與水氣(H_2O)能成碳酸(H_2CO_3)。此碳酸乃與鐵化合。所成之化合物。乃與空氣中之氧起作用而成銹。故如空氣中祇有 H_2O 及養氣而無 CO_2 。則不能起此變化。故不生銹。

考各種之鐵。在鹽酸，硫酸以及硝酸之稀溶液中。均能溶化。然在極濃之硝酸內。則不溶化。且鐵在極濃硝酸中浸過之後。雖再置稀硝酸中。亦不能溶化矣。可知一浸之後。失其本來活潑之性。此種作用。化學家謂之 雌伏 (Passive) 。頗為奇異。

鐵與他物質化合。常能成原子價二及原子價三之化合物。其原子價二者。謂之 第一化合物 (Ferrous compound) 。如 FeCl_2 等類。其原子價三者。謂之 第二化合物 (Ferric compound) 。如 FeCl_3 等類。今將鐵之緊要化合物考之。

鐵之緊要 化合物

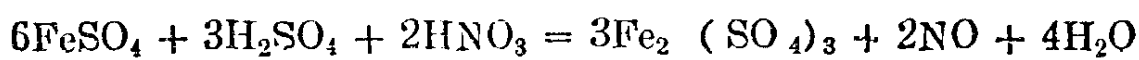
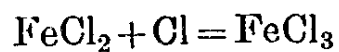
(1) 鐵之氧化物 (Oxides of iron) 。鐵與氧化合。能成 氧化第一鐵 (FeO ferrous oxide) 及 氧化第二鐵 (Fe_2O_3 Ferric oxide) 。均有鹽基性。以其與酸類能成鹽類故也。此外尚有 磁鐵 一種。為 Fe_2O_3 及 FeO 所合成。 (Fe_3O_4 Magnetic iron 所以名磁鐵者。以其有吸鐵之性也。) 除 FeO 外。 Fe_2O_3 及 Fe_3O_4 天

然間均產之。至 FeO 則可以草酸鐵 (Iron oxalate) 置密器中加熱製之。惟極不堅固。故極易收氧而變為 Fe_2O_3 。

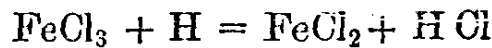


(2) 鐵之緊要鹽類 (Salts of iron) 鐵之鹽類。亦有第一及第二兩種。其第一鹽類。常可以鐵溶於酸類中而製之。例如鐵溶於鹽酸。則成氯化第一鐵 (FeCl_2 Ferrous chloride) 溶於硫酸。則成硫酸第一鐵 (FeSO_4 Ferrous sulphate)。

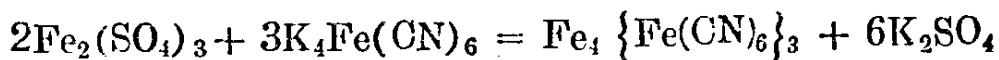
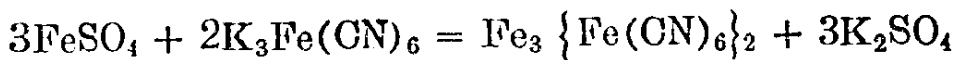
至鐵之第二鹽類。則常可由鐵之第一鹽類加入一種氧化物而製之。例如以氯化第一鐵加王水。(內有硝酸。故係氧化劑。見前第108頁。) 則變為氯化第二鐵 (FeCl_3 Ferric chloride) 又如硫酸第一鐵之酸溶液。加以氧化劑如硝酸之類。則變為硫酸第二鐵 ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ Ferric sulphate) 表示之如下。



鐵之第一鹽類。常帶青色。能結完美之晶。至鐵之第二鹽類。則其色常黃或紫。所結之晶。不甚完美。常見第一鹽類可使變為第二鹽類。而第二鹽類亦可使復變為第一鹽類。例如 FeCl_3 若遇輕氣。則復變為 FeCl_2 (按發輕氣之法。可在 FeCl_3 中。先加鹽酸。再加鋅少許即得。)



鐵之第一鹽類及第二鹽類。尚可用下法以識別之。蓋鐵之第一鹽類。遇第二鐵腈化鉀 ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ Potassium ferricyanide) 則成爲深藍色之沈澱。而鐵之第二鹽類。則須遇第一鐵腈化鉀 ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ Potassium ferrocyanide) 始成深藍色之沈澱。例如若用 FeSO_4 及 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 則其變化如下。

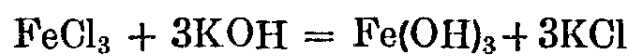
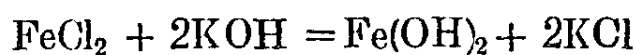


試驗 123. 取甲乙二試驗管。甲管中置硫酸第一鐵溶液少許。乃加第二鐵腈化鉀溶液。則得深藍之物質。是即係 $\text{Fe}_3\{\text{Fe}(\text{CN})_6\}_2$ 。乙管中置硫酸第二鐵之溶液少許。乃加第一鐵

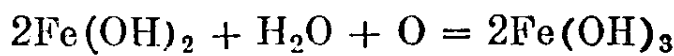
精化鉀溶液少許。則亦得深藍色之物。即 $\text{Fe}_4\{\text{Fe}(\text{CN})_6\}_3$ 。

若用氯化第一鐵及氯化第二鐵。照上法試之。亦得同樣之結果。

(3) 氫氧化鐵 (Hydroxide of iron)。此物亦有第一及第二兩種。若將強性鹽基類 (如 KOH 之類) 加於鐵之第一鹽類。則得氫氧第一鐵 ($\text{Fe}(\text{OH})_2$ Ferrous hydroxide) 沈澱。若加於鐵之第二鹽類。則得氫氧第二鐵 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ Ferric hydroxide) 沈澱。



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 係白色之沈澱。若置空氣中。則漸變青色。而終成櫻色。以其吸收水分及空中之養氣。而變為氫氧第二鐵 ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) 故也。



試驗 124. 試管中置氯化第一鐵溶液少許。(化學室中如無此物。可取鐵絲少許。溶化於稀鹽酸中即得。)加氫氧化鉀溶液少許。則得白色之沈澱。即 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 也。此沈澱速變為青色。終成櫻色。以其變為 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 故也。

另取一試管。中置氯化第二鐵溶液少許。(如無此物。可先照上法製氯化第一鐵。然後熱之。加以硝酸數滴。再熱之。如此三四次。則見溶液由無色或淡青色而變為紅黃色。以氯化第一鐵被氧化而變為氯化第二鐵故也。) 乃加氫氧化鉀溶液。則得櫻色之沈澱。即 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 也。

此外尚有他種鐵之化合物。如硫化第一鐵 (FeS Ferrous sulphide) 及硫化第二鐵 (FeS_2 Ferric sulphide) 等類。茲不概述。

鈷 (Cobalt Co) 及 鎳 (Nickel Ni)

此二原質之礦石。均頗不多。與鐵同族。性頗與鐵相似。二者均係堅硬白色之金類。均能被磁石吸引。均能展為薄片及抽為細絲。然此二者在空氣中。較鐵不易氧化。鎳之用處。尤為廣大。常以之電塗於他鐵器上。蓋光澤既佳。有似白銀。且不易氧化故也。近來各國常有以鎳製幣者。而以純鎳製者。尤為經久雅觀。故近來用鎳頗多。

此兩原質之化合物。亦常有第一及第二兩種。然第一化合物。較爲緊要。至第二化合物。則頗難製備。故不常用。

凡鎳之鹽類。常帶青色爲多。至鈷之鹽類。則含有結晶水時爲紅色。失其結晶水。則爲藍色。所謂隱顯墨 (Sympathetic ink) 卽藉此理製成。

試驗 125. 以氯化第一鈷 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ Cobaltous chloride) 溶液。或用鈷之他種鹽類。書文字於白紙上。其色殆不能辨。然若將此紙移近火上烘之。(切不可太近。以免燃燒。) 則顯出藍色文字。蓋因氯化第一鈷失其水分而變爲藍色故也。今若將此紙再溼之。則藍色復退。蓋因氯化第一鈷復收結晶水故也。

凡鈷之化合物及鎳之化合物。可以硼砂球試驗法(參觀第十七章 227 頁。)識別之。蓋鈷在氧化燄熱之。(氧化燄見前第十八章 254 頁。) 則發藍色。而鎳則發紅椶色也。

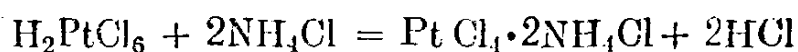
試驗 126. 以白金絲端之硼砂球(參觀前第 227 頁試驗 83。) 蘸鈷之化合物少許。置外層火燄中(卽氧化燄)熱之。則得藍色之球。若再另製一潔淨之硼砂球。蘸鎳之化合物。同樣置

氧化燄中熱之。則得紅褐色之球。

鉑 (Platinum Pt)

鉑(又名白金)與銻銱二原質同族。然此族中。惟鉑最關緊要。故研究之。

鉑在天然間。常與黃金及銻銱等原質成合金。若欲將鉑提出。可以王水加入於此合金內。則鉑成鉑氯酸 (H_2PtCl_6 Chloroplatinic acid) 。乃將溶液蒸乾。熱至 $125^{\circ}C$ 。然後再以水溶之。加以氯化銹 (NH_4Cl Ammonium chloride) 。則鉑氯酸銹 (Ammonium chloroplatinate) 成黃色結晶而分出。

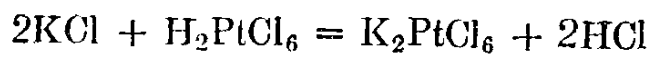


若將此鉑氯酸銹結晶取出。而加大熱。則失其所含之氯化銹及氯。而鉑即分出。為一種黑色極鬆之物質。謂之鬆鉑 (Spongy platinum) 。頗為有用。(參觀前第 304 頁試驗 117。)若將此鬆鉑置石灰坩中。用氫氧吹管火燄熱之。則鎔為一種灰白色之鉑。極富

金類之光彩。卽尋常所用之鉑是也。

鉑係一種金類。富展性及彎曲性。較黃金爲堅。尋常之酸類。均不能以之溶化。惟王水始溶之。置鉑於空氣中。不起氧化。雖熱之亦然。且鉑之鎔解度 (Melting point) 甚高。鉑既有以上種種之要性。故爲一種最有用之金類。惜出產不多。故鉑竟較黃金價值爲尤貴。

鉑氯酸 (H_2PtCl_6) 與鉀之化合物。能成一種黃色之沈澱。謂之鉑氯化鉀 (Potassium platinum chloride)。故常可用爲試驗鉀之化合物之用。



註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 十 三 章

原子量 (Atomic weights) 及分子量 (Molecular weights)

之測定法大要

總
論

以上研究週期表各類之原質既畢。今將原子量及分子量之測定法述其大要。俾學者知原子及分子雖小。未始不可用多種方法以精密測之。如此則根本既明。(原子及分子。為種種化學變化之根本。) 學者如有疑慮之處。自易由根本上設法解決矣。原子及分子之別。學者當已明晰。(參觀前第62頁及第66頁。) 例如氫及氧二原質之最小顆粒。可以H及O表示之。然若此種原子或自行相合。(如 H_2 及 O_2)或互行相合。(如 H_2O 及 H_2O_2)則均成爲分子。故 H_2 爲氫之分子。 O_2 爲氧之分子。 H_2O 爲水之分子。 H_2O_2 爲二氧化氫之分子也。此外可以類推。

各原質既有輕重之別。(例如金較銀重之類。)則各原質之原子。亦自有輕重之別。若將各原質之原子互相比較其輕重。則可得各原質之比較重量。此種比較重量。謂之原子量。學者當注意於此比較二字。蓋原子甚微。勢不能權其實重幾何。(如幾斤幾兩之類。)然其互相比較之重量。則未始不可用方法以測之也。(此種方法詳下。)故設如言氫之原子量爲1。而氧之原子量爲16。其意不過指明氧之一原子。較氫之一原子重十六倍而已。並非指氫之一原子。實重一斤或一兩之類。亦並非指氧之一原子。實重十六斤或十六兩之類也。且爲化學上計算之用。但能知此種各原質之比較重量。卽足應用。固無需乎知各原質之實重幾何也。其故見(以後第二十四章。)

原子量既係各原質之比較重量。則設欲測定此比較重量。先當擇一原質之原子爲標準。然後可將他原質之原子。與此標準原質之原子一一比

較其輕重。而得各原子之比重（即各原質之原子量）也。考氫 H 爲原質中最輕之原質。故以 H 爲標準。殊最方便。例如設以氫之一原子。其重量作爲 1。則若以下述之法。測得氧之一原子重較氫之一原子重十六倍。即知氧之原子量爲 16。又如測得氮之一原子較氫之一原子重十四倍。即知氮之原子量爲 14。如此則最爲簡單。故化學家。常有以氫爲標準者。是故原子量者。乃各原質之一原子。與氫之一原子比較之重量也。

註。 不幸氫與他原質化合。不及氧與他原質化合之多。而欲測得他原質與標準原質比較之重量。最好此標準原質能與該他原質直接化合。則設法使之分解後。即可測定其比重。故化學家多有喜用氧原質爲標準者。

學者既明原子量之界說。則自易知分子量之意義。分子既由一原子或數原子化合而成。故分子量。即爲該分子中所含各原子相加之總重量。例如 H_2O 爲水之一分子。即二原子氫及一原子氧化合

所成。氫之原子量爲 1。故二原子氫爲 2。又氧之原子量爲 16。故 H_2O 之總重量卽爲 18。(卽 $2 + 16 = 18$) 此外可以類推。夫原子量既爲與氫之一原子比較之重量。故數原子相加之總重量。自亦仍係與氫之一原子比較之重量。故分子量者。乃一分子與氫之一原子比較之重量也。

學者既明原子量及分子量之要義。今將此種原子量及分子量之測定法。分別述其大要如下。惟學者須有數學普通知識。及極淺近之代數知識。始易明之。

原子量之測定法大要

原子量之測定法。共有數種。某原質若不可以一法測定其原子量。然常可以他法測之。故原質雖多。均可一一測定之也。茲擇其要者考之。

(1) 藉化學作用法。有多種原子量。可藉物質之化學作用以測定之。今舉一例以明之。例如水中

含有氧。(見前第 42 頁試驗 23 及第 45 頁試驗 24。)今可藉水之作用。以測定氧原質之原子量。其理如下。

考水中之氫。至多可以分二次驅出。例如水中加鈉。則有氫驅出。(參觀前第 40 頁試驗 22。)然考得所成之物質中。若再加以鋅。則復有氫驅出。如此被驅二次之後。所成之物質。以化學分析法分析之。知其中不復有氫。以是知水中共有二原子之氫也。至水中之氧。則無論用何方法。祇能一次全行驅出。而不可分爲二次驅出。以是知水中共有一原子之氧也。

水爲二原子氫及一原子氧化合而成 H_2O 明矣。又前第 47 頁試驗 25。曾考得水中所含氫氧二原質之比較重量爲氫 1 氧 8 之比例。故水中一原子之氧較二原子之氫。共重 8 倍。則一原子之氧較一原子之氫自當重 16 倍矣。前言原子量者。乃各原質之一原子。與氫之一原子比較之重量。故此 16。卽爲氧之原子量。又化學家從他種化合物中。考

得所含之氧。至少較一原子之氫重 16 倍。故 16 爲氧之原子量。可無疑也。

(2) 藉原質之比熱法 (By Specific heat). 考各種固體之原質。(如銀鉛之類) 若加熱而使其熱度增加一度。(例如由 0°C 熱至 1°C 之類。) 則所需之熱力各不同。凡某固體物質由 0°C 熱至 1°C 所需之熱力。與同量之清水由 0°C 熱至 1°C 所需熱力之比例。謂之 比熱 (Specific heat)。此種比熱。可用實驗以測定之。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。恆約爲 6.4 之數。 故得公式如下。

$$\text{原子量} \times \text{比熱} = 6.4$$

此公式甚爲有用。蓋由此式可化得下式。

$$\underline{\text{原子量}} = \frac{6.4}{\text{比熱}}$$

故若某固體原質。不知其原子量。則可先以實驗測定其比熱。乃以此比熱除 6.4。其所得之數。卽爲

該原質之原子量矣。今試舉一例以明其用。例如鉛爲一種固體原質。設欲求其原子量。先以實驗測得鉛之比熱爲0.031。故用上公式。鉛之原子量當爲 $\frac{6.4}{0.031}$ 。即約爲206.5也。

(3) 藉週期表法。凡週期表中某原質之原子量。約爲其上下左右四原質原子量之酌中數。(參觀前第139頁週期表之緊要用處(6。)) 例如設前第131頁表中第六類之原質硒(Selenium)。其原子量尙有可疑之處。而其上下左右硫碲砷溴四原質之原子量。業已確知。則可相加而以四除之。即得硒原子量之約數矣。例如 $\frac{32(\text{硫}) + 127(\text{碲}) + 75(\text{砷}) + 80(\text{溴})}{4} = \frac{78.5}{4}$ 。爲硒之原子量約數。

(4) 藉同式之結晶物體法(By isomorphism)。化學家考得二種化合物。如能成同式之結晶體者。則其中所含之原子數。亦必相等。例如硫酸鋅 (Zinc sulphate) 與硫酸鎂 (Magnesium sulphate) 結晶式相同。而其所含之原子數亦相同也。如 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 及

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。由此種事實。吾人亦可測定原子量。例如設鋅之原子量。業已由他法考得爲 65。則鎂之原子量即可測定。蓋用分析法。測得此二種結晶體中鋅與鎂之比例爲 65 與 24 之比。65 既爲鋅之原子量。故 24 即爲鎂之原子量。因同式之結晶體中原子之數既同。則硫酸鋅中。既祇有一原子之鋅。故硫酸鎂中。亦祇有一原子之鎂。65 既爲鋅一原子之比重。則 24 自當爲鎂一原子之比重明矣。

(5) 藉分子量及分析法。設有一種原質。其原子量尙未確定。然其多種化合物之分子量。業已用法測定。(法詳以下分子量之測定法大要。待後自明。學者此時作爲分子量業已照法測定可也。) 則若將此種化合物用分析法一一分析之。而比較其每一分子量中含該原質幾何。則其最小之數。即爲該原質之原子量矣。蓋此多種化合物中。必有一種所含之該原質。祇爲一原子故也。例如設氮原質之原子量。尙未

確知。然其多種化合物如亞氧化氮 (Nitrous oxide) 氧化氮 (Nitric oxide) 阿摩尼亞 (Ammonia) 硝酸 (Nitric acid) 等類。其分子量業已測定。則可用分析法以測定每一分子量中含氮若干 (至若何分析之法。須待學習分析化學後。始能暢明之。) 如下。

化合物名	分子量	每一分子量中所含氮之重量
亞氧化氮	44.13	27.11
氧化氮	30.00	14.02
阿摩尼亞	17.05	14.03
硝酸	63.06	14.03

由末行中見氮之重量。最小約為14。故14為氮之原子量也。

註。 觀以上末行中氮之重量。近14者為14.02及14.03。吾人若取14為氮之原子量。不過一約數而已。至其確實之數究為14.02抑為14.03抑為他數乎。即以上各法所考得之原子量。亦常有不能十分確實者。今欲證明究竟何數最為確實。則當先得原質之當量 (Equivalent weight 又名 Combining weight)。茲述其大要如下。

當量者。 即該原質若與一分氫原質（即標準原質）相化合。須需之若干重量也。例如 35.5 分氯原質。能與 1 分氫原質化合（成HCl）。故 35.5 即為氯之當量。又以間接法。亦可求當量。例如38.85 分鉀原質。能與 35.5 分氯原質化合（成HCl）。然 35.5 分為氯之當量。今38.85 分鉀能與氯之當量化合。故 38.85 即為鉀之當量也。

此種當量。可以分析法得之。例如欲求氮之當量。可任取一種氮之化合物分析之。設取亞氧化氮分析之。則得 14.04 分氮及 16 分氧。然前第 49 頁曾見 8 分氧可與 1 分氫化合。故氧之當量為8。然 8 為16之半。故氮之當量。亦當為 14.04 之半。即 7.02 也。

此種當量之妙用。在所得某原質之當量。有時即與原子量之數相同。有時須半之或倍之或數倍之。則亦得該原質之原子量。其故蓋因倍數比例之作用。例如若分析 H_2O 。則得氫與氧之比重為 1 : 8。故 8 為氧之當量。倍之則為 16。即為氧之原子量矣。然若分析 H_2O_2 。則氫與氧之比重為1:16。故此處所得氧之當量為 16。此數即與氧之原子量數 16 相同。故不必倍之或半之也。故以上既分析得氮之當量為 7.02。而前見氮之原子量約為 14。即約為 7.02 之倍。故 $2 \times 7 = 14.04$ 為氮之確實原子量也。（惟實用時。祇須取其約數 14 即可。若欲作極準之試驗時。然後

取14.04之原子量確數也)。

註。 各原質之原子量。均經化學家照法測定。所得之數。見書後所附之一覽表中。

分子量之測定法大要

分子量之測定法。亦共有數種。某化合物之分子量。不克以此法測之者。常可以彼法測之。茲擇其尤要者考之。

(1) 藉氣體比較法(By volumetric relations)○欲明此法之前。學者當考阿伏加特路氏之學說(Avogadro's hypothesis)○茲述其要理如下

阿伏加特路 氏之學說

前第 109 頁試驗 50。顯明 1 體積之綠氣與 1 體積之輕氣化合後。適成 2 體積之鹽酸氣。此事實將何以解釋之乎。一千八百十一年。有一意大利化學家名阿伏加特路氏。進一學說曰。等體積之二種氣體。在同樣之

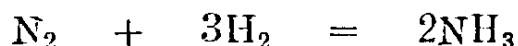
熱度及壓力時。其中所含之分子總數亦等。

註。 所以須在同樣之熱度及壓力者。因熱度增減或壓力增減。則氣體之大小。將隨之而變故也。

設此學說爲確。則以上一體積之輕氣。其中所含之分子總數。與一積體之綠氣所含之分子總數必相等。而二體積鹽酸中分子總數。必較一體積多一倍。故以上一體積氫與一體積氯之化合。可作爲一分子氫與一分子氯之化合。而成二分子鹽酸。然每一分子之鹽酸 HCl 中。含有一氫原子及一氯原子。故二分子鹽酸中。共含有二原子氫及二原子氯。此二原子氫。必由一分子氫而來。其二原子氯。亦必由一分子氯而來。則勢必一分子氫拆爲二原子。而一分子氯亦必拆爲二原子而後可。換言之。卽一分子氫。必爲二原子氫所成 (H_2)。而一分子氯。亦必爲二原子氯所成 (Cl_2)。當其化合也。氫氯二分子所含之原子。必拆開成 H H 及

ClCl。此原子互相一一合併爲 HCl, HCl。而成二分子之鹽酸。(簡明表示之。則爲 $\text{HH} + \text{ClCl} = \text{HCl} + \text{HCl}$ 。或可更簡書爲 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$) 此所以一分子氫及一分子氯化合而成二分子鹽酸也。換言之。此所以一體積輕氣及一體積綠氣化合。而適成二體積鹽酸氣也。由此觀之。阿伏加特路氏之學說。能與以上事實符合。而非偶然者也。且自經此學說發明之後。化學家以之解釋種種氣體物質之變化。知均能與事實相符。故知其學說爲確當也。

註。 例如前第 78 頁試驗 33。知一體積之淡氣及三體積之輕氣。能化合而成二體積之阿摩尼亞氣。阿伏加特路氏之學說。亦與此事實相符。可簡明表示之如下。



一體積氮 三體積氫 二體積阿摩尼亞

又學者當注意。體積之關係。亦可以方程式表示之。故凡變化之物質。如係氣體者。則變化以前及變化以後各物質之體積。亦可以方程式表示之。參觀第 67 頁小註中。

學者既明阿伏加特路氏之學說。乃可與言藉氣體比較以測定分子量之法。其大要如下。設有一氣體原質。如鹽酸氣之類。欲測定其分子量。則可先將此鹽酸氣權其重量。而與等體積輕氣之重量比較之。考知其共重幾倍。設如比得鹽酸氣較輕氣重 18.25 倍。(此種較輕氣重幾倍之數。謂之該氣體物質之密度 Density。) 然照阿伏加特路氏之學說。等體積之氣體中所含分子之數既等。則每一鹽酸分子。自較輕氣分子爲重 18.25 倍矣。然前見每一輕氣分子爲二原子所成 (H_2)。故以上實每一鹽酸分子。較二原子之氫爲重 18.25 也。一分子之鹽酸。既較二原子氫爲重 18.25 倍。則一分子鹽酸。自較一原子氫爲重 18.25 之二倍。卽爲 36.5 矣。前言分子量者。乃一分子與氫之一原子比較之重量。故此 36.5。卽爲鹽酸之分子量也。

由上觀之。可知鹽酸之分子量36.5。係鹽酸密度18.25之倍。故欲得某物質之分子量。只須先權得其密度。而後以二乘之即可。故可得公式如下。

$$\text{分子量} = 2 \times \text{密度}$$

熱爾第氏
之定律

(2) 藉熱爾第氏之定律法 By Raoult's

law) 化學家熱爾第氏考得凡取二種物質。若按照其分子量之比例。使之各溶於等量之溶劑內。則所成之溶液。須熱至較高之度數而始沸。或須冷至較低之度數而始結冰。例如取氯化鈉 (NaCl) 及氯化鉀 (KCl) 二種物質。其分子量之比例。為58.5及74.65之比例。(因NaCl=23+35.5=58.5。又KCl=39.15+35.5=74.65。) 今若將氯化鈉 58.5 公分(或用斤或用兩等均可)及氯化鉀 74.65 公分。使各溶化於同量之清水內。則本來清水熱至100°C即沸者。今則須熱至較100°C為高矣。又本來清水冷至0°C即結冰者。今則須降低至0°C之下。始能結冰矣。且考得氯化鈉溶液沸度所增之數。與氯化鉀溶液

沸度所增之數相等。其二溶液冷度降低之數。亦各相等。

藉以上要理。則可測定物質之分子量。茲述其大要如下。例如試有一物質。不知其分子量。則可用已知分子量之一物質。按照其分子量數使溶於一定量之水內。而考其溶液所增之沸度或所降之熱度為幾何。然後取等量之水。使欲考之物質。漸漸溶化其中。至溶液所增之沸度或所降之冰度。與前相等而止。則此已溶物質之重量。即為該物質之分子量也。

(3) 藉分析法 (By chemical analysis)。此法雖極有用。分子量之不克用前述之法以定之者。常可用此法定之。但不能視為通法。今舉一例以明之如下。設有一物質。用定性分析法 (Qualitative analysis 係考究化含中含有何種原質之法) 分析之。則知為氫硫氧三原質所成。以定量分析法 (Quantitative analysis 係考究一定量之物質中所含各原質重量若干之法) 分析之。

則知氫爲百分之 2.04。硫爲 33.5。氧爲 64.46。今若將此三數。各以其原質之原子量除之。則得各原質之原子數如下。

$$\frac{2.04}{1(\text{氫原子量})} = 2.04 \text{ 氫原子數}$$

$$\frac{33.5}{32(\text{硫原子量})} = 1.04 \text{ 硫原子數}$$

$$\frac{64.46}{16(\text{氧原子量})} = 4.0 \text{ 氧原子數}$$

以上三得數中是去小數。則得氫原子數爲 2。硫原子數爲 1。氧原子數爲 4。可假定其分子式爲 H_2SO_4 。將分子式內各原子之原子量相加。即得分子量。但依分析所得者僅爲實驗式。Empirical formula。不能即視爲分子式。如氯化第一錄之分子爲 Hg_2Cl_2 。然化學分析法所得之結果。僅得 HgCl 之實驗式。其分子式。究爲實驗式之若干倍。非依他法求得其分子量。不能確定也。

註。 本章既終。教師當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 十 四 章

關於化學上之計算法大要

化學中所需之計算法。種類頗多。茲擇其較易而較關普通知識所應知者述之。且設爲習題。以便學者之練習。學者務須悉心研究。親自演解之。蓋此種習題。爲學化學者所不可不知者也。惟學者當具有尋常之數學知識。及極淺近之代數知識。始易暢明之。本章所論者。計共分爲三門。舉之如下。

甲. 關於方程式之計算法

乙. 氣體積與熱度及壓力之關係計算法

丙. 雜題

茲分別論之如下

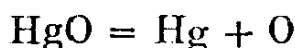
甲. 關於方程式之計算法

方程式既能表明物質之重量。(見前第65頁)且變化之物質。如係氣體。則方程式更可表明各物質

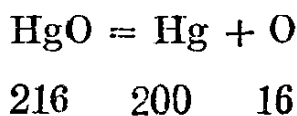
體積之關係。(理見前第 343 頁小註中。) 故吾人既已確知一種化學變化之方程式後。即可推算種種應需之重量及體積。今試演示數種如下。以明其用。

由簡單方程式
推算重量法

(1) 氧化汞(HgO)加熱。則分解為汞及氧。(參觀前第67頁。)



然汞之原子量為 200。氧之原子量為 16。故氧化汞之分子量為此二原質之和。即 216 也。故以上方程式中。各物質之重量。可以註明之如下。



即每用 216 分之氧化汞。分解後。可得汞 200 分及氧 16 分也。設今試問曰。如欲製得重 50 公分之氧。當用氧化汞若干。可用比例推算之如下。蓋欲得 16 氧。須用 216 氧化汞。然則欲得 50 氧。當用氧化汞若干。

$$16 : 216 :: 50 : (\text{應用氧化汞之重})$$

故應用氧化銻之重爲 $\frac{50 \times 216}{16} = 672$ 公分。

學者既明推算之理。試演解以下各習題。

習題1. 設欲得銻50公分。當用氧化銻若干。(答45公分。)

習題2. 設用 360 公分氧化銻加熱分解之。可得銻重若干公分 又氧重若干公分。(答銻重 = 351.8公分 氧重 = 28.1公分)

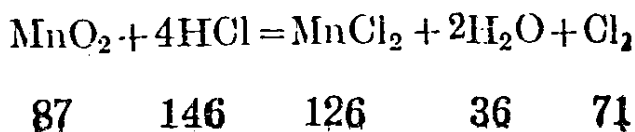
習題3. 問 100 公分之硫化氫 (H_2S) 中。有硫重幾何。又氫重幾何。(答硫 = 94.1公分。氫 = 5.9公分)

註. 硫化氫之分子量 (H_2S)。爲2及32之和。即34也。故每34 硫化氫中。有氫 2 及硫32。乃可推算 100 公分之硫化氫中有氫及硫若干公分

習題 4. 問100公分之氯化銀 (AgCl) 中。有銀幾何。又氯幾何。(答銀 = 75.2公分 氯 = 24.7公分。)

由較繁方程式
推算重量法

(2) 問50公分之二氧化錳 (MnO_2)。加多量之鹽酸而熱之。則共放若干公分之綠氣。(可照上法先開方程式而後推算之。總之。凡欲推算。恆須先開方程式。學者務須牢記之。)



由此可知每87二氧化錳。放出氯71。然則50公分之二氧化錳。當放氯若干。

$$87 : 50 :: 71 : x \text{ (註. } x \text{ 代所求之數)}$$

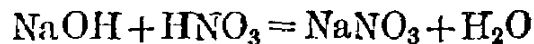
$$\therefore x = \frac{50 \times 71}{87} = 40.8 \text{ 公分之氯}$$

習題 5. 問欲得 100 公分之氯。當用二氧化錳若干公分。
(答122.5公分)

習題 6. 問以食鹽 (NaCl) 加於硝酸化銀 (AgNO₃) 溶液內。則得氯化銀 (AgCl) 白色之沈澱。(見前第177頁。) 今設用25公分之食鹽。加於多量之硝酸銀溶液中。可得氯化銀若干。(答61.28公分)

由物質之中和
推算重量法

(3) 前第95頁。凡一酸類遇一鹽基類。則中和而成鹽類。例如氫氧化鈉 (NaOH) 與硝酸 (HNO₃) 中和。則得硝酸鈉 (NaNO₃)。



$$40 \quad 63 \quad 85 \quad 18$$

今設以氫氧化鈉重 40 公分溶於 1000 立方公分之水中。則每 1 立方公分含有重 $\frac{40}{1000} = .04$ 公分氫氧

化鈉。今設試得 100 立方公分氫氧化鈉。能使一杯硝酸稀溶液中中和。(試法見前第94頁試驗39。)問此稀溶液中有硝酸重若干公分。可推算如下。

考每一立方公分氫氧化鈉。既有氫氧化鈉重 .04 公分。則 100 立方公分共有氫氧化鈉重 4 公分。
($100 \times .04 = 4$) 然由上方程式。可見每用氫氧化鈉重 40 公分。可使硝酸重 63 公分中和。故用氫氧化鈉重 4 公分。可使若干硝酸中和。

$$40 : 4 :: 63 :$$

$$\therefore x = \frac{4 \times 63}{40} = 6.3 \text{ 公分}$$

習題 7. 問須用硝酸重若干公分。乃可使以上氫氧化鈉溶液 15 立方公分中和。(答 9.45 公分)

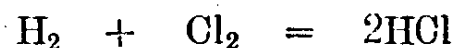
習題 8. 設用以上氫氧化鈉溶液 20 公分。能使一試管之鹽酸溶液中中和。問試管中有鹽酸重若干公分。(答 7.3 公分)

註。學者當先得氫氧化鈉與鹽酸中和之方程式。

由氣體物質之變化推算體積法

(4) 前第 343 頁小註中。見變化之物質。如係氣體。方程

式更可表明其體積之關係。例如一體積氫與一體積氯化合。成二體積鹽酸。可以下式表示之。



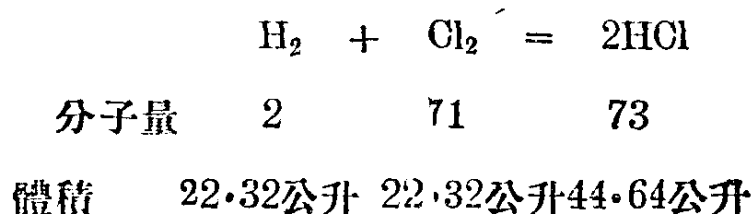
一體積氫 一體積氯 二體積鹽酸

按阿伏加特路氏之學說。等體積氣體中所含之分子數相等。故二種等體積之比較重量。實為其分子之比較重量。故若二種不同之氣體。其比較重量。適等於其分子量之比較重量。則其體積必相等。例如 H_2 之分子量為 2。 Cl_2 之分子量為 71。故若取 2 公分重之輕氣與 71 公分重之綠氣比較之。其所佔之體積必相等。考得此輕氣及綠氣在標準熱度及壓力(即 0°C 熱度。及水銀柱高 760 公釐之壓力)時量之。均為 22.32 公升。(Liter 每一公升等於 100 立方公分。)故他種氣體。若亦各按照其分子量量之。則亦佔 22.32 公升。此事實頗為有用。學者當注意之也。今特演示其用處如下。

設用 20 公升輕氣及 30 公升綠氣。使之化合。問能成鹽酸氣若干公升。又化合之後。尚多餘綠氣若干

公升。

欲演解此問題。當詳開方程式如下。



由此可見22.32公升輕氣。能成44.64公升鹽酸氣。

故若用20公升輕氣。當得鹽酸氣如下。

$$22.32 : 20 :: 44.64 : x$$

$$\therefore x = \frac{20 \times 44.64}{22.32} = \underline{40 \text{ 公升鹽酸氣}}$$

又由上方程式。見44.64公升鹽酸氣。應需22.32公升綠氣。故40公升鹽酸氣。應需綠氣若干。可以推算而得之。

$$44.64 : 40 :: 22.32 : x$$

$$\therefore x = \frac{40 \times 22.32}{44.64} = \underline{20 \text{ 公升綠氣。}}$$

然原用之綠氣。有30公升之多。則與氫化合後。尚餘 $30 - 20 = 10$ 公升綠氣。

習題 9. 問若用淡氣24公升及輕氣40公升。使之化合。則成阿摩尼亞氣若干公升。又化合後。尚餘淡氣若干公升。(答成阿

摩尼亞氣26.666公升。多餘淡氣10.67公升。)

註。 應用之方程式為 $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ 。

習題 10. 問若用15公升沼氣(CH_4 Marsh gas)及40公升養氣之混合物。以火通過。使之化合。則得二氧化碳氣(CO_2)若干公升。又尚多餘養氣若干公升。(答成二氧化碳氣 15 公升。多餘養氣 10公升。)

註。 應用之方程式為 $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

由化學分析
推算重量法

(5) 設如有一種銀化物。未知其中含銀若干。則可用分析法。算出含銀之數如下。

先任取此化合物少許。權知其重量。(設為15公升。)
乃加以多量之鹽酸(HCl)。則銀與氯化合而成氯化銀($AgCl$)。此係一種白色之沈澱物。(見前第 177 頁。)
可濾出加熱乾之。然後權此所得之氯化銀 ($AgCl$)
重若干公分。(設作為重5公分。)按 $AgCl$ 之分之量當為
143.43。(因 $Ag107.93 + Cl35.5 = 143.43$)。每 143.43 公分
氯化銀中。有銀107.93公分。故以上所得 5 公分之
氯化銀中。含銀之數為

$$143.43 : 5 :: 107.93 : x$$

$$\therefore x = \frac{5 \times 107.93}{143.43} = 3.76 \text{ 公分銀}$$

然此3.76公分之銀。原由以上所取之15公分化合物中得來者。故該化合物每百分中有銀若干。可推算而得。

$$15 : 100 :: 37.6 : x$$

$$\therefore x = \frac{100 \times 3.76}{15} = \underline{25.06\% \text{ 銀}}$$

註。 可見用分析法。每百分之物質中。含有某原質若干。可一一設法分析而推算之。若該物質之分子所含各原子之數之比。即為最簡單之比較。則其程式。不難由此種答數上推算得之。

習題11。 若取潔淨食鹽(NaCl)1.1285公分。加以多量之硫酸(H₂SO₄)。使成硫酸鈉(Na₂SO₄)。然後蒸乾之。將所得之硫酸鈉權知重1.3624公分。問每百分之潔淨食鹽中。有鈉(Na)重若干公分。(答39.10%鈉)

乙. 氣體積與熱度及壓力之關係計算法

氣體加熱則膨漲。故體積增。冷之則縮小。故

體積減。然則熱度之於氣體有極大之關係明矣。又設將氣體置皮袋中加壓力。則體積變小。去壓力則體積增大。故壓力之於氣體積。亦有極大之關係也。化學中既常須測量氣體物質之體積。則氣體積究與熱度及壓力有何種之關係。不可不明之。茲特分別考之如下。

查爾氏氣體積與
熱度關係之定律

氣體積與熱度之關係。化學家查爾氏 (Charles) 考得氣體積

之改變。與熱度之改變有一定之關係，謂之查爾氏定律 (Law of Charles) 即凡一氣體熱之使由 0°C 上升。(其所受之壓力。須照舊不更變。) 則每升 1°C 度。其體積即增加。所增之數。為其在 0°C 時所佔體積之 $\frac{1}{273}$ (即二百七十三分之一)。若冷之使由 0°C 下降。則每降 1°C 。其體積即減縮。所減之數。亦為其在 0°C 時所佔體積之 $\frac{1}{273}$ 。

故若以 v 為一氣體在 0°C 時之體積。則在 1°C

時。其體積爲 $V + \frac{1}{273}V$ 。在 2°C 時。其體積當爲 $V + \frac{2}{273}V$ 。此外依此類推。故設 t 爲所在熱度之數。則該氣體之體積爲 $V + \frac{t}{273}V$ 。設以 v 代應得體積之數。則得公式如下。

$$v = V + \frac{t}{273} V$$

故 $v = V(1 + \frac{t}{273})$ 即推算氣體在 $t^{\circ}\text{C}$ 時
應佔體積之公式

由此可化得在 0°C 時。該氣體所佔體積之公式。

蓋

$$\text{既 } v = V(1 + \frac{t}{273})$$

$$\text{故 } v = V\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

$$\text{故 } 273v = (V273 + t)$$

$$\text{故 } V = \frac{273v}{273+t} \text{ 即推算氣體在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 熱度時應佔體積之公式}$$

今試舉一二例。以明以上二公式之用。(a) 設有

一氣體在 0°C 時。其體積為 10 立方公分。問在 15°C 時。其體積當變為若干。(可用以上第一公式算之。此處 $V=10$ 立方公分 $t=15^{\circ}\text{C}$ 。然後代入以上第一公式。)

$$\begin{aligned} v &= V\left(1 + \frac{t}{273}\right) \\ &= 10\left(1 + \frac{15}{273}\right) = \underline{10.586 \text{ 立方公分}} \end{aligned}$$

(b) 又設有一氣體在 20°C 時。其體積為 750 立方公分。問在 0°C 時其體積當為若干。(用以上第二公式。 $v = 750, t = 20$ 。)

$$V = \frac{273v}{273+t} = \frac{273 \times 750}{273+20} = \underline{698.8 \text{ 立方公分}}$$

習題12. 有一氣體。在 27°C 量之。其體積為 25 立方公分。問在 0°C 。其體積當為若干。(答 22.75 立方公分)

習題13. 有一氣體。在 0°C 時。其體積為 45 立方公分。問在 30°C 時。其體積當為若干。(答 49.9 立方公分)

波以耳氏氣體積與
壓力關係之定律

(2) 氣體積與壓力關係。
化學家波以耳氏 (Boyle)。考得

氣體積之改變。與壓力之改變。亦有一定之關係。

謂之波以耳氏之定律 (Law of Boyle)。即凡一氣體。如不更動其熱度。而惟增減其壓力。則考得壓力增大。體積反縮小。壓力減少。則體積反增大。且體積之大小。與其所受之壓力。適成一反比例。例如設有一氣體。其所受之壓力為 2。而其體積為 4。今若加增壓力一倍。使所受之壓力變為 4。則其體積反縮小一倍而變為 2 矣。然以上體積 4 乘其所受之壓力 2 則得 8。而體積 2 乘其所受之壓力 4 則亦得 8。故凡體積與其所受之壓力相乘。所得之數必相等。設以 V 及 v 為二種體積。 P 及 p 為其所各受之壓力。則 V 乘 P 必等於 v 乘 p 。故得公式如下。

$$\underline{VP = vp} \quad \text{即體積與壓力關係之公式}$$

今試演示一問題。以明此公式之用。例如設有一氣體。所受之空氣壓力為 740 公釐。(公釐即 Millimeter, mm, 此種空氣壓力。可以風雨表 barometer 測之。所謂 740 公釐即表中水銀柱高 740 公釐也。) 則其體積為 500 立

方公分。問若空氣壓力變為750公釐。則體積當變為若干。

$$VP = vp$$

故 $500 \times 740 = v \times 750$

故 $v = \frac{500 \times 740}{750} = 493.3$ 立方公分

註。由是觀之。凡 $VP = vp$ 公式中。共有四數。即 V, P, v, p 。如已知其三種數目。則其他一數。即可推算而得。

習題 14. 設有一種氣體。壓力為 700 公釐。則體積為 450 立方公分。問若壓力變為760公釐。則其體積幾何。(答 414.47 立方公分)

習題 15. 設有一種氣體。壓力為 650 公釐。體積為 300 立方公分。問如其體積為 400 立方公分。則壓力變為若干。(答 4875公釐)

氣體積與熱度及壓力二者合併之關係

(3) 氣體積與熱度及壓力二者合併之關係。由上可知氣

體積與熱度及壓力。均有一定之關係。蓋因熱度及壓力之不同。體積常隨之而改變。考吾人測量氣體積之大小。常在空氣中為之。而空氣之熱度及

壓力。常有更動。故此時量得之體積。與另一時量得之體積。即有不同。然若欲將此種氣體之體積。與彼種氣體之體積互相比較。(例如比較一體積養氣。較一體積輕氣究重若干之類。)非在同樣之熱度及壓力不可。故科學家公議。凡欲二種氣體比較其體積。須先將量得之各體積。算出其在 0°C 及 760 公釐空氣壓力時當得體積若干。然後比較之。此熱度 0°C 及 760 公釐壓力。謂之標準熱度及壓力。(Standard temperature and pressure 按 760 公釐為空氣壓力之酌中數。)今將使氣體積變為在標準熱度及壓力時之體積所用之公式。演示如下。

前見在 0°C 熱度時。氣體所佔之體積。其公式為 $V = \frac{273v}{273+t}$ 此式亦可寫為

$$V = v \times \frac{273}{273+t} \quad (1)$$

又由前得之 $V_P = v_p$ 公式。可化得 $V = \frac{v_p P}{P_0}$ 此式

亦可寫爲 $V = v \times \frac{P}{760}$ 然在標準壓力 760 公釐時。
則 $P=760$ 公釐。故

$$V = v \times \frac{P}{760} \quad (2)$$

由上公式(1)。可知若欲將在 t 度時之體積 v 使變爲在 0°C 度時之體積 V 。則祇須以 $\frac{273}{273+t}$ 乘 v 即得。又由上公式(2)。可知若欲將在 P 壓力時之體積 v 變爲在 760 公釐壓力之體積 V 。則祇須以 $\frac{P}{760}$ 乘 v 即得。故若欲將在 t 度及 P 壓力時之體積 v 使變爲在 0°C 度及 760 公釐壓力時之新體積。(此新體積可命之謂 V_s 。) 則祇須將 v 先以 $\frac{273}{273+t}$ 乘之。再以 $\frac{P}{760}$ 乘之即得。如下

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

故 $V_s = \frac{273vp}{760(273+t)}$ 即推算氣體在標準熱度及壓力時應佔體積之公式

茲試演一例以明此公式之用。例如有一氣體在熱度 20°C 及風雨表壓力 740 公釐時。其體積爲 500 立

方公分。問在標準熱度及壓力時。其體積爲若干。

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{273vp}{760(273+t)} \\
 &= \frac{273 \times 500 \times 740}{760(273+20)} \\
 &= \underline{453.6 \text{ 立方公分}}
 \end{aligned}$$

習題 16 有一氣體。在熱度 21°C 及壓力780公釐時。量得其體質爲450立方公分。問在標準熱度及壓力時。其體積爲若干。
(答428.8立方公分)

習題 17. 設以一種輕氣在負 50°C (或寫爲 -50°C) 及壓力781公釐時。量得其體積爲13.621公升。問在標準熱度及壓力時。其體積幾何。(答14.259公升)

丙.雜題

習題 18. 考得鈉原質之比熱(Specific heat)爲0.284。試由此推求鈉之原子量爲若干。(答約23。參觀前第336頁。)

習題 19. 考得鉀,錳,鐵,之比熱爲鉀 0.166。錳 0.119。

鐵 0.112。試求此三原質之原子量約數。(答約爲鉀 = 39, 錳 = 54, 鐵 = 57。)

習題20. 考得沼氣 (CH_4) 之密度爲 8。問沼氣之分子量爲若干。(答 16。參觀前第 344 頁。)

習題21. 考得若將一體積之二氧化碳 (CO_2) 與一體積之輕氣比較。共重 22 倍。問二氧化碳氣之分子量爲幾何。(答 44)

習題22. 設有一化合物。其分子量測得爲 34。以分析法分析之。則知此 34 中有氫 2 分及氧 32 分。試求此化合物之程式 (Formula)。(答 H_2O_2)

習題23. 有一種化合物。其分子量測得爲 100。以分析法分析之。則知此物含有鈣 40% 碳 12% 氧 48%。問此化合物之程式爲何。(答 CaCO_3)

註. 本章既終。教師更當設爲問題。使諸生對答。以資練習。

第 二 十 五 章

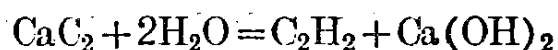
附有機化合物 (Organic Compounds, 又名碳化合物) **大意**

前第243頁中述碳之緊要化合物時。曾言及碳之化合物。種類甚多。不下十萬餘種。故化學家另立專部名有機化學(Organic chemistry)者考之。茲將此種有機化學之內容。言其大意如下。俾學者得以稍知其門徑也。

無機化學及有機化學 今昔意義之不同

按多數之有機化合物。係存在於動植物之體中。故昔時化學家以此種化合物。係藉動植物之生命作用(動植物係有生命之物。)始克造成者。與無生命之礦物質有別。(按本章以前所考之物質。多為由礦物質得來者。)然動植物為有機體。而礦物則係無機體。故研究此種動植物質之化學。昔時化學家謂之有機化學 (Organic chemistry)。而研究礦物質之化學。則謂之無機化學 (Inorganic chemistry)。迨後化學逐漸進

步。乃知所謂有機化合物者。吾人亦可以設法用無機化合物製出之。例如 C_2H_2 (Acetylene 二碳羰質。係一種可以燃燒之氣體)。乃係一種有機化合物。然吾人亦可以藉水及碳化鈣 (CaC_2 Calcium carbide) 二種無機化合物之作用而製出之。



由此觀之。可知昔時所謂有機化合物。係藉動植物之生命作用。始克製成之說為不當。且現今所有之有機化合物。大半係以人工所造成者。故昔時分為有機化學及無機化學之意義。已不適用。現今之所謂有機化學者。乃研究碳質化合物之學。而所謂無機化學者。乃研究非碳質化合物之學。此外別無他意。所以仍用有機及無機之名者。以沿襲向日之習慣故耳。或竟謂之碳化合物之研究。及非碳化合物之研究。亦無不可也。按現今所以仍將碳化合物。另立一門。與非碳化合物分開研究者。以其種數太多之故。非另立一門考之。難以明其種

種碳化物之密切關係及其特別之處耳。茲將種種碳化物之密切關係及其特別之處。各舉一二例。分別言之。以明其大要。

種種碳化物有
密切之關係

按碳化物雖為數甚多。然其間多有一定之關係。且吾人可將其相似之質。歸成數族。每族中化合物之組成。顯有一定次序之遞變。極為明顯。且其性質。亦大同小異。逐漸變化。故碳化物雖多。吾人可分族考之。故有機化學之研究。係一種極有次序之學問。較諸無機化學。更為明顯也。

今試略舉數例。以明此種碳化物之關係。例如碳化物中。吾人見其分子式有為 CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14} 等等之物質。此種物質。可以歸成一族。族中每一化合物。其分子量。均逐漸加多一原子碳及二原子氫 (CH_2)。故其遞變。極為明顯也。此族物質。名為完質。(Paraffins, 其所以取名完質之故。詳後。) 族中物質甚多。每一物質。各有專名。茲特略

舉數種如下。

C H_4 …‘一碳完質’… (Methane)

C_2H_6 …‘二 , , , , ’… (Ethane)

C_3H_8 …‘三 , , , , ’… (Propane)

C_4H_{10} …‘四 , , , , ’… (Butane)

C_5H_{12} …‘五 , , , , ’… (Pentane)

C_6H_{14} …‘六 , , , , ’… (Hexane)

等等

按此族中化合物之組成。既有一定之遞變。故族中無論何化合物之組成。概可由 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 之公式推算而得之。(n乃該化合物中碳原子之數。) 例如設化合物中碳原子之數為三。則 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 即為 $\text{C}_3\text{H}_{2 \times 3 + 2} = \text{C}_3\text{H}_8$ 。故該化合物之分子式。即為 C_3H_8 是也。(即族中之第三化合物‘三碳完質’) 餘可類推。且不僅族中各化合物。其分子組成。顯有此種逐漸之遞變關係。即其各化合物之性質。亦顯有逐漸遞變之關係。例如族中化合物之分子量。逐漸加重。則其溶解度及沸度。亦逐漸加高。且族中最先四種之化合物。在尋

常熱度時。係屬氣體。而族中第五種至第十六種之化合物。則係液體。至族中第十七種起以後之化合物。則係固體。

除完質外。吾人尚可用同樣方法。將其他碳化物。歸成數族。每族中之化合物。亦有分子量上及性質上一定次序之遞變關係。如此所成之族。共有多種。如羸質 (Olefines) ○ 亞羸質 (Acetylenes) ○ 醇 (Alcohols) ○ 醇精 (Ethers) ○ 醛 (Aldehydes) ○ 酮 (Ketones) ○ 脂酸 (Fatty acids) ○ 氮氫基質 (Amines) ○ 碳水物 (Carbohydrates) ○ 蛋白質 (Albumius) ○ 硫醇 (Mercaptans or thio-alcohols) ○ 含硫醇精 (Thio-ethers) ○ 輪質 (Benzene) ○ 氫氧代輪質 (Phenols) ○ 芳香醇 (Aromatic alcohols) ○ 芳香醛 (Aromatic aldehydes) ○ 芳香酮 (Aromatic ketone) ○ 芳香酸 (Aromatic acids) ○ 芳香氮氫基質 (Aromatic amines) ○ 植物鹼質 (Alkaloids) ○ 等類是也。此種物質。以後當擇要略考之。茲先就醇及醇精二族中。各舉數化合物及其分子式。以便查考焉。

醇類

$C H_3 OH$ ……‘一碳醇’……(Methyl alcohol)

$C_2H_5 OH$ ……‘二 ,, ,, ’……(Ethyl ,,)

$C_3H_7 OH$ ……‘三 ,, ,, ’……(Propyl ,,)

$C_4H_9 OH$ ……‘四 ,, ,, ’……(Butyl ,,)

$C_5H_{11}OH$ ……‘五 ,, ,, ’……(Amyl ,,)

等等

醇精類

$C H_3 \cdot O \cdot C H_3$ …‘二個一碳完基醇精’ (Dimethyl ether)

$C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ …‘ ,, ,, 二 ,, ,, ,, ,, ’ (Diethyl ,,)

$C_3H_7 \cdot O \cdot C_3H_7$ …‘ ,, ,, 三 ,, ,, ,, ,, ’ (Dipropyl ,,)

$C_4H_9 \cdot O \cdot C_4H_9$ …‘ ,, ,, 四 ,, ,, ,, ,, ’ (Dibutyl ,,)

$C_5H_{11} \cdot O \cdot C_5H_{11}$ …‘ ,, ,, 五 ,, ,, ,, ,, ’ (Diamyl ,,)

等等

按醇類分子式。概可用 $C_nH_{2n+2}O$ 之公式表示之。

(n係分子中所含碳原子之數。) 例如設欲知含三原子碳

醇之分子式。則以三代公式中之 n 即得。蓋 C_nH_{2n+2}

$O = C_3H_{2 \times 3 + 2}O = C_3H_8O = C_3H_7OH$ 。是即‘三碳醇’也。又醇精類化合物分子之組成。亦可用 $C_n H_{2n+2}O$ 公式表示之。與醇類之公式相同。例如設欲知含六原子碳之醇精之分子式。則可以六代公式中之 n 即得。如 $C_n H_{2n+2}O = C_6H_{14}O = C_3H_7 \cdot O \cdot C_3H_7$ 。是即‘二個三碳完基醇精’也。其餘亦可依此類推。

又觀上列各醇類分子式。可知醇類中。均有 OH 團。謂之氫氧基 (Hydroxyl)。其他為 CH_3 , C_2H_5 , C_3H_7 , C_4H_9 , C_5H_{11} 等團。統名之為完基 (Alkyl radicals)。其 CH_3 完基。謂之一碳完基 (Methyl radical)。以其含一原子碳也。其 C_2H_5 完基。謂之二碳完基 (Ethyl radical)。以其含二原子碳也。其餘三碳完基 (Propyl radical), 四碳完基 (Butyl radical), 五碳完基 (Amyl radical) 等等。均仿此。故 CH_3OH 醇。可謂之‘一碳醇’。 C_2H_5OH 醇。可謂之‘二碳醇’。餘可類推。又吾人若以 R 表

完基。 OH 表氫氧基。則可知所有醇類分子之構造法。均可以 ROH 式表示之。例如設若 R 爲 CH_3 。則該醇類爲 CH_3OH 。若 R 爲 C_2H_5 。則該醇類爲 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 是也。故 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ 式。可爲推算醇類分子式之用。而 ROH 式。則可供記憶醇類分子構造法之用。

又吾人若觀上列各醇精類之分子式。則可知醇精類分子之構造法。均可用 ROR 式表示之。(R係完基。O係氧原質。) 故設若 R 爲 CH_3 。則該醇精爲 $\text{CH}_3 \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_3$ 。即‘二個一碳完基醇精’也。若 R 爲 C_2H_5 。則該醇精爲 $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$ 。即‘二個二碳完基醇精’也。餘可類推。故 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ 亦可用爲推算醇精類分子式之用。而 ROR 則可爲記憶其構造法之用。且吾人若將 ROH 醇類之公式。與 ROR 醇精類之公式比較之。則可知醇類中氫氧基之氫原質。被一完基所代替。則即成爲醇精類也。

碳 化 物 之
特 別 處

前既說明種種碳化物之密切關係。
茲更將碳化物之特別處言之。例如上
文醇類之公式。與醇精類之公式相同。二者均為 C_n
 $H_{2n+2}O$ 。故二種化合物。有同一之分子程式也。例如
 C_2H_6O 。既可為醇類之一種分子程式。(即 C_2H_5OH ‘二碳
醇’因 $C_2H_5OH = C_2H_6O$ 。)亦可為醇精類之一種分子程
式。(即 $CH_3 \cdot O \cdot CH_3$ ‘二個一碳完基醇精’因 $CH_3 \cdot O \cdot CH_3 = C_2H_6$
 O 。)此種事實。為以前無機化合物中所罕見。故為
有機化合物中特別之要點。且屬有機化學中常見
之事實也。凡此種同分子式而實為二種或數種不
同之物體。謂之同分異性體 (Isomers)。

按上述二種物體。其分子程式既均為 C_2H_6O 。而
一則為醇類。一則為醇精類。然則其內部不同之
點。究何在乎。化學家詳考之下。而知其所以不同
者。在其中所含之原子。其排列法不相同之故。猶
之吾人若用黑白等色棋子數枚。可排成各種不同

之式樣。或圓或方或長或短。均無不可。且即同一之式樣。若其中之棋。黑白相間。亦與黑白不相間者不同。有機化學中數原子之所以能成多種同性體者。亦即此理。故以上所述之二原子碳，六原子氫，一原子氧（即 C_2H_6O ）。因一種之排列法。則成醇類。另換一種排列法。則成醇精類。然尋常所成之分子式（Molecular formula）。如 C_2H_6O 之類。祇能表明化合物中所含各種原子數。而未能表明其中各原子若何排列之法。今設欲表明 C_2H_6O 醇類中原子之排列。與 C_2H_6O 醇精類中原子之排列。究有何種不同之處。則當另用一種繪畫法名爲圖解式或構造式（Graphic formula or Structural formula）者以表明之。茲試先將此種圖解式之大意言之。然後用圖解式以表明醇類及醇精類所以排列不同之處焉。

按凡原質。均有其原子價。（Valency參觀前週期表之緊要用處（2）。）例如氫之原子價爲一。氧之原子價爲二。

(因每一氧原子。能與二氫原子化合之故。如成 H_2O 之類。) 碳之原子價爲四。(因每一碳原子。至多能與四氫原子化合之故。如成 CH_4 之類。) 是也。化合物之圖解式。即本此理而製成之。法查某原質之原子價爲若干。即先以若干小畫表明之。例如碳之原子價爲四。則以四小畫表明之。如 $\begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array}$ 。氫之原子價爲一。則以一小畫表明之。如 $H-$ 。氧之原子價爲二。則以二小畫表明之。如 $-O-$ 。此外他原子。可照此類推。然後設數原質互相化合而成化合物。則各以其小畫相連之。例如水 (H_2O) 爲二原子氫及一原子氧所化合而成。則以氫之一小畫。各與氧之一小畫相連。即得 $H-(-O-)-H$ 。簡書之。則爲 $H-O-H$ 。是即水之圖解式也。又如‘一碳完質’(Methane CH_4 即沼氣)。爲一原子碳與四原子氫所化合而成。故其圖解式爲 $\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$ 。又如‘二碳羸質’(Ethylene C_2H_4)。爲二原子碳與四原子氫所化合而成。故其圖解式爲 $\begin{array}{c} H \quad H \\ | \quad | \\ H-C=C-H \end{array}$ 。再

如‘二碳亞羸質’(Acetylene C_2H_2)。爲二原子碳與二原子氫所化合而成。故其圖解式爲 $H-C\equiv C-H$ 。餘可依此類推。



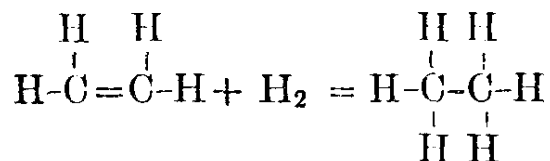
註 按二碳羸質 $H-C=C-H$ 及二碳亞羸質 $H-C\equiv C-H$ 。其圖解程式中。有 $C=C$ 及 $C\equiv C$ 之部分。爲吾人所當注意者。即二原子之間。有雙帶及三帶相連也。凡二原子以雙帶相連者。謂之雙帶連(Double bond)。其以三帶相連者。謂之三帶連(Triple bond)。



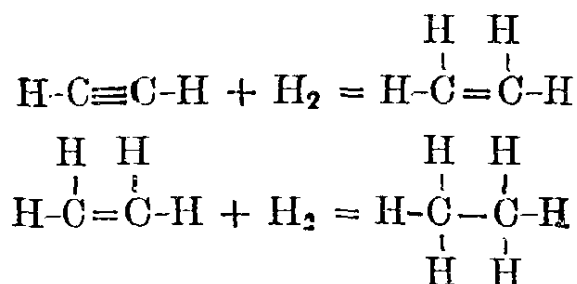
按碳之原子價。充其量。當爲四。今‘二碳羸質’ $H-C=C-H$ 式中。每一碳原子之四原子價中。祇用去其二。以與氫化合。其餘每一碳原子所剩之二原子價。即互相化合而成雙帶連。至二碳亞羸質 $H-C\equiv C-H$ 式中。則每一碳原子之四原子價。祇用去其一。以與氫化合。其餘每一碳原子所剩之三原子價。即互相化合而成三帶連。凡此種碳原子價尙未用盡之化合物。統名之爲未飽足化合物(Unsaturated compounds)。以其能與他原質化合之量。尙未充足故



也。例如二碳羸質 $H-C=C-H$ 。尙可吸收二原子氫。以充足其量。而成爲二碳完質。

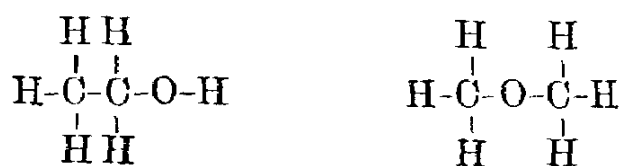


至二碳亞羧質 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 。則尚共可吸收四原子氫。以充足其量。先吸收二原子氫。以成二碳羧質。再吸收二原子氫。而成二碳完質。



若夫二碳完質。則係一種已飽足化合物 (Saturated compounds)。以其中之碳原子能與他原質化合之量。業已充足故也。按此種未飽足及已飽足之化合物。化學中常見之。而以碳化合物為尤多。例如二氧化碳 (CO_2)。亦為已飽足化合物 ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$)。以其中碳原子能與他原質化合之原子價。業均用去故也。至若一氧化碳 (CO)。則為未飽足化合物 ($\text{C}=\text{O}$)。因碳之充量原子價為四。今祇用去其二故也。

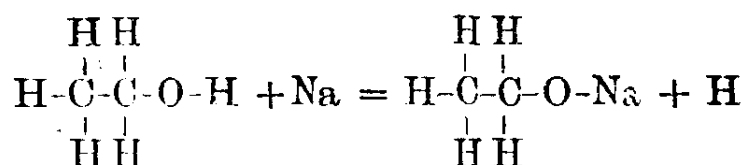
學者既明圖解式之要義。今試將 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 之醇及其同分異性體之醇精。以圖解式表示之。以明其中原子排列法之不同也。



‘二碳醇’ ‘二個一碳完基醇精’

觀此二式。可知二種化合物。雖同為二原子碳，六原子氫，及一原子氧所成。然其中原子之排列法。顯不相同。且醇中有(OH)氫氧基。而醇精中則無之。即以實體證之。亦見醇與醇精不同。雖二者同為無色中和之物體。然其性質不同。醇精較醇易於飛散。且不及醇之易溶化於水中。且吾人若將鈉一小塊。投入醇中。則見有輕氣發生。(與鈉之投入水中時之作用相同。因水(H-O-H)中有氫氧基。與醇中之有氫氧基者相同故也。)今若將鈉投入醇精中。則並無輕氣發生。可知醇中有可以被鈉驅出之氫。而醇精中則無之也。今若觀上列二種醇及醇精之圖解式。則立見醇中有一氫原子。與氧原子相連。被鈉驅出之氫。即係此特別之氫原子。至醇精中。則既無此種與氧相連之氫原子。故將鈉投入其中。亦無輕氣

發生也。



由上觀之。可知圖解式係研究碳化合物極有用處之一種表示法。不特可以使吾人明曉同分異性體所以不同之處。究屬何在。且可以使吾人得知各化合物中原子之排列法也。

再者。學者若將以後所述各族緊要化合物研究之後。當可察知所有碳化合物。均可作為係由 CH_4 （一碳完質）及 C_6H_6 （六碳輪質）二物質所發生而出者。其由 CH_4 所發生而出之各碳化合物。化學家統名之為非芳香碳化合物（Aliphatic compounds）。其由 C_6H_6 所發生而出之各碳化合物。則統名之為芳香碳化合物（Aromatic compounds）。以由 C_6H_6 所發生而出之物質。多有芳香之味故也。故所有各族碳化合物。可歸為非芳香碳化合物及芳香碳化合物二大類。例如完質類（Paraffins），羸質類（Olefines），亞羸質類（Acetylenes），

醇類 (Alcohols), 醇精類 (Ethers), 醛類 (Aldehydes), 酮類 (Ketones), 脂酸類 (Fatty acids), 氮氫基質類 (Amines), 等。均為非芳香碳化物。而輪質類 (Benzenes), 氫氧代輪質類 (Phenols), 芳香醇類 (Aromatic alcohols), 芳香酮類 (Aromatic ketones), 芳香酸類 (Aromatic acids) 等。則均為芳香碳化物。茲將此二大類中之化合物。擇要者略述之。學者如能因此而喚起研究之興味。則進而求之。其樂亦正無限也。

非芳香碳化物

(1. Aliphatic compounds 又名非輪質碳化物)

考非芳香碳化物。共有多族。茲擇其要者略述之。以便初學者知其梗概也。

完質類

(1) 完質類 (Paraffins) 此族化合物。均為碳及氫二原質所成。故亦名為碳氫化合物 (Hydrocarbons)。可以 C_nH_{2n+2} 公式表示之。其分子中碳原子能含氫原質之量。均已充足。故謂之完質。

所以別於羸質及亞羸質之亦爲碳氫化合物。而其碳原子能含氫原質之量。尙未充足者也。此族完質。可作爲所有非芳香碳化物之起點族。因所有非芳香碳化物。可視爲由完質所演出者也。

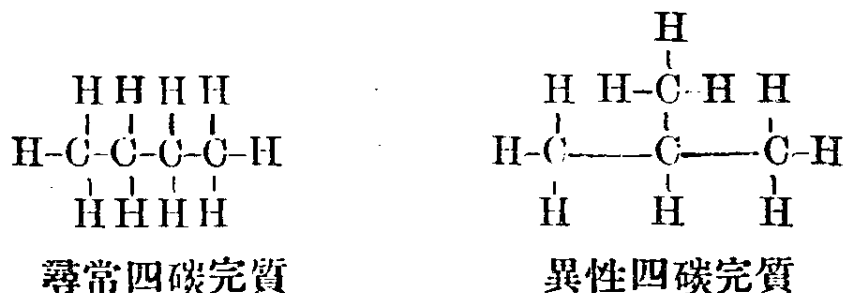
(例如 CH_3OH 一碳醇。可視爲由一碳完質 $\text{CH}_3\cdot\text{H}$ (即 CH_4) 所演出。因以 OH 團代 $\text{CH}_3\cdot\text{H}$ 中之 H 。即成爲 CH_3OH 。又如二個一碳完基醇精 $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_3$ 。可作爲由 $\text{CH}_3\cdot\text{OH}$ 所演出。因以 CH_3 代 $\text{CH}_3\cdot\text{OH}$ 中之 H 。即成爲 $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_3$ 。然 $\text{CH}_3\cdot\text{OH}$ 係由一碳完質 $\text{CH}_3\cdot\text{H}$ 所演出。故 $\text{CH}_3\cdot\text{O}\cdot\text{CH}_3$ 亦可視爲由 $\text{CH}_3\cdot\text{H}$ 完質所演出。餘可以此類推。) 今將尤要之各完質。表列如下。

以便參考。

C H_4 “一碳完質” Methane	$\text{C}_7 \text{H}_{16}$ “七碳完質” Heptane
$\text{C}_2 \text{H}_6$ “二碳完質” Ethane	$\text{C}_8 \text{H}_{18}$ “八碳完質” Octane
$\text{C}_3 \text{H}_8$ “三碳完質” Propane	$\text{C}_9 \text{H}_{20}$ “九碳完質” Nonane
$\text{C}_4 \text{H}_{10}$ “四碳完質” Butane	$\text{C}_{10} \text{H}_{22}$ “十碳完質” Decane
$\text{C}_5 \text{H}_{12}$ “五碳完質” Pentane	$\text{C}_{11} \text{H}_{24}$ “十一碳完質” Undecane
$\text{C}_6 \text{H}_{14}$ “六碳完質” Hexane	等等 等等 等等

由上觀之。可知任取表中無論何一化合物。其所含碳原子及氫原子之數。較諸其上下化合物中所含者。均相差 CH_2 。即一原子碳及二原子氫是也。此種情形。亦為其他碳化物族中所常見者。例如醇類族中。其每一化合物。與其上下化合物相差之數。亦為一原子碳及二原子氫是也。（如‘一碳醇’ CH_3OH 與‘二碳醇’ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。其相差之數。亦為 CH_2 之類。）凡合乎此種情形之碳化物族。即其族中無論何化合物。與其上下化合物相差之數。為一原子碳二原子氫 CH_2 者。謂之一碳二氫公差族 (Homologous series)。故完質族。係屬一種一碳二氫公差族也。

又含碳原子較多之完質中。常見有同分異性體之事。例如 C_4H_{10} 分子式。既為尋常四碳完質之分子式 (Normal Butane)。且為異性四碳完質 (Isobutane) 之分子式。此二種物體所以不同之故。亦在其原子排列法之不同耳。：一

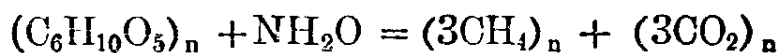


註。 觀異性完質之圖解程式。可知其中含有三個一碳完基

(CH₃)。此三個一碳完基佔一碳完質 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 中之三個氫原子

地位而代之。故異性完質。亦可名為‘三個一碳完基之一碳完質’ (Trimethylmethane)。

考完質在天然之間。其存在之量頗多。係由動植物質腐敗而成。例如一碳完質。係微生物與纖維質起作用而成。污水中及沼濕之地。放出此氣頗多。故又名沼氣。

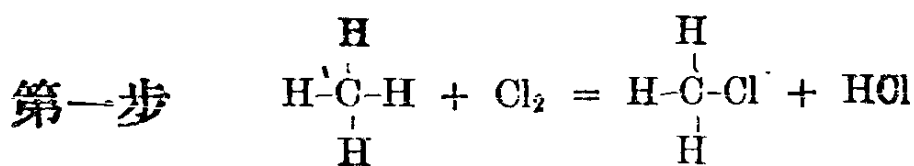


纖維質

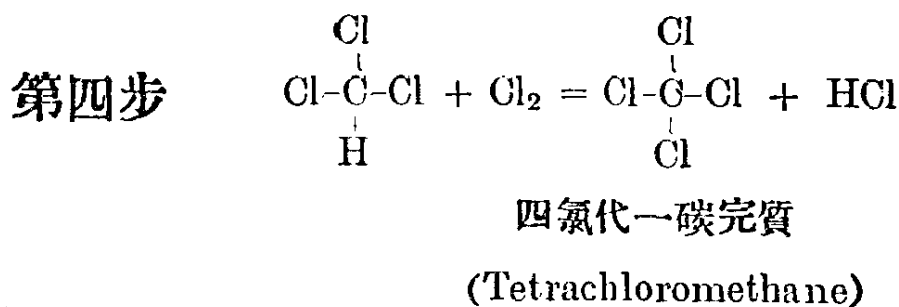
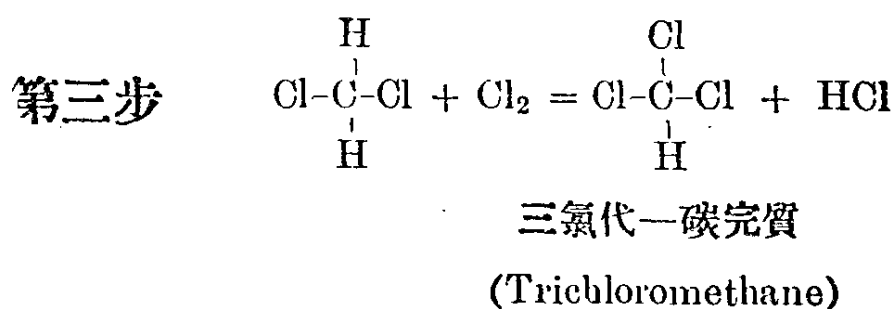
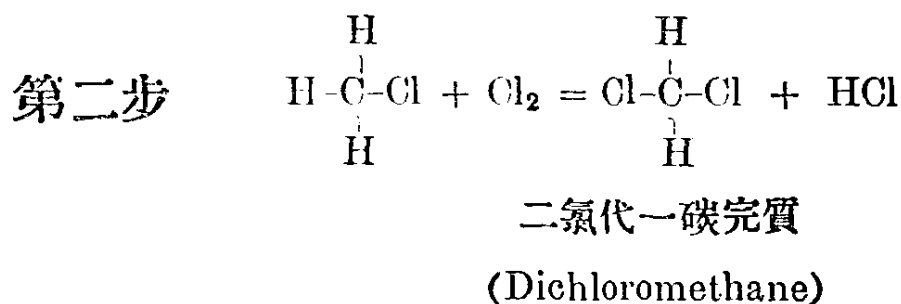
一碳完質(即沼氣)

動植物質受熱腐敗後。亦有完質發生。例如將煤或木置不透空氣之器中。加熱以熱之。亦有完質發生。又煤油井中取出之煤油。大部分為完質。

至完質之性質。則考得均較水爲輕。且不能溶解於水內。故可浮於水面上。完質對於他物質之化合性。甚爲薄弱。雖遇濃酸類或氧化劑。亦無若何之作用。然氯原質或溴原質。則能與完質直接化合。例如將一碳完質。與綠氣起作用。則一碳完質中之氫原子。逐步被氯原子所代換。而成各種物體。此種作用。謂之置換作用(Substitution)。而其置換後所成之各種物體。則統謂之爲置換物(Substitution products)。今將一碳完質與氯所起之各步置換作用。及其所成之置換物。(各有專名)用圖解方程式表示之如下。



一氯代一碳完質
(Monochloromethane)
又名氯化一碳完基
(Methyl chloride)

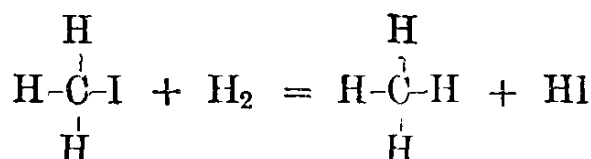


按以上各置換物中‘三氯代一碳完質’(CHCl_3)。係一種無色液體。又名迷蒙精 (Chloroform)。因此物多嗅後。人即被其迷蒙。失其知覺。故係一種極佳之麻醉劑。醫學中割症時常用之。又除一碳完質外。其他之完質。遇氯族原質。亦可起置換作用。故以上之置換作用。係完質之一種普通作用也。因此

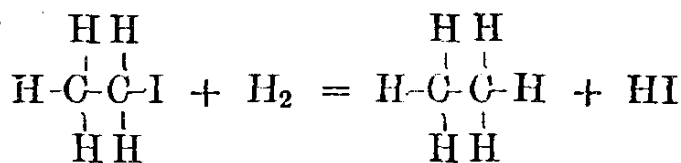
之故。完質之置換物甚多。

註， 各種完質與鹵族原質所成之置換物。對於用人工製造各種碳化物之方法上。極有關係。因用此種置換物。可以製出多數之他種碳化物也。茲特略述如下。以概其餘。

(a) 由此種置換物。加發生機之氫 (Nascent hydrogen)。使起還原作用。則可製得完質也。例如‘碘化一碳完基’ (CH₃I Methyl iodide 係一碳完質中一原子氫被一原子碘所代換而成。) 與發生機之氫起作用。則成一碳完質。

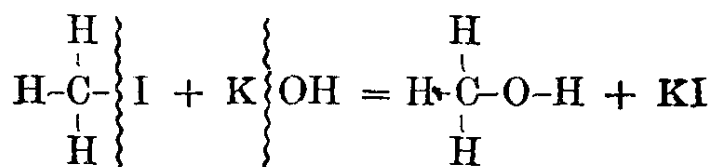


若改用‘碘化二碳完基’ (C₂H₅I Ethyl iodide 係二碳完質中一原子氫被一原子碘所代換而成。) 與發生機之氫起作用。則成二碳完質。餘可以此類推。故用各種不同完基之碘化物。則可製得各種之完質。

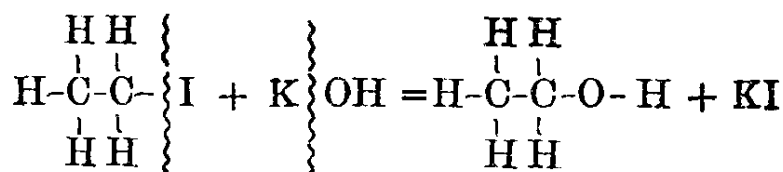


(b) 由此種置換物。若加以氫氧化鉀 (KOH) 之溶液。使起作用。則可製得醇類 (Alcohols) 也。例如碘化一碳完基 (CH₃I)。與氫氧化

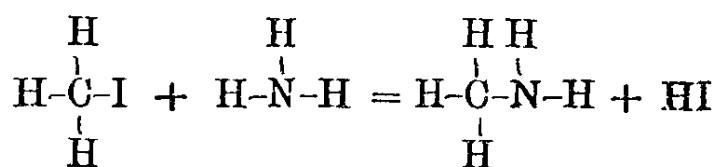
鉀起作用。則成一碳醇(CH₃OH Methyl alcohol)。



若改用碘化二碳完基 (C₂H₅I) 與氫氧化鉀起作用。則成二碳醇 (C₂H₅OH Ethyl alcohol)。餘可照此類推。故用各種不同完基之碘化物。則可製得各種之醇類也。

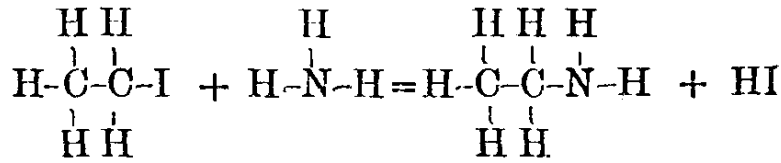


(c) 由此種之置換物。若以溶化於酒精之阿摩尼亞液體 (Alcoholic ammonia) 加入。則可製得氮氫基質 (Amines 凡氮氫基質中。均有NH₂氮氫基。) 也。例如碘化一碳完基。與阿摩尼亞起作用。則成‘一碳完基, 氮氫基質’ (CH₃·NH₂ Methylamine)。

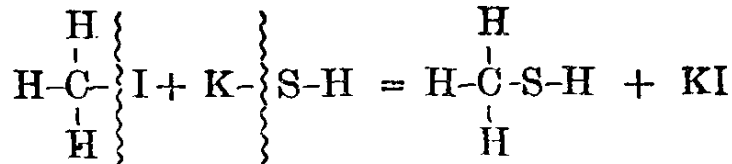


阿摩尼亞

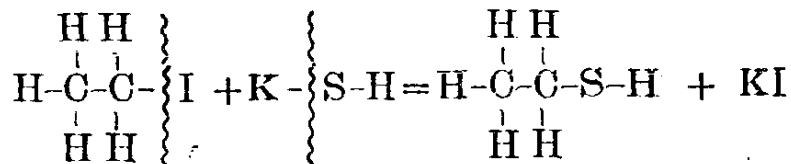
若改用碘化二碳完基。以與阿摩尼亞起作用。則成‘二碳完基, 氮氫基質’ (C₂H₅·NH₂ Ethylamine)。



(d) 由此種之置換物。若使與氫硫化鉀 (KSH Potassium hydrosulphide) 起作用。則可製得硫醇 (Thioalcohol or mercaptan) 也。例如碘化一碳完基。若與氫硫化鉀起作用。則成‘一碳完基, 硫醇’ (CH₃·S H Methyl mercaptan)。



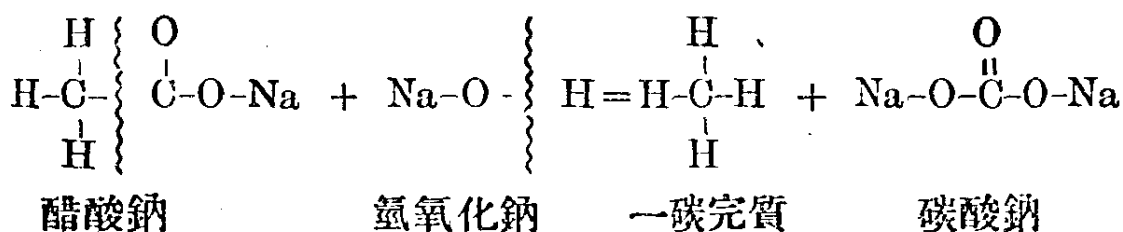
若改用碘化二碳完基 (C₂H₅I) 與氫硫化鉀起作用。則成‘二碳完基, 硫醇’ (C₂H₅·SH Ethyl mercaptan)。餘亦可照此類推。



由上觀之。可知用各種不同完基之完質。與氫族原質所成之置換物起作用。可製出多族之他種化合物。故此種置換物。於碳化物之人工合成製造上。極有關係者也。

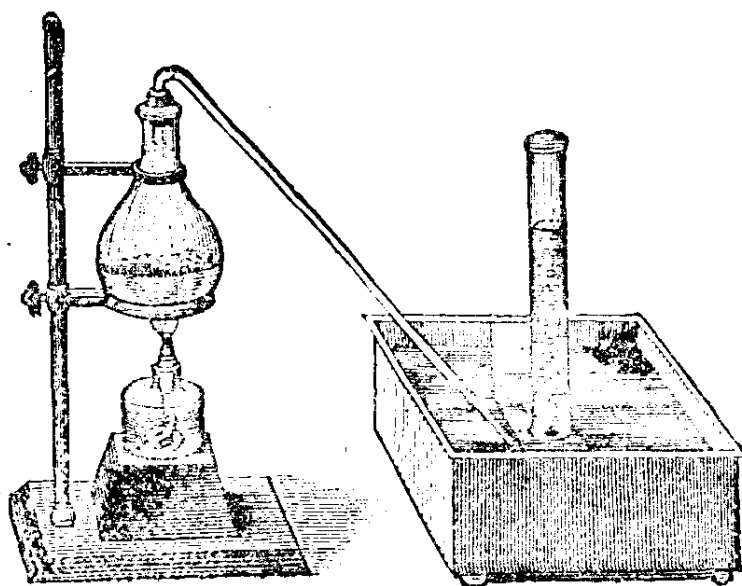
上既述完質公共之大要。茲試更將一碳完質。特別考論之。俾學者可得舉一反三之益也。

查一碳完質 (又名沼氣)。為完質類中之第一化合物。煤礦中產之頗多。此氣與空氣相混。以火觸之。則爆裂甚猛。故為煤礦中一種極為危險之氣體。(參觀前第257頁安全燈。)吾人在化學室中。亦可設法用人工以製成之。其常用之法。係以醋酸鈉(CH₃·COONa Sodium acetate)及氫氧化鈉(NaOH)之混合物。一同加熱。則成一碳完質氣體而放出。其反應如下。



試驗 127.

取約二十餘公分之固體醋酸鈉及約六十公分之氫氧化鈉置玻璃瓶中。如第六十二圖。乃加大熱。待瓶中空氣全



第六十二圖

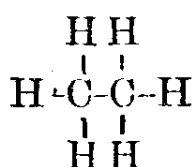
行驅出後。可用排水取氣法。將一碳完質氣體捕取之。

考一碳完質。係一種無色無臭之氣體。在空氣中可以燃燒。若先與空氣相混而後燃燒之。則爆裂甚猛。多種之物質。與一碳完質不起作用。即酸類與氧化劑。亦無作用。是蓋完質之通性也。至一碳完質與綠氣所成之各種置換物。則前已用反應式述明。茲不多贅。

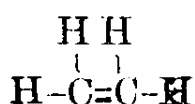
羸質及 亞羸質

(2) 羸質類 (Olefines) 及 亞羸質類 (Acetylene)。此二族化合物。亦均為碳氫二原質所化合而成。故亦為碳氫化合物 (Hydrocarbon)。與完質之為碳氫化合物者相同。惟完質中之碳。其能含氫原子之量。業已充足。(已詳前第378頁註中。) 故係一種已飽足之碳氫化合物 (Saturated hydrocarbons)。至羸質亞羸質中之碳。則其能含氫原子之量。尙未充足。故均係未飽足之碳氫化合物 (Unsaturated hydrocarbons)。而亞羸質。較諸羸質為更未飽足。按完質之成分。可以 C_nH_{2n+2} 公式表之。而羸質之成

分。則可以 C_nH_{2n} 表之。故較諸完質爲少二原子之氫。至亞羸質之公式。則可以 C_nH_{2n-2} 表之。故較諸羸質爲尤少二原子之氫。此所以一名爲羸質。一名爲亞羸質也。吾人若將二碳完質，二碳羸質，及二碳亞羸質，三種物質比較之。卽可以見此三族碳氫化合物之不同。



二碳完質



二碳羸質



二碳亞羸質

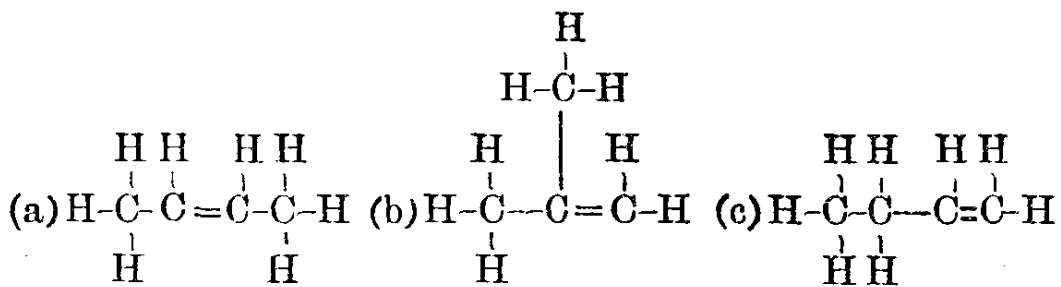
由此三式觀之。立卽可見完質中。每一碳原子之四原子價。均已用去。而羸質及亞羸質中則否。羸質中每一碳原子之四原子價。祇用去其三。亞羸質中。則祇用去其二。故羸質中有雙帶連 (Double bond 已見前第377頁註中)。而亞羸質中。則有三帶連 (Triple bond)。

今將羸質及亞羸質二族中較爲緊要之物質。列

表如下。以便參考。

羧質 C_nH_{2n}		
$CH_2:CH_2$	‘二碳羧質’.....	Ethylene
$CH_3\cdot CH:CH_2$	‘三碳羧質’.....	Propylene
C_4H_8	‘四碳羧質’.....	Butylene
C_5H_{10}	‘五碳羧質’.....	Amylene
等等	等等	等等
亞羧質 $二C_nH_{2n-2}$		
$CH:CH$	‘二碳亞羧質’.....	Acetylene
$CH_3\cdot C:CH$	‘三碳亞羧質’.....	Propine
$C_2H_5\cdot C:CH$	‘四碳亞羧質’.....	Butine
$C_3H_7\cdot C:CH$	‘五碳亞羧質’.....	Pentine
等等	等等	等等

註。 此種碳氫化合物中。亦有同分異性體。與完質中之有同分異性體者相同。例如 C_4H_8 一分子式。共有三種同分異性之羧質。其分子式均為 C_4H_8 ：—

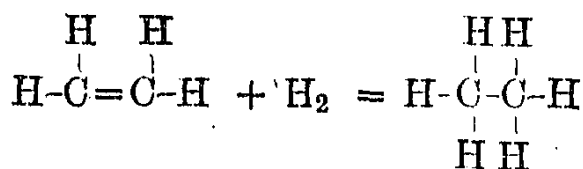


尋常四碳羧質
(Ordinary butylene)

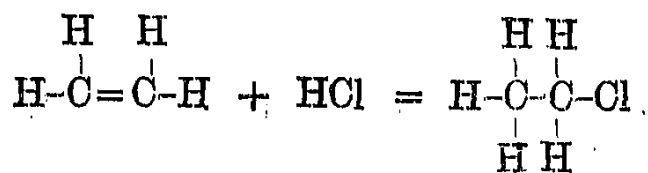
異性四碳羧質
(Iso-butylene)

二碳完基代二碳羧質
(Ethyl-ethylene)

按羸質之性質。則考得其體性頗與完質相似。而其化學性質則大有不同之處。羸質遇氫原質，氯族原質，或氯族所成之酸（如HCl, HBr之類）等類化合物。均能完全吸收之。而成一物質。如此吸收所成之物質。謂之加成物。（Additive compounds 按加成物與置換物不同。置換物係已飽足化合物中之原子。被他種原子替換而成。至加成物。則係未飽足化合物吸收他原子或他化合物而成。）例如二碳羸質。能吸收氫原子而成二碳完質(Ethane) 加成物。

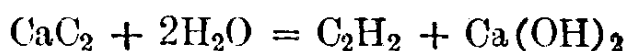


又如二碳羸質。亦能吸收鹽酸而成氯化二碳完基 (Ethyl chloride)。

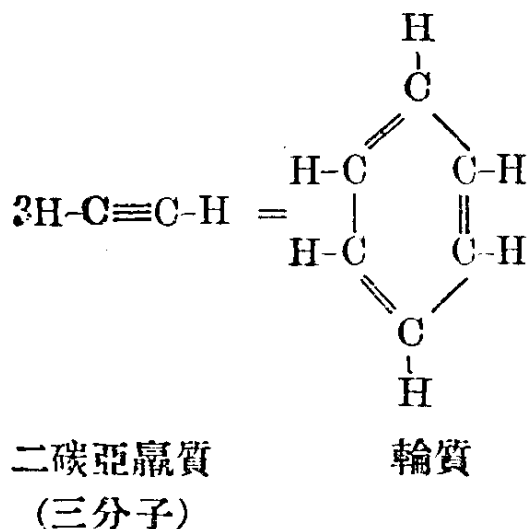


至欲明亞羸質之性質。則可將二碳亞羸質之性質述之。以作本族之代表。考二碳亞羸質。係一種

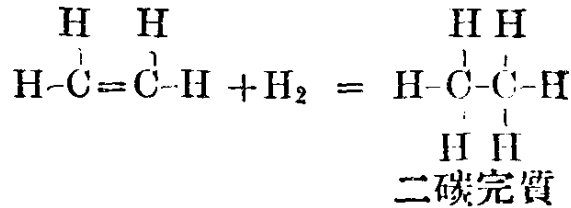
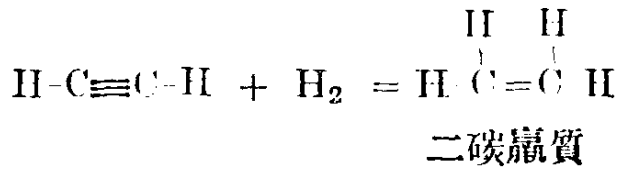
無色之氣體。可以藉碳化鈣 (CaC₂ Calcium carbide) 與水之作用製成之。



此二碳亞羰質。極易燃燒。可作為燃燈之用。在極低之熱度時。二碳亞羰質之三分子。能結合而成一新物質。即輪質 (C₆H₆ Benzene) 是也。



又亞羰質。亦可吸收氫原子，氮族原質，及氮族所成之酸等物。而成加成物。與羰質之作用相同。例如二碳亞羰質及輕氣之混合物。若通過黑鉑粉 (Platinum black)。則能吸收氫原質。初成二碳羰質。後成二碳完質。



醇類 (3) 醇類(Alcohols)此族化合物。爲碳氫氧三原質所成。族中無論何化合物。其分子式。概可以 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ 表示之。例如該醇類中之碳原子數設若爲一。則該醇類之分子式。卽爲 $\text{C}_1\text{H}_{2 \times 1 + 2}\text{O} = \text{CH}_4\text{O}$ 是也。茲將此族中較關緊要之各醇類。表列如下。

$\text{C H}_3\text{OH}$ ……‘一碳醇’……Methyl alcohol

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ……‘二碳醇’……Ethyl ,,

$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ……‘三碳醇’……Propyl ,,

共有二種同分異性體卽

(a) $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH}$ ‘第一三碳醇’ (Primary propyl alcohol) 又名‘尋常三碳醇’ (Normal propyl alcohol)

(b) $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_3$ ‘第二三碳醇’ (Secondary propyl alcohol) 又名‘異性三碳醇’ (I-s-o-propyl alcohol)

C_4H_9OH ……‘四碳醇’……Butyl alcohol

共有四種同分異性體即

(a) $C_2H_5 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH$ ‘尋常第一四碳醇’ (Normal primary butyl alcohol)

(b) $(CH_3)_2 \cdot CH \cdot CH_2(OH)$ ‘異性第一四碳醇’ (Primary Isobutyl alcohol)

(c) $C_2H_5 \cdot CH(OH) \cdot CH_3$ ‘尋常第二四碳醇’ (Normal Secondary butyl alcohol)

(d) $(CH_3)_2 \cdot C(OH) \cdot CH_3$ ‘第三四碳醇’ (Tertiary butyl alcohol)

等等

由上表觀之。可知所有醇類。其分子中均有氫氧基(OH)。故醇類分子之構造法。可以 ROH 式表示之。R即 CH_3, C_2H_5, C_3H_7 等之完基也。又醇類可作為由完質中所發生而出。蓋以氫氧基(OH)代完質中之氫原子。即成為醇類也。例如一碳醇 CH_3OH 。可視為以 OH 代一碳完質 CH_3H (即 CH_4) 中之 H 而成。又如二碳醇 C_2H_5OH 。可作為以 OH 代二碳完質 C_2H_5H (即 C_2H_6) 中之 H 而成。其餘照此類推。再者。吾人若觀表中各完基。可知每一醇類之組成。與其上下二醇類之組成。均相差 CH_2 。故醇類亦成為一種一氫

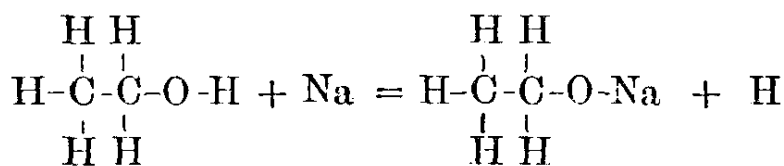
二碳之公差族也。

註。按醇類之構造。既爲ROH。則可知醇類之分子中。有一原子之氫。其連接之法。顯與其他氫原子不同。故此氫原子之作用。

當與其他之氫原子不同。例如二碳醇 $\begin{array}{c} \text{H H} \\ | | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | | \\ \text{H H} \end{array}$ 圖解式中。有

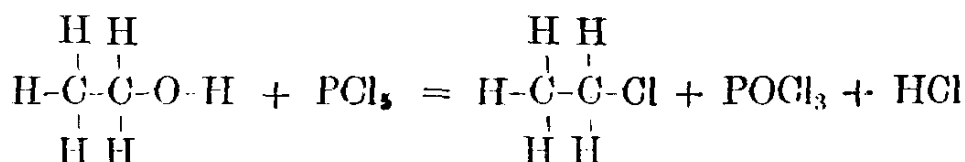
一氫原子。係與氧原子連接。而其他五氫原子。則均與碳原子連接。故此一氫原子。顯然當與其他氫原子不同。以事實證之。而知其果然如此。故醇類之構造式。當爲 ROH 無疑也。今將此種事實。略述數種如下。

(a) 吾人若以鈉使與二碳醇（用他種醇類亦可。）起作用。則有輕氣放出。與鈉之與水起作用有輕氣放出者相同。然輕氣放出後。若將剩餘之物質考之。則知其成分爲 $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$ （鈉代二碳醇 Sodium ethylate）。可知醇類中。祇有一原子氫。被鈉驅出。顯見醇類中。有一原子之氫。其地位與其他氫原子不同也。



(b) 考五氯化磷 (PCl_5 Phosphorus pentoxide) 能與醇類起作用。而將醇類中一氧原子及一氫原子驅去。而代以氯原子。例如吾人若用二碳醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。與五氯化磷起作用。則成爲 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ （氯化二

碳完基 Ethyl chloride)。顯見二碳醇中。一氧原子及一氫原子。在二碳醇分子中。必然互相連接。而成爲 OH。乃始可被一氯原子驅出也。



由此觀之。可知醇類中有一原子氫。必與氧原子相連。故其地位與其他之氫原子不同。

(C) 又考得 $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 氯化二碳完基中。氫原子均不復能再被鈉驅出。故吾人若將鈉與氯化二碳完基同置一處。並無作用發生。可知前(a)中二碳完基被鈉驅出之氫。必爲與氧原子相連之氫原子。而非他氫原子也。

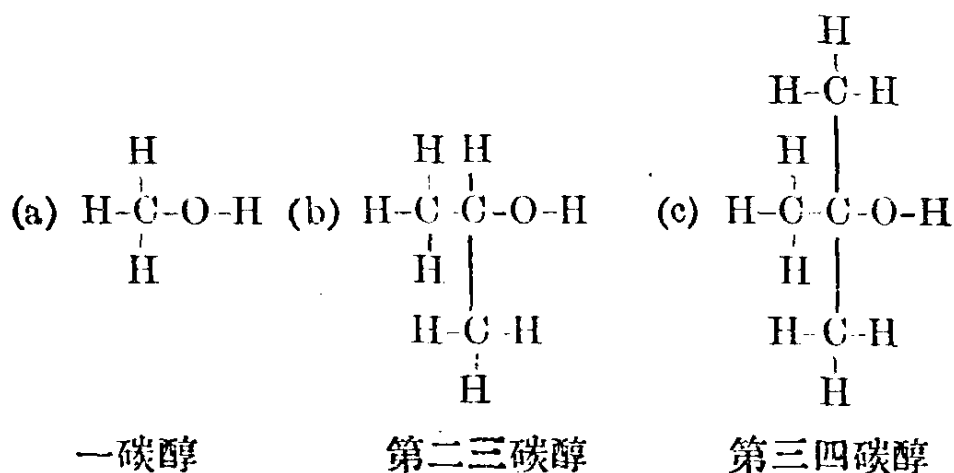
由上種種之情形觀之。可知醇類之構造式。當以 ROH 表之無疑矣。按學者當知凡有機化學中各他種碳化物之圖解式。亦均如此以事實推定者。並非意想造成者也。故此處特將醇類所以當用 ROH 表示之故略述之。以便學者得概其餘也。

考醇類因其分子中佈置法之不同。共可分爲三大類。凡其中有 $\text{CH}_2(\text{OH})$ 即 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ 部分者。謂之

第一醇類 (Primary alcohols)。凡其中有 $\text{CH}(\text{OH})$ 即

H
 $\begin{array}{c} | \\ -C-O-H \\ | \end{array}$ 部分者。謂之第二醇類 (Secondary alcohols)。

凡其中有 $C(OH)$ 即 $\begin{array}{c} | \\ -C-O-H \\ | \end{array}$ 部分者。謂之第三醇類 (Tertiary alcohols)。例如下列(a)(b)(c)三式中。



(a) 屬第一醇類。因其中有 $CH_2(OH)$ 部分之故。

(b) 屬第二醇類。因其中有 $CH(OH)$ 部分之故。

(c) 屬第三醇類。因其中有 $C(OH)$ 部分之故。凡

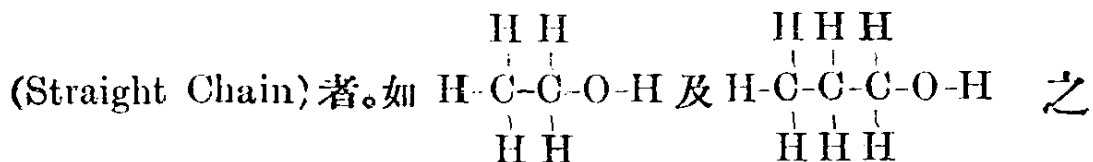
其他醇類。均可照此。觀其分子中。係有何種部分。

而分別以稱呼之。(參觀前列之醇類表。) 又醇類除第

一第二及第三名稱外。同時更用尋常 (Normal) 及

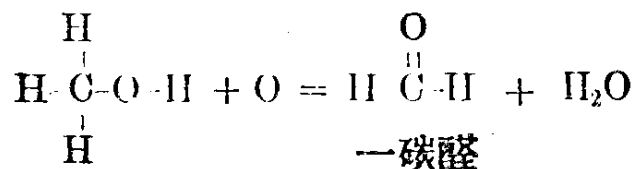
異性 (Iso) 等名詞。以助各種同分異性體醇類之

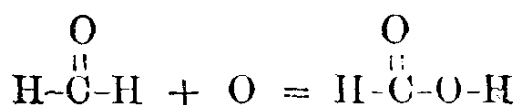
命名。正如完質之同分異性體。用尋常及異性等名詞以別之也。凡醇類中之各碳原子。排成直線



類。該醇類係屬尋常醇類 (Normal alcohol)。如醇類中之各碳原子。分歧排成支線 (Branched chain) 者。如上列圖解程式 (b) 及 (c) 之醇類。均屬異性醇類 (Iso-alcohols)。

按第一第二及第三醇類。遇氧化劑後。(如遇重鉻酸鉀 Potassium bichromate 及硫酸之類。) 其作用各不相同。凡第一醇類。經氧化作用後。則失去二原子氫而成醛類 (Aldehydes)。若再繼續氧化。則此醛類吸收一原子氧而成脂酸 (Fatty acids)。例如用一碳醇。則經氧化後。初成一碳醛 (Form aldehyde)。繼成一碳脂酸 (Formic acid)。

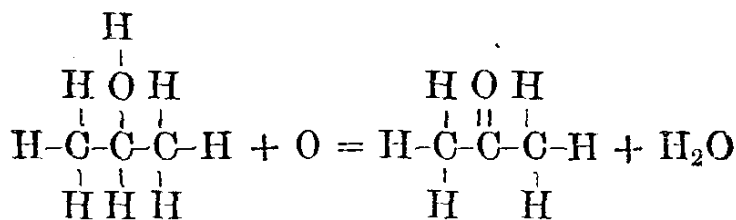




一碳脂酸

若用二碳醇。則成二碳醛及二碳脂酸。其餘照此類推。故由醇類一族。可用此法以製出醛族及脂酸族也。

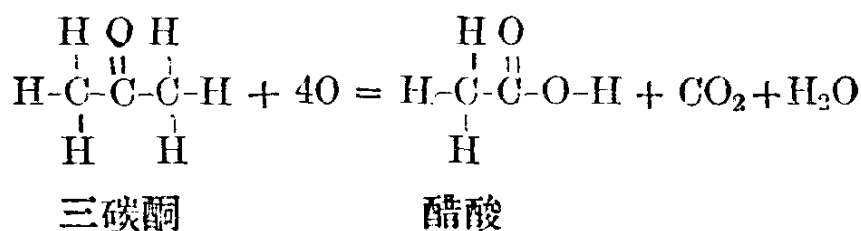
至凡第二醇類。經氧化作用後。則亦失去二原子之氫。而成爲酮 (Ketones)。若再繼續氧化。則分解而成脂酸及他物質。例如用第二三碳醇 ($\text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_3$ Secondary propyl alcohol) 則經氧化後。初成三碳酮 ($\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$ Acetone or dimethyl ketone) 繼成醋酸 ($\text{CH}_3 \cdot \text{COOH}$ Acetic acid 係一種脂酸) 及他物質(二氧化碳及水) 餘可照此類推。



第二三碳醇

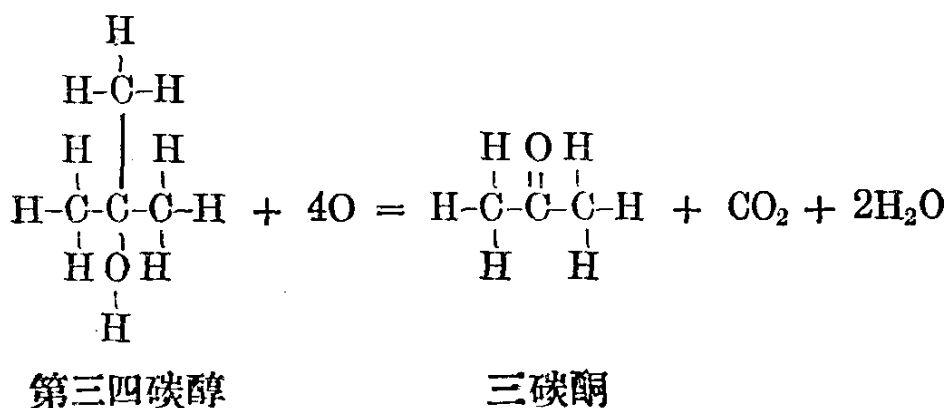
三碳酮

(又名二個一碳完基酮)



至凡第三醇類。經氧化作用後。則成酮及脂酸等含碳原子較少之化合物。例如若用第三四碳醇

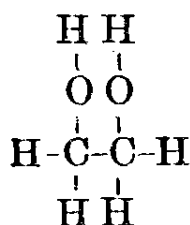
($(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{C}(\text{OH}) \cdot \text{CH}_2$ Tertiary butyl alcohol) 則經氧化後。成爲三碳酮等。餘可類推。



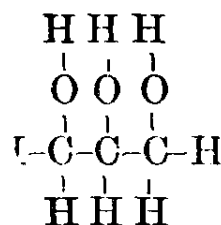
按醇類族中。一碳醇(CH_3OH Methyl alcohol)及二碳醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Ethyl alcohol) 二化合物。較關緊要。一碳醇。多由樹木置不見空氣之器中蒸餾而得之。故常謂之木醇(Wood alcohol 又名木酒精)。至二碳醇。則可由麥質等發酵而製得之。吾人所飲之各種酒中

多含之。

註。 以上所述之各種醇類。其分子中。均祇含一個氫氧基(OH)。惟此外尚有數種醇類。其分子中。含有二個或數個氫氧基者。此種醇類。謂之多價醇類 (Polyhydric alcohols)。例如下列之二種醇類。均係多價醇類也。



二價醇(Glycol)



甘油(Glycerol 係一種三價醇類)

又甘油與硝酸起作用。可成一種有猛烈燥性之物質 $\text{C}_3\text{H}_5(\text{O}\cdot\text{NO}_2)_3$ 。名爲硝酸甘油(Nitro glycerine)。故可作火藥之用。

醇精
類

(4) 醇精類(Ethers)。此族化合物。亦爲碳氫氧三原質所成。族中無論何化合物。其分子式亦概可以 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ 公式表之。故與醇類之分子式相同。茲將此族中較關緊要之各醇精類。表列如下。

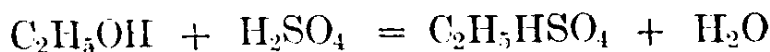
$C_1 H_3 \cdot O \cdot C_1 H_3 \dots$	‘二個一碳完基,醇精’	\dots	Dimethyl ether
$C_2 H_5 \cdot O \cdot C_2 H_5 \dots$	‘二個二碳完基,醇精’	\dots	Diethyl ether
$C_3 H_7 \cdot O \cdot C_3 H_7 \dots$	‘二個三碳完基,醇精’	\dots	Dipropyl ether
$C_4 H_9 \cdot O \cdot C_4 H_9 \dots$	‘二個四碳完基,醇精’	\dots	Dibutyl ether
$C_5 H_{11} \cdot O \cdot C_5 H_{11} \dots$	‘二個五碳完基,醇精’	\dots	Diamyl ether
$C_8 H_{17} \cdot O \cdot C_8 H_{17} \dots$	‘二個八碳完基,醇精’	\dots	Dioctyl ether
$C_{16} H_{33} \cdot O \cdot C_{16} H_{33} \dots$	‘二個十六碳完基,醇精’	\dots	Dicetyl ether
等等	等等		等等

由上觀之。可知所有各種醇精類。其分子之構造。概可以 $R \cdot O \cdot R$ 公式表示之。R即 CH_3, C_2H_5, C_3H_7 等之完基也。吾人若將醇精類之構造公式 $R \cdot O \cdot R$ 與醇類之構造公式 $R \cdot OH$ 相比較。則可知醇類中氫氧基之 H。若以完基 R 代之。則成爲醇精類也。又醇精類之式。既爲 $R \cdot O \cdot R$ 。則可知醇類。顯可分爲二個 R 相同之醇精類。及二個 R 不相同之醇精類。其二個 R 相同者。謂之同樣完基醇精類 (Simple ethers)。如 $CH_3 \cdot O \cdot CH_3$ ‘二個一碳完基,醇精’及 $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ ‘二個二碳完基,醇精’等類是也。其二個 R 不相同者。

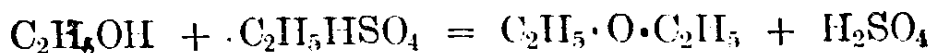
謂之異樣完基醇精類 (Mixed ethers)。如 $\text{CH}_3 \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$ ‘一碳完基, 三碳完基, 醇精’ (Methyl ethyl ether) 等類是也。

按醇精類。亦係無色而中和性之物質。與醇類同。惟較其同分異性體之醇類。為易於飛散。例如在尋常之熱度時。分子式 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (即 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 之醇。係屬液體。而分子式 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (即 $\text{CH}_3 \cdot \text{O} \cdot \text{CH}_3$) 之醇精。則屬氣體。又醇遇鈉。起作用而放出輕氣。至醇精遇鈉。則無作用。

按醇精可由醇製得之。法將醇加濃硫酸。熱至一定之熱度時。即成爲醇精。例如吾人若用 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 二碳醇。加濃硫酸熱之。則有 $\text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5$ ‘二個二碳完基, 醇精’ 放出。考其反應。共有二步。其第一步。係醇與硫酸起作用。而成酸性硫酸完基 (Alkyl hydrogen sulphate)。其第二步。則係酸性硫酸完基。再與其他醇類分子起作用。而將醇精放出。



酸性硫酸二碳完基

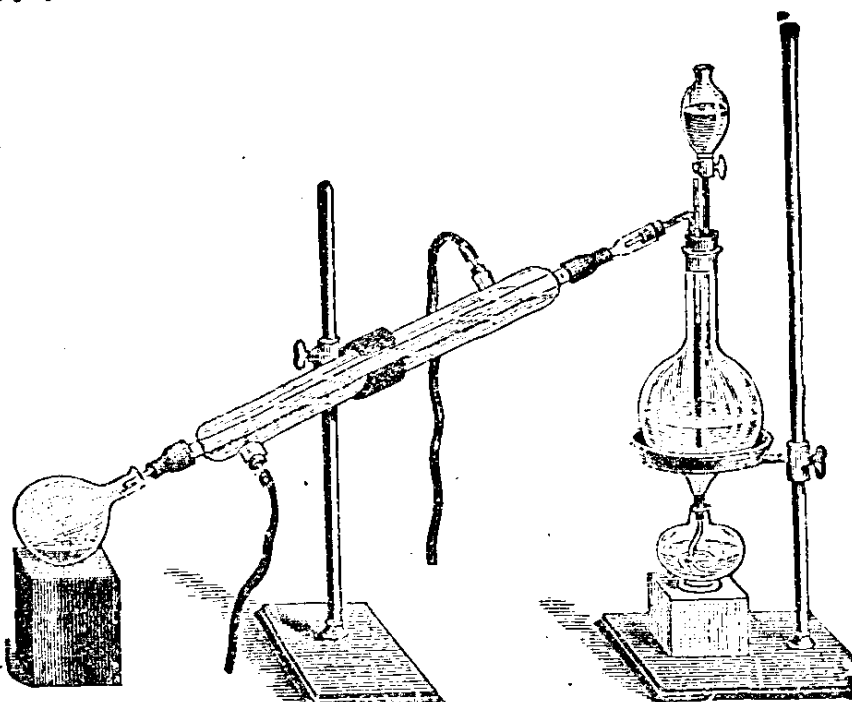


二個二碳完基醇精 硫酸

由上第二步反應觀之。可知有硫酸重行放出。復可將其他之醇分子。使變成醇精。故少許之硫酸。可以使多數之醇。變為醇精也。

試驗129. 裝配器具一套。如第六十三圖。右邊之玻璃瓶中。置約80立方公分濃硫酸及110立方公分尋常之純火酒。(尋常純火酒。即二碳醇 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。)乃加熱至 140°C 。(瓶中插熱度表。

故可知之。)而仍將純火酒漸漸由漏斗添入瓶內。則有‘二個二碳完基，醇精’蒸出。經過外流冷水之玻璃管。則凝為液體而流出。



第六十三圖

可用潔淨之玻璃瓶或玻璃杯收取之。

考蒸出之‘二個二碳完基,醇精’。係一種極易飛散之液體。甚易燃燒。嗅之太多。則失知覺。故亦可以為迷藥之用。多種油類。能溶化其中。故用處頗廣。

醛類及
酮類

(5) 醛類 (Aldehydes) 及 酮類 (Ketones)。

此二族化合物。亦均為碳氫氧三原質所成。其分子式。均可以 $C_nH_{2n}O$ 表之。故醛與酮。乃二種同分異性體之物質。猶如醇及醇精之為二種同分異性體也。(醇及醇精之分子式。均為 $C_nH_{2n+2}O$ 。) 以醛及酮之公式。與醇及醇精之公式相較。可知醛與酮。較醇及醇精。為少二原子氫也。今將此二族中尤關緊要之各物質。表列如下。

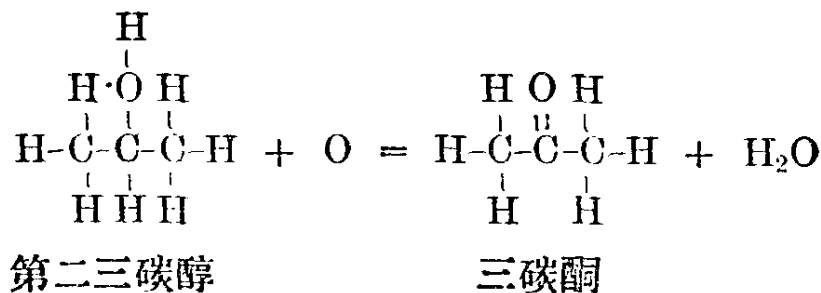
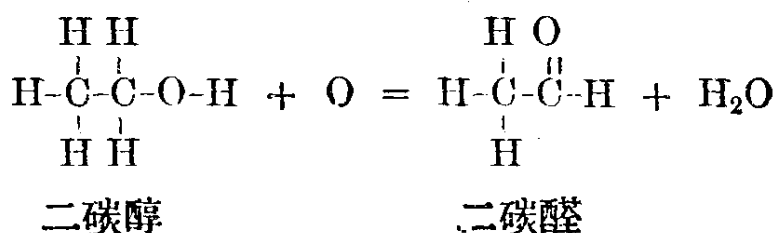
醛類	$C_nH_{2n}O$	
H · COH	一碳醛	Formaldehyde
C H ₃ · COH	二碳醛	Acetaldehyde
C ₂ H ₅ · COH	三碳醛	Propionaldehyde
C ₃ H ₇ · COH	四碳醛	Butryaldehyde
等等	等等	等等

酮類	$C_nH_{2n}O$	
$C_2H_5 \cdot CO \cdot C_2H_5$	.....	‘二個一碳完基, 酮’..... Acetone or dimethyl-ketone
$C_3H_7 \cdot CO \cdot C_3H_7$	.....	‘二個二碳完基, 酮’..... Propion or diethyl-ketone
$C_4H_9 \cdot CO \cdot C_4H_9$	.....	‘二個三碳完基, 酮’..... Butyryone or dipropyl-ketone
等等	等等	等等

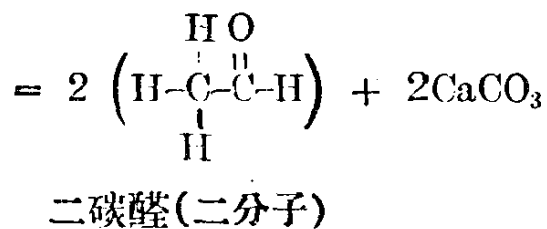
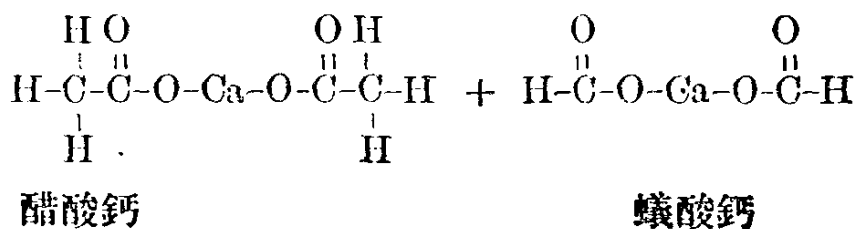
由上觀之。可知若以 R 代表完基。則醛之分子構造。可以 $R \cdot COH$ 公式表之。酮之分子構造。可以 $R \cdot CO \cdot R$ 公式表之。又酮類公式中之二個 R。不必相同。猶醇精類 $R \cdot O \cdot R$ 公式中之二個 R。不必相同也。(參觀前第406頁。) 其二個 R 相同者。謂之同樣完基酮 (Simple ketones)。如上列之‘二個一碳完基, 酮’及‘二個二碳完基, 酮’等類是也。其二個 R 不相同者。謂之異樣完基酮 (Mixed ketones)。如 $CH_3 \cdot CO \cdot C_3H_7$ ‘一碳完基三碳完基酮’ (Methyl propyl ketone) 是也。

前第401頁。曾見凡第一醇類。經氧化作用。則失

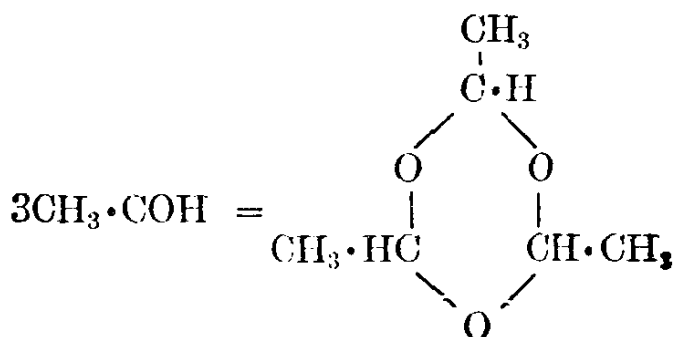
去二原子氫而成醛。又凡第二醇類。經氧化作用後。則亦失去二原子氫而成酮。故醛及酮。可由第一及第二醇類分別製出也。例如將二碳醇氧化。則可製得二碳醛。若將第二三碳醇氧化。則可製得三碳酮(二個一碳完基, 酮)也。餘可類推。



按醛類中二碳醛 ($\text{CH}_3\cdot\text{COH}$ Acetaldehyde) 一物。較關緊要。除可照上法用二碳醇氧化製成外。並可用醋酸鈣(Calcium acetate)及蟻酸鈣(Calcium formate)之混合物。蒸發而得之。



製得之二碳醛。在尋常熱度時。係一種無色而有觸鼻味之液體。能溶化於水中。考二碳醛。其分子能發二種結合之作用。為有機化學中所屢見者。即所謂有返性之結合作用 (Polymerisation)。及無返性之結合作用 (Condensation) 是也。例如吾人若將濃硫酸一滴。加於數立方公分之二碳醛中。則有猛烈之作用發生。至液體沸成乾物質。此乾物質。不復能溶化於水內。故與本來之二碳醛不同。蓋因二碳醛之三個分子。彼此結合。而成一新物質故也。(可名之為‘二碳醛三分子之結合體’ Paraldehyde)。



製得之‘二個一碳完基酮’。在尋常熱度時。係一種無色之液體。有芬芳之味。且能與水混合。

脂酸類

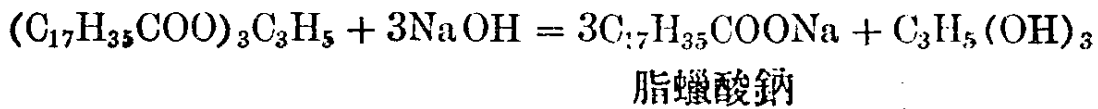
(6) 脂酸類 (Fatty acids)。此族化合物。亦為碳氫氧三原質所成。族中無論何化合物之分子式。概可以 $C_n H_{2n} O_2$ 公式表之。故較醛或酮之公式 ($C_n H_{2n} O$)。為多一氧原子也。此族化合物。多數為動物脂肪及植物油之構成物。故謂之脂酸 (Fatty acids)。今將此族中較關緊要之化合物。表列如下。

$H \cdot COOH$	……‘一碳脂酸’ (又名蟻酸) ……	Formic acid
$C H_3 \cdot COOH$	……‘二碳脂酸’ (又名醋酸) ……	Acetic acid
$C_2 H_5 \cdot COOH$	……‘三碳脂酸’ ……	Propionic acid
$C_3 H_7 \cdot COOH$	……‘四碳脂酸’ (又名酪酸) ……	Butyric acid
$(CH_3)_2 \cdot CH \cdot COOH$	異性四碳脂酸 ……	Isobutyric acid
五碳脂酸共有四種同分異性體如下		
$C_4 H_9 \cdot COOH$	……五碳脂酸 (又名甘松酸) ……	Valeric acid
$(CH_3)_2 \cdot CH \cdot CH_2 \cdot COOH$	……異性五碳脂酸 ……	Isovaleric acid
$(CH_3) \cdot (C_2 H_5) CH \cdot COOH$	……一碳完基二碳完基代醋酸 ……	Methyl ethyl acetic acid
$(CH_3)_3 \cdot C \cdot COOH$	……三個一碳完基代醋酸 ……	Trimethyl acetic acid
等等	等等	等等

由上觀之。可知所有脂酸中。均含 COOH (或寫 CO_2H) 基。謂之碳酸基 (Carboxyl group)。猶醇類中之有氫氧基 (OH Hydroxyl group)。醛類中之醛基 (COH Aldehydic group)。及酮類中之酮基 (CO, Ketonic group) 也。凡各族之所以各有其特別性者。實以其各有一種特別基故也。故凡物質中之有一個 COOH 基者。均為脂酸也。吾人若以 R 代表完基。則脂酸之分子構造。可以 $\text{R}\cdot\text{COOH}$ 式表之。故較醛類分子之構造 $\text{R}\cdot\text{COH}$ 。為多一氧原子而已。

按脂酸在動物脂肪及植物油中。多與一種物質名甘油者 ($\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ Glycerine or glycerol) 化在一處。吾人若欲將脂酸使與甘油分離。以便提取。則須加氫氧化鈉 (NaOH Caustic soda) 或稀硫酸等溶液熱之。俾起鹼化作用 (Saponification) 而將脂酸分出。例如動物脂肪中。有所謂脂蠟酸鹽 (Stearin ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}$) $_3\text{C}_3\text{H}_5$) 者。乃脂蠟酸 (即十八碳脂酸 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ Stearic acid) 與甘油所成之化合物。故將動物脂肪

(如牛油之類) 加氫氧化鈉置鍋中一同加熱。則即有脂蠟酸鈉 (Sodium stearate) 分出。肥皂 (Soap) 之製造。即係此理。蓋肥皂中之緊要成分。即脂蠟酸鈉也。



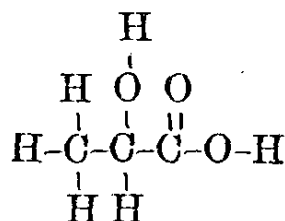
註。若將動物脂肪。置大壓力之熱水汽中。則亦起鹼化作用。將脂蠟酸 (Stearic acid) 分出。洋燭之製造。即藉此理。蓋洋燭之緊要成分。即脂蠟酸也。按製造洋燭時。用上法使起鹼化作用後。分出之脂蠟酸。當其熱時。須壓之。俾將其中所雜之他種酸 (如 $C_{17}H_{33}COOH$ 油酸 Oleic acid 之類。) 壓去。然後加少許之蠟。而加熱以溶之。型成燭式。則冷時即成洋燭。

考脂酸亦可用人工製造。觀前第410頁方程式。即知醇或醛或酮。經氧化作用後。均可成脂酸。例如一碳醇。經氧化後。初成爲一碳醛。繼成爲一碳脂酸。又如第二三碳醇。經氧化後。初成爲三碳酮。繼成爲醋酸 (即二碳脂酸) 是也。

脂酸中較關緊要者。爲**蟻酸** (Formic acid 卽一碳脂酸 $\text{H}\cdot\text{COOH}$) 及**醋酸** (Acetic acid 卽二碳脂酸 $\text{CH}_3\cdot\text{COOH}$) 二種。蟻酸亦可將蟻加水。蒸發而得之。故取名爲蟻酸也。在尋常熱度時。係一種液體。有觸鼻之味。着於皮膚上。能使起泡。至醋酸則尋常吾人所食之醋中。卽含此物。當酒變成酸味時。卽成醋酸。又將木置密器中蒸發時。亦有醋酸放出。

以上既述脂酸之各種要點。茲更將脂酸之導出體 (Derivatives) 附此言之。(凡乙種物體。由甲種他物體誘導變化而出者。謂之甲種物體之導出體。) 考脂酸之導出體。共有多種。茲舉一二例如下。

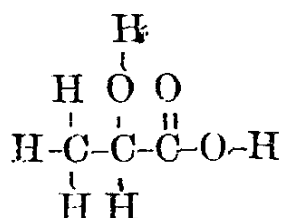
(a) **氫氧酸** (Hydroxy acid)。氫氧酸係脂酸之一種導出體。爲脂酸中完基內之一個氫原子。或數個氫原子。被氫氧基(OH)所代替而成。例如下列之數種物質。均氫氧酸也。



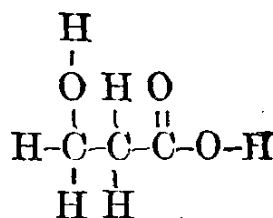
氫氧化三碳脂酸
(Hydroxy propionic acid)

又學者當注意。氫氧酸中。如有二個以上之碳原子。則氫氧基

可連於不同之碳原子上。而成爲數種同分異性體。謂之子種及丑種等氫氧代三碳脂酸。



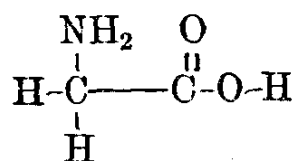
子種氫氧代三碳脂酸
 α -hydroxy propionic acid



丑種氫氧代三碳脂酸
 β -hydroxyl propionic acid

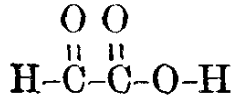
此項用子,丑,寅,卯,等字名稱法 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$, etc)。有機化合物中常須用之。例如上列二種物質。如其氫氧基 (OH) 係連於脂酸基 (COOH) 後第一碳原子上者。則謂之子種。如係連於脂酸基後第二碳原子上者。則謂之丑種。如此外更有他碳原子。則更可用寅種及卯種等名稱。

(B) 氮氫基酸 (Amino acids)。此酸亦係脂酸之一種導出體。即脂酸中完基內之一氫原子。被氮氫基 (NH_2) 所代替而成。例如下列之氮氫基代醋酸 (Amino acetic acid)。即係一種氮氫基酸也。

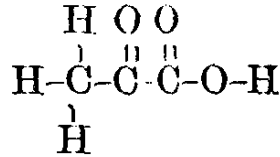


(C) 醛基酸 (Aldehydic acid) 及 酮基酸 (Ketonic acid)。此二種酸亦均係脂酸之導出體。爲脂酸中完基內之二氫原子。被一氧原子所代替而成。如代替後。成爲醛基。則爲醛基酸。如成酮基。則爲酮

基酸。例如下列之二種。一為醛基酸。一為酮基酸也。



醛基二碳脂酸
(Glyoxalic acid)



酮基三碳脂酸
(pyruvic acid)

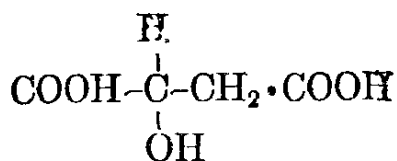
多價酸 (7) 二價酸 (Dicarboxyl or dibasic acids) 。前所

述之各種有機酸。祇含有一個碳酸基。然此外尚有多種有機酸。其分子中含有二個碳酸基者。謂之二價酸。猶如無機化學中。HCl 等為一價酸。而 H₂SO₄ 則為二價酸也。(因HCl中。祇有一個可被金類驅出之氫原子。而H₂SO₄中。則有二個可被驅出之氫原子。至有機二價酸中。亦有二個可被驅出之氫原子。即二個碳酸基中之氫原子也。)例如下表中各種有機酸。均係二價酸。

$\begin{array}{c} \text{O O} \\ \parallel \parallel \\ \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \end{array}$	二碳二價酸(又名草酸) ... Oxalic acid
$\begin{array}{c} \text{O H O} \\ \parallel | \parallel \\ \text{H}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$	三碳二價酸 Malonic acid
COOH · CH ₂ · CH ₂ · COOH	四碳二價酸 Succinic acid
COOH · CH(OH) · CH ₂ · COOH	氫氧代四碳二價酸 Malic acid
COOH · CH(OH) · CH(OH) · COOH	二氫氧代四碳二價酸 Tartaric acid
等等	等等 等等

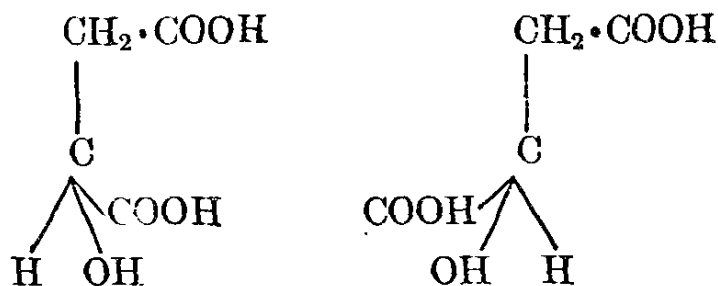
此種二價酸中。有一事頗有興味。應當注意者。即此種二價酸中。常有發生同分體異光性 (Stereoisomerism) 之事是也。例如‘氫氧代四碳二價酸。’共有二種。其分子式。均爲 $\text{COOH}\cdot\text{CH}(\text{OH})\cdot\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$ 。其各種性質。亦均相同。惟其對於平光 (Polarised light 光經過雙稜鏡 Nicol prism 後。均依一平面振動。謂之平光。理見物理學書中。) 之作用。則不同。一可將平光向右旋轉。故係有右旋性 (Dextro rotatory) 之物質。一可將平光向左旋轉。故係有左旋性 (Laevo rotatory) 之物質。按有機化合物中。對於平光有旋轉作用之物質。頗屬常見。此種物質。可總名之爲有旋光性之物質 (Optically active substances)。

考有旋光性之物質。其分子中。至少必有一個碳原子。係與四種不同之原子或原子團體相連者。此種碳原子。謂之不均齊之碳原子 (Asymmetric carbon atom)。例如氫氧代四碳二價酸中。即有一不均齊之碳原子。係連於 H, COOH, OH 及 $\text{CH}_2\cdot\text{COOH}$ 四種不同之原子及原子團體上者。



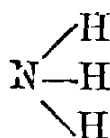
故物質之所以有旋光性者。實因其分子中有不均齊碳原子之故。蓋凡不均齊之物體。如手及足之類。必有其同伴故也。故有右

手。則有左手。有右足。則有左足。上述氫氧代四碳二價酸(Malic acid)。所以有二種同分體異光性之故。亦與此理同。今將其二種立體式樣。並列如下。以便比較。



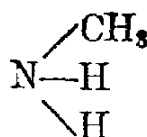
氮 氫
基 類 (8) 氮氫基質類 (Amines)。此族化合物。可視為阿摩尼亞 (NH_3) 之導出體。蓋阿摩尼亞中之一個氫原子。或數個氫原子。被完基所代替。即成爲氮氫基質也。如阿摩尼亞中之一個氫原子。被完基所代替。則所成之氮氫基質。謂之第一氮氫基類 (Primary amines or mono-alkylamines)。如阿摩尼亞中之二個氫原子。被完基所代替。則所成之氮氫基質。謂之第二氮氫基質類 (Secondary amines or di-alklamines)。如阿摩尼亞中之三個氫原子。均被完基所代替。則所成之氮氫基質。謂之第三氮氫基質類 (Tertiary amines or tri-alkylamines)。例如阿摩尼

亞中之氫原子。若被一碳完基(CH₃)所代替。則成以下各種之氮氫基質。

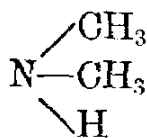


阿摩尼亞

(Ammonia) (Methyl amine 係一種第一氮氫基質)

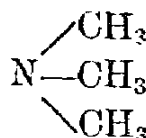


‘一碳完基氮氫基質’



‘二個碳完基氮氫基質’

(Dimethyl amine 係一種第二氮氫基質)



三個一碳完基氮氫基質’

(Trimethyl amine 係一種第三氮氫基質)

按氮氫基質。即係阿摩尼亞之導出體。故其性質。頗與阿摩尼亞相似。其分子量較輕之各質。係屬氣體。可以溶化於水內。至分子量較重之各質。則係無色之液體或固體。又二個完基或三個完基之氮氫基。其完基亦可為異樣者。亦猶醇精之可有異樣完基醇精。(見前第405頁)及酮之可有異樣完基酮也。(見前第409頁)此種異樣完基之氮氫基質。謂之異樣完基氮氫基質類(Mixed amines, or metameric

amines)。例如‘二碳完基,一碳完基,氮氫基質’(Ethyl

methyl amine) $\begin{array}{c} \diagup \text{C}_2\text{H}_5 \\ \text{N}-\text{C} \text{H}_3 \\ \diagdown \text{H} \end{array}$ 即係一種異樣完基氮氫基

質。

碳	水
物	類

(9) 碳水物類 (Carbohydrates)。此族為碳氫氧三原質所成。惟其中氫氧二原質之比例。適為成水應需之氫氧二原質比例。故此族化合物之成分。可以 $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ 公式表之。而取名為碳水化合物或碳水物也。例如蔗糖 (Cane sugar)。係一種碳水物。其分子式為 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 。可以寫成 $\text{C}_{12}(\text{H}_2\text{O})_{11}$ 。又如葡萄糖 (Grape sugar)。亦係一種碳水物。其分子式為 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 。可以寫成 $\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_6$ 。其構造為 $\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot (\text{CH} \cdot \text{OH})_4 \cdot \text{COH}$ 。

考碳水物。多數為植物生活作用所造。或多種糖質澱粉及木材質等。均為碳水物。故此族物質。頗關緊要也。查天然間之碳水物。為數頗多。然可歸成二部分。即 甜味而結晶之碳水物 (Sweet crystalline carbohydrates)。及 無味不結晶之碳水物 (Tasteless non-crystalline carbohydrates) 又名多糖類 (Polysaccharose)。其甜味而結

晶之碳水物。更可分爲三類。即單糖類(Monosaccharoses 其分子式爲 $C_6H_{12}O_6$ 。故含有六個碳原子。) 雙糖類 (Disaccharoses 其分子式爲 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。故含有十二個碳原子。較單糖類爲二倍碳原子。故名雙糖類。) 及 三糖類(Trisaccharoses 其分子式爲 $C_{18}H_{32}O_{16}$ 。故含有十八個碳原子。較單糖類爲三倍碳原子。故名三糖類。) 是也。茲將緊要之各種碳水物。表列如下。

天然間之碳水物表

甜味而結晶之碳水物			無味不結晶之碳水物
單糖類 $C_6H_{12}O_6$	雙糖類 $C_{12}H_{22}O_{11}$	三糖類 $C_{18}H_{32}O_{16}$	又名多糖類 $(C_6H_{10}O_5)_n$
(右) 葡萄糖 (Glucose, dextrose or grape sugar) (左) 果糖 Fructose, laevulose, fruit sugar) (右) 分解乳糖 (galactose) (右) 甘露蜜糖 (Mannose) (左) 薔薇糖 (Sorlinose)	(右) 蔗糖 (Cane sugar or saccharose) (右) 乳糖 Milk Sugar or lactose (右) 麥芽糖 (Malt sugar or maltose)	(右) 棉實糖 (Raffinose or melitriose)	(右) 澱粉 (Starch) (右) 木材質 (Cellulose) (左) 土木香粉 (Inulin) (右) 獸臟粉 (Glycogen) (右) 糊精 (Dextrin)

註。由上表觀之。可知多種物質。常有同一之分子式。例如所有單糖類直行內之各糖。其分子式均為 $C_6H_{12}O_6$ 。故均係同分異性體也。又表中(右)及(左)字樣。係表明該碳水物之旋光性。(右)即有右旋性者。(左)即有左旋性者。觀表中所列天然間之碳水物。除果糖薔薇糖及土木香粉三種外。餘者之旋光性。均係右旋性也。

蛋白類 質類

(10) 蛋白類質類 (Albumin and proteids)。此族化合物。係動物組織系 (Tissues) 及植物細胞 (Plant cells) 中固體部分之緊要成分。其分子式。極為繁複。其構造情形。頗屬不易明曉。以分析法考之。知此種物質。為碳, 氫, 氮, 氧, 硫各原質所化合而成。其各物質中所含此種原質之百分數。相差均極有限。茲將各蛋白類質中所含各原質最多及最少之數。開列如下。

碳……………自百分之 50 至 55

氫……………自百分之 69 至 73

氮……………自百分之 15 至 19

氧……………自百分之10至24

硫……………自百分之0.3至2.4

按各種蛋白類質。均顯有數種共同之特別反應。故吾人可藉以察知某物質。是否屬蛋白類質。例如吾人若將水銀在硝酸中之溶液。加於蛋白類質中。則均能發生一沈澱。燒熱後。可以變為紅色。又如吾人若將數滴之硫酸銅。及少許之氫氧化鈉溶液。加入蛋白類質中。則均能發生一種紫色。加熱後。並可變成較深之色。

硫醇類及含
硫醇精類

(11) 硫醇類 (Mercaptans or thioalcohols)

及含硫醇精類 (Thioethers)。

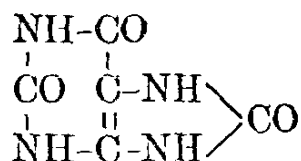
此二族化合物。可與醇(ROH)及醇精(ROR)比較。將醇及醇精中之氧原子。代以硫原子即成。故硫醇之分子構造。可以RSH公式表之。含硫醇精之分子構造。可以RSR公式表之。例如 CH_3SH (一碳完基硫醇 Methyl mercaptan) 及 $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$ (二碳完基硫醇 Ethyl mercaptan) 均係硫醇。 $\text{CH}_3\cdot\text{S}\cdot\text{CH}_3$ (二個一碳完基含硫醇精 Dimethyl sulphide) 及 $\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{S}\cdot\text{C}_2\text{H}_5$ (二個二碳完基含硫醇精 Diethyl sulphide) 均係含硫醇精也。

尿酸及
尿精

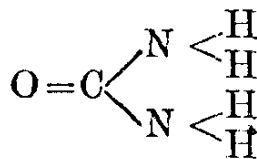
(12) 尿酸 (Uric acid) 及尿精 (Urea)。

尿酸係鳥類及爬蟲類尿中之緊要成分。哺

乳類動物(人亦係一種哺乳類)尿中亦有之。惟爲量甚少。例如人在每二十四小時中。排洩之尿酸。祇約0.2公分至1公分耳。尿酸之分子式。爲 $C_5H_4N_4O_3$ 。以構造式表之。則爲。



尿精亦係尿中所含之物質。人在每二十四小時間所排洩之尿中。約含尿精三十公分。其分子式爲 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 。以構造式表之。則爲



註。 以上所述之各種非芳香碳化物。足供初習化學者之用。此外尚有他種非芳香碳化物。如腈化完基 (Alkyl cyanides 例如 $\text{CH}_3\cdot\text{CN}$ 腈化一碳完基 Methyl cyanide 及 $\text{C}_2\text{H}_5\cdot\text{CN}$ 腈化二碳完基 Ethyl cyanide 等類。) 砷完基質 (Cacodyl compounds 例如 $\text{AS}_2(\text{CH}_3)_4$ 砷完基質 Cacodyl $\text{AS}_2(\text{CH}_3)_4\text{O}$ 氧化砷完基質 Cacodyl oxide 等類。) 及完基鹽 (Esters 卽有機物中之鹽類。係以完基代有機酸中脂酸基內之氫原子而成。例如 $\text{H}\cdot\text{COOCH}_3$ 蟻酸一碳完基 Methyl formate $\text{CH}_3\cdot\text{COOCH}_3$ 醋酸一碳完基 Ethyl acetate 及 $\text{CH}_3\cdot\text{COOC}_2\text{H}_5$ 醋酸二碳完基 Ethyl acetate 等類。) 等類。茲不概述。

芳香碳化合物

(Aromatic compounds 又名輪質碳化合物)

芳香碳化合物。亦共有多族。茲擇要者述之。若欲詳細考究。則非初學者所克從事也。

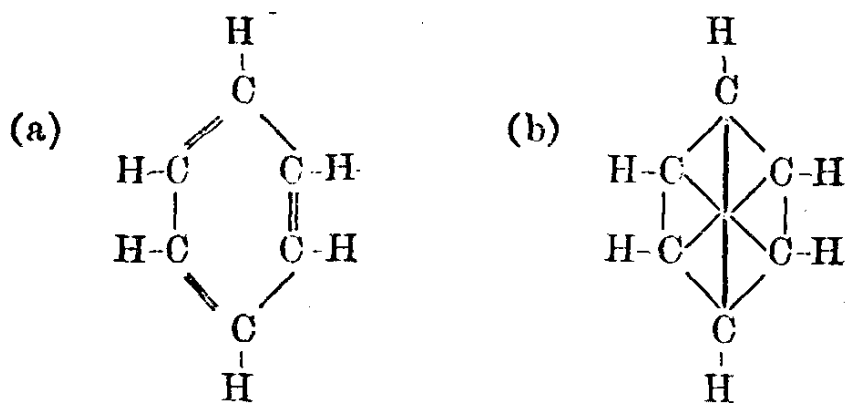
輪質碳 氫物類

(1) 輪質碳氫物類 (Aromatic hydrocarbons)。

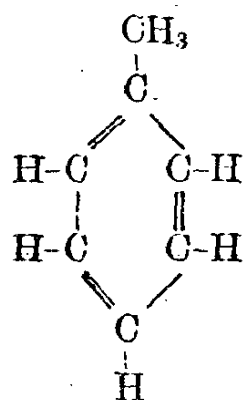
前非芳香碳化合物中。曾見完質等。爲碳氫二原質之化合物。考芳香碳化合物中。亦有碳氫二原質所成之化合物。其分子式最簡單者。爲 C_6H_6 。即六碳輪質或省名爲輪質 (Benzene) 是也。茲將輪質碳氫物之尤要者。略舉數種。表列如下。

C_6H_6	<u>六碳輪質</u> 或省稱 <u>輪質</u> ...	Benzene
C_7H_8 或 $C_6H_5 \cdot CH_3$...	<u>七碳輪質</u> 或稱 <u>一完基輪質</u> ...	Toluene or methyl-benzene
C_8H_{10} 或 $C_6H_4(CH_3)_2$	<u>八碳輪質</u> 或稱 <u>二個一碳完基代輪質</u> ...	Xylene or dimethyl benzene
C_9H_{12} 或 $C_6H_3(OH_3)_3$	<u>九碳輪質</u> 或稱 <u>三個一碳完基代輪質</u> ...	Mesitylene or trimethyl benzene
	等等	

按六碳輪質 C_6H_6 之構造式。下列(a)及(b)二種。均
可用之。惟(a)式較爲普通。



至七碳輪質。則係一個一碳完基。代六碳輪質中
之一氫原子而成。其餘照此類推。



七碳輪質

六碳輪質。係一種無色之液體。有特別之味。極
易燃燒。且能溶化油類。故可用爲去油漬之物。七
碳輪質。亦係一種無色之液體。其味頗似六碳輪

質。

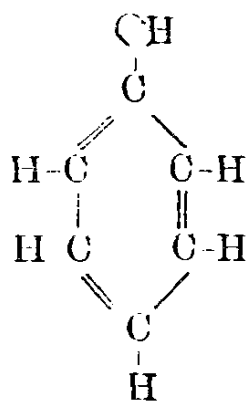
氫氧代
輪質類

(2) 氫氧代輪質類 (Phenols) 此族化合物。

乃輪質碳氫物之氫氧基導出體。即以一氫氧基或數氫氧基。代輪質中一氫原子或數氫原子而成者也。茲將其尤要之各化合物。表列如下。

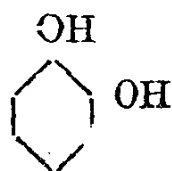
C_6H_5OH	一氫氧代輪質.....	Monohydric phenol
$C_6H_4(OH)_2$	二氫氧代輪質.....	Dihydric Phenol
$C_6H_3(OH)_3$	三氫氧代輪質.....	Trihydric Phenol
$C_6H_2(OH)_4$	四氫氧代輪質.....	Tetrahydric phenol
	等等	

茲將一氫氧代輪質之構造式。寫列於下。以概其餘。

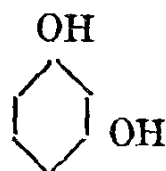


按二氫氧代輪質。共有三種之同分異性體。蓋因

輪質中。共有六個碳原子。其二個氫氧基。祇與六個碳原子中之二個碳原子相連。故可成三種不同之佈置法也。如下。



第一種



第二種



第三種

第一種爲所連之二碳原子。係鄰近者。此種連法。謂之鄰連式 (Ortho form)。第二種爲所連之二碳原子。係隔一其他之碳原子者。此種連法。謂之隔連式 (meta form)。第三種爲所連之二碳原子。係相對者。此種連法。謂之對連式 (Para form)。按此三種連法。芳香碳化物中常見之。不僅限於氫氧代輪質也。因其連接法之不同。故三種之同分異性體。即可用鄰連式, 隔連式, 及對連式之名稱以別之。例如上列第一種第二種第三種之二氫氧代輪質。可分別名之爲鄰連式二氫氧代輪質 (Ortho-dihydric phenol or catechol)。隔連式二氫氧代輪質 (Meta

dihydric phenol or resorcinol)。及對連式二氫氧代輪質 (Para-dihydric phenol or quinol)。

考氫氧代輪質。遇金類氫氧化合物。(如KOH or NaOH之類。) 可與之化合而成鹽類。故頗顯酸類之性。此點為吾人所當注意者。蓋氫氧代輪質之分子中。雖有氫氧基。而並不稍顯鹼性。亦不若醇類之為中和體也。

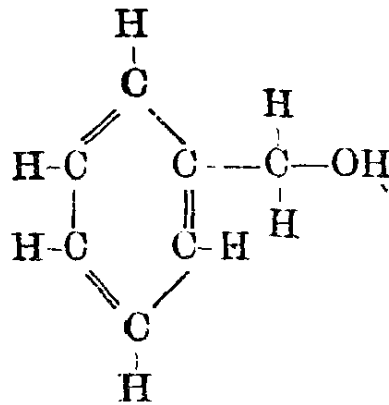
芳 香 醇 類

(3) 芳香醇類 (Aromatic alcohols)。此族化合物。為芳香碳化物中之醇類。與前節所論之氫氧代輪質不同。蓋氫氧代輪質。為輪環 (Nucleus) 中本有之氫原子。被氫氧基所代替而成。至芳香醇。則係輪質中之氫原子。已為完基所代替。而氫氧再代此完基中之氫原子而成者也。例如 $C_6H_5 \cdot CH_2(OH)$ 。乃係一種最簡單之芳香醇類。其氫氧基 (OH) 所代之氫。乃一碳完基 CH_3 中之氫。而非輪質環上本有之氫原子也。茲將此族中較關緊要之化合物。表列如下。

$C_6H_5 \cdot C H_2(OH)$	輪基代一碳醇	.....	Benzl alcohol
$C_7H_7 \cdot C H_2(OH)$	七碳輪基代一碳醇	.....	Folyl alcohol
$C_6H_5 \cdot C_2H_4(OH)$	輪基代二碳醇	.....	Phenyl ethyl alcohol
$C_6H_5 \cdot CHOH \cdot CH_3$	輪基一碳完基代一碳醇	.....	Phenyl methyl alcohol

等等

茲將輪基代一碳醇之構造式。寫列於下。以概其餘。



按芳香醇。與非芳香碳化物中醇之性質。頗屬相似。且芳香醇。經氧化作用後。亦可成爲芳香醛, 芳香酮, 及芳香酸。與非芳香碳化物中之醇作用相似。

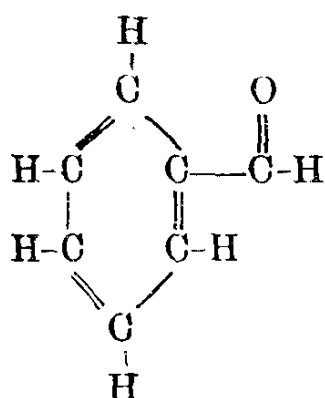
芳香醛類及 芳香酮類

(4) 芳香醛類 (Aromatic aldehydes)
及 芳香酮類 (Aromatic ketones) 此

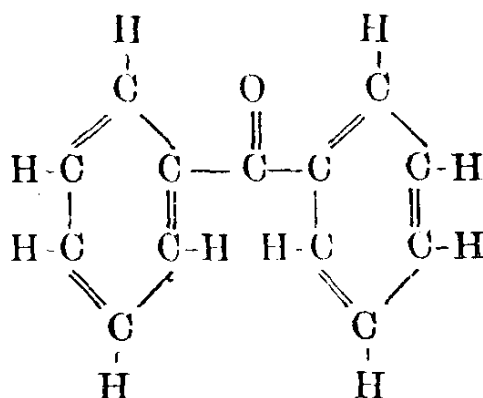
二族化合物。爲芳香碳化合物中之醛及酮。所有醛。均含有醛基(即CHO)。所有酮。均含有酮基(即CO)。與非芳香碳化合物中醛之有醛基。及酮之有酮基者相同。茲將此族中較關緊要之各化合物。表列如下。

$C_6H_5 \cdot CHO$	……	輪醛	……	Benz aldehyde
$C_6H_4(C_3H_7) CHO$	……	茴香醛	……	Cuminic aldehyde
$C_6H_5 \cdot CH:CH \cdot CHO$	……	桂皮醛	……	Cinnamic aldehyde
		等等		
$C_6H_5 \cdot CO \cdot C_6H_5$	……	雙輪基酮	……	Benzo-phenone
$C_6H_5 \cdot CO \cdot C_7H_7$	……	輪基,七碳輪基酮	……	Phenyl-tolyl ketone
$C_6H_5 \cdot CO \cdot CH_3$	……	輪基,一碳完基酮	……	Phenyl-methyl ketone
		等等		

茲將輪醛及雙輪基酮之構造式。寫列於下。以概其餘。



輪醛



雙輪基酮

芳 香 酸 類

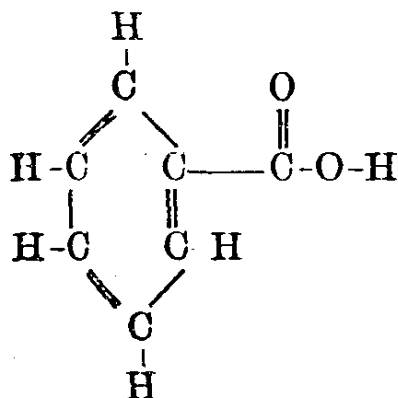
(5) 芳香酸類 (Aromatic acids)。此族化合物。

為芳香碳化物中之有機酸。猶脂酸之為非芳香碳化物中之有機酸也。其分子中。亦有 COOH 之碳酸基。其性質亦頗與脂酸相類。茲將此族中較關緊要之化合物。表列如下。

$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{COOH}$	.....	輪質酸	.....	Benzoic acid
$\text{C}_7\text{H}_7 \cdot \text{COOH}$	.....	七碳輪酸	.....	Toluic acid
$\text{C}_6\text{H}_4 \cdot (\text{CH}_3) \cdot \text{COOH}$	.....	一碳完基代輪質酸	.....	Methyl-benzoic acid
$\text{C}_6\text{H}_3(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{COOH}$	.....	二個一碳完基代輪質酸	.....	Dimethyl benzoic acid

等等

茲將輪質酸之構造式列下。以概其餘。



又非芳香碳化物中。曾見含有二個碳酸基 COOH 之二價酸。考芳香酸中亦有之。如 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ 石油精酸 (Phthalic acid) 等類是也。此外更有含三個或數個碳酸基之芳香酸者。茲不概述。

芳香氮
氫基質類

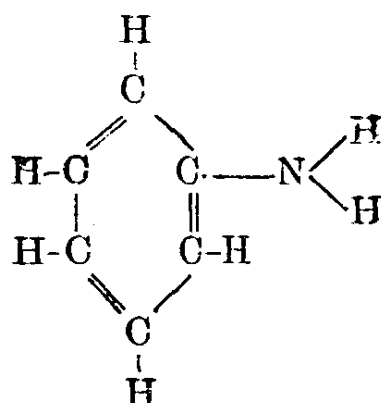
(5) 芳香氮氫基質類 (Aromatic amines or Amino-compounds)。此族化合物。係以氮

氫基 (NH_2) 代輪質環中之氫原子而成。例如 $\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{NH}_2$ 氮氫基代輪質 (又名生色精 Amino-benzene or aniline) 是也。茲將此族中較關緊要之化合物。表列如下。

$C_6H_5 \cdot NH_2$	氮氫基代輪質 (又名生色精)	…Amino benzene or aniline
$C_6H_4 \cdot (NH_2)_2$	二個氮氫基代輪質	…Diamino benzene
$C_6H_3 \cdot (NH_2)_3$	三個氮氫基代輪質	…Trimino-benzene
$C H_3 \cdot C_6H_4 \cdot NH_2$	氮氫基代七碳輪質	…Toluidine
$(CH_3)_2 : C_6H_3 \cdot NH_2$	氮氫基代八碳輪質	…Xylidine
	等等	

按氮氫基代輪質 $C_6H_5NH_2$ 。與工業上極有關係。因此物乃各染料中之要素。與他物化合。能生各種色料 (Aniline dyes) 也。故此物又名爲生色精 (aniline)。煤黑油 (Coal tar 乃蒸餾軟煤所得。故製造煤氣場中。產之頗多。) 中含之頗多。故可由煤黑油中提取之。初提出時。係一種無色油狀之液體。然露於日光空氣中後。則不久其色即行變黑。

茲將氮氫基代輪質之構造式。寫列於下。以概其餘。



植物
鹼類

(7) 植物鹼類 (Alkaloids or vegetable bases)。

此類物質。廣布於植物界中。為碳氫氮三原質所成。亦有含氧者。均有鹼性。故謂之植物鹼類。多數顯有苦味。性質極毒者。其分子構造法。多有未能確知者。茲將其較關緊要之植物鹼類。表列如下。其命名之法。可以其所由來之植物名。或因其效用而加鹼字以稱之。

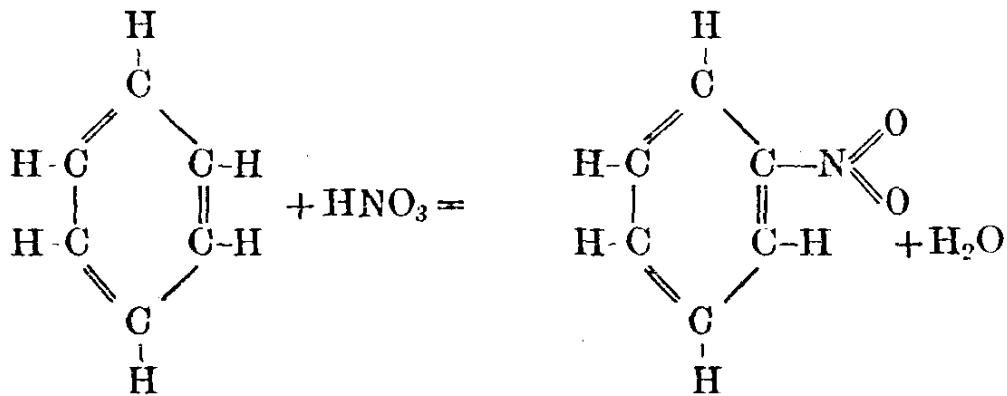
$C_8 H_{10} N_1 O_2 + H_2 O$	咖啡鹼.....	Caffeine
$C_8 H_{10} N_1 O_2 + H_2 O$	茶 鹼.....	Theine
(與咖啡鹼為同分異性體)		
$C_{10} H_{14} N_2$	菸 鹼.....	Nicotine
$C_{17} H_{21} N O_4$	古柯鹼.....	Cocaine
$C_{20} H_{24} N_2 O_2 + 3H_2 O$	治瘧鹼.....	Quinine
$C_{20} H_{24} N_2 O_2$	異性治瘧鹼.....	Quinidine
$C_{17} H_{19} N O_3 + H_2 O$	十七碳罌粟鹼.....	Morphine
(即嗎啡)		

上表中所列之咖啡鹼及茶鹼。爲茶葉及咖啡中之主要成分。至菸鹼及罌粟鹼。即捲煙及阿片中之主要成分。性均極毒。故不宜多食。菸鹼極易溶化於水內。而罌粟鹼。則亦稍能在水中溶化也。

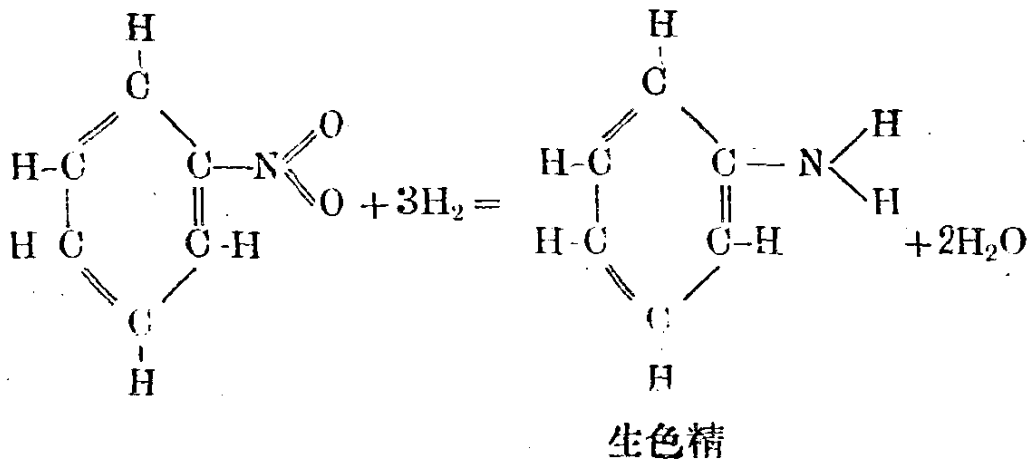
**氮 氧 基
代 輪 質** (8) 氮氧基代輪質 (Aromatic nitro compounds)。此族化合物。係以氮氧基(NO_2)。代輪質中之氫原子而成。例如 $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{NO}_2$ 之類是也。茲將其尤關緊要之各化合物。表列如下。

$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{NO}_2$	氮氧基代輪質	Nitro-benzene
$\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$	二個氮氧基代輪質	Dinitro-benzene
$\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3$	三個氮氧基代輪質	Trinitro-benzene
$\text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_3 \cdot \text{NO}_2$	氮氧基代七碳輪質	Nitro-tolene
	等等	

按氮氧基代輪質。可以硝酸與輪質之作用而製成之。例如吾人若將冷濃硝酸及濃硫酸之混合物加於冷輪質內。則成氮氧基代輪質。

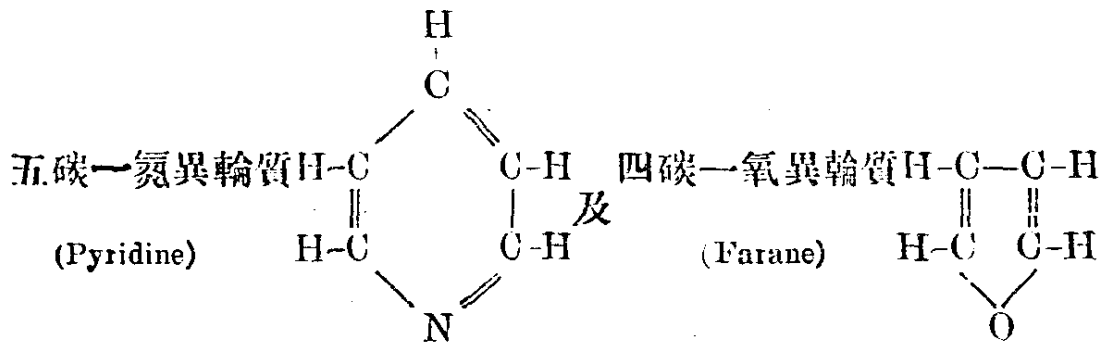


又氮氧基代輪質。若遇發生機之氫。(可用錫與鹽酸起作用。將氫放出。)則即變成生色精。按生色精。既於工業上有緊要之關係。為製造各種染料之要素。故此作用。為人工製造生色精之法也。



註。 以上所述之各種芳香碳化物。足供初習化學者之用。此外尚有他種芳香碳化物。如輪質氮化物及輪質二氮化物 (Azo compounds and diazo compounds) 例如 $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{N}_2 \cdot \text{C}_6\text{H}_5$ 氮輪質 Az

benzene 及 $C_6H_5N_2$ 二氮輪質 diazo benzene 之類。), 多輪質類 (Polyphenyl compounds 即二個輪基或數個輪基相結合所成之物質。例如 $C_6H_5 \cdot C_6H_5$ 輪基代輪質 Phenyl benzene $C_2H_4(C_6H_5)_2$ 二輪基代輪質 Diphenyl benzene $C_6H_3(O_6H_5)_3$ 三輪基代輪質 Triphenyl benzene 之類。), 異輪質類 (Heterocyclic compounds 按前論各輪質之分子輪環。均為碳原子所組成。至異輪質類之分子輪環中。則除碳原子外。尚有氮, 硫, 氧等異種原子。故曰異輪質。例如



之類。均異輪質也。), 松油精類 (Turpenes 例如 $C_{10}H_{16}O$ 松油精 pipene 之類。), 樟腦類 (Campher 例如 $C_{10}H_{16}O$ 樟腦之類。), 及 芥末類 (Mustards 如 C_3H_7SCN 芥子油 Mustard oil 之類。), 等類。茲不概述。

註. 本章既終。教師當設為問題。使諸生對答。以資練習。

原質名稱符號及原子量一覽表

西文名稱	中文名稱	西文符號	原子量 準數	原子量 約數	西文名稱	中文名稱	西文符號	原子量 準數	原子量 約數
Aluminium	鋁*	Al	27.1	27	Molybdenum	鉬	Mo	96.0	96
Antimony	銻*	Sb	120.2	120	Neodymium	釷	Nd	144.3	144
Argon	氬	A	39.88	40	Neon	氖	Ne	20.2	20
Arsenic	砷*	As	74.96	75	Nickel	鎳*	Ni	58.68	59
Barium	鋇*	Ba	137.37	137	Niobium	鉭*	Nt	222.4	222
Beryllium	鈹	Be	9.1	9	Nitrogen	氮*	N	14.01	14
Bismuth	銻*	Bi	208.0	208	Osmium	銱	Os	190.9	191
Boron	硼*	B	11.0	11	Oxygen	氧*	O	16.0	16
Bromine	溴*	Br	79.92	80	Palladium	鈷*	Pd	106.7	107
Cadmium	鎘	Cd	112.4	112	Phosphorus	磷*	P	31.04	31
Caesium	鐳	Cs	132.81	133	Platinum	鉑*	Pt	195.2	195
Calcium	鈣*	Ca	40.07	40	Potassium	鉀*	K	39.10	39
Carbon	碳*	C	12.005	12	Praseodymium	鐳	Pr	140.9	140.5
Cerium	鈰	Ce	140.25	140	Radium	鐳*	Ra	226.0	226
Chlorine	氯*	Cl	35.46	35.5	Rhodium	銠	Rh	102.7	103
Chromium	鉻*	Cr	52.0	52	Rubidium	銣	Rb	85.5	85
Cobalt	鈷*	Co	59.97	60	Ruthenium	銦	Ru	101.7	101.5
Columbium (niobium)	鈮 或 鈮	Cb 或 Nb	93.1	93	Samarium	釷	Sa	150.4	150
Copper	銅	Cu	63.57	63.5	Scandium	釷	Sc	44.1	44
Dysprosium	鐳	Dy	162.5	62	Selenium	硒	Se	79.2	79
Erbium	銲	Er	167.7	167	Silicon	矽*	Si	28.3	28
Fluorine	氟*	F	19.0	19	Silver	銀	Ag	107.88	108
Gadolinium	釷	Gd	157.3	157	Sodium	鈉*	Na	23.00	23
Gallium	銦	Ga	69.9	70	Strontium	銻*	Sr	87.63	87.5
Germanium	銻*	Ge	72.5	72	Sulphur	硫*	S	32.06	32
Gold	金*	Au	197.2	197	Tantalum	鎢	Ta	181.5	182
Helium	氦	He	4	4	Tellurium	碲	Te	127.5	127.5
Holmium	釷	Ho	163.5	163	Terbium	鐳	Tb	159.2	160
Hydrogen	氫*	H	1.008	1	Thallium	鉛	Tl	200.0	200
Indium	銲	In	114.8	115	Thorium	釷	Th	232.4	232
Iodine	碘*	I	126.92	127	Thulium	鐳	Tm	168.5	168
Iridium	銦*	Ir	193.1	193	Tin	錫*	Su	118.7	119
Iron	鐵*	Fe	55.84	56	Titanium	鈦	Ti	48.1	48
Krypton	氬	Kr	82.92	83	Tungsten	鎢	W	184.0	184
Lanthanum	釷	La	138.9	139	Uranium	鈾	U	238.5	238.5
Lead	鉛*	Pb	207.20	207	Vanadium	釩	V	51.0	51
Lithium	鋰	Li	6.94	7	Xenon	氙	X	130.2	130
Lutecium	鐳	Lu	175.0	175	Ytterbium	釷	Yb	173.5	173
Magnesium	鎂*	Mg	24.32	24	Yttrium	鈦	Yt	88.7	89
Manganese	錳*	Mn	54.93	55	Zinc	鋅*	Zn	65.37	65
Mercury	銻*	Hg	200.6	200.5	Zirconium	鈷	Zr	90.6	90.5

註。(1)表中之原子量爲各國化學家開公會而考定者。故可謂之國際原子量 (International atomic weights)。

(2) 前第332頁見欲定原子量。須擇一原質爲標準。本表中係以氧 = 16爲標準。按所以用氧而不用氫者。以氧與他原質直接化合之數。較氫爲多。故原質之原子量易於測定也。考以氧 = 16爲標準。與以氫 = 1爲標準。二者所測得之原子量數。相差無幾。故無甚差別也。

(3) 表中有原子量準數及原子量約數之別。按原子量準數者。卽測得極準之原子量數也。然爲日常應用計。不必需如此極準之數。祇須用其大約之數可矣。故表中未行。附有原子量約數。以便使用。

(4) 表中原質之有 * 號者。爲較關緊要之原質。其無 * 號者。概爲極稀少而無關緊要之原質。

科學中通用之緊要度量衡表

(Metric system)

(1) 度數 (爲測量長短闊狹用)。此數之標準爲公尺(米)。約爲地球赤道與北極距離之十兆分之一。其餘均由公尺(米)推出。

Meter (m.) 公尺 (米或寫呎) (等於英寸39.3708)

Decimeter (dm. 卽十分之一公尺) 公寸 (粉)

Centimeter (cm. 卽百分之一公尺) 公分 (種)

Millimeter (mm. 卽千分之一公尺) 公釐 (耗)

Dekameter (dkm. 卽 10 公尺) 公丈 (料)

Hectometer (hm. 卽 100 公尺) 公引 (稻)

Kilometer (km. 卽 1000 公尺) 公里 (籽)

(2) 量數 (爲測量體積用)。此數係以度數三次乘之卽得。例如公尺 \times 公尺 \times 公尺 (卽公尺³)。所得之數。卽爲立方公尺。按量數之最要者。爲以下二種。

Cubice centimeter (c.c.) 立方公分 (卽立方種等於英立方寸 0.06103)

Litre (l. 卽 1000 立方公分) 公升 (卽升等於英立方寸 61.02)

(3) 衡數 (爲測量輕重用). 此數之標準爲公分(克)。即在 4°C 時一立方公分(c.c.)清水之重量。

Gram (gm.) 公分(克)(等於英格林 15.4323 grains)

Decigram (dg. 卽十分之一公分) 公釐(尅)

Centigram (cg. 卽百分之一公分) 公毫(厘)

Milligram (mg. 卽千分之一公分) 公絲(絨)

Dekagram (dkg. 卽 10 公分) 公錢(尅)

Hectogram (hg. 卽 100 公分) 公兩(兩)

Kilogram (kg. 卽 1000 公分) 公斤(斤)

本書中試驗應用之器具單

Balance and weights 天平及法碼 (粗細各一套)

Beakers 玻璃杯(大小各約半打)

Bell glass 玻璃鐘罩(大小約三四個)

Blowpipe 吹管(一個)

Blue glass 藍色玻璃片(二小方)

*Bunsen burner 本生燈(二個。如化學室中無煤氣燈，此燈可不必備)。

Burette 玻璃量管(一個)

Charcoal block 炭精塊(二三塊)

Condenser & tubing 蒸餾用流水玻璃管(一個)

Copper wire 銅絲(四五丈)

Cork 軟木塞(大小各種共約百餘個)

Rubber cork 膠皮塞(大小各種約一二打)

Cork borer 木塞穿孔器(一套)

Deflagrating spoon 燃燒匙(三四個)

Electric apparatus 電器。當備以下二種，

Bunsen cell 本生濕電瓶 (四五個或用乾電瓶 dry cell 亦可)

Ruhmkorff coil 或 Leyden jar 感應電瓶

Eudiometer 由凸米突管(二個)

File 鐵銼刀(三角式及圓式各一)

Filter paper 過濾紙(三四打)

Flask 玻璃瓶(大小各種同約二打)

Hard glass flask 硬玻璃瓶(中小號各四五個)

Forceps 鐵鉗(三四個)

Funnel 漏斗(大小各種約半打)

Glass cylinder 玻璃筒(大小各種約十餘個)

Glass rod 玻璃棒(約二十尺)

Glass tubing 長玻璃管(大小軟硬約數十尺)

Glass vessels 各種大小玻璃器(約半打)

Ground glass 毛玻璃片(約半打)

Iron stand & rings 鐵架及鐵圈(三四副)

Iron wire gauze 鐵絲網(三四塊)

Lead dish 鉛器(二個)

Magnet 磁石(一塊)

Mercury 水銀(約一大瓶)

*Oxyhydrogen blowpipe 氫氧吹火管(一個,不備亦可)。

*Platinum dish 白金小杯(不備亦可)

Platinum foil 白金片(二三小方)

Platinum wire 白金絲(約一尺)

Porcelain crucible 磁坩(大小各種約十餘個)

Retort 曲頸甌(約半打)

Rubber plate 膠皮板(一塊)

Rubber tubing 膠皮管(大小號約二十尺)

*Spectroscope 分光鏡(一個。不備亦可)。

Spirit lamp 火酒燈(三四個)

Test tube 試管(大小軟硬約四五打)

Test tube stand 試管架(一二個)

U tube U式玻璃管(半打)

Watch glass 錶面皿(大小約半打)

註。 有 * 記號者。係可以免備之物。然能備尤佳。

又如在內地。可將以上器具同時多購數份。以免時常添置。

本書中試驗應用之藥品單

- Alcohol 酒精(須多購數瓶或數筒)
- Alum 明礬(一中號瓶)
- Ammonia 阿摩尼亞(一大號瓶)
- Ammonium chloride 氯化銨(一大瓶)
- Ammonium nitrate 硝酸銨(一中瓶)
- Ammonium sulphide 硫化銨(一中瓶)
- Antimony powder 銻粉末(一小瓶)
- Antimony trioxide 三氧化銻(一小瓶)
- Arsenic trioxide 三氧化砷(一小瓶)
- Asbestos 石棉(一中瓶)
- Barium nitrate 硝酸鋇(一小瓶)
- Bismuth nitrate 硝酸鉍(一小瓶)
- Bone black 骨炭(一大瓶)
- Borax 硼砂(一中瓶)
- Cadmium chloride 氯化鎘(一小瓶)
- Calcium carbide 碳化鈣(一小瓶)
- Calcium carbonate 碳酸鈣(一中瓶)
- Calcium chloride 氯化鈣(一大瓶)

- Calcium fluoride 氟化鈣(一小瓶)
- Calcium oxide 石灰(一大瓶)
- Carbon 碳(一大瓶)
- Carbon disulphide 二硫化碳(一中瓶)
- Caustic potash 氫氧化鉀(即苛性鉀一大瓶)
- Caustic soda 氫氧化鈉(即苛性蘇達一大瓶)
- Cobaltous chloride 氯化第一鈷(一小瓶)
- Copper foil 銅片(一小卷)
- Copper sulphate 硫酸銅(一中瓶)
- Cupric oxide 氧化第二銅(一中瓶)
- Cuprous oxide 氧化第一銅(一小瓶)
- Ether 醇精(即以脫一中瓶)
- Ferric chloride 氯化第二鐵(一小瓶)
- Ferrous chloride 氯化第一鐵(一小瓶)
- Ferrous sulphate 硫酸第一鐵(一中瓶)
- Flowers of sulphur 硫黃粉(一大瓶)
- Granulated zinc 鋅屑(十餘磅)
- Hydrochloric acid 鹽酸(濃稀各一大瓶)
- Iodine 碘(一小瓶)
- Iron filings 鐵屑(數磅)

- Iron sulphide 硫化鐵(一中瓶)
Lead acetate 醋酸鉛(一中瓶)
Lead nitrate 硝酸鉛(一中瓶)
Lithium carbonate 碳酸鋰(一小瓶)
Magnesium ribbon 鎂條(二三盒)
Manganese dioxide 二氧化錳(一大瓶)
Mercuric chloride 氯化第二銻(一小瓶)
Mercuric oxide 氧化銻(一中瓶)
Mercurous chloride 氯化第一銻(一小瓶)
Mercury 水銀(一大瓶)
Nickel sulphate 硫酸鎳(一小瓶)
Nitric acid 硝酸(濃稀各一大瓶)
Oxalic acid 草酸(一中瓶)
Phosphoric anhydride 無水磷酸(一小瓶)
Phosphorus 磷(紅黃二種各一中瓶)
Platinic chloride 氯化鉑(一小瓶)
Potassium 鉀(-中瓶)
Potassium carbonate 碳酸鉀(一大瓶)
Potassium chlorate 氯酸鉀(一中瓶)
Potassium chloride 氯化鉀(一中瓶)

- Potassium cyanide 氰化鉀(一小瓶)
- Potassium dichromate 重鉻酸鉀(一中瓶)
- Potassium ferricyanide 第二鐵氰化鉀(一小瓶)
- Potassium ferrocyanide 第一鐵氰化鉀(一小瓶)
- Potassium iodide 碘化鉀(一小瓶)
- Potassium nitrate 硝酸鉀(一中瓶)
- Potassium permanganate 重錳酸鉀(一中瓶)
- Red lead. (mimium) 鉛丹(一小瓶)
- Roll sulphur 卷硫(一中瓶)
- Sand 沙(一包)
- Silver chloride 氯化銀(一大瓶)
- Silver nitrate 硝酸銀(一小瓶)
- Sodium 鈉(一中瓶)
- Sodium acetate 醋酸鈉(一中瓶)
- Sodium bromide 溴化鈉(一小瓶)
- Sodium carbonate 碳酸鈉(一大瓶)
- Sodium hypochlorite 亞氯酸鉀(一小瓶)
- Sodium iodide 碘化鉀(一小瓶)
- Sodium sulphate 硫酸鈉(一中瓶)
- Stannous chloride 氯化第一錫(一小瓶)

Starch 小粉(一中瓶)

Strontium nitrate 硝酸錒(一小瓶)

Sulphuric acid 硫酸(稀濃各一瓶)

Tin 錫(一卷)

Zinc 鋅(一卷)

Zinc chloride 氯化鋅(一小瓶)

Zinc sulphate 硫酸鋅(一小瓶)

注意. 如在內地。可將以上各藥品同時多購數份。以免時常添置。又如屬方便。更當置備有機化合物數種。以便研究。

中 西 名 詞 索 引

A

Acetic acid, 醋酸, 二碳脂酸, 270, 413
 Acetone ketone, 三碳酮, 402
 Acetylene, 亞羰質, 370
 Acid radical, 酸根, 96
 Acid salt, 酸性鹽類, 98
 Acids, 酸類, 91; characteristics of, 特別處, 91, 93; definition of, 界說, 91
 Actinium, 錒, 205
 Additive compound, 加成物, 394
 Air, 空氣, 25; liquid, 液體空氣, 33
 Albumins, 蛋白類質, 370
 Alcohol, 醇, 370
 Aldehyde, 醛, 370
 Aldehydic acid, 醛基酸, 417
 Aldehydic group, 醛基, 414
 Aliphatic compounds, 非芳香碳化合物, 380
 Alkali metals, 鹼金屬, 142
 Alkaline earth metals, 鹼土金屬, 183
 Alkaloids, 植物鹼質, 370
 Alkyl cyanides, 腈化完基, 426
 Alkyl hydrogen sulphate, 酸性硫酸完基, 406
 Alkyl radicals, 完基, 372
 Allotropic forms, 多形體, 238

Alloys, 合金, 167
 Alum, 明礬, 252
 Aluminates, 鋁之鹽類, 232
 Aluminium, 鋁, 228; bronze, 鋁銅合金, 230; compounds of, 鋁之化合物, 230
 Amalgam, 銻膏, 220
 Amalgamation process, 混銻法, 173
 Amines, 氮氫基質, 370, 420
 Amino acetic acid, 氮氫基代醋酸, 417
 Amino acid, 氮氫基酸, 117
 Amino benzene, 氮氫基代輪質, 435
 Ammonia, 阿摩尼亞, 73
 Ammonium, 銻, 159
 Amyl alcohol, 五碳醇, 371
 Amyl radical, 五碳完基, 414
 Amylene, 五碳羰質, 393
 Analysis, 分析, 161, 346
 Anhydride, 無水物, 84
 Aniline, 生色精, 436
 Animal charcoal, 骨炭, 241
 Anode, 陽極, 175
 Anion, 陰伊洪, 93
 Anthracite, 白煤, 239
 Antimony, 銻, 287; compounds of, 銻之化合物, 288

Apatite, 磷灰石, 191
 Aqua regia, 王水, 108
 Argentite, 銀礦, 173
 Argon, 氬, 30
 Aromatic acids, 芳香酸, 44
 Aromatic alcohols, 芳香醇, 370, 431
 Aromatic aldehydes, 芳香醛, 432
 Aromatic amines, 芳香氮氫基質, 370
 Aromatic compounds, 芳香碳化合物, 380
 Aromatic hydrocarbons, 輪質碳氫物, 427
 Aromatic ketone, 芳香酮, 432
 Aromatic nitro-compounds, 氮氧基代輪質, 438
 Arsenic, 砷, 283; compounds of, 砷之化合物, 284; Marsh test of, 馬氏試砷法, 286
 Arsenopyrite, 砷鐵礦, 283
 Arsine, 砷化氫, 285
 Asymmetric carbon atom, 不均齊之碳原子, 419
 Atmosphere, 空氣, 25
 Atomic theory, 原子學說, 61
 Atomic weights, 原子量, 63, 332; determination of, 原子量測定法, 330; table of, 原子量表, 441
 Atoms, 原子, 62
 Avogadro's hypothesis, 阿伏加特路氏之定律, 341
 Azobenzene, 氮輪質, 440
 Azurite, 藍銅礦, 165

B

Barium, 鋇, 193; compounds of, 鋇之化合物, 193
 Bases, 鹽基類, 90; characteristics of, 特別處, 90, 93; definition of, 界說, 93
 Basic salt, 鹽基性鹽類
 Benz aldehyde, 輪醛, 433
 Benzene, 輪質, 六碳輪質, 427
 Benzoic acid, 輪質酸, 434
 Bessemer furnace, 柏士米爐, 320
 Bismuth, 鉍, 289; compounds of, 鉍之化合物, 290
 Blast furnace, 鼓風爐, 318
 Bleaching powder, 漂白粉, 103
 Blowpipe, 吹管, 254; analysis, 吹管分析, 255
 Bone black, 骨炭, 241
 Bone ash, 骨炭 (同 Animal charcoal)
 Borax, 硼砂, 226, 227; bead test, 硼砂球試法, 227
 Boric acid, 硼酸, 228
 Boron, 硼, 226
 Brass, 黃銅, 167
 Bromine, 溴, 111; water, 溴水, 112; compounds of, 溴之化合物, 113
 Bronze, 青銅, 167; aluminium, 鋁銅合金, 230
 Bunsen burner, 本生燈, 250
 Butane, 四碳完質, 369
 Butine, 四碳亞羧質, 393
 Butyl alcohol, 四碳醇, 397
 Butyl radical, 四碳完基, 372
 Butyric acid, 四碳脂肪酸, 酪酸, 413

C

- Cacodyl compounds, 砷完基質, 426
- Cadmium, 鎘, 218; compounds of, 鎘之化合物, 218, 219
- Caesium, 鐳, 142
- Caffeine, 咖啡鹼, 437
- Calcium, 鈣, 186; acetate, 醋酸鈣, 410; carbide, 碳化鈣, 367; formate, 蟻酸鈣, 410; compounds of, 鈣之化合物, 187
- Calomel, 氯化第一錄, 222
- Calorie, 加路里, 189
- Camphor, 樟腦類, 440
- Cane sugar, 蔗糖, 422
- Carat, 開拉脫, 182
- Carbohydrates, 碳水化合物, 422
- Carbon, 碳, 236, allotropic forms of, 碳之多形體, 238; amorphous, 無定形碳, 238; compounds of, 碳之化合物, 243; crystalline forms of, 結晶碳, 238; cycle in nature, 碳在動植物二界中之循環作用, 250
- Carbonic acid, 碳酸, 249
- Carboxyl group, 碳酸基, 414
- Carnallite, 沙金石, 184
- Cassiterite, 錫礦石, 263
- Cast iron, 鑄鐵, 320
- Catalysis, 觸媒作用, 69
- Catalyzer, 觸媒, 308
- Cation, 陽伊洪, 93
- Cathode, 陰極, 175
- Caustic potash, 氫氧化鉀, 145
- Caustic soda, 氫氧化鈉, 151
- Cellulose, 木材質, 423
- Cement, 水泥, 233
- Cerium, 銻, 133, 235
- Cerium nitrate, 硝酸銻, 269
- Chalcocite, 碲銅礦, 164
- Chalcopyrite, 黃銅礦, 164
- Chalk, 粉筆, 191
- Chamber process, 鉛室法, 306, 307
- Charcoal, 木炭, 239
- Chemical affinity, 愛力, 6; analysis, 化學分析, 161, 346; changes, 化學變化, 2; combination, 化合, 5; compounds, 化合物, 9; decomposition, 化分, 6; equilibrium, 化學平衡, 188; properties, 化性, 121
- Chemistry, definition of, 化學界說, 2
- Chili saltpetre, 智利硝石, 153
- Chloric acid, 氯酸, 110
- Chlorine, 氯, 99
- Chloroform, 迷蒙精, 386
- Chloroplatinic acid, 鉑氯酸, 329
- Chlorous acid, 亞氯酸, 110
- Chrome-ochre, 氧化鉻礦, 293
- Chromite, 鉻鐵礦, 293
- Chromium, 鉻, 293; compounds of, 鉻之化合物, 293
- Cinnabar, 辰砂礦石, 219
- Cinnamic aldehyde, 桂皮醛, 433
- Clay, 黏土, 233
- Coal, 煤, 238; gas, 煤氣, 239
- Coal tar, 煤黑油, 436

Cobalt, 鈷, 327; compounds of, 鈷之化合物, 328
 Cocaine, 古柯鹼, 437
 Coke, 焦炭, 259
 Combining weights, 當量, 339
 Combustion, 燃燒, 20; supporters of, 助燃體, 21
 Combustible substance, 可燃體, 21
 Compounds, chemical, 化合物, 9
 Condensation, 無返性之結合作用, 411
 Contact action, 接觸作用, 304; process, 接觸法, 305
 Converter, 提煉爐, 165; Bessemer (同 Bessemer furnace), 320
 Copper, 銅, 164; compounds of, 銅之化合物, 168, 169, 170, 171
 Corrosive sublimate, 氯化第二錒, 222
 Cryolite, 冰晶石, 228
 Crystallization, 結晶, 232, 298; water of, 結晶水, 55
 Crystallography, 結晶學, 299
 Cuminic aldehyde, 茴香醛, 433
 Cupric compounds, 銅之第二化合物, 168
 Cuprite, 赤銅礦, 164
 Cuprous compounds, 銅之第一化合物, 168

D

Deliquescence, 潮解, 56
 Density, 密度, 344
 Derivatives, 導出體, 416
 Dextrin, 糊精, 423

Dextro rotatory, 右旋性, 419
 Diamond, 金剛石, 242
 Diamyl ether, 二個五碳完基醇精, 371
 Dibutyl ether, 二個四碳完基醇精, 371
 Dichloromethane, 二氯代一碳完質, 386
 Diethyl ether, 二個二碳完基醇精, 371
 Dimethyl ether, 二個一碳完基醇精, 371
 Dipropyl ether, 二個三碳完基醇精, 371
 Disaccharoses, 雙糖類, 423
 Disinfectant, 殺蟲劑, 104
 Disintegration theory, 原子分解學說, 202
 Distillation, 蒸餾法, 57
 Double bond, 雙帶連, 377
 Double decomposition, 複分解, 6
 Drummond light, 石灰光, 44
 Dysprosium, 鈹, 133

E

Efflorescence, 風化, 56
 Electrolysis, 電解, 45
 Electrolytic dissociation, 電離, 93
 Electrometer, 驗電表, 197
 Elements, 原質, 12
 Energy, 能力, 5; chemical, 化學能力, 252
 Epsom salt, 硫酸鎂, 186
 Equations, 方程式, 60
 Equilibrium, chemical, 化學平衡, 188

Equivalent weight (同 combining weight), 339
 Erbium, 鉕, 133
 Esters, 完基鹽, 426
 Ethane, 二碳完質, 369
 Ether, 醇精, 370
 Ethyl alcohol, 二碳醇, 371, 396
 Ethyl amine, 二碳完基氮氫基質, 388
 Ethyl chloride, 氯化二碳完基, 394
 Ethyl cyanide, 續化二碳完基, 426
 Ethylene, 二碳羧質, 393
 Ethyl-ethylene, 二碳完基代二碳羧質, 393
 Ethyl iodide, 碘化二碳完基, 387
 Ethyl mercaptan, 二碳完基硫醇, 389
 Ethyl radical, 二碳完基, 414
 Eudiometer, 由凸米突管, 78
 Europium, 鏷, 135
 Evaporation, 蒸發, 57
 Excited activity, 外借之放射作用, 200

F

Family, 族, 129
 Fatty acid, 脂酸, 370
 Feldspar, 長石, 233
 Ferric compounds, 鐵之第二化合物, 323
 Ferrous compounds, 鐵之第一化合物, 323

Flames, 火燄, 253; test, 火燄識別法, 156
 Flowers of sulphur, 硫黃花, 297
 Fluorine, 氟, 118
 Fluorspar, 鈣氟石, 118
 Foluene, 七碳輪質, 427
 Form aldehyde, 一碳醛, 401
 Formic acid, 一碳脂酸. 蟻酸, 413
 Formic acid, 一碳脂酸, 401
 Formula, 式, 60; graphic or structural, 圖解式, 375; how determined, 測定法, 347
 Fruit sugar, 果糖, 423
 Fuming nitric acid, 發煙硝酸, 81

G

Gadolinium, 釷, 133
 Galactose, 分解乳糖, 423
 Galena, 硫化鉛礦石, 267
 Galvanized iron, 鋅塗鐵, 215
 Gas, collection by displacement of air, 排空氣取氣法, 38; collection by displacement of water, 排水取氣法, 18; relation of its volume, temperature and pressure, 氣體積與熱度及壓力之關係, 356
 Germanium, 銻, 235
 Glass, 玻璃, 260
 Glycerine, 甘油, 414
 Glycerol, 甘油, 414
 Glycogen, 獸藏粉, 423
 Glyoxalic acid, 醛基二碳脂酸, 418
 Gold, 金, 180; compounds of, 金之化合物, 182

Grape sugar, 葡萄糖 422
 Graphic formula, 圖解式, 375
 Graphite, 石墨, 242
 Group, 類 129
 Gun metal, 礮銅, 167; gun-powder, 火藥, 147
 Gypsum, 石膏, 191

H

Halogens, 鹵族, 122
 Hard water, 硬水, 190; permanent, 永硬水, 191; temporary, 暫硬水, 190
 Helium, 氦, 30
 Heptane, 七碳完質, 381
 Heterocyclic compounds, 異輪質類, 440
 Hexane, 六碳完質, 369
 Holmium, 鈹, 133
 Homologous series, 一碳二氫公差族, 383
 Horn silver, 銀氯礦, 173
 Hydriodic acid, 碘酸, 117
 Hydrobromic acid, 溴酸, 113
 Hydrocarbons, 碳氫化合物, 381
 Hydrochloric acid, 鹽酸, 105
 Hydrochloric acid, 鹽酸, 110
 Hydrofluoric acid, 氟酸, 119
 Hydrofluosilicic acid, 硅氟酸, 261
 Hydrogen, 氫, 36; peroxide, 過氧化氫, 49, 194; radical, 氫根, sulphide, 硫化氫, 300
 Hydrolysis, 加水分解, 290
 Hydroxy acid, 氫氧酸, 416

Hydroxy propionic acid, 氫氧代三碳脂酸, 416
 Hydroxyl group, 氫氧基, 372, 414
 Hydroxyl radical, 氫氧根, 91
 Hypochlorous acid, 次亞氯酸, 110

I

Incombustible substance, 不燃體, 21
 Indium, 銻, 225
 Inulin, 土木香粉, 423
 Inorganic chemistry, 無機化學, 366
 Iodine, 碘, 115
 Ionium, 鎔, 208
 Ions, 伊洪, 93
 Iridium, 銥, 317
 Iron, 鐵, 318; compounds of, 鐵之化合物, 323
 Iso, 異性, 399
 Isobutane, 異性四碳完質, 383
 Iso-butylene, 異性四碳羧質, 393
 Isobutyric acid, 異性四碳脂酸, 413
 Isomers, 同分異性體, 374
 Isomorphism, 同式之結晶物, 337
 Iso-propyl alcohol, 異性三碳醇, 398
 Isotopes, 不能分開之原質, 212
 Isovaleric acid, 異性五碳脂酸, 413

K

Kaolin, 陶土, 233

Ketones, 酮, 370
 Ketonic acid, 酮基酸, 417
 Ketonic group, 酮基, 414
 Kindling temperature, 燃度, 21
 Krypton, 氙, 30

L

Laevo rotatory, 左旋性, 419
 Lampblack, 燈煙, 241
 Lanthanum, 銻, 133
 Laughing gas, 笑氣, 86
 Law of Boyle, 波以耳氏定律, 360; of Charles, 查爾氏定律, 357; of conservation of energy, 能力不滅之定律, 5; of definite proportion, 定數比例之定律, 49; of Dulong and Petit, 德龍及柏弟氏定律, 336; of indestructibility of matter, 物質不滅之定律, 4; of multiple proportion, 倍數比例之定律, 51; of Raoult, 熱爾第氏之定律, 345; periodic, 週期律, 127
 Lead, 鉛, 267; compounds, 鉛之化合物, 268; tree, 鉛樹, 272
 Le Blanc process, 路布蘭氏法, 153
 Lime, 石灰, 187; slaked, 熟石灰, 188
 Lime light (同 Drummond light), 石灰光, 44
 Limestone, 石灰石, 190
 Lime water, 石灰水, 189
 Litharge, 一氧化鉛, 269
 Lithium, 鋰, 142
 Luminosity of flame, 火燄之明暗, 255

Lutecium, 鐳, 133

M

Magnesium, 鎂, 184; compounds, 鎂之化合物, 185
 Malachite, 孔雀石, 165
 Malic acid, 氫氧代四碳二價酸, 418
 Malonic acid, 三碳二價酸, 418
 Malt sugar, 麥芽糖, 423
 Manganese, 錳, 311; compounds, 錳之化合物, 312
 Mannose, 甘露蜜糖, 423
 Mantles, 紗罩, 209
 Marble, 大理石, 190
 Matches, 火柴, 278
 Mechanical mixture, 混合物, 9
 Melting point, 鎔解度, 142
 Mercaptans, 硫醇, 425
 Mercaptans or thio-alcohols, 硫醇, 422
 Mercuric compounds, 銻之第二化合物, 220
 Mercurous compounds, 銻之第一化合物, 220
 Mercury, 銻, 219; compounds, 銻之化合物, 220
 Mesithlene, 九碳輪質, 427
 Metantimonic acid, 間錒酸, 288
 Metallic radical, 金類根, 96
 Metals, 金類, 97, 124
 Metaphosphoric acid, 間磷酸, 279
 Metasilicic acid, 間硅酸, 261
 Metastannic acid, 錫酸, 266
 Methane, 一碳完質, 369
 Methyl alcohol, 一碳醇, 396

Methyl alcohol, - 碳醇, 371
 Methyl amine, 一碳完基氮氫基質, 388
 Methyl chloride, 氯化一碳完基, 385
 Methyl cyanide, 腈化一碳完基, 426
 Methyl ethyl acetic acid, 一碳完基二碳完基代醋酸, 413
 Methyl iodide, 碘化一碳完基, 387
 Methyl mercaptan, 一碳完基硫醇, 389
 Methyl radical, 一碳完基, 372, 414
 Meto form, 隔連式, 430
 Microcosmic salt, 磷鹽, 155
 Milk sugar, 乳糖, 423
 Mixed amines, or metameric amines, 異樣完基氮氫基質, 421
 Mixed ethers, 異樣完基醇精, 406
 Mixed ketones, 異樣完基酮, 409
 Molecular weights, 分子量, 66; determinations of, 分子量之測定法, 341
 Molecule, 分子, 66
 Molybdenum, 鉬, 292
 Monochloromethane, 一氯代一碳完質, 385
 Monosaccharoses, 單糖類, 423
 Morphine, 十七碳罌粟鹼嗎啡, 437
 Mustard oil, 芥子油, 440

Mustards, 芥末類, 440

N

Nascent state, 發生機, 103
 Neodymium, 釷, 133
 Neon, 氖, 30
 Neutralization, 中和, 95
 Nickel, 鎳, 327; compounds, 鎳之化合物, 328
 Nicotine, 菸鹼, 437
 Niton, 釷, 132
 Nitric acid, 硝酸, 80
 Nitric anhydride, 無水硝酸, 89
 Nitric oxide, 氧化氮, 86
 Nitrogen, 氮, 27; peroxide, 過氧化氮, 88; trioxide, 無水亞硝酸, 87
 Nitrous acid, 亞硝酸, 83; anhydride, 無水亞硝酸, 84; oxide, 亞氧化氮, 85
 Nonane, 九碳完質, 381
 Non-metal, 非金類, 124
 Normal, 尋常, 399
 Normal butane, 尋常四碳完質, 383
 Normal primary butyl alcohol, 尋常第一四碳醇, 397
 Normal propyl alcohol, 尋常三碳醇, 396
 Normal secondary butyl alcohol, 尋常第二四碳醇, 397

O

Octane, 八碳完質, 381
 Olefines, 羧質, 370, 380

- Optically active substances, 有旋光性之物質, 419
- Ordinary butylene, 尋常四碳羧質, 393
- Organic chemistry, 有機化學, 336, 366
- Organic compounds, 有機化合物, 366
- Orthoantimonic acid, 正錒酸, 288
- Orthoarsenic acid, 正砷酸, 285
- Ortho form, 鄰連式, 430
- Orthophosphoric acid, 正磷酸, 279
- Orthosilicic acid, 正硅酸, 261
- Osmium, 銻, 317
- Oxalic acid, 二碳二價酸, 草酸, 243, 418
- Oxidation, 氧化, 20
- Oxidizing agent, 氧化劑, 83
- Oxidizing flame, 氧化焰, 254
- Oxygen, 氧, 17
- Oxyhydrogen blowpipe, 氫氧氣吹管, 44
- Ozone, 臭氧氣, 23
- P
- Palladium, 鈀, 317
- Para form, 對連式, 430
- Paraffins, 完質, 368, 380
- Parke's method for silver, 派克氏提銀法, 174
- Pentane, 五碳完質, 369
- Pentine, 五碳亞羧質, 393
- Perchloric acid, 過氯酸, 110
- Period, 一期, 126; long, 長期, 129; short, 短期, 129
- Periodic law, 週期律, 127; table, 週期律表, 131
- Permanent hardness, 永硬水, 191
- Phenols, 氫氧代輪質, 370, 429
- Phosphine, 磷化氫, 281
- Phosphoric acid (同 orthophosphoric acid), 279
- Phosphorous acid, 次磷酸, 280
- Phosphorus, 磷, 274; red, 紅磷, 277; yellow, 黃磷, 276; compounds, 磷之化合物, 278
- Physical change, 物理學變化, 2; properties, 體性, 121
- Physics, 物理學, 2
- Pipene, 松油精, 440
- Pitchblende, 青礦石, 195
- Plaster of Paris, 燒石灰, 191
- Platinised asbestos, 鬆綉之白金, 304
- Platinum, 鉑, 329; compounds, 鉑之化合物, 330
- Platinum black, 黑鉑粉, 395
- Polyhydric alcohols, 多價醇類, 404
- Polymerisation, 有返性之結合作用, 411
- Polyphenyl compounds, 多輪質類, 440
- Polysaccharose, 多糖類, 422
- Polysilicic acid, 多硅酸, 261
- Polysulphide, 多硫化合物, 162
- Porcelain, 瓷器, 233
- Potassium, 鉀, 143; compounds, 鉀之化合物, 145
- Potassium pyrogallate, 焦性沒食子酸鉀, 30
- Praseodymium, 鐳, 133

Precipitate, 沈澱, 171
 Primary alcohols, 第一醇類, 399
 Primary amines, 第一氮氫基質, 420
 Primary isobutyl alcohol, 異性第一四碳醇, 397
 Primary propyl alcohol, 第一三碳醇, 396
 Propane, 三碳完質, 369
 Propine, 三碳亞羰質, 393
 Propionic acid, 三碳脂酸, 413
 Propyl alcohol, 三碳醇, 371, 396
 Propylene, 三碳羰質, 393
 Propyl radical, 三碳完基, 372, 414
 Pudding, 鑄鍊, 320
 Pyroantimonic acid, 過錒酸, 288
 Pyroarsenic acid, 過砷酸, 285
 Pyrolusite, 二氧化錳礦, 311
 Pyrophosphoric acid, 過磷酸, 279
 Pyruric acid, 酮基三碳脂酸, 418

Q

Quartz, 石英, 180, 240
 Quicklime, 生石灰, 187
 Quinidine, 異性治瘧鹼, 437
 Quinine, 治瘧鹼, 437

R

Radium, 鐳, 194

Radioactivity, 放射作用, 195
 Raffinose, 甜質糖, 423
 Rare earths, 稀少土金族, 132, 208
 Rare alkaline earth metals, 稀少之鹼土金族, 210
 Rays, 放射線, 198
 Red lead, 鉛丹, 269; phosphorus, 紅磷, 277
 Reducing agent, 還原劑, 83; flame, 還原焰, 254
 Reversible reaction, 可逆反應, 188
 Rhodium, 銠, 317
 Roll sulphur, 卷硫, 297
 Rubidium, 銣, 142
 Ruthenium, 銦, 317

S

Safety lamp, 安全燈, 257
 Salt, 鹽類, 95, 97; acid, 酸性鹽類, 98; basic, 鹼基性鹽類, 98
 Samarium, 銩, 210
 Sand, 沙, 260
 Saponification, 鹼化作用, 414
 Saturated compounds, 已飽足化合物, 378
 Saturated hydrocarbons, 已飽足之碳氫化合物, 391
 Saturated solution, 飽和溶液, 54
 Scandium, 釷, 133, 210
 Secondary alcohols, 第二醇類, 399
 Secondary amines, 第二氮氫基質, 420

- Secondary propyl alcohol, 第二
三碳醇, 396
- Selenium, 硒, 139, 292
- Series, 股, 128; even, 雙股, 128;
odd, 單股, 129
- Silica, 二氧化硅, 260
- Silicon, 硅, 258; compounds, 硅
之化合物, 260
- Silver, 銀, 173; compounds, 銀之
化合物, 176
- Simple ethers, 同樣完基醇精,
405
- Simple ketones, 同樣完基酮,
409
- Slow oxidization, 遲緩氧化, 22
- Soap, 肥皂, 415
- Sodium, 鈉, 151; compounds, 鈉
之化合物, 151
- Solute, 溶質, 52
- Solution, 溶液, 52
- Solvent, 溶劑, 52
- Solvay process, 蘇爾飛氏法, 154
- Sorlinose, 薔薇糖, 423
- Specific heat, 比熱, 336
- Spectroscope, 分光鏡, 157
- Spectrum, 光帶, 157
- Spongy platinum, 鬆鉑, 329, 304
- Standard temperature and pres-
sure, 標準熱度及壓力, 362
- Stannic compounds, 錫之第二
化合物, 264
- Stannous compounds, 錫之第一
化合物, 264
- Starch, 澱粉, 423
- Stearic acid, 脂蠟酸, 414
- Stearin, 脂蠟酸鹽, 414
- Steel, 鋼, 320
- Stereoisomerism, 同分體異光性,
419
- Stibine, 銻化氫, 288
- Stibnite, 硫銻礦, 287
- Strontium, 銻, 193; compounds,
銻之化合物, 193
- Structural formula, 構造式, 375
- Sublimation, 昇華, 161
- Substitution, 置換作用, 385
- Substitution products, 置換物,
385
- Succinic acid, 四碳二價酸, 418
- Sulphur, 硫, 296; allotropic
forms of, 硫之多形體, 298;
compounds, 硫之化合物, 300
- Sulphuric acid, 硫酸, 306
- Sulphurous acid, 亞硫酸, 305
- Superphosphate of lime, 過磷酸
石灰, 192
- Supersaturated solution, 過飽和
溶液, 54
- Surface reaction, 表面作用, 240
- Sweet crystalline carbohydrates,
甜味而結晶之碳水物, 422
- Symbol, 符號, 13, 59
- Sympathetic ink, 隱顯墨, 328

T

- Table of atomic weights, 原子量
表, 441; of elements, 原質表, 15;
periodic, 週期律表, 131; of
metric system, 度量衡表, 443
- Tartaric acid, 二氫氧代四碳二
價酸, 418

Tasteless noncrystalline carbohydrates, 無味不結晶之碳水化合物, 422
 Tellurium, 碲, 292
 Temporary hardness, 暫硬水, 190
 Terbium, 銩, 133
 Tertiary alcohols, 第三醇類, 399
 Tertiary amines, 第三氮氫基質, 420
 Tertiary butyl alcohol, 第三四碳醇, 397
 Tetrachloromethane, 四氯代一碳完質, 386
 Thallium, 鉍, 225
 Theine, 茶鹼, 437
 Theory, atomic, 原子學說, 61; ionic, 伊洪學說, 93
 Thermo-chemistry, 熱化學, 189
 Thio-ethers, 含硫醇精, 388, 422, 425
 Thiosulphuric acid, 抱硫磺酸, 309
 Thorium, 釷, 196, 198, 235
 Thorium nitrate, 硝酸釷, 209
 Thulium, 鐳, 133
 Tin, 錫, 263
 Tin compounds, 錫之化合物, 264
 Titanium, 鈦, 235
 Transitional element, 過渡原質, 129
 Transmutation of elements, 原質之變換, 201
 Triple bond, 三帶連, 377
 Trichloromethane, 三氯代一碳完質, 386

Trimethylmethane, 三個一碳完基之一碳完質, 384
 Trimethyl acetic acid, 三個一碳完基代醋酸, 413
 Trisaccharoses, 三糖類, 423
 Tungsten, 鎢, 15
 Turpenes, 松油精類, 440

U

Ultramarine, 羣青, 233
 Undecane, 十一碳完質, 381
 Unsaturated compounds, 未飽足化合物, 377
 Unsaturated hydrocarbons, 未飽足之碳氫化合物, 391
 Uranium, 鈾, 197, 292
 Urea, 尿精, 425
 Uric acid, 尿酸, 425

V

Valence, 原子價, 133
 Valeric acid, 五碳脂酸, 甘松酸, 413
 Vitriol blue, 硫酸銅, 171

W

Water, 水, 4; gas, 水加斯, 246; of crystallization, 結晶水, 55; synthesis of, 氫氧化合成水, 42
 Wood alcohol, 木醇, 403
 Wrought iron, 鍛鐵, 320

X

Xenon, 氙, 30

Xylene, 八碳輪質, 427

Y

Ytterbium, 鏡, 133

Yttrium, 鈦, 133

Z

Zinc, 鋅, 172; blende, 砒酸化鋅礦, 214; compounds, 鋅之化合物, 216; spar, 碳酸鋅礦, 214; white, 鋅白, 217



商 務 印 書 館 出 版

教 育 部 審 定 民 國 新 教 科 書

本書係聘請留歐碩士學士按照
教育部頒課程標準編
輯。擷取最新學說參合

本國材料內容完善。近今出
版各書。無能出其右者排

印用大小兩號字預備教授時之
伸縮。欲詳則兼講小字欲略

則專講大字尤為**本書**
特色今列編輯人姓名如左。

英國大學格致科學士
愛丁堡大學文藝科學士
王兼善

英國大學理科學士
格拉斯哥大學理科學士
丁文江

美國大學理科學士
耶魯大學理科學士
徐善祥

美國大學天算碩士
哈佛大學天算碩士
秦汾

日本物理學校畢業生
秦沅

▲按照部章 悉心編纂

▲材料豐富 條理明晰

物理學 王兼善 紙面二冊 每冊八角
布面一冊 一元六角

化學 王兼善 一元六角

生理及衛生學 王兼善 一元四角

植物學 王兼善 一元三角

動物學 丁文江 一元四角

礦物學 徐善祥 一元二角

算術 徐善祥 一元四角

代數 秦沅 一元

幾何學 秦沅 一元三角

三角學 秦汾 一元

▲各科術語 附註西文

▲數學各書 另刊答案

商 務 印 書 館 發 行

審改定正
近世化學教科書

一册 八角五分

是書爲日本理學博士大幸勇吉原著。王君譯印此書。風行已久。近因原著大加改正。用特重行譯訂。凡實驗理論。均不偏廢。且於化學中理論與事實之關係。解說甚詳。可爲本書完美之證。

最新
中學教科書化學

洋裝一册 (定價一元)

是書取美國史砥爾氏最新刊本譯成。綜觀全書。蓋有三善。一獨詳功用。最宜實驗。二撮要發問。易於記誦。三證繁圖。兼便自修。末附試驗指南。尤便教員之用。

新撰
化學教科書

一册 大本一元九角 小本九角

鍾君衡威從事於學校有年。教授化學。經驗豐富。編譯講本。生徒傳鈔已遍。茲由本館出版。以餉學界。

師範學校化學

一册 定價三角

此書譯自東籍。取材精當。理解清晰。實驗理論。擇要敘述。其關於學理之日用事物。尤爲注意。

實驗化學教科書

洋裝一册 (定價四角)

是書共分二篇。先論尋常之實驗。終論分析之法。於實驗上之注意。試藥之調製。及改製木塞玻璃管等法。均詳細言之。極合中學校教科之用。

中學
化學新教科書

一册 一元二角

近世化學。進步甚驟。新發明之實事公理甚多。而工藝之精良。實由科學之普及。著是書者曾在歐洲觀察其教科程度。及工業之盛況。歸著此書。誘掖後進。近更重加修訂。益臻完善。

教育部審定批語

中學師範用國民新科學教科書

是書按新法令編輯
 條理分明文字
 簡晰理論實驗
 相輔而行且自
 首至尾一線相
 貫由淺入深循序漸
 進洵足以啓學者
 之心思而引起
 其進取之興味

部(9)

The New Scientific Series
CHEMISTRY
 Revised Edition
 Approved by the Board of Education
 Commercial Press, Limited
 All rights reserved

中華民國二年三月初版

增訂(民國新化學一册)
 (每册定價大洋壹元陸角)
 (外埠酌加運費匯費)

編纂者 江蘇王秉善

發行者 商務印書館

印刷所 上海北河南路北首寶山路 商務印書館

總發行所 上海棋盤街中市 商務印書館

分售處 商務印書館分館

長沙常德成都重慶瀘縣福州
 廣州潮州香港桂林梧州雲南
 貴陽 張家口 新嘉坡

此書有著作權翻印必究

中華民國二年五月三十日稟部註冊六月二十日領到文字第七十四號執照

